

博士論文審査報告書

論 文 題 目

身体性の拡張に着目した
創出的コミュニケーション支援に関する研究

Study on Creative Communication Support
Focused on Expansion of Embodiment

申 請 者

渡辺	貴文
Takabumi	WATANABE

--

情報メディア・ネットワーク技術の急速な進歩は、コミュニケーションにおける空間的、時間的な制約から人々を解放し、より多くの人々がつながりあう可能性を切り開いてきた。とくに、最近では、言語的な情報に加え、表情やジェスチャーなどの身体的な情報を離れた空間で送りあうモバイル通信機器が普及しつつある。しかしその一方で、生活の現場における身体を介した多様な出会いや、関係を深化させるコミュニケーションが人々の間から失われつつある。その背景として、現行の情報メディア技術の多くが現場における身体の働きを表現できていないことが挙げられる。この身体の働きは自身の存在と切っても切れないものであるが、この働きによって、現場の状況をつかんだり、道具を身体の一部のように感じたり、他者と一体になるようなつながり感が創出したりすると考えられる。このような身体の働きを本論文では“身体性”と呼んでいる。したがって、もしもこのような身体性を離れた場所までに拡張することができれば、異なる現場にまで身体がつながるような感覚や、異なる現場間にいる人々の間に一体感や共存在感が創出されることが期待できよう。以上を踏まえ、本論文では、離れた現場への身体性拡張と、離れた現場にいる他者への身体性拡張に関する 2 つの研究を行い、創出的なコミュニケーションを遠隔地間で技術的に支援する手法を提案している。前者については、自身の身体と非分離な影に着目し、道具の影をバーチャルに提示することによって、バーチャルな道具を介して遠隔の映像空間に身体性を拡張し、指示行為を実現するシステムの開発に成功している。後者については、手のひらと手のひらを触れ合わせて身体表現を即興的に創りあう“手合わせ表現”に着目し、これを離れた場所間で実現するために必要な設計要件を身体性の拡張という視点から研究することにより、離れた現場にいる他者と状況的な意味を共有して、身体表現を即興的に共創出することが可能なコミュニケーションシステムを提案し、そのプロトタイプの開発に成功している。

本論文は 7 章から構成されている。以下、各章ごとの概要と評価を述べる。

第 1 章では、現行の情報メディア・ネットワーク技術の問題点を明らかにし、身体性を取り込んだ創出的コミュニケーション技術の意義と必要性について述べている。そして、身体性に関するこれまでの研究を整理し、本論文を位置づけるとともに、離れた現場や他者に身体性を拡張するための研究手法について説明している。

続く、第 2 章と 3 章では、道具のバーチャルな影を介して、自身の現場と離れた現場を切り離すことなく、離れた現場にある個物を指示することが可能な身体性の拡張技術について述べている。まず、第 2 章では、バーチャルな道具の影に対しても、実体の道具の影と同様に身体性が生じるのかどうかを調べている。具体的には、バーチャルな指示棒の影を自身がつかんでいる実体の指示棒のリアルな影に整合的に接合し、テーブル上に提示できるシステムを投影型拡張現実技術により実現している。そして、このシステムを用いて、バーチャルな影をリアル影に連続的に提示した場合と、非連続に提示した場合の身体性の違いを主観的、客観的に評価している。とくに、後者では、指示棒に対する視覚刺激と触覚刺激の干渉現象（Cross-modal interference）に着目した評価手法を導入し、視覚刺激

と触覚刺激を関係づけるのに必要な時間の違いから身体性の強さを論じている。その結果、実体の道具に対するのと同様な身体性の創出には、道具のバーチャルな影をリアルな影と身体から連続させて提示する必要があるという重要な知見を見出している。

第 3 章では、前章の結果をふまえ、指示棒のバーチャルな影を提示することによって、離れた現場にまで身体性を拡張できるかどうかを調べている。バーチャルな影を手を持ったリアルな指示棒の影から遠隔の映像空間にまで、分断されることなく提示することを実現するために、テーブル接合型の空間共有手法を提案し、そのシステム化に成功している。これにより、バーチャルな指示棒の影が離れた相手の映像空間にまで、自身の身体行為を伴って伸びていくことを双方向ではじめて実現している。そして、相手のテーブル上にある個物を様々に指示する実験を行い、指示棒のバーチャルな影による身体性の拡張について調べている。その結果、影を介して、相手のテーブル上にある個物に触れている感覚が創出されることを見出し、道具のバーチャルな影を提示する本手法によって、離れた現場にまで身体性を拡張できることを明らかにしている。

以下に続く、第 4 章から 6 章では、離れた現場にいる他者にまで身体性を拡張し、自他間での創出的なコミュニケーションを実現するための技術を“手合わせ表現”に着目して研究している。手合わせ表現では、手のひらで相手の思いを受けとめつつ、共に表現を創りあっていくことで、共存在感や一体感が創出されることが実践的な活動において確認されている。しかしながら、身体性が表現の創出にどう関わっているのかは分かっていない。そのため、第 4 章では、手合わせ表現における身体性に着目した身体動作計測システムの開発を行っている。本システムでは手の動きを前後 1 自由度に制限しているが、このような制限下でも表現の創出には支障がないことを熟練者による実践と主観調査から確認している。そして、表現の共創を身体性と関連づけて明らかにするために、他者との接点である手のひらの動作だけでなく、身体全体の床反力中心(COP)の計測を可能にしている。これは身体性には二種類の異なる働きが存在するのではないかという考えに基づくものである。加えて、本システムは手の動きに伴う腕部の筋電図の同時計測も可能である。

第 5 章では、手合わせ表現における受動と能動の関係性を調べるために、リード・フォロの役割を固定した条件と役割を固定しない条件で、手合わせ表現の前後動作時における筋電図を計測し、両者を比較している。その結果、役割を固定しない場合は、受動と能動といった二項対立的なインタラクションでは説明できない関係が創出される傾向にあることを明らかにしている。これを受けて次に、手のひらの動作とは質の異なる、意識に上らない COP の変化に着目した計測を行っている。その結果、手合わせ表現において共存在感や一体感が生まれる場合には、各人の COP の動きが合わせた手のひらの動きに対して時間的に先行するのみならず、それが双方で一致して繰り返し起こるという極めて重要な事実を発見している。このことは、手合わせ表現では意識に上る手のひらの動きと、意識に上らない身体全体の動きとの間に時間的な関係性が創出し、その関係そのものが他者との間で関係しあうような二重の働きを身体性が担っていることを示唆するものであ

る。さらに、手の動きにおける振幅や周期の時系列において数秒から 10 数秒程度の周期性をもつ変動パターンが現れることも併せて発見し、このパターンの有無によって身体性の拡張を評価できる可能性があるとしている。

第 6 章では、前章までに得られた知見をもとに、離れた他者との間で手合わせ表現を実現する装置の開発を行い、創出的コミュニケーションの支援手法について述べている。先ず、位置・力並列型のバイラテラル制御により、グリップの位置と力を遠隔地間で同期させるシステムを開発し、このような手の動きのみに着目した方法では身体性が拡張されないことを明らかにしている。次に、この問題を解決するために、時間的に先行する COP 情報を手の動作情報に付加して、これを相手と自身の双方に伝え合う新しい制御手法を考案し、システムに実装している。その結果、離れた場所間においても、同じ場所での手合わせ表現と同様に、互いの手の動きに対して COP が双方共に先行する時間的關係が生成することや、手合わせ表現固有の周期変動パターンが形成されることを見出している。

第 7 章では、本論文で得られた主要な成果をまとめるとともに、今後の課題と展望について述べている。

以上要するに、本論文では、道具との一体感や他者との共存在感を生み出す身体の働き（身体性）を離れた場所や他者にまで拡張することを構想し、それに必要な設計手法や要件を身体性と関連付けて研究することによって、空間を共有して個物を指示しあったり、他者と身体表現を共に創りあったりできるコミュニケーションシステムの開発に成功している。一つは、身体や個物と非分離な影の働きに着目し、リアルな道具の影とバーチャルな影を統合することによって、身体性が映像空間のなかにまで拡張されることを見出している。もう一つは、手合わせ表現における身体性が、手のひらの動きに先行する身体全体の動きと関係があることを発見し、この時間的な関係性をシステムに取り込むことで、離れた他者にまで身体性を拡張できることを見出している。これらはいずれも意識に上らない身体の働きそのものを非明示的に引き出している点において、システムデザインとしての大きな特徴があり、現行の遠隔コミュニケーションの幅を広げることが十分に期待できる。したがって、本研究で得られた成果は、ヒューマンインタフェースやコミュニケーション支援、さらには認知科学に関わる学問分野の発展に大きく貢献するものである。よって、博士（工学）の論文として価値あるものと認める。

2014 年 2 月

（主査）	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	三輪敬之
	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	山川 宏
	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	菅野重樹
	早稲田大学教授	博士(工学) 早稲田大学	宮下朋之
	早稲田大学准教授	博士(工学) 早稲田大学	上杉 繁