

# RFID センサタグを搭載した走査型ロボットによるひずみ自動計測システムの開発

○石井 淳<sup>[1]</sup>, 浅間 一<sup>[1]</sup>, 伊藤 日出男<sup>[2]</sup>, 村上 弘記<sup>[3]</sup>, 岡本 浩幸<sup>[4]</sup>, 若倉 純<sup>[4]</sup>

<sup>[1]</sup> 東京大学 人工物工学研究センター <sup>[2]</sup> 産業技術総合研究所

<sup>[3]</sup> 株式会社 IHI <sup>[4]</sup> 有限会社ライテックス

## Development of an automated strain measurement system by using a scanning robot with RFID sensor tags

○Jun ISHII<sup>[1]</sup>, Hajime ASAMA<sup>[1]</sup>, Hideo ITOH<sup>[2]</sup>, Hiroki MURAKAMI<sup>[3]</sup>,

Hiroyuki OKAMOTO<sup>[4]</sup> and Jun WAKAKURA<sup>[4]</sup>

<sup>[1]</sup>Research into Artifact, Center for Engineering(RACE), The University of Tokyo

<sup>[2]</sup>Advanced Industrial Science and Technology(AIST) <sup>[3]</sup>IHI Corporation <sup>[4]</sup>RITECS Inc.

**Abstract:** In this paper, we measurement strain automatically by using a scanning robot and passive RFID tags. We supposed using this system to measure constructions' strain which cannot easily measurement formerly, because we cannot contact inside parts such as a reinforcing bar. Additionally, to use these system in real situation, scanning robot can be helpful. Then we made scanning robot and system. And we showed these systems are useful by experiments.

### 1 緒言

近年、構造物に対する健全度の適切な評価を行うサービスへの要求が高まっている。背景として、構造物の長寿命化や首都圏を中心とした大規模地震への警戒などがあり、サービスが実用化されることへの希求性は非常に高いと言える。構造物は、竣工時に適切な設計によって必要とされる強度を有していても、長期間の使用の中で強度を担う構造部材が損傷を受けていくことで必要とする強度を下回る、すなわち健全度が下がることが予想される。そのため、老朽化によって建築基準や耐震基準を下回る可能性がある場合には、適切な補修を行うことで健全性を維持していく必要がある。このとき、要求性能を下回る危険性を検知するには、竣工時から時間軸上に沿って構造部材の損傷度合いを力学的モニタリングすることが非常に重要となる。モニタリングのために用いられるデバイスとして、コストや電源管理の面で RFID を用いた手法が注目されている。2007 年、国土交通省が「国土交通分野イノベーション推進大綱」の中間報告で RFID を積極的に建造物の維持管理に利用する方向性を示していること [1] から、注目の高さが伺える。鈴木ら [2] はパッシブ型 RFID を用いることで外部から電力を供給することが可能な力センサモジュールの開発に成功した。しかしながら、構造物の健全度を観測し、適切な補修を行うためには、複数の場所を埋められている RFID タグの位置を適切に把握して、定期的に観測することが求められる。このような作業を人間が行うのは大変な労力を必要とし、また RFID タグの位置がわからなくなってしまいう危険性も考えられる。そこで本研究では、鈴木らによって開発されたパッシブ型 RFID による力セン

サモジュールを利用した走査型ロボットによるスキャンニングの実現を行い、さらに構造物の揺れ試験という状況下でひずみの測定を行い、実環境においてもモジュールを用いた測定方法が有用であることを示すことを目的とする。

### 2 パッシブ RFID および走査型ロボットを用いたひずみ計測装置

#### 2.1 パッシブ RFID を用いたひずみ計測モジュール

本研究で用いるひずみ計測モジュールはひずみセンサ、パッシブ RFID タグ、リーダライタ (R/W) からなる。RFID タグ及び R/W はそれぞれ電源供給用とセンシング用の 2 枚を組み合わせて作られており、タグと R/W 間の距離が 30[mm] の範囲で約  $10 \times 10^{-6}$  の分解能でひずみを非接触計測することが可能となっている。

#### 2.2 走査型ロボットモジュール

走査型ロボットとして IAI のロボシリンダである RCP2 を用いた。約 1m の可動範囲を持ち、パルスを入力することで移動の制御を行うことができる。これを 2 台を組み合わせることで x 軸と y 軸の 2 方向への自由度を確保した。この先端に RFID の R/W を取り付け、スキャンニングを行うことを可能としたモジュールを開発した。(Fig.1)

#### 2.3 アプリケーション

走査しながら RFID の情報を取得するために PC 上ですべての操作を一括で管理するアプリケーションを開発した。手動で RFID の UID、ひずみゲージによるひずみ値、計測されたシリンダの座標、時刻の取得を行うだけでなく、自動計測を行うことができる。これは範囲、走査数および移動速度を指定することで自動で計測を行い、取得

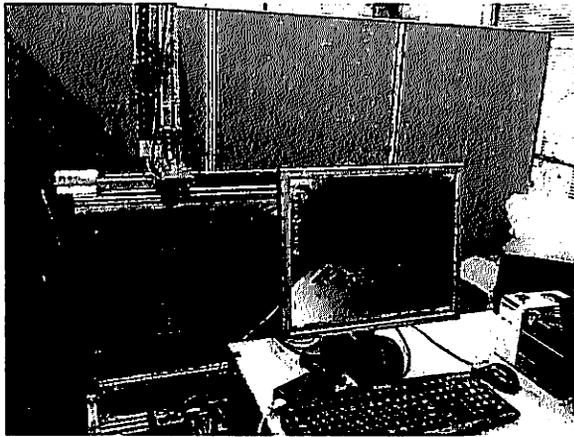


Fig. 1 走査型ロボットモジュール

することができたデータを記録するための機能である。なお、自動計測の計測間隔は R/W の通信速度が 1 秒毎であることに従い、1 秒毎にデータの取得を試みる。

### 3 計測速度による精度の評価

実際の環境で使用するにあたり、精度良く計測を行い、かつ効率的に計測を行う必要がある。そこで、適切な走査速度を決定するための評価実験を行う。

#### 3.1 実験環境

実験は産業総合研究所の臨海副都心センター 4 階サービス工学研究室で行った。壁に RFID タグを設置し、実際の化粧版を想定した 20[mm] の間隔を開けて走査型ロボットを設置した。

#### 実験方法

シリンダにより設定された座標の原点を基準として  $(x,y)=(450[\text{mm}],240[\text{mm}])$  の位置に RFID タグを設置した。走査型ロボットモジュールの x 軸方向と y 軸方向それぞれについて、計測速度による精度の比較を行うために、まず y 軸シリンダを 240[mm] に固定して x 軸の 200[mm] から 700[mm] の間を、次に x 軸シリンダを 450[mm] に固定して y 軸の 40[mm] から 440[mm] の間をそれぞれ 5 往復する。計測は速度を 0.1[m/s] から 0.01[m/s] まで 0.01[m/s] ずつ変化させながら自動計測でデータを取得する。

#### 結果

以下に x 軸の計測結果 (Table.1), y 軸の計測結果 (Table.2) およびグラフ (x 軸:Fig.2, y 軸:Fig.3) を示す。5 往復で 10 回分のデータが計測されるが、1 回の走査中に複数回のデータが取得されることがあり、その場合 10 回以上のデータが取得できる結果となった。

#### 考察

x 軸, y 軸ともに 0.01[m/s]~0.02[m/s] 程度での速度での走査が検出を行うために適していることが実験から示さ

Table 1 計測結果 : x 軸

速度 [m/s]	取得データ数 [個]
0.1	0
0.09	0
0.08	0
0.07	0
0.06	2
0.05	3
0.04	9
0.03	7
0.02	12
0.01	13

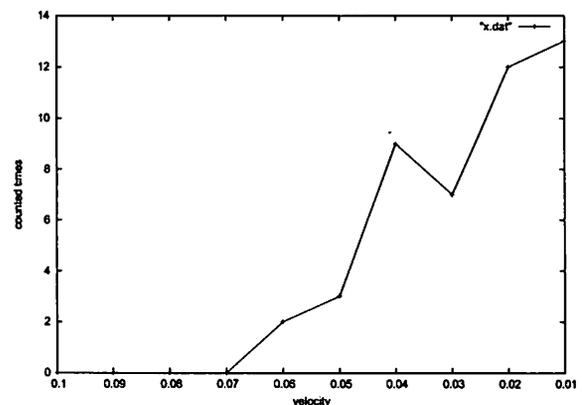


Fig. 2 x 軸の計測速度と計測回数の変化

れた。y 軸に比べ x 軸の検出精度が高いのは、タグが長方形の形状のために RFID が通信を行うことが可能となる時間がより長くなったためであると考えられる。

タグが本実験のように正しい向きで埋められていることがわかっている場合は 0.02[m/s] で計測を行ったとしても精度良く計測することが可能であるが、回転軸方向への変化が考えられる場合、0.01[m/s] で計測を行うことが適切であると言える。

## 4 構造物の揺れ試験におけるひずみの測定

### 4.1 実験方法

実験は株式会社フジタ技術センターで行った。ひずみゲージを揺れ試験で用いる構造物に貼り付け、直接計器を用いて取得されたひずみデータと RFID モジュールを用いて取得されたひずみデータを比較することで実際にひずみデータが正しく取得できるかを確かめた。

### 4.2 結果・考察

実際に実験を行ったところ、RFID で取得されたデータは計器で取得されたものとは異なる結果となり、精度のあるデータを取得することができなかった。

Table 2 計測結果：y 軸

速度 [m/s]	取得データ数 [個]
0.1	0
0.09	2
0.08	1
0.07	2
0.06	2
0.05	0
0.04	4
0.03	8
0.02	8
0.01	11

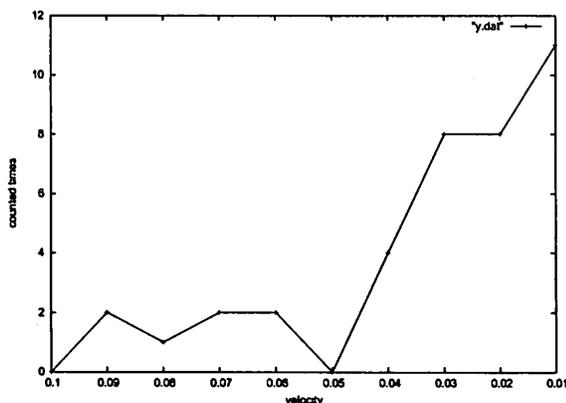


Fig. 3 y 軸の計測速度と計測回数の変化

これは従来用いていた試験片は  $10^{-3}$  程度の歪量であったが、本実験で得られる歪量は  $10^{-6}$  程度のオーダーであったため、今回実験に用いたモジュールの計測アンプが、本実験で取得される歪量に対応できるほど増幅を行うことができなかつたためであることがわかった。

## 5 結言

本稿においては、自動計測を行うための装置の開発、アルゴリズムおよびプログラムの設計を行うことにより、実際の現場のように複数点のひずみゲージによる変位評価を行うために複数個のタグが埋め込まれているような状況を想定した場合でも、より簡単に埋め込まれたタグを計測できる手法を示した。また、装置の評価実験を行うことにより、実際に使用する場面での適切な計測速度の検証を行った。

今後の展望として、よりサーチ及び計測を容易に行うことを可能にするための、離れた場所からも電波の測定できるアンテナの設計、電波強度による位置の推定を用いたより高速なサーチ手法の開発、効率よくサーチするためのアルゴリズムの搭載を行う。また、回転方向への変化が発生

する場合は想定し、 $\theta$  軸のサーボを追加する必要があると考えられる。また、実際の構造物の実験から今後は、実際の構造物に対応するようにアンプを改良していかなければならない。

## 6 謝辞

実験に際し、株式会社フジタ技術センターの協力をいただき、特に、生産技術開発部長 佐々木仁様、先端システム開発部長 組田良則様にご尽力をいただきました。的確な助言、また実際に構造物を扱う方の意見は実環境に即したシステム作りと言う点で大変参考になりました。

この場を借りてあらためて感謝の意を示させていただきます。

## 参考文献

- [1] 国土交通省: <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/01/010223..html>, 2007.
- [2] 鈴木伸吾, 岡本浩幸, 池本有助, 村上弘記, 林新, 伊藤日出男, 浅間一, “パッシブ型 RFID タグを用いた構造物診断用力センサシステムの開発” JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Nagano, Japan, June 5-7, 2008.