

# 構造物健全性評価におけるセンサデータの統合

## Sensor data integration for structure health assessments

宮崎 早苗\*1 石川 裕治\*1 竹本 健一\*1 桑田 喜隆\*1  
Sanae MIYAZAKI Yuji ISHIKAWA Ken'ichi TAKEMOTO Yoshitaka KUWATA

\*1 (株)NTT データ  
NTT DATA Corporation

A concept of new sensor data integration system is proposed and its trial operation for structure health assessment, namely a traffic detection of over-loaded vehicles using weight sensors and video images for a bridge lifetime prediction, is introduced.

### 1. はじめに

国民の生活を支える社会基盤である現存する大型土木構造物、例えば橋梁やトンネルなどの多くは高度成長期に建設されたものである。そのため近年設計寿命に近づいており、その劣化は著しい。しかしながら昨今の公共事業投資への国民的な批判を背景に全面架替などを行うことは非常に難しくなっていることから、国民生活の安全・安心を守るための対策として、劣化した構造物を補修・補強して延命させる手段が専門家の間で講じられている。

適切な補修・補強を行うためには、まず各構造物の現状の劣化具合と劣化の将来予測、言い換えると構造物の健全性を科学的なデータをもとに定量的に把握することが重要となってくる。しかしながら、現在の点検作業は目視確認が主流となっており、点検者のスキルのばらつきによる点検結果の信頼性に係わる問題が指摘されているとともに、将来予測結果と実際の劣化の間の乖離を指摘する声も上がっている。

一方、最近の IT (Information Technology) の発展にともなう、各種センサを活用した様々な計測システムが台頭してきており、これを活用した科学的なデータに基づいた定量的な健全性評価の実現に期待が集まっている。しかしながら、既存の多くの計測システムは、単一種類のセンサを対象としたものであることから、測定できる項目に限界があり、健全性評価を精度よく行うために必要となる十分なデータが得られるとはいえない。

そこで筆者らは、単一のセンサだけでなく、複数の異なる種類のセンサを用いていくつかのデータを収集し、得られた異種データを迅速かつ複合的に解析・分析するための自動化システムについての検討を行い、構造物の健全性評価への活用を試みた。

### 2. システムアーキテクチャ

本システムは、図1に示すように、センササブシステム、センサ管理サブシステム、データ分析サブシステム、データ統合サブシステム、データ管理サブシステムの5つのサブシステムで構成する。

#### 2.1 センササブシステム

センササブシステムは、センサデバイス、およびセンサで計測されたデータの伝送機能を有する。

現在では、様々な対象を計測するために、様々な構造・イン

ターフェースのセンササブシステムが開発されているが、最近、構造物計測の分野では、ビデオカメラ等の映像センサに加えて、光ファイバーセンサおよび光ファイバー伝送技術が注目を集めている。図2に示すように、光ファイバーセンサには、変位計、ひずみ計、傾斜計、伸縮計、水位計、温度計等があるが、共通する特徴として、電磁的なノイズが無いこと、センサ部に電源を必要としないため屋外使用に対する耐久性が高いこと、が挙げられる。また、光ファイバ伝送路にセンサを簡単に直結できるため、非常に簡便なシステム構築が可能であることも大きなメリットである。

#### 2.2 センサ管理サブシステム

センサ管理サブシステムは、センサデバイスとその各デバイスで計測したデータの収集をコントロールするためのサブシステムである。ここでは、異なる種類のデバイスのインターフェースの標準化が技術のポイントとなる。

#### 2.3 データ分析サブシステム

データ分析サブシステムは、各センサで計測した信号を健全性評価のための数値データに変換するためのサブシステムである。具体的には、センサで計測した信号を変位やひずみ、傾斜度などに変換する機能を持つ。

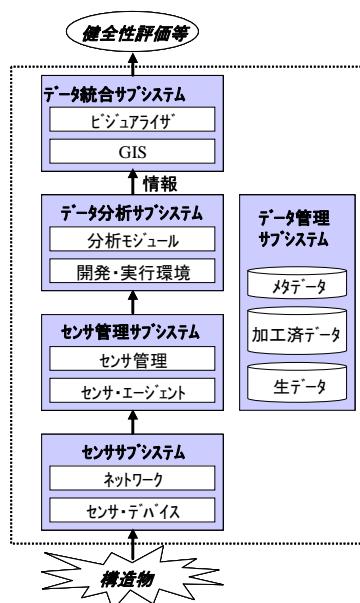


図1 システムアーキテクチャ

連絡先: 宮崎早苗 ([wakamatsus@nttdata.co.jp](mailto:wakamatsus@nttdata.co.jp))

## 2.4 データ統合サブシステム

データ統合サブシステムは、健全性評価に必要となる対象物の静的な基本情報(例えば、構造物の建設年月日、設計図など)とセンササブシステムで収集する時々刻々と変わる対象物の状態に関する動的な情報とに基づき、ユーザが健全性を評価する過程を支援するシステムである。ここでは、GIS (Geographical Information Systems) や最新のビジュアルイゼーション技術をベースにこのサブシステムを作り上げている。

## 2.5 データ管理サブシステム

データ管理サブシステムは、本システム内で流通する各種データを最適に管理するためのサブシステムである。このサブシステムには、リアルタイムデータ更新機能、大容量データ蓄積機能、動的データ変換機能が必要である。

## 3. 構造物健全性評価への適用例

ここでは、上記のような機能を持つシステムを用いた構造物の健全性評価におけるセンサデータの統合の例として、道路構造物の劣化の大きな原因となっている重量超過車両の通行実態の把握を目的とした適用例について紹介する。

### 3.1 重量超過車両検知システムの構成

本システムの概要を図3に示す。車両抽出部では外部重量センサ、例えば三木らが開発した全自動 Weigh-In-Motion などのトリガタイミングで監視カメラの映像から画像を取得し、車両領域を抽出する。車種推定部では保存・蓄積された抽出画像に対し、カメラ設置位置にもとづいて 3D 形状モデルを抽出画像に投影し、車両の形状(車高・車幅・車長)を算出して車種推定を行う。



NTTアドバンステクノロジ株式会社製  
http://keytech.ntt-at.co.jp/optic1/index\_f.html  
図2 光ファイバーセンサの例

## 3.2 センサデータの統合

図4にセンサデータの統合の例を示す。本適用例の場合は、センサデータの統合によって、例えば、一日に検知した車種別の車両台数や、一日に検知した重量別の車両台数の把握が可能である。このような情報が定量的に明らかになると、橋梁の将来劣化予測の精度が著しく向上することが期待できる。

## 4. まとめ

本稿では、単一のセンサだけでなく、複数の異なる種類のセンサを用いていくつかのデータを収集し、得られた異種データを迅速かつ複合的に解析・分析するための自動化システムについての検討を行い、このシステムを構造物の健全性評価への活用、具体的には道路構造物の劣化の大きな原因となっている重量超過車両の通行実態の把握を目的とした重量超過車両検知システムの紹介を行った。

本研究の推進にあたっては、東京工業大学三木千壽教授、横浜国立大学の佐々木栄一助教授に数多くのご指導を頂いた。ここに記して謝意を示す。

### 参考文献

- [三木 2001] 三木千壽, 水ノ上俊雄, 小林裕介: 光通信網を使用した鋼橋梁の健全度評価モニタリングシステムの開発, 土木学会論文集, (社)土木学会, 2001.
- [小林 2004] 小林裕介, 三木千壽, 田辺篤史: リアルタイム全自動 Weigh-In-Motion による長期交通荷重モニタリング, 土木学会論文集, (社)土木学会, 2004.
- [竹本 2005] 竹本 健一, 石川 裕治, 宮崎 早苗: 情報統合と画像処理による重量超過車両自動検知システム, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2005), 2005.

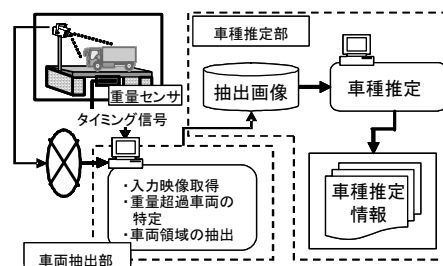
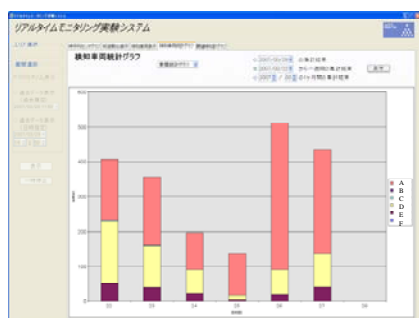
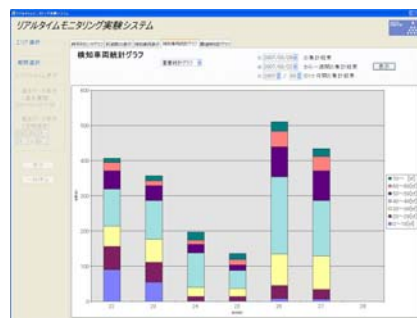


図3 重量超過車両検知システムの概要



(a) 車種別の車両台数(/日)



(b) 重量別の車両台数(/日)

図4 センサデータ統合の例