

TC 型無線式列車接近警報装置を理解する

理工学部電気電子工学科 1 年 宮園 明

akira.miyazono.2a@stu.hosei.ac.jp

軌道近接作業に従事する作業員の持っている受信機から「山手 内回り接近 山貨 上り下り接近」といった自動音声が出ているのを聞いたことがあるだろうか。これが、TC(Technical Center)型無線式列車接近警報装置、通称 TC 列警である。列車見



営業線近接工事の様子。旗を持つのが列車見張員

張員や作業員がいち早く列車の接近を認知し、触車事故を防止するために 1994 年頃から東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンターと松下電器産業により開発され、1995 年に特許出願、1998 年に中央線に初導入された。特許公開番号は特開平 09-104346 である。

仕組みは割合シンプルで、500m 間隔で沿線電話箱内に設置された送信局で軌道回路状態を読み取り、信号機器箱内の制御局へ送信し、隣接した制御局と通信して、列車が送信局に接近していれば FM 変調した録音音声を送信局のアンテナより送信するというものだ。

この仕組みの優れたところは、完全に現場でスタンドアロンなことだ。中央装置は不要で、最小運用単位は 1 台の送信局と 1 台の制御局である。車上にも仕掛けは要らず、さらに軌道回路を読むので線路閉鎖時に保線車両で誤作動しないというのも現場では便利だろう。受信機も単なる FM レシーバなので安価（とはいえ卸を通すと 3 万少々はするようだが）で、枯れた技術なので信頼性も高い。送信アンテナには、ほとんどが無指向性のダイポールアンテナを使用しているとみられる。



TC 型列車接近警報装置送信局と空中線（アンテナ）



吉祥寺駅高尾方の TC 列警送信局のアンテナ部

送信局・制御局同士の通信は、既設 1 回路の沿線電話回線に MSK 変調で 2.4kbps の半二重通信となっている。詳しくは参考文献にあたってほしい。なお、「TC 型無線式列車接近警報装置導入のその後」には、軌道回路検知機能は制御局にしかないと読める記述があるが、資料によって内容が異なり、不明である。



ケース入りの TEMS2000 (イベントにて)



新型受信機 TEMS3000 (イベントにて)

現在保線員に使用されている受信機としては、東日本電気エンジニアリング株式会社が設計し、サンコーシヤが製造した TEMS2000 と、同じく新型の

TEMS3000 が確認できた。両者の差は不明だが、TEMS3000 では若干薄型化したのが見て取れる。サンコーシヤは特開 2002-137737 を、JR 東日本と(現)日立国際電気は特開 2000-052990 を受信機について取得しており、両者とも一定時間キャリアが検出できなかった場合に警報を発する機能がある。

発射している周波数(400MHz 付近)について総務省の無線局免許状(局免)等情報を調べたところ、該当する局免を発見することができた。

- 免許人: 東日本旅客鉄道
- 種別: 基地局(陸上移動局との通信を行うため陸上に開設する移動しない無線局)
- 無線局の目的: 公共事業用
- 通信事項: 鉄道・軌道の貨客車の安全運行に関する事項
- 通信の相手方: 免許人所属の受信設備
- 電波型式: 8K50F3E 10mW (一部は小出力で、最小で 25 μ W)

都内だけでも当該周波数帯で JR 東日本に 1200 ほどの局免が出ていることを確認できた。一部は F3E でなくデジタル変調で、別用途に使用されているものと思われる。試しに確認したところ、武蔵野市には TC 型と思われる局免が 8 件あった。市内の路線延長は 4.59km で、TC 型は 500m に一台設置しているので、おおよそ正しいと推測できる。

ちなみに、8K50F3E というのは占有帯域幅 8.5kHz の FM 変調の音声通信ということ。WFM ラジオ放送が 200kHz なのでかなり狭いが、音声を送るだけなら十分だろう。スペクトラムアナライザで見るまでもなく帯域幅がわかってしまった。

次に、送信局について調べてみよう。同じく総務省の技術基準適合証明等を受けた機器の検索に「接近警報」を入れてみると…あっさり見つかった。送信局には、現パナソニック系による EC-1413L、EC-1470L、EC-1485L、EC-1413L、EC-1418L、EC-1474L、それとトム通信工業のほぼ同型番のものがあるようだ。数があるので、当たり前だがいくつかを除いてはほとんどが技術基準適合証明ではなく工事設計認証で通している。初期のものは複数の周波数から発射するものを選べたようだが、最近のものはすべて決め打ちになっている

登録証明機関による工事設計認証に関する詳細情報	
工事設計認証番号	001QYAA1052
工事設計認証をした年月日	平成21年6月30日
工事設計認証を受けた者の氏名又は名称	パナソニックSインフラシステム株式会社
工事設計認証を受けた特定無線設備の種類	第2条第1号の15に規定する特定無線設備
工事設計認証を受けた特定無線設備の型式又は名称	列車接近警報装置 EC-1474L
電波の型式、周波数及び空中線電力	F3E 399.8MHz 0.00005, 0.0005, 0.00125, 0.0025, 0.005, 0.0125, 0.025, 0.05, 0.125, 0.25, 0.5W
スプリアス規定	新スプリアス規定

送信局 EC-1474L の工事設計認証情報(概要)

ようだ。運用する周波数は固定なわけだから、構造を簡単にした方がいいのは当然である。最大で 0.5W までの申請になっていた。

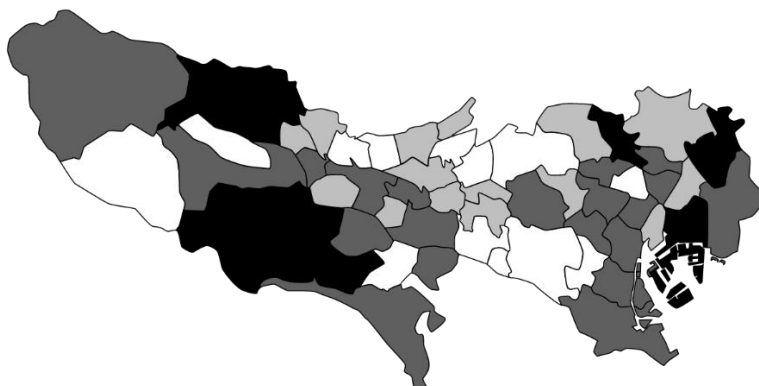
これだけでは芸がないので、TC 型とみられる型式 F3E の局免を無線局免許状情報サイトから 1 件ずつスクレイピングして自動的に集計するプログラムを、Python3 とパーサの Beautiful Soup で作成して実行した。表は紙面の関係でほぼ 23 区のみとした。

自治体別の TC 型列車接近警報装置送信局数

千代田区	17 件(0)	江東区	28 件(1)
品川区	16 件(2)	大田区	14 件(1)
新宿区	8 件(2)	渋谷区	10 件(0)
中央区	7 件(0)	中野区	6 件(0)
港区	12 件(2)	杉並区	13 件(0)
台東区	9 件(1)	豊島区	12 件(0)
墨田区	5 件(0)	北区	30 件(28)
荒川区	10 件(0)	八王子市	42 件(1)
板橋区	1 件(0)	立川市	12 件(0)
足立区	8 件(0)	小金井市	5 件(2)

カッコ内には、同周波数の F3E で 10mW を超えるもの(多くが 1W、最大で 3W まで)の件数を参考までに記した。おそらくこれは保線などの連絡波だと推測している。集計した結果、東京都内に TC 型列車接近警報装置であると推測できる局は 455 局あった。広さの割に北区の局数の多さが気になった。

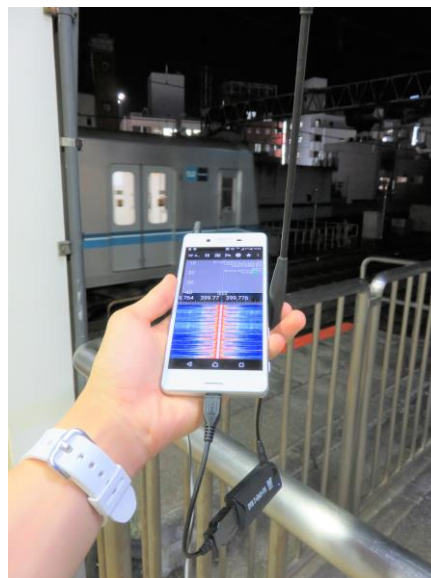
都内の件数を右図にした。白色の自治体には TC 型列車接近警報装置が設置されていない。23 区では、文京区、目黒区、世田谷区、練馬区に未設置である。



東京都内の TC 型列警配備状況地図

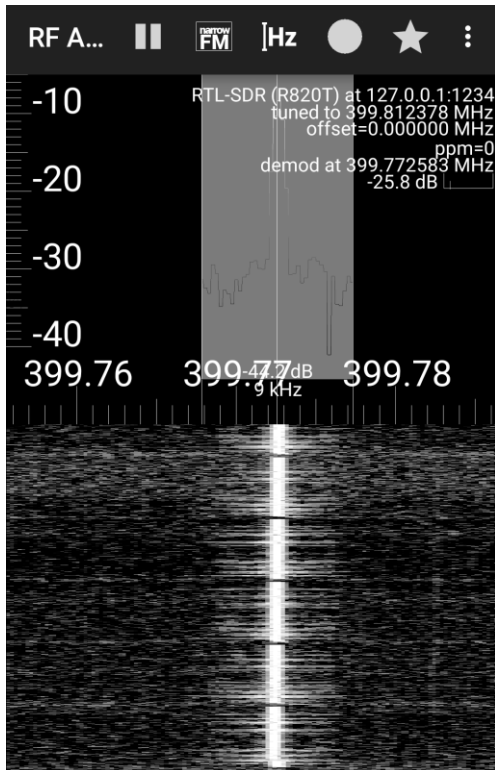
座学のみで済ましてしまうのもつまらないので、電測を実施した。広帯域受信機は用意があるが、可搬型スペクトラムアナライザは準備がないので、簡易なもので対応した。

使用したのは通称 RTL-SDR と呼ばれる Realtek の R820T システムを搭載したチューナードングルと、MCX-SMA 変換ケーブル、SMA アンテナ、USB ホストケーブル、Android スマートフォン(SO-04H)、Android アプリケーション”RF Analyzer”、同”Rtl-sdr driver”である。アンテナを



吉祥寺駅高尾方局より見通し 10m 地点における電測実施風景

含めてもたった 56g なので、スペアナをお持ちの皆さんにもおすすめしたい。測定は、吉祥寺駅高尾方ホーム端送信局見通し約 10m 地点と、千駄ヶ谷駅



千駄ヶ谷駅付近局の電測実施時の画面

西方局より見通し 70m 地点である。

発振子の精度に難があって周波数ドリフトを起こすが、手で中心周波数を調整すると適切に使用できる。そのため、表示されている周波数は気にしないでいただきたい。なお、発振子を交換すると精度が向上するので、受信機としての実利用を検討する方はそちらをおすすめする。画面の通り、正常に受信ができ、**narrow-FM** で正常に復調もできた。

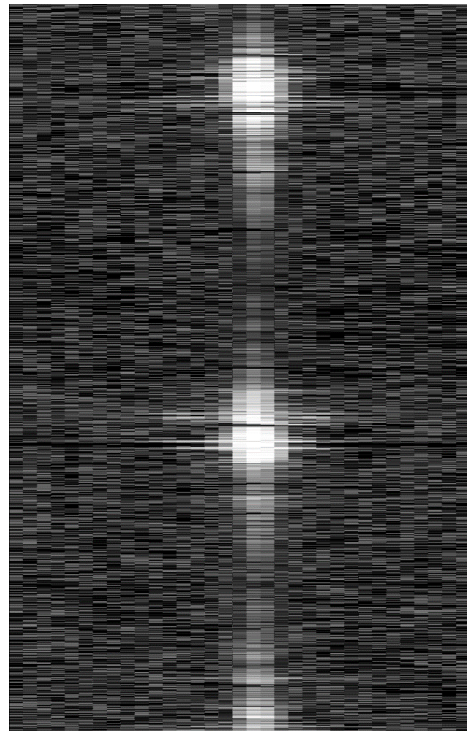
定期的な電波発射が一瞬止まるタイミングがあったが、条件は不明だった。帯域幅はもちろん免許どおりの 8.5kHz 内に収まっていた。

本方式の弱点としては、強い方のみが聞こえる FM 変調の特徴のため、カバレッジが重複する位置においてお互いの音声干渉して、場合によっては一切聴取不能になることが挙げられる。また、多数の路線が近接している駅付近などの場所でも最大線数を超えてしまっていて使用ができない。なお、JR 東日本では、1999 年 2 月 21 日の作業員 5 名が死亡した山手貨物線触車事故を契機に、TC 列警が使えない場所に限らず営業中は近接工事を原則実施しない（線閉する）ことになっている。

2016 年より、地方交通線を中心に GPS 式列車接

近警報装置の導入が始まっている。車上に携帯電話回線利用の通信装置を設置、GPS レシーバと列車運転状況表示装置から位置を取得してサーバに送信し、作業員端末の位置も GPS で取得してサーバに送信して、両者の距離をもとに接近警報を送る仕組みだ。車上装置と作業員端末は必要だが、軌道回路と地上設備が不要なため線区あたりの導入コストは安い。また、逆に、前述のような多数の路線が集まる場所でも使える利点から、主要線区での既存方式との併用の可能性もある。ただし、携帯電話回線に依存するため、災害時の可用性は低い。

このように、保線にも現代的な情報技術の導入が進んでいるように思われる。単純な TC 列警にはこれからも生き残ってもらいたい、動向を注視していきたい。



走行する車内で計測した様子。移動するにつれて送信局の電波強度が強弱を繰り返す様子が見て取れる。Single Frequency Network に似たものを感じるが、極めて原始的

参考資料

- ・ JREA 1997 年 Vol.40 No.6 「新しい列車接近警報装置（無線定置式）」
- ・ 新線路 2000/12 「TC 型無線式列車接近警報装置導入のその後」
- ・ 新線路 2010/06 「列車接近警報装置改善の取り組み」