

同異判断に関するシミュレーション研究

妻 藤 真 彦

同異判断の反応時間は、重要な従属変数として、認知心理学の幅広い分野で用いられている；例えば様々なマッチング実験、注意 (e.g., Posner, 1978), 視覚・記憶検索 (e.g., Sternberg, 1969; Atkinson, Holmgren, & Juola, 1969), さらにより認知的なイメージなどの研究 (e.g., Shepard & Metzler, 1971) である。しかしながらこの同異判断のメカニズムそのものについて、理論的な問題が残されており、このことが上述の分野のデータ解釈にどのような意味を持つのかということが解決されてはいない。

同異判断のメカニズムを理論化するにあたって、最大の難問となっているのは「早すぎる同反応」である。もしパターンとのマッチングが、ふたつの刺激のもつ特徴をひとつずつ比較することによって行われるのであるなら、「同」反応はほとんど常に「異」反応より遅いはずである；すなわち「同じ」と結論するには全ての特徴が一致していることを確認しなければならないが、もしそのチェックの途中で一つでも異なる特徴を発見すればただちに「異」と答えることができるはずであろう。もし「異」を発見しても一応確認のため全ての特徴をチェックするのだとしても、「同」と「異」の反応時間は等しいはずである。ところが典型的な実験結果は、比較的弁別しにくい刺激ペア（といっても

せいぜいアルファベットの中の比較の見分けにくい文字ペア程度) に対して、「同」のほうが早い (20から60msec程度；e.g., Bamber, 1969; Cleaves, 1977; Corballis, Lieberman, & Bindra, 1968; Cunningham, Cooper, & Reaves, 1982; Decker, 1974; Hock, 1973; Keuss, 1977; Krueger, 1973; Nickerson, 1973; 1978; Saito, 1982; Silverman, 1973; Silverman & Goldberg, 1975; Snodgrass, 1972; Taylor, 1976; Tversky, 1969)。これが問題の「早すぎる同反応」である (ただし実験法の問題点、およびこれが有意な現象であるかどうかの議論の歴史について、Nickerson, 1978, および, Farell, 1985を参照)。

すでにいくつかの理論が発表され (e.g., Bamber, 1969; Krueger, 1978; Proctor, 1981; Ratcliff, 1985), 激しい論争となっているが、「早すぎる同反応」は全ての理論で説明できるにもかかわらず、これといくつかの実験変数との交互作用が多分に複雑であるため、最終的な結論がでないままとなっている。

これらの理論はすべて、視覚系の処理が終わった後で、何らかの次元の類似性 (相違度) 尺度が計算され (e.g., difference count: Krueger, 1978; goodness of match: Ratcliff, 1985), その値に応じて判断が行われると仮定している。そこでこの点で異なる理論を考え、その性質を検討してみる価値はあるように思われる。本論文は現在研究中である多重記述理論の最も基礎的部分について、その性質を調べるために行ったシミュレーションの結果を報告する。

この研究は昭和61年度文部省科学研究費奨励 121-8002-61710102 および、昭和62年度奨励 121-8003-62710098 の補助によって行われた研究の一部をまとめたものである。

多重記述仮説

Hofstadter (1985) は、ある文字のフォントやレタリングアートが無数個の変異を持ち、しかもメタフォントをどのように変形してもそれら全ては作り出せないと主張する (Chap13)。例えば楷書、行書、草書は同じ文字の変形だと (少なくとも訓練された人間は) 認知できるにも係わらず、(特徴分析で記述出来るような) 幾何学的類似性はほとんどない場合がある。そこで刺激の記述手続は一個ではなく異なる視点による手続が多数あるという仮定 (妻藤, 1986) をおく。

妻藤 (1986 ; 1987) は、何らかの尺度値ではなく刺激の記述そのものが比較され、(常に一定のある範囲内で) 一致したときに「同」と判断されると考えた。そして多重記述仮説により、その記述手続は一個ではなく何通りもあると仮定される (そのほうが行動的にも有利であろう。たとえば肉食獣に追われている動物が、目の前の岩に飛乗ろうとしているとき、視覚的記述として、それが台形でどの程度近似出来るか、つまり乗っても倒れないか、という判断をするのが適切であろう。一方それを押し退けようとする場合、とがった部分の寄せ集めではないか、という観点での記述が与えられる方がすばやく行動できるであろう)。

この手続は 4 通りに分類できるであろう : (1) 先天的に持っているもの、(2) 学習されたもので通常アクティブ、(3) 学習されているが通常はオプションであるもの、(4) まだ学習されていないもの。素人が X 線写真から病変を見分けられないのは、そのようなものを (重要な要素を) 適切に重みづけて記述できる手続がまだ学習されていないということになる。また初等幾何の証明において、視点を変えた見方をすることで解答できる場合があるのは、(3) に属する手続を使う必要があるような場合である (これが知覚的セット効果だということになる : see Steinfeld, 1967)。また知覚的プライミングは、記述単位の重み付けあるいは手続そのものの重み付けということになる。すなわち図地分化を含む、強調による選択的処理である (cf Proctor, 1981 ; 妻藤, 1980)。

ただしこのように仮定した場合、「見る」前にどの

手続が最も適切であるかを知ることは出来ないので、(1)と(2)がすべて同時並行で実行され (このプロセス、記述器、は完全に自動的)、その出力の中からその場の目的と知識システムの両方と共鳴するものを選ぶプロセスが必要であろう (分類器)。

Palmer (1975 ; 1977) は、視覚的知識には少なくとも 3 種の異なる解像度レベルを仮定する必要があると考え 1977 の論文では、それを支持する実験結果を報告している。そこでそれに対応して記述器は少なくとも 3 個の (実際には 4 個必要と思われるが、ここでは簡単のため 3 個とする) サブプロセスを持つものとする。各々のレベルで判定される「同」・「異」は必ずしも一致するとは限らない。例えばレベル 2 では、刺激パターンの外形と内部の大まかな構造が一致していれば「同」と出力するが、レベル 3 では内部の線のクロス等まで一致していなければ「異」と判断する。

したがって通常と同異判断実験の場合、すなわち実験者が定義した「同一性」を判断するために分類器がとるべき記述選択方略は、「異」出力はどのレベルからのものであっても受け入れて良いが、「同」はレベル 3 に限る、ということになる。ただし、例えば、外形の一致のみを判断せよという教示が与えられているときは、「同」はレベル 2 のみを採用し、「異」はレベル 3 以外であれば妥当だということになる。

このためある実験における「異」刺激対の弁別容易性が大きくばらついているとき (高いヘテロジニティ)、「異」反応時間の平均値はいくつかのレベルの潜時の平均となる。最初のシミュレーションは、まずレベル 3 のみについて行われたので、実験データとの対応はヘテロジニティが十分に小さいことが確認されている Krueger (1986) のデータが用いられた。

シミュレーション 1

常にある特定のレベルの「同」および「異」が選択されるときには、「早すぎる同反応」が現れるはずである。刺激情報はオンセットから 100 msec 程度の時間をかけて積分され (Eriksen & Collins, 1967 ; Eriksen

& Schultz, 1979), また当然ランダムな雑音も付加されるであろうから (Krueger, 1978), 各記述はある程度の時間が経過しないと内容がふらついて安定しないであろう。したがって, ある記述が安定したとき, もう一つの刺激についての既に安定している記述が同じタイプ (同じ視点の記述) とはかぎらない。この場合はミスマッチということになる。つまり「異」と判定するためには, すべての記述ペアがミスマッチであることを確認しなければならない。一方, ある解像度レベルでの「同」を判定するときは, 一致する記述ペアを一つでも発見すれば良い。したがって「同」判断はセルフターミネーティングであるが「異」判断はエグゾースティブであって, 両判断が同じレベルで起こるときには (例えば, 分類器の方略が前述のものであっても, 低い解像度のサブプロセスの出力が常に「同」となってしまうような類似度の高い刺激ペアばかり用いられている時) 平均すれば「同」反応時間は「異」よりも早いはずである。

ここでは記述手続とその一致の判定について (計算時間の関係で) 理論そのものではなく, レベル3サブプロセスについての近似的なプログラムが組み込まれた (記述手続は特徴平均を記号化するものとし, また計算時間の関係でミスマッチチェックは同じ型の手続同士しか行っていない)。ここでの目的は, 反応時間とその分散およびエラーの関係が人間のデータと類似したパターンを示すかどうかをまず調べることである。

プログラム

刺激パターンと視覚系サブルーチン 刺激として100個の要素をもつ整数値ベクトルが用いられた。ある特徴の存在は5000, ない場合は4000であらわされている。プログラムの視覚系に相当する部分では, 100個のセルの値が各々次の式にしたがって決定された,

$$C_{t+1} = (S - C_t) \cdot R + C_t + E,$$

ただし, C は特定のセルの値, S はそのセルに対応する刺激の値, t は時間, R は単位時間の増加率, E は期待値0で正規分布する雑音である。シミュレーション上での単位時間は実時間で4 msecである。つまり R

を.06として刺激呈示後100 msecで80%前後のsummationになる (Eriksen & Collins, 1967を考慮)。 E は混合型合同法によって作られた一様疑似乱数 (周期は2の39乗) を変換して作られた。

記述器サブルーチン 各記述手続は, (理論が本来仮定しているrollの記述ではなく, see妻藤1987), 近似的に各特徴要素のうちの5個ずつを平均して7段階にカテゴリー化し (マジカルナンバー7を考慮), それに記号を与える (つまり100個の刺激要素を5個ずつのまとまりに分ける。したがって20個の平均値が得られそれに記号が与えられる。この20個からなる記号列が一記述)。異なる視点での記述手続は, ここでは平均される要素の選び方が異なるものとされた (すなわち各記号は異なった意味を持つ)。ここでは暫定的に20個の「手続」が用意された。

記述の安定度の判定 各記述の安定を決定するため, 各記号を決定する値について逐次平均がとられた。つまり記述単位ごとにHISTORY変数の値と現在の値との平均が計算され, 次の時間の現在値との差の絶対値を和で割った値が記号間で平均されたものが, 基準値を下回るかどうか判定された (初期の段階で異常な安定判断がおこるのを防ぐため, HISTORYの初期値は-2000とされた)。これらはこの理論的モデルにとって本質的な仮定ではなく, 各記述が安定したかどうかの決定ができればどのようなものでもかまわない。

使用システム プログラムはMS-DOS (バージョン2.11) の管理下でTURBO-PASCALコンパイラにより機械語に変換され, PC9801XAで実行された。処理速度の関係で基本的には整数変数が用いられた (一様乱数も通常の実数値計算では桁数が不足し十分長い周期が得られないので, フラッグ処理を伴う特別なサブルーチンによった。ただし, ここから疑似正規乱数を作成する段階では, 10進11ケタの実数計算である。最終的に必要なのは標準偏差を乗じた後の整数部分だけなのでこれでも問題はない)。

結 果

Figure 1 に時間単位で示された反応時間を, 雑音

の標準偏差と安定基準値の関数で示す。全般的に明瞭な「早すぎる同反応」がみられる。当然ながら雑音の大きいほど「同」と「異」の差は大きくなる。安定基準を厳しくすると「早すぎる同反応」は減少する傾向がある。これも容易に予測されるように、並列処理の仮定によって起こるものである。

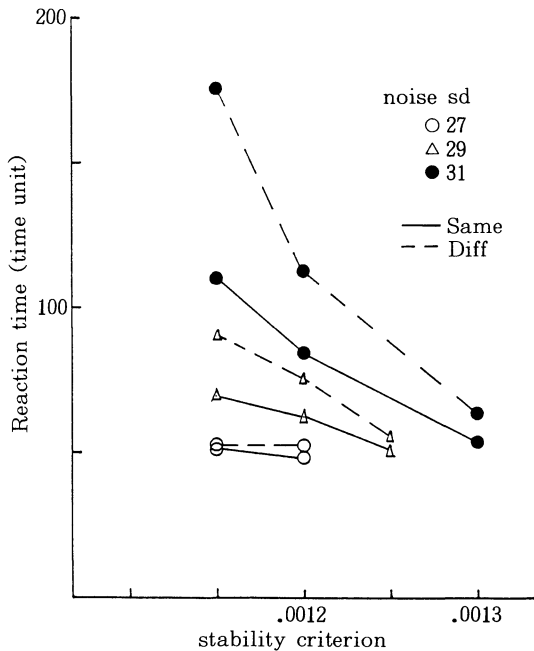


Figure 1 Results of simulation 1: Reaction time (time unit).

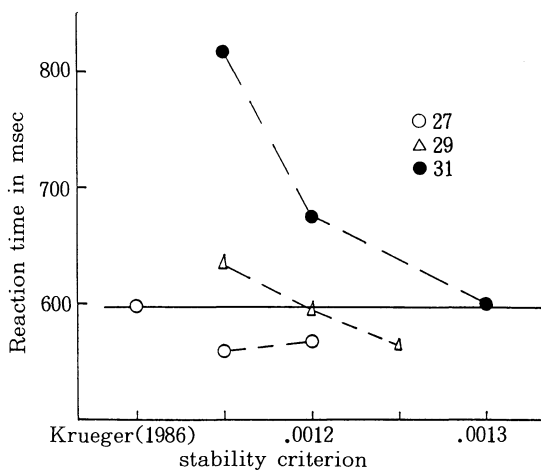


Figure 2 Results of simulation 1: Predicted "different" reaction times and Krueger's(1986) data.

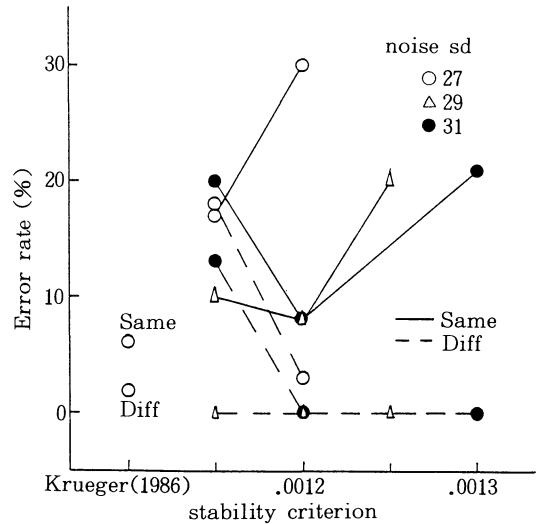


Figure 3 Results of simulation 1: Predicted error rates, and Krueger's data.

Krueger (1986) のデータとの対応をみるために各反応時間を4倍し、人間のデータの「同」反応時間とシミュレーションの「同」反応時間の差をとってベースタイムが決定された。そしてシミュレーションの「異」反応時間にこのベースタイムを加えたものが人間の「異」反応時間と共に、Figure 2 に示されている（つまり「同」反応時間からベースタイムを決め、このパラメータを用いて「異」反応時間を予測した）。雑音の標準偏差と安定基準のセットが、(29, .0012) また (31, .0013) のとき良い一致が得られている。

Figure 3 にエラー率を人間のデータと共に示す。(31, .0013) の場合、エラー率は人間のデータと同じパターンを示しているが、その差が大きすぎる。一方(29, .0012) の場合、まだ大きいとはいえかなり近い値を示している。

計算時間の関係でプロットが少なく、補間による最適パラメータ決定が出来ないが、かなりよい予測をすることが出来ると考えてよいように思われる。

考 察

まだ近似としても不十分であるとはいえ、この理論をさらに追及する価値はあるといてよいであろう。

ただし、刺激の差異ヘテロジニティが大きいときには「早すぎる同反応」現象が減少し、かつ弁別が易いとき負となることも確認しておく必要がある。

シミュレーション 2

記述器のサブプロセスの数を3個とし、刺激パターンも種類を増やして弁別の困難度を4通り作成した。

プログラム

サブプロセスと分類器サブルーチンの付加 基本的にはシミュレーション1と同じである。ただし3個の記述器をサブルーチンとし、各時間単位ごとに全てがコールされ、さらに分類器サブルーチンが各サブプロセス出力の内の一つを選択した。選択の方略は、「異」出力はどのサブルーチンでも受け入れ、「同」はレベル3だけを選ぶというものである。

レベル1サブルーチン レベル1は最も大域的な記述しかししないと仮定されているので、解像度が低いということに対応させるため、ここでは刺激要素の中の20個を選んで平均するものとし、かつ記号数も1個のみとした。つまりこのレベルでは刺激の細部は記述できない(80個の刺激要素は無視される)。したがって、記号を与えられる要素平均値のランク数も5個とされた。「手続」の数は2個である。

レベル2サブルーチン レベル2も同様に要素の平均は10個について行われ、記号数は5個、記号ランク数は5個、「手続」数は10個である。

HISTORY変数 解像度の低いものほど早く安定するようにHISTORYの初期値は、レベル1で3000、レベル2では1000とされた(これはいささか不自然な仮定であり、今後改善される必要がある)。

結果と考察

表1に、雑音の標準偏差と安定度基準値の組み合わせ(29, .0012)のときのデータを挙げる(反応時間はコンピュータ内の時間単位)。

弁別が易くなるほど、「同」「異」両反応とも減

Table 1 Results of simulation 2

difficulty	1	2	3	4
Same	62.49	53.88	50.28	53.96
sd	15.45	8.92	8.20	9.18
err	.08	.18	.05	.08
Diff	72.52	45.17	37.18	37.83
sd	15.93	20.92	5.03	4.29
err	0	0	0	0
fast-same phenomenon				
D-S	10.03	-8.71	-13.10	-16.13

少しているが、その程度は「異」のほうが大きく、「早すぎる同反応」は減少して負の値になる。

シミュレーションで用いられた、刺激の弁別容易性と、実際の実験でのそれとを直接対応づける方法がないが(各刺激パターンについての個別の研究が必要とされる)、質的には繰り返し確認されている現象と一致している(e.g., Silverman & Goldberg, 1975; Taylor, 1976; and see Farell, 1985, for review)。すなわち「早すぎる同反応」は、「異」試行での弁別困難度が十分に高いときに現れる。

考 察

近似的シミュレーションではあるが基本的性質は人間のデータと矛盾しないことが分かった。エラーの差が多少過大評価になっているが、これもすべての手続型についてミスマッチを調べるようになっていないため、手続数を多少多めに設定して反応時間の差を大きくするようにプログラムが組まれており、この点を本来の理論どおりに設定することでよりよい一致が得られるであろう(少なくとも「異」試行でのエラー、誤「同」反応はこの設定でかなり増大するはずである。このとき安定基準を多少厳しく設定して、「同」試行でのエラー、誤「異」反応を減らせばKrueger (1986)にかなり近いところに落ち着くであろう)。

質的な分析ではかなり幅広い現象を説明できることが分かっているので(一部は妻藤, 1987の口頭発表, その他は発表予定), 量的により厳密な予測ができるようにすることが今後の課題である。

これまでの理論との相違のうちもっとも本質的な部分は、分析された特徴から一次元の類似性尺度値を計算するのではなく、意味をもった記述単位による一段階高次のレベルで比較が行われると仮定された点である。これまでの理論では、様々な視点での「同一性」を判定するとき、名称コードの比較によるのだとし、異なる視点での視覚的「同一性」は、たとえば選択的注意等によって切り出された情報について同標の処理が成されるというものであった。しかし我々がものを見て認知するというとき、入力された情報に重み付けをしたものを「見ている」はずである。そうでなければ「醜いアヒルの子の定理」により（渡辺，1987）世界は混沌としてしまうであろう。このときあらかじめ情報を「選んでおき」それを「見る」のか、「見る」ということ自体が重み付けをした記述をすることであるのかが議論されるべき問題であると思われる（しかも、場合によって「選択される」あるいは「重み付けられる」情報は異なっているということも考慮の上でなければならぬ：菓子と置き忘れた玩具に対して、子供が空腹であるか満腹であるかということと、各々を発見するまでの反応時間とのあいだに、もし交互作用があるならこれも説明しなければならない）。

視覚系が能力の限界あるいは基本的性質によって情報を選んでしまうということは別として、(他人の表情の読み取り能力には個人差があり、またある程度の訓練が可能だというような意味での)情報の選択は、あるレベルまでの認知が起こってからでなければどれを選ぶべきか分からないという点で、下手をするとパラドックスを引き起こしかねない問題である。

単純に選択系があり、かつ一次元類似性尺度の値に応じてある程度の「同一性」がある、と結論するような判断システムが、日常的な認知を説明出来るかどうか、まだ今後の問題であろうと思われる。そして、様々な視点での記述に対して「同一性」判断を行うシステムは、検討する価値のある仮説であると思われる。

引用文献

- Atkinson, R. C., Holmgren, J. R., & Juola, J. F. (1969). Processing time as influenced by the number of elements in a visual display. *Perception & Psychophysics*, **6**, 321-236.
- Bamber, D. (1969). Reaction time and error rates for "Same"- "Different" judgments of multidimensional stimuli. *Perception & Psychophysics*, **6**, 169-174.
- Cleaves, E. T. (1977). Comparison of reaction time patterns in a sequential visual recognition task with simple geometric forms. *Perception & Psychophysics*, **22**, 191-200.
- Corballis, M., Lieberman, W., & Bindra, D. (1968). Discriminability and central intermittency in Same-Different judgment. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **20**, 51-61.
- Cunningham, J. P., Cooper, L. A., & Reaves, C. C. (1982). Visual comparison processes: Identity and similarity decisions. *Perception & Psychophysics*, **32**, 50-60.
- Decker, L. R. (1974). The effect of method of presentation, set, and stimulus dimensions on "same"- "different" reaction times. *Perception & Psychophysics*, **16**, 271-275.
- Eriksen, C. W., & Collins, J. F. (1967). Some temporal characteristics of visual pattern perception. *Journal of Experimental Psychology*, **74**, 476-484.
- Eriksen, C. W., & Schultz, D. W. (1979). Information processing in visual search: A continuous flow conception and experimental results. *Perception & Psychophysics*, **25**, 249-263.
- Farell, B. (1985). "Same"- "different" judgments: A review of current controversies in perceptual comparisons. *Psychological Bulletin*, **98**, 419-456.
- Hock, H. S. (1973). The effect of stimulus structure and familiarity on same-different comparison. *Perception & Psychophysics*, **14**, 413-379.
- Hofstadter, D. R. (1985). *Metamagical themas: Questing for the essence of mind and pattern*. New York: Basic Book.

- Keuss, P. J. G. (1977). Processing of geometrical dimensions in a binary classification task : Evidence for a dual process model. *Perception & Psychophysics*, **21**, 371-376.
- Krueger, L.E. (1973).Effect of irrelevant surrounding material on speed of *same different judgment* of two adjacent letters. *Journal of Experimental Psychology:Human learning and memory*, **98**, 252-259.
- Kruegers, L. E.(1978).A theory of perceptual matching. *Psychological Review*, **85**, 278-304.
- Krueger,L.E. (1986).Positive effect of heterogeneity of difference on the *same-different* disparity in letter matching. *Perception & Psychophysics*, **39**, 117-122.
- Nickerson, R. S. (1973). Frequency, recency, and repetition effects on same and different response times. *Journal of Experimental Psychology*, **101**,330-336.
- Nickerson, R. S. (1978). On the time it takes to tell things apart. In J. Requin (Ed), *Attention and Performance VII*(pp.77-88). Hillsdale, New Jersey : Erlbaum.
- Palmer, S. E. (1975). Visual perception and world knowledge : Notes on a model of sensory cognitive interaction. In D. A. Norman & D. E. Rumelhart (Eds)*Explorations in cognition* (pp.279-307). San Francisco : W. H. Freeman and Company.
- Palmer S. E. (1977). Hierarchical structure in perceptual representation. *Cognitive Psychology*, **9**, 441-474.
- Proctor, R. W. (1981). A unified theory for matching task phenomena. *Psychological Review*, **88**,219-326.
- Ratcliff, R. (1985). Theoretical interpretations of the speed and accuracy of positive and negative responses. *Psychological Review*, **92**, 212-225.
- 妻藤真彦 (1980).知覚的セットおよび選択的情報処理. 心理学研究, **51**, 1-8.
- Saito,M. (1982).Same-different reaction times studied with a flash masking technique. *Perception & Psychophysics*, **31**, 573-576.
- 妻藤真彦 (1986). 同異判断に関する多重記述理論. 関西心理学会発表論文集,.
- 妻藤真彦 (1987).「早すぎるsame反応」に関するモデルとシミュレーション. 日本心理学会51回大会発表論文集 252.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of three dimensional objects. *Science*,**171**, 701-703.
- Silverman, W. P. (1973). The perception of identity in simultaneously presented complex visual displays. *Memory & Cognition*, **1**, 459-466.
- Silverman, W. P., & Goldberg, S. L. (1975). Further confirmation of same vs. different processing differences. *Perception & Psychophysics*, **17**, 189-193.
- Snodgrass, J. G. (1972). Matching patterns vs matching digits : The effect of memory dependence and complexity on “same”-“different” reaction times. *Perception & Psychophysics*, **11**, 341-349.
- Steinfeld, G. J. (1967). Concepts of set and availability and their relation to the reorganization of ambiguous pictorial stimuli. *Psxchological Review*, **74**, 505-522.
- Taylor, D. A. (1976). Holistic and analytic processes in the comparison of letters. *Perception & Psychophysics*, **20**, 187-190.
- Tversky, B. (1969). Pictorial and verbal encoding in a short-term memory task. *Perception & Psychophysics*, **6** , 225-233.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages : Extensions of Donder’s method. In W. G. Koster (Ed), *Attention and Performance I* (pp. 276-315). Amsterdam : North Holland.
- Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum.
- 渡辺慧 (1987). 知識と推測－科学的認識論－ (村上陽一郎 & 丹治信治訳), 東京図書. 原書 (1969). *Knowing & Guessing-A quantitative study of inference and information*. New York : John Wiley & Sons.