

ロボットのシグナルを用いた相互作用から音象徴を考える

Analysis of Sound Symbolism in Artificial Communication

宇野良子^{*1} Marocco Davide^{*2} Nolfi Stefano^{*3} 池上高志^{*4}
Ryoko Uno Takashi Ikegami

^{*1} 東京農工大学 ^{*2} University of Plymouth, UK ^{*3} Natural Research Council, Italy ^{*4} 東京大学
Tokyo University of Agriculture and Technology University of Tokyo

1. はじめに

1.1 目的

本稿は、これまで自然言語の音象徴やオノマトペの研究で得られた知見に基づき、計算機上でシミュレートしたロボットのシグナルを使ったコミュニケーションについて考える。そして、更にその結果を、言語研究に生かすことを目指す。

言語使用と身体的イメージの結びつきについては、認知実験でも示されている[2]。また、とりわけ身体的イメージとの結びつきの深い言語表現がオノマトペであるという指摘がある[3]。一方で、ロボットやシミュレーションによって、言語の起源を探る研究分野（人工生命や進化言語学）では、身体的基盤のある言語の立ち現れの研究が多くなされている。そのような立場から私たちが行った計算機シミュレーションを、今回は 1.2 節で紹介するようなオノマトペのヴァリエーションの研究から見直す。

1.2 オノマトペのヴァリエーション

私たちは、これまで行った二つの言語分析からオノマトペは、感覚とそれと関連する動きを未分化のまま表現し得るのではないかと論じた。まず、新動詞「モフる」とその元となったオノマトペ「モフモフ」を比した研究[8]では、自己が外部の対象を認識するときその手の「モフモフ」とした動かし方と対象の「モフモフ」とした感覚の、オノマトペにおける切り離し難さがあり、これは、まさにアクティブタッチ[1]にあたりと指摘した。つまり行為が感覚を作り出すという状況である。（アクティブタッチと「うねうね」については[7]）

更にオノマトペの下位分類の研究[4]を行う中で、擬態語にくらべ擬情語の共起動詞の多様度が高いことから、擬情語の表す感情というのはそれに伴って生成される動きと切り離せないものなのではないか、という仮説を提示した。音と感情が結びついていて（その類像性が擬態語に比べ、同じくらいであっても、低くても）、それ自体を指し示すことはできないので、質感のように他者と確認はできない。しかし、動きから内面を察することはできる。

アクティブタッチは自己による外部の状態の認知の問題であるのに対し、こちらは自分の心の中の状態の認知と関わった、他者理解のメカニズムである。当然多くのオノマトペによって表わされる様態は、たとえば「ざらざら」や「びかびか」のように、自己の問題に言及することなく、対象の外部の様態としてだけ説明することができる。だが、一旦、様態が自己や他者の身体を介すると、身体の運動と切り離せないものとなる。このような場合にはオノマトペは特徴的に振る舞うことが予想され、実際、意味共有度に関する実験結果[6][7]は、それを示している。

2. 実験

言語は、情報の伝達的手段としてだけではなく、相互作用そのもの（志向性の共有）を目的として用いられることもある点に着目し、ここでは、[5]で行われた実験を発展させ、場の情報を不確実にすることで、ロボットのシグナルが相互作用のために用いられる状況が生み出されるようなシミュレーションを試みた。（詳細は[9]を参照のこと。）

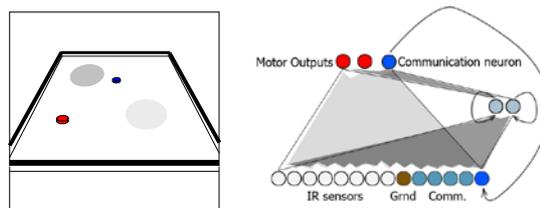


図 1: 左は実験環境、右はニューラルネットワークの構成。

2.1 方法

シミュレートする環境（図 1 左）は、壁に囲まれた 150cm×150cm の領域で、そこに 2 台の車輪付きのロボットが置かれる。二か所のターゲットエリア（以下 TA）を除いて床は白い。TA だけはグレー（白黒を含む）である。ロボットは、進化的アルゴリズムによって TA を探し出し同じ TA の中にもう一台のロボットと入る能力を持つようにする。

ロボットはニューラルネットワークを搭載しており（図 1 右）、三種類のセンサー；聴覚センサー・近接センサー・接触センサーを持つ。このセンサー入力をベースにモ

ーター出力を計算し、同時に音声シグナルも出力する。聴覚センサーでロボット自身ともう一台のロボットの音声シグナルの、近接センサーで障害物（壁やもう一台のロボット）の位置の、そして接触センサーで床の色（TA か否か）の情報を得る。

各ロボットのペアの試行回数は 20 である（1 試行 120 秒）。TA の色は、試行ごとに、白黒を含むグレースケールからランダムに選ばれる。各グループの適応度は、一台で TA に入れば各自 0.1 点、二台で同じ TA に入れば各自 0.5 とした。各世代 100 台のうち良い点をとった 20 台が次の世代に（僅かな変更を施した）コピーを 5 台ずつ残す。進化は 300 世代に及んだ。以上の実験は 10 回異なる初期設定で行われた。

2.2 結果

全10回ともロボットは、方法に違いはあるものの、正しく課題を遂行できるようになった。つまり、まず環境の中からTAを見つけられ、もう一台が先にTAに入っている場合には音声シグナルを利用してそれを知り得、更に身体の動きを用いて二台で同じTAにいることを確認できるようになった。

注目すべきは10回の実験中、1回にだけ起きた現象である。通常同じTA内に二台が入った場合に見られる音声シグナルのシンクロと行動の協調が、TA外で観察された。これは適応度からは予測できないことであり、TAの色の不確実性からきている。つまり、TAの色が白になった場合に、床と判別できずに見えないという点が効果的だったと考えられる。

図2は二種類の音声シグナルのシンクロの様子を示す。左がTAが認識されている場合（見えるTAの中）で、二台のシグナルは同位相で振幅が[0.2-1]の範囲である。一方右がTAが認識されていない場合（TAの外か見えないTAの中）の場合である。この場合2台のシグナルは逆位相となり振幅の範囲は[0.6-1]である。

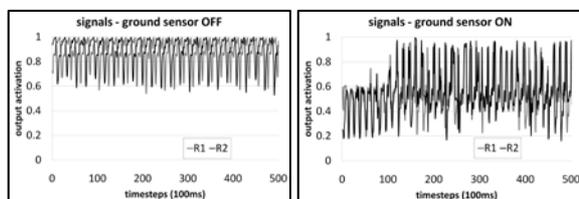


図 2: 相互作用するロボットのシグナル。左が見える TA 内、右が TA の外あるいは見えない TA 内。

2.3 議論

この枠組みから分かったのは、接触センサーの情報が確かな場合[5]と違って、ロボットは情報を信用することができないので、TAがなくとも音声のシンクロや行動の協調

をするようになった。あたかもTAが見えている時のような行動的協調を起こさせる音声シグナル（図2右）を用いるようになったということは、その場に実際にある（指し示せる）文脈だけでなく、想像的な文脈を作り出せるようになったという点で、言語らしさを獲得している。加えて、これが、その場の情報伝達のためではなく、相互作用のためのシグナルである点で第2節の冒頭に述べた志向性の一致のための「言語」らしさがある。

オノマトペという観点から考えると、このロボットに関しては発するシグナルは身体運動と密接に結びつくため、常に音象徴的、オノマトペ的である。しかし、その中でも、図2右で表わされるような、想像的文脈におけるシグナルの用法は1.2節で指摘したような自己や他者の身体を介する場合にあたるという仮説を提案したい。何故なら、それまで外部の状況通りを音声シグナルにしていたのが、想像的文脈において架空の「TA内」を再現すべく相手とシンクロするためである。この仮説に基づき、更なる実験を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Gibson, J. J. 1962. "Observation on active touch", *Psychological Review* 69(6), 477-491.
- [2] Glenberg, A. M., & M. P. Kaschak. 2002. "Grounding language in action", *Psychonomic Bulletin and Review* 9, 558-565.
- [3] Ikegami, T. & J. Zlatev. 2008. "From pre-representational cognition to language", *Body, Language and Mind*, Vol. 1. Berlin: Mouton de Gruyter. 241-283.
- [4] 鍛冶伸裕・宇野良子・喜連川優 (2010) "ウェブテキストにもとづくオノマトペのカテゴリー化とその工学的支援", 人文科学とコンピュータシンポジウム 2010 大会論文集
- [5] Marocco, D. & S. Nolfi. 2007. "Emergence of communication in embodied agents evolved for the ability to solve a collective navigation problem", *Connection Science* 19:53-74.
- [6] 杉山雄紀・近藤敏之 (2010) "歩行ロボットの身体動作設計によるオノマトペ・情動の構成論的理解", 第 20 回インテリジェントシステムシンポジウム大会論文集
- [7] Ogai, Y, R. Uno & T. Ikegami. 2009. "From active perception to language", *Handbook of 3rd International Symposium on Mobijigence*. 382-386.
- [8] 宇野良子・鍛冶伸裕・喜連川優 (2010) "新動詞の成立にみる意味と形の変化の相関", 『日本認知言語学会論文集』 10: 377-386.
- [9] Uno, R., D. Marocco, S. Nolfi & T. Ikegami. 2011. Emergence of protosentences in artificial communicating system. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 3(2), 146-153.