

Frustration-Based Learning 法による隠喩の理解

Understanding Metaphors by Frustration-Based Learning Method

諏訪 正樹* 元田 浩*
Masaki Suwa Hiroshi Motoda

* (株)日立製作所基礎研究所
Advanced Research Laboratory, Hitachi, Ltd., Saitama 350-03, Japan.

1989年1月23日 受理

Keywords : machine learning, frustration-based learning, knowledge acquisition, metaphor.

Summary

Metaphors are pervasive in speech and thinking activities in our daily life. Understanding a metaphorical sentence means to discover some general metaphors which underlie the sentence. In this paper, we claim that Frustration-Based Learning method (FBL method) can be applied to understanding metaphors. The method has been already proposed as a means of acquiring strategies for producing appropriate auxiliary-lines in auxiliary-line problems in elementary geometry. FBL method has two main concepts ; identification of frustrated states and limited forward reasoning within a restricted world. Identification of frustrated states contributes to discovering where to learn in the whole problem. If a metaphorical sentence is underlied by several general metaphors, several frustrated states are to be identified during the processing of the sentence, and the following learning tasks are performed for each frustrated state ; to suppose the restricted world which has been concerned with the resolution of each frustrated state and then to enumerate all the pieces of information which hold within the world. The latter task is called limited forward reasoning within a restricted world, which directly contributes to discovering underlying information of the sentence, instead of interpreting it superficially. FBL method is based on the concept that learning how frustrated states are resolved in a problem solving process leads to understanding the problem, and its application to metaphors results in understanding a sentence as a composition of several general metaphors.

1. はじめに

隠喩は、我々の日常的な言語生活および思考活動に広く浸透した言語行為である。それは、ある概念を別の概念と見立てて後者の性質を一部前者に転写することによって、その概念が持つ性質で常識的には思いもつかないような側面を顕在化し、それを鮮明かつ的確に描写するという効果を有する。あるものを別のもので見立てるという行為自体が、人間の理解能力の一つの側面を探る鍵になるのではないかという期待の下に、隠喩を理解できるコンピュータシステムの実現が、コンピュータサイエンスにおける言語研究の分野でも

徐々に中心的研究課題の一つとして取り挙げられつつある。

Norvig は、KODIAK というネットワーク型知識表現法をベースにした“言語理解のための推論”研究⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾の中で、その知識表現の一環として概念と概念の間に予め張られたリンク (view-link と呼ぶ) を利用すれば隠喩文を理解できることを示している。隠喩とは意味的に異なる二つの状況、または概念間の対応関係によって成立している言語行為である⁽⁵⁾という点で、Norvig の主張はもっともではあるが、あらゆる隠喩を理解できるように、予め多数の概念・言葉どうしの中のリンク (以後、view-link 構造と呼ぶ) を用意しておくことは工学的に不可能である。そこで、

隠喩を含む文章を処理しながら view-link 構造を学習できるシステムの構築が必須となる。

そのために従来の研究で取られたアプローチは、新たな隠喩と既知の隠喩との間にアナロジーを見だし後者に成り立つ view-link 構造を転写することによって、新たな隠喩を理解するための view-links をつくるという方法である⁽⁴⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽¹⁴⁾。しかし、view-link 構造の転写という方法では、学習の対象となる隠喩が何故隠喩として成立し得るのかに対する深い理解は得られない。

Lakoff の著作⁽⁵⁾の最大の意義は、日常言語の中に general metaphor の存在を認め、特定の文章中に現れる隠喩は general metaphor のインスタンスであると主張した点にある。例えば、Your argument needs more foundation. に含まれる隠喩は「Argument is a kind of building.」という general metaphor のインスタンスである。ある隠喩文の一例からその背後に潜む general metaphor を見だして初めて、その例文を深く理解したと言える。

Carbonell の研究⁽²⁾は、general metaphor として持つべき知識を明確に整理した点、そしてその知識ベースを基に隠喩文を理解する方法を提唱した点に大きな意義がある。しかし、彼は隠喩文を処理しながらその理解の仕方を学習するシステムには言及していない。

隠喩文の理解におけるポイントは、例文中の要素を手がかりにして、その背後に存在する general metaphor の view-link 構造をいかに発見するかにある。

本論文は、Frustration-Based Learning 法が隠喩文の理解においてこの点を解決する手段を提供することを示すものである。Frustration-Based Learning 法 (FBL 法と称する) は、初等幾何学の補助線問題において補助線の引き方に関する戦略を学習する手法として提唱されたものである⁽¹¹⁾⁻⁽¹³⁾。次章で、FBL 法の方法論について概説する。3章では、Carbonell が示した general metaphor の内容について復習する。4章で、FBL 法の隠喩文理解への適用を示す。さらに、5章では、隠喩文の理解における FBL 法の意味合いについて論じる。

2. FBL の方法論⁽¹¹⁾⁻⁽¹³⁾

FBL 法は、問題解決プロセスを支える本質的構造を抽出するための一手法であり、フラストレーションの発生と解消、世界内限定推論という二つの主要コンセプトを持つ。以下に、初等幾何学の補助線問題を例にして、FBL 法の一般的枠組について概説する。

2.1 世界の表現

問題領域の世界を表現する方法をまず定めなければならない。FBL 法では状況意味論の考え方を参考にする。状況意味論⁽¹⁾によれば、世界に存在する状況は個体と関係からなる。個体とは、世界に存在する実質的もしくは抽象的な存在物を指し、関係とは、それらの個体に成り立つ性質、個体間の関係、関係間の関係 (例えば因果関係) を指す。FBL 法では、これらの関係情報を述語論理で表現する。

例えば初等幾何学の領域 (曲線図形は扱わない) では、点、線分、角度、多角形が“図形世界”を構成する個体である。また、図形世界で成り立つ性質が関係情報であり、それらは equal 述語, para 述語, congruent 述語, similar 述語として Prolog 言語で表現する。

2.2 知識

FBL システムは知識として、領域知識と推論行為に関する知識を持つ。

(1) 領域知識

問題領域特有の知識は、各個体がいかなるものかに関する知識と、個体または関係の上に成り立つ関係の知識の2種類からなる。

初等幾何学の問題領域では、前者の知識 (点、線分、角度などがいかなるものか) は自明であるため表現する必要がない。後者の知識は、例えば、合同、平行など、図形の性質に関する基本定理である。

(2) 推論行為に関する知識

FBL 法では、すべての問題解決システムと同様に、問題領域ごとに定義された局所的推論行為の連鎖を形成することを問題解決とみなす。問題で与えられたゴール・条件、問題解決途上で生成される条件・サブゴールなどの関係情報を、問題要素と言う。問題解決の目標は、ゴールである問題要素を生成することである。

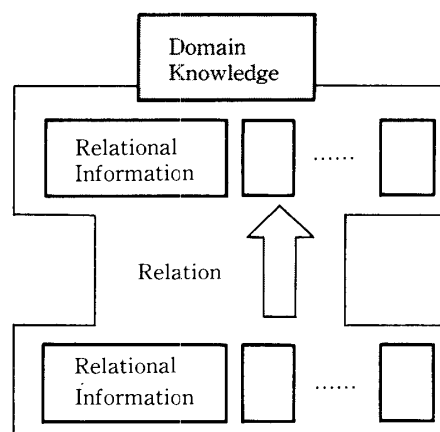


Fig. 1 A local inference action.

る。ここで、局所的推論行為とは、ある一組の関係情報と他の一組の関係情報の間の関係付けを意味し、その関係付けは問題解決システムの持つ領域知識によって行われる (Fig. 1)。

初等幾何学において局所的推論行為を行うための (関係付け用) 知識は、プロダクションルールとして表現された基本定理である。それを前向きもしくは後向きに適用することが局所的推論行為である。

2.3 問題解決プロセス

(1) フラストレーション要素の同定

問題空間内に何らかの関係情報が欠けているために、ある問題要素に対して局所的推論行為を実行できない状態をフラストレーション状態とし、その問題要素をフラストレーション要素と呼ぶ。問題解決プロセスにおいてフラストレーション要素を同定することが FBL 法の第一の重要なタスクであり、これが学習プロセスにおける学習の契機になる。

初等幾何学の補助線問題の場合、前向き推論行為に対してフラストレーション条件、後向き推論行為に対してフラストレーションサブゴールが同定される。

(2) フラストレーション状態の解消

FBL システムは、フラストレーション要素に対応する局所的推論行為を成立させることによってフラストレーション状態を解消しなければならない。そのためには、ユーザーからの教示により、もしくは、一つの局所的推論行為を達成できるような情報を自ら網羅的に探索することにより、適切な情報を問題空間に追加する必要がある。一般に、問題空間に複数のフラストレーション状態が同定され、その各々に対して複数通りの解消法があり得る。それらのうち、問題の解決に貢献するような解消法の組合せを選択する。フラストレーション状態の一解消法が問題解決に貢献した場合には、その解消に対応した局所的推論行為が、問題解決プロセスの行為列の一要素になっている。

初等幾何学の場合、補助線の生成がこれに相当する。ある補助線の位置を決定するのに最低必要な情報が追加情報になる。

2.4 学習プロセス

学習プロセスは、限定世界の想定と世界内限定推論の二つのサブタスクからなる。このサブタスクは、問題解決プロセスで同定され、そして最終的に解消されたフラストレーション要素各々に対して実行される。

(1) 限定世界の想定

このタスクでは、①一つのフラストレーション状態

の解消に対応する局所的推論行為に含まれる個体、②それらの個体に関する知識の中に含まれる個体、を抽出し、それらの個体だけからなる限定世界を想定する。

初等幾何学の場合、適用可能になった基本定理に含まれる点・線分が抽出され、それらからなる図形世界 (これが限定世界に相当) が想定される。

(2) 世界内限定推論

世界内限定推論とは、2.4 節(1)で抽出された個体情報の上に成り立つ関係情報のみを使って行われる前向き推論を指す。問題解決プロセスに関与した関係情報のうち、限定世界内にあるものだけを初期条件として新たな関係情報 (問題解決プロセスに関与しなかったものも含めて) を網羅し、それらすべての関係情報を収集することがこのタスクの目的である。

FBL 法は、「各々のフラストレーション要素ごとに収集されたすべての関係情報の集合体が、問題解決プロセスの裏に存在しそれを支える本質的構造である」というコンセプトを持つ。

初等幾何学の領域においては、2.4 節(1)で想定された図形世界内で成り立つすべての性質を収集することになる。

(3) 学習により獲得する知識

FBL システムは、上記の二つのサブプロセスで収集された関係情報を一般化して、以下の形態の知識を獲得する。

IF : 一般化されたフラストレーション要素

THEN : 世界内限定推論中に現れた個体およびその推論で得られたすべての関係情報 (一般化されたもの) の集合体

これは、「IF 部とマッチする問題要素があった場合に、THEN 部の集合体を問題空間中に発見せよ (もしくは生成せよ)」という方略知識を意味する。2.4 節(1)で抽出された個体情報のうち、限定推論中に現れなかったものは除外される。一般化の方法は、「説明に基づく学習」⁽³⁾⁽⁶⁾における一般化と同じく、THEN 部の関係情報を導出するのに要した領域知識の拘束性を保存したまま一般化するという方法を採用する。

初等幾何学の補助線問題では、「ある特定のフラストレーション要素から特定の図形パターンを連想する」ための方略知識が学習される。

3. General Metaphor ⁽²⁾

Carbonell は、general metaphor の内容として、①recognition network, ②basic mapping, ③additional transfer mapping, ④implicit intention

component の 4 種類の情報をシステムに与えておけば、隠喩文を理解できることを示した。その各々について簡単に説明する。

3.1 Recognition Network

ある隠喩文もしくは発話が、その general metaphor のインスタンスであるかどうかを決定するための情報である。Carbonell は簡単なネットワーク状知識 (discrimination network と呼んでいる) を想定している。

3.2 Basic Mapping

処理の対象となる隠喩文の中の個体もしくは関係を、全く別の意味を持つ個体もしくは関係に直接対応させるための view-link の集合である。

3.3 Additional Transfer Mapping

Basic mapping と同じく view-link の集合体である。basic mapping が、その general metaphor にとって本質的な view-link であるのに対し、これはその general metaphor のインスタンスである隠喩文においてしばしば付随的に現れる隠喩的要素を処理するための view-link である。

3.4 Implicit Intention Component

これは、発話者がその隠喩を用いた理由を表現したものである。Carbonell は以下の例で説明している。John is completely crazy about Mary. という文章は、“love-is-madness” という general metaphor のインスタンスである。筆者が John loves Mary very much. と書かないで上記の隠喩文を書いた場合には、彼は、“John が衝動的で正常とは思えないような行動を示すかもしれないこと”，そして“John の恋情は後者の文の場合に比べて長くは続かない一時的なものであること”を表現したかったのである。したがって、“love-is-madness” という general metaphor は、その恋情が衝動的で一時的なものであることを示唆する情報を持つべきであると Carbonell は述べている。Implicit Intention Component はこの種の情報である。

4. 隠喩文の理解への FBL 法の適用

FBL 法を隠喩文の問題領域に適用すれば、文中に現れる単語要素から、その文を支える general metaphor を学習できることを示す。

4.1 自然言語世界の表現

自然言語世界は、個体と関係情報から構成される。名詞が個体に対応し、その他の品詞が関係情報に対応する。関係情報は、

$$rel(R, [Arg_1, Arg_2, \dots, Arg_n]).$$

where

R = 関係の名前。

$Arg_k (k=1 \sim n)$ = 関係情報または個体と表現する。

4.2 知識

(1) 領域知識

(a) 個体に関する知識 (Fig. 2)

個体に関する知識は、①その個体に関連する個体、②その個体にかかわる関係情報 (a-kind-of, instance-of で表される概念の階層関係、個体間の関係、個体に関する動作・状態を表す関係情報, causation, pre-condition, significance, etc. といった関係間の高次関係) からなる。これらの知識は、その個体にまつわる常識的な世界を表している。

(b) 関係に関する知識 (Fig. 3)

動詞・前置詞・形容詞 (be 動詞に伴って使用され

Individuals

team1, team2, fan, ampire, manager, ground, baseball-gear, player, sponsor, strategy, position, runner, batter, pitcher, excitement, ...

Relations

- hyponymy
rel(a-kind-of, [baseball-game, event])
- relations between individuals
rel(opponent, [team1, team2]), rel(agent, [team1, baseball-game]),
rel(a-kind-of, [pitcher, position]), rel(member-of, [player, team1]),
...
- actions and states
rel(control, [manager, baseball-game]), rel(watch, [fan, baseball-game]),
rel(defeat, [team1, team2]), rel(win, [team1, baseball-game]),
rel(attack, [team1, team2]),
rel(defense-against, [team1, team2]), rel(give, [team, fan, excitement]), ...
- higher relations
rel(purpose, [team1, baseball-game, rel(defeat, [team1, team2])]),
rel(has-significance, [baseball-game, rel(give, [team, fan, excitement])]),
rel(cause, [rel(defeat, [team1, team2]), rel(support, [fan, team2]),
rel(sad, [fan])]),
rel(one-of-stages, [rel(attack, [team1, team2]), baseball-game]),
...

Fig.2 Domain knowledge about an individual (eg. Baseball game).

rel(constraint, [rel(crush, [A, B]),
rel(a-kind-of, [A, person]), rel(a-kind-of, [B, objects])]).
rel(constraint, [rel(crush, [A, B]),
rel(a-kind-of, [A, army]), rel(a-kind-of, [B, army])]).
:

Fig.3 Domain knowledge about a relation (eg. a verb "crush").

る場合)が本論文で扱う関係情報である。修飾的な使い方をする形容詞、副詞、冠詞と接続詞は扱わない。関係に関する知識は、その関係の各引き数の上に成り立つ拘束関係であり、constraint という高次関係で表す。その第一引き数が、対象となる関係情報であり、第二引き数以下が拘束条件の連言を表す。

(2) 推論行為に関する知識

Norvig は、文章の理解における推論行為とは例文中に現れる単語どうしを、言葉に関して自分が所有している知識(概念間の関係リンクとしてネットワーク状に表現されたもの)のインスタンスとして関係付けることであるとしている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

本論文では、彼のコンセプトを参考にして、問題の与え方、問題要素、推論の目標、局所的推論行為を以下のように定める。

(a) 問題の与え方 文章を有限個の関係情報の集合体として与える。

(b) 問題要素 上記の関係情報がサブゴール要素であり、保有する領域知識の中の関係情報および問題解決途上で生成される関係情報が条件要素である。

{注釈: 初等幾何学の問題領域と異なり、条件要素は問題の中で与えられるものではなく、既に領域知識として所有しているものの中から探すことになる}

(c) 目標 文章中に与えられたサブゴール要素としての関係情報を、領域知識を利用した局所的推論行為の連鎖により検証すること。

(d) 局所的推論行為 Fig. 4 に示す型の推論を局所的推論行為とする。これは、以下の条件を満たす場合には、新たな関係情報 $rel(R, [Y_1, Y_2, \dots, Y_n])$ を問題空間に生成してよいことを示すメタ知識である。

(1) 関係情報 $rel(R, [X_{11}, X_{21}, \dots, X_{n1}]), rel(R, [X_{12}, X_{22}, \dots, X_{n2}]), \dots, rel(R, [X_{1n}, X_{2n}, \dots, X_{nn}])$ が、問題空間もしくは領域知識の中に存

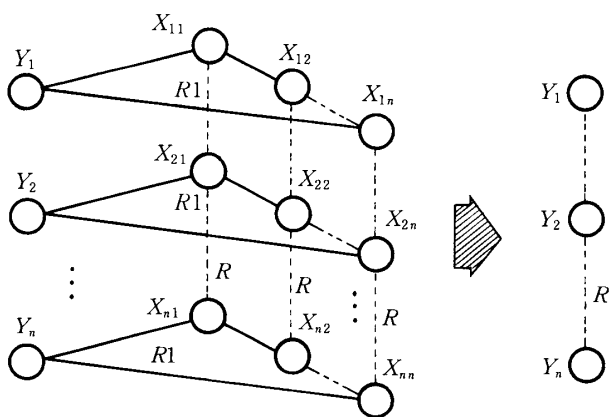


Fig. 4 A local inference action in the domain of text understanding.

在すること。

(2) 領域知識として $rel(R1, [Y_1, X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}]), rel(R1, [Y_2, X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}]), \dots, rel(R1, [Y_n, X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nn}])$ が存在すること。例えば、 $rel(\text{defeat}, [\text{yomiuri-Giants}, \text{hanshin-Tigers}])$ というサブゴール的关系情報(「巨人が阪神を負かした」という例文に対応)は、以下のような一段の局所的推論行為により検証される。

$rel(\text{defeat}, [\text{yomiuri-Giants}, \text{hanshin-Tigers}]) :-$
 $rel(\text{instance}, [\text{yomiuri-Giants}, \text{baseball-team}]),$
 $rel(\text{instance}, [\text{hanshin-Tigers}, \text{baseball-team}]),$
 $rel(\text{defeat}, [\text{baseball-team}, \text{baseball-team}]).$

4.3 問題解決プロセス

The fans were satisfied with the last night's game where Yomiuri-Giants crushed Hanshin-Tigers. という隠喩文を例に説明する。

(1) 問題の与え方

関係情報 $rel(\text{crush}, [\text{yomiuri-Giants}, \text{hanshin-Tigers}]), rel(\text{satisfied_with}, [\text{fan}, \text{baseball-game}])$ をサブゴール要素として与える。これらすべてを検証することが、この例文に関する問題解決を意味する。

(2) 推論

後者の関係情報は、以下の局所的推論行為により検証される。

$rel(\text{satisfied_with}, [\text{fan}, \text{baseball-game}]) :-$
 $rel(\text{a-kind-of}, [\text{fan}, \text{person}]),$
 $rel(\text{a-kind-of}, [\text{baseball-game}, \text{event}]),$
 $rel(\text{satisfied_with}, [\text{person}, \text{event}]).$

この推論行為のボディ部の関係情報は、それぞれ fan, baseball-game, satisfied_with に関する知識ベース中に存在する。このように、隠喩的な表現でない関係情報は基本的に一段の局所的推論行為により検証され、そのとき Fig. 4 の R1 関係は a-kind-of か instance-of のどちらかである。それに対し隠喩的表現に対応する関係情報は、このような推論では検証できない。

(3) フラストレーション状態の同定

野球という個体に関する知識中に crush という動詞が存在せず、crush に関する知識の中で baseball-game を crush の目的語として使うことが許されていない状況を想定しよう。

この場合には、サブゴール要素 $rel(\text{crush}, [\text{yomiuri-Giants}, \text{hanshin-Tigers}])$ を検証するための局

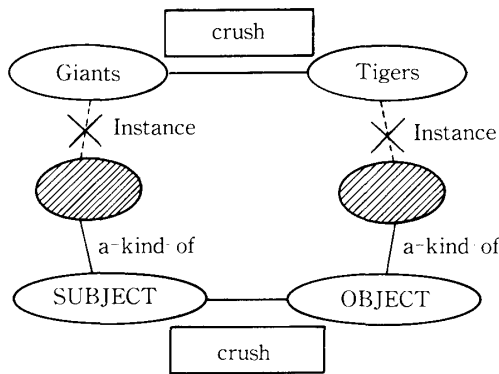


Fig. 5 Semantic case-constraint violation.

$rel(R, [X_1, X_2, \dots, X_n]) :-$
 $rel(viewing, [rel(R, Arg_list1), rel(RNEW, Arg_list2)])$.
 where
 $X_i (1 \leq i \leq n)$ is a word in the text,
 on condition that
 each X_i is necessarily included in either Arg_list1 or Arg_list2 .

Fig. 6 Transformation rule for interpreting a metaphorical expression.

所的推論行為は達成されない (Fig. 5). これは Carbonell が semantic case-constraint violation と呼んでいる状態であり、この状態の発生こそ隠喩の存在を意味している⁽²⁾⁽¹⁵⁾.

本論文では、この状態をフラストレーション状態と呼び、上記のサブゴール要素がフラストレーション要素になる。

このような隠喩的表現を処理するためには Fig. 6 の変換規則が必要である。これは、隠喩的表現を二つの概念間の view-link 構造によって解釈するための規則である。隠喩的表現に対応するサブゴール要素を検証するためにこの規則を後向きに適用した場合には、Fig. 4 の局所的推論行為を再帰的に呼び出すことになる (その場合、関係 R は viewing である)。

(4) フラストレーション状態の解消

上記のサブゴール要素の検証、すなわちフラストレーション状態の解消を実現するためには、ある view-link 関係を問題要素として問題空間に追加することが必須となる。なぜなら、4.3 節(3)の変換規則の実行後の局所的推論行為は再帰的に $rel(viewing, [?, ?])$ という関係情報を呼び出すため、初期情報として何らかの view-link 関係が存在しない限りこの再帰的呼出しは成功しないからである。

そこで、本論文では、以下のようにして新たな view-link 関係を創り出す。crush に関する知識ベース、もしくは crush という動詞が現れる他の単語に関する知識ベースの中で、crush の引き数 (例えば目的語) になり得る個体 (例えば army) を、例文中でその引

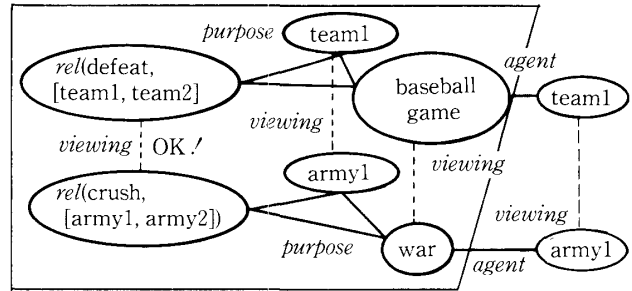


Fig. 7 The local inference actions contributing to resolution of a frustrated state.

き数位置に存在する個体 (上の例では例えば hanshin-Tigers) の上位概念 (例えば baseball-team) と view-link で結び付ける。つまり、情報関係 $rel(viewing, [baseball-team, army])$ を、新たに仮説として問題空間に生成する。

すると、Fig. 7 に示す 2 段の局所的推論行為を経て上記のサブゴール要素が検証され、フラストレーション状態が解消される。

仮説としての view-link 関係の生成は、初等幾何学の補助線問題の領域では補助線要素を追加する行為に対応し、一般に複数通りの生成法がある。その中で、目標とするサブゴール要素の検証に貢献するようなものを試行錯誤的に探索する (この生成は、ユーザーからの教示により行ってもよい)。

4.4 学習プロセス

4.3 節の例文で発生したフラストレーション要素 $rel(crush, [yomiuri-Giants, hanshin-Tigers])$ に関して以下の処理を行う。

(1) 限定世界の想定

このフラストレーション状態の解消に対応する局所的推論行為は、Fig. 7 の四角枠で示した部分である。この推論行為に含まれる構成情報 (baseball-team, army, baseball-game, war) と、その各々に関する個体の知識の中に含まれる個体情報 (fan, director, ampire, general, strategy, arms, front-line, nation, ...) からなる世界を想定する。

(2) 世界内限定推論

4.4 節(1)で限定された世界に成り立っているマッピング情報は、 $rel(viewing, [team1, army1])$, $rel(viewing, [team2, army2])$, $rel(viewing, [baseball-game, war])$, $rel(viewing, [rel(defeat, [team1, team2]), rel(crush, [army1, army2])])$ である。

これらの情報を初期問題条件として使って、新たに成り立つ view-link 関係を、この世界内における前向き推論により収集する。この過程において次の変換

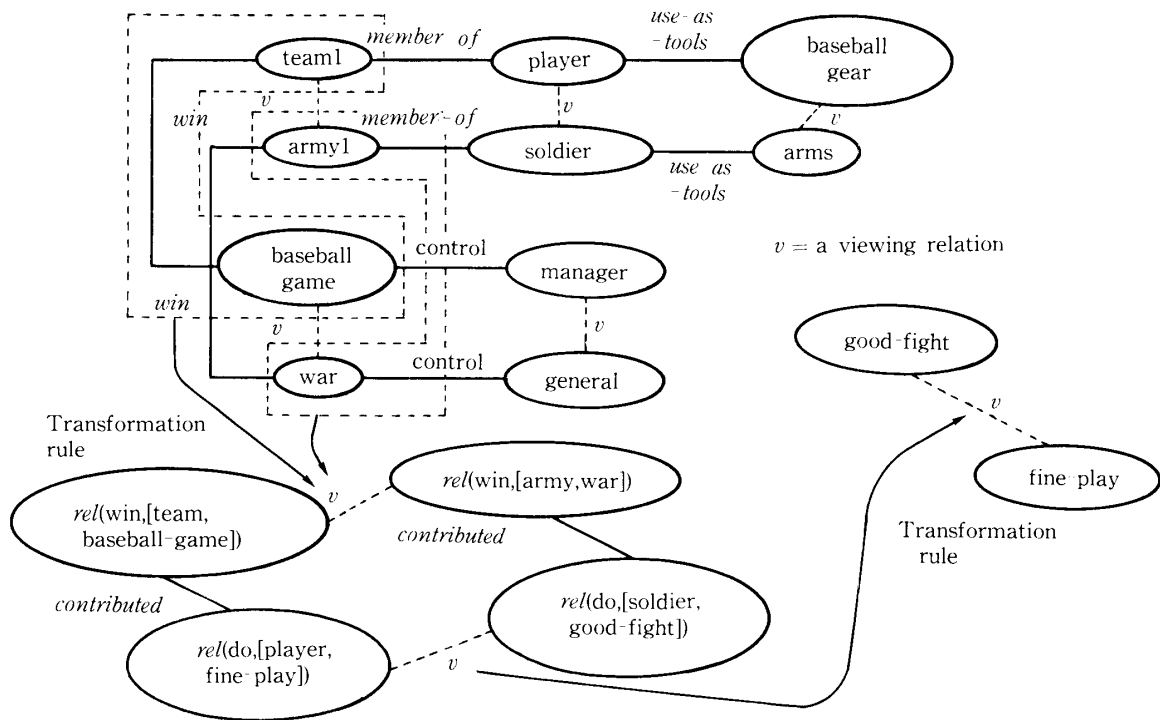


Fig. 8 An example of limited forward reasoning within the restricted world.

規則が必要である。

$$\begin{aligned}
 &rel(\textit{viewing}, \\
 &[rel(R, [X_1, \dots, X_n]), rel(R, [Y_1, \dots, Y_n])] \\
 &\Leftrightarrow rel(\textit{viewing}, [X_1, Y_1]), \\
 &\dots, rel(\textit{viewing}, [X_n, Y_n])
 \end{aligned}$$

新たに得られる view-link 関係の例を Fig. 8 に示す。上記の変換規則は 2 箇所で使われている。

もし野球という個体の知識の中に親会社 (owner-corporation) という個体が存在しないとすれば (野球を語るに際し、親会社は関係ないと思い込んでいる状態), $rel(\textit{viewing}, [\textit{team}, \textit{army}]) \rightarrow rel(\textit{viewing}, [\textit{owner-corporation}, \textit{nation}]) \rightarrow \dots$ という推論は、想定した世界の範囲外であるため、実行されない。

(3) 獲得される知識

次の知識が獲得される。

IF : $rel(\textit{crush}, [\textit{baseball-team}, \textit{baseball-team}])$ というサブゴール要素があれば,

THEN : 以下の情報を問題空間に追加せよ。

- 世界内限定推論に現れた個体。
- 世界内限定推論によって得られたすべての view-link 関係情報。

4・4 節(1)で抽出した個体のうち、世界内限定推論に現れなかったもの (ampire, front-line, nation, etc.) は、除外される。

現在の FBL システムが獲得する FBL 知識は、IF

部の要素の制約が強すぎて特定の隠喩文を処理するためにしか利用できない。これを解決する方策として、IF 部に現れる言葉とその言葉が含まれている知識ベース中に存在する言葉のマッチングを許す (両方の言葉が同じ品詞であるならば) ことが考えられる。マッチングの緩和の具体的な手続きに関しては今後の研究に期待する。

5. 隠喩文の理解における FBL 法の意味

5・1 FBL 知識と General Metaphor

Carbonell が, general metaphor が持つべき情報として挙げた 4 種の情報, Recognition network, Basic mapping, Transfer mapping, Implicit intention component が FBL 法によってどの程度獲得されるかについて論じる。

(1) Recognition Network

現在の FBL 知識はこの種の情報を有していないが、IF 部の要素に対して 4・4 節(3)で述べたマッチングの緩和を行えば、その緩和されたマッチングが recognition network と同じ役割 (ある隠喩文にその FBL 知識を適用することができるか否かを判断する) を果たすことになる。

(2) Basic mapping, Transfer mapping

FBL 法では、「general metaphor にとって何が基本的で、何が付随的かの判断が難しい」との考えから、

この2種類のマッピング関係を区別していないが、4・3節(4)の局所的推論行為において生成される view-link 関係を Basic mapping とみなすならば、4・4節(2)の世界内限定推論は、まさに、一つの例文から Basic mapping だけでなく Transfer mapping をも発見することによって general metaphor の全 view-link 構造を収集するためのプロセスである。したがって、世界内限定推論は、隠喩文を支える view-link 構造の発見に必要な不可欠なプロセスであると言える。

(3) Implicit intention component

山梨⁽¹⁵⁾によれば、隠喩の理解には何らかの新しい発見が伴う。その点を実現するための情報が Implicit intention component である。筆者は、世界内限定推論における view-link 関係の生成によって、部分的にはあるが Implicit intention component の持つ役割が果たせると考える。例えば、*rel* (crush, [army1, army2]) と *rel* (defeat, [team1, team2]) の間、個体 soldier と個体 player の間の view-link 関係が問題空間内で成立しており、さらに *rel* (cause, [*rel* (crush, [army1, army2]), *rel* (member-of, [soldier, army2]), *rel* (dead, [soldier])]) (army を壊滅すればその隊員である soldier は死ぬ、という知識) が知識中に存在する場合には、「負けたチームの選手は、死んだような状態にある(意気消沈して)」という因果関係知識と新たな view-link 関係 *rel* (viewing, [dead, dead-like]) を野球の世界に創造することができる。この世界内推論行為が、隠喩の理解に伴う新しい発見に相当する。

```

IF
  rel(RR, [rel(R, [Arg1, ..., Argn]) | RestX]),
  relation(viewing, [RestX, RestY]),
  relation(viewing, [[Arg1, ..., Argn], [ArgY1, ..., ArgYn]]),
  [Arg1, ..., Argn], [ArgY1, ..., ArgYn] = a list of individuals,
THEN
  rel(viewing, [rel(R, [Arg1, ..., Argn]),
               rel(RLike, [ArgY1, ..., ArgYn])]),
  rel(RR, [rel(RLike, [ArgY1, ..., ArgYn]) | RestY])
where
  relation(viewing, [[X|Xr], [Y|Yr]]) :-
    rel(viewing, [X, Y]), relation(viewing, [Xr, Yr]).
  relation(viewing, [[], []]).

```

Fig.9 Special local inference action.

これは、「ある一定の条件が成り立つ場合には世界内限定推論における局所的推論行為として Fig. 9 の形態のものも認める」ことで実現できる。Fig. 9 は、一方の世界に存在する関係(*rel*(R, [Arg1, ..., Argn]))のすべての引き数が個体で、それらすべてに対して view-link 関係にある個体が他方の世界に既に存在すること、という条件付きで、新たな関係 R-like を創造してもよいことを示している。これは Fig. 4 の推

論法が成立するための条件を緩和したものである。

5.2 FBL 法と隠喩の理解

FBL 法の第一の主要コンセプトは世界内限定推論である。5.1節の議論は、「世界内限定推論によって、隠喩文を表面的に解釈するだけでなくその背後に存在する general metaphor を発見できる」ことを示している。これは、「一を聞いて十を知る」タイプの学習である。4.3節の例文を理解した後は、All the soldiers of hiroshima-Carps. ... という類の隠喩(同じ general metaphor のインスタンスとしての隠喩)も理解できるようになる。

この推論に際し、世界を限定しておくことは必須の前提条件である。なぜなら、もし限定しないとすると、例えば、

```

[rel (viewing, [team, army]) -->
 rel (viewing, [owner-corporation, nation]) -->
 rel (viewing, [owner, president]) -->
 rel (viewing,
      [rel (run, [owner, corporation]),
       rel (govern, [president, nation])]) --> ...]

```

というように、推論が収束しない可能性があるからである。

FBL 法の第二の主要コンセプトは、フラストレーションという概念であり、「その解消に対応した一つの局所的推論を抜き出し、推論をそれに関与した個体からなる世界内に限る」という限定基準を与えることが、フラストレーションの第一の役割である。

フラストレーションの第二の役割は、学習すべき対象の発見である。隠喩文の処理過程において複数のフラストレーションが発生すれば(複数の general metaphor に支えられた隠喩文の場合には)、そのそれぞれに対し学習が行われる(それぞれの general metaphor が学習される)。それは、隠喩文を複数の view-link 構造の重ね合わせとして理解することを意味する。FBL 法は、フラストレーションの解消の仕方を学ぶことが問題解決プロセスの本質的構造を理解することにつながるという考えに基づいている。

6. 結 論

FBL 法はフラストレーションを学習の動機とし、そこから問題解決プロセスを支える本質的構造を発見するための学習法である。それは、フラストレーションと世界内限定推論という二つのコンセプトを持つ、フラストレーションの解消により限定される世界内

で、問題解決プロセスとは独立に限定推論を行うことが、本質的構造の学習に貢献する。

この手法を隠喩文の処理に適用すると、その隠喩文

をインスタンスとする general metaphor が一般に複数個学習できる。それらの general metaphor は、その隠喩文を支える本質的構造とみなせる。

◇ 参 考 文 献 ◇

- (1) Barwise, J. and Perry, J. : Situations and attitudes, The MIT Press (1983).
- (2) Carbonell, J. G. : Metaphor—A key to extensible semantic analysis, Proc. of the Third Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp. 292-295 (1980).
- (3) Dejong, G. and Mooney, R. : Explanation-Based Learning : An Alternative View, *Machine Learning*, Vol. 1, No. 2, pp. 145-176 (1986).
- (4) Gentner, D. : Structure Mapping : A theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, Vol. 7, No. 2, pp. 155-170 (1983).
- (5) Lakoff, G. and Johnson, M. : Metaphors we live by, University of Chicago Press (1980).
- (6) Mitchell, T. M., Keller, R. M. and Kedar-Cabelli, S. T. : Explanation-Based Learning : A Unifying View, *Machine Learning*, Vol. 1, No. 1, pp. 47-80 (1986).
- (7) Martin, J. : Understanding new metaphor, *Proc. of IJCAI-87*, pp. 137-139, Morgan Kaufmann (1987).
- (8) Martin, J. : The acquisition of polysemy, *Proc. of the Fourth International Workshop on Machine Learning*, pp. 198-204, Morgan Kaufmann (1987).
- (9) Norvig, P. : A unified theory of inference for text understanding, Doctoral Dissertation, Computer Science Division, University of California, Berkeley, CA (1986).
- (10) Norvig, P. : Inference in text understanding, *Proc. of AAAI-87*, pp. 561-565 (1987).
- (11) 諏訪正樹, 元田 浩 : 補助線問題におけるフラストレーションに基づく学習, 人工知能学会研究会資料, SIG-FAI-8801, pp. 1-10 (1988).
- (12) 諏訪正樹, 元田 浩 : 初等幾何学の補助線問題におけるフラストレーションに基づく学習, 人工知能学会誌, Vol. 4, No. 3, pp. 308-320 (1989).
- (13) Suwa, M. and Motoda, H. : Acquisitions of associative knowledge by Frustration-Based Learning in auxiliary-line problems in elementary geometry, *Proc. of the third knowledge acquisition for knowledge-based systems workshop* (1988).
- (14) Winston, P. : Learning and reasoning by analogy, *Comm. of ACM.*, Vol. 23, No. 12, pp. 689-703 (1980).
- (15) 山梨正明 : 比喩と理解, 認知科学選書 17, 東京大学出版会 (1988).

[担当編集委員 : 白井英俊, 査読者 : 三吉秀夫]

著 者 紹 介



諏訪 正樹 (正会員)

1984年東京大学工学部原子力工学科卒業。1986年同大学院原子力専門課程修士課程修了。1989年同大学院原子力専門課程博士課程修了。工学博士。同年、(株)日立製作所に入社、基礎研究所に配属。人工知能の基礎研究、特に学習の研究に従事。情報処理学会、日本認知科学会、AAAI各会員。



元田 浩 (正会員)

1965年東京大学工学部原子力工学科卒業。1967年同大学院原子力工学専攻修士課程修了。工学博士。同年、(株)日立製作所に入社。同社中央研究所、原子力研究所、エネルギー研究所を経て、現在、基礎研究所主管研究員。原子力システムの設計、運用、制御に関する研究、診断型エキスパートシステムの研究を経て、現在は人工知能の基礎研究、特に推論機構に関する研究(定性推論、学習、知識コンパイルなど)に従事。1970年日本原子力学会奨励賞、1977年日本原子力学会論文賞、1984年日本原子力学会論文賞受賞。情報処理学会、日本ソフトウェア科学会、日本認知科学会、日本原子力学会、AAAI、ANS各会員。