

認知加齢研究における研究の枠組み

——Local な枠組みと Global な枠組みの比較——

権藤 恭之・宮田 洋

1. 高齢者の認知の研究

高齢者人口が増加の一途をたどる現在、心理学において高齢者を対象にした研究が注目されつつある。認知心理学においても米国では2年に1度、高齢者の認知に関する研究学会 (Cognitive Aging Conference) が開催され、第6回目を迎えた1996年には発表演題数が220件を超えるなど (Smith, 1996)、この分野に対する関心の高さが窺い知れる⁽¹⁾。

本論文の目的は、反応時間を指標とした認知加齢研究において、ローカルな枠組 (Local Perspective) で行なわれる研究と現在注目されているグローバルな枠組 (Global Perspective) で行なわれる研究を比較しながら紹介することである⁽²⁾。始めに、認知加齢研究におけるローカルな枠組とグローバルな枠組について説明し、ローカルな枠組の研究で用いられることの多い分散分析法の利点と限界、グローバルな枠組の研究で用いられる因子分析法 (Salthouse, 1993)、プリンリープロット法 (Brenley, 1965) を解説する。そしてグローバルな枠組みの認知加齢モデルである General Slowing Model とその応用的研究側面を紹介したい。

2. 認知加齢研究における枠組 (Local vs. Global)

認知加齢は大きく分けて2つの枠組に基づいて研究されている。第一は、特

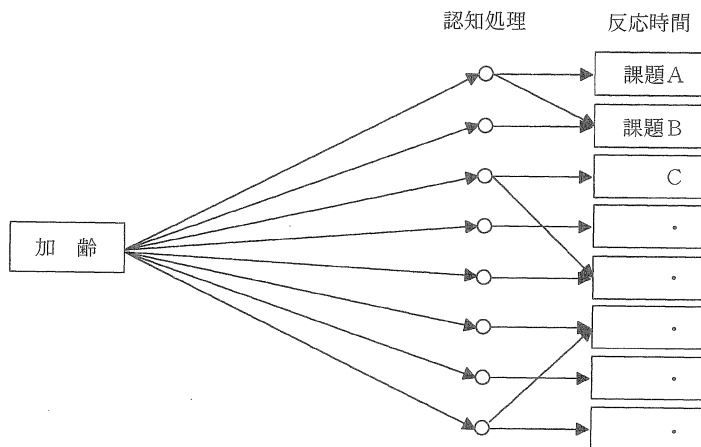
定の認知処理過程⁽³⁾に注目しそれぞれに対する加齢の影響を検討するローカルな枠組、第二は、個々の認知処理過程よりも加齢が認知処理全般に与える影響を総合的に考えるグローバルな枠組である。

特定の認知処理過程に対する加齢の影響に興味を持っている研究者、あるいは加齢が認知処理過程に与える影響は認知処理過程ごとに違っていると考える研究者は前者の枠組で研究を行なう。彼らは、特定の認知処理過程のみに注目して研究を行なう。ローカルな枠組みでは、研究者の興味の対象である特定の認知処理過程に対する加齢の影響を検討する事を研究目的としている。一方、特定の認知処理過程ではなく、認知加齢全般に興味を持つ研究者、もしくは加齢が認知に与える影響は認知処理の内容に関係なく同じではないかと考えている研究者は後者の枠組で研究を行なう。彼らは、特定の認知処理過程のみに注目するのではなく、認知処理過程全般に注目して研究を行なう。グローバルな枠組みでは、加齢が認知処理過程に影響を与える総合的な因子を推定する事が重要なのである。

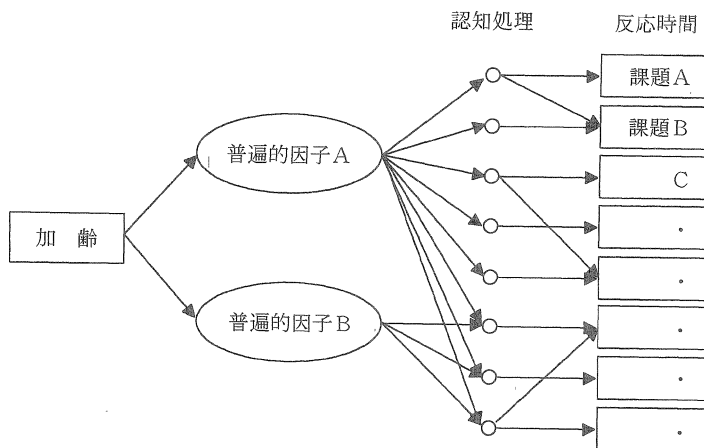
Salthouse (1991) によると2つの枠組は図1のように表される。図1の上部にはローカルな枠組、下部にはグローバルな枠組から見た認知加齢モデルを示している。ローカルな枠組から構成したモデルでは、加齢が個々の認知処理過程に対して直接影響している。このモデルは、加齢が個々の認知処理過程に与える影響はそれぞれ独立で異なっていることを示している。一方、グローバルな枠組から構成したモデルでは、加齢の影響が普遍的な因子を経由して個々の認知処理過程に影響を及ぼしている。このモデルでは、年齢が影響するのは普遍的因子であって、個々の認知処理に対して直接加齢の影響がないことを示している。

二つのモデルの違いは、前者では加齢が個々の認知過程に直接影響するため、個々の認知処理過程間の関係が加齢によって変化すると考えるのに対して、後者では加齢が普遍的因子に対して影響するので、個々の認知処理過程間の関係は加齢によって変化しないと考えるのである。したがって、前者のモデルからは、加齢に伴って記憶検索の速度は低下するが、計算速度は低下しな

ローカルな枠組みから構成したモデル



グローバルな枠組みから構成したモデル



Saul thouse (1991) を参考に改変

図1 認知加齢研究におけるローカルな枠組み, グローバルな枠組み

いといった認知処理構造の質的な変化が仮定されるが、後者のモデルからは認知処理間の関係に対して質的な変化を仮定せずに、記憶検索速度が低下したら計算速度も同様に低下するといった質よりも量的な変化が仮定されていると言い換える事も可能である。

3. ローカルな枠組みからみた認知加齢研究

現在、認知加齢研究では、分散分析を用いた研究計画に基づくローカルな枠組の研究が数多く行われている。ここでは、ローカルな枠組みから見た認知加齢研究と、分散分析を用いる事の利点と限界を指摘する。

認知研究は反応時間を指標にする事が多いが、課題に対する対象者の反応時間には、認知処理に要した時間だけでなく、感覚運動系の処理時間が含まれている。反応時間で認知処理過程の加齢を検討するためには、加齢が影響する感覚運動系の処理時間をコントロールしなければならない。そのために一般的な認知加齢研究では要因 A (年齢群) X 要因 B (認知課題の要因操作の水準) の 2次元配置の分散分析が用いられる。ここでは、心的回転課題を用いて認知処理速度を年齢比較した Cerella, Poon & Fozard (1981) の研究を例に挙げ、認知加齢研究での分散分析の解釈を説明する。

心的回転とは、心的なイメージを操作する認知処理過程を意味する。例えば 80° 傾いた文字は 40° 傾いた文字よりも判断に時間がかかるのは、心的なイメージを回転する角度が大きいためだと考えられている。彼らは異なった角度で提示される文字が、正像であるか、鏡像であるかを判断する課題を用い、加齢が“心的回転”に与える影響を検討した。結果の分析には、年齢群 (青年 vs. 高齢者) × 刺激の角度 (0 度, 40 度, 80 度, 120 度, 160 度) の 2 元配置の分散分析を用いた。

結果は以下のように解釈される。年齢の主効果には実験で操作された認知処理過程だけでなく、感覚運動系の違いも反映されるので、もし年齢の主効果のみが有意であっても、加齢は認知処理過程 (心的回転) に影響するとは言えな

い。一方、年齢の主効果に関係なく、年齢と課題の交互作用が認められた場合は、年齢群ごとに課題操作の影響が異なっていると考えられるので、認知処理過程は加齢の影響を受ける。

Cerella et al. (1981) の結果は主効果、交互作用とも有意であったので、加齢はメンタルローテーションに影響すると解釈された。この様に分散分析を行うと年齢の主効果からではなく、年齢と課題条件の交互作用から感覚運動系の効果をのぞき、特定の認知処理に対する加齢の影響を検討する事が可能になるのである。

現在まで、認知加齢研究では分散分析を用いたローカルな枠組みの研究が数多く行なわれてきた。それらの結果は、そのほとんどで加齢に伴った認知処理速度の遅延を報告している (Birren & Fisher, 1995)。また、同時に加齢の影響の大きさは実験課題によって異なっていることも報告されている。

ローカルな枠組みで構成される認知加齢モデルでは図 1 上段に示すように加齢が与える影響は個々の認知処理ごとに異なっていると仮定されている。したがって、ローカルな枠組みに基づく研究者たちは、これらの結果を、加齢は認知処理速度の遅延を引き起こすが、その影響は個々の認知処理ごとに異なっていると解釈している。

しかし一方で、過去に行われた認知加齢研究をメタアナリシスを用いて比較検討した結果から、ローカルな枠組で行われた個々の研究にも一定の傾向が存在する事が指摘された (Cerella, Poon & Williams, 1980, Cerella, 1985; Salthouse, 1985 b)。彼らは、認知処理速度に対する加齢の影響は反応時間が短い課題の場合には小さく、反応時間が長い課題の場合には大きい事を指摘したのである⁽⁴⁾。ローカルな枠組みで行なわれた研究の結果を鳥瞰することから一定の傾向が報告されたことは、認知加齢研究をローカルな枠組みだけでなく、グローバルな枠組からも検討する事の必要性を示唆するものであった。

ところが、反応時間研究の実験課題は課題ごとに条件の操作が異なっているために分散分析を用いた実験計画では2つ以上の課題を同次元上で比較する事はできない⁽⁵⁾。たとえ同一対象者にいくつかの認知課題を行なったとして

も、異なった課題間でその関係を比較する事はできないのである。そこで、グローバルな枠組みを検討できる研究法が考案されたのである。

4. グローバルな枠組における認知加齢研究

グローバルな枠組は、図1下段に示されるように年齢が影響する普遍的因子を仮定し、その因子が個々の認知課題に影響を及ぼすという形で示される。前章では、分散分析の問題点としてグローバルな枠組みでの研究が出来ないことを指摘した。ここでは、グローバルな枠組での研究法として因子分析的な研究法とプリンリープロット法の紹介をする。

因子分析的な研究法は、因子分析により、様々な認知課題の結果から加齢の影響の共通因子を明らかにしようとする研究手法である。実験計画としては複数の認知課題を縦断的に年月をあけて繰り返し行い、反応時間の加齢変化を求める方法がとられる。その変化量を対象に因子分析を行い、共通因子を推定するのである。この方法は実験実施に時間がかかるために、横断的に測定したデータから縦断的な結果を推定する方法を用いる。しかし、現状では研究例が少ないのでこれ以上は言及しない(参照 Salthouse, 1993)。

共通因子を推定する第二の方法としてプリンリープロット法があげられる。プリンリープロット法は認知加齢研究においては Brenley (1965) で初めて用いられたが、その後、Cerella et al. (1980) で再評価されるまではあまり注目されなかった。この手法は、本来測定単位の違う乳児の身体部位間の発達(ex. Snyder, Spencer, Owings & Schneider, 1975) や異種の動物間の身体部位の関係などを比較する方法として用いられており(ex. Passingham & Ettlinger, 1974)、異なった単位系の比較を行なう事から Allometric Analysis (異単位間分析)とも呼ばれる。

ここでは Hale, Myerson, Faust & Nathanael (1995) を例に挙げて、認知加齢研究におけるプリンリープロットの適応例を説明する。彼らは、心的回転課題、視覚探索課題、抽象マッチング課題を青年と高齢者を対象者として行なっ

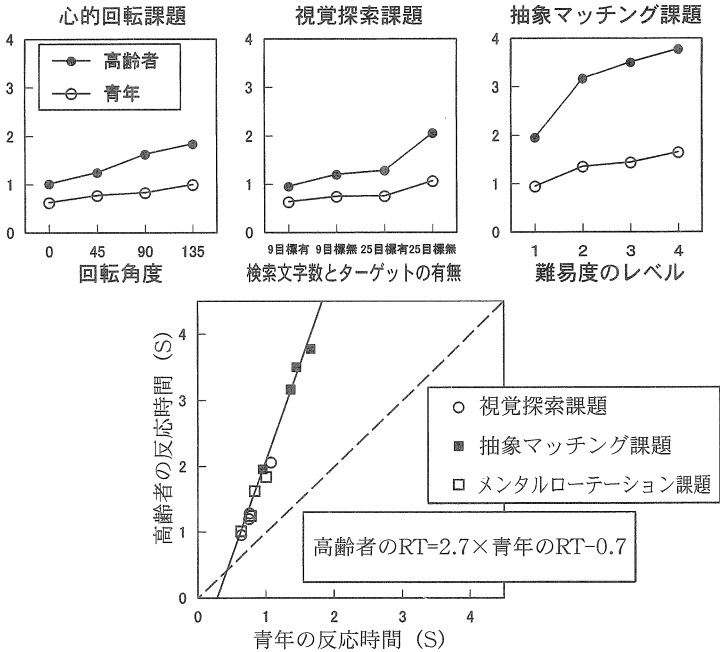


図2 分散分析的研究法に基づく反応時間表示 (上段) とプリンリープロット法による反応時間表示 (下段)

(Hale, Myerson, Faust and Nathanael, 1995 を参考に作成)

註：青年と高年齢者の反応時間が同じ場合には破線上にプロットされる。

た。個々の課題の反応時間を分散分析的手法で比較したものが図2上段の3つのグラフである。これらの個々の課題の結果から、前述のローカルな枠組みで指摘したのと同様に、1) 高年齢者の反応時間は青年に比較して遅延する、2) 課題の難易度の上昇 (図2左上段から右上段のにかけて) に伴ってその差は大きくなる、の2点が観察される。分散分析では、それらの課題間の関係をこれ以上検討する事はできない。

しかし、プリンリープロット法 (図2下段) を用いる事によってさらに分析を行うことが可能になる。分散分析では、横軸に課題の水準、縦軸に反応時間を年齢群別に表すが、プリンリープロット法では、横軸に青年の反応時間、縦軸に高年齢者の反応時間を表す。この座標上に個々の課題条件の反応時間を青年

と高齢者を対にしてプロットし、その関係を検討する。分散分析では、課題ごとに操作された条件間の差⁵⁾が異なるために個々の課題を同一次元上で比較することが出来なかったが、プリンリープロットではコントロールとなる青年群の反応時間が個々の課題の条件操作を反映する基準となるので、異なった課題条件間での反応時間の比較が可能になる。プリンリープロットの座標上では、もし青年と高齢者の反応時間が同一であれば、反応時間は図2下段において原点を通る45度の直線上(破線)にプロットされる。一方、高齢者で反応時間が遅延している場合には、その線より上部にプロットされ反応時間が早い場合は下部にプロットされる。

例に挙げた研究では、図2下段に示されるように、青年、高齢者の反応時間のプロットはすべて上部に集まり、分散分析の結果と同じく高齢者の反応時間が青年と比較して遅延している事を示している、また、それぞれのプロット間関係を見ると、3種類の異なった課題の反応時間がプロットされているにもかかわらず、それぞれのプロットの間には直線的な関係が認められた。回帰係数を求めると高齢者の反応時間 $=2.7 \times$ 青年の反応時間 -0.7 ($R^2=.98$)の直線回帰が当てはまるのである。

Cerellaの一連の研究は(Cerella et al., 1980; Cerella, 1985, 1990)は、過去に行われた反応時間研究をメタアナリシスを目的とした手法としてプリンリープロット法を用いている。彼の1980年の論文では、過去に発表された論文から99条件の反応時間を取り上げ分析を行なった。その結果は、個々の研究において対象者や課題の内容はまったく異なっているにもかかわらず、それぞれの反応時間を示す点は、Hale et. al (1995)と同様に、直線的な関係を示した。回帰分析の結果は、高齢者の反応時間 $=1.36 \times$ 青年の反応時間 -0.07 ($R^2=.95$)の直線回帰が当てはまった。

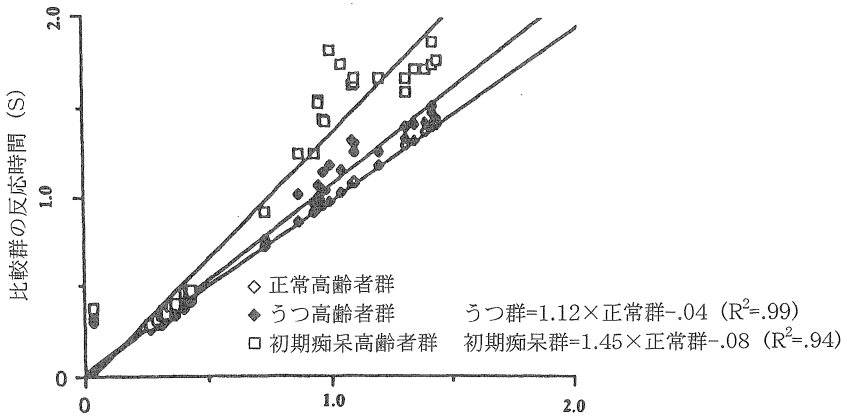
以上のように、プリンリープロット法を用いて青年と高齢者の反応時間を比較した結果は、高齢者の反応時間は課題内容に依存せず、青年の反応時間の関数で説明できること。また、その関係は一つの直線回帰で説明可能であることを示している。これらの結果から認知加齢は一つの共通因子から説明でき、そ

の共通因子がもたらす加齢の影響は、すべての認知処理過程対し同じ比率で均等であると考えられる普遍的遅延 (General Slowing) よばれる仮説が提唱された (Birren & Fisher, 1995; Cerella, 1985, 1990, Myerson, Hale, Wagstaff, Poon & Smith, 1990)。研究者によって共通因子の説明に関して違いはあるが、グローバルな枠組みで研究を行なう研究者は、認知加齢は共通因子で説明するだけで充分ではないかと考えているのである (Cerella, 1990; Salthouse, 1991)。

5. プリンリープロット法を用いた研究の応用的側面

ここまで、グローバルな枠組みの中で認知加齢をとらえる手法として、プリンリープロット法について説明した。プリンリープロット法の優れている点は、まず第一に認知加齢を一つの認知処理過程からだけでなく、いくつかの認知処理過程から総合的に評価できる点である。第二に、青年と高齢者といった群間の反応時間を比較するだけでなく、対象者一人ずつと統制群を比較する事が可能なことである。さらに、プリンリープロット法では回帰係数を算出し、傾き (slope)、切片 (intercept)、説明率 (coefficient of determination; R^2) の3種のパラメータを得ることができる。傾きは認知処理速度の遅延に伴って急勾配になることから認知処理速度の指標だと考えられており。また、切片は感覚運動系の処理時間を反映し (Cerella, 1980)、説明率は加齢の質的变化を反映すると考えられている (Nebes & Madden, 1988)。この特徴を生かしてプリンリープロット法は認知加齢の基礎研究だけでなく、痴呆やうつとの判別といった臨床的な側面でも注目されている。

老年性痴呆の特徴は、認知処理能力の低下が著しい事であるが、痴呆の初期段階では老年性うつとの判別が難しい事が知られている。Nebes & Madden (1988) はプリンリープロット法を用いたメタアナリシスから、回帰係数の傾きの増加と説明率の低下を指標として痴呆初期の判別の可能性を示している。Poon (1993) では対象者に複数の認知課題を行い、プリンリープロットを用い痴呆初期、老年性うつと正常な高齢者間で比較を行なった。その結果は図3



正常高齢者群の反応時間 (S)

図3 プリンリープロット法による正常高齢者群, うつ高齢者群, 初期痴呆高齢者群の反応時間の比較。

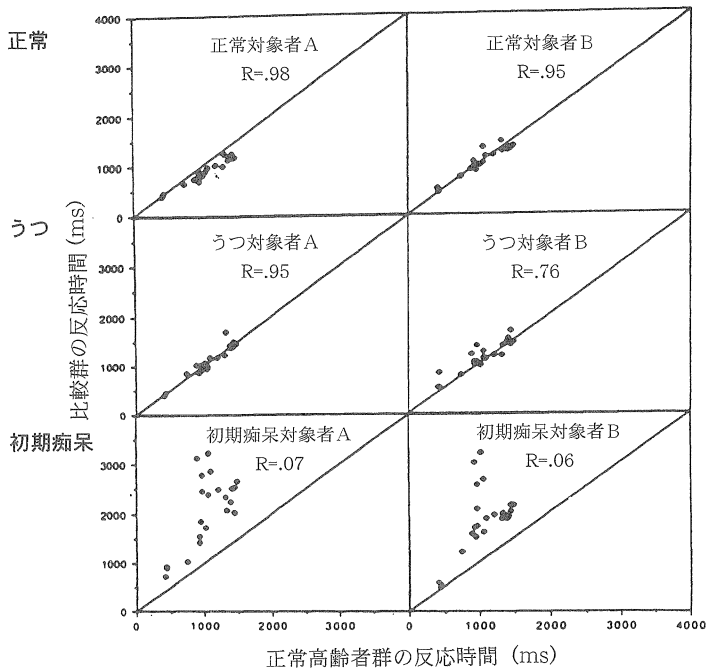


図4 対象者ごとにプリンリープロットを行った例

に示すように、正常な高齢者と比較して、老年性うつの対象者は傾きの差が小さく説明率も高かった（うつ群の反応時間 $=1.12 \times$ 正常高齢者の反応時間 -0.04 ; $R^2=.99$ ）。一方、痴呆初期の対象者は正常な高齢者と比較して傾きに大きな差があり、説明率も低い（痴呆初期群の反応時間 $=1.45 \times$ 正常高齢者の反応時間 -0.08 ; $R^2=.94$ ）ことから、プリンリープロットで両者選別が可能である事を示した。また、それぞれの群の代表的な対象者をプリンリープロットで比較した結果（図4）でも同様に痴呆初期の対象者を判別可能である事を示唆した。

この様に、プリンリープロットを用いた研究では、単一の認知処理過程の依存しないで、様々な認知過程を同一次元で比較し高齢者の臨床的な判別ができる可能性が示唆されているのである。

6. まとめと今後の問題

ここまで、ローカルな枠組みと比較しながら、認知加齢研究におけるグローバルな枠組の研究の重要性を述べた。ローカルな枠組みで行なった研究は分散分析を用いるため、その枠組みの中だけでしか認知加齢を観察できない。したがって、グローバルな枠組みで行なわれた研究の結果を実験デザインに反映させることができない。Salthouse (1993; p 323) は、ローカルな枠組みの研究が数多く行なわれている現状に対して、“認知加齢の要因は発表された論文数の数だけあるという状況が生まれた”と批判している。したがって、ローカルな枠組の認知加齢研究は、やみくもに認知加齢の研究対象を増やすことになりかねないと批判されよう。

一方、グローバルな枠組みで行なう研究は、認知加齢という現象を総合的に説明しようと試みている。また、個々の認知処理過程ではなく、共通因子を研究対象にしていることから系統立て認知加齢を研究するには効率がよいという利点を持っている (Salthouse, 1991, 1993)。また、臨床診断にも適応できる可能性も示唆されている (Ncbes & Madden, 1988; Poon et. al. 1993)。ただし、

グローバルな枠組みでの研究は、まだその途に付いたばかりであり、最近では言語的課題と非言語課題では、それぞれ回帰直線の傾きが異なるという報告がされるなど (Myerson & Hale, 1996)、まだ明かになっていない特徴も多いことから今後、さらに詳細に検討する必要があると考えられる。ある現象を観察するに際して、その対象に近づきすぎると、その全体像を把握する事はできない。また、遠ざかりすぎると重要な特徴を見落とす事がある。認知加齢研究においても同様に、“認知加齢”の本質を見失わない研究視点を持つことが重要であろう。

註

- (1) 認知加齢とは様々な心身機能が加齢によって受ける変化のうち、特に認知機能にみられる加齢変化をさす。Salthouse (1985 a, 1991) によると、加齢研究の文脈では、経験や学習によって蓄積された知識に注目した認知研究と情報処理的発想による処理の効率に注目した認知研究に区別できる。本論文では後者に焦点を当てている。
- (2) 加齢を研究対象にする場合、様々なタイプの実験デザインが考えられるが、本論文では、青年を統制群、高齢者を対象群とした場合の横断的デザインによる実験を念頭に置いている。
- (3) 認知心理学が研究対象にしている分野は多岐にわたり、細分化されている。そして、それぞれの研究分野では特定の認知処理過程が仮定されている。本論文では、ある認知課題を行った場合に、その処理を実行するのに必要な認知処理のコンポーネントを認知処理過程と考える。したがって特定の課題に依存した認知処理過程も存在するし、異なった課題間で同じ認知処理過程を経由する場合もある。
- (4) この現象は反応時間が長い課題の短い課題よりも課題を遂行するために必要な認知処理過程が多く、複雑さが増加するためであると考え、複雑性の効果 (Complexity Effect) と呼ばれている。
- (5) 個々に行なわれるローカルな枠組みの研究では、A 課題で操作された条件間の違いが、B 課題の条件間の違いと等しくはない。例えば、メンタルローテーション課題で設定された各角度間の差と、他の課題で操作される条件間の差は同一だとはいえない。

参考文献

- Brenley, J. F. (1995). Cognitive sets, Speed and accuracy of performance in the elderly. In A. T. Welford and J. E. Birren (Eds.), *Behavior, Aging, and the Nervous System*.
- 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* (3 rd. ed., pp. 201-221). San Diego, CA: Academic Press.
- Cerella, J., Poon, L. W., & Williams, D. M. (1980). Age and the complexity hypothesis. In L.W.Poon (Eds.), *Aging the 1980 s: Psychological issues*. American Psychological Association, Washington, DC.
- Cerella, J., Poon, L. W., & Fozard, J. L. (1981). Mental rotation and age reconsidered. *Journal of Gerontology*, 36, 620-624.
- Hale, S., Myerson, J. Hale, Faust, M., & Fristoe, N. (1995). Converting evidence for Domain-Specific Slowing from multiple nonlexical task and multiple analytic methods. *Journal of Gerontology: Psychological science*, 50 B, P 202-P 211.
- Hale, S., & Myerson, J. (1996). How specific is domain-specific slowing? Experimental evidence for differential slowing between, but not within, the lexical and nonlexical domains. Paper presented at the cognitive aging conference, Atlanta, GA.
- Pasingham, R. E., & Etlinger, G. A. (1974). A comparison of cortical function in man and other primates. *International Review of Neurobiology*, 16, 233-299.
- Poon, L. W. (1993). Assessing neuropsychological changes in pharmacological trials. *Clinical Neuropharmacology*, 16, Suppl. 1, S 31-S 38.
- Myerson, J., Hale, S., Wagstaff, D., Poon, L. W. & Smith, G. A. (1990). The information-loss model: A mathematical theory of age-related cognitive slowing. *Psychological Review*, 97, 475-487.
- Nebes, R. D., & Madden, D. J. (1988). Different patterns of cognitive slowing produced by Alzheimer's disease and normal aging. *Psychology and Aging*, 3, 102-104.
- Salthouse, T. A. (1985 a). *A theory of cognitive aging*. Amsterdam: North Holland.
- Salthouse, T. A. (1985 b). Speed of behavior and its implication for cognition. In J. E Birren & K. W. Schaie (Eds.). *Handbook of the psychology of aging*, (2 nd ed.). Van Nostrand Reinhold, New York.
- Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale NJ: Erlbaum.

- Salthouse, T. A. (1993). Shifting levels of analysis in the investigation of cognitive aging. *Human Development*, 35, 321-342.
- Smith, A. (1996). Forward. Abstracts of paper and poster presentations for cognitive aging conference, Atlanta, GA.
- Snyder, R. G., Spwncer, C. L., Owings, C. L., & Schneider, L. W. (1975). Anthropometry of U. S. infants and children (SP-394, Paper No. 7504423). Detroit MI: Society of Automotive Engineers.

——権藤 恭之 大学院研究員——

——宮田 洋 文学部教授——