

パッシブ型センサを用いたワイアレスモニタリングの検討

東京工業大学大学院 正会員 ○佐々木 栄一 東京工業大学大学院 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

インフラストラクチャーの維持管理において、点検に加えて、目視では確認しにくい情報を把握でき、客観的な情報を取得できるセンサリング・モニタリングが注目され、現在、活発に検討が進められている。これまでのセンサリング・モニタリング手法における大きな問題点のひとつとして電源の確保が挙げられる。本研究では、加速度計などと異なり、電源供給を要せず、ひずみ、圧力、腐食環境、振動などによって、電圧、電流を発生するセンサ（パッシブ型センサと呼ぶこととする）でセンサリング・モニタリングすることにより、計測に必要な電力をできる限り抑え、場合によっては、充電により電源を補う仕組みを構築することを目指した検討を行う。また、現場適用性を考え、データをワイアレスにより送受信する方法を採用した、ワイアレスモニタリング装置の試作機の開発を進める。

2. パッシブ型センサ

パッシブ型センサとして、ワイアレスモニタリングに適用するセンサ・素子としては、①圧電素子、②腐食環境センサ、③発電素子を考える。①の圧電素子は、ひずみ、圧力を受けると圧電効果により電圧電流が発生する piezo 材料によるものであり、近年も振動発電に用いられるなど注目されているものである。②自己犠牲型腐食環境センサとしては近年 ACM センサが多く適用されているが、ACM センサは腐食が進行しやすい環境では、自ら腐食し、腐食電流を発生させる点で、パッシブ型のセンサと呼べる。③発電素子としては例えばエレクトレットなどがあるがこれは物体や構造体の振動で静電誘導の原理で発電をするものであるが、これまでのところ比較的高い振動数での振動への適用にとどまっている。

本研究では、これら①から③のセンサを組み合わせたワイアレスモニタリング装置の開発を目指しているが、ここでは、まず、パッシブ型センサとして、②腐食環境センサである ACM センサを考え、ACM センサから得られる腐食電流値を取得するとともに、温度、湿度を同時計測するワイアレスモニタリング装置の検討を行った結果を示す。

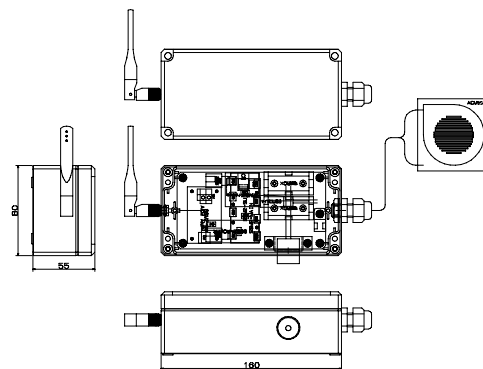


図-1 ワイヤレス腐食環境センサの形状

3. ワイヤレス腐食環境センサリング装置

ここでは、開発したワイアレス腐食環境センサリング装置の試作機について説明する。装置は、温度、湿度のほか、パッシブ型センサとして適用する ACM センサの腐食電流値をワイアレスで取得できるような独自装置とし、現場計測への適用性の向上を図っている。本研究では、計測する温度、湿度、ACM センサの計測条件など、ワイアレスセンサの仕様について検討したうえで、センサを試作し、その動作確認、データ取得状況の確認を実施した。図-1 に、ワイアレスセンサの形状および寸法を示す。幅 80mm、長さ 160mm、厚さ 54.5mm のボックスに 2 つの電池、温度計、湿度計、ACM センサの腐食電流値計測回路、3 軸加速度計が収納されている。表-1 に選定した各センサの仕様を示す。

計測は、各センサから基地局となる PC へデータを転送し取得することで行う。ワイアレスデータ取得のための仕様としては、通信距離等から、表-2 の仕様を選定した。さらに、表-3 に試作したワイアレスセンサの電源仕様について示す。実際のワイアレスセンサには電池は 2 つ設置されている。10 分に 1 回の計測、5 時間に 1 回（30 サンプル同時送信）で、電池 2 つで 240 日以上計測が可能である。

キーワード センサ、パッシブ、ワイアレス、モニタリング

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-20 東京工業大学大学院理工学研究科 TEL 03-5734-2596

表-1 試作ワイアレスセンサに用いる各種センサの仕様

センサの種類	測定レンジ	分解能 (LSB)	計測可能サンプリング周期
温度	-40～123.8℃	0.05℃	1～65535 秒
湿度(相対湿度)	0～100%	0.05%	1～65535 秒
ACM(電流値)	0～100 μ A	0.03 μ A	1～65535 秒
	0～500 μ A	0.13 μ A	1～65535 秒
加速度	$\pm 16g$	31.2mg	1～65535 秒

表-2 試作ワイアレスセンサに用いるワイアレス通信の仕様

種類	規格	通信距離	最大消費電力	伝送速度
ZigBee	IEEE802.15.4 2.4GHz	100m 以下	45mA	250kbps

表-3 試作ワイアレスセンサに用いる電源の仕様 (1 個当たり)

種類	規格	出力電圧	容量
電池	30×25	3VDC	CR123A:1400mAh×2 個

4. テスト計測

試作ワイアレスセンサは、琉球大学暴露試験場で 10 時間程度のテスト計測を行い、データの取得状況などを確認した。図-2 にワイアレスセンサの設置状況を示す。ACM センサの腐食電流値計測においては、腐食電流値の上限値を 100 μ A (センサ 1)、500 μ A (センサ 2) とした、2 つのワイアレスセンサを用いた。基地局としては、受信器を USB 接続したノート PC を用いた。図-3 から図-4 に試用による計測で得られた、温度、ACM センサの腐食電流値の時刻歴を示す。データの欠損もなく、良好なデータ取得状況であると判断される。今後、より長期間の継続計測を実施する予定である。

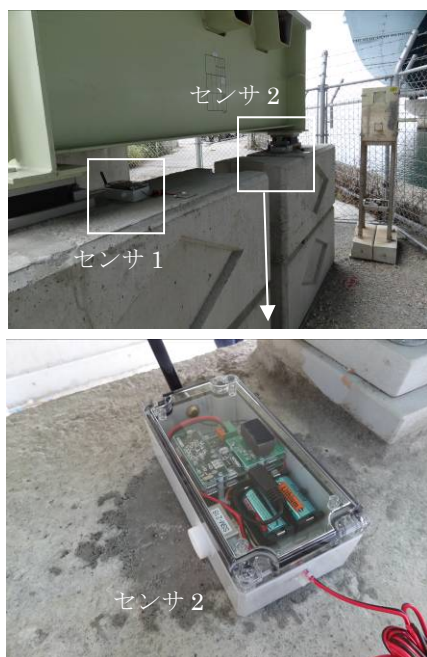


図-2 センサの設置状況

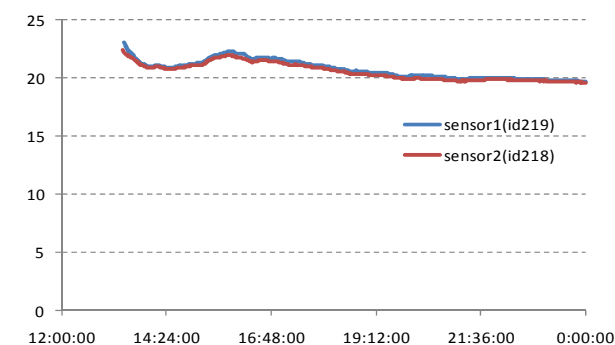
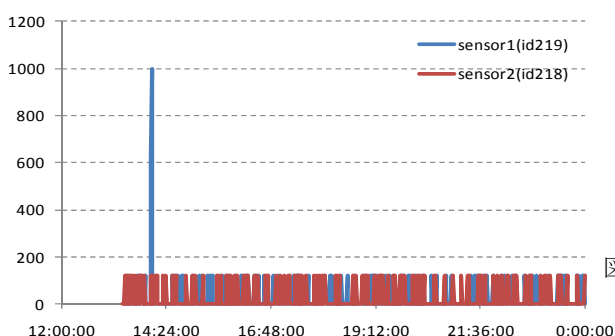


図-3 温度計測結果

図-4 ACM センサの
腐食電流値

5. おわりに

本研究では、パッシブ型センサを用いたセンサリング・モニタリングシステムの構築を目指し、まず、腐食環境モニタリング装置について検討した。今後、今回開発した装置を圧電素子（圧電ひずみフィルム等）のデータ取得にも機能拡張するとともに、発電素子についても、道路橋で卓越する 10Hz 程度の振動数にチューニングしたパッシブ型センサの試作を進め、これらを統合した現場適用性の高い装置の開発を進める。

謝辞：本研究は、国土技術政策総合研究所委託研究「土木構造物の目視困難な構造部位の実用的診断手法に関する研究」（研究代表者：東京工業大学三木千壽教授）の一環として実施したものである。