

第III部門

災害監視および環境観測への無線マイクロセンサの応用に向けた基礎的研究

大阪大学工学部	学生員	○池永 章祐	大阪大学大学院	正会員	谷本 親伯
大阪大学大学院	正会員	小泉 圭吾	応用計測工業(株)	非会員	藤田 行茂
大阪大学大学院	学生員	谷本 泰雄	(株) オーデックス	正会員	上出 定幸

1. はじめに 近年、自然改変行為に伴う地盤災害や、都市部で発生するヒートアイランド現象が問題となっている。これらの問題への対策を講じるためには、現象が発生する地点の地質情報や気象情報を詳細に把握する必要がある。そのため、防災および環境の視点から各種観測が行われているが、既往の観測手法は、観測が密に行えない、計器の規模が大きいため設置・維持管理面での手間を要するといった問題点を含んでいる。したがって、これらの問題点を解決する観測手法が望まれる。

2. 目的 無線通信装置を搭載したマイクロセンサを用いることで、これまでの災害監視および環境観測のもつ問題点を解決するシステムの構築が検討できる。無線マイクロセンサ（以後無線センサと記す）を用いた災害監視および環境観測を実現する上で必要な基礎的情報として、①通信距離、②遮蔽物が無線通信に与える影響度、③無線センサに搭載されるセンサの精度、④バッテリーの駆動時間、などが考えられる。本研究では各種試験を行うことで、これら4点の情報を把握することを目的とする。

3. 使用する無線マイクロセンサの概要 図1に本研究で使用する無線センサを示す。この無線センサには湿度センサ、温度センサ、気圧センサ、光度センサ、加速度センサおよびGPSセンサが搭載されている。計測されたデータはパソコンと接続された受信機に無線で直接、また別の無線センサを経由して送信される。

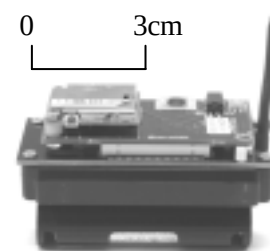


図1 無線マイクロセンサ

4. 試験概要および結果 本研究では、目的に挙げられる4点の情報を各種試験により把握する。以下にそれぞれの情報に対する試験方法および結果を記す。

i) 通信距離 試験は見通しの良い屋外において無線センサを受信機から2m単位で遠ざけていき、各地点で3分間計測を行った。計測時間内に通信が確認できなくなった時点で試験を終了した。この結果、22mの距離まで通信が行えることが確認された。また、屋内において無線センサを運用した結果、少なくとも20mの距離まで通信が行えることが確認された。

ii) 遮蔽物が無線通信に与える影響度 以下の式で導かれるRSSI値を用いて、遮蔽物が無線通信に与える影響度を検証する。

$$y = 10 \log_{10} (x / 1\text{mW})$$

y : RSSI 値 (dBm), x : 受信機の受信電力

RSSI 値とは受信で生じる電力 1mW を 0dBm と定義したとき、受信機が無線センサから受信する電力を評価する無次元の指標である。RSSI 値が小さいほど通信状況

が良くないことがいえる。本試験では、遮蔽物として災害監視を行う現場に存在すると考えられる木材およびコンクリートを選定した。これらの材質で構成される容器を用いて無線センサを密閉し、見通しの良い屋外においてRSSI値の計測を行った。2mごとに距離を変更して各地点で3分間計測を行い、i)で通信が行えた22mまで試験を続けた。また、遮蔽が無い状態でも同様にRSSI値の計測を行い、このとき得られるRSSI値を基準値として検証を行った。図2に試験結果を示す。6mまでの距離では2~10dBm程度の遮蔽に

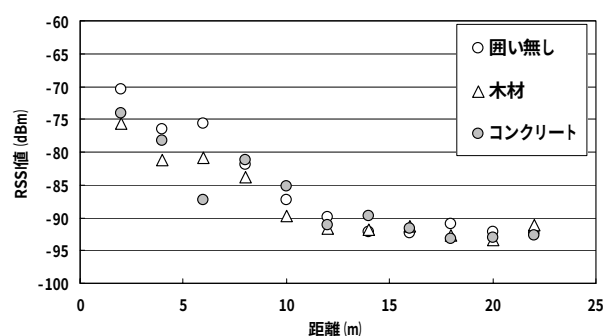


図2 試験より得られたRSSI値

よる RSSI 値の減少が見られるが、距離が長くなると遮蔽による影響は見られなくなる。また、今回の試験では、遮蔽物の有無にかかわらず、-94dBm 程度で通信が途切れることが確認された。以上の結果より、木材およびコンクリートによる遮蔽は無線通信に影響を及ぼすほどではないと考えられる。

iii) 搭載されるセンサの精度 本研究では、無線センサに搭載されるセンサのうち、まず湿度センサおよび温度センサの検証を行った。検証を行うにあたり、それぞれ 27 個のセンサを用いた。湿度センサの検証方法として、JIS Z8806「湿度測定方法」に記載される飽和塩溶液法を用いた。この方法を用いることで、33%と 75%の恒湿度環境を作ることができる。これらの恒湿度環境下において計測を行い、湿度センサの検証を行った。図 3 および図 4 に試験結果を示す。33%の恒湿度環境下では、約 1%低い値を示すものの頻度が最も多く、75%の高湿度環境下では、約 4%低い値を示すものの頻度が最も多い傾向を示した。次に温度センサの検証を行う。温度センサの検証には通例恒温器が用いられるが、検証に時間を要するわりに恒温状態を維持するのが困難である。そこで、簡易に検証を行う方法として、外気の流入がない密閉された空間に無線センサとともに補正が行われた温湿度センサ THP-728（神栄株式会社）を設置した。2つの温度センサの計測値の差から、無線センサに搭載される温度センサの実際の温度との誤差を求める。図 5 に試験結果を示す。温度センサは 0.2℃低い値を示すものの頻度が最も多く、実際の値よりわずかながら低い値を示す傾向があるといえる。

iv) バッテリーの駆動時間 本研究で使用する無線センサは常時電力を消費する HP モードと、データの計測・送信を行う時以外は電力の消費を抑える LP モードとがある。本研究ではまず HP モードでの駆動時間を検証した。本研究で使用する無線センサは単三電池 2 個で稼動するため、初期状態で約 3V の電力が存在する。この電力が 2.5V を下回ると、安定した通信が期待できないため、2.5V を運用上の閾値に設定する。2.5V に達するまでの時間を駆動可能時間とし、試験によりこれを検証した。試験は 25 個の無線センサを用いて行い、計測間隔は 10 分に設定した。図 6 に試験結果を示す。24 個の無線センサで 2000 分以上の運用が行えたが、1340 分で 2.5V に達した無線センサが存在した。この無線センサはとりわけ初期電力が他のものよりも約 0.2V 低い値であったため、このような結果が生じたと考えられる。

5. まとめ 以上のことより、本研究で得られた知見を示す。①無線センサの通信距離を検証した結果、屋外では 22m、屋内では 20m の距離までは通信を行えることが確認された。②遮蔽物が無線通信に与える影響度を検証した結果、総じて試験経過を見ると、木材およびコンクリートの材質による遮蔽が無線通信に与える影響は考慮するほどではないと考えられる。③無線センサに搭載される湿度センサは、実際の湿度よりも 33%環境下で約 1%低い値を、75%環境下で約 4%低い値を示す頻度が高いため、高湿度環境下になると誤差が大きくなると推測される。また、温度センサは実際の値より 0.2℃低い値を示すものの頻度が最も多く、わずかながら低い値を示す傾向があるといえる。④無線センサは HP モードで計測間隔を 10 分に設定すると、初期電力が他よりも約 0.2V 低いものを除けば、2000 分以上の運用が可能であることが確認された。

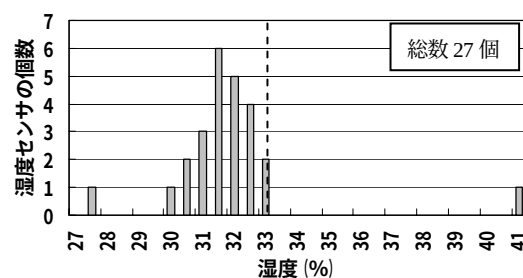


図 3 33%の恒湿度環境下での計測結果

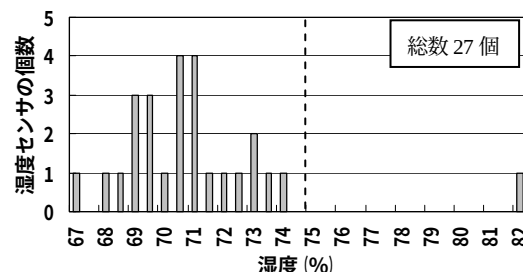


図 4 75%の恒湿度環境下での計測結果

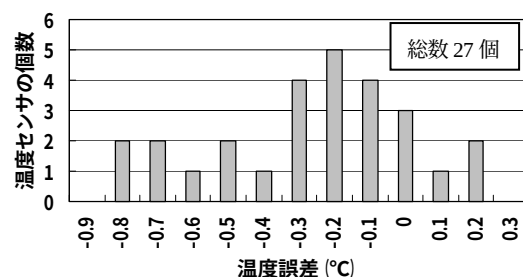


図 5 温度センサの計測結果

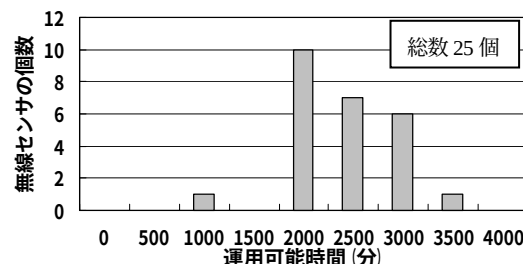


図 6 バッテリーの駆動可能時間