

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16038

研究課題名(和文) 自己身体像の動的可塑性に基づく連続的かつ動的な寸法変換誘発手法の提案

研究課題名(英文) Continuous and Dynamic Scale Transformation Method for Body Image

研究代表者

古川 正紘 (Furukawa, Masahiro)

大阪大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：40621652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、自分の身体寸法・形状・位置などの認識である身体像を動的に変換する要因を明らかにすることである。特に体性感覚と視覚との対応に着目し、バーチャルに自己身体の連続的な寸法変換を誘発することを目指す。そこで小型人型ロボットへ操縦者の歩行運動を転送しロボット視点映像を閲覧する臨場感伝送において、身体寸法の変換要因として物理乗数である重力加速度に着目した歩行実験を行った。その結果、操縦者が等価的に4Gよりも1Gを感じさせる条件下で歩行の成功率が向上した。またロボット視点映像が操縦者の歩行運動を変容させており、身体像の動的な変容手段として視覚的重力印象が寄与することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to reveal the factor to transform body image including self body scale, size, shape, and position. This research focuses the interaction as well as integration between somatosensory and vision to realize the time continuous transformation of the user's body scale virtually. A physical constant such as gravity is a candidate contributing to changing the body image when the participant rides into the small biped robot. The result of walking experiment indicates that success rate under virtual 1G condition gets increased rather than the one under 4G condition. Also the visual feedback from the robot seems to result the biped walking behavior of the participant. This indicates the visual gravitational impression may contribute the dynamic body image transformation.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：臨場感伝送 テレイグジスタンス オプティカルフロー 二足歩行ロボット

1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景 (本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ)

プリズム順応(prism adaptation)は、視空間変換により一時的に生じさせた視覚/体性感覚系の不一致がいずれ学習され一致するようになるという感覚運動系の対応能力であり、1909年にHelmholtzにより上梓された視覚-運動学習(visuo-motor learning)の研究[A1]において初めて用いられた。視空間と固有受容感覚空間(Proprioceptive Coordination, 以下P.C.)との不一致に短時間で順応しうるため、自己身体像は動的な可塑性を持つ。そこで本研究では新たに「**身体構造の一意性**」に着目した**視覚-運動学習過程を設計**することで、身体像の連続的かつ動的な寸法変換の誘発手法の構築を行う(図1左)。

この身体像変容の誘発手法としては、Botvinickのゴムの手錯覚(Rubber Hand Illusion: RHI)[A2]が多用される。RHIの報告以来、RHIを用いて身体像の可塑性に挑む研究が精力的に行われている。例えば、身体像が身体から離脱する体験である体外離脱体験[A3]はRHI手続きで容易に再現され[A4]、さらに第三の腕や[A5]はるかに長く見える腕[A6]に対しても所有感が認められる。しかしRHI手続きは、自己身体の一部もしくは全体を見ることにより視空間定義が行われるため、本研究の目的である「**連続的かつ動的な身長の変換**」の実現は困難である。ここで、従来のRHI事例は視覚-皮膚感覚対応を用いた視覚空間-固有受容感覚空間(P.C.)の再構成手法であると解釈し、皮膚感覚や自己運動に代わる手がかかりとし「**身体構造の一意性**」に着目する。身体構造の一意性とは、両眼視により張られる視空間が身体の物理的寸法で定まるP.C.との間に相似系を構成し、これが心的表象としての身体寸法によらず一意に定まる、とする考え方であり、本研究で検証する仮説である。その結果、身長と相似関係にある眼間距離をもった視覚空間を与えるだけで、P.C.空間再構成すなわち身体像寸法の変容を誘発できると期待される。

本手法の特徴は、両眼視差と視点高さのみで等価的にP.C.再構成が生じることから、従来のプリズム順応と異なり**自己身体や自己運動を観察することなく身体像寸法の変容を誘発できる可能性を秘めている**点にある。その結果、従来実現が困難だった視空間の動的な変更が可能となるだけでな

く、等身大から巨人までといった縮尺の異なる視空間を連続的に接続可能となる。

自己身体を代替するロボット介して感覚運動系ループ構築することで遠隔地で自己身体を再構築するTelexistenceは、ロボット/人間の身体寸法の一致を前提としてきた。これに対し、上空の一人称視点を用いた身体拡大体験を試みる事例が報告されたが[A7]、身体構造の一意性に基づくものではなく、また連続的な寸法変換は未達成である。

Refernces: [A1] H.E.F.von Helmholtz, J. P. C. Southall, Ed. and Trans. 1909 [A2] M. Botvinick, Nature 391, 756, 1998 [A3] O. Blanke, et.al. Brain, 127(2) pp.243-258, 2004 [A4] H.H.Ehrsson, Science, Vol 317, p.1048, 2007 [A5] A. Guterstam, PLoS ONE 6(2) e17208, 2011 [A6] K.Kiltani, et.al, PLoS ONE 7(7), e40867, 2012 [A7] K. Higuchi, et.al., CHI EA'13, pp.2029-2038, 2013

2. 研究の目的

視点位置/身体寸法の間の**構造的**一意性が維持されるならば、**身体寸法の変容**に対しても**可塑性が得られる**のではないかと、いう着想に基づき、身体寸法の縮小/拡大双方の側面から研究を推進しており、特に巨人化体験における眼感距離/身長相関仮説の検証システムの構築を進めている。しかし、現状のシステムは動的な身体寸法変換に求められる連続的な視空間変換過程の設計が未着手のため、代理身体への帰属感/所有感/随意感が損なわれることが予想される。そこで、**新たに人間の感覚間/感覚運動系対応の意識上/意識下の順応過程を利用した感覚/運動誘発の成果を積み上げる**ことで、連続的な視空間変換過程を設計するとともに、連続的な身体寸法変換感覚を誘発できると期待している。

3. 研究の方法

平成27年度の研究実施計画は、「**身体構造の一意性**」仮説の検証のために、身長に対する眼間距離の比率を不変量とした行動観察実験を計画していた。そこで眼間距離可変機構を備え、体験者の頭部運動に追従可能な自由度をもつDroneを開発し機構要素の性能評価を行った。性能評価に伴う評価尺度として、動的な身体寸法変換時に生じうる眼間距離の変更速度を用い、設計要件を満たす設計ならびに実装が実現されたことを確認した。この成果は国内学会にて発表している。一方で行動観察実験のためにはDroneの飛翔安定性を確保することが難しかったため、計画通り代替措置としてシミュレーション環境を用いた実験を行った。特に行動実験の前段階として、主観的な内観報告の観測を行い、要因の絞込

みを行った。具体的には、シミュレーション環境内に市街地風景を構築し、体験者の行動に準じた視点位置・眼間距離調整を行い、内観報告を観測した。本成果に関しては平成28年度に継続して実験を行い、要因の抽出を行う。本研究では、臨場感伝送技術における利用者自身の身体寸法が動的に変更することを実現するための基礎技術の構築を行っている。臨場感伝送とは、自身が遠隔地にいるかのような体験が実現されることであり、遠隔地へ本人が出向かなくても自身の存在を臨場感を持って遠隔地に伝送できる技術のことである。本研究では、利用者自身の身体寸法とは異なるロボットなどを介して遠隔地を体験する場合に必須となる基礎技術構築のための研究である。身体寸法の異なるロボットなどへの没入体験の場合、身体寸法を絶対量として近く可能な量は眼間距離である。

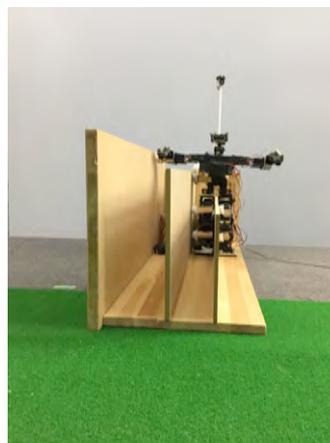
4. 研究成果

そこで、ロボットの眼間距離に着目し自己身体の動的な寸法変換を実現するための要因抽出ならびに、自己身体の寸法を動的に変更させることが可能な連続的な臨場感伝送体験の構築を目指し、眼間距離変更が可能なドローンの設計並びに実装を行った。ドローン上に搭載する映像伝送装置の実装や、眼間距離調整機能の設計と眼間距離調整の機械的性能の評価を行い、座った状態から立ち上がるまでの間に設計した眼間距離の拡大速度に十分追従する機構が実現できたことが分かった。しかしながらドローンの飛行実験を行うことが難しくなったことから、本年度では継続して頭部搭載型ディスプレイ並びにバーチャルリアリティ環境の構築を行い、実験環境を整備した。

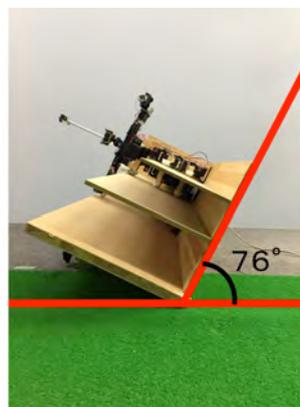
さらに運動・感覚ループを代理ロボットと共有することで代理ロボットに乗り込む体験を成立させるトレイグジスタンスにおける身体像のスケール変換課題を対象とし、スケール変換時の身体スケール変容課題として、小型二足歩行ロボットに変更した実験を行うことでスケール変換における主要因を明らかにした。

本課題では身体スケールの認識に自己運動が寄与していると考えているため、操縦者が等価的に体験する重力を変動させた条件下において、二足歩行ロボットに操縦者が乗り込んだ状態で歩行実験を行なった。そこで小型二足歩行ロボットに対して、等身大換算をした場合に重力加速度が1Gとなる条件であれば、操縦者の身体像を変容させることなく操縦できるはずであると仮定した。一方で、小型二足歩行ロボットに乗り込むと、等価的に過大な重力加速度条件下にあるように操縦者

には体験される。そこでスケール変換要因として重力加速度を1Gと4G条件を比較した。その結果、操縦者にとって等価に1Gを感じさせる条件下において歩行の成功率が向上した。歩行が成功した場合は数歩前進したのち転倒していた。歩行に失敗した場合は一步を踏み出すまでもなく転倒した。二足歩行時には小型二足歩行ロボットから視覚情報を操縦者に伝送していたことから、操縦者は視覚誘導性自己運動感覚に基づく姿勢反射を継続しながら歩行を行っていたと考えられる。今回実験に用いた歩行実験中の身体像は変容を確認するほどの長時間ではなく、操縦者は変容前の身体像に基づき歩行運動を行なったと考えられる。



4G 重力条件におけるロボットと実験装置



1G(等価)重力条件におけるロボットと実験装置

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

松本 光平、和田 康介、黒川 正崇、古川 正紘、前田 太郎、小型二足歩行トレイグジスタンスにおける等価重力条件の効果、第18回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2017

[図書] (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）
なし

○取得状況（計 0 件）
なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://masahirofurukawa.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古川 正紘 (FURUKAWA, Masahiro)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：40621652

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし