

# 標準電波を使った道路用同期発光型 視線誘導標の開発

北海道職業能力開発大学校 中村 聡 吉野 正樹  
佐藤 龍司 西野 元一  
恩田 邦夫 瀧田 大亮  
旁川 文彰

Development of a synchronized emission type delineator system by using JJY

Satoru NAKAMURA, Masaki YOSHINO, Ryuji SATO, Motokazu NISHINO  
Kunio ONDA, Daisuke TAKITA, Fumiaki KATAGAWA

**要約** 夜間、濃霧、降雪などの視界不良時の視認性確保のため、いろいろな種類の道路用視線誘導標が使用されている。筆者らは平成14年度に、発光ダイオードと太陽電池、電気化学キャパシタを使用した低コスト、メンテナンスフリーの自立発光型視線誘導標を開発した。

道路に沿って複数の視線誘導標を設置した場合、各視線誘導標が同時に同期して発光することにより、線状に発光ラインが形成され視認性が高まると考えられる。そこで今回、筆者らは標準電波JJYを同期信号として使用することで視線誘導標を同期点滅発光させる方法を確認し、平成14年度開発の視線誘導標を改良した製品を開発した。この方法をとることによって、開発コストおよび製品コストを抑えることができた。また、本装置の動作検証を行った結果およそ3ヶ月の間同時発光をすることを確認した。本稿では、今回開発した同期発光式の自立発光型視線誘導標の概要と動作検証結果について述べる。

## I はじめに

筆者らはこれまでに、道路などでの夜間、濃霧、降雪といった視界不良時の視認性確保に用いられる視線誘導標に関する調査・検討を行い、具体化に向けた技術開発を行ってきた。そして、平成14年度に新しいタイプの自立発光型視線誘導標を開発した<sup>(1)</sup>。この視線誘導標は発光体として発光ダイオード(LED)、電力の供給源として太陽電池、蓄電には電気化学キャパシタを使用し、1秒間に2回の点滅を繰り返す吹雪や夜間などの視界不良時に運転者に対し道路形状を伝えるもので、低価格で長寿命ランニングコストがかからないメンテナンスフリーを実現している。平成14年度事業主団体研究開発支援事業の協力団体傘下企業によ

って製品化され、現在東北地方北部を中心に設置されている。

現在、道路で使用されている点滅発光型の視線誘導標には様々なタイプがあり、北海道では吹雪時の視認性向上のため同期点滅する視線誘導標が増加している。数十メートル間隔で点在する誘導標が同時に発光することで線状に発光ラインが形成され、見通し距離全体にわたって道路形状の把握が容易になると考えられる。筆者らが平成14年度に開発した視線誘導標は、個別に発光するため、同期点滅発光できない。発光を一斉に揃えたとしても内部回路で使用している発振器の精度に限界があるため、発光時期に1時間で最大約0.1秒の差が生じる可能性がある。そこで、複数の発光型視線誘導標が同期して点滅発光することを目的に改良し、

平成15年度に標準電波 J J Y に同期して発光する視線誘導標を開発した。本稿では、開発した同期発光型視線誘導標の概要と動作検証結果について述べる。

## II 同期発光の方式

同期発光させるためには各視線誘導標に同期信号を送る必要がある。その一つの方法として、同期信号を発生させる基地局から各視線誘導標に有線で信号を送る方法がある。この方法では、システム全体としては比較的簡単となるが、配線工事やメンテナンスなど初期費用とランニングコストがかかる。基地局から各視線誘導標に無線で同期信号を送る方式では、配線工事が不要となるが、初期費用とランニングコストは必要である。

そこで本装置では、基地局を新たに設けずに同期信号を得るために、一般に開放され利用可能な電波を利用する方式をとる。1秒間に2回の発光を同期させるためには、数十ミリ秒単位の精度の同期信号が必要である。毎秒正確な信号が送信されている電波として利用可能なものに標準電波 J J Y や G P S がある。標準電波 J J Y および G P S について調査および比較を行った結果、本視線誘導標に必要な数十ミリ秒の精度での同期信号の発生は両者とも可能であった。それぞれの信号の受信に必要な部品や消費電力を比べると G P S 受信機より標準電波 J J Y 受信回路の方が安価で装置の小型化が可能であり、また消費電力が小さいことがわかった。そのため本装置では、発光のタイミングを同期させる信号として標準電波 J J Y を使用する方式を採用した。

J J Y 方式を採用することで受信装置が小型・省電力となり、平成14年度に開発した視線誘導標に蓄電容量を大きくする以外の変更をせずに同期回路を組み込むため、開発コストおよび製品コストを抑えることもできた。

## III 標準電波 J J Y

標準電波 J J Y は日本の時刻と周波数の基準として使われる電波で、福島県のおおたかどや山から40kHz、佐賀県のはがね山から60kHzで送信されている<sup>(2)</sup>。J J Y のタイムコードの例を図1に示す。1秒ごとに時分などのタイムコードを含んだパルス信号を発信し、

各パルスの立ち上がりが正確な秒を表している。パルス幅は、データの区切り（マーカー）を表す0.2秒、2進の1を表す0.5秒、2進の0を表す0.8秒の三種類である。これらパルスを組み合わせたタイムコードを60秒間受信し、これをデコードすると正確な時刻を知ることができる。現在、J J Y を使った電波時計が安価に製品化され普及している。

正確に時分秒を知るためには、数分間タイムコードを受信しデコードする必要がある。本装置では J J Y 信号のパルスの立ち上がりを検出して同期信号を発生させるだけで、データのデコードは行なわないため、10秒程度受信できればよい。

なお、他の電波の影響を受けやすい所、季節や天候、設置場所の地形、時間帯によっては標準電波 J J Y を受信しにくいことがある<sup>(3)、(4)</sup>。

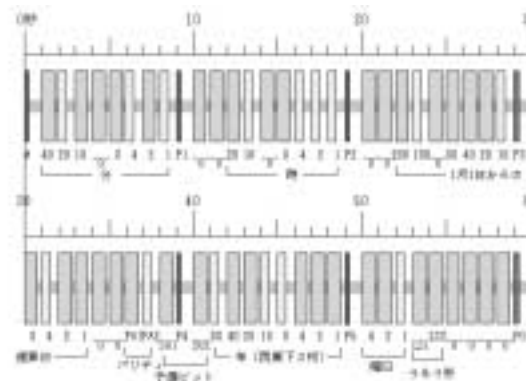


図1 J J Y タイムコードの例<sup>(2)</sup>

## IV 装置概要

今回開発し製品化された視線誘導標を図2に示す。筐体は直径約60mm、高さ約600mmの金属製の円柱である。幅約15mm、長さ約360mmの亚克力ロッドに取り付けた4個のLEDが発光し、夜間は亚克力ロッド全体が発光しているように見える。上部の太陽電池パネルを取り付けたケース内に J J Y 受信用バーアンテナ、制御回路基板と電気化学キャパシタを収めている。ケースはプラスチック製で高さ約180mm、幅約110mm、奥行約90mmである。道路に設置するときは設置場所に応じたベースに取り付け、上部ケースは太陽電池が南に向くように固定する。

本装置構成の概略を図3に示す。電源は太陽電池および電気化学キャパシタを使い、メンテナンスフリー化を実現している<sup>(4)</sup>。北日本での使用を目的としているので、おおたかどや山送信所40kHz受信専用とし、

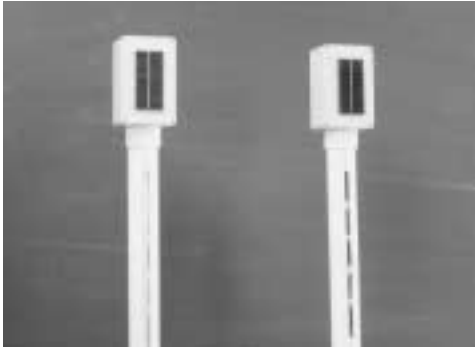


図2 製品化された視線誘導標

J J Yを40kHz用バーアンテナとJ J Y受信専用I Cで受信する。日中は太陽電池で発生する電力を電気化学キャパシタに蓄電する。視線誘導標の周囲が暗くなり太陽電池の発生電圧が低下すると発光を開始する。

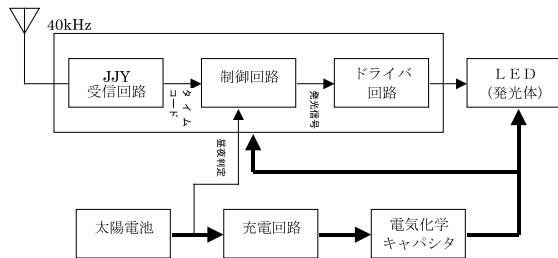


図3 ブロック図

受信用I Cは受信信号を増幅・検波し、図4に示すようなパルス化されたタイムコードを出力する。J J Yタイムコードのパルス幅は0.2秒、0.5秒、0.8秒の三種類であり、矢印で示す各パルスの立ち上がりが正秒となる。図4の場合、左右の0.2秒のマーカを示すパルス間で「011011」のコードを表している。受信用I Cには、標準電波の40kHzの信号の選択性を高め、S N比を改善するために水晶振動子、コンデンサ、抵抗で構成する帯域フィルタ回路を外付けする。S N比を優先して素子定数を決定すると、受信用I Cから出力されるタイムコードパルスのパルス幅および正秒位置の検出精度が低下する。

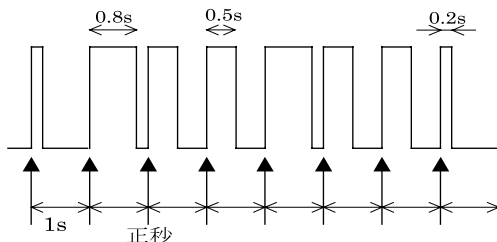


図4 タイムコードパルス

P I Cマイコンを中心とした制御回路では回路内部の発振器(32kHz)からの信号とJ J Y受信回路が出力するタイムコードを使ってJ J Yに同期した1秒間

に2回の周期でL E Dを点滅発光させる信号を作り出している。P I Cのプログラムでは、パルス幅が0.2秒、0.5秒、0.8秒いずれかのパルスを数秒間連続して受信できた場合、J J Y信号を正しく受信していると判定し、正秒のタイミングでL E Dの発光信号をリセットする。このとき、タイムコードパルスに含まれるノイズの状態に応じて正秒位置を示すパルスの立ち上がりの検出に要する時間を動的に変化させている。このようにして、L E DはJ J Yに同期して発光する。J J Yの受信状態が良い場合、1分間に3~4回同期信号を発生できる。一方、J J Yが受信できないと判断されたときは、回路内部のクロックのみを使ってL E D発光信号を制御する。

本装置を設置する場所が屋外、利用する時間帯が夜間であること、また冬期間にも使用するため、周囲温度に依存する発振器の精度が悪くなる。1時間に最大0.1秒の差が生じる可能性があり、複数の視線誘導標の点滅が同期しなくなる。そのため、1時間に少なくとも数回J J Yを正しく受信し発光同期信号を発生させることが必要である。

図5に本装置試作のために作製したプリント基板を示す。試作基板を使って受信用I Cに外付けする帯域フィルタの定数の調整を行った。同時にP I Cプログラムのチューニングを行い、帯域フィルタの特性とマッチングするようにタイムコードパルスを検出するための割り込み時間間隔、判定に要する時間およびタイムコードパルス幅の許容誤差を定めた。図6に協力企業によって製品化されたプリント基板を示す。



図5 試作回路基板

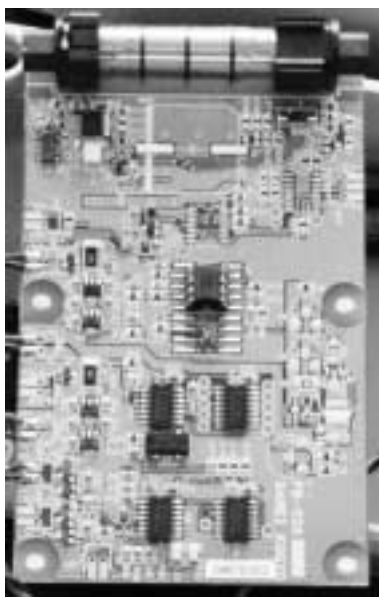


図6 製品化された回路基板

## V 動作検証結果

図7に示すように、実習室内で複数台の視線誘導標を並べ同期点滅発光の有無を調べた。電力は太陽電池ではなく外部電源から供給し、昼夜の区別なく観測していた。当初は目視で発光が同期しているか否かを観測していた。しかし、この方法では定量的なデータは収集できず、観測した時の9割程度で同時に発光していることが確認されたにとどまった。

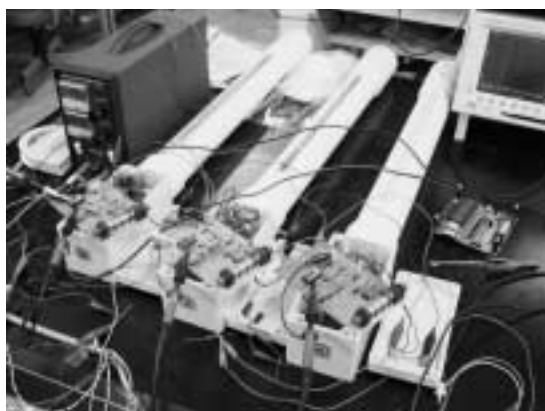


図7 動作検証の様子

その後電子技術科の総合製作実習のテーマの一つとして、4台の視線誘導標の同期信号発生回数を自動的に検知・収集するシステムを製作し、連続的・定量的にデータを収集できるようになった。図8にシステムの表示画面を示す。この観測システムは、4台の視線誘導標それぞれがJJYを受信しLED発光時期をJJYに同期させるようにリセットする信号を検知し、

リセット信号(同期信号)が発生する時刻を記録・収集するものである。観測画面には、1時間あたりに各視線誘導標が同期信号を発生した回数とタイムコードパルス波形を表示している。

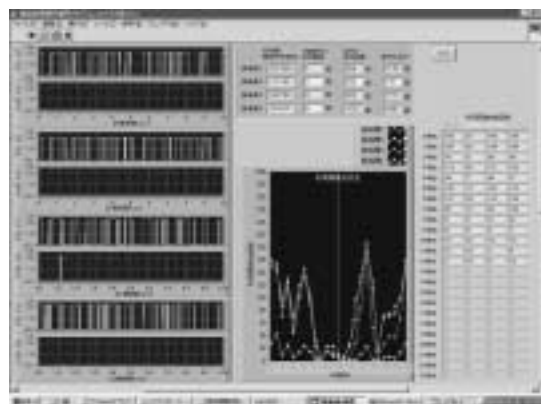


図8 観測システム画面

平成16年2月から4月までおよそ3ヶ月間の、視線誘導標別1時間あたりの同期信号発生回数の平均値を図9に示す。夜間に同期信号の発生回数が多く、日中は回数が少ないことがわかる。また、日中では土日休みは多く、平日は少ないことを確認している。夜間の同期信号発生回数は、多い日には1時間に200回程度、少ないときでも数回発生している。また、4台の誘導標別の差はあまり見られず、個体差がないことが確認できた。

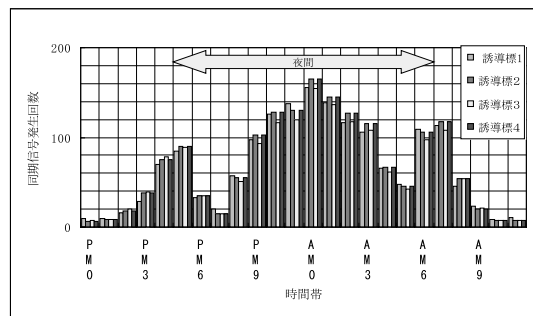


図9 時間帯別同期信号発生回数  
(平成16年2月～4月の平均値)

J J Y受信には室内および学内の電子機器や周辺の工場から発生するノイズや電波伝搬が影響する<sup>(3),(4),(5)</sup>。実験室内の電子機器等では、特にパソコン用ディスプレイを近づけるとタイムコードパルスの乱れが顕著に現れた。これはディスプレイの水平走査周波数が40kHz付近であることが原因と考えられる。夜間や土日休みは、停止している電子機器等が多いため電子機器等がJJY受信に与える影響が小さくなっている。

電波伝搬に関しては、次のように考えられる。試験

場所（北海道小樽市）は、おおたかどや山送信所からおおよそ650km離れているため、J J Y電波は地表波と空間波の両方で伝搬する。そのため、空間波の伝搬しやすい夜間にJ J Y受信感度がよくなっている。また、夏期に比べ冬期の方が、受信状況が良いことを確認している。なお、図9において、午後6、7時台および午前4、5時台の信号発生回数が少ないのは、時間帯によるJ J Y電界強度の変化<sup>6)</sup>が原因であると考えられる。

以上のことから本視線誘導標使用する夜間では、電子機器の影響が小さく電波伝搬状況が良くなるためJ J Y受信感度が良くなり同期信号が発生回数が増えることが確かめられ、実用上問題は無いことが確認できた。

今回の観測は実習室内で行なっており、J J Yを受信しづらい環境である。実際にこの視線誘導標を設置する屋外では、J J Y受信感度が向上すると考えられる。しかし、設置場所近くにJ J Y受信に影響を与える工場等が無いかの確認は必要である。今後、屋外において実際に道路に設置した場合と近い条件での同期信号発生回数の観測も行なう予定である。

なお、実際に本視線誘導標を設置したときには、昼夜判定によって日中には動作を停止して充電のみを行い、夜間のみJ J Yの受信と発光を行なう。

## VI おわりに

本報告では、筆者らが開発した標準電波J J Yを使用した同期発光型道路用視線誘導標の概要と動作試験結果について述べた。今回開発した視線誘導標は、協力事業主団体傘下の企業によって図2に示すものが製品化され、平成16年2月に青森県に設置された。防雪柵に取り付けられた様子を図10に手前側三本の位置を矢印で示している。製作および設置を行った企業により、夜間同時に発光していることが目視確認されている。

今後は、さらに視認性を高めるために発光色や点滅発光パターン等について研究開発を進めていく。最後に、本開発および製品化にご協力いただいた関係団体ならびに企業関係者のみなさまにお礼を申し上げます。

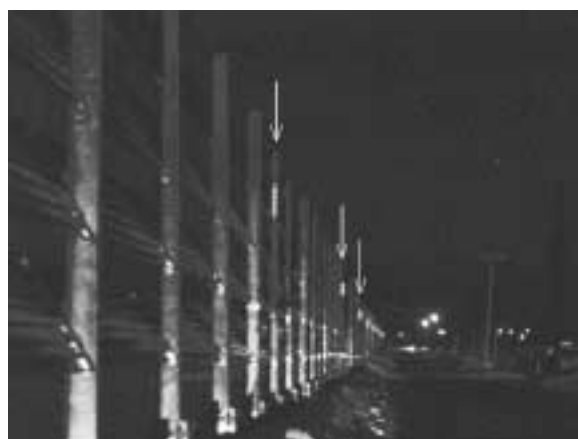


図10 防雪柵に設置された視線誘導標  
(上：昼間、下：夜間)

### [参考文献]

- (1) 吉野他、道路用自立発光型視線誘導標の開発、東北北海道ポリテックビジョン、平成15年
- (2) 森川、通信総合研究所の時間・周波数標準と標準電波、長波標準電波シンポジウム、平成13年
- (3) 佐野、電波時計への取り組みと今後、長波標準電波シンポジウム、平成13年
- (4) 高木、J J Y受信機の開発とその応用、長波標準電波シンポジウム、平成13年
- (5) 長波標準電波の電界強度予測値、日本標準時グループホームページ

URL : <http://jjy.nict.go.jp/fs/index.html>