

## ひずみセンサ付き IC タグの開発に関する基礎的検討

Fundamental Investigation on Development of RFID tags with Strain Sensors

室蘭工業大学工学部建設システム工学科 正会員 矢吹信喜 (Nobuyoshi Yabuki)  
 室蘭工業大学大学院工学研究科建設工学専攻 ○学生員 志谷倫章 (Tomoaki Shitani)

## 1. はじめに

土木構造物の維持管理や長寿命化の観点から、長期間に渡って監視・計測することにより、構造物の健全度を評価するヘルスマonitoringが注目されている。代表的なモニタリング手法として、光ファイバセンサを用いたヘルスマonitoringシステム等があり<sup>1)-3)</sup>、主として構造物のひずみ、変位、亀裂、振動等の計測に用いられている。さらに、MEMS (Micro Electro Mechanical System) に代表される半導体技術の著しい発展に伴い、小型でかつ高性能のセンサが数多く開発され、これらのセンサを用いたモニタリングシステムの開発も行われている<sup>4)5)</sup>。計測される物理量としては、ひずみ、変位、加速度等があるが、特にひずみデータは、構造力学上最も基本的な物理量であり、構造物の強度や応力状態を把握する上で極めて重要なパラメータの一つである<sup>6)</sup>。

このようなモニタリングシステムを用いることにより、高精度でかつ膨大なセンサデータをリアルタイムで取得することが可能となるが、一般に、上記のようなモニタリングシステムの導入または開発に要する費用は高価である。今後は、各種センサデバイスの低価格化等が実現されれば、土木構造物の維持管理業務における利用が広く普及していくものと予想されるが、現段階では多くの土木構造物に対して適用し易いモニタリング手法であるとは言い難い状況にあると考えられる。

そこで我々は、RFID (Radio Frequency Identification) 技術 (IC タグ) に着目した。IC タグは、小型の IC チップとアンテナで構成されるデータキャリアの総称であり、専用のリーダー/ライターを用いることにより、無線で非接触的に IC タグ内のデータを読み書きすることが可能である。IC タグの主な特徴として、導入コストが比較的安価であること、さらに、耐環境性に優れていること、電源が不要、もしくは電池の寿命が長いこと、データを現場にも保存可能であること等が挙げられる。そこで本研究では、これらの IC タグの持つメリットを考慮し、IC タグとセンサを融合することにより、開発コストが比較的安価であり、かつ厳しい自然環境下にある土木構造物の長期的な監視・計測を可能とするセンサ付き IC タグを開発することとした。センサ部分には、構造物の重要な力学的パラメータの一つであるひずみデータの計測を想定し、ひずみセンサを実装することとした。

本論では、このひずみセンサ付き IC タグの開発に関する基礎的な検討として、まず、ひずみセンサ付き IC タグの開発に必要な要素の洗い出しを行った。次に、各構成要素の役割について調査・検討を行い、その要点を整理してまとめた。

## 2. ひずみセンサ付き IC タグの構成

本研究で考案したひずみセンサ付き IC タグのブロック図を図-1に示す。本システムは、IC タグ、ひずみセンサ部、アンプ部及び AD (Analog to Digital) 変換部から構成される。次に、各部の開発に関して述べる。

## (1) ひずみセンサ部

ひずみデータの計測は、ひずみゲージを用いるのが一般的である。ひずみゲージのメリットとして、半導体チップセンサに比べて安価であること、入手しやすいこと、さらに、クラックゲージや衝撃ひずみ、残留ひずみ測定用ゲージ等、種類が豊富であること等が挙げられる。本研究では、これらの特徴に着目して、ひずみゲージを使用してホイートストンブリッジ回路を組むことによりひずみセンサ部を開発することとした (図-2)。図-2に示すホイートストンブリッジ回路は、抵抗値の等しい4つの抵抗から構成されるが、本研究では構造がシンプルでかつ作成しやすい点を考慮して、ブリッジ回路の1辺にひずみゲージを取り付け、他の3辺には固定抵抗を接続する1ゲージ法を採用することとした。図-2において、ブリッジ電圧を  $E$  (V)、出力電圧を  $e_0$  (V)、ゲージ率を  $K$  とすると、ひずみ  $\varepsilon$  との間に成り立つ関係式は次式の通りである。

$$e_0 = \frac{1}{4} \cdot K \cdot \varepsilon \cdot E \quad \dots \dots (1)$$

## (2) アンプ部

ひずみの値の計測は、式 (1) で表されるように、微小な電圧値  $e_0$  を計測することであるため、その計測は困難であり、またデータとしても扱いにくいものである。例えば、設計基準強度が  $50\text{N/mm}^2$  以下のコンクリートの終局圧縮ひずみは、 $0.0035$  ( $3500\mu$ ) 程度であるが、この時の出力電圧  $e_0$  を上式 (1) を用いて算出すると、わずか  $0.00875\text{V}$  ( $8.75\text{mV}$ ) である。そこで本研究では、このわずか数 mV 程度の出力電圧  $e_0$  を、数 V 程度まで増幅するためにアンプを使用することとした。

## (3) AD 変換部

アンプから出力されるのは、数 V 程度の電圧、すなわちアナログ信号である。情報がアナログ信号のままでは、IC タグ内のメモリに記録したり、プログラム処理に利用することは不可能である。そこで、アナログデータをデジタルデータに変換する ADC (Analog to Digital Converter) が必要となるが、本研究では、ひずみセンサ

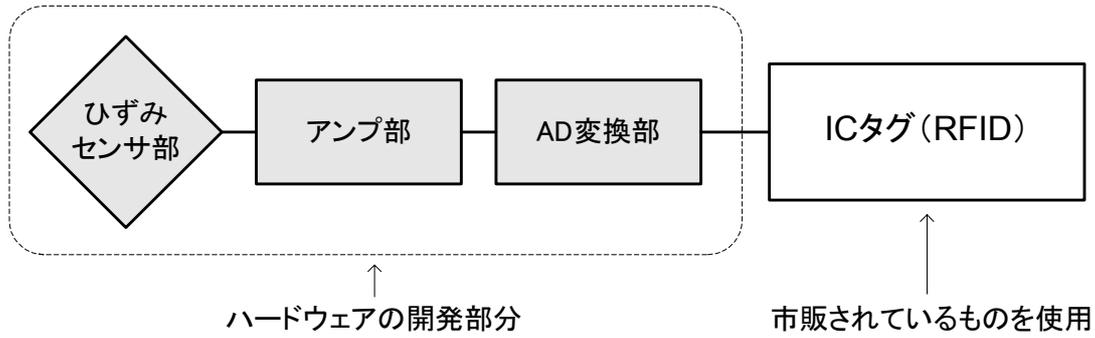


図-1 本研究で考案したひずみセンサ付き IC タグのブロック図

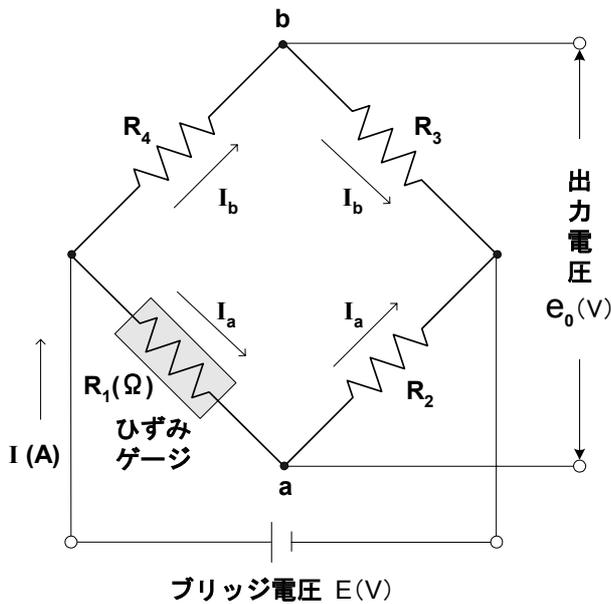


図-2 ホイートストンブリッジ回路 (ひずみセンサ部)

付き IC タグに適した ADC を選定するために、市販されている数種の ADC を対象として、主に分解能と IC タグとの間のインタフェース方式の仕様等に関して比較検討を行っている。

#### (4) IC タグ

現在、様々なタイプの IC タグが市販されているが、IC タグは、電池を必要としないパッシブ型と、電池を内蔵するアクティブ型の大きく2つに分類することができる。IC タグとセンサデバイスとの統合化を考えた場合、電池を電源としてセンサ駆動用に利用できるアクティブ型 IC タグが適していると考えられるが、これ以外にも、通信方式、通信に使用する周波数、内蔵メモリの容量、さらに、タグの加工形状等によっても IC タグの特性は大きく変わるので、この点も考慮してタグの選定を行う必要があるものと考えられる。

#### 3. まとめ

本研究では、IC タグとひずみセンサを融合することにより、開発コストが比較的安価であり、厳しい自然環境下にある土木構造物の長期的な監視・計測を可能とするひずみセンサ付き IC タグを開発することを目標とし、その基礎的な検討として、ひずみセンサ付き IC タグの開発に必要な要素の洗い出しを行った。次に、各構成要素が担う役割について調査・検討を行い、その特徴を示した。今後は、各構成要素についてさらなる調査・検討を行うことによって使用するデバイスを選定し、ひずみセンサ付き IC タグの回路図を考案したいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 三田彰：光ファイバセンサを使ったヘルスマonitoringシステムによる建物の性能保証，光技術コンタクト，Vol. 39, No. 3, 2001.
- 2) 山田聖志，中澤博之，酒井吉永：光ファイバセンサを用いた鋼橋のヘルスマonitoring，第59回年次学術講演会講演概要集，土木学会，pp.85-86, CD-ROM, 2004.
- 3) 藤橋一彦，藤川富夫，前田泰男，平田洋一，柏井善夫，上原幹夫，小松宏至：BOTDR・FBG・OTDR 各方式の光ファイバ変位計の開発，第59回年次学術講演会講演概要集，土木学会，pp.317-318, CD-ROM, 2004.
- 4) 青木茂，藤野陽三，鎌田長明，横川英彰：分散型モニタリングシステム (RIMS) の開発，第59回年次学術講演会講演概要集，土木学会，pp.155-156, CD-ROM, 2004.
- 5) Nagayama, T., Ruiz-Sandoval, M., Spencer Jr., B. F., Mechitov K. A., Agha, G. : Wireless strain sensor development for civil infrastructure, Proc., 1st International Workshop on Networked Sensing Systems, Tokyo, Japan, pp.97-100, 2004.
- 6) 小塩達也，山田健太郎，齋藤好康，椎名政三：摩擦型ひずみゲージによる応力聴診器の開発と構造物の健全度診断への応用，第60回年次学術講演会講演概要集，土木学会，pp.255-256, CD-ROM, 2005.