心的回転課題による高齢者の認知処理速度遅延の検討¹

東京都老人総合研究所 権藤恭之・石原治・中里克治・下仲順子・ジョージア大学 Leonard W. Poon

An investigation of age related slowing in cognitive processing speed in a mental rotation task

Yasuyuki Gondo, Osamu Ishihara, Katsuharu Nakazato, Yoshiko Shimonaka (Department of Psychology, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, Sakae-cho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0015) and Leonard W. Poon (University of Georgia, Gerontology Center, Athens, Georgia, USA 30602)

The age related slowing in cognitive processing speed was investigated with a mental rotation task. Slope of regression line predicting reaction time from rotation angle was assumed to be an index of mental rotation speed, and the intercept increase when the task was changed standard to mirror image, an index of decision process speed. Three groups were compared: young control (mean age=19.1), younger elderly ($M=69.5$) and older elderly ($M=79.0$). In the mental rotation speed, an age difference between the control and older groups, but not between the older groups, was found. However, the decision process speed differed not only between the control and older groups, but also between the two older groups. These findings indicated that the effect of aging was larger on decision process than on mental rotation.

Key words: aging, mental rotation, decision process, cognitive processing speed.

高齢者の行動特徴を最も的確に表現した言葉の一つに“行動の遅延 (slowing of behavior)”がある (Birren & Fisher, 1991)。認知処理過程も同様に老年期でその処理速度が遅延する (Birren & Fisher, 1995)。しかし、老年期における認知処理速度の遅延を示した研究は総じて高齢者群と統制群である青年群との2群の比較で行われており、老年期以降の加齢変化は検討されていないのが現状である。そこで、本研究は心的回転課題 (Shepard & Metzler, 1971) を用い、従来の研究と同様に青年と高齢者の比較を行うだけでなく、65歳から74歳の前期高齢者 (young-old) と75歳以上の後期高齢者 (old-old) の比較も行い、認知処理速度に対する加齢の影響を老年期以降においても検討することを目的とする。

Birren (1965) によって高齢者の反応時間が遅延する背景要因として中枢神経系の全般的な処理速度の遅延が提唱されて以来、老年期における認知処理速度の遅延を報告する研究は数多い (Birren & Fisher, 1995 を参照せよ)。また加齢による認知側面の変化に関してはいくつかのモデルが提唱されているが (Allen, 1991; Cerella, 1990; Hasher & Zacks, 1988; Salthouse,

1991b)、いずれも高齢者の認知処理速度の遅延を説明するために用いられる。さらに、老年期において認知処理速度は、知能などの複雑な認知機能 (Lindenberger, Mayr, & Kliegl, 1993) や、記憶の効率とも関連していると考えられており (Salthouse, 1996)、認知加齢研究では重要な要因である。

加齢に伴う認知処理速度の遅延に関して最も注目されているモデルは、Cerella (1990) による“普遍的遅延 (general slowing)”と呼ばれているモデルである。彼はさまざまな反応時間研究をメタ分析した一連の研究 (Cerella, 1985, 1990; Cerella, Poon, & Williams, 1980) から、加齢はすべての認知処理過程に対し普遍的に均等に影響すると考えている。つまり、彼のモデルでは普遍的な認知処理の遅延率で認知処理速度の遅延の大部分が説明できるのである (権藤・宮田, 1996)。

本研究では認知処理速度の遅延を検討するための課題として心的回転課題を採用する。心的回転課題ではさまざまな角度で呈示される刺激に対する判断が求められる。一般的な結果では被験者の反応時間は刺激の回転角度に応じて延長する。これは刺激の心的なイメージを操作している時間を反映しているためだと考えられている。そして、心的回転課題で測定された反応時間と刺激の回転角度の間には1次関数が仮定されており (Cooper & Shepard, 1978; Pellegrino & Kail,

¹ この研究は平成7年度厚生省科学研究補助金 (厚生省長寿科学総合研究事業・課題番号 95A5104・主任研究者・下仲順子) の助成により行われた。

1982), 直線回帰を求めることによって傾き (slope) と切片 (intercept) を代表値とし認知処理速度を検討できる。心的回転課題における認知処理過程は刺激の記銘や検索などの符号化過程, イメージ操作を行う心的回転過程, そして反応の決定過程からなると考えられており (Hertzog & Rypma, 1991), 傾きは, 心的回転過程のみの処理速度を反映し, 切片は, 符号化過程, 反応の決定過程そして感覚・運動過程の処理速度を反映する指標であると考えられている (Jacewicz & Hartley, 1987; Hertzog, Vernon, & Rypma, 1993)。

心的回転課題を用いて加齢による認知処理速度の遅延を検討した研究は傾きの変化を中心に研究されてきた。たとえば, Cerella, Poon, & Fozard (1981) では, 高齢者群と青年統制群ごとに回帰直線を算出し (高齢者の反応時間 = $7.3 \times \text{回転角度} + 1300$, 青年の反応時間 = $3.7 \times \text{回転角度} + 847$), 高齢者の心的回転処理の速度は青年に比較して 1.96 倍遅くなることを示した。他の研究でも遅延率は異なるが, 彼らの結果と同様に高齢者で心的回転処理速度の遅延が観察されることが報告されている (Berg, Hertzog, & Hunt, 1982; Dror & Kosslyn, 1994; Gaylord & Marsh, 1975; Hale, Myerson, Faust, & Fristoe, 1995; Hertzog & Rypma, 1991; Hertzog et al., 1993; Jacewicz & Hartley, 1987; Puglisi & Morrell, 1986; Salthouse, 1991a)。また, 傾きは被験者個人の認知処理速度を反映する代表値として用いることが可能なので, スタンバークの記憶走査課題 (Stanberg, 1969) とともに高齢者の認知処理速度を検討するのに適していると考えられており (Salthouse, 1985), 心像処理過程の加齢研究に限らず普遍的遅延モデルのように認知処理速度を多面的に評価するための指標の一つとして用いられることがある (Hale, Lima, & Myerson, 1991; Hale et al., 1995; Poon, 1983)。

一方, 切片に関しては傾きと同様に高齢者群で上昇を示すが, 前述のように単一の処理過程ではなく符号化過程, 反応の決定過程そして感覚・運動過程などの複数の認知処理過程を反映すると考えられるために詳細に検討されることはなかった。しかし Hertzog & Rypma (1991) は心的回転過程と決定過程をそれぞれ独立して測定できる実験を行い, 心的回転過程だけでなく決定過程においても加齢の効果が観察されたと報告している。さらに, 加齢にともなう反応時間の遅延は普遍的 (Cerella, 1990) ではなく, 反応の決定過程および反応過程で起こるとする研究もあり (Bashore, 1993), 切片に関しても, 決定過程の指標として加齢の影響を検討することが必要だと考えられる。

本研究では, 認知処理速度に対する加齢の影響を心的回転過程および, これまであまり検討されてこなかった決定過程において検討する。刺激には平仮名 1 文

字および数字を使用し, 直立 (0 度) もしくは傾いて呈示される刺激が, 正立像 (正面から文字を見た像) であるか鏡映像 (鏡写しの文字像) であるかを判断することを課題とする。そして先行研究と同様に傾きを心的回転過程の処理速度の指標とする。さらに決定過程に関しては, 正立像と鏡映像に対する反応の切片値の差を処理速度の指標とする。前述したように, 心的回転課題において切片値には感覚・運動過程, そして決定過程が反映されていると考えられているため直接決定過程のみを反映した指標とはなりえない。しかし, 本研究と同様の課題を行った研究では鏡映像条件において正立像条件よりも切片値が上昇している (Cerella et al., 1981)。彼らの研究では言及されていなかったが, 正立像と鏡映像に対する一連の処理は感覚・運動過程, 符号化過程, 心的回転過程では同様であるので, 両者の違いには刺激が正立像であるか鏡映像であるかを判断決定する過程が反映されていると考えられる。つまり, 鏡映像条件は, 正立像条件よりも決定過程に対する負荷が大きいと考えられるのである。したがって, もし決定過程に対して加齢が影響するならば鏡映像条件の切片値に反映されると考え, 本研究では特に鏡映像条件の切片値に注目することとした。

ところで, 近年平均寿命の上昇にともない高齢者人口が増加しており, 人口学的統計資料においても老年期を単一の区分として扱わずに, 前期高齢者 (young-old) と後期高齢者 (old-old) と分離して扱うようになってきた (厚生白書, 1996)。しかし, 老年期の認知処理速度は個人差が大きいこともあり (Hale, Myerson, Smith, & Poon, 1988), あまり検討されることがなかった。しかし最近では空間注意 (Greenwood & Parasuraman, 1994) や作動記憶 (Dobbs & Rule, 1989) など一部の研究で老年期以降も認知の加齢変化が引き続き起こっていることが報告されており, 青年期と老年期の比較だけではなく, 老年期以降の認知過程に対する加齢の影響は注目されつつある。

したがって本研究においても, 老年期以降を前期高齢者群, 後期高齢者群の 2 群に分け加齢の影響を検討することとした。結果は以下のように予測される。心的回転課題を青年期以降, 前期高齢者までの複数の年齢群間で比較した研究では年齢に応じて心的回転処理が遅延することが示されていることから (Berg et al., 1982; Jacewicz & Hartley, 1987), 老年期以降でも一貫して心的回転処理速度が遅延するであろう。同様に, 決定過程に関しても, 普遍的遅延モデル (Cerella, 1990) により加齢の影響は心的回転過程と均等であり, 加齢にともなった処理速度の遅延は心的回転過程と同様に起こると考えられる。しかし, 加齢の影響は反応の決定過程および反応過程で大きいとする研究や (Bashore, 1993), 心的回転課題においても決定過程で

加齢の影響が強く示された研究もあり (Hertzog & Rypma, 1991), 加齢にともなった処理速度の遅延は決定過程で大きくなる可能性もある。

方 法

被験者

高齢者 130 名 (男性 61 名, 女性 69 名) および大学生 46 名 (男性 17 名, 女性 29 名) が実験に参加した。高齢者は東京都板橋区の老人大学の参加者を中心に, 大学生は日本大学文理学部の心理学科の 1 年生から募集した。両群とも過去に心理学実験に参加の経験があった者は含まれていなかった。すべての高齢者は自らの健康状態をよいと報告しており, 徒歩または公共の交通を利用して我々の研究室まで訪問することが可能であった。実験と同時に被験者の属性の聞き取りおよび日本語版 WAIS-R (品川・小林・藤田・前川, 1990) の単語問題, 積木模様問題を実施した。高齢者は, 前期高齢者 (young-old; 75 歳未満 79 名) と後期高齢者 (old-old; 75 歳以上 51 名) に分け分析を行ったが, 後述する理由で分析から省いた被験者が存在するため最終的に分析対象となった被験者は, Table 2 に示したとおりである。

装置・刺激

実験装置としてノートブック・パーソナルコンピュータ (SOTEC 社製, J3 DX4/100C), 10 インチの CRT (PISCES 社製, DM-10) およびプリンターポートに接続した自作の反応ボタンボックスを用いた。刺激の大きさは縦横 5 cm とし, 中心視内に入るようにした。被験者と CRT との距離は約 60 cm 程度であった。視角は約 5° であった。刺激として平仮名文字 (か, す, は, も) および数字の 7 を使用した。刺激呈示条件は正立・鏡映像条件 (正立像もしくは鏡映像) と回転角度条件 (標準的な文字に対して時計回りに 0 度, 40 度, 80 度, 120 度, 160 度回転した像) を設けた。

手続き

実験課題は CRT 上に呈示される刺激文字が正立像であるか鏡映像であるかを判断することであった。被験者には呈示される刺激に応じて, 正立像と鏡映像に割り当てられた反応ボタンをできるだけ速く正確に押すように教示を与えた。反応ボタンは CRT の前に設置したボタンボックス上に被験者の正面に平行に並ぶように左右に 1 個ずつ配置し, 被験者にはそれぞれのボタンに対応する任意の側の反応指をボタン上に軽く置き反応に備えるように求めた。反応ボタンに対する正立像・鏡映像の反応の割り当ては被験者ごとにランダムに行った。注視点呈示後 1000 ms で第 1 試行を

開始した。刺激は被験者が反応すると速やかに消失し, 消失後 2000 ms で次の試行を開始した。刺激呈示から被験者の反応までを反応時間として記録した。また, 刺激呈示から 10 秒以上反応がない場合は誤反応とし自動的に次の試行に進むように設定した。

実験は個別に行った。実験開始前に被験者に対して実験への参加は強制ではないこと, 希望があればいつでも中止できることを説明した。教示後, 本試行で用いなかった刺激を使用し練習試行を行った。練習試行は 10 試行からなり, 被験者が課題の内容を理解していることを確認するため, 誤反応が 2 個以上あった場合は練習試行 10 試行を再び繰り返した。本試行は 27 試行のブロックを 4 回繰り返したが, 本実験前に行った予備実験の結果から高齢者群では, ブロック開始直後の反応が不安定である傾向が示されていたため, ブロック開始から 2 試行は分析に含めなかった。したがって本研究で分析対象になった試行は 100 試行 (25 試行×4 ブロック) であった。刺激文字, 正立像・鏡映像および回転角度が同一の条件は 2 回使用し, 刺激の呈示系列は被験者ごとにランダムに割り当てた。各ブロックの間には短い休息を取ったが, 被験者の課題への集中が低下しないよう留意した。

結 果

脳疾患の既往歴 (脳手術, 脳溢血など) を報告した被験者, および強度の白内障のため実験遂行に困難を訴えた被験者, 計 12 名は分析には含めなかった。本研究では, さらに誤反応率, 反応時間の結果を基準に分析から除外した被験者がいる。したがって分析対象となった被験者の詳細については後述する。

誤反応率の分析

被験者ごとに正立・鏡映像条件, 回転角度条件ごとに誤反応率を算出した。各条件のいずれかのセルで 50% 以上の反応に誤反応が認められた被験者 (青年群 1 名, 前期高齢者群 3 名, 後期高齢者群 2 名) は以降すべての分析から除外した。年齢群ごと, 正立・鏡映像条件, 回転角度条件ごとに誤反応率と標準偏差を示したものが Table 1 である。誤反応率を従属変数として 3 (年齢; 青年群, 前期高齢者群, 後期高齢者群) × 2 (正立・鏡映像条件; 正立像, 鏡映像) × 5 (回転角度条件; 0 度, 40 度, 80 度, 120 度, 160 度) の 3 要因の分散分析を行った結果, 回転角度の主効果のみが有意であったが ($F(4, 620) = 56.39, MSE = .0063, p < .01$), 年齢の主効果, 年齢と正立・鏡映像条件の交互作用および年齢と回転角度条件の交互作用は認められなかった。したがって, 本実験では誤反応率には年齢群間で差が認められないことが確認できた。

Table 1
Mean error rate as a function of age group, stimulus type,
and orientation

	Degree from upright				
	0	40	80	120	160
Young					
Standard	.05(.06)	.03(.06)	.06(.09)	.04(.07)	.10(.11)
Mirror image	.03(.05)	.03(.05)	.05(.07)	.06(.08)	.10(.11)
Young-old					
Standard	.05(.08)	.05(.08)	.06(.09)	.04(.08)	.11(.12)
Mirror image	.03(.05)	.03(.06)	.04(.08)	.06(.09)	.12(.16)
Old-old					
Standard	.03(.05)	.05(.08)	.05(.07)	.07(.11)	.12(.12)
Mirror image	.04(.08)	.04(.06)	.05(.08)	.06(.09)	.11(.14)

Note. Numbers in parentheses are standard deviations.

直線性の確認

心的回転課題では、反応時間と刺激の回転角度の間に1次関数が仮定されている (Cooper & Shepard, 1978; Pellegrino & Kail, 1982)。ここでは、傾き、切片を分析するための前提条件として年齢群、正立・鏡映像条件ごとに直線性の検討を行った。すなわち被験者ごとに反応時間の代表値として正立・鏡映像条件、回転角度条件ごとに中央値を算出し、反応時間を従属変数として誤反応率と同様の3要因の分散分析を行った。その結果、年齢の主効果 ($F(2, 155) = 34.23$, $MSE = 675198.6$, $p < .01$)、正立・鏡映像条件の主効果 ($F(1, 155) = 97.72$, $MSE = 120689.6$, $p < .01$)、回転角度の主効果 ($F(4, 620) = 170.21$, $MSE = 38401.5$, $p < .01$)、そして、年齢と正立・鏡映像条件の交互作用 ($F(2, 155) = 5.16$, $MSE = 120689.6$, $p < .01$)、年齢と回転角度の交互作用 ($F(8, 620) = 12.19$, $MSE = 38401.0$, $p < .01$)、正立・鏡映像条件と回転角度の交互作用 ($F(4, 620) = 5.16$, $MSE = 29891.4$, $p < .01$)、がそれぞれ有意であった。

次に、反応時間に対する回転角度の効果を傾向検定で検討した結果、すべての年齢群で正立・鏡映像条件ともに有意に1次直線が当てはまることが確認できた ($p < .01$)。そこで、以下の分析では被験者ごと、正立・鏡映像条件ごとに直線回帰を当てはめ、傾き、切片と決定係数を算出し分析測度とした。なお青年群、高齢者群ごとに外れ値²を確認し、いずれかの条件、測度で外れ値を示した被験者 (青年群2名；前期高齢者群17名；後期高齢者群5名) は分析から除外した。

² 本研究での外れ値は $Q_1 - (Q_3 - Q_1)$ 以下もしくは $Q_3 + (Q_3 - Q_1)$ 以上を基準とした。 Q_1 は第1四分位、 Q_3 は第3四分位をさす。

Table 2
Characteristics of participants in three groups

Range N	Young	Old-groups	
	18—21 43	Young-old 64—74 55	Old-old 75—92 36
AGE	19.1(0.8)	69.5(2.7)	79.0(4.1)
Education	12.0(0.0)	11.9(3.1)	10.1(2.3)
WAIS-R V	41.9(9.7)	45.1(13.9)	38.2(16.4)
WAIS-R B	48.5(6.0)	34.1(7.2)	27.3(8.0)
Subjective health	1.8(0.6)	1.9(0.6)	1.7(0.6)

Notes. Education refers to the number of years of formal education, for WAIS-R, V and B indicate vocabulary and block design in raw scores, respectively. Subjective health is a self-rating scale from 1 for excellent to 5 for very poor. Numbers in parentheses are standard deviations.

最終的に分析対象となった被験者は、青年群43名 (男性15名、女性28名)、前期高齢者群55名 (男性22名、女性33名)、後期高齢者群36名 (男性16名、女性20名) であった。年齢群ごとの被験者の平均年齢、学歴、主観的健康感および知能検査の平均得点を Table 2 に示す。Table 2 からわかるように、各群の平均得点は学歴 ($F(2, 131) = 8.46$, $MSE = 5.30$, $p < .01$) および WAIS-R の積木模様問題 ($F(2, 131) = 95.3$, $MSE = 50.2$, $p < .01$) で高齢群ほど低くなる群の主効果が有意であった。しかし、これらは高齢者の一般的傾向 (中里, 1984) を示していると考えられ、特に問題となる点は認められなかった。

次に Table 3 には年齢群ごとに正立・鏡映像条件ごとの分析測度の平均値と標準偏差を示す。以下の分析

Table 3
Means of slope, intercept and R^2 as a function of age group,
and stimulus type

	Young	Young-old	Old-old
Slope			
Standard	1.40(0.70)	2.67(1.29)	2.60(1.03)
Mirror image	1.07(1.09)	2.09(1.38)	1.58(1.49)
Intercept			
Standard	495.43(82.15)	626.86(141.49)	666.83(142.28)
Mirror image	617.99(247.02)	858.67(201.75)	938.59(205.62)
R^2			
Standard	0.79(0.12)	0.81(0.13)	0.80(0.15)
Mirror image	0.53(0.31)	0.60(0.29)	0.55(0.31)

Notes. Parameters of regression equation were computed for each participant. Numbers in parentheses are standard deviations.

では決定係数、傾き、切片をそれぞれ従属変数とした3（年齢：青年群、前期高齢者群、後期高齢者群）×2（正立・鏡映像条件：正立像、鏡映像）の2要因の分散分析を行った。下位検定はLSD法を用い、危険率5%を有意水準とした。

決定係数（ R^2 ）の分析

決定係数は高いほど反応時間に対する直線回帰の適合度が高いことを意味する。分散分析を行った結果、正立・鏡映像条件の主効果（ $F(1, 131) = 74.94$, $MSE = .05$, $p < .01$ ）のみ有意であったが、年齢の主効果および年齢と正立・鏡映像条件の交互作用は認められなかった。この結果から以下に用いる傾きおよび切片の信頼性に関して年齢群間で差がないことが確認された。

傾きの分析

心的回転処理速度の代表値として、傾きの分析を行った。分散分析を行った結果、年齢の主効果（ $F(2, 131) = 17.79$, $MSE = 1.86$, $p < .01$ ）、および正立・鏡映像条件の主効果（ $F(1, 131) = 26.24$, $MSE = 1.02$, $p < .01$ ）、が有意であった。年齢群について多重比較を行った結果、青年群と高齢者群（前期および後期）間で有意差が認められたが、二つの高齢者群間では有意差は認められなかった。

切片の分析

決定過程に対する加齢の影響を検討するため、切片値を対象に分析を行った。分散分析を行った結果、年齢の主効果（ $F(2, 131) = 30.68$, $MSE = 44427.63$, $p < .01$ ）、正立・鏡映像条件の主効果（ $F(1, 131) = 148.79$, $MSE = 19033.26$, $p < .01$ ）、および年齢と正立・鏡映像条件の交互作用（ $F(2, 131) = 6.45$, $MSE =$

19033.26, $p < .01$ ）、が有意であった。そこで、年齢群別に正立像、鏡映像条件間の切片値について比較を行った。その結果はすべての年齢群で鏡映像条件における切片値が正立像条件よりも有意に上昇していたが、それらの差は青年群（122 ms）と比較して前期高齢者群（232 ms）および後期高齢者群（271 ms）でより大きかった。次に、正立像、鏡映像それぞれの条件で年齢群について多重比較を行った。その結果、正立像条件では青年群と高齢者群（前期および後期）間で有意な差が認められたが、二つの高齢者群間では有意な差は認められなかった。ところが、鏡映像条件では青年群と高齢者群（前期および後期）間で有意な差が認められたとともに、二つの高齢者群間の比較においても後期高齢者群が前期高齢者群よりも有意に切片値が上昇していた。

考 察

本研究は、青年群と高齢者群、そして前期高齢者群と後期高齢者群間の比較から、老年期における認知処理速度の遅延を検討することを目的とした。心的回転課題の反応時間から直線回帰を算出し、傾きを心的回転処理の遅延、鏡映像条件の切片値を決定過程の遅延を反映する指標とし加齢の影響を検討した。

まず初めに高齢者群は、青年群と比較してすべての条件で反応時間の遅延が認められた。これは、符号化過程、反応の決定過程そして感覚・運動過程の総体としての処理速度が青年群に比較して高齢者群で遅延していることを示していた。次に心的回転過程に関しては、傾きの分析から青年群に比較して高齢者群で処理速度が遅延していることが認められたが、前期高齢者群と後期高齢者群間に違いは認められなかった。したがって、本研究では青年期と老年期の間で心的回転過程に対する加齢の影響は示されたが、老年期以降では

加齢の影響は確認することができなかった。決定過程に関しては、鏡映像条件の切片値に注目し分析を行った。その結果は、すべての年齢群で正立像条件よりも刺激に対する反応の決定判断がより困難だと考えられる鏡映像条件で切片値が大きくなっていた。また、その差が青年群よりも高齢者群でより大きかったことから、決定過程にも加齢が影響していると考えられた。さらに、二つの高齢者群間を比較した結果では、正立像条件においては切片値の違いが認められなかったが、鏡映像条件で後期高齢者群の切片値が大きくなることが示された。これらの結果から、決定過程に関しては青年期と老年期の間だけではなく老年期以降においても加齢は影響すると考えられた。

心的回転過程で観察された結果は、高齢者群と青年群の比較から高齢者における心的回転過程の遅延を示した研究 (Berg et al., 1982; Dror & Kosslyn, 1994; Gaylord & Marsh, 1975; Hale et al., 1995; Hertzog & Rypma, 1991; Hertzog et al., 1993; Jacewicz & Hartley, 1987; Puglisi & Morrell, 1986; Salthouse, 1991a) を支持した。ところが、事前に立てた予測と異なり、老年期以降で加齢の影響は認められなかった。一方、決定過程に関する検討結果では青年期と老年期の間で加齢による影響が示されたとともに、老年期以降では心的回転過程よりもむしろ決定過程に対する加齢の影響が強いことを示していた。この結果は、事象関連電位を指標とし記憶走査課題 (Stanberg, 1969) における加齢の影響を検討した研究で示された、加齢の影響は記憶走査過程ではなくむしろ決定過程に対して生じるとする結果 (Ford, Roth, Mohs, Hopkins, & Kopell, 1979) や認知処理速度に対する加齢の影響は心的回転課題において決定過程で強固に観察されることを示した Hertzog & Rypma (1991) の結果をある程度支持していると考えられる。

もっとも、Hertzog & Rypma (1991) は、決定過程における反応の遅延が刺激の回転角度にともなって大きくなっていることから、高齢者では心的回転過程での処理速度の遅延が原因となって、決定過程に至るまでに刺激心象の質の低下が生じ、その結果として決定過程の処理速度が遅延するのではないかと考えている。しかし、本研究では、心的回転過程では前期高齢者群、後期高齢者群間の処理速度は相違がないにもかかわらず、決定過程のみ二つの高齢者群間で加齢の影響が認められている。したがって、彼らの仮説とは異なり、老年期以降では特に、決定過程そのものが加齢の影響を受けていることを示していると考えられる。

さらに、老年期以降で心的回転過程と決定過程の間で加齢の影響の強さが異なっていたことは、加齢の影響はほとんどの認知処理過程で普遍的に均等であるとする Cerella (1990) の主張とも相反している。Bashore (Bashore, 1993; Bashore & Smulders, 1995)

は反応時間だけでなく事象関連電位を指標とした研究を概観し、Cerella の行ったメタ分析では考慮されていなかった反応の決定過程に対して加齢の影響が強いことを指摘している。反応時間を指標に用い青年群と高齢者群の2群を比較する認知加齢研究では、決定過程の加齢変化は他の認知過程の加齢変化に覆い隠され、それ自身を分離し測定することが困難である。しかし、本研究の結果は青年群と高齢者群の2群間の比較だけではなく高齢者群を2群に分けることによって、決定過程に対する加齢の影響を分離抽出できる可能性を示していると考えられる。ただし、本研究で示された結果が、老年期以降でのみ観察される現象なのか、それとも我々が考えるように他の認知処理過程の加齢変化に覆い隠されていた決定過程が高齢者を2群に分けることによって顕在化したものか、今後さらに検討する必要があると考える。

Pierret, Peronnet, & Thevenet (1994) は反応時間と事象関連電位を併用することによって、心的回転過程と決定過程を分離できることを示している。心的回転課題においても事象関連電位などの指標を用いれば、本研究のように決定過程に対する加齢の影響を間接的に推測する必要がなく、また Hertzog & Rypma (1991) のように複雑な課題条件を設定する必要もないためにより効果的に決定過程そのものに対する加齢の影響を検討できるのではないかと考える。

誤反応率や直線回帰の決定係数に対する分析では、これらの指標は、正立・鏡映像条件の影響を受けたが、年齢との交互作用は認められなかった。すなわち、研究によっては心的回転課題で青年群と高齢者群間の速さと正確さのトレードオフを指摘するものもあるが (Sharps & Gollin, 1987)、本研究では、各年齢群とも課題遂行時の反応の基準が異なっておらず、各年齢群間で反応時間を比較する前提条件が満たされていたと考えられる。

本研究では心的回転課題において反応時間と文字の回転角度の間で直線関係が仮定されていることから、分析に先立って、誤反応率の高かった被験者および、青年群、高齢者群ごとに傾き、切片で外れ値を示した被験者を分析から除外した。その割合は前期高齢者群75名中25名で約26%、後期高齢者群43名中7名で約16%と明らかに前期高齢者群の割合が高かった。成人期以降の知能の縦断的な追跡調査では、古くから成績のよい被験者は悪い被験者に比べて調査可能な年数が長く、知能低下の経年変化が小さいという、選択的減少 (selective attrition) と呼ばれる現象が報告されている (Jarvik & Falek, 1963; 中里, 1984; Riegel, Riegel, & Meyer, 1967)。それは、年齢が高くなるにともなって成績のよい被験者の方が成績の悪い被験者よりも調査対象として残りやすいことを意味している。本実験の参加者は地域からランダムサンプリングによ

って抽出された対象ではなく、自発的に研究に参加したものであったため、前期高齢者よりも後期高齢者群で特に心身機能がすぐれているものが被験者として参加しやすかった可能性がある。そのため老年期以降で心的回転過程に対する加齢の影響が観察されなかった可能性は否定できない。にもかかわらず、老年期以降で心的回転過程では観察されなかった処理速度の遅延が決定過程で観察されたことは、少なくとも老年期以降では加齢の影響は決定過程で大きいことを示していると考えられる。

引用文献

- Allen, P. A. 1991 On age difference in processing variability and scanning speed. *Journal of Gerontology*, **45**, P191-P201.
- Bashore, T. R. 1993 Differential effects of aging on the neurocognitive functions subserving speeded mental processing. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer & M. L. Commons (Eds.), *Adult information processing: Limits on loss*. San Diego, CA: Academic Press. Pp. 37-76.
- Bashore, T. R., & Smulders, F. 1995 Do general slowing functions mask local slowing effects? A chronopsychophysiological perspective. In P. Allen & T. R. Bashore (Eds.), *Age differences in word and language processing*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 390-425.
- Berg, C., Hertzog, C., & Hunt, E. 1982 Age differences in the speed of mental rotation. *Developmental Psychology*, **18**, 95-107.
- Birren, J. E. 1965 Age changes in speed of behavior: It central nature and physiological correlates. In A. T. Welford & J. E. Birren (Eds.), *Behavior, Aging, and the Nervous System*. Springfield, IL: Thomas. Pp. 191-216.
- Birren, J. E., & Fisher, L. M. 1991 Aging and slowing of behavior: Consequences for cognition and survival. In T. B. Sanderregger (Ed.), *Psychology and aging*. Lincoln and London: University of Nebraska Press. Pp. 1-37.
- Birren, J. E., & Fisher, L. M. 1995 Aging and speed of behavior: Possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, **46**, 329-353.
- Cerella, J. 1985 Information processing rate in the elderly. *Psychological Bulletin*, **98**, 67-83.
- Cerella, J. 1990 Aging and information processing rate. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging*. 3rd ed. San Diego, CA: Academic Press. Pp. 201-221.
- Cerella, J., Poon, L. W., & Williams, D. M. 1980 Age and the complexity hypothesis. In L. W. Poon (Ed.), *Aging the 1980s: Psychological issues*. Washington, DC: American Psychological Association. Pp. 332-340.
- Cerella, J., Poon, L. W., & Fozard, J. L. 1981 Mental rotation and age reconsidered. *Journal of Gerontology*, **36**, 620-624.
- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. 1978 Transformations on representations of objects in space. In E. C. Carterette & M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception: Perceptual coding*. Vol. 8. New York: Academic Press. Pp. 105-146.
- Dobbs, A. R., & Rule, B. G. 1989 Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging*, **4**, 500-503.
- Dror, I. E., & Kosslyn, S. M. 1994 Mental imagery and aging. *Psychology and Aging*, **9**, 90-102.
- Ford, J. M., Roth, W. T., Mohs, R. C., Hopkins, W. F., & Kopell, B. S. 1979 Event-Related potentials recorded from young and old adults during a memory retrieval task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **47**, 450-459.
- Gaylord, S. A., & Marsh, G. R. 1975 Age differences in the speed of a spatial cognitive process. *Journal of Gerontology*, **30**, 674-678.
- 権藤恭之・宮田 洋 1996 認知加齢研究における研究の枠組み 人文論究, **46**, 16-29.
- Greenwood, P. M., & Parasuraman, R. 1994 Attentional disengagement deficit in non demented elderly over 75 years of age. *Aging-and-Cognition*, **1**, 188-202.
- Hale, S., Myerson, J., Faust, M., & Fristoe, N. 1995 Converging evidence for domain-specific slowing from multiple nonlexical tasks and multiple analytic methods. *Journals of Gerontology*, **50**, P202-P211.
- Hale, S., Myerson, J., Smith, G. A., & Poon, L. W. 1988 Age, variability, and speed: Between-subjects diversity. *Psychology and Aging*, **3**, 407-410.
- Hale, S., Lima, S. D., & Myerson, J. 1991 General cognitive slowing in the nonlexical domain: An experimental validation. *Psychology and Aging*, **6**, 512-521.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. 1988 Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 22. San Diego, CA: Academic Press. Pp. 193-225.
- Hertzog, C., & Rypma, B. 1991 Age differences in components of mental-rotation task performance. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **29**, 209-212.
- Hertzog, C., Vernon, M. C., & Rypma, B. 1993 Age differences in mental rotation task performance: The influence of speed/accuracy tradeoffs. *Journals of Gerontology*, **48**, P150-P156.
- Jacewicz, M. M., & Hartley, A. A. 1979 Rotation of mental images by young and old college student: The effects of familiarity. *Journal of Gerontology*, **34**, 396-403.
- Jacewicz, M. M., & Hartley, A. A. 1987 Age differences in the speed of cognitive operations:

- Resolution of inconsistent findings. *Journal of Gerontology*, **42**, 86-88.
- Jarvik, L. F., & Falek, A. 1963 Intellectual stability and survival in the aged. *Journal of Gerontology*, **18**, 173-176.
- 厚生省 1996 厚生白書（平成8年度版）財団法人厚生問題研究会
- Lindenberger, U., Mayr, U., & Kliegl, R. 1993 Speed and intelligence in old age. *Psychology and Aging*, **8**, 207-220.
- 中里克治 1984 老年期における知能と加齢 心理学評論, **27**, 247-259.
- Pellegrino, J. W., & Kail, R. 1982 Process analyses of spatial aptitude. In R. J. Stanberg (Ed.), *Advance in psychology of human intelligence*. Vol. 1. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, Pp. 311-365.
- Pierret, A., Peronnet, F., & Thevenet, M. 1994 An electrophysiological study of the mental rotation of polygons. *Neuroreport: An international Journal for the Rapid Communication of Research in Neuroscience*, **9**, 1153-1156.
- Poon, L. W. 1983 Application of information-processing technology in psychological assessment. In T. Crook, S. Ferris & R. Bartus (Eds.), *Assessment in geriatric Psychopharmacology*. New Canaan: Marl Powley Associates. Pp. 187-201.
- Puglisi, J. T., & Morrell, R. W. 1986 Age-related slowing in mental rotation of three-dimensional objects. *Experimental Aging Research*, **12**, 217-220.
- Riegel, K. F., Riegel, R. M., & Meyer, M. 1967 A study of dropout rate in longitudinal research on aging and the prediction of death. *Journal of Personality & Social Psychology*, **5**, 342-348.
- Salthouse, T. A. 1985 The speed factor in cognitive aging. In T. A. Salthouse (Ed.), *Theory of cognitive aging*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 249-294.
- Salthouse, T. A. 1991a Age and experience effects on the interpretation of orthographic drawings of three-dimensional objects. *Psychology and Aging*, **6**, 426-433.
- Salthouse, T. A. 1991b Reduced processing resources. In T. A. Salthouse (Ed.), *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 301-349.
- Salthouse, T. A. 1996 General and specific speed mediation of adults age difference in memory. *Journal of Gerontology*, **51**, P30-P42.
- Sharps, M. J., & Gollin, E. S. 1987 Speed and accuracy of mental image rotation in young and elderly adults. *Journal of Gerontology*, **42**, 342-343.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, **171**, 701-703.
- 品川不二朗・小林重雄・藤田和弘・前川久男 1990 日本語版 WAIS-R 成人知能検査法 日本文化科学社
- Stanberg, S. 1969 Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, **57**, 421-457.

—1997. 4. 12 受稿, 1998. 3. 14 受理—