

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23500711

研究課題名(和文)すれ違う2者の連携を導く相互視線定位の方略

研究課題名(英文)Reciprocal gaze orientation that inspires coordination pattern of crossing dyads

研究代表者

木島 章文(KIJIMA, Akifumi)

山梨大学・総合研究部・教授

研究者番号：10389083

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：2者それぞれの参加者を2歩離れた距離で対面させた。互いに対側の脚から同時に踏み出させると、すれ違い地点で衝突もしくは立ち止まる傾向が高かった。次に環境の幾何学が同期に与える効果を検討するため、二者の空間自由度を制限した環境下で位置を交換させた。互いに異なる方向に空間自由度を持たせると2者間の跳び出し時間差が延長され、両者に等しく自由度を持たせるとこの時間差が消失した。行為空間においてすれ違う二者が同等の空間自由度を有する場合にステップ動作が同相同期し、このときさらに互いに対側の脚で踏み込もうとすると、日常的に経験される「意図せず通せんぼ協応」が創発すると考えた。

研究成果の概要(英文)：Each of two participants was asked to stand face-to-face two steps apart from each other. Dyads tended to collide or stop each other at the crossing point, if each member stepped forward with the leg contralateral to those of his partner. We then investigated the effect of geometry of the environment on coordination of crossing dyads, and asked dyads to step and exchange their positions under the environment that systematically constrained each member's stepping DoF. The time lag between two members' step execution was significantly longer when the spatial DoF was uneven in members, whereas the lag was almost vanished when both members' DoF were even. These results suggest that step movement might be synchronized in in-phase when both members have same spatial DoF in the action space, and then, if each intends to step forward with contralateral leg to the partner, "unintended crossing coordination" may be inspired that is often experienced in our daily life.

研究分野：共同行為の制御

キーワード：協応 自由度 空間の幾何学的形状

1. 研究開始当初の背景

歩行をはじめとする移動動作に関する研究は頻繁に行われており、環境への適応機序までもが解明されようとしている。しかし2者が空間を共有し、互いの利益を最大化する連携行為の発現秩序に関しては、ほとんど検討されていない。我々は街路を散策するとき、前方面面から接近する他者と互いの軌道を意図せず「通せんぼ」してしまう事態に直面する。この現象は我々に広く知られているが、その原理は依然として不明である。移動行為の連携に関する学術的検討の不十分は、こういった日常行為の理解不足にも表れている。そこで本研究では、2歩離れて対面に向かい合う2者が互いに対側の脚から踏み出した場合、衝突あるいは互いに通せんぼする傾向が高まることを確認し(図1)、開脚・交脚ステップに関する先行研究をもとに、咄嗟の踏み出しにおいて交脚動作より開脚動作が優先されることがその連携不具合をもたらすと考えた。この結果は、行為者の姿勢がすれ違う2者の連携に拘束をもたらすことを示す。

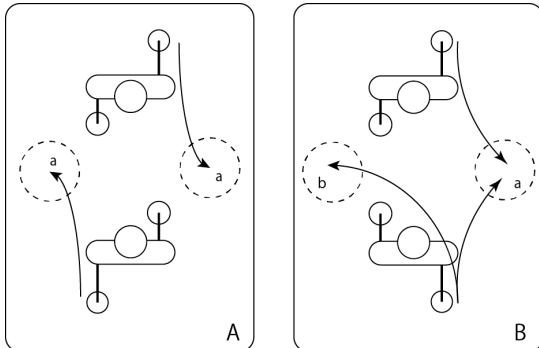


図1 向かい合う2者のすれ違い動作。A: 互いに同側(右脚)から踏み出した場合。互いに開脚動作(open step maneuver)を用いてaの方向へと踏み出せば衝突しないですれ違うことができる。B: 互いに開脚動作を用いると衝突する。下の歩行者が交脚動作(cross step maneuver)を用いてbの地点へと踏み出さないと衝突を避けられない。

2. 研究の目的

本研究ではさらにもう2つの観点から身体と物理環境が2者の行為連携を拘束する機序を検討した。

- (1) 行為者の視線配置がもたらす拘束
- (2) 行為環境の幾何学特性がもたらす拘束

3. 研究の方法

(1) 行為者の視線配置に関する実験

参加者: 健康な男子大学生2名を1組とし、計8組16名を参加者とした。1組2名の参加者の身長・体重を同等にそろえた。彼らの身体各部にマーカを付着した。さらに踵接地のタイミングでLED発光のスイッチを入れるセンサを両者の踵に付着させた。

実験試技: 対面トレッドミル歩行。自走式のトレッドミルを対面するように配置し、2名



図2 対面トレッドミル

の参加者が互いに向かい合う姿勢でトレッドミルを漕がせた(図2)。ヘッドフォンで提示したメトロノーム音に合わせて左右いずれかの踵を接地させ、歩行の周期を統制した。このときの接地足の左右は、後述の逆相・同相いずれか

で同期させた。メトロノーム音呈示時の踵接地で、行為者自身の前額に貼付したLEDを発光させた。メトロノーム音の周期は30~70bpmまで40秒ごとに上昇あるいは下降させた(上昇と下降の試技順は組間で相殺した)。**独立変数:** 視覚条件が異なる2水準(2:開眼, 閉眼)と同期条件が異なる2水準(2:逆相, 同相)からなる2要因4水準の参加者内計画とした。

閉眼試技: 両者眼を閉じて、メトロノーム音にあわせ、以下の2条件でトレッドミル上で歩行させた。

逆相条件: 第1者(フォロワ)はメトロノーム音にあわせて右の踵をつかせ、第2者(リーダ)もメトロノーム音にあわせて右の踵をつかせた。

同相条件: フォロワは電子音にあわせて左の踵をつく。リーダは電子音にあわせて右の踵をつかせた。

逆相(同相)試技が終了した後、1分間の休憩において同相(逆相)試技を行わせた。

開眼試技: 閉眼試技と同じく、フォロワ、リーダともに逆相・同相条件下で対面トレッドミル試技を行わせた。ただし歩行中は相手の頭部に付着したLEDの発光を常時確認するように教示した。

従属変数: 歩行における2者の体幹振動を頭部の左右遥動から算出した。歩行周期が変わる40秒ごとに左右遥動に関する両者の位相差の平均値を算出し、閉眼・開眼条件間で比較した。

(2) 行為環境の幾何学特性に関する実験

参加者: 2名1組の健康な男女大学生11組。**実験試技(Stepping dyad task):** 実験者が3秒周期でメトロノーム音を提示し、両脚踏み切りで地面に置いた直径約60cmの輪の間を跳び移らせた。輪の個数は3個あるいは4個とし、隣り合う輪が互いに接する距離で正多角形状に配置した。相手との衝突を避けて20回移動できるまで跳躍を継続させた。あらゆる言語・非言語コミュニケーションを禁止し、その都度方向を判断して跳躍移動させた。これらの要求に準ずるには、各者が相手の意図を読んで仲間と同じ方向に動く必要がある。この制約は輪の個数に限らない(図3)。

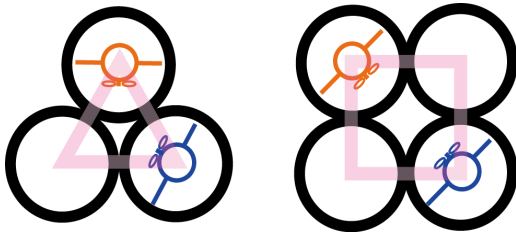


図3: Stepping dyad task. 2人組に対して居場所(輪)を3つ(左)あるいは4つ(右)設置する.

独立変数: 輪の個数を3個あるいは4個に操作することで, 2者が移動できる空間自由度を統制した. 3個の輪を正三角形に並べた三角形条件においては各者が左右いずれか, 自身から見て互いに異なる方向へとしか移動できない. それに対して4個(四角形)条件では両者が対等に, 左右どちらにも移動できる.

従属変数: 連携ミス回数と共に, 成功試技20回のみを分析対象として, 移動方向, 移動方向の変更回数, 2者間の跳躍時間差を比較した.

4. 研究成果

(1) 行為者の相互視線定位による歩行の同相同期

位相差の分析によれば, 開眼条件において逆相(図3左)あるいは同相(図3右)へと位相差が近づく傾向があった. また歩行周期の効果も顕著であり, 特に50~60bpm条件において, 同相あるいは逆相により接近する傾向が見られた(図4).

開眼条件において参加者はペアを組む連携者の頭部を見ていた. 複数の先行研究によれば, こういった相互の動作に対する視線配置が両者の上肢動作(e.g. Schmidt et al., 1990)や全身の振子動作(e.g. Richardson et al., 2007)を同相同期へと引き込む傾向があると報告されている. 図4の結果においても実験者が意図した引き込みの傾向は同相条件においてより顕著であった.

従来の歩行実験ではこういった引き込み現象を必ずしも確認できていないが, 本研究でそれを確認できた理由は, 対面方向で自走式

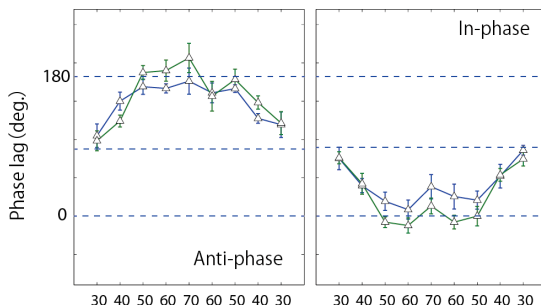


図4 逆相条件(左: Anti-phase), 同相条件(右: In-phase)の位相差における, 歩行周期に応じた閉眼(青) - 開眼(緑)条件の効果.

のトレッドミルを用いた点にあると考えられる. 自走式の条件下では, トレッドミルの回転数は行為者が決定した歩行の周波数で決まる. また従来の研究のように歩行者が横に並んで互いを見る場合は, 見るための頭部の姿勢制御が歩行動作に影響することも考えられる. 当該実験では日常生活で経験する対面(接近)歩行を実験室試技で再現し, 相互に相手を見ることで歩行の位相を同相へと強く引き込む可能性を確認できた.

(2) 行為環境の幾何学特性がもたらすステップ行為の同期

連携ミスの回数に関しては四角形条件において著しく少なく, 三角形条件においては比較的多かった. ただし三角形条件においても20回の成功をおさめるまでのミス回数は平均で3回程度に留まっていた(図5-A). また移動方向に関しては反時計回りに移動したケースが若干多く, 平均して2-3回あたり一回, 移動方向を変更していた(図5-B,C). また両者間の跳躍時間差を確認すると, 四角形条件において時間差が著しく短いことがわかった. ただし四角形条件における時間差(約0.1s)は通常の全身反応時間(~0.4秒)より大きく短縮されていた. この時間差の短さは遅れて跳躍した参加者が相手を見てから動いたのではなく, あらかじめ相手の動作を読んでしかるべき方向に飛び出したことを示す.

三角形条件において両者に与えられた移動の空間自由度は対等ではなく, あらかじめ空き地となった輪の(反)時計回りに隣に位置する参加者は, 自分からみて右(左)に空き地を持つが, 左(右)へは相手が移動するまで移動できない. 一方, 四角形条件においては, 両者は対等に左右両側に空き地を持っている. しかし四角形条件においても, 三角形条件と同様に, 自分から見て相手と同方向へと移動しなければならない. つまり実質は三角形と四角形の両条件ともにおいて「相手の移動方向に応じて」自らの方向を決めなければならない.

それにも関わらず, 四角形条件における両者の跳びだしの時間差は三角形条件に比べて有意に短かった. このとき両者は息を合わせて同方向へと跳びだしており, 時計回りへと跳ぶ確率と反時計回りへと跳ぶ確率はほぼ同等である. つまり彼らは単にメトロノーム

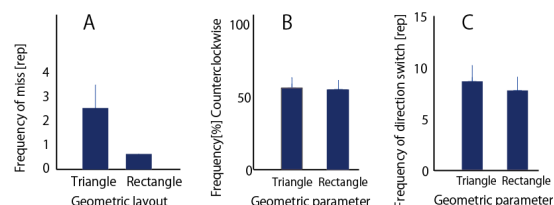


図5: 空間測度に関する結果. A: 20回の成功までに要した連携ミス(衝突)の回数, B: 反時計回りに跳躍移動した割合. C: 移動方向を切り返した回数.

音に同時に反応しているのではなく、相手の動作を読んだうえで同時に跳び出したと考えられる。一方の三角形条件で観測された跳びだし時間差は、極めて短時間といえども、四角形条件に対して有意に長かった。そして四角形条件と同様に、時計回り - 反時計回りへと同等の確率で移動方向を切り返すことができた。

参加者の内省報告をもとに、時間差なく左右移動を実現できた理由を検討したところ、彼らが互いの膝の動きを視認していた。ここから対面トレッドミル課題における歩行の同期と同様に、相手の動きを注視することが円滑な連携を拘束していると考えた。現在は同義の幾何学的条件が3者の連携を同様に拘束することを確かめ、群論に基づく対称性の破れから2者あるいは3者間の連携秩序の創発を説明しようと試みている。

(3) 「意図せず通せんぼ」の創発機序に関する仮説

両者の踏み出し動作の姿勢、踏み出しにおける相手への注視、環境の幾何学特性それぞれが独立に、2者の移動の連携パターンを拘束するという着想を実験結果から得た。研究期間を通してこの仮説を検証するには至らなかったが、もしこれが日常場面に妥当であるなら、互いに2歩程度離れた距離で、相手を見ながら互いの対側の脚を踏みこみ、行為空間において両者が同等の自由度をもつとき、我々がしばしば意図せず経験する「互いに通せんぼする」連携パターンが創発すると考えている。

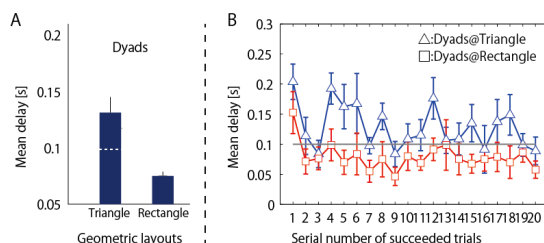


図6：時間測定に関する結果。A：2者間の跳躍時点の差，B：20回の成功試技における跳躍時間の差。

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)

Kijima, A., Shima, H., and Yamamoto, Y., (2015) Geometric layout of shared space inspires shared intention in a stepping triad, Proceedings of the XVIII International Conference on Perception and Action (July 14-18; Minnesota, USA).

[その他]

ホームページ等

XVIII International conference on perception^action proceedings

http://www.cehd.umn.edu/kin/research/conferences/icpa18/docs/Proceedings_XVIII.pdf

6. 研究組織

(1)研究代表者

木島章文 (KIJIMA, Akifumi)

山梨大学・総合研究部・教授

研究者番号：10389083

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし