

意味の位置づけを考慮した意味表現方式と依存関係の解釈

A Semantic Representation for Mapping Sentence Meanings and Interpretation of the Dependency Structures

野口靖浩^{*1} 池ヶ谷有希^{*1} 高木朗^{*2*3} 麻生英樹^{*2} 小林一郎^{*4}
 Yasuhiro Noguchi Yuki Ikegaya Akira Takagi Hideki Asoh Ichiro Kobayashi

小暮悟^{*5} 近藤真^{*5} 小西達裕^{*5} 伊東幸宏^{*5}
 Satoru Kogure Makoto Kondo Tatsuhiko Konishi Yukihiro Itoh

^{*1} 静岡大学理工学研究科 Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University
^{*2} 産業技術総合研究所 情報技術研究部門 Information Technology Research Institute, AIST
^{*3} (株)CSKシステムズ CSK Systems Corp
^{*4} お茶の水女子大学理学部 Faculty of Sciences, Ochanomizu University
^{*5} 静岡大学情報学部 Faculty of Informatics, Shizuoka University

A natural language dialogue system should correctly interpret the semantic content of the input sentence from the users and pick up the essential information depending on the situation. In the natural language, we can use wide variety of expressions to tell the same thing. However it is difficult to prepare all patterns for picking up essential information by each expression. It is one of the causes of many patterns becoming necessary is the dependency structures in the surface expressions can not interpreted, so their semantic representations have wide variety of dependency structures same as before. We have proposed a framework for semantic representations that circumvent the problem of interpreting dependency structure. In this paper, we explain the semantic representations which only permits a single type of predicate: an identifying predicate "aru", and interpretation of the dependency structures expressed by the semantics representations.

1. はじめに

近年様々な自然言語対話システムが研究・開発されてきている[Senef.S 2000][Larsson.S 2000][Gauvain.J.L 1997]. 実際にこのようなシステムを実現するためには、入力文を解釈し、問題解決に必要な情報を抽出する機能が必要になる。しかし、自然言語では同一の意味内容を様々な形式で表現することができるが、システム側でそれに対応するパターンを全て用意することは現実的ではない。このような問題点が発生する理由の1つは、入力文に含まれる単語間の依存関係の解釈が難しいことにより、表層表現に含まれる依存関係がそのまま意味表現上に引き継がれてしまうことだと考えられる。この問題により表層表現のパターンがそのまま意味表現パターンになってしまうため、そこから意味内容を識別するためには、多種多様なパターンが必要となってしまう。そこで、われわれはこのような困難を回避するため、

- ・見かけ上依存関係の表現を圧縮して属性概念に繰り込み、
- ・残った依存関係部分は意味によって変動しない共通の概念による依存関係のみ記述することが可能な意味表現の検討を進めている。本稿ではこの問題を低減し、問題解決に必要な情報を抽出する技術として、概念間依存関係を圧縮した意味表現方式、依存関係の解釈に基づく節内の意味解釈手法[高木 2004][池ヶ谷 2002]について、特に名詞句意味表現に関して更に検討した結果

を説明する。

2. 概念間依存関係を圧縮した意味表現方式

2.1 述語句(節)意味表現

一般に任意の述語とその連用修飾成分は、「断定」の述語「(で)ある」を述語とする表現への同義変形を利用することで、「属性 値」(属性は値である)の形式で統一的に表現することができ、これを用いて、意味表現中に現れる依存関係を、述語によらず「断定」の述語「(で)ある」による依存関係と、「値」と「値」が参照する意味表現の間のポインタのみに限定できる[常盤 2004]。述語意味表現は、現象属性と副詞等の意味表現へのポインタを格納する「属性限定句」属性によって記述する。「値」は「[知識値]修飾値」の形式で記述し、知識値はその概念に関する既知の知識を予め記述しておき、修飾値は、入力文の中で用いられた修飾成分を記述する(図1)

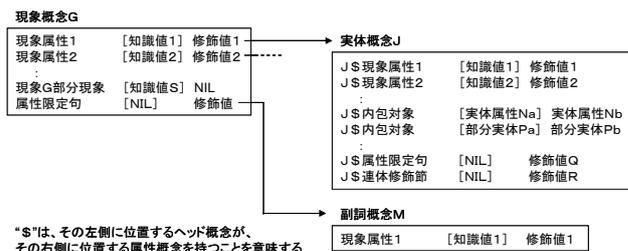


図1: 述語句意味表現

連絡先:野口靖浩, 静岡大学理工学研究科,
 静岡県浜松市城北 3-5-1, TEL: 053-478-1592,
 E-Mail: noguchi@inf.shizuoka.ac.jp

2.2 名詞句意味表現

名詞と名詞を修飾する連体修飾成分に関しても同様に依存関係の圧縮を行って表現する。連体修飾表現の依存構造には以下のタイプが存在する。a)b)c)それぞれのタイプの表現に対して、同義表現を検討し、断定の「(で)ある」による表現を検討する。

- a) 「連体形形容(動)詞句一名詞」
 - a1) 属性値を直接限定するタイプ(色, 形など)
 - a2) 標準的な値と比較した相対的な程度を限定するタイプ(重さ, 広さなど)
- b) 「名詞句ー連体助詞ー名詞」
 - b1) 値名詞Aー連体助詞ー実体名詞B
(「6時の新幹線」, 「100円のラーメン」)
 - b2) 実体名詞Aー連体助詞ー実体名詞B
(「Aさんの車」, 「藤沢修平の本」)
 - b3) 実体属性名詞Aー連体助詞ー(部分)実体名詞B
(「緑色の屋根」, 「1kgの重さの荷物」)
 - b4) 部分実体名詞Aー連体助詞ー(部分)実体名詞B
(「短いしっぽのうさぎ」)
 - b5) (部分)実体名詞Aー連体助詞ー(部分)実体名詞B
(「うさぎのしっぽ」)
 - b6) 値名詞Aー連体助詞ー実体/現象属性名詞B
(「1kgの重さ」, 「毎時40kgの速度」)
 - b7) 実体属性名詞ー連体助詞ー実体属性名詞B
(「高い彩度の色」)
 - b8) (部分)実体名詞Aー連体助詞ー実体属性名詞B
(「荷物の重さ」, 「しっぽの長さ」)
 - b9) (部分)実体名詞Aー連体助詞ー現象属性名詞B
(「車の購入価格」)
- c) 「連体修飾節ー名詞」

まず, a) 「連体形形容(動)詞句一名詞」の表現は, 例えば a1) 「赤い花」が「赤い色の花」「色が赤い花」「赤い色をした花」と同義変形ができ, 相互に言い換えが可能であることから, 「色相が[赤]である色を内包している花」という意味構造を持つと推定できる。また, 述語句(節)意味表現と同様に断定の述語「(で)ある」を用いて「(その花の)内包対象が色であり, その色が赤である, 花」と同義変形できる(図2, ただし意味表現生成の段階では「属性限定句」に形容詞部分を格納するのみで, 名詞⇄形容詞間の値の伝播(青色部分)は3.2節において行う)¹。

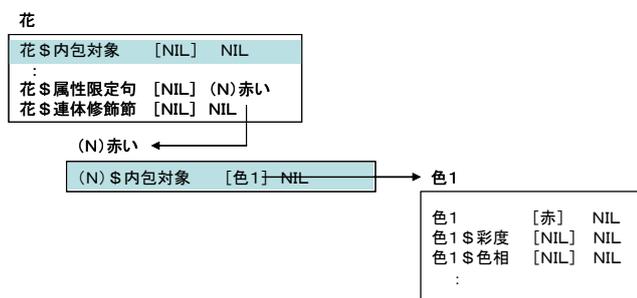


図2: 形容詞句意味表現例(「赤い花」)

¹ a2)の場合には「(ヘッド名詞概念の)内包対象が実体属性であり実体属性は程度属性であり, 程度属性は(標準と比較して)「+/-」の値を内包する, ヘッド名詞概念」という形式を取る。

次に b) 「名詞句ー連体助詞ー名詞」について考えると, 「6時の新幹線」, 「6時に出発する(到着する)新幹線」の例のように「名詞句ー連体助詞」の形の依存構造を持つ連体修飾表現を連体修飾節の形に同義変形できる。これも, 断定の述語「(で)ある」を用いて「(その新幹線の)出発時間(到着時間)が6時である, 新幹線」と同義変形できる。

以上から, a) b) c) の連体修飾成分のいずれも c) 「連体修飾節ー名詞」の意味構造を基準に考えることができるため, その連体修飾表現は述語句(節)意味表現と同様断定の述語「(で)ある」によって等しく

- ・ 「(ヘッド名詞概念の)現象属性²が属性値である, ヘッド名詞概念」
- ・ 「(ヘッド名詞概念の)内包対象が実体属性³であり, 実体属性は属性値である, ヘッド名詞概念」

という形式で表現することができる。名詞句意味表現は「当該実体概念 \$ 現象属性 属性値」の形の属性表現を生成し, それを束ねた形式によって意味を表す(図1実体概念)。連体修飾節は, 節意味表現を「実体概念 \$ 連体修飾節」に格納する(図5 c))。

実体属性概念の意味表現は, 実体概念の一部として存在し単独で存在することはないため, 実体概念とは一部異なる図3の形式で記述する。「U \$ 内包対象 [副属性 a] 副属性 b」表現は, 属性概念が更に副属性を持つ場合(例えば, 「色」概念における「色相」「彩度」「明度」等)に実体概念が実体属性を内包する場合と同様な形式で表している。知識値である「副属性 a」には, その属性概念が持つ副属性意味表現へのポインタが予め格納しておく。「U \$ 内包主体 [実体Ja] 実体Jb」表現は, 実体Jが実体属性概念Uを内包することを表す。知識値「実体Ja」には, Uを内包するデフォルトの実体概念としての「実体Ja」意味表現へのポインタを予め格納しておく。修飾値「実体Jb」には, Uの連体修飾成分によって指定された「実体Jb」意味表現へのポインタを格納する。

実体属性U			現象属性V		
U	[NIL]	修飾値	V	[NIL]	修飾値
U \$ 内包対象	[副属性 a]	副属性 b	V \$ 内包対象	[副属性 a]	副属性 b
U \$ 内包主体	[実体Ja]	実体Jb	V \$ 属性限定句	[NIL]	NIL
U \$ 属性限定句	[NIL]	NIL	V \$ 連体修飾節	[NIL]	NIL
U \$ 連体修飾節	[NIL]	NIL			

図3: 実体/現象属性意味表現

現象属性概念(「(車の)購入価格」「(ホテルの)所在地」等)についても, 実体属性概念とほぼ同等の意味表現で記述する(図3)。ただし, 実体属性概念は, 内包現象によって限定されるため, その属性概念の持ち主にあたる実体概念を指定する「U \$ 内包主体」属性を一律に持つことができるのに対して, 現象属性の場合, その属性の持ち主が属性に係る概念によって変動するため「内包主体」属性を持たず, 係る概念を基に収納する属性を決定する。「車の購入価格」では, 「車を購入する際に支

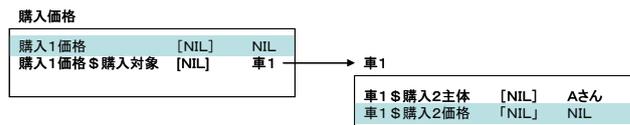


図4: 現象属性意味表現例(b9)「車の購入価格」

² 「現象属性」には「内包」現象を含む

³ 「実体属性」とは「色」「形」「重さ」など実体概念が内包する属性を指す。

払う購入価格」, 「(ある購入価格で) 車を購入する, 購入価格」
 「(ある購入価格で) 購入する対象が車である, 購入価格」と同
 義変形されるため, 「購入価格」属性の持ち主にあたる「車」を
 保持する属性は「購入価格 \$ 購入対象」属性になる。

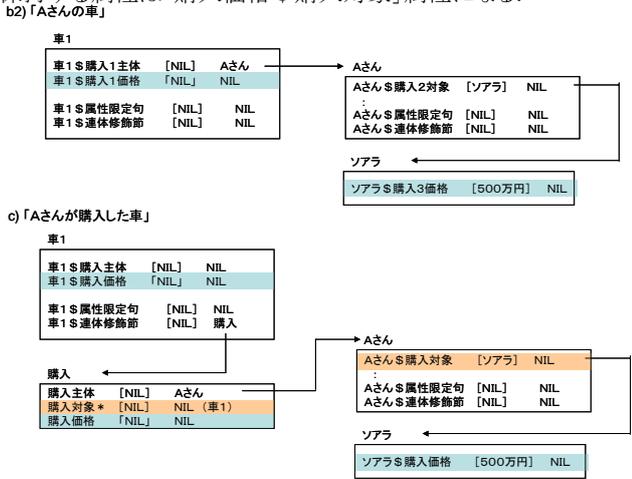


図5: 名詞句意味表現例
 (b2) 「Aさんの車」, c) 「Aさんが購入した車」)

3. 節内の意味解釈処理

3節で述べた意味表現を用いることにより, 依存関係で結び
 ついた概念意味表現を解釈し, 意味内容を詳細化する手続き
 について説明する。

3.1 節意味表現の解釈

一般にある「連用修飾成分—述語」を言及することによって,
 その連用修飾成分が直接言及し限定する現象属性以外の現
 象属性が間接的に限定されるという作用が生じることがある。

例えば「ソアラを購入する」(図6)といった表現の場合, 「ソア
 ラ」には, 所在地や宿泊料金に関して「ソアラ \$ 購入2価格
 [500万円] NIL」のように知識を記述してあるとする。ここで,
 「ソアラ \$ 購入2価格」という意味表現は, 「ソアラを購入する(際
 に支払う) 価格」という連体修飾節を表す。従って, この表現は,
 「購入する」を中心に, 「購入2価格 [500万] NIL」「購入2対
 象 [ソアラ] NIL」という対の「現象属性=値」表現と等価であ
 る。これにより, 「ソアラを購入する」という入力によって, 「ソアラ」
 が「購入1」の対象格に係ることにより, 本来無関係であった購
 入1と購入2が同一の現象を言及することになり, 「購入1料金
 [NIL] NIL」と「ソアラ \$ 購入2価格 [500万円] NIL」は相
 互に参照可能になる。これは, 「購入」の対象格に「ソアラ」が係
 ることによって生じる「購入」と「ソアラ」との間の相互作用であり,
 このような性質を「対象格」に係る依存構造の解釈として利用す
 ることができる。

この相互作用は一般に

「現象属性 C_i [知識値 C_i] 修飾値 C_i 」 ($1 \leq i \leq f$)
 の修飾値 C_i が, 実体概念 J 意味表現を参照する場合に,
 現象属性 C_i と現象属性 C_j ($j \neq i$)
 {「現象属性 X_g [知識値 X_g] 修飾値 X_g 」} $X_g \neq C_i$ [I]
 でありさらに名詞概念 N 意味表現中に,
 {「N \$ 現象属性 $X_{g'}$ [知識値 $X_{g'}$] NIL」} [II]

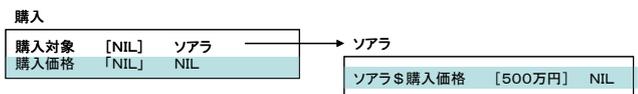


図6: 述語意味表現例(「ソアラを購入する」)

という知識が存在する場合に生じ, [I]と[II]は, 意味的対応
 関係によって相互に値を伝搬し, 照合することができる。

3.2 名詞句意味表現の解釈

a) 「形容詞—名詞」において, 形容詞句意味表現は, 意味表
 現生成時に名詞意味表現中の「属性限定句」属性に格納され
 る。これは便宜的な属性であり, 形容詞によって名詞の意味内
 容を限定しない。そこで, 形容詞意味表現内の「(N) \$ 内包対
 象 [実体/現象属性意味表現] NIL」と名詞意味表現内の同
 種属性との間で値を伝播することで解釈を行う。図2のように,
 「(N) 赤い」が「花」を修飾する場合, 「花」概念の「花 \$ 内包対
 象 [色1] 色2」のように値を伝播する。

b) 「連体修飾節—名詞」は以下のように意味解釈を行う。

b1) 値名詞A—連体助詞—実体名詞B

「6時の新幹線」→「新幹線 \$ 出発時間 [NIL] 6時」のように
 直接該当する属性の修飾値として意味表現に変換できるため
 特に解釈を必要としない。

b2) 実体名詞A—連体助詞—実体名詞B

このタイプの連体助詞句の場合, Aが限定するB内の属性Tを
 特定し, その属性にA意味表現へのポイントを格納して意味表
 現を生成する。意味表現A, B内の属性が以下の関係の場合

- ・「B \$ 現象概念C 格概念 α_j [...] A意味表現」
- ・「A \$ 現象概念C' 格概念 $\alpha_{k'}$ [Bと概念的に同一もしくは
 上位下位関係にある実体概念意味表現] NIL」

これらは同一の事実を言及する話者の主張と知識という関係に
 あり, 意味的対応関係にあり, 値を伝播することができる。

「Aさんの車」(図5 b2)を例に挙げると, 「車1 \$ 購入1主体
 Aさん」は, 「購入1」を中心として「購入1主体 Aさん」, 「購入
 1対象 車」と等価である。同時に「Aさん \$ 購入2対象 ソアラ」
 は「購入2主体 Aさん」「購入2対象 ソアラ」と等価である。従
 って, 「Aさん」について言及している「購入1」と「購入2」は同一
 の現象を言及することになり, その結果, 「車1」と「(Aさんの購
 入対象である,)ソアラ」が等しくなり, 「ソアラ」の各知識値を「車
 1」へと伝播することができる。

b3) 実体属性名詞A—連体助詞—(部分)実体名詞B

b4) 部分実体名詞A—連体助詞—(部分)実体名詞B

これらの場合は, 直接該当する属性の修飾値として意味表現
 に変換できるため特に解釈を必要としない。

b5) (部分)実体名詞A—連体助詞—(部分)実体名詞B

B意味表現中の「B \$ 内包主体」属性の修飾値に, A意味表
 現へのポイントが格納される。その結果, b2) と同様に「内包」を
 中心とした意味的関係が生じ, B意味表現内の知識値によって
 A意味表現の意味が限定される。

b6) 値名詞A—連体助詞—実体/現象属性名詞B

b7) 実体属性名詞—連体助詞—実体属性名詞B

これらの場合は, 直接該当する属性の修飾値として意味表現
 に変換できるため特に解釈を必要としない。

b8) (部分)実体名詞A—連体助詞—実体属性名詞B

b9) (部分)実体名詞A—連体助詞—現象属性名詞B

b2)と同様に以下の関係を基に生じる意味的関係を基に解釈
 を行う。b8) の場合は「内包」現象を中心として解釈を行う。

- ・「B \$ 現象概念C 格概念 α_j [NIL] A意味表現」
- ・「A \$ 現象概念C' 格概念 $\alpha_{k'}$ [知識値] NIL」

図4の例「車の購入価格」では, 「購入1価格 \$ 購入1対象 [NI
 L]車1」と「車1 \$ 購入2対象」との間の意味的関係から, 車1の
 知識値を購入1価格へ伝播する。

c) 「連体修飾節」文が, 元々2つに分かれていた2文をそれら
 の文に共通に現れる名詞を仲立ちにして, 従属節側でその名

詞を関係代名詞化して、主節側の名詞を照応することによって、1つの文に結合した文構造と考える。従って、「連体修飾節一名詞」は、「名詞」を連体修飾節の関係代名詞の位置に一旦収納し、節意味表現の解釈を行った後、「名詞」を戻すという処理になる。図5c)の場合、「車1」を「購入」意味表現中の「*」の箇所に格納する。ここで節意味解釈処理により「購入1主体 [NIL] Aさん」と「Aさん \$ 購入2対象 [ソアラ] NIL」との間の意味的關係から、「車1」が「ソアラ」であることが分かる。また、「購入対象 車1(「ソアラ」)」と「車1(「ソアラ」) \$ 購入価格 [500万円] NIL」との間の意味的關係から、ソアラを購入するためにAさんが500万円を支払ったことが分かる。

3.3 同義文の解釈例

この解釈処理により、構文構造が異なる表現についても、それが示す意味内容が同一であれば、同一の解釈結果を得ることができる。

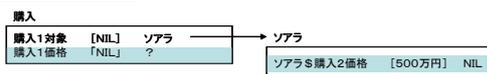
「Aさんの車」「Aさんが購入した車」という名詞句(図5)を例に考える。それぞれ b2) c) の意味解釈処理により、「車1」が「ソアラ」であることが分かり、「ソアラ」の知識値が「車1」へと伝播する。連体修飾節の解釈においては、特に元のヘッド名詞によらず、述語と全ての連用修飾成分間で均等に情報の相互伝搬が起こるのに対して、連体助詞を介して接続された2つの名詞の場合は、はじめから情報を伝搬し合う相手が指定されているという違いはあるものの、どちらもヘッドの「車1」を同様に限定する解釈結果を得ることができる。

別の例を考える。以下の3つの文は、互いに同義である。

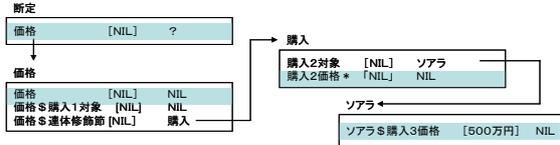
- A) 「ソアラをいくらで購入したか？」 (図7A)
- B) 「ソアラを購入した価格はいくらか？」 (図7B)
- C) 「ソアラの購入価格はいくらか？」 (図7C)

A) の意味表現は、図7A)のように表現される。「いくらで」の部分には「購入1価格 [NIL] ?」と表現している。「購入」を中心として、「ソアラ \$ 購入2 [500万円] NIL」と「購入1価格 [NIL] ?」とが意味的対応関係にあるため、「?」に「500万円」が対応することがわかる。

A) 「ソアラをいくらで購入したか？」



B) 「ソアラを購入した価格はいくらか？」



C) 「ソアラの購入価格はいくらか？」

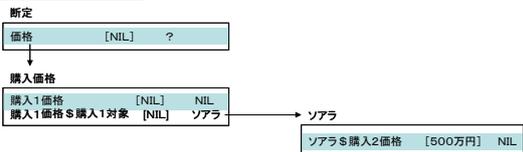


図7: 「ソアラの購入価格」に関する同義文

B) の意味表現は図7B)のように表現される。まず、図6と同様に節意味表現の解釈を行い、「購入2価格 [NIL] NIL」へ「ソアラ \$ 購入3価格 [500万円] NIL」の知識値を伝播することができる。更にこの値がヘッド名詞「価格」に伝播し、連体修飾節の解釈となる。この「価格 [NIL] (「500万円」が伝播) [NIL]

と「断定」意味表現中の「価格 [NIL] ?」とが対応関係にあることから、「?」が「500万円」であることが分かる。

C) の意味表現は図7C)のように表現される。「購入1価格 \$ 購入1対象 [NIL] ソアラ」によって「ソアラの購入料金」という名詞句が表される。この「購入1価格 [NIL] NIL」と「ソアラ \$ 購入2価格 [500万円] NIL」とが意味的対応関係にあるため、「購入1価格 [NIL] NIL」が「500万円」であることが分かり、最終的にA) B)と同様に「?」が「500万円」であることがわかる。

このように、構文構造の異なる文であっても、2つの語の意味表現を結ぶ依存関係によって特定の属性表現間の意味的対応関係が生じ、値が相互伝搬されて、最終的に主述語意味表現に属性値が集約される。これにより、同義文であれば、構文構造が異なる文であっても、2語間の意味的対応関係に基づいて値を伝播するという一定の手続きによって同一の解釈結果を得ることができる。

4. おわりに

意味表現中で依存関係によって結ばれた概念同士で意味的対応関係にある属性を互いに位置付け・参照を行うことで、意味表現が示す意味内容を更に限定し意味解釈を行う手法を示した。この手法では、本稿でも述べたように「名詞句一格助詞一述語」のような依存構造に対して一定の手続きで意味解釈を行うことができる。

しかし、例えば、「述語1句一ということ一格助詞一述語2」構造や「述語句一助動詞」構造などについてはこの手続きだけでは解釈を行うことができない。このような高階の述語表現について、「ということ」を越えて述語1句の内容が述語2の意味を限定しうるかについて今後検討していきたい。

参考文献

[Seneff 2000] Seneff, S. and Polifroni, J.: Dialogue Management in the MERCURY Flight Reservation System, ANLP-NAACL 2000 Workshop, pp.1-6, 2000.

[Larsson 2000] Larsson, S., Ljunglof, P., Cooper, R., Engdahl, E. and Ericsson, S.: GoDiS - An Accommodating Dialogue System, ANLP-NAACL 2000 Workshop Conversational Systems, pp.7-10, 2000.

[Gauvain 1997] Gauvain, J.L., Bennacef, S., Lamel, L.F. and Rosset, S.: The Spoken Language Component of the Mask Kiosk, Human Comfort & Security of Information Systems, pp.93-103, 1997.

[高木 2004] 高木朗, 中島秀之, 伊東幸宏, 近藤真, 今仁生美, 三宅芳雄: 文脈への意味の位置付けを重視した対話意味表現, 人工知能学会研究会資料 SIG-SLUD-A202-10, pp.55-62, 2002

[池ヶ谷 2002] 池ヶ谷有希, 野口靖浩, 鈴木夕紀子, 伊藤敏彦, 小西達裕, 近藤真, 高木朗, 中島秀之, 伊東幸宏: 文脈への意味の位置付けに基づくホテル予約対話システムの構築, 人工知能学会研究会資料, SIG-SLUD-A202-11, pp.63-70, 2002.

[常盤 2004] 常盤 大樹, 内田 尚和, 樋本 綾乃, 河野 安友未, 高木 朗, 麻生 英樹, 中島 秀之, 伊東 幸宏, 小林 一郎, 八名 和夫: 依存関係の解釈と概念情報の統合処理, 情報処理学会研究報告 - 音声言語情報処理, pp. 151-156, 2004.