HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	運動知覚の諸様相 : 予測法による実験的研究
Author(s)	相場, 覚
Citation	北海道大學文學部紀要, 26(1), 1-28
Issue Date	1977-12-22
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/33418
Type	bulletin (article)
File Information	26(1)_PL1-28.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

運動知覚の諸様相

——予測法による実験的研究

相　場　　覚

運動知覚の諸様相

——予測法による実験的研究

相　場　　覚

0. 序　　言

我々の周囲は絶えず刻々と変化する刺激に充ち満ちている。我々の知覚認知活動の中心は，これらの変化の適確な把握にあり，それに基づいた行動の決定が我々の生存を保証するとまで言える。なかでも最も直接的に我々の行動に関係するものは視覚的なものであって，特に対象の相対的位置の変化の知覚，つまり運動の知覚が重要な位置を占めると言えるだろう。

さて凡そ運動の知覚を研究するにあたって，時間との係わりを避けることは出来ない。何故なら運動そのものの定義からも，それは位置と時間の変数として表わされるからである。それでは運動の知覚は，空間に対する知覚と時間に対するそれとから二次的に派出されるものだろうか。今，空間を一まず置き，時間に注目するならば，我々の内的，知覚的世界においては，意識化された時間が一次的変数たり得ることはむしろ稀といってよい。つまり我々が或る生成変化する事象（event）について何等かの判断を下す場合，時間を第一の手がかりとするよりも，むしろ事象全般乃至その部分における「生起」と「結着」を基にして時間の経過を推論するのであり，決してその逆ではない。その証拠に，時間そのものを判断する場合に他種感覚の影響を最も受け易い（所謂「時空相待」）ことが挙げられる。一方，外的事象の手がかりが全くないような事態において時間の経過を判断しなければならないという，極めて人為的

な条件もあり得る訳であるが，その場合には例えば Counting などのような内的な事象を被験者自らが創出する。Counting 以外にも，このような自己創出の事象が他にも数多くあると考えられるが（例えば Mental Rotation；Shepard & Metzler, 1971），ただその形態とか性質についていまだ充分な研究がなされていないのが実情である。一方時間の経過そのものを把握するための生得的な機構（所謂 Physiological Clock）の存否については永らく議論の的となっているが（例えば Bünning, 1964），我々がこれから問題として行こうとする比較的短い時間間隔においては，かかる機構が存在する証拠は全くないといってよい。

このように見て来ると，我々の認知活動に一次的な意味を持つのは，抽象的に分離し得た時間乃至その内的対件である主観的時間ではなく，むしろ事象そのものであると言って差つかえないだろう。そして運動の知覚を問題とする場合にも，それを「事象の知覚」として理解するのが最も妥当な道と言えるだろう。

さて事象とは何か。これは我々が日常的に経験し，対処を迫られる「出来事」と本質的には異ならないにせよ，それはあまりにも複雑で限界も明瞭でない。ただ我々はこれらの出来事の中に夫々主な特徴（key feature；Welford, 1951）を見付け，抽出することが出来る。つまり情報処理系として我々自身を見た場合，そこには有限な処理形態があり，情況に応じてそのいずれかが発動せしめられる。この特定の処理形態に関係するのが key feature であり，我々はこれを実験室においてより純粋な形で再現することが可能であろう。このようなものが我々にとっての「事象」である。かかる事象には勿論 static な「状況」そのものが意味されることもあるが，大部分は dynamic に変化するものであって，ここに冒頭においてのべた運動の知覚との関連が出て来る訳である。

それでは，如何に我々はこの事象の知覚としての運動の知覚に取組むべきであろうか。著者は運動の「予測」を基盤とする方法こそこの特質に最もよく合致した一つの研究法であると考える。何故ならば，それは

従来の研究法（精神物理学的方法がその典型）における如く，受動的，静的に対象を観察報告するのでなく，運動事象に積極的に介入する指向を持つからである。例えば，それは動く対象物を追跡してそれに達することであり，またそれを待ち受けて補捉することである。或るいは，自己方向に突進する対象物から身を避けることでもある。これは戸田（1975）の言う一次的認知システムの関与する場面とも言うことが出来る。かかる事態において，我々の情報処理系が如何に働くかを解明することこそ，運動の知覚，つまり事象の知覚の研究の主要目的としなければならない。そして所謂時間の知覚の研究も，かかる観点から見直されなければならないと著者は信ずるものである。以下に報告される研究の意図も，上述の枠組の中で理解され得るものであろう。

1. 直線運動の予測 —— 実験 I

1.1 実験目的

二次元的な平面（前額平行面）上の対象の運動を一定期間観察させ，その後同じ軌跡の延長上に同対象が移動を続けることを想像させ，その仮想の移動対象が特定の点に達すると思われる時間を評定させることによって，我々の運動情報処理メカニズムの一端を知ろうとするものである。その際重要な変数の一つに軌跡が直線的であるか，それ以外の線であるかがあるが，本実験では最も単純な直線的水平運動軌跡を用い，それにより他のより複雑な運動軌跡の場合の解析の基礎的資料を得ようとするものである。

1.2 実験装置，刺激，手続

刺激はミニ・コンピュータ（DEC 社製 PDP-8/E）により制御されたCRT ディスプレイ（同じく DEC 社製 VR-14）上に現われる。ディスプレイは被験者の顔の前方約 0.9 m の位置で，ほぼ顔の高さに置かれている。ディスプレイの大きさは 18 cm×24 cm（視角約 12°×16°）であり，実験にはその中央の水平部分 22 cm（14°）が用いられる。

実験が開始されると，図 1．1 に示されるA点，B点にそれぞれ光点が現われ，3秒後にはA光点はB光点の方向に，一定の速度で水平に移動しはじめる。移動している光点は，図1．1にC点で示される位置（これは条件により若干左右にずれる）まで来ると消え，被験者はこの光点がB光点に到達したと思われる時点に合わせて，手もとのテレタイプ（Teletype 社製 ASR-33）の特定の key を押して反応する。なお光点B（終着点）は実験が開始されると同時に現われ，実験中は常に見えて居り，被験者が反応して3秒後に消える。光点AがCにおいて消えた瞬間から，被験者がテレタイプの key を押すまでの時間が 0.5 msec の精度をもってコンピュータ内の時計により測定され，記録される。

刺激変数として，A光点の速度と，同光点の消える位置（つまりCB間距離）が用いられた。光点の速度は光点が動きはじめてB点に達するに要する時間が5秒，10秒，15秒，20秒（視角速度で 2.8°/sec, 5.4°/sec, 8.4°sec, 10.8°/sec）の4条件があり，光点の消える位置として，CB/AC の比が 4:6, 5:5, 6:4 になるような3つの条件が設けられた。実験条件の配置にはラテン方格法が用いられ，それぞれの条件は3回繰返えされた。従って各被験者毎に，(4×3×3＝)36 回の測定が行われる。被験者は心理学専攻の学生12名（男女 それぞれ6名）でこの種の実験には naive であった。

1．3　結果および考察

結果はすべての条件をプールして，光点がC点よりB点に達するのに要したであろう実際の時間と，それに対して被験者が評価した時間との関係を示す，図 1．2 によって表わされる。

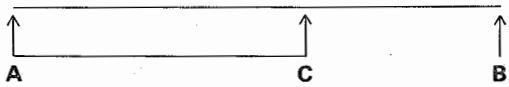


Fig. 1. 1. The stimulus arrangement for Exp. I. A luminous spot moves from A towards B at a constant velocity. The spot disappears at C. The *S* was required to report the moment when he thought the spot arrived at B.

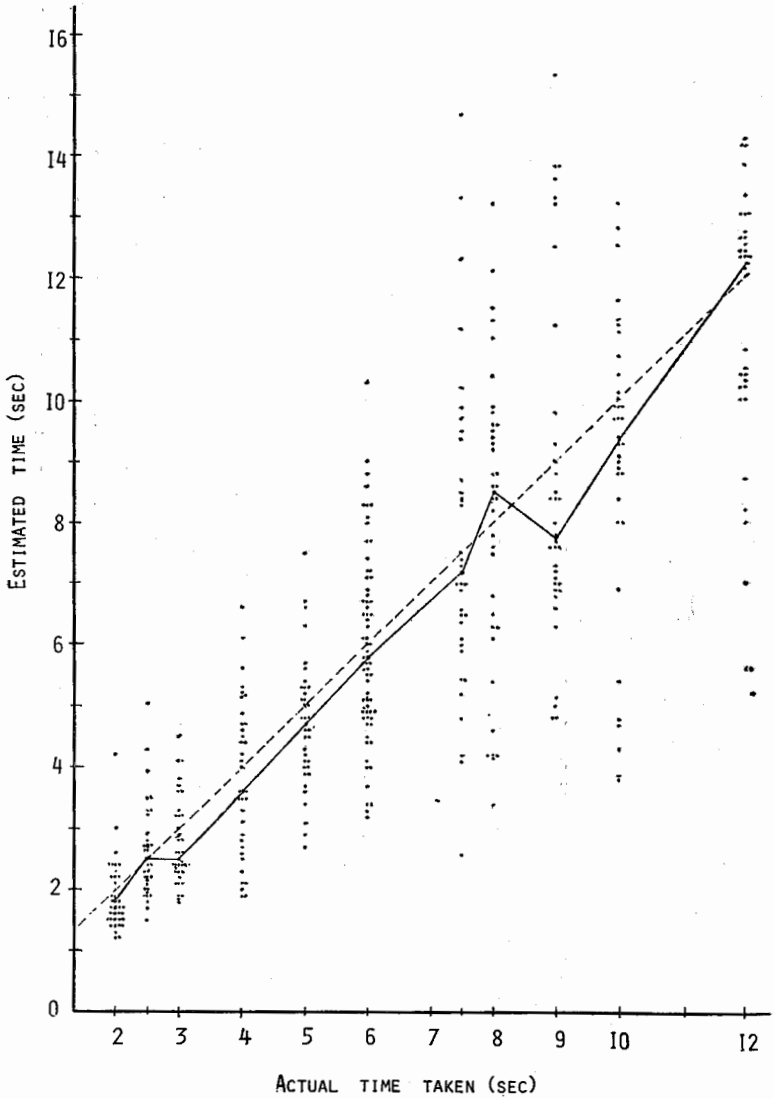


Fig. 1. 2. The actual time interval for the luminous spot to travel from C to B (Fig. 1. 1), plotted against the time interval estimated by the *S* to be that interval. All data points are single judgements made by 12 *Ss* on three occasions. The line connects the means for the 12 conditions investigated. The dashed line shows the positions taken by the points if the *Ss'* judgements were all accurate.

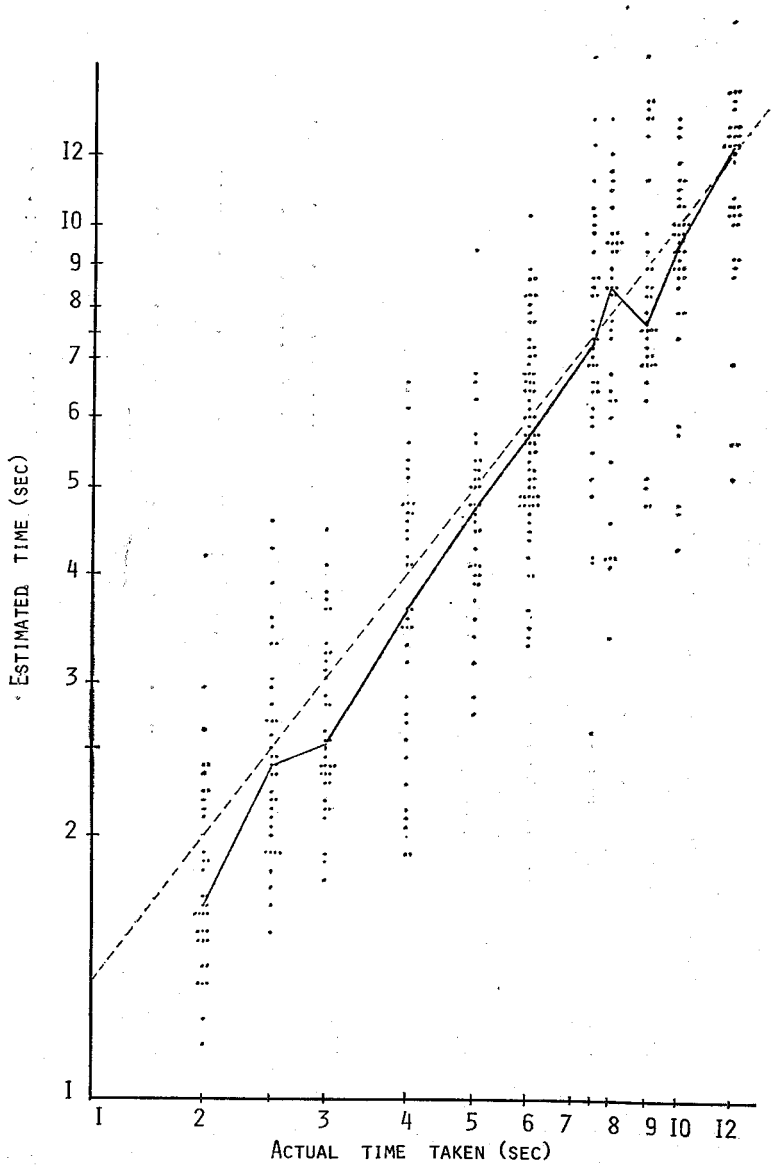


Fig. 1. 3. The same as Fig. 1. 2, except that the two coordinates are in logarithmic scale. The line connects the geometric means for the 12 conditions investigated.

図 1．2 内のすべての点は各被験者の一回の判断を示し，各条件毎の平均が直線で結ばれている。

図 1．3 は，図 1．2 の縦軸と横軸を対数変換したものである。この場合には各条件毎の幾何学的平均が直線によって結ばれている。両図とも，破線は，被験者の判断が正確であった場合にはその上にすべての点が並ぶ線を示す。これらの図からも明らかなように，被験者の判断の平均は，殆どの条件で実際の時間をやや下回っているが，全体の傾向としては実際の時間に呼応していて，破線とほぼ同じ傾斜（図1．3の場合にはやや急とも見られる）を示している。これは Bonnet & Kolehmainen (1970) とはやや異なる結果である。点の分散は大であるが，これはこの実験でのように，多数の被験者に多数回の独立の判断を求める場合にはしばしば見られることで，例外的なものではない。

図 1．4 は，各速度条件毎に，実際時間からのずれ（被験者の判断の誤差）の分布を見たものである。この図から見られるように，分布は速度に可成正確に反比例している。計算された σ はそれぞれ 1.39, 2.63, 4.40, 5.00 値を示す。即ち分散は光点がＣ点よりＢ点に達する時間，より正確にはＡ点（出発点）よりＢ点（終着点）に達する時間，にほぼ直線的に比例して大となっている。このような結果が起るのは，上に見た全体的反応の実際時間とのよい対応と相俟って，被験者の予測が，一定の誤差を含めながらも，外的に起りつつある事態の忠実な反映であることを意味している。

では被験者は何を手がかりとしてこのように判断したか。この結果からは，被験者が時間を直接評価していたか，或るいは他の方法を用いていたかを知る由はない。それは後続の実験の結果と参照して判定されねばならない。ただ Michon (1967) その他が指摘している時間評価の際の，比較的短い間隔とそれ以上の間隔とで（境界は数秒とされている）二つの異なった処理過程の存在を示唆するような徴候は，本実験のデータには見られない。更にまた，ＣＢ間の距離の大小はほとんど結果を左

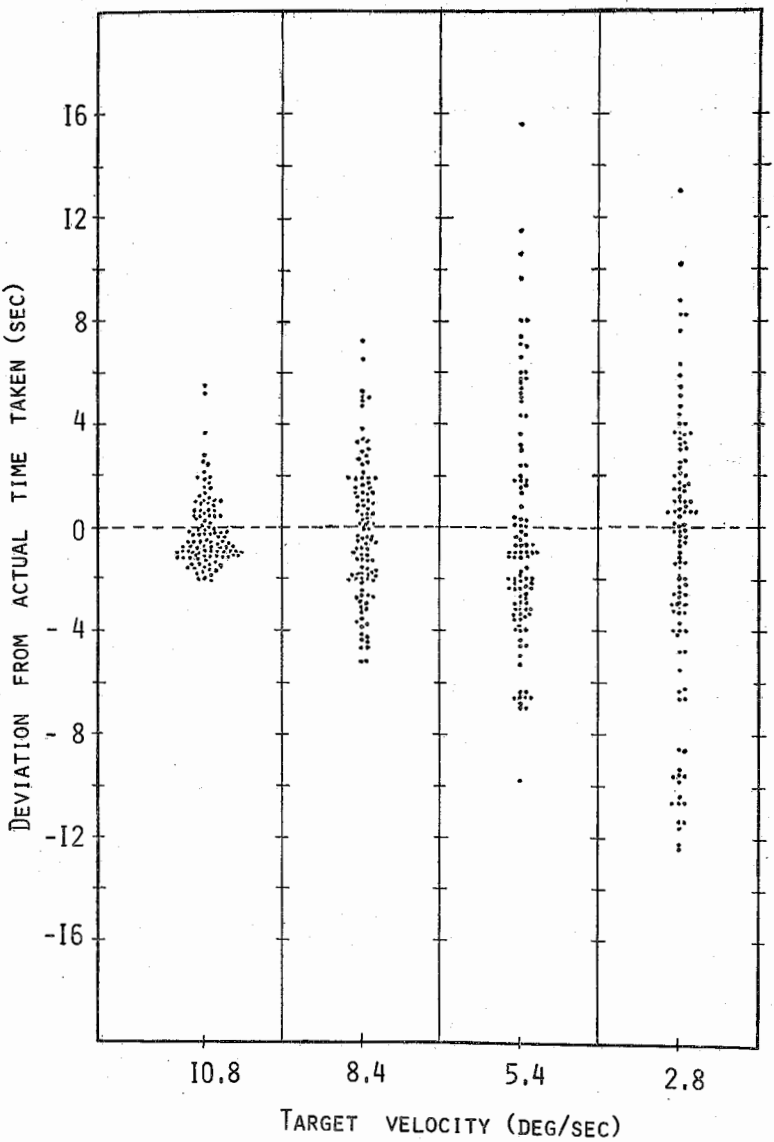


Fig. 1. 4. Distributions of the data points for the 5 velocity conditions. The standard deviations for each condition is roughly proportional to the time taken for the spot to traverse the distance between C and B (Fig. 1. 1).

右しなかったが，それが最小の条件，即ち CB/AC が 4:6 の時には，それ以外の条件にくらべて若干分散が小さかった。少くとも 5:5 の場合とは有意に異なっていた（コクラン検定，$F=1.57$, $P<0.01$）。ということは，CB間の距離の短かいことは，分散の度合を小さくする効果のあることを意味している。しかもこれは C B 間の距離により分散を normalize した上でも見られたので，速度の差，つまり時間の差，に基づくもの（図 1. 4）とは本質的に異なると言える。

2. 曲線運動の予測 —— 実験 II

2. 1 実験目的

実験 I の最も単純な直線運動の予測に次いで，二次元的運動のなかで最も単純であり，予測が容易と考えられる円運動について同様の実験を行ない，それと前者との違いを明らかにすることによって，我々の運動情報処理が如何なるものであるかを推察する。

2. 2 実験装置・刺激・手続

刺激はミニ・コンピュータにより制御された CRT ディスプレイ（実験 I と同じもの）上に円軌跡の光点として呈示される。ディスプレイ自体は 12°×19° の大きさで目の高さ，かつ観察距離 86 cm の位置に置かれる。運動軌跡の半径はそれぞれ，1.25, 3.75, 7.5 cm（視角 1°40′, 5°, 10° の円）である。回転速度条件は中心角にして，150°/sec, 30°/sec, 6°/sec の三種類。出発点の位置は真上を原点として ±90° の二種類とした。尚「補助円呈示条件」と「補助円非呈示条件」とがあり，補助円呈示条件では，円軌跡に内接する，36 箇の点からなる円を終始呈示し，非呈示条件では，終着点以外は何も呈示しない。また運動光点自体の呈示時間（呈示距離）は，全体の可動範囲（中心角 300°）を「呈示時間と非呈示時間の比」により分割し，それには 7:3, 5:5, 3:7 の三種類がある。更に補助的に，円の中心と運動の終着点とはいずれの条件下でも常時光点で示される（図 2. 1, O, A）。被験者は光点の運動をそれぞれ

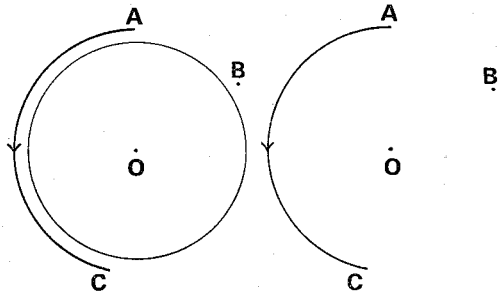


Fig. 2. 1. The stimulus arrangement for Exp. II. A luminous spot moves from A along the circular path towards B at a constant angular velocity, and, as in Exp. I, disappears at C. The *S* was required to report the time at which he estimates the spot would reach B. There were also conditions of the clockwise rotation. At right, the condition is depicted in which the *S* had to trace the circular path without the help of the circle, which he had in the other condition.

規定された時間だけ観察した後（AよりCへ），当該の対象が終着点（B）に到達したと思われる瞬間を，テレタイプの key を押して表現する。ミニ・コンピュータ内の時計により，点の消えた時点より key 押しの瞬間までに経過した時間が記録される。被験者には 12 人（うち女 6 名）の大学生が用いられた。

2. 3　結果および考察

出発点の相違（± 90°）は統計的に如何なる有意差も生じなかったので，以下の結果は両条件をプールしたものとする。

補助円の呈示，非呈示は若干の微妙な差を生ぜしめた。或る条件では分散の差として，また或る条件では平均値の差として。しかし統計的に有意でないものも含めると，比較した 27 対の条件中，ほとんど補助円の無いものの方が反応時間が短かかった。（即ち 3 つのみがその反対で，1 つがほぼ同じだった。）

被験者の示した予測時間と実際時間（つまり目標が終着点につくのに

実際に要する時間）との関係は図 2. 2 に示される。

一見して明らかなことは，全体的傾向として速度が大（所要時間が小）である条件（図の左側の方）では過大評価が，速度が小（所要時間が大）

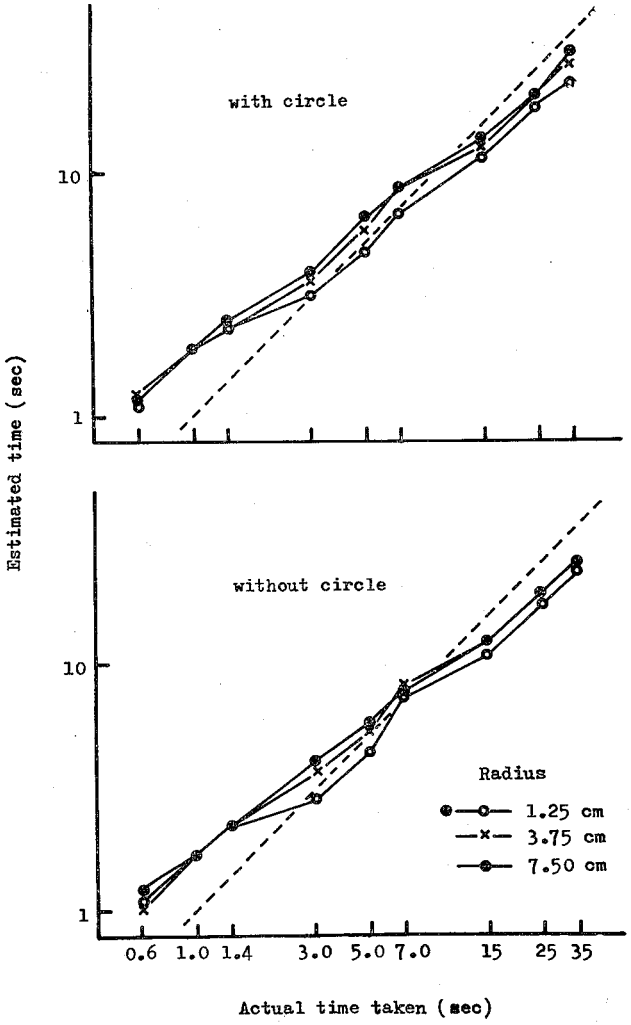


Fig. 2. 2. The actual time taken for the luminous spot to trace part of the circular path (CB in Fig. 2. 1), plotted against the *S's* estimate for that time.

の条件では過少評価が得られたということである。これらの傾向は補助円のある条件，無い条件に共通している。

運動半径の大小と，反応時間の関係を見るために，各速度条件下の相

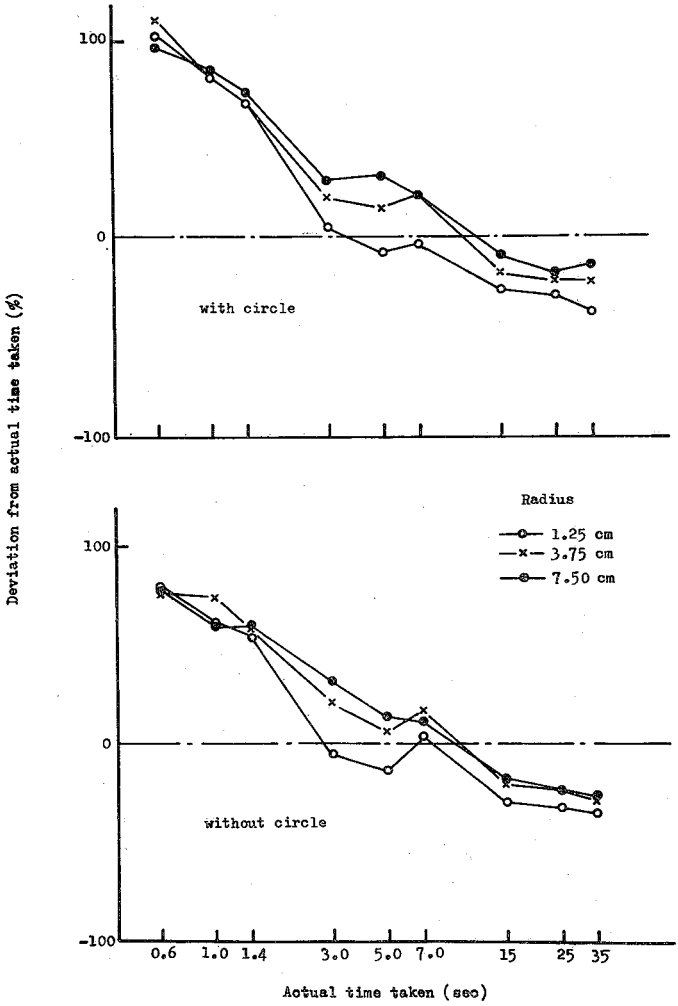


Fig. 2. 3. The same data as in Fig. 2. 2, except that the vertical axis represents the per cent deviation of the estimated time from the actual time. The difference due to the different radii of the circular path is more apparent.

対反応誤差（実際時間との比を％で表わす。実際時間の2倍を100とする。）を図2．3に示す。

図2．3から明らかなように，速度が大の条件下（図の左端の方）では，半径による違いは現われなかったが，速度が中，小となると半径による差が歴然となり，特に速度中の条件（30°/sec）でそれは顕著である。即ち半径の大の方が他にくらべて長く（遅く）反応している。半径中がそれに次ぎ，半径小が一番短かく（早く）反応している。但し，中と大の半径間の差はそれほど大きくない。

運動の可視部分と非可視部分の比が3：7，5：5，7：3と変化した場合，中，小の速度条件ではあまり差が見られなかったが，大の条件（150°/sec）では3：7，つまり可視部分が最も短い（つまり非可視部分が最も長い）条件において，本来この条件に見られる時間の過大評価の傾向がさらに顕著であった。以上の結果を考察してみよう。

(1) 実時間に比して予測時間の方が，速度大の条件では長く，速度小の条件では短かかった（図2．2）のは，以前より精神物理学的マッチング事態で起ることが知られている，Regression の効果と考えることが出来よう。即ち被験者は，自由にすることが出来る変化刺激の値の範囲を，マッチする当該の刺激の値の範囲に比して狭く取る傾向がある。したがって，実際時間の範囲に比して，予測時間の範囲はせまくなる。しかし，これは現実的に二つの刺激が存在する場合のマッチングについて言われて来たもので，我々の実験のような場合には当てはまらないかも知れない。そうであるならば，更に一般的に，これを次のような傾向の一つの現われであると言うことは出来ないだろうか。一般に，想像的に被験者が認知的世界に創出する変化の範囲は，それが模倣しようとしている実際の変化に比して小さい。更に言いかえれば，我々が処理し，模倣し得る変化の範囲には自ら限界があり，したがってそれは大ていの場合，実際の変化よりも範囲の小さなものとして表出される。

(2) 補助円の見える条件に比し，見えない条件の方が概して予測時間

が短かい。これは円の無い条件では，想像的な空間内に円を保持することが難かしく，被験者のえがく想像的軌跡は円よりも直線的なもの，乃至はこれに近い亜直線的なものであって，我々の被験者はこれを用いたものと考えられる。被験者の内省報告にもこれを裏付けるものがある。尚すでに述べたように「補助円」は32箇の点からなり，この点の近傍を移動する光点の視速度は，「円なし」の条件に比べて早いと感ぜられるであろうが（例えばSmith & Sherlock, 1957），このことが「円あり」の条件の予測時間を短かくすることにならなかったのは，我々がここで問題にしているのは，実際の刺激条件による視速度の変化（従来の精神物理学ではこのような問題を取扱って来た）ではなく，知覚における積極的統合のレベルでの問題であることを改めて示すものであるといえよう。

(3) 円の半径の大きさの影響については次のことが言える。高速（150°/sec）の条件では如何なる効果も得られなかった。速度が中と小の場合，とくに中の場合（30°/sec），半径が大であるほど予測時間が長いのは，すでにのべた，想像的に光点の動きを認知空間内に再現するとき，その速度の範囲がせばめられていることと関連すると思われる。ただしこの場合の速度とは，先にのべた速度（つまり中心角による速度）とは異なり，運動の直線成分の速度である。即ち同じ30°/secの速度であっても，半径の小さな円では，運動の直線成分の速度は小さく，半径の大きな円では大きい。かくして，半径の大きな円の場合，被験者の認知的空間内の速度は，すでに図2.2で見られたように実際の速度を下まわり，予測時間は実際時間よりも長めとなる。では何故速度が大の条件下，そして或る程度までは中速の条件下では，このような傾向が現われなかったのだろう。その理由は，その条件（速度大）では，全体の所要時間が最も短かい（2.4秒）ので，所謂，視覚情報保持機構（Visual Information Storage；VIS）で運動対象の映像が保持されているうちに判断がなされるので，それが比較的容易かつ正確なためであろう。

(4) 可視部分と非可視部分の比が変数として働くのは，速度が大であ

る条件下だけであった。これは一見 3. のところで述べた，速度が大のときは，半径の大きさの影響が見られなかったことと矛盾するかのように見える。しかし逆に，この条件では VIS に最も依存するところがあるとすれば，非可視部分の長短が極めて大きな影響を持つと考えてよいだろう。即ち，それが長ければ長い程 VIS における映像は減衰し，誤差を増大させる方向にむかい，その結果この条件に特有な傾向（つまり実時間よりも予測時間が長くなる）が顕著となるのだろう。

2. 4 実験Ⅰおよび Ⅱの総括

ここに報告された2つの研究から，次のことが推論されるだろう。実験Ⅰでは実験Ⅱと殆ど同じ条件で，ただし直線軌跡に関して行われたものであるが，その実験では被験者はかなりの速度の範囲にわたって運動を追従し得ることがわかったが，実験Ⅱでは被験者は曲線運動についてたとえそれが最も規則的な“円”であっても，それを正確に追従，また予測することが難かしかった。ということは，直線運動の知覚と曲線運動の知覚が全く異なった処理を必要とすることを意味し，一つの可能性として，後者にあっては，曲線運動が一たん直線運動情報に分解され，その後曲線運動が再統合される過程も示唆される。また運動の把握に VIS が関係している可能性も示された。

3. 接近運動における視速度 —— 実験 Ⅲ

3. 1 実験目的

運動知覚のなかで最も高度の中枢機能と関連すると考えられるのは，自己方向への対象の移動にともなう知覚であろう。このような知覚の場合には前額平行面における対象の移動とは違って，対象移動に直結した網膜像の移動はなく，主に大きさの変化という間接的な手がかりだけから知覚が生ずる。このような自己を中心とした運動を接近運動（Radial Motion）と呼ぶ（Ittelson, 1951）。

このような接近運動における速度判断に関係をもつ諸要因の解析を行

ない，それを基に，三次元的方向をも含めた運動対象に対する我々の情報処理過程の基礎的様相を明らかにしようとするものである。その第一歩として，自己方向に接近する二つの対象間の相対的速度の判断に影響を与える要因の分析を行なう。

3．2　実験装置・刺激・手続

刺激はミニ・コンピューター（実験Ⅰおよび Ⅱに使かわれたもの）により制御された CRT ディスプレイ（同上）上に二箇の円として呈示される（図 3．1)。その円は図 3．2 とその式(1)(2)に示される関係で変化する。

h は対象の大きさ，S は観察者と対象間の距離，S′ は水晶体より網膜までの距離，h′ は対象に基因する網膜像の大きさ，n′ は眼の媒質の屈折率である。なお対象は常に視軸近くにあることを前提とする。

今対象が観察者に向って速度 v で接近すると，S は刻々減少し，出発後時間 t でゼロになるのであるが，その間 h′ は減少しつつある S の従属変数として(2)式に従って変化する。n′ と S′ は常数と考えられるので h′ は S の逆数に比例して変化する。

実験にあたっては，h, S, および v にそれぞれ具体的な値を与えることになるが，ここに報告された研究では h は 2 m, 4 m, 8 m, S は出発

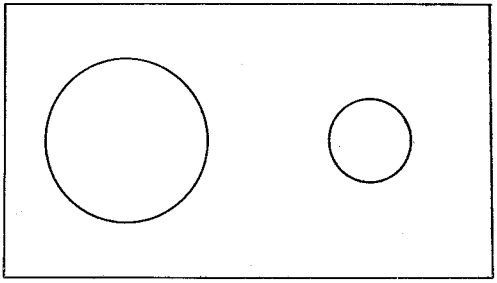
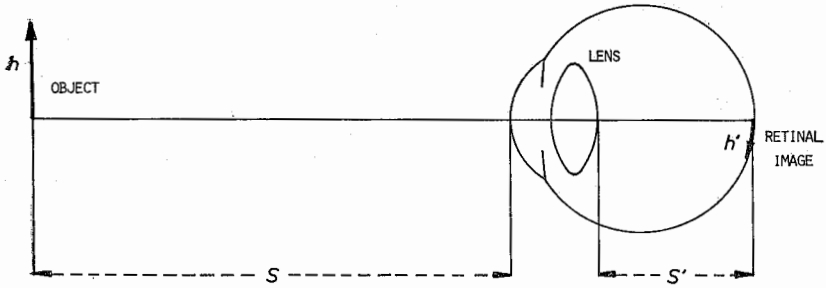


Fig. 3. 1. A typical stimulus arrangememt for Exp. III. The two circles represent objects of different sizes at an identical distance. They increased in size to simulate radial motion towards the observer.



$$t=\frac{S}{v} \qquad (1)$$

$$h'=\frac{h}{S}\,\frac{S'}{n'} \qquad (2)$$

$$\frac{dh'}{dt}=-\frac{dS}{dt}\,\frac{hS'}{S^2n'}=v\frac{hS'}{S^2n'} \qquad (3)$$

$$\frac{h'}{\frac{dh'}{dt}}=\frac{S}{v}=t \qquad (4)$$

Fig. 3. 2. A schematic reprentation of the retinal image of a moving target. h : object size, S : distance from the observer, S' : the distance of the retina from the lens, h': retinal image size, n': the refractive index of the optical media, v : velocity, t : time. Equations are also for these constants and variables.

点において 40 m, v は 10 m/sec, 8 m/sec, 7 m/sec の値をそれぞれ与えられることになる。実際には，上のようにして変化するディスプレイ上の円（二箇）を約 1 米の距離から被験者が観察するのであるが，観察距離が不変なので，被験者の網膜像の変化は，ディスプレイ上の円のそれに忠実に対応するわけである。（以下「像」と呼ばれているものはこのような理由から「網膜像」と同等と考えてよい。尚 2 m の対象は出発点において 40 分の視角となる。）

被験者（13名の大学生；うち 2 名は女）は実験の目的について簡単な説明を受けた後，二箇の対象物がディスプレイ上に示されるがそれは共に出発点において自己から等距離（40 m）にあり，ただその本来の大きさが等しくないこともあること，その対象物はやがてこちらに向って動

きはじめ，数秒にして視界から消えるが（到着前に），それを観察してどちらの円がより速く動いているかを「右・左・わからない」の形で報告してもらう。実験条件は上述の「対象の大きさ」と「速度」の組合せに，「露出時間」2.0, 2.7, 3.7, 秒を掛けた（3×3×3）27通りあり，それらについて被験者の判断が求められる。

3．3　結果および考察

3，3．1　対象が不等速の場合

図3．3および3．4が結果をまとめたものである。但し同じ速度同志の比較の結果はこれらに含まれない（それは図3．5および図3．6参照)。図3．3は露出時間による被験者の正答率の変化を，速度の組合わせ毎にみたものである。更にこれを対象の大きさの組合わせ別に示してある。図3．4は同じく露出時間による被験者の正答率の変化を，対象の大きさの組合わせ毎にみたもので，更にそれを速度の組合わせ別に示してある。また図3．3及3．4とも，より大きな対象が実際上より速く動いている場合（左側）と，反対により小さい対象がより速く動いている場合（右側）とに大別して示してある。

両図に共通して次の点が明らかである。(1)比較する二つの対象の速度差が大である程，正答率は概して高い。(2)より大きな対象がより速く動いている方が正答率が高い。(3)大きさの組合わせで，その差が大であるもの（2 m–8 m）程，正答率は高い。但し，それはより大きな対象がより速く動く場合に限られる。より小さな対象がより速く動く場合には，むしろ大きさの差が小さいもの（2 m–4 m）の方が正答率がより高い。(4)露出時間が長いほど正答率が高い。但し，速度差と速度そのものが小であり(7 m/sec–8 m/sec)，かつ大きさの違いが大きいもの（2 m–8 m）では露出時間の差は明瞭でない。

以下，上記の結果を考察しよう。(1)速度差が大であるほど速度の比較判断が容易になるのは当然で，その結果正答率が大となるのだろう。(2)および(3)小さな対象と大きな対象とを比較したとき，もしも両者が同じ

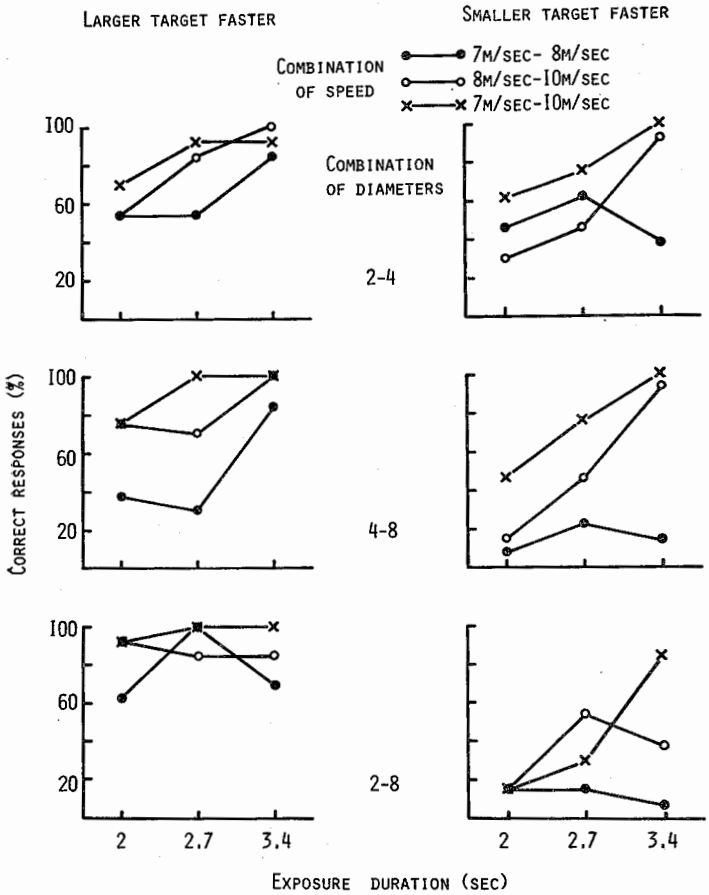


Fig. 3. 3. Per cent correct responses as to which one of the targets was moving at a higher velocity. The graphs are grouped according to the combination of the velocities of the target motion.

速度で動いているならば，二次元面上（網膜上）におけるその像の拡大する「率」は等しいが，より大きな対象ではその大きさ故に，像の拡大する「絶対的な範囲」はより大となり，これが速度大の判断に結びつくようである。（これについては 3. 3. 2 および 3. 3. 3 参照。）このように，より大きな対象の速度が大であると判断され勝ちであるならば，かかる判断が実際と一致しているとき（つまり対象大が速のとき）当然正

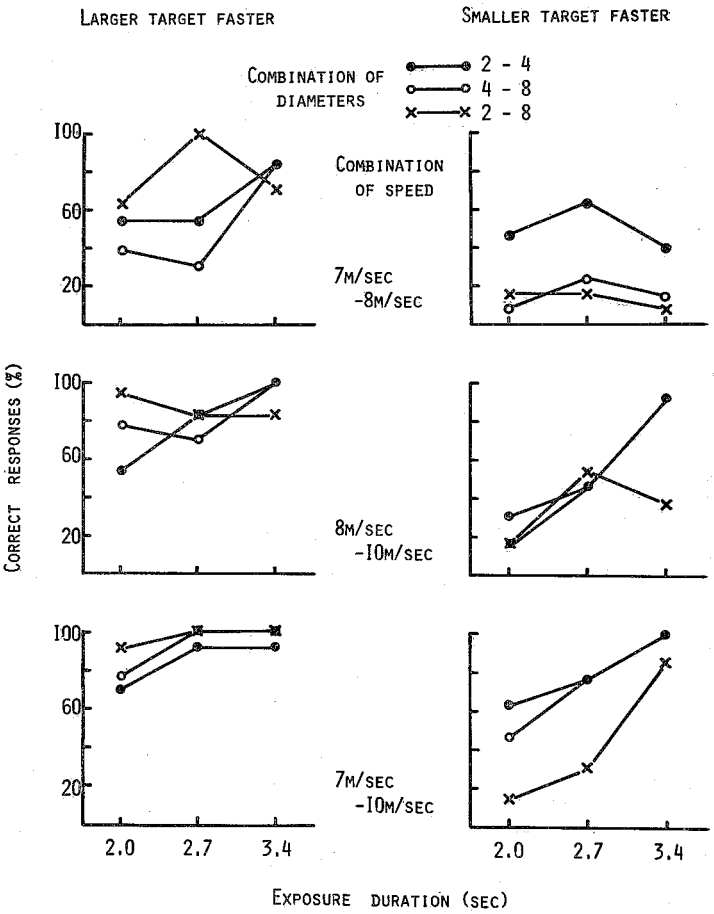


Fig. 3. 4. The same as Fig. 3. 3. except that the graphs are grouped according to the combination of diameters of the targets.

答率は増大する筈である。そして，それは，対象の大きさの差が一番大きいときに最も顕著に表われるべきものである（2 m–8 m）。より小さな対象がより速く動いているときには，これと全く逆の関係になり，大きさの差が最小のとき（2 m–4 m）に正答率が最上となるのだろう。(4)露出時間についての結果もほぼ期待どおりで，当然それが長くなればなる程，情報量が殖えるので正答率は上昇する。しかし速度が遅い場合には

当然露出時間の効果は少なくなり，それに加えて，速度差が小さく，大きさの差は大で，かつより小さな対象がより速く動くという正答率を下げる事態になれば，露出時間の効果はよりあいまいとなると考えられる。そして事実そのようになっている。

3．3．2　対象が等速の場合

図3．3および3．4で対象が比較的大であると，その速度を大と判断する傾向のあることがわかった。その原因が何であれ，それを判断における bias の一種と考え，それを取り除いたのちの判断の傾向を調べてみることは有意義なことである。そこで大きさは異なるが客観的速度を等しくする一対の対象間で速度を比較判断させ，各速度条件における bias の度合いを調べた。その結果は図3．5に示す。予想どおり大きさ

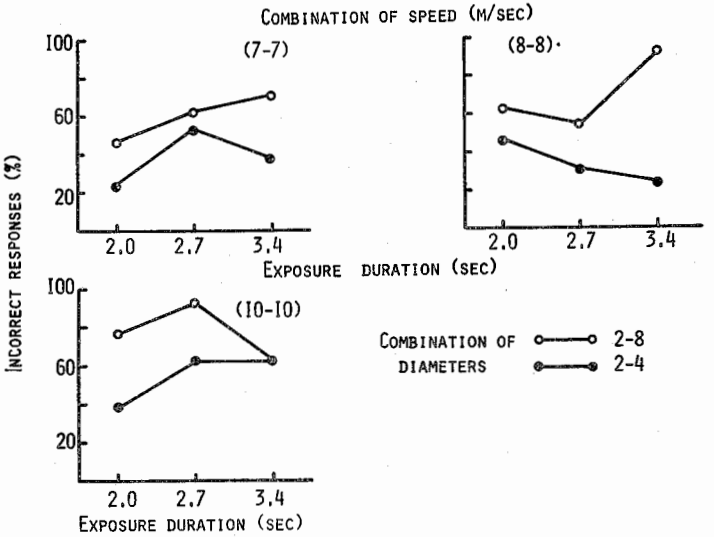


Fig. 3. 5. Per cent number of responses in which the S judged the larger of the two targets in identical velocity radial motion erroneously to be moving "faster".

の差が大きいものほど bias の度合いは大きい。一方露出時間の影響には系統的な傾向はみられない。ではこの bias を除いたならば結果はど

のようなものとなるだろうか。それを示したものが図 3. 6 で，これは図 3. 3 のデーターに基づいたものである。尚この補正のためには(5)式および(6)式を用いた。

$$P_{(LTF)} = P^*_{(LTF)} + P_{(LTF)} \cdot P_{(LTF/E)} \qquad (5)$$

$$P^*_{(LTF)} = P_{(LTF)}\{(1 - P_{(LTF/E)}\} \qquad (6)$$

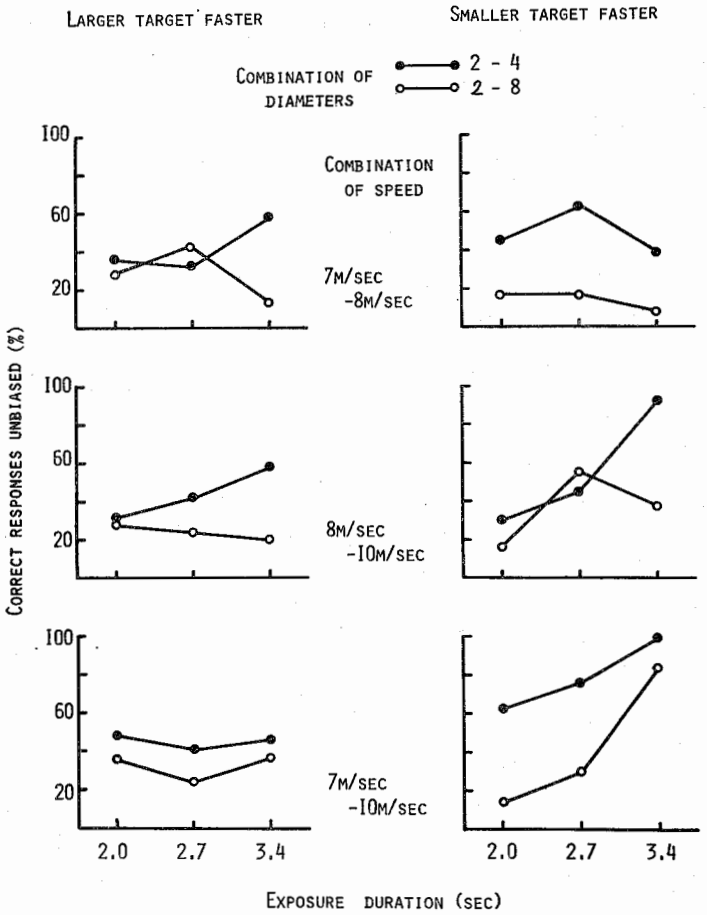


Fig. 3. 6. The same as Fig. 3. 3. except that the per cent responses are corrected for the tendency for the *S* to report the larger target to be moving faster, as is evident from Fig. 3. 5.

但し $P_{(LTF)}$ はより大きな対象がより速いと判断された率の実測値，$P^*_{(LTF)}$ はその真値，$P_{(LTF/E)}$ は等速で動く対象に対してより速いと判断した率である。

図 3．6 で明らかなことは，(1)より大きな対象がより速く動くことはそのこと自体必らずしも正答率を上げないということ，(2)大きさの差が小であるほど正答率は高いこと，(3)露出時間の増大が正答率の上昇につながるのは，主としてより小さな対象がより速い場合と，大きさの差が少ない（2 m–4 m）場合のようであることである。しかし速度差が少ない（7 m/sec–8 m/sec）場合には(3)の効果もみられない。これらの事実は，すでに図 3．3 の結果からも示唆された，大きさの差の少ない場合にのみ速度の比較判断がつき易いことと軌を一にするものであり，また露出時間の延長が正答率上昇の効果をもつのは，対象の大きさの差が小さくなることが一因であることを示唆するものである。

3．3．3 像の大きさ変化の時間特性

上の分析でより大きな対象はどちらかというと「より速く」判断されることがわかったが，ではそれは刺激要因として如何なるものが働いた結果だろうか。すでに考察したとおりそれは一定時間の経過のうちにあらわれる大きさの変化の率でないことは確実である。何故なら変化の率は速度が等しい場合には，対象の大きさ如何にかかわらず一定であるからである。ではそれは距離の変化（減少）にともなって生起する像のエッヂの，二次元面上での動きの速さによるのだろうか。そこで或る瞬間における像の大きさの変化の率を計算するために，前出(2)式を時間 t で微分して(3)式の結果を得る。これから明らかなように，像の大きさは距離の増大によっては負の加速をもって縮少し，また距離の減少によっては正の加速をもって拡大する。そしてこの変化の率は速度及び対象の大きさに正比例し，かつこの二者を constant にした場合は，距離の自乗に反比例する。

そこで，我々の判断が最もそれに依存するであろうところの，提示の

最終的な時点，つまり刺激がディスプレイから消失する瞬間における変化比率と，その刺激対についての正答率との関係をみたのが図 3．7 である。縦軸は従来のものと同様，横軸は呈示された二つの対象の最終的

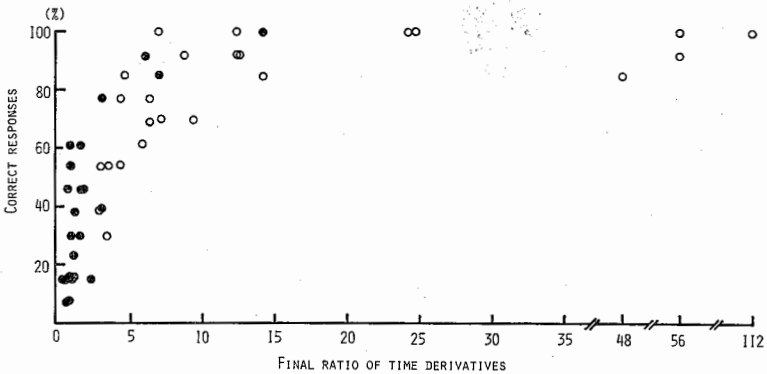


Fig. 3. 7. The ratio of the time derivatives for the two targets at the moment of their disappearance from the display. The time derivatives were calculated using the equation (3) in Fig. 3. 2.

な変化率の比をとったものである。この図からも明らかなとおり，正答率はこの比の単純な増加函数として示される。即ち我々の接近運動の速度についての判断は，夫々の対象における像の大きさ変化の時間的微分特性によっていることがこれで示唆されたと言えよう。

3．3．4　将来の課題

ここに報告された実験は，用いられた方法からいって先行の二実験とは異なるものである。即ちここでは単なる相対的速度のみが問題とされ，結局予測判断もどちらが「先」「後」の範疇に限って行われた。ではかかる相対判断に留まらず接近運動中の対象の自己到達時間を予測し得るであろうか。これはすでに Weinberger (1971) も指摘しているが，(3)式に示された或る瞬間の変化の率と，(2)式に示されるその時の像の大きさの比，具体的には(3)式を(2)式で割って得られる(4)式の t によって示される。厳密に言えば，我々は接近運動中の対象を或る瞬間に見ただけで，その時の網膜像の大きさと，変化率だけから到着時間がわかること

になる。しかしこれは人間が理想的な完全情報処理系であって始めて可能であり，実際にはこれから可成ずれたものになるであろう。どの位ずれるか，また人間はどの手掛りをより重視するか等の問題は実験によって決定されねばならない。

更に Aiba (1973) が見出した断続光下の接近運動の示す特異現象，即ちそれが連続光下で見るよりも早く感ぜられることも，今回の研究で明らかとなった像の大きさ変化の微分的特性との関連で更に検討されねばならないであろう。

心理学的にみるなら，この接近運動における運動の知覚と，対象の大きさの知覚就中「大きさの恒常性」といわれる現象とは極めて密接な関係にあると思われる。つまり，対象の大きさそのものは変化しないという判断の上に対象の接近運動が推論されるのであって見れば（対象そのものが大きくなっていると判断されれば運動知覚は起らないであろう。）判断をかかる方向に導く要因こそ，運動知覚，大きさの恒常両者の共通の基礎をなすものと考えてよいだろう。それは何か，については徹底的な実験的吟味を経て始めて明らかとされるべき問題だが，例えばその対象に対する親近性，形の変化しないこと等が先ず第一に関係すると考えられている (Ittelson, 1960)。尚恒常性と接近運動との関係を扱った研究が最近少しづつ行なわれている (Gregory & Ross, 1964；野口・田谷 1976)。ここでは接近運動を simulate した条件下の，刺激要因と主観的な速さとの関係のみを取り上げたもので，恒常性の問題には直接ふれていない。しかしそれとの関連は将来における大きな課題として残されていると言えよう。

附記：本研究は文部省科学研究費補助金（昭和51年度一般研究C「運動指標の知覚判断過程に関する研究」），同科学研究費補助金（昭和50年度及び51年度総合研究A「視覚系の情報処理メカニズムの研究」），国際交通安全学会研究助成金（昭和55年度及び51年度「人間機械系としてみた自動車運転における視覚情報処理メカニズムの研究」）——いずもれ著者が研究代表者または分担者のもの——による補助により行われた。ここに関係者一同に謝意を呈するものである。又実験にあたり御

協力いただいた小橋康章，村川義次，植野泰江の諸氏にも心からの謝意を表したい。

文　献

1. Aiba, S. Apparent radial motion in stroboscopic illumination. Paper read at U. S. Japan Symposium on Space and Motion Perception. 1973. Honolulu.
2. Bonnet, C. & Kolehmainen, K. Le role de la vitesse dans l'anticipation d'un mouvement visuel. Année Psychol., *70*, 357–367, 1970.
3. Bünning, E. *The physiological clock*, London: The English University Press. 1975.
4. Gregory, R. L. & Ross, H. E. Visual constancy during movement. 1 & 2. Percept. mot. Skills, 3 & 23, *18*, 1964.
5. Ittelson, W. H. Size as a cue to distance: radial motion. Amer. J. Psychol., *64*, 188–202, 1951.
6. Ittelson, W. H. Visual Space Perception. New York, Springer, 1960.
7. Michon, J. A. *Timing in temporal tracking*, Soesterberg: Institute for Perception, RVO–TNO. 1967.
8. 野口　薫，田谷勝夫，前後運動視における大きさの恒常性，その1，その2，日本心理学会第40回大会発表論文集，1976，名古屋。
9. Shepard, R. N. & Metzler, J. Mental Rotation of three dimensional objects. Science, *171*, 701–703, 1971.
10. Smith, O. W. & Sherlock, L. A new explanation of the velocity-transposition phenomenon. Amer. J. Psychol., *70* 102–105, 1957.
11. Toda, M. Time and structure of human cognition. In Fraser, J. T. & Lawrence,N. (eds.), *The study of time II*, New York: Springer Verlag, 1975.
12. Weinberger, H. Conjecture on the visual estimation of relative radial motion. Nature, *562*, 229, 1971.
13. Welford, A. T. *Skill and age*, London: Oxford Univ. Press, 1951.