HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	情報の冗長化と反応時間：精神薄弱者の反応時間の解析
Author(s)	北島, 象司
Citation	北海道大學教育學部紀要, 14, 59-66
Issue Date	1967-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29034
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_P59-66.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

情報の冗長化と反応時間

——精神薄弱者の反応時間の解析——

Information, redundancy and reaction time : An analysis of reaction times of mental deficiency

北　島　象　司

SHOJI KITAJIMA

感覚器官に刺戟が加えられてから反応が生じるまでにはある時間を必要とする。特に求心—遠心路の間に中枢回路が介在している場合には，統合とよばれる心理—生理的過程が参与する。この統合過程は神経興奮の単なる伝達ではなく，興奮相互間の加重と抑制による，いわゆる情報処理過程である（Rapoport, 1962）。ここでは情報処理過程のモデルを設定し，そのモデルの中では，入力を符号化し，その符号系列を系内部の符号系列と照合する，という過程が進行していると考えることにする。そして，この符号系列の長さは，入力情報量と関係があることを情報理論によって検討し，その仮定にもとづいて反応時間を分析した。いわゆる知能とよばれる行動特性は，外界の情報を冗長にして，情報処理系における符号系列を，全体として可及的短かくするはたらきをもつものと思われる。

目　　次

序
第1章　情報理論による知覚過程の分析
第2章　反応時間（RT）の解析
第3章　知能と情報処理：精神薄弱者の RT
結　　論
参考文献

序

この論文は，Barlow（1959）が提案しているつぎの仮説の検討を目的とする。

仮説：知能的とよばれる行動特性は，情報処理系への入力情報の冗長度を大きくして，系内部の信号に含まれる冗長度を小さくするはたらきをもつ。

ここでいう冗長度とは，つぎのような意味をもつものとして用いられる。〈アスハクモリデトキドキア○ガフルデショウ〉。われわれが日常言語でいろは48文字を用いているものと仮定すると，上の文章の○の中に入りうる文字は48通りある。けれどもわれわれは，何かの原因で○の部分を聴きとれない場合には，それほどのためらいもなしに，そこに〈メ〉を補うであろう。さらに，北国の冬の天気予報で，〈アスハクモリデトキドキ〉のあとが途切れた場合には，その部分には，〈ユキガフル〉がほぼ確実に続くものとの推定がなされる。前の例では〈メ〉あとの例では〈ユキガフル〉，はそれぞれ聴かなくてもよい既知の事柄に属している。また，もし夏の平均気温と日照時間が秋の米の収穫高を確実に決める，と仮定すれば，前者を知ることで後者が確実に推定されうるのであるから，秋になって実際に米の収量を知ることはどうでもよい余計なことになる。

このように，いくつかの事象が生起しうる可能性があるのに，各種の制約（たとえば文法とか因果関係）のためにより少い数の事象しか生じえない場合に，当該事象を含む事象系列には冗長度があるという。もし事象系列が冗長であれば，その系列を符号化して，その信号をAからBに伝える際に，系列を表示する信号を，あとで述べるように短かくすることができる。前述の，情報処理

系内部の信号の冗長度が小さい，ということは，このような，短かい信号でできるだけ多くの外界の事象を表示することを指す。

情報処理系を暗箱（black-box）であると考えて，暗箱への入力の変化と，暗箱からの出力の変化とを外部から観察，計測し，両者の関数関係にもとづいて，暗箱内の情報処理のメカニズムを解析することができる。

ここで分析しようとする暗箱内のメカニズムは，入出力間の時間遅延（反応時間）を生じるような情報処理のメカニズムである。情報処理時間としての反応時間の分析を試みる場合には，従来，情報理論が提供する情報量（amount of information）の概念が援用されている。反応時間は，われわれの日常経験するところからも明らかなように，刺戟生起の不確定さや，反応すべきカテゴリーの数の関数である。しかし，このような stimulus uncertainty, response uncertainty, とよばれる情報量として表示しうるもの以外に，情報理論的定義が困難な，たとえば刺戟のもっている生物学的意味，刺戟弁別の容易さ（discriminability），刺戟と反応の対応の自然さ（compatibility），などが反応時間の長短に関与する。Broadbent（1965）は，情報理論では上述の難点の解決が困難であるとして，統計的決定理論（statistical decision theory）による反応時間の分析に1日の長あり，とする意見を述べている。

けれども，私の意図するところは，暗箱の特性記述にとどまるものではなく，暗箱内部の機構の考察にある。MacKay（1963）は，人工知能の研究には，すくなくとも2ツの方法，すなわち，知的行動の生産物（product）を模式化する方法と，当の行動を生み出す発生機構（generator）を模式化する方法，があることを指摘し，後者の方法によって，行動と大脳過程の間に対応をつけるには，情報と制御の理論が有用である，とする見解を示している（MacKay, 1965）。この論文では，反応時間を情報理論的に解析することによって，暗箱内の情報処理メカニズムを考察してみたい。

この論文は，狩野陽（教育学部紀要第13号，1967）が明示している特殊教育講座の研究方向の一局面の分析を意図して，私の前の論文（教育学部紀要第11号，1965）を展開せしめたものである。人間行動は多面的な把捉を必要とするのは勿論であるが，より基礎的な刺戟受容とその処理（換言すれば適応行動）過程を客観的に分析するためのひとつの補助的仮説として，数量的シミュレーションを試みることも，少くとも私自身のためには価値のあるものと思われるのである。

第1章　情報理論による知覚過程の分析

情報処理系への互にことなる入力信号を i（i=1, 2, …n），その生起確率を p（i）とする。この入力信号に含まれる平均情報量 H(i) は（Shannon とWeaver, 1949, Goldman, 1953）2とを底とすると，

$$H(i)=-\sum_i p(i)\log p(i)\ \text{bits/信号}$$

$$\text{ただし}\quad \Sigma p(i)=1$$

送信系から信号 i が送られたときに，受信系が受ける信号 j の情報量 h（j）は，もし系内に雑音がないとすると，

$$h(j)=h(i)=-\log p(i)$$

一般的には，受信系には雑音が存在するので，情報の損失が生じ，受信した信号当りに含まれる平均伝達情報量 T(i：j) は，

$$T(i:j)=H(j)-H_i(j)=H(i)-H_j(i)$$

$H_i(j)$ は，入力信号が i であるときに，雑音のために誤まって j が受信されたために，受信系内に生じた負の条件つき情報量，$H_j(i)$ は，雑音によって生じた入力情報の損失をあらわす。

一般に，ある情報量 H(i) と，それを含みうる符号の長さとはつぎの関係にある。2進符号を用いるとすると，m 個の符号要素によって作られる，互に異なる符号の数 M(m) は，$M(m)=2^m$。明らかに 2^m 個の符号は，最大限 m bits の情報を含みうるのであるから，情報量 H(i) の事象を完全に符号化するのに要する符号の数 M[H(i)] は，最小限 $2^{H(i)}$。この M(m) 個の符号は，かならずしも一次元的に配列される必要はなくて，神経回路網の中では，ある範囲の M(m) に対しては，各符号が M(m) 次元的に配列されうる，と考えることにする。それが許されるならば，各次元当りの符号の長さ（符号要素の数）は m あるいは H(i) になる。あるいは，符号要素の時間長を b とすると，各次元当りの符号の時間長 tc は，bm または bH(i) になる。

いままでは，m 個の知覚事象の中の k 個を互いに独立なものとして取り扱って来た。しかるに，実際の知覚事象においては，事象相互の生起の間に何らかの関係があるのが普通である。いま事象 $A_i(i=1,2,\cdots k)$ を含む事象群 α と，事象 $B_j(j=1,2,\cdots l)$ を含む事象群 β があるとする。α, β が互いに独立ならば，

$$H(\alpha\beta)=H(\alpha)+H(\beta)$$

α, β が互いに独立でなければ，

$$H(\alpha\beta)=H(\alpha)+H_\alpha(\beta)<H(\alpha)+H(\beta)$$

但し $H_\alpha(\beta)$ は，α の生起を条件とする β の条件つき情報量である。それ故，入力信号の空間布置や時間系列相互間に関連性の存在が予知されている場合には，予知されていない場合に比して，それら信号系列ないし布置に含まれる情報量は少くなる。

Broadbent (1965) が示している前述の難点のうち，刺戟の弁別性のもんだいを解決する方策の1ツとして，初歩的な学習過程を導入する。

ある生物体がある近刺戟にもとづいて再構成する外界は，遠隔対象の正確 (veridical) な反映であるか，または不正確 (nonveridical) な反映であるか，のいずれかである。正確な知覚状態を S，不正確なそれを $\bar{S}$ とする。近刺戟の特性が不変である限り，状態 S にある生物体は S であることを続ける。一方，状態 $\bar{S}$ にある生物体は，自己の知覚界を修正して状態 S に移らない限り，外界への適応をなし得ないのであるから，状態 $\bar{S}$ には常に状態 S に移動する傾向が存在することになる。

状態 $\bar{S}$ にありながら，自己の知覚界の不正確さに気付かない，という事態も生じうるのであって，ここではこの事態が確率 p で生起するものとする。とすると，状態 $\bar{S}$ にある生物体が自己の知覚界の不正確さに気付く確率は，$q=1-p$ である。さらに，外界の正確な反映を再構成するのに有効な刺戟を，刺戟群の中から，生物体が常に正しく選択するとは限らないので，この選択の可能性を示すものとしてパラメーター c を用いる。いま，

Wr：適当な刺戟布置に注意する程度。

Wi：不適当な刺戟布置に注意する程度。

とすると，

$$c=\frac{Wr}{Wr+\Sigma Wi}$$

よって，ある生物体がある時点 t に状態 $\bar{S}$ にあって，つぎの時点 t+1 に状態 S に移る確率は qc，依然として $\bar{S}$ にとどまる確率は $1-qc$，また S から $\bar{S}$ には移らないのであるから，このような状態相互間の推移行列は，

$$\begin{array}{c} \\ S_t \\ \bar{S}_t \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} S_{t+1} & \bar{S}_{t+1} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ qc & 1-qc \end{bmatrix} \end{array}.$$

生物体の状態推移，$\bar{S}_1, \bar{S}_2, \cdots \bar{S}_n, S_{n+1}$，を考えると，状態 $\bar{S}$ から状態 S に移るまでの単位時間の数 n をあらわす確率変数 Y は，

$$Pr(Y=n)=qc(1-qc)^{n-1}$$

の確率に従って分布する。よって，Y の期待値 E(Y) は，

$$E(Y)=\sum_{k=1}^{\infty} kqc(1-qc)^{k-1}=\frac{1}{qc}$$

上述の q, c, を情報量と対応せしめるためにつぎのように考える。すでに述べたように，

$$T(i:j)=H(i)-H_j(i)=H(j)-H_i(j)$$

いま，情報伝達系に存在する雑音による情報の損失率を c' とすると，

$$H(i)\times c'=T(i:j)$$

$$\therefore\quad c'=\frac{H(i)-H_j(i)}{H(i)}$$

あるいは，

$$c'=\frac{T(i:j)}{T(i:j)+H_j(i)}$$

一方，$c=Wr/(Wr+\Sigma Wi)$ における Wr, ΣWi は，それぞれ有効情報量および雑音による無効情報量であると見なされるので，$c'=c$，と考えることができる。

また，$H_j(i)$ は，受信信号が j であることから送信信号を推定しようとするときの，不確定さの程度をあらわす。それで，送信信号と受信信号とが不整合であるのに，それを誤って整合していると判断する確率 p は，

$$p=\frac{H_j(i)}{H(i)}$$

$$q=1-p=\frac{T(i:j)}{H(i)}=c'=c$$

第2章　反応時間（RT）の解析

まず暫定的に，知覚情報処理過程の基本的単位をつぎのように仮定する (MacKay, 1956)。すなわち図2—1のように，符号発生回路からの符号が，一般的には雑音

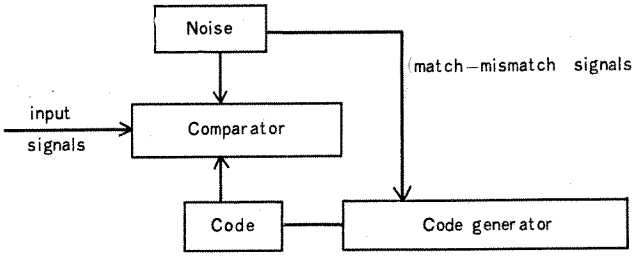


図　2—1

を含む照合回路において，入力信号と照合されるものと考える。そして，照合回路からの出力が，入力信号と符号との間の整合—不整合信号として，符号発生回路に饋還されるものとする。符号発生回路では，この回路が照合回路から整合信号を受信するまで，互いに異なる符号群の発生が続けられ，整合信号の受信によって符号群の発生が中止される，とここでは仮定する。この段階では，

いま考察している単位系はある種の安定した状態に入るものと考えることにする。この安定状態が生体の中枢過程における平衡状態と対応するかどうかは，ここで考察しているシミュレーションが生体中枢過程のそれとして妥当であるか否か，に依るのであって，現段階では何とも言えないことに属する。

通常の RT 実験では，警戒信号（WS）が提示され，準備期（PI）がおかれた後に，反応刺戟（RS）が提示される。したがって，この場合の知覚事象の系列は，WS-PI-RS，である。これをここでは A-B-C と略記すると，

$$H(ABC)=H(A)+H_A(BC)$$
$$=H(A)+H_A(B)+H_{AB}(C)$$

被験者が反応すべき刺戟に含まれる情報量は，もとより $H_{AB}(C)$ であって，もし $P_{AB}(C)=1$，であることが被験者に既知の場合には，$H_{AB}(C)=0$。つまり，この被験者には，WS-PI，が生起した後には，RS が生起する，という事象がきわめて確実に生じることになる。

しかしながら，被験者が常にそうであるとする保証はどこにもないのであって，RS 生起に関して，当該被験者がもつ主観的条件つき確率が 1 以下である事態が考えられる。このような事態では，$P'_{AB}(C)\neq 1$，$H'_{AB}(C)>0$。

RS が複数であって，k 個のうちどれかが生起するといういわゆる選択反応場面では，

$$H_{AB}(C, i)=H_{AB}(C)+H_{ABC}(i)$$

上と同様に，被験者にとっての $H'_{AB}(C)$ が常に零であるとは限らないので，反応刺戟の情報には，刺戟の種類についての選択性の情報に加えて，さらに刺戟生起そのものの情報が含まれることがありうる。さらに，$H_A(B)$ が零にならない場合も考えられる。$H_A(B)=0$，は $P(B|A)=1$ のときに成立するのであるが，被験者の主観的条件つき確率 $P'(B|A)$ が 1 になる，とする保証が常に存在するとは限らない。

以上のことを前提にして，照合時間について考察することにする。雑音のない照合回路に入力信号 RS が送られた場合を考える。RS が入る直前には，この処理系は状態 S にある。RS が入ることにより，処理系は状態 $\bar{S}$ に移動する。つまり，このときには，RS ではない別の既知の事象と整合している符号が照合回路に送られ，そこで，不整合と判断されることになる。処理系が状態 $\bar{S}$ にとどまる時間は，

$$\text{単位時間}\times E(Y)=\text{単位時間}\times\frac{1}{c^2}$$

ここでいう単位時間とは，照合回路における照合の所要時間であって，この所要時間は照合回路に送られる符号の長さに比例するもの，と仮定する。

もし RS が伝達される以前の状態が当の有機体にとって既知であるとすると，この状態の情報量は零か乃至殆ど零に近いと考えられる。したがって，この事態に対応する符号の長さ t_c は $t_c\fallingdotseq 0$。一方，雑音のない処理系においては $c=1$ と考えられるので，処理系が状態 $\bar{S}$ にとどまる時間は

$$\text{単位時間}\times E(Y)=t_c\times\frac{1}{c^2}\fallingdotseq 0$$

すなわち，雑音のない処理系はきわめて速やかに状態 $\bar{S}$ から S に移動する。状態 S に移動するということは，RS と照合すべき符号が照合回路に伝達されて，そこにおいて，RS に含まれる情報とこの符号との照合が行なわれた後，整合信号が符号発生回路に饋還される，という一連の事象が生じることを意味している。符号発生回路と照合回路相互の符号伝達所要時間を無視することが許されるとすれば，照合に要する時間は殆ど符合の長さ（t_c）に等しいことになる。しかるに，$t_c=bH(i)$。よって照合時間は $bH(i)$。

Bricker（1955）によれば，RT と T(i：j) の間にはつぎの関係が成立する。

$$RT=a+bT$$

但し　T=T(i：i)，a，bは常数。

またこの関係式は，Hyman（1953），Garner（1962）が示す知見にもそれぞれ成立する。しかし，照合回路における照合は，入力情報と系が発生せしめた符号系列との照合である。よって，この見地からすると照合時間 CT は，

$$CT=a'+b'H(j)=a'+b'[T(i：j)+H_i(j)]$$

つまり，雑音による誤りを訂正しうるためには符号長を長くする必要がある。けれども，通常の RT 実験のように，可及的速やかな反応が第一義的に要請されるような事態では，$H_i(j)$ に相当する符号を欠いた符号系列による照合が成立して，

$$CT=a'+b'T(i：j)$$

$RT=CT+Z$，但し Z は常数，とおけば

$$RT=a+bT$$

つぎに，被験者にとって $H_A(B)\neq 0$，$H_{AB}(C)\neq 0$ である場合を考える。PI における情報をうけている照合回路が状態 S にあるときに，符号発生回路から送られて来る符号系列の長さは $bH_A(B)$ であって，$bH_A(B)\neq 0$。したがって，PI がおわって RS が到来したときに，この系が状態 S から状態 $\bar{S}$ に移行するには，最少限 $bH_A(B)$ の時間を必要とする。さらにこの系は $H_{AB}(C)+H(i)$ に相当する符号を発生せしめて，状態 $\bar{S}$ から状態 S に移行するので，最少限の反応時間は，

$$RT = a + b[H_A(B) + H_{AB}(C) + H(i)]$$

以上の考察は，いくつかの仮定の上に立脚している。たとえば，符号発生機構の存在，照合機構から符号発生機構への饋還回路の設定などである。機構的には，そのようなはたらきが脳内に存在すると想定することは，全くの架空事とはいえないけれども，脳内の神経回路網はもっと総合的なはたらきをしている，つまり，前述のブロック別の機能を単一の回路網が遂行している，と考えたほうが適当であるかもしれない。また，脳における神経回路内の神経インパルスの伝導が等間隔の2進法符号化ではなく，パルス間隔変調（pulse interval modulation）の想定をゆるすような特性をもつ，とする提案がありうる（Maron, 1965）。とすれば，脳内の情報表示が2進符号の系列による（たとえば Oldfield, 1954）とする仮定も，便宜的以上のものではないかもしれない。

それ故，つぎのような新たな模型を設定し，その動作を検討してみたい。基本的な構想は図2－2～6（Uttley, 1954を改変）に示したとおりである。単純刺戟がいくつかの属性（たとえば a, b, c, d, e）によって表示されるとすると，図2－3あるいは図2－4のような基本的回路によって，入力信号による出力信号を得ることができる。実際の神経回路網では，このような回路が直列並列に組み合わされ，さらに抑制回路が加わり，条件づけによる閾値の低下や上昇が可能となるなど，極めて複雑な回路構成を示しているであろう。

選択反応場面では，たとえば刺戟Aと刺戟Bのいずれか一方だけが入力信号となったとき，しかもそのときだけ出力信号を得る回路が必要となる。もしこれを排他的論理和 a⊕b として表現しうるとすると，これを処理するには図2－6に例示するような回路を必要とする。こ

図2－2　神経細胞と軸索およびシナプスの模式図。nは閾値，黒三角形と白丸はそれぞれ興奮性と抑制性のシナプスを示す。同時点における入力の和がnに等しいかまたはnをこえるときだけ α に出力が生じる。入力aにある白三角形は時間 δ だけ信号をおくらせる遅延素子。

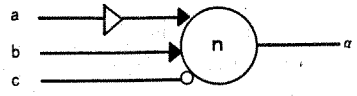


図2－3　シナプスはすべて興奮性であると仮定して黒三角形を省略。入力端子 a, b, c, d, e にそれぞれ1単位の入力が時刻（t）に加えられると，出力端子 α には，時刻（$t+\Delta t+2\delta$）に出力が生じる。但し，Δt は入力神経の信号伝導時間である。

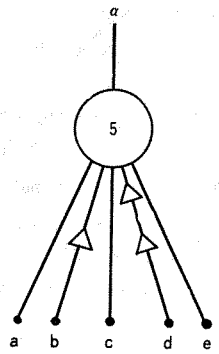


図2－4　入力端子 a～e のいくつかに入力が同時に加えられたとき，ab, c, de, abc abcde, の各入力パターンを分類する回路。

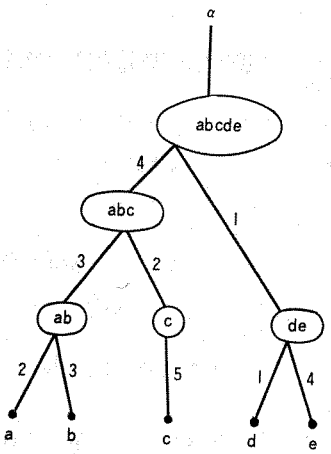


図2－5　入力神経に添付の数字はその神経の興奮性シナプスの数。出力端子 α には時刻（$t+\Delta t+2\delta$），β には時刻（$t+\Delta t+\delta$）にそれぞれ出力が生じる。

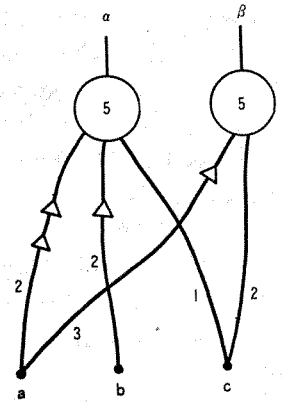
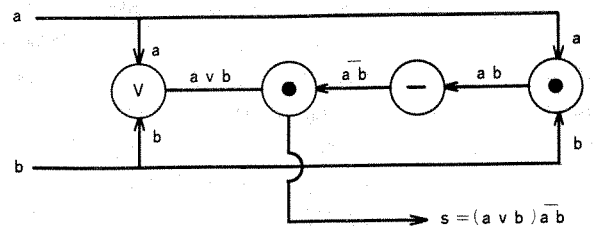


図2－6　a⊕b を表示する回路。



の回路の回路素子には遅延素子が含まれず，また閾値を考慮に入れないとしても，入力—出力間の時間遅延は，単純刺戟の処理回路のそれよりも明らかに大となる。

図2—5は，時系列のもとで順に生起する信号を処理する回路の基本を示す。時系列信号 abc を表示しうるためには，同じく ac を表示するよりも，少くとも1ツだけ多い信号伝導路を必要とする。それゆえ，回路網中に遅延素子がランダムに配列されているとすれば，ベルヌーイの定理により，伝導路に遅延素子が含まれる確率は，abc 回路においてより大となる。

第3章　知能と情報処理：精神薄弱者の RT

前章で検討した2ツの模型のうち，Uttley (1954) 型の模型は未だ十分な検討がなされていないので，ここでは MacKay (1956) の方式に従って，反応時間の資料の分析を試みることにする。

もし，知能が仮説のように情報処理系への入力情報の冗長度を大きくして，系内部の符号系列に含まれる平均情報量を大とするようにはたらくとすれば，反応時間実験における，WS-PI-RS-RS 中の i, の事象の系列に含まれる情報量，

$$H(WS, PI, RS, i)=H(WS)+Hws(PI)+Hws,_{PI}(RS)+Hws,_{PI,RS}(i)$$

の各項の中，第1項と第4項を除く他の項の値を可及的小とするようなはたらきが，知能に求められることになる。何故かというと，上式における H (WS) はたとえ H(WS)≠0 であっても PI≫RT ならば RT には影響を及ぼさないし，第4項を規定する $i_k(k=1,2,\cdots n)$ の生起確率は $p(i_k|WS, PI, RS)<1$ であるように実験手続が定められることによる。

前出の関係式 $RT=a+b[H_A(B)+H_{AB}(C)+H(i)]$ を単純 RT について書き換えると，

$$RT=a+b[Hws(PI)+Hws,_{PI}(RS)]$$

被験者にとって $p(PI|WS)=1$ ならば，$Hws(PI)=0$，よって，

$$RT=a+b[Hws,_{PI}(RS)]$$

Klemmer (1957) によれば，$Hws,_{PI}(RS)=0$ のとき，RT は180～200msec. また Bricker (1955) によれば a の値は約175msec., Hyman (1953) によれば a の値は160～212msec. である。それ故に，成人正常者を被験者とするいわゆる単純 RT 実験では $Hws,_{PI}(RS)\fallingdotseq 0$，と考えることができる。

もし，$Hws(PI)>0$, $Hws,_{PI}(RS)>0$, の少くとも一方が成り立てば，RT の増大がみられることになる。その増加度は，PI を受信して状態 S にある照合回路が，RS の入来によって状態 $\bar{S}$ に移動するのに要する時間 T_1 と，RS に整合する符号との照合によって状態 $\bar{S}$ から状態 S への移行に要する時間 T_2 との和の関数である。

$$T_1=tc_1\times\frac{1}{c^2}=b[Hws(PI)]\times\frac{1}{c^2}$$

$$T_2=tc_2\times\frac{1}{c^2}=b[Hws, PI(RS)]\times\frac{1}{c^2}$$

知的欠陥をもつものの RT として，精神薄弱者のそれを考察しよう。一般に，精神薄弱者では RT が増加するとの知見がある (Berkson, 1961, Berkson, 1963, a, b, c)。精神薄弱者における RT の増加は，情報処理系における内部雑音の水準が高いことにもよるであろうが，前述のように，Hws(PI), Hws, PI(RS), が零にならないことにもよると思われる。それ故，もし PI の代りに WS が持続し，比較的長い WS につづいて RS が与えられるならば，$Hws(PI)=0$, したがって $T_1=0$。

Terrell と Ellis (1964) は，大学生80名と施設収容の成人精神薄弱者80名を被験者とし，WS として光，RS として音刺戟を用いて，WS-PI (on-off) と WS-WS (on-on) の2条件下で RT を測定した。彼等の知見によれば，正常者では両条件下の RT はほぼ同一であり，精神薄弱者では，WS-PI の条件下の RT よりも，WS-WSの条件下での RT が有意に小であった。また，WS-WS 条件下の RT 曲線 (WS または PI の長さに対する RT の関係を示す曲線) から推定すると，精神薄弱者の RT は，WS と RS の間隔が8秒のときに最小で，このときの RT は正常者の RT にきわめて接近している。

Hawkins 達 (1965) は，成人正常者と施設収容成人精神薄弱者各45名を被験者として，赤または緑の光刺戟を RS として，選択反応時間を測定した。彼等の知見によれば，刺戟情報量の増加に対する精神薄弱者の RT の増加度，つまり b の値は，正常者と殆ど等しく，両者ともに 160～190msec/bit である。資料が不十分な現状では，両群の b の値が互いに等しいと断定することは早計であるが，もし両群の b が等しいとすれば，精神薄弱者の RT の増大は，$T_1=b[Hws(PI)]$ に帰しうる可能性がある。

PI はあるかないかの2ツの状態をとりうるので，$Hws(PI)\leqq 1$。それ故，上述の推論に従えば，正常者と精神薄弱者との RT の差は，その他の条件を等しいとすると，200msec. を越えないことが予想される。しかし，Baumeister その他の研究 (1964, 1965, 1966) が得た結果は，両群の RT の間に 140～250msec. の差を示し

ている。このことは，上述の Terrell と Ellis (1964), Hawkins (1965) においても同様である。それゆえ，T_1 以外に T_2 もまた関与しているかもしれない。

Hws(PI)≠0 であるとき，Hws(PI) は PI の時間が長くなるにつれて漸減する。したがって，T_1 も PI が長くなるにつれて減少する。しかし同時に，PI の増大につれて Hws, PI(RS) が漸増するので T_2 が増加し，RT は PI のある長さのもとで最小となる。Terrell と Ellis (1964) では PI＝8秒，Baumeister, Hawkins と Kellas (1965) では5秒，Hawkins 達 (1965) では4秒，がそれぞれ最小の RT を示している。

結　　論

反応時間はたとえ単純反応時間であっても Woodworth と Schlosberg (1954), Teichner (1954) が示すように，きわめて複雑な条件の影響をうけている。けれども，心理学的に意味のある時間は 100msec. のオーダーであると考えられるので，この論文ではこれらの知見を考慮に入れないことにした。私の分析も，また分析すべき資料もともに不十分なので確定的なことは言えないが，いわゆる知能とよばれる行動特性は，知覚情報の処理に際して，Barlow (1959) の提案するようなはたらきをもつものであり，そのことで処理系の情報負荷の軽減をもたらす，と考えることが許されるものと思われる。

References

1. Barlow, H. B. Sensory mechanisms, the reduction of redundancy and intelligence. In Mechanization of thought processes. Her Majesty's Stationary Office, 1959.
2. Baumeister, A., Urquhart, D., Beedle, R., & Smith, T. Reaction times of normals and retardates under different stimulus intensity changes. Amer. J. ment. Defic., 1964, 69, 126–130.
3. Baumeister, A., Hawkins, W. F., & Kellas, G. The interactive effects of stimulus intensity and intelligence upon reaction time. Amer. J. ment. Defic., 1965, 69, 526–530.
4. Baumester, A., Hawkins, W. F., & Koenigsknecht, R. Effects of variation in complexity of the warning signal upon reaction time. Amer. J. ment. Defic., 1965, 69, 860–864.
5. Berkson, G. Responsiveness of the mentally deficient. Amer. J. ment. Defic., 1961, 66, 277–286.
6. Berkson, G. An analysis of reaction time in normal and mentally deficient young men.
   I. J. ment. Defic. Res., 1960, 4, 51–58. (a).
   II. ibid.. 59–67. (b).
   III. ibid., 69–77. (c).
   Quoted by O'Conner, N., & Hermelin, B., 1963.
7. Bricker, P. D. Information measurement and reaction time. In Quastler, H. (ed.) Information theory in psychology : Problems and methods. Free Pr., 1955.
8. Broadbent, D. E. Applications of information theory and decision theory to human perception and reaction. In Wiener, N., & Schadé, J. P. (eds.) Cybernetics of the nervous system. Progress in brain research. Vol. 17, Elsevier, 1965.
9. Garner, W. R. Uncertainty and structure as psychological concepts. Wiley, 1962.
10. Goldman, S. Information theory. Prentice-Hall, 1953.
    関英男訳，情報理論。近代科学社，昭和31年。
11. Hawkins, W. F., Baumeister, A., Koenigsknecht, R. A., & Kellas, G. Simple and disjunctive reaction time of nomals and retardates. Amer. J. ment. Defic., 1965, 69, 536–540.
12. Hyman, R. Stimulus information as a determinant of reaction time. J. exp. Psychol., 1953, 45, 188–196.
13. Klemmer, E.T. Simple reaction time as a function ot time uncrtainty. J. exp. Psychol., 1957, 54, 195–200.
14. MacKay, D. M. The epistemological problem for automata. In Shannon, C. E., & McCarthy, J. (eds.) Automata studies. Princeton U. Pr., 1956.
15. MacKay, D. M. Discussion during a seminar on computers and comprehension. The RAND Corporation, Summer, 1963. Quoted by Maron, M. E. (1965).
16. MacKay, D. M. A mind's eye view of the brain. In Wiener, N., & Schadé, J. P. (eds.) Cybernetics of the nervous system. Progress in brain research. Vol. 17, Elsevier, 1965.
17. Maron, M. E. On cybernetics, information processing, and thinking. In Wiener, N., & Schadé, J. P. (eds.) Cybernetics of the nervous system. Progress in brain research. Vol. 17 Elsevier, 1965.

18. O'Conner, N. & Hermelin, B. Speech and thought in severe subnormality. An experimental study. Pergamon Pr., 1963.
19. Oldfield, R. G. Memory mechanisms and the theory of schemata. Brit. J. Psychol., 1954, 45, 14-23.
20. Rapoport, A. Information processing in the nervous system. In Gerard, R. W., & Duyff, J. W. (eds.) Information processing in the nervous system. Proceedings of the International Union of Physiological Sciences. Excerpta Medica Foundation, 1962.
21. Shannon, C. E., & W eaver, W.The mathematical theory of communication. U. Illinois Pr., 1949.
22. Teichner, W. H. Recent studies of simple reaction time. Psychol. Bull., 1954, 51, 128-149.
23. Terrell, C. G., & Ellis, N. R. Reaction time in normal and defective subjects following varied warning conditions. J. abnorm. soc. Psychol., 1964, 69, 449-452.
24. Uttley, A. M. The classification of signals in the nervous system. EEG. clin, Neurophysiol., 1954, 6, 479-494.
25. Woodworth, R. S., & Schlosberg, H. Experimental psychology. (Rev. ed.) Holt, 1954.