

Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses

Paul Verhaeghen, John Cerella

Neuroscience and Biobehavioral Review 26(2002) 849-857

## はじめに

高齢になるにつれ過度なタスクパフォーマンスの衰退は明白であるとされている

- 加齢と関連があるとされているタスクはワーキングメモリ, エピソード記憶, 空間操作, 判断力, 心的操作, 視覚探索 \* 語彙については減少はみられない
  - 認知加齢の挑戦はこのような衰退を引き起こす責任原因(の変化)を確定すべき

最近 2 つの理論が優位を占めている

- 1 つ目は加齢による処理資源の変化である—処理速度の仮説
  - 認知はプロセスの割合によって操作されており, 加齢により少なくなるというもの
- 2 つ目は加齢特有のプロセスに注目している  
(実行コントロールプロセスを伴うものに対して)
  - 選択的注意(選択すべき情報だけに注意を向ける)や注意の転換
  - 注意を向けず, 無視を行う 上記区分している
  - 加齢による低下が実験的検証にされておりさらに, コントロールが多く必要とされるタスクではパフォーマンスに差がある

本文は, コントロールの低下に際した, 選択的, 分配的注意について, 加齢関連の実験的研究について評価するものである

- メタ分析を用い, 関連の文献からデータを集めた
  - 著者は他にスローペース効果, ネガティブプライミング, 二重課題, タスク転換にてメタ分析を行っている

分析のフレームワークは

- 処理速度の仮説を整理し, 条件により **general slowing** \* の誤りを示した
  - **general slowing**・・・「全般的低速化」個別の機能低下をではなく全体的な低下を想定.. 生物学的な機能の低下を第一原因としている.
- **additive**(付加・加重)や **multiplicative**(多様性)の複雑性効果を報告し, グラフに示し(プロット)結果の解釈とする

## 1. General slowing and its consequences for conclusion regarding age sensitivity of specific processes

高齢者の反応時間の変化は若者と比較して提示され、要因により傾きが大きくなる、との傾向でプロットがされている

- これらの原因は周辺要素(感覚や運動のプロセス)の減少 これを「general slowing」とし、タスク試行時高齢者群への解釈時、包括して検討する項目
  - データは周辺要素分を引き提示される
    - ◇ 若者が 500ms で課題完結+周辺要素 200ms 高齢者では 1.5 倍のスローイング要因が仮定される
    - ◇  $200 + 1.5 \times 300 = 650\text{ms}$  が高齢者では予想される(全体施行時間と周辺要素の差分に 1.5 を掛け、再度周辺要素分を加えている)
    - ◇ しかし著者は最小の要因としている
- より複雑なタスクでは年齢間で有意差ありと検証されているが、条件によって常に差があるか?
  - 現在 Maylor と Perfect により最新の検討がされている：加齢に関連した遅延要因を含む課題を通じ、相違着目。(反応時間に着目したのではなく)
- 付加的複雑性に対し、それ程検討されてこなかった
  - タスクで要求が増える程、余計な思考段階が付け加わる
  - コストは「高い要求状況での反応時間 - ベースラインでの反応時間」という差分が倍数になるものとし考察されている
- 加齢による実行コントロール低下について検証するため、general slowing だけでなく実行コントロールプロセスの形式も検証していく必要性がある
  - しかし従来の実験では条件や対象の点から検証が行えない
    - ◇ 解決法 1：両対象(若者,高齢者)のベースラインと実験条件の両レベルの数を増やす
    - ◇ 解決法 2：かつてメタ分析で実験データを貯めて行う  
メタ分析は試験的に複雑化の再解釈になり得る

## 2. Two type of complexity

本研究のメタ分析の結果はグラフにて提示

- 反応時間のデータはいくつかの文献から引用
- プロットは a) 条件間-内での年齢 b) 条件間-内での複雑性効果の条件を

プロットしている

- 「Brinley plot」・・若者と高齢者とが同じ水準,条件でのパフォーマンス結果が示される.それらの軌跡は「Brinley function」とする (Brinley, 1965)
- ◇ Brinley function は直線もしくは直線に近い形となり,傾きが加齢関連の遅延を表わす (Crella,1990)
- 「state space」・・同年齢間で複雑性のあるタスクとベースラインとのパフォーマンス結果を同時提示.それらの軌跡は「state trace」とする (Mayr,1996 Verhaeghen, 2000)

Brinley plot や state space の構成は可能であり, 大体が直線的な形式となるものと考えられる

- いくつかの仮説に基づいており,一つは反応時間が 2 つの独立要素に分けられるというもの (Crella, 1990) 周辺プロセス 中央プロセス
  - (例) 計算問題 (73+91) 数字や「+」意味コード化  
計算プロセス
- general slowing は の中央プロセスの遅延が,様々な要因により加齢によりみられるとしている

より複雑さを増すタスクでは遅延増加のいくつかの分類が考えられる

- 形式的な算術問題で,年齢間(若者と高齢者)で 付加的複雑性効果 多様の複雑性効果を検証した (Verhaeghen, 投稿中)

複雑な操作は余計なプロセスステージを付加,もしくは既存のプロセスを遅延させる

- オーバーヘッド(目的を達するために必要ではあるが,それ自体が本来の目的ではない処理)コスト見直しや組立変換を強いられるからかもしれない
  - オーバーヘッドコストは,実験の操作を通じて積み重なっていくものをさすが,その都度何が一区切りで加重されるのかの判明は本実験論じていない
  - 上記を「付加的複雑性」(complexity additive)とタイプ分類する
    - ◇ 反応時間が,ベースラインに常に一定増加分プラスした結果となり,state trace も対角線と平行して上昇が考えられる.
    - ◇ 複雑性コストや組立変換は,state trace の切片値(対角線上からの距離)で把握できると考えられる
  - general slowing 説では年齢間で複雑性コストは同等であり,遅延は一定

であるとしている Brinley function のベースラインの傾きから考察できる

- ◇ Brinley function のベースラインの傾きから考察できる
- ◇ Brinley plot が一つもしくは二つの平行の様相となる もし 2 線の出現であれば複雑性課題のオーバーヘッド要素は中央要素よりもより大きな要因になる
  
- ◇ これは state trace での高齢者のプロットは上昇し,若者分に対して平行をたどるということになる

複雑な操作はタスクの中央プロセスの全てを遅延や(内容を)増大させて調整させ行うなど,多様な効果を誘導する

- 上記を「多樣的複雑性」(complexity multiplicative)とする
- 複雑条件での中央プロセスにおける反応時間も,ベースラインの時間に対し固定した割合で変化がなされる
- ◇ state space・・・単一条件より傾きは大きくなるであろう。
  - ・・・年齢間ではベースラインと比較し複雑性に対する負荷の程度により,高齢と若者のプロットが重なるか距離がみられるかである
- ◇ Brinley function についても同様であり,中央プロセスでの複雑性に対する負荷が,加齢の負荷に対しての程度により変化してくるであろう

まとめると,複雑性効果をもたらす 2 種について特徴を述べた

- additive complexity は state space で若者と高齢者間で対角線上に平行であるという点. Brinley plot は単一か 2 つのラインが表示されるであろう 二つの場合,ベースラインと条件間での傾きは中央プロセスの遅延の度合いを示す
- multiplicative complexity は両タイプのプロットで傾きが大きくなるだろう 二本線の出現は加齢に特化した複雑性コストに関する負荷を示す

### 3.Experimental evidence for two types of complexity

- メタ分析のプレ施行とし著者自身で行った実験結果を示す
  - 被験者は若者,高齢者ともに 27 名ずつ
  - 行ったテストは カウンティングテスト (Fig.1 上段) 計算テスト

( Fig.1 下段 )

- ベースライン 6~9 個間で数字がスクリーンに映し出される
- 複雑性のある課題 4-7 のディストラクタ ( 妨害刺激 ) とともに映し出される
- ✓ 複雑性の方はディストラクタ排除時に注意や感覚のステップが付加されるがカウントそれ自体の効率には影響は無い
- ベースライン : 4-7 個での計算 ( 例 :  $5+2-3-2$  )
- 複雑性のある課題 : カッコつきの計算 ( 例 :  $\{5-(1+2)\}+\{(2+6)-3\}$  )
- ✓ 複雑性のあるものは内外で数を交換, 保持しておいた数を想起, 慎重さを有しスケジュールが必要となる こうした多様性による遅延が, 計算自体への遅延も生じさせると予想 ( 中央プロセスへの影響が大きい )

Fig.1 は結果を示し, 予想通りであった

- 認知 ( 知覚 ) 操作が付加性効果を引き起こした ( 線分が平行のため ) ( 上段 )
- 実行コントロール操作が多様性効果を引き起こした ( 線分が平行ではなく, 傾きもあるため ) ( 下段 )
- 多様性効果のいくつかの実験かつ自身の実験からで同じ結果が出ている
- 付加性効果についても予想通りであった
  - 2~3 の複数の条件を含有していると検討していたが単一 ( 認知のみ ) であった

#### 4. Meta-analyses on attention and aging : methods

注意的操作に特化した, 加齢による負荷を研究するにあたり 2 つの問題提起をする

- a ) 注意課題は additive complexity effect ( 付加複雑性効果 ) か multiplicative complexity effect ( 多様性複雑性効果 ) か, もしくは両者なのか
- b ) 上記効果に特化した加齢による低下が確実に観察できるか

このためメタ分析を用いる

- 研究文献から若者と高齢者の平均パフォーマンスを割り出す
- おのおのデータポイントは単一研究内での平均パフォーマンスである

2 つのタイプの注意が研究されている

- 選択的注意
  - 定義 ; 同時発生している情報内で, 特定目標を選択し他を無視する能力
  - 検討時良く使われるのは「ストローテスト」と「ネガティブプライミ

ングテスト」がある

- ◇ ストロープテスト：提示刺激の色名を回答,ベースラインは に塗られた色についてだが、実験条件は色文字を提示し,色名呼称と文字の音読間で誤りやすい
  - ◇ ネガティブプライミングテスト：初回の無視刺激を次回ターゲットとして回答させるもの.ベースラインよりも遅延がみられる.
- 本分析にて,ストロープテストとネガティブプライミングにて発表済みのデータを用い,選択的注意と年齢の関連についてメタ分析を行った.結果は Brinley plot と state trace にて示す.

■ 分割的注意

- 多樣的刺激や多樣的タスクの操作に関連するといわれている
- 検討時良く使われるタスクは「二重課題」と「タスク転換 (task-switching)」
  - ◇ 二重課題：二種の刺激間で (例：視覚刺激と聴覚刺激) のタスクを行うこと
  - ◇ タスク転換 (task-switching) : 心的タスクの構えの見直しや計画性が要求される.内容は 赤い数字が提示 - 偶数か奇数か答える 青い数字が提示 5 より大きいかどうか答える
- task-switching には 2 種類の検討を用いる
  - ◇ global task-switching 負荷：単一タスクの反応時間とタスク転換した反応時間.2 つのメンタルタスクの保持とスケジューリングとの関連した set up コストを示す
  - ◇ local task-switching 負荷：タスク転換トライアル時に,タスク転換が要求されたトライアルと,要求されなかったトライアルの反応時間.実質的にタスクを転換する,中央プロセスと関連がある
- この項目も二重課題と task-switching にて分割的注意と年齢についてメタ分析を行い,結果は Brinley plot と state space にて示す.
  - ◇ Brinley plot ではベースラインと実験条件を示し,2点との距離と傾きにより考察を行う
  - ◇ state space は若者群と高齢群を示し,2点との距離と傾斜により考察を行う

## 5.Meta-analyses on attention and aging :results

選択的注意にては fig.2 にて提示

- 結果・考察 1：二つの state trace は同様の配列となった
  - 両者の効果は多様性である
    - ✓ 単一条件よりもスロープの傾きが大きい 中央系プロセスを増大させた
    - ✓ 増大 (inflation) の要因はストロープ課題の方が大きい
    - ✓ ストロープ：1.9 の傾きの場合 90%の増大 (ネガティブ ~：1.1 傾きの場合 10%の増大)
    - ✓ 増大度合いの相違は時制的な動的さであろう  
ストロープは同時に存在する情報から一つを選択する (ネガ~は前回からの復活した刺激となり静的であるといえる)
- 結果・考察 2：干渉による効果に対し加齢の負荷がみられなかった
  - ◇ state trace にて単一ラインでの出現が,若者と高齢者ともに state trace にて中央プロセスの増大を証明するのに十分である (Brinley plot でも証明できる)
  - Inflation(増大)要因のように加齢に関して遅延要因は色名回答の方が大きい
  - ストロープテストは色名回答であり,ネガ~文字音読となる

分割的注意は fig.3 にて提示 選択的注意よりより複雑な配置となった

- 結果・考察 1：二重課題と global task-switching にて付加的複雑性効果がみられた
  - 二つのタスクの set の同時的な操作と保持が必要であるためか
  - Fig.1 で示したカウンティングデータと類似している
  - プロセス：刺激の配列にディストラクタが加えられる 複雑さを発生させる set up プロセスを分離させることで,排除する
- local task-switching にて多様性複雑性効果がみられた
  - 既に作動しているものから,二つの心的タスク設置 (set up) の選択?
    - ◇ 選択的注意タスクと要求されるパフォーマンスと類似
- 結果・考察 2：加齢の効果は
  - local task-switching にてみられなかった
    - ◇ 理由：state trace と Brinley function にて単線の出現により明白である
  - 二重課題と global task-switching では見られた
    - ◇ 理由：state space と Brinley space にて分離かつ水平のラインが出現したため

◇ フレームワークでは

- ✓ **general slowing**とは異なる理論の検証のため,複雑性負荷が付加性であれば **state trace** のみで分離がされると期待された(周辺の要素は最小である,との考え方)
- ✓ **Brinley space** の分離は **set up** 負荷に特化した加齢による低下が **general slowing** の低下を越えるものと考えた

## 6.Conclusion

5つのメタ分析により年齢による結果の相違が出現した

二つのレベルに形式化できる

- **abstract**・計算レベルでのパターン
  - 複雑性コストが多様性の場合年齢差見られず,付加性はベースラインからの外挿値よりも大きくなるなど,差が見られた
- タスクを用いての具体的なレベル
  - 「ストロープテスト」と「ネガティブプライミングテスト」,「**local task-switching**」にて
    - ◇ 選択的要求は中心的プロセスを増大させる
    - ◇ しかし度合いは二つの年齢間で相違なし
  - 二重課題と **global task-switching** にて
    - ◇ 付加的課題と考えられ,年齢差みられた
    - ◇ 付加によるプロセスの負担は,ベースラインで明らかになった遅延よりも高齢者の方が大きくかかっている.
- 今まで論じてきた事が正しいのであれば(他への問題点)
  1. 単一の遅延理論では不十分である(**general slowing** に対して)
  2. 刺激を選択する性格のもの,心的タスク **set** を含んだ実行プロセスのみに特化した負荷を論じている場合,支持できない
  3. 多様性の加齢がワーキングメモリを評価する課題でみられたとの結果注意レベルプロセスにおける加齢の低下が引き起こしたとの根拠だが,作動記憶は付加として性格づけられるものであるため,言い切れない