

IV-13

霧中でのレーザ光線の輝度と特性

北海道大学工学部 学生員 村田 岳司

北海道大学工学部 学生員 畠中 直樹

北海道大学工学部 正 員 萩原 亨

北海道大学工学部 正 員 加来 照俊

1. はじめに

現在使われている視線誘導施設は、主に反射式デリニエータである。これらの施設は、濃霧や吹雪等の視界不良時には著しく視認性が悪くなる。近年、発光ダイオード等を用いた自発光式のものが増えていくが、更に悪天候時の視認性を良くするためにレーザ光による視線誘導を試みた。本研究では濃霧の天候下でのレーザ光線の輝度を測定し、その特性を調べた。

2. 実験手法

実験は1993年8月30日～9月3日と10月24日～27日の2回に渡ってつくば市の建設省土木技術研究所内、屋内標識実験施設で行なった。

(1) 実験施設

実験室は奥行き約30(m)、幅約10(m)、高さ約10(m)で実物大規模での霧発生時の視認性実験が可能である。写真1に内部の様子を示す。ここでは、天井に設置したノズルから霧雨を噴出させ、送風機でこれをかくはんさせることによって屋内で人工的に霧、雨を発生させることができる。霧の発生直後の濃度は透過率2(%)で、その後水粒子の沈降によって濃度が変化する。また屋内の照明は天井の蛍光水銀ランプ及び白熱灯で0～2500(lx)に自由に変えることができる。

(2) 輝度測定

各種の視線誘導灯とレーザ発振器を実験室内に設置し、それぞれの輝度を測定した。輝度の測定方法は測量用トータルステーション上に輝度計を搭載し、角度と輝度値を同時に得るようにした。レーザ光線については、輝度計を回転させ光線の輝度値を測定した。さらに透過率変化によるレーザ光線の輝度値

の連続観測を行なった。レーザ光線の幅より輝度計の測定視野角を狭くするため、測定視野角0.2°のものを用いた。

(3) 透過率測定とパワーメータ

実験では霧の濃度を測定するため、透過率計を用いた。透過率計は波長900(nm)の赤外線が測定距離10(m)で減衰されるエネルギーを%で示したものである。透過率と視程距離の変換は式1を用いた。

$$v = -0.3 \times \ln T \quad (\text{式 1})$$

v : 視程距離 (m), T : 透過率 (%)

パワーメータは感知部に当たる光のエネルギーを電力値に変換する一種のセンサーである。透過率についてはパワーメータを24mWレーザの25(m)先に設置し、得られる電力値を換算することで連続的な透過率の変化を記録できるようにした。

(4) データの記録

輝度値、角度、パワーメータの出力された信号をA/Dコンバータで変換し直接計測室のパソコンに記録した。透過率は計測室の計器から読み取って記録用紙に記録した。

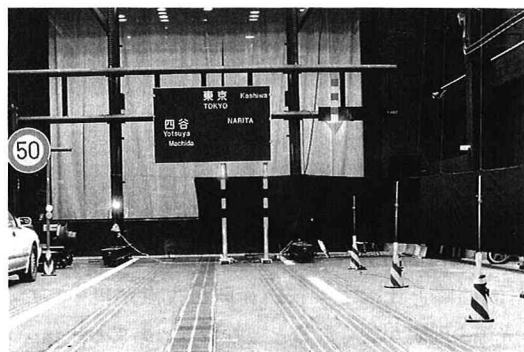


写真1：屋内標識実験施設

Visibility of Laser under Foggy Weather

by Takashi Murata, Naoki Hatakenaka, Toru Hagiwara and Terutoshi Kaku

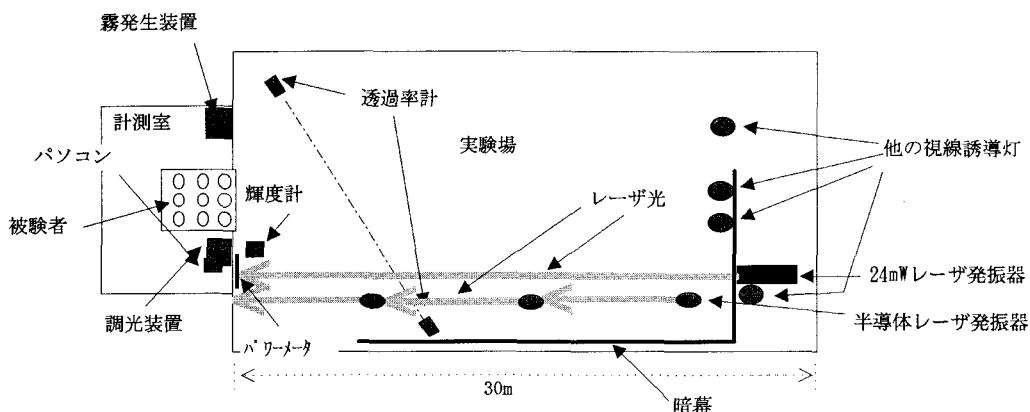


図1：観測器材と視線誘導灯の配置図

表1：視線誘導施設一覧

名前	24mWレーザー	2mWレーザー	自発光デリニエータ	スノーボール (2種)	自発光矢羽根
グラフ上の略号	124	120, 115, 110	jde	sp, nsp	dyo
輝度計からの距離	25m	20m, 15m, 10m	25m	各25m	25m
発光素子	He-Neレーザー	半導体レーザー	ハロゲンランプ	電球、ハロゲンランプ	発光ダイオード
色	赤 (633nm)	赤 (670nm)	黄	橙	赤
出力	24mW	2mW	—	—	—

3. 実験の内容

(1) 観測器材と視線誘導灯の配置

図1のように計測室側壁際に観測機器を設置し、反対側に視線誘導灯を配置した。使用した視線誘導灯は表1の5種類である。24mWレーザーは約110 (cm) の高さに設置し、線光源の進行方向はトータルステーションの座標軸の原点 (0度) と平行になるようにした。2mWレーザー3本は連続して1本の線光源に見えるよう直線状に設置した。自発光矢羽根、自発光デリニエータ、スノーボールは実際に道路で使用されている物を使用した。自発光矢羽根は高さ3 (m) に設置した。反射型デリニエータも使用したが上記の物に比べて比較にならない程暗く、今回は検討の対象から外した。

(2) 輝度測定実験

(実験1)

霧の濃度により変化するレーザー光の輝度を測定した。輝度計で24mWレーザーの発射口から2 (m) 程離れた光線部分を視準した。写真2は霧中に見えるレーザー光線と視線誘導灯である。

(実験2)

レーザー光の経路の輝度を測定した。任意の透過率下で輝度計の視準を24mWレーザーの発射口に合わせ、そこからトータルステーションを回転させることで光線部を追っていき、輝度計からの角度と輝度値を測定した。0 (lx) (真っ暗)、200 (lx)、2000 (lx) の3つの条件下でそれぞれ数回ずつ実験した。発射口からの距離については後から換算した。レーザー光の経路は周囲、背景の明るさ (背景輝度) の影響を受けやすい。そこで光線経路のバックには黒い布でスクリーンを張り、できるだけ背景輝度の影響が出ないように工夫した。

(実験3)

霧の濃度と室内の照度により変化するレーザー光源と従来の視線誘導灯の輝度を測定した。0 (lx)、200 (lx)、2000 (lx) の3つの条件下で霧を発生させ、それぞれの光源を測定した時の輝度値と透過率を記録した。この実験に限ってレーザーは線光源部分に輝度計の視準を合わせるのが困難だったためレーザー発射口の輝度を測定した。同時に被験者

による各視線誘導灯の視認性評価を実施した。

(実験 4)

輝度値の測定以外の実験も数種類行った。スチルカメラによる写真撮影、ビデオカメラによる記録、実験室内に車を入れて運転席からのレーザ光線の観察等を行った。

4. 実験結果

本節で示すグラフの縦軸は輝度値 (cd/m^2) である。対数軸になっているのは人間の明るさを感じる程度が輝度値の対数値に比例するからである。

(1) 実験 1 の結果を図 2 に示す。縦軸が輝度値 (cd/m^2)、横軸は上の数字が透過率 (%)、下は透過率を視程距離 (m) に換算したものである。透過率はパワーメータの値を変換して求めたものである。室内の照度は 0 (1x) である。透過率が上昇するに従って輝度値が上昇する。しかしその後約 37 (%) をピークに徐々に低下する。逆に言えば約 37 (%) までは霧の濃度が上昇するに従ってむしろ光線が明るくなっていくと言える。これはレーザ光を屈折、反射させる空気中の水粒子の数が増えることによって光線のはっきり見えるようになる現象が透過率低下による輝度の低下を越えている結果であると推測される。透過率 37 (%) は視程距離約・・ (m) に相当し、実際の交通に支障をきたす気象条件を考えると、レーザ光線は霧が濃くなる程明るく見えると言えよう。

(2) 実験 2 の結果を図 3-1 に示す。縦軸が輝度値 (cd/m^2)、横軸がレーザ光の経路を見た角度である。室内の照度は 0 (1x) である。

図 3-2 は図 3-1 の角度を輝度計からの距離 (m) に換算したものである。図上の数値は輝度計を回転させていた間の透過率 (%) の変化を示す。両図を比較すると角度が増すと輝度は緩やかに下がっていくが、距離ではある程度までは一定になる。これはレーザの線光源は距離よりも見る角度の影響をより受けることを示している。レーザ光の大きな特徴に指向性があり、観測したレーザ光が水粒子によって屈折、反射された光である事を裏付けている。



写真 2：霧中におけるレーザ光線と視線誘導灯

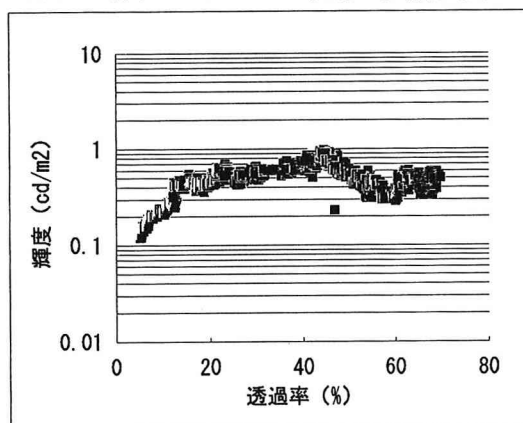


図 2：レーザ光線の輝度と透過率の関係

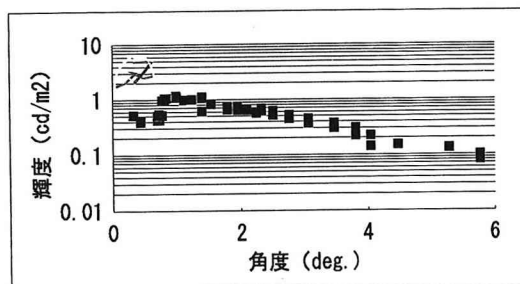


図 3-1：レーザ光線の輝度と角度の関係

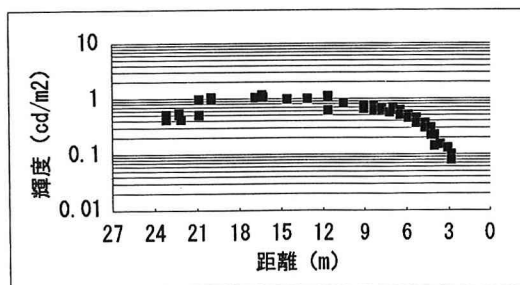


図 3-2：レーザ光線の輝度と距離の関係

しかし、この結果は例えば急カーブで路線に合わせた方向にレーザを設置してもあまり効果が期待できない可能性があることを示唆しており、配置方法の研究の必要性を感じた。

(3) 実験3の結果を図4に示す。縦軸が輝度値 (cd/m²)、横軸が透過率 (%) である。室内の照度 0 (lx)、2000 (lx) の条件下でそれぞれレーザ、他の視線誘導灯、24 mWレーザと他の視線誘導灯の比較 (0 (lx) のみ) である。レーザで図Aのような曲線が見られないのは直接レーザ発射口を測定したためと思われる。線光源部分を測定したならば透過率100 (%) (晴天時) では光線を見ることは出来ない。0 (lx) 条件下ではグラフを見る限りレーザと他の光源との明るさの変化にあまり差は見られない。

ところが2000 (lx) の条件下ではレーザ光の輝度はそれ程変化せず、背景輝度と殆ど同じであった。よって夜間以外での視界悪条件下ではレーザ光の効果はあまり期待出来ない。またたとえ夜間であっても低い位置に設置されたレーザではヘッドライトによって発生する光膜で光線がかき消されてしまう可能性がある。

5. まとめ

霧中におけるレーザ光の輝度を測定した結果、従来の視線誘導灯とは異なる特徴を得た。

すなわち霧の濃度が上昇すると明るくなっていく点と、レーザ光線が連続した線光源として使用できる点である。さらに同時に行った被験者による視認性の実験の方が結果はかなり良好だった。

最後に、建設省土木研究所交通安全研究室の関係各位には、データ収集において多大な御協力をいただいた。この場をかりて厚くお礼申し上げます。

参考文献

1) 畠中 直樹・萩原 亨・加来 照俊、レーザを用いた運転者の視線誘導について、土木学会北海道支部 論文報告集、1993
2) 望月 仁 他訳、レーザの基礎と応用、丸善、1986

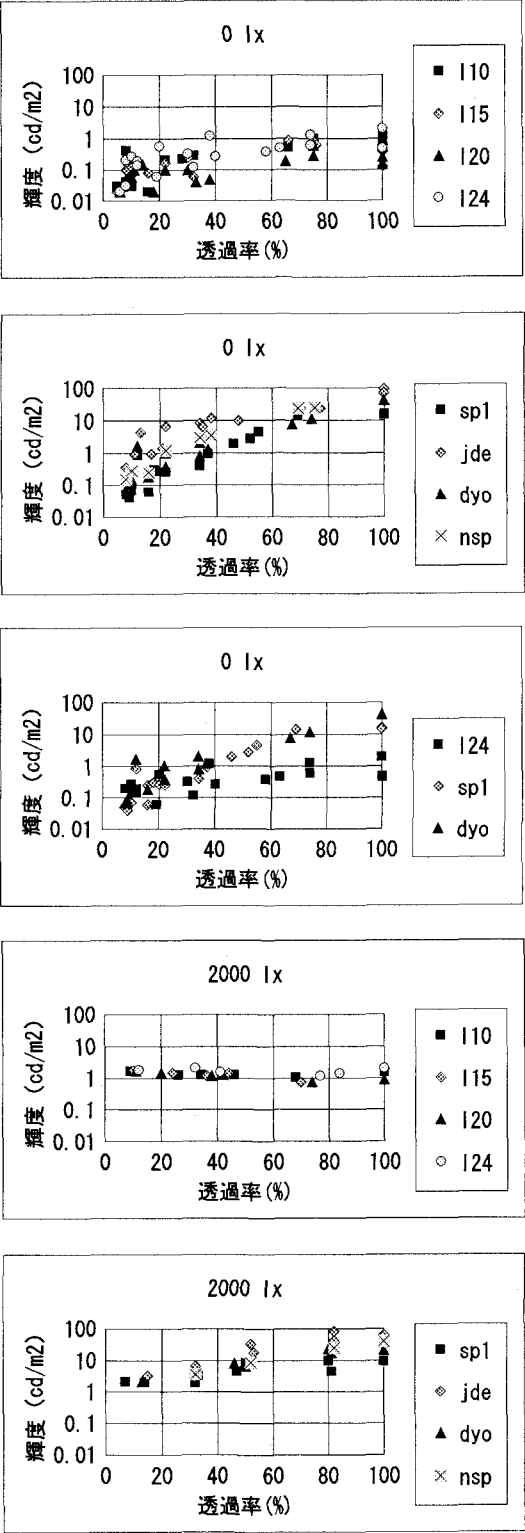


図4：視線誘導灯の輝度と透過率の関係