

レーザレーダ

Laser Radar

寺本 哲夫⁽¹⁾ 藤村 契二⁽²⁾ 藤田 泰裕⁽³⁾
 Tetsuo Teramoto Keiji Fujimura Yasuhiro Fujita

要 旨

パルス方式半導体レーザを使って、車間制御レーダを試作し、実現可能を確認した。近未来技術の一つとして、'87年東京モーターショーで、トヨタのコンセプトカーFXV-IIにも搭載された。

レーダの送信系は、 $\pm 0.5^\circ$ と $\pm 1.4^\circ$ の2ビーム構成とした。送信レンズに非球面プラスチックレンズを、受信レンズには大口径フレネルレンズを使い、探知性能の向上を図った。また、A.G.C.やS.T.C.回路を備えた受信器を用い、目標の反射率の変動による計測誤差や、降雨・降雪などによる誤探知が生じないように考慮した。さらに、送受時間差パルスの処理などにも工夫を凝らし、計測系を簡素化した。

実車テストでは、静止車両の後部を最大350mまで探知できた。探知誤差は100mの探知範囲で ± 2 m以内である。しかし、走行試験ではロストターゲットの発生があるため、今後ビーム走査方式などを検討し、システムの安定性向上を図っていく。

We have made a prototype of headway control radar using pulsed laser diode and confirmed its feasibility. As one of near future technology, this radar was installed on the TOYOTA's concept car FXV-II at the 27th TOKYO MOTOR SHOW in 1987.

The transmitter of this radar has two beams of ± 0.5 deg. and ± 1.4 deg. To improve detection performance, the transmitter gets an aspherical plastic lens, on the other hand the receiving lens is a wide aperture Fresnel lens. With the receiver involving A.G.C. and S.T.C. circuit, we also make a plan to decrease a measurement error occurred by fluctuation of the target reflectivity and a misdetection occurred by a rain or snow fall. Moreover by means of a skillful processor for the time delay pulse between transmitting and receiving signal, the measurement block is simplified.

As the result of vehicle tests, we have achieved that the maximum detection range was 350m long against a rear side of a static vehicle and a measurement error was ± 2 m or less among 100m detection range. But in the actual field test, several lost-targets were occurred and now then we are considering about beam scanning and so on to improve system stability.

(1) トヨタ自動車株式会社

(2), (3) 富士通テン㈱モータロニクス本部技術部

1. ま え が き

近年、カーエレクトロニクスの発達は目覚しく、より速く、より快適で、より安全なクルマが、今や夢から現実へと具体化しつつある。このうち、安全性をコンセプトとした夢の技術として衝突防止あるいは車間制御技術と呼ばれる分野があり、1960年頃より各種研究開発が行なわれてきた。

当社も既に、トヨタ自動車㈱と協力し、1981年の東京モータショーで、「車間制御ミリ波レーダシステム」を発表している。このシステムは、50GHzミリ波帯の電波を利用したFM-CW方式のレーダで、V字型の送受アンテナを自動車のフロントグリルに装着している¹⁾。性能面だけでなく、そのコンパクトさや制御の安定性において、大変優れた特長を持っており、現在においても国内外から注目されている技術である。

一方、ここで発表する方式は、レーザ光線を利用したレーダである。電波と光というと、異質のセンシング技術のように見えるが、どちらも電磁波の一種で、波長が異なるだけである。ミリ波とは、1~10mmの波長の電磁波であり、光は紫外線から近赤外線まで含めると、0.1~数 μm の波長の電磁波である。この論文で扱っている半導体レーザの波長は、約1 μm である。ちなみに、人間の目が感知できる可視光線は、0.4~0.7 μm 付近の波長であり、半導体レーザの波長に非常に近い。波長が短い分だけ、光の方がより直進性が強く、より小さな障害物まで探知でき、ミリ波とはまた異った得失を持つことになる。

レーザ光線の歴史は比較的新しく、1960年に始めて世に登場し、今世紀最大の発明の一つに数えられている。その後、各種レーザ発振器の開発と応用研究が盛んに行われてきた。レーザを利用した測距技術も、既に、軍事や計測分野、気象観測分野などで、実用化されている。しかし、1982年

DAD (Digital Audio Disk)が発売されるに至って、レーザという言葉が一気に身近かな存在となった。同時に、デバイスの開発も急速に進展した。特に、半導体レーザやPINホトダイオードなどの受発光デバイス、小型・高精度な光学部品などが容易に入手できるようになった。

このような背景のもと、レーザレーダは、

- ①電波法上の規制を受けない。
- ②デバイスの入手が比較的容易。
- ③送信ビーム等の制御が容易。
- ④波長が短い分、小型・軽量化の可能性が高い。

などの特徴を持ち、ミリ波レーダに比べより近未来の技術であると位置付け、開発に着手した。

以下、車載用に試作したレーザレーダの設計・評価の概要を述べる。

2. システム概要

今回試作したレーダは、1987年11月に開催された第27回東京モータショーで、トヨタコンセプトカー FXV-II (図-1) に搭載された。本論に入る前に、このシステムの概要を述べる。

FXV-IIの基本制御思想は、図-2に示す「車両運動総合制御システム」に集約される。ドライバの感性に適確に応えるクルマのマン・マシンイ

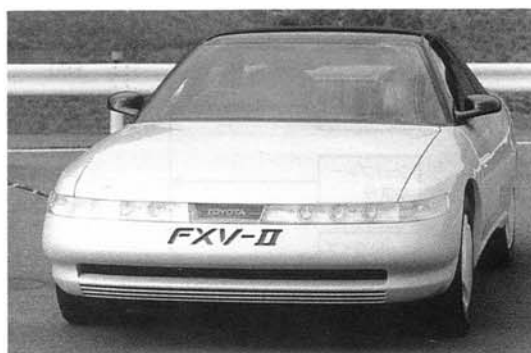


図-1 レーザレーダを搭載した TOYOTA FXV-II²⁾
Fig. 1 TOYOTA FXV-II installing laser radar.

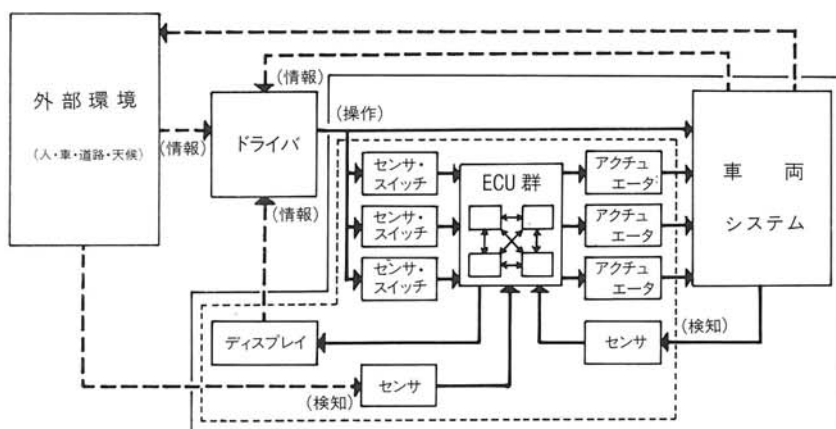
図-2 車両運動総合制御システムの概念図³⁾

Fig. 2 Conception of total computer controlled system for automotive motion.

ンターフェースとして、各種センサ・ECU・アクチュエータを配置している。より高度な制御技術を駆使して、より人間的なクルマづくりを目指したコンセプトカーである。³⁾

このシステムの中で、レーザレーダはいわば人間の目と頭脳の判断能力を助けるセンサとして機能する。スロットル開度やブレーキ油圧を制御するアクチュエータと組合せ、図-3に示すレーダオートクルーズシステムを構成する。FXV-IIは、このレーダシステムを搭載する事により従来のセ

ット車速による定速走行機能（オートクルーズ機能）の他、次の機能を合わせ持つ。

- ①前方車両や障害物との車間距離を最適に保つ車間制御機能
- ②車間距離が不十分で危険な状態になると、ブザー音でドライバに知らせる警報機能
- ③前方車両の停止・走行を車間距離の変化から判断し、自動停止・走行を行う機能
- ④レーザレーダセンサが正常に動作しているかどうかを診断する機能

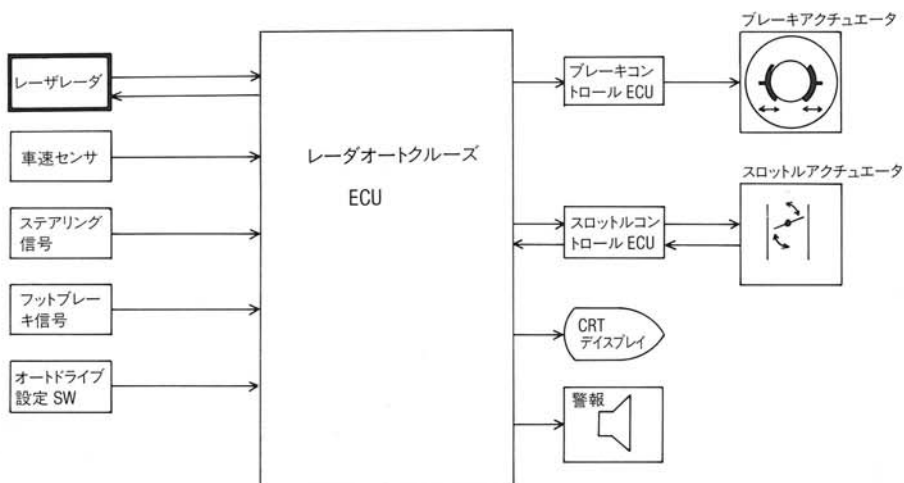


図-3 レーダオートクルーズシステム構成

Fig. 3 System block diagram of radar automatic cruise control.

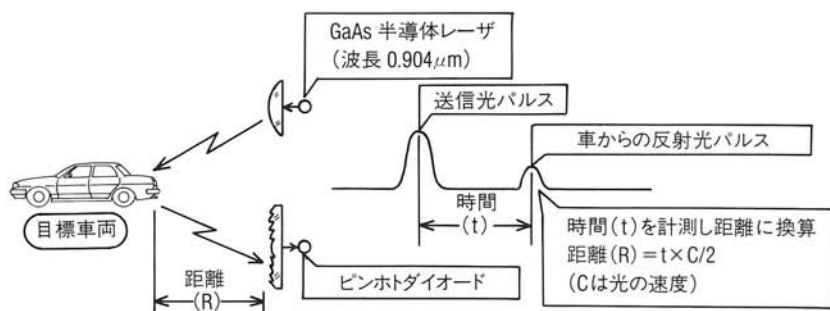


図-4 パルス方式レーザレーダの計測原理

Fig. 4 Measurement principle of pulsed laser radar.

また、制御コンピュータ（ECU）には、レーザレーダからの距離情報の他、ステアリング信号やブレーキ信号など、ドライバの運転意志に関する情報や、他のECUの制御状態を示す情報などが入力される。レーダECUは、これらの情報を総合的に判断し、ドライバに違和感を与えることなくスムーズな制御ができるよう、スロットル開度やブレーキ油圧を選択的に制御する。さらに、車間距離情報やシステムの制御状態を示す情報が、インパネ中央部のCRTディスプレイにも伝えられ、ドライバに提示される。

3. 基本特性

3.1 計測原理

電磁波を目標に向けて放射し、その反射波を捕え、目標との距離や方位を測定する技術を一般に、レーダと呼ぶ。

距離は、電磁波が目標との間を往復するのに要する時間から求める。代表的な計測法として、以下の2方式がよく知られている。

①パルス方式

パルス変調した電磁波を送信し、送信パルスと受信パルスの時間差を測定する方法

②CW方式

サイン波などで変調した信号を送信し、送

受信波の位相差を測定する方法

試作したレーザレーダは、前者のパルス方式を用いた。その理由は、

- ①半導体レーザは、パルス方式の方が、ハイパワーのデバイスが揃っている。
- ②信号処理が比較的単純で、構成しやすい。
- ③探知目標が自動車や路側帯・人間と様々に変化するため、送信パワーに十分な余裕が必要。
- ④不特定多数の目標を探知する目的の光レーダ応用例を調査した結果、パルス方式が多く実績がある。（CW方式の例もあるが、ほとんどの場合、目標に特殊な反射鏡を付加し、受信パワーを確保している。^{4), 5)}）

図-4に、パルス方式レーザレーダの計測原理を示す。目標までの距離 R は、次式で示される。

$$R = \frac{t \times c}{2} \quad (1)$$

ここで、 t : 送信波と受信波との時間差

c : 光の速度 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$

3.2 レーザレーダ方程式⁶⁾

レーダの送信電力と受信電力との関係を示す理論式として、レーダ方程式があり、センサ設計の基本となる。レーザレーダの場合、レーザビームの当たる目標の断面積 A_0 と、ビームの断面積 A と

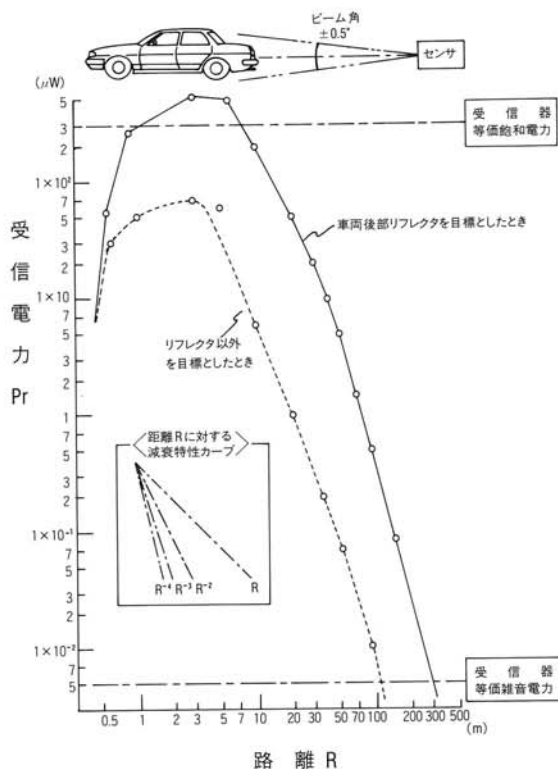


図-5 距離と受信電力の関係

Fig. 5 Relationship between distance and receiving power.

の相対的な大きさの違いにより、次の2つの式が適用される。

- 1) $A_0 < A$ (目標よりビームの方が大きい) 場合

$$Pr = \frac{Ar\sigma GtT^2Pt}{(4\pi)^2 R^4} \quad (2)$$

ここで、 Pr : 受信電力 Pt : 送信電力

R : 目標までの距離

Gt : 送信レンズのゲイン

Ar : 受信レンズの開口面積

T : 大気透過率

σ : 目標の散乱断面積

- 2) $A_0 > A$ (目標よりビームの方が小さい) 場合

$$Pr = \frac{ArN\sigma KT^2LYPt}{R^2} \quad (3)$$

ここで、 N : 粒子の数

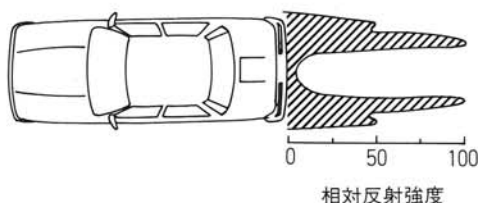


図-6 車両後部の反射特性

Fig. 6 Reflection characteristic for rear side of a vehicle.

σ : 1個の粒子の散乱断面積

K : 送受信系の効率

(送信レンズのゲインも含む)

$L = c \times \tau / 2$ で与えられ、 τ はレーザーパルス幅、 c は光の速度

Y : 送受光学系の幾何学的効率。送受視野が完全に一致する場合は、 $Y=1$

すなわち、送信電力一定とすると受信電力は、目標よりレーザービームの方が大きい場合、距離の4乗に反比例し、目標よりレーザービームの方が小さい場合は、距離の2乗に反比例する。

(3) 式は、ガスやエアロゾルなどを目標とする場合に多く用いられる。自動車の場合は、主に(2)式を使えばよいと考えるが、距離が近接しているときは、(3)式の性質も持つ。

3.3 目標の反射特性

レーザービームを実際の車両に照射し得られた、各種反射特性を以下に示す。

図-5は、距離と受信電力の関係を示す。送信ビーム角を $\pm 0.5^\circ$ とすると、距離60mで送信ビームの直径は約1mに広がり、ほぼ車両全体が入る大きさとなる。したがって、60m以遠では、距離の4乗則の特性を示してくる。また、60mより近接した領域では、2乗から3乗の間で変化しており、(2)式と(3)式両者の特性を示しているものとする。

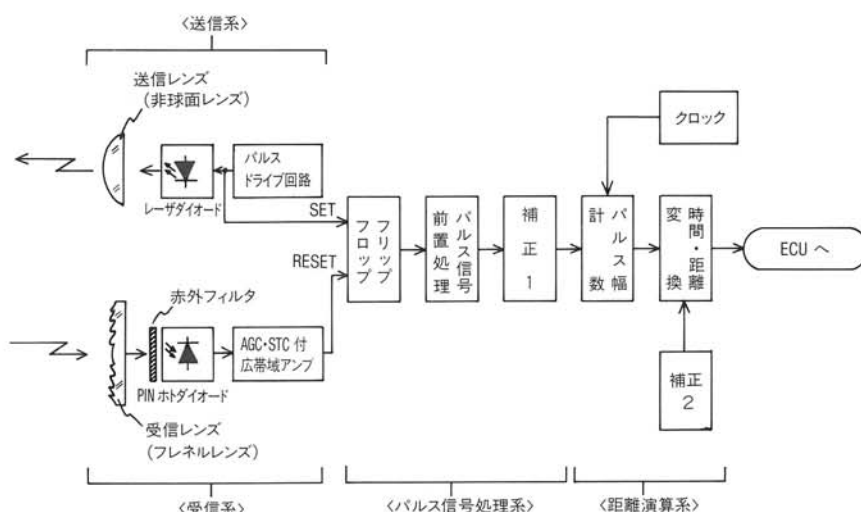


図-7 レーザレーダブロック図
Fig. 7 Laser radar block diagram.

また、図-6に車両後部の反射特性を示す。反射断面積 σ を表していると考えてよい。車両後部リフレクタ（反射板：どんなクルマにも必ず付いている）や銀モール部での反射が非常に強く、それ以外の部分とのレベル差は100倍程度ある。

レーダ方程式から考えると、送信ビームはできる限りシャープにして、2乗ないし3乗特性の部分で使う方が、大きな受信電力が得られる。しかし、あまりシャープにすると、反射断面積の影響により、受信電力が大きく変動するため、安定性が悪くなる。また、後述するレーザ光の安全規準の面からも、ビーム角を絞り込むことは望ましくない。

4. センサの構成

4.1 基本構成

図-7に、センサのブロック図を示す。レーザ発振を行う送信系、反射光パルスを集光・増幅する受信系、送受時間差パルスをつくる距離パルス生成系、時間差パルスを距離データに変換する距離演算系の4つのセクションに大別できる。表-1に

センサの主要諸元を、図-8に試作モデルの外観および内部の写真を示す。

以下、各セクションの概要を説明する。

4.2 送信系

(1) 送信光学系

探知距離を拡大し、走行時にも安定して目標を捕えるよう、2ビーム方式を採用した。ビーム角はそれぞれ、 $\pm 0.5^\circ$ と $\pm 1.4^\circ$ である。使用したレンズは、自社設計の非球面プラスチックレンズである。レーザダイオードとレンズとの間隔、いわゆるレンズバックを数mmズラシ、それぞれのビーム角を構成する。

非球面レンズには球面収差を小さく抑え、レーザダイオードから出た光を効率よく送信する効果がある。一般の単枚レンズでは、球面収差が大きく、射出ビーム強度分布に偏りができる。また、2～3枚の組合せレンズにより球面収差を抑える方法もあるが、非常に高価であり、重量も重くなるため、車載用には適さない。

図-9に、赤外テレビカメラで計測した送信ビーム形状を示す。ビーム形状が少し横長の楕円形に

表-1 レーザレーダ主要諸元

区分	項目	仕様	備考
送信系	レンズ口径	直径 34mm	非球面 プラスチックレンズ
	放射パワー (ピーク値)	各10W以下	IEC-TC76 規格 クラス1に適合
	ビーム広がり角 (全角)	$\pm 0.5^\circ$ 、 $\pm 1.4^\circ$	2 ビーム方式
	パルス幅	70 nsec	
	繰返し周期	2 msec	
	発振波長	0.904 μm	GaAs半導体レーザ
受信系	レンズ口径	100×55mm	プラスチックフレネルレンズ
	プリアンプ帯域 (-3 dB)	10 MHz	受光素子はPINホト ダイオード
	A.G.C.範囲	70 dB	
性能	探知距離	80m以上	目標：車両後部
	距離分解能	0.5m	
	距離誤差	$\pm 2\text{m}$ 以内	
	データ伝送レート	7812bps	距離データ他を シリアルでECUに伝送
一般	動作電圧範囲	+10～+16V	
	動作温度範囲	-20～+70°C	
	消費電流	0.7A以下	
	形状	(W) 240 × (H) 75 × (D) 130 mm	
	重量	2.5kg	
	取付部位	フロントグリル内側	

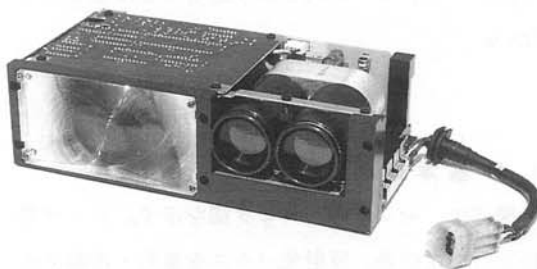
見えるのは、レーザダイオードチップが、長方形のへき開面（レーザ発振端面のこと）を持っているからである。

(2) レーザダイオード

試作機に用いたレーザは、GaAs（ガリウムヒ素）半導体を使ったパルス用レーザダイオード



(a) 外 観



(b) 内部構造

図-8 試作したレーザレーダ

Fig. 8 Prototype of laser radar.

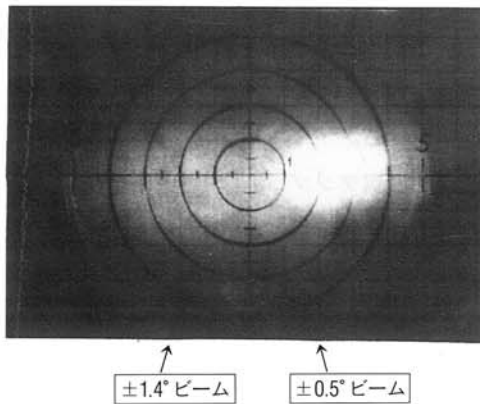


図-9 レーザ送信ビーム形状（設定距離1 m）
Fig. 9 Beam profile of transmitting laser.

で、シングルヘテロジャンクション構造をしている。発振ピーク波長は $0.904\mu\text{m}$ で、目には見えない近赤外光である。ダイオードチップを3個直列に積み重ねた、スタックドタイプと呼ばれるチップを使っている。チップ1個の場合と同等の電流値で、3倍のレーザパワーが得られ、手軽にハイパワー化を実現できる。

（3）パルスドライブ回路

レーザダイオードは、LED（発光ダイオード）と異なり、しきい値を越える電流を注入しないとレーザ発振しない。パルスタイプのレーザダイオードの場合、数十アンペアのドライブ電流を必要とする。

一方、ドライブパルスのパルス幅は数十nsec程度的高速パルスである。この、大電流・高速ドライブを、高速サイリスタ（SCR）を用いて実現した。ドライブ回路の基本回路構成を図-10に示す。調度、カメラのフラッシュ回路と同等の構成をしている。Cへのチャージ電荷CVを、SCRのゲートをトリガすることにより、一気にレーザダイオードに流し込む。

高速・大電流であるため、回路図に表われない面にも、気を配る必要がある。例えば、ドライブ系のプリント基板のパターンは、できる限り太く

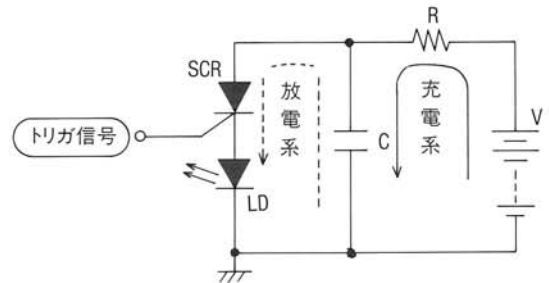


図-10 レーザダイオードパルスドライブ回路
Fig. 10 Pulse drive circuit for laser diode.

かつ短くする。例えば、パターン幅1mmで、長さ5mmのパターンの場合、約25nHのインダクタンス成分を持つといわれる。70nsec・20Aの条件では、7V程度の電圧降下を生じ、レーザパワーの低下を招いたり、ノイズ発生源となる。部品についても、十分インダクタンスの小さいものを選ぶことが大切である。

（4）レーザの安全基準

日本では、まだ安全基準は制定されていないが、IEC (International Electrotechnical Commission) やANSI (American National Standard Institute) の安全基準を参考に、JIS化などが検討されている。ここでは、IEC-TC76の規格を参考に設計した。

車載用として使用するためには、「本質的に安全」で、特に取扱い上の制約を受けないクラス1レベルの装置であることが必要条件となる。本装置のように短いパルス光を取扱う場合は、M.P.E. (Maximum Permissible Exposure: 最大許容露光量) による制限値を満足すればよい。送信ビーム径が広がる程、また送信パルス幅が短くなる程、M.P.E. による許容レベルは緩和される。使用しているレンズの口径34mm、パルス幅70nsecから計算すると、M.P.E. により制限されるレーザ放射束許容レベルは約10Wとなる。10W以下であれば、送信レンズ端に目を押し当てても心配ないということであり、装置から遠ざかるに従っ

て安全性はさらに高まる。例えば、今回の試作モデルの場合、1m 遠ざかれば、レーザービームの影響度合は約半分に低下する。したがって、試作モデルは、IEC規格クラス1に準拠した、十分安全な装置といえる。

4.3 受信系

(1) 受信光学系

送信系のレンズと同様、自社設計プラスチックフレネルレンズを使用している。受信レンズの開口(100×55mm)に入射する目標からの反射光を、PINホトダイオードの受光面(1.1×1.1mm)に、有効に集光する働きを持つ。目標との距離が十分離れている場合(概略10m以上)、入射光は平行光線と考えてよい。理想レンズでは、平行光線は焦点位置に集まる。しかし、球面収差やフレネルピッチ(フレネル溝の間隔)で決まる回折により、集光スポット径が広がる。今回設計したフレネルレンズは、拡大鏡や光学実験用として一般に市販されているフレネルレンズと較べ、 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ に収差が抑制されており、入射光のほぼ100%が受光面に集光する。また、フレネルレンズと受光素子との間のレンズバックも、 $\pm 0.5\text{mm}$ 程度の公差で設計でき、ほとんど無調整で光学系を組立てることができる。

さらに、受光素子の前面に赤外フィルタを入れ

て、太陽光等の外乱光を抑制している。信号光に較べ、圧倒的に大きなパワーを持つ外乱光による光電流雑音(ショット雑音)が抑えられ、受信性能が向上する。

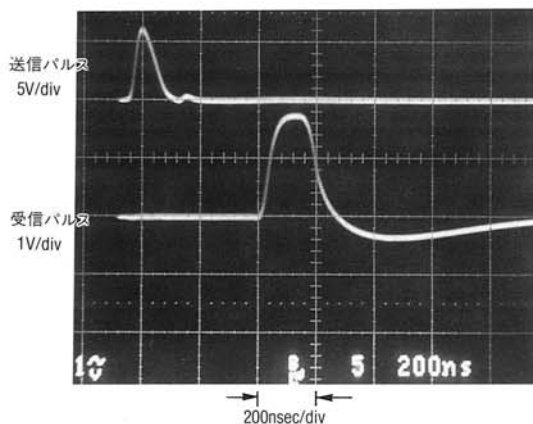
(2) 受信アンプ

送信光は、周期2msec・パルス幅70nsecの信号である。ほとんど、単一パルスの信号と考えてよい。パルス信号の振幅を損失することなく再生するためには、パルス幅の逆数の $\frac{1}{2}$ 以上の帯域を持つ増幅器が必要である。ここでは、10 MHzの広帯域増幅器を用いた。

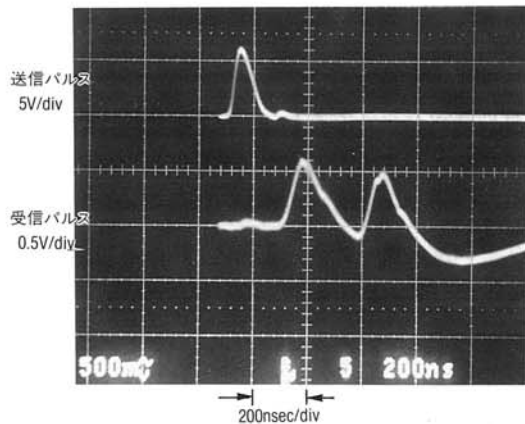
また、図-5に示すように、受信電力は距離によって、100 dB近く変化する。一方、アンプ出力端の出力ダイナミックレンジは30 dB程度であり、この差を吸収するため、約70 dBのA.G.C.(Automatic Gain Control)回路を付けている。

さらに、フロントグリル表面の汚れや降雨・降雪での反射などによって起こる誤探知を防止するため、S.T.C.(Sensitivity Time Control)回路も備えている。S.T.C.回路とは、目標までの距離が遠くなるにつれて、受信器の感度を高くする回路で、従来からレーダ受信器によく使われている。

図-11に、送受信波形の例を示す。(a)は、車両



(a) 約60m遠方の車両後部リフレクタを捕えた例



(b) 約20m遠方の車両と60m遠方の壁を同時に捕えた例

図-11 送受信波形の例

Fig. 11 Example of transmitting and receiving signal waveform.

後部レフレクタを完全に捕えた場合である。

(b)は、車両後部の片端とそれより遠方の壁からの反射光の両方を受信した、マルチターゲットの例である。

4.4 距離パルス生成系

(1)式からわかるように、送受信波の時間差 t は、距離1m当り6.7nsecに相当する。この時間差を単純にカウンタで計測しようとする、1GHz程度のクロックが必要となる。また、ECL(Emitter Coupled Logic)のような高速論理デバイスも用いなければならない。

ここでは、RSフリップフロップで得られた時間差パルス幅を、特殊なアナログ信号処理技術により、正確に10倍する手法を用いている。これにより、マイコンクロックでパルス幅の計測を可能にした。

また、受信信号は各信号処理系で遅延され、時間差パルスに誤差を含む。この誤差は、部品ばらつきなどによりセット間でもばらつくため、セットごとに調整を加えている。(図-7ブロック図の補正1)

4.5 距離演算系

8ビットマイクロコンピュータを用いて、送受信時間差信号を距離データに変換する。2msecごとの計測データを数回平均化し、スムージングを行う。また、計測データに実際ではあり得ない異状データが発生した場合には、これを排除する。異状データが連続したときは、レーダECUへ送るデータを無効とし、誤った制御をしないよう指令する。

最終的な距離校正も行う。数mの距離に標準目標を設置し、距離データに含まれるバイアス誤差を補正する。また、受信強度レベルの差によって発生する誤差についても補正を加え、目標の反射断面積が急変しても、探知精度を損なわないようにした。

さらに、送受信信号のモニタを行い、センサ異状の診断も行う。

距離データを含めた各種演算情報は、レーダオートクルーズECUへシリアルデータとして送る。伝送レートは7812bpsで、約20msecごとにデータを更新する。

5. 性能評価

図-12に、各種静止目標に対する探知限界特性を示す、車両後部では、350m前後の探知性能を示している。それ以外の目標の場合には、50~130mであり、いずれも十分な探知距離を保っている。

また、100m以内の探知範囲では、車両後部を±2m以内の誤差で探知できることも確認した。

図-13に、走行評価結果の一例を示す。(a)は、コンクリート壁に向かって一定速度(5km/h)で遠向・接近した場合のデータを示す。60m以遠で、目標を見失うロストターゲットが頻繁に発生している。また、(b)の軽トラックを追従走行した場合でも、約40m以遠でロストターゲットが顕著である。走行中に発生するビッチングやローリングなどの車両振動により、レーザビーム方向が変動し、目標を見失うものと考えられる。すなわち、車両振動の影響を吸収できる、十分な探知エリアが

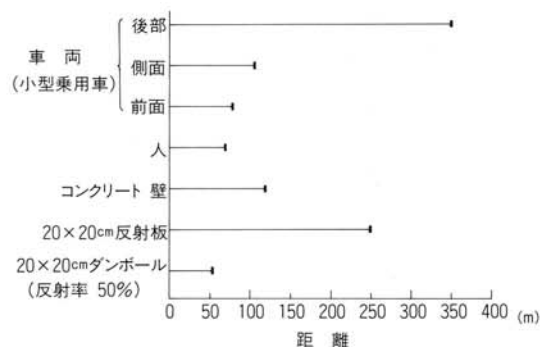
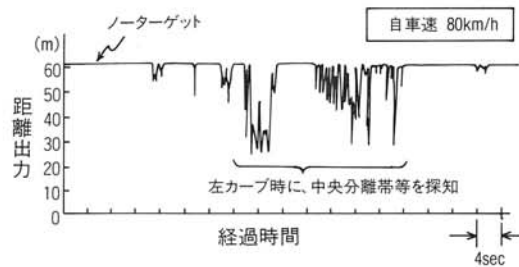
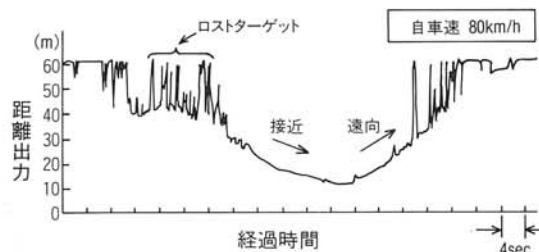


図-12 各種静止目標に対する探知限界距離

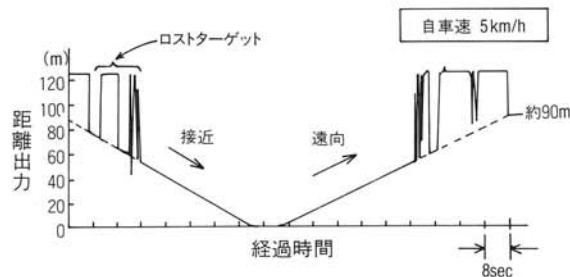
Fig. 12 Maximum detectable range for several static targets.



(c) 道路上の固定物を探知した場合 (レンジカット64m)



(b) 軽トラックを探知した場合 (レンジカット64m)



(a) コンクリート壁に遠向・接近した場合 (レンジカット128m)

図-13 走行評価結果の一例

Fig. 13 Example of actual field tests.

確保できていないといえる。

この対策として、送信ビーム角を広げることや送信ビームを走査することなどが考えられる。前者の方法では、受信電力の損失が大きい。ビーム角を2倍にすると、受信電力は $\frac{1}{4}$ になる。車両後部のリフレクタを受信しているときはよいが、それ以外の部分では、受信器等雑音電力による探知限界距離を十分考慮しておく必要がある。

一方、送信ビームを走査する後者の方法では、探知限界距離を犠牲にせず、探知エリアを拡大できる。ミラーや超音波を使ったビーム走査方法が

考えられるが、車載用として安定性の高い方法を確立していく必要がある。

ビーム角拡大法とビーム走査法のどちらが効果的でより車載に適しているか、今後十分実験検討を加え判断していくことが重要である。

また、図-13の(c)は、カーブ走行時に中央分離帯のガードレールを探知した例である。距離出力だけでは、この種の固定物と車両との識別は難しい。レーダECU側に入力されているステアリング信号を使ってカーブ判定を行い、このような場合は現走行車速の変更を行わないなどの工夫を

し、制御の安定性を確保している。

6. あとがき

性能面でまだ改善の余地はあるが、レーザを利用した車間制御の可能性を確認することができた。これからの課題を以下にまとめる。

- 1) ロストターゲット対策を施し、制御の安定性を向上させる。
- 2) 降雨や降雪時などにおける探知特性を確認していく。これまでの実車テストで何度か試験したところでは、誤探知などの問題はないようだ。今後、限界特性（どの程度の降雨または降雪まで問題ないかなど）を見極めて、実用面での問題点を検討していく。
- 3) レーザレーダの特徴を生かした、システム制御仕様を検討していく。

車間制御機能を持つクルマが一般道において実用化されるのは、2000年近くになるといわれている⁷⁾。自律走行車など、産業車両として、先に実用化が始まる可能性もある。どのような形で、この種の技術が社会に受け入れられていくのか、まだ明確に整理されていない。しかし、技術は確実に

衝突防止を実現する方向に向っていると考える。今後とも、地道な努力が必要であると、感ずる次第である。

参考文献

- 1) 野上他：『自動車へのミリ波レーダの応用』、
テン技報、Vol. 2, No. 2, pp33~37 (1984)
- 2) 藤本編：car styling 62, 三栄書房、P45
(1988)
- 3) 第27回東京モータショウ、トヨタパンフレット、
pp4~5 (1987)
- 4) 田幸他編：光学的測定ハンドブック、朝倉書店、
pp298~309 (1981)
- 5) D. Smith: "Electronic Distance Measurement for Industrial and Scientific Applications", HP JOURNAL, Vol. 31, No. 6, pp3~11 (1980)
- 6) 宇田：レーダ工学演習、学献社、pp251~253,
(1976)
- 7) 飯沼：『自動車技術の将来』、自動車技術、
Vol. 38, No. 1, p31 (1984)