

# 高齢者における空間的視点取得と 運動イメージの明瞭性・統御可能性との関連

渡 部 雅 之\*

## The Relation between Spatial Perspective-Taking and Vividness or Controllability of Motor Imagery in Old Adults

Masayuki WATANABE

キーワード：空間的視点取得、身体性、明瞭性、統御可能性、加齢

### 要 約

高齢者における空間的視点取得と運動イメージの明瞭性・統御可能性との関連について検討した。空間的視点取得課題としてゲーム形式の課題を採用し、運動イメージの明瞭性課題としてイメージと実際の行為との反応時間差を指標とする課題を、統御可能性課題として身体イメージの変形を求めた際の反応時間と正確さを指標とする課題を新たに作成した。これらが高齢者 52 名（60-81 歳、平均年齢  $71.27 \pm 5.27$  歳、男 30 名）と、比較対象として大学生 41 名（18-22 歳、平均年齢  $20.12 \pm 1.08$  歳、男 20 名）に実施した。その結果、高齢期の空間的視点取得能力は運動イメージの統御可能性と関連することがわかった。これは、高齢者の空間的視点取得能力における身体性の現れを意味する。一方、明瞭性も空間的視点取得との関連が一部で示されたが、明確な解釈ができず、今後の確認作業が必要である。大学生にはこうした関連が見られなかった。

身体と空間は不可分の関係にあり、その関係性は身体性（embodiment; Kessler & Thomson, 2010）と表現される。身体状況の変化に即応できる人の空間認知システムは、進化の上で適応的であると指摘され（Làdavas & Farné, 2006）、

その意味から、身体化とは身体の拡張であり、身体が関わることで外界の認識を促進している。例えば、身体表面から数センチから数十センチの範囲で身体を直接取り巻く身体近傍空間（Làdavas & Serino, 2008）の表象も固定的ではなく、機能的可塑性を持つ。身体近傍空間対象が、身体そのものに限らず、経験を通して道具等へも拡張されるのはその一例である。Iriki, Tanaka, Obayashi, & Iwamura (2001) は、マカザルにビデオモニタに映った自己の手の動きを観察させ、道具を操作する訓練を行った結果、モニタ上の手の映像の拡大、縮小、移動に伴い、多感覚ニューロンの視覚受容野が映像の周囲にも形成されたことを報告している。このように、身体と空間内の物体の相互作用のために使用される道具の使用の際にも、身体性は柔軟に調整されている。

空間認知における身体性の問題は、身体機能が低下する高齢期においてより重要である。65 歳以上の高齢者の年間転倒率は 20% 以上もあり（鈴木・島田・牧迫・渡辺・鈴木, 2009）、加齢とともに増加する（新野・安村・芳賀・上野・太島・樋口, 1995）。しかし、転倒の主要な原因である平衡性機能の低下（Rubenstein & Josephson, 2002）は、必ずしも運動器固有の問題とは限らず、身体行動の調整や決定に関わる脳部位に生じた空間認知機能の低下に由来する場合がある（Luria & Meiran, 2005）。また渡部（2018）は、高齢者の平衡性機能の水準と身体表

\* 滋賀大学教育学部

象の想起・操作の水準とが関連することを見出している。これらは、加齢に伴う身体の変化が身体表象の変化を促し、空間認知機能の低下に至る可能性を示唆している。高齢者における空間認知の機能低下は、実際の運動機能に影響するだけでなく、日常生活活動全般にも影響し、高齢者の自立的生活を妨げ、生活の質を悪化させる恐れがある（植屋・小山, 2011）ことから、この時期の空間認知における身体性の特徴を明らかにしておくことには大きな意義がある。

これまで身体性が多く報告されてきた空間認知活動の1つに、現在の位置から別の位置に自分自身が移動すると想像して対象の見え方を予想する空間的視点取得がある。空間的視点取得では、自らの身体表象を心的に移動する操作（身体表象操作）が不可欠である。それは仮想的な行為であるが、実行時には期待される運動感覚や体性感覚等が伴い、それを処理する脳領域が活性化する。例えば、人が空間内を移動した際や、ある動きを模倣するとイメージした際に、体性感覚野の活動が高まったとの報告がある（Jackson, Meltzoff, & Decety, 2006）。また Kockler, et al. (2010) は、自己視点から対象の動きを観察していると考えた時、感覚と運動の協調を司る頭頂間溝近傍に活性化を認めている。このように、空間的視点取得における身体表象の操作には、過去の運動経験が内在化した結果として運動感覚や体性感覚が伴っており、その意味において身体表象と体性感覚は不可分に結びついている。

空間的視点取得は、高齢者にしばしば生じる空間識失調とも関連する。この機能が損なわれることで、位置関係の把握が困難になり、空間内での自分の位置について正しい判断や正確な運転操作ができなくなって（数井・吉山, 2015）、徘徊や自動車事故の危険に繋がる。加齢に伴い身体性を伴う空間的視点取得機能がどのように変化するかを明らかにできれば、加齢による機能低下を最低限に留めることに寄与できるだろう。しかし、幼児、大学生、高齢者を対象に、空間的視点取得における身体性の特徴について調べた Watanabe (2016) は、高齢者群でのみ身体性の存在を見出していない。そこで本研究では、高齢期における空間的視点取得の身体性

について再検討することを目的とする。

空間的視点取得の中核である身体表象操作には運動イメージが伴う（渡部, 2013）。運動イメージは、自分自身が運動を行なっているかのような一人称的な筋感覚イメージと、他者が運動を行なっているのを見ているような三人称的な視覚イメージに二分される（Mahoney & Avenier, 1977）。例えばスポーツ選手の場合、技術水準の高い者は比較的容易に、かつ頻繁に筋感覚イメージを用いている。一方、専門的にスポーツ活動を行っていない者は、スポーツを見る機会は多いが実行する機会は少ないため、視覚イメージは描けても、筋感覚イメージである自身の運動イメージを描くことは困難である。そして、空間的視点取得における運動イメージは、身体表象が仮想的に空間内を移動する一人称的な筋感覚イメージであると考えられている（Watanabe, 2011）。

このような筋感覚イメージとしての運動イメージは、明瞭性（Isaac, Marks, & Russell, 1986）と統御可能性（Naito, 1994）の2つの観点から評価されてきた。明瞭性とは身体像の明瞭なイメージや感覚を心的に作り出す能力であり、統御可能性とは身体表象を操作する能力のことである。Start & Richardson (1964) は、イメージの明瞭性の高・低と統御可能性の高・低の両面から走り高跳びの片足引き上げ技能を比較し、明瞭性と統御可能性の高い群が最高のパフォーマンスを発揮したことを報告している。ならば逆に、加齢に伴う運動イメージの明瞭性や統御可能性の低下は、空間的視点取得における身体表象操作機能の低下を引き起こすことになるのだろうか。この問いに答えるため、空間的視点取得課題と、運動イメージの明瞭性ならびに統御可能性を測定する課題を高齢者に実施し、課題得点間の関連から高齢期の空間的視点取得における身体性の特徴について検討する。

これまで空間的視点取得は、他者視点から対象物がどのように見えるかという問いへの正誤反応によって測られることが多かった。しかしそれでは、身体表象操作と、対象物の表象の変形や位置の変換等、研究で使用された課題に固有の認知的情報処理が混在してしまう。そこで Watanabe (2011) は、身体表象操作におい

て反応時間と移動距離との間に一次関数関係が成立することを利用し、身体表象操作に要した時間と、それ以外の認知的情報処理に要した時間を分離して測定する手法を考案した。次いで Watanabe & Takamatsu (2014) ならびに渡部・高松 (2014) は、幼児や高齢者にも適用できるようこれを改良し、隠れん坊を模したビデオゲーム「くるくるかくれんぼ」を開発した。これらに倣い、本研究もこの「くるくるかくれんぼ」課題を用いて空間的視点取得能力を測定する。

一方、運動イメージに関して、明瞭性の測定には質問紙検査が頻繁に用いられてきた。西田ら (1981) は、自己と他者それぞれの視覚的、筋感覚的、および付帯的狀況におけるイメージ因子と、日常生活における基本的動作（走る、投げる、叩くなど）とを組み合わせ、50 項目からなる明瞭性質問 (Vividness of Movement Imagery Questionnaire: VMIQ) を作成している。Isaac, Marks, & Russell (1986) も、24 の行動のそれぞれについて、イメージを明瞭に持てるかを 5 段階で評定させている。しかし、運動イメージを質問紙法によって測定するのでは、明瞭度を客観的に捉えられないことが危惧され、検査の信頼性の点で疑問が残る。そこで今回は、運動イメージの明瞭性を測定するために行動指標を用いた新たな課題 (Vividness of Movement Imagery Test; VMIT) を準備する。また、統御可能性に関しては、西田ら (1986) が「描かれた運動パターンのイメージを、指示に従って付加変換、再構成する能力」と定義づけ、統御可能性テスト (Controllability of motor imagery test: CMIT) を作成している。CMIT とは、身体部位を教示に従って心的に変形・操作することを求め、その正確さを再認法により評価する課題であり、通常は紙上で実施される。今回は、同様の内容をコンピュータ上で実施し、正誤数だけでなく、解答に要した反応時間を指標とすることで、身体表象の変形の速さを分析の観点に加えることを試みる。

以上のように、本研究では、空間的視点取得課題である「くるくるかくれんぼ」と、運動イメージの明瞭性ならびに統御可能性を測定する独自の課題を、高齢者群ならびに比較検討のための大学生群に実施し、課題間の関連における

年齢群間の違いから、加齢に伴って生じる空間認知の身体性の特徴変化について明らかにすることを目的とする。

## 方 法

### 参加者

高齢者は 52 名 (60-81 歳、平均年齢  $71.27 \pm 5.27$  歳、男 30 名) を対象とした。自立の生活が可能な高齢者に限定するために、地域のシルバー人材センターに業務委託し、日常的な軽作業に支障のない者を派遣してもらった。さらに、検査当日に記入を求めた問診票にて、認知機能ならびに運動機能に著しい障害のないことを確認したほか、改訂長谷川式簡易知能評価スケール (HDS-R) を実施し、カットオフ値 20 点を上回ることも確認した (平均 26.8 点)。大学生 (大学院生を含む) 群 41 名 (18-22 歳、平均年齢  $20.12 \pm 1.08$  歳、男 20 名) は、近畿圏の国立 A 大学において自発的な参加者を募った。高齢者同様、問診票で認知・運動機能障害の自覚を問い、HDS-R を実施した (全員 30 点)。著しい障害のある者はいなかった。実施に先だって、実験の目的・内容と、万が一実験中に苦痛を感じたら中止できること等を説明し、全ての参加者から口頭にてインフォームドコンセントを得た。実験の中途離脱を希望した者はいなかった。

### 装置

くるくるかくれんぼ課題: Watanabe & Takamatsu (2014) ならびに渡部・高松 (2014) と同様のビデオゲーム機が使用された。コントローラに付属したカメラがプレイヤーの掌に巻いた専用バンドの位置を感知し、ディスプレイ画面上に仮想掌を映し出した。仮想掌は、プレイヤーの手の動きに合わせて画面上を移動し、これを画面内のアイコンに 2 秒間静止すれば、その指示通りにゲームを進めることができた。コントローラの直ぐ後ろに、ゲーム内容を映し出すための 14 インチ液晶ディスプレイを置いた。画面は全てカラーであった。

VMIT と CMIT: ノートパソコン (SONY VAIO VJS1111) に SuperLab (Windows Edition) で制御する実験プログラムを組み込んだ。な

お、VMIT のために、キーボードの Q から P の間には赤と青のシールを交互に貼り、さらに Q には大きい赤のシールを、P には大きい青のシールを貼った。

### 手続き

実験は個別に行われた。インフォームドコンセントを得た後、実験参加者に固有の参加者番号を割り振った。全てのデータはこの参加者番号で記録・保存した。3 種の課題（「くるくるかくれんぼ」課題、CMIT、VMIT）の実施順序はカウンターバランスをとった。1 人あたりの所要時間は 20 分から 30 分であった。各課題の内容と分析指標は次の通りである。

「くるくるかくれんぼ」課題：参加者はゲーム内でオニの役となり、仮想掌を使って特徴の異なる 9 人の子どもを順に 1 人ずつ見つけ出すよう求められた。ゲームの最初の場面で、平屋の家の左右いずれかの窓から 1 人の子どもが顔をのぞかせ、すぐに窓枠の後ろに隠れた。その後、画面中央に文字で「3、2、1」のカウントダウンが表示され、続けて「スタート」の合図が表示された。子どもが隠れたのは左右どちら側の窓であるのかを、なるべく早く答えるように求められた。「スタート」の合図直前に、家の画像が、ディスプレイ画面上で 45°、90°、135°、180°、225°、270°、315°（反時計回り）のいずれかランダムな位置（以後「回転角度」）まですばやく回転した。この時、Watanabe & Takamatsu (2014) ならびに渡部・高松 (2014) に倣い、家の画像を正立方向から認識するために回転角度に相当する身体表象の回転操作が行われると想定し、その反応時間を仮想的身体移動に要した時間と見なした。「スタート」の合図から解答終了までの反応時間とその時の反応の正誤が、コントローラによって自動計測された。家が無回転 (0°) であった 2 問を含み、合計 9 問を出題した。以上を 1 試行として、各参加者について 2 試行を実施した。

反応時間を用いた指標の作成も Watanabe & Takamatsu (2014) ならびに渡部・高松 (2014) に倣った。参加者の正中線に対して対称となる位置の反応時間どうしを組み合わせ、45°、90°、135°の各回転角度に対しては 2 個ずつ、180°位置には 1 個の測定値が得られたと見なした。反

応時間と回転角度との間には一般的に一次関数関係が成立することから、この 7 個の測定値を用いて回帰直線を計算した。傾きを 180 倍して 180°位置までの身体表象操作に要した理論的な反応時間を求めて「身体表象操作時間」とした。この身体表象操作時間が負の値であった場合、解答にあたって身体表象操作以外の方略を使用するか、もしくは著しく注意が分散していた可能性が考えられた。2 試行とも有効であれば第 2 試行の値を、いずれかが無効であれば有効な試行の値を採用した。また、正答数（くるくる正答数）には採用された試行時のものを用いた。身体表象操作時間が 2 試行とも無効であればその者は分析から除外した。高齢者群において 11 名が、大学生群において 2 名がこの基準により除かれ、80 名が残った。高齢者群 41 名（60-81 歳、平均年齢 70.63 ± 4.48 歳、男 20 名）と大学生群 39 名（18-22 歳、平均年齢 20.05 ± 1.01 歳、男 18 名）である。

VMIT：運動イメージの明瞭性を測定する課題である。ノートパソコンのキーを左端から順に、左右の手で交互に押していくイメージを思い浮かべた時と、実際に同じキー押しを行った時の反応時間の差に着目した。押すイメージの時と実際に押す作業とを、この順に各 10 試行連続して行い、前者の平均反応時間から後者の平均反応時間を減じて指標とした（VMIT 時間差）。この値が大きければ、運動イメージの想起に要した時間よりも実際の運動にかかった時間の方が短かったことを意味する。なお、普段からパソコンの扱いに慣れている者であっても、パソコンのキーを交互に押すという行為の経験は多くはないであろうから、熟達度による影響を考慮しなくてすむと考えた。参加者には、左の Q のキーから始めて、左手で赤、右手で青のシールが張ってあるキーを交互に押していくイメージを持つように求めた。開始時に左端の Q のキーを実際に押し、交互に押し終わったと思ったら、右端の P のキーを再度実際に押すように求めた。Q のキー入力から P のキー入力までの時間をノートパソコンで自動計測した。なお、実施中は身体を動かさないように口頭で教示した。これを 10 試行繰り返した後に、イメージの時と同じ要領で実際のキー押しを 10 試行



求め、同じく Q のキー入力から P のキー入力までの時間をノートパソコンで自動計測した。

CMIT：西田ら（1986）の自己運動イメージの統御可能性課題を参考に渡部（2016）が作成した課題を採用した。まず、身体部位の動きを指示する 6 段階の教示が、画面上の 5 秒間の文字提示と、同時に流れた女声によって提示された。教示に従って身体イメージを順次変化させた時に、最後にはどのような姿勢になるのかを、最終画面に提示された 5 枚の選択肢写真の中からなるべく早く選び、テンキーから該当番号を入力するように求めた。最終画面の提示からキー入力がなされるまでの反応時間と正誤をノートパソコンで自動計測した。異なる問題が 3 問連続して出題された。これらの平均反応時間（CMIT 反応時間）と正答数（CMIT 正答数）を分析指標とした。なお、実施中は身体を動かさないように口頭で教示した。

## 結 果

各課題の得点に性差がみられるかどうかを検討するために、男女間で対応のない  $t$  検定を行ったが、全ての指標において有意差はみられなかった。そのため、以後の分析は男女を込みにして行った。

## 各指標の年齢群ごとの特徴

身体表象操作時間、くるくる正答数、VMIT 時間差、CMIT 反応時間、CMIT 正答数のそれぞれについて、年齢群間で平均値を比較した（Table 1）。身体表象操作時間（ $t=4.42$ ,  $df=55.54$ ,  $P<.01$ ）と CMIT 反応時間（ $t=4.25$ ,  $df=52.63$ ,  $P<.01$ ）では、大学生群が高齢者群よりも有意に小さく、くるくる正答数（ $t=4.83$ ,  $df=55.96$ ,  $P<.01$ ）と CMIT 正答数（ $t=6.15$ ,  $df=77.85$ ,  $P<.01$ ）では大学生群が高齢者群よりも有意に大きい値であった。VMIT 時間差における年齢群間の違いは有意ではなかった。次いで、年齢幅の大きかった高齢者群において、年齢と各指標との間で Spearman の順位相関係数を算出した。身体表象操作時間において有意な正の相関（ $\rho = 0.423$ ,  $t=2.91$ ,  $df=39$ ,  $p<0.01$ ）が、くるくる正答数（ $\rho = -0.311$ ,  $t=2.05$ ,  $df=39$ ,  $p<0.05$ ）、VMIT 時間差（ $\rho = -0.540$ ,  $t=4.00$ ,  $df=39$ ,  $p<0.01$ ）、ならびに CMIT 正答数（ $\rho = -0.389$ ,  $t=2.63$ ,  $df=39$ ,  $p<0.05$ ）において有意な負の相関が示された。年齢が若いほど身体表象操作時間が短く、くるくる正答数と CMIT 正答数が多く、VMIT 時間差が大きくなることを意味していた。また高齢者群において、HDS-R の得点と各指標との間で Spearman の順位相関係数を算出した。くるくる正答数において有意な正の相関が示された（ $\rho = 0.383$ ,  $t=2.59$ ,  $df=39$ ,  $p<0.05$ ）。HDS-R の得点が高いほどくるくる正答数が多いことを意味していた。

Table 1 大学生群と高齢者群における諸指標の平均値と標準偏差

	身体表象操作時間	くるくる正答数	VMIT 時間差
大学生群	556.78 ± 250.06	7.24 ± 1.53	538.30 ± 613.83
高齢者群	997.22 ± 556.88	8.51 ± 0.68	418.84 ± 1191.87
	CMIT 反応時間	CMIT 正答数	
大学生群	23793.10 ± 15933.23	3.03 ± 0.90	
高齢者群	12392.34 ± 6274.59	1.78 ± 0.91	

\*\* :  $p<.01$ , 単位：時間は秒、正答数は個

## 「くるくるかくれんぼ」課題と運動イメージ課題の関連

年齢群ごとに、身体表象操作時間ならびにくるくる正答数と VMIT 時間差ならびに CMIT 反応時間、CMIT 正答数との間で、Spearman の順位相関係数を算出した (Table 2)。高齢者群において、くるくる正答数と VMIT 時間差との間 ( $\rho = 0.391, t = 2.65, df = 39, p < 0.05$ )、身体表象操作時間と CMIT 反応時間との間 ( $\rho = 0.510, t = 3.71, df = 39, p < 0.01$ )、ならびにくるくる正答数と CMIT 正答数との間 ( $\rho = 0.426, t = 2.94, df = 39, p < 0.01$ ) に、いずれも有意な正の相関が示された。身体表象操作時間が短いほど CMIT 反応時間も短く、くるくる正答数が多いほど CMIT 正答数が多く、VMIT 時間差も大きいことを意味していた。また、くるくる正答数と VMIT 時間差との間 ( $\rho = -0.313, t = 2.06, df = 39, p < 0.05$ ) には有意な負の相関が示された。身体表象操作時間が短いほど VMIT 時間差が大きいことを意味していた。高齢者群では年齢といくつかの指標間に相関が示されたため、年齢の効果を除く偏相関を算出したところ、身体表象操作時間と CMIT 反応時間との間 ( $\rho = 0.535, t = 3.95, df = 39, p < 0.01$ ) ならびにくるくる正答数と CMIT 正答数との間 ( $\rho = 0.349, t = 2.32, df = 39, p < 0.05$ ) のみ有意であった。大学生群では有意な相関は見られなかった。

両群を合わせた参加者全体では、身体表象操作時間と CMIT 正答数との間に有意な負の相関が ( $\rho = -0.351, t = 3.31, df = 78, p < 0.01$ )、身体表象操作時間と CMIT 反応時間との間 ( $\rho = 0.380, t = 3.62, df = 78, p < 0.01$ )、くるくる正答数と CMIT 正答数との間 ( $\rho = 0.453, t = 4.48, df = 78, p < 0.01$ )、ならびにくるくる正答数と VMIT 時間差との間 ( $\rho = 0.262, t = 2.40, df = 78, p < 0.05$ ) に有意な正の相関が示された。身体表象操作時間が短いほど CMIT 正答数は多く、CMIT 反応時間は短くなり、くるくる正答数が多いほど CMIT 正答数も多く、VMIT 時間差が長いことを意味していた。身体表象操作時間、くるくる正答数、CMIT 反応時間、ならびに CMIT 正答数の平均値が年齢群間で有意に異なったことから、年齢の効果を除く偏相関を算出したところ、くるくる正答数と VMIT 時間差との間 ( $\rho = 0.209, t = 1.87, df = 78, p < 0.05$ )、身体表象操作時間と CMIT 反応時間と

の間 ( $\rho = 0.191, t = 1.70, df = 78, p < 0.05$ )、ならびにくるくる正答数と CMIT 正答数との間 ( $\rho = 0.247, t = 2.23, df = 78, p < 0.05$ ) が有意であった。身体表象操作時間と CMIT 正答数との間の偏相関は有意ではなかった。

変数間に有意な相関が示された高齢者群において、身体表象操作時間もしくはくるくる正答数を従属変数、VMIT 時間差、CMIT 反応時間、ならびに CMIT 正答数を独立変数とする重回帰分析を行った。なお、VMIT 時間差と CMIT 正答数の間で中程度の相関係数 ( $\rho = 0.351, t = 2.34, df = 39, p < 0.05$ ) が示されたただけであったので、多重共線性の問題は少ないと考えた。F 値 2 以上を基準とする変数減増法で分析した結果、身体表象操作時間を従属変数とした場合には、自由度調整済重相関係数が .484 の VMIT 時間差と CMIT 反応時間による回帰式が得られた ( $F = 7.12, df = 2/38, p < .01$ )。また、くるくる正答数を従属変数とした場合には、自由度調整済重相関係数が .446 の VMIT 時間差と CMIT 正答数による回帰式が得られた ( $F = 5.97, df = 2/38, p < .01$ )。それぞれの独立変数から従属変数への標準偏回帰係数を Table 3 と Table 4 に示した。

## 考 察

空間的視点取得では身体表象が仮想的に空間内を移動する運動イメージが生成され、この時の運動イメージを明瞭性と制御可能性の 2 つの観点から評価できると想定し、本研究を実施した。くるくるかくれんぼ課題の表象操作時間と CMIT 反応時間との間、ならびにくるくるかくれんぼ課題の正答数と CMIT 正答数との間に、年齢の効果を除いても有意な偏相関が示された。さらに、高齢者群における重回帰分析からは、表象操作時間は CMIT 反応時間が、正答数は CMIT 正答数が主要な説明変数となることが示された。これらより、特に高齢者においては、運動イメージの制御可能性がくるくるかくれんぼ課題の遂行を予測することが確かめられた。空間的視点取得課題であるくるくるかくれんぼ課題において、身体表象の心的移動操作が中核的過程であることから、運動イメージの統御可能性が強く関連したことは当然と言える。

Table 2 大学生群と高齢者群における身体表象操作時間・くるくる正答数と CMIT 反応時間・CMIT 正答数・VMIT 時間差との間の Spearman の順位相関係数

大学生群	VMIT 時間差	CMIT 反応時間	CMIT 正答数
身体表象操作時間	0.069	-0.168	0.058
t 値	0.421	1.039	0.357
くるくる正答数	0.055	0.038	-0.008
t 値	0.333	0.234	0.051

df=37

高齢者群	VMIT 時間差	CMIT 反応時間	CMIT 正答数
身体表象操作時間	-0.313 *	0.510 **	-0.110
t 値	2.057	1.039	0.357
(年齢除く偏相関)	-0.111	0.535 **	0.065
t 値	0.699	3.953	0.408
くるくる正答数	0.391 *	0.166	0.426 **
t 値	2.650	1.049	2.943
(年齢除く偏相関)	0.278	0.195	0.349 *
t 値	1.810	1.244	2.324

\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $df=39$ 

全 体	VMIT 時間差	CMIT 反応時間	CMIT 正答数
身体表象操作時間	-0.171	0.380 **	-0.351 **
t 値	1.537	3.624	3.307
(年齢除く偏相関)	-0.090	0.191 *	-0.021
t 値	0.793	1.703	0.183
くるくる正答数	0.262 *	-0.169	0.453 **
t 値	2.398	1.510	4.481
(年齢除く偏相関)	0.209 *	0.033	0.247 *
t 値	1.872	0.290	2.233

\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $df=78$ 

Table 3 身体表象操作時間を従属変数とし CMIT 反応時間・CMIT 正答数・VMIT 時間差を独立変数とする重回帰分析の結果

	偏回帰係数(標準誤差)	標準偏回帰係数	F値
VMIT時間差	-0.111 (0.067)	-0.233	2.746
CMIT反応時間	0.015 (0.005)	0.429	9.330 **
定数	669.858		

重相関係数: 0.522, 自由度調整済重相関係数: 0.484,  $F(2,38)=7.121$  ( $p < .01$ ),  $AIC=630.327$ \*\* :  $p < .01$

Table 4 くるくる正答数を従属変数とし CMIT 反応時間・CMIT 正答数・VMIT 時間差を独立変数とする重回帰分析の結果

	偏回帰係数 (標準誤差)	標準偏回帰係数	F 値
VMIT 時間差	0.0003 (0.0002)	0.238	2.472
CMIT 正答数	0.592 (0.254)	0.352	5.417 *
定数	6.062		

重相関係数: 0.489, 自由度調整済重相関係数: 0.446  $F(2,38)=5.966(p<.01)$ , AIC: 146.983

\* :  $p<.05$

一方、運動イメージの明瞭性を測定した VMIT 時間差は、全体ではくるくるかくれんば課題の正答数と有意な相関を示し、高齢者群においては、年齢の効果を考慮しない場合にくるくるかくれんば課題の表象操作時間や正答数と有意な相関を示した。また、高齢者群における重回帰分析においても、2 番目の説明変数として現れた。これらは一見、運動イメージの明瞭性がくるくるかくれんば課題の遂行に関与することを示すように見える。しかし実際には、VMIT 時間差は表象操作時間とは負の、正答数とは正の相関や偏回帰係数を示し、当初の予想とは矛盾する結果となった。くるくるかくれんば課題の成績が優れていた者において、明瞭性も優れていたのなら、実際の運動に近似したイメージを生起することで、VMIT 時間差あるいはその絶対値は小さくなり、表象操作時間とは負の、正答数とは正の相関や偏回帰係数が得られたはずだ。ところが高齢者群では、VMIT 時間差の値が大きいほど、すなわち運動イメージの想起に要した時間より実際の運動にかかった時間が短いほど、くるくるかくれんば課題の成績が良かったのである。試みに VMIT 時間差の値を絶対値に変換して再分析したが、有意な相関は得られず、重回帰分析でも有効な説明変数として残らなかった。

この結果について 3 つの可能性が考えられる。1 つは、高齢者に頻出する筋肉や関節等の運動器に生じた機能低下に原因を求めることである。高齢期の立位能力低下の主要要因である平衡性の減退は、運動器に生じる機能低下と身体行動の調整や決定に関わる脳機能の低下の双方に由来するとされる (Luria, & Meiran, 2005) ことから、運動器、特に手や腕の機能水準が

VMIT 時間差の値に影響した可能性は否定できない。すなわち、VMIT 時間差の値が小さかった者は、運動器の機能低下のために、イメージよりも実際のキー押しにより多くの時間を費やしてしまったとする解釈である。しかし、年齢群間に有意差は示されなかったとは言え、運動器に大きな問題が無いはずの大学生群の方が VMIT 時間差の平均値がむしろ大きかった (Table 1) ことや、今回の実験参加者が比較的運動機能の高い高齢者であったことから、この可能性は小さいと思われる。

代わって、運動イメージの対象とされる身体領域の違いを考慮することで、より妥当な仮説が生まれる。くるくるかくれんば課題や CMIT では全身の表象操作が求められ、VMIT では手や腕の表象が対象とされた。全身の表象を明瞭に想起すれば、その効果が手や腕など身体の一部の表象にも波及することが知られているが (Vogt, Taylor, & Hopkins, 2003)、それは異なる身体領域の運動イメージが必ずしも同質であることを意味するものではない。例えば、手や腕などのように日常的に細かな動きがなされ、明瞭にイメージできる運動と、身体全体のように比較的想起することが難しく、明瞭なイメージが持ちにくい運動との違いを考慮すべきだろう。実際、空間的視点取得と心的回転の違いについて検討した渡部 (2016) は、体性感覚から仮想的な身体表象を分離する全身的な心的操作である空間的視点取得と、対象をすくい取る手をイメージするという身体の一部の心的操作である心的回転とは、それぞれに現れる身体性の効果が異なることを報告している。本研究の結果を、運動イメージの対象とされる身体領域の違いとして説明するには、運動イメージの明瞭性



を全身運動を想起させる手法により測定し、今回の VMIT による結果と比較してみることが必要である。

ただし、新たな明瞭性課題の作成にあたっては、どのような心的処理過程が含まれるのかを慎重に見定める必要がある。VMIT では、運動イメージの想起に要する時間の長短が、運動イメージの明瞭性を意味すると仮定した。手指運動イメージにおける複雑性の違いが明瞭性の差を生むことを脳波指標によって示唆した前田・嘉戸・鈴木 (2015) 等の例があるように、手指運動の成績に明瞭性の個人差が反映されると考えたからである。しかし、キーを左端から順に左右の手で交互に押していくというイメージの形成には、指やキーを明瞭に想起できることだけではなく、腕の交差やその入れ替わりのタイミングなど、手や腕のイメージに対する統御可能性も関与していた恐れがある。CMIT 正答数と VMIT 時間差の間で中程度の相関係数が示されたことは、その可能性を支持するものであろう。また、Sekiyama (1982) が示したように、課題成績には実際の身体部位の動かしにくさが反映されることから、課題が扱う身体部位だけではなく、運動の内容もまた課題成績に影響する。こうした点を考慮しつつ、明瞭性課題の妥当性を高める工夫が求められる。その上で、明瞭性との関連が明確でなかった原因が、用いた課題のこうした特性によるものであったのか、それとも明瞭性と統御可能性とは空間的視点取得との関連や加齢における変化が本質的に異なるのかを明らかにせねばならない。

まとめると、本研究では、高齢期の空間的視点取得能力が運動イメージの統御可能性と関連することを明らかにした。これは、高齢者の空間的視点取得能力における身体性の現れである。一方、大学生群にはこうした関連が見られなかった。大学生は、空間的視点取得と運動イメージの双方がいずれも高い水準にあり、天井効果により関連が覆い隠されたと考えられる。対して高齢者においては、加齢による機能低下が個人差を広げ、両者の関連を露わにしたのだと思われる。それは、加齢に伴う身体変化が身体表象の変化を促し、空間認知機能の低下にも至る恐れを示唆する結果である。さらにこの成

果を高齢者の身体機能の維持に繋げていくためにも、高齢期の空間認知における身体性の特徴をさらに詳細に明らかにしていくことが望まれる。

## <文 献>

- Iriki, A., Tanaka, M., Obayashi, S., & Iwamura, Y. (2001) Self – images in the video monitor coded by monkey intraparietal neurons. *Neuroscience Research*, **40**, 163-175. DOI: 10.1016/S0168-0102(01) 00225-5
- Isaac, A., Marks, D. F., & Russell, D. G. (1986) An instrument for assessing imagery of movement: The Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ). *Journal of Mental Imagery*, **10**, 23-30. DOI: 10.1037/t07980-000
- Jackson, P. L., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2006) Neural circuits involved in imitation and perspective-taking. *Neuroimage*, **15**, 429-439. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.11.026
- Kessler, K., & Thomson, L. A. (2010) The embodied nature of spatial perspective taking: Embodied transformation versus sensorimotor interference. *Cognition*, **114**, 72-88. DOI: 10.1016/j.cognition.2009.08.015
- Kockler, H., Scheef, L., Tepest, R., David, N., Bewernick, B. H., Newen, A., Schild, H. H., May, M., & Vogeley, K. (2010) Visuospatial perspective taking in a dynamic environment: Perceiving moving objects from a first-person-perspective induces a disposition to act. *Consciousness and Cognition*, **19**, 690-701. DOI: 10.1016/j.concog.2010.03.003
- Làdavas, E., & Farné, A. (2006) Multisensory representation of peripersonal space. In G. Knoblich, I.M. Thornton, M. Grosjean, & M. Shiffrar (Eds.), *Human body perception from the inside out*. New York, MA: Oxford University Press. pp.89-104. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3653-06.2007
- Làdavas, E. & Serino, A. (2008) Action-dependent plasticity in peripersonal space representations. *Cognitive Neuropsychology*, **25**, 1099-1113. DOI:10.1080/02643290802359113
- Luria, R. & Meiran, N. (2005) Increased control demand results in serial processing: evidence from dual-task performance. *Psychological Sciences*, **16**, 833-840. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2005.01622.x

- 前田剛伸・嘉戸直樹・鈴木俊明 (2015) 複雑性の異なる手指対立運動の運動イメージが上肢脊髄神経機能の興奮性に及ぼす影響. 臨床神経生理学, 43, 10-13.
- Mahoney, M. J. & Avenier, M. (1977) Psychology of the elite athlete: An exploratory study. *Cognitive Therapy and Research*, 1, 135-141. DOI: 10.1007/BF01173634
- Naito, E. (1994) Controllability of motor imagery and transformation of visual imagery. *Percept Mot Skills*, 78, 479-87. DOI: 10.2466/pms.1994.78.2.479
- 西田 保・勝部篤美・猪俣公宏・岡沢祥訓・伊藤政展・小山 哲・鶴原清志・吉沢洋二 (1986) 運動イメージの統御可能性テスト作成の試み. 体育学研究, 31, 13-22.
- Richardson, A. (1967) Mental practice: A review and discussion Part I. *Research Quarterly*, 38, 95-107. DOI: 10.1080/10671188.1967.10614808
- Rubenstein, L. Z. & Josephson, K. Z. (2002) The Epidemiology of Falls and Syncope. *Clinics in Geriatric Medicine*, 18, 141-158. DOI: 10.1016/S0749-0690 (02) 00002-2
- Sekiyama, K. (1982) Kinesthetic aspects of mental representations in the identification of left and right hands. *Perception & Psychophysics*, 32, 89-95. DOI: 10.3758/BF03204268
- 新野直明・安村誠司・芳賀 博・上野春代・太島美栄子・樋口洋子 (1995) 農村部在宅高齢者を対象とした転倒調査: 季節別にみた転倒者の割合と転倒発生状況. 日本公衆衛生雑誌, 42, 975-981, 1995.
- Start, K. B. & Richardson, A. (1964) Imagery and Mental Practice. *Educational Psychology*, 34, 280-284. DOI: 10.1111/j.2044-8279.1964.tb00638.x
- 鈴木芽久美・島田裕之・牧迫飛雄馬・渡辺修一郎・鈴木隆雄 (2009) 要介護高齢者における転倒と骨折の発生状況. 日本老年医学会雑誌, 46, 334-340. DOI: 10.3143/geriatrics.46.334
- 植屋清見・小山慎一 (2011) 文部科学省新体力テストに関する高齢者の体力・ADL・QOL と日常生活実態の関連. 帝京科学大学紀要, 7, 25-34.
- Vogt, S., Taylor, P., & Hopkins, B. (2003) Visuomotor priming by pictures of hand postures: Perspective matters. *Neuropsychologia*, 41, 941-951.
- Watanabe, M. (2011) Distinctive features of spatial perspective-taking in the elderly. *The International Journal of Aging and Human Development*, 72, 225-241. DOI: 10.2190/AG.72.3.d
- 渡部雅之 (2013) 空間的視点取得の脳内機序と生涯発達. 心理学評論, 56, 357-375.
- 渡部雅之 (2016) 空間的視点取得と心的回転に現れる身体性の差異. 滋賀大学教育学部紀要, 65, 1-11.
- Watanabe, M. (2016) Developmental changes in the embodied self of spatial perspective taking. *British Journal of Developmental Psychology*, 34, 212-225. DOI: 10.1111/bjdp.12126
- 渡部雅之 (2018) 身体表象操作との関連からみた開眼片脚立位検査の特徴. 高齢者のケアと行動科学, 23. (印刷中)
- 渡部雅之・高松みどり (2014) 空間的視点取得における仮想的身体移動の幼児期から成人期に至る変化. 発達心理学研究, 25, 111-120.
- Watanabe, M., & Takamatsu, M. (2014) Spatial perspective taking is robust in later life. *The International Journal of Aging and Human Development*, 78, 279-299. DOI: 10.2190/AG.78.3.d

## 謝 辞

本研究で使用した課題の作成にあたり、2007年度滋賀大学教育学部卒業生有田祥子氏の協力を得ました。感謝いたします。