

複文による指示発話中の動作間の関係の特定

小泉 雄[†] 齋藤 豪^{††} 奥村 学^{††}

[†] 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 ^{††} 東京工業大学 精密工学研究所

1 はじめに

近年、WWW 上の多量な情報から有用なものを探し出すモバイルエージェントや、CG により作られた表情を持ち人間と会話することのできるインタフェースエージェントなど様々なエージェントに関する研究が行われている。

その内のひとつに、人間の自然言語による指示を理解して自律的に行動するエージェントに関する研究がある。このような研究の多くは現実世界のロボットエージェントで行われていた [4] が、近年は CG によりコンピュータ上の仮想空間に作成されたアニメテッドエージェントを用いる研究が行われるようになってきた [2][1]。これはアニメテッドエージェントが、センサーによる外界認識、実行可能な行動機能の制限というような現実世界のロボットエージェントが抱える機械的な制約を取り払うことができ、より多彩な動作を実現できるという利点があるためである。アニメテッドエージェントでは、複雑な動作の組み合わせも比較的容易に実現できる。これを言語表現の立場から見ると、従来は単文などのごく限られた表現とその応答で十分であった指示形式がそれだけでは十分でなく、さらに複雑な指示文の解釈まで必要とされるようになったと言える。

そこで本研究では、より複雑な言語表現として、複文の形式で表される行動を指示する表現に焦点を当て、それに対して人間が行うのと同様な解釈を行える処理手順を提案する。具体的には、複文中の節間がどのような関係にあるかの推定を、節と節を繋ぐ接続表現、節に含まれる動詞のタイプなどの知識から行う。また、その際に使用される知識について明らかにする。

2 複文の表現例の分析

2.1 分析対象とする複文表現

はじめに、一般的な複文の分類について述べる。

複文とは、文の構成要素として節を二つ以上含む文である。節の種類としては、文の中核となる主節とそ

れに何らかのあり方で依存・従属する節がある。依存・従属する節には以下に示す 3 つのタイプがある [6]。

- 従属節
依存・従属する節の代表として、節としての地位を保ちながら、主節に連なり従属している。(例：歩きながら手を振る)
- 埋め込み節
節が文 (および節) の成分として機能する。(例：彼が家に入るところを目撃した)
- 連体修飾節
成分中の名詞を修飾する、といった間接的な依存・従属関係にある。(例：太郎が読んだ本を借りる)

このうち本研究では、埋め込み節、連体修飾節を含む複文は考慮せずに、従属節を含む複文のみを対象とする。また、簡単化のため従属節の数は 1 つに限定する。一般に節と節の間は、接続助詞などの接続表現により繋がっている。つまり本研究で扱う複文は [(従属節)(接続表現)(主節)] という形式とする。以下、従属節を前項、主節を後項と呼ぶことがある。

また、節に含まれる動詞は複合的な動作を表さないものに限定する。複合的な動作を表す動詞とは、その動詞が表す動作を基本的ないくつかの動作に分解可能なものである。例えば、「(湯を) 沸かす」という動詞は、「(やかんに水を) 入れる」「(やかんに火に) かける」… というように分解可能である。このような動詞は分析の対象としない。

2.2 用例収集

複文の分析のために、日本語の様々な文型が用例とともに記されている日本語文型辞典 [3] と疑似対話コーパス [8] から、2.1 節で規定したような表現例の収集を行った。疑似対話コーパスとは、モデルのロボットとオブジェクトを作成し、そのロボットに指示を出して物体を移動させるというタスクを、指示を発する人と別の人がロボットを動かすことでシミュレーションを行った際の指示発話を記録したコーパスである。

日本語文型辞典からは、動作を促すような言語表現に含まれ得る接続表現とともに、約 70 の用例文を収集した。疑似対話コーパスからも同様に約 30 の用例文を収集した。これらの収集は全て人手で行った。分析は、収集した用例を元に新たに自分で作成した表現も含めて行った。

Identification of the relation between actions directed by the complex sentences

[†] Yu KOIZUMI (koiz@lr.pi.titech.ac.jp)

^{††} Suguru SAITOU (suguru@pi.titech.ac.jp)

^{††} Manabu OKUMURA (oku@pi.titech.ac.jp)

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology([†])
Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology(^{††})

表 1: タイプ 1(時間関係)

	分類	接続表現
1a	前項と後項を連続して実行	あと、て、てから、同時に、なり
1b	前項と後項を並列に実行	あいだ、て、とともに、ながら、まま
1c	前項実行期間内に後項が実行	あいだに、うちに、途中で
1d	前項実行期間内に後項が進展的に実行	にしたがって、につれて、とともに

表 2: タイプ 2(制約)

	分類	接続表現
2a	前項は後項の終了条件	だけ、くらい、程度に、ように、まで
2b	前項は後項実行中に常に満たされる	ように、まま、て、ずに
2c	前項は後項の終了時点の状態	ように、くらい、程度に、まで、ために
2d	前項は後項の開始条件	とき、ところで、たら

2.3 節間の関係タイプ

自然言語による指示を受けて動作を実行するには、動作のプランを立てる必要がある。複文による指示を受けた場合は、その節間の関係によってプランの立て方が異なってくる。この点を考慮して収集した用例を分析し、節間の関係の分類を行った。

分析の結果から、関係のタイプは大別すると 2 種類に分かれることが分かった。

タイプ 1 前項と後項の時間関係を規定するもの

タイプ 2 前項は後項動作の制約になっているもの

タイプ 1 は前項、後項それぞれが独立した動作を表していて、節間の関係としては二つの動作の連続性を示すものなどが含まれる。タイプ 2 は複文全体で一つの動作を表現していて、前項は後項をなんらかの形で制約するものである。つまり独立した動作を表すものではない。

表 1、表 2 にそれぞれについての更に詳細な分類を示す。また、用例から抽出した接続表現は、全部で 24 種類であったが、それらと関係タイプとの対応を表 1、表 2 中の右に示す。18 種類は 1 つの関係タイプと一意に対応するが、残りの 6 種類については複数の関係タイプを取る曖昧性があることが分かる。関係タイプごとに動作プランは異なってくるので、このように曖昧性がある場合には何らかの知識を用いてその関係タイプを特定する必要がある。次節でその曖昧性の解消手順について述べる。

3 関係タイプ候補の限定

本節では、先に述べた曖昧性を解消するために、動詞や接続表現などに関する知識を用いることを前提として複文の関係タイプ候補の限定を行う処理手順について説明する。

3.1 処理手順

まず関係タイプ 2c の分類を前処理として行う。複文の前項動詞の末尾表現が可能性を表す表現となって

いたら関係タイプ 2c であると一意に決定する(例: 球を右に押せるように回り込め)。これは、以下で述べていくような他の知識を用いることなく、前項動詞の末尾表現から特定できることから、前処理として行う。その後の処理手順を図 1 に示す。入力、前項と後項に対応する格フレームのセットとする。この際、格フレーム中の必須格は全て埋まっているものとする。

その入力を受け、まずはじめに接続表現に注目して取り得る関係タイプの候補を絞る。ここで一意に関係タイプが特定されてしまうならば、その関係タイプを出力し、終了する。もし関係タイプに複数の候補がある接続表現が使われているならば、次に動詞に注目してさらに候補を絞る。その際に動詞辞書と動詞の組み合わせ表の二つの知識を用いて処理を行う。図中の知識に関する説明は 3.2 節で行う。

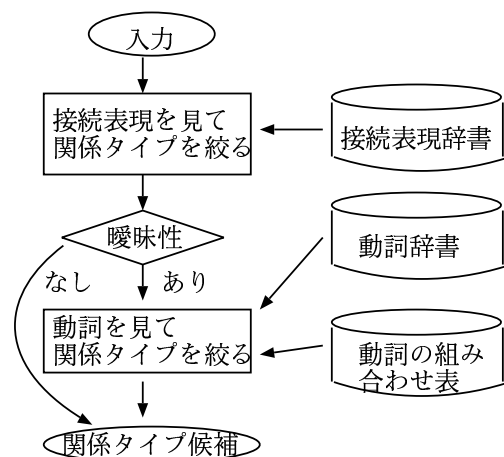


図 1: 処理手順

3.2 処理に用いる知識

以下では処理に用いる辞書知識である、接続表現辞書、動詞辞書、動詞の組み合わせ表について、それぞれ説明する。

3.2.1 接続表現辞書

接続表現辞書は、それぞれの接続表現ごとに、取り得る可能性のある関係タイプを記述したものである。

接続表現	関係タイプ
あと	1a
て	1a,1b,2b
..	..

3.2.2 動詞辞書

動詞辞書には 1. 動詞分類、2. 身体部位情報、3. オブジェクト知識、の三種類の知識が定義してある。それぞれについて以下で述べていく。

動詞分類 それぞれの動詞ごとに二つの種類の動詞分類の項目を定義した。一つ目は語彙概念構造に基づく動詞分類である。本研究では、文献 [5] で提案された動詞分類を、主体の移動に関する知識を考慮するように一部拡張したものを導入した。大きく分けて以下のようなクラスに動詞を分ける。それぞれのクラスはいくつかのサブクラスを持ち、全部で 19 のクラスに分かれる。各動詞には属するクラスを登録する。

1. 移動動詞 (例：行く、はみ出る)
2. 動作動詞 (例：歩く、回り込む)
3. 状態変化動詞 (例：折れる、取れる)
4. 使役移動動詞 (例：落とす、転がす)
5. 対象動作動詞 (例：投げる、掴む)
6. 対象状態変化動詞 (例：取る、置く)

二つ目の動詞分類の項目は、動詞の瞬間性、継続性を判断するためのものである。動詞に「ている」をつけた場合の意味変化による分類 (金田一分類 [7]) を以下のように変更して、それぞれ継続動詞、瞬間動詞 a、瞬間動詞 b と名付け、その分類をそれぞれの動詞に知識として定義した。

継続動詞. 「～ている」がつくと一つの動作が進行中であることを意味する動詞 (例：歩く、走る、etc)

瞬間動詞 a. 「～ている」がつくと反復動作で進行中であることを意味する動詞 (例：たたく、振る、投げる、etc)

瞬間動詞 b. 「～ている」がつくと動作・作用の結果の残存を意味する動詞 (例：触る、握る、上げる、etc)

金田一の分類では上記 a と b をひとまとまりにしていたが、本研究ではそれぞれ別の種類であるとし辞書に記述する。

身体部位情報 それぞれの動詞ごとに、その動作に必須となる身体部位を、エージェントの関節の名称を用いて登録する。

オブジェクト知識 動作対象となるオブジェクトによって動詞のクラス分類が異なる動詞が存在する。例えば「押す」という動詞の場合、「球を押す」と「スイッチを押す」では動詞の分類が異なる。前者は動作の対象「球」に対して移動を及ぼす使役移動動詞として、後者は動作の対象「スイッチ」に対して状態変化を及ぼす対象状態変化動詞として解釈される必要がある。そこで本研究ではオブジェクトの性質として、「オブジェクトがエージェントの動作によって移動可能かどうか」という点に限定してその知識を持っており、そのような現象が起こりうる動詞には、オブジェクトの性質ごとに動詞分類を登録する。

3.2.3 動詞の組み合わせ表

前項、後項の動詞の組み合わせパターンによって、取り得る可能性のある関係タイプを記述した表である。

4 実験

これまで述べてきた処理手順の妥当性を確認するために、コンピュータ上の仮想空間に存在するソフトウェアロボットに自然言語で指示を出し、ロボットの動作を生成するシステムに、処理手法の実装を行った。

ここではいくつかの入力例について、具体的な処理過程を示す。

例 1 「手を振りながら歩け」

1. 接続表現が「ながら」であることから、接続表現辞書により、関係タイプが 1b の 1 つに絞られる。

この例の場合、関係タイプは接続表現のみから一意に決定する。

ここでは、関係タイプ決定後に起こる、動詞が表す動作内容の副次的変化について説明する。3.2.2 節の動詞分類で示した、動詞に「ている」をつけた場合の意味変化による動詞分類の瞬間動詞 a が継続動詞と同時に使われた場合は、瞬間動詞 a が表す動作は、一回の動作ではなく、その反復動作を実行しなければならない。ここでは、「振る」が瞬間動詞 a、「歩く」が継続動詞であるので、「手を振る」に対応したアニメーションを実行するだけでは不完全で、そのアニメーションを歩いているあいだ繰り返し実行する必要がある。このように、関係タイプが決定されたことにより副次的に動詞が表す動作内容が変化する現象は、時間的継続性を示す接続表現が使われる関係タイプ (1b、1d) で出現する可能性がある。

例 2 「机の前に行くように球を押せ」

1. 接続表現が「ように」であることから、接続表現辞書により、関係タイプが 2a、2b の 2 つに絞られる。
2. 次に動詞に注目して関係タイプの候補を絞る。動詞辞書により「行く」は移動動詞、「押す」は使役移動動詞であると分かる。動詞の組み合わせ表から、取りうる関係タイプが 2a の 1 つに絞られる。

2a の解釈が残ったことにより、前項(「机の前に行く」)を終了条件として後項(「球を押す」)を実行という解釈になる。

例 3 「足を上げて歩け」

1. 接続表現が「て」であることから、接続表現辞書により、関係タイプが 1a、1b、2b の 3 つに絞られる。
2. 次に動詞に注目して関係タイプの候補を絞る。動詞辞書を見て、その動作の身体部位情報を参照すると、ここでは前項「足を上げる」と後項「歩く」の使用身体部位の競合が起きている。そこで、関係タイプ 1b においては身体部位の競合が許されないという知識から、1b の解釈がリジェクトされ、出力としては 1a、2b の関係タイプが残る。

「足を一回上げてから歩く(1a)」、「足を高く上げるようにして歩く(2b)」という実行可能な解釈が残り、「足を上げたまま歩く(1b)」という実行不可能な解釈が捨てられたことになる。

動作に使われる身体部位の決定の際に注意したいのは、前項の「足を上げる」に使われる身体部位は、動詞「上げる」から導かれるのではなく、「上げる」の動作対象となっている「足」から導かれたものである、という点である。このような身体部位そのものを動作対象(目的格)に取るような動詞は、語彙概念構造に基づく動詞分類によって限定することができる(使役移動動詞、対象状態変化動詞のサブカテゴリの一部)。そのような動詞が現れた場合は、目的格を確認する処理を行い、身体部位そのものが来ていればそれを動作に使用する身体部位とする。

5 おわりに

本研究では、複文によって表される動作を指示する発話に注目し、まず用例を分析することで、従属節、主節間の関係タイプとタイプごとの取り得る接続表現の定義を行った。そして複文の入力に対する関係タイプ候補の限定手法について述べ、その際に必要となる知識について定義を行った。

今後の課題としては、本研究では複文に含まれる節の数を 2 つに限定したが、3 つ以上の節に対応できるように処理手法を拡張することが上げられる。例えば、「ボールを持って壁に沿って歩け」などの表現への対応である。

その他には、関係タイプを完全に一意に決定するための知識の特定が考えられる。これは常識や世界知識というような、より複雑な知識が必要になると思われるが、そのためにもさらに詳細な言語分析が必要になると思われる。

最後に、実ロボットに比べてソフトウェアロボットの行動機能はるかに豊富であることは 1 節で述べたが、自然言語の持つ多様性を考えるとさらなる CG 技術の進歩が望まれる。自然言語による指示を理解して自律的に行動するエージェントに関する研究は、本研究で行ったような言語分析と、CG に関する研究を密接に相互参照しながら進めることが重要である。

参考文献

- [1] Yusuke Shinyama, Takenobu Tokunaga, and Hozumi Tanaka. Kairai - software robots understanding natural language. In *Third International Workshop on Human-Computer Conversation*, 2000.
- [2] Liwei Zhao, Monica Costa, and Norm I. Badler. Interpreting movement manner. *Proceedings of Computer Animation 2000, IEEE Computer Graphics Society*, pp. 112–120, 2000.
- [3] グループ・ジャマシイ編著. 日本語文型辞典. くろしお出版, 1998.
- [4] 辻三郎. AI マップ-ロボットから見た AI. 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, Jul 1993.
- [5] 藤澤瑞樹. 複数の動作を伴うアニメेटッドエージェントの行動を制御する対話システムの構築. 修士論文, 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科, 2001.
- [6] 宮島達夫, 仁田義雄. 日本語類義表現の文法(下). くろしお出版, 1995.
- [7] 森山卓郎. 日本語動詞述語文の研究. 明治書院, 1988.
- [8] ソフトウェアロボットとの擬似対話コーパス
<<http://tanaka-www.cs.titech.ac.jp/pub/qdc/index.html>>.