

スクロール表示が画像内の要素の位置記憶に及ぼす影響

Effect of Scrolling Display on Object Location Memory in an Image

藤井 佑実子^{†*}, 森田 ひろみ[†]
Yumiko Fujii, Hiromi Morita

[†]筑波大学 図書館情報メディア系

Faculty of Library, Information, and Media Science, University of Tsukuba

*fujii.yumiko.ge@u.tsukuba.ac.jp

概要

携帯型情報端末の小さな画面上での視覚情報処理は、通常の視覚環境とは異なる特徴を持つが、それが画像の認知にどのような影響を与えるかは詳しく調べられていない。そこで本研究では心理学実験を用いて、スクロール表示が画像内の要素の位置記憶に与える影響を明らかにすることを目的とした。実験の結果、画像内の要素の位置を記憶するときスクロール表示では、窓を通して観察することにより、また画像の絶対位置を移動することにより、観察時間が長くなることが示された。

キーワード：視覚、位置記憶、スクロール、携帯型情報端末

1. はじめに

私たちは日常的に、スマートフォンやタブレットなどの携帯型情報端末の小さな画面を通して様々な情報を取得している。このような小さな画面内の情報に注目するという視覚情報処理は、通常の視覚環境とは異なるいくつかの特徴を持つ。

まず、画面のサイズが限られているため、それよりも大きなサイズの画像をそのままの表示倍率で閲覧するときには、画面をスクロールすることによって断片を経時的に観察しなければならない。そのため、画像の全体像を捉えるためには断片情報を視覚作業記憶上で統合させる必要がある。画像を断片ごとに観察するときの画像知覚特性については以前から研究されている[1][2][3]。例えば Ikeda & Uchikawa (1978)[2]の実験では、10×10の画素(つまり100コマの断片)に分割された画像を、その分割位置に対応した100個のボタンのうち1つずつを押すことによって断片ごとに観察し、後に画像に関する質問に答える。実験の結果、ほとんどの参加者は観察後に画像に何が描かれているかを答えることができたが、後に画像の全体像を見せると「自分がイメージしていたものとは全く違う」と驚いたと報告されている。このことは、画像を断片ごとに経時的に観察した場合、画像内の要素の形や位置から論理的に推測して画像内容を言葉で表すことができたとしても、必ずしも視覚作業記憶上で断片を正確に統合しているとは

限らないことを示唆する。

また、窓を通すことによって可視領域が制限されることの視覚情報処理への影響についてはこれまで、眼球運動に伴い移動する視野制限窓を用いた研究で検討されてきた。その結果、窓の大きさが小さくなるにつれて、視覚探索課題における探索時間が長くなることなどが報告されている[4]。このことから、窓の外の周辺視野の情報が視覚探索などの認知的な処理を効率的にすることに貢献することが示唆される。

さらに、携帯型情報端末の小さな画面における画像閲覧では、画像を画面内に引き込むことによって画像の絶対位置を移動させて観察する点も、通常の視覚環境に比べて特徴的である。このように観察することにより、見た画像の断片を視覚作業記憶上で元の位置に戻して統合する必要がある。先行研究において、複数物体が存在するシーンにおける物体記憶はその位置に基づいて符号化されると示唆されていることを考えると[5]、スクロールにより画像の絶対位置が変化してしまうことや、小さな窓を通すことによって周辺視野が使えず物体間の位置関係を把握しづらいことは、画像内の物体の位置の記憶を困難にする可能性がある。

以上のように、小さな窓を通したスクロール表示による画像知覚は、通常の視覚環境とは異なり、可視領域が限られること、さらに画像の絶対位置が変化するという特徴を持つが、それが認知にどのような影響を与えるのかはこれまで実験的に詳しく調べられていない[6]。そこで本研究では、スクロール表示が画像内の要素の位置の記憶に与える影響について明らかにすることを目的とした。実験では、タッチパネルディスプレイ上に複数の物体をランダムな位置に配置した画像を提示し、実験参加者に十分に観察してもらった後、画面に1つの物体を提示し、それが先ほどの画像のどこに位置していたか再生する課題を行った。このとき、観察条件は次の3種類設けた。スクロール条件では、従来のスクロール方法で画像を観察する。つまり、固定された窓内に画像を引き込んで観察する。これに対し、移動窓条

件では画像の位置は固定されており、窓を見たい部分に移動して画像を観察する。移動窓条件では、スクロール条件と同様に画像の断片を視覚作業記憶上で統合させる必要があるが、スクロール条件とは異なり画像を動かさないため、観察した位置がそのまま物体の位置である。したがってスクロール条件と移動窓条件を比較することで、スクロールにより物体の絶対位置を移動させて観察することが記憶にどのような影響を与えるか知ることができる。そして、窓無し条件では、窓を通さずに画像全体を観察する。窓無し条件と他の条件を比較することで、窓を通して断片を経時的に観察することが記憶に与える影響を知ることができる。もしもスクロール表示により画像内の要素の位置の記憶が困難になる場合は、スクロール条件において他の条件よりも低い課題正答率かつ/または長い画像観察時間が観察されることが予測される。また、窓を通して画像を観察する条件（スクロール条件と移動窓条件）では、窓サイズの条件を大小2種類設けることにより、可視領域の大きさの影響を調べた。スクロール表示の影響は窓の大きさが小さいほど顕著に表れることが予測される。

2. 方法

2.1. 実験参加者

正常な視力（矯正視力を含む）を有する19～24歳までの22名の実験参加者（男性9名、女性13名）が実験に参加した。実験は、筑波大学図書館情報メディア系における研究倫理審査を受け、実験参加者への十分な説明と、書面による同意の上で行われた。

2.2. 実験環境

パーソナルコンピュータ（DELL社製 DELL PRECISION 390）と23インチのタッチパネル内臓液晶

ディスプレイ（EIZO FlexScan T2381W、解像度1920×1080 px）を使用し、刺激の提示はMATLABとPsychtoolbox[7][8][9]で制御した。

椅子の高さやタッチパネルディスプレイの角度は、実験開始前に実験参加者がディスプレイを操作しやすいように調整した。なお、顔を固定するとディスプレイへのタッチ操作がしづらくなるため、顎台は使用しなかった。そのため実験参加者間で観察距離が一定にはなっていない。以下で示す視角の算出では、視距離のおおよその目安として45 cmの観察距離を仮定した。また、実験は通常照明下で行った。

2.3. 刺激

図1に刺激画像の一例を示す。刺激画像の大きさは700×700 pxであり（視角23.3×23.3°）、その画像領域を4×4の16マスに等分割した。そして、16マスのうちランダムに選んだ10マスに物体画像[10][11]を配置した。また、刺激画像は橙色の線で縁取りされた。



図1 刺激画像の一例

2.4. 手続き

物体位置再生課題の1試行の流れを図2に示す。まず、画面中央に提示される＋マークを実験参加者がタッチすると、試行が開始される。次に画面中央に2桁のランダムな数字が1秒間提示される。後に提示される刺激画像の内容を言語で記憶に符号化することを妨

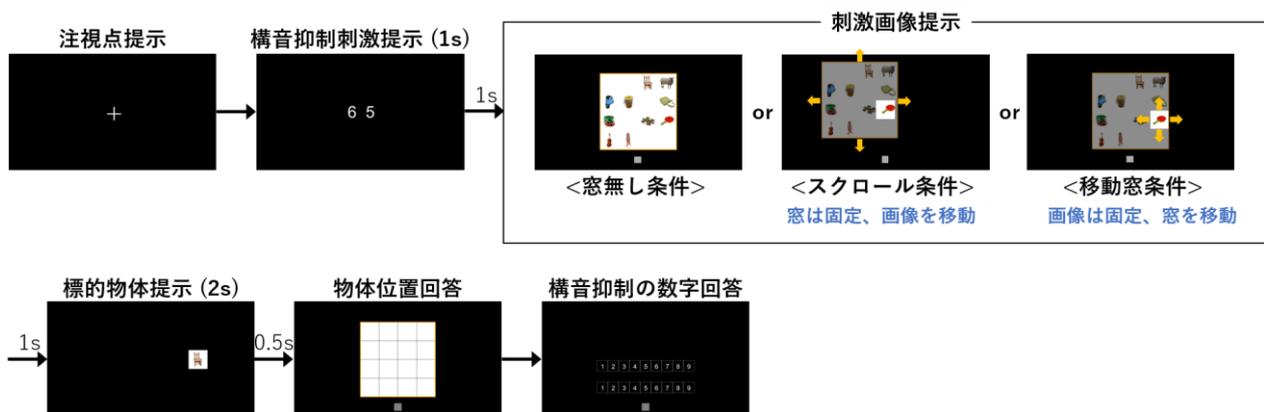


図2 物体位置再生課題の1試行の流れ

害するために、実験参加者はこの数字を試行が終了するまで繰り返し口頭で唱え続けるよう要求される。その1秒後、刺激画像が提示される。参加者は刺激画像を3つの観察条件で観察し、画像内の物体の位置を覚える。窓無し条件では、画面中央に刺激画像全体が表示されるため、実験参加者はそれをそのまま観察した。スクロール条件と移動窓条件では、画面中央に175×175px(窓小、一辺が視角5.9°)もしくは233×233px(窓大、一辺が視角7.9°)の窓があり、その窓を通して、画面中央に配置された刺激画像を見ることができる。スクロール条件では、実験参加者は窓をタッチし指をスライドさせることで画像を移動させ、刺激画像中の観察したい領域を窓内にひきこんで表示させる。このとき窓の位置は固定されており、指が窓の外に出ても刺激画像は指に追従して移動することができた。移動窓条件では刺激画像は固定された位置にあり、実験参加者は窓にタッチし指をスライドさせることにより窓を刺激画像中の観察したい領域に移動させる。

実験参加者は以上のような方法で刺激画像を十分に観察できたと思ったら、画面下部にあるボタンを押す。つまり、観察時間に制限を設けなかった。1秒間のブランクの後、画面の左領域もしくは右領域に先ほどの刺激画像内に含まれていた物体のうちランダムに選ばれた1つ(標的物体)が2秒間提示され、0.5秒後、解答画面が表示される。解答画面では、4×4の格子が表示されるため、実験参加者は刺激画像の中で標的物体が配置されていた位置のマスをタッチして選択し、画面下部にあるボタンを押す。その後、試行の最初に提示されていた2桁の数字を答えるように要求される。適切な数字をタッチして選択し、画面下部にあるボタンを押して回答を確定する。

なお、実験参加者はタッチ操作をすべて利き手の人差し指で行った

2.5. デザイン

観察条件は、窓無し条件、スクロール条件、移動窓条件の3種類設けた。また、スクロール条件と移動窓条件については、窓サイズを小と大の2種類設けた。したがって、実験参加者は合計5条件(窓無し条件、スクロール条件・窓サイズ小、スクロール条件・窓サイズ大、移動窓条件・窓サイズ小、移動窓条件・窓サイズ大)について各3試行の練習と10試行の本試行を行った。各条件の試行順序は、実験参加者間で変えてカウンターバランスをとった。

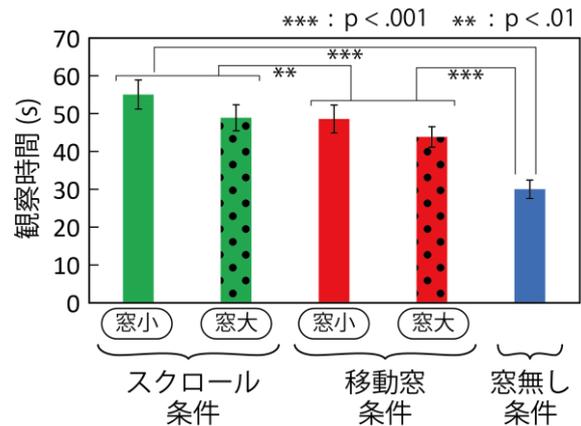


図3 観察時間

3. 結果

22名の実験参加者のうち2名は全条件の平均観察時間もしくは平均正答率が、全実験参加者の平均値から標準偏差の3倍以上離れていたため結果から除外した。したがって、分析に用いたのは20名の実験参加者のデータであった。

3.1. 観察時間

各条件における平均観察時間を図3に示す。まず、観察条件間の観察時間の差を検討するために、窓無し条件の観察時間と、スクロール条件の2つの窓サイズ条件の平均観察時間と、移動窓条件の2つの窓サイズ条件の平均観察時間を比較した。観察時間について、観察条件(窓無し条件 vs. スクロール条件 vs. 移動窓条件の3水準)を要因とする被験者内1要因分散分析を行ったところ、主効果が有意であった($F(2, 38) = 60.1, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.8$)。そこで、Bonferroni法による多重比較検定を行ったところ、すべての条件間に有意差がみられ(窓無し条件とスクロール条件間: $p < 0.001, d = 1.6$, 窓無し条件と移動窓条件間: $p < 0.001, d = 1.3$, スクロール条件と移動窓条件間: $p < 0.01, d = 0.4$)、スクロール条件、移動窓条件、窓無し条件の順番で観察時間が長いことが分かった。

次に、窓を通して観察する条件における窓サイズの違いによる観察時間の差を検討するために、スクロール条件の2つの窓サイズと移動窓条件の2つの窓サイズの観察時間を比較した。観察時間について、観察条件(スクロール条件 vs. 移動窓条件の2水準)と窓サイズ(小 vs. 大の2水準)を要因とする被験者内2要因分散分析を行ったところ、観察条件の主効果と窓サイズの主効果が共に有意であったが(観察条件の主効果:

$F(1, 19) = 10.4, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.4$, 窓サイズの主効果：
 $F(1, 19) = 15.7, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.5$, それらの交互作用
 は有意ではなかった ($F(1, 19) = 0.2, p = 0.7, \eta_p^2 = 0.01$).
 したがって、交互作用は見られなかったが、スクロール
 条件と移動窓条件では、窓サイズが小さいほうが観察
 時間が長いことがわかる。

3.2. 正答率

各条件における平均正答率を図4に示す。正答率に
 ついても観察時間の分析と同様の方法で統計的分析を
 行った。

まず、正答率について、観察条件(窓無し条件 vs. ス
 クロール条件 vs. 移動窓条件の3水準)を要因とする
 被験者内1要因分散分析を行ったところ、Mauchly 検定
 で球面性が仮定できなかつたため Greenhouse-Geisser
 法により自由度を修正して検定を行った。その結果、主
 効果が見られず、観察条件による正答率の差は有意で
 はないことがわかった ($F(1.5, 29.0) = 2.1, p = 0.2, \eta_p^2 =$
 0.1)。

次に、正答率について、観察条件(スクロール条件 vs.
 移動窓条件の2水準)と窓サイズ(小 vs. 大の2水準)
 を要因とする被験者内2要因分散分析を行ったところ、
 いずれの主効果も有意でなく(観察条件の主効果： $F(1,$
 $19) = 0.3, p = 0.6, \eta_p^2 = 0.01$, 窓サイズの主効果： $F(1, 19)$
 $= 0.1, p = 0.8, \eta_p^2 = 0.005$), 観察条件と窓サイズの交互
 作用も見られなかった ($F(1, 19) = 0.1, p = 0.8, \eta_p^2 =$
 0.01)。したがって、窓を通して観察する条件では、交
 互作用は見られず、観察条件や窓サイズによっても正
 答率が有意に異なることがわかる。

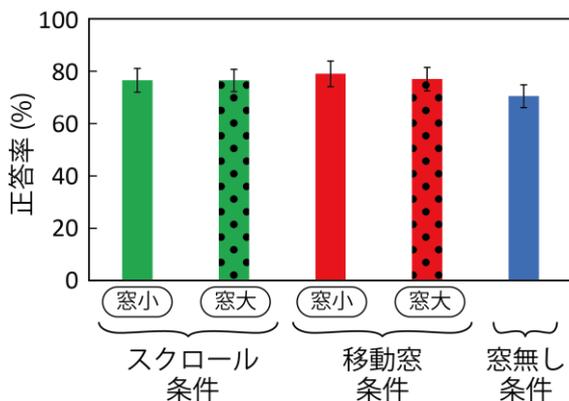


図4 正答率

4. 考察

本研究は、スクロール表示が画像内の要素の位置の
 記憶にどのような影響を与えるか明らかにすることを

目的とした。実験では参加者に、複数の物体が配置され
 た画像を3つの観察条件で自由な時間観察してもらい、
 観察終了直後に画像中に含まれていた1つの物体の位
 置を再生してもらった。このとき観察条件は、従来のス
 クロール方法で観察するスクロール条件と、画像では
 なく窓を移動させて観察する移動窓条件と、窓を通さ
 ずに観察する窓無し条件の3つであった。

実験の結果、まず、課題の正答率については観察条件
 間で有意な差はなかった。このことから、今回のように
 自由な時間をかけて観察できる状況下では、窓を通し
 て画像の断片を経時的に観察したり、画像の絶対位置
 が移動したりするような特別な視覚環境でも、画像内
 の要素の位置を十分正確に知覚して記憶できることが
 示唆される。一方で、Ikeda & Uchikawa (1978)[2]は、分
 割された画像を断片ごとに経時的に観察するような条
 件において、何が描かれているか把握できたと思うま
 で十分に観察した場合でも、画像の断片情報を視覚作
 業記憶上で正確に統合しているとは限らないことを示
 唆する実験結果を報告していた。これを考慮すると、ス
 クロール表示された画像の全体像を通常の視覚環境と
 同等に正しく知覚できるかどうかは本研究からは定か
 ではないが、少なくとも本実験のように画像内の要素
 の位置を覚える場合には、十分に時間をかければ通常
 の視覚環境と同等に知覚し記憶できると考えられる。

ただし、観察時間についてはスクロール条件、移動窓
 条件、窓無し条件の順で長いことが分かった。まず、窓
 を通して観察することにより観察時間が長くなったこ
 とから、窓を通して画像の要素の位置を正確に記憶す
 るためには時間を要することが示唆される。また、窓を
 通した観察でも、移動窓条件に比べて画像スクロール
 条件の方が観察時間が長かったことから、スクロール
 によって移動して観察した物体を、視覚作業記憶上で
 元の位置に関係づけることにも時間を要する可能性が
 示唆される。

以上をまとめると、スクロール条件では物体の位置
 を正しく知覚し視覚作業記憶に符号化するために、他
 の観察条件よりも時間をかけて画像を繰り返し観察し
 なければならなかったことが示唆される。これに関連
 して先行研究では、シーン内の物体を記憶するときに、
 同じ物体を繰り返し注視して観察することによって記
 憶が安定することが示唆されている[12][13]。したが
 って本研究では、スクロール条件で他の観察条件より
 も観察に時間をかけたことにより、正答率が他の観察
 条件と同等まで高まった可能性が考えられる。もしそ

であるならば、観察にかけられる時間を観察条件間で一定にすると、今回観察されなかった物体位置再生課題の正答率の差が見られる可能性がある。

では、なぜスクロール表示されると、画像内の物体の位置を正しく記憶するのに時間を要するのだろうか。1つの可能性としては、スクロール表示において「どこにあるのか」という情報を獲得するのに時間を要することが起因していると考えられる。我々の以前の研究では、視覚探索課題を用いて今回と同じ3つの観察条件間で標的の探索効率を比較した [6]。その結果、スクロール条件では他の条件よりも探索時間が長くかかっており、探索効率が悪いことがわかった。この結果を踏まえると、スクロール表示では画像内の各要素を探索するのに時間がかかるため、結果的に各要素の位置を覚えるのに時間がかかる可能性が考えられる。ただし、このことだけでスクロール条件における長い観察時間を説明できるとは限らない。例えば、スクロール条件と窓無し条件との観察時間の差については、一度に表示される情報量の違いが影響している可能性がある。これまで、眼球運動に伴い移動する視野制限窓を用いた先行研究では、窓の外の周辺視野の情報が視覚探索などの認知的な処理の効率化に貢献することを示唆する実験結果が得られている [4]。したがって、窓を通して画像を観察することで周辺視野が使えなくなったために、スクロール表示において画像内の要素の位置の知覚効率が落ちた可能性が考えられる。さらにスクロール条件と移動窓条件との観察時間の差に影響する要因としては、条件間の操作性の違いが考えられる。対象を捉える視線の方向と窓の移動方向が、移動窓条件では一致するが、スクロール条件では一致しないため操作に若干の負荷がかかる可能性が考えられる。

また、本研究ではスクロール表示の影響が窓の大きさが小さいほど顕著に表れるかどうかを確かめるために、窓を通して観察する2つの条件（スクロール条件と移動窓条件）で、窓サイズの条件を大小2種類設けることによって検証した。その結果、観察時間においても正答率においても観察条件と窓サイズの要因の交互作用は見られなかった。したがって、画像内の要素の位置の記憶において、窓サイズによってスクロール表示の影響が顕著になることはなかったと言える。ただし、2つの窓サイズの差が本実験よりも大きければ、結果が異なる可能性も考えられる。このことについては今後検討する必要があるだろう。

なお、注意しなければならないことに、以上のような

結果には今回の刺激画像のデザインが影響している可能性が懸念される。本実験で用いた刺激画像は、4×4の仮想格子を仮定し、その16マスのうちランダムに選んだ10マスに物体を配置したものであった。そのため、頭の中に格子のイメージを持ちながら物体を順番に注視することによって、頭の中のマス目に順番に物体を当てはめるようにして記憶することを促していた可能性がある。もしそうだとすれば、どの観察条件でも同様のプロセスで記憶するため、観察条件間で物体位置再生課題のパフォーマンスに差が出にくいことが予測される。日常場面では、閲覧する画像内の要素が規則正しく並んでいるということは多くはないため、今後はランダムな位置に物体を配置した画像についても同様の検討を行う必要があると考えている。

最後にまとめると、本研究では、スクロール表示が画像内の要素の位置の記憶に与える影響を調べた。その結果、画像内の要素の位置を記憶する正確さに関しては、今回の実験のように自由な時間観察できる状況下では、スクロール表示によって低下することはなかった。ただし、スクロール表示では窓を通して観察することにより、また画像の絶対位置を移動することにより、観察時間が長くなることが示された。このことは、スクロール表示では、画像内の要素の位置を正しく知覚し記憶するのに時間を要することを示唆する。

5. 謝辞

本研究はJSPS 科研費の助成 21K12602、21K13744 を受けたものである。

文献

- [1] De Rover, M., Petersson, K. M., Van der Werf, S. P., Cools, A. R., Berger, H. J., & Fernández, G. (2008). Neural correlates of strategic memory retrieval: Differentiating between spatial - associative and temporal - associative strategies. *Human brain mapping*, 29(9), pp. 1068-1079.
- [2] Ikeda, M., & Uchikawa, K. (1978). Integrating time for visual pattern perception and a comparison with the tactile mode. *Vision Research*, 18(11), pp. 1565-1571.
- [3] Unuma, H. (1993). Spatio-temporal integration in visual perception sequential part presentation and two levels of information integration. *Japanese Psychological Research*, 34(4), pp. 158-164.
- [4] Bertera, J. H., & Rayner, K. (2000). Eye movements and the span of the effective stimulus in visual search. *Perception and Psychophysics*, 62(3), pp. 576-585.
- [5] Hollingworth, A., & Rasmussen, I. P. (2010). Binding objects to locations: the relationship between object files and visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(3), pp. 543-564.
- [6] Fujii, Y., & Morita, H. (2020). Visual search within a limited

- window area: scrolling versus moving window. *i-Perception*, 11(5), 2041669520960739.
- [7] Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), pp. 433-436.
- [8] Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). What's new in Psychtoolbox-3. *Perception*, 36, Suppl., 1.
- [9] Pelli, D. G. (1997). The Video Toolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), pp. 437-442.
- [10] Brodeur, M. B., Dionne-Dostie, E., Montreuil, T., & Lepage, M. (2010). The Bank of Standardized Stimuli (BOSS), a new set of 480 normative photos of objects to be used as visual stimuli in cognitive research. *PloS one*, 5(5), e10773.
- [11] Brodeur, M. B., Guérard, K., & Bouras, M. (2014). Bank of standardized stimuli (BOSS) phase II: 930 new normative photos. *PloS one*, 9(9), e106953.
- [12] Endress, A. D., & Potter, M. C. (2014). Something from (almost) nothing: buildup of object memory from forgettable single fixations. *Attention, Perception and Psychophysics*, 76(8), pp. 2413-2423.
- [13] Pertzov, Y., Avidan, G., & Zohary, E. (2009). Accumulation of visual information across multiple fixations. *Journal of Vision*, 9(10), 2.