

運動習慣と前頭葉機能について

—Yakumo Study 資料の個人差からの考察—

八田 武志 (関西福祉科学大学 健康福祉学部, hatta@tamateyama.ac.jp)
 加藤 公子 (愛知淑徳大学 心理学部, kimi@asu.aasa.ac.jp)
 岩原 昭彦 (京都女子大学 発達教育学部, iwahara@kyoto-wu.ac.jp)
 八田 武俊 (岐阜医療科学大学 保健科学部, hatta@u-gifu-ms.ac.jp)
 藤原 和美 (鈴鹿医療科学大学 看護学部, f-kazumi@suzuka-u.ac.jp)
 堀田 千絵 (関西福祉科学大学 教育学部, chie_hotta@yahoo.co.jp)
 伊藤 恵美 (名古屋大学 医学部保健学科, emiito@met.nagoya-u.ac.jp)
 八田 純子 (愛知学院大学 心身科学部, hatta105@dpc.agu.ac.jp)
 永原 直子 (大阪健康福祉短期大学 介護福祉学科, n.nagahara@kenko-fukushi.ac.jp)
 長谷川 幸治 (関西福祉科学大学 保健医療学部, hasegawa@tamateyama.ac.jp)

Relation between physical activity habit and frontal cortex function: An examination from individual difference view point in the Yakumo Study

Takeshi Hatta (Department of Health Science, Kansai University of Welfare Sciences, Japan)
 Kimiko Kato (Faculty of Psychology, Aichi Syukutoku University, Japan)
 Akihiko Iwahara (Department of Education (Psychology Course), Kyoto Women's University, Japan)
 Taketoshi Hatta (Department of Health Science, Gifu University of Medical Sciences, Japan)
 Kazumi Fujiwara (Faculty of Nursing, Suzuka University of Medical Science, Japan)
 Chie Hotta (Department of Education, Kansai University of Welfare Sciences, Japan)
 Emi Ito (Department of Occupational Therapy, School of Health, Nagoya University, Japan)
 Junko Hatta (Faculty of Psychological Science and Physical Science, Aichi Gakuin University, Japan)
 Naoko Nagahara (Department of Psychology, Osaka College of Social Health and Welfare, Japan)
 Yukiharu Hasegawa (Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences, Japan)

Abstract

Relations between physical activity and frontal cortex function in healthy community dwellers over 65 years old were examined using the Yakumo Study database. In Study 1, based on the questionnaire response on physical activity habit in everyday life, the proportion of the population who is making habits of physical activity was investigated. As a result, 60 % of respondents answered that they do not exercise as a whole, even half of respondents who continued participating for more than 3 years stopped exercising in less than 7 years and 7 % continued for 11 years. It has become clear that it is extremely difficult to continue physical activity in everyday life even if they realize that a physical activity is effective for maintaining and improving cognitive function. In Study 2, the relationship between the linear regression coefficients for attention-related cognitive tests after 65-year-old and the presence or absence of continued physical activity habits was examined. As a result, it was revealed that the group continuing for more than 6 years was superior to the group without habit for the decrease in attention performance. Although the physical activity in everyday life is considered effective in preventing frontal lobe function deterioration due to aging, it is not easy to engage and continue it for ordinary community dwellers. A constant and effective external reinforce seems necessary to make physical daily activity as a habit.

Key words

physical activity habit, individual difference, frontal cortex function, elderly people, longitudinal examination

1. はじめに

マクロに考えると、発展途上国をのぞく世界各国において、平均寿命が過去 40 年ほどの間に飛躍的に伸び、高齢社会が敷衍した。これは、先進国における食料事情、疾病対策、生活習慣の改善において、医学、栄養学、心理学など諸科学が寄与してきたところであろう。しかし、

同時に、高齢者の増加に伴う認知症患者の増加を主とした、社会資本の配分に占める医療費の割合の急増も、その対応に苦慮している状況も共通している。

一方で、ミクロに考えると、健康な身体と精神で 60 歳代に退職を迎える成人では、認知機能低下が始まった後に待ち構えているかもしれない、自分が築いてきた人格の尊厳が消失する認知症への移行を恐れる傾向が強い。2017 年の我が国の厚生労働省の簡易生命表の概要では、男子が 80.98 歳、女子が 87.14 歳と、平均寿命が 80 歳を超える近年では、身近に認知症の症状を呈する親族に接

することがないという人を探すのは難しくなったことが、その不安や恐怖の核にあると考えられる（厚生労働省, 2017）。高齢社会となり高齢者への対策が北欧先進国のように安心できるものではないことや医療費配分の増大が社会問題化し、今後の改善政策に期待が持てないと認識する人が多い現状では、高齢者は認知症にならないための対策に注力して自己防衛を図ろうと余念がない状況になるのは当然の帰結であろう。子どもや地域に迷惑をかけたくないという心情を持つ人の増加や、高齢で病気になっても、自分が育てた子どもや地域の力によって面倒を見てもらい、安心して死んでいくパラダイムが、高度産業社会の出現で破壊したため、或いは福祉国家への志向を嫌い小さな政府を目指そうとする政策を受け入れてきたための結末ということができるかも知れない。

我が国の現状を憂いても直ちに問題が解決するわけではなく、高齢社会に特有の医療費の増加を鈍化あるいは低下させることが個々人に課せられる課題であることは認めざるを得ない。そのための個人レベルでの処方箋を描くことは、研究者に課せられる喫緊の課題となろう。

加齢に伴う認知機能低下をもたらす仕組みについては、課題を共有する先進国で膨大な研究が行われ、国際神経心理学会の機関誌に特集が組まれて、一定のコンセンサスが得られる状況にある（JINS, 2015）。その詳細はのちに紹介するが、加齢による認知機能低下を鈍化させる処方箋を考える上で、日常生活スタイルがその大きな要因であることが報告されている。JINS の特集を編集した Smith, Erickson, & Rao (2015) の趣旨説明によれば、身体運動を活発に行うことが認知機能の向上に関連するという研究は約 40 年前の Spiriduso らの研究が嚆矢あり、それ以降の動物実験を含む膨大な学際的な研究からは、健康補助食品、ダイエット食品、一部の身体運動など、認知機能とは科学的に関連を確認できないものが少なくないことが明らかとなった。しかし、一方で、身体運動習慣、日常での認知活動は寄与が大きいという点ではコンセンサスが得られているとしている（Daviglius et al., 2010）。

ただ、認知機能低下への処方箋は地域特性や時代の影響を受けるので（例えば、認知機能維持にエアロビクスをする、電子機器を使用する、読書サークルに参加する、教会の行事に参加するなどが有効など）、自らが対象として研究してきた母集団の資料に基づいた検討を行うことにする。そこで、私達の研究資料から紹介し、本研究の目的を述べる。

加齢に伴う認知機能の低下はよく知られたことであるが詳細を取り上げられることは多くはない。私達の研究資料は、NU-CAB (Nagoya University Cognitive Assessment Battery) と称している検査バッテリーを用いて主に前頭葉機能の評価に焦点を当ててきた。注意機能 (D-CAT)、記憶機能 (直後記憶・遅延記憶及び論理記憶検査項目)、言語機能 (文字流暢性検査項目、意味流暢性検査項目) を柱に構成されている (詳細は八田, 2004 を参照されたい)。1,720 名の 40 歳以降の健常成人の D-CAT (digit Cancellation Test) で測定した注意検査、記憶検査、言語

流暢性検査の成績は、50 歳代からほぼ一次関数的に低下を示すことが明らかとなっている。この資料の分析からは、検査成績の低下には性差があること、個人差の範囲を示す変動係数値は 40 歳代から 70 歳代に向けて 1 次関数的に増加する傾向も明らかになっている (八田, 2011)。実際に集約した D-CAT の成績の縦断的検討からも個人差は予想以上に大きいことがわかる (Hatta et al., 2016)。この研究では、2001 年から 2013 年までの期間に八雲健診で 3 回以上 (1 年に 1 回) NU-CAB を受診した 65 歳から 75 歳までの対象者 104 名の D-CAT1 と D-CAT3 の直線回帰係数を算出して、血圧との関連が、抹消数字数が増えることとどう関連するかを検討した。結果は抹消数字数が多い方が、関連が深いとするものであった (実際のこれらの対象者の測定点は 6.9 ($SD = 1.9$) であったので、回帰係数の信頼性は高いとみなせる)。平均回帰係数は D-CAT1 では -0.035 ($SD = 0.07$) D-CAT3 では、 -0.068 ($SD = 0.12$) であり、個人差を考えると、D-CAT1 では、2001 年から 2013 年までの間で約 3.5 % の成績低下があり、成績最上位から 2 番目の対象者と最下位から 2 番目の対象者の成績にはおよそ 2.5 倍の違いがあることが明らかとなっている。このように私達の資料でも認知機能の発達的变化には大きな個人差が存在することは明白である。

本研究は、この先行研究で報告した縦断データをもとに、高齢者の認知機能の維持に有効性が高いとされる運動習慣と D-CAT1 と D-CAT3 成績で評価する前頭葉機能との関連を個人差の観点から検討するのが目的である。具体的には、研究 1 で高齢者が運動習慣を継続維持することについての個人差はどのようなものか、研究 2 では運動習慣を維持継続できる高齢者は前頭葉機能を長期に渡り維持できるのか、前頭葉機能のうち情報処理速度系 (D-CAT1) と遂行機能系 (D-CAT3) に分けてみるとき、運動習慣がより関連するのはどちらの要素なのかを検討する。

2. 研究 1

2.1 目的

目的は、健康的な日常生活を自立して行なっている 65 歳の対象者の運動習慣に関する個人差の検討である。前述したように高齢になるにつれて増大する認知症罹患への不安を抱える高齢者は認知症予防対策として、いろいろな媒体から提供される情報をもとに日常生活において様々な取り組みをしている。それらには、食べ物や各種のサプリメントなど栄養面からの対応策、いわゆる脳トレをはじめとする認知課題への取り組み、運動習慣などが挙げられる。前述した国際神経心理学会の機関誌の特集では、加齢に伴う認知機能の低下に科学的根拠が明確なのは、運動習慣と日常生活の中で認知課題を含む活動をすることである。栄養学的な根拠については確固としたコンセンサスは得られていないとしている (Daviglius et al., 2010)。

神経心理学会誌の指摘を待つまでもなく、高齢者は、日常的に運動し身体を動かすことが優れた認知症予防策

であることは承知しているが、実際に取り組むか、始めた運動習慣を継続できるかには個人差がある。ここでは、65歳からの運動習慣の継続についての様相を縦断的資料で検討する。

2.2 方法

2.2.1 対象者

本研究の対象者は毎年8月に実施される八雲町民健診(Yakumo Study)に参加し、神経心理学班が実施する前頭葉機能の測定するための検査バッテリー(NU-CAB; 八田, 2004)を受診した者である。NU-CABに組み込んである短縮版MMSEの判定により、健全な認知機能を有し、他者からの介助を必要とせず、自立して日常生活を送っている65歳以上の町民が本研究での対象である。

Yakumo Studyは1981年から、名古屋大学医学部と八雲町との連携事業として始まり、現在では内科、整形外科、泌尿器科、眼科、耳鼻科などの研究班から構成される総合的なコホート研究であるが、本研究での対象者は筆者らが神経心理学班として参加するようになった2001年からの受診者である。この期間での神経心理学班の受診者は2013年までに2,969名いるが、Yakumo Studyへの受診は任意であるために、65歳から75歳までの間に継続して3時点以上の参加は104名であった。3時点を設定したのは、研究2において、検査成績の回帰係数を、信頼性を考慮して算出するためである(権藤・石田, 2011)。この104名は自らの健康に関心が強いグループと考えられ、2001～2013年間に平均で6.9時点($SD=1.9$)の参加であった。104名のうち65名が女子であり、男子は39名であった。65歳測定時の平均年齢は65.4歳($SD=0.97$)で、彼らの教育年数は平均10.8年($SD=1.9$)である。過去の職業歴は八雲町の特性を反映し、農業、漁業、林業の1次産業がほぼ半数を占めている。いずれの対象者も75歳時点でも自ら望んで健診に参加しており、歩行を含む運動機能に目立った問題はない高齢者と言うことができる。

2.2.2 運動習慣調査

八雲健診では参加者全員に小冊子「あなたの健康について」が3週間前に配布され、健診当日に持参するようになっている。対象者が持参した「あなたの健康について」は15～16ページの構成で、保健師が健診当日に疑問箇所や未記入部分がないかの確認を行っている。「あなたの健康について」は、自覚症状、喫煙や飲酒などの生活習慣、食生活、運動習慣、排尿状況などの質問項目から構成されている。本研究では運動習慣についての質問項目、「ここ1～2年間を通してスポーツや運動をどれくらいしま

したか?」の回答(4件法、①あまりしなかった、②時々した、③週1回くらい、④週2回以上)を分析対象とした。「あなたの健康について」の質問項目は年度により若干の変更が加えられ、すべての項目が同一というわけではないが、本研究で対象とする質問項目は2009年と2013年を除いて同一である。したがって、2001～2013年までの資料であるが、運動習慣の継続性については、2009年を除く2001～2012年までの11年間の資料に準拠することになる。

2.3 結果と考察

「あなたの健康について」では、健診に参加する全員が運動習慣に関する質問項目に回答しているが、ここでの分析対象は11年間に欠かさず参加する人を含めて平均6.9回参加している。したがって、すべての町民の中で、自身の健康に関心が強い人たちであるということが出来る。住民健診は高齢者の中で、施設や病気入院中及び歩行や移動に困難を有する人が含まれないので、どのコホート研究でも同じことであるが、高齢者の悉皆的な資料ではない。それ故、ここでの検討は、自立し生活できる健康な高齢者で、かつ自らの健康維持に関心が強い母集団での検討であることの境界条件を確認しておく。65歳から住民健診に自らの意思で参加できた対象者ということができ、運動習慣の有無はもっぱら自らの心理的要因に帰すると考えられることも確認しておきたい。表1は運動習慣についての質問項目への回答を集約したものである。ここでは、意図を持って継続的に運動をしようとしたか否かを基準としたので、選択肢のうち、①あまりしなかった、②時々した、を運動習慣なし、③週1回くらい、及び④週2回以上を運動習慣ありとした。全く運動習慣がないと報告した対象者は27名で約4分の1であった。ほぼ毎年住民健診に参加する住民でも必ずしも運動を習慣化しているわけではないことが示唆される。

ちなみに、2003年の資料を調べると、65～75歳で男子が121名、女子が158名健診に参加している。各選択肢への回答の割合は男子では①が59%、②9%、③5%、④27%で、女子では①が62%、②12%、③10%、④16%である。他の年度の調査でもほぼ同様の傾向であると考えられる。これらは、八雲健診に参加する健康への関心が高いと見させる住民でも、半数以上は特に運動をするよう心がけているわけではなく、約4分の1の住民が運動を心がけているのが現状である。したがって、本研究の対象者は母集団全体から見て日常生活で運動することに関心が強い人が多い母集団での検討ということができる。

表1: 運動習慣があると回答した対象者の人数と継続者の割合

継続年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
人数	27	7	4	5	3	10	9	11	4	8	9	7
累積人数		77	70	66	61	58	48	39	28	24	16	7
継続者の%		100	90.1	85.7	79.2	75.3	62.3	50.6	36.4	31.1	19.5	7.8

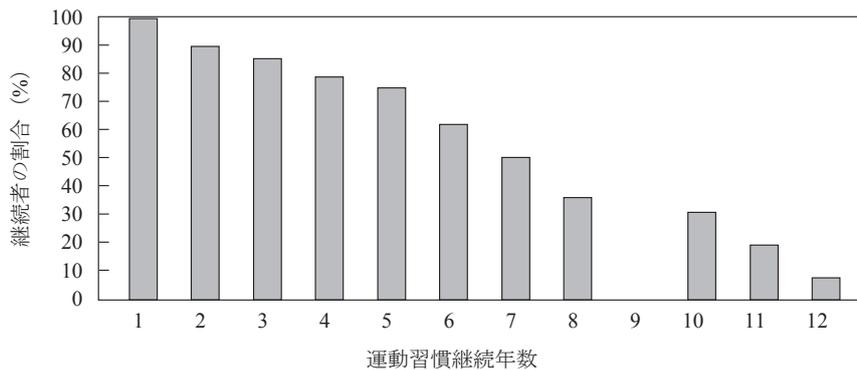


図 1：運動習慣を継続した年数及びその人数の割合

図 1 は運動習慣を継続できた対象者の割合を図示したものである。6 年ほどで半数の対象者は運動習慣からの離脱しており、11 年継続しているものは 7.8% である。

つまり、自分の健康に強い関心があり、自立して生活を営み、歩行など運動機能に問題がないと考えられる人で、65 歳の時に運動を意図的に取り組んだ場合でも、習慣化させて持続できる人は一握りに過ぎないことがわかる。自分の健康に強い関心がそれほどなく、健診に 1、2 度参加しただけであるとか、数年に一度しか参加しない大多数の住民の存在を考えると、運動を始めても大多数の人は継続し、習慣化できないことが推察できる。認知症の予防とみなして始めた運動習慣が、加齢に伴い、「面倒な」と考える気持ちが次第に増大していき、辞めてしまうという図式が想定できる。

3. 研究 2

3.1 目的

本研究での目標は、運動は認知症予防対策として有効であることの確認である。高齢期での運動、とりわけ運動は認知機能の維持に有効であるとするエビデンスは数多く報告されているが、その大多数は横断的研究に基づく知見である (Small, Dixon, McArdie, & Grimm, 2012; Smith, Erickson, & Rao, 2015)。多くの高齢者を対象に、有酸素運動をしている対象者と、していない対象者の間での、記憶、注意、言語機能などの比較が行われ、前者が優れると報告するタイプの研究である。

私達の関心は、運動機能を継続して行う高齢者は認知機能が優れるのかを縦断的資料から検討することである。これまでの研究で、流動性知能は加齢による変化に脆弱であるが、結晶性知能は高齢になっても鈍化はわずかであるとされていることから (Baltes, Staudinger, & Lindenberger, 1999)、ここでの認知機能は注意機能に焦点を当てて検討する。言い換えると、D-CAT での成績の縦断的变化を分析対象とする。

横断的検討では、認知機能が、計測時点以降どのように変化するのかわからないで、次の計測があった時には成績が顕著に変容することの可能性への回答は難しい。また、計測時点で行われた運動習慣が何年にも渡る継続性を保

証できるわけではない。

そこで、D-CAT での成績変化を縦断的に示す資料と、彼らの運動習慣とを比較する。作業仮説は、「運動習慣を長い期間継続した高齢者は認知機能の発達の変化での低下が、運動習慣を有しない高齢者に比べて少ない」というものである。

3.2 方法

3.2.1 対象者

本研究で対象とするのは研究 1 で記載した 104 名である。

3.2.2 認知機能検査

対象者は、NU-CAB と呼ぶ認知検査バッテリーを個別に受けた。NU-CAB は 2001 年版から 2013 年版に至るまで、全く同一というわけではないが、3 つの柱は一貫しており、同じ検査で同じプロトコルを用いており、縦断的検討に耐えるものである。本研究では NU-CAB の中の注意機能検査項目に限定して議論を進めるので、D-CAT についてのみ紹介する。なお、NU-CAB の信頼性や妥当性については別の文献で紹介してある (Hatta et al., 2012; Hibino, et al., 2013)。

D-CAT はランダムな順序で数字が印刷されている用紙を机上で前にして、対象者は検査者が指定する数字をできるだけ速くかつ見落としなく抹消する課題である。本研究で分析対象にするのは 1 文字抹消条件 (以下、D-CAT1) と 3 文字抹消条件 (以下、D-CAT3) である。各条件とも 60 秒間での時間制限法の課題である。D-CAT 自体には、作業量、見落とし率、作業変化率などの指標が設定され、準拠している Sohlberg & Mateer (1989) の注意理論での 5 段階注意階層モデルの下位 2 階層 (focused attention and sustained attention) に対応するように考慮されているが、脳損傷者や発達障害児・者とは異なり、健康成人での見落としや false alarm はわずかで、変量とみなしにくいので、作業量、つまり 60 秒間に検索して抹消できた文字数のみで検討する。

D-CAT1 はターゲットとする文字が一つであり、Bucur and Madden (2010) の用語では elementary perceptual speed

に対応し、D-CAT3 は executive function に対応する前頭葉機能となろう。D-CAT3 ではターゲットとして把持しなければならない数字が3つに増え、作業記憶負荷が大きいと考えられる。事実、Hatta et al. (2017) では65歳以降の加齢の伴う作業量の変化は有意に異なり、D-CAT3 の成績の低下傾向の方が顕著であることが明らかとなっており D-CAT1 と D-CAT3 を検討すべき変数とした。

3.3 結果

D-CAT1 および D-CAT3 について65歳から75歳までの直線回帰係数を個人別に算出した。なお、これはHatta et al. (2016) と同じである。表2はその104人の結果をまとめたものである。この表が示す通り、加齢に伴って両条件ともに負の係数となっており、成績は低下することを示している。同時に、D-CAT3 での方が勾配は顕著であることが示される。つまり、単純な1文字抹消の速度よりも、抹消文字数が3に増えることで作業記憶を使用する際の心的負荷が大きい場合にはより顕著な機能低下を示すことがわかる。

表2：D-CAT1 と D-CAT3 の65歳以降の直線回帰係数

	D-CAT1	D-CAT3
平均回帰係数	-0.021	-0.048
SD	0.072	0.101

本研究の作業仮説を検証するために、対象者を運動習慣ありとなし群に分類した。運動習慣があると記載した測定時点が1未満を運動習慣なし群とし、6時点以上がある対象者を運動習慣あり群とした。つまり、前者は運動していないか1度だけと記載した対象者であり、習慣化しているとはみなせない群で、後者は半分以上の測定時点で運動していると回答し、習慣があるとみなせる対象者である。その結果を表3に示す。

表3：運動習慣あり群となし群別に示した、D-CAT1 及び D-CAT3 項目の平均回帰係数と標準偏差

		D-CAT1	D-CAT3
運動習慣なし群 (N=37)	Mean	-0.061	-0.092
	SD	0.078	0.112
運動習慣あり群 (N=48)	Mean	-0.021	-0.048
	SD	0.072	0.109

この結果を2要因分散分析した結果は、主効果である対象者群と検査項目(D-CAT1 / D-CAT3)に有意差が認められたが($F_{1,167} = 8.512$ & 1.097 , $P < 0.00$ & 0.04)、交互作用は有意ではなかった($F_{1,167} = 0.022$, $P < 0.884$)。結果をわかりやすくするために図示したのが図2である。図から明らかなように、運動習慣ありの対象者は65歳以降の成績の低下傾向はあるものの、その低下傾向は運動習慣なしの対象者に比べて軽微である。また、その傾向は抹

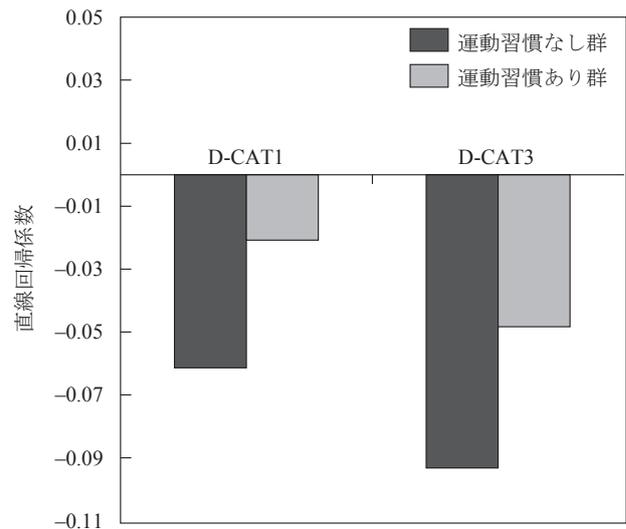


図2：運動習慣の有無とD-CAT1及びD-CAT3項目の平均回帰係数

消すべき文字数が1から3に増加する程度の認知的負荷では変わらないことがうかがえる。

4. 考察

本研究では加齢に伴う認知機能低下について、個人差の観点から縦断的資料に基づく検討を行った。私達は先行研究で、縦断的な資料から個人別に加齢に伴う機能低下の傾向と血圧との関連を直線回帰係数で比較する検討を行った。Hatta et al. (2016) で104名全員の回帰直線を個人別に図示したが、個人差の大きさが目立った。大部分の対象者で回帰係数はマイナスの値を示し、機能低下が見られたが、回帰係数がプラスの値を示す対象者も存在し、いわゆる rare elite survivor (Rabbitt, Lowe, & Shilling, 2001) の存在を確認した。それ故、個人差を視野に入れ縦断的資料で、運動習慣と認知機能との関連を検討することとした。

研究1では、運動を日常的習慣としている対象者の割合を調べた。前述したように、本分析の対象となった住民は65歳時点で町民健診に参加しており、基本的に11年間運動機能に格段の問題を示さなかったと推察でき、運動を日常的に行わなくなるのは身体機能ではなく、専ら心的機能である意思の継続性に帰属すると考えることが可能であろう。研究1の狙いは運動習慣における健康な高齢者の意思の継続性についての資料を得ることであった。

もとより運動をしないという割合は八雲健診参加者全体では約6割存在するが、本研究の対象者では4分の1ほどであり、多数が一度は運動を始めている。しかし、6年間継続できたのは運動を始めた対象者の半数で、測定期間の最後まで継続している対象者は1割に満たないことが明らかとなり、高齢になると運動習慣を継続させるのは容易ではないことが明らかとなった。

運動習慣を途絶えさせる理由が主に身体機能での問題

でないとする、「面倒臭い」、「体を動かすのが億劫になった」などの前向き意欲の低下、鈍化が原因と考えられようである。高齢になると身体に明確な不調がなくとも、「面倒臭い」という気持ちが湧き上がり、動機付けが低下する心的傾向があり、その個人差が顕著にあると指摘できる。あるいは、壮年期には余力のあった身体機能が65歳以降になると、意図を行動に移すレベルの域値近辺まで低下することで、「面倒臭い」、「邪魔臭い」と意識化しさらに理由付ける合理化心的機制が働くのかもしれない。

研究2では、運動習慣の継続は前頭葉機能の主要な要素である注意機能に本当に有効なのかを検証する検討を行った。前頭葉機能のうち情報処理速度系(D-CAT1)と遂行機能系(D-CAT3)に分けてみると、運動習慣が何らかの違いをもたらすかを検討する目的からは、差異は見いだせず、同様に関連があることが示された。運動が認知機能に有効であるという指摘はコンセンサスを得ていると行っても過言ではない。Gill et al. (2015)は、中高年者平均66.5歳(±6.4)の運動活動と認知機能との関連を検討している。そこでの運動活動は自己申告による過去の身体活動歴(椅子に座っているレベルから心拍を増加させ発汗が顕著となる活動までの4段階で質問)で、結果は、若い時期からの30年以上の身体活動歴は全体として高齢時での認知成績と関連が強いことや現在続けている心拍を増加させ発汗を伴う有酸素運動は循環器系機能を媒介として優れた認知機能と関連があるというものであり、運動習慣を長く持続している対象者は高い認知機能と関連がつよいことを示した。長期コホート研究として知られる、12年間のVictoria Longitudinal Studyに基づく報告でも、日常生活で認知的活動をする対象者は言語、記憶機能での加齢による低下はしくないこと、社会的活動に不熱心な対象者は認知機能の低下が見られることを結論としている(Small, Dixon, McArdie, & Grimm, 2012)。

最近の研究では、加齢に伴う認知機能の低下はそれらの機能を担う大脳皮質や白質の萎縮に原因を求められるとみなして、有酸素運動(エアロビクスやウォーキング)と脳の萎縮との関連の検討が目立つ。たとえば、有酸素運動は認知機能を向上させる(Colcombe & Kramer, 2003; Kramer et al., 1999)、海馬の萎縮を減少させる(Erickson, et al., 2011; Ten Brinke et al., 2015)白質や灰白質の萎縮を減少させるとする報告がある(Colcombe et al., 2006; Voss et al., 2013)。先に記載した、JINSの特集でも単なる関連の有無ではなく、因果関係を明確にしようとする試みが報告され、運動習慣を大脳皮質や白質の萎縮に帰属させ、そのために認知機能が低下すると考えようとする現時点での動向がうかがえる。例えば、Reiter et al. (2015)はMCI (mild cognitive impairment) 患者14名と健常な中高年齢者(61~88歳)16名の皮質の厚み(cortical thickness)をMRIで計測し、ウォーキングを12週間実施した前後で皮質の厚みを比較した研究を報告している。その結果、両対象者群ともにウォーキング後ではほとんどの皮質部位で厚みが約8.5%増えたという。Basso et al. (2015)は

有酸素運動が、前頭葉機能か皮質下海馬系機能のどちらに関連が深いのかを検討している。Basso et al. (2015)での対象者は、平均22歳で、高齢者というわけではないが、60分の有酸素運動を行わせる群と60分間運動をビデオ鑑賞するだけの群に配分して、認知機能検査を受けるというものである。結果は、前頭葉機能に依存度が高いTrail-making Test、Stroop Color and Word Testの結果には有酸素運動が成績を向上させたが、Controlled Oral Word Association TestやWechsler Test of Adult Readingなど皮質下海馬系機能に依存度が高い検査の成績には影響しなかったというものである。また、Best et al. (2015)では、有酸素運動が加齢に伴う脳の萎縮を減少させることができるとしている。対象者は65-75歳の女性で3つの実験群に分類された。RT2群はベンチプレスなどスポーツジムでの運動を1週間に2回、RT1群は1週間に1回、BAT群は統制群としてストレッチやリラクゼーションを1週間に2回、52週行わせ、記憶及び実行系機能検査を実施した。介入訓練直後(1年目)と2年目でMRIによる白質の量を計測した結果、統制群に比べてRT1群およびRT2群ともに2年後では実行系機能の成績が優れること白質の量の減少が少なかったとし、RTは長期的にも認知機能と白質量には有効な介入法であるとしている。これらの研究を概観すると、運動が大脳皮質または皮質下の萎縮鈍化に有効なのか、あるいは両方に影響があるのかも知れないが、研究対象者数や年齢などに問題を含んでおり、今後の検討を待たねばならないのが現状であろう。

私達の結果に絡めて考察すると、研究2での運動習慣が6年以上の対象者群では前頭葉機能である注意機能検査が、運動習慣がない対象者群より優れるという結果を直ちに運動習慣が注意機能の加齢による低下を軽減すると因果関係として捉えて良いかの断言は時期早尚であろう。対象者の知的機能がもともと高いために、学習した習慣を継続できたとも解釈できるからである。計画し、意図したことを継続できるかには知的機能の個人差が反映すると考えられる。

研究1と2の結果をまとめると、運動習慣は前頭葉の関与が大きい注意機能の高齢期での維持に関連が深いことは確認できたが、それを持続させることは容易でないことを明らかにできた。これは、内発的動機付けのみに依存すると、大多数の人は一旦理解して始めた運動も、継続するのは極めて困難であることを示唆している。さらに付け加えれば、町民全体を母集団とする場合は6割ほどが日常的に運動を心がけてはいないのが現状であり、運動の効果を様々な媒体を通じて常時提供し、効果的な外的な強化が求められることが習慣化には不可欠であることが指摘できる。

謝辞

本研究は学術振興会科学研究費補助金を受け実施した(No. 11551002及びNo. 17K18716)。本研究は八雲研究の一部であり、名古屋大学医学系研究科研究倫理審査委員会の承認を得ており、書面による資料使用についての同

意を得たものである (2011 # 643)。八雲研究前代表者浜島信之教授及び八雲町住民健診スタッフおよび資料の使用を了解された健診参加者に感謝する。

引用文献

- Baltes, P. B., Staudinger, U. M., & Lindenberger, U. (1999). Lifespan psychology: Theory and application to intellectual functioning. *Annual Review of Psychology*, 50, 471-507.
- Basso, J. C., Shang, A., Elman, M., Karmouta, R., & Suzuki, W. A. (2015). Acute exercise improves prefrontal cortex but not hippocampal function in healthy adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 21, 791-801.
- Best, J. R., Chiu, B. K., Hsu, C. L., Nagamatsu, L. S., & Liu-Ambrose, T. (2015). Long-term effects of resistance exercise training on cognition and brain volume in older women: Results from a randomized controlled trial. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 21, 745-756.
- Bucur, B. & Madden, D. J. (2010). Effects of age and hypertension status on cognition: The Veterans Affairs Normative Aging Study. *Neuropsychology*, 19, 770-777.
- Colcombe, S. J. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L., Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *Journal of Gerontology Series A: Biological and Medical Sciences*, 61A, 1166-1170.
- Daviglus, M. L., Bell, C. C., Berrettini, W., Bowen, P. E., Conolly, E. S., Cox, N. J., Dunbar-Jacob, J. M., Granieri, E. C., Hunt, G., McGarry, K., Patel, D., Potosky, A. L., Sanders-Bush, E., Silberberg, D., & Trevisan, M. (2010). NIH State-of-the-Science Conference Statement: Preventing Alzheimer's disease and cognitive decline. *NIH Consensus and State-of-the-Science Statement*, 27, 1-30.
- Erickson, K.I., Voss, M.W., Prakash, R.S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A.F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 3017-3022.
- Gill, S. J., Friedenreich, C. M., Sajobi, T. T., Longman, R. S., Drogos, L. L., Davenport, M. H., Tyndall, A. V., Eskes, G. A., Hogan, D. B., Hill, M. D., Parboosingh, J. S., Wilson, B. J., & Poulin, M. J. (2015). Association between Lifetime Physical Activity and Cognitive Functioning in Middle-Aged and Older Community Dwelling Adults: Results from the Brain in Motion Study. *Journal of International Neuropsychological Society*, 21, 816-830.
- 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 認知の個人差の脳内機構 箱田 (編) 認知の個人差 9章, pp. 221-252.
- 八田武志 (2004). 住民健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 (2011). 認知の個人差の脳内機構 箱田 (編) 認知の個人差 北大路書房. 6章, pp. 130-169.
- Hatta, T., Kato, K., Hotta, C., Higashikawa, M., Iwahara, A., Hatta, T., Hatta, J., Fujiwara, K., Nagahara, N., Ito, E., & Hamajima, N. (2016). Visual search load effects on age-related cognitive decline: Evidence from the Yakumo longitudinal study. *American Journal of Psychology*, 130, 73-82.
- Hatta, T., Yoshizaki, K., Ito, Y., Mase, M., & Kabasawa, H. (2012). Reliability and validity of the digit cancellation test, a brief screen of attention. *Psychologia*, 55, 246-256.
- Hibino, S., Mase, M., Shiratalki, T., Nagano, Y., Fukagawa, K., Abe, A., Nishide, Y., Aizawa, A., Iida, A., Ogawa, T., Abe, J., Hatta, T., Yamada, K., & Kabasawa, H. (2013). Oxyhemoglobin changes during cognitive rehabilitation of the traumatic brain injury using near infrared spectroscopy. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 53, 299-303.
- 厚生労働省 (2017). <https://www.joicfp.or.jp/jpn/2017/08/08/37698/>.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., Chason, J., Vakil, E., Bardell, L., Boileau, R. A., & Colcombe A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400, 418-419.
- Rabbitt, P., Lowe, C., & Shilling, V. (2001). Frontal tests and models for cognitive ageing. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 5-28.
- Reiter, K., Nielson, K. A., Smith, T. J., Weiss, L. R., Alfini, A. J., & Smith, J. R. (2015). Improved cardiorespiratory fitness is associated with increased cortical thickness in mild cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 21, 757-767.
- Smith, J. C., Erickson, K. I., & Rao, S. M. (2015). Introduction to the JINS special issue: Physical activity and brain plasticity. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 21, 743-744.
- Sohlberg, M. & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation: Theory and practice*. Guilford Press.
- Ten Brinke, L. F., Bolandzadeh, N., Nagamatsu, L. S., Hsu, C. L., Davis, J. C., Miran-Khan, K., & Liu-Ambrose, T. (2015). Aerobic exercise increases hippocampal volume in older women with probable mild cognitive impairment: A 6-month randomized controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 248-254.

- Voss, M. W., Heo, S., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Alves, H., Chaddock, L., Szabo, A. N., Mailey, E. L., Wójcicki, T. R., White, S. M., Gothe, N., McAuley, E., Sutton, B. P., Kramer, A.F. (2013). The influence of aerobic fitness on cerebral white matter integrity and cognitive function in older adults: Results of a one-year exercise intervention. *Human Brain Mapping, 34*, 2972-2985.
- Small, B. J., Dixon, R. A., McArdle, J. J., & Grimm, K. J. (2012). Do changes in lifestyle engagement moderate cognitive decline in normal aging? Evidence from the Victoria Longitudinal Study. *Neuropsychology, 26*, 144-155.

(受稿：2017年9月25日 受理：2017年11月1日)