

3. 気圧センサ IC タグの開発による簡易気象観測 システムの実現

齋藤 修^{1*}・宮部紀之¹・桑原 祐史²・安原 一哉²

¹茨城大学工学部大学院理工学研究科 (〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

²茨城大学工学部都市システム工学科 (〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

* E-mail: o-saitou@ijsnet.ne.jp

近年、日本においても竜巻、突風、短時間での豪雨、大型の台風の襲来が顕著である。CO₂ 増加による温暖化がこれらの異常気象をもたらしていると考えられる。最近、顕著になった局所的な豪雨に関しても様々な研究がなされ、さまざまな観測システムが確立されつつある。しかし、短時間の気象変化を予測して、地域住民に報告するシステムは複雑で大型化し構築が難しい。

茨城県では CO₂ センサや、温度、湿度センサをシステム化して電子百葉箱としたネットワークシステムの構築を進めている。本システムは気圧観測も可能であり、茨城県内で発生した集中豪雨発生時の温度、湿度、気圧、風向・風速データをリアルタイムで観測しており、集中豪雨発生直前の明確な気圧変化を捉えることができた。本研究ではこの事例のような気圧測定に注目し、多点広域で気圧データを収集する気圧センサ IC タグを開発することにより、センサネットワークシステムを確立し、集中豪雨予想の可能性を検討したものである。

Key Words : CO₂ ,Environment, Barometric Pressure, Downpour, Grid,Sensro-IC-tag

1. 茨城県でのセンサネットワークシステム^{1) 2)}

茨城大学では茨城県内のCO₂ レベルの可視化を実現し、県民すべてがCO₂ レベルの認識を得ること目的としてCO₂ センサを多地点・高密度に設置する「茨城県CO₂ グリッド」を2003年より研究してきた。図-1に茨城県CO₂ グリッド構成図を示す。2007年より茨城県日立

市の茨城大学工学部にCO₂ 測定を主目的として図-2に示す「電子百葉箱」を設置した。

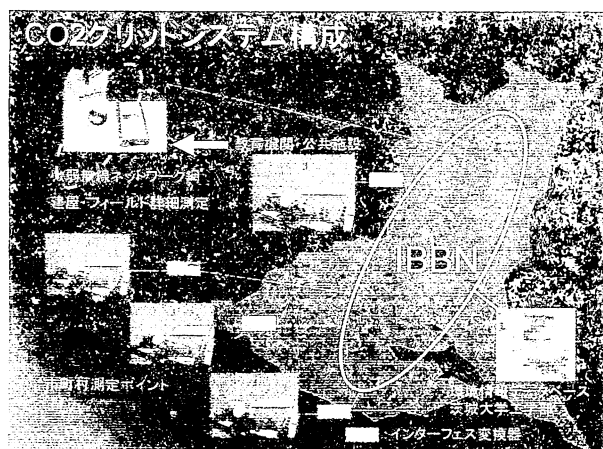


図-1 茨城県 CO₂ グリッド構成図

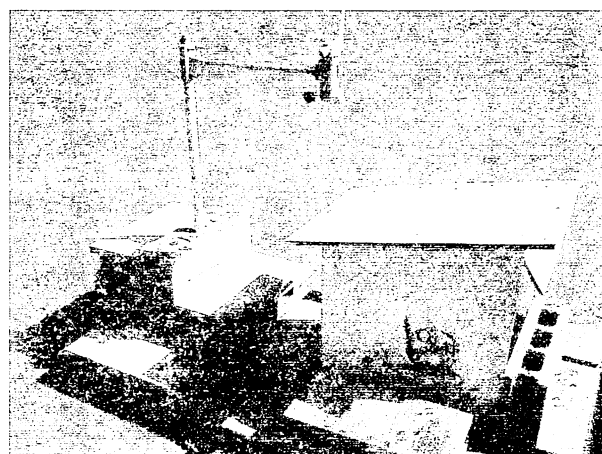


図-2 電子百葉箱

これらを多数県下の自治体、教育機関などに設置して県内地域のCO₂ レベル可視化を実現するのが「茨城県CO₂ グリッド」である。本システムの目的は、茨城県

と連携したセンシングネットワークを構築して、環境情報を可視化し合わせてそのデータを効率良く収集し解析して、その結果として地域の環境の状況を把握して住み良い暮らしへの適用性を検討する一つの指標をつくることであり、温暖化対策の可能性を探るものである。「電子百葉箱」にはCO₂ センサの他に、温度、湿度センサ、風向、風速計の他に、気圧センサ(気圧計)を持ち、気象観測用のデータも収集可能である。本システムの目的はさらにネットワークインフラを作り上げることで、センシングシステムの拡張性を広げることである。

2. 電子百葉箱の仕様

茨城県のセンサネットワークシステムは電子百葉箱が基本となるものである。電子百葉箱は光学式 CO₂ センサを用いた設置型 CO₂ 測定器を基に筐体を作成しネットワークインタフェースを加えてシステム化したものである。設置型 CO₂ 測定器外観を図-3 に示す。設置型 CO₂ 測定器は茨城県内のシステムメーカーである株式会社ユー・ドムが自社開発したものであり、システム化にあたり茨城大学と連携したものである。茨城県下の自治体の各地域に設置される電子百葉箱には外付けではあるが、風向・風速計を取り付け、風向・風速による影響も合わせて測定出来るようにした。また温度・湿度センサに加え、気圧計をオプション(電子百葉箱には標準装備)として取り付け、PC(パーソナルコンピュータ)を利用したデータの連続測定を可能にした。茨城県内に配置される電子百葉箱により測定された CO₂ や気象データは一日ごとに纏められデータベース化される。本研究では温度・湿度に加え、この気圧測定機能が捉えた 2008 年の集中豪雨時の気象変化、特に気圧変化に着目し、気圧センサを低価格でセンサ IC タグ化し、さらにネットワークインタフェースを加えて、電子百葉箱による測定に加えて気圧センシングネットワーク「茨城気圧グリッド」を実現するものである。参考までに設置型 CO₂ 測定器の各センサのサンプリングタイムを表-1 に示す。設置型 CO₂ 測定器で使用した気圧センサの仕様を表-2、気圧センサ外観を図-4 に示す。

表-1 設置型 CO₂ 測定器のサンプリングタイム

	データ 最小単位	サンプリン グ間隔
CO2濃度	1ppm	3s
気温	0.1℃	3s
湿度	0.1%	3s
気圧	0.1hPa	3s
風向	5°	5m
風速	0.1m/s	5m

表-2 気圧センサの仕様

型式	Setra MODEL276
測定範囲	800～1100hPa
精度	±0.25%FS
補償温度	0～55℃
使用温度	-20～80℃

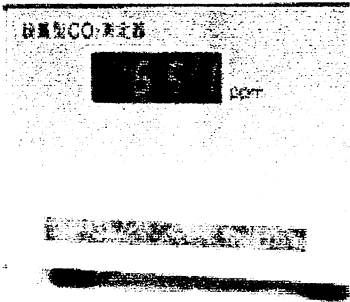


図-3 設置型 CO₂ 測定器外観

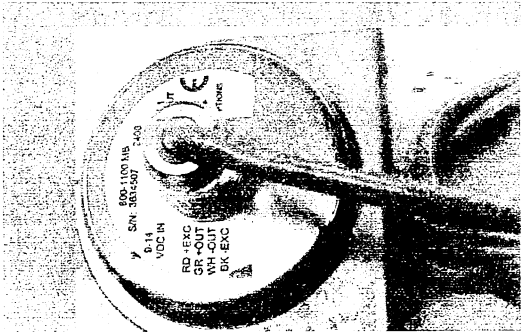


図-4 気圧センサ外観

本研究で選択した気圧センサは航空機や気象観測に利用される高機能タイプである。市場には低価な半導体圧力センサが多数見かけられるが、長期で利用する場合には温度特性が重要であるため、今回は、高機能センサを利用した。しかし、グリッド化するためには多数のセンサが必要となる。今後、MEMS(Micro ElectromechanicalSystem: マイクロ・エレクトロメカニカル・システム)センサ等の半導体センサの利用も検討する。図-5に半導体センサ例の外観を示す

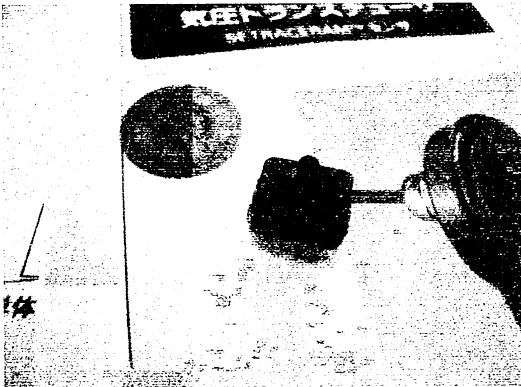


図-5 半導体センサ外観

3. センサICタグ⁹⁾

大気や気象の計測を含めて、一般的な計測機器は、センサ・アンプ・レコーダなどの容量も大きく外部の電源が必要なシステムが主流であり、測定環境の面での制約も多く不便であり、さらに高価である。

しかし近年、センサ自体の高性能化・小型化や省電力化、低価格化は著しく進み RFID(Radio Frequency Identification:無線 IC タグ)との組み合わせで電池駆動で長寿命な測定期間を実現できるようになり、低価格でありながら大規模なセンシングネットワークが実現できる。表-3 に RFID の種類と用途を示す。このように、センサと IC タグを結びつけたものがセンサ IC タグである。低価格なセンサ IC タグの出現が多数のセンサによるセンシングネットワークを実現するものである。

表-3 RFIDの種類と用途

種類	方式	通信距離	周波数
アクティブ	電池内蔵	～数10m	300MHz～400MHz
パッシブ	電磁誘導	～1m	125kHz～135kHz
	電磁誘導	～1m	13.56MHz
	マイクロ波	～2m	2.45GHz
	マイクロ波	～5m	860MHz～960MHz

センサを駆動するには電源とインタフェースが必要となる。本研究ではアクティブ IC タグを利用した。アクティブタグは、低価格で小型、低消費電力を実現した、S-NODE と呼ばれる汎用性の高いものである。S-NODE は独立行政法人産業技術総合研究所とワイマチック株式会社が共同研究開発し、加速度センサを用いたシステム構築で茨城大学が連携したものである。表-4 に S-NODE の仕様を示す。

表-4 S-NODE の仕様

型式	送受信微弱無線モジュール
送受信周波数	302.4Hz
送信出力	電界強度500μV/m以下
通信距離	10数m
変調方式	ASK9600bps マンチエスター符号4800bps
相互干渉	検知せず
エラー訂正	ソフトウェアエンコーダ・デコーダ
消費電力	送信時5mA以下
電源	単三電池利用時 180時間以上

S-NODE は基本的に微弱無線通信でデータを送受信する。気圧センサを利用してセンサ IC タグを構成する場合は、微弱無線データ通信は通信速度が低速であるが、データ量が少ないために問題にはならない。

4. 集中豪雨の発生メカニズムと気象との関連

気象学的に集中豪雨の定義は無く、比較的短時間に狭い区域で多量に降る雨のことを言う。どのくらいの範囲に、何時間に何ミリ以上降った場合を集中豪雨というのかという定義も無い。

集中豪雨発生のメカニズムについては、「2008年8月末豪雨」について分析資料が発表されている⁴⁾。これらの分析結果から、集中豪雨が複雑な、地球規模での気象変化の影響を受けることが理解できる。また、気候変動の影響も出ているものと思われる。また日本における山岳地域のような複雑な形状や条件を持つ地域は、地形の影響を受けて雨域が変動する⁵⁾。都市部においては近年のヒートアイランド現象や、都市構造など様々な影響を受けながら集中豪雨が発生する。

5. 茨城県での集中豪雨の発生と被害

本研究のきっかけとなったのが茨城県多賀地区の2008年8月14日の集中豪雨である。午後4時過ぎに降雨が始まり、約30分で50mm以上の降雨量であった。午後4時30分からの1時間の間では83.5ミリを記録し、8月の市における1時間雨量の記録を更新した。この結果、日立市内でも、8月14日には、県道日立笠間線のJ R日立多賀駅付近のアンダーパスで、3台の乗用車が水没するという事故が発生した。図-6参照。また、8月28日から29日にかけて、東海・関東、中国地方と広い範囲で集中豪雨が発生した。図-7に電子百葉箱が捉えた8月14日の集中豪雨直前(ゲリラ豪雨とグラフ表示)の気圧と気温に注目したグラフ変化を示す。前日深夜から降雨直前までの気圧変化が確認できる。

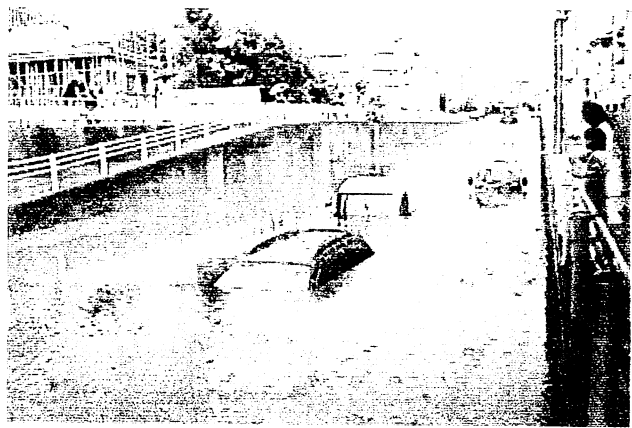


図-6 JR 常陸多賀駅南の冠水したアンダーパス

こういった集中豪雨は土砂災害を誘発する原因でもあり、山地や土構造物は予防対策が必要である。また、公共交通機関の遮断や遅延などを含めたライフラインへの影響は社会複合災害と言える広範囲の災害発生が懸念される。

6. 電子百葉箱での測定データ

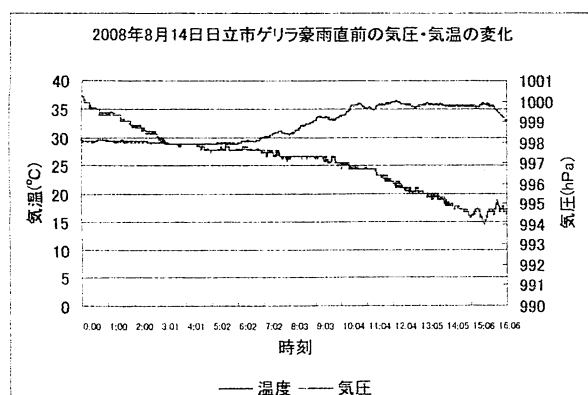


図-7 電子百葉箱が捉えた気圧と温度の変化

一般的に、集中豪雨時には気圧や気温の低下が報告されている。図-7では気圧の低下に伴い、温度の上昇が見られる。図-8に気圧と湿度に注目したグラフを示す。この測定結果からは、湿度の低下が見られ、一般的に言われる現象とは逆の現象が見られるが、さらにデータの収集が必要である。

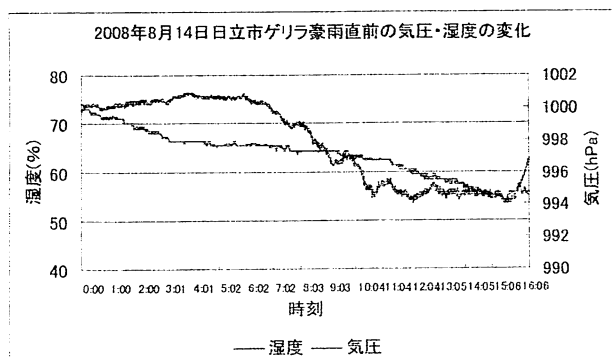


図-8 電子百葉箱が捉えた気圧と湿度の変化

7. 気圧グリッドを構成する気圧センサICタグ

電子百葉箱で構成されるセンサは市町村に設置されることを前提としている。このため気圧測定範囲は50Km以上のメッシュとなる。気圧変化による予想には、さらに細かなメッシュで構成される測定システムが必要である。本研究では低価格な気圧センサICタグを試作する。図-9にブロック構成図を示す。気圧専用のセンサICタグ

である。気圧センサからのデータが5桁(少数以下1桁)であることから、8bit程度のA/Dコンバータを持つ低価格なPIC(Peripheral Interface Controller：周辺機器接続制御用IC)を利用して回路構成できることからS-NODEが有効である。また、測定データを長期に渡りSDメモリーカードに格納する機能により自律分散型のセンサネットワークの構成が可能である。

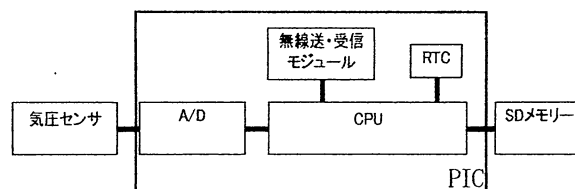


図-9 気圧センサ IC タグのブロック構成図

近年、気象庁が全国配備のレーダーによる1kmメッシュという精密な降雨データをほぼリアルタイムに配信するなど(気象庁：レーダー・降水ナウキャスト)、降雨など気象データの整備と配信が飛躍的に進んでいる⁷⁾。気象庁の他に企業でも5kmメッシュを用いて気象解析を行っている⁸⁾。気圧センサICタグを利用した気圧測定は、これまで実現していない気圧データによる集中豪雨予測を実現可能なシステムが構築できることである。5kmのメッシュでの気圧測定を目標として、「茨城県CO₂グリッド」とともに気圧センサICタグを多点・広域に配置する予定である。

8. 結論

気圧センサICタグは、微弱無線を利用して気圧データをリアルタイムで送信し、PC(パーソナルコンピュータ)で受信した気圧データは高速回線を経由して気圧(気象情報)データベース側に蓄えられるシステム構成となる。集中豪雨の予測精度向上については、気象庁を始めとして、様々技術開発開発が行われているが、本研究は、これらの技術開発において新しいパラメータを提示するためのシステムである。現在の集中豪雨の予報精度向上のための補助手段となりうるものであると確信する。本システムは2年後にWebサイトでのデータ公開を目標として、機器開発を進めるものである。気圧による集中豪雨の発生予想については、電子百葉箱を利用した集中豪雨時のデータと気象庁等の公開気象データとあわせて解析を進めて行くものである。2009年より、気圧・温度・湿度に注目してデータベース化を行い、豪雨発生前後のデータ分析を進める予定である。

参考文献

- 1) 宮部紀之・桑原祐史・齋藤 修・安原一哉：茨城大学工学部周辺を対象とした生活環境圏における CO₂ 測定システムの構築，土木学会関東支部第 35 回技術研究発表会講演概要集，VII-69，2008.
- 2) 齋藤 修・安原一哉・桑原祐史・宮部紀之：茨城県における CO₂ グリッド構想の実現について，土木学会関東支部第 35 回技術研究発表会講演概要集，VII-68，2008.
- 3) 齋藤 修・桑原祐史・安原一哉・宮部紀之：茨城県 CO₂ グリッド構想に関する検討，社団法人土木学会土木情報利用技術論文集，Vol17，pp219-224，2008.11.
- 4) 気象庁：「平成 20 年 8 月末豪雨」等をもたらした大気の流れについて，報道発表資料，平成 20 年 9 月 12 日
- 5) 阿部 涼一・鈴木 善晴・長谷部 正彦：メソ気象数値モデルによる集中豪雨の発生・維持機構に関する研究，土木学会第 31 回関東支部技術研究発表会講演概要集，2004.
- 6) 内閣府：大規模水害対策に関する専門調査会（第 1 回）資料 2 大規模水害に係る諸状況について，2006.
- 7) 西尾 正則・藤田 浩之・小澤 泉・木下 紀正・佐藤 哲朗：集中豪雨の予測を目指す超小型衛星の開発、第 51 回宇宙科学技術連合講演会，No3B04，2007.
- 8) 平田 洋介・小野 洋一・和田 将一：気象シミュレーションを活用した下水処理場流入量の時間予測，株式会社東芝東芝レビュー，VOL.62 No.4，pp.38-41，2007.
- 9) 齋藤 修・安原一哉：社会基盤施設の振動解析のためのセンシングネットワークの適用の可能性，第15回地理情報システム学会研究発表会，2006.

Realization of the simple weather observation system by the development of Barometric Pressure Sensro-IC-tag

Osamu SAITOU¹, Noriyuki MIYABE¹, Yuji KUWAHARA² and Kazuya YASUHARA²

¹Graduate School of Sience and Engineering,Ibaraki University

² Urban and Civil Engineering,Ibaraki University

In late years a tornado, a flurry of wind, the heavy rain in the short time, the invasion of the large-scale typhoon are remarkable in Japan. It is thought that warming by the CO₂ increase brings these abnormal climate. Various studies do it about the local heavy rain that became remarkable, and various observation systems are established recently. However, we predict the climate change of the short time, and the system to report to local inhabitants is big, and to make it difficult.

We systematize a CO₂ temperature, and humidity sensor in Ibaraki prefecture and push forward electronic screen for outdoor meteorological instruments and the construction of the network system. The barometric pressure observation was possible, and this system observed the barometric pressure, temperature and humidity at the time of heavy rain in Ibaraki prefecture, the direction of the wind, wind velocity data in real time and it was able to arrest the atmospheric pressure change that was just before the heavy rain outbreak. We paid attention to the atmospheric pressure measurement such as this example in this study and established a sensor network system by developing the barometric pressure sensor IC tag which collected atmospheric pressure data in many points wide area and examined possibility of the concentrated heavy rain expectation.