

RFID 技術に関する国際会議（RFID-TA 2018）参加報告

田中 実*

Report of 9th Annual IEEE International Conference on RFID Technology and Applications 2018

Minoru TANAKA

In view of the decline of working population, the introduction of IoT (Internet of Things) is important for future railway management. Automatic identification is the key technology of IoT to capture the railway data of the physical space into the cyber space. And RFID (Radio Frequency Identification), one of the automatic identification, is the technology to read and write the digital data using radio signals. The state-of-art RFID technology and its applications were presented in one tutorial, eight presentation sessions, five keynote speeches and five invited talks in the 9th annual IEEE international conference on RFID Technology and Applications (IEEE RFID-TA 2018). I report on the notable researches of RFID technology and applications presented in the conference.

キーワード：自動認識，RFID，設備管理，状態監視

1. はじめに

労働人口の減少対策として，IoT（Internet of things）の導入による業務の自動化や効率化が検討されている。IoT の重要技術のひとつに，物理空間にある各種情報をサイバー空間に取り込む自動認識技術がある。例えば，鉄道の大量の設備情報を自動認識技術でコンピュータに取り込むことができれば，人工知能によって高度な処理や管理が可能となる。自動認識技術の中には，既に広く普及したバーコードから，近年導入が進んでいる画像認識まで様々な種類があるが，本報告で取り上げる RFID（Radio Frequency Identification）は，JIS において「誘導電磁界または電波によって，非接触で半導体のメモリを読み出し，書き込みのために近距離通信を行うものの総称」と定義され，半導体メモリを内蔵したタグと，メモリのデータを無線で読み書きする通信装置（リーダー・ライター）で構成される。バーコードにおけるモノの識別だけでなく，データ書き込みやセンサとの融合によるモニタリングも可能であり，鉄道分野への応用が期待される。

2018 年 9 月 26 日から 3 日間，RFID に関する研究発表と情報収集のため，米国電気電子学会（IEEE）の技術委員会の 1 つである CRFID が主催する第 9 回 RFID 技術とアプリケーションに関する国際会議（IEEE RFID-TA 2018）に参加した。議長はマカオ大学の Kam-Weng Tam 教授で，マカオの Holiday inn Macao Cotai Central（図 1）にて，チュートリアル（1 件），基調講演（5 件），技術セッション（8 件），招待講演（5 件）が行われた（表 1 参照）。RFID 技術の最新動向や注目すべき研究内容について報告する。

* 浮上式鉄道技術研究部 低温システム研究室



図 1 国際会議会場

表 1 プログラム

9 月 26 日	チュートリアル 地元ツアー 歓迎レセプション
9 月 27 日	オープニング 基調講演（Ⅰ～Ⅲ） （Ⅰ）病院における最新の RFID システム （Ⅱ）RFID 技術とアプリケーションの進展 （Ⅲ）IoT- テストデバイスとネットワークの重要性 技術セッション（A～F） （A）信号処理 （B）プロトコルとアルゴリズム （C）アンテナと設計 （D）ローカリゼーションとアプリケーション （E）RFID アプリケーション （F）システム，手法，実装ツール， 晩餐会
9 月 28 日	基調講演（Ⅳ，Ⅴ） （Ⅳ）RFID タグとリーダーアンテナの進歩 （Ⅴ）単純な識別を超えた UHF RFID の開発 技術セッション（G，H） （G）RFID タグとリーダー （H）アンテナと RFID チップ 招待講演（5 件）

2. チュートリアルとキーノートスピーチ

会議の冒頭で、Laxcen technology 社 CTO の Pui Yi Lau (Anna) 博士より、日本の「コンビニ 1000 億枚宣言」が紹介された¹⁾。小売業は少子化の影響を受けて、人手不足と労務コストの上昇に直面している。これに対して経済産業省と(株)セブン・イレブン・ジャパン、(株)ファミリーマート、(株)ローソン、ミニストップ(株)、(株)JR 東日本リテールネットは 2025 年までに全ての取扱商品(推計 1000 億個/年)に RFID 用のタグを貼付け、個品管理することを計画している。その際、取得情報の一部はサプライチェーンに提供することを検討し、特定の地域で取扱商品にタグを貼付け、商品の個品管理を実現するための実験を開始するとしている。ただし、この条件として普及型の電子タグの単価が 1 円以下になっていることや、メーカーが商品にタグをつけるソースタギングが実現して、商品のほぼ全てを RFID で管理できる環境が整備されることを挙げている。

タグの低コスト化やソースタギングは困難ではないかとの意見もあるが、大日本印刷(株)は低価格タグの開発に着手し、2020 年までに単価 5 円以下、2025 年に 1 円のタグの実現を目指すとしている²⁾。また、衣料品大手の(株)ファーストリテイリングは商品にタグを設置し、従来のバーコードスキャンを必要としない高速レジやセルフレジを実現している。

図 2 に UHF 帯タグの一例を示す。半導体メモリを搭載したチップは砂粒程度のサイズであり、アンテナは紙や PET 基材に印刷され、大量生産に適した構成となっている。日本では、Suica 等の非接触 IC カードの普及で周波数 13.56MHz の HF 帯ループアンテナを用いたカード型タグが知られているが、アンテナの小型化の観点からは、波長の短い周波数 920MHz の UHF 帯タグの方が優位であり、RAIN アライアンス³⁾を中心に、IoT におけるモノの識別用として ISO/IEC 18000-63 規格に準拠し、国際標準化機関 GS1 の Gen2 エアインターフェースを用いた UHF 帯タグの普及が進められている。

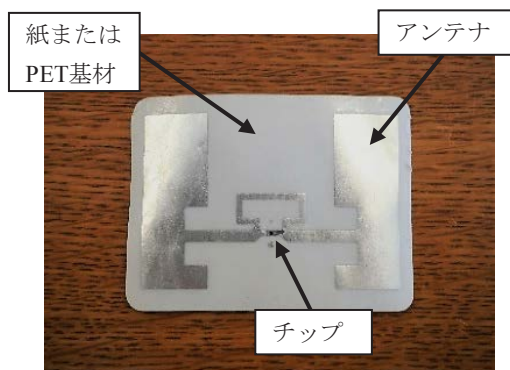


図 2 UHF 帯タグ



図 3 RFID smart inventory robot⁴⁾

図 3 に Laxcen technology 社から紹介されたロボットによる図書館蔵書点検システムの写真を示す⁴⁾。蔵書点検では、図書館を休館にして全棚の本のバーコードを読み取り、所蔵データと照合する必要があったが、このシステムは本に小型の UHF 帯タグを内蔵し、腕の高さが可変できる移動ロボットで棚の位置と本のタグデータを読み取って、蔵書を確認するしくみである。無人の蔵書点検による図書館員の省力化だけでなく、本の紛失を早期に発見して対応することも期待できる。

キーノートスピーチでは、千葉大学の伊藤公一教授が最新の病院用 RFID システムについて発表した。手術器具は使用後に洗浄・殺菌して再利用されるが、器具の管理サイクルに RFID 技術を活用する場合、アンテナを小型化して手術に支障しないようにすることや、金属面に設置しても通信できるようにすることが求められる。そこで、金属対応小型アンテナについて紹介があった。シンガポール国立大学の Zhi Ning Chen 教授からは、周波数毎のアンテナ設計方法について、具体例を交えた解説があった。アンテナ設計は RFID システムの通信性能を左右する重要な研究課題であり、国際会議でも多くの発表があった。

3. テクニカルセッション

テクニカルセッションから、筆者が発表したすれ違い通信を利用した鉄道設備用状態監視システム⁵⁾と、慶應義塾大学の三次仁教授が発表したデジタル変調による複数バックスキャッタセンサタグの完全同期ストリーミング⁶⁾について紹介する。

3.1 鉄道設備用状態監視システム

鉄道総研が独自に行っている、浮上式鉄道設備の保守管理における RFID 技術の適用の検討例を紹介する⁷⁾。図4に浮上式鉄道車両が走行するガイドウェイの構成を示す。両側の壁には地上コイルが敷き詰められ、台車に搭載された超電導磁石との間に働く電磁力で車両を推進・浮上・案内させる仕組みとなっている。

地上コイルの保守管理では、外観が同じ膨大な数の地上コイルの識別が必要なため、個別にタグを設置して管理する手法を検討した。しかし、現地で地上コイルを識別する際、作業員が携帯端末で1個ずつタグを読み取るのは大きな手間がかかる。そこで、移動しながらタグを読み取るすれ違い通信を提案し、図5に示すように、保守用車を模擬した車両にリーダ・ライタと車載アンテナを搭載し、宮崎実験線で性能確認を行った。タグデータの識別子を8バイトとした場合は、時速84kmでデータが取得できることを確認した。また付加機能として、タグに保守データの書き込みができることや、位置情報と関連付けて保守用車のナビゲーションができること、さらに、センサとタグを組み合わせたセンサタグを用いることで、状態監視が可能なることを確認した。

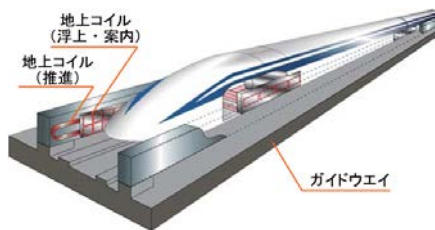


図4 浮上式鉄道用ガイドウェイ構成⁷⁾



図5 模擬車両によるタグデータ読み取り試験⁷⁾

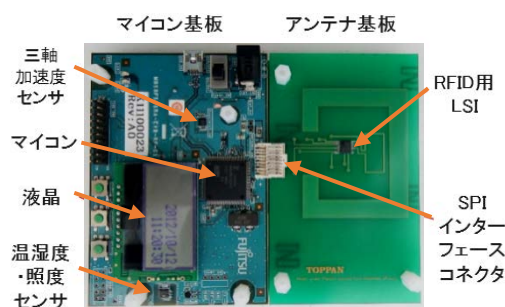


図6 センサタグ⁸⁾

図6にセンサタグの例を示す⁸⁾。状態監視用マイコン基板と通信用アンテナ基板で構成される。マイコン基板は電池駆動で、必要なタイミングで三軸加速度、温湿度、照度の監視を行い、しきい値との比較結果を異常判定フラグに変換して、アンテナ基板のRFID用LSIのメモリに保存するしくみとした。なお、メモリには電源を切ってもデータが消えない不揮発性のFRAM（Ferroelectric RAM）を使用した。これは、RFIDで一般的に使用されるメモリのEEPROMと比べて、高速書き込み、高書き換え回数、低消費電力という特徴を持つ⁹⁾。通信は車載アンテナからの電波の反射（バックスキッタと呼ぶ。）を利用するため、タグには通信用電源が不要である。宮崎実験線ですれ違い通信試験を行ない、識別番号と異常判定フラグを時速55kmで収集できることを確認した⁸⁾。

すれ違い通信は、浮上式鉄道だけでなく在来線や新幹線への応用も考えられる。例えば、鉄道沿線のトンネル、橋梁、架線等の地上設備の状態をセンサで監視し、営業列車とのすれ違い通信で自動的に検査を行なうことにより、適切なタイミングで修繕ができれば、状態基準保全システムが構築できる。実現には、通信範囲の拡大によるすれ違い通信の高速化が必要であり、監視箇所が多い場合は、汎用的で安価な無線モジュールが求められる。そこで、スマートフォンやパソコンに搭載されているBluetooth Low Energy (BLE) の適用を検討した。

図7にBLEを用いたセンサタグの例を示す。温度、熱流束、三軸加速度の各データをBLEビーコンによって0.1秒間隔で送信するしくみとした。九州旅客鉄道㈱の協力により、図8に示すように、新幹線通過駅にセンサタグを設置して実施した、時速約255kmで通過する新幹線車内の受信機とのすれ違い通信試験において、各センサのデータを2回受信できることを確認した⁵⁾。今後、有力なデータ収集手段になることが期待される。

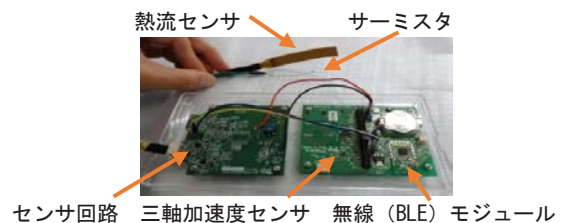


図7 BLEを用いたセンサタグ



図8 BLE無線センサと新幹線のすれ違い通信

3.2 センサタグの完全同期ストリーミング

リーダー・ライタの通信範囲内に複数のタグが存在する場合、通信の衝突を避けて個別に処理する技術（アンチコリジョンと呼ぶ。）が必要となる。市販のリーダー・ライタでは、図9に示すように、リクエストに応じてタグ毎に時間スロットを割り当てる時分割多元接続 TDMA（Time Division Multiple Access）による衝突回避が採用され、レジで複数商品を一括処理する際等に利用されている。アンチコリジョンは処理の高速化が進められてきたが、複数タグを同期して読み取ることはできなかった。

解決策として、慶應義塾大学の三次仁教授はマルチサブキャリア多元接続方式 MSMA（Multiple Subcarrier Multiple Access）を提唱した。図10に示すように、電波の反射を利用したバックスキュタ通信において、タグ毎に搬送波（サブキャリア）の周波数を割り当てることで、周波数分割多元接続 FDMA（Frequency Division Multiple Access）による同期ストリーミングを実現した。これまで高調波成分の分離ができないため、複数タグの同期読み取りは不可能と考えられてきたが、リーダー・ライタ側でサブキャリア高調波のレプリカを正確に生成し、受信信号から差し引くことで FDMA を可能とした。実際に4個のセンサタグを橋に設置し、最長約16mの通信距離で4ヵ所の加速度の同期収集が可能となることや、有線センサと同じデータが収集できることが発表された⁶⁾。

構造物損傷の早期発見のため、複数の加速度センサを構造物に設置して振動を監視する構造物健全性モニタリング SHM（Structural Health Monitoring）において、MSMA を用いれば、バッテリーレス、ワイヤレス、かつ完全同期でデータ収集が可能となり、固有振動数や振動モードの監視によって、高度な構造物監視が実現すると考えられる。

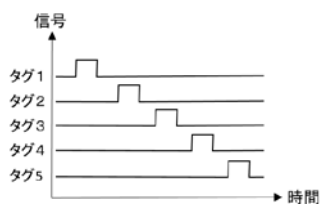


図9 TDMAによるアンチコリジョン処理

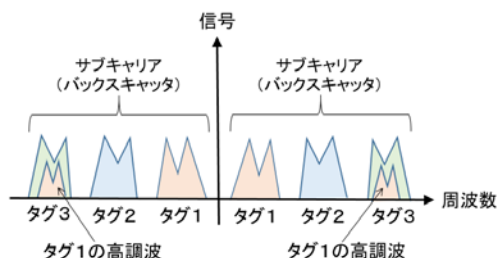


図10 マルチサブキャリア多元接続方式

4. おわりに

労働人口が減少する中、IoTの導入による鉄道業務の自動化や省力化は、ますます重要になると考えられる。RFIDは小型・低コスト化、センサとの融合、同期ストリーミング等の研究開発が進められ、鉄道設備の状態基準保全や、構造物健全性モニタリングへの応用が期待される。

今回の第10回RFID技術とアプリケーションに関する国際会議（IEEE RFID-TA 2019）は、ピサ大学のPaolo Nepa教授が議長で、2019年9月25日から27日までイタリアのピサで開催される予定である。

文 献

- 1) 経済産業省 「コンビニ電子タグ1000億枚宣言」を策定しました～サプライチェーンに内在する社会課題の解決に向けて～
<http://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170418005/20170418005.html> （参照日：2019年2月19日）
- 2) 大日本印刷㈱ IoT拡大に向けてコンビニ向けの低価格ICタグの開発に着手
https://www.dnp.co.jp/news/detail/1187690_1587.html （参照日：2019年2月19日）
- 3) RAIN RFID
<https://rainrfid.org/> （参照日：2019年2月19日）
- 4) Laxcen RFID smart inventory robot
<http://www.laxcen.com/en/productsd.php?tid=398&pid=1351> （参照日：2019年2月19日）
- 5) Tanaka, M, Ikeda, R, Yoda, H, and Aiba, M, “Development of condition monitoring system for railways facilities using opportunistic communication,” IEEE RFID-TA, 2018.
- 6) Mitsugi, J, Kawakita, Y, Egawa, K, and Ichikawa, H, “Perfectly Synchronized Streaming from Digitally Modulated Multiple Backscatter Sensor Tags,” 2018 IEEE RFID-TA, 2018.
- 7) 田中実, 高橋紀之, 鈴木正夫: 鉄道設備の保守管理にRFIDを活用する, RRR, Vol.68, No.4, pp.26-29, 2011
- 8) 田中実, 高橋紀之, 池田遼平, 依田裕史, 鈴木正夫: センサタグと保守用車間の路車間通信による地上コイル状態監視, 鉄道総研報告, Vol.31, No.1, pp.23-28, 2017
- 9) 富士通㈱ FRAM (Ferroelectric RAM)
<http://www.fujitsu.com/jp/products/devices/semiconductor/memory/fram/> （参照日：2019年2月19日）