

令和元年6月1日現在

機関番号：25403

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05869

研究課題名（和文）身体知解析に基づく複合現実型技能伝承システムの構築

研究課題名（英文）Construction of Mixed Reality Skill Transfer System Based on Embodied Knowledge Analysis

研究代表者

脇田 航 (Wakita, Wataru)

広島市立大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：80584094

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 18,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、熟練者の身体知解析に基づく複合現実型技能伝承システムを実現するためのシステム開発を行った。まず、身体動作、筋電、力等の観測データをリアルタイムに可視化可能にし、記録した熟練者の全身の動作をリアルタイムに訓練可能なシステムを開発した。次に広大なバーチャル空間を移動可能なインタフェースとして、乗り物等の体性感覚や前庭感覚を呈示可能なモーションベースおよび、歩行感覚を呈示可能な全方位歩行感覚提示装置を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

手技や身体技能を視触力覚で多面的にアーカイブし、複合現実感技術により、時空の壁を超えていつでもどこでも熟練者が傍で手取り足取り指導し、訓練者の各指や身体への触力感を通して技能を伝達しながらの能動訓練が実現でき、従来困難であった無形文化の記録・保存、伝承が大きく進展し、技能伝承の時間的問題が解決される。また、モーションベースや歩行装置によって、広大な空間での作業訓練だけでなく、エンターテインメント、eスポーツ、デジタルアーカイブ、医療・福祉、リハビリ、ダイエットなど、様々な分野への応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this work, we developed a system to realize a mixed reality type skill transfer system based on the embodied knowledge analysis of the expert. First of all, we have made it possible to visualize observation data such as body movements, myoelectric potentials and forces in real time, and developed a system that can train the motions of the whole body of the expert in real time. Next, we developed an omnidirectional walking sense presentation device capable of presenting somatosensory sensations such as vehicles etc. and vestibular sensation and an omnidirectional walking sensation presentation as an interface capable of moving a large virtual space.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：バーチャルリアリティ 複合現実感 技能伝承 デジタルアーカイブ ロコモーションインタフェース  
モーションベース 歩行装置

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

医療、産業、人文、芸術、スポーツ等といった様々な分野における高度な技能の保存や効率的な習得は先進国共通の課題であるが、特に少子高齢化が急速に進む我が国では、近年、団塊世代の大量退職に伴う技能伝承問題が年々深刻化しており、熟練者の知識や技術・技能の継承が急務である。技術は方法や手段といった科学的な裏付けのあるものであるのに対し、技能は技術を使う能力であり、コツやカンといった曖昧な情報のため個人差があり、暗黙知とされてきた。このような技能は従来、目で見て盗むもの、長年の経験と努力により習得するものとされてきたため、技能継承問題に関しては、時間やコストの面からあまり進んでいないのが現状である。一方で、近年の日本の世界遺産登録数の増加や、2020年東京オリンピック・パラリンピックの開催決定に伴い、これらの日本文化・芸術等を世界に発信するための取り組みも急務となっている。

関連する取り組みとして、人工知能学会「身体知研究会」では、人間の巧みな動作を可能にする能力「身体知」の解明に取り組んでおり、電子情報通信学会情報システムソサイエティ「身体性情報学研究会」では、身体性を中心とした人間の高度機能の情報処理メカニズムの解明について取り組んでいるが、コツやカンといった暗黙知の保存、伝承には至っていない。また、情報処理学会「人文科学とコンピュータ研究会」では、情報技術を活用した人文科学に関するデジタルアーカイブ化に取り組んでおり、人工知能学会「知識・技術・技能の伝承支援研究会」では、産業分野の熟練者の知識・技術・技能について、ワークフローに基づく記述による伝承支援に取り組んでいる。また、東京大学では、截金と紙漉の伝統技能を対象に、熟練者の動作や筋電等の身体情報を記録・追体験したり、記録した熟練者の道具の動きを訓練者の持つ道具上に投影するといった拡張現実感による対話的な試みを行っている。しかしながら、熟練者の傍で手取り足取り教わっているような視触力覚を伴う高臨場かつ対話的な教示や能動訓練までは至っていない。

一方、ロボティクス分野において、東京大学、慶応義塾大学を中心に、実環境で触覚情報を記録・保存し、遠隔地へ伝送・共有する研究が行われているが、触覚情報は受動的に伝達されるのみで、能動的かつ対話的に触力覚情報を獲得できない。また、技能伝承に必要な作業工程における身体の姿勢、動き、力、触知覚といった情報を同時に伝達するまでは至っていない。

そこで、実環境における身体動作や筋電、視線等の身体情報や触知覚の解析に基づいて熟練者の身体知を自動モデリングし、複合現実感技術により、時空の壁を超えて、いつでもどこでも熟練者が傍で手取り足取り指導し、訓練者の各指や身体に力や触感を通して技能を伝達しながら能動訓練可能な方法が確立できれば、身体知に基づく技能伝承は大きく進展する。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、上記技術課題を達成するため、

- 1) 熟練者の手技や身体技能を観測したデータから身体知を記述するモデルを自動生成し、
- 2) 身体知モデルから熟練者の動作等をマルチモーダルで教示すると同時に訓練者が能動的に力触覚等を体感可能な提示装置を開発し、
- 3) 熟練者の身体知を視触力覚教示および能動訓練可能な複合現実型技能訓練シミュレータを開発し、これらを用いて手技や舞踊等における技能伝承を確立し、その有効性を評価する。

### 3. 研究の方法

本研究では、熟練者の身体知解析に基づく複合現実型技能伝承システムを実現するため、まず、I. 身体知解析と可視化では、手指動作や身体動作、筋電、視線、力等の観測データから触知覚や身体知を推定、記録し、リアルタイムに可視化する。II. 多感覚提示デバイスの開発では、ユーザの動作に追従する多自由度のモーションベースや力覚提示装置を開発する。III. 複合現実型技能教示・訓練システムの開発では、1) 訓練者が教示力や触知覚を感じながら能動的に力加減や技能プロセスを習得可能な訓練システムを開発し、2) 獲得した熟練者の身体知を訓練者に視触力覚で重畳することで、傍で手取り足取り教わっているような感覚を実現する身体技能訓練システムを開発し、手技や舞踊等の技能訓練に応用する。

I. 身体知解析と可視化：手指動作や身体動作、筋電、視線等の観測データを解析し、触知覚や身体知を推定する。これまでに開発した手指モデルや身体モデルを拡張し、3DCGでリアルタイムに身体知を可視化、記録・再生可能にする。また、ユーザにかかる力や触知覚を推定し、これらのデータをもとに技能工程を分節化し、人体動作のプロセスモデリングを行う。

II. 多感覚提示デバイスの開発：観測した訓練者の位置・姿勢に応じてリアルタイムに追従する多自由度のモーションベースを開発する。この装置を力覚呈示装置等と組み合わせ、ユーザの動作に応じてインタラクティブに力触覚等の多感覚情報を提示可能な装置を実現する。次に、開発した人体モデルと組み合わせ、操作者の姿勢や動きとバーチャル空間内の手の姿勢や動きを一致させる。

III. 複合現実型技能教示・訓練システムの開発：ヘッドマウントディスプレイによる等身大環境での立体視を可能にし、多感覚提示装置を用いて、バーチャル空間内の訓練者と実環境

の訓練者の座標軸を一致させる。次に、訓練者に取り付けた各種センサの観測データから身体知モデルに基づき、訓練者の動作や筋電、視線、触知覚操作等をリアルタイムに可視化する。また、推定した熟練者の身体知を訓練者に視触覚で重畳し、熟練者の手指動作を訓練者に力覚で教示する。また、開発した身体知可視化システムを拡張し、ヘッドマウントディスプレイにより等身大環境での立体視を可能にし、バーチャル空間内の訓練者と実環境の訓練者の座標軸を一致させ、訓練者の初期位置を原点とする。この原点から一定の範囲内で自由に視点を変えたり、座標軸を反転可能にすることで、主観的な表示だけでなく、第三者の視点や鏡の前のような客観的な表示を実現する。次に、訓練者に取り付けた各種センサの観測データから身体知モデルに基づき、訓練者の動きや筋電、視線、触知覚操作等をリアルタイムに可視化する。また、推定した熟練者の身体知を訓練者に視触覚で重畳する。これにより、熟練者の動作が一致するよう能動的に身体を動かすことで、熟練者と同様の動作等を習得することができるかどうか検証、評価を行う。

#### 4. 研究成果

I. 身体知解析と可視化： 身体知を推定するため、手始めに腕の筋電のリアルタイム可視化システムの開発を行った。まず、ユーザの腕に筋電位を計測するための装置（MyoArmband）を取り付け、各筋肉の部位の筋電位を8個のチャンネルから取得する。このとき、MyoArmbandの各8チャンネルと右腕断面図の筋肉との位置関係から、各指の動きや腕の力に応じて各筋肉の部位の色を変化させることとした。これにより、ユーザは手を緩めると筋肉の色は白くなり、手に力を入れると筋肉の色は赤くなる等、リアルタイムに筋電を可視化することが可能となった。次に、全身の動作解析を行うため、光学式モーションキャプチャシステムを構築し、全身の関節の位置や姿勢をリアルタイムに可視化した。また、全身動作を記録し、任意の速度で再生できるようにし、記録した動作と現在のユーザの動作を重畳表示させ、その映像をHMDを介して第一人称視点や第三人称視点といった、任意視点でのリアルタイム可視化を可能とした。

II. 多感覚提示デバイスの開発： 訓練者の位置・姿勢に応じてリアルタイムに追従する多自由度のモーションベースを開発を行った。モーションベースは、設置ベースと可動ベースを複数の伸縮可能なアクチュエータを回転可能に連結し、アクチュエータを伸縮制御することで可動ベースを様々に揺動することができ、アクチュエータの取り付け方によって、可動ベースを並進・回転可能に揺動することができる。従来、これらは複雑な制御が必要であったが、より簡易な構造で、かつ低コストで実現する手法として、球面体を用いたモーションベースを提案した。提案するモーションベースのType1は、設置ベース、可動ベース、球面体、伸縮可能なアクチュエータで構成され、設置ベースと可動ベースはアクチュエータで連結される。設置ベースはアクチュエータ、球面体、および可動ベースの位置関係を固定し、可動ベースとともに回転揺動する球面体を受けるためのものである。可動ベースは人や座席などの積載物を乗せるためのもので、可動ベース下部に球面体を備える。アクチュエータの伸縮によって揺動が発生し、その際に球面体と設置ベースとの間ですべりが起こることで、それぞれの位置関係が保たれる。これにより、簡単な構造で2軸に揺動させることが可能となる。しかしながら、この構造では揺動時にアクチュエータも揺動するため、アクチュエータに対してラジアル荷重がかかってしまい、揺動角度を $\pm 15^\circ$ 以上に大きくすると故障などの原因となってしまう。また、この構造では球面体と設置ベースとの間ですべりが起こるため、滑り時に瞬間的な負荷が増大することがわかった。このため、アクチュエータの取り付け方向を垂直に固定することでラジアル荷重がかからないよう、また、可動ベースが球面軌道を描くように継手の改良を行い、さらなる揺動角度の増大を図った。提案するモーションプラットフォームのType2では、設置ベース、可動ベース、球面体、伸縮可能なアクチュエータで構成され、設置ベースと可動ベースはアクチュエータと回転可能な継手で連結される。伸縮量を150mmから300mmへと増やすことで、 $\pm 25^\circ$ を実現した。Type2では回転中心を身体重心とし、可動ベース下に球面体を取り付けることにより、積載物の重心位置が下がり、さらには復元力が働くことにより、揺動時に増大するモーメントが大幅に低減されることが期待できる。また、伸縮可能なアクチュエータの挙動は、ロッドが伸縮するだけでなく、若干の回転が生じ、負荷がかかりすぎるとロック部分が折れて無限回転する構造となっている。継手やロッドに若干の回転が生じることによって、可動ベースがヨー方向に回転してしまう問題が生じる。そこで、ヨー方向に回転しないよう、アクチュエータを設置ベース側に垂直に嵌合する際、ロッドが伸縮する方向にガイドを設けた。軸受によってアクチュエータが伸縮する方向にガイドすることにより、ヨー方向に可動ベースが回転しようとしても、ガイドによってそれ以上に可動ベースが回転することはなく、ロールとピッチ方向それぞれ揺動制御が可能となった。

一方で、技能訓練システムを実現する際、バーチャル空間と同様の広さの実空間を用意することは困難であるため、移動可能なロコモーションインタフェースが必要となる。モーションベースを用いれば乗り物での訓練が可能になるが、歩きながらの作業訓練を行うには、歩行装置が必要となってくる。そこで、歩行感覚を呈示可能なシステムについて研究を進めたところ、従来さまざまな手法が提案されているものの、それぞれ一長一短があり、低コストで足が滑ることなく自然な歩行感覚を呈示するまでは至っていないことがわかった。そこで、従来手法である錯覚を利用する方法、進行方向に体を傾斜させる方法、その場で足踏みする方法のそれぞれの要素を取り入れることで、低コストかつ高没入に歩行感覚を呈示可能な手法を提案し、プ

ロトタイプシステムの開発を進めた。まず、ユーザの体を進行方向に傾斜させることによって、体の重心を前に変化させる。しかしながら、そのままでは前に倒れてしまうため、ユーザの体を支える必要がある。支える部位としては額や腰などと様々に考えられるが、人が歩く際は大腿部を動かすために大腿部に力が入ることから、他の部位に比べて違和感が少ないと考えられる大腿部で支えることとした。次に、ユーザの進行方向に大腿部を支えた状態で、ユーザは前傾姿勢を取りながら足踏み動作を行うことによって、体性感覚と前庭感覚が刺激される。このとき、ユーザの大腿部は支えられている状態であるため、足を前に出す動作を行っても実際に足が前に出ることはない。ここで、実際には前に出ない足の動きを視覚的に呈示し、歩行動作に応じて映像を呈示することで、よりリアルな歩行感覚の呈示が期待できる。この基本構成だとユーザの足は実際には前に出ることがないため、歩行動作推定にモーションキャプチャを使うことはできない。そこで、荷重センサを用いて歩行動作の推定を行うこととした。荷重センサを大腿部支持部上部と下部にそれぞれ取り付け、上部のセンサで主に前傾姿勢を推定し、下部のセンサで主に大腿部の動き（膝の上がり具合）を推定する際、大腿部上部と下部に垂直にセンサを取り付けると、大腿部支持部に体を預けるだけでどちらのセンサも反応してしまうため、大腿部上部と下部は角度をつけて配置することで、足の上げ下げを推定できるようにした。また、大腿部が触れる部分が固いと痛みや違和感につながる恐れがあるため、緩衝材を用いることによって痛みや違和感を軽減し、また、緩衝材によって大腿部支持部を柔らかくすることで歩行動作に自由度を与えることとした。大腿部下部を外側に $10^\circ$ 傾けたところ、体を預けるだけで若干反応はするものの、足を上げる動作を推定することが可能となった。また、足元に荷重センサを取り付け、歩行動作を行ったときの荷重変化を計測したところ、遊脚が着地するまでは静歩行やその場足踏みと同様に重心バランスが変化せず、遊脚が支持脚になる際に動歩行（通常の歩行）と同様に、踵から爪先にかけて重心が変化していることが分かった。試作した歩行装置の1号機では、荷重センサを水平方向に $22.5^\circ$ 間隔で（上部16個、下部16個）配置し、2号機では、荷重センサを $30^\circ$ 間隔で（上部12個、下部12個）配置した。センサ数が多いと制御基板が増えるため、PCと接続するためのポート数が増えたり処理落ちするなどの問題が出てくるが、1号機において、 $45^\circ$ 間隔（上部8個、下部8個）にすると、明らかに進みたい方向に進まないといった違和感が生じた。現状では2号機と3号機の $22.5^\circ$ 間隔で荷重センサを配置し、荷重センサは3号機のハーフブリッジタイプのものを用いれば、アンプ数6個、制御基板1個だけで全方位に歩行可能なシステムを実装できる。また、緩衝材の厚みを100mmから10mmほどへと薄くしたところ、3号機（ $45^\circ$ ）と2号機（ $20^\circ$ ）では大腿部が大腿部支持部下部の緩衝材に当たらないため下部センサはまったく反応せず、1号機（ $10^\circ$ ）では体を預けるだけで若干反応はするものの、足を上げる動作をすると明らかに無視できる値となることがわかった。一方、自身の大腿部の動作をアバターの動きに反映させるには、大腿部支持部の下部センサ値は上部センサ値とは独立して取得する必要がある。このため、下部センサは大腿部支持部の内側から外側に角度を付けて取り付ける必要があるが、これまでの試作機において、大腿部下部のセンサの取り付け方を大腿部支持部の内側から外側に $10^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $45^\circ$ と徐々に広げていったところ、いずれの場合も直立状態で大腿部上部に体を預けるだけで下部センサが反応してしまう問題があった。いずれの場合においても、下部の緩衝材を上部と同じ厚みにしても下部センサが反応してしまうため、荷重センサを大腿部支持部の内側ではなく、外側に取り付け、緩衝材取り付け板と大腿部支持部のフレーム間に隙間なく取り付けたところ、緩衝材取付板のどの部分に力をかけても問題なくセンサが反応することがわかった。また、2号機（ $20^\circ$ ）において、緩衝材の厚みを増やしたところ、体を預けるだけで下部センサが反応したため、内側から外側へのセンサの取り付け角度はなるべく小さくし、緩衝材の厚みはなるべく薄くする必要があることがわかった。

Ⅲ．複合現実型技能教示・訓練システムの開発：記録した熟練者の動作を訓練可能なシステムとして、舞踊動作訓練システムを開発した。HMDを用いた従来研究では訓練者と熟練者の各関節の位置の差しか考慮しておらず、各関節の角度や速度のズレについては考慮されていないため、手始めに立体視可能なHMDによる没入型VR環境において全身の連続した動作をともし舞踊の熟練者の身体動作をより高精度に訓練するためのシステム開発を行い、検証を行った。まず、光学式モーションキャプチャシステム（OptiTrack Flex13×12台、およびOptiTrack Motive Body）を用いてあらかじめ熟練者の動作をBVHファイルで保存しておき、HMDで熟練者の動作を任意の速度および任意の位置・方向からインタラクティブに再生可能にした。また、訓練者に再帰性反射マーカを取り付け、モーションキャプチャソフト（OptiTrack Motive Body）で推定した人体モデルの各関節を独自アプリケーションに120Hzでストリーミングし、あらかじめ取得した熟練者の動作と訓練者の動作を重畳表示した。このとき、訓練者の骨格モデルおよび肉付けした人体モデルを半透明で描画し、熟練者の骨格モデルと重畳し、両者の各関節は線で結ぶこととした。また、両者の体格のズレが生じないように、両者の股関節（ルート）の位置を揃えた上で熟練者の骨格の長さを訓練者の長さに変換し、毎フレーム両者の各関節間の位置、角度、速度のズレを計算し、各ズレが任意のしきい値を超えた際に熟練者の骨格モデルの点や線の色を変化させることとした。評価実験の結果、提案法のほうがより高精度に動作訓練を行えることがわかった。

また、シヨベルカー等の乗り物を用いて作業訓練を行う際、視覚だけでなく、体性感覚や前庭感覚が刺激される。これらの感覚を呈示する際、視覚呈示では50[Hz]以上の更新周波数の確保が必要であるが、慣性力呈示については許容される時間遅れについては明らかになっていない。そこで、手始めに全天球カメラおよび再帰性反射マーカを取り付けたラジコンカーを遠隔操作し、操作者に全周映像をリアルタイムに伝送し、また、モーションベースに座席を取り付けてユーザが乗り、ラジコンカーを制御したときにラジコンカーにかかる慣性力をモーションキャプチャから推定し、モーションベースを傾かせることによってユーザに疑似慣性力を呈示可能なシステム開発を行った。

まず、移動体に再帰性反射マーカを取り付け、OptiTrack社の赤外線カメラ(Flex13)を12台用い、マーカ追跡ソフト(Motive)を用いて移動体の位置追跡を行い、位置追跡の際、移動体の三次元ローカル座標を求めるため、移動体には再帰性反射マーカを内角が $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ となるよう3点貼り付け、追跡した3点の位置関係からローカル座標および重心位置を算出し、算出した重心位置座標から移動体の速度、加速度を求め、移動体にかかる慣性力を推定した。また、推定した慣性力をユーザに呈示するにはモーションベースを何度傾かせればよいかを推定し、モーションベースのストロークを制御することで座席を実際に傾かせ、ラジコンカーを前進、後退させた時の加速度から算出したモーションベースの目標傾斜角と実際のモーションベースのストローク値を比較し、追従遅れがどの程度発生しているかを調べた。モーションベースの制御パラメータには、アクチュエータの移動速度[0-3000]、加速度[0-3000]、減速度[0-3000]の3つが指定できるが、3パターン( $P1=(250,200,100)$ 、 $P2=(81,66,33)$ 、 $P3=(27,22,11)$ )を設定し、それぞれのパラメータにおいて、ラジコンカーを前進、後退させた時の加速度から算出したモーションベースの目標傾斜角と実際のモーションベースのストローク値を比較し、追従遅れがどの程度発生しているかを調べた。

実験の結果、閾値を超えてからモーションベースが動き出すまでに0.15[sec]から0.25[sec]程度の時間遅れが生じていることがわかった。また、モーションベースの最大目標傾斜角が求まってからモーションベースのストローク値が最大になるまでの時間遅れについては、前進後退ともに $P1=(250,200,100)$ の場合で0.5[sec]、 $P2=(81,66,33)$ の場合で0.7[sec]、 $P3=(27,22,11)$ の場合で1.0[sec]程度となった。なお、制御パラメータを3つとも最大にすると、人が乗っていない状態での時間遅れは0.3[sec]であった。また、被験者6名に対し主観評価として、前進、後退感を得られたかどうかについて5段階(5:前進(後退)した感覚を感じた、4:どちらかといえば前進(後退)した感覚を感じた、3:どちらともいえない、2:どちらかといえば前進(後退)した感覚を感じなかった、1:前進(後退)した感覚を感じなかった)でアンケート調査を行った。この結果慣性力呈示の時間遅れが0.7秒まではポジティブな結果となり、1.0秒ではネガティブとなった。これにより、慣性力呈示の時間遅れの許容限界は0.7[sec]から1.0[sec]までの間にあることがわかった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- [1] Tatsuya Hayakawa, Daijiro Yoshimura, Mitsuyuki Saito, Yasuhide Kobayashi, and Wataru Wakita, "A High Immersive Telexistence System of the Moving Object with Full Circumference Image and Inertial Force Presentation," *Electrical Engineering in Japan*, Vol.203, No.2, pp.29-38, Jan. 2018.
- [2] 早川達也, 吉村大二郎, 齊藤充行, 小林康秀, 脇田航, "全周映像および慣性力呈示による移動体の高度没入型トレイグジスタンスシステム," *電気学会論文誌 C*, Vol.137, No.9, pp.1192-1200, Sept. 2017.
- [3] 脇田航, 齊藤充行, 小林康秀, "没入型VR環境における舞踊動作訓練システム," *電気学会論文誌 C*, Vol.137, No.3, pp.495-501, Mar. 2017.
- [4] 脇田航, 齊藤充行, 小林康秀, "人工指による押下感解析に基づくタッチパネルへのテクスチャベースの押下感呈示システム," *電気学会論文誌 C*, Vol.136, No.8, pp.1092-1099, Aug. 2016.
- [5] 脇田航, 齊藤充行, 小林康秀, "人工指による触知覚解析に基づく硬軟感および摩擦感推定法," *電気学会論文誌 C*, Vol.136, No.8, pp.1085-1091, Aug. 2016.

〔学会発表〕(計49件)

- [1] Wataru Wakita, Tomoyuki Takano, and Toshiyuki Hadama, "A Low-cost Motion Platform with Balance Board," *ACM VRST 2018, Posters and demos*, Waseda University, Tokyo, Japan, Nov. 29-Dec. 1, 2018. (Honorable Mentions (Poster & Demo) Award)
- [2] Wataru Wakita, Tomoyuki Takano, and Toshiyuki Hadama, "A Low-cost Omni-directional VR Walking Platform by Thigh Supporting and Motion Estimation," *ACM VRST 2018, Posters and demos*, Waseda University, Tokyo, Japan, Nov. 29-Dec. 1, 2018.

ほか47件

〔産業財産権〕

○出願状況(計4件)

名称：モーションベース  
発明者：脇田 航  
権利者：広島市立大学  
種類：特許  
番号：PCT/JP2018/029724  
出願年：2019  
国内外の別：国外

名称：歩行感覚呈示装置及び呈示方法  
発明者：脇田 航  
権利者：広島市立大学  
種類：特許  
番号：PCT/JP2018/007279  
出願年：2018  
国内外の別：国外

名称：モーションベース  
発明者：脇田 航  
権利者：広島市立大学  
種類：特許  
番号：特願 2017-153949  
出願年：2017  
国内外の別：国内

名称：歩行感覚呈示装置及び呈示方法  
発明者：脇田 航  
権利者：広島市立大学  
種類：特許  
番号：特願 2017-38857  
出願年：2017  
国内外の別：国内