

マルチエージェント系における個体間距離に応じた相互情報交換方式 Information exchange depending on social distance between agents in multi-agents society

高橋英之*¹
Hideyuki Takahashi

岡田浩之*¹
Hiroyuki Okada

*¹ 玉川大学脳科学研究所
Tamagawa university brain science institute

Generally, an information exchange without ambiguous information transmissions is thought to be good in a communication scene. But our hypothesis is that in some communicative scenes ambiguous information transmissions give benefits to communicative agents. To investigate this hypothesis, we conducted a computer simulation experiment and we suggested that if a social distance between agents is long, ambiguous information transmissions are useful in the communication scene.

1. はじめに

コミュニケーションの基本は個体間で信号をやりとりし、相互に情報交換をすることにある。情報理論の父と呼ばれるクロード・シャノンの理論によれば、情報交換の際の情報の損失がなるべく小さいことが理想的なコミュニケーションに必要な要素とされた[Shannon 1948]。実際に、電気回路や情報通信などの研究では可能な限り情報の損失を少なくするような研究が重ねられている。

しかしそれに対して人間のコミュニケーションはどうであろうか？人間は言葉や身振り、顔表情などを用いてお互いに情報のやりとりをする。しかし、それらの情報交換方式には多くの場合冗長性が存在し、シャノンの観点からはとても理想的な情報交換が行われていない。その理由の一つとして、人間の持つコミュニケーションチャネルの物理的、構造的な性質が必然的に冗長性を生み出しているという考え方ができる。しかし霊長類などの他の動物でさえ、獲物の種類に応じた危険発声の使い分けを行うなど、冗長性の少ない情報交換を行っており、人間がそのような情報交換を行えないと考えるのは不合理である。そこで我々は人間の情報交換に存在する冗長性には、何らかの進化的役割が存在するのではないかと考え、考察を行った。

2. 個体間距離に応じた相互情報交換方式

2.1 他者モデルと個体間距離

ニコラスハンフリーが提唱したマキャベリ知能仮説によると、人間の社会的知能は群れの集団サイズが大きくなるに従って獲得されてきたとされる[Humphrey 1976]。社会的知能の代表格としてしばしば挙げられる能力として、心の理論がある[Premack 1978]。心の理論は他者の心の存在を理解し、推定する能力であり、社会的知能に必須な要素であると考えられている。しかし一般的な心の理論だけで、多様な他者の心を常に正確に推定することは難しい。従って、人間は日頃コミュニケーションを行う中で、ある特定の他者個人に対してメンタルモデル(他者モデル)を形成し、その他者モデルをもとにその人の心を推定するのではないかと考えられている[Oura 2001]。このような個人に対する他者モデルを持っている場合と、持っていない場合では、

同じ他者であっても相手との個体間距離が変わってくる。群れの集団サイズが大きくなるということは、多くの新奇な他者とコミュニケーションを行う機会が増大し、群れの個体間距離が平均的に遠くなるのではないかと考えられる。

2.2 コミュニケーションにおけるリスク

コミュニケーションにおける多くの場合、信号の送り手は受け手に信号を送ることで他者から何らかの形で利益を引き出そうとする。しかし自分の送った信号が相手に不利益なものである場合、他者とのコミュニケーションがうまくいかず利益を引き出すことができない。個体間距離が短い場合は、他者モデルを形成することでこのようなリスクを減らす(相手の不利益となる情報は送らない)ことが可能であるが、個体間距離が長い場合は他者モデルが利用できず、コミュニケーションが失敗するリスクが増大する。従って群れのサイズの増大に従って、心の理論、他者モデルなどに加えてさらにコミュニケーションをうまく機能させる社会的知能を獲得していく必要があると思われる。

2.3 コミュニケーションにおける冗長性の利用

そこで我々は、群れのサイズの増大に応じて、人間は進化的に心の理論や他者モデルといった能力の獲得に加えて、コミュニケーション信号に冗長性を持たせていったのではないかと考えた。コミュニケーション信号の冗長性とは送り手が送った情報に対する受け手の解釈が一意ではなく、複数の解釈の選択肢が存在することを指す。一般的に人間は楽観バイアスを持っていることが知られており、複数の選択肢が与えられた場合には自己の都合の良い解釈をする傾向があることが知られている[Taylor 1988]。従って情報の受け手は、冗長な信号に対してはあまり否定的な解釈をしないのではないかと考えられる。

2.4 本研究の目的

これまでの議論を踏まえて我々は、コミュニケーションにおける冗長な信号は、人間の持つ楽観バイアスと組み合わせることにより受け手の否定的な反応を抑制し、コミュニケーションが失敗するリスクを他者モデル無しに減らすことを可能にするという仮説を提案する。そしてこのようなコミュニケーション上の戦略は、個体間距離が遠い大きな群れにおいて特に顕著に有効性が示されるのではないかと考え、シミュレーションによって仮説の検証を行った。

連絡先：高橋英之 玉川大学 脳科学研究所
hideman@lab.tamagawa.ac.jp

3. シミュレーション実験

3.1 シミュレーションの設定

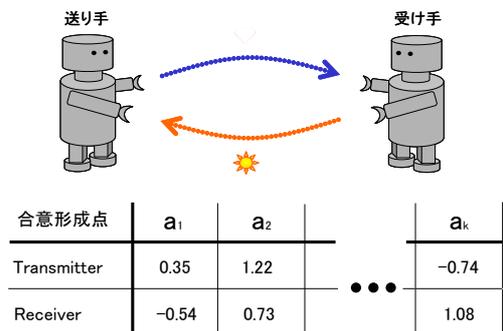


図 1. シミュレーション設定の概念図

シミュレーションではそれぞれ一体ずつの情報の送り手と受け手が一回の信号のやりとりを通じて、複数(k 個)ある合意形成点の中から一つの合意形成点を探索する課題を用いた(図 1)。個々の合意形成点は送り手と受け手の利得が定義されており、送り手も受け手も基本的に相手の利得は知ることはできない。シミュレーションではまず情報の送り手が、自分が望む合意形成点を伝える信号を受け手に送る。この信号には n 個の合意形成点の情報が含まれている。この信号に含まれている合意形成点の個数 n が、コミュニケーションにおける信号の冗長性に相当する。情報の送り手は、基本的には自分の利得が大きくなる合意形成点上位 n 個を含む信号を情報の受け手に対して送る。それを受け取った受け手には、二つの選択肢が存在する。一つは、送り手から送られてきた信号に、自分の利得がある閾値 θ 以上のものが含まれていない場合、信号を拒絶する選択肢である。この場合、双方ともに利得を受け取るができない。もう一つは、信号を拒絶しない場合、送り手から送られてきた信号の中に含まれる最も自分の利得が大きい合意形成点一つ、自分の利得が大きくなる合意形成点上位 $n-1$ 個を含む信号を情報の送り手に返す。情報の送り手は情報の受け手から返された信号に含まれる合意形成点のうち、最も自分の利得が最大となる合意形成点を選択し、それが最終的な両者の合意形成点となる。

本研究では、これに加えて他者モデルという概念を導入する。情報の送り手が他者モデルを持っている場合、自分の送る信号が他者に拒絶されるかどうかを事前に予測可能とする。そして拒否される場合は、送る信号の修正を行う。具体的には、自分の利得が大きくなる合意形成点上位 n 個目を、相手に拒否されないという制約のもとで自己の利益が最も大きくなるものに変更する。また情報の送り手がその群れの中で他者モデルを持った情報の受け手に出会う確率を p とする。

3.2 シミュレーションの結果

シミュレーションでは $k=10$, $\theta=0$ として実験を行った。そしてシンボルサイズの n は 2 から 7 まで 1 刻みで、 p は 0 から 1 まで 0.25 刻みで変化させシミュレーションを行った。その結果を図 1 に示す。この結果から分かるように、 p の値が大きい場合、すなわち個体間距離が近い場合は、シンボルサイズ n が小さい、すなわち信号の冗長性が少なくても情報の送り手は大きな利得を稼いでいる。しかし p の値が小さくなる、すなわち個体間距離が

遠くなると、小さいシンボルサイズ n ではパフォーマンスが落ちてしまい、冗長な信号の有用性が高まること示唆された。

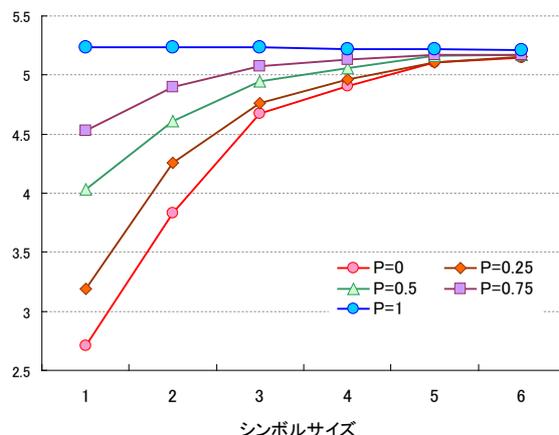


図 1. シミュレーションの結果
(横軸:シンボルサイズ, 縦軸:送り手の平均獲得利得)

4. まとめ

本研究では、他者モデルの有無で群れにおける個体間距離を定義し、個体間距離に応じた情報交換方式についてシミュレーションで検討した。その結果、個体間距離が短い場合は他者モデルを利用した情報交換、個体間距離が長い場合には冗長な信号を用いた情報交換が有効であることがシミュレーションの結果から示唆された。

実際の我々の社会は今回のシミュレーションのように一様なものではなく、様々な個体間距離をもった相手とコミュニケーションを行う必要がある。我々人間は、相手との個体間距離に応じてコミュニケーションの戦略を動的に変えているのではないかと。そしてこのような機能をロボットなどに実装することで、より円滑なマン-マシンインタラクションが実現するかもしれない。

参考文献

[Shannon 1948] C.Shannon, "A Mathematical Theory of Communication", *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, 1948.

[Humphrey 1976] N.K.Humphrey "The social function of intellect", *Growing Points in Ethology*, ed.P.P.G.Bateson and R.A.Hinde, pp303-317, 1976.

[Premack 1978] D.Premack & G.Woodruff, "Does the chimpanzee have a theory of mind?". *The Behavioral and Brain Sciences*, 1(4), pp515-526.

[Oura 2001] Y.Oura & H.Hatano, "The construction of general and specific mental models of other people". *Human Development*, 40, pp.144-159.

[Taylor 1988] S.E.Taylor & J.Brown, "Dillusion and well-being: A social psychological perspective on mental health" *Psychological Bulletin*, 103, 193-210.