

安心を生み出す「場」のデザイン

*

上杉 繁¹⁾

三輪 敬之²⁾

Design of “Ba” Creating a Secure Feeling

Shigeru Wesugi

Yoshiyuki Miwa

Key Words: Human-machine-interface, Safety / Ba, Actuality, Tool ㊟

1. はじめに

自身が運転する自動車が狭い道で他の自動車とすれ違ったり、駐車場にすんなりと収まったときなど、車の幅を身体の一部のように感じることや、自動車を自分の身体の延長として操作するなどの感覚を、一般に経験したことがあるだろう。自動車と運転者の身体との一体感や拡張感は、そもそものような関係のときに創出するのか、あるいはどのような訓練や経験をすればこうした感覚が創出するのかという問いへの答えが明らかになれば、自動車事故の軽減や、高齢者の運転支援など、自動車を安心して運転するという問題に貢献できると考えられる。

本稿では、このような問題に関係し、人工物である道具と身体との一体感や拡張感といった非分離な関係を取り上げる。特にここでとりあげる道具としては、実際に自身の手で操作可能なハサミやペンなどの物理的な実体を有する道具や、ビデオゲームにおける映像のキャラクタなども道具として含めることにする。そして、道具と身体の関係において、大きく2つのはたらきを考えることができる。

1 つめは、例えばハンマーを持つことで素手では打ち付けることができない釘を打ち付けることや、ピンセットを使用することで素手ではつまむことが困難な小さなものを扱うことなどの、対象に応じて自身の身体の動きを増幅したり、適応化させたりする、いわゆる身体行為の機能の支援である。

2 つめは、例えば外科医がメスを利用している時にはメスが自身の手の一部分になっていることや、盲人が杖を利用して歩いている時には、杖の先にまで身体が拡張していると言われているように⁽¹⁾、道具へ自身の身体が拡張したり、道具と身体とが一体になったりするような、身体内部における自身と道具との関係である。冒頭に記述した車幅感覚や、ゲーム内で操作しているキャラクタの動きに合わせて、思いがけずに自身の身体も動いてしまったりする経験はこちらのはたらきに関係するだろう。

前者の、身体行為の機能的な支援という視点からはこれまで

で数多くの道具が考案され、道具のデザインや利用しやすさという観点から、例えばエルゴノミクスデザインと呼ばれる手法や、ユーザビリティといった評価方法なども検討されてきた。一方、後者の身体内部における道具との関係性については、それと比較して発展途上の研究領域である。

本稿では後者のはたらきに着目し、脳科学や認知科学の分野におけるいくつかの研究事例を紹介するとともに、身体が道具と一体化したり、道具へと拡張したりする、著者が先に考案したインタフェースの研究についても紹介する。最後に、こうしたインタフェースをデザインするための研究指針についても検討する。

2. 身体と道具の関係

身体と道具との一体感や拡張感に関し、使用者が自身の身体で直接操作する道具と身体との関係について、そして自身の身体を反映している映像などの表現としての道具と身体との関係について、いくつかの研究事例を以下に紹介する。

まずは身体と、直接操作する道具に関する研究であるが、入来らは、熊手を利用して餌を引き寄せることを訓練した猿の脳の活動部位を計測している。このとき彼らは、体性感覚情報と、視覚情報の両者の入力情報を統合する箇所を計測し、この活動領域が熊手を操作した後では、熊手の形状に沿って拡大することを明らかにした⁽²⁾。さらに、道具の使用中止後や、単に道具に触れているだけの場合にはこのような変化が起きないことも示した。

また人間においては、右脳の損傷によって生じる交叉感覚種消去 (cross-modal extinction) という症状に着目した実験が報告されている⁽³⁾。この症状は、例えば右手近傍に光などの視覚刺激を提示し、同時に左手に触覚刺激を提示したときには、左手の触覚刺激に対して刺激がないものと無視してしまう現象である。この被験者が右手で熊手状の道具を使用し、その直後に道具の先端に光刺激を与えると左手の触覚刺激を無視し、道具を使用しない状況で同様の刺激を与えた場合には、触覚刺激に反応することを報告した。すなわち、道具使用によって手の近傍に光刺激を与えたときと同様の反応が生じることを示した。

*2008年05月23日自動車技術会春季学術講演会において発表。

1)・2) 早稲田大学(169-8555 新宿区大久保 3-4-1)

{wesugi, miwa} @waseda.jp

あるいは健常者を対象にした研究⁽⁴⁾では、両手に熊手状の道具を持った実験を行っている。道具使用直後に、両道具の先端部上下のいずれかから光刺激を与え、それと同時に握り手の上下2箇所いずれかに触覚刺激を与える。そして、この道具をまっすぐ持ったときと、交差させて持ったときにおいて、光刺激による触覚刺激の上下の判別の影響を計測する。このとき、道具を操作している側の手において、触刺激の反応が有意に変化することを実験的に明らかにした。

以上に示したように、道具使用の影響によって、視覚・触覚刺激の統合において身体近傍への刺激付与時と同様の反応が脳活動や実験において観察されたことは、道具と身体との一体化や拡張に関わる現象を実験的に明らかにしたものといえよう。

次に、自身の身体と表現としての道具に関するいくつかの研究事例を紹介する。まずは、先に述べた入来らは、テーブル上に置いたサル自身の手や腕をボードによって隠し、目の前のモニターに映し出したビデオ映像の自身の手の大きさを変化させるなどの実験を行った⁽²⁾。このとき、実際の手や道具を使って餌を引き寄せることに対応して、映像中の手や道具に沿って脳内の活動部位が変化することを報告している。

また人間においては、Rubber Hand Illusion と呼ばれる実験が報告されている⁽⁵⁾。テーブルの上に被験者は両手を置き、片手を見えないように衝立で隠す。そして、隠された片手と同じ側のゴム製の手を自身の前に置き、見えない片手とゴム製の手の実験者が同時に筆で触る。このとき、そのゴム製の手が自身の手のように感じる錯覚が生じる。この実験の様々な追試が行われ、例えばより長いゴム製の手に対しても同じような錯覚が生じることや⁽⁶⁾、異なる形状の木製の棒では錯覚が生じにくいこと⁽⁷⁾、ゴム製の手を向きを実際の手とずらすと錯覚が生じにくいこと⁽⁷⁾などが報告されている。さらには、ゴム製の手ではなく、映像の手を利用した実験もいくつか試みられており、同様の錯覚の創出を報告している⁽⁸⁾。

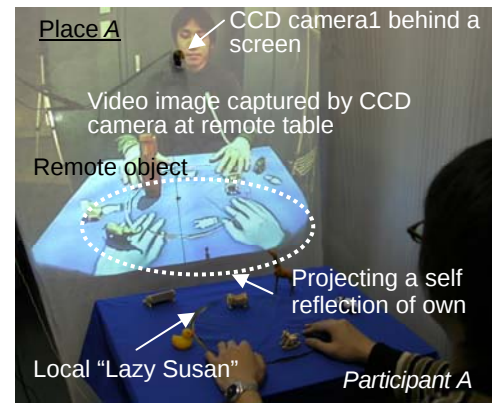
その他には、身体の影響による影響を調査した研究⁽⁹⁾もあげられる。実験方法としては、道具使用の影響の研究⁽⁴⁾と同様に、視覚・触覚統合の影響を調査している。すなわち、被験者の片手の影の2箇所からは光刺激を与え、それに対応する実際の手2箇所には触覚刺激を与えて、触覚刺激の判別を評価する。その結果、手の影の有無によって手の触覚刺激の判別に有意に影響が出ることが報告された。

以上に示すように、身体外部の視覚的表現と身体との関係に対して、映像や模型の身体への刺激を自身の身体感覚と同様に処理したり、錯覚的に感じたりすることが明らかになっている。

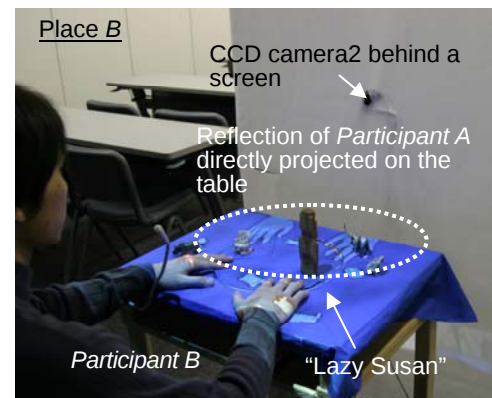
3. 身体的インタフェースとしての道具

3.1. 空間共有テーブルシステム

著者らは身体と道具の一体感や拡張感という問題に対して、



(a) Displaying a video space including self reflection in front of a table



(b) Projecting a reflection of a remote partner on a local table

Fig.1 Video projection “Lazy Susan” communication system in use between remote places

遠隔コミュニケーション支援というテーマの中で研究を進めてきたが、本稿では2つの研究事例を紹介する。

1つめは、図1に示す空間共有テーブルシステムである⁽¹⁰⁾。一方の場所においては、自身のテーブル上でのインタラクションの状況を、相手の空間の映像の中に合成し、それを正面のスクリーンに投影する（図1(a)）。もう一方の場所においては、自身のテーブル上に直接相手の空間のインタラクションの状況を投影する（図1(b)）。同時に、それぞれの場所において実体のディスクを操作することが可能であり、そのディスクを操作することで相手の空間のディスクもその動きと一致するように回転させることが可能である。このとき、両者が反対方向にディスクを回転させようとする、双方のディスクの回転角度の差に比例した反力が生じる。

このシステムを利用して、ディスクを操作し合いながら対話をしたり、積み木を利用した共同作業をするなどのコミュニケーション実験を行った。具体的には、従来の表現手法として映像のみを投影する表現や、実体のディスクのみを操作する表現、そして本システムの表現を実験条件として比較実験を行った。

その結果、自身が相手の空間に参加する側の表現では（図

1 (a) , 相手の映像空間に居合わせる感覚や、相手の映像空間の個物の存在感が、本表現手法の方が従来の表現手法に対して有意に強まることを明らかにした。同時に、相手が自身の場所に参加してくる側の表現では (図 1 (b)) , 相手が自身の場所に居合わせる感覚や、相手の個物の存在感も同様に有意に強まることを示した。そして、離れた相手の存在感やつながり感が強まることを明らかにした。

なお、実験中に撮影した映像を分析したところ、映像中の個物が倒れようと思うと手を出してしまうことや、自身の方へ個物が倒れてくると避けるなどの行為が観察された。このことは、相手の空間に自身が居合わせているかのような感覚、すなわち離れた空間へ道具を介して身体が拡張していることに対応する現象が生じていることを示唆している。

以上のシステムは、道具の使用により、身体のはたらきを離れた空間にまで拡張することで存在感を強めるコミュニケーションを支援できる可能性を示している。

3.2. 仮想道具インタフェースシステム

2 つめは、遠隔の異なる空間を双方で接続し、3 次元的な指示行為を支援するための、図 2 に示す仮想道具インタフェースシステムである⁽¹¹⁾。双方のテーブルが 1 つのテーブルであるかのように対面スクリーンを斜めに設置して視覚的に接合し、双方の参加者がテーブルを挟んで対面しているような表現を実現した。そして、接合されたテーブル上において自身が把持した実体の棒の影に、コンピューターで生成した仮想影を棒の影と視覚的に連続するように、ビデオプロジェクタによって上方から投影表現するシステムを開発した。

一方の被験者がテーブル上の特定の位置を指し示し、離れた場所の被験者がその場所を特定する実験を行った結果、相手の空間の個物を固定視点ではあるが 3 次元的に見えること、映像の棒をテーブル上の個物に投影することで高さ方向も含めた指示が可能であることなどを明らかにした。

さらに、投影する道具の表現として、仮想的な影の表現と、枠で示した表現、さらには先端のみのポインター表現を実装し、その比較実験も行った。その結果、仮想的な影の表現により、実体の道具とテーブル上に投影される映像の道具との

幾何的な分離に対する違和感を減少するだけでなく、仮想道具インタフェースと操作者の身体とのつながりが強まる可能性も見出した。

以上のシステムは、自身が操作する道具をそのまま連続的に相手の映像空間にまで伸長させることで、あたかも手を伸ばしているかのように離れた場所とのインタラクションが可能であることを示している。

また、このような仮想道具の使用による身体感覚の拡張の評価手法については、2 章で示したような、視覚・触覚刺激統合の影響から判断するような実験も行っている⁽¹²⁾。

4. Actual Interface Design

身体が道具と一体化したり、拡張したりする、身体と道具との非分離的なはたらきの問題について考察する。

自動車を運転しているときに前の自動車との距離感がつかめないこと、対面している相手との間合いやタイミングが取れないことなどの、間 (ま) に関わる問題を、統合失調症の一部の症状や、離人神経症と呼ばれている症状の患者が報告している⁽¹³⁾。木村はこうした症状の特徴を、Reality (実在性) は維持されているが、Actuality (現実性) は欠如していると説明している⁽¹³⁾。すなわち、対話相手や身の回りの個物が存在しているということ、Reality は理解できるものの、その場において自身がそれらに関わっているという感覚、つまり Actuality は欠いているという状態である。

身体が存在している現場においてその都度創出しているような、自身の身体をその空間に関係づける身体のはたらきとは、まさにこのような Actuality のことであり、コミュニケーションにおける相手との間合いを生成したり、相手に共感したりなどの重要なはたらきを支えている。道具を使用するとき感じるような、身体との一体感や拡張感はこのようなはたらきに関係していると著者らは考えている。

ポラニーは、道具と身体の関係について、杖が手に与える衝撃が、杖の先で物を触れているときの感覚へと変化するという、意味のある感覚への変化の過程であると指摘している⁽¹⁴⁾。使用している道具の周辺領域において、単なる物理刺激が意味のある情報としてその質が変換していることは、その刺激の差異を扱うことが可能になったという点で、道具使用という行為によって知覚が細分化されていると考えられる。これによって、道具の先の個物や現場と身体との新たなつながりが創出されたと考えることができよう。そこで身体が存在している現場においてその都度創出しているような、自身の身体をその空間やそこに存在する個物と行為的に関係づける身体のはたらきをサポートする技術、およびその設計に関わる包括的なデザインを、著者らは “Actual Interface Design” と名づけることにした⁽¹⁵⁾。

このような知覚の細分化が生じる状況は、行為可能な領域において生じる⁽¹⁶⁾ということを踏まえると、“Actual Interface

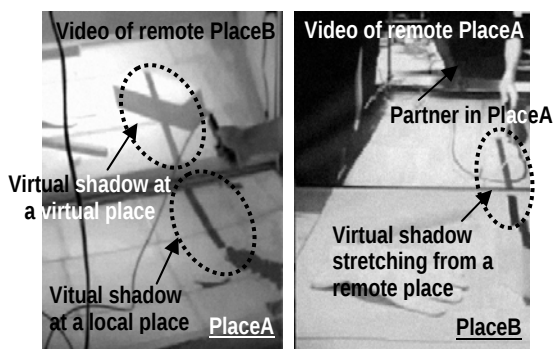


Fig.2 A scene of a virtual tool stretching toward a remote place

Design”の意義は、身体行為の可能性の領域を広げることにあると著者らは考えている。

5. おわりに

本稿の冒頭で自動車と身体の非分離性の問題は、自動車を安心して運転するという問題に関係するだろうと述べたが、最後にこの問題について少し検討する。

自動車と身体の関係を考える上で、自動車の歴史のみならず、そもそもの道具の起源や原型を検討することは、何らかの示唆を与えるものと期待してもよいだろう。例えば、榮久庵は棒系と器系という2系統の道具の原型を提案している⁽¹⁷⁾。棒系は、棍棒をはじめとし、槍や刃物、箸などが含まれる。つまり、外部の対象物を何らかの形で加工する、あるいは操作するというはたらきに関係するものと考えられる。一方で器系は、土器、壺、茶碗、さらには家屋などが該当する。すなわち、その内部に対象物を受け入れ、保持や熟成させるのはたらきに関係するものと考えられる。そして、榮久庵は自動車とはどちらの系列に属するものかと問い、人を容れる点では走る器である一方で、高速で短時間に移動する点ではむしろ棒系のはたらきであると指摘している。この問題提起を本稿の内容に関連させて考えてみる。安心して運転するという問題は、道具への身体の一体化や拡張といった非分離的なはたらきの観点からは、道具における棒系のはたらきに関わっているといえないだろうか。一方で、器系のはたらきから考えたときに、自動車における安心という問題をどのように位置づけることができるかは興味深い問いである。

参 考 文 献

- (1) 市川：「身」の構造—身体論を超えて；講談社学術文庫(1993)
- (2) 入来：〈神経心理学コレクション〉Homo faber 道具を使うサル；医学書院(2004)
- (3) Farne, A., Ladavas, E.: Dynamic size-change of hand peripersonal space following tool use; *Neuroreport*, 11 (8), pp.1645-1649 (2000)
- (4) Maravita, A., Iriki, A.: Tools for the body (schema); *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.8, Iss.2, pp.79-86 (2004)
- (5) Botvinick, M., Cohen, J.: Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see; *Nature*, 391, 756 (1998)
- (6) Armel, K.C., Ramachandran, V.S.: Projecting sensations to external objects: Evidence from skin conductance response; *Proc. of the Royal Society of London, Biological*, 270, pp.1499-1506 (2003)
- (7) Tsakiris, M., Haggard, P.: The rubber hand illusion revisited: visuotactile integration and self-attribution; *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 31, pp.80-91 (2005)
- (8) IJsselstein, W.A., Kort, Y.A.W. de, Haans, A.: Is this my hand I see before me? The rubber hand illusion in reality, virtual reality, and mixed reality; *Proc. of Int. Workshop on Presence*, pp.41-47

(2006)

- (9) Pavani, F., Castiello, U.: Binding personal and extrapersonal space through body shadows; *Journal of Nature Neuroscience*, Vol.7, No.1, pp.14-16 (2004)
- (10) 上杉, 三輪：身体の映像表現と実体ツールとのインタラクションによる共存在的コミュニケーションシステム；ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, Vol.6, No.3, pp.295-305 (2004)
- (11) 渡辺, 上杉, 三輪：異なる空間への指示行為が可能な仮想の影による道具インタフェースの開発; 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3919-3930 (2007)
- (12) 渡辺, 片山, 上杉, 三輪：仮想道具による身体像拡張の評価手法に関する研究; 信学技報, Vol.105, No.74, pp.47-50 (2005)
- (13) 木村, リアリティとアクチュアリティ (1997), 臨床哲学論文集, 木村敏著作集第7巻, pp.287-316 (2001)
- (14) ポラニー：暗黙知の次元 (1966); 紀伊国屋書店 (1980)
- (15) 上杉, 三輪：Actual Interface Design; 信学技報, Vol.107, No.308, pp.43-44 (2007)
- (16) 河本：哲学, 脳を揺さぶる オートポイエーシスの練習問題; 日経 BP 社 (2007)
- (17) 榮久庵：道具論; 鹿島出版 (2000)

補遺；これまでシステムの安全設計においてはセンシング技術にみられるように、設計者がシステムの外側に立って主客分離的な観点から、限定された環境のもとで機能面での性能を改善することが一般に行われてきた。そしてこのような対象認識的な方法によって、人々の安心も得られるものとされてきた。しかし、安心は人間の心の問題であり対象化できないものであるから、安全イコール安心ということにはならない。安全設計のみでは安心の必要十分条件を満足しないのである。例えば、健常者と車椅子を使用している身障者が一緒になって即興的にシナリオを創出していくインクルーシブダンスでは、車椅子が舞台上を自由に動きまわるにもかかわらず、健常者と衝突するような事故が不思議なほど起らない。これは舞台上の演者同士の間で少し先の未来の状況が共有されているためと考えられる。この自己の内面に創出される少し先の未来の状況が「場」である。そして各人の存在が共通の場にそれぞれ位置づけられることによって、間（ま）を合わせた主体的な表現が可能になる。その結果、衝突するといったカオス的な状態が回避されるのである。このことは安心の創出には、人間の身心の働きとシステムとの主客非分離性に立脚した存在論的ともいえる設計論が検討されなければならないことを示唆するものである。また、これを実現するためには、①場のセンシング、②場の表現、③場の通信、④環境との調和、などに関する工学技術が必要になる。本講演では以上のような観点も含め、自動車の安心設計について問題提起を行う予定である。