

自然言語理解を目的とする心の計算モデルについて

横田 将生 天野 幹郎

福岡工業大学

〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

TEL: 092-606-3131 / E-mail: yokota@cs.fit.ac.jp

あらまし 著者らは、長年、自然言語の自動理解に関する研究を行ってきており、既に2種類の自然言語理解システム IMAGES-I および II を試作している。現在、自然言語、静止図形および動画を統一的に理解するマルチメディア理解システム IMAGES-M の開発を行っており、対話処理機能を強化するために計算的観点から心のモデル構築に着手している。我々はこの目的に沿って、最近、人間の脳における機能の局在とその協調体系をモデル化することを試みたのでその概要を報告する。

キーワード

自然言語理解, 心の計算モデル

On a Computational Model of Human Mind for Natural Language Understanding

Masao YOKOTA and Mikio AMANO

Fukuoka Institute of Technology

3-30-1 Wajiro-higashi, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Japan 811-0295

TEL: 092-606-3131 / E-mail: yokota@cs.fit.ac.jp

Abstract The authors have been studying computer understanding of natural language, and already developed experimentally two types of natural language understanding systems, so called, IMAGES-I and II. At present, we are engaged in constructing an integrated multimedia understanding system IMAGES-M for natural language, still pictures and animations, and have begun to study modelling of human mind in order to enforce its dialog processing functions from the viewpoint of computation. This paper describes the outline of our recent attempt to devise such a model as would reflect the localization of functional modules and their cooperative system in a human brain.

Key words

Natural language understanding, Computational model of human mind

1. まえがき

昔, "The longest day" というタイトルの戦争映画があった. このタイトルの理解を機械 (ロボット) に行わせるにはどうすれば良いであろうか? 論理的には一日は24時間であるから, 長いも短いもないことは明白である. おそらく, このタイトルの理解の前に, 人間の主観的な心理に関する知識を機械に教えておく必要があるだろう.

我々は, 究極の自然言語理解が発話者の心の理解であると考えている. 以下のような人間と機械の間の対話を考えてみよう:

人間: I *saw* Tom yesterday.

機械: Do you *remember* what he was doing?

人間: Yes, he was drawing a picture.

機械: *Can* you *tell* me what kind of picture he was drawing?

人間: Yes, he was sketching several apples *smelling* good.

.....

このような対話が成立するためには, 少なくとも, 機械は人間の“見る(see)”という心的活動には何らかの視覚的記憶が結果的に伴い, “思い出す(remember)”という心的活動は記憶域から意識域へ情報を取り戻すこと, 感覚像(視覚像や嗅覚像など)を言語で表現可能(Can ... tell)な場合があることなどの知識をもっており, その知識を何らかの心的あるいは外的活動として実現できなければならない. すなわち, 自然言語理解の観点からは, 現実世界の認識・理解能力はさておき, 言葉で表現される人間のそのような心的活動に関して, 機械は理解能力を持たなければならない. そしてこのような能力を体系的に計算機上に実現するためには心の計算モデルを考案する必要がある.

心のモデルを論じて有名なものに, Minsky,

M. の「心の社会理論」がある^[1]. この理論では, 必ずしも, 脳の構造との対応関係は明確になされていないが, 機能を分担した複数のエージェントと呼ばれるものが人間の社会と同様な世界を構成し, 意志決定などが行われるという独創的なモデルが提案されている. 本稿では, 脳を含む神経系の機能局在との対応関係を重要視した心のモデルを提案する. その目的は, 内界(精神世界)に関する自然言語概念(思考や信念などを), そのようなモデルの構造および振る舞いとの対応で記述し計算することにある.

2. 心のモデル化

モデル化された心の構造は生物学的な脳の構造と整合性を示すものが理想である. なぜならば, 脳において構造的に関連している部分は機能的にも必然的に相互作用を行っていると考えられるからである. 我々が提唱している心像意味論に基づく心のモデル化に関する基本的な考え方は以下のものである:

① 脳の機能局在を可能な限り考慮に入れる. すなわち, 脳の機能に対応するモジュールを設定する.

② 各機能モジュールが通信することにより複雑な脳の機能的現象を実現する.

③ 各機能モジュールは心像を変換する関数の集合とその適用系列で実現する.

④ 機能モジュール間の通信は非言語的メディア(軌跡式)によって行う. これは心理的にはイメージ(心像)として体験できるものに対応している.

⑤ 機能モジュール内あるいは間で生じる誤解・誤認識・誤動作なども説明するために, 情報の表現と内容の心像を厳密に区別する.

以上のような基本方針に基づき, 我々は, 心が脳を含む神経系の機能であると考え, 図 1 に示すように, 環境からの刺激とそれへの反応という構図において, 次の 4 種類の系からなる複合系と

して捉えている:

(1) 刺激受容系 (St)

外部表現である刺激を感覚器官により受け入れ内部表現に変換する。視覚に限れば、網膜において物体の輪郭などが抽出されることが知られている。

(2) 情動処理系 (Em)

ある内部表現を情動本能(いわゆる、感情に係わる本能)に基づき評価し、その評価値に対応する別の内部表現を生成する。例えば、網膜で抽出された"鋭利な物体の輪郭"に対して無意識に"恐怖"(評価値)を感じさせるのはこの系の働きである。大脳辺縁系の働きにほぼ相当する。

(3) 知識処理系 (Kn)

ある内部表現を知識を用いて評価し、その評価値に対応する別の内部表現を生成する。視覚から送られてくる内部表現に限れば、例えば、"長方形"の輪郭から知識を参照して"本である"という認識結果(評価値)に対応する内部表現を生成する。意識はこの系に存在するとする。意識の座といわれている前頭葉を含む大脳皮質の働きにほぼ相当する。

(4) 反応表出系 (Re)

接続している系から送られてくる内部表現を運動器官による動作などに変換する。反射に係わる脊髄や自律神経系の働きもこの系に含める。図1の刺激受容系と反応表出系の直結が脊髄での反射の場合に相当し、刺激の内部表現を知識あるいは情動本能によって評価することなく、瞬時に運動器官等の働きに相当する内部表現を生成する。触覚に限れば、例えば、熱い物に接触した瞬間、それから離れる行動と直結する内部表現を生成することになる。また、何かに激怒して、脈拍が増えたりするのは、情動処理系が自律神経系に影響を与えることに起因する反射である。その他、小脳や中脳と関係する自動化された動作(歩行など)は、この系独自で実現される。

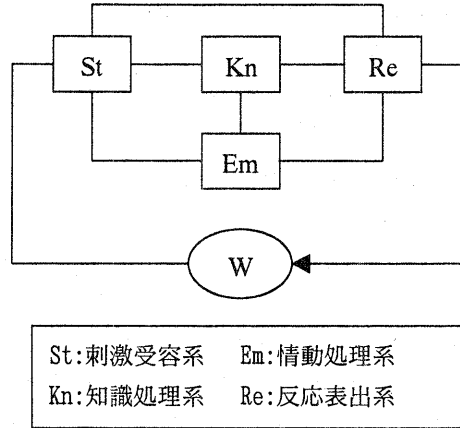


図1 心のモデルの概念図

3. モデルの振るまい

人間の内外界が関係する活動の典型的なパターンの一つは、次のようなものである。すなわち、人間は、自己の内外界を観測することにより、問題(空腹などの欲望を含む)を認識発見し、その問題を解決するために思索し、方策を発想・決定し、意図的に行動し、結果を出し、それを評価する。もし、その段階で更に問題を発見すれば、このような知的活動のサイクルを繰り返す。その間、希望や挫折感や達成感など、様々な情緒が発生しうる。もちろん、意識的活動が存在しない、すなわち、無意識状態も任意の局面で存在しうる。

ここで提案している心のモデルは、情報を担う対象に対する種々の処理を関数として記憶あるいは保持しており、対象の性質により関数を選択適用する。この関数適用を制御するもの(これも一つの関数で適用制御関数と呼ぶ)が意識であるとする。意識により適用の制御がなされない関数も存在する。このような関数は、特定の系で特定の対象が出現すると自動的に(すなわち無意識)に適用される。ある対象に対して一つの関数が適用されるとその結果(評価値と呼ぶ)として別な対象が生成される。これらの関数は、一般には、多価関数であり、複数個の評価値を生成する。

心の動きは、このような関数適用の連鎖として説明される。

具体的には、次のようなレストランでの一場面を考えてみよう：

“席に着いたばかりで腹をすかせている太郎の後方の席で、別の客が運ばれてきたばかりの料理を食べはじめた。背後から来るおいしそうな匂いに太郎が気づき振り返ると、衝立の格子目から図2のように向こうがかいま見える……多様な情報処理の結果、後ろの客がスパゲッティを食べていることを知り、最終的に太郎もスパゲッティを注文することになった。”

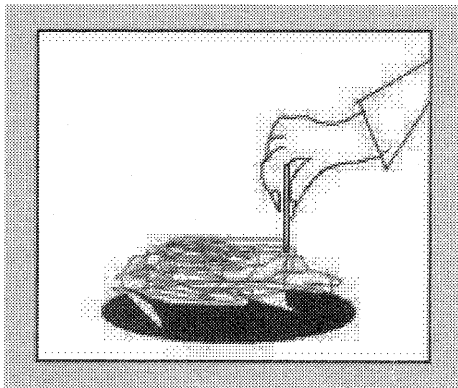


図2 レストランでの一場面

この場合、本稿での心のモデルに従うと、太郎の情報処理の流れは時点の順序集合 $\{T_1, \dots, T_n\}$ で識別可能な各機能モジュールでの過程の連鎖としておおよそ次のように表現可能である：

A. 刺激受容系での処理

T_1 : 外部からの刺激を受けて、

{S1: 嗅覚において、匂いを知覚する}

T_5 : 外部からの刺激を受けて、

{S2: 視覚において、輪郭を持った領域 (x_1, x_2, x_3, x_4) 像が抽出される (T_6 参照)}

.....

B. 情動処理系での処理

T_2 : 刺激受容系の評価値 S_1 を受けて、

{E1: "美味しそう" という情動 (摂食欲) が喚起される}.

.....

T_{n-2} :

{E_x: "スパゲッティ" への摂食欲が生成される}

C. 知識処理系での処理

T_3 : 情動処理系の評価値 E_1 を受けて、

{K1: 匂いの方向 "後方" を推定する}

T_6 : S_2 に対する知識処理により、

{K2: x_1, x_2, x_3, x_4 が、それぞれ、手首、フォーク (不完全)、スパゲッティ、皿であると解釈する}

T_7 : K_2 に対する知識処理により、

{K3: 「誰かがスパゲッティを食べている」ことを認識する}

.....

T_{n-1} : E_x を受けて、

{K_x: 外部表現「スパゲッティ下さい!」の内部表現を生成する}

D. 反応表出系での処理

T_3 : 情動系の評価値 E_1 を受けて、

{R1: 反射的に唾液を分泌}

T_4 : 知識処理系の評価値 K_1 を受けて、

{R2: 後方 (匂いの方向) を振り返る}

.....

T_n : K_x を受けて、

{R_x: 「スパゲッティ下さい!」と言う}

4. 心像の種類

我々は心像を各機能モジュールと関連付けて以下の5種類に分類している：

① 感覚像：刺激受容系が出力する心像であり、分節化されていない生の感覚刺激の時空間パ

ターンの内部表現(信号)である。

②情動像:情動処理系が出力する心像であり、物事に対する好悪や欲求などの感情に対応する内部表現(信号)である。

③表出像:反応表出系が出力する心像であり、動作に直結する極めて具体的な心像である。表出する前の動作のシミュレーションにも用いられる内部表現(信号)である。

④概念像:知識処理系の記憶域に蓄積されている心像(=記憶像)であり、通常は、言葉などの記号と関連付けられている抽象的な(特徴以外は捨象された)心像である。

⑤知覚像:知識処理系において感覚像、情動像または表出像と概念像とが融合した結果生じる心像であり、物事の認識や理解結果として生じる心像である。

以上の説明において、知識処理系における知覚とは概念像との比較により処理対象となる心像を分節(構成要素およびそれらの間の関係を抽出)することであり、認識や理解などという心的活動がこれに相当する。認識処理や理解処理の結果生じる心像は知覚像と呼ばれ、概念像と融合したものあるいは概念像に補強されたものとなる。この区別をしておかないと、自然な対話が実現できない。たとえば、「望遠鏡に赤い犬が見える」という発話者に「それは吠えるか」と尋ねたら、「多分」と答えるであろう。これはその発話者が姿形だけから犬と認識したからである。この場合、その犬の姿形以外は概念像からの蓋然的推論である。

知識処理系における他の処理として挙げられるのが想像である。概念像に蓄積された記憶像より生成された心像が反応表出系によって具体的な動作として現れない場合である。つまり、知識処理系での想像はすべて概念像で構成された心像である。例えば、「帰り道を歩きながら、夕食を食べる事を想像した」といった場合は、知識処理系の概念像で「夕食を食べる」という心像が

あり、反応表出系の表出像では「歩く」という心像が生成され、「食べる」は出力されない。

5. モジュールにおける処理および通信

心を構成する機能モジュール内での処理および間での通信のあり方は、それぞれ心像間の関係としてニューラルネットワークなども含め手続き的あるいは宣言的に実現することを考えている。

以下のものは宣言的な関係記述とそれらを用いることを想定した対話例であり、一部は既にIMAGES-Ⅲ⁵⁾に実装されている(DおよびQが人間、Aがシステムの発話)。

[例1] 知覚像と感覚像との関係

“知覚する前に感覚が存在する”

D1: Tom heard Mary sing “Hey, Jude”.

Q1: Did he sense any sounds?

A1: Yes, he did.

[例2] 概念像に関することから

“特定の感覚に限定した知識が存在する”

D1: Tom knows Mary by sight.

Q1: Is he familiar with her?

A1: No, he isn't.

[例3] 知覚像と概念像との関係

“知覚された事物は事実として記憶される(知識となる)”

D1: Tom saw Mary move to Tokyo.

Q1: Did Tom know that Mary went to Tokyo?

A1: Yes, he did.

[例4] 表出像と概念像との関係

“意図的行動には決心が必要である”

D1: Tom sold his book to Mary.

Q1: Did Tom decide to sell his book?

A1: Yes, he did.

[例5] 概念像と情動像との関係

“決心の前に欲求が存在する”

D1: Tom decided to sell his book.

Q1: Did he want someone to buy his book?

A1: Yes, he did.

[例6] 情動像と概念像との関係

“欲求は「より幸福になる」という信念である”

D1: Tom wants to go to Tokyo.

Q1: Does Tom believe to become happier if he goes to Tokyo?

A1: Yes, he does.

[例7] 情動像に関することがら

“ある感情は別の感情を含みうる”

D1: Tom loves Jane.

Q1: Does he like her?

A1: Yes, he does.

また、以下は、厳密な話ではないが、機能モジュール間の相互作用と考えられる例である。

[例8] 刺激受容系と知識処理系

ぼんやり見えていた物が何であるか教えてもらった瞬間に、今まで、見えていなかった部分が見え出すことがある。

[例9] 刺激受容系と情動処理系

恐怖心で物を見るとお化けや幽霊に見えたりすることがある。

[例10] 刺激受容系と反応表出系

注視運動などの感覚器官の能動的な動きに関する情報を提供し、対象の動きに関する感覚情報の補正を行うことがある^[4]。

[例11] 知識処理系と反応表出系

スポーツの練習方法の一つにイメージトレーニングと呼ばれるものがある。これは、実際に体を動かさずに動かしているイメージをリアルに心に描くことによっている。一種のシミュレーションである。

6. むすび

究極の自然言語理解が発話者の心の理解であると考えて心の計算モデルを提案した。心のモデルの構造は生物学的な脳の構造(局在する機能の協調的体系)と整合性を示すものが理想である。なぜならば、脳において構造的に関連している部分は機能的にも必然的に相互作用を行っていると考えられるからである。また、このことは、近未来に出現が予想される人工頭脳の構造設計にも大いに関係してくるであろう^[2]。我々は、既に、類似のモデルにより自然言語概念記述を試み、良好な結果を得ている^[3]。

計算機上には心の働きとして各種機能を手続き的あるいは宣言的に実装することになる。マルチメディア理解の立場と異なり文字言語理解の立場では認識自体に関しては機能を用意することはないと考えられる。

今回のモデルは、心の第一次近似である。将来的には各モジュールをさらに詳細に分節化していく必要がある。

参考文献

- [1] Minsky, M.: "The Society of Mind", Simon & Schuster (1986).
- [2] 松本元, 市川道教: "脳におけるデータ処理とエレクトロニクス", 電子情報通信学会誌, vol. 79, no. 11, pp. 1060-1065 (1996).
- [3] 横田将生: "内界概念の記述および理解の試み", 情報処理学会研究報告, 95-NL-108-12 (1995).
- [4] O. J. Grusser: Interaction of efferent and afferent signals in visual perception, a history of ideas and experimental paradigms, Acta Psychologica, 63, pp. 3-21 (1986).
- [5] 白石正人, 横田将生: "自然言語理解システムによる内界概念処理の試み", 福岡教育大学紀要, vol. 39, no. 3, pp. 177-190 (1990)