慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	チェンジブラインドネスにおける表象の状態
Sub Title	Representations in change blindness
Author	川上, 文人(Kawakami, Fumito) 伊東, 裕司(Itō, Yūji)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2020
Jtitle	哲學 (Philosophy). No.144 (2020. 3) ,p.67- 94
JaLC DOI	
Abstract	We often experience difficulties in finding changes that are made to visual scenes. Studies on visual cognition conducted since the end of the 20th century have focused on this phenomenon, which is known as change blindness, although its mechanisms remain largely unclear. In this study, the accuracy of visual memory for images in change blindness was examined. Participants were presented with images of six line-drawn objects. In each trial, the participants continuously watched two different images that differed by a single component. The images were separated by a black masking image that was inserted between the images. The images were presented for three presentation times: 240 ms, 480 ms, or 960 ms. Results indicated that in the 240 ms the 240 ms condition, the participants could distinguish the first and second images from non-presented distracters, even when they could not detect any changes, whereas they could distinguish only the second image from non-presented distracters in the other conditions. These results indicate that change blindness occurred under the shorter presentation times because participants could not correctly compare the images, even though they had representations of both images. Moreover, the second image might overwrite the representations of the first image under longer presentation conditions. These findings suggest that the cause of change blindness might differ according to the image exposure time.
Notes	特集 : 伊東裕司教授 退職記念号 寄稿論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara

_id=AN00150430-00000144-0067

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

チェンジブラインドネスにおける表象の状態

川上文人*・伊東裕司**

Representations in Change Blindness

Fumito Kawakami and Yuji Ito

We often experience difficulties in finding changes that are made to visual scenes. Studies on visual cognition conducted since the end of the 20th century have focused on this phenomenon, which is known as change blindness, although its mechanisms remain largely unclear. In this study, the accuracy of visual memory for images in change blindness was examined. Participants were presented with images of six line-drawn objects. In each trial, the participants continuously watched two different images that differed by a single component. The images were separated by a black masking image that was inserted between the images. The images were presented for three presentation times: 240 ms, 480 ms, or 960 ms. Results indicated that in the 240 ms condition, the participants could distinguish the first and second images from non-presented distracters, even when they could not detect any changes, whereas they could distinguish only the second image from non-presented distracters in the other conditions. These results indicate that change blindness occurred under the shorter presentation times because participants could not correctly compare the images, even though they had representations of both images. Moreover, the second image might overwrite the representations of the first image under longer pre-

* 中部大学
** 慶應義塾大学

sentation conditions. These findings suggest that the cause of change blindness might differ according to the image exposure time.

序論

日常生活において，身のまわりで起きた事物の変化を見落とすことがしばしばある．友人の髪型や服装が変わっても，感想を求められたり，第三者によってその変化が指摘されたりするまで気づかなかったという経験は多くの人にあるだろう．このような現象は認知心理学の領域で change blindness と呼ばれ，実験による検討がおこなわれている．change blindness という用語には，“変化盲”や“変化の見落とし”といった訳語が使われる場合もあるが，広くもちいられているといえる訳語は存在しないため，本稿では“チェンジブラインドネス”と表記することとする．チェンジブラインドネスについて Simons & Rensink（2005）は通常簡単に気づくであろう複数のシーンの間の変化を見落とすことであり，チェンジブラインドネスの研究は，注意や知覚，意識といったものの理解につながったと説明している．

チェンジブラインドネスは，シーン間にサッケード（例えば，Henderson & Hollingworth, 2003），まばたき，マスク画像，“mudsplash”と呼ばれる画面上に部分的に広がるマスク画像（例えば，Bahrami, 2003），そして何も表示されていないブランク画面を挿入することによって多く観察される．チェンジブラインドネスの研究で最も多くもちいられる方法は，フリッカー法（例えば，Rensink, O'Regan, & Clark, 2000）というものである．フリッカー法とは，元画像と，元画像に変更をくわえた変化画像の間にマスク画像，またはブランク画面を挿入し，短い画像呈示時間で交互に繰り返し呈示するものである．元画像と変化画像の間の違いは通常 1 か所で，画面中の物体の色の変化，位置の変化，向きの変化，出現と消滅，そして背景などの一部における色の変化のうちのどれかである．フリッカー

法では多くの場合，参加者はできる限り速く画像間の変化を検出するように求められ，試行の打ち切りは参加者による反応か，実験者が事前に設定した時間の経過によっておこなう．そのフリッカー法の一種といえるものに，forced choice detection 法というものがある（例えば，Pessoa & Ungerleider, 2004）．この方法では，参加者は画像間の変化の有無を回答する前に，元画像と変化画像の瞬間呈示を1度しかされない．フリッカー法では試行の打ち切りが参加者による反応か，制限時間に依存するため，参加者によって刺激にさらされる時間が異なるが，forced choice detection 法をもちいることにより，シーンが参加者に呈示される時間を完全に制御することが可能となる．この相違点により，フリッカー法では変化検出の指標に反応時間や画像を繰り返した循環数をもちいることが多く，forced choice detection 法では変化検出の正答率をもちいることが多いという特徴がある．

チェンジブラインドネスにかんする研究がおこなわれはじめた時期には，参加者に対して，みているものに変化が生じることを教示せずにおこなう偶発的な変化検出実験が多く実施された．そのなかには，動画のシーンのカットで画面が切り替わる間に変化を生じさせるという手法をもちいたもの（例えば，Angelone, Levin, & Simons, 2003; Simons, 1996）や，モニタを通さず実際に目の前で変化を生じさせる方法をとるものが含まれていた（例えば，Simons & Levin, 1998; Levin, Simons, Angelone, & Chabris, 2002）．Levin & Simons（1997）は，登場人物が1人しかいない短い動画においてカット中に演じていた役者を異なる人物に入れ替えても，参加者がそれに気づかなかったことを示した．さらに，実際に目の前で会話していた人物が途中で他の人物に替わっても，そのことに気づかないことがあることを Simons & Levin（1998）や Levin, Simons, Angelone, & Chabris（2002）が示している．その後は，画像呈示や変化検出課題中の脳活動の変化を探る研究が増加する傾向にある．事象関連電位をもちいた研究（例

えば，Eimer & Mazza, 2005; Fernadez-Duque, Grossi, Thornton, & Neville, 2003; Koivisto & Revonsuo, 2003; Koivisto & Revonsuo, 2005; Niedeggen, Wichmann, & Stoering, 2001; Turatto, Angrilli, Mazza, Umilta, & Driver, 2002）や，機能的磁気共鳴画像法をもちいた研究（例えば，Beck, Rees, Frith, & Lavie, 2001; Huettel, Guzeldere, & McCarthy, 2001; Pessoa & Ungerleider, 2004）もおこなわれた．脳研究にくわえ，チェンジブラインドネスを応用場面にもちいる研究もおこなわれてきている．Jones, Jones, Blundell, & Bruce（2002）は，アルコール依存症や薬物依存症の診断にチェンジブラインドネスの手法が利用できる可能性を示し，Jones, Macphee, Broomfield, Jones, & Espie（2005）も不眠症の人を対象に研究をおこなっている．

このように広がりをみせてきたチェンジブラインドネス研究であるが，条件を細かく操作してチェンジブラインドネスが生じるメカニズムを探る研究は多くなく，いまだに不明な点が残されている．Rensink et al.（2000）は，ブランク画面の呈示時間を延長するほどチェンジブラインドネスが生起しやすく，さらに画像の中で意味的に周辺とされる位置での変化は意味的に中心となる部分での変化に比べて気づかれにくいということを示した．チェンジブラインドネスが生じる理由にかんしては，Simons（2000）が“チェンジブラインドネスの５つの理由”という仮説を提出している．その５つの可能性とは，「上書き」，「第一印象」，「何も貯蔵されていない」，「（すべて貯蔵されているが）何も比較されていない」，そして「特徴の結合」というものである．「上書き」とは最初の画像の表象が，間のブランクや後続の画像の表象により上書きされるという仮説である．２つ目の「第一印象」とは，最初の画像の特徴のみを正確に符号化して，変化画像の詳細を符号化することに失敗している状態である．３つ目の「何も貯蔵されていない」は，知覚したものから引き出された意味的な情報のみが保持され，視覚的な表象は消滅するという考え方である．４つ目の「何も比

較されていない」は，すべて貯蔵されているが，画像の観察者がそれぞれの画像の表象を別々に形成していて，それらの間に相違があることに気づかないとする考え方である．そして最後の「特徴の結合」は，画像のいくつかの特徴は1つめの画像から記憶され，他のいくつかの特徴は2つ目の画像から記憶されるとする考え方で，結果としてでき上がる表象は1枚目の画像とも2枚目の画像とも異なったものになるという仮説である．この「特徴の結合」にかんしては，どちらの画像の表象も部分的ではあるが残っていると考えられる点と，「特徴の結合」により画像の比較に失敗すると言い換えることも可能である点から，本研究では「何も比較されていない」という考え方に含め，扱わないこととする．これらの5つの仮説のうち最も受け入れられているものは「上書き」であり，Becker, Pashler, & Anstis (2000)，Lakha & Wright (2004)，Landman, Spekreijse, & Lamme (2003)，Mäntylä & Sundström (2004)，Tatler (2001) がその可能性を指摘している．

このように「上書き」が生じている可能性は示されているが，Simons (2000) の仮説について比較検討した研究は少ないと思われる．よって本研究の目的は，チェンジブラインドネスが生じたときの表象の状態がどのようなものとなっているかを調べることにより，Simons (2000) による“チェンジブラインドネスの5つの理由”のうちの4つについて比較検討し，チェンジブラインドネスが生じる認知的メカニズムを探ることとした．くわえて，画像呈示時間を操作することがチェンジブラインドネスの生起や，表象の状態に影響をおよぼすものであるか調べることもあわせて目的とする．

全般的な方法

画像　参加者に呈示した画像は，10.84 cm×8.13 cm (12.37°×9.30°) の白い長方形を4×4に分割し，その中に黒で描かれた線画をランダムに6つ

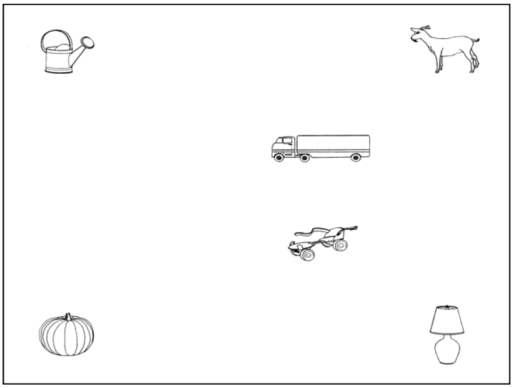

Figure 1.　呈示した画像のサンプル.

配置したものであった．1 枚目に呈示した元画像と，2 枚目に呈示した変化画像，そして画像の瞬間呈示ではもちいなかったディストラクタ画像という 3 種類の画像を 1 つのセットとし，それを 30 セット作成した．元画像，変化画像，そしてディストラクタ画像は，それぞれ 6 つの線画のうち 1 つの線画のみが異なるものであった．線画は Snodgrass & Vanderwart（1980）の標準化された 260 個の線画の中からランダムに，元画像の要素として 180 個，変化画像に 30 個，そしてディストラクタ画像に 30 個選択した．画像のサンプルを Figure 1 に示した.

凝視点は，10.84 cm×8.13 cm（12.37°×9.30°）の白い長方形の中央に黒で 1.40 cm×1.40 cm（1.60°×1.60°）のサイズで呈示した．マスク画像は，10.84 cm×8.13 cm（12.37°×9.30°）の黒い長方形であった．すべての画像はモニタの白い背景上の中央に呈示した.

装置　参加者に対する画像の呈示は，リフレッシュレート 59.926 Hz，解像度 1024×768 pixel の 17”CRT モニタ（MF-8517E, 飯山電機株式会社）でおこなった．モニタは，参加者に対して画像が正面になり，前額平行面で 50 cm の距離になるように配置した．実験の制御と反応の記録は，パー

ソナルコンピュータ（MX3360CN, ピーシーデポコーポレーション）上の，E-Prime Version 1.1 SP3（Psychology Software Tools, Inc.）をもちいておこなった．参加者の手元に置かれた反応箱（200A, Psychology Software Tools, Inc.）には5つのボタンが並んでいたが，実際に参加者が反応に使用したのは一番左と一番右のボタンのみであった．

画像呈示手続き　画像の呈示には，1度の元画像と変化画像の後，参加者に画像間の変化の有無を回答してもらうforced choice detection法をもちいた．画像の瞬間呈示に続いておこなった課題は2つあった．1つは，1枚目の画像と2枚目の画像が同じものであったか異なるものであったかを問う変化検出課題であり，もう1つは1枚目に呈示した画像，または2枚目に呈示した画像と，呈示しなかったディストラクタ画像を左右に並べた画面から1枚目，または2枚目にみた画像を選択する画像弁別課題であった．画像弁別課題画面における元画像，変化画像の大きさは画像の瞬間呈示時と同一で，ディストラクタ画像の大きさもそれらと同じであった．画像弁別課題画面で，正答が左右どちら側に位置するかは50%ずつに配分し，順序はランダムにした．変化検出課題と画像弁別課題はともに二者択一問題で，参加者はどちらも反応箱のボタンを押すことで回答した．参加者には，変化検出課題についてはできるだけ速く正確に反応するように，そして画像弁別課題については答えがわからない場合には直観的に回答するように教示した．1試行の流れは，はじめに凝視点を2000 ms呈示した後，白いブランク画面を1000 ms，元画像を240 msから960 ms，マスク画像を320 ms，変化画像を240 msから960 ms呈示し，変化検出課題，最後に画像弁別課題をおこない，次の試行に移るというものであった．マスク画像の呈示時間は，Rensink et al.（2000）において，元画像と変化画像の間隔が320 msあればチェンジブラインドネスが生起するのに十分であることが確認されていたため，320 msに設定した．1試行の流れをFigure 2に示した．

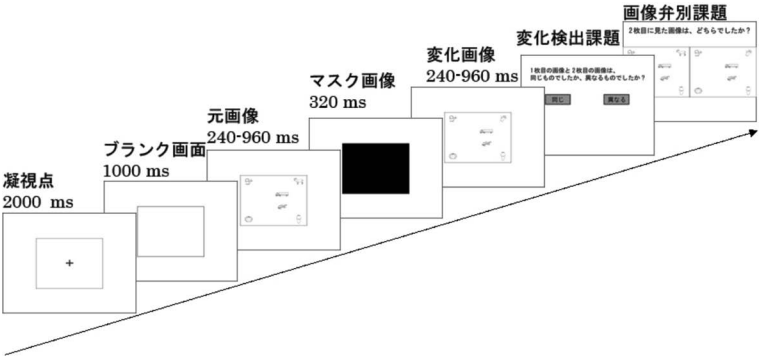

Figure 2.　1 試行の流れ.

実験は 30 試行ずつの 2 ブロックに分かれていた．各ブロックは画像弁別課題の内容によって異なっており，一方は元画像とディストラクタ画像を並べた画面から 1 枚目にみた画像を参加者に選択させる，1 枚目―ディストラクタブロック，もう一方は変化画像とディストラクタ画像を並べた画面から 2 枚目にみた画像を選択させる，2 枚目―ディストラクタブロックであった．各ブロックで瞬間呈示にもちいた画像セットは同一であったが，呈示した順序はランダムであった．どちらのブロックを先におこなうかについては，参加者間でカウンターバランスをとった．参加者がブロック間で混乱することを避けるため，各ブロックの開始前に画像弁別課題にかんする教示と，本試行ではもちいない画像をもちいた 4 試行の練習試行をおこなった.

実験 1

チェンジブラインドネスについて探るためには，参加者が変化に気づかない試行の数をある程度確保する必要がある．そのためには画像呈示時間を短くする方が効率的と思われる．しかし，ある程度の試行において参加者が正答を確信できる条件であった方が，参加者にとっても取り組みやす

く，さらに装置の関係上，あまりにも短い画像呈示時間に設定すると誤差が大きくなる可能性も想定された．そこで実験1では画像呈示時間を，240 ms に設定した．これは，フリッカー法をもちいてチェンジブラインドネスの生起にかんする基礎的な研究をおこなった Rensink, O'Regan, & Clark（1997）や Rensink et al.（2000）の呈示時間を踏襲したものであり，その上どの参加者にも閾上刺激となり，「みた」と意識することができる画像呈示時間であると思われる．

本研究の目的はチェンジブラインドネス条件における参加者の表象の状態を探ることであるため，参加者が変化検出課題に誤答した場合の画像弁別課題の成績が主たる関心事となる．結果の解釈は，Simons（2000）による“チェンジブラインドネスの5つの理由”のうち，本研究で扱う4つに当てはめるかたちでおこなう．まず，2枚目に呈示した画像の表象のみ残っていたと判断される結果であれば，表象の「上書き」が生じていたと考えられる．次に，1枚目に呈示した画像の表象のみ残っていたと判断される結果であれば，「第一印象」によりチェンジブラインドネスが生じたと想定できる．そして，どちらの表象も残っていないと考えられる場合は「何も貯蔵されていない」ため，どちらの表象も残っていたと考えられる場合は「何も比較されていない」ため，チェンジブラインドネスが生じたと判断することが可能である．

よって実験1では，画像呈示時間 240 ms という条件での変化検出の正答率，そして画像弁別の正答率をみることで，Simons（2000）の仮説を絞り込むことを目的とする．くわえて，画像呈示時間の操作を考える指標に，本実験のデータをもちいることとする．

方法

参加者　参加者は20人の大学生，大学院生（女性15人，男性5人）であり，心理学の講義の一貫として実験に参加した．平均年齢は20.3歳，範

囲は19歳から26歳であり，全員裸眼，または矯正視力で正常な視力を有していた．実験開始前に，実験の概要と参加者としての権利が書かれた実験参加同意書に，参加者全員から署名をえた．

手続き　元画像と変化画像の呈示時間はそれぞれ240 msとした．その他，画像，装置，そして画像呈示手続きは，全般的な方法で記した通りであった．

結果と考察

変化検出　変化検出課題の平均正答率は0.416（SD=0.116）であった．よってチェンジブラインドネスの平均生起率はおよそ58%ということになる．この変化検出正答率については比較材料に乏しく，評価することは困難である．この実験と同じ画像呈示時間をもちいたRensink et al.（2000, Exp. 2）は，興味の中心となる部分での変化を検出するのに9回程度，元画像と変化画像の繰り返しをみる必要があったことを示している．その点から考えると，1回の画像呈示でえられた今回の変化検出正答率は高いものであったといえるかも知れない．しかしながら，Rensink et al.（2000）では自然場面の写真，灰色のマスク画像，そして画像呈示を参加者が変化に気づくまでか，60秒が経過するまで続けたことなど，方法論上の相違点が多いことを考慮に入れなくてはならない．

画像弁別　画像弁別課題は1枚目，または2枚目の画像とディストラクタ画像が左右に並んだ画面から1枚目，または2枚目にみた画像を選択するというものであったため，正答となるチャンスレベルは50%であった．そのため1枚目―ディストラクタブロック，2枚目―ディストラクタブロックそれぞれにおける画像弁別の正答率が50%よりも有意に高いか否かをt検定で統計的に分析することによって，元画像と変化画像が表象として残っているかどうかを判断することとなる．

画像弁別課題の正答率は，変化検出課題の結果と実験のブロックによっ

て4種類に分類することができる．4種類の画像弁別正答率とは変化に気づいた試行における1枚目の画像の正答率と2枚目の画像の正答率，そして変化に気づかなかった試行における1枚目の画像と2枚目の画像の正答率である．本研究の主題に深くかかわるのは，チェンジブラインドネスの生起時である変化に気づかなかった試行における2つの正答率である．

変化に気づかなかった試行における1枚目の画像の平均正答率は0.561（SD＝0.097），2枚目の平均正答率は0.572（SD＝0.125）であった．これらの正答率はともにチャンスレベルよりも有意に高いものであった［1枚目：$t(19)=2.836, p<0.05$, 2枚目：$t(19)=2.596, p<0.05$］．この結果はチェンジブラインドネスが生じた場合に，参加者が1枚目にみた画像も2枚目にみた画像も偶然よりも高い確率で，瞬間呈示ではみることのなかった画像と弁別することができていたことを示している．みた画像とみなかった画像との弁別には，みた画像の表象が比較可能な状態で残っていることが必要となる．その点から考えると，チェンジブラインドネスが生じた条件であっても，1枚目に呈示した画像の表象も2枚目に呈示した画像の表象も残っていたということになる．どちらの画像の表象も残っていたとしてもチェンジブラインドネスが生じる可能性として考えられるものは，Simons（2000）の仮説に従うと「すべて貯蔵されているが何も比較されていない」という場合である．56–57％という平均正答率で「すべて貯蔵されている」とすることはできないが，ある程度貯蔵されていたと考えることは可能である．変化を検出することに必要な表象の形式と，みた画像か否かを弁別することに必要な表象の形式は異なるものであるということを示唆する結果である．加えて，56–57％という平均正答率は，およそ40％の試行において元画像の表象も変化画像の表象も残っていない可能性があることを意味している．したがって，「何も比較されていない」ことと「何も貯蔵されていない」ことによって，チェンジブラインドネスが生じたと考えられる．

変化に気づいた試行における1枚目の画像の平均正答率は0.764（SD=0.133），2枚目の平均正答率は0.907（SD=0.097）であり，変化に気づかなかった試行におけるものより高かった．ことに2枚目の画像の正答率は90％を超えており，変化検出時の表象の正確性を示すものであった．そしてt検定の結果，これらの正答率はともにチャンスレベルよりも有意に高かった［1枚目：$t(19)=8.870, p<0.001$, 2枚目：$t(19)=18.661, p<0.001$］．チェンジブラインドネス試行での正答率も2枚目の方が高い傾向はあったが，変化に気づいた試行ではその傾向がより強まった．2枚目の画像がモニタから消えてから画像弁別課題の画面が呈示されるまでには，変化検出課題が挿入されているだけであったが，1枚目の画像にかんしてはその他に，320 msのマスク画像と240 msの変化画像が挿入されていた．画像弁別課題までに，1枚目の画像には2枚目に比べて少なくとも560 msの遅延があったため，そのことが短期的視覚記憶の劣化を招いた可能性がある．

実験2

過去の研究において，チェンジブラインドネスの原因として比較的多く挙げられていたものは「上書き」であり，「何も比較されていない」ことが原因となることを示したものはほとんどないと思われる．実験1の結果は，その画像呈示法に特有のものであった可能性がある．実験2では，画像の呈示時間を操作することでチェンジブラインドネスが生起する原因のさらなる追求をはかった．

実験2における元画像と変化画像の呈示時間は，実験1の倍の480 msに設定した．画像呈示時間を延長することで予測される結果の変化は3点ある．1つは変化検出課題の正答率の向上である．Rensink et al.（2000, Exp. 1）は，画像の連続呈示の前に元画像を8秒間呈示した条件と呈示しなかった条件を比較した結果，差がなかったことを示している．しかし，

参加者が画像を長くみることで変化に気づくだけの詳細な表象を形成することは可能であると思われる．2つ目は，チェンジブラインドネスが生じた条件での「何も貯蔵されていない」と考えられる試行の減少である．1枚目の画像と2枚目の画像の両方，または一方の表象がより詳細なものとなり，画像弁別課題の正答率が向上する可能性がある．そして3つ目は，2つ目の予測に関連するものといえるが，チェンジブラインドネスの原因に変化が生じうるという点である．2枚の画像の表象がともにより詳細なものとなった場合は，「何も比較されていない」という仮説がより強固なものとなり，この予測は覆される．しかし，画像呈示時間の延長により一方の表象のみ堅固なものとなり，それによってもう一方の表象がもろいものとなる可能性がある．この場合，1枚目の表象のみが残る「第一印象」，または2枚目の表象のみが残る「上書き」にチェンジブラインドネスの原因がシフトすることになる．

よって実験2の目的は，画像呈示時間を480 msに延長することにより実験1の結果との比較をおこなうこととする．比較対象は変化検出課題の正答率，そして画像弁別課題における1枚目の画像と2枚目の画像の正答率であった．

方法

参加者　参加者は20人の大学生，大学院生（女性14人，男性6人）であり，心理学の講義の一貫として実験に参加した．平均年齢は21.3歳，範囲は19歳から24歳であり，全員裸眼，または矯正視力で正常な視力を有していた．実験開始前に，実験の概要と参加者としての権利が書かれた実験参加同意書に，参加者全員から署名をえた．

手続き　元画像と変化画像の呈示時間を480 msとしたことを除いて，実験1と同一であった．

結果と考察

変化検出　変化検出課題の平均正答率は 0. 459（SD＝0.163）であった．この正答率が実験 1 の正答率（0.416）よりも大きいものといえるかどうかを一元配置分散分析で検定した結果，その差は有意ではなかった［$F(1, 38)$＝0.936, n.s.］．よって，変化検出について画像呈示時間を 240 ms から 480 ms に延長した効果はなかったといえる．本研究と Rensink et al.（2000）とは，画像の連続呈示の前に元画像を長くみせるという方法をとり，比較の指標としたものも反応時間と連続呈示の循環数であった点以外にも，前述のように方法論上の相違点が多い．しかし，画像を長くみせて画像記憶を定着させることと，変化検出成績との関係を探ったという点では共通しており，その結果として画像を長くみせた効果がなかったという点も一致していた．

画像弁別　実験 1 と同様，画像弁別課題の正答率は，変化検出課題の結果と実験のブロックによって 4 種類に分類することができ，正答となるチャンスレベルは 50％であった．そのため 1 枚目―ディストラクタブロック，2 枚目―ディストラクタブロックそれぞれにおける画像弁別の正答率が 50％よりも有意に高いか否かを t 検定で統計的に分析した．

変化に気づかなかった試行における 1 枚目の画像の平均正答率は 0.508（SD＝0.117），2 枚目の平均正答率は 0.609（SD＝0.148）であった．1 枚目の正答率はチャンスレベルと有意な差はなかった［$t(19)$＝0.296, n.s.］．画像呈示時間が 240 ms であった実験 1 での同条件における平均正答率（0.561）との差について分散分析をおこなった結果，その差は有意なものではなかった［$F(1, 38)$＝2.502, n.s.］．一方，2 枚目にかんしてはチャンスレベルよりも有意に高い正答率であった［$t(19)$＝3.309, p＜0.01］．変化に気づかなかった試行における 2 枚目の画像の正答率について，実験 1 での同じ条件における正答率（0.572）との差について分散分析をおこなった結果，その差は有意ではなかった［$F(1, 38)$＝0.733, n.s.］．

実験1における変化に気づかなかった試行での画像弁別課題正答率との直接的な比較では有意な差がみられなかったが，正答のチャンスレベルとの差をみることによって，実験1と大きく異なる結果がえられた．実験2では，チェンジブラインドネスの状況下で2枚目の画像の正答率のみチャンスレベルを上回っていたため，2枚目の表象のみ残っていたと考えられる．1枚目の表象が残っておらず2枚目のみ残っていたということは，1枚目は2枚目により消されたと考えられ，480 msの画像呈示条件では表象の「上書き」によりチェンジブラインドネスが生じたと思われる．つまり，画像呈示時間の延長によりチェンジブラインドネスの理由にシフトが生じていたことになる．しかし，より高かった2枚目の正答率も0.609であり，実験1と同様，「何も貯蔵されていない」試行もある程度存在したと考える方が妥当である．

実験1との実験手続き上の変更点は，画像呈示時間を240 msから480 msに延長した点のみであった．そのことから考えると，チェンジブラインドネスの理由がシフトした原因は3つ想定される．1つは，画像呈示を延長したことにより2枚目の表象が強固になったというもの，2つ目は1枚目の表象の劣化と2枚目の表象の構築がともに進んだというものである．これら2つは，どちらも「上書き」に結びつく状態といえる．実験1から実験2で1枚目の正答率は0.561から0.508に，2枚目の正答率は0.572から0.609に推移したことをみると，2つ目の考えがより妥当性を帯びてくる．しかし，実験1と実験2の正答率の差はともに有意ではなかったため，断定することは困難である．そして，チェンジブラインドネスの理由がシフトした原因として考えられる3つ目は，1枚目の表象の劣化である．この点に影響するのは，2枚目の画像の呈示時間延長である．それにより，1枚目の画像呈示が終了してから画像弁別課題に答えるまでの時間に，実験1と比較して2枚目の画像にかんしては遅延がないのに対し，1枚目の画像は240 msの遅延が置かれたことになる．この遅延の影響にかんする議論

は，変化に気づいた試行における画像弁別正答率も参考にすべきである．

変化に気づいた試行における1枚目の画像の平均正答率は0.753（SD＝0.122），2枚目の平均正答率は0.932（SD＝0.069）であり，変化に気づかなかった試行におけるものより高かった．そしてt検定の結果，これらの正答率はともにチャンスレベルよりも有意に高かった［1枚目：$t(19)=9.260$, $p<0.001$, 2枚目：$t(19)=27.847$, $p<0.001$］．同条件での実験1における正答率（1枚目：0.764, 2枚目：0.907）との差を分散分析で検定した結果，ともに有意な差はなかった［1枚目：$F(1, 38)=0.072$, n.s., 2枚目：$F(1, 38)=0.895$, n.s.］．

変化に気づいた試行における画像弁別正答率が，実験1と比較して1枚目にかんしては減少，2枚目は向上したがともに微々たるもので有意な差はなかった．このことは，チェンジブラインドネスの理由がシフトした原因の3つ目として挙げた，1枚目の画像にのみ置かれた画像弁別課題までの遅延が大きな影響を持つものではないことを示している．このシフトにかんしては，実験1と実験2の間に画像弁別課題の正答率について統計的に有意な差がえられなかったこともあり決定的な議論はできないが，チェンジブラインドネスの生起メカニズムを探る上で検討すべき点であると思われる．

実験3

実験1から実験2にかけて画像呈示時間を延長したことにより予測された結果の変化として実際に顕在化したものは，チェンジブラインドネスの原因のシフトのみであった．その他に予測された変化として，変化検出課題の正答率は上昇したが統計的に有意な変化ではなく，「何も貯蔵されていない」と考えられる試行も減少したとはいえなかった．そこで実験3では，実験2における画像呈示時間をさらに延長し960 msとして，チェンジブラインドネスの生起メカニズムの検討をはかった．

2枚の画像呈示時間をともに480 msずつ延長することにより予測される，実験2の結果からの変化は3点である．1つは，実験2における予測と同様，変化検出課題の正答率の上昇である．実験1から実験2での呈示時間の延長は240 msであり，実験2から実験3ではより長い延長を施したこと，くわえて実験1と実験2の間にも統計的に有意な差はなかったとはいえ，若干の正答率向上がみられたことから，この予測は非現実的なものではないと思われる．2つ目も実験2での予測と同様，「何も貯蔵されていない」と考えられる試行が減少する可能性がある．3つ目は2つ目の予測に関連して，表象の「上書き」がより顕著なものとなるというものである．2つ目の予測と3つ目の予測は必ずしも連動するものではないが，チェンジブラインドネスが生じた試行における1枚目の画像の正答率が実験2と変わらずチャンスレベルに近い数値であり，くわえて2枚目の正答率が実験2よりもさらに高いものとなった場合にどちらも実現する．2つ目の予測にかんしては，1枚目の画像の正答率のみ急激に上昇した場合と，2枚の画像の正答率がともに大きく上昇した場合にも実現したといえる．

よって実験3の目的は，画像呈示時間を960 msに延長することにより実験1，実験2の結果との比較をおこなうこととする．比較対象は変化検出課題の正答率，そして画像弁別課題における1枚目の画像と2枚目の画像の正答率であった．

方法

参加者　参加者は20人の大学生，大学院生（女性14人，男性6人）であり，心理学の講義の一貫として実験に参加した．平均年齢は21.2歳，範囲は19歳から28歳であり，全員裸眼，または矯正視力で正常な視力を有していた．実験開始前に，実験の概要と参加者としての権利が書かれた実験参加同意書に，参加者全員から署名をえた．

手続き　元画像と変化画像の呈示時間を960 msとしたことを除いて，実

験 1，実験 2 と同一であった．

結果と考察

変化検出　変化検出課題の平均正答率は 0.594（SD＝0.112）であった．変化検出正答率を実験 1（0.416），実験 2（0.459）と比較するため分散分析をおこなった．分散分析で主効果が有意であったため［$F(2, 57)=9.897$, $p<0.001$］，シェフェ法による多重比較をおこなった結果，実験 1 と実験 3 の間と実験 2 と実験 3 の間に変化検出正答率にかんする有意な差がみられた（実験 1 と実験 3：$p<0.001$，実験 2 と実験 3：$p=0.006$）．実験 1 から実験 3 の変化検出正答率をまとめたものを，Figure 3 に示した．

実験 3 の結果は，画像呈示時間を 960 ms に延長することが変化検出を容易にさせることを示している．元画像を連続呈示よりも先に 8 秒間呈示した Rensink et al.（2000）の結果とは異なるものである．この相違が生じた理由として考えられるものは 2 点ある．1 つは先行呈示よりも画像呈示の延長の方が，変化検出を促進する効果を持つというものである．彼らの画像呈示法では，8 秒間の元画像先行呈示後の連続呈示時間は 240 ms のままであった．元画像と変化画像の間に挿入されるブランク画面の長さを操作した研究は存在するが（例として Rensink et al., 2000），本研究のよ

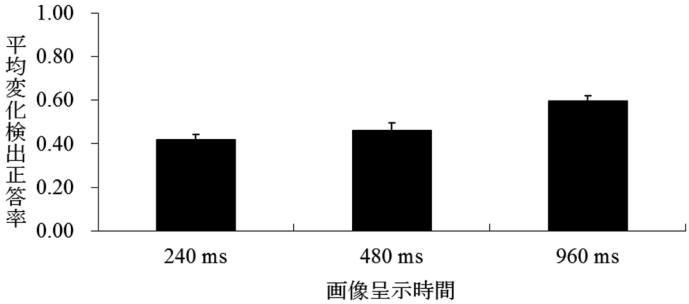

Figure 3.　画像呈示時間ごとの平均変化検出正答率と標準誤差.

うに画像呈示時間を操作した研究はほとんどないと思われるため，その効果がどの程度一般化できるものであるのか断定することは困難である．さらに先行呈示と画像呈示延長を組み合わせることで，より変化検出を促進することも考えられる．本研究の方法に先行呈示をくわえた実験をおこなう価値はあるかもしれない．Rensink et al.（2000）との相違が生じた理由として考えられる2つ目は，もちいた画像の複雑さが大きく異なる点である．彼らのもちいた画像は自然場面を写した写真であり，どの部分に変化が生じるか見当のつかないものであった．それに対して，本研究では線画による人工画像であったことで参加者が注意を向けるべき部分が限定されており，画像呈示時間延長の効果が生じやすかった可能性がある．この議論を決着させることは本研究では不可能であり，さらならなる研究が必要である．

画像弁別　実験1，実験2と同様，画像弁別課題の正答率は，変化検出課題の結果と実験のブロックによって4種類に分類することができ，正答となるチャンスレベルは50％であった．そのため1枚目―ディストラクタブロック，2枚目―ディストラクタブロックそれぞれにおける画像弁別の正答率が50％よりも有意に高いか否かを t 検定で統計的に分析した．

変化に気づかなかった試行における1枚目の画像の平均正答率は0.563（SD=0.158），2枚目の平均正答率は0.702（SD=0.154）であった．1枚目の正答率はチャンスレベルと有意な差はなかった［$t(19)=1.779$, n.s.］．画像呈示時間が240 msであった実験1, 480 msであった実験2での同条件における平均正答率（実験1：0.561，実験2：0.508）との差について分散分析をおこなった結果，その差は有意なものではなかった［$F(2, 57)=1.234$, n.s.］．一方，2枚目にかんしてはチャンスレベルよりも有意に高い正答率であった［$t(19)=5.868$, $p<0.001$］．変化に気づかなかった試行における2枚目の画像の正答率について，実験1での同じ条件における正答率（0.572）と実験2での正答率（0.609）との差について分散分析をおこなった結果，

主効果が有意であった［$F(2, 57)=4.391$, $p=0.017$］．さらにシェフェ法による多重比較をおこなった結果，実験1と実験3の間にのみ画像検出正答率にかんする有意な差がみられた（$p=0.015$）．変化に気づかなかった試行における実験1から実験3の画像弁別正答率を，Figure 4に示した．

この変化に気づかなかった試行における画像弁別課題の結果は，実験2と同様に2枚目の画像の表象のみ残っていたと考えられるものであったため，画像呈示時間960 msでも「上書き」がチェンジブラインドネスの原因であったことを示すものである．さらに，この結果は我々の2つの予測とある程度整合しているといえる．まず，「何も貯蔵されていない」と思われる試行の減少にかんして，2枚目の画像の弁別正答率が70%を超え，実験1におけるもの（0.572）よりも有意に高くなったことを根拠に，予測と一致したといえると考えられる．それでもまだ30%前後のチェンジブラインドネス試行において，「何も貯蔵されていない」状況が存在すると考えられる．画像呈示時間をさらに延長することでより減少していく可能性はあるが，呈示延長により変化検出正答率も上昇しチェンジブラインドネス試行そのものが減少すると予測され，完全に「何も貯蔵されていない」試行がなくなる条件を探ることは困難であると思われる．次に，画像呈示

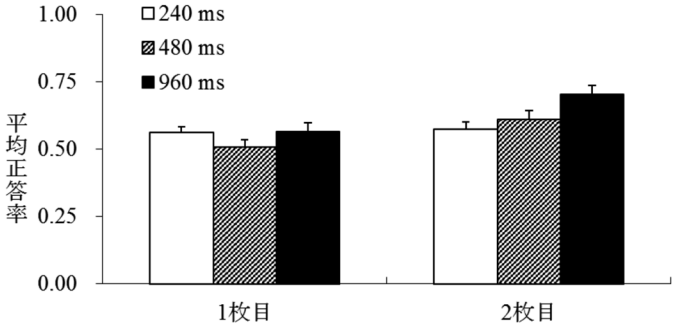

Figure 4.　変化に気づかなかった試行における各画像呈示時間での1枚目平均正答率，2枚目平均正答率，標準誤差．

を延長することでチェンジブラインドネス条件下での表象の「上書き」が促進するという予測にかんしては，判断が簡単ではない．その予測と一致するといえる理想的な結果は，1枚目の正答率は実験2におけるもの（0.508）とほぼ変わらず，2枚目の正答率のみ上昇するというものであった．しかし実際には，2枚目の正答率については予測通りであったが，1枚目にかんしては本研究において最も高い正答率（0.563）となり，予測と完全に一致したとはいえない．とはいっても，この1枚目の正答率の上昇は統計的に有意なものではなく，2枚目の正答率は予測通りの上昇をみせたため，ある程度「上書き」の促進があったといえると考えられる．

変化に気づいた試行における1枚目の画像の平均正答率は0.783（SD＝0.113），2枚目の平均正答率は0.889（SD＝0.104）であった．そしてt検定の結果，これらの正答率はともにチャンスレベルよりも有意に高かった［1枚目：$t(19)=11.202, p<0.001$，2枚目：$t(19)=16.726, p<0.001$］．同条件での実験1と実験2における正答率（実験1：1枚目；0.764，2枚目；0.907，実験2：1枚目；0.753，2枚目；0.932），との差を分散分析で検定した結果，ともに有意な差はなかった［1枚目：$F(2, 57)=0.302$, n.s.，2枚目：$F(2, 57)=1.123$, n.s.］．実験1から実験3の変化に気づいた試行における画像弁別正答率を，Figure 5に示した．

変化に気づいた試行における画像弁別正答率は，本研究を通して大きな変化がなかった．1枚目の画像の正答率は75％前後で，2枚目の正答率は90％前後で推移していた．2枚目の正答率にかんしては，天井効果が生じていたといえるかもしれない．1枚目の画像にのみ置かれた画像弁別課題までの遅延は，画像呈示時間を延長するに従い長くなり，実験1から実験2にかけては240 ms，実験2から実験3にかけては480 msとなった．しかし1枚目の正答率はFigure 5からも明らかなように，統計的に有意な差はないが実験3において最も高い値となった．このことは，画像弁別課題までの遅延が大きな影響を持つものではないことを意味している．最後

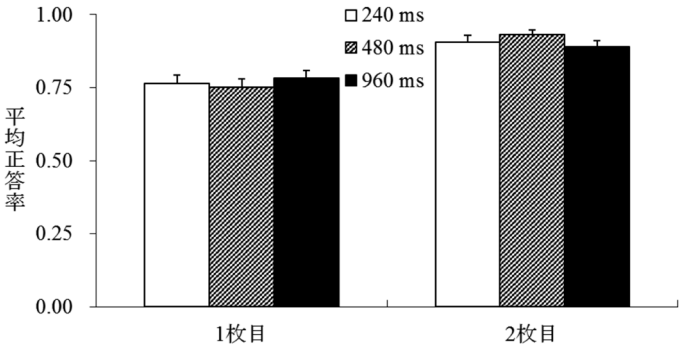

Figure 5.　変化に気づいた試行における各画像呈示時間での１枚目平均正答率，２枚目平均正答率，標準誤差.

Table 1　画像呈示時間ごとの変化検出平均正答率，１枚目平均正答率，２枚目平均正答率，各標準偏差

画像呈示時間	変化検出正答率	標準偏差	変化に気づかなかった試行				変化に気づいた試行			
			１枚目正答率	標準偏差	２枚目正答率	標準偏差	１枚目正答率	標準偏差	２枚目正答率	標準偏差
240 ms	0.416	0.116	0.561	0.097	0.572	0.125	0.764	0.133	0.907	0.097
480 ms	0.459	0.163	0.508	0.117	0.609	0.148	0.753	0.122	0.932	0.069
960 ms	0.594	0.112	0.563	0.158	0.702	0.154	0.783	0.113	0.889	0.104

に実験１から実験３までの，変化検出課題と画像弁別課題の平均正答率と標準誤差をまとめたものを，Table 1 に示した.

総合考察

本研究の目的は，チェンジブラインドネスが生じた時の表象の状態がどのようなものとなっているかを調べることにより，Simons（2000）による“チェンジブラインドネスの５つの理由”のうちの４つについて比較検討し，チェンジブラインドネスが生じる認知的メカニズムを探ることであった．くわえて，画像呈示時間を操作することがチェンジブラインドネスの

生起や，表象の状態に影響を及ぼすものであるか調べることも併せて目的とした．その結果，画像呈示時間を延長することで変化検出が容易になりチェンジブラインドネスが減少すること，そして画像呈示時間によってチェンジブラインドネス時の表象の状態が異なり，その現象の生じる理由が変化することがわかった．

はじめに画像呈示時間とチェンジブラインドネスの生起との関係について，変化検出課題の正答率の推移が明らかにしている（Figure 3 と Table 1 を参照）．変化検出正答率は，1-チェンジブラインドネス生起率であり，その増加はチェンジブラインドネス生起率の減少を意味する．画像呈示時間 240 ms 条件では変化検出正答率は 0.416 で，480 ms 条件では 0.459 であった．この推移は統計的に有意な増加ではなかった．しかし，画像呈示時間をさらに延長し，960 ms とした条件で 0.594 に大きく増加した．480 ms 条件と 960 ms 条件との間に表れた変化検出正答率のギャップについては，中間にあたる画像呈示時間 720 ms 条件でのデータがないため，これが正答率の急激な増加によるものなのか，段階的な増加によるものなのか判断できない．そのため画像呈示時間を中心に置いた議論はできない．

それでも画像呈示時間の延長により，画像の変化検出にかかわる認知的情報処理の効率性に何らかの影響が生じている可能性について考えることは可能である．Rensink et al.（2000）での先行呈示が変化検出を速める効果がなかったという結果との齟齬を手がかりにすると，本研究と彼らの研究との方法論上の相違点が重要となってくる．1 つの相違点は，参加者に呈示した画像の複雑さである．Rensink et al.（2000）の画像は自然場面の写真であり，すべてを記憶することのできる類のものではなかった．それに対して，我々の画像は 6 つの線画を配置したもので，配置法はランダムであったものの変化が起こりうる位置を特定することが可能であり，注意を向ける対象を限定できるものであった．本研究で最も長い画像呈示条は 960 ms であり，さすがに 6 つの線画をすべて記憶するのは困難であった

と考えられるが不可能ではないと思われる．もう1つの相違点は，本研究の線画がそれぞれ意味のあるものを表現しており言語的に情報処理することが，自然場面の写真に比べて容易であった点である．言語的な処理とは，例えば「右上のラクダのようなものがペンに変わった」という処理法である．このような処理は時間があればあるほど，容易になると考えられる．このように，注意の対象が限定的で言語的処理が容易であった本研究の画像が，呈示時間の延長による変化検出の促進を招いたと考えられる．画像の複雑さについては，自然場面と人工画像は次元が異なると考えるべきかもしれない．なぜなら，今回のような人工画像で複雑さを増加させるには線画の数を増やすという方法が簡便であるが，それでは変化検出促進の時間軸がずれるだけであると想定されるためである．一方，言語的処理については，画像呈示中に参加者に発声させること（例えば，一定のリズムで「ダ，ダ，ダ」と言わせるというもの）により排除する方法が考えられる．発声により，画像呈示時間の延長効果が薄れる，またはなくなる可能性がある．

本研究でみいだされたことの2点目であり，そして最も強調すべき発見は，画像呈示時間によってチェンジブラインドネス時の表象の状態が異なり，その現象の生じる理由が変化したことである．過去の研究でチェンジブラインドネスが生じる理由について探ることを目的とした研究は少なく，さらにそれが変動するものであることを示したものはほとんどないと思われる．本研究において画像呈示時間が最も短い条件であった240 ms条件では，チェンジブラインドネス時に1枚目に呈示した画像の表象も2枚目の表象も残っていたと考えられる画像弁別正答率がえられた．どちらの画像も覚えているにもかかわらず変化に気づかないということは，それらの表象を見比べることができていない，すなわち「何も比較されていない」状態が生じていたと考えられる．おそらく240 msという時間では，瞬間呈示された2つの画像を比較する形式の表象を作り上げることが困難で

あったのだと思われる．それに対し，画像呈示時間を480 msに延長した条件では，1枚目の画像の表象は残っておらず，2枚目のみ残っていたことを示す結果となった．これは，表象の「上書き」がチェンジブラインドネスの原因となっていたことを意味している．そして同様の状態は，960 ms条件にも引き継がれた．後続する情報が記憶に影響を及ぼす例は，Loftus（1975）の事後情報効果の研究でも明らかになっている．ヒトはそもそも後続情報から多くの情報をえる認知メカニズムを持っているとすれば，「上書き」が自然な結果なのかもしれない．見方を変えると，どちらの表象もある程度残っていたと思われる240 ms条件は，画像呈示があまりにも短すぎ，どちらの表象も中途半端なものであったことが変化を見落とした原因であったとも考えられる．さらに，後続情報から多くの情報をえやすいという想定は，変化に気づいた試行でも2枚目の画像弁別正答率の方が1枚目と比較して良かったこととも矛盾しない．

最後に本研究の結果から想定される，チェンジブラインドネスが生じる理由と画像呈示時間の関係についての仮説を図式化したものを，Figure 6に示した．Figure 6中において，画像呈示時間軸上の垂直線は，左から240 ms, 480 ms，そして960 msを示している．「何も比較されていない」から「上書き」へのシフトがどの時点で生じるのか，そして「何も貯蔵さ

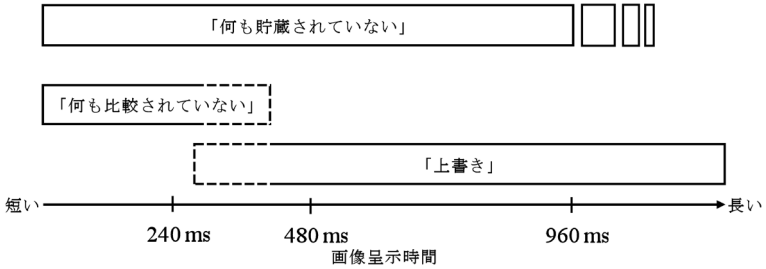

Figure 6.　画像呈示時間とチェンジブラインドネスにおける表象の状態との関係の模式図.

れていない」状態がなくなりえるのかは本研究では断定できないため，不明瞭な表し方になっている．それらの点を含め，いまだにチェンジブラインドネスという現象には謎が残されている．今後，応用的研究のみならず，この現象自体を解明する研究が増えることを期待している．それは視覚的短期記憶というより大きな領域の探求につながるプロジェクトとなるだろう．

引用文献

Angelone, B. L., Levin, D. T., & Simons, D. J. (2003). The relationship between change detection and recognition of centrally attended objects in motion pictures. *Perception, 32*, 947–962.

Bahrami, B. (2003). Object property encoding and change blindness in multiple object tracking. *Visual Cognition, 10*, 949–963.

Beck, D. M., Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (2001). Neural correlates of change detection and change blindness. *Nature Neuroscience, 4*, 645–650.

Becker, M. W., Pashler, H., & Anstis, S. M. (2000). The role of iconic memory in change-detection tasks. *Perception, 29*, 273–286.

Eimer, M., & Mazza, V. (2005). Electrophysiological correlates of change detection. *Psychophysiology, 42*, 328–342.

Fernadez-Duque, D., Grossi, G., Thornton, I. M., & Neville, H. J. (2003). Representation of change: Separate electrophysiological markers of attention, awareness, and implicit processing. *Journal of Cognitive Neuroscience, 15*, 491–507.

Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (2003). Global transsaccadic change blindness during scene perception. *Psychological Science, 14*, 493–497.

Huettel, S. A., Guzeldere, G., & McCarthy, G. (2001). Dissociating the neural mechanisms of visual attention in change detection using functional MRI. *Journal of Cognitive Neuroscience, 13*, 1006–1018.

Jones, B. C., Jones, B. T., Blundell, L., & Bruce, G. (2002). Social users of alcohol and cannabis who detect substance-related changes in a change blindness paradigm report higher levels of use than those detecting substance-neutral changes. *Psychopharmacology, 165*, 93–96.

Jones, B. T., Macphee, L. M., Broomfield, N. M., Jones, B. C., & Espie, C. A. (2005).

Sleep-Related Attentional Bias in Good, Moderate, and Poor (Primary Insomnia) Sleepers. *Journal of Abnormal Psychology, 114*, 249–258.

Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2003). An ERP study of change detection, change blindness, and visual awareness. *Psychophysiology, 40*, 423–429.

Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2005). Prechange event-related potentials predict change blindness in various attention conditions. *Neuroreport: For Rapid Communication of Neuroscience Research, 16*, 869–873.

Lakha, L., & Wright, M. J. (2004). Capacity limitations of visual memory in two-interval comparison of Gabor arrays. *Vision Research, 44*, 1707–1716.

Landman, R., Spekreijse, H., & Lamme, V. A. F. (2003). Large capacity storage of integrated objects before change blindness. *Vision Research, 43*, 149–164.

Levin, D. T., & Simons, D. J. (1997). Failure to detect changes to attended objects in motion pictures. *Psychonomic Bulletin and Review, 4*, 501–506.

Levin, D. T., Simons, D. J., Angelone, B. L., & Chabris, C. F. (2002). Memory for centrally attended changing objects in an incidental real-world change detection paradigm. *British Journal of Psychology, 93*, 289–302.

Loftus, E. (1975). Leading questions and the eyewitness report. *Cognitive Psychology, 7*, 550–572.

Mäntylä, T., & Sundström, A. (2004). Changing scenes: Memory for naturalistic events following change blindness. *Memory, 12,* 696–706.

Niedeggen, M., Wichmann, P., & Stoering, P. (2001). Change blindness and time to consciousness. *European Journal of Neuroscience, 14*, 1719–1726.

Niedeggen, M., Wichmann, P., & Stoering, P. (2001). Change blindness and time to consciousness. *European Journal of Neuroscience, 14*, 1719–1726.

Pessoa, L., & Ungerleider, L. G. (2004). Neural correlates of change detection and change blindness in a working memory task. *Cerebral Cortex, 12*, 511–520.

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.

Simons, D. J. (1996). In sight, out of mind: When object representations fail. *Psychological Science, 7*, 301–305.

Simons, D. J. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition, 7*, 1–15.

Simons, D. J., & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a

real-world interaction. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5, 644–649.

Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: Past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences, 9*, 16–20.

Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A Standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 6*, 174–215.

Tatler, B. W. (2001). Characterising the visual buffer: Real-world evidence for over writing early in each fixation. *Perception, 30*, 993–1006.

Turatto, M., Angrilli, A., Mazza, V., Umilta, C., & Driver, J. (2002). Looking without seeing the background change: electrophysiological correlates of change detection versus change blindness. *Cognition, 84*, B1–B10.