

共創的な気づきを促す手合わせ表現システムのデザイン

小峰 玄寛^{*1} 林 龍太郎^{*1} 三輪 敬之^{*2} 西 洋子^{*3}

Design of hand contact improvisation system for stimulating Co-creative notification

Harunobu Komine^{*1}, Ryutaro Hayashi^{*1}, Yoshiyuki Miwa^{*2}, Hiroko Nishi^{*3}

Abstract - Authors had developed a self-referential hand contact improvisation system that creates expression with oneself by considering unconscious whole body movement as another person, and have studied to urge co-creative awareness by using this system. In this study, we implemented creating expression between human and system by presenting force created from topological leading or delaying pseudo signal of whole body movement structured from signal of hand movement. Now, we report about the possibility of the system as a facilitation technique on co-creative expression.

Keywords : Hand contact improvisation, co-creation, facilitation, physical expression, awareness

1. はじめに

手と手を直接触れ合わせながら身体全体で即興的に表現を創りあう身体表現（以下、手合わせ表現、図1参照）では、身体全体で相手の思いを受け止め、双方で共有することによって他者との関係性が深化していく。そして、“私”や“あなた”といった個々の表現から、“私たちの表現”すなわち共創表現へ深まっていくことを先に報告した^{[1][2]}。



図1 手合わせ表現

Fig.1 Hand Contact improvisation

著者らは、この共創表現のダイナミクスを探るため、スライド板を介した前後方向1自由度の手合わせ表現を行うことが可能なシステムを開発し、研究を進めてきた^[3]。本システムを用いて、1自由度の手合わせ表現を計測した結果、手合わせ表現における熟練者同士の共創的な表現においては、双方の手にかかる力の差の微分値（以下、表現躍度）に、ラミナー相とバースト相が現れること、手の動きに対して意識に上らない身体全体の動き（以下、COP）が先行して表出することがわかった（図2(a)）。一方、初心者同士の手合わせ表現においては、このような現象は認められなかった（図2(b)）。これらの実験的事実は、共創表現の創出に、無意識的な働きが重要な役割を果たしていることを示すものである^[4]。

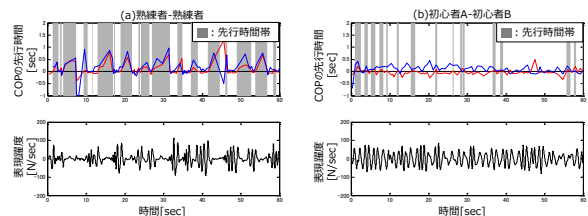


図2 COPの先行時間性と表現躍度の変化

Fig.2 Lead time of COP and change of expression jerk

そこで、この無意識的な働きに着目し、この自身の無意識的な領域に気づきを起こさせることで、表現の深化を促すことを構想し、一人手合わせ表現システムの開発を進めてきた^[5]。本システムは、自身のCOPを相手と見立て、モータによって自身の手に力呈示を行うことに大きな特徴がある（図3）。初心者が本システムを継続的に使用し、手合わせ表現を行った結果、表現躍度や手の動きに対するCOPの波形が熟練者の傾向に近づくことが見られた。一方で、このような傾向が認められない被験者も見られた。これは、無意識的な働きに対する気づきが体験者自身に委ねられているからではないかと推察される。そこで、本研究では、システムから体験者の無意識的な領域に働きかけ、共創的な気づきを促すシステムの開発を目指し、力の差に着目したシステムとCOPの先行性に着目したシステムの開発を行ったので報告する。

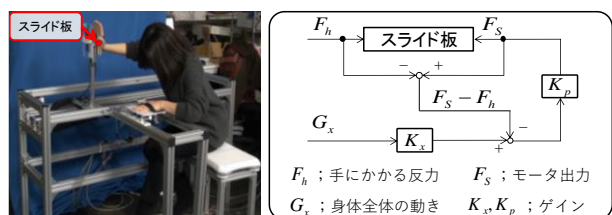


図3 一人手合わせ表現システムの構成

Fig.3 Structure of self-referential hand contact improvisation system

*1: 早稲田大学大学院 創造理工学研究所

*2: 早稲田大学 理工学術院

*3: 東洋英和女学院大学 人間科学部

*1: Graduate School of Creative Science and Engineering, Waseda University

*2: Faculty of Science and Engineering, Waseda University

*3: Faculty of Human Sciences, Toyo Eiwa University

2. 力の差に着目した表現制御システム

2.1 システムの開発

熟練者同士の手合わせ表現における力の差を、一人手合わせ表現システムを用いて再現することで、熟練者同士のような共創表現の創出を促すことができるのではないかと考えた。そこで、過去の計測データから力の差を取り出し、体験者との力の差が過去の計測データの力の差と合致するようなシステムを新たに開発した。具体的には、過去データの力の差を、現在の体験者の力に足し合わせ、システムからその足し合わせた力を手に呈示するシステムである (図4)。

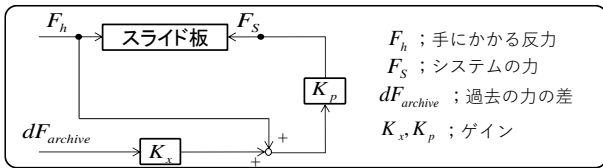


図4 力の差に着目した表現制御システム

Fig.4 Expression control system focused on force difference

本システムの性能試験として、擬似的に力の差を Sin 波としたデータを作成して、本システムに入力し、実際に力の差が合致するか確認を行った。その結果、システムが呈示できる力の最大値である 100[N]以下であれば、正常に動作することを確認した (図5)。

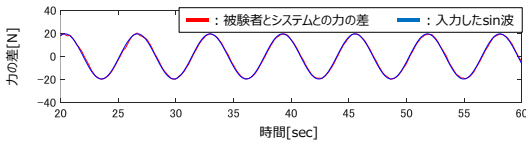


図5 性能試験の結果

Fig.5 Result of performance test

2.2 手合わせ表現実験

本システムを用いて、過去の熟練者同士の表現における力の差のデータを用いて、表現初心者に対して力呈示を行った (図6)。その結果、表現躍度や手の動きと COP との時間的關係が、熟練者の傾向に近づくようになった。しかし、主観調査を行ったところ、「一緒に創りあっている感じはあまりしなかった」、「相手の力や動きを感じることはできたが、創り合えなかった」といったコメントが得られた。

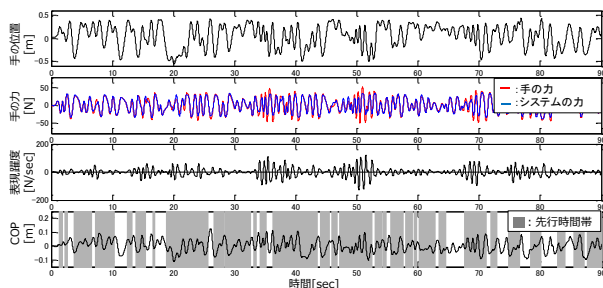


図6 実験結果

Fig.6 Result of examines

3. 疑似信号を用いた手合わせ表現システム

前述のシステムでは、体験者のコメントより、過去の表現の運動の再生であるため、新たな表現を創り出す手法としては不十分なものであったと推察される。そこで、別の手法として、表現中の手の動きの信号から、この信号に対して先行あるいは後行の制御が可能な疑似 COP 信号を生成することを構想した。そして、この疑似 COP 信号を、1 人手合わせ表現システムに適用することで、共創的な気づきを促すことを試みた。

3.1 疑似信号の生成手法の検討

手の動きの信号から先行する疑似 COP 信号を構築する際、手合わせ表現における手の動きの信号の周期性や再現性が低いことが問題となる。この問題を解決するために、手の動きの波形を振幅が変化しながら回転する振動子の写像と見なし、位相平面における位相を取り出し、この位相を制御することで、手の動きに対して位相的に先行する疑似 COP 信号を構築する手法を考案した (図7)。

具体的には、手合わせ表現中に見られる 10[Hz]以下の周波数をもつ信号に対してヒルベルト変換を行うこととした。この際、手の動きの位置の信号をヒルベルト変換すると、図8 (a) に示すように、赤丸で示す局所的な凹凸において、位相信号の変動が小さくなるという問題が起きることが分かった。そこで、手の位置の信号の微分値を取り、速度化を行うことにした。その結果、図8 (b) に示すように、上記の問題が解決できることを確認した。

また、本手法を用いて、これまで離散的に算出していた先行時間帯と、今回求めた位相的な関係に基づく先行時間帯について比較を行った (図9)。その結果、従来の離散的に算出した先行時間帯である灰色部分と、今回の手法で連続的に算出した先行時間帯である緑色部分の分布は、ほぼ合致しており、位相によって手の動きと COP の関係を捉えることが可能であることが確認できた。

$$S(t) = I(t) + jQ(t) \quad \left(\begin{array}{l} I(t): \text{同相信号 (観測信号)} \\ Q(t): \text{解析信号 (ヒルベルト変換によって算出)} \end{array} \right)$$

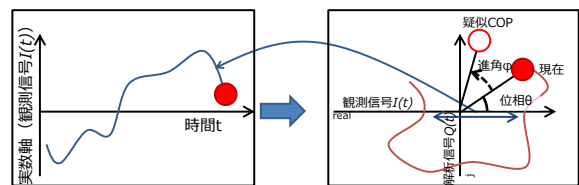


図7 疑似信号の生成手法

Fig.7 Method of making a pseudo signal

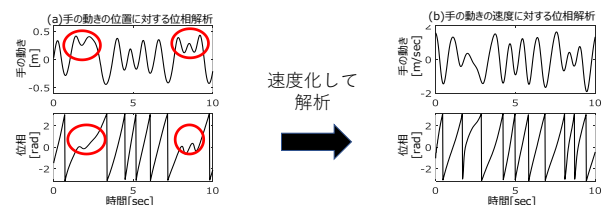


図8 速度化による位相解析

Fig.8 Phase analysis by velocity

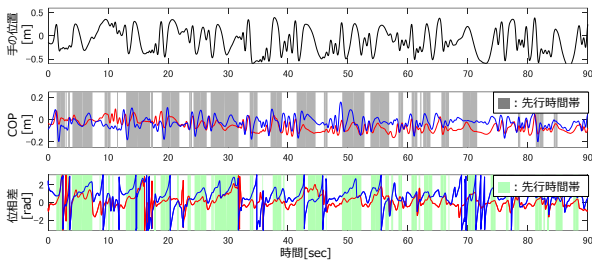


図9 先行時間と位相差の関係

Fig.9 Relation between lead time and phase difference

3.2 リアルタイム処理システムの設計

以上の結果を踏まえて、ヒルベルト変換を用いてリアルタイムに疑似 COP 信号を生成するシステムの開発を行う。設計要件は以下のとおりである。

1. 手の動きに対して、位相的に先行・後行する信号を生成し、その位相差から力の呈示を行えること
2. 十分なリアルタイム性を確保しつつ、高精度な位相・振幅の計測が可能であること
3. システム内での遅れや通信遅れのある環境でも、位相的に進角することで、時間遅れを取り戻せること
また、要求諸元を以下のとおりとした。

1. 信号から $\pm\pi/2$ [rad]以上の位相の制御を行えること
2. 0.1[sec]以内に位相の検出・制御が可能であること
3. 計測後に再構築した信号と、リアルタイムに再構築した信号との相互相関係数が 0.6 以上を示すこと

以上をもとに、疑似 COP 信号を構築する上で、以下の6つのプロセスからなる制御システムを構築した(図10)。

まず、前述のように、手の位置の信号を微分し、速度化を行う。次に、ヒルベルト変換をかけるためには、少なくとも2点以上の軌跡が必要なため、バッファを用いて切り出しを行う。特に今回は連続的に信号を切り出すために、リングバッファを用いることとした。さらに、リングバッファによって切り出された計測信号 $I(t)$ に対して、ヒルベルト変換を用いて、解析信号 $Q(t)$ を算出する。そして、これらの信号をもとに、位相 $\theta(t)$ ・振幅 $A(t)$ の算出を行う。さらには、計測された位相 $\theta(t)$ に対して、どれだけ先行・後行させるか (ϕ [rad]) を位相的に加減することによって制御を行う。最後に、進角・遅角処理した位相 $\theta(t) + \phi$ と、振幅 $A(t)$ との正弦で復調することによって、信号を構築する。ここで、正弦を用いるのは、手の動きの信号を微分していることから、 $\pi/2$ [rad]進んで算出された位相に対し、補償するためである。

ここで、リアルタイムでの処理に際し、切り出すリングバッファのサイズと位相解析を行う取り出し位置についての最適化を行う。その手法として、計測データに対してヒルベルト変換を行って算出した位相・振幅と、リアルタイムシステムを用いて計測した位相・振幅とを相互相関により比較することで、最適なサイズと取り出し位置を探ることとした。その際、今回は、バッファサイズ $10^1 \sim 10^4$ 、取り出し位置 $2 \times 10^0 \sim 2 \times 10^3$ で対数軸の格子

点において評価を行った(図11)。

評価試験の結果を図12に示す。位相における取り出し位置については、対角線上に高相関領域が存在することから、バッファサイズの中央付近が適当であることが確認できた。振幅については広く高相関領域が分布している様子が分かる。ずれ時間については、取り出し位置に依存して増加傾向にあることが分かった。

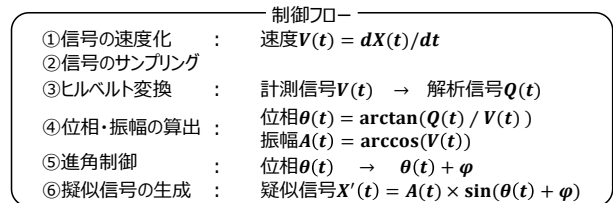


図10 システムフロー

Fig.10 System flow

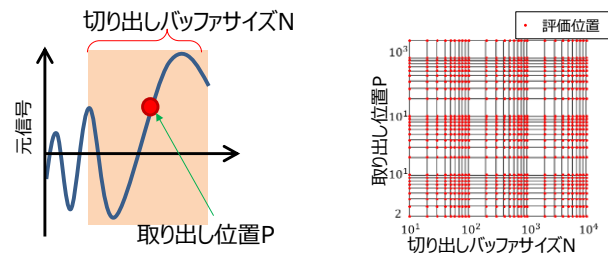


図11 リアルタイム制御のための最適化手法

Fig.11 Optimization for real-time control

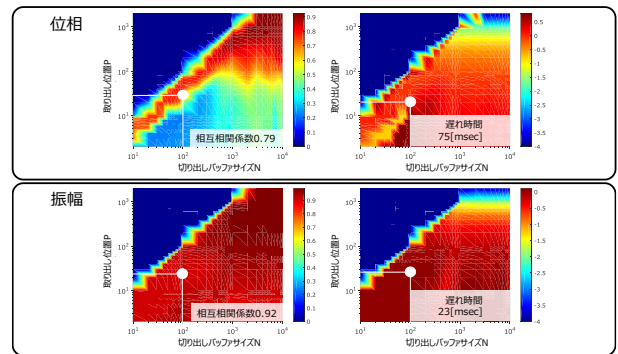


図12 性能試験の結果

Fig.12 Result of Performance test

以上から、取り出し位置をバッファサイズの中央とする。しかし、バッファサイズを増加させると遅れ時間も比例して大きくなるため、これらのバランス点を取り、バッファサイズ 100、取り出し位置 50 で本システムを使用することにした。この条件において、計測後に再構築した信号と、リアルタイムに再構築した信号の相互相関係数は、位相に対しては 0.79、振幅に対しては 0.92 であった。このシステムへの入力信号と、位相ずれ無しで再構築した信号を図13(a)に示す。同図より、時間遅れが 0.1[msec]の範囲内収まっていることが確認できた。

図13(b)(c)に、本システムを用いて位相の進角・遅角を行った場合の波形を示す。進角・遅角を行っていくと、波形の振幅が小さくなる現象が見られている。こ

れは、振幅に対して処理を加えないのに対し、位相に対しては処理を加えており、その補償がされていないためである。そこで、本研究においては、実験する際に、進角に合わせて疑似信号にかかるゲインを調整することとする。

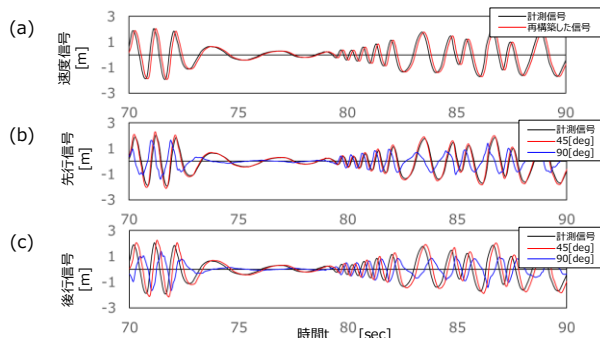


図 13 再構築した信号と先行・後行させた信号

Fig.13 Reconstructed, Advancing and Delaying signal

3.3 手合わせ表現システムへの実装

上記で開発した疑似 COP 信号を生成するリアルタイムシステムを、従来の一人手合わせ表現システムに組み込み、自身の COP の代わりにシステム側で生成した疑似 COP 信号を用いた力呈示を行った。実験を行う際、どれだけ進角・遅角させるのが重要となる。そこで、熟練者による従来の一人手合わせ表現における手の動きと COP との位相関係を調べた。その結果、手の動きに対して、 $-\pi/3$ [rad]から $2\pi/3$ [rad]の間で多様に COP が先行・後行の関係をつくっていることが分かった (図 14)。

今回は手始めとして、現在の位相に対し、 $-\pi/3$ [rad]から $2\pi/3$ [rad]の範囲で、一様分布をとる乱数を用いた進角制御を行うこととした。進角を切り替えるタイミングとして、手の動きが極値に達した時に乱数を生成し、次の極値に移行するまでその進角を維持するものとした。本システムを用いて、初心者に対して実験を行った結果を図 15 に示す。同図より、COP の動きから身体全体で表現が行われていることや、手の動きに対して COP が無意識のうちに先行して動いていることがわかる。また、体験者から、「能動性のある相手だった」、「子どもっぽかった」、「気まぐれな動きをする人を感じた」といったコメントが得られた。

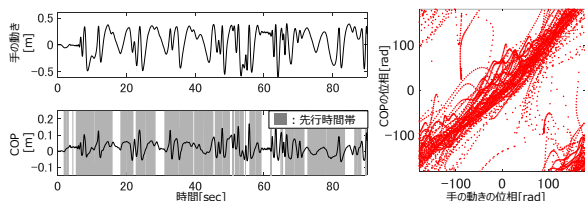


図 14 熟練者の手の動きと COP の関係

Fig.14 Relation between hand movement and COP of Facilitator

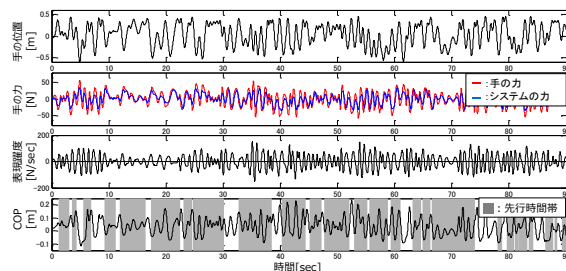


図 15 実験結果

Fig.15 Result of examines

4. まとめ

本研究は、手合わせ表現熟練者の表現データに着目し、これを一人手合わせ表現システムに取り入れることで、システムとのあいだで初心者に共創的な気づきを生み出し、表現的関係性の深化を促していくためのデザイン手法について検討した。具体的には、表現躍度に着目し、熟練者同士の手合わせ表現における力の差をシステムが再現するシステムと、手の動きに対する身体全体の動きの先行性に着目し、自身の手の動きに先行する疑似信号を自動的に生成し、これを自身の内の他者とみなすことで手合わせ表現を行うシステムを開発し、二三の実験を行った。今後は、後者のシステムにおける進角の制御手法について検討し、自己の内から共創表現を引き出すファシリテーション技術としての可能性について明らかにしていく予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、早稲田大学助教の板井志郎博士から貴重な意見を頂いた。加えて早大理工学研究所プロジェクト研究「共感的な場の創出原理とそのコミュニケーション技術への応用」の支援を受けた。ここに謝意を表する。

参考文献

- [1] 西洋子：出会いと共振－「共振する身体」から「共振する生命」へ，死生学年報，東洋英和女学院大学死生学研究所編，リトン，pp.87-108, (2012)
- [2] Y. Miwa, S. Itai, T. Watanabe, H. Nishi: Generation Dynamics of Sympathetic Embodied Awareness in Hand Contact Improvisation, Proceedings of IASDR 2013 - 5th International Congress of International Association of Societies of Design Research, pp.5558-5566,(2013)
- [3] 三輪敬之：共創表現とコミュニカビリティ支援，計測と制御，51 巻，pp.1016-1022 (2012).
- [4] 三輪敬之，高橋卓人，林龍太郎，西洋子：インクルーシブセンス 手合わせ表現における力性を手がかりに，LIFE2016 講演会論文集,pp.217-218(2016)
- [5] 林 龍太郎，三輪敬之，西洋子，岩成大河，高橋卓人：場のファシリテーション技術に関する研究 ～一人手合わせによる表現深化過程の計測と卓上型デバイスの開発～，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015，pp.849-852, (2015)