

光歪みセンサーを応用した画期的な道路状況監視への展望

近畿地方整備局 大阪国道事務所 専門職 西畑利彦

1 はじめに

道路の改築、改修、維持・管理に不可欠な車両走行状況の実体把握の手法としては、映像情報による方法と人手に依存した調査が実際に行われている。いずれの方式でも道路管理面で重要な、車両の総重量や走行速度等の情報は極限られた道路でしか得られない。

大阪国道事務所では、国道に布設している情報ボックス中の光ファイバを有効に活用し、車両の走行状況、車両概略重量情報等の道路管理や改築の要否を検討するために必要な情報を得る手段として、国道の景観を損なう路側施設や電源を必要としない路面埋設型光センサシステムを開発している。図.1は、センサシステムの応用イメージを示したものである。このシステムイメージを実現するために、敷設工法を含めた埋設型光センサとこれらの情報処理による道路状況把握光センサシステムを導入することを目的として開発を進めている。本報告はその中間段階のものである。

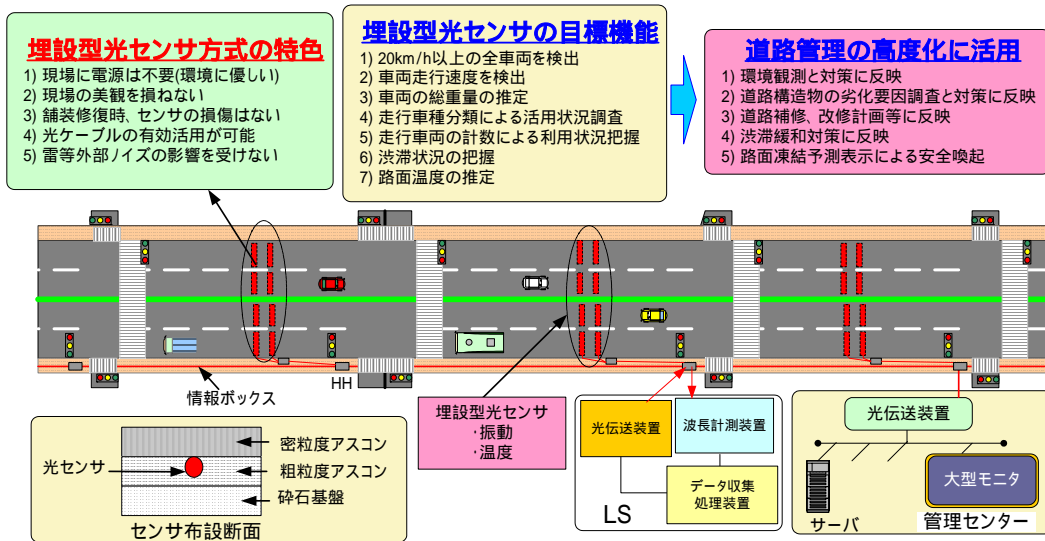


図.1 道路管理への光センサー応用システムのイメージ

2 振動センサーの原理と構造

センサーとしての光ファイバは、図.2(a)のように、一般のシングルモードファイバ(SMファイバ)に局部的に格子模様を付けるFBG(Fiber Bragg Grating)処理を施したものである。FBGファイバに伸び歪を与えると図.2(a)が(b)のように格子が広がる。この格子の広がりにより、格子部分での散乱光の中心波長がシフトする。FBGが無張力の状態と、張力が掛かって歪が発生した場合の散乱光の中心波長は、図.3のように0から1にシフトする。この中心波長のシフト量が歪に比例する特性を利用した歪計測センサーを埋設型光センサー(振動センサー)として開発した。

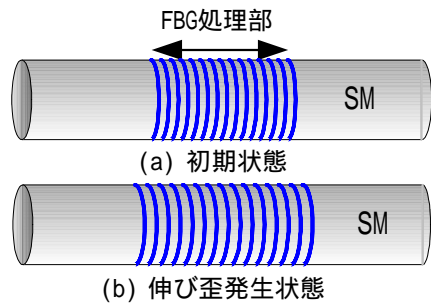


図.2 FBG 処理の概念

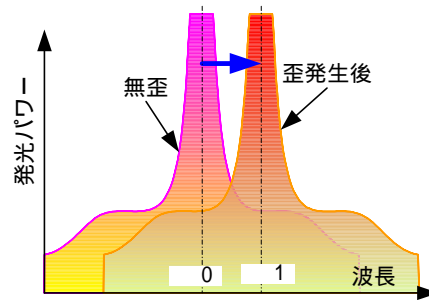


図.3 中心波長シフトの概念

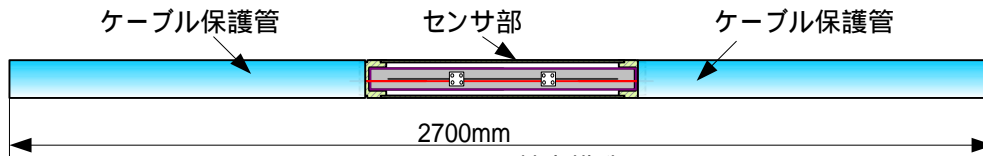


図.4 センサの基本構造

図.4 は、光振動センサーの基本構造を示したものである。

現在開発されている波長計測器の最小サンプリング時間間隔は 20ms であるため、計測できる周波数には限界があるが、減衰が速く比較的低周波の振動であれば対応可能であると考えられる。

3 光振動センサーの試作試験

光振動センサーの開発と布設工法検討にあたっては、表 1 に示す室内基礎実験と 3 段階の道路への布設実験を行い、課題を抽出後さらに室内において構造の検討を行った。

表.2 は、各試験を通して判明した課題とその対応策について示したものである。大きく分類して、課題は 5 つであり、布設時のアスファルト温度の対策、工事の施工性、センサー感度の向上、外気温度や路面温度による影響、長期供用による安定性の課題が判明した。その中で、施工中のアスファルトによる温度、工事の施工性、センサー感度の向上については、一連の実験を通してほぼ解決できたと考えられる。

表 1. 実験とその目的

	No.	実験名	目的
14 年度	・ 室内基礎実験		センサー構造の選定
	・ 道路への布設実験		
	1	最適布設方法の選定実験	オーバーレイされても損傷を受けないセンサー埋設深さの決定
	2	工場内での実験	アスファルト施工時の温度対策の効果検証
	3	実道での実験	走行速度・位置・重量・車種による検出感度の検証
15 年度	・ 室内での基礎実験		課題を克服するためのセンサー構造の改良

表.2 判明した課題と対策方法

判明した課題	対策方法
施工中の温度対策 ・ センサ施工中のアスファルト温度対策 ・ ユニット構造の軽量化、経済性の向上	・ センサ保護管方式の採用 ・ 布設中の空冷方式の採用 ・ ユニット構造の採用 ・ ファイバ接着剤の変更 ・ センサを後挿入方式に変更
	・ コンクリート構造からSUSに変更
工事の施工性 ・ アスコン打設中の温度と振動の影響 ・ 振動伝達板の設置が困難 ・ ユニットの下部に隙間による感度低下	・ タンパー使用を止め、ローラ転圧とした ・ ユニット構造を採用 ・ C型チャンネルとダミーパイプを採用
	・ 2重管方式を導入
センサ感度の向上 ・ センサ本体の感度が良くない ・ 20km/h以下の車両を検出不可 ・ 走行位置により波形にバラツキが発生 ・ 20km/hでは振幅が小さい ・ 左右同時に車輪が通らない場合に振動を打ち消す	・ スペースの採用 ・ 振動伝達板の採用 ・ 振動伝達板のピン間隔をせばめた ・ スペースの改良 ・ 振動伝達板の高さを変更
	・ センサ長さを2700mmから1500mmに変更
	・ 温度により振動波形が変化
	・ センサに温度補正機構を設置
	・ 実験中
温度対策 ・ アスコンの硬化と振幅の関係	・ 実験中
長期安定性 ・ センサの長期特性	・ 実験中

図.5 は、最適布設形態の選定試験におけるシステム構成を示している。4基のセンサーの埋設深さを変えて布設した。図.6 は、最も感度の良かった No.4 センサーにおいて速度を一定にしたときの車種別の振動波形を示している。同一速度、重量の異なる車種で走行した場合、重量が大きい車種の振幅が大きい傾向が見られた。また、同一車種において速度が増加するほど振幅が大きくなる関係が見られた。これらのことから、速度を計測し、キャリブレーションすることにより概算重量が算出できる可能性が判った。さらに、1台の車両が通過するごとに2つの大きなピークが見られることから前・後輪の通過によるものではないかと考えられる。

したがって、光振動センサーを埋設することで、総重量とホイールベース情報から車種の大まかな分類も出来る。

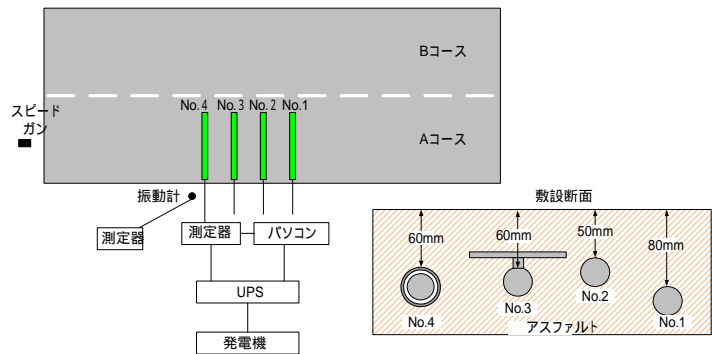
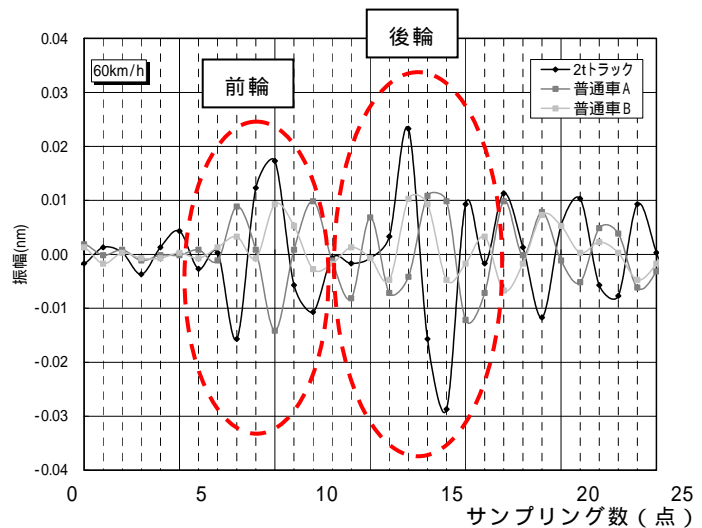


図.5 最適布設形態の選定試験システム構成図



	長さ(mm)	ホイールベース(mm)	車重(kg)
2tトラック	4430	2300	2560
普通車A	4750	2900	1630
普通車B	3690	2200	1180

図.6 車種別の振動波形

気温の温度変化によって振幅の大きさが異なるという課題が発生したことから、光振動センサーに温度補正機能を設置した。高温槽において0 から70 まで変化させ、温度補正機構を取り付けたセンサーと、センサーの内部構造である FBG 単体を比較したものを図.7 に示す。

どちらも温度が増加するにつれ一次関数的に中心波長も増加していることがわかる。しかも、温度補正機構を設置したものの増加関数が 0.0282、FBG 単体では 0.0213 でありほぼ平行に推移していることから温度補正機構は、機能していることがわかる。これにより、センサー構造における外気温度による振幅の増減の問題は解決できると考えられる。

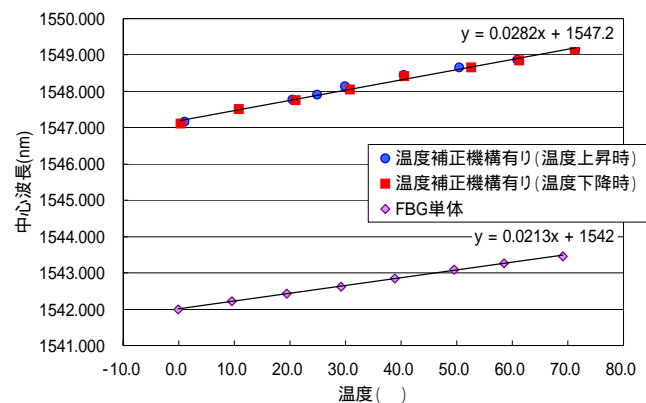


図.7 温度補正機能の検証

4 まとめ

- 1) 現在までのセンサー開発上の課題は 5 つであり、布設時のアスファルトの温度対策、工事の施工性、センサー感度の向上については解決できた。
- 2) 路面より 5cm 程度光振動センサーを埋設しても、20km/h 以上の車両を検出できる。
- 3) 2 本のセンサー情報から走行速度を計測可能である。
- 4) 車両の走行速度と振幅の関係から車両の総重量の予測が可能である。
- 5) 総重量とホイールベース情報から車種の大まかな分類も可能である。
- 6) 外気温度によるセンサーの振幅の変化は解決できた。

5 今後の課題と展望

システム実現のための今後の課題とシステムの展望については以下のとおりである。

5.1 今後の課題

- 1) センサー本体の長期性能の検証。
- 2) アスファルト硬度の経年変化の検出感度に及ぼす影響把握。
- 3) システム構築のためのデータ収集、解析、表示ソフト等の開発。
- 4) FBG の中心波長と温度の関係を利用した活用方法の開発。
- 5) 速度と車両の総重量と振幅の関係を示す係数の実験的把握。

5.2 光振動センサー応用システムの展望

本センサーは現場に電源が不要で、施設の異常監視や監視カメラのトリガーセンサー等様々な用途が期待できる。埋設型センサーで得られるデジタル情報から、所定区間の道路の車両の分布状況等をグラフィック表示すると言った従来にない活用が期待できる。また、交差点での右左折車両台数等、各時間帯での車両の流れの実態が把握でき、道路の改修計画立案等に活用できる。