



Title	運動刺激と静止刺激に対する時間評価 : 異なる刺激と実験方法による比較
Author(s)	田山, 忠行; Tayama, Tadayuki
Citation	北海道大学文学研究科紀要, 138, 63-99
Issue Date	2012-12-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51133
Type	departmental bulletin paper
File Information	03_TAYAMA.pdf



運動刺激と静止刺激に対する時間評価

— 異なる刺激と実験方法による比較^{1,2} —

田 山 忠 行³

1 はじめに

運動刺激を見ている時の持続時間の長さは刺激速度によって異なり、一般に刺激速度が大きくなるほど持続時間は長く知覚されるといわれている (Mashour, 1964; Rachlin, 1966; Cohen, 1967; Lhamon & Goldstone, 1974; Brown, 1995; Kanai, Paffen, Hogendoorn, & Verstraten, 2006; Beckman & Young, 2009; Kaneko & Murakami, 2009)。しかし、速度がゼロである静止刺激は、低速⁴の運動刺激より長く見え、その傾向は持続時間が長くなるほ

¹ Time estimation for moving and stationary stimuli: The comparison of visual stimuli and experimental methods. Corresponding concerning this article should be sent to Tadayuki Tayama, Department of Psychology, Graduate School of Letters, Hokkaido University, N10 W7, Kita-ku, Sapporo, 060-0810, Japan (e-mail: tayama@let.hokudai.ac.jp)

² 本論文は、九州大学の心理学研究室が主催した第九回感性学研究会「時間を考える時間」(2011年3月1日開催)における講演「変化パターン観察時の持続時間の知覚～測定方法等による比較」を契機とし、その講演の内容の詳細をまとめたものである。この講演に招いて下さった三浦佳世先生には心より感謝申し上げます。

³ 本論文で示した実験データを収集する際、井上大樹氏(実験6, 実験8そして実験9)と松岡(旧姓石見)みずほ氏(実験7)の助力を得ました。ここに名前を記して謝意を表します。

⁴ ここで低速とは、おおよそ2 deg/sec以下の速度であり、比較的遅く感じる速度を指している。以下同様である。

ど顕著になるともいわれている（田山・相場，1982；Tayama, Nakamura, & Aiba, 1987; Tayama & Block, 1996；田山，2006）。この運動刺激と静止刺激に対する時間の評価は刺激の種類や実験方法によって変動すると考えられる。それはどの程度の変動であり、なぜ変動するのか。本論文ではこれらの問題について検討してみる。

時間知覚や時間評価の研究では、あらかじめ実験参加者に時間を評価することを知らせてから時間を評価させる予期的時間 (prospective time) と、実験参加者に時間を評価することを知らせずに後で思い出して評価させる追想的時間 (retrospective time) の2つが区別して扱われている。本研究はこの内の予期的時間に関するものである。最近の時間知覚の研究では、予期的時間に関する実験結果の多くがパルスやペースメーカーといった内的時計を仮定したモデルによって説明されている。内的時計の初期のモデルとしては、1960年代に心理物理学的研究を行った Creelman (1962) や Treisman (1963) らが提案したモデルがある（詳細については田山 (1987) を参照のこと）。Treisman (1963) のモデルでは、パルスを発生するペースメーカー、パルス数を数えるカウンタ、カウンタの計測値を貯蔵する貯蔵庫、現在と過去に登録したカウンタ値を比較する比較器、言語選択機構が仮定されている。これらの内的時計のモデルは、動物の時間行動の研究者達や認知心理学者達によって更に精緻なものへと発展していった。例えば、Gibbon, Church, & Meck (1984) のスカラー期待理論 (Scalar Expectancy Theory) では、Treisman (1963) と同様のペースメーカーやカウンタ (蓄積器) の他、更にパルス発生 of オン・オフを制御するスイッチ、パルス数を保持する作業記憶、判断基準となる持続時間を保持する参照記憶、また、それらの記憶された蓄積量を相互に比較する機構が仮定されている (図1参照)。また、Zakay & Block (1996) は、注意の影響を重視し、パルス情報がスイッチに伝えられる以前の段階で時間情報に注意を向けるか否かを制御するゲート機構を加えた注意ゲート・モデルを提案している (図2参照)。

本研究では、上述したように、速度が大きくなるほど持続時間は長く知覚されるが、静止刺激は低速の運動刺激より長く見え、その傾向は持続時間が

長くなるほど顕著になるという現象を扱う。このような現象は、上に示した内的時計を仮定するモデルによって、どのように説明することができるだろうか。その説明のためには更に幾つかの仮定が必要となる。例えば、刺激速度が大きくなると覚醒度を高めるため、それがペースメーカーの刻むパルス

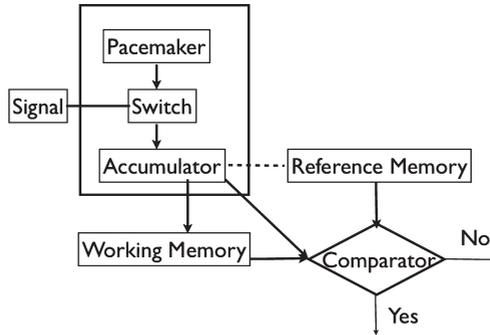


図1 Gibbon, Church, & Meck (1984) のスカラー期待理論 (Scalar Expectancy Theory)

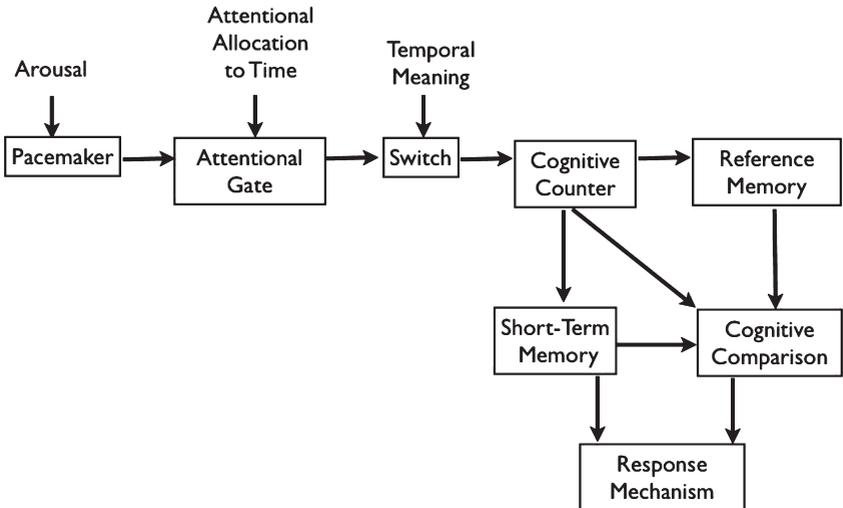


図2 Zakay & Block (1996) の注意ゲート・モデル

頻度の変化の違いをもたらすという仮定である。しかし、静止刺激の方が低速の運動刺激よりも長く見えるとすれば、刺激速度と覚醒度の大きさについて、単純な比例関係を仮定するだけでは不十分であろう。また、持続時間が長くなればなるほど静止刺激に対する時間が相対的に大きく見えることは、この種のモデルではどのように説明できるだろう。このように、本研究で扱う現象は従来の内的時計のモデルでは容易に説明できない。そのような説明も本論文の考察の最後で若干試みるが、本研究の主たる目的は、それと異なるところにある。本研究では、モデルによって説明する以前の問題として、刺激速度の大きさと時間評価に関する実験的知見の中で、まだはっきりしない現象があることに注目したい。それは静止刺激は低速の運動刺激より長く見えるといわれているが（田山・相場，1982；Tayama, Nakamura, & Aiba, 1987；田山，2006；Beckman & Young, 2009），それが実験によって全く見いだされない場合もあるということである。なぜこのように不安定な結果が得られるのか、本研究の目的は、その理由を探ることにある。

このような不安定な結果が得られる理由の1つとして、この現象が持続時間の長さの違いに依存するということが考えられる。これは、短い時間の場合には静止刺激の持続時間は運動刺激に比べて相対的に短く見えるが、長い時間の場合にはそれが長く見えるということである。この説明を裏付ける実験的証拠もあるため（例えば、田山・相場，1982；Poynter & Homa, 1983；Beckman & Young, 2009），この考えは支持される。しかし、不安定な結果が導かれる理由としては他にも幾つか考えられる。例えば刺激の種類や実験方法の違いである。本研究では、それらの違いに注目し、実験で用いる刺激の種類や主観的時間を測定する方法が異なれば、静止刺激と運動刺激に対する時間評価の結果がどれほど異なるかについて調べることにした。本研究では、刺激の種類については、ランダム光点運動パターン、運動正弦波縞、またビデオ画像、等の視覚刺激の違いを比較してみる。これら刺激の呈示時間はいずれも数秒から10数秒の範囲である。また主観的時間を測定する方法については、マグニチュード評価法、マグニチュード産出法、再生法、対比較法、そして評定法を比較してみる。

本論文では、これらの刺激や方法による違いを比較するため、過去に行われた9つの実験の内容を要約して紹介する。それらの実験データの一部については、既に学術論文として公表されたものもあるが、そのほとんどは本研究の目的に即して新たに解析が加えられ、相互に比較できるものに変換されている。以下では、それらの実験データに基づいて、刺激の種類や実験方法の違いが、運動刺激と静止刺激に対する持続時間の評価をどのように変容させるか、比較検討してみる。なお、これらの実験の一部においては、上の問題と平行して、時間評価に影響する要因が速度か時間周波数か、またそれらの影響と内的カウントの有無の関係、等についても検討してみる。

2 マグニチュード評価法と再生法の比較

最初に示す2つの実験では、水平方向に運動するランダム光点のパターンを用いて、運動刺激と静止刺激に対する持続時間の評価を調べる。時間評価の方法としてマグニチュード評価法（実験1）と再生法（実験2）を用いた実験の結果を比較してみる。

(1) マグニチュード評価法による実験（実験1）⁵

方法 刺激としては、図3のように、ランダムな位置に配置された16個の光点が全体的に水平方向に運動するパターン（これをランダム光点運動パターンと呼ぶ）を用いた。各光点の運動方向と速度は均一で、光点が動く範囲は見えない枠組みによって固定されている。これらはモニターに出現すると同時に全体的に水平右方向へ動き、各光点は見えない枠組みを通りすぎた直後に垂直方向の位置をランダムに変えて枠組みの左側から再び出現した。パターンの呈示時間や速度はすべてコンピュータによって制御された。この実験では、被験者は、マグニチュード評価法によって、パターンが呈示されて

⁵ 実験1と実験2は、田山・相場（1982）の実験データに基づいている。

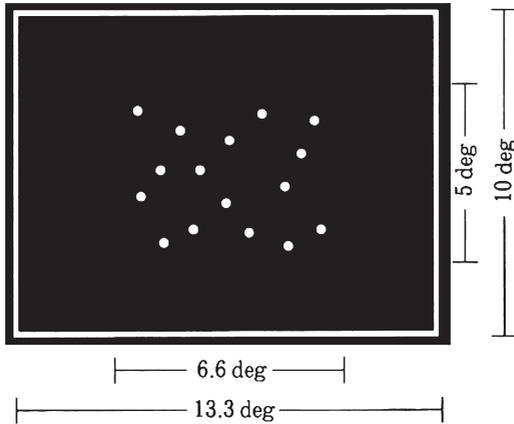


図3 ランダム光点運動パターン

いる間の持続時間を秒数えなどすることなしに評価した⁶。テスト速度は0，2，8，16 deg/秒の4種類，テスト時間は2，4，6，9，12，16秒の6種類であった。試行の始めに，速度8 deg/秒，呈示時間6秒の運動パターンが基準刺激として一回呈示された(これをモデュラス100とした)。その後，24種類のテスト刺激がランダム順で一回づつ呈示された。各被験者はこの実験を4回繰り返し，連続して96回の試行を行った。被験者は12名であった。結果 各被験者の各条件における4つの時間評価値の平均に基づいて，速度と時間を要因とする2要因の分散分析を行ったところ，速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった(順に， $F(3, 33)=52.049$ ， $F(5, 55)=192.908$ ， $F(15, 165)=5.405$ ，いずれも $p<0.01$)。下位分析の結果⁷，0 deg/s と 2 deg/s の間を除くいずれの速度条件の組み合わせにおいても，時間評価値の平均値の差は有意であった ($p<0.05$)。全被験者のデータをプールして各条件における評価値の平均を示したものが図4aである。この図で

⁶ これは実験5における内的カウント無し条件を意味する。本論文に示す他の実験では，特に断りがない限り，時間評価は内的カウント無し条件で行われている。

⁷ この分析は Bonferroni 法による。以下に示す下位分析も同様である。

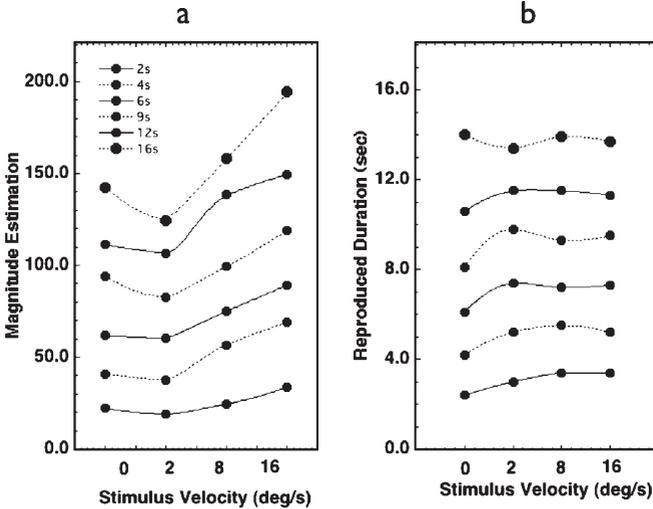


図4 実験1（マグニチュード評価法）と実験2（再生法）の結果

a. 速度の関数としての時間評価(実験1)。b. 速度の関数としての再生時間(実験2)。パラメータは持続時間。

は、静止パターン（速度が0 deg/秒の条件）を除く3種類の速度条件では、速度が大きくなると共に評価値は大きくなっている。静止パターンの評価値は、16 deg/秒の条件の評価値に比べると小さいが、最小ではない。

次に(評価値×6)/(100×呈示時間)を計算して主観的1秒を求め⁸、その値に基づいて上と同様の分散分析を行ったところ、速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった(順に、 $F(3, 33)=57.730$, $F(5, 55)=6.009$, $F(15, 165)=3.521$, いずれも $p<0.01$)。下位分析では、0 deg/sと2 deg/sの間を除くいずれの速度条件の組み合わせにおいても、平均値の差は有意であった($p<0.01$)。また時間条件について同様の検定を行ったところ、4秒～9秒と16秒 ($p<0.01$)、2秒～4秒と12秒 ($p<0.05$)の組み合わせで平均値の差は有意であった。時間条件をプールし、主観的1秒の平均を示

⁸ この式の「6」は基準時間、「100」はモジュラスを意味する。

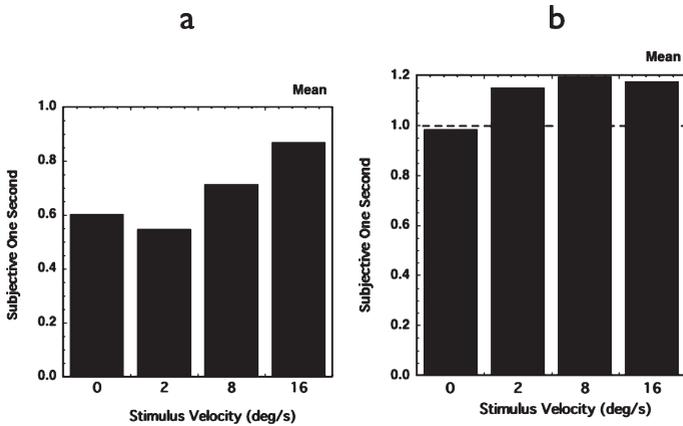


図5 主観的1秒の比較

a. マグニチュード評価法（実験1）。b. 再生法（実験2）。

したものが図5aである。これを見ると、全体的に速度が大きい条件ほど時間も大きく評価されているが、速度が0 deg/秒の静止条件は、速度が2 deg/秒の条件より若干大きく評価されている。

(2) 再生法による実験（実験2）

方法 実験1と全く同じ刺激を用いて、標準刺激と同じ長さの時間を再生するという方法によって主観的な持続時間を測定した。各試行は標準刺激と再生刺激から成る。標準刺激は実験1と同じ24種類のランダム光点運動パターンであった。それらの内の1つが呈示された1秒後に、再生刺激が呈示された。再生刺激はすべて静止刺激であった。被験者は再生刺激が標準刺激の呈示時間と同じ時間が経ったと思った時点で手元のキーを押して反応した。その際の再生時間が測定された。各被験者は、上の24種類の標準刺激がランダムな順に呈示される2つの異なる刺激系列（48回）に対して反応した。被験者は17名であった。

結果 各被験者の各条件における2回の再生時間の平均に基づいて、速度と時間を要因とする2要因の分散分析を行ったところ、速度と時間の主効果は

有意であったが(順に, $F(3, 48)=10.007$, $F(5, 80)=309.451$, いずれも $p < 0.01$), 交互作用は有意ではなかった。下位分析の結果, 0 deg/s とその他の速度条件間の組み合わせで再生時間の平均値の差は有意であったが ($p < 0.05$), その他の組み合わせは有意でなかった。全被験者のデータをプールして各条件における再生時間の平均を示したものが図 4b である。この図は, 速度が 0 deg/秒である静止条件も含めて, 速度が大きくなるにつれて再生時間が長くなる傾向を示している。ただし 16 秒の条件では, 例外的に静止条件の再生時間は相対的に長かった。

次に, 再生時間を標準時間で割って主観的 1 秒を求め, その値に基づいて上と同様の分散分析を行ったところ, 速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった(順に, $F(3, 48)=18.831$, $F(5, 80)=49.273$, $F(15, 240)=4.561$, いずれも $p < 0.01$)。下位分析の結果, 0 deg/s とその他の速度条件間の組み合わせで平均値の差は有意であったが ($p < 0.01$), その他の組み合わせは有意でなかった。また時間条件に関して同様の検定を行ったところ, いずれの時間条件の組み合わせにおいても平均値の差は有意であった ($p < 0.05$)。時間条件をプールして主観的 1 秒を示したものが図 5b である。これをみると図 5a と同様, 速度が大きくなると共に主観的 1 秒は大きくなっており, 静止条件(0 deg/秒)の主観的 1 秒は 2 deg/秒の条件と比べて明らかに小さい。静止刺激に対する時間評価値は最小であり, この結果は実験 1 の結果と明らかに異なる。

3 マグニチュード評価法とマグニチュード産出法の比較

次の 2 つの実験では, 回転運動する光点パターンを用いて, 運動刺激と静止刺激に対する持続時間の評価を調べる。時間評価の方法としてマグニチュード評価法(実験 3)とマグニチュード産出法(実験 4)を用いた実験の結果を比較してみる。

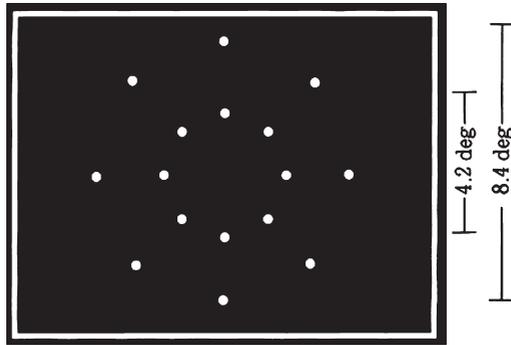


図 6 回転運動パターン

(1) マグニチュード評価法による実験 (実験 3)⁹

方法 刺激として図 6 のように配置された 16 個の光点を回転させた運動パターンを用いた。これらの光点は、2 つの同心円と円の中心軸を通る隣同士が互いに 45 度の角度をなす 4 本の直線の交点の位置に配置された。これらはモニターに出現すると同時に時計回りに回転した。実験方法は、実験 1 と同じマグニチュード評価法であった。テスト速度は 0, 0.3, 1.2, 2.4 rad/秒の 4 種類, テスト時間は実験 1, 実験 2 と同じ 6 種類であった。基準刺激は、回転速度 1.2 rad/秒, 呈示時間 6 秒であり, それにモデュラス 100 が与えられた。被験者は 24 名であった。その他は実験 1 と同様である。

結果 各被験者の各条件における 4 つの時間評価値の平均に基づいて, 速度と時間を要因とする 2 要因の分散分析を行ったところ, 速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった (順に, $F(3, 69)=32.416$, $F(5, 115)=219.965$, $F(15, 345)=5.990$, いずれも $p<0.01$)。下位分析の結果, 0 rad/秒と 1.2 rad/秒の間を除くどの速度条件間の組み合わせにおいても, 平均値の差は有意であった ($p<0.05$)。全被験者のデータをプールして各条件における評価値の平均を示したものが図 7a である。この結果は図 4a とほ

⁹ 実験 3 と実験 4 は, Tayama, Nakamura, & Aiba (1987) の実験データに基づいている。

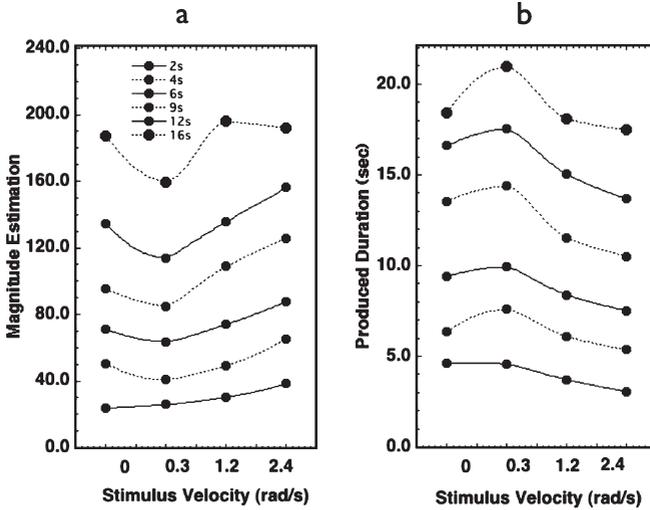


図7 実験3（マグニチュード評価法）と実験4（マグニチュード産出法）の結果

a. 速度の関数としての時間評価（実験3）。b. 速度の関数としての産出時間（実験4）。パラメータは持続時間。

は同じである。静止条件（速度が0 rad/秒の条件）を除く3種類の速度条件では、いずれの時間条件においても、回転速度が大きくなると共に評価値は大きくなっている。しかし、2秒の時間条件を除き、速度が0 rad/秒の条件の評価値は、0.3 rad/秒の速度条件に比べて大きくなる傾向を示している。

次に、実験1と同様の方法で評価値を主観的1秒に変換し、その値に基づいて上と同様の分散分析を行ったところ、速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった（順に、 $F(3, 69) = 35.546$, $F(5, 115) = 10.313$, $F(15, 345) = 7.706$, いずれも $p < 0.01$ ）。下位分析では、0 rad/sと1.2 rad/sの間を除くいずれの速度条件の組み合わせにおいても、平均値の差は有意であった ($p < 0.05$)。また時間条件に関して同様の検定を行ったところ、6秒と9秒～12秒 ($p < 0.01$)、2秒と4秒～16秒、また6秒と16秒 ($p < 0.05$)の組み合わせで平均値の差は有意であった。時間条件をプールして主観的1秒の平均を示したものが図8aである。これは図5aとほぼ同じ傾向を

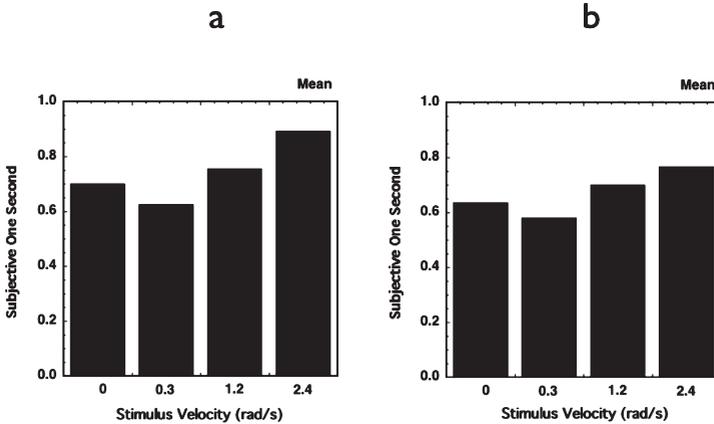


図 8 主観的 1 秒の比較

a. マグニチュード評価法 (実験 3)。b. マグニチュード産出法 (実験 4)。

示している。速度が大きい条件ほど呈示時間は大きく評価されたが、速度が 0 rad/秒の静止刺激の条件は、速度が 0.3 rad/秒の条件よりも若干大きく評価されている。従って、刺激の運動方向（水平と回転）は異なるが、実験結果は実験 1 と同じであったといえる。

(2) マグニチュード産出法による実験 (実験 4)

方法 刺激と実験条件は実験 3 と全く同じであるが、マグニチュード産出法によって、時間を産出させたことが実験 3 と異なる。実験では、まず最初に 1.2 rad/秒、呈示時間 6 秒の基準刺激をモデュラス 100 として呈示した。その後、被験者は、30, 60, 100, 150, 200, 250(これらは順に、1.8, 3.6, 6, 9, 12, 15 秒に相当する)のいずれかの数字が与えられ、その数字に相当する時間をキーを 2 回押すことによって産出した。1 回目のキーを押すと 4 種類の速度条件のいずれかの回転刺激が呈示され、2 回目のキーを押すとそれが消失した。その刺激が呈示されている間の時間を産出時間として測定した。被験者は刺激を見るように教示された。被験者は 24 名であり、その半数は実験 3 にも参加している。その他は実験 3 と同様である。

結果 各被験者の各条件における4つの産出時間の平均に基づいて、速度と時間を要因とする2要因の分散分析を行ったところ、速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった(順に、 $F(3, 69)=25.740$, $F(5, 115)=164.608$, $F(15, 345)=2.957$, いずれも $p<0.01$)。下位分析では、どの速度条件間の組み合わせでも平均値の差は有意であった ($p<0.05$)。全被験者のデータをプールして各条件における産出時間の平均を示したものが図7bである。静止条件を除く3種類の速度条件では、いずれの時間条件においても、速度が大きくなるほど産出時間は短くなっている。また、2秒の時間条件を除いて、速度が0 rad/秒の条件の産出時間は、0.3 rad/秒の速度条件より短くなる傾向を示している。これらの結果は、図4aや図7aと逆のパターンを示している。この違いはマグニチュード評価法とマグニチュード産出法の違いに基づいている。

次に、(与えた数字×6)/(100×産出時間)を計算して主観的1秒を求め¹⁰、その値に基づいて上と同様の分散分析を行ったところ、速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった(順に、 $F(3, 69)=44.141$, $F(5, 115)=15.262$, $F(15, 345)=1.498$, いずれも $p<0.01$)。下位分析では、どの速度条件の組み合わせでも平均値の差は有意であった ($p<0.05$)。また時間条件に関して同様の検定を行ったところ、1.8秒と6秒～9秒($p<0.05$)、1.8秒と12秒～15秒、3.6秒と12秒～15秒、6秒と12秒～15秒、9秒と12秒($p<0.01$)の条件の組み合わせで、平均値の差は有意であった。時間条件をプールして主観的1秒の平均を示したものが図8bである。これを図8aと比較すると、全体的に値は低くなっているが、ほぼ同じ結果のパターンを示している。

以上は、実験3と実験4では方法は異なるが、どちらの方法でも実験1とほぼ同じ結果が得られたことを示している。

¹⁰ この式の「6」は基準時間、「100」はモジュラスを意味する。

4 一対比較法による正弦波縞を用いた実験

実験5から実験7では、刺激としてはいずれも運動する正弦波縞を用いて(図9a参照)、時間評価の方法としてはいずれも一対比較法を用いて、運動刺激と静止刺激に対する短い持続時間の評価について調べる。実験5では単純上下法を用いて、標準刺激と比較刺激を同じ位置に経時的に呈示して主観的2秒を測定し、内的カウントが有る場合と無い場合¹¹を比較する。実験6と実験7では、いずれも変形上下法を用いて、標準刺激と比較刺激を異なる水平位置に経時的に呈示して主観的等価値を測定する。実験6では、2種類の空間周波数の条件と4種類の速度条件を設けて、0.8秒の主観的等価値を測定する。実験7では、4種類の空間周波数と6種類の時間周波数の条件を設けて、主観的1秒を測定する。

(1) 単純上下法(内的カウントの有無)による実験(実験5)

方法 刺激としてオシロスコープ上に正弦波縞を呈示した。縞の大きさは縦横が $4\text{ deg} \times 5\text{ deg}$ 、空間周波数は 0.4 c/deg 、平均輝度は 8 cd/m^2 、コントラストは86.9%であった。刺激が運動する場合、運動方向はすべて右方向に固定した。被験者は同じ位置に経時的に呈示される標準刺激と比較刺激をその順に観察し、どちらの呈示時間が長いかを判断した。標準刺激は2秒に固定されていたが、比較刺激は1.5秒から2.5秒まで変化した。被験者は2つの刺激を比較して判断を繰り返し、比較刺激の呈示時間を標準刺激のそれにマッチさせた(図9b参照)。測定方法として単純上下法を用いた。被験者が左右の一方のボタンを1回押すと比較刺激の呈示時間が0.1秒のステップ間隔で長くなり、他方のボタンを1回押すと短くなった。被験者の反応が「短い」から「長い」またその逆の移行が7回に達した時点でセッションが打ち

¹¹ 内的カウントが有る場合と無い場合とは、心の中で数をカウントするように教示された場合と、カウントしないように教示された場合を意味する。

運動刺激と静止刺激に対する時間評価

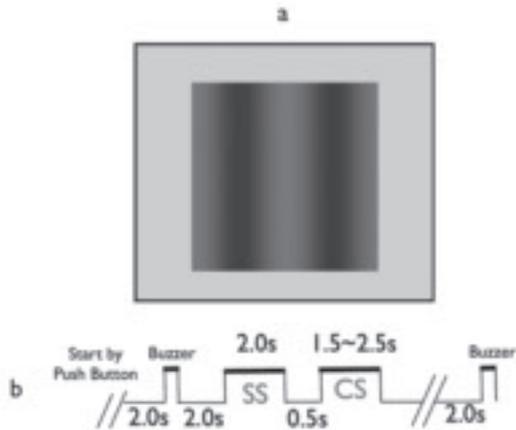


図9 刺激及び試行の時間的流れ

a. 実験5～7で用いた運動する正弦波縞。b. 実験5における1試行の時間的流れ。

切られた。後半の4回の移行点の呈示時間の平均をマッチした時間として測定した。刺激間時間は0.5秒、試行間時間は4秒であった。刺激条件として、0, 1, 4, 16 deg/sの速度条件を設けた。観察条件として、内的カウント有り条件と内的カウント無し条件を設けた。標準刺激と比較刺激の速度の組み合わせは全部で(4×4=)16通りであった。各被験者は、カウント有りと無しの各条件で16種類のマッチングを4回繰り返したので、合計128回のセッションを遂行した。被験者は4名であった。

結果 各被験者が各条件においてマッチした4つの比較刺激の時間の平均に基づいて、内的カウントの有無、標準刺激の速度、そして比較刺激の速度を要因とする3要因の分散分析を行ったところ、標準刺激の速度の主効果、比較刺激の速度の主効果、そしてそれら速度の交互作用のみが有意であった(順に $F(3, 9) = 9.723, p < 0.01$; $F(3, 9) = 7.498, p < 0.01$; $F(9, 27) = 2.944, p < 0.05$)。内的カウントの条件別に、標準刺激の速度条件をプールして比較刺激の速度条件間の平均値の差を検定したところ、内的カウント有り条件では、0 deg/s と 16 deg/s の間でのみ有意であったが($p < 0.05$)、内的カウント無し条件では、0 deg/s と 16 deg/s, 1 deg/s と 4 deg/s ~ 16 deg/s の間($p < 0.01$),

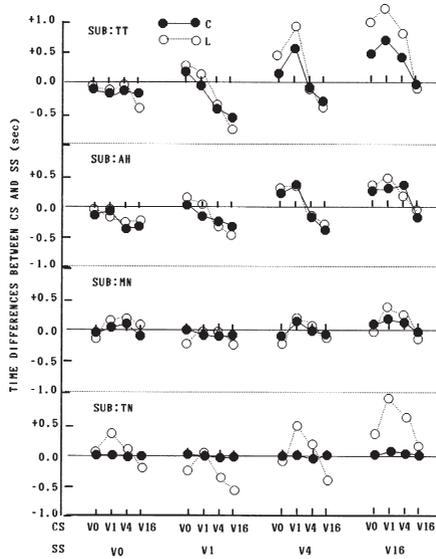


図 10 実験 5 の結果

各被験者 (sub) の各条件における結果を示している。SS：標準刺激，CS：比較刺激，V 0：0 deg/s，V 1：1 deg/s，V 4：4 deg/s，V 16：16 deg/s。●は内的カウント有り条件，○は内的カウント無し条件における CS と SS (2 秒) の差 (CS-SS) をプロットしている。

また 4 deg/s と 16 deg/s の間 ($p < 0.05$) で有意であった。各被験者の各条件における結果を図 10 に示した。この図はマッチした比較刺激 (CS) の時間の平均と標準刺激 (SS) の呈示時間 (2 秒) の差を示しており、黒丸は内的カウント有り条件、白丸は内的カウント無し条件の結果である。全体的に、標準刺激が 0 deg/s の静止条件では、マッチした時間は小さく、比較刺激の速度による変動も小さいが、標準刺激が 1, 4, 16 deg/s と大きくなるにつれて (図の右側にいくにつれて)、比較刺激の速度の違いによる変動が大きくなる事が示されている。これは標準刺激の速度が大きくなるとその時間も長く知覚され、それにマッチする時間も長くなったことを意味している。同じ標準刺激の中では、比較刺激の速度が 0 deg/s または 1 deg/s の条件において、マッチした時間が最大となったが、それは標準刺激に比べてこれらの速度条

件の比較刺激の呈示時間が最も短く感じられたことを意味している。内的カウントが有る場合（黒丸）と無い場合（白丸）を比較すると、当然のことながら内的カウント無しの方が変動が大きくなっており、速度の影響を受けやすいことを示している。

次に標準刺激の速度条件をプールして各比較刺激の速度条件においてマッチした時間の平均を2で割り、その逆数を主観的1秒として求めた。内的カウント有り条件と内的カウント無し条件の主観的1秒の平均をそれぞれ図11aと図11bに示した。いずれも0 deg/秒の条件を除く3種類の速度条件では、速度と共に主観的1秒が増加する傾向が示されている。内的カウント無し条件（図11b）では、図5a、図8abと同様に、0 deg/秒の条件では1 deg/秒の条件のそれより若干大きくなっている。また、全体的に内的カウント無し条件では、内的カウント有り条件（図11a）に比べて、速度の影響を受けやすくなる傾向が示されている。

(2) 変形上下法（PEST）による実験（実験6）

方法 実験6では、パソコンのモニター中央に注視点を配置し、それから

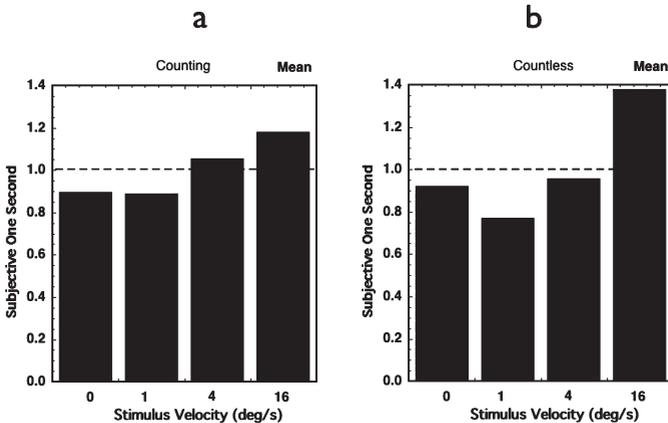


図11 主観的1秒の比較

a. 一対比較法(実験5：内的カウント有り条件)。b. 一対比較法の結果(実験5：内的カウント無し条件)。

0.27 deg 離れた左右の矩形領域 (3.2 deg×3.2 deg) にテスト刺激と変化刺激を経時的に呈示した。いずれも正弦波縞であった。正弦波縞の平均輝度は 8 cd/m²、コントラストは 30% に固定した。テスト刺激が運動刺激の場合、その運動方向は常に注視点に向かう方向であった。テスト刺激の呈示時間は 800 m 秒に固定された。その速度は 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 12.0 deg/s の 6 種類、空間周波数としては 0.625 c/deg と 1.25 c/deg の 2 種類を用いた。変化刺激は、すべて静止刺激であり、空間周波数は常にテスト刺激と同じであった。また、変化刺激の呈示時間は被験者の反応と共に変化した。警告音に続いて 500 m 秒後に、テスト刺激と変化刺激の内の 1 つが左右いずれかの領域に呈示され、その 500 m 秒後に、他方の刺激が他方の領域に呈示された。どちらの刺激がどちらの領域に呈示されるかはランダムであった。被験者は呈示時間が長い方の刺激を選択し、その位置に対応する左右のキーの 1 つを押して反応した。以後、この手続きが繰り返された。変化刺激の呈示時間をテスト刺激のそれにマッチングする方法として PEST (Taylor & Creelman, 1967) を用いた。呈示時間の初期値は、800±200 m 秒の間でランダムな値、初期ステップは 106.6 m 秒、最大ステップはその 2 倍、最小ステップは 13.33 m 秒であった。各被験者は各条件の測定を 4 回繰り返した。被験者は 4 名であった。

結果 各被験者が各条件においてマッチした変化刺激の時間の平均に基づいて、テスト速度のみを要因とする分散分析を行ったところ、主効果は有意であった ($F(5, 155)=2.279, p<0.05$)。空間周波数に関しても同じ分析を行ったが主効果は有意ではなかった。下位分析の結果、2.0 deg/s と 12.0 deg/s の間のマッチした時間の差のみが有意傾向であった ($p<0.10$)。被験者をプールして各条件におけるマッチした時間を 0.8 で割った主観的 1 秒の平均を速度の関数として示したものが図 12 である。この図における棒の明るさの違いは空間周波数の違いを示している。0 deg/s の静止条件から速度が大きくなるにつれて主観的 1 秒は小さくなっていき、0.5~2 deg/s で最低値となり、その後、大きくなっている。これはマグニチュード評価法を用いた実験 1 や実験 3、また実験 5 のカウント無し条件の結果とほぼ同じであり、静止刺激

運動刺激と静止刺激に対する時間評価

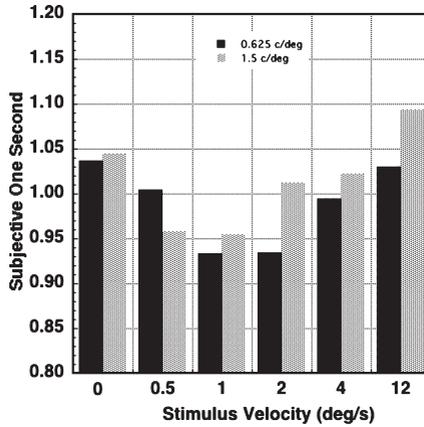


図 12 主観的 1 秒の結果
一対比較法 (実験 6)。

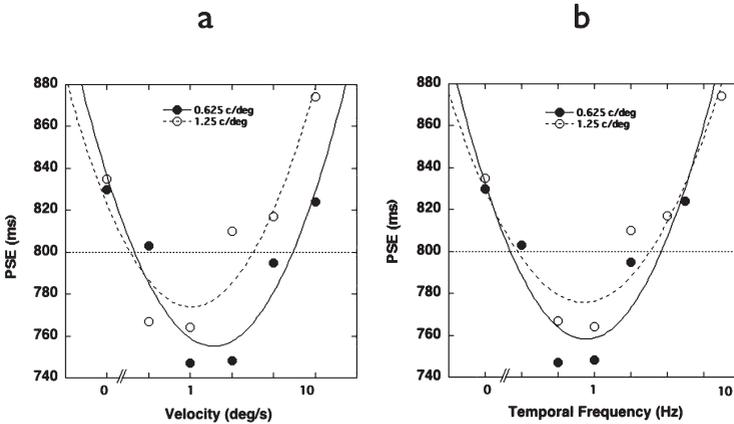


図 13 実験 6 の結果

a. 速度の関数としてのマッチング時間。b. 時間周波数の関数としてのマッチング時間。パラメータは空間周波数、曲線は、横軸 (実際は対数表示) を線形表示と見なし、2 次関数でフィッティングしたものである。

から低速度にかけて時間が小さく評価されることを示している。ここで、マッチした時間が速度の関数として変化したのか、それとも時間周波数の関数として変化したのかを調べるため、マッチした時間を速度の関数及び時間周波

数の関数として曲線グラフで示すと図 13a と図 13b のようになった。図 13b では 2 つの曲線がほぼ 1 つの曲線となって重なっている。これは、マッチした時間が速度ではなく時間周波数と共に変化したことを示している。これは重要な結果であると考えられるため、次の実験 7 では、空間周波数の条件をもう少し増やして実験 6 を追試し、同じ結果が得られるかどうか確認してみる。

(3) 変形上下法 (PEST) による実験の追試 (実験 7)

方法 この実験では、テスト刺激の呈示時間を 1 秒に固定した。また、空間周波数条件として、0.3125, 0.625, 1.25, 2.5 c/deg という 4 条件、時間周波数条件として、0, 0.3125, 0.625, 1.25, 2.5, 5.0 Hz の 6 条件を設けた。変化刺激は、実験 6 と同様、すべて静止刺激であり、空間周波数は常にテスト刺激と同じであった。1 つのセッションでは同じ空間周波数のテスト刺激に対する異なる 6 種類の時間周波数の条件の測定がランダム順に連続して行われた。各被験者は、異なる 4 種類の空間周波数に対応する 4 つのセッションの実験を行った。これによって 24 種類の各条件について 1 回の測定を行ったことになる。各被験者はこれを異なる日に 4 回繰り返した。その他の手続きは、実験 6 とほぼ同様である。被験者は 4 名であった。

結果 各被験者が各条件においてマッチした変化刺激の時間の平均に基づいて、時間周波数のみを要因とする分散分析を行ったところ主効果は有意であった ($F(5, 75) = 7.528, p < 0.01$)。空間周波数についても同様の分析を行ったが主効果は有意ではなかった。下位分析の結果、0.625 Hz と 2.5 Hz~5.0 Hz, 1.25 Hz と 2.5 Hz~5.0 Hz の間において、マッチした時間の差は有意であった ($p < 0.01$)。被験者をプールし、各条件でマッチした時間の平均を主観的 1 秒として棒グラフで示したものが図 14 である。これらの結果は実験 6 とほぼ同様であり、全体的に静止条件から速度の増加と共に時間が小さく評価され、0.5 deg/s から 2 deg/s にかけて最低値となり、それを過ぎた後は、速度と共に時間が大きく評価されている。これらの主観的 1 秒を速度の関数及び時間周波数の関数として曲線グラフで示したものが、それぞれ図 15a と

運動刺激と静止刺激に対する時間評価

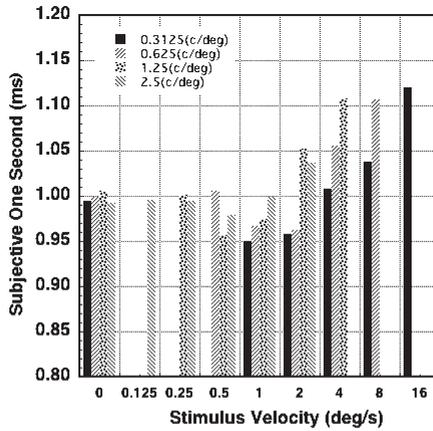


図 14 主観的 1 秒の結果
一対比較法 (実験 7)。

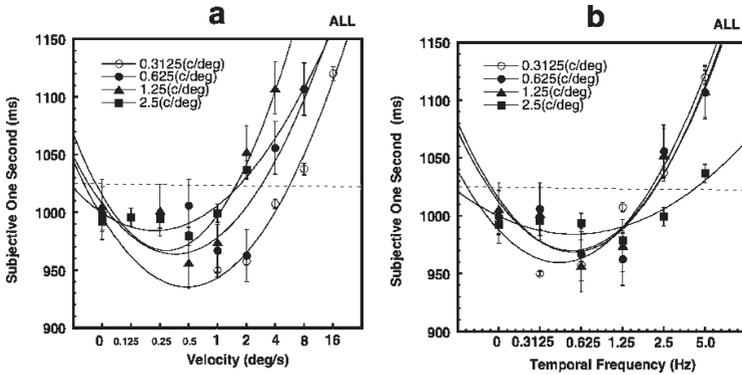


図 15 実験 7 の結果

a. 速度の関数としてのマッチング時間。b. 時間周波数の関数としてのマッチング時間。パラメータは空間周波数、曲線は、横軸 (実際は対数表示) を線形表示と見なし、2 次関数でフィッティングしたものである。

図 15b である。パラメータはいずれも空間周波数である。図 15a では、2.5 / deg と 1.25 c/deg という比較的高い空間周波数条件の主観的 1 秒の 2 つの曲線が重なっている。このことは、高い空間周波数条件では、時間評価が速

度に依存して変化したことを示している。他方、図 15b では、 2.5 c/deg の条件を除く 3 つの空間周波数条件で、主観的 1 秒の関数がほぼ 1 つの曲線で重なっている。このことは、実験 6 と同様、主観的 1 秒が時間周波数の関数として変化したことを示している。以上は、時間評価がほぼ時間周波数と共に変化するが、高空間周波数では速度と共に変化する可能性を示している。

5 ビデオ映像とランダムドットを用いた実験

これまで、刺激としてランダム光点や正弦波縞など、いわゆる人工的な視覚刺激を用いた実験結果について述べたが、それらの刺激は我々が日常生活において日々目にする刺激と異なる。そのため、我々が日常目にする刺激を用いた場合でも、上と同じような結果が得られるかどうかは疑問である。そこで、ここでは我々が日常目にする刺激としてテレビ放映された画像（以下ではこれをビデオ画像と呼ぶ）を用いて、同様の内容について検討してみる。しかし、ビデオ画像のような複雑な刺激を用いる場合には、運動速度や空間周波数など、動きに伴う物理的変数を厳密に制御することができない。そのため、それらの影響を定量的な観点から調べることはできない。しかし、それらの刺激を用いた場合でも、静止画と動画に対する時間評価の違いを比較することは、人工的な刺激の場合と同様に可能であろう。また、ビデオ画像を刺激として用いる場合には、各々の画像の面白さや興奮の度合いなどの認知的変数と時間評価の関係について調べることができる。以下に示す 2 つの実験では、ビデオ画像とランダムドット・パターンを共に刺激として用いることによって、高速と低速の運動刺激及び静止刺激に対する持続時間の評価を比較してみる。実験 8 では、マグニチュード評価法を用いて実験を行う。実験 9 では、呈示時間をすべて固定し、持続時間の他に、画像の面白さや興奮の度合い、変化の大きさ、満足感という 5 項目について、各々の主観的印象を 5 段階で評定させる実験を行う。これら 2 つの実験における持続時間に対する判断の違いは、Frisse (1981) が述べた分析的ストラテジーと印象的ストラテジーの違いに対応している。

(1) マグニチュード評価法による実験（実験 8）

方法 ビデオ画像の刺激として、先行研究で用いた 32 個の映像クリップ¹²の中から 9 個を選択して用いた（表 1 参照）。先行研究で使用した 32 個の映像クリップとは、実際にテレビ放映された様々なジャンルの動画像を各々 30 秒間録画したものである。この実験のために選択された 9 個のビデオ画像のクリップは、静止画像、ゆっくり動く動画像、速く動く動画像の 3 種類に分けられる。そこで、これらを順に静止条件、低速条件、高速条件とした。9 種

表 1 実験 8 と実験 9 で用いた刺激

ランダムドット	静止	0 cm/s
ランダムドット	低速	3.6 cm/s
ランダムドット	高速	7.2 cm/s
女性の顔	静止	音声無し、読書している様子。
太陽	静止	音声無し。夕焼けの映像。
とんぼ	静止	音声無し。木にとまっている様子。
熱気球	低速	音声（解説）有り。気球が上昇している様子。
英会話	低速	音声有り。男性の談話。
クルージング	低速	音声（BGM と解説）有り。ヨットの航海の様子。
007	高速	音声有り。ボブスレーのコースで追跡。
F 1	高速	音声有り。3 台のせめぎあいした後、一台コースアウト。
トップガン	高速	音声有り。空中戦でのバトル。

¹² この 32 個の映像クリップは村上友佳子氏（1990 年卒）の卒業研究において作成されたものである。

類の各クリップから更に、5, 7, 10, 14, 20 秒間という 5 種類の呈示時間のクリップを作成し、これらを呈示時間条件とした。このようにして合計 45 種類のビデオ画像のクリップを作成した。他方、ランダムドットパターンについては、一辺が 11 cm の正方形領域に呈示したものをういた(図 16 参照)。これは、1 ドットが 1.83 mm 四方の大きさで、60 ドット×60 ドットから成るパターンである。速度条件としては、0 deg/s の静止条件の他、パターン全体が右方向に 3.6 cm/s で動く低速条件と 7.2 cm/s で動く高速条件の 3 種類を設けた。呈示時間条件として、上と同じ 5, 7, 10, 14, 20 秒間の 5 条件を設けた。これらの刺激をビデオに録画して 15 種類のランダムドットパターンのクリップを作成した。最初に 10 秒の低速条件のランダムドットパターンを基準刺激(モデュラス 100)として呈示し、その後、上の 60 種類の動画クリップがランダムな順で呈示されるように 8 ミリビデオテープに録画した。なお、クリップ間の時間間隔は 5 秒であり、その 3 秒目に警告音が挿入された。刺激呈示順を変えて、このようなビデオを 2 種類作成した。実験は 1~3 名の被験者のグループ単位で行った。各グループの被験者は、椅子に座り、2 種類の異なる刺激系列のビデオの内のどちらか 1 つを 19 インチのテレビ・モニターで観察し、各クリップの呈示時間をマグニチュード評価法で評価した。その評価値は評価用紙に筆記された。被験者は 40 名であった。結果 ランダムドットパターンとビデオ画像のそれぞれについて、各条件における各被験者の時間評価値に基づいて速度と時間を要因とする 2 要因の分散分析を行った。ランダムドットパターンについては、時間の主効果のみが有意であった($F(4, 156)=179.325, p<0.01$)。ビデオ画像については、速度

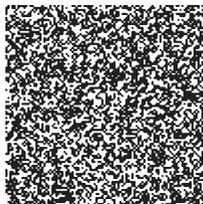


図 16 ランダムドットパターン

と時間の主効果は共に有意であったが（順に、 $F(2, 78)=4.516$, $p<0.05$; $F(4, 156)=307.449$, $p<0.01$), 交互作用は有意ではなかった。下位分析では、速度条件については、ビデオ画像の静止条件と低速条件の間で平均値の差が有意であった ($p<0.01$)。両方の刺激における各条件の評価値の平均を示したものが図 17 である。左パネル (図 17a) のランダムドットパターンの結果では、静止や低速 3.6 cm/s の条件に比べて、高速 7.2 cm/s の条件の方が評価値がやや大きくなる傾向が認められる。他方、右パネル (図 17b) のビデオ画像では、静止条件の評価値が大きくなる傾向が認められる。

次に、実験 1 や実験 3 と同じ方法で評価値を主観的 1 秒に変換し、その値に基づいて上と同様の分散分析を行った。ランダムドットパターンでは、速度と時間の主効果及びそれらの交互作用はいずれも有意であった（順に、 $F(2, 78)=4.084$, $p<0.05$; $F(4, 156)=11.077$, $p<0.01$; $F(8, 312)=1.982$, $p<0.05$)。下位分析では、低速条件と高速条件の間で平均値の差は有意であった ($p<0.05$)。時間条件に関しては、5 秒と 7 秒~10 秒, 5 秒と 20 秒, 10 秒と

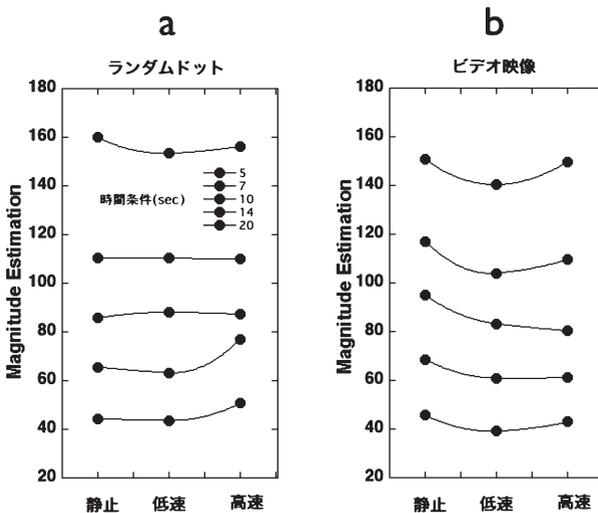


図 17 実験 8 の結果

速度の関数としての時間評価。a. ランダムドットパターンの結果, b. ビデオ映像の結果。

20 秒, 14 秒と 20 秒以外のすべての組み合わせで有意であった ($p < 0.05$)。ビデオ画像の主観的 1 秒に関する同様の分析を行ったところ, 速度と時間の主効果は共に有意であったが (順に, $F(2, 78) = 5.184$; $F(4, 156) = 10.431$, いずれも $p < 0.01$), 交互作用は有意ではなかった。下位分析では, 静止条件と低速条件の間で ($p < 0.01$), また時間条件に関しては, 7 秒と 14 秒~20 秒, 10 秒と 14 秒~20 秒の組み合わせで有意であった ($p < 0.05$)。各刺激における速度条件別の主観的 1 秒の結果を図 18a に示した。ランダムドットにおける主観的 1 秒 (灰色棒) は, 低速条件よりも高速条件の方が大きい, 静止条件と低速条件では違いが認められない。他方, ビデオ映像における主観的 1 秒 (黒棒) は, 静止条件で最大であり, 低速条件と高速条件では違いが認められない。

(2) 印象評定法による実験 (実験 9)

方法 刺激として, 実験 8 で用いた 9 種類のビデオ画像の内, 10 秒条件のみ

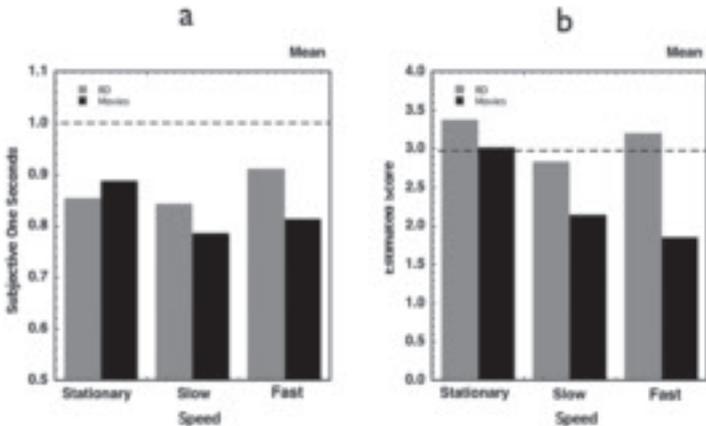


図 18 実験 8 (マグニチュード評価法) の主観的 1 秒と実験 9 (評定法) の結果

a. マグニチュード評価法による主観的 1 秒の結果 (実験 8), b. 評定値 (実験 9) の結果。いずれも灰色棒はランダムドットパターン, 黒棒はビデオ映像の結果を示している。

を選択して用いた。また実験 8 で用いた 3 種類の速度条件のランダムドットパターンの内、10 秒条件のみを選択して用いた。それら 12 個のクリップをランダムな順で呈示するように 8 ミリビデオテープに録画した。クリップ間の時間間隔は 10 秒であり、その内の 7 秒が経過した後に警告音を挿入した。実験は、各クリップが呈示し終わった段階で、実験者がビデオ映像の再生を一旦停止し、被験者全員が質問項目に対して回答を終えるのを確認した後で、ビデオ映像の再生を継続するという手続きで行われた。被験者は、各クリップに対して、映像に関する 5 つの質問項目について主観的印象を評定した。すなわち、面白さ(面白い(1)–つまらない(5))、興奮度(興奮する(1)–落ちつく(5))、持続時間(短い(1)–長い(5))、変化度(変化がある(1)–変化がない(5))、満足度(満足である(1)–不満である(5))の各項目について、その順番に 5 段階の評定を行った。被験者は実験 8 に参加した 40 名であるが、実験 8 と実験 9 に参加する順番はカウンタバランスされた。その他の手続きは実験 8 と同じである。

結果 ランダムドットパターンとビデオ画像のそれぞれにおいて、各被験者の時間評定値を基にして、速度のみを要因とする分散分析を個別に行った。速度の主効果は、ランダムドットパターンの場合もビデオ画像の場合も共に有意であった(順に、 $F(2, 78)=3.469, p<0.05$; $F(2, 78)=31.247, p<0.01$)。下位分析の結果、ビデオ画像における静止条件と低速条件及び静止条件と高速条件の組み合わせで平均値の差は有意であった ($p<0.01$)。各条件における評定値の平均は、図 18 b に示されている。全体的にビデオ映像の評定値は、ランダムドットの評定値より小さくなっている。ランダムドットの評定値は、U字型曲線を示しており、高速条件と静止条件における評定値は低速条件に比べて大きくなった。他方、ビデオ映像の評定値は、静止条件において最大であり、速度が大きい条件ほど小さくなった。ビデオ映像の 9 個の刺激毎の平均評定値に基づいて、持続時間と面白さ、興奮度、変化度、満足度の相関係数を各々求めたところ、順に 0.587, 0.682, 0.907, 0.252 であった。従って、持続時間の印象と最も相関が高かったのは変化度であったといえる。

6 全体的考察

上に示した9つの実験では用いた刺激の種類や主観的時間の測定方法などが異なる。以下ではそれらの結果を比較しながら、測定方法や刺激の種類の違いによって静止刺激と運動刺激に対する時間評価がどの程度異なるか、時間評価に影響する要因は速度か時間周波数か、内的なカウントの有無で時間評価がどの程度異なるか、また本論文で示された実験結果は内的時計のモデルによってどのように説明されるか、等について順を追って考察していくことにする。

(1) 静止刺激と運動刺激に対する時間評価の方法上の比較

実験1から実験4では、マグニチュード評価法、再生法、マグニチュード評価法、マグニチュード産出法を用いて主観的時間を測定した。水平運動か回転運動かの違いはあるが、用いた刺激はいずれも光点の運動パターンであり、また実験条件もほぼ同じであるため、実験結果を相互に比較することは十分可能であろう。実験5から実験7では、刺激として水平運動する正弦波縞を用いて、一対比較法によって比較的短い時間について速度の影響を調べたが、時間条件を除外すれば、それらの結果も実験1から実験4の結果と比較することができるであろう。そこで、実験1から実験7における主観的1秒の結果のみを図19に示した。これを見ると、再生法を用いた実験2の結果(図19b)は、その他の方法を用いた実験の結果と異なることが明らかである。他の実験では、主観的1秒はすべてU字型の曲線を描いているのに対し、実験2における主観的1秒は速度と共に単調に増加している。実験2の再生法(図19b参照)と実験4のマグニチュード産出法(図19d参照)は、どちらも時間を作り出す方法であるが、異なるプロセスが関わっていると考えられる。図19dを図19cと比較するとわかる通り、マグニチュード産出法はマグニチュード評価法と同じプロセスが関わっているといえる。マグニチュード評価法では、刺激を見たすぐ後に、その持続時間の長さを数字で答えることが

運動刺激と静止刺激に対する時間評価

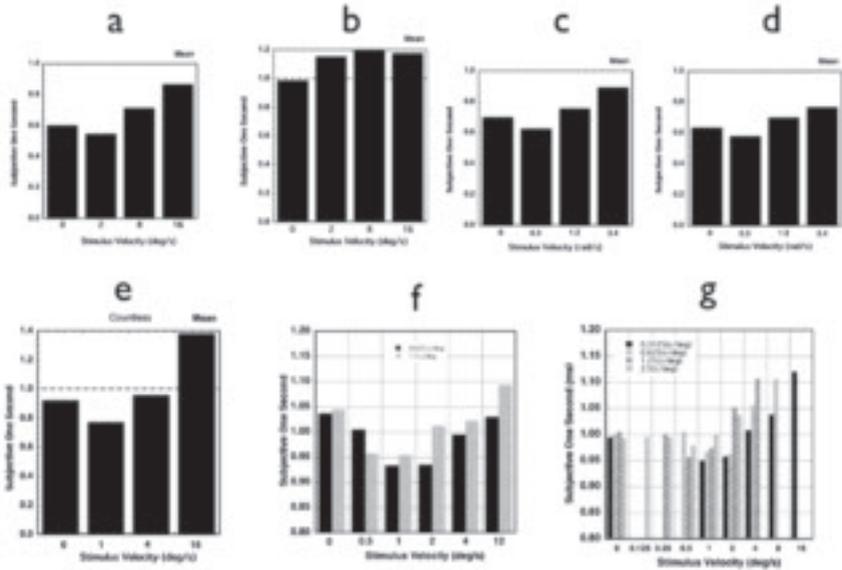


図 19 異なる方法による主観的 1 秒の比較

a. マグニチュード評価法(実験 1)。b. 再生法(実験 2)。c. マグニチュード評価法(実験 3)。d. マグニチュード産出法(実験 4)。e. 一対比較法(実験 5: カウント無し条件)。f. 一対比較法(実験 6)。g. 一対比較法(実験 7)。

求められるのに対し、再生法では、刺激を見た後、同じ時間が経過するのを待ってから反応することが求められる。再生法では今見た持続時間を基準として記憶に保持しながら、眼前の刺激の呈示時間がそれを越えたか否かを絶えず監視しなければならない。すなわち再生法では判断の基準となる時間(もしくは他の何らかの情報)を試行ごとに新たに記憶に保持しなければならず、他の方法と比べると 1 回の試行に要する時間は長く、記憶の負荷も大きい。この再生法の実験で、静止刺激の持続時間が運動刺激より短く(ただし正しく)再生されるのは、静止刺激には動きが無いため、持続時間の基準として記憶に保持すべき情報が少ないためとも考えられる。この考えは Ornstein (1969) の蓄積容量モデルの仮定とも一致する。実験 5 から実験 7 で用いた一対比較法は、2 つの刺激を呈示した後に反応が求められるという点では再生法と類似しているが、それらの実験では呈示時間が 1 秒、2 秒と短いため、

試行に要する時間は短く、各試行における記憶負荷も小さかった。そのため、マグニチュード評価法と同様の結果が得られたと考えることができる。従って、再生法以外の方法による実験では、直接的な知覚経験として、静止刺激の条件は低速の運動刺激の条件よりも長く感ぜられ、それが実験結果に反映されたと考えることができる。

(2) 刺激の違いによる比較

実験1と実験3ではマグニチュード評価法を用いたが、刺激に関しては水平に動くか回転するかの違いがあった。しかし、それらの実験結果は、図19aと図19cに示したように、ほとんど同じであった。実験5から実験7では、正弦波縞と一対比較法を用いており、刺激も測定方法も実験1や実験3と異なっていた。それにもかかわらず、図19eから図19gに示したように、実験結果は実験1や実験3と同じであった。いずれも静止刺激は低速の速度条件の運動刺激より長く知覚された。従って、これらの実験結果は、刺激が水平に動くか回転するか、あるいはランダムドットか正弦波縞かといった刺激の種類とは無関係であり、再生法以外の方法を用いた場合、ほとんど同じ結果が得られたことを示している。しかしながら、これらの実験で用いた刺激は、我々が日常日々目にする刺激とは異なる。我々が日常目にする刺激としてのビデオ画像と人工的な刺激としてのランダムドットを比較した実験8と実験9では、刺激の違いによって結果が大きく異なることが示された。実験8ではマグニチュード評価法を用いたが、ランダムドットの結果(図18aの灰色棒)は、高速条件における評価値は最大であり、実験1から実験7までの結果とほぼ同じであった。しかしながら、ビデオ画像の結果(図18aの黒棒)は、静止条件において評価値は最大であり、高速条件における評価値は小さかった。実験9では、このランダムドットとビデオ画像の違いがもっと顕著に示された。既述したように、実験8と実験9の評価方法の違いはFraisie(1981)が述べた分析的ストラテジーと印象的ストラテジーの違いに対応している。この実験9では持続時間の主観的印象が評定されており、ランダムドットの結果(図18bの灰色棒)では、静止条件と高速条件の両方で評定値が大

きくなるU字型の結果が示されたのに対し、ビデオ画像の結果（図 18b の黒棒）では、静止条件の評定値が最大で、高速条件の評定値が最小となった。相関分析が示した通り、ビデオ画像のような複雑な刺激では、画像の面白さなどの認知的変数が持続時間の長さの印象と関連すると考えられる。高速条件におけるビデオ画像は、テンポが速くてスリルのある動画であり、変化があつて面白いため時間を短く感じるに違いない。このような刺激を見た場合の主観的印象はランダムドットが高速で動くのを見ている場合とは全く異なるものであろう。その違いが、これら2種類の刺激に対する評定結果の違いを導いたといえる。マグニチュード評価法を用いた実験8では、分析的ストラテジーを採用せざるを得ないため、その違いが結果に反映されにくくなるが、ビデオ画像に対する時間評価に、そのような認知的変数の影響が関与していたことは十分考えられる。そのような認知的変数の時間評価に及ぼす影響の詳細については今後の課題といえよう。

(3) 時間評価に影響を及ぼすのは速度か時間周波数か

本論文で示した9つの実験の結果では、いずれも速度が時間評価に影響を及ぼすことが示されたが、速度（V）の影響を時間周波数（TF）の影響と区別することは実は難しい。それは、 $V=TF/SF$ の関係があるため、空間周波数（SF）を固定すると速度と時間周波数が比例的に増減するからである。それらを識別するために行った実験が実験6と実験7である。図13aと図13b、また図15aと図15bが示すように、全体的には速度の関数よりも時間周波数の関数としてプロットした方が、異なる空間周波数条件における主観的1秒の曲線が一致している。このことは時間評価は速度ではなく時間周波数と共に変化し、時間評価に影響を及ぼすのは速度ではなく時間周波数であることを示している。この見解は、時間知覚を歪ませる要因として、時間周波数は速度よりも中心的役割を果たしているという Kanai ら（2006）の見解とも一致する。しかしながら、図15aと図15bをよく見ると、図15aでは、2.5 c/deg と 1.25 c/deg のように比較的高い空間周波数の条件では曲線が一致しているが、図15bでは、2.5 c/deg 以外の空間周波数の条件で曲線が一致してい

る。このことは、僅かな可能性ながら、1.25 c/deg より低い空間周波数の条件では時間評価が時間周波数と共に変化するが、1.25 c/deg より高い空間周波数の条件では時間評価が速度と共に変化することを示唆するものである。Kaneko & Murakami (2009) は、Kanai らとは逆に、時間知覚は時間周波数より速度によって影響を受けるという結論を導いたが、彼女らと本研究の実験結果の違いはこの空間周波数条件の違いに基づいているのかも知れない。本研究における 1.25 c/deg 以下の空間周波数条件では、運動縞はいずれも太くて見えやすいため、刺激変化の主観的な印象の違いは、速度よりも時間周波数の変化に対応していたといえる。なお、実験 6 と実験 7 の結果において、時間評価が最小となったのは、静止刺激ではなく、0.5~2 Hz にいたる 1 Hz 近辺の時間周波数の運動刺激であった。この 1 Hz 近辺の運動刺激に何か特別な意味があるのか否かについては検討する必要があるかも知れない¹³。

(4) 時間評価に及ぼす速度の影響の内的カウントの有無による違い

実験 5 では、内的カウントの有無による時間評価に及ぼす速度の影響について調べた。図 10 に示した白丸と黒丸は、内的カウントの有無による速度の影響の違いを示している。内的カウント有り条件（黒丸）では、内的カウント無し条件（白丸）に比べて、速度の違いに依存した変動が小さい。図 11a と b は、異なる速度の標準刺激の結果をすべてプールした結果であるが、内的カウント有り条件（図 11a）では、無し条件（図 11b）に比べて、速度による変動が小さくなることを示している。ただし内的カウント有り条件でも、主観的 1 秒は速度と共に増加しており、速度の影響は消失しない。これは速度の影響がかなり頑健であることを意味している。速度の影響が頑健であるという見解は、運動刺激と静止刺激を重ね合わせて、静止刺激のみに注意して時

¹³ これについては既に聴覚刺激を用いて幾つかの条件下で検討している（田山，2002 参照）。その結果，時間周波数の関数としての時間評価値は U 字型曲線となること，また最小値は 2 Hz~8 Hz であることが明らかにされている。

間を評価させた田山 (1986) の見解とも一致する。ここで更に注目したいのは、内的カウント有り条件では、0 deg/s と 1 deg/s の違いがほとんど無くなっていることである。冒頭に述べたように、速度の影響に関しては、静止刺激の方が低速の運動刺激よりも長く見える場合があるが、そのように見えない場合もある。本研究の目的は、そもそもこのような不安定な結果が得られるのはなぜか、その理由を探ることにあつた。この 0 deg/s と 1 deg/s の条件間で違いが見られなくなったということは、被験者が内的なカウントを行うなど、分析的なストラテジーをより積極的に用いると、静止刺激と低速の運動刺激における時間評価の違いが無くなってしまふことを意味している。この分析的なストラテジーをどれほど採用するかについては個人差が大きく、被験者の課題への熟練度とも関連し、例えば、課題に習熟するほど低速の運動刺激と静止刺激の時間評価の違いが見いだされなくなるということも考えられる。

(5) 内的時計モデルと蓄積容量モデルによる説明

本研究で示した運動刺激や静止刺激に対する時間評価の結果は、冒頭に示した内的時計のモデルによって、どのように説明することができるだろうか (図 1 及び図 2 参照)。本研究における人工的な刺激を用いたほとんどの実験の結果では、刺激速度が大きいほど持続時間は長く知覚されるが、静止刺激は低速の運動刺激より長く見え、その傾向は持続時間が長くなるほど顕著になるという傾向が示された。これらの現象を説明するためには、以下の 2 つの仮定が必要になると考えられる。まず第一に、刺激速度が大きくなるほど覚醒度が増し、ペースメーカーが刻むパルス頻度が増すという仮定である。この仮定によって速度が大きくなると共に時間評価が大きくなることが説明される。しかし、静止刺激の方が低速の運動刺激よりも長く見えるという結果はどのように説明すればよいであろうか。これについては Zakay & Block (1996) らが提案した注意ゲート・モデルにおける仮定によって説明できるであろう (図 2 参照)。すなわち、我々は一般に、運動刺激を見ているよりも静止刺激を見ている方がより大きな注意を時間に向けると考えられる。従って

静止刺激を見ている方が、注意のゲートは相対的に大きく開くため、静止刺激を長く見れば見るほど、蓄積するパルス量が増えると考えられる。これによって静止刺激に対する時間は、持続時間が長くなると共に相対的に大きく評価されるという傾向が説明できるであろう。これら2つの仮定によって、上に示した実験結果を概ね説明することができる。ただし、これらは現時点における単なる推測にすぎないともいえる。各々の仮定の妥当性に関しては、今後、更なる実験的検討が必要となるであろう。

本研究で示された時間評価に及ぼす速度の影響に関する実験結果は、追想的時間に関して提唱された Ornstein (1969) の認知的蓄積容量のモデルによってもある程度説明することができる。このモデルでは、蓄積されて残った情報が多いほど持続時間が大きく評価されることを仮定する。この仮定に従えば、数秒程度の持続時間では、単純で変化のない静止刺激より、複雑性に富んだ運動刺激の方が、記憶に残る非時間的情報が多くなり、時間評価は大きくなることが予測される。しかし、時間が極端に長い場合には、静止刺激を見ている方が、刺激の変化がない分だけ、より多くの注意が時間に向けられ、より多くの時間情報が記憶に蓄積され、時間評価が大きくなるであろう¹⁴。このような仮定のみでは、本論文の多くの実験で見られたように、低速条件において時間評価値が最小になることは説明されない。しかし、再生法を用いた実験2では、最も長い時間条件を別として、ほとんどの時間条件で、再生時間は低速条件ではなく静止条件で最小であった(図4bを参照)。すなわち、実験2の結果は、このような認知的蓄積容量モデルによる予測にほぼ合致しているといえる。

¹⁴ これについて、Ornstein (1969) は特に指摘していない。しかし、何も変化がないとすれば、時間は長くなればなるほど意識されるであろう。それが極端な場合には、それが時間情報として記憶に蓄積されるに違いない。

7 まとめ

運動刺激を見ている場合の持続時間の評価はその速度の違いによって変動し、一般に速度が大きくなると持続時間は長く見える。しかし、静止刺激は低速の運動刺激よりも長く見え、その傾向は時間が長くなると顕著になるといわれている。この静止刺激と低速の運動刺激に対する持続時間の実験結果は曖昧であるため、本研究では、その理由を探るため、刺激の種類や実験方法の異なる9つの実験の結果を比較してみた。結果は次のようにまとめることができる。

- 1) 実験方法の違いとして、マグニチュード評価法、マグニチュード産出法、再生法、一対比較法、評定法を比較したところ、再生法と評定法以外の方法ではほとんど同じ結果が得られた。いずれも静止刺激の方が低速の運動刺激よりも時間は長く見えるという傾向が示された。しかし、再生法の場合は、静止刺激に対する再生時間が最小であり、運動刺激と静止刺激の違いによって大きな違いが生じた。評定法においても異なる結果が得られたが、この方法では印象的ストラテジーが採用されるため、分析的ストラテジーによる他の方法と単純に比較することはできない。
- 2) 視覚刺激の違いについては、ランダム光点の水平運動パターンや回転運動パターン、運動する正弦波縞、ランダムドットパターン、等の人工的な刺激を用いた場合、再生法以外の方法では、ほとんど同じ結果が得られた。しかし、日常我々が目にするビデオ画像のような複雑な刺激を用いた場合には、面白さや変化の有無などの認知的な変数が関与し、静止刺激に対する時間は大きく評価され、速度の大きな運動刺激に対する時間は小さく評価されるなど、人工的な刺激の場合とはかなり異なる結果が導かれた。
- 3) 全体的に時間評価に影響を及ぼす要因は速度ではなく時間周波数であることが示された。ただし、その要因は空間周波数に依存し、比較的高い空間周波数 (2.5 c/s 以上) では速度が要因となる可能性が示唆された。
- 4) 被験者が内的にカウントを行った状況では速度の影響が縮小されるた

め、静止刺激と低速の運動刺激における時間評価の違いが消失する可能性が指摘された。また被験者が課題に熟練するなど、より分析的でより客観的に時間が評価される場合には、速度の影響が縮小し、時間評価の違いが消失しやすくなることが示唆された。

引用文献

- Beckman, J. S., & Young, M. E. (2009). Stimulus Dynamics and temporal discrimination: Implications for pacemakers. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *35*, 525-537.
- Brown, S. W. (1995). Time, change, and motion: The effects of stimulus movement on temporal perception. *Perception & Psychophysics*, *57*, 105-116.
- Cohen, J. (1967). *Psychological time in health and disease*. Springfield, IL: C. C. Thomas.
- Creelman, C. D. (1962). Human discrimination of auditory duration. *Journal of the Acoustical Society of America*, *34*, 582-593.
- Fraisse, P. (1981). Cognition of time in human activity. in G. d'Ydewalle & W. Lens (Eds.), *Cognition in human motivation and learning* (pp.233-259). Hillsdale, New Jersey: LEA.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, *84*, 279-325.
- Gibbon, J. (1981). On the form and location of the psychometric bisection function for time. *Journal of Mathematical Psychology*, *24*, 58-87.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. In J. Gibbon & L. Allan (Eds.), *Timing and time perception* (pp.52-77). NY: Harper and Row.
- Kanai, R., Paffen, C. L. E., Hogendoorn, H., & Verstraten, F. A. J. (2006). Time dilation in dynamic visual display. *Journal of Vision*, *6*, 1421-1430.
- Kaneko, S., & Murakami, I. (2009). Perceived duration of visual motion increases with speed. *Journal of Vision*, *9*, 1-12.
- Lahmon, W. T., & Goldstone, S. (1975). Movement and judged duration of visual targets. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *5*, 53-54.
- Mashour, M. (1964). *Psychological relations in the perception of velocity*. Stockholm Studies in Psychology 3. Stockholm: Amguist & Wiksell.
- Matthews, W. I. (2011). How do changes in speed affect the perception of duration? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *37*, 1617-1627.

- Ornstein, R. E. (1969). *On the experience of time*. Harmondsworth, England: Penguin Books.
- Poynter, W. D., & Homa, D. (1983). Duration judgment and the experience of change. *Perception & Psychophysics*, 33, 548-560.
- Rachlin, H. C. (1966). Scaling velocity, distance, and duration. *Perception & Psychophysics*, 1, 11-82.
- 田山忠行(1986). 集中的注意による時間評価に及ぼす空間的影響の減少. 心理学研究, 57, 95-99.
- 田山忠行 (1987). 時間知覚のモデルと時間評価のモデル. 心理学評論, 30, 423-451.
- 田山忠行 (2002). 時間知覚における時間周波数の効果II. 日本心理学会第66回大会(広島大) 論文集, p. 473.
- 田山忠行 (2006). 運動パターンを見ているときの持続時間の知覚. 基礎心理学研究, 25, 212-220.
- 田山忠行・相場覚(1982). 時間評価に及ぼす空間的諸要因. *Hokkaido Behavioral Science Report Series P (S), No.28*.
- Tayama, T., & Block, R. A. (1996). Models of time perception and time estimation. *Technical Report, No. 3 (Sapporo, Japan: Hokkaido University, Department of Psychology)*.
- Tayama, T., Nakamura, M., & Aiba, T. S. (1987). Estimated duration for rotating-spot-pattern. *Japanese Psychological Research*, 29, 173-183.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock." *Psychological Monographs*, 77 (Whole No. 576).
- Zakay, D., & Block, R. (1996). The role of attention in time estimation processes. In M. A. Pastor & J. Artieda (Eds.), *Time, internal clocks and movement*. (pp. 143-165) Amsterdam: Elsevier Science, North Holland.