

歩行スキルのコーチングを試みる コーチのジェスチャーに関する情報学的研究

An Informatical Study on Coach Gestures Trying to Pass on Walking Skill

山田雅敏^{1*} 里大輔² 遠山紗矢香³ 松村剛志¹ 竹内勇剛⁴
Masastoshi YAMADA¹ Daisuke SATO² Sayaka TOHYAMA³
Takeshi MATSUMURA¹ Yugo TAKEUCHI⁴

¹ 常葉大学¹ Tokoha University ² SATO SPEED Inc. ² SATO SPEED Inc. ³ 静岡大学³ Shizuoka University ⁴ 静岡大学創造科学技術大学院⁴ Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

Abstract: The purpose of this study is to clarify the strategies of coach's gestures trying to pass on walking skill. It is expected that design guidelines for communicating of physical skill is obtained if the characteristic tendency of coach's gestures could be derived. As a result, it was suggested that coach divided into walk movement for each part where physical sensation could be easily obtained and explained the movements by gestures. Furthermore, it was also speculated that there is a strategy to raise learner's awareness by giving gestures that is opposite to the physical sense.

1 はじめに

1.1 本研究の背景と目的

スポーツ現場において、学習者へ高度な身体スキルを伝授するためには、コーチの説明が非常に重要となる。聴覚情報処理に比重が置かれる形式知的な情報を伝達する場合に対し（「説明→理解」）[1]、身体スキルの情報を伝える場合、情報の送り手となるコーチは、情報の受け手となる学習者に対して、言葉をかけながら、ジェスチャーを用いて説明を行うことが一般的なコーチングとなる。

ここで、齋藤ら（2002）のモデル [1] に依拠すると、情報の送り手が「やって見せる」という説明によって、情報の受け手が、頭で説明されたことを理解したとしても、行為までは実践できない場合があり、行為の遂行を前提とする実践的場面においては、情報の送り手の説明が、情報の受け手の理解につながり、その理解によって適正な行為が実践されるまでが、知識情報処理（「説明→理解→行為の実践」）であることが指摘されている（図1参照¹）。

スポーツ現場においても、コーチは言葉を適宜かけながら、身振り・手振りのジェスチャーを使用し、学習者の適正な動作²が実現するまで説明を行う。ここで重要なことは、コーチの本来の意図が、動作に伴う身体感覚を学習者に伝えたいことにある。つまりコーチによる説明とは、それが学習者に伝わることで再現される動作の指導である一方で、コーチは動作に伴う身体感覚を学習者が感得することを期待している。

たとえばコーチが、手本を実演しながら、「足裏前半50%に荷重して立ちましょう」と言葉がけしたと仮定しよう。これは、いわば学習者の認知的な理解を狙った方便であり、実際には51%であろうが48%であろうが、さほど問題ではない。むしろ具体的な数値を用いて、足裏前半分に荷重することを分かり易く説明した上で、立った時に生じる安定感を学習者に体感させることが説明の主眼であり、含意となる。

一方で、学習者が、その動作を仮に遂行できたとしても、身体感覚までを感得することは容易ではなく、説明した動作のみが再現されていたとしても、コーチの期待している身体感覚まで伴っていないことが往々にしてある。換言するならば、学習者が適正な動作を遂行していたとしても、身体感覚が伴っていなければ、知識情報処理として完成されていないと言える。したがって、

*連絡先：常葉大学健康プロデュース学部
〒431-2102 静岡県浜松市北区都田町1230番地
E-mail: yamada@hm.tokoha-u.ac.jp

¹図1は、「齋藤洋典・喜多壮太郎著、日本認知科学会編：ジェスチャー・行為・意味；共立出版、p.212（2002）」より引用。

²本研究で注目する行為が、特に部位の動きであるため、「行為」という表現は用いずに「動作」とした。

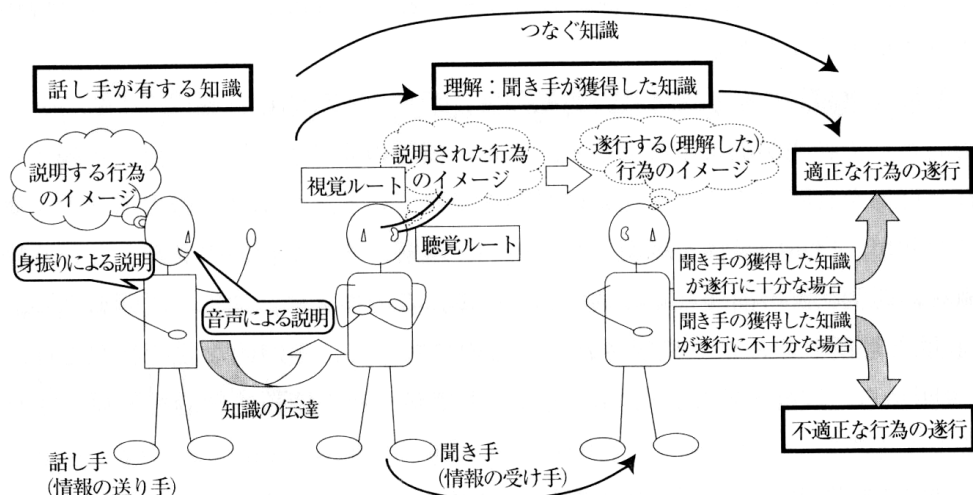


図 1: 齋藤洋典・白石知子：行為の説明を理解につなぐ知識処理

コーチの説明とは、方便となる言葉がけ（言語情報）に加え、身体感覚の伝授を一義的としたジェスチャー（身体表現情報）を実践すると予想される。

そこで本研究は、学習者の身体スキルの伝授を試みるコーチのジェスチャーに焦点をあて、その方略について考察することを目的とする。研究の意義として、コーチのジェスチャーに関する特徴的な傾向を導くことができれば、身体スキルの伝授に関するデザイン指針が得られることが期待される。



図 2: 歩行スキルのコーチング風景

2 方法

本研究では、ラグビー年代別日本代表スタッフ [2] として活動する（2019年5月現在）ランニングコーチの第2筆者が、当時小学5年生でラグビー選手の児童（以下、学習者）に対して、歩行スキルのコーチングを行った際の映像を分析することにより、コーチのジェスチャーを検討する。

2.1 実施内容

実施日時は2018年1月25日、実施場所は第1筆者が所属する教育機関にある無風の屋内アリーナ内のトレーニングルームで実施した（図2参照）。

コーチとなる第2筆者の略歴は、次の通りである。中学時代の100m全国チャンピオンをはじめ、高校・大学時代には全国レベルで活躍した競技実績を持ち、現在はプロのランニングコーチとして活動している。速く走るための身体の軸を作る立ち方や、効率的な歩き方の向上を重視し（付録A参照）、年代別ラグビー日本代表チーム、実業団ラグビー部、欧州プロサッカー選手など、多くのスポーツ選手の指導実績を持つ（2019年5月現在）。

3 分析と結果

LeBaron (2002) らのトランスクリプトの約束を参考に [3]、付録Bに示す表記方法を取り決め、トランスクリプトを作成した（図3参照）。紙幅の都合により、歩行スキルに関する内容を中心にまとめる。

はじめに、コーチは学習者に対して、自由に歩行するように指示した。次に、学習者に対して、鏡に写った自身の歩行を自己評価するように求めた。学習者は自身の左肩が下がっていることを伝え、「そこを感じている」とコーチが発話する場面が確認された。

続いて、足裏の荷重に関して、足裏の範囲を指で示す直示的ジェスチャーにより、爪先方向の足裏前半分を「勝ちポジション」、踵先方向の足裏後半分を「負けポジション」の呼称を説明した。次に、立位姿勢で足裏前半分から、足裏後半分への重心移動を交互に繰り返した。

さらに、コーチは足裏後半分への荷重を意識して歩いた後に、足裏前半分への素早い荷重移動を意識した

行	ターン	参加者	ジェスチャーと発話の記述	場面の映像	
●足裏の荷重					
1	C1		[僕がやっているのを見て欲しいんだけど これ、今何ポジション？]	2-C1	
2			((爪先側の足裏前半分に荷重し、立位姿勢をする))		
3	L1	学習者	んん::: 勝ちポジション	5-C2	
4	C2	コーチ	[これは？]		
5			((踵側の足裏後半分に重心を移動し、立位姿勢をする))		
6	L2	学習者	負け		
7	C3	コーチ	[結構、揺れてるよね]	16-C4	
8			((コーチが、足裏前半分と後半分への荷重を交互に繰り返す))		
9			[負けポジションの時に、前から押されたら、オッと、となりそうだよね]		
10			((足裏後半分の立位姿勢から、バランスを崩す動作を行う))		
11	L3	学習者	はい		
↓					
12	C4		[良くない歩き。負けポジションの時間が長い]		
13			((足裏後半分の接地時間を長くして歩く))		
14			良い歩きは、[負けポジションから勝ちポジションに早くいって		
15			勝ちポジションの時間が、長くなります]		
16			((踵接地から素早く足裏前半分へ荷重して歩く))		
17			ちょっとやってみようか。速く、勝ちポジションに移動するってことを		
18			やってみてください。そうそうそう		
19	L4	学習者	((足裏前半分の時間を長くして歩くことを試みる))		
●腕の振り					
20	C5		[グングングン。まさにここで] 力が入るんだよね	21-C5	
21			((両腕を振り弧状に大きく振りながら、腰の横を通過する際に力を入れる))		
22			じゃ、そのリズムで。自分でもグングングン、って言いながら歩いてみて		
23	L5	学習者	グングングングン、グングングングン ((腕の振りを意識しながら歩く))	29-C7	
24	C6	コーチ	グングングン歩きした後、もう一回 [勝ちポジションしっかり意識して]		
25			[勝ちポジションで、グンを意識して歩いてみて]		
26			((足裏前半分への荷重を強く意識しながら、合わせて腕を大きく振って歩く))		
27	L6	学習者	グングングングン、グングングングン ((足裏の荷重と腕の振りを意識しながら歩く))	31-C7	
●上肢の姿勢					
28	C7		[お臍と鳩尾の距離を離しましょう。触ってチェックして]		
29			((臍と鳩尾をそれぞれ指で指して、その間を上下方向に離す動作をする))		
30			[近くしてみても]		
31			((背中を丸めて、臍と鳩尾との間を近づける))		
32			[離してみても。両足勝ポジションで。この姿勢をキープする]		
33			((再度、臍と鳩尾との間を離し、合わせて足裏前半分に荷重して立つ))		
34	L7	学習者	((コーチからのそれぞれ指導に従って姿勢を取る))		
35	C8	コーチ	足の裏、勝ちポジション。上半身、勝ちラインにしてみましょ		
36			お臍と鳩尾 [これ横見て、すごく綺麗に立ってる]		
37			((鏡を見ながら、手で鏡に映る学習者を指差す))		
38	L8	学習者	((鏡を見て、自分の立位の姿勢を確認する))		

図 3: コーチと学習者とのジェスチャーと発話のトランスクリプト

歩きを実演した。そして学習者に対して、同様の動作を意識して歩くように指導した。そしてコーチが、学習者に対して歩行スピードがどのように変化したのかを質問したところ、速くなったことを学習者が回答する場面が確認された。

次に腕の振りに関して、コーチは、腕を振り弧状に大きく振って歩行しながら、学習者に対して自身の歩き方と違う点を尋ねると、学習者は直ぐに「手を動かしていること」と、腕の振りの有無を回答した。その後、コーチは腕を大きく前から後ろに振る動作を「グン」というオノマトペで表現した。そしてコーチの後ろに続き、学習者も「グングングン」と発話しながら、腕を大きく前から後ろへと振り、歩行する場面が確認された。続いて、コーチは腕の振りと同時に、足裏前半分への荷重移動を意識した歩行を合わせて行い、学習者に対して同様の歩行をするように求めた。

さらに、上肢の姿勢に関して、上肢の姿勢の説明として、臍（へそ）と鳩尾（みぞおち）の位置を直視的な指差しにより説明した。その後、臍と鳩尾との間を引き離す動作を行い、学習者にも同じ姿勢を求めた。続いて、臍と鳩尾との間を縮めて身体を丸める動作を行い、もう一度、臍と鳩尾との間を引き離しながら、足裏前半分へ荷重して立つ場面が確認された。

コーチング終了後、コーチは、足裏の荷重、腕の振り、上肢の姿勢に関する学習者の認知的理解を確認した後、学習者に対して歩行するように求めた。

3.1 学習者の歩行スキルの上達

学習者の歩行パフォーマンスが、どのように変化したのかを客観的に評価する必要がある。そこで、理学療法士である第4筆者（臨床経験は30年、教育研究経験は25年）が、映像データを無音により視認し、コーチの動作と比較しながら、学習者の歩行について定性的分析を行った。

3.1.1 コーチング前

理学療法学の視座から、接地面に最も近い腓骨外果を基準にすると、立位のランドマークである大腿骨大転子部は直上付近、肩峰は後方、耳垂が直上に位置している。この結果より、腰椎の前彎が増強し、頸部が軽度前屈位を呈しており、上部体幹が後方へ位置している分だけ、最もエネルギー効率の良い重心線の位置よりも後方へ重心偏移している可能性が伺われる。そのため、頸部の屈曲と肩関節を軽度屈曲位にして上肢を下垂位よりも前方へ移動することで、前後のバランスを取っていることが推察される。

歩行について、大転子部、肩峰、耳垂の相対的位置関係は、全歩行周期において立位姿勢と変わらない。両

上肢とも、歩行中の振りは僅かで、手部が大転子より後方に位置することはない。これによって、骨盤と胸郭の間で生じる体幹の回旋運動もほとんどないことが推測される。また、左右共に立脚中期から前遊脚期まで出現する股関節の伸展が僅かしか認められない。このため、前遊脚期の踵離地が判然としない状態で立脚期から遊脚期へと移行している。



図 4: コーチング前の学習者の歩行

3.1.2 コーチング後

立位姿勢は、膝関節伸展位にて耳垂-肩峰-大転子-腓骨外果を結んだ線が、鉛直線に近似していた。この姿勢から耳垂-肩峰-大転子のアライメントを崩さずに、自動運動として前後への重心線の移動を行なえるようになった。

歩行については、一側踵接地と反対側踵離地での膝関節の伸展が不足し、立脚中期での体幹部の上昇もコーチと比べて小さかった。しかし、腕の振りは前上方へと拡大し、手部の振り上げが臍の高さまで達していた。さらに、踵接地もはっきりと分かるようになり、この時の対側股関節の伸展が確認できた。

以上、理学療法学の視座から分析した結果、コーチの指導によって学習者の歩行パフォーマンスが上がったことが示された。



図 5: コーチング後の学習者の歩行

4 考察

4.1 歩行スキルの身体感覚

身体スキルが上達するためには、第一に動作の際の身体感覚を体感することが重要となる。杉原（2003）は「経験的によく言われるコツというものは、うまくやったとき感じる、言葉ではうまく正確に言い表せない筋運動感覚を指していることが多い」と報告している [4]。

また、動作に利用されている知覚情報のほとんどは、意識にのぼらない潜在的情報であり [5]、他者に伝えにくい暗黙知の性質を持つ身体知である。日常的な動作ほど意識され難いが [6]、生まれてから自然に獲得した歩行は、第2筆者のような専門のランニングコーチからの指導がない限り、歩行に伴う身体感覚を独力で学習することは難しいと予想される。

4.2 歩行の分解と動作の身体感覚

歩行スキルのコーチングでは、コーチの理想とするフォームを説明するための身体操作や、臍や鳩尾などの位置の説明するための直示的な指差し、ハイタッチのエンブレム、さらには笑いや頷きの情動表情表出など、コーチによる数多くのジェスチャーが確認された [7]。

ここで、研究の主眼となるコーチのジェスチャーに焦点を絞り、考察する。複雑な身体スキルをコーチングする場合、コーチの指導方略として、身体スキルを構成されるステップに分解し、反復動作を実践させながら、ステップごとに習得させて、最後に全体をつなぐこと（統合）が行われる [8]。分析の結果から、コーチは、歩行を足裏の荷重、腕の振り、上肢の姿勢の3つの動作に分解し、身体感覚を一義的とした説明を行っていることが確認された。

たとえば、立位のジェスチャーは、足裏前半分に荷重した状態で立った時に生じる安定感を学習者に伝えるための説明であったと推測される。また、歩行における腕の振りは、下肢との連動や体幹を安定させることが明らかになっているが、腕の振りを強調したジェスチャーは、その重要性の伝えているためと推察される。さらには、上肢の姿勢について、直示的に臍と鳩尾の位置を示しながら、体幹の安定性を伝えるために、その距離を離す指導を行っていることが認められた。以上の結果は、本研究の仮説を裏付けるものとして考えることができる。

また、本研究の分析の狙いには想定していなかったコーチの特徴的なジェスチャーとして、伝達したい身体感覚を生み出す動作とは、真逆のジェスチャーも示していることが明らかとなった。たとえば、踵側の足裏後半分に荷重移動した際によるめくジェスチャーや、

臍と鳩尾との距離を縮めて身体を丸める動作は、コーチの期待とは真逆の動作となる。たしかに、すべての身体スキルのコーチングに、このジェスチャーの方略が当てはまるとは言い難い。しかし、生まれてから自然に獲得した歩行スキルは、あまりに自然な動作として自動化されているがゆえに、日常生活では身体感覚を感じない手応えのない動きとなっている。そのため、コーチの伝達したくない身体感覚を生み出す動作をジェスチャーにより示すことにより、双方の比較可能となり、伝えたい身体感覚をより理解させる方略があったと推測される。

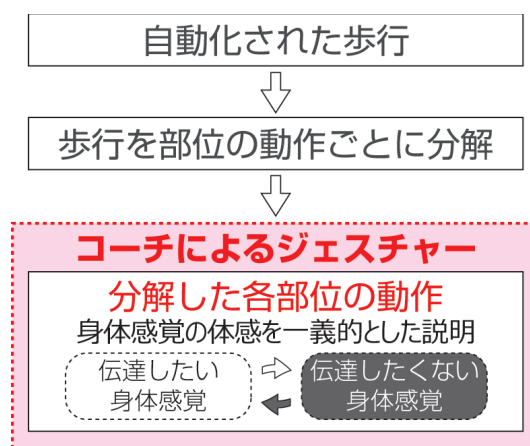


図6: コーチのジェスチャーに関するモデル

5 まとめと今後の課題

本研究では、歩行スキルのコーチングを試みるコーチのジェスチャーに注目し、その方略について検討することを目的とした。結果から、コーチは、歩行を身体感覚を得やすい部位ごとの動作に分解し、その動作をジェスチャーにより説明していることが示唆された。また、伝達したい身体感覚とは真逆のジェスチャーも示すことにより、学習者の気づきをより促す方略があることも推察された。

今後の課題は、次の通りである。今回は、自動化されていた歩行スキルを、再度、認知学習レベルに戻した場合のコーチのジェスチャーに注目し、分析を行った。一方、賢明なコーチは、しばしば学習者に部位の動作の身体感覚を感得させながら、次第に全体の動きに統合することを試みる。したがって、ステップが統合される段階の考察に関しても、今後の射程に入れている。また本研究では、シングルケースに基づく身体知の学びを探った。一方で、得られた知見の一般性を論じるにあたり、他の身体スキルも研究対象として知見を蓄積する必要があることを述べ、論を閉じる。

参考文献

- [1] 齋藤洋典, 喜多壮太郎 (編著), 日本認知科学会 (編): ジェスチャー・行為・意味; 共立出版, 第10章 齋藤洋典・白石知子「行為の説明を理解につなぐ知識処理」, pp.210-247 (2012)
- [2] 公益財団法人日本ラグビーフットボール協会: <https://www.rugby-japan.jp/>, 最終閲覧日: 2019年4月1日 (UTC)
- [3] LeBaron C., Streeck J.: Gesture, Knowledge, and World. In D. McNeill(Ed.); Gesture and language, Cambridge, Cambridge University Press, pp.118-138 (2000)
- [4] 杉原隆: 運動指導の心理学?運動学習とモチベーションからの接近; 大修館書店 (2003)
- [5] 樋口貴広: 知覚の顕在性, 潜在性と身体運動; 三輪書店, 身体運動学?知覚・認知からのメッセージ, pp.17-67 (2008)
- [6] 岡端隆: 運動指導における言語表現の問題と可能性; 体育の科学, vol.44, pp.207-210 (1994)
- [7] 齋藤勇: 見た目でわかる外見心理学; ナツメ社, pp.140-149 (2008)
- [8] 日本教育工学会編: 教育工学事典; 鈴木克明, 教授方略, pp.210-213 (2000)

A 足裏の荷重と上肢の姿勢

第2筆者の関連記事を, 図7に示す。【引用元】 Tarzan, no.716, マガジンハウス, pp.44 (2017)

B トランスクリプトの表記方法

LeBaron (2002) らのトランスクリプトの約束を参考に [3], 図8に示すような表記方法を取り決めた。

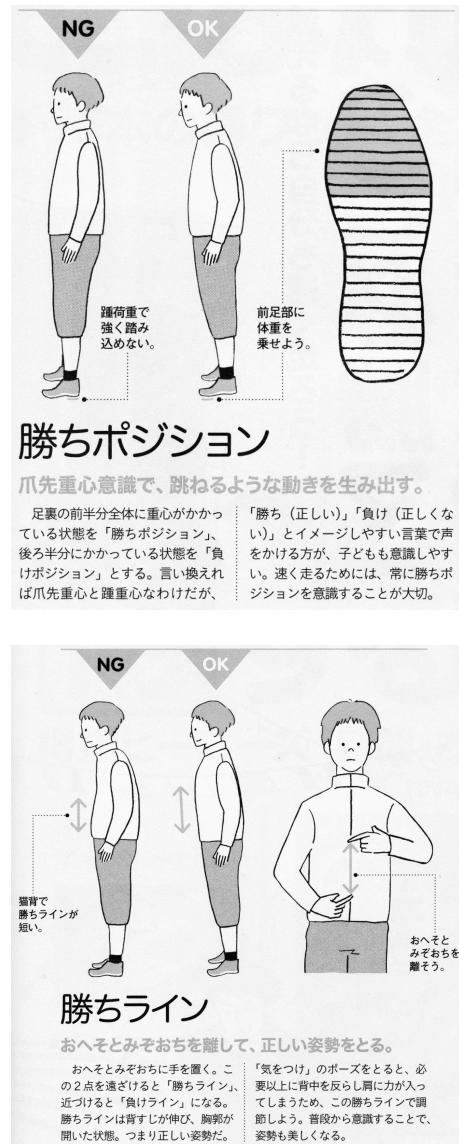


図7: 勝ちポジションと勝ちライン

表記	内容
[発話]	角括弧内の発話は、真下にある行の二重括弧内のジェスチャーと共に
((文章))	二重丸括弧内の文章は、ジェスチャーの説明
:::	コロ3つは、比較的長い母音の伸長
C+数字	Coachの頭文字「C」を意味し、コーチのターン(順番)を表し、数字はターン番号を示す
L+数字	Learnerの頭文字「L」を意味し、学習者のターン(順番)を表し、数字はターン番号を示す
↓	映像場面が切り替わった場合
明朝体	発話を記述する場合
ゴシック体	ジェスチャーを記述する場合

図8: 表記方法

身体知輻湊性の哲学

Philosophy of Convergence of Embodied Skill

堀内隆仁¹ 諏訪正樹²

Takahito Horiuchi¹, Masaki Suwa²

¹ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

¹Graduated School of Media and Governance, Keio University

² 慶應義塾大学環境情報学部

² Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract: As athletes or researchers, we always identify a skill with another by their name without any doubt. However, the segmentation and naming were done by selecting outward skills' components as its own character arbitrarily. We present, with first author's practice in decathlon in track and field, a hypothesis that all skills he/she acquired converge in his/her body. Therefore, on the basis of one's bodily feeling, he/she is able to re-segment and rename a skill in a different way from given one. With this re-segmentation, there are possibilities that athletes evolve, and researcher catch the presence of the skills' convergence.

1. はじめに

我々は、所与の動作名や競技種目名や技名によって、2つの身体知¹を同定または峻別してかかってしまう。例えば、バスケットボールとサッカーを「異なるスキル」であると峻別する。また、「走り」スキルを例にとれば、自分と他人または自分の過去と現在の間で、同じ「走り」と同定した上で、走りとしての差異を比較しようとするだろう。その態度は身体知の本質を見落としかねない。本稿で仮説的に呈示する本質は**身体知の輻湊性**である。輻湊性とは、我々は一つの身体をもって生きる以上、獲得してきたあらゆる身体知はその身体において未分化に寄り集まっていることを表す。我々が意識上で分節してしまう以上に、身体において全スキルは入り乱れているのだ。

第一著者・堀内は、研究者であると同時に陸上十種競技のプレイヤーである。十種競技とは、100m-走幅跳-砲丸投-走高跳-400m-110mH-円盤投-棒高跳-やり投-1500mの、走・跳・投にわたる計10種目総合力で競う種目である。自らの身体知と切に向き合う中で、上記の固着的態度に疑いを持つようになった。

スポーツ科学では、「○○（競技・技名）における××（局面や動作要素など）の研究」の形を呈した研究表題がごく一般的であろう。先に挙げたように、すでに身体知を1つの所与の身体知として同定した

上で、その「細部」を研究する態度である。輻湊性がこうした科学で近づき得ないものだとすれば、著者らが着手すべき急務は、方法論にとらわれず、輻湊性の仮説を磨きあげることだ。本稿では輻湊性の仮説を呈示し、実践研究としてなぜ・いかに重要かを、粗削りながら論じてみたい。

2. 実践において身体知輻湊性を実感

堀内は十種競技選手として、からだメタ認知[1]を駆使して自らの身体スキルを開拓してきた。からだメタ認知とは、認知の変化を目論み、思考のみならず曖昧な体感をも積極的に言語化する認知的方法論である。実践者にとっては、客観的な動作に加えて、それをドライブする意識や体感が重要なのである。堀内は長期にわたる学びの過程で、「輻湊性」を実感・着想するに至った。そのエピソードを簡潔に物語ろう。

M1シーズンは、それまでの自分の「小さな動き」に問題意識を持ち、あらゆる種目において肩甲骨や骨盤から「大きく動かす」ことをコンセプトとして練習していた。小さな動きは、「力み」を生み出しやすく（逆もまた然り）、大きくゆったりとした動きを獲得することで、問題解決できると考えたからであった。

右の膝蓋靭帯炎²に悩まされたシーズンでもあった。普段の練習では右膝へ大きな衝撃が加わる動き

¹ 本稿では、身体知と身体スキルを厳密に区別しない。

² 怪我の別名：ジャンパー膝。

(右足で踏み切る跳躍練習など)は極力控え、試合時は右膝周囲に強固なテーピングを施すことで高負荷な種目を凌いでいた。「だましだまし」シーズンをやりきったのだった。結果として、M1シーズンは十種競技総合得点そして十種の各種目でパーソナルベストを記録することができた一方で、「膝の怪我さえなければ・・・」と言い訳を引きずる悔しいシーズンでもあった。

シーズンが終わり、本格的な冬季シーズン³までの間に、ごまかしてきた膝の怪我と向き合った。トレーナーによる治療・リハビリ・アドバイスを受ける中で、怪我の根本的な問題を理解する。それは、十種競技内の様々な動きにおいて、重心より過度に前に接地していたという事実である。そう、形骸化した「大きく動かす」が仇となったのだ。直立姿勢から大きく一歩前に踏み出すリハビリ動作時にそれを自覚した。

図1(M1シーズン堀内の走り)を用いて怪我問題を説明する。身体を大きく動かそうとするあまり、膝下が大きく振り出され(局面1)、重心より前に接地すると(局面2)、接地後に、接地位置鉛直真上に身体が「乗り込む」フェーズが必要となる。この際、接地脚の膝が過度に屈曲することになる(局面3)。乗り込み後、離地までの間に、膝は伸展する(局面4)。これを繰り返すと、膝蓋靭帯へ負荷をかけ、炎症が起こる。怪我を生む動きとはこれすなわち、非効率的な動作である。この動作癖は、接地で得た力が全身へ効率よく伝導するのを阻害するとも言える。



図1：膝蓋靭帯炎を引き起こす悪いフォーム

堀内は、上記の動作癖が普段の「歩き」においても表出していることに気づいた。それまで無自覚に「競技」と切り離していた「日常に埋没した移動動作：歩き」に、である。普段の歩きから過度な前方接地をしているから、常に大腿四頭筋⁴が凝り固まってしまうのだ。結果、膝蓋靭帯が過度に引っ張られ、痛みを生み出す。身体は正直で、考えている以上に生活と競技が交錯していることを痛感した。

こうして、そもそもの立ち方・歩き方から動きの

³ 春のシーズン開幕まで試合がないため、冬季は鍛練期と位置づけられる。

⁴ 膝関節伸展を担う筋肉。俗に言う「前もも」。

徹底的改革に試みた(具体的な着眼点は[2],[3]に詳しい)。堀内にとっての練習は、競技場を脱出した。階段を昇降における膝の使い方や、引っ越し作業において洗濯機を一人でいかに運ぶか等、生活の場へと拡張された[Ibid]。すると、からだメタ認知によって顕在化された多数の着眼点が、やはり十種競技の様々な種目にも共通するものとして自覚化されたのである。

現在、大怪我(右舟状骨疲労骨折)から復帰し、飛躍の復活を遂げるべく、体力アップの基本練習に取り組むとともに、引き続き日常の場でも身体を刺激している。

もはや堀内にとって、自身の身体スキルとは、一見バリエーションに富む十種競技の各種目が、日常生活の動作が、自分の身体で1つに結像したものに感じられるのだ。

3. 輻湊性とは何か

我々は、1つの持続した身体を具備して生きている⁵。競技者としての身体は、そもそも生活を営む身体でもある。競技場にて練習するより、その他日常生活の時間の方が長いだろう。ならば、獲得したあらゆる身体知は、一身体に未分化に輻湊しているはずだ。所与の動作名・競技名・技名どおりに、身体内で能力が分節されているとは考え難い。これに従い、発揮されている身体知(日常生活含め)は、輻湊した総体から取り出された「何か」が、パフォーマンスとして実現されていると解釈するのが妥当だろう。本稿では「何か」を代数学の記号Xを用い「**スキルX**」と名付けよう。図2に輻湊性を示した。

次節では、これまで我々が所与と受容してきた各スキルの名前(分節)、名付け行為の脆さを、スキルX概念を用いて示す。

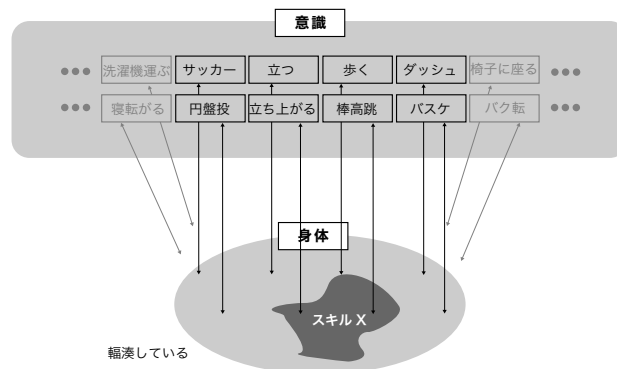


図2：身体知輻湊性

⁵ 分子レベルで見れば、代謝によって入れ替わるが、自身の持続的な肉体を実感しているだろう。

3.1. スキル分節の恣意性

図 3 : スキル X

図 3 はスキル X の画像である。左をスキル X_1 、右をスキル X_2 とする。「どう見ても走りや砲丸投じゃないか」と心の中でツッコミを入れた読者があろう。ならば問う。本当にこれを「走りや砲丸投である」と同定できる/すべきなのだろうか。なぜ「走高跳ではない」と峻別できる/すべきなのだろうか。本節ではそれを議論する。スキルは、4次元時空間上の全身運動である⁶。スキルを構成する動作の要素として認識可能なものを「**動作項**」と呼ぼう (ex.つま先の上がり方、腕の位置、膝関節角度の角速度変化の仕方、右手と骨盤の位置関係・・・etc.)。動作項の解像度は任意である。無数にある動作項の集合から、ある動作項を選択することを、動作項の選択と呼ぶことにする。

まず我々が峻別「できてしまう」のは、そのスキルに特殊な何らかの動作項 (の集合) を一見して認識できるからである。ところが、「なぜ走りや砲丸投だとわかるのか」、「それらの動作項を必要十分に列挙せよ」あるいは「走高跳ではないと断言できるのは何故か」と問い詰められると、せいぜいスキル名に直接表れているような部分をポツポツと挙げる程度で、回答は難儀だろう。「両足が離れている瞬間があるし、膝を高く上げるようにしているし・・・」という具合にだ。あいにく識別は暗黙裡に為される [4]。

では、その「パッと見の暗黙知的識別」にしたがってスキル名を付与すべきなのだろうか。それは「パッと見」の動作項 (の集合) をもとに分節していることを意味する。 X_1 と X_2 の全身運動同士には、「共通動作項」も存在するのにも関わらず、我々はパッと見の「相違動作項」を選択してしまう。

つまり、「動作項の恣意的選択」を経てスキルは命名される。パッと見の相違動作項を選択する論理的必然性はないのだから、別の動作項を選択する余地も十分にある。たとえば、スキル X_1 と X_2 の共通動作項⁷「上体と骨盤の捻転」を選択し、 $X_1 X_2$ を「ぼじる」という1つのスキルとして同定・命名しても何ら問題はないのである ($X_1 = X_2$ が成立)。また単に、 X_1 は、ひたすら足を交互に入れ替える「しゅばり」というスキルなのかもしれない。あるいは「歩く」なのかもしれない (2章の堀内が悟ったように)。 X_2 は「チェストパス (バスケットボールの)」かもしれないのだ。

以上のように、ある全身運動を一つのスキルと弁別するには、構成部分の恣意的選択を経るという事実には、まず目を向けなければならない。そもそも、人間の合理的なあらゆる行為は、こうした恣意的選択 (論理的飛躍) を経てなされる [5]。なお、認識論的問題としての「同一性」が、本節の議論には紐づくだろう (cf. 思考実験: テセウスの船)。

3.2. 身体知の外側と内側

前節では、身体知を「**外側**」からの観点で扱った。外側とは、「視覚的にわかる見た目・振る舞い」である。輻湊性を議論するために本節で呈示しておきたいのは、もう1つの側面: 「**内側**」である。内側とは、主観的な意識や意味の世界や、視覚にとどまらない知覚経験 (特に体性感覚) を「観測」、いや「傾聴」することを指す。「体感」とも言える。

体性感覚 (広義の触覚) について、[6]を参照して説明しておく。視覚の特性は、事物を客体化し明晰的に分節するのに対して、体性感覚の特性は、物事と一体化し、その全体性を曖昧ながら感じることだ。我々は知らず知らずのうちに、視覚が独走した知覚経験を形づくってしまう。近代科学はまさにその権化である。本来、人間の知覚経験は、諸知覚が統合された「共通感覚」であり、視覚中心ではなく「体性感覚中心」の配分で諸知覚統合され、成立するのだと中村は訴える。

3.3. 内側から、深層的にスキル分節する

3.1節では、我々が所与のものとして受容する「スキル名」は、輻湊体としてのスキル X から論理的必然性なく切り出したものだと指摘した。3.2節を踏まえると、それがあまりに視覚に頼った「表層的な切り出し方」であることが露わになる。ベルンシュタ

⁶ 指先の動きだけで動作名が与えられているものも、スキルとしてはやはり全身の姿勢や動きが当然関わる。例えば、キータイピングや楽器演奏等。

⁷ 動作項を「共通 (同じ)」とする判断は、主観でよい。

イン[7]は、異なるスキル同士の**転移 (transfer)** について、動作の外見上の類似性ではなく、動作および動作の構成要素を制御する調整 (の自動性) が鍵だと述べる。転移が輻湊性に由来すると仮定すれば、この主張は、外側からの研究のみで輻湊的なスキルに迫ることの不可能性を示唆する。

実践者においても、所与のスキル分節を所与と容認することは、そのスキルを内側から感じること (対体性感覚) を制限し、ひいては阻害しかねない。思考が知覚を制限する**選択的注意 (selective attention)** [8]である。知覚だけではない。「走り」だと思った瞬間、意識上のスキル像は「走り」として象られてしまう。競技者がそのスキルに与え得る意味や秩序 (=「内側」) すら、「走り」スキーマを構成する変数群へと圧縮・還元されてしまう。同時に、他スキルが相対的に同定され、「スキル同士の関係」が規定される。しばしばそれは表面的である。本稿2章のエピソードが示すのは、表面的なスキル分節に支配され、抱える怪我の意味解釈が腑に落ちなかった事実である。要は、表面的なスキル名とは呪縛なのだ。

身体知を「内側から感じる」ことにより、「深層的な」スキル分節が可能となり、そこに輻湊性は垣間見られるというのが、本稿の主張である。例えば2章で述べたエピソードは、「歩く」の重要性を認識し、それが競技 (例えば「走り」) と通底することを悟った。走りと歩きであれば、「足裏が地面から剥がれる感覚」、「接地位置を中心に転がる」、「脚は、骨盤についているのではなく脇腹と肩甲骨の間くらいから生えている感覚」といった内側からの共通する感覚をもとに、両スキルが融合される。もはや「転がる」というような一つのスキルに感じられるのだ。また、第二著者・諏訪は、野球打撃において、「右肘を入れ込む」体感と、「左足でぐっと踏み込む」体感を「同じスキル」であると気づくことで、インコース球を捌けるようになったと説明する[1]。このようにして、スキルXに対して自らの体感をもとにあり様を捉える。

前節で導入した動作項とはスキルの外側の性質だったが、内側から感じることによって、選択される動作項の重み付け (選択されやすさ) が変化すると考えられる。新たに重みを増す動作項をもとに、スキルとして特徴づけることができる。あるいは動作項すら関係なく、ただ内側からの体感としてのみ、内側から感じる意味としてスキルを同定可能だろう。スキルXを常に前提する態度が、あるスキルAとして慣れきったその「異化[9]」を可能にする。いずれにせよ実践者にとって、深層的なスキル分節が、固有な体感や意識を捨象せずに反映/逆に促進するための行為であると考えられる。

野口体操の理論[10]は、本稿の主張と適合する。[Ibid.]では様々な奥深い文言が散見されるが、特に適合するフレーズを2つだけ紹介する。

条件反射学, 情報理論, 創造工学などを, 思考方法論としてではなく, 具体的なからだの動きに置き換えて, 自分自身を再創造する営みを体操という。
([Ibid.], P.6)

今まで常識として疑いもなく受け入れていた, からだの各部位とその部位のもつ機能 (役割) との関係, すっぱり切断する。バラバラになったからだの部位と役割とを, まったく無責任勝手気ままに新しくつなぎ合わせる。新しくつなぎ合わさった部位と役割を, からだの動きひとつひとつ検討する。このような作業によって新鮮にして深遠な在り方を創造する営みを体操という。 ([Ibid.], P.6)

上の引用文では、もはや「解剖学的な身体」にすら疑いをかける重要性が指摘されている。野口の主張は、スキル名や身体分節を一回きりではなく、繰り返すべきものであることを示唆する。また、[11]においては、「究極の身体」と「レギュラーな身体」の持ち主では内側から感じる身体が異なるということ、それが日常的な立ち方にすら表れるという主張が確認できる。本稿2章エピソードのもっともらしさを支持する主張と言える。

3.4.他者の身体知を内側から「観る」

内側から感じるとは、決して視覚を無視するわけではないことに注意されたい。自分のパフォーマンス時の体感だけではなく、他者のスキルを観て抱く体感も含めてよい。ポランニーの暗黙知理論[4]では、人間は事物に自身を**投射 (projection)** し・**内在化 (dwell-in)** することで、事物を暗黙知にする (知が身体化する) のだという。3.1節のような「視覚的識別」のみならず、より深いレベルで他者に入り込むことができる。ラバーハンド・イリュージョン[12]はこれを端的に示す。また、諏訪による「間合い」現象の仮説[[13]]もこれと主張を同じくする。野球の打者は、投手の身体の動きに「エネルギーのようなもの」を感得し、自身の身体動作の裏に潜む「エ

エネルギーのようなもの」と同調させることで、タイミングを合わせるための間合いを図る。エネルギーレベルで同調するという事は、もはや、投手は他者ではなく、投手の身体に自己の身体を内在化させていることを意味する。

他者または過去の自分のパフォーマンス(の映像)に自分の身体を投射し入り込むことができれば、一見同名スキルでも、二者間で「全く異なる」スキルが発揮されていると実感し得る。例えば、他者が格上の選手だったとき、「自分の走りは、走りではなかったのか・・・」と痛感することがあるかもしれない。

実は堀内にとって、図 3 スキル X_1 は、「走り」と呼ぶに値しない。 X_1 は本稿執筆より 4 年程前の堀内自身のパフォーマンス画像であるが、画像内の自分に体感を入れ込むと、腹筋群を過剰に固めて無理矢理に脚を前へ押し出す X_1 に、高感触は皆無だ。2 章で触れたように堀内にとっては、接地で得た力を、効率よく全身へ連動させる感覚がない限り、走っていることにはならないのだ。また X_2 は、「砲丸投」ではなく「チェストパス⁸」である。ある時、砲丸の投げ方の動作と感覚が、それまで染み付いていた「腕で押す」という感覚ではなく、チェストパスする感覚と一致したのだ。

「あるパフォーマンス動画を見たとき、以前は見えなかったものが見えるようになる」という現象も、内側から「観る」身体知の変化だと考えられる(これも選択的注意である)。

4. スキル再構成に垣間見る輻湊性

[1 4]は、分析科学とは異なる「デザイン学」という学問的方法論を提唱する。常に**構成 (construction) のループ**[Ibid.]にあり続け、新しいものごとを生み続けるのだという。身体知輻湊性の実践研究はこの範疇にあるべきかもしれない。すなわち、スキルや身体を従来どおり分節するだけでは「『科』学⁹」に端座してしまふ。そうではなく、内側から分節すると、新たな身体知が「観える」。同時に、さらに異なる分節が可能となる(以下繰り返し)。こうした再創造にこそ、輻湊性の本態を垣間見る。実践者は進化を果たせる。この方向に、我々は進むべきではなかろうか。

参考文献

[1] 諏訪正樹: 「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学, 講談社選書メチエ, (2016)

- [2] 堀内隆仁, 諏訪正樹: 「立つ, 歩く」という身体スキルを考える, 第 31 回人工知能学会全国大会論文集, 1-OS-30c-5, (2017).
- [3] 堀内隆仁, 諏訪正樹: 陸上競技におけるスキル学習の仮説生成型研究-身体・生活意識・ツールが共創する「野生の実践」-, 第 25 回身体知研究会, SIG-SKL-25-08, pp.41-48, (2018)
- [4] マイケル・ポランニー (著), 高橋勇夫 (訳): 暗黙知の次元, ちくま学芸文庫, (2003)
- [5] ジョン・R・サール (著), 塩野直之 (訳): 行為と合理性, 勁草書房, (2008)
- [6] 中村雄二郎: 共通感覚論, 岩波現代文庫, (2000)
- [7] ニコライ・A・ベルンシュタイン (著), 工藤和俊 (訳), 佐々木正人 (監訳): デクステリティ: 巧みさとその発達, 金子書房, (2003)
- [8] Daniel J Simons, Christopher F Chabris: Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events, Perception, Vol.28, pp. 1059-1074, (1999)
- [9] ヴィクトル・シクロフスキー (著), 水野忠夫 (訳): 散文の理論, せりか書房, (1971)
- [10] 野口三千三: 原初生命体としての人間 野口体操の理論, 岩波現代文庫, (2003)
- [11] 高岡英夫: 究極の身体, 講談社+α 文庫, (2009)
- [12] Botvinick M., Cohen J.: Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. Nature, 391, 756, (1998)
- [13] 諏訪正樹: 「間合い」という現象をどう捉えたいか?, <間合い>とは何か-二人称的身体論第 1・2 回, web 春秋はるとあき (期間限定公開. 第二回記事はすでに非公開であるが, 第 1 回の URL は <https://haruaki.shunjusha.co.jp/posts/1271>), 2019 年 6 月閲覧.
- [14] 藤井晴行, 中島秀之: デザインという行為のデザイン, 認知科学 Vol.17, No.3, pp.403-416, (2010)

⁸ バスケットボールにおいて、胸の前にボールを保持した状態から、両手で突き出してパスする動き。

⁹ 「科」は「分ける」を意味する漢字であることも、忘れてはならないだろう。

教授者－学習者の相互性を考慮した身体技能教育支援に関する一考察

A Study on Physical Skills Education Support Considering Reciprocity between Teacher and Learner

松浦 慶総*¹

Yoshifusa Matsuura

*¹ 横浜国立大学

Yokohama National University

1. はじめに

著者はこれまで、被覆アーク溶接の技能を対象として技能教育支援システムの開発を行ってきた。被覆アーク溶接は手溶接と呼ばれ、溶接技能の基本とされている。したがって、溶接業務に従事する初級者は、初めに溶接技能資格を取得する必要がある。さらに実際に製造を担うレベルの技能を習得するには、時間を書けて十分な経験を積む必要があるとされている。しかし、2007年問題によるベテラン技能者の大量退職や、生産年齢人口の低下といった社会的背景から、早急な技能者養成の要求が増大した。この対策として、一部の大手企業は自社内に技能研修センターを設置して、ベテランの技能者や退職者を指導者として技能教育を実施している。一方、多くの中小企業では依然 OJT による教育が一般的である。教育のための施設や時間、指導者が十分確保できない状況においては、現場で実際に作業をしながら技能を習得する OJT に頼らざるを得ないが、効率が悪く、若年者のモチベーション維持も難しいため、就業率の低下につながってしまう。

これらの技能教育は、学習者が「見て、模倣して、慣れる」ことを基本としていと考えられる。溶接技能の場合は、特にアーク光やガスなどの環境下での作業になるため、熟達者の作業を直視することが不可能である。そこで、技能指導では電源を切った状態で溶接棒の動きを見せ、その後実際に溶接作業を行いながら溶接面越しにアークや溶融池の状態を学習者に見せる。学習者はこれらを見た後に実際に模倣して溶接作業をし、評価は溶接をしたビード状態で判断をする。基本的に指導者の実演は数回であり、学習者がひたすら繰り返し練習が行われている。

このように従来の技能教育では、OJT のように教授者と学習者が時間と空間を共有することができれば、技能に関する情報を十分相互に伝達していると考えられているが、実際には各々が持つ知識や情報処理能力に依存する独立した関係と考える。そこで、本論文ではまず従来の身体技能の教育に焦点を当てた、教授者と学習者の技能情報の処理過程を検討し、その課題を検討する。その上で、効果的な技能教育を実現するために必要な情報やその情報を相互理解できる新たな手法について考察をする。

2. 従来の身体技能教育の課題

2.1 「技を見て盗む」教育法

多くは手工業において、徒弟による見習いの教育法として「対象法(物品製作法)」による技能教育が行われてきた[[岩波講座現代教育学 1961]]。基本的に師匠の仕事の手伝いや分業により、仕事をしながら技能を習得する教育法である。この方法では、師匠や先輩たちの技能を見様見真似で習得することが求められる。すなわち、身体動作や道具の操作を学習者が観察をした後に、実際に作業をしてそのパフォーマンスの評価が師匠に良好と判断されるまで、繰り返す学習である。

2.2 「習うより慣れる」教育法

身体動作の技能教育では、基礎的な動作を繰り返し学習により、動作の自動化ができるようにすることが重要である。ものづくり技能では、道具の操作を常に一定かつスムーズに操作することが求められるが、熟達者の動作を見様見真似で行っただけではうまく操作することができない。そこで、指導者が実演を数回行い、それを観察した後に学習者が繰り返し学習する方法である。学習者へのフィードバックの多くはパフォーマンスの評価であり、不良判定の直接的な身体動作や道具の操作に関する原因を指摘されることがあるが、基本的には不良がなくなるまで繰り返すことを基本とする教育法である。

2.3 「フォーム指導」教育法

身体技能では、道具の操作や身体部位の動作の指導を主に行う。ここで、技能動作のある時点の道具や身体部位の位置関係である姿勢に着目し、指導者の姿勢と比較をして指導を行う教育法である。

2.4 従来教育法における教授者と学習者の関係性

ここで述べた従来の身体技能の教育法では、教授者と学習者が基本的に以下のような過程で教授－学習を行う。

- (1) 教授者の実技を学習者が観察する。
- (2) 学習者が観察した実技を模倣する。
- (3) 学習者は実技の結果を教授者の結果と比較し、評価する。
- (4) 学習者が模倣した実技とその結果を教授者が観察する。
- (5) 教授者は観察した結果(フォームとパフォーマンスの評価)を学習者に伝達する。
- (6) 学習者は、自身の評価と教授者の評価をフィードバックし、その後はパフォーマンスが向上するまで繰り返し学習を行う。

この過程は一般的な身体技能の教育法であるが、基本的に学習者の観察と模倣、馴化に大きく依存していることが分かる。

連絡先: 松浦 慶総, 横浜国立大学大学院工学研究院,
横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5, 045-339-4221,
matsuura-yoshifusa-cr@ynu.ac.jp

つまり、これまで扱われている身体技能の情報の多くは、身体部位や道具などの空間位置情報や音情報がほとんどであり、その情報を基に学習者が模倣を行う。模倣は、身体運動学習の始めに行うもので、人が生来的に持つ能力の一つである。人は相手の身体動作を見ることで、自分も同様の動作をしたかのように脳活動が起き、さらにその動作の意図も把握することをしていられる[近藤, 今水, 森岡 18]。この模倣により、学習者が観察することで自身の身体部位の制御やその動作の意図を推測し、結果をフィードバックして調整することで、身体制御の同定を行っていると考えられる。

一方、教授者は自身もこの過程を経験しているため、観察—模倣のための情報提示とパフォーマンス評価が教授対象として理解していると推測される。また、身体動作の制御についての適切な表現方法を知らないため、学習者に提示することができないと考えられる。

したがって、これまでの技能教育に関する研究の多くが、

- ①身体部位や道具の測定による技能の視覚化
- ②パフォーマンスの定量評価
- ③熟達度の推定

を行っている。結果的に教授者の支援システムとなっているが、学習者にとっては従来と変わらず、観察と模倣に依存した状態になっている。

3. 学習者への気づき促進による技能教育支援

2.4 で述べたように、現状では学習者の観察力に大きく依存している。ここで、観察の過程について考察してみると、対象技能の知識や技能に関する動作の経験により、あらかじめイメージを想起し、観察の際にこのイメージと比較することで教授者の技能の差異に気づくことができる。このイメージの具体性により、気づきに大きな影響を及ぼす。例えば、マジックは観客の注意を別のところに向けることで、観客の持つイメージを創出し、タネに気づかないようにさせる技術である。すなわち、イメージがずれると気づくことができない。このイメージのずれの程度が効果的に技能を習得できるかに大きく寄与していると考えられる。したがって、この学習者に気づかせることが身体技能学習で非常に重要となる。

そこで技能教育で重要な情報に気づき、理解するための認知プロセスとして、①情報を受ける感覚器の感度が高く、②思考プロセス内で記憶情報およびその情報からイメージ化した基準情報と比較することで理解する、というプロセスモデルを定義する。このプロセスモデルから、特定の情報に気づかせるためには、あらかじめ受容感度を高め、比較するための基準の情報を与える必要があると考える。そのため、構造化した技能情報に対して新たな属性を与えて気づきを促進させ、共通のイメージを想起させることで、いわゆる「腑に落ちる」学習が可能な新たな手法を提案する。

3.1 「意識—注意—評価」属性の技能情報への付与

本研究では提案した認知プロセスに基づいて、技能習得に必要な情報に「意識」、「注意」、「評価」属性の付与を行い、新たな教授者と学習者が共通の認知をさせる手法を提案する(図1)。

(1) 意識属性

技能習得に必要な特定の情報の受容感度をあらかじめ高くするために、技能実施前に意識させる情報と定義する。身体技能では、技能品質に影響を与える身体部位およびその制御時

の感覚情報が該当する。なお、身体動作の馴化(慣れ)が進むと無意識化され、技能が向上すると次の意識属性に移行する。

(2) 注意属性

実技中に意識を集中する情報を定義する。これは、機械システムにおけるシステムモニタリングと同様の技術を参考にしており、注意属性情報について、あらかじめ学習者が想起しているイメージの基準と実技中に比較をしながら、身体動作をコントロールするためのパラメータの認知を行う。

(3) 評価属性

評価属性は、(2) 注意属性の際に、技能実施中に基準とリアルタイムに比較して、動作を行う際に評価する属性と、終了後に成果物の品質、総括的な身体動作の評価を行う情報と定義する。品質については、技能習得の目的に応じて定義される。例えば、対象技能を自転車乗車とすると、スムーズに乗車して運転できることを目的とするか、ケイリンや BMX などの自転車競技の技能習得を目的とするかで、評価属性や品質が大きく変わる。

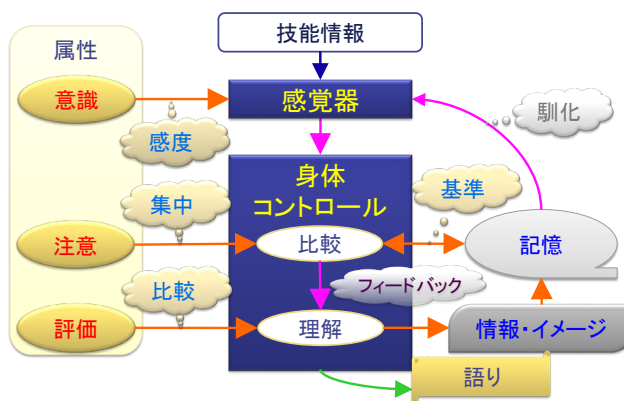


図1 認知プロセスに基づいた「意識—注意—評価」属性

3.2 教授者と学習者の技能に関する「共感」の創出

提案した意識—注意—評価属性のうち、意識属性と注意属性については、技能教育においてほとんど考慮されていない。特に意識属性は多くが身体感覚にかかわる主観的な情報であったため、明示的に扱うことを避けていた。しかし、これまでの技能教育法では、学習者の観察と模倣に大きく依存し、十分な技能学習が困難であった。この観察と模倣の認知プロセスに教授者が主体的にアプローチすることで、学習者に教授者の持つ技能イメージに近いイメージを想起させ、観察時に気づきを創出することが可能となる。気づきにより得られた情報を基に身体をコントロールすることで、模倣時のフィードバック情報の類似度が高くなり、学習者が「腑に落ちる」技能学習が実現できると考える。同時に教授者にも学習者の技能動作の意図に気づくことが可能となり、教授者が学習者の現在の技能イメージを想起することが期待できる。この結果、教授者と学習者の間に技能に対する「共感」が生まれると考える。今後は、身体コントロールと技能評価のイメージの類似度を高くするためのそれぞれの属性の優先度を、要求される種熟達度目標に合わせて設定できる手法を開発する必要がある。



図2 技能情報に関する共感の創出

4. まとめ

本論文では、従来の技能教育手法における技能情報と、教授者と学習者の関係性について考察を行った。考察で得られた課題から、技能教育支援のために教授者と学習者が高い共通理解を得ることができるように、新たに認知プロセスに基づいた「意識—注意—評価」属性の提案を行った。この新たな手法により、学習者に教授者の持つ身体技能のイメージに類似した身体コントロールのイメージを想起させることができ、共通認知が可能となり、共感性の高い技能支援が期待される。今後は、著者の研究対象である被覆アーク溶接の技能情報への適応と、実践により教授者と学習者が想起するイメージの変遷、共感性を評価することを目指す。

参考文献

- [岩波講座現代教育学 1961] 岩波講座現代教育学 第 11 (技術と教育), 岩波書店, (1961).
 [近藤, 今水, 森岡 18] 近藤 敏之, 今水 寛, 森岡 周: 身体性システムとリハビリテーションの科学 2 身体認知, 東京大学出版会, (2018).

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K11563 の助成を受けたものである。

立位姿勢動揺の対人間協調ダイナミクス

Dynamics of Interpersonal Coordination in a Standing Posture

井川大樹¹ 三浦哲都² 工藤和俊³

Daiju Ikawa¹, Akito Miura², and Kazutoshi Kudo³

¹株式会社プラスアルファえん訪問看護リハビリステーション

¹ En Visiting Nursing Rehabilitation Station, Plus Alpha Corporation

² 早稲田大学人間科学学術院

² Faculty of Human Sciences, Waseda University

³ 東京大学大学院情報学環

³ Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo

Abstract: The purpose of this study is to examine dynamical property of interpersonal postural coordination. We applied detrended fluctuation analysis (DFA) and detrended cross-correlation analysis (DCCA) to center of pressure during upright stance with or without interpersonal light touch. Scaling exponents α by DFA in the touch condition tended to be smaller than that in the no touch condition. In addition, the structures of fluctuation between two people tended to approach that of each other in the touch condition. Results by DCCA indicated that the time scale on which the strength of correlation changed is 4 seconds at touch condition. These results suggest that not only complexity was matched on a longer time scale, but also interpersonal coordination dynamics was emerged on time scales less than 4 seconds. Our results indicated that the importance of nonlinear fractal time series analysis as a method to evaluate the joint process of the interpersonal light touch task.

1 序論

リハビリテーション領域においては、療法士が軽く触れる程度の接触、もしくは側にいるという存在だけで、患者は安心して動くことができるといった事例が多くみられる。患者は自身の意図する動きを懸命に行い、療法士はその動きをサポートする関係である。人の動きは、最も基礎となる立位姿勢ですら、非線形な動きとして自発的に動揺し続けている (Błaszczyk & Klonowski., 2001) ため、相手の動きを阻害することなくサポートするためには技術が必要となる。熟練した療法士と患者の間にはどのような相互関係が構築されているのだろうか。

人と人が接触を介することによる、身体動作への影響を検討した研究は、静止立位を用いた研究が多く知られ、このような課題は Interpersonal Light Touch (以下, IPLT) と呼ばれている (Johannsen et al., 2009,2012; Reynolds & Osler., 2014)。これらの研究では、二者は床反力計の上で静止立位姿勢を保持し、足圧中心 (Center of pressure, 以下 COP) の時

系列を解析し、立位の動揺量や二者の協調関係について評価している。二者の協調関係の定量化については、相互相関関数が解析に用いられており、接触により二者の COP 時系列の相関関係が強くなり、強い相関がみられた時間遅れは 0 秒付近であることが報告されている (Johannsen et al., 2009,2012; Reynolds & Osler., 2014)。0 秒付近で二者の相関関係が強くなる理由について、指先で受ける剪断力を減らすために、二者が相手の立位動揺を予測的に調整する方略をとっていた可能性 (Johannsen et al., 2009) や、接触点の変動を最小に保つ方略により、二者間の立位動揺が同期した可能性 (Johannsen et al., 2012) が考えられている。

IPLT の先行研究で用いられた相互相関関数は、時系列全体の二者の動揺の類似性は評価できるが、二者の結合のプロセスが、短い時間スケールの様な局所的な結合に基づいて形成されているものか、局所的な結合はなくとも、長い時間スケールの様な大域的な結合に基づいて形成されているかは評価できない。

静止立位姿勢は健常な成人であっても、個々人の動揺量や動揺の周期性等は多様である。静止立位姿勢においては、周波数解析を用いた研究が数多く行われてきた (McClenaghan et al., 1994; Winter, 1995) が、Blaszczyk & Klonowski (2001) や Schmit et al. (2005) は、周波数解析では、立位姿勢の動揺の性質における、ダイナミクスを十分に表すことができない可能性を指摘しており、立位姿勢の動揺に関して、非線形性ダイナミクスの解析手法を用いる重要性を述べている。ダイナミクスとは、狭義では物体に対する力の作用を扱う分野である力学を指し、広義では数理科学分野であつかわれる系の時間発展を意味する (Strogatz, 2015)。立位動揺のダイナミクスを定量化する手法としては、トレンド除去変動解析法 (Detrended Fluctuation Analysis: DFA) が、COP の分析に広く用いられている (Blazquez et al., 2009; Wang & Yang., 2012)。

近年、非線形フラクタル時系列解析手法を用いて、二者の協調ダイナミクスの様相を定量的に評価する研究が行われ、二者の協調に関して、どのような時間スケールにまたがる結合が生じているかを評価することが可能となってきている。West et al. (2008) は、二つの複雑なネットワーク間の情報交換が、その複雑さが似ている場合に最大化されるという、複雑性の一致 (Complexity matching) という概念を提案した。これは、二者間関係の複雑性が似ている場合、局所的 (local) だけではなく、大域的 (global) な協調構造が存在していることを示すものである。Delignieres & Marmelat (2014) は、2つの時系列について、フラクタルの性質を用いて相互相関の長期的な性質を定量化する Detrended cross correlation analysis (以下、DCCA) という解析手法を用い、複雑性の一致が生じる二者の相互作用について、局所的な結合を含む複数の時間スケールにわたり協調関係が形成されることを報告した。このような複雑性の一致は、二者間のハンドベルを振る課題 (Marmelat & Delignieres., 2012) や、二人の会話の分析 (Abney et al., 2014) においても明らかにされている。

IPLT において、二者が立位動揺を予測的に調整する方略をとっていた可能性がある (Johannsen et al., 2009) とするならば、二者は刻一刻と相手の立位動揺に合わせて調整していたのか、数秒程度の時間スケールごとに調整をしていたのか、どのような時間スケールで調整し結合していたのかは、先行研究では明らかとされていない。

本研究の目的は、非線形フラクタル時系列解析手法を用い、二者の COP 時系列において、接触による協調ダイナミクスがどのような時間スケールで形成されているかを明らかとすることである。

また、近年、人の立位動揺は接触情報を介さずとも、視覚情報のみにおいても、他者の立位動揺との同期性が高まることが報告されてきた (Varlet et al., 2014; Okazaki et al., 2015)。接触情報は、立位動揺において他者との協調関係を強める要因となり得るが、相手の顔や身体が視野に入ることにに関して先行研究では、横並び (Johannsen et al., 2012) もしくは開閉眼 (Reynolds & Osler., 2014) という条件を設定しており、接触と視覚情報がそれぞれ与える影響は検討されていない。そのため、本研究では、接触による結合と、相手の顔や身体が視野に入ることでの結合の違いを明らかとすることを目的とした。

2 実験方法

2.1 実験参加者

成人 20 名 (男性 14 名, 女性 6 名, 平均年齢 24.40 ± 2.87 歳) が実験に参加した。参加者は、二人一組のペアを組んだ。二者は初対面ではなく、かつ異性ではないことを条件とした。合計 10 組のペアに、立位動揺の二者同時測定実験を行った。

2.2 実験装置

床反力計 (サンプリング周波数: 1000Hz, スポーツセンシング社製) を二つ用いた。本実験で使用した床反力計は、四つの 3 軸力覚センサーを用いている。二つの床反力計のデータは、LabVIEW (National Instruments, Inc, Austin, TX, USA) を用いて同期した。

2.3 実験課題

実験課題は、静止立位姿勢を 60 秒間保持することであり、その際に 2×2 要因の実験計画を設定した。

2つの要因は、視覚要因 (相手の顔や身体が見える Visible 条件, 見えない Invisible 条件) 及び、接触要因 (指先で軽く接触する Touch 条件, 接触しない No Touch 条件) である (図 1)。4 条件を 1 セットと設定し、合計 5 セット (20 試行) を実施した。Touch 条件の際に肩や肘に窮屈感を感じないことを指標に、二者の体格に合わせて床反力計の位置を設定した。床反力計の角度は、ペアの体格により若干異なり、 $52.90^{\circ} \pm 1.97$ であった。同一ペア内では、全ての条件において、同じ床反力計の位置関係で行った。セット内での 4 条件の試行順序はセット間においてランダムに設定し、各セットの間では、同じ条件の課題が行われない様に設定した。全ての条件において、二者はそれぞれ、つま先の向きは平行で足幅は 5 cm 開き、顔は前方を向き、視線を前方の注視点に固定した。

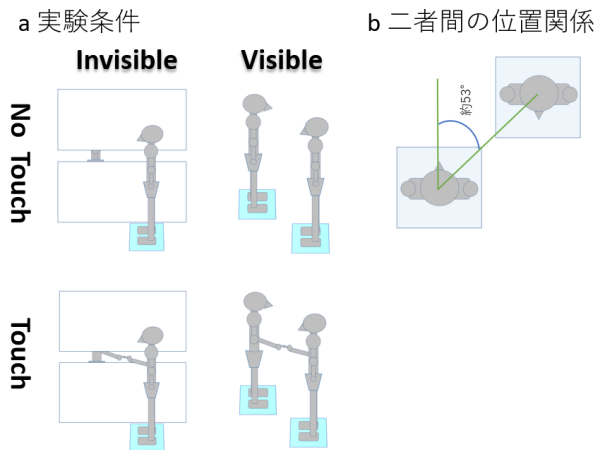


図1. 実験計画.

a は実験環境と二者の姿勢を表し、b は二者間の位置関係を表している。

2.4 取得データ

【COP の算出方法】

床反力計から出力された値は、床反力計に生じる力と、その力周りのモーメントであった。式1と2から、COPの左右・前後方向を算出し、COP位置時系列データを得た。

$$COPx = (My - Fx \times az0) \div Fz \quad \text{式1}$$

$$COPy = -(Mx + Fy \times az0) \div Fz \quad \text{式2}$$

ここで、COPx, COPy はそれぞれ COP の左右・前後の位置座標 m, Fx, Fy, Fz は床反力計からの力の出力値 N, Mx, My, Mz は床反力計からのモーメントの出力値 Nm を表す。az0 はセンサーの深さ m 表し、この実験装置の場合は az0=0.011m である。尚、この実験で使用した床反力計は、出力が左手座標系になっているため、一般的な COP の算出方法と比較し、式1と式2の符号が-となっている。また、本実験では COP 位置座標の単位を m から mm に変換している。

【動揺のトレンド成分の除去】

立位姿勢の動揺には、低周波成分によって時間経過の長いドリフトを引き起こすようなトレンドが存在することが知られている。Johannsen et al. (2012) は、二者の協調関係が強くみられていた動揺成分に着目したため、解析では 0.1Hz 以上の周波数帯を用いている。本実験においては、ドリフト成分のみを除外する目的で、取得した二者の COP 位置時系列に関しては、Matlab R2017b (The Math Works, Inc, US A) の 'detrend' 関数を使用して線形トレンドを除去した。図2に、あるペアにおける前後方向のトレンド除去後の COP 時系列の典型例を示した。

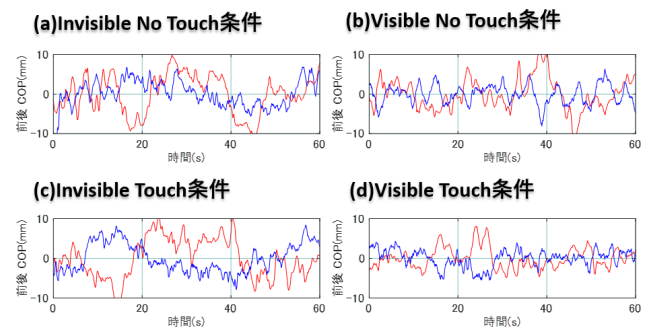


図2. トrend除去後の COP 時系列の典型例.

(a) は Invisible No Touch 条件, (b) は Visible No Touch 条件, (c) は Invisible Touch 条件, (d) は Visible Touch 条件を表している。

【COP の軸方向の定義】

COP 位置時系列データを解析する際の軸の方向は、二者ともに、立位姿勢の前方向、右方向を正の方向と設定した。

2.5 データ解析

【相互相関関数 (Cross correlation)】

二者の COP 時系列全体の協調を定量化するため、相互相関関数を用いた。相互相関関数は、一方の時系列と、時間をずらしたもう一方の時系列の相関係数を計算し、どれくらいの時間遅れの時に、相関値が最も高いかを算出する手法である。相関値は $-1 \leq \leq 1$ の範囲を取り、相関値が 0 以下であれば負の相関、相関値が 0 であれば無相関、相関値が 0 以上であれば正の相関となる。本実験では、時間遅れ ± 3 秒で算出し、相互相関値は Fisher の Z 変換を行い、z 値を相関値の指標として使用した。尚、最も強い相関がみられた時間遅れが ± 3 秒の範囲外であった場合は、その相関値のピークは二者に影響を及ぼし合ったものではないとみなし、データから除外した。

【DFA (トレンド除去変動解析法)】

DFA は、フラクタルの性質を用いて測り、その持続性によって、未来の時系列の予測が比較的容易か、それとも難しいかを評価し、複雑性の指標とする手法である。DFA は、(Peng et al., 1994) の DNA の解析によって最初に報告された手法であり、立位動揺 (Blazquez et al., 2009; Wang & Yang., 2012) だけでなく、ランニング時のストライド間隔の変動 (Nakayama et al., 2010)、心電図の R-R 間隔の変動 (Golinska., 2012) などでも用いられている。

DFA の計算方法については、まず、時系列データを $x(t)$ 、時系列データの長さを N とおくと、始めに、 $x(t)$ のトレンドを除去し、累積和 $X(t)$ を求める (式3)。次に、その $X(t)$ を、お互いにオーバーラップしないある時間長 n のデータ窓で分割し、

各データ窓 n 内において、それぞれ回帰直線を引きトレンドを除去し、再結合する。再結合して得られた時系列から、変動量 $F(n)$ を計算する (式 4)。以上の計算を、複数の時間長のデータ窓において繰り返し行う。データ窓の長さについては、 $10 \leq n \leq 2/N$ の範囲と言われており (Delignieres & Marmelat, 2014)、本実験においては、上記の範囲内において、100 種類の時間窓を設定し計算を行った。複数回の計算により得られた変動量 $F(n)$ と、データ窓の時間長 n における両対数プロットから求められた傾きを α とする (式 5)。この α はスケーリング指数と呼ばれており、典型的には n の増大に従い指数関数的に増大し、時系列の持続性を表している。

$$X(t) = \sum_{i=1}^t [x(i) - \bar{x}] \quad \text{式 3}$$

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [X(t) - X_n(t)]^2} \quad \text{式 4}$$

$$F(n) \propto n^\alpha \quad \text{式 5}$$

ここでの \bar{x} は、 $x(t)$ の平均値を表し、 $X_n(t)$ は、各データ窓 n 内における回帰直線の値を表す。DFA を用いて二者の COP 時系列のスケーリング指数 α を算出し、 α 値の平均値を No Touch 条件と Touch 条件で比較し、立位姿勢の動揺の性質が接触によりどのように変化するかを調べた。さらに、二者の α 値の差と相関係数を求め、二者の動揺の複雑性が接触によりどのように変化するかを調べた。

【DCCA (トレンド除去相互相関解析法)】

DCCA は二者間の長期相関を定量化する手法であり、これまでペアで行う同期課題遂行時における協調性解析用いられてきた (Okano et al., 2019; Roum et al., 2018)。DCCA の計算方法については、2 つの時系列データを $x(t)$ 、 $y(t)$ とし、時系列データの長さを N とおくと、始めにそれぞれの時系列のトレンドを除去し、累積和 $X(t)$ 、 $Y(t)$ をそれぞれ求める (式 6)。次に、累積和の時系列 $X(t)$ と $Y(t)$ のそれぞれにおいて、お互いにオーバーラップしないある時間長 n のデータ窓で分割し、各データ窓 n 内において、それぞれ回帰直線を引きトレンドを除去し、再結合する。再結合して得られたそれぞれの時系列の共分散である変動量 $F_{xy}(n)$ を計算する (式 7)。以上の計算を、複数の時間長のデータ窓において繰り返し行う。データ窓の長さについて、本実験

においては 100 種類の時間窓を設定し計算を行った。複数回の計算により得られた変動量 $F_{xy}(n)$ と、データ窓の時間長 n における両対数プロットから求められた傾きを λ とする (式 8)。Zebende (2011) は、 λ それ自体は相互相関の強さを表さないと指摘しており、DCCA 相互相関係数である ρ DCCA (n) を用いている。 ρ DCCA (n) は $x(t)$ と $y(t)$ それぞれの DFA により得られた変動量 $F(n)$ を用いて、式 9 により求められる。 ρ DCCA (n) は 2 つの時系列における相関係数と考えられ (Zebende, 2011)、 $-1 \leq \rho$ DCCA(n) ≤ 1 の範囲を取り、 $+1$ であれば正の相関、 0 であれば無相関、 -1 であれば負の相関となる。

$$X(t) = \sum_{i=1}^t [x(i) - \bar{x}] \quad Y(t) = \sum_{i=1}^t [y(i) - \bar{y}] \quad \text{式 6}$$

$$F_{xy}(n) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [X(t) - X_n(t)][Y(t) - Y_n(t)] \quad \text{式 7}$$

$$F_{xy}(n) \propto n^\lambda \quad \text{式 8}$$

$$\rho \text{ DCCA}(n) = \frac{F_{xy}(n)}{F_x(n)F_y(n)} \quad \text{式 9}$$

ここでの \bar{x} 、 \bar{y} は、 $x(t)$ と $y(t)$ の時系列の平均値を表し、 $X_n(t)$ 、 $Y_n(t)$ は、各データ窓 n 内における回帰直線の値、 $F_x(n)$ と $F_y(n)$ は、 $x(t)$ と $y(t)$ それぞれの DFA により得られた変動量を表す。以上の計算方法により、二者の COP 時系列を DCCA し、得られた ρ DCCA (n) の波形の、全参加者による平均値を求め、条件間で比較した。

2.6 統計解析

全ての結果における、平均値の比較については、左右・前後方向それぞれについて、視覚 (2 水準: Visible, Invisible) と接触 (2 水準: Touch, No Touch) を要因とした、対応ありの 2 要因反復測定分散分析 (repeated measures ANOVA) を行い、有意な交互作用がみられた場合は、単純主効果検定を行った。

3 結果

3.1 相互相関関数の結果

時間遅れ 0 秒時点における z 値について、全参加者の平均値 (±標準偏差) を条件間で比較した (図 3)。

左右方向 (図 3-a) における Invisible No Touch 条件では、 0.03 ± 0.21 、Visible Touch 条件では、 -0.25

± 0.31 , Invisible Touch 条件では, -0.15 ± 0.21 , Visible Touch 条件では, -0.07 ± 0.21 であり, 前後方向における Invisible No Touch 条件では, 0.06 ± 0.24 , Visible Touch 条件では, -0.11 ± 0.24 , Invisible Touch 条件では, -0.34 ± 0.26 , Visible Touch 条件では, -0.29 ± 0.27 であった. 統計的検定の結果, 左右方向では, 交互作用 ($F(1, 9) = 17.72, p < .01$) が有意であった. 視覚の主効果 ($F(1, 9) = 2.70, p = .13$) と接触の主効果 ($F(1, 9) = 0.00, p = .97$) は有意でなかった. 交互作用が有意であったことから単純主効果の検定を行った. その結果, No Touch 条件における視覚の主効果 ($F(1, 9) = 9.71, p < .05$) と Invisible 条件における接触の主効果 ($F(1, 9) = 16.90, p < .01$), Visible 条件における接触の主効果 ($F(1, 9) = 4.86, p < .10$) は有意であった. Touch 条件における視覚の主効果 ($F(1, 9) = 2.60, p = .14$) は有意ではなかった.

前後方向 (図 3-b) では, 交互作用 ($F(1, 9) = 9.67, p < .05$) が有意であった. 視覚の主効果 ($F(1, 9) = 3.23, p = .10$) は有意でなく, 接触の主効果 ($F(1, 9) = 34.78, p < .001$) は有意であった. 交互作用が有意であったことから単純主効果の検定を行った. その結果, No Touch 条件における視覚の主効果 ($F(1, 9) = 11.37, p < .01$) と Invisible 条件における接触の主効果 ($F(1, 9) = 38.94, p < .001$), Visible 条件における接触の主効果 ($F(1, 9) = 13.25, p < .01$) は有意であった. Touch 条件における視覚の主効果 ($F(1, 9) = 0.03, p = .85$) は有意ではなかった.

以上の結果から, No Touch 条件においては, 視覚により二者の立位動揺の同期性が高まり, 左右方向では特に顕著であった (図 3-a). しかし, Touch 条件においては, 視覚による効果はみられなかった (図 3-a).

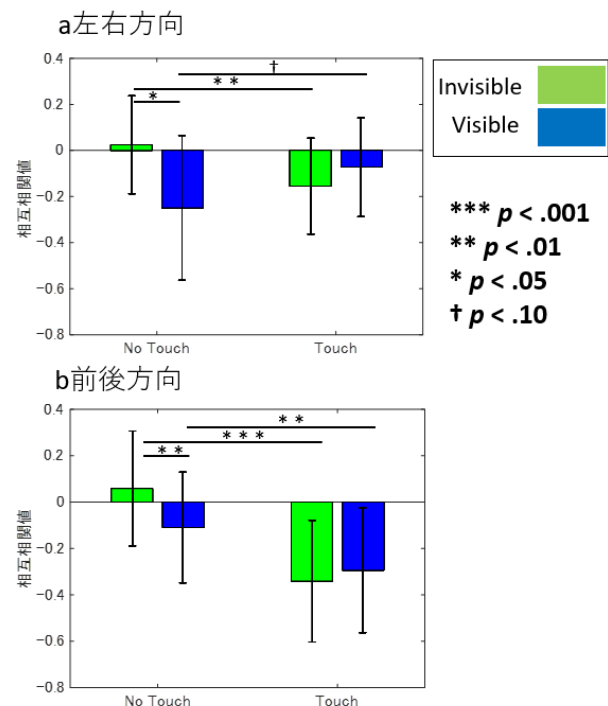


図 3. 時間遅れ 0 秒時点の z 値における条件間比較.

a 左右・b 前後方向それぞれにおける, 時間遅れ 0 秒時点における z 値 (平均値 \pm 標準偏差) を条件間で比較した. 緑の棒は Invisible 条件を, 青の棒は Visible 条件を示し, 緑と青の棒に跨っている黒線は, 各ペアの条件間での代表値 (各条件ともに 5 試行を平均した値) の推移を表す.

3.2DFA の結果

全参加者の α 値の平均値 (\pm 標準偏差) を条件間で比較した (図 4).

左右方向における Invisible No Touch 条件では, 1.605 ± 0.048 , Visible Touch 条件では, 1.604 ± 0.053 , Invisible Touch 条件では, 1.602 ± 0.043 , Visible Touch 条件では, 1.604 ± 0.045 であり, 前後方向における Invisible No Touch 条件では, 1.624 ± 0.054 , Visible Touch 条件では, 1.612 ± 0.055 , Invisible Touch 条件では, 1.606 ± 0.044 , Visible Touch 条件では, 1.603 ± 0.047 であった. 統計的検定の結果, 左右方向では, 視覚の主効果 ($F(1, 18) = 0.04, p = .82$) と接触の主効果 ($F(1, 18) = 0.05, p = .82$) は有意でなかった. 交互作用 ($F(1, 18) = 0.12, p = .72$) も有意ではなかった.

前後方向 (図 4) では, 視覚の主効果 ($F(1, 18) = 1.01, p = .32$) は有意でなかったが, 接触の主効果 ($F(1, 18) = 16.69, p < .001$) は有意であった. 交互作用 ($F(1, 18) = 0.03, p = .86$) は有意ではなかった.

以上の結果から, 前後方向においてのみ, 接触により定常性の高い動揺へと変化することが分かった.

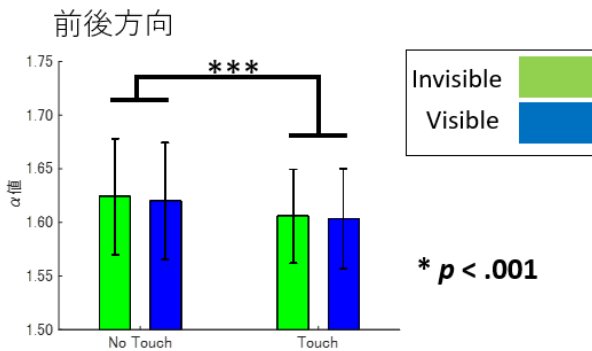


図4. 前後方向における α 値の平均値の条件間比較。緑の棒は Invisible 条件を、青の棒は Visible 条件を示し、緑と青の棒に跨っている黒線は、各参加者の条件間での代表値（各条件ともに5試行を平均した値）の推移を表す。

二者間の α 値の差の平均値（±標準偏差）を条件間で比較した（図5）。

左右方向における Invisible No Touch 条件では、 0.054 ± 0.038 、Visible Touch 条件では、 0.056 ± 0.047 、Invisible Touch 条件では、 0.047 ± 0.034 、Visible Touch 条件では、 0.061 ± 0.037 であり、前後方向における Invisible No Touch 条件では、 0.070 ± 0.045 、Visible Touch 条件では、 0.067 ± 0.050 、Invisible Touch 条件では、 0.053 ± 0.033 、Visible Touch 条件では、 0.054 ± 0.037 であった。統計的検定の結果、左右方向では、視覚の主効果 ($F(1, 9) = 3.19, p = .10$) と接触の主効果 ($F(1, 9) = 0.06, p = .80$) は有意でなかった。交互作用 ($F(1, 9) = 1.74, p = .21$) も有意ではなかった。

前後方向（図5）では、視覚の主効果 ($F(1, 9) = 0.01, p = .89$) は有意でなかったが、接触の主効果 ($F(1, 9) = 7.41, p < .05$) は有意であった。交互作用 ($F(1, 9) = 0.41, p = .54$) は有意ではなかった。

以上の結果から、前後方向においてのみ、接触により、二者間の複雑性の差が近づくことが分かった。

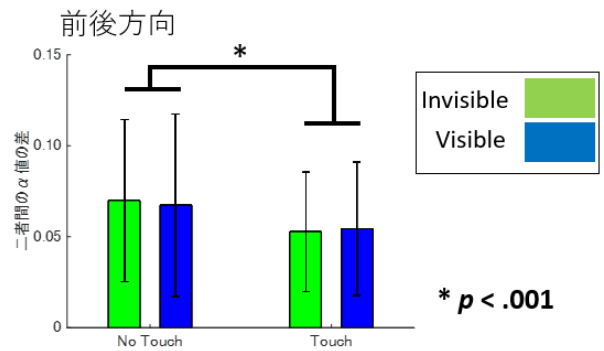


図5. 前後方向における二者の α 値の差の条件間比較。緑の棒は Invisible 条件を、青の棒は visible 条件を示し、緑と青の棒に跨っている黒線は、各ペアの条件間での代表値（各条件ともに5試行を平均した値）の推移を表す。同一のマーカ―は同一組の参加者を示す。

3.3 DCCA の結果

ρ DCCA (n) の波形における全参加者の平均値を条件間で比較した（図6）。

左右と前後方向ともに Touch 条件では、時間スケール（データ窓のサイズ）が4秒程度まで徐々に相関が強くなり、特に前後方向では顕著にみられていた。さらに、この強い負の相関は、時間スケールが4秒程度以降は、時間スケールが大きくなったとしても、変わらない傾向であった。Touch 条件でみられていた傾向は、No Touch 条件ではみられなかった。

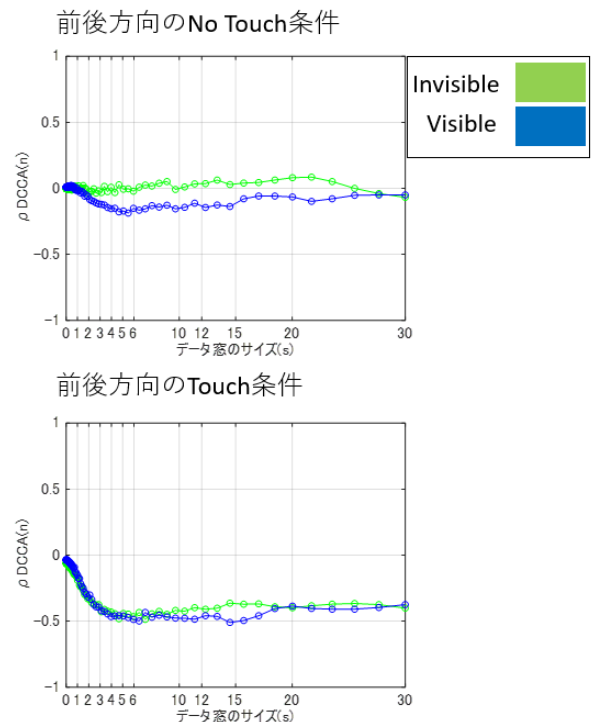


図6. ρ DCCA (n) の波形の条件間で比較。

4 考察

4.1 個人の立位姿勢動揺の複雑性の変化

本研究の DFA の結果 (図 4) である α 値 >1 というのは、時系列のどの部分をとっても平均値や分散などの統計的性質が同じであることが保たれない、非定常な状態と考えられている。非定常な状態は、未来の時系列は平均値から徐々に離れていく(発散)傾向が強いと考えられ、 α 値=1 は定常性が保たれる限界の値であり、この値を示す時系列は「 $1/f$ ゆらぎ」、またはピンクノイズと呼ばれる。Nakayama et al. (2010) は、熟練したランナーは、そうでないランナーに比べ、ストライド間隔を DFA した α 値が小さくなり、 α 値が小さくなることは、よりばらつきの小さい、熟練した指標となる可能性を示唆している。本研究において、 α 値の減少 (図 4)、二者の α 値の差が近づく (図 5) という結果は、接触により、相対的に定常な状態、より発散性が抑えられた立位姿勢動揺となったのではないかと考える。

4.2 時間スケールによる結合強度の違い

COP の周波数成分の大部分は、1Hz 以下であることが報告されており (Kouzaki et al., 2007)、立位動揺の大部分の周期性は 1 秒以上の時間スケールに収まると考えることができる。Jeka et al. (1998) は、振動している接触面に立位姿勢で軽く接触する研究を行い、接触面が 0.1~0.4Hz 内の周波数帯の振動に対しては、立位姿勢の動揺が同調し、0.4~0.8Hz 内の周波数帯の振動に対しては同調しないことを報告しており、人との接触においても、相手の動揺と協調し易い周期性が存在している可能性が考えられる。DCCA の結果、4 秒程度の時間スケールまで徐々に相関が強くなったこと (図 6) については、4 秒以上の長い時間スケールにて二者の複雑性の一致が生じていたことのみならず、4 秒以下の短い時間スケールにおいても、二者の協調関係が構築されていたことを示唆するものであると考える。4 秒以下の短い時間スケール、特に 1 秒以下の時間スケールにおいても相関関係が強くなっていたペアも存在しており、相手の立位動揺の刻一刻とした動揺のダイナミクスに合わせて修正を行っていた可能性も考えられる。

ペアや試行間での ρ DCCA (n) の傾きのトレンドに沿った滑らかさや、相関の強い時間スケールの統計解析結果を検討することで、二者の相性、相手の動揺に合わせる事が上手い人、集中して取り組めた時間帯、局所的な修正ができない限界の時間スケール等、検討できる可能性があるのではないかと考え、今後さらに詳細に研究していきたい。

4.3 視覚要因が二者の協調に与えた影響

視覚要因については、接触を介さずとも、視覚要因のみで二者の動揺の協調関係が強くなる (図 3-a) という結果となった。これは、Varlet et al. (2014) や Okazaki et al. (2015) らの先行研究を支持するだけでなく、相手の顔や身体を見なくても、相手の身体が視野に入るだけで、相手の動揺と協調する可能性が示唆された。視覚により動作の引き込みが生じることは、Miyata et al. (2017; 2018) によっても報告されている。

しかし、接触を介した場合に生じた長い時間スケールにおける二者の複雑性の一致 (図 6) は、視覚要因のみでは生じないことが明らかとなった。これは、時系列全体の類似性による評価 (図 3) では分からなかったことであり、非線形フラクタル時系列解析手法が、接触と視覚の要因による結合プロセスを評価する手法としての重要性を示すものであると考える。

4.4 今後の課題

Collins & De Luca (1993) は、静止立位動揺において、持続性相関から反持続性相関へ移行するクロスオーバーの存在を主張している。このクロスオーバーにより、DFA の両対数プロット α の傾きが、ある時間スケールを境に変化する可能性が考えられている。つまり、短い時間スケールと長い時間スケールの時で、DFA α 値の傾きが異なる可能性がある。Delignieres et al. (2011) は、COP 位置を DFA した結果、クロスオーバーは存在しなかったが、COP 速度を DFA した結果、クロスオーバーの存在を認めたと報告しており、安静時の立位姿勢は COP 位置ではなく、COP 速度の情報に基づいて制御されている可能性を示唆している。本実験においては、線形トレンド除去後の COP 位置を変数として用いていたが、今後は、短い時間スケールと長い時間スケールによる α 値の傾きの変化や、速度変数を用いた時の変化も検討していく必要があると考える。

DCCA に関しては、試行の組み合わせを入れ替えた場合の ρ DCCA (n) の傾きを算出し、二者の時系列の複雑性の一致について詳細に検討する必要もあると考える。さらに、複雑性の一致は、パワースペクトル密度 (PSD) の両対数プロットの傾きからも定量することができると言われており、 ρ DCCA (n) の傾きと合わせて評価していく必要もあると考える。

謝辞

本研究は科研費新学術領域研究 No.B01-K104 「トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築—多

文化をつなぐ顔と身体表現—」の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Abney, D. H., Paxton, A., Dale, R., & Kello, C. T. (2014). Complexity matching in dyadic conversation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(6), 2304-2315.
- [2] Blaszczyk, J. W., & Klonowski, W. (2001). Postural stability and fractal dynamics. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 61(2), 105-112.
- [3] Blazquez, M. T., Anguiano, M., Arias de Saavedra, F., Lallena, A. M., & Carpena, P. (2009). Study of the human postural control system during quiet standing using detrended fluctuation analysis. *Physica A*, 388(9), 1857-1866.
- [4] Collins, J. J., & De Luca, C. J. (1993). Open-loop and closed-loop control of posture: A random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Experimental Brain Research*, 95(2), 308-318.
- [5] Delignieres, D., & Marmelat, V. (2014). Strong anticipation and long-range cross-correlation: Application of detrended cross-correlation analysis to human behavioral data. *Physica A*, 394, 47-60.
- [6] Delignieres, D., Torre, K. Bernard, P. (2011). Transition from persistent to anti-persistent correlations in postural sway indicates velocity-based control. *PLoS Computational Biology*, 7(2).
- [7] Golinska, A. K. (2012). Detrended fluctuation analysis (DFA) in biomedical signal processing: selected examples. *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric*, 29(42), 107-115.
- [8] Jeka, J., Oie, K., Schoner, G., Dijkstra, T., & Henson, E. (1998). Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. *Journal of Neurophysiology*, 79(4), 1661-1674.
- [9] Johannsen, L., Guzman-Garcia, A., & Wing, A. M. (2009). Interpersonal light touch assists balance in the elderly. *Journal of Motor Behavior*, 41(5), 397-399.
- [1 0] Johannsen, L., Wing, A. M., & Hatzitaki, V. (2012). Contrasting effects of finger and shoulder interpersonal light touch on standing balance. *Journal of Neurophysiology*, 107(1), 216-225.
- [1 1] Kouzaki, M., Masani, K., Akima, H., Shirasawa, H., Fukuoka, H., & Kanehisa, H. (2007). Effects of 20-day bed rest with and without strength training on postural sway during quiet standing. *Acta Physiologica*, 189(3), 279-92.
- [1 2] Marmelat, V., & Delignieres, D. (2012). Strong anticipation: complexity matching in interpersonal coordination. *Experimental Brain Research*, 222(1-2), 137-148.
- [1 3] McClenaghan, B. A., Williams, H., Dickerson, J., & Thombs, L. (1994). Spectral signature of forces to discriminate perturbations in standing posture. *Clinical Biomechanics*, 9(1), 21-27.
- [1 4] Miyata, K., Varlet, M., Miura, A., Kudo, K., & Keller, P. E. (2018). Interpersonal visual interaction induces local and global stabilisation of rhythmic coordination. *Neuroscience Letters*, 682(24), 132-136.
- [1 5] Miyata, K., Varlet, M., Miura, A., Kudo, K., & Keller, P. E. (2017). Modulation of individual auditory-motor coordination dynamics through interpersonal visual coupling. *Scientific Reports*, 7(1), 16220.
- [1 6] Nakayama, Y., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2010). Variability and fluctuation in running gait cycle of trained runners and non-runners. *Gait and Posture*, 31(3), 331-335.
- [1 7] Okano, M., Kurebayashi, W., Shinya, M., Kudo, K. (2019) Hybrid dynamics in a paired rhythmic synchronization-continuation task. *Physica A*.524, 625-638.
- [1 8] Okazaki, S., Hirotsani, M., Koike, T., Bayard, J. B., Takahashi, H. K., Hashiguchi, M., Sadato, N. (2015). Unintentional interpersonal synchronization represented as a reciprocal visuo-postural feedback system: A multivariate autoregressive modeling approach. *PLoS ONE*, 10(9).
- [1 9] Reynolds, R. F., & Osler, C. J. (2014). Mechanisms of interpersonal sway synchrony and stability. *Journal of the royal society interface*, 11 (101), 1-11.
- [2 0] Roume, C., Almurad, Z. M. H., Scotti, M., Ezzina, S., Blain, H., & Delignières, D. (2018). Windowed detrended cross-correlation analysis of synchronization processes. *Physica A: 503*, 1131-1150.
- [2 1] Schmit, J. M., Regis, D. I., & Riley, M. A. (2005). Dynamic patterns of postural sway in ballet dancers and track athletes. *Experimental brain research*, 163(3), 370-378.
- [2 2] Strogatz, S. H. (2015). ストロガッツ 非線形ダイナミクスとカオス 数学的基礎から物理・生物・化学・工学への応用まで (田中久陽・中尾裕也・千葉逸人訳). 丸善出版株式会社. p. 1-3.
- [2 3] Varlet, M., Stoffregen, T. A., Chen, F., Alcantara, C., Marin, L. & Bardy, B. G. (2014). Just the sight of you: Postural effects of interpersonal visual contact at sea. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception*

and Performance, 40(6), 2310-2318.

- [2 4] Wang, C., & Yang, W. (2012). Using detrended fluctuation analysis (DFA) to analyze whether vibratory insoles enhance balance stability for elderly fallers. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 55(3), 673-676.
- [2 5] West, B. J., Geneston, E. L., & Grigolini, P. (2008). Maximizing information exchange between complex networks. *Physics Reports*, 468(1-3),1-99.
- [2 6] Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214.
- [2 7] Zebende, G. F. (2011). Dcca cross-correlation coefficient: Quantifying level of cross-correlation. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 390(4), 614-618.

フリースタイルラップバトルにおける 演者間インタラクションの探索的検討

The Interaction between Rap Performers in Freestyle Rap Battle

清水 大地¹ 関根 和生² 児玉 謙太郎³

Daichi Shimizu¹, Kazuki Sekine², and Kentaro Kodama³

¹ 東京大学大学院 教育学研究科

¹ Graduate School of Education, University of Tokyo

² 慶應義塾大学 先端研究センター

² Center for Life-Span Development of Communication Skills, Keio University,

³ 神奈川大学 経済学部

³ Faculty of Economics, Kanagawa University

Abstract: In performing arts like dance, theatre, and music performance, performers interact with each other and present their fascinating performances to audiences. This study aims to investigate this complicated interaction among performers by applying a famous theory of interaction, synchrony. We conducted a case study to investigate the interaction between two professional rappers in Freestyle Rap Battle. The results suggested that the rappers coordinated their performances in a complicated fashion: They coordinated their hand movements in anti-phase synchrony, and their head and hip movements in in-phase synchrony. We suggest the importance to develop the framework of synchrony to fully capture these complicated features of the interaction among performers.

1. Introduction

1.1. 演者間インタラクション

ダンスや音楽演奏、演劇などの上演芸術では、その場に存在する他者と豊かな関わり合いが営まれながらパフォーマンスが披露される。本研究は、特にフリースタイルラップバトルという表現形態を取り上げ、そこで生じる演者間（ラッパー間）のインタラクションに関して探索的な検討を行ったものである。

実際に上演芸術において、時空間を共有する他者との活発な関わり合いが営まれること、その関わり合いの様相を披露する点に表現の1つの魅力が存在することは、逸話・インタビュー等において広く示唆されてきた。例えば、演者が互いの表現に依拠した表現を活発に展開すること、その関わり合いから一人では生成出来ない魅力的な表現が生成されることが指摘されている[1][2]。

また生物学や文化人類学の観点からも、上演芸術における共演者との関わり合いの重要性は指摘されている。例えば、複数名で共に音楽表現や舞踏的な

儀式に取り組むことで社会的な絆 (social bond) が生成・強化されること、そしてその生成・強化が共同体の維持・発展にとって有用であったため、様々な共同体において音楽やダンス表現が普遍的に観察され、伝統的に受け継がれてきたことが示唆されている[3]。実際に、共に音楽演奏を行うことやパフォーマンスの場を共有することによって参加者間の親密度が上昇することは実証的な検討からも示唆されつつある[4]。本研究は、この上演芸術において大きな役割を有する演者間インタラクションに着目し、そこで見られる複雑な関わり合いを捉える観点の提案と、ケーススタディによる探索的な検証を行った。

1.2. インタラクションを捉える観点

以上の演者間インタラクションの定量的な検討のために本研究が着目したのが同期現象 (synchronization) である。同期現象とは、時空間を共有する複数エージェント間に、類似した振る舞いが時間的に近接した中で繰り返して生じることを示す現象である[5]。実際同期現象は、時計の振り子やメトロノームの揺れといった非生物、ホタルの明滅やカエルの鳴き声といった生物に加え[6]、拍手や歩

図 1. バトル場面の 1 例

行・会話時の姿勢といったヒトの多様な振る舞いにおいても観察されることが示唆されてきた[7]。またそこでの振る舞いのパターンの仔細や現象が生じるために必要となる情報の種類（視覚・聴覚等の知覚情報）等もこれまで検討されている。

以上の同期現象やその理論は、上演芸術における演者間インタラクションを検討する上でも有効と考えられる。複数名がともに表現を披露するパフォーマンス場面では、互いに多様な媒体を通じた関わり合いを行うことによって、演者同士が類似した特徴を有するパフォーマンスを生成すると推測されるためである[8]。実際に、近年では以上の理論を適用・拡張することで音楽演奏やダンス表現における協調関係を捉えようとする試みが営まれつつある[9]。一方、上演芸術におけるインタラクションは、特定の媒体において同一の振る舞いを一致したタイミングで行うことに留まらない。ダンスを例とすれば、多様な媒体を用いて、他者と多様なレベルで対応した振る舞いを、多様なタイミングで披露する様相が見られると推測される。近年では、Breakdance のバトル場面を対象にした検討により、実際にそのことを示唆する知見が集まりつつある[10][11]。本研究では、この枠組みを踏まえた上で、さらに Freestyle Rap のバトル場面に着目した。そこで生じる演者間（ラッパー間）インタラクションを同期理論の手法を用いて検討することで、同期理論の適用可能性と上記の枠組みの有効性を検討する。

1. 3. Freestyle Rap Battle

本研究では、Freestyle Rap のバトル場面に着目して検討を行なった。Rap は Breakdance と同様に HipHop の根幹を成す 1 要素とされており、共通した起源・歴史的発展の経緯を有する[12]。また互いの表現（リリック）を引用して発展させる、相手とジェスチャーや視線を交わし合う、といった演者間（ラッパー間）の関わり合いが活発になされる様子が観察されている。以上を踏まえ、上演芸術における協調の様相を捉える上で適切な対象の 1 つであると考

図 2. 実験の様子

えられた。

バトル場面の 1 例を図 1 に示す。バトル場面では、2 名のラッパーが互いに向かい合った状態で DJ の流すビートに合わせながら交互にパフォーマンスを披露していく。その際、上記した通り、相手の表現（リリック）を部分的に引用して発展させたものを披露する、相手と（主に挑発的な）ジェスチャーや視線を活発に交わし合う、といった関わり合いが観察されている。また、最終的に複数のジャッジによって披露されたパフォーマンスの勝敗が下される。

本研究では、実際に熟達したラッパー 2 名に Freestyle Battle に取り組んでもらい、両演者間に生じるインタラクションについて同期理論の解析手法を適用して検討を行なった。特に、特定の媒体において同一の振る舞いを一致したタイミングで行うことを超えた、より複雑なインタラクションを抽出・検討することを目指した。具体的には頭や手といったパフォーマンスに重要な複数の身体部位においていかなる協調関係が生じるのか、という点の検討を行った。

2. 2. Case Study

2. 1. 協力者

協力者はプロのラッパー 2 名である（A：31 歳，経験年数 15 年以上。B：41 歳，経験年数 19 年以上。共に国内の大会における優勝等の経験を有し、プロのラッパーとして楽曲をリリースしている）（図 2）。協力者は実験参加前に実験に関する説明を受け、同意書に署名を行なった。

2. 2. 機器

赤外線式モーションキャプチャーシステム（OptiTrack Flex13, Natural Point, Inc.）を用い、12 個のマーカー（頭、両肩、両肘、両手首、両膝、腰、両つま先）によって協力者の身体の動きを測定した。

図 3. ラッパー間の協調関係に関する解析

サンプリング周波数は 120 Hz に設定している。時系列データの測定には Motive (Version 2.0.1, Natural Point)を用い、解析には RStudio (1.1.423)を利用した。またリリックの内容等を正確に記録するため、ビデオカメラ (HDR-PJ720, Sony) とハンドマイク (SHURE SM58-LCE) による映像・音声の測定も同時に行なった。

2.3. 手続き

ラッパー2 名が向かい合った状態でバトルパフォーマンスを計 4 回披露した (図 2 参照)。なお 1 回のパフォーマンスは、各ラッパーが交互に 2 ターンずつリリックを披露する形式をとっている (2 名で計 4 ターンのリリックの披露)。1 ターンは 16 小節のビートからなり、それに合わせてラッパーは交代でリリックを披露した。ラッパーは、測定前に 12 個のマーカとハンドマイクを着用した上で、向かい合って立つよう説明を受けた。そして通常のパフォーマンスと同様に、可能な限り自然にパフォーマンスを行うよう教示を受けた。そして音声のチェックを行った上で測定を実施した。なお、本実験ではターン切り替えのタイミングが指示とずれてしまった 1 つのパフォーマンスを除外して解析を行った。

2.4. 解析

本研究では、頭・左手・腰の 3 つのマーカ的位置情報を利用して各ラッパーの動きと両ラッパーの動きの協調関係を検討した。頭と腰の動きはラッパーの全身のリズム運動を特徴的に表すデータ指標と

して、左手の動きはリズム運動に加え、ジェスチャーといった表現としての意味を含んだ運動を特徴的に表すデータとして着目した。なお 3 つのデータに同一の解析手法を適用して検討を行なった。

解析では、各指標の垂直方向の運動データ (上下運動) に、平滑化 (4 次の Butterworth フィルタ, 5 Hz) と標準化 (z score の算出) の処理を行った上で、ヒルベルト変換を行い、各ラッパーの垂直方向の運動に関する位相を算出した。それらの位相データを利用し、両ラッパーの位相差 (相対位相) を算出した (図 2)。なお、相対位相は協調関係の指標として、同期理論や自己組織化理論に基づく運動研究で利用されている[13]。相対位相は、0 度であれば相手と同一方向の振る舞いを同時に実施したこと (一方が上方に運動した際に他方も上方に運動したこと) を、180 度であれば相手と反対方向の振る舞いを実施したこと (一方が上方に運動した際に他方が下方に運動したこと) を示唆する指標と考えられる (図 3)。以上の指標は、剣道における 2 名間の振る舞いの協調関係を検討した研究を参考に算出した[14]。

また、実際にパフォーマンスを行ったペア (Real Pair) に加えて一方のラッパーの運動データを異なるパフォーマンス回と同ラッパーの運動データと入れ替えた偽ペア (Pseudo Pair) も作成し、相対位相を算出した。これは、流された音楽に元々含まれるビートによって一定の協調関係が生じると予想されたためである。その影響のみを反映した協調関係の結果を算出し、そのベースラインとの比較を行うことで、実際にラッパー同士がインタラクションを行

図4. 両rapperの協調関係の結果

うことで生じる協調関係の同定が可能となる。

2.5. 結果と考察

両rapperの協調関係（相対位相）の結果を図4に示す。図より、左手において Real Pair では逆位相（-180度~-160度, 160度~180度）の協調関係が多く見られた一方で、Pseudo Pair では同位相（-20~0度, 0度~20度）の協調関係が多く見られたことが伺われた。実際に各ターンをサンプルとし、ペア条件（Real/Pseudo）と相対位相の各範囲（-180度から180度まで20度ずつ計18範囲）を要因とした2要因分散分析を行なったところ、交互作用が有意傾向となった（ $F(17, 374) = 1.64, p = .052$ ）。そこで多重比較を行なった結果、逆位相に相当する協調関係の割合に条件間の差異が示唆された（-180度~-160度, 160度~180度において Real > Pseudo. それぞれ $p = .022, p = .020$ ）。以上から、Real Pair において、左手に関して逆位相に相当する協調関係がより多く出現していたことが示唆された。

一方で、頭・腰に関しては Real Pair, Pseudo Pair ともに同位相に相当する協調関係の割合が多く見られた。同様の2要因分散分析を頭・腰に関する相対

位相にも適用したところ、交互作用はともに有意とならなかった（頭： $F(17, 374) = 1.13, p = .322$, 腰： $F(17, 374) = 0.49, p = .955$ ）。一方で、ともに相対位相の各範囲に関して主効果が示唆された（頭： $F(17, 374) = 1.97, p = .012$, 腰： $F(17, 374) = 2.31, p = .002$ ）。同位相に相当する協調関係の割合と逆位相に相当する協調関係の割合とを比較したところ、頭において -180度~-160度に該当する割合と -20度~0度に該当する割合との間に有意な差異が示唆された（-180度~-160度 < -20度~0度, $p = .041$ ）。また、腰においても 160度~180度に該当する割合と -20度~0度に該当する割合との間に有意な傾向差が示唆された（160度~180度 < -20度~0度, $p = .052$ ）。以上から、頭・腰においては Real Pair, Pseudo Pair に関わらず同位相に相当する協調関係が多く出現していたことが示唆された。これは両条件において共通で流されたビートによる影響を反映した結果（ビートに合わせた頭・腰の運動を各rapperが行なった結果）と推測される。

3. General Discussion

本研究では、Freestyle Rap のバトルパフォーマンス

図 4. **Complicated Multi-layered Coordination** の枠組み。特にダンスやラップパフォーマンスの場合の例を記している。[9]中の図を修正して作成した。

スにおいてラッパー間に生じるインタラクションの探索的な検討を行った。結果、各ラッパーの振る舞いに複雑な協調関係が存在する可能性が示唆された。具体的には、リズム運動に加えてジェスチャーといった表現としての意味を含んだ左手の運動においては逆位相の協調関係が多く見られたこと、大局的なリズム運動を表す頭・腰の運動においては同位相の協調関係が多く見られたことが示唆されている。なお、頭・腰に見られた協調関係は流れるビートのリズムに合わせた結果生じたものである可能性が想定される。ラッパーはこのように頭・腰に関しては音楽に合わせた相手と合致する運動を、左手に関しては相手と反対方向に相当する運動を多く行うという、多様な媒体を通じた複雑な協調関係をその場で構築しながらパフォーマンスを披露していたことが推測される。なお、左手の運動において逆位相の協調関係が観察された理由については、今後ビデオデータの観察やラッパーへのインタビューを通して検討すべき課題と考えられる。

以上の結果は、上演芸術に対する同期理論の適用の有効性とその理論の拡張の必要性の双方を示唆するものであろう。ダンスバトルにおけるインタラクションでも見られた通り[8]、上演芸術の演者間インタラクションにおいては、多様な媒体を用いて他者と多様なレベルで協調した振る舞いを多様なタイミングで披露する複雑な関わり合いが生じる可能性が考えられる(図5参照)。以上を踏まえると、上演芸術の演者間インタラクションを検討する上で、同期理論の枠組みやその解析手法は有効に機能する一方で、上記の複雑な関係性を十分に捉えるためには、おそらく既存の同期理論における観点(同一の媒体における時間的に近接した類似した振る舞い)を超えた、多様な媒体間における複雑な対応関係を検証する必要があると考えられる。例えば、表現のどう

いった側面・媒体において他者とどのように協調した振る舞いが生じるのか、それらの観点を定量的に検討可能であるような同期理論の観点・解析手法の拡張が必要と考えられる。実際に、近年 **Beyond Synchrony** という枠組みにおいて、ヒトの現実に生じる複雑な協調関係(互いの補助的な振る舞いの実施、発話内容の部分的な取り入れと発展)を捉えるための同期理論の拡張が営まれつつある[15][16]。そこで用いられた観点や解析手法との関係性を踏まえつつ、対象とする表現の特徴を考慮した理論や解析手法の拡張が今後必要になることが想定される。

今後は、上記の理論や解析手法の拡張を行っていく。また、**Freestyle Rap Battle** においては身体運動とそこで産出されるリリックとが相互作用しながらパフォーマンスが営まれることが想定される[17]。今後はリリックやその協調関係にも着目した検討を行っていく予定である。

謝辞

研究にご協力頂いた2名のプロラッパー(ダースレイダー様, TKda 黒ぶち様)に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Bailey, D.: *IMPROVISATION*, Buxton: Moorland Publishing, 1980.
- [2] 清水大地・岡田猛: ストリートダンスにおける即興的創造過程, 『認知科学』, 20(4), 421-438, 2013.
- [3] Merker, B., Morley, I., & Zuidema, W.: Five fundamental constraints on theories of the origins of music, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1664), 20140095, 2015.
- [4] Weinstein, D., Launay, J., Pearce, E., Dunbar, R. I., & Stewart, L.: Singing and social bonding: changes in connectivity and pain threshold as a function of group size, *Evolution and Human Behavior*, 37(2), 152-158, 2016.
- [5] Pikovsky, A., & Rosenblum, M. (2009). 『同期理論の基礎と応用: 数理科学, 化学, 生命科学から工学まで』. 丸善.
- [6] Strogatz, S. H.: *Sync: rhythms of nature, rhythms of ourselves*, Allen Lane, 2003.
- [7] Nédá, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T., & Barabási, A. L.: Self-organizing processes: The sound of many hands clapping, *Nature*, 403(6772), 849, 2000.
- [8] 清水大地・岡田猛: ダンスパフォーマンスにおける演者間インタラクション: Dancer-DJ 間の

相互作用に関する検討, 『人工知能学会全国大会第 33 回大会論文集』, 2019.

- [9] 清水大地・岡田猛: 上演芸術における演者間インタラクションに関する多層的な検討, 『第 13 回 VNV 年次大会』, 2019.
- [1 0] Walton, A. E., Richardson, M. J., Langland-Hassan, P., & Chemero, A.: Improvisation and the self-organization of multiple musical bodies, *Frontiers in Psychology*, 6: 313, 2015.
- [1 1] 清水大地・岡田猛: 舞台表現における他者との相互作用のダイナミクスーコミュニケーションの隠れた次元としての距離による検討, 『HCS2016』, 95, 29-34, 2017.
- [1 2] OHJI: 『ROOTS OF STREET DANCE』, 東京: ぶんか社, 2001.
- [1 3] Kelso, J. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT press.
- [1 4] Okumura, M., Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Suzuki, H., & Yamamoto, Y.: A critical interpersonal distance switches between two coordination modes in kendo matches, *Plos One*, 7(12), e51877, 2012.
- [1 5] Dale, R., Fusaroli, R., Døjbak Håkonsson, D. D., Healey, P., Mønster, D., McGraw, J., ... & Tylén, K.: Beyond synchrony: complementarity and asynchrony in joint action, *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Vol. 35, No. 35, 2013.
- [1 6] 児玉謙太郎・清水大地: Beyond Synchrony to Maai, 『第 12 回間合い研究会』, 2018.
- [1 7] Kodama, K., Shimizu, D., & Sekine, K. (in press). An Attempt to Visualize and Quantify Speech-Motion Coordination by Recurrence Analysis: A Case Study of Rap Performance. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Vol. 41, 2019.