

パルス光の持続時間の知覚

滝 浦 孝 之

(受付 2003年5月9日)

物理的時間（客観的時間）と心理的時間（主観的時間）との関係を扱った研究は、通常、心理的現在と呼ばれるおよそ5秒以下の時間を対象とするものは時間知覚、またそれを越える時間を対象とするものは時間評価と呼ばれ、両者の区別が行われてきた（Fraisse, 1984；大黒, 1961；Woodrow, 1951）。この区別は、時間知覚が比較的単純な感覚・知覚過程によりその多くが決定されているのに対し、時間評価は、記憶を含むより高次の認知過程により媒介されているとする考えに基づくものである。

視覚における光受容器である杆体・錐体や、聴覚における音受容器である有毛細胞のように、それぞれの感覚モダリティでは、刺激を感受する特定の受容器が存在する。しかし時間の場合には、そのような特定の受容器は存在しない。この事実は、時間評価のみならず時間知覚も、かなり高次の情報処理の結果であることを示唆するものである。このことから、同一の物理的時間に対する心理的時間は、モダリティと無関係であるとする考えを導くことができる。実際、異なるモダリティ間で、同一の物理的時間に対する心理的時間に差が認められないとする研究は多い（Bobko, Thompson & Schiffman, 1977；Buffardi, 1971；Craig, 1973；Robert, Stutz & Vassolo, 1975）。また心理的時間に関するモデルも、実質的に特定のモダリティでの情報処理の説明に限定されないものが大半である（Allan, Kristofferson & Wiens, 1971；Getty, 1975；神宮, 1994, 1996；松田, 1996；田山, 1987；Thomas & Weaver, 1975；Treisman, 1963）。しかし一方で、刺激の物理的時間が同一であっても、モダリティが異なれば心理的時間も異なるという

本研究は平成10年度佐藤愛子学術奨励金による助成を受けた。

実験結果も少なくない (Behar & Bevan, 1961; Goldstone & Goldfarb, 1964; Goldstone & Lhamon, 1974; Grondin, 1993; Grondin, Meilleur-Wells, Ouellette & Macar, 1998; Grondin & Rousseau, 1991; Stevens & Greenbaum, 1966; Walker & Scott, 1981)。特に、複数のモダリティで刺激の主観的な強度を等しくした場合でも、モダリティが異なれば理的時間は必ずしも同一になるとは限らないという知見の存在 (Furukawa, 1979; Goldstone, Lhamon & Sechzer, 1978) は、全ての心理的時間がモダリティから独立して成立するとする説を否定するものである。また最近では、注意の強度が心理的時間に影響することも明らかとなっており (Enns, Brehaut & Shore, 1999; Mattes & Ulrich, 1998)、このような要因が知見の混乱の一因となっている可能性もある。

多くの場合、モダリティから独立した処理過程により心理的時間が決定されるとしても、同時に、心理的時間がモダリティに強く依存する事態というものもまた存在しうる。従って、心理的時間の研究においては、物理的時間と心理的時間との量的関係をまず各モダリティ内で詳細に検討し、多くのデータを蓄積した上で、他のモダリティでの知見との異同を明らかにするという態度が求められよう。

ところで、上で述べたように、時間知覚研究ではおよそ5秒以下の刺激が用いられるが、この範囲内の刺激であっても、持続時間が変化すれば、その時間的経過に関するわれわれの知覚体験は量的のみならず質的にも変化する。とりわけ、数十-100 ms 以下の刺激と 150-200 ms 以上の刺激とでは、その視覚的印象は大きく異なり、前者に対する知覚像は「瞬間的」という印象を、後者に対する知覚像は「持続的」という印象をそれぞれ伴う (Durup & Fessard, 1929, 1930; Servière, Miceli & Galifret, 1977; 滝浦, 1998)。また、Eisler (1976) は、1975年以前に報告された時間知覚に関する多くの研究結果に基づき、刺激の心理的な持続時間は刺激の物理的な持続時間のべき関数として変化し、そのべき指数は、刺激の持続時間あるいは二つの刺激の提示時間差がおよそ 600 ms 以上では 0.8-1.0 に、またそれ未満では

0.3程度となると報告している。これらの研究では、互いに従属変数のみならず刺激条件や測定法も大きく異なっているため、結果の安易な比較はできない。しかしこれらの結果は、少なくとも視覚刺激を用いた時間知覚の研究では、数百 ms 未満の範囲の刺激と、それ以上の持続時間の刺激に対する時間知覚の問題は、別々に扱う方が適切な場合があることを示唆している。

時間知覚研究において扱われる「刺激の持続時間」(時程)には、充実時程と空虚時程という二種類が区別される。充実時程とは、刺激が連続的に提示される場合の持続時間のことであり、空虚時程とは、持続時間の短い二つのマーカーによって区切られた時間を指す。視覚における時間知覚の研究では、空虚時程を対象としたものが少なくなく (Efron, 1970a, 1970b, 1973; Grondin, 1993, 1998, 2001), 500–600 ms 未満の刺激に焦点を当てた研究では空虚時程のみが扱われている (Svenson, 1973; Eisler, 1976 によるデータの引用と PsycINFO 掲載の要約による)。しかしマーカーがパルス光の場合、提示時間差が数十 ms 以下では、視覚的持続のためにそれらは融合して知覚されてしまうため (滝浦, 2003), この範囲での時間知覚の研究においては空虚時程を扱うことは困難である。そこで本研究では、モダリティを視覚に限定し、持続時間の非常に短い単一刺激を用い、充実時程を対象として、刺激の物理的な持続時間と心理的な持続時間との関係について検討を行った。

目 的

本研究は、10–200 ms の持続時間の刺激に対する心理的持続時間をマグニチュード推定法により測定し、この範囲における物理的時間と心理的時間との関係を明らかにすることを目的とする。

方 法

被験者 被験者は20–27歳の成人16名であり、四つの輝度条件のそれぞれ

れに対して、異なる 4 名の被験者が割り当てられた。またこれらの被験者とは別に、1 名の被験者 (TT, 27 歳) に対して、全ての輝度条件での測定が行われた。被験者は全員裸眼視力ないし矯正視力は正常であり、また精神物理学的測定の経験を有していた。

刺激と装置 刺激は直径 1.72 deg のディスク光であった。これは、光変調放電管 (Sylvania, R1131C) からの持続時間 0.1 ms, 周波数 2 kHz のパルス光列により形成された。従って、刺激は物理的には断続光ではあったが、その周波数は臨界融合頻度よりはるかに高いため、主観的には持続光として知覚された。この刺激形成法を用いたのは、光変調放電管の出力の分光組成を一定に保つためであった。刺激の持続時間は 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150, 200 ms であった。

主観的持続時間は刺激輝度の影響を受け、物理的な持続時間が等しくても、輝度が高ければその刺激はより長く持続するように感じられることが知られている (Goldstone, Lhamon & Sechzer, 1978)。しかし本実験の目的は、あくまでも刺激の物理的な持続時間の関数として、心理的な持続時間がどのように変化するかを明らかにしようというものであった。さらに、持続時間が数 ms - 数十 ms の範囲の等エネルギー刺激群に対しては、神経生理学的にも (Baker, Sanseverino, Lamarre & Poggio, 1969) 精神物理学的にも (Boynton & Siegfried, 1962; Matsumura, 1975; 滝浦, 1999), 応答の時間的経過は同一となり、また主観的にも互いに全く同じ見えを呈する (滝浦, 1999, 2002) ことが明らかにされており、このような刺激を用いた場合の主観的持続時間は、刺激の持続時間ではなく、そのエネルギー総量により決定されると予想される。従って本研究では、全ての刺激に対してエネルギー量あるいは明るさを等しくするという操作は行われず、刺激の輝度を一定に保って実験が行われた。刺激の輝度は 0.1 (持続時間が短い場合には光覚閾より幾分高い輝度), 15.3, 192.7, 1233.1 cd/m^2 であり、これらは網膜照度ではそれぞれ 0.4, 48.4, 605.0, 3872.0 td であった。網膜照度とは、輝度値と瞳孔面積との積で定義される刺激強度であるが、本稿では以

後、便宜上輝度と網膜照度の両方を輝度と呼称する。

刺激の観察はきき目により行われた。刺激の提示される領域の上下左右に、かろうじて見える程度の輝度の赤色小光点が定常的に提示され、被験者はそれらの小光点に囲まれた領域の中心を注視するよう求められた。刺激の提示にはマックスウェル視光学系が用いられた。実験の制御ならびに反応の記録は、デジタル入出力ボード (I・O データ, PIO-3022) を搭載したパーソナルコンピュータ (SHARP, MZ-2500) により行われ、時間制御は、プログラマブル水晶発振器 (EPSON, SPG Q318651B) からのデューティ比 0.5 の 10 kHz 矩形波信号をソフトウェア上でカウントすることにより行われた。刺激の輝度は、Boynton (1966) の方法により、輝度計 (三双製作所, Model 10MC-S) を用いて測定された。

手続き 15分間の暗順応期間の後に実験が行われた。被験者の課題は、持続時間が 50 ms のモジュラスに対する心理的持続時間を10とした場合、実験時に提示される刺激に対する心理的持続時間をいくつの数字で表現すべきか判断し、その数字をテンキーによって報告することであった。その際、被験者は、刺激の明るさの違いは無視し、持続時間のみについて判断を行うよう求められた。

警告音の1.5秒後にモジュラスが提示され、その2秒後に刺激が提示された。被験者はこの両者を比較して判断を行った。また、測定に先立ち若干の練習試行が行われた。

一つのセッションでは、それぞれの持続時間の刺激に対する測定は10回であり、刺激の提示順序はランダムであった。1名の被験者につき、セッションは日を変えて3回繰り返された。

結 果

刺激の持続時間の関数としてのマグニチュード推定値の変化を Figure 1 に示す。Figure 1 (a) は、それぞれの輝度条件における4名の被験者の結果であり、グラフの各データポイントは120個のデータの幾何平均値である。

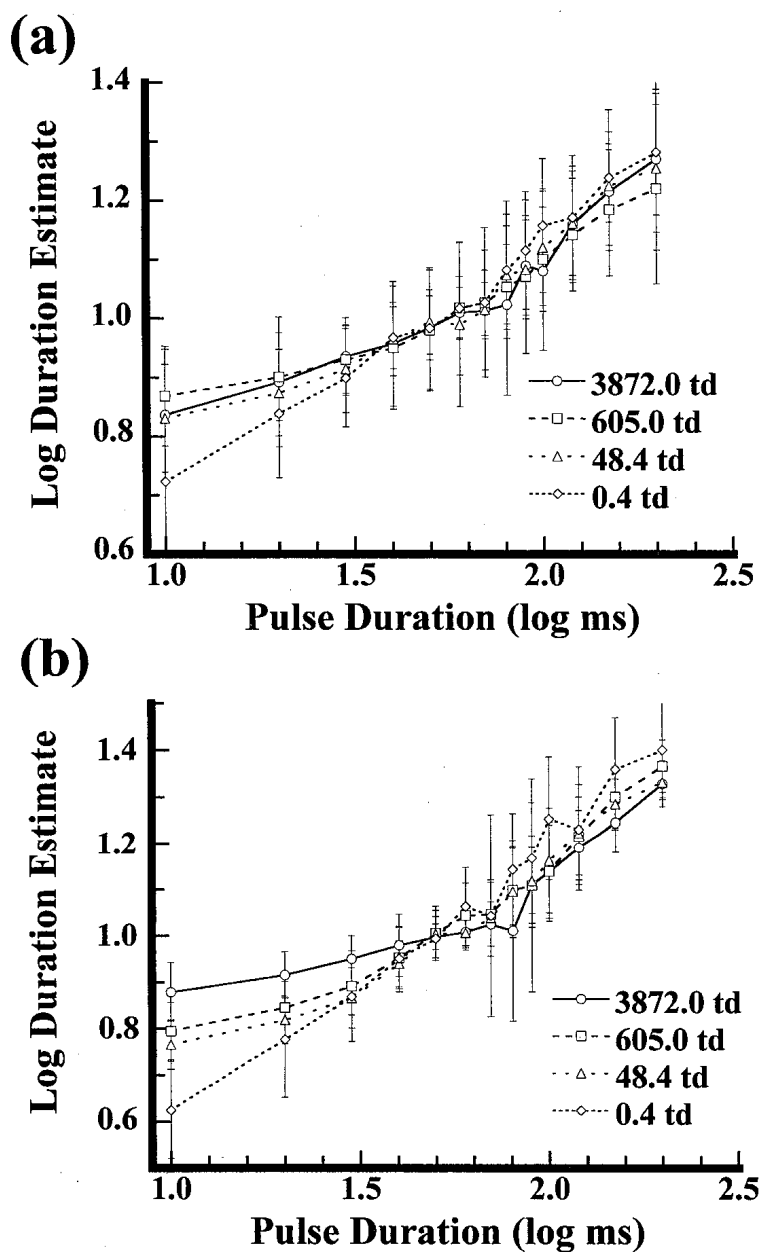


Figure 1. Magnitude estimation scale for durations of the brief pulses of light.

(a) The mean data for four different subjects at each illuminance. (b) The data for one subject with all the illuminance tested.

また Figure 1 (b) は、四つの輝度条件全てにおいて測定に参加した被験者 TT の結果であり、グラフの 1 ポイントは 30 個のデータの幾何平均値を示す。Figure 1 (a), (b) とも、ポイントの上下の線分は標準偏差の大きさを示す。被験者 TT のデータは他の被験者より SD が大きい傾向があった。

Figure 1 (a) では、最も輝度の低い刺激に対する心理的持続時間のグラ

フの勾配が他の輝度条件に比べ大きくなっていること以外に、刺激輝度の効果は認められなかった。一方 Figure 1 (b) では、最小の輝度の刺激に対するグラフの勾配が最大となるのに加え、最大輝度の刺激に対するグラフの勾配が最小となった。またいずれの結果でも、刺激の物理的な持続時間の増加に対する心理的な持続時間の増加の程度はかなり小さいものであった。すなわち、刺激の持続時間が 10 ms から 200 ms へと 20 倍に増加しても、それに対する心理的持続時間は、3872.0, 605.0, 48.4, 0.4 td の輝度レベルにおいて、それぞれ 2.8, 2.3, 2.7, 3.5 倍 (Figure 1 (a)), あるいは 2.8, 3.7, 3.7, 5.9 倍 (Figure 1 (b)) となるにすぎなかった。

持続時間が 10-200 ms, 10-70 ms, 70-200 ms のそれぞれの範囲におけるグラフに対する回帰直線の勾配と相関係数とを Table 1 に示す。Table 1 (a), (b) はそれぞれ、各輝度水準での 4 名の被験者のデータと被験者 TT

Table 1. Estimates of the gradients of the regression lines for the whole and segmented functions. (a) The mean results for four different subjects at each illuminance. (b) The results for one subject with all the illuminance tested.

(a)

Illuminance	Mean					
	Range of duration					
	10-200 ms		10-70 ms		70-200 ms	
	slope	r	slope	r	slope	r
3872.0 td	0.33	0.95	0.22	1.00	0.60	0.99
605.0 td	0.29	0.96	0.19	0.97	0.44	0.99
48.4 td	0.34	0.97	0.23	0.98	0.52	0.99
0.4 td	0.43	0.99	0.37	1.00	0.54	0.99

(b)

Illuminance	Subject TT					
	Range of duration					
	10-200 ms		10-70 ms		70-200 ms	
	slope	r	slope	r	slope	r
3872.0 td	0.34	0.99	0.17	0.99	0.70	0.98
605.0 td	0.45	0.97	0.32	0.98	0.72	0.98
48.4 td	0.47	0.98	0.34	0.97	0.65	0.99
0.4 td	0.62	0.99	0.52	0.99	0.74	0.96

1名の結果とに基づいている。

回帰直線の勾配はおよそ0.3であった。これは、持続時間の短い刺激に対しては、心理的時間の変化は物理的時間の変化にはるかに及ばないことを示す。しかし、回帰直線のあてはまりの程度を示す相関係数は、被験者TTの3872.0 tdと0.4 tdのデータを除き、70 msを境にグラフを二つの部分に分割し、その各々に対して求められた値の方が、グラフ全体に対して求められた値よりも高く、グラフは実際には二つの部分からなっていると考えられる。この場合、回帰直線の勾配は、刺激の持続時間が70 ms以上ではおよそ0.5であり、70 ms以下では約0.2であった。従って、刺激の心理的な持続時間のグラフは物理的な持続時間の増加に伴い直線的に増加するのではないと言える。極めて短い時間領域においては、物理的時間の変化に伴う心理的時間の変化はかなり小さいものであったが、それにもかかわらず、少なくとも10 ms単位の時間の弁別は可能であることが示された。なおグラフの勾配は、刺激輝度が最小の場合に最も大きくなる傾向が認められた。

考 察

本研究では、マグニチュード推定法を用いて、10-200 msの光刺激に対する持続時間の問題が検討された。その結果、両対数座標上でのマグニチュード推定値のグラフの勾配、すなわちベキ指数の値は、刺激の持続時間が10-70 msの範囲ではおおむね0.2-0.3程度、また70-200 msの範囲では0.4-0.5前後の値をとることが見出された。Eisler (1976)によると、Svenson (1973)は、50 ms以上600 ms未満の範囲の空虚時程に対する心理的な持続時間に関して、0.31というベキ指数を得ているというが、刺激条件の違いなどを考えると、この値は70-200 msの範囲における心理的持続時間のグラフのベキ指数が約0.5というわれわれの結果と類似したものと考えられる。少なくともこれらの数値は、600 ms以上の刺激を用いた際に得られる0.8-1.0前後というベキ指数の値 (Eisler, 1976) に比べかなり小さい。従って、刺激の持続時間が短い場合には、充実時程・空虚時

程のいずれにおいても、心理的時間は物理的時間よりも変化の割合が小さく、刺激の持続時間が長い場合以上に両者間での乖離は大きいと言える。

本研究ではまた、時間知覚に関するグラフのベキ指数値は、70 ms 以下の持続時間領域ではさらに小さくなることも見出された。このことは、70 ms 以下の刺激とそれ以上の刺激とで、時間知覚に与るメカニズムが少なくとも一部異なっていることを示唆する。この境目の70 ms という持続時間の値は、刺激の輝度からほぼ独立であり、この時間知覚メカニズムの切り替えは視覚系の中枢において行われるものと推測される。

刺激の持続時間が60–100 ms 付近でベキ指数の変化が生ずるという、本実験での知見と類似した結果は聴覚においても報告されている (Allan, 1983)。しかし実験事態の差異はもちろんのこと、視聴覚間の時間的特性の違いを十分考慮せず、現象の類似性のみに基づいて、モダリティに依存しない時間処理過程のスイッチングが70 ms 付近で生ずると結論することには問題がある。また聴覚においては、刺激の持続時間の変化に伴うベキ指数値の変化が数百 ms 付近でも生じることが見出されている (Allan, 1983 ; Eisler, 1975 ; Michon, 1967) が、視覚においては同様なデータはこれまで報告されていない。従って、タイムオーダーの短い領域での心理的時間は、主として各モダリティ内での情報処理過程の出力に基づいて体験されると考えるのが妥当であろう。

時間知覚が人間の情報処理メカニズムの高次あるいは中枢での処理の結果であるという考えは、低次あるいは末梢のレベルにおける情報処理により、刺激の持続時間に関する情報が符号化されるという可能性を排除するものではない。特に、今回の実験で扱われたようなごく短い刺激に対しては、刺激エネルギーの時間的加重などの末梢起源の感覚的要因により、時間知覚の多くの部分が規定されると考えられる。すなわち、ごく短い時間の知覚においては、モダリティによる差異が大きく現れると予想される。実際、例えば刺激提示順序の弁別 (Hirsh & Sherrick, 1961) や持続時間の弁別 (Grondin, 1993; Grondin, Meilleur-Wells, Ouellette & Macar, 1998; West-

heimer, 1999), 同時性の知覚 (Efron, 1970b) などにおいて, 聴覚が視覚より優れていることはよく知られている。故に, 時間知覚に関して, 仮に異なるモダリティ間で類似した知見が見出されるとしても, その根底にあるメカニズムを同一のものと考えることには慎重でなければならない。

刺激輝度が最小の場合のグラフの勾配は, 他の輝度条件に比べて大きかった。この結果は, 刺激の持続時間が等しい場合であっても, 心理的持続時間は輝度が高いほど増加すること (Goldstone, Lhamon & Sechzer, 1978) により説明されるべきではない。本実験において測定された心理的な持続時間は, 各々の輝度水準における刺激群内での相対的なものだからである。従ってこの結果は, 少なくとも本実験においてテストされた持続時間の範囲においては, 刺激の輝度が非常に低い場合に, 持続時間の差に対する感度が上昇することを示すものと考えられる。しかし持続時間弁別閾に及ばず輝度の効果に関する研究 (Allan, Kristofferson & Wiens, 1971; Nilsson, 1979) では, 本研究で用いられたような非常に低い輝度の刺激は用いられず, この推測を支持するようなデータは報告されていない。今後の検討が待たれるところである。

Servière, Miceli and Galifret (1977) は, 輝度 (およそ 160 cd/m^2) ・明るさともほぼ等しい 30 ms と 50 ms の二つの刺激の弁別は困難であると報告している。この結果は, 本研究での 605.0 td (192.7 cd/m^2) 条件での, 70 ms 以下の持続時間範囲でのベキ指数が小さいという結果から予測することができる。Servière らは彼らの結果を, 60 ms 未満の刺激は「瞬時的」という見えを呈するためと解しているが, この刺激の見えに関しては, 605.0 td (192.7 cd/m^2) の刺激は持続時間が $40\text{--}50 \text{ ms}$ 以下では明確な持続の印象を欠くという滝浦 (1998) の報告と合致する。しかし Figure 1 に示されているように, 刺激が瞬時的という見えを呈する持続時間の範囲においても, 持続時間の区別は可能である。瞬時的・持続的とは, 視覚的印象の種類であり, 両者は質的に区別されるが, その各々においては量的なバリエーションが存在する。滝浦 (1998) は, 瞬時的という視覚的印象は, マスキ

ング法 (Breitmeyer, 1984 ; Hood, 1998) により精神物理学的に評価された視覚系の末梢レベルでの応答が, 最初の過渡的成分のみからなり, それに続く定常的成分を欠く場合に生ずることを精神物理学的に示した。また滝浦は同時に, 瞬間的という視覚的印象を惹起する刺激の持続時間が増加するにつれ, 応答の過渡的成分の時間的な広がりも増加することを見出しているが, この結果は, このような刺激に対する持続時間の区別が可能であるという本研究での結果に対応するものと思われる。

引用文献

- Allan, L. G. (1983). Magnitude estimation of temporal intervals. *Perception & Psychophysics*, **33**, 29-42.
- Allan, L. G., Kristofferson, A. B., & Wiens, E. W. (1971). Duration discrimination of brief light flashes. *Perception & Psychophysics*, **9**, 327-334.
- Baker, F. H., Sanseverino, E. R., Lamarre, Y., & Poggio, G. F. (1969). Excitatory responses of geniculate neurons of the cat. *Journal of Neurophysiology*, **32**, 916-929.
- Behar, I., & Bevan, W. (1961). The perceived duration of auditory and visual intervals: cross-modal comparison and interaction. *American Journal of Psychology*, **74**, 17-26.
- Bobko, D. J., Thompson, J. G., & Schiffman, H. R. (1977). The perception of brief temporal intervals: power functions for auditory and visual stimulus intervals. *Perception*, **6**, 703-709.
- Boynton, R. M. (1966). Vision. In J. B. Sidowski (Ed.) *Experimental methods and instrumentation in psychology* (pp. 273-330). New York: McGraw-Hill.
- Boynton, R. M., & Siegfried, J. B. (1962). Psychophysical estimates of on-responses to brief light flashes. *Journal of the Optical Society of America*, **52**, 720-721.
- Breitmeyer, B. G. (1984). *Visual masking: an integrative approach*. New York: Oxford University Press.
- Buffardi, L. (1971). Factors affecting the filled-duration illusion in the auditory, tactual, and visual modalities. *Perception & Psychophysics*, **9**, 404-406.
- Craig, J. C. (1973). A constant error in the perception of brief temporal intervals. *Perception & Psychophysics*, **13**, 99-104.
- Durup, G., & Fessard, A. (1929). Sur la variation de l'énergie lumineuse et de l'acuité visuelle en fonction de la durée, à intensité apparente constante. *L'Année Psychologique*, **30**, 73-86.
- Durup, G., & Fessard, A. (1930). Le seuil de perception de durée dans l'excitation visuelle. *L'Année Psychologique*, **31**, 52-62.
- Efron, R. (1970a). The relationship between the duration of a stimulus and the duration of a perception. *Neuropsychologia*, **8**, 37-55.
- Efron, R. (1970b). The minimum duration of a perception. *Neuropsychologia*, **8**, 57-63.
- Efron, R. (1973). An invariant characteristic of perceptual systems in the time

- domain. In S. Kornblum (Ed.) *Attention and performance, IV* (pp. 713–736). New York: Academic Press.
- Eisler, H. (1975). Subjective duration and psychophysics. *Psychological Review*, **82**, 429–450.
- Eisler, H. (1976). Experiments on subjective duration 1868–1975: a collection of power function exponents. *Psychological Bulletin*, **83**, 1154–1171.
- Enns, J. T., Brehaut, J. C., & Shore, D. I. (1999). The duration of a brief event in the mind's eye. *Journal of General Psychology*, **126**, 355–372.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, **35**, 1–36.
- Furukawa, M. (1979). A study on the difference in visual and auditory temporal judgment (II). *Tohoku Psychologica Folia*, **38**, 18–28.
- Getty, D. J. (1975). Discrimination of short temporal intervals: a comparison of two models. *Perception & Psychophysics*, **18**, 1–8.
- Goldstone, S., & Goldfarb, J. L. (1964). Direct comparison of auditory and visual duration. *Journal of Experimental Psychology*, **67**, 483–485.
- Goldstone, S., & Lhamon, W. T. (1974). Studies of auditory-visual interval differences in human time judgment: 1. Sounds are judged longer than lights. *Perceptual and Motor Skills*, **39**, 63–82.
- Goldstone, S., Lhamon, T. T., & Sechzer, J. (1978). Light intensity and judged duration. *Bulletin of Psychonomic Society*, **12**, 83–84.
- Grondin, S. (1993). Duration discrimination of empty and filled intervals marked by auditory and visual signals. *Perception & Psychophysics*, **54**, 383–394.
- Grondin, S. (1998). Judgments of the duration of visually marked empty time intervals: linking perceived duration and sensitivity. *Perception & Psychophysics*, **60**, 319–330.
- Grondin, S. (2001). Discrimination time intervals presented in sequences marked by visual signals. *Perception & Psychophysics*, **63**, 1224–1228.
- Grondin, S., Meilleur-Wells, G., Ouellette, C., & Macar, F. (1998). Sensory effects on judgments of short-time intervals. *Psychological Research*, **61**, 261–268.
- Grondin, S., & Rousseau, R. (1991). Judging the relative duration of multimodal short empty time intervals. *Perception & Psychophysics*, **49**, 245–256.
- Hirsh, I. J., & Sherrick, C. E., Jr. (1961). Perceived order in different sense modalities. *Journal of Experimental Psychology*, **62**, 423–432.
- Hood, D. C. (1998). Lower-level visual processing and models of light adaptation. *Annual Review of Psychology*, **49**, 503–535.
- 神宮英夫 (1994). 時間知覚の感覚的過程と認知的過程. 大山 正・今井省吾・和氣典二 (編) 新編感覚・知覚心理学ハンドブック (pp. 1565–1570). 東京: 誠信書房.
- 神宮英夫 (1996). 時間の感覚的処理と認知的処理. 松田文子・調枝孝治・甲村和三・神宮英夫・山崎勝之・平 伸二 (編) 心理的時間—その広くて深いなぞ— (pp. 38–49). 京都: 北大路書房.
- 松田文子 (1996). 時間評価のモデル. 松田文子・調枝孝治・甲村和三・神宮英夫・山崎勝之・平 伸二 (編) 心理的時間—その広くて深いなぞ— (pp. 129–144). 京都: 北大路書房.
- Mattes, S., & Ulrich, R. (1998). Directed attention prolongs the perceived duration of a brief stimulus. *Perception & Psychophysics*, **60**, 1305–1317.

- Matsumura, M. (1975). Visual responses to brief flashes of different temporal stimulus wave forms. *Tohoku Psychologica Folia*, **34**, 95-102.
- Michon, J. A. (1967). Magnitude scaling of short duration with closely spaced stimuli. *Psychonomic Science*, **9**, 359-360.
- Nilsson, T. H. (1979). Visual temporal discriminations of brief pulse intervals. *Vision Research*, **19**, 41-48.
- 大黒静治 (1961). 時間評価研究の概観. 心理学研究, **32**, 44-54.
- Robert, J. W., Stutz, M., Vassolo, P. A. (1975). Intermodal transfer in temporal discrimination. *Perception & Psychophysics*, **18**, 281-286.
- Servière, J., Miceli, D., & Galifret, Y. (1977). A psychophysical study of the visual perception of "instantaneous" and "durable." *Vision Research*, **17**, 57-63.
- Stevens, S. S., & Greenbaum, H. B. (1966). Regression effect in psychophysical judgment. *Perception & Psychophysics*, **1**, 439-446.
- 滝浦孝之 (1998). 瞬間的／持続的という視覚的印象について. 日本心理学会第62回大会発表論文集, 537.
- 滝浦孝之 (1999). 閾上での時間的加重. 電子通信情報学会技術研究報告, **99**, No. 185, 7-12.
- 滝浦孝之 (2002). 閾上増・減分光に対する時間的加重. 日本心理学会第66回大会発表論文集, 488.
- 滝浦孝之 (2003). 二重光に対する時間的弁別 — 閾上刺激に対する視覚系の時間分解能について —. 文化, **66**, 3・4号, 99-118.
- 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.
- Thomas, E. A. C., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception & Psychophysics*, **17**, 363-367.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: implications for a model of the "internal clock." *Psychological Monographs*, **77**, No. 13. (whole No. 575).
- Walker, J. T., & Scott, K. J. (1981). Auditory-visual conflict in the perceived duration of lights, tones, and gaps. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **7**, 1327-1339.
- Westheimer, G. (1999). Discrimination of short intervals by the human observer. *Experimental Brain Research*, **129**, 121-126.
- Woodrow, H. (1951). Time perception. In S. S. Stevens (ed.). *Handbook of experimental psychology* (pp. 1224-1236). New York: John Wiley & Sons.

Summary

Subjective Durations of Brief Pulses of Light.

Takayuki Takiura

The perceived durations of the brief (10–200 ms) pulses of light were scaled by the magnitude estimation technique. The gradients of the log-log power functions were about 0.3, which is far less than 1.0 reported in the previous studies with longer pulses. This means that the change in the perceived duration is far smaller than the change in the physical one. The function, however, seemed to be segmented into the two parts. The values of the gradient were about 0.2 for the lower segment (≤ 70 ms) and 0.5 for the upper one, respectively. This transition was speculated to occur at the central stages of the modality-specific time processing mechanism.