

日常経験によりもたらされる視線パターンの変容

Daily experience effect to modify gaze patterns

和 崎 夏 子

Natsuko WASAKI

(日本女子大学人間社会研究科心理学専攻博士課程前期)

要 約

視覚探索においてエキスパートとアマチュアの視線パターンの特徴は異なり、エキスパートの視線パターンはより効率的であることが知られている。本研究では、エキスパートになるための集中的な訓練を伴わない日常的な運転の経験を通して、視覚探索の視線パターンが変化するかを調べた。実験参加者の課題は、運転席からの風景画像を観察して、複数埋め込まれた注意すべき箇所を見つけ出し、口頭で回答することであった。画像を探索しているときの視線を計測し、日常運転経験の有無に分けて視線パターンの解析を行った。その結果、日常運転経験がある人はない人よりも、サッカド振幅が大きく、オブジェクトへの最初の停留までの時間が短く、視線の停留回数が少なかった。一方で一回の滞在時間と停留時間は両群で差はなかった。以上の結果から、日常的な運転経験においても視覚探索の視線パターンは変化し、より効率性が高まることが示唆された。

[Abstract]

Experts and amateurs have been reported to exhibit different gaze patterns on visual search. We examined how daily driving experience which does not involve extensive training to be an expert modifies gaze patterns on visual search. Using driving scenery images in which several hazardous situations were embedded, we instructed both participants having a few years of experience and having no experience in driving to find as many hazardous situations as they could. We measured their gaze patterns by using an eye tracking device while they observed the images. We found longer saccades, reduced time to first fixation, and fewer fixations on the objects for the experienced participants than for the inexperienced participants, whereas dwell time and individual fixation duration did not differ significantly. Thus, we concluded that, even daily driving experience could modify gaze patterns and improve efficiency in visual search.

はじめに

将来就きたい職業について尋ねられた子どもが、プロスポーツ選手や音楽家などといった専門性を持った職業を挙げる場面はよく目にする。また、現在就いている職業においてエキスパートを目指したいと思う人は多いはずである。実際、スポーツ、芸術、音楽、ドライビングなどさまざまな領域におけるエキスパートの研究が行われている。ある特定の分野のエキスパートになるためには、その領域の訓練に多大な時間をつぎ込み、経験を重ねることが必要である一方で (Ericsson, et al., 1993), エキスパートのパフォーマンスは集中的な訓練や経験だけでは説明でき

ないことが示されている (Macnamara, et al., 2014)。このように、多種多様な領域のエキスパートと素人において何が異なるのか、という疑問は多くの興味を引いている。エキスパートと呼ばれる人たちの特性や学習のプロセスを、経験によって獲得されるものと比較しながら探ることで、その領域のより高いレベルでのパフォーマンスを獲得するための効率的な学習方法の開発や、さらには人工知能への応用が期待できると考える。

本研究ではこうした研究の中から視覚探索能力の向上という点に注目する。さまざまな背景情報の中からターゲット刺激を見つけ出す視覚探索は、例えばチェスのプレーヤーや医学領域における画像診断医が持つエキスパートレベルの能力の土台となっている。こうした視覚のエキスパートは、集中的な訓練によって視覚探索能力を向上させている。視覚探索能力の向上の度合いは、ターゲットを検出するまでにかかる時間やターゲット同定の正確さに加えて、探索中の視線パターン(視線の動き)の変化に現れる。実際、訓練に多大な時間を費やし経験を積んできたエキスパートの、その専門領域における視覚探索時の視線パターンは未熟練者とは異なることが示されている (Reingold and Sheridan, 2011)。

Sheridan and Reingold (2014) は、チェスのレーティングが平均 2223 のエキスパートと初心者に、駒を動かさない配置と動かせる可能性がある配置を提示し、配置に関する視覚探索遂行時の視線を計測した。その結果、エキスパートの視線は駒を動かさない配置には長く留まらず、可能性がある配置を長く見た。一方、初心者の視線はどちらの配置にも長く留まった。

Asaaf et al. (2016) は、画像診断の専門医としての経験を7年持つエキスパートと最低2年の経験を持つ研修医に画像を提示し、疾患を報告させる視覚探索課題を行った。探索中の視線を計測した結果、エキスパートの視覚探索には未熟練者とは異なる視線パターンがみられた。エキスパートの特徴としては、画像を見ている時間が短い (Brunyé et al., 2014; Assaf et al., 2016)、サッカー振幅が大きい (Krupinski and Weinstein, 2013; Assaf et al., 2016)、画像中のターゲットへ視線が停留するまでの時間が短い (Wood et al., 2012)、ターゲットへの滞在時間が短い (Donovon and Litchfield, 2013; Krupinski and Weinstein, 2013)、一回の停留時間が短い (Kok et al., 2012; Assaf et al., 2016)、停留回数が少ない (Krupinski and Weinstein, 2013; Donovon and Litchfield, 2013; Brunyé et al., 2014; Assaf et al., 2016) といったことが挙げられる。これらの視線パターンの特徴から明らかなように、エキスパートはそのレベルになるための集中的な訓練によって経験的に、より効率的な視覚探索を獲得していることが考えられる。

では、こうした効率的な視覚探索の獲得には、集中的な訓練が必要になるのであろうか? 日常で生活し経験を積んでいくことにより、それが集中的な訓練という形を伴わなくとも、私たちは様々なスキルを向上させている。そうした日常での経験により視覚探索能力が向上する形で視線パターンは変化するであろうか。この疑問を検討するために本研究では、エキスパートになるための集中的な訓練を伴わない日常経験を通して、視覚探索中の視線パターンが変化するのかを調べた。実験参加者の課題は運転席からの風景画像から注意する箇所を探索し、その箇所を口頭で回答することであった。探索中の視線を計測し、日常的な運転経験の有無による経験条件に分けて解析を行った。今回、実験参加者の中にはレーシングドライバーや警察官、タクシーやトラックの運転手など運転のエキスパートを目指して訓練している人はおらず、日常生活の範囲内で運転をしている、または運転経験がない人が実験に参加した。

方法

1. 実験参加者

19歳から24歳の女性20名 ($M = 21.7$ 歳, $SD = 0.84$ 歳)が実験に参加した。内8名は日常的に運転をしており (運転年数 $M = 2.12$ 年, $SD = 0.92$ 年), その他の12名は運転免許証を取得していない, または運転免許証を取得してから一度も運転をしていなかった。日常的な運転経験という観点から, 前者を日常運転あり群, 後者を日常運転経験なし群として視線パターンの解析を行った。実験参加者全員が矯正視力を含む正常な視力を有していた。日常運転経験なし群に属する実験参加者の内の1名の視線が適切に計測できなかったため, 解析を行った人数は日常運転経験あり群が8名, 日常運転経験なし群が11名となった。

2. 装置

実験で使用した視覚刺激はパーソナルコンピュータ (Dell Optiplex 9020SF) および視線計測解析用ソフトウェア (Tobii Studio Professional 3.4) により制御され, 24インチ液晶カラーディスプレイ (BenQ XL2420T) に提示された。ディスプレイの空間解像度は 1920×1080 pixel, 時間解像度は60Hzであった。顎台により実験参加者の頭部を固定し, 観察距離は約60cmとした。視覚刺激提示時における視線位置の測定には眼球運動計測器 (Tobii X3-120 アイトラッカー) と視線計測解析用ソフトウェア (Tobii Studio Professional 3.4) を使用した。眼球運動計測器の時間解像度は120 Hz, 精密度は0.24 degであった。視線速度 $30^\circ /s$ 以上をサッカードとし, 1回の停留時間を定義するための最小値を60 msとした。視線位置の同定や解析は実験終了後にオフラインで行った。

3. 視覚刺激

日本自動車連盟 (JAF) が発刊している月刊誌『JAF MATE』に掲載されている「危険予知～JAF事故回避トレーニング (指導:長山泰久)」コーナーから選んだ画像10枚 (2012年7月号, 2013年4月号, 2013年7月号, 2015年3月号, 2014年10月号, 2015年4月号, 2016年10月号, 2016年11月号, 2016年12月号, 2013年1月号) を使用した。このコーナーは, さまざまな交通状況や時間帯, 天候が反映された交通画像に埋め込まれた注意箇所から, JAFが定めた最も注意すべき対象を見つけ出す事故回避トレーニングである。これらの画像は, 運転席から見た風景となっており, 路駐車, 道路を横断中の歩行者, ルームミラー・サイドミラーに映る後続車, カーブの先にある横断歩道への注意喚起を促す標識, カーブミラーに映る対向車, など, 複数の注意箇所が埋め込まれていた。本コーナーにおいて定められた「正解」, つまり最も注意すべき対象は一つだけであり, その探索難易度は比較的高く設定されていた。

4. 手続き

本実験における実験参加者の課題は各画像において, 注意すべきと考えた全ての箇所について口頭で回答することであり, 画像を観察している間に視線計測を行った。実験が開始されると同時に視線の計測も行われ, まずディスプレイの中心には黒い十字が凝視点として2s提示された。

その後、視覚刺激として提示される運転風景の交通状況のインストラクション（例：左に車線変更しようと思います。このときあなたは何に注意しますか？）が提示された。実験参加者はインストラクションを理解できたならマウスをクリックした。黒い十字の凝視点が2s提示されたのち、視覚刺激が提示された。画像サイズは $28.1^{\circ} \times 42.8^{\circ}$ であった。画像提示時間に制限はなく、実験参加者は注意する箇所が決まったらマウスをクリックし画像の提示を終了させ、実験者に注意する箇所を口頭で回答した。回答する箇所は何カ所でもかまわないことをあらかじめ教示した。この手続きを1試行とし、10試行行い、1試行ごとにキャリブレーションを行った。実験終了後、実験参加者に運転経験の有無をインタビューした。

結果

口頭回答における t 検定の結果、1試行に対する注意箇所の回答個数は2群間で有意な差はなかった（経験あり群： $M = 2.51$, $SE = 0.22$, 経験なし群： $M = 2.05$, $SE = 0.23$, $t(17) = 1.35$, $p = 0.19$ ）。最も注意すべき対象（コーナーにおいてあらかじめ決められた正解）の回答率も2群間に有意な差はなかった（経験あり群： $M = 61.25$, $SE = 17.22$, 経験なし群： $M = 60.90$, $SE = 14.71$, $t(17) = 0.08$, $p = 0.93$ ）。

日常運転経験の有無におけるサッカード振幅と画像観察時間の平均の違いを図1に示す。 t 検定の結果、サッカード振幅（図1A）は日常運転経験あり群の方が有意に大きかった（ $t(17) = 3.36$, $p < 0.01$, $d = 1.56$ ）。また、画像観察時間（図1B）は日常運転経験あり群はなし群と比較して、有意に短かった（ $t(17) = 2.53$, $p < 0.05$, $d = 1.18$ ）。Cohen（1988）によれば、グループごとの平均値の差を標準化した効果量 d の大きさの目安は、小（0.20）、中（0.50）、大（0.80）となっている。したがって、サッカード振幅と画像観察時間の効果量は大きかった。

視線パターンを解析するための関心領域（AOI）を、画像に含まれている車、人、ルームミラー・サイドミラー、標識、カーブミラー、信号といったオブジェクトにカテゴリ化して設定し、解析した結果を図2に示す。オブジェクトへの最初の停留までの時間（図2A）における二要因分散分析の結果、経験条件の主効果（ $F(1, 17) = 11.51$, $p < .01$, $\eta_G^2 = 0.13$ ）、オブジェクト条件の主効果（ $F(5, 85) = 4.11$, $p = 0.0022$, $\eta_G^2 = 0.15$ ）、交互作用（ $F(5, 85) = 2.86$, $p = 0.01$, $\eta_G^2 = 0.11$ ）

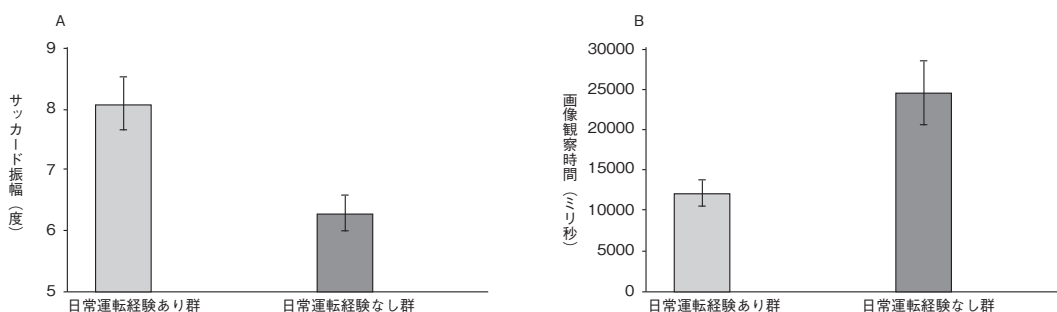


図1 画像全体における視線パターン

横軸は経験条件（日常経験あり群となし群）、縦軸はそれぞれ、サッカード振幅（度）（A）、画像観察時間（ミリ秒）（D）を示す。誤差棒は標準誤差。

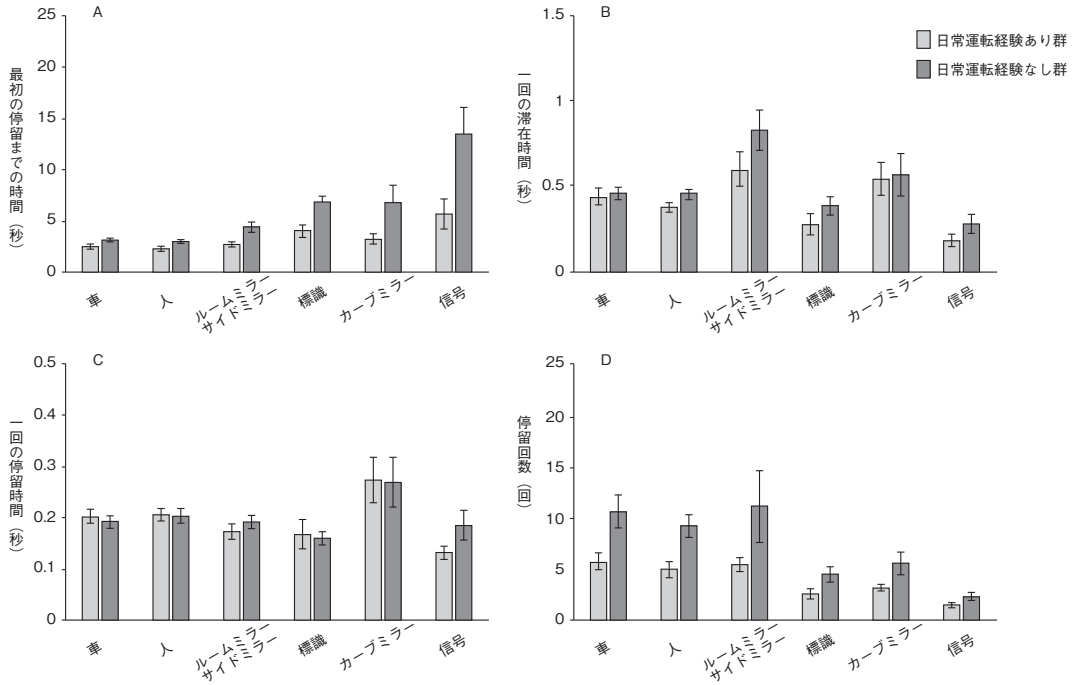


図2 オブジェクト別の視線パターン

横軸はオブジェクト条件（車，人，ルームミラー・サイドミラー，標識，カーブミラー，信号），縦軸はそれぞれ，オブジェクトへの最初の停留までの時間（秒）（A），一回の滞在時間（秒）（B），一回の停留時間（秒）（C），停留回数（回）（D）を示す。誤差棒は標準誤差。

がそれぞれ有意であった。なお，一般化イータ二乗 (η_G^2) の効果量の大きさの目安は小 (0.02)，中 (0.13)，大 (0.26) とされている (Bakeman, 2005; Cohen, 1988)。単純主効果検定の結果，日常運転経験なし群におけるオブジェクトの種類の間で有意な差があった ($F(5, 85) = 6.69, p < .001$) 一方で，日常運転経験あり群では差がなかった ($F(5, 85) = 0.29, p = 0.92$)。

オブジェクトへの一回の滞在時間（図2B）における二要因分散分析の結果，オブジェクト条件の主効果 ($F(5, 85) = 14.86, p < .001, \eta_G^2 = 0.33$) が有意であった。経験条件の主効果 ($F(1, 17) = 1.53, p = 0.23, \eta_G^2 = 0.03$)，および交互作用は有意ではなかった ($F(5, 85) = 0.92, p = 0.47, \eta_G^2 = 0.03$)。Holm - Sidak 法によるオブジェクト条件の主効果における多重比較の結果，ルームミラー・サイドミラーは他のオブジェクトより滞在時間が有意に長い一方で，信号における滞在時間は短かった ($ts(85) \geq 2.53, ps < .05$)。

オブジェクトへの1回の停留時間（図2C）における二要因分散分析の結果，オブジェクト条件の主効果が有意であった ($F(5, 85) = 9.05, p < .001, \eta_G^2 = 0.22$)。経験条件の主効果 ($F(1, 17) = 0.11, p = 0.74, \eta_G^2 = 0.003$) および交互作用は有意ではなかった ($F(5, 85) = 1.49, p = 0.19, \eta_G^2 = 0.04$)。Holm - Sidak 法によるオブジェクト条件の主効果における多重比較の結果，カーブミラーにおける1回の停留時間は長い一方，信号における1回の停留時間は短い傾向にあった ($ts(85) \geq 3.19, ps < .01$)。

オブジェクトへの停留回数（図2D）における二要因分散分析の結果，オブジェクト条件の主効果 ($F(5, 85) = 12.89, p < .001, \eta_G^2 = 0.24$) が有意であった。経験条件の主効果 ($F(1, 17) = 3.78,$

$p = 0.06$, $\eta_G^2 = 0.11$) および交互作用は有意でなかった ($F(5, 85) = 1.44$, $p = 0.21$, $\eta_G^2 = 0.03$)。なお、経験条件の主効果は5%水準では有意ではなかったが、効果量は中程度の大きさがあった ($\eta_G^2 = 0.11$)。

考察

結果のまとめ

さまざまな注意箇所を探し出すまでの視線パターンは、エキスパートになるための集中的な訓練を伴わない日常経験においても、その経験の有無で変化した。本実験の実験参加者のうち、日常運転経験あり群の運転歴は2年程度であり長年の運転歴があるわけではなかった。しかし日常運転経験あり群はなし群と比較して、サッカード振幅が大きいことがわかった(図1A)。また、オブジェクトごとのAOIを解析した結果では、日常運転経験あり群はなし群よりもオブジェクトへの最初の停留までの時間が短かく、停留回数が少ない傾向にあった。これらの結果は、上述した先行研究における画像診断のエキスパートの視線パターンと一致している(e.g., Sheridan and Reingold, 2017)。その一方で一回の滞在時間と停留時間は両群で差はなかった。これらのことから、日常的な経験を通じて視線パターンには変化するものとしめないものがあることがわかった。

口頭回答の結果より、日常運転経験あり群となし群で1試行における平均回答個数に差はなかった。また、探し出すことが難しいと考えられる「正解」の回答率も2群間で差はなかった。つまり、口頭回答においては2群間に差はなく、日常的に運転していない人でも難しい注意箇所を探し出すことができることがわかった。しかし、日常運転経験なし群の画像観察時間(図1B)が長かったことから、注意箇所を探し出すまでに時間がかかっていたことが考えられる。

オブジェクトの種類との関係

日常運転経験あり群は未経験群よりもオブジェクトへの最初の停留までの時間が短かった(図2A)。これは、経験あり群で運転に関連した各オブジェクトにより早く視線を向けることができることを示している。また経験なし群ではオブジェクト間での差が生じた一方で、経験あり群はオブジェクト間でその変動は大きくない。このことから、日常運転経験者はさまざまな箇所に対して同じように視線を移動していたことがわかる。

また、オブジェクト条件における多重比較の結果からは、信号と人、車、ルームミラー・サイドミラーの間に差がみられた。つまり、オブジェクトの中では信号への最初の停留までの時間が長かったことになる。考えられることとして、信号は色によって比較的瞬時に判断でき、交差点を通過するときであっても信号を確認するのは一瞬であるため、信号そのものを凝視せずに周辺視による判断がなされていた可能性がある。実際には早い段階で周辺視によって信号を認識できていたが、実際に信号自体を凝視するまでには時間がかかっていたのかもしれない。

オブジェクトにおける一回の滞在時間については、経験による違いは見られなかった(図2B)。一回の滞在時間は設定されたAOIに視線が入ってから出るまでの時間であることから、そのオブジェクトの解釈に要する時間であると考えられる。多重比較の結果から、ルームミラー・

サイドミラーは映るものを解釈する必要があるために滞在時間が長くなった一方で、信号は色で比較的瞬時に判断ができるため滞在時間が短くなったと考えられる。Underwood, et al.(2002)は、運転歴9年のエキスパートドライバーと運転免許証を取得したばかりの初心者ドライバーに実際に車を運転させ、車線変更をする際のルームミラーとサイドミラーへの視線を計測した。その結果、エキスパートドライバーはサイドミラーを、初心者ドライバーはルームミラーをよく見る傾向にあった。今回はルームミラーとサイドミラーをまとめて解析したため、Underwood, et al.(2002)と同様にミラー間に違いがみられるかどうかはわからない。今後の検討課題である。

先行研究(Kok et al., 2012; Assaf et al., 2016)ではエキスパートの一回の停留時間が短くなることが挙げられていたが、本実験の結果からはオブジェクトへの1回の停留時間について、経験による違いは見られなかった(図2C)。先行研究の実験参加者は、エキスパートになるために集中的な訓練を経験している。一方、本実験における実験参加者の経験は日常経験レベルであった。つまり、一回の停留時間の差はエキスパートを目指すレベルの訓練に伴うものであり、日常経験レベルでは変化しないことが考えられる。

各オブジェクトへの停留回数をみると、日常運転経験あり群は回数が少ない傾向にあった(図2D)。サッカーボールの大きさ(図1A)に加えて、最初にオブジェクトに視線が到達するまでの時間が短いこと(図2A)がその理由の一つであると考えられる。また、経験の違いに基づく1回の滞在時間(図2B)では両群で差がみられなかったのに対し、停留回数において経験あり群の停留回数が少ない傾向にあったことから、経験あり群はなし経験群と比較して一度見たオブジェクトに視線を戻す傾向が少ないといえる。

エキスパートの視覚探索メカニズム

本実験より、エキスパートレベルの訓練を伴わない日常経験においても、その経験の有無によって先行研究と類似した視線パターンの結果が得られた。つまり、効率的な視覚探索が獲得されていることが示唆された。では、この効率性はどのようにしてもたらされるのであろうか。

画像診断のエキスパートの視覚探索における効率的なスキャンパスから推定されるメカニズムとしては、エキスパートは第一段階として周辺視により瞬時に全体像を捉え、第二段階で中心視による局所的な探索を行うというものがある(Sheridan and Reingold, 2017)。このメカニズムの詳細として提案されているモデルがGlobal - focal search model (Nodine and Kundel, 1987), Two - stage detection model (Swenson, 1980), Two distinct pathways model (Torralba et al., 2006; Wolfe et al., 2011; Drew et al., 2013),そしてChunking and template theory (Chase and Simon, 1973a, b; Gobet and Simon, 1996, 2000)である。

Global - focal search modelは、周辺視により画像の全体像を把握することでターゲットを見つけ出し、そのターゲットを中心視で詳しく見るという構造をもつ。このモデルの全体像の把握と局所的な探索の2段階は再帰的であり(Nodine and Mello-Thoms, 2000)、十分な探索ができるまで繰り返される。Two - stage detection modelでは、異変箇所をすぐ探し出せるように、第一段階で周辺視により問題がない箇所は排除され、第二段階で詳細な探索が必要な箇所に視線を向ける。このモデルを獲得するためには集中的な訓練が必要だとされている。また、このモデルでは第一段階から第二段階へは逐次的であり、繰り返されることはない。Kundel et al. (2007)

によれば、Global - focal search model と Two - stage detection model について、第一段階と第二段階は並行して行われる。また、エキスパートは集中的な訓練によって第一段階を獲得している。一方で、第一段階での画像全体の処理が欠如している初心者は「探して見つける」という方法で探索している。

Two distinct pathways model は画像の知覚において、全体像を捉える非選択的視覚路と、そこから詳細な情報を捉える選択的視覚路が並行して働くモデルである。このモデルにおける処理は Kundel et al. (2007) の第一段階と第二段階が並行して処理されることとは合致するが、Swensson (1980) の Two - stage detection model の逐次的な処理とは異なる。

Chunking and template theory はチェスのエキスパートの研究によって考えられた仮説である (Miller, 1956; Chase and Simon, 1973a, b; Gobet and Simon, 1996, 2000)。チェスにおけるエキスパートのパフォーマンスにはチェス領域特定の知識が大きく影響しており、チャンキングに基づいて駒の配置を把握しながら動かしていると考えられている (Chase and Simon, 1973a)。また、エキスパートがチャンキングに優れているとすればそれは眼球運動にも反映されているとされる。実際に停留回数が少ないことや駒自体に停留しないことが報告されており (Reingold and Charness, 2005)、エキスパートには初心者とは異なる視線パターンがみられる。この仮説は画像診断におけるエキスパートの視覚探索にも合致するとされる。チェスのエキスパートの場合はチェスの配置、画像診断医は放射線画像の膨大な数の全体的な特徴が、集中的な訓練によってチャンキングやテンプレートとして記憶される。そしてそれに基づいて探索しているため、エキスパートはサッカード振幅が大きくなる。

本実験における日常運転経験者が、画像診断のエキスパートのように第一段階と第二段階によって構成された視覚探索を行っているかを検討することは今後の課題である。しかし、本実験結果より、サッカード振幅が大きかったことは、Chunking and template theory (Miller, 1956; Chase and Simon, 1973a, b; Gobet and Simon, 1996, 2000) に基づく視覚探索を行っていた可能性が考えられる。日常運転経験者にはこれまでの経験から運転席からの風景画像の特徴がチャンキングやテンプレートとして記憶されており、このような交通状況であればどのあたりを探索すればよい、などといったチャンキングやテンプレートに基づいた探索がなされていたのかもしれない。

画像全体の処理メカニズムに関する今後の課題

本研究における日常運転経験者が第一段階である画像の全体的な処理をどのように行っているのかを調べることは今後の検討課題である。上述したモデルはどれも、エキスパートになるための集中的な訓練によって獲得される、第一段階での全体像の処理が重要となっているが、その詳細は一つに定まっていない。ではエキスパートにはどのような全体像の処理が考えられるのだろうか。Sheridan and Reingold (2017) は、画像診断のエキスパートにおける画像全体の処理を、専門領域特定の、周辺視によって画像を捉えることで最初の一瞥で画像全体を処理することができる、といった予測に基づいて説明している。

専門領域特定のとは、チャンキングやテンプレートによって画像全体を処理していると仮定すると、それはその領域に限定された能力だということである。例えば、医療画像とは関係がない

他の視覚刺激で視覚探索課題や記憶課題を行うと、エキスパートと初心者で違いはみられなかった (Nodine and Krupinski, 1998; Evans et al., 2011; Litchfield and Donovan, 2016)。このことから画像診断のエキスパートはその領域だけに限定されたチャンキングとテンプレートによる全体像の処理を獲得していることが考えられる。

画像診断のエキスパートは、周辺視による画像の全体的な処理により画像中の異常を見つけ出している。周辺視による広範囲の処理が獲得されているため、例えば画像の局所的な範囲が提示された場合、エキスパートのパフォーマンスは低下する (Swensson et al., 1985)。また、画像診断のエキスパートは画像の短時間提示であっても多くの異常を検出できることから (Carmody et al., 1980; Evans et al., 2013, 2016)、周辺視を使った画像全体の処理と異常箇所の素早い検出が可能となっていると考えられる。しかし、Litchfield and Donovan (2016) は、画像診断のエキスパートによる画像全体の一瞥は、そのあとに続く詳細な探索のパフォーマンスに影響しないと報告している。これらのことから、エキスパートの効率的な視覚探索のメカニズムは単純ではないことがわかる。

本実験結果において、日常運転経験者のサッカド振幅が大きかったことからチャンキングやテンプレートに基づいた視覚探索が行われていたことが示唆された。このことから日常運転経験の有無による視覚探索の違いは、運転風景の視覚探索に限定されたものであると考えられる。したがって、運転風景とは関係のない視覚刺激で視覚探索課題を行えば日常運転経験の有無で差は生じない可能性がある。また、日常運転経験者の画像観察時間が短かったことから、画像の短時間提示でも複数の注意箇所を検出できることが考えられる。エキスパートになるための集中的な訓練を伴わない日常経験において、視覚刺激の提示範囲や短時間提示によってモデルを精緻化することは今後の検討課題である。

運転状況におけるその他の要因

本研究では、ある交通状況の一場面における注意箇所の探索課題を行うことで、空間的側面から視覚探索の視線パターンを検討してきた。しかし、実際に運転するとき私たちはハンドルを操作し、足でアクセルやブレーキを操作し、カーナビゲーションを見て音楽を聴きながら、前方の車や歩行者、信号、標識など目に入る多くのものに注意する必要がある、さまざまな認知機能を駆使しなければならない。さらに運転席から見える景色は刻一刻と変化するため、運転という状況では空間的な要因に加えて時間的な変化という要因が重要になる。

また、Underwood (2005) は、平均年齢 68.4 歳の高齢ドライバーと平均年齢 37.8 歳のドライバーに、横断中の歩行者や自転車など、さまざまな危険が埋め込まれた運転風景の動画を見せ、危険を探し出させる課題を行った。その結果、エキスパートドライバーの特徴である、視線の水平方向への探索や危険を探し出すまでの時間に高齢ドライバーと若いドライバーの間で差はなかった。このことは、一度日常的な運転を経験すると、視覚探索のパフォーマンスは加齢の変化に応じて変化しないことを示唆している。つまり、本実験のような空間的な要因のみでの視覚探索課題で加齢の効果を検討した場合も加齢の効果はみられないと考えられる。そこで今後は、本実験で行った視線の解析を時間要因と空間要因双方が含まれた視覚探索課題 (e.g., Underwood (2005)) においても行うことで、空間要因における視覚探索との視線パターンの類似点や相違点

を明らかにしたい。

視覚探索に関する学習

今回みられたような視線パターンの変化は、明示的な学習によって得られる可能性があるだろうか？ Chapman et al. (2002) は、運転初心者者を2つのグループに分け、片方のグループには危険状況が丸く囲まれて表示された運転風景の動画を使い、視覚探索と危険の予測を強化するトレーニングを行った。その後、双方のグループに運転風景の動画から危険を探し出させる課題と実際に道路を運転させる課題を行い、眼球運動を測定した。その結果、トレーニングを受けたグループには、運転経験が長い人と類似した視線パターンが見られ、単純なトレーニングでも学習の効果があることがわかった。このことは、本実験の参加者のように日常運転経験がない人に対して危険を探し出す視覚探索課題のトレーニングを行うことで、日常運転経験者と類似した視線パターンが得られる可能性を示唆している。

文献

- Assaf, D., Amar, E., Marwan, N., Neuman, Y., Salai, M., and Rath, E. (2016). Dynamic patterns of expertise: the case of orthopedic medical diagnosis. *PLOS ONE*, **11**: e0158820.
- Bakeman, R. (2005). Recommended effect size statistics for repeated measures designs. *Behavior Research Methods*, **37**, 379-384.
- Brunyé, T. T., Carney, P. A., Allison, K. H., Shapiro, L. G., Weaver, D. L., and Elmore, J. G. (2014). Eye movements as an index of pathologist visual expertise: a pilot study. *PLOS ONE*, **9**: e103447.
- Carmody, D. P., Nodine, C. F., and Kundel, H. L. (1980). Analysis of perceptual and cognitive factors in radiographic interpretation. *Perception*, **9**, 339-344.
- Chapman, P., Underwood, G. and Roberts, K., (2002). Visual search patterns in trained and untrained novice drivers. *Transportation Research F: Traffic Psychology and Behavior*, **5**, 157-167.
- Chase, W. G., and Simon, H. A. (1973a). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, **4**, 55-81.
- Chase, W. G., and Simon, H. A. (1973b). "The mind's eye in chess," in *Visual Information Processing*, ed. W. G. Chase (New York, NY: Academic Press), 215-281.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Donovan, T., and Litchfield, D. (2013). Looking for cancer: expertise related differences in searching and decision making. *Applied Cognitive Psychology*, **27**, 43-49.
- Drew, T., Evans, K. K., Vö, M. L.-H., Jacobson, F. L., and Wolfe, J. M. (2013). Informatics in radiology: what can you see in a single glance and how might this guide visual search in medical images? *Radiographics*, **33**, 263-274.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., and Tesch-Romer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, **100**, 363-406.
- Evans, K. K., Cohen, M. A., Tambouret, R., Horowitz, T., Kreindel, E., and Wolfe, J. M. (2011). Does visual expertise improve visual recognition memory? *Attention Perception and Psychophysics*, **73**, 30-35.
- Evans, K. K., Georgian-Smith, D., Tambouret, R., Birdwell, R. L., and Wolfe, J. M. (2013). The gist of the abnormal: above chance medical decision making in the blink of an eye. *Psychonomic Bulletin and Review*, **20**, 1170-1175.
- Evans, K. K., Haygood, T. M., Cooper, J., Culpan, A.-M., and Wolfe, J. M. (2016). A half-second glimpse often lets radiologists identify breast cancer cases even when viewing the mammogram of the opposite breast. *Proceedings National Academy of Science of the United States of America*, **113**, 10292-10297.
- Gobet, F., and Simon, H. A. (1996). Templates in chess memory: a mechanism for recalling several boards.

- Cognitive Psychology*, 31, 1–40.
- Gobet, F., and Simon, H. A. (2000). Five seconds or sixty? Presentation time in expert memory. *Cognitive Science*, 24, 651–682.
- Kok, E. M., de Bruin, A. B. H., Robben, S. G. F., and van Merriënboer, J. J. G. (2012). Looking in the same manner but seeing it differently: bottom-up and expertise effects in radiology. *Applied Cognitive Psychology*, 26, 854–862.
- Krupinski, E. A., Graham, A. R., and Weinstein, R. S. (2013). Characterizing the development of visual search expertise in pathology residents viewing whole slide images. *Human Pathology*, 44, 357–364.
- Kundel, H. L., Nodine, C. F., Conant, E. F., and Weinstein, S. P. (2007). Holistic component of image perception in mammogram interpretation: gaze-tracking study. *Radiology*, 242, 396–402.
- Litchfield, D., and Donovan, T. (2016). Worth a quick look? Initial scene previews can guide eye movements as a function of domain-specific expertise but can also have unforeseen costs. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, 42, 982–994.
- Macnamara, B. N., Hambrick, D. Z., and Oswald F. L. (2014). Deliberate practice and performance in music, games, sports, education, and professions: A meta-analysis. *Psychological Science*, 1–11.
- Miller, G. A. (1956). The magic number seven, plus or minus two. *Psychological Review*, 63, 81 – 87.
- Nodine, C. F., and Krupinski, E. A. (1998). Perceptual skill, radiology expertise, and visual test performance with NINA and WALDO. *Academic Radiology*, 5, 603–612.
- Nodine, C. F., and Kundel, H. L. (1987). “The cognitive side of visual search in radiology,” in *Eye Movements: From Physiology to Cognition*, eds J. K. O’Regan and A. Levy-Schoen (Amsterdam: Elsevier), 573–582.
- Nodine, C. F., and Mello-Thoms, C. (2000). “The nature of expertise in radiology,” in *Handbook of Medical Imaging: Physics and Psychophysics*, Vol. 1, eds J. Beutel, H. Kundel, and R. L. Van Metter (Bellingham, WA: SPIE Press), 859–894.
- Reingold, E. M., and Charness, N. (2005). “Perception in chess: evidence from eye movements,” in *Cognitive Processes in Eye Guidance*, ed. G. Underwood (Oxford: Oxford University Press), 325–354.
- Reingold, E. M., and Sheridan, H. (2011). “Eye movements and visual expertise in chess and medicine,” in *The Oxford Handbook of Eye Movements*, eds. S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, and S. Everling (Oxford: Oxford University Press), 528–550.
- Sheridan, H., and Reingold, E. M. (2014). Expert versus novice differences in the detection of relevant information during a chess game: Evidence from eye movements. *Frontiers in Psychology*, 5, 941.
- Sheridan, H., and Reingold, E. M. (2017). The holistic processing account of visual expertise in medical image perception: A Review. *Frontiers in Psychology*, 8:1620.
- Swenson, R. G. (1980). A two-stage detection model applied to skilled visual search by radiologists. *Perception & Psychophysics*, 27, 11–16.
- Swenson, R. G., Hessel, S. J., and Herman, P. G. (1985). The value of searching films without specific preconceptions. *Investigative Radiology*, 20, 100–114.
- Torralla, A., Oliva, A., Castelano, M. S., and Henderson, J. M. (2006). Contextual guidance of eye movements and attention in real-world scenes: the role of global features in object search. *Psychological Review*, 113, 766–786.
- Underwood, G., Crundall, D. and Chapman, P., (2002). Selective searching while driving: the role of experience in hazard detection and general surveillance. *Ergonomics*, 45, 1–12.
- Underwood, G., Phelps, N., Wright, C., Van Loon, E. and Galpin, A., (2005). Eye fixation scanpaths of younger and older drivers in a hazard perception task. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 25, 346–356.
- Wolfe, J. M., Võ, M. L.-H., Evans, K. K., and Greene, M. R. (2011). Visual search in scenes involves selective and nonselective pathways. *Trends in Cognitive Science*, 15, 77–84.
- Wood, G., Knapp, K. M., Rock, B., Cousens, C., Roobottom, C., and Wilson, M. R. (2012). Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures. *Skeletal Radiology*, 42, 165–172.

