

妨害刺激の特徴が拡張現実使用時の変化の見落としに与える影響

伝保 昭彦^{*1}, 篠原 一光^{*2}

The Characteristics of a Distractor Influences Change blindness in Augmented Reality

Akihiko DEMPO^{*1}, Kazumitsu SHINOHARA^{*2}

ABSTRACT : A previous study demonstrated that change blindness could be avoided when a gray monotonous distractor is presented monocularly. This result might be because the distractor was not perceived in a monocular presentation. Hence, change blindness when a more perceivable distractor was presented was investigated. We conducted the flicker paradigm task and then the distractor was presented binocularly and monocularly. The distractor was a Mondrian stimulus that had various colors and numerous edges. We manipulated the luminance of the Mondrian distractor because it was supposed that a higher luminance distractor became more perceivable even in the monocular condition. As a result, change blindness occurred even when the distractor was presented monocularly. Moreover, the higher the luminance of the Mondrian stimulus became, the more frequently change blindness occurred both in the binocular and monocular conditions. However, more alternations were needed to detect the change in the binocular condition. These results revealed that change blindness might require perception of the distractor, and even though change blindness occurred in the monocular condition, participants could detect the change earlier compared with in the binocular condition.

Keywords : augmented reality, change blindness, monocular presentation

(Received Dec. 25, 2020)

1. はじめに

二つの画像が連続的に提示される際、間に妨害刺激が挿入されると、画像間で発生した変化に気づきにくくなる現象のことを変化の見落とし (Change blindness) という。一般的に、妨害刺激が挿入されなければ、そのような変化は容易に検出することができる。このような状況における変化の検出には、変化した部分が視界内にあるだけでは不十分であり、変化する瞬間に視覚的注意が変化位置に向けられていなければならないとされている。変化の見落としは頑健な現象であり、実験室実験だけでなく、より現実的な状況でも発生することが知られてい

る²⁾。場合によっては、変化の見落としは致命的な結果を引き起こし得る。

近年目覚ましい発展を遂げている情報提供機器の使用時においても、変化の見落としは問題となり得るため、より多くの検討が必要となっている。そのような情報提供技術の一つとして拡張現実 (Augmented reality: AR) が挙げられる。ARとは、現実世界に直接情報を重畳して提示する技術の総称である³⁾。例えば、進行方向を示す矢印の3D画像をドライバーの視界内に直接提示する方法が挙げられる。ARによって情報を提供することで、従来型のカーナビゲーションシステムなどよりも直感的かつ容易に情報を理解できるようになる。更に、ユーザーは道路から目を離して車内のディスプレイを見る必要がなくなるため、安全性が向上すると期待されている。

このようにARには様々な利点がある一方で、変化の見落としを発生させかねないという問題がある。変化の見

*1 : 理工学部システムデザイン学科助教
(akihiko-demipo@st.seikei.ac.jp)

*2 : 大阪大学大学院人間科学研究科教授

落としを発生させる典型的な方法として、フリッカー法⁴⁾が知られている。フリッカー法では、元画像とその一部を修正した画像を交互に連続して提示する。その際、画像が切り替わるときに妨害刺激が挿入される。妨害刺激は画像全体を覆っていても、覆っていなくてもよく、変化する位置が見えていてもよい。フリッカー法では変化の見落としが顕著に発生し、繰り返し画像を切り替え続けても、1分以上変化に気づけないこともある。このような状況は、ARの実際の使用場面と類似点がある。例えば、自動車の運転時にナビゲーションのためにARを使用するという状況を想定する。この場合、ARとして与えられる像（AR像）が提示された瞬間に、子どもが脇道から飛び出してくるということがあり得る。このような状況では、ARの情報が妨害刺激として働くことで、重要な変化である子どもの出現を見逃し、致命的な事故を引き起こしかねないということが分かる。

このように、AR使用時における変化の見落としは安全に関する問題となり得る。先行研究⁵⁾では、ARが提示されているときの変化の見落としについて、フリッカー法を用いて検討されている。この研究においては、妨害刺激として半透明の灰色のAR像が元画像および修正画像全体を覆うように提示された。また、ARの妨害刺激は両眼または単眼に提示され、明るさは高中低の三段階に設定された。その結果、両眼にAR像が提示される条件（両眼条件）では変化の見落としが発生した。更に、AR像が明るいときにはより変化の見落としが発生しやすくなった。一方、単眼にAR像が提示される条件（単眼条件）においては、どの明るさであっても変化の見落としは発生しなかった。このことから、先行研究⁵⁾では単眼提示によって変化の見落としは回避できると主張されている。

しかし、これらの結果は妨害刺激であるAR像が灰色の単調な刺激であったためである可能性がある。それぞれの目に大きく異なる画像が提示された場合、一方の画像が優勢となって知覚され、もう一方の画像は抑制されることが知られている。また、どちらが知覚的に優勢となるかは時間ごとに変化し続ける。この継続的な知覚交替現象は両眼視野闘争（Binocular rivalry）と呼ばれている^{6,7)}。両眼視野闘争において、どちらの目に与えられた刺激が優勢になるかは、刺激自体の特徴の影響を受けるとされている。一般的に、低コントラスト、低輝度、静的な刺激よりも高コントラスト、高輝度、動的な刺激は優勢になりやすい。すなわち、より強度の高い刺激の方が優勢になりやすいと言える。このような両眼視野闘争の特徴を考慮すると、灰色の様なARの妨害刺激は、単眼条件において弱すぎて優勢とならず、知覚されなかった

可能性がある。

そこで本研究では、先行研究⁵⁾と同じ方法を使用して、妨害刺激の特徴がAR使用時の変化の見落としに与える影響について検討した。先行研究⁵⁾よりも強度の高い刺激として、モンドリアン様のパターンを持つ刺激（モンドリアン刺激）を使用した。モンドリアン刺激とは様々な大きさと色からなる四角形を複数個組み合わせで出来上がった四角形のことである^{8,9)}。非常に刺激強度が高いため、モンドリアン刺激が一方の眼に提示された場合、もう一方の眼に提示された画像は意識に上りにくくなることが知られている。

しかし、モンドリアン刺激の輝度が低い場合は、もう一方の眼に提示された画像が優勢となることもある。そこで、先行研究⁵⁾と同様、モンドリアン刺激の輝度も実験の要因とすることとした。

本研究においては以下の通り、二つの仮説を立てた。第一に、先行研究⁵⁾と異なり、本研究においては両眼条件・単眼条件のいずれにおいてもARの妨害刺激は知覚されるため、変化の見落としは発生すると考えられる。第二に、ARの妨害刺激の輝度が高くなるほど変化の見落としは発生しやすくなるという仮説を立てた。このことについて、本研究では単眼条件においてもARの妨害刺激は知覚されると仮定しているため、両眼条件・単眼条件のいずれにおいても変化の見落としは輝度の影響を受けると考えられる。

以上の二つの仮説について検討するため、AR像のモンドリアン刺激が提示される際に、両眼条件と単眼条件で変化の見落としがどのように異なるかを検討した。また、それぞれの条件で変化の見落としが発生していることを確認するために、モンドリアン刺激が提示されず、変化の見落としが発生しないと考えられる条件（提示なし条件）を設定し、両眼条件および単眼条件の結果と比較した。

2. 方法

本実験の手続きおよび元画像と修正画像のペアは先行研究⁵⁾ (main experiment) と同一であった。妨害刺激のみが異なっており、本研究ではモンドリアン刺激を使用した。

本実験は大阪大学大学院人間科学研究科行動学系研究倫理委員会の承認を受けた。実験を開始する前に全ての実験参加者に十分な説明を行い、書面によりインフォームドコンセントを取得した。

2. 1 実験参加者

大阪大学に所属する学生 14 名および人材派遣会社により集められた 25 名が実験に参加した。視力および色覚の問題により、3 名の実験参加者を除外し、36 名分のデータを使用して分析を行った。

両眼条件、単眼条件および提示なし条件の 3 つの条件にそれぞれ 12 名ずつが割り当てられた。実験参加者数は先行研究⁵⁾に基づいて決定した。両眼条件では、実験参加者は 6 名が男性、6 名が女性であり、平均年齢は 22.75 ($SD=3.09$) 歳であった。単眼条件では、実験参加者は 5 名が男性、7 名が女性であり、平均年齢は 23.08 ($SD=3.38$) 歳であった。提示なし条件では、実験参加者は 6 名が男性、6 名が女性であり、平均年齢は 22.83 ($SD=1.82$) 歳であった。全ての実験参加者が裸眼または矯正で正常な視力を有していた (最低でも両眼の視力が 0.7 以上)。また、石原式色覚検査表 II (24 表) を使用して、全ての実験参加者が正常な色覚を有していることを確認した。

2. 2 実験装置

実験装置として、偏光装置 (シグマ光機、PH-50)、ハーフミラー、ペンタプレートモニター (WACOM、Cintiq22HD、解像度は 1680×1050)、液晶ディスプレイ (三菱電機、RDT235WX (BK)、AX220 モデル、解像度は 1920×1080)、パーソナルコンピュータ (マウスコンピューター、m-Book P500X1-M2SH2、OSはWindows 10)、マウス (ELECOM、M-BL09DB) を使用した。図 1 に実験装置の配置を示した。刺激の提示および反応の取得のためのプログラムは Microsoft Visual Studio Community 2015 を使用して作成した。

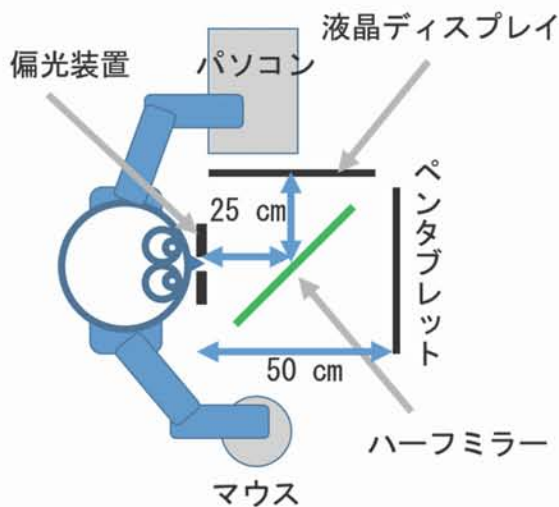


図 1 実験装置の配置

(Kitamura et al., 2019, p.5, Figure 1 を元に作成。)

2. 3 刺激

36 対の元画像および修正画像を使用した。それぞれの画像は生物を含まない現実風景の写真であった。画像の大きさは縦 9.2cm、横 13.6 cm (視角にして $10.5^\circ \times 15.5^\circ$) であった。妨害刺激は AR 像としてモンドリアン刺激が提示された。モンドリアン刺激の大きさはこれらの画像と同じ大きさであり、画像全体を丁度覆うように提示された。ただし、モンドリアン刺激は半透明であったため、実験参加者はモンドリアン刺激を透過して元画像および修正画像をある程度観察することができた。モンドリアン刺激は様々な色から構成されているため、輝度条件を RGB 値によって定義した。例えば、もしモンドリアン刺激のある部分の RGB 値が低輝度条件において [32, 51, 18] だったとすると、モンドリアン刺激の同じ場所の RGB 値は、中輝度条件において [64, 102, 36]、高輝度条件において [128, 204, 72] となるように設定した。このように、低輝度条件を基準とすると、中輝度条件では RGB 値は 2 倍、高輝度条件では 4 倍となるようにした。モンドリアン刺激を構成している四角形は全ての輝度条件で同じであったため、全ての試行において、同じモンドリアン刺激が提示された。

2. 4 手続き

手続きは典型的なフリッカー法に従った。ただし、元画像と修正画像の間に妨害刺激を挿入する代わりに、AR 像のモンドリアン刺激が提示された。

初めに「Ready?」の文字がペンタプレートモニターの中央部に提示された。実験参加者がテンキーの 5 を押下すると、固視点として十字記号が 500 ms 提示され、続いて元画像と修正画像が 1000 ms ずつ提示された。両眼条件と単眼条件においては、元画像と修正画像が提示され始めるのと同時に、妨害刺激としてモンドリアン刺激が 250 ms 提示された。提示なし条件においては、モンドリアン刺激は提示されなかった。元画像と修正画像は、実験参加者が変化を発見し、キーを押して反応するまで交互に繰り返し提示された。画像提示開始から 60 秒が経過しても反応がなかった場合、変化を見つけないことができなかったものとして、画像の提示は終了した。実験参加者がキーを押すか、画像の提示開始から 60 秒が経過した後、全ての刺激が画面から消え、変化したと思う場所をクリックするように教示する文が提示された。その後テンキーの 5 を押すと元画像が提示され、実験参加者は変化したと思う場所をクリックした。わからない場合は適当な場所をクリックするように教示した。この手続きは実験参加者が正しく変化を検出できていたかどうか

を確認するために行った。クリック後、実験参加者には「変化したものや場所はどれくらい目立っていましたか?」と「変化したものや場所が変化するとどれくらい予測していましたか?」という二つの質問文が提示された。実験参加者はそれぞれの質問文の下側に提示されているスライダーを使って、1(ほとんど目立たなかった/予測していなかった)から7(非常に目立っていた/予測していた)までの数字で質問に対して回答した。実験参加者が回答した後、質問文の下側にあるボタンをクリックすると、その試行は終了し、次の試行が開始した。

ARのモンドリアン刺激はハーフミラーおよび液晶ディスプレイによって提示された。偏光装置を回転させることで、AR像であるモンドリアン刺激を実験参加者の両眼に提示するか、単眼のみに提示するかを操作した。提示なし条件では、モンドリアン刺激は提示されなかったため、実験参加者は変化を直接的に観察することができた。両眼条件と単眼条件では、高中低の3つのモンドリアン刺激の輝度条件に12対の画像がそれぞれ割り当てられた。どの順番で提示されるかはランダムであった。また、各輝度条件にどの12対の画像が割り当てられるかは、実験参加者ごとにカウンタバランスを取った。提示なし条件では、モンドリアン刺激は提示されなかったため、輝度条件は存在しなかった。そのため、36対の画像の全てが妨害されない状態で提示された。

本試行を開始する前に、3回の練習試行を行った。

2.5 実験計画

実験参加者一人あたり、輝度条件(3条件:高、中、低)×繰り返し12回の合計36試行を行った。観察条件(3条件:両眼、単眼、提示なし)は実験参加者間計画であった。

反応時間は画像が提示され始めてからテンキーの5を押すまでの時間とした。反応後の二つの質問文に対する回答を主観的な顕著性と予測性として記録した。

3. 結果

3.1 変化回数

取得した反応時間のデータに基づいて、画像の提示開始から実験参加者がキーを押して反応するまでに何回画像が変化したかを算出した。1000ms経過するごとに変化が1回あったものとし、例えば反応時間が1000ms以上2000ms未満の試行は変化回数1、2000ms以上3000ms未満の試行は変化回数2のように変換した。反応時間が最初に変化が発生するより前の1000ms未満の場合、または画像提示終了後の60,000ms以上の場合は誤反応とみ

なして分析から除外した。また、変化位置の回答に誤りがあった試行も除外した。

提示なし条件には輝度条件が存在しないため、両眼条件および単眼条件とは直接的に比較することができない。そこで、初めに両眼条件と単眼条件の比較を行った。一般化線形混合モデル(generalized linear mixed model: GLMM)を用いてデータの分析を行った。目的変数を変化回数、説明変数を観察条件、輝度条件およびそれらの交互作用とした。実験参加者を変量効果とした。データの分布としてはポワソン分布を仮定し、リンク関数は対数リンク関数とした。また、観察条件においては両眼条件、輝度条件においては中輝度条件を基準カテゴリに設定した。

図2および表1に結果を示した。観察条件の効果が有意であり、単眼条件よりも両眼条件の方がキー押しをするまでの変化回数が多いことが示された。また、輝度条件について、低輝度と中輝度、中輝度と高輝度の間の差がいずれも有意であった。したがって、モンドリアン刺激の輝度が高いほど、変化回数が増えることが示された。観察条件と輝度条件の交互作用は有意ではなかった。

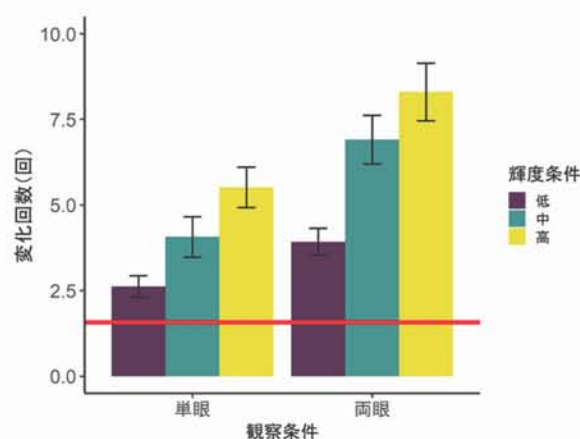


図2 各条件における変化回数
横線は提示なし条件における変化回数の平均値。
エラーバーは標準誤差を示す。

表1 変化回数の分析結果

	Estimate	SE	z値	p値
切片	1.86	0.10	19.25	< .001 ***
両vs.単	-0.53	0.14	-3.77	< .001 ***
中vs.低	-0.57	0.05	-10.71	< .001 ***
中vs.高	0.18	0.04	4.05	< .001 ***
単・低	0.13	0.09	1.55	.122
単・高	0.12	0.07	0.07	.103

両および単は観察条件、高、中、低は輝度条件を表している。単・低および単・高は交互作用を表している。

以上から、輝度条件は両眼条件だけでなく単眼条件でも変化回数に影響を与えており、いずれの条件でも輝度が高いほど変化回数が増えることが示された。ただし、両眼条件の方が単眼条件よりも変化回数は多いことも同時に示された。

続いて、GLMMにより提示なし条件と両眼条件および単眼条件のそれぞれの輝度条件との比較を行った (e.g., 両眼・高輝度条件と提示なしの比較)。目的変数、変量効果、データ分布の仮定およびリンク関数はこれまでの分析と同様であった。説明変数を観察条件・輝度条件とした。この分析においては6回の統計的検定を繰り返したので、有意水準をBonferroni法に従って調整し、 $0.05/6 = 0.00833\dots$ を有意水準とした。

表2に分析の結果を示した。提示なし条件よりも、他の全ての条件において変化回数は多かった。提示なし条件以外で最も変化回数が少なかった単眼・低輝度条件でも、提示なし条件より変化回数は多かった。

表2 変化回数における提示なし条件との比較

		Estimate	SE	z値	p値
両・高	切片	2.05	0.10	20.63	<.05 adj*
	vs. なし	-1.64	0.14	-11.48	<.05 adj*
両・中	切片	1.89	0.09	20.48	<.05 adj*
	vs. なし	-1.47	0.13	-11.15	<.05 adj*
両・低	切片	1.28	0.11	11.23	<.05 adj*
	vs. なし	-0.86	0.16	-5.42	<.05 adj*
単・高	切片	1.62	0.11	15.36	<.05 adj*
	vs. なし	-1.21	0.15	-8.09	<.05 adj*
単・中	切片	1.32	0.12	11.51	<.05 adj*
	vs. なし	-0.91	0.16	-5.64	<.05 adj*
単・低	切片	0.91	0.10	8.99	<.05 adj*
	vs. なし	-0.5	0.14	-3.58	<.05 adj*

両、単、なしは観察条件、高、中、低は輝度条件を表している。有意水準はBonferroni法により調整した。

3. 2 主観的顕著性と予測性

主観的顕著性と予測性についても、前節と同様の方法でGLMMにより分析を行った。ただし、データの分布については正規分布を仮定し、リンク関数は恒等リンク関数とした。

主観的顕著性の分析結果について表3に示した。観察条件と交互作用は有意ではなかった。一方、輝度条件について、低輝度と中輝度、中輝度と高輝度の間の差は有意であり、モンドリアン刺激の輝度が低くなるほど、実験参加者は変化が顕著であると感じていたことが示唆さ

れた。

表4に提示なし条件との比較を示した。その結果、提示なし条件よりも、両眼・高輝度条件、両眼・中輝度条件、および単眼・高輝度条件において、主観的な顕著性は低くなることが示された。

主観的予測性の分析では、観察条件、輝度条件、それらの交互作用のいずれも有意ではなかった (n.s.)。提示なし条件との比較においては、Bonferroni法による有意水準の調整を行うと、いずれの条件においても提示なし条件との差は有意ではなかった (n.s.)。

表3 主観的顕著性の分析結果

	Estimate	SE	t値	p値
切片	4.70	0.20	23.84	<.001 ***
両vs.単	0.37	0.28	1.33	.197
中vs.低	0.57	0.18	3.16	.002 **
中vs.高	-0.37	0.18	-2.01	.045 *
単・低	-0.13	0.25	-0.53	.597
単・高	-0.41	0.26	-1.58	.114

両および単は観察条件、高、中、低は輝度条件を表している。単・低および単・高は交互作用を表している。

表4 主観的顕著性における提示なし条件との比較

		Estimate	SE	t値	p値
両・高	切片	4.34	0.25	17.56	<.05 adj*
	vs. なし	1.51	0.34	4.49	<.05 adj*
両・中	切片	4.70	0.24	19.78	<.05 adj*
	vs. なし	1.15	0.32	3.54	<.05 adj*
両・低	切片	5.27	0.25	21.22	<.05 adj*
	vs. なし	0.58	0.34	1.71	>.05 n.s.
単・高	切片	4.30	0.25	17.19	<.05 adj*
	vs. なし	1.55	0.34	4.54	<.05 adj*
単・中	切片	5.06	0.27	19.25	<.05 adj*
	vs. なし	0.78	0.36	2.17	>.05 n.s.
単・低	切片	5.50	0.26	21.08	<.05 adj*
	vs. なし	0.35	0.36	0.96	>.05 n.s.

両、単、なしは観察条件、高、中、低は輝度条件を表している。有意水準はBonferroni法により調整した。

4. 考察

本研究ではAR使用時の変化の見落としについて検討するため、AR像として提示されるモンドリアン刺激を妨害刺激として使用して、フリッカー法による変化の見落

とし課題を行った。

提示なし条件との比較では(表2)、両眼条件だけでなく単眼条件においても変化回数が多くなった。いずれの観察条件においても変化の見落としが発生したことが示唆された。したがって、両眼条件と単眼条件のいずれにおいても変化の見落としは発生するという一つ目の仮説は支持された。また、輝度条件について、両眼条件と単眼条件のいずれにおいても、輝度が高くなるほど変化を検出するまでの変化回数は多くなった(表1)。この結果から、両眼条件と単眼条件のいずれにおいても、輝度が高くなるほど変化の見落としは発生しやすくなるという二つ目の仮説は支持された。ただし、単眼条件では変化の見落としが発生したものの、両眼条件より変化の見落としは発生しにくかった。

単眼条件においてこのような結果になったのは両眼視野闘争によるものである可能性がある^{6,7)}。両眼視野闘争においてモンドリアン刺激は強力な刺激ではあるものの、単眼条件において常に知覚的に優勢になっていたわけではないと考えられる。両眼視野闘争における知覚交替は確率的に発生する現象であるため、単眼条件では変化を容易に観察することができる瞬間があった可能性がある。例えば、一回目の変化ではモンドリアン刺激が優勢となり、刺激画像の知覚が抑制されていたかもしれない。このような状況では実験参加者は変化を明確に観察することができず、変化の見落としは起こりやすいと考えられる。そして次の変化ではモンドリアン刺激が抑制され、刺激画像が優勢となったかもしれない。このような状況では実験参加者はモンドリアン刺激に妨害されることなく変化そのものを観察することが可能であり、変化の見落としは起こらないと考えられる。一方、両眼条件においては常にモンドリアン刺激が知覚されている状態であり、変化の見落としが起こりやすい状態であったと考えられる。上記の理由により、変化の見落としはいずれの観察条件においても発生したが、単眼条件の方が発生しにくかったと考えられる。

両眼視野闘争において、二つの刺激の内、片方の輝度が高い場合、もう一方の刺激は抑制されやすい。単眼条件において、輝度が高い条件では、輝度が低い条件よりもモンドリアン刺激が知覚されやすく、その結果として輝度の高い条件の方が変化の見落としが発生しやすくなったと考えられる。

更に、輝度が低い条件の方が、変化の主観的な顕著性は高く評価された。これは、輝度が低い方がモンドリアン刺激は知覚されにくく、実験参加者にとって変化を見つけやすいと感じられたためかもしれない。輝度が高い

条件よりも低い条件の方がモンドリアン刺激は弱く感じられ、相対的に変化の強度が高いと実験参加者は感じていた可能性がある。

本研究および先行研究⁵⁾の結果から、AR使用時の変化の見落としについては、AR像自体の物理的特性が影響を与えることが示唆された。AR像の物理的特性が主観的な知覚に影響を与え、結果的に変化の見落としの起こりやすさにも影響を与えている可能性がある。ただし、知覚に関係なく、刺激の強度が変化の見落としに影響を与える重要な要因であると考え余地も残されている。本研究ではモンドリアン刺激の輝度を操作しており、このような刺激の強度の変化そのものが結果に影響を与えた可能性は否定できない。今後の研究では、刺激の強度は変化しないが、知覚のされやすさが異なるような刺激(e.g., 正立顔と倒立顔など¹⁰⁾)を使用して、変化の見落としにおける妨害刺激の知覚の影響を明らかにする必要がある。

本研究では単眼条件で変化の見落としが起きるものの、両眼条件よりは起こりにくいことが示された。単眼条件は両眼条件よりも変化の見落としを抑止しやすい可能性があり、このような特徴は実際のAR使用場面において安全性を向上させ得る。しかし、単眼式のARよりも両眼式の方が課題成績は向上したと報告している先行研究¹¹⁾もある。いずれの観察条件が優れているかは課題や環境によって影響を受ける可能性がある。したがって、ユーザーや機器開発者はAR機器を使用する状況や、その状況において特に何を回避したいと思っているかを考慮しながらARの提示方法を選択する必要がある。

5. むすび

妨害刺激の特徴がAR使用時の変化の見落としに影響を与えることが示唆された。単眼にARを提示する条件においても変化の見落としは発生するが、両眼に提示するときよりも発生しにくくなることが示された。これらの特徴は単眼式ARが応用場面において安全面の利点があることを示しているが、この利点については実際に応用する前に詳細な検討が必要である。

謝辞

本研究はJSPS科研費(課題番号 16J00392、17K002050、19K20322)の助成を受けて行った。

参考文献

- 1) R. A. Rensink, J. K. O' Regan, and J. J. Clark: To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes, *Psychological Science*, Vol. 8, Issue 5 (1997), pp. 368-373.
- 2) D. J. Simons and D. T. Levin: Failure to detect changes to people during a real-world interaction, *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 5, No. 4 (1998), pp. 644-649.
- 3) D. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang and P. Hui: Mobile Augmented Reality Survey: From Where We are to Where We Go, *IEEE Access*, Vol. 5 (2017), pp. 6917-6950.
- 4) M.S. Jensen, R. Yao, W. N. Street and D. J. Simons: Change blindness and inattention blindness, *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, Vol. 2, Issue 5 (2011), pp. 529-546.
- 5) A. Kitamura, Y. Kinosada, and K. Shinohara: Monocular Presentation Attenuates Change Blindness During the Use of Augmented Reality, *Frontiers in Psychology*, Vol. 10, Article 1688 (2019), pp. 1-12.
- 6) W.J.M. Levelt: The alternation process in binocular rivalry. *British Journal of Psychology*, Vol. 57, Issue 3-4 (1966), pp. 225-238.
- 7) C. L. Paffen and D. Alais: Attentional modulation of binocular rivalry, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 5, Article 105 (2011), pp. 154-163.
- 8) N. Tsuchiya and C. Koch: Continuous flash suppression reduces negative afterimages, *Nature Neuroscience*, Vol. 8, No. 8 (2005), pp. 1096-1101.
- 9) E. Yang and R. Blake: Deconstructing continuous flash suppression. *Journal of Vision*, Vol. 12, Issue3:8 (2012), pp. 1-14.
- 10) Y. Jiang, P. Costello, and S. He: Processing of Invisible Stimuli Advantage of Upright Faces and Recognizable Words in Overcoming Interocular Suppression, *Psychological Science*, Vol. 18, Issue 4 (2007), pp. 349-355.
- 11) M. Qian, J. Nicholson, and E. Wang: Quality of Experience Comparison Between Binocular and Monocular Augmented Reality Display Under Various Occlusion Conditions for Manipulation Tasks with Virtual Instructions, In J. Y. C. Chen, & G. Fragomeni, (Eds.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Multimodal Interaction* (2019), pp. 490-499. Switzerland: Springer Nature.