

上演芸術における Multi-channel Coordination Dynamics : ブレイクダンスのバトル場面における演者間協調 Framework of Multi-channel Coordination Dynamics in Performing Arts: Interaction among Expert Dancers in Their Battle Scene

清水 大地[†], 岡田 猛[†]
Daichi Shimizu, Takeshi Okada

[†] 東京大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, The University of Tokyo
tothefuture0415@yahoo.co.jp

概要

演者間の関わり合いは上演芸術の魅力の一つとされ、社会的起源との関係性も指摘されつつある。近年、同期理論によるアプローチが行われているが、複数の表現チャンネルの協調とその対応に関する検討は十分に行われていない。本研究では、この複数チャンネルにおける動的な関わり合いを捉える枠組み (Multi-channel Coordination Dynamics) を提案し、熟達したダンサーのバトル場面を対象にその有用性を検討した。特にリズム運動と空間内の移動とに着目し、協調の様相や対応関係を位相解析により検証した。結果、各チャンネルにおいて協調が生じること、協調間に高次の対応が見られること、協調・対応関係が文脈の変化により変化することが示された。以上は、本枠組みの有効性を示す結果と考えられる。

キーワード：同期，演者間協調，Multi-channel Coordination，ブレイクダンス，競争的文脈，位相解析

1. Introduction

1. 1. 上演芸術における演者間インタラクション
ダンスや音楽演奏といった上演芸術では、演者は他演者と活発に関わり合いながら魅力的なパフォーマンスを披露する。その複雑な関わり合いの様相を構築・提示する部分に、上演芸術の大きな魅力が含まれているという主張も行われている (Bailey, 1980)。また近年では、その演者間の関わり合いに上演芸術の社会的起源が存在するという点が主張されつつある (Fitch, 2006; Merker, 2009, 2015; Ravignani, Bowling, & Fitch, 2014)。数多くの参加者で場を共有し、ダンスや音楽演奏に取り組むことは、参加者間の関係性を深め共同体の結びつきを強くする。以上の特徴を有するため、上演芸術が数多くの社会・文化に偏在するようになったとする主張が提案されている。実際に音楽演奏やダンスに複数名で取り組み、振る舞いや演奏を共有することで、参加者間の親密度が高まることは実証的にも示唆されている (Kirschner & Tomasello, 2010; Weinstein, Launay, Pearce, Dunbar, & Stewart, 2016; Wiltermuth, & Heath, 2009)。

近年では、以上の演者間の関わり合いについて、同期・協調の理論を適用してその様相を定量的に検証する試みが行われようになってきた (Walton, Richardson, Langland-Hassan, & Chemero, 2015; Walton, Washburn, Langland-Hassan, Chemero, Kloos, & Richardson, 2018; Washburn, DeMarco, de Vries, Ariyabuddhiphongs, Schmidt, Richardson, & Riley, 2014)。同期・協調の理論とは、複数の物体・個体間に見られる同期の様相 (時間的に明確な対応の見られる類似した振る舞いの生起。例として非常に近接した時間に類似した振る舞いを行う同位相同期や交互に類似した振る舞いを行う逆位相同期が挙げられる) を線形・非線形の時系列解析 (相互相関やクロスウェーブレット解析, 位相解析や交差再帰定量化解析など) を通して定量的に検討するアプローチである (Fujiwara & Daibo, 2016; Okazaki, Muraoka, & Osu, 2019; Strogatz, 2002)。上記した試みを整理すると、演者間の同期・協調を検討する際に 2 点の興味深い要素に着目する必要があることが推測される。

1 点目の要素は、協働的・競争的といった演者らの関わり合いが営まれる文脈である。先行研究では、これらの文脈により協調の様相が大きく変化しうることが示唆されている (Keller et al., 2017; Shimizu & Okada, under review)。例えば Keller et al. (2017) では、ドイツの伝統的な青少年のコーラス団における歌声に関する協調の様相を検討した。そこでは、同世代の異性が偶然彼らのパフォーマンスを鑑賞するという歌手間の競争を強めた状況を設定し、その他の状況におけるパフォーマンスとの比較を行った。結果として、最も低音のバスパートの歌手らが他のパート (ソプラノ, アルト, テノール) との協調を維持しつつも、個々の歌声をより強調して披露する様相が観察された。また, Shimizu and Okada (under review) では、ブレイクダンスのバトル場面という競争的な文脈における熟達したダンサー間の協調を検討している。そこでは、2 名のダンサーがリズム運動を

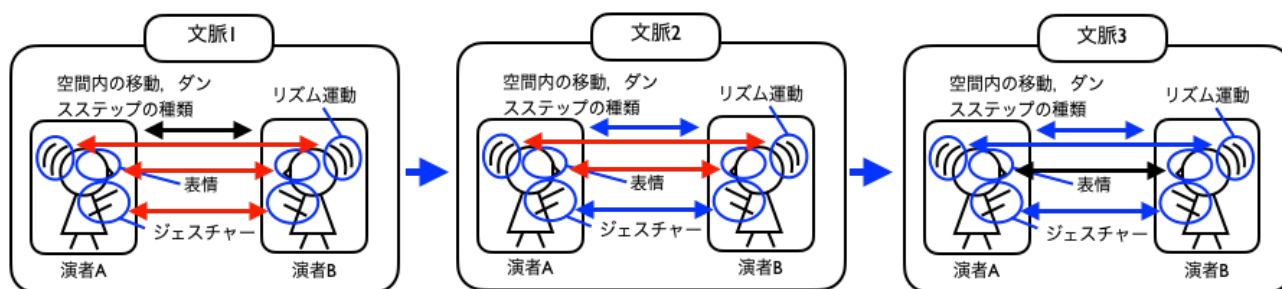


図1. 提案するMulti-channel Coordination Dynamicsの枠組み. 演者らは複数の表現チャンネルを協調させ、包括的な協調の様相を構築する. そして、それらを動的に変化させながらパフォーマンスを披露する. 赤矢印は同位相による同期（類似した協調関係）を、青矢印は逆位相による同期（反対に対応した協調関係）を、黒矢印は明確な協調が見られない様子を示す. 上では、文脈が1から3に変化するに連れ（時間が経過するに連れ）、同位相同期による包括的な協調が徐々に逆位相による包括的な協調へと入れ替わっていく様子を示す. パフォーマンス場面が盛り上がり、より演者間に競争的な意識が生じていった場合に上記の変化が生じると推測している.

互いに反対のタイミングで披露し合う逆位相同期の様相が観察されることが示された. また以上の協調の様相は、文脈の変化により動的に変化する様子が伺われた. 競争的文脈の比較的弱いパフォーマンス開始前・終了後では、両ダンサーは同位相同期でリズム運動を披露する様子が見られた. 一方で競争的文脈の強いパフォーマンスの最中では、両ダンサーは逆位相同期でリズム運動を披露する様子が観察された. 以上を踏まえると、競争的な文脈において演者らは、互いに振る舞いの一部（例えば頻度）を一致させつつ、異なる部分（例えばタイミング）を互いに反対にずらす逆位相同期の協調を構築することが予想される. 特に、Shimizu and Okada (under review) では、この一致と差異を同時に含んだ振る舞いを互に行うことで、個々のパフォーマンスをより強調していた可能性が推測されている.

2点目の要素は、複数の表現チャンネル（媒体）における演者間の協調である. 例えば、Walton et al. (2015, 2018) では、即興的な音楽演奏場面におけるピアノ奏者2名間の振る舞いの協調について、複数の身体部位（頭・右腕・左腕）を対象に検討した. そこでは、両者の右腕間の協調と左腕間の協調とが、それぞれ同位相同期といった類似した様相を示す場合もあれば、互いに異なる様相を示す場合もあることが観察された. 同様に、タンゴダンスペアにおけるダンサー間の頭の動きの協調と姿勢の協調とを検討した Kimmel et al. (2015) では、上記の部位双方に時として同位相同期による協調が観察されることが示唆されている. これらの研究は、明示的な検討・考察は行っていないものの、演者間の関わり合いを十分に捉えるためには、その複数の表現チャンネルにおいて生じる協調の様相（共通点・差異）に着目する必要があることを示すものと捉えることが出来る. 実際に、バトル場面においても、ダンサー達は互いに表

情、ジェスチャー、ダンスの動きの種類、といった多様な表現チャンネルを用いて活発に関わり合いを営む様子が観察されている（清水・岡田, 2013; 清水・岡田, 2017）. 演者らは、時としてこれらの複数チャンネル間に類似した協調を構築し、全体として整合的かつ一貫した協調の様相を生成する場合が見られるだろう. また、別の場面においては、複数チャンネル間に異った協調を構築し、それらの差異を対比させることで観客に何かしらの違和感を提示する場合もあると推測される. 以上のように演者らは、包括的な協調の様相を構築しそれを動的に変化させることで、観客の注意を引きつけ魅力的なパフォーマンスを披露している可能性が窺われる. またこの包括的な協調の様相は、上記した協働的・競争的といった関わり合いの文脈に応じて、その様相を大きく変化させると予想される.

1. 2. 本研究の提案する枠組みと目的

本研究では、以上の現象を捉えるための枠組みとして、Multi-channel Coordination Dynamics の枠組みを提案する（図1）. 上記の枠組みでは、演者間の関わり合いにおいて以下の過程が生じること、それらの観点に着目した検証を行うことが関わり合いを十分に捉えるために重要であることを提案している. 例えば、協働的・競争的といった文脈は、演者らの複数の表現チャンネルにおける協調の様相に強い影響を与え、その振る舞いを一定程度規定する（Keller et al., 2017; Shimizu & Okada, under review）. これらの複数チャンネルにおける協調の様相には、一定の共通点・差異が見られ、時に一貫したもしくは対比された包括的な協調の様相が形成される. そして、これらの包括的な協調の様相は、文脈の変化や各チャンネルにおける協調間の相互作用等に応じて動的に変化していく. 我々は、この包括的な協調の様相とその動的な変化が、演者間の関わり合いの本質的な特

徴であり、観客を魅了する重要な1つの側面であると考えている。

本研究では、この枠組みの有用性を確認するために、以下4つの仮説を実際の演者間の関わり合いの場면을対象に検討する。1: 演者らは複数の表現チャンネルを協調させつつパフォーマンスを披露する。2: 以上の複数チャンネルにおける協調は互いに何かしらの対応関係を有している。3: 以上の複数チャンネルにおける協調は文脈の変化により動的に変化する。4: 2の複数チャンネルにおける対応関係も文脈の変化により動的に変化する。なおこの枠組みは、将来的に上演芸術における演者間の関わり合いを捉える上での貴重な視点を提供することが予想される。例えば、以上の包括的な協調の様相やその動的変化に関して異なる表現領域において見られる差異を線形・非線形時系列解析によって検討することで、領域間の関わり合いの特徴の差異を共通した枠組みで定量的に検証することが可能となる。また、各領域内において熟達者による関わり合いと初心者による関わり合いとを比較することで、観客をより魅了する関わり合いの特徴を抽出すること、そしてそれらの情報を教育場面・育成場面等において利用していくことが可能になると考えている。

本研究では、特にブレイクダンスのバトル場面における演者間の関わり合いに着目して以上の仮説を検討することとした。ブレイクダンスでは、2名もしくは2チームのダンサーが活発に関わり合いながらパフォーマンスを交互に披露し、その優劣を競い合うバトル場面が歴史的・形式的に領域に深く根づいている(OHJI, 2001; Watkins, 2006)。また先行研究において、その場面におけるリズム運動といった振る舞いの協調について、定量的に検討可能であることが明示されている(清水・岡田, 2017; Shimizu & Okada, under review)。以上を踏まえ、本研究ではブレイクダンスのバトル場면을対象として上記の検討を行うこととした。

特に本研究では、ダンサーのリズム運動と空間内の移動という2つの表現チャンネルに着目し、上記4つの仮説を検討することとした。先行研究では、ダンス領域においてリズム運動は表現の中心を成す要素であることが示唆されている(Miura et al., 2011; OHJI, 2001; Watkins, 2006)。実際にブレイクダンスにおいても、著名な評価体系の1つであるO.U.R. Systemにおいて、リズムは重要な評価基準の1つとして明記されている。また、空間内の移動やそれによってもたらされる空間上の位置関係は、人々のコミュニケーションを潜在的

に規定する要素であることが、パーソナルスペースの理論により長期的に提案・検討されてきた(e.g., Hall, 1966; Kennedy et al., 2009)。以上を踏まえると上記の2つのチャンネルは、バトル場面におけるダンサー間の関わり合いを捉える上で適切な対象と考えられた。

2. Methods

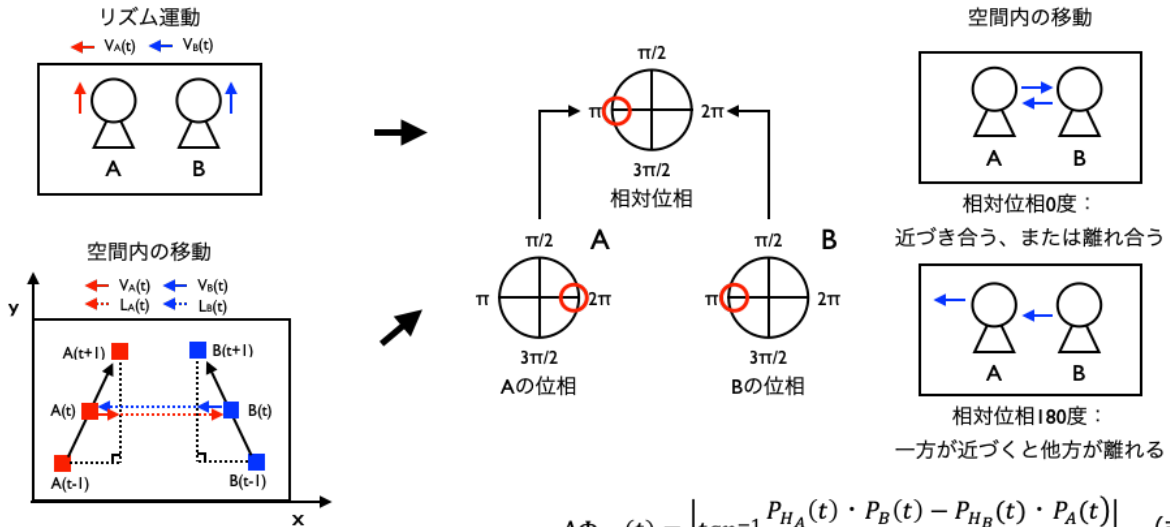
2. 1. 協力者

協力者は熟達したダンサー7名である(熟達者 A-G, 平均年齢: 27.29 (SD = 2.43), 平均経験年数: 10.86 (SD = 2.54))。全員が日本国内で開催されたブレイクダンスの大会において優勝または準優勝の経験を有していた。熟達者は、4名ずつの2グループに分かれてそれぞれ別日に実験に参加した(グループ1: A, B, C, D, グループ2: B, E, F, G)。実験手続きは東京大学の倫理審査委員会の許可を得ており、全員が実験参加前に同意書に署名した。実験は東京大学の身体運動を実施するための一室にて実施された。

2. 2. 手続き

各グループにおいて総当たり形式で1対1のバトルを実施した。結果、各グループ6回ずつの計12回のバトルが実施された(総当たり形式で実施した理由は解析にて記述する)。1回のバトルにおいて、2名のダンサーは各3回ずつ交互にパフォーマンスを披露した。なお、より自然な状況に近い演者間の関わり合いを測定するため、バトルは可能な限り生態学的妥当性の高い状況にて実施した(以下3点)。1: パフォーマンスを披露する順番について前もって定めず、両ダンサーがバトル時のやり取りを通して決定した。2: 流れる音楽について、著者らがフィールドワークの経験に基づいて決定し、ダンサーには事前に教示しなかった(Shimizu & Okada, 2018)。3: 踊る秒数に関しては明確な制限を設けなかった。

両ダンサーの身体運動については、赤外線式モーションキャプチャーシステム(OQUS 300, QUALISYS, Göteborg, Sweden)により測定を行った。各ダンサーにそれぞれ7個のマーカーを付与して測定を行った(首の後ろに5個、腰に2個)。マーカーを付与する位置は、予備実験により検証を行い、パフォーマンスの妨げにならず、さらにリズム運動や空間内の移動の測定上適切と考えられた7箇所に付与した(八重樫・吉田, 1981; 吉田・児玉, 1987)。本研究では、首の後ろのマーカーデータを解析に利用した。上記のマーカーデータにつ



$$V_A(t) = (Z_A(t+1) - Z_A(t-1))/2 \quad (式1)$$

$$V_B(t) = (Z_B(t+1) - Z_B(t-1))/2$$

$$V_A(t) = P_A(t) + iP_{HA}(t) \quad (式2)$$

$$V_B(t) = P_B(t) + iP_{HB}(t)$$

$$\Delta\Phi_{AB}(t) = \left| \tan^{-1} \frac{P_{HA}(t) \cdot P_B(t) - P_{HB}(t) \cdot P_A(t)}{P_A(t) \cdot P_B(t) + P_{HA}(t) \cdot P_{HB}(t)} \right| \quad (式3)$$

$$V_A(t) = \frac{A_{t-1 \rightarrow t+1} \cdot L_A(t)}{L_A(t) \cdot L_A(t)} |L_A(t)| \quad (式4)$$

$$V_B(t) = \frac{B_{t-1 \rightarrow t+1} \cdot L_B(t)}{L_B(t) \cdot L_B(t)} |L_B(t)|$$

図2. 解析の概要. 図は両ダンサーのリズム運動・空間内の移動に関する協調に関する解析の概要を示す. Z_A はダンサーAの Z 軸上の座標を, $A_{t-1 \rightarrow t+1}$, $B_{t-1 \rightarrow t+1}$ は時間 $t-1$ から $t+1$ におけるA, Bの移動のベクトルを, L_A , L_B はダンサーA, Bの距離のベクトルを, $V_A(t)$, $V_B(t)$ は時間 t におけるA, Bの上下運動のベクトルもしくは相手方向への移動のベクトルを, $P_A(t)$, $P_{HA}(t)$, $P_B(t)$, $P_{HB}(t)$ はA, Bの上下運動もしくは移動の位相を, Φ はダンサー間の相対位相をそれぞれ示す.

いて, まず欠損値をスプライン補間によって補間し, 2次のバターワースフィルタにより平滑化した上で解析に用いた. 解析では, R (3.5.2) を利用した. なお以降の分析は, 剣道やタグ取りゲームにおける2名のプレイヤー間の空間内の移動の協調を検討した研究を参考に実施した (Kijima et al., 2012; Okumura et al., 2012).

2. 3. 解析

以上のマーカーデータを用いて上記した4つの仮説を検討した. まず1つ目の仮説を検討するため, リズム運動と空間内の移動という各指標の相対位相を算出した (図2). 最初に2名のダンサー間のリズム運動の相対位相について, 以下3つの手順により算出した. 1: ダンサーの時間 t における首の上下運動 (リズム運動) のベクトルについて, マーカーの z 軸データに図2の式1を適用することで算出した. 次に, この上下運動のベクトルデータにヒルベルト変換 (図2, 式2) を適用し, 各ダンサーのリズム運動の位相を算出した. 最後に, 以上の位相の差異を式3により算出することで, 時間 t における両ダンサー間のリズム運動の相対位相を算出した. この相対位相は, 両ダンサーの首の上下運動の対応関係を表すものと考えられる. 相対位相が0度を示す場合, 両ダンサーは同じ方向に上下運動を行

ったことを示す (一方が上方に動いた場合, 他方も上方に動く), 相対位相が180度を示す場合, 両ダンサーは異なる方向に上下運動を行ったことを示す (一方が上方に動いた場合, 他方は下方に動く).

次に, 表現チャンネルの2つ目として両ダンサーの空間内の移動の相対位相を以下の3つの手順により算出した. 1: 一方のダンサーの時間 t におけるもう一方のダンサーの方向への移動のベクトルについて, マーカーの x 軸・ y 軸データに図2の式4を適用することで算出した. なお, $A_{t-1 \rightarrow t+1}$, $B_{t-1 \rightarrow t+1}$ は時間 $t-1$ から時間 $t+1$ における各ダンサーの移動の程度を, $L_A(t)$, $L_B(t)$ は時間 t におけるダンサーA, B間の距離を表している. $L_A(t)$, $L_B(t)$ に $A_{t-1 \rightarrow t+1}$, $B_{t-1 \rightarrow t+1}$ を投射することで, 時間 t におけるダンサーの互いの方向への移動のベクトルを算出した. 以降の手順2, 3では, リズム運動における手順2, 3と同様の手法を用いることで両ダンサーの他ダンサーの方向への移動の相対位相を算出した. 相対位相が0度の場合, 両ダンサーは互いに同じ方向に前後移動を行ったことを示す (一方が相手に向かって前進した場合, 他方も相手に向かって前進した), 相対位相180度の場合, 両ダンサーは異なる方向に前後移動を行ったことを示す (一方が相手に向

かつて前進した場合、他方は相手から離れる方向に動いた)。また、ここでは総当たり形式で得たデータを利用し、2名の内の1名のダンサーデータを他のバトル時の同ダンサーデータと入れ替えた *Virtual pair* も作成し、*Real pair* との相対位相の比較を行った。人同士の振る舞いは、互いに相互作用が無くとも偶然合致してしまう可能性が示唆されている (Bernieri et al., 1988; Dale et al., 2011)。そのため、偶然の合致の程度を示すベースラインとして *Virtual pair* を作成し、*Real pair* と比較することで、関わり合いによって生じた協調の程度を検討することとした。

次に2つ目の仮説の検討のため、上記2つのチャンネル間の協調の対応関係を算出した。まずリズム運動が2つの明確な協調を示した時間 t を同定した。特にここでは、同位相同期を表す相対位相 0-20 度、逆位相同期を表す相対位相 160 度-180 度が示された時間 t を同定した。次に空間内の移動に関して、時間 t における相対位相を同定してその値を集計した。時間 t における空間内の移動の協調の様相 (相対位相の分布) を検討することで、2つのチャンネルにおける協調の対応関係を検討することが出来る。

そして3つ目の仮説を検討するため、文脈による各チャンネルの協調の変化を検討した。ここではバトル場面全体を3つの文脈 (5つの Turn) に分割した。Turn 1 は両ダンサーがパフォーマンスを披露する前の時間であり、Turn 2-4 は両ダンサーが1つ目-3つ目のパフォーマンスを披露した時間であり、Turn 5 は両ダンサーがパフォーマンスの披露を終えた後の時間である。各 Turn における相対位相の分布を算出し、比較することで文脈による各チャンネルの協調の様相に生じる変化を検討した。なお本研究では、パフォーマンスの最中である Turn 2-4 が最も競争的文脈が強く、パフォーマンスの前後である Turn 1, 5 は比較的競争的文脈が弱い文脈であると仮定した。

最後に4つ目の仮説を検討するため、各文脈における2つの表現チャンネル間の対応関係を算出した。上記の分析と同様に、バトル場面全体を3つの文脈 (5 Turn) に分割し、各 Turn におけるチャンネル間の協調の対応関係を算出した。各 Turn における対応関係の分布の差異を比較することで、文脈によって生じる変化を同定することが可能である。なお高度に熟達したダンサーを対象とすること、4人1組のグループにより実験に参加してもらうこと、といった制限から本研究では協力者の人数が限られていた。また、提案した枠組

みの有効性に関する探索的な検討という研究目的も考慮し、検定においては有意性水準を 0.10 に設定して検証を行った。

3. Results

3. 1. 複数の表現チャンネルをにおける協調の様相

まず1つ目の仮説を検討した。リズム運動の協調に関する結果を図 3A に示す。図より、*Real pair* において 160 度-180 度に該当する相対位相が多く観察される様子が窺われた。これは両ダンサーが互いにリズムを逆位相同期、すなわち反対のタイミングで取っていたことを示す結果と考えられる。一方で *Virtual pair* においては同様の傾向は見られなかった。ペアと相対位相とを要因とした二要因分散分析を行ったところ、有意な交互作用が示唆された ($F(8, 152) = 7.64, p < .001$)。単純主効果と多重比較を行った結果、*Real pair* において 160 度-180 度の相対位相の頻度が他の相対位相よりも高いことが示唆された ($F(8, 64) = 8.30, p < .001$, 160 度-180 度と 0 度-20 度, 20 度-40 度, 40 度-60 度, 60 度-80 度, 80 度-100 度, 100 度-120 度間で $p < .05$, 160 度-180 度と 120 度-140 度間で $p < .10$)。また、*Real pair* における 160 度-180 度の頻度は *Virtual pair* における頻度よりも有意に高いことが示唆された ($F(1, 19) = 4.87, p < .05$)。以上の結果は、両ダンサーが互いにリズム運動を反対のタイミングで実施していたことを示唆する結果と考えられる。

空間内の移動の協調に関する結果を図 4A に示す。図より、*Real pair* において 160 度-180 度の相対位相が数多く観察される様子が窺われた。ペアと相対位相とを要因とした二要因分散分析を行った結果、有意な交互作用が示唆された ($F(8, 152) = 2.06, p < .05$)。単純主効果と多重比較の結果、*Real pair* において 160 度-180 度の相対位相の頻度が他の相対位相よりも高いことが示唆された ($F(8, 64) = 5.89, p < .001$, 160 度-180 度と 20 度-40 度, 40 度-60 度, 60 度-80 度, 80 度-100 度間で $p < .05$, 160 度-180 度と 120 度-140 度間で $p < .10$)。また、*Real pair* における 160 度-180 度の頻度は *Virtual pair* における頻度よりも有意に高いことが示唆された ($F(1, 19) = 17.34, p < .001$)。以上の結果は、両ダンサーが互いに空間内を反対の方向に移動していたこと (逆位相同期で移動していたこと) を示唆する結果と考えられる。以上2つの結果から、両ダンサーは複数の表現チャンネルについて、ともに逆位相同期に相当する協調を構

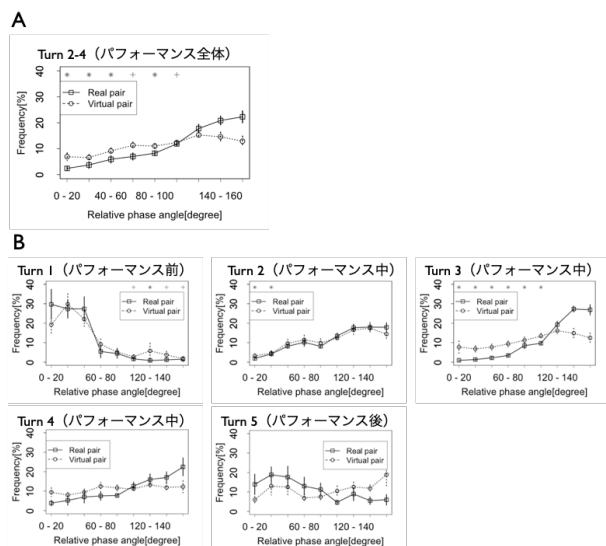


図3. リズム運動に関する協調の結果。相対位相0度-20度 (Turn 1, 5) または160度-180度 (Turn 2-4) との間に有意差が見られた相対位相にプロット (*: $p < .05$, +: $p < .10$) を記した。築していたことが示唆された。

3. 2. 複数の表現チャンネルにおける協調の対応関係
次に2つ目の仮説を検討した。上記2つの表現チャンネルの協調の対応関係の結果を図5Aに示す。図より、リズム運動に関する相対位相が0度-20度を示す際、空間内の移動に関する相対位相も同様に0度-20度を示す場合が多い様子が窺われた。また、リズム運動の相対位相が160度-180度を示す場合も、同様に空間内の移動も160度-180度の相対位相を示す場合が多い様子が窺われた。二要因分散分析を行ったところ、リズム運動に関する2つの協調の状態(同位相同期・逆位相同期)と、空間内の移動の相対位相とに関する有意な交互作用が示唆された($F(8, 64) = 8.38, p < .001$)。単純主効果と多重比較の結果、リズム運動の相対位相が0度-20度を示した場合(同位相同期)、空間内の移動に関する0度-20度の相対位相が他の相対位相よりも多く生じることが示唆された($F(8, 64) = 9.97, p < .001$, 0度-20度と60度-80度, 80度-100度, 100度-120度, 120度-140度, 140度-160度, 160度-180度間で $p < .01$, 0度-20度と40度-60度間で $p < .10$)。また、空間内の移動に関する160度-180度の頻度は、リズム運動の相対位相が160度-180度を示した場合において、リズム運動の相対位相が0度-20度を示した場合よりも高いことが示唆された($F(1, 8) = 25.04, p < .01$)。リズム運動の相対位相が160度-180度を示した場合(逆位相同期)の空間内の移動に関する160度-180度の相対位相の頻度と他の相対位相との間には有意な差異は見られなかったものの($F(1, 8) = 1.26, p < .28$)、以上の結果は、2

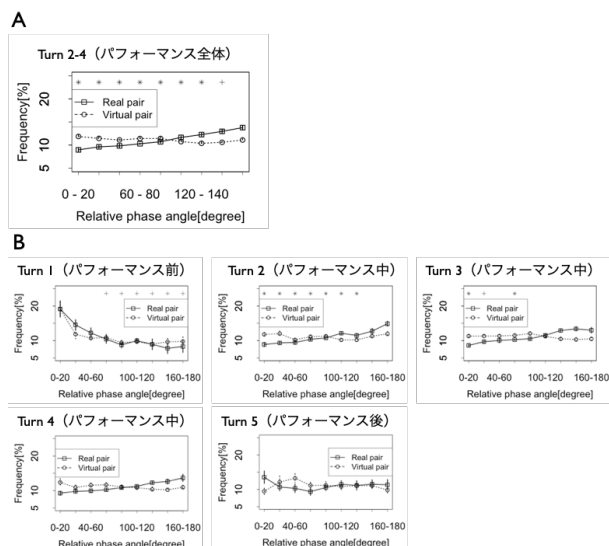


図4. 空間内の移動に関する協調の結果。相対位相0度-20度 (Turn 1, 5) または160度-180度 (Turn 2-4) との間に有意差が見られた相対位相にプロット (*: $p < .05$, +: $p < .10$) を記した。

つの表現チャンネルの協調の間に合致した対応関係が見られたことを部分的に示唆するものと考えられる。一方の表現チャンネルに同位相同期または逆位相同期が見られた場合、他のチャンネルにも同位相同期または逆位相同期が見られる場合が多い様子が窺われた。

3. 3. 複数の表現チャンネルにおける協調の文脈による変化
次に3つ目の仮説を検討した。3つの文脈(5つのTurn)における各表現チャンネルの協調の結果を図3B, 図4Bに示す。図3Bより、リズム運動に関する演者間の協調が文脈に応じて変化していた様子が窺われた。パフォーマンスを披露する前後(Turn 1とTurn 5)では、両ダンサーは0度-20度の同位相同期でリズムを取り合う様子が観察された。一方で、パフォーマンスを披露している最中(Turn 2-Turn 4)では、両ダンサーは160度-180度の逆位相同期でリズムを取り合う様子が観察された。Turnと相対位相とを要因とする二要因分散分析を行ったところ、有意な交互作用が示唆された($F(32, 256) = 13.08, p < .001$)。ページ数の都合から仔細な結果は省略するが、単純主効果と多重比較を行ったところ、Turn 1では同位相同期の頻度が高く、Turn 2-Turn 4では逆位相同期の頻度が高かったことが示された。またTurn 5では、同位相同期・逆位相同期といった特定の相対位相の頻度が高い結果は示されなかった。

また、空間内の移動に関しても類似した結果が示された。図4Bより、パフォーマンスを披露する前後(Turn 1とTurn 5)では、両ダンサーは0度-20度の同位相同期で空間内を移動し合う様子が観察された。一方で、パ

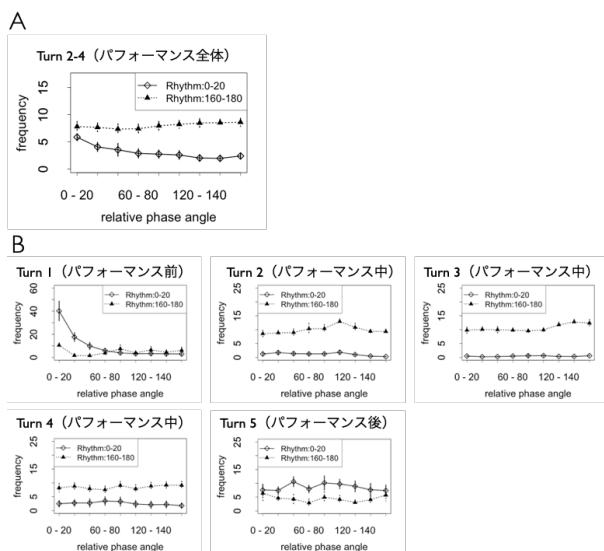


図5. 2つの表現チャンネルに関する協調の対応関係の結果。パフォーマンスを披露している最中 (Turn 2-Turn 4) では、両ダンサーは 160 度-180 度の逆位相同期で空間内を移動し合う様子が観察された。二要因分散分析・多重比較といった検定を行ったところ、実際に Turn 1 では同位相同期の頻度が高いこと、Turn 2-Turn 4 では逆位相同期の頻度が高いことが示された。Turn 5 では、同位相同期・逆位相同期といった特定の相対位相の頻度が高くなる結果は示されなかった。以上の結果は、文脈が演者間の協調に強い影響を与えていることを示唆するものと考えられる。特に競争的文脈が強まると、ダンサーらは 2 つの表現チャンネルについてそれぞれ逆位相同期の協調を構築するようになること (反対のタイミング・方向で実施し合うようになること) が示唆された。

3. 4. 複数の表現チャンネルにおける協調の対応関係の文脈による変化

最後に 4 つ目の仮説を検討した。3 つの文脈 (5 つの Turn) における表現チャンネルの協調間の対応関係に関する結果を図 5B に示す。図より、対応関係が文脈に応じて変化していた様子が窺われた。Turn 1 では、リズム運動の相対位相が 0 度-20 度を示した時に、空間内の移動の相対位相も同様に 0 度-20 度を頻繁に示す様子が窺われた。一方で、リズム運動の相対位相が 160 度-180 度を示した時には、空間内の移動の相対位相に関して特定の相対位相が頻出する様子は窺われなかった (そもそもリズム運動が 160 度-180 度を示す様子はほとんど観察されていない)。パフォーマンスを披露する前では、両ダンサーはリズム運動と空間内の移動とともに同位相同期で対応させていた様子が窺われた。しかしながら Turn 2-Turn 4 では、同様の協調の様相は観察されなかった。リズム運動の相対位相が 0 度-20 度

を示した際、空間内の移動の相対位相に関して特定のものが頻出する様子は観察されなかった (リズム運動が 0 度-20 度を示す様子はほとんど観察されていない)。一方で、特に Turn 3 においては、リズム運動の相対位相が 160 度-180 度を示した際、空間内の移動の相対位相も同様に 160 度-180 度を頻繁に示す様子が窺われた。パフォーマンスを披露している最中では、両ダンサーはリズム運動と空間内の移動とともに逆位相同期で対応させていた様子が窺われた。Turn 5 では、リズム運動の相対位相が 0 度-20 度を示した際、空間内の移動の相対位相に関して特定のものが頻出する様子は観察されなかった。リズム運動の相対位相が 160 度-180 度を示した際は、空間内の移動の相対位相は 0 度-20 度もしくは 160 度-180 度が多く見られる様子が窺われた。パフォーマンスを披露した後では、両ダンサーがリズム運動と空間内の移動とを特定の協調によって対応させる様子はあまり観察されなかったことが推測される。

全体として、両ダンサーは 2 つの表現チャンネル間の協調の対応関係を文脈の変化に応じて動的に変化させた様子が窺われた。パフォーマンスを披露する前では、ともに同位相同期による包括的な協調関係を構築する様子が、パフォーマンスを披露している最中では、ともに逆位相同期による包括的な協調関係を構築する様子が観察された。一方でパフォーマンスを披露した後では、明確な対応関係を構築する様子は見られなかった。以上の結果は、二要因分散分析等の検定からも部分的に支持されている。

4. Discussion

本研究では、上演芸術における演者間の複雑な関わり合いを定量的に捉えるための 1 つの提案として、Multi-channel Coordination Dynamics という枠組みを提示した (図 1)。そしてこの枠組みの有用性を検討するため、4 つの関連する仮説を設定し、ブレイクダンスのバトル場面におけるダンサー間の協調の様相を検討した。結果は以下の通りである。1: 両ダンサーはリズム運動と空間内の移動という 2 つの表現チャンネルに関して互いに協調させる様子が窺われた。2: 表現チャンネルの協調間には、類似した協調を構築する対応関係が見られた。3: 各チャンネルにおける協調の様相は、文脈の変化に応じて動的に変化した。両チャンネルともに競争的文脈が強くなると逆位相同期を、競争的文脈が弱くなると同位相同期を示す様子が観察された。

4: 表現チャンネルの協調間の対応関係は、文脈の変化に応じて動的に変化した。競争的文脈が強くなると逆位相同期による包括的な協調関係を、競争的文脈が弱くなると同位相同期による包括的な協調関係を示す様子が観察された。以上は、提案した枠組みが複雑かつ動的な演者間の関わり合いを捉える上で有効であることを示す結果と考えられる。

本枠組みは、演者間の関わり合いを捉える際、複数チャンネルにおける包括的な協調の様相に着目する必要があることを示唆したものと捉えることが出来る。本研究の結果やフィールドワークの様子等を踏まえると、演者らは複数のチャンネルをそれぞれ完全に独立させて関わり合いを営んでいるとは考えづらい。むしろ、複数のチャンネルを互いに関連させ、包括的な対応関係を構築しながら他演者と関わり合っていることが推測される。この包括的な対応関係は、関わり合いの文脈、演者間の事前の関係性によって影響を受けていると考えられる。そして、もし各チャンネルにおける協調や文脈、演者間の関係性等に変化が生じた場合、上記の対応関係も動的に変化しうることが予想される。演者間の関わり合いを十分に検討するには、これらの複数チャンネルにおける包括的・動的な協調の対応関係に着目することが必要と考えられよう。

また、本研究のパフォーマンスを披露する場面において頻繁に観察された逆位相同期の背景と機能に関する考察を行うことも必要であろう。人々の振る舞いにおいて同位相同期が観察されることは、多くの先行研究において示唆されており、コミュニケーションを円滑にする機能や参加者間の社会的絆を強化する機能があることが主張されている (Hove & Risen, 2009; Kirschner & Tomasello, 2010; Wiltermuth & Heath, 2009)。しかし、逆位相同期に関してはその背景や機能に関する検討は十分には行われていない。逆位相同期では、演者らは振る舞いの頻度といった一部を互いに合わせつつ、そのタイミングといった他の部分を反対にずらす協調が営まれている。例えば、Shimizu and Okada (under review) では、逆位相同期におけるこの演者間の振る舞いの複雑な協調や対比が、個々のパフォーマンスの強調に繋がる可能性が指摘されている。この推測は、伝統的なコーラス団の競争的文脈において見られた個々の歌声の強調を示唆した研究 (Keller et al., 2017) や、競争的な会話場面 (ディベート) における参加者間の逆位相同期に類する振る舞いの頻出を示唆した研究 (Abney et al., 2014; Paxton & Dale, 2013, 2017) とともに整合的であ

る。ただしその背景を明確に検討するには、例えば競争的な文脈と協働的な文脈とを比較した研究や、上記の協調の様相が観客の注意・興味へ与える影響等も含んだ、今後の仔細な検討が必要と考えられる。

また、本研究で示唆された協調や対応関係の動的な変化に関しても、その背景の検討が必要と考えられる。ダンサーは文脈や時間経過に依拠して 2 つの表現チャンネルにおける協調やその対応関係を変化させていた。我々は上演芸術の有する *Open Communication* の特徴がその背景として存在する、と推測している (Okamoto et al., 2005)。上演芸術において演者が強く共有する主目的は、観客へのパフォーマンスの披露である。演者間の関わり合いにおいても、演者らはその様相を観客へ披露することを主たる目的として関わり合いを営んでいく。以上のように上演芸術における演者間の関わり合いは演者間で閉じているのではなく、観客らにも開かれた、見られることを前提としたものと捉えることが出来る。演者らはその豊富な領域経験により、観客の注意・関心を引きつけるための関わり合いの様相を複数、経験的・潜在的に把握しており、そのことを意図して協調の一定したパターンの構築とその動的な変化を披露した可能性が推測されよう。以上の仮説は、熟達者間の関わり合いと初心者間の関わり合いとの比較等を通して、今後検証する必要がある議題と考えられる。

最後に、上記の提案した枠組みと関連する理論との繋がりについて説明する。関連する理論の例として、*Beyond Synchrony* の理論 (Dale et al., 2013; Wallot et al. 2016) がその最たるものとして挙げることが出来る。*Beyond Synchrony* の理論では、人々の日常における複雑な関わり合いを十分に捉えるためには、同期の理論の拡張が必要であることを主張している。実際にいくつかの研究では、この理論と整合する結果が示唆されつつある。例えば、会話場面において人々の表情・うなずき・発話等の複数媒体において同期・強調する様子が観察されることを示唆した研究 (Lowerse et al., 2012)、2 者間で互いに異なる相補的な振る舞いを行うことで特定の課題を達成する様子が見られることを示唆した研究 (Richardson et al., 2016)、会話において人々が文字・単語・文といった複層的なレベルにおける複雑な協調 (*complexity matching*) を構築する様子が見られることを示唆した研究 (Abney et al., 2014) 等がその例として挙げられる。本研究で提案した *Multi-channel Coordination Dynamics* の枠組みはこの理論と整合的であり、*Beyond Synchrony* の枠組みを、特に文脈や複数チ

チャンネル間の関わり合いに焦点を当て、上演芸術における関わり合いに拡張したものと捉えることも可能である。今後は、以上の理論の発展との対応を精緻化しつつ、上演芸術における複雑な関わり合いをさらに仔細に検討する試みが必要と考えられる。

文献

- [1] Bailey, D. (1980). *IMPROVISATION* (Moorland Publishing).
- [2] Fitch, W. T. (2006). The biology and evolution of music: A comparative perspective. *Cognition*, 100(1), 173-215. doi: 10.1016/j.cognition.2005.11.009.
- [3] Merker, B. H., Madison, G. S., and Eckerdal, P. (2009). On the role and origin of isochrony in human rhythmic entrainment. *Cortex*, 45(1), 4-17. doi: 10.1111/j.1551-6709.2012.01269.x.
- [4] Merker, B. H., Morley, I., and Zuidema, W. (2015). Five fundamental constraints on theories of the origins of music. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 370:20140095. doi: 10.1098/rstb.2014.0095.
- [5] Ravignani, A., Bowling, D. L., and Fitch, W. T. (2014). Chorusing, synchrony, and the evolutionary functions of rhythm. *Frontiers in Psychology*, 5:1118. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01118.
- [6] Kirschner, S., and Tomasello, M. (2010). Joint music making promotes prosocial behavior in 4-year-old children. *Evolution and Human Behavior*, 31(5), 354-364. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2010.04.004.
- [7] Weinstein, D., Launay, J., Pearce, E., Dunbar, R. I., and Stewart, L. (2016). Group music performance causes elevated pain thresholds and social bonding in small and large groups of singers. *Evolution and Human Behavior*, 37, 152-158. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2015.10.002.
- [8] Wiltermuth, S. S., and Heath, C. (2009). Synchrony and cooperation. *Psychological science*, 20(1), 1-5. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02253.x.
- [9] Walton, A. E., Richardson, M. J., Langland-Hassan, P., and Chemero, A. (2015). Improvisation and the self-organization of multiple musical bodies. *Frontiers in Psychology*, 6: 313. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00313.
- [10] Walton, A. E., Washburn, A., Langland-Hassan, P., Chemero, A., Kloos, H., and Richardson M. J. (2018). Creating Time: Social Collaboration in Music Improvisation. *Topics in Cognitive Science*, 10(1), 95-119. doi: 10.1111/tops.12306.
- [11] Washburn, A., DeMarco, M., de Vries, S., Ariyabuddhipongs, K., Schmidt, R. C., Richardson, M. J., and Riley, M. A. (2014). Dancers entrain more effectively than non-dancers to another actor's movements. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 800. doi: 10.3389/fnhum.2014.00800.
- [12] Fujiwara, K., and Daibo, I. (2016). Evaluating interpersonal synchrony: Wavelet transform toward an unstructured conversation. *Frontiers in psychology*, 7, 516. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00516.
- [13] Okazaki, S., Muraoka, Y., and Osu, R. (2019). Teacher-learner interaction quantifies scaffolding behaviour in imitation learning. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.
- [14] Strogatz, S. (2004). *Sync: The emerging science of spontaneous order*. Penguin UK.
- [15] Keller, P. E., König, R., and Novembre, G. (2017). Simultaneous cooperation and competition in the evolution of musical behavior: sex-related modulations of the singer's formant in human chorusing. *Frontiers in psychology*, 8, 1559. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01559.
- [16] Shimizu, D., and Okada, T. (under review). Synchronization and coordination of art performances in highly competitive contexts: battle scenes of expert breakdancers. *Frontiers in psychology*.
- [17] M. Kimmel, and E. Preuschl, "Dynamic coordination patterns in Tango Argentino: A cross-fertilization of subjective explication methods and motion capture," in *Dance notations and robot motion*, pp.209-235, Springer, Cham, 2016.
- [18] OHJI. (2001). *ROOTS OF STREET DANCE* (Bunkasha).
- [19] Watkins, S. C. (2005). *Hip Hop Matters: Politics, Pop Culture, and the Struggle for the Soul of a Movement* (Beacon Press, Boston).
- [20] 清水大地・岡田猛 (2013). 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.
- [21] Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., and Kanehisa, H. (2011). Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: a study of street dancers and non-dancers. *Human movement science*, 30(6), 1260-1271. doi: 10.1016/j.humov.2010.08.006.
- [22] Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension*. Garden City, NY: Doubleday.
- [23] Kennedy, D. P., Gläscher, J., Tyszk, J. M., & Adolphs, R. (2009). Personal space regulation by the human amygdala. *Nature neuroscience*, 12(10), 1226-1227.
- [24] Shimizu, D., & Okada, T. (2018). How do creative experts practice new skills? Exploratory practice in breakdancers. *Cognitive science*, 42(7), 2364-2396.
- [25] 八重澤敏男・吉田富二雄 (1981). 他者接近に対する生理・認知反応—生理指標・心理評定の多次元解析—, *心理学研究*, 52(3), 166-172.
- [26] 吉田富二雄・小玉正博 (1987). 生理反応・心理評定によるパーソナル・スペースの検討—慣れの過程の分析を通して—, *心理学研究*, 58(1), 35-41.
- [27] Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Okumura, M., Suzuki, H., Schmidt, R. C., and Yamamoto, Y. (2012). Switching dynamics in an interpersonal competition brings about "deadlock" synchronization of players. *Plos One*, 7(11), e47911. doi: 10.1371/journal.pone.0047911.
- [28] Okumura, M., Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Suzuki, H., and Yamamoto, Y. (2012). A critical interpersonal distance switches between two coordination modes in kendo matches. *Plos One*, 7(12), e51877. doi: 10.1371/journal.pone.0051877.
- [29] Bernieri, F. J., Reznick, J. S., & Rosenthal, R. (1988). Synchrony, pseudosynchrony, and dissynchrony: measuring the entrainment process in mother-infant interactions. *Journal of personality and social psychology*, 54(2), 243-253. doi: 10.1037/0022-3514.54.2.243.
- [30] Dale, R., Kirkham, N., & Richardson, D. (2011). The dynamics of reference and shared visual attention. *Frontiers in Cognition*, 2, 355. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00355.
- [31] Hove, M. J., & Risen, J. L. (2009). It's all in the timing: Interpersonal synchrony increases affiliation. *Social cognition*, 27(6), 949-960. doi:10.1521/soco.2009.27.6.949.
- [32] Abney, D. H., Paxton, A., Dale, R., and Kello, C. T. (2014). Complexity matching in dyadic conversation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(6), 2304-2315. doi: 10.1037/xge0000021.
- [33] Paxton, A., and Dale, R. (2013). Argument disrupts interpersonal synchrony. *Q. J. Exp. Psychol.* 66, 2092-2102. doi: 10.1080/17470218.2013.853089.
- [34] Paxton, A., & Dale, R. (2017). Interpersonal movement synchrony responds to high- and low-level conversational constraints. *Frontiers in psychology*, 8, 1135. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01135.
- [35] Okamoto, M., Nakano, Y. I., Okamoto, K., Matsumura, K. I., & Nishida, T. (2005). Producing effective shot transitions in CG contents based on a cognitive model of User Involvement. *IEICE transactions on information and systems*, 88(11), 2523-2532. doi: 10.1093/ietisy/e88-d.11.2523.
- [36] Dale, R., Fusaroli, R., Døjbak Håkonsen, D. D., Healey, P.,

- Mønster, D., McGraw, J., ... & Tylén, K. (2013). Beyond synchrony: complementarity and asynchrony in joint action. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 35(35).
- [37] Wallot, S., Mitkidis, P., McGraw, J. J., & Roepstorff, A. (2016). Beyond synchrony: joint action in a complex production task reveals beneficial effects of decreased interpersonal synchrony. *PloS one*, 11(12), e0168306. doi: 10.1371/journal.pone.0168306.
- [38] Louwerse, M. M., Dale, R., Bard, E. G., & Jeuniaux, P. (2012). Behavior matching in multimodal communication is synchronized. *Cognitive science*, 36(8), 1404-1426.
- [39] Richardson, M. J., Harrison, S. J., Kallen, R. W., Walton, A., Eiler, B. A., Saltzman, E., & Schmidt, R. C. (2015). Self-organized complementary joint action: Behavioral dynamics of an interpersonal collision-avoidance task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(3), 665.