

## 8. 車両検知システムの開発

### Development of a System Detecting the Shape of Traffic Vehicle

坂本繁一\*

#### —概要—

狭隘な道路トンネルの拡幅工事に採用される工法の一つに「活線拡幅工法」がある。この工法は、迂回路を設けることなく既設のトンネル断面内に鋼製の仮トンネル(プロテクター)を設置して、その内側に車両を通行させながらトンネル拡幅工を行う工法である。この工法においては、プロテクターの内空断面を超える車両の通行が仮設備の損傷だけに留まらず長期間の道路封鎖にもつながる。そこで、プロテクター内を通行できない車両を事前に検知し警報を発令する「車両検知システム」(図1)を開発したので本報で紹介する。

#### —技術的な特長—

- ・瞬時に通行車両の高さを検知できるため、交通に影響を与えない。
- ・非接触で通行車両の高さを検知するため、車両に損傷を与えることがない。
- ・検知部から無線で警報を発令するため、ケーブルの取り回しが不要。
- ・鳥や飛来物を区別することができるので、誤動作が少ない。

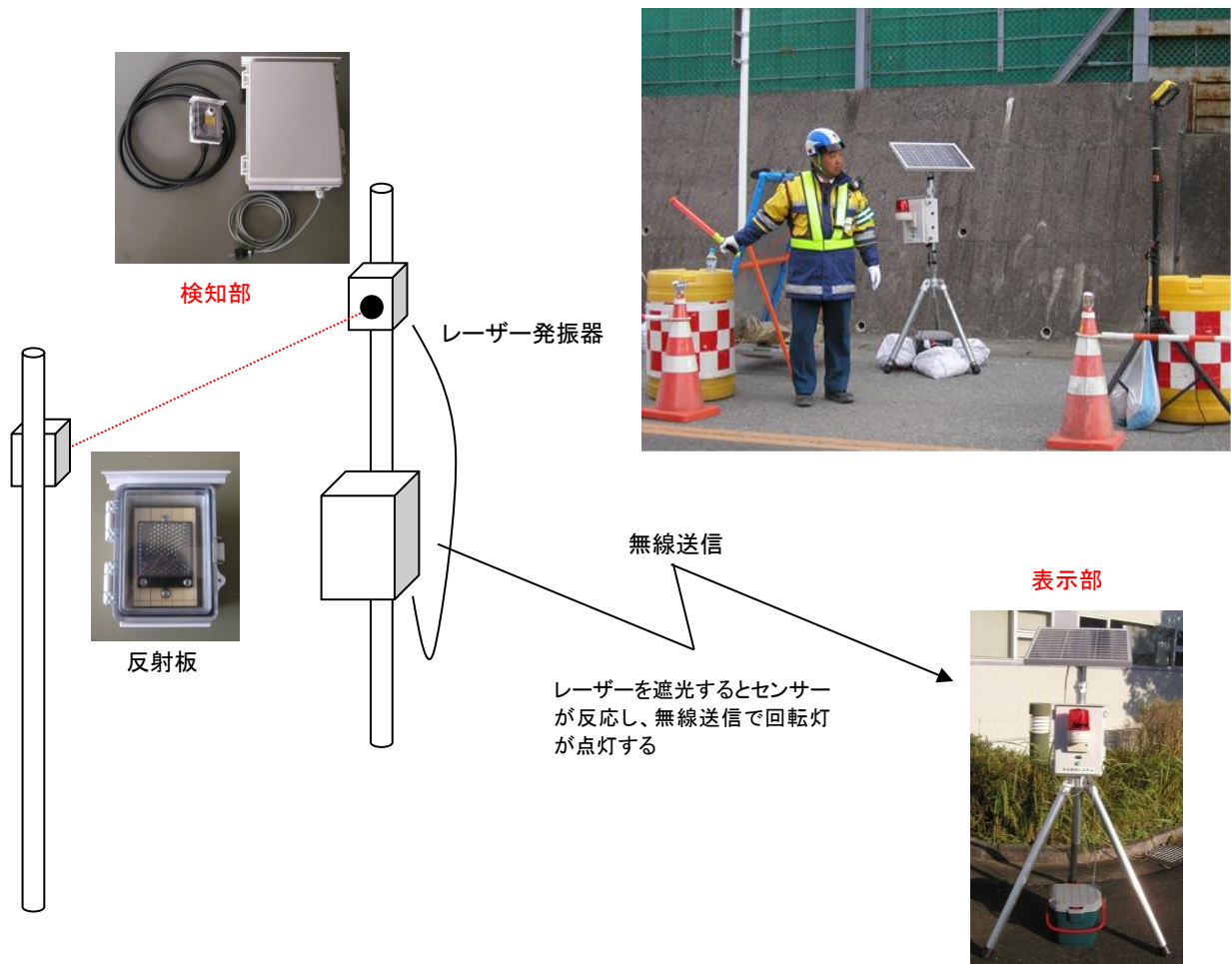


図1 車両検知システム

\*技術研究所土木研究室

## 車両検知システムの開発 Development of a System Detecting the Shape of Traffic Vehicle

坂本 繁一\*

Shigekazu SAKAMOTO

**ABSTRACT** By the widening construction of the tunnel of a narrow-minded road, it is common that we cannot stop a road for construction because it is difficult to build the detour. This construction widens a tunnel while letting a vehicle pass inward without detouring by installing a temporary tunnel (hereafter, protector) of the steel in the tunnel inside. Not only temporary facilities are destroyed when a vehicle with height more than the height of protector passes it by this construction, but also the road may not be held up for a long term. In order to avoid such a problem, this system measures beforehand the height of the vehicle using a laser sensor, and sounds a warning if the height of the vehicle approaching is higher than the protector.

Keywords: レーザセンサー, 車両検知

*Laser Sensor, Detecting the Shape of Traffic Vehicle*

### 1. はじめに

狭隘な道路でのトンネル拡幅工事に採用される工法の一つに「活線拡幅工法」がある。この工法は、迂回路を設けることなく既設のトンネル断面内に鋼製の仮トンネル（プロテクター）を設置して、その内側に車両を通行させながらトンネル拡幅工事を行う工法である。このプロテクターの内空断面については、できるだけ小さい方が施工空間を広くすることができるため施工には有利である。しかし想定される通行車両の規格より必ず大きくなければならない。この内空断面は道路交通法で定められた車両規格等を目安に決定されるが、夜間などには「近道や高速料金逃れ」などを理由に想定外の規格の車両が通行することも十分に考えられる。しかし、プロテクターの内空断面を超える車両の通行はプロテクターの損傷だけに留まらず、損傷車両への補償や長期間の道路封鎖にもつながりかねないことから、絶対にこのような車両をトンネル内に進入させてはならない。そこで、次のような方法を用いて規格外の車両がトンネル内に進入してこないよう対策する。

#### ①通行車両への通知

施工現場を迂回することのできる既設の迂回路手前において、道路看板や標識、啓発ポスターを設置するとともに、交通誘導員を配置してプロテクターの大きさを超える車両はトンネル内に進入できないことを十分に周知させる。

#### ②空頭防護（鋼製のゲート）の設置

事前の通知でも迂回せずに入ってきた車両に対しては、トンネル手前に設置された、プロテクターと同じ高さを持つ鋼製のゲート（空頭防護）に接触させることで強制的に認知させてトンネルに進入してこないようにする。しかし、この方法は車両の損傷に対する補償や原状復旧等の問題を有する最終手段となるため、この空頭防護への接触手前で通行車両を選別する方法が望まれた。

### 2. 開発経緯

#### 2.1 従来の車両検知方法

このシステムの設置が望まれた現場の道路トンネルは、狭いながらも対面通行の上下2車線のトンネルであり、工事に伴って片側交互通行規制

\*技術研究所 土木研究室

を行ったため、たとえ想定外の車両が入って来たとしても車幅方向にはいくらか余裕があり、問題となったのは車高方向であった。つまり通行車両の高さの検知が必要であった。

一般的に車両を検知する目的は、車両の有無、入出を検知する用途がほとんどであり、その高さのみを対象に検知する用途はほとんど見当たらない。また立体駐車場への入庫等の用途に車両高さの検知が必要になりそうであるが、実際にはセンサー等による検知はほとんど行われておらず、車両を傷つけない軟質な空頭防護を高さの目安に設置しているだけというのが一般的である。

そこで、新たに車両の高さを検知する方法を次のように検討した。

### ①十分な高さを持つ門型ゲートの上から通行車両までの距離を計測する方法

距離を計測する場合、通常は計測対象は点である。車両の一点を計測してもその位置は必ずしも車両の一番高い位置であるとはいえない。従ってこの方法で車両の一番高い位置を検出するためには、多くのセンサーを横に並べて設置しなければならないことになり、様々な形状の車両を対象とするにはこの方法は適さない。

### ②車両を傷つけない軟質な空頭防護を設置し、接触する・しないを検知する方法

これは空頭防護の動きや衝撃を検知することになるため、必ずしもその動きや衝撃の原因が車両でなくても反応してしまう。つまり強風や鳥と車両との違いをどのように区別できるかが課題になる。

### ③道路上を一定高さで横切るように照射したレーザー等の光を用いて検知する方法

この方法はレーザー光等の発光器・受光器を設置した柱を道路を挟むように建柱し、レーザー光を道路上空を道路面に平行に横切る糸のように照射する。車高の高い車両がこのレーザー光を横切れば受光器が受ける光量が減少するためレーザー光より高い車両が通過したことが検知でき

る。

これらを検討した結果今回は③の方法を採用したがこの方法においても②の方法と同様に車両ではない別のもの（鳥や異物）との違いをどのように区別できるかが課題となった。

## 2.2 通知方法の考察

目的の車両を検知した場合、それを誰にどのように知らせるかを次のように検討した。

### ①対象車両の運転手に知らせる方法

- ・ソフトな材質の空頭防護に衝突させる。
- ・運転手の目の前に垂れ幕等を下げる。
- ・シャワー状の水をかける。
- ・前方の電光掲示板に表示を出す。

等アイデアや実施例があるが、どれも設備が大がかりになってしまい予算が高額になることと、誤動作や運転手の反応が事故につながる可能性もあるため検討から外した。

### ②交通誘導員に知らせる方法

通知方法を検討するにあたり重要となるのが、車両検知を誤認した場合や誤動作への対応である。一般の通行車両を対象とする場合、センサーの検知結果をそのまま停止操作に直結させると、検知結果の誤認は事故にもつながる大問題に発展する恐れもあるため、誤認および誤動作は絶対にあってはならない。しかし、現時点では誤認および誤動作の可能性はゼロではないため、センサーの検知結果を停止操作に直結させずに、途中に人間の判断を加えて停止操作につなげることにした。

このシステムの設置が望まれた現場ではプロテクター設置後は片側交互交通規制を行っており、終日交通誘導員を配置させていた。そこで、車両検知の結果は誤認を含めて交通誘導員に警告灯を点灯させて通知し、停止操作を判断することにした。交通誘導員は次のように判断する。

#### 1) 警告灯が点灯

- ・怪しい車両を認知→車高異常と判断し止める
- ・怪しい車両が認知できない→誤認と判断

2) 警告灯が点灯しない

- ・怪しい車両を認知→車高正常と判断
- ・怪しい車両が認知できない→正常と判断

そこで、あつてはならない「警告灯が点灯せずに車高異常の車両が来る」場合を考えてみると、これは車高の高い車両がレーザーを横切ったにもかかわらずレーザー光が遮断されないということになり、まず起こり得ない。レーザー光が遮光時に警告灯が点灯するという事はフェールセーフ側に働くということである。

3. システムの説明

3.1 システムの概要

本システムは、レーザー光を使った光電センサーを用いて一定高さ以上の車両を検知するシステムである。図1のようにレーザーの発振器と反射板は道路を挟むように建柱した支柱に正確に

正対させて設置されており、レーザー光は道路上空を道路面に平行に横切るように発振器から反射板に向けて照射され、反射したレーザー光は受光器を兼ねる発振器に戻る。センサーはこの受光時の光量を閾値として反応する原理である。

今回は、レーザー発振器と反射板を指定高さ設置し、センサーは光量が少なくなったときに反応するように設定した。指定高さを超える車両や、積荷がレーザーを横切れば光量が減少し反応するしくみである。また、指定高さ以上の車両を検知すると、無線で離れた場所にある警告灯を点灯させるようになっており、交通誘導員はこの警告灯の点灯を確認することで、指定高さ以上の車両の接近を認識することができるシステムとなっている。

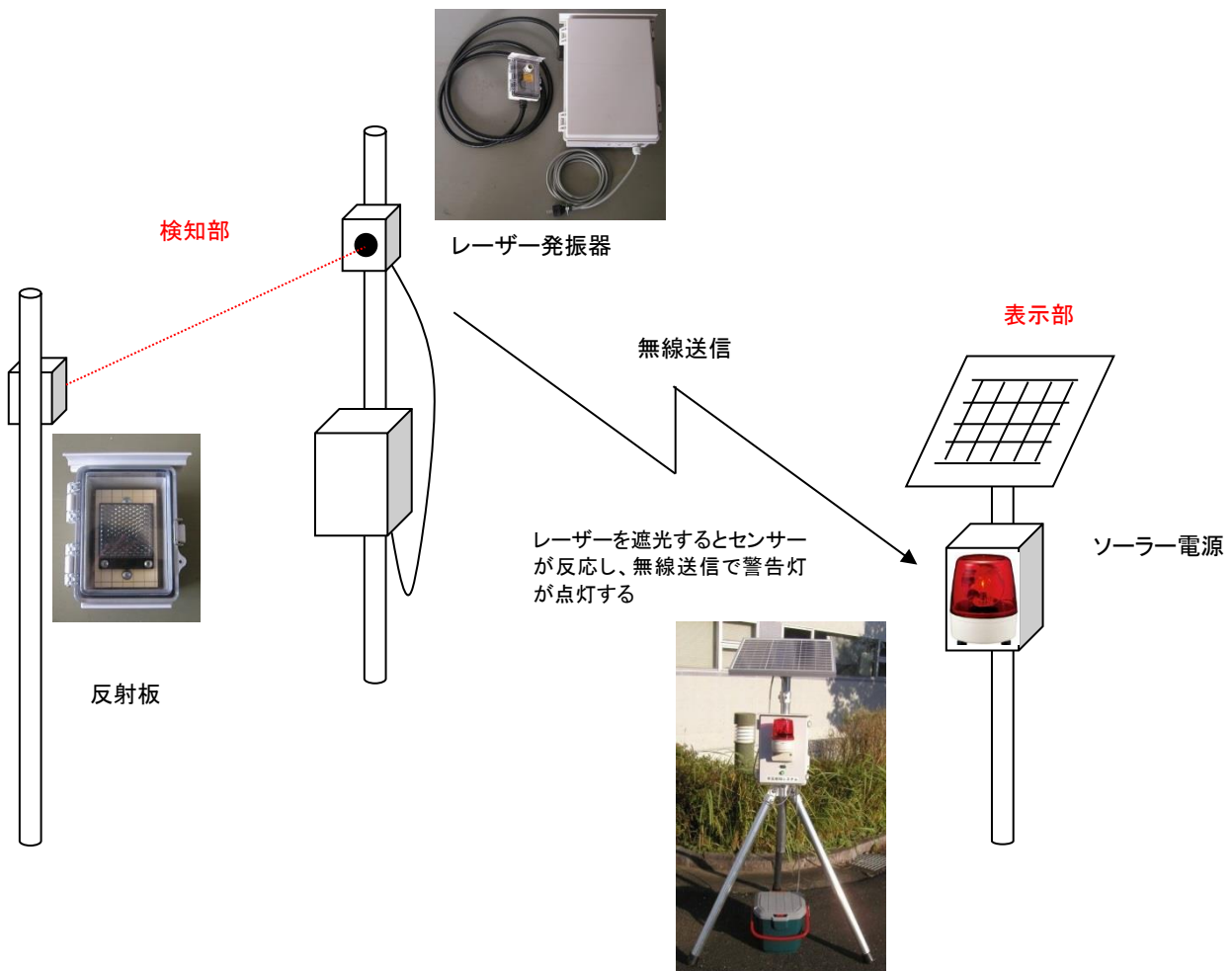


図1 システム構成図

### 3.2 システムの特長

- ・瞬時に通行車両の高さを検知できるため、交通に影響を与えない。
- ・非接触で通行車両の高さを検知するため、車両に損傷を与えることがない。
- ・視認性の高いレーザー光を使用しているため、設置調整時の光軸合わせが比較的簡単。
- ・検知部と表示部は無線通信なので、ケーブルの取り回しが不要。
- ・表示部の電源はソーラー電源なので、発電機が不要。
- ・レーザー光の遮光時間を閾値設定することにより、鳥や飛来物を区別することができる。
- ・反射板の汚れやセンサーの異常を事前に認知することができる。

### 3.3 システムの説明

#### 1) 検知部

レーザー光を使ったセンサーで指定高さ以上の車両を検知する部分。

レーザー光の発振器とレーザー光を反射する反射板で構成され、発振器から出たレーザー光が反射板で反射して発振器（受光器を兼ねる）に戻ってくる光量を閾値としてセンサーが反応する。また、検出結果は無線機で「表示部」に無線送信される。

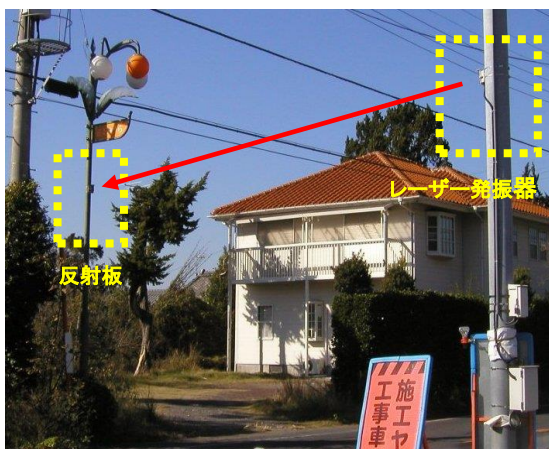


写真1 検知部

#### 2) 表示部

指定高さ以上の車両が接近していることを交

通誘導員に通知する部分。

「検知部」で指定高さ以上の車両を検知すると、一定時間警告灯が点灯する。また「検知部」の反射板の汚れや光軸ズレなどの異常もここで認識することができる。電源はソーラーパネルによる充電バッテリーを使用している。



写真2 表示部

### 3.4 誤動作への対策

#### 1) 鳥や飛来物に対する対策

常に照射されているレーザー光が遮光（厳密には減光）されることでセンサーが反応する原理であるため、車高の高い車両が通行した場合だけでなく、飛来物や鳥などがレーザー光を遮光した場合にもセンサーは反応し、誤認が発生することになる。そこで遮光時間に着目し、飛来物や鳥は遮光時間が瞬時であり、対象となる車両の通行は遮光時間が比較的長いことを利用して誤認を防止することとした。

具体的には、設定時間以上の遮光の場合のみ反応し、瞬時の遮光に関しては反応しないようにすることで、鳥や飛来物に対する誤認対策とした。

#### 2) 反射板の汚れや光軸ズレに対する対策

反射板の汚れやレーザー発振器と反射板の正対がずれる光軸ズレにより反射光レベルが低下すると、遮光したと判断して誤認が発生することになる。そこで光量レベルに着目し、汚れや光軸ズレはレーザー光を遮断するに至らず、反射光量が弱い状態であり、対象となる車両の通行は反射

光量がほぼなくなることを利用して誤認を防止することとした。

具体的には反射光レベルの検出を2段階にすることで汚れなどの異常を事前に認知できるようにした。例えば、反射光レベルが正常時100あるとし、10以下になると正常な遮光と判断して警告灯を反応させ、50以下では異常な遮光と判断して小さなランプを点灯させるようにした。こうすることで、小さなランプの点灯が続けば反射板が汚れる、光軸がずれる等の異常が発生しているものと判断し、検知部のメンテナンスを行うなどの対策を講じることとした。

#### 4. 今後の課題

今回のシステムにおける大きな課題は誤認への対策である。上述したような対策は計画段階での対策であるが、以下に実際に発生した誤認（誤動作）とその対策を列挙する。

##### ①反射板の汚れによる誤認

このシステムを導入した現場は海のすぐ近くで、強風が続くと反射板が潮でベトベトに汚れてしまうことがあった。上述した方法により汚れ始めたことが事前にわかったため大きな問題にはつながらなかったが、今後の改良点を以下に挙げる。

- ・反射板は高い位置に設置されているので簡単に汚れを拭き取ることができる棒状の拭き取り装置を開発する。
- ・状況を設置柱に登って目視確認できるように、設置柱はできるだけ太く丈夫で反射板に近づき易い構造にする。

##### ②光軸ズレによる誤認

レーザー発振器と反射板は道路を挟んで設置されることから、少なくとも10m以上の隔離がある。しかも反射板の大きさは51mm×61mmと小さく、レーザーが反射板の中心に当たっていたとしても発振器の設置角度が0.14度ずれば反射板から外れてしまうことになる。

今回はレーザー発振器、反射板は許可を得て既

設の電灯用の柱等（φ100mm程度）に設置させていただいたが、強風がひどいときには柱自体が揺れて光軸がずれてしまうことがあったため、今後の改良点を以下に挙げる。

- ・できるだけ太く丈夫な柱に設置する。
- ・設置後、非常に微小な角度調整が必要となるため、調整可能でしかも調整後は簡単に動かないような機構が必要となる。
- ・使用したレーザーは比較的高輝度で視認性のよいものであったが、日中にはほとんど見えないため日中の光軸調整のために反射板側に黒板状の板を仮設するなどの工夫が必要となる。

##### ③鳥や飛来物による誤認

残念ながら、事前の対策が実際に鳥や飛来物による誤認を解消したのかどうかはその瞬間が確認できないので不明である。しかし、瞬時の遮光には反応しないようにしたこの対策は、例えば車両に設置された形状が細いもの（アンテナ等）にも反応しないことになる。

##### ④太陽光（外乱光）による誤認

今回使用したセンサーはレーザー光を選択的に受光するセンサーではあるが、屋外で使用する場合には太陽光が誤認の原因になることがある。太陽光には様々な波長の光が含まれることから、一部の波長が使用したレーザー光に近いことが原因である。今回使用したセンサーは光量が数値でモニターできたため、昼と夜でその光量を観察すると、確かに昼の光量の方が多かったため、少なからず太陽光の影響を受けていることは間違いない。しかし、事前に太陽光の影響を受けないように受光部分には太陽光ができるだけ入らないような構造にしていたことと、設置した位置が、たまたま直射日光が差し込む方向ではなかったことが幸いし、大きな問題となるようなことはなかった。しかし、止むを得ず直射日光が差し込むような位置に設置しなければならない場合には注意が必要である。