

パターンランダムネスが時間知覚に及ぼす影響

井隼, 経子
九州大学大学院人間環境学府

石田, 利恵
九州大学大学院人間環境学府

野畑, 友恵
九州大学大学院人間環境学府

山田, 祐樹
九州大学大学院人間環境学府

他

<https://doi.org/10.15017/15701>

出版情報 : 九州大学心理学研究. 6, pp.237-242, 2005-03-31. 九州大学大学院人間環境学研究院
バージョン :
権利関係 :

パターンランダムネスが時間知覚に及ぼす影響

井隼 経子¹⁾・石田 利恵¹⁾・野畑 友恵¹⁾・山田 祐樹¹⁾ 九州大学大学院人間環境学府
三浦 佳世 九州大学大学院人間環境学研究院

The effect of pattern randomness on time perception

Keiko Ihaya, Rie Ishida, Tomoe Nobata and Yuki Yamada
(Graduate school of human-environment studies, Kyushu university)
Kayo Miura (Faculty of human-environment studies, Kyushu university)

The present study examined how pattern randomness influences time perception. Randomness was defined as the amount of pattern entropy. The stimuli were random-dot patterns with low or high amounts of entropy. We used a time-reproduction task in which observers matched the duration of high- and low-random dot patterns to that of a dot matrix presented previously. The results from 10 observers showed that the reproduced durations of high-randomness patterns were longer than those of low-randomness patterns, indicating that the pattern randomness is one of the critical factors in time encoding. We discussed that the unequal allocation of attention to spatial patterns and to time leads to differences in perceived durations.

Keywords: time perception, pattern randomness, pattern entropy

問 題

時間知覚とは、人が持つ心理的な時間であり、さまざまな要因による影響を受けて、物理的な時間と異なって感じられる。これは、数秒、または、それ以下のわずかな時間についても観察される現象であり、どのような要因がどのように時間知覚に影響するのかについての研究が行われてきた。

時間知覚に影響する要因について、松田 (1996) は、3つのカテゴリーに分類している。1つは、神経生理学的要因であり、カフェイン等の薬物によって興奮状態になると時間知覚は長くなり、鎮静剤によって安定状態になると時間知覚は短くなる。2つめは、時間情報の処理の要因であり、時間経過に注意が向くほど時間知覚は長くなる。3つめは、非時間的情報の処理の要因であり、時間経過以外の属性の事象が多く認知されるほど、時間知覚は長くなる。これらの要因を統合して、分割される注意量の重み付け平均 (Thomas & Weaver, 1975) や、乗法的な結合 (松田, 1996) などの時間知覚モデルが提案されている。

上記に示した要因のうち、非時間的情報の処理には、知覚する刺激の複雑性が関わっていることが指摘されている。しかし、その影響の仕方、つまり、時間知覚が長くなるのか、それとも短くなるのかについては一貫した結果が報告されていない。

刺激の複雑性が時間知覚を短くすると報告した研究として、Block (1974) がある。彼は、単語刺激を用いて複雑性が時間知覚に及ぼす影響を検討した。複雑性は、同一カテゴリーの単語を連続してまとめて呈示する条件と、カテゴリーに関係なくランダムに単語を呈示する条件を設けるという方法で操作された。その結果、複雑性が高い条件は低い条件よりも、一連の刺激呈示時間が短く知覚されることが示された。

一方、刺激の複雑性が時間知覚を長くすると報告した研究として Block (1978) がある。彼は、個々の刺激自体の複雑性と刺激呈示順序の複雑性に焦点を当て、この両者における複雑性の違いが一連の刺激呈示時間の評価に及ぼす影響を検討した。彼は、同じ形の白い四角形4つと黒い四角形3つを隙間なく横に並べた白黒模様の図形を作成し、その四角形の並べ方によって白黒模様を変化させ、白黒模様が単純な条件と複雑な条件を設けるという方法で個々の刺激の複雑性を操作した。また、刺激呈示順序の複雑性は、個々の刺激のパターンと同様な白黒模様の図形を用い、刺激が呈示される順序を次に呈示される刺激パターンが予測できるように構成した条件と、次に呈示される刺激パターンが予測できないように構成した条件を設けるという方法で操作された。その結果、

¹⁾ 本稿の執筆にあたり、井隼、石田、野畑、山田の4名は同等の寄与をしたため、その氏名を並列に記載している。本実験を実施するにあたり、実験プログラム作成に協力していただきました森戸勇介氏、ならびに実験に参加して下さった皆様に、この場を借りて謹んで御礼申し上げます。また、本論文を作成するにあたり、ご指導いただきました九州大学中溝幸夫教授をはじめ、貴重なご助言、ご協力をいただきました諸先生方、先輩方、そして研究室の皆様から感謝の意を捧げます。

個々の刺激自体の複雑性は、一連の刺激呈示時間の評価に影響しないが、刺激呈示順序の複雑性は、一連の刺激呈示時間の評価に影響を及ぼし、複雑性が高い条件は低い条件よりも時間知覚が長いことが示された。

なぜこのように一貫しないのだろうか。その原因として以下のようなことが考えられる。1つは、複雑性の定義が明確ではないことである。多くの場合、質問紙を用いて刺激の複雑性を評定させ、そこから得られた主観的な指標を用いて刺激の複雑性を操作している。しかし、これらの指標は客観的ではなく、複雑性を物理量として示すことができないため、刺激が複雑であるといってもその程度を示すことが困難である。

2つ目として、各研究で使用される刺激の相違がある。これまで、単語や図形などが用いられてきたが、このような刺激の違いによって、複雑性の意味合いが異なってくる可能性がある。その結果、時間知覚に異なる影響を与えたことが考えられる。

3つ目として、測定方法の相違が挙げられる。これまでの多くの研究では、一連の刺激呈示時間の時間知覚を測定し、個々の刺激が呈示された時間の時間知覚については測定していない。そのため、個々の刺激自体が持つ刺激の複雑性が、どのように時間知覚に影響を及ぼしているのかについての検討が不十分であり、個々の影響を一連の刺激呈示時間としてまとめて測定することによって、時間知覚に及ぼす複雑性の影響を明確にできなかった可能性がある。

そこで本研究では、このような問題を解決するために、まず、ランダムネスの指標を用いて複雑さを定義する。ランダムネスは、配置のバラバラさを示している。このことから、整列した配置を持つ標準刺激と比較して、変化量がどの程度なのかについて検討できるため、そのランダム度の違いによって複雑さを量的に表すことができると考えられる。

ランダムネスを表す客観的指標として、DNN (Distance to the nearest neighbor) やパターンエントロピーがある。DNN は、各刺激アイテムから最も近い位置にあるアイテムまでの距離を平均した値であり、ランダムネスの客観的指標として用いられている (Ginsberg, 1991)。他方、パターンエントロピーは、刺激の持つ情報量を数量化した値であり、刺激パターンの変化量を示す指標として用いられている (Sheth, Nijhawan, & Shimojo, 2000)。DNN の値は、その値をみただけではどの程度ランダムであるのかを判断することができず、刺激パターンが分布する輪郭の大きさが等しい場合における相対的なランダムネスの違いを比較することしかできないという制限がある。また、この問題によって、刺激を作成する際に DNN の値からランダム刺激を作成することができず、刺激を作成して DNN を測定するという作業を何

度も繰り返して刺激を選定しなければならない。一方、パターンエントロピーは、刺激の変化量をパーセントで示すことができる。また、変化させたい割合だけ刺激を動かすことによって、比較的容易に刺激を作成することができる。そこで、本研究では、このような値が示す意味のわかりやすさや刺激操作の容易性から、パターンエントロピーを用いてランダムネスを定義する。

また、第3の問題点、個々の刺激の複雑性が時間知覚に及ぼす影響については、作成法を用いて検討する。作成法とは、実験者によって呈示された時間 (標準時間) と同じ長さになるように、キー押しなどによって主観的に持続時間 (作成時間) を作成する方法である。作成法において、作成時間と時間知覚は逆の関係にあり、標準時間よりも作成時間が短い場合は、時間知覚が標準時間よりも長いことを示している。なぜなら、時間作成は標準時間との比較によって行われるため、作成時間が短いということは単位あたりの知覚量が標準時間よりも長いことを示しているからである。

ところで、ランダムネスの客観的指標として用いられる DNN やパターンエントロピーなどを使用する際には、注意しなければならないことがある。DNN やパターンエントロピーの値は、ランダムな刺激であるほど高くなるが、その値が高いほど刺激がランダムであるとは限らない。また、これら客観的なランダムさと、人が感じる主観的なランダムさが必ずしも一致しているとはいえない (Falk & Konold, 1997)。そこで、本研究では、最初に予備実験を行い、客観的ランダムネスと主観的ランダムネスについて調べ、両者の指標が同じになるように刺激を選択する。そして、その刺激を用いて、ランダムネスが時間知覚に及ぼす影響を検討する。

予備実験

本実験に用いるランダム刺激を選定するため、2度の予備実験を実施した。ここでは、物理的ランダム度の基準としてパターンエントロピーを用い、それにより作成されたランダム刺激50枚から、SD法による主観的ランダム度評定の結果により、最終的に36枚を本実験で用いる刺激として選択した (Table 1)。本研究では、刺激にランダムドットを用いた。100個の整列したドットを標準刺激とし、その位置からドットがいくつ移動したかでランダム度を定義した。そのため、全ての刺激を構成するドットの数100個で常に一定となっており、パターンエントロピー量はドットが移動する確率のみによって決められた。そこで、本研究では、パターンエントロピー量をドットの移動確率 [%] によって示した。確率が高いことはすなわちランダム度が高いことを表していた。

物理的ランダムネスと主観的ランダムネスを一致させ

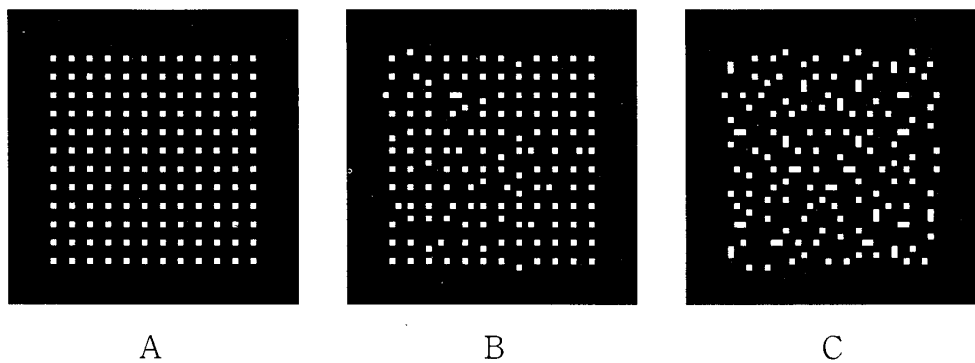


Fig.1 パターンエントロピー量ごとの刺激例
 それぞれ、0% (A:標準刺激), 25% (B:低ランダム刺激), 100% (C:高ランダム刺激).

Table 1
 予備実験によって得られた各評定値の平均値
 パターンエントロピー量に応じて、低ランダム度条件 (A) と高ランダム度条件 (B) とに分けられた。

A						
	ランダムでない	完全な	規則的な	整然とした	単純な	きっちりした
平均値	3.33	3.45	3.17	3.09	3.19	3.13
標準偏差	0.27	0.23	0.25	0.30	0.15	0.27
B						
	ランダムでない	完全な	規則的な	整然とした	単純な	きっちりした
平均値	5.36	5.17	5.27	5.35	4.68	5.21
標準偏差	0.16	0.12	0.18	0.18	0.13	0.16

るため、SD法による主観的ランダム度の評定を行った。主観的ランダム度の評定に用いる質問紙は、佃(2004)を参考に作成した。佃(2004)では、主観的印象と物理的特性との関連を「規則性」「一般的印象」「美的印象」の3つの観点から検討しているが、今回はランダム度の評定を目的とするため、3つのうち「規則性」のみを用いた。「規則性」は、6項目の形容詞対からなる。評定は7件法を用いた。

方法

刺激: パターンエントロピーにより低ランダム条件と高ランダム条件の2種類に分けられた(Fig.1)。低ランダム条件のパターンエントロピーは25%、高ランダム条件のパターンエントロピーは100%である。それに加え、格子状に規則正しくドットが並んだ、パターンエントロピー0%の統制刺激も作成された。

被験者: 予備実験は2度実施した。第1回目には、大学生・大学院生14名、第2回目には、大学生・大学院生109名が参加した。

手続き: スクリーン上にランダムドット刺激を25秒間呈示し、自由なペースでの評定を求めた。次の刺激に移る際には、実験者が口頭で刺激番号を読み上げて、そのことを知らせた。実験中に2度の休憩をとった。

結果と考察

ランダムさを表す語(複雑な、不完全な、不規則的な、まとまりがない、ランダムな、雑然とした)側の「非常に」から順に7点、「かなり」に6点、「やや」に5点、「どちらでもない」に4点、そして、規則正しさを表す方の「非常に」に1点、「かなり」に2点、「やや」に3点を与え、それぞれの刺激ごとに全被験者の総得点の平均値と分散を算出した。

刺激の選定では、物理的ランダム度と主観的ランダム度の一方に偏ることがないように考慮した。分散の値が大きいものは個人間でランダムネスの感じ方が一貫していないと考え、削除した。第1回目の予備実験で10枚の刺激を削除し、さらに第2回目の実験で手続き上ミスがあった1枚と、さらに分散の大きな3枚を削除し、最終的に

36枚の刺激を選定した。

パターンエントロピーによる物理的ランダム度が異なる刺激において、主観的な評定においてもそれら2条件の間で違いがあるのかということを検討するために、パターンエントロピー量25%として選定された刺激と、パターンエントロピー量100%として選定された刺激との印象評定値で平均値の差の検定(t検定)を行った。パターンエントロピー量25%の刺激よりも100%の刺激の方が有意に主観的ランダム度の評定値が高く($t=71.8$, $p<.01$), 主観的ランダム度の評定に関しても、物理的ランダム度が異なることにより違いがあることが確認された。

実 験

方 法

被験者: 正常な両眼視力(矯正を含む)を持つ成人10名(男性1名, 女性9名)が実験に参加した。

装 置: 実験装置として、パーソナルコンピュータ(Sony VAIO)制御によるグラフィックシステムを用い、カラーディスプレイ(EIZO FlexScan T761)上に刺激を呈示した。

刺 激: 刺激は、テスト刺激と統制刺激があった。これらは、ディスプレイの中心に $6.33^\circ \times 6.33^\circ$ (視角, 以下同様)の範囲で呈示された。テスト刺激は、予備実験で選択した36枚の刺激で、1個 $0.18^\circ \times 0.18^\circ$ のドット100個

が点在している刺激であった。統制刺激は、格子状に規則正しくドット100個が並んだ刺激であった。

手続き: 被験者は、暗室内で両眼による自然視で刺激を観察した。頭部最前面からディスプレイ面までの距離は90cmであった。

実験は、時間作成課題と再認課題からなっていた。時間作成課題では、練習試行を行った後に本試行を行った。時間知覚には長期記憶が影響することが知られているため(Ornstein, 1967), 本実験における記憶の影響を確認するために再認課題を行なった。

時間作成課題の練習試行では、被験者がスペースキーを押すと標準刺激(統制刺激)が2500ms呈示された。その後、3つの刺激間間隔(inter-stimulus interval: 以下, ISI)が1000ms, 1300ms, 1600msのうちいずれかがランダムに挿入され、比較刺激(統制刺激)が呈示された。被験者は、比較刺激が呈示された時点から、標準刺激が呈示されていた時間をスペースキーを押すことによって作成することが求められた。比較刺激作成時間が、2700ms以上ならば“Long”, 2300ms以下ならば“Short”と表示された。2300msから2700msまでの間ならば“Correct”と表示され、3回連続して“Correct”反応が示されると本試行に入った。また、このフィードバックは本試行ではなされなかった。

本試行では、被験者がスペースキーを押すと標準刺激(統制刺激)が2500ms呈示された。その後、ISIが1000ms, 1300ms, 1600msのうちいずれかがランダムに挿入

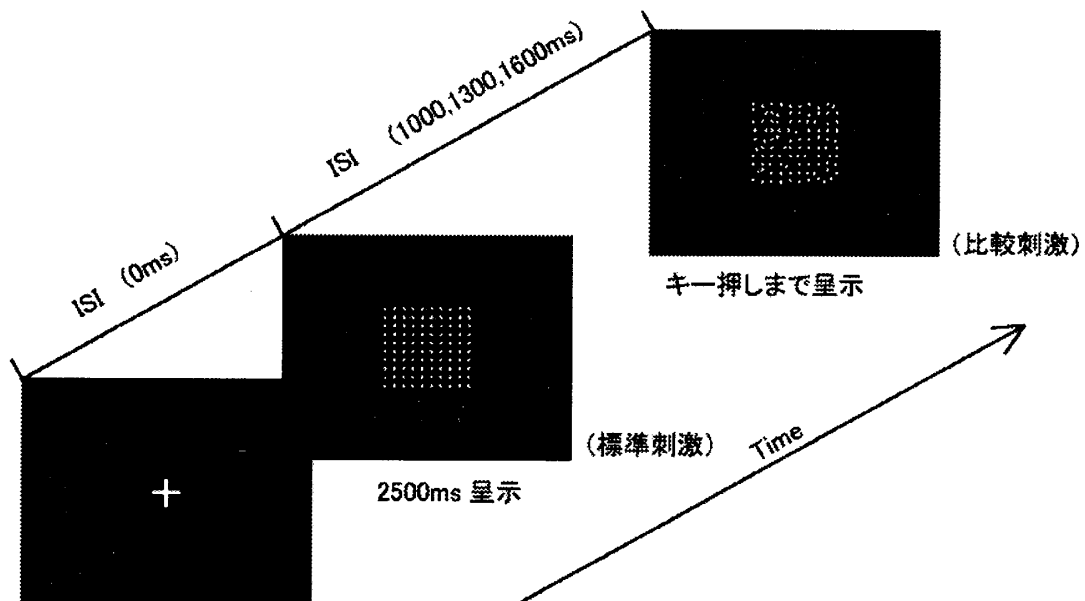


Fig.2 本実験における手続きの図例

され、比較刺激（テスト刺激）が呈示された。被験者は比較刺激が呈示された時点から、標準刺激が呈示されていた時間をスペースキーを押すことによって作成することが求められた。Fig.2に実験の流れを示す。

本試行で用いられたテスト刺激は、高ランダム条件・低ランダム条件それぞれ18枚の刺激の中から、15枚ずつランダムに選んだ刺激であり、被験者によって異なっていた。1ブロック中に30枚（15種類×2条件）が呈示され、合計3ブロック（計90試行）行ったため、1枚の刺激につき3回呈示したことになる。

再認課題では、被験者がスペースキーを押すと再認刺激が呈示され、時間作成課題で呈示された刺激であれば「1」キーを、呈示されていない刺激であれば「3」キーを押すことが求められた。再認課題では、時間作成課題中に呈示された刺激から6個、呈示されなかった刺激から6個が選ばれ、計12個の刺激がランダムに呈示された。

結果と考察

Fig.3に本実験の結果を示す。時間作成課題について、被験者ごとにランダム度高群と低群についての作成時間の平均値を分析した。各被験者の平均値についてt検定を行った結果、ランダム度の高低の間に有意な差が認められた [$t(9)=-2.544, p<.05$]。

その結果、ランダム度が高い方が作成時間が有意に長いことがわかった。ゆえに、ランダム度が高いほど時間知覚が短くなることが示唆された。また、再認課題での全被験者の平均正答率は50%であり、hit率、false-alarm率ともに48.3%で両者に差は見られなかった。実験中に同じパターンが反復呈示されていたと報告した被験者はいなかった。このことから、本実験において顕在的な記憶の影響は認められないことが示された。

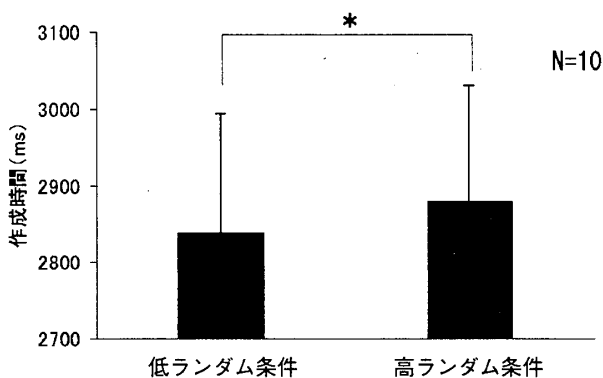


Fig.3 条件ごとの作成時間

誤差棒は標準偏差。* : $p<.05$ 。

考 察

本研究の目的は刺激のランダムネスが時間知覚にどのような影響を与えるかを調べることであった。そのため、ランダム度を変数として時間作成法による実験を行った。その結果、刺激のランダム度が高い方が時間知覚を短縮させることがわかった。

時間知覚には、刺激に対する処理の深さ (Craik & Lockhart, 1972) が影響を及ぼしているという可能性がある。Ono & Kawahara (submitted) は、有意な語が刺激として呈示されると、無意味な語が呈示された場合よりも時間知覚が有意に伸長することを示した。この結果は、音韻や形態等の“浅い”処理と意味に関する“深い”処理との違いであり、刺激に対する処理水準が異なるために時間知覚が変化したと解釈できる。本研究では、整列刺激の方がより長く知覚され、相対的にランダム刺激に対する時間知覚は短縮した。これは、整列刺激がランダム刺激よりも有意なものともみなされ、深い水準において処理されていたためであると説明できる。さらに、75%のドットが整列していた低ランダム条件は、全くドットが整列していなかった高ランダム条件よりも意味のあるものとして深く処理され、その結果、高ランダム条件の方が低ランダム条件よりも時間知覚が短縮したのではないかと考えられる。

本結果は、Thomas & Weaver (1975) による加重平均モデルを用いて説明することもできる。このモデルでは、時程の処理について、刺激情報の処理と時間の処理という2つの独立した処理系が仮定されている。刺激情報の処理系では刺激の持つ特徴に関する処理が行われ、一方、時間処理系では呈示時程を心理的時間に変換する処理がなされる。両処理系において処理された情報は加重平均されて最終的な心理的時間となる。このモデルにおける一つの特徴として、各処理系に配分される注意力によって重み付けがなされることで、非時間的情報のみが時間知覚を決定するという変化の数モデル (Fraisse, 1963) や長期記憶に蓄積される情報量のみが時間知覚を規定するというような蓄積容量説 (Ornstein, 1969) と比べて、認知的な影響をより考慮することができる。ただし、注意の瞬き研究 (e.g., Raymond, Shapiro, and Arnell, 1992) などによって明らかにされているように、時系列的な刺激は時間経過に伴って刺激処理への注意の複雑な変化を引き起こすため、時系列的な刺激を用いた時間知覚にこのモデルを適用するのは難しい。しかしながら、本研究のように刺激を単一呈示した場合において、注意は単方向的な振る舞いをするため、このモデルは本研究結果を解釈するのに適していると考えられる。

ただし、この加重平均モデルを適用するには一つの問題点を考慮しなければならない。それはこのモデルが比

較的短い呈示時程にしか適用できないという制限である。Thomas & Weaver (1975) によれば、このモデルの適用範囲は100ms 以内であるという。本研究では標準刺激を2500ms 呈示しており、この適用範囲を大幅に越えている。彼らは、適用範囲が短い理由について、呈示時程が長くなると注意が時間処理に向きやすくなるということを示した。しかしながら、本実験における標準刺激は常に同一の時間で呈示されていたため、たとえ刺激の呈示時間に注意が過度に向いたとしても、そのバイアスは刺激のランダム度による効果を検討する上で問題にはならない。また、Thomas & Weaver は時間判断課題による結果を根拠としてこの制限を設けたが、本研究ではもともと時間に注意が向きやすい時間作成課題を用いており、その上でランダム度による有意な差が生じた。そのため、我々は本研究についてこの制限を考慮する必要がないと考える。

加重平均モデルに基づき本研究の結果を解釈すると、刺激のランダムネスが情報処理に与える影響について2点の議論を行うことができる。1つ目はランダム度と情報処理量との関係である。時間作成課題において、作成時間は任意に決定されるが、刺激のランダム度が呈示中に変化することはない。ゆえに、情報処理量は刺激を知覚した時点で固有に決定されると考えられる。要するに、ランダム度の増大によって時間知覚が短縮したという結果は、ランダム度の高低によってこの情報処理系の処理量に差があったことを示している。すなわち、ランダム度の増加によって情報処理量が減少したと考えられる。このことは、観察者が高ランダム刺激に関してはその処理を中断したためと考えることができる。2つ目は、ランダム度と注意との関係である。上述したとおり、注意は加重平均モデルにおける重要な変数の一つである。この注意による処理系への重み付けの違いによって時間知覚に差が生じたと考えられる。すなわち、高ランダムな刺激の場合、時間処理に注意が向きやすかったことが考えられ、また、このことは1点目で述べた“処理中断”の説明とも一致する。以上のように、視覚処理システムがランダム度の違いに応じて刺激を分類し、異なる扱いをしている可能性が考えられる。

本研究は、刺激のランダム度によって時間知覚が変化することを明らかにした。しかしながら、その結果の解

釈には複数の可能性が考えられ、因果関係を限定するのに十分な考察はできなかった。このことは、時間知覚研究における問題点とも関連している。すなわち、研究間での結果の不一致や、得られた知見が課題依存であること、また、時間知覚の様々な側面において影響を与えていると考えられる注意についての時間知覚の文脈上での研究の不十分さなどが挙げられる。したがって、今後の課題としては、非体系的に得られた知見の整理と、時間情報へ向けられる注意の効果について検討すべきである。

引用文献

- Block, R. A. 1974 Memory and the experience of duration in retrospect. *Memory & Cognition*, **2**, 153-160.
- Block, R. A. 1978 Remembered duration: Effects of event and sequence complexity. *Memory & Cognition*, **6**, 320-326.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. 1972 Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **11**, 671-684.
- Falk, R. & Konold, C. 1997 Making sense of randomness: Implicit encoding as a basis for judgment. *Psychological Review*, **104**, 301-308.
- Fraisse, P. 1963 The psychology of time. Greenwood Press: Westport, CT.
- Ginsberg, N. 1991 Numerosity estimation as a function of stimulus organization. *Perception*, **20**, 691-686.
- 松田文子 1996 時間評価 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 北大路出版 Pp.87-144.
- Ono, F. & Kawahara, J. submitted The effects of implicit and explicit memory on temporal production.
- Sheth, B. R., Nijhawan, R., & Shimojo, S. 2000 Changing objects lead briefly flashed ones. *Nature neuroscience*, **3**, 485-495.
- Thomas, E. A. & Weaver, W. B. 1975 Cognitive processing and time perception. *Perception & Psychophysics*, **17**, 363-367.
- 佃里奈 2004 人工ランダムパターンの主観的印象と物理的特性 九州大学卒業論文