

模型空間における幼児の再定位

—幾何学的情報の利用の再検討—

多田幸子・杉村伸一郎

Children's reorientation in a small-scale environment:
A reexamination of the use of geometric information

Yukiko Tada and Shinichiro Sugimura

本稿では、模型空間での対象の再定位における、模型空間以外の基準の利用ならびに模型空間を基準とする際の幾何学性の理解を検討するため多田・杉村（2009）の再分析を試みた。その結果、自己、周辺環境といった基準も対象を再定位する際に利用されており、年齢によって主に利用される基準に違いがあることが示唆された。また、模型空間に備わった幾何学性はさほど厳密に把握されているわけではない可能性が窺われた。しかし、それと同時に、従来の再定位課題にはこれらの点を検討するうえで大きな問題があることが明確になり、その改善方法が提案された。

キーワード：模型空間，再定位，空間認知

問題と目的

立食会場で皿をテーブルに置いて一度その場を離れなければならないとき、自分が皿をテーブルのどこに置いたのか把握しておく必要がある。テーブルの上に同じような皿がいくつもおいてあるとすれば、その場所を後から再度特定するためには、どうやってその位置を定めたかが問題になってくる。このように、われわれは生活の中で特定の物を定位する必要に迫られるときがあるが、その際にはなんらかの基準が欠かせない。

対象を定位する基準はひとつではないとされる。Nardini, Burgess, Breckenridge, & Atkinson (2006)によれば3つの基準がある。それらは、自己、周辺環境（例えば立食会場となっている部屋）、そして周辺環境の中であって対象を内包する小規模で移動不可能な空間（例えば自分の皿の置いてあるテーブル上の空間）である。これらの基準に関していえば、自己と対象の位置関係が変化するような場合（例えば皿をテーブルに置いて、自分が会場の別の場所に移動する）、自己を基準にするよりも周辺環境やテーブルを基準にしたほうが対象の定位はより適切に行える。また、自己と対象の位置関係に加えて、テーブルと周辺環境との位置関係も変化するような場合は（例えば皿を載せたテーブルの向きが変えられたり、テーブルが会場の別の場所に移動させられたりする）、周辺環境より

も、テーブルを基準に定位するほうが誤差少なく対象を定位できると思われる。つまり、特定の物の位置を定める基準はひとつではないが、どの基準に重きを置けばより正確な定位を行えるかは、どのような位置関係の変化が生じるかによって異なってくるといえよう。

ただ、以上のような基準を利用して定められた対象の位置は、常に保持されているわけではない。対象の位置が変化してもそれを追跡できなかつたり、追跡困難であったりする場合（例えば、目を閉じているときに、会場を移動させられたり、テーブルの向きや位置を変えられたりする）に対象の定位は喪失され、そのような状況は定位喪失状況と呼ばれる。近年、この定位喪失状況に注目して、いかにその状況から対象を再定位するのか、その際に利用される基準に関して発達的な検討が行われている。

Hermer & Spelke (1994, 1996) を代表とする再定位の発達研究の中でも、Gouteux, Vauclair, & Thinus-Blunc (2001), Huttenlocher & Vasilyeva (2003), Hupbach & Nadel (2005), Lourenco & Huttenlocher (2006), 多田・杉村 (2009) などは、内部に入り込むことができない上部の開いた箱を実験空間として用い、子ども達はその模型空間の中の各隅に設置された隠し場所のいずれかに入れられた対象を、定位喪失状況からいかに再定位するかに迫っている。これらの研究では、対象の定位を喪失させるため、子どもに対象を隠し場所のひとつに隠すのを見せた後に閉眼させ、その間に子どもや模型を任意の角度だけ回転移動させるなどして、子どもと対象の間の位置関係を変化させている。そして、先ほど目にしていたのとは異なる位置関係に置かれた子どもが、開眼後、模型内部のどの隠し場所を探すのかによって、彼らが再定位に利用した空間的な基準を考察するのである。

上述の先行研究の結果、就学前の子どもであっても模型空間に付随する空間情報である幾何学性（辺比や角度など）やランドマーク的特徴（壁面の色など）をもとに再定位を試みることが明らかになっている。とくに、模型空間の幾何学性はしばしば低年齢の子どもにも利用され（2歳以下：Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Lourenco & Huttenlocher, 2006）、模型空間に備わった情報のうちでもとりわけ利用し易い重要なものである可能性などが示唆されている（Newcombe & Ratliff, 2007）。

このように模型空間を用いた再定位研究を振り返ると、そこでは模型空間に付随する空間情報を利用できたかどうか議論されてきたといえる。これはつまり、先行研究が対象の再定位を模型空間という1つの基準の利用のみから検討してきたことを表している。現在までに行われた模型を用いた再定位研究では、参加者自身（自己）や実験が行われた部屋（周辺環境）といった模型空間以外の再定位の基準については考慮されてこなかった。誤探索に関しても、対象が隠された角（正角）からの相対的な位置関係（正角に近いか、遠いか、対角にあるか）を見るための分析しか行われておらず、周辺環境や自己を基準とした再定位がどのくらい生じていたかは明らかにされていない。しかしながら、先にも述べたように、物の位置を定めるための基準は決してひとつではない。模型空間以外にも、自己や周辺環境を基準に定位が行われるならば、定位喪失状況から対象を再び定位するときにも、同様の可能性が推察できるだろう。

以上をふまえ、本稿では再定位における模型空間、自己、周辺環境という3つの基準の利用を検討するために、多田・杉村 (2009) のデータの一部を再分析する。多田・杉村 (2009) では、3-6歳児が模型に付随する空間情報である幾何学性をあまり重視せず再定位に利用しなかったことが報

告されているが、他の基準、すなわち自己や周辺環境などをもとに子ども達が再定位していた可能性については言及していない。そこで、多田・杉村（2009）のランドマーク無し条件における3-6歳児の探索反応を、模型空間を基準にした探索（従来の模型の形状にもとづく幾何学的探索）、自己を基準にした探索、周辺環境を基準にした探索に再分類する。

加えて本稿では、模型空間の幾何学性を基準とする場合の、再定位の厳密さという点からも再分析を行う。というのは、従来の模型空間における再定位研究では、子ども達が模型空間の幾何学的性質を、どの程度厳密に認識した上で基準として利用しているのかが明らかにされてこなかったからである。よって、再分析では、定位喪失後の対象探索において、各試行の第1探索とともに第2探索にも焦点を当てる。幾何学性の理解が厳密であれば、第1探索と第2探索ともに模型空間を基準とする探索を行い、理解が厳密でなければ、第1探索のみ模型空間を基準とし、第2探索は他の基準にもとづく探索を行うと予測される。

方 法

再分析の対象となるデータ 多田・杉村（2009）のランドマーク無し条件で、再定位実験を行った幼児（年少、年中、年長）のデータを対象とする。以下では、このランドマーク無し条件における参加者、装置と課題、手続き、再分析の手順をまとめた。

分析対象者 幼稚園の年少児10名（男児5名、女児5名、平均年齢4歳1ヶ月）、年中児10名（男児5名、女児5名、平均年齢5歳2ヶ月）、年長児10名（男児4名、女児6名、平均年齢6歳2ヶ月）の計30名であった。

装置 縦45.0cm×横67.5cm×高さ15.0cmの上部が開いている長方形の模型空間の4つの角に直径7.5cm×高さ8.0cmの紙コップを1つずつ置き、対象の隠し場所とした。壁面には手がかりになるような模様や色などは一切ついていなかった。

再定位課題 実験者は探索対象である玩具（野菜のミニチュア）を4つの紙コップのうちの1つに隠すのを参加者に見せた。そして、参加者が目を閉じている間に模型空間と参加者の位置関係を変化させることで対象の定位を喪失させた後、先ほど隠した玩具を参加者に探索させた。

手続き 参加者に模型空間を紹介した後、再定位課題を一人当たり4試行実施した。各試行において、1回目の探索で参加者が探索対象を見つけられなかった場合は、実験者は残りの箇所を探索するよう促した。探索時には一度に一箇所だけを探索し、なるべく少ない回数で探索対象が回収できるように励まし、探索対象が回収できたら、次の試行に移った。

再分析の手続き

1) **再定位の基準に関する再分析** 各参加者の探索反応を、次のように分類した。①模型の形状を基準に再定位した模型空間基準探索：幾何学的には等しい、対象が隠されている場所（正角）とその対角線上にある場所（対角）のいずれかを探索した場合、②自己視点を基準に再定位した自己基準探索：隠し場所の配置と自分との関係が定位喪失前と一致する場所を探した場合、③実験室など周辺環境を基準に再定位した周辺環境基準探索：隠し場所の配置と部屋との関係が定位喪失前と一

致する場所を探した場合。そして各参加者の4つの試行における第1探索反応を、上述の基準にもとづき分類した。その際、3つの探索が明確に区分できない場合、例えば、模型空間を基準にした探索場所と自己を基準にした探索場所とが同一の角にあたる場合は、両方の基準にカウントした。最後に、以上の分類の度数を参加者ごとに集計し、年齢別に平均値を算出した。

2) **模型を基準とする際の厳密さ** 定位喪失手続きが終った直後、最初に探索した場所とその次に探索した場所とが、どちらも幾何学的探索であれば基準とする模型空間の幾何学性の理解は「厳密」、第1探索のみ幾何学的探索であれば「厳密ではない」、第1探索で正角を探索したためそこで試行が終了してしまい、第2探索の候補となる角が不明であれば「不明」として反応を分類した。全データに関して3種類の反応の数をカウントし年齢別に集計した。

結果と考察

1) **再定位の基準に関する再分析** まず、模型空間基準探索、自己基準探索、周辺環境基準探索それぞれの平均生起回数を Table 1 にまとめた（各基準の最大値は 4.00）。

Table 1
多田・杉村（2009）での模型空間、自己、周辺環境を
基準とする探索の平均生起回数（下段の数値は SD）

探索の基準	年少	年中	年長
模型空間	1.90 (0.57)	2.40 (0.84)	2.60 (0.97)
自己	1.50 (0.85)	1.00 (0.82)	1.20 (0.92)
周辺環境	2.90 (1.45)	1.40 (0.97)	0.90 (0.74)

Table 1 をみると、多田・杉村（2009）でも指摘されたように、模型空間にもとづく探索回数は加齢とともに漸増している。だがその背後で、自己を基準にした探索は年少から年長まで比較的一定して生起しているようであり、また周辺環境を基準にした探索は加齢とともに漸減することがうかがわれた。このことから、3つの基準による分類がそれぞれが独立ではないため明確な解釈はしがたないものの、子どもが再定位で模型空間以外の基準も利用していた可能性は高い。これは、模型空間を基準とし、その幾何学性をふまえた再定位が、実際には Goutex et al.（2001）をはじめとする先の報告で想定されていたほど行われていなかったことをあらわしているかもしれない。また、年齢にともなう変化という点から見たとき、周辺環境という基準は子どもが幼いほど利用が目立ち、加齢とともにそれが模型空間という基準の利用へとシフトするようである。そしてその一方で、自己を基準にする傾向は年長になっても、ある程度残っていくのではないかと思われる。

2) 模型を基準とする際の厳密さ さらに、各年齢で観察された模型空間を基準として利用したと思われる探索について幾何学性の認識の厳密さの観点からまとめたものが Table 2 である。

Table 2
 模型空間を基準とする探索における幾何学性の認識の厳密さ
 (数値は探索回数)

年齢	模型空間基準探索における幾何学性の利用			
	厳密	非厳密	不明	全体
年少	0	9	10	19
年中	3	8	13	24
年長	6	7	13	26

従来の研究と同様に、第 1 探索のみを分析対象にしたときに、認められた幾何学的探索反応数は、年少で 19 回、年中で 24 回、年長で 26 回であった。しかし、Table 2 からわかるように、各年齢の総数の半分近くが、不明に分類され、第 2 探索の候補となる角がはっきりわからないという結果になった。これは、多田・杉村 (2009) では、第 1 探索で正角を探索した場合には、第 2 探索の候補となる角を確認しなかったことが原因と考えられる。そのため実際には、どの程度厳密に幾何学性を認識して、模型空間を基準として用いていたのかは判然としないものの、「厳密」と「非厳密」に分類された探索の回数から、模型空間を基準とする際には幾何学性が必ずしも厳密に認識されているわけでない可能性が窺われる。この傾向はとりわけ、年少において顕著で、「厳密」に分類された探索は見られなかった。模型空間を再定位の基準にする際の、幾何学性認識の厳密さは年長に向かうほど明確になるのかもしれない。

まとめと今後の課題

本稿では模型を用いた再定位研究の一つである多田・杉村 (2009) を再分析することによって、再定位に利用される基準について検討した。ランドマークが無い模型空間での実験結果の再分析から、模型空間での対象の再定位には模型空間そのもののほか、自己、周辺環境という基準が利用されていることが示唆された。また、発達的に用いられる基準の割合が変化する可能性があり、とくに加齢とともに周辺環境を基準にした再定位から模型空間を基準にその幾何学性に則って再定位を試みるようになることが推察された。

周辺環境を模型空間や自己よりも基準として利用していたと思われる年少児のようすは、Nardini et al. (2006) においても見出されている。Nardini et al. (2006) では、模型を用いた再定位課題に類似した課題を用いて 3 - 6 歳児に実験を実施し、定位喪失手続きの前後で、対象と自己との位置関係が保持されていた場合よりも、対象と周辺環境との位置関係が保持されていた場合の方が、探索成績は良いという結果が得られた。そこから、年少の子どもが対象を自己視点の的にというよりも、む

しる環境視点的に位置づけ、また固有の配置（多田・杉村（2009）で用いられた模型にあたる）にもとづく位置づけにいたっては容易には行われないと考察している。

以上のことは、はじめに推測したように、再定位であっても定位の場合と同様に、模型空間だけでなく、自己や周辺環境を基準にすることを表していると考えられる。特に、子どもの年齢によって利用する基準の程度が異なることは、再定位を発達的に研究する際の新しい検討点として見過ごすことはできないであろう。

また、再分析をとおして、子ども達が対象の再定位に模型空間を利用する場合、その背後で、必ずしも模型の幾何学的性質が厳密に把握されているわけではないことが推察された。特に年少ほどそれが強く疑われ、模型空間を基準とする際の幾何学性の理解は年齢とともに向上する可能性があるといえる。これまでの再定位研究では、幾何学性理解の厳密さについて明確に言及していないものの、再定位を最初に発達的に検討した Hermer & Spelke（1994）以降、子どもが模型空間を基準にする場合は厳密に幾何学性を認識していることが暗黙の了解とされてきたようである。しかし、本稿の分析結果からは、そういった前提は導きにくく、場合によっては従来の再定位研究者の理解が覆されることも考えられたため、今後は詳しい検討を行う必要がある。

最後に、今回の再分析において留意しなければならないことを2点述べる。まず、1点目として、再定位の基準について分類する際に、模型空間、自己、周辺環境を基準とする探索が独立していなかったことがあげられる。探索反応が、その背後にある再定位の基準を一義的に推定できなければ、模型空間に備わった幾何学的情報を含めて、どういう基準をもとに対象の定位を再び確立させたのか明示することは難しくなる。このように、再定位において何を基準にしたのか把握しづらくなってしまった理由には、これまでに用いられてきた従来の模型空間での再定位課題が、探索反応の背後にある定位を正確に推定するのに適切といえない条件設定になっていたためと考えられる。これはおそらく、課題が含む定位喪失手続きにおける、参加者と対象の位置関係の変化の操作を工夫することによって改良することが可能であろう。したがって、今後の模型空間での再定位研究では、改良された課題を用いた実験によって、対象の再定位に利用される基準がどのように発達的に変化するかを明らかにしていく必要がある。

続いて2点目としては、再定位の課題中で対象探索を行わせる際に、第2探索の候補となる角がわからない反応がしばしば見受けられたことがあげられる。厳密に幾何学的性質を理解していれば、はじめの2回の探索は、実際に対象が隠されている正答の角とその対角のいずれかになるはずである。そのため模型を基準とする場合の幾何学性の理解の厳密さを把握するためには、最初の探索場所のみならず、次の探索場所にも目を向けねばならなかった。しかし、多田・杉村（2009）では、第1探索が正角であれば試行を打ち切っていたため、第2探索でどこを探すつもりであったかが明確でない反応が多数出て、結果として、幾何学性の認識の厳密さを検討することが難しくなってしまった。これをふまえば、幾何学性理解の厳密さを検討しようとするなら、探索対象課題においては2番目に探索の候補となる角まで、参加者に答えさせる（探索させる）という手続き上の工夫が必要となるだろう。

以上より、本稿では次の3つをこれからの研究目標として提案したい。まず、対象探索の反応が

模型空間、自己、周辺環境の3つの基準を独立に反映するものとなるような再定位課題を考案すること、次に、それを活用して各年齢の子どもにおける上記3つの基準の利用程度を把握すること、そして最後に、第2探索まで要求する探索手続きの実施により、模型空間がどの程度厳密に基準として利用されているのかについて明らかにすることである。

引用文献

- Gouteux, S., Vauclair, J., & Thinus-Blanc, C. (2001). Reorientation in a small-scale environment by 3-, 4-, and 5-year-old children. *Cognitive Science*, **16**, 853-869.
- Hermer, L. & Spelke, E. (1994). A geometric process for spatial reorientation in young children. *Nature*, **370**, 57-59.
- Hermer, L. & Spelke, E. (1996). Modularity and development: The case of spatial reorientation. *Cognition*, **61**, 195-232.
- Hupbach, A. & Nadel, L. (2005). Reorientation in a rhombic environment: No evidence for encapsulated geometric module. *Cognitive Development*, **20**, 275-302.
- Huttenlocher, J. & Vasilyeva, M. (2003). How toddlers represent enclosed spaces. *Cognitive Science*, **27**, 749-766.
- Lourenco, S. F. & Huttenlocher, J. (2006). How do young children determine location? Evidence from disorientation tasks. *Cognition*, **100**, 511-529.
- Nardini, M., Burgess, N., Breckenridge, K., & Atkinson, J. (2006). Differential developmental trajectories for egocentric, environmental and intrinsic frames of reference in spatial memory. *Cognition*, **101**, 153-172.
- Newcombe, N. S. & Ratliff, K. R. (2007). Explaining of the development of spatial reorientation: Modularity-plus-language versus the emergence of adaptive combination. In J. M. Plumert & J. P. Spencer (Eds.), *The emerging spatial mind*. (pp. 53-76), New York: Oxford University Press.
- 多田幸子・杉村伸一郎. (2009). 模型空間における幼児の再定位：幾何学的情報とランドマークの利用ならびに身体移動の効果. 発達心理学研究, **20**(2), 印刷中.