

自律ロボットの動的環境との相互作用を通じた主観的記号生成

Autonomous robot's symbol generation through interaction with dynamic environment

谷口 忠大^{*1}
Tadahiro Taniguchi

榎木 哲夫^{*2}
Tetsuo Sawaragi

^{*1} 京都大学工学研究科
Graduate School of Engineering,
Kyoto University

^{*2} 京都大学工学研究科
Graduate School of Engineering,
Kyoto University

In this paper we discuss symbol-grounding problem, and propose an approach to overcome that problem. Symbol-grounding problem is a kind of semantic problem. If a developer designs an artificial intelligence inside of an autonomous robot using symbolic system, the symbolic system cannot have any relation with outside environment. In order to overcome this dilemma, we must make an autonomous robot create its own inner symbolic system in self-organizational way. Dual-Schemata Model that we propose is a machine-learning method for an autonomous robot to organize its own schemas about dynamically changing environment. We did experiments using this model. In the experiments an autonomous facial robot forms some symbols in self-organizational way. But, these symbols cannot be more than categories before an observer interprets them. We also argue this process.

1. はじめに

自律ロボットの設計論のみならず、知能研究の流れにおいて、記号の意味をどうとらえるかという問題は非常に重要な問題である。現在、オントロジー工学や、セマンティックネットといった領域において、記号の意味を関係論的にネットワーク構造として捉えようとするアプローチがある。それに対し、身体性認知科学や認知言語学といった領域では人間や動物の持つ身体性に注目し、記号の意味をその環境との相互作用に見出そうというアプローチがとられている。この文脈においては、自律ロボットを用いた構成論的なアプローチが有望視されている。

我々は記号の意味解釈の問題に対する構成論的なアプローチとして自律ロボットを用いた研究を行っている。

本研究では、自律ロボットに主観的に記号を生成するための学習機構として双シマモデルを埋め込み、環境との相互作用の中で、その環境を変化に応じて範疇化させることを行わせた。このプロセスを通して、変化した、また新たに生じたシマが、人間観察者を通して、意味を持つ記号として立ち現れてくるプロセスについて見る。

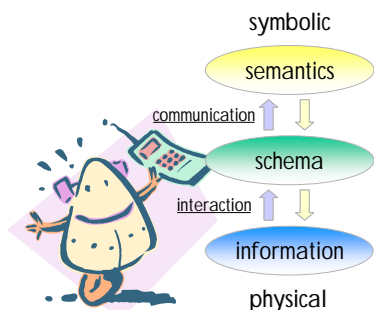


図1 記号解釈の三層構造

2. 記号接地と主観的内部表象

2.1 記号解釈

記号の意味を捉えるとき、記号を一つのグラフ構造の要素とみなし、その相対的關係を意味ととらえる統語論的なアプローチがある。WEB やデータベースといった記号のみの閉鎖系においては、非常に有用である。しかし、それは必ずその要素を解釈する解釈者を最終的には要求するため、意味解釈を自らが行う自律的なエージェントの設計には用い難く、道具の設計論にしか用いることが出来ない欠点がある。

C.S.Pierce 記号論に従い、本来記号が信号、対象、解釈項の三項関係[有馬]であることを考えれば、記号の意味から解釈者としての人間の多様性を剥し取る事はできない。よって、その要素として捉えられる記号自身が、連続な感覚運動情報と離散的な記号の関係において、ゆらぎを含むものであることが理解される。つまり、記号の意味解釈とは既に離散化された記号と別の記号の対応を見るプロセスではなく、連続な入出力として捉えられる信号を解釈主体自らが範疇化し、範疇化(離散化)された記号に対して意味づけを行う三層的な構造を持っていると考えられる(図1)。このプロセスにおいて重要なのは記号接地問題には二段階の問題が含まれていることである。一つは範疇化の問題であり、もう一つが範疇化された表象をどう意味解釈するかという問題である。後者は「意味とは何か?」という本質的な意味論の問題であり、完全な解決には哲学的な発展が要求される非常に困難な問題である。ただ、前者の範疇化と後者の意味解釈は密接に関係しており、獲得された範疇が意味を持つに十分なコヒーレンスを持っていなければ、意味論的な解釈は不可能である。それは言葉を換えると、それらを範疇化することが解釈主体にとって有益(有意義)であるということである。これは、移動ロボットにとっての環境についての範疇を例にとってみれば、その範疇を持つことにより、より希望の移動が行えるようになるということであり、鯨島らは予測性に基づいた原始的な記号の生成について議論を行っている[鯨島 02]。十分に範疇内におけるコヒーレンスが保たれた状態では、観察者による意味づけが可能となる。

連絡先:

谷口忠大

電話: 075-753-5044 FAX: 075-753-5233

Email: tanichu@groove.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

2.2 主観的記号生成

記号生成能力を人間の進化の産物と捉えるならば、記号群を持つことにより、自らの振る舞いをさらに向上させるようなものであると考えられる。つまり、範疇化は自らの適応のプロセスであり、自らの学習・発達の文脈の中で行われるものである。故に、その範疇の境界は外部から教師・設計者が与えられるものではなく、自らが経験の記憶を参照しながら自閉的に組織化するべきものである[谷口 04a]。ピアジェは自らの認知発達論において、感覚運動期の幼児が対象についての概念を形成していくプロセスをスキーマの同化・調節からなる均衡化と分化によって説明した。そこでは、母親からの教示という受動的なプロセスよりも、幼児自身の外界にかかわっていく能動的なプロセスが強調されている。我々はこのプロセスを計算論的に双スキーマモデルとしてモデル化した。[谷口 03a, 04a,b]

3. 動的環境についての記号生成

3.1 双スキーマモデル

双スキーマモデルでは、自律ロボットは二種類のスキーマ(知覚スキーマ、行為スキーマ)を分散的なモジュールとして複数持ち、それらを切り替えることにより活動を行う。知覚スキーマは、現在の状態 S_t 、自らの行為 A_t 、その結果 S'_{t+1} の三項関係を内化することにより、環境のモデルを構成していく(均衡化)。これに対し、行為スキーマは自らの状態 S_t と、次に求める結果 S'_{t+1} の関係性を保持し、行為のプラン生成を行う。均衡化により獲得された知覚スキーマが過去の経験についてどれだけの誤差を持っていたかが、そのスキーマの範疇の幅を決定し、それにより自らの身体を通じた経験だけで、自律ロボットは環境についての範疇を形成していく。新たな経験はこの誤差に対し相対的に測られることにより、その範疇に入るか否かが測られることとなる。そして過去とは異質な一連の経験をした場合には知覚スキーマは分化を行うのである(詳しくは[谷口 03a, 04a,b])。範疇の決定および、新たな経験が範疇に入るか否かには、自律ロボットの経験の文脈、すなわち、その自律ロボットの活動する生態学的ニッチが大きく影響することになる。このプロセスは(図 1)に示す身体的相互作用(physical interaction)が原始的な表象の範疇を形成するという主張による。

3.2 記号の組織化

実験ではカメラと、pan-tilt の 2 自由度首振りを持つ顔ロボットを用いて行った。詳細は紙面の都合上省略するが、図 2 に示すように、動的な環境を切り分け、範疇化することができた。

その範疇に相当する知覚スキーマにより、顔ロボットは青球の運動状態を予測し、追跡をすることが可能になる。これが、図 1 における二層目のスキーマレベル、つまり範疇レベルでの、記号接地である。また、この実験において埋め込んだ行為スキーマのひとつは、学習がすすむにつれ、青球を追跡することを可能にした。ここで、その「追跡」という意味づけは外部観察者の視点であり、ロボット自身ではどのような意味をもっているとは出来ない。この顔ロボットは、もともと持っていた、3 つの行為スキーマと 1 つの知覚スキーマに加え、分化プロセスを通じ、3 つの知覚スキーマを獲得した。これらは観察者の視点から見ると観察者自身が持っていた、4 つの運動状態の範疇に相当している。これは解釈者自身が自律ロボットの持つ範疇を図 1 における意味論(semantics)の層で接地した現象である。このような形ではロボットは範疇を形成したとは言えるが、意味論のレベルまで含んだ記号を獲得したとまでは言及できない。

4. まとめ

本稿では、記号接地問題の解決に向けて、記号接地問題の三層構造を提案し、我々の双スキーマモデルを用いて行った実験例から、その意味を持った表象が身体をもち環境と関わる自律ロボットと、それを観察する人間の観察者の存在を前提として立ち現れてくるプロセスを追った。記号の意味論という問題は、人工知能のみならず、生命、言語など多くの研究領域で問題となり、より深いアプローチが求められる。

参考文献

- [有馬 01] 有馬道子, パースの思想~記号論と認知言語学, 岩波書店,(2001)
- [山梨 99] 山梨正明: 認知言語学原論, くろしお出版,(1997)
- [鮫島 02] 鮫島和行, 片桐憲一, 銅路賢治, 川人光男, モジュール競合による運動パターンのシンボル化と見まね学習, 電子情報通信学会論文誌, D- , Vol. J85-D- No.1 pp.90-100 (2002)
- [フラベル 69] フラベル:ピアジェ心理学入門, 明治図書,(1969)
- [谷口 03] 谷口忠大, 榎木哲夫, 記憶スキーマの動的構築による運動観察からのファジィ概念獲得, 第 19 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.611-614, (2003)
- [谷口 04a] 谷口忠大, 榎木哲夫, 相互作用からの意味生成, 自閉的カテゴリー生成と行為分化の共時性, 第 16 回 SICE 自律分散シンポジウム論文集, (2004)
- [谷口 04b] 谷口忠大, 榎木哲夫, 双スキーマモデル, 人工知能学会誌(投稿中)

