

仮想空間における位置関係の表現

八嶋 栄美子[†] 齋藤 豪[‡] 奥村 学[‡] 中嶋 正之[†]

[†] 東京工業大学 情報理工学研究科

[‡] 東京工業大学 精密工学研究所

Abstract

我々人間が様々な行動をする際の知識獲得プロセスを研究する実験環境として、仮想空間内に様々な物体を配置し、仮想空間の状態をシンボル化して知識として得ることを考える。このとき、物体の位置を座標の数値として得たのでは不十分である。例えば「前にある」、「中に入っている」といった我々が日常利用している位置関係のシンボルの記述法が望ましい。本研究では、仮想空間内の物体の幾何学的な物理量から基礎関数を定義し、それらを組合せ、さらにパラメータによる漠然性を導入した位置関係を表現する手法を提案する。

Expression of Relative Location in Virtual World

Emiko YASHIMA[†] Suguru SAITO[‡] Manabu OKUMURA[‡] Masayuki NAKAJIMA[†]

[†]Graduate School of Information Science & Engineering, Tokyo Institute of Technology

[‡]Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology

Abstract: For experimental environment to study a knowledge acquisition process, we prepare virtual world including various objects. To obtain the state of this virtual world as symbolized knowledge, it is insufficient to use the positions of objects as a numerical value of coordinates. It is expected to obtain the description of relative location using the words “in front of” or “inside” and so on. In this paper we propose to define basic functions from the geometrical physics of the objects in virtual world and combine them, then express the relative location.

1 はじめに

我々人間が様々な行動をする際、どのような知識を用いて行動しているのか。この問題に関して、人間が知識を獲得したり、思考したり、学習する過程をエージェントにシミュレーションさせることで解決するといったアプローチでの研究が行われてきた [1]。このような研究の多くは初期においては現実世界に存在するロボット型エージェントで行われていたが、近年は仮想空間内を利用した研究が多く行われるようになった [2]。ロボット型エージェントに必要な動き回りのための機械制御や、視覚センサからの画像認識技術は仮想空間に存在するエージェントには必要ないという利点があるためである。

命令に従って自律的に行動するエージェントの研究では、自然言語の構造をもとにした何らかのシンボルが入力される。このような入力には物体の位置やエージェントの移動方向を指示するために空間や位置関係を示す語句が多く含まれている。例えば「机の上に本を置け」や「椅子の右に立て」などである。そのため、エージェントが入力された空間指示を解釈するには CG による仮想空間内の物体の三次元幾何データから物体の位置関係をシンボル化する必要がある。また、このようなシンボル化された知識を蓄えていくと、様々な物体の配置に用いられている何らかのルールを導き出すことができる。例えば机と椅子の位置関係、本と本棚の位置関係などである。これらの配置例を学習することで世界の配置ルールや、常識を知ることができ、

部屋の片付けをする、物を探すということも可能になると考えられる。

本稿では、エージェントが知識を獲得するプロセスの第一歩として、仮想空間内に存在する物体の三次元幾何データから物体の位置関係をシンボルとして表現する手法を提案する。

2 空間概念の解析

エージェントが物体の配置ルールを導出するためには、空間内の物体の位置関係をシンボル化し、知識として蓄えることが必要となる。物体の幾何データから位置関係をシンボル化するには、空間的な関係を表現する語句の分析が重要となる。なぜなら、言語は概念体系に強く影響を受けているからである。このような解析に取り組んだ研究として、Herskovits による英語の前置詞の解析 [6] がある。Herskovits は空間的な領域を線や点、表面の世界、包含、接触、交差などの明確に定義された関係を持つ理想的な世界で定義されると仮定することにより、空間的な位置関係を表す語句を物理的に解釈しようとした。しかし、人間が常識的に持っている空間概念を表す語句には漠然性が含まれており、物理的な値から明確に定義することはできないという問題もある。そこで、一度明確に定義された位置関係に漠然性を取り入れるために、連続的に変化する存在の可能性を表現するポテンシャルモデルを導入した研究 [4][5] が成されている。

本研究では日本語による空間指示語を用いて位置関係を表現する。英語と日本語における空間表現の定義は異なる場合もあるため、日本語の空間指示語にそのまま解釈を当てはめることはできないが、大域では一致する部分もあるため、Herskovits の解釈を利用する。

次節以降では、方向指示語、位置指示語の定義について説明する。

2.1 方向指示語

方向を示す空間概念を定める基準として、対象物体は自身の中心を原点とする 6 つの半直線の軸、すなわち前後、左右、上下それぞれの方向軸を持つとする。上下の方向軸は多くの場合は重力の働く方向によって決まるため、鉛直上下の方向に定めた軸を基準に上下の位置関係を決定できる。前後、左右の方向軸の決定は観察者の位置や対象物体の性質に依存するため、いくつかの場合に分けられる。

以下にそれぞれの場合を説明する。

- 観測者から見た方向を指す場合、観測者の視点を原点とし、視線方向を前とする方向軸を定める (図 1(a))。
- 観測者に対面した対象物体を基準とする方向を指す場合、対象物体の中心を原点とし観測者が持つ方向軸を鏡映順にした方向軸を定める。例えば、「箱の前/右にりんごがある」という位置関係では、箱の中心を原点として観察者の方向を前とする方向軸により「箱の前/右」を定める (図 1(b))。
- 観察者の位置にかかわらず、対象物体がもつ性質から方向軸が決まる場合がある。例えば「テレビの前に本がある」という位置関係では、テレビの中心を原点としディスプレイがある方向を前とする方向軸を定め、前方向の軸によって「テレビの前」を定める (図 1(c))。

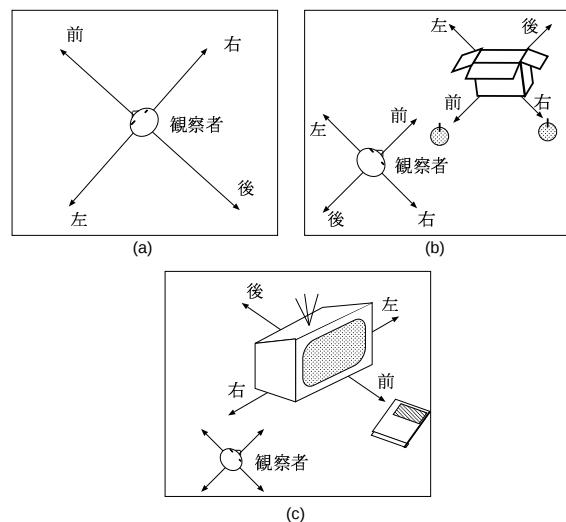


図 1: 方向軸の決定

ある物体がどの方向にあるかはこれらの 3 つの場合それぞれの基準を用いて表現することができる。3 つの場合の中でどの表現が適切かは物体との距離や物体自体の性質による。今回は観察者から見た方向指示、対面物体からの方向指示を扱い、物体自体の性質についての解析が必要な物体固有の方向軸を基準にした方向指示は扱わないことにする。

それぞれの方向軸を基準に物体の方向を表現する際、「右」と言えば右方向の軸上に位置する物体

のみでなく、少し外れた物体でも「右にある」と言える。この漠然性は、文脈や個人の解釈によって変わる。本研究では、方向軸上にある場合を最もその方向にある確実性が大きいと判断し、軸から離れるに従って確実性が小さくなるようなパラメータを考える。また、観察者や対象物体から距離が大きくなるに従って確実性が小さくなるパラメータも導入する。

2.2 位置指示語

位置指示語には「中に入っている」「上に乗っている」「近くにある」などが挙げられる。そのうち「中に入っている」という位置関係の理想的意味は「対象の幾何物体が他の一、二、三次元幾何物体に包み込まれている」状態である [6]。例えば「箱の中にボールが入っている」場合は、ボールが箱の三次元内部空間に包含されていることを意味しており、「庭の中に木がある」場合は、庭を二次元平面でとらえ、その領域内に木が包含されていることを意味する。

三次元空間で「中に入っている」という位置関係を扱う場合は、先の解釈によると 2 つの対象物体のうち一方が他方の物体を三次元内部空間に包含できる凹型領域を持っている、つまり「入れもの」であるという前提条件が必要である。しかし、「入れもの」であることを判断するのは用途や経験などの知識を必要とし、形状のみからの判断は困難である [3]。そこで本研究ではあらかじめ凹型領域を設定しておき、さらに追加条件として、包含されていることを内側の物体からの外向き 6 方向の視界により判断する手法を提案する。外向き 6 方向の視界の領域内で、物体にさえぎられて外が見えない領域の割合からどれだけ囲まれているかをパラメータとして導入し、「中に入っている」かどうかを判断する。

3 仮想空間の構築と基礎関数

前章の空間概念の解析を仮想空間内の物体に適用する。

仮想空間の構築には VRML (Virtual Reality Modeling Language) を用いる。VRML には物体の基本部品、頂点、色などの三次元幾何データが記述されている。エージェントはこれらの幾何データを知ることができるものとする。これらの幾何データから仮想空間や物体の普遍的で絶対的な物

理量を得ることができる。この物理量を計測する関数を基礎関数と呼ぶことにする。

3.1 基礎関数の定義

物体の幾何データを入力とする基礎関数を定義する。

基礎関数は組み合わせることにより上層の基礎関数を定義することができる。以下に組合せに用いられる最も下層の基礎関数を挙げる。

1. 物体の頂点
2. 物体の大きさ
3. 物体の位置
4. 物体間の距離
5. 視点の位置
6. 視線ベクトル
7. 視点から物体へのベクトル
8. 物体の凹型領域

物体の大きさは、物体を囲む最小の直方体で定義する。この直方体をバウンディングボックスとする。物体の位置はバウンディングボックスの中心によって定義する。物体間の距離は中心間の距離である。

方向指示語を含む位置関係は 5、6、7 の基礎関数を組み合わせて方向軸を定め、方向軸と 7 のベクトルのなす角を計測することにより定義する。また、「中に入っている」という位置関係は外側の物体、内側の物体それぞれの 2、3、8 の基礎関数を組み合わせて定義する。物体 A が物体 B を基準にどのような位置関係になるかを知るための基礎関数の組み合わせは図 2 のようになる。

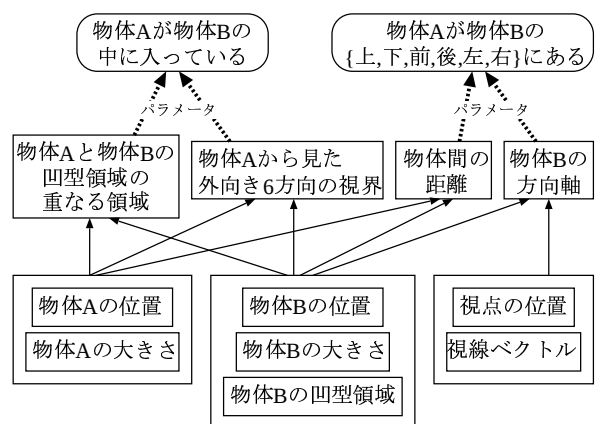


図 2: 基礎関数の組み合わせ

4 実験およびその結果と考察

実験用に様々な家具を配置した部屋の VRML ファイルを用意した (図 3)。(a),(b) は同じ部屋を異なる視点から見たものである。今回の実験では方向指示語の解析を実装し、視点 1 と視点 2 について実験を行った。実験結果を以下に示す。

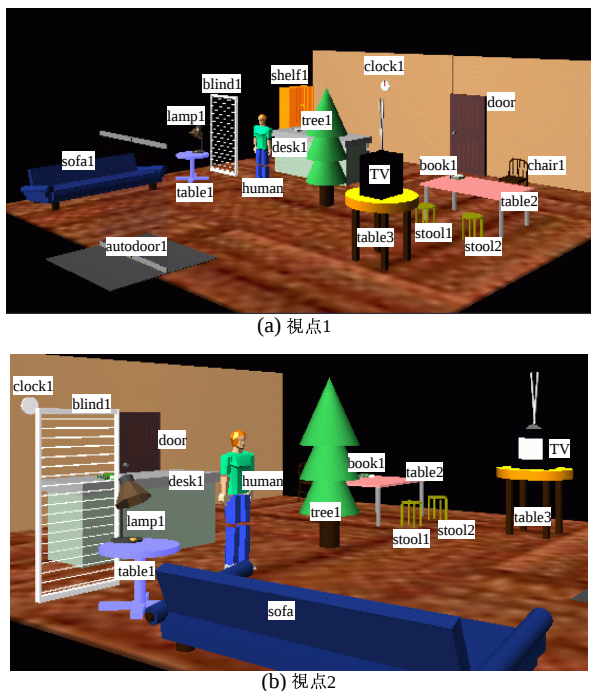


図 3: 実験用データ：部屋

部屋の中の家具の位置を出力させた結果の一部が図 4(a),(c) である。また、文章による位置関係の表現をわかりやすくするため、配置グラフに書き換えたものが図 4(b),(d) である。これらの結果は、複数考えられる正しい位置関係の表現のうちの 1 つを表しており、また異なる視点での出力結果に位置関係が異なっているところがある。このように、視点に依存した位置関係の表現を実現できていることが明らかとなった。

5 おわりに

本研究では、仮想空間内の物体の場所を位置関係の言語表現を用いて表す手法を提案し、空間表現の解析を実装したシステムを構築した。実験結果より、視点に依存する位置関係の表現を実現できていることがわかった。しかし、このような視点依存の

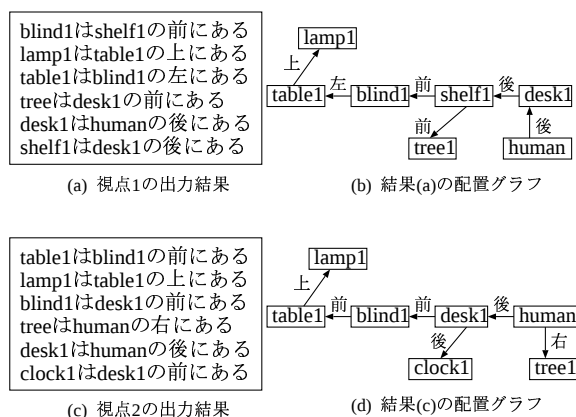


図 4: 実験結果と配置グラフ

表現は部屋の家具の配置ルールを学習するには都合が悪い。例えば机の前には椅子があるという配置ルールを知りたい場合、視点によって位置関係が変わってしまえば学習するための知識としては使えない。そこで、今後は物体の配置ルールを学習するために、物体固有の方向軸を定義する手法を考察し、視点に依存しない位置関係も表現できるよう改良を加える予定である。

参考文献

- [1] 大須賀節雄 “人工知能研究の進め方”, 人工知能学会誌, Vol.11, No.3, 1996 年 5 月
- [2] R. Bindiganavale, W. Schuler, J. Allbeck, N. Badler, A. Joshi, and M. Palmer “Dynamically Altering Agent Behaviors Using Natural Language Instructions.” Autonomous Agents 2000, pp. 293-300, June 2000
- [3] J.K.Kalita, N.I.Badler “Interpreting prepositions physically”, AAAI-91 Proceedings Ninth National Conference on Artificial Intelligence, Vol.1 pp.105-110, July 14-19 1991
- [4] 山田, 西田, 堂下 “二次元平面におけるポテンシャルモデルを用いた位置関係の推定” 情報処理学会論文誌, Vol.29, No.9, pp.824-834 1988 年
- [5] 山田, 網谷, 星野, 西田, 堂下 “自然言語における空間描写の解析と情景の再構築” 情報処理, Vol.31, No.5, pp.660-672 1990 年
- [6] Herskovits, A. “空間認知と言語理解” 堂下 修司, 西田 豊明, 山田 篤 共訳, ISBN4-274-07676-8, オーム社, 1991 年