Gino .Aiki: 合気道の身体の使い方の習得を支援するMRソフトウェア

鈴木　湧登 *　　坂本　大介 *　　小野　哲雄 *

概要.　日本の伝統的な武道である合気道には，合気道独自の身体の使い方がある．これを習得すると，“小よく大を制す” ことができ，体格差に関係なく相手を制することができるようになる．しかし，その身体の使い方は身体の感覚を伝えなければいけないため，分かりやすく伝えることが難しい．そのため，初学者にとって合気道の感覚を習得することの難易度が高い．そこで，本稿では合気道の身体の使い方の学習を支援する複合現実感（Mixed Reality; MR）ソフトウェアを提案する．本ソフトウェアでは合気道の「押す」「上げる」「倒す」「下げる」といった技を仮想のMRオブジェクトとのインタラクションを通して体験することができる．この体験を通して合気道の基本となる身体の使い方を自然と学習する機会を提供する．本研究では，提案するソフトウェアを試験的に大学の合気道部で使用したり，一般の人を対象にしたワークショップを行ったり，労働現場での実証実験等を通して実用性と応用可能性について検討した．

1　はじめに

合気道とは合理的に身体を使うことで，体格や体力に関係なく相手を制することを目的とした武道である．合気道は小柄な人が多い日本人が，体格差に関係なく生き残るために長い歴史の中で編み出した護身術であり，守っていかなければならない日本の大事な文化の一つである [1, 2]．女性や子どもでも大男を投げ飛ばすことができることが合気道の特徴である [3, 4] が，一方で合理的な身体の使い方を学ぶことは簡単ではない．

合気道の練習は，型の練習と身体の使い方の練習（身体操作の練習）がある [4]．型の練習とは，相手の攻撃に対して正確に決められた動きをするものである．型の見栄えが大事なので，技をかけられる方は抵抗してはならず素直に受身を取らなければいけない．しかし，街で不審者に襲われたときなどのような実戦時には，自分がいかに綺麗な技をかけても相手は技に抵抗してくる．抵抗してきた相手が自分よりも力のない人であれば，力ずくで技をかけることで相手を制することができる可能性はあるが，小さい人が大きい人を相手にする場合は力負けしてしまい技をかけることができない．そこで必要となるのが “小よく大を制す” ことを可能にする身体の使い方（力の出し方）である．これは腕の筋肉を使うのではなく体全体を使って技をかけることで実現できる．これにより小さな人でも大きな人を投げ飛ばすことが出来る．この2つの練習を行うことによって，体格差に関係なく相手を制することができるようになる．

しかしながら，合気道の身体の使い方は言語化することが難しい．例えば練習においても「近くのボールを軽く取るような気持ちで技をかける」,「食べものを口に運ぶ時と同じ力の使い方をして技をかける」などといった曖昧な指導が多い．実際に上記のような教えの通りに技をかけると “小よく大を制す” ことはできるようになるが，初心者は簡単にその感覚を掴むことが出来ない．また，指導者に1対1で指導してもらえる時間が少ないのも現在合気道が抱える問題の一つである．合気道の身体の使い方は指導者の実演を見て真似すればできるようになるわけではないので，1対1の指導が必要である．しかし，合気道は生徒の数に対して指導者の数が少ないので指導者が生徒一人当たりに割ける指導時間も限られる．ゆえに，生徒が指導者に1対1で指導してもらえる時間は非常に短い．よって，指導者なしでもある程度のところまでは学べるようなシステムを構築することで合気道の自主学習を支援することができるだろう．

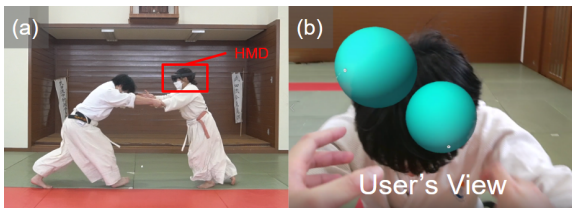

図 1. (a) システムを利用している様子．(b) ユーザの視点．

そこで本稿では，合気道の指導などで身体の使い方の感覚を表現するためによく言われている比喩表現をユーザの周りに仮想オブジェクトとして視覚的に提示するMR合気道学習支援システムGino .Aiki（ぎのうどっとあいき）を提案する（図1）．これにより，今まで直感的に伝えることが難しかった合気道の身体の使い方の感覚を簡単に共有することができ，かつ，学習者個人が自立的に練習することがで

* 北海道大学

きるような環境を提供する．なお，本稿での合気道は武田流中村派合気道を指すものとする [5].

2 関連研究

2.1 身体技能の習得支援

身体技能の習得を支援するための方法については今まで多くの研究がなされている．Ikeda らはゴルフの動作速度に関係なく，自分の動作と熟練者の動作をリアルタイムに重ねることのできるアルゴリズム（Decayed Dynamic Time Wraping）を開発し，その違いを第三者視点から観測できるような Augmented Reality（AR）環境を提案した [6]. Yan らは HMD を用いて三人称視点から自分の動きを確認できるシステムを開発し，ダンサーに自分の姿を客観的に観察しながら練習できる環境を提供した．このような練習方法は，いわゆる「手本を見てまねる」「鏡を見てフォームを確認する」などの従来の練習方法を拡張したものだと言える．この他にも，嵐らのタットダンスの練習支援システム [8] や松井らのヘアアイロンの操作軌道の提示システム [9] など，視覚フィードバックを与えることによって正しい動きや姿勢を学習する方法を検討した研究は多い [10, 11, 12, 13].

また，聴覚や触覚によるフィードバックを与えることで学習支援をするシステムを提案している研究もある．山本らは Web カメラを用いてユーザの体幹トレーニングの姿勢の良し悪しを判断し，BGM（background music）の再生速度の変化を用いてユーザに姿勢の変化を知らせるシステムを提案した [12]．菅家らは演奏フレーズに同期し，演奏者に叩打すべき手足に対して触覚提示を行い，手足を動作させる感覚を経験させることでドラム学習の図る手法を提案した [15]．さらに，視覚，聴覚，触覚フィードバックを組み合わせた学習支援の研究もある．Nakamura らはゴルフスイングの軌道予測と非接地型力表示を用いてスイング中のスイングモーションの修正を実現するシステムを考案した [16]．これは理想の軌道からずれると正しい軌道になるようにクラブに力が加えられるというもので，視覚表現と触覚表現を組み合わせていると言える．

一人で練習できなかったり室内で練習できないような技術の習得に対しては，Virtual Reality（VR）などの技術で練習環境を仮想的に再現する手法が取られていることが多い．Lopes らは，筋肉電気刺激で腕や足を刺激することによって，実際のスポーツにおいて受けるであろう触覚フィードバックを与えるシステムを提案しており，これを VR を組み合わせることで実際の練習に近い体験を提供している [17]. Hoffard らは，触覚フィードバックのある VR スキートレーニングシステムを開発し，室内でスキーの練習を行えるようにした [18]．その他にも Oagaz らの VR 環境での卓球トレーニングシステム [19] や Yokokubo らの TracKenzan[20] など環境を再現する手法は多く研究されている．

さらに，環境をそのまま再現するのではなく，再現する環境の一部のパラメータを現実のものとは異なるようにする環境歪曲手法も検討されていたり [21, 22, 23]，軌道予測の提示による練習手法も提案されている [24, 25]．また，筋肉電気刺激による直接的な技術習得を試みている研究もあり [26, 27], Ebisu らは音楽演奏の初心者にとって難しい正確にリズムをとる動作をユーザの腕と脚に電気を流すことによって習得させた [28]．このように今まで様々な学習支援手法が提案されてきたが，比喩表現を視覚的に表示することで学習を支援させるような手法はあまり研究されていない．類似の手法としては，坂名らの VR 映像を用いた視覚刺激による歌唱時の発声支援システム [29] があるが，これは比喩表現の視覚化について検討したものではない．

2.2 技能習得の支援対象

身体の使い方の学習を支援する研究としてはスポーツの技能獲得支援が盛んに研究されてきている．これまでにスキー [13, 18, 23]，スノーボード [30]，ゴルフ [16]，野球 [11]，卓球 [19, 21, 25, 31], テニス [32] など様々なスポーツの学習支援が行われている．また，土田らの研究 [33, 34, 35] をはじめとするダンスの練習支援システムや音楽演奏支援に関する研究などエンターテインメントの分野でも多くの研究がなされている [8, 12, 15, 28, 29]．さらに，医療における手術のトレーニングシステム [36, 37] や，仕事場での作業技術習得支援 [38, 39] なども行われている．

武道の学習支援もよく行われている．Wennrich らが開発した VRTe do は，モーションキャプチャと VR 技術に基づいた空手の型のトレーニングシステムで，ゲーム方式で空手の型を学ぶことができる [40]．Han らは四方八方に太極拳のコーチを AR 技術で表示し，頭の向きを気にせず正解の型を見ながら太極拳の型を学習できるようなシステムを提案した [41]．他にも柔道やテコンドーなど様々な武道に対しての学習支援が研究されている [42, 43].

合気道に対しても習得支援は考えられており，代表的なものに根木らの行動的コーチングによる合気道の技の改善についての研究 [44] や Corbíらの MyShikko[45] などの提案がある．合気道の型の練習を支援するスマートホン向けアプリケーションも開発されていたり [46]，昨今の COVID-19 の影響を鑑みて，オンラインでの合気道指導に関する研究も Kantzara によって行われている [47]．しかしながら，根木らの研究や Kantzara らの研究は「初心者には合気道の感覚をつかむのが難しい」という問題点と「指導者のいない環境で自律的に学習するというこ

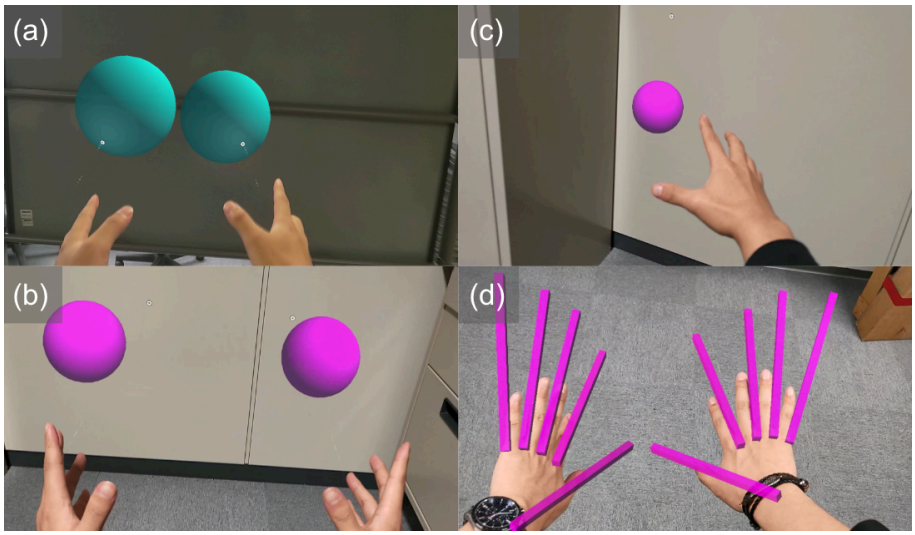

図 2. (a)「押す」，(b)「上げる」，(c)「倒す」，(d)「下げる」動作を習得する比喩を視覚表現化したもの．

とができない」という既存の練習の２つの問題点を解決しているとはいえず，Corbíらの MyShikko や Kantzara らの合気道の型を学習できるアプリケーションは，合気道の型の練習支援に関するものであり身体の使い方の練習を支援しているとは言えない．その他の合気道に関する研究は，合気道の精神性や身体性に関する研究 [48, 49] や合気道と教育との関係性に関する研究 [50]，合気道の科学的解析に関する研究 [51, 52, 53] などの合気道の習得支援ではないものとなってしまうため，合気道の身体の使い方の習得を支援する提案や研究は未だされていない．

3　提案システム Gino .Aiki

本稿では，MR デバイス（MR グラス）である Microsoft 社の HoloLens 2 を利用してユーザの体の周りに視覚映像を追加することで，合気道の身体の使い方の習得を支援するソフトウェア（Gino .Aiki）を提案する．従来の合気道の練習において「近くにあるボールを軽く取るような気持ちで技をかける」,「食べものを口に運ぶ時と同じ力の使い方をして技をかける」といった言葉で表現されていた感覚を MR 技術で可視化することで，言語を介せずに合気道の身体の感覚を習得することを支援する．例えば,「手の先にあるボールを軽く取るような」感覚を呼び起こす時には，ユーザの手の少し前方に仮想的なボールを置いて，ユーザにこのボールを取らせようとする．これによって，ユーザは自分の意志に関係なく自然と合気道的な身体の使い方をすることが出来る．これにより，言語を介せずに身体の感覚を伝えられ，習得に必要な時間が短縮されることが期待される．これは，合気道で大事な「折れない腕」,「腕の張り」などのような身体の感覚が，比喩によって誘発される動作により自然に行われることで実現されるためである．また，指導者がいなくても本ソフトウェアだけで練習できるので，学習者同士で技を掛け合うことで自立的に学習することができる環境を実現する．

3.1　システム概要

本ソフトウェアはゲーム開発エンジン Unity を用いて開発した（Unity 2019.4.19f1）．また，ソフトウェア内のメニューやボタンといったオブジェクトやハンドトラッキング技術には Microsoft の Mixed Reality Toolkit 2（MRTK）を用いた．Gino .Aiki は合気道の身体の使い方を自然と体験させるためのソフトウェア群であり，現在までに４つのソフトウェアを開発してきている．それぞれ合気道の「押す」「上げる」「倒す」「下げる」を習得することを目的に開発されている．各ソフトウェアには MRTK のハンドトラッキング技術が使われており，主に人差し指の指先の座標を元に仮想オブジェクトの位置を決定している．また，各ソフトウェアにおける仮想物体の大きさや表示する位置などは，事前に簡単なユーザテストを行いながら探索的に策定した．以下，各ソフトウェアの具体的な技術構成とシステムの動作を示す．

3.2　「押す」動作の習得

合気道の「押す」動作を体験させるために「目の前にボールがあると思って，そのボールを取るように技をかける」という比喩表現を可視化した．ここで「押す」動作とは，両手首を相手に掴まれた状態から相手を後ろに押し倒す動きのことである．本ソフトウェアにおいては MRTK のハンドトラッキング機能を利用してユーザの手の先 30cm のところに仮想的なボールを用意し，それをユーザに取ってもらう動作となる（図 2(a)）．仮想的なボールは常に

図 3．合気道部での試験的導入の様子．画像は部員が「下げる」動作を習得できるソフトウェアを使用している様子．

ユーザの手の先にくる（ユーザの両手の Ray を取得し，取得した座標から Ray 方向に 0.3m 先に仮想オブジェクトを表示する）ようプログラムされており，ユーザがボールを取ろうとしても実際にボールを取ることはできない．しかし，そのボールを取ろうとするときの人間の身体の使い方が「折れない腕」や「腕の張り」といった合気道の身体の使い方に酷似しているため，ボールを追いかけていくだけで勝手に合気道の身体の使い方ができていることになる．これにより，ユーザは合気道の身体の使い方の感覚を掴むことができる．この「押す」動作を習得するソフトウェアを球体捕縛と名付けた．

3.3 「上げる」動作の習得

「押す」動作の習得の時に用いた「ボールを取ろうとする」比喩を上方向に向けることで合気道の「上げる」動作の習得を支援するソフトウェアを作成した（図 2(b)）.「上げる」動作は，両手の手首を相手に掴まれた状態から自分の手を上に上げ相手の姿勢を崩す動作のことである．ユーザは自分の頭の動きに対して常に正面に表示されるようにプログラムされているメニューを片手の親指と人差し指でつまみ，自分の目先まで持ち上げる．その位置でキャリブレーションボタンを押すことで仮想オブジェクトがユーザの膝の前付近に表示される．ソフトウェア内では，キャリブレーションボタンを押した時のユーザの人差し指の指先の座標を取得しそれを元にボールの表示位置が決定される仕組みになっている．その状態でメニューの中の Anti-Gravity ボタンを押すと膝にあったボールが上に上がっていく．ユーザはその上がっていくボールを取りに行こうとすることで勝手に相手を上げることが出来る．これは，ボールを取りにいく動作が「腕を脱力し，肩甲骨付近から力を出す」という合気道の感覚と似ているために実現される．メニューにはリセットボタンがあり，これを選択することで利用を中止することができる．再度利用する際には，再キャリブレーションを行う．この「上げる」動作を習得するソフトウェアを重力反転と名付けた．

3.4 「倒す」動作の習得

合気道の「倒す」という動作を習得させるために，ボールが遠のいていくソフトウェアを作成した（図 2(c)）.「倒す」動作は，両手の掌を合わせて耐えている相手を片手で横に倒す動作である．キャリブレーションの仕組みやボールを追いかけるという基本的な仕組みは「上げる」動作の習得のソフトウェアと同じであるが，ボールの動く方向が異なる．メニュー内のキャリブレーションボタンを押すと，ボールがユーザの左手前に表示され，それぞれのユーザに適した場所にボールが現れる．その後，Free-Fall ボタンを押すと，ボールが斜め左奥の方に進んでいくので，ユーザがそのボールを取ろうとすると自然に相手を「倒す」ことができる．これはボールを取りにいく感覚が合気道の「折れない腕」の感覚と似ているために実現される.「上げる」動作と同様，再度学習する時は，リセットボタンとキャリブレーションボタンを用いて位置調整をし直す必要がある．この「倒す」動作を習得するソフトウェアを重力正転と名付けた．

3.5 「下げる」動作の習得

合気道の「下げる」動作を習得させるために,「指を長くして，その指で相手を落とす」という比喩表現を視覚化した（図 2(d)）.「下げる」動作は，両手を組んで耐えている相手を両手で下に落とす動作のことである．ユーザの両手の全ての指の指先の座標を取得し，それぞれの座標に指方向平行に 30cm の棒状の仮想オブジェクトを配置することで実現される．本ソフトウェアでは,「上げる」「倒す」を学習するソフトウェアと異なり，キャリブレーションの必要はない．ソフトウェアを起動した後にユーザは，その仮想的に大きくなった手を以って下に手を下げる．この感覚が「腕の張り」といった合気道の「下げる」動作の感覚に酷似しているため，ユーザは合気道の「下げる」動作のコツを簡単に掴むことができる．この「下げる」動作を習得するソフトウェアを五指拡張と名付けた．

4 身体技能獲得効果の予備的検討

本ソフトウェアで提案する技術学習支援がどの程度効果があるのかを確認するために，いくつかワークショップや体験会を行った．これらの予備検討では，既存の合気道習得方法である「口頭による伝達」と「本ソフトウェアによる身体の使い方」の両方を体験してもらい，それぞれの学習方法についての感想などのインタビューを行った．

4.1 合気道部での試験的導入

北海道大学武田流中村派合気道部[1]の部員を対象に実際に合気道の稽古の最中に本ソフトウェアを試験的に導入し，練習をしてもらった（図 3）．参加人数は 11 名（男性 7 名，女性 4 名）で，全員が大学生であった．試験的に導入した結果,「いつもの練習よりも分かりやすい」「他の技にも応用できそう」などの感想を得た．また，部員の中には，本システムを使ってより高度な技の練習を行う者もいた．一方で，黒帯を取得しているような者の中には自分の感覚と異なると感じる者もいた．具体的には，合気道の感覚で重要な「膝の抜き」や「重心の移動」などの全身動作の練習の感覚が本ソフトウェアにより提供されていないことに違和感を覚えるという指摘があった．また，参加者の 1 人は「ボールを掴む」という比喩自体が分かりにくいと回答していた．

4.2 一般の方向けの体験会

2021 年 10 月に札幌市で開催された NoMaps[2]において Gino .Aiki のワークショップを開催した（図 4）．開催にあたっては新型コロナウイルス感染拡大防止策を徹底して行った．ワークショップにおいては一般の方々に既存の方法で合気道を体験してもらったあとに，本ソフトウェアで合気道の習得体験（「押す」動作と「上げる」動作）を行った．加えて，体験した動作を日常動作に応用する機会を設け，重たい荷物を上げる，重たいものを押すといった動作がどの程度楽になるのかを体験してもらった．参加者は 11 名（男性 8 名，女性 3 名）であった．また，練習時間は 15 分ほどであった．

この結果，従来の学習方法では難しかった「折れない腕」,「腕の張り」といった感覚や「掴まれている場所を意識しない感覚」が，本ソフトウェアでは自然に掴むことができた．特に 11 名中 9 名が実際に相手を押し倒すことができたり上げたりすることができた．また，既存の練習方法では全員が規定の時間（15 分）のうちに合気道のコツを掴むことはできなかったが，本手法では，11 名中 9 名が時間内に

図 4. NoMaps2021 でのワークショップの様子．

「折れない腕」の感覚をはじめとする合気道の感覚を掴むことができた．さらに，アンケートでは,「AR の方が分かりやすかった」「日常動作が楽になった」等の感想を得た．インタビューにおいても同様の感想を得られ，参加者が本ソフトウェアの利用で何らかの感覚を掴めた様子を観察することができた．また,「合気道の習得以外にもスキーの学習にも使えるのではないか」という意見もあった．また，小柄な女性が男性を後ろに押し倒している様子も観測された．一方で，ソフトウェアのキャリブレーションの段階で躓いている人も何人か見られた．特に，MR ソフトウェア内での「メニューのボタンを押す」動作を行えない者が多く，本ソフトウェアの体験ができないこともあった．また,「ボールが消える」という現象も発生し，システムのハンドトラッキングが一部機能していないことが確認された．

4.3 労働現場での試験的導入

合気道の「上げる」動作を習得することで，通常の身体の使い方で重いものを持ち上げるよりも身体的負荷を抑えたまま上げることができると言われている．その効果を調査するために，日本国内のデータセンターで，サーバの持ち上げ作業の負荷が軽減できるかどうかの予備的検討を行った．

検討では 4 名（男性 4 名）の参加者を 2 名ずつの 2 つのグループに分け，片方のグループは既存の方法（口頭伝達）で合気道を学習し，もう片方のグループは Gino .Aiki で合気道を学習した．その後，通常業務（20kg のサーバを二人で持ち上げる）を行ってもらった．タスク終了後，合気道の学習によって体が楽になったかどうかや練習はしやすかったかなどのインタビューを行った．

この結果，既存の方法で合気道を学習した場合では,「合気道の（口頭での）比喩が分かりづらく，いまいち合気道の効果を実感できなかった」という感想が聞かれた．提案手法で合気道を学習した場合では「比喩が視覚情報として表れていて直感的に分かりやすいため，合気道の効果を感じることが出来た．

[1] 北海道大学武田流中村派合気道部． http://t-n-aiki-hokudai.sub.jp/

[2] NoMaps2021．AR で合気道を体験するワークショップ． https://no-maps.jp/ar_aikido/

普段の業務にも応用できそう」などの感想が聞かれた．また「仮にこのシステムが要求する合気道習得のための練習時間が１日あたり１時間であったとしても使いたい.」「入社１年目の人に有効であると思う.」「合気道以外の他の技術の習得にも使えそう.」などの感想も聞かれた．一方で，若い人は元々力がある人が多く，本ソフトウェアによる支援がなくても困らないという感想も聞かれた．また，合気道の「上げる」動作の時の手の形とサーバを上げる時の手の形が異なるため，ソフトウェアで学習してもそのまま応用しにくいという意見もあった．実施した予備的検討を通して，総じて本システムがサーバのような重量物の上げ下げによる身体的負荷を軽減することができる可能性が示唆された．

5　議論

予備的検討では，提案するソフトウェアを短期間利用することで，本ソフトウェアを使用しなくても合気道の身体の使い方を覚えているユーザが確認された．これは MR による比喩表現の可視化手法の身体記憶性が高いからではないかと考えられる．ここでの身体記憶性が高いとは，一度体の感覚を覚えてしまえば，時間が経っても大体の感覚を覚えているという本稿で提案する考え方であり，自転車やスキーなどはその好例だと考える．この現象は，比喩は一度視覚映像として共有してしまえばあとで自分でも鮮明に比喩の様子や挙動を思い返すことができるから起こったものだと考えられる．そのため，合気道に限らず，他人の感覚を比喩として映像で学習すれば，かなり短い時間でその感覚を掴むことができるだろう．また，予備的検討の中で,「合気道の習得以外にもスキーの学習にも使えるのではないか」,「合気道以外の他の技術の習得にも使えそう」などの感想があった．これらは他のスポーツや作業においても比喩表現は一般的に使用されており，これを MR 技術によって可視化することは合気道以外にも需要があることを示している．他の武道やスポーツなどにも応用できる可能性があるだけでなく，個人ごとの感覚を共有できる可能性を秘めている．そのため，人それぞれ自分に合った比喩表現で学ぶといったことができる可能性がある．

一方で技術的な課題は残っている．特に，MR グラスの視野角が狭いことは，学習の効率を妨げる要因の一つとなっている．本手法を用いる場合，比喩表現をユーザの周りの空間全てに表示することが望ましいが，現状の視野角では肩や首など顔に近すぎる部分に比喩表現を表示することはできない．また，比喩を表現化するにはその感覚を掴んでいる人が MR ソフトウェアを作らなければならないというのも課題の一つである．ある伝統的な技術を伝承させたいときに，本手法を用いて比喩表現で視覚的に伝えることができれば短期間で感覚をつかむことができるかもしれないが，その MR ソフトウェアは伝承させたい人が作らなければならない．感覚を共有したい人がコンピュータで MR ソフトウェアを作れる人であれば問題ないが，そうでない人の場合は本手法は手軽に採用できるものではない．加えて，合気道の「押す」動作において，手首を掴まれたときにハンドトラッキングの精度が下がることも課題である．さらに，本手法では「仮想のボールを取ろうとしてみてください」などの言語的インタラクションを行なっている．これでは，厳密には自立したシステムとは言えないため，音声案内を用意するなどの対策が別途必要である．

また，言語的比喩を MR 表現した手法自体の限界もある．比喩表現で体の感覚を誘発できるのは上半身に限られる上，表示される比喩に多少の解釈の違いが生まれる．さらに，合気道の有段者には，自分の感覚と表示されている比喩の感覚が違うため，学習にならない可能性もある．

また，本稿では本格的な評価実験を行なっていないため，本稿で実施した予備的検討を持って本手法に十分な効果があるとは定量的および定性的に断言することはできない．本手法により合気道の学習支援に効果があると示すためには，既存の練習方法と MR での練習方法で時間を決めて練習し，どの程度合気道が上達したかを定性的，可能ならば定量的に評価する必要がある．しかしながら，合気道の習得度合いを示す定量的な指標は研究されていないため，信頼できる指標を作成し，その上で Gino .Aiki の効果を検証する必要がある．

6　まとめ

本稿では，合気道の身体の使い方の学習を支援する MR ソフトウェア Gino .Aiki を提案した．本ソフトウェアは合気道の「押す」「上げる」「倒す」「下げる」の４つの身体の使い方に注目し，その身体の使い方のコツを MR 表現を用いて視覚化することで合気道独自の身体の感覚をユーザに体験させた．これにより「習得するのが難しい」「一人で学習するのが難しい」といった合気道の習得における課題を解決することを試みた．本ソフトウェアの効果を検討するために，ワークショップや実際の作業現場において予備的検討を行った．この結果，一般の人々を対象としたワークショップでは「AR による合気道体験のほうが合気道の身体の使い方が分かりやすかった」「日常動作が楽になった」などの感想を得た．この結果から Gino .Aiki は合気道の身体の使い方を短期間で体験，習得させ，身体的な負荷を軽減させる効果がある可能性が示唆された．一方で，視野角の狭さの問題や MR コンテンツの制作の問題については本ソフトウェアおよびシステムの改善点としてあげられる．今後は定量的な技能獲得についての実証に取り組んでいく．

謝辞

本研究の一部は，情報処理推進機構 (IPA)「2021 年度未踏 IT 人材発掘・育成事業」およびノーステック財団「研究開発助成事業」の補助を受けて実施した．

参考文献

[1] ガスパル, ロランド.R, 井上誠治. 日本の伝統スポーツの文化性に関する研究. 1997.

[2] 安道太軌・濱田初幸・川西正志・北村尚浩：中学生の武道に対するイメージ，日本体育学会第 63 回大会体育社会学専門領域発表論文集，128-133，2012.

[3] 森山達矢．合気道の稽古者はいかに倫理性を身につけるのか：意味生成体験という観点から．体育学研究，58（1）：225-241． 2013.

[4] 北海道綜武館．https://www.takedaryu-hokkaidousoubukan.com/令和４年１１月２１日閲覧.

[5] 武田流中村派合気道．サイバー綜武館．https://www.takedaryu.jp/ 令和 4 年 9 月 21 日閲覧.

[6] A. Ikeda, D. H. Hwang and H. Koike, "AR based Self-sports Learning System using Decayed Dynamic TimeWarping Algorithm", ICAT-EGVE 2018-International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments, 2018.

[7] S. Yan, G. Ding, Z. Guan, N. Sun, H. Li, and L. Zhang. OutsideMe: Augmenting Dancer ' s External Self-Image by Using A Mixed Reality System. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA ' 15, p. 965–970, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.

[8] 嵐 冠太，塚田 浩二．タットダンスの練習支援システムの提案．インタラクション 2021 論文集, pp.277-280, 2021.

[9] 松井 菜摘，大西 鮎美，寺田 努，塚本 昌彦．ゲート・スティック・ゴーストを用いたヘアアイロンの操作軌道提示手法の検討．WISS 第 29 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ. pp.57–63，2021.

[10] N. Hamanishi and J. Rekimoto. Temporal Manipulation Interface of Motion Data for Movement Observation in a Personal Training. In Symposium on Spatial User Interaction. 1–2. 2020.

[11] 塚本 裕樹，角 薫．運動イメージを用いた投球トレーニングシステムの研究．インタラクション 2015 論文集. pp.438-441，2015.

[12] 三浦 駿，安藤 敏彦．AR を用いたギター演奏学習支援システムの一提案．インタラクション 2020 論文集. pp.461-463，2020.

[13] X. Zhang, E. Wu and H. Koike. "Watch-Your-Skiing: Visualizations for VR Skiing using Real-time Body Tracking," 2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), 2021, pp. 387-388, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct54149.2021.00088.

[14] 山本 鷹人，北原 鉄朗．BGM の再生速度変化を用いた体幹トレーニング支援システム．インタラクション 2020 論文集．pp.212-217，2020.

[15] 菅家 浩之，寺田 努，塚本 昌彦．触覚提示に基づくドラム演奏学習支援システム．インタラクション 2015 論文集. pp.832-834，2015.

[16] T. Nakamura, D. Saito, E. Wu, and H. Koike. Actuated Club: Modification of Golf-Club Posture with force feedback and motion prediction in VR environment. In ACM SIGGRAPH 2020 Emerging Technologies (SIGGRAPH '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 12, 1–2. 2020. https://doi.org/10.1145/3388534.3407286

[17] P. Lopes, A. Ion, and P. Baudisch. Impacto: Simulating Physical Impact by Combining Tactile Stimulation with Electrical Muscle Stimulation. In Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST '15). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 11–19. 2015. https://doi.org/10.1145/2807442.2807443

[18] J. Hoffard, T. Nakamura, E. Wu, and H. Koike. PushToSki - An Indoor Ski Training System Using Haptic Feedback. In ACM SIGGRAPH 2021 Posters (SIGGRAPH '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 15, 1–2. 2021. https://doi.org/10.1145/3450618.3469158

[19] H. Oagaz, B. Schoun and M. -H. Choi. "Performance Improvement and Skill Transfer in Table Tennis Through Training in Virtual Reality" in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2021. doi: 10.1109/TVCG.2021.3086403.

[20] A. Yokokubo, Y. Kato, I.Siio. TracKenzan: Digital Flower Arrangement Using Trackpad and Stylus Pen. In: Stephanidis, C., Kurosu, M., Degen, H., Reinerman-Jones, L. (eds) HCI International 2020 - Late Breaking Papers: Multimodality and Intelligence. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12424. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60117-1-25

[21] E. Wu, M. Piekenbrock, T. Nakumura, and H. Koike. SPinPong - Virtual Reality Table Tennis Skill Acquisition using Visual, Haptic and Temporal Cues. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 27(5):2566–2576, 2021.

[22] 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，pp. 26–32, 2020.

[23] 松本 高，E. Wu，小池 英樹．時間歪曲機能を用いた VR スキートレーニングの拡張．WISS 第 29 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ. pp.64–70，2021.

[24] E. Wu and H. Koike, "FuturePose - Mixed Reality Martial Arts Training Using Real-Time 3D Human Pose Forecasting With a RGB Camera," 2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), pp. 1384-1392, 2019. doi: 10.1109/WACV.2019.00152.

[25] E. Wu and H. Koike. FuturePong: Real-time Table Tennis Trajectory Forecasting using Pose Prediction Network. In Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–8. 2020. https://doi.org/10.1145/3334480.3382853

[26] S. Kasahara, J. Nishida, and P. Lopes. Preemptive Action: Accelerating Human Reaction using Electrical Muscle Stimulation Without Compromising Agency. In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Paper 643, 1–15. 2019. https://doi.org/10.1145/3290605.3300873

[27] A. Takahashi, J. Brooks, H. Kajimoto, and P. Lopes. Increasing Electrical Muscle Stimulation's Dexterity by means of Back of the Hand Actuation. In Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 216, 1–12. 2021.https://doi.org/10.1145/3411764.3445761

[28] A. Ebisu, S. Hashizume, K. Suzuki, A. Ishii, M. Sakashita, and Y. Ochiai. Stimulated percussions: method to control human for learning music by using electrical muscle stimulation. In Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference (AH '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 33, 1–5. 2017. https://doi.org/10.1145/3041164.3041202

[29] 坂名 純太，土田 修平，寺田 努，塚本 昌彦．歌唱時に高音の発声ができるようになる VR 映像の提案と評価．WISS 第 29 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ. pp.16–22，2021.

[30] B. Hament, A. Cater and P. Y. Oh, "Coupling virtual reality and motion platforms for snowboard training," 2017 14th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), pp. 556-560, 2017. doi: 10.1109/URAI.2017.7992668.

[31] S. C. Michalski, A. Szpak, D. Saredakis, T. J. Ross, M. Billinghurst and T. Loetscher, "Getting your game on: Using virtual reality to improve real table tennis skills", PLoS ONE, vol. 14, no. 9, 2019.

[32] P. Le Noury, T. Buszard, M. Reid, and D. Farrow, "Examining the representativeness of a virtual reality environment for simulation of tennis performance, " Journal of Sports Sciences, vol. 39, no. 4, pp. 412–420, 2021.

[33] S. Tsuchida, T. Terada, and M. Tsukamoto. A system for practicing formations in dance performance supported by self-propelled screen. In Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference (AH '13). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 178–185. 2013. https://doi.org/10.1145/2459236.2459266

[34] S. Tsuchida, T. Terada, and M. Tsukamoto. A Dance Performance Environment in which Performers Dance with Multiple Robotic Balls. In Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference 2016 (AH '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 12, 1–8. 2016. https://doi.org/10.1145/2875194.2875219

[35] 土田 修平, 岡本 秀明, 鈴木 裕真, 金田 麟太郎, 堀 隆之, 寺田 努, 塚本 昌彦. ダンスをマスターした自身の映像を先に見ることによるダンス学習支援. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2022(6), 1-8.

[36] P. -A. Heng et al. "A virtual-reality training system for knee arthroscopic surgery," in IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, vol. 8, no. 2, pp. 217-227, June 2004. doi: 10.1109/TITB.2004.826720.

[37] T. Miki, T. Iwai, K. Kotani, J. Dang, H. Sawada, and M. Miyake, Development of a virtual reality training system for endoscope-assisted submandibular gland removal, J. Cranio-Maxillofac. Surg. 44(2016), No. 11, p. 1800.

[38] I. Galvan-Bobadilla, A. Ayala-García, E. Rodríguez-Gallegos and G. Arroyo-Figueroa, "Virtual reality training system for the maintenance of underground lines in power distribution system," Third International Conference on Innovative Computing Technology (INTECH 2013), pp. 199-204, 2013. doi: 10.1109/INTECH.2013.6653713.

[39] M. Perez-Ramirez, G. Arroyo-Figueroa, A. Ayala. The use of a virtual reality training system to improve technical skill in the maintenance of live-line power distribution networks. Interactive Learning Environments 29:4, pages 527-544. 2021.

[40] K. Wennrich, B. Tag, and K. Kunze. 2018. VRTe do: the way of the virtual hand. In Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 63, 1–2. 2018. https://doi.org/10.1145/3281505.3281578

[41] P. Han, Y. Chen, Y. Zhong, H. Wang, and Y. Hung. My Tai-Chi coaches: an augmented-learning tool for practicing Tai-Chi Chuan. In Proceedings of the 8th Aug-

mented Human International Conference (AH '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 25, 1–4. 2017. https://doi.org/10.1145/3041164.3041194

[42] C. Sielużycki et al. Can Kinect aid motor learning in sportsmen? A study for three standing techniques in judo. PLOS ONE 14(2): e0210260. 2019. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210260

[43] P. Guo. "Effectiveness of VR Technology Based on Artificial Intelligence and Big Data in Overcoming Psychological Barriers in Taekwondo Practical Learning", Security and Communication Networks, vol. 2022. Article ID 3750213, 10 pages, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/3750213

[44] 根木 俊一, 島宗 理. 行動的コーチングによる合気道の技の改善. 行動分析学研究 24 (1), pp.59-65, 2010.

[45] A. Corbí and O. C. Santos. MyShikko: Modelling Knee Walking in Aikido Practice. In Adjunct Publication of the 26th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 217–218. 2018. https://doi.org/10.1145/3213586.3225225

[46] Aikido training-techniques. https://play.google.com/store/apps/details?id=app.aikido_training.course&hl=ja&gl=US 令和 4 年 9 月 21 日閲覧.

[47] K. Vasiliki and L. Margareta. Maintaining close contact from a distance: digital aikido training under Covid-19 conditions – reflections and lessons from an online martial arts course. Martial Arts Studies (11) , pp. 32-45. 2021. 10.18573/mas.128

[48] M. A. Gordon. Awakening to wholeness: Aikido as embodied praxis of intersubjectivity. In O. Gunnlaugson, C. Scott, E. Sarath, & H. Bai (Eds.), Catalyzing the field: Second person approaches to contemplative learning (pp. 87–106). New York, NY: State University of New York Press. 2019.

[49] D. Foster. Fighters who Don't Fight: The Case of Aikido and Somatic Metaphorism. Qual Sociol 38, 165–183. 2015. https://doi.org/10.1007/s11133-015-9305-4

[50] M. A. Gordon. The Way of the Classroom: Aikido as Transformative and Embodied Pedagogy Through Self-Cultivation. In: Aikido as Transformative and Embodied Pedagogy. Palgrave Macmillan, Cham. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23953-4-5

[51] Y. Machi, C. Liu, K. Tohei, T. Ishizaki, T. Hamaoka, S. Kodato. The Physiological Study of Ki in Ki Aikido (1), Journal of International Society of Life Information Science. Volume 19. Issue 1. Pages 100-106. 2001.

[52] Y. Machi, C. Liu, K. Tohei, T. Ishizaki, T. Hamaoka, S. Kodato. The Physiological Study of Ki in Aikido (2), Journal of International Society of Life Information Science. Volume 19. Issue 2. Pages 404-410. 2001.

[53] 高須 公仁, 宮坂 裕之, 富田 豊, 本多 敏.「折れない腕」における筋協調. 国際生命情報科学会誌. 34 巻, 1 号, p. 7-14, 公開日 2016/08/01, Online ISSN 2424-0761, Print ISSN 1341-9226. 2016. https://doi.org/10.18936/islis.34.1-7, https://www.jstage.jst.go.jp/article/islis/34/1/34-7/-article/-char/ja

[54] Microsoft. HoloLens2. https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens

[55] Unity. https://unity.com/ja 令和 4 年 9 月 25 日閲覧.

[56] Microsoft Mixed Reality Toolkit 2. https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/?view=mrtkunity-2022-05 令和 4 年 9 月 25 日閲覧.

未来ビジョン

今はYouTubeなどでどのようなことでも学習できる世界だ．スマートホンやPC一つさえあればプログラミングから可愛い絵の描き方まで様々スキルを学ぶことができる．そのような時代において，動画では学べないことの価値は高い．本稿では，動画では学ぶことが難しい身体技能に関する研究を行なった．これは「スマートホンにアプリケーションをインストールするかのように，身体技能というソフトウェアを，人間の身体というハードウェアに手軽にインストール可能な世界を実現したい」というモチベーションにより行われた．誰もが簡単にコツや技能を自身の身体にインストールすることを可能にするMRソフトウェアプラットフォームをGinoと名づけ，本ソフトウェアはその中でも合気道の身体の使い方に注目したものであるという位置付けでGino .Aikiと名付けた．つまりGinoは，MRグラス一つあれば今まで動画などでは学習のしにくかった身体技術が簡単に学習できるような世界を目指すものであり，既存のスマートホンの立ち位置の延長という位置付けである．Gino .Aikiはその具体例であり，他にもGino .SkiやGino .Tennisなど他の身体技術を獲得するソフトウェアも作成することができるだろう．この研究を通してMRグラス一つあれば，合気道の身体の使い方からオリンピック選手のスキーの滑り方を学べる時代を目指している．本稿は，そのための第一歩となる研究である．