

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25380989

研究課題名(和文)呼吸模倣を媒介とする対人相互作用メカニズムの解明

研究課題名(英文)Quantitative Analysis of Interpersonal Breathing Synchronization

研究代表者

小森 政嗣 (Komori, Masashi)

大阪電気通信大学・情報通信工学部・教授

研究者番号：60352019

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：社会的なインタラクション場面において、相互作用者同士が協調して動作することはしばしば観察される。このような現象はシンクロニーと呼ばれ、特に呼吸動作のシンクロニーは協調作業において重要な役割を果たすと考えられてきた。この研究では、対人相互作用の際にどのように呼吸動作の協調が生じるかを明らかにする新しい手法を構築した。他者の呼吸動作が自身の呼吸動作に及ぼす影響を評価するために、自身の直前の呼吸動作を考慮した移動情報量解析及び角度偏相関解析を行った。その結果、対人間の呼吸のシンクロニーは呼気の開始点がきっかけとなって生じることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In human social interactions, it is often observed that interactants move together in harmony. This phenomenon is referred to as “synchrony.” Especially, synchrony of breathing has been considered to be crucial for some collaborative efforts. In this study, we developed a new methodology to investigate how coordinated breathing behaviors established via interaction process. In order to evaluate the degree of influence of the other’s breathing movement on own breathing, we performed a transfer entropy analysis, as well as a partial circular-circular correlation analysis controlling the effect of its own preceding movement. The results indicated that the beginning of exhalation is an important trigger for interpersonal breathing synchronization.

研究分野：実験心理学

キーワード：呼吸 シンクロニー

1. 研究開始当初の背景

他者の行動を観察した際、その行動と類似した行動の出現が促進される現象「模倣」は様々な動物種で観察される(ここでの「模倣」とは物真似のような他者の行動の高度な理解に基づく行動は含めない)。いわゆる新生児模倣や、また意図しない他者の表情の模倣、あくびの伝染など、ヒトは様々な模倣を行うことが報告されてきた。これらの模倣行動は、他者の心的状態の認知や共感性と密接に関連しており、ヒトの社会性の認知的・身体的な基盤を形成していると考えられてきた(Nagaoka, Komori & Yoshikawa, 2007)。このような現象はシンクロニーとも呼ばれる。

他者の行動の模倣は多様なモダリティやチャンネルで観察されるが、これまで多くの研究は表情やしぐさなどの記号的な表出の類似化を対象としてきた。一方、インタラクション場面における呼吸の同期は、「息のあった」などの慣用句表現からもわかるように非常によく知られた現象であるものの、実証的研究はそれほど多くなかった。呼吸という運動は表情やしぐさなどの記号的な非言語表出とは異なり、体幹や四肢の動作の方向やタイミングと連動するという特徴がある。そのため、呼吸を相互に模倣することは複数の人間が協調動作を行うときに重要な役割を果たしている可能性があると考えられた。

しかしながら従来、呼吸に代表される「周期的な動作」の対人間同期の研究では、周期的な動作の位相の変化点に基づく定性的分析が主に行われてきた。また呼吸波形の相関分析や、呼吸を固有の周期をもつ自励振動子とみなした非線形力学的解析などもしばしば行われてきた。しかし、このような伝統的な呼吸の研究手法では、他者の呼吸周期・位相がどのように認知されるのか、またその認知が呼吸にどのように影響するのかまで検討することは難しかった。呼吸のような周期的動作より媒介される対人コミュニケーションにおける相互作用を定量的に評価する手法の確立が求められていた。

2. 研究の目的

インタラクション場面において呼吸が同期する現象がどのようなプロセスで生じるかは明らかになっていなかった。その背景には、呼吸動作の同期や、同期が生じる背景にある対人間の相互作用をどのように定量的に評価すればよいのかについての方法論が確立されていなかったことがある。本研究ではまず、呼吸をはじめとする周期的な動作の「同期」およびその生起プロセスを定量的に評価する手法の構築を目指す。また、これを成り立たせる認知的なプロセスにも踏み込んで検討する。さらに、このような呼吸動作の同期が社会関係においてどのような役割をはたすかについても、観察・実験を通して検証していくことを目指した。

3. 研究の方法

本研究で採用したアプローチは大きく二つに分けられる；(1) 他者の身体の運動の周期性の認知に関する実験的検討、(2) 対人相互作用場面における周期的な動作の相互影響関係の定量的評価および相互影響が果たす社会的な役割の検討。

(1) 運動の周期性認知に関する実験的検討

リズムカルな協調動作を定量的に評価する際には、位相の変化に着目する必要がある。本研究では位相に着目して同期現象の検討を行った。

呼吸をしている人物の上半身映像を撮影して、そのときの呼吸波形を記録した。この映像中の身体動作を強調するために、映像に対してオイラービデオ強調法による処理を施した。実験参加者にこのビデオを見せ、映像中の人物に息を合わせるように教示した。またこの時の呼吸波形を胸部呼吸ピックアップにより測定した。映像中の人物の呼吸から実験参加者の呼吸への情報の流れを移動情報量(Transfer Entropy: TE)により評価した。これにより、対人間の呼吸がどのようなタイミングで生じているかだけでなく、動作の周期性がどのように認知されているかを知る手がかりを得られる。

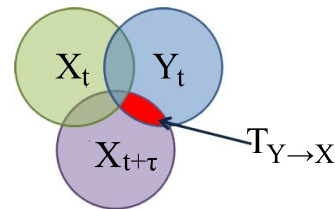


図 1 Transfer Entropy

(2) 相互作用場面における周期的な動作の相互影響関係の定量的評価手法の確立

一般に動作の同調は、相互作用者の一方が他方の動作を模倣する、もしくは互いが模倣しあうことによって生じる。しかし呼吸のように周期的に生じる運動の場合、動作の初期段階で模倣が生じ、その後は全く独立して二者が動作を行ったとしても、見かけ上の「同期」は継続して現れる。そのため、各時点での動作の位相同期のみを評価しても相互作用の程度について検討することは出来ない。社会的なインタラクション場面における呼吸同期の役割を検討するためには、ある瞬間における動作の相互影響関係を定量的に評価する手法の構築が必要となる。

呼吸動作の相互影響関係について検討する手法の構築を試みた。ある人物の呼吸運動が、直前の他者の呼吸運動にどの程度影響されているかを検討するためには、その本人と他者の動作の関係だけでなく、直前の自らの運動にどの程度影響されているかについても評価する必要がある。ここでは方向統計学の一手法である角度偏相関(circular-circular partial correlation)に基づいて相互影響関係を

検討した。角度相関は角度データの関係を検討する手法であり、位相角同士の関係が常に一定である時に最も高い値を示す。適切な時間窓を設定することで、呼吸動作のシンクローニーの程度の変化を評価することが出来ると考えられる。

個体 A の時刻 t からある一定時間 (時間窓長) 内における位相データ a_t と個体 B の位相データ b_t とする。また時刻 $t+\tau$ から一定時間内における個体 A の位相データを $a_{t+\tau}$ とする。 a_t を制御変数として b_t と $a_{t+\tau}$ の角度偏相関を求めると、時刻 t の個体 B から時刻 $t+\tau$ での個体 A への影響の程度を検討することが出来る。また同様に、 b_t を制御変数として求めた a_t と $a_{t+\tau}$ の偏相関係数は、時刻 t の個体 A から時刻 $t+\tau$ での個体 A 自身への影響を示している。この手法は呼吸運動を始めとする周期的な動作の相互影響関係を検討する上で有効な手法であると考えられる。

4. 研究成果

(1) 運動の周期性認知に関する実験的検討
等位相間隔に変換された呼吸波形を吸気/呼気で {1,0} で離散化し、刺激呼吸波形から被験者呼吸波形への移動情報量 $T_{Y \rightarrow X}$ を求めた。

$$T_{Y \rightarrow X} = \sum p(X_{t+\tau}, X_t, Y_t) \log \frac{p(X_{t+\tau} | X_t, Y_t)}{p(X_{t+\tau} | X_t)}$$

また、呼気開始時や吸気開始時点、呼気、吸気の途中で移動情報が異なるかを検討するために映像中の人物の呼吸位相ごとにまとめた (図 2)。その結果、他者の呼吸から受ける影響の強さは他者の呼吸の位相によって異なることが分かった。特に他者が息を吐きは始めるタイミングでは移動情報量が高くなる傾向が見られ、このタイミングが呼吸の同期に強く影響を与えていることが分かった。これは、呼吸同期メカニズムの一端を示すものであると考えられる。

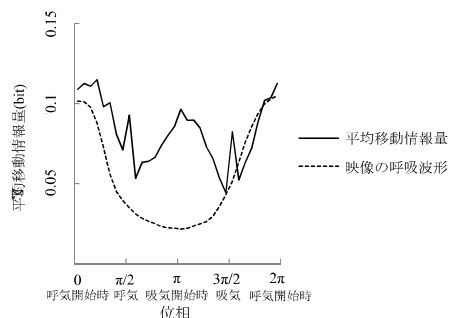
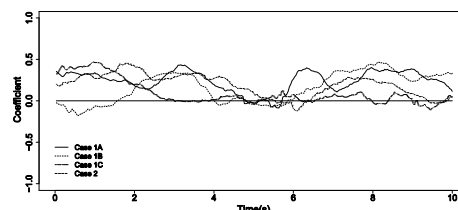


図 2 呼吸位相と平均移動情報量の関係

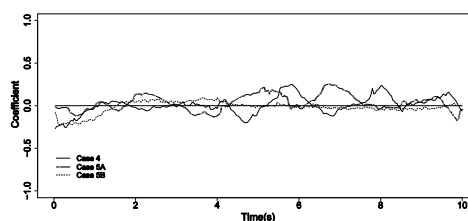
(2) 相互作用場面における周期的な動作の相互影響関係の定量的評価手法の確立

ここでは、呼吸動作と同じく周期的な動作であるハンドウイルカの首振り動作についての解析結果を紹介する。イルカはリズムカルな協調動作を行う能力を持つことが知られており、またそのような協調動作がイルカの社会的振る舞いと関係することが多くの

観察から示されてきた。複数のイルカが首振り動作を行っている際の頭部の動きの位相を推定し、各イルカが他の個体から受けた影響の程度 (角度偏相関係数) の時系列変化を図 3 に示す。劣位個体であることが予め判明していた個体 P は、他の個体の影響を強く受けていることがわかる。一方優位個体 Q は他個体の影響を受けていない。このことから、相互影響関係の非対称性は個体の社会的優劣を反映していることが示唆された。



(a) 個体 P



(b) 個体 Q

図 3 時刻 t の他個体から時刻 $t+\tau$ の各個体への影響 ($\tau=200\text{ms}$)

以上より、本研究の成果は、(1)呼吸を始めとする様々な周期的な動作を媒介とするシンクローニー現象の程度、及びその背景にある相互影響過程を定量的に評価する手法を確立した。(2)呼吸動作のシンクローニーがどのようなきっかけで生じるかを実験的に示した、という 2 点に集約することができる。

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 2 件)

小森政嗣・小窪久美子・Lira Yu・堂崎正博・友永 雅己. (2015) 2 個体のイルカの首振り動作の相互影響, 日本認知科学会第 32 回大会論文集, 1073-1077. 査読あり.

小西史晃・大野凌・小森政嗣. (2014). 移動情報量解析による呼吸位相同期の解析. 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, 114(68), 183-186. 査読なし.

〔学会発表〕(計 2 件)

五十棲凌賀・坂本ひかる・宮脇僚太・小窪久美子・小森政嗣 (2015). ストリートダンスにおける二者間の身体動作の協調性の評価, HCG シンポジウム 2015, 2015 年 12 月 16 日-18 日, 富山国際会議場, 富山県富山市.

小森政嗣. (2014). 呼吸を同期させるタイミングの定量的検討, 日本心理学会第 78 回大会, 2014 年 9 月 10 日, 同志社大学, 京都府京都市.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

小森 政嗣(KOMORI MASASHI)
大阪電気通信大学・情報通信工学部・教授
研究者番号:60352019

(2)研究分担者

長岡 千賀(NAGAOKA CHIKA)
追手門学院大学・経営学部・准教授
研究者番号:00609779

(3)連携研究者

なし