

# 短時間提示された場面情報の時間的保持特性

中京大学心理学研究科 大杉 尚之  
中京大学心理学研究科 小澤 良  
中京大学心理学部 牧野 義隆

## Memory decay for briefly presented pictures

OSUGI, Takayuki (Graduate School of Psychology, Chukyo University)  
KOZAWA, Ryo (Graduate School of Psychology, Chukyo University)  
MAKINO, Yositaka (School of Psychology, Chukyo University)

Pictures acquired through successive views (i.e., a series of saccades) are remembered briefly, but most are forgotten within a few seconds, suggesting that the scene detail is removed from the memory representation according to the time dependent function. However, it was unclear whether or not the scene context was critical for the memory decay, because the scenes included in the sequence of pictures were in no context to each other in the previous researches. The present study examined whether context between scenes affects the memory decay by presenting the multiple different parts of a single picture in a rapid sequence. The results indicated that the lack of context between visual scenes does not affect the memory decay, but it affects the criterion for judgment whether the scene was glimpsed previously or not. This suggested that the context between scenes affects the memory retrieval at decision-level stage in recall processing.

**Key words:** visual short-term memory, scene context, memory decay

人間が詳細な視覚情報を取り込めるのは中心窩領域とその周辺である傍中心窩領域を含めても5°程度しかない (Findlay & Gilchrist, 2003)。場面全体の詳細な視覚情報を得るためにはサッカード眼球運動を繰り返し行うことで視線を移動させ、部分的な情報を継時的に取得する必要がある。また、人間が一つの場面を観察する場合、一か所に視線が停留する平均時間は、200 ms から 300 ms 程度と言われており (Henderson & Ferreira, 2004)、こうした情報の取得は極めて短時間に行われることが知られている。加えてサッカード時の視力は抑制される (Latour, 1962)。そのため複数の注視によって取得された視覚情報から外界を安定して知覚するためには、短時間のうちに連続して取得された一つの場面に関する部分的な視覚情報を正確に保持する必要がある。本研究では継時的かつ高速に取得された部分的な視覚情報が視覚的短期記憶内でどれだけの時間、正確に保持されるのかについて検討する。

これまでの研究では、一度の注視で取得された視覚情報のほとんどは以降の注視まで保持されないことが報告されている。例えばサッカード前に画像の一部が提示され、残りの部分がサッカード後に提示

されたとき、これらは統合して知覚されない (O'Regan & Levy-Schoen, 1983)。またサッカード前に提示された画像の一部がサッカード後に大きく変化した場合でも、この変化は頻繁に見落とされる (変化の見落とし: Grimes, 1996)。これらは、場面に関する視覚的な記憶を、次のサッカードまでのわずかな期間でも保持できないことを示している。

サッカード前の視覚情報が保持されない原因として、短時間で連続して取得された情報は急速に減衰することが考えられている (Intraub, 1979, 1980; Potter, 1975, 1976; Potter & Levy, 1969; Potter, Staub, Rado, & O'Connor, 2002; Potter, Staub, & O'Connor, 2004)。これらの情報は、一時的に視覚的短期記憶内に正確に保持されるが、5s 以内に急速に減衰してしまう (Potter et al., 2002)。Potter et al. (2002, 2004) は、1枚につき 173 ms で5枚の画像を連続して提示し、直後に再認課題を行った。提示セッションで提示された画像 (提示刺激) と新しい画像 (妨害刺激) を一枚ずつランダムに提示し、提示セッションで見た画像か否かについて判断することを求めた。その結果、再認課題において最初に提示された画像に対する再認成績は比較的高いが、

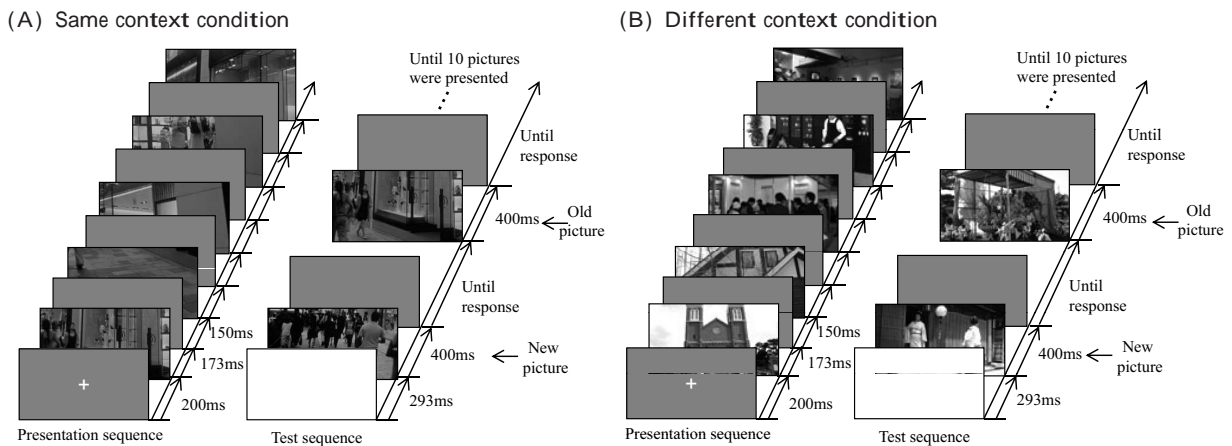


Figure 1. Schematic diagrams of the two forms of stimulus sequence in Experiment.

- (A) The same context condition. In the presentation sequence, stimulus set consisted of 4 different parts of a single scene picture (target). In the test sequence, old pictures and distractors (remaining 4 parts of the scene single picture) were presented randomly ordered.
- (B) The different context condition. The stimulus set consisted of 8 scene pictures. In the presentation sequence, stimulus set consisted of 4 pictures (target). In the test sequence, old pictures and distractors (new pictures) were presented randomly ordered.

2 番目以降から急激に成績が低下することが示された。すなわち、継時的かつ高速に取得された視覚情報は一時的に正確に保持された後、急速に失われることが明らかとなった。また、高速提示された画像系列から予め指定されたターゲット画像を検出する課題では、9 割程度の正答率が得られた (Potter, 1976)。このことから、再認成績の低下は画像の符号化が不十分であったためではないと考えられた。

複数の場面画像を継時的に提示した研究の多くは、複数のサッカード後における視覚的短期記憶の保持特性を明らかにすることを目的としていた。しかし、これまでの研究結果は、継時的かつ高速に取得された視覚情報の時間的な保持特性を正確に反映していない可能性がある。Potter et al. (2002, 2004) の実験で用いられた刺激はそれぞれが独立した個別の場面の画像であり (Figure 1B 参照), サッカードごとに風景が切り替わるような実際には起こりえない特殊な事態を模擬していた。このような実験事態では日常の場面観察時とは異なり、複数の画像を組み合わせることで単一の場面が形成されない。そのため、それらに関連づけて視覚的短期記憶内に保持するようなプロセスが含まれていない。また、個別の画像を系列的に提示した場合には、同じ場面の異なる箇所を注視するという認知的な構えが作られない。これらのことから、Potter et al. (2002, 2004) で模擬された刺激事態における視覚的短期記憶の時間的な保持特性は、同一場面内の部分的な視覚情報

を継時的に取得した時の保持特性と同じである保証は無い。そのため同一場面内の部分的な視覚情報を継時的かつ高速に取得した場合に、視覚的短期記憶内の情報がどのような関数に従って減衰していくのかは明らかではない。

本研究では、同一場面内から継時的かつ高速に取得された視覚情報の時間的な保持特性を明らかにすることを目的とした。同一の場面観察時の視覚的短期記憶の保持特性を正確に模擬するために一つの場面画像を 8 分割し、うち 4 枚を 1 枚 / 173 ms で系列提示した。また、サッカード抑制を模擬するために画像間に 150 ms のブランク画面を挿入した。全刺激の提示直後に、この 4 枚に加え同じ場面画像のうち先に提示しなかった 4 枚を個別提示し、先の提示時に、この画像を見たか否かをそれぞれ判断させた (Figure 1A, 同場面条件)。この条件における画像の再認成績を、Potter et al. (2002, 2004) と同様、異なった場面の画像全体を系列提示した条件 (Figure 1B, 別場面条件) と比較した。本研究では、同一場面内から継時的に取得された部分的な視覚情報の時間的な保持特性が、互いに異なる場面全体から所得された場面全体の視覚情報のそれと異なっているのであれば、再認系列位置の関数としての再認成績の傾きが同場面条件と別場面条件で異なっていると考えられる。

また、再認系列における画像は先の提示系列とは異なる順序で提示した。それにより、提示時の系列

位置効果は全ての再認系列位置に均等に影響を与え、全体的な再認成績には影響したとしても傾きには影響しないと考えられる。そのため、この再認成績の傾きは視覚情報の符号化特性ではなく保持特性を反映していると思われる。

また、本研究では再認成績を感度 ( $d'$ ) と判断基準 ( $C$ ) の 2 つの指標を用いて評価した。従来の研究 (Potter, 1976, Potter et al., 2002, 2004) では、再認時のチャンスレベルを 0 とするために修正再認率 (Potter, 1976) が用いられてきた。しかし、この指標は感度と判断基準の両方の影響を受けるため、判断基準が等しいとみなされる場合に使用が限られる。本研究の場合は、場面条件間で再認時の系列位置が進むのに伴い、判断基準がどのように変化していくのかについて明らかではない。そこで本研究では感度、ならびに判断基準と系列位置の関係について検討する。

## 方法

**実験参加者** 中京大学生 30 名 (女性 20 名, 男性 10 名, 19 歳から 29 歳まで) が参加した。すべての実験参加者は正常な視力 (矯正視力も含む) および色覚を有していた。また、各実験参加者には謝金が支払われた。

**装置と刺激** 刺激は Microsoft Windows, Matlab, と Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997) で制御され, CRT モニター (SONY 社製, 型番 multiscan 200) 中央に提示された (提示範囲 124 x 224 pixel)。実験参加者の頭部は顎台により, 観察距離 58 cm の位置に固定された。実験は暗室で行われた。刺激画像はインターネットや商用利用可の写真素材集の中から収集された。同場面条件では, 日常的な場面や自然風景など, 概念化しやすい写真画像 60 枚を 8 分割したもの (計 480 枚) が用いられた。別場面条件では, 480 枚の独立した場面の写真画像全体が用いられた。それぞれの場面条件で 240 枚が提示刺激とされ, 残り 240 枚が妨害刺激として用いられた。

**手続き** 実験参加者のキー押しにより実験が開始され, 4 枚の刺激画像が画面中央に連続して提示された (Figure 1 参照)。1 枚の提示時間は 173 ms だった。また各刺激の間にはブランク画面が 150 ms 提示された。4 枚目の刺激画像の提示後にブランク画面に引き続きマスク画像が 173 ms 提示され

た (提示シーケンス)。提示シーケンスの終了後, 白い長方形 (各刺激と同じ大きさ) が 293 ms 提示され, その後に再認シーケンスに移った。再認シーケンスでは提示シーケンスで用いられた刺激 (提示刺激) と用いられなかった刺激 (妨害刺激) が各 4 枚, 計 8 枚がランダムに一枚ずつ 400 ms 提示されて消えた。実験参加者は提示された画像が提示シーケンス内で出現した画像であるか否かに関し yes/no の強制二択判断を行った。yes 反応の場合はテン・キーの 1 を, no 反応の場合は 2 を押すことで反応した。反応に対するタイム・プレッシャーはかけられなかった。再認シーケンスにおいて提示刺激と妨害刺激は 3 回以上連続して提示されなかった。同場面条件と別場面条件は異なる実験参加者を用いて行われた (各群 15 人)。実験は計 60 試行が行われ, 10 分から 15 分程度で終了した。

**結果の処理** 実験参加者ごとに, 各系列位置の正再認率および正棄却率を求めた。再認シーケンスにおいて, 実際には提示刺激と妨害刺激がランダムな順番で提示されていたが, 提示刺激と妨害刺激とで分けて, それぞれ系列位置の若い順に系列位置 1 から 4 までの番号が振られた。すなわち, 系列位置は提示刺激を再認した順序および妨害刺激を再認した順序を指す。各再認系列位置における正再認率 (提示画像) と正棄却率 (妨害刺激) の値をそれぞれ算出し, それらから系列位置ごとの  $d'$  と  $C$  を算出した。 $d'$  が高い値を示した場合, 視覚的短期記憶に保持されている情報の精度が高いことを示す。また,  $C$  は, 画像再認時における実験参加者の判断基準を表す。 $C$  がマイナスの場合は, 判断基準がリベラル (見たと答えやすい) になっていることを示し, プラスの場合は判断基準が保守的 (見ていないと答えやすい) になっていることを示す。

## 結果

Figure 2 に再認系列と場面条件の関数とした  $d'$  と  $C$  の平均を示す。全ての系列位置で同場面条件における  $d'$  は別場面条件の値に比べて低かった。また, 系列位置が進むにつれて, 両場面条件の  $d'$  は大きく低下していった。 $d'$  について場面条件 (同場面, 別場面) × 系列位置 (1 - 4) の 2 要因分散分析を行った。場面条件は実験参加者間要因, 系列位置は実験参加者内要因であった。結果は, 場面条件の主効果 ( $F(1,28) = 68.38, p < .001$ ), と系列位

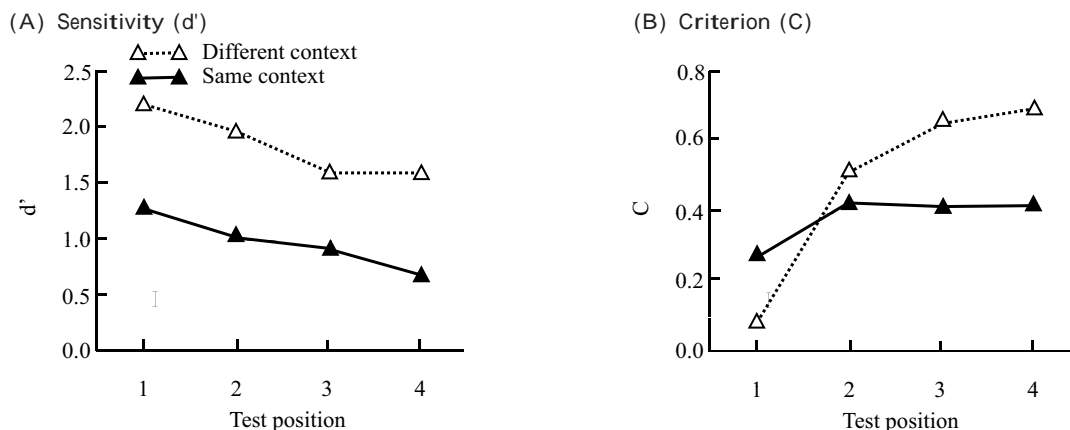


Figure 2

(A) Sensitivity ( $d'$ ) and (B) Criterion ( $C$ ) as a function of relative serial position in the test sequence separately for the same context and different context conditions in Experiment.

置の主効果 ( $F(3,84) = 28.86, p < .001$ ) が有意であった。交互作用は有意ではなかった ( $F(3,84) = 1.23, p > .30$ )。系列位置についてライアン法による多重比較を行った結果、系列位置1よりも系列位置2で  $d'$  が低く、系列位置2よりも系列位置3, 4の  $d'$  が低かった ( $ts(84) > 3.12, p < .05$ )。

また、 $C$  は同場面条件と別場面条件で傾向が大きく異なっていた。両場面条件とも系列位置1から2にかけて急激に値が増加したが、増加率は同場面条件に比べて、別場面条件では約4倍大きかった。 $C$  について2要因の分散分析を行った結果、系列位置の主効果 ( $F(3,84) = 45.25, p < .001$ ) と交互作用 ( $F(3,84) = 17, p < .001$ ) が有意であった。単純主効果の検定を行った結果、両場面条件とも系列位置1よりも系列位置2, 3, 4の  $C$  が高かった ( $ts(84) > 3.66, p < .05$ )。別場面条件では、系列位置1よりも系列位置2で  $C$  が高く、系列位置2よりも系列位置3, 4の  $C$  が高かった ( $ts(84) > 2.78, p < .05$ )。

## 考察

実験の結果、系列位置によらず同場面条件の感度は別場面条件に比べて大きく低下した。このことは同じ場面の断片化された視覚情報は、異なる複数の場面の視覚情報よりも保持されにくいことを示唆している。しかし同場面条件と別場面条件で交互作用が示されなかったことから、同場面内から短時間

で取得された情報の保持は、複数の別場面から取得された情報を保持する際と同様の関数に従って減衰すると考えられる。すなわち、同場面から取得された情報の時間的な保持特性は別場面から取得された情報の時間的な保持特性と少なくとも質的には同様であると考えられる。

別場面条件に比べて同場面条件の感度が全体的に低下した原因としては、以下の2点が考えられる。一つ目は、同一場面から抽出された画像間の方が、異なる場面から抽出された画像間よりも提示刺激と妨害刺激間の視覚的な類似性（例えば色、空間周波数等）が高いことがあげられる。そのため同一場面から抽出された画像を再認する場合には、異なる場面から抽出された画像を再認する場合に比べて課題を遂行するために高い精度で保持された視覚表象が必要になり、全体的な保持精度が低下したと考えられる。二つ目は、同一場面から抽出された画像を再認する場合は、各画像の概念的な情報に基づいて課題を遂行するのが困難であることがあげられる。同一場面から抽出された画像を用いた場合、提示刺激と妨害刺激が共通の概念情報を有しており（例えば、オフィス、駅の構内等）、また各画像が断片化されることで十分な概念情報を持っていない可能性が高い。Potter et al. (2004) は、短時間提示された画像に対する視覚的な記憶は急激に減衰するが、同じ画像に対する概念的な記憶は比較的緩やかに減衰するとしている。本実験の同場面条件では、概念的な短期記憶を形成しにくく、概念的な短期記憶を形成しやすい別場面条件に比べ再認が困難であった可能性がある。以上のことより、同場面条件の再認成



績は別場面条件に比べて低下したと考えられる。

また、同場面条件と別場面条件とでは、系列位置に伴う判断基準の推移が大きく異なった傾向を示していた。同場面条件では、系列位置1から2にかけて判断基準が保守的に変化するものの、以降の系列位置ではほぼ同じ判断基準であった。これに対して別場面条件では系列位置1から2にかけて大きく保守的に変化した(同場面条件の約4倍)、以降の系列位置ではさらに保守的に変化していった。このように判断基準の時間的な推移が場面条件間で異なっているのは、視覚的短期記憶内に保持されている情報に対する画像の既知判断が異なった基準で行われていることを示唆している。別場面条件では、再認シーケンスで提示される刺激中、提示シーケンスに含まれていた刺激数は有限(4)であったが、同場面条件では、妨害刺激の候補は無限(-4)に存在する。すなわち、ある刺激が再認シーケンスに提示された時、それが提示シーケンスに含まれていた刺激である確率は $4/(-4)$ であり、妨害刺激である確率は $(-4)/(-4)$ である。視覚的短期記憶内に保持される情報が減衰するにつれて、提示刺激と妨害刺激に含まれる可能性がある場面数の違いにより生じるバイアスの影響を強く受けると考えられる。これにより提示刺激に対するミス(見ていないと誤って答える反応)が増加する一方、妨害刺激に対するフォルスアラーム(見たと誤って答える反応)は増加せず、判断基準が保守的になったと考えられる。これに対して同場面条件では、同じ場面から取得された画像のうち、4枚の画像を提示刺激、残り4枚を妨害刺激として用いていた。そのため、ある刺激が再認シーケンスに提示された時、それが提示刺激である確率と、妨害刺激である確率はほぼ等しくなる。これにより提示刺激と妨害刺激の区別がつかなくなったとしても、ミスとフォルスアラームの比率は変化しない。以上から画像の既知性判断の基準はチャンスレベル付近(実際には若干保守的な判断基準の値)から変化しなかったと考えられる。

上述したように、本研究で示された再認系列位置の関数としての再認成績の傾きは、視覚的短期記憶の時間的な保持特性を反映していると考えられる。これに対して別場面条件と比較した際と同場面条件における全体的な感度の低下は、場面の一致性が視覚情報の符号化に与える影響を反映すると考えられる。本研究において同場面条件の $d'$ は別場面条件に比べて全体的に低下した。これは同場面条件の方

が別場面条件よりも符号化が困難であったためと考えられる。短時間で継時的に提示された画像系列からのターゲット検出率は非常に高いことが示されているが(Potter, 1976)、これは各画像が独立した場面である事態に限られるのかもしれない。場面内の一部を提示系列以前に提示し、それを提示系列内から検出させる課題を行うことで、場面の一致性が視覚情報の符号化に与える影響について明らかにできるかもしれない。

本研究によって同一場面内の部分的な視覚情報を継時的かつ高速に取得した場合に、視覚的短期記憶内の情報がどのような関数に従って減衰していくのが明らかになった。同場面条件の感度は別場面条件に比べて全体的に大きく低下するものの、系列位置の関数としての減少率は両場面条件で違いは無かった。このことから、感度に関してはPotter et al. (2002)で明らかにされた視覚的短期記憶の時間的な保持特性が同一場面内の断片情報の保持時にも適応できると考えられる。これに対して、系列位置に伴う判断基準の変化は同一場面内の断片情報を保持した場合と複数の別場面情報を保持した場合とで異なった関数が得られた。このことから、同一場面内の断片情報を保持した場合と複数の別場面の情報を保持した場合とでは既知性の判断プロセスが異なっていると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、2009年度財団法人堀情報科学振興財団第19期研究助成を受けて行われた。

#### 引用文献

- Findlay, J. M. & Gilchrist, I. D. (2003) Active vision, New York, Oxford University Press. (フィンドレイ, J. M.・ギルクリスト, I. D. 本田仁視(監訳)(2006). アクティブ・ビジョン 北大路書房)
- Grimes, J. (1996). "On the failure to detect changes in scenes across saccades", in Akins, K., Perception (Vancouver Studies in Cognitive Science), 2, New York: Oxford University Press, pp. 89-110.
- Henderson, J. M. & Ferreira, F. (2004) The interface of language, vision, and action, New York: Psychology Press.
- Intraub, H. (1979). The role of implicit naming in pictorial encoding. Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 5, 78-87.
- Intraub, H. (1980). Presentation rate and the representation of briefly glimpsed pictures in memory. Journal of Experimental Psychology: Human

- Learning and Memory, 6, 1-12.
- Latour, P. (1962) Visual thresholds during eye movements. *Vision Research*, 2, 261-262.
- O'Regan, J.K., Lévy-Shoen, A., & Jacobs, A. (1983). The effect of visibility on eye movement parameters in reading. *Perception & Psychophysics*, 34, 457-464.
- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, 187, 965-966.
- Potter, M. C. (1976). Short-term conceptual memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 509-522.
- Potter, M. C. & Levy, E. I. (1969). Recognition memory for a rapid sequence of pictures. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 10-15.
- Potter, M. C., Staub, A., Rado, J., and O'Connor, D, H. (2002). Recognition memory for briefly presented pictures; The time course of rapid forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1163-1175.
- Potter, M. C., Staub, A., and O'Connor, D, H. (2004). Pictorial and conceptual representation of glimpsed pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 478-489.

(受理年月日 2012年9月8日)