

クラウドを利用した信号設備の環境情報の簡易計測

○佐藤 輝空 往古 直之 [機] 潮見 俊輔 (鉄道総合技術研究所)

Simple measurement of environment information for signal equipment using cloud

○Terutaka Sato, Naoyuki Oko, Shunsuke Shiomi
(Railway Technical Research Institute)

Signal equipment installed outdoors is expected to be durable against temperature and rainfall. Evaluation tests are carried out when these products are developed. These test conditions are determined according to macro conditions such as cold and warm regions, but the actual local adverse conditions such as near the ground, under the direct sunshine, etc. are not clearly defined. In this paper, to collect environmental information of signal equipment at many locations for a long period, we report a trial production of a power-saving simple measuring instrument using a cloud service.

キーワード：クラウド，測定，環境情報，IoT

Key Words：cloud, measurement, environmental information, internet of things

1. はじめに

鉄道沿線に設置される信号設備は、その開発段階において、想定される設置環境に応じた方法や条件での温度や湿度、耐水性等の試験が行われており、マクロな環境に適した設備が各地に導入されている。一方で、水路の付近における結露や低地における水没、日陰による温度差等のミクロな悪環境は、場合によって想定した環境条件に対して過酷側となり、これに起因する機器故障が発生することが想定される。このようなミクロな悪環境に対する現状を把握し、試験条件の改善や設備の改良に活用するためには、中長期に渡って多くの箇所の沿線設備に対して環境条件の測定を実施し、データ取得を行うことが必要である。加えて、現場設置の電子機器における耐用寿命と局所的な温度環境に一定の関係がある事が近年示されており¹⁾、悪環境にない設備においても局所的環境の監視技術は有用である。

本研究では、鉄道沿線に設置されている信号設備、例えばインピーダンスボンド等のミクロな環境の調査を目的として、限られた期間かつ十～数十箇所程度の規模でデータを取得するシステムを構築することとした。機器のミクロな環境を測定・取得する上での技術的な困難さとして、①多数の箇所からの効率的なデータ回収方法、②測定器電源の確保が挙げられる。データ回収や測定器電源のために専用線等を布設するのはコスト・労力的に難しく、現地への人手による記録媒体やバッテリー交換の実施にも限界がある。本稿では、これらの課題を解決するため、既存のLTE

回線とクラウドサービスを利用することで、現地に設置したセンサからデータを遠隔で収集する体制を簡易に構築するとともに、低・中頻度なデータ収集であれば、乾電池駆動でも数カ月～1年程度の期間で稼働が期待できる測定部の構成について検討と試作を行ったため報告する。

2. システム・装置構成

2.1 システム構成の検討

鉄道沿線設備に対して現地に新規のセンサを設置する場合、まず課題となるのはデータの収集方法である。図1に比較したデータ収集方法を示す。

すでに、鉄道沿線における信号設備に対しては、専用ケーブル回線による中央集約型の状態監視システムが導入されている場合が多い^{2),3)}。このような装置は、データ集約や秘匿性に優れている。しかし、測定箇所を追加する場合、測定箇所までの専用線の布設が必要となる。また、測定項目を追加する場合、中央装置等の集約設備の改修と既設設備への影響評価を行う必要から、コスト・労力が大規模になる。したがって、このような状態監視システムは、測定対象の数量や種類、測定項目が固定されているものに適しているが、ミクロな機器の環境測定のような即応的な用途で利用することが難しい。また、上記のような状態監視システムと独立して広域の沿線をカバーできるケーブル回線や中継・集約設備を用意することは簡単ではない。これは通信方式を有線から自前の無線設備にした場合にも同様で

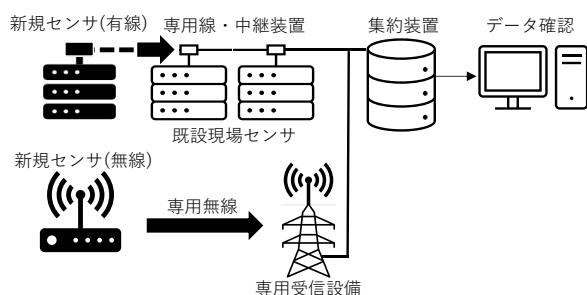
ある。

対称的な方法として、測定試験で一般的に行われるような、センサ等の測定系を完全にオフラインとして、都度データを保存した記憶メディアを現地に回収に行く方法がある。この場合は通信設備が不要であり、測定項目の構成の自由度が高いが、設置箇所が遠隔地、複数箇所になるほどデータの回収が煩雑となる。そのため、多数の箇所を観測する用途には適さない。また、データ回収の頻度によってはデータのリアルタイム性が損なわれるため、常時監視等の用途には適しているとは言い難い。また、現地への立ち入りについて制約が厳しい高頻度運転線区等への適応は効率的ではない。

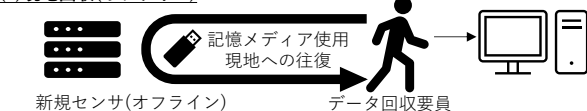
その他、営業列車等による車上通信で現地のデータ回収を行う方法も考え得るが、車上への機器設置スペースの確保や、車上・地上間のデータ転送を安定化する方法、車上からのデータ回収を行う方法について別途検討が必要となるため導入のハードルが高い。

以上のような観点を踏まえると、ミクロな環境測定を広範囲に行うには、①独立した測定機器を分散配置し、②公衆回線を用いた遠隔データ回収が可能な、測定データ収集方法が適する。そこで、本報では、分散配置した測定器のデータを国内通信各社により提供される LTE 回線を介して収集する簡易計測システムを提案する。既存の LTE 回線を使用することで、専用の通信設備を不要とするほか、測定箇所の改廃が容易となるため、従来の手法に比べて測定場所や数量に対する制約が小さい。

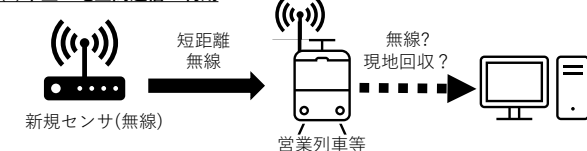
(1) 既設センサ回線等の利用



(2) 現地回収(オフライン)



(3) 車上・地上間通信の利用



(4) 一般回線・サービスの利用

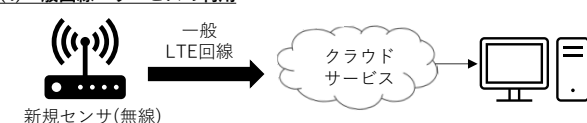


図 1 鉄道沿線における測定データ収集方法

また、データの回収については、専用のサーバを設ける方法も取りうるが、数十から数百箇所程度の測定点であれば、管理に対する労力や設備費等のコストが生じるため考慮が必要である。近年、IoT 分野向けとしてデータの収集と可視化を一体にしたサービスが供給されている。今回構築するシステム構成については、回線毎に契約が可能なサブスクリプション形式のデータ収集サービスを適用し、スケーラビリティを確保したシステムとして簡易に構成する方法を選択することとした。

2.2 測定機器構成の検討

現地に設置する測定機器については、前述のデータ通信・集約の課題の他、機器の電源をどのように確保するかという課題がある。既設の沿線器具箱等から電源線を布設する方法も考えられるが、設備量の増加や布設労力、保安設備に対する雷害侵入点になりえることを踏まえると安易に行うことはできない。

そこで、測定機器の選定については、LTE 通信が可能なことに加えて、バッテリー等の独立電源を用いて数カ月単位で稼働することができる省電力な構成とすることとした。制御装置には本体の消費電力が小さいマイコンモジュール(Wio LTE for JP version)を選定するとともに、待機電力を節約するために、RTC(Real Time Clock)モジュールを利用して電源の ON/OFF 制御を行い、消費電力を抑制する構成を検討した。機器構成の概略図について図 2 に示す。

また、マイコンモジュールにおける LTE 通信の消費電力の割合が大きいことが予想されたため、LTE 通信による保存データの送信は任意の測定回数に対して一度とするよう頻度を下げる処置を検討した。但し、この処置は、データ送信のリアルタイム性とトレードオフの関係であることに留意が必要である。

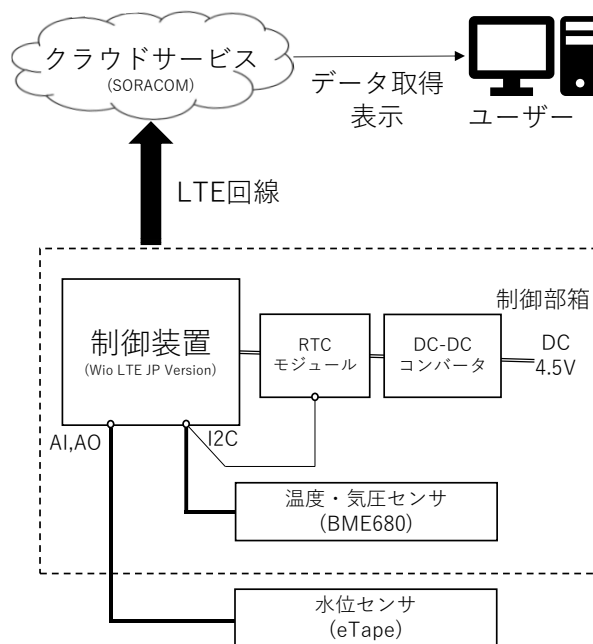


図 2 測定機器構成の概略

以上で検討した装置構成における省電力化の効果を検証するため、測定系を試作し、消費電力の測定・算定を行った。測定に際しての制御装置における処理の概要を図3に示す。

測定では、LTE 通信回数を減らすデータの一括送信機能と、RTC モジュールによる待機電力削減のそれぞれの効果を算定するため、各機能の有無に関して3パターンの測定を行った。省電力化の対策の有無で比較した消費電力量の測定結果を表1に示す。表1の測定結果から7日間10分間隔で測定を行った際の各機能の削減効果を算出した結果を表2に示す。算出結果から、LTE 通信回数の削減では1.848Wh、RTC による待機電力の削減では35.28Whの削減が見込まれた。単一アルカリ電池を3本直列の4.5Vで駆動した場合、容量は約58~72Whとなるため、各省電力

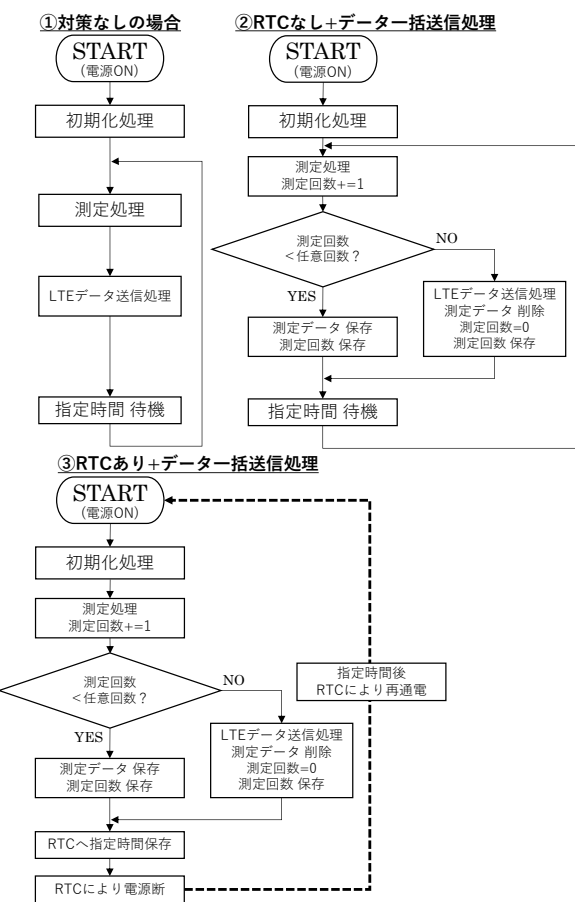


図3 消費電力測定における処理フローの概要
表1 省電力化の効果についての測定結果

	消費電力 測定結果[Wh] (12回測定・20秒待機の場合)
①RTCなし	0.084
②RTCなし データ一括送信	0.062
③RTCあり データ一括送信	0.048

表2 7日間あたりの推定消費電力の削減効果

	推定される消費電力の削減量[Wh] (10分間隔測定・7日間実施(1008回測定))
LTE通信回数の削減効果 (①-②)/12[回] * 1008[回測定]	1.848
RTCによる待機電力削減効果 (②-③)/240[秒] * 600[秒] * 1008[回測定]	35.28

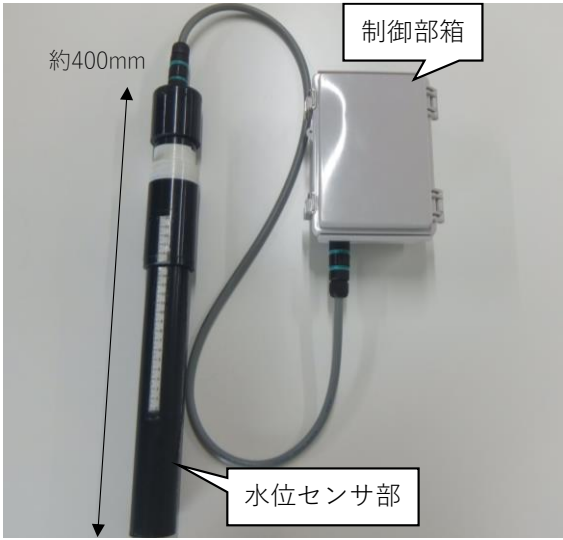
化の効果は中長期測定時には十分大きいと考える。よって、今回検討した RTC モジュール及び、任意回数でのデータの一括送信機能を採用することとした。

2.3 使用センサについて

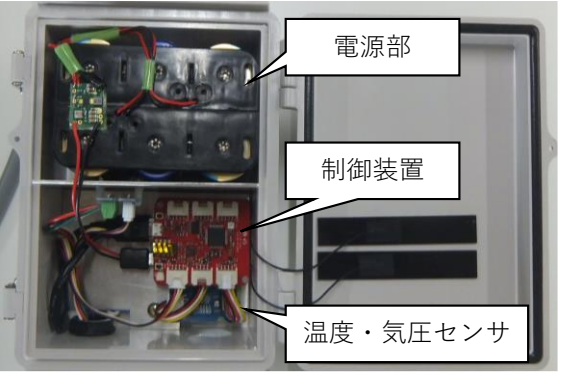
使用センサについては、沿線設備の暴露されている温度・気圧環境及び、地盤面付近に設置され水没に弱いとされる現場機器周辺の水位状態を取得するため、温度・気圧センサと水位センサを設置することとした。温度・気圧センサは、屋外環境での測定範囲として適当なBME680(Bosch Sensortec 製)を使用する。水位センサについては、その検知方式として、静電容量・超音波・水圧を利用したものが存在する。静電容量方式については結露等の水滴による影響を受けやすいこと、超音波方式については水面のみを観測するよう検出領域への外乱を防ぐ必要からセンサケースを大きくする必要がある。よって、水滴影響をうけず、センサ部を小型にできる水圧方式のeTape(MILONE Technologies 製)を採用した。

3. 試作装置による測定検証

ここまでの検討をもとに測定装置の試作を行った。試作した装置の外観を図4に示す。



(a) センサ部・制御部外観



(b) 制御部内部

図4 測定装置の外観

3.1 測定可能期間

測定可能期間について、試作装置を用いて検証を行った。測定に際しては、試作装置を屋外に設置し、測定間隔を5秒、LTE通信によるデータ送信を測定12回に1度行うよう設定し、単一アルカリ電池6本（3直列2並列）による試験測定を行った。結果を表3に示す。試験の結果、測定可能回数は24,803回となった。試験結果をもとに、測定間隔に対して推定測定可能回数を算出した結果を表4に示す。10分間隔測定であれば約172日（5ヵ月程度）、より低頻度の20分間隔測定では約344日間（11ヵ月程度）の測定を行える推定結果となった。以上から、測定間隔を早めた加速試験では概ね期待する性能であることが示された。実際には、電池の自然放電やRTCモジュールの待機電力の影響により測定可能回数は減少すると考えられるが、四半期から年に一度程度の電源交換で対応が期待できる結果を得ることができた。

3.2 センサの測定結果

試作装置におけるセンサとデータ送信の動作確認を行うため、温度・気圧環境についての前述の加速試験時に測定を行い、クラウドサービスへの測定データの送信を行った。データをクラウドサービスよりダウンロードし得られた温度・気圧環境の結果を図5に示す。

測定結果より、温度環境と気圧環境について、昼夜の温度変化や天候による気圧変化の傾向を捉えていることが分かる。このことから、今回提案する測定系において、データ取得・送信機能について十分要求を満たすと考える。

なお、水位センサについては、測定期間中にセンサ変動を及ぼすような降雨がなかったため、今後、別途検証を行っていく。

3.3 検証結果

今回、検討・作成を行ったクラウドサービスを活用した測定系のシステム・装置構成により、簡易にデータ取得体制を構築することができた。本構成を採用することで、遠隔地・複数箇所であっても簡易に温度・気圧等の沿線設備環境をモニタリングすることが可能である。また、専用電源を準備しなくとも、単一アルカリ電池6本程度で四半期から年に一度程度の中・長期に渡る測定が期待できることが判明した。

4. おわりに

クラウドサービスを利用した環境情報測定システムを構築した。なお、今回の装置構成における温度・気圧センサは外部に露出しておらず、制御部箱内部に設置されているため、外部の気温・気圧を厳密には反映してはいないと考える。そのため、より実態に即した気温・気圧データとして用いるためには、代表箇所において、測定装置設置箇所の近傍に別の温度計・気圧計を収容した百葉箱等を設置し、センサ測定値を比較することで補正指標を取得する必要があると考える。また、水位センサについては、人為的に水没高さを変化させることで、水位の算出精度等について検証を行っていく。

今後、作成した測定装置を鉄道沿線設備であるインピーダンスボンドの環境測定に活用する予定である。測定においては、インピーダンスボンドが暴露されている気温・気圧・水没環境についてモニタリングし、設備の仕様や環境条件、設置方法の改善のための基礎情報を収集したいと考えている。

表3 測定可能回数 試験実績

設定測定間隔	5秒間隔
稼働時間	約109時間(約4日半)
測定回数実績	24,803回

表4 測定間隔毎の推定測定可能期間

測定間隔	1分間隔	10分間隔	20分間隔
推定測定可能期間	約17日間	約172日間	約344日間

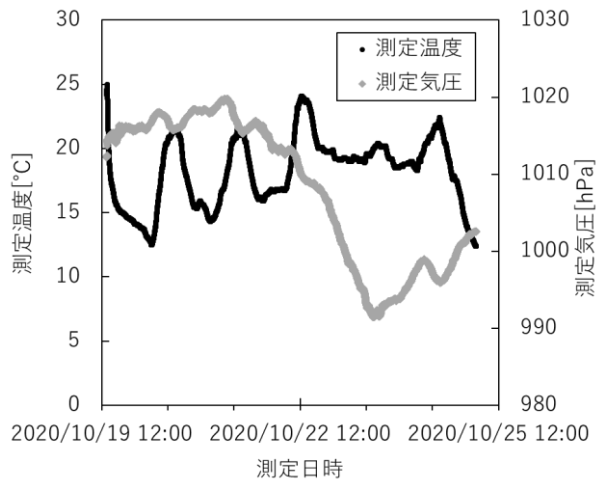


図5 測定装置による温度・気圧測定の結果

参考文献

- 1) 国崎愛子, 藤田浩由, 野村拓也, 石井琢: 鉄道沿線信号設備における電子機器の寿命予測手法, pp.11-16, 鉄道総研報告, Vol.34, No.7, 2020
- 2) 岩井亮祐: テレメータシステムの更新, pp20-24, 鉄道と電気技術, Vol.28, No.10, 2017
- 3) 福田和人, 国藤隆, 樋浦昇, 松本雅行: 新しい鉄道信号システムにおけるセンサ技術の活用, pp478-485, IEEEJ Trans. SM, Vol.127, No.11, 2007