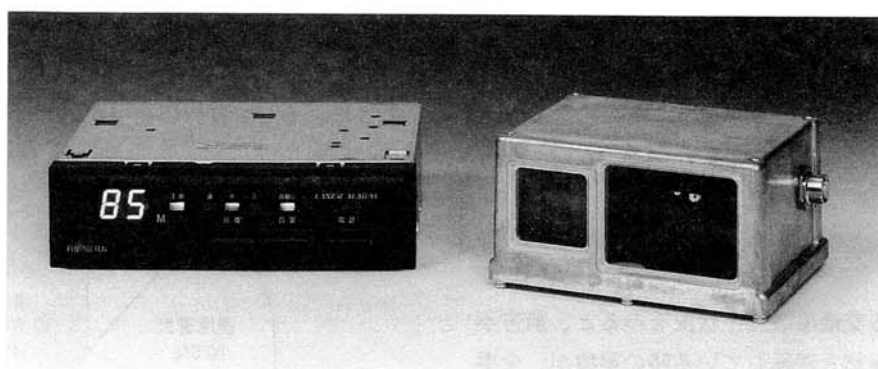


車間距離警報装置－レーザーアラーム－

Forward distance warning system－Laser Alarm－

玉置智彦	<i>Tomohiko Tamaki</i>
梶岡英樹	<i>Hideki Kajioaka</i>
岸田正幸	<i>Masayuki Kishida</i>
藤村契二	<i>Keiji Fujimura</i>
畑中則彦	<i>Norihiko Hatanaka</i>



要 旨

追突事故を未然に防ぐことを目的として、近赤外パルス方式レーザーレーダを用いたトラック、バス向け車間距離警報装置「レーザーアラーム」を製品化した。

「レーザーアラーム」はレーザーレーダセンサにより計測される前方車両と自車両との車間距離と相対速度、および自車速度から安全車間距離を算出し、衝突の危険がある場合に、運転手に「注意」や「危険」を喚起させる警報を与える装置である。

また、光学系および信号処理を工夫することによって小型・軽量でかつ低価格化を実現するとともに、カーブ路などでの不要警報抑制ロジックを独自に開発し、製品の信頼性を高めている。

Abstract

"Laser Alarm", a forward distance warning system using pulsed infrared laser radar started being producted. This system aims to prevent a rear-end-collision for trucks and buses.

The driver is warned according to the relation among the distance, the relative velocity to a vehicle in front, which are measured with the radar sensor, and the speed of its own.

This system is inexpensive, small-sized and light weighted. We particularly developed an original signal processing technique based on road test and successfully supposed the unnecessary warning such as on the curve as much as possible.

1. ま え が き

自動車は現在の社会において重要な輸送手段であり、われわれの社会活動に大きく貢献しているが、年々増加し続けている交通事故は社会的問題となっている。

なかでも、交通事故死者の半数近くが自動車の乗車中に亡くなっている状況から¹⁾、自動車の衝突時の運転者保護や衝突回避を考えた、より安全性の高い車の開発が待望されている。

当社でも既にABSやエアバック等の安全装置を製品化しているが、衝突を未然に防ぐ予防安全装置として、レーザーレーダを用いたトラック、バス向け車間距離警報装置「レーザーアラーム」を1994年秋より発売開始した。

本論文では、この「レーザーアラーム」の設計の考え方および主要機能、性能について紹介する。

2. 開発の背景

高速道路における交通事故発生状況をみると、前方不注意など運転手が漫然と運転している時の事故が、全事故件数の約4割を占めている(図1)¹⁾。

そこで、運転手がこのようにぼんやりしながら運転しているときでも、前方が危険な状態になると警告するような装置があれば、追突事故を低減するのにはかなり有効であると考えられる。

特に、長距離トラックや高速バス等、安全に物や人を運ぶことを期待されている運送、旅客事業者にとって事故低減策のニーズは非常に高い。このようなニーズに応えるため、車両の取り付け性を良くするため小型であり、そして装置の装着率を向上するために低価格であることを目標として「レーザーアラーム」の開発に取り組んだ。

3. システム概要

レーザーアラームは、前方車両までの車間距離と相対速度をレーザーレーダを使って計測し、追突の危険があるときに警報音を発生して、運転者に注意を喚起する。本章では、このシステムの構成、センサとディスプレイの性能、そして警報の発生原理等について述べる。

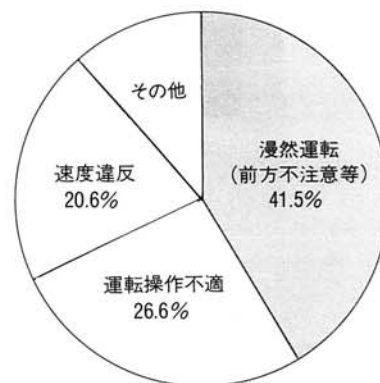


図-1 高速道路における交通事故発生原因

Fig.1 Cause of traffic accident on an expressway

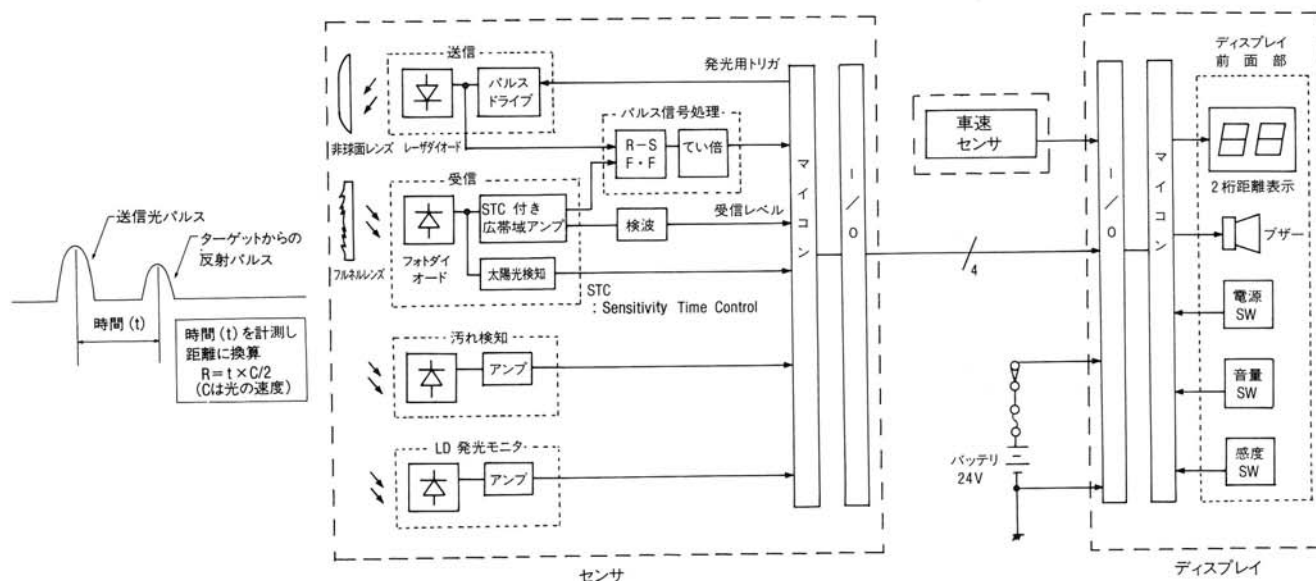


図-2 システムブロック図

Fig.2 System block diagram

3. 1 システム構成

図-2 に示すように、レーザーレーダセンサ、ディスプレイ、そして車速センサとから構成されており、車両には図-3 のように取り付けられる。

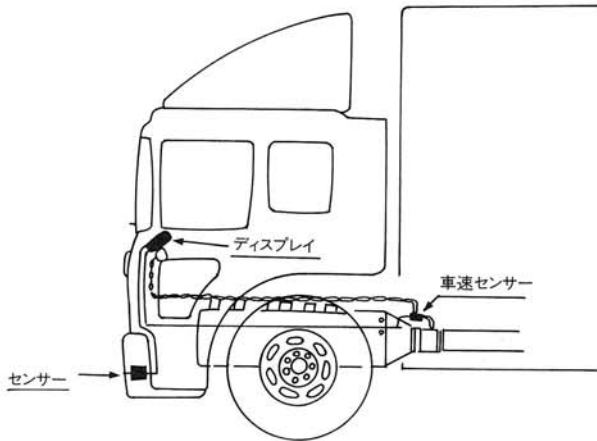


図-3 車両への取り付け状態
Fig.3 Installing appearance in the vehicle

本装置はレーザーパルス方式で、送信パルスとターゲットから反射して戻って来る受信パルスとの時間差 t を測定することで、ターゲットまでの距離 R が次式により求まる。

$$R = t \times c / 2 \dots (1)$$

c : 光速 (3×10^8 / sec)

このようにして得られた距離データをPWM通信データに変換してディスプレイに伝送し、ターゲットと自車両との相対速度を算出する。さらに車速センサにより検出される自車速度を加味して、警報判定等の処理を行うようにしている。

3. 2 レーザーレーダセンサ

センサの主な仕様を表-1 に示す。

表-1 センサ仕様

検 知 距 離 範 囲	0 ～ 約80m (φ51リフレックスリフレクタ)
検 知 エ リ ア 角 度	水平方向約 5° × 垂直方向約 2°
距 離 精 度	± 1 m 以内
発光パルス幅, パワー	40ns, 20W
外 形 寸 法	140 (W) × 70 (H) × 105 (D) mm
重 量	約 1 kg 以下
動作温度範囲	-30 ～ +75℃

3. 2. 1 センサの構造

図-4 にセンサの構造図を示す。

部品点数の削減、簡素化を徹底して行い、また短焦点

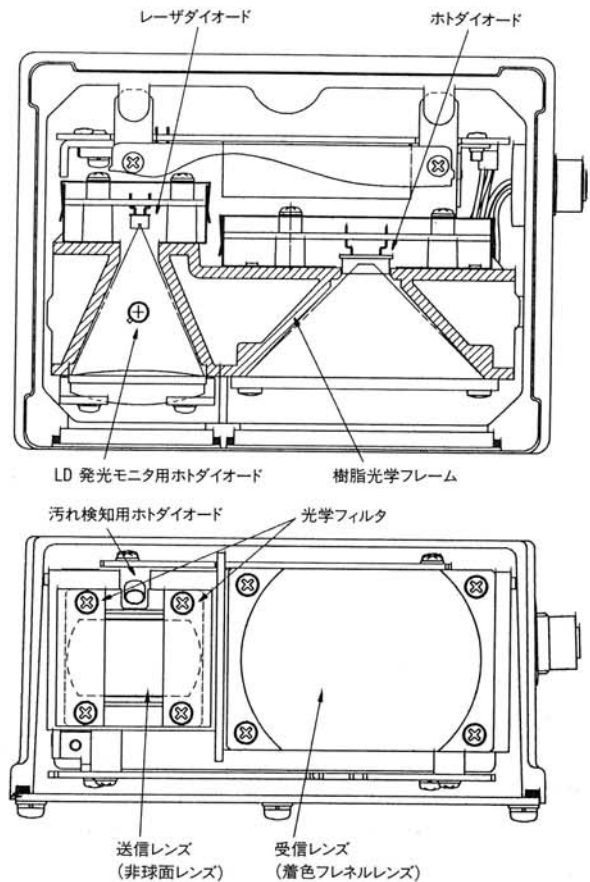


図-4 センサの構造
Fig.4 Structure of the sensor

の受信フレネルレンズを使用することで、体積は既実用化モデルの約 1/2 となり、車両への取り付け性が向上した。さらに、センサ内の筐体には樹脂の一体型光学フレームを使用し、軽量化を図っている。

また、センサ表面の汚れやレーザダイオードの発光パワーを監視するホットダイオードを光学フレームに一体化して、組立てを容易にしている。

3. 2. 2 検知エリア

レーザーレーダセンサは、近距離でも隣接車線からの割り込み車両を確実に検知し、かつ直線路において隣接車線の走行車両を検知しないように、一車線幅 (約 3.5 メートル) の検知エリアを設定する必要がある。

この条件を満たすために、発光素子のビーム数を 3 ビームにしたり、受光素子を 2 個以上使ってエリアを設定する方法が考えられている⁽²⁾⁽³⁾。

しかし本装置では、送信レンズ前面に図-4 に示す光学フィルタを用いて透過率を変化させることにより、受光素子数を増やすことなく、1 ビーム、1 受信でも適切なエリアを確保することができている。

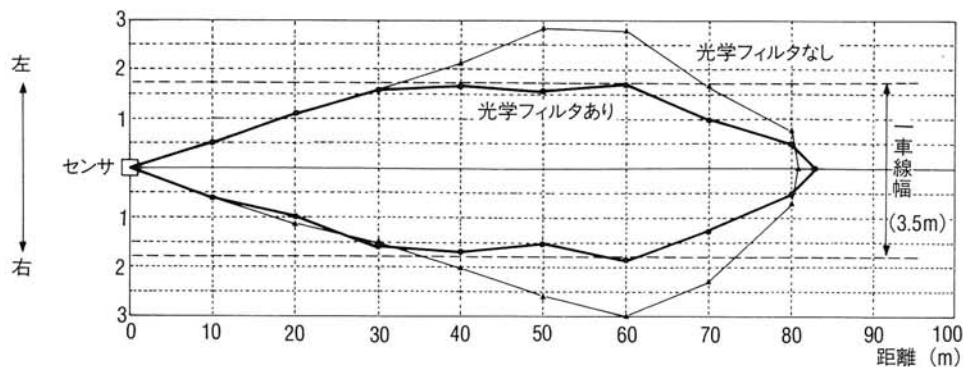


図-5 検知エリア
Fig.5 Detecting area

ターゲットをφ51リフレックスリフレクタとしたときの検知エリアを図-5に示す。

3. 2. 3 最大探知距離

レーザレーダセンサは前方車両からの反射光を受光して、車間距離を計測するが、主に反射率が非常に高い車両後部のリフレックスリフレクタをターゲットとする。

実際の走行状況では、図-6に示すように約9割の車両に対して80m以上検知することができている。

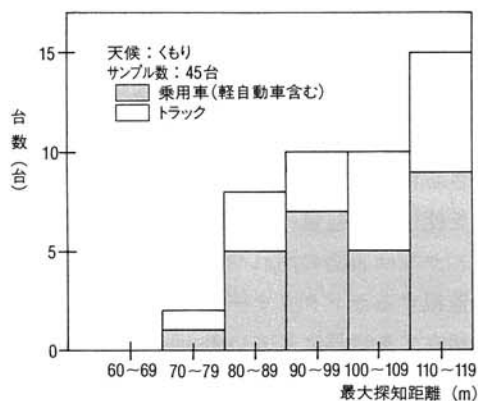


図-6 走行状況での最大探知距離
Fig.6 Maximum detecting distance on the road

3. 2. 4 距離精度

パルス方式のレーダでは、図-7で示すように受信レベルの大小によってしきい値を越えるタイミングにずれが生じ、これが距離誤差の原因となる。

そこで、受信レベルと距離誤差の関係に着目し、受信レベルをマイコンに逐次読み込んで、距離値を補正する方法をとっている。この結果、図-8に示すとおり距離精度は±1 m以内を達成している。

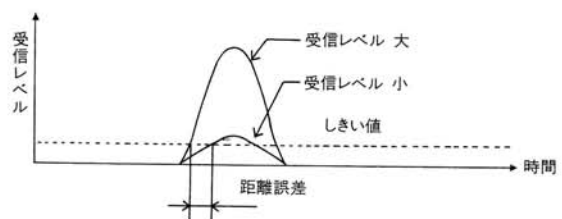


図-7 距離誤差
Fig.7 Distance error

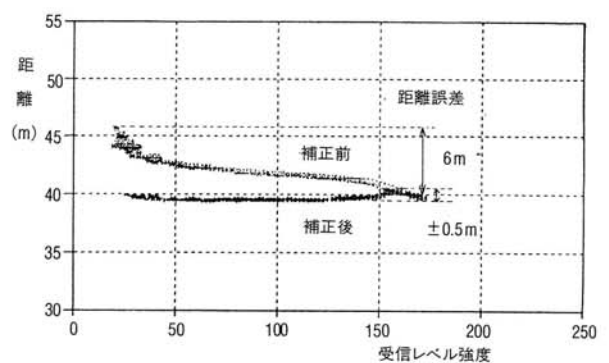


図-8 距離誤差補正
Fig.8 Correction of distance error

3. 3 ディスプレイ

ディスプレイの主な仕様を表-2に示す。

本装置は、イグニッションスイッチをオンにすると自動的に作動し始め、その時ブザー音や表示部の初期チェックを行うようにしている。

また、システムが正常に作動していないときは、ダイアグノーシス（自己診断）機能により、ディスプレイに

表-2 ディスプレイ仕様

距離表示範囲	・走行中0～99m、1mステップで距離表示 ・停止中「ー」を表示 ・システムの異常時にはダイアグコード表示
警 報	・1次（注意）、2次（危険）の2段階警報出力 ・警報感度／3段階切換え可 ・警報音量／2段階切換え可
電 源	DC24V、0.8A以下（センサへの供給含む）
外形寸法	180（W）×50（H）×154（D）mm 〔1DINサイズ〕
重 量	約0.8kg以下
動作温度範囲	－30～＋75℃

表-3 ダイアグノーシス機能

表示	項 目	内 容
A 0	データ通信異常	通信線断線等
A 1	レーザダイオード発光異常	レーザダイオードの発光パワーが低下した場合等
A 2	送信部異常	送信系処理回路の異常等
A 3	センサ回路異常	受信系処理回路の異常等
A 4	汚れ検知	センサ前面板が汚れたとき
A 5	太陽光検知	太陽光が入射して測定不能のとき

故障コードを表示し（表-3）、ブザーを鳴らすことで運転手に知らせるようにしている。

3. 4 車間距離警報

3. 4. 1 警報発生原理

前方車両が急に減速し始めて停止するような場合でも追突しないためには、運転者の反応遅れによる空走時間

も加えて、式(2)で与えられる安全車間距離が必要である。

$$D_n = (2 V_s - V_r) \cdot V_r / 2 \alpha + V_s \cdot T_R$$

…(2)

D_n (m) : 安全車間距離

V_s (m/s) : 自車両速度

V_r (m/s) : 自車両と前方車両との相対速度

α (m/s²) : 車両の減速度

T_R (s) : 空走時間

本装置では、(2)式をもとに警報マップを作成し、計測された車間距離 D_t から、危険度合いに応じて2段階に警報を出力するようにしている。

1次警報（注意） $D_t \leq D_n$

2次警報（危険） $D_t \leq D_n \cdot K$

($K < 1$) : 係数)

図-9 に、相対速度30km/hで前方車両に接近している場合の、警報マップを示す。

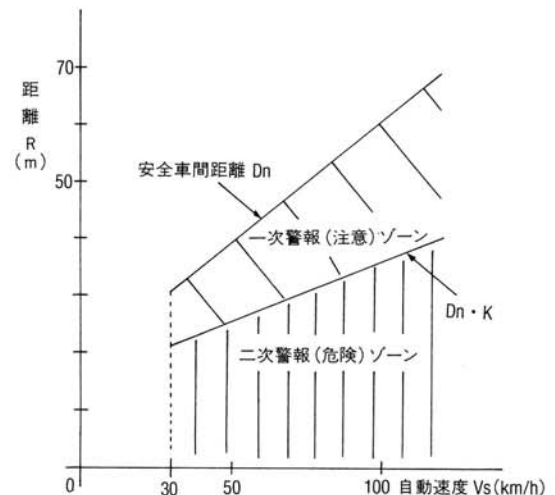


図-9 警報マップ

Fig.9 Warning map

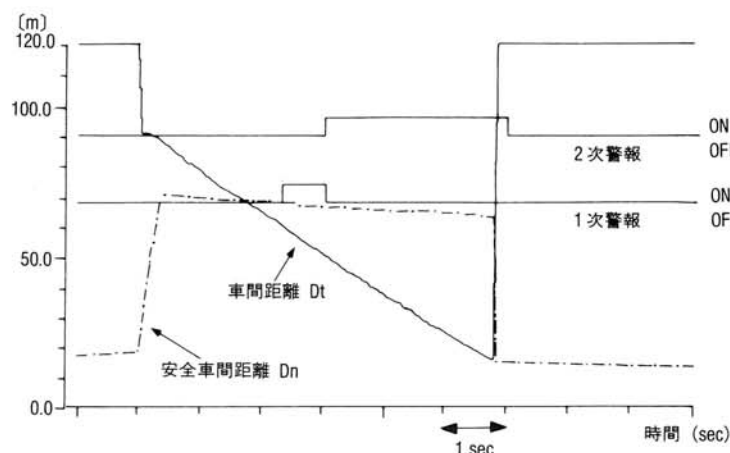


図-10 静止のターゲットに対する実車データ

Fig.10 Vehicle test data of an approaching static targets

3. 4. 2 実車による確認

図10は、静止ターゲットに対して自車速度60km/hで接近しているときの実車データである。

ターゲットの60m手前で1次警報、50m手前で2次警報が発生しており、制動に必要な距離を確保している。

また、数名の運転手が高速道路を通常走行して、相対速度 V_r が約5 km/hのときのブレーキポイントをモニタすると、1次警報マップにほぼ一致していることが確認できた(図-11)。

ただし、各運転者によって運転感覚に大きな差があるため、レーザーアラームでは、運転者の感覚や交通状況に合わせて、警報感度をスイッチで「遠・中・近」と切り換えられるようにしている。

3. 4. 3 警報の抑制

警報が鳴り過ぎると、運転者は装置に対して不快感を

持つことになるため、以下の条件では警報を発生しない(抑制する)ようにした。

①自車速度30km/h以下のとき(混雑した道路状況での誤警報低減のため)

②前方車両が遠ざかっているとき(追突の危険性が少ないため)

③連続したリフレクタのあるカーブ路(リフレクタをターゲットとしてカーブの間中ずっと警報が鳴り続けるため)

高速道路のカーブ路には、一定間隔でリフレクタが取り付けられており、距離データは図-12のようになる。

そこでこの距離変化を算出して、1回前のリフレクタと同じような距離変化を示したときには警報を抑制している。これによって、運転者にカーブ路進入への注意を促す意味で、カーブの入口で数秒間警報を鳴らし、S字カーブのような連続したカーブ路では、警報を抑制する方法をとっている。

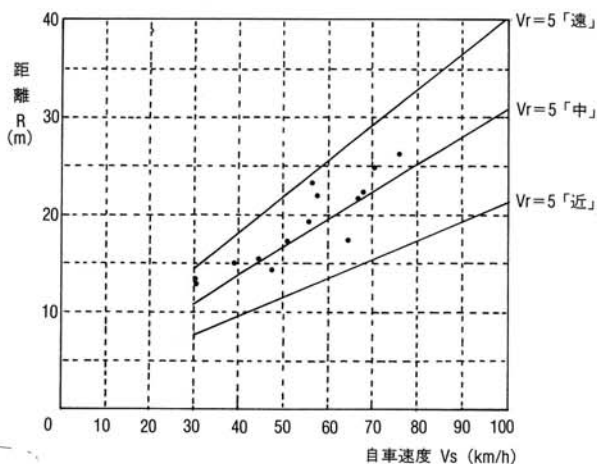


図-11 ブレーキポイントモニタ結果
Fig.11 Breaking timing monitor result

5. あとがき

車間距離警報装置は、既に数社が製品化しており安全運転に寄与している⁽⁴⁾。

ここで紹介したレーザーアラームは、従来製品と同等の性能を維持しながら、小型・軽量でかつ低価格を実現できた。

トラックに限らず、幅広い車種にこの種の製品が普及し、交通事故の低減に少しでも役立つことを期待する。また、市場の要望を反映した、より良い製品開発に今後とも取り組んで行く。最後に、先行モデルの開発にあたり評価面で貴重な御意見を頂いたトヨタ自動車(株)殿、並

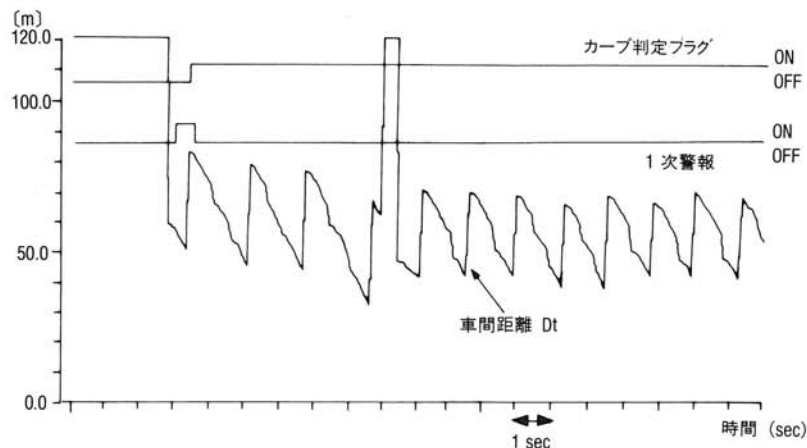


図-12 カーブ路走行実車データ
Fig.12 Vehicle test data on a curve in the road

びに本装置の光学設計にあたり御協力を賜った(株)コパル殿をはじめ、関係各位に深く感謝いたします。

○参考文献

(1)総務庁編集：交通安全白書（平成4年版）、大蔵省印刷局（1992）

(2)早川：“ディスタンス・ウォーニング”、自動車工学、臨時増刊号（1993）

(3)平山、山ノ井：“自動車用車間距離警報装置（セーフティアイ）”、日野技報No.44（1992）

(4)安間他：“追突防止装置の効果と効用性”、自動車技術会誌、Vol. 46. No. 9（1992）

筆者紹介



玉置 智彦（タマキ トモヒコ）

1991年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部システム開発部第三開発課在籍。



梶岡 英樹（カジオカ ヒデアキ）

1984年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部システム開発部第三開発課在籍。



岸田 正幸（キシダ マサユキ）

1987年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部システム開発部第三開発課在籍。



藤村 契二（フジムラ ケイジ）

1978年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部システム開発部第三開発課長。



畑中 則彦（ハタナカ ノリヒコ）

1985年入社。以来自動車用電子機器の機構設計に従事。現在モータロニクス本部技術部第四技術課在籍。