

F-014

エージェントのための空間名詞の分類とその解釈方法について Classification and Interpretation of Japanese Spatial Nouns for Agents

小山 智史[†] 齋藤 豪[†] 徳永 健伸[†] 中嶋 正之[†]
Tomofumi KOYAMA Suguru SAITO Takenobu TOKUNAGA Masayuki NAKAJIMA

1. はじめに

近年、自然言語によるコミュニケーションが可能な仮想世界上のエージェントについての研究が盛んになっている [1][2]。自然言語によるコミュニケーションは人間の生活で自然に行われていることであり、実現することで誰にでも使いやすい有用なシステムとなる。

我々は仮想世界上のエージェントに対して、自然言語による指示を行ってタスクを実行させるシステムを研究している。“机の前へ行って”“赤い玉を取って”などの指示を受け取るとエージェントは自律的に行動を開始し、移動や把持動作を行う。この際エージェントは指示文中から空間に関する制約を受けており、その制約を考慮した上で行動を決定する。“机の前”という表現は漠然とした領域を指し示しており、移動するための一点を解釈しなければならない。赤い玉を取る際には“赤い玉を取ることができる”空間から、立つ位置を同様に解釈しなければならない。

このように行動する際に生じる、空間に関する制約は漠然性を含んでおりその解釈を行うことが大きな問題となる。本稿では指示文中に出現する“前”や“近く”などの空間名詞についてその性質によって分類を行った。そしてポテンシャルモデルを用いて空間名詞の漠然性を計算機上で表現し、エージェントがその解釈を行うための枠組みについて提案する。

2. 空間表現の分類

空間に関する制約は“机の前”と行った形で明示的に指示文中に現れる場合と、“赤い玉を取って”という指示で発生する“赤い玉に手の届く位置”という暗に含まれるものがある。本稿ではまず明示的に現れる制約について取り扱う。

日本語において空間を明示的に表現する役割を果たすのは空間名詞である。ここで空間名詞とは日本語語彙体系 [3] において“空間”として分類されている名詞のことである。この空間名詞それぞれについてその概念を考察し分類をすべきであるが、その数が膨大であることや空間名詞と組み合わせられて利用される空間辞や動詞によってその概念が変化することがあるため対象とする空間名詞を絞ることにした。

過去5年間の新聞より“XのY”という形の表現を抜き出し、Yの位置にどのような空間名詞が使用されているかを調べた [3]。そこから得られた空間名詞を整理した結果、70個の空間名詞が抽出された。

次に空間名詞の分類を行った。空間名詞はある特定の領域を指し示すものであるが、その領域によって分類を行うことができる。参照物体に対する位置によって大きく二つに分類ができる。物体の一部を指し示すものと、物体の外部を指し示すものである。“机の端”という表現

は、机の中の特定の一部分を指し示している。一方“机の近く”という表現は机から離れた周囲の空間を指し示している。また、空間名詞の中にはこのどちらの意味も持つものがある。“テレビの正面を拭く”という表現ではテレビの一部を指し示しているが、“テレビの正面に立つ”という表現ではテレビから離れた空間を指し示している。

物体の外部を指し示す空間名詞はさらに二つの分類が可能である。方向に対する指向性が強いものと、物体からの距離に対する指向性が強いものである。“机の右”では、机を中心として右に向かう方向軸に沿った空間がもっともらしい。それに対して“机の近く”では机からの距離が重要であり、方向は関係しない。

それぞれの空間名詞が上で述べた3つのどの性質を持つのかについて分類を行った。結果については [4] に詳しく述べられている。

3. ポテンシャル関数

初めに述べたように空間名詞は漠然とした領域を指し示している。つまり、“前”という領域はただ一点ではなく、その候補は無数にあるということである。その候補から我々ももっとも適切であろう位置を選び出している。この適切である度合いをポテンシャルと呼び、各空間名詞についてポテンシャル場についての考察を行った。ポテンシャルは連続的に変化し、もっとも適切な位置から徐々に減衰をしていく。このようなポテンシャル場を表現するためポテンシャル関数を定義した。

ポテンシャル関数は次の二つの条件を満たすように定義される。一つ目は微分可能でなければならない。これは連続的にポテンシャルが変化していることを表し、最急降下法を用いてポテンシャル最大の地点を探すことを可能にする。もう一つはポテンシャルの最大値は1、最小値は0とすることである。この条件により、ポテンシャル関数を掛け合わせることで複数の空間名詞の積によって指示される空間を表現することができる。また、“前でない”というような否定のポテンシャルも計算することが可能である。これら二つの演算を組み合わせることで“右か左”というような和のポテンシャルも計算することができる。

ポテンシャルモデルを導入する最大の理由は、状況に応じた解釈が可能になるという点である。同じ“前”という表現であっても、我々の視線やエージェントの位置、他のオブジェクトとの関係によって様々に変化する。“机の前”について、最初からある一点を“前”として決めていた場合では状況の変化には対応できない。例えば机の前に椅子があり、決められている一点に重なっていた場合エージェントはこの時点で“机の前”に移動することはできなくなってしまう。一方ポテンシャルモデルでは、椅子が存在する空間を除いた“机の前”ポテンシャル場において最もポテンシャルの高い地点を探すこ

[†]東京工業大学 情報理工学研究所

とで移動できる“机の前”を見つけることができる．このようにポテンシャルモデルを用いることにより空間の状況を考慮しながら柔軟に解釈を行うことができる．

3.1 物体の一部を指し示す空間名詞

物体の一部を指し示す空間名詞では，ある理想的な部分が物体の一部に存在しその部分のポテンシャルが最も高くなる．そこから離れるに従って理想とは異なってくるためポテンシャルは減少していく．“机の前部”のポテンシャル関数を式 1 に示す．

$$f = e^{-al^2} \quad (1)$$

“机の前部”は机の前方を向いた面が最も理想的な部分であり，その面からの距離によってポテンシャルが減少する． l は面からの距離， a は定数である．

理想的な部位は面である場合もあれば，点や辺である場合もある．“机の角”では理想的な部分は点であり，“机の縁”では辺が理想的な部分となる．それぞれの場合のポテンシャルの等値面を図 1 に示す．

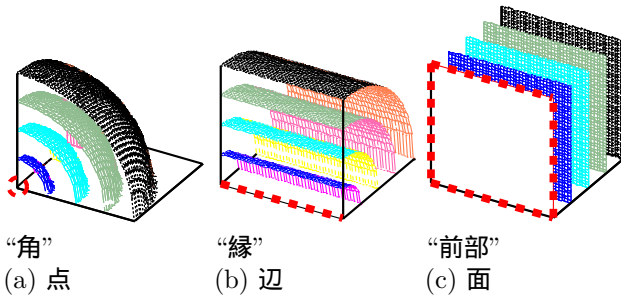


図 1: 物体の一部を指す空間名詞の等値面

3.2 物体の外部を指し示す空間名詞

3.2.1 距離指向性の空間名詞

物体からの距離に影響される空間名詞では，物体の表面からの距離をパラメータとしたポテンシャル関数となる．その形を式 2 に示す．

$$f = e^{-b(l-d)^2} \quad (2)$$

l は物体表面からの距離である．物体の表面は複雑な形をしているため，ここでは凸包体を考えてその面からの最短距離をパラメータとした． d は，物体からどれくらい離れているときに最も適切であるかを定める定数であり，空間指示語によって異なる．“そば”という空間名詞の時は $d = 0$ であり，“近く”に対しては正の値を持つ． b はポテンシャルの減衰を決定する定数である．

図 2 に“そば”を表すポテンシャル関数の等値面を示す．

3.2.2 方向指向性の空間名詞

物体からの方向に影響される空間名詞では，方向軸上の領域が最もポテンシャルが高くなる．その方向からずれるほどポテンシャルは減少する．他の方向軸との中間

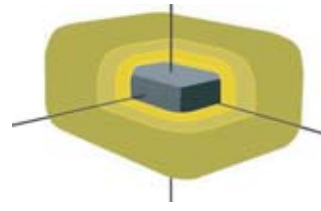


図 2: “そば”のポテンシャル関数の等値面

地点でもう一つのポテンシャルとの大きさが入れ替わるようにポテンシャル関数を定義する．箱の“前後上下左右”の各方向のポテンシャルの大きさが入れ替わる平面を図 3 に示す．この平面を境にして各空間におけるポ

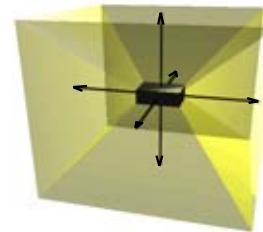


図 3: “前後上下左右”の境界面

テンシャル最大となる空間名詞が変化するということがある．

“右”に対応するポテンシャル関数を式 3 ，図 4 に示す．

$$f = e^{-((\frac{x}{C+A}-A)^2 + (\frac{y}{B+A}-A)^2)} \cdot g(x) \quad (3)$$

$$g(x) = \begin{cases} 1 & (x \geq A) \\ e^{-c(x-A)^2} & (x < A) \end{cases}$$

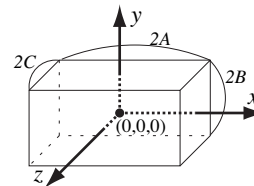


図 4: “右”のポテンシャルの定義

このポテンシャル場の等値面は図 5 のような形になる．

なお，ここでは“前後上下左右”には対象鏡映軸と呼ばれる方向軸の定義を用いたが，このほかに物体固有軸，自己参照軸という定義が存在する．どの定義を使用するかについての選択方法については本稿の範囲を超えるために取り扱わない．

3.3 合成

実際の対話において複数の空間名詞から同時に制約を受ける場合は多く存在する．複数の空間的な制約を受けると理想的な地点は単独で使用された場合とは異なってくる．従って，あらかじめ一点のみを決定しておくこと

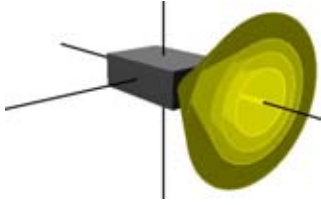


図 5: “右” のポテンシャルの等値面

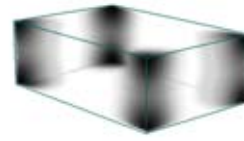


図 6: “角” のポテンシャル場

では対応ができない．本稿で提案しているポテンシャルモデルは漠然性を持っているためそれぞれのポテンシャル場を合成することで新しいポテンシャル場を生成し，各空間的制約をそれぞれある程度満たしている理想的な地点を求めることができる．

図 6 は直方体の“角”についてのポテンシャル場である．色が濃くなっている部分ほどポテンシャルが高いことを表している．図 7 は“前部”についてのポテンシャル場である．“前部の角”を掴みたい場合，この二つのポテンシャル場を掛け合わせて新しいポテンシャル場を計算する．図 8 は二つのポテンシャル場を合成した結果できる新しいポテンシャル場の様子である．

図 9 は直方体の“そば”についてのポテンシャル場である．直方体を囲むようにポテンシャル場が広がっている．図 10 は“右”についてのポテンシャル場である．右方向のベクトルを中心に広がっていく形をしている．これらを合成して“右のそば”というポテンシャル場を生成し，図 11 に示した．例えば“机の右に立つて”といった場合で，暗に机のそばに立つことが要求されているときはこのポテンシャル場が用いられる．

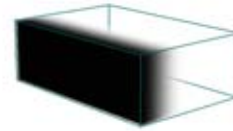


図 7: “前部” のポテンシャル場

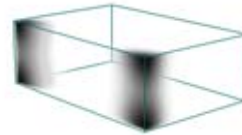


図 8: “前部の角” のポテンシャル場



図 9: “そば” のポテンシャル場

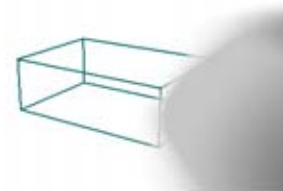


図 10: “右” のポテンシャル場



図 11: “右のそば” のポテンシャル場

4. まとめ

本稿では，自然言語における空間名詞についてその空間名詞が物体の一部を指し示しているのか，それとも外部を指し示しているのかについて分類を行った．また，外部を指し示す空間名詞については距離指向性であるか方向指向性であるかについてさらに分類を進めた．そしてそれらの性質ごとにポテンシャル関数を定義し，自然言語の漠然性を数値的に取り扱うための仕組みを提案した．ポテンシャルモデルを用いることにより，状況に応じた柔軟な解釈が可能となった．

今後はエージェントシステムへの実装を進め，多くの空間名詞を取り扱えるように改良を加えていく．

参考文献

- [1] N. I. Badler, M. S. Palmer, and R. Bindinganavale: “Animation control for realtime visual humans”, *Communication of the ACM*, 42(8):65-73. 1999.
- [2] R. Bindinganavale, W. Schuler, J. Allbeck, N. Badler, A. Joshi, and M. Palmer: “Dynamically altering agent behaviors using natural language instructions”, In *Autonomous Agents 2000*, pages 293-300.
- [3] 池原 他 (NTT コミュニケーション科学研究所 監修): *日本語語彙体系*, 1997 年
- [4] Takenobu TOKUNAGA, Tomofumi KOYAMA, Suguru SAITO, Masayuki NAKAJIMA: “Classification of Japanese Spatial Nouns”, *LREC*, 2004