

平成 28 年 4 月 26 日

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金  
受託者 三菱UFJ 信託銀行株式会社 宛

## 研究概要書

研究課題：災害時における成層圏気球を活用した広域高速道路管理用センサネットワークの構築

研究代表者： 京都産業大学 コンピュータ理工学部 瀬川典久

共同研究者：山梨大学 大学院 総合研究部 教授 美濃 英俊

### はじめに

従来の地上に設置したセンサネットワークとは異なり、成層圏に到達する気球を利用した長距離の MAD-SS センサネットワークの活用を提案する。本研究が実現した場合、広範囲で災害が発生した場合、成層圏気球センサネットワークによって、地上に置かれたセンサの情報を、数百キロにわたって容易に取得することが可能になる。

### 1. 研究の目的

2011 年東日本大震災、2016 年熊本震災では、大規模震災によって、大規模な停電が発生し、携帯電話網の利用が不可能になった。受信局も、3G ネットワークが遮断され、停電が発生し停止した。また、現地の国道などが通行止めになり、受信局の復旧にかなりの時間を要した。

津波計、地震計、地滑りセンサ等が取り付けられている、1mW から 10mW 程度の低電力で送信するセンサネットワークを活用し、災害などによって受信局が一時的に使えない状況において、成層圏気球を中継局とすることで、広範囲にデータを取得することを示す。

### 2. 研究内容

#### 2-1 バッテリーで 1 年以上動作する高速道路管理用センサネットワークの構築

強い地震が発生したとき、その付近の建設物、地面の健全性を素早く調査したいニーズがある。そこで、道路用斜面監視センサノードの開発を行った。このセンサノードは、地震観測用の高性能加速度センサを活用し、その情報を Arduino 側でスケジューリングしながら適宜 MAD-SS 送信機 (MAD-SS シールド) を利用し、長距離に伝送する。1mW の電波出力で、アンテナの設置方法で、地上間でも 10Km 程度の通信距離を確保する。消費電力は、通常計測時が 135mW、データ送信時が 250mW である。Watchdog timer を利用した時のアイドル時は、約 2mW である。よって、スケジューリングを設定し、アルカリ単一電池 10 本 (12500mAh×14 本) で 10 分に一度 10 秒計測しデータを送信した場合、約 400 日稼動することが予想される。

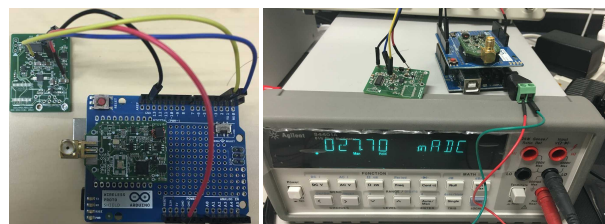


図 1 低消費電力斜面監視センサノード

## 2-2 成層圏気球に装着する中継ノードの開発

本中継ノードは、地上に設置したセンサネットワークの情報を成層圏気球で受信し 100 km 以上離れた地点に送信する。成層圏気球に装着するために、(1) 小型軽量 (300g 程度) (2)  $-50^{\circ}\text{C}$  程度でも安定に動作する (3) 安全に運用するための簡易コントロールが必要となる。

本研究では、新たに受信機を開発を行った。

図 2 は、BPSK 搬送波からオーディオ帯域のスペクトラム拡散信号をとりだす受信機である。重量は、55g であり、消費電力は、平均 0.2W である。周波数安定度は、0.5ppm である。図 3 は、オーディオ信号から送信データを取得するためのマイコンである Raspberry Pi Model A+ と Cirrus Logic Audio Board (Wolfson 社製 Smart Codec with Voice Processor DSP WM5102) である。ソフトウェアは、MAD-SS 受信プログラムおよび pulse audio システムを利用している。重量は、48g であり、消費電力は、平均 0.67W (最大 1.1W) である。



図 2 MAD-SS 小型専用受信機



```
Flag
65536
flag
65536
65536
data : num = 1, number = 139, charcode = #
data : num = 2, number = 13, charcode =
65536
data : num = 3, number = 77, charcode = H
65536
data : num = 4, number = 65, charcode = A
65536
data : num = 5, number = 60, charcode = D
65536
data : num = 6, number = 45, charcode = -
65536
data : num = 7, number = 83, charcode = S
65536
data : num = 8, number = 83, charcode = S
65536
data : num = 9, number = 13, charcode =
65536
data : num = 10, number = 10, charcode =
```

図 3 MAD-SS 小型受信システム

## 2-3 緊急時における高速道路管理用センサネットワークの成層圏気球によるデータ収集手法確立

2-1, 2-2 で制作した送信機、受信機の評価を行うために、実際に成層圏気球に、中継器を搭載し実験を行った。2-1 で制作した送信ノードを山梨大学工学部の屋上に設置した (図 4)。2016 年 3 月に長野県から気球を放球した (図 5)。送信ノードから出力されたデータを成層圏気球で受信し、そのデータを成層圏気球から地上に送信した。地上の受信機は、足利市および茨城県沖の船に設置した。



図 4 屋上に設置したセンサノード

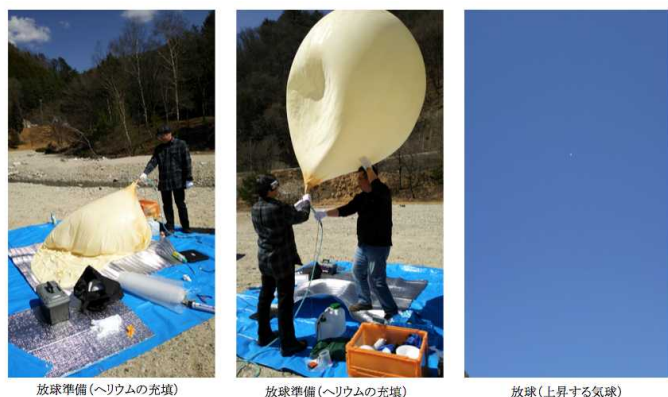


図 5 成層圏気球の放球

気球の高度が14000mに達したとき、2カ所で中継受信が可能になった。気球を介して、それぞれの通信距離は、約100km、約300kmであった（図6）。



図6 中継通信の実現

### 3. まとめ

本研究では、地上に設置した低消費電力斜面監視センサノードの情報を長距離通信モジュール MAD-SS シールドと成層圏気球中継通信を活用し、広域で中継通信を行うことに成功した。ただし、今回の実験では、気球の回収に失敗した。今後は、これらの、改良モジュールを利用し、地上と安定した通信を目指す。