

IV-5

自発光路面表示施設の評価に関する研究
 - 積雪寒冷地型の開発に向けて -

開発土木研究所 正員 吾田洋一

開発土木研究所 正員 高木秀貴

1. はじめに

北海道の交通事故の特徴は、発生件数に関する事故率は全国の水準よりも低い傾向にあるにもかかわらず、死亡事故の発生割合（致死率）が高く、かつ死者数が常に全国の都道府県に比べて高水準にあることである。特に、平成3～7年での北海道の国道の交通事故のうち、北海道全体の致死率とカーブ区間の致死率ではそれぞれ3.7、11.0とカーブ区間の致死率が非常に高くなっている。従って、北海道の幹線道路におけるカーブ事故対策は、重要な課題の一つとなっており、そのためドライバーに適切な運転挙動を誘導するための交通安全施設整備が求められる。その方策の一つとして、高視認性区画線やチャッターバーなどの路面表示装置の設置が有効と考えられるが、これらの施設は運転者が路面を見通したときの垂直角度が小さいため、反射材や発光部が路面から突出しているほど視認性に対する効果があり、また、実際に路面から大きく突出したものが多く、北海道のような積雪地では、このような路面から大きく突出している路面表示施設は、除雪作業時の除雪車の切り刃による強烈な衝撃により簡単に破壊されてしまうため、冬期には撤去せざるを得ない場合が多い。

そこで本研究は、路面表示施設を自発光式とすることにより、運転者が路面を見通したときの角度が小さくともはっきり認識でき、かつ、除雪車にも対応可能な自発光式路面表示施設を考案するための第一歩として、全国の自発光式路面表示施設を調査し、そのうちのいくつかをピックアップし各施設の形状と視認性（設置間隔、点滅間隔、視認距離等）について比較評価実験を行ない、それらの特徴を分析し積雪寒冷地型施設の開発の基礎資料とするものである。

表-1 視認性実験に使用した路面表示装置

タイプ	色	突出量mm	点滅回/分	光源	電力
type-1	赤	5	200	led	太陽電池
type-2	赤	25	190	led	太陽電池
type-3	黄	7		led	太陽電池
type-4	赤	7		led	太陽電池
type-5	赤	5	200	led	太陽電池
type-6	赤	5		led	商用電力
type-7	橙	5		led	商用電力
type-8	橙	0		led	商用電力
type-9	赤	5	150	led	太陽電池
type10	橙	0		led	商用電力
基準値	赤	10		led	商用電力

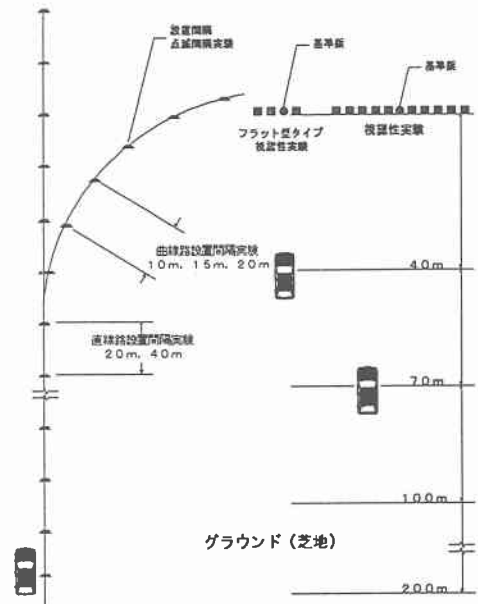


図-1 自発光式路面表示装置実験の概要図

表-2 フラット型タイプ視認性実験に使用した路面表示装置

タイプ	色	突出量mm	点滅	光源	電力	製品
type-a	橙	0		led	商用	type-8
type-b	橙	0		led	商用	type10
type-c	白	0		LED	商用	自作

注) type-a は type-8 を長手方向に4枚並べたものである。

2. 研究方法

実験は視認距離がとれる河川敷を利用し、夕刻18:00～23:00の時間帯に行った。実験は車両による視認性実験、フラット型タイプ視認性実験、走行実験、点滅間隔実験を行った。図-1に実験概要を示す。実験の評価はアンケートにより行った。走行実験は延長400mの走行路に直線部と曲線半径100mの曲線部の2つを設置し、停止時と時速40km/hでの車両走行試験を、道路鋸の設置間隔、道路鋸の点滅間隔に関してそれぞれ検討した。視認性実験は、全国で調査した自発光式路面表示施設のうちの比較的突出量が少ないものを10タイプ選択しそれぞれの視認性を実験した。それらを表-1に示す。これら製品の選定は設置高さが低いことと高輝度であることを基準とした。また、これらの製品は点滅などを解除できない製品が多数あったため輝度計などにより輝度を測ることが出来なかった。フラット型タイプ視認性実験は突出部がない路面に対しフラットな自発光式路面表示施設を、選択し実験を行った。それらを表-2に示す。なお、各実験とも、車両の前照灯はロービームの条件で行った。

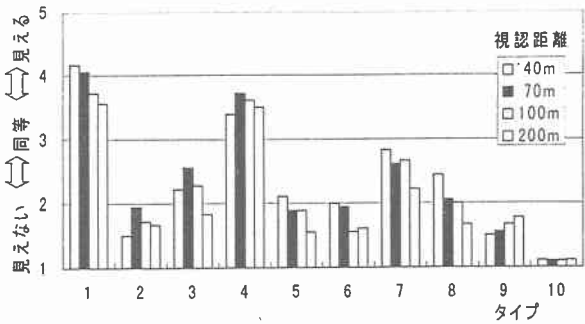


図-2 視認距離の違いによる視認性実験結果

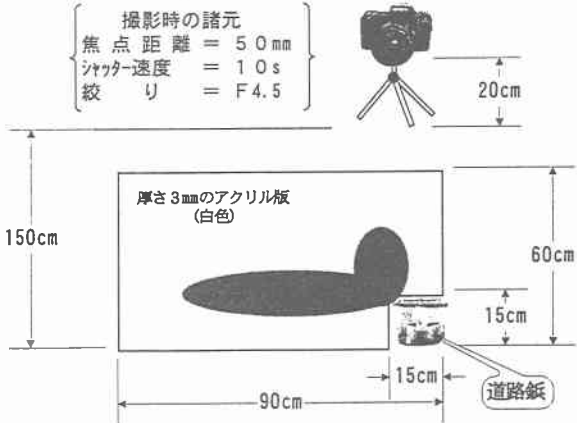


図-3 道路鋸撮影状況

3. 解析結果

図-2は表-1の製品を図-1のようにそれぞれ40m, 70m, 100m, 200mから視認性実験を行った結果である。評価はこの図よりタイプ-1が最も視認性がよく、タイプ-4がその次によく見えるタイプであることがわかる。この図で、タイプ-1は視認距離が長くなるに従って評価が低くなっているが、タイプ-4は視認距離が長くなっても評価はあまり低下していない。車両から道路鋸の見え方は、空気中の光の散乱がないとすると水平線から1度程度以下の光の向きと強さによって決まることになる。これらの道路鋸の内、タイプ-1, 4とタイプ-8を比較すると、タイプ1, 4は電力が太陽電池であり見た目も常識的な明るさであったが、タイプ-8は商用電源でありとても明るく、まぶしいくらいのものであった。大変明るい基準鋸やまぶしいくらいのタイプ-8よりも、発光量が少

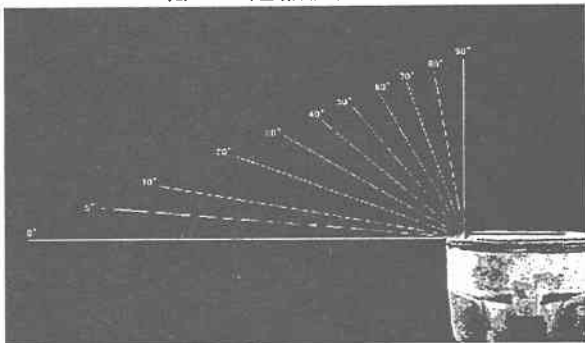


写真-1 タイプ-1発光状況写真

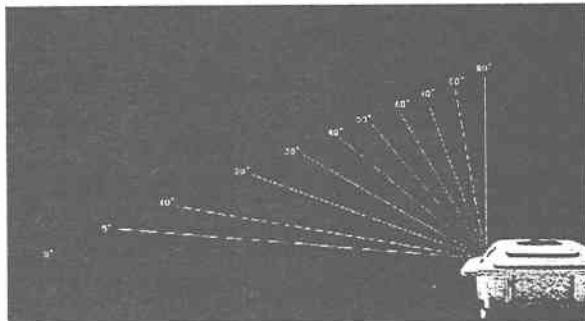


写真-2 タイプ-2発光状況写真

なくそれほど明るくないタイプ1、4のほうがよく見えるということは、道路鋸は光量よりも配光分布が見え方に大きな影響をおよぼしていると考えられる。写真-1、2、3、4、5はタイプ-1、2、4、8、9を図-3のように道路鋸の発光状況を写真撮影したものである。そこで、まず大変明るい評価の低いタイプ-8（写真-4）と、あまり明るくないが評価の高いタイプ-1（写真-1）の配光分布を比較すると、タイプ-8では水平方向の光がほとんどないが、タイプ-1では水平方向に光が大きくのびているのがわかる。このことは、視認性は光量より発光分布により大きな影響を与えていることを示している。次に、電源が同じ太陽電池であるタイプ-1、2、4を比較するとタイプ-1は光が強く水平線上に光がまっすぐのびており、タイプ-2は光が弱く90度の範囲で拡散しており、タイプ-4は光が弱く水平線上に拡散するように光がのびていることがわかる。これらのことをアンケート調査を含めて考えると、タイプ-1のように光の指向性が強く光がシャープである場合、視点が集中させた光の上にあると大変効果的であるが、視点が集中させた光からはずれると視認性が低下する。また、タイプ-4のように光を視点の方向に拡散するようによした場合、視点が光からはずれにくいため距離が変化しても評価がそれほど変わらないと考えられる。つまり、運転者に特定の距離で道路鋸を強く見せたい場合、光を見せたい方向に集中させるとよいが、遠距離でも近距離でも同じように見せたい場合、水平線近辺で拡散させるのがよいと考えられる。さらに、タイプ-2のように光を全体的に拡散させた場合、特に太陽電池式の場合水平線上の光が結果的に弱くなってしまいますので、評価は低くなってしまふと考えられる。ここで、タイプ-1では水平方向に光がよくのびているにもかかわらず、アンケート結果では視認距離40mでの評価が高く視認距離が遠くなるに従って評価が下がった理由は、タイプ-1の設置角が微妙にずれ視認距離40mでの視認角度に設置してしまったためと思われる。道路鋸の設置は水準器により行ったが、視

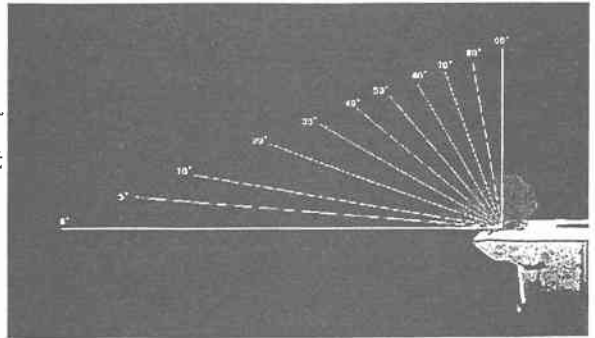


写真-3 タイプ-4 発光状況写真

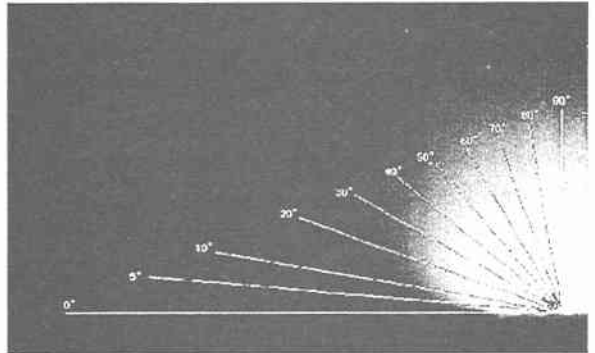


写真-4 タイプ-8 発光状況写真

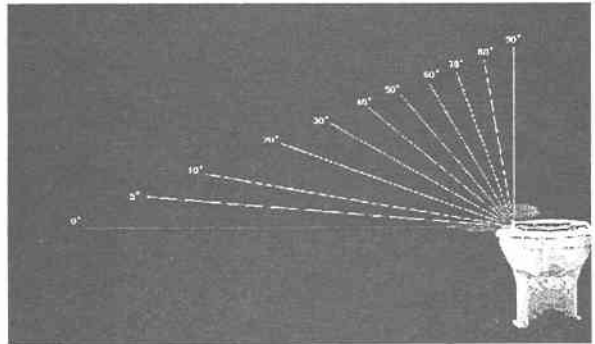


写真-5 タイプ-9 発光状況写真

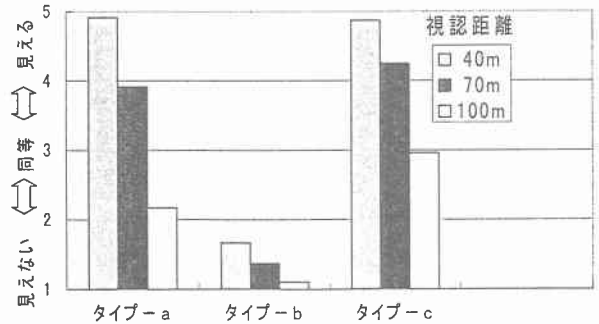


図-4 視認距離の違いによるフラットタイプ視認性実験結果

認角度が1度以下の範囲で見え方に大きな違いが現れるため、水準器による道路鏡の設置ではその精度が確保できなかったためと思われる。同様に、写真-5のタイプ-9も指向性が強く、アンケート結果では視認距離が遠くなるに従って評価がよくなっていることから、設置角度が小さくなりすぎていた可能性が高い。つまり、タイプ-9は設置角度によっては評価が大きく違ってくることも考えられる。これらのことより、このような指向性の強い道路鏡を敷設する場合、道路鏡の視認角度を高い精度で設置することは困難であることから、視認角度がランダムになることを前提に設置密度を高めることで対応する必要がある。この場合、指向性の強いタイプが広範囲の視認距離で見えることが期待できるので、大変よく見える道路鏡となることが予想される。図-4はフラットタイプの視認性実験の結果であるが、この図よりここで取り上げた3タイプは皆視認距離が長くなるに従って、大きく評価が下がっていることがわかる。これは、発光面が突出していないため光を水平にできなかったことが原因であると考えられる。タイプ-aは大変明るいタイプ-8を長手方向に4枚並べ発光面積を広げたものである。タイプ-8は発光部が長さ30cm幅15cmであり、タイプ-aが長さ120cm幅15cmである。このタイプ-aは視認距離が40m、70mでは評価が大変高くなっているが、同じく100mでは図-2のタイプ-8の評価とほとんど変わらない。これは、写真4のように水平方向に光が向いてい

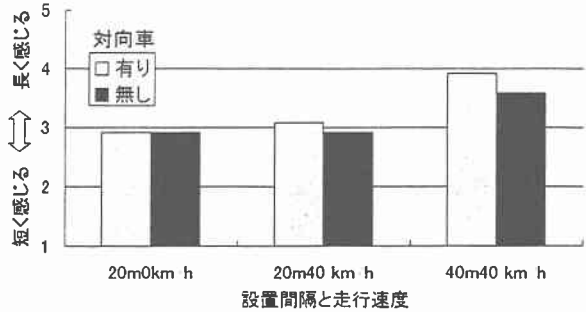


図-5 乗用車直線区間における設置間隔の評価

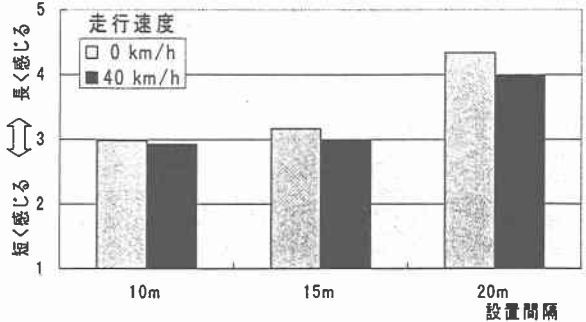


図-6 曲線区間における設置間隔の評価

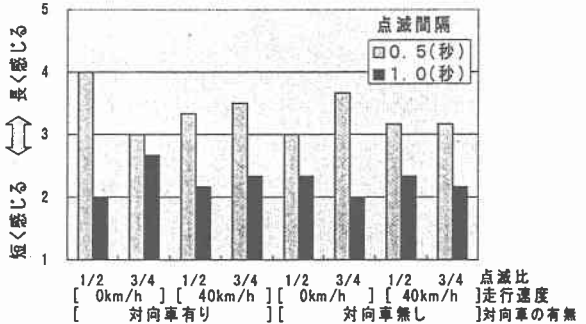


図-7 直線区間における点滅比と点滅間隔による評価

い配光分布を持つ道路鏡は、明るさや、長さでそれを補おうとしても限界があることを示している。しかし、逆にあまり遠くまで見せたくない道路鏡はこのようなタイプが望ましい状況も考えられる。タイプ-Cは20w級のH0タイプを12wで使用したものでタイプ-8よりもさらに明るいもので、構造的には光を光ファイバーで集中させ、さらにプリズムで曲げ、出来るだけ水平方向に飛ばそうとしたものである。この道路鏡はプリズムにより光を水平方向に曲げる工夫がされたものにもかかわらず、その配光分布が5~20度に集中したために、視認距離が離れるに従って評価が下がってしまうという結果になったものと考えられる。このことは、フラットタイプが水平方向に光を向けることが大変困難であることを示している。このため、フラットタイプの制作に当たってはタイプ-1のように水平方向に光を集中させることが困難であることから、出来るだけ光を水平方向に向けそれが水平線上に乗るように拡散させるような構造が望ましいといえる。また、このような構造が得られなかった場合、タイプ-aはタイプ-8と比較すると、道路鏡を長くすることで視認距離が短い場合に大きな効果を上げていることから、視認性を道路鏡の長さで補完するといった考えもある。しかし、実際に道路上に敷設する場合、このような長いものを敷設すると、工費やメンテナンスの負

担が大きくなりやすいので、これらの負担が少なくなるような構造を目指す必要がある。図-5は乗用車による基準値を用いた直線区間による設置間隔と走行速度、対向車の有無を評価したものである。この図によると対向車の有無による設置間隔や、走行速度による設置間隔の違いはほとんどない。また、この図より道路線の適切な設置間隔は40m以下が望ましいという結果が得られた。図-6はR100mでの曲線区間における設置間隔と走行速度の違いによる評価である。この図より走行速度による設置間隔の違いはほとんどない。また、この図より適切な設置間隔は15m以下が望ましいという結果が得られた。しかし、これらの実験は時間と費用が必要なためケース数をこなすことが出来なかったため、大変大まかな結果となっている。今後はドライビングシミュレーションなどを利用したCGにより、より詳細に評価していきたいと考えている。

図-7は乗用車による直線区間における点滅比を点滅間隔、車両の走行速度、対向車の有無により評価した。これらの結果によると、点滅間隔による違い以外は評価に大きな違いはなかった。また、点滅間隔として0.5秒程度が望ましいとの結果が得られた。また、各点滅間隔とも点滅比による点滅間隔へ与える影響の違いはほとんどなかったことから、太陽電池式の道路線にした場合、その電力を節約するために点滅比を小さくする、あるいは、設置間隔を長く設置した場合、道路線が消灯している間に車両が通り過ぎては意味がなくなってしまうので、点滅比を長くするなどの対応を行っても得られる効果は同じであることがわかった。また、点滅間隔は0.5秒程度が最も適切とされるが、点滅は運転者に与える心理的負担が大きいため、その設置に際してはカーブ区間や危険箇所などに使用するのが望ましいといえる。

4. 道路線の発光状況写真について

図-8は基準値をそれぞれ輝度計で配光分布を測定したものであり、そのときの発光状況を写真-6に示す。これらを比べると、写真-6の方が光の分布がより鋭く表されていることがわかる。これは、輝度計ではあたかもレンズの大きさがフィルターのように作用し、移動平均をかけたかのように表現されたためと考えられる。また、写真-6は、光の強さの変化が色の変化として現れており、配光を境界線ではなく面的に表現されているため、直感的に光の特性を把握しやすい表現方法であるといえる。特に、今回の実験では、1度以下の微妙な配光特性が見え方に大きく依存していることから、このような写真による配光分布の捉え方は大変有効であるといえる。しかし、問題点として、これらの写真を通常のフィルムによるアナログ撮影で行ったため、現像などの過程で行う様々な処理がフィルムに写しだされる像に大きく影響をおよぼすことから、それぞれの写真による相対的な比較はできなかった。そのため、今後の課題として、デジタル撮影によりそれぞれの相対的、あるいは輝度そのものの絶対的な評価手法を考案することが上げられる。

5. 考察

積雪寒冷地域は、冬期間中央線が見えにくくなる場合があり、特に峠などのカーブ区間でこのような現象が生じた場合大変運転しづらくなることを考えると、1年を通して設置可能な自発

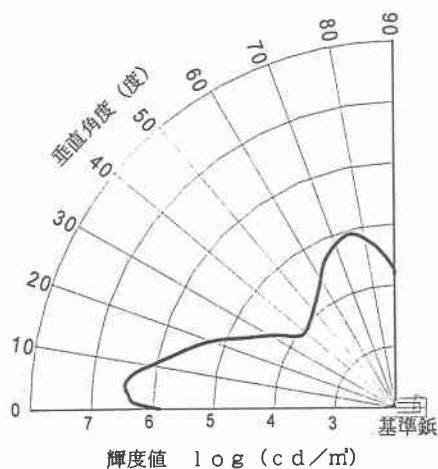


図-8 基準線の配光分布測定結果

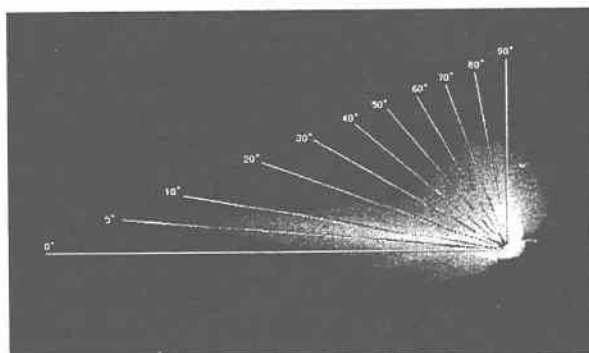


写真-6 基準線の配光分布写真

光路面表示装置の開発は積雪寒冷地域の走行車両の安全性の向上に大きな役割を担っていくと考えられる。そして、自発光式路面表示装置における光の性質とその設置方法に関して、最も基礎的な実験を行った結果、除雪ブレードに耐えられる装置の開発に対しての方向性が明示された。しかし、走行性がよくなれば逆にスピードを出しすぎて事故が増えてしまう可能性や、今回の実験では含まれていないまぶしさや点滅によるうるささなど、光が人間に与える影響はよくわかっていない。これらの事柄は、実験が大変しにくいものであるが、装置の開発に当たっては必要不可欠の項目であり、今後の課題であるといえる。また、自発光路面表示装置は中央線だけではなく、交差点の誘導、リバーシブルレーンの表示などその用途は大変広いものである。これらすべてを含む自発光式路面表示装置の開発は大変困難なものといえる。そこで、この装置の開発に当たっては、この装置が必要になる状況を整理し、それらに当てはまるタイプをいくつか開発するのが得策であるとする。

現在、自発光式路面表示装置はその基本的な性質を検討されることなく、種々の製品が開発され使用されている。その各種製品も様々な興味深いアイデアはあるものの、その基本的な特性には配慮が払われていないものも見受けられ、矛盾した構造を備えているものも多い。このことは、設置者に関しても同様にそれぞれの道路の特性にあった使用をしているとは思われない場合も見受けられる。その中で、今回の実験は基礎的ながらその方向性を示したという意味で、その意義は大きいものであるといえる。

6. まとめ

今回の実験により、以下の事柄がわかった。

- ・発光面を狭くし光をシャープにすると特定の距離ではよく見えるが、その範囲外では視認性が落ちる。
- ・発光面を広くし水平線上で光を拡散させると、比較的弱い光でもその効果が広範囲におよぶ。
- ・フラットタイプは水平方向に光を見せることは困難なため、視認距離が長くなると視認性は大きく減少するが、実用上の視認距離如何では、引き続き検討に値する。
- ・設置間隔の評価では検討例は少ないものの、曲線区間は10～15m以内、直線区間では40m以内が適当であることがわかった。
- ・点滅間隔は0.5秒程度が点滅として最も適切であることがわかった。しかし、点滅間隔は運転者の注意を大きく喚起すると共に心理的疲労感も大きくなるであろうことから、要注意箇所などに限定した使用を考えるべきである。
- ・点滅比は変化させても評価がほとんど変わらないことから、太陽電池による小電力の利用には点滅比を小さくし、直線区間など設置間隔が広い箇所には点滅比を多きくするなどの工夫が有効であることがわかった。

7. 今後の課題

- ・まぶしさや点滅間隔のうるささなど、光が人間的におよぼす影響を考慮する必要がある。
- ・フラットタイプの制作に関しては、発光面が広く水平に光を向けられるような構造が望ましいことから、それらを踏まえたフラットタイプの開発を行う必要がある。
- ・カメラによる輝度の表現は、今回はアナログカメラで行ったため、その評価は配光分布の把握にとどまり、相対的な評価は出来なかった。今後はデジタルカメラによる、輝度そのものの評価が可能な方法を検討する必要がある。
- ・設置間隔の検討はその実験が大変困難であることから、今後はドライビングシミュレーションなどによるCGを使用した検討を考えていきたい。

8. 参考文献

- 1) 北海道開発局道路維持課、北海道開発局開発土木研究所交通研究室：平成8年度北海道の交通事故統計ポケットブック