認知心理学研究　第17巻第1号
２０１９年，27–36

原　著

高齢者のもつ運動イメージ：質問紙調査法JMIQ-Rとポインティング課題の比較[1),2)]

小手川耕平（熊本保健科学大学）
寺 本　　渉（熊本大学）
積 山　　薫（京都大学）

Motor imagery in older adults: Comparing the JMIQ-R questionnaire and the imagery-pointing task

Kohei KOTEGAWA（*Kumamoto Health Science University*）
Wataru TERAMOTO（*Kumamoto University*）
Kaoru SEKIYAMA（*Kyoto University*）

Interventions that involve motor imagery have been shown to be effective for rehabilitation. However, no standard methods have been established for measuring older adults' capacities for motor imagery. This study compares two simple and easy-to-use methods, which are both conventionally used to measure motor imagery. They are the Movement Imagery Questionnaire-Revised Japanese Version（JMIQ-R）, which is a subjective questionnaire, usually used with young adults, and the imagery-pointing task based on Fitts' Law paradigm. Twelve young adults（mean＝24.17 years）and 12 older adults（mean＝73.67 years）participated in the experiment. In addition to several cognitive and motor abilities, we measured the participants' JMIQ-R scores and latencies for both executed and imagined pointing. The results revealed no significant differences between the young and older adults in terms of their JMIQ-R scores. For the pointing task, however, there were significant differences in the older adults' latencies for the executed and imagined conditions, when a target was small（i.e., the more difficult task）, although the latencies for both executed and imagined pointing in younger adults were similar for all targets. Moreover, JMIQ-R scores were not found to be correlated with the differences between executed and imagined pointing, which indicates that these two methods may measure different aspects of motor imagery or may be differentially sensitive to declines in motor imagery. These results suggest that the JMIQ-R questionnaire may not sufficiently capture declines in motor imagery within older adults.

Key words:　motor imagery, questionnaire, JMIQ-R, imagery pointing task, aging

リハビリテーションでは運動イメージを用いた介入の有効性が報告されている．しかし，高齢者において運動イメージ能力を測定する方法は確立されていない．そこで本研究では，特に若齢者を対象とした研究でよく用いられる運動イメージの主観的な質問紙評価であるJMIQ-Rと，より客観的な評価法の一つであるFittsの法則を用いたポインティング課題を用いて，評価法としての有効性と評価法どうしの関係性を明らかにするための実験を行った．若齢者12名（平均年齢24.17歳）と高齢者12名（平均年齢73.67歳）が実験に参加した．JMIQ-R, ポインティング課題のほか認知機能検査，運動機能検査を実施した．その結果，JMIQ-Rには若齢者と高齢者に有意差は認められなかった．対照的に，ポインティング課題では，若齢者は運動イメージと実際運動が一致している一方で，高齢者は難易度の高い条件で運動イメージ能力の低下が認められた．また，JMIQ-Rとポインティング成績（運動イメージ時間と実際運動時間の差分）の間には相関が認められなかった．このことは，JMIQ-Rとポインティングは運動イメージの異なる側面をとらえている，もしくは，運動イメージに対して異なる感度を持っていることを示唆する．以上の結果より，高齢者の運動イメージ能力の低下はJMIQ-Rのみではとらえきれない可能性が示唆された．

キーワード：運動イメージ，質問紙，JMIQ-R, ポンティング課題，加齢

1）本論文は，第1著者が平成29年度に熊本大学大学院社会文化科学研究科に提出した修士論文の一部を加筆・修正したものである．
2）本研究は，科学研究費補助金（基盤（S）16H06325　研究代表者　積山　薫）の助成を受けて実施された．

運動イメージとは「行動する主体がある一定の行為をシミュレートするダイナミックな状態．主体が行為を遂行している自分を感じていること」と定義される（Decety & Jeannerod, 1996）．運動イメージの見方には，大まかに体験イメージ（internal：ふだん自分が行動をし，物ごとを見るときと同じ視線で，自分が実際に行っているように見たり，感じたりするイメージ）と，観察イメージ（external：ビデオに録画した自分の姿をその後に画面で見るように，第三者的に自分を外から見るイメージ）に分けられる（長谷川，2004）．特に運動の体験イメージ時には，大脳皮質の運動前野，補足運動野，頭頂葉および小脳などが，実際の運動を実行せずとも活動していることがわかっている（内藤，2007; Hanakawa, Dimyan, & Hallett, 2008; Allali, Meulen, Beauchet, Rieger, Vuilleumier, & Assal, 2014）．また，加齢に伴って認知機能や運動機能とともに運動イメージ能力も低下することが示唆されている（Skoura, Papaxanthis, Vinter, & Pozzo, 2005; 山田・上原，2008）．

一方で，運動イメージは脳卒中患者のリハビリテーション（以下リハビリとする）などに応用され，一定の効果が示されている．Page, Peter, & Leonard（2007）は脳卒中片麻痺患者に対して，運動イメージ課題を実施した介入群と通常のリハビリを実施したコントロール群を比較して，介入群において上肢機能が有意に改善したことを報告している．また，Oostra, Oomen, Vanderstraeten, & Vingerhoets（2015）も同様に運動イメージ介入群ではコントロール群と比較して10 m歩行が有意に速くなったことを示している．これらのリハビリにおける運動イメージ介入は脳卒中後の機能改善に概ね有効であることが示唆されている（Kho, Liu, & Chung, 2014）．このように，脳卒中後のリハビリに運動イメージを用いて介入することは，患者の回復を促進する可能性があり，各患者個人の運動イメージ能力を測定しておくことは，機能回復を予測するうえで重要である．しかしながら，研究における運動イメージ能力の指標はいくつかあるものの（Sekiyama, 1982; Isaac, Marks, & Russell, 1986），リハビリの臨床においては，運動イメージ能力を簡便に測定できる指標は確立されていない．

研究における運動イメージ能力の測定方法

身体部位の心的回転課題

運動イメージ能力を測定するための方法として，身体図形を用いた心的回転（Mental Rotation：以下MRとする）課題がある（Shepard & Metzler, 1971）．MR課題とは，回転角度差のある図形の鏡映像弁別を求める課題である．これまでの研究において，MR課題の刺激図形が手の場合には，課題を遂行するために自分の手を動かしてみるような運動イメージが用いられることが示唆されている．例えば，Sekiyama（1982）やParsons（1987, 1994）は手の線画を単独で呈示し，右手か左手かを同定する課題では，手の線画が特定の方位で与えられたとき（前額平行面上なら指先が上を向いている線画）に反応時間が一番短くなり，その方位を基準に実際に運動を行った場合の動かしやすい方向の反応時間が速く，動かしにくい方向の反応時間が遅くなることを報告した．よって，心的な運動イメージ操作であっても，実際に自分の手を刺激に合わせようとして動かす場合の動かしやすさが反応時間に影響を与えることが示唆される．

運動イメージに関する質問紙

運動イメージ能力を主観的に測定するための方法として，Isaac et al.（1986）の作成したVividness of Movement Imagery Questionnaire（以下VMIQとする）がある．VMIQはジャンプや走るなどの運動に関する項目が24種類あり，それらの運動を体験イメージと観察イメージで想起させ，それぞれ5段階の点数で自己評価する質問紙である（得点が低いほど，イメージがよくできたことを示す）．しかし，VMIQは主にスポーツ選手向けに開発された質問紙であるため，高齢者や脳卒中患者の評価には向いていない．そのほかに，質問紙を用いた運動イメージ能力の測定方法として，Hall & Martin（1997）の作成したMovement Imagery Questionnaire-Revised（以下MIQとする）に基づき，長谷川（2004）が作成した日本語版であるMovement Imagery Questionnaire-Revised Japanese Version（以下JMIQ-Rとする）がある．JMIQ-Rは，片脚立ちや前屈などの比較的簡単な動作に関する項目が4種類あり，それらの動作を実際に行った後に体験イメージと観察イメージで想起させ，それぞれ8段階の点数で自己評価を求める質問紙である（得点が高いほど，イメージがよくできたことを示す）．また，立位をとることが可能な対象者はすべての項目について反応することができ，テストの所要時間が短く，精神的疲労が高くならないように配慮されている（Hall & Martin, 1997）．よって，JMIQ-RのほうがVMIQより簡便に運動イメージ能力を測定できる可能性がある．

ポインティング（Fittsの法則）課題

運動イメージ能力を比較的客観的で簡便に測定できる方法として，Fittsの法則を用いたポインティング課題がある（Sirigu, Duhamel, Cohen, Pillon, Dubois, & Agid, 1996; Skoura et al., 2005）．Fittsの法則とは，標的をポインティングするために必要な時間は，標的までの移動距離と標的サイズに関係するというものであり，より細かな標的を狙う運動は，大きな標的をねらう場合に比べて遅くなることを定式化したものである（Fitts, 1954）．ポインティング課題では，紙に描かれた二つの四角い標的間を実際にポインティングする運動実行（Overt）時

間と，ポインティングをしているように運動イメージを行ったと対象者が申告した（Covert）時間を記録する．そうすると，四角い標的が小さくなるに従って，実際の運動実行時間のみでなく，それに伴う運動イメージの時間も延長することがわかっている（Skoura et al., 2005）．つまり，実際の運動実行のみならず，運動イメージもFittsの法則に従うことが確認されている．

運動イメージ能力の加齢変化

若齢者と高齢者では運動イメージ能力が異なることがMR課題などを用いて示唆されている．山田・上原（2008）は，加齢とともにMR課題の反応時間が延長する傾向にあることを報告しており，さらに転倒リスクの高い高齢者の反応時間は，より延長することを示している．また，Saimpont, Pozzo, & Papaxanthis（2009）は，手のMR課題を実施し，高齢者のみ非利き手の反応時間が利き手に比べると遅くなることを報告している．さらに，Mulder, Hochstenbach, Heuvelen, & Otter（2007）は，質問紙であるVMIQを用いて，加齢に伴って体験イメージよりも観察イメージのほうが想起しやすいと自己評価する傾向にあり，高齢者は体験イメージを想起する能力が低下している可能性を示唆している．加えて，Skoura et al.（2005）は，ポインティング課題を若齢者と高齢者（60歳代と70歳代）に対して実施し，運動イメージ能力は70歳以上で低下することを示唆している．これらの研究より，運動イメージは加齢に伴って，概ね低下していくものと考えられ，高齢者の運動イメージ能力を測定することは脳卒中患者と同様に転倒リスクなどを予測するうえで役立つ可能性がある．

本研究の目的

以上のように，高齢者や脳卒中患者の運動イメージ能力を測定することは，転倒リスクや機能回復を予測する上で必要と考えられるが，リハビリの臨床において確立された指標はない．JMIQ-Rは測定項目が少なく，求められる動作は簡単なものが多いため，易疲労性のある高齢者や脳卒中患者に対して，より簡便に用いることができると考えられる．しかし，JMIQ-Rを用いた研究は主に若齢者を対象としており（長谷川・星野，2002; 梅野・河野，2015; 梅野・中村，2016），高齢者を対象にした場面での有効性は検討されていない．そこで本研究では，JMIQ-Rで高齢者の運動イメージ能力を把握することが可能であるかを，運動イメージの測定方法としてすでに高齢者に用いられているポインティング課題と比較し，検討することを目的とした．

方　　法

対象および倫理的配慮

市内在住の特に既往歴のない健常な右利き者で，若齢者群と高齢者群からなっていた．若齢者群は12名で（男性6名，女性6名），年齢は22から27歳（平均年齢24.17歳，*SD*＝1.57）であった．一方，高齢者群は地域の婦人会を中心に募集し，運動イメージ能力が低下するとされている70歳以上（Skoura et al., 2005）を対象とした．その結果，歩行を含めた日常生活が自立している12名で（男性6名，女性6名），70から79歳（平均年齢73.67歳，*SD*＝2.39）であった．

事前に本研究への参加は対象者の自由意志によることを説明し，研究内容および個人情報の保護について口頭と書面にて十分に説明を行い，書面にて同意を得られた者を対象とした．また，本研究の実施にあたっては大学倫理委員会の承認を得た．

実施方法

運動イメージ能力の測定には，JMIQ-R（長谷川，2004）を用い体験イメージと観察イメージを主観的に評価した．また，客観的な運動イメージ能力の測定には，ポインティング課題（Skoura et al., 2005）を用いた．全般的認知機能の検査として，国際的に広く活用されているFolstein, Folstein, & Mchugh（1975）の作成したMini Mental State Examination（以下MMSEとする），注意機能および実行機能の検査として，Trail Making Test: Part A, Part B（以下TMT-A, TMT-Bとする．日本語版は鹿島・半田・加藤・本田・佐久間・松村（1986）により，英語でのオリジナルは米国のArmy Individual Test Batteryの一部として1944年に開発された）をそれぞれ用いた．さらに，運動機能の検査として，Podsiadlo & Richardson（1991）が作成したTimed Up & Go Test（以下TUGとする）で歩行に関連する立位のバランス機能を測定した．加えて，上肢の運動機能の検査として左右の握力，および手指巧緻性について計20個の穴に挿された，直径5 mm, 長さ35 mmの木製PEGを，左右それぞれの手でなるべく速く正確に裏返すまでの時間を記録するPEG課題を用いた．

また，各個人の運動イメージ能力の測定課題が認知機能，運動機能検査の影響を受けることを避けるために，JMIQ-R，ポインティング課題，運動機能検査，認知機能検査の実施順について参加者間でカウンターバランスをとった．

運動イメージ能力の測定方法

JMIQ-R　対象者に開始肢位を指示し，ある動作を一度だけさせる．その後，その動作の体験イメージもしくは観察イメージを想起させ，それぞれのイメージを想起することは「とてもむずかしい：1点」から「とてもやさしい：7点」までの7段階で点数をつけさせる評価である．項目は体験（internal）イメージ尺度4項目と，観察（external）イメージ尺度4項目の計8項目からなり，体験イメージ得点は4から28点，観察イメージ得

点は4から28点，総得点は56点で得点が高いほどイメージがよくできたことを示す．

項目の教示例を挙げると，体験イメージ項目では「姿勢：足を揃えて立ち，腕は横に下げておく．動作：右膝をできるだけ高く上げる．その際，右膝を膝のところで曲げて，左脚だけで立つ．それから右足を下ろし，また両脚で立つ．これらの動作をゆっくりと行う．課題：最初の姿勢を思い浮かべてみる．この動作を実際には行わず，まるで今やっているように体験イメージで感じてみる．このイメージを感じるのがやさしかったか，難しかったかを評価する」また，観察イメージ項目では「姿勢：脚を少し開いて立ち，両腕は頭の上にいっぱいに伸ばす．動作：ゆっくりと上半身を前に曲げて，指先で床を触ろうとしてみる（もし可能であれば指先か手のひらで床を触る）．開始肢位に戻って直立して，頭の上に腕を伸ばす．課題：最初の姿勢を思い浮かべる．この動作を行っている自分を，できるだけはっきりと鮮明に観察イメージで思い浮かべてみる．イメージを描くのがやさしかったか，難しかったかを評価する」となっている．

測定時の動作指示において，MIQ-Rでは紙面に文字で記述された視覚刺激であるが，視覚情報がイメージ体験に影響を及ぼす可能性があるとして，JMIQ-Rでは録音されたテープによる聴覚刺激を用いて若齢者を対象に行っている（長谷川，2004）．本研究ではJMIQ-Rを高齢者に用いるため，動作指示は紙面と口頭にて行い，理解を得るまで説明することとした．

ポインティング課題　Skoura et al.（2005）の方法を参考とした．対象者はリラックスして座り，机の中央にA4の紙を対象者の胸から20 cm離した位置に設置した．紙には同じ大きさの2個の黒い四角の標的（一辺の長さ5, 10, 15, 20 mm）が，標的の中心間距離において20 cm（紙の中心から左右10 cmずつ）離れた位置に描かれているものを使用した．対象者にはペンを利き手に握り，自然なスピードで2個の標的を交互にポインティングする運動実行（overt）条件，もしくはポインティングしている自己を運動イメージする運動イメージ（covert）条件に分けて教示した．また，ポインティングを開始する標的の位置は対象者により左右半分ずつとし，課題前にはペンを開始する標的の中央に置くように教示した．運動イメージ条件では，ペンを開始する標的の中央に置き，目を開けたままポインティングしていることを運動イメージさせた．イメージを想起する際には，観察イメージではなく体験イメージにて行うことを強調した．

それぞれの課題を実施する際には，対象者自身の準備ができてから開始させた．一つの課題では，5往復，つまり10回標的の間を手が動くようにし，一つの課題中にターゲット外に2回以上はみ出した場合には再度課題をやり直した．運動実行条件での課題開始前には，すべての課題を1回ずつ練習させ，それぞれの条件において各標的サイズを10試行ずつ，つまり計80試行実施した．まず，運動実行条件を40試行行い，5分休憩後，運動イメージ条件を40試行実施した．各課題中は10試行終わった時点で，疲労をとるために1分以内の休憩をとった．それぞれの課題中の標的サイズおよび左右の開始位置はランダムに実施した．時間計測については対象者が左手にストップウォッチを持ち，運動実行もしくは運動イメージの開始時および終了時に対象者自身に押させ，10ミリ秒までを記録した．なお，Skoura et al.（2005）の方法と同様に，ターゲット外に1回はみ出した場合の時間データは結果に含むこととした．

結　　果

年齢群による認知機能および運動機能の差

若齢者群と高齢者群の認知機能検査の平均と標準誤差をTable 1に，運動機能検査の平均と標準誤差をTable 2に示す．

各群の測定結果（TMT-A, TMT-B, MMSE, TUG, 握力，PEG）ごとに平均値を算出し，平均値の群間の差のt検定を行った．その結果，認知機能において，MMSEにおいては有意差が認められなかったが，注意機能（TMT-A）および実行機能（TMT-B）において有意差が認められた．また，運動機能においては握力を除く検査（TUG, PEG）で有意差が認められた．このように，70歳以上の高齢者においては若齢者と比較して注意機能や実行機能，運動機能の有意な低下が示された．

JMIQ-R得点

若齢者群と高齢者群のJMIQ-Rにおける体験イメージ得点，観察イメージ得点および総得点の平均と標準誤差をTable 3に示す．また，若齢者群と高齢者群の体験イメージおよび観察イメージ得点を棒グラフに示す（Figure 1）．JMIQ-Rの得点を従属変数として，2（対象者群）× 2（イメージの種類）の2要因混合計画分散分析を行った．その結果，対象者群の主効果は有意でなく（$F(1, 22)=0.28$, $p=.602$, $\eta^2=.01$），イメージの種類の主効果は有意に高い傾向が見られた（$F(1, 22)=3.02$, $p=.096$, $\eta^2=.03$）．また，対象者群×イメージの種類の交互作用は認められなかった（$F(1, 22)=1.13$, $p=.299$, $\eta^2=.01$）．そこで，有意差が見られなかった効果を統計的に評価するため，体験イメージ，観察イメージのJMIQ-R得点それぞれで対象者群の効果についてベイズファクター（BF_{10}）を算出した．その結果，体験イメージでは0.57, 観察イメージでは0.37と，いずれもJeffreys（1961）の基準に照らして，群の効果を支持する値は得られなかった．すなわち，JMIQ-Rによる運動イメージ能力の主観的な評価は若齢者と高齢者において同様の傾向を示した．

Table 1
Results of the cognitive function tests（$M \pm SE$）

	TMT-A (s)	TMT-B (s)	MMSE (score)
Younger（n=12）	26.26±2.67	54.23±4.52	29.92±0.08
Older（n=12）	42.89±3.90	98.85±6.15	29.33±0.27
t	3.37**	5.60***	1.97
Effect size（r）	.58	.77	.39

Note. M=mean, SE=standard error.
**p<.01, ***p<.001.

Table 2
Results of the motor function tests（$M \pm SE$）

	TUG (s)	Grip (kg)	PEG (s)
Younger（n=12）	4.43±0.14	32.18±2.74	33.99±1.35
Older（n=12）	5.78±0.24	26.22±2.50	42.50±1.47
t	4.62***	1.54	4.08***
Effect size（r）	.70	.31	.66

Note. M=mean, SE=standard error. ***p<.001.

Table 3
Result of the JMIQ-R score（$M \pm SE$）

	Internal	External	Total
Younger（n=12）	24.83±1.09	22.75±1.44	47.58±2.30
Older（n=12）	23.25±0.87	22.75±1.05	46.00±1.71

Note. M=mean, SE=standard error.

次に，JMIQ-Rの得点と注意機能（TMT-A），実行機能（TMT-B），および運動機能（TUG，握力，PEG）の相関について，スピアマンの順位相関係数で無相関検定を行った．その結果，JMIQ-Rの体験イメージ得点，観察イメージ得点，および総得点と認知機能，運動機能検査の結果には，各群のいずれにおいても相関が認められなかった（Table 4）．

ポインティング課題成績

若齢者群および高齢者群におけるポインティング課題の所要時間と標準誤差をFigure 2に示す．ポインティング課題遂行にかかる時間を従属変数として，2（対象者群）×2（課題条件）×4（標的サイズ）の3要因混合計画分散分析を行った．その結果，対象者群と課題条件の主効果は有意に高い傾向が見られ（対象者群：$F(1, 22)=3.85$，$p=.063$，$\eta^2=.07$；課題条件：$F(1, 22)=4.24$，$p=.051$，$\eta^2=.03$），標的サイズの主効果が有意に認められた（$F(3, 66)=267.86$，$p<.001$，$\eta^2=.27$）．また，2次の交互作用が有意に見られた（$F(3, 66)=7.27$，$p<.001$，$\eta^2=.01$）．下位検定の結果，若齢者群では各標的サイズにおいて，課題条件の単純・単純主効果が有意でない一

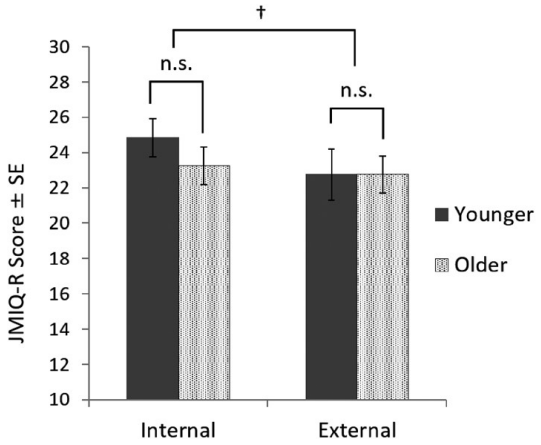

Figure 1. JMIQ-R score in each age group in each condition. Error bars reflect standard error.
†.05<p<.10, n.s. not significant

Table 4
Correlations between the JMIQ-R score and cognitive motor functions（ρ）

Item	Younger（n=12）			Older（n=12）		
	Internal	External	Total	Internal	External	Total
TMT-A	−.06	.14	.09	.09	.01	.14
TMT-B	−.16	.34	.15	−.20	−.24	−.15
TUG	−.48	−.13	−.30	.23	.05	.11
Grip	.02	−.23	−.14	−.06	−.02	−.01
PEG	−.46	−.11	−.23	−.12	−.06	−.04

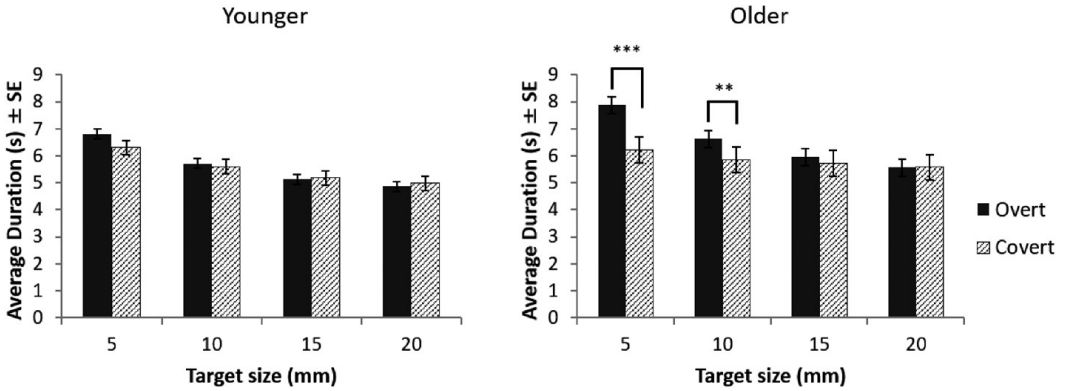

Figure 2. Average durations of overt and covert movements as a function of target's size in each age group. Error bars reflect standard error. $^{**}p<.01$, $^{***}p<.001$.

方で（5 mm: $F(1, 88)=2.99$, $p=.086$, $\eta^2=.07$; 10 mm: $F(1, 88)=0.19$, $p=.668$, $\eta^2=.00$; 15 mm: $F(1, 88)=0.04$, $p=.836$, $\eta^2=.00$; 20 mm: $F(1, 88)=0.19$, $p=.665$, $\eta^2=.00$），高齢者群は標的サイズが5 mmと10 mmにおいて課題条件の単純・単純主効果が有意に認められた（5 mm: $F(1, 88)=33.60$, $p<.001$, $\eta^2=.75$; 10 mm: $F(1, 88)=7.31$, $p=.008$, $\eta^2=.16$; 15 mm: $F(1, 88)=0.73$, $p=.396$, $\eta^2=.02$; 20 mm: $F(1, 88)=0.00$, $p=.986$, $\eta^2=.00$）．すなわち，若齢者群の運動実行時間と運動イメージ時間はいずれの標的サイズにおいても同様の傾向を示したが，高齢者群は標的サイズが小さくなる（5 mm, 10 mm）と課題条件間の時間差が有意にひらき，実際の運動実行時間よりも短時間でポインティングが実施できると運動イメージ条件で申告していた．

次に，若齢者群と高齢者群のポインティング課題成績と認知機能，運動機能の間の相関分析を行った（Table 5）．相関分析の際のポインティング課題成績は，運動実行と運動イメージ時間の絶対値差（|overt−covert|）について全標的サイズの総和を算出したものを用いた．なお，この数値はJMIQ-R得点とは逆に，運動イメージが正確であるほど運動実行との課題遂行時間が一致し，小さな値となる．その結果，有意傾向ではあるが，握力成績との間に負の相関が見られ（$r=-.56$, $p=.06$），握力が小さい人ほど，運動実行と運動イメージの時間に差があることが示された．

JMIQ-Rとポインティング課題の関連

運動イメージの測定方法間の関連性を検討するため，対象者群内のJMIQ-R得点とポインティング課題成績の相関を調べた．なお，ポインティング課題成績として，前節と同様に，運動実行と運動イメージ時間の絶対値差（|overt−covert|）の全標的サイズの総和を用いた．また，相関係数にはスピアマンの順位相関係数を用いた．その結果，JMIQ-Rの各得点とポインティング課題における運動イメージの正確性には，いずれの群でも相関が認められなかった（Table 6）．すなわち，若齢者および高齢者における質問紙JMIQ-Rの結果とポインティング課題の遂行結果に関連は見られなかった．

Table 5
Correlations between performance on the pointing task and cognitive motor functions（r）

	Younger（$n=12$）	Older（$n=12$）
TMT-A	−.42	.09
TMT-B	−.08	.05
TUG	−.07	−.32
Grip	−.03	−.56
PEG	.48	.32

Note. Representative values for performance on the pointing task were calculated by summing the absolute values of the differences between executed and imagined pointing across different target sizes.

考　　察

本研究では，若齢者を対象とした研究でよく用いられる運動イメージの主観的な質問紙評価であるJMIQ-Rと，より客観的な評価法の一つであるFittsの法則を用いたポインティング課題を用いて，評価法としての有効性と評価法どうしの関係性を明らかにするための実験を行った．本研究に参加した高齢者は，運動機能を測定するTUGやPEG課題，注意機能（TMT-A），実行機能（TMT-B）の指標となる課題において若齢者と比べて有意な低下を示していた．これは70歳以降のこうした機能の低下を示した先行研究と一致するものであった（Buckner, 2004; LaRoche, Greenleaf, Croce, & McGaughy, 2014）．一方で，運動イメージ課題ではJMIQ-Rでは若齢者と高齢者の間に差が認められなかったのに

Table 6
Correlations between the JMIQ-R score and performance on the pointing task（ρ）

	Younger（n=12）			Older（n=12）		
	Internal	External	Total	Internal	External	Total
Σ	.14	−.08	.06	−.07	.04	.04

Note. Σ indicates summation of the absolute values of the differences between executed and imagined pointing over different target sizes.

対して，ポインティング課題で差が認められ，二つの課題の相違が示された．

質問紙JMIQ-Rとポインティング課題の比較

これまで加齢に伴って運動イメージ能力は低下すると報告されてきた．加齢に伴いVMIQでは体験イメージが想起しにくくなることや（Mulder et al., 2007），MR課題の反応時間が延長することから（山田・上原，2008），高齢者は認知機能，運動機能のみならず，運動イメージ能力も70歳前後より徐々に低下していくものと考えられてきた．本研究においても，客観的で簡便な運動イメージの測定課題であるポインティング課題（Skoura et al., 2005）では，高齢者群の運動実行と運動イメージの乖離が示唆された．すなわち，若齢者群はいずれの標的サイズも運動実行時間と運動イメージ時間に差が認められず，運動実行と運動イメージは同様の傾向を示したが，高齢者群では標的サイズが小さくなり，課題が難しくなると運動実行時間と運動イメージ時間に有意差が認められた．この結果は，Skoura et al.（2005）の研究結果とも一致しており，Fittsの法則を用いたポインティング課題では，高齢者の運動イメージ能力は低下することが再び示されたものといえる．

しかし，JMIQ-Rでは若齢者と高齢者の間で差異が見られなかった．また，JMIQ-Rとポインティング課題の関連性を検討したところ，若齢者および高齢者ともにJMIQ-Rの各得点とポインティング課題における運動イメージの正確性には相関が見られなかった．JMIQ-Rとポインティング課題は，ともに個人の運動イメージ能力を測定する指標であるが，それぞれ異なる動作を用いて測定される．例えば，本研究のポインティング課題はリーチングに関わる動作であるのに対して，JMIQ-Rは手足両方を使った全身の運動や姿勢制御を対象としている．こうした背景から，JMIQ-Rとポインティング課題では，運動イメージの異なる側面を評価している可能性が考えられる．

別の分析において，JMIQ-Rとポインティング課題それぞれで認知，運動機能との関連性について検討したところ，若齢者および高齢者ともにJMIQ-Rの各得点と各機能に相関は見られなかった．一方で，ポインティング課題における運動イメージの正確性と，高齢者の握力については負の相関に有意傾向が認められた．すなわち，握力の小さい高齢者ほど運動実行と運動イメージの時間に差が大きいこと（運動イメージ能力が低下していること）がわかった．高齢者の握力は，下肢筋力や立位バランスも含めた包括的な体力を反映する指標であるといわれており（池田・村田・大田尾・村田・堀江・溝田，2011），フレイルの診断基準の一つに含まれている（Fried, Tangen, Walston, Newman, Hirsch, Gottdiener, … McBurnie, 2001）．その意味で全身の運動や姿勢制御を対象としたJMIQ-Rと相関が見いだされてもおかしくはない．にもかかわらずJMIQ-Rでは運動イメージの低下がとらえきれなかったことを考えると，高齢者の運動イメージ自体に対する感度がポインティング課題とJMIQ-Rで異なる可能性もある．この感度の違いをもたらした原因の一つとして，課題の難易度が考えられる．JMIQ-Rと比べて難しい動作が含まれている質問紙VIMQを用いた研究では，主観的な質問紙調査であっても高齢者のイメージ低下をとらえられている（Mulder et al., 2007）．また，本研究のポインティング課題でも難易度が高い小さなターゲットのときに運動実行と運動イメージの間に大きな差が見られている．以上から，高齢者の運動イメージ能力の低下をとらえるには，動作制御負荷がある程度高い検査項目を含む必要があるのかもしれない．

高齢者における運動能力の過大評価性

本研究で用いたポインティング課題において，高齢者は若齢者と異なり，ポインティングする標的が小さくなり，課題が難しくなると運動実行時間と運動イメージ時間の差は有意に大きくなった．つまり，実際の運動実行時間よりも運動イメージ時間をより速く見積もり，自己の運動能力を過大評価して予測する傾向にあった．

高齢者が自己の運動能力を過大評価する傾向にあることは，いくつかの研究によって明らかにされている．Robinovitch & Cronin（1999）は，手のリーチ課題を用いて予測されるリーチ範囲と実際のリーチ範囲を比較し，その差を検討している．その結果，高齢者では予測したリーチ範囲を実際のリーチ範囲より大きく見積も

り，自己の運動を過大に予測する傾向にあったことを報告している．また，岡田・高取・椰野・徳久・生野・鶴田・庄本（2008）は，高齢者におけるリーチ範囲の過大評価性と転倒回数の関連を示しており，転倒回数の多い高齢者は自己の運動能力の低下を正確に認識できていない可能性を述べている．本研究のポインティング課題における運動イメージ条件でも，高齢者は過大評価する傾向にあり，自己の運動能力を正確に把握できていない可能性があることが，ポインティング課題を用いて示唆された．

高齢者の運動イメージ能力と脳機能の関係

一般的に，運動イメージ想起時には運動実行時と同様の脳活動が認められることがわかっている（内藤，2007; Hanakawa et al., 2008; Allali et al., 2014）．また，運動イメージ想起時には運動実行時と比較して，左前頭前野がより賦活し，運動イメージにおいては左前頭前野の神経ネットワークが担うワーキングメモリが重要な役割をもつことが示唆されている（Wu, Li, Gao, Chen, & He, 2018）．

本研究の高齢者ではTMT-Bの結果よりワーキングメモリを含む実行機能の低下が認められた．Raz, Gunning, Head, Dupuis, McQuain, Briggs, …Acker（1997）は，加齢に伴う脳の構造的な変化をMRIで調べ，背外側前頭前野を含む前頭前野が加齢とともに特に萎縮しやすいことを示している．この加齢による脳の変化が高齢者の運動イメージに必要な実行機能やワーキングメモリを低下させ，自己の持ち合わせている運動能力に適した運動イメージが想起できない要因の一つである可能性が考えられるため，さらなる検討が望まれる．

本研究の課題と今後の展望

本研究では，質問紙JMIQ-Rを用いて高齢者の運動イメージ能力を把握することが可能であるかを，運動イメージの測定方法として高齢者に用いられているポインティング課題と比較した．その結果，JMIQ-Rでは若齢者と高齢者間で得点に差が見られず，JMIQ-Rの各得点と認知，運動機能には相関が認められなかった．一方で，ポインティング課題の遂行結果は，若齢者と高齢者間に差が見られ，高齢者のポインティング課題における運動イメージの正確性と握力には関連がある可能性が示された．しかし，JMIQ-Rとポインティング課題には若齢者および高齢者ともに相関が認められず，両者は異なる運動イメージの側面を評価している，もしくは異なる感度で運動イメージを測定している可能性が示唆された．したがって，高齢者の運動イメージ能力はJMIQ-Rのみでは検出しにくい可能性が示された．

高齢者における運動イメージ能力低下の要因の一つには，高齢者が自己の運動能力の低下について正確に認識できていないことが考えられる．しかし，本研究のJMIQ-Rの結果は，質問紙VIMQを用いた研究と異なる結果となった（Mulder et al., 2007）．これは，VIMQには求める動作が難しい項目が多い一方で，JMIQ-Rの動作項目は高齢者にとって馴染みがあり，簡単であると評価しやすかった可能性がある．加えて，本研究は健常な高齢者を対象としており，年齢や対象者数も限定されていた．JMIQ-Rは少ない時間で簡便に用いることができ，運動実行が困難な対象者にも実施できるというメリットがある．また，介入前後の比較も容易であり，脳卒中既往者などに対する運動イメージ介入前後の効果判定に適している可能性がある．脳卒中患者における運動イメージ能力の低下と転倒リスクの関連も示唆されており（春山・川上，2015），今後は疾患既往者も含めた幅広い検討や，難易度を上げたJMIQ-Rの開発を行うことにより，JMIQ-Rの測定に適した対象者が明らかになることが望まれる．

引用文献

Allali, G., Meulen, M., Beauchet, O., Rieger, S. W., Vuilleumier, P., & Assal, F.（2014）. The neural basis of age-related change in motor imagery of gait: An fMRI study. *The Journals of Gerontology*, **69**, 1389−1398.

Buckner, R. L.（2004）. Memory and executive function in aging and AD: Multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, **44**, 195−208.

Decety, J., & Jeannerod, M.（1996）. Mentally simulated movements in virtual reality: Does Fitts's law hold in motor imagery?. *Behavioural Brain Research*, **72**, 127−134.

Decety, J., Jeannerod, M., & Prablanc, C.（1989）. The timing of mentally represented actions. *Behavioural Brain Research*, **34**, 35−42.

Fitts, P. M.（1954）. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, **47**, 381−391.

Folstein, F., Folstein, E., & Mchugh, R.（1975）. "Mini-Mental State": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, **12**, 189−198.

Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., …McBurnie, M. A.（2001）. Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *Journal of Gerontology*, **56**, 146−156.

Godde, B., & Rehage, C. V.（2010）. More automation and less cognitive control of imagined

walking movements in high-versus low-fit older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **2**, 139.

Hall, C. R., & Martin, K. A.（1997）. Measuring movement imagery abilities: A revision of the Movement Imagery Questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, **21**, 143−154.

Hanakawa, T., Dimyan, M., & Hallett, M.（2008）. Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: A time-course study with functional MRI. *Cerebral Cortex*, **18**, 2775−2788.

春山幸志郎・川上途行（2015）．imagined Timed Up and Go testは脳卒中患者における自宅退院後6カ月間の転倒リスクを識別できるか　*The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, **52**, 352−357.
（Haruyama, K., & Kawakami, M.（2015）. Using the imagined timed up and go test to identify fall risk over the 6-month period after discharge in patients with stroke. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, **52**, 352−357.）

長谷川　望（2004）．日本語版運動心像質問紙改訂版（JMIQ-R）の作成イメージ　心理学研究，**2**, 25−34.
（Hasegawa, N.）

長谷川　望・星野公夫（2002）．スポーツ選手のスキルと身体運動イメージの関係　順天堂大学スポーツ健康科学研究，**6**, 166−173.
（Hasegawa, N., & Hoshino, K.（2004）. On relationship between skill and movement imagery with athletes. *Journal of Health and Sports Science Juntendo University*, **6**, 166−173.）

池田　望・村田　伸・大田尾　浩・村田　潤・堀江　淳・溝田勝彦（2011）．地域在住女性高齢者の握力と身体機能との関係　理学療法科学，**26**, 255−258.
（Ikeda, N., Murata, S., Otao, H., Murata, J., Horie, J., & Mizota, K.（2011）. The relationship between grip strength and physical function in elderly community-dwelling women. *Journal of Physical Therapy Science*, **26**, 255−258.）

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.

Jeffreys, H.（1961）. *Theory of probability*（3rd ed.）. Oxford, UK: Oxford University Press.

鹿島晴雄・半田貴士・加藤元一郎・本田哲三・佐久間　啓・松村太郎（1986）．注意障害と前頭葉損傷　神経研究の進歩，**30**, 847−857.
（Kashima, H., Handa, T., Katoh, M., Sakuma, T., Muramatsu, T., ...Ooe, Y.（1986）. Disorders of attention due to frontal lobe lesion. *Advances in Neurological Sciences*, **30**, 847−857.）

Kho, A. Y., Liu, K. P., & Chung, R. C.（2014）. Meta-analysis on the effect of mental imagery on motor recovery of the hemiplegic upper extremity function. *Journal of Australian Occupational Therapy*, **61**, 38−48.

LaRoche, D. P., Greenleaf, B. L., Croce, R. V., & McGaughy, G. A.（2014）. Interaction of age, cognitive function, and gait performance in 50−80 year olds. *Age*, **36**, 9693. doi: 10.1007/s11357-014-9693-5

Mulder, T., Hochstenbach, J. B. H., Heuvelen, M. J. G., & Otter, A. R.（2007）. Motor imagery: The relation between age and imagery capacity. *Human Movement Science*, **26**, 203−211.

内藤栄一（2007）．身体運動像の獲得に体性感覚入力が果たす役割―ニューロイメージング研究から―　バイオメカニズム学会誌，**31**, 178−186.
（Naito, E.）

岡田洋平・高取克彦・梛野浩司・徳久謙太郎・生野公貴・鶴田佳世・庄本康治（2008）．地域高齢者におけるリーチ距離の見積り誤差と転倒との関係　理学療法学，**35**, 279−284.
（Okada, Y., Takatori, K., Nagino, K., Tokuhisa, K., Ikuno, K., Turuta, K., & Shomoto, K.（2008）. Relationship between error in estimated reach distance and falls in community-dwelling elderly people. *Physical Therapy Research*, **35**, 279−284.）

Oostra, K. M., Oomen, A., Vanderstraeten, G., & Vingerhoets, G.（2015）. Influence of motor imagery training on gait rehabilitation in subacute stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, **47**, 204−209.

Page, S. J., Peter, B. A., & Leonard, A.（2007）. Mental practice in chronic stroke: Results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke*, **38**, 1293−1297.

Parsons, L. M.（1987）. Imagined spatial transformation of one's hands and feet. *Cognitive Psychology*, **19**, 178−241.

Parsons, L. M.（1994）. Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology*, **20**, 709−730.

Podsiadlo, D., & Richardson, S.（1991）. The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, **39**, 142−148.

Raz, N., Gunning, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., McQuain, J., Briggs, S. D., …Acker, J. D.（1997）. Selective aging of the human cerebral cortex observed in vivo: Differential vulnerability of the prefrontal gray matter. *Cerebral Cortex*, **7**. 268−282.

Robinovitch, S. N., & Cronin, T.（1999）. Perception of postural limits in elderly nursing home and day care participants. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, **54**, 124−130.

Saimpont, A., Pozzo, T., & Papaxanthis, C.（2009）. Aging affects the mental rotation of left and right hands. *PLoS ONE*, **4**(8), e6714. doi: 10.1371/journal.pone.0006714

Sanchez, C. I., Perianez, J. A., Adrover, R. D., Rodriguez, S. J. M., Rios, L. M., Tirapu J, Barcelo, F.（2009）. Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *Journal of the International Neuropsychological Society*, **15**, 438−450.

Sekiyama, K.（1982）. Kinesthetic aspects of mental representation in the identification of left and right hands. *Perception & Psychophysics*, **32**, 89−95.

Shepard, L., & Metzler, J.（1971）. Mental rotation of three dimensional objects. *Science*, **171**, 701−703.

Sirigu, A., Duhamel, J., Cohen, L., Pillon, B., Dubois, B., & Agid, Y.（1996）. The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. *Science*, **273**, 1564−1968.

Skoura, X., Papaxanthis, C., Vinter, A., & Pozzo, T.（2005）. Mentally represented motor actions in normal aging I: Age effects on the temporal features of overt and covert execution of actions. *Behavioural Brain Research*, **165**, 229−239.

Tombaugh, T. N.（2004）. Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, **19**, 203−214.

梅野和也・河野慶三（2015）．専門学校生にみられる運動イメージ能力と運動学習効果との関係―JMIQ-Rとダーツ課題を用いて―　心理健康科学，**11**, 43−50.
（Umeno, K., & Kawano, K.）

梅野和也・中村浩一（2016）．運動スキルの違いが運動イメージ鮮明度に及ぼす影響―JMIQ-Rを用いて―　理学療法科学，**31**, 409−412.
（Umeno, K., & Nakamura, K.（2016）. A JMIQ-R study of the effects of different motor skills on motor imagery vividness. *Journal of Physical Therapy Science*, **31**, 409−412.）

Wu, S., Li, J., Gao, L., Chen, C., & He, S.（2018）. Suppressing systemic interference in fNIRS monitoring of the hemodynamic cortical response to motor execution and imagery. *Frontiers in Human Neuroscience*, **85**, 1−10.

山田　実・上原稔章（2008）．運動イメージ想起能力の年代別基準値の作成および高齢者における転倒との関係―手・足の写真によるメンタルローテーションを用いた検討―　理学療法学，**23**, 579−584.
（Yamada, M., & Uehara, T.（2008）. Effect of age on motor imagery inferred from mental rotation. *Physical Therapy Research*, **23**, 579−584.）

（2018年12月11日受稿，2019年4月17日受理）