

## VR を用いた動作指導による運動能力向上システムの検討

茂木三志郎<sup>†1</sup> 阿部花南<sup>†1</sup> 伊藤壮哉<sup>†1</sup> 鈴木颯馬<sup>†2</sup> 小林稔<sup>†1</sup>

**概要:** 対面指導は、運動学習者の運動能力の向上を図る一般的な方法の1つである。しかし、対面指導では、学習者が自身の動きを想像することや、指導者の意図を理解することは難しいことがある。そこで本研究では、VRを用いた動作指導による運動能力向上システムの検討をした。このシステムは、学習者に指導者の視界を提示することにより、指導者の指摘箇所が学習者にとってより明確になるように設計した。本稿では、提案手法と評価実験計画について報告する。

**キーワード:** VR, 運動能力向上, 指導者の視界

## Examination of athletic ability improvement system by motion guidance using Virtual Reality

SANSHIRO MOGI<sup>†1</sup> KANAN ABE<sup>†1</sup> SOYA ITO<sup>†1</sup>  
SOMA SUZUKI<sup>†2</sup> MINORU KOBAYASHI<sup>†1</sup>

**Abstract:** Face-to-face instruction is one of the common methods to improve the athletic ability of athletic learners. However, in face-to-face instruction, it is not always easy for learners to imagine their own movement, or to understand the instructor's intention. In this research, we propose the basic idea of an athletic ability improvement system using a VR based motion guidance. The envisioned system shows the instructor's visibility to the learner to help them clearly know where the instructor is explaining. In this paper, we report the proposed method and the plan of experiments to evaluate the method.

**Keywords:** Virtual Reality, Athletic ability Improvement, Instructor's visibility

### 1. はじめに

運動能力の向上を図る方法は練習することや本を読むこと、映像を見ることなどいくつも存在する。コツを言語化することで、運動能力の向上を図る研究がある[1]。どのようなスポーツにおいてもコツのような暗黙知を理解することは、運動能力の向上に繋がる。運動能力の向上を図る方法の中に指導者による対面指導という方法もある。体育の授業をはじめとして、習い事や部活動では必ず指導者がいる。これは、スポーツを職業とするプロのスポーツ選手においても同様に言えることである。そのため、指導者による対面指導は運動能力の向上を図るうえで一般的な方法である。対面指導では、学習者が指導者に動きを見てもらい、動きの悪い点や改善点をその場で指摘してもらえることが利点である。しかし、学習者自身が自分の体をどのように動かしているのかをイメージすることが難しく、指導者からどのような指摘をされているのか分かりづらいことがある。そのため、対面指導には学習者が指導者の意図する指摘を理解しにくいという課題があると考えられる。また、対面指導を受けるには活動場所への移動時間、交通費などが必要になる。そのため、対面指導を受けるには準備に時間や手間がかかる

という課題もあると考える。

これらの課題を解決するために本研究では、Virtual Reality (以降 VR)を用いた動作指導を検討する。本システムは VR システムの仮想空間の中に指導者と学習者の両者を存在させる。それに加えて、学習者に指導者の視界を提示する。学習者に指導者の視界を提示することで、学習者は学習者自身の動いている様子を明確に把握し、指導者の指摘箇所を明確に理解することが可能となり、学習効果が高まり学習者の運動能力の向上に繋がると考える。また、VRを用いることにより、学習者が活動場所に行く時間やお金をかけないで済む。そのため、対面指導に比べて準備に時間や手間をかけることなく指導を受けることができる。本稿では、このような VR を利用したシステムを実現することを目的に、VRを利用して学習者に指導者の視界を提示することが、学習者の理解を促進し、運動能力の向上に繋がる効率的な学習環境を実現するのに資するかを検討する。

本稿の説明の流れを示す。2章で関連する研究を紹介する。3章では関連研究を踏まえて本研究での提案手法を検討する。4章では、評価実験計画について述べる。そして、5章では本システムを用いて指導する際に適している運動種目、

<sup>†1</sup> 明治大学総合数理学部  
Faculty of Interdisciplinary Mathematic Science at Meiji University

<sup>†2</sup> 明治大学大学院先端数理科学研究科  
Graduate School of Advanced Mathematical Science, Meiji University

指導者の視界を提示する際の提示手法について議論し、今後の展望を示す。最後に、6章において本稿のまとめを示す。

## 2. 関連研究

### 2.1 VR 遠隔コミュニケーションシステム

2名分のトラッキング情報を同一仮想空間内に反映し、体の動きで伝え合うことで幻肢通の緩和ケアを図るシステムが開発されている[2]。幻肢とは失った四肢が存在するような錯覚や、失った四肢が存在していた空間に温冷感やしびれ感などの感覚を知覚するなどといった感覚経験の総称である。幻肢に合併する病的痛みを幻肢痛と言う[3]。このシステムでは、幻肢痛患者の失った四肢を VR 空間内で映し出す。さらに、幻肢痛患者の VR 空間にセラピストも入り込み、VR 空間内でセラピーに近いことができるのではないかとこの仮説を検証すべく行われたものである。これにより遠隔でのリハビリも可能になるうに、セラピーの質の向上も図ることができる。これらの研究により同一仮想空間内に2名の動きを反映させられることが分かった。これらの研究では、手の動きのみをトラッキングし VR 空間に映し出している。本研究では、これらの研究で用いられたようなトラッキング技術を用いて、全身トラッキングにより動きが反映された指導者及び学習者の2名を同一仮想空間内に存在させるシステムを構築し、その中で学習者に指導者の視界を提示させた状態での動作指導を検討する。

### 2.2 VR を用いた運動指導

VR を用いた運動指導の研究として、「けん玉できた VR」がある[4]。この研究では、けん玉の技の習得を図ることを目的としている。実験の内容は指導前にできなかった技を5分間程度の指導によって習得できるかというものである。対面での指導ではなく VR を用いた指導であるため、玉の落下速度を変更することが可能である。さらに、目の前に現れるお手本の動きに合わせて練習をすることもできる。その結果、習得率は96.4%であった。この研究では、VR を用いた動作指導により運動能力の向上が見られた。本研究ではこのような VR による運動指導の事例を参考にして VR を用いた動作指導を検討する。この研究では、お手本を提示させ、自分で学習する方法を取っているが、それとは異なり本研究では、同一空間内に指導者を存在させ、指導者から指導を仰ぐ方法を検討する。このような方法により、学習者ひとりひとりに合った動作指導をできるようにしようとするところが本研究の目指す特徴である。これにより、複雑な動作を伴う運動であっても、学習者は運動能力を向上させられると考える。

## 3. 提案手法

本システムのイメージを図1に示す。本システムでは、同一の仮想空間内に指導者と学習者の2人が存在する。この空間を使用して、指導者が学習者に指導する。本システムでは2人が存在するだけでなく、学習者に指導者の視界を提示する機能を提供する。提示される指導者の視界画像(想定しているイメージ)を図2に示す。

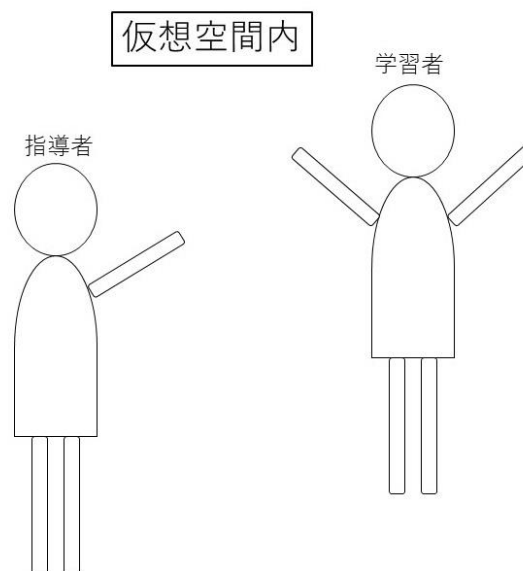


図1 システムイメージ  
Figure1 System image



図2 指導者の視界  
Figure 2 Instructor's visibility

指導者の視界を提示機能により、学習者は自分自身の1人

称視点以外から自分の動作を確認できる。それに加えて、指導者が注目する部分を知り、指導者が指摘している箇所を明確に知ることができる・把握することができる。これによって、対面指導での学習者が指導者の意図する指摘を理解しにくいという課題を緩和することを、本システムでは狙っている。指導者は仮想空間内で自由に移動することができる。そのため、様々な視点から学習者に動作指導を行うことができる。そのイメージを図3に示す。

## 指導者の視界

学習者



図3 動作指導の様子  
Figure 3 State of motion guidance

本システムでは学習者に指導者の視界を提示する。一般に、学習者の動作をビデオカメラなどで撮影し、動作の後でそれを視聴し、良い点悪い点を確認するような動作指導が良く行われる。本機能を用いた動作指導は、これとは異なる。本機能では学習者に体を動かしながら自身の動作を確認させる。そのようにして、体を動かしている最中に動作を確認、そして修正をすることを可能にする。ビデオカメラで撮影した学習者の動作を確認する動作指導では、学習者は1度動作をやめて視聴しなければならないため、学習者は改善点を把握したとしても、それを修正するためには改善点を頭の中でイメージしなければならないため、修正が難しいと考える。本システムでは、動作しながら課題の認識を可能とする方法を提供することで、ビデオカメラを用いた動作指導よりも効率的な指導方法を提供しようとするものである。

ビデオカメラではなく、鏡を使用した動作指導も広く一般で用いられている。本システムはこれとも異なる。ビデオカメラを用いた動作指導と異なり、鏡を使用した場合、学習者は体を動かしている最中に自身の動作を確認することが

できる。しかし、鏡では学習者を様々な視点から捉えることができない。本システムは、指導者の視界を提示するので視点は1つに定まらず、指導者が学習者の動作を把握するのに必要と考える様々な視点からも提供可能である。また、指導者の視界を提示することで、指導者の指摘箇所のみを捉えることもできる。このようにして、指導者の指摘箇所を学習者にとって明確にすることを考えている。本システムでは、このようにすることで、鏡を使用した動作指導よりも学習者にとって明確な指導を可能とすることを目指している。

## 4. 評価実験計画

本研究で提案するシステムが実現した後で、運動能力の向上を目的とした場合に、対面指導と本システムを用いた指導方法のどちらが効率的な運動能力向上の方法であるか調べるために、評価実験をする予定である。本章では、その評価実験計画の概要を説明する。

評価実験で用いる運動種目については、5章で議論をする。実験は対面指導を受ける被験者と本システムを用いた指導を受ける被験者の2グループに分ける。それぞれの指導を受けた被験者の指導前の結果と指導後の結果を比較し、どちらが効率的な運動能力向上に優れているかを調査する。効率的であると判断する際、運動種目の飛距離や速さ、回数、スコアなどの数値で表される結果の伸び率を用いる。伸び率とは、指導前の結果に比べて指導後の結果がどれだけ増加したかを比率で求めることである。この伸び率を使用して運動能力向上の度合いを測る。実験の概要は次の通りである。

### 4.1 実験目的

本実験の目的は、対面指導と本研究の提案手法（VRを用いた指導者の視界提示）による動作指導のどちらが運動能力の向上に効果があるかを比較することである。

### 4.2 実験条件

本実験の被験者は実験の対象となる運動種目の未経験者を対象とする予定である。未経験者はその運動種目の指導を1度も受けたことがない。そのため、指導の方法によって結果が大きく左右されると考えられるためである。また、対面指導及び、本システムを用いた指導は共に同じ指導者を1名用意する。指導経験の有無は問わず、対象となる種目を3年以上経験している者とする。

### 4.3 実験内容

実験は以下の手順で行う。

1. 指導を受ける前の結果を測定する
2. 対面指導または本システムを用いた指導を受ける
3. 指導を受けた後に再び結果を測定する
4. 被験者にアンケートをとる

指導を受ける時間は10分間とする。指導を受ける前の結果と受けた後の結果を用いて伸び率を計算する。また、実験終了後には被験者に、指導方法について感じたこと・考えたことについてアンケートをとる。

#### 4.4 アンケート内容

アンケート内容は、対面指導を受けた被験者と本システムを用いた指導を受けた被験者のどちらも同じアンケートを用いる。

1. 指導は分かりやすかったか
2. 分かりやすかった、分かりにくかった理由
3. 上達したと思うか
4. 上達した、上達しなかった理由
5. 自由記述

設問「1, 3」は「非常に分かりやすかった/非常に上達したと思う」「分かりやすかった/上達したと思う」「どちらともいえない」「分かりにくかった/上達しなかったと思う」「非常に分かりにくかった/非常に上達しなかったと思う」の5段階の選択式とし、「2, 4, 5」は記述式とする。

## 5. 議論・今後の展望

### 5.1 本システムを用いて指導する際に適している運動種目

運動種目により多様な指導方法が用いられており、本システムによる指導が効果的である運動種目と、そうでない種目がある可能性がある。ここでは、本システムを用いて指導する際に適している運動種目について議論する。

#### 5.1.1 評価実験の運動種目

研究の初期段階に方法の効果を確認し研究の方向性を見定めるために、研究の基本的な考え方の効果を確認する必要がある。そのための評価実験をする際に用いる運動種目としては、結果が数値で表せるものであり、かつ、指導者の指摘箇所が明確になるものが望ましい。例えば、ハンドボール投げを考える。ハンドボール投げはハンドボールを投げ、その飛距離を競うものである。本システムを用いて、より遠くへ飛ばす投げ方を指導することを考える。自分の投げるフォームを指導者と共に確認することで、より遠くへ飛ばすスキルが身につくと考える。また、ゴルフも同様に本システムを用いれば効率的な指導ができると考える。学習者は自身のスイングを確認しながら、体の使い方について指導者から指導を受けることができる。その結果、クラブにボールを当てる回数や、ボールの飛距離を伸ばすことも可能になると考える。

#### 5.1.2 運動能力の向上が見込まれる運動種目

評価実験をする際には数値で表せる結果の比較が必要になるが、運動能力の向上を図る基準は得点や飛距離のよう

な数値的な結果が全てではない。例えば、筋力トレーニングにも本システムを用いた指導が効果的だと考える。筋力トレーニングには様々な種目があり、筋力の増加を目的とするものや、体幹トレーニングのように体のバランスを整えるものがある。そのため、数値で表せる結果を得ることができない種目もあるが、学習者が指導を受けながら筋力トレーニングをすることは重要である。その理由として、筋力トレーニングは正しいやり方をしないと効果が得られないためである[5]。本システムを用いることで、正しい筋力トレーニング方法を指導者から教わることができる。そのため、数値で表せる結果は出ないものではあるが、学習者は指導による効果は得られるため、運動能力を向上させることが期待され、適している運動種目であると考えられる。

### 5.2 指導者の視界提示

指導者の視界提示する際の提示手法については、いくつかの方法が考えられ、今後実装して検証を進める。

#### 5.2.1 指導者の注視点提示

指導者の注視点のみを提示する手法を考えている。学習者には1人称視点が映し出される。それに加えて、指導者の注視点を提示させる。この提示方法については、視線の先をポインタとして提示する方法(図4)と注視点の以外の明度を下げる方法(図5)等を検討している。そのため、学習者は自分の1人称視点からの視野を確保しながら、指導者の注視点を確認することができるため、学習者は指導者の指摘箇所を理解することが容易になると考える。



図4 指導者の注視点をポインタで提示

Figure 4 Display the gaze point of the instructor with a pointer



図5 指導者の注視点の明度の変更で提示

Figure 5 Display the gaze point of the instructor by changing the brightness

### 5.2.2 仮想空間に仮想ディスプレイを用いて視界を提示

学習者の視界に指導者の視界を仮想空間に浮かぶディスプレイの形で提示する手法を検討している。そのイメージを図6に示す。



図6 指導者の視界を仮想空間に提示

Figure 6 Display the instructor's visibility in virtual space

学習者の視野には学習者自身の1人称視点画像が映し出される。それに加えて、学習者の視界に指導者の視界が映し出される。この時、指導者の視界は学習者の視界に全面に映し出されるのではなく、仮想空間上にディスプレイが浮かんでいるように映し出される。これにより、学習者は自身の視界と指導者の視界の両方を見ることができる。

これとは逆に、学習者の視野として指導者の視界を提示し、その中に、学習者の視界を仮想空間に浮かぶディスプレイの形で提示する手法も検討している。そのイメージを図7に示す。



図7 学習者の視界を仮想空間に提示

Figure 7 Display the learner's visibility in virtual space

この方法では、学習者の視野全体に指導者の視界を提示する。それに加えて、学習者自身の視界を映し出すが、それは視野全体に映し出されるのではなく、空間上にディスプレイが浮かんでいるように映し出される。こちらも同様に学習者は自身の視界と指導者の視界の両方を見ることができる。この方法では、学習者の視野全体が、学習者の体の動きに従わず、指導者の視点の動きに従って大きく動くため、VR酔いを誘発しやすいと考えられるため、指導者視点画像の生成には注意が必要である。

これら2つの提示手法は、学習者が、自身の動作を1人称視点と指導者視点から捉えることを可能とするものである。2つの視点から動作を確認可能とすることによって、学習者がより効率的に指導内容を受け止められる可能性があると考えられる。一方で、2つの視界が提示されることにより情報過多となり、どちらの視界に注目すれば良いか分からなくなる等、新たな問題も起こり得ると考えている。

### 5.3 今後の展望

今後、最初に扱う運動種目を設定した上で、システムの実装を進める。また、本システムを用いて指導する学習内容、指導者の視界提示について、さらに議論を進めたい。評価実験を実施しようと考えている。システムを用いてより効率的な指導を実現するために、必要に応じてシステムへの機能の追加を検討する。

また、運動種目以外の指導であってもこのシステムを用いて指導することで能力の向上を図ることができると考える。例えば、本システムは歌唱指導にも用いることができると考える。正しい姿勢で歌うことは歌唱能力の向上に繋がる[6]。正しい姿勢の状態では歌うことで、呼吸が安定し声域の幅が広がることや、ロングトーンが続くようになるなどの効果が見られる。本システムを用いて指導することで、運

動指導の場合と同じように、正しい姿勢での発声を効果的に指導することが可能となるなど、多様な分野への手法の適用を期待している。

## 6. まとめ

本稿では、VRを用いた動作指導による運動能力の向上システムの検討した。本研究は、効率的に運動能力を向上させる指導方法の実現を目的としている。その実現のために、学習者に指導者の視界を提示する方法を提案した。対面指導に比べて、提案する指導方法が効率的であるかを検証するための、評価実験計画の概要も示した。また、本システムで指導するために適した学習内容、指導者の視界提示の提示手法についても議論した。

今後はシステムの実装と評価実験を行う。それを通じて発見した課題を解消するための工夫を通じて、本研究が目的とする効果的な指導方法を確立したいと考えている。

## 参考文献

- [1] 大武美保子, 荻原陽介, 豊田涼, 阿部健祐, 太田順. 言語化された身体技能の伝達に関する研究: 投球動作スキル伝達による球速変化の解析. SIG-SKL,2011,Vol.10,No.02,p.19-23.
- [2] Saito, Kenta., Okada, Atushi., Matsumura, Yu. and Rekimoto. Jun.. Remote Treatment System of Phantom Limb Pain by Displaying Body Movement in Shared VR Space. Proceedings of the Augmented Humans International Conference, 2020, No.:16, p.1-9.
- [3] 住谷昌彦, 宮内哲, 前田倫, 四津有人, 大竹裕子 山田芳嗣. 幻肢痛の脳内メカニズム. 日本ペインクリニック学会誌, 2010, Vol.17 No.1,p.1-10.
- [4] 川崎仁史, 脇坂崇平, 笠原俊一, 齊藤寛人, 原口純也, 登嶋健太, 稲見昌彦. けん玉できた! VR: 5分間程度のVRトレーニングによってけん玉の技の習得を支援するシステム. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2020 論文集, 2020, Vol.2020, p.26-32.
- [5] “All About”, <https://allabout.co.jp/gm/gc/457858/>, (参照 2020-12-20)
- [6] “CHISE VOCAL SCHOOL”, <https://chise-singer.com/column/1144/>, (参照 2020-12-18)