

記憶系の情報制御過程に関する精神薄弱児の特性

——記憶検索課題による発達の検討——

神園 幸郎・雨宮 政・斎藤 義夫

I 問題の所在

精神薄弱は知能の障害が主たる原因であることは言うまでもないが、その知的能力は基底をなす種々の認知過程と密接な関係を持っている。とりわけ、対象を適切に知覚し、その情報を貯蔵し、貯蔵されている情報を効率よく利用するという一連の記憶過程が知的能力にはたす役割は重要である。

記憶が知的能力に及ぼす影響については従来から指摘されていたにもかかわらず、記憶のメカニズムにまで迫る研究はほとんどなされていなかった。しかし、近年、Waugh & Norman (1965) や Atkinson & Shiffrin (1968) によって、記憶過程 (memory process) のモデルが提案されるに至って、記憶のメカニズムを有機的に把握しようとする試みがなされるようになってきた。このような流れの中で、精神薄弱における記憶の障害機制についても、しだいに明らかになりつつある。

Belmont & Butterfield (1969) は、精神薄弱の記憶の障害を短期記憶 (short-term memory) の劣弱性に依るものとし、精神年齢 (mental age) と相互関係する短期記憶能力の個人差は、忘却率 (forgetting rate) よりも、獲得 (acquisition) もしくは符号化 (encoding) の差異を反映すると結論した。また、Ellis (1970)、Ellis, McCarver & Ashurst (1970) は、系列再生課題 (serial recall task) の結果から、精神薄弱での短期記憶系におけるリハーサル方略 (rehearsal strategy) の欠陥を指摘した。Belmont & Butterfield (1969) は、同種の課題における想起時間の分析から、貯蔵されている情報を取り出す際の検索能力の遅れを示唆した。

以上のような精神薄弱の記憶過程に関する研究から、精神薄弱における記憶の障害は、短期記憶ストアそのものに内蔵された機能、すなわち、貯蔵 (storage) の能力の障害に依るのではなく、記憶系の入・出力時に作用する符号化、リハーサル及び検索能力といった情報の制御過程 (control process) の劣弱性に起因しているもの

と考えられる。

記憶過程における符号化、及び検索の問題を有機的に把握する手段として、反応時間パラダイムによる記憶検索課題 (memory scanning task) が有効である。そこで、本研究は、記憶検索課題から、記憶系の制御過程特に、符号化過程と検索過程を中心に精神薄弱の発達の特性を検討した。

II 記憶検索過程の理論的枠組み

反応時間は、刺激の認知から反応生成までに必要とする個々の処理ステージでの消費時間の総和であるために、途中の処理経過を逐一表現しているわけではない。したがってそれぞれのステージの消費時間の総合の仕方についてモデルを設定し、反応時間から逆にたどって構成ステージを割り出していくことになる。

Sternberg (1969a) は、加算法 (additive factor method) というモデルから、記憶検索課題で予想される4つのそれぞれ独立なステージを割り出した (図1参照)。

記憶検索課題は、1—6個の数字を記銘系列 (target stimulus) として視覚的に提示した後で、1個の数字をテスト刺激 (probe stimulus) として提示する。被験者は、それが先に記憶した記銘系列の成員であるかどうかを判断して「イエス」または「ノー」の反応を行わなければならない。Sternberg は、このような手続きから得られた反応時間を、記銘系列数の関数として表わしたところ、反応時間が記銘系列の数の大きさに対して線型増加関数となったことから、その回帰直線の勾配を比較 (comparison) のステージでの記銘系列1個を走査・照合する時間として、また、その回帰直線と縦軸 (反応時間) の切片を、走査・照合ステージ以外のステージ (符号化過程・反応決定過程、反応生成過程) における消費時間の総和としてみなした。

比較ステージでの走査・照合の方略に関しては、記銘系列を1個ずつ順に走査・照合する直列型 (serial type)

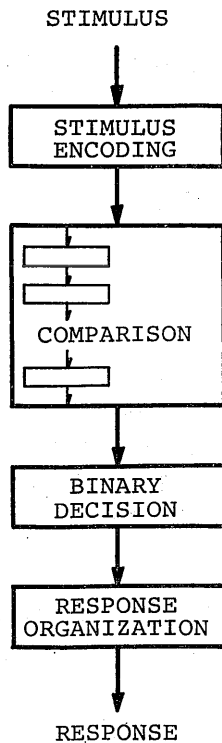


図1 記憶検索過程の処理ステージ (Sternberg, 1969a)

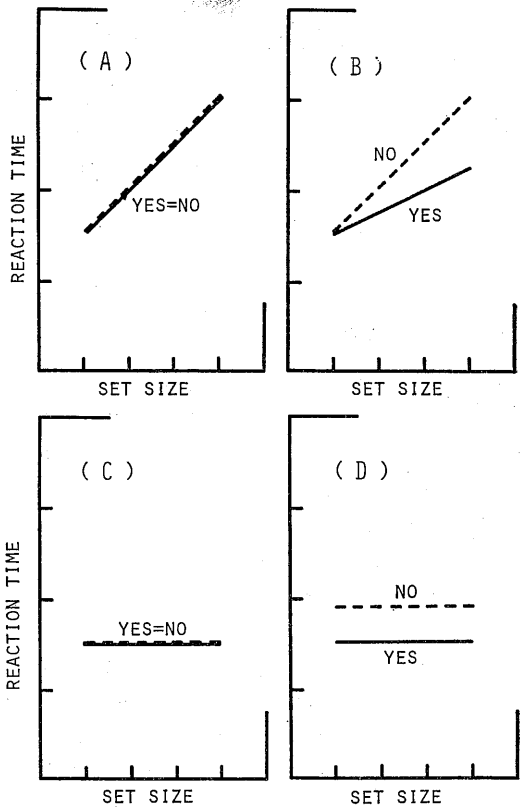


図2 各走査・照合方略の反応時間関数

と、同時に一斉に走査・照合する並列型 (parallel type) がある。また、各々の型に対して、記録系列の中にテスト刺激と同一の成員を検出した時点で走査・照合を打ち切る中途打ち切り走査 (self-terminating scan) と系列の最後まで一通り調べる全要素走査 (exhaustive scan) の2種類が考えられる。直列型では、記録系列の数が増すにつれて反応時間は増加するが、同じ直列型でも全要素走査の場合 (図2-A) は、「イエス」と「ノー」の反応時間は一致し、中途打ち切り走査の場合 (図2-B) は、「イエス」反応は「ノー」反応の勾配より緩慢になる。

並列型では、反応時間は記録系列の数に関係なく一定となるが、全要素走査の場合 (図2-C)、「イエス」と「ノー」の反応時間が一致するのに対して、中途打ち切り走査の場合 (図2-D) は、記録系列における個々の成員の走査・照合時間が常に一定であるとはかぎらないので、やはり「イエス」反応の方が反応時間は速くなる。

理論的には、上述の4つのタイプの走査・照合の方略が考えられるが、Sternberg (1966) は、実験の結果で直列全要素走査を示す反応時間関数 (reaction time function) を得たことから、短期記憶検索の方略は直列全要

素走査であると結論している。

III 方法

1. 材料及び条件

刺激は Sternberg (1966) の実験と同様に0から9までの数字を用いた。符号化過程の特性を検討するためにテスト刺激の種類から次の3つの課題を構成した (1例を図3に示した)。

標準刺激課題 (intact-stimulus task) —— テスト刺激として、フィルタによるマスキングもなく回転もしていない数字 (intact digit) を用いた課題。

マスキング刺激課題 (masked-stimulus task) —— テスト刺激として、円型の網の目状フィルタで被われた数字を用いた課題。

回転刺激課題 (rotated-stimulus task) —— テスト刺激として、ランダムに回転した数字を用いた課題。

記録系列は、3課題に共通して、数字 (intact digit) を横一列に配置し、同時提示できるようにした。なお、

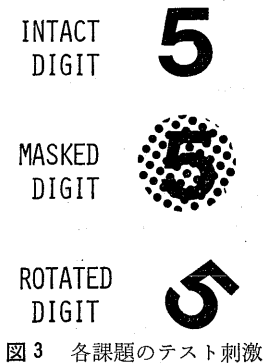


図3 各課題のテスト刺激

記銘系列の数は、標準刺激課題とマスキング刺激課題では1, 3, 5の3条件、回転刺激課題では1, 2, 3の3条件とした。各条件の試行数は12試行で「イエス」反応と「ノー」反応の出現頻度は等確率ランダムとした。

2. 装置

刺激は、42 cm × 28 cm の横長の提示面に背面からスライドプロジェクタで提示した。反応は、被験者の机上に置かれた反応ボックス上の2個のボタンを操作して応答させた。なお、被験者が反応ボタンを押すと同時に、そのボタンに対応したフィードバック用ランプが点灯するようにになっている。刺激提示から反応までの反応時間は、msec.単位でデジタル表示されるタイムカウンタで計測した。

3. 手続き

最初に、記銘刺激またはその集合を視覚的に提示し、それを記憶させた後でテスト刺激を提示した。テスト刺激が記銘系列の成員であれば「イエス」反応、そうでなければ「ノー」反応として、それぞれ指定したボタンを押させる。反応と同時に、提示面のテスト刺激は消失し、フィードバック用のランプが点灯する。実験者はその時の反応時間を記録し、ランプとタイムカウンタをリセットする。約4秒の試行間インターバルの後、次の刺激が提示された。

4. 対象

養護学校の中等部及び高等部に在籍の精神薄弱25例(年齢12: 9~17: 11, IQ44~79)および健常群として小学生7例(年齢9: 10~12: 5), 中学生14例(年齢13: 1~15: 2)と成人12例(年齢20: 5~24: 8)を対象とした。精神薄弱例については顕著な神経学的所見のない対象に限った。

IV 結果と考察

1. 検索過程の発達

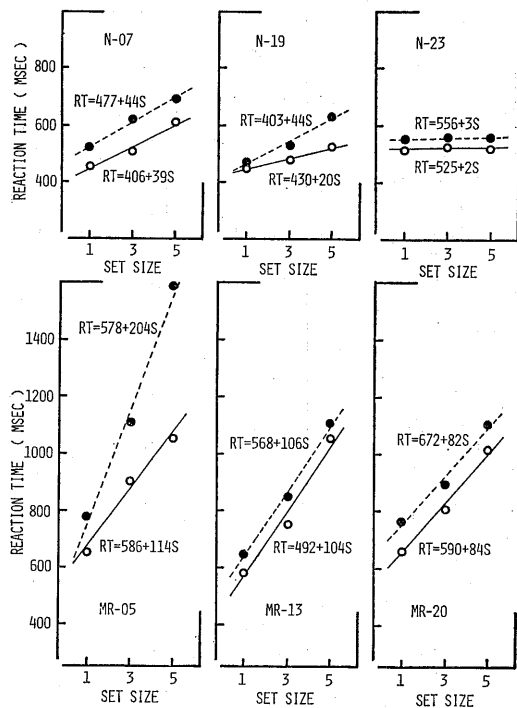


図4 標準刺激課題の個人別成績

図4は標準刺激課題の「イエス」反応(O印)と「ノー」反応(●印)の平均反応時間(RT)と記銘系列の長さの関係をプロットしたものである。図中の実線と破線は、それぞれ「イエス」反応と「ノー」反応の回帰直線を示す。[RTの記銘系列数への回帰傾向は、 $RT = a + bs$ (a : 縦軸切片, b : 勾配係数, s : 記銘系列数)から算出した。]なお図は、健常(N)例(上段)と精神薄弱(MR)例(下段)の代表例をそれぞれ3例ずつ比較して掲げた。

N群では、概して、直列全要素走査型(N-07)のボタンが大勢を占めるが、直列中途打ち切り型(N-19)や並列型(N-23)もみられ、Sternbergの主張する直列全要素走査の処理方略が常にとられるとはかぎらない。

一方、MR群でも直列全要素走査型(MR-13, MR-20), 直列中途打ち切り型(MR-05)のボタンがみられるが、並列型は全く認められない。並列型の走査・照合は、記憶内の情報を一斉に当て同時に調べる検索方略であるため、直列型に較べて処理の効率は良いが、機構的には複雑で高度なものを必要としているので、MR群ではこの機構が用意されていないとみてよいであろう。

図5は、各MA段階ごとに個人の成績を平均し、記銘系列との関係を示した。図の上段にN群(小学生群:

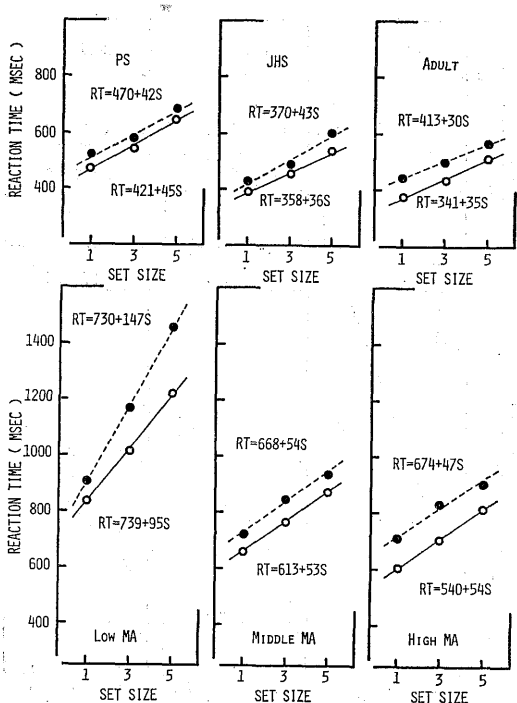


図5 標準刺激課題の各MA段階における成績

PS, 中学生群: JHS, 成人群: ADULT), 下段にMR群 [低MA群 (MA5: 09-7:10), 中MA群 (MA8: 03-9:11), 高MA群 (MA10: 0-12:06)] の結果を示した。

N群では各年齢段階で直列全要素走査型のパターンを示し, またMR群でも, 中MA群, 高MA群ではN群と同様な傾向を示した。しかし, 低MA群では「イエス」反応の句配が「ノー」反応のそれよりかなり緩慢になって

おり, 直列中途打ち切り型の走査方略をとっている公算が強い。

Sternberg (1969b)は, 直列全要素走査の処理機構を図6のモデルで説明しその合理性を主張した。テスト刺激が提示されると同時にH (Homunculus: 中央処理装置) が走査装置(Scanner)を作動させて, 記憶されている項目を1個ずつ走査しては, 順に比較照合装置(Comparator)に送る。そこでテスト刺激と較べ, その結果を照合レジスタ(Register)に格納する。最後の項目を走査し終えたところでHを照合レジスタの方に切り換え, 照合した結果を調べてから反応の方に切り換える。このような機構は, 走査装置からレジスタへの切り換え(Switching)に一定の時間を必要とする。走査・照合が高速で行われる場合には, 各走査・照合毎に切り換えを行うより, 一通り走査が終わった後で照合レジスタに切り換えた方が効率が良い。ところが, 走査・照合にかなりの時間を要する場合は, 各走査・照合毎にレジスタ検査を行う中途打ち切り走査がとられる可能性が生じてくる。

このモデルから図5の結果を解釈すると, N群及び中MA, 高MA群では, 記録系列の1個あたりに要する走査・照合の時間は, Sternbergの結果と大差がなく, 高速の処理が行われたことが伺われる。したがって, 処理が高速で行われる場合に好都合な直列全要素走査の処理方略が用いられたのであろう。これに対して, 低MA群の走査・照合に要する時間は, N群及び中MA群, 高MA群の約5倍も長い。そのため, 直列全要素走査はむしろ効率が悪く, 記録系列内にテスト刺激と一致する成員を検出した時点で反応を生成する処理方略, 即ち, 直列中途打ち切り走査のパターンを示したのであろう。低

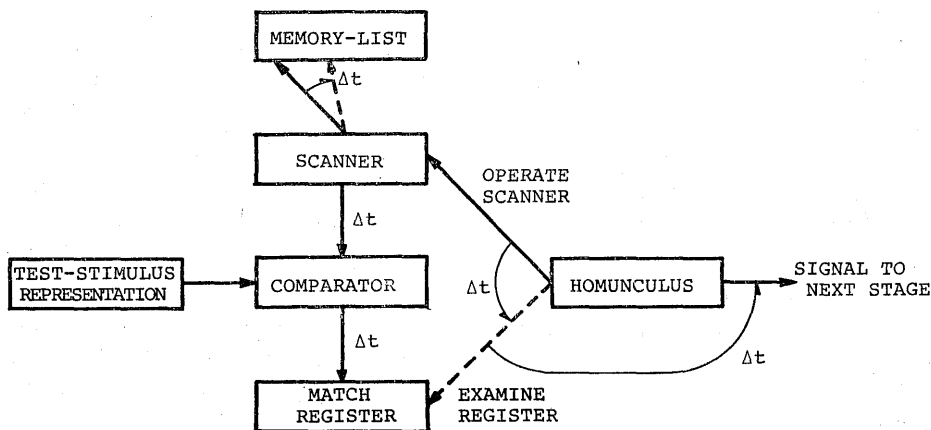


図6 直列全要素走査システム

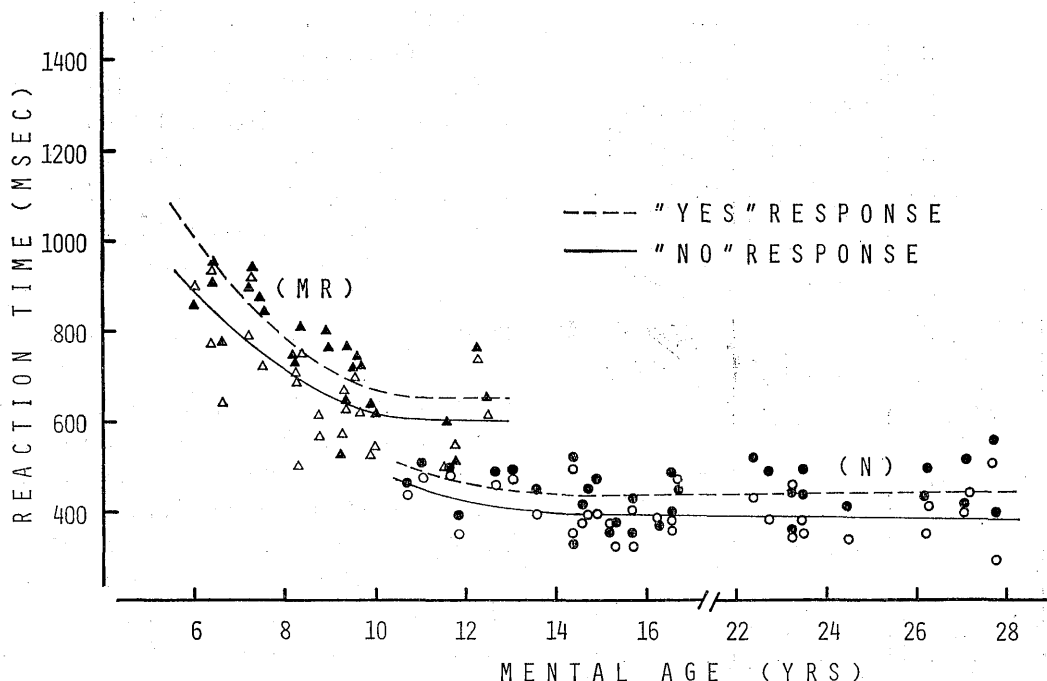


図7 標準刺激課題における記銘系列1個の場合の平均反応時間とMAの関係

MA群の走査・照合の消費時間が長いことに関して、伊沢ら(1978)は、低MA段階で照合効率が悪いことを確認し、照合過程の劣弱性を指摘した。さらに、検索の効率の悪さも当然予想される。この点については後述する。

以上のように、図5の結果は Sternberg のモデルで一応説明はつくが、図3でみられたN群での直列中途打ち切り型のパタンについては説明が困難である。ここでの走査・照合の時間は、直列全要素走査型のそれとはほぼ等しく、高速度の処理を行った公算が強い。したがって、低MA群とN群の直列中途打ち切り型のパタンは、その背景をなす処理機構が本質的に異なっていると考えるべきであろう。この点については、Sternbergのモデルの理論的な検討を含めて今後の問題としたい。

各群の全体的な反応時間の発達の傾向は、MAの増加とともに減少した。N群では、中学生、成人はほぼ同様な反応時間を示したが、小学生は、前者に比べて顕著な反応時間の増加を示した。一方、MR群では、高MA群に較べ中MA群はわずかに反応時間の増加傾向が認められたが、高MA群と中MA群における反応時間の差に較べて、中MA群と低MA群の差が著しい。また、記銘刺激が1個の場合、同MAのN群(小学生)とMR群(高MA群)の結果を比較すると、MR群の方が「イエス」、「ノー」反応ともに約100~150msec増加した。

以上のような現象を記銘刺激1個の場合について、各個人の成績とMAとの関係をさらに詳しくみたものが図7である。図中の実線と破線で示した曲線は、それぞれ「イエス」反応(N群:○印, MR群:△印)と「ノー」反応(N群:●印, MR群:▲印)の反応時間のMAに対する回帰傾向を二次回帰式から算出したものである。なお、N群とMR群の回帰曲線は別個に計算した。

この図からも明らかなように、先に述べた現象は反応時間の連続的発達傾向からも確認できる。

一般に、比較的単純な刺激—反応事態である単純反応時間課題(simple reaction time task)では、N群とMR群の成績がMA軸上で同一の回帰をなし、ほぼ完全なMA規定性がすでに認められている(伊沢他, 1974)。しかし、本課題は単純反応時間課題に較べて多くの処理過程を必要とする複雑な課題であり、両群間の差を生起する要因として、課題の複雑さが大きく関与しているものと思われる。本課題で用いた数字素材は、単純反応時間課題で用いられた単純な光刺激に較べて、言語符号、並びに意味符号といった高次な符号体系を伴った刺激である。このような刺激を処理するためには、長期記憶(long-term memory)内に貯蔵されている種々の情報を有効に検索し、刺激の符号化に援用しなければならない(Shiffrin 1975)。MR群では、特にこの操作が困難

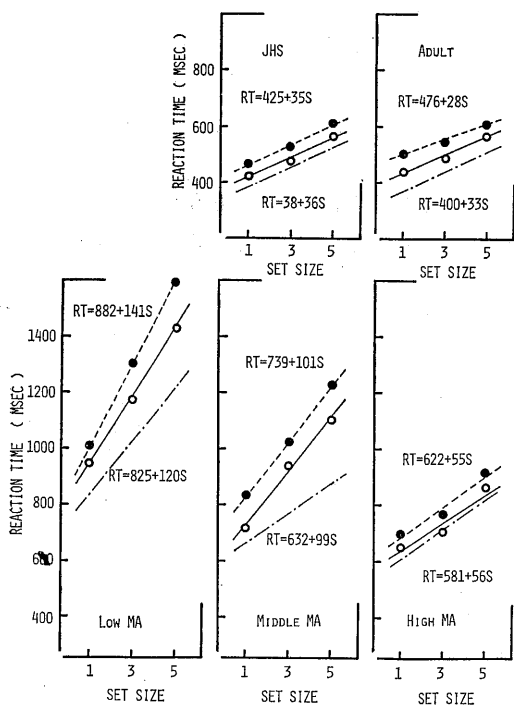


図8 マスキング刺激課題の各MA段階における成績

であることから、結果的に反応時間の遅延を生じた公算が強い。

また、本課題は、単純反応時間とは違って反応の決定過程が二選択である。すなわち、課題処理での結果を実際の反応として生成する場合には、2つのカテゴリに分類し、指定されたボタンを押さなければならない。したがって、それだけ単純反応時間課題に較べて複雑であり、当然MR群では、この反応決定過程(response decision process)での遅れも予想される。

同MAのN群とMR群の成績に明らかな差が認められたことからすると、知能テストの結果から算出されるMAだけからは、MR群における上述の特性を把握し得ていないことは確かである。高速度の認知情報処理を要求される反応時間パラダイムでは、従来の知能テストにおいて把握され得なかったような符号化過程、及び、反応決定過程といった情報処理に関するMR群の特性が顕在化してくることがわかる。

2. 符号化の問題

図8は、テスト刺激として、マスキング数字(方法参照)を用いた課題の結果である。図の上段はN群²⁾(中学生, 成人), 下段はMR群(低MA群, 中MA群, 高MA群)における各記銘系列数($s=1, 3, 5$)の平均

反応時間を示している。なお、それぞれの図には、対応する標準刺激課題での結果も併せて記載した(一点破線)。

N群では、各記銘系列において、標準刺激課題の成績よりも、わずかつづ反応時間が遅延しているが、帰帰線の勾配には差が認められない。標準刺激は、即座に符号化が可能であるのに対して、マスキング刺激は、ノイズ(メッシュ)の中から信号(数字)を抽出する操作がよけいに加わるために、当然、符号化過程での遅れが予想される。しかし、一旦、符号化されてしまうと、標準刺激と同様な処理過程を経ることになり、記銘刺激の走査・照合の時間に差は生じない。

一方、MR群でも、高MA群ではN群と同様な成績を示すことから、N群と同じ処理経過を経ている公算が強い。しかし、低MA群と中MA群では、前者とは違った様相を呈している。低MA, 中MA両群ともに、標準刺激課題よりも反応時間は遅延しており、その傾向は記銘系列の数が増すにつれて著しくなる。すなわち、記銘系列1個を走査・照合する時間は、標準刺激課題よりもかなり遅くなっている。仮に、テスト刺激の符号化がN群及び高MA群と同じようになされたとすれば、全体の反応時間は標準刺激課題の成績を上回るが、走査・照合に要する時間は、両課題で差は生じないはずである。しかし、これらの群では帰帰線の勾配が急峻になっていることから、テスト刺激の符号化がN群, 高MA群とは異質なものである公算が強い。考えられることは、マスキング刺激から信号を完全に抽出できず、ノイズをも含めた符号化が起ったために、その符号と記銘刺激(ノイズを含まない)との照合が起こることになり、照合効率が悪くなったものと思われる。

図9は、テスト刺激として、回転した数字を用いた課題の結果である。本課題は、記銘刺激の対を3個までしか用いていないので、走査・照合の速さに関しては即断しにくい。概して、標準刺激課題と大差はないとみてよいであろう。しかし、全体の反応時間レベルに関しては、各被験者群間で、その傾向に違いがみられる。図10は、記銘系列が1個の場合における標準刺激課題、マスキング課題と本課題の「イエス」、「ノー」両反応の成績を比較したものである。N群では、「イエス」、「ノー」両反応ともに本課題の反応時間は、標準刺激課題よりも遅く、マスキング刺激と同様に符号化の困難性による反応時間の遅延で解釈がつく。しかし、MR群では、概して標準刺激課題の反応時間に較べて本課題の成績がわずかに速くなっている傾向にある。回転している刺激の符号化は、標準刺激の符号化に較べて困難であるために当然

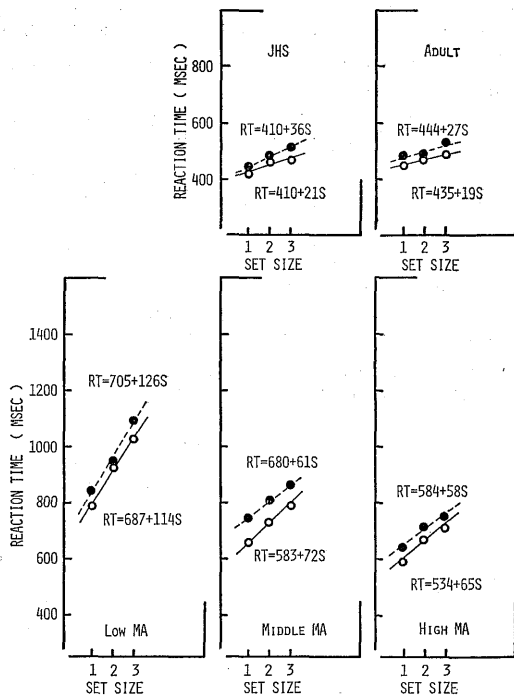


図8 回転刺激課題の各MA段階における成績

反応時間の遅延が予想されるにもかかわらず、回転刺激での反応時間が速い傾向にあることから、回転刺激はむしろMR群の符号化を改善していると考えられる。また、N群ではマスクング刺激と本刺激の抑制効果に大差がみられないのに対して、MR群では両課題間の成績に顕著な差があることから、回転刺激による促進効果が指摘できる。信号となる数字が回転していないマスクング刺激に比べて、回転刺激は、MRに対して新奇性の高いものとして認識される可能性がある。テスト刺激の新奇性による促進効果を期待できないマスクング刺激課題では、ノイズの中から信号を抽出する際の符号化効率の悪さだけが反応時間に大きく反映するが、回転刺激課題では、刺激のもつ新奇性の効果によって、注意(attention)が喚起され符号化効率がむしろ高まったと考えることができる。

この現象の解釈については、さらに詳細な検討を必要とするが、MR群の符号化の特異性を示すものとして興味ある現象であろう。

V 結 語

精神薄弱における記憶系の情報制御過程の特性を発達的観点から検討し次のような知見を得た。

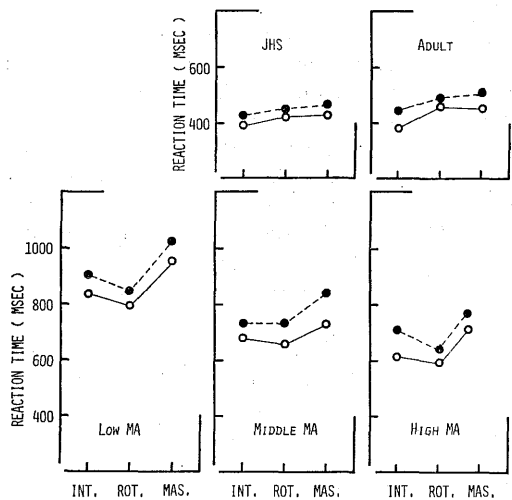


図10 記銘刺激1個における各課題の反応時間

1. MR群では並列型の走査・照合方式が全く認められなかった。これは、MR群の検索効率の悪さを反映しているであろう。
2. 中・高MA群はN群と同様に直列全要素走査のボタンを示すが、低MA群では直列中途打ち切り走査のボタンを示した。この現象について Sternberg の高速度走査モデルで解釈した。
3. N群とMR群における反応時間の発達がMA軸上で不連続になったことから、MR群の知的特性はMAという尺度だけでは解釈できないことを示した。
4. マスキング課題で、低・中MA群は、N群・高MA群より効率の悪い符号化を行っていることがわかった。
5. 回転刺激は、MR群の符号化を促進させた。この現象はMR群の符号化の特異性を示していると思われる。

注1) 群では明らかな並列型のボタンを示す個人例は分析から除いた。

注2) 小学生群は都合により実験を行っていない。

文 献

- 1) Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. Human memory; A proposed system and its control processes. In Spence, K. W & Spence, J. J. (Ed.) The psychology of learning and motivation. Academic Press, 2, 1968, 2, 89-195.
- 2) Belmont, J. M., & Butterfield, E. C. The relations of short-term memory to development and intelligence. In Lipsitt L. P. & Reese H. W. (Ed.) Advances in child development and behavior. (Vol. 4), New York, Academic Press,

1969.

- 3) Ellis, N. R. Memory process in retardates and normals. *International review of research in mental retardation*. (Vol. 4), New York, Academic Press, 1970.
- 4) Ellis, N. R., McCarver, R. B., Ashurst, H. M. Short-term memory in the retarded: Ability level and stimulus meaningfulness. *American Journal of Mental Deficiency*, 1970, 75, 72-80.
- 5) 伊沢秀而, 内山武治, 茂木俊彦, 山際一郎 視覚反応時間における遅滞児の特性 特殊教育研究施設報告 1974, 7.
- 6) 伊沢秀而, 迫明仁, 神園幸郎 比較処理における言語介在の機構とその発達, 特殊教育研究施設報告, 1978, 19.
- 7) Shiffrin, R. M. Short term store: The base for a memory system. In F. Restle et al. (Ed.), *Cognitive Theory* (Vol. 1), Lawrence Erlbaum Associates, 1975.
- 8) Sternberg, S. High-speed scanning in human memory. *Science*, 1966, 153, 652-654.
- 9) Sternberg, S. The discovery of processing stage: Extensions of Donder's method. In W. G. Koster (Ed.), *Attention and Performance, II*. *Acta Psychologica*, 1969 (a), 30, 279-315.
- 10) Sternberg, S. Memory-Scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, 1969 (b), 57, 421-457.
- 11) Waugh, N. E., & Norman, D. A. Primary memory, *Psychological Review*, 1965, 72, 89-104.

Summary

The Characteristics of the Mentally Retarded on Information Control Process of Memory System

—A Developmental Study in Memory Scanning Task—

by Sachiro Kamizono, Masashi Amemiya and Yoshio Saito

The purpose of this paper was to investigate an information control process of memory system in the mentally retarded. The experiments were designed to explore their encoding process and retrieval process in memory scanning task. Two groups of subjects, 25 retardates (CA 12 : 9-17 : 11, IQ 44-79) and 33 normals (CA 9 : 10-24 : 8), were examined in three experimental tasks (intact digit task, masked digit task, rotated digit task) differed in the probe stimulus.

The results were as follows :

- (1) Scanning strategy of parallel type was identified in the control group, but not in the mentally retarded group. This result suggested the inefficiency of retrieval process in the mentally retarded.
- (2) Scanning strategy of serial exhaustive type was taken by the middle and high MA groups in the mentally retarded as well as by the control group.
On the other hand, the serial self-terminate type was adopted by the low MA group. This was interpreted from Sternberg's high speed scanning model.
- (3) The development of reaction time, which was related to MA, was found to be discontinuous between the control and the mentally retarded groups. From this result, it was suggested that mental ability of the mentally retarded could not be understood only by the measure of mental age.
- (4) In general, reaction time was delayed in the masked digit task than in the intact digit task. Particularly, this delay was remarkable in the low MA and middle MA groups. It was found that these groups inefficiently encoded the stimuli.
- (5) Rotated digit facilitated the performance of the mentally retarded. This phenomenon would be interestingly suggestive of the characteristics of encoding process in the mentally retarded.