

感覚代行相互作用実験における他者の認識とコミュニケーションの生成

Recognition of Others and Emergence of Communication on Sensory-Substitutional Experiment

飯塚博幸^{*1*2}
Hiroyuki Iizuka

安藤英由樹^{*1*2}
Hideyuki Ando

前田太郎^{*1*2}
Taro Maeda

^{*1} 大阪大学大学院
Osaka University

^{*2} 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター
Center for Information and Neural Networks (CiNet),
National Institute of Information and Communications Technology

This paper discusses how the meaning can be emerged in the physical interactions. From the autopoietic systems's discussion, the duality of the first and third person perspective is embedded into the experimental semiotics. In the experiment, directional interaction is developed in the non-direction physical interaction in order to create the boundary of self and others. A dynamic construction and maintenance of the boundary between self and others would be crucial for the emergence of meaning.

1. はじめに

人と人が相互作用するときには、単なる無機質な相互作用をしているのではなく、意味を付加した豊潤な相互作用であるコミュニケーションになり得る。サールによる中国語の部屋の思考実験による意味理解に対する機能主義への批判はあるものの[Searle 80], 意味をコンピュータに実装し、人と円滑なコミュニケーションをさせるという工学的目的に対して、コンピュータ上における意味の形成が試みられてきた。意味形成の観点からは、単なる抽象的な表象の記述とその操作によって意味となす、古典的な人工知能的考えから、意味をグラウンドするには身体を通じた環境との相互作用が必要不可欠とする身体性アプローチへと変わってきている[Pfeifer 99]. 身体性から意味を形成する構成論的アプローチでは、ロボットやシミュレートされたエージェントが環境との相互作用をしながら形成される知覚運動ループの中に安定して作られるダイナミクスのある種の意味と捉える[Marocco 02, Sugita 05]. また、環境との相互作用を基礎としているため、2 者が共有している場で生じるジョイントアテンションのコミュニケーションとの関連も議論されるようになった[Robins 05, Steels 03]. しかし、身体性の考えに基づく構成論的アプローチの研究が多くなり、環境との相互作用の重要性は認識されるようになったものの、人と人が行うコミュニケーションにおける意味について理解が進んでいるとは言い難い。

そこで、本論では新たな視点を形成するためにも、他者の認識、自己の形成の観点からコミュニケーションの成立について考える。当然、他者だと認識している主体に対して人はコミュニケーションを行い、他者がいないところではコミュニケーションをしない。他者と認識するためには同時に他者ではない自己の認識をしなければならないことも意味する。自己の形成は他者の認識と相補の関係にあり、その境界の形成があつてこそ、相手と認識してコミュニケーションが成立しているといえる。つまり、物理的な相互作用が意味を形成したコミュニケーションとなり得るためには、先だつて自己の形成がある。通常の構成論的アプローチでは、確定した自己と他者を前提として、コミュニケーションは取り扱われるが、本論ではその自己の形成のプロセスとコミュニケーションについて考える。自己と他者の認識の境界が成立していない相互作用では、それは単なる 2 つのシステムの無機

質な相互作用であり、物理システムのカップリングとしてのダイナミクスでしかなくなる。次節では、初めに自己の境界についてのオートポイエシスの概念から述べ、自己の形成とコミュニケーションの実験について述べる。

2. 境界の揺らぎを許容するオートポイエシス

マトゥラナと Varela によって提案された生命の原初モデルがオートポイエシスである[Varela 79, Ikegami 08]. オートポイエシスは、境界をもった自己を維持・産出を続ける関係のネットワーク(自己)として表され、自己言及的な定義となる。境界によって一つのシステムを構成し、境界があるが故に内部の反応ネットワークを制御し、制御された反応ネットワークが構成素を生成し、境界と自己の反応ネットワークを維持する(図1)。この循環的かつ動的な関係を維持するシステムがオートポイエティックシステムと呼ばれる。この自己と他者を分かち境界は動的に維持されており、崩壊と修復を繰り返す。維持・修復ができなくなると、そのシステムは崩壊し、環境と変わりのない反応ダイナミクスに戻る。

自己と自己に属さないものの境界は、自己を形成する関係のネットワークから定義され、第3者的に与えられるものではないとする。つまり、その関係ネットワークが自己として閉じたループを形成することともに、自己に属さないものが決定されるということである。これは自己が形成されたときになって初めて、自己とそれ以外の境界ができるのであつて、あらかじめその境界は存在しないことを意味する。ここで、重要なのが自己が存在しないのであれば、そこになんら境界を区別するものはないことである。自己の区別のない環境から、自己を形成する閉じたループを形成し、自ら自己の境界を決定する自己が創発する。その境界は第3者的に決定されるものではないので、第3者から見たときに明白に自己とそれ以外を区別することができず、常に主体としての区別のない単なる環境のダイナミクスとしての観察が可能であることを意味する。この主観的な境界の決定と、区別の存在しない第3者的視点を同時に成立させる両義性がオートポイエシスの基礎となっている。

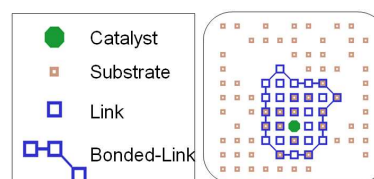


図1 オートポイエティックシステムのシミュレーション[Ikegami 08]

連絡先: 飯塚博幸, 大阪大学大学院情報科学研究科, 大阪府
吹田市山田丘 2-1, 06-6879-7830, iizuka@ist.osaka-u.ac.jp

3. 両義性を保持した感覚代行相互作用実験

感覚代行とは、本来の感覚入力器から統合されている感覚を別の感覚入力器から入力を受け、元の感覚を形成することをいう。例えば、バック・イ・リタによって行われた先駆的な感覚代行実験では、視覚を遮断し、カメラでとらえた視覚情報を腹部の触覚刺激へと変換し、運動を伴う探索後に触覚刺激から空間感覚を再構成する[Bach-y-Rita 1972]。初めは探索初期の段階では触覚刺激を触覚として感じるが、探索学習後には触覚刺激に注意が向くことなく、視覚でとらえるような空間性をもった感覚が立ち上がる。本来の感覚器以外の感覚に再構成することで、失った感覚を取り戻すリハビリ的な意義とともに、感覚研究の一つのアプローチをなしている。

この感覚代行実験と同様のアイデアでコミュニケーションを対象とし、我々が日常使う言語的なコミュニケーションを直接探究するのではなく、別の感覚・運動器を用いて、そこにコミュニケーションを再構成する試みが、実験記号論(Experimental semiotics)として、Galantucci によって進められている[Galantucci 09]。彼らの研究では、デジタイザを使って描かれたものを伝送することで相互作用する。描いたものは相手に伝送され、ディスプレイ上に表示される。文字などのシンボルの使用は実験装置によって制限されている。他の多くの描くことを用いた実験記号論の場合も、ほぼ同様に描いたものがディスプレイ上に表示される方法をとっている。

しかし、この方法の場合には、自己と他者の境界は揺らぐ、他者の認識は、他者がどこかに存在している、その他者が描いたものがディスプレイ上に表示されるという枠組みによって安定した構造となっている。このため、他者の認識が崩れることがなく、コミュニケーションに影響を及ぼさない。そこで、我々は Auvray らが提案している perceptual crossing のパラダイムを用いて、両義性を保持した実験環境を考える[Auvray 09]。被験者は簡単な運動と触覚のみ利用できる。運動としては、レール上に指をのせ1次元の空間を左右に動くことができ、相手と接触すると振動刺激を受ける。振動刺激はオンかオフの2状態しかなく、左/右から来たというような方向の情報はない(図2)。

この実験環境を従来のグラフィカルな実験記号論で用いられていた方法と比較すると、以下の点で異なる。従来法は、2者の被験者は装置で境界を分けられ、被験者がとった行動は絶対的な視点からの観察として相手側に伝えられ、常に情報の流れの方向が決まっている(被験者1運動→被験者2知覚、被験者2運動→被験者1知覚)。しかし、我々の方法では、実世界での知覚行動と同様にお互いの知覚は運動に伴ったものであり、相対的な距離がほぼ0(身体の大きさをもつ)になったときに両者ともに刺激を受ける。どちらがどちらに触るといこともなく、接触したら刺激を受けるだけである。つまり、方向性をもった触る・触られるの区別がない。これはオートポイエシスの基本概念である、境界が外から与えられれば、明示的に入力と出力は第3者的に定義可能だが、境界が揺らいでいる時には両者の関係からのみしか、入力と出力は定義しえないことと同義である。つまり、触る・触られるというのは実験の枠組みが決定しているのではなく、両者の関係からのみ決定が可能であるということである。この実験設定では、主観的には触る・触られるという意味が生成が可能であると同時に、第3者的なプロセスとしての接触としても見ることが可能である、オートポイエティックシステムでの両義性を持っている。

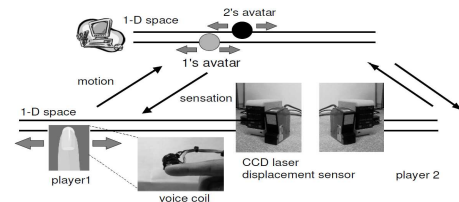


図2 実験環境

4. 自己・他者の存在感とコミュニケーション

前節の感覚代行実験装置を用いることで、人と人が相互作用をしたときに他者の認識とそのときの相互作用が実験的にどのように構成されるかを行った実験を紹介する(詳細は[飯塚 12])。実験では前節に説明した実験環境を用いて、相手が人であるかどうかのチューリングテストを行う。1 試行 30 秒間の自由な相互作用ができ、30 秒後に相手が人であったか、つまり、他者を感じたかどうかを回答する。

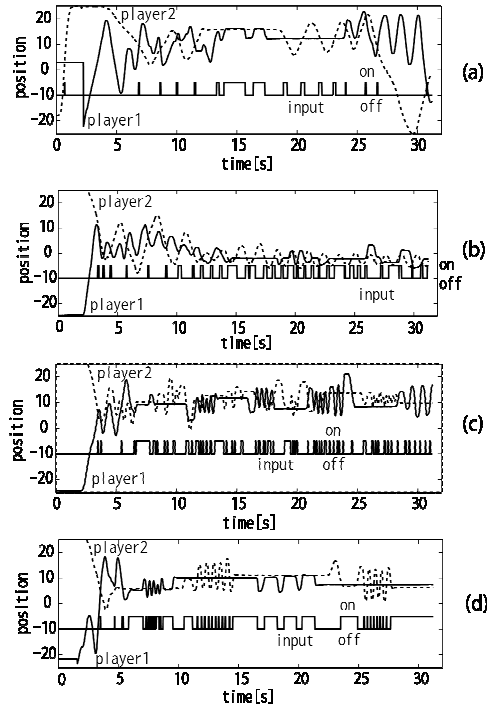


図3 人同士が相互作用しているときに 2 人も相手があると答えた時の運動パターン。横軸に時間、縦軸にそのときの各被験者(player1 実線, player2 点線)の位置を示す。また、インプットである振動刺激はオンとオフの 2 状態もグラフに示されている。(a),(b),(c) と(d) はそれぞれ通しで 13 回目, 21 回目, 41 回目, 81 回目の相互作用の結果である。

実験の結果、10 組中 4 組の被験者のペアが正しく相手の人であるかどうか判断することができるようになった。しかし、ここではタスクを達成できたかどうかよりもむしろ人のとった振る舞いに注目する。図3には繰り返し実験を行った時の被験者の振る舞いを示している。これを見ると、実験初期被験者は適当に左右に動き、相手と接触したときに入力刺激を受け取る。しかし、両者ともに、ランダムに動いているために、被験者の主観報告にもあったように、なぜ入力刺激を受けているのか、に対して、両者ともに明確な考えがない。つまり、自分が相手を追い抜いているのか、相手が自分を追い抜いているのか、相手は動いているのか、止まっているのか、すらわからない。むしろ、相手の 1 個体

としての存在感や動いているという考えが成立しない。しかし、その後、21試行目では、相手がいるあたりを振動するように動き続け、なにかオブジェクトがそのあたりに存在するようなことがわかるようになるが、この時も、両者が同時に動いているために、刺激を受ける位置はランダムになり、相手という感じはない。しかし、41回目以降では、運動は組織化され、ランダムに動くような運動が消え、動いたり、止まったりを繰り返すようになる(ターンテイキング)。この2者の共創作的なルールが成立することによって、相手がそこにいて止まっている、自分がとまっているときに相手が近辺で振動しながら触っているという、相手としての存在感が生成される。このときの主観応答でも相手がどう動いているかを振動刺激から想像することができた、といった存在感に関するものとなった。

このようにターンテイキングというルールの生成により、オンカオフの振動刺激だけにもかかわらず、相手の存在に関する認識が生起し、運動の予測が成立するようになる。また、実験初期には触る・触られるという考えすらないが、ルールを決定し、“自分”が動く、“相手”が止まっている、という感覚を持つことによって、無方向であった相互作用に対して“自分が相手を触っている”という方向性をもった相互作用、コミュニケーションへと変わる。そして役割を入れ替えることによって、この情報の流れをコントロールすることが可能となっている。

5. 議論

意味の形成はそもそも主観的に想起しているものであって、意味のある相互作用であるか、単なる物理的な相互作用なのかは、隔絶された観察者からは決定不能である。つまり、意味の形成は自己と他者を分かち境界と自己の形成とともに付随的に形成されるものであると考える。我々の実験においても、自己と他者を分かちためのターンテイキングというルールを形成することによって、相互作用に意味を伝達する方向性をもった相互作用を成立させた。また、その結果として、元々の実験課題であったチューリングテストの課題も達成することができるようになった。つまり、オートポイエティックシステムのように、境界は第3者的には存在していない場から、自己と他者の境界を動的に形成・維持し続けることによって、自然とそこにコミュニケーションが生まれることを示唆する。

コンピュータが人と相互作用をする場合、コミュニケーションを成立させるために、意味を埋め込むということにとらわれがちであるが、人との相互作用において、境界が成立していない場を想定し、その場から自己と他者の境界を生成し、それを動的に維持する必要だと考えられる。また、「私」という一人称的表現は自己の概念を伴うものであり、環境に存在する「机」や「ペン」といった意味とは異なる。コンピュータが「私」の意味を獲得するためにも、自己と他者の境界が揺らいでいる必要があると考える。ロボットやシミュレーションによる意味に関する構成論的アプローチにおいても、さらに人を用いた実験記号論においても、自他の境界を考慮すべきである。

参考文献

- [Searle 80] Searle, J.: Minds, Brains, and Programs. Behavioral and Brain Sciences 3, 417-424, 1980.
- [Pfeifer 99] Pfeifer, R., and Scheier, C.: Understanding Intelligence, Cambridge MA: MIT Press, 1999.
- [Marocco 02] Marocco, D., Cangelosi, A., and Nolfi, S.: The Role of Social and Cognitive Abilities in the Emergence of Communication: Experiments in Evolutionary Robotics. In

EPSRC/BBSRC International Workshop Biologically-Inspired Robotics Bristol, 174—181, 2002.

- [Sugita 05] Sugita, Y. and Tani, J.: Learning Semantic Combinatoricity from the Interaction between Linguistic and Behavioral Processes. Adaptive Behavior, 13(1):33—52, 2005.
- [Steels 03] Steels, L.: Evolving grounded communication for robots. Trends in Cognitive Science 7, 308–312, 2003.
- [Robins 05] Robins, B., Dickerson, P. and Dautenhahn, K.: Robots as embodied beings? Interactionally sensitive body movements in interactions among autistic children and a robot, Proc. IEEE Ro-man 2005, 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 54-59, 2005.
- [Varela 79] Varela, F.: Principles of Biological Autonomy. North-Holland, 1979.
- [Ikegami 08] Ikegami, T., Suzuki, K.: From homeostatic to homeodynamic self, BioSystems, 91(2), 388-400, 2008.
- [Bach-y-Rita 72] Back-y-Rita, P.: Brain mechanisms in sensory substitution. New York: Academic Press, 1972.
- [Galantucci 09] Galantucci, B., Experimental Semiotics: a new approach for studying communication as a form of joint action. Topics in Cognitive Science, 1(2), 393–410, 2009.
- [Auvray 09] Auvray, M., Lenay, C., and Stewart, J.: Perceptual interactions in a minimalist virtual environment. New Ideas in Psychology, 27(1), 32–47, 2009.
- [飯塚 12] 飯塚博幸, 安藤英由樹, 前田太郎: 身体的相互作用におけるコミュニケーションとターンテイキングの創発, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J95-A, No.1, 165-174, 2012.