

# 空間配置課題に向けた ISO-Space の拡張による向きの表現

後藤 大希 西川 仁 徳永 健伸  
東京工業大学 大学院情報理工学研究科

gotou.d.aa@m.titech.ac.jp {hitoshi, take}@cs.titech.ac.jp

## 1 はじめに

空間情報を自然言語で扱うことは重要である．身近な例として，引っ越し作業において引っ越し業者が顧客から与えられた指示通りに家具を配置する作業を考える．このとき，以下のような会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．

顧客の指示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顧客の自然言語での指示から空間的な情報を解釈し，それに従って家具を配置する必要がある．このように，空間上に物体を配置する位置や向きを指示に基づいて推定する問題を本稿では空間配置課題と呼ぶ．

本稿では，空間配置課題など物体の向きを考慮した実践的な課題を扱えるアノテーションの枠組みを提案する．

## 2 関連研究

空間情報を表現する枠組みとして，Pustejovsky らによって ISO-Space が提案されている [1]．ISO-Space では，建築物，国土，大陸などの固有名詞に対して索引を付与し，それらの名詞が表す物体の間に方角や距離などの空間的な位置関係が示されている場合，その表現に対して二つの物体の関係をアノテーションする．また，何らかの動作により物体の位置が変化する場合，その動作と物体が移動した始点と終点を示す表現に対してアノテーションが行われる．これらのアノテーションを用いて，時間的な場所の変化を考慮しながら物体の空間的な関係を記述することが ISO-Space の目的となっている．ISO-Space は物体の空間的な関係を記述することを主眼に置いた枠組みであり，ある物体に関してその属性，例えば形や色，大きさなどを記述することは想定されていない．詳しくは後述するが，これらの情報は空間配置課題を扱うに際して重要であるため，空間

配置課題を扱うためには ISO-Space を拡張する必要がある．

空間配置課題を扱うシステムとして，Winograd[3] の SHRDLU や，新山らの傀儡 [4] が存在する．これらのシステムは自然言語による指示を入力として，指示の内容を満たすように仮想空間内に存在する物体を配置する．これらのシステムにおいては物体の向き，すなわち物体を空間内に配置する際にその物体のどの部分がどの方向を向いているべきかということは考慮されていない．例えば，「本棚を壁の前に置け」という指示を与えられた場合，本棚の前面は開けた空間に向けられるべきであるという暗黙の了解が存在する．SHRDLU や傀儡ではこのような物体の向きを含めた配置は考慮されていない．引っ越し作業などの現実的な空間配置課題において物体の向きを考慮して配置を行うことは極めて重要であるため，以下では方向を含めた空間配置課題について述べる．

## 3 空間配置課題

空間内にいくつかの物体が存在するとき，物体を空間上のある位置に配置する指示が与えられた場合，その物体を配置すべき位置と向きを推定する問題を空間配置課題と呼ぶ．特に本研究では人間と人間または人間とコンピュータの間で行われる協調作業を主眼とし，配置する場所を指示する指示者と指示された場所を同定し物体を配置する操作者との役割を分割する．

空間配置課題は複数の手続きが組み合わさって構成されたものと仮定し，以下の節に示すプロセスを通じて空間配置課題の解決を図る．

### 3.1 指示された物体を同定する

まず，操作者が指示者の指示を受け取ったとき，どの物体を操作すればよいかを決定する必要がある．指示から空間内の物体を同定する問題は，参照表現を解析する問題と考えられる．物体に固有の属性や別

の物体との空間的関係を解析することで、指示者がどの物体を指示しているかを解析することができる。

### 3.2 指示された空間の位置を決定する

次に、指示された物体を同定した後、その物体を空間内のどの位置に配置すればよいかを決定する必要がある。空間内での位置の決定に関しても、空間に関する参照表現を解析する問題と考えられる。壁・部屋の中央などの限定的な空間の一部、または既に存在する物体を基準として、物体を配置すべき空間の方向や距離を読み取ることで、物体をどこに配置すべきかを解析することができる。

### 3.3 物体を配置する向きを決定する

最後に、指示された物体とその位置を決定した後、その物体はどの方向を向いて配置されればよいかを決定する必要がある。向きを決定する手続きはさらに2つの処理に分割される。

#### 3.3.1 物体が向く方向を決定する

指示者によって指示された方向を決定する。指示に含まれる上下左右などの空間的な方向を示す表現や、他の物体を指示してその物体の方向に向けた状態で配置させる指示が出現することも考えられる。

#### 3.3.2 向ける部分を同定する

物体が向く方向を決定した後、物体の中でもどの部分をその方向に向けるのかを決定する。例えば「ベッドの長い辺を壁に向けて」という指示の場合、「長い辺」という物体の一部が特定の方向を向くように物体を配置する指示であると解釈する。向ける一部分が指示の中で明示的に示されている場合はその表現に基づいて同定を行うことができるが、明示的に示されていない場合は対象となっている物体の方向に関する知識を参照することが必要となる。

## 4 ISO-Spaceの拡張とアノテーション

空間配置課題においては、指示された物体の同定および指示された空間の位置についてはISO-Spaceの枠組みで表現することが可能である。しかし、物体を配置する向きの決定に関しては想定されていないため、物体の向きを表現するための拡張が必要である。

本稿では物体の一部分に関する記述と物体の向きに関する記述を行えるようISO-Spaceを拡張する。この拡張で追加したタグを表1に示す。4.1, 4.2節でその内容と対話例を述べる。

表 1: 追加するタグとその内容

タグ	タグが表す内容
Part	物体の一部分に関する表現
PLink	Part と物体を指す表現の関連付け
DirSignal	物体の向きに関する表現
DirLink	DirSignal と物体を指す表現の関連付け
Action	位置・向きの変化を伴う動作
ActionLink	Action と指示の内容の関連付け

### 4.1 物体の一部分の記述

ISO-Space では2つの物体の空間的な位置関係を記述することが主な目的であるため、物体の一部分に関して記述する機能がない。そこで、ある表現が物体の一部分を指すならばその表現に対してタグ Part をアノテーションし、基準となる物体とその一部分とをタグ PLink によって関係付ける。また、その表現が表すものが物体のどの部分であるかを Part の属性 part\_type の値として記述する。さらにその部分を一意に限定するような表現がある場合、それを属性 dir\_mod などに値として記述する。Part および PLink を用いる対話と、その対話に対するアノテーションの例を以下に示す。

```
[三角形se1] の [左の下の頂点p1] が.....
SpatialEntity(se1, type=TRIANGLE)
Part(p1, part_type=APEX,
      dir_mod=LEFT&LOWER)
PLink(pl1, trigger=p1, source=se1)
```

### 4.2 物体の向きの記述

物体がどの向きで存在しているか、または動作によって物体の向きがどのように変化するかをISO-Spaceでは記述することができない。これを改善するため、物体の向きを表現するタグ DirSignal を導入する。物体の向きを示す表現に対して DirSignal をアノテーションし、物体のどの部分はその方向を向くべきかを Part タグと新たなタグ DirLink を用いて関係を記述する。さらに、向きの表現が上下左右などの方角に関する表現である場合は DIRECTION を、他の物体に関する表現である場合は OBJECT を DirSignal の属性 dir\_signal に記述し、物体が向く先を DirSignal の属性 direction の値で表現する。また、ISO-Space では位置の変化を伴う物体の動作を記述するためにタグ Motion を用いているが、Motion タグでは回転・反転などの位置が変化することなく物体が向きを変える動作を記述できない。そこで、物体の位置関係・向きの変化を伴う動作を表現するタグ Action および ActionLink によって表現した動作とその動作の内容とを関連付けるタグ ActionLink を導入す

る。DirSignal および DirLink, Action, ActionLink を用いる対話と、その対話に対するアノテーションの例を示す。

```
[三角se1] の [[直角p1] が上になるようにds1] [回してact1]
SpatialEntity(se1, type=TRIANGLE)
Part(p1, part_type=APEX,
      apex_mod=RIGHT_ANGLE)
PLink(pl1, trigger=p1, source=se1)
DirSignal(ds1, dir_type=DIRECTION,
           direction=UPPER)
DirLink(dl1, trigger=ds1, source=p1)
Action(act1, motion_class=ROTATE)
ActionLink(al1, action=m1, actor=se1, signal=ds1)
```

## 5 実験

4.1 節, 4.2 節で述べた枠組みを用いてコーパスにアノテーションを行い、空間配置課題におけるその効果を調査する。

### 5.1 データ

アノテーションの対象とするコーパスは徳永ら [2] による、シミュレータ上でタングラム・パズルを解く際に行われる発話の集合である。パズルを解く作業は各 1 名ずつの指示者と参加者によって行われ、作業の際に両者は組み立てているタングラムの画面を共有している。パズルの完成図は指示者にしか公開されておらず、タングラム・パズルのピースを並べ替える際は指示者から操作者に口頭で指示を行い、指示を受け取った操作者がピースを操作する。コーパスには、各参加者の発話およびピースを対象とした参照表現へのアノテーション、操作が行われていない時点でのピースの座標、マウス操作の種別、時間スケール、視線情報がコーパスに含まれている。コーパスに含まれる対話の一例を以下に示す。

```
指示者: 小さい三角、それ、あの、四角の右下の角に、
        角と角がくっつくように置いてみて。
操作者: 四角の右下、こう？
指示者: そう、そこ、うん。
```

各参加者の発話には指示、雑談、独言などが入り混じっているため、空間配置課題の解決のために必要な発話を絞り込む必要がある。空間配置課題において重要な発話は指示者による操作者への発話、特に画面上でピースを操作させようとする指示である。本稿におけるアノテーションの対象は、指示者が操作者へピースの操作を指示しており、かつ操作するピースとどのように操作するかを表す述語が明示的である発話に限定する。どのピースを動かすか、または何の操作を行うかのどちらかあるいは両方が発

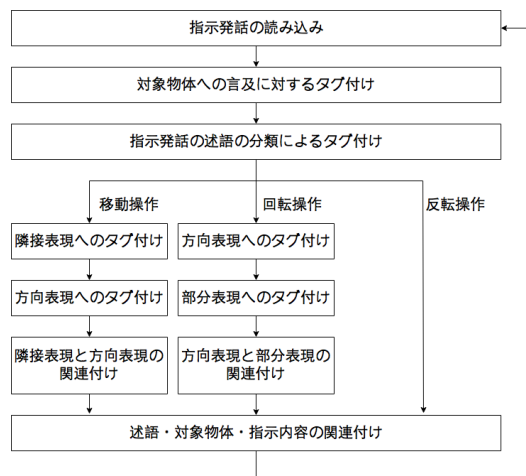


図 1: アノテーションの流れ

話中に含まれていない場合、指示と解釈できる発話であってもアノテーションの対象とはしていない。

対話数は 51, 全対話に含まれる指示者による発話の総数は 7,184 である。

### 5.2 実験の流れ

アノテーションは図 1 の流れに沿って行った。以下ではその内容の要点を説明する。

#### 5.2.1 対象物体への言及に対するタグ付け

指示の中に含まれる、どのタングラムを操作するか表現に対してアノテーションを行う。

#### 5.2.2 指示発話の述語の分類によるタグ付け

指示の中に含まれる述語から、指示されている操作を回転操作と移動操作、反転操作の 3 種類に分類する。回転操作はピースを中心座標を保ったまま回転させる操作、移動操作はピースを別の座標に動かす操作、反転操作はピースを鏡写しになるよう反転させる操作である。各操作は独立しており、1 つの指示に対して複数の分類を割り当てることはできないものとする。

#### 5.2.3 指示の内容に対するタグ付け

分類した操作の内容に応じて、指示の具体的な内容に対してアノテーションを行う。

指示が回転操作であれば、回転後にどの方向を向いているようにピースを回転させるのか、ピースのどの部分はその方向に面するのかを記述する。

移動操作であれば、移動後にピースが別のピースに隣接するか否か、隣接するならばどのピースに隣接するのか、隣接しないならば空間内のどの位置に移動させるかを記述する。

反転操作の場合、回転操作や移動操作のように自由度のある指示を行えないため、操作内容の記述は行わない。

#### 5.2.4 述語・対象物体・指示内容の関連付け

述語の分類を基準として、指示の各要素を関連付けるタグを記述する。これによって関連付けられた述語、対象物体への言及、指示内容の組を一個の指示として考える。

### 5.3 結果

コーパスに含まれる 51 対話中の 10 対話に対してアノテーションを行った。その中に含まれる 1,692 発話中に指示表現は 167 個存在し、特にピースの向きに関して言及している指示表現は 42 個存在した。

### 5.4 考察

アノテーションの結果、タングラム・パズルにおける指示のうち 25.14%が物体の向きに関する指示であった。一例として、次のような指示が物体の向きに関する指示として含まれている。

で、[ちっちゃい三角形<sub>se3</sub>]を、[回転さして<sub>m3</sub>]、  
あー、行き過ぎ。[上<sub>as2</sub>]、[直角<sub>p1</sub>]を [上<sub>as3</sub>]にする。

従来の ISO-Space では、物体の空間的な位置が変化しないため回転動作へのアノテーションを行えない。また「直角を上にする」という物体の向きを示す表現を記述できない。これに対し、本稿での拡張によってこれらの記述を行えるようになった。空間配置課題に対する枠組みとして物体を配置する向きを決定するための拡張を行うことは重要であるといえる。

また、本稿においては操作対象となるピースと述語が揃っている指示に対してのみアノテーションを行っており、どちらかが省略されている場合の調査は行っていない。対話中で省略が行われたためにアノテーションを行わなかったが、指示として解釈できる例として以下の発話が存在した。

それを一番下。

この発話では述語が省略されているためアノテーションを行っていないが、「それ」が指示する物体を画面下部またはピースの一群の下部に移動させる指示と解釈できる。実際の対話ではこのように省略した形で指示を与えることもあるため、コンピュータが指示を解釈するためには省略・照応解析を行い、その結果から対象の物体を同定する処理が必要となる。

今回アノテーションを行った対話中には出現しなかったが、実際の空間配置課題においては、限定的な空間における絶対的な座標系に関する指示が出現する可能性がある。その一例として、以下のような指示が考えられる。

空気清浄機は真ん中に向けて置いてください。

部屋の中などの閉じた空間で作業を行う際、空間の中心点や壁面などの絶対的な座標を持つ位置を基準として物体を配置する指示が考えられる。本稿で対象としたタングラム・パズルにおける対話における絶対的な座標系に該当する表現としては「(画面)中央」「(画面)端」などが考えられるが、それらの表現を用いた指示は見られなかった。実験のタングラム・パズルでは、作業開始時点で画面上に全てのピースがランダムな座標に配置されている。そのため、他のピースを基準として指示することが多くなり、絶対的な位置を基準とした指示が出現する回数が少なくなったと考えられる。

## 6 まとめ

空間配置課題と、そのモデルとしてのタングラム・パズル課題を記述するために ISO-Space を改良すべき点について述べた。本稿で拡張した枠組みを用いてアノテーションを続け、タグ付けされた対話から物体を配置する位置・向きを同定できる解析器を構築することが今後の課題である。

## 参考文献

- [1] James Pustejovsky, Jessica L Moszkowicz, and Marc Verhagen. Using iso-space for annotating spatial information. In *Proceedings of the International Conference on Spatial Information Theory*, 2011.
- [2] Takenobu Tokunaga, Ryu Iida, Asuka Terai, and Naoko Kuriyama. The rex corpora: A collection of multimodal corpora of referring expressions in collaborative problem solving dialogues. In *Proceedings of the Eight International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*. European Language Resources Association (ELRA), may 2012.
- [3] Terry Winograd. Procedures as a representation for data in a computer program for understanding natural language. Technical report, DTIC Document, 1971.
- [4] 新山祐介, 徳永健伸, 田中穂積. 自然言語を理解するソフトウェアロボット: 傀儡. 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1359-1367, 2001.