海外遠距離 TV 放送波伝搬異常の観測

非会員 坂井 来人* 非会員 日笠 繁*
正員 鷹野 敏明** 正員 島倉 信**

Observations of Anomaly in Oversea Long Distance Propagation of TV Broadcasting Waves

Kurt Sakai*, Non-member, Han Higasa*, Non-member, Toshiaki Takano**, Member,
Shin Shimakura**, Member

We observed broadband spectra in VHF band at Tateyama, Japan, to investigate anomaly in long distance propagation of TV broadcasting waves. We found that TV broadcasting waves from Malaysia at 48.25MHz (distance is 5200km) and China at 49.75MHz (distance is 1800km) can sometimes propagate. Seasonal and daily variations of received broadcasting waves were investigated through one-year observations. Malaysia broadcasting waves were frequently received in spring and autumn, but China broadcasting waves were received mainly in summer. We may conclude that radio waves of Malaysia TV are reflected by F2 layer and those of China TV are reflected by sporadic E layer in summer in the ionosphere.

キーワード：VHF 帯電波, TV 放送波, 伝搬異常, 電離層, 電離層擾乱

Keywords: VHF radio waves, TV broadcasting waves, propagation anomaly, ionosphere, ionospheric disturbance

1. ま え が き

最近の GPS を利用した研究により, 電離層の時間的・空間的な変動が詳しく分かりつつある⁽¹⁾. 我々は電離層状態をモニターすることを目的として $50\text{MHz} \pm 2.5\text{MHz}$ の VHF 帯周波数の電磁波観測を行っており, 電離層の影響による海外遠距離 TV 放送波を受信した. この遠距離 TV 放送波の 1 年間のデータを解析した.

2. 観測方法

観測システムは東西南北方向に向けて設置された 4 基の 5 素子八木アンテナ (水平方向, 水平偏波) で構成されている (図 1). 八木アンテナで受信された電波はアンテナ直下にあるプリアンプ (利得 20dB) で増幅され, 約 50m 離れた観測小屋まで伝送される. 観測小屋では 4 つの信号を 5 秒ごとにスイッチングし, 1 成分は 20 秒に 1 回のサンプリングでスペクトラム・アナライザに導き, $50\text{MHz} \pm 2.5\text{MHz}$ のスペクトル観測を行う. スwitching する時刻は GPS を用いて精度を向上させている. 観測結果は PC のハードディスクに保存される. この観測システムを房総半島南端の千葉県館山市の千葉大学薬学部附属館山薬用資源教育研究センターに設置し定常観測を行っている⁽²⁾.

図 1 観測システムの概要

Fig. 1. Outline of the observation system.

3. TV 放送波の遠距離伝搬

図 2 にスペクトラム・アナライザにより観測された西方向のアンテナによる 1 日の観測例を示す. この周波数帯は, 国内では自衛隊とアマチュア無線に割り当てられており, 恒常的な商業放送などはない. 図 2 より 10:00JST ~ 24:00JST にかけて主に 2 つの人工のものと思われる周波数が断続的に観測されていることが分かる. 詳しく調べた結果, この 2 つの電波は 48.25MHz と 49.75MHz をそれぞれ映像搬送周波数に持つテレビ放送電波であり, 4 方

*千葉大学

〒 263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

Chiba University

1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522

**千葉大学, 理化学研究所

Chiba University, RIKEN

図2 スペアナ観測例 (2001年10月26日)

Fig. 2. Example of a daily spectra (Oct.26,2001).

向の中で西方向及び南方向アンテナでの強度が強かったこと、東南アジア各国の放送電波周波数と出力などを考慮すると、マレーシア (48.25MHz, Radio TV Malaysia) と中国 (49.75MHz, CCTV) のテレビ放送である可能性が高いことが分かった。中国の放送については、実際にテレビ受信機で受信した画像から、南京の江蘇電視台のものであることを確認した。

図2からは両電波の伝搬の様子は時間により変動することが見て取れる。通常の電離層状態ではVHF帯は電離層を透過してしまうため、両放送波が見通し距離外の放送局からの電波であることを考慮すると、このような現象は電離層による反射・屈折や散乱現象などによる電波伝搬であると考えられる。観測点と中国との距離は約1800km、マレーシアとの距離は約5200kmである。

この2つの周波数について2001年1月～12月の観測データを解析した。図3にマレーシアTV (48.25MHz) 電波と中国TV (49.75MHz) 電波の年変動を示す。横軸は時間 (JST)、縦軸は日付 (月) を示している。両周波数の強度は、10kHz幅の受信平均電力で、期間中のすべての観測日のデータを並べてある (灰色部は欠測日)。

マレーシアの放送波については、1月～4月の8:00～20:00JSTに強い伝搬が、9月～11月の12:00～20:00JSTに弱い伝搬が見られる。春・秋はF2層 (高度～400km) の最大電子密度と高度が上昇することが一般に知られている (e.g. NASA NSSDC IRI-95)。このことから、この伝搬はF2層による反射・屈折によるものであると考えられる。

中国の放送波は、やや弱いがマレーシアと同様の伝搬に加え、5月～8月の8:00～20:00JSTに強い伝搬が見られる。5月～8月の伝搬については、比較的近距离の中国の放送波のみ受信され、遠距離であるマレーシア放送波は受信されていない。夏の昼間にはEs層 (高度～100km) が発生し、主に近距离の伝搬に影響を及ぼすことが知られていることから、この伝搬はEs層の影響であると考えられる。尚、幾何学的考察から高度100kmでの1回反射では、最大到達距離は200km程度であることが明らかである。

図2の48.25MHzにおいて、10:00～20:00JSTの時刻に伝搬してきたTV放送波の側波帯の上限周波数が、時間

図3 48.25MHz (C.C.I.R. TV) 及び 49.75MHz (China TV) の年変動

Fig. 3. Seasonal variation of 48.25MHz (C.C.I.R. TV) and 49.75MHz (China TV).

とともに変動している。例えば、10:00～15:00JSTでは、49MHz程度までの電波が伝搬しているが、15:00JST以降は上限周波数が上昇して16:00～18:00JSTには52.5MHzを超えている。これは反射・屈折可能な上限周波数が電離層の活動状態により変化し、このようなうねりの形になって見えていると考えられる。我々はこのことを考慮に入れ、レイ・トレーシング法によるシミュレーションを行い、マレーシアからの電波がF2層での屈折により日本で受信され、その上限周波数は50MHz近傍で日変化を持つ、という結果を得ている (Takano, et al., in preparation)。

4. まとめ

マレーシア及び中国からのTV電波が頻繁に伝搬していることを見出し、その年・日変動を示した。頻繁な伝搬は、2001年頃の太陽活動極大と関連している可能性もある。

今回の結果は、伝搬可能な上限周波数がスペクトラム上で可視化されていることなど、電離層の変動を調査する新しい手法として興味深い。より広帯域のアンテナを用い多点観測を行うことなどにより、さらに詳細な電離層の変動を調査できることが期待できる。

(平成14年9月3日受付)

文 献

- (1) A.Saito, M.Nishimura, M.Yamamoto, S.Fukao, M.Kubota, K.Shiokawa, Y.Otsuka, T.Tsugawa, T.Ogawa, M.Ishii, T.Sakanai, and S.Miyazaki: "Traveling ionospheric disturbances detected in the FRONT campaign", *Geophysical Research Letters*, Vol.28, No.4, pp.689-692 (2001)
- (2) T.Takano, A.Yamada, K.Sakai, H.Higasa, and S.Shimamura: "Enhancements of electromagnetic broadband noise in 50MHz band which possibly associate with earthquakes", *Journal of Atmospheric Electricity*, Vol.22, No.1, pp.23-34, (2002)