

簡易型完全非接触式 たわみ測定システム

アジア航測株式会社

はじめに 弊社の海外事業について



海外における実績



- ◆ 1965年に初の海外プロジェクトを実施
- ◆ 2000～2017年までに33ヶ国で70以上の案件を実施
 - ◆ 主な実績はJICA技術協力
- ◆ 主な分野は地形図作成 / GIS構築、環境保全



道路分野における実績



コンゴ民主共和国 キンシャサ市都市交通マスタープラン策定プロジェクト

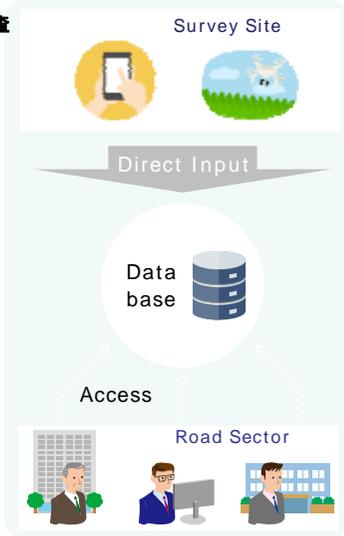




道路分野における実績



クラウド型GISを用いた道路インベントリー調査



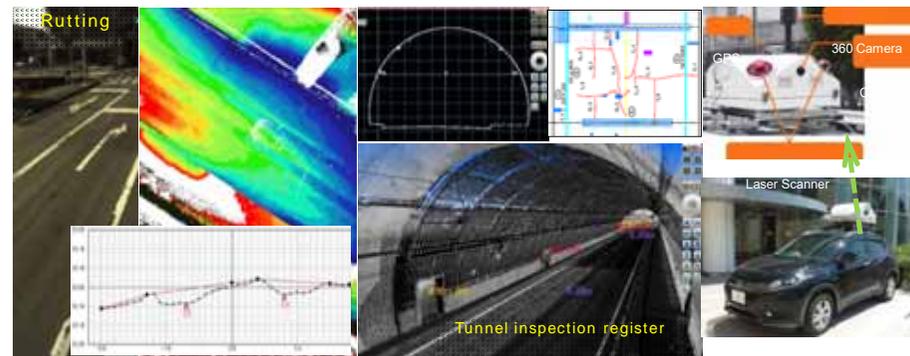
道路維持管理に関する技術



路面性状車 (Mobile Mapping System)

◆ 最大照射300KHz

◆ 水平・高さ位置の精度はGNSSが良好な場所で5cm以内



簡易型完全非接触式 たわみ測定システムの紹介

本たわみ測定システムに係わる特許
 特許第4948660号「構造物動的変位量測定方法」
 特許第5281610号「レーザー距離計付き撮影装置」

現状と課題

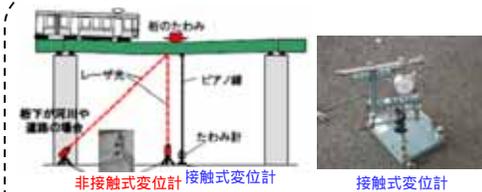
たわみ

- ・列車走行性
- ・構造物健全性

構造物全体の健全性評価

損傷原因の特定は出来ないが、異常を発見するためのアラーム的指標

現状



1) 接触式変位計
(歪みゲージ)
桁下が使用可能な場合のみ測定可能。

2) 非接触式変位計
(ドップラーレーザ方式)
距離が離れるとターゲットが必要。価格が高価



課題

現地立ち入りの困難な河川橋、跨道橋では、作業性の面から測定が進んでいない。



河川橋



跨線橋

目的および要求性能

目的

非接触にて簡易にたわみを計測できる手法を開発する。

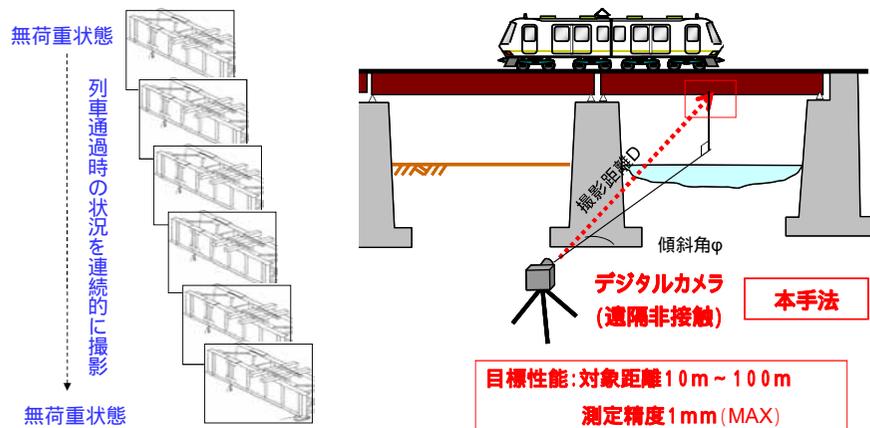
要求性能

- 1) 通常全般検査に使用できる簡易なもの
- 2) ターゲットを必要としない非接触測定方式
- 3) 主桁スパン中央部の最大たわみ (mm単位) が測定可能 (測定距離: 数10m ~ 100m程度)
- 4) 可搬性が良い
- 5) 民生品を利用し低価格
- 6) 安定した測定

既存測定法の比較

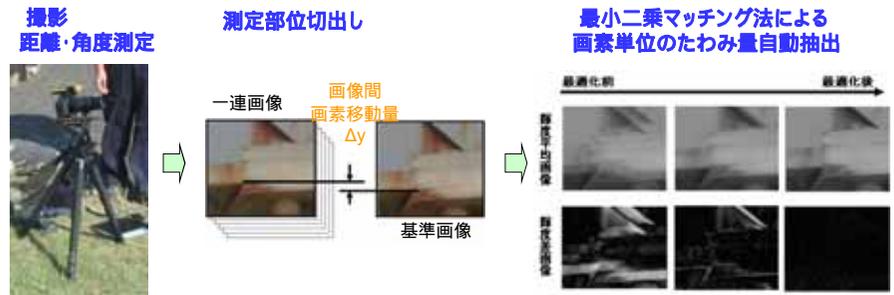
項目	測定法	
	接触測定法	非接触測定法
	歪みゲージ式	レーザー式測定法 デジタルカメラ 本開発 (目標性能)
測定距離	× 道路下条件による	10m程度 数10m ~ 100m
精度	0.1mm	距離による 0.1 ~ 1mm (距離依存)
測定容易さ	× 足場必要	
安全性	× 高所作業	
可搬性		
操作性		
価格	1箇所 約30万	× 装置 約700万
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 測定センサーは低価格 一般的方法で実績有 足場等の設置が必要 橋梁下が道路や河川の場合、測定不可 高所作業となり作業員の安全性確保は課題 	<ul style="list-style-type: none"> 非接触方式で最も優れた測定法 数十m超の距離の場合、ターゲットが必要 価格が高価
総合判定		

開発概要



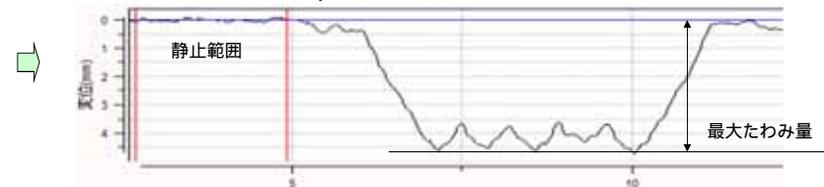
列車通過前の基準画像と列車通過中の一連の画像間で
どれだけ桁が上下に移動したかを測定

3. たわみ量測定手法



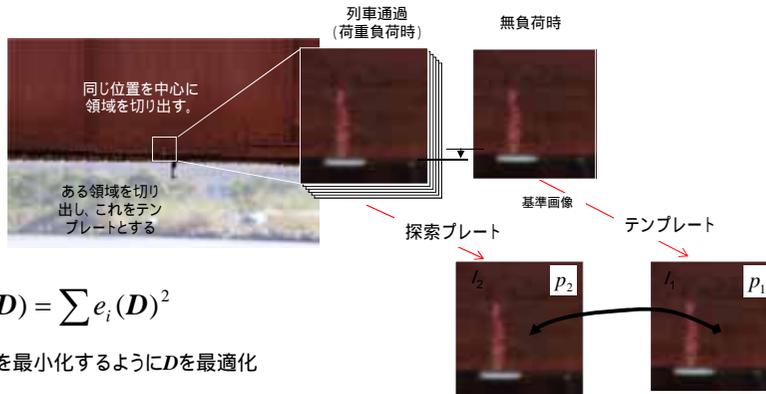
たわみ量の算定 (画素単位 実たわみ量)

$$たわみ量算定式 \quad Y = (y \times s) \times D / f(D) \cos$$



変位量抽出アルゴリズム

無負荷時の撮影画像をテンプレートとし、最小二乗マッチング法を用いて変化量(たわみ量)を自動的に算出する。



$$\chi(D) = \sum e_i(D)^2$$

$\chi(D)$ を最小化するようにDを最適化

e : 対応する位置の輝度差

$$e_i(D) = I_2(H(p_{ii}, D)) - I_1(p_{ii})$$

H : 座標変換関数(射影変換など)

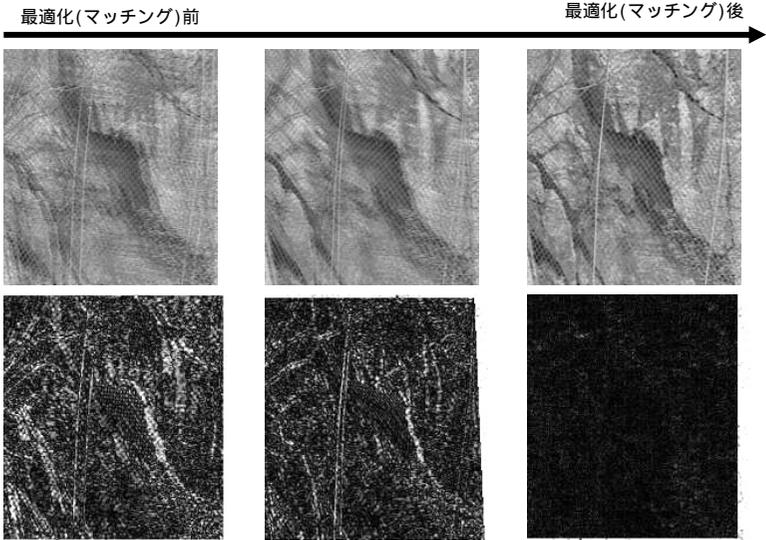
D : 変換を表現するパラメータ

$\chi(D)$: 評価関数

座標変換関数として用いられる関数としては次のものが一般的である。

- ・アフィン変換
- $x_2 = a \cdot x_1 + b \cdot y_1 + c$
- $y_2 = d \cdot x_1 + e \cdot y_1 + f$
- ・射影変換
- $x_2 = (h_1 \cdot x_1 + h_2 \cdot y_1 + h_3) / (h_7 \cdot x_1 + h_8 \cdot y_1 + 1)$
- $y_2 = (h_4 \cdot x_1 + h_5 \cdot y_1 + h_6) / (h_7 \cdot x_1 + h_8 \cdot y_1 + 1)$

たわみ量自動抽出アルゴリズム (最小二乗マッチング法アルゴリズム)



1-2 最小二乗マッチング アニメーション



動画切り出し
オリジナル画像

輝度平均画像

輝度差画像

測定事例の紹介

～測定機材～

本システム



- ・デジタル一眼レフカメラ
CANON EOS Kiss X4
- ・レンズ
タムロン AF70-300mm F/4-5.6 Di S-M レンズ
- ・レーザー距離計
ライカ DISTO D5

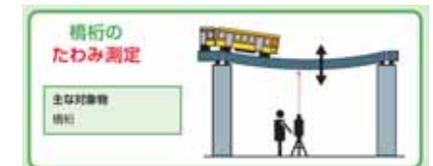
上記機材は製造終了しており、現在は後継機等が利用可能。

精度検証用

既往システム(Uドブラー: 鉄道総研開発)



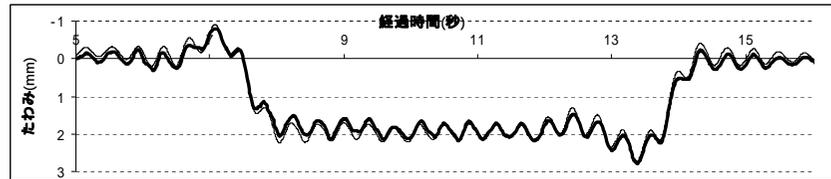
反射ターゲット貼付により桁下から非接触にて精度良く測定が可能



測定事例の紹介



- デジタル一眼レフカメラ
CANON EOS Kiss X4
- レンズ
タムロン AF70-300mm F/4-5.6 Di IIIマウントレンズ
- レーザー距離計
ライカ DISTO D5



たわみ測定結果の一例 (太線：本手法, 細線：既往システム)

測定結果



計測動画

計測動画

測定結果

支間長 2.0m以上の橋梁

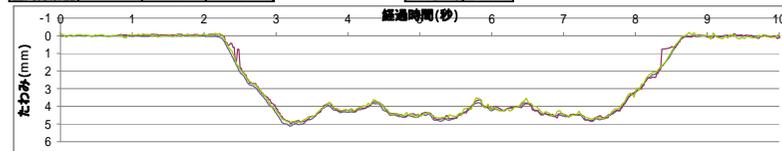
(1) 橋梁(鋼単純桁、支間長: 22.25m)

— 既往測定方式
— スタンダード — 簡易測定用

D-2(2) 撮影距離: 12.043m

	Uトッパー	スタンダード	簡易測定用
最大値	5.12	4.95	4.90
空間分解能	0.46	0.46	0.65

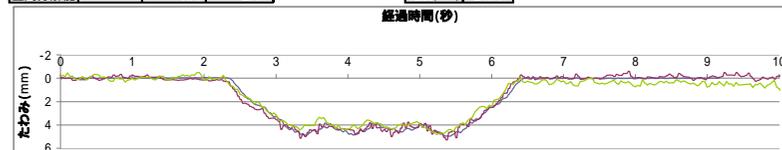
支間長(m)	22.25
列車種別	
速度(m/s)	26.19



F-2(1) 撮影距離: 50.796m

	Uトッパー	スタンダード	簡易測定用
最大値	4.98	5.30	4.84
空間分解能	1.77	1.77	2.49

支間長(m)	22.25
列車種別	
速度(m/s)	24.51



測定結果

支間長 10m以下の橋梁

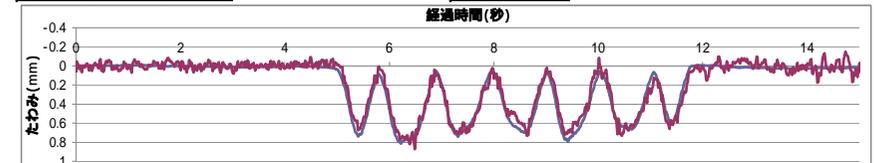
(2) 橋梁(鋼単純桁、支間長: 9.8m)

— 既往測定方式
— スタンダード

A-1(3) 撮影距離: 14.436m

	Uトッパー	スタンダード
最大値	0.82	0.82
空間分解能	0.52	0.52

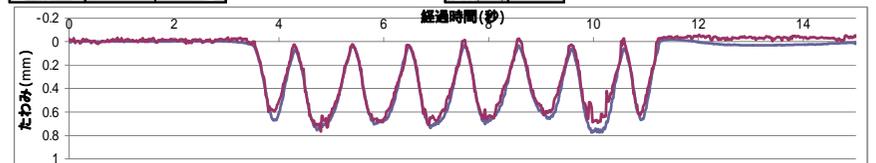
支間長(m)	9.80
列車種別	
速度(m/s)	16.90



B-1(3) 撮影距離: 4.207m

	Uトッパー	スタンダード
最大値	0.78	0.77
空間分解能	0.20	0.20

支間長(m)	9.80
列車種別	
速度(m/s)	15.80



まとめ

本システムの特徴

- ターゲット設置不要な完全非接触測定方式
- 近距離から遠距離までの計測が可能
- 可搬性が良く、安全・低コスト
- 夜間測定が可能
- 現場にて測定結果の確認可能

距離の制約はあるが、河川橋や架道橋のたわみ量を
撮影距離20mから0.1mm以下の精度で測定可能