

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24680068

研究課題名(和文) 歩行中に遂行される空間性情報の知覚に対する行動科学的検討

研究課題名(英文) Behavioral study for understanding perception of space during locomotion.

研究代表者

樋口 貴広 (Higuchi, Takahiro)

首都大学東京・その他の研究科・教授

研究者番号：30433171

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、隙間通過行動の三次元動作解析を主たる研究手法として、空間情報が知覚されてから歩行が調整されるまでの情報処理過程を明らかにするための実験を行った。その結果、(a) 接触回避のために実行する隙間通過行動は、必要最小限の空間マージンを作り出せるように、回旋角度を調節していること、(b) 歩行中に得られる動的視覚情報が、歩行には有益に利用されるものの、静止した状況下での意識的な知覚判断には利用されないこと、(c) 隙間を通過する2歩前の時点で、回旋行動が始まっていること、(d) 左大脳半球の活動が、歩行特有の認知情報処理に関与している可能性などが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present study was to investigate locomotion through apertures with three-dimensional motion analyses and to understand how accurate spatial perception necessary for locomotion is achieved. The main findings are summarized as follows: (a) the central nervous system is likely to determine the amplitudes of shoulder rotations to ensure the minimal spatial margin being created at one side of the body at the time of crossing, (b) dynamic visual information, referred to as optical flow, is likely to improve perception of the relationship between body and environment during locomotion, but not perception while sitting at a distant place from an aperture, (c) the behavior of body rotation, which is necessary to avoid collision, is executed at least two steps before crossing the aperture, (d) some brain functions in their left brain hemisphere, such as parietal and premotor cortices, may play a more important role in controlling walking trajectory.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚運動制御 歩行 障害物回避 隙間通過

## 1. 研究開始当初の背景

申請者は平成 15-23 年まで一貫して、人間が狭い空間（隙間）を通り抜ける行動（隙間の通過行動）について研究してきた。隙間を通り抜ける場面では、身体と隙間の空間関係を正確に知覚し、それに応じて肩を回旋して通り抜けるなど、歩行動作の微調整が必要とされる。申請者はこの動作の微調整を詳細に測定することで、空間関係がどのように知覚されたのかについてアプローチしてきた。

その結果、隙間を通過する際には、身体と隙間の空間関係に対応して、必要な分だけ絶妙に肩を回旋していることがわかった。一方、立位時に遠方の隙間を観察して、接触せずに通過できる隙間幅を見積もらせると、一貫して過小評価傾向が見られた。これらの結果から歩行中になされる空間知覚過程には、少なくともその一部について、座位・立位時とは異なるプロセスがあり、これが正確な空間の知覚に寄与している可能性が示唆された。

## 2. 研究の目的

これまでの研究成果から、歩行中は座位時や立位時に比べて、歩行由来の雑多なノイズ情報が感覚情報として混入するにも関わらず、かえって身体と環境の空間関係が正確に知覚され、歩行が絶妙に調節されていることが示唆されている。本研究では 4 年間の研究計画に基づき、なぜ歩行中にこうした正確な知覚が可能なのか、また空間性情報が知覚されてから歩行が調整されるまでの時間特性を明らかにするための実験を行った。

## 3. 研究の方法（隙間通過課題）

4m 先前方にある、2 枚のドアの間にできた隙間を対象とし、平行棒を把持した状態で、ドアに接触することなく通りぬける課題を行った（図 1）。参加者は 3 種類の長さの平行棒を持っており、棒の先端がぶつからないように、棒の長さに応じた体幹回旋角度を選択することが、接触回避のために必要であった。平行棒の長さや隙間の大きさについては、実験により異なった。

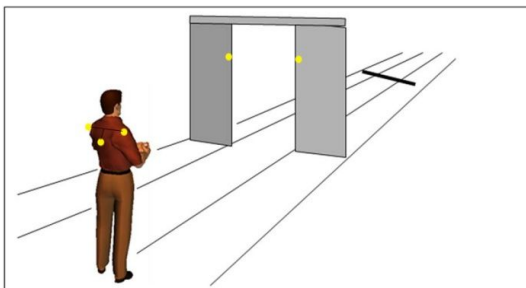


図 1. 隙間通過課題。平行棒の先端がドアにぶつからないように、棒の長さに応じた体幹回旋角度を選択することが求められた。

## 4. 研究成果

- 1 隙間通過の際に体幹の回旋角度を調節するルールを同定した。従来、体幹回旋角度は、隙間の幅と身体幅の相対値に基づき決定されると考えられてきた。これに対して本研究は、回旋角度の調整自体はあらゆる“身体 + モノ”の条件において必要最小限の空間マージンを作り出せるように、回旋角度を調節していることが分かった。この結果から、私たちの脳は、少なくとも安全な環境においては、エネルギー産生的に効率的な体幹回旋を意図していることが分かった。
- 2 歩行中に得られる動的視覚情報（オプティックフロー）が、歩行中には有益に利用されるものの、静止した状況下での意識的な知覚判断には利用されないことを示したことにある。動的視覚情報には、身体と環境の関係を規定する豊富な情報があると考えられている。本研究はこの動的知覚情報が有益に利用されるのは、自らが空間を移動している場合のみであることを、4 つの実験を通して明らかにした。
- 3 接触回避のための体幹回旋行動が、隙間を通り抜ける何歩前に実行されているかを特定した。歩行中に隙間の大きさを変化させることができる装置を導入し、隙間を通過した時点の着地を起点として、1 歩～3 歩前の時点で、体幹回旋行動が必要ないほどに隙間幅を広げた。隙間幅を広げた後でも、広げる前の隙間幅に合わせて回避行動を始めたのがいつの時点までなのかを同定した。その結果、隙間を通過する 2 歩前の時点で、回旋行動が始まっていることが分かった。つまり、2 歩前で隙間幅が広がっても、広がる前の隙間幅に合わせて体幹回旋行動が実行された。
- 4 隙間通過に関与する認知情報処理の一端について明らかにした。一般に、隙間の中心を正確に通り返けようとしても、左右のいずれかに偏倚してしまう場合がある。本研究では、この偏倚現象について空間認知の問題が関与するのかについて検討した。特に本研究では、立位時（つまり歩行していない時）における偏倚現象との相関関係を検討することで、この偏倚現象が全般的な認知的問題か、もしくは歩行特有の問題かを検討した。実験の結果、対象者の利き眼によって結果が異なることがわかった。対象者の利き眼が右眼の場合、立位時と歩行時における隙間中心の同定に、有意な相関関係が認められた。これに対し、利き眼が左眼の場合、両者に有意な相関関係は認められなかった。以上のことから、左眼が利き眼である場合、左大脳半球の活動が、歩行特有の認知情報処理に関与している可能性が示唆された。

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 24 件)

1. Kawasaki T, Higuchi T. Improvement of postural stability during quiet standing obtained after mental rotation of foot stimuli *Journal of Motor Behavior*, in press (査読有)
2. Hara M, Pozeg P, Rognini G, Higuchi T, Fukuhara K, Yamamoto A, Higuchi T, Blanke O, Salomon R. Voluntary self-touch increases body ownership. *Frontiers in Psychology*, 6, 1509 (12 pages), doi: 10.3389/fpsyg.2015.01509, 2015 (査読有)
3. Kitayama S, Fujikake H, Kokubu M, Higuchi T. The relationship between spatial cognition and walking trajectory for passing through a doorway: evident in individuals with dominant right eye? *Exp Brain Res* 233, 797-807, DOI: 10.1007/s00221-014-4155-y, 2015. (査読有)
4. Miyazaki M. Higuchi T. Tool-body assimilation in the brain. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 4, 31-41, DOI: 10.7600/jpfsm.4.31., 2015. (査読無)
5. 樋口貴広. 運動イメージと運動学習 - その認知科学的背景 - . *理学療法* 32, 780-788, 2015 (査読無)
6. 樋口貴広. ダイナミックな空間移動を支える視覚運動制御 *臨床スポーツ医学* 32(12), 1146-1150, 2015 (査読無)
7. 樋口貴広. 移動行動の視覚運動制御 *バイオメカニクス研究* 19, 144-149, 2015 (査読無)
8. Yasuda M, Wagman JB, Higuchi T. Can perception of aperture passability be improved immediately after practice in actual passage?: dissociation between walking and wheelchair use. *Exp Brain Res* 232, 753-764, DOI: 10.1007/s00221-013-3785-9, 2014. (査読有)
9. Kawasaki T, Yasuda K, Fukuhara K, Higuchi T. Relationship between mental rotation of body parts and postural stability during quiet stance. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity* 9, 39-46. DOI: 10.1515/jirspa-2014-0001, 2014. (査読有)
10. Sakurai R, Fujiwara Y, Sakuma N, Suzuki H, Ishihara M, Higuchi T, Imanaka K. Influential factors affecting age-related self-overestimation of step-over ability: Focusing on frequency of going outdoors and executive function. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59, 577-583, DOI: 10.1016/j.archger.2014.07.017, 2014. (査読有)
11. Wagman JB, Higuchi T, Taheny CA. Improvements in perception of maximum reaching height transfer to increases or decreases reaching ability. *Am J Psychol* 127, 269-279, 10.5406/amerjpsyc.127.3.0269, 2014. (査読有)
12. 樋口貴広. 移動行動の知覚運動制御: その予期性. *日本生理人類学会誌* 19, 155-158, 2014 (査読無)
13. Higuchi T. Visuomotor control of human adaptive locomotion: Understanding the anticipatory nature. *Frontiers in Psychology*. 4, 277, doi: 10.3389/fpsyg.2013.00277. 2013 (査読有)
14. Higuchi T, Yamada M, Understanding the prospective nature of adaptive locomotion and its application in rehabilitation. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1: 110. doi:10.4172/jpmr.1000110, 2013 (査読無)
15. Watanabe M. Higuchi T, Ishihara M., Tani H., Imanaka K. Adverse effects of central tendency, lateral difference, and reciprocal inter-limb weight adjustment on performance accuracy during lateral body weight shifting. *International Journal of Therapy and Rehabilitation* 20(8), 378-386, 2013. (査読有)
16. Watanabe R., Higuchi T, Kikuchi Y. Imitation behavior is sensitive to visual perspective of the model: An fMRI study. *Exp Brain Res* 228, 161-171. DOI: 10.1007/s00221-013-3548-7, 2013 (査読有)
17. Kawasaki T, Higuchi T. Immediate beneficial effects of mental rotation using foot stimuli on upright postural stability in healthy participants. *Rehabilitation Research and Practice*. 2013, 890962 (7pages), .DOI: 10.1155/2013/890962, 2013 (査読有)
18. Sakurai R, Fujiwara Y, Ishihara M, Higuchi T, Uchida H, Imanaka K. Age-related

self-overestimation of step-over ability in healthy older adults and its relationship to fall risk. *BMC Geriatrics* 13, 44, DOI: 10.1186/1471-2318-13-44, 2013. (査読有)

19. Yamada M, Higuchi T, Nishiguchi S, Yoshimura K, Kajiwara Y, Aoyama T. Multi-target stepping program in combination with a standardized multi-component exercise program can prevent falls in community-dwelling older adults: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 61, 1669-1675, DOI:10.1111/jgs.12453, 2013. (査読有)
20. 樋口貴広 視覚と歩行. *理学療法*, 30巻7号, 746-753, 2013 (査読無)
21. Higuchi T, Seya Y, Imanaka K. Rule for scaling shoulder rotation angles while walking through apertures. *PLoS One* 7, e48123, DOI: 10.1371/journal.pone.0048123, 2012 (査読有)
22. Yasuda K, Higuchi T, Sakurai R, Yoshida H, Imanaka K. Immediate beneficial effects of self-monitoring body movements for upright postural stability in young healthy individuals. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16, 244-250, DOI:10.1016/j.jbmt.2011.06.004, 2012 (査読有)
23. Yasuda K, Kawasaki T, Higuchi T. Intervention of self-monitoring body movement has an immediate beneficial effect to maintain postural stability. *Journal of Novel Physiotherapies* 2, 118, DOI: doi.org/10.4172/2165-7025.1000118., 2012 (査読有)
24. Yamada M, Higuchi T, Mori S, Uemura K, Nagai K, Ichihashi N. Maladaptive turning and gaze behavior induces impaired stepping on multiple footfall targets during gait in older individuals who are at high risk of falling. *The Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54, e102-e108, 2012

〔学会発表〕(計 37 件)

1. 高橋美紗江, 福原和伸, 樋口貴広. 幼児の運動模倣に有効な手本は幼児モデルか? - 運動模倣に有益な模倣モデルの検討 - . 日本スポーツ心理学会第 42 回大会. 九州共立大学(福岡県北九州市), 2015 年 11 月 22-23 日
2. 村尾絢, 樋口貴広. 足底による硬度弁別課題と立位姿勢バランスの関連性. 第 2 回日本基礎理学療法学会学術集会. 日本基礎理学療法学会第 20 回学術大会. 神

奈川県立保健福祉大学(神奈川県横須賀市), 平成 27 年 11 月 14 - 15 日

3. 樋口貴広 「運動支援の心理学: 身体感覚からのアプローチ」第 2 回認知作業療法学術研究大会, 講演, 帝京平成大学池袋キャンパス(東京都豊島区) 2015 年 9 月 26-27 日
4. 樋口貴広 「高齢者の隙間通過歩行にみる適応的知覚運動制御」日本心理学会第 79 回大会. 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市), 2015 年 9 月 22-24 日.
5. 樋口貴広, 川崎翼 「足画像のメンタルローテーション課題を用いた立位姿勢バランス改善プログラムの検討」日本心理学会第 79 回大会(シンポジウム「身体に根ざした認知の生涯発達と神経可塑性」). 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市), 2015 年 9 月 22-24 日
6. 児玉謙太郎, 安田和弘, 園田耕平, 青山慶, 樋口貴広. 加重による負荷が跨ぎ越え動作の知覚と行為の乖離に及ぼす影響. 日本認知科学学会第 32 回大会. 千葉大学(千葉県稲毛区), 平成 27 年 9 月 20 日
7. Sakurai R, Higuchi T, Fujiwara Y, Imanaka K Age-related changes in self-estimation of step-over ability in older adults: A three-year follow-up study. ISPGR (International Society of Posture & Gait Research) World Congress, Melia Sevilla Hotel (Seville, Spain), June 28-July 2, 2015.
8. Higuchi T, Chiba M, Kusumi M. Locomotion through apertures as the person-plus-object system: When the body is off the center. 18th International Conference of Perception and Action, University of Minnesota (Minneapolis, USA), July 14-18, 2015.
9. 安田真章, 樋口貴広. 言語処理過程における身体スキーマの関与について. 日本認知心理学会第 13 回大会. 東京大学本郷キャンパス(東京都文京区), 平成 27 年 7 月 4-5 日
10. 樋口貴広 「歩行の視覚運動制御」日本理学療法学会第 50 回大会(大会記念オープニングシンポジウム「歩行の制御と障害」)東京国際フォーラム(東京都千代田区), 2015 年 6 月 5-7 日
11. 室井大佑, 小柴輝晃, 鈴木洋平, 川木雅裕, 樋口貴広. 脳卒中片麻痺者の隙間通過行動: 転倒歴の有無による差異の検討.

- 第 50 回日本理学療法学会大会・東京国際フォーラム（東京都千代田区）2015 年 6 月 5-7 日
12. Muroi D, Koshiha T, Suzuki Y, Kawaki M, Higuchi T. Kinematics of body rotation when walking through apertures in individuals with stroke. World Confederation for Physical Therapy Congress 2015. Suntech Singapore International Convention & Exhibition Center (Singapore, Singapore), May 1-4, 2015.
  13. 樋口貴広「知覚認知の観点から運動を捉える」山梨体育学会特別講演, 山梨大学甲府キャンパス（山梨県甲府市）, 2014 年 12 月 17 日
  14. 樋口貴広「移動行動の視覚運動制御」第 7 回日本臨床スポーツ医学会（シンポジウム「視覚と運動」）. 国立スポーツ科学センター（東京都北区西が丘）, 2014 年 11 月 8-9 日
  15. 樋口貴広「移動行動と身体：環境を知るツールとしての身体」第 19 回日本バーチャルリアリティ学会（シンポジウム「身体的超臨場感」）. 名古屋大学（愛知県名古屋市）, 2014 年 9 月 17-19 日
  16. Fukuhara K, Nakamura Y, Higuchi T. Skilled Soccer Players' Reaction to a Flying Ball: A Virtual Reality Investigation. Asian-South Pacific Association of Sport Psychology, 国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都渋谷区代々木）2014年8月7 - 10日.
  17. Watanabe R, Higuchi T, Kikuchi Y. The imitation model's action from the 1st-person view provides the kinesthetic information of the model efficiently: an fMRI study. 7<sup>th</sup> Asian-South Pacific Association of Sport Psychology, 国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都渋谷区代々木）2014 年 8 月 7 - 10 日.
  18. Ohira M, Higuchi T. Improvement of decision-making with experience: potential role of overt prediction during experience. 7<sup>th</sup> Asian-South Pacific Association of Sport Psychology, 国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都渋谷区代々木）2014 年 8 月 7 - 10 日.
  19. Muroi D, Higuchi T. Dynamic visual sampling for locomotion through apertures: available for actual passage but not for decision-making of passability. 7<sup>th</sup> Asian-South Pacific Association of Sport Psychology, 国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都渋谷区代々木）2014 年 8 月 7 - 10 日.
  20. 樋口貴広「歩行の視覚運動制御」第 22 回日本運動生理学学会（キーノートレクチャー）川崎医療福祉大学（岡山県倉敷市）, 2014 年 7 月 19-20 日
  21. 室井大佑, 樋口貴広「脳卒中片麻痺患者の障害物回避動作特性 - 隙間通過動作からの検討 - 」第 71 回理学療法科学学会学術大会, 愛仁会リハビリテーション病院（大阪府高槻市）, 2014 年 6 月 29 日
  22. 樋口貴広【招待講演】歩行の視覚運動制御. 理学療法科学学会. 国際医療福祉大学小田原キャンパス（神奈川県小田原市）. 2014年1月26日 .
  23. Sakurai R, Suzuki H, Sakuma N, Fujiwara Y, Ishihara M, Higuchi T, Imanaka K: Age-related Impairment of Step-over Ability and its Self-estimation in Older Adults with High and Low Frequency of Going Outdoors. The Gerontological Society of America 66th Annual Scientific Meeting (New Orleans, USA), November 20-24, 2013
  24. 樋口貴広【シンポジウム】運動学習の最新理論. 日本スポーツ心理学会. 日本体育大学（東京都世田谷区）. 2013年11月2日 .
  25. 樋口貴広【シンポジウム】随意運動の視覚運動制御: 移動行動を中心に. 日本生理人類学会. 立命館大学（京都府京都市）. 2013年10月25日
  26. Higuchi T. The Rule for scaling shoulder rotation angles while walking through apertures. 【symposium】 Wagman JB & Higuchi T 『Perception-action dynamics and the person-plus-object system』The 17th International Conference on Perception and Action (Risbon, Portugal), July 7-13, 2013.
  27. Yasuda M, Wagman JB, Higuchi T. Can Perception of Affordance for Aperture Crossing Improve Immediately After Experience? : Dissociation Between Walking and Wheelchair Use. The 17th International Conference on Perception and Action (Risbon, Portugal), July 7-13, 2013.
  28. Higuchi T, Seya Y, Imanaka K. The Rule for scaling shoulder rotation angles while

- walking through apertures. International Society for Posture and Gait Research 2013. 秋田ビューホテル(秋田県秋田市). 2013年6月22-26日.
29. Muroi D, Higuchi T. Is dynamic visual information obtained at remote place available for locomotion through apertures? International Society for Posture and Gait Research 2013. 秋田ビューホテル(秋田県秋田市). 2013年6月22-26日.
  30. Yasuda M, Wagman JB, Higuchi T. Learning by doing: can perception of affordance for aperture crossing be improved immediately after experience in actual passage? International Society for Posture and Gait Research 2013. 秋田ビューホテル(秋田県秋田市). 2013年6月22-26日.
  31. 渡邊観世子, 谷浩明, 樋口貴広, 今中國泰. 上肢支持が下肢の荷重制御の正確性に与える影響. 第48回日本理学療法学会大会. 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市). 2013年5月24-26日
  32. 樋口貴広. 「視覚情報に基づく安全な移動行動の実現」日本人間工学会関東支部第42回大会. 企画セッション(シンポジウム)『視覚と人間工学』埼玉県立大学(埼玉県越谷市), 2012年12月1-2日
  33. Kawasaki T, Yasuda K, Higuchi T. Immediate beneficial effects of a mental rotation of feet on postural control in healthy subjects. 1st Joint Conference for the partnership between JPTA and KPTA (Nagasaki Japan), November 17-18, 2012
  34. 位崎史弥, 樋口貴広. 変化する環境に対する適応的歩行制御: 周辺視野制限の影響. 第13回日本ロービジョン学会学術総会. 帝京大学(東京都文京区), 2012年10月6日.
  35. 樋口貴広. 「移動行動中の身体性認知」. ワークショップ「身体化された精神 - 動きから意識を考える - 」日本心理学会第76回大会. 専修大学(東京都千代田区) 2012年9月11-13日.
  36. 室井大佑, 樋口貴広. 障害物回避動作時における動的視覚情報の有用性 - 隙間通過場面に着目して -. 第58回理学療法科学学会学術大会. 愛仁会リハビリテーション病院(大阪府高槻市), 2012年7月1日.
  37. Higuchi T, Fujikake H. Directional bias in

the body while walking through a doorway - their association with attentional and motor factors. International Society for Posture and Gait (Trondheim, Norway), June 23-29, 2012

〔図書〕(計6件)

1. 樋口貴広・建内宏重 『姿勢と歩行: 協調からひも解く』三輪書店, 320ページ(執筆担当 145-310ページ), 2015
2. 樋口貴広. 「感情の動きを読み取る」 「心理学の研究手法を他領域に活かす」(大野木裕明・渡邊直登(編) 『心理学研究法(改訂新版)』). 放送大学出版会, 225ページ(執筆担当 178-201ページ), 2014
3. 樋口貴広. 「視覚と運動制御」(市橋則明(編著) 『運動療法学(第2版)』), 525ページ(執筆担当 148-160ページ), 文光堂. 2014
4. 樋口貴広. 「視覚と歩行」(宮村実晴(編) 『ニュー運動生理学』). 375ページ(執筆担当 104-112ページ), 真興交易. 2014
5. 樋口貴広. 『運動支援の心理学: 知覚・認知を活かす』. 三輪書店, 300ページ, 2013.
6. Higuchi T, Yoshida, H. Gaze behavior during adaptive locomotion. Laurence C. Stewart (Ed.) *Eye Movement: Developmental Perspectives, Dysfunctions and Disorders in Humans*. 250 pages (pp. 111-127). Nova Science, 2013.

〔産業財産権〕

- 出願状況(計0件)
- 取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等  
<http://www.comp.tmu.ac.jp/locomotion-lab/higuchi/higu-index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者  
樋口 貴広 (TAKAHIRO HIGUCHI)  
 首都大学東京・人間健康科学研究科・教授  
 研究者番号: 30433171

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし