

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04158

研究課題名(和文)低コストかつ高没入なロコモーションプラットフォーム基盤技術の構築

研究課題名(英文)Construction of Low-cost and High Immersive Locomotion Platform Basic Technology

研究代表者

脇田 航(Wakita, Wataru)

広島市立大学・情報科学研究科・講師

研究者番号：80584094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ルームスケールを超えたVR体験を安全で低コストかつ高没入に実現するための歩行プラットフォームおよびモーションプラットフォームに関する基盤技術を構築する方法を確立することである。歩行プラットフォームについては、1) 大腿部が拘束された状態で全身の歩行動作を推定可能にし、2) VR空間内の自分自身の分身となるアバターを操作可能にし、3) 推定した歩行動作から歩数やリズム、歩行バランスを推定可能にした。モーションプラットフォームについては、1) いかなる揺動状態においても伸縮速度170mm/sec以上の揺動速度を実現し、2) ロール・ピッチ方向に $\pm 1G$ で $\pm 26^\circ$ の揺動を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本歩行プラットフォームは従来法のように床が動いたり足が滑ることはないため安全性も確保でき、コスト面でも安価というメリットがある。歩くことによる健康促進効果はよく知られているため、映像と合わせて楽しみながらの健康促進やダイエット、リハビリ等への応用が期待できる。また、本モーションプラットフォームは機構がシンプルなため低コストに実現でき、転がり運動によって従来法よりも少ない力で大きな慣性力を呈示できるメリットがある。体を揺らすことによる健康促進効果はよく知られているため、映像と合わせて楽しみながら体幹を鍛えるなど、医療・福祉、リハビリ、ダイエットなどへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to establish a method for constructing basic technology for walking platform and motion platform to realize VR experience beyond room scale safely, low cost and high immersiveness. Regarding the walking platform, 1) it is possible to estimate the walking motion of the whole body while the thigh is restrained, 2) it is possible to operate the avatar that is the alter ego of oneself in the VR space, and 3) It is possible to estimate the number of steps, rhythm, and walking balance from the estimated walking motion. Regarding the motion platform, 1) a swing speed of 170 mm / sec or more was realized in any swing state, and 2) a swing of ± 26 deg was realized at $\pm 1 G$ in the roll and pitch direction.

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、ロコモーションインタフェース、歩行デバイス、歩行感覚呈示、歩行プラットフォーム、モーションベース、モーションプラットフォーム

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

近年のバーチャルリアリティ (VR) 技術の進展は目覚ましく、とくにヘッドマウントディスプレイ (HMD) の低価格化と高機能化にともない、全国の商業施設などで誰でも手軽に VR 体験が可能となり、企業活動においても VR を活用した研修や技能訓練、商品開発など、産業応用も急速に広まりつつある。VR 技術を用いれば時空間を越えたバーチャルな体験ができるため、ゲームやエンターテインメントに限らず、失われたモノの復元や通常では体験できないコトの体験、他人の経験の追体験、各種シミュレーション、技能伝承、安全講習、運転技能評価、遠隔作業・旅行などのテレグジスタンス、身体機能の補助・強化、e スポーツ、認知症予防、リハビリへの応用、健康促進、ダイエットなどと幅広い分野においての実応用が期待されている。しかしながら、現状では HMD のトラッキング範囲内 (汎用的なもので数メートル四方) でしかバーチャル空間を実現できないため、ルームスケールを超えた広大な VR 空間を実際に自分の足で移動することは困難 (何も障害物のない数メートル四方の空間を用意すること自体がそもそも困難) である。また、VR 体験中に転倒して死亡する事故も実際に起きていることから、限られた空間内で安全性を確保し、かつ広大な VR 空間を低コストかつ高没入に移動可能なロコモーションインタフェースの実現が課題である。そこで申請者は前述の課題解決に向けて研究開発を進めてきたが、従来のロコモーションインタフェースに関する研究では、歩行プラットフォームおよびモーションプラットフォームともに安全面、コスト面、性能面、精度面の観点から依然最適解は見つかっておらず、安全で低コストかつ高没入なロコモーションプラットフォームの実現までは至っていないのが現状である。とくに我が国では来るべく超少子高齢化社会に向けて、高齢者にとっても安全に使用可能な歩行プラットフォームおよびモーションプラットフォームが実現されれば、技能伝承、安全講習、防災、運転技能評価、e スポーツ、認知症予防、リハビリ、健康促進など、ルームスケールを超えた VR の実応用はより生活に身近なものとして大きく進展する。

2. 研究の目的

そこで本研究では、前述の課題を達成するため、ルームスケールを超えた VR 体験を安全で低コストかつ高没入に実現可能なロコモーションプラットフォームとして、1) 歩行プラットフォームおよび 2) モーションプラットフォームに関する基盤技術の構築を目的とする。

1) 歩行プラットフォーム

限られた実空間内で VR 空間内を歩行移動可能なプラットフォームとして、従来様々な方法が提案されているが、ルームランナーのように床面を進行方向とは逆方向に動かす方法では、ユーザの歩行動作に応じて床面の動きを制御しなければならず、安全性だけでなく、コストや精度の面でも大きな問題がある。低コストによる方法として、足を滑らせる方法が提案されているが、足が滑ることによる安全性の問題や自然な歩行感覚が得られない問題がある。また、進行方向を視覚呈示により錯覚させる方法だと数メートル四方の空間が必要という問題があり、その場足踏みによる方法や座りながら足を動かす方法、進行方向に体を傾斜させる方法などでは自然な歩行感覚が得られないといった問題がある。

そこで申請者は、ユーザの進行方向に大腿部を支持し、大腿部支持部上部に備える荷重センサから体の傾斜具合を推定し、また、大腿部支持部下部に備える荷重センサから大腿部の上がり具合を推定することでユーザの歩行動作を推定し、歩行映像に反映させる手法を提案し、研究開発を進めている。大腿部を支持することによって大腿部に力がかかることになるが、我々が実空間を歩く際は若干大腿部に力が入ることから、腰などの他の部位を支持するよりは違和感にならないと考え、なるべく大腿部に力がかからないよう、大腿部支持部にはバネダンパの役割をするウレタンフォームと綿を組み合わせたクッションを用いている。これまでの研究成果として、大腿部を前進方向に支えると体が前方にわずかに傾くことによって、踵から爪先への足裏重心変化が生じることが明らかになっている。本手法では足が滑ることではないため、前庭感覚や体性感覚としては自然な歩行感覚に近く、また、全方位に大腿部を支持することで、前歩きだけでなく、横歩きや後ろ歩きも実現することができる。本手法では大腿部を支えることで足が滑ることではないため安全性も確保でき、進行方向に横向きの体重計による支えがあると考えれば、コスト面でも安価というメリットがある。現状では膝から足先の動作推定までは至っていないが、上半身も含めて全身の動作を推定し、自分自身の分身となるアバターを VR 空間内に表示することで、より高精度な歩行動作や速度によって高没入な歩行体験が期待できる。歩くことによる健康促進効果はよく知られているため、映像と合わせて楽しみながらの健康促進やダイエット、リハビリ等への応用が期待できる。

2) モーションプラットフォーム

限られた実空間内で VR 空間を移動可能なプラットフォームとして、床面や座席をアクチュエータによって揺動させることで慣性力や振動等を表現可能なモーションプラットフォームが古くより車両シミュレータやアトラクション施設などにおいて用いられている。しかしながら、モーションプラットフォームは依然高価なものが多く、伸縮可能なアクチュエータで積載物を

支える構造の場合、アクチュエータが折れると落下してケガをする危険性があり、高出力なアクチュエータが必要であることから安全面やコスト面で問題がある。また、低出力なアクチュエータでは揺動時にアクチュエータに負担がかかるため、揺動角度を大きくすることが難しい問題がある。このため、アクチュエータにかかる負担を減らす方法として、積載物を円柱で支え、揺動方向とは逆方向に引っ張る方法が提案されているが、ユーザの荷重のかけ方に応じて引っ張り強さを変更しなければならず、コスト面で問題となる。また、多軸回転する高摩擦なアクチュエータで座面を回転させる方法が提案されているが、揺動角度を大きくすると筐体自体が大きくなり、ユーザの荷重のかけ方によっては意図しない方向に揺動、転倒するなど、揺動精度や安全面に問題がある。また、従来法ではユーザの荷重のかけ方に応じてインタラクティブに揺動するまでは至っていないのが現状である。

そこで申請者は、座席下に球面体を取り付けて球面受けによって支えることでユーザの荷重のほとんどを地面へと逃がし、また、重心を回転中心よりも下にさげることで復元力を発生させてアクチュエータにかかる負担を減らし、また、球面体と伸縮可能な 2 本のアクチュエータを多軸継手によって回転自由度を持たせて接合することにより、少ない力でピッチ方向とロール方向に揺動可能な手法を提案し、研究開発を進めている。提案法では複雑な制御が不要なため、機構がシンプルで低コストに実現でき、また、座席は球面受けによって支えられており、継手を介してアクチュエータと接合されているため、転倒や落下の危険性がなく安全である。これまでの成果として、押しつけ力最大 **40kgf** で **300mm** 伸縮可能なアクチュエータを **650mm** 間隔で **2** 本配置することで、省スペースでロール、ピッチ方向ともに ± 25 度の揺動を実現している。低出力なアクチュエータは負担がかからない状態だと伸縮速度が速いため、提案法では低燃費に加え、現状で改善の余地があるが、いかなる揺動状態においても **170mm/sec** の伸縮速度で揺動させることが可能となっている（最大伸縮速度 **200mm/sec**）。また、現状では回転継手の自由度がありすぎてヨー方向にも回転する問題があるが、ヨー方向に回転しないよう回転継手にガイドを設けることで、より高精度な揺動を実現することが期待できる。また、現状ではユーザの荷重のかけ方に応じてインタラクティブに筐体を揺動するまでは至っていないが、荷重センサを用いることで、ハングライダーなどのようなインタラクティブな揺動コンテンツが実現でき、効率的な体幹トレーニングなどへの応用が期待できる。体を揺らすことでの健康促進効果はよく知られているため、映像と合わせて楽しみながら体幹を鍛えるなど、医療・福祉、リハビリ、ダイエットなどへの応用が期待できる。

3. 研究の方法

本研究では、前述の技術課題を達成するため、開発中の歩行プラットフォームについては、**1)** 大腿部が拘束された状態で全身の歩行動作を推定し、**2)** VR 空間内の自分自身の分身となるアバターを操作可能にし、**3)** 推定した歩行動作から歩行距離や速度を高精度に推定可能にする。現状、進行方向に大腿部を支持し、大腿部支持部に取り付けたセンサによってユーザの進行方向および大腿部の姿勢を推定し、大腿部動作に応じた歩行移動は実現している。第一人称視点で足元を見ずに歩く場合はこれだけでも十分かもしれないが、足場を見ながらの作業訓練、アバターを第三人称視点で操作する場合は、下半身だけでなく上半身も含めて推定する必要がある。下半身については膝から爪先にかけての姿勢を正しく推定する必要がある。大腿部が拘束された状態では足の動きを補正する必要がある。平成 **31** 年度はこれらについて定式化し、より自然な歩行動作を実現する。また、大腿部を支持する際、大腿部にかかる力は最小限に抑える必要がある。現状ではバネ材とダンパ材を用いることで力を分散するようにしているが、最適な力の分散法については明らかになっていない。平成 **32** 年度以降はこれらの素材や構造について、最適な配置法や最適な素材パラメータについて明らかにする。また、モーションプラットフォームと組み合わせることで、坂道や路面質感などの呈示法について取り組む。余裕があれば、これらを用いてミュージアムなどの VR 観光や不動産内覧、ダイエットなどの実応用コンテンツを開発し、その有効性について評価する。

モーションプラットフォームについては、**1)** いかなる揺動状態においても伸縮速度 **170mm/sec** 以上の揺動速度を実現し、**2)** ロール方向とピッチ方向のみの揺動でどこまで慣性力や路面振動、風などの外力による効果を高臨場に呈示できるのかを明らかにし、**3)** ユーザの荷重のかけ方に応じてインタラクティブに揺動可能にする。現状、球面体の重さは **30kg** のものを使用しており、ユーザの体重と球面体重さの関係からどの程度アクチュエータに負荷がかかるか検証を行っていない。このため平成 **31** 年度は、ユーザの体重と球面体重さの関係からアクチュエータの負荷を最大限少なくする方法を確立し、いかなる揺動状態においても最大速度 **200mm/sec** に近づけるよう改良する。また、平成 **32** 年以降、乗車時にかかる慣性力（前進、後退、カーブ時の遠心力）や路面振動、路面状態、風、波などの外力による効果について、ロール方向とピッチ方向のみの揺動でどこまで高臨場に呈示できるのかを明らかにする。また、ユーザの荷重のかけ方に応じてインタラクティブに筐体を揺動可能にし、さらに、歩行プラットフォームと組み合わせることで、外力に加えて地面の傾斜や質感を呈示可能にする。余裕があれば、技能訓練や身体機能、認知機能を判断可能なシステムへと応用し、たとえば車の運転であれば運転技能や身体機能、認知機能の評価を行い、運転免許の返納を促すシステムを実現する。このほか、歩行者や運転者の安全講習等の実応用コンテンツを開発し、その有効性について評価する。また、インタラクティブな歩行およびモーションプラットフォームの実応用コンテンツとして、例え

ば心拍数が一定になるよう地面傾斜を自動調整しながらのダイエットや、二の腕などの特定の部位に対して効果的に負荷がかかるようなインタラクティブな体幹トレーニングなどのコンテンツを実現し、その有効性について評価する。

このように、ルームスケールを超えた **VR** 体験を安全で低コストかつ高没入に実現可能な口コモーションプラットフォームに関する基盤技術を構築する方法を確立していく。

4. 研究成果

1) 歩行プラットフォーム

歩行動作を推定する際、上部と下部の荷重センサがフラットな状態だと、体を預けるだけでも下部センサが反応してしまうため、上下の荷重センサの荷重バランスによって右足と左足の上がり具合を推定し、また、全方位に歩く場合も制作コストがかかるため、最もシンプルなタイプとして、前進と旋回もしくは前進と横歩きに限定した。図1に大腿部支持型の本装置を示す。丸数字は大腿部支持部の荷重センサ番号である。および については旋回もしくは横歩きのために配置し、中央の4つのセンサが前進用となる。各センサが反応しやすいように、大腿部に直接あたる部分のクッションはブロック状に分けて配置した。進行方向推定については、大腿部支持部の上部センサの水平方向へのセンサ配置を30度毎とし、上部センサの水平方向へのバランスから進行方向 (x, y) を算出し、前 (y) および横 (x) 移動、もしくは、前 (y) 移動および進行方向を角度に変換して旋回成分 (rot) とする。また、上部と下部のバランスから足の上がり具合を推定するため、下部センサの値はユーザに合わせて倍率を上げる。また、全下部センサの平均値の過去数フレームの移動平均値が閾値を超えた場合は足踏み状態となるため、足踏み状態かつ上部センサ値の平均値が0以上であれば、大腿部支持部に体を預けた状態で足踏みしているもの、すなわち歩行動作を行っているものと判定し、このときの体の預け具合(上部センサの平均値)および進行方向 (x, y) もしくは旋回成分 (rot) から **VR** 空間内のアバターの動作コマンド(前進、旋回もしくは横移動)に割り当てる。一方、本装置で用いている荷重センサは、最大 **100kgf** 計測可能なものを用いているが、本装置に体を預けた状態で足踏みすると、反応しやすいセンサや反応しにくいセンサが混在しており、両足ともに同じ力で足踏みした際の下部センサの右脚と左脚の上がり具合の推定値が異なってくる。これがもし上部センサにばらつきがある場合、横移動や旋回動作の反応感度が左右で異なってくる。これらをハード的に調整する場合はネジの締め付けを調整しながら個々のセンサの反応感度を揃える必要があるが、コストがかかるため現実的ではない。そこで、ユーザ毎にキャリブレーションを行う際、装置に対して最大限取りうる力をかけることで、個々のセンサの最大値を記録し、センサ感度を正規化することとした。これらの処理は常駐ソフトウェア側で行い、本ソフトウェアによって本装置を用いた際の歩行動作パラメータの調整および各センサ値のモニタリングを行う。本装置を使用する際に本ソフトウェアを立ち上げておけば、推定された歩行動作として、体のもたれ具合や各脚の上がり具合等を指定ポートおよび指定アドレス宛に **UDP** で送信することが出来る。

歩数計測を行うには各脚を上げて着地するまでを1歩とカウントする必要がある。最も簡単に実装する場合、遊脚判定の閾値を超えたあとに支持脚判定閾値を下回ったときを1歩とカウントする方法が考えられるが、本装置を用いた場合、横移動や旋回動作を行うと、左右の脚の荷重のかかり方が異なってくる。例えば、左側に横移動する場合、左脚の荷重が強く、右脚の荷重が弱くなる。このため、閾値を使う方法ではうまく歩数をカウントできない。そこで、各脚の上がり具合(荷重)の過去数フレーム分の移動平均値を求め、その平均値を超えたら遊脚と判定し、平均値を下回ったら支持脚と判定する。遊脚と判定されたのちに支持脚と判定された場合を1歩とカウントすることで、横移動や旋回動作時のような左右の荷重バランスが崩れたときも歩数をカウントできるようになった。歩行バランスは上部および下部センサの右脚平均値と左脚平均値のバランスで算出することが可能となった。

2) モーションプラットフォーム

提案するモーションプラットフォームは、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る。設置ベースは可動ベースとともに回転揺動する球面体を支持す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。これらの設置ベースと可動ベースはアクチュエータを介して連結されるが、アクチュエータを設置ベースに固定する **Type1**、可動ベースに固定する **Type2** に分けられる。**Type1** は伸縮可能なアクチュエータが可動ベースに下向きに固定され、アクチュエータのロッド先端に取り付けたユニバーサルジョイントによって設置ベースと連結される。**Type2** は伸縮可能なアクチュエータが設置ベースに上向きに固定され、アクチュエータのロッド先端に取り付けた継ぎ手によって可動ベースと連結される。

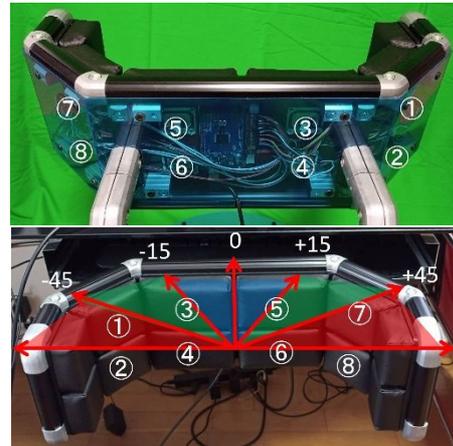


図1 大腿部支持型歩行プラットフォーム

Type1 と **Type2** を比較すると、**Type1** の方が、パーツが少なく済むため材料コストは低い。また、**Type1** は転がり運動、**Type2** は可動ベースがその場で回転するため、**Type1** の方が転がり分だけ大きく揺動する。**Type2** は継ぎ手の回転自由度を 2 軸に限定することが難しく、シリンダ先端側に大きなラジアル負荷が生じる問題があるため、シリンダ側にスライドガイドを設けることでスライドにかかるラジアル負荷を軽減させる等の工夫が必要である。一方、**Type1** は、2つのシリンダ先端がユニバーサルジョイントで設置ベースと連結されているため、**Type2** に比べて回転自由度を 2 軸に限定することが容易である。また、**Type1** はシリンダの協調伸縮によって球面体が転がり運動を行うため、回転中心が設置ベース側となり、回転半径が **Type2** に比べて倍程度と、半分程度の力で倍近い力を呈示することができる。このため、本研究では **Type1** に絞って研究開発を行った。揺動時は転がり運動となるため、シリンダの伸び時と縮み時の伸縮量を適切に変える必要があるが、実際にはアクチュエータがユニバーサルジョイントで接合されているため、理想的な転がり運動とはならず、ズレが生じ、滑りを発生させてしまう。そこで、適切な伸縮量を求めるため、理想的な転がり運動と発生するズレ分を考慮した揺動アルゴリズムを開発した。また、ユニバーサルジョイントの位置が座席後方にあることから、転がり運動時において、アクチュエータが伸びる場合と縮む場合で伸縮量が異なるため、目標揺動角度に達する時間が異なる問題が生じた。そこで、現在の揺動状態から次の目標状態に必要な伸縮量について、プラスマイナス逆の揺動状態についても考慮（伸びる場合と縮む場合の両方を計算）し、最も時間のかかる方に合わせてアクチュエータの伸縮速度を補正することで、いずれの方向においても揺動速度・加速度が一定となるよう改良を行った。また、ロール方向に揺動する際、設置ベースと可動ベースとの連結部分で生じるひずみが増大し、アクチュエータにラジアル荷重がかかることから、図 2 に示すヒンジ機構を新たに設け、シリンダ間を二つ折りになるよう継ぎ手で連結し、可動ベースと連結させるために回転軸受に軸を挿す構造とした。また、揺動時に可動ベースが滑る分を考慮して伸縮量に補正をかける際、ロール方向については左右のシリンダ先端がユニバーサルジョイントで土台と連結されているため、滑り補正はピッチ方向のみで良い。また、更なる揺動角度の実現のために、球面受け半径を **225mm** へと拡大し、シリンダの初期長を **150mm** から **96mm** へとずらすことで $\pm 26\text{deg}$ の揺動を試みた。ヒンジ機構がない状態において揺動させると最大揺動角付近でシリンダに負荷音が生じていたが、ヒンジ機構によって負荷音は生じなくなった。揺動角度計測の結果、実測値でピッチ方向が $-26.4 \sim +26.0\text{deg}$ 、ロール方向が $-25.7 \sim +26.0\text{deg}$ と揺動性能が向上し、図 3 に示すように、誤差も **1deg** 以内と高精度な結果が得られた。ピッチ方向については、マイナス方向に揺動させるほど誤差が大きくなったが、これはプラス方向に比べて半分近い量の伸縮量で揺動させているためだと思われる。また、最大伸縮加速度 **1G** で揺動させたときの加速度について、加速度計を用いて計測した結果、ピッチが $-0.902 \sim +1.135\text{G}$ 、ロールが $-1.126 \sim +1.146\text{G}$ であった。



図 2 ヒンジ機構による揺動結果

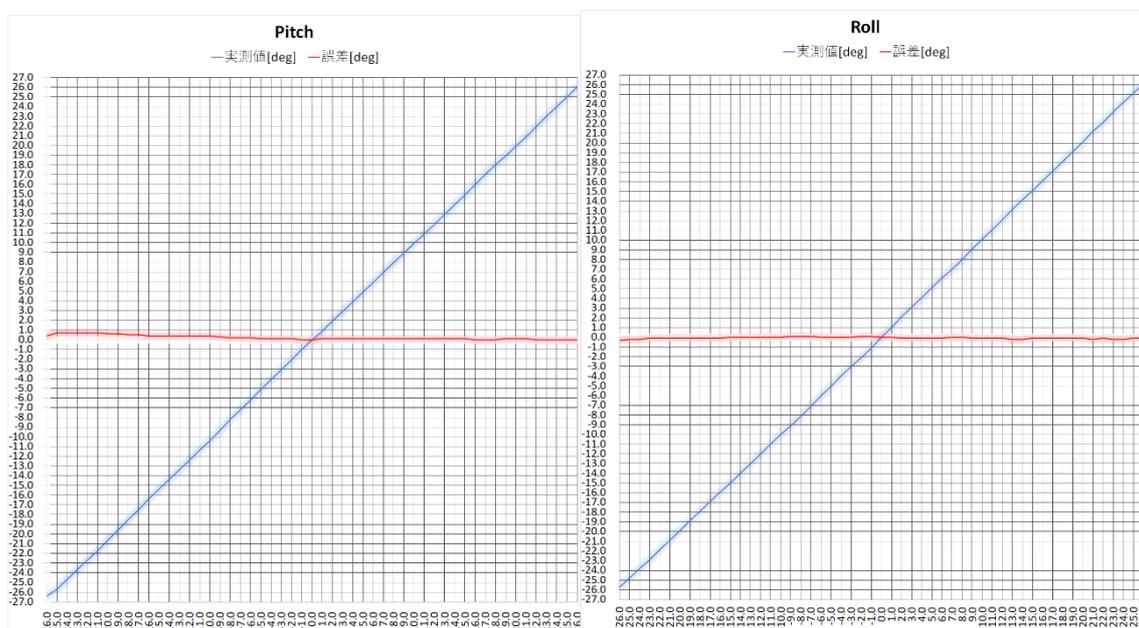


図 3 揺動性能結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計41件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 脇田 航
2. 発表標題 大腿部支持による簡易没入型VR歩行プラットフォームの改良（第二報）
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, PI-21-084, コワーキング@mitakeおよびWeb開催（cluster）, Dec. 25
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村 征貴, 脇田 航
2. 発表標題 簡易全方位型歩行装置実現のための45°方向への進行精度の検証
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, PI-21-083, コワーキング@mitakeおよびWeb開催（cluster）, Dec. 25
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福山 陸, 脇田 航
2. 発表標題 インタラクティブな飛行システムにおける風力呈示
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, PI-21-082, コワーキング@mitakeおよびWeb開催（cluster）, Dec. 25
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keito Morisaki and Wataru Wakita
2. 発表標題 A Perceptual Evaluation of the Ground Inclination with a Simple VR Walking Platform
3. 学会等名 VRST '21: Proceedings of the 27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, No. 48, pp. 1-2, Online, Dec. 8 （国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Riku Fukuyama and Wataru Wakita
2. 発表標題 An Interactive Flight Operation with 2-DOF Motion Platform
3. 学会等名 VRST '21: Proceedings of the 27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, No. 56, pp. 1-2, Online, Dec. 8 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村 航, 脇田 航
2. 発表標題 歩行感覚呈示可能なトレイグジスタンスシステムにおける映像呈示の解像度・フレームレートの改善
3. 学会等名 知覚情報研究会「知覚情報技術の最前線」, P1-21-059, オンライン, Oct. 8
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村 航, 脇田 航
2. 発表標題 歩行感覚呈示可能なトレイグジスタンスシステム
3. 学会等名 3D2-5, 口頭発表, 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会, オンライン, Sep. 14
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木戸 功了, 脇田 航
2. 発表標題 簡易没入型VR歩行システムによるVRSNSへの入力機器エミュレーション
3. 学会等名 3D1-3, 口頭発表, 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会, オンライン, Sep. 14
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 簡易没入型VR歩行システムを用いた地面傾斜の知覚評価
3. 学会等名 2D3-2, 口頭発表, 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会, オンライン, Sep. 13
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森 恭介, 脇田 航
2. 発表標題 2軸モーションプラットフォームによる2足歩行ロボットの搭乗感呈示法の改良
3. 学会等名 2E3-1, 口頭発表, 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会, オンライン, Sep. 13
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福山 陸, 脇田 航
2. 発表標題 2軸モーションプラットフォームによる2足歩行ロボットの搭乗感呈示法の改良
3. 学会等名 2E1-2, 口頭発表, 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会, オンライン, Sep. 13
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 簡易没入型VR歩行システムを用いた進行速度の評価
3. 学会等名 IM2-1, 第26回知能メカトロニクスワークショップ, オンライン, Sep. 6
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本真聖, 脇田 航
2. 発表標題 大腿部支持によるVR歩行装置におけるフルボディトラッキングのための歩行動作補正法
3. 学会等名 知覚情報研究会「VR心理, 複合現実型実用および一般」, PI-21-045, オンライン, Aug. 21
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井彬斗, 脇田 航
2. 発表標題 電動シリンダによる非装着型足裏触覚提示装置の提案
3. 学会等名 知覚情報研究会「VR心理, 複合現実型実用および一般」, PI-21-044, オンライン, Aug. 21
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 脇田 航
2. 発表標題 大腿部支持による簡易没入型VR歩行プラットフォームの改良
3. 学会等名 知覚情報研究会「VR心理, 複合現実型実用および一般」, PI-21-037, オンライン, Aug. 21
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 脇田 航
2. 発表標題 ヒンジ機構による簡易二軸モーションプラットフォーム (Type1) の改良
3. 学会等名 知覚情報研究会「VR心理, 複合現実型実用および一般」, PI-21-036, オンライン, Aug. 21
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kyosuke Mori and Wataru Wakita
2. 発表標題 Boarding Sensation Presentation of the Biped Walking Robot with a Low-cost Two-axis Motion Platform
3. 学会等名 IEEE VR 2021: the 28th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, Research Demos (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liu Jingyi and Wataru Wakita
2. 発表標題 A Wind Interaction System from the Real to the Virtual World
3. 学会等名 Proceedings of the 30th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 2020) and the 25th Eurographics Symposium on Virtual Environments (EGVE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Nomura, Keito Morisaki, and Wataru Wakita
2. 発表標題 Dancing on the Palm: A Multi-Modal MR Interaction Between Real and Virtual World
3. 学会等名 Proceedings of the 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堅田哲朗, 脇田 航
2. 発表標題 歩行者と運転者それぞれの視点で事故体験可能なVRシステム
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 ユーザの歩行特性に応じた簡易没入型VR歩行システムにおける最適パラメータの導出
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 劉 ジンイ, 脇田 航
2. 発表標題 リアルとバーチャル間でインタラクション可能な全方位型MR風力呈示システム
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野村 証貴, 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 運之掌上: リアルとバーチャル間で対戦可能なマルチモーダルMRインタラクション
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 劉ジンイ, 脇田 航
2. 発表標題 リアルからバーチャルに干渉可能な全方位型MR風力呈示システム
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 劉ジンイ, 脇田 航
2. 発表標題 リアルからバーチャルに干渉可能な複合現実型風力呈示システム
3. 学会等名 第25回知能メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野村 証貴, 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 運之掌上：リアルとバーチャル間でインタラクション可能なMRシステム
3. 学会等名 第25回知能メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 恭介, 脇田 航
2. 発表標題 簡易2軸モーションベースを用いた2足歩行ロボットの搭乗感の呈示法の検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション, PI-19-064, グランフロント大阪 北館・ナレッジキャピタル2F アクティブスタジオ, 大阪市, Aug. 18
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤拓親, 脇田 航
2. 発表標題 2軸モーションベースを用いたドライビングシミュレータにおけるよりリアルな乗車感呈示法の検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション, PI-19-065, グランフロント大阪 北館・ナレッジキャピタル2F アクティブスタジオ, 大阪市, Aug. 18
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堅田哲朗, 森 恭介, 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 口コモーションデバイスを用いたネットワークVRマルチプレイゲームの検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション, PI-19-066, グランフロント大阪 北館・ナレッジキャピタル2F アクティブスタジオ, 大阪市, Aug. 18
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇田 航
2. 発表標題 口コモーションインタフェース開発に関する活動報告
3. 学会等名 TC9-1, 2019年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 技術委員会提案セッション, TC9 知・技の伝承と複合現実型実応用(知覚情報技術委員会), 琉球大学工学部2号館 413, Sep. 5
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堅田哲朗, 森 恭介, 森崎慶人, 伊藤拓親, 脇田 航
2. 発表標題 口コモーションデバイスを用いたネットワークVRマルチプレイゲームの開発
3. 学会等名 知覚情報研究会「知覚情報技術の最前線」, オーラルセッション「知・技の伝承と複合現実型技術の最前線」, PI-19-072, ルーテル市ヶ谷センター 第2会議室, 東京都, Oct. 11
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 恭介, 脇田 航
2. 発表標題 簡易2軸モーションベースによる歩行ロボットの搭乗感呈示法の検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「知覚情報技術の最前線」, オーラルセッション「知・技の伝承と複合現実型技術の最前線」, PI-19-073, ルーテル市ヶ谷センター 第2会議室, 東京都, Oct. 11
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堅田哲朗, 森 恭介, 伊藤拓親, 森崎慶人, 脇田 航
2. 発表標題 異なる口コモーションプラットフォームに対応したネットワークVRマルチプレイコンテンツの開発
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション「複合現実型実応用および一般(1)」, PI-19-094, 松山城ロ- ブウェイ東雲口駅舎内会議室, 松山市, Dec. 28
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 LIU JINGYI, 脇田 航
2. 発表標題 現実とバーチャル間で多人数インタラクション可能な複合現実型システム
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション「複合現実型実応用および一般(1)」, PI-19-095, 松山城ロ- ブウェイ東雲口駅舎内会議室, 松山市, Dec. 28
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 恭介, 脇田 航
2. 発表標題 モーションベースを用いた歩行ロボットの搭乗感向上およびVR酔い軽減に関する検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション「複合現実型実応用および一般(1)」, PI-19-096, 松山城ロ- ブウェイ東雲口駅舎内会議室, 松山市, Dec. 28
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇田 航
2. 発表標題 鏡板を用いた簡易二軸モーションプラットフォーム(Type1)の試作
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, オーラルセッション「複合現実型実応用および一般(1)」, PI-19-097, 松山城ロ- ブウェイ東雲口駅舎内会議室, 松山市, Dec. 28
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇田 航
2. 発表標題 鏡板を用いた簡易二軸モーションプラットフォーム (Type1) の改良
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」、オーラルセッション「複合現実型実応用および一般」、PI-20-041, 沖縄バス本社ビル3階305号室, 那覇市, Mar. 4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤拓親, 脇田 航
2. 発表標題 2軸モーションベースを用いたドライビングシミュレータにおけるよりリアルな急加減速の再現性の向上
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」、オーラルセッション「複合現実型実応用および一般」、PI-20-042, 沖縄バス本社ビル3階305号室, 那覇市, Mar. 4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 恭介, 脇田 航
2. 発表標題 運動不足解消に向けたパラグライダーの搭乗感呈示システムの検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」、オーラルセッション「複合現実型実応用および一般」、PI-20-043, 沖縄バス本社ビル3階305号室, 那覇市, Mar. 4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堅田哲朗, 脇田 航
2. 発表標題 異なるロコモーションプラットフォームを動的に制御するネットワークシステムの検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」、オーラルセッション「複合現実型実応用および一般」、PI-20-044, 沖縄バス本社ビル3階305号室, 那覇市, Mar. 4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 LIU JINGYI, 脇田 航
2. 発表標題 現実とバーチャル間で多人数インタラクション可能な複合現実型風力呈示システムの検討
3. 学会等名 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」、オーラルセッション「複合現実型実応用および一般」, PI-20-045, 沖縄バス本社ビル3階305号室, 那覇市, Mar. 4
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 執筆者:64名、技術情報協会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 576
3. 書名 VR / AR技術における感覚の提示、拡張技術と最新応用事例	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------