

高齢者の認知発達における情報処理速度と実行系機能について

——八雲研究縦断データによる検討報告——

八田 武志⁽¹⁾ (hatta@fuksi-kagk-u.ac.jp)

堀田 千絵⁽¹⁾・岩原 昭彦⁽²⁾・加藤 公子⁽³⁾・八田 武俊⁽⁴⁾・八田 純子⁽⁵⁾・伊藤 恵美⁽⁶⁾・永原 直子⁽⁷⁾・藤原 和美⁽¹⁾・浜島 信之⁽⁶⁾
〔⁽¹⁾ 関西福祉科学大学・⁽²⁾ 和歌山県立医科大学・⁽³⁾ 愛知淑徳大学・⁽⁴⁾ 岐阜医療科学大学・⁽⁵⁾ 愛知学院大学・
⁽⁶⁾ 名古屋大学・⁽⁷⁾ 大阪健康福祉短期大学〕

Perceptual speed or executive function in aging: Examination from the Yakumo longitudinal study data

Takeshi Hatta⁽¹⁾, Chie Hotta⁽¹⁾, Akihiko Iwahara⁽²⁾, Kimiko Kato⁽³⁾, Taketoshi Hatta⁽⁴⁾, Junko Hatta⁽⁵⁾, Emi Ito⁽⁶⁾, Naoko Nagahara⁽⁷⁾, Kazumi Fujiwara⁽¹⁾, Nobuyuki Hamajima⁽⁸⁾

⁽¹⁾ Department of Health Science, Kansai University of Welfare Sciences, Japan

⁽²⁾ School of Health and Nursing Sciences, Wakayama Medical University, Japan

⁽³⁾ Department of Psychology, Aichi Shukutoku University, Japan

⁽⁴⁾ Department of Medical Technology, Gifu University of Medical Sciences, Japan

⁽⁵⁾ Graduate School of Psychology and Physical Sciences, Aichigakuin University, Japan

⁽⁶⁾ Department of Occupational Therapy, School of Health, Nagoya University, Japan

⁽⁷⁾ Department of Psychology, Osaka College of Social Health and Welfare, Japan

⁽⁸⁾ Department of Preventive Medicine, Nagoya University Graduate School of Medicine, Japan

Abstract

In relation to BP-related effects on cognitive changes in elderly people, Bucur and Madden (2010) proposed that age-related effects associate more closely with complex abilities such as executive function than with elementary perceptual speed. In this study, the validity of their proposal was examined using Yakumo study longitudinal data. From the database, linear regression coefficients (slope) in D-CAT (digit cancellation test) results from 65 to 75 years old were calculated. In this study, data of participants who had been assessed D-CAT at least 4 times for 11 years period were analyzed. Participants were assigned into two groups (sustain group whose mean regression coefficient was more than -0.05 in the D-CAT1 condition, and decline group whose mean regression coefficient was less than -0.05 in the D-CAT1 condition). Comparisons of mean regression coefficients in the D-CAT1 and the D-CAT3 conditions showed that the declining slope in D-CAT3 was significantly more prominent than that of in D-CAT1 in the sustain group. Number of participants who showed more prominent decline slope in D-CAT3 than in D-CAT1 was significantly large. The results for the decline group showed no clear difference in regression coefficients between the D-CAT1 and the D-CAT3. These results support the proposal by Bucur and Madden (2010) that cognitive aging affects more frontal lobe-dependent aspects of measures, and then the decline becomes more pronounced in the D-CAT3 than in the D-CAT1.

Key words

executive function, perceptual speed, Yakumo study, longitudinal data, cognitive aging

1. はじめに

高齢期における認知機能に関する説明理論の一つに、脳血管系機能の低下の顕著な特性である高血圧と前頭葉系機能の低下との関係を主張する議論があり、その中で、とりわけ情報処理速度に対応する神経ネットワークシステムと、実行系が関与する前頭葉—辺縁系機能との関連を含む神経ネットワークとの比較で、どちらが加齢に影響を受けやすいのかが、直近の一つの関心事である。たとえば、Elias, Elias, Robbins, and Budge (2004) や Salthouse (1996) 及び Salthouse, Atkinson, and Berish (2003)

は、加齢による認知機能の低下は前頭葉に関連するものが顕著である一方で、長期の記憶系そのものへの影響は少ないことに言及している。

最近の Bucur and Madden (2010) の研究はこの関心事に直接対応するもので、加齢による認知機能の低下は、単純な情報処理速度を測定する課題に表われるのか、それとも実行系機能の関与が大きい課題で顕在にするのかを横断的に検討をしたものである。Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter, and Wager (2000) や Salthouse, Atkinson, and Berish (2003) は、41歳から79歳までの134名を対象として、処理速度よりも実行系機能の関与が大きい課題に認知機能低下が顕在化している。ちなみに、処理速度に対応する課題には Stroop テストのドット命名時間と Trail Making テスト A を、実行系に対応す

る課題には Stroop 効果量及び Trail Making テスト B を用いた検討であった。

本研究では彼らの検討を D-CAT (Digit Cancellation Test; 八田・伊藤・吉崎, 2001) を用いたデータで検討する。D-CAT は、乱数の列が印刷された用紙を用いて、1 分間に検査者が指定する数字を探し出してマークすることにより注意機能を簡便に調べる検査であり、1 文字末梢条件は、1 分間に検査者が指定する 1 文字 (6) を探し出してマークする課題である。この 1 文字末梢条件は、もっぱら情報処理速度が反映する課題とみなすことができる。一方、3 文字末梢条件は、1 分間に検査者が指定する 3 つの数字 (8, 3, 7) を探し出してマークする課題である。3 文字末梢条件は、3 つの数字の保持が必須であり実行系機能の関与が 1 文字抹消よりも多く含まれると考えることができる。Miyake ら (2000) や Salthouse ら (2003) の考え方に基づけば、1 文字末梢条件は処理速度に対応する課題、3 文字末梢条件は実行系機能の関与が大きい課題とみなすことができる。また、最近の PFC (前頭葉前部) と実行系機能についての *in vivo* の脳画像研究では、実行系機能を反映する課題の種類 (例えば、Trail making test, verbal fluency, Wisconsin Card Sorting test など) によって得られる結果は異なることが指摘されているため (Yuan & Raz, 2014)、D-CAT が情報処理速度と実行系機能を測定しているとしても、同様の結果を示すとは限らない。

すなわち本研究では、Miyake ら (2000) や Salthouse ら (2003) を念頭に置き、Bucur and Madden (2010) での説明理論を D-CAT の縦断的研究データに基づき検討する。縦断的研究法にも当然ながら繰り返しによる効果の問題を内包するが、個人内の変化を経時的に捉えているという点では横断的研究データでは得られ難い長所がある。

本研究は八雲研究の一部を構成する心理班が蓄積してきた 2001 年から 2013 年までの健常中・高齢者の縦断的研究データベースから、65 歳から 75 歳までの 11 年間に 4 回以上の測定時点を有している対象者をまず選抜し、認知機能検査 NU-CAB (八田, 2004) のうち D-CAT の 1 文字抹消課題と 3 文字抹消課題における遂行成績の直線回帰の傾きに基づく対象者群分けを行い、上記のメカニズムについての検討を加える。作業仮説については、本研究の分析の視点を述べた後、方法において詳述することとする。

八雲研究において神経心理班の検診を受けるかは個人の自由意思に基づくことになっているため、一年も欠かさずに受診する住民もあれば、何年かおきに受診するという場合があり悉皆的な縦断研究ではない。しかしながら、長期にわたる縦断的な検討は必要であり、受診していない時点のデータは統計学的な補正によらざるを得ない。統計学的補正の制度を上げるために 4 つ以上の計測点とした。このことで、直線回帰の傾斜の計算の精度を上げられると考えた。これまでに報告している八雲研究の認知機能検査成績の横断的発達曲線では、50 歳頃を頂点にして 75 歳ごろまで直線的に低下している様相が明らかとなっているので、直線回帰の傾きを評価することで

加齢による認知機能成績の低下傾向を知ることが可能と考えている (権藤・石岡, 2010; 八田, 2010)。

2. 方法

2.1 対象者

八雲研究に参加し、心理学班での高次脳機能検査バッテリー (NU-CAB; 八田, 2004) を受診した者である。八雲研究は 1981 年に名古屋大学予防医学教室と八雲町との共同事業として始まった住民検診事業で、心理学班は 2001 年から今日まで継続して参加している。現在では通常の住民検診での検査項目に加えて、整形外科班、泌尿器学班、耳鼻科班、眼科班が参加する包括的なコホート研究となっている。対象者は① 2001 年から 2013 年までの神経心理学班の検査項目のうち、D-CAT1 と D-CAT3 の検査項目を 65 歳から 75 歳までの 11 年間に 4 回以上受診していること (年に 1 回の同時期での検診実施である)、② 認知症の疑いのない者 (MMSE での換算で 23 点以下のものは除外) の 2 点を基準として分析対象者を選抜した。八雲研究の心理班が収集した D-CAT 検査の受診者は 2001 年から 2013 年までの期間で延べ 2,969 名であるが、40 歳から 91 歳に住民が受診している。その中から、今回の分析対象としたのは 65 歳から 75 歳の年齢幅で、4 回以上の計測点を有する対象者は合計で 104 名であった。分析対象者の特性は Table 1 のとおりである。

Table 1: Characteristics of participants

	Sustain group	Decline group
Number of Participants	63	41
Mean Age (SD)	65.42 (0.93)	65.46 (1.01)
Male	24	15
Female	39	26
Mean Years of Education	10.8	10.7
SD	1.80	1.95

2.2 認知機能検査

ここで分析するデータには、2001 年から 2013 年までの心理学班の NU-CAB 検査項目から D-CAT1 と D-CAT3 の項目を用いた。D-CAT1 は乱数の列が印刷された用紙を用いて、1 分間に検査者が指定する 1 文字 6 を探し出してマークする課題であり、情報処理速度が反映する課題とみなした。一方、D-CAT3 は乱数の列が印刷された用紙を用いて、1 分間に検査者が指定する 3 文字のみを探し出してマークする課題である。3 つの数字は 8, 3, 7 を探し出す課題であり、3 つの数字の保持が必須であり実行系機能の関与が 1 文字抹消よりも多く含まれると考えた。D-CAT 検査の妥当性を NIRS で検討した研究結果では D-CAT3 は前頭葉部位においてより顕著な血流が見られたことを報告しており、D-CAT1 が序論で記載した情報処理速度を反映する課題であり、D-CAT3 は実行系機能の関与を反映する課題であると想定することに妥当性があるとみなした

(Hatta, Kanari, Mase et al., 2008)。

3. 結果

前述したように、今回の分析対象としたのは 65 歳から 75 歳の年齢幅で、4 回以上の計測点を有する対象者は合計で 104 名であった。これらの対象者の資料をもとに、65 歳から 75 歳までの D-CAT1 の遂行成績から直線回帰係数 (傾き) を算出し、低下群と維持群に対象者を 2 分した。低下群 (Decline group) は回帰係数が 0.05 以上低下した対象者、維持群 (Sustain group) は 11 年間の作業成績の低下回帰係数が 0.05 未満であった対象者とした。この群分けは D-CAT1 の全体の平均回帰係数が -0.043 であったために、ほぼ全体を二分する値として -0.05 を採用した。その結果、低下群は 41 名 (男子 15 名、女子 26 名) であり、直線回帰係数の平均は -0.107 ($SD = 0.103$) であった。一方維持群は 63 名 (男子 24 名、女子 39 名) で直線回帰係数の平均は $+0.002$ ($SD = 0.045$) であった。

本研究での作業仮説を記載する。もし、Bucur and Madden (2010) の提唱する考え方が正しいのであれば、次の作業仮説が支持されることになる。

すなわち、仮説 (1) 維持群の D-CAT1 での回帰係数の平均は、D-CAT3 での回帰係数の傾きの平均よりも小さくなる。言い換えれば、D-CAT3 の方が傾きは大きくなることを意味し、成績低下が著しくなることが予測される。一方、低下群においては、65 歳以前に加齢による実行系機能低下の影響を受ける可能性があるため、具体的仮説を設けることはしないが、D-CAT3 での回帰係数は D-CAT1 での回帰係数はそれよりも大きくなる傾向が認められるか、差異がないことが考えられる。仮説 (2) ノンパラメトリックな検討では、加齢による影響は実行系機能の加齢による影響を受けやすいので、その回帰直線の傾きを個人内で比較したとき、維持群は、D-CAT3 では回帰係数の傾きが負の方向に大きくなる人数が多くなる。低下群では維持群と同じか、差異が生じないことが予想できる。

Table 2 は維持群と低下群についての D-CAT1 と D-CAT3 についての直線回帰係数の平均及び標準偏差を示したものである。

仮説 (1) について検討するために関連ある 2 群の母平均の差の検定を行ったところ、維持群では D-CAT1 と D-CAT3 との間の係数 (傾き) に有意な差異が認められた ($t = 3.024, df = 62, p < .0018$)。この結果は D-CAT1 の課題遂行では 11 年間で縦断的に大きな変化がなく、機能低下が認められないが、D-CAT3 の課題となると変化があり、機能低下が認められることがわかった。このことにより、仮説 1 は支持されたことになる。低下群では、2 群間の平均の差の検定は有意ではなかった ($t = -0.364, df = 62, p < .641$)。一方、D-CAT1 と D-CAT3 での個人内の変化、すなわち D-CAT3 での縦断的变化 (傾き) が D-CAT1 のそれよりも負に変化している人数比を検討した結果、維持群では、63 名中 45 名で D-CAT3 の傾きが D-CAT1 のそれよりも大きい低下傾向を示した。この比は 1% 水準で有意で

Table 2: Mean regression coefficients in D-CAT 1 and D-CAT2 as a function of group

	Sustain group	Decline group
D-CAT 1		
Mean	0.0032	-0.0952
SD	-0.0530	0.0601
D-CAT 3		
Mean	-0.0531	-0.0899
SD	0.1506	0.0867

ある ($\chi^2 = 6.06$) ので、仮説 (2) は支持されたことになる。一方、低下群 41 名では D-CAT3 の傾きが D-CAT1 のそれよりも低下傾向を示したのは 20 名であった。この比は有意ではなかった ($\chi^2 = .012$)。

以上の結果をまとめると、パラメトリック分析、ノンパラメトリック分析結果共に仮説を支持したことになる。すなわち、65 歳から 10 年間に情報処理速度に関する課題では機能を維持している対象者でも、実行系機能を強く反映する課題では機能を維持できずに低下傾向を示したのである。

4. 考察

縦断的に認知機能を検討する大規模コホート研究では、基本的に特定の地域住民を悉皆的に何年も追跡することが行われる。しかし、この手法でのデータの集積は容易ではない。たとえば、1990 年から開始された有名な Berlin 研究 (Baltes & Maer, 1999) では初年度の 1906 名のデータは 5 年間の追跡であったが最終年では 516 名となっており、如何にデータの集積が容易でないかがわかる。Berlin 研究では、ランダムサンプリングで 70 歳以上の住民を 5 歳区切りで集め、5 年間追跡し、男女 43 人の 6 群を構成するやり方である。八雲研究はランダムサンプリングで対象者を選択しておらず、毎年検査をすべての住民に実施する方式をとっていないため、前述したようにいくつかの制約を設けて議論すべきであることは言うまでもない。八雲研究では自由意志で参加するために、毎年受診する人もいれば、各年に参加する人、何年かおきに受診するという場合がありなど様々である。以上のことは、他の縦断研究にも言えることであるが、同年齢において何らかの病気に罹患している者や移動が困難な者は含まれず、健康な高齢者を対象にすることによって、サンプルに偏りがみられることは避けたい問題である。しかしながら、個人内での認知機能の加齢に基づく変容を検討するには横断研究ではなく、縦断的検討が必須である。脳内機序を検討するためには近似的な分析検討でもやむを得ないこと、これらの限界を踏まえての議論する必要があることを先に指摘しておく。

さて、本研究での本題に議論を移そう。本研究の目的は Bucur and Madden (2010) での説明理論を D-CAT の縦断的データを用いて検証することであった。加齢研究で

の認知機能の変化は1時点の認知機能得点の高さ(切片)ではなく、加齢変化(傾き)を評価指標とするのが一般的で、傾きの推定には少なくとも3時点でのデータが必要とされる(権藤・石岡, 2011)。本研究のデータは、4時点以上11時点までを含む加齢変化(傾き)を計算したもので議論をしており、平均計測時点数は6.9年($SD=1.9$)であった。直線回帰係数の傾きの数値は統計学的には高い信頼性を持つと言えよう。

私たちの八雲研究データベースでの分析結果は、Bucur and Madden (2010)の説明理論を支持するものとなった。すなわち、高齢期における脳血管系機能と認知機能に関する説明で議論となった、脳血管系機能の低下の顕著な特性である高血圧と前頭葉系機能の低下との関係は、情報処理速度に対応する神経ネットワークシステムよりも、実行系が関与する前頭葉一辺縁系機能との関連を含む神経ネットワークの加齢にともなう機能低下が寄与するという考え方を支持した。この結果はBrady (2005)が高血圧と認知との関連について、加齢に伴ってとくに衰えて行くのは前頭葉機能に依存するシステムであるという主張とも一致する。高齢期における成人の高血圧が認知機能低下と関連するののかについての検討はWilkie and Eisdorfer (1971)の報告を嚆矢として始まり、今日までにかかなりの数の研究報告がある(Gifford, Badaracco, Liu, Tripodis, Gentile, Lu, Palmisano, & Jefferson, 2013; Tzourio, Laurent, Debette, 2014に総説がある)。

近年、デトロイトのRazを中心とする研究グループは、脳画像(とくにMRI)を指標にして、加齢に伴う脳の形態学的変化と認知機能、性格特性、遺伝子との関連など多岐の研究テーマを精力的に検討し、大量の報告を行っている(Raz, Ghistella, Rodrigue, Kennedy, & Lindenberger, 2010; Raz, Rodrigue, Head, Kennedy, & Acker, 2004; Yuan, Bender, & Raz, 2014; Bender & Raz, 2012; Raz, Rodrigue, Kennedy, & Acker, 2007)。その概要は、機能的MRI画像による比較研究も含め、①加齢により脳部位サイズが減少、縮小すること、②加齢による脳部位の縮小は部位に関して選択的であること、③脳部位の縮小は26歳から82歳までの対象者を5年間で比較すると、50歳頃を境にして顕在化すること(Raz, Rodrigue, Head, Kennedy, & Acker, 2004)、④脳部位の形態学的縮小は主に白質の縮小によるものであり、神経線維の脱落が原因である(Yuan, Bender, & Raz, 2014)こと、⑤PFC(前頭葉前部)のサイズと実行系機能との成績には正の相関がある、つまり、実行系機能が悪いケースではPFCサイズは縮小している(Yuan & Raz, 2014)などに集約できる。

以上のRazらのグループの縦断的検討は3-5年間の計測が報告されており、そのデータからは12の脳部位のフォローアップ計測で部位間での違いがみられた。彼らの研究結果における50歳から85歳までの脳部位のサイズの変化の直線回帰直線からは、①海馬での縮小が明白であること、②LPFC(外側前頭前野)やOribito-frontal Cortex(前頭葉眼窩部)でも縮小傾向が認められることが読み取れる。この報告については注目に値するが、同時に個人

差が大きいことをも示している。これについては、3時点での計測結果がばらつくといったMRIでのサイズの計測という指標に高い信頼性がないためにみられた可能性もある。この点については、標準的なMRI画像でのサイズの計測方法が確定されないまでは、注意深く検証し続けることが必要であろう。というのも、3時点での計測されたサイズが2時点目や3時点目で急に大きくなっている対象者も散見されることは、白質が少なくなったものが急激に増えたりするのは考えにくいからである(Raz, Ghistella, Rodrigue, Kennedy, & Lindenberger, 2010)。

さて、本研究はBucur and Madden (2010)の指摘をD-CAT検査の縦断的データで検証した結果支持できるものとなったのだが、彼らの考え方をもたらした高齢者の高血圧と認知機能との関係に話を戻して整理しよう。高齢期に入ると健常な成人であっても高血圧になりやすいメカニズムはよく知られていることであり、個々には言及しないが、Jennings, Muldoon, Ryan, Mintun, Meltzer, and Townsend (1998)やWaldstein (1995)は、高血圧の高齢者は脳血流のパターンが変わることを指摘している。この血流のパターンの変化が選択的に脳部位での適切な血液の流れを保証させなくし、神経細胞や白質の量の縮小を導き出す機序が考えられる。Razらが提唱するように加齢による脳の形態的サイズの選択的变化はPFCから始まる傾向があるために、実行系機能に関連する認知機能検査での成績が単に情報処理速度に対応する認知課題よりも顕著に認められるという説明が可能と言えそうである。そのことが選択的注意や注意の維持を反映する実行系機能を担う前頭葉の形態的变化をもたらしとする考え方とも一致する。その概要は、健常な青年から高齢者の、ときには縦断的MRI画像の比較から、①加齢により脳部位のサイズが減少する(縮小する)、②加齢による脳部位の縮小は部位に関して選択的である、③脳部位の縮小は26歳から82歳までの対象者を5年間で比較すると、50歳頃を境界にして顕在化する(Raz, Rodrigue, Head, Kennedy, & Acker, 2004)、④脳部位の形態学的縮小は主に白質に縮小によるものであり、神経線維の脱落が原因である(Yuan, Bender, & Raz, 2014)、⑤PFC(前頭葉前部)のサイズと実行系機能との成績には正の相関がある、つまり、実行系機能が悪いケースではPFCのサイズは縮小している(Yuan & Raz, 2014)などに集約できる。ただ、実行系機能は前頭葉機能のみが関連するものではないことは付記せねばならないことであり、他の部位がつまり脳が全体的ネットワーク機能を持つことを指摘しておく(Rabbitt, 1997; 八田, 2003)。

本研究で触れた高齢者の高血圧や高齢者の脳画像研究の報告の意味するところについて最後に触れておきたい。それは、加齢に伴って認知機能が衰えて行くという極めて明確な事実について、そのメカニズムの解明に循環器系の研究者を始め他の分野の研究者が参画したことにある。認知の発達という研究テーマはこれまでもつばら、心理学や神経内科の研究者の関心でしかなかったものが、より学際的な広がりを持ち始めたことの証左でないかと

思う。認知と呼んでいる高次脳機能の発達についての検討は「認知という構成概念」を科学的に測定しようとした心理学の基本とも呼べる財産である。医学を始めとする隣接領域からの一方的攻勢に心理学者が立ち尽くすだけでは、その存立自体が危うくなるかもしれない。心理学の研究者が内科学の領域に進攻して行く方向性が不可欠のように感じている。

謝辞

研究の実施に際しては、北海道 Y 町保健福祉課の皆様、YAKUMO Study スタッフの多大な協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。

なお、本研究は科学研究費補助金（基盤研究 B（研究代表者：八田武志））の交付を受けて実施した。

引用文献

- Baltes, P. B., & Meyer, K. U. (1999). *The Berlin aging study: Aging from 70 to 100*. New York: Cambridge University Press.
- Bender, A. R., & Raz, N. (2012). Age-related differences in recognition memory for times and associations: Contribution of individual differences in working memory and metamemory. *Psychology and Aging, 27*, 691-70.
- Brady, C. B., Spiro, A., 3rd, & Gaziano, J. M. (2005). Effects of age and hypertension status on cognition: The veterans affairs normative aging study. *Neuropsychology, 19*, 770-777.
- Ghisletta, P., Bickel, J. F., Lovden, M. (2006). Does activity engagement protect against cognitive decline in old age? Methodological and analytical considerations. *The Journal of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 61*, 253-261.
- Jennings, J. R., Muldoon, M. F., Ryan, C. M., Mintun, M. A., Meltzer, C. C., Townsend, D. W., et al. (1998). Cerebral blood flow in hypertensive patients: An initial report of reduced and compensatory blood flow responses during performance of two cognitive tasks. *Hypertension, 31*, 1216-1222.
- 八田武志 (2011). 認知の個人差の脳内機構. 箱田祐司 (編) 認知の個人差. 京都: 北大路書房. pp. 130-171.
- 八田武志 (2004). 住民検診を対象とした認知機能検査バッテリー (NU-CAB) 作成の試み. 人間環境学研究, 2, 15-20.
- 八田武志・伊藤保弘・吉崎一人 (2001). D-CAT (注意機能スクリーニング検査) 使用手引き. ユニオンプレス.
- Hatta, T., Kanari, A., Mase, M., Kabasawa, H., Ogawa, T., Shirataki, T., Hibino, S., Iida, A., Nagano, Y., Abe, J., & Yamada, K. (2008). Brain mechanism in Japanese verbal fluency test: Evidence from examination by NIRS (Near-Infrared Spectroscopy). *Asia-pacific Journal of Speech, Language and Hearing, 11*, 103-110.
- Huntley, J. D., Gould, R. L., Liu, K., Smith, M., & Howard, R. J. (2015). Do cognitive interventions improve general cognition in dementia? A meta-analysis and meta-regression. *British Medical Journal, Open, 5*, pp. e005247.
- Ito, E., & Hatta, T. (2002). Development of the verbal fluency test for Japanese. *Studies in Informatics and Sciences, 15*, 81-96.
- James, B. D., Boyle, P. A., Yu, L., Han, S. D., & Bennett, D. A. (2015). Cognitive decline is associated with risk aversion and temporal discounting in older adults without dementia. *Plos One, 10*, pp. e0121900.
- 権藤恭之・石岡良子 (2011). 高齢者の生活環境、ライフスタイルと認知機能. 箱田祐司 (編) 認知の個人差. 京都: 北大路書房. pp. 221-252.
- Lovden, M., Ghisletta, P., Lindenberger, U. (2005). Social participation attenuates decline in perceptual speed in old and very old age. *Psychology and Aging, 20*, 423-434.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.
- Nisson, E. D., Eimstahl, S., Minthorn, L., Nisson, P. M., Pihlgard, M., & Nagga, K. (2015). Associations of central and brachial blood pressure with cognitive function: a population-based study. *Journal of Human Hypertension*, Date of Electronic Publication, April 16.
- Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function*. (pp. 1-38). East Sussex, UK: Psychology Press-Taylor and Francis.
- Raz, N., Ghisletta, P., Rodrigue, K. M., Kennedy, K., & Lindenberger, U. (2010). Trajectories of brain aging in middle-aged and older adults: Regional and individual differences. *NeuroImage, 51*, 201-511.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., & Acker, J. D. (2003). Hypertension and the brain: Vulnerability of the prefrontal regions and executive functions. *Behavioral Neuroscience, 117*, 1169-1180.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Head, D., Kennedy, K., & Acker, J. D. (2004). Differential aging of the medial temporal lobe: a study of five-year change. *Neurology, 62*, 433-438.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., & Acker, J. D. (2007). Vascular health and longitudinal changes in brain and cognition in middle-aged and older adults. *Neuropsychology, 21*, 149-157.
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General, 132*, 566-594.
- Sharie, K. W. (1995). A general model for the study of developmental problems. *Psychological Bulletin, 64*, 92-107.
- Sharie, K. W. (1997). Quasi-experimental design in the psychology of aging/ In J. E. Birren & K.W. Sharie (Eds.). *Handbook of the psychology of aging* (pp.39-58). New York: Van Nostrand Reinhold.

- Uttl, B., & Van Alstine, C. L. (2003). Rising verbal intelligence scores: Implications in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychology and Aging*, 18, 616-621.
- Waldstein, S. R. (1995). Hypertension and neuropsychological function: A lifespan perspective. *Experimental Aging Research*, 21, 321-352.
- Wilkie, F., & Eisdorfer, C. (1971). Intelligence and blood pressure in the aged. *Science*, 172, 959-962.
- Yamada, M., Lands, R. D., Mimori, Y., Nagano, Y., & Sasaki, H. (2015). Trajectories of cognitive function in dementia-free subjects: Radiation Effects Research Foundation Adult Health Study. *Journal of the Neurological Sciences*, 351, 115-119.
- Yuan, P., Bender, A. R., & Raz, N. (2014). Age related differences in reaction time components and diffusion properties of normal-appearing white matter in healthy adults. *Neuropsychologia*, 66, 246-258.

(受稿：2015年6月29日 受理：2015年7月27日)