

加齢による認知的処理速度の低下について

御 領 謙

(本学発達教育学部教授)

立 花 恵 理

(本学発達教育学研究科博士後期課程)

序

筆者らの関心は実験心理学的手法を用いて各種認知過程を探ることにある。認知過程の研究の多くは個人差を実験変数の効果に加わる単なるランダムエラーと見なすことが多い。我々の行ってきた研究の多くもそうであったが、果たしてそれでよいのかとの反省がいつもあった。

また筆者らには各種認知機能の加齢による変容過程に対する関心もある。筆者の一人KGにはかつてこのような経験がある。スペクトル上の様々な等輝度色刺激を、それらと等輝度の灰色背景上に短時間提示し、刺激出現にあわせてボタンを押すという単純反応時間の計測をしていたときのことである。反応時間は純度の低い黄色付近を最長に、そこからスペクトル上を離れるに従い短くなって行くのであるが、当時40代半ばのKGと20代そこそこのK君との結果が面白いほど規則的に異なるのであった。ただその違いは色刺激の違いにより結果が異なるのではなく、光波長の関数としての反応時間のカーブが同じ形を保ったままKGのデータが見事にK君より上方にシフトしているのであった。これは色覚そのものの加齢効果ではなく、運動過程と知覚的判断過程の効果に相違ないと思われた。KGにはまだ40代なのに、と忸怩たる思いがあった。そしてそこにはもう一つ問題があった。K君に遅れをとったのはひょっとすると加齢の効果ではなく、そもそも若いときからKGの反応時間が遅かっただけなのかもしれないのだ。

このように加齢の効果と個人差の問題は連動している。加齢や個人差の効果が刺激と反応間

の関数の型には影響を与えず、上記のエピソードの場合のように、ただ絶対値を変化させるだけであるのであれば平凡な話であるが、個人によりその関数の型が異なっていたり、加齢が認知機能の種類や内容の違いにより、異なった影響を及ぼすのであれば、はなはだ興味深いことになろう。もしそのようなことがあれば、個人差や加齢効果の現れ方を知ることにより、ある認知機能のメカニズムを知るための、新しい手がかりが得られることになるのではないかと思われる。われわれはその点に関心があるのであって、本研究の動機も一義的には、個人差研究や社会問題の一つである高齢化社会の問題に寄与しようとするところにはない。もちろんその成果が高齢者の生活の質の維持や改善に役立つばそれはそれで意義のあることであると考えられる。しかし、筆者らは、主として人間の認知の機構の理解に、個人差や加齢効果の知識が役に立つだろうと考えて、加齢効果の研究に着手しようとしている。

本稿では以上のような観点から、加齢の効果について行ったいくつかの検査結果について報告する。

筆者らの目的があくまでも実験心理学的方法に基づく認知過程研究にあるので、質問紙法やペーパーテストではなく、むしろ個々の実験参加者からある程度時間をかけてデータを取るといふ、実験室的実験を中心とした研究に主眼をおくことにしたい。そして、まずは加齢による効果として最も顕著にまた安定して見られる認知的処理速度の問題を取り上げる。

それにしても近年における加齢 (aging) 問

題を扱う研究の数は分野を問わず膨大である (Schaie & Willis, 2010)。そしてagingと関連する processing speed や reaction time を key word とする論文の数は、ここ20年ほどに限っても google scholar など で検索すると万を超す文献がヒットする。その中で研究の動向を知る上で有用な展望的ないし、理論的論文として Cerella (1985), Rabbitt (1993), Birren & Fisher (1995), Salthouse (1996, 2011) 等が挙げられる。これらの論文をみると、欧米における加齢の認知心理学的、神経科学的ないしは老年学的研究の数の多さや多様性にはもちろん、規模の大きな横断的研究や縦断的研究の数の多さにも驚かされる。そして数多くの研究結果を網羅したメタ分析も多くの研究者が試みている。これらの先行研究を丹念に紹介するいとまは今はないが、これらの成果から見えてくる重要な点は、当然のこととはいえ、もはや高齢群と若年群にはこんな違いがあります、という事実を列挙するだけでは意味がない、ということである。高齢群と若年群からデータをとり、両者に差がないという帰無仮説のもとに分散分析にかけるといった種類の研究を、Perfect & Maylor (2000) は dull hypothesis に基づく研究と呼び、それを超えてこの分野の研究を深化させる方向を探っている。ではdullでない研究とはどのような研究であろうか。

認知的処理速度の問題に関して古くから提起されている問題がある。Rabbitt (1996) はこの問題を適切にも、“Does it all go together when it goes?”と表現している。つまり加齢による処理速度の低下の原因が一つに限られており、すべての認知的課題の処理速度が一斉に同じように低下して行くのか、個々の認知機能があるものはゆっくり、あるものは急速に低下し、処理速度が長くなって行くのかという点が、古くから一つの関心の焦点になってきた。前者を主張する説を共通因子説、他方を個別因子説と呼んでおこう。膨大な研究成果を蓄積してきたSalthouse (1994, 1996) に代表されるようにどちらかという共通因子説が有力のように見える。しかし個別因子説を支持する研究もあり (Fisk, Fisher, &

Rogers, 1992; Christensen, Mackinnon, Korten, & Jorm, 2001) この問題はまだ十分には決着がついていないといってよい。ところでこれらの研究の多くは、数百人ないしはそれを超えるような人々から多変量のデータを集め、多変量解析を行ってこの問題に迫ろうとしている。しかし筆者らには、このようなアプローチだけでは、性格や知能の計量心理学的研究同様、被験者集団と取り上げる検査群との組み合わせ次第で結果が異なり、なかなか一定の結論に到達することが出来ないのではないかと危惧されてならない。

以上のような状況からみて、認知機能の加齢効果の研究においてこれからもまだまだ必要とされていることは、加齢により処理速度が変化しない認知機能群を見つけ出し、それらと処理速度が変化する認知機能群との関係を明らかにすること、および処理速度低下の進行速度が異なる認知機能群を見つけ出すことなどであると考えられる。そのような試みを開始するに際して我々は一人一人の被験者に十分に時間をかけた個別検査を実施し、きめの細かい分析に徹して行きたいと考える。そこで手始めに本研究では筆者らの研究室で行っている認知的課題の中から下記の6種類の認知的課題を取り上げる。

1. 単純反応時間 これは認知的課題と呼ぶには異論もあろうが、加齢効果の一種のベースラインを与えるものとして外すわけにはいかないであろう。

2. 選択反応時間 単純反応時間と一対のものとしてまずは必須の課題であろうし、知覚的選択とその結果に基づく判断過程が含まれており比較的単純な認知的課題と言える。

3. 単語の意味カテゴリ判断課題 ある漢字熟語が、あるカテゴリに属する語であるか否かの判定に要する反応時間を計測する。

上記1と2は刺激呈示からキーを押すまでの反応時間が計測され、3は判断結果を音声で答えるまでの音声反応時間を計測する。したがってこれら3種の計測時間には筋肉運動反応時間が含まれる。

4. 文字の認知速度 漢字1字を短時間提示

し、そのあとから視覚的妨害刺激（マスク）としてランダムパターンを提示する。文字の提示直後にマスクを提示すると文字は認識できない。文字提示終了からマスク提示までの時間（ISI）を変化させ、文字認知のISIに関する時間閾を測定する。

5. 仮現運動の最適時相 後述のいわゆる Ternus Displayにおけるグループ運動の最適時相を計測する。

上記4と5はいずれも筋肉運動系の反応時間を含まない。4は単純な課題のように見えるが、いわゆるIT (Inspection Time)測定と類似しており、ITでは知能指数との相関係数が0.5前後にもなる結果がしばしば報告されている (Deary, 2000)。IT測定においては長短2本の線分をテスト刺激として提示した後に、それらをマスクする2本の線分を提示し、テスト刺激の長短が判定できるテストとマスク間の時間閾が求められる。線分の長短判断というかなり低次の認知的処理過程に関係していると考えられるIT値が、知能指数との間に高い相関関係があるということには一種の意外さがある。筆者らは本研究に先だって予備実験を行いITの測定を行ったが、高齢者の場合には意外に判断の難しさを訴えるものが多かったのと、CRT Displayを使用することにもなう時間解像度の限界のために、安定した計測が難しかった。今回採用した文字の認知速度の計測ではマスク刺激の強度を適切に調整すれば、時間閾の測定も十分に可能であり、被験者は判断に苦しむというよりはむしろ、文字が読めたり読めなかったりすることに興味を抱きながら、比較的楽に検査に取り込むことが出来た。また、本研究でこの課題を用いるのもっとも重要な点はこれが認知心理学的研究のなかで、過去数十年の間に実証的にも理論的にも著しく研究が進展した、単語認知の問題とかかわっている点である。本稿の段階ではそこまでの踏み込みは不可能であろうが、将来この課題と3のカテゴリ判断の結果その他との比較検討を、単語認知過程の理論的枠組みの中で行う可能性も期待できる。

本研究は探索的であり、上記5種の検査にど

のような加齢の影響があらわれるのか、データの収集に待つところが多い。しかし仮現運動の最適時相に関しては明確な根拠は無いものの、おそらくここには加齢効果は出現しないであろうと予測する。仮現運動のような知覚的現象の「見え」にまで広く加齢の効果が表れるとすると、高齢になるにしたがい世界の見え方が異なってしまうことになる。加齢効果の表れにくい現象を探る試みの嚆矢として、本現象を選択したのである。その他の結果にはおそらく加齢による効果が見られるであろう。本稿の段階ではまだ、“Does it all go together when it goes?”という問いに直接答えることはできないが、次のステップへの手がかりはつかめるであろう。

方法と結果

被験者

高齢群：63歳から73歳までの39名（女性19名、男性20名）が実験に参加した。平均年齢は68.7歳 ($SD=2.21$)であった。いずれも京都市シルバー人材センターよりの派遣者であった。検査の実施に先立ちインフォームドコンセントを得た。過去に様々な病歴を持つものも含まれるが、全員検査時には健康であるとの自覚を有しており、交通機関を使用して実験場所まで一人で来訪した。すべての検査に要した時間は約1時間半から2時間であった。

若年群：心理学専攻の女子大学生34名が実験に参加した。平均年齢は20.5歳 ($SD=0.76$)であった。

後述の仮現運動測定と顔の短期記憶の測定には別の被験者群のみが参加した。詳細は後述する。

検査時期と場所

高齢群には2008年2月、若年群には2008年6月に、京都女子大学心理学研究室及び実験室にて実施した。

検査に先立ち、全ての被験者に日本語版UWIST気分チェックリスト (JUMACL: 以下気分チェックリストと呼ぶ)を実施した。また、高齢者群には、各種検査の合間に浜松式高次脳機能スケー

ル（以下浜松式と呼ぶ，今村陽子，2000）を実施した。その後，後述の6種の検査を個別に実施した。

実験装置

装置1 パーソナルコンピュータ（IBM R40）にVisual BasicとDirectXによって作成されたプログラムにより，刺激提示と反応の計測と記録を行った。明室にて実施した。

装置2 21インチCRT Display（TOTOKU，CV921X）上に刺激提示装置と反応ボックス（CRS社製 Visage及びCB6）により刺激提示と反応の計測と記録を行った。Display画面のrefresh ratesを160Hzに設定。従って刺激の提示時間の制御は6.25ms単位となる。以下の検査では黒背景上に刺激は白色で提示される。白色部の輝度は112cd/m²，背景部分の輝度は0.1cd/m²であった。CRT画面の前面には黒色厚紙で作成された観察箱がおかれ，被験者は画面以外のものが見えない状態で検査を受けた。観察箱の覗き窓から画面までの観察距離は115cmであった。あご台を用いて頭部の位置を固定した。装置全体は薄暗い室内におかれた。

検査課題

検査1 単純反応時間：装置1を用いた。被験者がスタートボタンを押すと赤色のドットが点滅した後，ランダムな待ち時間（300～600ms）の後に視覚約1°の赤色円盤が提示された。被験者はこれが提示されると出来るだけ素早く，マウスの左ボタンをクリックするように教示された。10回の練習の後，20回測定を行った。

検査2 選択反応時間：単純反応時間と同じ装置を用いた。視覚約1°の赤色円盤と，緑色円盤のどちらかがランダムに出てくる以外は単純反応時間測定に同じであった。赤の場合は左クリック，緑の場合は右クリックを押して反応した。被験者が慣れるまで練習を行なった後，赤と緑の場合それぞれ10回ずつ計20回測定したが，左ボタンを押して反応する赤の場合のデータのみを分析に用いた。

上記2種の反応時間計測はミリ秒（ms）単位

で測定したが，反応時間にはマウスからの入力に伴う反応の遅れや変動が混入している。しかし，これらはすべてランダムな誤差と見なし得よう。

検査3 認知速度測定：これは事実上逆向視覚パターンマスキングの実験である。装置2を使用した。ターゲットは1文字の漢字であった。海保・野村（1983）より学習漢字より使用頻度の極端に高いものと低いものをのぞき，音主率が高いもの200種を選び，その中よりランダムに選択した。

漢字は21インチCRTの，解像度800×600ピクセルの画面上に90ピクセルの大きさで提示された。ターゲットの後に提示されるマスク刺激は，ターゲット全体を隠すように配置された高さ40ピクセルのシャープ記号5個からなる。すなわちシャープ4個を2行2列に配列し，さらに中央に1個配置したものであった。ターゲットの提示時間は12.5msで，マスクのそれは200msとした。ターゲット終了からマスク開始までの時間（ISI）を変化させ，ターゲットが認知できるISIの閾値を測定した。閾値の測定法は，以下の通りである。明らかにターゲットが認知できないISIから出発し，6.25ms幅でISIを増大させて行った。初めてターゲットを正しく読み上げることの出来るISIに達したらそのISI条件でもう一度試行を繰り返し，同じように正しくターゲットを読めれば，次の試行からはISIを一段ずつ下げてゆき，正しく読めないところで先と同様2回繰り返す。2回目も読めなければ，次の試行からはまた上昇に転じ，同様に試行を続けた。上昇の場合と下降の場合の両方において，読めた試行のISIと読めなかった試行のISIとの中間のISIを閾値とし，この閾値数が20回に達したところで，測定を終了した。最終から数えて10個の閾値をデータとして採用し，その平均値と標準偏差値を各個人の結果の代表値とした。なお，言うまでもないが，ターゲットとして使用する漢字は毎試行200個のプールからランダムに選択して使用した。従って被験者はある試行で仮に漢字の一部が見えたとしても，次の試行でその情報を手がかりにすることはでき

ない。同一のISIで試行を繰り返す場合にもターゲット漢字は異なる。従ってISIを変化させる直前の、同一ISIでの2回目に文字が認知できないケースもしばしば発生した。

検査4 カテゴリ判断課題：ある熟語が指定されたカテゴリに属すか否かを口答で答えさせる検査である。カテゴリとしては「人体」、「運動」、「野菜」、「教科」の4種類であった。各カテゴリに属する語をそれぞれ10語と、それ以外の語20語、総計120語を用意した。装置2を使用した。被験者がスタートボタンを押すと凝視点が0.5秒おきに3回点滅したあとカテゴリ語が250ms提示された。1000ms後にターゲット語が250ms提示された。被験者はこの語が先行のカテゴリと一致している場合は大きな声で「まる」、一致しない場合は「ばつ」と答えた。ターゲット提示からこの反応までの音読反応時間を測定した。今回の報告では「まる」反応と「ばつ」反応の両方の中の正答の場合の反応時間を分析対象とした。例えば「野菜」が提示された後、「大根」が提示された場合に「まる」と答えた場合も、「眼鏡」が提示された場合に「ばつ」と答えた場合も同じく正答であり、本稿では両方のデータを用いた分析を行うこととした。

なおこれらの語は漢字2字熟語の持つ音韻情報特性に着目した語認知研究のために選択され

たものである(向井, 2007)。そのため、例えばカテゴリと一致する語が一致しない語の3分の1になっており、本研究の目的だけを考えた場合には別の選択があり得たであろう。しかし、語の意味の判断時間を測定する本研究の目的にとって障害となるものではない。また、ボタン押し反応ではなく、音読反応時間を測定したのも語認知実験の条件に合わせたためである。

検査5 仮現運動(Ternus Display)：装置2を用いて行われた。仮現運動のうち、よく取り上げられる2視覚対象間の仮現運動とは異なり、図1の(c)に示されるようなTernus Displayと呼ばれるパターンを用いたときの仮現運動の最適時相を測定した。(c)に第一刺激として示されているような3個の白色矩形を(刺激の大きさは20mm×20mm、刺激間の隙間は10mm)、画面中央の5.0mmの線で囲まれた長方形内(縦2.8cm×横9.8cm)に提示した。第一刺激提示後、一定のISIにおいて第二刺激が提示されるが、第一刺激の左から“2”番目と“3”番目は、第二刺激の“1”番目と“2”番目に、それぞれ完全に空間的にオーバーラップした位置に提示された。第一刺激の2番目と3番目の間隔の中心が画面の中央にあたり、試行の最初に提示される注視点はその位置に提示された。

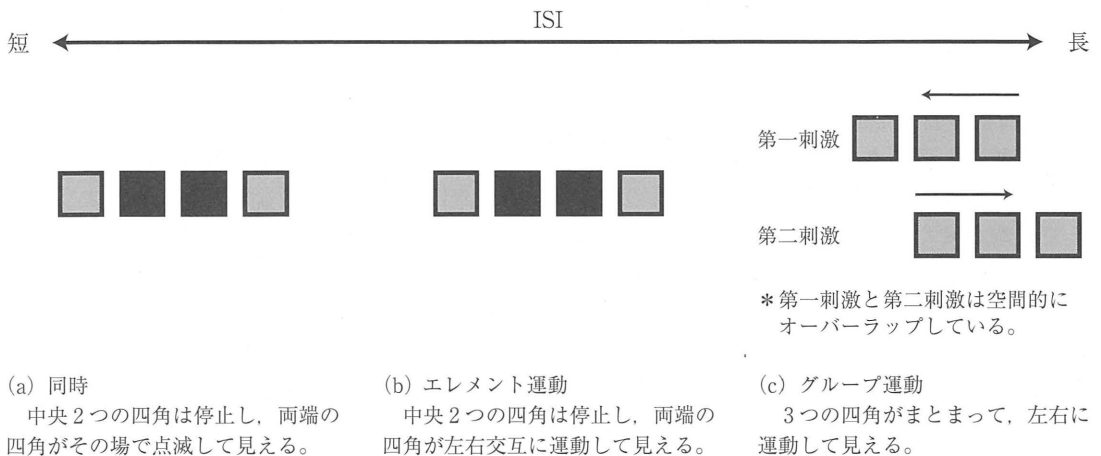


図1 Ternus Display における仮現運動

詳細は本文参照。実際の刺激は黒色背景に白色矩形を提示した。

第一刺激と第二刺激の提示時間は6.25msであった。ISIが極端に短いと(a)に示すように、両刺激が重なって見え、中央の二つは静止し、左右の二つがわずかに点滅して知覚される。ISIが長くなるにつれて点滅が明瞭になり、さらには(b)に示すように静止した真中の2つを挟んで左右の2つの間で往復運動などが観察される。さらにISIが長くなると(c)に示すような今までは全く異なる運動印象が生じる。第一、第二刺激がそれぞれ一つの塊となり、3個の矩形がまとまって左右に往復運動をするように見える。このような運動をロングレンジの仮現運動とよび、(b)のような運動をさしてショートレンジ運動と呼ぶことがある (Palmer, 1999)。また、第一刺激と第二刺激がそれぞれ1つのグループとなって運動するのでグループ運動ともいわれる。本研究では知覚実験に不慣れな被験者ばかりであり、特に高齢者において、ショートレンジの判断に苦しむものが多かったので、ロングレンジの運動、つまりグループ運動の最適時相を測定することとした。この仮現運動は同一空間を占める2つの矩形が一方では左、他方では右に位置する一つの矩形と統合されて知覚されるという現象であり、時間的な視覚的統合過程が関わっている。

なお、時間的制約により、この検査に関しては上記の他の検査に参加した若年層からはデータが得られなかったため、同じ方法で測定された別の被験者群のデータ (吉田, 2007) を若年層のデータとして使用した。12名の女子大学生で年齢は20~21歳であった。

被験者にまずさまざまなISI条件で観察させ、グループ運動がどのようなものかを納得のゆくまで観察させた。その後、被験者ごとに大まかな最適時相を極限法により求め、その値から一段階6.25msの幅として、極限法の上昇系列と下降系列により、グループ運動の見え始めるISI閾をそれぞれ4回ずつ測定した。系列の出発点は毎回ランダムに変化させた。

検査6 図形短期記憶課題：顔写真を2秒に1枚の速さで5枚提示した。その後、提示した写真5枚と新写真5枚を空間的にランダムに配

置した中から、覚えている顔を選択させる再認記憶課題であった。400枚の若い女性の正面向きの顔写真からランダムに選ばれた100枚を使用した。100枚の中から毎試行10枚を選択し、その内の5枚を学習刺激、残りの5枚を新刺激として使用した。これを5試行行った。同じ顔を2度以上見ることはなかった。刺激の提示時間は1.6秒であり、次の刺激提示までの0.5秒の間はランダムドットパターンが提示された。提示された5枚のうちの何枚が正解であったかを数え、5回の平均値を各被験者の代表値とした。刺激提示と反応の収集には装置1を用いた。制御用のプログラムはDirector 8 (Macromedia社) による。検査5と同じくこの検査についても検査1~4の若年層とは別の被験者群を比較対象とした。

上記6検査以外にも、認知機能テストとしてよく使用されるA testをコンピュータ化し、GO課題とNO-GO課題を実施できるよう筆者らが開発した検査と、同じくWAISの符号問題をコンピュータ化した検査も高齢者の全員に実施したが、今回の若年層と同等の属性を持つ若年被験者層についてのデータがまだ得られていないため今回の分析からは除外した。

結果と考察

1. 高齢者群の浜松式の結果

若年層との比較を行う前に、高齢者群についての分析を行い、その特徴を探っておくこととする。本研究の高齢者群の学歴の内訳は、中卒8名、高卒25名、大卒6名であった。人数差が大きいので特に組織的な比較は行わないが、どの検査に関しても顕著な差が存在するようには見えなかった。

今回の高齢者群の一般的な認知機能面における特性を明らかにしておくために、浜松式高次脳機能スケールの結果を集計したものを表1に示す。本検査は16の下位尺度からなる。この群の平均値はすべて同スケールの手引き書 (今村, 2000) に示されている60代と70代の平均値から土標準偏差の範囲内に入っており、この被験者群が平均的な層に属していると見てよいであろう。

表1 浜松式高次脳機能スケール成績（高齢者39名の平均）

	年齢	見当識	数唱桁数			数唱学習 評価点	5単語即時 個数	5単語5分後 再生個数	類似問題
			順唱	逆唱	数唱合計				
平均	68.28	9.97	8.77	10.51	9.74	9.03	7.97	11.21	10.26
標準偏差	2.21	0.16	3.16	3.69	2.88	4.92	3.53	4.11	3.08

	7シリーズ	動物名 想起数	仮名ひろい		物語文 意味把握	線の二等分	図形模写	図形5分後 再生
			無意味	物語文				
平均	12.31	12.54	12.13	13.05	7.82	10.05	9.44	8.13
標準偏差	2.25	4.47	3.37	3.50	2.99	0.32	0.79	1.28

高齢群は男性21名、女性19名からなる。本研究は性差には焦点を当ててのものではないが念のために、上記検査の下位検査項目ごとに男女の平均値間の差に関してt検定を行ったところ、大半の検査項目で有意な差はみとめられず、5単語5分後再生と物語文の仮名ひろいテストの場合のみ女性群の平均値が男性群のそれよりも高く、有意差が認められた（それぞれ $t=2.43$, $df=36$, $p<.020$; $t=3.02$, $df=37$, $p<.004$ 。：自由度が異なるのは欠損値のためである）。また、今回の主たる目的である認知機能検査においても平均値の数値上は女性の方が上回っているケースが多く見られたが、統計的に有意な差は認められなかった。そこで、以下の分析では若年層と比較する場合も含め、男女差については検討対象としない。

個人ごとの結果を詳しく見てみると、二人の男性（68歳と70歳）がいくつかの下位検査で手引書に示された平均値から標準偏差を引いた値を下回っている。本研究はスクリーニングを目的とするものではないので詳述はさけるが、反応速度との関連でこの2名については後ほど若干の検討を加えておくこととする。

2. 高齢群における浜松式スケールと認知的処理速度との関係

表2に後ほど比較を行う若年層のデータも含めて、それぞれの検査の平均値と標準偏差を示す。高齢群に実施した浜松式のすべての下位検査と表2に示した諸認知検査との間のPearsonの相関係数を求めた。見当識と、線分二等分課題においては、ほぼ全ての被験者が同点であり、

分散が0に近い分析から除外した。

表2 認知機能検査の平均値

若年層の仮現運動と顔再認のデータは今回の若年群とはそれぞれ異なるグループで前者は13名、後者は10名の20～21歳の女子大生。

	若年層平均	標準偏差	高齢群平均	標準偏差
仮現運動最適相	76.7	15.19	84.5	17.26
単純反応時間	240.6	39.03	308.1	82.65
選択反応時間	387.8	54.91	629.8	145.89
カテゴリ判断時間	698.0	120.88	1152.2	422.54
文字認知時間	30.9	7.56	76.7	35.90
顔直後再認数 (5項目中)	4.2	0.42	3.5	0.45
TA (緊張覚醒)	20.3	4.08	21.4	6.80
EA (エネルギー覚醒)	27.5	4.77	30.2	5.01

認知処理速度系の4検査と浜松式との相関係数をみると、かなり大きな相関を示すものが多くみられた。煩雑さをさけるために、主要なものを表3に示すこととする。

表3 認知速度検査と浜松式下位検査間のPearsonの相関係数

認知速度検査のすべてと0.3以上の相関があるもののみを示す。総合平均は、同スケール全体の平均値を示す。すべて1%レベルで有意。

	逆唱 桁数	数唱 合計	動物名 想起	仮名 無意味 正答数	物語文 正答数	総合 平均
単純反応時間	-0.4038	-0.4330	-0.3242	-0.3105	-0.2139	-0.5344
選択反応時間	-0.5047	-0.4863	-0.4088	-0.4988	-0.4722	-0.6963
カテゴリ判断	-0.4170	-0.3712	-0.4147	-0.4441	-0.4645	-0.6333
文字認知時間	-0.6208	-0.5369	-0.4120	-0.4680	-0.4683	-0.6795

表3より高齢者群において浜松式と処理速度との間に明確な相関関係の存在が明らかである。特に総合平均値との相関係数はすべてが0.5を上回っていることが注目される。より端的に両者の関係を見るために浜松式の内、先にも述べた理由で二つの下位検査（見当識と線分二等分）をのぞいた残り14検査の結果を主成分分析にかけ、その第一主成分の得点を個々の被験者ごとに求めた。また、同様に上記4種の処理速度検査結果についても同様に主成分分析を行いその第一主成分の得点を個人ごとに求めた。浜松式の第一主成分の固有値は4.81、寄与率は34.4%であり、処理速度検査のそれらはそれぞれ3.13, 78.4%であった。両者の関係を図示したのが図2である。両者の相関係数は $r=0.6603$ でありまた、同図の直線 ($y=0.0012-0.62x$) の当てはまり係数は $R^2=0.4360$ であった。この種のデータの当てはまりとしてはかなりよく、浜松式と認知的処理速度の間に検討に値する明らかな関係があることがうかがえる。同図の左端の2点は浜松式の結果のところ述べて2人の男性である。認知速度系の検査結果も下位であることがわかる。

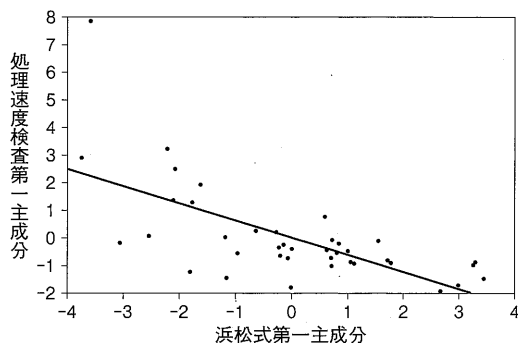


図2 高齢者群(39名)における、浜松式スケールの主成分得点と認知速度(4種)の主成分得点の比較

どの速度が浜松式と関係が深いかを調べるために、浜松式の平均値(14検査)を従属変数とし、4種の時間測度を独立変数として重回帰分析を行ったところ、標準化係数 β の値は単純反応時間、選択反応時間、カテゴリ判断時間、文字認知速度に対してそれぞれ.174, $-.570^*$, .093, $-.452^*$ であり、*のついた2つの係数は5%水

準で有意であった($R^2=.549$)。つまり選択反応時間と文字認知速度とが浜松式に対して高い予測力を持っていることが注目される。

なお、Ternus Displayを用いた仮現運動の最適時相と、顔の短期再認記憶の結果は以上のどの検査とも有意な相関係数は得られず、これら2つが以上の検査で測定される認知機能とは異質であることが伺える。

3. 高齢者群と若年者群の比較

本研究において高齢者群と若年者群とをほぼ同数の被験者数を持って比較しうるのは表3にも示した4種の処理速度系認知検査であるが、同じ時間計測である仮現運動の最適時相のデータも加え、いわゆるBrinley Plotを行った。表2の上から5行目までの平均値を用いて、横軸に若年層の検査ごとの平均値、縦軸に高齢者群のそれをプロットした。結果は図3に示す通りである。

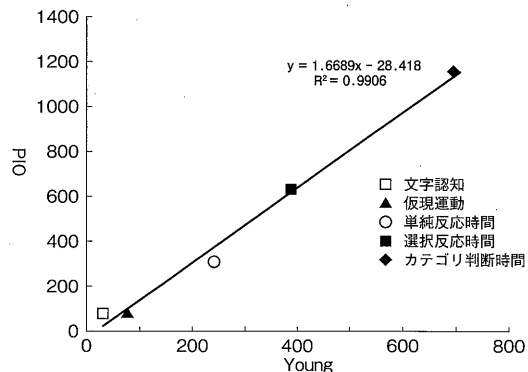


図3. Brinley Plot

各プロットはそれぞれの検査ごとの若年群(Young)の平均値に対する高齢群(Old)の平均値を示す。直線は最小2乗法による。

一番左下から、文字認知速度、仮現運動最適時相、単純反応時間、選択反応時間、カテゴリ判断時間と続いている。先行研究の多くと同様、当てはまりもよく見事に直線関係が見られる。勾配も1.67と多くの研究に見られる値の範囲内にある(Cerella, 1985; Maylor & Rabbitt, 1994等)。文字認知速度と、仮現運動の最適時相とが際立って短いのはこの2種が筋肉運動反応時間を含まないためであり、当然の結果であるが、仮現運動の最適時相が高若両群の間に有

意な差が見られなかった点が特筆できる。他の4測度に関しては記すまでもなく、高若群には統計的に有意な差が見られた。この直線の意味については総合考察のところでも改めて論じることとする。なお、顔の短期再認記憶の成績に関しては明らかに高齢群の方が数値は低くなっており、また、仮現運動のデータとともに他の検査との相関が低く、そのメカニズムに関して一考に値するが、若年層について、更なるデータ収集を計画中であるので、本報告ではこれ以上の分析は控えておきたい。気分チェックリストの結果である表2のTA、EA値から、高若両群において検査時に過度の緊張状態にあったものはいなかったといえる。

4. 共分散構造分析による加齢と認知的処理速度の関係

高若両群の人数の揃っている4種の測度、すなわち単純反応時間、選択反応時間、カテゴリ判断時間、文字認知速度の4測度を用いて、年齢との間の因果関係について検討した。解析には、SPSSのAMOSを用いた。認知心理学的な観点から8種のパターンを選び、それぞれに対して共分散構造分析を行い、適合度検定の結果と標準化係数の有意性および、 R^2 値を見比べ、最適のものを残した。その結果を図4に示す。これが理論的に考えて最適のモデルであるとはいえないが、極めて示唆的な結果と思われる。標準化係数等は同図に示してあるが、それ以外の必要な数値を次ぎに示しておく。

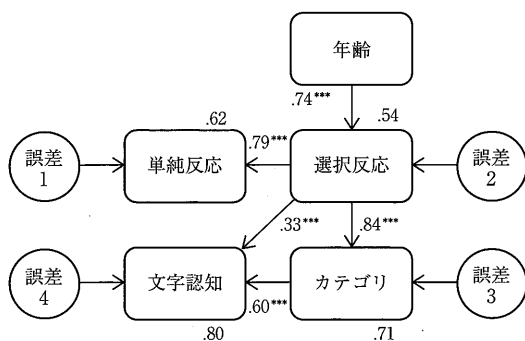


図4. 高若両群の認知速度に関する4検査間のパス解析図

モデルについては $\chi^2 = 10.485$, $df = 5$, $p = 0.063$ であった。故にこのモデルが正しくないとはいえない。図に示した係数のすべてが有意確率0.0001以下であり、これらの係数に示された関係が統計的に有意であることがわかる。適合度指数についてはいずれもDefault Modelで、 $RMR = 107.238$, $GFI = .950$, $AGFI = .849$, $AIC = 30.485$ であり、検討した他のモデルのどれよりも適合度が優れていた。

同図を見て、年齢から選択反応以外の変数それぞれへのパスが無いことに気付かされる。例えば、単純反応時間への年齢からの直接効果は極めて低く、もちろん標準化係数は有意でなかった。また、選択反応時間から、カテゴリ判断を経て文字認知時間に至る経路もこの順序を入れ替えると標準化係数も低下するし、適合度係数の値もすべて悪化する。従って我々のデータに関してはこのパス図をもとに解釈することが最善と考えられる。

総合考察と展望

認知的処理速度と浜松式高次脳機能スケールとの関係

浜松式の得点と4種の認知速度検査の結果を総合的に要約した指標として、それぞれに対して別々に行った主成分分析から得られる第一主成分得点をプロットした図2に見られるように、認知速度と浜松式にかなりな相関関係が見られる。浜松式のスケールが高次脳機能をとらえているとすれば、その妥当性の範囲において今回測定した認知的処理時間にも脳機能が反映されているといえる。高次脳機能の高さと処理の速さが相関しているのである。そして浜松式の平均点を予測する重回帰分析では処理速度系測度のうちの選択反応時間と文字の認知速度とが特に高い予測力を持っている。また本稿では細かな分析に立ち入らなかったが表3に示す相関係数から考え、浜松式の検査のうち数の逆唱、仮名ひろい検査、動物名の想起などが特に処理速度系測度と関係が深いことがうかがえる。浜松式のこれらの検査が心的な情報操作と、反応の速さを要求するものであることを考慮すればあ

る意味で当然の結果であるといえようが、同時に処理速度を認知機能変容の指標とすることの有効性が確認されたと見ることもできる。

Brinley plotにみる加齢効果について

結果でも述べたように、処理速度にみられる加齢の効果を端的に示す方法にBrinley plotがある。同じ課題に対する高若両群の平均値を横軸に若年層のそれ、縦軸に高齢層のそれをプロットすると、一般に課題の複雑さや難度が高まるほどデータは右上移動する。そして両者の間に線形の関係が見られることが多い。本研究の結果をその方法で表すと図2のようになり、非常によく一次直線が当てはまっている。このことから高齢者の処理速度は若年層の処理速度から極めて精度よく推定できると期待できる。しかし、過去の研究からはこの一次直線の勾配と切片につき、さまざまな値がえられており、事態はそれほど単純ではない。もしこの直線が勾配1の直線と並行をなし、勾配1で切片がプラスの値を持つ場合には、加齢の効果は全ての課題に対して切片の値分だけ時間が加算されることを意味する。しかしそのような傾向は一般的ではない。勾配が1より大であり、切片が0である場合は理解しやすい。ところが今回の結果では最小二乗法によると切片の値は-28msであった。理論的にはマイナスの処理時間はあり得ない。改めて今回の検査の性質を考えると平均値が100msより小さな値をとっているのは仮現運動最適相と文字認知時間の2つである。これらはともに他の3つと異なり、筋肉運動時間や判断の遅れ等を含まない処理速度を測定している。そして仮現運動最適相の場合には高齢群と若年群との間に統計的な有意差が見られていない。このような事実を考慮すると筋肉運動時間や判断時間を含まない認知課題に関しても同じ1本の直線上にとらえようとしたことに無理があると思われる。これらについては今後先行研究のメタ分析を行うと同時に独自の実験的検討を加える価値があると考えられる。

仮現運動の結果に加齢による遅れが見られなかったことに特に注意を払っておきたい。効果のない結果について報告されることは一般に少

ないので、特筆すべき先行研究をあげることは難しいが、おそらくこのような現象は知覚現象の多くで見られるものと思われる。知覚現象のなかで加齢効果の表れるものと加齢効果の生じないものとの緻密な比較が望まれる。

次に筋肉運動時間や判断時間を含まない時間測定である、文字の認知時間が明確な加齢効果を示した点に着目しておきたい。この検査課題の特徴については次の共分散構造分析の結果の考察において詳しく述べることにするが、この種の認知的処理速度についても複数種の適切な現象について正確な処理時間を測定することがBrinley plotの下限付近の特徴をとらえるためには必要であろう。これらは単にいわゆる結晶性知能と流動性知能の差の問題に過ぎないのであるか。筆者らには測定の精度の問題も絡んでいるように思われる。短時間で多数の集団からデータを収集する計量心理学的手法に頼らず、時間をかけた実験室の実験により、精密な測定による研究が必要であると考えられる。例えば筆者らは高速で変化する視覚的情報の中から対象を発見する課題、いわゆるRSVP事態における注意機能と、その他の認知機能との関係についての検討を進めている(立花ほか, 2009)。視覚探索や注意の機能と加齢の関連に着目する研究はPlude & Doussard-Roosevelt (1989)などに見られるが、魅力的な方向である。

年齢と認知機能の因果関係

序でも述べたように我々は相関分析から因果関係を推測する手法に必ずしも大きな期待をかけてはいない。しかし、理論的に妥当な因果の図式と得られたデータとの間に整合性が見られれば、より緻密な実証的研究の足がかりはつかめるであろう。このような観点から、結果に述べたような手続きを経て得たのが図4に示したパス図である。この図に至る経緯において、年齢からすべての要素に対して直接効果を及ぼすというパス図は結果的に論外であった。そしてどのような組み合わせを考えても、カテゴリ判断と文字認知速度への経路は選択反応時間を経由した間接経路の場合にのみ、ある程度の大きさの標準化係数が得られるということが分かっ

た。図4のパス図がもっとも当てはまりがよいということの意味を探ってみると、この解析に導入された4種の測度のうち、唯一筋肉運動系の反応速度の影響を受けていない文字認知速度がパスの最終段階にあるという点が注目される。この文字(しかも漢字)の同定という過程はカテゴリ判断に次いで、高次な過程であるとみてよいであろう。これが最後に位置しており、また単純反応時間が選択反応時間から分岐しているのはなぜであろうか。今回のデータでは多くの場合と同様、加齢による筋肉運動系の変容の影響と認知的機能の変容の影響とが共存していたと考えられる。そして検査ごとに両者の影響の度合いが異なっていたと考えることも妥当であろう。このような両者の影響のバランスの上に今回のパス図は成り立っていると考えることができる。しかし今回のデータからこれ以上の深読みをすることには無理であろう。

このパス解析の結果から得られる最大の教訓として、Brinley Plotについての考察にも呼応しているが、やはり筋肉運動系の関与する測度とそうでない測度とはとりあえず切り離して十分に検討し、それぞれにおける加齢効果の現れ方を見極める必要があるということである。

結 語

今回の諸検査の結果にも加齢による各種反応速度の低下現象が明確に現れた。そしてそれは浜松式高次脳機能スケールとの間に明確な負の相関関係があることが分かった。文字認知速度が各種高次認知機能と関係していることがわかると同時に加齢による低下が見られることも分かった。この低下の原因を探ることが文字認知過程の理解を深めることにつながるに相違ない。しかしその一方で仮現運動の見え方に関しては若年層との間に有意な差は見られなかった。今回のこの検査に参加した若年層の人数が10名と少なくある程度の留保が必要であるが、予備実験の段階で得たデータ等を考慮してもこの結論は変わらない。若い研究者たちはあるいは逆の結果を予想したかもしれない。そして多くの知覚現象にも加齢の効果があると予測して研究を

行おうとするかもしれない。しかし高齢者から見ると知覚現象の大半に関しては加齢の効果は受けないのではないかと予想できる。筆者KGは明らかに今回の高齢群に入る年齢であるが、彼には世界は普通りに見えている。視力や聴力の衰えにより、受容する情報の範囲や質には劣化が見られ、さまざまな処理速度は低下しているが、世の中の現象の現れ方に顕著な違いは感じられない。

今回の研究からは、知覚認知系の処理速度が関係する現象でありかつ筋肉運動系の反応時間を含まない現象について、今後集中的に検討することの必要性が示唆された。その検討を進めることにより、一定の健康を維持している限り、人の知覚的、認知的世界には生涯にわたって劣化はないといえるようになるかもしれない。

要 約

39名の高齢者(平均69歳)と女子大学生10名~34名(平均20歳)に対して6~8種の認知課題からなる検査を実施した。その中の4種は単純反応時間、選択反応時間、単語の意味カテゴリ判断時間、視覚マスキング事態における文字認知速度を測るもので認知速度系検査であった。

高齢者には、合わせて浜松式高次脳機能スケールも実施したが、その下位検査と4種の認知速度系検査の結果との間には明らかな相関関係のある組み合わせが多く見られた。浜松式と認知速度系検査の結果をそれぞれ1つの合成得点に集約して両者の関係を見ると0.6を超える相関係数が得られた。また特に文字認知速度と選択反応時間とが浜松式の下位検査の多くとの間で高い相関係数が得られる場合が多いことが特徴的であった。

これらすべての認知課題において、若年群の成績が高齢者のそれを上回っていた。4種の認知速度系検査間の因果関係を知るために、年齢を出発点としてパス解析を行った結果、年齢から各測度への直接経路のあるモデルは当てはまりが悪く、年齢から選択反応時間、カテゴリ判断、文字認知速度へと直列につながるパスを持つモデルが最も当てはまりがよいことがわかっ

た。加齢による認知速度の低下の原因を何らかの共通因子に求める共通因子説に組まない結果であった。

また、速度系以外の検査に関しては、仮現運動の最適時相には加齢の効果が見られなかった。今後、筋肉運動系の認知的情報処理時間とそれを含まない課題の処理時間を区別して検討することの必要性、および加齢効果の生じない知覚現象とそれが見られる現象とを見極めることの意義等について論じた。

引用文献

- Birren, J. E., & Fisher, L. M. (1995). Aging and speed of behavior: Possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, 46(1), 329–353.
- Cerella, J. (1985). Information processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98(1), 67.
- Christensen, H., Mackinnon, A. J., Korten, A., & Jorm, A. F. (2001). The “common cause hypothesis” of cognitive aging: Evidence for not only a common factor but also specific associations of age with vision and grip strength in a cross-sectional analysis. *Psychology and Aging*, 16(4), 588.
- Diary, I. J. (2000). *Looking down on human intelligence*. Oxford University Press.
- Deary, I. J., Johnson, W., & Starr, J. M. (2010). Are processing speed tasks biomarkers of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 25(1), 219–28.
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62–73.
- Finkel, D., Reynolds, C. A., McArdle, J. J., & Pedersen, N. L. (2007). Age changes in processing speed as a leading indicator of cognitive aging. *Psychology and Aging*, 22(3), 558–68.
- Fisk, A. D., Fisher, D. L., & Rogers, W. A. (1992). General slowing alone cannot explain age-related search effects: Reply to cerella (1991).
- Glass, J. M., Schumacher, E. H., Lauber, E. J., Zurbriggen, E. L., Gmeindl, L., Kieras, D. E., & Meyer, D. E. (2000). Aging and the psychological refractory period: Task-Coordination strategies in young and old adults. *Psychology and Aging*, 15(4), 571.
- Maylor, E. A., & Rabbitt, P. (1994). Applying Brinley plots to individuals: Effect of aging on performance distributions in two speeded tasks. *Psychology and Aging*, 9(2), 224.
- Palmer, S. E. (1999). *VISION SCIENCE*. Massachusetts Institute of Technology.
- Perfect, T. J., & Maylor, E. A. (2000). “Rejecting the dull hypothesis: The relation between method and theory in cognitive aging”. In *Models of Cognitive Aging*, Perfect & Maylor (Ed). Oxford University Press.
- Plude, D. J., & Doussard-Roosevelt, J. A. (1989). Aging, selective attention, and feature integration. *Psychology and Aging*, 4(1), 98–105.
- Rabbitt, P. (1993). Does it all go together when it goes? The nineteenth Bartlett memorial lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46(3), 385–434.
- Salthouse, & Timothy, A. (1994). The nature of the influence of speed on adult age differences in cognition. *Developmental Psychology*, 30(2), 240.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403.
- Salthouse, T. A., Berish, D. E., & Miles, J. D. (2002). The role of cognitive stimulation on the relations between age and cognitive functioning. *Psychology and Aging*, 17(4), 548–557.
- Salthouse, T. A. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*, 19(4), 532–45.
- Salthouse, T. A. (2011a). Cognitive correlates of cross-sectional differences and longitudinal changes in trail making performance. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33, 242–248.
- Salthouse, T. A. (2011b). Neuroanatomical substrates of age-related cognitive decline. *Psychological Bulletin*, 137, 753–784.
- Schaie, K. W., & Willis, S. L. (2010). *Handbook of the psychology of aging*. Academic Press.
- 今村陽子 (2000). 臨床高次脳機能評価マニュアル 2000 新興医学出版社
- 海保博之・野村幸正 (1983). 漢字情報処理の心理学 教育出版
- 向井恵 (2007). 漢字認知過程における読みの一貫性の効果 京都女子大学発達教育学部卒業論文
- 立花恵理・御領謙 (2009). Attentional Blink (AB) に初期知覚システムは寄与しているのか—ターゲットとディストラクターの異眼間呈示による検討— 日本基礎心理学会第28回大会
- 吉田幸 (2007). Ternus Displayの異眼提示における仮現運動 京都女子大学発達教育学部卒業論文