

原 著

先天性視覚障害児の空間イメージ操作能力と心的走査における
空間参照枠の移動の有無との関連

丹所 忍*・小林 秀之**

先天性視覚障害児 (N=8) の空間イメージ操作能力と心的走査時の空間参照枠の移動の有無との関連を明らかにするため、空間的視点取得 (PT) 課題と心的回転 (MR) 課題を行った。刺激は1~4個の対象物を配置したA4判の凸図で、対象角度は時計回り90°・180°・270°とした。対象児を心的走査時の空間参照枠の移動の有無により群分けし、課題別・回転角度別正誤反応数を群間・群内比較し、誤反応パターンを分類した。その結果、PT課題の成績は移動あり群の方が移動なし群よりも良く、MR課題は両群の成績に差はなかった。移動あり群は、PT課題の成績がMR課題よりも良く、MR課題で角度の増加に伴い誤反応数が増加した。移動なし群は、両課題で、成績に統計的な差はなく、角度の影響が見られなかった。また両群とも誤反応パターンに自己中心エラーはなかった。移動あり群はPT課題が解決可能な段階にあり、移動なし群は両課題とも発達途中の段階で、空間的視点取得能力を高める必要性が考えられた。

キー・ワード：先天性視覚障害児 空間的視点取得 心的回転 空間参照枠 心的走査

I. 問題と目的

先天性視覚障害児の空間認知は、身体を中心とした手の届く範囲の小規模な空間を基本とし、身体移動を伴う規模の空間では移動を介した小規模空間の連続として認知される (山本, 2006; 2010) と考えられている。先天性視覚障害児においても、比較的小さな環境では複数の場所の空間的な関係が把握でき、年齢が高まるにつれて正確性が増す (山本, 1990; 1991) とされる。視覚障害者の移動では、聴覚をはじめ触覚や身体運動感覚等を総合的に活用して自己と周囲の物や場所との位置関係を定位し、身体移動に伴い、定位した空間を心的に更新し続ける必要がある (文部省, 1985)。視覚障害者が身

体移動を伴う空間で定位を失えば、視覚的には一望できる室内であっても、迷うという状態に陥る。

丹所・柿澤 (2014) は、先天性視覚障害児が既知の室内の空間認知をどのように成立させているのかを把握するため、対象児7名に心的走査課題として、室内のどこに何があるか言葉で説明するよう求めている。得られた回答の語句分類と回答に基づく地図描画 (スケッチマップ化) により検討した結果、視覚的には一望できる室内の心的走査であっても、先天性視覚障害児の場合、心的に身体移動しながら説明する者と心的にある地点で止まって説明する者があったと報告している。心的移動があった者は、空間認知する際の基準 (空間参照枠) として、自己の身体を基準とする自己中心参照枠により「前後左右」等の空間表現で室内の対象物を多

* 筑波大学大学院人間総合科学研究科, 兵庫教育大学

** 筑波大学人間系

く表出し、移動の基点を設けたり壁に沿って室内を一巡したりするなど他の物や環境などを基準とした外部参照枠の活用が見られ、対象物同士の関連づけが多くなされていた。一方、心的移動がなかった者は、対象物の表出数が少なく、対象物の位置関係を示す語句の使用が少なく、ある対象物を別の地点から見た時の位置関係について問われた補足質問に全く答えられない場合があり、空間イメージ操作に何らかの課題があった可能性を述べている。

空間イメージ操作とは、空間に関するイメージ（認知地図）を心的に操作することを言う。代表的なものに空間的視点取得と心的回転があり、前者は空間定位課題とも言われ、後者は空間視覚化課題とも呼ばれる。空間認知研究では、様々な空間能力の関連性を明らかにしようとする研究において、空間イメージ操作能力と身体移動を伴う大規模空間での定位と移動の能力に関連があることが示されている（Koustriava & Papadopoulos, 2012；Kozhevnikov, Motes, Rasch, & Blajenkova, 2006 など）。また、空間イメージ操作能力は個人の有する認知地図との関連性があることも報告されている。

認知地図には、出発地から目的地までの経路を継時的に示すイメージ形態であるルートマップ型表象と、地点間の位置関係全体のイメージ形態であるサーベイマップ型表象がある（Hart & Moore, 1973；中村, 2009）とされる。2つのマップに優劣の関係はなく（Hart & Berzok, 1982）、発達的にはルートマップ型からサーベイマップ型へと変容し（Shemyakin, 1962；谷, 1980）、晴眼者は環境の状況や目的によってマップの型を使い分けたり、同時に複数の参照枠を用いたりしている（山本・上村・賀集, 1987）と考えられている。

空間イメージ操作能力と認知地図との関連性として、晴眼者の場合、空間的視点取得能力は自己中心参照枠に基づくルートマップ型表象に関連がある可能性が示唆され、心的回転能力は外部参照枠に基づくサーベイマップ型表象との関連性（杉本・楠見, 2013；Meneghetti, Pazzaglia,

& De Beni, 2011）が示されている。一方、先天性視覚障害者の場合、空間参照枠の活用においては外部参照枠よりも自己中心参照枠を得意とし（Millar, 1994；Millar & Al-Attar, 2004）、認知地図の理解においてはサーベイマップ型表象よりもルートマップ型表象を得意とする（Noordzij, Zuidhoek, & Postma, 2006；Pasqualotto & Newell, 2007）。文部省（1985）は、先天性視覚障害児においてもサーベイマップ型表象が形成可能であり、サーベイマップ型表象の形成を促す指導の必要性を述べている。また、視覚障害児の定位と移動の指導において心的回転能力が重要であるとしている。

さて、空間イメージ操作課題においては、対象者は対象を記憶した後、空間的視点取得課題（perspective taking task, 以下、PT課題）では心的または実際に自己の身体を別の地点まで移動させ新しい地点での対象の「見え」を再構成するよう求められる。PT課題では、移動によって身体と環境との位置関係は変化するが対象は環境に対して固定されており（Wraga, Creem, & Proffitt, 2000）、自己中心参照枠と外部参照枠が共に活用できる（Kozhevnikov & Hegarty, 2001）。

一方、心的回転課題（mental rotation task, 以下、MR課題）では自己の身体を固定したまま対象を心的に回転するよう求められる。MR課題では、身体は環境に対して固定されているが、対象と環境、及び対象と身体との位置関係は変化する（Wraga, et al., 2000）ため、外部参照枠のみ活用できる（Kozhevnikov & Hegarty, 2001）。両課題は、非常に高い相関を示すが独立した異なるイメージ操作能力を測定し（福田, 1991；Zacks, Mires, Tversky, & Hazeltine, 2000；Hegarty & Waller, 2004）、課題の成績を比較した結果は個人が得意とする空間イメージ操作の方略を反映する（Hegarty & Waller, 2004）とされる。

児童を対象としてPT課題とMR課題を行った研究から、空間イメージ操作能力は視覚障害の有無に関わらず発達の変化を示す（Millar, 1976；渡部, 1987；福田, 1991）ことが明らかにされている。視覚障害児では、平均年齢6歳

7か月の群や8歳7か月の群よりも、平均年齢10歳4か月の群の方が両課題の成績が良く、教育による学習の可能性があるとされる。また、晴眼児では、小学校5年生頃までに両課題で求められる操作が各々独立して発達(福田, 1991)し、小学校3年生と5年生の誤反応分析から、PT課題では身体移動後においても自分からの見えを答える「自己中心エラー」が多く、刺激の左右を反転させて答える「左右反転エラー」が少ないこと、MR課題では自己中心エラーが少なく、左右反転エラーが多い(福田, 1991)ことが報告されている。加えて、自己中心エラーは、「異なる位置から見た場合の見えは異なる」というルールが児童に習得されていないために生じる(渡部, 1987)と考えられ、自己と対面関係にある180°を対象角度とした場合は「自分とは反対に見える」というルールが使用される場合がある(Gzesh & Surber, 1985)。

本研究では、先天性視覚障害児の空間イメージ操作能力について、定位と移動の能力や認知地図に関連があるとされる空間的視点取得と心的回転を取り上げ、既知の室内を心的走査した際の心的な身体移動の有無との関連を明らかにする。なお、本研究では、空間的視点取得は、心的または実際に自己の身体を別の地点まで移動させそこでの対象の「見え」をイメージする能力であるため、心的走査において心的な身体移動がある者は自己中心参照枠に基づくルートマップ型表象の段階にあり、空間的視点取得課題の成績が良いと仮説を立てる。

本研究で心的走査における空間参照枠の移動の有無と空間イメージ操作能力との関連性が明らかにできれば先天性視覚障害児の定位と移動の指導を行う上で、個人の有する空間イメージ操作能力や認知地図を把握するための評価方法や指導方法の開発につながる可能性があると考えられ、視覚障害児教育において意義深いものとなる。

II. 方法

1. 対象

視覚障害特別支援学校小学部に在籍し、5歳以前に視覚障害となった視覚表象のない先天性及び早期視覚障害児7名を対象とした。全員右利きで、点字を使って学年相応の学習を進めていた。対象児のプロフィールをTable 1に示した。なお、本研究は、本人・保護者、及び学校長から研究協力と結果の公表に関する承諾を得るとともに、筑波大学研究倫理委員会の承認(課題番号: 筑24-11)を受けて実施した。

2. 実験課題

課題は個別に、(1)空間イメージ操作課題、(2)既知の室内の心的走査課題の2つを順に行った。

(1)空間イメージ操作課題: PT課題とMR課題を行った。Fig. 1に実験課題の装置と概要を示した。対象児は提示された刺激を自由に触察して記憶した後、PT課題では、児童机の周りを指定された角度(90°・180°・270°)の位置まで時計回りで移動し、そこでの刺激の「見え」をイメージして構成するよう求められた。また、MR課題では、反応用磁石ボードを指定された角度(90°・180°・270°)まで時計回りで回転させ、回転後の刺激の「見え」をイメージして構成するよう求めた。

①実験刺激: 刺激は、A4サイズで周囲に枠の付いた磁石ボード(縦置き、高さ1.5cm)に1~4個の対象物を配置した配置型の凸図4種を用いた(Fig. 2-1, Fig. 2-2, Fig. 2-3, Fig. 2-4)。対象物は、アクリル製の平面図形4種(円、正方形、正三角形、正六角形、いずれも5cm四方で高さ1cm)で、裏面に磁石シートを貼り磁石ボードに固定できるようにした。刺激1には手前の辺の中央に円が1つ、刺激2には手前の辺の中央に円が1つと奥の辺の中央に正方形が1つ、刺激3には奥の辺の中央に正方形が1つと左の辺の中央に正三角形が1つと右の辺の中央に正六角形が1つ、刺激4には手前の辺の中央に円が1つと奥の辺の中央に正方形が1つと左の辺の中央に正三角形が1つと右の辺の中央に

Table 1 対象児プロフィール

対象	性別	学年	月齢	眼疾患	保有視力等
A	男	2	92	レーベル先天黒内障	右0・左光覚
B	女	2	94	ピーターズ奇形(発達緑内障) 小角膜, 白内障, 虹彩低形成	右0.01・左光覚
C	女	4	123	視神経膠腫	右0.01・左指数弁
D	男	6	145	第一次硝子体過形成遺残	右0・左光覚
E	女	4	119	ピーターズ奇型(発達緑内障)	右手動弁・左0
F	女	5	131	前眼部形成不全(角膜混濁)	右手動弁・左0
G	男	6	149	視神経低形成	右0・左0

正六角形が1つ、磁石ボードの外枠に接して配置されていた。

②実験場所・装置：対象児の在籍学校内にある教室で児童用の机と椅子を使用して実施した。教室には、棚や机などが通常通り置かれていたが、使用した児童机は通常と異なる位置・向きに配置し、窓やカーテンを閉めて行った。ビデオカメラを対象児の前方に設置した。児童機の中央に対象児の反应用磁石ボードを縦置きで置き、その右にトレーを置き刺激ごとに必要な平面図形をのせた。反应用磁石ボードには方眼紙を貼付した。

③手続き：課題の実施前に、使用する実験材料を対象児に提示し自由に触察してもらい、各対象物の名称の再生と触覚的弁別が可能で、反应用磁石ボードの形状と向き（縦置きまたは横置き）の触覚的弁別が可能であることを確認した。

また、PT課題実施前に、児童機の周りを手で伝い、基点から時計回りに90°・180°・270°の位置まで実際に移動する練習を行い、指定された位置まで移動可能であることを確認した。MR課題実施前には、縦置き磁石ボードの枠を両手で持ち、時計回りで90°・180°・270°の位置まで回転させる練習を行い、指定された角度まで回転可能であることを確認した。両課題とも、対象児は提示された刺激を自由に触察し、対象児が刺激から手を離して触察を終えたら実験者は刺激を回収した。刺激の提示時に、「お手本（刺激）をしっかりと触って覚えてください。後で同じ物を作ってもらいます」と述べ、PT課題では、「あなたが机の周りを触りながら動いて違う所に行き、そこでお手本を触ったらお手本はどのようなものであるのか考えて作ってもらいます」と教示し、MR課題では、「あなたがお手本を回した後にお手本を触ったらどのようなかを考えて作ってもらいます」と教示した。課題の実施順は、4名の対象児がPT課題を行っ

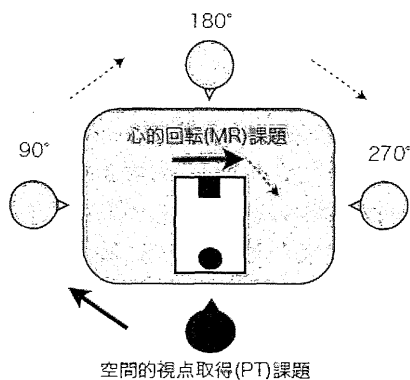


Fig. 1 実験課題の実験装置と概要

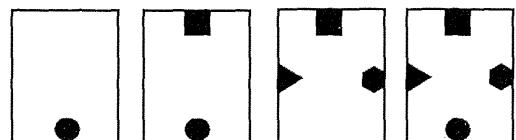


Fig. 2-1 実験刺激1 Fig. 2-2 実験刺激2 Fig. 2-3 実験刺激3 Fig. 2-4 実験刺激4

た後にMR課題を実施し、残り3名はその逆の順とした。刺激の提示は、両課題とも刺激1から始め、その他の刺激はランダムな順で行なった。各刺激とも初めに回転なし(0°)試行を行い、刺激が正しく記憶され構成可能であるかどうかを確認した。ここで構成を失敗した場合は他の刺激を提示して同様の手続きを進めた。次に、回転あり試行として、時計回り(90°・180°・270°)の3試行をランダムな順に各1回行った。つまり、対象児は各課題とも刺激4種につき3試行ずつ合計12試行実施した。両課題とも、指定された角度までの移動または反応用磁石ボードの回転を対象児が終えたと同時に、実験者は「始め」と言って構成開始の合図をした。できるだけ早く正しく構成するよう伝え、対象児が構成に迷っている場合は、「がんばって作ってください」と言って励まし、対象物を配置し終えるまで続けるよう求めた。対象児は、構成後、使用した平面図形をトレーに置き、PT課題では基準点まで戻り、MR課題では反応用磁石ボードを縦置きに戻した。

(2) 既知の室内の心的走査課題：実験課題と手続きは、丹所・柿澤(2014)と同様であった。対象空間を対象児の在籍学校内にある既知の教室とし、室内の対象物と対象物の位置関係を言語的に説明するよう求めた。また、補足質問として、対象児が答えた対象物のいくつかについて、「○から見ると□はどこにありますか。」と尋ねてさらに回答を得た。

以上の課題の合計所要時間は、説明時間も含めて45分程度であった。これらについてビデオカメラ(SONY製DCR-SR300)で録音・録画し、分析に使用した。

3. 分類・分析方法

(1) 空間イメージ操作課題：課題の反応の正誤は、全ての対象物が刺激と同様の位置に構成された場合を正反応とし、その他を誤反応とした。また、刺激3と刺激4の誤反応パターンを4つに分類した。分類は、Millar(1976)と福田(1991)に基づき、「自己中心エラー」、「角度エラー」、「一部反転エラー」、「その他」とした。

自己中心エラーとは、身体移動後や刺激回転後にも自分の「見え」を構成する誤りであった。角度エラーは、対象物の配置は刺激通りであるが回転角度が不足または超過する誤りであった。一部反転エラーは、対象物の配置において垂直軸上または水平軸上にある対象物の一対を上下または左右で反転する誤りであった。これら以外の反応を「その他」とした。統計的分析は、JavaScript-STAR2.9.9jβ版により、反応の正誤数について χ^2 検定を行い、誤反応パターンは群別に誤反応ごと直接確率計算を行った。

(2) 既知の室内の心的走査課題：空間参照枠の移動の有無と補足質問の正誤は、丹所・柿澤(2014)と同様に分類・分析した。得られた回答の語句の分類と対象児が対象空間を説明した順序に従って地図を描くスケッチマップ化をし、Taylor and Tversky(1996)に基づき、対象児が心的に移動しながら説明をした場合を空間参照枠の移動ありとし、対象児が対象空間内のある地点で心的に止まった状態で説明した場合を空間参照枠の移動なしとした。補足質問は、対象児ごとに指定した対象物と質問数が異なるため、正答率を算出した。

III. 結果

既知の室内の心的操作課題において、空間参照枠の移動があった4名(A・D:男2名、B・C:女2名、平均月齢:113.5ヶ月、範囲:92~145ヶ月、 $SD=25.3$)を「心的移動あり群」とし、空間参照枠の移動がなかった3名(E・F:女2名、G:男1名、平均月齢:133.0ヶ月、範囲:119~149ヶ月、 $SD=15.1$)を「心的移動なし群」とした。Table 2に対象児別の補足質問と両課題の正反応率を示した。以下では、群別に空間イメージ操作課題の分析結果を示す。Fig. 3に両課題の平均正反応率を群別に示した。また、Fig. 4-1にPT課題の角度別平均正反応率を群別に示し、Fig. 4-2にMR課題の角度別平均正反応率を群別に示した。

1. PT課題・MR課題の成績の群間比較

(1) PT課題：PT課題の正反応率は、心的移

Table 2 対象児の両課題角度別正反応率 (%)

群	対象	平均月齢 ()	補足質問 内は質問数	PT	PT	PT	MR	MR	MR
				90°	180°	270°	90°	180°	270°
心的移動あり	A		100%(3)	100	100	100	75	100	25
	B	113.5	75.0%(12)	100	100	100	100	50	50
	C	(25.3)	100%(6)	100	100	75	100	50	25
	D		100%(13)	100	100	100	50	25	25
心的移動なし	E		57.1%(7)	100	75	100	75	100	50
	F	133.0	60.0%(5)	25	25	0	0	25	50
	G	(15.1)	25.0%(8)	50	100	100	100	100	100

註) 平均月齢の ()内は標準偏差を示す。

動あり群が97.9%で、心的移動なし群が63.9%であった (Fig. 3)。PT課題の正誤反応数を群間比較するため χ^2 検定を行ったところ、有意差が認められた ($\chi^2(1)=14.787, p < .01$)。残差分析の結果、心的移動あり群は心的移動なし群と比べて正反応数が有意に多く、誤反応数が有意に少なかった ($p < .01$)。PT課題の成績は、心的移動あり群 > 心的移動なし群であった。

(2) MR課題：MR課題の正反応率は、心的移動あり群が56.3%、心的移動なし群が66.7%であった (Fig. 3)。MR課題の正誤反応数を群間比較するために χ^2 検定を行ったところ統計的な差は認められなかった ($\chi^2(1)=0.550, n.s.$)。MR課題の成績は、心的移動あり群 = 心的移動なし群であった。

2. PT課題・MR課題の成績の群内比較

(1) 心的移動あり群：心的移動あり群の正反応率は、PT課題が97.9%で、MR課題は56.3%であった (Fig. 3)。PT課題とMR課題の正誤反

応数を群内比較するために χ^2 検定を行ったところ、有意差があった ($\chi^2(1)=21.287, p < .01$)。残差分析の結果、正反応数はPT課題で有意に多く、MR課題で有意に少なかった ($p < .05$)。心的移動あり群の成績は、PT課題 > MR課題であった。

(2) 心的移動なし群：心的移動なし群の正反応率は、PT課題が63.9%であり、MR課題は66.7%であった (Fig. 3)。PT課題とMR課題の正誤反応数を群内比較するために χ^2 検定を行ったところ、有意差はなかった ($\chi^2(1)=0.000, n.s.$)。心的移動なし群の成績は、PT課題 = MR課題であった。

3. PT課題・MR課題の角度別成績の群内比較

(1) 心的移動あり群：PT課題の角度別成績は、270°で誤反応が1あったが、90°と180°は全て正反応であった (Fig. 4-1)。一方、MR課題の平均正反応率は、90°が81.3%で、180°は56.3%、

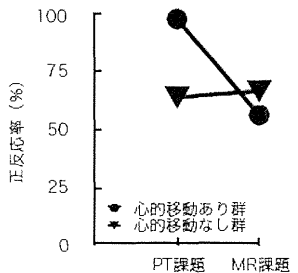


Fig. 3 PT課題とMR課題の群別正反応率

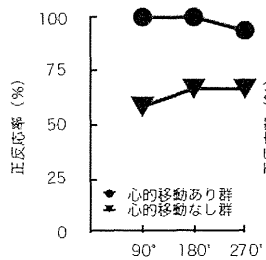


Fig. 4-1 PT課題の角度別平均正反応率

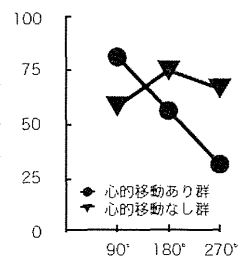


Fig. 4-2 MR課題の角度別平均正反応率

270°は31.3%であった (Fig. 4-2)。MR 課題の角度別正誤反応数を比較するために χ^2 検定を行ったところ、有意差が認められた ($\chi^2(2)=8.127, p<.05$)。残差分析の結果、90°では正反応数が誤反応数よりも有意に多く、180°では正誤反応数に統計的な差はなく、270°では正反応数が誤反応数よりも有意に少なかった ($p<.05$)。心的移動あり群のMR課題の角度別成績は、90°>180°>270°であった。

(2) 心的移動なし群：PT課題の角度別平均正反応率は、90°が58.3%で、180°と270°は66.7%であった (Fig. 4-1)。PT課題の角度別正誤反応数を比較するために χ^2 検定を行ったところ、統計的有意差はなかった ($\chi^2(2)=0.241, n.s.$)。MR課題の角度別平均正反応率は、90°が58.3%で、180°は75.0%、270°は66.7%であった (Fig. 4-2)。MR課題の角度別正誤反応数を比較するために χ^2 検定を行ったところ、統計的な差は認められなかった ($\chi^2(2)=0.750, n.s.$)。心的移動なし群の角度別成績は、PT課題とMR課題ともに90°=180°=270°であった。

4. 刺激3・刺激4の群別の誤反応パターン数

刺激3と刺激4における群別の課題別誤反応パターン数について、Fig. 5-1に心的移動あり群の結果を示し、Fig. 5-2に心的移動なし群の結果を示した。なお、自己中心エラーは両群とも両課題で見られなかったため分析対象から外した。

(1) 心的移動あり群：PT課題の誤反応は、一部反転エラーが1あった。MR課題は、角度エラーが7 (53.8%)、一部反転エラーが6 (46.2%)、その他のエラーは両課題ともなかった (Fig. 5-1)。両課題の各誤反応パターン数を群

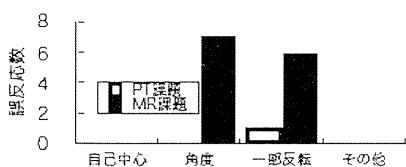


Fig. 5-1 あり群の課題別誤反応パターン

内比較するため、エラーごとに直接確率計算を行った結果、角度エラーで有意差が見られ ($p=0.0156, p<.05$, 両側検定)、一部反転エラーは統計的な差がなかった ($p=0.1250, n.s., .10<p$, 両側検定)。心的移動あり群の誤反応パターン数は、角度エラーがPT課題<MR課題で、一部反転エラーはPT課題=MR課題であった。

(2) 心的移動なし群：PT課題の誤反応は、一部反転エラーが1 (16.7%)で、その他のエラーが5 (83.3%)であった。MR課題は、角度エラーが1 (11.1%)、一部反転エラーが2 (22.2%)、その他のエラーが6 (66.7%)であった (Fig.5-2)。誤反応パターン別の直接確率計算の結果、全てのエラーで統計的な差はなかった (角度エラー： $p=0.9999$ 、一部反転エラー： $p=0.9999$ 、その他のエラー： $p=1.0000, n.s., .10<p$, 両側検定)。つまり、心的移動なし群の誤反応パターン数は、全てのエラーでPT課題=MR課題であった。

IV. 考察

本研究は、先天性視覚障害児の空間イメージ操作について、個人の有する認知地図や定位と移動の能力に関連があるとされる空間的視点取得 (PT) 課題と心的回転 (MR) 課題を取り上げ、既知の室内空間を心的走査した際の心的な身体 (空間参照枠) の移動の有無との関連を明らかにすることを目的として行った。

まず、既知の室内空間の心的走査課題の結果から、身体 (空間参照枠) を心的に移動させながら対象空間を説明した者を心的移動あり群 ($n=4$, 平均月齢=113.5ヶ月, $SD=25.3$) とし、身体 (空間参照枠) を対象空間内のある地点で心的に止めて説明した者を心的移動なし群 ($n=4$,

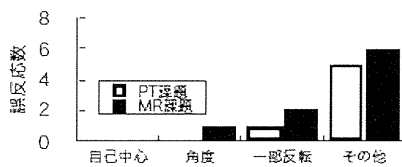


Fig. 5-2 なし群の課題別誤反応パターン

平均月齢=125.8ヶ月, $SD=19.0$)として群分けした。次に、PT課題とMR課題の成績を群内・群間比較し、空間イメージ操作能力と身体(空間参照枠)の移動の有無との関連性を検討した。その結果、心的移動あり群の成績は、PT課題の方がMR課題よりも良く(Fig. 3)、MR課題では、回転角度が増すと正答率が低下し(Fig. 4-2)、角度エラーが多く見られた(Fig. 5-1)。一方、心的移動なし群のPT課題の成績は心的移動あり群よりも低く(Fig. 3)、両課題で、成績に差はなく(Fig. 3)、誤反応パターンに違いは見られなかった(Fig. 5-2)。また、両課題とも、統計的には回転角度が成績に影響することはなかったが、 180° 、 270° 、 90° の順で正答数が多かった(Fig. 4-1, Fig. 4-2)。よって、本研究の仮説「心的走査において心的な身体移動がある者は空間的視点取得課題の成績が良い」は支持された。

以下では、既知の室内空間の心的走査に関する先行研究(丹所・柿澤, 2014)と本研究の結果を踏まえて心的移動あり群と心的移動なし群のプロフィールを明らかにすることで、空間イメージ操作能力と既知の室内の心的走査における身体(空間参照枠)の心的な移動の有無との関連について検討する。

まず、心的移動あり群について、先行研究(丹所・柿澤, 2014)で、心的走査時に空間参照枠の移動があった者は、自己中心参照枠によって室内の対象物を前後左右の位置関係で定位したり対象物同士を多く関連づけたりしていた。また、基点を設けたり壁に沿って説明したりするなど外部参照枠の活用が見られた。さらに、補足質問では空間を把握する上での視点を移動させても対象物同士の位置関係を正確に回答したと報告されている。

また、本研究で、心的移動あり群の空間イメージ操作は、PT課題の成績が良く(Fig. 3)、MR課題では回転角度が増すと正答率が低下し(Fig. 4-2)、空間イメージ操作能力のうち心的回転に困難性が見られた。しかし、心的移動あり群の平均月齢は113.5ヶ月($SD=25.3$)であり

小学校3・4年生に相当し、先行研究(Millar, 1976; 福田, 1991)を踏まえると、心的移動あり群の空間イメージ操作能力は月齢相応であったと考えられる。MR課題の課題解決で活用できる空間参照枠は外部参照枠のみである(Kozhevnikov & Hegarty, 2001)ことから、心的移動あり群の心的回転能力は発達途上の段階にあったと推察される。

以上より、心的移動あり群は、自己の身体を空間参照枠とし、心的に身体移動して心的走査を行ったり、把握した空間を身体移動させるイメージによって操作したりすることを得意としルートマップ型表象が形成可能な者と考えられる。また、身体移動を伴う大規模空間や手が届く範囲の小規模空間での空間認知では、基準を設けたり対象物同士を関係づけたりするなど外部参照枠を活用できるが、対象物全体を同時に心的回転する能力は発達途上の段階にあったと考えられる。このことは、誤反応パターンの分析において、刺激通りに対象物の配置を構成できても刺激全体の回転角度を誤る角度エラーが、MR課題でより多く見られた(Fig. 5-1)ことから類推される。

次に、心的移動なし群について、既知の室内の心的走査に関する先行研究(丹所・柿澤, 2014)で、空間参照枠の心的な移動がなかった者は、室内の対象物の表出数が少なく、対象物の具体的な位置や方向を説明する語句が少なく対象物同士を「遠近」などの空間関係のみで表現する者があった。さらに、補足質問では、自ら表出した対象物であっても他の地点に視点を移動させると配置が不明確になる場合があったと報告されている。

また、本研究での空間イメージ操作課題では、PT課題の成績は心的移動あり群よりも低く(Fig. 3)、両課題の成績に差はなく(Fig. 3)、両課題ともに回転角度の影響がなかったが、 180° での正答数が最も多かった(Fig. 4-1, Fig. 4-2)。心的移動なし群の平均月齢は133.0ヶ月($SD=15.1$)で小学校5・6年生に相当し、先行研究(Millar, 1976; 福田, 1991)を踏まえると、

本来、空間イメージ操作のうちPT課題は解決可能な月齢である。よって、心的移動なし群は月齢に比して空間的視点取得能力は発達途上の段階にあったと推測される。また、心的回転についても同様に発達段階の途上であったと考えられる。なお、心的移動なし群の補足質問の正答率は、3名とも60%以下 (Table 2) で心的移動あり群よりも低い値を示したが、このことは、身体移動を伴う大規模空間において対象物の位置関係をイメージ操作するには、空間的視点取得によっても心的回転によっても解決困難であったととらえられる。加えて、心的移動なし群の角度別正反応率は、両課題とも180°で高く (Fig. 4-1, Fig. 4-2)、空間的視点取得も心的回転も発達途上の段階にあったとすれば、180°は心的な空間イメージ操作によらず、対象物の配置関係は前後と左右が反対になるというルールの使用 (Gzesh & Surber, 1985) によって回答がなされた可能性があったとも考えられる。

加えて、時計回り270°の正反応の配置は反時計回り90°と同様であり、時計回り270°を反時計回り90°のイメージ操作によって回答した可能性も考えられる。しかし、本研究の手続きでは、児童機の周りを時計回りで実際に移動したり、反応用磁石ボードを時計回りで実際に回転させたりした後に回答するよう求めている。また、本試行実施前に、PT課題では児童機の周りを移動する練習を行い、MR課題では反作用ボードを回転させる練習を行っており、反時計回りのイメージ操作により回答した可能性は低かったと考える。

さらに、PT課題90°とMR課題270°、PT課題270°とMR課題90°の正反応は同様の配置となるが、心的移動なし群の角度別正反応率は、PT90°とMR90°が58.3%、PT270°とMR270°が66.7%で同じであった、対象児によっては、一方の課題の各角度の布置を記憶して他方の角度で同様に回答した可能性も考えられる。しかし、こうした場合、両課題で角度エラーが多く見られると推測されるが、そのような結果は得られていない (Fig. 5-1, Fig. 5-2)。本研究では、対象

児の内省報告を分析しておらず十分な検討ができないが、心的移動なし群の空間イメージ操作能力は発達途上にあり、課題で求められるイメージ操作が行われていなかった可能性があったとも考えられる。

以上より、心的移動なし群は、自己の身体を空間参照枠として、大規模空間においても小規模空間においても、身体を心的に移動させて心的走査を行ったり、把握した空間を自己の身体を移動させるイメージによって操作したりすることに困難性があり、ルートマップ型表象もサーベイマップ型表象も形成できていない者と考えられる。また、小規模空間での空間の把握は、基準を設けたり対象物同士を関係づけたりするなど外部参照枠の活用はある程度できるが、複数の対象物全体を同時的に心的回転することには困難があり、このことは大規模空間においても困難性が生じていたととらえられる。

晴眼者の場合、実空間での定位と移動の能力と空間イメージ操作能力と認知地図には関連性がある (Koustriva & Papadopoulos, 2012; Kozhevnikov, Motes, Rasch, & Blajenkova, 2006; 杉本・楠見, 2013; Meneghetti, Pazzaglia, & De Beni, 2011) とされている。本研究は、対象児の言語表出から既知の室内空間での心的な身体移動の様子を把握し、空間イメージ操作能力との関連を検討しており、大規模空間での実際のな定位と移動の能力、及び日常生活での移動行動の様子との関連については明らかにされていないという限界がある。しかし、本研究の結果は、実空間での定位と移動の能力と空間イメージ操作能力の関連性があるとする先行研究 (Koustriva & Papadopoulos, 2012; Kozhevnikov, Motes, Rasch, & Blajenkova, 2006) を支持するものであり、先天性視覚障害児において、小規模空間での空間イメージ操作能力と既知の室内を心的走査した際の空間参照枠の移動の有無との関連性が見出された意義は大きい。

さて、晴眼者の場合、認知地図はルートマップ型からサーベイマップ型へと発達的変容を示し (Shemyakin, 1962; 谷, 1980)、環境の状況や

目的によってマップの型を使い分けたり、同時に複数の空間参照枠を用いたりしていると考えられている(山本・上村・賀集, 1987)。こうしたことから、文部省(1985)は、先天性視覚障害児においてもサーベイマップの形成が重要であるとしている。また、晴眼者を対象としてPT課題とMR課題の成績を比較した先行研究では、両課題は非常に高い相関を示すが独立した異なる空間イメージ操作能力を測定(福田, 1991; Zacks, Mires, Tversky, & Hazeltine, 2000; Hegarty & Waller, 2004)し、両課題の結果は個人が得意とする空間イメージ操作の方略を反映する(Hegarty & Waller, 2004)とされている。

以上のことを踏まえると、心的移動あり群は、空間的視点取得との関連性が示唆されるルートマップ型での空間認知とその操作を得意とする可能性を踏まえ、心的回転能力を向上させる指導によって空間認知の発達段階を向上できる可能性があると考えられる。一方、心的移動なし群は、小規模空間では心的回転との関連性があるサーベイマップ型の空間の理解を得意とする可能性があることを踏まえつつ、空間的視点取得による空間認知とその操作能力を向上させることで心的移動あり群に移行する可能性があると考えられる。

今後の展望として、先天性視覚障害児の実空間での定位と移動の能力と空間イメージ操作能力と認知地図との関連性を明らかにすることが考えられる。そのためにも、個々の先天性視覚障害児が得意とする空間イメージ操作の方略を客観的に把握するための評価方法を検討することが挙げられる。また、アセスメント結果に基づく定位と移動の指導の在り方とその効果の検討が求められる。具体的には、先天性視覚障害児の定位と移動の指導において、外部参照枠の活用を促すことの効果について検討することが今後の課題となるであろう。

謝辞

本研究にご協力いただいた皆様に心より感謝申し上げます。

文献

- 福田由紀(1991) 視覚的イメージ操作に関する発達的研究—三つ山型課題とメンタル・ローテーション課題の比較—。教育心理学研究, 39, 348-354.
- Gzesh, Steven M. (1985) Visual Perspective-Taking Skills in Children. *Child development*, 56, 1204-1213.
- Hart, R. A. & Berzok, M. (1982) Children's strategies for mapping the geographical environment. Potegal, M. (Ed.) *Spatial abilities : Developmental and physiological foundation*. New York : Academic Press. 147-169.
- Hart, R. A. & Moore, G. T. (1973) The development of spatial cognition : A review. In R. M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and environment*. Aldine publishing, Chicago, 246-288. 吉武泰水監訳(1976) 環境の空間的イメージ鹿島出版会, 237-312.
- Hegarty, M. & Waller, D (2004) A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32, 175-191.
- Koustriava, E. & Papadopoulos, K. (2012) Are there any relationships among different spatial skills of individuals with blindness? *Research in Developmental Disabilities*, 33, 2164-2176.
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001) A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, 29, 745-756.
- Kozhevnikov, M., Motes, M.A., Rasch, B., & Blajenkova, O. (2006) Perspective-taking vs. mental rotation transformations and how they predict spatial navigation performance. *Applied cognitive psychology*, 20, 397-417.
- Meneghetti, C., Pazzaglia, F., & De Beni, R. (2011) Spatial mental representations derived from survey and route descriptions : When individuals prefer extrinsic frame of reference. *Learning and Individual Differences*, 21, 150-157.
- Millar, S. (1976) Spatial representation by blind and sighted children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 21, 460-479.
- Millar, S. (1994) *Understanding and representing space : Theory and evidence from studies with blind and sighted children*. Oxford : Clarendon Press.
- Millar, S. & Al-Attar, Z. (2004) External and body-centered frames of reference in spatial memory :

- Evidence from touch. *Perception & Psychophysics*, 66, 51-59.
- 中村奈良江 (2009) 行動空間のイメージ. ナカニシヤ出版.
- Noordzij, M.L., Zuidhoek, S., & Postma, A. (2006) The influence of visual experience on the ability to form spatial mental models based on route and survey descriptions. *Cognition*, 100, 321-342.
- 文部省 (1985) 歩行指導の手引. 慶応義塾大学出版会.
- Pasqualotto, A. & Newlle, F. N. (2007) The role of visual experience on the representation and updating of novel haptic scenes. *Brain and Cognition*, 65, 184-194.
- Shemyakin, F. N. (1962). Orientation in space. In B.G. Anan'yef et al. (Eds.), *Psychological Science in the USSR*, 1, US Office of Technical Services. Washington, DC, 186-255.
- 杉本匡史・楠見孝 (2013) 空間スキルの個人差と空間メンタルモデル. *認知心理学研究*, 9, 55-64.
- 谷直樹 (1980) ルートマップ型からサーヴェイマップ型へのイメージマップの変容について. *教育心理学研究*, 28, 192-201.
- 丹所忍・柿澤敏文 (2014) 先天性視覚障害児の言語表出にみる既知の室内空間の空間認知について—心的走査における参照枠の移動に着目して—. *障害科学究*, 38, 103-116.
- Taylor, H. A. & Tversky, B. (1996) Perspective in spatial description. *Journal of memory and language*, 35, 371- 391.
- 山本利和・上村幸子・賀集寛 (1987) 幼児における2種類の空間能力の発達とそれに及ぼすランドマークの効果. *教育心理学研究*, 35, 163-171.
- 山本利和 (1990) 早期失明者の空間的問題解決能力の発達. *心理学研究*, 60, 363-369.
- 山本利和 (1991) 早期失明者における空間的問題解決能力の縦断的研究. *心理学研究*, 61, 413-417.
- 山本利和 (2006) 視覚障害者の移動と空間認知. 岡本耕平・若林芳樹・寺本潔編, *ハンディキャップと都市空間—地理学と心理学の対話—*. 古今書院, 71-91.
- 山本利和 (2010) 日常生活空間の認知と目的地への移動. 空間認知の発達研究会編, *空間に生きる—空間認知の発達の研究—*. 北大路書房, 121-134.
- 渡部雅之 (1987) 空間表象の変換能力に関する発達研究下位能力との関連から. *教育心理学研究*, 35, 107-115.
- Wraga, M., Creem, S. H., & Proffitt, D. R. (2000) Updating displays after imagined object and viewer rotations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 26, 151-168.
- Zacks, J. M., Mires, J. M., Tversky, B., & Hazeltine, E. (2000) Mental spatial transformations of objects and perspective. *Spatial Cognition & Computation*, 2, 315-332.
- 2016.8.29 受稿、2016.11.18 受理 —

Relationships between Spatial Image Manipulation Ability and the Movement of Reference Frame in Mental Scanning by Children who are Congenitally Blind

Shinobu TANSHO* and Hideyuki KOBAYASHI**

The present study was conducted to examine the relationship between spatial cognition and manipulative ability in spatial image in children who are congenitally blind. The subjects (N=8) were asked to perform spatial perspective-taking (PT) tasks and mental rotation (MR) tasks. The stimuli were A4-sized images with one to four items illustrated by convex surfaces, and the target angles were 90°, 180°, and 270°. The subjects were divided into two groups: one with children who could perform accurate spatial movement in reference frame of a familiar room (Group A) and one with children who could not perform the task properly (Group B). The results show Group A performed better in PT tasks compared to Group B although there was no significant difference between the groups in MR tasks. Group A had better results in PT tasks than MR tasks; moreover, the number of incorrect responses in MR tasks increased when the rotating angle was increased. In Group B, there was no significant difference between PT tasks and MR tasks, and the influence of rotating angle was not observed. It was suggested that Group A performed well in PT tasks, and Group B may have had difficulty in performing both tasks.

Key words: children who are congenitally blind, spatial perspective taking, mental rotation, reference frame, mental scanning

* Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba/Hyogo University of Teacher Education

** Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba