

## 連想概念辞書の実装による意味ネットワークと比喩理解システムへの応用

坂口 琢哉<sup>†</sup> 石崎 俊<sup>†</sup>

**概要:** コンピュータで比喩理解を行う数理モデルは幾つか提案されているが、既存の概念データを利用する事を前提としたものは未だ少ない。本研究では、実データである連想概念辞書を利用した比喩理解モデルを提案した。具体的には、概念連想概念辞書を Integrated-and-Fire モデルによるニューラルネットワーク上に実装する事で、意味ネットワーク状の構造化を行った。次に、構造化された概念データを用いて比喩を理解する手法を検討し、システムとして実装した。その際、喩辞と被喩辞の比喩理解における非対称性を考慮し、両者を入れ替えた交換比喩をどれだけ元の比喩と区別して理解できるかに言及してシステムの評価を行った。

### Implementation of Associative Concept Dictionary for Semantic Network Structure and its Application for Metaphor Understanding System

Takuya Sakaguchi<sup>†</sup> and Shun Ishizaki<sup>†</sup>

**Abstract:** We can find several models to achieve metaphor understanding with computer, including few models available for existing data about concepts. In this study, we proposed a computational model for metaphor understanding using an associative concept dictionary, which is a real data describing concepts and their relations. We implemented the data into a neural network of Integrated-and-Fire neuron model to build a semantic network structure, which was applied to the computational model to construct a metaphor understanding system. We developed the model with considering asymmetry of influence of vehicle and topic for metaphor understanding, and evaluated the system mentioning to its capability to differentiate an original metaphor and an exchanged metaphor in which vehicle and topic were exchanged from an original.

#### 1.はじめに

コンピュータによる比喩理解のシステム化を考えた場合、比喩理解の手法だけでなく、現実のデータをどう構造化し利用するかという問題を含めて検討する必要がある。比喩理解の数理モデルについては既に幾つか提案されているが[1]、それらの多くは既存の概念データの使用を前提としていない。そこで本研究では、感性的な側面を持つとされる連想概念辞書[2]を Integrated-and-Fire モデル[3]による多層型ニューラルネットワーク上に実装する事で構造化を行い、これを利用して比喩理解を行う数理モデルを提案、システムとして実装した。

#### 2.連想概念辞書の実装

##### 2.1 連想概念辞書

連想概念辞書とは、人間が知識として保持している一般的な概念とその関係性について記述したデータであり、被験者を対象に行った連

想実験を通じて得られた刺激概念と連想概念の対、および両者間の距離が定義されている。刺激概念は、小学校教科書程度の難易度の名詞であり、一方連想概念は、実験時に設けた課題によって上位概念、下位概念、属性概念、動作概念等7種類に分類される。また概念間の距離は、連想実験中に測定した被験者の回答率および平均回答順位の数値を基に定量化される[2]。

連想概念辞書のデータは、人間の感性的側面をよく反映している事が知られており、この点から比喩理解のような感性的な自然言語処理に適した概念データであると考えられる。

本研究で使用した連想概念辞書の規模は、刺激語 300 語、連想概念 60000 語程度である。

##### 2.2 Integrated and Fire モデル

Integrated-and-Fire モデルは EPSP 等の時間発展を考慮したニューロンの数理モデルで、ニューロン  $i$  の時刻  $t$  における下記の内部電位  $u_i(t)$  が、閾値  $\theta$  を超えた時刻で発火する。

$$u_i(t) = \sum_f \eta(t - t_i^{(f)}) + \sum_j \sum_f w_{ij} \varepsilon(t - t_j^{(f)}) \quad (1)$$

<sup>†</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

$w_{ij}$ はニューロン $j$ からニューロン $i$ への結合強度、 $t_i(f)$ と $t_j(f)$ は $i$ と $j$ における $f$ 番目の発火時刻を表す。 $\eta$ 、 $\varepsilon$ はそれぞれ不応期とEPSPの時間発展を表すカーネルである。ただし不応期に関しては、一般にネットワークの動作が不安定になる事から本研究では無視した。

Integrated-and-Fire モデルが持つ特徴としては、生理学的な特性を再現しつつ計算効率も考慮に入れたコストパフォーマンスの高いモデルである事、発火の空間加算に加え、時間加算も可能である事等が挙げられる。第3章で提案する比喩理解のモデルでは、この時間加算を利用して喩辞と被喩辞の非対称性を実現した。

## 2.3 実装

本研究では Integrated-and-Fire モデルによる多層型ニューラルネットワーク上に連想概念辞書を実装し、意味ネットワークの活性拡散モデル[4]に近い構造を実現した。図1は、その実装イメージである。

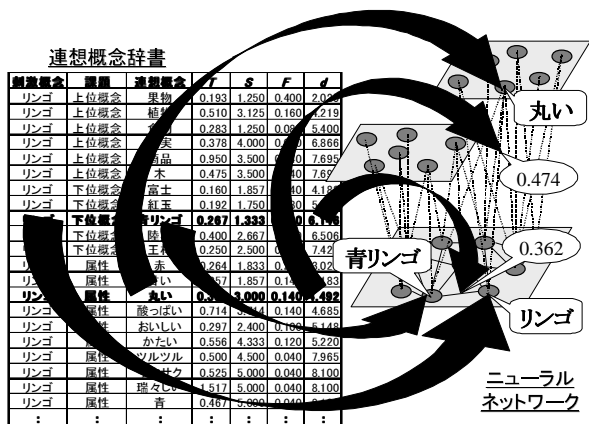


図1: 連想概念辞書の実装

具体的には、まず連想概念辞書に記述されている刺激概念および連想概念を、ニューラルネットワーク内のニューロンに1対1で対応させ、各ニューロンが発火した状態を以って概念の活性化を表現した。一方概念間の距離については、対応するニューロン間のシナプス結合強度に変換した。ここでは特に、概念間の距離 $d_{ij}$ と対応する結合強度 $w_{ij}$ は反比例の関係にあると仮定した。また、連想概念辞書では概念間の

距離を非対称に扱うが、実際に定義されている概念の関係はほとんどが一方方向であるため、本研究では実用的面を考慮して $w_{ij}=w_{ji}$ とした。

$$w_{ij} = w_{ji} = \max(a/d_{ij} + b, a/d_{ji} + b) \quad (2)$$

ただし、 $a$ 、 $b$ は線形結合の定数で、ここでは経験的に $a=1.0$ 、 $b=0.30$ と定めた。

最後に、刺激概念および課題ごとに分類された連想概念を区別するために、それぞれをニューラルネットワークの階層に分けて実装した。

## 3.比喩理解システム

### 3.1 概要

提案モデルでは、ニューラルネットワーク上に実装された連想概念辞書を用いて比喩理解を解決する。図2はシステムのGUIで、上側でニューラルネットワークの



図2: システムのGUI

動作を確認し、下側で比喩理解の入出力を行う。

本システムに、「AはBだ」という形式の比喩を入力すると、連想概念辞書を実装したニューラルネットワーク内で概念Aと概念Bを起点とした活性伝播が起こり、最終的に最適な比喩理解概念Cが発火する。ただし、A、Bはそれぞれ連想概念辞書の刺激概念、Cは属性概念に分類された連想概念とし、本稿ではそれぞれ「Target概念」「Source概念」および「Goal概念」と呼ぶ。本研究ではこのようなGoal概念の決定を、ニューラルネットワーク上で比較理論[5]に基づいて達成するモデルを考案した。

### 3.2 Goal 概念の決定

Target概念とSource概念が入力されると、ニューラルネットワーク内でこれらが発火し、活性伝播を通じてそれぞれに結合された属性概念が式(1)に従い活性化する。ただしこの時、Target概念の発火時刻 $t=0$ に対し、Source概念

は少し遅らせた  $t=2$  で発火させた。

$$u_i(4) = \sum_j \sum_f w_{ij} \mathcal{E}(t - t_j^{(f)}) = w_{iT} \mathcal{E}(3) + w_{iS} \mathcal{E}(1) \quad (3)$$

両者の発火時刻を違えた理由は、交換比喻への対応である。ここで交換比喻とは喩辞と被喩辞を入れ替えた比喻を指し、例えば「人はロボットだ」に対し「ロボットは人だ」等が考えられる。両者の解釈は一般的に異なるので、本モデルでもこれを考慮し、Target 概念と Source 概念の発火時刻を違えて両者の影響力を非対称にする事で対応した。すなわち式(3)において、 $\epsilon(3)=0.15$ 、 $\epsilon(1)=0.37$  と一意に決まるから、結果的に Target 概念と Source 概念は属性概念の活性化に対し約 5:12 の影響力を持つ。

この比率は、比喻に関する SD 法から心理学的に求められた比率 1:2 と、よく一致する[6]。

各属性概念は、式(3)の結果上昇した内部電位  $u_i(t)$  が閾値  $\theta$  を超えた場合に発火するが、この時  $\theta=0.50$  とする事で、単一の活性伝播刺激では発火しなくなり、結果的に Target 概念と Source 概念の両方から刺激を受け取った概念、つまり両者の共通概念のみが発火する。

本モデルではこの方法によって得られた共通概念を、比喻理解の Goal 概念と見なして出力する。また複数の共通概念が発見された場合は、内部電位の最も高かった概念を最有力として出力する。喩辞と被喩辞の共通概念を探索し、比喻理解の解として出力する考え方は、Ortony の比較理論[5]に従うものである。

## 4. 評価実験

### 4.1 出力結果

提案モデルを実装したシステムの評価実験を行った。実験に使用する比喻は、連想概念辞書に記述された刺激概念の任意の組み合わせのうち、共通概念が 5 個以上存在した 71 対から構成される比喻と交換比喻の、計 142 文を対象とした。表 1 に、使用した概念対とシステムの出力結果を示す。

表 1: 使用した概念対とシステムの出力結果

|    | 入 力     |         | 出 力   |       |
|----|---------|---------|-------|-------|
|    | 概念A     | 概念B     | AはBだ  | BはAだ  |
| 1  | いす      | 頭 (あたま) | かたい   | かたい   |
| 2  | オウム     | 黒目      | 丸い    | かわいい  |
| 3  | オウム     | 息子      | かわいい  | かわいい  |
| 4  | カラス     | 都市      | 大きい   | 大きい   |
| 5  | ギター     | ジェット機   | 大きい   | 大きい   |
| 6  | ギター     | バイク     | かっこいい | うるさい  |
| 7  | ギター     | 議論      | 難しい   | うるさい  |
| 8  | きゆうり    | 髪の毛     | 長い    | 長い    |
| 9  | グランドピアノ | ジェット機   | 大きい   | 大きい   |
| 10 | グランドピアノ | ヨット     | 大きい   | 大きい   |
| 11 | グランドピアノ | 氷河      | 大きい   | 大きい   |
| 12 | ジェット機   | 家具      | 大きい   | 大きい   |
| 13 | ジェット機   | 本棚      | 大きい   | 大きい   |
| 14 | たんす     | バス      | 大きい   | 四角    |
| 15 | トラック    | ベッド     | 大きい   | 大きい   |
| 16 | トラック    | 鳥       | 大きい   | 大きい   |
| 17 | トラック    | 都市      | 大きい   | 大きい   |
| 18 | トラック    | 動物      | 大きい   | 大きい   |
| 19 | トランペット  | 鏡       | かたい   | きれい   |
| 20 | バイク     | 氷河      | かたい   | かたい   |
| 21 | バス      | ピアノ     | 大きい   | 大きい   |
| 22 | バス      | ベッド     | 大きい   | 大きい   |
| 23 | バス      | 机       | かたい   | 大きい   |
| 24 | バス      | 棚       | 四角    | 大きい   |
| 25 | ピアノ     | 氷河      | かたい   | 大きい   |
| 26 | フェリー    | 棚       | 大きい   | 大きい   |
| 27 | ベッド     | ヨット     | 大きい   | 大きい   |
| 28 | ベッド     | 口       | 大きい   | やわらかい |
| 29 | ベッド     | 入り口     | 大きい   | 大きい   |
| 30 | 鉛筆      | 髪       | 黒     | 黒     |
| 31 | 家具      | 頭 (あたま) | かたい   | かたい   |
| 32 | 科学      | 考え      | 難しい   | 難しい   |
| 33 | 海底山脈    | 食器棚     | 大きい   | 大きい   |
| 34 | 海底山脈    | 鼻       | 高い    | 高い    |
| 35 | 外       | 温度      | 寒い    | 寒い    |
| 36 | 外       | 海       | 広い    | 広い    |
| 37 | 楽器      | 議論      | 難しい   | 楽しい   |
| 38 | 岩盤      | 氷河      | 冷たい   | かたい   |
| 39 | 机       | 頭 (あたま) | かたい   | かたい   |
| 40 | 机       | 氷河      | かたい   | かたい   |
| 41 | 季節      | 温度      | 寒い    | 寒い    |
| 42 | 犬       | 都市      | 大きい   | 大きい   |
| 43 | 研究      | 考え      | 難しい   | 難しい   |
| 44 | 仕事      | 航海      | 楽しい   | 楽しい   |
| 45 | 出口      | 都市      | 大きい   | 大きい   |
| 46 | 世界      | 口       | 広い    | 広い    |
| 47 | 世界地図    | 棚       | 四角    | 大きい   |
| 48 | 掃除      | 航海      | 楽しい   | 楽しい   |
| 49 | 息子      | 猫       | かわいい  | かわいい  |
| 50 | 棚       | 車       | 四角    | 四角    |
| 51 | 地球      | 海       | 広い    | 青     |
| 52 | 地図      | 棚       | 四角    | 四角    |
| 53 | 動物      | 都市      | 大きい   | 大きい   |
| 54 | 髪の毛     | 髪型      | 長い    | 黒     |
| 55 | 飛行機     | 鳥       | 大きい   | 大きい   |
| 56 | 眉毛      | 鉛筆      | かたい   | 黒     |
| 57 | 氷河      | 都市      | 大きい   | 冷たい   |
| 58 | きゆうり    | 鉛筆      | かたい   | 長い    |
| 59 | ジェット機   | ピアノ     | 大きい   | 大きい   |
| 60 | ジェット機   | 楽器      | 大きい   | 大きい   |
| 61 | トラック    | 頭 (あたま) | かたい   | 大きい   |
| 62 | バス      | 楽器      | 大きい   | 大きい   |
| 63 | バス      | 本棚      | 大きい   | 大きい   |
| 64 | ベッド     | 頭 (あたま) | かたい   | やわらかい |
| 65 | 鉛筆      | 髪の毛     | 黒     | かたい   |
| 66 | 海       | 都市      | 大きい   | 広い    |
| 67 | 岩盤      | 火山      | かたい   | かたい   |
| 68 | 入り口     | 都市      | 大きい   | 大きい   |
| 69 | 氷河      | 海底      | 冷たい   | 冷たい   |
| 70 | バス      | 家具      | 大きい   | 大きい   |
| 71 | 空港      | 都市      | 広い    | 広い    |

「大きい」「かたい」等一般的な属性概念に偏る傾向があるものの、全体として無難な比喻理解を行っていると言える。ただしこれらの一般的過ぎる属性概念は、無難であると同時にその面白さを消してしまっていると考えられる。例えば「トランペットは鏡だ」という比喻には「かたい」の他に「ピカピカ」という共通概念が発見されており、この場合はより特殊な属性概念である後の方が、比喻の意図をよく表わしたものであると言えよう。今後、比喻理解の面白さについても追求していく上では、属性概念自身の一般性を定量化し、モデルに組み込んでいく必要があると思われる。

#### 4.2 交換比喻の理解

比喻理解システムの客観的な評価の指標として、交換比喻への対応が考えられる。既に述べたように「人はロボットだ」と「ロボットは人だ」という比喻では解釈が異なり、システムはこれらを区別できる事が望ましい。表1に見られるように、本システムでは全71例中21例において、元の比喻と交換比喻とを区別できた。更にこれらについて、比喻を構成するTarget概念とSource概念の特徴から交換比喻を区別できる条件を分析した。

その結果、交換比喻を区別して扱えた成功例21例に関しては、Target概念やSource概念が比較的多数の属性概念と結合している事が分かった。一方、失敗例50例に関しては結合数が少ない代わりに、特定の属性概念と強い結合を持った概念が多かった。前者については「鉛筆」「髪の毛」「ギター」、一方後者については「グランドピアノ」「ジェット機」「トラック」等の概念が該当する。表2に、これらの概念が成功例、失敗例で使用されている頻度と、属性概念との結合数、およびその最小距離を示す。

表2: 概念の使用頻度と特徴

|         | 頻度<br>(成功例) | 頻度<br>(失敗例) | 結合数 | 最小距離 |
|---------|-------------|-------------|-----|------|
| 鉛筆      | 3           | 1           | 16  | 2.89 |
| 髪の毛     | 2           | 1           | 23  | 2.07 |
| ギター     | 2           | 1           | 15  | 3.99 |
| グランドピアノ | 0           | 3           | 14  | 1.54 |
| ジェット機   | 0           | 6           | 14  | 1.98 |
| トラック    | 1           | 4           | 15  | 1.53 |

特定の属性概念と強く結合した概念で構成された比喻が、交換比喻を区別できなかった原因としては、式(3)に従ってGoal概念を決定する際、結合強度 $w_{ij}$ の値が大き過ぎたために、5:12に設定されたTarget概念とSource概念の影響力の差が相殺された事が考えられる。この問題を解消するためには、式(2)のパラメータ $a$ 、 $b$ の値を変更して結合強度とEPSPとのバランスを調整すれば良いが、同時に連想概念辞書の距離が結合強度に十分反映されなくなる危険性があるため、慎重に検討する必要がある。

#### 5.おわりに

本稿では、連想概念辞書をIntegrated-and-Fireモデルのニューラルネットワークに実装し、これを利用して比喻理解を行う数理モデルを提案、システムを構築した。その際、Target概念をSource概念の非対称性に言及した。その結果、属性概念と広く浅い関係にある概念から構成された比喻については、提案モデルで交換比喻をうまく区別する事が出来た。

#### 参考文献

- [1] 内海彰, “比喻の認知/計算モデル”, Computer Today, 2000-3, pp.34-39, 2000.
- [2] 岡本潤, 石崎 俊, “概念間距離の定式化と既存電子化辞書との比較”, 自然言語処理, 8-4, pp.37-54, 2001.
- [3] W.Maass and C.M.Bishop, "Pulsed Neural Networks", MIT Press, 1999.
- [4] Collins,A.M. and Loftus,E.F., "A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing", Psychological Review, 82-6, pp.407-428, 1975.
- [5] Ortony,A., "Beyond literal similarity", Psychological Review, 86, pp.161-180, 1979.
- [6] 楠見孝, “比喻理解における主題の意味変化: 構成語の意味相互作用”, 心理学研究, 65, pp.197-205, 1994b.