

Double cross model による位置情報フレームアノテーション

川端 良子
国立国語研究所

大村 舞
国立国語研究所

浅原 正幸
国立国語研究所

竹内 誉羽
ホンダリサーチインスティテュート

概要

ことばに出現する空間情報の記述手法として Spatial ML や ISO-Space が提案されている。これらはテキスト中の固有位置情報や絶対参照（東西南北）を記述するためには有効ではあるが、話者自身が空間内実体である対話中の相対参照（前後左右）を記述するには不向きである。相対参照の曖昧性解消には有向辺（順序付き2つ組）のみによっては行えず、2つ以上の有向辺を実体の向きも含めてフレームとして保持する必要がある。一方、空間論理の分野では、位置情報の曖昧性解消手法として Double cross model が用いられる。本研究では対話中の相対参照を Double cross model によって表現することを試みたので報告する。

1 はじめに

どこかに連れて行ってもらいたいときに、連れて行ってもらう場所を緯度経度情報のみならず、さまざまなことばで表現する。位置情報を共有する目的指向の対話においては、お互いに知っている位置情報を交換するために、自身の位置や向きに基づく相対位置をことばで表現する。しかしながら、複数の場所 (Landmarks) もしくは空間内実体 (Spatial Entities) の相対位置を言語情報で表現する場合、単純な有向辺構造 (順序付き2つ組: ordered pairs) では表現しきれないことがある。

例えば「東京タワーを背にして右前方にすすんでください」といった表現を有向辺のみで表現するには、東京タワー (Landmark) と話者 (Spatial Entity) の相対位置を表現する辺と、話者 (Spatial Entity) の現在位置と進む方向 (Orientation) を表現する辺の2つを話者の向きとともに保持することを必要とする。位置情報を正確に同定するためには、この2つの辺

の相対的な位置情報を定義し、これらの情報を1つの位置情報フレームとしての保持することが、本質的に必要である。

空間論理 (Spatial Logic) の分野では、Double cross model と呼ばれる位置情報フレーム表現がある。Double cross model は、字義どおり方向を示す cross (十字) を2つ用いる位置情報フレームであり、2つの cross の中心に場所・空間内実体を配置することで、向きや第3の場所・空間内実体をその2つの cross との相対位置で表現する。

本稿では、位置情報を共有する目的指向の対話における言語表現を、Double cross model を用いて表現することを試みる。さらに、向き (Direction and Orientation) ・距離 (Time and Space measurements) ・位相 (Mereotopological Relations) などをもどのように表現するかを検討する。

2 位置情報フレーム表現

以下では、Spatial ML [1] や ISO-space [2, 3]などをベースに位置情報フレームの主要概念について説明する。検討にあたっては、Spatial Logic 関連の論文 [4] や日本国内の ISO-space の利用状況 [5] なども確認した。

2.1 タグ付け対象となる表現 (Mention)

本研究は以下のものをタグ付け対象とする。

- 場所表現 (Landmarks): 緯度・経度や住所地番など、固有の位置情報が定義される場所。
- 空間内実体表現 (Spatial Entities): 空間上に配置される実体。話者もこれに相当する。
- 手がかり表現 (Signal): 位置情報・向き情報・距離情報などを示す表現。

本稿では、厳密にタグ付け表現のスパン (テキスト中の範囲) を定義しない。

2.2 位置情報の形式化

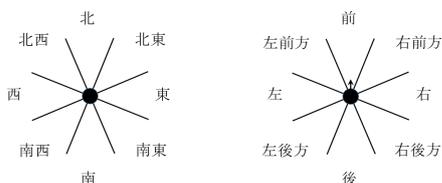


図1 Cone-based model (absolute, relative)

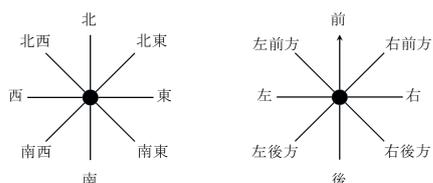


図2 Project-based model (absolute, relative)

位置情報の形式化については、その参照表現の型として3種類あるとされる：

- 固有 (Intrinsic)：場所に内在する固有の向き・位置。
- 絶対 (Absolute)：鳥瞰による指示参照（東西南北）。
- 相対 (Relative)：実体からの視点に基づく指示参照（前後左右）。前提として、視点を持つ主体が向き (Orientation) を持つ。

一般に、位置情報の曖昧性解消は、緯度経度情報や住所番により一意に定まる「固有」の情報から、鳥瞰による「絶対」指示参照や実体からの視点に基づく「相対」指示参照がある。

相対位置を形式化する際に用いられるモデルとして、cone-based model と project-based model について説明する。cone-based model (図1)[6] は、場所・空間内実体の配置・向きを主体を中心とした範囲を持つ角度 (cone) で表現する。project-based model (図2)[7] は、場所・空間内実体の配置・向きを主体とした範囲を持たない方向 (projection) で表現する。cone-based と project-based は、いずれも有向辺構造 (順序付き2つ組：ordered pairs) で表現されるもので、2つの違いはその解釈もモダリティ (範囲を持つか否か) にある。

言語表現において、「固有」の位置情報に基づく、東西南北の「絶対」指示参照のみが出現する場合には、上記有向辺構造に基づくモデルのみで位置情報を特定できる。実際には、空間内の実体として、話

し手・聞き手が存在し、それぞれの視点からの「相対」指示参照表現に基づき、位置情報をやりとりすることが多い。

次に示す Double cross model は、空間内実体の視点からの相対位置を自然に表現できる位置情報の形式化である。

2.3 Double cross model

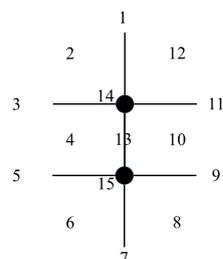


図3 Double cross model

Double cross model (図3)[8]、場所・空間内実体のうち2つを図中の14と15に配置したうえで、先の2つの要素の配置に基づいて、残り1つの相対位置や向きを表現する。

図4に位置情報フレーム記述例を示す。本稿では、Double cross model をハッシュのリスト (順不同) で表現することのみを定義し、記述方法にはこだわらない。

なお、絶対参照 (東西南北) のような表現の場合は Double cross model を用いる必要はないが、本研究では一貫して Double cross model のサブセットを用いて記述し、必要に応じて、2.6節・2.7節に示す情報を付与する。

2.4 Double cross model に含める情報

以下では、現状、我々が Double cross model に含める情報について示す。

- id: テキスト中のメンションの識別子。あらかじめ上流工程で付与された場所表現・手がかり表現の ID。追加で空間内実体表現を新たに付与し、対話参加者を S0・H0 とする。
- type: テキスト中のメンションの型。以下のものからなる：
 - landmark: 場所表現。
 - se: 空間内実体表現。話し手、聞き手も含む。
 - signal: シグナル表現。
- slot: Double cross model 中の配置番号。

【作例】「[東京タワー](ID:T1)を[背にして右前方に](ID:T2)すすんでください」聞き手は ID:H0。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{T1} \\ \text{type} \quad \text{landmark} \\ \text{slot} \quad 15 \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{T2} \\ \text{type} \quad \text{signal} \\ \text{slot} \quad 12 \\ \text{dir} \quad 1 \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{H0} \\ \text{type} \quad \text{se} \\ \text{slot} \quad 14 \end{array} \right\}$$

AVM による記述

```
[
  {"id": "T1", "type": "landmark",
   "slot": 15},
  {"id": "T2", "type": "signal",
   "slot": 12},
  {"id": "H0", "type": "se",
   "slot": 14, "dir": 1}
]
```

JSON による記述

```
- id: T1
  type: landmark
  slot: 15
- id: T2
  type: signal
  slot: 12
- id: H0
  type: se
  slot: 14
  dir: 1
```

YAML による記述

図 4 位置情報フレーム記述例 (AVM, JSON, YAML)

- dir: 実体に向いている方向 (Double cross model 中の配置番号で指示)。向いている方向であって、進む方向ではない。

図 4 の例では、「東京タワー」(T1)・「(背にして)右前方に」(T2)・聞き手 (H0) を、それぞれ Double cross model の 15, 12, 14 に配置し、聞き手 (H0) が 1 の方向に向いていることを意味する。

2.5 同型 (isomorphic)

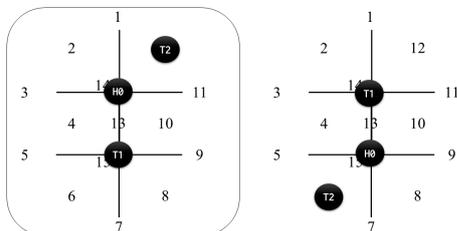


図 5 同型の異表現 (inversion)

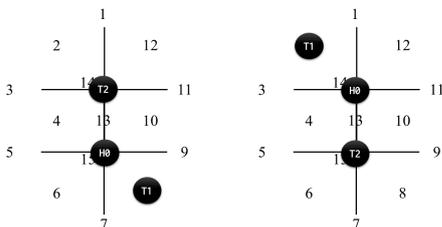


図 6 同型の異表現 (homing)

3つ要素がある Double cross model では、同型の異表現が発生する場合がある。例えば、先の記述例は図 5 (inversion), 6 (homing) などの表現 [9] がある。

アノテーション作業者は、自分がアノテーションしやすい好きな表現によるアノテーションを行う。機械処理を行う場合、適切な空間論理の unary operation (inversion, homing) を実装する必要がある。

2.6 距離情報 (distal)

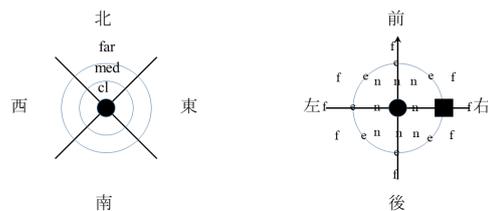


図 7 距離情報 (絶対と相対)

Double cross model は、相対の方向のみを指示し、距離は指定しない。距離情報にも絶対距離表現 [10, 6] と相対距離表現 [11] がある (図 7)。

絶対距離表現 (図 7 左) は 2 点間の距離もしくは到達にかかる時間を指定する。以下の例では、新たに type=distance を定義し、src に T13・tgt に T16 を記述し、その距離を absdist に 20m を記述する。

【03-06】

[ジングウマエコウバン](ID:T13) から [メイジジングウ](ID:T14) のほうに [20メートル](ID:T15)行った歩道(ID:T16)で[待ってて](ID:T17)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{T13} \\ \text{type} \quad \text{landmark} \\ \text{slot} \quad 15 \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{T14} \\ \text{type} \quad \text{landmark} \\ \text{slot} \quad 1 \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{T16} \\ \text{type} \quad \text{landmark} \\ \text{slot} \quad 14 \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{id} \quad \text{T15} \\ \text{type} \quad \text{signal} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{type} \quad \text{distance} \\ \text{src} \quad \text{T13} \\ \text{tgt} \quad \text{T16} \\ \text{absdist} \quad 20\text{m} \end{array} \right\}$$

距離計量の直接的な表現でない場合には、{cl: 近

い, med: 中程度, far: 遠い }などの表現を用いる。以下の例では、配置がわからないために Double cross model 上に配置は行わないが、type=distance を規定する。

【01-88】

[マンション街](ID:T413) の [えー](ID:T414)、
[近く](ID:T415) の [道路](ID:T416)

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T413} \\ \text{type} & \text{landmark} \end{array} \right], \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T415} \\ \text{type} & \text{signal} \end{array} \right], \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T416} \\ \text{type} & \text{landmark} \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{ll} \text{type} & \text{distance} \\ \text{src} & \text{T413} \\ \text{tgt} & \text{T416} \\ \text{absdist} & \text{cl} \end{array} \right] \end{array} \right\}$$

相対距離表現 (図 7 右) は、●と■の距離と比して、{n: 近い, e: 等しい, f: 遠い}などの表現を用いる提案もある。しかしながら、単純に同一直線上にある場合には、Double cross model の 1-14-15-7 の相対位置で遠近を表現できるため、特に規定しない。

具体的に距離が 2 倍、半分などわかる場合には、2X, 1/2X などと記述することも検討したが、現在まで確認した対話データには出現しなかった。

2.7 位相情報 (topology)

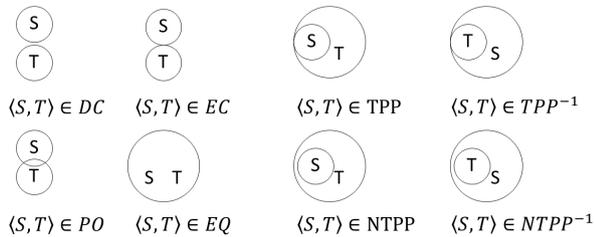


図 8 位相情報 (RCC8)

空間内の場所・実体は、大きさを持つ。その大きさがあるがゆえに規定する必要がある、位相情報 (mereotopological relation) をその全体部分関係や境界の状態に応じて、以下のとおり RCC8 (Region Connection Calculus Relations) [12] により規定する。

- DC: Disconnected (非連結)
- EC: External connection (外接)
- PO: Partial overlap (部分一致)
- EQ: Equal (完全一致)
- TPP: Tangential proper part (内接: source が target に接して内包)
- TPP⁻¹: Inverse of TPP (内接: target が source に

接して内包)

- NTPP: Non-tangential proper part (内包: source が target に接せずに内包)
- NTPP⁻¹: Inverse of nTPP (内包: target が source に接せずに内包)

以下に内包 (NTPP) の場合の type=topology の記述例を示す。

【01-88】

[公園](ID:T412) のある [マンション街](ID:T413) の

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T412} \\ \text{type} & \text{landmark} \end{array} \right], \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T413} \\ \text{type} & \text{landmark} \end{array} \right], \left[\begin{array}{ll} \text{type} & \text{topology} \\ \text{src} & \text{T412} \\ \text{tgt} & \text{T413} \\ \text{absdist} & \text{NTPP} \end{array} \right] \end{array} \right\}$$

まったく同じ実体を指す同一指示は、EQ を用いて表現する。

【01-26】

[えっと](ID:T109)[アニバーサリー](ID:T110) っていう [お店](ID:T111)

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T109} \\ \text{type} & \text{landmark} \end{array} \right], \left[\begin{array}{ll} \text{id} & \text{T110} \\ \text{type} & \text{landmark} \end{array} \right], \left[\begin{array}{ll} \text{type} & \text{topology} \\ \text{src} & \text{T109} \\ \text{tgt} & \text{T110} \\ \text{absdist} & \text{EQ} \end{array} \right] \end{array} \right\}$$

なお、本研究では DC は Double cross model で配置するために用いない (デフォルトは DC)。また、TPP⁻¹(S, T), NTPP⁻¹(S, T) は、それぞれ TPP(T, S), NTPP(T, S) として表現するため、用いない。

3 おわりに

本研究では、位置情報を共有する目的指向の対話に出現する位置表現を扱うために、空間論理で用いられる Double cross model を利用し、位置情報フレームとして記述することを試みた。Double cross model を用いることにより、相対参照情報を 3 つ組で記述することができるようになり、位置情報の表現力が向上した。さらに、距離情報や位相情報の記述についても試みた。

なお、上記空間論理の曖昧性解消の自動推論は多項式時間では解けないとされている [4]。言語処理系が、言語から論理形式の写像を行ったとしても、空間論理ソルバー側が曖昧性解消処理できるとは限らない。

謝辞

本研究はホンダリサーチインスティテュート-国立国語研究所共同研究プロジェクト「行き先目標物の参照表現に関する日本語話し言葉の分析」・国立国語研究所基幹型共同研究プロジェクト「アノテーションデータを用いた実証的計算心理言語学」・科研費 JP22K13108, JP19K13195 によるものです。

参考文献

- [1] Inderjeet Mani, Janet Hitzeman, Justin Richer, Dave Harris, Rob Quimby, and Ben Wellner. SpatialML: Annotation scheme, corpora, and tools. In **Proceedings of the Sixth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'08)**, Marrakech, Morocco, May 2008. European Language Resources Association (ELRA).
- [2] James Pustejovsky and Zachary Yocum. Image annotation with ISO-space: Distinguishing content from structure. In **Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)**, pp. 426–431, Reykjavik, Iceland, May 2014. European Language Resources Association (ELRA).
- [3] James Pustejovsky. **ISO-Space: Annotating Static and Dynamic Spatial Information**, pp. 989–1024. Springer Netherlands, Dordrecht, 2017.
- [4] Jochen Renz and Bernhard Nebel. Qualitative spatial reasoning using constraint calculi. In **Handbook of spatial logics**, pp. 161–215. Springer, 2007.
- [5] 後藤大希, 西川仁, 徳永健伸. 空間配置課題に向けた iso-space の拡張による向きの表現. 言語処理学会第 22 回年次大会発表論文集, pp. 115–118. The Association for Natural Language Processing., 2016.
- [6] Eliseo Clementini, Paolino Di Felice, and Daniel Hernández. Qualitative representation of positional information. **Artificial intelligence**, Vol. 95, No. 2, pp. 317–356, 1997.
- [7] GÉLigozat. Reasoning about cardinal directions. **Journal of Visual Languages & Computing**, Vol. 9, No. 1, pp. 23–44, 1998.
- [8] Christian Freksa. Using orientation information for qualitative spatial reasoning. In **Theories and methods of spatio-temporal reasoning in geographic space**, pp. 162–178. Springer, 1992.
- [9] Kai Zimmermann and Christian Freksa. Qualitative spatial reasoning using orientation, distance, and path knowledge. **Applied intelligence**, Vol. 6, No. 1, pp. 49–58, 1996.
- [10] Daniel Hernández, Eliseo Clementini, and Paolino Di Felice. Qualitative distances. In Andrew U. Frank and Werner Kuhn, editors, **Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS**, pp. 45–57, Berlin, Heidelberg, 1995. Springer Berlin Heidelberg.
- [11] Amar Isli and Reinhard Moratz. Qualitative spatial representation and reasoning: algebraic models for relative position. Technical report, 1999.
- [12] David A Randell, Zhan Cui, and Anthony G Cohn. A spatial logic based on regions and connection. In **Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the 3rd International Conference**, pp. 165–176, 1992.
- [13] James Pustejovsky and Jessica L. Moszkowicz. Integrating motion predicate classes with spatial and temporal annotations. In **Coling 2008: Companion volume: Posters**, pp. 95–98, Manchester, UK, August 2008. Coling 2008 Organizing Committee.
- [14] Collin F. Baker, Charles J. Fillmore, and John B. Lowe. The Berkeley FrameNet project. In **36th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 17th International Conference on Computational Linguistics, Volume 1**, pp. 86–90, Montreal, Quebec, Canada, August 1998. Association for Computational Linguistics.
- [15] Philippe Muller. A qualitative theory of motion based on spatio-temporal primitives. A.G. Cohn, L. Schubert, and S.C. Shapiro, editors, **KR' 98: Principles of Knowledge Representation and Reasoning**, pp. 131–141, San Francisco, California, 1998. Morgan Kaufmann.
- [16] Nicholas Asher and Pierre Sablayrolles. A typology and discourse for motion verbs and spatial PPs in french. **Journal of Semantics**, Vol. 12, pp. 163–209, 1995.
- [17] Kai Zimmermann and Christian Freksa. Enhancing spatial reasoning by the concept of motion. **Prospects for Artificial Intelligence**, pp. 140–147, 1993.

表 1 動作表現における STML, FrameNet, Muller, Asher/Sablayrolles の 10 クラス ([3] より)

Category [13]	FrameNet [14]	Muller [15]	Asher/Sablayrolles [16]
Move (run, fly, drive)	Motion, Self_motion	no mapping	no mapping
Move_External (traverse, pass)	Traversing	External	no mapping
Move_Internal (walk around)	Motion	Internal	no mapping
Leave (leave, desert 原文ママ)	Departing	Leave	partir, sortir
Reach (arrive, enter, reach)	Arriving	Reach	arriver, enter
Detach (take off, pull away)	no mapping	no mapping	décoller
Hit (land, hit)	Impact	Hit	se poser
Follow (follow chase)	Co-theme	no mapping	no mapping
Deviate (flee, run from)	Fleeing	no mapping	dévier
Stay (remain, stay)	State_continue	no mapping	no mapping

A 今後の方向性

A.1 合成 (composition)

今回は、テキストの情報を空間論理の Double cross model に形式化することを目的とする。適切な生成系言語モデルを用いることで、テキストから直接形式化したものが得られると考える。形式化されたものから、場所・実体の位置情報の曖昧性解消を空間論理を用いて行う必要がある。そのためには Double cross model の合成を行う必要がある。Double cross model の合成は大きく分けて 2 つある [9, 8]。1 つは Coarse composition で、2 つの double cross model (ab:c) (ab に対する c の相対参照) と (bc:d) (bc に対する d の相対参照) から (ab: d) (ab に対する d の相対参照) を求めるもので、可能な配置をすべて枚挙するものである。もう 1 つは Fine composition で、同様の操作に距離の情報まで入れて、より狭い範囲で可能な配置候補を枚挙するものである。

A.2 経路情報 (path)

合成により、位置情報の曖昧性解消が可能であることを示した。次に静的な経路情報 (path) を double cross model の系列により示す [17] ことを考える。Double cross model の 14-15 の直列により、静的な経路情報を指定する。経路を辿る移動を伴う動的な経路情報は、Double cross model の系列に対して、次に示す移動表現のクラスを紐づける。

A.3 移動表現 (STML)

Pustejovsky [13] により、空間・時間情報付与時に移動表現の述語を分類するフレームワーク (STML: Spatio-Temporal Markup Language) が提案されている。移動表現を 10 クラスに分けるとともに、移動元・移動先の位相情報を RCC8 により表現するフレームワークである。ISO-space 論文 [3] には、STML と FrameNet [14]・Muller 論文 [15]・Asher 論文 [16] との比較が掲載されているので、表 1 に引用して示す。

具体的な位置情報の共有を行うためには、日本語においても RCC8 に紐づいた移動表現の体系化が必要である。

A.4 情報構造

本研究は、対話による位置情報伝達のモデル化を応用として考えている。対話において位置情報が特定できているかどうかを、話し手・聞き手・第三者 (アノテータ) の観点から付与必要がある。