

The ‘Saw but Forgot’ error: A role for short-term memory failures in understanding junction crashes?

Chioe J. Robbins, Harriet A. Allen, Karl A. Miller, Peter Chapman

PLoS ONE, 2019, 14(9): e0222905

1. Introduction

➤ バイク事故

- ✧ イギリスでのバイクの事故に関する研究は、25%以上の致命的な事故が他の道路利用者がバイクの進路に入ることによって発生し、特に交差点でよく起きることを明らかにした。
- ✧ アメリカでは、2017 年に 5172 人のバイクドライバーが道路上で亡くなっている。過去の推定では、アメリカのバイクの事故の約 50%が他の車両がバイクの進路に入ることに関連している可能性があるとされている。
- ✧ ヨーロッパの分析では、二輪車両と他の車両の事故の 63%で、他の車両のドライバーの交通スキャンミスが事故に寄与していると示唆されている。
- ✧ 国際的な事故統計に基づいて、このタイプの事故から年間約 10 万人の死亡が発生する可能性があると推定できる。

➤ Look But Fail to See (LBFTS) エラー

- ✧ これらの事故の一般的な解釈は、交差点から出るドライバーが入ろうとしている道路の交通に十分な注意を払っていないということに基づいている。このため、「Look But Fail to See (LBFTS)」と呼ばれる。事故は来る車を見落とすことによって起こるとされている。
 - 変化盲と注意散漫盲の心理現象に一致し、注目が対象物にあっても、必ずしもその検出や処理に関連しているわけではないとされている。

➤ Size-arrival Effect

- ✧ 他の研究では、バイク事故リスクは小さい物体が遠くに見え、大きい物体より遅く到着すると認識される「Size-arrival Effect」によって過大評価されていると示唆されている。
 - この知覚の誤りにより、ドライバーはバイクが近づいている時に、車や大型車両よりも交差点で小さい隙間を取る可能性がある。

- シミュレーション実験の結果は、車が来るバイクの進路に入り、バイクが実際よりも遠くにあるとドライバーが思って事故が起こることを示している。

➤ **本研究の目的**

- ◇ 研究 1 の目的は、ドライバーが異なる車種に対して注意のバイアスや記憶の詳細を示すかどうかを探ることだった。ドライバーの眼球運動を分析し、運転シミュレータで近づく車両を報告する能力をテストする。
- ◇ 研究 2 と研究 3 の目的は、ドライバーが来る車両の前に出るリスクのある決定をする時に、ドライバーの眼球運動と来る車両とその位置を報告する能力を分析する。

2. Study1: Drivers' behavior and recall at junctions

- 研究 1 では、交差点におけるドライバーの視覚的注意と車両の位置に対する記憶を調べることが主な目的だった。
 - ◇ 小さい車両に対する注意が減少し、小さい車両が大きな車両よりも遠くにあると推定されると予想された。
 - ◇ この実験は、車両とその位置に対するドライバーの記憶が何度もテストされる必要があるため、この研究では記憶テストの存在が参加者の行動を変えるかどうかを確認した。
- **参加者**
 - ◇ 運転のみグループの参加者:
 - 30 人（平均年齢 = 21.8 歳、 $SD = 4.5$; 男性 = 12 人、女性 = 18 人）
 - 運転歴: 1 ~ 22 年
 - 年間走行距離: 0 - 10000 マイル（平均 = 3670 マイル）
 - 総走行距離: 30 - 120000 マイル（平均 = 21826 マイル）
 - ◇ 記憶テストグループの参加者:
 - 30 人（平均年齢 = 21.2 歳、 $SD = 2.9$; 男性 = 23 人、女性 = 7 人）
 - 運転歴: 8 ヶ月 ~ 9 年
 - 年間走行距離: 0 - 10000 マイル（平均 = 4,140 マイル）

- 総走行距離は 0 - 50000 マイル (平均 = 8,581 マイル)

➤ 実験デザイン

◇ 運転シナリオ

- 参加者が同じ交差点まで運転することが要求された。交差点は十字路であり、ターゲット試行では、交差点の反対側の道路は常にクリアだった。ドライバーは、主要道路から左または右に接近する車両に対して優先権を持っていなかった。ドライバーは、安全と判断されたときに交差点から出て、交差点の向こう側の道をまっすぐに進むことでシナリオを完了した。各シナリオは同じ場所、交差点から約 80 メートルの地点から始まり、参加者が交差点から出て直進して、交差点から約 30 メートル進んだところで終了した。

◇ 2x3x3 の混合デザイン

- 参加者間要因: 記憶テストを受けたかどうか
- 参加者内要因:

➤ 交差点での対向車のタイプ

- ◇ ターゲット試行では、常に左方向から一台、右方向から一台の対向車があった。各ペアの一台は常に車であり、もう一台は、三つの可能な組み合わせ (車-車、車-バイク、車-大型車) となるように変わった。

➤ 距離

- ◇ 交差点の両側の車両は、常に同じ距離から (遠: 95m、中: 60m、近: 25m) 来る。

- ◇ 両方の対向車は、参加者が交差点に到着したときに常に見えており、30 マイル/時で移動していた。各車両組み合わせは、左右の車両が場所を入れ替えられ、各距離で 2 回繰り返され、18 のターゲット試行 (3 x 車両タイプ、3 x 距離、2 x LR/RL) を提供した。これらの 18 のターゲット試行と、交通がシミュレーターによってランダムに生成される 12 の一般交通試行で、合計 30 試行だった。

◇ 記憶テストグループ

- 30 試行のうち 12 試行が記憶テスト試行だった。記憶テスト試行では、ドライバーが交差点に到達した時点でシナリオが終了し、記憶テストが与えられた。
- ドライバーは、交差点で見た車両を口頭で示し、レーザーポインターを使って、各対向車の位置を示した。これらの記憶テスト試行は、9 つのターゲット試行と 3 つの一般交通試行で構成されていた。9 つのターゲット試行は、各距離（近、中、遠）で、各車両組み合わせ（車-車、車-バイク、車-大型車）の 3 つだった。

➤ 実験装置

☆ ドライビングシミュレータ: NITES 1

- 投影ドーム内に収められた BMW ミニの全体を含み、360 度の投影スクリーンを備えた六自由度の運動プラットフォームに取り付けられている。

☆ ドライビングシミュレーションソフト: XPI

☆ アイトラッカー: FaceLAB 5.0

- ドライバーの前方約 120 度の範囲にわたって参加者の眼球運動を連続的に追跡できた。

- BMW ミニの屋根の上、直接ドライバーの頭の上に、ドライバーからは見えないように KODAK PIXPRO 360 度アクションビデオカメラが取り付けられた。このカメラにより、完全な 180 度の前方視野が可視となった。記憶テスト条件では、これらの記録は、シミュレーションが一時停止した時点での二つの来る車両の位置を測定するために使用された。これらの位置は、車両の前面（ドライバーに最も近い点）に対して測定され、シミュレーションが停止した瞬間に直進からの視覚角を計算することができた。この測定は、参加者がレーザーポインターを空のシミュレーションスクリーンに向けて示した車両の推定位置と比較され、同じビデオカメラを使用して記録された。

➤ 手続き

☆ 参加者は、「運転経験」に関する短いアンケートに回答した。

- 年齢、性別、運転歴、走行距離が含まれていた。

- ◇ ドライバーは運転シミュレーターに入り、アイトラッカーを校正した。参加者は約 20 マイルの速度で交差点に近づき、来る交通が到着する前または後で交差点を渡るよう指示された。参加者たちは実験中、できるだけ自然に運転し、すべての道路標識に従うよう教示された。最初の二つの試行は練習試行とした。各シナリオは平均で約 20 秒かかった。
- ◇ 記憶テスト条件のドライバーには、記憶テスト試行で、参加者が交差点に到着したときにシナリオが終了し、白いシミュレータスクリーンが残ることが伝えられた。これらの試行では、参加者は交差点で見た車両を口頭で示し、レーザーポインターを使用して、各来る車両の位置を示す必要があった。参加者は、どの試行で記憶テストが行われるかを予測することができなかった。

➤ 研究結果

◇ 従属変数:

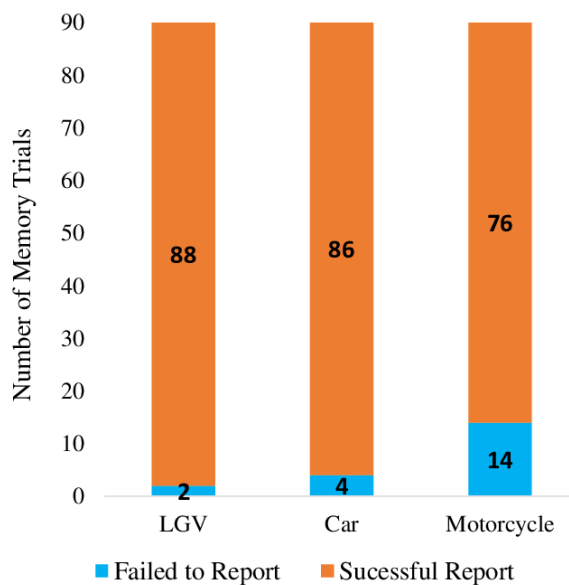
- アプローチタイム
 - ドライバーが「アプローチゾーン」を通過するのにかかった時間を計算することでアプローチタイムを取得した。
 - 「アプローチゾーン」は交差点から 35m 離れた地点から始まり、ドライバーの車の前部が交差点入り口線を越えて交差点に入った瞬間に終了した。
- 停止回数 (Number of Stops)
 - 停止回数は、アプローチゾーンで参加者の車の速度が 1 マイル以下になった回数
- 待ち時間 (Wait Time)
 - 待ち時間は、参加者の車の速度が 1 マイル以下のままで過ぎた時間
- 交差時間 (Cross Time)
 - 交差時間は、ドライバーの車が交差点に入った（譲り線を越えた）時から、ドライバーの車の後部が交差点をクリアした（交差点出口線を越えた）までの時間
- 固視の割合 (Proportion of Fixations)

- 固視の割合は、目標車両側に向かう固視と、目標車両側から遠ざかる固視の数を測定することで算出し、すべての固視のうち、交差点の目標車両側に向かう固視の割合を算出した。
- 視線の割合 (Proportion of Gaze)
 - 視線の割合は、交差点でのドライバーが目標車両側への注視に費やされた時間の割合である。
- 平均固視時間 (Mean Fixation Duration)
 - 平均固視時間は、交差点の目標車両側への固視数を交差点の標的車両側への総視線時間で割って算出した。
- ドライバーの車両報告は二値変数としてコード化された。
- 車両位置のドライバーの記憶はドライバーバイアスによって分析された。
 - ドライバーバイアスは、シミュレーションが停止した瞬間の車両の実際の視覚角と、参加者のレーザーポインターによって示された車両の推定位置との差として定義された。この値は、実際よりも遠くに報告されている視覚角の過大評価（負の値）または、実際よりも近くに報告されている視覚角の過小評価（正の値）のどちらかであった。
- 記憶テストの影響
 - ◇ 参加者間変数（記憶テストまたは運転のみ）、参加者内変数（車、バイク、大型車）および車両距離（近、中、遠）の 2x3x3 混合 ANOVA を使用して実施された。
 - ◇ アプローチタイム [$F(1, 58) = 2.58, p = .11$]、停止回数 [$F(1, 58) = 7.15, p = .61$]、待ち時間 [$F(1, 58) = 1.76, p = .19$] および交差時間 [$F(1, 58) = .19, p = .67$] は有意差が見られなかった。
 - ◇ 固視の割合 [$F(1, 58) = 2.49, p = .12$] および視線の割合 [$F(1, 58) = 3.78, p = .07$] にも有意差はなかったが、記憶テストグループのドライバーの平均固視時間が運転のみグループに比べて有意に長かった ($F(1, 58) = 8.91, p < .01$)。

➤ ドライバーの車両および位置に対する記憶

◇ ドライバーがすべての接近する車両を報告すると予想されたが、7.4%の試行で2台の来る車両のうちの1台を報告しなかった。

- バイク (14) 、車 (4) 、大型車 (2)



◇ ■ Failed to Report ■ Successful Report

◇ 位置については、全体的にドライバーは視角を過小評価する傾向があり、ドライバーは実際よりも近いと記憶していた。

- 車両タイプの有意な主効果 ($F(2, 58) = 5.71, p < .01$) があり、この傾向はバイク (11.72°) の方が車 (8.48°) や大型車 (5.79°) よりも強かった ($p < .01$) 。
- 車間距離の主効果 ($F(2, 58) = 11.23, p < .001$) があり、この傾向は、中・近距離車両よりも遠距離車両で顕著であった ($p < .001$) 。

➤ 眼球運動

◇ 記憶テスト群では、バイクの記憶失敗が驚くほど頻繁であったため、記憶テストによって運転が中断されなかった試行について、これらの参加者の眼球運動の追加的分析を行った。

◇ このグループについては、車両タイプ (自動車、バイク、大型車) と車両距離 (近、中、遠) の 3×3 の参加者内分散分析を使って、目標車両の方向へのドライバーの眼球運動を分析した。

- ◇ ドライバーは、自動車や大型車と比較して、バイクが存在する交差点側への平均固視時間が短かった ($F(2, 58) = 11.75, p < .001$)。しかし、固視の割合 ($F(2, 58) = 1.54, p = .22$)、注視の割合 ($F(2, 58) = 2.01, p = .14$) のいずれにおいても、車両タイプの主効果は見られなかった。

➤ 研究 1 の考察

- ◇ 本研究は、交差点に接近するさまざまな車種に対するドライバーの視覚的注意と記憶について調査することを目的としていた。
- ◇ 結論として、ドライバーは記憶テストの存在によって行動を変化させることはなかったが、平均固視時間の増加によって明らかなように、車への注意はわずかに高まった可能性がある。
- ◇ 研究 1 で最も予想外だったのは、車の存在を報告できないことがあったことである。参加者がバイクの存在を報告できなかったという事実は、自動車が対向バイクの進路に割り込む事故の発生率や、不注意による失認の研究から予測される結果と驚くほど一致している。したがって、この研究は、静止画像に対して安全判断を下すだけでなく、完全にシミュレートされた交差点で、ドライバーが完全な報告障害を経験するという新しい実証である。
- ◇ 全体的に車両位置の有意な過小評価が見られ、特にバイクで顕著であったが、この効果の多くは、ドライバーが交差点で車を出すつもりがなかった可能性のある試行によるものであった。
- ◇ これは研究 1 の限界であり、運転者が記憶テストで実際に交差点に出たかどうかを測定していないからである。不注意盲検や変化盲検のパラダイムは、タスクとの行動的関連性によってアイテムが見えることが期待されるという事実に基づいていることから、このパラダイムにおける車両は、ドライバーが操作を行う決定にとって重要であり、ドライバーが車を抜く前に通過するのを常に待っているような場面ではないことが重要である。次に報告する研究は、ドライバーは実際に車が近くにある交差点に車を出す場面で、完全な報告が失敗する可能性を調査するために計画された。

3. Study 2: Failure to report vehicles when pulling out at a junction

- この研究は、ドライバーの個々のギャップ受容閾値 (gap acceptance threshold) に車両を提示することで、より安全上クリティカルな状況における接近車両に対するドライバーの注意と記憶を調査することを目的としている。
- ギャップ受容法は、ドライバーによって受容されたギャップと拒絶されたギャップの両方からデータを収集し、最も重要な「クリティカルギャップ」のポイントを推定することで、データソースを生成すると考えられている。
- このような状況では、車両がよりタスクに関連しており、ドライバーはいつ交差点から出るかについて、より多くの情報に基づいた決定をしなければならないことを考えると、主な目的は、研究 1 の知見が、ドライバーが接近してくる車両の前で交差点から出るつもりである場合に再現できるかどうかを調べることである。
- **参加者**
 - ✧ 30 人 (平均年齢 = 26.4 歳、 $SD = 8.7$; 男性 = 10 人、女性 = 20 人)
 - ✧ 運転歴: 3 ヶ月から 35 年間
 - ✧ 年間走行距離: 0-15,000 マイル (平均 = 4739 マイル)
 - ✧ 総走行距離: 40-200,000 マイル (平均 = 53,049 マイル)
- **デザイン**
 - ✧ 本研究は、ドライバーが接近する車両の前で出るときのパフォーマンスを測定することを容易にする新たに開発されたパラダイムを使用し、各個々のドライバーのギャップ受容閾値を推定した。
 - ✧ 参加者に提示された 12 回の試行では、車両が固定距離 (45m、55m、65m、75m、85m、95m) で接近していた。車両の組み合わせは 2 つ (車-車、車-バイク) で、1 台の車両が左から、もう 1 台が右から接近していた。車両の組み合わせと接近する車両の方向 (左または右) は、各距離でランダムに決定された。ドライバーは、接近してくる車両の前に出るかどうかを決めることができた。これらの固定距離は、各ドライバーがギャップを受け入れる確率を 50% にするために、対向車が交差点から離れなければならない距離を推定するために使用された。ギャップ受容閾値は、車-車試行と車-バイク試行で別々に計算さ

れたが、対向車の種類に関係なく、すべての試験に基づく統合閾値距離もあった。

- ◇ ギャップ受容閾値が算出されると、その後約 8 回の試行が行われ、その個人の統合閾値距離から車両が接近した。参加者は、対向車の前に出始めた最初の 4 回について記憶テストを受けた。運転者が引き出そうとしなかった場面では、記憶テストは行われなかった。実験は、車-車試行 2 回と車-バイク試行 2 回の合計 4 回の記憶テストが行われるまで続けられた。

➤ 装置

- ◇ 研究 1 と同じ。

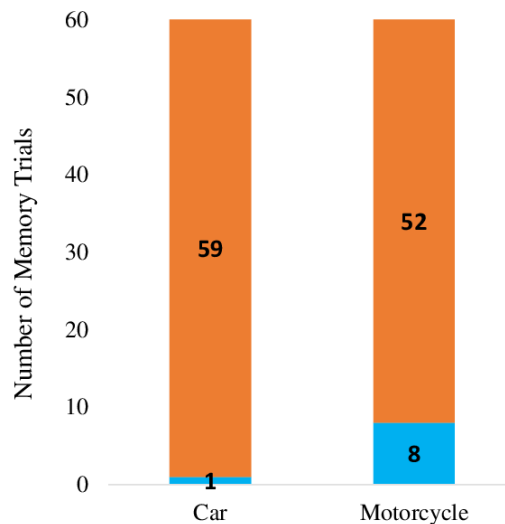
➤ 手続き

- ◇ 手続きの最初の部分は、研究 1 の記憶テストグループと同じだった。
- ◇ 参加者はまず、自分のギャップ受容閾値を推定するための一連の固定距離の試行を完了した。これに基づいて、ドライバーの個々の統合閾値が計算され、今後の試行に使用された。
- ◇ 次に、ドライバーはこの閾値で一連の試行を与えられ、接近する車両の前で出始めたときに記憶テストを受けた。記憶テストの試行では、ドライバーが接近する車両の前で交差点を横切り始めた瞬間にシミュレーションが停止された。その後、ドライバーは交差点に車両が存在するかどうかを報告し、レーザーポインターを使用してこれらの車両の推定位置を示すよう求められた。実験は、4 回の記憶テストが行われるまで続けられた。

➤ 研究 2 の結果

- ◇ 従属変数:
 - ドライバーによる車両と車両の位置に関する報告は、研究 1 と同じ方法で算出した。
 - 眼球運動に関しては、ドライバーがバイクを報告できなかった試行と、報告できた試行との間で計算し、比較した。固視の割合、注視の割合、および平均固視時間は、研究 1 と同様に定義した。
- ◇ ドライバーの車両と場所の記憶

- 前実験と同様、ドライバーは交差点で接近してくる車両の 1 つを完全に報告できないことがあり、車（1 回）よりもバイク（8 回）の方が有意に多く報告できなかった（ $\chi^2(1) = 7.00, p < .01$ ）。



- Failed to Report Successful Report
- 車両が正しく報告された場合、参加者は車両の位置を実際よりも近く推定していることがわかった。
- 研究 1 とは対照的に、自動車とバイクの位置に対するドライバーのバイアスには有意差があり（ $t(29) = 2.46, p < .05$ ）、ドライバーはバイクよりも自動車をより近くに推定するバイアスを持っていた（自動車：21.1 度、バイク：16.5 度、 $p < .05$ ）。

◇ ドライバーの眼球運動。

- バイク報告に失敗した 8 回の眼球運動を、バイク報告に成功した 1 回の眼球運動と比較した。その結果、バイク報告できなかったときと報告できたときの固視の割合 [$t(7) = .99, p = .36$]、視線の割合 [$t(7) = 1.04, p = .33$]、平均固視時間 [$t(7) = 2.05, p = .08$]に有意差はなかった。

➤ 研究 2 の考察

- ◇ 研究 2 は、ドライバーは交差点から前方に車を出しても接近車両を報告しないことがあり、車よりもバイクの方が多いいことを示している。

- ◇ ドライバーの推定車両位置に関しては、全体的に推定車両位置の過小評価が顕著であり、特にバイクに比べて車で顕著であった（研究 1 と異なる）。
- この知見は、車両の大きさが予測される車両の動きに影響を与えるという Size-arrival Effect に関する研究と一致している。
- ◇ 交差点での運転は、ドライバーは交差点をスキャンしている間、交通に関する情報を記憶しておく必要があることを考える。この結果は、後に報告されなかった車両の中には、接近して処理されたにもかかわらず、停車を決定する前に忘れられてしまったものがある可能性を示唆している。
- ◇ 研究 2 の限界は、ドライバーが接近車両を報告する前に、実際に接近車両を注視していたかどうかを確信を持って結論づけることができないことである。参加者の固視の長さは物体に対する記憶を予測すると見られていることから、注視の失敗と想起の失敗の説明を区別する際に、ドライバーが車両を直接固視しているかどうかをまず調べることが重要である。
- ◇ 記憶の干渉をより明確に調べるには、接近する車両を注視した後のドライバーの視覚行動を調べることである。なぜなら、バイクを注視した後の情報は、ワーキングメモリ内の以前にエンコードされた情報に干渉すると予想されるからである。

4. Study 3: Failure to report vehicles with head-mounted eye-tracking

- 研究 3 では研究 2 を繰り返したけど、今回はドライバーが左右に頭を動かしたときなど、極端な位置での固視を正確に測定するために軽量のアイトラッカーを使った。対向車を直接見ていたかどうか、そしてその後のドライバーの視覚探索行動を調べた。
- 参加者
 - ◇ 45 人平均年齢 22.9 歳、男性 12 人、女性 33 人
 - ◇ 運転歴: 4 ヶ月から 22 年
 - ◇ 年間走行距離: 0 から 16,000 マイル（平均 3246 マイル）
 - ◇ 総走行距離は 0 から 154,000 マイル（平均 20,185 マイル）
- デザイン

◇ 研究 2 と同じ

➤ 装置

◇ 研究 2 とほぼ同じ

◇ 眼球運動は Tobii Pro Glasses 2 で記録した

➤ 手続き

◇ 研究 2 と同じ。

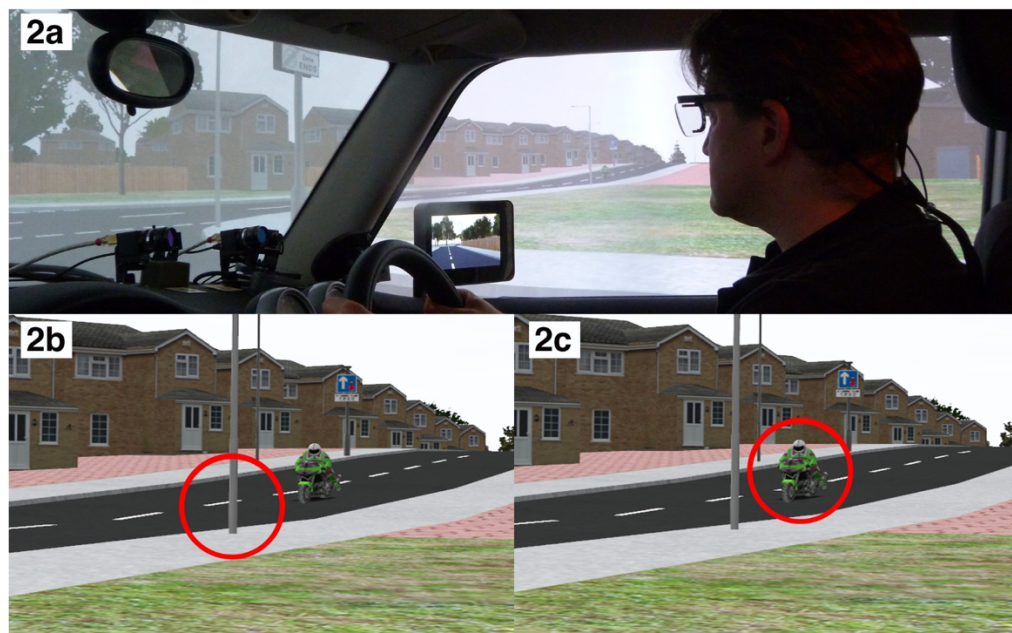


Fig 2. (A) A view to the right within the simulator vehicle showing one of the authors (PC) wearing the head-mounted eye-tracking glasses as used in Study 3 in a trial with a motorcycle approaching from the right-hand side of the intersection at a typical gap-acceptance threshold. Part of the FaceLab system used to record eye movements in Studies 1 and 2 are also visible on the dashboard in this Figure. (B) "Looked but Fail to See": A close up of the view of the eye tracking on one of the five occasions when a driver failed to recall the oncoming motorcycle without having previously fixated it. The red fixation circle has a radius of 1 degree of visual angle and represents the closest fixation this driver made to the motorcycle before entering the junction. (C) "Saw but Forgot": A close up of the view of the eye tracking on one of the eleven occasions when a driver failed to recall the oncoming motorcycle despite having previously fixated it. The red fixation circle has a radius of 1 degree of visual angle and represents an unambiguous fixation on an oncoming motorcycle that the driver will attempt to pull out in front of.

➤ <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222905.g002>

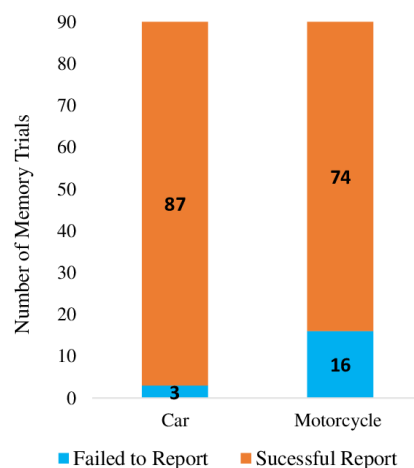
➤ 実験 3 の結果

◇ 従属変数

- 同じ方法で車両の報告、位置の報告、ギャップ受容閾値を計算した。
- 眼球運動に関する従属変数は、固視の回数、総固視時間、平均固視時間だった。固視の回数は、ドライバーの視線が目標車両上で 0.5 度以内に 60ms 以上あった総回数だった。総固視時間は、目標車両に対する固視に費やされた総時間だった。平均固視時間は、目標車両に対する固視の回数を総固視時間で割って計算された。

- バイクに視線固定した後のドライバーのその後の視覚行動も分析され、その後の固視の回数、その後の頭部動作の回数、最後の固視の時間などの変数が調査された。その後の固視の回数は、バイクへの最後の視線固定後から交差点から出るまでにドライバーが行った固視の回数で計算された。その後の頭部動作の回数は、バイクへの最後の視線固定後から交差点から出る前にドライバーが行った大きくはっきりと区別できる頭部動作の回数だった。最後に、最後の固視の時間は、バイクへの最後の固視から交差点から出るまでの時間だった。
- 分析では、ドライバーの車両位置推定、ギャップ受容閾値、眼球運動が参加者内 t 検定にかけられた。

◇ ドライバーが車両と位置を記憶する能力



◇

- バイクを報告しなかったのは 16 試行、自動車を報告しなかったのは 3 試行。ドライバーは自動車よりもバイクを有意に多く報告しなかった ($\chi^2(1) = 11.27, p < .001$)。
- 前実験と同様、ドライバーは一般的に車両の位置を過小評価し、車両が実際より近くにあると推定した。研究 2 と同様に、ドライバーはバイクよりも自動車の方が近いと推定した ($t(44) = 3.49, p < .01$)。

◇ ドライバーの眼球運動

- バイクを報告できなかった16回のうち5回で、ドライバーはバイクに視線固定しなかった。その他の11回では、ドライバーは既に少なくとも60msの間バイクに視線を移動させていた。

◇ ドライバーの車両に対する眼球運動

- バイクに注視し、その後報告しなかった参加者について、バイクを報告しなかったときの眼球運動を、交差点（左または右）でバイクを正しく報告した試行での眼球運動と比較した。報告しなかった場合と報告した場合の固視の回数に差はなく（ $t(10) = 1.40$ 、 $p = .19$ ）、総視線時間や平均固視時間にも差はなかった（総視線時間： $t(10) = 0.37$ 、 $p = .72$ 、平均固視時間： $t(10) = 1.29$ 、 $p = .23$ ）。
- この結果をさらに明確にするために、バイクが報告されなかった試行と、別の参加者がバイクを報告した試行との間で、眼球運動を比較した。有意差は見られなかった（すべて $p > .1$ ）。

Measure	Condition	Mean	SE
Behavioural Measures			
Approach Time (s)	Memory	13.32	.35
	Drive Only	13.79	.35
Number of Stops	Memory	0.49	.07
	Drive Only	0.73	.07
Wait Time (s)	Memory	2.09	.31
	Drive Only	2.72	.31
Cross Time (s)	Memory	3.41	.14
	Drive Only	3.32	.14
Eye Tracking Measures			
Mean Fixation Duration (ms)	Memory	389.68*	32.69
	Drive Only	251.65*	32.69
Proportion of Fixations	Memory	.58	.03
	Drive Only	.51	.03
Proportion of Gaze	Memory	.59	.03
	Drive Only	.52	.03

◇ 車両を注視した後のドライバーの眼球運動

- 交差点から出る前に、報告されていないバイクと報告されたバイクを注視した後のドライバーの固視の回数に差はなかった（ $t(10) = 1.73$ 、 $p = .11$ ）。しかし、報告されていないバイクと報告されたバイクを比較すると、報告されたバイクを注視した後のドライバーの頭部移動回数に有意差

があった（報告されていないバイク：1.55回、報告されたバイク：2.10回； $t(10) = 5.59, p < .001$ ）。

- ドライバーは、バイクを正しく報告した場合と比較して、報告しなかった場合の方が、その後の頭部動作が大きかった。また、交差点から出る前にバイクを最後に注視した時間にも、未報告者と報告者で有意差があった（ $t(10) = 3.32, p < .01$ ）。バイクを最後に注視してから交差点で停止するまでの時間は、未報告（2190.36ms）は報告（1032.18ms）の2倍以上であった。

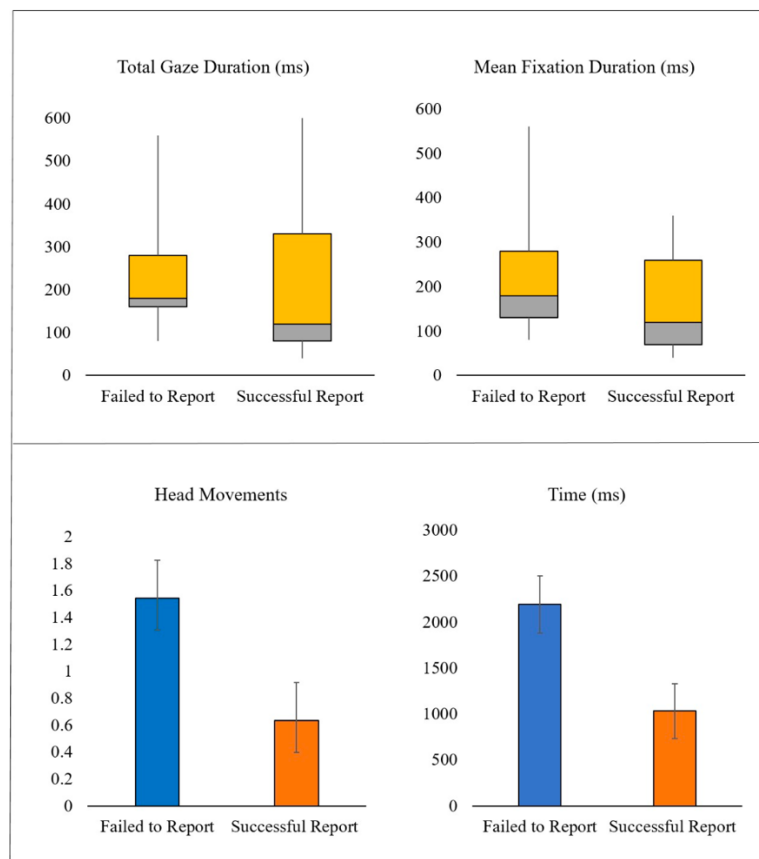


Fig 3. (A) Total gaze durations and mean fixation durations on reported and unreported motorcycles. (B) Post-fixation behaviour for reported and unreported motorcycles: Number of head movements and total time between fixating the motorcycle and pulling out at the junction.

◇

➤ 研究3の考察

- ◇ 研究3ではさらに、ドライバーによる車両位置の過小評価は、バイクに比べて車の方が多いことが示され、これは size-approach effect に関する研究とも一致している。

- ✧ さらに重要な点として、ドライバーは、前方の交差点から出るときに接近車両を報告せず、これは自動車よりもバイクに多く見られた。これらの報告失敗は、接近するバイクを注視した後、交差点から出るまでのドライバーの視覚的探索行動と関連しているようである。
- ✧ 特に、接近するバイクを注視した後のドライバーの頭部動作の回数と、注視してから交差点から出るまでの時間が、報告失敗を予測する指標であった。
- ✧ これまでの研究で、異なる画面上の情報を統合する必要があるタスクでは、ワーキングメモリの重要性が増していることがわかっている。したがって、これらの知見は、頭を左右に動かしながら複数の視野の情報を統合する必要があることが多い交差点でのドライバーの操作を理解する上で重要である可能性がある。

5. 総合考察

- この一連の研究から、ドライバーはバイクが前方に出る際、13%から 18%の頻度でバイクの接近を報告しなかったことが判明した。
- 報告漏れの頻度は、バイクの方が自動車よりも有意に高かった。
- 現実の交差点事故における同様の失敗は、LBFTS のエラーに起因するとされてきたが、今回の結果は、二輪車が実際に「見えていた」にもかかわらず、その後、引き離す決断を下す前に忘れていた場面が多くあった可能性を示唆している。
- ドライバーがバイクを報告しなかった場合、バイクを報告した場合よりも、最初にバイクを確認した後、車を出すまでに、より多くの頭部動作と待ち時間があった。これらの結果から、対向車の存在を確認し、処理したにもかかわらず、対向車から離れる決断を下す前にその存在を忘れてしまったという可能性を真剣に考慮する必要がある。
- 報告失敗の一部は視覚的ワーキングメモリの失敗によって起こる可能性も考慮しなければならない。この解釈では、視覚ワーキングメモリに保持された情報は、後続の視覚情報による干渉を受ける可能性がある。この状況での頭部動作は、処理・保持すべき大量の新しい視覚情報を提供し、車両を注視した後の視覚行動が、それ以前の注意の誤りを予測すると考える理由は限られている。

- さらに、今回の研究で未報告の車両について懸念されるのは、これらの車両が固視時に遠く離れていたため、未処理の可能性が高いことである。研究 2 および 3 は、車両がギャップ受容閾値に近い距離で提示されるように設計された。その結果、接近している車両を報告できなかったことは、個々のドライバーの閾値とは無関係であることがわかった。つまり、報告されなかったバイクは、一般に交差点から遠く離れて走行していたわけではないことが示された。

6. 結論

- 本研究では、ドライビングシミュレータを用いて、交差点に進入してくるさまざまなタイプの車両に対する記憶、知覚位置、注意におけるドライバーのバイアスを調べた。
- 最も顕著な発見は、ドライバーは交差点に接近してくる車両、特にバイクを完璧に報告できなかったことである。このような状況は、ドライバーが車両をどれだけ長く固視していたかとは関係なく、対向車を注視してから交差点出るまでの間のドライバーの視覚的探索と関連していた。この結果は、運転者が視覚的注意を行ったにもかかわらず、バイクの前に出てしまった交差点事故が誤って分類されている可能性を示唆している。これまでの研究者たちは、このような事故は、ドライバーのバイクに対する目視確認の失敗（「Look But Fail To See」）に関連していると指摘してきたが、今回の結果は、このような事故の少なくとも一部は、「Saw but Forgot（見たが忘れた）」エラーという記憶エラーが原因で発生している可能性を指摘した。これらの発見は、SBF 事故の発生を防止するための新たな実用的介入策の基礎を提供することができる。

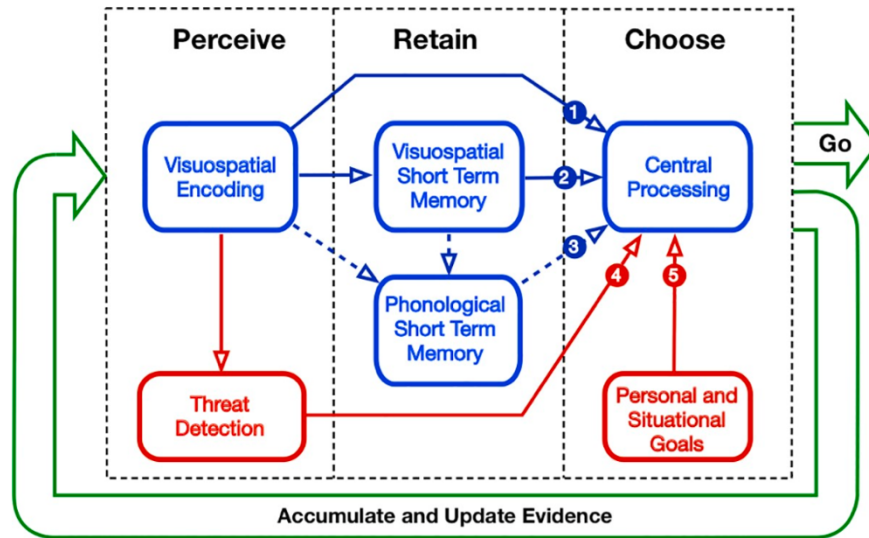


Fig 4. The Perceive, Retain, Choose (PRC) model has been developed as a new model of dynamic risky decision making. The role of short-term memory is explicitly emphasised, with possible processing pathways which inform a driver's decision about when to pull out of a junction or make other risky dynamic decisions.