

単一特徴への注意が変化検出に与える効果

村越 琢磨*・久 雅子**・増田 知尋*・和田 有史*・長田 佳久**

* 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

** 立教大学 現代心理学部

〒352-8558 埼玉県新座市北野1-2-26

(受付：2012年2月28日；受理：2012年10月26日)

The Effects of Individual Features on Change Detection

Takuma MURAKOSHI*, Masako HISA**, Tomohiro MASUDA*,
Yuji WADA* and Yoshihisa OSADA**

* National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

** College of Contemporary Psychology, Rikkyo University

1-2-26 Kitano, Niiza, Saitama 352-8588, Japan

(Received 28 February 2012; Accepted 26 October 2012)

Change blindness is considered to be caused by failure of the retrieval/comparison process for the changed item. However, it is not clear what information is used in this process. Here, we investigated whether or not information about individual features within object representations retained in visual working memory (VWM) are available through the retrieval/comparison process when the VWM representation of the pre-change scene is compared with sensory input. Observers performed a dual task, which included change detection and rapid serial visual presentation (RSVP) tasks. Regardless of whether change detection and RSVP targets were defined by the same feature or by different features, change detection was impaired under the dual task condition. This suggests that the retrieval/comparison process detects change not by comparing the individual features involved in VWM representation and sensory inputs, but rather by comparing “objects” within which individual features are integrated.

1. はじめに

1.1 変化検出と検索・比較処理

変化の見落とし（または変化盲：change blindness）とは観察者が視覚場面の中に生じる大きな変化さえも見つけられないことを示した現象で、過去10年以上にわたりこの現象は我々の注意や知覚、意識に対する理解に寄与してきた¹⁾。これまでの変化の見落とし研究から変化検出には注意が必要であると考えられている¹⁻³⁾。変化の見落としに関する研究を概観し

た研究⁴⁾では、変化の見落としは注意が変化信号からそらされた場合にはいつでも生じることが示されている。さらに、観察者が明らかに注意している視覚場面中の中心的な役割をなす人物や、現実世界での会話相手の変化でさえも頻繁に見落とすことから、変化する対象への注意だけでは、変化検出に対して必ずしも十分ではなく、変化の前後に変化特徴を符号化しそれらと比較することが必要だということが示唆されている⁴⁾。

これらの変化検出に必要な符号化された情報

は視覚ワーキングメモリ (VWM: visual working memory) に保存されることが先行研究から示されている^{3,5-7)}。変化検出に必要な処理を記述した研究⁸⁾では、変化検出におけるVWMの重要性が指摘されている。彼らの説によると、変化を検出するためには(1)変化前の視覚場面の知覚表象を形成し、(2)変化前の視覚場面の知覚表象を変化前の視覚場面が消失した後も保持可能なVWMの表象へ変換し、(3)保持期間の間にVWMの表象を維持し、(4)現在見ている視覚場面によって生じた感覚入力とVWM内の変化前の視覚場面の表象を比較する、といった処理が変化を検出するために必要であるとされた。

変化前の視覚場面が知覚されない場合や変化前の視覚場面の表象が失われた場合には変化前と変化後の視覚場面の違いを検出することはできないが、変化前の視覚場面の表象が保持されている場合にも変化の見落としが生じることから、変化の見落としは変化前と変化後の視覚場面の検索・比較処理の失敗に起因するとされている^{5,9,10)}。

1.2 検索・比較処理に利用可能な情報

この変化の検索・比較処理に際してVWMに保持された変化前の視覚場面に含まれる各オブジェクトの表象のどのような情報が変化検出に利用されるかについては明らかになっていない。観察者に色の変化を検出させた場合、方位の変化を検出させた場合、両方の変化を検出させた場合の変化の検出率を比較した研究⁷⁾では、どの条件でも変化の検出率に違いはみられず、セットサイズを操作してもすべての条件で成績に違いは見られなかった。このことから、VWMでは単一の特徴が保持されているのではなく、それらの特徴が統合されたオブジェクトとしての情報が保持されていると考えられた。同様の主張は、変化検出課題を用いた他の研究¹¹⁾からも述べられている。これらの研究はオブジェクトに含まれる個々の特徴情報はオブジェクトとして統合されるため、単一の特徴情報は変化検出課題に効果を持たないことを示し

ている。

一方で、VWMには特徴が統合されたオブジェクト情報だけでなく、独立した特徴情報も保持されていることを示す実験結果^{12,13)}も報告されている。これらの実験ではプローブ刺激を提示しその位置におけるVWM内の記憶表象を確かめた結果、方位と色特徴を持つオブジェクトの一方の特徴のみが保持されている場合があるという証拠を示した。このようにVWM内の表象は特徴が統合されたオブジェクトとして保持されているのか、オブジェクトに含まれる特徴が独立に保持されているのかは議論の余地がある。本研究ではVWMの表象に特徴情報が独立に保持されているか、あるいは特徴情報が統合された表象が保持されているかについて直接検証するのではなく、変化検出に際して検索・比較処理に利用できる情報について検証することを目的とする。

変化検出課題を用いた実験でもLuckら⁷⁾の実験結果とは異なり、独立した特徴情報が変化の検索・比較処理に利用できることを示した研究がある⁸⁾。Hyunら⁸⁾は変化検出課題においてある特定の特徴で定義された変化目標を検出する際に、検出する変化目標を定義する特徴とは次元の異なる特徴の変化を同時に提示した場合には反応時間の遅延が見られ、変化を知覚したという反応が増加することを示した。つまり、変化目標を定義する特徴とは別次元の特徴が変化検出を阻害した。これはある特徴情報が別次元の特徴情報の変化に効果を持つことを示し、単一の特徴情報は変化検出課題に効果を持たないとした研究⁷⁾の結果とは異なるものである。

両者の実験の違いを考えてみると、Hyunら⁸⁾の実験では検出するべき特徴の変化に加え、検出するべき特徴とは異なる次元の特徴で定義された変化も同時に提示されていた。つまり、探索画面に複数の変化が同時に提示されていた。そして彼らの研究⁸⁾の中でも述べられているように、検出するべき変化とは別の変化の提示が観察者の注意を惹きつけていた可能性があり、

その結果、変化検出課題に配分される注意資源が削減されたと考えられる。このことにより、目標を定義する特徴とは別次元の特徴の効果がLuckら⁷⁾の実験で見られず、Hyunら⁸⁾の実験で観察された可能性がある。

Hyunら⁸⁾の実験で用いられた課題では無関係な特徴の変化が変化検出課題に配分される注意資源を削減した可能性があるとして述べたが、課題に無関係な刺激による注意捕捉は能動的な注意制御によって捕捉が生じないようにすることができるとする先行研究がある¹⁴⁻¹⁹⁾。これらの研究結果から考えると、Hyunら⁸⁾の実験において無関係な特徴変化の提示によって注意捕捉が生じずに注意資源の減少がなかったという解釈も可能である。しかしながら、能動的な注意の制御にかかわらず、顕著な刺激は注意を捕捉するという研究も報告されている²⁰⁻²³⁾。さらに、神経生理学的研究²⁴⁾ではサルが形の探索をしている場合でも色シングルトンに対するV4の神経活動が増加することが示されている。つまり、Hyunらの研究⁸⁾で用いられた課題でも注意資源の削減効果があったことが推察され、注意資源の削減により変化検出率が低下することが示唆される。ただし、注意資源の削減効果を測定するためには、観察者の注意が確実に向けられていることを保証するような課題を課すなどの手続きが必要であろう。

1.3 変化検出と注意資源

Josephら²⁵⁾は注意を必要とするようなRSVP (Rapid Serial Visual Presentation) 課題によってポップアウト目標の検出が阻害されることを示し、注意資源²⁶⁾を必要としないとされていた前注意的に処理される特徴検出にも注意が重要な役割を果たすことを明らかにした。この考えからすると、変化検出課題に配分される注意資源を削減した場合には、変化検出率は低下すると仮定できる。つまり、Hyunら⁸⁾の実験でも検出するべき変化と同時に提示された他の特徴次元で定義された変化が注意を捕捉した結果、変化検出に差異が見られたことが考えられる。

Hyunら⁸⁾の実験では変化検出画面の各項目に変化が提示されており、このことは目標となる変化項目以外にも注意資源が配分されていたと考えることができる。しかし同時に、注意資源が探索画面に配分されていたとも考えられる。なぜなら、注意が変化位置から逸らされた場合には変化の見落としが生じ¹⁻³⁾、注意された位置の近くに提示された変化は注意された位置から離れた位置に提示された変化よりも検出されやすい²⁷⁾ことが先行研究から示されているからである。つまり変化検出課題に配分される注意資源を削減するには変化項目が提示される位置とは別に注意資源を必要とするような課題を提示することが必要となる。Josephらの研究²⁵⁾では画面の中央にRSVP課題刺激を提示することで、その周辺に提示されるポップアウト課題への注意資源を削減する方法を用い、注意資源削減の効果を明らかにした。

そこで、本研究では二重課題を用いて注意資源の削減が変化の検索・比較処理に効果を持ち、変化検出課題の成績を低下させるかを検討した。方法としてはJosephら²⁵⁾の実験手法を参考にポップアウト検出課題を変化検出課題に変更し、異なる空間位置に提示された課題に対して注意資源を配分することによって、変化検出課題に対する注意資源を削減した。そのうえで、二重課題で用いた2つの課題の目標を定義する特徴を操作し、変化の検索・比較処理に単一特徴の情報が利用可能かどうかを併せて検証した。

Hyunら⁸⁾の実験で見られた、目標を定義する特徴とは別次元の特徴の提示の効果が変化検出課題に対する注意資源の減少によるものならば、本研究の実験においても注意資源を必要とする課題を付加した二重課題により変化検出課題に配分される注意資源が削減され、変化検出課題の成績は低下すると予想された。さらに、Luckら⁷⁾の主張するように、変化の検索・比較処理において単一の特徴情報が利用できないならば、注意を向ける特徴が変化目標を定義する特徴である場合にも、変化目標を定義する特

徴とは別次元の特徴である場合にも、注意資源の減少により変化検出率の低下が見られるはずである。反対に、変化の検索・比較処理に単一特徴情報が利用可能であるならば、Hyunら⁸⁾の実験結果と同様に変化目標を定義する特徴とは別次元の特徴への注意は変化検出率を低下させ、変化目標を定義する特徴に注意を向けるような課題を付加した場合には、変化検出率の改善がみられるはずである。

2. 実験1

実験1では二重課題の各課題の目標を定義する特徴により2つの条件を設けた。課題非関連特徴条件では観察者がある単一特徴に注意を向けた場合に、注意を向けている特徴以外の特徴、つまり注意されていない特徴によって定義された変化目標の検出率を検討した。実験参加者に RSVP 課題と変化検出課題の二重課題を課した。注意を向けていた特徴とは異なる次元の特徴変化を検出できるかを調べるために、方位の検出を必要とするような RSVP 課題と、空間周波数の変化の検出を必要とするような変化検出課題の二重課題を用いた。

RSVP 課題に観察者の注意を配分することで変化検出課題に配分される注意資源が減少し、変化検出率が低下することが予想された。さらに、変化項目の検索・比較処理が行われる際に、VWMに保持されたオブジェクト表象に含まれる単一特徴情報が利用可能だとしても、RSVP 課題によって観察者の注意を方位に向けさせた二重課題条件（実験条件）では、注意を向けられなかった特徴モジュールの処理は抑制されると考えられるため²⁸⁾、RSVP 課題により注意を向けられていた特徴（方位）とは別次元の特徴（空間周波数）によって定義された変化目標の検出は改善されることはないと予測された。つまり、二重課題条件における変化検出率は単一課題条件に比べ低下することが予想された。

もう1つの条件は課題関連特徴条件で、この条件では一次課題である RSVP 課題の目標を水

平方方向を0°として90°の垂直方位（鉛直方位）を持つガボールパッチとし、二次課題である変化検出課題の目標を方位の変化とした。つまり実験参加者は一次課題によって方位に注意を向けながら、二次課題で方位特徴によって定義された変化を検出した。これは観察者が注意を向けていた特徴と同じ次元の特徴で定義された変化を検出することが可能かを調べるためであった。もし、Luckら⁷⁾の主張するように変化検出に単一特徴の情報が利用できないならば、ある特定の特徴に注意を向けた場合にも、変化検出率の改善は見られないことになる。むしろ変化検出に利用できない情報への注意は課題遂行に配分される注意資源の量を減少させることになり、変化検出課題の低下を導くことが考えられる。つまり、注意を向ける特徴と変化検出目標を定義する特徴が同じであった場合に変化検出課題の成績の低下が改善され、注意を向ける特徴と変化検出目標を定義する特徴が異なる場合に変化検出課題の成績の低下が改善されなければ、変化検出課題の成績の低下は注意を向けられなかった特徴の検出が抑制された結果生じたことが示される。反対に、注意を向けた特徴の変化検出率の低下に改善がみられないならば、変化検出課題の成績の低下は課題に対する注意資源の削減により生じることが示される。

2.1 実験参加者

10名の成人男女（平均年齢25.4歳）が実験1に参加した。課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の実施順序は実験参加者間で均等に振り分けられた。すべての実験参加者は正常または矯正による正常視力を有していた。

2.2 装置

コンピュータ (Dell, OPTIPLEX GX270) に CRT モニタ (Sony, GDM-F500) と視覚刺激作成提示装置 (Cambridge Research Systems, ViSaGe) を接続し、刺激提示と反応記録を行った。

2.3 刺激

刺激はすべて輝度37.2cd/m²の灰色の背景上に提示された。RSVP 刺激と変化検出刺激は視覚度数2°×2°のガボールパッチ (SD半径0.4)

で構成された。ガボールパッチは水平方向を 0° として 45° 、 90° または 135° の方位を持ち、空間周波数は2 cycle/degreeまたは3 cycle/degreeであった。つまり6種類(3方位 \times 2空間周波数)のガボールパッチが刺激として用いられた。

RSVP刺激は9つのガボールパッチが1つずつ順次提示され、画面中央に刺激間隔(ISI: Inter Stimulus Interval) 50msを挟み各項目300msの提示時間で提示された(図1)。

変化検出課題にはテスト刺激(S1)と比較刺激(S2)の2種類の探索画面が用いられた。探索画面は4つのガボールパッチで構成され、各ガボールパッチは画面中央から偏心度視覚度数 10° の仮想円状の上下左右の位置に提示された。つまり、4つのガボールパッチはRSVP刺激の上下左右に1つずつ提示された。VWMの容量を検証した先行研究からVWMに保持可能な表象は最大でおおむね4つ以下のオブジェクトであるとされてきた^{7,29-31}。回顧の手がかり(retro-cue)を用いてVWMの容量を調べた最近の研究では、以前報告されていた最大容量よりも大きな容量をVWMが持つ可能性が示されている^{1,32}。本実験で用いられたセットサイズ4の変化検出課題はLuckら⁷の実験やHyunら⁸)の実験で用いられたセットサイズと同じであった。

課題非関連特徴条件では変化が含まれていた

試行ではS1とS2に提示されたガボールパッチのうちの1つの空間周波数が異なっていた。空間周波数の変化は2 cycle/degreeから3 cycle/degreeに変化した場合と3 cycle/degreeから2 cycle/degreeに変化した場合が存在した。変化が含まれない試行ではS1とS2に提示された刺激項目はすべて同じものであった。課題関連特徴条件では変化検出課題は全試行の半分の試行でS1-S2間で1つの項目が方位の変化を伴った。方位の変化は 45° の傾きを持つガボールパッチの傾きが 135° の傾きに変化する場合と、 135° から 45° の傾きに変化する場合であった。

2.4 手続き

実験参加者は暗室内において観察距離57cmに着座し顎台により頭部を固定した。実験参加者のキー押しにより試行を開始した。ランダムな時間間隔(500ms \cdot 750ms \cdot 1000ms)を挟み、画面中央にRSVP刺激を提示した。RSVP刺激の5項目目の提示と同時にRSVP刺激の周辺円周上に、テスト刺激(S1)を300ms提示した。テスト刺激が消えてから400ms後に比較刺激(S2)が300ms提示された。単一課題条件では実験参加者はS1-S2間の変化の有無のみを報告した。二重課題条件では実験参加者はRSVP課題の目標の有無を報告した後に、S1-S2間における変化の有無をキー押しによって報告した。二重課題条件ではRSVP課題を一次課題とし、

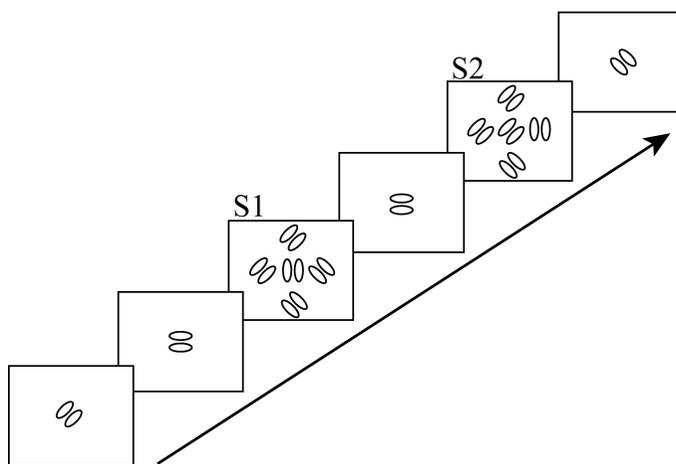


図1 試行の流れを示した模式図。楕円図形2つの組み合わせが1つのガボールパッチを表している。

実験参加者はこの課題を優先するように教示された。変化検出課題を二次課題とし、RSVP課題に注意資源を配分した場合に、変化検出課題の成績に差異が生じるかを検討した。

RSVP課題はRSVP刺激系列の中に目標刺激が提示されたかどうかを報告する課題であった。目標刺激は鉛直方位を持つガボールパッチであった。つまり実験参加者は一次課題で方位の検出を行った。これは方位特徴に注意を向けた場合に、変化の検出率に違いが生じるかを調べるためであった。RSVP目標の出現確率は50%で、RSVP刺激系列の5項目目に提示された。

変化検出課題はS1-S2間における変化の有無の検出であった。課題非関連特徴条件では全試行の50%でS1-S2間において1つのガボールパッチの空間周波数が変化した。この操作により、観察者が方位特徴に注意を向けていた場合に、空間周波数特徴で定義された変化の検出率に違いが生じるかを調べた。つまり、変化する特徴とは異なる次元の特徴に注意を向けていた場合に、変化が見落とされるかを検証した。課題関連特徴条件では方位の検出を行った。つまり、変化する特徴と同一次元の特徴に注意を向けていた場合に、変化が見落とされるかを検証した。その他の手続きは課題非関連特徴条件と同様であった。

課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の実施順序は実験参加者間で調整された。両条件とも単一課題条件と二重課題条件を1セッションごとに交互に実施し、開始条件は実験参加者ごとに無作為に決定された。1セッションは64試行で構成され、単一課題条件・二重課題条件ともに5セッション、計320試行ずつ行った。すべての実験参加者は単一課題条件・二重課題条件ともに練習試行として1セッションを実施した。図1に試行の流れを示す模式図を示した。

2.5 結果

図2に実験1の課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の正答率を示す。

指定されたキー以外を押すなどの誤反応が生

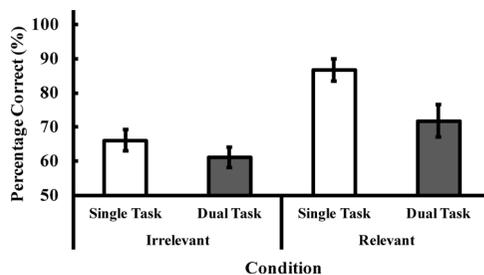


図2 実験1における課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の単一課題条件と二重課題条件の正答率。横軸は条件を示し、縦軸は正答率を示す。エラーバーは標準誤差で示した。

じた試行は分析から除外した。二重課題条件ではRSVP課題が誤反応であった試行も分析から除外した。つまり変化検出課題の正答率はRSVP課題が正しく遂行された試行のものである。これは実験参加者がRSVP課題に対して注意資源を配分していたことを保証するためである。この操作により、分析から除外された試行を除く分析対象となった試行は課題非関連特徴条件では全試行の91.2%、課題関連特徴条件では92.8%であった。

注意を向ける特徴の要因（変化目標を定義する特徴と異なる場合：課題非関連特徴条件、または同じ場合：課題関連特徴条件）と二重課題による負荷の要因（二重課題による負荷がない場合：単一課題条件、または負荷がある場合：二重課題条件）について二要因分散分析を行った。その結果、注意を向ける特徴の要因の主効果 $[F(1, 9)=11.55, p<.01]$ および二重課題による負荷の要因の主効果 $[F(1, 9)=20.90, p<.01]$ が有意であった。さらに注意を向ける特徴の要因と二重課題による負荷の要因の交互作用がみられた $[F(1, 9)=5.50, p<.05]$ 。単純主効果検定の結果、課題非関連特徴条件 $[F(1, 9)=26.72, p<.01]$ および課題関連特徴条件 $[F(1, 9)=12.72, p<.01]$ の両方において二重課題による負荷の要因の単純主効果がみられた。また、注意を向ける特徴の要因の単純主効果は単一課題条件のみで有意で $[F(1, 9)=30.76, p<.01]$ 、二重課題条件では有意差はみられず $[F(1, 9)=$

3.06, *n.s.*], 課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の二重課題条件における成績の間に有意差はみられなかった。

2.6 考察

実験1では一次課題(RSVP課題)によって変化検出課題に配分される注意資源の量を操作した。二重課題条件では二重課題により変化検出課題に配分される注意資源を削減した。この操作によって、課題非関連特徴条件および課題関連特徴条件の両条件ともに単一課題条件に比べ二重課題条件での変化検出課題の正答率の低下が見られた。これらの結果は、変化検出には注意資源が必要であり、変化検出課題に配分される注意資源量を削減することによってVWM内の表象と感覚入力から生じた知覚内容の違いを検索・比較する処理が阻害されることを示している。このことは、変化の見落としの多くの先行研究が示唆してきたように、変化の検出には注意が必要であり、注意が変化対象からそらされた場合には見落としが生じるという説¹⁻³⁾を支持し、二重課題による注意負荷により変化検出課題に配分可能な注意資源が削減されたために変化検出率が低下するという解釈を可能にするものである。

また、課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件では二次課題である変化検出課題の目標を定義する特徴を操作することによって変化検出に必要な特徴情報の操作を行った。課題非関連特徴条件では空間周波数特徴によって定義された変化目標の検出、課題関連特徴条件では方位特徴によって定義された変化目標の検出が二次課題として用いられた。この操作により、課題非関連特徴条件では実験参加者がRSVP課題に注意を向ける特徴と変化目標を定義する特徴が異なり、課題関連特徴条件ではRSVP課題に注意を向ける特徴と変化目標を定義する特徴が同一であった。

その結果、課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の二重課題条件において、注意を向ける特徴の効果は見られず、両条件の変化検出成績ともに二重課題によって低下し、両者の成績に

有意な差は見られなかった。つまり、たとえ変化特徴に注意が向けられていても、変化検出課題に配分される注意資源が削減されたことに起因する変化検出率の低下は改善されなかった。この結果は、Hyunら⁸⁾の変化目標を定義する特徴とは別次元の特徴が変化検出課題に効果を持つという結果とは異なり、Luckら⁷⁾の単一特徴は変化検出に効果を持たないという説を支持するものであった。これは、VWM内の表象と感覚入力から生じた知覚内容の違いを検出する際には、個々の特徴情報に基づいて検出がなされるのではなく、Luckら⁷⁾の主張するように特徴同士が結合された“オブジェクト”としての情報が変化の比較・検索処理に用いられるためと考えられる。個々の特徴情報はオブジェクト内に統合されているので、オブジェクト同士の比較の際に特定の特徴情報のみの違いが比較されることはないと考えられる。

しかしながら、課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件での成績を比べてみると、単一課題条件における変化検出課題の成績が大きく異なっている。これは課題非関連特徴条件において変化検出課題として方位の変化検出を行ったのに対し、課題関連特徴条件では空間周波数特徴で定義された変化検出目標の検出を行ったことが理由と考えられる。実際、課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の単一課題条件において、一次課題と二次課題の注意を向ける特徴の効果があり、このことは課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件で用いた変化検出課題の難易度が異なっていたことを意味する。そこで実験2では二次課題である変化検出課題に同一の課題を使用し、一次課題であるRSVP課題の目標定義特徴を操作することで一次課題と二次課題の目標定義特徴の関係の効果を検証した。

3. 実験2

実験1では比較した変化検出課題の目標がそれぞれ空間周波数特徴で定義された目標と方位特徴で定義された目標であったため、両実験で

の単一課題条件の成績が大きく異なった。このことが両実験での成績の比較を困難にし、注意を向ける特徴の効果が見られなかった可能性がある。そこで実験2では二次課題である変化検出課題に同じ課題を用い、一次課題である RSVP 課題の目標を定義する特徴を操作することで注意を向ける特徴と変化検出課題の目標を定義する特徴の関係の効果を検証した。

実験2の課題非関連特徴条件では一次課題である RSVP 課題において方位特徴で定義された目標の検出を行い、課題関連特徴条件では空間周波数特徴で定義された目標の検出を行った。実験1の単一課題条件において空間周波数特徴で定義された変化検出課題の成績が86.69%（課題非関連特徴条件）であり、方位特徴で定義された変化検出目標の成績（66.07%；課題関連特徴条件）に比べ比較的良好であったため、実験2の二次課題には空間周波数特徴で定義された変化検出目標の検出課題を用いた。

3.1 実験参加者

9名の成人男女（平均年齢35.00歳）が実験2に参加した。すべての実験参加者は正常または矯正による正常視力を有していた。

3.2 装置

コンピュータ (EPSON, Endeavor MT7500) に CRT モニタ (TOTOKU, CV921X) と視覚刺激作成提示装置 (Cambridge Research Systems, ViSaGe) を接続し、刺激提示と反応記録を行った。

3.3 刺激

実験1で用いられたガボールパッチと同様のガボールパッチを刺激として用いた。

RSVP 刺激系列は全試行の半分の試行で系列の4または5, 6, 7, 8項目目のいずれかにおいて、課題関連特徴条件では1 cycle/degree のガボールパッチが提示され、課題非関連特徴条件では鉛直方位を持つガボールパッチが提示された。

3.4 手続き

実験手続きは RSVP 目標が RSVP 刺激系列の4または5, 6, 7, 8項目目のいずれかに提示された以外は実験1と同様であった。単一課題条件

では実験参加者は S1-S2 間の変化の有無のみを報告した。二重課題条件では実験参加者は RSVP 課題の目標の有無を報告した後に、S1-S2 間における変化の有無をキー押しによって報告した。二重課題条件に用いられた RSVP 課題は、課題関連特徴条件では RSVP 刺激系列の中に1 cycle/degree の空間周波数を持つガボールパッチが提示されたかどうかを報告する課題であった。課題非関連特徴条件では鉛直方位を持つガボールパッチが提示されたかどうかを報告する課題であった。つまり課題関連特徴条件では実験参加者は一次課題で空間周波数特徴で定義された目標の検出を行い、課題非関連特徴条件では方位特徴で定義された特徴の検出を行った。RSVP 目標の出現確率は50%であった。

変化検出課題では S1-S2 間における変化の有無を実験参加者に求めた。全試行の50%で S1-S2 間において1つのガボールパッチの空間周波数が変化した。つまり、課題関連特徴条件では変化目標を定義する特徴と同次元の特徴に注意を向けていた場合に変化が見落とされるかを検証し、課題非関連特徴条件では変化目標を定義する特徴とは異なる次元の特徴に注意を向けていた場合に、変化が見落とされるかを検証した。

課題関連特徴条件と課題非関連特徴条件の実施順序は実験参加者間で調整された。単一課題条件・二重課題条件ともに160試行で構成され、実験に際し練習試行として40試行を実施した。

3.5 結果

図3に実験2の課題関連特徴条件と課題非関連特徴条件の正答率を示す。

さらに図4に課題関連特徴条件と課題非関連特徴条件の正答率を RSVP 目標が提示された項目別に示す。

指定されたキー以外を押すなどの誤反応が生じた試行は分析から除外した。二重課題条件では RSVP 課題が誤反応であった試行も分析から除外した。この操作により、分析から除外された試行を除く分析対象となった試行は課題非関

連特徴条件の二重課題条件では全試行の98.16%，課題関連特徴条件の二重課題条件では92.57%あった。

注意を向ける特徴の要因（変化目標を定義する特徴と異なる場合：課題非関連特徴条件，または同じ場合：課題関連特徴条件）と二重課題による負荷の要因（二重課題による負荷がない場合：単一課題条件，または負荷がある場合：二重課題条件），さらにRSVP目標が提示された項目順序（目標提示なし，4，5，6，7，8項目目）について三要因分散分析を行った。その結果，二重課題による負荷の要因の主効果 [$F(1, 8)=34.25, p<.01$] のみが有意で，注意を向ける特徴の要因の主効果 [$F(1, 8)=.36, n.s.$] およびRSVP目標が提示された項目順序の効果 [$F(5, 40)=1.72, n.s.$] に有意差は見られなかった。さらにいずれの交互作用もみられなかった。

3.6 考察

課題非関連特徴条件および課題関連特徴条件

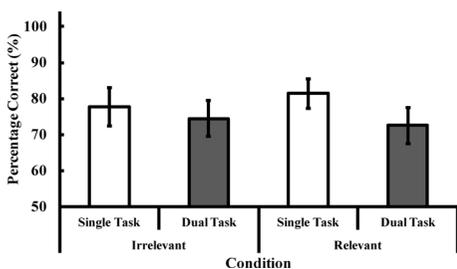
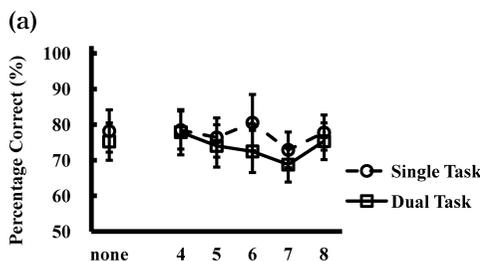


図3 実験2における課題非関連特徴条件と課題関連特徴条件の単一課題条件と二重課題条件の正答率。横軸は条件を示し，縦軸は正答率を示す。エラーバーは標準誤差で示した。



の両条件において，二重課題による負荷の要因が有意であることから，実験1と同様，注意を他の課題に向けることにより変化検出課題の成績が低下することが示された。さらに，注意を向ける特徴の要因に有意な効果は見られず，いずれの交互作用も見られなかったことから，変化を向ける特徴が変化検出課題の目標を定義する特徴と同じ場合でも変化検出課題の成績は改善されることはなく，視覚系は変化の比較検索処理に際して単一の特徴情報を利用して変化を探索するわけではないことが示唆された。

RSVP目標の提示される項目順序の効果が見られなかったことに関してはいくつかの可能性が考えられる。RSVP目標が提示され，その目標が検出された場合には，RSVP課題に対する注意はRSVP課題から解放されると考えられる。もし，そうであればRSVP課題の目標が変化検出課題が提示されるより前に出現した場合（4項目目）には，変化検出課題に対する二重課題の負荷がなくなり変化検出課題の成績の低下も改善されると予想された。しかしながら，RSVP目標の提示順序の効果はみられず，どの項目順序でRSVP目標が提示された場合でも，二重課題による変化検出課題の成績に違いはみられなかった。このことは，例えRSVP目標が提示されたとしても，RSVP課題から注意を開放し二重課題から単一課題への課題切り替えにはより長い時間を必要としたためにRSVP目標の提示順序の効果がみられなかった可能性を示唆している。もう1つの可能性としては，本実験で用いた課題ではRSVP目標の提示の有無の

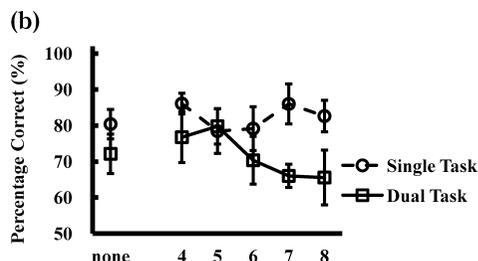


図4 実験2における課題非関連特徴条件（図4a）および課題関連特徴条件の（図4b）の単一課題条件と二重課題条件におけるRSVP目標が提示された項目別の正答率。横軸はRSVP目標が提示された項目番号を示す。横軸のnoneはRSVP目標が提示されなかった試行である。縦軸は正答率を示す。エラーバーは標準誤差で示した。

報告が変化検出課題の刺激提示後に求められていたことが挙げられる。つまり、たとえ RSVP 目標を検出したとしても、その目標に関する情報を変化検出課題が提示された後まで保持しておかなければならず、このことが RSVP 目標の提示順序の効果が見られなかった原因かもしれない。実際、RSVP 目標が最後まで提示されなかった試行でも、RSVP 目標が刺激系列の途中で提示された試行と同様の成績の低下がみられ、このことは RSVP 目標がどの時間間隔で提示されたかではなく、二重課題による負荷の有無が変化検出課題の成績の低下の重要な原因であることを示唆している。

4. 総合考察

本研究では変化の検出に際して視覚系が単一特徴に基づいて変化項目を検索・比較できるかどうかを検証した。実験の結果、単一特徴に注意を向けた場合にも二重課題による変化検出課題の成績の低下は改善されることはなく、このことは視覚系は変化の検索・比較に際して単一特徴を利用できない⁷⁾という主張を支持するものであった。つまり、視覚場面の変化を検出するには個々の特徴が統合されたオブジェクト情報に基づいて変化したオブジェクトの有無を検索・比較することが示唆された。

日常場面ではあるオブジェクトが変化をする際には、多くの場合、過渡的信号を伴い、この過渡的信号が運動などの知覚を生じさせ、変化に気づくことを可能にする。変化前の視覚場面と変化後の視覚場面間にブランクを挿入したり²⁾、画像が他の画像へと推移しているとは気づかれないような速さで推移させ、何秒間もかけて変化が生じるようにすることで^{33,34)}、このような過渡的信号が生じないようにした場合には変化の見落としが生じる。変化の検索・比較処理に利用可能な情報は、オブジェクトに含まれる個々の特徴が位置情報に基づいて1つのオブジェクトに統合され、位置情報の照合がすでになされた表象であるとすれば、変化前の視覚場面と変化後の視覚場面の間の過渡的信号が利

用できない場合には変化の見落としが生じることは納得できる。

Rensink³⁾によれば、一般的に変化とは時間経過を伴う何らかの変遷(transformation)や変容(modification)を指し、より厳密に言えば、変化とは時間経過を伴う明確で強固な構造の変遷であるとされる。この定義に従えば、変化を検出するということがあるオブジェクトの構造の変遷を知覚することを意味する。単一の特徴はオブジェクトの構造の1つの側面と考えることができるが、変化の検索・比較に特徴情報が利用できないとすれば、どのような情報に基づいてオブジェクトの構造の違いを検出しているのかを明らかにすることが今後の課題となる。

謝辞 本研究は科研費(24221301, 22906011, 23730718, 23330218)の助成を受けたものである。

文献

- 1) D. J. Simons and R. A. Rensink: Change blindness: Past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, **9**, 16–20, 2005.
- 2) R. A. Rensink, J. K. O'Regan and J. J. Clark: To see or not to see: The need for attention to perceive change in scenes. *Psychological Science*, **8**, 368–373, 1997.
- 3) R. A. Rensink: Change detection. *Annual Review of Psychology*, **53**, 245–277, 2002.
- 4) D. J. Simons and M. Ambinder: Change blindness: Theory and consequences. *Current Directions in Psychological Science*, **14**, 44–48, 2005.
- 5) M. W. Becker, H. Pashler and S. M. Antis: How quickly we forget: Change blindness in a highest digit task shows the volatility of visual representations. *Investigative Ophthalmology and Visual Science, Supplement*, **41**, S421, 2000.
- 6) A. Hollingworth: Failures of retrieval and comparison constrain change detection in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **29**, 388–403, 2003.

- 7) S. J. Luck and E. K. Vogel: The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, **390**, 279–281, 1997.
- 8) J. Hyun, G. F. Woodman, E. K. Vogel, A. Hollingworth and S. J. Luck: The comparison of visual working memory representations with perceptual inputs. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **35**, 1140–1160, 2009.
- 9) A. Hollingworth and J. M. Henderson: Accurate visual memory for previous attended objects in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **28**, 113–136, 2002.
- 10) A. R. Mitroff, D. J. Simons and D. T. Levin: Nothing compares 2 views: Change blindness can occur despite preserved access to the changed information. *Perception and Psychophysics*, **66**, 1268–1281, 2004.
- 11) R. Landman, H. Spekreijse and V. A. F. Lamme: Large capacity strage of integrated objects before change blindness. *Vision Research*, **43**, 149–164, 2003.
- 12) D. Fougny and G. A. Alvarez: Object features independently in visual working memory: Evidence for a probabilistic feature-store model. *Journal of Vision*, **11**, 1–12, 2011
- 13) P. M. Bays, E. Y. Wu and M. Husain: Storage and binding of object features in visual working memory. *Neuropsychologia*, **49**, 1622–1631, 2011.
- 14) W. F. Bacon and H. E. Egeth: Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception and Psychophysics*, **55**, 485–496, 1994.
- 15) C. L. Folk, R. W. Remington and J. C. Johnston: Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **18**, 1030–1044, 1992.
- 16) C. L. Folk and R. W. Remington: Selectivity in distraction by irrelevant featural singletons: Evidence for two forms of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **24**, 847–858, 1998.
- 17) A. B. Leber and H. E. Egeth: It's under control: Top-down search strategies can override attentional capture. *Psychonomic Bulletin and Review*, **13**, 132–138, 2006.
- 18) S. Yantis and H. E. Egeth: On the distinction between visual salience and stimulus-driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **25**, 661–676, 1999.
- 19) S. Yantis and J. Jonides: Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **16**, 121–134, 1990.
- 20) S. J. Luck and S. J. Thomas: What variety of attention is automatically captured by peripheral cues? *Perception and Psychophysics*, **61**, 1424–1435, 1999.
- 21) J. Theeuwes: Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onset and offsets. *Perception and Psychophysics*, **49**, 83–90, 1991.
- 22) J. Theeuwes: Perceptual selectivity for color and form. *Perception and Psychophysics*, **51**, 599–606, 1992.
- 23) J. Theeuwes: Top-down search strategies cannot override attentional capture. *Psychonomic Bulletin and Review*, **11**, 65–70, 2004.
- 24) T. Ogawa and H. Komatsu: Target selection in area V4 during a multidimensional visual search task. *The Journal of Neuroscience*, **24**, 6371–6382, 2004.
- 25) J. S. Joseph, M. M. Chun and K. Nakayama: Attentional requirements in a 'preattentive' feature search task. *Nature*, **387**, 805–807, 1997.
- 26) K. Nakayama and J. S. Joseph: Attention, pattern recognition, and pop-out in visual search. R. Parasuraman (ed): *Attentive brain*, MA: MIT press, 327–351, 1998.

- 27) B. K. Schmidt, E. Vogel, G. F. Woodman and S. J. Luck: Voluntary and automatic attentional control of visual working memory. *Perception and Psychophysics*, **64**, 754–763, 2002.
- 28) A. Treisman and G. Gelade: A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, **12**, 97–136, 1980.
- 29) D. E. Irwin: Information integration across saccadic eye movements. *Cognitive Psychology*, **23**, 420–456, 1991.
- 30) D. E. Irwin: Memory for position and identity across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **18**, 307–317, 1992.
- 31) E. K. Vogel, G. F. Woodman and S. J. Luck: Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **27**, 92–114, 2001.
- 32) G. Sligte, H. S. Scholte and V. A. F. Lamme: Are there multiple visual short-term memory stores? *PLoS ONE*, **3**, e1699, 2008.
- 33) A. Hollingworth and J. M. Henderson: Sustained change blindness to incremental scene rotation: A dissociation between explicit change detection and visual memory. *Perception and Psychophysics*, **66**, 800–807, 2004.
- 34) D. J. Simons, S. L. Franconeri and R. L. Reimer: Change blindness in the absence of a visual disruption. *Perception*, **29**, 1143–1154, 2000.