

# HAI はモデル化可能か？

— インタラクション・サイエンスを目指して —

## How to model HAI?

- Toward an interaction science -

村川 賀彦<sup>\*1</sup>  
Yoshihiko Murakawa

<sup>\*1</sup> 株式会社富士通研究所  
Fujitsu Laboratories Limited

The interaction of the former person and agent was considered by haphazardness at the place. It was so for certain by some situations, but I made them make hold the suspicion which may not apply by a slightly different situation. So when theory is brought in, and the interaction is generalized, and it can be modeled, I think such thing disappears. Advance I overcome can inspect. I'd like to argue whether it's possible to model it.

## 1. はじめに

これまでの人とエージェントのインタラクションは、その場での行き当たりばったりで検討されていて、その場面では確かにそうだが、ちょっと違った場面ではあてはまらないのではないかという疑念をいだかせるものだった。そこに理論を持ちこんでインタラクションがモデル化できれば、そのようなことがなくなり、また、事前に検証が可能となるものと考え。かつ、モデル同士の組み合わせが系統立てて行えるようになる点も、大きなメリットである。はたして、モデル化が可能なものなのかを議論したい。

## 2. インタラクションとは

インタラクション(邦訳では相互作用, 相互行為, 交互作用)とは、広辞苑に(相互作用)よると「互いに働きかけること」とある。HAI では、人とエージェントが互いに働きかけることとなる。これと同じような概念を表す語としてコミュニケーションがある。コミュニケーションとは、言語、文字、身振りなどのシンボルをなかだちとして、複雑かつ頻繁な意味内容の伝達、交換を行うことである(日本国語大辞典による)。つまり、インタラクションはコミュニケーションを包含する概念となる。

この人とエージェント間のコミュニケーションをモデル化する試みが[Murakawa 1998]で示されている。このモデル化でのコミュニケーションをインタラクションに拡張することで、インタラクションのモデル化が可能なのではないかと考える。

## 3. モデル化の試み

インタラクションによってある情報が相互に伝わる情報の伝搬に関する論理である Information Flow を HAI をモデル化する理論の候補として検討してみる。

本章では、Information Flow によるエージェント間コミュニケーションのモデル化を概説し、その可能性を議論する。

### 3.1 Information Flow

Information Flow は、Dretske が構想した定性的情報理論[Dretske 1981]を、状況意味論[Barwise 1983]で知られる

Barwise と Seligman が数学的に定式化した理論である[Barwise 1997]。Information Flow は、情報の流れを記述する数学的モデルを研究する理論である。

Dretske は、「a が F であるという情報が b が G であるという情報を引き起こす」ということを、

“a is being F carries the information that b is being G”

という表現を用いて記述し、これを情報の流れを語る言語とした。

ごく日常的にも、情報に言及しないと自然に説明できないものが多くある。たとえば、私が目を凝らして一枚のぼやけた写真を見つめるのは、人物を特定する情報が欲しいからである。このときの私の行動を情報の概念を用いずに説明するのは難しい。情報という概念は浸透しているが、情報とは何か、という問に対して明確な見解を人々は共有していない。情報が伝わる、と言うが、この現象を科学的に定式化した理論はないのである。Shannon[Shannon 1948]の情報理論は情報に関するもっとも確立された科学であるが、これは情報の量的な側面に着目しており、情報の内容的側面を扱わない。

チャンネル理論は、情報の内容的側面に着目し、情報の流れを扱う数学的対象、構造を用意する。チャンネル理論の主な概念は、分類、情報射、チャンネル、局在論理であり、これらの概念を用いて情報の流れをモデルする。近年、チャンネル理論は経済における意思決定理論や、感性評価モデルに利用されている。

エージェント間のコミュニケーションをチャンネル理論を利用してモデル化するアプローチは[]で行われており、これをインタラクションに拡張することを検討している。

### 3.2 エージェント間コミュニケーションのモデル化

はじめに、エージェント間のコミュニケーションモデルについて概要を説明する。

図1にこのコミュニケーション経路の形式化の概要を示す。あるエージェントが命題  $\Phi$  という内容の文を発話する。それを受け手であるエージェントが受け取るが、コミュニケーションの経路の信頼性が低いと、受け取った情報の内容が  $\Phi$  であるかどうか不確かである。そのため、受け手が受け取った情報はその内容が変化し  $\Phi'$  とあらかず。この「c」は  $\Phi$  に付いた様相オペレータであるとする。エージェント間のコミュニケーション経路は、送り手のエージェントの発話から受け手のエージェントの認識までとみなすことにする。このようなコミュニケーション経路はある種のプ

プログラムと考えることもできる。入力をはじめの命題 $\Phi$ とし、出力を伝わった内容 $\Phi^c$ と考えるのである。これは、ある種のノイズが経路を伝わる間に非決定的に付加されたとも考えられる。ここでは、様相オペレータ「c」がこのノイズにあたるものと考えられる。このノイズが付く経路(様相オペレータ「c」が付加される経路)を「信頼性の低い経路」、ノイズが付かない経路(どんな様相オペレータも付加されず、情報がそのまま伝わる経路)を「信頼性の高い経路」とする。

このエージェント間のコミュニケーションを Information Flow と見なすのである。Information Flow の定義は[Barwise 1997]を参照していただきたい。ここでは、まず情報フローとエージェント間のコミュニケーションモデルの関係について考えてみる。

はじめに Information Flow の直観的な説明を行う。図2に Information Flow の概念を示す。あるエージェントが $\phi$ という情報を持っていたとする。その $\phi$ をそのエージェントが発話したとすると、それは音の列として表されるが、ある種の音の列とその意味の間にある種の制約があり、エージェントはその制約に従って、その発話が情報 $\phi$ を運んでいることがわかる。これが情報の流れである。これを形式的にすると、情報が存在するある構造をもつ対象を「サイト」(site)と呼び、「型」(type)で分類される。「サイト  $s$  が型  $\phi$  である」ことを「 $s:\phi$ 」と書く。「制約」(constraint)は、型間の関係である。制約 $\phi \rightarrow \psi$ を支持するような2つのサイト  $s, t$  間の3項関係  $s \rightarrow^c t$  を「経路」(channel)という。経路  $c$  の型が制約 $\phi \rightarrow \psi$ である( $c: \phi \rightarrow \psi$ と書く)ことの必要十分条件は、すべてのサイト  $s, t$  に対して、もし  $s \rightarrow^c t$  で  $s:\phi$  ならば  $t:\psi$  となることである。このとき、「情報  $s_1: \phi$  が情報  $s_2: \psi$  を運ぶであろう」ことを「 $s_1: \phi \rightarrow s_2: \psi$ 」と書き、「 $c: \phi \rightarrow \psi$  かつ  $s_1 \rightarrow^c s_2$ 」で定義され、また、「情報  $s_1: \phi$  が情報  $s_2: \psi$  を運ぶ」ことを「 $s_1: \phi \rightarrow s_2: \psi$ 」と書き、「 $s_1: \phi \rightarrow s_2: \psi$  かつ  $s_1: \phi$ 」と定義される。

ここでは、エージェント間の情報伝達が行われる経路を考え、そこを情報が流れ、相手に伝わるというモデルを考えて、そこにこの Information Flow の理論を拡張して、適用する。エージェントの知識  $K_a, K_b$  をサイトとみなし、エージェントの発話の内容  $\phi, \psi$  を命題と考え、それをサイトの型とみなし、 $K_a \models \phi, K_b \models \psi$  とする。

図3にコミュニケーション経路の概念を示す。経路は、エージェントの知識から命題を取り出して発話することから、それが、相手のエージェントに伝わって、内部処理をしてその知識に収まるまでとする。つまり、 $c: \phi \rightarrow \psi, K_a \models \phi, K_b \models \psi$  となる。ここで、制約が経路の型となることから、種々の制約で経路が分類できる。例えば、経路の信頼性を制約で定義し、経路を信頼性の高いものと低いものに分類できる。

これをインタラクションに拡張するには、現在の言語情報を対象としているものから、非言語情報についても扱えるモデルとすることからはじめる必要がある。また、エージェント間とは言っているが、人同士を対象としているので、片側が人工物である場合の考慮が必要となる。

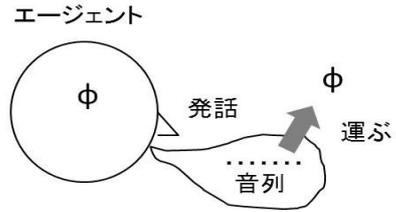


図2 Information Flow

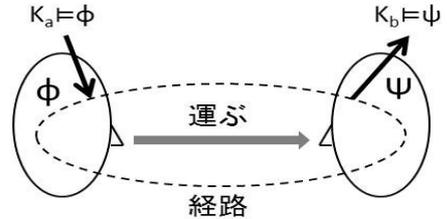


図3 Information Flow におけるコミュニケーション経路

#### 4. まとめ

人とエージェントのインタラクションをモデル化する試みの1案として、インタラクションがコミュニケーションの拡張であることを踏まえて、Information Flow によるエージェント間コミュニケーションのモデル化を拡張することで対応可能なのではないかと考え、その概要を述べ、どこを拡張すべきかについて議論した。

今後は、3章で示した課題を解決し、実際にコミュニケーションからインタラクションに拡張した論理を構築していくことで、インタラクションのモデル化を進めたい。

#### 参考文献

- [Dretske 1981] F Dretske: Knowledge and the Flow of Information. Cambridge, MIT Press, 1981.
- [Barwise 1983] Barwise.J. and Perry.J: Situations and Attitudes, Cambridge: MIT Press, 1983.
- [Barwise 1997] Barwise.J. and Seligman.J: Information Flow - The logic of distributed systems-, Cambridge University Press, 1997.
- [Shannon 1948] Claude Elwood Shannon: A mathematical theory of communication, Bell Systems Technical Journal, Vol. 27, pp. 379{423,623{656,, 1948.
- [Murakawa 1998] Y. Murakawa, S. Tojo, S. Kunifuji: Information Flow in Arrow Logic, Third International Conference on Information-Theoretic Approaches to Logic, Language, and Computation(ITALLC'98), pp.260-271, 1998

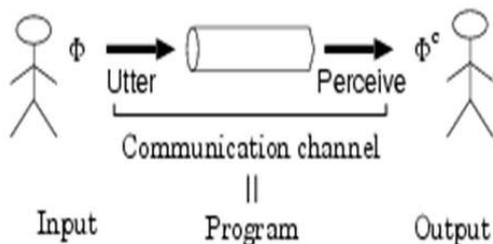


図1 コミュニケーション経路