

幼児の模型空間における再定位研究の展望

多田幸子・杉村伸一郎

A review of young children's reorientation in a small-scale environment

Yukiko Tada and Shinichiro Sugimura

本稿では、幼児を対象とする模型空間における再定位研究を、移動可能空間での研究とともに紹介し、得られた知見を包括的に捉えることを試みた。情報利用の点から概観することにより、再定位の発達には複数の要因が複雑に絡み合い作用していることが推察された。それを踏まえて、先行研究での知見を説明するために提案された、幾何学的モジュール説と適応的結合説に言及した。そして最後に、それらの理論的枠組みが有する再定位プロセスの見直しを課題としてあげ、模型空間における再定位研究の発展方向について考察した。

キーワード：空間定位，空間認知，認知発達

再定位とは、一度わからなくなった自分や対象物の位置または方向を再び能動的に定めることをいう。現在どこにおり、どの方向に向いているのかという定位の認識は、我々動物にとって生活する上できわめて重要である。定位を喪失する状況に置かれたとき、我々は何とかしてその回復に努めようとするだろう。その定位喪失状況からの脱却までになされるさまざまな努力や試み、具体的には空間に備わったどの手がかりをいかに使うかなどの詳述が再定位研究の核と言える。再定位という空間行動に反映される発達的变化を検討することは、空間に生きるために必要不可欠な課題解決能力の発達を解明することといえよう。

ここで言及する空間とは物理的空間のことで、物体の運動や諸現象の生起の場となる広がりを用いる。Wheatherford (1982) は行動の観点から空間を、屋外環境を示す大規模空間 (large-scale space) と屋内環境を示す小規模空間 (small-scale space) に大別し、小規模空間はさらに、移動が可能な空間 (navigable/small-scale space) と移動が不可能な狭小な空間 (model/small-scale space) とに分けている。分類中で model/small-scale space は模型空間とも呼ばれ、他の空間と異なり、視覚的理解は可能でも身体移動を通して把握することが難しいという特徴があり、人形の家などがここに分類される。しかし、これまでの再定位の発達研究では、模型空間を主軸に体系的な知見、示唆を得ようとする試みはほとんどなされてきていない。

本稿では、このような模型空間での再定位に関する発達研究の知見を、移動可能空間での研究から得られた知見とともに包括的に捉え、今後の研究展望を示すことを目的とする。そこで、以降で

はまず、発端となったラットの再定位研究を紹介し、続いて、人間の幼児を対象とした移動可能空間での再定位の発達研究での知見をまとめる。そしてそれらを踏まえ、模型空間での再定位の発達研究を概観し、これまでに提案された研究結果の解釈のための理論的枠組みを示す。最後に、それらの理論的枠組みが有する課題と、そこから示唆される模型空間における再定位研究の発展方向について考察する。

移動可能空間での再定位

再定位能力の評価には対象探索課題が用いられることが多く、実験室や箱の中に設置された複数の隠し場所の1つに探索対象を隠すのを参加者に見せた後、参加者の定位を喪失させ、先ほど隠した対象を探索させる。再定位は、外部環境の情報として、空間の形（幾何学的情報）となんらかの目印（ランドマーク情報）を利用して行われるとされ、2つの情報の利用とその発達に焦点を当てて研究が進められてきた。Figure 1 に示したような長方形の部屋で再定位課題を実施した場合、参加者がどの情報も利用しなければ (a) のように4つの角の探索割合は同じになるであろう。それに対して幾何学的情報のみを利用すれば、(b) のように探索場所を正答の角とその対角の2箇所に限定することができる、(c) のようにランドマーク情報のみを利用すれば、ランドマーク側の2箇所に限定することができる。そして、幾何学的情報とともにランドマーク情報を組み合わせて利用すれば (d) のように1箇所を特定し再定位できる。

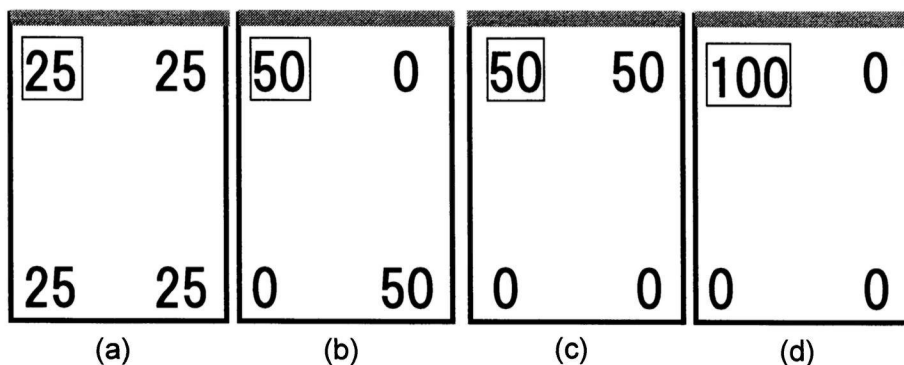


Figure 1 再定位において利用する情報と予想される各角の探索割合 (%)

図中の数字は対象を長方形の左上の角（枠囲み）に隠した場合の探索割合である。長方形の上部の太線はランドマーク（色）を示している。(a) どの情報も利用せずランダムに探索した場合、(b) 幾何学的情報のみを利用した場合、(c) ランドマーク情報のみを利用した場合、(d) 幾何学的情報とランドマーク情報を組み合わせて利用した場合。

再定位研究の最初は動物を対象としたものであった。Cheng (1986) は、ラットを対象として、ランドマークの有無で条件を分け、長方形の空間で上述の対象探索課題を実施した。結果、ラットは、ランドマークの有無に関わらず、探索対象の隠された正答の角とその対角の2角、すなわち幾何学的には正答の2つの角を集中的に探索していたが、両者の間には探索割合の有意な違いは認められなかった。この結果は、ラットは再定位において幾何学的情報を用いることはできても、ランドマーク情報を利用することはできないことを表すと考えられた。そして、再定位しようとする状況では空間が備える幾何学的情報に敏感になるような特性が、動物には生得的に備わっているのではないかと推察された。

その他の状況下ではランドマーク情報を利用できるラットが、再定位場面ではそれを示さなかったことから、Cheng (1986) の結果は注目を集めた。Cheng (1986) 以降、この特殊な情報利用をうかがわせる再定位という空間行動への関心は強まり、幾何学的情報への敏感さの検証を中心とした再定位研究が、さまざまな動物種で行われることとなっていった (Cheng & Newcombe, 2005)。

Hermer & Spelke (1994/1996) は Cheng (1986) の研究を受けて、人間も再定位においてラットと同様の情報利用の様式を示すのかを明らかにするために、20 - 22ヶ月の幼児と成人を対象とした再定位研究を行った。彼女らの実験では、長方形の部屋の短い壁のどちらかを青く塗ったランドマーク条件と、それが無い条件が設けられた。

実験の結果、ランドマーク無し条件では、幼児も成人も対象が隠された正答の角とその対角を残りの2つの角よりも多く探索し、2箇所の探索割合には、有意差は認められなかった。一方、ランドマーク有り条件では、成人は正答の角を他の3つの角よりも多く探索したが、幼児では正答の角と対角で探索割合に有意差は認められなかった。以上の結果から Hermer & Spelke (1994/1996) は、20 - 22ヶ月の幼児は再定位において、幾何学的情報を利用することはできても、ランドマーク情報を利用することはできないと結論した。

Hermer & Spelke (1994) をかわきりに、2歳未満児から成人に至るまでのさまざまな年齢群を対象とする再定位研究が行われた。これまでの研究を概観したところ、空間内部に手がかりがない条件では次のような一貫した結果が示されている。まず、実験室のような移動可能な長方形の空間で実施された対象探索課題においては、18 - 24ヶ月児であっても探索対象の隠された正しい角かその対角のいずれかを探索していた (Hermer & Spelke, 1994, 1996; Leamonth, Newcombe, & Huttenlocher, 2001)。探索が幾何学的に正しい2角に限定されることは、参加者が空間の外部に位置していても認められている (Huttenlocher & Vasilyeva (2003), 実験3)。そして、二等辺三角形の空間では、対象の隠し場所がいずれの角であっても、偶然以上の確率で正しい角に探索を限定することができた (Huttenlocher & Vasilyeva (2003), 実験2)。さらに、探索行動について言及すれば、参加者は定位喪失手続き後、目を開けてすぐに、特定の探索場所に直行するようであった (Huttenlocher & Vasilyeva, 2003)。これらの結果から、3歳に満たない幼児が距離の情報を符号化でき、ラット同様、再定位のために空間の幾何学的情報を利用していることが示唆される。また、彼らの空間表象が特定の視点からだけでなく全体的なものであることも伺われた (Cheng & Newcombe, 2005)。

一方、空間内部にランドマークを設けた条件では、2歳未満児におけるランドマーク情報の利用に関する結果に各研究間で不一致がある。ここでは、着色された一壁面をランドマークとする場合と、各角に設置された隠し場所のそれぞれを弁別可能な状態にしてランドマークとする場合とがある。6歳前後になれば、いずれのランドマーク情報が設置された空間であっても探索を正しい角に限定することができるようになる。しかし、2歳未満児の場合、Hermer & Spelke (1994/1996) では、長方形の空間にいずれのランドマークを設置したときも、探索対象の隠された正しい角とその対角を識別することはできなかった。この結果は、2歳未満児が再定位においてランドマーク情報を、単独であっても幾何学的情報と組み合わせても利用しないことを示すものとされた。

しかしながら、Hermer や Spelke とは対照的に、Leamonth et al. (2001) の研究では、色つきの壁や識別可能な複数の対象物をランドマークとして設置することで、2歳未満児でも正しい角に探索を限定することができた。これは、再定位に幾何学的情報だけでなくランドマーク情報も組み合わせて利用することをあらわすとされた。ランドマーク情報の利用に関するこういった結果の不一致の有力な原因として挙げられているのは、実験を実施した空間の規模の違いである。Cheng & Newcombe (2005) の解釈によれば、Hermer & Spelke (1994/1996) と Leamonth et al. (2001) を比較すれば、空間の規模は後者の方が大きく、空間の規模が大きければ付随するランドマークも大きくなり顕著になるため、2歳未満児にとっても明解であり、結果としてランドマーク情報を幾何学的情報同様に利用できたという。

ランドマークの有無以外でも、壁面で周囲を囲まないオープンスペースにおいて、複数の隠し場所を特定の形状に配置する条件で対象探索課題を行うときは、研究間で結果の不一致が認められる。Gouteux & Spelke (2001) では、3 - 4歳児の探索は、隠し場所の配置の形状（長方形か二等辺三角形か）に関わらずランダムに行われた。この結果は、再定位において幼児は対象物の配置によってもたらされる幾何学的情報を利用することはできないことを示している。しかし、Garrad-Cole, Lew, Bremner, & Whitaker (2001) では、18 - 24ヶ月児であっても、長方形に配置された4つの隠し場所の正しい角とその対角に限定的に探索していた。これは、Gouteux & Spelke (2001) と異なり、2歳未満児でさえ再定位に対象物の配置がもたらす幾何学的情報を利用可能であることを示唆する。Cheng & Newcombe (2005) によれば、こういった結果の食い違いは、練習量の差と親の補助の有無という2つの原因から生じているという。練習量の差については、Gouteux & Spelke (2001) では練習試行は最低限にとどめられていたが、Garrad-Cole et al. (2001) では本試行までに多くの練習試行が実施されており、課題の性質が異なっていた可能性に言及している。そして親の補助の有無については、Garrad-Cole et al. (2001) ではGouteux & Spelke (2001) と異なり、幼児の親が実験の殆どを取り仕切っていたため自分の子どもが課題達成できるよう、過剰な補助を与えていた可能性が指摘されている。

ここで、Cheng & Newcombe (2005) を参考に、これまでの再定位研究における情報利用に関する発達的変化をまとめると次のようになる。まず、幾何学的情報の利用は2歳未満から可能だが、3 - 6歳の結果は必ずしも2歳未満以上というわけではなく研究間にばらつきがあり、加齢に伴う変化は一方方向ではなかった。それに対して、ランドマーク情報の利用は、空間規模に関わらず加齢

に伴って利用割合が増加し、幾何学的情報とランドマーク情報を組み合わせた利用も同様の傾向を示した。したがって、移動可能空間での再定位における情報利用の発達は、情報の種類や利用の仕方によって異なり、すべて一様というわけではないようである。

以上より、移動可能な空間における研究結果からは、空間の保有する幾何学的情報が、種や年齢等にかかわらず、再定位の際の手がかりとして用いられやすいものであることが見出せる。これは、再定位状況下で発揮される、幾何学性に対する敏感さを示唆するものといえるであろう。

模型空間での再定位

これまで概観したのが、内部での移動が可能な広がりのある空間での再定位における発達の知見である。では、こういった移動可能空間と異なり、内部で動き回ることができず視知覚による把握のみが可能な空間で、我々はどのように再定位するのであろうか。また、そこに見られる発達的な変化とはどのようなものであろうか。以降では、模型空間での再定位の発達研究について紹介する。その際に、方法面での比較が行いやすいように各研究の実施条件を紹介順に Table 1 にまとめた。

Table 1 模型空間での再定位に関する研究における対象者と実施条件

研究	対象者	空間情報				定位喪失時の身体移動	空間に対する参加者の位置	周辺刺激の統制	次元
		幾何学的情報		ランドマーク情報					
		提供の仕方	形状	提供の仕方	直接or間接				
Gouteux, Vauclair, & Thinus-Blunc (2001)	3 - 5歳児 成人	壁面の構成	長方形	一壁面の色	間接	無し	外	無し	3
Huttenlocher & Vasilyeva (2003) の実験2と3	2歳未満児	壁面の構成	長方形 二等辺三角形		無し	有り	外	有り	3
多田・杉村 (2005)	4 - 6歳児 成人	壁面の構成	長方形	一壁面の色	間接	無し 有り	外	無し	3
Lourenco & Huttenlocher (2006)	2歳未満児	壁面の構成	二等辺三角形		無し	無し 有り	外 内	有り	3
Hupbach & Nadel (2005) の実験1	4 - 6歳児 成人	壁面の構成	ひし形	一壁面の色	間接	無し	外	無し	3
Gibson, Leichtman, Kung, & Simpson (2007)	3 - 6歳児 成人	対象物の配置	二等辺三角形 正三角形		無し	無し	外	無し	2

Gouteux, Vauclair, & Thinus-Blunc (2001) は、模型空間での再定位に関する発達研究の草分けである。彼らは、参加者が空間内部に含まれない模型空間を用いた場合でも、上述の移動可能な空間と同様の結果が得られるかに関心を持った。Gouteux et al. (2001) は 20 cm × 80 cm の長方形の模型空間を作成し、Hermer & Spelke (1994/1996) と同様に、ランドマークの有無に関して2つの条件を設け、定位喪失後に対象探索課題を実施した。対象者は、3 - 5歳児と成人であり、定位喪失手続きでは、対象者が閉眼状態の時に模型空間を回転させるという方法が用いられた。

実験の結果、ランドマーク無し条件では、成人の場合は、対象が隠された正答の角とその対角を他の2つの角と比べて有意に高い割合で探索し、その2つの角の探索割合に有意差は認められなかった。幼児の場合、成人の探索割合には達しないが、4 - 5歳児も幾何学的に正答である2つの角をチャンスレベルに対して有意に高い割合で探索し、2つの角の探索割合に有意差は認められなかった。しかし、3歳児群は、4 - 5歳児とは異なり、4つの角をランダムに探索した。

一方、ランドマーク有り条件では、成人の場合、正答の角を他の3つの角より有意に高い割合で探索できた。しかし、幼児の場合、3歳児はランドマークが無い条件同様にランダムな探索を行っていた。年少児群は正答の角を他の角よりも有意に高い割合で探索していたが、5歳児と成人の成績には及ばず、誤反応が正答の角に近接する角に集中するという結果となった。5歳児は、正答の角を他の3つの角より有意に高い割合で探索でき、成人同様のパフォーマンスを示した。ただ、その誤反応は、4歳児ほどでないにしても正当の角に近接する角へ集中していた。

以上から、Gouteux et al. (2001) は、模型空間において幾何学的情報の利用は4 - 5歳児で認められ、その幾何学的情報にランドマーク情報を組み合わせた利用は5歳児のみに認められるとした。そして、4歳児では特徴的に、幾何学的情報とランドマーク情報が両呈示されると、ランドマーク情報を単独で利用する場合があると報告した。Gouteux et al. (2001) が示したこのような結果は、移動可能空間で示されてきた年齢に伴う情報利用の様相に当てはまらず、模型空間と移動可能空間とでは再定位にまつわる要因が異なることが伺われることとなった。

Gouteux et al. (2001) によって移動可能空間における結果との相違が示されて以降、そのような違いを生じさせた原因を解明しようとする試みが始まった。まず、Huttenlocher & Vasilyeva (2003) は、Gouteux et al. (2001) において、参加者は静止したままで模型空間を回転させていた点と、参加者内での対象の隠し場所を試行ごとに変化させていた点を方法上の問題点として指摘し、それらが模型空間での再定位における幾何学的情報の利用に影響したのではないかと考えた。そこで、定位喪失手続きを、模型空間は回転させずに参加者を閉眼状態で回転させるという方法に変更するとともに、対象の隠し場所を参加者内で固定させた。

そして、長方形の模型空間で実験を行った結果、20 - 22ヶ月の幼児は、幾何学的に正しい2つの角を他の2つの角と比べて有意に高い割合で探索し、その2箇所の探索割合に有意差は認められなかった。同様の手続きで、二等辺三角形の模型空間で実験を行ったところ、3つの角のいずれに探索対象を隠した場合も、チャンスレベル以上の割合で対象物を探し出すことができ、かつ隠し場所による有意な成績差は認められなかった。また、探索行動の分析により、幼児は探索場所をその場ですぐに決めている様子が伺われた。これらの結果から、Huttenlocher & Vasilyeva (2003) は、3歳未満児でも模型空間での再定位に幾何学的情報を利用できると主張した。

また、多田・杉村 (2005) は、再定位に影響を与える要因として、定位喪失手続きにおける参加者の身体移動の有無とともにランドマーク情報の有無を検討した。Huttenlocher & Vasilyeva (2003) と同様の大きさの模型空間を用い、4 - 6歳児を対象に、ランドマークの有無と定位喪失時の身体移動の有無とを組み合わせる実験条件を設け、対象探索課題を実施した。その結果、身体移動の有無については、2つのランドマーク条件におけるどの年齢群の課題成績にも有意な影響は

みとめられなかった。また、ランドマークの有無については、ランドマーク無し条件ではいずれの年齢群も、その探索割合が幾何学的に正しい二つの角に集中することはなくランダムであったのに対して、ランドマーク有り条件では、5 - 6歳児における正答の角の探索割合は有意にチャンスレベルを上回った。加えて、このランドマーク有り条件でみられた誤探索は、4歳児では偏りは認められなかったが、5 - 6歳児では正答の角に近接する角へ集中していた。

以上の結果から、まず、定位喪失時の身体移動の有無について、再定位時の情報利用への影響は示唆されなかった。そして、ランドマーク情報の有無について、幾何学的情報は、単独で呈示されると、4 - 6歳では利用されず、ランドマーク情報とともに呈示されると、5歳ごろからランドマーク情報と組み合わせて利用されるようになることが伺われた。また、ランドマーク情報は、幾何学的情報とともに呈示されると、5歳ごろから幾何学的情報と組み合わせて利用されるようになるが、同時に、単独での利用も行われるようになる可能性が示された。

多田・杉村(2005)の研究結果は、情報利用の発達の点で Gouteux et al. (2001) と異なり、幼児の幾何学的情報とランドマーク情報の利用の程度は、先行研究と比べて全体的に少し遅れているとともに、幾何学的情報よりもランドマーク情報を利用する傾向があったといえる。現在のところ、この違いの原因として考えられるのは、模型空間の形である。多田・杉村(2005)と Gouteux et al. (2001) の違いの1つに、長方形の模型空間の短辺と長辺の比がある。Gouteux et al. (2001) では 20 cm × 80 cm であったのに対して、多田・杉村(2005) では 45.0cm × 67.5 cm であり、Gouteux et al. (2001) の模型空間の方が、短辺と長辺の長さの違いが顕著である。そのため、多田・杉村(2005) では、幾何学的情報が利用しにくくなるとともに、ランドマーク情報が利用されやすくなった可能性がある。

Lourenco & Huttenlocher (2006) は、多田・杉村(2005)と同様、幾何学的情報の利用に影響を与える要因として、定位喪失手続きにおける参加者の身体移動の有無を検討している。この研究では、二等辺三角形の箱型の模型空間を用い、18 - 25ヶ月児を対象に、参加者回転条件と模型空間回転条件を設け再定位課題を実施した。そうしたところ、参加者回転条件では、3つの角のいずれに探索対象を隠した場合もチャンスレベル以上の探索割合を示した。一方、模型空間回転条件では、二等辺三角形の最鋭角に位置する隠し場所に探索対象を隠した場合のみ、チャンスレベル以上の探索割合を示し、参加者回転条件よりも正探索割合が有意に低くなった。

この結果から、Lourenco & Huttenlocher (2006) は、身体移動を伴わない定位喪失手続きよりも、身体移動を伴う定位喪失手続きの方が、再定位における幾何学的情報の利用割合が大きくなるかと結論づけた。このような結果の違いは、模型空間回転条件のように自分の身体移動がないにもかかわらず空間の見え方が変化する場合には、参加者は心的回転などの心的操作を介在させて課題に取り組もうとするために、参加者の中で探索課題が複雑化し、結果として利用すべき情報が利用できなくなることが原因であると考えられた。

また、Lourenco & Huttenlocher (2006) は、参加者が空間に対して内側にいる条件と外側にいる条件とに分けて、対象探索課題の結果を分析したところ、内側にいる条件の方が外側にいる条件よりも正答の角の探索割合は有意に大きかった。ここから、参加者は内側に位置するほうが再定位

における幾何学的情報の利用割合が大きくなると考えられ、それは空間の内側にいることで外側にいるよりも4つの各角の区別が付きやすくなるためと推察された。さらに、定位喪失時の身体移動の有無を加味すれば、空間の内側で定位喪失時に身体移動を伴う条件での正答の角の探索割合がもっとも大きかった。以上の結果から、Lourenco & Huttenlocher (2006) では、再定位に強い影響を与える要因として、定位喪失時の身体移動の有無と空間に対する参加者の位置（内/外）とが示唆された。

なお、Lourenco & Huttenlocher (2006) における定位喪失時の身体移動の再定位への効果は、多田・杉村 (2005) で示唆されたものとは異なっていた。同じ要因を取り上げたにもかかわらず、このような結果の食い違いが生じた理由には、実験場所における参加者自身の定位喪失の有無が関与していると思われる。多田・杉村 (2005) の実験は、Gouteux et al. (2001) や Hupbach & Nadel (2005) らと同様に、参加者が日常過ごしている場所で実施したため、部屋の周辺の空間的手がかりを統制しておらず、また、定位喪失手続きにおいて参加者を回転移動させる条件では、模型空間の周囲を90°移動させただけであったので、参加者は対象に対する定位を喪失しても、部屋における自己の定位は保持していたと考えられる。それに対して、Huttenlocher & Vasilyeva (2003) や Lourenco & Huttenlocher (2006) では、模型空間の周囲に均質不透明の布で円筒状のパーティションを設け、定位の手がかりを全て取り去った上、模型空間の周囲で複数回、子どもを回転移動させていた。よって、定位喪失手続き後、実験室内における参加者自身の定位は十分に喪失されていたことが推察される。

これまでの研究では、空間の幾何学的情報として主に各辺の長さに着目していたが、Hupbach & Nadel (2005) は角度 (angle) に注目した。彼女らは、ひし形の模型空間を用い、Gouteux et al. (2001) の手続きに従い再定位課題を実施した (実験 1)。その結果、ランドマーク無し条件では、4 - 6 歳児は幾何学的に正答である2つの角を有意に高い割合で探索し、その2箇所の探索割合に有意差は認められなかった。一方、ランドマーク有り条件では、5 - 6 歳児における正答の角の探索割合は他の3つの角より有意に高かったが、4 歳児は正答の角に隣接する角の探索割合が最も高くなった。このことから、ひし形の模型空間での再定位において、角度という幾何学的情報とランドマーク情報の単独利用は4歳から可能であるが、幾何学的情報とランドマーク情報の両者を呈示すると、4歳児はランドマーク情報の利用を優先する場合があることが示された。そして、幾何学的情報とランドマーク情報を組み合わせた利用は5歳から可能になると考えられた。

また、Hupbach & Nadel (2005) は実験 2 において、実験 1 の模型空間と同形のひし形の部屋 (移動可能空間) を設置し、その内部で対象探索課題を実施して、ひし形の移動可能空間内部における再定位を調べた。対象年齢は2 - 6 歳であり、ランドマークの有無に応じてランドマーク無し条件とランドマーク有り条件を設定した。その結果、ランドマーク無し条件では、2 - 3 歳児はいずれの角の探索割合にも偏りはなく、4 - 6 歳児は幾何学的に正答である2つの角を有意に高い割合で探索し、その2箇所の探索割合に有意差は認められなかった。ランドマーク有り条件では、2 - 3 歳児はいずれの角の探索割合にも偏りはなく、4 - 6 歳児における正答の角の探索割合は他の3つの角より有意に高かった。また、4 - 6 歳児においては、年長になるほど正答の角の探索割合は大

大きく、正答の角の対角の探索割合は小さくなった。以上から、ひし形の移動可能空間内部における再定位では、2 - 3歳児は幾何学的情報もランドマーク情報も利用せず、これら2つの情報を統合して利用することもないことが示唆された。一方で、4 - 6歳児は、幾何学的情報だけでなく、そこにランドマーク情報を統合して利用することが可能であり、加齢とともにその統合利用が伸展する様子が推察された。

実験1と実験2では、幾何学的情報の利用は4歳から可能になる点で一致していたが、ランドマーク情報の利用に関しては差異があった。ランドマーク情報を幾何学的情報と組み合わせて利用するならば、実験1のような移動可能空間では4歳から、実験2のような模型空間では5歳から可能であった。なお、ランドマーク情報の単独利用が認められたのは、模型空間の場合のみであった。

Hupbach & Nadel (2005) の実験1と2とを比較すれば、ランドマーク情報の利用に関してとくに差異があった。ただし、その原因は特定できていない。なぜなら、実験1と2では、空間の大きさだけでなく、参加者の空間に対する位置(内/外)、定位喪失時の身体移動の有無などさまざまな点で相違があるからである。また、Hupbach & Nadel (2005) の実験2とHermer & Spelke (1994) をはじめとする移動可能空間での先行研究を比べると、幾何学的情報が利用可能になるとされる年齢が高かった。その理由に関して、Hupbach & Nadel (2005) は、先行研究に比べて、空間の形状、規模など多側面で違いがあるため特定は困難と考えている。

これまで紹介してきた模型空間における再定位研究の結果は、情報利用の発達に関して次のように要約できる。まず、再定位に必要な幾何学的情報もランドマーク情報も単独ならば、遅くとも4歳ごろには利用可能になるようである。ただし、幾何学的情報とランドマーク情報の両者が呈示されると、4歳ではランドマーク情報の利用が優先される場合があった。そして、2つの情報を組み合わせて利用できるようになるのは5歳以降であり、このような発達傾向には、定位喪失手続きにおける身体移動の有無や、空間に対する参加者の位置(内/外)などの複数の要因が関与しているようであった。しかもそれらの要因も、実験実施場所の刺激の統制などの他の要因から影響を受けていると思われ、再定位の発達を左右する複数の要因は複雑に絡み合い作用しあっていることが推察されている。

最近では、模型空間での再定位の発達に関する探索的研究から得られた知見を踏まえ、2次元空間上での情報利用に関する研究が始まっている。Gibson, Leichtman, Kung, & Simpson (2007) は、日常生活や学校生活の中でも馴染み深いビデオディスプレイ上の幾何学的情報やランドマーク情報を、幼児がどのように捉えているのか明らかにするために、Gouteux & Spelke (2001) の移動可能空間における再定位研究をもとに、3 - 6歳児と成人を対象に対象探索課題を実施した。Gibson et al. (2007) ではGouteux & Spelke (2001) に倣い、幾何学的情報として複数の対象物配置によってもたらされる形状を取り上げた。ランドマーク無し条件(幾何学条件)ではディスプレイ上に3つの同形同色の対象物を二等辺三角形のかたちに配置し、ランドマーク有り条件(ランドマーク条件)ではそれぞれ異なる3つの対象物を正三角形に配置して、蜂のキャラクターが3つの対象物のいずれかに隠れるという状況を設定した。定位喪失手続きとして、ディスプレイ上で嵐によって対象物が吹き飛んでなくなってしまうアニメーションを呈示し、その数秒後、再び3つの対象物が

現れたら、参加者に蜂のキャラクターがどこにいるかを指差しで示させた。

3次元の模型空間の研究における模型回転条件に当たる結果をみると、成人はいずれの条件でも正答の角を100%に近い割合で探索することができた。一方、幼児の正答の角の探索割合は、ランドマーク無し条件（幾何学条件）ではいずれの年齢群もチャンスレベルを有意に上回らず、対照的に、ランドマーク有り条件（ランドマーク条件）ではいずれの年齢群でもチャンスレベル以上であった。正答の角の探索割合は両条件で、加齢に伴って増加していたが、ランドマーク無し条件（幾何学条件）における正答の角の探索割合は6歳児でも大人の探索割合に達することはなかった。また、ランドマーク無し条件（幾何学条件）では、探索対象の隠し場所が最鋭角であったとき他の等しい2角のときよりも探索割合が有意に大であった。以上の結果は、ディスプレイを用いた2次元空間での再定位で、複数の対象物の配置からなる幾何学的情報の利用は、6歳児においても可能でなかったが、逆にランドマーク情報の単独利用は3歳児から高い割合で認められたことを示している。また、各情報の利用は6歳以降も向上する可能性が伺われた。

Gibson et al. (2007) は、2次元空間上でアニメーションを用いて定位を喪失させているため、これまでの模型空間での再定位研究と直接比較検討することは難しい。しかし、Gibson et al. (2007) の報告は、我々がしばしば利用するディスプレイ上の二次元空間を取り上げている点で認知研究や教育実践において寄与すると考えられ、更なる研究を行い3次元での研究知見との包括的考察を試みる必要があるだろう。

最後に、模型空間での研究結果を移動可能空間で得られた知見と比較し考察する。2つの空間で得られた知見において、最も異なっていたのは幾何学的情報とランドマーク情報を利用して再定位が可能になる年齢である。具体的には、幾何学的情報の利用に関しては、移動可能空間では2歳未満児から可能であることがほぼ一貫して示されているが、模型空間では4歳児以上でなければ利用できないとする報告もあれば (Gouteux et al., 2001)、2歳未満児でも利用できるとする報告もあり (Huttenlocher & Vasilyeva, 2003)、研究間で一致していない。そして、ランドマーク情報に関しては、移動可能空間では、幾何学的情報と組み合わせることによって利用されることが示唆されているが (Hermer & Spelke, 1994)、一方、模型空間ではランドマーク情報は単独で利用され幾何学的情報と組み合わせられない場合 (Gouteux et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; 多田・杉村, 2005) がしばしば生じている。ただし、6歳児であれば、移動可能空間でも模型空間でも、再定位に幾何学的情報とランドマーク情報とを組み合わせると利用可能になる。

このような不一致の原因は、研究間の方法上の違いにあると考えられる。まず、幾何学的情報の利用に関しては、実験場所の周辺にある刺激の統制の有無が関係している可能性が高い。年少児でも幾何学的情報が利用可能と報告した研究はみな、手がかりのない不透明な円筒状の囲いを設置してその中で実験を行ったが、年長児でなければ利用困難と報告した研究では、そのような囲いを設けることなく日常的に利用されている部屋の卓上で実験を行っていた。したがって、周辺の刺激を統制すれば、模型空間での再定位においても幾何学的情報の利用が2歳未満児でも可能になり、移動可能空間での再定位における幾何学的情報利用の報告と一致する可能性がある。

次に、ランドマーク情報の利用に関しては、定位喪失手続きの回転対象が参加者であったか、模

型空間であったかの違いが関係していることが示唆されている (Cheng & Newcombe, 2005; Gouteux et al., 2001; Lourenco & Huttenlocher, 2006)。ランドマーク情報の単独利用が伺われた研究では、定位喪失手続きの回転対象が模型空間であった。Cheng & Newcombe (2005) や Lourenco & Huttenlocher (2006) によれば、このような条件は、参加者に課題遂行時に心的回転を求めることへとつながり、結果として課題が複雑化して、移動可能空間のような幾何学的情報とランドマーク情報との組み合わせ利用が困難になったのだという。しかし、この見解では、幾何学的情報の利用が抑えられてランドマークの単独利用が生じることを説明しておらず、今後の検討が待たれる。

再定位過程の説明：幾何学的モジュール説と適応的結合説

ここまで、模型空間での再定位研究を情報利用の観点からまとめ、模型空間を用いた研究での結果の食い違いや移動可能空間での知見との不一致を示し、それらが方法上の条件の操作によって埋められる可能性について触れた。では、条件の操作によって対象探索課題の結果が変動するならば、課題遂行に反映される再定位過程をどのように捉え解釈すればよいであろうか。

模型空間を用いた再定位研究の結果は、移動可能な空間における研究結果を解釈する理論的枠組みを通して考察されてきた。現在までに、さまざまな研究者が再定位に対する説明を行っているが、その多くは再定位を、情報入力、記憶（入力された空間情報の組織化による空間表象の形成）、反応出力（探索課題における対象探索）、の3つが一続きになったものとみて、その流れの中での空間情報の扱われ方に注目している。そして、提案されてきた説明を大別すれば、幾何学的モジュール (geometric module) 説と適応的結合 (adaptive combination) 説の2つになる。以下では、Cheng & Newcombe (2005) と Newcombe & Huttenlocher (2006) を参考に2つの説を紹介する。

幾何学的モジュール説では、幾何学的情報とランドマーク情報それぞれに対応する個別の認知構造があり、それらの中で情報入力、記憶、反応出力の3つが、他の認知構造とやり取り無しに進行すると考えられている (Figure 2 参照)。まず、情報入力において空間の幾何学的情報とランドマーク情報はそれぞれに対応する別の認知構造の中に取り込まれる。各情報は記憶時に別々の構造の中で保持されており統合されていない。幾何学的情報を非相互作用的・不可侵的に処理する認知構造を特に幾何学的モジュールとよぶ。反応出力時は、このモジュールが処理した幾何学的情報だけが足場となり (Gallistel, 1990)、幾何学的情報に依拠した反応が生じる。これが対象探索課題遂行時に幾何学性への敏感さとして表出される。このとき、壁に付けられた色などのランドマーク情報を処理している別の認知構造は本来なら再定位時には機能せず、そのモジュール内で保有されているランドマーク情報に依拠する反応は起こらないと考えられている。しかし、空間的な言語が獲得されている場合、その介在を受けて反応出力時にランドマーク情報を幾何学的情報と統合することが可能になる。そのため、空間的な言語の獲得が達成される5 - 6歳において、幾何学的情報とランドマーク情報とを組み合わせ利用できるようになるという。この立場では、再定位時に特異的に働くのは幾何学的モジュールのみとするので、ランドマーク情報だけに頼った反応出力を想定していない。

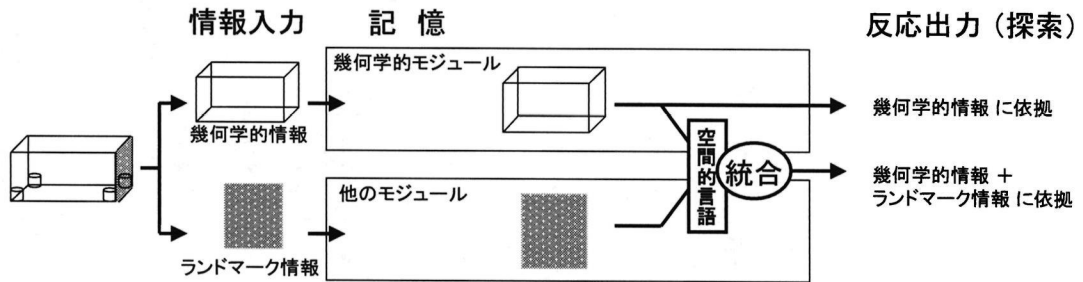


Figure 2 不可侵なモジュールを仮定する幾何学的モジュール説での再定位過程
(Cheng & Newcombe (2005) を改変)

また、この幾何学的モジュール説には、生体を包囲する移動可能空間での再定位に限るとする制限がある。本来、幾何学的モジュールは、動物全般にみとめられた再定位時の幾何学的情報への敏感さの説明として設定されたものであるため、その解釈の適用範囲を、動物が通常生活する環境に近い状況（変化しづらい山々に囲まれるなどの）での再定位に特化している。このような制限は、Gallistel (1990) 以降に報告された模型空間における情報利用や、対象物配置によって提供される幾何学的情報の利用に対して、幾何学的モジュールが否定されないよう付け加えられたものであるが、結果としてこれらの報告をどのように捉えればよいかは明示されていない。また、近年2歳未満児で確認されたランドマーク情報の利用 (Nardini, Atkinson, & Burgess, 2008) については言語獲得の有無で説明がつかず再考が必要といえる。

一方、適応的結合仮説では、幾何学的モジュール説ほど再定位過程におけるモジュール性を強調しない。適応的結合による説明は、再定位過程において仮定される非相互的で不可侵な性質の適用範囲によって、さらに2種類に分かれる。それは、モジュール的性質を、情報入力と記憶に仮定するもの (Cheng, 1986; Hartley, Trinkler and Burgess, 2004) と、情報入力のみ仮定するもの (Crawford, Huttenlocher, & Engebretson, 2000; Huttenlocher, Corrigan, & Crawford, 2004; Huttenlocher, Hedge, & Duncan, 1991; Newcombe, 2002) である。

情報入力時と記憶時にモジュール的性質があるとする立場では、Figure 3 に示すように、幾何学的情報とランドマーク情報は、同一の記憶システム中に別経路で入力される。続いて、この記憶システムの中で、空間の測量的性質や左右感覚・反転イメージといった幾何学的情報は組織化され幾何学的枠組み (geometric frame) を形成する。そして、反応出力時には、主にこの幾何学的枠組みに基づいた反応が生じ、これが対象探索課題における幾何学的情報への敏感さと受け取られる。一方、ランドマーク情報は、同一の記憶システムにありながら本来は幾何学的情報と別々に保有されている。しかし、ランドマーク情報が、探索対象や目指す場所に近接する直接的ランドマークであるような場合は、それが幾何学的枠組みに貼り付けられることによって、情報が組織化される。そうすると、反応出力時でそれに依拠した反応が生じ、探索課題においては正答の角の探索として現れる。また、この立場では、幾何学的枠組みが再定位時に絶対的に機能するとは主張しておらず、情報入力時の条件などによっては、幾何学的情報からなる幾何学的枠組みを抑えてランドマーク情

報のみに依拠した反応が生じることも許容している。

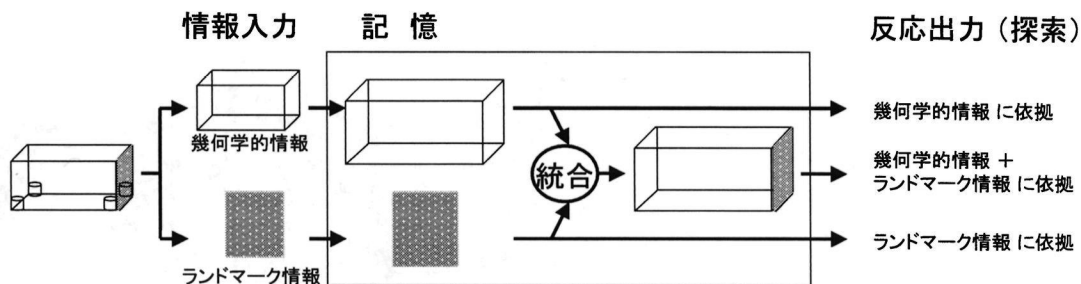


Figure 3 情報入力と記憶にモジュール性を仮定する適応的結合説での再定位過程
(Cheng & Newcombe (2005) を改変)

以上のように、情報入力と記憶にモジュール性を仮定する適応的結合説での再定位過程では、ランドマーク情報は基本的に幾何学的情報と別個に扱われているが、ランドマークの条件によっては幾何学的情報と統合されると主張する点に特徴がある。先行研究で報告された幾何学性への敏感さは、幾何学的枠組みへのランドマーク情報の取り込みの失敗によって説明される。この立場に該当するのは、ベクトル加算モデル (Cheng, 1989) や境界近接性モデル (Hartley et al., 2004) である。

次に、情報入力のみがモジュール的に行われるとする立場では、Figure 4 に示すように、情報入力時は幾何学的情報とランドマーク情報は別々の経路で入力されるものの、記憶時には、各空間情報は同一の記憶システム内で結びつきあって一つの統合的な表象を形成する。この統合の際に、幾何学的情報とランドマーク情報には、入力時の状況に応じて、情報としての信頼度・重要度の重み付けがなされる。反応出力時には、課された重み付けを踏まえての反応が生じる。実験場面ではしばしば、幾何学的情報に大きな重み付けのされた表象が形成されるため、幾何学的情報に依拠した反応が生起し、探索課題遂行時の幾何学的情報への敏感さとして把握される。記憶システム内の表象を形成する各情報の重み付けの大小が偏らなかった場合、幾何学的情報とランドマーク情報の両方に依拠した反応が出力され、探索課題遂行においては正答の角の探索として表出される。そして、入力状況によっては、ランドマーク情報に過度の重み付けが生じることもあり、その場合は反応出力でランドマーク情報のみに依拠した反応が生じる。

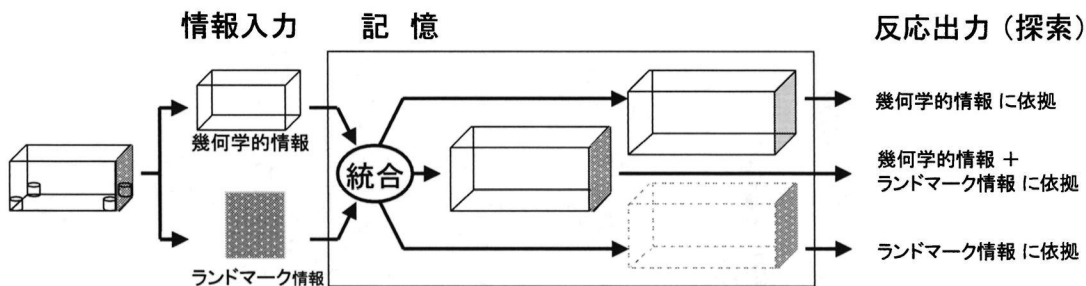


Figure 4 情報入力のみモジュール性を仮定する適応的結合説での再定位過程
(Cheng & Newcombe (2005) を改変)

この立場では、いかなる場合でも、空間表象が幾何学的情報とランドマーク情報とから成り立っていることを想定する点に特徴がある。幾何学性への敏感さは、幾何学的情報への信頼度が大きくランドマーク情報への信頼度が小さい表象を基にした対象探索が反映されたものと解釈される。このような見解に基づくのは、初めに分類する際に述べた Crawford et al. (2000) などと言及されたモデルや、階層的符号化モデル (Newcombe, Huttenlocher, Sandberg, Lie, & Johnson, 1999) である。なお現在は、仮定される統合的空間表象の実証に向けて多種の指標を用いた総合的な研究が起り始めている (Cheng & Newcombe, 2005)。

2つの適応的結合説は両者とも、空間環境のさまざまな情報源は、より安定したものに大きな重み付けを伴って結合し正確な空間行動の礎になると仮定している (Newcombe & Huttenlocher, 2006)。この適応的結合説は、どの情報に依拠する反応が生じたとしてもすべて解釈の対象とする点で寛容である。模型空間での研究結果を解釈する上では、上述した理論的見解のうち、幾何学的モジュール説は、そもそも壁面などで囲われた移動可能空間の中に参加者がいる場合に限定した説明であり、加えて、空間の規模が大きい場合には空間言語が未獲得な2歳未満児でもランドマーク情報を利用できる点を捉えられないなどの課題が残っている。このように考えると、模型空間での再定位研究の結果を解釈するにあたっては、幾何学的モジュール説よりも適応的結合説からのアプローチの方が適しているといえる。

しかし、これまでの適応的結合説のように、反応出力を、その背後にある空間表象の要素である情報の重み付けに帰結させるのみでは、後付けの説明がいくらでも可能であり、結果を予測するモデルの提出にいたるには難がある。よって、今後の適応的結合説の課題は、次の2つといえよう。まず、1つ目は反応を決定する各情報の重み付けに関わる要因の特定である。具体的には、各情報の重み付けが決定される情報入力時にそこに影響しうるものが何か、また幼児期の加齢に伴ってそれらの影響が変化しうるかを明示していくことが求められるであろう。そして、2つ目は空間表象を形成する情報の重み付け以外で反応出力に影響する要因の特定である。実際に、Lourenco & Huttenlocher (2006) のように、情報入力以降での介入手続きによって、実施した課題の結果が変動することが報告されている。この点からは、情報の重み付けとは別の、再定位の解釈に加えなければならない要因があることが示唆される。そのためには、これまで3つの過程に分けて検討されてきた再定位の流れを一度見直し、情報入力から反応出力までを細分化する必要があるかもしれない。

以上、情報の重み付けの説明と、それ以降の過程で再定位に影響を与えると考えられる要因の説明を行うことによって、適応的結合説は再定位により適切で有益な解釈が可能になると思われる。そして、これに従って幼児期の加齢における変化を整理すれば、再定位という1つの空間認知の発達モデルがもたらされるであろう。

模型空間における再定位の総合的理解に向けて

前節までに、模型空間における再定位の発達を適応的結合説の視点から捉えていくことを提案するとともに、適応的結合説の問題点を2つあげた。以降では、適応的結合説の問題点の2つ目にあたる、プロセスの細分化に関する一案を示し、今後の研究展開における布石とする。

上述したように、対象探索課題を通して検討されてきた先行研究の知見を鑑みると、再定位に効果を持つ要因には、情報の重み付けに関与する要因と、情報の重み付けには関わらず再定位に影響する要因とがあり、それらが複雑に綾を成して作用している可能性が伺える。とすると、これまでの研究のように各要因の影響の有無だけを検討するのではなく、それぞれの要因が過程のどの部分にどのように作用し、最終的に再定位を揺るがすのかを整理していかねばならない。

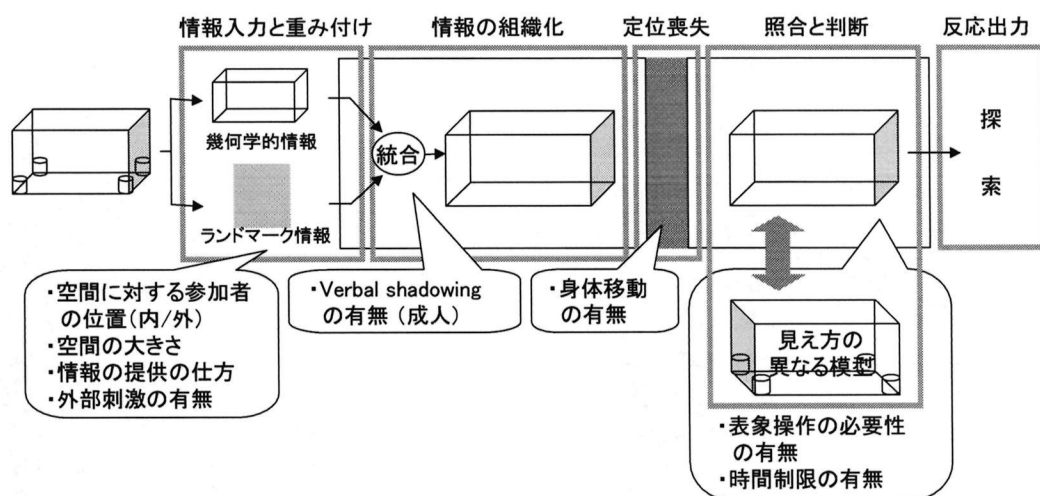


Figure 5 新しい区分から捉えた適応的結合説での再定位過程と各過程に影響を与える要因

そこで、ここでは、再定位過程を次の5つの下位過程に分けて捉えることを提案したい。それらは、その空間が保有する情報入力と入力情報への重み付け、入力された空間情報の組織化による表象の形成、定位喪失、先ほどとは見え方の異なる眼前の空間と形成された表象の照合ならびに判断、反応出力である。そして、先行研究で扱われた要因が上述の時点に対する操作であったかをまとめれば、Figure 5のように表せるであろう。

まず、情報入力では、これまでの適応的結合説でも示されてきたのと同様に、幾何学的情報とランドマーク情報という2つの空間情報が記憶システム内に取り込まれる。過去の研究で操作された要因の中でこの時点に作用すると推察された要因は、空間に対する参加者の位置(内/外)や空間の大きさ、幾何学的情報やランドマーク情報の提供の仕方、部屋の周囲にある空間的手がかりの有無などである。情報入力には、多くの場合は視覚的な把握が必要であるので、これらの要因は空間の視覚認識に関わる要因ともいえる。そして、視覚認識の変化は情報の入力状況の変化となり、それに伴って、情報の重み付けが決定されていく(Cheng & Newcombe, 2005)。この情報入力段階に結

び付けられる要因は、情報の重み付け規則に関与すると考えられ、この規則の説明を目指す研究の中で詳細の言及が行われるであろう (Cheng & Newcombe, 2005)。

次に、情報の組織化では、前段階で入力され重み付けされたそれぞれの情報が統合される。統合された情報は1つの空間表象を作り上げると仮定される。先行研究で焦点化された要因の中で、この時点に作用することがうかがわれるものには言語がある。成人を参加者とした報告であるが、Wang & Spelke (2000) は、移動可能空間における探索課題と平行して言語課題 (verbal shadowing) を実施すると、幾何学的情報もランドマーク情報も利用困難になるが、言語以外の課題を平行実施したときにはそのような結果にならないことを見出した。Cheng & Newcombe (2005) は、幾何学的情報とランドマーク情報の両者の利用が損なわれたことから、言語課題の遂行が2つの情報を組織化して空間表象を形成する際に干渉効果をもたらしたと考えている。情報の組織化が生じる時点には、空間表象の性質に関わる間が内包されているが、取り組み例はまだ少ない。今後、空間情報の組織化に関する実証研究が増加することにより、言語をはじめとする他の認知との相互作用が明らかになっていくであろう。

つづいて、定位喪失についてであるが、ここでは空間に対する対象や参加者の位置関係が分からない状態を生起させる手続きが実施される。このとき参加者は閉眼状態におかれる。先行研究で要因として扱われたものの中でこの段階にあたるのは身体移動の有無 (回転対象が参加者/模型) や回転移動の程度である。定位喪失は再定位の前提であるため、ここに焦点を当てた介入は興味深いところであるが、情報の組織化と同様に十分な知見は集積されていない。

そして、定位喪失後に目にする空間と形成された表象の照合ならびに判断であるが、この時点では、異なる重み付けを持った情報からなる空間表象が、先ほどとは異なる見えを示す現実の空間とつき合わせられる。この時点に関する要因を直接取り上げた要因は未だ無いが、心的回転に代表されるような表象操作の関与が想定されている (Lourenco & Huttenlocher, 2006)。また、表象操作に関連して、時間制限の設定もここに当てはまるかもしれず、これらの要因を含めた多くの実験的検討が待たれる。

最後に、再定位のでき不出来として捉えられる反応出力では、これまでの各時点で挙げてきた要因の効果が最終的に反映される。ここで見られる反応によって、各情報をどのように利用していたのか、その情報が形作っていた表象はどのようなものかが推し量られているといえる。この反応は探索課題の成績として得点化され分析されることがほとんどであるが、Huttenlocher & Vasilyeva (2003) のように探索行動をビデオに録画し、その内容を分類するという試みも行われている。

以上が適応的結合説で提案されるプロセス細分化の試みである。5つの各時点に整理された要因は、年齢要因との交互作用が示唆されているものの未踏の部分も多いため、後続研究の増加が切望される。

引用文献

- Cheng, K. (1986). A purely geometric module in the rat's spatial representation. *Cognition*, **23**, 149-178.
- Cheng, K. (1989). The vector sum model of pigeon landmark use. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Presses*, **15**, 366-375.
- Cheng, K. & Newcombe, N.S. (2005). Is there a geometric module for spatial orientation? Squaring theory and evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, **12**, 1-23.
- Crawford, L. E., Huttenlocher, J., & Engebretson, P. H. (2000). Category effects on estimates of stimuli: Perception or reconstruction? *Psychological Science*, **11**, 280-284.
- Gallistel, C.R. (1990). *The organization of learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gibson, B. M., Leichtman, M. D., Kung, D. A., & Simpson, M. J. (2007). Use of landmark features and geometry by children and adults during a two-dimensional search task. *Learning and Motivation*, **38**, 89-102.
- Gouteux, S. & Spelke, E. (2001). Children's use of geometry and landmarks to reorient in an open space. *Cognition*, **81**, 119-148
- 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.
- Garrad-Cole, F., Lew, A. R., Bremner, J. G., & Whitaker, C.J. (2001). Use of cue configuration geometry for spatial orientation in human infants (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, **115**, 317-320.
- Hartley, T., Trinkler, I., & Burgess, N. (2004). Geometric determinants of human spatial memory. *Cognition*, **94**, 39-75.
- 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., Corrigan, B., & Crawford, L. E. (2004). Spatial categories and estimation of location. *Cognition*, **93**, 75-97.
- Huttenlocher, J., Hedge, L. V., & Duncan, S. (1991). Categories and particulars: Prototype effects in estimating spatial location. *Psychological Review*, **98**, 352-376.
- Huttenlocher, S. & Vasilyeva, M. (2003). How toddlers represent enclosed spaces. *Cognitive Science*, **27**, 749-766.
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S. & Huttenlocher, J. (2001). Toddlers' use of metric

- information and landmarks to reorient. *Journal of Experimental Child Psychology*, **80**, 225-244.
- Lourenco, S. F. & Huttenlocher, J. (2006). How do young children determine location? Evidence from disorientation tasks. *Cognition*, **100**, 511-529.
- Nardini, M., Atkinson, J., & Burgess, N. (2008). Children reorient using the left/right sense of colored landmarks at 18-24 months. *Cognition*, **106**, 519-527.
- Newcombe, N. S. (2002). The nativist-empiricist controversy in the context of recent research on spatial and quantitative development. *Psychological Science*, **13**, 395-401.
- Newcombe, N. S. & Huttenlocher, J. (2006). Development of spatial cognition. In W. Damon & R. Lerner (Series Eds.) & D. Kuhn & R. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception and language*. (6th ed., pp.734-776). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Newcombe, N. S., Huttenlocher, J., Sandberg, E., Lie, E., & Johnson, S. (1999). What do misestimations and asymmetries in spatial judgment indicate about spatial representation? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **25**, 986-996.
- Spelke, E. & Kinzler, K.D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, **10**, 89-96.
- 多田幸子・杉村伸一郎 (2005). 模型空間における幼児の再定位能力 日本教育心理学会第 47 回総会発表論文集, 47.
- Wang, R. F., & Spelke, E. S. (2000). Updating egocentric representations in human navigation. *Cognition*, **77**, 215-250.
- Weatherford, D. L. (1982). Spatial cognition as a function of size and scale of the environment. In R. Cohen (Ed.), *Children's conceptions of spatial relationships*. Vol. 15. *New directions for child development*. (pp.5-18). San Francisco: Jossey-Bass.