

不定自然変換理論の構築：圏論を用いた動的な比喻理解の記述 Constructing theory of indeterminate natural transformation: describing dynamical metaphor comprehension based on categorical theory

布山美慕¹⁾, 西郷甲矢人²⁾
FUYAMA Miho¹⁾, SAIGO Hayato²⁾
miho02@sj9.so-net.ne.jp, harmoniahayato@gmail.com

1) 玉川大学, 2) 長浜バイオ大学
1) Tmagawa University, 2) Nagahama Institute of Bio-Science and Technology

【要約】本論文では、意味の創造過程を探求するための仮説として、比喻理解を例にとり Theory of indeterminate natural transformation (TINT)を提案する。TINT ではイメージの意味をイメージの間の想起関係として定義し、被喻辞のイメージから喻辞のイメージの想起を端緒として動的にイメージの不定圏の構造が変化する過程として比喻理解過程をモデル化する。このモデル化のため、圏論の数学的構造を導入し、イメージの意味をコスライス圏で、喻辞と被喻辞のイメージの意味の対応づけを関手で、比喻理解の過程を自然変換の探索で表現した。加えて、比喻理解の動的な過程をモデル化するために、イメージの想起確率を導入し、圏を不定化した。この理論化によって、被喻辞と喻辞のもつイメージの構造単位の相互作用を扱うことができる。

【キーワード】比喻, 意味, 圏論, 自然変換

1. はじめに

私たちの生は種々のイメージに満たされている。視覚や聴覚, 触覚, 嗅覚, 味覚といった五感や体性感覚に基づくイメージ, 断片的なあるいは構造的イメージ, 現実的／非現実的なイメージ, 言語的／非言語的なイメージ, はっきりした／曖昧なイメージ。たとえば, コップ, 雨, 空, 死, 星座, 父, ペガサス, 数字の 23, 虚数, 柔らかさ, あのときの彼女, 神様, 青, この論文, などなどのイメージがある。これらのイメージは私たちに豊かな意味を伴って現れる。著者らは, 全く意味のないイメージは持ちようがなく, またイメージのない意味もないと考える。これらのイメージとその意味は外界にあるのではなく, 人が日々不随意にあるいは意図的に, 創り出している。素晴らしい音楽, 誰も到達しなかった理論, あるいは昨日と違って見える道端の花の雫, それらは私たちが創り出したイメージと意味であり, その度に私たちにとっての世界は新しくなっていく。これらのイメージや意味が折り重なって体積し, ある種の知識となり, 社会の変革が行われることもあるだろう。このイメージとその意味の創造は, 人間の一つの基礎的な能力の一つであり, 様々な認知過程の基礎であると考えられる。

本論文では, このうち, イメージの意味の創造過程を探求するために, 最も基礎的な意味の創造過程の例として新規比喻の理解過程を取り上げる。そして, イメージの意味をイメージの間の関係性と捉える仮説に基づき, この新規比喻の理解過程の新しい理論「*Theory of Indeterminate Natural Transformation (TINT)*」を提案する(以降は略称である TINT を用いる)。

TINT は, 新規な比喻の意味の創造過程を記述し説明することを目的とし, これを喻辞と被喻辞の相互作用の過程として記述する。TINT の一つの特徴は, 被喻辞の意味や喻辞の意味をイメージの関係性の総体として捉え, これらのイメージの関係性の構造としての相互作用を記述する点である。このアプローチは, 潜在意味解析や Word embedding を用いて意味の創出をある種のベクトル演算に近似する方法に比べて, 意味(を表すイメージ)の関係性の情報をより豊かに使うことを可能にする。TINT の提案は数学の一分野である圏論の基礎概念の応用によってなされる。圏論は, 数学的な構造を「射」と呼ばれる関係性をもとに調べる分野であり, 構造同士の相互作用の記述に有用である。加えて, TINT では意味創出の動的過程を捉えるために簡単な確率過程を導入し, 圏論を拡張して用いる。

TINT は一つの仮説であり, トイモデル等を用いた検証もこれからの課題である。また, 一つ一つの定義(たとえばイメージの意味をコスライス圏で定義するなど(第4節参照))についても大胆な仮説であるため, 各々丁寧に検証が必要である。本論文では, こういった検証や理論の洗練は将来的な課題とし, まず議論の俎上に載せるため TINT の概念的な提案を中心に行う。多くの課題や今後必要となる研

究については第7節で述べる。

本論文では、まず2節でTINTの概要を圏論の専門用語を用いず説明する。3節で必要な圏論の概念を紹介する。4節で圏論と簡単な確率過程のアイディアを用いて、TINTを定式化する。5節では、比喻の事例を用いて、TINTによる比喻理解の過程を説明する。6節で比喻理解の理論的な先行研究に簡単に触れ、7節で今後の研究の課題を示す。

2. TINTの概要

TINTではあるイメージの“意味”とは、あるイメージから想起される他のイメージとの想起関係の総体であるとする。何らかの契機によってイメージAが生じるとする。このイメージAによって他のイメージBやC等々が想起されるとき、著者らはこのAからBやC等々への想起関係の総体をAの意味と考える。たとえば、「愛」というイメージに対して「暖かい」「家族」「悲しい」「恋人」「ハート」「赤い」など種々のイメージが想起されるとき（なお、ここでは便宜的に“言葉”で表現しているがイメージは言葉ではない）、これら「暖かい」「子供」「悲しい」「恋人」「ハート」「赤い」への想起関係の総体が「愛」というイメージの意味と考えるのである。同様に、これらの「暖かい」などの他のイメージの意味もその他のイメージとの想起関係で定義されるため、イメージの意味は全体として相互依存的な体系をなす。これは、ある語の意味が他の語の意味との相互依存的な関係によって定まるとする考え方に類似し、また概念が他の概念との関係性を探索しながら内包的・外延的な“意味”を定めていく過程に類似するだろう（たとえば類似性という関係性に関して、今井（2001））。

このとき、新しい意味の創造とは、イメージの間の新しい想起関係の創造であると考えられる。そして、もっとも簡単な意味創造として、一つの想起関係が新しく生まれる場合を考えることができる。たとえば、イメージAから新たにイメージXへの想起関係が生じることで、イメージAの意味が変化し新規な意味が生まれる場合を考えることができる。

これはまさに、それまで関連づいていなかった喩えるものと喩えられるものが比喻関係によってつながる「新規比喻の理解過程」に対応する。たとえば、「愛は飲み水だ」という表現があなたにとって新規なとき「愛」のイメージから「飲み水」のイメージへの想起関係が新たに作られる。その新規な想起関係によって「愛」の意味は新しくなる。したがって、新しい意味の創造過程のもっとも基礎的な過程として、新規比喻の理解を考えることができる。

加えて、喩えるものも喩えられるものも（そしておよそ意味のあるイメージは全て）、比喻関係以前にある意味を持つならば、それぞれ元々種々の他のイメージへの想起関係を有している。このとき我々は、比喻の理解過程では、単に「愛」から「飲み水」への想起関係が作られるのではなく、この「愛」→「飲み水」の想起関係を通じて、「飲み水」からの元々の種々の想起関係が「愛」からの元々の種々の想起関係に対応づけられようとすることで、「愛」の意味がいつそう豊かになると考える（愛は飲み水のように不可欠で、心身に心地よく、清潔でなければ害ともなり、透明で、また冷たく...など）。この想起関係の（部分的な）総体同士の新たな関係性の構築が新規比喻の理解であり、新規な意味の創造過程である。

比喻の理解を関係性同士の対応づけとして扱おうとする理論はすでにいくつか提案されている（Bowdle & Gentner, 2005., など）。しかし、6節で議論するように、著者らはこれまでの理論では関係性同士の対応づけを十分扱うことができていないと考える。TINTは、圏論の概念を導入することで、この関係性同士の対応づけをよりよく定式化することを試みる。

3. 必要となる圏論の概念の説明

TINTで必要となる圏論の主要な概念は、“圏”、“関手”、“自然変換”である（より詳細にはMac Lane (1998)などを参照）。

圏とは、大まかに言えば、対象間を繋ぐ合成できる射からなるネットワークである。対象は何らかの現象を表し、射は現象の間の変換や過程を表すと解釈できる。

圏は対象と射を含む体系で、以下の4つの条件を満たす。

1. 各射 f には2つの対象 $\text{dom}(f)$ と $\text{cod}(f)$ とが対応づけられていて、それぞれ域（domain）と余域（codomain）と呼ばれる。 $\text{dom}(f)$ と $\text{cod}(f)$ は同じ対象であっても良い。「射 f の域が X 、余域が Y である」ということを

$$f: X \longrightarrow Y$$

あるいは

$$X \xrightarrow{f} Y$$

と記し、こういった矢印を用いて組み上げた表記を図式と呼ぶ。図式中の矢印の向きの表記は左から右に限らない。

2. 射 f, g で $\text{cod}(f) = \text{dom}(g)$ となるものがあるとき、つまり、

$$Z \xleftarrow{g} Y \xleftarrow{f} X$$

のとき、こういった f, g に対して、これらの合成と呼ばれる射

$$Z \xleftarrow{g \circ f} X$$

が存在する。

3. 次のような図式で表現される状況のとき

$$\begin{array}{ccccc} & & W & \xleftarrow{h \circ g} & Y \\ & \swarrow h & & & \nwarrow f \\ & Z & \xleftarrow{g} & Y & \\ & & \searrow g \circ f & & X \end{array}$$

平行四辺形の上側を通る経路と下側を通る経路が射として同じものとなるという結合律を要請する。つまり、

$$(h \circ g) \circ f = h \circ (g \circ f)$$

となる。このように、域と余域を共通とする射が合成方法によらずに等しいとき、その図式は可換であるという。

4. 最後に、単位律が要請される。単位律とは、任意の X について恒等射 $1_X: X \rightarrow X$ があり、任意の射 $f: X \rightarrow Y$ に対して、次の図式が可換であることである。

$$\begin{array}{ccc} & X & \\ f \swarrow & & \searrow 1_X \\ Y & \xleftarrow{f} & X \\ 1_Y \swarrow & & \searrow f \\ & Y & \end{array}$$

つまり、

$$f \circ 1_X = f = 1_Y \circ f$$

でなければならない。

対象とその恒等射は 1 対 1 で対応づけできるため、対象をその恒等射とこの意味で同一視できる。言い換えれば対象を射の特殊な事例として見なすことができる。

まとめると、圏は次のように定義される。

定義 1: 圏とは、対象と射と呼ばれる二つの内容から構成される体系で、射は域/余域と呼ばれる対象を関係させており、合成と恒等射を備え、結合律と単位律を満たす。

圏の例は身近に見いだせる。「集合」を対象とし「写像」を射とする圏や、「命題」を対象とし「証明」を射とする圏を考えることができる。また、交通や代謝のネットワークも一例として考えられる。もちろん、より数学的な例もそれこそ無限にある。圏の概念は「掲げた公理をみたすものなら何でも良い」という数学的自由さの発露とでもいうべきものである。

次に二つの圏の間の構造を保つ対応づけとして関手を次のように定義する。

定義 2: 圏 C の対象、射から圏 D へ対象、射への対応 F が関手 (functor) であるとは、以下の 3

条件をみたすときにいう．

1. C の射 $f: X \rightarrow Y$ を D の射 $F(f): F(X) \rightarrow F(Y)$ に対応させる．
2. C の各対象 X の恒等射 1_x について $F(1_x) = 1_{F(X)}$
3. C の射 f, g の合成 $f \circ g$ について, $F(f \circ g) = F(f) \circ F(g)$ となる

簡単に言うと, 関手は図式あるいは圏の構造を保つ対応づけである．ただし, 関手の定め方は一意とは限らない．

関手は普遍的な概念であって, 認識・表現・構成・モデル化・理論化などの言葉で言い表されるプロセスは, すべて関手の生成と見なせるほどである．関手を通じて, いわば一つの圏が他の圏に映り込み, 自明に異なる現象のあいだに同じさを措定することができる．こういった関手と理論化の関係については, Tsuchiya, Taguchi, & Saigo (2016)において, 意識の理論化に関して関手で対応づけられるモデルが現象に対してどの程度情報を保つモデルと見なせるか議論されている．

関手の定め方は一意とは限らないため, 複数の関手を考えることができる．すると, これら複数の関手の間の変換を考えることができる．これが自然変換である．これは, ある圏と別の圏の一つの対応づけが自然変換を通じて他の対応づけに変換されることと見ることができ, いわば関手自体を対象とみてそれらの間の射を考えることに相当する．

定義 3 : F, G は圏 C から圏 D への関手とする． t が F から G への自然変換 (natural transformation) であるとは, 以下の 2 条件をみたすときに言う．

1. t は C の各対象 X に対して, D の射 $t_x: F(X) \rightarrow G(X)$ を対応させる (つまり自然変換は, そのそもそもの「身分」としては, 対象から射への対応である) ．
2. C の各射 $f: X \rightarrow Y$ について $F(X)$ から $G(Y)$ への射として, $t_Y \circ F(f) = G(f) \circ t_X$ が成り立つ．

自然変換をどう描くかについていくつか流儀があるが, ここでは $t: F \Rightarrow G$ と表すことにする．2 つめの条件については, 次の図式を用いるとわかりやすいだろう．

$$\begin{array}{ccc}
 & & Y \xleftarrow{f} X \\
 & \cdots & \\
 F & & F(Y) \xleftarrow{F(f)} F(X) \\
 \parallel & & \downarrow t_Y \quad \downarrow t_X \\
 t & & G(Y) \xleftarrow{G(f)} G(X) \\
 \downarrow & & \\
 G & &
 \end{array}$$

右上が C での射, 右下が D での射を表している．ここでは関手 F, G による f の 2 つの映り先と自然変換 $t: F \Rightarrow G$ との関わりが描かれている．2 つめの条件は, この四角形が可換であることを要請するものである．関手から関手への変換を, 関手によって映る先の圏 D の構造を保つかたちで行うことと考えられるだろう．

次に, 圏の一例としてコスライス圏を次のように定義する．

定義 4 : C を圏, X を C の対象とすると, コスライス圏 $X \backslash C$ を次のように定義する．

1. 対象は $\text{dom}(f) = X$ となる全ての射 $f \in C$ ．
2. 射は $f: X \rightarrow a$ から $g: X \rightarrow b$ への $h \circ f = g$ を満たすような $h \in C$ (下記図式参照)
3. 射の合成は C の合成で行う
4. 恒等射は C の恒等射を引き継ぐ

$$\begin{array}{ccc}
 a & \xrightarrow{h} & b \\
 \swarrow f & & \nearrow g \\
 & X &
 \end{array}$$

コスライス圏は、もとの C のある対象 X と他の対象の関係性を対象とし、それらの関係性同士の関係を射とする圏と言える。イメージとしては、世界を神様の視点から俯瞰的に見るのではなく、ある一つの視点($X \in C$) から見た場合の世界の見え方に対応すると解釈できる。

4. TINT の数学的な定式化

3 節で説明した圏論の諸概念と、加えて簡単な確率過程を導入し、TINT の定式化を行う。

4.1. 圏論を用いた TINT の記述

まず、次のようにイメージの圏とイメージの意味の圏を定義する。

定義： イメージの圏 C の対象はイメージ（一節で述べたように、五感等に基づくものでも、言語的・非言語的なものでも、抽象的でも具体的でも良い種々のもの）、 C の射はそれらの間の想起関係とする（対象間の射は複数あって良いが、この拡張は今後の研究にし、本論文ではこれを想起可能性として一つに限定して議論する）。

定義： A がイメージの圏 C の対象であるとする。このとき A の意味の圏をコスライス圏 $A|C$ で表現する。

2 節で述べたように、TINT ではイメージの意味を他のイメージとの想起関係として捉える。たとえば、赤の意味は、赤から想起される他のイメージとの想起関係全体と考え、これを赤のコスライス圏として定義する。そして、TINT では比喩理解の過程を次のようにコスライス圏の間の関手の自然変換の探索過程と見なす。

まず、「 A は B のようだ」という比喩がなされたとする。すると、 A から B への想起が起こる。これは図 1 のように表現されたイメージ A と B の意味を表すコスライス圏 $A|C$ と $B|C$ の間に、図 2 に示すように比喩によって一つの射 f が生まれることに相当する（この f によって、厳密には全体の圏が変化するため、 C' と記している。ただし、あとで確率過程を導入して定式化しなおす際にこの変化は吸収される）。この f によって、自然に一意にコスライス圏 $B|C'$ から $A|C'$ への関手 $f|C'$ が生まれる。ここで、 $f|C' := (\cdot) \circ f: B|C' \rightarrow A|C'$ であり、たとえば、図 2 の $b_1 \in B|C'$ を $b_1 \circ f \in A|C'$ にうつすような関手である。この関手を *Base of Metaphor Functor* (BMF) と呼ぶ。この BMF は、図 2 で見れば、「 B にとっての y 」を「 A にとっての B にとっての y 」というようなかたちで B を媒介として y と A との想起関係を作る。しかし、このように B を経由するかたちでは、直接的な想起関係でないため、比喩の解釈が不明確で、比喩理解がなされたとは考えにくい。そこで、 $f|C'$ の自然変換によってより自然な関手 F を見出し、意味を理解しようとする。これは、たとえば、 $b_1 \circ f$ に対応するもとのコスライス圏 $A|C$ の対象を探索することに相当する（すでに $b_1 \circ f \in A|C'$ なので、 $A|C'$ の射の探索となっており、自然変換の探索に相当する）。この探索によって、図 3 のように $b_1 \circ f$ に対応する j が見つかる（ただし他の対象との関係性も含めて自然変換のかたちで対応することが条件）、この対応づけによって新たな関手 F が見出される。この対応づけでは、「 B にとっての y 」は「 A にとっての j 」というように、 B と A それぞれから直接に想起されるイメージ同士の間に対応づけがなされ、比喩の意味が解釈される（たとえば、

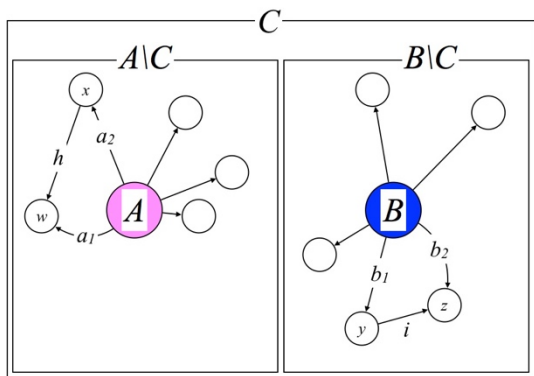


図 1: イメージ A の意味とイメージ B の意味を表現するコスライス圏 $A|C$ と $B|C$ 。

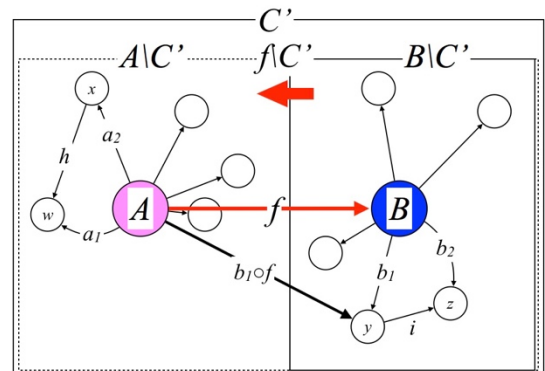


図 2: 比喩の指定. A は B のようだという比喩の指定によって射 f が生まれる. f を元に $f|C'$ (Base of metaphor functor) が生まれる。

- ここまでの不定自然変換の過程によって、 μ の値が変化する（学習が起こる）．この μ の変化はイメージの想起関係の変化であり、この変化によって私たちの世界の見え方が変化する．

5. TINT による比喩理解の過程の説明例

ここまで、TINT の定式化を行った．本節では、具体的な比喩文を取り上げて TINT を用いた比喩理解の過程の説明を行い、TINT の理解を深める．ただし、不定化の部分については今後精緻化すべき点も多く、具体的な確率の計算例を示すには至っていない⁽¹⁾．ここでは、具体的にどのような課題が現れるかを明らかにする意味も含め、現時点の TINT を用いて具体的な比喩理解の過程を追う．

三好達治の『土』（三好，1932）という詩の中の比喩を例に説明する．『土』は次のような詩である．

蟻が
蝶の羽をひいて行く
ああ
ヨットのようだ
（三好達治、『土』）

この詩では、何が何に喩えられているのかいくつか解釈があり得るが、ここでは試みに「羽が（ヨットの）帆のようだ」という比喩が込められていると考えて TINT を用いてみる⁽²⁾．この状況は図 4 のように表現できる．羽と帆のコスライス圏には詩の中に出てくる単語が対応するイメージを中心にくくつか記述した（これ以外にも想起されているイメージがあっても良い）．詩の中に書かれている単語に対応するイメージは想起されている（対応する μ に関わらず射が励起している）と考える．比喩の措定によって、羽と帆の間に想起関係の射 f が励起する． f をもとにした関手 $f|C$ (Base of metaphor functor) によって $b_1 \in \text{帆} \setminus C$ が $b_1 \circ f \in \text{羽} \setminus C$ にうつる．この $b_1 \circ f$ を f ができる以前の $\text{羽} \setminus C$ の対象にうつすような自然変換が探索されるが、その過程として、Fork rule によって $b_1 \circ f$ と a_1 は同じ C の対象である「羽」を域に持つため、この二つの射の余域を繋ぐ射が探索される（このとき、「羽」を域とする射は他にも多くあるため（例えば「蟻」や「三角」など）、これらに対しても同様に以下の過程が起こる）．この射は合成射でも良いが、ここでは直接繋ぐ x が見出されたとしている．どのような経路が選択されるかは各射が持つ μ に依存し、ここでは他の合成射よりも x の μ_x が相対的に高かったため x が選ばれやすかったと考える⁽³⁾．この x は $b_1 \circ f \in \text{羽} \setminus C$ を $a_1 \in \text{羽} \setminus C$ に写す射であり、 $f \setminus C$ の自然変換 F の要素となりうる．同じように、様々な場所で Fork rule を始めとするルールが適用され、自然変換 F の要素となりうる射が見出される．これらは全て同じ部分圏に対する自然変換の要素となるとは限らないが、これらの射の間に自然変換が要請する関係が担保されるとき、それらは同じ自然変換の一部となる．

自然変換の一部になる過程を確認するため、図 5 を用いて他の射の発見も見よう．この例では同時に新しいイメージの創造（発見）の過程も追うことができる．「羽」から出る二つの射 f と a_2 に Fork rule が適用され、この余域の間を繋ぐ射が探索される．直接これらを繋ぐ射は y だが、この y の想起確率 μ_y が小さく直接は想起できないとき、これらの間を繋ぐ合成射が探索される．この合成射は様々なあるが、図中では中継するイメージとして「海」が見出され、「帆」から「海」への射 b_2 と海から土への射 z の

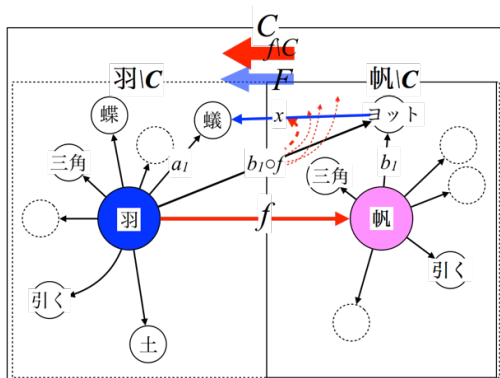


図 4：『土』の比喩の措定

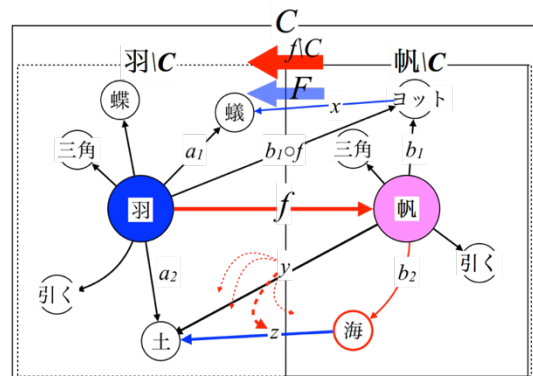


図 5：土から海のイメージの発見過程

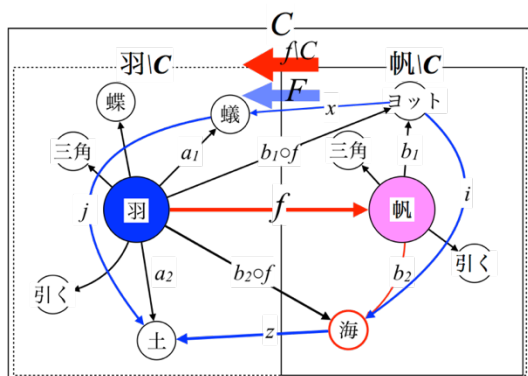


図 6：自然変換の確認. x や z といった射の族が自然変換となる.

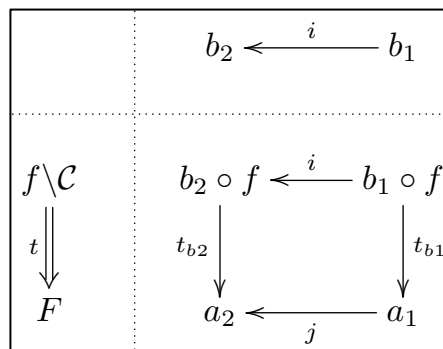


図 7：自然変換の確認

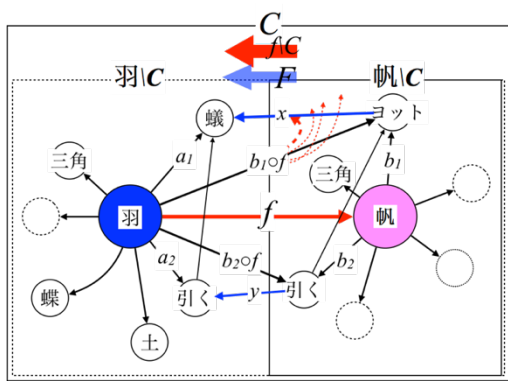


図 8：「引く」同士の自明な関係をもとにした自然変換の制約

を蟻によって運ばれていく羽」の様子が「海の上をヨットによって運ばれていく帆」の様子と対応するという解釈だと見なせるだろう⁽⁴⁾.

ここまでの過程において、「土」というタイトルに対応する「海」のイメージが見出されたことで、土と海の対比が際立ち、詩情はいっそう豊かに感じられ、たとえばこの対比において、土や海に関連する色や空気の感じなどがそれぞれのコスライス圏に加わり、いっそうイメージ豊かになる過程もありうる. こういった過程は、土や海を通じてさらなる想起が起こる過程と見なせるだろう.

このようにして種々のイメージが想起されるが、Fork rule に基づく探索によって適当な射が見出せない場合、Anti Fork rule によって、それらの射は抑制され、消えていく. また、より豊かな自然変換（対応する部分圏が大きい）方が豊かな解釈として選ばれやすい可能性はあるだろう.

ここまでの説明では、 μ と主に Fork rule によって射の探索が行われ、結果として自然変換の形式になると述べた. もう一つの考え方として、探索時にすでに自然変換となるような射の族が優先的に探索される可能性もあるだろう. たとえば、図 8 のように、二つのコスライス $\text{羽} \setminus C$ と $\text{帆} \setminus C$ に共通して、「引く」への射があるような場合（わかりやすくするため、 C の対象である「引く」を二つ記載している）、これらと自然変換がなされるように x が探索される可能性を考えることができる. その場合、「蟻」と「ヨット」が共に「引く」との想起関係を持つため、「ヨット」に対応するイメージとして優先的に「帆」が見出されうるだろう（正確にはそれらのイメージへの射が優先的に励起される）.

6. TINT の特徴と既存の比喩理解の理論との比較

TINT の特徴は以下のようにまとめることができる.

- イメージの意味, および比喩の意味をイメージの構造としてコスライス圏と関手を用いて表現する
- 被喩辞と喩辞の間の相互作用を、不定自然変換の構築過程として、構造と構造の間の相互作用として表現する
- 新規比喩の理解の過程を複数の解釈（自然変換）が共存する状態として表現する

- イメージの圏として比較的静的な意味の空間を表現し、かつ射の確率的な励起と緩和の過程によって比喩理解の動的な過程を表現する

1 節で述べたように、著者らは比喩理解においてもっとも重要な過程は被喩辞と喩辞のイメージが新たに繋がることによる新規な意味の創造過程だと考える。被喩辞と喩辞の意味はそれぞれ他のイメージとの関係性からなる構造で決まっている。したがって、比喩の意味が被喩辞と喩辞の相互作用からなると思うなら、構造と構造の相互作用を表現することが自然であるように思われる。ここでは、この観点から、過去の比喩研究との比較をごく簡単に行う。比喩研究の詳しいレビューは平・楠見 (2011) や内海 (2013) を参照されたい。

これまでも多くの比喩理解の理論が提案されてきた。特に、Gentner (1983) の構造写像理論をもとに比喩理解の理論として提案された隠喩履歴理論 (Bowdle & Gentner, 2005) は、“構造写像理論”という名前の通り、二つの概念の間の対応づけを、それらの概念を構築する (概念的な) 要素の体系同士の対応づけとする。この理念は構造間の対応づけという点で TINT と類似する部分があると思う。しかしながら、構造写像理論や隠喩履歴理論では、実際にはそれらの要素の One-to-one mapping を行なっており、構造同士の相互作用としては十分ではないと思われる。また「構造として同じ」という「同じ」の定義が十分ではなく、述語論理的な表現に制限されている点も課題だと考えられる。TINT は、圏論の枠組みで関手や自然変換を「同じ」の定義として持つ。関手や自然変換は可換図式の意味で構造単位に対応づけを行なっており、より構造同士の相互作用の表現方法として、著者らはよく定義され適当な表現になりうると考える。

また、Kintsch (2001) は比喩理解のモデルとして Predication モデルを提案している。Predication モデルでは、共起関係を元に単語の距離を定めたベクトル空間を構築する潜在意味解析を用いて、被喩辞と喩辞のベクトルの重心と、被喩辞や喩辞のベクトルと類似する複数のベクトルの、重心ベクトルを比喩の意味を表すベクトルとし、この合成ベクトルと類似性が高い意味特徴を比喩の解釈とする。このモデルでは、ごく簡単に言えば、被喩辞と喩辞の相互作用をベクトルの合成と見なしており、比喩理解のある側面を捉えている可能性はあるものの、“比喩”として新しい意味の創発過程を捉えることは難しいと思われる。

一方、潜在意味解析とは異なる手法で、単語の意味をベクトル表現する方法として、bag-of-words モデル (ある単語 x をその単語 x が現れている文脈の他の単語から x を推定する) や skip-gram モデル (ある単語 x の表現ベクトル x を用いて、 x が出現する文脈に出現する他の単語を推定する) 等が提案されており (Mikolov, Chen, Corrado, & Dean, 2013; Mikolov, Sutskever, Chen, Corrado, & Dean, 2013), word2vec として実装されている。word2vec は比喩理解を説明するモデルではないが、類推に類似の構造がベクトル空間に表現されることが報告され、注目されている。こういったモデルと本理論の関係は明らかではないが、これらのモデルが文脈的に近い距離にある単語同士の空間上での距離を近くに配置していると思うと、近似的にイメージの想起の強さと距離の近さを類似と考えられる可能性がある。もしそうならば、たとえば word2vec で表現された距離を想起確率の逆数のような形で用いるなど、本モデルの検証に利用できる可能性がある。

7. 今後の研究

本論文では新しい比喩理解の理論として TINT を提案した。TINT は現在のところ、アイディアの段階であり、今後理論の精緻化や検証に向けて以下のような研究が必要だと思う。

1. 簡単なトイモデルを作り比喩理解の表現として TINT がどの程度妥当か確かめ、改善する
2. 比喩の理解過程の時間的な発展をシミュレーションできるように実装し、人が妥当だと思う比喩の解釈との類似性を調べ、理論の妥当性や改善を試みる。
3. より詳しい先行研究との比較を行う。将来的にはパフォーマンスの比較も行う
4. 人を使った検証実験を考え、試みる

1 は、いくつか比喩の例文を用い、少ない数のイメージからなる圏をトイモデルとして主観的に手作業で書き、想起確率 μ についても手作業で主観的に設定し、確率の合成等の演算を定義した上で、比喩の指定から始まるイメージの励起や緩和の過程を追い、妥当な意味の解釈が表現されるか検証する。比喩文に対して図 4 のようなイメージの圏を書き、全てのイメージの間の確率を仮に設定すれば良く、また確率 μ は相対的にしか効かないため、たとえばヨットから蟻とヨットから土への相対的な想起のしやすさを想像しながら μ を設定するような方法を取れば良い。ごく簡単な主観的なトイモデルだが、

理論の精緻化の課題が明らかになることが期待できる。

2 は、1 を踏まえ、コーパスなどを利用して、より大きなイメージの圏と想起確率を導入し、シミュレーションを行う。6 節で述べた word2vec 等の意味空間を近似的に用いることが可能であろう。ただし、word2vec の意味空間の距離がなぜアナロジーを可能にしているのかなど定性的な性質が必ずしも明らかでないため、シミュレーションに影響しうる利用する意味空間の潜在的にもつ特徴には注意が必要である。

3 は、6 節の先行研究との比較は思想的な部分にとどまっており、より具体的に理論の定性的な比較や、説明可能な範囲の比較、シミュレーション等によるパフォーマンスの比較などを行い、TINT の性質を明らかにしたい。

4 については、1~3 によって TINT の理論の性質をよりよく分析したのちに、他の理論と弁別可能な予測を構築し、これを人を対象とした実験によって確かめることが考えられる。たとえば、想起確率をプライミング等の手法でコントロールし、自然変換の探索過程をコントロールすることで、起こりやすい比喩の解釈をコントロールできる可能性があるだろう。もしその結果の解釈の変化の予測が、他の理論と異なれば、TINT の傍証になる。

モデルの精緻化にあたり、とりわけ以下の点が重要となる。TINT は、これまでの理論とは異なり、被喩辞と喩辞の相互作用をそれぞれの構造同士の相互作用として陽に扱う。構造同士の相互作用の記述を可能にしたのは、関係性の記述に優れる圏論の構造と、それを不定化した確率過程のアイデアである。ただし、理論の一つの中心にある自然変換の制約は非常に強いものに対し、自然変換が成り立つ適切な部分圏を確率過程によって生み出す過程の自由度は現在のところ高い。自然変換の構造を有意味に担保した上で、いかに想起確率 μ と励起確率を定義しモデルに導入するかが大きな課題であり、かつ意味空間等を考える上でも興味深い問題だと考えている。この課題に取り組み、また 1~4 の研究課題を一つ一つ進めながら TINT を検証し、洗練していくことで、比喩を理解するとはどのような認知なのか、これまでの研究とは異なる観点から研究を進めることが可能になると期待される。

注

- (1) この点に対する著者二人の立場は必ずしも一致していない。第一著者の布山の立場としては、確率 μ と現在のルール R の体系では比喩理解を記述するのに十分ではないと考えている。その理由は、比喩理解が多義的とはいえ、典型的に多くの人々が（文化が類似な条件下で）思い浮かべやすい比喩の解釈とそうでない解釈があると考えられるが、その優劣がこの理論では十分表せないためである。一方、第二著者の西郷は必ずしもこの点に同意していない。本研究報告資料は布山の立場に従って書かれている。
- (2) 「A は B のようだ」という単純な比喩文であればこういった何が何に喩えられているかといった判断は必要ないが、詩の場合などそもそも何が何に喩えられているのかが判然としない場合、比喩理解はその指定された比喩関係の探索から始まると考えられる。TINT の処理によって、もっとも対応づけがうまくいった（豊かな自然変換がなされた）比喩関係を用いて比喩の解釈が行われる、あるいはうまくいった複数の比喩関係の重層的な理解として解釈が行われる可能性があるだろう。
- (3) この過程は、次の例であげたように、「羽」を域とする a_1 と f の射に対する Fork rule の適用の結果、「帆」と「蟻」を繋ぐ射が探索され、合成射である $x \circ b_1$ が見出される過程としてもありうる。
- (4) 後述の通り、「羽、土、蟻」の想起関係は「想起」以上の意味を持っていない。よって、文法的な解釈は、実際にはそれに相当するイメージの想起をもって行われていると考えるべきであろう。

参考文献

- Bowdle, B. F. & Gentner, D. (2005). The Career of Metaphor. *Psychological Review*, **122**(1), pp.193-216.
- Gentner, D. (1983) Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy., *Cognitive Science*, **7**(2), pp.155-170.
- 平知宏・楠見孝 (2011) 「比喩研究の動向と展望」『心理学研究』, **82**(3), pp.283-299.
- 今井むつみ (2001) 「概念発達と言語発達における類似性の役割」大西仁・鈴木宏昭編著『類似から見た心』共立出版.
- Kintsch, W. (2001) Predication., *Cognitive Science*, **25**(2), pp.173-202.
- Mac Lane, S. (1998) *Categories for the Working Mathematician* **5**(2). New York: Springer.
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013) Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint*, arXiv: 1301.3781.
- Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., & Dean, J. (2013) Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in neural information processing systems* **26**, pp.3111-3119.
- 三好達治 (1932) 『南窓集』, 権の木社.
- Tsuchiya, N., Taguchi, S., & Saigo, H. (2016) Using category theory to assess the relationship between consciousness and integrated information theory. *Neuroscience Research*, **107**, pp.1-7.
- 内海彰 (2013) 「比喩理解への計算論的アプローチ—言語認知研究における計算モデルの役割—」『認知科学』, **20**(2),

pp.249-266.

連絡先

住所：〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1 玉川大学工学部機械情報システム学科 岡田研究室（133 室）

名前：布山美慕

E-mail : miho02@sj9.so-net.ne.jp