

Title	環境の配置の知識に関する理論的考察
Author	天ヶ瀬, 正博
Citation	人文研究. 47 卷 6 号, p.423-444.
Issue Date	1995
ISSN	0491-3329
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学文学部
Description	

Placed on: Osaka City University Repository

人文研究 大阪市立大学文学部紀要
第47巻 第6分冊 1995年37頁～58頁

環境の配置の知識に関する理論的考察

天ヶ瀬 正 博

0 序

この小論では、移動に関わる認知的課題の達成のために、どのように環境の配置関係が知覚され知識として得られているのか、について考察する。知覚は何らかの行為（明確な目的と対象をもった活動）の達成のために情報を得る活動である。したがって、知覚も、そのような目的と対象をもった活動、すなわち、行為である。知覚活動は知覚それ自体あるいは“ものそれ自体”の知覚を目的としているのではない。環境の配置関係の知覚について言うならば、知覚の目的はただ単に環境の配置それ自体を知ることではない。環境に対して何らかの行為をするために、環境の対象物の“配置”あるいは“3次元的空間関係”において必要な特性が知覚されねばならず、また、それだけで十分である。では、移動に関わる認知的課題の達成のために、環境の対象物の配置がどのように知覚され知識として得られなければならないのか。

その考察において、環境の配置についてどのような表現（representation）による記述が可能かについて論じる。表現とは、事物を記述するための形式体系およびその適用規則である（Marr, 1982, p. 366）。この論文では、“表現”ということばによって、内的に存在する外界の写しあるいは対応物 [いわゆる“心的表象（mental representation）”や“心像（imagery）”] を必ずしも意味しない。環境に対する知覚と行動のために生物が外界についての内的な表現を必要とするかどうかはとりあえず問わない。表現を仮定する理由は情報を明確にすることにある。表現は情報を明らかにするための道具として利用することができる。環境の配置それ自体についての完全な記述を得るためにではなく、移動の遂行において知覚されるべき環境の特性を記述し情報を明らかにするために、表現が仮定される。

環境の配置を記述するための表現は移動における認知的課題の遂行特性を基準として考察される。ある特性を記述するためには様々な表現が可能である。それゆえ、ある表現による記述と人間のもつ知識とを、機能的であるにせよ、同等であると仮定するためには、何らかの基準が必要である。その基準として、熟知された環境の配置関係に対して遂行可能な認知的課題を用いる。

1 熟知された環境において達成可能な認知的課題

まず、環境の配置に関する知識を用いて人間がどのような課題を遂行できるのかについて検討する。以下では、知覚と移動のための感覚と運動の器官が通常の機能を維持している成人を議論の前提とする。そして、そのような成人が日常的に歩行によって移動している環境の配置関係に対して遂行可能な認知的課題について論じる。したがって、以下での議論はその他の場合に対して必ずしも一般化されうるものではない。

環境の配置に対して遂行可能な認知的課題として、方向判断と地図描画とを採り上げる。これらは、認知地図に関する仮説を立てる上で重要な事実として考えられてきた。そして、物理的な地図と同型 (isomorphic) の絵のような心的イメージの存在がしばしば仮定されてきた (例えば, Levine, Jankovic, & Palij, 1982)。この仮定の是非はともかくとして、確かに、これらの認知的課題の遂行特性は、環境の配置に対する知覚あるいは知識の性質について有用な示唆を与える。

1.1 熟知された環境における目的地の方向判断

第一に、熟知された環境では、現在地から直接見えない目的地の方向判断がある程度の正確さにおいて可能である。天ヶ瀬 (1990) は、大学生に彼らが日常的に熟知している大学内の1室でキャンパス内の各地点の方向判断を行わせた。方向判断の目標となった地点はすべて実験室から直接見ることができなかった。それにもかかわらず、目標地点は、被験者間平均で左右に10度から20度程度の角度誤差で指し示された。

第二に、そのような熟知された環境での方向判断は、その環境内の様々な地点から同等に遂行することが可能である。上述の方向判断実験が行われた部屋は、被験者にしてみれば、熟知している場所のなかから任意に選ばれた

1 地点である。それゆえ、被験者が熟知しているのであれば、その他の地点でからでも、方向判断が同様に遂行可能であると予測される。事実、Levine et al. (1982) は、地点どうしの配置関係が知られていれば、そのなかのどの地点からであろうとその他の地点の方向判断が同等に遂行可能であることを実験によって確かめた。このことから、熟知された環境の配置については、配置内のどの地点においても、その知識が同等に利用可能であることが示唆される。

第三に、熟知された環境での方向判断は、その環境内の任意の地点において課題遂行者がどのような向きをとっていても同等の正確さで遂行することが可能である。これは、配置関係を直接歩いて憶えた場合と直接見て憶えた場合とに当てはまるが、同じ配置関係でも地図を通して学習した場合には当てはまらない (Presson & Hazelrigg, 1984)。Presson & Hazelrigg (1984) は、配置関係を実際に歩いたり眺めたりして憶えた場合、“向きにとらわれない (orientation-free)” 空間知識が獲得されると考えた。向きにとらわれない空間知識では、配置関係の記述が特定の地点において特定の向きをとっている観察者によって決定されるような方向と距離に基づいていない。例えば、ある物体の形状について向きにとらわれない知識が得られているならば、その物体が観察点に対していかなる向きをとってしようと、逆に言えば、その物体をいかなる方向から観察してしようと、その物体を同定できる。このような知識が形状または配置についての向きにとらわれない知識である。

1.2 熟知された環境の地図の描画と正誤判断

第四に、熟知した環境の配置については、それに関する知識だけを用いて、地図を描くことが可能である。ただし、そのような地図は現実の環境の配置に対して厳密ではなく、多くの場合配置関係の歪みや欠落が認められる。実際、地図に描かれる地理的対象物 [地理的目印 (landmark) や通路 (path) など] の種類 (省略や強調)、描かれている配置関係の歪みが、これまで研究されてきた (例えば、Lynch, 1960)。また、幼児や地図を描く習慣のない文化においては、熟知した環境の配置であってもその地図を描くことは困難であろう。しかし、ここで重要なことは、訓練が必要とされるにしても、現実の環境の配置とおおむね対応する地図を描画できるということである。環境の広い範囲にわたる配置は、通常、地上における移動によって知覚されなければならない。地図描画では、そのような配置が、あたかもその上空の

観察点（とられたことのない観察点）から見られた場合のように、しかも、地上の1地点から見える範囲を越えた広い範囲にわたって、描き出される。

第五に、熟知した環境の地図は、様々な向きで描画可能であり、また、様々な向きで提示されても同等の容易さで読みとることができる。天ヶ瀬（1993）は、大学生に大学キャンパスの配置図を“最も描きやすい向きで”描かせた。実験を行った部屋は大学内の1室であった。被験者たちは、実験条件によって東西南北のいずれかを向いていたが、自身の身体の向きにあわせて異なる向きの地図を描く傾向にあった。すなわち、被験者自身の向いている方角を上にした地図が描かれる場合が多かった。このように、熟知した環境の地図は様々な向きで描くことが可能である。また、地図に描かれている配置関係に誤りがあるかどうかを判断する場合、その地図が熟知された環境の地図であれば、どのような向きで提示されても同等の容易さで判断できる（天ヶ瀬, 1994a; Evans & Pezdek, 1980）。天ヶ瀬（1994a）は、大学生に自身の大学内の3地点からなる相対配置図の正誤判断を行わせた。提示された配置図は、前額平行面上で視線を軸として60度ステップで0度から300度までの6種類の回転を加えて提示された。正誤判断に要した時間と誤判断数は、6種類の向きにおいて、一貫した傾向を示さなかった。

1.3 環境の配置について達成可能な認知的課題からの示唆

これらの認知的課題の達成のために、環境の配置についてどのような知識が必要であるのか。第一、第二、第四として挙げられた認知的課題の遂行様式から、物理的な地図と同型な心的イメージ（絵的イメージ）が想起され課題遂行のために用いられると考えられるかもしれない（Levine et al., 1982）。ただし、そのように考えると、第三、第五の認知的課題の遂行様式（向きにとらわれない方向判断や配置判断）が説明できない。この問題に対して、同一の配置を異なる向きで描かれたような複数の“地図”が知識として得られているのだと反論することも可能であろう。実際、この問題とは異なる観点ではあるが、多重な認知地図（multiple cognitive map）の必要性を説く研究者もいる（例えば、Kuipers, 1983）。

しかし、地図から得られた知識と実際に環境を移動したことによって得られた知識とでは、方向判断などの遂行特性が異なることは多数の実験によって示されている（例えば、Evans & Pezdek, 1980; Thorndyke & Hayes-Roth, 1982; Presson & Hazelrigg, 1984; Sholl, 1987）。とりわけ、地上

に置かれた対象物の配置を単一の観察点から眺めて憶えた場合でも、配置の向きにとらわれない知識が得られることが実験によって示唆されている (Presson & Hazelrigg, 1984; 天ヶ瀬, 1989)。では、配置の向きにとらわれない知識としてどのようなものを仮定できるか。

2 環境の配置を記述するための表現

物体の空間構造（表面どうしの配置関係）を単一の特定の観察点や向きによらずに記述する方法については、これまでいくつかの着想が提出されている。例えば、限定数の代表的な見え方による記述方法 (Koenderink & van Doorn, 1979) や基準となる座標系による記述方法 (Marr, 1982) がある。これらはいずれも物体における表面の配置を記述する方法であるので、これらが移動の対象となるような環境の配置の記述にも適応可能であるかどうかについて検討する必要がある。

2.1 視覚ポテンシャル：代表的な見え方とそのつながり

Koenderink & van Doorn (1979) は、限定数の代表的な見え方どうしの隣接関係を示したグラフ [“視覚ポテンシャル (visual potential)”] が物体の形状の記述として利用できることを示した。観察点は物体に対して無数に存在する。それゆえ、物体には無数の見え方が存在する。しかし、それらを定性的に分類すると、原理的には限定数の代表的な見え方に分けることができる。例えば、四面体ならば、見え方は、パースペクティブによって歪みの程度に違いはあるものの、次の3つに分類できる。すなわち、1つの面だけが見える場合、1つの辺を挟んで2つの面が見える場合、1つの頂点をめぐって3つの面が見える場合である。そして、四面体には、4つの異なる面、6つの異なる辺、4つの異なる頂点があるので、代表的な見え方は14個ということになる。(同様にして、六面体には、代表的な見え方が26あることになる。) それらの代表的な見え方どうしは、観察点の連続的な変化にともなって、ある代表的な見え方から他のどの代表的な見え方へと変化するかによって関係づけることができる。このことに基づいて、それぞれの代表的な見え方を節点として、それらを枝で結んで、グラフを作る。このグラフは物体の“形状”の記述として利用できる。

この表現の利点は、まず、物体の“形状”や環境の“配置”を見え方だけ

によって記述できるということである。後に見るような座標系による物体の形状の記述とは違って、基準となる軸や原点を見出したり設定したりする必要がない。この表現によって移動経路を記述することは可能である。いったん学習した経路を再び同じようにたどるためには、実際に得られた見え方とその関連だけによる記述が知識として得られていれば十分である。また、それによって、移動の遂行に適切な経路と不適切な経路を弁別することも可能であろう。それゆえ、迷路学習のような課題の達成には、迷路に対する視覚ポテンシャルによる記述が知識として獲得されると仮定してもよいであろう。

しかし、このような表現によって、環境の配置の完全な記述を得ることはきわめて困難である。この困難さは、複雑な空間構造に対して限定数の代表的な見え方を定義することにある。これは単に技術的な問題かもしれない。しかし、現在地から見えない目的地の方向判断やとったことのない観察点からの環境の見え方の描画（例えば、鳥瞰図の描画）を遂行するためには、見え方だけによる知識は適さない。さらに、前述されたように、向きにとらわれない空間知識は、地上に置かれた対象物の配置を1つの観察点から眺めて憶えた場合にも獲得可能である（Presson & Hazelrigg, 1984; 天ヶ瀬, 1989）。それゆえ、熟知された環境の配置に関する知識としては、観察点や見え方によるよりも、座標系のような表現による配置の記述と機能的に同等な知識を仮定するほうが適している。

2.2 3次元モデル：物体中心座標系とモジュール体制

次に、Marr (1982) の“物体中心座標系 (object-centered coordinate system)”による表現について検討しよう。Marr (1982) は、物体の形状を観察点によらずに記述するために、様々な物体自体がもつ軸あるいは基準座標系（物体中心座標系）によってその物体の形状を記述する方法を示した。例えば、ヒトの直立した身体全体は、極めて大雑把に、頭頂から踵を貫く軸を中心とした筒形 (cone) として記述することができる。また、腕や脚などの各身体部位は、それぞれ、その長軸を中心とした筒形として記述することができる。そして、そのような各部位の空間配置は、各部位の軸が身体全体の軸に対してもつ付随関係によって記述することができる。同様にして、手については、手首から指先を貫く手全体の軸に対する掌の軸と各指の軸との関係によって、その形状を記述することができる。ここで重要なことは、手の形状の記述が身体全体の軸によってではなく、手独自の軸によって記述

されることである。

このことは人体の形状のモジュール体制 (module organization) に基づいている。人体の形状は、その部位や部分を“モジュール”として、全体からより細部へと階層的に分解できる^(註1)。そして、それぞれの部位や部分の形状がそのモジュールでの基準軸とその構成要素の軸との関係によって記述できる。人体の形状記述はこのような多数のモジュールによって体制化される。モジュール体制と基準座標系からなる表現 (3次元モデル表現) による形状の記述は、人体に限らず、様々な物体の形状に適用することができる (以上, Marr, 1982, pp. 298-309を参照)。

モジュール体制によって物体の形状を記述することには様々な利点がある。まず、モジュール体制による表現では、部分における空間関係と全体における空間関係を分離して記述することができる。また、その双方における構成要素をとともに含めて記述することもできる。したがって、必要に応じて形状の記述の精度を変化させることができる。例えば、人差し指の空間配置を、手全体の軸との関係によって記述することもできれば、それと独立に、身体全体の軸やその他の身体部分との関係によって記述することもできる。腕の形状だけに関する記述を先に得た場合でも、その後で、人体全体の形状の記述にそれを組み入れることができる。逆に、個々の部位や部分の詳細な記述なしに、人体の全体的な形状を粗く記述することもできる。全体と部分というモジュールの階層的な性質によって、人体全体の粗い記述からより細かい部分も含めた記述まで段階的に記述の精度を変化させることができる (以上, Marr, 1982, pp. 306-307を参照)。

さらに、各段階あるいは各部分のモジュールにおける形状の記述が知識として得られていれば、その形状の再認において次のことが可能である。すなわち、記述の様々な精度 (粗さの水準) での形状の再認と弁別、より粗い水準での形状の再認からそのより下位のモジュールにおける構成要素の空間配置を“デフォルト (default)”として得ること、逆に、部分の形状の再認からそれを含む全体的な形状に関する情報を得ることである。これらのことは、このそれぞれにおいて関連する記述に検索あるいは読み出しのための“指標 (index)”が与えられていれば可能である (以上, Marr, 1982, pp. 318-321を参照)。

このような仕方で地理的な配置を記述する場合に、まず問題となるのは、地理的配置にどのような基準座標系が設定できるかということである。ある

物体の形状を記述するために利用できる自然な軸は、形状の伸長や対称性などのその物体がもつ顕著な幾何学的特性によって決定される (Marr, 1982, p. 303)。確かに、地理的配置についても、顕著な幾何学的特性がある場合には自然な軸を決定できる。ただし、環境の配置自体が明確な境界をもち、かつ、その輪郭が顕著な幾何学的特性をもっているか、あるいは、境界内に配置の軸や中心となるような地理的特徴 (河川, 道路, 線路など) があるかしなければならない。しかし、このように基準となる軸や原点が簡単に決定できるのは極めて限られた場合であろう。また、できるにしても、上空からその配置全体を見渡さなければならない。さらに、物体の場合とは違って、環境の配置の場合、観察点はその内部に存在するので、配置の記述における座標系の基準軸 (あるいは、原点) と観察点が一致する場合がある。それゆえ、基準軸あるいは原点をもつ座標系による記述を環境の配置の知識として仮定すれば、配置内での場所によって方向判断の遂行特性に違いを生じることになる。しかし、実際には、前述されたように、熟知された環境においては、既知のいかなる場所においても同等に方向判断が可能である。

これらの問題を解決するためには、Marr (1982) が示すような一般的な3次元モデルのための表現よりも、より限定的な状況や限定的な課題の達成に関わる環境の特性を記述するための表現を考えるほうがよい。ここで考える必要があるのは、物体の形状を完全に記述するための表現ではなく、移動に関わる環境の配置の特性を記述するための表現である。そのような表現による記述は、地上での観察からの情報によって得られなければならない。また、方向判断や地図描画などの認知的課題の達成を可能にする知識と機能的に同等であるとみなせなければならない。

2.3 環境中心表現：大地面と対象物の表面との関係

Sedgwick (1983) は、Gibsonの大地説あるいは配置の理論 (Gibson, 1950; 1966; 1979) から示唆を得て、対象物の表面と大地面との関係によって表面の配置を記述することを提案した。彼は、そのような記述に用いられる表現を、物体中心座標系による表現に対して、“環境中心表現 (environment-centered representation)” と呼んだ。彼自身のことばを用いれば、環境中心表現は、“表面の配置に関する空間情報を、その表面が固定的な環境に対してとっている関係によって明示する (specify)” (Sedgwick, 1983, p. 428)^(註2)。例えば、ビルの壁面は、環境中心表現によれば、大地

面上のある位置において大地面に対して直角をなして付随している表面として記述することができる。彼は、環境の眺望においてどのような情報が環境中心表現を可能とするのかについて分析を行った。

Sedgwick (1983) によれば、環境中心表現は“遠近法構造 (perspective structure)”からの情報によって“直接”導くことができる。彼の言う遠近法構造とは、包囲光配列 (ambient optic array) における様々な表面の消失線 (horizon) および様々な直線の消失点 (vanishing point) の配列関係である^(註3)。特に、様々な表面の消失線 (または、消失点) の配列関係は、それらの表面どうしの配置関係についての情報となる。いかなる表面どうしであろうとそれらが3次元空間内において平行関係にあるならば、包囲光配列内のそれらの消失線は同一である。逆に言えば、包囲光配列内において同一の消失線をもつ表面どうしは3次元空間内において平行関係にある。また、消失線は無限遠にあるので、ある表面の消失線と観察点を結ぶ線 (消失線への視線) はその表面と平行関係にあると考えてよい。

それゆえ、包囲光配列内において様々な表面の消失線を見出すことによって、それらの表面の配置関係を知覚することが可能である。例えば、2つの表面の消失線が平行である場合、それぞれの消失線と観察点を結ぶ2つの線がなす角度 (視角) は、それら2つの表面がなす角度に等しい。また、2つの表面のそれぞれの消失線が交わっている場合、その角度はそれらの表面がなす角度に等しい。したがって、ある表面の大地面に対する配置 (環境中心表現) は、大地面の消失線 (地平線) とその表面の消失線との関係によって直接特定することができる (図1参照)。さらに、このような遠近法構造の重要な特性は、消失点および消失線が無限遠にあるので、それらが観察者の有限の移動に対して不変なことである。

遠近法構造はほとんどの場合光学的配列内に明確に現れないので、問題はいかにしてそれを見出すかである。ただし、遠近法構造は、常に、環境内の様々な表面や線の見え方 (厳密には、光学的配列) の遠近法的属性に影響を及ぼしている。それゆえ、遠近法構造は包囲光配列内に存在する構造によって暗示されている (implicit) と言える。したがって、まず、表面の消失線はその表面上に存在する線分どうしまたはキメ要素どうしの包囲光配列での遠近法的関係によって見出すことができる。また、移動しながら表面を観察することによって、その表面の消失線を見出すことが容易になる。例えば、1本の直線があったとして、その消失点は、移動しながら観察することによ

でも変化することなくその線が指し示し続ける方向にある。それゆえ、少なくとも表面上に2本の平行でない直線があれば、その表面の消失線を見出すことができる。なぜなら、移動によってそれぞれの線の消失点が見出されれば、それら2つの消失点を含む直線とその表面の消失線として見出すことができるからである。また、表面上には、無数のキメ要素が散らばっているの
で、移動によって表面の消失線を見出すことは可能である^(註4)。さらに、環境中心表現の基準となる大地面の消失線（地平線）には特別な性質がある。大地面は水平（重力軸に直交）であり、地平線は包囲光配列内において常に目の高さにある。それゆえ、たとえ暗闇においても、視覚以外の自己受容知

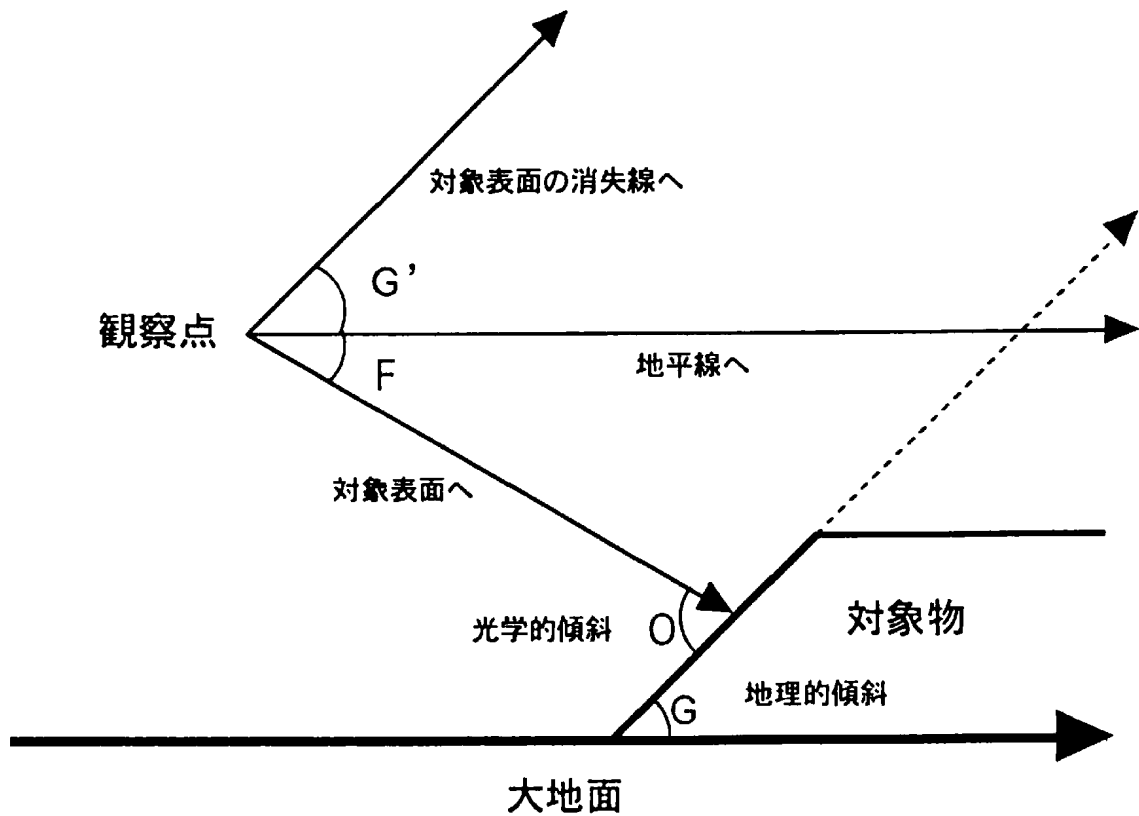


図1 地平線，対象表面，対象表面の消失線，それぞれへの視線の関係
地理的傾斜は大地面に対する対象表面の傾き，光学的傾斜は視線に対する対象表面の傾きである。Gは地理的傾斜の角度，G'は対象表面の消失線への視線と地平線への視線とがなす角度，Oは光学的傾斜の角度，Fは対象表面への視線と地平線への視線とがなす角度である。G = G'，あるいは，G = O - Fという関係によって，地理的傾斜を求めることができる。地理的傾斜はそのまま環境中心表現になる。[Sedgwick (1983)に基づいて作図。]

覚に関する様々な情報から目の高さを特定することによって、地平線を見出すことが可能である。

表面どうしの配置関係を遠近法構造から導くこと、そして、それを環境中心表現によって記述することには、多くの利点がある。まず、Sedgwick (1983) は次のことを指摘している。遠近法構造は3次元空間内での表面どうしの配置関係を直接明示するので、表面どうしの配置関係を導くために複雑な計算を必要としない。例えば、Marr (1982) が物体中心座標系による表現に至る処理段階として設定した“観察者中心 (viewer-centered) 座標系”による表現を必要としない。また、環境中心表現においては、地上に立つ観察者から対象物までの距離、地上での対象物どうしの距離、そして、対象物どうしの相対的大きさに関する情報が、大地面上のキメ要素、地平線、そして、観察点の高さ (目の高さ) などから得られる。

さらに、これらの彼自身の指摘に加えていくつかの利点が上げられる。まず、環境中心表現の基準である大地面は、地上のいかなる観察点であろうと視覚的および非視覚的情報によって明確にすることができる。すなわち、物体中心座標系のように、シーン内でその都度いちいち設定したり見つけ出したりする必要がない。そして、何よりも、環境中心表現は、移動の達成のための知識の表現として適切である。移動は通常大地面上で行われるのであり、移動においては様々な表面の大地面に対する関係が重要である。大地面上に存在する対象物の形状そのものよりも、むしろ、それらの表面が大地面に対してどのような関係にあるかが重要である。さらに、環境中心表現を導くための情報を地上での環境の見え方 (遠近法構造) から得られることが、移動のための知識として環境中心表現が適切であることを示している。

3 環境中心表現の拡張

ただし、Sedgwick (1983) が示した環境中心表現による環境の配置の記述は、方向判断や地図描画などの認知的課題を遂行するための知識として仮定するには不十分である。彼の環境中心表現は単一の表面を大地面との関係で記述することに留まっている。大地面上の複数の対象物のそれぞれの位置を確定しそれらの配置関係を記述するためには、水平方向に何らかの座標系またはそれに替わるものがなければならない。例えば、方向判断にも、地図描画にも、そのような基準系が必要である。

3.1 環境の入れ子構造

環境中心表現における水平方向の基準系として、環境の“入れ子構造 (nesting structure)” (Gibson, 1979) が考えられる。例えば、大地面上には山々に囲まれた平野があり、平野の中には河川で分割された領域があり、その領域の中に市街があり、その市街には幹線道路で区切られた区域があり、その区域には路地があり家々がある。わたしたちの環境にはこのような包含関係を見出すことができる。そして、この包含関係は、上に挙げられた例にあるように、異なる大きさあるいは広さの水準による階層がある。この階層的な包含関係が入れ子構造である^(註5)。ただし、環境の入れ子構造は、実際の入れ子細工とは異なり、多くの場合、ある1つの領域の中に複数の様々な領域が存在する。上述の例で言えば、平野よりも小さい入れ子として河川で区切られた複数の領域がある。このような環境の入れ子構造と各入れ子（領域）の輪郭は比較的固定的である。また、大地面上に広がる対象物どうしの配置関係は、大局的に見れば2次元平面上の配置である。したがって、環境の入れ子構造は、大地面上の対象物どうしの配置関係を記述するための表現として利用できる。

この入れ子構造による表現に、Marr (1982) のモジュール体制による表現と同じ特性を与えることができる。それゆえ、入れ子構造はモジュール体制と同等の利点を有している。まず、環境の配置を様々な精度によって記述することが可能である。つまり、複雑な環境の配置も、必要に応じて単純化することができる。また、現在地から見えない目的地の方向判断も、現在地の見えから現在地と目的地を含む入れ子の記述が知識から得られれば可能である。（モジュール体制において、記述の読み出しのための指標を用いて、部分の形状の再認からそれを含む全体的な形状に関する情報が得られることを思い出していただきたい。）方向判断は、現在地と目的地とがそれら双方を包含する入れ子に対してとっている関係から可能である。さらに、環境中心表現は大地面と入れ子構造を基準とした観察点に依存しない配置の表現である。それゆえ、物体中心座標系と同様に、この表現によって、地図を産出することも可能である^(註6)。

入れ子構造は、物体中心座標系よりも有利な点をもっている。入れ子構造は環境に存在する境界から見出すことができるので、物体中心座標系のように基準軸を計算したり設定する必要がない。環境の入れ子構造において、移動や方向判断にとって適切な入れ子関係を見出し利用すればよい（もっとも、

どれが“適切”であるかの入れ子の選択の問題が存在している)。また、入れ子構造による環境中心表現は、配置内に基準軸ないし座標系の原点をもつ物体中心座標系とは異なり、観察点を包囲する。それゆえ、観察点と座標系の原点が重なるようなことはない。たとえ入れ子の境界上に観察者がいたとしても、入れ子構造に関する情報を参照して方向判断をしなければならないのは、その他の地点と同様である。それゆえ、環境内の様々な地点やそこにおける向きによって方向判断に違いを生じない。以上のことから、入れ子構造は、熟知された環境での認知的課題を達成するための知識として仮定してよいように考えられる。

3.2 環境における異方性

環境には、その入れ子構造自体に形態的な異方性があることに加えて、方位（すなわち東西南北）という異方性がある。このような環境における異方性は環境の配置の記述のために役立つ。環境の様々な領域の輪郭が完全な円形でかつ同心円の入れ子構造をしていることは自然環境においてまずない。それゆえ、環境の入れ子構造自体に異方性がある。また、山側や海側というような異方性もある。さらに、環境には天体の運行や気象現象によって特定される方位が存在する。方位は環境の入れ子構造のうち、最大の入れ子をもつ異方性である。方位の際立った特性として、方位の極が無限遠にあるので、人間の日常的な有限の移動に対して方位が不変であることが挙げられる。したがって、環境の任意の地点を原点として方位系を用いて環境の配置を記述あるいは方向判断することが可能である。すなわち、方位系は、環境の座標系でありながら環境内の特定の地点に原点や軸をとらず、任意の地点において自己を原点とすることができる。このような方位系の特性は、環境内の様々な地点での向きにとらわれない方向判断と可逆的な移動の達成に寄与する。

3.3 環境中心表現の有効性

環境中心表現のこのような拡張が有効であるかどうかについて考える必要がある。まず、この表現が認知的課題の達成を可能にするかどうかである。これについては、既に述べているように、大地面と入れ子構造による環境中心表現は、熟知された環境での認知的課題の達成を可能にする。次に、この表現の“入手可能性 (accessibility)”, “適用範囲 (scope) と唯一性 (uniqueness)”, そして, “安定性 (stability) と感度 (sensitivity)” (Marr,

1982) について考えてみよう。

まず、環境中心表現は入手可能である。環境中心表現の基準となる大地面は、常に、知覚可能である。すなわち、計算によって設定する必要がない。環境の入れ子構造についても、それを構成する様々な領域の輪郭は知覚可能である。さらに、環境中心表現は、包囲光配列内の遠近法構造から直接得ることが可能である (Sedgwick, 1983)。それゆえ、環境中心表現は、入手可能性の基準を満たすと考えられる。

これまで見てきたように、環境中心表現は環境の配置の記述に適用可能である。この場合、注意を要することは、ある表現がある対象特性の記述に適用できるかどうかということだけではない。その表現によって可能となる記述が、現実的な状況での認知的課題あるいは行動的課題の達成のために、必要かつ十分であるかどうか重要である。表現による記述の唯一性についても同様である。物体の形状とは異なり、環境の配置については、様々な配置どうしを弁別する必要はない。むしろ、弁別が必要なのは、配置内の場所どうしである。しかし、場所は必ずしも形状や配置によって区別される必要はない。それゆえ、ある環境の配置を記述する場合、その記述に唯一性はさほど必要とされない。

したがって、また、環境中心表現に感度はさほど必要ではない。環境中心表現における入れ子構造は、モジュール体制と同じく、認知的課題の達成における必要に応じて、安定性と感度の基準を満たすことができる。大まかに目的地の方向を判断するためにはそれほどの感度は必要ではないであろう。方向判断の精度は、目的地に接近するにしたがって環境から得られるより小さな入れ子に関する情報によって向上すると考えられる (天ヶ瀬, 1993)。さらに、位置関係の誤差を修正する場合や記述の精度を上げる場合、入れ子構造による表現では記述において必要な部分だけ修正することが可能である。それゆえ、入れ子構造による表現においては、認知地図を物理的な地図と同型の絵のような心的イメージと仮定する場合、すなわち、単一の2次元座標系をもつ内部空間で環境の配置を表す場合において生じる誤差修正の問題 (Kuipers, 1983, 参照) が生じない。

4 環境中心表現のための情報とその獲得過程

この小論の冒頭に述べたとおり、最終的な目的は、環境の配置についての

知識がいかなるものであるかを解明することそれ自体ではない。それよりも、移動や方向判断の達成のために知覚されるべき環境の特性を記述する表現を仮定し、そこから環境においていかなる情報が得られるべきかを分析することが最終的な目的である。実験によって調べられるべきことは、そのような情報が実際に利用されているかどうかである。そして、その情報がどのようにして獲得され、どのようにして方向判断や移動が遂行されるのか、が明らかにされなければならない。逆に、ある表現による記述を知識として仮定することの妥当性は、その表現から導かれた情報が実際に利用されているかどうかを確認することにおいて保証される。

ただし、この小論自体の目的は方向判断や地図描画などの認知的課題の達成のために必要とされる知識を考えることにあった。それゆえ、最後にそれに関わる重要な問題についてのみいくつか論じる。環境から得られる情報の分析については、議論を最少に留め、その多くを今後の課題とする^(註7)。

4.1 環境中心表現による記述を得るための情報

前述したように、Sedgwick (1983) によれば、環境中心表現のための情報は包囲光配列内の遠近法構造から直接得ることができる。それに対して、Marr (1982) の物体中心座標系による表現は、様々な内的処理段階と計算を経なければならない。しかも、それでもなお、予め内的なモデルを設定せずに画像データのみから物体中心座標系による形状記述を得ることは困難である。しかし、遠近法構造によって実際に環境中心表現のための情報が得られているかどうかは、実験によって示されていない。また、遠近法構造以外にもいくつかの情報が環境中心表現のための情報となることが考えられる。

まず、消失点と消失線からなる遠近法構造は、それが見出されれば、そのまま直接環境中心表現へとつながる。それゆえ、むしろ、環境の配置に関する情報は、遠近法構造ではなく、表面の見え方（包囲光配列）にあると言える。様々な表面の遠近法構造自体を見出さなくても、それらの表面を反射して観察点に届く包囲光配列によって遠近法構造が特定されればよい。

次に、Sedgwick (1983) 自身も指摘しているとおり、表面の配置の環境中心表現による記述は、その表面の“光学的傾斜 (optical slant)” からも導くことができる。光学的傾斜とは視線に対する表面の傾きを言い、それに対して、大地面に対する表面の傾きは地理的傾斜 (geographical slant) と呼ばれる (Gibson & Cornsweet, 1952)。地理的傾斜は環境中心表現にそ

のまま対応する。光学的傾斜は、対象表面がもつキメの見え方（厳密には、包囲光配列におけるキメ要素の立体角の大きさの変化）から計算可能である。キメ要素は単一の表面上ではほぼ均一の大きさでほぼ一様に分布している。そして、包囲光配列におけるキメ要素の立体角の大きさは、観察点からキメ要素が離れるにしたがって徐々に小さくなって行く〔このことによる表面の見え方がいわゆる“キメの勾配 (texture gradient)” (Gibson, 1950) である〕。

それゆえ、まず、表面の光学的傾斜の方向は、そのようなキメ要素の立体角の大きさの変化がもっとも急激な方向として決定できる。つづいて、表面の光学的傾斜の大きさは、包囲光配列におけるキメ要素の立体角の、大きさ、密度、圧縮量のそれぞれにおける光学的傾斜の方向に沿った相対変化率から計算可能である。この場合、密度とは単位立体角あたりのキメ要素数であり、圧縮量とは光学的傾斜の方向を基準としたキメ要素の立体角の縦横比である。大地上の人物が観察していることを仮定すれば、このようにして求められた光学的傾斜から地理的傾斜が容易に求められる。すなわち、表面の光学的傾斜の角度から大地面の消失線（地平線）への視線と表面への視線がなす角度を引いた値がそのまま地理的傾斜の角度である（図1参照）。なぜならば、地平線への視線は、大地面と平行とみなしてよいからである。（以上、詳しくは、Sedgwick, 1983, pp. 430-433を参照せよ。）

さらに、われわれは別の可能性を考えることができる。例えば、ある表面に対して視線が直交するように観察点を選んで頭部を傾ければ、そのときの頭部の水平方向に対する傾きがそのままその表面の地理的傾斜となる。表面に対して視線を直交させるには、包囲光配列内のキメ要素の立体角の圧縮的变化が擬視点を中心として放射方向にすべて等しくするようにすればよい。このようにして地理的傾斜を知覚することは、触覚によって傾斜を知覚する場合と同様である。すなわち、表面の地理的傾斜は触運動感覚的に知覚されている。比喩的に言えば、表面の地理的傾斜は視覚を用いて遠隔的に身体が“なぞる”ことによって知覚される。このような“視覚的なぞり”は対象物の側面どうしの角度関係に対しても実行できるであろう。この場合、いわゆる“視覚—触覚間供給”の問題は生じない。

上記の場合のいずれであるにせよ、環境中心表現による配置の記述を得るためには、地上での眺望によって情報を得ることが重要である。明確な重力方向が存在しかつ大地上においてしか環境を観察できないという制約内において、上記のような情報から環境中心表現を導くことができる。このような

地上の観察点での眺望すなわち遠近法の重要性について考えてみよう。そもそも、移動にとって必要なのは、大地上のある地点からの目的地の方向と距離である。つまり、環境の配置関係は大地面に対して記述されていなければならない。また、距離あるいは奥行きを知覚には様々な情報が考えられるが、視覚系は基本的に観察点からの距離に関する情報を得る。それゆえ、大地上の距離を視知覚するためには大地面に水平な視線が有利である。このようなことから、大地上での水平の視線が環境の配置に対する知覚や方向判断において重要であることが考えられる。向きにとらわれない方向判断をするために、大地上からの水平な視線によって配置を知覚することが必要であることは、実験によって示されている（天ヶ瀬, 1989）。また、熟知された環境での方向判断が、大地面に対する姿勢（立位か仰臥位か）によって影響されることも示されている（天ヶ瀬, 1993）。

4.2 環境の配置に関する知識の多様さ

これまで述べてきた大地面と入れ子構造からなる環境中心表現による環境の記述だけが、移動の達成のための知識と機能的に同等であると仮定できるわけではない。前述したとおり、移動の達成のためだけならば、視覚ポテンシャルのような表現を環境の配置の知識として仮定することもできる。ただし、この場合、代表的な見え方は大地面上からの見え方である。また、入れ子構造によらずに、何らかの際立った地理的特徴（高い塔や山、河川や幹線道路、あるいは、移動の出発点）を原点あるいは軸として、大地面上に配置関係を記述することもできるであろう。環境での活動のための必要性を満たしていれば、環境の配置の知識はいずれの形式にしたがっていてもよい。

それぞれの表現による記述について再度検討しておこう。環境の配置に関して視覚ポテンシャルによる記述のような知識は、移動経路だけについての知識である。ただし、視覚ポテンシャルによる記述のような知識のみが得られている場合では、現在地から見ることのできない方向判断や地図描画のような認知的課題の遂行が困難である。一方、地理的特徴を原点あるいは軸とした座標系による環境配置の記述を知識として仮定すれば、これらの認知的課題は遂行可能である。ただし、環境内の特定の1地点が配置の記述の原点となっている場合は、その原点が常に方向判断において一旦参照されなければならない。それゆえ、場所によって方向判断の遂行様式に違いを生じるで

あろう。それに対して、入れ子構造による記述が知識として得られている場合、このような問題が生じないのは前述したとおりである。したがって、最終的には、入れ子構造による記述が知識として得られていることが望ましい。実際、このような入れ子構造による記述と機能的に同等な知識が得られている証拠はいくつかある。例えば、熟知された環境の配置に関する知識が、領域間の包含関係に基づく階層構造によって体制化されていることを示唆する実験結果が得られている (Hirtle & Jonides, 1985; Maki, 1981; McNamara, 1986; McNamara, Hardy, & Hirtle, 1989; Merrill & Baird, 1987; Stevens & Coupe, 1979)。また、熟知された環境内において現在地の周囲の地図を描く場合に、環境の入れ子となる領域間の関係が影響することも示されている (天ヶ瀬, 1993)。ただし、入れ子構造による記述が必ず得られなければならないわけではない。

4.3 入れ子構造の知識の獲得過程

最終的な入れ子構造による環境の配置の記述を知識として得るためには、いくつかの問題がある。まず、環境の入れ子構造に関する知識の獲得のためには、環境に対する十分な探索的移動が必要である。そのため、環境に対する初期の探索では、やはり、何らかの地理的特徴を原点ないし軸として座標系によって環境の配置が記述されるかもしれない。この場合、その原点ないし軸は記述される配置関係全体の幾何学的特徴によって決定されるのではなく、移動の出発点や移動の拠点、あるいは、移動経路上での幹線道路などが原点ないし軸として利用されると考えられる。実際、これらのことから予測される、方向や距離の判断における参照点の効果が実験によって示されている (Sadalla, Burroughs, & Staplin, 1980)。このような探索が繰り返されることによって、1つの環境について複数の原点や基準軸による多重記述が得られるかもしれない。これはいわゆる“多重認知地図” (Kuipers, 1983) である。この多重認知地図が得られるかどうかは別として、環境の配置に関する入れ子構造による記述の獲得においては、それまで配置の記述の基準軸となっていた幹線道路や河川などの地理的特徴が入れ子の輪郭あるいは境界として記述される場合があると考えられる。

次に、環境の配置を記述するために必要な入れ子を見出し選択しなければならないという問題がある。すなわち、地上での観察だけによっていかにして適切な入れ子構造を選択するのか。まず、移動によって環境の配置を観察

することによって環境の複数の入れ子に関する情報を得ることができる。また、地上での単一の観察点からも複数の環境の入れ子についての情報を得ることも可能である（天ヶ瀬, 1993）。それに対して、知覚における環境の入れ子関係の選択は、環境の配置関係に対してなされる認知的および行動的課題の達成のために要求される記述の精度と関わっている。また、環境の配置を知覚する時と、環境の配置に関する知識によって認知的課題を遂行する時とでは、利用される入れ子構造が同じである必要はない。それゆえ、知覚時には、できるだけ多くの入れ子によって環境の配置に関する記述を得るようにするか、あるいは、後に知識によって方向判断や移動を遂行するために必要であると予測されるような入れ子関係についての記述を得るようにすればよい。課題遂行時には、必要とされる入れ子の関係だけを用いればよい（天ヶ瀬, 1993）。例えば、方向判断の場合、現在地と目的地とを含む環境の入れ子だけの記述が得られればよい。しかしながら、現在での眺望から得られる情報によって、知識から利用可能な入れ子関係が制限される場合も考えられる。さらに、環境の入れ子関係の選択と利用には、人間の行動および知覚特性、環境の配置の地質学的あるいは地理学的特性、そして、入れ子構造の入手可能性などの影響も考えられる。加えて、文化、個人、あるいは、知識獲得の程度による違いなどもあるかもしれない。これらのことは今後検討されるべき問題であろう^(註1)。

註

- 1 人体全体は、まず、大雑把に、頭部、胴体、両腕、両脚という6つのモジュールあるいは構成要素に分解される。そして、例えば、腕については、その下位のモジュールとして上腕と前腕部があり、前腕部の下位のモジュールとして前腕と手がある。さらに、手の構成要素としては、掌と5本の指がある。
- 2 この小論では、環境中心表現において基準となる固定的な環境を大地面に限定する。しかし、Sedgwick (1983) 自身は、基準となる固定的な環境を必ずしも大地面に限定していない。
- 3 Sedgwick (1983) とGibson (1979) とでは、“遠近法構造”ということばによって意味されるものが若干異なる。Gibson (1979) では、“遠近法構造”ということばが、単一の観察点において得られる、環境内の様々な表面の配置の見え方（包囲光配列）という程度の意味で用いられている。包囲光配列については、どちらも

同様に、環境から観察点にとどく光の構造化された配列を意味している。

- 4 実際には、表面上に直線がなくても、表面上の2つの地点に何らかの目印があれば、それらを含む直線を想定し、その直線の消失点を見出すことができる。それゆえ、表面上に少なくとも3つの異なる地点に何らかの目印があれば、移動しながらそれらの見え方の変化を観察する（厳密に言えば、それらの包囲光配列内での構造の組織的变化から情報を得る）ことによって、その表面の消失線を見出すことができる。
- 5 入れ子関係（包含関係）にある個々の領域を“入れ子”と言う。また、入れ子構造の包含関係における大きさの各段階を“水準”と言い、包囲するほうのより大きい入れ子を“より高い水準の入れ子”，包囲されるほうのより小さい入れ子を“より低い水準の入れ子”と言う。
- 6 ただし、現在地から見えない目的地の方向判断において必要とされるのは、環境の鳥瞰図的な情報ではなく、環境の入れ子構造に関する情報である。現在地での環境の見えから方向判断までが地図的なイメージによって仲介される必要はない。確かに、環境の配置についての知識によって地図の描画や判断は可能である。しかし、通常、地図の描画や読解は、環境の配置に関して個人間で何らかの伝達を行うために必要なものであって、個人的に知識を用いて方向判断や移動をするためには必要とされない。また、距離については、移動に必要な実際的な距離尺度が知識として必要とされる。環境中心表現ではキメ要素の大きさや目の高さ（Sedgwick, 1983）が、また、より一般的な移動に関する知識では何らかの移動活動自体（天ヶ瀬, 1994b）が、対象物の大きさや地上の距離の尺度になっていると考えられる。
- 7 熟知された環境において移動がどのように達成されるかについての議論は、天ヶ瀬（1993）を参照されたい。
- 8 このような環境の分節化の問題については、天ヶ瀬（1994b）を参照されたい。

文 献

- 天ヶ瀬正博 1989 認知地図の形成要因：直接学習か学習時の視線の水平性か？ 関西心理学会第101回大会発表論文集，65。
- 天ヶ瀬正博 1990 地理的対象指示の反応時間と角度誤差：直線距離，経路距離，曲り角数の影響。基礎心理学研究，9，65。
- 天ヶ瀬正博 1993 熟知した環境での定位行動。人文研究（大阪市立大学文学部紀要），

- 45, 1107-1141.
- 天ヶ瀬正博 1994a 熟知した環境の地図に対する正誤判断. 人文研究 (大阪市立大学文学部紀要), 46, 565-586.
- 天ヶ瀬正博 1994b 環境と知覚者の相互依存性と環境の分節化 — 環境配置の知覚からの考察 — . 行動科学, 33, 13-24.
- Evans, G.W., & Pezdek, K. 1980 Cognitive mapping: Knowledge of real-world distance and location information. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 13-24.
- Gibson, J.J. 1950 *The perception of the visual world*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Gibson, J.J. 1961 Ecological optics. *Vision Research*, 1, 253-262.
- Gibson, J.J. 1966 *The senses considered as perceptual systems*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Gibson, J.J. 1979 *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Gibson, J.J., & Cornsweet, J. 1952 The perceived slant of visual surfaces—optical and geographical. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 11-15.
- Hirtle, S.C., & Jonides, J. 1985 Evidence of hierarchies in cognitive maps. *Memory & Cognition*, 13, 208-217.
- Koenderink, J.J., & van Doorn, A.J. 1979 The internal representation of solid shape with respect to vision. *Biological Cybernetics*, 32, 211-216.
- Kuipers, B. 1983 The cognitive map: Could it have been any other way? In H. L. Pick, Jr., & L. P. Acredolo (Eds.), *Spatial orientation: Theory, research, and application*. New York: Plenum Press. Pp. 345-359.
- Levine, M., Jankovic, I.N., & Palij, M. 1982 Principles of spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 157-175.
- Maki, R.H. 1981 Categorization and distance effects with spatial orders. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7, 15-32.
- Marr, D. 1982 *Vision*. New York: Freeman.
- McNamara, T.P. 1986 Mental representations of spatial relations. *Cognitive Psychology*, 18, 87-121.
- McNamara, T.P., Hardy, J.K., & Hirtle, S.C. 1989 Subjective hierarchies in spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 101-108.

- Merrill, A.A., & Baird, J.C. 1987 Semantic and spatial factors in environmental memory. *Memory & Cognition*, 15, 211-227.
- Presson, C.C., DeLange, N., & Hazelrigg, M.D. 1989 Orientation specificity in spatial memory: What makes a path different from a map of the path? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 887-897.
- Presson, C.C., & Hazelrigg, M.D. 1984 Building spatial representation through primary and secondary learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 716-722.
- Sadalla, E.K., Burroughs, W.J., & Staplin, L.J. 1980 Reference points in spatial cognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 516-528.
- Sedgwick, H.A. 1983 Environment-centered representation of spatial layout: Available visual information from texture and perspective. In J. Beck, B. Hope, & A. Rosenfeld (Eds.), *Human and machine vision*. New York: Academic Press. Pp. 425-458.
- Sholl, M.J. 1987 Cognitive maps as orienting schemata. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 615-628.
- Stevens, A., & Coupe, P. 1979 Distortions in judged spatial relations. *Cognitive Psychology*, 10, 422-437.
- Thorndyke, P.W., & Hayes-Roth, B. 1982 Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, 14, 560-589.
- Tolman, E.C. 1948 Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.