

IoT による地盤沈下監視への適用
Application for Monitoring of Land Subsidence with IoT
河原和好¹

要旨

昨今 IoT (Internet Of Things : モノのインターネット) という言葉を目にする機会が多くなっており、今後の発展も見込まれている。IoT はモノと、マイコン、センサ、通信技術を要素としている。

IoT を地盤沈下監視分野への適用可能性を検証するための、新潟県保健環境科学研究所情報調査科と共同研究を行うこととなった。

本報告では、IoT の現状および共同研究の内容の報告をするともに、現状と今後の展開について述べる。

キーワード : IoT、センサ、Arduino、地盤沈下

1. はじめに

IoT (Internet Of Things : モノのインターネット) という言葉を目にする機会が多くなっている。総務省情報通信白書[1]によると、2016 年時点でインターネットにつながるモノ (IoT デバイス) の数は 173 億個であり、2015 年時点の 154 億個から 12.8% 拡大している。2016 年を起点に 2021 年までに年平均成長率 15.0% とさらに加速し、2020 年は約 300 億と拡大する見通しである。



図 1 世界の IoT デバイス数とスマホ出荷台数の推移及び予測[1]

¹ Kazuyoshi Kawahara 情報システム学科

本学においては、情報処理演習においてマイコンボード Raspberry Pi を用いた演習を行うなど、IoT を用いた学習に対応している。また、研究室においても、Raspberry Pi や後述する Arduino を用いた卒業研究を行っており、2016 年度には新潟県 IT&ITS 推進協議会が主催する「にいがた暮らし IoT アイデアコンテスト 2016」[2]に応募し、書類審査を通過しデモンストレーションを行った[3]。

コンテストのデモンストレーションの際、新潟県保健環境科学研究所[4]（以下、保環研）の方と接点を持つことができ、提案を頂いたことで、地盤沈下の監視に IoT を使うための実証実験の共同研究を行うこととなった。

本稿では、注目されている IoT の現状と、共同研究の内容について述べ、さらに今後の展開について報告する。

2. IoT

IoT とは、Internet of Things の略語であり「モノのインターネット」と訳される[5,6]。基本的に、あらゆる「モノ」が対象であるが、「何をどのようにネットワークに接続するか」を考える必要がある。そして、「モノの接続」によって、そこに何らかの価値が生まれる。応用分野としては、工場などの製造分野や流通分野、自動車産業、ヘルスケア部門、家庭内など、多岐にわたっている。

概念はインターネット黎明期から存在していたが、技術の進歩に伴い、本格的な IoT を実現できる以下のような土壌が整ったからであると言われている。

1. 半導体技術の進歩による「マイコン」および「マイコンボード」の高性能化・低価格化
2. スマートフォンにおける大量需要により、高性能かつ低価格を実現した「センサ」の登場
3. 小型デバイスの通信に適した通信環境などのインフラが整い、収集したデータを解析するためのクラウドなどの環境が整った

以下でこれらの要素について述べる。

2.1 マイコン

「マイコン」はもともと「マイコンピュータ」の略語であったが、現在は「マイクロコントローラユニット」(Micro Control Unit, MCU)を表している。現状としては 8~16bit の組み込み向け「ワンチップ・マイコン」が用いられ、Microchip「PIC シリーズ」や Atmel「AVR シリーズ」、ARM「Cortex-M シリーズ」がよく用いられている[5,6]。

2.2 センサ

「センサ」とは、自然現象や人工物の様々な状態（物理現象）、情報（空間や時間）を、何等かの科学的原理を応用して読み取り、人間や機械が扱いやすい別媒体に置き換える装置のことである。コンピュータにとって、人間における目や耳などの五感（またはそれ以上）に相当する[5,6]。

センサの計測対象としては、以下のようなものが挙げられる。

- ・ 機械量：加速度、角速度、圧力、質量など
- ・ 変位量：位置（距離）、速度など
- ・ 熱：温度、熱量など

- ・ 電磁波：電磁波（光）の波長、強さなど
- ・ 電気：電流、電圧、電力、電界、抵抗など
- ・ 科学量：物質成分や濃度など

2.3 通信技術

通信技術はセンサとマイコンボード間およびマイコンボードとクラウド間で必要となる[6]。近距離から遠距離までのネットワークが必要となり、以下に挙げる技術が用いられている。

- ・ **Bluetooth**：数十 kbps から数 Mbps の通信速度があり、IoT では BLE(Bluetooth Low Energy)と略される低消費電力の規格が用いられる。
- ・ **ZigBee**：省電力かつ長距離で通信が可能な無線規格。数十 kbps であるが、数km離れていても通信可能なものもある。
- ・ **3G / 4G / WiMAX**：いわゆる携帯電話で使われる移動体通信であり、地下などの一部をのぞいて日本中どこでもインターネットに接続することが可能である。月額費用が必要となる。
- ・ **Wi-Fi**：いわゆる無線 LAN であり、802.11 a/b/g/n/ac と様々な規格が存在する。数 Mbps から数 Gbps までの高速通信が可能であるが、消費電力が高いため IoT では多くの通信には適していない。直接インターネットに接続できるため接続は容易である。

また、センサから収集したデータの保存や解析のためには、クラウドサービスが必要となる。様々な機能が提供されているが、基本的な機能としては、ストレージ、データベース、データ解析基盤、ウェブサーバが必要となる。

その他にも、要求される機能に応じて様々な API(Application Interface)が必要となり、メール送受信、地図へのマッピング、グラフ作成など、様々な API が提供されている。

3. 地盤沈下とその観測

地下水をくみ上げることにより地盤沈下は引き起こされるが、工業用、上水道用とともに、近年では消雪用の地下水くみ上げが原因となっている[7]。新潟県においては、上越地域において顕著となっており、昭和 59 年から 61 年において 3 年連続の豪雪に見舞われたため、消雪用地下水のくみ上げが増加し、全国ワースト 1 位から 3 位の地盤沈下が生じた。このため、従来の工業用や上水道の規制から消雪用を重点とした地盤沈下対策が新潟県において展開されることとなった。同様に、消雪用くみ上げが多い地域である長岡地域、柏崎地域、南魚沼地域でも地盤沈下が見られたため観測が行われている。新潟・新発田地域では、昭和 30 年代には、年間最大沈下量が 54cm にも及ぶ著しい地盤沈下が起こったが、水溶性天然ガスの採取規制の実施などによって、昭和 50 年代以降は一部の地域を除いて全体的に沈静化してきている。しかしながら新潟地域は、信濃川や阿賀野川などの大河川や内陸部の広大な農地を有し、しかも広範囲のゼロメートル地帯を有する地域であることから、地盤沈下対策を継続していく必要がある。

保環研においても、県内において地盤沈下が生じた地域に設置してある地盤沈下観測井を監視し、地下水位及び地層収縮量のデータ集計を行い、その原因調査や地盤沈下防止のための調査を行っている。

地盤沈下観測井では、水位センサと収縮センサを用いて地下水位を計測している。それぞれのセンサは以下のとおりである（図 3-1）。

水位センサ[8]

- ・ 形式 ノースワン(株) KDC-S10-STM/N20-30
- ・ 測定推進スパン 20m
- ・ 出力電圧 50mV

収縮センサ[9]

- ・ 形式 (株)共和電業 DTH-A-50
- ・ 測定収縮スパン 50mm
- ・ 出力電圧 20mV 以下

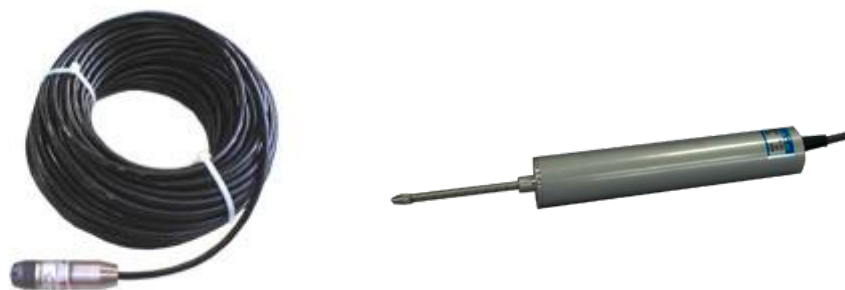


図 3-1 水位センサ(左)および収縮センサ(右)[8,9]

観測データは SD カード等に記録され、当該データを保環研に送付しており (図 3-2)、回収されたデータを解析・集計し、年度ごとに公表している。

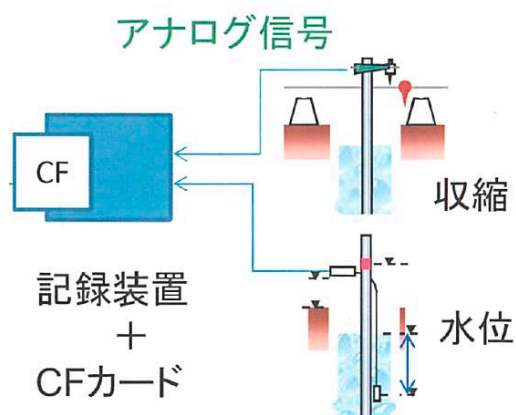


図 3-2 現在の地盤沈下観測体制

4 本研究の内容

これまでの方式を改良し、観測データを IoT により Web サーバ等に送信する方法を研究する (図 4-1)。センサにより地盤沈下を観測し、そのデータをマイコンボードに入力して処理し、3G 回線を通してサーバに転送する。これにより、保環研の職員がリアルタイム監視を行うことが可

能となる。

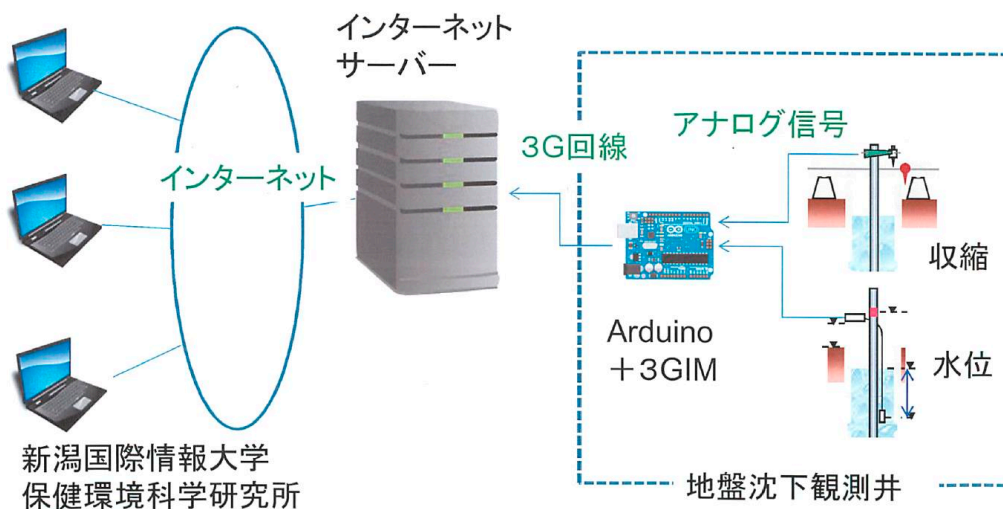


図 4-1 実証実験のイメージ

4.1 ハードウェア

前述の通り IoT における要素であるマイコン、センサ、通信技術について、本研究で使用するものを説明する。

4.1.1 マイコン

Atmel「AVR シリーズ」であり、普及している「Arduino」(アルドゥイーノ)を用いる[10]。オープンソースで開発される小型マイコンボードおよびその開発環境を含めたシステムである。シンプルな開発環境である「Arduino IDE」や様々なライブラリを用いることが出来る。「シールド」とよばれる機能拡張ボードを用いることで、簡単に機能の拡張が可能である。実験用環境としては、もっとも基本である「Arduino Uno」の互換ボードを使用する(図 4-2)。

入出力端子があり、デジタル出力、アナログ出力、デジタル入力、アナログ入力、シリアル通信が可能である。

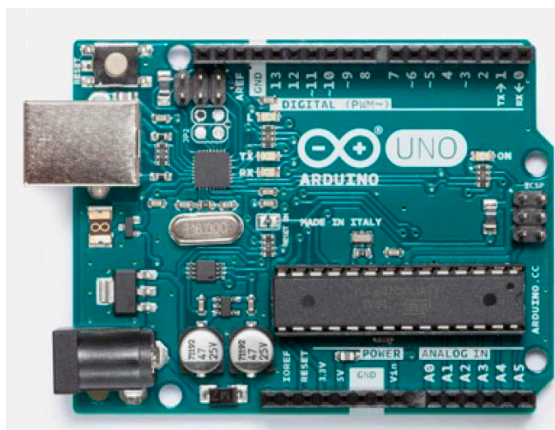


図 4-2 Arduino Uno[11]

4.1.2 センサ

実験用として、以下の仕様の収縮（沈下）計を用いる（図 4-3）。

(株)日さく NLS2[12]

- ・ 測定範囲 0～100mm
- ・ 印加電圧 5V(DC)以内
- ・ 出力電圧 0～5V 以内
- ・ 抵抗値 5k Ω
- ・ 測定精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内

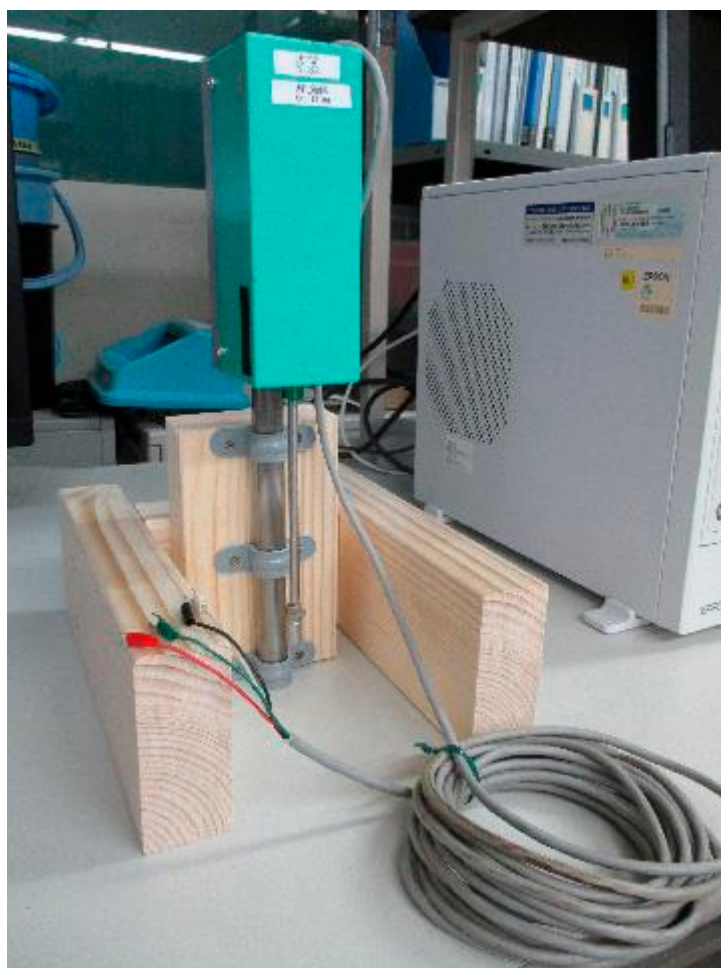


図 4-3 収縮計

この収縮計を、前述のマイコンボード Arduino のアナログ入力端子に接続し、収縮量を読み取る。

4.1.3 通信技術

3GIM V2.1 モジュール[13]および 3GIM シールド[14]をマイコンボード Arduino に接続する

ことにより、3G 通信できるようになる (図 4-4)。

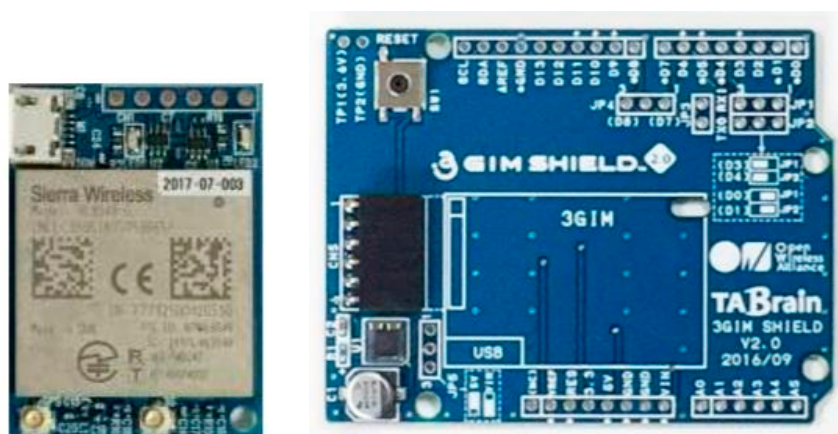


図 4-4 3GIM モジュール及び 3GIM シールド

SIM カードが必要となるが、実験用としてはこれまで研究用に使用していた 0SIM[15]を実験では用いる。これは月 500MB まで無料で使える SIM カードである。

4.2 ソフトウェア

センサから入力を読み込み、3GIM モジュールでサーバ等に送信するプログラム作成には、前述の「Arduino IDE」を用いる。シンプルで扱いやすい IDE (統合開発環境) で、プログラミング言語は C 言語をベースにした独自の専用言語である。

Arduino からサーバに送信するデータ形式は JSON 形式とし、測定日時とデータのセットとする。

ウェブサーバは BaaS (Backend as a Service) を利用して実験を行う。Milkcocoa[16]の無料プランまたは M2X[17]を用いる。これらの仕様は以下のとおりである。

- ・ Milkcocoa 無料プラン
 - 保存データの上限 : 100,000
 - 最大同時接続数 : 20
- ・ M2X (無料)
 - 保存データの上限 : 100,000
 - 最大同時接続数 : 10
 - グラフ化も可能

4.3 現状と今後の展開

現状としては、3GIM モジュールの動作確認を実施している。これと並行して、Baas を利用したデータの送受信の実験を行っている。

謝辞

本研究は新潟県保健環境科学研究所情報調査科との共同研究であり、機材の提供もしていただいている。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1. 総務省, 平成 29 年版情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>
2. 新潟県 IT&ITS 推進協議会, にいがた暮らし IoT コンテスト 2016, <http://www.n-it-its.jp/act/2016/07/>
3. 新潟県 IT&ITS 推進協議会, にいがた暮らし IoT コンテスト入選, 猿から畑を守る「サルサーレ!」, <http://www.n-it-its.jp/act/2017/03/post-12.html>
4. 新潟県保健環境科学研究所, <http://www.pref.niigata.lg.jp/hokanken/index.html>
5. 工学社, 瀧本往人, 『基礎からわかる「IoT」と「M2M」』, 2016
6. 秀和システム, 蔵下まさゆき, 『センサーでなんでもできる おもしろまじめ電子工作』, 2016
7. 新潟県, 環境対策課, 上越地域における地盤沈下, <http://www.pref.niigata.lg.jp/kankyotaisaku/1331240497754.html>, 2017
8. ノースワン(株), <http://www.north-one.net/>
9. (株)共和電業, <http://www.kyowa-ei.com/jpn/>
10. CQ 出版社, 神崎康宏, 『Arduino で計る, 測る, 量る』, 2012
11. Arduino プロジェクト公式サイト, <https://www.arduino.cc/>
12. (株)日さく, <http://www.nissaku.co.jp/>
13. (株)タブレイン, 3GIM モジュール, <http://tabrain.jp/new/product/3GIM.html>
14. (株)タブレイン, 3 GIM シールド, http://tabrain.jp/new/product/3GIM_SHIELD.html
15. ソニーネットワークコミュニケーションズ(株), 0SIM, <http://mobile.nuro.jp/0sim/>
16. Milkocoa, <https://mlkcca.com/>
17. AT&T, M2X, <https://m2x.att.com/>