

「AIは生活していない」の意味について

札幌市立大学
中島秀之

概要

自然言語の意味論について AI 研究の立場から考察する。

自然言語であれ、プログラミング言語のような人工言語であれ、その意味を表現するのに別の形式体系（一階述語論理など）を使うことが多い。しかし、言語の意味を記述するのに論理式を使うというように、別の記述システムを使うのは、意味記述を先送りしているだけで、意味の本質を表したことにはならない。

では、言語が何かを表現しているということはどう捉えるべきか。たとえばある言語表現が現実世界の状態を表現しているとはどういうことか。言語は我々が認識する現実世界と同型の構造を持つことによって現実世界を記述できることになると考えている。ただし、ここで注意しなければならないのは「現実世界」そのものはどう記述されているのか？という問題である。

環世界という考え方がある。世界は客観的に存在するのではなく、主体の投影であるという考え方だ。環境との相互作用を中心に言語表現を捉え直す。

自然言語にはもう一つ重要な側面がある。言語は虚構を記述する能力も持つ。個々の単位は現実世界に対応しながら、現実には存在しない組み合わせを使うことによって虚構が記述（構築というべきか）できる。したがって、意味論はこの虚構にも対応できるものでなければならない。

1 はじめに

AI 研究の立場から言語の意味論の問題に迫る。AI の世界では知識表現という形で人間の持つ知識を表現し、推論に使おうという試みがなされてきた。この知識表現の意味論を考える [中島 89] ということは、自然言語の意味論を考えるということに相通じるものがあると考えている。

そもそも意味論あるいは意味表現とは何かということから考え始めなければならない。言語学の伝統（特に生成文法）では単語に特定の論理構造に対応させ、その合成として文の意味を与えることが多い（たとえば [上山 15]）。文章を論理式に置き換えて意味表現とするわけである。しかし、言語の意味を記述するのに論理式という別の記述システムを使うのは、意味記述を先送りしているだけで、意味の本質を表したことにはならない。

ここでは人間の意味理解に焦点を当てたいので、定延 [定延 00] のように、人間およびその環境を含んだ意味論を考える必要がある。

以下では AI における知識表現の問題と対応させながら自然言語の意味論を考える。

2 意味の記述とは何か

ある記号の意味はどのように決められるのだろうか？哲学的には、現実世界に接地させる必要があるが、人間以外にそれは不可能だという主張がある [Har90]。私は、個々の記号を現実世界に対応させるためには生活体験が必須だと考えている。人間は生まれてからの長い長い生活（世界との相互作用）を通じて記号の意味を獲得している。生活の問題には後で立ち帰るとして、まずは別の方面から議論を始めたい。記号による記述の意味として、システムとしての同型性を拠所

とするのが、記号処理における常道である。同型とは推論などの記号操作において二つのシステムが同じ構造を持ち、操作結果が一対一に対応するということである。

システム全体の同型性を問題にするとき、ある特定のシステムにおける記号の意味は、そのシステム内の他の全記号との関係において初めて決まることになる。『ゲーデル、エッシャー、バッハ』([Hof79] 第2章)に、形式システムとその意味に関する記述がある。わかりやすい例としてpqシステムが示されている。形式システムは記号、整式 (well formed formula), 公理 (前提となる命題), 推論規則の三つで定義されるが、少し実例を見ていこう。

pqシステムは以下のように定義される：

記号：p, q, -

整式： x がハイフンだけの列であるとき、 $xp-qx-$ は整式である

公理：すべての整式は公理である

推論規則： x, y, z がそれぞれハイフンのみからなる特定の列のとき、もし $xpyqz$ が定理であれば、 $xpy-qz-$ も定理である。

pqシステムの公理は具体的には以下のようになる (1次元に並べにくいので2次元の表にしてある)：

-p-q--	-p--q---	-p---q----	-p----q-----	...
--p-q---	--p--q----	--p---q-----	...	
---p-q---	---p--q----	
...	

上記においてハイフンの数を数字、pを+, qを=と読むと足算になっている。たとえば、--p-q---は2+1=3と読める。pqシステムの公理と足算の公理は一対一の対応を持っているのである。つまり、pqシステムは足算と同型である。その意味でpqシステムの意味は足算であるともいえるし、逆に足算の意味はpqシステムで与えられるともいえる。

特定の記号 (pqシステムにおいては-とpとq) の意味は、そのシステムにおける定理によって規定される。そしてその定理の意味は、それと同型な別のシステムによって与えられる。AIの文脈でいうと、システム化したいなんらかの認知現象 (記憶, 言語の使用, 視覚など) と動作が同型のプログラムを作れば、その現象をプログラム化できたことになる。この考え方によると、記号接地は不要で、モデル化したい現象と同型性を保つ写像であればよいことになる。

ただし、この同型性を表現するグラフは、単純な意味ネットワークですら複雑なものになり (たとえば図1), 自然言語をはじめとする実用に足るような記述力を持つシステムでは、実用的な計算資源では扱えないほど非常に複雑で膨大なものになるであろう。

先に文の意味として論理式を対応させるだけでは問題の先送りだと述べたが、実は論理式にはその推論規則 (つまり操作手順) が定められている。従って、論理式を操作してできるシステムを考えれば、それが現実世界と同型であればよいことになる。しかしながら、複雑な現実世界を論理式に対応させることは不可能であろう。

AIの世界で最初に自然言語の意味理解に成功したのはウィノグラードのSHRDLUというシステムである [Win75]。これは記述ドメインをディスプレイ上に描かれた積木の世界という非常に限定されたものにとり、意味構造をPLANNER¹というプログラムで表現することにより、人間の記述する (操作の命令や質問を含む) 意味をプログラムの実行に対応させることに成功した。積木の世界がPLANNERで実現されているため、意味記述の実行が世界の変化そのものとなるのである。

¹一階述語論理をベースにしたプログラミング言語。Prologのようなものと考えてよい。

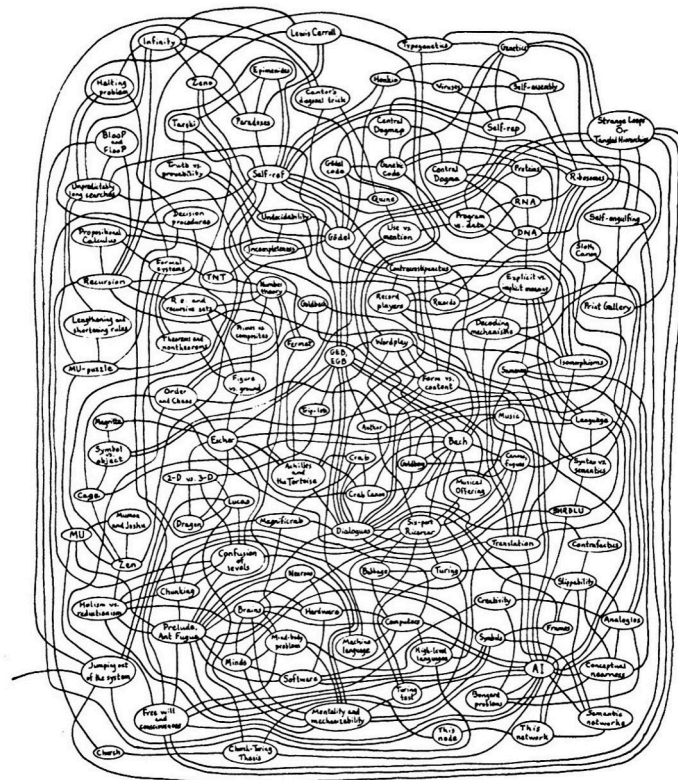


図 1: ごく単純な意味ネットワークですらこれくらい複雑になる ([Hof79] p.370)

3 環世界

言語による記述は、それが表している現実世界と同型であると述べた。ではその現実世界はどのようにして認識されるのだろうか。

ここで環世界 [UK73, 中島 12] の考え方をもち出す必要がある。生物と無関係に外に存在する世界ではなく、生物が自己を投影した形での世界を環世界と呼び、これが生物の生きる環境となるというのである。

日本語の「環境」は、英語で“environment”（包み込むもの）、ドイツ語で“Umgebung”（周囲に与えられたもの）である。環境とは一般的には主体とは別に客観的に存在するものと考えられている。ユクスキュルはこれを“Umwelt”（環世界）²と呼んで、主体が積極的に作り出すものだという立場をとっている [日高 07]。

一番面白いのはヤドカリの例であろう (図 3)。ヤドカリがイソギンチャクに出会った場合、自らの状態に応じて 3 通りの反応がある。

1. 【上段】ヤドカリの家である貝殻にイソギンチャクが付着していない場合（カモフラージュが必要）：カモフラージュのためにイソギンチャクを殻に付ける；
2. 【中段】ヤドカリが裸の場合（家が必要）：イソギンチャクを家にする；

²ユクスキュル (Uexküll, 1864–1944) とほぼ同時代のハイデガー (1889–1976) も “Umwelt” という用語を使っているが、こちらは「環境世界」と訳されている [Hei27]。ハイデガーはユクスキュルに影響を受けていたらしい。ハイデガーが「世界内存在」というときの「世界」はユクスキュルのいう意味での「環世界」、つまり主体が自ら作り出した世界、だと考えてよさそうだ。

3. 【下段】貝殻にイソギンチャクが付いている場合（住環境は充足している）：餌としてイソギンチャクを食べる。

つまりヤドカリの視野にある同じ円筒形の対象物が、「そのときのヤドカリの気分によってその意味が変わるのである」 ([UK73] p.89) . ヤドカリの意図が環境に投影されているという意味でプロジェクト科学 [鈴木 16] の考え方にも近いものである。

ここで、ヤドカリがその環世界内でうまく生きていくためにはヤドカリの投影したものが、実世界の物理的構造と同型である必要がある。ヤドカリの一方的思い込みでは生きていけない。もちろん、ヤドカリには世界の物理的構造を知る余地はないので、この同型性は進化の結果と考えられる。つまり、生物の投影が実世界と同型である場合にのみ、その生物は生存していけるのである。状況理論 [BP83] ではこれを主体と状況の「同調」と呼んでいる。

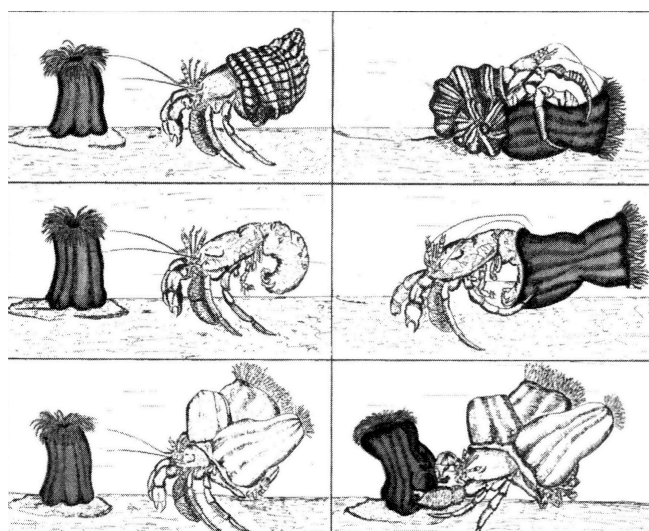


図 2: やどかりの環世界 ([UK73] p.89)

同様に、「イソギンチャク」という単語³が場面に応じて複数の意味を持つと考えられないだろうか。ヤドカリが生活しており、その状態に応じて「イソギンチャク」の意味が変わるのである。これは対象のイソギンチャクの意味だけを記述しようとしたのでは得られない。ギブソンのアフォーダンスという概念 [Gib85] は、環境が「アフォード」する様々な機能を主体が「ピックアップ」というものであるが、イソギンチャクがヤドカリを前提とせずカモフラージュ、家、食糧という機能をアフォードしていると考えerるのには無理がある。他の生物には別のものをアフォードしなければならないとしたらその可能性は無限となろう。たとえば人間に対するイソギンチャクのアフォーダンスとは何であろうか？

この議論の要点は、単語の意味はその指示対象を孤立させた形で記述できるものではないということである。他の様々な要素との関係においてのみ意味が定まる。ちなみに日本語はこのような、環境をうまく活かした表現に向いている [中島 93]。従来、日本語の表現は欧米の言語に比べて曖昧であるとされてきた。これはその言語の発せられた環境を考慮しないからであって、環境を考慮すれば日本語の発話／文章の意味は一意に定まる。環境に埋め込まれた形での効率的な表現は日本語の得意とするところである。

³ヤドカリが言語を解するわけではないので、この議論はヤドカリの行動を記述している観測者（人間）に関するものである。

環境と関わるためには体を持たねばならない。身体を持って生活している主体のみに上記のような議論が当てはまるのである。したがって、生活しているものにのみ自然言語が理解できるということになる。

オートポイエーシス [MV80, MV87] は、システムが動作することにより構成素を産出し現実の構造を構成するという考え方で、ある意味環世界のそれに近い。一断面の静的構造を解析することは意味がない。サイクルが重要である。経済現象もそのようなシステムの一例である。なぜ貨幣が通用するのか？それは皆が貨幣が通用すると認めているからである。金貨が使われていた時代ですら「金が貴重なのはそれが貨幣だからで、その逆ではない」([Fou74] p. 197) という分析が正しいが、紙幣になるとそもそも抛り所を紙には求められなくなる。つまり、貨幣はそれが流通することによってのみ貨幣でありえるのである [岩井 93]。単体の紙ではなく、その流通に根拠を求めるという意味で、言語の意味をその操作の同型性に求めるのと同じ考え方である。

4 生活しているということ

個々の記号を現実世界に対応させるためには生活体験が必要だと主張した。人間は生まれてからの長い生活（世界との相互作用）を通じて記号の意味を獲得している。一方でコンピュータプログラムはこのような生活体験を持たない。ウィノグラードはコンピュータにとって理解が困難な文の例として以下を挙げている [Lev11]：

“ The trophy would not fit in the brown suitcase because it was too big. ”

Question: What was too big?

Answer 0: the trophy

Answer 1: the suitcase

コンピュータにはこのどちらが正解か分からないというのだ。我々は”trophy” や”suitcase” の意味を生活を通して知っているが、これは辞書には記載されていない。この例だけであればその記述は可能であろうが、一般的にすべての経験を書き出すことはできない。

別の例を考えてみよう。「山椒」の記号接地はどうなるであろうか？子供の頃は単にヒリヒリするだけの食べ物なのだが、大人になると香辛料として多用される。この違いは、山椒の違いではなく、味わう側の身体性の変化である。つまり、「山椒」の意味記述は生活の上で山椒を体験する主体抜きには不可能だということだ。

この点を無視して知識表現を行おうとした初期の AI において「フレーム問題」[MHM90, 橋田 94] が発見された。コンピュータプログラムに知識を持たせようとする、我々が常識として、通常は忘れていたような細かい規則を与えなければならない。特に行為の記述においてこの問題は顕著であるから、プログラムに特定の仕事をさせようとする場合にはこれが問題となる。フレーム問題の解決とは、行為の前提条件や帰結の記述の量、および行為の影響範囲の推論の量とともにある一定の範囲におさえ込みながら、なおかつ、いかなる場合にも行為の影響に関する完全な推論を行なうことを意味する。しかし、これは解決不能の問題である。実際、人間にも解決できていない。人間の場合は多くの潜在的影響を排し、ある行為に関する本質的な前提条件や影響だけを囲い込むことにより推論の量を減らしていると考えられる。つまり、人間が日常生活においてフレーム問題に悩まされていないように見えるのは、経験により日常生活に支障をきたさないような範囲に推論を限定しているからである。人間は環境のすべてを表現・考慮することなく、環境をそのまま利用している。環世界の考え方そのものである。

5 虚構の記述

ハラリ [Har16] が述べているように、言語は虚構を記述する能力も持つ。言語表現の個々の単位は現実世界に対応しながら、現実には存在しない組み合わせを使うことによって虚構が記述（構築というべきか）できる。小説、政治、宗教などがその典型例である。直近の例でいえば「地球に優しい」という概念がある。科学的根拠はないのに大勢の人を納得させる虚構である。したがって、意味論はこの虚構にも対応できるものでなければならない。

2節で述べたように言葉の意味は他との関係によってのみ定まる。そしてその関係は生活体験によってのみ得られる。

チョムスキーは意味の取れない文の例として

(1) Colorless green ideas sleep furiously.

を挙げた [Cho63]。 (1) は確かに現実世界に対応する現象を持たない。ならば聖書の一節

(2) 神は「光あれ」と言われた。すると光があった。

も同じことではないか。少なくともその現象を体験したものは居ないはずである。

私は、チョムスキーの例文 (1) が意味を持つような設定（虚構）は存在しようと考えている。たとえば〈色〉を登場人物（主人公）とするおとぎ話の世界を考えればよい：気候変動による極低温のために色を失ってしまった主人公（緑）が色を取り戻そうと必死になるのだが、うまく行かず自分の色を奪った成り行きに激怒しながらも、その低温のためにいやいや冬眠状態に入ってしまうのである。このような虚構の設定はSFにおいて多くみられる。

文の意味は単独では定められない。他の文や環境との関係で初めて定まる。適切な環境設定をすることによりどのような文にでも、適切な意味を与えることができる（はずである）。

6 まとめ

自然言語の意味論を、AIにおける知識表現の意味表現の問題と同じものとして論じた。言語がその記述対象を意味しうるのは様々な（推論などの）操作に対して、言語がその対象との同型性を保っているからである。

本項では意味記述あるいは意味理解において生活していない／いることの意味について述べた。生活しているということは世界との同型性を経験により学習しているということである。人間は長い生活体験を通して言語やその指示対象の意味を理解している。AIは生活していないのでそれらを知り得ない。

参考文献

- [BP83] Jon Barwise and John Perry. *Situations and Attitudes*. MIT Press, 1983. 土屋, 鈴木, 白井, 片桐, 向井訳, 状況と態度, 産業図書 (1992).
- [Cho63] チョムスキー N (勇康雄訳). 文法の構造. 研究社出版, 1963.
- [Fou74] フーコー M (渡辺一民, 佐々木明訳). 言葉と物. 新潮社, 1974.
- [Gib85] ギブソン J (古崎敬, 古崎愛子, 辻敬一郎, 村瀬旻訳). 生態学的視覚論. サイエンス社, 1985.

- [Har90] Stevan Harnad. The symbol grounding problem. *Physica D*, Vol. 42, pp. 335–346, 1990.
- [Har16] ハラリ YN (柴田裕之訳). サピエンス全史. 河出書房新社, 2016.
- [Hei27] Martin Heidegger. *Sein und Zeit*. 細谷貞雄訳, 存在と時間, ちくま学芸文庫, 1994, 1927.
- [Hof79] Douglas R. Hofstadter. *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*. (野崎, はやし, 柳瀬訳: ゲーデル, エッシャー, バッハ—あるいは不思議の環. 白揚社, 1985), 1979.
- [Lev11] Hector J. Levesque. The Winograd Schema challenge. In *AAAI Spring Symposium: Logical Formalizations of Commonsense Reasoning*, 2011.
- [MHM90] マッカーシー J., ヘイズ P., 松原仁. 人工知能になぜ哲学が必要か. 哲学書房, 1990.
- [MV80] Humberto R. Maturana and Francisco J. Varela. *Autopoiesis and Cognition: the realization of the living*. D Reidel Pub Co, 1980. 河本英夫訳, オートポイエーシス, 国文社, 1991.
- [MV87] マトゥラーナ H, バレーラ F (菅啓二郎訳). 知恵の樹. 朝日出版社, 1987.
- [UK73] ユクスキュル JV, クリサート G(日高敏隆, 羽田節子訳). 生物から見た世界. 思索社 (岩波文庫版 2005 年), 1973.
- [Win75] ウィノグラード T (淵一博, 田村浩一郎, 白井良明訳). 言語理解の構造. 産業図書, 1975.
- [岩井 93] 岩井克人. 貨幣論. 筑摩書房, 1993.
- [橋田 94] 橋田浩一, 松原仁. 知能の設計原理に関する試論—部分性・散層・フレーム問題—. 日本認知科学会年報「認知科学の発展」, Vol. 7, pp. 159–201, 1994.
- [上山 15] 上山あゆみ. 統語意味論. 名古屋大学出版会, 2015.
- [中島 89] 中島秀之. 知識表現の基礎 (I, II) なぜ知識が表現できるのか. 人工知能学会誌, Vol. 4:383–388, 5:490–494, , 1989.
- [中島 93] 中島秀之, 原田康也. エージェントの状況依存対話モデル. 石田亨 (編), マルチエージェントと協調計算 II, pp. 45–59. 近代科学社, 1993.
- [中島 12] 中島秀之. 主体と環世界. 人工知能学会第 26 回全国大会予稿集, Vol. 26, 3E2–OS–16, 2012.
- [定延 00] 定延利之. 認知言語論. 大修館書店, 2000.
- [日高 07] 日高敏隆. 動物と人間の世界認識—イリュージョンなしに世界は見えない. ちくま学芸文庫. 筑摩書房, 2007.
- [鈴木 16] 鈴木宏昭. プロジェクション科学の展望. 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, OS03–1, 2016.