

1.はじめに

高度経済成長期に建設された橋梁などの土木構造物は近年老朽化が進み、新規建設コストに代わって維持管理コストが重要視されるようになってきている。構造物の維持管理を行う場合、まずそれらの損傷度や健全度を診断する必要があり、低コストかつ効率的な維持管理システムの確立が必要とされている。そこで従来ケーブルによって行われていた、計測現場サイト内に設置された各種センサとデータ計測装置とのデータの授受を、無線ネットワークによって行うことで効率的な維持管理システムが確立されると考える。本研究では Crossbow Technology, Inc のセンサネットワーク評価キットである MOTE を用いて無線センサネットワークを構築し、橋梁モニタリングのための基礎研究を行う。

2.無線センサネットワーク

無線センサネットワークとは、通信機能を有する多数の小型センサ(センサノード)を用いてネットワークを形成し、センサデータの収集を行うシステムである。本研究で採用した MOTE はノードがデータ収集の初期点、中継点、拡大点となってノード端末同士が中継することができるためマルチホップ機能を持つ。またノード端末が直接通信し、自発的にネットワークを形成するアドホック機能やノード端末の追加・削除の際や通信状態に応じてネットワークを自己修復・リセットする機能、ネットワーク構築のための最適な配置を決定するルーティング機能を持つという特徴がある。

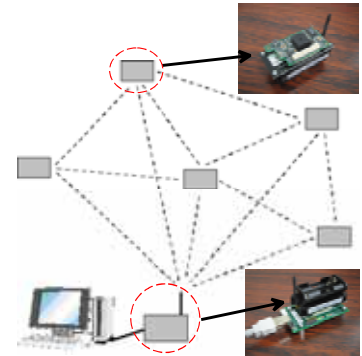


図-1 計測システムの概略図

3.MOTEの構成

MOTE はセンサ基盤(MTS310CA、MTS300CA、MTS300CB)、無線基盤(MICAz)、インターフェース基盤(MIB520)から構成されている。センサ基盤には音センサ、光センサ、温度センサを搭載している。また無線基盤の MICAz は IEEE 802.15.4/ZigBee 規格に準拠した RF トランシーバ IC、Chipcon CC2420 を搭載し、2.4GHz 帯を用いている。さらに MICAz は単三電池 2 個を使用し、電池電圧モニタを搭載しているため電池電圧を測定できる。インターフェース基盤の MIB520 は MOTE に USB 接続し、通信そしてプログラミングを可能としている。また電源は USB バスを通じて PC から供給される。

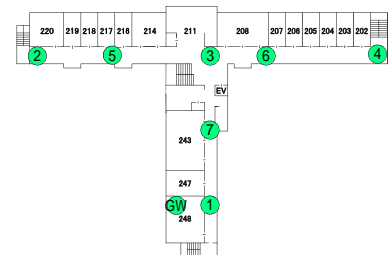


図-2 24号館 2F の概略図と測点

4.計測システム

計測システムの概略図を図-1 に示す。計測は MICAz に MTS310CA などのセンサ基盤を取り付けて、計測と通信を行う。さらにインターフェース基盤の MIB520 に MICAz を搭載すると PC と連結し基地局となる。また本研究ではソフトウェアに Crossbow Technology, Inc が開発した Mote View を用いる。

5. 本学 24 号館を対象としたモニタリング

本実験では名古屋工業大学 24 号館 2F 廊下を対象としたモニタリングを行った。24 号館 2F の概略図および計測点 1~4 を

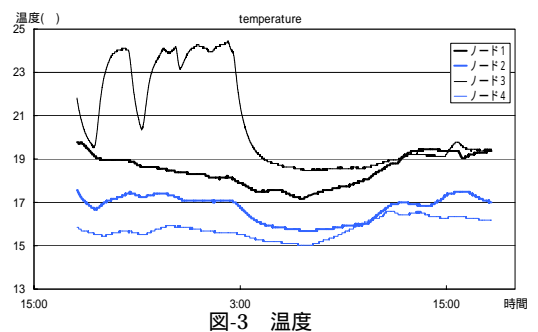


図-3 温度

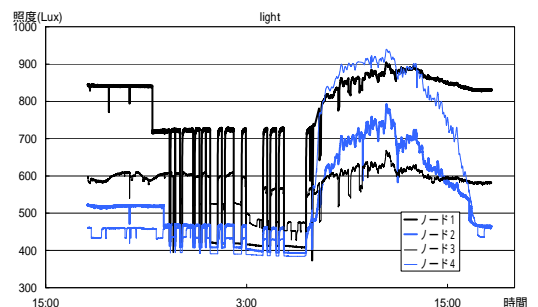


図-4 照度

図-2 に示す。(5~7はセンサ基盤のない無線基盤のみ、GWはインターフェース基盤の位置)センサ基盤にはMTS310CAを用いた。また本実験を橋梁モニタリングの基礎研究と位置づけていることから計測は10秒間隔の計測を24時間行った。温度のグラフを図-3に、照度のグラフを図-4に、マイクロホンのグラフを図-5に示す。また計測中の主なネットワークを図-6、図-7、図-8に示す。

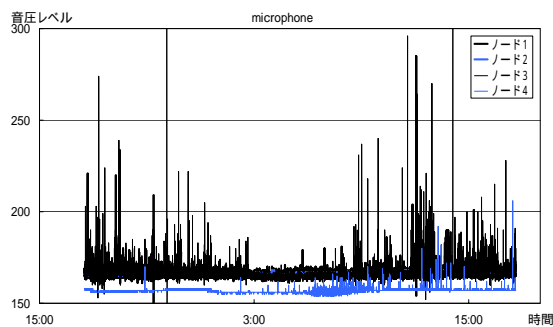


図-5 microphone

全体の約8割近い時間帯で図-6のノード2、4、5、6がノード3を中継するというネットワークの状態を形成した。これは、夜間から早朝にかけてネットワークを形成していたことを考えると、比較的人通りなどの障害が少ないということから安定して長時間このネットワークを形成したものであると考えられる。逆に人の往来が激しくなる正午付近からはルーティング状態が頻繁に変化していることがみてとれた。具体的に、ノード2、4、6が一度ノード5を中継する図-7のネットワークや、ノード2はノード5を、ノード5はノード4を中継する図-8のネットワークなどが挙げられる。これは各ノードが通信状態に応じてネットワーク構築のための最適な配置を決定するというルーティング機能を持っているためであると考えられる。

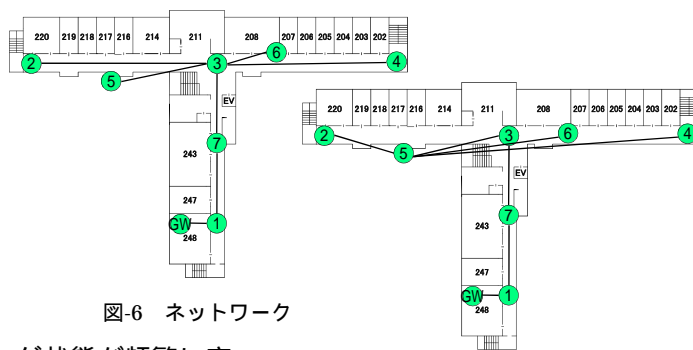


図-6 ネットワーク

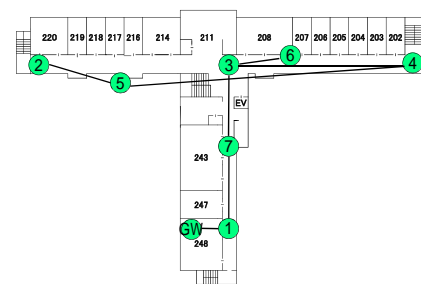


図-7 ネットワーク

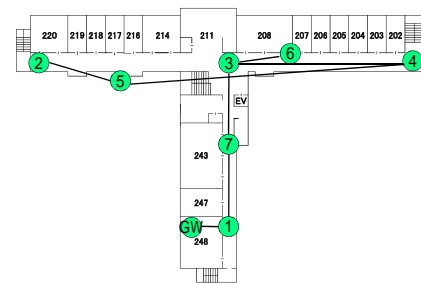


図-8 ネットワーク

## 6. 省電力設計との比較

ここでは、センサ基盤の MTS300CA と省電力設計された MTS300CB との電池電圧の低下に関する比較実験を行った。計測は24号館248号室を対象として10秒間隔の計測を24時間行った。また MTS300CA と MTS300CB での計測を同条件で行うため、同じ無線基盤の MICAz と同じ充電式ニッケル水素電池を使用して比較実験を行った。電圧消費の比較の表を表-1に、電圧低下の比較のグラフを図-9に示す。表-1、図-9から減少量の差は約0.19Vと両者に大きな差が表れた。また MTS300CA の電池電圧減少率が8%以上であるのに対して、省電力設計された MTS300CB の電池電圧減少率は約1.5%にとどまり、MTS300CA と MTS300CB とでは電池電圧減少率の差が非常に顕著に表れる結果となった。

表-1 電力消費の比較

ノード	センサ基盤	初期電圧(V)	最終電圧(V)	減少量(V)	減少率(%)
1	MTS300CA	2.783	2.551	0.232	8.35
	MTS300CB(省電力)	2.789	2.746	0.043	1.53
2	MTS300CA	2.808	2.566	0.242	8.61
	MTS300CB(省電力)	2.808	2.765	0.043	1.55

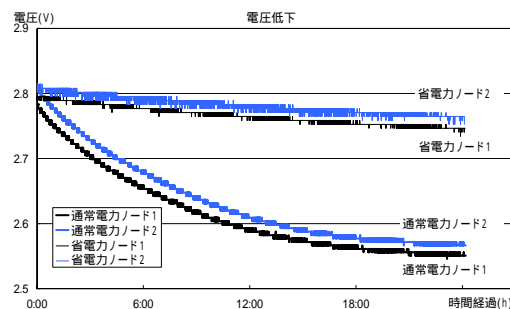


図-9 電圧低下の比較

## 7. 結論

今回の実験で屋内という条件ではあるが、安定したネットワークが構築されモニタリングすることができた。よって設置状況や、インターフェース基盤とPCの電源確保、屋外での通信状況などの問題を解決することによって、無線センサネットワークを用いた橋梁モニタリングに適応できると考えられる。また実際の橋梁モニタリングでは数ヶ月単位での計測が求められることから、省電力設計のセンサを用いることによってさらに安定したモニタリングが可能になると考えることができる。

指導教員 岩本 政巳 助教授