

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01129

研究課題名（和文）スキルやモチベーションを向上させる現実歪曲時空間の解明

研究課題名（英文）Analysis of Reality Distorted Spatio-Temporal Field to Improve Human Skill and Motivation

研究代表者

森島 繁生（Morishima, Shigeo）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：10200411

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,000,000円

研究成果の概要（和文）：従来のVR/AR等、Cyber空間に関連する最先端研究においては、空間の拡張・歪曲が主な研究課題となっており、情報空間の時間軸自体を歪曲させる研究はあまり例がなかった。空間だけでなく時間をも主観的に違和感なく歪曲させた現実歪曲時空間内での経験や訓練がPhysical世界での人の行動・知覚に与える影響の調査を実施した。具体的な研究対象として、スポーツ、語学訓練等を例に取りあげ、具体的な現実歪曲時空間構成技術の確立および評価システム構築を行い、時間を歪曲されたCyber世界での経験や訓練の成果が、Physical世界にフィードバックされる効果の検証を行い、成果を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

VR/AR技術は実用化の時代を迎えているが、従来の技術は空間の拡張に主眼がおかれており、時間軸を直接制御する技術は存在しなかった。そこで本研究課題では、バーチャル世界の3次元空間情報のみならず、時間スケールをもコントロール可能な歪曲時空間制御技術を提案し、スポーツトレーニングと語学訓練にターゲットを置いて、仮想世界の歪曲時空間制御によって、従来よりも効率的にスポーツや語学のスキル獲得が実現できる効果を評価実験により実証した。

研究成果の概要（英文）：Previous state-of-the-art research topics in VR/AR are focusing mainly on expansion or distortion of 3D virtual space. There are rarely research topic about the control of the time scale in virtual information space. Not only 3D space but also time scale are modified subjectively natural in this research project and the influence of this Reality Distorted Spatio-Temporal Field to human activity or perception in physical world is accessed. Sports training and a language training are picked up as application examples and a concrete Reality Distorted Spatio-Temporal Field is designed and constructed. And the result of system evaluation shows the superiority that the sports or language training in our space-time distorted space brings effectively a feedback to trainees in physical world.

研究分野：知能情報学

キーワード：歪曲時空間制御 ヴァーチャルリアリティ スポーツトレーニング 適用的可変速シャドーイングシステム マーカーレスモーションキャプチャ ARスポーツ観戦システム 3次元プレイヤーモデリング スキーシミュレータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

従来の VR/AR 等, Cyber 空間に関連する最先端研究においては, 空間の拡張・歪曲が主な研究課題となっており, 情報空間の時間軸自体を歪曲させる研究はあまり例がなかった. 空間だけでなく時間をも主観的に違和感なく歪曲させた現実歪曲時空間内の経験や訓練が Physical 世界での人の行動・知覚に与える影響を調査する必要性が生じていた.

Society5.0 が掲げる新しい社会では, 人工知能 (AI) により, 必要な情報が必要な時に提供されるようになり, ロボットや自動走行車などの技術で, 少子高齢化, 地方の過疎化, 貧富の格差などの課題が克服されるはずとされているが, 一方で人間のスキルの低下や, やる気の低下などが危惧されており, 新しい物事に対して挑戦しようというモチベーションや努力して何かを勝ち取ろうとする人間の向上心をどう維持するかが大きな課題と考えており, この課題の解決に資する一つの提案となり得ると考えた.

2. 研究の目的

スポーツや演奏, 語学訓練等, スキルを必要とするジャンルにおいて, これまでのような地道なトレーニング方法のみでは, 腕を磨くために負荷が重く時間がかかる, あるいはモチベーションが保てず長続きしないという問題点があった. この障壁を技術革新によって下げることができれば, スポーツ等のさらなる普及に貢献することができる. これまでの VR や AR を中心とする Cyber 世界の研究では, 空間自体の補間, 強調, 拡張を中心に据えており, 例えば移動の自由をサポートするなど, 障害者や弱者の支援が主なターゲットであった. しかし VR けん玉というゲームの存在を知り, このゲームでけん玉の未体験者の 9 割以上が短時間でスキルを身に付けることができたという事実を目の当たりにして, 我々は今回の提案を発想するに至った. これは, 現実に存在する重力や加速度をコントロールすることによって, Physical 世界の時間を歪めた Cyber 世界で訓練を繰り返すと Physical 世界に戻ってきたときに, スキルが自動的に身についているという我々が目指すべきストーリーと完全にシンクロする. よって, 空間だけではなく, 時間をもコントロール可能な現実歪曲時空間 (Reality Distorted Spatio-Temporal Field) をシステムとして実現することにより, その心理的な効果を含めて解明することが本研究課題の主な目的となる.

本提案では Cyber 世界を実現する技術を仲介して, 人間が Physical 世界でもつ様々な基本的な能力を情報機器によって単に拡張するだけではなく, その拡張された環境下における順応, 経験の蓄積によって, Physical 世界における基本的なスキルや能力, 感性等が増強され, 時には別の人間として生まれ変わることを可能とする環境を提供することによって, Physical 世界と Cyber 世界とを人間感覚的に結合し, 人間の能力という要素を通じて相互にフィードバック可能な情報環境を実現することを目的とする.

3. 研究の方法

現実歪曲時空間によるトレーニングフィールドの構築

1) 身体スキル獲得過程を定量化する研究

Cyber 世界における重力や加速度などの制御を自由自在に行うことで, 体験者ひとりひとりにカスタマイズされた現実歪曲時空間を実現することにより, スキルの習熟をアシストするシステムの構築とスキル獲得のプロセスを解明することを目的とする. VR けん玉のように Physical 環境側 (たとえばボール) の時間を Cyber 側で変更し, それによって Cyber 側でスキルを獲得し, それが Physical 側でも有効に作用するようにフィードバックをかけることを狙う. ただし Cyber 側でのスキル獲得とは, 「身体環境インピーダンスの制御スキルの獲得」だという仮説を置き, その制御スキル獲得を支援するために, Cyber 時空間での速度変化に加えて Physical 世界でも実際に身体刺激を与えたり, 床面を動かしたりすることを考慮する. その運動を, 身体運動予測 (特にインピーダンス予測) に基づいてリアルタイムに実施する必要がある. 提示する Cyber 世界のコンテンツ提示と同時に Physical 刺激を提示し, アクションに応じて時間遅延なくリアルタイムで刺激提示する機能実現が技術課題となる. それをベースに身体環境インピーダンスのスキル獲得過程を解明していく.

2) 運動へのモチベーション向上を促す現実歪曲時空間のデザイン

日本では 30 年以上, 人口の 30%しか継続的に運動をしないという現状がある. 現代人の時間的な多忙さを反映し, 体を継続的に動かすことに対して億劫になり, また体を動かすことなく SNS 等の Cyber 空間での娯楽によってストレスを解消する手段が蔓延してきている. この問題に対して, 本研究課題ではヒトの行動を変容させるためのモチベーションデザインに取り組む. 主な手段はスポーツのゲームデザインであり, AR 環境を取り込むことで, 物理法則に縛られない多様なデザインが可能となる.モチベーションがいかに刺激されるかに関して AR 環境を用いた被験者実験を通して明らかにする.

3) タスク難易度チューニングが可能な Cyber-Physical 現実歪曲時空間の生成

人間がスポーツに着手し, それを継続する上で核となるモチベーションの基本モデルを明らかにし, それに適切に対応したゲームデザイン, 楽しさを提供することで,モチベーション刺激を狙っていく研究テーマに取り組む. 前述の 2) では AR を利用した環境・ルールデザインが主であったのに対し, 本研究課題では主観的な物理法則への介入を主たる手段としている点が異なる. これらを合わせることで, Physical 空間, Cyber 空間両側面からの人間の行動変容, 能力

向上につなげる。我々が新たな身体スキルを獲得するとき、成功と失敗とを適切に繰り返すこと、つまり強化学習が重要である。しかしながら逆上がりやジャグリングなどを練習するとき、初心者は失敗を繰り返し、成功への手がかりも全くつかめないままスポーツ嫌いになってしまうことがある。これは我々が生活する Physical 世界は、重力および実時間という、きわめて強固な制約条件があり、獲得すべきスキルの難易度を容易に調整できないことに一因がある。これに対してコンソールゲームなどでは、プレイヤーのスキルに応じゲームの難易度をダイナミックに変化させることで、初心者から上級者まで楽しめるプレイ環境を構築している。そこで、主観的な重力や時間の流れを適応的に調整可能な Cyber-Physical 現実歪曲時空間を構築する。

現実歪曲時空間におけるコンテンツデザインのための要素技術

現実歪曲時空間コンテンツを構築する際に、重要な要素技術として位置付けられるのが、Cyber 世界に表示させるべきキャラクタデザインである。インストラクターとしての人物表現、技術の習熟度を実際に第三者視点で観察するための自己の分身(アバター)表現、あるいは複数人プレイヤーを表現するための群衆表現等を目的として、プレイヤーのアピランスとしてのリアリティや個性表現、アクションを忠実に再現するモーションリターゲット技術が重要な要素技術となる。キャラクタのインスタントなモデリング技術、忠実な本人の個性再現技術、フィールドでも使用可能なリアルタイムモーションキャプチャシステム、振り返りのための重要シーン検出技術を主な検討課題とする。

(1) インスタントキャスティング技術開発 スポーツプレイヤー等をモデル化するには、全身レベルでのアバター再現が必要不可欠である。よって、全身画像から本人のキャラクタモデルを瞬時に(インスタントに)生成する技術を本研究課題では実現する。また、フォトリアリティを究極まで技術水準を高めると同時に、本研究課題であるスキルやモチベーションを向上させるアプリケーションにおいて求められる本人らしさや人間らしさのリアリティレベルの必要条件についても検討を進める。

(2) モーションキャプチャおよびモーションリターゲット技術開発 スポーツのシーンや複数人のプレイシーンなどにおいて、Physical 世界のプレイヤーの動きを実際のフィールドにおいて既存の例えば光学モーションキャプチャ等によって計測することは、プレイヤーである被験者への負担等々の様々な制約から実質不可能であり、写真レベルの情報から全身の動きを細かく追跡する技術が求められている。そこで、既存の OpenPose の性能を越えるスペックで、ビデオからの入力のみによって全身のアクションを忠実にかつリアルタイムで再現できるシステムを構築する。

調整現実時間による能力獲得技術(言語・コミュニケーション能力訓練・補助手法の研究)

語学習得では shadowing(教材を聞きながら同じ内容をしゃべる)が有効なことが知られている。しかし、教材がナチュラルスピードの場合、練習者が聞き取ることができないなどの理由で shadowing に失敗してしまうことが多い。また、外国語のリスニングにおいても、教材の速度が早すぎると聞き取れず、練習に対するモチベーションが損なわれる。さらに、高齢者など、他人の喋っている速度が早すぎるように感じ、コミュニケーションから阻害されてしまう場面も多い。これらの問題は、練習者や利用者の能力と、言語の速度の不一致によるものと考えられる。一方、語学教材の速度を単に遅くすると、言語の自然な発音が損なわれてしまい、shadowing 練習の場合は正しい発音練習とならない。先行研究により、たとえば英語のように単語から構成される言語では、単語そのものの発話速度は変えずに、単語間のスペースの時間を調整することで聞き取りやすくなることが知られている。そこで、以下のアプローチにより語学訓練のモチベーションを高める試みを行う。1) 練習者の能力に合わせて教材の時間を伸長させる。言語的に不自然にならないように単語間のスペースを認識してその時間を伸長させる。練習者の発話も認識して、shadowing 教材が練習者の能力に合っているかどうかを常に計測し、練習者の能力よりもわずかに難しい程度の教材になるように適応する。2) 本方式は、言語の聞き取りやすさを改善する機構としても応用できる。オーディオブックや、映画の音声、テレビ会議などを同じ方式によってより聞き取りやすく変換することができる。さらに、補聴器などに同様の機構を組み込むことで、高齢者にとってより聞き取りやすい調整現実世界・時間(Mediated Reality / Mediated Time)を作り出すことができる。

高速かつリアルタイム性(緊急性、緊急事態性)を強く要求されるシーンでの訓練環境の構築主にプロジェクションマッピングとハイスピードカメラ(>1000fps)を組み合わせることによって、現実歪曲時空間をどのように制御して、どのような訓練が可能になるかを明確にし、その効果についても評価を実施する。ここでの技術的課題は、正確な時間制御を行うために極低遅延のプロジェクションマッピング技術を開発することである。これは単純に高速プロジェクタと高速カメラだけでは実現できない。本研究ではカルマンフィルタを用いた位置予測と深層学習を用いた姿勢予測を組み合わせたハイブリッドな手法を開発する。まず卓球を例に、プレイヤートラッキングを行い、プレイヤーの動きからボール予測を行って、例えばボールの予測軌跡をプレイ台上に表示する。卓球でのシナリオは、選手の動作からボールの方向を推定し、ボールの着地点に事前に投影を行う、あるいはスーパーリアルな映像による相手選手の映像が前方に表示され、最初はゆっくりサーブを打つ映像を投影し、どちらに飛ぶかを判断するトレーニング

グを実施する。次第に速度を大きくしながら、対応方法を熟練していき、実際の試合に挑むというプロセスをとる。逆に現実のスピードより少し速い映像でトレーニングを行うことで、実践時には体が軽くなったかのような錯覚をおこさせることで時間歪曲の効果を確認する。これらの訓練成果が、仮想世界重畳を解除した際にスキルとして焼き付く効果を期待し、それを評価する。これらの訓練成果は、とっさの判断や緊急事態性の高い対応が要求される場面において威力を発揮できると考えられる。

4. 研究成果

まず初年度は、スキルやモチベーションを向上させるための歪曲時空間制御に関する要素技術開発および応用先の模索を行った。

森島グループは、1枚の着衣全身画像からの高精度な姿勢の3次元モデル生成およびテクスチャ合成に成功し、任意の角度から対象を鑑賞できる3次元視覚コンテンツのためのプレイヤーの効率的なモデリングの可能性を示した。



図1 1枚の着衣画像からの3次元形状およびテクスチャ推定技術(PIFu) 引用数 512

持丸グループは、力学的な介入環境によって運動スキルを向上させる研究基盤として、非侵襲な運動計測技術の開発およびデジタルヒューマン技術による解析環境の開発を行った。マーカレスのビデオ式モーションキャプチャを整備し、有効性の確認を行った。

野嶋グループは、スポーツにおけるヒトの行動を変容させるモチベーションデザインに関して、ビデオゲームと物理スポーツの融合手法の提案および観客の観戦手法に関する調査を行った。またAR技術を利用した観戦システムを構築し、その有効性を確認した。

稲見グループでは、スポーツスキルの向上を目的とした現実歪曲時空間として、球技の際のボールの動きがスローモーションとなる空間の実装に着手した。まずは、ボールジャグリングのトレーニングを最初のフィールドとして設定し、速度変更可能なVR環境の構築を開始した。

小池グループでは、卓球をターゲットとして、プレイヤートラッキングとボールの着弾点予測、および卓球台への実時間プロジェクションを行った。プレイヤーのサーブ動作を1台のRGBカメラで撮影し、深層学習による動作予測システムFuturePoseを用いてボールの着弾点を実時間予測し、卓球台上に実時間投影される。実験の結果、実際の着弾点をほぼ正確に予測できることが示された。

暦本グループは、学習者の発話を音声認識により常に確認し、教材に対して正しくshadowを行えていない場合は、スピーキングの速度をゆるめるなど、学習課題の難易度を自動的に調整する技術を開発した。

2年度は、歪曲時空間制御に関する応用システムの検討を進めた。

森島グループは、1枚画像からの高精度な着衣全身3次元モデリングの研究に基き、さらに動画からの高精度な姿勢推定システムMirrorNetの開発を行い、1枚の画像と動画から着衣キャラクタをインスタントに生成し、自己の分身として動作させる基盤システムを構築した。



図2 MirrorNetによるポーズ推定結果

持丸グループは、トレーニングフィールドプロトタイプとして、運動計測および運動力学介入を実現するリアルタイムシステムを用いて環境の運動力学制御下における運動の変容を計測する実験を実施した。これにより非侵襲な運動計測技術およびデジタルヒューマン技術による解析環境をベースとしたトレーニングシステムの開発基盤が整備された。

野嶋グループは、まずAR観戦技術の機能向上を実施し、従来観戦者に近接する空間でなければAR像が提示できない問題に対して複数のARマーカ・計測用カメラを組み合わせたシステムを構築し、従来より遠方の物体・人物に合わせたAR像が提示可能となるシステムの基礎技術を開発した。

稲見グループでは、ボールジャグリングを対象として、スキル向上を目的とした現実歪曲空間の構築を行った。身体スキルの中には、同時に多くの要因を高速・高頻度で制御する必要があるために段階的な学習が難しいものがあるが、没入型バーチャル環境とパラレルワイヤ機構を用いた遭遇型力覚提示デバイスを組み合わせることによって、投球・捕球に伴う力覚を適切に再現しつつ、空中にあるボールの移動速度を制御可能な装置を提案し実装を行った。小池グループでは、卓球を対象としたプレイヤーの動作からボール着弾点を予測し、卓球台上に実時間プロジェクションするシステムに基き、VRを利用した卓球訓練システムの実装に着手した。

暦本グループは、学習者の発話を音声認識により常に確認し、学習課題の難易度を自動的に調整する技術を開発しその有効性評価を行った。

3年目の最終結果として、歪曲時空間制御の新システムを提案し、スポーツトレーニングや語学訓練という領域で、モチベーション向上の効果をプロトタイプシステムを通して実証した。

まず、時間軸を調整可能な Cyber-Physical 現実歪曲時空間を構築しスポーツスキル向上を目指す研究として、相対する2人の競技者の一方のフェイント動作を、個別筋骨格系を再現したデジタルツインによって予測し、他方に提示するシステムの開発を行った。機構的な動きやすさだけでなく、

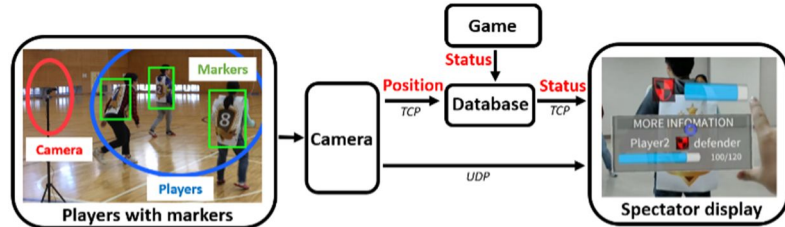


図3 ハンディキャップ克服ドッジボール観戦システム

筋骨格系の動かしやすさを考慮して未来予測する点に特徴がある。次にハンディキャップの克服にむけて、バーチャルにプレイヤーの能力増強を可能とする技術"Augmented Sports"に関して、同手法のドッジボールへの適用に際して必要となる投球者の検知技術の開発を行った。さらにスポーツ鑑賞者のパーソナリティ等に応じた動的なコンテンツ生成を念頭に、ボール等接近時の高揚感生成条件の調査、およびスポーツ等視聴時の高揚感増強技術について基礎的検討を行った。

身体スキルの中には、同時に多くの要因を高速・高頻度でコントロールする必要があるために、段階的な学習が難しいものがある。これらのスキルにおいては、時間の進み方(環境・事物の運動速度)を制御することができれば段階的・効率的な学習が実現できる可能性がある。没入型バーチャル環境による、ボールジャグリングやけん玉用練習装置について改良を行うとともに、本装置を用いたユーザー実験を実施した。

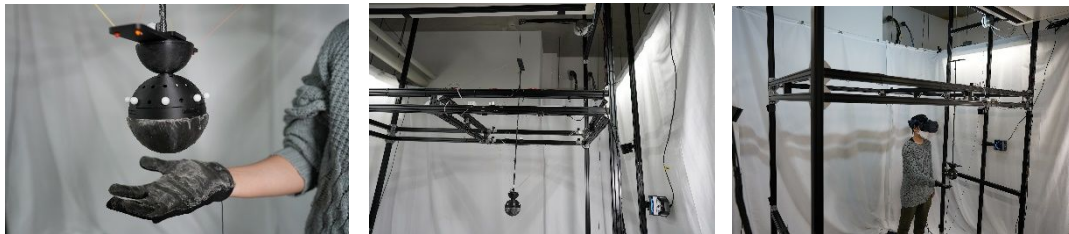


図4 ボールジャグリング・けん玉実験装置

さらスキートレーニングを対象とし、インドアスキーシミュレーターをベースとしたVRスキーシミュレーターを開発した。

語学シャドーイング訓練において課題の難易度を時間歪曲で変更する機構を発展させ、インタラクティブな語学AIチューターとして利用可能とした。また本機構と相補的に利用可能な、語学発音習熟度を深層学習により自動判定する機構を提案・構築した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Iwase Shohei, Kato Takuya, Yamaguchi Shugo, Yukitaka Tsuchiya, Morishima Shigeo	4. 巻 no.12
2. 論文標題 Song2Face: Synthesizing Singing Facial Animation from Audio	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM SIGGRAPH ASIA 2020 Technical Communication	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3410700.3425435	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nakatsuka Takayuki, Hamanaka Masatoshi, Morishima Shigeo	4. 巻 Volume 5: VISAPP
2. 論文標題 Audio-guided Video Interpolation via Human Pose Features	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 15th International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 2020)	6. 最初と最後の頁 27-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0008876600270035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yatagawa Tatsuya, Yamaguchi Yasushi, Morishima Shigeo	4. 巻 36
2. 論文標題 LinSSS: linear decomposition of heterogeneous subsurface scattering for real-time screen-space rendering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 1979 ~ 1992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-020-01915-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nozawa Naoki, Shum Hubert P. H., Feng Qi, Ho Edmond S. L., Morishima Shigeo	4. 巻 -
2. 論文標題 3D car shape reconstruction from a contour sketch using GAN and lazy learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-020-02024-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Feng Qi, Shum Hubert P. H., Morishima Shigeo	4. 巻 31
2. 論文標題 Resolving hand object occlusion for mixed reality with joint deep learning and model optimization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computer Animation and Virtual Worlds	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cav.1956	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Oya Takashi, Iwase Shohei, Natsume Ryota, Itazuri Takahiro, Yamaguchi Shugo, Morishima Shigeo	4. 巻 12627
2. 論文標題 Do We Need Sound for Sound Source Localization?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Vision - ACCV 2020	6. 最初と最後の頁 Pages 119 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-69544-6_8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Feng Qi, Shum Hubert P. H., Shimamura Ryo, Morishima Shigeo	4. 巻 28
2. 論文標題 Foreground-aware Dense Depth Estimation for 360 Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of WSCG	6. 最初と最後の頁 79 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24132/JWSCG.2020.28.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Xinlei, Miyaki Takashi, Rekimoto Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 WithYou: Automated Adaptive Speech Tutoring With Context-Dependent Speech Recognition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	6. 最初と最後の頁 Pages 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3313831.3376322	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Shixin, Rekimoto Jun	4. 巻 No.: 63
2. 論文標題 Mediated-Timescale Learning: Manipulating Timescales in Virtual Reality to Improve Real-World Tennis Forehand Volley	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 VRST '20: 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology	6. 最初と最後の頁 Pages 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3385956.3422128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wu Erwin, Koike Hideki	4. 巻 -
2. 論文標題 FuturePong: Real-time Table Tennis Trajectory Forecasting using Pose Prediction Network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHI EA '20: Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	6. 最初と最後の頁 Pages 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3334480.3382853	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Xinlei, Miyaki Takashi, Rekimoto Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 WithYou: Automated Adaptive Speech Tutoring With Context-Dependent Speech Recognition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	6. 最初と最後の頁 Pages 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3313831.3376322	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Shixin, Rekimoto Jun	4. 巻 63
2. 論文標題 Mediated-Timescale Learning: Manipulating Timescales in Virtual Reality to Improve Real-World Tennis Forehand Volley	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 VRST '20: 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology	6. 最初と最後の頁 Pages 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3385956.3422128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Washino, S., Murai, A., Mankyu, H., & Yoshitake, Y	4. 巻 49
2. 論文標題 Association between Changes in Swimming Velocity, Vertical Center of Mass Position, and Projected Frontal Area during Maximal 200-m Front Crawl	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings	6. 最初と最後の頁 Pages 60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hertzog Clara, Sakurai Sho, Hirota Koichi, Nojima Takuya	4. 巻 49
2. 論文標題 Toward Augmented Reality Displays for Sports Spectators: A Preliminary Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of The 13th Conference of the International Sports Engineering Association	6. 最初と最後の頁 129 ~ 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/proceedings2020049129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Rebane Kadri, Inoue Yo, H?rmark David, Shijo Ryota, Sakurai Sho, Hirota Koichi, Nojima Takuya	4. 巻 6
2. 論文標題 Augmenting Team Games With a Ball to Promote Cooperative Play	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Augmented Human Research	6. 最初と最後の頁 Pages 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41133-021-00045-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yatagawa Tatsuya, Todo Hideki, Yamaguchi Yasushi, Morishima Shigeo	4. 巻 36
2. 論文標題 Data compression for measured heterogeneous subsurface scattering via scattering profile blending	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 541 ~ 558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-018-01626-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Tomoya, Yatagawa Tatsuya, Tokuyoshi Yusuke, Morishima Shigeo	4. 巻 6
2. 論文標題 Real-time rendering of layered materials with anisotropic normal distributions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Visual Media	6. 最初と最後の頁 29 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41095-019-0154-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kuge Takahiro, Yatagawa Tatsuya, Morishima Shigeo	4. 巻 38
2. 論文標題 Real time Indirect Illumination of Emissive Inhomogeneous Volumes using Layered Polygonal Area Lights	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computer Graphics Forum	6. 最初と最後の頁 449 ~ 460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cgf.13851	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakatsuka Takayuki, Hamanaka Masatoshi, Morishima Shigeo	4. 巻 5
2. 論文標題 Audio-guided Video Interpolation via Human Pose Features	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 VISIGRAPP	6. 最初と最後の頁 27 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0008876600270035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Takashi Oya, Shigeo Morishima
2. 発表標題 LSTM-SAKT: LSTM-Encoded SAKT-like Transformer for Knowledge Tracing
3. 学会等名 AAAI 2021 Workshop on Imaging Post-COVID Education with AI (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井昭彦, 鷲野壮平, 持丸正明
2. 発表標題 DATSURYOKU: 身体環境インタラクションが筋活動をデザインする
3. 学会等名 第26回ロボティクスシンポジウム予稿集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鷲野壮平, 村井昭彦
2. 発表標題 異なるタイプのデジタルヒューマンモデルが運動中のモデル体積に及ぼす影響
3. 学会等名 第26回ロボティクスシンポジウム予稿集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口純也, 脇坂崇平, Alfonso Balandra, 前川和純, 堀江新, 佐々木智也, 檜山敦史, 長谷川晶一, 稲見昌彦
2. 発表標題 ジャグリングにおけるスロー・キャッチ動作学習支援のための時間軸を操作可能な力触覚提示 VR システムの提案
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsuya Koike, Shigeo Morishima, Ryoichi Ando
2. 発表標題 Asynchronous Eulerian Liquid Simulation
3. 学会等名 Eurographics 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Shunsuke Saito, Zeng Huang, Ryota Natsume, Shigeo Morishima, Angjoo Kanazawa, Hao Li
2 . 発表標題 PIFu: Pixel-Aligned Implicit Function for High-Resolution Clothed Human Digitization
3 . 学会等名 International Conference on Computer Vision 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Naoya Iwamoto, Hubert P. H. Shum, Wakana Asahina, Shigeo Morishima
2 . 発表標題 Automatic Sign Dance Synthesis from Gesture-based SignLanguag
3 . 学会等名 MIG 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Ryota Natsume, Shunsuke Saito, Zeng Huang, Weikai Chen, Chongyang Ma, Hao Li, Shigeo Morishima
2 . 発表標題 SiCloPe: Silhouette-Based Clothed People
3 . 学会等名 CVPR 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Erwin Wu, Florian Perteneder, Hideki Koike
2 . 発表標題 Real-time Table Tennis Forecasting System Based on Long Short-term Pose Prediction Network
3 . 学会等名 SIGGRAPH 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 村井昭彦
2. 発表標題 身体環境インピーダンスのモデル化とデザイン
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Azuma, Clara Hertzog, Sho Sakurai, Koichi Hirota, and Takuya Nojima
2. 発表標題 Augmented Dodgeball AR Viewer for Spectators
3. 学会等名 International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments(ICAT-EGVE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 恭平, 栗原 一貴, 野嶋 琢也
2. 発表標題 既存スポーツと既存ビデオゲームを融合させた競技の提案と実装
3. 学会等名 WISS 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xinlei Zhang, Takashi Miyaki & Jun Rekimoto
2. 発表標題 WithYou: Automated Adaptive Speech Tutoring With Context-Dependent Speech Recognition
3. 学会等名 CHI 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 画像レンダリング方法、画像レンダリングシステム及びプログラム	発明者 久家隆宏、谷田川達也、森島繁生（出願者は早稲田大学）	権利者 学校法人早稲田大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-159051	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

早稲田大学 森島研究室 https://morishima-lab.jp
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	稲見 昌彦 (Inami Masahiko) (00345117)	東京大学・先端科学技術研究センター・教授 (12601)	
研究分担者	野嶋 琢也 (Nojima Takuya) (10392870)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授 (12612)	
研究分担者	暦本 純一 (Rekimoto Junichi) (20463896)	東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授 (12601)	
研究分担者	小池 英樹 (Koike Hideki) (70234664)	東京工業大学・情報理工学院・教授 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	持丸 正明 (Mochimaru Masaaki) (90358169)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領 域・研究センター長 (82626)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関