

走行型トンネル検査用レーザー高分解能計測

Vehicle-mounted high-resolution laser measurement system for tunnel inspection

理研光量子[○]村上武晴、斎藤徳人、道川隆士、小町祐一、
坂下亨男、木暮繁、加瀬究、和田智之、緑川克美

[○]Takeharu Murakami, Norihito Saito, Takashi Michikawa, Yuichi Komachi,

Michio Sakashita, Shigeru Kogure, Kiwamu Kase,

Satoshi Wada, Katsumi Midorikawa

RIKEN Center for Advanced Photonics

E-mail: takeharu.murakami@riken.jp

背景・目的

トンネルや路面等の交通インフラにおけるメンテナンスでは、極力その運用を止めずに診断を行う必要があり、走行型の遠隔計測技術が重要である。

トンネルの内壁診断を行うために、車載デジタルカメラによる写真、ムービーを記録する方法が以前から多く研究されているが、得られる画像の分解能が実力値で 0.1 mm に迫る例はない。これはカメラの性能ではなく光量の不足という原理的な困難によっている。

我々はトンネルの検査基準である分解能 0.2 mm 以下を目標として 2D および 3D の高分解能遠隔計測技術の研究を進めてきた。本研究では光量の不足を克服し走行速度 30 km/h での高分解能計測を成立させるため、Time Delay Integration (TDI)計測と呼ばれる多重露光技術を導入した結果について報告する。

計測原理

我々は光子数の不足を解決するため、多重露光技術である TDI 計測を用いる。これは進行方向に複数段並べられたラインセンサによる多重露光撮影技術である。撮像対象の移動速度と正確に同期させてラインセンサに蓄えられた電荷を隣のラインに電氣的に転送することで移動体の多重露光計測を実現する。

しかし TDI 計測はこれまで移動方向、速度、対象からの距離が安定している条件下にしか応用された例がない。これは多重露光の全段階において、対象物の移動とセンサ平面上でシフトされる電荷パターンが 1 ピクセル未満のずれに収まっている必要があるためである。トンネル計測に TDI 計測を応用するには移動方向、速度、対象距離の変動に対応できるだけの機械的、電氣的な追従技術を開発する必要がある。

実験方法・結果

我々は TDI ラインセンサによる多重露光で目標とするシグナル強度、光学分解能が得られることをまず実験室内の環境で確認した。次に車載走行時の振動、回転運動によって多重露光期間内の同期ずれが 1 ピクセル以内に収まる条件を考察し、それを達成するための機械的スタビライザ、電氣的追従システムを構築した。これは速度センサ、距離センサ(LIDAR)、慣性運動センサ(IMU)等を組み合わせ、全ての情報をリアルタイムに活用することでのみ実現される。

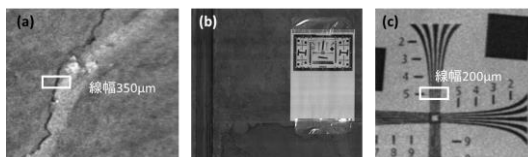


Fig.1 (a) トンネル表面のひび割れ像、(b) トンネル内に貼付した ISO 解像度チャート像、(c) 解像度チャート部の拡大図

Fig. 1 が実際に時速 30km/h で走行し取得した壁面の計測データである。実際に存在するひび割れの詳細な形状や、解像度チャートにおける 200 μm 幅のパターンが分解できていることがわかる。

まとめ

トンネル内壁の走行型表面計測において、光子数の不足が分解能の限界を決めていることを明らかにし、受光シグナルを増やすための計測原理として TDI センサによる多重露光撮影を採用した。車載システムに適用するための機械的、電氣的追従システムを構築し、実際に車載した実験システムで目標とする 0.2 mm 分解能での計測が行えることを示した。