

交差車両のライト点灯が無信号交差点への 進進行動におよぼす影響

神田 直弥

東北公益文科大学総合研究論集第39号 抜刷

2021年1月31日発行

交差車両のライト点灯が無信号交差点への 進入行動におよぼす影響

神田 直弥

1. はじめに

無信号交差点における車両相互の出会い頭事故は発生件数の多い事故類型である。無信号交差点では一時停止標識や道路の幅員、進行方向により優先関係が定められている。それゆえ、出会い頭事故は優先側道路を走行する車両が交差点に接近、進入しつつある状況で、非優先側の車両が相手を優先することなく進入することにより発生することになる。無信号交差点における出会い頭事故の発生メカニズムについて、非優先側運転者の行動に着目して分析を行った神田・石田（2001）は、安全確認を行ったが交差車両を発見できずに進入することで事故に至る場合が多いと指摘している。

交差車両を発見するためには首振り確認を行う等の確認方法が重要であるが、対象物の視認性や誘目性を高めることも有効である。視認性の向上には、対象物と背景のコントラスト、照度、運動の有無、対象物の大きさが関係する（Rumar, 1980）。車両と背景のコントラストを適度に保つためには、明るい色の車を利用することがあげられる。白色やクリーム色等の明色のボディカラーの車両は、ダークグリーンや黒色のような暗色の車両よりも日中の視認性は高い（Allen & Clark, 1964）。しかし、積雪時は白色の車両は見えづらい。また、夕方や曇天時のように道路が影で覆われる低照度下においては、車両や背景の輝度が低下するため、ボディカラーに関わらず車両の視認性は低下する。これに対して、車両自体に光源を持たせる昼間点灯（Daytime Running Light; DRL）は、低照度下においても適度なコントラストを保証する。

四輪車の昼間点灯はヨーロッパ諸国を中心に広く実施されており（Commandeur, 2003; United Nations Economic Commission for Europe, 2002）、一部の国では法制化が行われている。昼間点灯による運転者への知覚上の効果としては、非点灯車両は照度の低下に伴い検出可能な距離が減少する一方、点灯車両の検出可能距離は照度に関わらず一定であること（Attwood,

1981)、中心視での観察場面において、点灯車両の方が誘目性が高まること (Hörberg & Rumar, 1979) が明らかになっている。また誘目性には指標の輝度や大きさよりも指標の空間上の配置、つまり離心率が関係する (Cole & Hughes, 1984) が、接近車両が昼間点灯を行うと、車両の接近方向が正面から30度や60度の位置であってもライトの光度次第では検出可能距離が増大する (Hörberg & Rumar, 1979)。また昼間点灯を実施している車両はそうでない車両よりも接近しているように見えるという特徴を有する (Hörberg, 1977, Koornstra, et al., 1997より引用)。先行車両の追い越し場面において対向車がライトを点灯している場合は、そうでない場合と比較して、より遠方にいても追い越しを断念すること、低照度下においてその傾向が顕著になることも確認されている (Attwood, 1981)。

こうした知覚上の効果を持つ昼間点灯は、日中の車両相互の事故、とりわけ追い越し時の正面衝突と、出会い頭事故の防止に有効であるという報告が多くなされている (Tofflemire & Whitehead, 1997; Hollo, 1998; Sparks, et al., 1993; Cantilli, 1970; Stein, 1985)。一部、死亡事故の増加 (National Highway Traffic Safety Administration, 2000) や、効果を疑問視する研究 (Theeuwes & Riemersma, 1995) もあるが、既存の研究のメタ分析を行ったElvik (1996) は事故の減少を示しており、全体的には点灯効果は好意的に受け止められている。

ただし、昼間点灯の効果はライトの光度 (Hörberg & Rumar, 1979) や照度に依存する。昼間点灯が広く実施されているヨーロッパ諸国は比較的緯度が高く、日照時間が短い。ヨーロッパにおける点灯効果の実験的な検討は、主に1万ルクス以下の照度で実施されている。点灯の効果と緯度の関係を示したKoornstra (1989) によれば、緯度の低下に伴い事故軽減効果も減少する。ヨーロッパ諸国に比べて緯度の低いアメリカでは、より高い照度での効果の検討が行われており、周辺視での観察事態において、ライトの光度によっては43,040ルクス以上でもより遠方で検出できることを示している (Ziedman & Burger, 1993)。同様に緯度の低い日本では、昼間点灯に関する研究は、自動二輪車を対象としたもの (松浦ら, 1991) や、点灯率を調べたもの (鈴木ら, 2002) がある。ただし、四輪車の昼間点灯の影響を調べたものは、10,000から

20,000ルクス程度の照度になると、すでに車両自体の誘目性が高いため、点灯による誘目性の向上の効果は小さいことを指摘した研究（GRE, 2003）に限られている。夏季の日中の照度は10万ルクスに達する場合もあり、より高い照度での効果について検討する必要がある。事故の軽減効果については、都道府県や企業レベルでの取り組みに関する実践報告のレビュー（交通工学研究会, 2004）があり、軽減効果を指摘している。しかし、昼間点灯は企業内の安全活動の一環として行われることが多く、効果に関する統計的検討は行われていない。また、これらの報告では副次的な効果として点灯車両の運転者の意識高揚が指摘されているが、昼間点灯車両が増加した場合は、意識高揚の効果が望めるかどうかは疑問であり、点灯車両に遭遇した車両の行動を調べる必要がある。

本研究では、無信号交差点において優先側道路を走行する車両の昼間点灯の有無を操作することで、非優先側道路を走行する車両の進進行動がどのように変化するかを実験的に検証する。これを通して、発生件数の多い無信号交差点における出会い頭事故を防止する上での昼間点灯の有効性について検討する。非優先側車両の進進行動は、進入時や通過待ち時の交差車両の交差点までの距離であるラグを用いて評価する。一般に、ラグが大きい場合は受容（accept）して先に進入する。一方で、ラグが小さいと判断をした場合は棄却（reject）して通過待ちをする。昼間点灯の知覚的な効果を踏まえ次の2つの仮説を設定した。

仮説1：交差車両がライトを点灯している場合、より長いラグを棄却する。すなわち当該車両がより遠方にある段階で通過待ちをするようになる。

仮説2：仮説1の効果は照度に依存し、高照度になると効果が消失する。

以上の仮説を検証することを本研究の目的とする。

2. 方法

見通しの悪い無信号交差点において、一時停止のある非優先側道路を交差点に向けて走行する一般車両（以下、対象車両）の接近のタイミングにあわせ、優先側道路より実験車両を走行させた。この際に前照灯の点灯有無を操作し、ラグの大きさと対象車両の進進行動の関係を調べた。

2.1. 調査地点

東京都内の郊外に位置する一時停止制御が行われた十字交差点5地点を対象とした（交差点a～eとする）。いずれも対象車両が走行する非優先側道路からの左右の見通しが悪く、交差角はほぼ90度であり、道路反射鏡が設置されている。各交差点の緯度は概ね北緯35度40分である。

実験車両は5地点中4地点では対象車両から見て右方向より接近し、交差点cのみ一方通行のため左方向から接近した。表1は交差点の特徴および日中の1時間あたりの交通量（3時間計測の平均）である。四輪車は交差点の進入路別に、他は合計で示している。対象車両が走行する非優先側道路の交通量が多いのは交差点dとeであるが、dは直進が多く、eは直進と右折が多い。交差点cとeは自転車が多いという特徴もある。表中のミラー視認距離は道路反射鏡により視認可能な最大距離を左右方向それぞれ示しており、「停止線」は乗用車の車両先端部が停止線上にある場合の視認距離、「入口」は交差道路の外側線の延長線上に車両先端部が達した時の視認距離を示している。

表1 対象交差点のプロフィール

交差点	a	b	c	d	e	
車線数（非優先×優先）	1×2	1×1	1×1	1×1	1×1	
幅員（m）	3.1×4.7	3.0×4.6	2.9×3.0	2.5×3.0	2.8×3.0	
対象車両接近方向	東→西	北東→南西	西→東	北→南	南→北	
実験車両接近方向	北→南	北西→南東	北→南	西→東	東→西	
ミラー視認距離（停止線）	右：220m 左：95m	右：148m 左：37m	右：設置無 左：42m	右：101m 左：12.6m	右：54m 左：52m	
ミラー視認距離（入口）	右：220m 左：95m	右：91m 左：37m	右：設置無 左：58m	右：101m 左：14.1m	右：ミラー見えず 左：47m	
*交通量	非優先1	86.4	49.7	51.6	127.0	162.0
	非優先2	0.0	0.3	5.3	0.0	45.1
	優先1	81.0	31.7	130	41.7	119.0
	優先2	135.0	99.4	0.7	64.3	40.0
	二輪車	40.7	37.9	19.1	26.1	98.5
	自転車	149.4	184.3	245.7	136.0	360.2
	歩行者	32.2	88.7	56.7	64.8	89.6

*非優先1：対象車両が走行する進入路、非優先2：反対側の進入路、優先1：実験車両が走行する進入路、優先2：反対側の進入路

2.2. 実験装置

実験車両はセダンタイプの普通乗用車（ニッサンセドリック）を使用した。ボディカラーはシルバーであり前照灯（ICHIKOH1523）を下向きで点灯した際の最大光度は左右平均で21,520cdである。車両には3台のカメラを設置し、画面分割器を介し30Hzで1本のテープに記録した（図1）。カメラ1は道路前景を撮影し、対象車両の進入行動と他の道路利用者の有無を撮影した。カメラ2は車速パルス信号を用いた速度計と距離計を撮影した。カメラ3は助手席側外部、車両先端部より150cmの位置に下向きに設置したCCDカメラであり路面を撮影した。



図1 記録映像のサンプル

この映像を活用し、対象車両が交差点に先に進入、または一時停止をした時点でのラグを求めた。具体的には、あらかじめ定めた交差点入口にある横断歩道等のマーキングがカメラ3で写された時点（ α ）と、カメラ1により対象車両が進入した時点（ β ）（優先側道路の左側外側線の延長線を対象車両の車両先端部が超えた時点）または停止した時点（ β ）（対象車両のタイヤが停止した時点）を特定した。そして、カメラ2において $\alpha - \beta$ 間の距離計の値の変化を確認し距離ラグを求めた。また映像のコマ送りによる $\alpha - \beta$ 間のコマ数により時間ラグを求めた。対象車両が交差点内に頭を出した状態で一旦停止し、その後先に進入した場合は、発進をしたタイミングを基準点（ β ）とした。

なお、実験車両の交差点進入は交差道路の外側線の延長線上に車両先端部が到達した時点と定義した。このため、カメラ（3）により路面のマーキングが

写された地点とは、交差点により-0.68~2.58mの誤差がある。それゆえ距離ラグを算出する上では補正を行った。ただし、時間ラグは、実験車両の速度によって誤差となる距離の走行時間が異なるため補正が困難であり、そのままの値を使用した。

2.3. 手順

実験者は「合図者」「運転者」「同乗者」「観察者」により構成された。実験車両を待機場所に停車し、発進準備ができた時点で助手席の同乗者が合図者に携帯電話で連絡をした。待機場所は交差点への到達時間が15~25秒で他の交通の妨げにならない場所である。合図者は対象車両が走行する非優先側道路上に位置し、対象車両が規定の位置に到達した段階で同乗者へ出発の合図を出した。規定位置は従道路を平均的な速度で走行した際に、合図者の出発直後に発進した実験車両と交差点に到達するタイミングがほぼ同一となる地点であり、予備調査により特定した。同乗者は合図を受け、運転者に発進の指示を出した。指示のタイミングは合図と同時、3秒遅れ、5秒遅れであり、前照灯点灯有無と組み合わせた6条件を順に実施した。タイミングを3種類としたのは、対象車両が交差点に到達した際の位置関係が多様になるよう配慮したためである。

実験車両は発進後なるべく一定の速度で走行した。走行中、同乗者は安全確保要員として注意を払い、交差点通過後は周回路を走行して待機場所で停車し結果を記録した。観察者は対象交差点に位置し、対象車両の運転者、車両属性、進入・通過待ちの別を記録すると共に、実験車両通過後に照度を計測、記録した。観察者は可能な場合は2名で実施した。3日間は2名の観察者が独立して観察を行い結果の信頼性を調べた。観察項目の詳細は表2の通りである。

2.4. 試行結果の区分

試行結果は、対象車両進入時における実験車両以外の交通参加者の有無により、(1)他の交通参加者の影響なし、(2)他の交通参加者の影響あり、(3)失敗(実験車両が先に通過)に分類した。実路上での実験のため完全に他の交通参加者が存在しない状況を作り出すのは困難であるため、a) 交差点付近に歩行者、自転車がいないこと、b) 実験車両の後続車、対向車がいる場合は、交差

表2 観察・調査項目

観察者	合図者	同乗者
時刻、車両ナンバー 運転者の性別、年代 車種、昼間点灯有無 交差点での停止状況 道路反射鏡による確認 有無 目視による確認有無 通過待ちの有無と具体的な対象 コンフリクトの有無 その後の進行方向	時刻 車両ナンバー 車種 ボディカラー その他の特徴 運転者の性別 年代 昼間点灯有無	時刻 点灯条件 タイミング条件 試行結果 実験車両進入時の減速 有無 実験車両減速・停止時の対象車両の影響

点への到達が実験車両の到達より5秒以上遅れていること、c) 実験車両よりも先に交差点に進入した車両がいる場合は、対象車両の交差点到達よりもタイミングが先であり、かつ実験車両の到達までに10秒以上時間があること、という3つの条件を全て満たす場合は(1)の影響なしとした。

2.5. 実験日時

2004年9月中旬から10月末の晴天時および曇天時に実施した。午前10時より開始し、一般車両が前照灯の点灯を開始するまで実施した。終了は照度が概ね100ルクスになった時点であり17～18時の間であった。各交差点について4日から6日で計24日間実施した。

2.6. 分析方法

実験車両のライト点灯の有無別に、対象車両のうちラグを受容して先に進入した台数と、棄却して通過待ちをした台数を調べた。また表1に示す観察項目が進入行動に及ぼす影響を調べるため、各観察項目と受容、棄却の関係を調べた。観察者による観察には主観が含まれる可能性があることから、2名の観察者が独立して行った評定結果の一致度を求め、一致率が高い項目のみを分析に使用した。一致率の算出には、偶然の一致を考慮した評定者間の一致の指標であるCohenの κ 係数を用いた。

次に、受容したラグ、棄却したラグの大きさについて平均値と中央値をライト点灯の有無別に算出した。距離ラグは実験車両の走行速度によって同一の距離であっても意味合いが異なることから、交差点までの到達時間である時間ラグを使用した。

同様に時間ラグを用い、ラグの受容と棄却の閾値である臨界ラグの推定を行った。推定には多くの方法が提案されているが、これらの比較を行った Brilon, et al. (1999) を参考にプロビットモデルへの当てはめによる推定を行った。これは各運転者の受容ラグの対数が平均値 μ と標準偏差 σ をパラメータとする正規分布にしたがうというモデルであり、次式であらわされる。

$$P = \Phi(\log D - \mu / \sigma) = \Phi(\alpha + \beta \log D)$$

ここで、 Φ は標準正規分布関数、 P はラグ受容率、 D はラグ時間である。このモデルでは受容率が50%に相当するラグ時間が臨界ラグとなる。

臨界ラグの推定をライト点灯別に他者の影響がない試行を対象として実施した後、照度別、時間帯別にも推定を行った。

3. 結果

1,795 試行中、他者の影響がない試行が1,205 試行、影響のあった試行が408 試行であった。他に、対象車両とのタイミングがあわず、対象車両が交差点に到達する前に実験車両が先に進入してしまった試行や、観察者や同乗者の記録項目に不備があった試行が合計182 試行あり、失敗扱いとした。また、1,205 試行中200 試行は対象車両の停止のタイミングが映像から特定できなかった。このためこれらを除外した1,005 試行分のデータをもとに分析を進めた。

観察者の観察結果について Cohen の κ 係数を用いて一致度を調べたが、この指標は0.75 以上であれば非常に高い一致度であり、0.45 以上であれば良く一致しているという基準値がある (Fleiss, et al., 2003)。各観察項目について個別に κ 係数を算出した結果、表1に示す観察者の観察項目のうち、道路反射鏡による左右確認有無のみ $\kappa = 0.25$ となったが、それ以外の項目については0.45 を上回った。このため、本研究では道路反射鏡の確認有無については分析から除外する。

3.1. ラグの受容状況

実験車両のライト点灯別に、ラグを受容した台数と、棄却した台数を調べた。点灯条件は受容が277台、棄却が231台、非点灯条件ではそれぞれ286台、211台であった。 χ^2 検定の結果は有意ではなく ($\chi^2=0.93$, $df=1$, $p>.05$)、ライト点灯により受容や棄却の台数に偏りは見られなかった。

次に、各観察項目につき、ラグ受容の有無とのクロス集計を行い、 χ^2 検定を行って双方の関連を調べた。 χ^2 検定の結果が有意であったのは車種 ($\chi^2=22.55$, $df=3$, $p<.01$)、交差点での停止状況 ($\chi^2=558.86$, $df=2$, $p<.01$)、目視による左右確認 ($\chi^2=14.31$, $df=1$, $p<.01$) であり、対象車両運転者の年代、性別等の他の観察項目は有意ではなかった。また、実験を行った5つの交差点も有意 ($\chi^2=86.99$, $df=4$, $p<.01$) であった。多重比較の結果、以下の結果が得られた。

- ・ 事業用貨物車が、自家用乗用車、自家用貨物車、タクシーと比較して棄却が多く、受容が少ない
- ・ 交差点でタイヤが完全に停止した場合は棄却が多く、タイヤが完全に停止しない場合や減速のみの場合は受容が多い
- ・ 目視による左右確認を行った場合は棄却が多く、行わない場合は受容が多い
- ・ 交差点c、eでは受容が多く、棄却が少ない。交差点a、dでは棄却が多く受容が少ない (表3)

表3 交差点別の受容・棄却台数

	受容	棄却	合計
交差点a	66	136	202
交差点b	124	76	200
交差点c	126	70	196
交差点d	95	107	202
交差点e	152	53	205
合計	563	442	1005

3.2. ラグの平均値・中央値・臨界値

ラグの大きさにより進入行動は変化する。時間ラグが9秒を超えると受容率は100%になったことから、ラグが9秒未満の試行を対象に、受容、棄却した

ラグの平均値、中央値をライト点灯の有無別に示したのが表4である。ライト点灯により差が見られるかどうかを調べるため、t検定および中央値検定を実施した。その結果、受容 ($t=0.178, df=442, p>.05; \chi^2=0.327, df=1, p>.05$)、棄却 ($t=0.518, df=440, p>.05; \chi^2=0.587, df=1, p>.05$) のいずれも有意な差は見られなかった。

表4 点灯条件別受容、棄却時間の平均値・中央値

	受容		棄却	
	平均	中央値	平均	中央値
点灯	5.59秒	5.57秒	2.73秒	2.53秒
非点灯	5.62秒	5.63秒	2.66秒	2.33秒

次に受容数を基準変数、点灯の有無を説明変数、時間ラグを共変数としてプロビットモデルへの当てはめを行った。Pearsonの適合度検定の結果は良好であり、臨界ラグは点灯条件で4.61秒、非点灯条件では4.48秒となった。

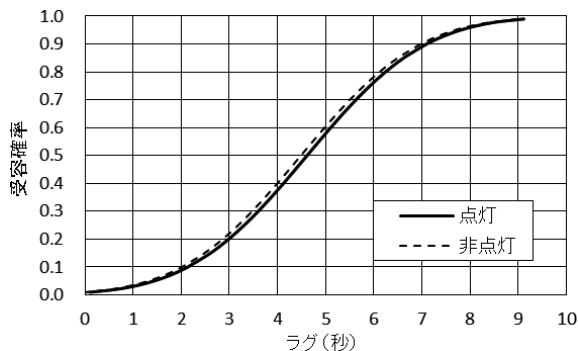


図2 プロビットモデルへの当てはめによる臨界ラグの推定

3.3. 照度・時間帯と進進行動

実験は10時から100ルクス程度になるまで継続しており、その間に照度が大きく変化している。そこでライト点灯の有無別に照度と臨界ラグの関係を調べた。照度を細かく区切ると各照度帯における対象車両の台数が減少し、分析結果の信頼性が低下するため、各照度における車両の台数が200台程度を目安と

して、(1)4,000ルクス以下、(2)4,000～9,000ルクス、(3)9,000～15,000ルクス、(4)15,000～55,000ルクス、(5)55,000～100,000ルクスの5つに分類した。図3は照度の区分ごとにプロビットモデルへの当てはめを行い、臨界ラグを推定した結果を示したものである。4,000ルクス以下、15,000～100,000ルクスではライトを点灯していた場合の方が臨界ラグの値が大きい、4,000～15,000ルクスでは非点灯の場合に臨界ラグが大きい、または両者の間に明確な差が見られなかった。

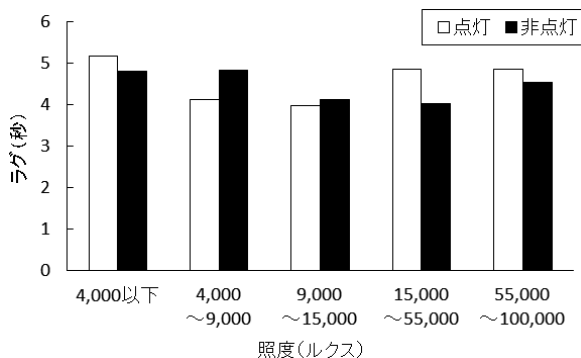


図3 照度別、ライト点灯有無別の臨界ラグ

次に、時間帯別に臨界ラグを調べた。照度と同じく、対象車両の台数の減少による分析結果の信頼性の低下を防ぐため、各時間帯における車両の台数が最低でも200台を目安として、(1)10時～12時、(2)12時～14時、(3)14時～16時、(4)16時～18時の4つに区分した。図4は各時間帯における臨界ラグをライト点灯の有無別に示したものである。10時～14時、16時～18時ではライトを点灯していた場合の臨界ラグが大きい、14時～16時については非点灯の場合の方が値が大きかった。

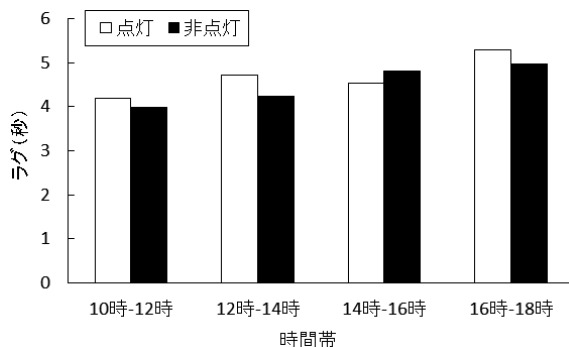


図4 時間帯別、ライト点灯有無別の臨界ラグ

ライトを点灯した場合に臨界ラグが高まらない照度と時間帯の関連を確認するため、分析対象とした1,005試行について照度の5区分と時間帯の4区分での内訳を調べた。表5において、太線で囲んでいる範囲がライト点灯時の臨界ラグが高まらなかった領域であるが、照度と時間帯の双方に該当する表中の網掛け部分の台数は他と比較しても多く、両者の間には一定の関係が見られる。

表5 照度別・時間帯別の試行数の内訳

	4,000以下	4,000-9,000	9,000-15,000	15,000-55,000	55,000-100,000	合計
10時-	5	26	51	86	112	280
12時-	3	33	55	56	59	206
14時-	49	111	60	69	30	319
16時-	142	47	11	0	0	200
合計	199	217	177	211	201	1005

ただし、臨界ラグの大小が照度や時間帯以外の要因によってもたらされた可能性もあることから、表5の網掛け部と網掛け部以外について表2の観察項目に偏りが見られるかどうか χ^2 検定をそれぞれ実施した結果、いずれも有意ではなかった。ただし、交差点については有意であり ($\chi^2=19.30$, $df=4$, $p<.01$)、網掛け部の領域では交差点cの試行数が少なく、交差点eの試行数が多かった。交差点の偏りが臨界ラグに影響する可能性もあることから、交差点ごとに臨界ラグを推定した結果を示したのが図5である。交差点b、cではライト点灯時

の臨界ラグの方が大きいですが、交差点a、d、eでは差が見られないか、非点灯時の方が大きな値になっていた。

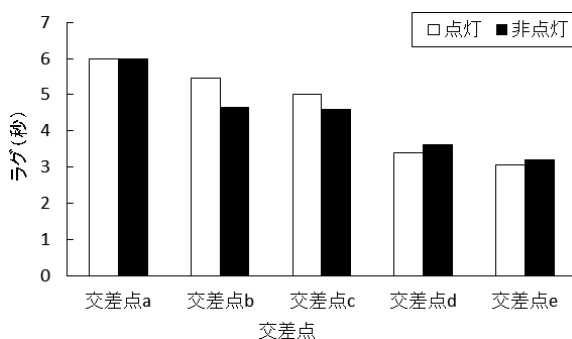


図5 交差点別臨界ラグ

4. 考察

分析を行った全試行を対象にすると、優先側車両のライト点灯により非優先側運転者の交差点進入時における通過待ち台数は増加せず、受容や棄却をした際のラグの平均値、中央値も変化しなかった。また、受容と棄却の閾値である臨界ラグも大きく変化することはなかったが、4,000ルクス以下の照度の場合には、ライト点灯により臨界ラグがやや大きくなった。これは交差車両がより遠方においても通過待ちをすることを意味し、運転行動が安全な方向に変化したといえる。先行研究においても昼間点灯は出会い頭事故防止に効果があることが確認されており (Sparkes, et al., 1993)、点灯による検出可能距離の増大や誘目性の向上、より接近して見えるという知覚上の特性が遠方での通過待ちにつながったと考えられる。神田・石田 (2001) は無信号交差点における出会い頭事故における非優先側運転者の進入行動は主要な6つのパターンに分類できることを示しているが、このうちの1つである「交差車両を発見したが、先に進入できると判断をして交差点に進入する」という行動に対して有効な対策になり得ると考えられる。

4,000ルクス以上の照度に着目すると、4,000~15,000ルクスではライトの点灯により臨界ラグは大きくならなかったが、15,000ルクスを上回ると再度臨界

ラグの増大が見られた。臨界ラグの増大が照度の影響であるならば、照度の変化に連動して、直線的な変化をすると予測される。したがって、今回の結果は照度以外の要因が影響した可能性を検討する必要がある。図5に示すように、交差点によってライト点灯の効果が見られる場合とみられない場合があることから、まずは、それぞれの交差点の特徴との関係でライト点灯の効果について検討する。

ライト点灯により臨界ラグが増加しなかった4,000～15,000ルクスと14時～16時の交点の領域は交差点eの試行数が多く、交差点cの試行数が少なかった。交差点cはライトの点灯により臨界ラグが増大したが、交差点eでは変化が見られていないこと、他の観察項目については、この領域での増加や減少が見られていないことから、交差点におけるライト点灯効果の違いが、4,000～15,000ルクスでの点灯効果の消失に影響を及ぼしたと考えられる。

ライト点灯により臨界ラグに変化が見られなかった交差点a、d、eのうち、交差点aは優先側道路が2車線であり、優先側道路の交通量が最も多い。そして他の交差点と比較して対象車両のラグ棄却が多く、そもそも非優先側の通過待ちが多い交差点である。交差点d、eは非優先側の交通量が多く、臨界ラグも3秒から3.5秒程度であり、他の交差点と比較して、優先側車両がより接近した状況で交差点に進入している。実験車両の交差点進入速度についても、交差点の主効果は有意であり ($F(4,1000) = 95.67, p < .01$)、交差点d、eは他の3つの交差点と比べて低速で進入している (表6)。一方でライト点灯の効果が見られた交差点b、cは交差点a、d、eと比較して優先側、非優先側ともに交通量が少ない。これらを踏まえると、交差道路の交通量が多く通過待ちが多い交差点や、自車側の交通量が多く、交差車両が比較的低速で走行しており、小さいラグで交差点に進入する交差点においては点灯の効果が見られない可能性がある。

表6 実験車両の交差点への進入速度 (km/h)

交差点a	交差点b	交差点c	交差点d	交差点e
28.9	30.1	26.9	23.7	24.6

交差点によりライト点灯の効果が異なるもう1つの説明理論として、垂直方

向の照度の影響が考えられる。今回は道路上に設置した照度計により照度測定を行った。すなわち道路に対して水平方向の照度を計測した。しかし、日常の運転場面を考えてみると、夕方に西日をまぶしく感じる時間帯がある。つまり走行する方位によりライト点灯の効果が変化する可能性がある。方位の影響を調べるためには、水平方向の照度のみでなく、道路に対して垂直方向の照度も調べる必要がある。当該実験期間中には垂直方向の照度は測定していないため、実験後に東西南北の各方位について垂直方向の照度計測を行った。計測をしたのは8月中の晴天時である。結果は図6であるが、水平方向の照度は正午付近に最も高くなり、この図では90,000ルクス程度に達し、その後は時間の経過に伴い低下している。水平方向の照度と同様の変化を示すのは南方向であるが、照度は最大でも60,000ルクス程度である。東方向は午前中に若干照度が高い時間があるが、午後からは10,000ルクス程度で推移し、北方向は常に10,000～20,000ルクスで推移している。西方向は午後に急激に照度が高まっており、今回ライト点灯の効果が見られなかった14時～16時の時間帯は照度が高く、西日をまぶしく感じる時間帯になっている。

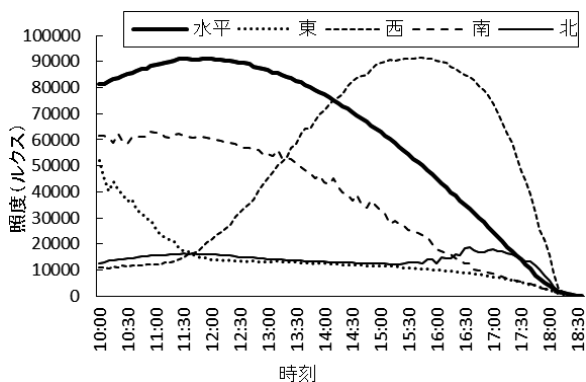


図6 各方位の垂直方向の照度変化

今回は水平方向の照度が15,000ルクス以上の場合に、ライト点灯により臨界ラグが増大したが、方位によっては垂直方向の照度はそれほど高くない場合があり、それがライト点灯の効果につながった可能性がある。実験を行った5つ

の交差点における対象車両と実験車両の進行方向を方位で表現すると、ライト点灯により臨界ラグが変化しなかった交差点a、d、eのうち、aでは対象車両が西向きに走行しており、午後になると前方の照度が高くなる。また、交差点dは対象車両が南向きに走行しており他の方位と比較して前方の照度が高い。実験車両も西から東方向に走行しており、対象車両の運転者は西方向を確認する必要がある。ライトを点灯した際に臨界ラグが増大した交差点b、cのうち、交差点bは対象車両が南西に向かって走行し、実験車両は北西から南東に向けて走行しており、照度が高い方位が対象車両の進行方向正面からずれている。交差点cでは対象車両は東方向に走行しており、実験車両は北から南方向へ走行している。前方及び実験車両の走行する道路はいずれも垂直方向の照度が低い方位である。

実験期間中に垂直方向の照度を測定していないことから、実際の照度は明確ではないが、交差点におけるライト点灯の効果の違いをある程度説明可能であり、より詳細な検討が必要である。

今回の実験は実路上で実施しており、交差点への進進行動には複数の要因が影響する。ライト点灯の効果には交差点の影響がある可能性が示唆されており、照度以外の影響も含まれるが、図3より4,000ルクスまでは点灯の効果が見られていることから、仮説1、仮説2とも認められたといえる。4,000ルクスという照度は、今回の実験期間中の照度変化からみると、晴天時では日没の40～60分前、曇天時では14時半頃から見られる照度である。夕暮れ時の事故防止対策の一環として、日没の1時間前からの前照灯の早め点灯の実施が推進されているが（警察庁, 2020）、この有効性を裏付ける結果にもなった。

5. 本研究の限界と今後の課題

本研究では照度や時間帯の区分を車両の台数に基づいて行っており、照度における5段階の区分や時間帯における4段階の区分に明確な根拠があるわけではない。ライト点灯効果が見られる照度として4,000ルクスという基準を示したが、前後の照度下におけるデータ収集を継続的に行うことで、この基準の妥当性について検証する必要がある。

また、対象車両や観察対象車両が走行する方位により進進行動が影響を受け

る可能性を示したが、垂直方向の照度が、交差車両のライト点灯時における交差点進入行動に及ぼす影響については、実際の照度計測を行った上での詳細な検討が必要である。

今回は実験車両の前照灯の点灯を操作したが、2016年には保安基準の改正があり、昼間走行灯が採用され光度の基準が定められた。昼間走行灯と前照灯では光度が異なることから、本研究の結果を昼間走行灯を使用した場合にそのまま適用できるかどうかは検討の余地があり、昼間走行灯を用いた同種の研究も必要である。

付記

本論文は、日本交通心理学会第71回大会において発表したデータを再分析したものである。

参考文献

- Allen, M. J., and Clark, J. R. 1964, Automobile Running Lights- A Research Report, American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry, Vol.41, 293-315
- Attwood, D. A. 1981, The Potential of Daytime Running Lights as a Vehicle Collision Countermeasure, SAE Technical Paper Series, 810190
- Brilon, W., Koenig, R., & Troutbeck, R. J. 1999, Useful Estimation Procedures for Critical Gaps, Transportation Research Part A, Vol.33, Nos.3-4, 161-186
- Cantilli, E. J. 1970, Accident Experience with Parking Lights as Running Lights, Highway Research Record, No.332, 1-13
- Cole, B., and Hughes, P. 1984, A Field Trial of Attention and Search Conspicuity, Human Factors, Vol.26, No.3, 299-313
- Commandeur, J. 2003, State of the Art with Respect to Implementation of Daytime Running Lights, R-2003-28, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands
- Elvik, R. 1996, A Meta-Analysis of Studies Concerning the Safety Effects of Daytime Running Lights on Cars, Accident Analysis and Prevention,

- Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. 2003, *Statistical Methods for Rates and Proportions* (3rd ed.), Hoboken, New Jersey : Wiley
- GRE 2003, Study on the Effects of Four-Wheeled Vehicles' Daytime Running Lights on the Improvement of Their Conspicuity and on the Impairment of Conspicuity of Motorcycles, Informal Document No.10, 51st GRE, 15-19 September
- Hollo, P. 1998, Changes in the Legislation on the Use of Daytime Running Lights by Motor Vehicles and Their Effect on Road Safety in Hungary, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.30, No.2, 183-199
- Hörberg, U., and Rumar, K. 1979, The Effect of Running Lights on Vehicle Conspicuity in Daylight and Twilight, *Ergonomics*, Vol.22, No.2, 165-173
- 神田直弥・石田敏郎 2001, 出合頭事故における非優先側運転者の交差点進入行動の検討, *日本交通科学協議会誌*, Vol.1, 11-22
- 警察庁 2020, 薄暮時間帯における交通事故防止, <https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/enzen/hakubo.html>, (2020-12-8参照)
- Koornstra, M. J. 1989, *Road Safety and Daytime Running Lights. A Concise Overview of the Evidence*, R-89-4, SWOV Institute for Road Safety Research, Leideschendam, The Netherlands
- Koornstra, M., Bijleveld, F., & Hagenzieker, M. 1997, *The Safety Effects of Daytime Running Lights*, R-97-36, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands
- (社)交通工学研究会 2004, 昼間点灯に関する調査研究報告書, 交通工学研究会
- 松浦常夫, 菅原磯雄, 村田隆裕 1991, 二輪車昼間点灯の効果に関する路上実験, *科学警察研究所報告 交通編*, Vol.32, No.1, 35-42
- National Highway Traffic Safety Administration 2000, Preliminary Assessment of the Crash-Reducing Effectiveness of Passenger Car Daytime Running Lamps (DRLs), DOT-HS-808-645
- Rumar, K. 1980, Running Lights- Conspicuity, Glare and Accident Reduction, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.12, No.2, 151-157

- Sparks, G. A., Neudorf, R. D., Smith, A. E., Wapman, K. R., & Zador, P. L. 1993, The Effect of Daytime Running Lights on Crashes between Two Vehicles in Saskatchewan: A Study of a Government Fleet, Accident Analysis and Prevention, Vol.25, No.5, 619-625
- Stein, H. 1985, Fleet Experience with Daytime Running Lights in the United States, SAE Technical Paper Series, 851239
- 鈴木薫, 荻野弘, 野田宏治 2002, 薄暮時におけるライト点灯率と交通特性に関する研究, 豊田工業高等専門学校研究紀要, Vol.35, 65-70
- Theeuwes, J., and Riemersma, J. 1995, Daytime Running Lights as a Vehicle Collision Countermeasure: The Swedish Evidence Reconsidered, Accident Analysis and Prevention, Vol.27, No.5, 633-642
- Tofflemire, T. C., and Whitehead, P. C. 1997, An Evaluation of the Impact of Daytime Running Lights on Traffic Safety in Canada, Journal of Safety Research, Vol.28, No.4, 257-272
- United Nations Economic Commission for Europe 2002, Use of Daytime Running Lamps. Note by the Secretariat, TRANS/WP.1/2002/12, 15 January
- Ziedman, K., and Burger, W. 1993, Effect of Ambient Lighting and Daytime Running Light (DRL) Intensity on Peripheral Detection of DRL., Transportation Research Record, No.1403, 28-35