

令和3年度文部科学省
「専修学校における先端技術利活用実証研究」

ウェアラブルデバイスを活用したスポーツ系科目の
遠隔教育導入モデルの構築

成果報告書

(本編)

2022年3月

学校法人三橋学園
船橋情報ビジネス専門学校

目次

第1部 事業概要	1
第1章 事業の背景	1
1.1 コロナ禍におけるスポーツ・体育系科目の授業実施に関する背景・課題	1
1.2 ウェアラブルデバイスの普及.....	4
1.3 「スポーツ健康都市」船橋市.....	5
第2章 事業の目的	6
第3章 事業推進の流れ	6
3.1 本事業の取組概要.....	6
3.2 実施委員会の構成.....	7
3.3 実施委員会等の開催実績.....	8
3.3.1 第1回開発分科会（令和3年10月25日開催）	8
3.3.2 第1回実施委員会（令和3年11月4日開催）	9
3.3.3 第2回実施委員会（令和3年11月22日開催）	9
3.3.4 第3回実施委員会（令和4年2月17日開催）	9
第2部 調査報告	10
第1章 調査概要.....	10
第2章 スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査.....	11
2.1 調査概要	11
2.1.1 調査目的.....	11
2.1.2 調査対象.....	11
2.1.3 調査手法.....	11
2.1.4 調査項目.....	12
2.1.5 収集数	12
2.2 調査結果	12
2.3 調査のまとめ	70
第3章 ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例調査 ...	70
3.1 ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例収集.....	70
3.1.1 調査目的.....	70
3.1.2 調査対象.....	70
3.1.3 調査手法.....	71
3.1.4 調査項目.....	71
3.1.5 収集数	72
3.1.6 調査結果.....	72

3.1.7 調査のまとめ	248
3.2 バイタルデータの取得実験	248
3.2.1 調査目的.....	248
3.2.2 調査対象.....	248
3.2.3 調査方法.....	248
3.2.4 調査項目	249
3.2.5 測定日時・時間.....	249
3.2.6 調査結果（例）	251
3.2.7 調査のまとめ	257
第4章 調査のまとめ.....	258
第3部 開発報告	259
第1章 遠隔教育の導入方策とモデル化の概要.....	259
1.1 カリキュラムの概要	259
1.2 講師用指導ガイド及び講師向け研修.....	260
1.3 本モデルで活用するウェアラブルデバイス.....	261
1.4 本モデルに期待される効果	262
第2章 教育プログラム開発.....	263
2.1 カリキュラム開発.....	263
2.2 シラバス開発	264
2.3 「体力トレーニングの理論と実践」科目の教材	273
2.3.1 テキスト教材	273
2.3.2 映像教材.....	275
2.4 「バイタルデータの意味と解析」科目の教材	277
2.5 「メンタルヘルストレーニング」科目の教材	280
2.6 eラーニング教材.....	282
2.6.1 eラーニング教材のメニュー構成	282
2.6.2 「体力トレーニングの実践」のメニュー.....	284
2.6.3 「バイタルデータの意味と解析」のメニュー構成	286
2.6.4 「メンタルヘルストレーニング」のメニュー構成	287
2.6.5 講師用メニュー.....	288
第4部 次年度以降への展開検討	289
第1章 今年度の事業成果	289
第2章 次年度以降への展開.....	289
2.1 令和4年度事業計画.....	289
2.2 令和5年度事業計画.....	290

第1部 事業概要

第1章 事業の背景

本事業の背景として、コロナ禍におけるスポーツ・体育系科目の授業実施に関する背景・課題、ウェアラブルデバイスの普及、そして本校の所在する船橋市が「スポーツ健康都市」宣言を行っていることが挙げられる。

1.1 コロナ禍におけるスポーツ・体育系科目の授業実施に関する背景・課題

令和2年に世界的に流行した新型コロナウイルス感染症は、我が国においても甚大な影響を及ぼした。令和2年4月には緊急事態宣言が発出され、外出の自粛等の行動制限をはじめ、社会活動や経済活動における様々な制限が敷かれた。その結果、市民活動も大きな影響を受けることになった。専修学校教育においてもその影響は大きく、文部科学省の調査¹によると、令和2年6月1日の時点においても、全国の2.4%の専修学校が授業を延期・中断しているという状況にあった。また、同調査では、6月1日時点で授業を実施している専修学校のうち、50.1%の学校が感染拡大の防止に配慮しつつ、学生を通学させて行う対面授業が実施されており、41.1%の学校では対面授業と遠隔授業とが併用されている。さらに、8.8%の学校では、対面授業が実施されておらず、遠隔授業のみが実施されているという状況が報告されている。このように、専修学校においても、従来の授業形態を大きく変更せざるを得ない状況となっている。

令和2年6月1日時点における授業の実施状況

	授業を実施している	授業を延期・中断している
国立専門学校	9校 (100%)	0校 (-)
公立専門学校	147校 (100%)	0校 (-)
私立専門学校	1,977校 (97.4%)	53校 (2.6%)
(全体)	2,133校 (97.6%)	53校 (2.4%)

※全国の専門学校のうち、回答のあった学校数を母数としている。回答率は78.5% (全2,784校中2,186校から回答)。小数点第4位を四捨五入。

¹ 新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた専門学校の授業の実施状況』
https://www.mext.go.jp/content/20200605-mxt_kouhou01-000004520_8.pdf

令和2年6月1日時点における授業の実施方法

	対面授業	対面・遠隔を併用	遠隔授業
国立専門学校	5校 (55.6%)	2校 (22.2%)	2校 (22.2%)
公立専門学校	87校 (59.2%)	57校 (38.8%)	3校 (2.0%)
私立専門学校	977校 (49.4%)	818校 (41.4%)	182校 (9.2%)
(全体)	1,096校 (50.1%)	877校 (41.1%)	187校 (8.8%)

※令和2年6月1日時点で授業を実施していると回答した2,133校を母数としている。

一方、スポーツ・体育系科目は元来、グラウンドや体育館等の体育施設を教場として利用し、講師と学生が対面で、学生の身体運動を伴って授業を行うことを前提としてきた。そのため、これらの授業科目は、遠隔教育で実施することが難しいと考えられている。実際に、文部科学省の資料²では、専修学校対象のアンケートにおいて、新型コロナウイルス感染症の感染拡大を受けて遠隔授業を導入するに当たり、「授業を組み立てるためのノウハウや遠隔授業に適した授業展開、遠隔授業向けの教材など教員のノウハウ不足や、遠隔授業のコンテンツ不足、学習評価のノウハウ不足などが課題として挙げられた」と報告されている。この結果はスポーツ・体育系科目に限らないが、当該科目においても同様の状況が考えられる。

しかしながら、新型コロナウイルス感染症の感染拡大のみならず、災害発生時等においても、スポーツ・体育系科目の遠隔での授業実施が必要な場面も生じている。例えば、全国12大学の学生2,132人の調査³によると、昨年4月から5月の緊急事態宣言下において、大学生の心理的ストレスや、生活習慣の乱れ、運動不足、体力の低下が報告されている。実際、6割以上が心理的ストレスを自覚し、約9割が運動不足を自覚して5割が全く運動をしていない、約8割が自粛生活で体力の衰えを感じている、等が挙げられている（以下に詳細を示す）。そのため、こうした状況下においても、スポーツ・体育系科目により、学生の生活習慣の正常化や身体活動の促進を行うことは重要である。

² 『令和3年度予算案をはじめとする専修学校関係の最新の動向について』 p.6
https://www.mext.go.jp/content/20210114-mxt_syogai01-100003309.pdf

³ 『2020年春の緊急事態宣言下の大学生の心身の健康状態 —全国12大学2,132名が回答した実態調査から—』
<http://www.highedu.kyoto-u.ac.jp/forum/kanri/forum/pdf/20210402043634.pdf>

<精神・社会面>

- ・6割以上が心理的ストレスを自覚し、「やる気が出ない」等を自覚している。女子にやや強い傾向。
- ・COVID-19感染について71.8%が「不安を感じている」。女子の方が不安を感じる傾向がやや強い。
- ・新学期に入っても4割以上が新しい友人や知人ができていない。女子よりも男子の方が、比率が高い。

<身体面>

- ・外出の頻度について、半数以上(53.7%)が「週に1-2回」と回答した。男子の方が、外出頻度が高い。
- ・約9割が運動不足を自覚し5割が全く運動していない。女子では「運動不足を感じている」、男子では「運動不足を感じていない」割合が高い。
- ・調査対象者の約8割が「体力の衰えを感じる」と回答し、「疲れやすい」とか「脚力の衰え」を自覚している。
- ・約8割が自粛生活での体力の衰えを感じ、例年の同時期に比べ「運動を全くしていない」割合が30ポイント近く増加した。

図表 1 緊急事態宣言下における大学生の心身の健康状態

なお、新型コロナウイルス感染症に対応したスポーツ・体育系科目の遠隔授業の取組事例としては、文部科学省の資料、『新型コロナウイルス感染症に係る専修学校における遠隔授業の取組事例集』⁴で、東京スポーツ・レクリエーション専門学校の取組が紹介されている。当校では、アスレティックトレーナーを目指す全学科に先行してオンデマンド型の一方通行授業を実施し、質問等学生からの要望は、MoodleやLINEを利用してフォローを実施している。令和2年5月中旬より、同時双方向型の授業を展開予定としているように、各校で対応が迫られている状況にあることが改めて分かる。

さらに、スポーツ・体育系科目には、仲間とともに身体活動を体験することによる「友達づくり」「仲間との信頼関係づくり」が可能になるという面もあり、心身を健康に保つだけでなく、豊かな人間性を育むことも、当該科目が果たしている役割の一つである。前掲の資料³でも、「新学期に入っても4割以上が新しい友人や知人ができていない」とのデータもあり、こうした面からも、スポーツ・体育系科目の遠隔教育導入モデルが必要である。

⁴ https://www.mext.go.jp/content/20200529-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf

1.2 ウェアラブルデバイスの普及

近年、話題となっている先端技術の一つに、ウェアラブルデバイスがある。「ウェアラブルデバイス」とは、「wearable（＝身に付けることが可能）な情報端末」のことである。手首や腕、頭等に装着して使用することで、スマートフォン等を取り出すことなく、簡単に情報を得ることができる。腕時計型の「スマートウォッチ」やメガネ型の「スマートグラス」等が代表的なものである。



スマートウォッチの例

利用シーンとしては、以下のようなものが代表的である。

(1) コミュニケーション

電話の着信やメール・SNS のメッセージを表示する。それらに対して返信できるものもある。

(2) 音楽再生

音楽をストリーミング再生したり、本体に保存してある音楽ファイルを再生したりする。

(3) 健康管理

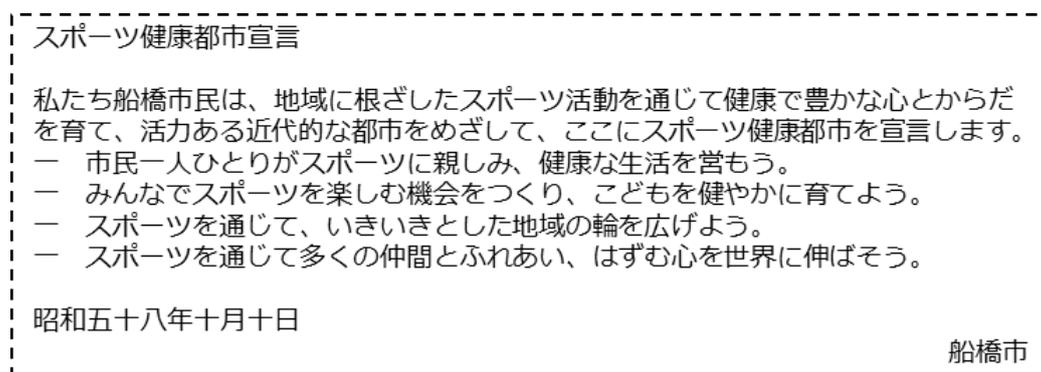
心拍数、体温、血圧、歩数等を計測し、そのデータを記録することで、健康管理に活用できる。

このようなウェアラブルデバイスは、**Society5.0** の技術発展により、安価で使いやすいものが家電量販店等でも容易に入手できるようになった。特に、「健康管理」に活用されるウェアラブルデバイスでは、トレーニングやジョギング等の運動時における心拍数等のバイタルデータを計測し、本体やサーバー等に運動の記録として保存できる。こうしたバイタルデータを解析することで、学生が遠隔で取り組む運動に対する評価が可能になり、先述した専修学校が遠隔授業を導入する際の課題の一つである「学習評価のノウハウ不足」を解決できる。遠隔で行うスポーツ系科目の学習評価については、学生に運動実践を動画等に記録して提出させるような課題が国内の大学でも実施されているようだが、学生の動画を一人一人評価することは非常に時間がかかり、講師にとっても負担になってしまう

う。ウェアラブルデバイスを活用することで、運動の外観だけでは判断が難しい心身への効果を効率的に評価することが可能になる。また、学校に通わず家庭に拠点を置いて学習するホームスクーリングが広く浸透している米国では、体育授業に関しても様々な自主身体活動ツールが用意されているが、それらを各家庭で実施する際の課題の一つとして、「活動記録の信憑性」が挙げられている⁵。こうした点においても、ウェアラブルデバイスでバイタルデータを取得することで、運動の実施日時や実施時間、運動量等が記録されることになり、学生が適切に取り組んでいるか判断することができる。

1.3 「スポーツ健康都市」船橋市

本校の所在する千葉県船橋市は、昭和 58 年に「スポーツ健康都市宣言」を行っており、スポーツを通して健康な生活を営むこと等を目指している。市立船橋高等学校は野球やサッカー等の全国的な強豪校であることが知られ、バスケットボール B リーグの千葉ジェッツのホームタウンでもある等、スポーツ活動の盛んな地域でもある。そのため、本事業の取組を基に、将来、地域住民の健康を支える活動にも貢献していくことができる。



図表 2 スポーツ健康都市宣言⁶

⁵ "Online Physical Education for Homeschoolers"
<https://www.thoughtco.com/online-physical-education-1833434>

⁶ 船橋市ホームページ
(<https://www.city.funabashi.lg.jp/shisei/shoukai/002/p011413.html>) より

第2章 事業の目的

令和2年に世界的に流行した新型コロナウイルス感染症の影響により、専修学校は、急遽、遠隔教育を導入する必要性に迫られた。スポーツ系科目は遠隔教育の導入が難しいと考えられているが、新型コロナウイルス感染拡大や災害発生時においては、スポーツ系科目であっても遠隔で実施する必要な場面が生じている。実際、緊急事態宣言下において、学生の心理的ストレスや生活習慣の乱れ、運動不足、体力の低下が報告されている。スポーツ系科目には心身の健康を保つ他、「友達づくり」「仲間との信頼関係づくり」が可能になるという面もあり、当該科目を遠隔で実施することは重要である。

一方、Society5.0の技術発展により、体に装着して心拍数や呼吸数等のバイタルデータを測定・記録できるウェアラブルデバイスが、安価で入手しやすくなってきている。

そこで本事業では、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツ系科目の遠隔教育導入モデルを構築し、その実証を行う。このモデルを活用することで、今後も想定される新型ウイルスや大規模災害、増加する不登校等の事由により、遠隔授業が長期化する際に懸念される運動能力の低下及びクラスメートとの仲間意識の希薄化といった問題に対する有効な対策となることが期待される。

第3章 事業推進の流れ

本章では、本事業の推進の流れについて述べる。

3.1 本事業の取組概要

今年度は、3年間の事業期間の初年度として、開発工程の前段となる調査により情報を整理し、それを基に、カリキュラム・シラバスの開発、及びeラーニング教材の開発を行った。

本事業で実施した各取組みについて、以下に概略を記載する。

(1) 調査

教育プログラムの開発に先立ち、参考資料収集を目的として、スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査と、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例調査を行った。

①スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査

スポーツ・体育系科目を遠隔教育により実施した事例を収集し、カリキュラムや授業実施上の工夫、課題等を整理することを目的として実施した。国内外の事例 23 件を収集した。

②ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例調査

ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例を収集し、バイタルデータの解析方法や評価方法等を整理することを目的として実施した。33 件の事例を収集したほか、ウェアラブルデバイスを使用して 2 名の被験者を対象に、のべ 13 日間・約 115 時間分のバイタルデータを計測・取得した。

(3) 教育プログラム開発

調査結果を基に、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツ系科目の遠隔教育導入モデルの教育プログラムを開発した。今年度は、本教育プログラムのカリキュラム（科目表）、各科目のシラバス、各種テキスト教材及び e ラーニング教材を開発した。

3.2 実施委員会の構成

本事業では、専修学校、医療機関、IT 企業、e ラーニング開発企業、行政機関等で実施委員会を構成し、事業の推進に当たった。

以下、実施委員会の構成機関である。

構成機関	役割等	都道府県
船橋情報ビジネス専門学校	委員長	千葉県
日本工学院八王子専門学校	開発・実証	東京都
日本電子専門学校	開発・実証	東京都
富山情報ビジネス専門学校	開発・実証	富山県
愛媛大学医学部附属病院	調査	愛媛県
株式会社人間と科学の研究所	調査・開発	東京都
アテイン株式会社	調査・実証	東京都
株式会社ジーミック	開発・実証	東京都
株式会社 SHIFT	開発	東京都
株式会社くららぼ	開発	東京都
公益社団法人千葉県情報サービス産業協会	調査・実証	千葉県
船橋市教育委員会	評価・助言	千葉県

図表 3 実施委員会の構成

3.3 実施委員会等の開催実績

今年度は、本事業を推進する上で、実施委員会 3 回、開発分科会 1 回をそれぞれ開催した。以下、各会議について時系列で報告する。

3.3.1 第 1 回開発分科会（令和 3 年 10 月 25 日開催）

第 1 回開発分科会では、以下の項目についての説明、討議を行った。

- ・本事業の事業計画説明

- ・スポーツカリキュラム開発についての意見交換

3.3.2 第1回実施委員会（令和3年11月4日開催）

第1回実施委員会では、以下の項目についての説明、討議を行った。

- ・本事業の事業計画説明
- ・本事業の内容、方向性に関する意見交換
- ・その他、スケジュール等

3.3.3 第2回実施委員会（令和3年11月22日開催）

第2回実施委員会では、以下の項目についての説明、討議を行った。

- ・事例調査中間報告
- ・カリキュラム開発中間報告
- ・本事業の内容、方向性に関する意見交換
- ・その他、スケジュール等

3.3.4 第3回実施委員会（令和4年2月17日開催）

第3回実施委員会では、成果報告会を兼ね、以下の項目についての説明、討議を行った。

- ・本年度の開発成果
- ・カリキュラム開発報告
- ・今後の方向性に関する意見交換
- ・その他

第2部 調査報告

第1章 調査概要

本事業では、教育プログラム開発に先立ち、以下の2つの調査を実施した。

①スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査

スポーツ・体育系科目を遠隔教育により実施した事例を収集し、カリキュラムや授業実施上の工夫、課題等を整理することを目的として、事例収集を実施した。収集件数は23件である。また調査項目は、教育機関名、科目名、学習時間、対象学科・学年、受講人数、カリキュラム、シラバス、活用しているシステム、使用教材、授業実施上の工夫、評価方法、課題等である。

②ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例調査

ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例を収集し、バイタルデータの解析方法や評価方法を整理することを目的として実施した。スポーツクラブや研究機関等における実践事例33件を収集したほか、データ取得実験として、被験者2名を対象に、ウェアラブルデバイスを装着した状態でスポーツも含めて日常生活を過ごし、のべ13日間・約115時間分のバイタルデータを収集した。事例収集の調査項目は、スポーツ種目、トレーニング内容、活用デバイス、取得データ、解析方法、トレーニングの成果等である。一方、データ取得実験の調査項目は、心電図、温度、加速度、運動量、睡眠状態、ストレス状態等である。

第2章 スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査

本章では、スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査についての報告を行う。

2.1 調査概要

2.1.1 調査目的

スポーツ・体育系科目を遠隔教育により実施した事例を収集し、カリキュラムや授業実施上の工夫、課題等を整理した。

2.1.2 調査対象

国内外の教育機関を対象とした。

2.1.3 調査手法

インターネットによる情報収集や資料収集を行った。

2.1.4 調査項目

調査項目は、以下の通りである。

No.	調査項目
1	教育機関名
2	科目名
3	学習時間
4	対象学科・学年
5	受講人数
6	授業運営体制等
7	カリキュラム・シラバスに関する情報
8	活用しているシステム
9	使用教材
10	授業実施方法・工夫
11	評価方法
12	課題
13	その他
14	資料名・参照 URL 等

図表 4 スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査 調査項目

2.1.5 収集数

収集数は 23 件であった。

2.2 調査結果

以下、調査の結果を列記する。

【事例 1】

教育機関名	JAPAN サッカーカレッジ
科目名	
学習時間	
対象学科・学年	
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	Dart Fish (ダートフィッシュ) ※1、アナリスト論※2、国体 e スポーツ競技運営授業、スポーツ栄養学、スポーツ医学、英会話 (スタディサプリ English) など、専門的な授業から語学力を身につける授業までオンラインで学ぶ
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	<p>【※1 Dart Fish (ダートフィッシュ) とは】</p> <p>世界各国で特許を取得した高度な映像処理技術で、動作分析・指導から情報の共有化までスムーズに行う、スポーツ、医療、教育機関、製品開発など幅広い分野で活用されている世界標準の映像コーチング、分析ソフトウェア</p> 

【※2 アナリストとは】

選手及びチームを目標達成に導くために、情報戦略面で高いレベルでの専門性を持ってサポートするスペシャリスト



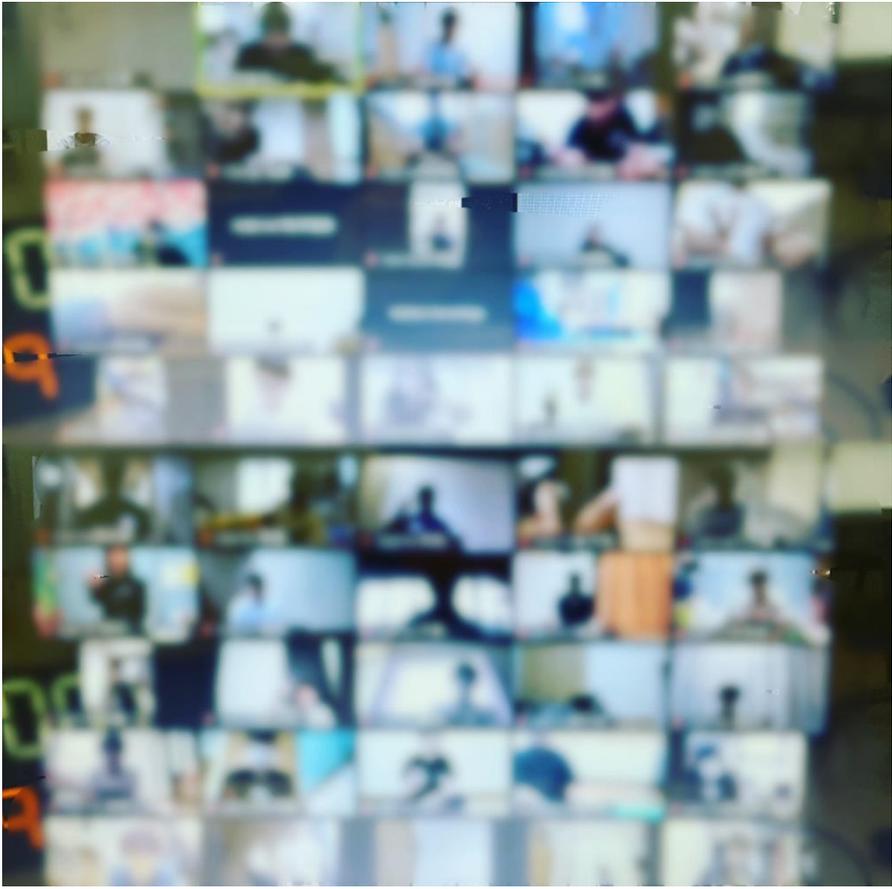
評価方法	
課題	
その他	
資料名・参照 URL 等	https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000263.000032951.html

【事例 2】

教育機関名	東京スポーツ・レクリエーション専門学校
科目名	
学習時間	1日平均3時間
対象学科・学年	スポーツトレーナー科
受講人数	129名
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	
活用しているシステム	タブレット型PC、大型モニター、カメラを使用したオンデマンド型授業 (スマートフォン対応可能) Zoom
使用教材	
授業実施方法・工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・実習機材をカメラで撮影しながら説明 ・アスレティックトレーナーを目指す学生向けに全学科に先行してオンデマンド型の一方通行授業を実施。質問等学生からの要望は、Moodle・LINEを使用しフォローを実施している。
	
評価方法	

課題	
その他	5月中旬より全学科同時双方向型の授業を展開予定
資料名・参照 URL 等	『新型コロナウイルス感染症対応に係る専修学校における遠隔授業の取組事例集』 https://www.mext.go.jp/content/20200529-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf

【事例3】

教育機関名	専門学校東都リハビリテーション学院
科目名	体育実技
学習時間	
対象学科・学年	1年生
受講人数	
授業運営体制等	ライブ配信
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>体操とストレッチ、その後、基本的なスクワット、腕立て、腹筋、体幹といったトレーニング。</p> 
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	常に画面で学生たちの表情やフォームを見ながら、運動負荷を考える。オンラインでの集団への運動指導は、直接的な指導よりもさらに、運動経

	<p>験、既往歴、運動習慣、運動環境、性差など様々なことに配慮。</p> <p>ジャンプ系の運動を行った際、バランスを崩して家具などにぶつかるなどのリスク回避を予め伝えることや、既往歴のある人への別メニューなどを用意。</p>
評価方法	
課題	
その他	<p>授業後のアンケートで何人かの学生からの感想：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オンライントレーニングだったけどキツイ面もあるが楽しくでき、運動不足解消にもなり、とても為になった。 ・体が熱くなるくらい運動量のあるトレーニングでとてもいい運動になった。 ・部活を引退して運動をしなくなったので自分がどれだけ筋力が落ちたのかが分かった。きつかったけど頑張ってたよかったと思いました。 ・2日に1回自宅で1人で筋トレするんですけど、一人でやるよりオンラインでもみんなでやる方がとても楽しく感じた。あと、自分の弱点が見てくるのが楽しい。
資料名・参照 URL 等	<p>http://www.toutoreha.ac.jp/blog-3/35204</p>

【事例 4】

教育機関名	履正社医療専門学校 履正社スポーツ専門学校 北大阪校
科目名	サッカーコース
学習時間	
対象学科・学年	スポーツ学科
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	 <p>▶FC1 年生のオンライン実技の様子</p>  <p>▶まず身体をほぐすため高祖先生オリジナル体操を行う</p>

	 <p>▶女子学生特別参加の CLUB では学生主体でストレッチと筋トレを行う</p>
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	
評価方法	
課題	<p>学生より：</p> <p>オンライン実技の授業は実際の授業に比べると物足りなさがあった。</p> <p>オンライン座学の授業は、わからないことがあれば質問できるのが良い。</p> <p>通信の影響で不具合が起きてしまうのは仕方ない</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>https://www.riseisha.ac.jp/course/soccer/blog/detail.php?id=19785</p>

【事例 5】

教育機関名	関西国際大学
科目名	体育指導
学習時間	
対象学科・学年	教育学部
受講人数	
授業運営体制等	キャンパスでの対面授業とオンライン併用形式
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>「ソーシャルディスタンスを意識した形式の体育指導」を实践 以下の体育指導を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タオルストレッチ ・新聞紙ボール ・フリスビー ・フラフープ <p>【教育学部/広報課】「体育指導」の授業も対面とオンラインの両方で実施しています</p> <p style="text-align: right;">  ツイート 【2020年7月2日】 </p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>この様子は、神戸新聞にも掲載されました ▶2020/7/2 神戸新聞 「選べます…学生の受講『登校』か『オンライン』か」 https://www.kobe-np.co.jp/news/kyouiku/202007/0013474632.shtml</p>

	
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	<p>「ソーシャルディスタンスを意識した形式の体育指導」の実践に向けて</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受講者を通常の半分に制限して隔週交代制 ・授業前に検温、除菌の徹底 ・ソーシャル・ディスタンスを意識した授業内容を考案 ・遠隔授業との併用するための機材を揃える ・教育学部と教務課とで入念に準備を重ねる
評価方法	
課題	
その他	<p>将来、小学校教員や幼稚園教員などの指導者をめざす学生にとって、感染症対策に配慮した体育指導方法を学ぶことは、貴重な体験になった。</p> <p>体育実技に関しては、遠隔の授業は、実技の最中には気づかなかった注意すべき行動について把握するのに役立っている」（教育学部1年生の黒岡諭馬さん）</p>
資料名・参照 URL 等	<p>https://www.kuins.ac.jp/faculty/welfare/news/_9674.html</p>

【事例 6】

教育機関名	川崎医療福祉大学
科目名	幼児体育
学習時間	
対象学科・学年	子ども医療福祉学科
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>保育者として必要な表現力や運動・体育の知識を身につけるため、「オノマトペ」（擬音語や擬態語）を即興的に身体を用いて表現したり、即興的に考えた「クラブダンス」（8拍×4）を発表しあう。</p> <p>また、二人組でする手遊び「十五夜さんのもちつき」を、ヒップホップのリズムを意識しながらクラス全員で画面越しに実施。</p>
	
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	(受講生の)下宿先等の条件により運動できる環境が異なるため、立った状態でも座った状態でもできる運動を考え、準備をした。

評価方法	
課題	
その他	
資料名・参照 URL 等	https://w.kawasaki-m.ac.jp/kodomo/category/%E5%AD%90%E3%81%A9%E3%82%82%E5%8C%BB%E7%99%82%E7%A6%8F%E7%A5%89%E5%AD%A6%E7%A7%91/page/6/

【事例 7】

教育機関名	九州保健福祉大学
科目名	一般教養 生涯スポーツ実習
学習時間	
対象学科・学年	
受講人数	
授業運営体制等	<p>一般教養の体育である「生涯スポーツ実習」の授業 宮崎県が行っているウォーキングスマートフォンアプリ「SALKU」を使って授業中の目標歩数 10,000 歩を目指す。</p>  

	(注※「対面授業」である必要がある専門課程の体育系実技の多くは、現在休講中)
カリキュラム・シラバスに関する情報	
活用しているシステム	ウォーキングスマートフォンアプリ「SALKU」、スマートフォン
使用教材	
授業実施方法・工夫	
評価方法	
課題	
その他	
資料名・参照 URL 等	https://www.phoenix.ac.jp/faculty/social_welfare/shw_blog/entry/2020/05/003842.html

【事例 8】

教育機関名	京都光華女子大学	
科目名	小学校体育	
学習時間		
対象学科・学年	子ども教育学科	
受講人数		
授業運営体制等	体育・スポーツのオンライン授業では、教員が作成した授業資料を基に、自宅において一人でできる運動を行い、感じたこと気づいたことをまとめてレポート提出する活動が中心	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>小学校の体育について学ぶ「体育科指導法」</p> <p>ボール運動系課題</p> <p>「お手玉に挑戦しよう」</p>	 <p>提出された動画の一場面</p>  <p>学生が作成したお手玉(ボール)</p>

活用しているシステム	zoom
使用教材	
授業実施方法・工夫	教員自らがお手本となるお手玉をする動画を撮影し、授業資料として学生に配信。学生は、その動画の動作を練習して、成果（実施動画）をロイロノートで提出する。操作に困っている学生には、Zoom でオンライン指導を行う。
評価方法	
課題	
その他	提出された動画から、それぞれの学生の努力の跡が伝わってきた。ある学生は、お手玉を終えた後、画面に近寄ってきてメッセージが記入されたボールを見せてくれた。オンラインならではの、素晴らしいアイデアだと学生から教わった。（体育・スポーツ科目担当 内田）
資料名・参照 URL 等	https://www.koka.ac.jp/child/news/2043/

【事例 9】

教育機関名	慶應義塾大学 湘南藤沢キャンパス
科目名	体育 I
学習時間	
対象学科・学年	
受講人数	30 名から 40 名 26 クラス（クラスによって人数は異なる）
授業運営体制等	全オンラインのライブ
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>「動きと音楽」の関係性を理論的に動画で解説。ただやみくもに体を動かすだけでなく、7つの体の部位を正しく動かすポイントを提供し、授業の前半ではこれらも含めて、正しい姿勢や言語を遮断したオンラインコミュニケーション、身体活動量の考え方なども教示。</p> <p>これらをベースに理論と実践を繰り返して SFC 体操の基礎とし、各クラスがそれぞれのグループに分かれ、授業内外で SFC 体操のコンテンツを考えつなぎあわせた。</p> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px;"> <p>【春学期の目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制限された日常生活を機に身体活動量に意識を向け、心身の健康を維持し運動習慣につなげる。 ・グループやクラス内でのコミュニケーションを高めながらSFC体操を作る </div> <ul style="list-style-type: none"> - アプリ(SFC GO)を活用しながら身体活動量を可視化し、共有しながら自己管理する。 - クラス内でコミュニケーションをとりながら楽しい「SFC体操」を完成させる。 <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">様々な活動に制約があるなかでこそ 運動習慣・クラスメイト・自分を意識して良い関係を築くチャンス!!</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <p>・SFC体育の理念 ・体育1のルール ・クラスメイトを知る ・機能/形態測定</p> </div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <p>【セルフチェック】 身体活動量チェック 姿勢・ストレッチ</p> </div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <p>【可視化】 アプリを使って 身体活動量を可視化</p> </div> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <p>【グループワーク】 SFC体操の完成に向けてグループで創作</p> </div> <div style="background-color: #cc0000; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <p>【表彰】学部長賞!? 完成した体操を楽しむ!!</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">(4週間) → スマホアプリ(SFC GO)で身体活動量を計測・共有 (8週間)</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">© SFC体育</p>
活用しているシステム	<p>SFC-GO</p> <p>教員や卒業生,博士や修士の学生、学部生などオールキャストでわずか3週間くらいの時間で、体育分野と情報分野の人たちが一緒になり開発チームを作り作成した授業支援ツール。</p> <p>各クラスがどのように活用できているかも体育の教員全員で相互にメッセージングリスト上で情報交換を行う。</p>

“SFC GO” (Going-well Online) : SFC遠隔体育アプリ

目的: オンライン授業の状況においても、(1)学生の心身の体調を整え、(2)同時に学生同士の繋がりを醸成する「SFC体育1」の授業を実現するため
概要: 各自がスマートフォンにSFC GOアプリをインストールし、「日常生活」や「運動セッション」のデータを記録。クラスでの共有・振り返りを行います

アプリ「SFC GO」は、オンライン授業導入にも対応し、SFC体育科教員と連携授業部中集の研習会(多くが学部生2年～大学院生の有志、08/06(金))によって、4月中旬より企画/設計/開発が行われているものです。3月中旬～5月7日(木)までの実運用を行います。関係者の皆さんと同じ敷地内キャンパスで暮らす友人・先輩と繋がっているシステムだとご理解いただき、「楽しい心」で使っていただければ幸いです。



SFC GOユーザーマニュアルを基に授業用教材作成

実際に運動をして、アプリを使ってみよう！！



使用教材

授業実施方法・工夫

チェックイン・チェックアウト

仲間の対話が促進される「安心・安全」の場を作り出すために各グループで「自分の呼ばれたい名前・体調・感情」を毎時間共有。「評価する」、「評価される」の関係性でなく、自然体で議論、交流できる関係性を作り出すプログラムを実施

座り過ぎないための工夫

体育の授業では「姿勢」や「座り方」についても学ぶ機会を設けた。オンライン授業の合間に体操を入れたり、スタンディングで授業を受講したり、家事や趣味などの時間を積極的に作り、座り過ぎないことを意識した。

<p>評価方法</p>	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <h3>3、最終成果物で目標設定と役割分担を</h3> </div>  <p>クラス全体でSFC体操を完成させ提出する それぞれの（映像編集、歌、ダンス、音楽など）得意分野を生かし役割を分担する</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <h3>4、目標設定後の評価がある</h3> </div> <p>提出要件や審査基準を示す</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 動画のコンセプトに合っているか（事前に社会課題等を背景としたテーマ設定を行う） ・ 楽しく実施できるものか・取り組みやすいか（負担なく継続できる内容となっているか） ・ 効果的であるか（全身の部位：「首、肩、お腹・腰、腕・手首、太もも・足」の各部位を取り入れた全身的な体操となっているか、 ・ アプリの結果等の効果を示せるような客観的数値の分析データ等もあれば加点対象） <p>・ 審査員 教員2名 職員1名（環境整備や学生行事に積極支援の職員） 卒業生1名（卒業生と在学生の連携） 体育TA3名（大学院生） 総合政策学部長・環境情報学部長</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">© SFC体育</p>
<p>課題</p>	
<p>その他</p>	<p>オンライン予約システムや体育ノートは、情報処理やソフトウェア開発分野の萩野達也先生のご尽力で 20 年近く前からの構築があり、SFC だからこそやれる体育のコラボレーション SFC-GO は異分野融合のモデルになった。</p> <p>SFC 体操の完成に向けても、映像が得意な人や音源づくりが得意な人、ダンスが得意な人など様々な得意分野を持つ人の力が結集した。</p>
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>https://www.sfc.keio.ac.jp/campuslife/online2020_spring/g-practices/pe.html</p>

【事例 10】

教育機関名	神戸大学																								
科目名	健康・スポーツ科学実習																								
学習時間	1 回の授業時間 105 分、全 11 回																								
対象学科・学年	スポーツ科学コース スポーツコーチング専攻の学生が 3 年次																								
受講人数																									
授業運営体制等	<p>オンデマンド型</p> <p>課題の提示からレポートの受付、提出されたレポートに関する授業担当教員からの講評を公開するまでを BEEF を使用（図 1）。BEEF では、初回の授業を除き、一連の課題の提示から提出レポートの講評の公開に至るまでのサイクルを 10 回分（第 2 回～第 11 回）の授業計画（ひな型）とし、各授業担当者は、身体運動やスポーツの実践に関わる「課題」を考え BEEF に掲載することとした。</p> <table border="1" data-bbox="454 974 1348 1205"> <thead> <tr> <th></th> <th>日</th> <th>月</th> <th>火</th> <th>水</th> <th>木</th> <th>金</th> <th>土</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>授業週</td> <td></td> <td>課題の提示</td> <td></td> <td>授業日</td> <td>レポート受付</td> <td>→</td> <td>→</td> </tr> <tr> <td>翌週</td> <td>→</td> <td>レポート締切</td> <td>講評の公開</td> <td></td> <td>レポート拒否</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>図 1 1 回分の授業についての 1 周期（授業日が水曜日の場合）</p>		日	月	火	水	木	金	土	授業週		課題の提示		授業日	レポート受付	→	→	翌週	→	レポート締切	講評の公開		レポート拒否		
	日	月	火	水	木	金	土																		
授業週		課題の提示		授業日	レポート受付	→	→																		
翌週	→	レポート締切	講評の公開		レポート拒否																				
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>主に選択種目による身体運動を実践するとともに、体力測定を行い、その結果に基づいて各自の体力レベルを評価。また実習ノート等を活用しながら、体力の維持増進に必要な知識、実践方法を学習する。</p> <p>【授業計画】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ガイダンス，種目/コースの選択 2. 自分の身体を知ろう（体ならしの運動） 3. 自分の身体を知ろう（柔軟性とストレッチ体操） 4. 選択種目による身体運動の実践 5. 選択種目による身体運動の実践 6. 選択種目による身体運動の実践 7. 講義：映像等を用いた身体運動実践の理解（スポーツのルールや戦術，身体運動の巧みさ等の解説） 8. 自分の身体を知ろう（運動による消費カロリー，心拍数と運動強度） 9. 選択種目による身体運動の実践 10. 選択種目による身体運動の実践 																								

	<p>11. 選択種目による身体運動の実践</p> <p>12. 体力テスト（身体組成，握力，立ち幅とび，長座体前屈，上体起こし，反復横とび）</p> <p>13. 講義：体力テストの結果に基づく自身の現状分析と今後の体力の維持・増進に向けて</p>
活用しているシステム	神戸大学 LMS BEEF 初回ガイダンスのみ Zoom
使用教材	
授業実施方法・工夫	<p>遠隔での授業となることから、次に挙げる点を考慮□</p> <p>① 各コース（クラス）の履修学生は積極的に身体運動を希望する学生ばかりではない。</p> <p>② 各曜限ごとで各コースの受講学生数はほぼ平均化されている</p> <p>③ 学生が「課題」実践するのは BEEF の確認直後かもしれないし、レポート提出期限の直前かもしれない（「1 周期」の 24 時間のいつでも課題に取り組むことができよう）。</p> <p>④ 学生が課題を実践する場所は自宅（の 1 室）等のごく狭く限られた空間であるかもしれない</p> <p>⑤ 事前に提供するものは「実習ノート」（pdf ファイル）のみであり、これ以外のものを提供する場合（例えば、一流選手がプレーをしている動画など）は各教員が個別に対応することになる</p>
評価方法	実習課題の達成度 40%，授業への参加態度と取り組み姿勢 60%で評価
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・先生方に BEEF の使い方をマスターしてもらうこと ・到達目標のうちの「運動・スポーツを行う中での社会性の向上」を盛り込むことができなかった ・実習授業中におけるの傷害・事故(その他へ)
その他	<p>本学の学生は入学時に「学生教育研究災害傷害保険」に加入することになっており、通常の実習授業で受傷した場合はこの保険が適用される。しかし、オンデマンド型の遠隔授業で提示された「課題」の運動を実践していた中での傷害・事故は正課中のものであることを証明することが難しく、実質的には不可能に近い。そのため、各実習担当者には身体運動を実践するような課題にする場合は、課題を提示する際に「無理をしない」、「安全に留意して行う」ように指示した。</p> <p>*「学生教育研究災害傷害保険」を所管する日本国際教育支援 協会から「実技等の課題にかかる事故については補償対象として問題ない」との回答を得ている</p>

資料名・参照 URL 等	http://www.iphe.kobe-u.ac.jp/kiyoh/kiyoh29/10.pdf
-----------------	---

【事例 11】

教育機関名	国学院大学
科目名	スポーツ実技
学習時間	
対象学科・学年	健康体育学科
受講人数	
授業運営体制等	スポーツ実技を 3 人の健康体育学科の教員で担当
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>運動や栄養の講義の後に、オンラインで筋トレや有酸素運動のトレーニングを行う</p>  
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方	

法・工夫	
評価方法	
課題	
その他	
資料名・参照 URL 等	https://m.facebook.com/permalink.php?id=1097479393642279&story_fbid=3536587446398116&_se_imp=046IdNUbhSBPdbePk#

【事例 12】

教育機関名	札幌国際大学
科目名	体育実技
学習時間	
対象学科・学年	スポーツ人間学部 スポーツ指導学科
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	 







#札幌国際大学 #国際大学 #国際 #札幌国際 #札幌 #siu #sapporo
 #大学 #スポーツ #スポーツ指導 #体育 #遠隔授業 #遠隔 #zoom

6月 11th, 2020



活用しているシステム
 使用教材
 授業実施方法・工夫
 評価方法
 課題
 その他
 資料名・参照URL等

<https://sposhi-siu.tumblr.com/post/620617174472638464/%E6%8E%88%E6%A5%AD%E3%81%AE%E6%A7%98%E5%AD%90-%E5%AE%9F%E6%8A%80%E7%B7%A8>

【事例 13】

教育機関名	城西国際大学
科目名	スポーツ科学 I a(一般体育実技)、保健体育教職課程 (ソフトボール)
学習時間	
対象学科・学年	
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>スポーツ科学 I a : ストレッチング、筋力トレーニング、有酸素運動など、オンラインの講義と実技 理論を学んで、それぞれのトレーニングを実践する</p>  <p>保健体育教職課程の実技科目 (ソフトボール) : オンライン授業ではタオルで作ったボールでのスローイングや、実技の授業を様々な動画を確認しながら授業を進める。教員が生徒役モデルとなった動画を受講者が見てアドバイスするなど実際の授業を想定した授業も行う。</p>

	
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	
評価方法	
課題	
その他	
資料名・参照URL等	https://www.jiu.ac.jp/management/news/detail/id=7037

【事例 14】

教育機関名	第一工業大学
科目名	体育実技科目
学習時間	毎週 1 回 2 時限 (90 分×2)
対象学科・学年	
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	中国の伝統的な健康体操「八段錦 (Baduanjin)」を取り入れた実技 畳 1 枚程度の広さを確保し、1 回 15 分 程度×3～4 回を使い、8 つの 動作を ゆっくりと (※その間隔には個人差がある) 繰り返す運動
活用しているシステム	Google classroom
使用教材	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>(1) 中国語の八段錦の図解と解説</p>  <p>http://www.wzhp.net/tiyu/29908.html (2020 年 5 月 30 日閲覧)</p> </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(以下は、筆者による日本語の試訳である。)</p> <p>第 1 段 ゆっくりと両手で天を支えるようにしっかり伸ばして三 焦を整える 三焦：呼吸、消化、排せつの3つこと</p> <p>第 2 段 ゆっくりと乗馬の姿勢で弓矢を射るように左右に手を広 げる</p> <p>第 3 段 ゆっくりと交互に片手を挙げて、膈と胃を整える</p> <p>第 4 段 ゆっくりと交互に後ろを振り向きながら心労を癒す</p> <p>第 5 段 ゆっくりと乗馬の姿勢のまま上半身で大きく円を描きな がらイライラする気持ち、または緊張した気持ちを消し去 る</p> <p>第 6 段 ゆっくりした屈伸運動のように両手で足を撫でるように あげて、腎と腰を強くする</p> <p>第 7 段 目でしっかりと前方を見ながら、ゆっくりと乗馬の姿勢で 左右交互に拳を突き出すと、気力が増してくる</p> <p>第 8 段 つま先立ちで直立した姿勢になって背中を臀部に力を入 れるように七回伸ばすと、あらゆる病気が消えてゆく</p> <p>※実際の回数はこだわらない。</p> </div> </div>
授業実施方 法・工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図解と実際の動作による説明、および、学生へは再生回数の多い動画 などを参考にしようすすめた。 ・ 毎週一回 2 時限 (90 分×2) 連続のオンライン授業として、かならず

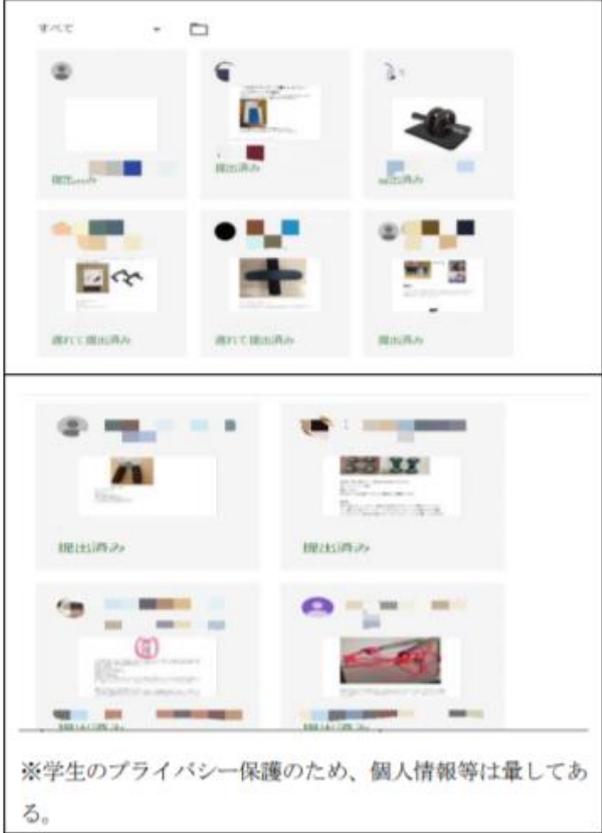
運動ができる服装、および、身体を動かすことができる広さの確保をするよう指導。

- ・授業では、筆者自身の八段錦の動作をオンラインで放送し、その動作の模倣をするよう指導。
- ・適時休憩を取り入れ、その際には学生との積極的な声かけ、Google classroom（写真2）を使った授業に関連する課題の提出を課した。

1月20日 2021年1月20日の課題...	1月13日 期末試験の告知 知らせ&20...	1月6日 2021年1月6日の課題...	2020/12/16 2020年12月16日の課題(課...)	2020/12/09 2020年12月9日の課題(課...)	2020/12/03 12月3日、練習 課題1&2の...	2020/11/25 2020年11月25日、体育実技...	2020/11/18 2020年11月18日の課題(課...)	2020/11/11 11月11日の課題(課...)
なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み
提出済み 期限後の完了	提出済み	提出済み 期限後の完了	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み 期限後の完了	提出済み	提出済み
提出済み	提出済み	提出済み	提出済み 期限後の完了	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み
未提出	提出済み 期限後の完了	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み
提出済み	提出済み 期限後の完了	提出済み	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了
提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み	提出済み
提出済み	提出済み	提出済み	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了	提出済み 期限後の完了

※学生のプライバシー保護のため、個人情報等はカットしてある。なお、Googleclassroomは、Googleが提供する無料のサービスである。

- ・履修者が飽きないような工夫（写真3）も実行。
100円ショップで購入できる運動&健康グッズの紹介を履修者に課し、その使用レポートを提出させた。
コロナ禍で公園や施設等が自粛要請により使用できなかったこともあり、自分の健康管理に敏感な学生たちが比較的安い投資で最大限の効果が得られる運動&健康グッズの情報収集について積極的に行動し、履修者内で有用な情報の交換をしていたことが印象的だった。

	<p>(写真3) 授業の課題として提出してもらった「100円ショップで購入できる運動グッズの紹介」(部分)</p> 
評価方法	スマートフォンカメラなどを使って、自分の全体の姿を映せるように工夫させ、試験時に学生各自で八段錦を披露させた。
課題	
その他	ボールを使ったエクササイズや縄跳び等のある程度の空間を必要とし、騒音や振動を発生させる恐れのある運動用の器具を使用することはできないと判断。自室で落ち着いてできそうな運動として、中国の伝統的健康体操「八段錦 (Baduanjin)」を取り入れた実技を実施することとした。
資料名・参照 URL 等	https://kagoshima.daiichi-koudai.ac.jp/wp-content/uploads/2021/08/R3_report1_20.pdf

【事例 15】

教育機関名	東海大学
科目名	健康スポーツ科目を構成する以下 2 科目 「健康・フィットネス理論実習」 「生涯スポーツ理論実習」
学習時間	各科目 1 時間 40 分×14 回
対象学科・学年	湘南キャンパスに所属する 11 学部の 1 年生及び再履修者 (文学部、文化社会学部、政治経済学部、法学部、教養学部、体育学部、健康学部、理学部、情報理工学部、工学部、観光学部) ※健康スポーツ科目の授業形態は、各キャンパスによって異なる。
受講人数	約 5,500 名
授業運営体制等	<p>一般体育研究室の構成教員によりプロジェクトチームを立ち上げて、授業内容の検討と授業運営を行った。プロジェクトチームは 5 名で構成され、全体統括、学修計画書の作成、学生対応、特設サイト（東海大学体育学部遠隔授業特設サイト）の運営、LMS の設定、学生・教員への情報発信などの業務を分担し、授業運営体制を整えた。学生に対する授業内容の提供は全てこのプロジェクトチームが担い、その他の授業担当教員は提出されたレポートの採点業務を中心に担当した。</p> <p>また、健康スポーツ科目の授業担当教員への情報提供のため、授業期間中の毎週土曜日に全 14 回の一般体育授業運営連絡会を Web 会議にて実施した。連絡会の様子は動画にてレコーディングを行い、特設サイトの教員専用ページから随時視聴できるようにした。主な内容は以下の通り。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①授業課題の説明 ②課題採点のポイント解説 ③学生からの質問と回答 ④授業担当教員からの質問と回答 ⑤LMS の使い方の説明 ⑥大学からの最新情報 <p>連絡会を開催することで、担当教員が授業内容やレポート採点、学生への対応について共通の理解を持つことができた。また、実際の授業で起こっている事例や問題点、その解決策を共有することができた。</p>
カリキュラム・シラバスに関する情報	○健康フィットネス理論実習 健康的な生活習慣を身につけることに重点を置き、健康に関する理解を深めるとともに、自己の体力に応じたフィットネスの実践能力を修得することを目的とする。

	2019年度まで	2020年度春学期
第1回	ガイダンス	ガイダンス
第2回	●体力測定1(屋内種目)	健康・スポーツ科目の意義とQOL
第3回	●体力測定2(屋外種目)	運動・休養と健康
第4回	講義1(健康とフィットネスについて)	食事と健康
第5回	●エアロビクス運動1(基礎)	喫煙・飲酒・薬物乱用と健康
第6回	●エアロビクス運動2(応用)	生活習慣病
第7回	●エアロビクス運動3(発展)	体力とは
第8回	●筋カトレーニング1(基礎)	トレーニングの基本原則と実践方法
第9回	●筋カトレーニング2(応用)	●エアロビクス運動の理論と実践
第10回	●筋カトレーニング3(発展)	●筋カトレーニングの理論と実践
第11回	●コンディショニング運動1(基礎)	●コンディショニング運動の理論と実践
第12回	●コンディショニング運動2(応用)	こころの健康と運動中の安全管理
第13回	●コンディショニング運動3(発展)	自らの日常生活と健康
第14回	講義2(まとめ)	来学期の健康スポーツ科目について
定期試験	有	無

●は実技を含む

○生涯スポーツ理論実習

生涯を通じたスポーツライフスタイルの獲得に重点を置き、スポーツの持つ「おもしろさ」などを学び、ライフステージに応じたスポーツの楽しみ方と実践能力を修得することを目的とする。

	2019年度まで	2020年度春学期
第1回	ガイダンス	ガイダンス
第2回	●1種目目	健康・スポーツ科目の意義とQOL
第3回	曜日時限ごとに開講された下記の種目より、適宜選択する。	スポーツと生涯スポーツ
第4回	サッカー、卓球、柔道・護身術、テニス、陸上競技、剣道、ソフトボール、ラグビー、バレーボール、バスケットボール、バドミントン、ハンドボール、空手道、ゴルフ	スポーツの楽しみ方(する)
第5回		スポーツの楽しみ方(見る)
第6回		スポーツの楽しみ方(支える)
第7回		スポーツの楽しみ方(知る)
第8回	日常生活とスポーツ(講義)	スポーツの実践(球技・集団)
第9回	●2種目目	スポーツの実践(個人・ネット競技)
第10回	曜日時限ごとに開講された下記の種目より、適宜選択する。	スポーツの実践(個人競技)
第11回	サッカー、卓球、柔道・護身術、テニス、陸上競技、剣道、ソフトボール、ラグビー、バレーボール、バスケットボール、バドミントン、ハンドボール、空手道、ゴルフ	スポーツの実践(アウトドアスポーツ)
第12回		スポーツの実践(武道)
第13回		大学生とスポーツ(まとめ)
第14回		来学期の健康スポーツ科目について
定期試験	無	無

●は実技を含む

活用しているシステム

「東海大学体育学部遠隔授業特設サイト」及び授業支援システム(LMS)

○東海大学体育学部遠隔授業特設サイト

ホームページ作成ツール「jimdo」によって作成。体育学部の科目と一般体育科目の情報を掲載するサイトとした。主なページと内容は以下の通り。なお、それぞれのページにはパスワードを設定しており、履修者もしくは担当教員以外は閲覧できないようにした。

①遠隔授業の進め方

シラバスに即したページ構成にすることで、遠隔授業用の新しいシラバスとして使用した。内容は、授業形態や成績評価、授業計画など。

	<p>②授業課題</p> <p>最新の授業課題のページは毎週日曜日の 21 時に更新し、次週の学修計画書を掲載した。なお、学修計画書については、テキストと PDF ファイルを掲載した。それまでの授業課題は過去の課題ページにアーカイブし、いつでも振り返って学修ができるようにした。</p> <p>③問合せと FAQ</p> <p>問い合わせページのフォームに質問を入力すると、一般体育研究室委員のメーリングリストに連絡が届くよう設定した。問い合わせ内容に対しては個別に回答を返信するとともに、FAQ に匿名で掲載した。FAQ は適宜更新を行い、学生が担当教員や一般体育研究室に問い合わせなくても問題を解決できるよう配慮した。</p> <p>④教員専用ページ</p> <p>教員専用ページには、次回の課題、課題採点のポイント、LMS の操作方法、成績の付け方、担当教員一覧、学生からのコメント・質問の対応について、学生からの問合せ内容一覧、毎週実施した授業運営連絡会の動画、教員用 FAQ など掲載した。健康スポーツ科目の授業担当教員が授業内容や採点について、共通の理解を持ち、滞りなく授業運営ができるよう適宜更新を行った。</p> <p>○授業支援システム (LMS)</p> <p>レポートの提出と採点のみで利用。</p>
使用教材	<p>従来から使用している『健康・フィットネスと生涯スポーツ 三訂版』（東海大学一般体育研究室・編集、大修館書店）を使用。加えて、Web サイトや NHK オンデマンド等の動画教材を参考資料として学修計画書によって提示。また、学生自身が独自で参考資料を検索することも認め、その場合は出典を明示するように指示した。</p>
授業実施方法・工夫	<p>2020 年度春学期の健康スポーツ科目は Covid-19 対策により遠隔授業として開講され、東海大学体育学部遠隔授業特設サイト（以下、特設サイト）による課題提示と、授業支援システム (LMS) を用いたレポート提出というオンデマンド形式による課題学修型の授業として展開された。学生は、各自で特設サイトにアクセスし、掲載された「学修計画書」に基づいて授業内容や課題を確認し、教科書並びに参考資料を用いて自己学修の上、LMS を用いてレポートを提出するというサイクルを毎週実施することとした。</p> <p>「学修計画書」とは、單元ごとの「テーマ」「授業目的」「教科書該当ページ」「キーワード」「学修の進め方・内容」「課題」「参考資料」「レポート評価基準」といった授業に必要な情報をまとめたものであり、教科書の内容に沿って作成した。特設サイトを通じて毎週日曜日に学生に配信を行い、この学修計画書によ</p>

て全履修者が統一された内容で学修を行うことが可能となった。

授業内容については、14回の授業回数を維持した上で、教科書の内容を網羅する形で各単元のテーマを設定した。基本的には、教科書を基本とした座学による課題学修であり、健康・フィットネス理論実習においては一部運動を実技による課題に取り入れたが、生涯スポーツ理論実習では実技を取り入れなかった。

○健康・フィットネス理論実習の授業内容

2020年度春学期では、遠隔授業に伴い、理論の理解を重視した課題学修を中心として展開し、実技（運動の実践）は最小限に留めた。授業内容の構成は、ガイダンスとまとめ（2回）、建学の精神と健康スポーツ科目の意義に関する学修（1回）、教科書等を基にした健康・体力・運動実践に関する課題学修（8回）、3つの運動領域に対応した課題学修（3回）の計14回となり、定期試験は実施しなかった。

遠隔授業における実技については、3つの運動領域の単元において、実践方法や運動強度の設定方法を提示した上で、学生自身が無理のない範囲で運動を実践し、その感想を課題として提出させた。しかしながら、Covid-19による社会情勢や学生の健康状態などにより実技を実施できない場合を想定し、実技に替わる課題も併せて提示して、実技を行わなくてもレポートが提出できるよう選択肢を用意した。一方で、毎回の学修計画書には、教員が外部媒体に掲載していた既存のWebサイト（写真や動画）を活用して「やってみよう！本時の運動実践」として健康づくりのための運動プログラムを提示して運動の実践を促した。「やってみよう！本時の運動実践」については、健康管理のツールとして学生に活用してもらうことを目的としたため成績評価には加えなかった。

○生涯スポーツ理論実習の授業内容

2020年度春学期においては、理論の理解を重視した課題学修によるオンデマンドによる授業を展開した。授業内容は、まず、授業前半は、ガイダンス（1回）、建学の精神と東海大学におけるQOLを通して健康スポーツ科目が開講されている意義を理解する内容（1回）、スポーツの概念や本質的な価値に関する内容（1回）、「する」「みる」「支える」「知る」といった様々なスポーツの楽しみ方を理解する内容（4回）について学修を進めた。授業の後半からは、スポーツの実践として「球技・集団」「個人・ネット競技」「個人競技」「アウトドアスポーツ」「武道」といった分類で各種のスポーツ種目の歴史や特徴、ルール、基本技術、ゲームの楽しみ方を中心に広く学修した（5回）。13回目の授業では、これまで学んできた内容を踏まえ、大学生活においてどのようにスポーツを楽しみ、卒業後も生涯にわたってスポーツにどのように関わっていくかを自分のキャリアや

	<p>将来像と関連して考えさせる内容とし（1回）、最後に次学期の健康スポーツ科目の説明を行った。</p> <p>学修計画書は、教科書の内容に沿って、教科書の執筆者とも相談した上で作成した。各単元で受講者に学修してもらいたいテーマや目的、学修の進め方を明確にした上で課題を提示した。この学修計画書には参考とする教材として、教科書以外にNHK オンデマンドや参考となる動画、関連したWebサイトなどを掲載し、受講者が課題に対して自ら考え、主体的に課題に取り組めるようにした。</p> <p>従来は受講者が選択した2種目のスポーツ種目の実技を中心に授業を展開していたが、2020年度春学期については、設備や用具が自宅では十分に用意できないことや、体力や健康状態の把握が十分に実施できず受講者の安全性が担保できないことから、実技は実施しなかった。</p>
<p>評価方法</p>	<p>毎回提出させるレポートによって評価を行った。レポートは大学が導入していたLMSを用いて、Webシステム上から提出させた。レポート提出期限は曜日時間関係なく統一を図り、学修計画書の提示（毎週日曜日 21:00）から2週間後（月曜日の0:00）に設定した。レポートの評価は、提出による基礎点と内容による実習評価点によって構成され、評価基準や点数の配分を学修計画書に記載して学修課題の明確化と透明性の確保に努めた。</p> <p>出欠席の確認については、レポートの提出をもって出席として扱い、シラバスの規定通り全授業回数の2/3以上の出席がある者を成績評価の対象とした。成績評価は、単元ごとのレポートの合計点により行った。定期試験は、対面・遠隔いずれにおいても試験環境を整えることが不可能であったため実施しなかった。</p>
<p>課題</p>	<p>1. 遠隔授業の課題</p> <p>2020年度春学期の遠隔授業は、各種の制約のため学修計画書によるオンデマンド形式の授業となり、動画資料の配信、教員の専門性を生かした解説や質疑応答などに対応できていない。学生の興味関心や学習意欲を高めるためにも、リアルタイムでの講義の実施や動画資料の提示などの工夫が必要である。また、今回の遠隔授業においては実技の導入が限定的となり、実技科目としての意義を十分に果たせたとはいえない。オンラインでの実技授業の可能性もあるが、体力・経験にばらつきが大きい上に、学生の健康状態の把握が難しく、授業配信のシステム上でも5,000人を超える大規模授業での導入には限界がある。今後は、対面授業における感染症対策や遠隔授業との併用方法を具体的に検討する必要がある。</p> <p>2. 初年次教育としての健康スポーツ科目の価値について</p> <p>健康スポーツ科目は初年次教育の一環として「友達づくり」を授業目的の一つとしているが、2020年度春学期に実施したオンデマンド形式の遠隔授業では学</p>

	<p>生間の交流機会を設けることができず、その目的を達成することができなかった。学生間の交流を生むためにも、対面形式の実技授業を設けることが必要であると思われる。また、オンライン形式による遠隔授業を設けることにより、ネットワーク上での交流が可能かどうかとも検討する必要がある。</p> <p>3. 教員の業務分担と専門性について</p> <p>2020 年度春学期については、授業内容の統一と情報提供の一元化を図った結果、授業担当教員はレポートの採点とフィードバックが業務の中心となった。教員は健康づくりの運動や各種スポーツ種目に対する高い専門性を有しており、学生のニーズに対応する上でもその専門性を生かした授業展開が必要である。</p> <p>4. 特設サイトの有用性について</p> <p>2020 年度春学期の遠隔授業を実施するための問題に対しては、特設サイトは十分有用であったと言える。しかし、その内容は、統一された遠隔授業を展開する上で有効な方法に過ぎない。</p> <p>本来の健康スポーツ科目は実技科目である。2021 年度以降、対面授業と遠隔授業を併用して行うためには、感染症対策などでグループ分けが必須であると考えられる。今後は、全履修者に対して一括で情報を提供するのではなく、グループ毎のスケジュールに沿って授業を実施できるよう、授業課題の提示方法を根本的に見直す必要があると考えられる。また、円滑に学修を進める上でも、履修者への特設サイトの周知や誘導は課題である。LMS やシラバス、時間割等において特設サイトに誘導する工夫が必要である。一方で、5,000 人を超える履修者に対して滞りなく平等に情報や授業課題を提供したり、多数の教員が LMS を操作することで生じるミスを減少させたりするためにも、引き続き特設サイトは有用であると思われ、コンテンツや情報提示の工夫改善を進める必要がある。</p>
その他	<p>1. 特設サイトの利用状況</p> <p>特設サイトに訪れた際に学生が使用していたデバイスとして、約半数がモバイル端末やタブレット端末を使用していた。特設サイトは基本的に PC で見ることが前提に作成していたが、スマートフォンなどでも見ることが考慮してサイトを作成する必要が示唆された。</p>

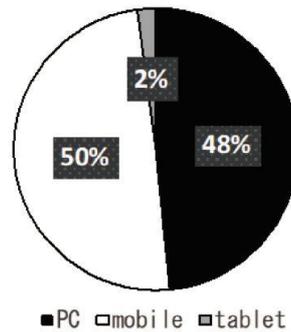


図2 使用デバイスの割合

2. 学生からの問い合わせについて

2020年度春学期期間中の問い合わせ件数は全205件であった。主な質問内容については、以下の通り。

①LMSの使い方 (34.6%)

- ・LMSの使用時間帯など制限があったためページを開けない
 - ・レポートを作成しているうちにタイムアウトしてしまった
- など

②課題内容 (34.1%)

- ・どのように課題を作成すればよいのか
 - ・課題を間違えて作成してしまった
- など

③パスワード (12.1%)

- ・課題ページに入るパスワードが分かりません
 - ・パスワードを教えてください
- など

④その他

- ・授業の進め方 (7.3%)
- ・教科書 (4.3%)
- ・ホームページ (3.9%)
- ・課題提出 (2.4%)

に関する内容など。

学生からの問い合わせ時期については、授業開始当初の 5 月中旬の 73 件 (35.6%) が最も多く、その後、徐々に減少していった。授業開始当初は特設サイトの情報の周知が不十分であった上、学生も LMS 等のシステムの操作が不慣れであったため、問合せが殺到したことが想定される。

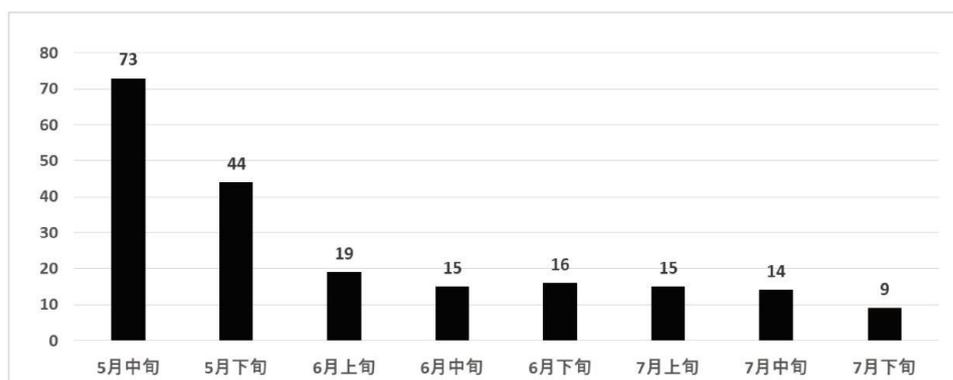


図 4 問い合わせ件数の推移

資料名・参
照 URL 等

『COVID-19 に対応した健康・スポーツ科目における遠隔授業の組織的実践』
<https://www.u-tokai.ac.jp/uploads/sites/18/2021/04/c67a693c85e2dec4d3f8e9ba67f8a126.pdf>

【事例 16】

教育機関名	東京大学
科目名	体育
学習時間	
対象学科・学年	
受講人数	
授業運営体制等	講義を聴いた後、体操などの実技を家で行い、その内容と、1週間に自分が行った運動内容をまとめて書いて提出
カリキュラム・シラバスに関する情報	
活用しているシステム	<h3>東京大学のシステム</h3> <ul style="list-style-type: none"> • UTokyo Account • UTAS • ITC-LMS • Zoom • Webex • ECCS クラウドメール (Google Workspace) • UTokyo Microsoft License (Microsoft 365) • UTokyo WiFi • ECCS 端末 • その他
使用教材	お手本の動画を教員が自分で収録し学生に見せる Youtube にある適切な動画を見せてそれに従ってやる
授業実施方法・工夫	部屋が狭かったりして運動がとてできないというケースもあることを考慮し、運動する姿を撮って提出させることは基本無し
評価方法	
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 対面との併用は実は困難です。3 限がオンラインで 4 限が対面だとすると、結局大学に来ないといけない。 • 狭い構内で皆がオンライン授業に参加する環境や、空き時間の居場所も問題。 • Wi-Fi 環境も増強しないと無理。 • 時間割に手を入れ、火曜は完全オンラインの日、などとできればよいが、駒場の授業規模だと難しい。
その他	<ul style="list-style-type: none"> • チャットだと書きやすいのか、学生の質問がとまらない。 • 例年、6 月にもなると大学にこない人が増えるが、オンライン授業だと人数が減らない。

	・オンライン化により、1限に行う身体運動科学の講義が過去最高の履修人数を記録するというプラス面もあった
資料名・参照 URL 等	https://www.u-tokyo.ac.jp/gen03/kouhou/1536/02features.html

【事例 17】

教育機関名	日本大学
科目名	スポーツ実習 サッカー
学習時間	
対象学科・学年	文理学部体育学科
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>1.実践授業を撮影&アップロード</p>  <p>実践授業で振り返りたいシーンを iPad で撮影。学校の Wi-Fi 環境下ですぐにアップロード。次の時間の授業中には完了しているとのこと。</p> <p>2.学生はいつでもどこでも編集</p>  <p>本授業に参加されている学生はいつでも、どこでも簡単に映像編集(授業課題提出用の編集)が可能です。現在はコロナ禍なので自宅での編集が一番多いです。</p> <p>本授業に参加されている学生はいつでも、どこでも簡単に映像編集(授業課題提出用の編集)が可能。自宅での編集が一番多い。</p>

	 <p>この授業にはサッカー経験者、未経験者共に授業を受けています。その中で経験者から未経験者へSPLYZA Teamsを活用した学生同士の学びあいもオンライン、オフライン共に増えているようです。</p> <p>サッカー経験者から未経験者へ SPLYZA Teams を活用した学生同士の学びあいもオンライン、オフライン共に増えている 実践授業から次回授業までに SPLYZA Teams で課題提出。</p>
活用しているシステム	SPLYZA Teams
使用教材	
授業実施方法・工夫	<p>映像に図形やコメントを書いただけではなく、大嶽先生からなぜそう思ったのか？など様々な質問を通してディスカッション。 数少ない実践授業を最大限活かして、学びの質を高めている</p>  <p>実践授業から次回授業までにSPLYZA Teamsで課題提出。映像に図形やコメントを書いただけではなく、大嶽先生からなぜそう思ったのか？など様々な質問を通してディスカッション。数少ない実践授業を最大限活かして、学びの質を高めています。</p>
評価方法	
課題	
その他	<p>教員は学生が提出してきたものを PC で確認し、コメントをフィードバック。映像の書き込みに対してのフィードバックや動画付きコメントなどを利用して返信しており、学生も分かりやすいと好評。</p>

	<p>4. 教員からのフィードバック</p>  <p>大塚教員は学生が提出してきたものをPCで確認し、コメントをフィードバックしています。映像の書き込みに対してのフィードバックや動画付きコメントなどを利用して返信しており、学生も分かりやすいと好評のようです。</p> <p>黄色丸は敵の少ない青枠に移動したら、オレンジ丸→緑丸→黄色丸→シュート</p>
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>https://products.splyza.com/teams/academic/?utm_source=Yahoo&utm_medium=cpc&utm_campaign=Academic&yclid=YSS.1001170230.EAIaIQobChMIs7nz-8qa7gIVQ2oqCh2E0wKHEAAYAiAAEgLSbvD_BwE</p>

【事例 18】

教育機関名	日本大学																				
科目名	スポーツ I : 必修																				
学習時間																					
対象学科・学年	理工学部 1 年																				
受講人数	2130 名																				
授業運営体制等	専任教員 7 名, 非常勤講師 13 名が全 64 コマを担当している																				
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>体力測定により自己の体力水準を把握し, 基礎体力の向上を目指すとともに, 運動, スポーツやトレーニングの概念, 原理を理解し, さらに運動やスポーツに関するルール, マナーを身につけ, そのスポーツを楽しむことができる基礎的運動技能を獲得すること</p> <p>履修: サッカー, ゴルフ, バスケットボール等, 開講されている 7~8 種目の中から学生が自由に選択する形をとる。</p> <p>表 1. オンデマンド授業教材の構成(動画の内容)(難波 2020 をもとに筆者が一部修正)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>構成</th> <th>前回の授業の フィードバック</th> <th>種目毎のス ライド, 動画</th> <th>トレーニングに関する スライド, 動画</th> <th>授業課題 (含: 取り組み)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>分量</td> <td>約 3 枚</td> <td>約 3 枚</td> <td>約 10 枚</td> <td>約 3 枚</td> </tr> <tr> <td>時間</td> <td>開始~10 分</td> <td>~30 分</td> <td>~50 分</td> <td>~90 分</td> </tr> <tr> <td>内容等</td> <td>教員のコメント</td> <td>技術, ルール等</td> <td>4~ 8 回: 筋トレ 9~10 回: ストレッチ 11~12 回: 有酸素運動</td> <td>Google フォーム Course Power</td> </tr> </tbody> </table>	構成	前回の授業の フィードバック	種目毎のス ライド, 動画	トレーニングに関する スライド, 動画	授業課題 (含: 取り組み)	分量	約 3 枚	約 3 枚	約 10 枚	約 3 枚	時間	開始~10 分	~30 分	~50 分	~90 分	内容等	教員のコメント	技術, ルール等	4~ 8 回: 筋トレ 9~10 回: ストレッチ 11~12 回: 有酸素運動	Google フォーム Course Power
構成	前回の授業の フィードバック	種目毎のス ライド, 動画	トレーニングに関する スライド, 動画	授業課題 (含: 取り組み)																	
分量	約 3 枚	約 3 枚	約 10 枚	約 3 枚																	
時間	開始~10 分	~30 分	~50 分	~90 分																	
内容等	教員のコメント	技術, ルール等	4~ 8 回: 筋トレ 9~10 回: ストレッチ 11~12 回: 有酸素運動	Google フォーム Course Power																	
活用しているシステム	学習管理システム (LMS) は Course Power, Moodle を利用し, 授業教材動画を Google ドライブに保存, Google フォームで課題提出																				
使用教材																					
授業実施方法・工夫	本日 4 月 9 日(金)から, 日本大学理工学部では, 実験・実習科目だけではなく, 座学についても隔週で対面授業を受講できるハイブリッド型での授業がはじまりました。対面型授業, オンライン型授業, 中にはオンラインと対面と同時進行で進める授業の教室もあり, それぞれが, 安全・安心に十分配慮した新しい形の授業となっています。QR 着席トレーサビリティも使われていた (2021 年 04 月 09 日 大学内ブログより)																				

	
評価方法	
課題	<p>・教育的なかかわりを目的とする大学体育においては重要な要素の一つである学生の body や soma とのかかわりの希薄化は、大学教員の指導の専門性および教育目標の達成という視点からも、問題性を浮き彫りにしている。オンライン授業の中で、いかに学生に自他の身体を感じとり、操ってもらうか、そして教員が学生の身体をどのように共感的に理解し指導の対象とできるのか、が問われた</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>https://daitairen.or.jp/dtr2020/wp-content/uploads/2021/04/daigakutaiikusportsgakukenkyu_No18_p35-48.pdf https://www.cst.nihon-u.ac.jp/news/detail/20210409_816.html</p>

【事例 19】

教育機関名	日本女子体育大学
科目名	
学習時間	
対象学科・学年	体操部
受講人数	75名
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>通常通りの授業では省略してしまうこともある、体を健康的に保つための柔軟体操やストレッチの時間を十分に取る</p> 
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・オンラインであったとしても新体操の手具を使うという目的で、身近にある物を代用して練習する工夫をした。 ・対面授業だけではなかなか触れられなかった新体操の歴史や、新体操とはどんな競技なのかというような映像を盛り込んで、学生たちを飽きさせないように、また新体操に興味を持ってもらえるような授業を工夫した。 ・専門のコーチからトレーニング内容をリモートで発信。 ・地元に戻っている学生の練習環境、状況を把握するなど、日常の体調や体重管理なども含めて、学生たちと毎日のようにコミュニケーションをとりながら活動。
評価方法	

課題	
その他	<p>自粛期間中衰えてしまった様々な機能をどのような順番で元の数値まで戻していくかに関しては、専門的な知識のあるトレーナーに、運動時の心拍数をどれくらいまでにした方が良いだとか、筋肉のダメージを最小限にするためには、どのような注意が必要かということを中心に、一週間区切りのトレーニングメニューを作成してもらい、具体的に指導をしてもらった。</p> <p>体重が増加してしまう学生の体重を急激に減らしてはいけないという観点から、コロナ禍における日常の食生活をどのようにするべきかを管理栄養士の方に資料を作成してもらい、それを参考にしながら、心と体を安全に戻していくことを心掛けた。</p>
資料名・参照 URL 等	<p>https://www.tandh.net/feature_099.php</p>

【事例 20】

教育機関名	名城大学																																	
科目名	体育実技科目																																	
学習時間																																		
対象学科・学年																																		
受講人数																																		
授業運営体制等																																		
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>オンデマンド教材として健康科学的 分野の資料 (表 1) を提供するとともに、一人で行える運動を紹介し、自身の体力・体調を自己評価させ運動実践を促した。なお、表 1 において 12-14 回 目以外は都市情報学部・人間学部で開講された科目 33 2020 年度前期新型コロナウイルス感染症禍に</p> <p>表1 外国語学部「健康スポーツ科学1」のオンデマンド資料のテーマ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>回数</th> <th>テーマ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>ガイダンス・呼吸筋ストレッチング</td></tr> <tr><td>2</td><td>新型コロナってなんだ？</td></tr> <tr><td>3</td><td>COVID-19感染拡大下における身体活動</td></tr> <tr><td>4</td><td>体格と体力の評価と改善策</td></tr> <tr><td>5</td><td>エネルギーバランス</td></tr> <tr><td>6</td><td>日本人の所作と思考特性</td></tr> <tr><td>7</td><td>ウォーミングアップとクーリングダウン</td></tr> <tr><td>8</td><td>動作のバイオメカニクス</td></tr> <tr><td>9</td><td>有酸素運動とエネルギー代謝</td></tr> <tr><td>10</td><td>筋肉とレジスタンストレーニング</td></tr> <tr><td>11</td><td>労働と健康保険</td></tr> <tr><td>12</td><td>(バドミントンの歴史)</td></tr> <tr><td>13</td><td>(スポーツと宗教)</td></tr> <tr><td>14</td><td>(オリンピックについて)</td></tr> <tr><td>15</td><td>救急法</td></tr> </tbody> </table> <p>における体育実技科目の実践例 と共通し、この回については各スポーツ種目のコースごとの内容 (例えば、筆者が担当する「バドミントンコース」では、その歴史や技術、戦術) で構成された。また、第 7 週以降は、本来の授業時間を半 分に分け対面授業が可能になったが、遠隔授業と並 行してオンデマンド資料は提供し続け、実際の運動 実践に結びつく内容にアレンジした。</p>	回数	テーマ	1	ガイダンス・呼吸筋ストレッチング	2	新型コロナってなんだ？	3	COVID-19感染拡大下における身体活動	4	体格と体力の評価と改善策	5	エネルギーバランス	6	日本人の所作と思考特性	7	ウォーミングアップとクーリングダウン	8	動作のバイオメカニクス	9	有酸素運動とエネルギー代謝	10	筋肉とレジスタンストレーニング	11	労働と健康保険	12	(バドミントンの歴史)	13	(スポーツと宗教)	14	(オリンピックについて)	15	救急法	
回数	テーマ																																	
1	ガイダンス・呼吸筋ストレッチング																																	
2	新型コロナってなんだ？																																	
3	COVID-19感染拡大下における身体活動																																	
4	体格と体力の評価と改善策																																	
5	エネルギーバランス																																	
6	日本人の所作と思考特性																																	
7	ウォーミングアップとクーリングダウン																																	
8	動作のバイオメカニクス																																	
9	有酸素運動とエネルギー代謝																																	
10	筋肉とレジスタンストレーニング																																	
11	労働と健康保険																																	
12	(バドミントンの歴史)																																	
13	(スポーツと宗教)																																	
14	(オリンピックについて)																																	
15	救急法																																	
活用しているシステム	Zoom、WebClass																																	
使用教材	オンデマンド教材として自 作運動法の紹介資料を提供したほか、ストレッチングの方法などの Youtube 動画や WHO (Europe) による“Stay physically active during self-quarantine” ⁵⁾ のような各種団体が提供する運動方法などを各種紹介																																	

授業実施方法・工夫	<p>通常の授業開始時刻 30 分 後より Zoom ミーティングを開設し、自由参加にて 参加者を募った。開設当初は 2 割程度の参加者であったが、だんだんと増加し、第 6 回にはおよそ 6 割程度の参加者になった。</p> <p>各回、教員より PC や Zoom の操作方法についての質疑応答、大学生活についてなど 全体説明したのち、ブレイクアウト機能を利用して、4-5 名程度のグループをランダムに作成し、基本的に自由な交流機会を提供した。15-20 分間を 2 回行い、他の授業での疑問点の共有、英語学習の方法・出身地に関する情報交換、留学に対する思いなど、ときおりテーマを提示した。</p>
評価方法	
課題	<p>初回から 6 回の遠隔授業 期間中であったこともあり、学生生活の導入として 有意義であった。仮に長期化した際には、マンネリ化しない方策や、参加した学生としななかった学生間での差をどのように解消するかなど 検討すべき課題も。</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>https://www.meijo-u.ac.jp/academics/education/center/publication/pdf/kyoikunenpo_2020/05.pdf</p>

【事例 21】

教育機関名	目白大学
科目名	スポーツ健康 A
学習時間	
対象学科・学年	
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔授業中にもできる椅子を使ったエクササイズ ・どこでもできる簡単足ほぐし ・ソフトボール 新聞紙を丸めて自作したボールを使って、スローイングの感覚を養う ・バレーボール 風船バレーを実践
	
	<p>おうちで実践！「どこでもできる簡単足ほぐし」</p>

	 <p style="text-align: center;">櫻井 健太専任講師</p>
活用しているシステム	
使用教材	
授業実施方法・工夫	<p>「スポーツの定義について」「排球に代わるバレーボールの新しい漢字を考える」「自宅でもできる風船バレーの楽しみ方を考える」など、考える課題にも取り組んでもらい、意見を授業内で全体に共有した。</p> <p>学生が考えた風船バレーのアイデアは、実際に教員が試した様子を動画にし、フィードバックした。</p>
評価方法	
課題	
その他	<p>学生の声：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・動画を見ながら実践できる内容で、対面授業に近い形で楽しむことができた。 ・これまで知らなかった協議を知ることができ、スポーツへの関心が高まった。 ・動画の面白さから、毎週の授業が楽しみだった ・課題のフィードバックで、ほかの学生の意見を知ることができ、視野を広げることができた。 ・実際に実技ができなかったのは少し残念だったが、先生方が協議する動画を見て一緒に協議しているような気持ちになった。
資料名・参照 URL 等	<p>https://www.mejiro.ac.jp/univ/news/2020/11/202011_online02/</p>

【事例 22】

教育機関名	流通経済大学																																																								
科目名	体育専門科目																																																								
学習時間																																																									
対象学科・学年	スポーツ健康科学部 1年から4年																																																								
受講人数	計 47 名(2 クラス)																																																								
授業運営体制等	ハイフレックス型（対面で受講する学生とオンラインで受講する学生が同じ内容を同じ時間に受講）																																																								
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>表 1. オンラインによるバスケットボール授業の内容と教材・教具</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>回</th> <th>授業内容</th> <th>具体的な学習内容</th> <th>教材・教具</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ガイダンス</td> <td>授業の進め方と注意事項</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>バスケットボールの歴史とルール</td> <td>主なルール</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>安全にプレーするためのバスケットボールのルール</td> <td>安全にプレーするためのルール</td> <td>可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>用具とボールハンドリング</td> <td>ボディークール</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>セットショット</td> <td>シューティングライン上の各部位の配置、シューティングフィンガーによるボールリリース</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ショットの歴史とランニングショット</td> <td>アンダーハンドレイアップシュートの基本ステップ、ボールの回転</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>ドリブル</td> <td>ドリブル時の手の使い方</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>時間制限ルールとパス</td> <td>時間制限ルールの時間感覚、様々なパス</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、NBA 2K、LEGO</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>ボディークontrol</td> <td>ピポット、ターン、ディフェンスステップ</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーの人形</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>バスケットボールに必要な筋とトレーニング</td> <td>バスケットボールの動きにおいて機能する筋、トレーニング法</td> <td>可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、マッスルスキンスーツ</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>個人戦術</td> <td>ボールマンディフェンスの位置、ディフェンスの崩し方</td> <td>可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、LEGO</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>グループ戦術とチーム戦術</td> <td>ディフェンスにおけるコミュニケーション、スペーシング</td> <td>可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、LEGO</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>まとめ</td> <td>プレーへのモチベーション</td> <td>パーカーボール、可動式マネキン</td> </tr> </tbody> </table>	回	授業内容	具体的な学習内容	教材・教具	1	ガイダンス	授業の進め方と注意事項		2	バスケットボールの歴史とルール	主なルール		3	安全にプレーするためのバスケットボールのルール	安全にプレーするためのルール	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア	4	用具とボールハンドリング	ボディークール	パーカーボール、可動式マネキン	5	セットショット	シューティングライン上の各部位の配置、シューティングフィンガーによるボールリリース	パーカーボール、可動式マネキン	6	ショットの歴史とランニングショット	アンダーハンドレイアップシュートの基本ステップ、ボールの回転	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア	7	ドリブル	ドリブル時の手の使い方	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア	8	時間制限ルールとパス	時間制限ルールの時間感覚、様々なパス	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、NBA 2K、LEGO	9	ボディークontrol	ピポット、ターン、ディフェンスステップ	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーの人形	10	バスケットボールに必要な筋とトレーニング	バスケットボールの動きにおいて機能する筋、トレーニング法	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、マッスルスキンスーツ	11	個人戦術	ボールマンディフェンスの位置、ディフェンスの崩し方	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、LEGO	12	グループ戦術とチーム戦術	ディフェンスにおけるコミュニケーション、スペーシング	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、LEGO	13	まとめ	プレーへのモチベーション	パーカーボール、可動式マネキン
回	授業内容	具体的な学習内容	教材・教具																																																						
1	ガイダンス	授業の進め方と注意事項																																																							
2	バスケットボールの歴史とルール	主なルール																																																							
3	安全にプレーするためのバスケットボールのルール	安全にプレーするためのルール	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア																																																						
4	用具とボールハンドリング	ボディークール	パーカーボール、可動式マネキン																																																						
5	セットショット	シューティングライン上の各部位の配置、シューティングフィンガーによるボールリリース	パーカーボール、可動式マネキン																																																						
6	ショットの歴史とランニングショット	アンダーハンドレイアップシュートの基本ステップ、ボールの回転	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア																																																						
7	ドリブル	ドリブル時の手の使い方	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア																																																						
8	時間制限ルールとパス	時間制限ルールの時間感覚、様々なパス	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、NBA 2K、LEGO																																																						
9	ボディークontrol	ピポット、ターン、ディフェンスステップ	パーカーボール、可動式マネキン、NBAプレーヤーの人形																																																						
10	バスケットボールに必要な筋とトレーニング	バスケットボールの動きにおいて機能する筋、トレーニング法	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、マッスルスキンスーツ																																																						
11	個人戦術	ボールマンディフェンスの位置、ディフェンスの崩し方	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、LEGO																																																						
12	グループ戦術とチーム戦術	ディフェンスにおけるコミュニケーション、スペーシング	可動式マネキン、NBAプレーヤーのフィギュア、LEGO																																																						
13	まとめ	プレーへのモチベーション	パーカーボール、可動式マネキン																																																						
活用しているシステム	zoom																																																								
使用教材	Play Station のゲームソフト“NBA 2K”																																																								
授業実施方法・工夫	<p>* zoom ブレイクアウトルー ム機能：4 人以下のグループに分けて自己紹介</p> <p>* zoom チャット機能：一度に受講 生全員が回答することができ、他の受講生の意見に触れることもできた（チャット機能はオンライン授業において大変有効であり、授業最終回まで毎回使用）</p> <p>* zoom ホワイトボード機能：各グループでディスカッション した結果をホワイトボード機能で示させた</p> <p>* マネキン(写真 2)を利用し、カメラを三脚に固定して撮影することで、一人でオフェンスプレーヤーとディフェン スプレーヤーを表現する動画を作成</p> <p>* Play Station から直接 YouTube にアップしオンライン授業で使用</p>																																																								

	<p>(NBA 2K を用いて意図的に 8 秒ルールや 24 秒ルールを犯すようにコントロールし、時間制限ルールを説明する動画を作成)</p> <p>*NBA プレーヤーの LEGO やフィギアを用いて説明</p> <p>*B リーガーが授業の動画を作成</p> <p>*マッスルスキンスーツ (写真 6)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真 2. ルール説明に用いた可動式マネキン</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 6. 筋の収縮を学ばせることを意図して使用したマッスルスキンスーツ</p> </div> </div>
評価方法	
課題	<p>・教員が各ブレイクアウトルームでの受講生の活動をすべて確認できない (教員が、パソコン、タブレット、スマートフォンなど複数のデバイスで Zoom に入室し、教員側の各デバイスを各ブレイクアウトルームに割り当てて入室させることで、教員一人で複数のブレイクアウトルームを観察することができる。ただし、イヤホンは 3 つ以上のブレイクアウトルームでは使えない)</p>
その他	<p>受講生の顔や部屋を他の受講生が記録しないように、スクリーンショットや画面録画の禁止を指示し、バーチャル背景注 2) の設定方法などを紹介した。こうしたオンライン授業特有の注意事項以外にも、チャット機能注 3) や「手を挙げる・降ろす」機能といった受講時に必要となる Zoom の操作方法についても紹介した。</p>
資料名・参照 URL 等	<p>https://daitairen.or.jp/dtr2020/wp-content/uploads/2021/04/daigakutaiikusportsgakukenkkyu_No18_p56-64.pdf</p>

【事例 23】

教育機関名	清華大学（中国）
科目名	男子体育授業（野球）
学習時間	
対象学科・学年	2年生
受講人数	
授業運営体制等	
カリキュラム・シラバスに関する情報	<p>清華大学体育部の教員である胡孝乾氏は、北京の自宅でテンセント会議システムを使い、腹筋運動を示した。</p> 
活用しているシステム	テンセント会議システム
使用教材	
授業実施方法・工夫	
評価方法	
課題	
その他	
資料名・参照 URL 等	http://m.china.org.cn/orgdoc/doc_1_76803_1526995.html

2.3 調査のまとめ

本調査は、スポーツ・体育系科目を遠隔教育により実施した事例を収集し、カリキュラムや授業実施上の工夫、課題等を整理することを目的とした。

収集事例は23件であったが、公開されている情報は少なかった。調査時点では、試行錯誤の段階であった学校が多かったことが予想される。収集した範囲では、Zoomを用いて実技の指導をリアルタイムで実施している例が複数あった。同時に受講する受講者の人数にもよるが、遠隔教育形式であっても講師が受講者の動きを見て指導・評価を行うことが可能であることがわかる。また、物にぶつかったりしないように注意を促している例もあるように、受講者が受講する部屋についても注意する必要があることもわかった。ウェアラブルデバイスによる評価を行っている例はなく、レポートによる評価を取り入れている例が多かった。

第3章 ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例調査

本章では、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例調査についての報告を行う。

本調査は、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例収集と、ウェアラブルデバイスによるバイタルデータの取得実験を行った。以下、それぞれの調査について報告する。

3.1 ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例収集

3.1.1 調査目的

ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例を収集し、バイタルデータの解析方法や評価方法等を整理することを目的として実施した。

3.1.2 調査対象

スポーツクラブや研究機関等における実践事例を対象とした。

3.1.3 調査手法

インターネットによる情報収集、資料収集を実施した。

3.1.4 調査項目

調査項目は、以下の通りである。

No.	調査項目
1	機関名
2	スポーツ種目
3	トレーニング内容
4	活用デバイス
5	デバイスの装着・計測方法
6	取得データ
7	解析方法
8	トレーニングの成果等
9	課題
10	その他
11	資料名・参照 URL 等
12	SUPER-BIT を用いた場合との比較等

図表 5 ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例収集
調査項目

なお、調査項目の No.12 にある「SUPER-BIT」とは、株式会社人間と科学の研究所⁷が開発したウェアラブルデバイスで、本事業で開発する教育プログラムにおいて活用するものである。「SUPER-BIT」には、心電計、温度計、3 軸加速度計に加え、3 軸のジャイロ、3 軸のコンパス、気圧計（高度計）の他、3 色の LED と有機 EL 表示盤が搭載されている。この「SUPER-BIT」からは以下のようなデータが得られる。

⁷ <https://www.imsi.site/>

心電図	脈の乱れ、自律神経の導出、自律神経活動度
温度	表皮温度、環境温度、体内温度
加速度	重力加速度、運動加速度
運動量	運動エネルギー、消費エネルギー、姿勢
睡眠状態	睡眠状態の基本データ、無呼吸症候群（AHI）、睡眠の質
ストレス状態	健康、問題あり、糖尿病、うつ病、自律神経、統合失調症、いじめ、パワハラ等の抽出

図表 6 「SUPER-BIT」で取得できるバイタルデータ（一部）

「SUPER-BIT」は、心臓の傍らに貼り付けて使用するため、ノイズが少なく、精度の高いバイタルデータの測定が可能である。また、9軸センサにより体幹に沿って体の代表値として測定できるため、スポーツ医学での活用も期待されている。さらに、生活防水機能を備え、小型・軽量であるため、普段の生活のまま必要なデータが全て取得可能である。プライバシー保護機構も充実しているため、安心して利用できる。

本調査では、この「SUPER-BIT」による計測に関する向き不向き等も分析した。

3.1.5 収集数

収集数は33件であった。

3.1.6 調査結果

以下、調査の結果を列記する。

【事例 1】

機関名	奈良先端科学技術大学院大学
スポーツ種目	なし（体幹トレーニング）
トレーニング内容	<p>人間の動きを一般的な方法で、事前定義された動作や機器に縛られることなく、定量的に評価できる体幹トレーニング支援システムを新たに提案する。図 1 に、提案する体幹トレーニング支援システムの全体図を示す。</p> <div data-bbox="512 667 1246 1216" data-label="Diagram"> <p>The diagram illustrates a four-step process for core training support. Step 0, 'Data collection', shows a person performing a core exercise while wearing a 'SenStick' sensor. Step 1, 'Recognition', shows the system identifying different core postures from the collected data. Step 2, 'Assessment', shows the system evaluating the posture and endurance, with metrics like 'Posture: ◎' and 'Endurance: ○'. Step 3, 'Support', shows the system providing feedback to the user based on the assessment. The steps are connected by arrows, indicating a continuous cycle.</p> </div> <p>図 1: 体幹トレーニング支援システム</p> <p>提案システムは、最終目標である（パーソナルトレーナーが介在しない状況における、）個人で行う体幹トレーニング支援を実現するため、以下の 4 つのステップで構成される。</p> <p>Step 0 : Data collection</p> <p>身体に取り付けられた少数のウェアラブルデバイス内に搭載されたセンサ（加速度センサとジャイロセンサ）から体幹トレーニング中の市政情報を取得する。</p> <p>Step 1 : Recognition</p> <p>センサから得られるデータを基に機械学習を用いて学習器を構築し、その学習器によって体幹トレーニング種目の自動認識を行う。</p> <p>Step 2 : Assessment</p> <p>認識された種目に対して、QoT（Quality of Training）評価を行う。例えば、理想化された姿勢データセットからの逸脱をチェックする。または、センサ</p>

データから身体の震えを算出し、筋力や運動強度、そして疲労度などを推定・評価する。

Step 3 : Support

評価結果から個々に合った運動支援を、デバイスを介して行い、人間のパーソナルトレーナーを人工知能的なエージェントに置き換える。例えば、姿勢の正誤判定結果から振動もしくは音声による姿勢改善フィードバックや、推定された筋力や疲労度からユーザの弱点を特定し、その部位を補うメニューを推薦する。

このうち、今回は Step 0 及び Step 1 に焦点を当て、以下のような 7 種目 10 パターンの体幹トレーニングによる評価実験を行った。

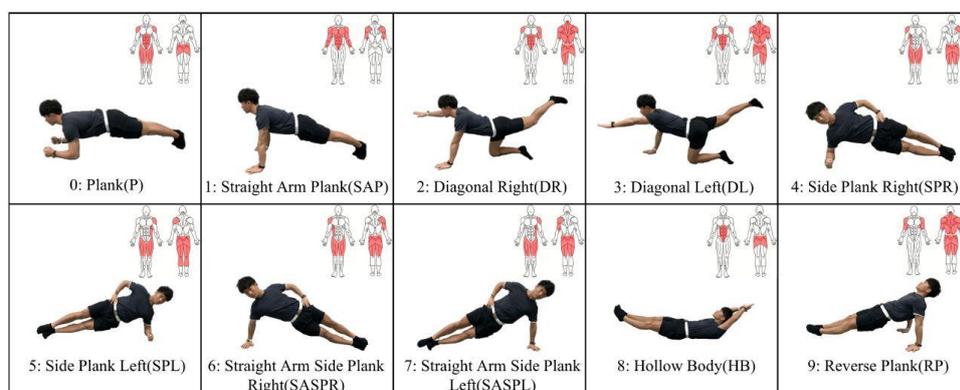


図 2: 体幹トレーニング種目

- ・ 0 (P)、1 (SAP)、8 (HB) は主に腹筋群を鍛えられる種目
- ・ 2 (DR)、3 (DL)、9 (RP) は大臀筋や背筋などに効果的な種目
- ・ 4 (SPR)、5 (SPL)、6 (SASPR)、7 (SASPL) は大腿四頭筋や三角筋に効果的な種目

これら 7 種目は、体幹トレーニングを始めたばかりの初心者から上級者までが一般的に行うトレーニング種目であり、また、特定の筋肉に対する連続的な負荷を避け、過重負荷による怪我も防ぐことができる、非常に効果的な体幹トレーニングメニューである。

各体幹トレーニング種目を行う前に写真による指導を受け、その後 15 秒の姿勢保持を各種目に対して 3 セット行う。各セット間に 15 秒間の休憩を設けた。被験者は 14 名とし、全体として 6,300 秒の姿勢保持 (1 種目当たり 630 秒の姿勢保持) を記録した。

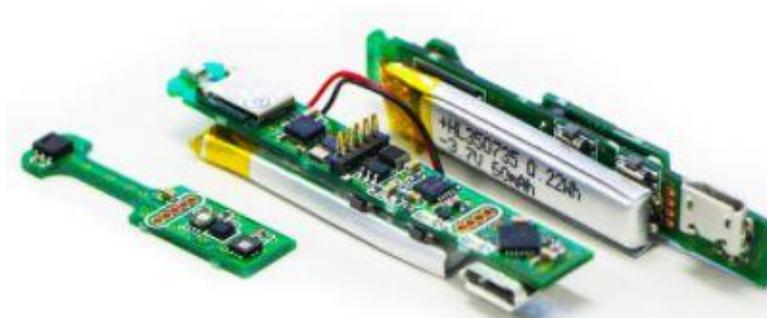
表 1: 被験者データ

Participant	Age	Weight(kg)	Height(cm)	Gender
A	23	70.00	172	Man
B	23	63.40	168	Man
C	23	73.70	170	Man
D	22	59.35	173	Man
E	23	58.20	172	Man
F	24	64.95	168	Man
G	24	54.25	172	Man
H	23	69.05	174	Man
I	30	67.85	171	Man
J	25	82.75	175	Man
K	24	88.00	182	Man
L	24	56.00	160	Man
M	26	60.25	173	Man
N	24	78.50	170	Man

活用デバイス

SenStick

8種類のMEMSセンサ（加速度、角速度、地磁気、温度、湿度、気圧、照度、紫外線）が搭載されており、最大100MHzでロギングが可能。BLEを介してデータを収集できる。一般的なLiPoバッテリーを採用しており、1回の充電で24時間以上（105mAhとして）のセンシングが可能。回路図、ファームウェア、周辺ソフトウェア、すべて大学の研究成果として公開しており、自身でファームを書き換えてオリジナルのセンサボードを開発することも可能。サイズは50mm (W) × 10mm (H) × 2mm (D)。



画像は開発中のものです

	<p>画像は https://senstick.com/ より</p>
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>SenStick を右手首 (RW)、左手首 (LW)、ベルト位置 (B) の 3 箇所に装着して計測した。</p>  <p>図 3: 装着の様子</p>
<p>取得データ</p>	<p>加速度及びジャイロデータから、身体の震え（機械的振動）を、50Hz のサンプリング周波数で計測した。</p>
<p>解析方法</p>	<p>まず、SenStick からサンプリング周波数 50Hz で取得される加速度とジャイロデータに 1 秒のタイムウィンドウから 7 種類の特徴量（平均値、最大値、中央値、最小値、最大値と最小値の差、合計値、分散値）を抽出した。</p> <p>こうして抽出された 7 種類の特徴量を基に、機械学習を用いた姿勢認識精度の評価を行った。学習モデルの構築には、Python の機械学習ライブラリである scikit-learn を用いた。また、機械学習アルゴリズムには、Random Forest（ランダムフォレスト、RF）、Support Vector Machine（サポートベクターマシン、SVM）、K-Nearest Neighbor（K-近傍法、KNN）、Convolutional Neural Network（畳み込みニューラルネットワーク、CNN）の 4 つを用いた。そして、標本から 1 つの事例を取り出して評価データとし、残りを学習データとした。全事例が 1 回は評価となるように検定を繰り返す Leave-one-person-out Cross-Validation により、各種目の認識精度（F 値）を評価した。</p> <p>4 つの異なる機械学習手法（RF、SVM、KNN、CNN）で認識結果を比較した。最も認識精度が高いのは RF を用いた場合で F 値 99.7% であり、最も認識精度が低かったのは CNN を用いた場合で F 値は 99.2% であった。よって、RF を用いることで、体幹トレーニング種目は高精度に認識できると考えられる。</p>

表 2: 4つの学習器 (RF, SVM, kNN, CNN) での認識結果 (F 値)

Classifier	P	SAP	DR	DL	SPR	SPL	SASPR	SASPL	HB	RP	Average
RF	99.7%	99.8%	100%	99.7%	99.8%	99.4%	99.8%	99.2%	100%	100%	99.7%
SVM	97.7%	99.9%	99.8%	97.4%	99.9%	99.5%	99.9%	99.4%	100%	100%	99.4%
KNN	98.8%	99.9%	99.8%	98.6%	99.8%	99.6%	99.8%	99.5%	100%	100%	99.6%
CNN	97.1%	99.8%	100%	96.5%	99.8%	99.6%	99.6%	99.2%	99.9%	100%	99.2%

また、SenStick の装着位置別での認識結果を比較した。機械学習手法には RF を用いた。すると、右手首とベルト位置の組合せにおける認識精度は F 値：92.8%、左手首とベルト位置の組合せにおける認識精度は F 値：95.4%となった。よって、今回の実験では、片方の手首及びベルト位置にデバイスを装着するだけで、F 値：94.1%の精度で認識できる。そのため、スマートフォンをベルト位置に、スマートウォッチを手首に装着すれば、今回実施した体幹トレーニング種目を高精度に認識できることが示唆される。次に、左手首とベルト位置の組合せにおける種目別に認識精度を見ると、1 (SAP)、2 (DR) の認識率が低いことが分かる。理由として、これら 2 つの種目における手首の姿勢が酷似していたためと考えられる。

表 3: RF による SenStick 装着位置 (右手首：RW, 左手首：LW, ベルト位置：B) 別での認識結果 (F 値)

Combination	P	SAP	DR	DL	SPR	SPL	SASPR	SASPL	HB	RP	Average
RW+LW+B	99.7%	99.8%	100%	99.7%	99.8%	99.4%	99.8%	99.2%	100%	100%	99.7%
RW+B	96.6%	79.7%	100%	74.5%	99.8%	88.9%	99.8%	88.4%	100%	100%	92.8%
LW+B	99.8%	83.2%	84.4%	99.8%	94.4%	99.4%	94.1%	99.3%	100%	100%	95.4%
RW+LW	99.8%	59.4%	99.9%	95.8%	96.2%	99.5%	92.7%	85.1%	99.9%	43.0%	87.1%
RW	68.7%	51.4%	99.8%	60.5%	68.7%	74.6%	69.9%	60.9%	99.8%	32.8%	68.7%
LW	79.1%	51.6%	55.1%	99.2%	80.2%	77.6%	73.2%	69.1%	99.8%	33.8%	71.9%
B	52.4%	49.7%	45.8%	26.9%	92.8%	88.1%	92.5%	87.2%	90.7%	90.5%	71.7%

さらに、本システムが実際の体幹トレーニングを行う流れにおいて実用性があるかどうかを評価するため、トレーニングの合間に休憩も挟んだ一連の行動下による評価実験を行った。RF により構築された学習モデルを、14 人の休憩時のデータ (No Training) も加えて再学習させ、新たに作成した学習モデルを用いて評価を行った。認識結果は F 値：90.3%であり、休憩中のデータを学習させていない学習モデルによって求めた認識結果よりも低下することが分かる。

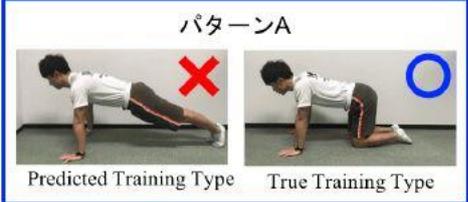
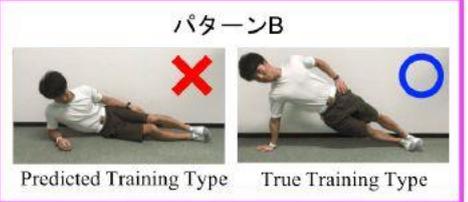
表 4: 時系列データを用いた認識結果 (F 値)

Classifier	P	SAP	DR	DL	SPR	SPL	SASPR	SASPL	HB	RP	No training	Average
RF	92.7%	95%	97.4%	100%	100%	90.9%	76.6%	75.5%	95.2%	86.4%	89.8%	90.3%

この誤認識には、以下の 2 つのパターンがある。

パターン A：休憩時を体幹トレーニング中と誤認識

パターン B：体幹トレーニング中を休憩時と誤認識

	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"> <p>パターンA</p>  <p>Predicted Training Type True Training Type</p> </div> <div style="border: 1px solid magenta; padding: 5px; text-align: center;"> <p>パターンB</p>  <p>Predicted Training Type True Training Type</p> </div> </div> <p>このような誤認識を改善するためには、ベルト位置の加速度の急激な変化及びピーク値の検出や、LSTM (Long short-term memory) のような時系列データのためのディープラーニング手法を用いることで、トレーニング中か否かのセグメンテーション化もできる可能性がある。</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>トレーニング成果の評価は今後の課題。</p>
<p>課題</p>	<p>(1) 装着部位として足首などを考慮した追加デバイスによる認識精度の向上 (2) トレーニング中か否かのセグメンテーション化の検討 (3) Step 2 及び Step 3 の検討</p>
<p>その他</p>	
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>高田将志, 中村優吾, 藤本まなと, 荒川豊, 安本慶一: 体幹トレーニング支援に向けたウェアラブルデバイスによる種目認識手法の提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2018-HCI-177, Vol. 20, pp.1-8 https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=13&block_id=8&item_id=186775&item_no=1</p>
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT の装着部位は左胸部であるため、手足での計測は不可。 本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 2】

機関名	奈良先端科学技術大学院大学
スポーツ種目	スマート棒を用いた棒体操
トレーニング内容	<p>[体操 a] またぐ体操 (図 1)</p> <p>両手に棒を持ち、棒を曲げないようにまたぐ。そして、おしりを椅子から浮かせて棒を腰の後ろまで上げる。次に、逆の順序で戻す。効果として足の柔軟性を高め、可動域を維持できることが挙げられる。</p>  <p>図 1: またぐ体操 (体操 a)</p> <p>[体操 b] ばんざい体操 (図 2)</p> <p>両手に棒を持ち、背もたれから背中を離し、骨盤を 起こして背筋を伸ばしてばんざいをする。息を吸いながら行くと、より肩が高く上がる。この体操を行うことで背中が伸び、側方への転倒予防につながる。</p>  <p>図 2: ばんざい体操 (体操 b)</p> <p>[体操 c] 体を捻る体操 (図 3)</p> <p>背中を伸ばした状態で、左右に体を回旋する。体を回旋することで脊柱と胸郭の可動性を引き出すことができる。また、体の回旋は、バランスを崩した時に、立ち直るために必要な要素である。</p>

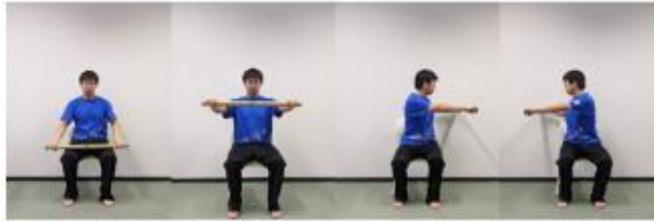


図 3: 体を捻る体操 (体操 c)

[体操 d] 体を横に倒す体操 (図 4)

背中を伸ばした状態で、体を左右に側屈する。胸郭の柔軟性を高めることができる。



図 4: 体を横に倒す体操 (体操 d)

[体操 e] 前かがみになる体操 (図 5)

体を前傾させて、棒を床につける。足底に体重負荷がで、立ち上がりが必要な前傾姿勢を経験できる。



図 5: 前かがみになる体操 (体操 e)

[体操 f] 肩を捻る体操 (図 6)

体の前で棒を回すようにして肩を捻る。肩に捻りを加えることで肩の可動性を高めることができる。



図 6: 肩を捻る体操 (体操 f)

[体操 g] 背中の後ろで受け取る体操 (図 7)

棒を背中の後ろを通して反対の手で受け取る。目で確認できない場所で棒を操作することで、身体の運動イメージを高め、肩の可動性を高めることができる。



図 7: 背中の後ろで受け取る体操 (体操 g)

[体操 h] 手で回す体操 (図 8)

手首を交互上下に動かして、手の中で棒を回転させる。手首の骨折は、高齢者の3大骨折の1つであり、この体操を行うことで、手首の可動性を高め、柔軟性を確保できる。



図 8: 手で回す体操 (体操 h)

活用デバイス

IMU センサ*を体操動作を分類するためのセンサデバイスとして使用する。

*MetaMotionR – MBIENTLAB

本研究において使用する IMU センサを図 9 に示す。

IMU センサは、線形加速度とクォータニオンが測定でき、最大 100Hz で記録できる。また、無線によってデータを収集することもできる。センサの装着位置

としては、図 10 のように棒の中心に穴を空け、その穴にセンサを埋め込んでいる。



図 9: 実験で使用した IMU センサ



図 10: 実験で使用したスマート棒

デバイスの
装着・計測
の方法

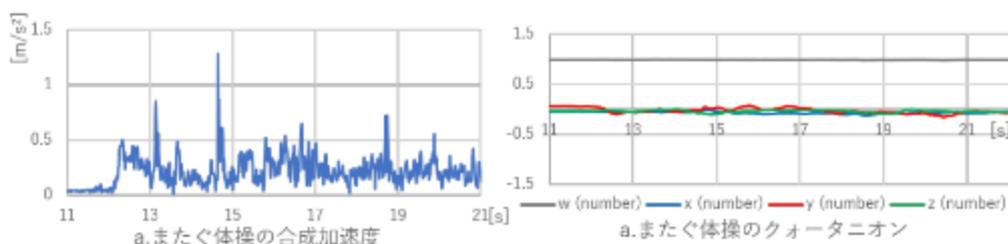
被験者がスマート棒を持ち、各体操を 10 回ずつ行い測定データを収集した。実験は 3 人で行った。被験者がスマート棒を持ち、各体操を 10 回ずつ行い測定データを収集した。

取得データ

本支援システムは、(1) 得られたデータから体操動作区間を検出するステップ、(2) 体操動作の認識を行うステップ、(3) 認識された体操動作を評価・フィードバックするステップの 3つのステップで構成される。

解析方法

IMU センサを用いて得られたデータから体操中の動作の分析を行う。
図は各体操の x 軸、y 軸、z 軸の加速度を合成した合成加速度とクォータニオンを表している。横軸は時間、縦軸は合成加速度、クォータニオンの大きさを表している。



	<p>またぐ体操の合成加速度は、体操の始めから終わりまで変化していることがわかる。これは、またぐときに棒を下げたり、立つときに変化したものであると考えられる。クォータ ニオンは w 成分、x 成分、y 成分、z 成分ともに大きい変化は見られないことがわかる。これは棒を大きく動かす動作がないためであると考えられる。</p>
トレーニングの成果等	<p>トレーニング成果の評価は今後の課題。 フィードバックを行うことで高齢者の棒体操をより正しい動作へ改善する棒体操支援システムの実現を目指している。</p>
課題	<p>より多くの転倒タイプのシミュレーションを行うことができるように拡張する必要がある。</p>
その他	<p>今後は、機械学習を用いて、体操中の高齢者の体操動作を認識し、動作毎に正しい体操動作へ改善するためのフィードバックを高齢者に与えることが可能な棒体操上達支援システムの実現を目指す。</p>
資料名・参照 URL 等	<p>大井 一輝、中村 優吾、松田 裕貴、藤本 まなと、安本 慶一：スマート棒を用いた棒体操支援システムの検討 https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=207768&item_no=1&page_id=13&block_id=8 Copyright (c) 2020 by the Information Processing Society of Japan</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT は棒に装着不可。 目的が異なる。</p>

【事例 3】

機関名	*1 ワークプラザ・たんぼぼ *2 国立スポーツ科学センター *3 岡山短期大学 *4 広島工業大学 *5 関西福祉大学 *6 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
スポーツ種目	クロール水泳
トレーニング内容	<p>先行研究において 4 泳法を比較しクロール泳が最も酸素需要量が少ないことを報告した。また、大学生を対象とした泳力テストの達成率において平泳ぎと比較してクロールの達成率が高いことが報告されている 16)。これらのことから、運動課題はクロール泳（運動時間：5 分）とした。</p> <p>安静時心拍数は、被験者が水中立位安静時の値とした。その後、カルボーネン法にて算出した 50%Heart Rate Reserve (HRR) の心拍数（目標心拍数）を算出した。被験者には、目標心拍数で泳ぐよう指示し、被験者毎の感覚のみを頼りに出力を調整させた。</p> <p>被験者は、水泳の非熟練者成人男性 6 名（年齢：21±1 歳、身長：171.2±4.0 cm、体重：63.2±4.6 kg）とした。本実験における非熟練者は、水泳トレーニングを行っていない者とした。</p> <p>実験は、K 大学の室内温水プール（25m×15m）で行なった。平均水温は、30.7±0.4℃であった</p>
活用デバイス	<p>スポーツ心拍計（<u>H10 センサー、POLAR</u>）</p> 
デバイスの装着・計測の方法	<p>胸部にストラップを締め付けて装着。</p> <p>心拍数は、スポーツ心拍計（H10 センサー、POLAR）を用いて経時的に測定した、2-5 分の平均値を目標心拍数と比較した。</p> <p>ストローク数は 左右の腕のかきをそれぞれ 1 回とした。</p> <p>ストローク数、呼吸数は、ビデオカメラ（GZ-RX680、JVC）を用いて撮影し、映像から 1 分毎の平均値を算出した。</p>
取得データ	心拍数、ストローク数、呼吸数、泳距離
解析方法	<p>結果 本運動課題実施における泳距離は、240.7±21.7m であった。</p> <p>ストローク数および呼吸数の変化は、時間経過に伴う有意な差は観察されなかった（表 1）。</p>

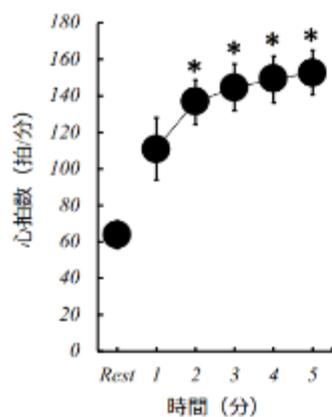
運動中の心拍数の変化を図 1 に示した。時間経過に伴う有意な差が観察された ($p < 0.05$)。

運動中の心拍数は、運動 1 分と比較して 2 分から 5 分において有意に高値を示した ($p < 0.05$)。目標心拍数 と心拍数を図 2 に示した。心拍数は、目標心拍数と 比較して有意に高値を示した ($p < 0.05$)

表 1 5分間クロール泳時におけるストローク数および呼吸数の変化

時間 (分)	1	2	3	4	5
ストローク数 (回/分)	51.5±4.5	50.2±5.0	49.5±5.6	50.0±4.0	49.3±6.9
呼吸数 (回/分)	14.0±4.6	19.7±3.4	21.8±4.7	23.0±4.7	22.5±4.8

クロール泳時の主観的運動強度調節



5分間クロール泳時における心拍数の変化
* : $p < 0.05$ (vs. 1min)

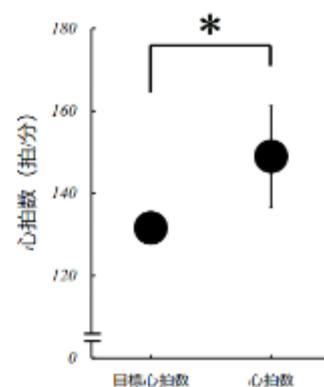


図 2 5分間クロール泳時における目標心拍数と心拍数の比較
* : $p < 0.05$

男女競泳選手を対象に行った主観的努力度による泳出力調節を実施させた先行研究では、泳速度の調節がストローク頻度の増減により達成されていることを明らかにした (9,10)。本研究においてストローク数および呼吸数の時間経過に伴う変化がなかったことから、被験者は、5分間ほぼ一定のペースで泳いでいたものと考えられる。先行研究 (9,10) と同様に本研究の被験者は、主観的な感覚に伴う運動強度調節をストローク数と呼吸数を指標とした可能性が考えられる。

本研究は、非熟練者が健康づくりのために泳ぐことを想定しているため中強度である 50% HRR のみでの実施とした。しかしながら、運動中の心拍数から算出した % HRR は、63%であり目標心拍数より 10%程度高い値であった。本研究の被験者は、水泳の非熟練者であったため目標心拍数 (主観的努力度) と心拍数 (客観的出力) が一致しなかったと考える。

先行研究 (17) は、自転車エルゴメーターを用いて週 2 回程度の運動を定期的に

	<p>実施している者と運動習慣を有さない者の RPE を比較した。RPE15 の 時の心拍数 (159.2 ± 14.4 拍/分) は、運動を定期的に行っている者が高い値を示すことを明らかにした (17)。この結果は、本研究の結果と一致した。このことから、本研究の被験者の中に陸上運動を定期的に行っていた者がいたことが、本研究の結果に影響を及ぼしていたと考えられる。</p> <p>水中運動時の心拍数変化は陸上運動時より 10 拍/分程度下向きに修正される (18) ことから、この傾向を加えて換算しても 実測の心拍数は高い値を示したものと考える。</p> <p>先行研究 (9,10,19) より水泳選手を対象とした 25m および 50m クロール泳を用いて同様の検討が行われていたが本研究は、健康づくりのため水泳を実施することを想定しているため運動時間を 5 分間に設定した。このため、運動時間および泳距離の違いが生じ、本研究の実験結果に影響した可能性が考えられる。</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>非熟練者のクロール泳時における心拍数は、目標心拍数と比較し有意に高値を示すことが明らかになった。このことは、非熟練者の健康づくりのための水泳における主観的運動強度と指標とした目標運動強度の設定が可能であることを示唆する。</p> <p>主観的な感覚による運動強度調節を非熟練者に用いるためには、目標心拍数と実測した心拍数の差である 10% 程度の乖離を修正するために泳者自身の主観的な感覚よりも低い目標心拍数を設定することが望ましいと考える。</p> <p>このことを踏まえ、指導者が 50%運動強度より 10% 程度低い値を指示することで非熟練者が目標とする運動強度に一致する運動強度で水泳を行うことができると考えられる。</p> <p>本研究の知見は、非熟練者のクロール泳における 10% 程度の生理的な運動強度と主観的運動強度の乖離を解き、主観的な感覚を指導の手段として用いることにより 50%運動強度調節を可能にすることを示す。</p>
<p>課題</p>	<p>本研究の限界は、運動強度の比較対象群を設定できないことにありと考える。研究は、水泳非熟者における泳者自身の主観的な感覚を運動強度指標として用いることが可能か検討することを目的とし 実験を行ったため 1 条件の設定であった。</p> <p>今後は、運動強度設定を増やし検討を進めることで、健康づくりのための水泳実施における安全性の向上に寄与できるものと考えられる。</p>
<p>その他</p>	
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>濱田大幹*1 斎藤辰哉*2 吉田升*3 玉里祐太郎*4 吉岡哲*5 小野寺昇*6 : ロール泳時の主観的運動強度調節による心拍数の変化 川崎医療福祉学会誌 Vol.30 No.1 2020 237-241 https://kwmw.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=reposit</p>

	ory_view_main_item_detail&item_id=14783&item_no=1&page_id=13&block_id=17
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT の防水機能は生活防水であり、水泳等に対応する防水ではないので注意が必要。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 4】

機関名	北海道大学
スポーツ種目	ボルダリング
トレーニング内容	<p>本システムでは、単眼カメラ一台を固定された位置に設置しノート PC に接続するだけで姿勢の推定や遷移を認識し、完登の判定を行うことを目標とする。本システムは従来のボルダリングジムに設置し、競技者が簡単に使用できるように、タブレット端末上で動作するアプリケーションとして実現する。</p> <p>具体的にはユーザがタブレット端末上で録画の操作をした後にボルダリングを行う。その後、アプリケーション上で録画停止の操作を行い、ほどなく判定結果がタブレット端末上に表示される。また、完登の判定で必要となるホールドの認識についてはネットワークを経由してクラウド上に物体認識を行うシステムやホールドのデータベースを用意しておくことでそれぞれ解析を行い、この結果をタブレット端末上に表示することが可能である[14]。しかし、本システムでは完登判定に重点を置くため、簡単な実装として予めクライミングウォール上のホールドの大きさや位置を保持しているものとした。</p> <div data-bbox="422 1048 965 1406" style="text-align: center;"> <p>The diagram illustrates the system's data flow. At the top, a 'WebCamera' and 'ノートPC' (Note PC) are connected. An arrow labeled '動画のアップロード' (Video Upload) points from the PC to 'オンラインストレージ' (Online Storage). A return arrow labeled '判定結果' (Judgment Result) points from the storage back to the PC. Below this, a 'サーバー' (Server) is shown with '動画のアップロード' (Video Upload) and '動画共有サービス' (Video Sharing Service) arrows connecting it to a cloud icon. A 'ユーザー' (User) is shown at the bottom, connected to the server via 'Socket通信' (Socket Communication). The server also has a '完全判定' (Complete Judgment) label and a '動画ID' (Video ID) label.</p> </div> <p style="text-align: center;">図 1 システム構成</p> <p>実験参加者</p> <p>本実験には過去にボルダリングを 1 回以上行ったことがある 23 歳から 28 歳（平均年齢 24.25、標準偏差 2.22）の計 8 名（男性 6 人、女性 2 人）が参加した。参加者のうち 5 名がボルダリングの経験の指標[20]であるオンサイトグレード（初見で完登できたコースの最高難易度）が 7 級から 5 級（平均 6、標準偏差 0.63）、レッドポイントグレード（過去に完登できたコースの最高難易度）が 6 級から 4 級（平均 5.2、標準偏差 0.75）であり、2 名はオンサイトグレード、レッドポイントグレードともに「分からない」と回答し、1 名はオンサイトグレード、レッドポイントグレードともに「覚えていない」と回答した。実験参加者 8 名のうち 7 名がボルダリングシューズを着用して実験に参加した。残りの 1 名は裸足で参加した。なお、レッドポイントグレードは数が多いほど下の級となって</p>

おり、一般的にレッドポイントグレード 4 級までのコースを完登できる競技者が初級とされている[16].さらに 1 級を完登した後には 1 段、2 段と段が上がっていくシステムになっている。

実験手順

最初に実験の目的について説明を行い、その後参加者に事前アンケートへの回答を求めた。事前アンケート終了後、システムとその操作方法についての説明を行った。参加者には準備運動を行った後にタスクに取り組みさせた。

タスクでは 4 つのコースを用意し、実験参加者にシステムを使用させながら、それぞれのコースを登らせた。実験で使用した 4 つのコースを設定したクライミングウォールを図 7 に示す。コースは青・赤・黄・黒の四角の枠で囲まれたホールドから構成され、各コースを登る際に用いることが可能であるのは同色の四角の枠で囲まれたホールドのみである。

枠の右下に斜めのテープが貼ってあるホールドが開始ホールドであり、枠の左下に斜めのテープが貼ってあるホールドが終了ホールドである。実験参加者がコースを登る順番は、怪我の危険性を考慮し、実際のボルダリング競技の実施順序にならない、難易度が簡単なコースから難しいコースの順番になるように提示した。具体的には、青枠で囲まれた 7 級程度のコース（以下、青コース）、赤枠で囲まれた 6 級程度のコース（以下、赤コース）、黄枠で囲まれた 5 級程度のコース（以下、黄コース）、黒枠で囲まれた 4 級程度のコース（以下、黒コース）の順番で登るように指示した。

各コースを登る回数（以下、トライ数）は最大で 3 回とし、本人が完登できたと判断した場合はトライ数が 3 回未満でも次のコースを登るように指示した。なお、怪我の危険性を考慮し、トライ数が 1 回以上で完登が不可能だと参加者が自分で判断した場合も、同様にトライ数が 3 回未満でも次のコースを登るように指示した。また、参加者のボルダリングのパフォーマンスの低下の影響を軽減するためにコースを登る間には休憩時間を設け、登るコースが変更になった場合は 3 分以上、同じコースにもう一度登る場合には 1 分以上休憩するように指示を行った。

実験参加者には、この休憩時間の間と準備運動後に次のタスクで登るコースを提示し、そのコースのオブザベーション（コースの下見）を行うことを推奨した。IFSC 競技クライミングルールに則り、オブザベーションの間、参加者は両足が地面から離れていない状態で開始ホールドにのみ触ることを許可した。



図7 実験で用いたクライミングウォール

実験タスク

本実験では参加者はアプリケーションの操作をすべて参加者自身で行った。具体的には、トライ開始前にアプリケーション上で「REC」ボタンを押し、その後実際に壁を登る。完登したかどうかに関わらず、トライ終了後には「STOP」ボタンを押し、一つのトライを終了する。動画がクラウド上にアップロードされるまでに時間があるが、ほどなくして動画が表示される。参加者はこの動画を見て直前のトライの確認を行うことができる。

その後、システムによる完登の判定結果がアプリケーション上に表示され、参加者は完登できたのかどうかを知ることができる。この「STOP」ボタンを押したあと、判定結果が返ってくるまでの時間は概ね1分から1分半程度であった。以上が一つのタスクの流れであり、参加者はこれを繰り返す。実験参加者がシステムを使用している様子とクライミングウォールを登っている様子をそれぞれ図8、図9に示す。



図8 タブレット端末を操作し、単眼カメラを起動する実験参加者



図9 実験タスクの青コースを登る実験参加者

システムによる判定とライセンス所有審判員による判定の比較

	<p>本研究でのシステムが「国際ルールである IFSC 競技クライミングルールに従った完登結果であるかどうか」および「初心者が理解している完登とどの程度異なっているのかどうか」の 2 点を調べるための比較を行う。本実験では参加者がタスク実施中に終了ホールドを両手で掴んだ後、自分で登れたと判断した場合はトライが終了する。しかし、実験参加者による判断と IFSC 競技クライミングルールに従った完登結果、およびシステムによる完登判定が全てのタスクにおいて一致するとは限らないため、参加者が完登していたかどうかの判定を単眼カメラで取得した動画を用いて熟練のボルダリング経験者（スポーツクライミング競技 C 級審判員資格保有者 8）1 名が行った（以下、規定に従った判定とする）。この結果を IFSC 競技クライミングルールに従った完登結果として用いる。</p>
<p>活用デバイス</p>	<p>単眼カメラ（型番: <u>logicool – C922 PRO STREAMING WEBCAM7</u> , 取得動画サイズ:1920×1440 pixel, フレームレート:30 fps)</p> <div data-bbox="416 898 983 1216" data-label="Image"> </div> <p>解析ソフトウェア：<u>OpenPose</u> 単一の画像で人体、手、顔、足のキーポイント（合計 135 個のキーポイント）を共同で検出するリアルタイムマルチパーソンシステム</p> <div data-bbox="416 1435 1027 1780" data-label="Image"> </div>
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>本システムは従来のボルダリングジムに設置し、競技者が簡単に使用できるようにタブレット端末上で動作するアプリケーションとして開発する。ユーザはまずタブレット端末上のアプリケーションで環境内に設置された PC と接続する。次に、ユーザは競技開始前にアプリケーション上で録画を開始し、環境内に設置</p>

された PC に接続された単眼カメラからの映像を取得する。ユーザはその後、与えられたコースにトライし、完登できたかどうかにかかわらずトライ後に録画を停止する。画像処理が終了するのを待ってアプリケーション上に撮影された映像が表示される。その後、完登判定処理が終了した段階で完登判定結果がアプリケーション上に表示される。

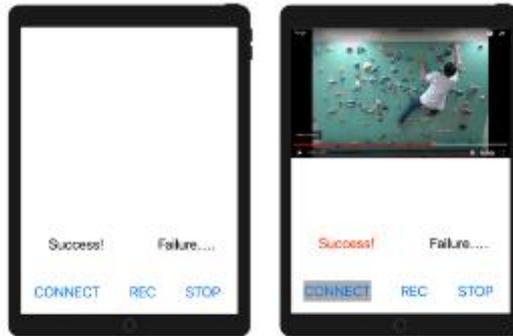


図 6 実験で用いたアプリケーション（左：PC に接続する前の画面、右：トライ後、完登と判定された画面）

クライミングウォールの設置

本研究では、参加者実験のためにクライミングウォールを設置した。クライミングウォールは横幅 360cm、高さ 240cm で、角度を 45°から 75°まで変更可能である（90°で床面に対して垂直となる）。ボルダリングでは同じホールドを用いる限り、傾斜が緩い方がコースの難易度が易くなるため、初心者を対象とするユーザ観察と参加者実験では 75°の傾斜に設定した。また、クライミングウォールにボルトを用いて取り付けることのできるホールドの最大数は 333 であり、材質が木であるため、ネジで取り付けることのできる小さなサイズのホールドであれば任意の位置に取り付けが可能である。参加者実験では、設定するコース難易度にあわせて 37 個のホールドを取り付けた。実験環境を図 2 に示す。

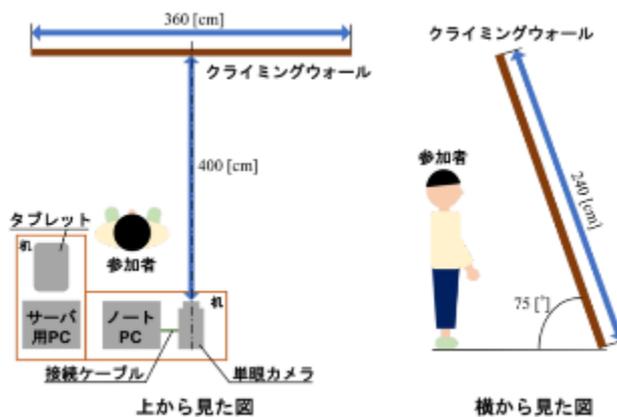


図 2 実験環境

単眼カメラで撮影したボルダリングをしている様子の動画を **OpenPose** で解析し、各フレームにおける手と足の位置 を取得する。なお、ボルダリングにおける有用性や使用頻度を考え、手の座標位置には手首を用い、足の座標位置には親指の付け根を用いた。

具体的には単眼カメラで取得する動画サイズと同じサイズ (1920×1440) の **Integer** 型の配列を用意 (図 3-A) し、画像の左上のホールドから順にホールドの座標位置と同じ配列の **index** にホールドの番号の登録を行う (図 3-B)。例えば、図 3-C の左側の赤丸で囲まれたコースが与えられた際は指定されていないホールドは使用してはいけないホールドとなり、システムにより掴んだと判断された場合は登れなかったと判定される。

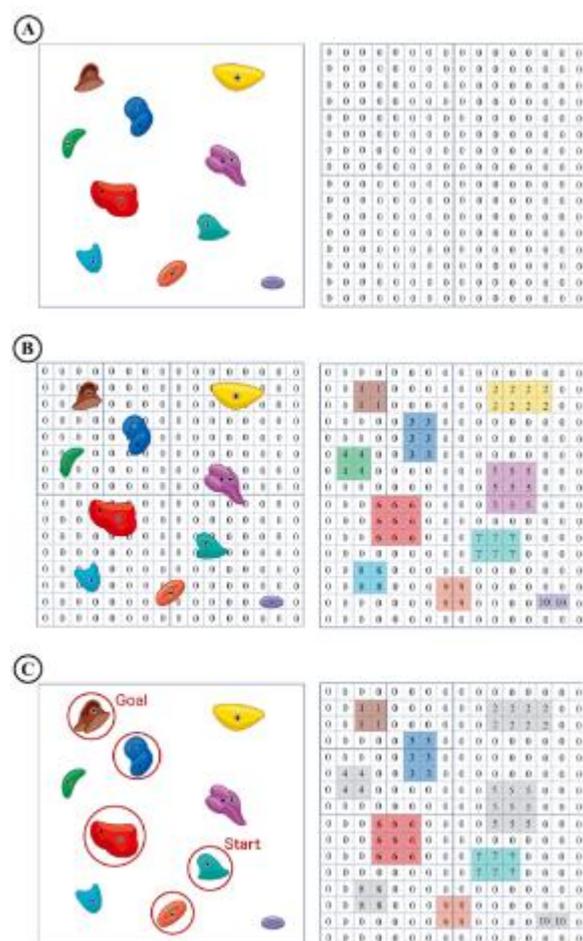


図3 完全判定の手法：(A) 動画サイズと同じサイズの配列の用意、(B) ホールドの登録、(C) コースが与えられた状態

参加者実験のために設置したクライミングウォールで競技者が登っている様子を撮影し、**OpenPose** による骨格推定を行なった状態を図 4 と 5 に示す。それぞれの左上がスタートの姿勢、右上および左下がゴールへと移動している

中間の状態、右下がゴールの姿勢を示す。図 5 左上および図 5 右下では片足がホールドに乗っていないが、ボルダリング競技中は指定されているホールド以外を使わなければ許容される規則 2 であるため、完登失敗の判定の対象ではない。完登失敗の判定には規則通り他のホールドや地面に触れたことを条件とした。



図4 青コースを登る実験参加者（参加者 ID:4）：(左上) スタートの姿勢、(右上)(左下) 中間の姿勢、(右下) ゴールの姿勢



図5 黄コースを登る実験参加者（参加者 ID:2）：(左上) スタートの姿勢、(右上)(左下) 中間の姿勢、(右下) ゴールの姿勢

取得データ	各フレームにおけるユーザーの手足の座標位置 Open Pose による骨格判定
解析方法	<p>完登の判定精度</p> <p>各タスクにおいて青コース（7 級程度のコース難易度）は参加者 8 人中 8 人、赤コース（6 級程度のコース難易度）は 8 人中 7 人、黄コース（5 級程度のコース難易度）は 8 人中 3 人、黒コース（4 級程度のコース難易度）は 8 人中 1 人が規定に従った判定（熟練したボルダリング経験者による判定）において完登と判定された。このとき、全てのコースにおいて参加者自身による完登の判定（全トライ数 42）と、規定に従った判定が一致した。すなわち、初心者による完登の判定と熟練者による完登の判定は初心者向けのコースにおいては完全に一致した。図 10 に判定の成功割合の結果を示す。また、全コースでの判定結果を、表 1 に示す。</p>

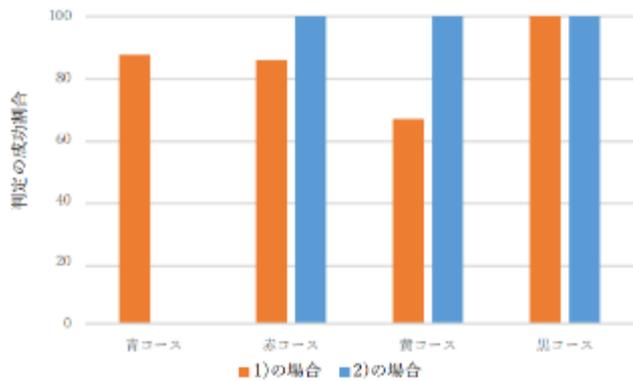


図 10 各コースにおけるシステムの成功判定率

表 1 全コースでの判定結果

		システムの判定	
		成功	失敗
規定に従った判定	成功	16/19 (84.2%)	3/19 (15.8%)
	失敗	0/23 (0%)	23/23 (100%)

ここでの判定成功とは以下の2つの場合である。

- 1) 規定に従った判定で完登と判断され、システムも完登と判断した場合
- 2) 規定に従った判定で完登できなかったと判断され、システムも完登できなかったと判断した場合

ユーザビリティに関する評価

提案システムとアプリケーションは実際のボルダリングジムでの使用を想定しており、このためアプリケーションはユーザ自身のみで使用することが期待される。これを確認するために、実験後に SUS によるアンケートを行い、ユーザビリティの評価を行った。本実験で用いた SUS アンケートは 5 段階のリッカート尺度の質問 10 項目で構成されており、100 点満点のスコアを得ることが可能である。この結果、全参加者の SUS スコアの平均値と標準誤差は 82.81 ± 1.95 点となった。このスコアは SUS スコアの解釈の研究[18]によれば **Excellent** に対応する。SUS の各質問項目とそれぞれの平均スコアは表 2 のとおりである。

表 2 SUS の質問項目と結果

番号	質問	平均	標準誤差
1	このシステムをしばしば利用したいと思う	4.00	0.35
2	このシステムを利用するには説明が必要となるほど複雑であると感じた	2.13	0.33
3	このシステムは容易に使いこなすことができると思った	4.63	0.17
4	このシステムを利用するのに専門家のサポートが必要だと感じる	1.75	0.23
5	このシステムでは様々な機能がよくまとまっていると感じた	4.25	0.23
6	このシステムの手順には一貫性のないところが多々あったと感じた	1.00	0.00
7	たいていの人は、このシステムの利用方法をすぐに理解すると思う	4.75	0.15
8	このシステムはとても操作しづらいと感じた	1.63	0.25
9	このシステムを利用できる自信がある	4.88	0.12
10	このシステムを利用し始める前に知っておくべきことが多くあると感じた	2.88	0.12

ユーザビリティの評価指標である SUS スコアに関して、全実験参加者の平均スコアは 82.81 点であり、SUS の平均的な値である 68 点[17]を超えていた。そのため、SUS による基準としては本システムのユーザビリティは優れていると考えられる。SUS の 10 項目の質問で全てが中間値よりもポジティブな値であったが、項目 1「このシステムをしばしば利用したいと思う」と項目 10「このシステムを利用し始める前に知っておくべきことが多くあると感じた」が比較的低いスコアであった理由について考察する。本システムではカメラで得られた動画を入力として判定結果を示している。そのため、動画のアップロードや OpenPose の実行処理に通信が必要になり、シンプルなカメラの起動と停止だけではないことが原因として考えられる。

トレーニングの成果等

本研究では、単眼カメラを用いた完登判定システムを提案した。実験においては難易度の異なる 4 つのコースをクライミングウォール上に用意し、それぞれについて完登判定の精度の検討を行った。
あわせてアプリケーションのユーザビリティの調査も行った。結果としては、完登判定システムの失敗状況での失敗判定の精度は 100%であったが、成功状況での成功判定は 4 コース中 3 コースで、1 回の判定エラーが生じた。これは先行

	<p>研究[9][13]でも言及されている身体による手足やホールドの遮蔽が生じたことと、手首の位置を判定に用いたことによる座標のズレが生じたことが原因であった。</p>
<p>課題</p>	<p>実験で得られた結果について、まず完登判定のエラーについて考察する。実験では青コース・赤コース・黄コースで規定に従った判定で完登できたと判定されたにも関わらずシステムが失敗と判定した状況（以下、判定エラーとする）がそれぞれ一度ずつ生じた。</p> <p>実験後の動画の観察からは青コースで生じた判定エラーについては参加者のホールドの握り方と手の大きさが影響していると考えられる。本システムでは OpenPose によって算出された手首の座標位置を手の座標位置として扱っている。青コースは全ての実験参加者が完登できることを想定して設定したため、持つことが容易な初心者向けのホールドを用いた。ボルダリングでは、一般的に持ちやすいホールドは指を引っ掛けるようにして持つことが推奨されている。そのため、指が伸びて手首の位置が下がったことで判定エラーが生じたと予想できる（図 11）。また、青コースは真っ直ぐ上に登るコースを設計した。そのため、手首の位置が手の真下にきて、座標位置として低かったことも原因として挙げられる。</p> <div data-bbox="424 1093 1118 1496" data-label="Image"> </div> <p>図 11 手首の位置による判定エラー</p> <p>赤コース、青コースの判定エラーについてはスタートホールドを保持した際の体勢、すなわちスタート体勢における片足の遮蔽が関係あると考えられる。赤コース、黄コース共にクライミングウォールの端の辺りからスタートを行うコースであり、腰や背中によって足が隠れていることが撮影した動画から確認された（図 12）。</p> <p>この 3 つの判定エラーから手の座標位置の取り方や遮蔽が生じた際の動画の扱いについて慎重に検討する必要があると考えられる。</p>



図 12 片足が遮蔽されることによる判定エラー

その他	
資料名・参照 URL 等	<p>エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集/145 - 153 頁 (発行年:2019-09-13) :単眼カメラを用いたボルダリング完登判定システムの提案 :桂大地、坂本大介、小野哲雄</p> <p>https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=199421&item_no=1&page_id=13&block_id=8</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の座標は測定不可。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定 : 心拍数、呼吸数、運動量 : METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 5】

機関名	仙台大学大学院スポーツ科学研究科
スポーツ種目	肘関節の伸展・屈曲運動
トレーニング内容	<p>■1. 開発したツールによる動作の変容の検証</p> <p>▽実験場所</p> <p>>宮城教育大学 野球場 >東北福祉大学 室内練習場</p> <p>▽実験参加者</p> <p>>18 ~ 21 歳の右利き女性 16 名</p> <p>▽実験の手順</p> <p>1. 動作の目標を示し（加速度の絶対値の最大値 10m/s²、加速度の最大・最小を示した時間の差 500ms）、模範の動作（うつ伏せの状態の方と平行においた左腕を肘を支点に 90 度回転する動作、図 3）を一度示す。</p>  <p>図3 本実験における動作の概要</p> <p>2. 実験の動作を 30 回行い、本ツールを用いて加速度の数値の取得を行う。</p> <p>3. 2 日後、8 名をセンサの情報をグラフのみで示してフィードバックを行う群（以下、実験群）、8 名をフィードバックを一切行わなかった群（以下、統制群）に分けて実験の動作を 30 回実施し、本ツールを用いて加速度の数値の取得を行う。</p> <p>■2. 開発したツールによる動作の学習効果の検証</p> <p>本ツールによるフィードバックを実施したところ、交互作用、主効果ともに十分な学習効果が得られたとは言えなかった。そのため、フィードバック方法を変更することで、本ツールを用いて学習効果が見られるかどうか検証することを目的とした。実験の方法としては以下のとおりである。</p> <p>▽実験の手順</p> <p>1. 動作の目標を示し（加速度の絶対値の最大値 10m/s²、加速度の最大・最小を</p>

	<p>示した時間の差 500ms)、模範の動作（うつ伏せの状態の方と平行においた左腕を肘を支点に 90 度回転する動作を一度示す。</p> <p>2. 30 回実験の動作を実施し、本ツールを用いて 30 回の動作のうちフィードバックを一度も行わない群（以下、0%群）に 3 名、3 回に一度フィードバックを行う群（以下、33%群）に 4 名、毎回フィードバックを行う群（以下、100%群）に 3 名を分け、実験の動作を行う。また、フィードバックの方法については、データの分析を行った PC の画面を示し、口頭による指導は行わないものとした。</p> <p>3. 3 つの群において取得される数値について検討する。</p>
活用デバイス	作成したツール（腕時計型のウェアラブルデバイス、タブレット端末）
デバイスの装着・計測の方法	<p>本研究では腕時計型のウェアラブルデバイスで加速度の値を取得し、その数値を活用することを可能にすることを目指した。</p> <p>時計型のウェアラブルデバイスは単体で Wi-Fi ネットワークに接続できるものは多くないため、腕時計型のウェアラブルデバイスで取得した数値を Bluetooth を用いてタブレット端末に送信し、そこからパーソナルコンピュータ（以下、PC）に送信し、Microsoft 社製の Excel を使用しデータの処理を行った。本ツールは、起動しただけで加速度センサの数値を取得するのではなく、ボタン操作を行うことで加速度センサの数値を取得する機能となっている（図 2）</p> <div data-bbox="432 1205 1038 1496" data-label="Diagram"> </div> <p>図 2 アプリケーション使用の流れ</p> <p>本ツールを起動するとメイン画面が表示され、「MEASUREMENT START」のボタンを押すと計測が開始され、画面上部に取得している数値が断続的に表示される。計測が終了した段階で「MEASUREMENT STOP」ボタンを押すと計測が終了し、計測した時刻、X 軸方向の加速度の数値、Y 軸方向の加速度の数値、Z 軸方向の加速度の数値が記録された csv ファイルが自動的に端末内に保存される。また、画面は自動的に最初の画面に戻り、継続して数値を取得することが可能である。</p>
取得データ	計測した時刻、X 軸方向の加速度の数値、Y 軸方向の加速度の数値、Z 軸方向

	の加速度の数値
解析方法	<p>1. 開発したツールによる動作の変容の検証</p> <p>本調査から得られたデータをもとに、前後の数値の平均の検証と、前後とフィードバックの有無の交互作用の検証を行った。</p> <p>また、取得された数値のうち、検証の対象とするデータは、X 軸方向加速度最大値、X 軸方向加速度最小値、X 軸方向加速度最大・最小計測時差、Y 軸方向加速度最大値、Y 軸方向加速度最小値、Y 軸方向加速度最大・最小計測時差の 6 点を検証の対象とした。</p> <p>本実験をまとめると、交互作用について 6 項目中 3 項目について認められ、主効果に関しては表 4-7 の通り実験群では 6 項目中 5 項目で数値が有意に変化したことが認められ、統制群では 6 項目中 2 項目で数値が有意に変化したことが認められた。</p> <p>2. 開発したツールによる動作の学習効果 の検証</p> <p>本調査から得られたデータをもとに、3 つの群における 1-10 回目（以下、区間 I）、11-20 回目（以下、区間 II）、21-30 回目（以下、区間 III）の数値の平均値の比較の検証と、区間 I、II、III の数値の平均とフィードバックの頻度の交互作用の検証を行った。</p>
トレーニングの成果等	本実験における前後の数値平均の比較についてまとめると、以下の通りとなる（表 2、表 3、表 4）。

表2 区間Ⅰと区間Ⅱにおける加速度の変化

	X 最大	X 最小	X 時間差	Y 最大	Y 最小	Y 時間差
0% 群	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
33% 群	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
100% 群	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	*

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意

表3 区間Ⅱと区間Ⅲにおける加速度の変化

	X 最大	X 最小	X 時間差	Y 最大	Y 最小	Y 時間差
0% 群	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
33% 群	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
100% 群	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意

表4 区間Ⅰと区間Ⅲにおける加速度の変化

	X 最大	X 最小	X 時間差	Y 最大	Y 最小	Y 時間差
0% 群	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
33% 群	n.s.	**	*	*	n.s.	n.s.
100% 群	**	*	n.s.	**	**	**

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意

本動

作の主効果に関してはフィードバックの頻度が多くなるほど数値が有意に変化したものが多かったといえる。

交互作用について 54 項目中 10 項目について認められ、主効果については表 2 のように区間Ⅰと区間Ⅱでは有意な差が認められない部分が多かったが、表 3 のように区間Ⅰと区間Ⅲにおいては有意な差が認められる項目が半数を占めた。また、フィードバックの頻度別に見ると、フィードバックの頻度が多くなればなるほど有意差が見られる傾向にあった。

課題

この結果は、Winstein らによって提唱されたフィードバックに関するガイダンス仮説に反しているといえる。ガイダンス仮説とは、フィードバックは学習者を正しい運動に導くガイドになるが、もしフィードバックを与えすぎた場合に過度に依存することになり、内在的フィードバックの処理を無視することになり悪影響を与えるというものである。本実験では、グラフによるフィードバックであったため情報量が過多であり、3 回に 1 度のフィードバックでは情報を処理す

	ることが困難であったと考えられる。
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文集 Vol.19. 2018.3 :泉 健介 ウェアラブルデバイスを用いたフィードバックが単純動作に与える影響 ～肘関節の伸展・屈曲運動に着目して～</p> <p>https://sendai-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=1283&item_no=1&page_id=28&block_id=36</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、ストレスチェックは測定可能だが、うつ伏状態での測定を行っても運動負荷が少ないので、意味がない。</p>

【事例 6】

<p>機関名</p>	<p>1) 早稲田大学スポーツ科学学術院 2) 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科 3) 早稲田大学スポーツ科学研究センター</p>
<p>スポーツ種目</p>	<p>両足立位姿勢と片足立位姿勢における前後左右の体重移動運動</p>
<p>トレーニング内容</p>	<p>本研究では、本インソールデバイスの用途を鑑み、両足立位姿勢と片足立位姿勢の圧力中心を評価した。</p> <p>被験者にはフォースプレート上で、左右の圧力中心が移動するように、左右の足のつま先をフォースプレートの前後方向と一致するように前に向けた状態で 30cm ほど開かせたうえで、両足立位姿勢で右足から左足へと体重を移動させる運動を 2 秒間に 1 往復のリズムで 1 往復実施した。</p> <p>また、フォースプレートの中心に同じ足の向きで右足を置いたうえで、片足立位姿勢で前後に体重を移動させる運動を 2 秒間に 1 往復のリズムで 10 往復実施した。</p>
<p>活用デバイス</p>	<p>Salted 社製インソール型スマートデバイス https://www.nobby-tech.co.jp/swinggear/saltedmartinsole.html</p> 
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>■ 1. インソール型スマートデバイスのハードウェア仕様の検証</p> <p>インソールデバイスの仕様を検証するために、X 線 CT (TOSCANER-33000μFD-ZII, ToshibaIT&ControlSystemsCorporation, 日本) を用いて内部構造の CT 撮影を行った。</p> <p>検証には M サイズのインソールデバイスを用いた。得られた CT 画像より、圧力センサの直径、位置およびセンサ間の距離を計測した。計測された情報をもとにインソールデバイスの表面に圧力センサの位置を記したうえで足を乗せてセンサ直上の部位を目視にて確認した。</p>

■ 2. 映像データで表示される足底圧力の定量

足底圧力の収集には、事前にタブレット型端末（iPad mini Model A2124-iPadOS 13.6.1, Apple Inc., アメリカ）にインストールした専用アプリケーション（SALTED TRAINING ver. 1.01.11, Salted Co., Ltd., 大韓民国）を用いた。アプリケーションを起動後、インソールと接続したのちにアプリケーション上で較正を行った。その後、アプリケーションの「映像分析」機能を用いて、ビデオ映像と足底圧力を同時に記録した。記録後、タブレット端末にビデオ映像のみを保存する機能とビデオ映像と足底圧力を合成して保存する機能を用いて合成映像を取得した。

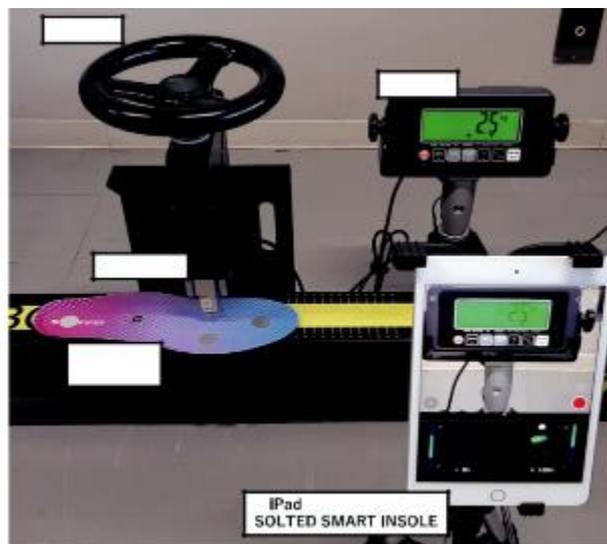


図1 ロードセルを用いたプレス機による質量と専用アプリケーションによる映像及び圧力の記録

■ 3. インソールデバイスとフォースプレートの圧力中心の比較

インソールデバイスを用いることで記録される足底圧力中心とフォースプレート上の圧力中心を比較するために、フォースプレート（9287C, Kistler Holding AG, スイス）上にインソールデバイスを配置（図2）し、前後および左右の圧力中心を計測した。

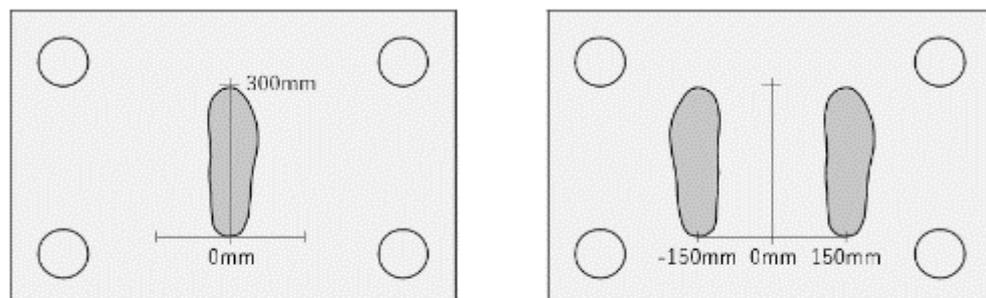


図2 圧力中心の比較ため実験設定前後（左図）と左右（右図）

	<p>被験者は成人男性 8 名（身長：176.4±8.5cm、体重：67.8±7.6kg、年齢：22.6±4.9 歳）とした。被験者の足長をメジャーで計測し、適合するサイズのインソールデバイスを選択した。全被験者の足長は 26.1±0.6cm であり、S サイズ、M サイズの 2 種類のインソールデバイスを用いた。</p> <p>インソールデバイスが収まるようにインソールデバイスのサイズより 0.5cm 大きなサイズのシューズ（GEL-CONTEND5,AsicsCorporation,日本）を用意し、被験者に着用させた。なお、インソールデバイスの各サイズが 1.5cm 刻みで用意されていることから、インソール先端のカットは行わなかった。</p> <p>インソールデバイスを着用した後、専用アプリケーション上で較正を行った。</p>
<p>取得データ</p>	<p>運動中に生じる足底圧力および足底圧分布、センサ部に荷重を加えた際のアプリケーション上の画像データ</p>
<p>解析方法</p>	<p>■ 1. インソールデバイスのハードウェア仕様</p> <p>図 3 には、インソールデバイスの外観と X 線 CT 撮影によって得られた CT 画像を示した。CT 画像より、インソールデバイス内部には前足部に 3 つ、後足部に 1 つの圧力センサが内蔵されていることが示された。それぞれの圧力センサの直径は 18.7mm であった。</p> <p>CT 画像をもとにインソール表面にセンサ位置を記したうえで足を乗せてセンサ直上の解剖学的部位を特定したところ、前足部先端の圧力センサの直上には第 2 趾末節骨、前足部内側の圧力センサの直上には第 1 中足骨骨頭、前足部外側の圧力センサの直上には第 1 中足骨骨頭、後足部の圧力センサの直上には踵骨が位置していた。</p> <div data-bbox="395 1346 847 1861" data-label="Image"> </div> <p>図3 インソール型スマートデバイスの外観(A)とCT画像(B)</p> <p>本研究に使用したインソールデバイスにおいて、前足部先端と前足部内側、前足</p>

部外側および後足部とのセンサ中心間の距離はそれぞれ 56.2mm、64.4mm、206.4mm、前足部内側と前足部外側および後足部とのセンサ中心間の距離はそれぞれ 52.5mm、155.1mm、前足部外側と後足部とのセンサ間の距離は 155.0mm であった。

■ 2. 映像データで表示される足底圧力

専用アプリケーションによって記録されたビデオ映像のフレームレートは毎秒 30 フレームであった。またビデオ映像と足底圧力の合成映像のフレームレートは毎秒 35.4–59.3 フレームであった。

図 4 には、ロードセルを内蔵したプレス機で荷重した際の圧力と表示された各センサの映像データの一覧を示した。12–24kpa の荷重によりすべてのセンサに薄緑色の表示がみられたのち、圧力の増大に伴って緑色、黄色、橙色、さらには赤色へと表示が変化することが示された。また、142kpa (1 平方センチメートル当たり約 1.4kg) 以上の荷重では表示に変化がみられないことが示された。

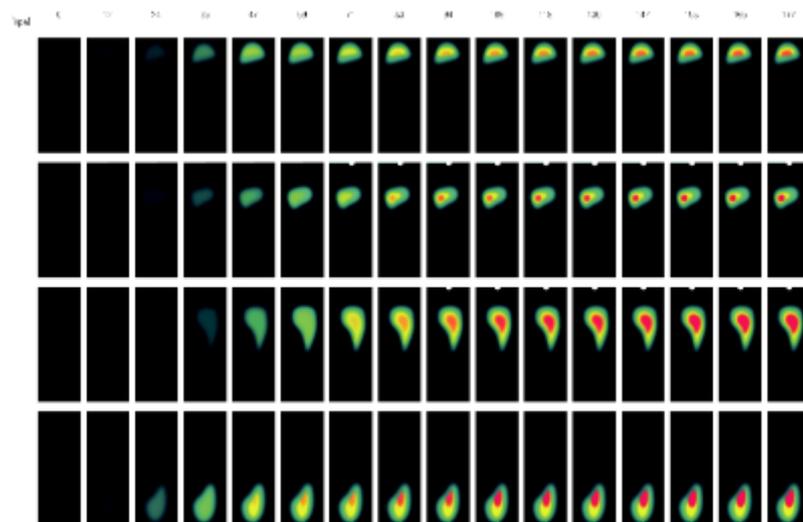


図4 ソフトウェアに显示される色調と圧力との関係

専用アプリケーションで収集されたビデオ映像と足底圧データを加えた合成映像では、フレームレートに違いがあることが示された。これはアプリケーション内部で記録されたビデオ映像と足底圧データを合成する際のレンダリング処理においてフレームレートが変更されていることを示唆するものである。

■ 3. インソールデバイスの圧力中心

図 5 には、左右および前後にそれぞれ 10 往復、体重を移動させる運動をした際のインソールデバイスとフォースプレートとの圧力中心の例を示した。インソール左右の圧力中心とフォースプレートの圧力中心は、全被験者において高い相関関係にあることが示された ($r=0.90\sim0.97$ 、それぞれ $p<0.001$)。またインソール左右の圧力中心とフォースプレートの圧力中心は、インソール前後と

同様に全被験者において高い相関関係にあることが示された ($r=0.89\sim 0.98, p<0.001$ 、表 1)。

なお計測の際に実測したインソールデバイスとタブレット端末との通信距離は約 10m であった。

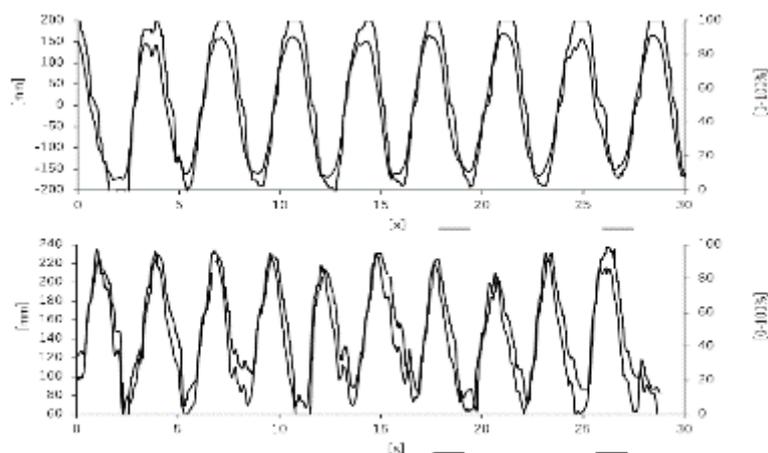


表1 インソールデバイスとフォースプレートの圧力中心の関係

被験者	相関係数(r)	
	左右	前後
A	0.9044	0.9665
B	0.9743	0.9595
C	0.9175	0.8940
D	0.9022	0.9290
E	0.9541	0.9291
F	0.9515	0.9810
G	0.9666	0.9466
H	0.9667	0.9318

本インソールデバイスで記録された左右および前後の圧力中心は、フォースプレートで計測された圧力中心と高い正の相関関係にあることが示された。このことは専用アプリケーションで示される左右および前後の圧力中心が正しく計測されていることを示唆するものである。前足部、中足部および後足部の 3 つの領域は歩行 (Nouman et al., 2019) や走行 (Tessutti et al., 2012; Sun et al., 2018)、上記に足趾を加えた 4 領域は歩行 (Bonanno et al., 2019) や走行 (Chuckpaiwong et al., 2008)、跳躍、切り返しや着地 (Orendurff et al., 2008, Queen et al., 2009) を対象にした研究で用いられている。

本研究で対象としたインソールデバイスでは前後で足趾、前足部、後足部の 3 つの領域の圧力を検出することが可能なため、両足および片足での立位姿勢や歩行の評価が可能であることが示唆される。

<p>トレーニングの成果等</p>	<p>本研究の目的は、インソール型スマートデバイスで収集されるデータの特性を明らかにすることで、運動中に生じる足底圧力および足底圧分布の評価に有効かを検討することであった。</p> <p>X線 CT 撮影によってインソールデバイス内部の圧力センサの配置を計測した。またセンサ部に荷重を加えた際のアプリケーション上の画像データを定量した。さらにフォースプレートを用いて前後および左右の圧力中心を比較した。その結果、(1) 4つのセンサは第2趾末節骨、第1中足骨骨頭、第5中足骨骨頭および踵骨直下に配置されていること、(2) 画像データは荷重により薄緑色から緑色、黄色、橙色、赤色に変化し、142kpa以上で変化しないこと、(3) 前後および左右の圧力中心は正しく計測されている可能性が示された。</p> <p>広範囲の移動を伴うスポーツや芝生や土のグラウンドで行われるスポーツ、足に道具を装着して実施するスポーツでは、実際のスポーツフィールド上でフォースプレートを用いたキネティクス分析が困難なことも多く、インソール型デバイスを用いた足底圧の評価によって運動技術の解明が試みられている。本研究で用いたインソールデバイスは、内蔵された4つの圧力センサによって圧力が生じている位置を特定でき、これらの変化を圧力中心分布によって評価することが可能なことから、運動技術の評価や傷害の予防に寄与するデータを収集でき、コーチングに寄与するデータを簡易的に得ることが可能であるといえる。</p>
<p>課題</p>	<p>本研究では、4つの圧力センサを内蔵したインソール型スマートデバイス「Salted Smart Insole」を用いた運動評価のために、専用アプリケーションによって収集されたデータの信頼性を明らかにした。インソールデバイスを X 線 CT で撮影した結果、4つの圧力センサはそれぞれ、第2趾末節骨、第1中足骨骨頭、第1中足骨骨頭および踵骨の直下に直径約18mmの大きさに配置されており、対応する部位の足底圧を検出する機能を有することが示された。</p> <p>一方で、それ以外の部位には圧力センサが配置されていないことから、配置されていない部位の足底圧を検出することは困難な特性を有していることが示された。また、足の対象部位が圧力センサの直上に位置していない場合には、正確な足底圧を検出できない可能性が示唆された。</p> <p>したがって、本インソールデバイスを用いた足底圧の評価には、事前に足の対象部位がセンサ位置と一致するかを確認する必要がある。より正確な評価のためには、事前の確認に加えて、サイズ別に展開されている5種類(XS, S, M, L, XL)のインソールの中から足長や足部形態に合わせて最適なものを選ぶ必要がある。</p>

	<p>従来の機器と比較するとサンプリング周波数が低く、分解能の観点から高速移動を伴う運動の評価が難しいことが考えられる。</p> <p>また 142ka を超える足底圧を検出できないことから、足底に大きな力が生じるダイナミックな運動の評価も困難であるといえる。</p> <p>本インソールデバイスがウェイトトレーニングやランニング、ゴルフ等のバランス評価を目的に開発された背景を踏まえると、比較的ゆっくりとした動きで行われるスポーツや運動での活用が期待される。</p> <p>具体的には、歩行や比較的ゆっくりとした走行時の接地パターンを計測することで傷害リスクの評価に有効である。また片足での着地による受傷リスクを低減するために着地の足底圧を評価することや、受傷リスクの低い着地を習得するトレーニングにも有効に活用できる。</p> <p>さらにはスキーやスケート、自転車などの足に道具を装着して行うスポーツやバランスの評価が重要なスポーツに対して、足底に力が生じるタイミングや力の大きさ、分布やその変化を評価することで優れたスポーツパフォーマンスとの関係を明らかにすることもできよう。スポーツフィールドにおけるインソール型スマートデバイスを用いたコーチングの実践研究を事例的に積み重ねていくことが今後の課題である。</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>コーチング学研究第 35 巻第 1 号, 43~50. 令和 3 年 10 月</p> <p>藤田 善也、岡部 文武、高尾 千穂、佐々木 耕司、土屋 純：運動中の足底圧評価のためのインソール型スマートデバイスの特性の検証</p> <p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcoaching/35/1/35_43/_pdf</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT はインナーソールに装着不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>目的が異なる。</p>

【事例 7】

機関名	東京都市大学
スポーツ種目	テニス
トレーニング内容	<p>センサーと受講者各自のスマートフォンを活用することにより、ショットの結果や映像を受講者自身でチェックさせることで、授業改善につなげることが可能かどうか、さらにセンサーを用いたテニス授業の有効性を検討するとともに、センサーを用いた新しいテニス授業の開発の可能性について明らかにすることを目的とした。</p> <p>(1) センサーで取得できる球速及びボール回転量に関するデータの信頼性について</p> <p>ドップラー効果を応用することで打球データを測定することができるトラックマンを用いて、センサーで得られた球速データとボール回転量に関する比較及び検討を行った。レベルの異なる男女9名による全 540 球について測定を行った。</p> <p>(2) センサーを用いた大学テニス授業の有効性について</p> <p>T 大学1年生を対象とした授業「基礎体育(2)」テニスの受講者に、センサーを装着したラケットで授業を受講させた。</p>
活用デバイス	<p>スマートテニスセンサー (ソニー)</p> 

	 <p>(左) ショット内容を即時表示するライブモード画面 (中) スイング種別ごとにグラフ表示をするプレイレポート画面 (右) スイング種別ごとのデータ推移の表示画面 ※画像は商品最終仕様と異なる場合があります。</p>
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>対応テニスラケットのグリップエンド部に装着して使用</p>
<p>取得データ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ショット数：ショットした回数をカウント ◆インパクト位置：ラケット上でボールを捉えた位置をイラストで表示 ◆スイング種別：スイングの種類を判別 <ul style="list-style-type: none"> >フォアハンド：スピン/フラット、スライス、ボレー >バックハンド：スピン/フラット、スライス、ボレー >オーバーヘッド：スマッシュ、サーブ ◆スイング速度：ラケットのスイング速度を km/h、または mph にて表示 ◆ボール速度（初速）：ボールの速度を km/h、または mph にて表示 ◆ボール回転
<p>解析方法</p>	<p>(1) センサーで取得できる球速及びボール回転量に関するデータの信頼性について トラックマンとセンサーで得た球速データとボール回転量に関する比較及び検討を行った。 センサーのボール回転量は、逆回転については負の数値となることから、比較にあたっては絶対値を使用した。その結果を図1～図2に示す。</p>

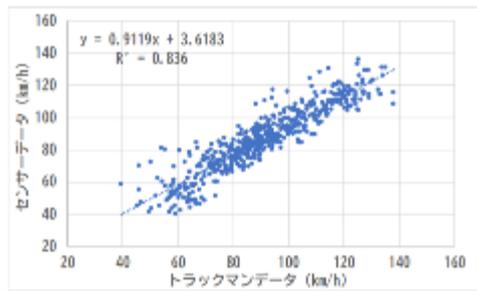


図1 球速データの比較

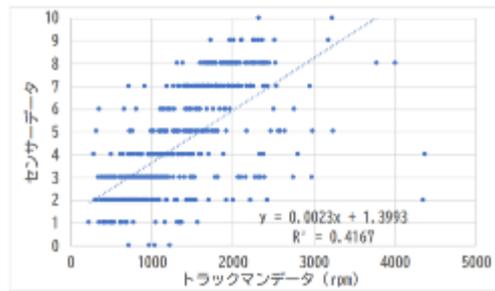


図2 ボール回転量の比較

(2) センサーを用いた大学テニス授業の有効性について

①フォアハンドを打球しているにも関わらず、センサーが判定したスイング種別がフォアハンド(表1の「判定」における S/F)以外になる受講者がいるなど、表1のようなばらつきが見られた。このように、正確なスイングができていないことがセンサーにより受講者自身で認識できることから、大学テニス授業におけるセンサー使用がアクティブ・ラーニングにつながる方法のひとつになることがわかった。

表1 センサーが判定したスイング種別の一例(3名の受講者)

判定	回転	スイング速度	ボール速度	判定	回転	スイング速度	ボール速度	判定	回転	スイング速度	ボール速度
S/F	2	85	77	スライス	-5	44	61	Sr	2	69	59
S/F	2	78	75	スライス	-6	50	67	S/F	2	69	68
S/F	3	93	85	スライス	-4	38	57	S/F	2	77	81
S/F	3	85	77	スライス	-5	45	62	S/F	2	68	63
S/F	4	87	80	スライス	-5	46	55	S/F	2	69	66
S/F	2	75	75	スライス	-4	41	64	Sm	2	73	62
S/F	3	139	74	スライス	-4	42	67	Sr	2	74	65
S/F	3	87	78	スライス	-5	41	59	Sr	2	70	68
S/F	3	86	80	スライス	-5	39	58	S/F	2	71	69
S/F	2	85	80	スライス	-5	34	59	Sm	2	77	66

②「ライブモードビデオ」を使用しなかった受講者と使用した受講者のアンケート調査を比較したところ、図3のような差が現れた。このことから、「ライブモードビデオ」により映像と打球データを同時に、かついつでも見ることのできる環境を受講者に与えることにより、テニス授業におけるセンサー使用の有効性がより高まることが期待できると考えられた。

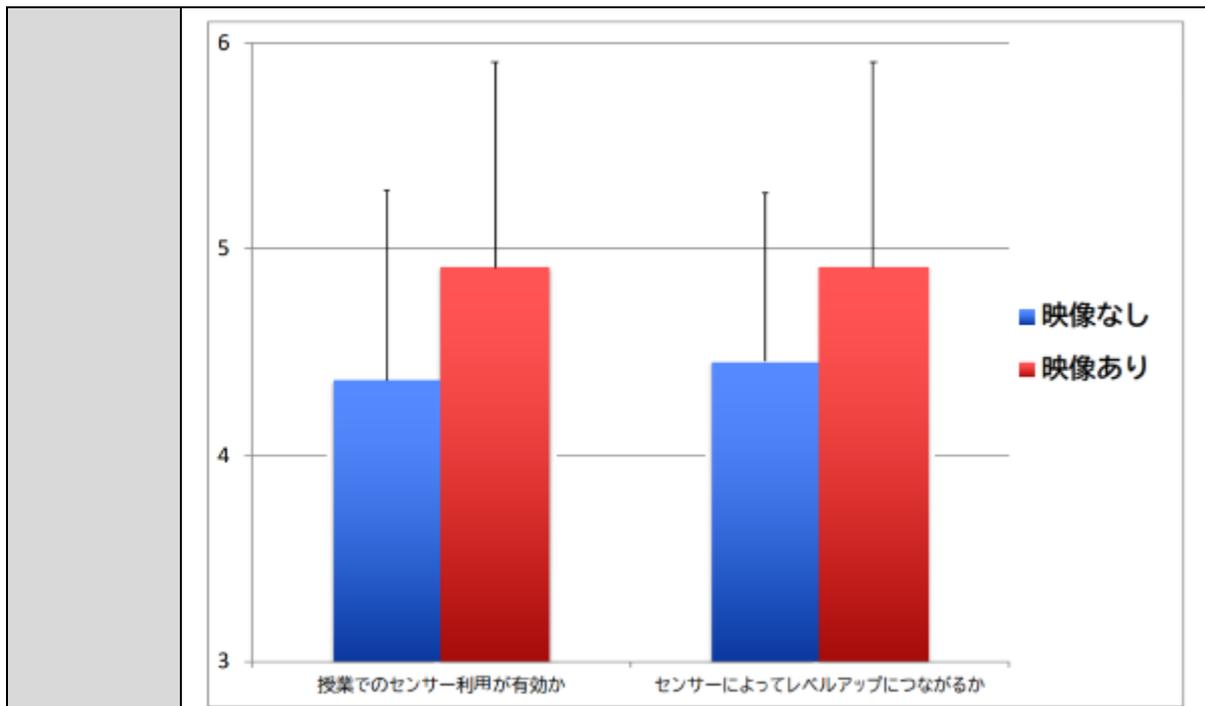


図3 アンケート調査の比較

<p>トレーニングの成果等</p>	<p>「ライブモードビデオ」により受講者自身のスマートフォンを用いて実技テストを撮影させたところ、打球データのためのフィードバックに比べ、よりわかりやすいとの評価を得た。</p> <p>以上のことから、「ライブモードビデオ」により映像と打球データを同時に、かついつでも見ることのできる環境を受講者に与えることにより、大学テニス授業におけるセンサー使用の有効性が高くなることが証明された。</p>
<p>課題</p>	<p>球速データについては高めの相関関係が見られたが、回転データについては高い相関関係を得ることはできなかった。これは、センサーの回転量データが±10の整数値でしか表示できないためと考えられ、センサーで得ることのできる球速データについてはある程度の信頼性があるが、回転データについては信頼性に乏しいと考えられた。</p>
<p>その他</p>	
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>大学のテニス授業におけるテニスセンサー使用に関する有効性の検討 https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-16K01710/ ソニー ラケット装着型 Smart Tennis Sensor 発売プレスリリース https://www.sony.com/ja/SonyInfo/News/Press/201401/14-008/</p>
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT はテニスラケットに装着不可、リアルタイム解析ができない。目的が異なる。</p>

【事例 8】

機関名	NTT コミュニケーション科学基礎研究所、東京大学 大学院総合文化研究科
スポーツ種目	野球（投球動作）
トレーニング内容	野球の投手を対象とし、練習中および試合中の心拍数を継続的に記録し、そのデータからメンタル状態の変化を抽出することを試みた。
活用デバイス	<p>NTT と東レが共同開発した導電性機能素材 hitoe®が縫いこまれたウェア ※このウェアには図 4 (b) のように心臓部付近に hitoe®製のシート状電極が配置されている。胸部の無線通信器はこの電極から心拍数を計測するとともに、内蔵加速度センサで加速度を計測し、それらのデータをスマートフォンへ送信する。hitoe®は水分との親和性が高いため、汗をかく長時間のプレイ中の計測にも適している。</p> <div data-bbox="384 898 1382 1715" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">(a) 表 (b) 裏</p> <p style="text-align: center;">図 4 導電性機能素材 hitoe®が縫いこまれたスポーツウェア</p>
デバイスの装着・計測の方法	一般的なスポーツウェアと同じように上半身に着用する。

取得データ	心拍数と加速度をスマートフォンで同時に取得
解析方法	<p>図 5 は hitoe@ウェアで計測したあるアマチュア野球投手一名の運動強度と心拍数のプロットである。ただし運動強度は加速度データから算出した推定値である。</p> <p>図 5 において、練習中の運動強度と心拍数の関係（灰色の点）を試合中（赤色の点）と比べると、運動強度が同じでも練習中と試合中では心拍数が異なっていることがわかる。</p> <p>ここで練習中のデータだけをもちいて、運動強度から心拍数を予測するモデルのパラメータ推定を行うと、運動強度－心拍数直線が得られる（図 5 の青線）。そして試合中の心拍数値からこの直線の数値を除いた残りが、試合中の精神状態に由来した心拍数変動を表していると考えられる。</p> <div data-bbox="384 801 1161 1355" data-label="Figure"> </div> <p>図 5 練習中の運動強度（加速度から推定）と心拍数の同時記録データ</p> <p>図 6 はこのようにして求めた、試合当日の心拍数変動の時系列を表したものである。「試合開始」（14:20 頃）直前の「キャッチボール」中に緊張により心拍数が若干増加した後、ベンチで待機している間は比較的落ち着いていたことがわかる。</p> <p>試合開始後、最初の「打席」（15:05 頃）と、その後の「登板」（15:30 前後）の局面では急激な緊張の高まりが見られ、さらに、その後の「Bigchance」では、自分のチームの攻撃チャンスをベンチで応援していただいけにもかかわらず、興奮により心拍数が高まっていた、といったことが図 6 から読み取れる。</p>

	<p>図6 試合日のピッチャーの精神状態に起因する心拍数変動の様子</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>試合中の心拍数から運動強度由来の成分を除いた残りの時系列を見ることで、その選手の精神状態が試合の局面ごとにどのように変動していたかがわかる。そうした精神状態の変動とパフォーマンスとの関係を分析すれば、一人一人の選手が自分にとって最適な心拍数を把握できる可能性がある。</p>
<p>課題</p>	<p>トレーニング成果を向上させるための具体的な手法の確立については今後の課題</p>
<p>その他</p>	
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>映像情報メディア学会誌 2017 年 71 巻 5 号 p. 301-305 ウェアラブルセンサを活用したスポーツシーンでの心身状態の解釈とフィードバック 持田 岳美, 木村 聡貴, 井尻 哲也, 柏野 牧夫 https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej/71/5/71_301/_article/-char/ja/</p>
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT ではリアルタイム解析ができない。 内容は、まさにメンタルヘルスの内容である。取り付けは、SUPER-BITの方が容易。 本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。 SUPER-BIT を使用した場合のメリット：心臓の傍で、ノイズの少ない、しっかりとした波形が測定できる（心臓の近くでの血圧も算出の可能性）。心と体の動きを連動させ測定できる。</p>

【事例 9】

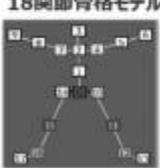
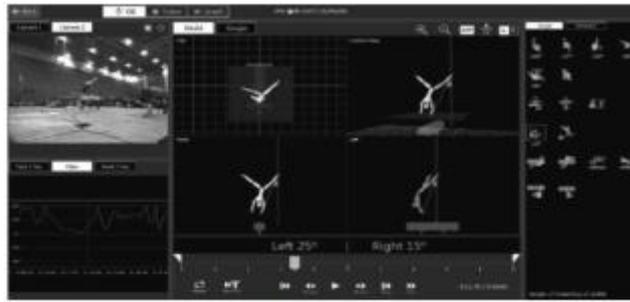
機関名	株式会社富士通研究所																				
スポーツ種目	体操																				
トレーニング内容	-																				
活用デバイス	富士通研究所が開発した MEMS ミラー・投受光分離型 3D レーザセンサ																				
デバイスの装着・計測の方法	-																				
取得データ	3D レーザセンサを使用して人体表面の凹凸情報を表す深度画像を取得。 この深度画像から学習型骨格認識とフィッティングにより主要関節の 3D 座標を高精度で求める。																				
解析方法	<p>図 1 に示したように、関節の 3D 座標から肘や膝、背骨等のまがり角度を正確に求めることができ、さらに、これらの角度の時系列変化を入力とし、技のデータベース（辞書）を参照することで技認識を行っている。</p> <div data-bbox="384 1093 1377 1541" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>現状：採点規則の記載が曖昧なため、採点支援システムへの実装ができない</p> <p>例：水平支持の場合</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>範囲</td> <td>減点なし</td> <td>-0.1点</td> <td>-0.3点</td> <td>-0.5点</td> </tr> <tr> <td>採点規則</td> <td>まっすぐ</td> <td>わずかにまがる</td> <td>明らかにまがる</td> <td>極端にまがる</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>骨格モデルを活用した採点規則／ノウハウのデジタル化</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>18関節骨格モデル</p>  </div> <div style="width: 35%;"> <p>(1) 骨格モデルで判定ポイントを確認</p>  </div> <div style="width: 30%;"> <p>(2) 国際体操連盟との基準づくり</p>  </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>範囲</td> <td>減点なし</td> <td>-0.1点</td> <td>-0.3点</td> <td>-0.5点</td> </tr> <tr> <td>富士通案</td> <td>A > 170° B > 170°</td> <td>170° ≥ A > 150° 170° ≥ B > 150°</td> <td>150° ≥ A > 135° 150° ≥ B > 135°</td> <td>135° ≥ B > 90°</td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">イラスト出典：採点規則男子2017年版 日本体操協会 (2)</p> </div>	範囲	減点なし	-0.1点	-0.3点	-0.5点	採点規則	まっすぐ	わずかにまがる	明らかにまがる	極端にまがる	範囲	減点なし	-0.1点	-0.3点	-0.5点	富士通案	A > 170° B > 170°	170° ≥ A > 150° 170° ≥ B > 150°	150° ≥ A > 135° 150° ≥ B > 135°	135° ≥ B > 90°
範囲	減点なし	-0.1点	-0.3点	-0.5点																	
採点規則	まっすぐ	わずかにまがる	明らかにまがる	極端にまがる																	
範囲	減点なし	-0.1点	-0.3点	-0.5点																	
富士通案	A > 170° B > 170°	170° ≥ A > 150° 170° ≥ B > 150°	150° ≥ A > 135° 150° ≥ B > 135°	135° ≥ B > 90°																	

図 1 採点規則における曖昧さのデジタル化対応

3D センシング・技認識によって得られた 3D 骨格座標と技認識結果から採点支援アプリを駆動する。図 4 に示すように、採点支援アプリには、体操選手の演技におけるフレームごとの関節角度を詳細に確認できるマルチアングルビュー（図 4(a)）と、実施された技ごとに技認識結果により得られる技名と技のグループ番号、難度価値点を示す自動採点ビュー（図 4(b)）が存在する。



(a) マルチアングルビュー



(b) 自動採点ビュー

図 4 採点支援アプリの UI

マルチアングルビューでは、後述するフィッティングの出力である 3D 骨格座標を、正面・側面・平面などの視点から表示し、インクエリやブロッキング・スコアが生じた際に、D 審判や種目担当スーパーバイザーが、選手の演技において問題となるフレームでの特定の関節角度を詳細に確認し、採点結果の正確性・公平性を担保するために使用できる。

■3D センシング・技認識技術

アスリートの素早い動きを正確に捉えるため、高いフレームレートで、遠距離に位置するアスリートを高い解像度でスキャンできる深度画像取得方式が必要である。深度画像カメラは、投射光からの反射を解析して得られる深度情報を集積化イメージセンサ[6]により取得するカメラであり、ゲーム用途向けに市販されている[7]が、高速・高分解能の深度情報が得られるものの、5[m]以上の遠距離に対応することはできないため、スポーツへの応用には制約がある。

■学習型骨格認識・フィッティング技術

3D レーザセンサが取得した深度画像から人体を構成する各関節の 3D 座標を抽出するのが骨格認識技術である。採点支援システムでは、演技終了後ただちに審判員の判定を支援可能な高精度の 3D 骨格座標や関節角度を出力しなければならないが、認識精度はゲーム用途などに比べて抜本的な向上が要求される。また、演技中の選手の姿勢はほかのスポーツで見られないものであることから、既存の骨格認識システムでは誤認識の多発が予想されるため、本要件を満たす高速・高

精度骨格認識技術として、図 7(a)に示す学習型骨格認識とフィッティングを組み合わせたハイブリッド方式を開発した。

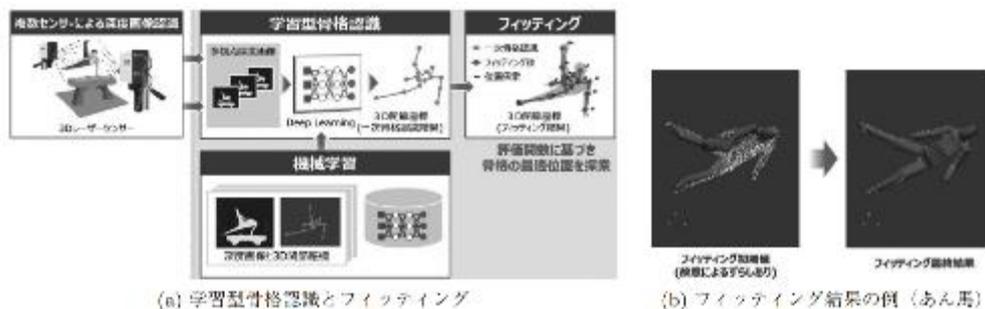


図 7 骨格認識における AI 活用

学習型骨格認識の学習フェーズでは、深度画像を入力として関節座標の推定値を出力する予測モデルを、あらかじめ設計された CNN 系 DeepLearning ネットワーク上に作成する。このため、取得した体操演技の 3D 骨格座標から CG によって深度画像を作成し、学習用のトレーニングセットを用意する。認識フェーズでは、体操器具やアスリート自身によるオクルージョンを克服するように設置された複数台の 3D レーザセンサから提供される多視点の深度画像から、予測モデルを用いて、3D 骨格座標の推定を行う。

■技認識技術

自動採点向け技認識技術の概要を図 8 に示す。新しい技が追加されたときに最小限のデータ追加で対応することが要求されるため、基本運動をまず特定し、それに基づいて基本技を認識、最後に採点の対象となる技を判定するという構成になっている。



図 8 自動採点向け技認識技術の概要

<p>トレーニングの成果等</p>	<p>採点支援アプリからの展開に関しては、トレーニングアプリと放送・エンタメコンテンツが存在する。従来の体操の指導・練習はビデオ映像を使用してきたが、好不調時の差を数値化して比較できなかった。3D センシングによりアスリートの動きを客観的な関節角度として提示できるため、データに基づく科学的なトレーニングに活用し、スランプからの早期脱出、怪我をしない動きの習得、新技開発のスピードアップにつなげることが可能となる。</p> <p>また、観客や視聴者の視点からは、3D センシングにより演技構成や難度をリアルタイムに提供することで、アスリートの驚異的な身体能力を目に見える形で伝え、視聴プログラムの魅力をより向上することができる。さらに、スポーツへの活用にとどまらず、リハビリなどの運動機能回復や製造現場における作業分析など、様々な分野への応用が期待できる。</p>
<p>課題</p>	<p>-</p>
<p>その他</p>	
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrsj/38/4/38_38_339/_pdf/-char/ja</p>
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 10】

機関名	東北学院大学、大阪教育大学																
スポーツ種目	持久走																
トレーニング内容	<p>被験者は、本研究への協力を承諾してくれた北海道内の公立小学校に在籍する通常学級で体育の授業を受ける 5 年生の児童 23 名（10 歳～ 11 歳）を対象とした。</p> <p>本研究については、はじめに被験者が在籍する小学校の学校長から研究協力の承諾を得た。さらに大阪教育大学倫理委員会より承認を受け（承認番号：413）、被験者及びその保護者に対して、本研究について、口頭及び文書で説明した後、研究への協力に対するの同意を得られた児童 23 名を対象とした。被験者の特性は、表 1 に示す通りである。</p> <p style="text-align: center;">表 1：被験者特性</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>男子 (n = 15)</th> <th>女子 (n = 8)</th> <th>全体 (N = 23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>身長 (cm)</td> <td>143.3 (5.43)</td> <td>143.4 (9.23)</td> <td>143.4 (6.99)</td> </tr> <tr> <td>体重 (kg)</td> <td>36.5 (6.71)</td> <td>36.1 (6.81)</td> <td>36.4 (6.75)</td> </tr> <tr> <td>HR (bpm)</td> <td>74.4 (10.22)</td> <td>79.3 (12.74)</td> <td>76.1 (11.40)</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：平均値（標準偏差）。</p>		男子 (n = 15)	女子 (n = 8)	全体 (N = 23)	身長 (cm)	143.3 (5.43)	143.4 (9.23)	143.4 (6.99)	体重 (kg)	36.5 (6.71)	36.1 (6.81)	36.4 (6.75)	HR (bpm)	74.4 (10.22)	79.3 (12.74)	76.1 (11.40)
	男子 (n = 15)	女子 (n = 8)	全体 (N = 23)														
身長 (cm)	143.3 (5.43)	143.4 (9.23)	143.4 (6.99)														
体重 (kg)	36.5 (6.71)	36.1 (6.81)	36.4 (6.75)														
HR (bpm)	74.4 (10.22)	79.3 (12.74)	76.1 (11.40)														
活用デバイス	<p>腕時計式 HR sensor Polar 社製 A360 (PA360)</p> 																
デバイスの装着・計測の方法	<p>PA360 で取得した HR データは、Bluetooth を介して、Apple 社製の Tablet；iPad の専用アプリ Polar Club によって取り込み、富士通社製のモバイルルーター+F(Wi-Fi)によってインターネット接続し、Polar 社製の Web アプリケーション Polar Flow を介してクラウド上に保存できるように設定した。これらも、宍戸他（2019）の実践研究と全て同じ機器を用いた。なお、PA360 の装着は、授業前の休み時間から装着できるように準備し、学生補助員のサポートによって装着させた。</p>																

図 1 に示すように、Polar Club に取り込まれた児童全員の HR が表示されている iPad の画面を HDMI ケーブルによってプロジェクターに接続して投影し表示した。Polar Club によって表示された HR は、その値によって、児童一人ひとりの表示画面の背景色が変わるようになっているため、一目で HR の情報が視覚的情報として理解されるようになっている。最大心拍数 (HRmax) が、90%HRmax 以上になると赤色、80%HRmax 以上が黄色、70%HRmax 以上が緑色、60%HRmax 以上が青色、60%HRmax 未満が灰色として表示されるようになっている。

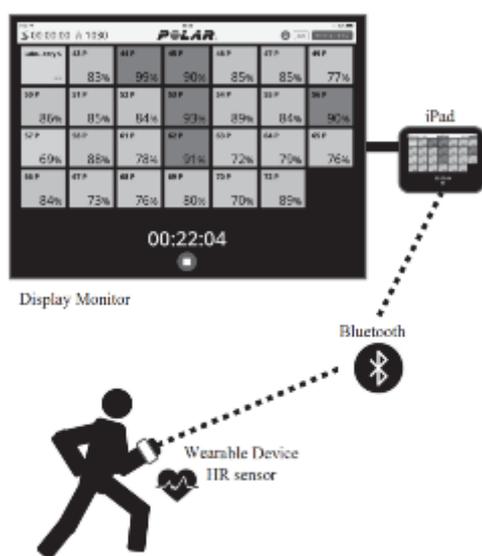


図 1：機器の配置図と表示画面
 出典：穴戸也 (2019)。

■測定手順と測定項目

本研究では、測定手順の確認のために、説明とその練習をする練習日を 1 回設けた。本測定は、2019 年 9 月 10 日～ 9 月 26 日までの体育の授業時間 8 回とした。当該小学校の単元計画にしたがって、体育の授業で実施されている体づくり運動 (体力を高める運動) としての持久走中の HR を PA360 によって測定した。雨の影響と Bluetooth の接続距離を考慮し、全て体育館で実施した。

持久走中の HR の測定とともに、毎計測後に、自覚的運動強度 (Rating of Perceived Exertion; RPE) と運動中の気分 (Feeling Scale; FS) も測定した。Borg (1998) によって作成された The Borg CR10 Scale (修正ボルグスケール) による RPE と Rejeski (1989) によって作成された FS に関する調査を行った。RPE は、0、0.5、そして 1 から 10 までの 12 の数字の中から、知覚し

ている運動強度に当てはまる数字を1つ選択させる尺度である。FS は、快感情を測定する単項目の尺度である。

回答方法は、「とても悪い (-5)」から「とてもよい (+5)」までの得点幅 (11 件法) から、自分の感情に当てはまる数字を選択させる尺度である。

本研究においては、青色の日と緑色の日、それぞれについて、単元前半と単元後半の 2 回ずつの測定とした。児童にも運動有能感の測定日が分かりやすいように、2 回目、4 回目、6 回目、8 回目の測定の運動後とした。持久走の目標設定は、表 2 に示すようにクロスオーバーデザインとしたため、運動有能感の測定順は、緑色の日 (緑色前半) →青色の日 (青色前半) →青色の日 (青色後半) →緑色の日 (緑色後半) となった。

表 2: 実施計画 (全 8 回)

回数 (月日)	目標の HR 及び表示される色
1 (9/10)	60 %HRmax (114-133 bpm); 青色
2 (9/11)	70 %HRmax (133-152 bpm); 緑色
3 (9/14)	70 %HRmax (133-152 bpm); 緑色
4 (9/18)	60 %HRmax (114-133 bpm); 青色
5 (9/20)	70 %HRmax (133-152 bpm); 緑色
6 (9/24)	60 %HRmax (114-133 bpm); 青色
7 (9/25)	60 %HRmax (114-133 bpm); 青色
8 (9/26)	70 %HRmax (133-152 bpm); 緑色

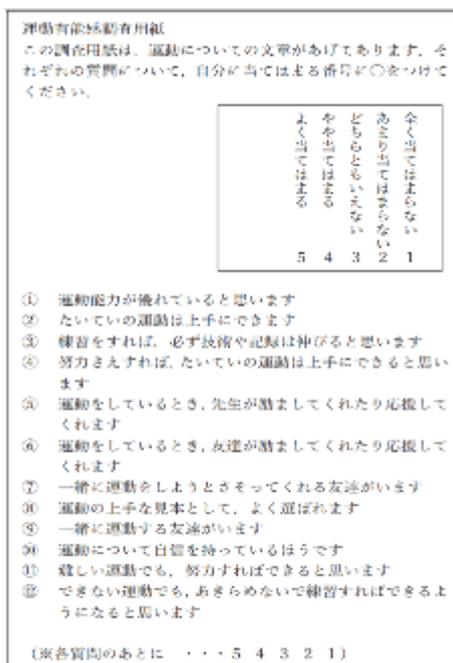


図 4: 運動有能感の質問紙
出典: 岡沢他 (1996)。

取得データ

心拍数

解析方法

持久走における HR 及び RPE、FS のスコアについて、「青色の日」の平均値と「緑色の日」の平均値の間に差があるかどうか、対応のある t 検定を行った。また、運動有能感については、「身体的有能さの認知; ①②⑧⑩」、「統制感; ③④⑪⑫」、「受容感; ⑤⑥⑦⑨」及び「運動有能感合計; ①~⑫」の得点が、4 回 (青色 2 回, 緑色 2 回) の測定日間で差があるかどうか、反復測定による一元配置分散分析を行った。分析ソフトは、IBM 社製 SPSSver.25 を用い、有意水準は、それぞれ 5% 未満とした。

>持久走中の HR 及び持久走直後の RPE・FS の平均値

表 3 は、被験者全員の持久走中の HR の平均値を青色の日と緑色の日で比較したものである。また、持久走直後の RPE 及び FS の平均値を比較した。持久走中の HR は、青色の日と緑色の日の間で有意差 ($p < 0.01$) が認められた。持久走直後の RPE も、青色の日と緑色の日の間で有意差 ($p < 0.001$) が認められた。持久走直後の FS には、有意差は認められなかった。

表 3：持久走中の HR 青色の日と緑色の日の HR (bpm)・持久走直後の RPE・FS の平均値の比較 (被験者全体)

	青色の日		緑色の日		<i>t</i> (22)	<i>p</i>	ES
	Mean	SD	Mean	SD			
HR	135.4	12.86	145.8	7.26	3.41**	0.003	1.00
RPE	1.94	0.79	2.53	1.13	4.28***	0.000	0.61
FS	2.88	1.26	2.85	1.28	0.19	0.850	0.02

注：N=23、Mean：平均値、SD：標準偏差、ES：効果量、**： $p < 0.01$ 、***： $p < 0.001$ (両側検定)。

>運動有能感

・運動有能感合計スコア (満点 60)

図 5 は、各測定日における運動有能感合計スコアを示している。緑色前半 (9/11) のスコアは 48.5 ± 6.78 、青色前半 (9/18) のスコアは 46.7 ± 5.31 、青色後半 (9/24) のスコアは 48.1 ± 4.88 、緑色後半 (9/26) のスコアは 49.2 ± 5.62 であった。運動有能感合計スコアの分散分析の結果 4 回の測定のスコアの間には有意差は認められなかった ($F(3, 16) = 2.497, p = 0.38$)。

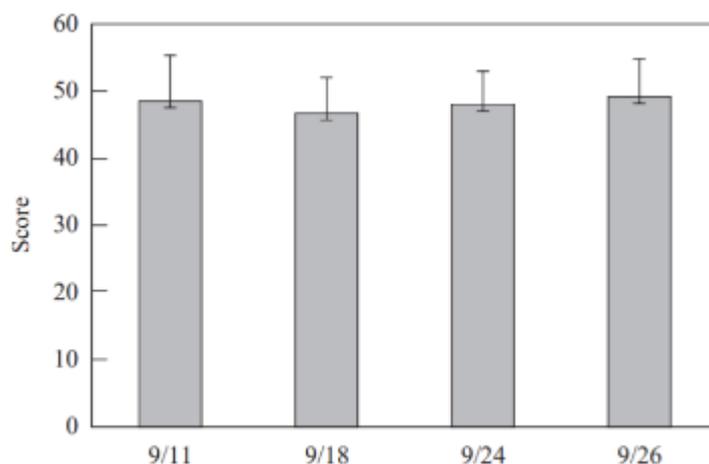


図 5：運動有能感合計スコア

・運動有能感の各因子のスコア (満点各 20)

図 6 は、各測定日における運動有能感の各因子のスコアを示している。身体的有能さの認知については、緑色前半 (9/11) 15.2 ± 3.01 、青色前半 (9/18) 14.0 ± 3.12 、青色後半 (9/24) 14.7 ± 2.79 、緑色後半 (9/26) 15.2 ± 3.01 であった。分析の結果、4 回の測定のスコアの平均値間に有意差は認められなかった ($F(3, 18) = 2.73, p = 0.60$)。統制感については、緑色前半 (9/11) 17.0 ± 2.96 、

青色前半 (9/18) 16.7 ± 2.31 、青色後半 (9/24) 16.9 ± 2.33 、緑色後半 (9/26) 17.8 ± 2.59 であった。分散分析の結果、4 回の測定のスコアの平均値間に有意差は認められなかった ($F(3, 16) = 2.61, p = 0.08$)。受容感については、緑色前半 (9/11) 16.1 ± 3.60 、青色前半 (9/18) 15.7 ± 3.69 、青色後半 (9/24) 16.2 ± 2.93 、緑色後半 (9/26) 15.8 ± 3.35 であった。分散分析の結果、4 回の測定のスコアの平均値間に有意差は認められなかった ($F(3, 19) = 0.53, p = 0.85$)。

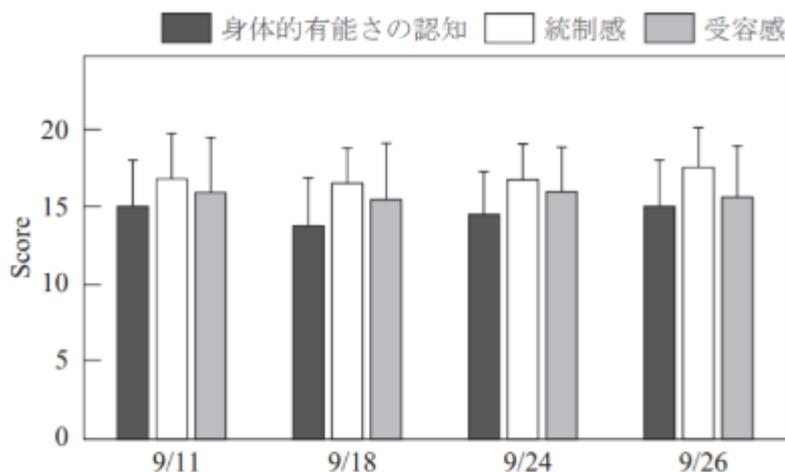


図6：運動有能感の各因子のスコア

トレーニングの成果等

本研究では、体育授業の体づくり運動における持久走中の HR の値の意味を理解させ、さらに目標とする HR を設定して、自分の身体で HR が示す強度の運動を体感しながら理解するというこれまでにない学習方法を試み、その際の児童の運動有能感を明らかにすることを目的とした。

その結果、持久走中の HR は、青色の日と緑色の日で比較すると、緑色の方が有意に高くなっていることが認められた。これは被験者児童らが、表示された自身の HR の示す色を確認しながら目指すべき色に向かって走るスピードを調節する視覚的フィードバックが働いた結果であると考えられる。しかしながら、青色の日の平均 HR は、 $135.4 \pm 12.86 \text{ bpm}$ という値であり、目標の $114 \sim 133 \text{ bpm}$ の HR を超える結果となった。これは、持久走のスピードを抑えるということが、これまで実施してきた持久走の学習活動と異なっていたからなのかもしれない。HR が低い分児童らにとって十分な運動強度を確保できなかった可能性が考えられる。細井・田中 (2011) は、体育授業へのスロージョギングを取り入れた実践において、「もっと早いペースで走りたい」「持久走の方が目に見える目標があっていい」などスロージョギングの物足りなさを感じる児童がいたことを報告している。

課題

走る時間を長くした場合にも 同様の効果が得られるのかが課題となる。

その他

資料名・参照 URL 等	<p>人間環境学研究:ICT を活用して運動有能感を高める体育の実践研究-小学生の持久走の取り組み</p> <p>宋戸 隆之, 橋元 真央</p> <p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/shes/19/1/19_51/_article/-char/ja/</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT ではリアルタイム解析ができない。</p> <p>内容は、メンタルヘルスの内容。取り付けは SUPER-BIT の方が容易。</p> <p>本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、は測定可能。</p> <p>SUPER-BIT を用いた場合のメリット：心臓の傍で、ノイズの少ない、しっかりと波形が測定できる（心臓の近くでの血圧も算出の可能性）。・心と体の動きを連動させ測定できる。</p>

【事例 11】

機関名	岩手県立大学
スポーツ種目	歩行
トレーニング内容	歩行の改善点を説明して、歩行形態が改善するか確認するために、健常者 5 人に対して、普段と同じように 20 歩を歩行するように指示し、その結果を確認した。その後、同じ人につま先を高めにして 20 歩歩くことを指示し、普段の歩き方と比較をして、つま先を上げる意識をすることでどれほど変化が起こるかを確認した。
活用デバイス	<p>SONY Smart Watch 3</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 1 SONY Smart Watch 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 8 ウェアラブルデバイスの装着方法</p> </div> </div>
デバイスの装着・計測の方法	<p>図 8 のように足の甲に設置する。足の甲に固定するために、バルクロテープを使用した。</p> <p>ウェアラブルデバイスの加速度センサや角速度センサから得たデータに UNIX タイムを付加したものを、40ms 間隔で出力するアプリケーションを作成した。続いて、健常者と歩行リハビリ患者の関節の動きの差を同時に確認するために、Kinect を利用した撮影も行うこととした。PC に USB を用いて Kinect を接続し、録画を行うアプリケーションを作成した。</p> <p>作成したアプリケーションを用いて、健常者と歩行リハビリ患者の間の足の甲に取り付けた加速度センサと角速度センサの値の差を確認するために、各種リハビリを行っている岩手県盛岡市株式会社ベターライフを訪問し、歩行リハビリ患者 5 人に対して、足の加速度と角速度の変化を測定した。</p> <p>リハビリ施設内の床に貼られた線を目安にして、カメラに向かって歩行しても</p>

らった。PCは図2のように設置した。カメラは図3のように設置した。ウェアラブルデバイスは、足の甲にテープを用いて図4のように装着した。直線に沿って歩くように依頼し、android wearのセンサ情報の記録、Kinectでの録画を開始したあと、カメラに向かって歩いてもらった。1人につき、2回計測した。



図2 リハビリ施設で設置したPC



図3 リハビリ施設で設置したカメラ



図4 歩行リハビリ患者の足の甲に取り付けたウェアラブルデバイス

取得データ	<ul style="list-style-type: none"> ▼(ア) 地面を蹴りだす力 ▼(イ) つま先の最高到達点 ▼(ウ) ケイデンス
解析方法	計測したデータを用いて、(ア)~(オ)の歩行形態をそれぞれ判別ができるか否か

	<p>検証した。</p> <p>ここで、(エ) 引き込む足が低いこと、(オ) 歩行距離が短いことについては、下肢筋力の低下に起因することが分かっているため、(ア) 地面を蹴りだす力の減少、(イ) つま先の最高到達点の低下、(ウ) ケイデンスの減少への相関があると考えた。そこで、本論文では(ア) 地面を蹴りだす力、(イ) つま先の最高到達点、(ウ) ケイデンスの 3 つについて検証を行った。</p> <p>■特徴抽出アルゴリズム</p> <p>▼(ア) 地面を蹴りだす力</p> <p>▼(イ) つま先の最高到達点</p>																		
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>ウェアラブルデバイスを足の甲に装着することによって、(ア)、(イ)、(ウ) について、それぞれの転倒の危険がある歩行形態を計測し、定量的に判断することが可能であると示された。</p> <p>さらに、理学療法士が歩行のリハビリを行うとき、個人の歩行の改善度を測るために使用できると考えられる。その結果を、表 8 に示す。</p> <p style="text-align: center;">表 8 ウェアラブルデバイス角度測定検証結果</p> <table border="1" data-bbox="400 1048 1088 1339"> <thead> <tr> <th>被験者</th> <th>通常歩行</th> <th>つま先を上げる意識をした歩行</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>健常者 A</td> <td>-0.716308</td> <td>-0.786761</td> </tr> <tr> <td>健常者 B</td> <td>-0.497404</td> <td>-0.774476</td> </tr> <tr> <td>健常者 C</td> <td>-0.329178</td> <td>-0.437242</td> </tr> <tr> <td>健常者 D</td> <td>-0.605571</td> <td>-0.738862</td> </tr> <tr> <td>健常者 E</td> <td>-0.439545</td> <td>-0.788358</td> </tr> </tbody> </table> <p>これを見ると、通常通りに歩いた時よりも、つま先を上げることを意識をした歩行のほうが、背屈の角度が大きくなることがわかった。この結果から、背屈の角度を計測できることが、高齢者や歩行リハビリ患者に対して、つま先が低くなっていて転倒に繋がる歩行形態をとっていることを定量的に判断する材料になると考える。</p> <p>さらに、表 2 で示された健常者の背屈の平均角度と比較して大きく下回っているとき、転倒の危険があることを知らせ、つま先を上げて歩くようアドバイスする音声を再生するなど、転倒防止につなげる様々なことが考えられる。つま先を上げることについてだけでなく、蹴りだしの力を高める、歩行時間を短くすることを意識させることで、同様に、歩行形態が改善することが予想される。</p>	被験者	通常歩行	つま先を上げる意識をした歩行	健常者 A	-0.716308	-0.786761	健常者 B	-0.497404	-0.774476	健常者 C	-0.329178	-0.437242	健常者 D	-0.605571	-0.738862	健常者 E	-0.439545	-0.788358
被験者	通常歩行	つま先を上げる意識をした歩行																	
健常者 A	-0.716308	-0.786761																	
健常者 B	-0.497404	-0.774476																	
健常者 C	-0.329178	-0.437242																	
健常者 D	-0.605571	-0.738862																	
健常者 E	-0.439545	-0.788358																	
<p>課題</p>	<p>提案手法を実装したウェアラブルデバイスを理学療法士やリハビリ患者に利用してもらい、評価を得る必要がある。</p>																		
<p>その他</p>																			

資料名・参照 URL 等	https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=177144&item_no=1&page_id=13&block_id=8
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 12】

<p>機関名</p>	<p>1) 昭和大学スポーツ運動科学研究所 2) 昭和大学歯学部スペシャルニーズ口腔医学講座顎関節症治療学部門 3) 昭和大学薬学部臨床薬学講座薬物治療学部門 4) 昭和大学医学部衛生学公衆衛生学講座 5) 昭和大学歯学部歯科矯正学講座 6) 株式会社 JINS</p>
<p>スポーツ種目</p>	<p>パワーリフティング (デッドリフト)</p>
<p>トレーニング内容</p>	<p>日常的にウェイトトレーニングを実施している者 10 名 (健康男性、年齢：19～67 歳 (平均 30 歳) を対象とした。 内訳は国体を目指してパワーリフティングを行っているパワーリフター (4 名) と昭和大学の運動部に所属している学生 (6 名) である。 被験者はデータ収集時に外傷および障害がない者で、シーズンオフに研究に参加した。 加速度の測定はウェアラブルデバイスである加速度/ジャイロセンサー付きメガネ (図 1) と市販の三軸加速度センサー (AP-XBraveridgeCo.Ltd) (図 2) を組み合わせて行った。</p> <div data-bbox="424 1167 1326 1585" data-label="Image"> </div> <p>図 1 加速度 / ジャイロセンサー付きメガネ (JINS Inc., Tokyo, Japan; https://jins-meme.com)</p>

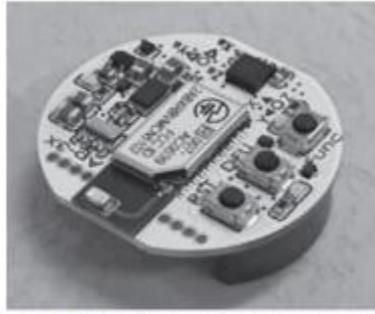


図 2 三軸加速度センサー (AP-6X Braveridge Co. Ltd)

デッドリフトの試技は口腔内装置を使用しない状態で合計 3 回行い、各加速度センサーの測定データについて検討を行った。

バーベルの重量は本人の最大挙上重量 (平均値 : 173.0kg) の 90% (平均値 : 153.3kg) で行った。試技にあたり被験者はストレッチとバーベル挙上のウォームアップを行った。

活用デバイス	加速度/ジャイロセンサー付きメガネ JINSMEME (JINS Inc., Tokyo, Japan) による頭部の加速度を受信するソフトウェアに改良を加え、身体他の部位やバーベルに貼付した市販の加速度センサーからの加速度データを同時に受信するシステムを構築した。
デバイスの装着・計測の方法	加速度/ジャイロセンサー付きメガネは x,y および z 軸の 3 軸方向の加速度を計る加速度センサーと角速度 (回転する速度) を計測するジャイロセンサーとの組み合わせによる 6 軸センサーにて頭部における体軸変化の測定が可能である。
取得データ	パワーリフティングのバーベル挙上時の身体各部位およびバーベルに発生する加速度
解析方法	デッドリフト試技時における身体各部位とバーベルにおけるピーク加速度を表 1 に示す。頭部におけるピーク加速度の 1 回目の平均値は 7.411m/s ² 、2 回目は 7.334m/s ² 、3 回目は 6.813m/s ² であった。反復測定による分散分析の結果、統計学的有意差は認められなかった (p=0.941)。腰背部におけるピーク加速度の 1 回目の平均値は 2.352m/s ² 、2 回目は 2.488m/s ² 、3 回目は 2.233m/s ² であった。フリードマン検定の結果、統計学的に有意な差は認められなかった (p=0.074)。バーベルにおけるピーク加速度の 1 回目の平均値は 2.186m/s ² 、2 回目は 2.043m/s ² 、3 回目は 1.629m/s ² であった。フリードマン検定の結果、統計学的有意差は認められなかった (p=0.371)。

表 1 デッドリフト試技時における身体各部位とバーベルにおけるピーク加速度 (n=10)

部位	回数	中央値 (m/s ²)	最小値 (m/s ²)	最大値 (m/s ²)	平均±SD (m/s ²)
頭部	1	8.385	1.601	12.570	7.411±4.235
	2	8.416	1.825	12.329	7.334±4.359
	3	7.371	1.817	12.014	6.813±3.882
腰背部	1	2.121	1.703	3.426	2.352±0.565
	2	2.236	1.527	4.560	2.488±0.895
	3	1.977	1.565	3.868	2.233±0.702
バーベル	1	1.897	0.963	5.342	2.186±1.266
	2	1.873	0.950	3.220	2.043±0.781
	3	1.635	1.048	2.170	1.629±0.308

先行研究において、パフォーマンスの評価にピークパワー値を測定することの重要性が述べられている 5)。しかし、パワーリフティングにおいてバーベルの重量を増加させていく研究デザインでは試技中の安全性に問題があると考えられた。

そこで、パワー値と比例している加速度に注目し、ピーク加速度を測定することができる加速度センサーを用いた測定方法を採用することとした。本研究のようにバーベルの重さを最大挙上重量の 90%に制限し、バーベル挙上時の加速度をパフォーマンスの指標として用いることは、安全で容易に測定できるという利点がある。加速度センサーにより測定されるバーベル加速度データについては、同じサンプリング・レート (100Hz) の高速度カメラによるバーベル加速度データと高い相関を示していた 4) という報告がある。しかし、バーベルのみの解析で身体各部位の加速度については検証されなかった。

本研究ではバーベル以外の腰背部にもワイヤレス加速度センサーを使用し、頭部の加速度/ジャイロセンサー付きメガネの加速度と同時記録する加速度測定システムを構築することにより身体を含めた動作解析に対処した。

その結果、各被験者の最大挙上重量の 90%のバーベル挙上時に測定された 3 部位 (頭部、腰背部およびバーベル) におけるピーク加速度は、3 回の試技で統計学的な有意差を認めず、一定の傾向は示されなかった。

トレーニングの成果等

繰り返しのデータ測定において測定誤差に注意を払う必要があるが、加速度センサーを用いた加速度測定システムはトレーニングルームのような環境で間接的にパフォーマンスを測定することができると考えられる。

課題

本研究の限界は被験者数が少ないこと、被験者のパワーリフティングに対する経験年数が異なることおよび競技種目がデッドリフトの 1 種類であることである。しかし、この加速度測定システムは、今後、パワーリフティングにおける口腔内装置 (スポーツマウスガード) を始めとするさまざまな介入による動作解析

	に役立つと考えられる。
その他	
資料名・参照 URL 等	https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshowaunivsoc/79/5/79_609/pdf/-char/ja
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。 本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。

【事例 13】

機関名	早稲田大学
スポーツ種目	バスケットボール（フリースロー）
トレーニング内容	<p>■試験対象</p> <p>バスケットボール初心者 14 名を介入群 7 名（年齢：21.3±1.8 歳、身長：172.4±5.4 cm）とコントロール群 7 名（年齢：21.6±1.5 歳、身長：173.7±6.9 cm）に分類し評価試験を行った。参加者には書面にて研究内容の説明を行い、研究参加前に紙面にて同意を得た。また、本臨床試験の手順は早稲田大学倫理審査委員会より承認を得たうえで実施した（承認番号 2014-203）。</p> <p>■試験デザイン</p> <p>フリースローラインよりゴールリングの中心までの距離 4.3 m、高さ 3.05 m の公式バスケットゴールへフリースローを行うことを基本課題とし、Pre-Post デザインにて試験を行った。</p> <p>Pre と Post ではフリースローを 15 本行い、介入中は 10 本ずつ行った。その際、各施行に対して 3 分程度の休憩を設けたが Post は NoDelay と Delay の二つを設け、その間は 30 分間の休憩を設けた。また、介入群・コントロール群ともに装置を装着し、介入群へ BF を付与した。</p>
活用デバイス	<p>作成した装置の概要図を図 2 に示す。本装置はバスケットボール初心者を対象にセット・フォームにおける肩関節周りの角度に着目し、なかでも矢状面と前額面における角度のばらつきを減少させることで安定したセット・フォームを獲得させる。</p> <p>装置は 3 軸の加速度センサと 2 軸の角速度センサを併用することで作成した角度センサ（13×7×4 cm、重量 60g）とピエゾスピーカーと Bluetooth モジュールを搭載したマイコン（Arduino Uno）を内包したショルダーポーチ（23×14×8 cm、重量 295g）で構成されている。角度センサとマイコン間のケーブルはケーブルカバーで覆われ</p> <p>ており、フリースロー動作を阻害させないようにケーブルを取り回した。角度センサは 3 次元磁気計測装置として Liberty(Polhemus 社)を用いることで本試験において必要となる 30°～150°の角度内においては角度誤差が 1 %以内に収めるよう角度補正係数を設けた。角度センサを利き腕上腕中部にマジックベルトで固定し、矢状面と前額面の肩関節角度をリアルタイム（50 Hz）に計測した角度情報を基に聴覚 BF での支援を行う。また、装置はタブレットと Bluetooth で接続されており操作はタブレットで行うことが可能である。タブレット側では装着者の角度情報がリアルタイムで表示されており、現在のセット・フォーム</p>

における対姿勢を確認可能なシステムとした (図 2)。

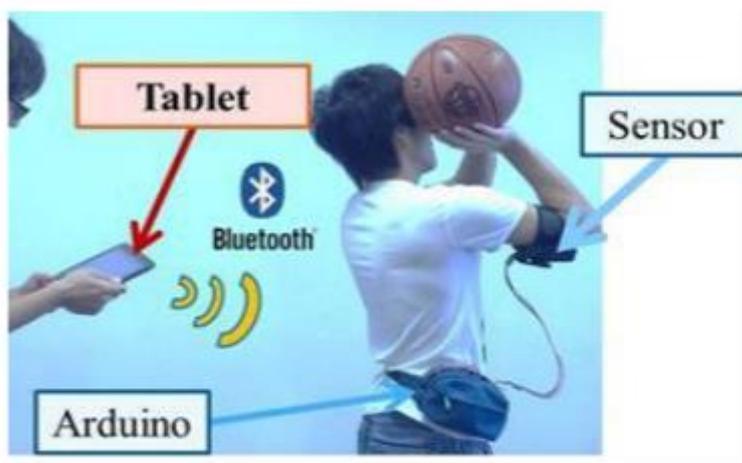


Fig. 2 Set-form assist device.

デバイスの
装着・計測
の方法

トレーニングの際にはフィードバック依存減少のためにまず装着者にセットの体姿勢を自己決定させた後に、装置がセットの体姿勢を自動で判定し、その状態に基づいた制御を実行する。理想的な体姿勢であった場合は聴覚 BF が行われず、装着者にセット・フォームが理想的であることを知らせ、シュートを打たせる。理想的でなかった場合は聴覚 BF を基に前額面、矢状面の順に肩関節を動かしていくことで体姿勢の修正を行わせる。その際に前額面の聴覚 BF は音階における低いドの音 (262 Hz)、矢状面の聴覚 BF は音階における高いシの音 (494 Hz) をそれぞれ異なる音として BF することにより装着者がその時に修正すべき内容を誤認識することがないようにした。このトレーニングプログラムを繰り返し行うことで装着者は意図せずとも自然に理想的なセット・フォームを獲得できるようにした (図 4)。

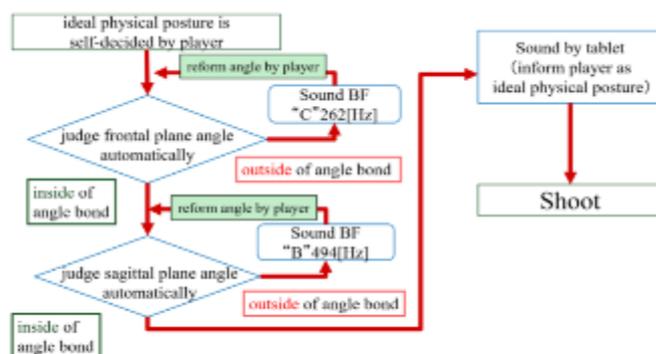


Fig.4 BF-training program

本研究では、聴覚 BF により容易にトレーニング可能な小型ウェアラブルデバイスの製作を検討した。振動等の体性感覚を用いた BF では、装着するデバイ

	<p>その大きさや重量が視覚 BF や聴覚 BF に比べてフリースロー動作を阻害する可能性が高いことが予測され、不適切だと考えた。加えて運動学習の観点から、一般的に、視覚よりも聴覚は運動学習効果が高いことが報告されており、荷重移動課題において視覚と聴覚による BF を与えた効果を比較した研究では聴覚の方が、学習効果が高いことが示唆されている（長谷川他、2015）。そのため、本研究ではセット・フォームのばらつきを抑える BF 手法として聴覚 BF を用いることとした。</p> <p>肩関節の前額面の角度を Φ、矢状面の角度を θ とし（図 3）、これらの角度がフリースローを打つたびに一定の範囲内に入るような帯域幅フィードバックを設けることでセット・フォームの安定化を図り、運動学習強化とフィードバック依存の低減を狙った。帯域幅フィードバックの基準となる角度と角度幅は熟練者 2 名のフリースロー成功時におけるセット・フォームを基に算出し、前額面の基準角度を 100 度、矢状面の基準角度を 130 度とし、帯域幅をそれぞれ ± 5 度と設定した。</p> <div data-bbox="395 943 975 1272" data-label="Image"> </div> <p>Fig. 3 We define Φ as frontal plane angle, θ as sagittal plane angle.</p>
取得データ	<p>■評価項目・手法</p> <p>フリースロー技能評価指標としてゴール率とニアゴール率の評価を行った。ゴール率はリングに触れてゴールしたものも含み、リングに当たったがゴールしなかったものをリング率としリング率とゴール率の合計をニアゴール率とした。セット・フォームのばらつき評価指標として、セット・フォーム時における肩関節角度の平均値に対する最大角度と最小角度の差分のより大きい値を角度幅とし、その大きさを矢状面と前額面において評価した。評価の手法としては、セット・フォーム習得支援 RT により搭載されている角度センサにより計測を行った。</p>
解析方法	<p>試験結果を図 5,6 に示す。ゴール率は介入群、コントロール群ともに Pre-Post 比較において傾向の変化は見られなかった。しかしニアゴール率について、コントロール群はフリースロー回数の増加に伴い一時的にニアゴール率の向上がみ</p>

	<p>られたが、最終的な Pre-Post 比較において上昇傾向はみられなかった。一方で介入群は、Pre ではコントロール群よりもニアゴール率は低かったが、介入で大きく向上し BF 支援の行われていない Post においてもニアゴール率の維持、向上がみられた。Post-Pre の差分値を群間比較した結果、コントロール群と比較すると約 30%有意な向上を確認した。また、群間の Pre 同士の結果を統計的に比較した結果、Pre-test における被験者の能力に差がないことも認められた。以上の結果から、装置を用いた支援により短期的な学習効果が認められ、フリースロー技能が向上する可能性が示唆された。</p> <p>スポーツ現場において、本装置は特に初心者がフリースロースキルを短い時間で習得する際の導入としての活用が期待される。また、今後機器の精度向上を図ることで中級・上級者のスキルアップのシステムとしての活用および他の競技においても着目する関節パラメータを変更することで競技に応じたフォーム獲得支援が可能になるかもしれない。例えば競技ダーツにおいてダーツを投げる際の肘の角度の曲げ具合を適切角度となるように調整することで投フォームを改善させる装置へと応用することが可能であると考えられる。さらに、本システムではデータ記録が可能のため、例えばパフォーマンスデータを視覚化することで指導者・競技者のトレーニングに活用することも期待できる。</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>本研究では初心者のフリースロー技能向上のために音による帯域幅フィードバックを利用したセット・フォーム習得支援装置を開発し、学習効率を高めるための訓練プログラムを構築した。</p> <p>フリースロー初心者 14 名を対象に効果検証を行ったところゴール率は介入群、コントロール群ともに向上が確認されなかったが、ニアゴール率は介入群がコントロールに比べて 20%有意に向上する結果となった。また、介入群においては前額面、矢状面ともにセット・フォームの安定性、再現性が確認され、各々が安定したフォームを獲得したことから、フリースロー技能向上には熟練者のフォームを模倣させることで各々のフォームを獲得することが可能となることが示唆された。</p>
<p>課題</p>	<p>本試験では、ゴール率を向上させるには至らなかったため今後は弾道の解析をすることでゴール率が向上しなかった原因の調査を進めていく必要がある。</p>
<p>その他</p>	<p>フォーム修正のためのデバイスとして、バスケットボールにおいてはマーカを使用せずモーションキャプチャ可能である Kinect を用いて初心者のシュートフォームを熟練者のシュートフォームのモデルに近づけるための学習支援システムの構築を行った研究がおこなわれている（山中、妻鳥、2013）。本デバイスでは Kinect の前でシュートを打ち、フォームを取得したのちに熟練者の理想モデルと異なる箇所を文字情報により提示するフィードバックを採用している。</p>

資料名・参照 URL 等	河田 俊, 安田 和弘, 岩田 浩康 : フリースロー初心者のための BF 型セット・フォーム習得支援 RT の開発 https://www.jstage.jst.go.jp/article/transjsme/83/851/83_16-00515/_pdf-char/ja
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	SUPER-BIT では頭部の加速度は測定不可、リアルタイム解析ができない 本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定 : 心拍数、呼吸数、運動量 : METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。

【事例 14】

機関名	鹿屋体育大学
スポーツ種目	サッカー
トレーニング内容	<p>本事例では、映像配信型ではなく、より緊密に対象者の状況を把握できるパーソナルトレーニングの形で、双方向型の指導を目指した試みを実施した（以下、「OPT : Online Personal Training」と表記する）。</p> <p>■対象者と筆者(トレーナー)の特徴 対象者は、JFL に所属する A 選手 1 名（年齢：25 歳、身長：172.0 cm、体重：70.0 kg、ポジション：ディフェンダー）であった。A 選手のこれまでの主な競技成績は中学生時に全国大会出場（グループリーグ敗退）、高校生時に国民体育大会選手に選出、大学時はインペンデンスリーグ優勝、それぞれ最高成績であった。</p> <p>■トレーニング課題の設定 1) カウンセリングシートおよび目標シートの記入 A 選手が普段の練習や試合で感じている課題点を言語化して聞き出すために、図 1 に示したカウンセリングシート（NSCA のカウンセリングシートを筆者が一部改変）、および筆者が独自に作成した目標シート（図 2）を、事前に電子メールで送信して記入させた。カウンセリングシートには主に既往歴やトレーニングの希望時間などを記入させ、健康上からもトレーニングが可能かについて確認を行った。</p> <p>図 2 は A 選手が実際に記入した目標シートである。短期および中期的な目標として身につけたい能力として、①90 分通して走り続けられる能力、②オーバーラップ 注 2) を何回もできる能力、③ロングスロー（35m 以上）を投げられる能力、④ディフェンスの 1 対 1 の局面で対応できる能力（現状では反応が遅い）、⑤ヘディング能力の向上、⑥クロス 注 3) の質の向上などが挙げられた。チームでの立ち位置では、「公式戦でスタメンを取る」「替えの効かない選手になる」ということが挙げられた。</p>

短期的な目標(3ヶ月以内)

- 体力**
 - ・90分間通して走り続けられる(試合の途中で休まない)
- 技術**
 - ・一対一で対応できるようになる(リアクション能力)
 - ・ヘディング力向上、クロスの向上
- チーム内での立ち位置**
 - ・公式戦でスタメンを取る

中期的な目標(半年間)

- 体力**
 - ・オーバーラップを何回もできる力
 - ・ロングスローを投げられるようになる(35m)
- 技術**
 - ・クロスでアシストをとる、シュートで点を取る
 - ・キック能力の向上(両脚)⇒長短のキックを正確に
- チーム内での立ち位置**
 - ・絶対的な選手になる(替えの効かない選手)

長期的な目標(契約終了時点)

- 体力**
 - ・1試合で12km/h以上走る(今現在は測定不可)
 - ・ロングスローを武器にする
 - ・走れる選手という印象を与える
- 技術**
 - ・アシスト10(クロス)⇒クロスを武器にする
 - ・ボールを失わない。前にボールを運ぶ(パス・ドリブル)
 - ・ヘディングを長所にする
- チーム内での立ち位置**
 - ・チームが手離したくない選手(契約更新、上のカテゴリーへ)

図2 A選手が記入した目標シート

■個人面談

表1はA選手の体力測定の結果と、先行研究で紹介されているデータから、A選手と同程度の競技レベルと考えられる選手を対象とした体力値を示し、比較できるように作成したものである。

表1 A選手の体力測定の結果

	測定項目	A選手の値	先行研究	
身体組成	身長(cm)	172	178.9 ± 4.8	津越・浅井(2010) (n=21) ・BMIは体重÷身長 ² で算出
	体重(kg)	70.3	75.2 ± 6.5	
	BMI(kg/m ²)	24.3	23.7	
	体脂肪率(%)	13.5	11.2 ± 3.1	
	除脂肪体重(kg)	60.8	66.2 ± 5.9	
ジャンプ力	垂直跳び(cm)	39.1	51.3 ± 5.7	中島(2017) (n=15)
	リバウンドジャンプ指数(m/s)	1.809	同一の競技レベルでの文献はなし	
	立ち幅跳び(m)	2.18	2.60	藤田(2012) (n=21) ・SDは記載なし
ダッシュ力	50m走(秒)	6.55	6.46 ± 0.25	津越・浅井(2010) (n=21)
切り返し能力	プロアジリティテスト(秒)	5.25	同一の競技レベルでの文献はなし	
持久力	Yo-Yo Test IR1(m)	2860	同一の競技レベルでの文献はなし	
	Yo-Yo Test IR2(m)	440	1091.9	藤田(2012) (n=21) ・SDは記載なし

先行研究のデータは、すべてA選手と同程度の競技レベルと考えられたJリーグおよびJFL選手を対象としたものである。

個人面談では前述の目標シートを持参してもらい、表1も参考にしながら、どのような能力が身につけば課題が解決できるのか、という観点で話し合いを行った。

その結果、前述の目標シートにおける①と②は Yo-Yo Test IR2 の値が低いことによるものと判断し、有酸素性能力の向上が必要であると考えた。

■トレーニングの計画と内容

図3はトレーニング計画を示したものである。筆者は、前述の個人面談においてA選手が取り上げた課題に対して期分けを行い、それぞれの期間で解決策を提案した。

A選手は、3月19日から5月16日まで有酸素性能力の向上と筋力の向上を目的としたトレーニングを実施した(I期)。なお、この期間に筋力の向上を加えた理由としては、次に来るロングスロー能力の向上期に向けて、あらかじめ筋力を向上させておくことで筋パワートレーニングに移行しやすいと考えたためである。その後、A選手は5月21日から6月30日まで、ロングスロー能力の向上のために、I期で行ってきた筋力トレーニングに加えて筋パワートレーニングを行うこととしていた(II期)。

1) 有酸素性能力のトレーニング

I期で実施した有酸素性トレーニングのメニュー作成には、サッカーが間欠的な運動であること、オープンウィンドウ説では急激に高強度の運動を実施した

際、免疫力の低下から体調を崩す可能性があること（浅野・田中、2015）に留意して、以下の 2 種類のトレーニングを用意した。

図 4 に示すように、この運動はトレッドミルを用いて行うこととし、そこから 3 ～4m 離れた矢状面の位置にカメラを設置して OPT を実施した。



図 4 有酸素性トレーニング時のOPTでの観察方法

2) 筋力のトレーニング

I 期では有酸素性トレーニングと並行して、表 2 に示した 8 種類の筋力トレーニングメニューも行った。OPT の実施方法は、図 5 に示すようにトレーニング機器から 3 ～4m 離れた前額面または矢状面の位置にカメラを設置して行った。カメラの移動はセット間の休息の間に、筆者が指示をした位置に A 選手がカメラを移動することとした。

表2 A選手がI～II期を通して行った筋力トレーニングの内容

種目	回数・セット数・重量
レッグプレス	・8回(3RMの重量-30kg)・5回(3RMの重量-20kg)・3回(3RMの重量-10kg)・3回(3RMの重量) (火曜日) ・5回(70kg)×4セット...できるだけ速く挙上する (木曜日)
リバースランジ	・8回(30kg)×3セット (火曜日) ・5回(35~40kg)×3セット (木曜日)
デッドリフト	・8回(3RMの重量-15kg)・5回(3RMの重量-10kg)・3回(3RMの重量-5kg)・3回(3RMの重量) (火曜日) ・5回(3RMから-15kg)×4セット...できるだけ速く挙上する (木曜日)
ベンチプレス	・8回(3RMの重量-15kg)・5回(3RMの重量-10kg)・3回(3RMの重量-5kg)・3回(3RMの重量) (火曜日) ・5回(30kg)×4セット...できるだけ速く挙上する (木曜日)
ダンベルロウ	・8回(15kg)×3セット
ラットプルダウン	・8回(40kg)×3セット
ショルダープレス	・8回(10kg)×3セット
体幹トレーニング	・日替わりメニュー

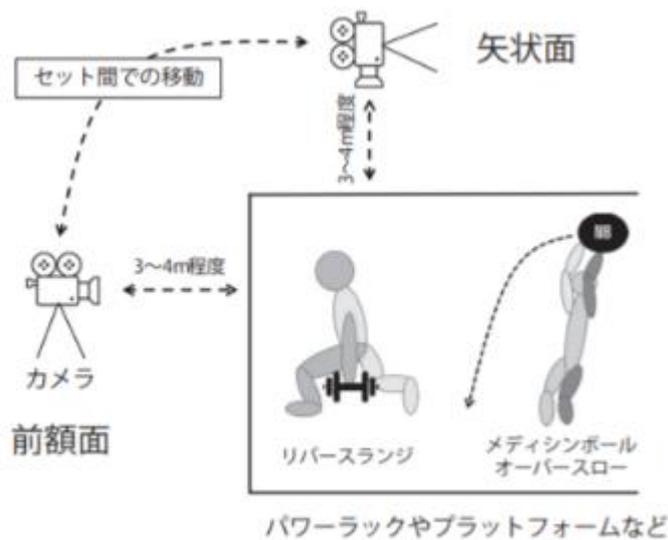


図5 筋力トレーニングと筋パワートレーニング時におけるOPTでの観察方法

3) 筋パワーのトレーニング

II期では、上肢および下肢の筋パワーの向上を目的として、I期で行ってきた筋力トレーニングメニュー（表2）に加え、メディシンボールを用いたオーバーヘッドスローとスクープスローの2種類の筋パワートレーニングを加えたメニューを行った。OPTの実施方法は筋力トレーニングと同様であった（図5）。

活用デバイス

- ・インターネット電話サービス（Skype, Microsoft 社製）
- ・iPad 端末, (Apple 社製) +三脚、インターネット回線（A選手の携帯電話のテザリング機能を利用）
- ・ワイヤレスイヤホン（LBT-CS100MP, Elecom 社製）

<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>トレーニング姿勢の全体が写る位置にカメラを設置し、ワイヤレスイヤホンを耳に装着し、遠隔で動作に対する指導を受けながらトレーニングを行う。</p>
<p>取得データ</p>	<p>■体力測定</p> <p>カウンセリングシートおよび目標シートを記入した後、対象者が筆者の活動拠点に訪問する形で個人面談と体力測定を実施した（3/17～3/18）。また、体力測定はそれぞれ以下の手順で行った。なお、各種測定の間は十分な休息を取りながら実施した。</p> <p>①身体組成</p> <p>全身自動身長体重計（AD-6225A, Combi 社製）を用いて身長を計測した。また生体電気抵抗法により測定を行う身体組成計（DC-320, Tanita 社製）を用いて、体重、体脂肪率、除脂肪体重を計測した。</p> <p>②ジャンプ力</p> <p>青木ほか（2019）の文献を参考に、垂直跳びを計測した。対象者はマットスイッチシステム（マルチジャンプテスト, DKH 社製）のマット上で手を腰に添えた状態で、立位姿勢から自分のタイミングでしゃがみ込み、垂直方向に跳躍を行った。測定は最大努力で実施し跳躍高を計測した。測定では 1 セット 5 回の垂直跳びを十分な休息を挟みながら 2 セット実施し、最も高い跳躍高を代表値とした。</p> <p>③ダッシュ力</p> <p>光電管（TCi-Timing System, Brower 社製）を用いて、50m 走タイムを計測した。光電管は、スタート地点と 50m 地点にそれぞれ設置した。光電管の高さは、対象者の腰の高さ程度とした。スタートは、スタンディングスタートとした。タイムは、スタート地点から 50m 地点の通過タイムを記録した。試行数は 2 回とし、タイムが早い方を採用した。</p> <p>④繰り返し能力</p> <p>青木ほか（2019）の文献を参考に、光電管（TCi-Timing System, Brower 社製）を用いてプロアジリティテストを行った。光電管はスタート地点に配置し、光電</p>

	<p>管の高さは、対象者の腰の高さ程度とした。5m 間隔に 3 本のラインを引き、中央ライン手前からスタートして外側のラインまで移動して片脚でラインを踏んだ後、ターンして中央のラインを通過し、外側のラインを片脚で踏み、ターンして中央のラインまで移動させた。試行数は 2 回とし、タイムの早い方を採用した。</p> <p>⑤持久力</p> <p>Bangsbo (2005) の先行研究に基づき、Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level1・2 (以下、「Yo-Yo Test IR1」「Yo-Yo Test IR2」と表記する) を行った。スタート地点とスタート地点から 20m 先の地点、スタート地点から後方に 5m の地点にマーカーを設置した。対象者はシグナル音で走りだし、次のシグナル音で 20m 先のマーカーに到達するように走り、その後 20m 地点で方向を変え、次のシグナル音でスタート地点のマーカーに到達するように走った。</p>
解析方法	<p>■介入前後の測定について</p> <p>介入期間のトレーニング効果を検討するために以下の手順で測定を行った。Pre 測定は 3 月 21 日に実施し、Post 測定はトレーニングが終了した翌日の 5 月 17 日に実施した。なお、トレーニング開始期間は 3 月 19 日からになっているが、これは筋力トレーニングを先行して実施したためである。</p> <p>なおⅡ期については、前述のトレーニングメニューを継続的に実施していたが、5 週間目に A 選手が試合中に後方にいる相手選手から押され、肩関節を脱臼してしまったため、トレーニング後の測定は実施できなかった。</p> <p>1) 乳酸カーブテスト</p> <p>八田の文献 (2015) を参考に、トレッドミル (BM-2300, S & ME 社製) を用いて測定した。座位安静時の血中乳酸濃度を測定した後、5 分間のウォーミングアップをさせ、その後「3 分運動・1 分休息」の運動プロトコルを実施した。走速度は、160 m /min から開始し、20 m /min ずつ速度を増加させていった。1 分間の休息の間に指先から約 0.3 μL の血液を採取し、自動乳酸測定器 (ラクター・プロ 2 LT-1730, arkray 社製) を用いて血中乳酸濃度を測定した。運動は、血中乳酸濃度が 4mmol/L を超えた時点で終了した。</p>

2) MAS (Maximum Aerobic Speed) テスト

ジョイス・レウインドン (2016) の文献を参考にトレッドミル (cos30003va20, h/p cosmos 社製) を用いて測定した。走速度は 8km/h から開始し、2 分毎に 1km/h ずつ漸増させた。運動は対象者が主観的に限界と感じるまで実施し、2 分間走りきれた走速度を MAS と定めた。なお対象者が 1 つの段階の半分を走ることができれば、最後に完了した段階の走速度に 0.5 km/h を加えることとした。例えば、19 km/h の走速度を実施している際、1 分間の時点で限界に達したとすると、記録は 18.5 km/h となる。

また、ジョイス・レウインドン (2016) の文献では得られた MAS に 3.5 をかけることで最大酸素摂取量を算出することができるとしている。本研究ではこの値も参考値として比較を行った。なお、本研究では乳酸カーブテストと MAS テストを同日に実施したが、測定間は 1 時間半以上の休息を挟み、測定を実施した。

3) トレーニング中の挙上重量の変化

ベンチプレスおよびレッグプレスの挙上重量の変化を、トレーニング開始時と終了時とで比較した。筋力トレーニングの際に扱う重量は、設定した回数 (8 回・5 回・3 回・3 回) を 2 回連続して安定した挙上できた場合、次回のトレーニングでは重量を上半身の場合 5kg、下半身の場合 10 kg 増加させている (安定した挙上か否かの判断は、ビークル・アール (2010) の提唱している負荷漸増の推奨値に基づき、筆者が判断した)。

■トレーニングの結果

1) I 期：有酸素性能力と筋力の変化

有酸素性トレーニングと表 2 に示した筋力トレーニングを実施した結果、A 選手の LT 値 (2mmol/L) の出現した走速度は表 3 に示したように +7% (206 →220 m/min) と向上がみられ、OBLA 値 (4mmol/L) の出現した走速度においても +5% (238 →250 m/min) と向上がみられた。

加えて、MAS テストではトレーニング前後で +16% (16.0 →18.5 km/h) の向上がみられ、最大酸素摂取量においても +16% (56 →65 ml/kg/min) の向上がみられた (表 4)。

筋力の指標としたトレーニング中の挙上重量では、表 4 に示したようにベンチプレスにおいて、+7% (70 →75 kg) の向上がみられ、レッグプレスにおいて 14% (140 →160 kg) の向上がみられた。

表 4 I 期のトレーニング前後における MAS、最大酸素摂取量 (推定値)、ベンチプレス、レッグプレスの成績の変化

	測定項目	トレーニング前	トレーニング後	変化率
持久力	MAS(km/h)	16.0	18.5	16%
	最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	56	65	16%
筋力	ベンチプレス 3RM(kg)	70	75	7%
	レッグプレス 3RM(kg)	140	160	14%

以上の結果から考察すると、本トレーニングによって有酸素性能力をある程度、向上させることができたことに加え、実際の競技場面においてもその効果を A 選手が感じ取っていることが窺えた。

2) II 期：ロングスロー能力の変化

II 期ではロングスロー能力の向上を意図して、筋力トレーニングと筋パワートレーニングとを 6 週間行うこととしていた。しかし A 選手が 5 週間目の練習中に怪我をしたため、前後測定の結果を比較することができなかった。そこで、この時期のロングスロー能力の変化について A 選手に尋ねたところ「試合中に何度かロングスローを任された局面もあったが、遠投距離が少し伸びたような感覚がある」と答えていた。したがって、本トレーニングはロングスローの遠投距離にプラスの効果があった可能性が窺えた。

トレーニングの成果等

トレーニング指導を行った筆者からみて、OPT において有効と考えた点は以下の通りである。すなわち対象者との距離が離れていても、端末を通してトレーニングフォームや A 選手の体調 (気分や練習中の感覚など) を直接見たり聞いたりすることで、正しいフォームでのトレーニングや、選手の体調を意識した指導が可能であったことである。

従来のような映像配信型 (一方向型) の指導では、対象者が悪いフォームに気づかず自己流のトレーニングを続けてしまったり、トレーニングの意図を理解

	<p>していない場合も生じる可能性がある。しかし本事例では、従来から筆者が行ってきた対面式のパーソナルトレーニングと同等の形で実施が可能であった。この点は OPT の有効な点と考えられる。</p> <p>A 選手から OPT の有効性に関する内省報告を聴取したところ、「直接顔を見て話せたこと、指導を受けられたことは安心につながった」「筋力トレーニングの姿勢を具体的に示してもらえた点がわかりやすくよかった」といった肯定的な意見が得られた。</p> <p>これらの点に関しては、筆者が有効だと感じた点とも共通しており、端末を通して対象者を直接観察できることや、その都度フォームなどについて緊密な双方向性をもってフィードバックできること、そして距離が離れていてもこれらを実施できることが OPT の有効性であると考えられた。</p>
課題	<p>1つ目は、通常のパーソナルトレーニング時には感じ取れる細かな部分（グリップの握り具合のずれ、細かな皮膚の色の違い、直接見て感じ取れるきつきなど）は感じ取りにくいということである。これはセット間の休息中に選手とコミュニケーションをとれば解決でき、本研究におけるトレーニング指導に大きな影響はなかったが、この点が気になる指導者もいる可能性がある。この点に関しては、現時点での映像技術の限界と考えられる。</p> <p>2つ目は、トレーニング中の映像が途中で途切れてしまったり、動かなくなる場合があることである。この原因として、ネットワーク環境や PC の不調など様々な問題が考えられる。このような問題点に関する解決策として、ICT を活用して国際交流を行った岸本ほか（2017）の報告によれば、複数のインターネット電話サービスを準備しておくことで解決が図れると指摘していた。本研究のようなトレーニング指導においても、同様の配慮が必要となるだろう。</p> <p>3つ目は、トレーニングを撮影する方向の設定に時間がかかることである。本研究では、トレーニングフォームに間違いがないかを確認するため、前額面からの撮影と矢状面からの撮影をセット間ごとに変更する必要があった。また本研究では、カメラが移動する度に選手の全身が映るように微調整を行っていたため、これらに要する時間が多くかかってしまった。この点については、前述の通り、指導者が事前準備としてトレーニングのポイントをまとめておくことで改善できると考えられる。</p> <p>4つ目は、一般的に実施されているパーソナルトレーニングよりも費用がかかることである。本研究では、OPT を行うために端末、三脚、インターネット回線、</p>

	<p>ワイヤレスイヤホン（場合による）を A 選手が購入する必要があった。端末に関しては個人が所有しているスマートフォンでも代替可能であり、費用を抑えることが可能であるが、インターネット回線については避けられない費用となる。</p> <p>本事例における筆者の印象では、通常の対面型指導と OPT との間に大きな違いはないと感じた。しかし他の指導者が同様な指導を行った場合には、その着眼点や指導スタイルによって OPT を扱った感覚が異なることも予想される。</p> <p>したがって今後の研究課題として、トレーニング課題が同じで指導者が異なる場合や、指導者が同じでトレーニング課題が異なる場合に、OPT を扱った際の有効性や課題点がどのように変化するのか、といった様々なケースを対象に OPT の指導事例を蓄積していくことが必要といえる。また、その際には本研究と同様に選手が OPT をどのように感じたのか、という指導現場の見解も積極的に収集し、蓄積していくこともコーチング実践への示唆を得るために重要な要素となるだろう。</p>
その他	<p>表 5 は、筆者がこれまでに実施してきた対面型のパーソナルトレーニング指導と、本研究で実施した双方向型の OPT 指導の特徴とを対比したものである。本事例を行った筆者の感覚としては、基礎体力の改善といった比較的シンプルな課題であれば、一般的に行われている対面型のパーソナルトレーニング指導と OPT との間には大きな違いはなく、距離が離れていても ICT を活用すれば通常の指導とほぼ同等な指導が行えると考えられた。</p> <p>これまでは距離が離れていることが原因で、パーソナルトレーニング指導を受けることを断念していた選手もいたと考えられる。しかし本研究で用いた手法を活用することで、国内に限らず世界のどこにいても、対面型と同等な指導を受けることができる可能性がある。また最近、新型コロナウイルスの世界的な流行により、対面型の指導が長期的に制限される事態が起こった。このようなことを考えても、今後 OPT の重要性はさらに高まると予想される。</p>

表5 通常のパーソナルトレーニング指導とOPTによる指導の対比表

通常時のパーソナルトレーニング指導	OPTによる指導
<p>1：直接目で見てフォームなどを確認し、正しいフォームでのトレーニングが可能</p> <p>2：体調(気分や練習中の感覚など)を直接見たり、聞いたりすることができる</p> <p>3：トレーニング中のきつさや、各種目の微妙なずれ(グリップの握り具合のずれ、細かな皮膚の色の違い、直接見て感じ取れるきつさなど)から感じ取れる</p>	<p>1：映像を見ながらフォームなどを確認することができ、正しいフォームでのトレーニングが可能</p> <p>2：体調(気分や練習中の感覚など)を映像を通して見たり、聞いたりすることができる</p> <p>3：フォームは確認できるものの、通常のパーソナルトレーニングで感じ取れる微妙なずれなどは感じ取りにくい</p> <p>その他</p> <p>1：他の利用者がカメラに映り込むため、プライバシー保護の観点から施設利用の許可が得られない可能性がある</p> <p>2：撮影する位置の設定に時間がかかり、全体のトレーニング時間が長くなる場合がある</p> <p>3：インターネット回線、PCの不調などから映像が途切れたり、動かなくなる場合がある</p> <p>4：インターネット回線や端末の準備のため、通常の指導よりもコストがかかる</p>

資料名・参照 URL 等

小原侑己、山本正嘉：ICT を活用したオンラインパーソナルトレーニング (OPT) の有効性と課題点ーサッカー選手の有酸素性能力・筋力・筋パワー向上を目的とした取り組みー

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcoaching/34/1/34_73/_pdf/-char/ja

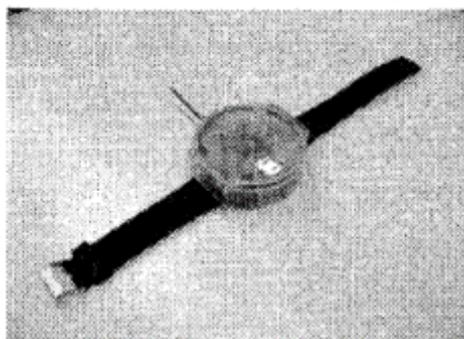
SUPER-BIT を用いた場合との比較等

SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。
本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。

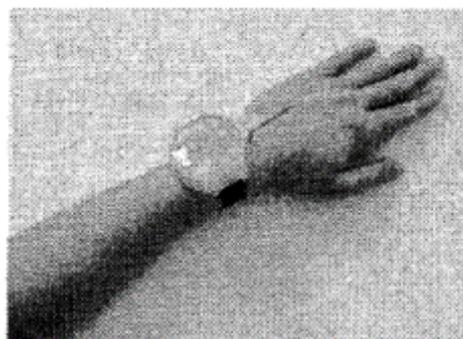
【事例 15】

機関名	東京工業大学、慶応大学、東京工業大学大学院
スポーツ種目	水泳
トレーニング内容	<p>センサユニットおよび前章で述べた動作復元アルゴリズムによる泳動作復元の精度を検証するため、陸上にて水中泳動作を模擬した試技を被験者に行わせ、従来の三次元モーションキャプチャーシステムと比較する実験を行った。</p> <p>測定においてはセンシングユニットのサンプリング周波数は 190Hz とした。また従来の三次元モーションキャプチャーシステムとしては、MAC3D (Moti (株) nAnalysis 社製) を用いた。また被験者には、肩 1 点、肘 2 点、手首 2 点、手 2 点の計 7 点にマーカーを取り付けた。試技としては、平泳ぎおよびクロールを模擬した動作をそれぞれ被験者に行わせた。</p>
活用デバイス	<p>本研究では、上記のこれまでの技術を統合し、従来の水中カメラによる三次元モーションキャプチャーシステムよりも簡便かつ直感的な水泳トレーニング用泳動作表示システムを開発することを目的とする。</p> <p>本システムは、泳者が手首に装着し練習中の泳動作の 3 軸加速度・3 軸角速度を計測・記録するセンシングユニットと、練習後その結果が転送され、計測結果から泳動作を復元し手部と前腕部に働く流体力を推定して表示する、泳動作復元・表示ソフトウェアとからなる。</p> <p>まず図 1 に、本研究で開発したシステムの構成図を示す。</p> <div data-bbox="395 1263 1374 1621" data-label="Diagram"> <p>The diagram illustrates the system architecture. On the left, a stick figure labeled 'Swimmer' has a 'Sensing unit' attached to their wrist. A signal is transmitted from the sensing unit to a 'Receiver unit'. The receiver unit then sends data to a 'PC (on ground)'. Inside the PC, the data is processed by 'Software for data download', which then feeds into 'Software for swimming motion reconstruction & display'.</p> </div> <p>Fig. 1 Schematic view of system structure</p> <p>本システムでは、泳者が手首に腕時計のようにセンシングユニットを取り付ける。図 2 にセンシングユニットの写真を示す。</p> <p>本センシングユニットは、マイコン、無線モジュール、加速度計 (H48D) 3 軸分を搭載したメインチップ ((株) アーズ社製) と、ジャイロ計 (XV・3500CB) 3 軸分、およびバッテリーからなり、全体が防水ハウジングに収められている。よって 3 軸分の加速度計・ジャイロ計により手首部の 3 軸加速度・角速度が計</p>

測される。手首部の動作を計測するのは、水泳の平泳ぎ以外では上肢による推進力が主要であることが知られており、さらに泳動作における手首関節の動作範囲も他関節に比して一般に小さいことから、手首部を計測すれば手および前腕の動きがおおよそ把握できるためである。



(a) Sensing unit



(b) Wearing view

Fig. 2 Developed wristwatch-style sensing unit

<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>泳者が手首に装着する。 センシングユニットで計測されたデータは、トレーニング後に陸上の PC に専用ソフトを用いてワイヤレス転送される。転送されたデータは、後述する泳動作復元・表示ソフトウェアを通じて選手やコーチに視覚的に提示される。</p>
<p>取得データ</p>	<p>練習中の泳動作の 3 軸加速度・3 軸角速度</p>
<p>解析方法</p>	

これより、時間ステップ i における誤差を補正した後の向きは、式(8)の回転行列の逆行列を各時間ステップでの運動座標の単位ベクトル N_i に乗じることにより、次式のように導出される。

$$N'_i = T_{xi}^{-1} T_{yi}^{-1} T_{zi}^{-1} N_i \quad (9)$$

さらに、初期の向きが絶対座標において式(1)から傾いている場合の単位ベクトルを N_0 とすると、これを次式のように座標変換することにより、絶対座標系における運動座標の単位ベクトル N''_i が求められる。

$$N''_i = N_0 N_i \quad (10)$$

この絶対座標系での向きを用いれば、次式のように加速度も絶対座標に直すことができる。

$$A'_i = N''_i A_i \quad (11)$$

ここで、重力成分を除いて積分することで速度を求めるが、この際の補正法としては、初期速度と終端速度が等しくなるようにする。また位置に関しても同様に、初期位置と終端位置が同じになると仮定し補正を行う。

トレーニング
の成果等

陸上での精度検証実験

図 3 に、平泳ぎの模擬動作の場合のセンシングユニットからの出力結果の一例を示す。

試技では、被験者は左手首にセンシングユニットを装着し、けのびのように腕を前方にまっすぐ伸ばして静止した状態から 1 ストロークのかき動作を行い、再び腕を前方にまっすぐ伸ばした状態に戻った、試技開始直後と終了直前に 2 回ずつのピークがあるが、これは試技の切れ目を認識しやすくするため、被験者にセンシングユニットを動作の前後で 2 回ずつ叩かせたためである。図 3 より、加速度・角速度ともに、泳動作に十分追従し、またその特徴を捉えていると考えられる。

泳動作復元・表示ソフトウェア

センシングユニットの計測結果から復元した泳動作を選手・コーチに視覚的に提示するため、3 章の動作復元手法を実装し、グラフィカルユーザインターフェースを備えたソフトウェアの開発を行った。本ソフトウェアではまず、ユーザが画面を見ながら、泳動作データの 1 周期分の切り出しを行う。そして「計算開始」ボタンをクリックすれば、動作復元手法により泳動作が復元され、泳者の手部・前腕部のアニメーションが表示される、図 6 にソフトウェアの画面の

	<p>例を示す。図 6 (a) は、復元した手・前腕部に働く流体力を、シミュレーションモデル SWUM との連携機能により求めて表示した結果であり、手・前腕の各部に働く流体力の向きと大きさが、各部からのびる線分によって表されている。本機能は、本ソフトウェア上から、SWUM を実装したソフトウェアである Swumsuit (11) (12) を起動することにより実現されているが、ユーザの操作としては「流体力用ファイル作成」のボタンをクリックするだけでよく、SWUM や Swumsuit について全く知識が無くとも使用可能である。また各部に働く流体力のみでなく、合計の推進力の 1 ストローク周期の平均値も表示される。</p>
課題	<p>1 周期の初期の向きの取得方法や精度の向上、さらにはソフトウェアの使い勝手など、本システムには解決すべき課題がまだ多く残されていると考えられる。</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>日本機械学会 [No.07-24] シンポジウム講演論文集 A41 手首装着型加速度・角速度センサを用いた競泳トレーニング用泳動作表示システムの開発 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmesports/2007/0/2007_200/pdf/-char/ja</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。 本内容を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 16】

機関名	Uppsala University (スウェーデン)
スポーツ種目	ヨガ
トレーニング内容	<p>講師と一緒に 3 回 (W1、W2、W3)、それぞれ 3 時間程度のワークショップを行い、約 3 ヶ月かけてデザインした。</p> <p>各ワークショップは、前者をベースとし、複数のデザイン要素や検討事項を深く掘り下げていくものだった。</p> <p>インストラクターの要望により、このクラスへの参加は招待制とし、インストラクターがすでにトレーニングしているヨガの一般生徒をターゲットとした。2 人の生徒が参加した。P1 (初級) と P2 (中級) である。</p> <p>クラスは、インストラクターのヨガスタジオで開催された。部屋は装飾のない無地の壁で、光の投影に適しており、レーザーの視認性を高めるために窓のカーテンを閉めた。</p> <p>W1 : 技術設計</p> <p>アイデアを発展させるため、W1 では実現可能な技術的ソリューションを確立することに重点を置いた。赤色レーザーポインター、青色パターンレーザー、通常のトーチライトの 3 種類の光を持ち込み (図 3)、異なる光質の可能性を探り始めたのである。そして、さまざまな身体や部位にフィットするよう、ゴムバンドでライトを取り付けることにした。接着剤、面ファスナーなど、さまざまな方法でバンドにランプを取り付ける方法を検討したが、使いやすさ、頑丈さ、多様性、そして実際に構成できることから、前述のマグネットによる取り付けに決定した。</p> <div data-bbox="392 1429 1323 1700" data-label="Image"> </div> <p>図3.左と中央：トーチLEDランプフック付きとループアタッチメント。右：パターン化されたレーザー</p> <p>W2: Tech on the Body and Instructional Value</p> <p>W2 では、W2 のランプをすべて持ち込んで、さまざまなエクササイズに関連したインストラクションや美的価値の探求を続けた。様々なエクササイズについて、関連しそうなポーズ、指導の手がかり、重要な空間的特徴 (マットのレイア</p>

ウト、インストラクターと受講者の向きなど) など、今後のクラスのデザイン要素との関連で、体の置き方をいくつか検討した。その結果、ボディアンカーとして胸と腰、そして美しさよりも正確さとテクニックに重点を置いた指導スタイルに落ち着いた。そのため、より正確な投影が可能なレーザーランプを選択した。

W3 : クラスのデザイン

W3 では、トレーニングクラスのブラッシュアップを行った。最終的に、光の投射による指導に適したポーズを検討・選定し、指導方法を開発した。選定したポーズについては、ボディアンカーとビームの方向性を検討し、決定した。最終的に、ヨガクラスの様々な段階をカバーするポーズを選択した (図 2、補足資料参照)。デザインインサイト ここでは、デザインプロセス中に浮かび上がり、最終デザインに影響を与えたデザインインサイトを明確にする。

Enlightened Chest for Hips' Adjustments (Figure 7)

このインストラクションでは、チェストライトを使って、腰と胸の調整を促す。インストラクターと受講者は、三角のポーズ (図 1 の 11 のポーズ、図 7) の準備をしている : 立って、足を大きく開き、膝を伸ばし、腕を横に大きく開き、床と平行にする。胸にレーザーを装着し、ビームを壁に向かって前方に突き出す。講師は受講者に胴体を片側に伸ばし、同じ手をブロックに下ろすように指示する (Fig.7, top right)。そして、自分のライトを見て、腰を前後に少し揺らし、腰の動きが胸の位置にどのように影響するかを理解するように指示する。「こうすると、ライトが動くのがわかるでしょう」 (Fig.7、左下)。受講生は、自分のライトが床の上で前後に揺れるのを見ながら、試してみる。講師が続ける。"腰を動かして、ライトを前や上に動かしてみてください"。受講者は骨盤を調整し直し、胸を動かし、ライトを前方や上方に突き出す (図 7 右下)。

運動の軌跡と胸の小さな調整のためのエンライトドチェスト (図 8)

ここでは、チェストライトを使って、大きな運動の軌跡、初期位置と最終位置、胸に関する小さな調整を指示する。全員、前屈 (図 1 の 7 のポーズ、図 8 左) からスタート : 腰幅に足を開き、腰を曲げて立ち、両手は足の横のマットに触れる。チェストライトの光は、両足の間、マットの後ろ側を照らしている (図 8 左)。インストラクターが説明する。「脚の間を見てください、あなたの後ろに光が見える。さらに体を曲げて、胸を脚に近づけるように指示する。「上半身を少し前に倒し、[...]光はマットの上で少し後ろになります」。この姿勢から、彼は動きを説明する。「今度は光が大きく揺れるのを見るので、足と脚で押し下げる。手を

	<p>床から離し、胸と腕を上げると、光はマットの後ろから前へ向かって着実に掃射する。受講生もそれに続き、指導者は続ける。「呼吸を整え、光の掃射に従って……ずっと上へ」。受講生が体を起こすと、光はまず床を横切り、次に受講生の前の壁を上っていき、「ずっと上へ、空に向かって（光を）照らしてください」。最後は、背中を少し丸めて、両手を頭の上に上げ、レイズド・アームズ（図 1 の 8、図 8 右）のポーズで立ち。次のポーズでは、講師は小さな調整を提案する。例えば、最後のポーズでは胸部の伸展を大きくする。「胸をもう少し高く上げて、光をもっと空に向けられるかどうか見てみましょう」。</p> <p>Enlightened Hips to Stabilize Hips (Figure 9)</p> <p>ここでは、ヒップライトを使って、腰や背中 of 望ましくない動きを防止する。全員が仰向けに寝て、膝を曲げ、足と肘を床につけ、両手を上に向けている。下腹部、2つの腰の頂点の間にレーザーを装着している（図 1 の 15 番、図 9）。ビームは天井に向かって投影される。インストラクターは、足を押して腰を上げるように指示する。「腰を上げると、光は天井まで届きます」（Fig.9 左）。左足を上げ、片足立ちをするとき、大臀筋を外さずに「ほんの少し、2 インチ」その足を上げるよう指示する。そうしないと、腰と（それ故に）ライトが動いてしまう（図 9、中央）。"ライトを安定させる"。講師はそのポーズのまま、天井に映し出される彼らの姿を見ている。P1 の光の揺らぎに対して、講師は「（光が）少し動くかもしれないが、安定させるようにしよう」と言う（Fig.9, right）。</p>
活用デバイス	<p>Enlightened Yoga は、通常、身体の動きと位置に関する合図を理解することに困難を経験する初級と中級レベルの訓練生を対象としたフルフィットのヨガクラスである[36,37]。</p> <p>このクラスは、ウェアラブルライトを特徴としており、インストラクターは、エクササイズを通して訓練生を導くために投影し、訓練生は、そのような指示の合図に基づいて行動するために使用する。これは、ウェアラブルシステム（図 1）、選択された身体のアンカーポイント（図 2）、16 の悟りのヨガポーズ（図 2 の概要と補足資料でさらに説明）、指導の合図、空間的考察を含む多面的なデザインオブジェクトとして、特別な設計となっている。</p>
デバイスの装着・計測の方法	<p>このウェアラブルシステム（Fig.1）は、側面と背面にネオジム磁石を封入したレーザーポインターと、3つの磁石取り付け部（中央に1つ、側面に2つ）を持つゴムバンドを、腰と胸に装着して使用する（図 1）。</p>

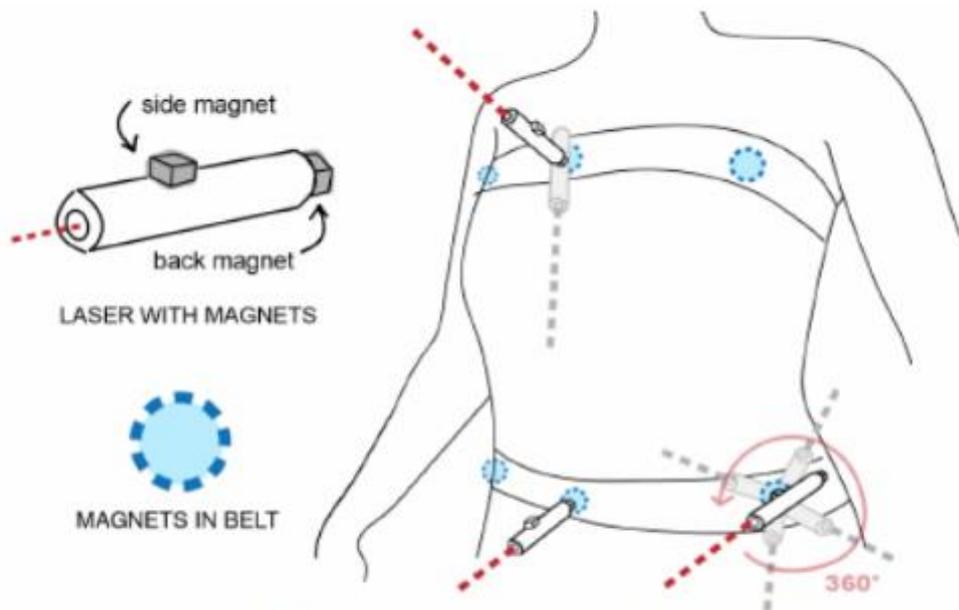


Figure 1. Wearable projecting lights system.

ネオジム磁石設計要素（レーザーとバンドの複数の磁石取り付け部）により、ウェアラブルシステムの機械的相互作用を促進させる。レーザーは、身体の前面对して垂直または接線方向に、バンドの磁気部分に簡単に着脱することができる。また、サイドマグネットに取り付けられたレーザーは、取り付け位置を手動で 360°回転させることができる（Fig.1 参照）。この柔軟性と簡単な設定方法は、設計の過程で重要なポイントとなり、さまざまな選択肢を検討することができたし、最終的な設計結果にも活かされた。

エンライトメント・ヨガクラス（Fig.2）では、このウェアラブルシステムを次のように使用している。胸バンドは、レーザーの背面マグネットを利用して、センターマグネットにレーザーを取り付け、垂直に突き出している（Fig.2、ポーズ 1~13 で使用）。



Figure 2. Enlightened Yoga. Left: selected body anchors (sternum, hips),

腰バンド（14-16 ポーズで使用 ; Fig.2）では、3つのマグネットアタッチメント

	<p>すべてを使用する。15・16 ポーズではセンターマグネットにレーザーを垂直に取り付け、14 ポーズではバンドの側面マグネットでレーザーを取り付け (Fig.2)、$\pm 90^\circ$の振幅範囲を使用する。照明は床や壁、天井に投影され、身体の動きや位置の変化を補強する。</p> <p>インストラクターは、投影された光でエクササイズの合図をすることができる。通常の間頭での合図に加え、投影された光の効果も参考にしながら指示を出す。インストラクターもライトを身につけているため、エクササイズのデモを行う際には、インストラクターのライトの視覚的效果によって、言語による指示が補完される。受講者は、このような視覚的・言語的な合図をもとに行動する。</p>
取得データ	<p>ENLIGHTENED YOGA クラスの評価</p> <p>ビデオ録画のインタラクション分析から、計画されたエクササイズは指示可能であり、参加者はそれを実行することができたことがわかる。また、光の投影は指示の中で重要な位置を占め、合図は空間との関係における光の動き、特に安定したランドマーク (図 8 では、「光に沿って壁の上まで」、「マットの少し後ろまで」) に言及されている。また、その後の動きを説明するため (「大きく掃く」)、視線や動きを指示するための基準点として (「光を追う」)、最終位置を示すため (「光を空に向けて当てる」) にも使用された。例えば、三角形のポーズ (Fig.7) では、小さな腰の動きが胸の向きや動く範囲に影響するなど、多くの合図が体の部位間の関連性を強調している。例えば、「もう少し胸を張れるかどうか」 (Fig.8)、「ライトが少し動くかもしれないが、安定させるように」 (Fig.9) など、指導者はライトから受講者のパフォーマンスに関する情報を得て、指導を行うことができた。</p>

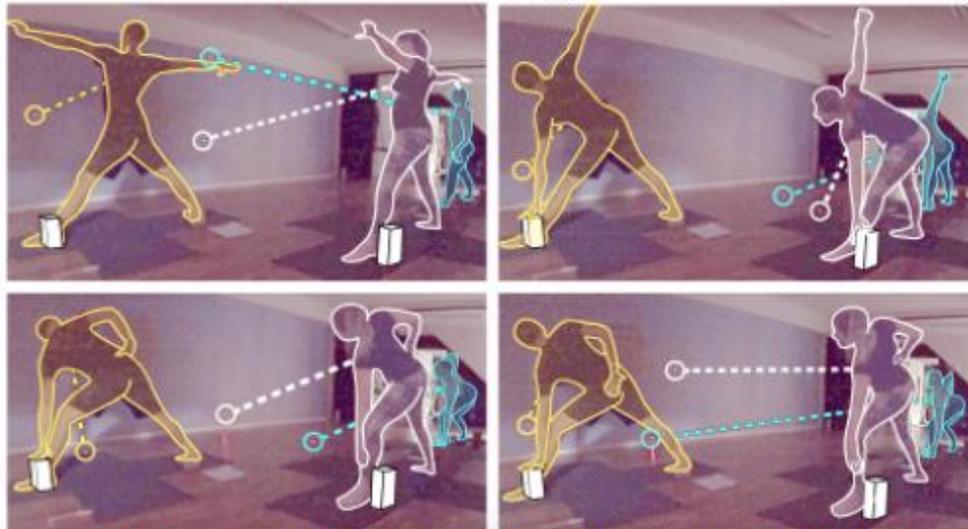


Figure 7. Triangle Pose. Silhouettes and laser beam emphasized: Instructor (yellow), P1 (white), P2(blue)



Figure 8. Forward Fold to Raised Arms. Silhouettes and laser beam emphasized: Instructor (yellow), P1 (white), P2(blue).

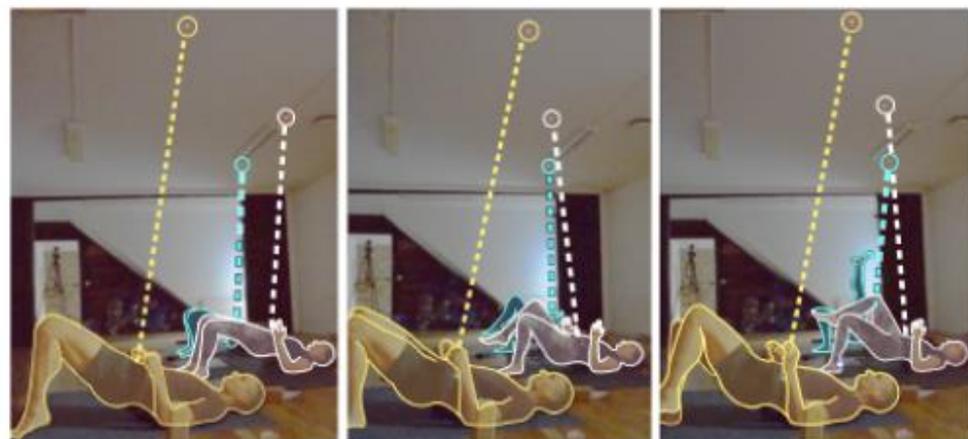


Figure 9. One-Legged Bridge Pose. Silhouettes and laser beam emphasized: Instructor (yellow), P1 (white), P2(blue)

授業後のインタビューでの気づき

インタラクション分析では、照明が主観的な観点からも役に立ったかどうかは分からないが、インタビューではこの点が明らかになった。講師は、「照明で指示を出すのはとても便利だ」とコメントしている。また、受講生は、「別の視点からの指示も得られる」(P2) ので、指示通りに行動しやすいと回答している。

胸部ライトと大きな動きの軌跡

指導者は、大きな動きの軌跡に関するライトキューが特に有効であると考えた。

「とても視覚的で便利だ(中略)動きの軌道がとても明確になりますから」。大きな動きを指示する際には、主に胸部のライトが使用された。訓練生は、このようなライトは方向に関する指示を理解するのに役立つと感じた。逆さまの状態でも「胸を張れ」と言われても、「胸」って何?でも、『ライトを壁の上に持っていけ』と言われれば、理解できる」。(P2).

胸部ライトと小さな調整

インストラクターはまた、胸部ライトを使うことで、通常人が理解するのに苦労する、サイドポーズ(図2 ポーズ11~13、図7など)における胸と腰の非常に複雑で捉えにくい小さな調整の説明ができるようになったとコメントしている。指導やフィードバックの能力が大幅に向上したという。「通常の授業よりも役に立った」とのことである。胸部ライトは、脇腹のポーズで小さな調整の指示を理解し行動するのに役立つことを研修生が確認した。「胸を使ってライトを動かしても、ライトは動かなかった。しかし、腰を動かすと、ライトは上昇した。だから、(指示が)とてもとても明確だった」(P2)。

ヒップライト

ヒップライトは腰の位置の補正に成功した(Fig.9など)。講師は、胸部ライトに比べれば指導上の利点は小さく、その効果も「劇的ではない」とコメントしている。15-16 ポーズ(Fig.2)では、講師を見るために移動することなく指示通りに行動できるため、受講者はこのライトを高く評価していた。

ライトの監視と視線・方向性への影響

皆さんから「自分や他人のライトをよく見ている」というコメントがあった。ライトは練習の邪魔にならないか聞いてみた。

P2は「インストラクターのライトを見て、自分が何をすべきなのかがわかるので、とても助かる」と答えた。

P1は、視線や身体の向きを尊重した形で、自分が何を求められているのかを理

	<p>解するのに照明が役立ったと付け加えた。また、「他の人を見て自分の位置を見失うことなく、他の人のことを知ることができるのも良い。例えば、[P2]のライトが上がっているのが見えたら、その方向だとわかる」(P1)。教官は、ライトがあることで、動作が正しく行われているかどうかを把握できることを確認した。「彼らのライトを確認することで、彼らが良いポジションをとっているかどうかを確認することができた」(P1)。</p>
<p>解析方法</p>	<p>胸（胸骨の上）と腰（図 2）という 2 つのボディアンカーが、今回の探索で際立っていた（W1、W2）。これらは、ヨガのフォーカルポイントであるとインストラクターは説明した。多くのポーズは、これらの部位の動きと重要な位置を含んでおり、インストラクターはすでに、初心者や中級者のポーズを指導する際の基準点として、これらの部位を使用している。そうすることで、固有感覚を研ぎ澄まし、これらの部位に対する集中力とコントロール力を向上させることができるのである。</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>■ランプの多様性とインタラクティブ性</p> <p>W1 は、さまざまな体のサイズに対応する取り付けシステムを含む、多様なデザインの必要性を強調し、潜在的な体の固定方法を探ることを可能にした。インストラクターは、ポーズやインストラクション、解剖学的な特殊性によって、最も有用な投光を実現するために、装着したライトの調整を何度も行いた。このことは、我々がレーザーやゴムバンドに磁石を選択する動機となり、より一般的には、ウェアラブル機器に求められる物理的な汎用性と実践的な設定可能性を強調することになった。</p> <p>■教え方</p> <p>W2(赤色レーザーポインター、青色パターンレーザー、通常のトーチライト)を様々なエクササイズで使用した結果、望ましい指導スタイルと美的価値について議論することになった。特に、大きな動きを伴う練習（図 2 の 7 と 8 など）では、投影されたトーチとパターンレーザーの大きさと分散が、我々の動きと相まって、美しい光の風景を作り出した。このように、これらの光は美的な美しさをサポートする能力が際立っている。しかし、小さな動きや位置調整、向きに関する正確な情報を提供するためには、これらの照明の有用性は低いことがわかった。一方、レーザーの鋭い光は、大きな体の動き（図 2 の 1～8、10 など）や、中程度の動き（呼吸の仕方、16 など）、小さな動き（疲労による筋肉の揺れ、9、11～15 など）を指示・視覚化し、より正確な指示・フィードバックを可能にした。講師は、テクニックと正確さを重視する指導スタイルから、明らかにレーザーを好んでいた。「私のように正確さを求めるのであれば、レーザーはより多</p>

	くの正確さを提供してくれる。講師の教え方をサポートするために、次のデザインワークの指針となるデザインバリューは「精度」とした。
課題	<p>参加者のサンプルが少ないため、ヨガにおけるこのデザインの一般性と有用性を理解し（例えば、より多くの参加者グループでのテストや、異なるインストラクターとのウェアラブルシステムの可能性を探るなど）、また、時間をかけて訓練者の固有感覚開発をサポートするような、テクノロジーを活用したアクティビティの可能性を明らかにするために、さらなる評価が必要である。</p> <p>同様に、ウェアラブルシステムが、異なるエクササイズ、動き、目標を特徴とする他のトレーニングプラクティスにおいて、有意義なものとなり得るか、またどのように実装され得るかについても、さらなる研究が必要である。</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	https://www.researchgate.net/publication/333938133_Enlightened_Yoga_Designing_an_Augmented_Class_with_Wearable_Lights_to_Support_Instruction
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができず、レーザー光が出ない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 17】

機関名	慶応義塾大学												
スポーツ種目	身体を動かす動作（ストレッチ体操、モデルのポーズ、空手の型）												
トレーニング内容	<p>・被験者 大学生・大学院生 24 人</p> <p>・比較対象 従来手法である音声通話と提案手法を比較することとした。音声通話を採用した理由としては、自宅で遠隔医療を受ける際にプライバシー保護は重要であり、現在一般的に普及している遠隔コミュニケーション技術でプライバシーを確実に守ることができるのが音声通話であるからである。また、音声を利用すると机の前に座りながらも指示を出せるため、提案手法との比較に適している。</p> <p>・実験方法 被験者を 2 グループに分け、一方のグループには本提案システムを、もう一方のグループには従来手法の 1 つである音声通話を使用してもらう。それぞれのグループの実験方法の違いを表 1 に示す。それぞれのグループの中でペアを作り、1 人は指示者役、もう 1 人は被指示者役とする。指示者役の指示者役と被指示者役は、お互いが見えず直接声の届かない別々の部屋へと案内した。</p> <p style="text-align: center;">表 1 実験方法詳細</p> <p style="text-align: center;">Table 1 Details of experiment method.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>音声通話</th> <th>提案手法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>指示手法</td> <td>音声</td> <td>QUMARION</td> </tr> <tr> <td>自動判定</td> <td>なし</td> <td>あり</td> </tr> <tr> <td>画面表示</td> <td>Kinect のみ</td> <td>QUMARION と Kinect</td> </tr> </tbody> </table> <p>音声通話を使用するグループでは音声のみを用いて指示を出す。被指示者の姿勢は Kinect でトラッキングし骨格データをもとにしたアバターとして表示されるが、自動判定システムは使用しないこととした。よって画面上には Kinect のアバターのみが表示される。指示者は Kinect のアバターを見て、被指示者の姿勢が一致していると考えたら次の姿勢の指示へと移った。このときの被指示者の姿勢の正誤は、実験者によって判定された。</p> <p>一方で、提案システムを使用するグループでは QUMARION を用いて指示を出</p>		音声通話	提案手法	指示手法	音声	QUMARION	自動判定	なし	あり	画面表示	Kinect のみ	QUMARION と Kinect
	音声通話	提案手法											
指示手法	音声	QUMARION											
自動判定	なし	あり											
画面表示	Kinect のみ	QUMARION と Kinect											

	<p>す。被指示者の姿勢は Kinect でトラッキングし骨格データをもとにしたアバターとして表示し、自動判定システムを使用する。よって画面上には QUMARION と Kinect 両方のアバターが表示される。Kinect を用いてトラッキングされた被指示者の姿勢の正誤は自動判定される。被指示者の姿勢がシステムによって正解と判断された時点で、指示者は次の姿勢の指示へと移った。このときの被指示者の姿勢の正誤は実験者によって判定された。つまり、次の姿勢へ移るタイミングの決定方法はグループによって異なったが、姿勢の正答率に関する判断はどちらも実験者による目視で測定した。</p> <p>・タスク</p> <p>タスクは 3 種類用意した。1 つ目のタスクとしてストレッチ体操、2 つ目のタスクとしてモデルのポーズ、3 つ目のタスクとして空手の型を採用した。指示者や被指示者の知識や経験の偏りに関係なくデータを取得する必要があるため、このような 3 種類の系統の違う姿勢を使用することにした。別々の部屋に案内した後、指示者に図 7 に示すようなイラストを渡した。これらのイラストは、それぞれのタスクの一部を抜粋したものである。</p> <p>指示者役の人にはこれらのタスクを指示してもらい被指示者は指示されたとおりに合計 20 個の姿勢をとる。このとき、被指示者がとった各姿勢の正答率、およびその一連の姿勢をとるのに要した平均時間を両グループで計測し比較する。</p> <p>・評価項目</p> <p>–被指示者の姿勢の正答率</p> <p>今回の被験者は全員健常者であったため、受け取った指示をそのまま実践することが可能な状態にあり、被指示者に伝達された指示はそのまま姿勢作りに反映されたと考えられる。よって、この正答率を計測することで指示が被指示者へ正しく伝達されていたか、および被指示者が正しく姿勢をとることができたか、の両方を評価した。</p>
活用デバイス	<p>図 1 に本システムの全体構成を示す。システム使用時には、指示者と被指示者が遠隔地において直接コミュニケーションをとれない環境にいることを想定する。本研究は、Windows 上で VisualStudio2010 を用いて実装されている。また、プログラミング言語は VisualC++を使用した。姿勢のトラッキングを行うプログラムには Microsoft 社によって公開されている SkeletonBasics-D2DC++を採用した。</p>

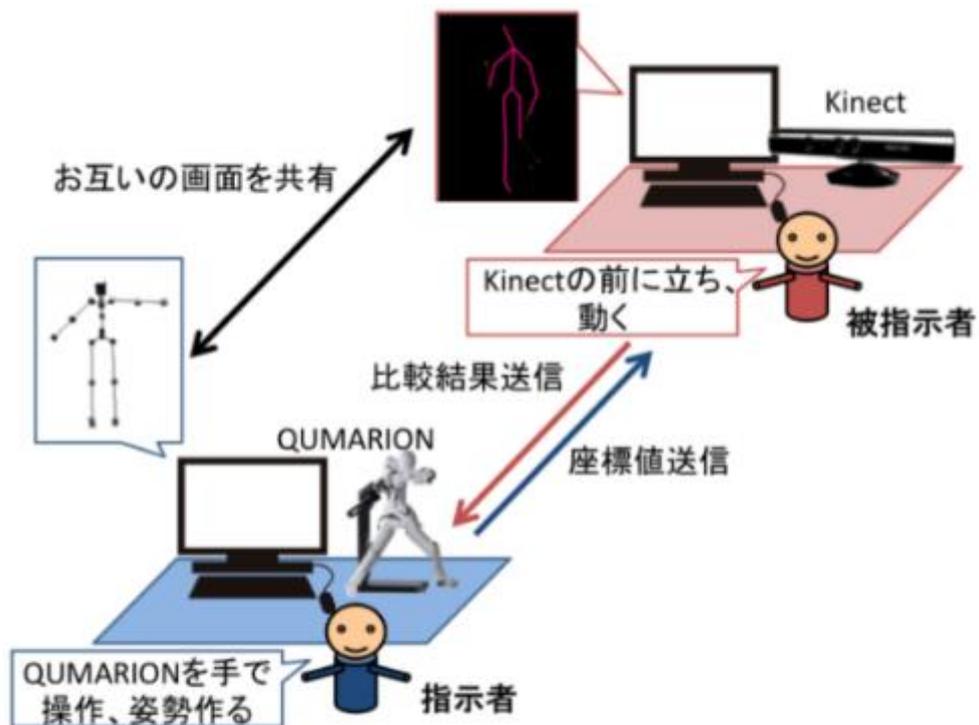


図 1 システム構成

Fig. 1 System overview.

本研究で、指示者は図 2 に示す人型入力デバイス QUMARION[11]を使用することとした。指示者は QUMARION を使用することで、指示者の環境を問わず指示を行うことを可能とした。このデバイスは体長約 30cm であり、机の上で楽に操作することができる。さらに、指示者は実際にデバイスを触りながら操作するため直感的に指示を出すことができる。また、デバイスにセンサが組み込まれていることによって座標値に誤差が生じることはなく、正確な指示を行うことが可能である。



図 2 人型入力デバイス QUMARION [11]

Fig. 2 Humand input device QUMARION.

デバイスの QUMARION において検出可能な関節は図 3 に示すとおりであり、関節それぞれ

れに三次元角度センサが内蔵されている。また、被指示者は Kinect を用いて姿勢のトラッキングを行う。

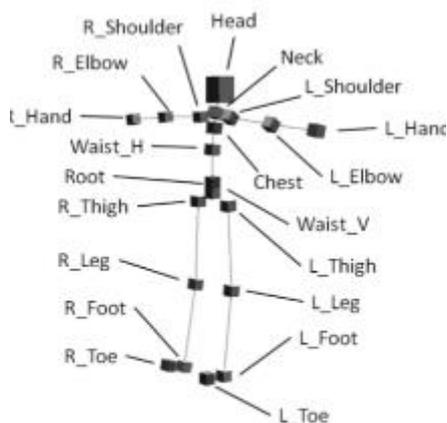


図 3 QUMARION で取得可能な関節
Fig. 3 Joint names of QUMARION.

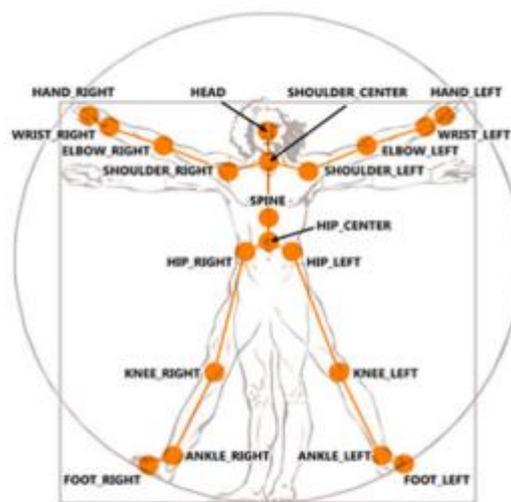


図 4 Kinect で取得可能な関節 [13]
Fig. 4 Joint names that can be tracked by Kinect.

にも検出可能な関節点がある。Kinect の精度についてはいくつかの研究がなされており、一般的に測定誤差は 5cm 以内と発表されている[12]。本システムの利用用途として考えられるリハビリテーション指導などでは大まかな形を伝えるのが重要であり、ミリ単位の精度は必要としないため精度は十分であると考ええる。

指示者は QUMARION を操作することで指示を出す。それぞれの関節の座標値はリアルタイムに取得され、座標値に基づいたアバターが描画される。被指示者は QUMARION のアバターを見ながら Kinect の前に立ち自身の骨格情報をトラッキングさせる。Kinect のトラッキングデータをもとに被指示者の様子もアバターとして表示される。双方のアバタおよび関節の座標データは共有され、それらと比較することで、判定結果が得られる。そして、この判定結果をもとに被指示者は自身の姿勢を修正することができる。

▼姿勢の判定

姿勢の判定は、被指示者のコンピュータに QUMARION より取得した座標値と Kinect より取得した座標値が格納された後、それらと比較することで行われる。今回座標値を比較するためのパラメータとしては角度を用いた。角度を用いることで

▼表示インタフェース

判定結果を得た後、結果は指示者と被指示者の画面上に QUMARION と Kinect の様子とあわせて表示する。図 5 にその表示画面の一例を示す。

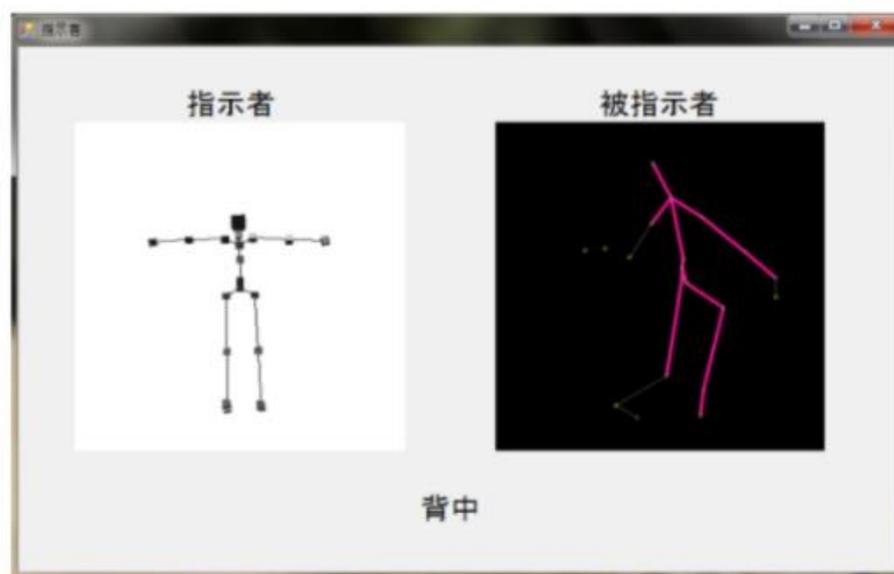


図 5 表示画面

Fig. 5 User display.

取得データ

指示者は QUMARION を手で操作することで、被指示者へ伝えたいポーズを作成し、指示を送る。内蔵されている角度センサから得た情報をもとに実際の座標値を算出した後、各関節点の座標値を中心として立方体を描画する。これらの関節どうしを線で結ぶことで人型アバターを完成させ、画面上に表示する。

被指示者とデータを共有するため、指示者の画面に表示されたアバター画像をキャプチャし、ソケット通信を通じて送信する。被指示者側では受信したファイルをそのまま画面に表示させ、被指示者はその画像を見ながら姿勢をとる。また、同時に QUMARION の各関節における座標値も送信する。

一方で、被指示者は Kinect を使用して自身の様子をトラッキングする。Kinect は、デバイスの前に立つ人間を検出した時点から自動的に関節点の座標値を計算し始める。取得した座標値をもとに人型アバターを表示する。さらに、取得したトラッキングデータを指示者から送られてきた QUMARION のデータと比較し、姿勢の判定を行う。

被指示者の画面に表示されたアバター画像はキャプチャされ、指示者へ送信される。また、それと同時に判定結果も指示者へ送信される。

まず、正答率について注目する。被指示者姿勢の正答率に関する実験結果を表 2 に示す。提案手法は音声通話に比べて、タスク 1 においては 4.7 ポイント、タスク 2 においては 27.8 ポイント、タスク 3 においては 52.4 ポイント上昇した。この正答率の高さは、システムによる姿勢の自動判定が貢献したといえる。システムが正しいと判断するまで姿勢を修正し続けたため、より正しい姿勢に近づくことができた。

表 2 正答率に関する実験結果

Table 2 Results regarding accuracy.

	音声通話	提案手法
タスク 1	78.6%	83.3%
タスク 2	63.9%	91.7%
タスク 3	23.8%	76.2%

次に、所要時間について着目する。平均所要時間に関する結果を表 3 に示す。提案手法を用いた場合、音声通話に比べて 3 つのタスクのうち 2 つのタスクにおいて所要時間が長くなった。原因は主に 2 つ考えられる。

表 3 平均所要時間に関する実験結果

Table 3 Results regarding average time.

	音声通話	提案手法
タスク 1	4 分 04 秒	5 分 28 秒
タスク 2	4 分 39 秒	4 分 14 秒
タスク 3	6 分 02 秒	13 分 32 秒

1 つ目の原因として考えられるのが、左右対称の姿勢がタスク 1 やタスク 2 では連続して指示されたという点である。音声通話の場合、どの指示者も再度改めて指示を出すのではなく「今のを逆に」という指示を出していただけた場合がほとんどであり、所要時間が大幅に短縮されていた。たとえば、図 7 中の姿勢 B1 では姿勢完成までの平均所要時間が 1 分 12 秒であったのに対して、直後に B1 と左右対称の関係にある姿勢 B2 の指示を行った場合は平均所要時間 13 秒と圧倒的に短かった。また、タスク 3 においても連続してはいないものの、「さっきやったように」という言葉から指示が始まっている場合が多く、後半の姿勢の所要時間が前半より短くなっていた。

さらに 2 つ目の原因として考えられるのが、音声通話の場合姿勢が正しいかどうかの判断が指示者に委ねられていたという点である。被指示者の Kinect の画像を見て姿勢が正しいと思ったら指示者は次の姿勢指示へ移る。システムによる判断では各関節の角度を細かく精査したのに対して、指示者の目視による判

断では形が大まかに合っていれば次に進む場合が多く見受けられた。実験中には「そうそう、そんな感じ」といった声が聞こえたり、姿勢の細部まで気にせずとりあえず次の姿勢指示へ移ろうという指示者も多かった。

最後に、アンケート結果は表 4 と表 5 に示すとおりになった。アンケート項目は 1 から 5 の 5 段階評価で回答してもらい、1 が悪く、5 が良い結果を示す。

表 4 音声通話使用者に対するアンケート結果

Table 4 Questionnaire for participants using telephone.

対象	項目	回答
指示者	意図した指示を出しやすかった	1.5
	指示手法は音声で十分だった	1.0
被指示者	指示は分かりやすかった	1.8
	指示手法は音声で十分だった	1.3

表 5 提案手法使用者に対するアンケート結果

Table 5 Questionnaire for participants using our system.

対象	項目	回答
指示者	画面は分かりやすかった	4.2
	意図した指示を出しやすかった	4.0
	姿勢自動判定は役立った	4.2
被指示者	画面は分かりやすかった	4.0
	指示は分かりやすかった	4.2
	姿勢自動判定は役立った	4.3

表 4 を見ると、音声指示の手法はすべての項目において評価が低い結果となったことが分かる。コメント欄には「指示者の言語能力や被指示者の想像力に左右されてしまう」といった意見も述べられていた。実際に、実験中に指示者の説明を聞くだけでは伝わりきっていなかった姿勢が、徐々に正しい姿勢に近づいたところで「あ、これか！」と被指示者が想像力を働かせて姿勢が完成したときもあった。また、ほかにも「これはなんていえばいいんだろう」といった声も実験中に聞こえ、使用者にとって音声通話は分かりにくかったことがうかがえた。一方で、提案手法使用者に対するアンケートではどの項目でも高い評価を得ることができ、音声指示よりも使用しやすかったことが分かる。コメント欄には「指示者は姿勢をどう表現すればよいか悩む必要がなく、楽でよかった」という意見も述べられていた。

よってこれらの実験結果をまとめると、提案手法では自動判定システムを使用することで姿勢の微調整に時間がかかってしまったものの、より正しい姿勢を

	とることができたといえる。また、指示手法として QUMARION を使用することでより伝達しやすく被指示者に分かりやすい指示が行えることが示せた。
トレーニングの成果等	本研究では、人型入力デバイス QUMARION を用いた遠隔姿勢指示支援システムを提案した。人型入力デバイスを用いることで指示者は実際にデバイスに触り、直感的な指示を出すことが可能となる。被指示者の姿勢情報は Kinect を用いて収集し、その情報をもとにデータを比較し姿勢を自動で判定する機能も実装した。これらの情報収集、座標値比較、姿勢の判定はすべてリアルタイムで行われるため、被指示者へ姿勢の修正に関する的確なフィードバックを実現できた。また、評価実験より指示者にとって伝えやすく、被指示者にも正確に姿勢を伝達可能であることを確認し、従来手法の 1 つである音声通話と比べると効率の良い学習につながることを示せた。以上のことから、指示者の容易かつ直感的な指示を支援することができ、被指示者の正確かつ効率の良い習熟につながると期待する。
課題	姿勢の微調整に時間がかかる。
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>情報処理学会論文誌トランザクション デジタルコンテンツ (巻 : 3 号 : 1 ページ : 1-9(WEBONLY)発行年 : 2015 年 02 月 27 日)</p> <p>田山 友紀、萩野 実咲、岡田 謙一 : 人型入力デバイスを用いた遠隔姿勢指示支援システム</p> <p>https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=201502218013860306</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定 : 心拍数、呼吸数、運動量 : METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 18】

機関名	電気通信大学
スポーツ種目	ゴルフ
トレーニング内容	<p>■予備実験[19][20]</p> <p>ウェアラブルセンサをプレイヤーに取り付け、加速度・角速度を計測するが、実際に上級者と初級者とは、スイング時に加速度や角速度に違いが表れるかを実験した。センサは 3 軸の加速度と角速度を計測する。以下、センサが計測した加速度や角速度のデータをセンサデータと呼ぶ。</p> <p>【スタンス理論】</p> <p>ゴルフスイングにはタイプが存在すると言われている[21]。無意識に重心のバランスをとる箇所によって下図 5-1 のように 4 つのタイプに分類できる。つま先や指先内側でバランスをとるタイプを A1、つま先や指先外側でバランスをとるタイプを A2、踵や手の平内側でバランスをとるタイプを B1、踵や手の平外側でバランスをとるタイプを B2 と呼ぶ。それぞれタイプ毎に適したスイングのやり方が存在する。そのため、同タイプのプレイヤー同士で比較することで、タイプによるスイングデータの違いではなく、熟練度による違いを見出すことができる。</p> <div data-bbox="405 1189 1377 1413" data-label="Image"> </div> <p>図 5-1: 4 スタンスタイプ分類図</p> <p>▼予備実験構成</p> <p>A2 タイプの上級者と初級者のそれぞれ 1 名を対象とし、以下の構成で実験した。センサと PC を Bluetooth を用いて接続し、加速度と角速度を測定した。</p>

表 5-1: 予備実験構成

対象	A2 type (上級者/初級者)
使用センサ	ATR-Promotions 小型無線多機能センサ「TSND121」 [20]
センサ計測項目	3 軸加速度(レンジ±8G) 3 軸角速度(レンジ±500dps)
サンプリングインターバル	20msec
センサ取り付け位置	左手首、みぞおち、頭、右膝
センサ通信方法	Bluetooth2.0
使用クラブ	ドライバ
解析対象スイング動作	バックスイング、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー

センサは、4 スタンス理論[21]の中で重要な身体部位と位置づけられている、左手首、みぞおち、頭、右膝に取り付けた。

■評価実験

10 人のゴルフ初級者を対象に、アドバイス前後でどのようにスコア等に変化が現れるかを実験により評価した。

アドバイス前と後でそれぞれ 10 回スイングを行い、クラブはドライバを使用した。

活用デバイス

本システムでは、ATR-Promotions 小型無線多機能センサ「TSND121」 [22]を使用している。

本論文で提案するシステムでは、以下の図 6-1 のようにシステム利用者(以下プレイヤーと呼ぶ)の左手の甲、頭、腰にウェアラブルセンサを取り付ける。各センサは 3 軸の加速度と角速度を計測し、Bluetooth を用いてスマートフォンと通信する。スマートフォンは受信したデータをリアルタイムに解析し点数やアドバイスを表示する。

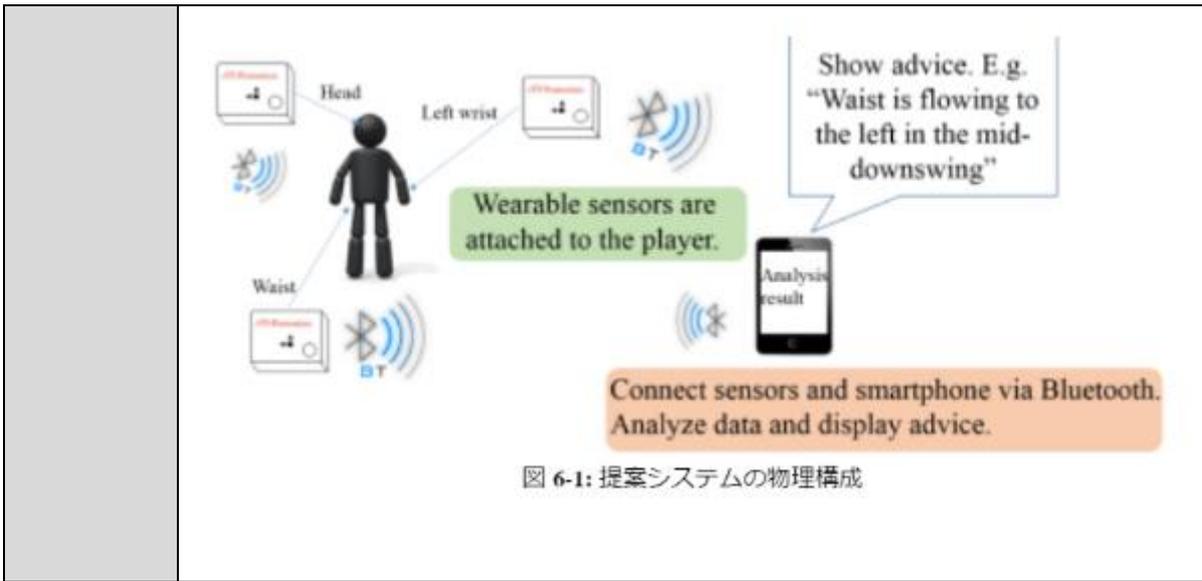


図 6-1: 提案システムの物理構成

<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>図 6-4、図 6-5、図 6-6、図 6-7 に実際にセンサを取り付けている様子を示す。左手甲のセンサはゴルフ用手袋の甲の部分に取り付けた。頭のセンサは帽子のつばの部分に取り付ける。腰のセンサは、ズボンのおしりのポケットの部分に取り付ける。</p>
----------------------	--



図 6-4: 左手甲センサ



図 6-5: 頭センサ



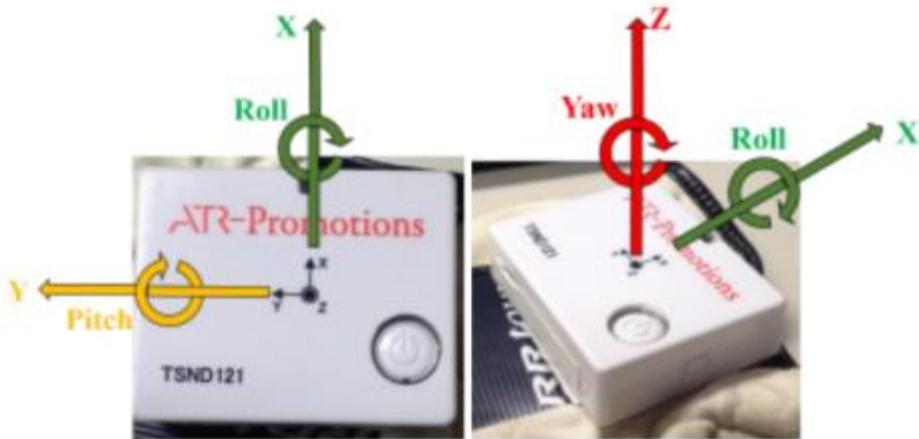
図 6-6: 腰(ヒップ)のセンサ



図 6-7: 腰のセンサ拡大

取得データ

図 6-2 と図 6-3 にセンサが計測する加速度と角速度の向きを示す。図の矢印の方向に加速度が掛かるとマイナスの加速度が掛かり、矢印の方向に角速度が掛かるとプラスの角速度が掛かる。X、Y、Z をそれぞれ X 軸加速度、Y 軸加速度、Z 軸加速度とし、Roll、Pitch、Yaw をそれぞれ X 軸角速度、Y 軸角速度、Z 軸角速度とする。



6-2: センサ XY 軸説明 図 6-3: センサ XZ 軸説明

解析対象スイング動作を図 6-8 の赤枠で示す、アドレスからインパクトまでを解析対象スイング動作とする。インパクト以降を解析対象としていない理由は、インパクト以降はボールを打った衝撃で不規則な加速度・角速度がかかり、正確な解析ができないためである。実際にボールを打たなければ、フォロースルー、フィニッシュの解析も可能であるが、初級者の場合、素振り時のスイングと実際のボールを打つ時のスイングでは、力の入り方などが変わり、スイングも変わることが多い。その為、より正確のプレイヤーのスイングを得るためには、実際にボールを打つ時のデータを計測する必要がある。

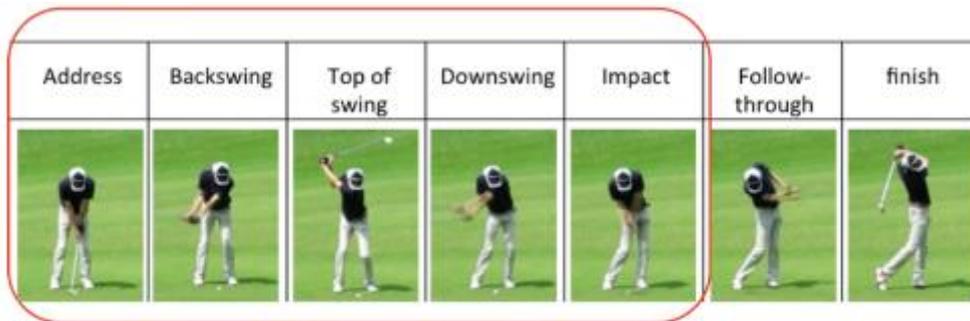


図 6-8: 解析対象スイング動作図

■アプリ画面

本システムのスマートフォン側を Android アプリとして作成した。計測レイヤの部分は ATR-Promotions 小型無線多機能センサ「TSND121」[20]に合わせて作成した。その画面を図 6-25、図 6-26、図 6-27、図 6-28 に示した。アンドロイド端末とセンサを Bluetooth で接続した後、図 6-25 の左側の画面を表示させ、スイングが検出されるのを待つ。その状態でスイングをすると、リアルタイムでデータを解析し、結果を同一画面に表示する(図 6-25 の右側の画面)。表示させた後もそのままスイングを行うと、新しい解析結果が表示される。また、

バックグラウンド処理として解析結果などを保存する。



図 6-25: スイング検出中画面からスイング解析結果画面への遷移

図 6-26 はプレイヤーのスイングデータを 6.9 節でのスケール調整をした結果と上級者のセンサデータを表示する画面である。画面左側の your acceleration や your angularvelocity と書いてあるほうがプレイヤーのスイングデータである。プレイヤーの方は実際にボールを打っている為、インパクト付近は反動の影響でデータが乱れている。上級者のほうは素振りのデータである。実際にどのような力が掛かっているかを見ることができる。

解析方法

図 6-9 に提案システムのフレームワーク図を示す。スマートフォン側に作成したシステムはレイヤ構造になっており、計測レイヤで取得したデータをそれぞれのレイヤで加工し、最終的にはアドバイスレイヤでアドバイスを出す。

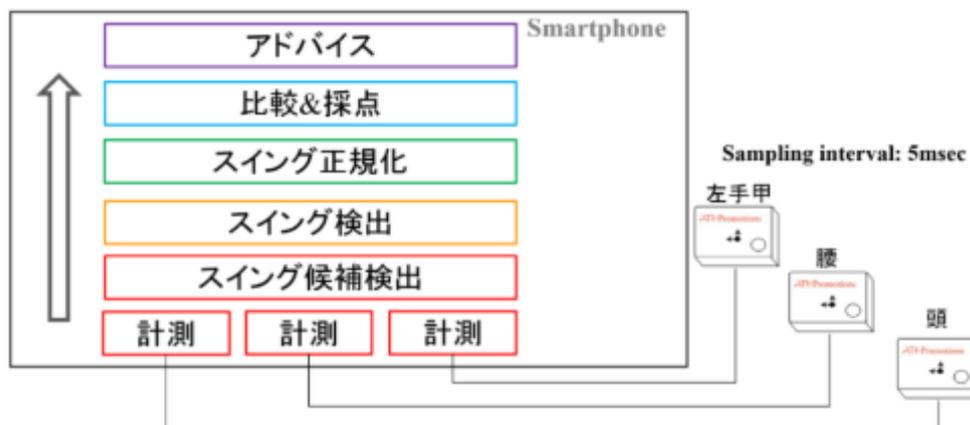


図 6-9: 提案システムフレームワーク

表 7-1 に実験とアプリの構成を、表 7-2 に総合点、左手甲の点数、腰の点数、頭の点数のアドバイス後の平均点数とアドバイス前の平均点数の差を示す。

総合点はアドバイス後、全体で上がっており一定の効果があると思われる。左手甲、腰、頭の全ての点数が一度に上がることは稀で、一度に意識して修正できるポイントは、通常一部位程度であると思われる。また、点数が下がっている人でもアドバイスされた箇所のスコアは上がっており、その修正の過程で他の動作が疎かになった結果、点数が下がっていると思われる。長期的に提案システムを使い、アドバイス箇所を 1 つずつ改善していくことで総合的な点数 UP が見込まれ、プロのスイングに似せることが可能であるものと思われる。

表 7-1: 実験・アプリ構成

対象	ゴルフ初級者 10 人
使用センサ	ATR-Promotions 小型無線多機能センサ「TSND121」 [20]
センサ計測項目	3 軸加速度(レンジ±16G) 3 軸角速度(レンジ±2000dps)
サンプリングインターバル	5msec
センサ取り付け位置	左手甲、腰、頭
センサ通信方法	Bluetooth2.0
使用スマートフォン	Lenovo A820 (Android4.12)
使用クラブ	ドライバ

表 7-2: アドバイス前後の平均点数の差

	総合点	左手甲点数	腰点数	頭点数
player1	15.200	36.300	6.100	3.400
player2	6.800	-3.800	37.500	-12.700
player3	-8.500	17.300	-18.100	-25.600
player4	8.300	18.700	0.900	5.000
player5	-2.800	-9.600	-7.400	9.600
player6	-15.400	-21.500	-8.600	-16.500
player7	-0.600	4.500	-13.800	7.200

本システムでは、一度に 5 個のアドバイスを行う。アドバイスは点数が低かったセグメントについて行ない、1 つのセグメントに割り当てられている点数は 1,000/36 で、約 27.7 である。その為、アドバイスされた箇所のスコアが全て 0 で、アドバイス後のスコアが全て 1(満点)なら 138.8(27.7*5)点上がる。左手甲と腰は 2 つのアドバイス、頭は 1 つのアドバイスを出すので、それぞれ最高 55.5,55.5,27.7 点上がる。しかし、一度に 5 セグメントの動きを調整することは一般的に困難であり、スイング中に意識できる数は 1,2 個程度

だと思われ、結果を見ても点数が上がっているのは 1 つのセグメントだけというパターンが多い。一つのセグメントの点数が 0 から 1 になることを 100%の改善とすると、評価実験の結果は以下の表 8-1 のようになり、総合で 16%改善していることが分かる。よって 1 回のアドバイスによる点数変化は点数全体に比べ小さいが、本システムを継続的に利用しアドバイスされた箇所をひとつひとつ改善していくことで上級者のスイングに近づけていくことが可能であると考えられる。

表 8-1: アドバイス後のスコア改善率

	総合点	左手甲	腰	頭
平均	16%	33%	15%	-1%
MAX	63%	135%	135%	54%
MIN	-56%	-78%	-65%	-92%

今回の結果からプレイヤーが一度に修正を意識できるアドバイスの個数は 1、2 個程度だと思われる。それ以上を意識してしまうとスイングの悪化に繋がる。その為、一度に出すアドバイスの数を 2 個程度に減らして実験を行った。しかし、その場合、プレイヤーは出たアドバイスの事は自覚しており、自分のスイングの個性であると主張する声もあった。その為、アドバイスは 5 個程度表示し、プレイヤーにどのアドバイスを実践するか選択肢を与えることで、プレイヤーに合ったアドバイスを出すことができ、またプレイヤーが自分で選ぶことでモチベーションの向上にも繋がると思われる。また、そういった改善するつもりがない動作に関してのアドバイスは今後表示しない、などの機能も必要だと考えられる。

本システムは主にゴルフ初級者を対象としているが、本システムの本質は教師データである上級者のスイングデータとプレイヤーのスイングデータの違いを解析し、上級者のスイングに近づけるようなアドバイスを出すことである。たとえ中、上級者やプロゴルファーであっても誰かのスイングを真似したいというケースは十分考えられ、本システムの本質を理解していれば、初級者に限らず本システムを利用し、教師データのスイングに近づけることは可能である。

トレーニングの成果等

課題

■アドバイスの仕方

本システムのアドバイスは、センサ毎に最も点数が低かったセグメントに対して行うもので、センサを取り付けた各部位(左手甲、腰、頭)の連携動作を見てアドバイスを行うものではない。その為、個々の動作の問題点は指摘することができるが、体全体的なアドバイスは行えていない。細かいアドバイスも重要ではあ

	<p>るが、全体的なアドバイスも有効だと考えられるので、今後実装を予定している。その場合、左手甲がパターン 2 で、腰がパターン 3 の時、全体としてこんな動きをしている、というような対応表を作成することになると思われる。</p> <p>■センサ取付位置</p> <p>センサを取り付ける時、なるべく教師データ計測時と同じになるようにしたのだが、手の形や手袋の形状、ポケットの形状などで多少のズレは生じている。その結果、小さい値ではあるが、センサ値に誤差が生じていると思われる。この問題を解決するには、誰でもずれない装着方法や装着器具を作成するか、ECI-frame にデータを変換する方法が挙げられる。ECIframe とは、地球の北、東、中心軸を軸とした座標系である。</p> <p>■実験人数、実験期間</p> <p>評価実験では 10 人を対象に、1 回のアドバイスの効果を見たが、ゴルフスイングの上達には一般的に時間が掛かると言われている。評価実験におけるアドバイスも 1 つずつ細かな動作を直していくものであり、ある動作が改善しても、その後別のアドバイスを受けた時に、意識が別のアドバイスのほうに行ってしまう、改善していたものがまた悪くなる可能性もある。そのため時間を掛けて定着させる必要がある。人数に関しても、性別、年齢、身長、体重、体の柔らかさ、タイプといった面で様々な人が存在しているので、一般的にどんな人にも使えるか否かを評価するには、例えば 100 人以上といった規模で実験をする必要があると思われる。</p> <p>■ショット、クラブの種類</p> <p>使用クラブによって多少スイングの動きは変わる。評価実験では、ドライバのみを対象としたが、別のクラブでも本システムを使いたいと言う意見もあり、本システムで他のクラブにも適応可能であるか、新たに教師データやアドバイス表を作成する必要があるかの検討が必要である。</p> <p>また、評価実験では、フルショットを対象としたが、実際にゴルフコースを回る際は、フルショットだけでなく、ハーフショットやスリークォーターショット、バンカーショット、チップショット、ピッチショット、高い弾道、低い弾道のショット、ドロウ、フェード、インテンショナルショット等様々なショットを打つ場面が存在する。それらのショットも対象にすることで、本システムのスコアだけでなく、ゴルフのスコア上昇にもより直接的に繋がるとと思われる。</p>
その他	<p>参考文献</p> <p>Nike, “FuelBand,” [オンライン]. Available:</p>

資料名・参照 URL 等	<p>三井貴之：ウェアラブルセンサを用いたゴルフスイング向上支援システムの研究</p> <p>https://uec.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=5021&item_no=1&page_id=13&block_id=21</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができず、衣服には取り付けられない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 19】

機関名	東京工業大学、秋田短期大学、北海商科大学
スポーツ種目	歩行
トレーニング内容	<p>先行研究では、JINS MEME などのメガネ型デバイスに搭載されたセンサーによる行動認識や、加速度・ジャイロセンサーなどによる交通行動の把握が検討されている。本研究では、これらの先行研究と同様に、交通挙動を把握することを目的とした。</p> <p>の特性を、メガネ型デバイスに内蔵されたセンサーで実現した。ただし、この研究には以下のような新規性がある。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 通学時の歩行行動に着目したこと。 2) 加速度・ジャイロセンサーの出力が示す頭部姿勢角度を用いて歩行行動を判定すること。 3) 注意の有無による歩行行動の分類。 <p>以上より、本研究では、センサ技術を活用し、生活道路を利用する歩行者の行動を調べることで、利用者の視点に立った道路・交通環境の理解に貢献し、効果的な交通安全対策に寄与することを目的としている。</p> <p>日本の秋田市からデータを収集した。</p> <p>取得したデータは、参加者が通学時に見せる行動を把握するために使用された。参加者は、土崎駅から国立大学法人秋田工業大学（以下、秋田工業大学）までの通学路を利用した学生である。</p> <p>測定区間は土崎駅から秋田工業大学までで、参加者が "通学路" として日常的に利用している身近な道路であることを事前に確認した。</p> <p>また、このルートは、研究での使用が参加者に危険を及ぼさないことを確認した上で採用した。測定は 1 月 22 日から 31 日までの平日 7 日間、ただし 1 月 30 日は測定器の故障でデータを取得できなかった。取得したデータは解析に使用した。</p>
活用デバイス	<p>JINS MEME</p> <p>GARMIN vivoactive J HR</p> <p>GARMIN VIRB 360</p>

デバイスの
装着・計測
の方法



Figure 1. Measuring devices

JINS MEME（ミーム）は、株式会社ジェイアイエヌが開発した重さ約 36（g）のメガネ型ウェアラブルデバイスだ。（株式会社ジェイアイエヌ（東京都千代田区）が開発した重さ約 36（g）のメガネ型ウェアラブルデバイスだ。加速度センサー、ジャイロセンサー、眼電位センサーを内蔵している。このデバイスは、加速度センサー／ジャイロセンサーの出力でユーザーの行動を記録し、3点電気眼電センサーで視線の変動を測定する。測定したデータは、Bluetooth 接続によりパソコンまたはスマートフォンで動作する記録アプリケーションに蓄積される。加速度センサー／ジャイロセンサーは、加速度／角速度の変化を検出する。の 3 つの軸に沿った速度を測定する。X 軸はデバイスに対する水平方向、Y 軸は前後方向、Z 軸は上下方向に相当する。図 2 に各センサに対応する軸の関係を示す。

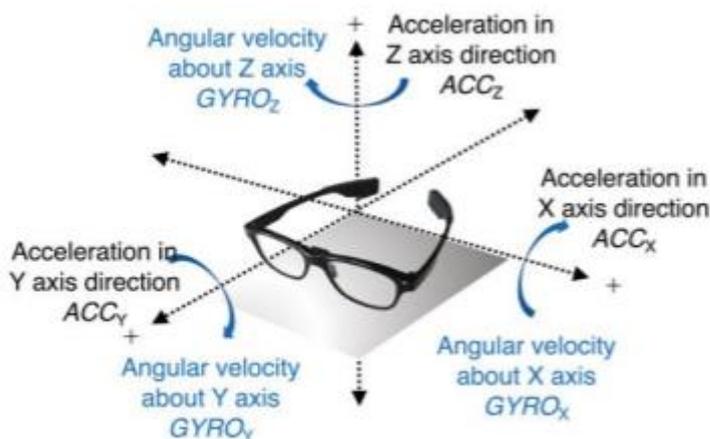


Figure 2. Orientation of each sensor of JINS MEME

取得データ

本研究では、Windows の記録アプリケーションである JINS MEME Data Logger を使用した。MEME のサンプリング周波数は 50Hz, 加速度センサー

の測定範囲は $Range_{ACC} = 2\text{ G} = 2 \times 9.8\text{ m s}^{-2}$ 、ジャイロセンサーのそれは $Range_{gyro} = 250\text{ dps} = 250\%$ であった。装置はフルモードで使用された。

測定項目は、測定時間（年、月、日、時、分、秒、ただし秒は10進数）、加速度センサー値 ACC_X, ACC_Y および ACC_Z 、ジャイロセンサー測定値 $GYRO_X, GYRO_Y$ および $GYRO_Z$ 、眼電位センサー 電極左値 $EOGL$ 、電極右値 $EOGR$ 、横移動の指標値 $EOGH$ 、縦移動の指標値 $EOGV$ 。

加速度センサー ACC_X, ACC_Y, ACC_Z の測定値は $16\text{bit} (= 2^{16})$ の分解能で記録されている。そして、測定値を正の領域と負の領域で表現し、 2^{15} とした。したがって、各測定項目は以下の値域で記録された。

$$-2^{15} \leq ACC_X, ACC_Y, ACC_Z \leq 2^{15} \quad (1)$$

ジャイロセンサ $GYRO_X, GYRO_Y, GYRO_Z$ で測定した値も $16\text{bit} (= 2^{16})$ で収録している。そして、測定値を正の領域と負の領域で表現し、 2^{15} とした。したがって、各測定値は以下の値域で記録された。

$$-2^{15} \leq GYRO_X, GYRO_Y, GYRO_Z \leq 2^{15} \quad (2)$$

3点式眼電図センサーは、ノーズパッドの電極を用いて角膜の動きによる電位の変化を検知し、視線の変化を数値で表現する。イシマルの研究のレビューで述べたように

(Ishimaru et al., 2014) および碓氷の研究 (Usui et al., 2016) では、実世界の環境への適用性には問題が残っているため、本研究では使用しなかった。

GARMIN vivoactive J HR (VIVO) は、Garmin Ltd.が製造したアクティビティメーターで、GPS 受信機、気圧高度計、電子コンパス、光学式心拍数メーターなどを備えている。本研究では、サンプリング周波数を 1Hz に設定し、活動タイプを「歩行」に設定してデータを記録した。測定項目は、測定時間（年、月、日、時、分、秒、秒は整数）、累積移動距離 (m)、心拍数 (Hz)、経度 (度)、緯度 (度)、および高度 (m)。これらのうち、累積移動距離、緯度、および経度のみが分析に使用された。Shiomi and Yuasa (2017) が報告したように、心拍数と交通行動は参加者の心理状態を介して関連している可能性がある。しかし、彼らの研究では、心理状態の影響を分離することは困難だった。歩行による身体的負荷状態での測定であるため、本研究では心拍数を使用していない。

GARMIN VIRB 360 (VIRB) は、Garmin Ltd.が製造したアクションカメラで、

	<p>カメラの前後にある 2 つのレンズを使用して全方位 360°画像をキャプチャできます。本研究では、参加者の生徒の通学を観察するために、カメラを参加者の胸に固定し、フロントレンズのみを使用して 1080p (フル HD) ビデオでビデオをキャプチャした。キャプチャしたビデオを使用して歩行行動を調べ、MEME と VIVO によって取得されたデータに基づいて決定された特性値と組み合わせた。</p>
解析方法	<p>■歩行特性値の算出</p> <p>歩行特性値は、MEME および VIVO 測定デバイスを使用して取得されたセンサーデータから計算される。</p> <p>■歩行特性値の可視化</p> <p>上記で得られた歩行特性値のうち、姿勢角ϕ、ψ、θ (歩行行動の決定に有効と見なされる)、垂直方向の加速度AZ、歩行速度の時系列変動Vは次のとおりだ。グラフ化されると同時に、VIVO に組み込まれている GPS から取得した緯度と経度の情報に基づいてルートが視覚化される。</p> <p>■歩行動作の抽出とラベリング</p> <p>測定データの項目ごとに、図 3 のような図を作成し、結果の図、参加者へのインタビュー、および VIRB によってキャプチャされたビデオから歩行行動を抽出しようとした。その結果、以下の 4 つの歩行行動が抽出された。</p> <p>■学習・検証用データの選択</p> <p>歩行行動クラスラベルが付与されたデータのうち、半分のデータについて非復帰型ランダム抽出を行い、モデル学習に用いる学習データとする。また、残りの半分をモデル評価のための検証用データとする。</p> <p>■モデルの構築</p> <p>本研究では、歩行特性値と歩行行動の関係をクラス判別問題として扱い、ランダムフォレスト (RF) を用いた歩行行動判別モデルを構築した。</p> <p>■ 総合評価</p> <p>表 2 は、実際の観測結果を表す検証データの歩行行動クラスラベルと、モデルで得られた予測結果を表す判別結果をクロス集計して得られた混同行列である。表中の各要素は、行番号がモデルによる予測結果の値、列番号が観測結果の値として集計された値である。対角線上の要素は、それぞれの観測結果と RF モデルによって得られた予測結果が一致するため、正解となる。対角要素の右または上にある要素は、要素の行に示されたラベルと予測されるが、それは不正確で</p>

あるため、要素の行に示された観測結果に属する。左または斜め下の要素は、要素の行に示されたラベルであると予測されるが、正しくない要素の行に示された観測結果に属している。

Table 2. Confusion matrix (validation data)

		Observed			
		1	2	3	4
Predicted	1	204768	665	10	423
	2	37	3171	0	0
	3	9	0	4625	42
	4	20	0	13	2344

1: Walk, 2: Walk carefully, 3: Still, 4: Still carefully

表 2. コンフュージョンマトリックス (検証用データ)

総合精度 (*overall accuracy*) は表 2 の対角要素和から全データ分を減算して得られるものです。列和は以下のように求めることができます。

$$\text{overall accuracy} = \frac{204768 + 3171 + 4625 + 2344}{204834 + 3836 + 4648 + 2809} = 0.994 \quad (9)$$

平均精度 (*average accuracy*) これは各クラスのデータ量の差は考慮せず、それぞれの精度を準用して扱った平均値である。これは、以下の計算で得られる。

$$\text{average accuracy} = \frac{1}{4} \left(\frac{204768}{204834} + \frac{3171}{3836} + \frac{4625}{4648} + \frac{2344}{2809} \right) = 0.914 \quad (10)$$

■クラス別評価

クラス別の評価指標は、1 対全のアプローチで算出されている。このアプローチは、"肯定的な例：そのクラスに属する"、"否定的な例：他のクラスに属する" の 2 値分類で再計算を行う方法論である。これより、精度指数を算出することができる。

トレーニング
の成果等

本研究の成果は、以下の 2 点に大別される。

- 1) メガネ型ウェアラブルデバイスに組み込んだセンサーを用いて、参加者の歩行行動を判定する方法を提案した
- 2) 検証データに対して、総合精度 0.994、平均精度 0.902 の高い識別能力を持つ歩行行動識別モデルを構築したこと

課題

今後の課題は大きく 3 つに分けられる。1 つは、データ収集方法の問題への対応である。

	<ul style="list-style-type: none"> - 被験者が 1 人しかいないため、被験者の依存性がデータに含まれる可能性が高い。したがって、被験者の人数を増やし、個人間の異質性を分析する必要がある。 - データ収集が冬季に行われたため、路面状態が結果に影響を与える可能性がある。そのため、路面が滑りにくい季節にデータを収集し、比較検討する必要がある。 <p>2 つ目の課題は、モデルの改良である。これを可能にすることが必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> - RF 以外の解析手法との比較 - アンバランスデータの扱いの検討 - パラメータの最適化 - 心拍数の活用の検討 <p>- 2 : 気をつけて歩く」クラスと「4 : まだ気をつけて歩く」クラスの想起率の向上</p> <p>第三の課題は、学童の視点を取り入れた交通安全施策の立案に資するため、通学路の緊急合同点検の結果をもとに比較検討を行うことである。</p>
その他	<p>メガネ型ウェアラブル端末に組み込んだセンサーで被験者の歩行行動を把握する本手法の今後の展望として、以下の 2 点を挙げることができる。</p> <p>高齢者に配慮した雪道や子育て世帯が多い地域に対応した道路など、ユニバーサルデザインの観点からの道路評価にも範囲を拡大する。</p> <p>2) 電気ボックスなどのストリートファニチャーの撤去効果の把握など、歩行者視点での道路評価を定量的に向上させるための応用。</p>
資料名・参照 URL 等	<p>Asian Transport Studies, Volume 5, Issue 3 (2019), 453–469.</p> <p>Hironobu HASEGAWA, Hayato KONNO, Kohki KIKUCHI, Tohru TAMURA: Pedestrian Behavior Analysis using Smart Eyewear</p> <p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/eastsats/5/3/5_453/_article/-char/ja/</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢、眼の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 20】

機関名	国立スポーツ科学センター、早稲田大学
スポーツ種目	空手
トレーニング内容	<p>被験者は早稲田大学空手部所属の選手 22 名（男性 15 名、女性 7 名、年齢 20±1.3 歳）であった。競技レベルは、国際大会出場者から地区大会出場者までと幅広い集団であった。</p> <p>対象動作は、逆突き、上段受け、前蹴り、その他の動作とした。逆突き、上段受け、前蹴りは、空手における基礎的な動作であり、トレーニングで多く実施される。対象動作の画像を図 2 に示す。</p> <div data-bbox="405 815 1353 1205" style="text-align: center;">  <p>(a) Right-Punch ("Migi-Gyaku-Tsuki") (b) Right-Punch ("Migi-Jodan-Uke") (c) Right-Kick ("Migi-Mae-Keri")</p> </div> <p>逆突きは、前屈立ちの構えから前足（踏み込む足）と逆側の手で突く動作である。逆突きは最も突く手の速度が速いと言われる技のひとつである。右手を突く場合を右逆突き（Right-Punch）、左手を突く場合を左逆突き（Left-Punch）と呼ぶ。逆突きは最も突く手の速度が速いと言われる技のひとつである。上段受けは、体の正面で交差した腕を額の上に素早く上げて、上段に向かってくる攻撃を受ける技である。右手を上げる場合を右上段受け（Right-Block）、左手を上げる場合を左上段受け（Left-Block）と呼ぶ。前蹴りは、前足を軸足とし、後ろ足を抱え込みながら腰を正面にしながら前へ蹴り込む技である。右足を蹴り出す場合を右前蹴り（Right-Kick）、左足を蹴り出す場合を左前蹴り（Left-Kick）と呼ぶ。左右の逆突き、左右の上段受け、左右の前蹴りを約 15 試技ずつ計測した。その他の動作は、立位姿勢や歩行、ストレッチ動作、跳躍動作など、データ取得試験中に被験者が行った空手とは関係がない動作である。</p> <p>本研究では、被験者毎に動作識別モデルを作成した。データセットを分割した際のデータの偏りを避けるために、Leave-one-out cross validation 法 (Kearns</p>

and Ron,1999) を用いた。データセットから被験者 1 名分のデータを抜き出したデータを用いて、設計したモデルを学習し、学習に使用しなかった被験者 1 名分のデータで評価を行うという作業を被験者の人数分繰り返した。

被験者毎のモデルの学習には、データセットから対象の被験者のデータを抜き出したデータを、8:2 の割合で学習データとモデル検証用データとに、無作為に分割し、使用した。最適関数は Adam (Kingma,and Ba, 2015) を使用し、学習率は 0.01 とした。モデル検証用データにおける検証誤差が最も小さくなったパラメータのモデルを採用した。

活用デバイス

ATR 製の慣性センサを使用した (図 1)。サイズは、40 mm×50 mm×14 mm であり、重さは約 27 g である。3 軸加速度センサ、3 軸角速度センサ、3 軸地磁気センサを搭載しており、計 9 軸のセンサ情報を取得できる。センサ計測条件を表 1 に示す。

サンプリング周波数は、3 軸加速度センサ、3 軸角速度センサで 1000 Hz、3 軸地磁気センサで 100 Hz であり、高速な空手動作の計測に対応できる。

Table 1 Experiment conditions.

Type of sensor	Dynamic range	Resolution	Frequency of sampling
3-axis acceleration	± 16 G	16 bit	1000 Hz
3-axis gyroscope	± 2000 dps	16 bit	1000 Hz
3-axis geomagnetism	± 4800 μT	16 bit	100 Hz

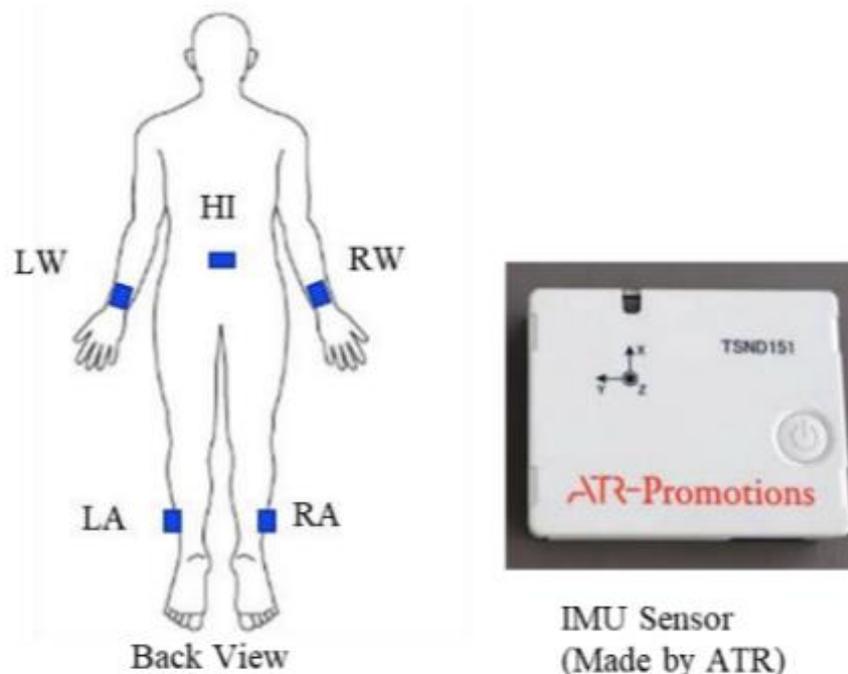


Fig. 1 Outline of the data acquisition.

スポーツの現場で広く使用される慣性センサは、身体動作の妨げにならないと

	<p>いう観点から大きさと重量が制限されるため、ダイナミックレンジは大きい場合で、加速度センサ± 16 G、角速度センサ± 2000 dps が一般的であると言われており (Rana and Mittal, 2021)、本研究では同様の条件を採用した。</p> <p>また、慣性センサの取得データに正解ラベルを付与するために使用する映像を、Bluetooth シグナルにより慣性センサと時刻同期させたビデオカメラ (ソニー製、30 fps) で撮影した。</p>
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>選手へのヒアリングに基づき、選手の動きの妨げにならない、右前腕 (RW)、左前腕 (LW)、右下腿 (RA)、左下腿 (LA)、腰 (HI) の 5 箇所とした (図 1)。慣性センサは右手座標系であり、直立した状態で体側面に位置する慣性センサ (RW, LW, RA, LA) は、Y+軸が下向き、Z+軸が外側になるように装着した。体幹に位置する慣性センサ (HI) については、X+軸が上向き、Z+軸が後方向になるように装着した。また、身体 5 箇所に装着した慣性センサ間は Bluetooth シグナルにより時刻同期させた。</p>
<p>取得データ</p>	<p>データセットの作成</p> <p>取得した慣性センサデータと、それに対する動作種別とが対応付いたデータセットを作成した。はじめに、フレーム毎の動作種別 ID の作成について述べる。本研究では、慣性センサと同期計測したビデオカメラの映像を参照し、目視により各動作の始動時と終了時のフレーム番号を抽出した。各動作の始動時と終了時の判定は、空手公認審判員に協力いただいた。始動時から終了時までの慣性センサデータの各フレームに動作種別 ID (Right-Punch, Left-Punch, Right-Block, Left-Block, Right-Kick, Left-Kick) を付与し、その他のフレームには動作種別 ID (Others) を付与した。</p> <p>慣性センサデータの前処理について述べる。慣性センサは 3 軸加速度センサ、3 軸角速度センサ、3 軸地磁気センサを搭載しているため、データの次元数は、慣性センサ 1 個あたり 9 次元となる。全身に装着した慣性センサ 5 個の場合は、45 次元となる。各次元のデータは、ドリフトノイズを低減するため、カットオフ周波数 0.01 Hz のバターワーズ型ハイパスフィルタを適用した。慣性センサの高周波成分ノイズに対してローパスフィルタを適用する事例 (Morris et al., 2014) が報告されているが、本研究では SN 比を著しく悪くする高周波成分のノイズは確認されなかったことより、高周波成分のノイズ除去を目的としたローパスフィルタを適用していない。また、地磁気センサデータは、加速度センサ、角速度センサとサンプリング周波数を統一するため、元のデータの間に複数 (本研究では 9 個) の 0 を挿入し、拡張した時系列データにローパス内挿フィルタ (Oetken et al., 1975) を適用することで、1000 Hz にアップサンプリングした。</p>

データセットの形成について述べる。前処理後の慣性センサデータと、フレーム毎に付与した動作種別 ID にスライディングウィンドウ法 (Bao and Intille, 2004) を適用し、データセットを作成した。図 3 にデータセット作成過程のイメージを示す。

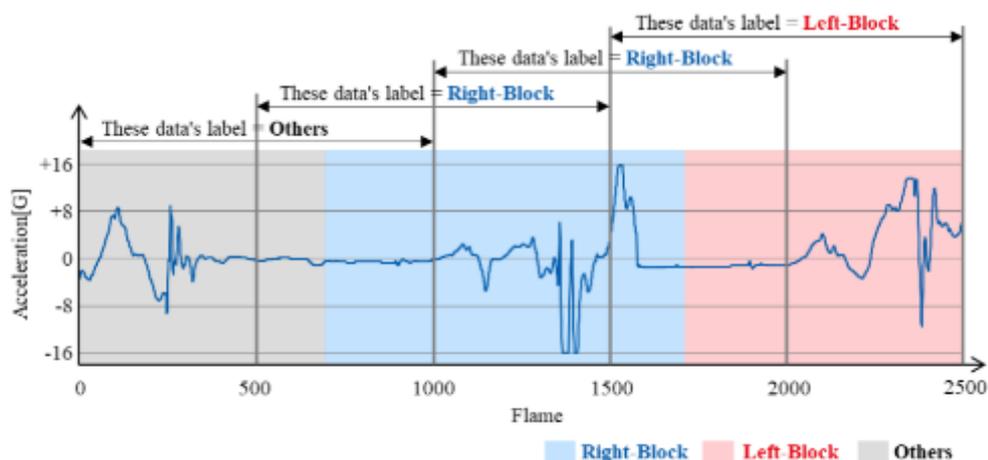


Fig. 3 Image of the dataset creation.

慣性センサを 5 個使用する場合、データの次元数は 45 次元となるが、一例として RW の加速度センサ y 軸のデータを示す。横軸は時間的に連続したフレーム番号、縦軸は加速度である。青色の網掛け部は Right-Block、赤色の網掛け部は Left-Block、灰色の網掛け部は Others の動作を行っていたことを意味している。まず、データ取得開始時点 (データ切り出し開始点) からウィンドウ幅 W フレーム分のデータを切り出した。次に、データ切り出し開始点を $W/2$ フレーム分スライドさせた後、再度ウィンドウ幅 W フレーム分のデータを切り出した。この処理を対象の慣性センサ取得値がウィンドウ幅 W フレーム分保持できるまで繰り返す。全次元のデータに対して、同様の処理を実施した。また、切り出した各データに対して、最もフレーム数が多い動作種別 ID を正解ラベルとした。なお、本研究では、対象動作の動作時間が平均 1 秒程度であったため、ウィンドウ幅 W は 1 秒分のデータである 1000 フレームと設定した。図 3 の一例では、1 から 1000 フレームのデータは Others、501 から 1500 フレームのデータは Right-Block、1001 から 2000 フレームのデータは Right-Block、1501 から 2500 フレームのデータは Left-Block が正解ラベルとなる。

前述の処理により、1000 フレームの時間幅を持つ慣性センサデータと正解ラベル (動作種別) が対応付いたデータセットを作成した。作成したデータセットの内訳を表 2 に示す。各動作は平均 920 データ、全部で 6460 データであった。

		Table 2 Details of dataset [units].																																										
		Right-Punch	Left-Punch	Right-Block	Left-Block	Right-Block	Left-Kick	Others																																				
		821	859	931	885	949	936	1076																																				
解析方法	<p>■空手動作の識別精度</p> <p>Leave-one-out cross validation 法を用いて、空手動作識別モデルの精度検証を行った。図 5 に、学習済みの空手動作識別モデルをテストデータに適用した際の、全てのテストデータにおける識別結果の混同行列を示す。行のラベルが真値である動作種別、列のラベルが推定した動作種別である。また、混同行列から導出した動作種別毎の Precision、Recall、F 値及び F1 値のマイクロ平均を表 3 に示す。</p>	<p>Table 3 Results of each action.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Precision</th> <th>Recall</th> <th>F1-Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Right-Punch</td> <td>0.92</td> <td>0.88</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Left-Punch</td> <td>0.91</td> <td>0.87</td> <td>0.89</td> </tr> <tr> <td>Right-Block</td> <td>0.87</td> <td>0.89</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td>Left-Block</td> <td>0.85</td> <td>0.87</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>Right-Kick</td> <td>0.92</td> <td>0.89</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Left-Kick</td> <td>0.93</td> <td>0.90</td> <td>0.91</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0.87</td> <td>0.94</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Micro Average</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.89</td> </tr> </tbody> </table>								Precision	Recall	F1-Score	Right-Punch	0.92	0.88	0.90	Left-Punch	0.91	0.87	0.89	Right-Block	0.87	0.89	0.88	Left-Block	0.85	0.87	0.86	Right-Kick	0.92	0.89	0.90	Left-Kick	0.93	0.90	0.91	Others	0.87	0.94	0.90	Micro Average	-	-	0.89
		Precision	Recall	F1-Score																																								
	Right-Punch	0.92	0.88	0.90																																								
	Left-Punch	0.91	0.87	0.89																																								
	Right-Block	0.87	0.89	0.88																																								
	Left-Block	0.85	0.87	0.86																																								
	Right-Kick	0.92	0.89	0.90																																								
	Left-Kick	0.93	0.90	0.91																																								
	Others	0.87	0.94	0.90																																								
	Micro Average	-	-	0.89																																								
	<p>Precision は推定した結果がどの程度正解していたのかを表す指標、Recall は対象の動作種別をどの程度検出できたかを表す指標、F 値は Precision と Recall の調和平均である。動作毎の F1 値は、右逆突き 0.90、左逆突き 0.89、右上段受け 0.88、左上段受け 0.86、右前蹴り 0.90、左前蹴り 0.91、その他 0.90、また F1 値のマイクロ平均は 0.89 であり、すべての動作種別で高い識別精度を達成した。また、各動作種別の Precision、Recall、F 値は、概ね同等程度の結果となり、バランスが取れた識別モデルであることを確認した。</p> <p>空手の競技現場においては、試技数の記録を手作業で行っているため、提案手法を応用することにより、空手動作の試技数を自動記録することが可能となり、トレーニングの効率化が期待できる。また、スマートテニスセンサー（Sony 製）は、技能評価を目的に、各ショットの回転数やインパクト位置といった質的評価指標の取得が可能である。提案手法においても、慣性センサデータから各動作の速度や角速度といった質的評価指標の導出を行うことで、空手の技能評価や定量評価に応用が見込める。</p> <p>質的評価指標の導出は、今後の課題としたい。</p>																																											
	<p>■慣性センサ毎の識別精度</p>																																											

全身 5 箇所に装着した慣性センサ (RW、LW、RA、LA、HI) の取得値を入力データとして、空手動作の識別精度を検証した。本節では、空手動作の識別における各慣性センサの寄与度を検証した。空手動作識別モデルの作成及び作成したモデルの精度検証に使用する慣性センサの組み合わせを変えた際の各空手動作の識別精度を評価した。慣性センサの組み合わせは、右手に装着した慣性センサ (RW) を使用した場合、左手に装着した慣性センサ (LW) を使用した場合、右足に装着した慣性センサ (RA) を使用した場合、左足に装着した慣性センサ (LA) を使用した場合、腰に装着した慣性センサ (HI) を使用した場合、両手に装着した慣性センサ (RW,LW) を使用した場合、両足に装着した慣性センサ (RA,LA) を使用した場合、両手両足に装着した慣性センサ (RW, LW, RA, LA)、全ての慣性センサ (RW, LW, RA, LA, HI) を使用した場合の 9 パターンとした。表 6 に、慣性センサの組み合わせを変えた際の動作種別毎の識別精度 (F1 スコア) の比較を示す。

Table 6 Comparison of F1-scores with various combinations of inertial sensors.

	RW	LW	RA	LA	HI	RW, LW	RA, LA	RW, LW, RA, LA	All sensors
Right-Punch	0.82	0.74	0.80	0.57	0.52	0.84	0.84	0.89	0.90
Left-Punch	0.82	0.77	0.75	0.58	0.62	0.81	0.79	0.89	0.89
Right-Block	0.83	0.74	0.73	0.64	0.68	0.82	0.78	0.86	0.88
Left-Block	0.80	0.73	0.79	0.67	0.64	0.79	0.83	0.85	0.86
Right-Kick	0.75	0.73	0.85	0.82	0.69	0.72	0.87	0.90	0.90
Left-Kick	0.69	0.71	0.88	0.84	0.68	0.73	0.90	0.91	0.91
Others	0.69	0.76	0.85	0.83	0.71	0.85	0.90	0.91	0.90
Micro Average	0.77	0.74	0.81	0.71	0.65	0.79	0.84	0.88	0.89

各動作において最も精度が高かった値を太字で示している。慣性センサを 1 台使用した場合に着目すると、手に装着した慣性センサ (RW 又は LW) を使用した場合は、突き動作と受け動作、足に装着した慣性センサ (RA 又は LA) を使用した場合は蹴り動作の識別精度が高くなる傾向を確認した。これは、突き動作と受け動作は上肢の動き、蹴り動作は下肢の動きが多いことが要因であると考えられる。また、RA では、上肢の動きが大きい突き動作、受け動作においても比較的、推定精度が高い結果となったが、これら動作であっても下肢の動きが生じるため、足に装着した慣性センサのデータからも動作識別に有効な特徴量が抽出された結果であると考えられる。HI を使用した場合は、四肢に装着した場合と比較し、識別精度は低い結果となった。腰は手足と比較し、動きが小さいことが影響していると考えられる。

最後に、他競技導で既に入されている製品やシステム (Edelmann-Nusser et al., 2019), (Hossain et al., 2017) と比較する。前述したとおり、全ての慣性センサを使用した場合は、同等以上の識別精度を達成した。しかし、使用するセン

	<p>サ数を 1, 2 個とした場合は、先行研究と比較し、識別精度が下回る結果となった。使用する慣性センサの数を少なくすることは、計測の負担を軽減できる。少ないセンサ数で高い識別精度を実現するためには、動作の識別に有効な特徴量をより効果的に抽出することが重要となる。慣性センサで取得したデータの前処理を行い、前処理後のデータにディープラーニングを適用することにより、識別精度を上げられる可能性がある。データの前処理として、周波数フィルタ (Wundersitz et al., 2015b)、カルマンフィルタ (Wagner et al., 2015b)、フーリエ変換 (Preece et al., 2009) が報告されている。また、慣性センサの取得値から導出した姿勢情報 (Prayudi and Kim, 2012), (Marcard et al., 2017) をディープラーニングの入力とすることにより、識別精度を上げられる可能性がある。</p>
トレーニングの成果等	<p>本研究では、深層学習を用いて慣性センサデータから空手動作を識別する手法の開発した。はじめに、身体 5 箇所 (右手、左手、右足、左足、腰) に慣性センサを装着し、識別対象動作 (突き、受け、蹴り) のデータを記録した。記録したデータを形成し、慣性センサデータとそのデータの正解ラベル (動作種別) が対となったデータセットを作成した。次に、深層学習の LSTM を用いたネットワークモデルを設計した。作成したデータセットで学習し、空手動作の識別モデルを作成した。Leave-one-out cross validation 法を用いて、識別モデルの学習と評価を実施した結果、右逆突き 0.90、左逆突き 0.89、右上段受け 0.88、左上段受け 0.86、右前蹴り 0.90、左前蹴り 0.91、その他 0.90 であった。また F1 値のマイクロ平均は 0.89 であった。他競技でトレーニング現場に導入されている製品やシステムと同等以上の識別精度を達成し、提案手法の実用性を確認した。今後は、さらなる簡易性を求め、より少数の慣性センサを使用した場合の識別精度の向上を目指す。また、順突きや中段受け、横蹴り等のより多様な動作への対応、多様な人物に対する汎化性の向上を目指す。</p>
課題	<p>使用する慣性センサの数を 1, 2 個とした場合の識別精度の向上は、今後の課題としたい。</p>
その他	<p>■Reference Ahmadi, A., Mitchell, E., Richter, C., Destelle, F., Gowing, M., O'Connor, N. E. and Moran, K., Toward automatic activity classification and movement assessment during a sports training session, IEEE Internet of Things Journal, Vol.2, No.1</p>
資料名・参照 URL 等	<p>日本機械学会論文集 Vol.87, No.903, 2021/相原 伸平、石部 開、佐武 陸史、岩田 浩康:慣性センサデータを用いたディープラーニングによる空手動作識別手法の開発 https://www.jstage.jst.go.jp/article/transjsme/87/903/87_21-00214/_pdf-char/ja</p>

<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT では四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。 本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>
------------------------------	--

【事例 21】

機関名	神戸大学大学院工学研究科、立命館大学情報理工学部
スポーツ種目	<p>サイクルスポーツ（自転車エルゴメータ）</p> <div data-bbox="466 439 703 741" data-label="Image"> </div> <p>図 1 自転車エルゴメータ</p>
トレーニング内容	<p>本研究では、ペダリングの 1/4 周期ごとに発生するフィードバック音によりペダリング周期をユーザに知覚させ、音楽のビートに合わせてペダリングすることで、ペダリング回転速度を一定に保つトレーニングシステムを提案した。</p> <p>被験者はサイクルスポーツ経験歴 3 年未満のサイクルスポーツ初心者 11 名で、本システムを利用してトレーニングを行う「実験群」6 名と、従来の方法でトレーニングを行う「対照群」5 名にランダムに振り分け、両群においてペダルの回転速度の分散値を調査した。両被験者群に、理想的なペダリングを口頭で説明した上で、実験群の被験者（被験者 A～F）は、ペダリングのフィードバック音がスピーカから聞こえる音楽のビートに合うようにペダリングすることでケイデンスを 90[rpm] に維持することを課題とした。対照群の被験者（被験者 G～K）は、エルゴメータ付属のケイデンス計を見ながらペダリングすることでケイデンスを 90[rpm] に維持することを課題とした。使用した楽曲は 4.2 節で使用したものと同様である。1 回</p> <p>の実験時間は 20 分間で、1 週間に 3 回のトレーニングを 4 週間行い、合計 12 回のトレーニングを行った。ペダリング時の負荷は、被験者がトレーニングを継続可能と感じる負荷を自身で設定した。トレーニングの経過とともに最適な負荷は変わる可能性があるため、1 週間ごとに負荷を変更できるようにした。各週の最初のトレーニングを行う前と 12 回目のトレーニングが終了した時に、ペダリングのスキルチェックを行った。スキルチェックでは実際の走行を想定して、システムを用いずケイデンス計を見ながら約 1 分間ケイデンスを 90[rpm] に維持するように指示した。スキルチェックにおいて 3 章で構築した評価システムを用いて加速度値と角速度値を採取し、回転速度の分散値を算出した。また、実験終了後に日常の運動頻度やトレーニングに関するアンケート</p>

	<p>を行った。質問内容は、トレーニング時間 20 分間の長さの感じ方に関する主観的な評価(質問 1) と日常的な運動頻度として 1 週間の活動回数 (質問 2) と自由記述式の感想である。質問 2 について、1 以上と回答した人はその種目を回答してもらった。</p>
<p>活用デバイス</p>	<p>3 軸無線加速度・角速度センサ (ワイヤレステクノロジー社 WAA-010)</p>  <p>図 6 ペダリングトレーニングシステムの構成図</p>
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>ペダリングトレーニングは、自転車エルゴメータやローラを用いて室内で行なうトレーニング環境と、実際の自転車を用いて屋外の路上で実践的なトレーニングを行う実車環境の 2 種類に分類される。トレーニング環境では身体にかかる負荷を制御でき、勾配や風、路面状況などの外的要因を排除できるためペダリングスキル形成の基礎的なトレーニングに用いられる。</p> <p>実車環境では、外的要因がペダリングに影響を及ぼすため、それらに対応できるようなより実践的なトレーニングに用いられる。提案システムは、これらのトレーニング環境での初期段階において使用することで理想的なペダリングを体得し、システムに依存せずペダリングスキルが維持されることを想定している。</p> <p>本研究では、ペダリングのケイデンスおよびペダルの回転速度を計測するために、自転車の右クランクに 3 軸無線加速度・角速度センサ (ワイヤレステクノロジー社 WAA-010) を図 2 に示すように設置し、ペダリング中の加速度と角速度を計測するシステムを設計する。センサのサンプリング周波数は 50[Hz]、設置位置は回転中心から 0.03[m] の位置である。クランクの鉛直上向き方向を 0[deg] とし、回転方向に対して正となるように角度を定義する。座標軸と角度の関係を図 3 に示す。</p>



図 2 センサの取り付け位置

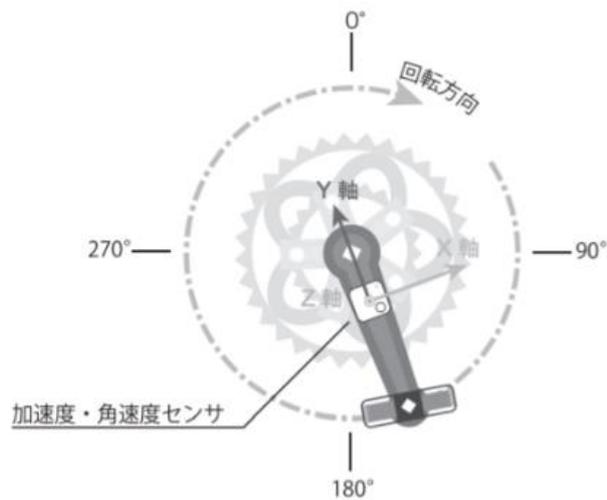


図 3 自転車エルゴメータの右側から見た座標軸と角度の関係

取得データ

提案システムは取得した $angZ$ 、 $VarangZ$ 、 $cadence$ の時間経過による変化を記録し、トレーニングの後に視覚的にペダリングスキルを確認することで今後のトレーニングに活かせる機能をもつ。加えて、ペダルの回転を 4 区画に分割し、どの区画で大きな回転速度の揺らぎが生じているかの傾向を視覚的に確認する機能をもつ。表示画面の例をそれぞれ図 10、図 11 に示す。

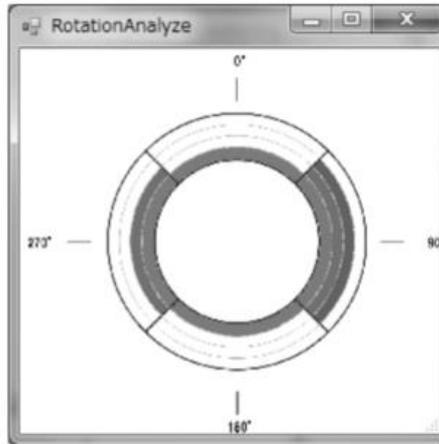


図 11 回転速度の揺らぎの大きさを区画別に表示する画面

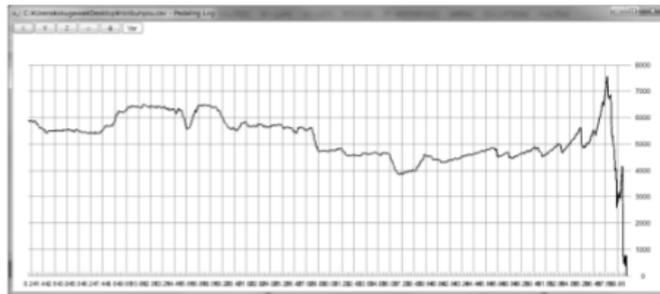


図 10 Var の時間変化を表示した画面

解析方法

実験では、勾配や風、路面状況等に影響されることなく一定の負荷をかけられる自転車エルゴメータ（コンビ社、AEROBIKE AZ101）を用いた。ケイデンスの確認はエルゴメータに搭載されたケイデンス計の表示を見て行った。各被験者が安定してペダリングしている状態における 30 秒間の分散値を図 7 に示す。

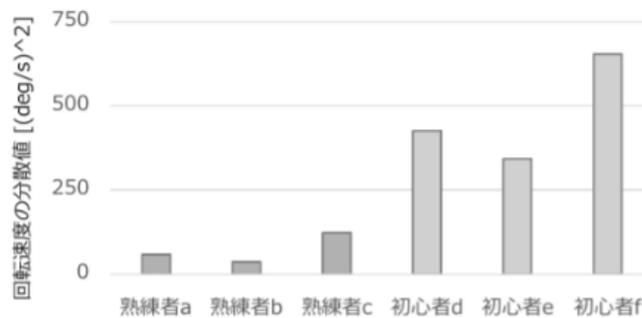


図 7 初心者と熟練者での回転速度の分散値の違い

結果から、初心者の回転速度の分散値は、熟練者と比較して明らかに大きいことが分かる。図 8 に示す初心者の加速度、角速度波形の一部から、ペダルの踏み

込み位置であるクランク角度 90、270[deg] で回転速度の揺らぎが大きくなっていることが分かる。この回転速度の揺らぎによって機械的損失および筋肉疲労が発生するため、初心者のペダリングスキルを向上させるためには、すべての過程で等しい回転速度でペダリングを行うよう誘導する必要があることが分かった。

■参照音の決定

適切な参照音を決定するために実験を行った。本実験では目標ケイデンスを 90[rpm] とし、参照音としてメトロノームのクリック音と音楽を比較した。なお、フィードバック音は、参照音に用いる音楽との親和性を考慮し、同時に聴いても違和感がないハイハットドラムの音を用いた。ペダル 1 回転で 4 回フィードバック音が発生するため、ケイデンス 90[rpm] でペダリングを行うためにメトロノームのテンポは 360[bpm] に設定した。音楽のテンポは、4.1 節の実験におけるクリック音と同様に 360[bpm] を用いた場合、ユーザが 4 拍子を 2 拍子としてとらえてしまうことがあるため、180[bpm] を用いた。

実験群の回転速度の分散値の推移を図 12、対照群の回転速度の分散値の推移を図 13 に示す。実験 1~4 週目のスキルチェックをそれぞれ 1st、2nd、3rd、4th とし、12 回目のトレーニング終了後のスキルチェックを final と表した。ほぼすべての被験者について、1 回目の測定と比較して 2 回目の測定で回転速度の分散値が減少している。これは、1 週間トレーニングを行うことでペダリングそのものに慣れたことが原因と考えられる。

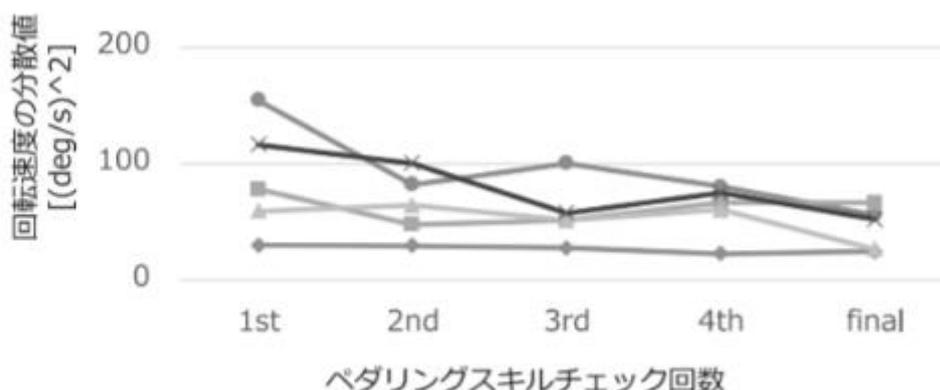


図 13 対照群のペダルの回転速度の分散値の推移

実験終了後のアンケートの結果を表 1 に示す。質問 1 は 5 段階で評価し、数字が小さいほどトレーニング時間を長く感じたことを意味している。質問 1 で

は両群で大きな差は見られなかった。質問 2 では、回転速度の分散値の推移があまり変化していない被験者 C と H は日常的に頻繁に運動を行っていることが分かった。

表 1 実験後のアンケートの結果

群	被験者	質問 1	質問 2	種目
実験群 (提案システムあり)	A	2	1	クロスバイク
	B	2	0	
	C	2	4	
	D	4	0	
	E	2	0	
	F	2	0	
対照群 (提案システムなし)	G	2	0	バレーボール 長距離走
	H	4	3	
	I	3	1	
	J	3	0	
	K	2	0	

トレーニングの成果等

この結果より、4 週間で顕著な効果が現れたのは日常的に運動を行っていない被験者であり、また、提案システムでトレーニングすることにより、有意に回転速度が安定化することが明らかとなった。さらに長期的な使用によるスキル推移の観測や筋電 センサを用いて動員される筋肉も矯正されているか など、より詳細な考察を行うために継続的な実験を行う必要がある。自由記述式のアンケートでは、実験群の被験者からは「音楽のリズムとペダリングが合うときに漕ぎやすくなり、音楽があると楽しくトレーニングできた」や「音楽のバリエーションを増やすとより退屈が紛れるように思った」など音楽を用いることに積極的な意見が見られた。対照群の被験者からは、「無音の環境でのペダリングは無心でペダリングすることができ、集中できた」という肯定的な意見が見られた一方、「無音で長時間ペダリングを継続するのは集中力が維持できず苦痛であった」や「20 分間がいつもよりも長く感じられた」という意見が多く見られた。アンケートの結果より、トレーニングにおいて重要な要素は単純な作業を退屈せず継続して行えることであり、音楽は参照音としての機能だけではなく、ペダリングトレーニングのような単純な作業中の集中力を維持するように働くことが分かった。より高い効果を得るために音楽の雰囲気を変化させてユーザに新鮮な印象を与えることで、トレーニング特有の退屈さを紛らわせることができると考えられる。

課題

今後の課題は、踏力などの回転速度以外の能力を向上する方法を検討する。また、本システムによって得られたペダリングによって発揮する筋肉と、熟練者の筋電位の比較を行う予定である。加えて、本システムを使用しなくなった場合に永続的に理想的なペダリングが行えるかについても継続して実験を行っていく。また、本システムを実環境で用いた場合の評価については現在調査してお

	り、ユーザの所望のケイデンスへ誘導するシステムの開発、勾配などの道路状況や負荷および周囲の環境音に対する安全性を考慮した情報の提示システムの設計が必要であると考えている。
その他	参 考 文 献 [1] 一般財団法人自転車産業振興協会： http://www.jbpi.or.jp .
資料名・参照 URL 等	奥川 遼、村尾 和哉、寺田 努、塚本昌彦；聴覚フィードバックを利用したペダリングトレーニングシステム https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssst/33/1/33_1_41/pdf-char/ja
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	SUPER-BIT はサイクル車に装着不可。 目的が異なる。

【事例 22】

機関名	広島大学
スポーツ種目	BMX
トレーニング内容	アクションスポーツトレーニング 複数ウェアラブルセンサを用い、BMX フラットランド競技の動作分析を行い、車輪無 駆動システムにおける加速の仕組みを考察。 また、難易度の高い加速動作 Turbine について、定量的データにもとづきトレーニング
活用デバイス	センサ内臓のスマートフォン
デバイスの装着・計測の方法	<p>相互相関は動作を表す 2 つの時系列データの類似度を定量化する。今回扱うバランス維持動作は、バランス、アンバランスの繰り返しとなるため、もっとも類似した局所時間での評価が適切と考えられる</p> <p>独自に開発した局所的相互相関を用いて、トリック時系列間の類似度を計算し、階層的クラスタリング（ウォード法）を行った（図 2）。</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>図 2 局所的相互相関にもとづくクラスタ</p> <p>Peg wheelie glide は後輪でバランスを取りながら前方前進するトリックであるため、加速度,角速度は小刻みな振動あるものの、ともに定常状態を維持する（図 3）</p>



図3 Peg wheelie

Peg wheelie circle glide は Peg wheelie glide とほぼ同様であるが、内側への大きな旋回を伴うため、バランスを崩しやすく、バランス回復のため、加速度、角速度に大きな変化が生じやすい (図 4)。



図4 Peg wheelie circle

Time machine は後輪でバランスを取りながらフレームを内側に傾け、前方に小半径、高速で定常旋回する (図 5)。Mega-spin は後方に小半径で定常旋回する (図 7)。旋回を維持するため、定期的に振脚でタイヤを後方に回転させる。



図 5 Time-machine



図 7 Mega-spin

Peg wheelie pumping は Peg wheelie circle と同様に内側旋回を行う (図 9)。相違点は意図的にバランス、アンバランスを繰り返し進行方向に加速する点である。Peg wheelie pumping の特徴は、腰部の荷重がほぼ無荷重 ($az3 \approx 0$) となる点である。ステム(stem, gx0)、フレーム(frame, gx1)が外側に最も直立したとき (正の傾きで X 軸と交点する点) で腰部の荷重($az3$)が無荷重となる(図 10)。他方、ステム、フレームの内倒 角速度最大時に腰部荷重($az3$)が極大となる。



図 9 Peg wheelie pumping

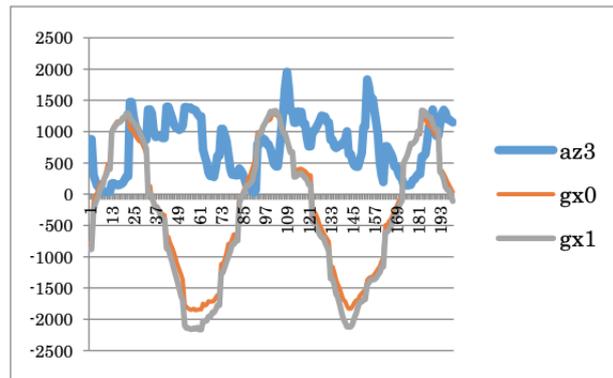


図 10 Peg wheelie pumping X 軸角速度(stem, frame)

Backyard pumping はフレームを背面に、両足をペグに配置し前方に進み、意図的にバランス、アンバランスを繰り返し加速する (図 11).



図 11 Backyard pumping

Peg wheelie turbine は前進、後進を切り替えることにより、Peg wheelie circle と同様の内側旋回を維持， 加速する (図 12).



図 12 Peg wheelie turbine

トリックの特徴は頭部の鉛直荷重(az_2)に現れる. そのため, このセンサ値のグラフにおける, 短い周期の山が後方旋回, 長い周期の山が前方旋回を示す (図 13,14).

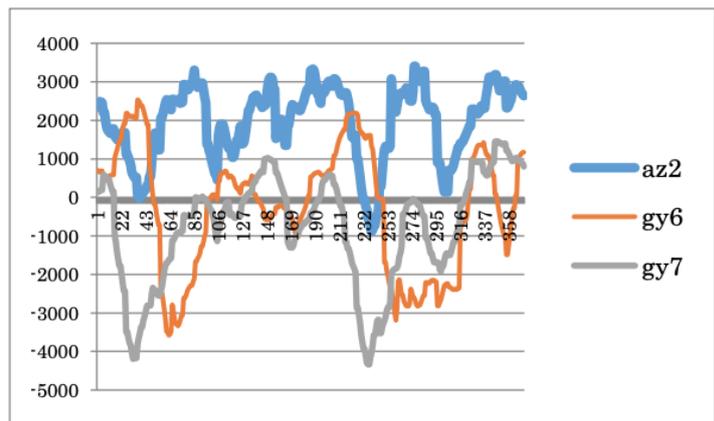


図 13 Peg wheelie turbine 内外腕 Y 軸角速度

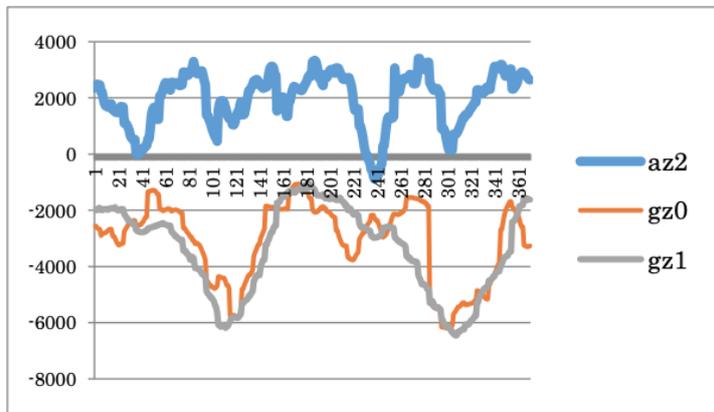


図 14 Peg wheelie turbine ステムフレーム Z 軸角速度

この前後切り替えのきっかけに振脚を用いる。前方旋回中に振脚を後方に差し込み、後方旋回を開始し、降脚を後ろに振り上げ前方旋回に戻す。前方から後方旋回の切り替えは、内外腕を使ったハンドルを内側に切る操作（内腕を下げ、外腕を上げる動作、 $gy6$ 極大、 $gy7$ 極小）から内腕を回転軸側に引き込みにより行う(図 13)。後方から前方旋回への切り替えは、両腕によるハンドルの大きな内側旋回 ($gz0$, $gz1$ 極小)により行う(図 14)。

解析方法

各トリックの時系列データの特徴を考察し、各トリックを成功させるためのコツの特定を試みる。加速度、角速度はそれぞれ記号 a, g , 3 軸は x, y, z , センサ装着位置はステム、フレーム、頭部、腰部、右足首、左足首、右上腕、左上腕をそれぞれ 0~7 の数字で表す。

トレーニングの成果等

トレーナーのデータの検討にもとづき、後方から前方への切り替え時、両腕で車体を内側の旋回方向に旋回させる動作(図 14 における $gz0$, $gz1$ の谷部分)について、トレーナーが意識的に行ったところ、最大 2 ラウンド行うことができる状態に改善した(後方から前方、前方から後方の切り替えしの組を 1 ラウンドとする)。ただし 3 ラウンド以降の旋回には至らず、原

因を検討するためトレーニーの動作計測を行った（図 16）. 内外腕については，内腕の引き動作不足が，図 17 の gy6 の小さい山で示されている．加えて，外腕の引き動作不足が，同図の水平軸の下側に gy7 の山 があることで示されている．



図 16 Peg wheelie turbine

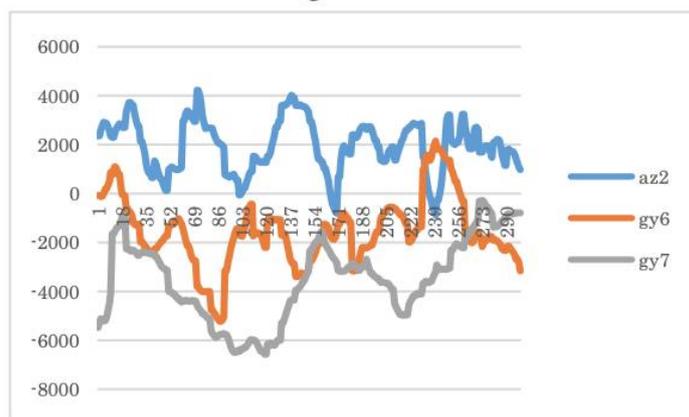


図 17 Peg wheelie turbine 内外腕 Y 軸角速度

他方，車体の動きについては，図 18 の gz0, gz1 の谷に示されるように，1 ラウンド目の後方から前方への切り替え時の回転は，図 14 のトレーナー動作と同程度であるが，2 ラウンド目は回転が不十分であることが分かる．

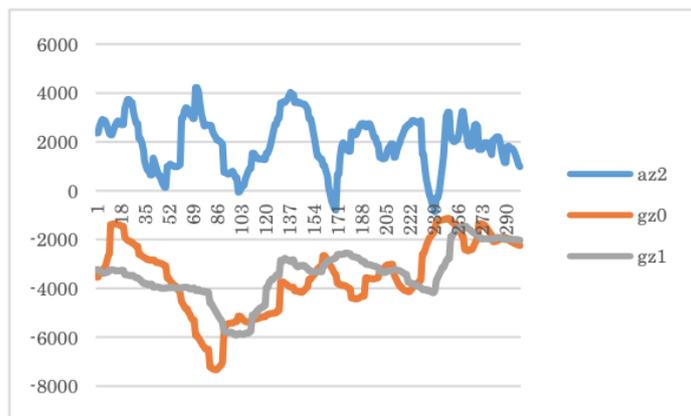


図 18 Peg wheelie turbine ステムフレーム Z 軸角速度

課題	今後は、トレーナーとトレーニーの動作の違いを定量的に評価し、改善案の自動生成手法の検討を行う。
その他	本研究では、複数ウェアラブルセンサを用い、BMX フラットランド競技の動作分析を行い、車輪無 駆動システムにおける加速の仕組みを考察した。また、難易度の高い加速動作 Turbine について、定量的データにもとづくトレーニング事例を示した
資料名・参照 URL 等	https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsaisigtwo/2017/KST-30/2017_01/pdf-char/ja
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	SUPER-BIT はサイクル車に装着不可。 目的が異なる。

【事例 23】

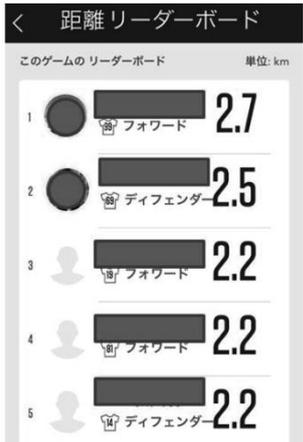
機関名	星槎大学
スポーツ種目	アイスホッケー
トレーニング内容	アイスホッケーの試合においてアプリとセンサを用いることで、選手に対しKRをフィードバックしチーム内で共有.さらに目標も共有することで、選手の目標設定が如何に変容するかについて検討
活用デバイス	<p>ZEPP 社の ZEPP PLAY FOOTBALL (2017)</p> <p>*このセンサはフットボール用に開発されているが、移動距離と最高速度の共有を目的としているため十分であると判断</p> <p>*センサによって得られた情報は、スマートフォン等で利用できるアプリで閲覧可能</p> <p>目標の共有を実践するため、チーム内での連絡に利用していた LINE を用いて、研究用グループを作成し、個人目標を提出してください」と配信</p>  <p>図 1 アプリによる移動距離の KR 共有イメージ</p>
デバイスの装着・計測の方法	<p>分析対象となったのは 10 名の選手</p> <p>チームにはこの他に 5 名の選手が所属していたが、以下の理由で除外。 GK・遠征への不参加・外国語を母語とする選手 2 名・パイロット実験での被験者. 選手の 各試合における目標に対して本研究では「PG の設定」 「目標設定の変容」の 2 点について検討</p>
取得データ	提出された目標のうち、具体的な数値が入っている PG を抽出した (表 1). 表の○は PG の記述, ◎は PG の達成, 欠は欠席, 未は未提出を示す

表1 PGの設定とパフォーマンス

	第1期			第2期			第3期		
	2/20	2/21	2/24	2/24	2/25	2/26	3/4	3/12	3/21
A					未	○	○	○	○
B								○	◎
C								○	○
D								○	
E			○					○	欠
F								○	○
G								○	○
H								◎	◎
I							◎	○	◎
J				未				○	未

表1より、PGが達成されていた数はそれほど多いとは言えない状況である。しかしながら、アプリによってKRがあることで、選手自身はPGが達成されているかどうかを考察可能となっていると考えられる。そこで目標設定においてKRを利用し目標設定しているかどうかについて検討した。選手から提出された目標の変容を示すため、5つのレベルに分類した結果を表2に示す。表2は各選手の各試合における分類結果と平均値、及び各期におけるチーム全体の平均値を算出した。

図2は各期における目標設定レベルの割合を示したグラフである

表2 目標設定の分類結果

	第1期			第2期			第3期			平均
	0	2	4	4	4	4	4	3	3	
A	0	2	4	4		4	4	3	3	3.0
B	1	2	2	4	4	4	3	4	4	3.1
C	0	2	0	1	1	1	1	4	4	1.6
D	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1.3
E	1	0	3	1	0	0	1	4		1.3
F	2	0	3	0	0	0	0	3	3	1.2
G	1	1	3	1	1	0	2	3	3	1.7
H	0	1	1	1	0	0	1	4	4	1.3
I	1	2	2	2	1	0	4	4	3	2.1
J	0	1	3		3	3	3	3		2.3
平均	0.95			1.61			2.89			

表2及び図2は、実践が進む中で選手が徐々にレベルを向上させていることを示唆している。具体的には、KR及び目標を共有した第2期以降で平均値が徐々に向上していることが示唆された。

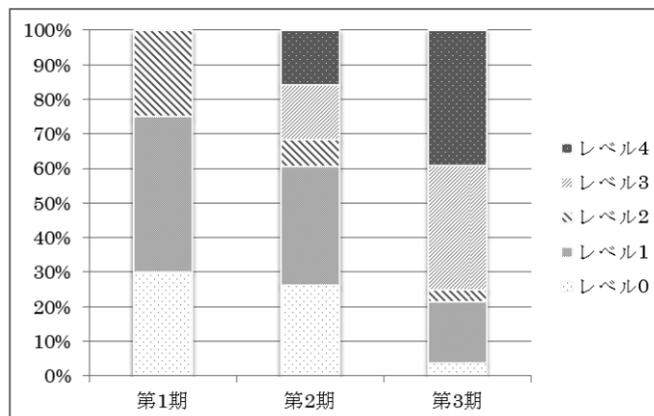


図2 目標設定の割合

*目標の変容を示すため5つのレベルに分類した.

- ・レベル0：抽象的な目標「全力で頑張る」等
- ・レベル1：以下の2種類のいずれかの目標
 - ①具体的なスキル目標「フォアチェックの時ス,タートで足を細かく動かす」等
 - ②振り返りからの目標「ビデオを見たら,足が動いてなかったの頑張る」等
- ・レベル2：上記レベル1が二つとも含まれる目標
- ・レベル3：KRを利用した目標「スピードが一番遅かったの,次は1番を目指す」
- ・レベル4：KRを利用した目標と具体的なスキル目標を繋げた目標「昨日は最高速度〇〇だったので,フォアチェックの時スタートで足を細かく動かす」

解析方法	本研究ではアイスホッケーの試合における「コンディション（走る）」に対しての目標設定が、KR及び目標を共有することでどのように変容していくのかについて検討。 具体的には、PGで「スピード3.5を目指す」となっていた場合に、アプリでのスピードに当たる項目が実際にそのPGを達成できていたかを分析
トレーニングの成果等	コンディションに関するフィードバックは従来コーチの主観によってなされてきた。本研究ではこれを市販のアプリによって支援し、具体的なエビデンスをチームで共有することで、選手自身が目標設定を変えていけることを示した。
課題	目標設定の変容過程から、アプリを導入するだけでは即時に選手がPGを設定できるようにはならないことも示唆された。選手の目標設定の変容過程に

	<p>合わせた課題と支援が必要であると考えられる。本研究では他の選手の KR や目標が共有されているが、議論等の指示はしていない。より良い目標設定のためには相互作用ができるような課題設定も今後検討する必要があると考えられる。また、実際のパフォーマンスの向上との関連についても今後の課題として残されている。</p>
その他	
資料名・参照 URL 等	<p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/41/Suppl./41_S41086/_article-char/ja/</p>
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT では四肢、眼の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 24】

機関名	フィットネスクラブ・スポーツクラブ・スポーツジムのルネサンス
スポーツ種目	テニス
トレーニング内容	スイングフォームやインパクト位置を詳細に分析し、練習効果を飛躍的に向上させる
活用デバイス	Smart Tennis Sensor
デバイスの装着・計測の方法	<p>テニスラケットのグリップ部底面に装着し、専用「Smart Tennis Sensor アプリ」と Bluetooth 接続することで、テニスのショットを即時分析し、スマートフォン上に表示する</p> <p>複数センサのデータを1つの端末で見られる複数対応 チームレッスン時でもスムーズにデータ取得可能</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ラケットのグリップ部に装着して使用する</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ソニーの「Smart Tennis Sensor」を装着したラケット</p> </div> </div> <p>ネット両脇に1台ずつ、合計2台のカメラを設置することで、フォームなどを動画で確認する「プレイバックシステム」も備える</p> <div style="text-align: center;">  <p>ネット両脇に1台ずつ、合計2台のカメラを設置する</p> </div> <p>レッスンで蓄積した映像、ショットデータ、コーチからのアドバイスなどは、手持ちのスマートフォンで確認できる「マイカルテシステム」を用意。 レッスン時だけでなく、自宅や通勤途中などオフコートでも上達過程や目標達成状況などを振り返ることができる。</p>

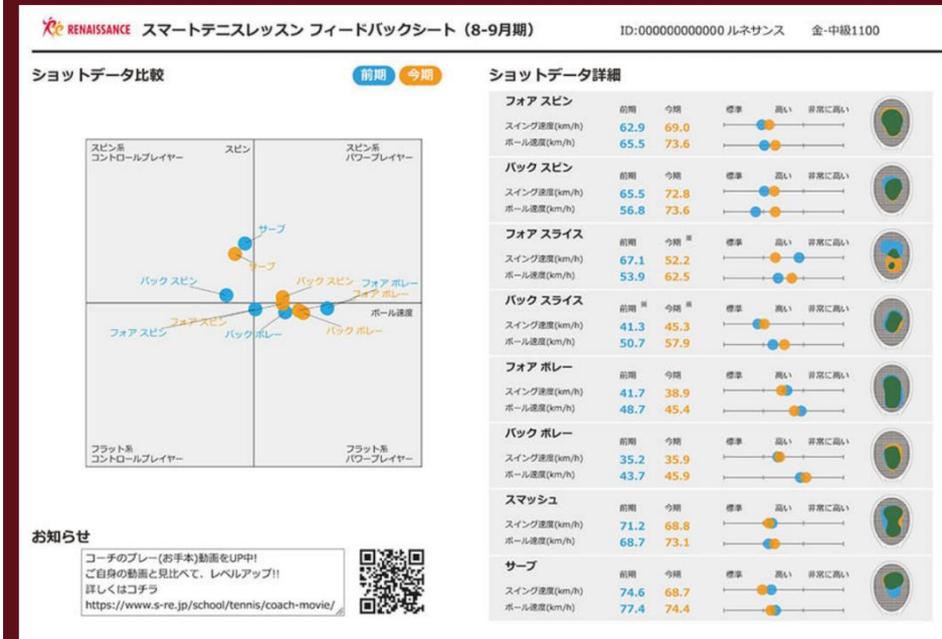


フォームやボール速度、ウイング速度などを表示できる。複数人数での使用を考慮し、リアルタイムではなく118秒前の映像が再生されるよう設定していた

取得データ



更に、無料のセンサーオプション会員様は、每期、2ヶ月間の平均値を表したフィードバックシートをお渡しします。前期との比較が出来るため、良くなったショットや次への課題が見取れます。コーチを相談し、ご自身が目指すプレースタイルを明確にすることができます。



解析方法	ラケットのどの部分にボールが当たっているか、スイングのフォームはどうなっているかをその場で確認
トレーニングの成果等	慣れるのに時間がかかる正しいスイングと感覚を、通常の練習よりも早く身につけて上達することができる 試合において各ショットやポジショニングを動画で確認することで、ゲームでのマネジメントやショットにおける課題を再確認することができる
課題	
その他	
資料名・参照URL等	https://www.s-re.jp/school/tennis/stl/
SUPER-BITを用いた場合との比較等	SUPER-BITはテニスラケットに装着不可、リアルタイム解析ができない。目的が異なる。

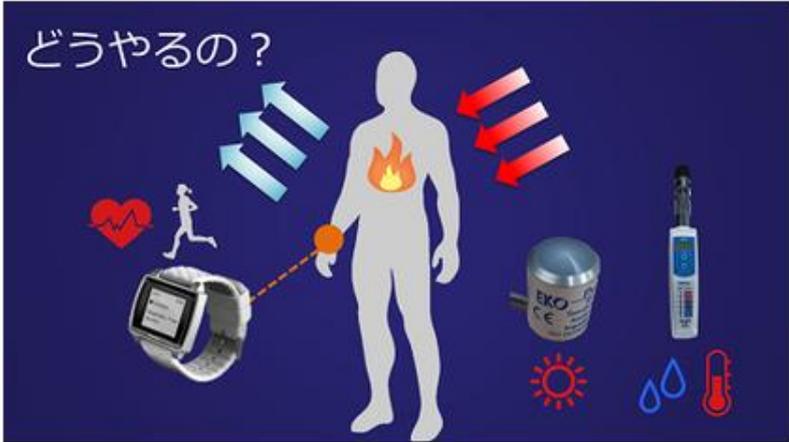
【事例 25】

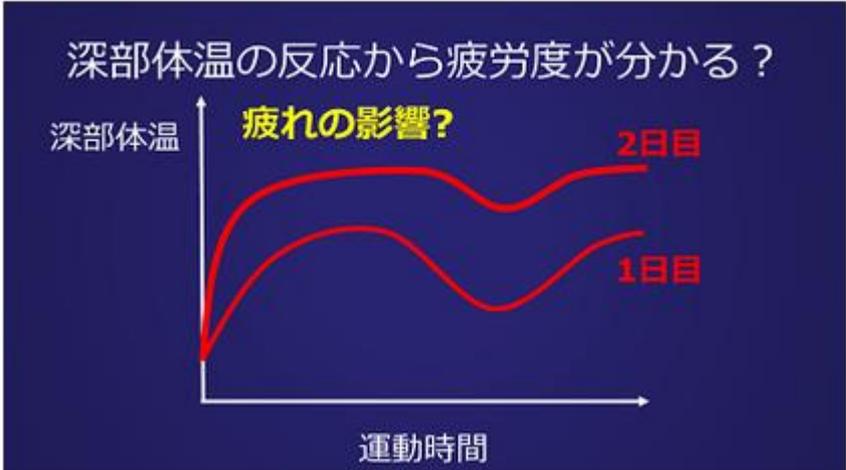
機関名	Jリーグクラブ他
スポーツ種目	サッカー
トレーニング内容	“根性”さえも数値化
活用デバイス	Knows (https://know-s.com/cms/) SOLTILO Knows 株式会社
デバイスの装着・計測の方法	<p>ピッチ上の選手が GSP 付スポーツブラ”風専用ウェアを着用</p>  <p>背中にGPSデバイスを装着</p>  <p>スポーツブラ型専用ウェア(タンクトップ型もある)</p>
取得データ	<ul style="list-style-type: none"> ・フォーメーションの記録 ・心拍数 ・走行距離 ・スピードデータ

	
解析方法	心拍数が高い状態でどれだけスプリントをしているか、などで指標化し、数字に落とし込む
トレーニングの成果等	<p>高校選手権の予選で1-2でリードされていて、監督は当初『もっと走ろう!』『ここで頑張れ!』と声をかけていたが、普段どおりにいけないので手元のiPadを見ると、選手たちの項目がみんな(心拍数が高いことを示す)真っ赤だった。まずは落ち着かせるためにボールを回すことにした。これがきっかけの一つになって選手の動きが良くなり、同点、逆転につながった(契約チーム)。</p> <p>これまでのトレーニングにおいて、選手たちの努力は監督やコーチらが主観的に判断することが多かったが、テクノロジーを使用することで客観的なデータが示されることになった。</p> <p>数字に対して「自分が責任を負う」という選手の意識が明確になった。</p> <p>一人の選手のデータを継続して取り続けることで、選手の成長を客観的に把握することができるようになった。</p> <p>育年代では成長期の違いで能力差が出ることも多いが、選手自身の走行距離や、心拍数の推移を比較することで、自らの成長にフォーカスできるようになる。</p> <p>そのほか、導入チームからのフィードバックでは「心拍数の回復回数をもとに、そろそろ交代したほうがいい」といった戦術的な活用法や、「昨日は激しいトレーニングをしたから、試合に向けて負荷を軽くしよう」といったトレーニング強度の調整法、「負荷が高まっているから負傷のリスクがある」といったトレーニング強度の調整法、「負荷が高</p>

	<p>まっているから負傷のリスクがある」といった怪我予防におけるメリットも挙げられている。</p>  <p>心拍数は色分け表示</p>
<p>課題</p>	<p>指導スタッフ・トレーナーの負担を軽減させ、練習や試合の準備に集中してもらうため、データのグラフ化</p>
<p>その他</p>	<p>現在、国内の導入数は約 70 チーム。 サガン鳥栖やカマタマーレ讃岐など J クラブのトップチームをはじめ、本田がターゲットとしてきた育成年代にも急速に広がっている。昨年度の全国高校選手権では出場 48 チーム中 18 チームが活用。実験段階から協働してきた富山一高をはじめ、神村学園高、米子北高、市立船橋高など、全国屈指の名門チームもこぞって導入 (2020 年 SOLTILO Knows 株式会社)</p>
<p>資料名・参照 URL 等</p>	<p>https://web.gekisaka.jp/news/detail/?299274-299274-fl Knows サイト https://know-s.com/</p>
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT ではリアルタイム解析ができない。 内容は、メンタルヘルスの内容である。取り付けは、SUPER-BIT の方が容易。 本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。 SUPER-BIT を用いた場合のメリット：心臓の傍で、ノイズの少ない、しっかりとした波形が測定できる (心臓の近くでの血圧も算出の可能性)。心と体の動きを連動させ測定できる。</p>

【事例 26】

機関名	大阪大学
スポーツ種目	サッカー
トレーニング内容	深部体温測定技術の研究（疲労度を測る）
活用デバイス	腕時計型デバイス
デバイスの装着・計測の方法	<p>腕時計型のデバイスを身につけ、加速度や心拍数などを測り、どれくらい熱が発生するか予測。</p>  <p>さらに、環境中にもセンサーを配置し、例えば太陽がどれくらい照射しているのか、温度・湿度はどうなのかをリアルタイムで抽出することによって、体から熱がどれくらい出ていったか予測する。</p>  <p>これらをトータルに考えることによって、深部体温がどう変わっていくのか推定する。</p>

<p>取得データ</p>	
<p>解析方法</p>	<p>アスリートたちの深部体温を推定することで、疲労度がわかる。 例えば1日目と2日目とで深部体温に大きな差があったとして、同じトレーニングをしたのに差がある場合など、疲労度を推定できるようになる。</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>医・工学・情報研究者が結集しアスリートと一緒に研究をすることでトップアスリートの誕生が期待できる。</p>
<p>課題</p>	
<p>その他</p>	
<p>資料名・参照URL等</p>	<p>https://www.milive-plus.net/gakumon16100401/</p>
<p>SUPER-BIT を用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BIT ではリアルタイム解析ができない。 内容は、メンタルヘルスの内容である。取り付けは、SUPER-BITの方が容易。 本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。 SUPER-BIT を用いた場合のメリット：心臓の傍で、ノイズの少ない、しっかりとした波形が測定できる（心臓の近くでの血圧も算出の可能性）。心と体の動きを連動させ測定できる。</p>

【事例 27】

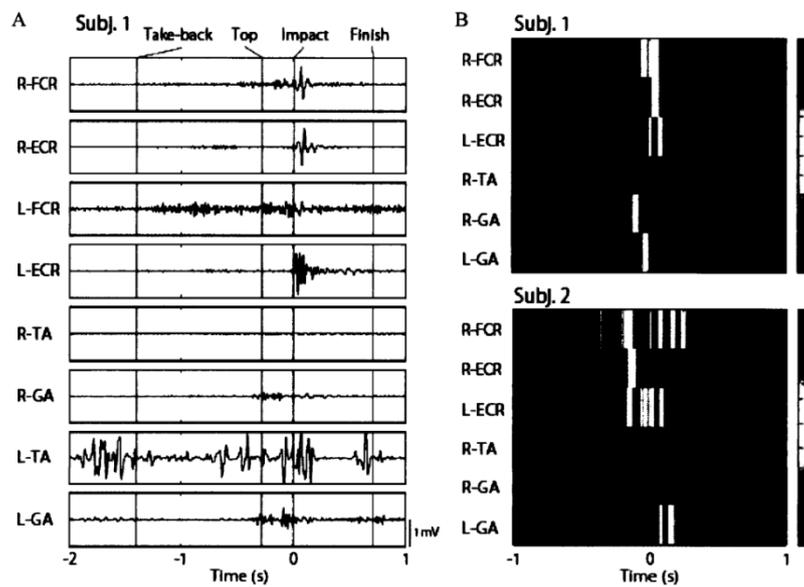
機関名	Jリーグ 柏レイソル
スポーツ種目	サッカー
トレーニング内容	日々の行動を可視化する
活用デバイス	腕時計型デバイス（ライフ顕微鏡）
デバイスの装着・計測の方法	リストバンド型のセンサーデバイス。この端末では 3 軸の加速度データを取得、その分析を通じていつどのような行動をしていたかを可視化する 
取得データ	「加速度計で XYZ を取る」=3 軸の加速度データを取得、つけている選手がどういう姿勢でどんな移動をしているかわかる。
解析方法	「データを集めてパターン分析」=良い選手が練習前に必ず寄る場所や、トレーニング中の姿勢など、走行記録を取って良い選手の行動を割り出す。
トレーニングの成果等	ユース選手に 2 週間以上にわたってライフ顕微鏡を装着し、日々の行動を可視化する実験を行った結果、選手 1 人 1 人のライフサイクルが分かったほか、実験期間中は練習前に全ての選手が必ず昼寝して休息をとっていたことも分かった
課題	
その他	
資料名・参照 URL 等	https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1305/24/news032.html
SUPER-BIT を用いた場合との比較等	SUPER-BIT ではリアルタイム解析ができない。内容は、メンタルヘルスの内容である。取り付けは、SUPER-BIT の方が容易。 本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。 SUPER-BIT を用いた場合のメリット：心臓の傍で、ノイズの少ない、しつ

	かりとした波形が測定できる（心臓の近くでの血圧も算出の可能性）。・心と体の動きを連動させ測定できる。
--	--

【事例 28】

機関名	NIT コミュニケーション科学基礎研究所、NTT 物性科学基礎研究所
スポーツ種目	ゴルフ,スクワット
トレーニング内容	ゴルフスイング中の筋活動 スクワット動作中の筋活動
活用デバイス	独自に開発した PEDOT -PSS・シルク 複合繊維素材ベースのウェアラブル電極を用いてスポーツ動作中の EMG 計測
デバイスの装着・計測の方法	<p>ゴルフスイング中の筋活動</p> <p>被験者はウェアラブル電極を取り付けたストレッチ素材のサポータ (B)を両腕と両下腿に装着し、合計 8 筋から EMG 信号を計測した (左右の橈骨手根屈筋： FCR ， 橈骨手根伸筋： ECR ， 前脛骨筋： TA ， 腓腹筋： GA)。 接触インピーダンスを下げるため、事前に保湿液を電極に添加。 計測された EMG 信号は、リード線を介して生体アンプと Bluetooth 送信機が一体となった小型モジュールに集約され、Windows 端末に無線伝送され 1kHz で記録。</p> <p style="text-align: center;">B</p>  <p style="text-align: center;">C</p>  <p>スクワット動作中の筋活動</p> <p>健常成人男性 1 名は、ウェアラブル電極やリード線が縫製一体化されたストレッチ素材のスパッツを着用した。 スパッツに取り付けられた左右 の大腿 四頭筋 (QU) と臀部筋 (GL) 4 箇所ウェアラブル電極から EMG 信号を計測。</p>
解析方法	<p>ゴルフスイング中の筋活動</p> <p>被験者は、人工のティーグラウンドから、ドライバーショットを数試行繰り返した。 図 2A に、被験者 1 の一試行の EMG 波形例を示す、時刻 0 はボールインパクト時刻直前を示し、 縦青線は各動作タイミング (テイクバック、 トップ、 インパクト、 フィニッシュ) を表す。 活動レベルに大小はあるものの、おおよそスイング動作に合っ</p>

た筋活動が観察された。ただし、左前脛骨筋（L-TA）のように、EMG とは捉えにくい信号が混入する電極も見られた、これは、サポータサイズが合わないことによる着圧不足やリード線揺れ等に起因するアーチファクトと考えられる。図 2B は、両被験者の一試行の EMG について、筋間の相対的な活動レベルを色で表したヒートマップである。プロゴルファー（被験者 1）はインパクト近傍で集中的に筋が活動しているのに対して、アマチュア（被験者 2）の筋活動の時間幅は広い。すなわち、アマチュアでは無駄な筋活動が多いことが示唆される。

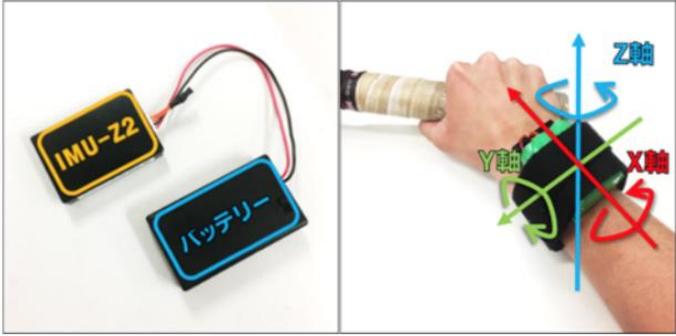


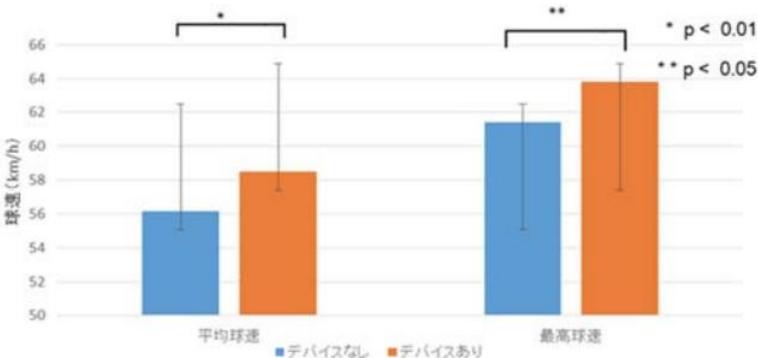
スクワット動作中の筋活動

被験者は、錘を用いないスクワット（いわゆるヒンズースクワット）を 100 回（およそ 4 分弱）繰り返した。図 3A は左側の筋に関する最初の 10 回分と最後の 10 回分の EMG 波形である。大腿四頭筋（L-QU）ではスクワット動作に合わせた筋活動がクリアに観察された。臀部筋（L-GL）についても振幅は小さいものの周期的な活動が見てとれた。また、最初の 10 回と比べて、最後の 10 回でも基線レベルはほぼ変化がなかった。図 3B は、各筋に関する FFT 解析によるパワースペクトル密度を表す（青：最初の 10 回分、赤：最後の 10 回分）。このことから、最初と最後でスペクトル分布はほぼ同形状であり、EMG 信号が比較的安定して取得できていたことが示唆される。同様の傾向は右側の筋でもみとめられた。

<p>トレーニングの成果等</p>	<p>一部電極でアーチファクトの混入がみとめられたもののゴルフショットのようなバリストティックで大きな動作においても、あるいはスクワットトレーニングのような連続的な動作においても、比較的安定して筋活動を観測することができた。</p>
<p>課題</p>	<p>運動中の変形が大きい筋や皮膚との接触が大きく変化するねじれ動作などへの適用を検証するとともに、着圧や配線加工といったウェア自体の改良も検討し、より高精度でかつ負担の少ないウェアラブルセンシングシステムの開発を進めてゆく。</p>
<p>その他</p>	<p>最近では、選手や運動への干渉が少なくかつEMGのような生体信号を安定して取得可能な、ウェアと一体化したウェアラブル型の生体電極が注目されている。実際、銀メッキされた合成繊維の電極も登場しているが、金属メッキ特有の堅さのために皮膚との接触が不安定でノイズが大きい、かぶれが生じやすく長時間の装着は難しい、などの課題も指摘されている。</p>
<p>資料名・参照URL等</p>	<p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmeshd/2015/0/2015_B-4-1/pdf-char/ja</p>
<p>SUPER-BITを用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BITでは四肢や一部部位の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。 本トレーニング内容を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 29】

機関名	青山学院大学
スポーツ種目	野球の投球動作と、テニスのサーブ動作
トレーニング内容	ユーザのスキル改善を手助けすることを目的とし、正しいフォームで動作が行われているのかを検証し、フィードバックを与える
活用デバイス	<p>SONY 社 SmartWatch3 SWR50 (以下、「スマート ウォッチ」) 図 1</p>  <p>図 1. SmartWatch3 SWR50 ([9]より引用)</p>
デバイスの装着・計測の方法	<p>利き腕に装着したスマートウォッチに搭載されているセンサからデータを取得し、動作を分析することで技術評価と学習補助を試みる。基本動作での検証を行うため、野球の投球動作ではオーバースロー、テニスのサーブ動作ではフラットサーブで計測する。</p> <p>野球の投球動作の計測： 球速推定のために、被験者 6 名の球速とその投球時の角速度データを合計 124 個集めた。実際の球速の測定は、スピードガン（株式会社阪神交易製スピードスターV）を用いた。図 4 で示した 3 軸において、得られた角速度最大値を速度（投球腕速度とする）に変換する。その際に投球腕が投球時に描く軌道の円周を半径として用いるが、本実験では 0.5 メートルと定義する。</p>  <p>図 4. IMU-Z2 (左) と装着時の角速度ベクトル (右)</p> <p>テニスのサーブ動作の計測：</p>

	<p>サーブをする上で重要だと言われているのが、サーブのスイングスピードと腕のひねりのほかに、回内・内旋の 2 つの動きを併せたプロネーションという動作である。回内は前腕をひねる動きを指し、内旋は上腕部をひねる動きを指す。内旋によって肘から先の部分が鋭く回転し、スイングを加速させ、回内によってラケットヘッドの鋭い回転を生む。そのため、プロネーション動作とスイングスピードと腕のひねりの 3 つの判定が可能かどうかを検証した。</p>									
<p>取得データ</p>	<p>野球の投球動作 13 名の被験者を対象に、スマートウォッチを装着する場合と未装着の場合での平均球速と最高球速に有意な差があるか検証した。それぞれの場合において、被験者には全力で 10 球投球してもらった。まず、スマートウォッチを用いて球速推定精度を検証したところ、推定精度は$\pm 10\text{km/h}$ の範囲で 78%、標準偏差は 6.09 だった。予備実験で行った IMU-Z2 を用いた推定より 精度は低くなったが、標準偏差の値は小さくなった。Wilcoxon 符号付順位検定の結果、全被験者のスマートウォッチ装着時と未装着時の平均球速・最高球速において差が有意であると分かった (図 8)。</p>  <table border="1" data-bbox="454 1075 1212 1433"> <caption>図 8. 投球動作の検証結果</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>デバイスなし (平均)</th> <th>デバイスあり (平均)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平均球速 (km/h)</td> <td>~56</td> <td>~58.5</td> </tr> <tr> <td>最高球速 (km/h)</td> <td>~61.5</td> <td>~63.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>図 8. 投球動作の検証結果</p> <p>テニスのサーブ動作 8 名の被験者にスマートウォッチを装着してもらい、サーブ後にフィードバックを与える場合と与えない場合の 2 パターンについて各 10 球サーブを行ってもらった。10 球の中で力加減の差がなるべく出ないようにするため、被験者には毎球全力でサーブを行うよう指示した。サーブ動作による角速度データは、Bluetooth にて PC に送信し、記録した。</p>	項目	デバイスなし (平均)	デバイスあり (平均)	平均球速 (km/h)	~56	~58.5	最高球速 (km/h)	~61.5	~63.5
項目	デバイスなし (平均)	デバイスあり (平均)								
平均球速 (km/h)	~56	~58.5								
最高球速 (km/h)	~61.5	~63.5								

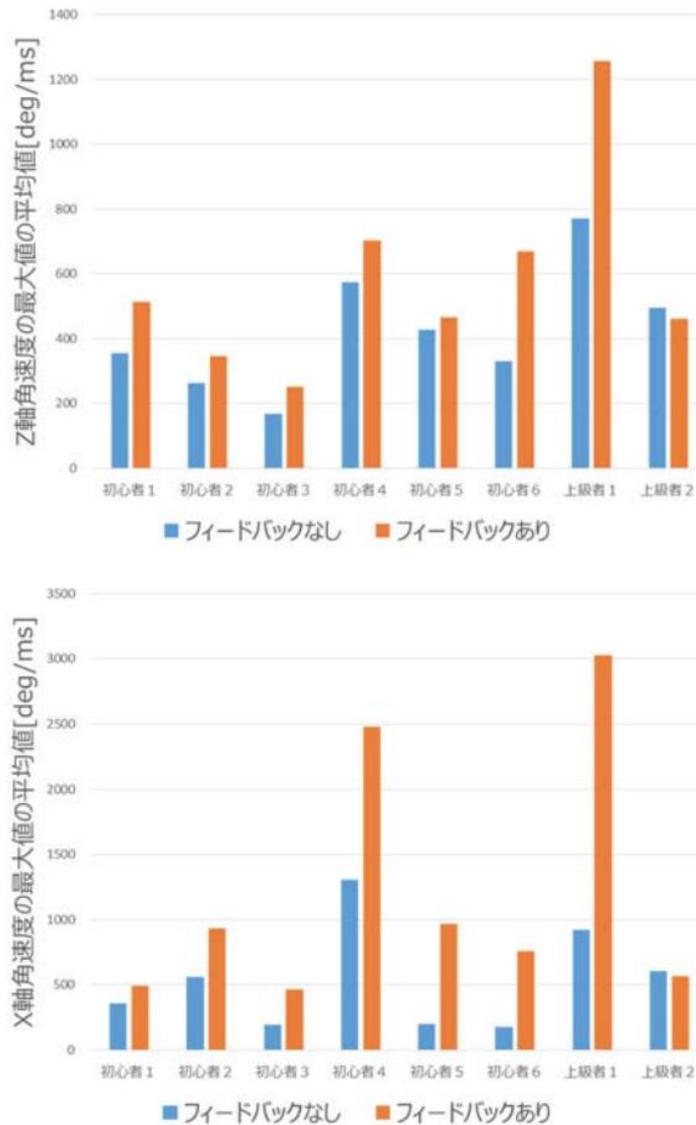


図9. サーブ動作の検証結果：ZMAX（上），
XMAX（下）

解析方法	提案システムを実際にユーザに使用してもらい、技術の向上具合と、使用後のアンケート結果から、スキル向上支援システムの有効性を検証する。本実験では標本数が少なく、正規分布に従うか定かではなかったため、2標本間の代表値の差を調べる際に用いる Wilcoxon 符号付順位和検定を使用した。
トレーニングの成果等	投球における全被験者の平均球速と最高球速が向上し、サーブにおけるプロネーション動作の改善も見られた

	<p>野球の投球動作検定の結果</p> <p>全被験者のスマートウォッチ装着時と未装着時の平均球速・最高球速において差が有意であると分かった。このことから、フィードバックを行うことで投球動作のポイントを掴むことができ、フォームも安定し、平均球速ならびに最高球速も上昇したと考えられる</p> <p>テニスのサーブ動作検定の結果</p> <p>ZMAX 平均値と XMAX 平均値に対し有意な差のある傾向がみられた。ZMAX はプロネーション動作が正しくできているかを判定する値であり、ZMAX 平均値が上昇したという結果から、全被験者でプロネーション動作の改善がみられたと解釈できる。また、XMAX は前腕の回内運動の大きさを判定する値であり、XMAX 平均値が上昇したという結果から、腕の回内運動が向上したと解釈できる。S 値はスイングスピードを判定する値であり、本研究では有意な差はみられなかった。しかし、過半数の被験者の S 値平均値は上昇しており、フィードバック自体が無意味であったとは一概に言えず、フィードバックの説明が不十分であったと考える。</p>
課題	<p>今回は野球の投球動作とテニスのサーブ動作を対象に研究を行ったが、腕の動作がスキルに大きく関わるスポーツにおいて、日常生活で使用できるスマートウォッチは、個別スキル向上支援システムとして十分に有効であると考えられる。また、今後スマートウォッチに搭載されているセンサの精度が向上すれば、より精度の高いシステムになることが期待できる。本研究で使用したシステムは、以下の 3 点について改善が必要と考える</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フィードバックの精度向上と種類追加 ・フィードバック方法の改良 ・各フィードバックの有効性検証
その他	<p>本研究ではスマートウォッチのみを用いて、動作後すぐにフィードバックを確認できる「現場での個別スポーツスキル向上支援システム」を提案</p>
資料名・参照 URL 等	<p>https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=193451&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1&block_id=8&page_id=13</p>
SUPER-BIT	<p>SUPER-BIT では四肢運動の測定不可。</p>

を用いた場合 との比較等	本トレーニング内容を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷が どれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エ ネルギー、ストレスチェックは測定可能。
-----------------	--

【事例 30】

機関名	ミズノ
スポーツ種目	野球
トレーニング内容	バッティングフォームの課題を検証し、その課題克服を指導者と相談し、特性に合ったフォームの完成につなげる
活用デバイス	ミズノ スイングトレーサー
デバイスの装着・計測の方法	<p>バットのグリップエンドの中央に取付用アタッチメントを取り付け、取付用アタッチメントにスイングトレーサーを装着する。</p> 
取得データ	<p>スイング時間、ヘッドスピード、回転半径、ヘッド角度、インパクト加速度、ローリング、スイング軌道</p> <p>プレーヤー用</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>スイング測定</p> <p>スイング時のバットの動き・軌道をアニメーションで確認することができる画面です。視点を自由に動かせるので、どの角度からでも確認する事ができます。</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>比較</p> <p>計測した自分のスイング情報を、過去の履歴やプロ選手の情報と比較することができる画面です。目指すバッティングスタイルの選手と比較する事ができます。</p> </div> </div>



素振り計測

打席選択後に目標回数または目標時間を設定して開始。目標に達したらアラームでお知らせします。
スイング毎にヘッドスピードを表示し、全スイング終了後にその平均値を表示します。



スイング履歴

スイングの回数・速度・時間の履歴をグラフで確認する画面です。
過去のデータを確認することで、今の自分の調子を客観的に知ることができます。

コーチ用



選手一覧

コーチ用ではプレーヤー用の機能が使える他にチーム全体の計測データを閲覧することが可能です。
各選手のトレーニング状況も確認することができます。
コーチ用アプリで各選手のデータを見る際には、それぞれのスイングにコメントを入れることができます。

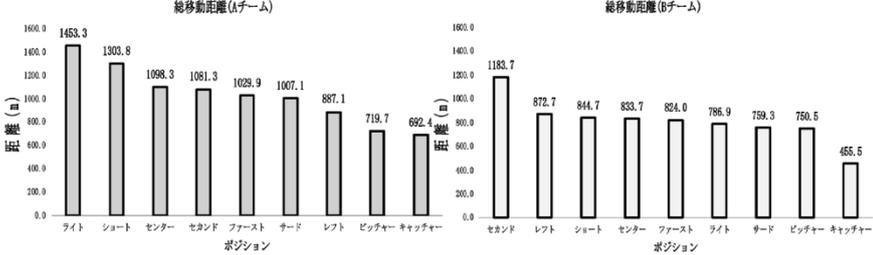
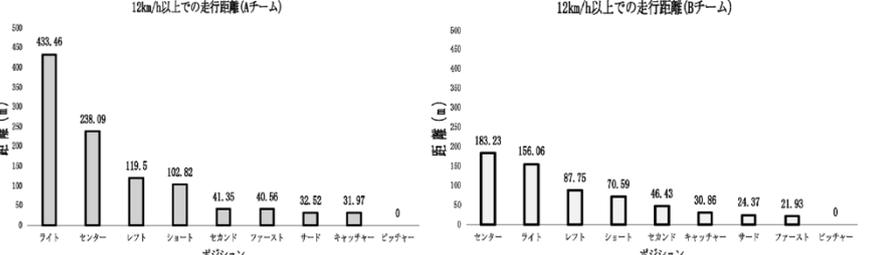


スイング比較

選手同士の計測データが比較できる画面です。
その日に調子のいい選手が確認することもできます。

解析方法	
トレーニングの成果等	<p>感覚的な指導に頼らず、数値に裏付けされた指導ができるので、指導効率がアップ。</p> <p>選手のトレーニング状況が把握できるので、練習不足やオーバーワークの確認ができる。</p>
課題	
その他	
資料名・参照URL等	https://www.mizuno.jp/baseball/swingtracer.aspx
SUPER-BITを用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT はバットに装着不可。</p> <p>目的が異なる。</p>

【事例 31】

<p>機関名</p>	<p>順天堂大学スポーツ健康科学部、順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科</p>																																																																														
<p>スポーツ種目</p>	<p>女子高校ソフトボール</p>																																																																														
<p>トレーニング内容</p>	<p>国内女子ソフトボールの競技力 向上を目指した科学的知見を得るべく、ウェアラブルデバイスを用いて活動プロファイルを作成し試合中の動きを明らかにすることを目的とする</p>																																																																														
<p>活用デバイス</p>	<p>ウェアラブルデバイス OptimEye S5, G5 (Catapult Sports, Australia)</p>																																																																														
<p>デバイスの装着・計測の方法</p>	<p>日常的に専門的なトレーニングを積み、全国高等学校総合体育大会の直近4大会においてベスト4に3度、入賞するような強豪校の女子ソフトボール選手20名のうち、指名打者を除く18名(年齢:16.15±0.66歳:160.01±4.87cm, 体重:55.53±4.52kg)を対象に、上背部に縫い付けられているポケットにウェアラブルデバイス OptimEye S5, G5 (Catapult Sports, Australia) を装着し試合を実施</p>																																																																														
<p>取得データ</p>	<p>順天堂スポーツ健康科学研究 第11巻第1号(通巻76号)(2020)</p>  <p>図1 守備時における各ポジションの総移動距離</p> <table border="1"> <caption>図1 守備時における各ポジションの総移動距離 (単位: m)</caption> <thead> <tr> <th>チーム</th> <th>ポジション</th> <th>総移動距離 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="9">Aチーム</td> <td>ライト</td> <td>1453.3</td> </tr> <tr> <td>ショート</td> <td>1303.8</td> </tr> <tr> <td>センター</td> <td>1098.3</td> </tr> <tr> <td>セカンド</td> <td>1081.3</td> </tr> <tr> <td>ファースト</td> <td>1029.9</td> </tr> <tr> <td>サード</td> <td>1007.1</td> </tr> <tr> <td>レフト</td> <td>887.1</td> </tr> <tr> <td>ピッチャー</td> <td>719.7</td> </tr> <tr> <td>キャッチャー</td> <td>692.4</td> </tr> <tr> <td rowspan="9">Bチーム</td> <td>セカンド</td> <td>1183.7</td> </tr> <tr> <td>レフト</td> <td>872.7</td> </tr> <tr> <td>ショート</td> <td>844.7</td> </tr> <tr> <td>センター</td> <td>833.7</td> </tr> <tr> <td>ファースト</td> <td>824.0</td> </tr> <tr> <td>ライト</td> <td>788.9</td> </tr> <tr> <td>サード</td> <td>759.3</td> </tr> <tr> <td>ピッチャー</td> <td>750.5</td> </tr> <tr> <td>キャッチャー</td> <td>455.5</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図2 守備時における各ポジションの高強度走の走行距離</p> <table border="1"> <caption>図2 守備時における各ポジションの高強度走の走行距離 (単位: m)</caption> <thead> <tr> <th>チーム</th> <th>ポジション</th> <th>高強度走の走行距離 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">Aチーム</td> <td>ライト</td> <td>433.46</td> </tr> <tr> <td>センター</td> <td>238.09</td> </tr> <tr> <td>レフト</td> <td>119.5</td> </tr> <tr> <td>ショート</td> <td>102.82</td> </tr> <tr> <td>セカンド</td> <td>41.35</td> </tr> <tr> <td>ファースト</td> <td>40.56</td> </tr> <tr> <td>サード</td> <td>32.52</td> </tr> <tr> <td>キャッチャー</td> <td>31.97</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">Bチーム</td> <td>センター</td> <td>183.23</td> </tr> <tr> <td>ライト</td> <td>156.06</td> </tr> <tr> <td>レフト</td> <td>87.75</td> </tr> <tr> <td>ショート</td> <td>70.59</td> </tr> <tr> <td>セカンド</td> <td>46.43</td> </tr> <tr> <td>キャッチャー</td> <td>30.86</td> </tr> <tr> <td>サード</td> <td>24.37</td> </tr> <tr> <td>ファースト</td> <td>21.93</td> </tr> </tbody> </table>	チーム	ポジション	総移動距離 (m)	Aチーム	ライト	1453.3	ショート	1303.8	センター	1098.3	セカンド	1081.3	ファースト	1029.9	サード	1007.1	レフト	887.1	ピッチャー	719.7	キャッチャー	692.4	Bチーム	セカンド	1183.7	レフト	872.7	ショート	844.7	センター	833.7	ファースト	824.0	ライト	788.9	サード	759.3	ピッチャー	750.5	キャッチャー	455.5	チーム	ポジション	高強度走の走行距離 (m)	Aチーム	ライト	433.46	センター	238.09	レフト	119.5	ショート	102.82	セカンド	41.35	ファースト	40.56	サード	32.52	キャッチャー	31.97	Bチーム	センター	183.23	ライト	156.06	レフト	87.75	ショート	70.59	セカンド	46.43	キャッチャー	30.86	サード	24.37	ファースト	21.93
チーム	ポジション	総移動距離 (m)																																																																													
Aチーム	ライト	1453.3																																																																													
	ショート	1303.8																																																																													
	センター	1098.3																																																																													
	セカンド	1081.3																																																																													
	ファースト	1029.9																																																																													
	サード	1007.1																																																																													
	レフト	887.1																																																																													
	ピッチャー	719.7																																																																													
	キャッチャー	692.4																																																																													
Bチーム	セカンド	1183.7																																																																													
	レフト	872.7																																																																													
	ショート	844.7																																																																													
	センター	833.7																																																																													
	ファースト	824.0																																																																													
	ライト	788.9																																																																													
	サード	759.3																																																																													
	ピッチャー	750.5																																																																													
	キャッチャー	455.5																																																																													
チーム	ポジション	高強度走の走行距離 (m)																																																																													
Aチーム	ライト	433.46																																																																													
	センター	238.09																																																																													
	レフト	119.5																																																																													
	ショート	102.82																																																																													
	セカンド	41.35																																																																													
	ファースト	40.56																																																																													
	サード	32.52																																																																													
	キャッチャー	31.97																																																																													
Bチーム	センター	183.23																																																																													
	ライト	156.06																																																																													
	レフト	87.75																																																																													
	ショート	70.59																																																																													
	セカンド	46.43																																																																													
	キャッチャー	30.86																																																																													
	サード	24.37																																																																													
	ファースト	21.93																																																																													

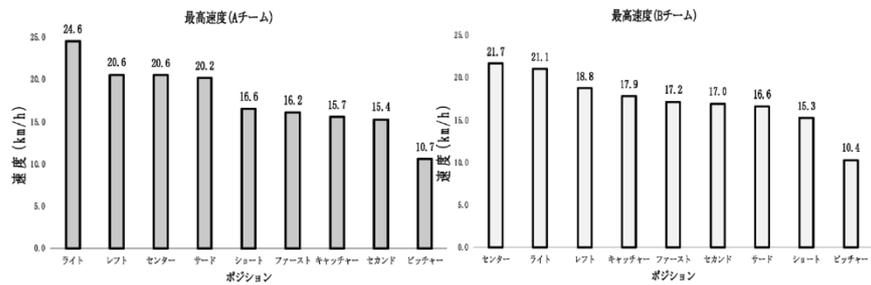


図3 守備時における各ポジションの最高速度

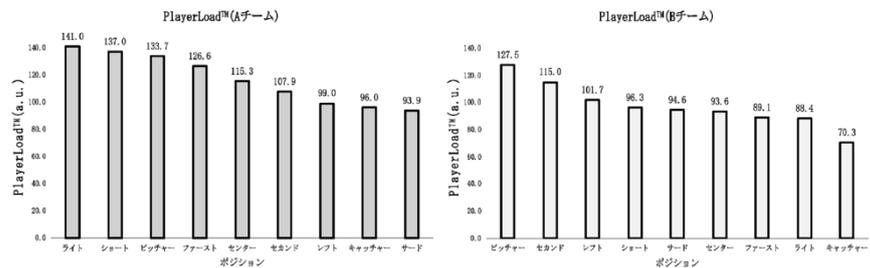


図4 守備時における各ポジションの PlayerLoad™

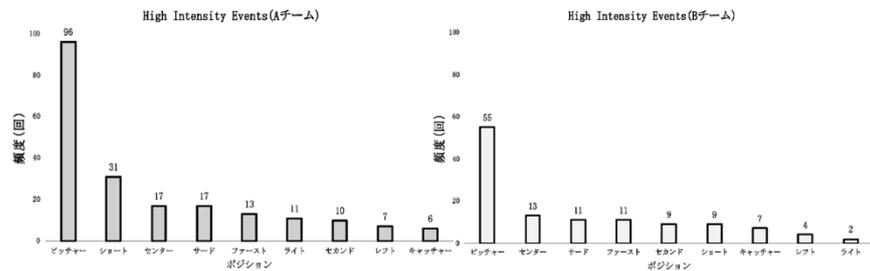


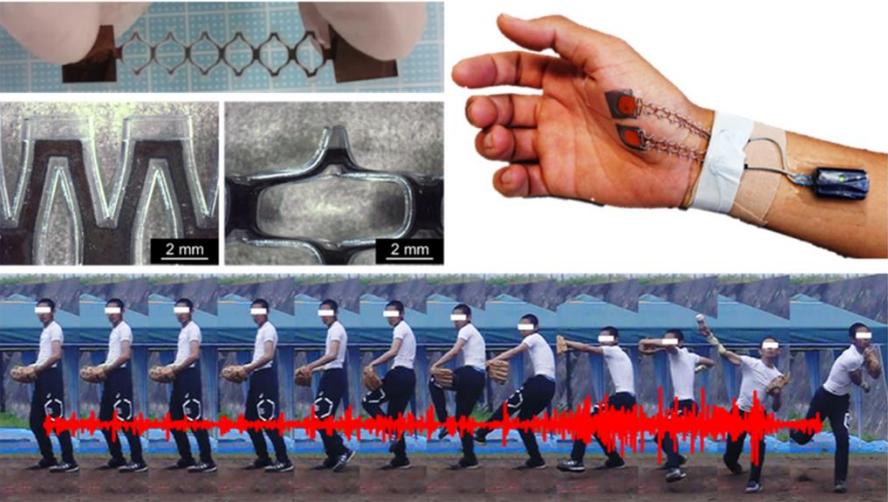
図5 守備時における各ポジションの High Intensity Events

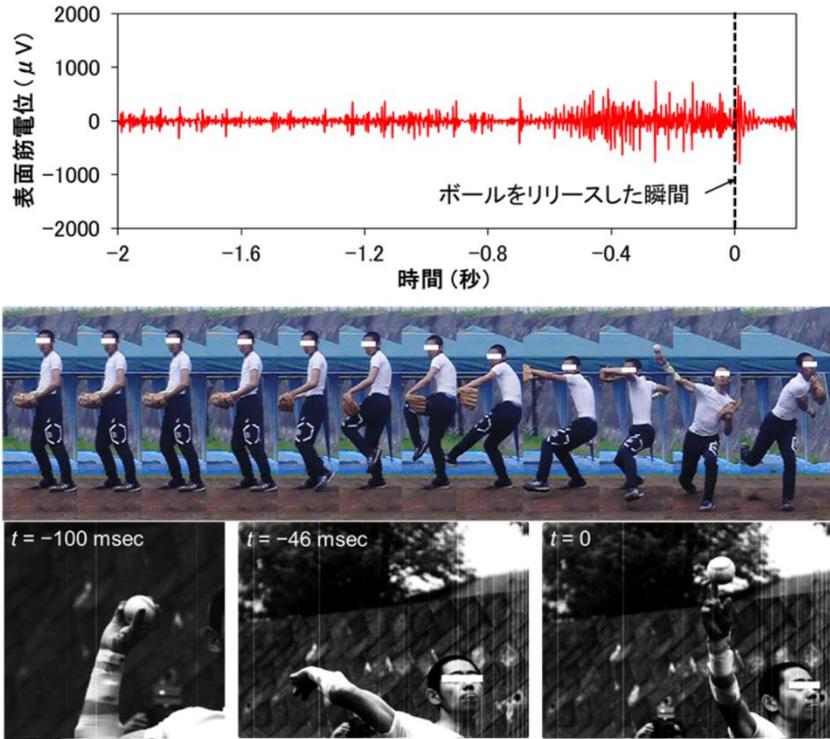
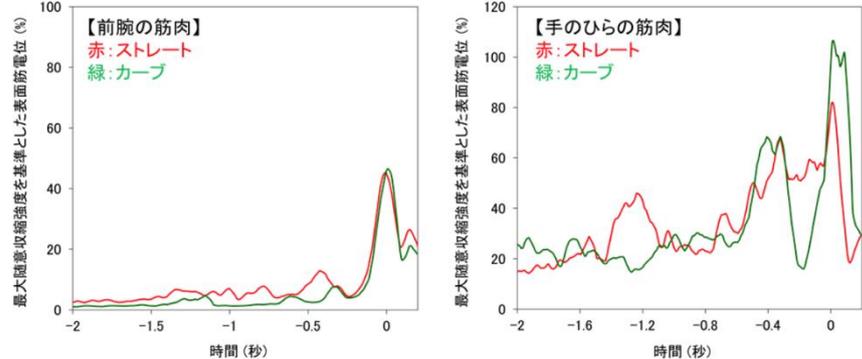
表4 両チームの守備内容

A チーム		B チーム	
▶レフトフライ	1	▷レフトフライ	1
▶センターフライ	1	▷センターフライ	3
▶ライトフライ	1	▷ライトフライ	1
▶ファーストフライ	1	▷ファーストフライ	1
▶セカンドゴロ	4	▷セカンドゴロ	4
▶ショートゴロ	5	▷ショートゴロ	5
▶サードゴロ	3	▷サードゴロ	1
▶ピッチャーゴロ	1	▷ピッチャーゴロ	1
▶キャッチャーフライ	1	▷三振	4
▶センター前ヒット	4	▷センター前ヒット	1
▶ピッチャーエラー	1	▷レフト前ヒット	1
▶ファーストエラー	1	▷盗塁	1
▶盗塁	1	▷四死球	2
▶四死球	4		

解析方法	<p>図1の各チームの守備時における各ポジションの総移動距離は、表4に示したように打球の飛んできた回数に影響を受けることが推察された。一方で、ピッチャーとキャッチャーの総移動距離は他のポジションに比べ短い可能性が考えられた。図2の各ポジションの高強度走の走行距離、図3の各ポジションの最高速度は、守備範囲の広い外野のポジション特性を示した結果であると考えられた。図4の各ポジションのPLは、全てのポジションで計測され、単なる距離や速度以外の身体的負荷となる細かなソフトボール特有の動きも含まれていることが考えられるため、他種目において用いられているのと同様に3)、ソフトボールにおいてもトレーニングの負荷管理に活用できる可能性が示唆された。</p> <p>図5の各ポジションの守備時におけるHIEの頻度は、投球動作においてGPSでは計測できず、IMUによって計測できるような加速、減速、方向転換といった細かな動きが多いと考えられることから、ピッチャーが最も高く、ピッチャーの動きは他のポジションに比べ3~25倍程度、高強度の動きの頻度があることが示唆された。また、図2の結果からピッチャーの試合中の動きとして、高強度走が他のポジションに比べ極めて少ないことも明らかとなった。</p>
トレーニングの成果等	<p>本研究において、高校トップレベルの女子ソフトボール選手における試合中の守備時の活動プロファイルは、守備内容とポジションに影響を受ける可能性が示唆された。</p>
課題	<p>本研究の限界として、守備時の動きは、捕球の頻度や位置、さらにはベースカバーの動きなどにも影響を受けることが予想されるが本研究では映像を用いて分析を行っていないため、それらの要因からの検討がなされなかった。今後の課題として、特にピッチャーにおいては特異的な活動プロファイルが確認されたため、今後の研究対象ポジションとしたい。また映像を用いての分析や攻撃時の動きの分析も重要な検討事項であると思われた。</p>
その他	
資料名・参照URL等	<p>https://www.juntendo.ac.jp/hss/albums/abm.php?f=abm00033297.pdf&n=Vol76_p037.pdf</p>
SUPER-BITを用いた場合との比較等	<p>SUPER-BITでは補給時の運動は測定不可。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 32】

機関名	早稲田大学
スポーツ種目	野球
トレーニング内容	野球のピッチャーの投球時に、手のひらの筋肉がどのように活動しているのかを計測（表面筋電図計測）
活用デバイス	ウェアラブル伸縮配線を新たに開発
デバイスの装着・計測の方法	<p>高分子ナノ薄膜からなる超薄型電極「電子ナノ絆創膏」と組み合わせることで、野球における投球時の手のひらの筋活動（表面筋電位）をリアルタイムで計測する</p> <p>本研究では、ピッチャーの投球時の手のひらの筋活動を計測するため、電子ナノ絆創膏を手のひらの筋肉（短母指外転筋）に貼付。また、手のひらに貼付した電子ナノ絆創膏と前腕に固定した Bluetooth 端末をつなぐコネクタとして、装着者の投球時の手首の関節動作を妨げず、激しい（加速度の大きな）運動に対しても安定な電氣的接続を可能にするウェアラブル伸縮配線を新たに開発。</p>  <p>「切り紙」から着想を得た伸縮配線を用いてピッチャー投球時の手のひら筋電計測に成功</p>
取得データ	投球モーションと筋活動の関係性を詳細に解析（図 4）。

	 <p>図4 被験者がストレート（球速約110 km/h）を投げた際の手のひらの表面筋電図とハイスピードカメラで撮影した投球モーション（NPG Asia Mater.の論文中のFigure 5を改変の上転載）</p>
<p>解析方法</p>	<p>野球経験者の投球時の手のひらの表面筋電図をリアルタイムで計測。さらに、ハイスピードカメラで撮影した投球動作の映像と計測した筋電波形を同期させて、ストレートとカーブの投球時の前腕と手のひらの筋活動を比較した。</p>
<p>トレーニングの成果等</p>	<p>ストレートとカーブの投球時の前腕と手のひらの筋活動を比較したところ、前腕の筋活動には球種間でほとんど違いが見られなかったのに対し、手のひらにおいては力を入れるタイミングに若干の違いがあることを初めて見出した（図5）。</p>  <p>図5 被験者がストレートとカーブを投げた際の前腕と手のひらの表面筋電図（最大随意収縮強度を基準とした表面筋電位として表示）（NPG Asia Mater.の論文中のFigure 5およびFigure S15を改変の上転載）</p>

	<p>電子ナノ絆創膏と伸縮配線を組み合わせた本デバイスは、装着者が皮膚に違和感を覚えずに使用できるため、実際の運動に限りなく近い状態での筋肉の活動を計測できる。従って、あらゆるスポーツにおいて繊細な皮膚感覚を有するアスリートのパフォーマンスを詳細に解析するためのツールとして利用できる。例えば、野球やゴルフ、ダーツといった適切な力加減が必要とされる種目にはイップスと呼ばれる運動障害が存在するが、これは、「無意識的な筋活動の乱れ」（オックスフォードスポーツ医科学辞典，2006）によって、今までできていた比較的簡単なプレーができなくなる症状とされている。本デバイスを利用して運動中の手指の筋活動を詳細に理解できるようになれば、イップス改善法策定に向けた一助となることが期待できる。さらには、音楽や工芸におけるプロフェッショナルの筋電図も記録できる。</p>
課題	<p>電子ナノ絆創膏と伸縮配線を組み合わせた本デバイスは、装着者が皮膚に違和感を覚えずに使用できるため、実際の運動に限りなく近い状態での筋肉の活動を計測できる。従って、あらゆるスポーツにおいて繊細な皮膚感覚を有するアスリートのパフォーマンスを詳細に解析するためのツールとして利用できる。例えば、野球やゴルフ、ダーツといった適切な力加減が必要とされる種目にはイップスと呼ばれる運動障害が存在するが、これは、「無意識的な筋活動の乱れ」（オックスフォードスポーツ医科学辞典，2006）によって、今までできていた比較的簡単なプレーができなくなる症状とされている。本デバイスを利用して運動中の手指の筋活動を詳細に理解できるようになれば、イップス改善法策定に向けた一助となることが期待できる。さらには、音楽や工芸におけるプロフェッショナルの筋電図も記録できる。</p>
その他	<p>表面筋電図^(注1)は、医学研究や、リハビリテーションやスポーツ科学などの人間工学的分野における研究で筋活動を観察するために広く用いられている。特に、繊細な皮膚感覚を有するアスリートにとって、計測デバイスを違和感なく装着し、かつ、その場で自身の動作と筋電図をシンクロナイズさせながら確認できることはパフォーマンス向上や運動障害の克服において極めて重要である。生体計測用のウェアラブルデバイス^(注2)の開発は、近年盛んに行われており、皮膚に直接貼り付けて表面筋電図を無線計測可能な Bluetooth 型デバイスが数多く報告されているが、手のひらや足の裏といった繊細な感覚を有し素早く複雑な動きを伴い、かつ摩擦が生じやすい部位に対しては、従来のウェアラブルデ</p>

	<p>バイスを装着するとこれらの問題のために装着者のパフォーマンスを下げずに表面筋電図を計測することは困難とされてきた。</p>
<p>資料名・参照URL等</p>	<p>https://www.waseda.jp/top/news/67688</p>
<p>SUPER-BITを用いた場合との比較等</p>	<p>SUPER-BITでは四肢の運動は測定不可、リアルタイム解析ができない。</p> <p>本取組を行った際の被験者のトレーニング中の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p>

【事例 33】

<p>機関名</p>	<p>公益財団法人 明治安田厚生事業団 八王子保健生活協同組合 公益社団法人 日本エアロビック連盟 株式会社 電通国際情報サービス</p>
<p>スポーツ種目</p>	<p>なし（健康づくりのための運動プログラム）</p>
<p>トレーニング内容</p>	<p>2021年2月から8週間の予定で、16名の参加者を対象にトライアルとして実施。平日の毎朝8時30分から20分間、双方向型のオンライン・コミュニケーション・システムを使って運動教室を開催。</p> <div data-bbox="400 797 1358 1458" data-label="Diagram"> <p>概要図は、オンライン運動教室とコミュニティの連携を示しています。中央には「オンライン運動教室」があり、インストラクターが指導しています。参加者は自宅から参加し、心拍計と体調・血圧をアプリでモニタリングしています。リアルタイムモニタリングは「研究スタッフによるリアルタイムモニタリング」が行われ、心拍数はAさん（89拍）、Bさん（92拍）、Cさん（100拍）と表示されています。右側の注釈には「地域に住む高齢者」「オンラインコミュニティ」「安全管理（心拍数モニタリング）」「毎朝20分自宅実施」とあります。</p> </div> <div data-bbox="400 1514 1366 1839" data-label="Image"> <p>この写真は、オンライン運動教室のトライアルの様子を示しています。参加者は自宅から参加し、インストラクターの指導に従って運動しています。</p> </div> <p>トライアルの様子</p>

活用デバイス	独自に開発した安全管理アプリ（ウェアラブルデバイスに関する情報はなし）
デバイスの装着・計測の方法	
取得データ	運動前の体調や血圧を事前にチェックした上で、運動中の心拍数をスタッフがオンライン上で集中管理する。
解析方法	短期的には対象者の健康に関する意識・行動・習慣、認知機能や脳活動および生活機能に対する影響、中・長期的には生活状況・健康状態（各種疾患の有病率、抑うつ度、主観的健康感、生活満足度など）の変化を調査する。さらに、将来的には要介護と認知症の発生率および医療費と介護費への影響などを検証する計画。
トレーニングの成果等	運動教室中はインストラクターと参加者、参加者同士でやり取りする姿が目立つ。参加者からは 「コロナ禍にもかかわらず運動できる機会があるのはありがたい」 「運動教室中にみんなの顔が見られるのは画期的」 「毎日同じ時間に運動をすることで生活スタイルにリズムができ、良い影響を実感している」 「肩の痛みがなくなって腕が上がるようになった」 といった好意的な意見が得られている。
課題	
その他	<p>公益財団法人 明治安田厚生事業団、八王子保健生活協同組合、公益社団法人 日本エアロビック連盟、株式会社 電通国際情報サービスの4者は、2021年2月1日付で共同研究契約を締結し、コロナ禍における新生活様式をふまえた高齢者の健康づくりに向け、オンライン健康づくりシステムの開発とその実証研究を開始した。</p> <p>2021年度中には認知機能等への効果を検証するため、トライアルの結果を受け、全体の仕組みを修正したうえで、対象者を数百名規模に拡大し実験を行う予定。さらに、数年単位で仕組みを整備していき、最終的には対象地域である八王子市に居住する高齢者であれば、誰でも日常的に参加できるような仕組みの構築を目指している。</p>
資料名・参照 URL 等	<p>高齢者向けオンライン健康づくりシステムの共同実証研究を開始</p> <p>https://www.my-zaidan.or.jp/pressrelease/detail.php?id=0bf363330971d92ea123b10da4b3c62b&tmp=1628068562</p>

SUPER-BIT を用いた場合との比較等	<p>SUPER-BIT ではリアルタイム解析ができない。内容は、メンタルヘルスの内容。取り付けは、SUPER-BIT の方が容易。</p> <p>本取組を行った際の被験者の運動負荷がどれだけあったのかの測定：心拍数、呼吸数、運動量：METs、消費エネルギー、ストレスチェックは測定可能。</p> <p>SUPER-BIT を用いた場合のメリット：心臓の傍で、ノイズの少ない、しっかりとした波形が測定できる（心臓の近くでの血圧も算出の可能性）。心と体の動きを連動させ測定できる。</p>
-----------------------	---

3.1.7 調査のまとめ

本調査は、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングに関する事例を収集し、バイタルデータの解析方法や評価方法等を整理することを目的として実施した。

33 件の各事例では、様々なウェアラブルデバイスが活用されている。それらと SUPER-BIT とを比較した場合、SUPER-BIT には以下のようなメリット・デメリットがあることが確認できた。

SUPER-BIT のメリット

- ・取り付けが容易
- ・心臓の傍で、ノイズの少ない、しっかりとした波形が測定できる
- ・心と体の動きを連動させ測定できる。

SUPER-BIT のデメリット

- ・四肢等、体の一部分の動きを測定するのは不向き
- ・リアルタイムでの解析ができない（簡単なデータの表示は可能）
- ・防水対応ではないため、水泳等には使用できない

3.2 バイタルデータの取得実験

3.2.1 調査目的

ウェアラブルデバイス「SUPER-BIT」により実際に計測を行い、バイタルデータの解析方法や評価方法等を整理することを目的として実施した。

3.2.2 調査対象

いずれも 60 代の男女 1 名ずつを被験者とした。

3.2.3 調査方法

SUPER-BIT を装着して日常生活を過ごし、計測したバイタルデータを SUPER-BIT 専用解析ソフトウェア「BITAS」にて解析を行った。

3.2.4 調査項目

調査項目は、以下の通りである。

No.	調査項目
1	心電図
2	温度
3	加速度
4	睡眠情報
5	睡眠の質
6	睡眠時無呼吸の状態
7	運動時のエネルギー消費量
8	1日の運動量
9	自律神経のストレス度

図表 7 バイタルデータの取得実験 調査項目

3.2.5 測定日時・時間

バイタルデータの測定を実施した日時は、以下の通りである。

○60代男性の場合

測定開始時刻	測定終了時刻	測定時間
令和4年1月4日 20時 22分	令和4年1月5日 8時 21分	12時間 0分 38秒
令和4年1月5日 21時 47分	令和4年1月6日 9時 47分	12時間 0分 38秒
令和4年1月7日 5時 25分	令和4年1月7日 17時 25分	12時間 0分 35秒
令和4年1月8日 9時 13分	令和4年1月8日 18時 29分	9時間 15分 3秒
令和4年1月11日 20時 45分	令和4年1月12日 16時 48分	20時間 3分 28秒

○60代女性の場合

測定開始時刻	測定終了時刻	測定時間
令和4年1月4日 21時 42分	令和4年1月5日 9時 41分	12時間 2分 55秒
令和4年1月8日 7時 57分	令和4年1月8日 19時 59分	12時間 2分 50秒
令和4年1月11日 6時 6分	令和4年1月11日 18時 06分	12時間 0分 36秒
令和4年1月13日 22時 49分	令和4年1月14日 22時 22分	23時間 33分 24秒

図表 8 バイタルデータの取得実験 測定日時・時間

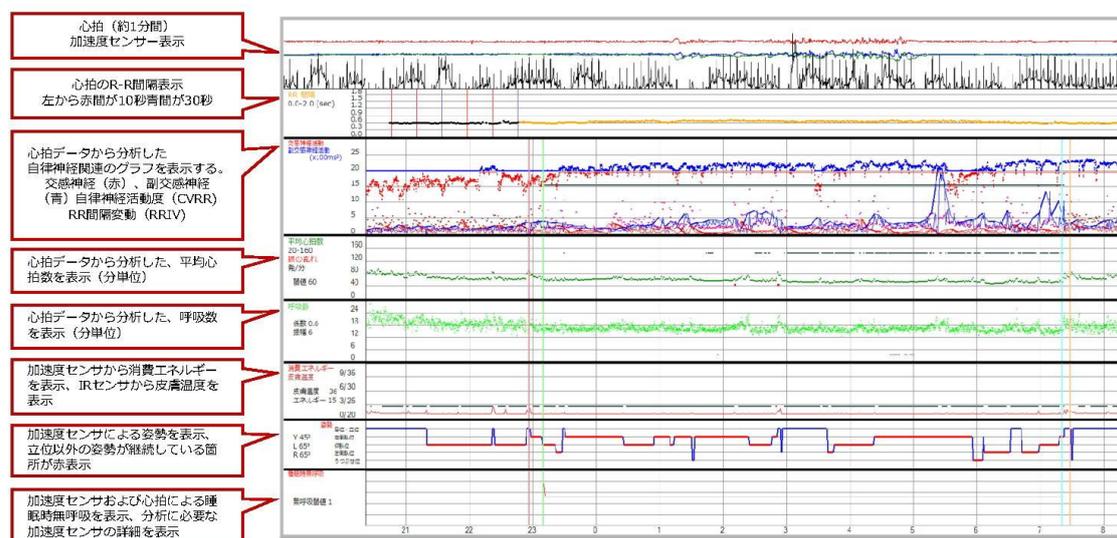
なお、取得したバイタルデータと照合するため、被験者には、測定している時間帯における活動状況（工作中、睡眠中等）がどうであったかをおおまかに聴取している。以下はその例である。

60代男性の活動状況	
開始日時	2022/01/04 20:22:10 Tue
終了日時	2022/01/05 08:22:48 Wed
取得日時	2022/01/05 20:49:51 Wed
計測時間	12時間 00分 38秒
20時 30分	装着
TV	ゲーム
23時 00分	就寝
02時 58分	トイレ
07時 20分	起床
45分	朝食
08時 30分	出勤
40分	会社到着

図表 9 被験者の活動状況の例

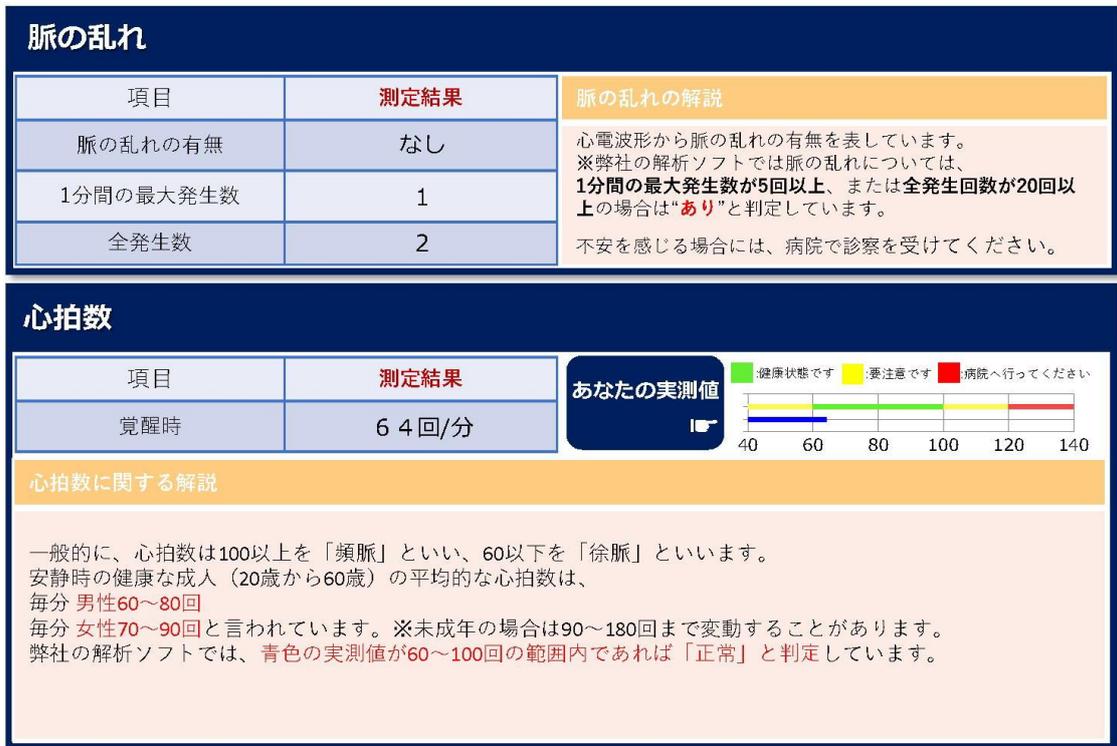
3.2.6 調査結果（例）

以下、バイタルデータ取得実験による調査結果を報告する。取得したデータは膨大になるため、ここでは、その代表例のみに留める。



図表 10 一次解析データ

一次解析データでは、SUPER-BIT で取得したバイタルデータから解析された、心拍数、自律神経関連、呼吸数、消費エネルギー、温度、姿勢、睡眠時無呼吸等の情報がグラフとして表示される。加速度に関してはそのままのデータが表示されるのではなく、消費エネルギーや姿勢等に反映される。



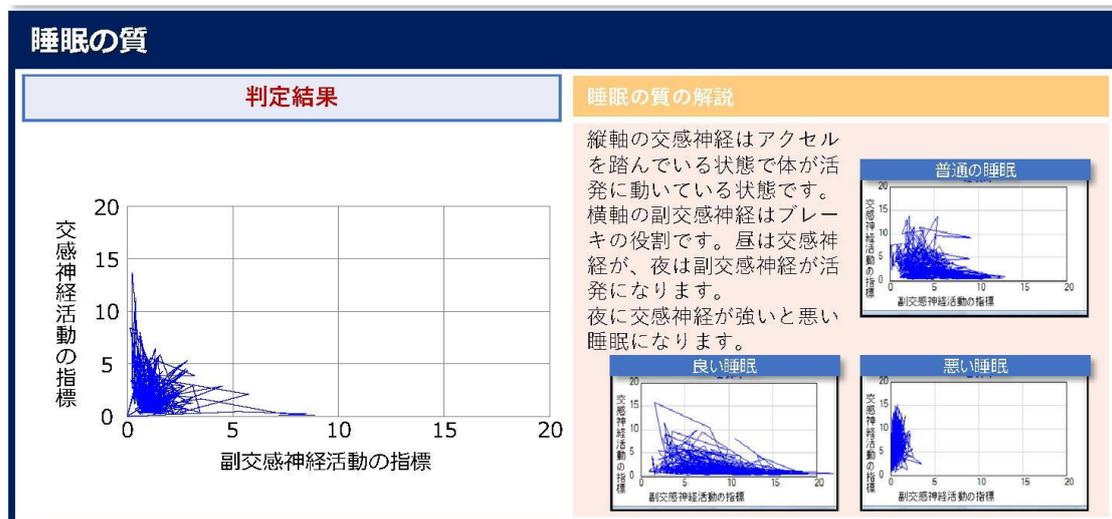
図表 11 脈の乱れ・心拍数

脈の乱れの有無や、覚醒時における1分当たりの心拍数が表示される。これらの値によって、健康状態か、要注意か、病院の診察が必要かが判定される。



図表 12 睡眠情報

睡眠情報には、睡眠時間、入床時刻（床についた時刻）、入眠時刻、睡眠効率、寝返り回数等が表示される。



図表 13 睡眠の質

交感神経の指標と副交感神経の指標によって、睡眠の質が判定される。



図表 14 睡眠時無呼吸の状態

睡眠時に呼吸が 10 秒以上停止する「睡眠時無呼吸」の状態が、睡眠中に何回あったかが表示される。

運動時のエネルギー消費量		
項目	測定結果	運動のエネルギー消費量の解説
体重1kgあたりのエネルギー消費量	0.6kcal/kg	体重1kgあたりの運動によるエネルギー消費量は、「MET s × 時間」で算出され、MET s の総量を増やすことがエネルギー消費量を増やすことに直結します。実際の運動時エネルギー消費量は、左記の計測値にご自分の体重を乗じれば算出することができます。

図表 15 運動時のエネルギー消費量

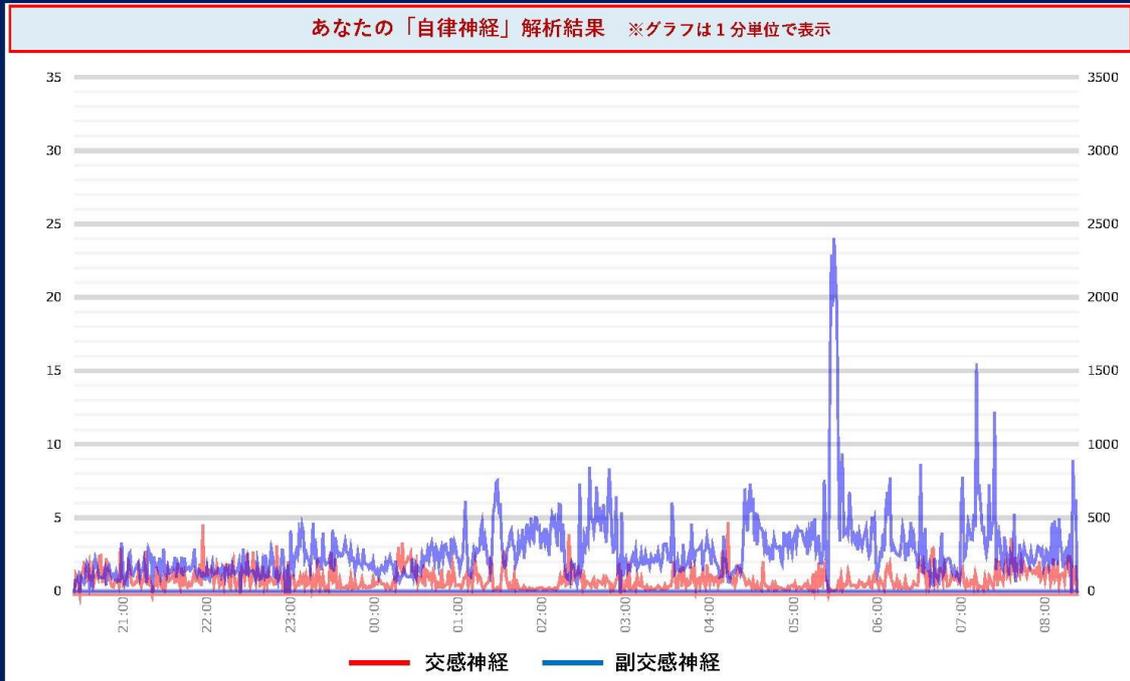
運動時のエネルギー消費量は、体重 1kg 当たりのエネルギー消費量として表示される。実際のエネルギー消費量は、この値に被験者の体重を乗じることで算出される。

1日の運動量 (MET s)																											
項目	測定結果	1日の運動量 (MET s) の解説																									
軽強度活動	22分	MET s とはMetabolic Equivalentsの略で、運動の強度を表します。下表のように数字が大きいくほど強い運動になり、「中強度」「高強度」を合わせて有効活動量といい、成人で1日30分以上を目標にしてください。※未成年者は120分を目標にしてください。																									
中強度活動	0分																										
高強度活動	0分																										
有効活動量	0分																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>身体活動の分類</th> <th>METs</th> <th>活動内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>座位活動</td> <td>1~1.5</td> <td>座ってTV視聴、ゲーム、勉強</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">軽強度活動</td> <td>1.5~2</td> <td>立って動かない、室内歩行</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>野外の散歩</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">中強度活動</td> <td>3</td> <td>普通歩行</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>やや速歩、自転車</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>かなり速歩、ダンス</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">高強度活動</td> <td>6</td> <td>ジョギング</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>速いジョギング</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>階段登り、ランニング</td> </tr> </tbody> </table>	身体活動の分類	METs	活動内容	座位活動	1~1.5	座ってTV視聴、ゲーム、勉強	軽強度活動	1.5~2	立って動かない、室内歩行	2.5	野外の散歩	中強度活動	3	普通歩行	4	やや速歩、自転車	5	かなり速歩、ダンス	高強度活動	6	ジョギング	7	速いジョギング	8	階段登り、ランニング
身体活動の分類	METs	活動内容																									
座位活動	1~1.5	座ってTV視聴、ゲーム、勉強																									
軽強度活動	1.5~2	立って動かない、室内歩行																									
	2.5	野外の散歩																									
中強度活動	3	普通歩行																									
	4	やや速歩、自転車																									
	5	かなり速歩、ダンス																									
高強度活動	6	ジョギング																									
	7	速いジョギング																									
	8	階段登り、ランニング																									
<p>上のグラフにより、一日のどの時間帯で運動しているかが判ります。</p>																											

図表 16 1日の運動量

1日の運動量は、軽強度活動、中強度活動、高強度活動のそれぞれの活動時間として表示される。この内、中強度活動と高強度活動の合計が有効活動量になる。

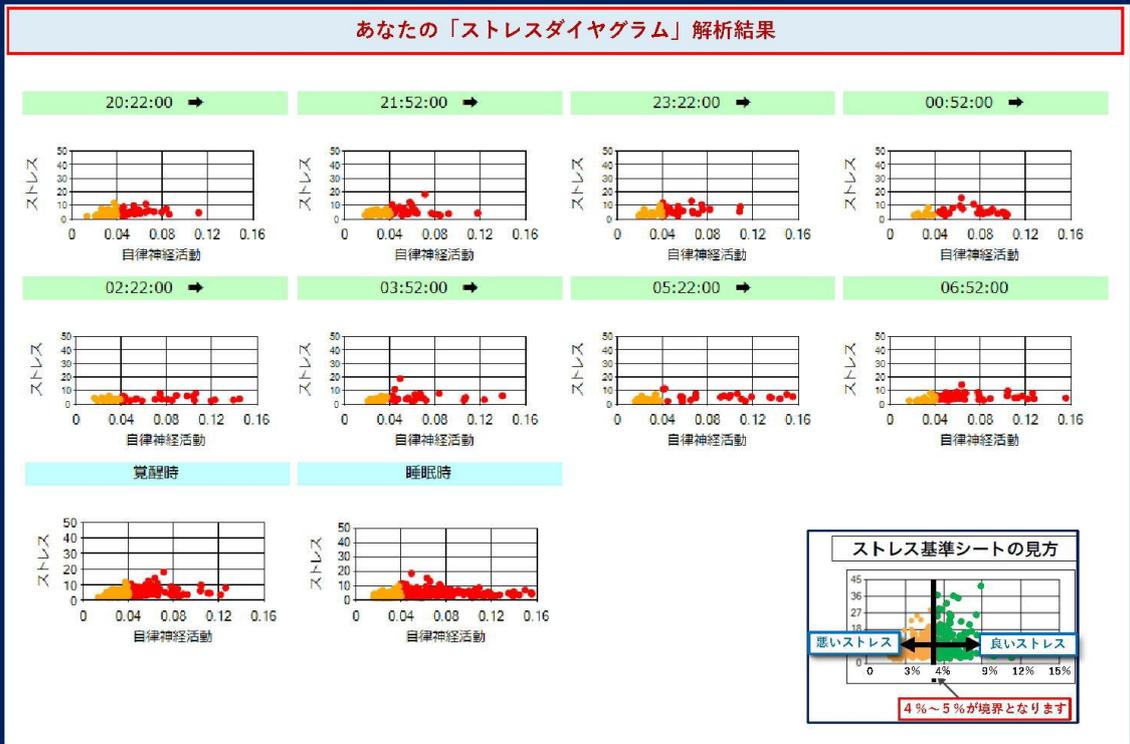
自律神経グラフ



図表 17 自律神経グラフ

交感神経と副交感神経の指標がグラフで表示される。交感神経のグラフが副交感神経のグラフを上回っている時間帯は緊張状態を示す。逆に、副交感神経のグラフが交感神経のグラフを上回っている時間帯はリラックス状態を示す。

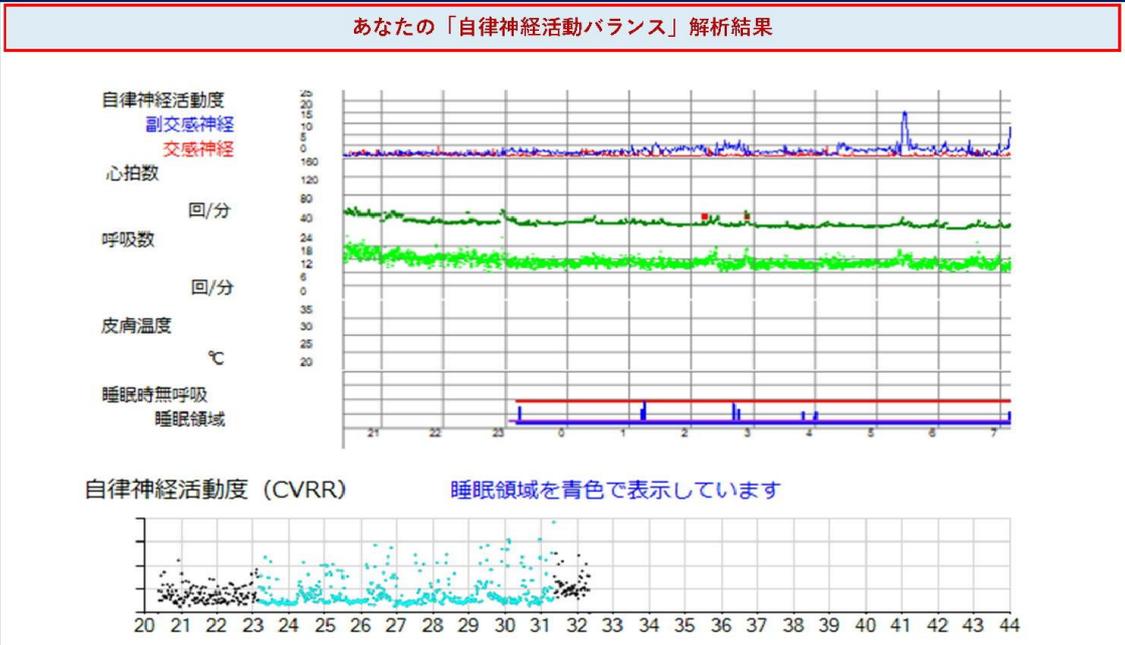
ストレスダイヤグラム



図表 18 ストレスダイヤグラム

ストレスダイヤグラムには、自律神経のストレス度が表示される。この結果を分析することで、自律神経統合失調症や鬱症状の兆候を発見することができる。

自律神経活動バランス



図表 19 自律神経活動バランス

自律神経活動バランスでは、交感神経と副交感神経の活性化度合いと、心拍数、呼吸数、体温、睡眠時無呼吸の状態を照合して確認できる。

3.2.7 調査のまとめ

本調査は、ウェアラブルデバイス「SUPER-BIT」により実際に計測を行い、バイタルデータの解析方法や評価方法を整理することを目的として実施した。

SUPER-BIT によって計測できるバイタルデータは、心拍数や呼吸数、姿勢等、トレーニングの評価に活用できるものと、睡眠や自律神経に関連するメンタルヘルスに活用できるものがある。専用の解析用ソフトウェア「BITAS」を使用することで、バイタルデータを単に表示するだけでなく、ストレス等の解析も行えることがわかった。

第4章 調査のまとめ

本事業では、教育プログラム開発に先立ち、スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査と、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングの実施事例調査の2つの調査を実施した。

スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査は、国内外の教育期間を対象として、スポーツ・体育系科目を遠隔教育により実施している事例を収集した。インターネットによる情報収集・資料収集を行い、23件の事例を収集することができた。公開されている情報の中では、Zoomを用いたリアルタイムでの授業実施が複数あった。また、多くの事例で、評価はレポートによる方法を採用していた。

ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングの実施事例調査では、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングの実施事例を収集したほか、本事業で開発する教育プログラムで活用するウェアラブルデバイス「SUPER-BIT」を用いたバイタルデータの取得実験を行った。

前者の事例収集では、インターネットによる情報収集・資料収集を行い、33件の事例を収集することができた。各事例において活用したウェアラブルデバイスに関する情報や、トレーニング等の方法、計測するバイタルデータの種類等を整理した。さらに、SUPER-BITで同様の取組を行った場合と比較し、SUPER-BITのメリット・デメリットを分析した。

後者のバイタルデータ取得実験では、2名の被験者を対象に、のべ13日間、約115時間のバイタルデータを計測した。取得したバイタルデータに、トレーニングの評価に活用できるものと、メンタルヘルスに活用できるものがあることを確認できた。また、専用の解析用ソフトウェア「BITAS」を用いることで、ストレス等の解析も可能であることがわかった。

以上の調査結果を基に、今年度から次年度にかけて、教育プログラム開発に取り組むこととした。

第3部 開発報告

本章では、教育プログラム開発について報告する。

第1章 遠隔教育の導入方策とモデル化の概要

本事業では、ウェアラブルデバイスを活用してスポーツ系科目の遠隔教育導入モデルの構築を行う。

1.1 カリキュラムの概要

本事業で開発したカリキュラムは、個人ワークとグループワークから構成した。全体の学習時間は30コマ（45時間）である。

個人ワークでは、独自に開発するeラーニングシステムを活用して、「体力トレーニングの理論と実践」（必修）、「バイタルデータの取得と解析」（必修）及び「メンタルヘルストレーニング」（選択）の各科目の学習を行う。

「体力トレーニングの理論と実践」では、講師による体力トレーニングの実演映像（リアルタイムまたはオンデマンド）を見ながら、実際にそのトレーニングを行う。トレーニングの際には、予め本校から貸与するウェアラブルデバイス「SUPER-BIT」を身に付け、トレーニングを行いながらバイタルデータを取得し、サーバーに記録する。サーバーに記録されたデータを基に本校教員がAIを活用して解析し、学生にフィードバックする。

「バイタルデータの取得と解析」では、体力トレーニングによる効果がウェアラブルデバイスで取得されるデータにどのように反映されるか、取得されたデータの解析方法等を学習する。

「メンタルヘルストレーニング」では、「体力トレーニングの理論と実践」で取得したバイタルデータを基に、「イメージトレーニング」「リラクゼーション」「コミュニケーション」の中から提案されたメニューを選択してトレーニングを実践する。

さらに、フィードバックされたデータを基に、グループワークにて、学生同士でトレーニングの心身に対する効果の検証や評価等を行う。このグループワークはZoom等のオンライン会議システムと独自開発するeラーニングシステムとを組み合わせる。

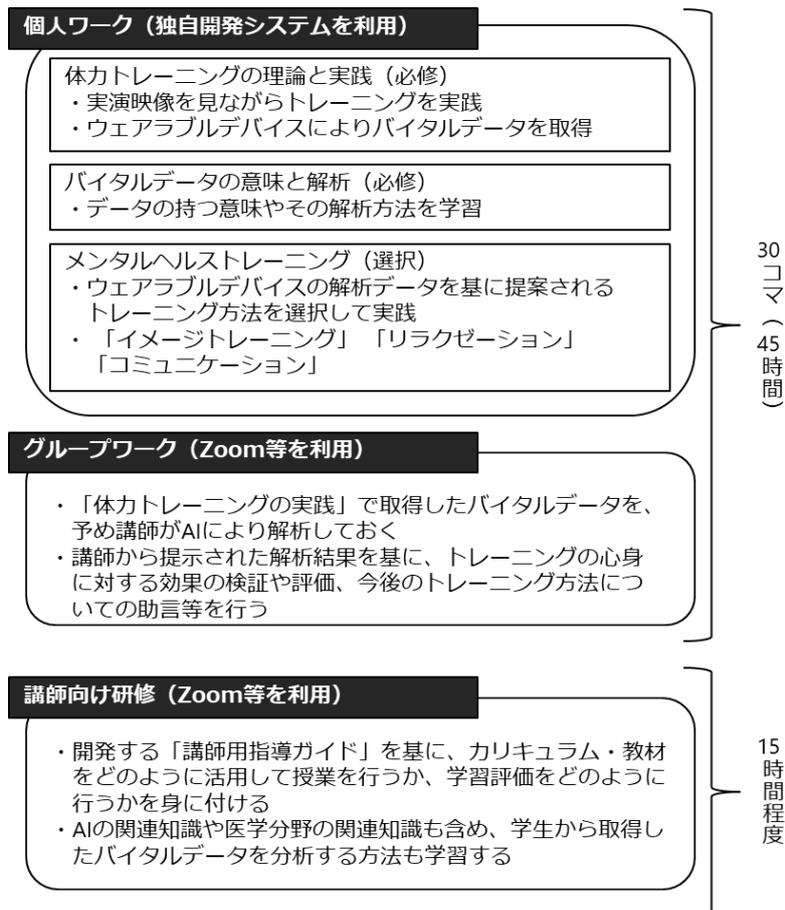
以上のような構成で、スポーツ系とIT系の学生双方が学べる分野横断的な教育プログラ

ムとした。

1.2 講師用指導ガイド及び講師向け研修

本事業で構築する遠隔教育導入モデルでは、ウェアラブルデバイスによるバイタルデータの取得やAIを用いたデータ解析、それを基にしたトレーニングの提案、さらには開発するeラーニングシステムやオンライン会議システム等、従来の対面式授業には見られなかった手法や教材等を扱う。そのため、本モデルによってどのように授業を行い、学習評価をどのように行うかについて解説した講師用指導ガイドを開発する必要がある。講師用指導ガイドには、先述した授業運営や学習評価に関するものに加え、AIの関連知識や医学分野の関連知識の解説も含める。さらに、この講師用指導ガイドを用いて、オンライン会議システム上で講師向け研修を実施する。講師向け研修の実施時間は15時間程度を想定している。

なお、この講師用指導ガイドや講師向け研修の開発は、令和4年度から取り組む予定である。



図表 20 本教育プログラムのイメージ

1.3 本モデルで活用するウェアラブルデバイス

本モデルでは、株式会社人間と科学の研究所が開発した「SUPER-BIT」というウェアラブルデバイスを活用する。この「SUPER-BIT」は、本校が平成30年度～令和2年度に取り組んだ文部科学省 専修学校による地域産業中核的人材養成事業「AIとIoTを駆使して地域医療連携とチーム医療をサポートできる高度IT人材育成カリキュラム開発」において、医療IT分野の教材として活用した「MR-BIT」の後継機種である。実証講座で実際に「MR-BIT」を学生に装着してもらい、普段通りに24時間を過ごしている間に取得したバイタルデータを記録し、AIにより解析するという内容の授業を行ったが、対象学生の生活の実態がデータに鮮明に現れていた。こうした実績を基に、本事業では「SUPER-BIT」を活用することとした。

「SUPER-BIT」には、「MR-BIT」に搭載されていた心電計、温度計、3軸加速度計に加え、3軸のジャイロ、3軸のコンパス、気圧計（高度計）の他、3色のLEDと有機EL表示盤が搭載されている。この「SUPER-BIT」からは以下のようなデータが得られる。

心電図	脈の乱れ、自律神経の導出、自律神経活動度
温度	表皮温度、環境温度、体内温度
加速度	重力加速度、運動加速度
運動量	運動エネルギー、消費エネルギー、姿勢
睡眠状態	睡眠状態の基本データ、無呼吸症候群（AHI）、睡眠の質
ストレス状態	健康、問題あり、糖尿病、うつ病、自律神経、統合失調症、いじめ、パワハラ等の抽出

図表 21 「SUPER-BIT」で取得できるバイタルデータ（一部）

「SUPER-BIT」は、心臓の傍らに貼り付けて使用するため、ノイズが少なく、精度の高いバイタルデータの測定が可能である。また、9軸センサにより体幹に沿って体の代表値として測定できるため、スポーツ医学での活用も期待されている。さらに、生活防水機能を備え、小型・軽量であるため、普段の生活のまま必要なデータが全て取得可能である。プライバシー保護機構も充実しているため、安心して利用できる。

平成30年度～令和2年度に取り組んだ事業では、主に温度や心電図、睡眠状態、運動量等に関するデータを取得し、被験者となった学生の実際の生活リズムと一致していたことを確認した。本事業ではこの経験を元に、「SUPER-BIT」に新たに搭載された3軸のコンパスや3軸のジャイロによって学生の姿勢を表すデータも取得し、学生が取り組んでいる

トレーニングの効果がどの程度現れているかや、実際にトレーニングを行っているかも含めて評価することが一つのポイントとなる。SUPER-BIT には、MR-BIT にはなかった有機 EL による表示盤もあるため、学生がトレーニングを行いながらその効果がどのように計測されるかを自分でリアルタイムに確かめることができ、学生のモチベーション向上効果も期待できる。



サイズ : 40 x 43 x 13mm

重量 : 20g

図表 22 SUPER-BIT

なお、本モデルでは、開発や運用に係るコストを抑えるため、一般に普及している PC やスマートフォン、タブレット等で容易に受講ができるようなシステム構成とする。個人ワークでは、基本的には標準的なブラウザで表示できるホームページ形式のものを想定し、グループワークや講師向け研修では、無償で利用できる Zoom を中心に活用する。

1.4 本モデルに期待される効果

本モデルを構築することで、第 1 部 第 1 章 1.1 で述べた、スポーツ系科目を遠隔教育で実施する際の 3 つの課題の解決が期待できる。具体的には、講師用指導ガイドや講師向け研修が講師のノウハウ不足の、本モデルのカリキュラムや教材が遠隔教育のコンテンツ不足の、「SUPER-BIT」により取得したバイタルデータの解析が学習評価のノウハウ不足の、それぞれ対策となる。さらに、今後も想定される新型ウイルスや大規模災害、増加する不登校等の事由により、遠隔授業が長期化する際に懸念されるのが運動能力の低下及びクラスメートとの仲間意識の希薄化である。本モデルは、これらの問題に対する有効な対策となることが期待される。

第2章 教育プログラム開発

本事業では、カリキュラム、シラバス、及びカリキュラムを構成する「体力トレーニングの理論と実践」「バイタルデータの取得と解析」「メンタルヘルストレーニング」の各科目に対応した教材、及び e ラーニング教材を開発した。なお、本カリキュラムに含まれる「トレーニングとグループワーク」に関する教材は、令和4年度以降に開発する計画である。

2.1 カリキュラム開発

本カリキュラムは、前章で述べたように、個人ワークとグループワークとから構成される。

個人ワークでは、講師の映像を見ながら体力トレーニングを実践する「体力トレーニングの理論と実践」(必修)を中核に据え、そこで必要なバイタルデータの意味や取得方法、解析方法等を学習する「バイタルデータの意味と解析」を必修科目とした。さらに、取得したバイタルデータの解析結果からメンタルヘルスの状態をフィードバックし、提案されるトレーニングメニューを選択して実践する「メンタルヘルストレーニング」を、一部選択科目として設定した。

グループワークでは、フィードバックされたデータを基に、学生同士でトレーニングの心身に対する効果の検証や評価等を行う。

以上の内容を整理したものが、次の科目表である。

科目名	コマ数 時間数	概要
体力トレーニングの理論と実践	7 コマ 10.5 時間	体力トレーニングの理論を学習し、実践する。その際、ウェアラブルデバイスを装着し、トレーニング中のバイタルデータを取得する。
バイタルデータの意味と解析	10 コマ 15 時間	ウェアラブルデバイスによるバイタルデータの取得方法や、取得したデータの意味、その解析方法について、講義や演習により学習する。
メンタルヘルストレーニング	10 コマ 15 時間 (内 2 コマ・3 時間は選択)	メンタルヘルストレーニングの基礎知識とその方法について学習する。さらに、「体力トレーニングの理論と実践」で取得したバイタルデータの解析結果を基に、各学習者に適したメンタルヘルストレーニングのメニューを選択して受講・実践し、講師によるアドバイスも行う。
トレーニングとグループワーク	3 コマ 4.5 時間	他科目による学習・実践内容を基に、トレーニングによる心身に対する効果の評価・検証、今後のトレーニングプラン等に関するグループディスカッションを行う。
合計	30 コマ 45 時間	

図表 23 本カリキュラムの科目表

2.2 シラバス開発

前節で報告したカリキュラムの各科目について、科目概要や授業計画、評価方法等を検討してシラバスを開発した。シラバスの記載項目は、以下の通りである。

項目	内容
科目名	科目の内容を端的に表す名称。
コマ数	授業のコマ数を記載する。1 コマ=1.5 時間で、週 1 コマ×15 週=15 コマ (22.5 時間) が、半期の標準的な授業時間となる。
科目概要	学習内容や授業方法等を記載する。
履修条件	先に履修しておくべき科目等の条件があればここに記載する。
授業計画	各コマで学習する授業内容を記載する。
使用教材	各科目で使用する教材や、参考となる資料等があれば記載する。
評価方法	成績評価の方法を記載する。

図表 24 シラバスの記載項目

このようにして開発したシラバスを、以下に列記する。

科目名	体力トレーニングの理論と実践	コマ数	7コマ (10.5時間)
科目概要	体力トレーニングの理論を学習し、実践する。その際、ウェアラブルデバイスを装着し、トレーニング中のバイタルデータを取得する。		
履修条件	ウェアラブルデバイスによるバイタルデータ取得が前提となるので、装着・データの提出に同意できることが条件となる。また、体力とレーニンを実際に行うので、運動に適した服装、環境（動いても物にぶつかったりしない。騒音・振動が迷惑にならない等）の準備が必要になる。		
授業計画			
回	授業内容		
第1回	<p>【講義】若者の運動不足</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現代人の運動不足に関して ・若者の運動習慣に関して ・若者の運動離れに関して ・コロナ禍の体力・運動能力テストの結果 ・身体活動とは <p>【講義】体力トレーニングの前に</p> <ul style="list-style-type: none"> ・体力トレーニング実践の際の注意 ・ウェアラブルデバイスの装着 ・ウェアラブルデバイスによる測定 <p>【実践】ストレッチ①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・首のストレッチ① ・首のストレッチ② ・肩のストレッチ ・背中と胸のストレッチ 		
第2回	<p>【講義】運動不足と病気・怪我との関係</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運動不足が死亡原因 ・運動不足による生活習慣病 ・コロナ禍の生活習慣の変化 ・ロコモティブシンドロームに関して ・運動不足とメンタルヘルスの関係 ・運動と自律神経の関係 <p>【実践】ストレッチ②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・もものストレッチ① ・もものストレッチ② ・もものストレッチ③ ・アキレス腱のストレッチ 		
第3回	<p>【講義】筋トレと筋肉の合成の関係</p> <ul style="list-style-type: none"> ・体の構造 筋肉とは ・筋肉と栄養素に関して ・筋肉がつくメカニズム 破壊と超回復 ・運動・食事・休息のサイクルの重要性 ・筋トレの効果 具体例 <p>【実践】上半身の自重トレーニング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プッシュアップ ・プランク ・レッグレイズ ・背筋 		
第4回	<p>【講義】運動をより効果的にする食事</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> ・運動における食事の重要性 ・食事量と運動量のバランス ・5 大栄養素の働き ・バランスの良い食事 ・朝食を食べよう 【実践】 下半身の自重トレーニング ・スクワット ・ももあげ ・ワイドスクワット ・ジャンピングランジ
第5回	<p>【講義】 運動がもたらす良い効果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運動の効果①早期死亡の減少 ・運動の効果②学習効率の向上 ・運動の効果③心が豊かになる ～日常生活の充実～ <p>【実践】 ダンスエクササイズ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダンスエクササイズ① ・ダンスエクササイズ②
第6回	<p>【講義】 トレーニング実施時の注意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運動前チェック・水分補給に関して ・熱中症対策に関して ・運動前後のウォーミングアップとクールダウン ・怪我の対応 ・緊急時の対応 ・継続した運動習慣のために <p>【実践】 総合トレーニング</p>
第7回	<p>【講義】 各トレーニングのポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ストレッチ ・上半身の自重トレーニング ・下半身の自重トレーニング ・ダンスエクササイズ <p>【実践】 総合トレーニング</p>
教科書	オリジナルテキスト
評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・レポート ・ウェアラブルデバイスで取得したバイタルデータ

科目名	バイタルデータの意味と解析	コマ数	10 コマ (15 時間)
科目概要	ウェアラブルデバイスによるバイタルデータの取得方法や、取得したデータの意味、その解析方法について、講義や演習により学習する。		
履修条件	特になし		
授業計画			
回	授業内容		
第 1 回	○概要 ・ウェアラブルデバイス ・ウェアラブルデバイスの種類 ・ウェアラブルデバイスの用途 ○データ ・ウェアラブルデバイスによる代表的データ ・加速度センサ ・角速度センサ (ジャイロセンサ) ・地磁気センサ ・		
第 2 回	○想定モデルと可視化の例 ・想定モデル ・Bluetooth 通信による PC 連携の例 ・加速度センサを用いた振動計の例 ・Processing による可視化の例 ・Unity との連携による可視化の例 ○マイコン (M5StickC) ・M5StickC Plus ・ソフトウェア開発環境 ・開発環境の設定		
第 3 回	○LED ・LED ・LED を用いた開発 ○SW (押しボタンスイッチ) ・SW ・SW を用いた開発		
第 4 回	○シリアル通信 ・シリアル通信 ・シリアル通信を用いた開発 ○LCD ・LCD ・LCD を用いた開発		
第 5 回	○Bluetooth ・Bluetooth ・Bluetooth を用いた開発 ○マイコン内蔵センサ ・マイコン内蔵センサ (加速度と各速度) マイコン内蔵センサを用いた開発		
第 6 回	○加速度計開発 ・加速度計開発 ・ウェアラブルデバイス化 ○四元数		

	<ul style="list-style-type: none"> ・オイラー角 ・四元数 (クォータニオン)
第 7 回	<ul style="list-style-type: none"> ○姿勢変化の把握 ・Unity のインストール・設定 Unity による開発 ○相補フィルタ ・相補フィルタ ・相補フィルタのアルゴリズム
第 8 回	<ul style="list-style-type: none"> ○内蔵 6 軸センサ ・MPU6886 を用いた開発 ・姿勢推定実験 ○外部 6 軸センサ ・MPU6560 を用いた開発 ・姿勢推定実験
第 9 回	<ul style="list-style-type: none"> ○AI 処理の環境準備 ・AI 解析環境 ・AI 解析環境の設定 ○Python【超】入門 ・Python による開発の基本
第 10 回	<ul style="list-style-type: none"> ○OpenPose ・OpenPose ・OpenPose による解析環境の設定 ・OpenPose による骨格推定解析
教科書	オリジナルテキスト
評価方法	レポートによる

科目名	メンタルヘルストレーニング	コマ数	10 コマ (15 時間)
科目概要	メンタルヘルストレーニングの基礎知識とその方法について学習する。さらに、「体カトレーニングの理論と実践」で取得したバイタルデータの解析結果を基に、各学習者に適したメンタルヘルストレーニングのメニューを選択して受講・実践し、講師によるアドバイスも行う。		
履修条件	「体カトレーニングの理論と実践」を履修し、ウェアラブルデバイスによるバイタルデータの取得を終えていること。		
授業計画			
回	授業内容		
第 1 回	メンタルヘルストレーニングの基礎知識 ・導入 ・メンタルヘルストレーニングが必要な背景 具体的な取組内容<方法>① ・SUPER-BIT		
第 2 回	具体的な取組内容<方法>② ・バイタルサイン		
第 3 回	具体的な取組内容<方法>③ ・心電計		
第 4 回	具体的な取組内容<方法>④ ・3 軸加速度計		
第 5 回	具体的な取組内容<方法>⑤ ・自律神経		
第 6 回	具体的な取組内容<方法>⑥ ・ストレス 具体的な取組のまとめ		
第 7 回	個人個人に合ったメンタルヘルストレーニング ・カウンセリングとスポーツメンタルトレーニング ・メンタルを構成する 3 つの要素 ・メンタルが強い人、弱い人の特徴 ・レジリエンス ・脳のしくみ		
第 8 回	メンタルヘルストレーニングの方法 ・メンタルヘルストレーニングの 3 つの方法 ・ストレス度チェックテスト		

以下は、「イメージトレーニング」「リラクゼーション」「コミュニケーション」の中から 1 つ以上を選択して受講する。

【イメージトレーニング】

第 9 回	イメージトレーニング① ・イメージトレーニングの理論
第 10 回	イメージトレーニング② ・イメージトレーニングの実践とアドバイス

【リラクゼーション】

第 9 回	リラクゼーション① ・リラクゼーションの理論
第 10 回	リラクゼーション② ・リラクゼーションの実践とアドバイス

【コミュニケーション】

第 9 回	コミュニケーション① ・コミュニケーションの理論
第 10 回	コミュニケーション② ・コミュニケーションの実践とアドバイス

教科書	オリジナルテキスト
評価方法	レポートによる

科目名	トレーニングとグループワーク	コマ数	3 コマ (4.5 時間)
科目概要	他科目による学習・実践内容を基に、トレーニングによる心身に対する効果の評価・検証、今後のトレーニングプラン等に関するグループディスカッションを行う。		
履修条件	「体力トレーニングの理論と実践」「バイタルデータの取得と解析」「メンタルヘルストレーニング」を全て履修済みであること。		
授業計画			
回	授業内容		
第 1 回	○ガイダンス ・授業内容説明 ・グループ分け ○体力トレーニングの評価 ・体力とトレーニングに関するバイタルデータのフィードバック ・評価に関するグループディスカッション		
第 2 回	○メンタルヘルストレーニングの評価 ・メンタルヘルストレーニングに関するバイタルデータのフィードバック ・評価に関するグループディスカッション		
第 3 回	○トレーニングプラン ・トレーニングプランに関するグループディスカッション ・トレーニングの実践 ・トレーニング結果の評価に関するグループディスカッション		
教科書	オリジナルテキスト		
評価方法	レポートによる		

2.3 「体カトレーニングの理論と実践」科目の教材

「体カトレーニングの理論と実践」科目の教材は、テキスト教材と映像教材を開発した。

2.3.1 テキスト教材

「体カトレーニングの理論と実践」のテキスト教材「体カトレーニングの基礎」は、体カトレーニングをより効果的に実践する上で必要な理論と、次項で報告する映像教材の補足説明等で構成される。

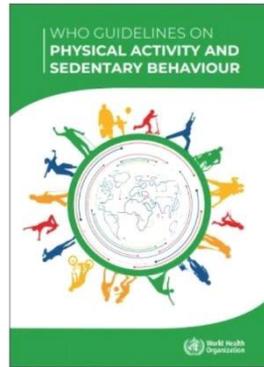
本教材の構成は、以下の通りである。

1. 若者の運動不足
2. 運動不足と病気・怪我との関係
3. 筋トレと筋肉の合成の関係
4. 運動をより効果的にする食事
5. 運動がもたらす良い効果
6. トレーニング実施時の注意点
7. 体カトレーニングメニュー
8. 体カトレーニングのプラン

図表 25 「体カトレーニングの理論と実践」テキスト教材の構成

本教材は PowerPoint 形式で開発し、ノート部分に解説の参考になる情報や資料を記載して、講師が講義を組み立てやすくなるような工夫を行った。以下は、本教材のイメージである。

現代人の運動不足に関して



運動・身体活動と座りがちな行動に関するWHOガイドライン

WHOの調査によると、

**成人の4人に1人
若者の5人に4人**

十分な運動・身体活動を行っていない

4

世界保健機関(WHO)が、「運動・身体活動と座りがちな行動に関するWHOガイドライン」(WHO Guidelines On Physical Activity And Sedentary Behaviour)を発表しました。
(<https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>)
新たなガイドラインでは、一般的な成人に対して1週間で150分～300分の中強度の有酸素運動(もしくは75分～150分の高強度の有酸素運動)を行うことを奨めており、青少年に対しては、平均して1日に60分以上の運動実施を推奨しています。

WHOの調査によると、成人の4人に1人、若者の5人に4人は十分な運動・身体活動を行っていません。運動不足により、世界で5.2兆円(540億米ドル)の直接医療費が失われ、1.5兆円(140億米ドル)の生産性低下が引き起こされています。

「世界中で運動不足を解消すれば、年間で最大500万人の死を防ぐことができる」とWHOでは強調しています。

4

図表 26 「体力トレーニングの理論と実践」テキスト教材 ページ例

2.3.2 映像教材

「体力トレーニングの理論と実践」の映像教材は、体力トレーニングを実践している要素を撮影し、簡単な説明を追加したものである。学生がこの映像を見ながら体力トレーニングを実践することを想定している。

本教材の構成は、以下の通りである。

1. ストレッチ

- (1) 首のストレッチ①
- (2) 首のストレッチ②
- (3) 肩のストレッチ
- (4) 背中と胸のストレッチ
- (5) もものストレッチ①
- (6) もものストレッチ②
- (7) もものストレッチ③
- (8) アキレス腱のストレッチ

2. 上半身の自重トレーニング

- (1) プッシュアップ
- (2) プランク
- (3) レッグレイズ
- (4) 背筋

3. 下半身の自重トレーニング

- (1) スクワット
- (2) ももあげ
- (3) ワイドスクワット
- (4) ジャンピングランジ

4. ダンスエクササイズ①

- (1) ストレッチ
- (2) ダウンのリズム&ステップ
- (3) ステップ&クラップ
- (4) スクワット
- (5) 左右&上にパンチ
- (6) ジャンプ&クロス

- (7) (2)～(6)を続けて行う
- (8) (1)と(5)～(6)を続けて行う

5. ダンスエクササイズ②

- (1) ランニング
- (2) ハンドクロス
- (3) スプリットスクワット
- (4) 左右パンチ
- (5) (2)～(3)を行う
- (6) スタンディングトゥータッチ
- (7) 左右パンチ
- (8) スロースクワット

図表 27 「体カトレーニングの理論と実践」映像教材の構成

また、以下は本教材のイメージである。



図表 28 ストレッチ：首のストレッチ



図表 29 上半身の自重トレーニング：プッシュアップ

2.4 「バイタルデータの意味と解析」科目の教材

「バイタルデータの意味と解析」科目の教材は、ウェアラブルデバイスの概要や、測定するデータの意味、データの解析方法等を、講義やマイコン開発実習により学習するテキスト教材である。マイコン開発の内容を含んでいるが、IT系以外の学生でも理解しやすい難易度となっている。

以下に、本教材の構成を示す。

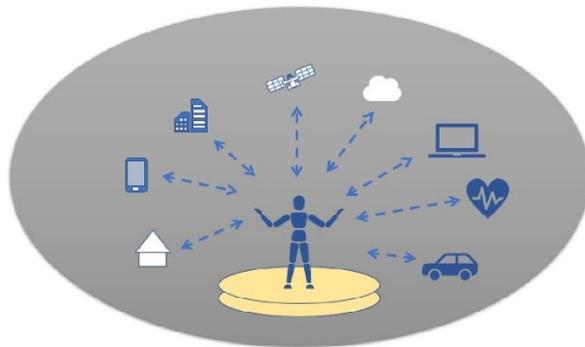
1. ウェアラブルデバイス
2. データ
3. 想定モデルと可視化の例
4. マイコン (M5StickC)
5. LED
6. SW (押しボタンスイッチ)
7. シリアル通信
8. LCD
9. Bluetooth
10. マイコン内蔵センサ
11. 加速度計開発
12. 四元数
13. 相補フィルタ
14. 内蔵 6 軸センサ
15. 外部 6 軸センサ
16. AI 処理の環境準備
17. Python【超】入門
18. OpenPose

図表 30 「バイタルデータの意味と解析」教材の構成

また、本教材は PowerPoint 形式で開発し、ノート部分に解説の参考になる情報や資料を記載して、講師が講義を組み立てやすくなるような工夫を行った。以下は、本教材のイメージである。

ウェアラブルデバイス

- ウェアラブルデバイスとは、腕や頭部などの身体に装着して利用するICT端末のことである。
産業分野での作業支援などにも使われ始めている(総務省報告)



船橋情報ビジネス専門学校

1

ウェアラブルデバイスとは、腕や頭部などの身体に装着して利用するICT端末のことを指しています。

デバイスに搭載されたセンサーを通じて装着している人の生体情報を取得・送信し、クラウド上で解析しフィードバックすれば、フィットネスやヘルスケア分野などでの応用ができると期待されています。また、スマートフォンと連携して、ハンズフリーでのアプリ操作や産業分野での作業支援などにも使われはじめています。

このようなウェアラブルデバイスが、近年急速に商品化されて実用的に使われるようになってきた背景には、センサやデータを処理するCPUの小型化、軽量化、省電力化がたいへんな勢いで進み、使用時の人に与える違和感、使用感の負担が軽減されたことによります。また、スマートフォンの普及によりインターネット接続が容易になったことと、テザリングによってウェアラブルデバイスもインターネット接続ができるような環境が整ったことや、デバイスの省電力化により長時間のインターネット接続が可能になったこと等が挙げられます。

インターネットに送信したデータはクラウド上のホストコンピュータによっていろいろな分析が行えるようになり、ウェアラブルデバイスでデータを取得する価値が増したこともその理由の一つです。

1

図表 31 「バイタルデータの意味と解析」教材 ページ例

2.5 「メンタルヘルストレーニング」科目の教材

「メンタルヘルストレーニング」科目の教材は、メンタルヘルストレーニングの基礎知識や、「イメージトレーニング」「リラクゼーション」「コミュニケーション」の方法等を学習するテキスト教材である。また、第2部 第3章 3.2 で報告したバイタルデータの取得実験の結果を基に、BITAS によるバイタルデータ解析の事例を参考資料としてまとめた。

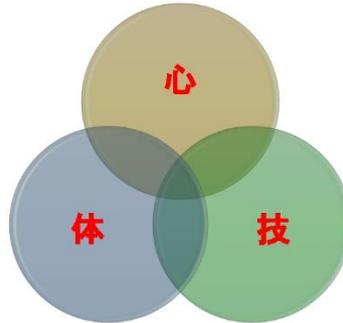
以下に、本教材の構成を示す。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. メンタルヘルストレーニングの基礎知識2. メンタルヘルストレーニングの方法3. イメージトレーニング4. リラクゼーション5. コミュニケーション6. (参考資料) BITAS による解析事例 |
|--|

図表 32 「メンタルヘルストレーニング」教材の構成

また、本教材は PowerPoint 形式で開発し、ノート部分に解説の参考になる情報や資料を記載して、講師が講義を組み立てやすくなるような工夫を行った。以下は、本教材のイメージである。

メンタルを構成する3つの要素



みなさんも、過去に経験したことがあるのではないのでしょうか。

目標の大小は別にして、目標を決め、それに向かって努力を積み重ね、達成した経験です。

過去にあなたが目標を達成したシーンを思い出してみてください。

目標や希望があった時、あなたはそれに向かって努力をしました。

目標を達成するまで、モチベーションを保ち、情熱を燃やし続けました。

逆境に対しては、平常心で向かい合い、心も折れませんでした。

そして、目標にたどり着いたあかつきには、心が達成感で満たされました。

心は、感情、メンタル面、心理面、精神面、心、気持ち、であって、

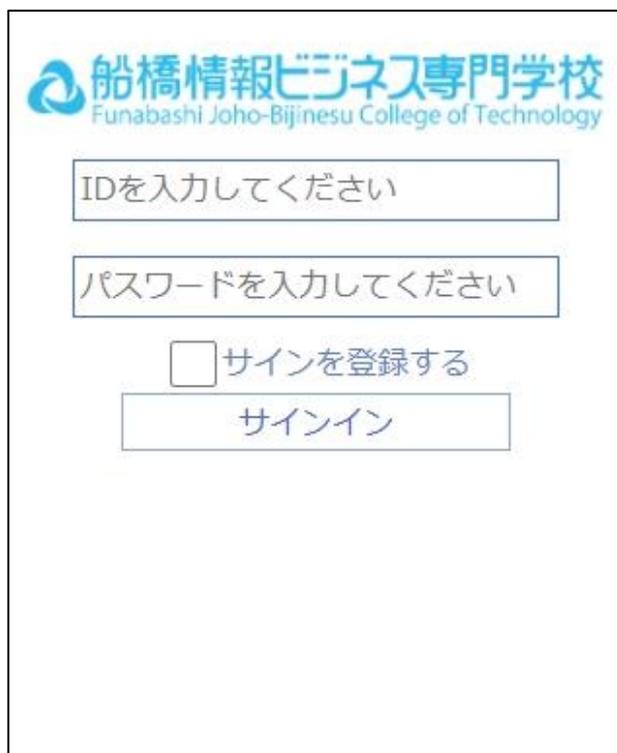
技は、思考、技術面、作戦、戦術、そして、体は、行動、体力、持久力、コンディショニングなどの身体のことです。

心技体は、バランスかとれていることが重要だといわれています。

図表 33 「メンタルヘルストレーニング」教材 ページ例

2.6 eラーニング教材

本教材は、本教育プログラムを遠隔教育で実施するための中核教材である。本 e ラーニング教材は、PC だけでなくスマートフォンでも利用が可能となっている。



船橋情報ビジネス専門学校
Funabashi Joho-Bijinesu College of Technology

IDを入力してください

パスワードを入力してください

サインを登録する

サインイン

図表 34 eラーニング教材 トップページ

以下、本 e ラーニング教材のメニュー構成や学習イメージについて報告する。

2.6.1 eラーニング教材のメニュー構成

本 e ラーニング教材は、学生用メニューと講師用メニューから構成される。学生用アカウントでサインインした場合は学生用メニューが表示される。講師用アカウントでサインインした場合は、学生用メニューに加えて講師用メニューが表示される。以下は、講師用アカウントでサインインした場合のメニュー画面である。上部にある「SUPER-BIT の取り扱い方法」「体カトレーニングの実践」「メンタルヘルストレーニング」の3つが学生用のメニューで、下部にある「管理者メニュー」が講師用のメニューとなっている。



図表 35 eラーニング教材 メニュー画面（講師用）

この内、「SUPER-BIT の取り扱い方法」には、SUPER-BIT の装着方法や測定方法に関する説明資料や説明動画を収録している。

2.6.2 「体カトレーニングの実践」のメニュー

「体カトレーニングの実践」には、「体カトレーニング」及び「バイタルデータの意味と解析」の2つのメニュー群が設定されている。



図表 36 eラーニング教材 「体カトレーニング」のメニュー群

学生はここから説明資料をダウンロードしたり、各トレーニング映像を確認したりできる。さらに、学生自身がトレーニングを行っている動画を撮影した動画ファイルをアップロードし、再生する機能を実装した。これにより、お手本となるトレーニング映像と、自身の映像とを比較して、姿勢や動き等をチェックすることができる。

また以下は、トレーニング映像の学習画面である。他のメニュー項目の学習画面も同様である。



図表 37 eラーニング教材 学習画面の例

2.6.3 「バイタルデータの意味と解析」のメニュー構成

以下、「バイタルデータの意味と解析」のメニュー構成である。



図表 38 eラーニング教材 「バイタルデータの意味と解析」のメニュー構成

2.6.4 「メンタルヘルストレーニング」のメニュー構成

以下、「メンタルヘルストレーニング」のメニュー構成である。



図表 39 eラーニング教材 「メンタルヘルストレーニング」のメニュー構成

2.6.5 講師用メニュー

「講師用メニュー」は、以下の「BITAS 解析方法」及び「講師向け研修」から構成される。この内、「BITAS 解析方法」は、SUPER-BIT で取得した学生のバイタルデータを BITAS により解析する方法を、資料と動画で学習できる。また、「講師向け研修」は、令和4年度に開発を予定している講師用指導ガイドや関連する説明用の動画等の収録を予定している。



図表 40 eラーニング教材 「講師用メニュー」のメニュー群構成

第4部 次年度以降への展開検討

第1章 今年度の事業成果

今年度は、3年間の事業期間における初年度として、スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査と、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングの実施事例調査の2つの調査を実施した。そしてそれを基に、教育プログラム（カリキュラム、シラバス、各種教材）の開発を行った。

スポーツ・体育系科目の遠隔教育による実施事例調査は、国内外の教育機関を対象として、スポーツ・体育系科目を遠隔教育により実施している事例を23件収集した。また、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングの実施事例調査では、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツトレーニングの実施事例を33件収集したほか、本事業で開発する教育プログラムで活用するウェアラブルデバイス「SUPER-BIT」を用いたバイタルデータの取得実験を行った。

これらの調査を基に、ウェアラブルデバイスを活用したスポーツ系教育プログラムを構成する全30コマ・45時間のカリキュラムと各授業科目のシラバスを開発した。また、本教育プログラムの内、個人ワークを行う各科目の教材を開発し、eラーニングに実装した。

第2章 次年度以降への展開

本章では、令和4年度～令和5年度の事業計画の概略を述べる。

2.1 令和4年度事業計画

令和4年度は、令和3年度の調査結果及び開発成果を基に、グループワーク教材と講師用指導ガイドの開発を行う。また、それらを活用して講師向け研修を実施し、実証講座にて評価を行う。

○開発

①グループワーク教材開発

カリキュラムで実施する「トレーニングとグループワーク」に対応した教材を開発する。バイタルデータの見方やトレーニングの評価に関する課題とその検討結果を記入するワークシート形式とする。

②講師用指導ガイド開発

AI の関連知識、医学分野の関連知識、教材・システム等の使用方法、授業の進め方、学習評価方法等をまとめる。

○講師向け研修の実施

開発した「講師用指導ガイド」を用いて講師向けの研修を実施する。研修時間は 15 時間程度を想定している。

○実証講座の実施

「体力トレーニングの理論と実践」「トレーニングとグループワーク」を中心とした 20 時間程度の実証用カリキュラムを構成し、本校の学生 20 名程度を対象に実施する。実施結果を評価し、令和 5 年度の開発に活用する。

2.2 令和 5 年度事業計画

令和 5 年度は、令和 4 年度に引き続きカリキュラムや教材の開発と改善を行う。また、それらを活用して講師向け研修を実施する。実証講座にて評価を行い、教育プログラムの検証と 3 年間の成果のとりまとめを行う。

○開発

令和 4 年度の実証結果を基に、カリキュラム・シラバス・教材の改善、及び必要に応じて教材の追加開発を行う。

○講師向け研修の実施

令和 4 年度の実証講座の実施結果を踏まえ、明らかになった課題に対応した内容を盛り込みながら、「講師用指導ガイド」を用いて講師向けの研修を実施する。研修時間は 15 時間程度を想定している。

○実証講座の実施

令和 4 年度の実証講座の実施結果を踏まえ、明らかになった課題に対応した内容を盛り込みながら、「体力トレーニングの理論と実践」「トレーニングとグループワーク」を中心とした 20 時間程度の実証用カリキュラムを構成し、本校及び実施委員会参画校の学生 30 名程度を対象に実施する。実施結果を評価し、教育プログラムの改善に活用する。

令和3年度 文部科学省
「専修学校における先端技術利活用実証研究」
「ウェアラブルデバイスを活用したスポーツ系科目の
遠隔教育導入モデルの構築」
成果報告書
(本編)

本報告書は、文部科学省の教育政策推進事業委託費による委託事業として、
学校法人三橋学園 船橋情報ビジネス専門学校が実施した
令和3年度「専修学校における先端技術利活用実証研究」の
成果をとりまとめたものです。

2022年3月
学校法人三橋学園
船橋情報ビジネス専門学校
