

連続現象モデルを用いた意味理解と対話システムへの利用

An Event Sequence Model for Natural Language Understanding and Its Application to Dialog Systems

西巻 孝祥*¹
Takayoshi Nishimaki野口 靖浩*²
Yasuhiro Noguchi小暮 悟*²
Satoru Kogure小西 達裕*²
Tatsuhiko Konishi小林 一郎*³
Ichiro Kobayashi麻生 英樹*⁴
Hideki Asoh高木 朗*^{4,5}
Akira Takagi近藤 真*²
Makoto Kondo伊東 幸宏*⁶
Yukihiro Itoh*¹ 静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Shizuoka University*² 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University*³ お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科
Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University*⁴ (独)産業技術総合研究所
AIST*⁵ 言語情報処理研究所
NLP Research Laboratory*⁶ 静岡大学
Shizuoka University

We propose an event sequence model for natural language understanding and discuss its application to dialog systems. The model enables mutual reference of semantic information between two different event concepts. The mutual reference makes it possible for a dialog system to understand how an event concept in an input is semantically restricted by another type of event concept in the context, and vice versa. We have developed an event sequence model for a trip concept. We also discuss how to use the model in dialog systems. By using the model, simple problem-solving rules can retrieve necessary information from the context.

1. はじめに

自然言語の意味理解においては、単純に入力文の意味表現を生成し、生成した意味表現を文脈のリストに追加することで、意味理解が完結することはまれである。意味表現を文脈・知識・状況と対応付け、入力文の意味表現が示す意味内容と、文脈・知識・状況とが示す意味内容とを相互に参照することで、互いの意味内容を更に詳しく限定しなければならない。我々はこのような処理を意味の伝搬と呼ぶ。

先行研究において、我々は自然言語文が持つ多様性に着目し、同一の意味内容を持つ多様な自然言語表現から、均一な意味解釈処理によって意味内容を取得可能な意味表現方式・意味解釈手法を提案した[Takagi 2006]。そして、その意味表現方式・意味解釈手法に基づく対話システム[野口 2008]を構築・評価した。この意味表現・意味解釈手法では、述語とその連用修飾成分、名詞とその連体修飾成分に含まれる依存構造の一部を属性名詞に圧縮し、その属性名詞の概念階層を整備している。そして、述語句及び名詞句の意味内容を「属性属性値」(属性は属性値である)という均一の依存構造を用いた記述の集合で表現している。その結果、多様な依存構造を解釈する困難を回避し、属性名詞の概念階層に基づき、「属性属性値」を比較すること、属性値を伝搬することを可能にした。先行研究の対話システムでは、意味の伝搬の処理として、この属性値を相互に伝搬させ、互いの意味表現の記述の詳細化を行っている。

しかしながら、概念階層(概念の上位下位、全体部分関係)に基づく意味の伝搬によって解釈される対話文脈には限界がある。日常行われる対話を考えれば、その他にも入力文の意味内容と文脈・知識・状況の意味内容とで、互いの意味内容を詳

しく限定しなければならない場合が多く存在する。

本稿で取り上げる現象の連続性に基づく意味の伝搬もそのひとつである。本稿では、行為現象に関連する現象を現象の連続性を手がかりにモデル化すること、そしてそのモデルを用いた対話システムの意味解釈能力向上を目的とする。第2章において、対話システムの自然言語の理解における連続現象モデルの必要性を述べると共に、「旅行行為」現象を分析対象として、連続現象モデルに要求される機能について検討する。第3章では「旅行行為」現象を例に連続現象モデルの設計を行う。第4章で連続現象モデルの対話システムにおける利用方法・利用例を挙げ、最後の第5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 基礎的考察

2.1 連続現象モデルの必要性

ある現象を分析した場合、その現象に関連する現象には、特定の実行順序が規定される場合が多くある。そして、特定の実行順序で規定される現象概念間において、現象概念間の上位下位・全体部分等の関係に拘らず、各現象が言及する意味内容が相互伝搬される場合がある。

例えば、「浜松に行った。ホテルに泊まった」という文を考えた場合、「移動行為」と「宿泊行為」は、それら自体はまったく異なる現象であり、それらの間で意味内容が相互に限定されるか否かは、文脈・知識・状況に依存する。ひとつの解釈としては、この「移動行為」と「宿泊行為」とが、ある行為現象の部分を構成している場合、そして更に「移動行為」と「宿泊行為」とが連続して引き起こされると解釈される場合には、「移動行為」概念の「移動場所終点」属性と「宿泊行為」概念の「宿泊場所」属性との間で意味の伝搬が引き起こされる。

このような解釈を人間は行うことができる。それは、一般に「旅行行為」の関連現象として「移動行為」と「宿泊行為」とが存在す

ること、そして、「移動行為」と「宿泊行為」とが連続して行われる場合には、移動先と宿泊場所とが一致すること(あるいは、移動先と宿泊場所とが一致する場合に、「移動行為」と「宿泊行為」とが連続的に行われると解釈できること)を知っているからである。そして、対話が行われる中で、その知識を利用して、ある時点での文脈の有力な解釈のひとつとして上述の解釈、即ち、「移動行為」と「宿泊行為」とがひとつの「旅行行為」について言及している、との解釈を得ることができるからである。

そこで、本稿では、ある行為現象とその関連現象間の関係を知識として整理してモデル化する。モデル(以降、連続現象モデルと呼ぶ)の構造と、複数の連続して実行される現象の実行される時間的順序関係の記述、及びモデル内の意味伝搬規則を定義する。それにより、連続現象モデルを利用することで、対話システムはその意味理解において、多様な表現にシンプルに対応できるようになる。

このような知識を取り扱った関連研究としては、まず Schank のスクリプト[Schank 1975]が挙げられる。スクリプトは、一般的なシーンにおいて続けて起きるイベントをモデル化している。対話の情報を収めるスロット及びそのスロットを埋める条件を保持しており、対話の理解に役立つ枠組みである。ただし、各スクリプトはシーンに依存しており、異なるシーンに対応しようとするれば、別のスクリプトに切り替える必要がある。予め任意のシーンに対応できるだけのスクリプトを準備することは容易ではない。

プランベースの対話システム(例えば、[Chu-Carroll 1998])や、奥らの研究[奥 2003]は、実際の対話の流れに沿って、話題の流れを動的に構成することで、対話の管理を実現している。プランベースの枠組みでは、話題間での情報の伝搬を実現しているが、話者とシステム間の対話のゴールを明確に設定することで、行われる対話の流れを予め規定しておく必要がある。後者の枠組みでは、予め対話の流れを規定しないが、話題間の情報の伝搬については言及されていない。また、いずれの枠組みも、対話の管理のための枠組みという面が強く、入力される句・節・文自体の意味理解にフォーカスしているとは思われない。

2.2 連続現象モデルに求められる機能

連続現象モデルの分析を行うにあたって、最初に「旅行行為」を題材に取り上げることにした。そこで、ホテル検索予約対話や旅行記などのコンテンツを題材に文例を分析した。分析対象のコンテンツ数は62であった。

対話の流れは多様であり、「旅行行為」の関連現象として言及される現象は様々である。例えば、「浜松に行って、ホテルに泊まる」、「名古屋の遊園地で遊んでから、新幹線で帰る」という文例を挙げる。ここでは、「行く」「泊まる」「遊ぶ」「帰る」という現象が言及されている。更に、例えば「遊ぶ」のような目的地で行う行為を「(温泉に)入る」「(名物料理を)食べる」「(旅館で)仕事する」などに変更する、あるいは、それらを組み合わせれば、多くの異なる状況を考えることができる。

上述の例のように、旅行の中で行う行為現象は、その種類が様々である。また、話題としている旅行の状況に応じてその行為現象を含むか否かは異なる。含むにしても、複数の行為現象の実行順序も状況に依存する。従って、連続現象モデルでは、多様な現象を受理できること、現象が存在する場合・存在しない場合に対応できること、それらの順序を予め規定しないこと、が求められる。

その一方で、複数の例文中に共通して用いられる、あるいは直接的には言及されないにしても、暗黙的に必ず存在すると想定される現象概念も存在する。旅行行為では「移動行為」と「旅行帰還行為」がそれにあたる。旅行行為においては、「移動」→

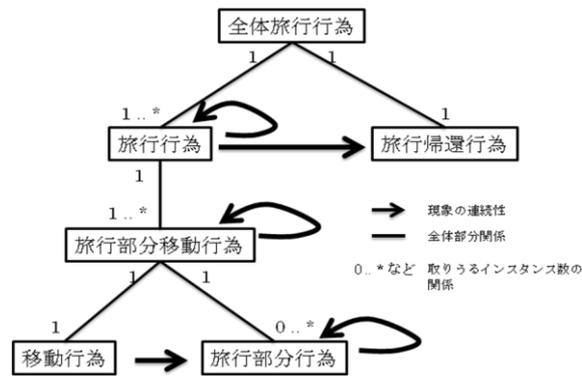


図1: 旅行行為の連続現象モデル

「帰還」という現象の連続性が存在する。更に、前述の「遊ぶ」などの行為現象は、旅行の中では、「移動」→「遊ぶ」→「帰還」という現象の連続性がある。

図1に本稿で設計した旅行行為の連続現象のモデルを示す。前述の「遊ぶ」等の現象概念は、「旅行部分行為」としてまとめている。「旅行部分行為」は、一般に「旅行」の目的地で行うことが期待される行為概念の抽象概念として定義した。

図1では複数の旅行行為が存在する。これは、「AからBへの旅行」「BからCへの旅行」「CからDへの旅行」のように、旅行全体が、異なる目的値への旅行によって構成された文例を意識したものである。前述のように「旅行」⇒「移動」⇒「旅行部分行為」⇒「帰還」とするのみでは、このような文例には対応できない。そこで、各「旅行」は「『移動行為』⇒『旅行部分行為』」のみの定義とし¹、複数の旅行を束ねる「全体旅行行為」が「『旅行行為』⇒『帰還行為』」の構造を持つように設計した。

3. 連続現象モデルの設計

本稿で設計した「旅行行為」の連続現象モデルのインスタンスの例を図2に示す。

この連続現象モデルは、現象間の関係として、全体部分関係と現象の連続性を持つ。これに基づいて、意味の伝搬を以下のように定義した。

A) 概念間の全体部分関係に基づく意味の伝搬

B) 概念間の連続性に基づく意味の伝搬

ひとつは、A) 概念間の全体部分関係に基づく意味の伝搬である。図1に示した連続現象モデル中では、「全体旅行行為」-「旅行行為」間、「全体旅行行為-旅行帰還行為」間、「旅行行為」-「旅行部分移動行為」間、「旅行部分移動行為」-「移動行為」間、「旅行部分移動行為」-「旅行部分行為」間での意

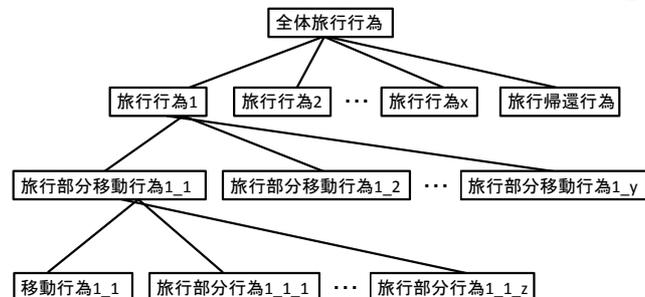


図2: 旅行行為の連続現象モデルインスタンス例

¹ 正確には「旅行」が直接「『移動』⇒『旅行部分行為』・・・」は持たず、複数の「旅行部分移動行為」を介する設計としている。「旅行部分移動行為」は、特定の「旅行」内で行われる複数の「移動」を「『移動』⇒『旅行部分行為』・・・」という形で受理するものである。

味の伝搬がそれにあたる。これらの現象間には、全体部分関係にあるため、現象間で空間的、時間的な整合性を維持する以下の意味の伝搬を定義できる。

- A1) 部分現象の場所属性あるいは場所終点属性は、全体現象の場所属性あるいは場所終点属性の部分に限定される。
- A2) 部分現象の時間属性は、全体現象の時間属性の部分に限定される。

もうひとつは、B)概念間の連続性に基づく意味の伝搬である。「旅行行為 x-1」と「旅行行為 x」間、「旅行行為 n」と「旅行帰還行為」間、「旅行部分移動行為 y-1」と「旅行部分移動行為 y」間、「移動行為」と「旅行部分行為」間がそれにあたる。これらの現象概念間は連続性が存在するため、現象間で空間的、時間的な整合性を維持する以下の意味の伝搬を定義できる。

- B1) 直前に実行される現象概念の場所終点属性もしくは場所属性と、直後に実行される現象概念の場所起点属性(もしくは、場所属性)では、現象概念の差異に拘らず、相互に意味の伝搬を行う。
- B2) 直前に実行される現象概念の時間属性と、直後に実行される現象属性の時間属性とは、後者の属性値が前者と比べて時間的に同一か未来の概念に限定される。

4. 連続現象モデルの利用

第3章で設計した連続現象モデルは、一般の「旅行行為」概念に対して検討したものであり、特定の対話における「旅行」をモデル化したものではない。ある対話の中で語られる旅行が、例えば、どこに行く旅行なのか、移動手段は何なのか、「観光行為」を伴うものなのか、「飲食行為」を伴うものなのか、はその対話によって異なるし、対話の進行に応じて変化する。従って、対話システムは、対話の流れに応じて、「旅行行為」連続現象モデルを元に、その対話の流れに即した「旅行行為」連続現象モデルインスタンスを生成する必要がある。

図3に、対話の進行に沿って連続現象モデルインスタンスを生成していく基本的な手順を示す。対話システムは、入力文を意味表現に変換すると共に、単一の節・文単位の意味解釈を実施し、意味の伝搬を行う。その後、単一の節・文単位の意味解釈済の入力文意味表現(a)を、文脈情報内の意味表現(b)と照らしあわせ、意味の伝搬を試みる。上位下位、全体部分の概念階層に基づき、意味の伝搬を行える場合はそれを実施する(図3上)。

それを行えない場合には、連続現象モデルを利用した意味の伝搬を試みる。文脈情報内の意味表現(b)が既に連続現象モデル上に位置付けられている場合には、その連続現象モデル上に、意味表現(a)を位置付けられるか試みる(図3左)。文脈

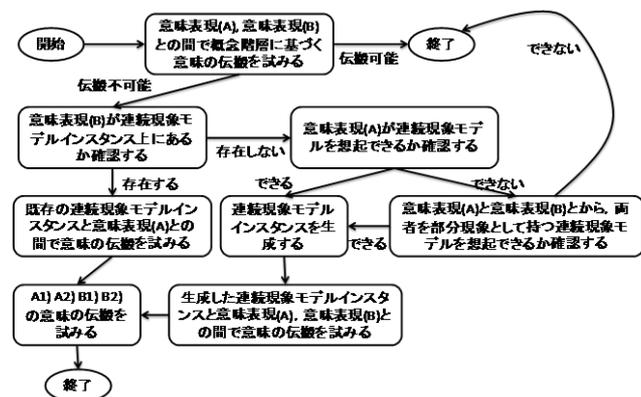


図3: 連続現象モデルインスタンスの生成手順の概要

情報内に連続現象モデルが存在しない場合には、意味表現(a)に対応する連続現象モデルが存在するか確認する(これを本稿では「モデルを想起する」と呼ぶことにする)。想起しえない場合、意味表現(a)、意味表現(b)の組み合わせにより、意味表現(a)、意味表現(b)を部分として持つ連続現象モデルを想起しうるか確認する。連続現象モデルを想起しえた場合には、その連続現象モデル上に意味表現(a)、意味表現(b)の位置付けを試みる。その上で、3章で上げた A1) A2) B1) B2) の意味の伝搬を試みる。このようにして、連続現象モデルを利用した意味の伝搬の結果を文脈情報へとフィードバックし、対話システムが文脈情報を参照して入力文の意味内容を参照できる状態にする。

対話では、曖昧な表現が用いられる場合があるし、また、対話のある時点においては、ある解釈が有力だとしても、後述の内容によってその解釈に修正が入る場合が考えられる。それ故、作成した連続現象モデルインスタンスを修正する手段については考慮する必要があるが、本稿では対象外とする。

ここまで述べて「旅行行為」の連続現象モデルを利用した対話システムの想定対話例を図4に示す。また、対話システムがこの対話例を処理している時点での文脈情報の様子を図5に示す。この対話例では、ヘッドのUがユーザ発話を、Sがシステム応答発話を表す。ユーザ発話 U1「明日、浜松に出張します」において、文に含まれる「出張行為」現象によって、「旅行行為」連続現象モデルが想起される。

ユーザ発話 U3 の「うなぎを食べたい」段階では、文脈情報として図5(点線内)に示す内容が蓄積されている。システム応答発話 S3「浜松駅前の『うなぎ浜軒』がおすすめです」を行うためには、その材料としてシステムは「うなぎを食べる場所は浜松である」という意味内容を取得できる必要があるが、ユーザ発話 U3 の「うなぎを食べたい」段階では、文脈情報として本稿で述べた連続現象モデルを用いることで、既に文脈情報上に記述されている。即ち、システムの問題解決部は、ただ「食事対象 うなぎ」、「食事場所 X」という「属性 属性値」のパタンにより、文脈から情報を取得して問題解決を行い、応答すれば良い。この文脈に依存した、例えば『食事場所 X』、それがなければ、先行文脈上の場所概念を取る。ただしその場合、会議行為、宿泊行為

U1	明日、浜松に出張します。
S1	車で行かれますか？
U2	新幹線で
S2	かしこまりました。ご用件は？
U3	静大で打ち合わせをします。 あと、うなぎを食べたい。
S3	浜松駅前の「うなぎ浜軒」がおすすめです。
U4	じゃあ、そこにします。いくらかな？
S4	うなぎ重上だと2,800円です。 他にご希望はありますか？
U5	安いホテルに泊まりたいんだけど
S5	浜松駅前1泊4800円の「ホテル浜名」はいかがですか。
U6	ありがとう。 翌日は、名古屋で会議に参加してから、福岡にもう一泊します。このホテルも探してくれる？
S6	わかりました。 福岡駅前1泊5,600円の「福々亭」がおすすめです。
U7	ありがとう。最後は飛行機で帰りたいんだけど。
S7	1020発、新福岡空港発羽田着はどうでしょうか？

図4: 想定対話例

の場所や、出張行為や移動行為の移動起点属性値は取らない」といったルールを予め準備しなくてもよい。

同様に、ユーザ発話 U7「帰りは飛行機にしたいんだけど」の段階において、文脈情報に蓄積される情報を図 5(全体)に示す。システム応答発話 S7「10:20 発、新福岡空港発羽田着はどうでしょうか?」を行うためには、システムの問題解決部は、「福岡から東京まで飛行機を使って帰る」という情報を得る必要があるが、「帰還移動起点 X」、「帰還移動終点 Y」「帰還移動手段 飛行機」というパターンにより、文脈から情報を取得して問題解決を行い、応答すれば良い。やはり、文脈依存のルール、例えば、『帰還移動終点 Y』、それがなければ、先行文脈上の出張行為や移動行為の場所起点属性値となっている場所概念の内、対話の最初で言及された概念」などを準備しておく必要はない。

このように、本稿で述べた連続現象モデルを対話システムの意味理解に適用することにより、システムの問題解決のルールが、入力文の意味理解に関わる部分についてシンプルに維持されることを確認できる。

現在は、ユーザから入力された発話を意味理解し、その意味理解結果に含まれる意味を、連続現象モデルインスタンスに伝播する処理(図 5)までが実装されている。

5. まとめ

本稿では、対話システムの意味理解における連続現象モデルの必要性について述べた。「旅行行為」現象を対象として分析を行い、「旅行行為」現象に関わる連続現象モデルを設計した。更に、設計した「旅行行為」現象の連続現象モデルを用いた対話を検討した。連続現象モデルを利用することで対話システムがどの程度の対話を行うことが可能になるか、そして、その際のシステム側の問題解決のルールが、入力文の意味理解に関わる部分についてシンプルに維持されることを確認した。

本稿で述べた連続現象モデルは、現在のところ「旅行行為」を分析対象として設計したものでしかなく、より多様な現象を分析する必要があることは認識している。とはいえ、「旅行行為」以外にも、「建築行為」や「飲食行為」などの現象については、「旅

行行為」と同等の連続現象モデル構造を取ると思われ、本稿で述べたモデルをそれらの現象概念へも適用できるのではないかと期待している。

また、対話システムの意味解釈能力という点についても、現状では、「旅行行為」という1つの連続現象モデルで対応可能な対話についての検討しか行われていない。今後は、異なる概念の連続現象モデルの検討、及び対話中に複数の異なる行為概念の連続現象モデルが混在する場合の連続現象モデル間の意味の伝搬についても検討を進めていく必要があるだろう。本文中にもふれた通り、現状の連続現象モデルインスタンス生成の手順は、自然に話題が進む対話の流れを想定したものであり、曖昧な表現や後述する対話で修正が入る場合などに対するロバストネスに欠けていることも課題に挙げられる。

参考文献

- [Takagi 2006] A. Takagi, H. Asoh, Y. Itoh, M. Kondo, I. Kobayashi: “Semantic Representation for Understanding Meaning Based on Correspondence between Meanings”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.10, No.6, pp.876-912, 2006.
- [野口 2008] 野口靖浩, 池ヶ谷有希, 小暮悟, 近藤真, 麻生英樹, 小林一郎, 小西達裕, 高木朗, 伊東幸宏: “文脈への意味の位置付けを用いた対話システムとその評価”, 日本知能情報フジイ学会誌, Vol.20, No.5, pp.732-756, 2008.
- [Schank 1975] R. C. Schank and R. P. Abelson: “Scripts, plans, and knowledge”, In Proceedings of the 4th international joint conference on Artificial intelligence - Volume 1 (IJCAI'75), Vol. 1, pp.151-157, 1975.
- [Chu-Carroll 1998] J. Chu-Carroll, S. Carberry: “Collaborative Response Generation in Planning Dialogues”, Computational Linguistics, Vol.24, No.3, pp.355-400, 1998.
- [奥 2003] 奥智岐, 西本卓也, 荒木雅弘, 新美康永: “タスクに依存しない音声対話の制御方式”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J86-D-II, No.5, pp.608-615, 2003.

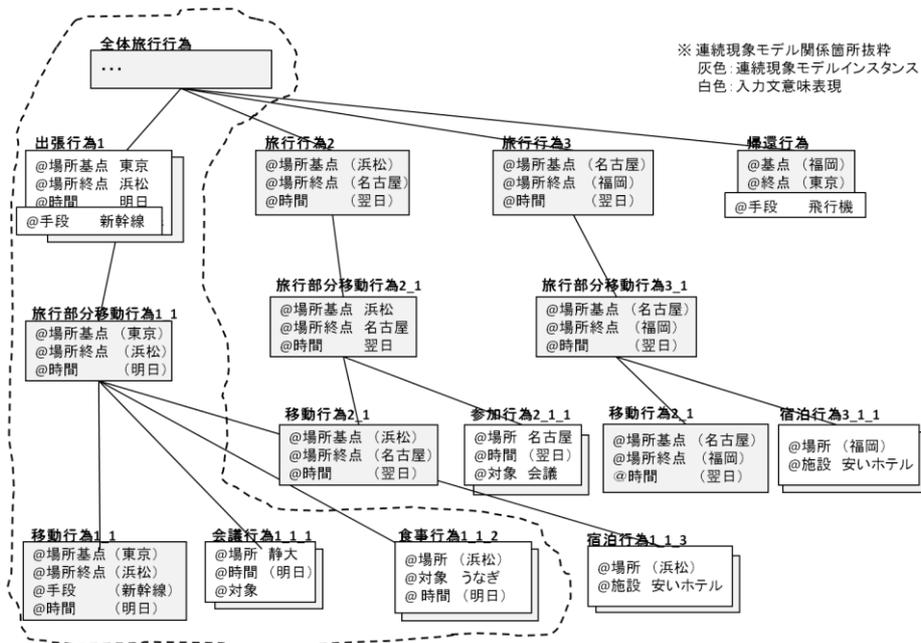


図 5: 対話例実施時の対話システムの文脈情報