

変化検出課題における空間レイアウトの文脈学習¹⁾

遠藤信貴*

Spatial context learning in change detection task

Nobutaka ENDO

Visual context, such as a spatial relationship between the locations of a particular target object and the other distractor objects, is learned with repeated presentations of the same spatial layout, and facilitates searching for or detecting the target object. This context learning is referred to as contextual cueing. Previous studies have demonstrated that learned context involved the association target location with individual locations of distractors (nonconfigural learning) and the association target location with the overall distractor configuration (configural learning) in visual search and change detection tasks respectively, indicating that the content of context learning was task specific. The purpose of the present study was to examine whether the content of context learning relied on participants' attentional control setting during performing change detection task. The results showed that nonconfigural learning tended to occur even in change detection task when it was necessary for detecting the target effectively to direct spatial attention to individual distractors, suggesting the possibility that the aspect of context learning is dependent on participants' attentional setting.

Key words: ① visual context ② contextual cueing ③ attentional setting ④ change detection

問 題

日常生活環境には対象（オブジェクト）を初めとした様々な感覚情報が存在している。オブジェクトに限っても、それに付随する種々の特徴を含めれば、その情報量は膨大であり、かつそれらの情報は刻々と変化する。我々はこのような複雑な生活環境においても外界を適切に認識し、必要な行動選択が可能である。しかし、人間の認知情報処理システムは必ずしも十分な機能を有しているわけではなく、その働きには種々の制約があることが知られている。例

えば、注意は認知活動の迅速かつ正確な遂行に必要な処理資源と位置付けられているが、注意資源には一定の容量が仮定されている（Kahneman, 1973）。そしてその容量の限界を超えてしまうと、主観的には積極的に注意を働かせていたとしても一時的な認識不全が生じることがある（Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992; Chun & Potter, 1995）。また、視覚情報が一時的に保持される視覚的短期記憶²⁾にも保持容量の制約があり（Luck & Vogel, 1987）、目の前の視覚場面を慎重に観察していたとして

受付：平成 27 年 9 月 30 日 受理：平成 27 年 12 月 30 日

*近畿大学総合社会学部 心理系専攻・准教授（認知心理学）

1) 本研究は JSPS 科研費（課題番号：25380990）の助成を受けた。

2) 情報の一時的な保持に関わる記憶モデルとしてワーキングメモリ（Baddeley, 2000）が提唱されている。ワーキングメモリは、入力情報の維持更新や認知活動に関わる情報処理を制御する中央実行系と、サブシステムとして視空間情報の保持する視空間スケッチパッド（視覚的短期記憶）と音韻・言語情報を保持する音韻ループ（聴覚的短期記憶）を仮定している。

も、内的に生成される視覚表象そのものは極めて脆弱であるため、場面の切り替えや視線方向の変化によって特定の場所やオブジェクトへの注意が向けられなくなると、その視覚表象は急速に減衰してしまう (Rensink, O'Regan, & Clark, 1997, 2000)。これらの事実は、我々が外界を正確に認識しているという自覚と内的な処理状態には大きな齟齬があることを意味している。しかし、長時間の自動車運転時における不注意による見落としのような場合を除けば、このような認知情報処理システムの様々な制約にも関わらず、我々の日常場面における行動選択は安定的で適切であるといえる。

日常的な認知行動場面において適切な行動選択をするうえで、適応は極めて重要なプロセスである。適応とは刻々と変化する環境に応じた行動を起こすようになる過程、またはそのように行動できる状態をいい、学習メカニズムによって説明される。学習とは、反復経験による知識の蓄積と必要に応じた知識の適切な利用によってもたらされる行動の変容のことを指す。学習の説明理論の1つである事例理論 (Logan, 1988) では、同一または類似した状況における個々の行動の履歴は個別の事例表象として記憶に符号化されるとし、経験の数に応じて関連する事例が蓄積されることにより、事例表象の検索可能性が高まることが行動の方向付けにつながるとしている。したがって、学習の成立は通常漸進的なものであり、学習の進行に伴って特定の行動の生起頻度は高くなる。このような状況に応じた特定の行動の生起頻度の高まりを適応した状態とみなすことができる。

所与の認知行動場面では、現時点に必要な情報の効率的な獲得 (選択) とその利用可能性を高めることが適切な行動制御の基礎と考えられるが、認知行動場面において選択すべき重要な情報とはどのようなものであろうか。例えば、何かを探している場合であれば、探すべきもの (標的) が何であるのか、それがどのような特徴 (色や形) であるのかという情報は重要であろう。標的の特徴の顕著性が他に比べて高ければ、空間的な注意は優先的に標的に向けられる

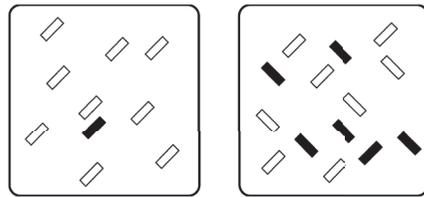


Figure 1. 標的 (右斜め 45°の黒長方形) の検出のしやすさの違い。左図は標的の特徴の顕著性 (標的のみが黒) だけで迅速に検出可能であるが、右図は標的と同じ色特徴を共有するオブジェクトがあるため検出には時間を要する。

ため、標的の検出は容易になるからである。しかし日常場面では、ある特徴の顕著性だけを手掛かりにして標的を検出できることは極めてまれであり、通常は標的がある顕著な特徴を有していても、周囲にも同様に顕著な特徴が混在している。そのため、特徴の顕著性という手掛かりの効果は相殺され、標的への空間的な注意の効率的な誘導や、標的と他のオブジェクトの弁別において常に有効な手掛かりになるとはいえない (Figure 1 参照)。

視覚的文脈

我々が目にする視覚場面が、たとえそれが初めて目にする場面であったとしても、過去の経験や知識に照らしてその場面の内容や状況を容易に理解することができる。例えば、キッチンの場面を見たとき、それが自宅のキッチンと異なる構造であっても、調理器具や食器の配置が異なっても、そこはキッチンであって書斎やリビングではないことは分かる。これは、調理器具や食器はキッチンにあるべきものであるが、本棚やソファはそこには含まれないという物の関係性や、食器は種類ごとに食器棚に置かれているものであり、床に積み重ねておくものではないという配置の規則性といった知識が場面の内容理解の手掛かりとなるからである。

このように視覚場面には通常、一定の規則性や関係性が内在しているものであり、これを視覚的文脈という。視覚的文脈は視覚場面の認識に限らず、広くオブジェクトの認識プロセスに影響することが多くの先行研究によって報告さ

れている。例えば、Palmer (1975) は、日常的な視覚場面の線画を実験参加者に呈示し、その後、瞬間呈示されたオブジェクトの同定を求めた。呈示されるオブジェクトの条件には、先行呈示された場面（例えば、キッチン）の文脈に整合する文脈一致条件（スライスしていない食パン）、文脈に整合しないが一致条件のオブジェクトと形態的に類似している文脈不一致条件（食パンと形態が類似した郵便ポスト）、文脈に整合せず形態も異なる文脈・形態不一致条件（太鼓）の3条件が設けられ、オブジェクトの同定率を条件間で比較した。その結果、文脈一致条件の同定率は文脈不一致条件と文脈・形態不一致条件よりも高く、先行呈示された視覚場面の文脈に整合するオブジェクトの認識は促進されることが明らかになった。同様に、Biederman, Mezzanotte, & Rabinowitz (1982) は、視覚場面の特定のオブジェクトが通常の配置にあるとき（例えば、消火栓が歩道の上に置かれている）に比べて、通常ではあり得ない配置にあるとき（消火栓が郵便ポストの上に置かれている）の方が、オブジェクト（消火栓）の検出成績は著しく低下することを報告している。これらの研究は、視覚的文脈が視覚場面のオブジェクトの認識において重要な手掛かりになることを示唆するものである。

一方、視覚的文脈の有意味性が失われることによるオブジェクトの認識への影響について検討した先行研究として Biederman (1972) がある。Biederman (1972) は、実験参加者に複数の視覚場面の写真を 300–700 ms の短時間呈示し、矢印で示された位置にあるオブジェクトの同定を求めた。呈示する写真には2種類の条件が設けられており、1つはオリジナルの写真を呈示する正配置条件、もう1つがオリジナルの写真を6分割し、部分の配置を入れ替えた分割攪拌条件であった。分割攪拌手続きは、特定の場面の視覚的文脈を崩すためのものであった。実験の結果、正配置条件におけるオブジェクトの平均同定率は分割攪拌条件に比べて5%程度高かった。この結果は、正配置条件と分割攪拌条件で同じ位置にあるオブジェクトを

同定するときでも、分割攪拌によって場面全体の文脈が崩され、場面の意味が失われたことによりオブジェクトの同定率が低下したことを示している。つまり、特定のオブジェクトに空間的注意をどれだけ効率的に誘導できるかだけでなく、そのオブジェクトを含む場面の文脈情報を適切に利用できるかどうかということも視覚認知処理に重要な要因であるといえる。

文脈手掛かり

視覚的文脈に関する先行研究では実際の場面の写真や線画が多く用いられてきたが、この方法における最大の問題点として、文脈の情報量を実験的に統制することが困難であることが挙げられる。同一カテゴリに分類される視覚場面であっても多様なパターンが想定でき、それぞれの場面に内在する文脈情報を定量的に操作することは難しい。また、日常場面に内在する文脈はその場面に即した意味をもたらすが、実験参加者は各自の経験に基づく背景知識を有しており、文脈を規定する知識を客観的に統制することもできない。さらに、視覚認知過程において場面内の文脈がどのように獲得され、利用可能になるのかという行動変化を捉えることもできない。これらの問題点を踏まえ、Chun & Jiang (1998) は文脈の持つ意味を排除することで実験参加者の既有知識の影響を統制し、かつ文脈を操作的に定義できる文脈手掛かり法を考案した。

文脈手掛かり法とは、複数の妨害アイテムの中から標的を探索させる視覚探索課題をベースとした視覚的文脈の学習過程を調べる方法であり、この方法では探索刺激画面の標的位置と妨害アイテムの空間レイアウトによって視覚的文脈を定義する。Chun & Jiang (1998) は、11個の妨害アイテム（時計回りで4方向のいずれかに回転させたアルファベットのL）と1つの標的（左右いずれかに90°回転させたT）から構成される刺激画面を用いた視覚探索課題で、反復回数に伴う標的の探索時間の変化を検討した。刺激画面には2種類の条件が設けられ、1つは標的の呈示位置と妨害アイテムのレイアウト

トを固定し、視覚的文脈を有する Old 条件であった。もう1つは標的の位置は固定されるが、妨害アイテムのレイアウトはランダムに変化する New 条件であった。これらの条件操作により、Old 条件の刺激画面では標的の位置と妨害アイテムのレイアウトが固定されていることから、妨害アイテムのレイアウトの一貫性が視覚的文脈として標的の呈示位置の予測手掛かりとなるのに対し、New 条件では妨害アイテムのレイアウトがランダムに変化するため、標的の呈示位置の予測手掛かりとして有用とはいえない。この実験では、Old 条件として12種類の固定レイアウトと New 条件として12種類のランダムレイアウトが用意され、計24種類の刺激レイアウトが1つのブロックにおいてランダムな順で呈示された。New 条件のランダムレイアウトはブロックごとに新たに作成されるため、実験を通じて Old 条件のレイアウトだけが各ブロックにつき1回ずつ反復呈示された。ブロックの経過に伴う標的の探索時間を Old 条件と New 条件で比較した結果、いずれの条件においても探索時間は徐々に短縮したが、Old 条件の探索時間は New 条件よりも有意に短くなった (Figure 2 参照)。これは、実験参加者が固定レイアウト (Old 条件) の反復経験を通じて、視覚的文脈 (空間レイアウトの規則性) を学習し、その文脈情報が標的位置への空間的注意を誘導する手掛かりとして用いられた結果と考えられ、文脈手掛かり効果と呼ばれている。また、実験参加者は課題遂行時に固

定レイアウトの反復呈示という実験操作に気づかないことが多く、仮にその実験操作に気づいたとしても固定レイアウトの再認課題においてランダムレイアウトとの弁別成績はチャンスレベルであることから、視覚的文脈学習は潜在的に行われていると考えられている (Chun & Jiang, 1998, 1999; Chun, 2000)。

Chun & Jiang (1998) は複数の妨害アイテムの全体的なレイアウトと標的位置の連合を視覚的文脈として定義したが、視覚的文脈の成立にレイアウトの全体性は必ずしも必要ないことが報告されている。遠藤・武田 (2008) は、Chun & Jiang (1998) と同様の文脈手掛かり法を用いて、視覚探索画面のレイアウト全体を固定して反復呈示したときに、固定レイアウト全体が文脈として学習されるのか、標的を含む一部の局所レイアウトが選択的に学習されるのかについて検討した。実験は学習セッションとテストセッションから構成された。学習セッションでは、レイアウト全体を固定して反復呈示する全体固定レイアウト条件、標的を含むレイアウトの上下いずれか半分のレイアウトのみを固定し、残りをランダムに変化させる局所固定レイアウト条件、標的以外のすべての妨害アイテムのレイアウトをランダムに変化させるランダムレイアウト条件の3条件が反復呈示された。学習セッションにおける各条件間の標的探索時間は、ランダムレイアウト条件に比べて全体固定レイアウト条件と局所固定レイアウト条件では有意に短くなった。また全体固定レイ

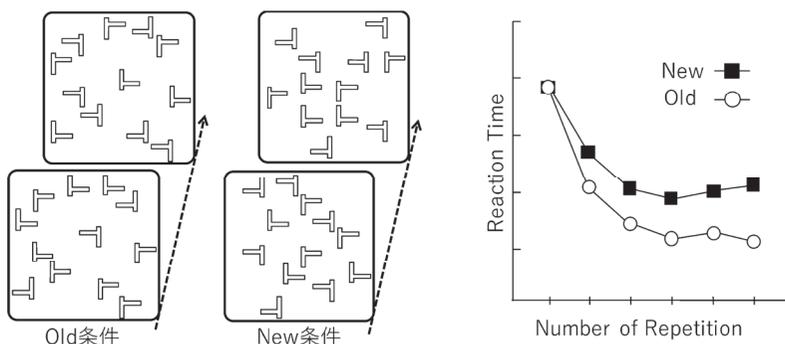


Figure 2. 文脈手掛かり法 (Chun & Jiang, 1998) で用いられた刺激画面例 (左) と視覚的文脈の学習実験における典型的な結果 (右)。

ウト条件と局所固定レイアウト条件では標的探索時間に差は見られなかった。次に、テストセッションでは、すべてのレイアウト条件において標的を含む上下いずれか半分のレイアウトを固定し、残りはランダムに変化させた。つまり、テストセッションにおけるレイアウト条件はすべて同一の事態であったが、学習セッションでの反復経験により、どのような文脈を学習したかにおいて異なった。特に、全体固定レイアウト条件は、テストセッションにおいて半分のレイアウトがランダムに変化するため、学習セッションを通じてレイアウト全体が文脈として学習されたとするならば、テストセッションでは学習された文脈の一部が崩れることになる。しかし、テストセッションにおける各条件の標的探索時間は、学習セッションと同様にランダムレイアウト条件に比べて全体固定レイアウト条件と局所固定レイアウト条件は有意に短く、両条件間に差は見られなかった。これらの結果は、学習セッションの全体固定レイアウト条件のように、固定されたレイアウト全体が反復呈示されても、視覚的文脈としては標的位置を含む局所的な固定レイアウトが選択的に学習されていたことを示唆するものである。このように、視覚的文脈が常にレイアウトの規則性全体によって規定されるわけではないということから、視覚的文脈の学習が規則性の獲得という点においてかなりの柔軟性を有していると解釈することができるだろう。

視覚的文脈の学習様態

Chun & Jiang (1998) が定義した視覚的文脈は日常場面における文脈のような有意味性は持たない。しかし、反復経験によって獲得された視覚的文脈は、視覚探索課題では特定の刺激画面における標的位置に注意を効率的に誘導する手掛かりとして有用であることを示している。Jiang & Wagner (2004) と Jiang & Song (2005) はこの視覚的文脈について、実際にどのような情報が反復経験によって抽出され、学習されるのかについて詳細な検討を行っている。視覚探索課題の刺激画面は標的と複数の妨

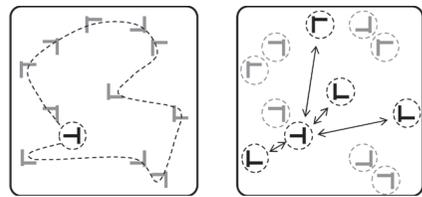


Figure 3. 標的を含むレイアウトの全体性 (左) と標的と個々の妨害アイテムの関係性 (右) の概念図。

害アイテムから構成され、Old 条件の場合、固定された妨害アイテムの全体的レイアウトと固定された標的位置の一貫した関係性だけではなく、個々の妨害アイテムと標的位置関係もまた一貫している。しかし、両者は質的には異なる文脈情報として区別される (Figure 3 参照)。つまり、妨害アイテム全体の固定レイアウトの中の特定の位置に標的が埋め込まれていると捉えるならば、それは刺激画面の全体的パタンの一貫性を文脈として学習していることになる。一方、個々の妨害アイテムと標的位置関係に着目するならば、刺激画面の各妨害アイテムと標的の一対一の絶対的な位置関係を個別に文脈として学習していることになる。

Jiang & Wagner (2004) は、実験をトレーニングセッションとテストセッションに分け、トレーニングセッションでは Old 条件のみを反復呈示した。なお、Old 条件の刺激画面は、特定の標的位置に対して 2 種類の異なる固定レイアウトが用意されていた。一方、テストセッションでは、トレーニングセッションで呈示した Old 条件に加え、新たに New 条件と Recombined 条件を設け、これら 3 条件の刺激画面をランダムな順に呈示した。New 条件の刺激画面は、トレーニングセッションで呈示された Old 条件の妨害アイテムのレイアウトをランダムにして作り直したものであり、Recombined 条件は、特定の標的位置に対する 2 種類の固定レイアウトの妨害アイテムを半数ずつ組み合わせて作成された新たな刺激画面であった。これにより、Recombined 条件の刺激画面は妨害アイテムのレイアウトの全体性は崩れることになるものの、個々の妨害アイテム

ムと標的の位置関係はトレーニングセッションで反復経験したものであり、一貫していることになる。これらの条件のもとで標的の探索時間の違いを検討した結果、テストセッションのOld条件とRecombined条件の標的探索時間はNew条件に比べて有意に短く、トレーニングセッションによる学習効果はRecombined条件に転移することが明らかになった。この結果は、視覚探索課題において学習される視覚的文脈がレイアウトの全体性ではなく、個々の妨害アイテムと標的の絶対的な位置関係であることを示唆するものである。

さらにJiang & Song (2005) は、空間レイアウトの視覚的文脈学習の様態が、実験で行う課題によって異なることを視覚探索課題と変化検出課題の比較によって明らかにしている。変化検出課題とは、複数のアイテムで構成される刺激画面の一部が異なる2つの画面を交互に呈示し、両画面間での変化箇所を検出させる課題である。Jiang & Song (2005) は変化検出課題において単一のドットで構成されるドットパターンを用い、第1画面(メモリ画面)にフィルターとして新たに1つのドットを付加したものを第2画面(プローブ画面)として継時的に呈示した。メモリ画面のドットパターンは固定されており、そのうちの1つのドットを常に標的とした。プローブ画面では標的とフィルターのドットに番号が付けられており、実験参加者はどちらのドットが標的であるかを正確に判断するよう求められた。実験デザインはJiang & Wagner (2004) と同一であり、トレーニングセッションではOld条件のみ、テストセッションではOld条件、New条件、Recombined条件がランダムに呈示された。実験の結果、視覚探索課題ではJiang & Wagner (2004) と同様に個々の妨害アイテムと標的の位置関係の学習が優位であったのに対して、変化検出課題では、テストセッションのOld条件の変化検出率はNew条件とRecombined条件よりも有意に高かったが、New条件とRecombined条件の間には統計的な差は認められなかった。これらの結果は、変化検出課題ではレイアウトの全体性が文

脈情報として学習されていること、文脈情報の学習様態は課題そのものに依存する可能性を示唆している。

本研究の目的と仮説

認知行動場面における適切な行動制御という観点からすると、所与の認知課題をいかに効率的に遂行するかということが重要であり、課題要求に応じた方略が構築されることから、視覚的文脈の学習様態が視覚探索や変化検出といった課題要求に依存して変化するのは当然といえる。しかし、同一の課題であっても刺激画面を構成するアイテムの特性を含め、課題を効率的に遂行するうえで刺激画面のどのような情報に積極的に注意を向ける必要があるかという注意の構えも視覚的文脈の学習様態に影響すると考えられるが、Jiang & Song (2005) ではこの点についての十分な検討はなされていない。Jiang & Song (2005) の変化検出課題では、単一のドットから構成される空間レイアウトを刺激画面として用いており、標的とその他の妨害アイテムのアイデンティティは一様であった。そのため、メモリ画面とプローブ画面で呈示されるドットのレイアウトの差分を検出することがフィルターの特定に必要であり、空間レイアウトの全体性をメモリ画面から文脈情報として抽出し、学習することが課題遂行上有効な方略であったと考えられる (Figure 4 参照)。これに対して、刺激画面を構成するアイテムのアイデンティティが互いに異なる事態である場合、変化検出課題で標的を同定するためにはレイアウトの全体性ではなく、むしろ個々のアイテムがどの位置に呈示されているのかというアイテム間の個々の位置関係についての情報の方が有用な手掛かりになると考えられる。

本研究の目的は、視覚的文脈の学習様態が所与の認知課題に固有の方略に依存するのではなく、同一課題においても状況に応じて変容する注意の構えやそれに基づく方略によって影響される可能性について検討することである。そのため、本研究では基本的にJiang & Song (2005) の実験パラダイムを踏襲するが、複数の幾何学

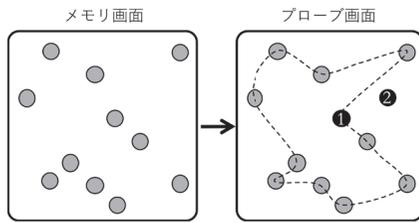


Figure 4. Jiang & Song (2005) が用いた変化検出課題の刺激例。この場合、プローブ画面の①のドットが標的（メモリ画面のレイアウトに含まれる）、②のドットがフィラーになる。

図形と色の組み合わせによる異なる刺激アイテムを用いた変化検出課題を行う。これにより、アイテムのレイアウトの全体性に加え、個々のアイテムのアイデンティティおよびアイテム間の位置関係も含む刺激画面の反復経験によって生起する文脈学習の様態を明らかにする。視覚的文脈の学習が Jiang & Song (2005) が指摘するように課題そのものに依存するのであれば、アイテムのアイデンティティの区別も必要とされる変化検出課題においても学習される文脈情報はレイアウトの全体性に基づくものになると考えられる。つまり、トレーニングセッションで反復経験する Old 条件の学習効果はテストセッションの Old 条件においてのみ残存し、他の条件への転移は認められないと予測される。一方、学習様態が必ずしも課題そのものに依存するのではなく、課題遂行時の注意の構えや方略によっても影響され、個々のアイテムと標的の絶対的な位置関係に対する文脈学習が生じるのであれば、トレーニングセッションの学習効果はテストセッションの Old 条件に残存するだけでなく、Recombined 条件へも転移が生じると予測される。

実験

実験参加者

大学生 40 名が実験に参加した。全員が裸眼もしくは矯正により健全な視力を有していた。本実験計画は所属学部の研究倫理審査委員会の定める倫理基準を満たしたものであり、すべての実験参加者に対して、実験への参加は任意で

あること、また実験参加への同意はいつでも撤回できることを説明した上で実験参加の協力を得た。

実験器具

実験はワークステーション (DELL 社製 Precision T3600) を使い、MATLAB ソフトウェア (The Mathworks, Inc) と心理物理実験用の関数ライブラリである Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997; Kleiner, Brainard, & Pelli, 2007) で記述されたプログラムによって実行された。視覚刺激は 22 インチの CRT モニタ (MITSUBISHI 社製 Diamondtron Flat RDF221S) 上に呈示された。モニタの解像度は 1280×1024 ピクセルであった。視覚刺激の呈示範囲はモニタ中央部の視角 $12.8^\circ \times 12.8^\circ$ の領域であった。モニタは実験参加者の正面に約 56 cm の間隔を取るよう設置し、実験参加者からモニタまでの観察距離はあご台を用いてほぼ一定に保った。課題遂行時の実験参加者の反応取得はマウスを使用した。また反応の正誤のフィードバックは誤反応のときにのみ、ヘッドフォン (BOSE 社製 QuietComfort 15) を通じてビーブ音を鳴らした。

実験刺激

実験参加者に呈示する視覚刺激 (アイテム) は輪郭図形であり、図形の種類は円形、三角形、正方形、ひし形、正五角形、正六角形の 6 種類であった。アイテムの大きさはすべての図形が視角 $1.0^\circ \times 1.0^\circ$ であった。各アイテムの輪郭の色は赤、青、黄、緑の 4 種類であり、各色の輝度は輝度計 (KONICAMINOLTA 社製 CS-100A) を用いてほぼ等輝度 ($11.5 - 11.9 \text{ cd/m}^2$) になるように調整した。これら 6 種類の図形と 4 種類の色を組み合わせることで、計 24 種類のアイテムを作成した。

刺激画面は 12 個のアイテムによって構成された。各アイテムは灰色背景の 8×8 の仮想マトリックスの中から選ばれた 12 箇所の位置に呈示された。1 回の試行につき 2 種類の刺激画面 (メモリ画面とプローブ画面) が継時的に呈

示された。先行呈示されるメモリ画面と後続呈示のプロープ画面では、12個すべてのアイテムが同一のレイアウトで呈示されたが、そのうち決められた1つのアイテムの形状と色の組み合わせがメモリ画面とプロープ画面で変化し、これを標的アイテムとした。他の11個のアイテムは両画面間で変化しない妨害アイテムであった。

刺激画面の作成にあたり、まず標的アイテムの呈示位置として8×8の仮想マトリックスから16箇所をランダムに選択した。ただし、標的アイテムの呈示位置は仮想マトリックスを縦横に2分割した4つの象限から3箇所ずつ選ばれるようにした。これは特定の象限に標的アイテムが偏って呈示されることがないようにするためであった。次にそれぞれの標的アイテムの位置に対して残りの妨害アイテムの呈示位置として11箇所をランダムに選択した。このときもアイテムの呈示位置が特定の象限に偏らないようにするため、標的アイテムを含む象限からは2箇所、その他の象限からは3箇所ずつ選ばれるようにした。なお、各標的アイテムの呈示位置に対して2種類の異なるレイアウトを組み合わせるため、作成された空間レイアウトは計32種類（標的アイテムの呈示位置16箇所×妨害アイテムのレイアウト2種類）であった。実験はブロック単位で構成され、トレーニングセッションに12ブロック、テストセッション

に3ブロックが割り当てられた。トレーニングセッションでは、32種類のレイアウトが固定レイアウトとして各ブロックにつき1回ずつランダムな順で呈示された。メモリ画面で呈示されるレイアウトのアイテムの形状と色の組み合わせは一貫しており、プロープ画面の標的アイテムの形状と色の組み合わせのみがランダムに変化した。

トレーニングセッションでは32種類の固定レイアウトがブロックごとに1回ずつ呈示されるため、トレーニングセッション全体を通じて各レイアウトは12回反復呈示された。テストセッションでは、トレーニングセッションで呈示された32種類の固定レイアウトをもとに、3つのレイアウト条件（Old条件、New条件、Recombined条件）を設けた。Old条件のレイアウトはトレーニングセッションで呈示した32種類の固定レイアウトと同一であった。New条件では、トレーニングセッションの各レイアウト内の標的アイテムの位置は固定し、妨害アイテムの呈示位置をランダムに選んだ新規レイアウトを組み合わせることで、計32種類のレイアウトを作成した。またNew条件のレイアウトは標的アイテムの形状と色の組み合わせはトレーニングセッションで呈示されたものと同じであったが、妨害アイテムの形状と色の組み合わせはランダムに割り当てた。Recombined条件のレイアウトは、トレーニ

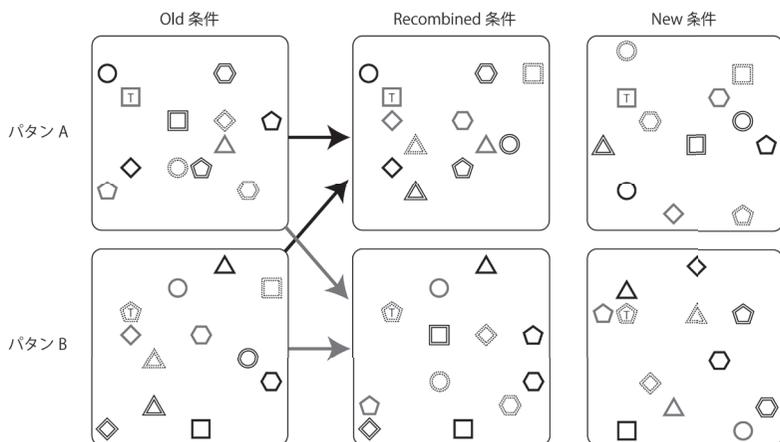


Figure 5. 本実験で用いたレイアウト条件ごとの刺激例。

ングセッションで呈示した固定レイアウトのうち、同一の標的アイテムを共有する2種類の妨害アイテムのレイアウトを半数ずつ組み合わせることで計32種類のレイアウトを作成した。例えば、ある標的アイテムに対して、妨害アイテムの位置が $\{D_1-D_{11}\}$ と $\{D_{12}-D_{22}\}$ のレイアウトから、 $\{D_1-D_5 D_{17}-D_{22}\}$ と $\{D_6-D_{11} D_{12}-D_{16}\}$ のように組み合わせ、それぞれを同一の標的アイテムを共有する混合レイアウトとした。またこのときの各妨害アイテムの形状と色の組み合わせはトレーニングセッションで呈示した固定レイアウトで用いていたものと同一とした。これにより、Recombined 条件のレイアウトは、全体としては新規レイアウトであるものの、個々の妨害アイテムと標的の位置関係はトレーニングセッションで反復経験したものであるという点でNew 条件と異なるものであった。なお、New 条件と Recombined 条件の各レイアウトにおいても各象限に呈示されるアイテム数に偏りが生じないようにした。以上、テストセッションでは各条件につき32種類、計96種類のレイアウトが用意され、3条件のレイアウトをランダムな順にしたうえで3つのブロックに分割して呈示した。トレーニングセッションとテストセッションで呈示した各レイアウト条件の刺激画面の例は Figure 5 に示すとおりである。

実験計画

実験は1ブロック32試行の計15ブロックから構成された。ブロック1から12までをトレーニングセッション、ブロック13から15までをテストセッションとした。トレーニング

セッションはブロック数を要因とした1要因12水準（ブロック1から12）の実験参加者内計画であった。テストセッションはレイアウト条件を要因とした1要因3水準（Old 条件、New 条件、Recombined 条件）の実験参加者内計画であった。テストセッションの各ブロックの試行数は32回であったが、セッション全体において3種類のレイアウト条件をランダムな順に呈示したため、ブロック内で呈示されるレイアウト条件の数は異なる。従ってテストセッションではブロック数は要因に含めなかった。

手続き

実験参加者はCRT モニタの正面に約56 cm の観察距離を保って着席し、あご台に頭部を固定した状態でモニタを観察した。試行の流れは、はじめに注視点（+）がモニタの中央部に600 ms 呈示され、続いてメモリ画面が400 ms 呈示された。その後、1000 ms のブランク画面を挟んでプローブ画面が呈示された。実験参加者の課題は、メモリ画面とプローブ画面の間で形状と色の組み合わせが変化する標的アイテムを同定することであった。実験参加者はプローブ画面において標的アイテムをマウスでクリックすることで反応した。実験参加者に対しては、反応速度ではなくできるだけ正確に標的アイテムを同定するように教示した。そのため、プローブ画面は実験参加者の反応があるまで呈示されており、反応と同時に消失した。また実験参加者の反応が誤反応であったときにはビーブ音によるフィードバックを与えた。正反応の場合は1000 ms、誤反応の場合は1500 ms の試

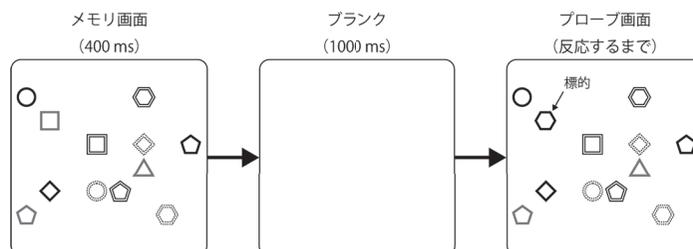


Figure 6. 変化検出課題の試行の流れ。

行間間隔において次試行が開始された。試行の流れは Figure 6 に示すとおりである。

実験参加者は32回の練習試行を行ったあとに本試行を行った。各ブロックの合間には必要に応じて休憩を取ることができた。トレーニングセッションとテストセッションの間では追加指示はせず、実験参加者は全15ブロックを自身のペースで行った。実験に要した時間はおよそ40 minであり、実験者は実験参加者の心身の安全確保のため、実験中は常に実験参加者の様子をモニターした。

結果

40名中1名の実験参加者はトレーニングセッション全体を通じての平均正答率が18%と極端に低かったことから分析から除外し、計39名のデータを分析対象とした。データはトレーニングセッションとテストセッションに分けて分析した。トレーニングセッションではブロックごとの平均正答率を、テストセッションではレイアウト条件ごとの平均正答率を実験参加者ごとに算出した。分析対象とした39名のトレーニングセッション全体の平均正答率は51%であった。結果は Figure 7 に示すとおりである。

トレーニングセッション

ブロックごとの成績の変化を明らかにするために、各ブロックの正答率に関して1要因分散

分析を行った。その結果、ブロックの主効果が有意であった ($F(11, 418) = 25.86, p < .001, \eta_p^2 = .40$)。このことからトレーニングセッションを通じて固定レイアウトを反復経験することにより、標的の検出成績は徐々に上昇することが明らかになった。

テストセッション

トレーニングセッションにおける変化検出成績の上昇が反復経験による視覚的文脈(標的アイテムの位置と妨害アイテムの空間レイアウトの連合)の学習によるものであるかを明らかにするために、各レイアウト条件の正答率に関して1要因分散分析を行った。その結果、レイアウト条件の主効果が有意であった ($F(2, 76) = 3.86, p = .025, \eta_p^2 = .09$)。多重比較の結果、Old条件の正答率(60%)はNew条件(55%)に比べて有意に高かった ($t(76) = 2.74, p = .008, r = .30$)。このことから、トレーニングセッションにおける標的の検出成績の上昇は、反復経験に伴う単純な課題への習熟のみによって生じたわけではなく、固定レイアウトの視覚的文脈情報の学習とその利用によってもたらされたと考えられる。また、Recombined条件(58%)とNew条件の正答率の差は有意ではなかったものの、Recombined条件の方がNew条件よりも高い傾向が見られた ($t(76) = 1.78, p = .079, r = .20$)。このことから、トレーニングセッションにおける視覚的文脈の学習は必ずしもレイア

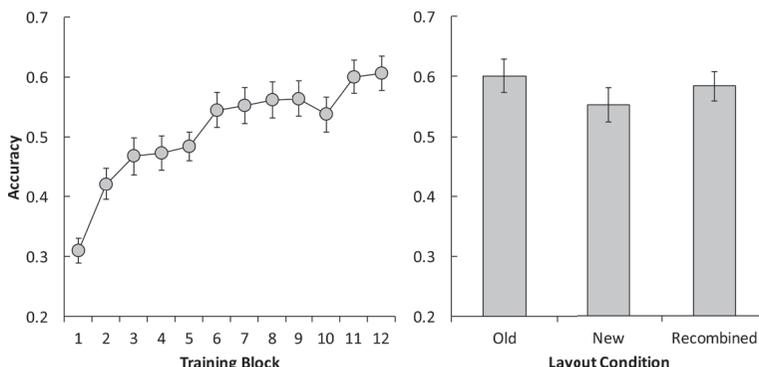


Figure 7. トレーニングセッション (左) とテストセッション (右) の結果 (エラーバーは標準誤差を表す)。

ウトの全体性に対して生じたわけではなく、レイアウト内の標的位置と個々の妨害アイテムの絶対的な関係に対して生じていた可能性が示唆される。

考 察

本研究の目的は、文脈手掛かり法による視覚的文脈の学習様態が課題に依存するの否かについて検討することであった。視覚的文脈学習において、空間レイアウトの反復経験によって学習される文脈情報は、標的位置と妨害アイテムの全体的配置の関係と、標的位置と各妨害アイテムの位置との個々の関係の2つのタイプに分けられる。先行研究ではこれら2つのタイプの文脈情報の学習様態が課題に依存することが報告されており、視覚探索課題では標的と妨害アイテムの個々の位置関係に対する学習の生起が優位であったのに対して、変化検出課題ではレイアウトの全体性に対する学習が生起した(Jiang & Wagner, 2004; Jiang & Song, 2005)。

通常、視覚探索課題では空間レイアウトの文脈として、探索アイテムの呈示位置の規則性のみが保持され、それぞれのアイテムのアイデンティティ(例えば、標的Tの向きや妨害アイテムLの向き)はランダムに変化する。このような事態において、探索画面内の標的位置を特定するためには、個々のアイテムのアイデンティティに対して注意を向けることが必要であり、結果として各アイテムを個別に走査するという注意の構えが構築されやすいと考えられる。一方、Jiang & Song (2005) が用いた変化検出課題では、アイテムはすべて同一のドットで構成される刺激画面が用いられており、メモリ画面とプローブ画面の間のレイアウトの差分が検出できるのかが標的の効率的な同定のために重要であったと考えられる。これらの点を踏まえると、視覚的文脈の学習様態は視覚探索課題や変化検出課題という単純な課題要求の相違による方略だけではなく、同一の課題であっても刺激画面の特性を含む、どのような状況で課題を遂行するのかといった状況依存的に変化する注意の構えによっても影響されると考

えられる。本実験の結果、Old条件の学習効果はテストセッションのRecombined条件へも転移する傾向が示された。この結果は、変化検出課題においてもレイアウトの全体性に対する学習よりも個々の妨害アイテムと標的の位置関係に対する学習の方が相対的に優位になる可能性を示唆するものであり、視覚的文脈の学習様態は、課題に依存した全般的な方略によるのみ影響されるわけではないと考えられる。

本実験の結果は、視覚的文脈の学習が極めて柔軟であるとする知見とも整合する。この柔軟性とは、“どのような文脈情報が学習されるか”は課題の効率的な遂行において“重要な情報”が何であるかによって変化することを意味する。Endo & Takeda (2004) は、視覚探索課題を用いて標的アイテムと妨害アイテムの関係をアイテムの“空間的配置”と“形状の組み合わせ”という2種類の文脈情報によって操作し、文脈学習の選択性について検討した。その結果、妨害アイテムの配置と形状が固定される完全に同一の探索画面が反復呈示される事態において、文脈の学習は“空間的配置”に対してのみ生じ、“形状の組み合わせ”の文脈情報の学習は生じなかった。この実験では、文脈として定義された2種類の情報が反復呈示されるため、妨害アイテムの“空間的配置”と“形状の組み合わせ”はどちらも標的アイテムの呈示位置の予測手掛かりになりえるものの、結果としては“空間的配置”のみが選択的に学習された。この結果に対して、Endo & Takeda (2004) は、課題遂行上重要なことは標的の“呈示位置”への効率的な空間的注意の誘導であり、標的アイテムの“呈示位置”は妨害アイテムの“形状の組み合わせ”よりも“空間的配置”の方が情報の整合性という点において連合強度は高いために、“空間的配置”の学習のみが選択的に生じたと解釈している。また、遠藤・武田(2008) は、レイアウト全体を固定して反復呈示した場合において、視覚的文脈として学習されるのはレイアウト全体ではなく、標的アイテム近傍の局所的な固定レイアウトが選択的に学習されることを示している。これらの先行研究

に共通する知見は、視覚的文脈の学習は課題の遂行状況に依存して変化すること、反復経験するすべての規則性を網羅するものではなく、課題遂行に有用な情報であっても冗長な情報は排除されるということである。そして、その学習の選択性を規定するのは、本実験の結果と同様に、課題の効率的な遂行を可能にするより有用な情報を獲得するために必要な注意の構えや状況依存的な方略であると考えられる。Jiang & Song (2005) の変化検出課題ではメモリ画面とプローブ画面のレイアウトの差異を検出することが重要であった。これに対して、本実験課題はメモリ画面とプローブ画面の全体的レイアウトは同一である中で、両画面間で変化するアイテムを標的として検出することが必要であった。そのため、変化検出画面の反復経験を通じてレイアウトの全体性を文脈として学習することは、必ずしも効率的な標的検出につながるものではないと考えられる。むしろ、同一レイアウト内の個々の妨害アイテムの位置およびアイデンティティに注意を向けることが、効率的な課題遂行上の方略としてはより望ましいと言えるだろう。

本実験では、テストセッションの Recombined 条件と New 条件の正答率の差は有意傾向にとどまった。そのため、トレーニングセッションにおける固定レイアウト（テストセッションにおける Old 条件）の学習効果が Recombined 条件にも転移するという積極的な証拠を示せたとは言えない。この点に関しては2つの可能性が考えられる。1つは、トレーニングセッションでの固定レイアウトの反復経験が十分ではなかったということである。一般に視覚的文脈の学習は反復経験の回数に伴って学習効果は増大し、学習が十分に進むことでその効果は一定のレベルに漸近していく。本実験のトレーニングセッションの結果は、セッションの終盤においてもなお効果の増大が認められた。これについては、トレーニングセッションにおいて学習された固定レイアウトの文脈情報が、同一のレイアウトが呈示されるテストセッションの Old 条件においては標的の検出手掛かりと

して十分であっても、異なるレイアウトが混合した Recombined 条件の標的の検出手掛かりになるほどには十分に学習が進んでいなかったという解釈も可能かもしれない。つまり、ある固定レイアウト内での標的位置と個々の妨害アイテムの位置関係という文脈情報の一部を、混合レイアウトである Recombined 条件において標的の検出手掛かりとして利用できるまでには至らなかったということである。

2つめは、変化検出課題におけるレイアウトの反復経験を通じて獲得される文脈情報が、注意の構えや方略によって、標的位置と個々の妨害アイテムの位置関係がレイアウトの全体性のいずれか一方に決まるわけではないということである。つまり、文脈の学習はそのいずれに対しても生じるものの、注意の構えや方略の違いが学習の相対的な優位性に影響するという可能性も考えられる。Jiang & Wagner (2004) は、視覚探索課題におけるレイアウトの文脈学習はアイテム間の位置関係に対して優位であるものの、トレーニングセッションで反復経験したレイアウトをテストセッションで拡大・縮小する条件においても学習効果は転移することを示している。学習したレイアウトのアイテム間の絶対的な位置関係はレイアウトの拡大・縮小といった操作によって変化するが、レイアウト全体としての相対的な位置関係は変わらないことから、拡大・縮小したレイアウトに対しても学習効果が転移するということは、レイアウトの全体性を文脈情報として学習していたことを示唆する。Jiang & Song (2005) は視覚探索課題において学習される文脈情報が、レイアウトの全体性であるか個々のアイテムの位置関係であるかは互いに排他的ではなく、いずれもレイアウトの文脈学習の1つの要素に過ぎないことを指摘している。これに従えば、本実験のトレーニングセッションでもアイテム間の位置関係の学習とともにレイアウトの全体性の学習も生じていた可能性が考えられ、本実験においては両者の学習効果が部分的に相殺しあったために、Recombined 条件と New 条件の差が傾向にとどまったのかもしれない。本研究で得られ

た結果は、レイアウトの文脈学習の様態が、視覚探索課題や変化検出課題といった、課題要求そのものに必ずしも依存するものではないことを示唆するものであるが、ここで挙げた2つの可能性の是非を含め、課題遂行に関わる注意の構えのあり方や方略に応じた視覚的文脈の学習様態の柔軟性については今後さらなる検討が必要である。

引用文献

- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 417–423.
- Biederman, I. (1972). Perceiving real-world scenes. *Science*, *177*, 77–80.
- Biederman, I., Mezzanotte, R. J., & Rabinowitz, J. C. (1982). Scene perception: Detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive Psychology*, *14*, 143–177.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, *10*, 433–436.
- Chun, M. M. (2000). Contextual cueing of visual attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 170–177.
- Chun, M. M. & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, *36*, 28–71.
- Chun, M. M. & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 109–127.
- Endo, N. & Takeda, Y. (2004). Selective learning of spatial configuration and object identity in visual search. *Perception and Psychophysics*, *66*, 293–302.
- 遠藤信貴・武田裕司 (2008). 全体または局所レイアウトの繰り返しにおける文脈手掛かり効果. *心理学研究*, *78*, 583–590.
- Jiang, Y. & Wagner, L. C. (2004). What is learned in spatial contextual cueing—configuration or individual locations? *Perception and Psychophysics*, *66*, 454–463.
- Jiang, Y. & Song, J.-H. (2005). Spatial context learning in visual search and change detection. *Perception and Psychophysics*, *67*, 1128–1139.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Kleiner, M., Brainard, D. H., & Pelli, D. G. (2007). “What’s new in Psychtoolbox-3?”. *Perception (ECP Abstract Supplement)*, *36*, 14.
- Logan, G. D. (1988). Towards an instance theory of automatization. *Psychological Review*, *95*, 492–524.
- Luck, S. J. & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, *390*, 279–280.
- Palmer, S. E. (1975). The effect of contextual scenes on the identification of objects. *Memory and Cognition*, *3*, 519–526.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*, 437–442.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 849–860.
- Rensink, R. A., O’Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, *8*, 368–373.
- Rensink, R. A., O’Regan, J. K., & Clark, J. J. (2000). On the failure to detect changes in scenes across brief interruptions. *Visual Cognition*, *7*, 127–145.