

日常経験が時空間次元での視覚探索中の 視線パターンに与える影響

Effect of daily experience on gaze patterns during spatio-temporal visual search

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

交通場面に関する静止画像を用いた場合、日常での運転経験者（約2年）は未経験者よりも視覚探索のパフォーマンスが高く、また視線パターンが異なっていた（空間次元における視覚探索）（和崎ら、2019）。本研究では、交通場面の動画画像を用いた視覚探索（時空間次元における視覚探索）においても、日常経験の有無によりこうした違いがみられるのかを検討した。実験参加者の課題は、運転風景の動画画像から危険を検出することであった。動画画像観察時の視線を計測し、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、日常運転経験群と未経験群の間で視覚探索のパフォーマンスおよび視線パターンに差はみられなかった。以上の結果は、2年程度の経験の差は、刺激に時間次元の情報が加わることにより消失すること、そして、さらなる経験がさらなる技能向上につながる可能性を示している。

[Abstract]

Daily experience of driving improved visual search performance and modified gaze patterns on while searching hazardous situations in the static scenery images while driving a vehicle (spatial visual search task). The purpose of this study was to examine whether similar improvements in performance of visual search and modifications of gaze patterns can be observed when using driving scenery movies from the driver's seat (spatio-temporal visual search task). Both participants having a few years of experience and having no experience in driving were instructed to find hazardous situations in the movies. We measured their gaze patterns by using an eye tracking device while they observed the movies. We found both performance and gaze patterns did not differ significantly between experienced and inexperienced participants. These results indicate that an advantage of a few years of experience in driving vanishes with an addition of temporal information and that further improvement can be expected with further experience.

はじめに

チェスのプレーヤーや画像診断医、科学捜査官といった各分野のエキスパートは、集中的な訓練によりその専門分野における画像に対し、視覚探索のパフォーマンスを向上させている。この視覚探索のパフォーマンス向上に伴い、探索中の視線パターン（視線の動き）が変容する。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、エキスパートの方が初心者よりも探索時間が短縮するとともに、視線パ

ターンも変容した。エキスパートの視線は駒を動かさない配置には長く停留せず、可能性がある配置にのみ視線の停留時間が長くなった。一方、初心者の視線はどちらの配置にも長く停留した。Assaf 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、エキスパートには、疾患を検出するまでにかかる時間の短縮とともに未熟練者とは異なる視線パターンがみられた。

エキスパートの視覚探索のパフォーマンス向上に伴う視線パターンの特徴としては、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., 2013), サッカード振幅が大きい (Krupinski and Weinstein, 2013; Assaf et al., 2016), 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; Donovan and Litchfield, 2013; Bruny  et al., 2014; Assaf et al., 2016) といったことが挙げられる。

一方、視覚探索のパフォーマンス向上および視線パターンの変容は、たとえエキスパート養成のための集中的な訓練でなくとも、日常的な経験のみでも生じる。和崎ら (2019) は、自動車の日常的な運転経験を通して、未経験者と比較した際の視覚探索のパフォーマンス向上に伴う視線パターンの変容が、上述したようなエキスパートにみられる視線パターンの変容と類似するのかを検討した。実験参加者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、または運転未経験者が実験に参加した。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分けて解析を行った。その結果、日常運転経験者は未経験者よりも、サッカード振幅が大きく、画像内の車や歩行者、カーブミラーといったオブジェクトへの最初の視線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、一回の滞在時間と停留時間は両群で差はみられなかった。

視覚探索のパフォーマンスを向上させる要因は訓練や経験に限らない。静止画像／動画像・刺激の知覚モダリティ・色・単純性や、課題の種類など、さまざまな要因が関与している (Gegenfurtner et al., 2011)。和崎ら (2019) では、現実場面の静止画像 (すなわち空間次元のみ変化がある刺激) を用いたが、本研究では動画像 (すなわち時間空間双方の次元において変化がある刺激) 観察時の視覚探索課題において、日常的に運転を経験することにより視覚探索のパフォーマンスや視線パターンに変容が生じるのかを検討した。和崎ら (2019) の実験では、運転風景の静止画像を使用した。本研究では、運転風景の動画像を用いた。また、実験参加者は和崎ら (2019) と同様に自動車の運転歴約2年の日常運転経験者と運転未経験者であった。

方法

1. 実験参加者

20歳から25歳の女性19名 ($M = 21.84$ 歳, $SD = 1.34$ 歳) が実験に参加した。内10名は日常的に運転をしており (運転年数 $M = 1.8$ 年, $SD = 0.78$ 年), その他の9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、前者を日常運転経験群、後者を日常運転未経験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。

2. 視覚刺激

視覚刺激としては、ドライブレコーダーに記録された交通場面に関する動画像7種類を使用した。ドライブレコーダーの映像には、車や歩行者の飛び出しなど運転中における明らかなハザードが記録されている。実験に使用した7種類の動画像のうち4種類は、①急な車の割り込み、②車の飛び出し、③停車中のバスの陰から歩行者飛び出し、④夜間見通しの悪い道路を横断する歩行者、といったハザードが含まれており、それぞれ天候や時間帯は異なっていた。その他の3種類にはハザードが記録されておらず、統制条件として使用した。7種類全ての動画像を12秒程度の長さに編集した ($M = 12s$, $SD = 0.94s$)。

3. 視線の計測と解析

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, Dell Inc.) 及び24インチ液晶カラーディスプレイ (BenQ XL2420T, BenQ Corp.) を用いて提示した。ディスプレイの空間解像度は 1920×1080 pixel, リフレッシュレートは60Hzであった。実験セッションの制御は視線計測解析用ソフトウェア (Tobii Studio Professional 3.4, Tobii Technology Inc.) により行った。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 Pro X3-120 アイトラッカー, Tobii Technology Inc.) と視線計測解析用ソフトウェア (Tobii Studio Professional 3.4) を使用した。カタログ値による眼球運動計測器のサンプリングレートは120 Hz, 正確度 0.4° , 精密度は 0.24° であった。サッカーと停留の検出には Tobii Studio Professional 3.4 に実装されている I-VT (Identification of Velocity Threshold) フィルターを使用した。I-VT フィルターでは2点の間の速度が閾値よりも大きい場合はサッカー、閾値を下回った場合は停留として分類される。和崎ら (2019) における視線解析手続きでは、この I-VT フィルターを使用し、視線速度 $30^\circ/s$ 以上をサッカーに分類し、また1回の停留を定義するための最小停留時間を60msとした。そこで本研究も和崎ら (2019) における視線解析と同様の手続きを行った。この I-VT フィルターでは、ドリフトやマイクロサッカーといった固視微動はノイズとして扱われ、それ以上の解析はされない。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。

視線の解析は、明らかなハザードを含む4種類の動画像に対し行った。各動画像はハザードの種類や天候、記録された時間帯が日中や夜間などそれぞれ異なるため、各動画像を独立に解析した。動画像提示時から、各動画像において含まれている明らかなハザードに対する実験参加者のマウスクリックを反応時間として算出した。視線の解析は、ハザード出現を基点に $\pm 800ms$ の範囲を解析した。視線を解析するエリアである AOI (Areas of Interest) は、明らかなハザードに対して設定し、ハザード出現 $-800ms$ (ハザード出現より800ミリ秒前) においては、ハザードが出現する位置に設定し、ハザード出現 $+800ms$ (ハザード出現より800ミリ秒後) においては、ハザードを追従する形で AOI を設定した。実験で得られた視線のデータは、和崎ら (2019) と

同様にハザードへの初回停留までの時間、ハザード出現± 800msにおける動画像全体のサッカード振幅、ハザード出現± 800msにおけるAOIへの滞在時間、一回の停留時間そして停留回数について解析した。

4. 手続き

本実験における実験参加者の課題は、交通場面に関する7種類（ハザードあり:4種類、ハザードなし:3種類）の動画像を観察し、各動画像においてハザード（危険箇所）を見つけ次第できるだけ速くマウスをクリックすることであった。実験参加者は、動画像が提示されている間は何回でもマウスをクリックすることが可能であり、動画像はマウスクリックに関係なく最後まで提示された。動画像終了後にハザードであると考えた全ての箇所について口頭で回答した。また、動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、運転風景の動画像が提示された。実験参加者には、ハザードだと思う箇所を見つけ次第すばやくマウスをクリックすること、クリックする回数に制限はないことをあらかじめ教示した。動画像の提示範囲のサイズは $28.1^{\circ} \times 42.8^{\circ}$ であった。この手続きを1試行とし、計8試行を行った。動画像の提示順序は実験参加者ごとにランダムにした。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

先述した通り視線パターンの解析は、ハザードに対する初回停留までの時間を除く、サッカード振幅、一回の滞在時間、一回の停留時間については、ハザード出現を基点に± 800 msの範囲を解析し、日常運転経験群と未経験群の間で対応のない t 検定を行った。同じ視線パターンの指標において繰り返し t 検定を行う多重比較になることから、Bonferroni法による補正を行った。つまり、初回停留までの時間を除くサッカード振幅、一回の滞在時間、一回の停留時間についての有意水準は.025%とした。設定したAOIに視線が向かなかった場合もあり、その場合には各群における欠損値を除く値より算出した平均値を代入した。また先に記したように、今回使用した動画像は4種類のハザードを含むため、それらを個別に解析した。

① 急な車の割り込み

日常運転経験群と日常運転未経験群におけるハザード検出にかかる反応時間の違いを図1aに示す。 t 検定の結果、日常運転経験群と未経験群の反応時間に有意な差はみられなかった ($t(17)=1.86, p=.07, d=.90$)。なおCohen(1988)は、グループごとの平均値の差を標準化した効果量 d の大きさの目安を小(0.20)、中(0.50)、大(0.80)としている。

ハザードに対する初回停留までの時間(図1b)における t 検定の結果、日常運転経験群よりも未経験群のほうが初回停留までの時間が有意に短かった ($t(17)=3.05, p=.007, d=1.48$)。日常運転経験の有無におけるサッカード振幅の平均値の違いを図1cに示す。 t 検定の結果、ハザード出現前、出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった(出現前: $t(17)=.79, p=.43,$

$d=0.38$), 出現後: ($t(17)=7.3, p=.001, d=1.26$)). 一回の滞在時間 (図 1d) における t 検定の結果, ハザード出現前は両群間に有意な差はみられなかったが ($t(17)=1.07, p=.29, d=.52$), 出現後は日常運転経験群の方が未経験群よりも有意に一回の滞在時間が短かった ($t(17)=3.16, p=.005, d=1.53$). 一回の停留時間 (図 1e) における t 検定の結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった (出現前: ($t(17)=.81, p=.42, d=.39$), 出現後: ($t(17)=1.12, p=.27, d=.54$)). 停留回数 (図 1f) における t 検定の結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった (出現前: ($t(17)=1.90, p=.07, d=.92$), 出現後: ($t(17)=.65, p=.51, d=.32$)).

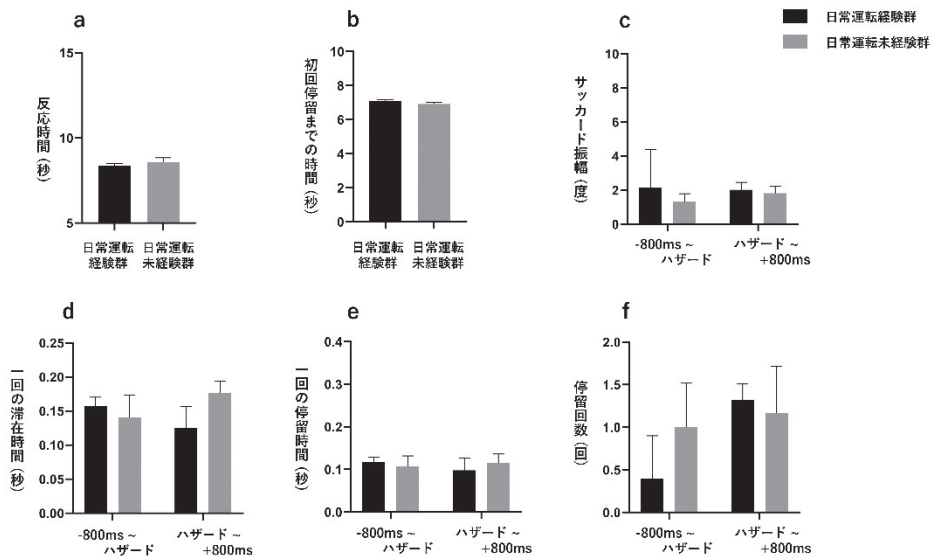


図 1 「急な車の割り込み」における反応時間と各視線パターン

a~f はそれぞれ, a: 反応時間 (縦軸は秒, 横軸は経験群 / 未経験群), b: ハザードへの初回停留までの時間 (縦軸は秒, 横軸は経験群 / 未経験群), c: サッカード振幅 (縦軸は度, 横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms), d: 一回の滞在時間 (縦軸は秒, 横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms), e: 一回の停留時間 (縦軸は秒, 横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms), f: 停留回数 (縦軸は回, 横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms) を示す。誤差棒は 95% 信頼区間。

② 車の飛び出し

日常運転経験群と日常運転未経験群におけるハザード検出にかかる反応時間の違いを図 2a に示す。 t 検定の結果, 日常運転経験群は未経験群と比較して反応時間が有意に短かった ($t(17)=2.61, p=.001, d=1.26$)。

ハザードに対する初回停留までの時間 (図 2b) における t 検定の結果, 両群間に有意な差はみられなかった ($t(17)=.97, p=.34, d=.47$)。日常運転経験の有無におけるサッカード振幅の平均値の違いを図 2c に示す。 t 検定の結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみ

られなかった（出現前： $t(17)=1.30, p=.20, d=1.38$ ，出現後： $t(17)=1.59, p=.12, d=.60$ ）。一回の滞在時間（図2d）における t 検定の結果，ハザード出現前，出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった（出現前： $t(17)=1.07, p=.29, d=.52$ ，出現後： $t(17)=.38, p=.70, d=.18$ ）。一回の停留時間（図2e）における t 検定の結果，ハザード出現前，出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった（出現前： $t(17)=2.24, p=.03, d=1.08$ ，出現後： $t(17)=.08, p=.93, d=.04$ ）。停留回数（図2f）における t 検定の結果，ハザード出現前，出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった（出現前： $t(17)=1.91, p=.07, d=1.15$ ，出現後： $t(17)=.51, p=.61, d=.24$ ）。

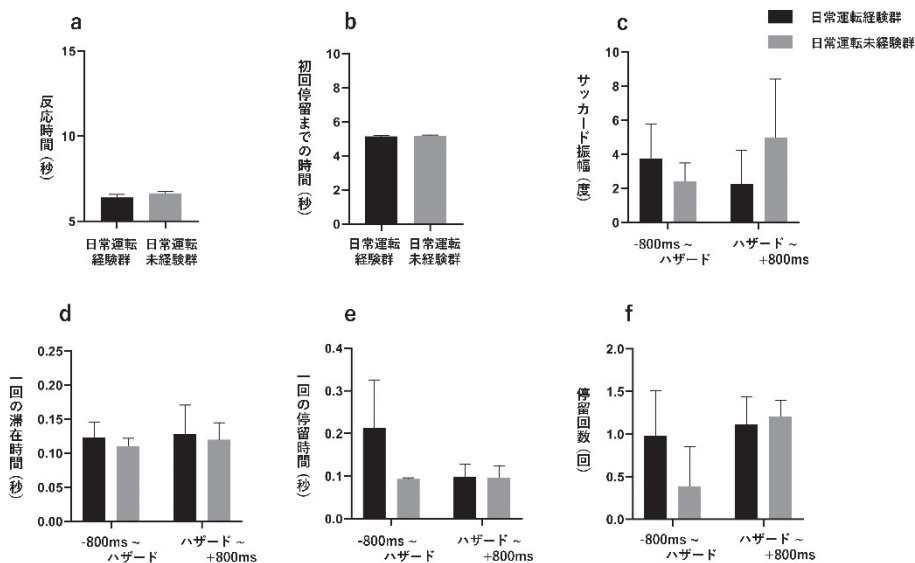


図2「車の飛び出し」における反応時間と各視線パターン

a~fはそれぞれ，a: 反応時間（縦軸は秒，横軸は経験群 / 未経験群），b: ハザードへの初回停留までの時間（縦軸は秒，横軸は経験群 / 未経験群），c: サッカード振幅（縦軸は度，横軸はハザード出現前 800ms/出現後 800ms），d: 一回の滞在時間（縦軸は秒，横軸はハザード出現前 800ms/出現後 800ms），e: 一回の停留時間（縦軸は秒，横軸はハザード出現前 800ms/出現後 800ms），f: 停留回数（縦軸は回，横軸はハザード出現前 800ms/出現後 800ms）を示す。誤差棒は95%信頼区間。

③ 停車中のバスの陰から歩行者飛び出し

日常運転経験群と日常運転未経験群におけるハザード検出にかかる反応時間の違いを図3aに示す。 t 検定の結果，日常運転経験群と未経験群の反応時間に有意な差はみられなかった（ $t(17)=1.60, p=.12, d=.77$ ）。

ハザードに対する初回停留までの時間（図3b）における t 検定の結果，両群間に有意な差はみられなかった（ $t(17)=1.87, p=.07, d=.91$ ）。日常運転経験の有無におけるサッカード振幅の平均値の違いを図3cに示す。 t 検定の結果，ハザード出現前は両群間に有意な差はみられなかった

が ($t(17)=.90, p=.37, d=.43$), 出現後は日常運転経験群の方が未経験群よりも有意にサッカー
ド振幅が小さかった ($t(17)=2.37, p=.02, d=1.15$)。一回の滞在時間 (図 3d) における t 検定の
結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった (出現前: ($t(17)=$
.86, $p=.39, d=.44$), 出現後: ($t(17)=.81, p=.42, d=.39$))。一回の停留時間 (図 3e) における t
検定の結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった (出現前: ($t(17)=$
1.80, $p=.08, d=.85$), 出現後: ($t(17)=.96, p=.34, d=.46$))。停留回数 (図 3f) における t 検定
の結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった (出現前: ($t(17)=$
1.49, $p=.15, d=.72$), 出現後: ($t(17)=.46, p=.64, d=.22$))。

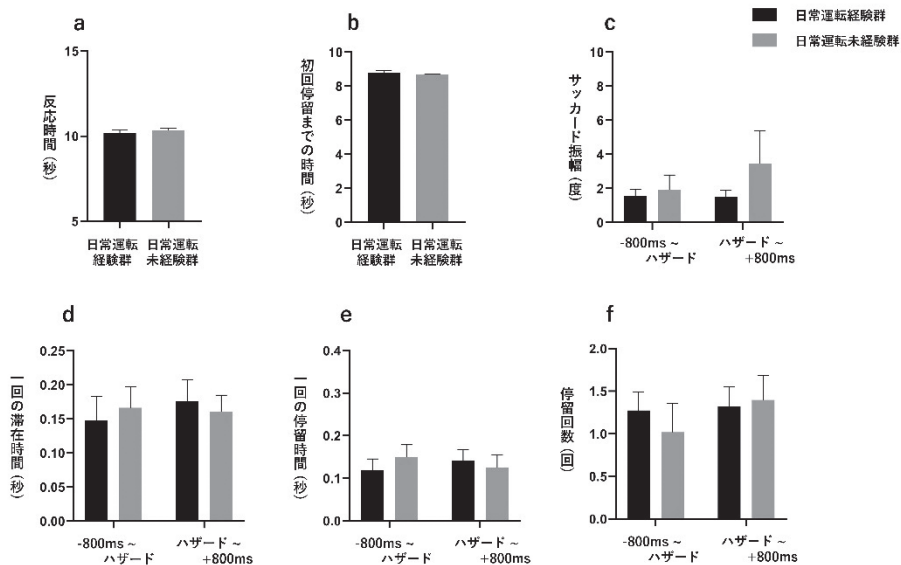


図 3 「停車中のバスの陰から歩行者飛び出し」における反応時間と各視線パターン

a~fはそれぞれ, a: 反応時間 (縦軸は秒, 横軸は経験群/未経験群), b: ハザードへの初回停留までの時間 (縦軸は秒, 横軸は経験群/未経験群), c: サッカード振幅 (縦軸は度, 横軸はハザード出現前 800ms/
出現後 800ms), d: 一回の滞在時間 (縦軸は秒, 横軸はハザード出現前 800ms/出現後 800ms), e: 一回の
停留時間 (縦軸は秒, 横軸はハザード出現前 800ms/出現後 800ms), f: 停留回数 (縦軸は回, 横軸はハザード
出現前 800ms/出現後 800ms) を示す。誤差棒は 95% 信頼区間。

④ 夜間見通しの悪い道路を横断する歩行者

日常運転経験群と日常運転未経験群におけるハザード検出にかかる反応時間の違いを図 4a に
示す。 t 検定の結果, 日常運転経験群と未経験群の反応時間に有意な差はみられなかった ($t(17)$
=1.49, $p=.15, d=.72$)。

ハザードに対する初回停留までの時間 (図 4b) における t 検定の結果, 両群間に有意な差は
みられなかった ($t(17)=1.18, p=.24, d=.48$)。日常運転経験の有無におけるサッカード振幅の平
値の違いを図 4c に示す。 t 検定の結果, ハザード出現前, 出現後ともに両群間に有意な差はみら

れなかった（出現前： $t(17)=.73, p=.47, d=.35$ ），出現後： $t(17)=.62, p=.53, d=.30$ ）。一回の滞在時間（図4d）における t 検定の結果，ハザード出現前は日常運転経験群の方が未経験群よりも有意に一回の滞在時間が短かったが（ $t(17)=4.53, p=.0003, d=2.71$ ），出現後は両群間に有意な差はみられなかった（ $t(17)=1.05, p=.30, d=.55$ ）。一回の停留時間（図4e）における t 検定の結果，ハザード出現前は日常運転経験群の方が未経験群よりも有意に一回の停留時間が短かったが（ $t(17)=4.53, p=.0003, d=2.20$ ），出現後は両群間に有意な差はみられなかった（ $t(17)=1.05, p=.30, d=.51$ ）。停留回数（図4f）における t 検定の結果，ハザード出現前，出現後ともに両群間に有意な差はみられなかった（出現前： $t(17)=1.30, p=.20, d=.45$ ，出現後： $t(17)=.07, p=.94, d=.03$ ）。

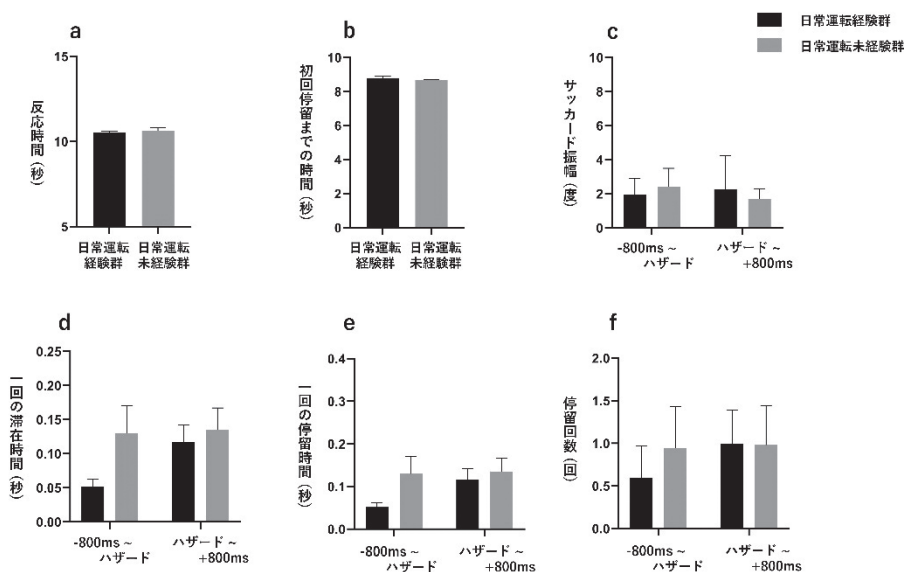


図4 「夜間見通しの悪い道路を横断する歩行者」における反応時間と各視線パターン

a-fはそれぞれ，a: 反応時間（縦軸は秒，横軸は経験群 / 未経験群），b: ハザードへの初回停留までの時間（縦軸は秒，横軸は経験群 / 未経験群），c: サッカド振幅（縦軸は度，横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms），d: 一回の滞在時間（縦軸は秒，横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms），e: 一回の停留時間（縦軸は秒，横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms），f: 停留回数（縦軸は回，横軸はハザード出現前 800ms/ 出現後 800ms）を示す。誤差棒は 95% 信頼区間。

考察

本研究では，交通場面の動画観察時において，日常経験の有無による視覚探索のパフォーマンス向上とともに視線パターンが変容するのか検討した。まず，視覚探索のパフォーマンス（反応時間）は，一つの動画を除く他の3つの動画において，日常運転経験群と未経験群の間に差はみられなかった。また各視線パターンは表1より，静止画像では経験による差がみられたが，

動画像を使用することにより訓練による視線パターンの変容がみられなくなることがわかる。つまり、訓練による視覚探索のパフォーマンスおよび視線パターンの変容は静止画像から動画像を使用したことにより消失することが示唆された。視覚探索における視線パターンの変容は、パフォーマンスの向上に伴う (Sheridan and Reingold, 2017) ことを考えると、パフォーマンスに変容がみられなければ視線パターンも変容しないという本研究の結果は妥当であると言える。

課題が自動車の運転場面であるために、日常運転経験者にとって視覚刺激が動画像になることはより現実場面に近づくため、結果として経験による差が生じる可能性が高いと当初は予測していた。実際には、運転場面において静止画像から動画像での探索課題となることにより日常運転経験の有無による差異はみられなくなることがわかった。本研究の日常運転経験者の運転歴は約2年であった。未経験者よりは経験があるとはいえ、運転技能および注意力はこれから向上する段階にあると考えられる。このレベルの運転経験においては、静止画像（空間次元）での視覚探索能力に長けており、動画像（時空間次元）における探索となると経験による差がなくなることとも考えられる。この静止画像と動画像の差異による視覚探索のパフォーマンスの差の消失が運転場面に限定されるものなのか、今後は運転場面の静止画像と動画像における視覚探索課題を熟練ドライバーと初心者と比較することによる検討や他領域の画像を用いた課題を行う必要があると考える。

本研究における日常運転経験者と未経験者の視覚探索のパフォーマンスおよび視線パターンに変化がみられなかった結果は、動画像を使用したことに限定されるのではないと考える。和崎ら (2019) の実験と本実験における静止画像から動画像への操作により、実験参加者が行う課題がこの2つの実験間で異なったことも関与している可能性がある。本実験の課題は、運転風景の画像から危険箇所を探索する課題より反射的な反応や素早い判断が求められる点で変化検出課題に近かった。Gegenfurtnerら (2011) によると、課題の種類は視覚探索のパフォーマンスに影響する。今回の結果が真に静止画像から動画像への操作によるものなのか、今後は課題をより厳密に統制し検討することが必要である。

また、今回はハザード出現を基点とした前後 800ms のみの視線パターンを解析したが、他のタイムゾーンにおける視線パターンの解析や AOI の設定方法など解析方法についても精緻化する必要がある。

表 1 経験要因および静止画像／動画像の操作による視線パターンの比較

	画像診断医/エキスパート (画像)	日常運転経験者 (画像)	日常運転経験者 (動画像)
		← 経験要因	← 静止画像/動画像
①初回停留までの時間	短い	短い	変化なし
②サッカード振幅	大きい	大きい	変化なし
③一回の滞在時間	短い	変化なし	短い傾向
④一回の停留時間	短い	変化なし	変化なし
⑤停留回数	少ない	少ない	変化なし

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.
- 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.
- 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.
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., and Säljö, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, **23**, 523–552.
- 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.
- 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.
- 和崎夏子・竹内龍人・吉本早苗 . (2019). 日常経験が視覚探索の視線パターンに与える影響. *VISION*, **31**, 55-66.
- Wood, G., Knapp, K. M., Rock, B., Cousens, C., Roobottom, C., and Wilson, M. R. (2013). Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures. *Skeletal Radiology*, **42**, 165–172.