

拡張現実における視覚的注意の配分と情報選択に関する研究 —単眼提示下での視覚情報処理特性の検討—

北村 昭彦

第一章. 序論

近年、拡張現実(Augmented reality; AR)という、現実世界に情報を付加する技術が注目されている。AR では情報取得のために現実世界から目を逸らす必要がなく、例えば交通場面での安全性の向上が期待されている。

しかし、AR の使用に際して大きく二つの問題が知られている。一つ目はAR で与えられる情報(AR 像)と現実世界内の物体との間に奥行き差がある場合、視覚的注意を奥行き移動させる必要があるという問題である。注意の奥行き移動には時間がかかり、注意資源を消費する。注意資源が消費されると視野内で情報を処理できる範囲、すなわち有効視野が狭窄する。そのため、注意の奥行き移動が発生しないようなAR の提示方法が求められていた。二つ目の問題は、AR 像が提示されることで現実世界内の物体が見えにくくなるという問題である。そのため、AR 像提示時に現実世界の観察を妨害しないような提示方法が求められていた。

これらの問題を解決するため、AR 像を単眼に対して提示するという、単眼式AR が提案されてきた。単眼式AR では使用できる奥行き手がかりが少ないためAR 像と現実世界との間の奥行き差の知覚が曖昧となり、注意の奥行き移動の問題が緩和される。その結果、単眼式AR では両眼式AR よりも有効視野が広がる。また、AR 像が提示されていない方の眼で現実世界のみを観察できるため現実世界の視認性が高まり、作業を正確に行うことができる。

しかし、先行研究ではAR 像で行われる課題はAR 像のみを、現実世界で行われる課題は現実世界のみを観察すれば遂行可能であった。実際の応用場面ではAR 像の情報を用いて現実世界内での課題を行うなど、両方の情報を使う必要がある状況の方が多い。そこで、実験1では互いの情報を使って課題を進める必要があるときの、AR 提示位置および現実世界での注意の配分を検討した。

また、AR 像を読み取るために必要な課題負荷が異なる場合、現実世界に配分できる注意資源の容量も異なる可能性がある。更に、実際の応用場面ではAR 像と現実世界内の物体は様々なタイミングで提示されるものと考えられる。そこで実験2ではAR 像で提示される課題の負荷が高く、様々なタイミングでターゲットが提示される状況における視覚的注意の配分について検討した。

実験3ではAR 像の提示によって現実世界の観察が妨害されることについて、変化の見落とし課題を用いて検討した。変化の見落としとは、元画像とその一部を修正した画像を交互に提示する場合、間に妨害画像が提示されるとその変化に気づけなくなる現象である。AR 像は現実世界内に直接提示されるため、妨害画像として働く可能性がある。実際の応用場面でAR の使用により変化の見落としが発生すれば、重大な事故を引き起こす危険性がある。そこで、AR 使用時の変化の見落としについて検討した。

第二章. 実験1, AR の現実的な使用場面における視覚的注意

【目的】

実験1では現実的なAR の応用場面において、視覚的注意がAR 像側と現実世界側でどのように配分されているかについて検討した。そのために、現実世界内から情報を読み取った後、AR 像として与えられる指示に従ってキー押しをするという課題を行った。同時に現実世界内で発生する輝度変化を検出さ

せた。有効視野が広いほど輝度変化をより検出しやすくなると考えられるため、輝度変化が発生したときに見つけることが出来た割合(輝度変化ヒット率)を有効視野の指標とした。AR 像が両眼, 単眼提示されている場合, 視覚的注意の奥行き移動が両眼条件では必要であるため現実世界への視覚的注意の配分は少なくなると考えられる。そのため, 単眼条件の方が有効視野は広くなると考えられる。また, 実際の応用場面では AR 像自体の読み取りやすさも視覚的注意の配分に影響を与えると考えられる。そこで AR 像が読み取りやすい条件と読み取りにくい条件とで有効視野の広さを比較した。AR 像が読み取りやすいほど現実世界に視覚的注意を配分しやすくなるため, 有効視野は広くなると考えられる。

【方法】

スクリーン上に提示された市街地画像の中にある看板の行き先を記憶し, その後提示される AR 像の指示に従ってキー押しをするという課題を行った。また, AR 像の提示と同時に八つの光点が提示され, 全試行の 80%でその内の一つが輝度低下した。試行の終了後, 輝度変化があったかなかったかを報告させた。AR 像の観察条件は両眼, 利き目, 非利き目とした。また, AR 像は実験参加者から見て手前側, 光点は奥側に提示された。もし単眼条件である利き目条件と非利き目条件で注意の奥行き移動が必要なく, 視覚的注意の配分が効率的であるとすれば, AR 像の読み取りは早くなり, 輝度変化はより検出されやすくなると考えられる。AR 像の読み取りやすさが視覚的注意に与える影響を検討するため, 漢字または Pictogram Ideogram Communications (PIC) の画像で指示は提示した。漢字は複雑な線分から構成されている一方で PIC は簡単なシンボルであるため, PIC の方が読み取りやすいと考えられる。AR 像提示位置の注意の配分を検討するため, AR 像は中央, 右側, 上側, 下側のいずれかに提示された。AR 像提示からキー押しをするまでの反応時間と輝度変化を検出することが出来た割合(輝度変化ヒット率)を従属変数とした。

【結果】

キー押しまでの反応時間, 輝度変化ヒット率のいずれも観察条件間で一貫した差は見られなかった。したがって, 単眼条件において視覚的注意の配分が効率的になるという仮説は支持されなかった。また, AR 像が下側に提示された場合, PIC 条件の方が漢字条件よりも有効視野が広がることが示された。

【考察】

実験 1 では輝度変化ヒット率について観察条件で一貫した差は見られなかった。これは AR 像の観察時間が短く, 課題が簡単であり, 注意の奥行き移動が必要な両眼条件でも十分な量の視覚的注意を現実世界に配分できたためである可能性が示唆された。AR 像の種類については一部の条件で PIC 条件の方が漢字条件よりも有効視野が広がったことから, AR 像が読み取りやすい方が有効視野は広がるという仮説は部分的に支持された。

第三章. 実験 2, 課題負荷が高い状況における AR 使用時の視覚的注意

【目的】

実験 1 において観察条件間で差が見られなかったのは課題の負荷が低く, 注意の奥行き移動が必要である両眼条件においても現実世界に十分な量の視覚的注意を配分することが出来たためである可能性が示唆された。そこで実験 2 では長時間 AR 像を観察し続けるような負荷が高いと考えられる課題において両眼, 単眼提示での注意の配分を検討した。このような課題として高速逐次視覚提示 (Rapid serial

visual presentation; RSVP) 課題を使用した。RSVP 課題では連続して提示される刺激を観察し続ける必要があるため、視覚的注意を移動させるのは難しい。また、実験 1 では AR 像を一つだけ観察すれば課題を行うことが出来たが、RSVP 課題では数十個の刺激を観察する必要があるため、負荷が高いと考えられる。AR 像の観察条件による有効視野の広さの違いが負荷の高い状況で見られるとすれば、両眼条件よりも単眼条件の方が有効視野は広くなると考えられる。

【方法】

RSVP 課題は AR 像として提示され、視野中心部に連続提示されるアルファベットの中から一つだけある輝度が高いものをターゲットとして検出させた。試行終了後に輝度が高かったアルファベットを口頭で報告させ、実験者が記録した。同時に現実世界の視野周辺部に八個の光点が提示され、その内の一つで起こる輝度変化にボタン押しで反応させた。RSVP 課題の刺激が全て提示され終わってから 1000 ms 経過してもボタン押しがなかった場合、輝度変化を検出できなかったものとして扱った。実験参加者から見て AR 像が手前側、光点が奥側に提示された。AR 像は両眼または利き目に提示された。RSVP 課題のターゲット提示と輝度変化発生との間の時間間隔が注意の配分に与える影響を検討するため、RSVP 課題のターゲットを基準として輝度変化を -595 ms から 595 ms までのいずれかのタイミングで発生させた。

【結果】

RSVP 課題のヒット率と輝度変化に対する反応時間は観察条件間で差が見られなかったが、輝度変化の検出率については単眼条件の方が両眼条件よりも高かった。また、いずれの観察条件でも RSVP 課題のターゲットが提示される直前に輝度変化が発生すると RSVP 課題のヒット率が低下した。逆に RSVP 課題のターゲットが輝度変化の直前に提示されても、輝度変化の検出率は低下しなかった。輝度変化が RSVP 課題のターゲットの提示よりも先に起こる場合、RSVP 課題の開始からより時間が経ってから輝度変化が起こる条件ほど、輝度変化の反応時間は短くなり、検出率は向上した。輝度変化が RSVP 課題のターゲットの提示よりも後に起こる場合、ほとんどの条件で反応時間と検出率に差は見られなかった。

【考察】

実験 2 では単眼条件の方が両眼条件よりも有効視野は広くなることが示された。これは AR 像を長時間観察し続ける必要があり、現実世界に十分な視覚的注意を配分できない場合、両眼条件では注意の奥行き移動が必要であり、単眼では必要ないという差が明確になるためであると考えられる。

また、課題の進行につれて有効視野は広がっていくことが示された。これは課題が進むほど課題の成績を向上させるような一般的な注意が活性化されていったためであると考えられる。

第四章. 実験 3, AR 使用時の変化の見落とし

【目的】

実験 3 では AR 使用時の情報選択について検討するため、AR 像を妨害刺激として提示した場合の変化の見落としを検討した。一般的に変化の見落とし課題では元画像とその一部を修正した画像が交互に提示されるが、元画像と修正画像の間に妨害刺激が挿入される。妨害刺激が提示されない場合、変化は容易に見つけることが出来る。単眼提示では妨害刺激が提示される方の眼とされない方の眼があるため、もし提示されない方の眼の情報を選択的に利用できるのであれば、単眼提示条件では変化の見落としが発生しないと考えられる。一方両眼条件ではいずれの眼にも妨害刺激が提示されるため、情報を選択する

ことが出来ず、変化の見落としが発生すると考えられる。

【方法】

元画像と修正画像を現実世界に交互に提示した。また変化の瞬間に AR 像が提示された。AR 像は両眼または単眼に提示した。すなわち、元画像と修正画像はいずれの観察条件でも両眼で観察できたが、AR 像による妨害は両眼または単眼に対して行われた。AR 像の輝度が刺激画像の見やすさに影響を与える可能性があるため、AR 像の輝度は高、中、低とした。変化の見落としが発生しない条件として、AR 像を提示しない群を設けた。

【結果】

両眼条件では変化の見落としが発生したが、単眼条件では提示なし条件と同等の早さで変化を検出することが出来た。また、両眼条件では輝度が高い条件で変化の見落としが発生しやすくなったが、単眼条件では輝度に関係なく変化の見落としは発生しなかった。

【考察】

単眼条件では輝度条件に関わらず変化の見落としが発生しなかったことから、AR 像が提示されていない方の眼の情報を選択的に利用して変化を検出できることが示された。変化を検出する際には AR 像が提示されていない方の眼の情報の内、変化があったところに自動的に注意が向けられると考えられる。また、単眼条件では輝度の影響を受けていないことから、AR 像が提示されている方の眼は課題に関係がないため無視される可能性が示された。

第五章. 総合論議

本実験では AR 使用時の視覚的注意と情報選択について、両眼式 AR と単眼式 AR で比較した。実験 1 では AR 像の両眼提示と単眼提示で有効視野を比較した結果、観察条件間で一貫した差は見られなかった。実験 2 の AR 像を長時間観察し続ける必要があるため負荷が高いと考えられる課題では単眼条件の方が有効視野は広くなった。実験 1 と 2 では両方とも AR 像と現実世界との間に奥行き差があり、両眼条件では注意の奥行き移動をする必要があった。これらのことから、注意の奥行き移動による視覚的注意の配分の効率の差は AR 像を観察し続ける必要があるような、負荷が高い状態で現れることが示された。これは AR 像の観察が短時間で済み、負荷が低い状況では、両眼提示でも十分な視覚的注意を現実世界に配分できるため単眼提示との差が見られなくなるが、AR 像を観察し続ける必要がある負荷が高い状況では十分な視覚的注意を現実世界に配分することが難しくなり、両眼提示と単眼提示の注意の奥行き移動による差が明確になるためであると考えられる。

また、実験 3 においては両眼条件では変化の見落としが発生し、AR 像の輝度の影響も受けるが、単眼条件では変化の見落としは発生せず、輝度の影響も受けないことが示された。両眼条件では AR 像によって現実世界の観察が妨害されるため、輝度が高いほど変化位置に注意が向けられなくなるが、単眼条件では AR 像を提示されていない方の情報を選択的に使用できるため、AR 像を無視して現実世界のみを観察し、現実世界内の急激な輝度変化などに注意が自動的に向けられたと考えられる。AR 像が無視されているため輝度の高低に関係なく、変化の見落としが発生しなくなったと考えられる。このように、単眼条件では AR 像が不要な場合は無視することで課題に必要な情報を選択的に利用し、現実世界における課題を正確に遂行するのに有利であることが示された。(応用認知心理学)