

視覚的時間順序と眼球運動

渋谷, 幸一

<https://doi.org/10.15017/2328622>

出版情報 : 哲學年報. 39, pp.29-41, 1980-03-31. 九州大学文学部
バージョン :
権利関係 :

視覚的時間順序と眼球運動

洪 田 幸 一

人間が日常的に持ち歩いている測定器は、時計のみである。現代社会は、時間に関する感覚を測定器が必要なレベルの精度で要求している。他の学問領域の研究者のみならず、心理学者も、時間に関する興味を持ちつづけてきた。しかしながら、時間感覚は他の感覚と違い、特定の生理学的器官と対応させることが困難である。我々が時間を知ろうとする時、時計をみたり、時報を聞いたりするわけだが、それは視覚的な問題であったり、聴覚的な問題であったりする。現代のデジタル表示の時計で時間を知るには、文字が読めなければならないし、またそれで十分である。このように心理学的に時間を研究しようとするれば、様々な知覚過程、あるいは運動過程の時間的特性として、人間と時間との関連を追求してゆくしか方法がない。

時間という大きな概念のなかで、とりわけ時間順序に、我々は大きな関心を持っている。時間順序が空間的順序よりも決定的な現象はいくらでもある。我々が言語を音声として用いる時、また、音楽を演奏したり、聴いたりする時、その他あまりにも多くの現象は決定的に時間的順序に依存している。

ここでは、視覚的時間順序知覚と時間順序に対する眼球運動の実験を通して、人間行動と時間順序との関係の基礎的な研究を報告する。以下、視覚的時間順序知覚の代表的な理論の概観と、時間順序知覚研究に眼球運動の研究がいかに関連するかということ、さらに、実験に際してその前提となった、眼球運動測定装置の製作について述べる。

時間順序知覚

2つの別のものと区別される事象が、同時に生じたのか継時的に生じた

のかについて判断することを、同時判断あるいは継時判断といっている。そのうちのどちらの事象が先に生じたのかについて答えるとすれば、それは時間順序判断である。Hirsh & Sherrick (1961) は、刺激間隔が 20 msec の時、75%の正しさと順序判断がなされることを示した。さらに彼らは、20 msec という値が感覚様相とは関連がなかったことから、個々の感覚様相とは切り離せる何らかの共通な時間知覚機構が存在すると考えた。

基本的に、時間順序の知覚を支えるものとして、感覚検出器と感覚経路からなる感覚チャンネルに特有なメカニズムが必要である。ここでいうチャンネルとは最も広い意味でのチャンネルである。次の段階として、単一のチャンネルにのみ、あるいは、いくつかのチャンネルに接続された中枢機構、また、それと一体となった決定機構が要求される。それらと何らかの型で接続された反応機構が最終段として位置づけられる。

多くの理論が、各段それぞれの重要性を強調している。問題となるのは、いかなる段階で時間情報が失なわれ、いかなる段階で有効に処理されるか、ということである。

Baron (1969), Gibbon & Rutshman (1969) は、個々のチャンネルが時間知覚の精度を制限し、共通な中枢機構は完全であるような理論を提起している。その制限のしかたは、刺激の生起とその知覚の間の潜時が確率的に変化し、正確な刺激の時間情報が保持されないという形である。したがって、それぞれ個々のチャンネルによる内的な刺激表象の時間的分布が、時間順序知覚に決定的な影響を及ぼす。

一方、Hirsh & Scherrick (1961) は、感覚チャンネルそれ自身によってではなく、いくつかの感覚様相にサービスする中枢機構によって精度が制限されると述べているし、Corwin & Boynton (1968) は、共通の“同時中枢”を仮定した。

より強力な中枢処理の理論として、知覚的時間単位の理論がある。この理論は、知覚的時間に関する量子理論である。W. James, Bergson, らの時間に関する考察のなかから、非連続な時の流れの概念が重要視され、Stroud (1955)

により、明確かつエレガントな知覚の時間的側面の理論として提起された。この理論が含む重要な仮定に、“同一の時間単位内に位置づけられる知覚事象は、主観的に同時なものとして知覚され、その時間順序判断はできない”，というのがある。

Baron (1969), Gibbon & Rutschmann (1969) らの知覚潜時変動理論も、Stroud (1955) らの時間単位理論も、個々のチャンネルから中枢機構への情報の連続の流れを保証している。一方 Kristofferson (1967) は、中枢機構への入口にゲートを仮定する。多くの感覚チャンネルのうち、ただ1つのチャンネルに対してのみゲートが開かれているという。ゲートが開かれている状態を注意といって、状況によって注意は切り換えられねばならない。注意の切り換えは任意の時期というわけではなく、内的時間単位と、外部刺激の相対的タイミングによって、可能な時期まで待たねばならない。したがって、注意の状態にないチャンネルを通る信号は、待ち時間だけ遅れる。

いかなる知覚理論も、決定機構について、明確にしる不明確にしる何らかのことを述べている。刺激の内的表象のあり方と決定規則に関する仮定により、精神測定関数は一意的に予想できる。言い換えれば、理想的に得られた精神測定関数により確認できない理論は不備である。我々はいまだ完備した時間順序知覚に関する理論を持たないように思える。より完全な知覚実験を追求するのも1つの方法であるが、同様な問題をかかえている眼球運動研究の分野のなかに解答を探すのも1つの方法であろうと考える。

眼球運動

時間順序判断と関連した眼球運動として、ここではサッケイドを考えている。なぜならば、通常の視覚による時間順序知覚の実験事象において生起し、はっきりそれと特定するのはサッケイドだからである。1つのサッケイドは、その方向とその大きさにより特徴づけられる。サッケイド自体の研究では、その反応潜時、大きさ等が問題とされる。しかしながら、その方向に関して直接問題とした研究は見当たらない、いわゆるパルスあるいはパルス-ステップとよば

れる刺激事態での研究では、サッケイドが生起するかどうか、その反応潜時はどうかということが主要な問題となっている。

我々は、サッケイドに選択の余地を与える。それはサッケイドの方向という形で反応される。すなわち、刺激事態はパルスステップと類似しているが、実質的に2つの刺激が与えられる。もしもサッカディクシステムが、時間順序判断において正確で、かつ前に提示された刺激に反応するならば、それがサッケイドの方向に反映されるはずである。つまり我々は、サッカディクシステムに時間順序判断をさせることを試みる。

眼球運動測定

我々は眼球運動測定装置を製作した。我々の眼球運動測定装置開発の第1の目的は、水平方向の眼球運動を比較的精度高く測定することにあった。第2には、手に入りやすい部品により自作できることであった。完全に新しい方法のテストは考えなかったし、知られている方法で性能を向上させることも考えなかった。知られている方法で、標準的に得られている性能を実現することを試みた。

Young & Sheena (1975) のレビューから、角膜と強膜の反射率の差を利用する方法を採用した。基本的には、Biometrics 社製の Model SGH/V-2 を目標としながら、現実的に手に入る部品を用いて、水平方向専用かつ両眼用の眼球運動測定装置を自作した。角膜と強膜の反射率の差は、赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタにより検出された。赤外線発光ダイオード、フォトトランジスタともに、指向性が小さいものを使用した。Young & Sheena (1975) の図3に示されているような眼鏡の枠に検出器をとりつけたものである。眼球と検出器の位置関係により、検出器の出力は、その大きさ、左右差、直線性が変化するので、検出器は眼球に対して、前後、左右、上下に調整可能である。赤外線発光ダイオードは電流が大きければ発熱し、発光効率が大きく減少するので、矩形波信号により駆動された。そのことによるノイズはその後の回路によりカットされた、いわゆる変調—復調方式はとっていないので、測定中の外

的な強い光はノイズとなりうるが、準暗室で発光ダイオードを視覚刺激として用いる実験には何らさしつかえがなかった。

実測例は、実験結果のなかで示すが、左右 $\pm 2^\circ$ のサッケイドによる出力の変動は、バイトボードにより頭を固定した条件下で、左右方向ともに、平均出力のおよそ $\pm 15\%$ であった。この値は平均出力が 2° を示すとすれば $\pm 18'$ となる。

実 験

方法と手続き

被験者は 27 才の男子大学院生 MK と、23 才の女子大学院生 TT である。MK は裸眼視力 0.5 以下で、日常生活では眼鏡を着用することもある。TT は日常的にコンタクトレンズを装着していて、矯正視力 1.2 程度である。MK は裸眼で、TT はコンタクトを装着して実験に従事した。

前に述べた眼球運動測定装置により、左右の眼球運動を同時に測定した。眼球運動とともに、指によるボタン押し反応が、熱式ペングラフによって記録された。発光素子と受光素子からなる眼球運動検出部の調整は、視覚 2° の刺激に対して明確にサッケイドが確認できる程度に留めた。頭の固定をバイトボードにより行った。

被験者の正面、目の高さに、黒色板にうめ込まれた 3 個の赤色発光ダイオードが刺激として提示された。Fig-1 に示されるように、中央の発光ダイオード F が凝視点であり、左右 2cm (視角 2°) の位置にある発光ダイオード L, R がそれぞれ、ディムライト照明下で、刺激として提示された。発光ダイオードは、デジタルタイマーにより、時間的に制御され TTL レベルで駆動された。

Fig-2 に示すように、凝視点 F が 2 sec 間提示される。それが消えると同時に、L か R が 1/2 の確率でランダムに選ばれ、先行刺激として 2.5 sec 提示された。それから t msec 遅れて残りの R か L が 3.0 sec 提示された。すなわち t msec とは、L と R の SOA で、{0, 10, 20, 30, 40, 50, 60} msec の 7 つの値が与えられた。L と R の先行条件とで、全体として、14 条件が形成された。

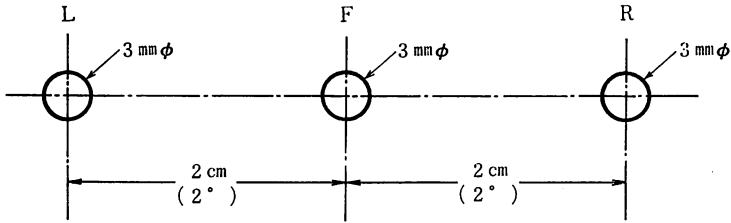


Fig.1 Spatial Configuration of Stimuli.

14条件が2度くり返され1ブロックを形成した。14条件は1ブロック内でランダムに配置された。1人の被験者に10ブロックの実験がなされ、これは1条件あたり20試行を意味する。被験者への課題は、まず第1に刺激光点の眼でのトラッキングであり、第2に、LかRのどちらが先行したか押しボタンで反応することである。実質的に同時条件が存在するが、時間順序の実験では自然なことである。先行刺激は提示時間が短かく、最低 500 msec だけ先に消えた。この値は、どちらが先に消えたか知覚するのに十分な値で、およそ 1.5 sec で完了する反応の直後でのフィードバックとして作用する。

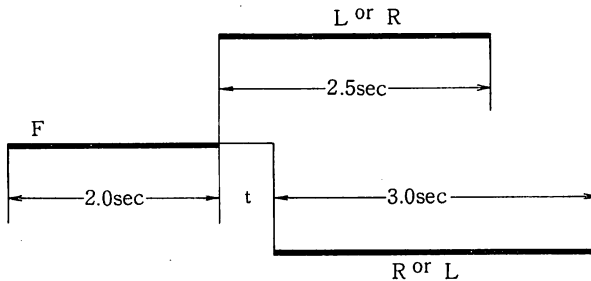


Fig.2 Temporal Pattern of Stimuli.

結果および考察

2人の被験者それぞれ別に、14個の SOA 条件に対する時間順序判断をボタン押し反応と眼球運動に分けて Fig-3 に示す。横軸に SOA を msec 単位で

とった。この場合Lが先行した時を正に、その逆を負とした。14条件のうち、同時条件、すなわち SOA = 0 msec の条件が 2 個あるが、それは 1 条件としてまとめた。縦軸に、ボタン押し反応では L (左) が先行したという反応の比率を%で、眼球運動では、先行刺激提示後最初のほぼ 2° に対応するサッケイドの方向が L (左) 方向である比率を%でとった。したがって、ある SOA 条件で 100% の反応とは、その条件ではすべて L (左) 方向への反応が起こったということである。同時条件での反応が 50% とならないとすれば、それは確率的な問題か、反応のかたよりである。反応グラフが横軸と交わる点の SOA の値は、反応における主観的同時点である。

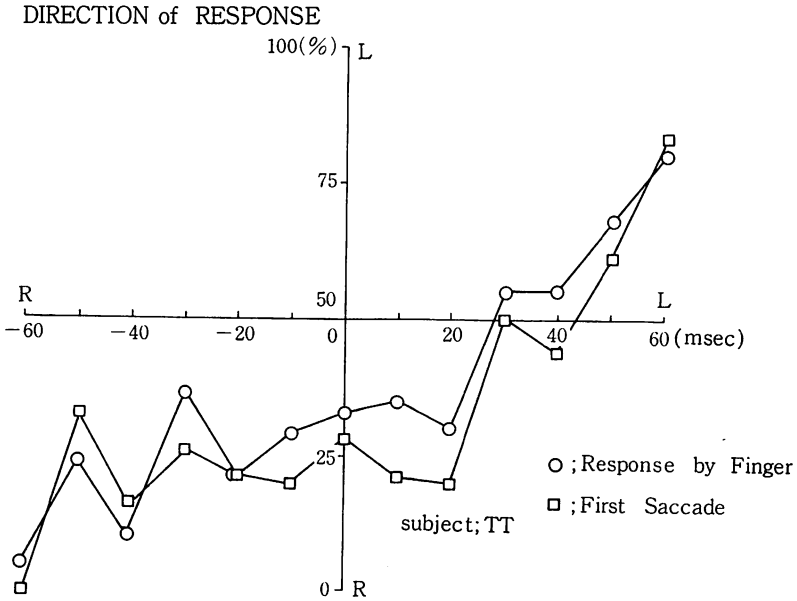


Fig. 3-1

2人の被験者の結果を比較してみると、視覚的時間順序判断の結果としてのボタン押し反応と、最初のサッケイドの方向から得られる精神測定関数の形は類似している。

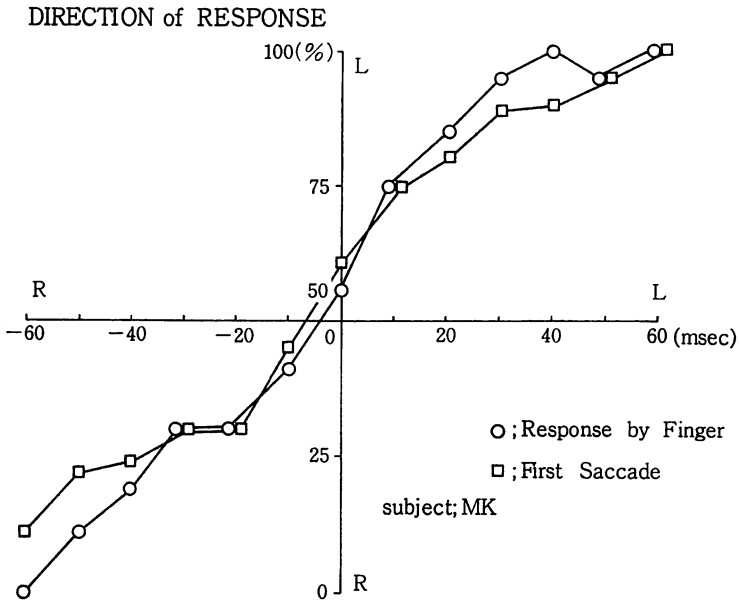


Fig. 3-2

我々は、Wheless, Boynton and Cohen (1966) の結果から、サッケイドの方向に関して1つの予想をしていた。彼らの刺激条件は Fig-4 に示すように、W (msec) の持続時間を持つ $\pm 6^\circ$ のパルスと、逆方向へ 12° のステップからなる。我々の刺激は、部分的に重なった $\pm 2^\circ$ の2つのステップからなり、彼らのパルス-ステップとは違う。しかしながら、Komoda et al. (1973) の結果は、多少条件が変わっても最初のサッケイドの方向には決定的な変化が起こらないことを示唆している。Wheless, Boynton and Cohen (1966) は、パルスの持続時間Wが (50, 100, 200) msec の時、最初のステップ (パルスのオンセット) にサッケイドが追従する確率が、それぞれ (8.5, 22.8, 68.0) % であることを示した。Komoda et al. (1973) による Wheless, Boynton and Cohen (1966) の追試部分は、ステップ幅が $\pm 1^\circ$ と $\pm 2^\circ$ からなるが、彼らの結果は、持続時間 (50, 100, 150, 200) msec で (0, 17, 78, 97) % であっ

た。

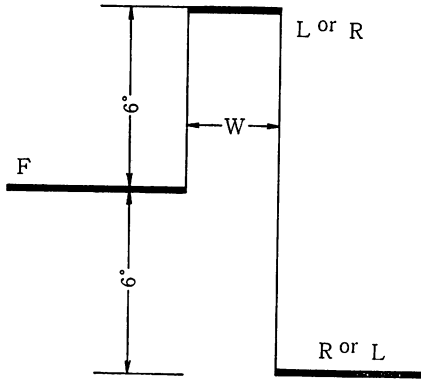


Fig. 4 Typical Pulse-Step Stimuli.

もしも我々の実験事態が Wheelless et al. (1966) のそれと大差ないとみなせれば、本実験での SOA が (50, 100, 200) msec の時はそれぞれ (8.5, 22.8, 68.0) % のサッケイドは先行刺激へと向かうだろう。残りの (91.5, 77.2, 32.0) % の反応は、刺激の左右差が単に SOA のみだから、サッケイドシステムが左右のかたよりを示さなければ、その半分は先行刺激方向へ、残りは後発刺激方向へと向かうだろう。したがって、我々の予想は、L が (50, 100, 200) msec 先行する時、サッケイドはそれぞれ (54.2, 61.4, 84.0) % が先行する L へと向かうだろう、ということであった。逆に R が先行する場合をも含めて、その様子を Fig-5 に示す。

しかしながら、結果は予想に反し大きな違いを見せる。プリテストにより SOA が 100 msec, 200 msec, の時は明らかに 100% の確率で、サッケイドは先行刺激へと向った。本実験の結果は、我々が用いた刺激事態、すなわち時間順序知覚実験の刺激事態は、眼球運動に対する刺激としては、Wheelless, Boynton and Cohen (1966), Komoda et al. (1973) らのパルス-ステップの刺激事態と決定的に違う。我々の刺激事態で得られる反応は、Hirsh and Sherrick

DIRECTION of FIRST SACCADE

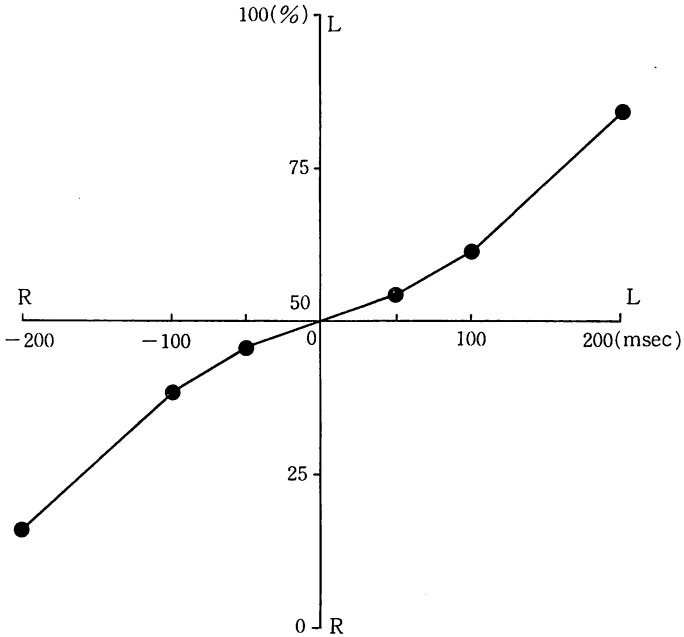


Fig.5 Prediction from Wheelless et al. (1966)

(1961) らによって得られた結果に類似している。

さらに両被験者は、左右方向への反応のかたよりを示した。MKはいくぶんL反応が優勢で、TTはR反応が顕著に優勢であった。このことは知覚反応も眼球運動も同様であった。このことを一般的ラテラルリティの問題として扱うのは早計にしても、個人の何らかの特性を反映していることは確かであろう。

サッケイドの潜時は、MKの場合400msec程度で、TTの場合平均1000msecに達した。このことは視覚による時間順序判断過程とサッケイドシステムの間には、視知覚過程が眼球運動を導くとか、その逆とかを含めて、何らかの干渉過程があることを示唆する。しかしながら、サッケイドの潜時が、視覚過程と

の干渉の結果か、それとも特異な事態でのサッケイドシステム固有の特性か、本実験では区別できない。

これまでの結果から、時間順序判断事態で、眼球運動システムは、いかなる特性を持つのかということについて、単に、視覚システムと変わらない特性を持つといえよう。このことによって、時間順序知覚の研究にとって、眼球運動システムは、視覚、聴覚等と同様に時間順序判断をするシステムとして位置づけられよう。したがって、Young and Stark (1962) によるサッケイドのサンプリング・モデルと、Stroud (1955), White (1963) らの時間の量子論との関連を見ようとした当初の試みは、非連続モデルの検証は困難であるという一般的事実に帰結した。

一般的帰結のなかで、今後の研究の手がかりとなりうる事例を、典型的なサッケイドとともに Fig-6 に示す。我々の実験での反応形態は、大きく3つに分けられる。視知覚の結果としてのボタン押し反応とサッケイドの方向が、ともにLかRを示す場合、以下比率は小さいが、互いに逆方向をとる場合、さらに、第1のサッケイドののち比較的短時間(200~300 msec)に第2のサッケイドが逆の方向に起こる場合である。本実験では、知覚反応とサッケイドがくい違う場合の分析を行なうには試行数が少ないと考えた。

第2のサッケイドをコレクティブサッケイドと考えれば、20°以上のサッケイドで普通に起こるコレクティブサッケイドとは違い、そのマグニチュードの修正ではなくて、その方向の修正である。Hallet (1978) は、刺激と逆方向にサッケイドするようにというような教示を含む実験事態で、350 msec以内に起こる第2のサッケイドを調べている。彼はこの教示による“anti task”では、第1のサッケイドの潜時が大きくなると述べている。我々の実験では、TTが第1のサッケイドで顕著な潜時の増大を示した。

我々の実験結果は、方向について何らかの選択をせまられる時、サッケイドシステムはいかなる反応をするのかについて、いくつかの事例を示した。時間順序知覚の研究アプローチの1つとして眼球運動を用いたのだが、サッケイドシステムの方向決定過程が明白でない段階では、得られる結果は、一般的な視

覚による時間順序知覚と区別がつかなかった。逆に依然として、時間順序知覚の研究とサッケイドの研究は、同質の問題をかかえているということが示唆された。

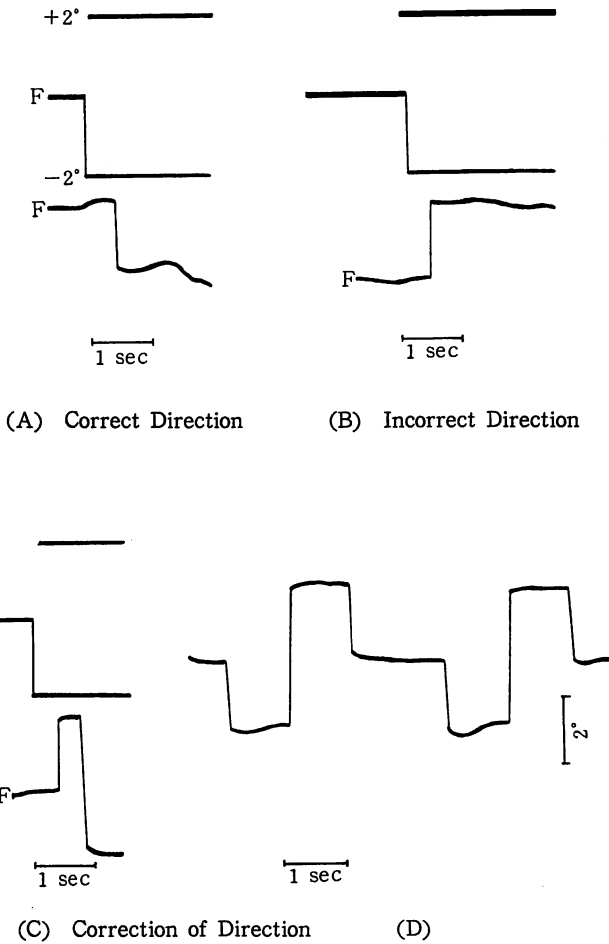


Fig. 6 Some Types of Saccade to a partially overlapping double Step and Typical Saccade to a rectangular pulse train.

参 照 文 献

- Baron, J. 1969, Temporal ROC curve and the psychological moment. *Psychonomic Science*, 15, 299-300
- Corwin T. R. and Boynton R. M. 1968, Transitivity of visual judgments of simultaneity. *Journal of Experimental Psychology*, 78, 560-568
- Gibbon J. and Rutshman R. 1969, Temporal order judgment and reaction time. *Science*, 165, 413-415
- Hallet P. E. 1978, Primary and secondary saccades to goals defined by instructions. *Vision Res.*, 18, 1279-1296
- Hirsh I. J. and Sherrick C. E., Jr. 1961, Perceived order in different sense modalities. *Journal of Experimental Psychology*, 62, 423-432
- Komoda M. K., Festinger L., Phillip L. J., Duckman R. H. and Young R. A. 1973, Some observation concerning saccadic eye movements. *Vision Res.*, 13, 1009-1020
- Kristofferson A. B. 1967, Attention and psychological time. *Acta Psychologica*, 27, 93-100
- Stroud J. M. 1955, The fine structure of psychological time. In H. Quastler (Ed.) *Information Theory in Psychology*. Glencoe, Illinois; Free Press, Pp. 174-205
- Wheless L. L., Boynton R. M. and Cohen G. H. 1966, Eye movement responses to step and pulse-step stimuli. *Journal of Optical Society of America*, 56, 956-960
- White C. T. 1963, Temporal numerosity and the psychological unit of duration. *Psychological Monograph*, 77, No. 12
- Young L. and Stark L. 1962, A sampled-data model for eye-tracking movements. *Q. Progr. Rep. Res. Lab. Electr. M. I. T.*, 66, 370-384 (cited in Komoda et al., 1973)
- Young L. and Sheena D. 1975, Eye-Movement measurement techniques. *American Psychologist*, 315-330