

令和元年8月30日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K02475

研究課題名(和文) 時空間の連続性に基づく自然言語理解のモデル化と自然言語処理技術への応用

研究課題名(英文) A model for natural language understanding based on spatio-temporal continuity and its application to natural language processing

研究代表者

近藤 真 (KONDO, Makoto)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：30225627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：対話において発話者は先行文脈を参照した発話を行い、聞き手も先行文脈を参照しながら発話を理解する。その結果、言及されている出来事に関する時間・場所といった情報がすべての発話文において明示されるわけではなく、これらの情報は先行文脈から特定可能な場合には省略されるのが常である。本研究では、このような先行文脈を参照する発話理解のうち、特に時間・場所に関する情報の理解に焦点を当て、このような理解を可能にする言語理解モデルを開発し、そのモデルに基づく意味理解機構を実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、自然言語処理分野で大きな成果を挙げている大規模コーパスに基づく統計的手法や機械学習(特に深層学習)を用いた手法は、原理的に処理対象となる文1つ1つの意味を理解したうえで処理を行っているわけではなく、入力から確率的に出力を求める手法であると言える。本研究では処理対象となる個々の文の意味を意味表現というかたちで明示的に表し、1つ1つの文の意味の理解に基づいて発話文(入力文)と文脈との関係を明示的に表現するモデルを開発し実装した。その意味において、本研究は確率的手法とはまったく異なる独自の手法を提案している。

研究成果の概要(英文)：In a natural language dialog, the speaker makes utterances by referring to the preceding context, and the hearer also refers to the context in understanding the utterances. As a result, not every utterance explicitly includes information on the time, place, etc. of the event mentioned in the utterance. When such information is recoverable from the context, they are usually omitted in an utterance. This research focuses on understanding the time and place of an event in an utterance. We have developed a model that enables spatio-temporal interpretation referring to the context and implemented a meaning-understanding component for a natural language processing system.

研究分野：言語学

キーワード：文脈参照 構文意味理解 自然言語処理 語用論

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 研究代表者・分担者は他の共同研究者らとともに池ヶ谷ら[1]において、構文解析と意味理解を融合させた構文意味解析器のプロトタイプを実装し、科学研究費助成事業基盤研究(C)「構文意味解析技術に応用可能な統語論・意味論インタフェースの研究」(課題番号21520398)を通して構文意味解析器の改良を重ねてきた。この構文意味解析器はTakagi et al. [2]の意味表現を採用し、統語的依存関係を持つ修飾・被修飾に基づく意味の限定と文脈情報に基づく意味の限定を、一様な手続きで解釈することを可能にしている。これにより、表層の統語構造に影響されない意味解釈が実現されている。

(2) いっぽうで、この意味表現を用いた意味解釈は入力文中に含まれる概念間の上位下位関係、全体部分関係を利用することで、句・節・文の意味の比較・相互参照を実現していた。そのため、概念間の上位下位・全体部分関係によらない意味の比較・相互参照が原理的に不可能であるという問題を抱えており、概念間の上位下位・全体部分関係に加えて、文脈情報を参照する新たな原理的仕組みの解明とそれを用いた解釈モデルの開発・実装が必要となった。そのような解釈モデルの1つとして、研究代表者・分担者らは旅行行為を題材として、連続して生起する現象間の時空間的連続性を基盤とする解釈モデル(連続現象モデル)[3]の開発に着手していた。

### 2. 研究の目的

(1) 特定の現象に伴って様々な現象が義務的または随意的に生起する。例えば「旅行に行った」と言われれば、それだけで出発・移動・帰還といった現象が起こったと理解できるし、旅行中に起こる様々な出来事が出発と帰還の間に生起したはずだと推定できる。このような事実は、特定の現象に伴う一連の義務的・随意的現象に関して、それらの時空間的連続性があらかじめ定義可能であることを示唆する。

(2) 本研究で採用している意味表現は、自立語の意味をフレームで表現し、各フレームは属性・値のペアの集合として記述される。この値には語自体が持つ知識値(システムの知識に相当)、統語的修飾関係に基づいて決定される修飾値、文脈情報に基づいて決定される伝搬値の3種類がある。その結果、句・節・文が表す意味を「属性・値」の集合として記述することが可能であり、統語的修飾関係による意味の限定と文脈情報に基づく意味の限定の両方に対して、一様な手続きによる意味理解が可能になっている。具体的には、より詳細な属性値を持つ概念属性から、他の概念が持つ同種(上位下位または全体部分関係にある)属性へ値を伝搬することにより、属性・値のペアを単位とした文脈参照が可能になり、統語構造を参照しない文脈参照が可能になる。

(3) 特定の現象に伴って連続して生起し得る現象列をあらかじめ定義し、定義された現象間の時間および場所に関する属性について、先の手続きを用いて属性値の伝搬を行うことにより、連続現象間での時空間に関する意味の限定(時間・場所属性値の伝搬)が可能になる。このような時間属性間、場所属性間での属性値の伝搬を実現するためのモデルを構築し、そのモデルに基づく意味理解機構を実装することが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

(1) 研究代表者・分担者らは既に西巻ら[3]において旅行行為を題材としたプリミティブな旅行行為連続現象モデルの構築していた。本研究ではこれを足掛かりとし、以下の取り組みを中心的課題として連続現象モデルの精緻化・汎用化に取り組んだ。

① 旅行行為連続現象モデルの精緻化: 旅行を題材とした各種言語資料(旅行ガイド、旅行記、Web記事、被験者を用いた対話収集実験等)に基づいて、旅行現象に伴って言及される各種現象の種類やそれらの時空間関係を整理し、その結果に基づいて先の旅行行為連続現象モデルを精緻化する。

② 旅行行為連続現象モデルの自然言語処理システムへの組み込み: ①で精緻化された旅行行為連続現象モデル実装のためのアルゴリズムの検討、旅行行為連続現象モデルに基づく文脈参照・意味理解アルゴリズムの検討を行い、これらを実装する。

③ 旅行行為連続現象モデルを組み込んだシステムの評価・改善: ②で構築された自然言語処理システムの評価を行う。評価に際しては①で収集された言語資料を用いてクローズドテストを行い、その結果を①のモデルと②の各種アルゴリズムにフィードバックし、一定の性能を得た後にオープンテストを行い、その結果をフィードバックする。

④ 複数の連続現象モデルの開発: 一般にある対話や記事等に現れるすべての現象が1つの連続現象モデルでカバーされることは稀であると考えられる。そのため、旅行行為以外の現象に関する連続現象モデルを上記①~③の手法で構築するとともに、連続現象モデル構築のための

汎用的な指針について検討する。

#### 4. 研究成果

(1) 旅行行為においては、必ず目的地への移動と目的地からの期間がそれぞれ1回ずつ含まれ、さらに目的地で任意の回数の行為が行われる。また、移動は最初の目的地への移動に加えて、次の目的地への移動が複数回生起する場合がある。さらに、帰還行為は最後の目的地からの帰還1回に限られる。これらを端的にまとめると、旅行行為全体は移動と移動先での移動を伴わない（場合によっては複数の）行為を基本単位とし、この基本単位が複数回繰り返されたのちに最終の移動先からの帰還行為をもって終了することになる。このような検討結果から、図1に示す旅行行為連続現象モデルを作成した。

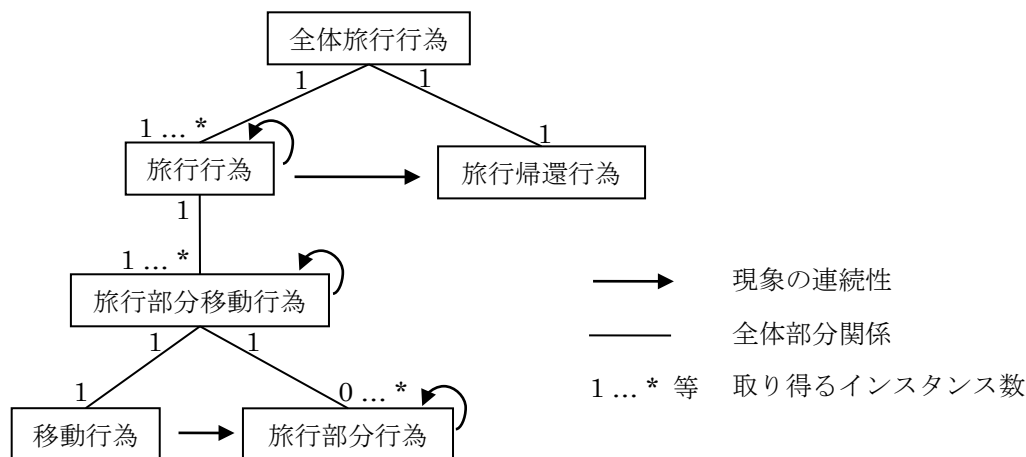


図1 旅行行為連続現象モデル

図1は1つの全体旅行行為が必ず1つ以上の旅行行為と1つの旅行帰還行為で構成されることを示している。旅行行為を1つ以上としてあるのは、複数の小旅行の組み合わせとして大きな全体旅行が構成される場合を考慮してのことである。また、1つの旅行行為はかならず1つ以上の旅行部分移動行為を持ち、1つの旅行部分移動行為は1つの移動行為と0以上の旅行部分行為（移動先での行為）を持つ。旅行部分行為が0以上と指定されているのは、最初の目的地までの間の経由地点が言及される場合や、移動先での行為が言及されないことを考慮してのことである。このモデルにより、移動と移動先での行為のセットが複数回繰り返されることで1つ以上の旅行行為が構成され、その後、帰還行為が生起することで全体旅行行為が完結することが捉えられる。実装システムにおいては、入力文を図1の旅行行為連続現象モデルに位置付けることによって、旅行行為連続現象インスタンスを生成し、生成されたインスタンス内で、時間的前後関係や直前の移動の有無に基づいて時間属性、場所属性の値を伝搬している。また、上記のモデルから確定できない時間順序については、経験則的に発話順序を時間順序と仮定してインスタンスを生成している。

(2) 旅行行為連続現象モデルと同様の手法に基づいて開発した宿泊行為連続現象モデルの概要を図2に示す。

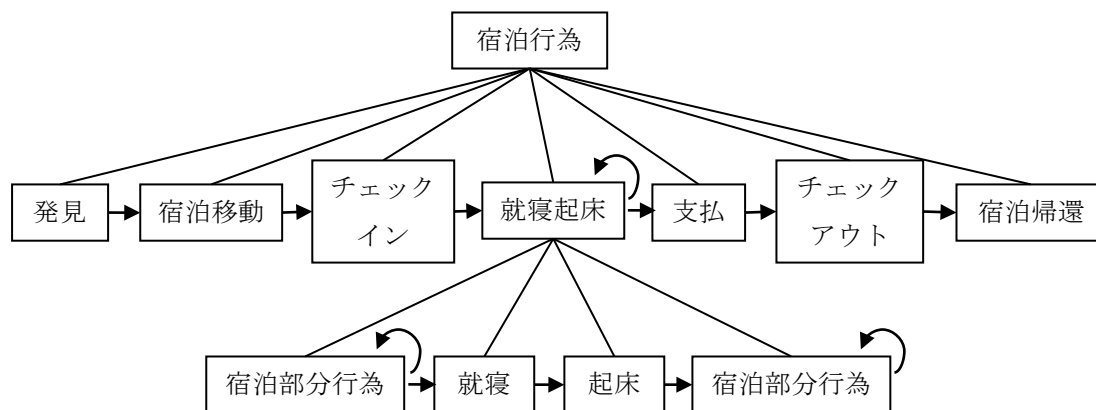


図2 宿泊行為連続現象モデル概要

図2のモデルは宿泊先の決定（発見）、宿泊先までの移動、チェックイン、就寝起床、支払、チェックアウト、宿泊先からの帰還という一連の現象列によって宿泊行為が定義されている。また、就寝起床行為は、何らかの就寝前の行為（食事等）に続いて就寝、起床が起こり、気象の後、支払いまでの間に何らかの行為が起こり得ることを表している。

(3) 旅行行為連続現象モデルにおいては、旅行部分行為どうし間の時間順序は任意であるため、このモデルだけではチェックイン、チェックアウトに関する言及があった場合、発話順序に応じたかたちでインスタンスが生成される。そのため、チェックアウトがチェックインに選考する誤ったインスタンス生成の可能性を排除できない。宿泊行為連続現象モデルを用いて宿泊行為連続現象インスタンスを生成すると同時に、両インスタンスに共通する現象を互いに位置付けることにより、この問題が解決される。

(4) 旅行行為連続現象モデルや宿泊行為連続現象モデルにおいては、そこで生起する現象がそれぞれ時間的に必ず前後関係を持ち、複数の現象が並列的に生起することは認めていない。いっぽう、複数の現象が並列的に生起する事象も存在し、例えば料理行為がその1つである。料理行為においては、何かを煮ている間に他の食材を調理するというように、複数の現象が並行的に存在することが珍しくない。そのため、第3の連続現象モデルとして料理行為連続現象モデルを検討した。その概要を図3に示す。

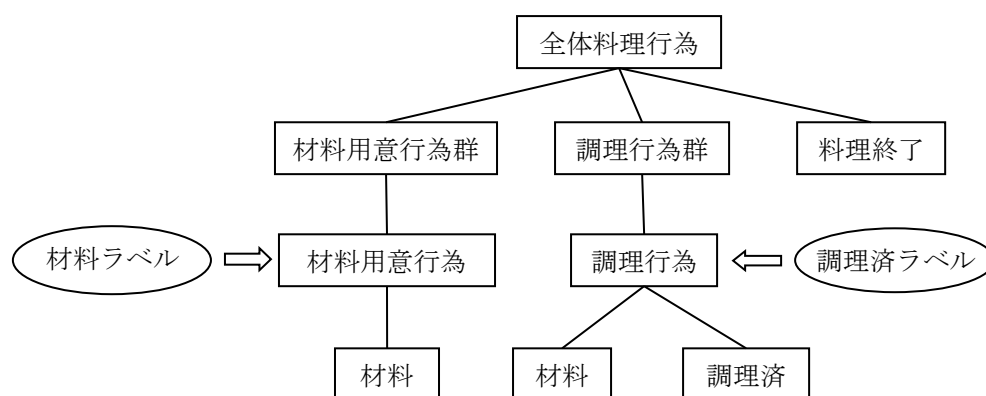


図3 料理行為連続現象モデル概要

図3では、各材料用意行為と調理行為の間の時間順序を任意（未定義）とすることで、複数の行為が並行して生起し得ることを表している。また、材料用意行為と調理行為に伴ってそれぞれ材料ラベルと調理済ラベルを付与することにより、どの材料がどの調理行為の対象となっているか、どの材料が調理済であるかといった情報を管理している。

(5) 旅行行為連続現象モデルと宿泊行為連続現象モデルを実装したシステムを作成し、両モデルの評価を行った。旅行ブログ35個を対象にしたクローズドテストでは場所情報について適合率98%、資源率98%を得た。旅行中の行為情報については適合率80%、再現率90%であった。さらに、15個の旅行ブログを用いたオープンテストでは、場所情報適合率78%、場所情報再現率32%、行為情報適合率41%、行為情報再現率21%の結果となった。

(6) 料理行為連続現象モデルに関して、実装システムが適切な連続現象インスタンスを生成するかについて評価を行った。限定的な範囲ではあるが、用意したレシピを入力として適切な料理行為連続現象インスタンスを生成することを確認した。

(7) 近年、自然言語処理の分野においては統計的手法や機械学習（特に深層学習）を用いた手法が大きな成果を挙げている。ただし、これらの手法は処理対象となる文1つ1つの意味をシステムが理解した上で処理を行っているわけではなく、処理対象となる入力文と処理結果となる出力の関係を確認的に判定し、いわば入力と出力をつなぐブラックボックス的な処理系を構築しているものである。これに対して本研究の成果は、入力文1つ1つの意味をシステムが理解した上で、入力文と文脈（先行入力文の意味情報の蓄積）とを比較することで、文脈に積まれた意味情報を参照した文理解を達成しているという点で、極めて独自性の強い研究成果であると言える。

<引用文献>

[1] 池ヶ谷有希、野口靖浩、小暮悟、伊藤敏彦、小西達裕、近藤真、麻生英樹、高木朗、伊東幸宏. 対話文脈を利用した構文意味解析. 人工知能学会論文誌、Vol. 22、No. 3、pp. 291-310. 2007年.

- [2] Akira TAKAGI, Hideki ASOH, Yukihiro ITOH, Makoto KONDO, Ichiro 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年.
- [3] 西巻孝祥、野口靖浩、小暮悟、小西達裕、小林一郎、麻生英樹、高木朗、近藤真、伊東幸宏。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。人工知能学会全国大会第26回大会「意味と理解のコンピューティング」4K1-OS-2-8。2012年。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計4件)

- ① Satoru KOGURE, Toshiaki NAKAHARA, Yasuhiro NOGUCHI, Tatsuhiro KONISHI, Makoto KONDO, Yukihiro ITOH. Application of Speech Recognition in a Japanese Dictogloss System. ICCE 2018. 2018年.
- ② Satoru KOGURE, Kaito OKUGAWA, Yasuhiro NOGUCHI, Tatsuhiro KONISHI, Makoto KONDO, Yukihiro ITOH. Improvement of the Situational Dialog Function and Development of Learning Materials for a Japanese Dictogloss Environment. ICCE 2017. 2017年.
- ③ Satoru KOGURE, Kenta MIYAGISHIMA, Yasuhiro NOGUCHI, Makoto KONDO, Tatsuhiro KONISHI, Yukihiro ITOH. A Teachable Agent for the Japanese Dictogloss Learning Support Environment. ICCE 2016. 2016年.
- ④ Satoru KOGURE, Asanori TASHIRO, Yasuhiro NOGUCHI, Makoto KONDO, Tatsuhiro KONISHI, Yukihiro ITOH. An Answer Support Environment based on Grammar, Context and Situation for a Dialogue to Learner Agent on Japanese Dictogloss System. ICCE 2015. 2015年.

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：小西 達裕

ローマ字氏名：KONISHI, tatsuhiro

所属研究機関名：静岡大学

部局名：情報学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：30234800

### (2) 研究分担者

研究分担者氏名：小暮 悟

ローマ字氏名：(KOGURE, satoru)

所属研究機関名：静岡大学

部局名：情報学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：40359758

### (3) 研究分担者

研究分担者氏名：野口 靖浩

ローマ字氏名：(NOGUCHI, yasuihiro)

所属研究機関名：静岡大学

部局名：情報学部

職名：講師

研究者番号（8桁）：50536919

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。