

# 関連性理論による表意の生成手法と関連性の計算

峯脇さやか，嶋田和孝，遠藤勉

九州工業大学情報工学部

## 1 はじめに

発話理解に語用論的知見は重要である．近年の自然言語理解は，意味解析から照応解決や省略処理などの文脈処理が着目されている．文脈処理に焦点を当てた対話システム[1]や，語用論的特徴を観察し，その特徴を有する対話を想定した質問応答システム[2]が提案されている．さらに，機械翻訳も高度な文脈処理が不可欠であり，自然言語処理の多くの場面で，文脈処理が必要とされている．

我々は，関連性理論[3]に従った発話解釈手法を提案する．関連性理論は，発話がいかに解釈されるかということに関する理論である．関連性理論では，「人間の認知は発話の解釈において，関連性が最大である解釈を採用する傾向にある」ということを述べている．関連性は認知効果と処理労力により決定される．認知効果が高いほど，関連性は大きくなり，処理労力が少ないほど関連性は大きくなる．最大の関連性をもつ解釈とは，少ない処理労力で高い認知効果のある解釈である．関連性理論では，発話の意味は，表意と推意に分類できるとしている．表意とは，明示的に伝達される意味であり，推意とは，非明示的に伝達される意味である．

本稿では，発話の意味として表意を扱い，表意を生成する手法と，生成された表意の関連性を計算する方法を提案する．表意の生成では，表意を形成する語用論的プロセスを自然言語処理に適用する．関連性の計算では，まず，生成された表意について，認知効果と処理労力の程度を計算する．そして，認知効果と処理労力を多目的最適化問題の評価関数とし，パレート最適解を最大の関連性とみなす．

以下，2では，関連性理論の概観について述べる．3では，表意の生成手法について述べる．4では，関連性の計算方法について述べる．5で表意の生成例を示す．最後に6でまとめる．

## 2 関連性理論

### 2.1 関連性の原則

Sperber と Wilson によって提案された関連性理論は，発話がいかに解釈されるかということに関する理論で，語用論の中でも近年最も注目されている．関連性理論の目標は，解釈する側（聞き手）がどのようにして伝達者（話し手）の伝えようとした内容を理解するのか，そのメカニズムを解明することである．聞き手の解釈と話し手の伝達した内容が一致するかどうか，という真偽を判定することではなく，話し手の伝達した内容を聞き手がどのくらい忠実に

再現するかということに力点がある．

Sperber と Wilson は，次に示す関連性の認知原則を提案している．

**関連性の認知原則：**人間の認知は，関連性を最大にするように働く性格を持つ．

「関連性」は，「認知効果」と，発話を処理する際に必要とされる「処理労力」によって決定される．関連性には程度があり，認知効果が大きいくほど，関連性は大きくなり，処理労力が小さいほど関連性は大きくなる．関連性の認知原則が述べているのは，人間の認知は，できるだけ小さな処理労力でできるだけ多くの認知効果を達成するように方向付けられている，ということである．

### 2.2 認知効果

コミュニケーションにおける解釈側の仕事は，伝達側の伝達しようとする意図に気付き，その発話を受け入れるところから始まる．受け入れた新情報は，解釈側の頭の中で，既に存在する「想定」と相互作用する．想定とは，ある人の頭の中で思い浮かべている知識や仮定などの情報であり，それぞれの想定には確信度（その人の自信，信念，確信の強弱）が関係付けられている．想定を集めて「認知環境」といい，新情報と既に存在する想定との相互作用により，認知環境が修正される．認知環境の修正には，以下の3種類がある．

- (1) 新しい想定を追加：新情報と旧情報を組み合わせで推論した結果を認知環境に加える．
- (2) 既存の想定が強め：既存の不確かな想定に対してさらなる証拠や確信を与える．
- (3) 誤った想定を削除：新情報と旧情報が互いに矛盾する場合，弱い方を削除する．

このような形で認知環境を修正することを「認知効果」という．

### 2.3 処理労力

処理労力とは，推論に使用する想定を呼び出すコストである．より高い認知効果を得るには，文脈を拡大し，想定を次々に持ってきて，処理し続けていくことになり，処理労力は増大していく．容易に呼び出せる想定を用いれば，処理労力は小さく，より呼び出しにくい想定を用いればより多くの処理労力を要する．この想定呼び出しの難易を「アクセス可能性」と呼び，次の2つの性質がある．

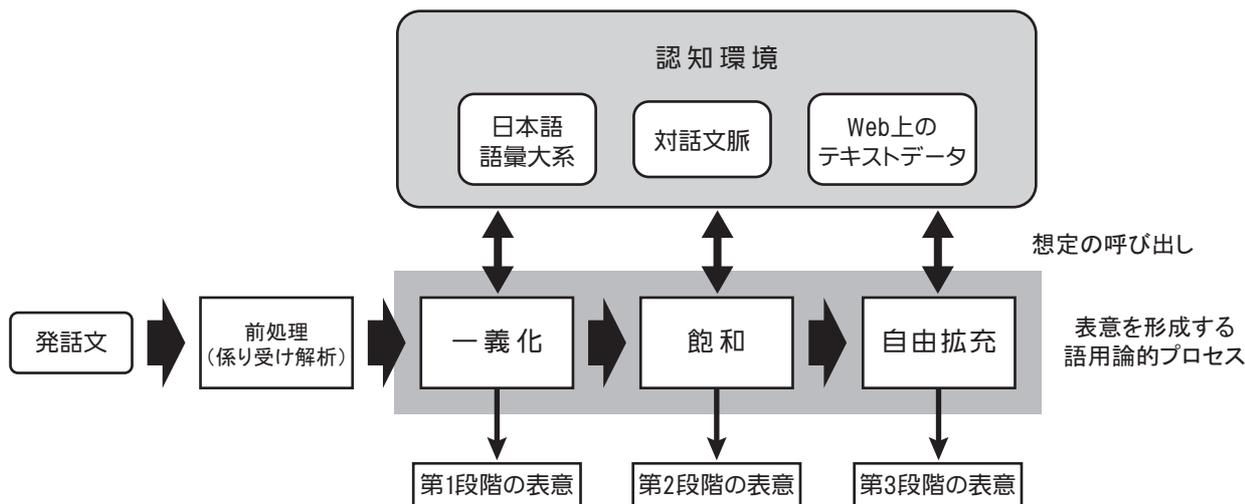


図1 表意の生成過程

- (1) 最近使われた想定は、昔使われたものよりも呼び出しやすい。
  - (2) 頻繁に使われる想定は、たまにしか使われないものよりも呼び出しやすい。
- 呼び出しやすいということは、アクセス可能性が高いことであり、このときの処理労力は少ない。逆に、呼び出しにくいということは、アクセス可能性が低いということであり、このとき多くの処理労力を要する。

## 2.4 表意

関連性理論では、発話の意味は、表意（明示的な意味）と推意（非明示的な意味）に分類できるとしている。発話の表意は、言語的意味の解釈（意味論による解釈）と次に示す4つの語用論的プロセス[4]によって形成される。

- (1) 一義化：2つ以上の意味を持つ語が、どの意味で使われたのか突き止めること。
- (2) 飽和：発話に使用された代名詞や指示詞について、その値を決定すること。
- (3) 自由拡充：話し手が伝えたい内容の中に入っているはずであろう何らかの要素を補うこと。
- (4) アドホック概念形成：語彙概念の論理的特性を消失させることで、文脈に合うようにその場限りのアドホック概念にすること。

語用論的プロセスの貢献の度合いによって、表意の明示性の程度に差が生じる。表意の明示性の程度とは、どのくらいはっきりした意味かということであり、より多くの語用論的プロセスを行えば、よりはっきりした意味になる。

## 3 表意の生成手法

表意は、言語的意味の解釈の後、一義化、飽和、自由拡充、アドホック概念形成を行なうことにより形成される。本稿では、一義化、飽和、自由拡充を自然言語処理に適用し、複数の表意を生成する。発話の言語表現に対して行なう言語的意味の解釈に係り受け解析とし、CaboCha[5]を用いる。一義化では、CaboChaの結果について、それぞれの語に対する意味素性と述語動詞の格構造を日本語語彙大系[6]を用いて推定する。飽和は照応解析に相当するので、既存の照応解析手法[7][8][9]を利用する。自由拡充では、任意格や修飾語句の付加を行なう。

表意は、発話が、すでに聞き手の頭の中に存在する文脈や、記憶の百科事典的知識などと相互作用して生成される。前述の文脈や記憶のような、ある人の頭の中で思い浮かべている知識や仮定などの情報を関連性理論では想定といい、想定を集合を認知環境という。本稿では、日本語語彙大系、対話文脈、Web上のテキストデータ<sup>1</sup>を想定として利用する。

図1に表意の生成過程を示す。以下の手順で表意を生成する。前処理として、発話の言語表現に対して、CaboChaで係り受け解析を行い、その結果を入力とする。一義化で得られた表意、飽和までの処理で得られた表意、自由拡充までの処理で得られた表意をそれぞれ、第1段階、第2段階、第3段階の表意と呼ぶこととする。

Step 1 一義化

- step1-1 単語の意味属性を推定する。全ての形態素について、日本語語彙大系の単語大系から意味属性を検索する。品詞と読みで、不要

<sup>1</sup> 本稿では、Wikipediaを使用した。  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

な検索結果は削除する。日本語語彙大系にない単語は、Web上のテキストデータから意味属性を推定する。

- step1-2 述語動詞の格構造を推定する。述語動詞の文型パターンを日本語語彙大系の構文大系から検索する。CaboChaの結果における述語動詞の係り元の意味属性が、文型パターン中の格要素の意味属性にマッチする文型パターンを選ぶ。
- step1-3 step1-2で選んだ文型パターンで格フレームを作る。文型パターンの格要素を必須格のスロットとし、step1-2でマッチした単語を挿入する。
- Step 2 飽和
- step2-1 照応詞を検出する。Step 1で作成した格フレームのスロットから代名詞を検出する。スロットが空の場合はゼロ代名詞である。
- step2-2 先行詞候補を選ぶ。SRL<sup>2</sup>から格フレームの意味属性にマッチする名詞を選ぶ。
- Step 3 自由拡充
- step3-1 第2段階の表意中の単語に係る語(修飾語)を認知環境から探す。
- step3-2 step3-1で得た修飾語を第2段階の表意の格フレームに新しいスロットとして追加する。

## 4 関連性の計算

関連性は、認知効果と処理労力により決まる。生成された表意について、認知効果と処理労力の程度を計算する。そして、認知効果と処理労力を多目的最適化問題の評価関数とし、パレート最適解を最大の関連性とみなす。

### 4.1 認知効果の計算

認知効果には、(1)新しい想定を追加、(2)既存の想定を強め、(3)誤った想定を削除の3種類ある。表意の生成は、新しい想定を追加である。よって、本稿では、新しい想定を追加における認知効果の程度を定式化する。

より高い認知効果を得るには、文脈を拡大し、想定を次々に呼び出してきて、語用論的プロセスを次々と進めていくこととなる。表意の認知効果は、第1段階、第2段階、第3段階の順で高くなる。このとき、表意の明示性の程度も高くなる。従って、この場合の認知効果の程度と明示性の程度は同等とみなすことができる。表意  $x_i$  の認知効果の程度を次式に示す。

<sup>2</sup> Salient Referent List

文献[8]における先行詞候補を蓄える記憶領域。本稿では、あらかじめ対話文脈とWebページ上のテキストデータのSRLをそれぞれ作成しておく。

$$CE(x_i) = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j,k} p(mw_k^j | w_j) \right\} + \left\{ \frac{m_1}{n_1} \times \sum_j weight_j \right\} + \left\{ \sum_{j,k} p(mw_k^j | w_j) \right\} \quad (1)$$

式(1)において、第1項、第2項、第3項はそれぞれ、一義化、飽和、自由拡充における認知効果の程度を表す。第1項において、 $w_j$ 、 $nw_k^j$ 、 $N$ はそれぞれ複数の意味属性を持つ単語、 $w_j$ の周辺語<sup>3</sup>、 $w_j$ の総数である。第2項において、 $n_1$ 、 $m_1$ 、 $weight_j$ はそれぞれ検出した照応詞の数、スロットに埋めた先行詞の数、先行詞の優先度である。第3項において、 $w_j$ 、 $m_1$ はそれぞれ第2段階の表意中の単語  $w_j$ 、 $w_j$ に係る語  $m_1$ である。

### 4.2 処理労力の計算

処理労力とは、推論に使用する想定と呼び出しの難易である。処理労力には2つの性質がある。(1)最近使われた想定は呼び出しやすく、処理労力は少ない。(2)頻繁に使われる想定は呼び出しやすく、処理労力は少ない。

想定  $a_j$  を呼び出すときの処理労力を次式に示す。

$$\text{cost}(a_j) = \min \left\{ ma, \frac{\beta}{n+1} \right\} \quad (2)$$

$ma$ 、 $\beta/(n+1)$ はそれぞれ、 $m$ 回前の発話を解釈したときに呼び出した想定 of 処理労力、今までに呼び出された回数が  $n$ 回であるときの処理労力を表す。

表意  $x_i$  の処理労力を、 $x_i$  を生成するのに呼び出した想定 of 処理労力の総和として、次式で表す。

$$PE(x_i) = \sum \text{cost}(a_j) \quad (3)$$

### 4.3 多目的最適化問題

認知効果が高いほど、関連性は大きくなり、処理労力が少ないほど関連性は大きくなる。より高い認知効果を得るには、より多くの処理労力を要することから、認知効果と処理労力はトレードオフの関係にあることが明らかである。

多目的最適化問題は、トレードオフの関係にある複数の評価基準から最適解を求めるアプローチで、トレードオフがバランスされた最適解の集合をパレート最適解と呼ぶ。パレート最適解は、優劣が付けられない解で、一般に多数存在する。次式を満たすようなパレート最適解を最大の関連性とする。

<sup>3</sup>  $w_j$  の周辺に位置する単語。文献[10]に従う。

$$\max CE(x_i), \min PE(x_i) \quad \text{s.t. } x_i \in F \quad (4)$$

式(4)において、 $F$  は形成できる全ての表意の集合である。

## 5 実験

### 5.1 生成例

図 2 に示す対話文について、本手法による生成例を以下に示す。

#### B1 の表意

- B が夕食をエビチリにする。(第 2 段階)
- B が今日の夕食をエビチリにする(第 3 段階)

#### A6 の表意

- A は雑誌を持ってきた。(第 2 段階)
- A は電話で言っていた雑誌を持ってきた。(第 3 段階)

このように本手法は有効に機能している。一方、B3 の表意は生成できなかった。その理由を以下に示す。

- (1) 「背ワタ」は、日本語語彙大系や Wikipedia がない単語なので、意味属性が推定できない。
- (2) 「剥く」の文型パターンにマッチするものがない。一義化において、単語の意味属性や文型パターンを推定できないと、次の飽和の処理が行えなくなる。さらに B3 は、飽和の処理も失敗する。なぜなら、「その殻」は「指示連体詞 + 名詞句」の形で、本手法における飽和では、指示連体詞を照応詞としていない。

### 5.2 評価方法の方針

本手法の有効性を評価する方法について検討する。関連性理論における発話の解釈では、聞き手の解釈と話し手の伝達した内容が一致するかどうか、という真偽を判定することではなく、話し手の伝達した内容を聞き手がどのくらい忠実に再現するかということに重きを置いている。そこで、あらかじめ正解データを収集し、その正解データと実験結果の類似性について検討する。正解データは、次のようにして収集する。まず、被験者を解釈する側とし、被験者に図 2 のような対話文を提示する。被験者は、全ての対話文について、語用論的プロセスを行ない、被験者の主観で最小の労力で十分な情報を持つ言語表現を生成する。被験者が生成した言語表現を最大の関連性をもつ表意とみなし、これを正解データとする。正解データと実験結果の類似性は、Tree Kernel[11]を使用する。さらに、関連性の計算をせず、式(1)をスコアとして N-best の表意について、正解データとの類似度を計算し、実験結果との比較評価を行なう。

A1: 今日の夕食は何にするの?  
 B1: エビチリにする。  
 A2: 手伝うよ。  
 B2: じゃ、冷蔵庫からエビを出して。  
 A3: これをどうするの?  
 B3: まず、その殻を剥いて。  
       それから、背ワタを取って。  
 A4: そっちは何をしてるの?  
 B4: 調味料を合わせてる。  
       そういえば、あれ持ってきてくれた?  
 A5: あれって何?  
 B5: さっき電話で言っていた雑誌。  
 A6: うん、持ってきた。  
       後で渡すよ。  
 B6: ありがとう。そっちは終わった?

図 2 対話文

## 6 おわりに

本稿では、関連性理論を利用した発話解釈手法について述べた。発話の意味として表意を扱い、表意の生成方法と関連性の計算方法について示し、最大の関連性をもつ表意を形成することを試みた。今後の課題は、一義化において、日本語語彙大系などない単語の意味属性や文型パターンの推定方法について検討することと、飽和において、「指示連体詞 + 名詞」を扱えるよう拡張することである。

### 参考文献

- [1] 遠藤勉, 賀川経夫, 嶋田和孝: 対話支援型問題解決システムにおける発話文生成機構と文脈処理, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J82-D-II, No. 8, pp.1783-1795 (2000).
- [2] 加藤恒昭, 福本淳一, 榎井文人, 神門典子: 質問応答技術は情報アクセス対話を実現できるか, 情報処理学会研究報告 2004-NL-162, pp.145-150 (2004).
- [3] D. Sperber & D. Wilson: Relevance: Communication and Cognition, Oxford, Basil Blackwell (1986).
- [4] 東森勲, 吉村あき子: 関連性理論の新展開, 研究社 (2003).
- [5] 工藤拓, 松本裕治: チャンキングの段階適用による日本語係り受け解析, 情報処理学会論文誌, vol. 43, No. 6, pp. 1834-1842 (2002).
- [6] 池原悟他編, NTT コミュニケーション科学研究所監修: 日本語語彙大系 CD-ROM 版, 岩波書店 (1999).
- [7] 村田真樹, 長尾真: 意味的制約を用いた日本語名詞における間接照応解析, 言語処理学会論文誌, Vol. 4, No. 2, pp.41-52 (1995).
- [8] Shigeko Nariyama: Grammar for ellipsis resolution in Japanese, Proceedings of the 9th International Conference on Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation, pp.135-145 (2002).
- [9] 飯田龍, 乾健太郎, 松本裕治: 文脈の手がかりを考慮した機械学習による日本語ゼロ代名詞の先行詞同定, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 3 (2004).
- [10] 福本文代: 語義の曖昧性解消のための最適な属性選択, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 1 (2001).
- [11] Collins, M. and Duffy, N. Convolution Kernel for Natural Language. In Proceedings of NIPS 2001 (2001).