

空間配置課題における命令表現の解析

後藤 大希^{†1,a)} 西川 仁^{†1,b)} 徳永 健伸^{†1,c)}

概要：平面上のある位置に物体を配置させる命令が与えられたとき、その物体を配置すべき位置および向きを推定する問題を空間配置課題と定義する。本研究では、空間配置課題において、命令に含まれる物体の位置および物体の向きの情報を記述するアノテーションの枠組みを提案し、提案した枠組みに基づいて命令を解析する手法について述べる。空間配置課題を扱うため、物体の向きや物体の一部に関する規則を追加することで既存のアノテーションの枠組みを拡張し、その枠組みに基づいて空間配置課題に関する対話に対してアノテーションを行った。また、アノテーションから命令中で言及されている物体を配置すべき位置および物体の向きの情報を抽出する手法を提案し、その手法を用いた解析の結果を示す。

Analysis of Instruction in the Spatial Placement Problem

DAIKI GOTOU^{†1,a)} HITOSHI NISHIKAWA^{†1,b)} TAKENOBU TOKUNAGA^{†1,c)}

1. はじめに

自然言語による対話に含まれる空間情報を扱うことは重要である。身近な例として、引っ越しの際に引っ越し業者が顧客から与えられた命令通りに家具を配置する作業を考える。このとき、以下のような対話が行われると考えられる。

顧客: 冷蔵庫は流し台の隣に置いてください。
業者: これでいいですか?
顧客: あ、こっち側を向くようにしてください。

顧客の命令に従って家具を配置するエージェントを想定すると、このエージェントは与えられた命令を解析し、配置する物体がどれであるか、その物体をどこに配置すればよいか、どの方向に向けて配置すればよいかなどの空間的な情報を解釈して配置を行う必要がある。このように、与えられた命令に基づいて、物体を特定の方向に向いた状態

で、特定の位置に配置する問題を本稿では空間配置課題と呼ぶ。

本稿では空間配置課題における命令を解析するために必要な情報を記述するアノテーションの枠組みを提案し、提案した枠組みに基づき実際の空間配置課題に関する対話に対してアノテーションを行う。さらに、対話コーパスにアノテーションした情報を用いて学習を行い、空間配置課題における自然言語の命令を解析する解析器を構築する。

本稿の構成を述べる。2節でアノテーションおよび空間配置課題における命令の解析に関する関連研究を紹介する。3節では空間配置課題について述べる。4節では空間配置課題を扱うアノテーションの枠組みに関して述べ、既存の対話コーパスにアノテーションを行う。5節では、アノテーションしたデータを訓練データとして用いて解析器を構築し評価する。6節で結論と今後の課題について述べる。

2. 関連研究

本稿において述べる内容に関する研究として、大きく分けて三種類の研究が挙げられる。空間情報を扱うアノテーションの枠組みに関する研究、空間情報を扱うアノテーションを行い実際にコーパスを構築した研究、そして自然言語による指示を解析し物体を配置するシステムに関する研究である。

¹ 情報処理学会
IP SJ, Chiyoda, Tokyo 101-0062, Japan
^{†1} 現在、東京工業大学
Presently with Tokyo Institute of Technology
a) gotou.d.aa@m.titech.ac.jp
b) hitoshi@c.titech.ac.jp
c) take@c.titech.ac.jp

空間情報を扱うアノテーションの枠組みとして、Maniらは SpatialML を提唱した [1]。SpatialML は、街や国土といった地理的な実体の間に存在する距離や方向などの空間的関係を記述することを目的としている。例えば、“a town some 50 miles south of Salzburg in the central Austrian Alps” という表現が与えられたとき、SpatialML では “town”, “Salzburg” および “the central Austrian Alps” に対して地理的な実体への言及であることを表すタグを付与し、“some 50 miles” と “south of” に対してそれぞれ実体間の距離と方向に関する空間的関係への言及であることを表すタグを付与する。このように SpatialML は地理的な実体とそれらの空間的関係については記述できるが、実体そのものがどの方向を向いているかについて記述することは想定していない。

物体の空間的関係が変化するイベントを記述するアノテーションの枠組みとして、Pustejovsky らは ISO-Space を提案した [2]。ISO-Space は SpatialML における空間的関係の記述に加えて、空間的関係の時間的な変化を記述することを目的としている。例えば、あるイベントによって物体の位置が変化する場合、その位置の変化は event path タグによって記述される。“The [depression $se1$] was [moving $m1$] westward at about 17mph (28 kph) and was expected to continue that motion for the next day or two.” という文であれば、“EventPath($ep1$, source= $m1$, direction=WEST, moving_object= $se1$)” という形で event path タグがアノテーションされる。また、移動する物体は $se1$ 、物体が移動するイベントは $m1$ とアノテーションされる。ISO-Space は空間的関係を記述する枠組みとして優れているが、SpatialML と同様に実体がどの方向を向いているか記述することは想定していない。

前節の例で見た通り、空間配置課題を扱うためにさまざまな空間的関係を扱うことが重要である。本稿では、実体がどの方向を向いているか記述できるように ISO-Space を拡張したアノテーションの枠組みを提案する。

空間配置課題に関する対話にアノテーションを行ったコーパスとして、徳永らによる REX コーパス [3] や Zarriß らによる PentoRef [4] などが存在する。これらのコーパスは、タングラムやペントミノといったピースを決められた形に配置するパズルを解く実験を行い、実験参加者が行った対話にアノテーションを行ったコーパスである。この実験の目的はピースを正しい向きで正しい位置に配置することであるため、この対話は空間配置課題を解決するために行われた対話であるといえる。

REX コーパスや PentoRef は参照表現の解析に主眼を置いたコーパスであり、物体間の空間的関係に関するアノテーションが行われている。しかし、これらのコーパスでは物体の向きに関してアノテーションが行われていない。我々の知る限り、空間配置課題に関する対話を扱っており、

かつ物体の位置および物体の向きの両方の情報がアノテーションされたコーパスは存在しない。空間配置課題に関する解析を行うため、本稿では物体の位置および向きについてアノテーションを行ったコーパスを構築する。

空間配置課題に関して、自然言語による命令を理解する最も古いシステムの一つに Winograd が実装した SHRDLU が存在する [5]。SHRDLU は仮想空間内の積み木に関する自然言語の質問を理解し回答することができ、また積み木を移動させる自然言語の命令を受け取りその命令の内容を満たすように積み木の状態を変えることができる。また、SHRDLU を現実世界に適応させる研究として、Tellex らは Generalised Grounding Graphs を提案した [6]。推論を行うためのコーパスを構築するため、命令として出現しうる表現をクラウドソーシングによって収集している。SHRDLU と Tellex らのシステムは命令を入力として物体を特定の位置に配置するシステムであるが、物体を配置する際の物体の向きに関しては考慮していない。先に引越しの例で示したように命令に含まれる物体の向きに関する情報を必要とする応用例が存在することを考えると、本稿において物体の向きに関して議論することは重要である。

3. 空間配置課題

自然言語による命令が与えられたとき、与えられた命令に基づいて、物体を特定の方向に向けた状態で、特定の位置に配置する問題を空間配置課題と定義する。本稿では、物体の配置は二次元平面上で行われ、配置の対象となりうる物体は複数存在すると仮定する。また、物体を配置する命令を与える命令者と、命令を受け取って物体を配置する操作者との役割を分割する。操作者は物体を配置する位置および向きを命令から推定しなければならない。

空間配置課題を解決するための手続きは、以下の節に示す三つの手続きに分割できる。

3.1 物体の同定

操作者は与えられた命令に基づき、空間内に存在する物体の中から操作する物体を同定する必要がある。命令から物体を同定する問題は、マルチモーダルな状況設定における参照表現を解析する問題とみなすことができる [7], [8]。

3.2 位置の決定

操作者は操作対象の物体を配置する位置を決定する必要がある。これに関しても参照表現の解析を行うことで解決できると考えられるが、物体ではなく位置が参照される空間的参照表現が出現する。すなわち、「三角形の隣」「ベッドの1メートル右の方」「部屋の真ん中」など、空間内の参照物体あるいは参照標識の位置を基準として対象の位置を参照する表現を解析する必要がある [9]。

3.3 向きの決定

操作対象の物体を同定し、それを配置する位置を決定した後、操作者は物体を配置する向きを決定する必要がある。例えば、「机を左の方に向けて」という指示が与えられた場合、操作者は机という物体が面する向きを決めなければならない。ここで、物体にはその物体を中心とする座標系 (intrinsic coordinate system) [10] が存在する、すなわち物体には前面という部分が存在すると仮定する。このとき、操作者は物体のどの部分が前面であるかを推定し、また前面が適切な向きに面するように物体を配置する必要がある。

4. 枠組みの拡張

ISO-Space の枠組み、および拡張した枠組みを用いた命令へのアノテーションを、以下の命令文を例として図 1 および図 2 に示す。

- (1) 小さい三角形を正方形の右に置いて。
- (2) それ、直角が下になるように回して。

4.1 物体へのアノテーション

ISO-Space の枠組みに基づき、物体へ言及する参照表現に対して Spatial Entity タグを付与する。Spatial Entity タグには、参照表現中に記述されている形容詞や、対象となっている空間配置課題における物体の区分を属性として記述する。

4.2 位置のアノテーション

ISO-Space の枠組みに基づき、位置を参照する表現に Location タグを付与し、物体間の空間的關係への言及に対して Spatial Signal タグを付与する。命令文 (1) における「正方形の右」という表現は、ある特定の位置を「小さい三角形」という物体を配置する位置として参照している。したがって、「正方形の右」には Location タグを付与する。また、その場所と「正方形」という物体の間に存在する「右」という空間的關係に言及しているため、「右」に Spatial Signal タグを付与する。このとき、「右」という表現が空間的關係の中でも方向を表す関係であるために Spatial Signal タグには DIRECTIONAL を記述する。この DIRECTIONAL という記述は 2 物体間の間に存在する空間的關係が方向に關係するものであるということを示す記述であり、本稿における物体そのものの向きを表現しているのではないことに注意されたい。さらに、ISO-Space の枠組みから Qualitative Spatial Link タグを用いて、参照物体 (ground)loc1 と対象物体 (figure)se2 の間に空間的關係 (trigger) sig1 が存在し、その空間的關係が RIGHT に分類されることを記述する。

4.3 向きのアノテーション

ここまで ISO-Space の枠組みのみを用いてアノテーショ

ンを行ったが、ここで物体の向きを扱うためにアノテーションの枠組みを拡張する。タグとして Part, Part Link, Direction Signal, Direction Link を追加することで、物体の向きに関するアノテーションを行う。図 2 において、追加したタグに下線が引いて示している。

Direction Signal は物体を配置する向きに言及する表現に対して付与するタグであり、Part は物体の部分に対する言及へ付与される。また、Part で示された部分が Direction Signal で表される向きに面することは Direction Link によって記述され、Part で示された部分とその属する物体は Part Link によって関連付けられる。

例 (2) において、物体を配置する向きに言及する表現「直角が下になるように」に対して Direction Signal を付与し、表現されている物体の向きの分類として属性 direction に LOWER を記述する。また、「直角が下になるように」というテキストが表す物体の向きの型を Levinson[10] による参照フレームの分類に基づいて ABSOLUTE と記述する。ABSOLUTE のフレームに分類される表現は東西南北などの絶対的な座標系に基づいた表現であり、空間内の別の物体を参照して表現する場合、すなわち相対的な座標系に基づいた表現である場合は RELATIVE のフレームに分類される。

「直角が下になるように」という向きに面する物体の一部として「直角」に言及しているため、物体の一部を示す表現に Part タグを付与する。また、その物体の一部が対象の空間配置課題においてどの区分に該当するかについてを Part タグの属性 partType に記述し、その表現に形容詞が含まれていれば属性 mod に記述する。

ISO-Space において、物体の動作を記述するためには Motion タグが用いられる。しかし、既存の Motion タグは物体の座標が変化する動作を記述するためのタグであり、物体がある一点で座標を変化させずに回転した場合にその動作を記述できない。そのため、Motion タグの定義を拡張し、物体の座標の変化だけでなく物体の向きの変化が起きた場合にも Motion タグを付与して記述できるものとしている。

4.4 対話コーパスのアノテーション

提案した枠組みを評価するため、空間配置課題に関する対話にアノテーションを行う。アノテーションの対象としては徳永ら [3] が収集した REX コーパスを用いる。REX コーパスは、二人の実験参加者が命令者と操作者に分かれ、画面上の七個のピースを操作して与えられた完成形を組み立てるタングラム・パズルを解く実験の際に行われた発話を収集した対話である。命令者と操作者は別の画面を見ており、ピースを組み立てる作業スペースは命令者と操作者の両者の画面で共有されている。パズルの完成形は命令者の画面にのみ示されているが、命令者はピースを操作

[小さい三角形 $se1$] を [[正方形 $se2$] の [右 $sig1$] $loc1$] に [置いて $m1$].
 Spatial Entity ($se1$, type=TRIANGLE, mod=SMALL)
 Spatial Entity ($se2$, type=SQUARE)
 Location ($loc1$)
 Spatial Signal ($sig1$, type=DIRECTIONAL)
 Qualitative Spatial Link ($qsl1$, relType=RIGHT, trigger= $sig1$, figure= $se2$, ground= $loc1$)
 Motion ($m1$, motionClass=MOVE)
 Move Link ($ml1$, motion= $m1$, object= $se1$, goal= $loc1$)

図 1 ISO-Space のタグを用いたアノテーションの例

[それ $se3$], [[直角 $p1$] が下になるように $ds1$][回して $m2$].
 Spatial Entity ($se3$)
 Part ($p1$, partType=APEX, mod=RIGHT_ANGLE)
 Part Link ($pl1$, trigger= $p1$, source= $se3$)
 Direction Signal ($ds1$, dirType=ABSOLUTE, direction=LOWER)
 Direction Link ($dl1$, trigger= $ds1$, source= $p1$)
 Motion ($m2$, motionClass=ROTATE)
 Move Link ($ml2$, motion= $m2$, object= $se3$, dirSignal= $ds1$)

図 2 拡張したタグを用いたアノテーションの例

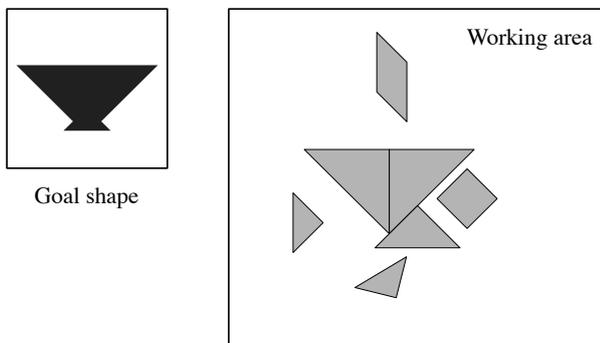


図 3 タングラムパズルのスクリーンショット

できないため、操作者に命令を与えなければならない。操作者は与えられた命令からピースを正しく配置して完成図を組み立てる必要がある、これらの条件からこの対話は空間配置課題を解決するための対話であるといえる。以下に REX コーパスに含まれる一部の発話を抜粋し、図 3 にタングラムパズルの実験のスクリーンショットを示す。

命令者: それを左にスライドさせてはめてください。
 操作者: はい。
 命令者: で、平行四辺形を 45 度回転させて。

以降、表 1 に示したタグを用いてアノテーションを行う。ISO-Space の枠組みにはここに示したタグ以外にもタグが存在するが、本稿では空間配置課題を解決するために必要となる物体の位置および向きに関する情報にアノテーションを行うために必要最小限なタグのみを用いている。

命令表現の解析を行うため、対話に含まれる命令者の発話をアノテーションの対象とする。総対話数は 51、命令表現を含む命令者の発話の数は 766 であった。その中でも物体の向きに関して言及している命令表現の数は 145 で

あり、これは全体の命令表現の 18.9%にあたる。アノテーションを行った結果のタグの分布を表 2 に示す。表に示した結果から、空間的関係を示す Spatial Signal タグと物体の向きを示す Direction Signal タグの数が拮抗していることがわかる。これらのことから、空間配置課題において物体の向きに関する情報は重要であるといえる。

テキストに付与されるタグ	タグ数
Spatial Entity	722
Motion	744
Location	235
Spatial Signal	168
Direction Signal	144
Part	136
実体間の関係を記述するタグ	タグ数
Qualitative Spatial Link	472
Move Link	2,352
Part Link	186
Direction Link	199

* 拡張した要素には下線を引いている。

表 2 タグの分布

5. 解析器

提案した枠組みを用いたタグの自動付与システムの実現可能性を調べるため、表 1 に示したタグをテキストに割り当てるシステムを構築する。命令文が入力として与えられたとき、このシステムが行うタスクは以下の二つに大きく分けられる。

(1) 入力文から命令の内容に関する表現を抽出し、表 1 のテキストに付与されるタグを割り当てる。このとき、

テキストに付与されるタグ	概要
Spatial Entity	本質的に位置でなく、空間的關係によって同定される実体
Motion	ある物体の位置 <u>または向き</u> が変化する動作
Location	本質的に位置である、空間上に存在する実体
Spatial Signal	空間的關係に言及する表現
<u>Direction Signal</u>	ある物体の向きに言及する表現
<u>Part</u>	物体の一部分
実体間の関係を記述するタグ	概要
Qualitative Spatial Link	二つの物体の空間的關係
Move Link	動作によって位置 <u>または向き</u> が変化するある物体と、その終着点となる位置または向きの関係
<u>Part Link</u>	ある物体と、その物体の一部分の関係
<u>Direction Link</u>	ある物体の向きと、その向きに面する物体の一部分の関係

* 拡張した要素には下線を引いている。

表 1 アノテーションされるタグ

入力文が区切られた意味的なまとまりをチャンクと呼ぶ。

- (2) タグが割り当てられた二つのチャンクの組に対して、それらの関係が表 1 の実体間の関係のうちどれに区分されるか分類する。

5.1 テキストへのタグの付与

入力として与えられた文を適切な長さのチャンクに区切りタグを付与する手続きを系列ラベリングの問題として考え、Tjong らが提案した IOB2 タグ [11] を用いて解析を行う。系列ラベリングの学習と推定には CRF++^{*1} を用いる。それぞれのタグごとに独立して系列ラベリングを行い、I-O-B のラベルを付与する。表 3 に、「それ、直角が下になるように回して」という命令文に対するラベリングの例を示す。

命令表現が入力として与えられると、システムは日本語形態素解析器 MeCab^{*2} に命令表現を与えて形態素単位に分割し、系列ラベリングが行えるよう形態素の系列に変換する。系列ラベリングの学習を行う素性として、ある形態素とその前後各 2 形態素の表層、品詞、ひらがな・カタカナ・アルファベット (大文字/小文字)・数字・空白・その他の文字種、および前 2 形態素に割り当てられた I-O-B を用いる。表 4 で、「それ、直角が下になるように回して」という命令文を形態素の系列に変換した際の *i* 番目の形態素「に」に対する素性を示す。

5.2 チャンク間の関係抽出

チャンク間に存在する関係を決定するため、5.1 節の手続きによってタグが付与された全てのチャンクの組について、その組の間に存在する関係を表 1 中の関係を記述

するタグによって記述した。ここで考慮することとして、Qualitative Spatial Link や Move Link は 3 個のタグ間の関係を記述することがある。例えば、図 1 において、*qsl1* で表される Qualitative Spatial Link は *sig1*, *se2*, *loc1* についての関係を記述しているため、3 個のタグの間の関係を記述している。本稿における関係抽出では、このような Qualitative Spatial Link は *sig1* と *se2* の関係と *sig1* と *loc1* の関係とに分割し、常に 2 個のタグの間の関係を抽出している。

表 5 に関係抽出に用いる素性を示す。素性の学習と分類は LinearSVC^{*3} を用いて行った。

5.3 結果と考察

タグのラベリング、関係抽出の学習データとして??節の対話へのアノテーションを使い、10 分割交差検定を行った。

タグ	精度	再現率	F 値	総数
Spatial Entity	0.91	0.88	0.90	722
Motion	1.00	0.99	1.00	744
Location	0.89	0.75	0.81	235
Part	0.94	0.78	0.85	136
Spatial Signal	0.81	0.65	0.72	168
Direction Signal	0.98	0.99	0.99	144

表 6 ラベリングの結果

表 6 に示した通り、タグのラベリングで高いスコアを記録している。この要因として、アノテーションを行った対話コーパスのドメインが極めて狭かったことが考えられる。同じ枠組みをさらに広いドメインに適用した場合に、今回と同様に高いスコアが記録されるかどうかを調査する必要がある。

*1 <https://taku910.github.io/crfpp/>

*2 <http://taku910.github.io/mecab/>

*3 <http://scikit-learn.org/stable/>

タグ	それ	,	直角	が	下	に	なる	よう	に	回し	て
Spatial Entity	B	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Location	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Motion	O	O	O	O	O	O	O	O	O	B	I
Part	O	O	B	O	O	O	O	O	O	O	O
Spatial Signal	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Direction Signal	O	O	B	I	I	I	I	I	I	O	O

表 3 系列ラベリングの例

素性 \ 入力文	それ	,	直角	が	下	に	なる	よう	に	回し	て
インデックス				$i-2$	$i-1$	i	$i+1$	$i+2$			
表層	それ	,	直角	が	下	に	なる	よう	に	回し	て
品詞	名詞	記号	名詞	助詞	名詞	助詞	動詞	名詞	助詞	動詞	助詞
文字種	かな	他	他	かな	他	かな	かな	かな	かな	他	かな
Spatial Entity	B	O	O	O	O						
Location	O	O	O	O	O						
Motion	O	O	O	O	O						
Part	O	O	B	O	O						
Spatial Signal	O	O	O	O	O						
Direction Signal	O	O	B	I	I						

表 4 「に」に対する素性

ラベリングにおいて、誤りが起こる原因は大きく分けて二つに分けられた。一つは不十分なアノテーションのガイドラインによるもの、もう一つは前処理の誤りによるものである。前者による誤りの数は 123、後者による誤りの数は 239 であった。

4.4 節で行ったアノテーションでは、Spatial Entity を付与する際に命令中で空間的關係の中で物体に言及されている場合に限り記述を行っていた。しかし、ラベリングの解析器は空間的關係の有無によらず物体へ言及する全ての表現に対してタグを付与したため、偽陽性の誤りが生じていた。これを改善するためには、アノテーションのガイドラインの段階で他の物体との空間的關係の有無によらず物体へ言及する表現全てに Spatial Entity のアノテーションを行うよう変更を加える必要がある。

前処理の誤りは主に日本語の形態素解析の誤りによって生じている。今回用いているコーパスは話し言葉を書き下したものであるため、機械的に形態素解析器にかけると誤った形の形態素の系列として解析される場合がある。これにより正しくタグを学習・付与できず、ラベリングの誤りが発生したと考えられる。

また、今回のラベリングでは各タグごとに独立して学習・推定を行っており、他のタグの I-O-B に関する素性は含まれていない。例えば、表 4 の命令文において「に」に対する Spatial Entity の I-O-B を学習する場合、 $i-1$ 番目と $i-2$ 番目の形態素に対する Spatial Entity のラベルが O であるという情報しか与えられておらず、Direction Signal のラベルが I であるという情報は学習することがで

きない。各タグを独立に推定するのではなく、他のタグに対する I-O-B の情報を得られる場合、よりよい結果が得られるのではないかと考えられる。

次に、表 7 に関係抽出の結果を示す。関係抽出の解析器は、4.4 節で人手によりテキストにアノテーションを行ったコーパスと、5.1 節の手法により機械的にテキストにアノテーションを行ったコーパスの二つのコーパスを与え、その結果を比較している。また、表 1 に示したタグ以外に No Link というタグがあるが、これは入力である二つのチャンクの間が表 1 に示したタグのいずれにも該当しない場合に No Link と分類すると定めるものである。他の関係を表すタグと比較して No Link の頻度が高くなっているため、学習を行う際に No Link に偏った学習がなされていることが読み取れる。全体的にスコアは高くないため、解析器の性能を上げる余地がある。さらに大きいサイズのコーパスを用いるか、広いドメインを対象としたコーパスに対する実験が必要である。

6. 結論と今後の課題

本稿では、自然言語による命令が与えられたとき、命令に基づいて特定の位置に特定の向きに向けて物体を配置する問題を空間配置課題と定義した。この問題を扱うため、既存の ISO-Space を物体の向きに関して記述できるよう拡張したアノテーションの枠組みを提案した。また、提案した枠組みに基づいてアノテーションを行い、空間配置課題の一例であるタングラムパズルに関する 51 対話分のコーパスを構築した。このアノテーションの結果により、本稿

素性名	素性の概要
tag pair	チャンクに付与されたタグの組
distance	二つのチャンク間の日本語における文字数
utterance length	チャンクが含まれる命令文の文字数
number of spans	命令文に含まれるチャンクの数
pos	それぞれのチャンクの前後に出現する品詞の四つ組
case	それぞれのチャンクの直後に出現する助詞の格の組
dependency	二つのチャンク間の係り受け数

表 5 関係抽出に用いる素性

関係	人手付与			機械付与			総数
	精度	再現率	F 値	精度	再現率	F 値	
Qualitative Spatial Link	0.31	0.30	0.31	0.45	0.20	0.29	472
Move Link	0.42	0.47	0.44	0.40	0.34	0.37	2,595
Part Link	0.33	0.59	0.42	0.34	0.44	0.38	228
Direction Link	0.38	0.50	0.43	0.33	0.41	0.37	202
No Link	0.68	0.62	0.65	0.73	0.77	0.75	5,913

表 7 関係抽出の結果

において新たに言及した物体の向きに関する情報は無視できないものであることを示した。

アノテーションの枠組みに含まれるタグを機械的に付与する解析器を構築し、その性能を評価した。テキストに対してラベリングを行う解析器は高いスコアを算出したが、チャンク間の関係抽出を行う解析器のスコアは高いとはいえないものであった。ラベリングの高いスコアは狭いドメインに起因するものと考えられるため、広いドメインを対象としたコーパスに適用し現状の高いスコアを保てるか調査する必要がある。関係抽出の低いスコアは不十分な訓練データおよび負例の過学習によるものと考えられ、より複雑なドメインに関する大きいサイズのコーパスを用いて評価を続ける必要がある。

本稿における解析の対象は自然言語による命令であったが、より現実的な空間配置課題を扱うためには視線や身振りなどマルチモーダルな要素を含めて解析を行う必要がある。今回用いた REX コーパスには実験参加者の視線情報やマウス操作などの情報が含まれている。これらの非言語的な情報が空間配置課題の解決に与える影響の調査を行うことが今後の研究課題として考えられる。

参考文献

- [1] Inderjeet Mani, Janet Hitzeman, Justin Richer, Dave Harris, Rob Quimby, Ben Wellner. SpatialML: annotation scheme, corpora, and tools. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2008)*, pp.410-415, 2008.
- [2] James Pustejovsky, Jessica L. Moszkowicz, Marc Verhagen. Using ISO-Space for annotating spatial information. In *Proceedings of the International Conference on Spatial Information Theory*, 2011.
- [3] Takenobu Tokunaga, Ryu Iida, Asuka Terai, Naoko Kuriyama. The REX corpora: A collection of multi-

- modal corpora of referring expressions in collaborative problem solving dialogues. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2012)*, pp.422-429, 2012.
- [4] Sina Zarrieß, Julian Hough, Casey Kennington, Ramesh Manuvinaurike, David DeVault, Raquel Fernandez, David Schlangen. PentoRef: A corpus of spoken references in task-oriented dialogues. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016)*, pp.125-131, 2016.
- [5] Terry Winograd. Procedures as a representation for data in a computer program for understanding natural language. Technical report, DTIC Document, 1971.
- [6] Stefanie Tellex, Thomas Kollar, Steven Dickerson, Matthew R. Walter, Ashis Gopal Banerjee, Seth Teller, Nicholas Roy. Understanding natural language commands for robotic navigation and mobile manipulation. In *Proceedings of the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pp.1507-1514, 2011.
- [7] Ryu Iida, Shumpei Kobayashi, Takenobu Tokunaga. Incorporating Extra-linguistic Information into Reference Resolution in Collaborative Task Dialogue. In *Proceedings of 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pp.1259-1267, 2010.
- [8] Zahar Prasov, Joyce Y. Chai. Fusing Eye Gaze with Speech Recognition Hypotheses to Resolve Exophoric References in Situated Dialogue. In *Proceedings of the 2010 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pp.471-481, 2010.
- [9] Kenny R. Coventry, Simon C. Garrod. *Saying, Seeing, and Acting*. Psychology Press, 2004.
- [10] Stephen C Levinson. *Space in language and cognition: Explorations in cognitive diversity*. Cambridge University Press, 2003.
- [11] Erik F. Tjong, Kim Sang, Jorn Veenstra. Representing text chunks. In *Proceedings of Ninth Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL 1999)*, pp.173-179, 1999.