研究速報

日本海上における UHF 放送波の見通し外伝搬と天候との相関

Effect of Weather on Over-the-horizon Propagation of UHF Radio Waves over the Japan Sea

東 亮一[†], 正会員 深見 哲男[†]Ryoichi Higashi[†] and Tetsuo Fukami[†]

Abstract Recently, the electromagnetic environment in the UHF television band has changed significantly in Japan. Digital broadcasting has spread, but radio disturbance occur from spring to fall. This phenomenon is caused by ionospheric propagation of the Es layer or duct propagation in the troposphere. We have steadily observed UHF radio waves at Ishikawa National College of Technology in Tsubata since 2005. UHF radio waves are received from Matsue city and Korea, which are over-the-horizon distances away from Tsubata. Therefore, we researched the relations between the wave receiving statuses of channels 41, 43, and 45 from Matsue city and the season and weather, and we found that we received the most radio waves in summer and in fine weather. Therefore, this phenomenon may be due to the duct propagations in the troposphere.

キーワード：UHF 放送波，見通し外伝搬，ダクト伝搬，日本海，季節，天候

1. ま え が き

日本海を取り巻く UHF 帯テレビジョン (TV) 周波数帯の電磁環境は近年大きく変化している。日本では地上波デジタル放送 (ISDB 方式) に移行し，韓国も 2012 年 12 月でアナログ放送が終了し，地上波デジタル放送 (ATSC 方式) に移行した。このように近年高品質で利便性の高いデジタル放送が普及しているが，春先から秋口にかけて一部の地域で混信による受信障害が起きていることが報道されている¹⁾。この現象はスボラディック E 層 (Es 層) による電離層伝搬，または大気屈折率分布に異常が生じたことによってできたラジオダクト内の伝搬により，サービスエリア外からの電波による混信が起きている恐れがある。

本論文では，長期的にテレビ放送波の固定定常観測を行うことで，サービスエリア外からのテレビ放送波の観測，およびその気象条件を明らかにすることを目的とする。

2. 観測 シ ス テ ム

筆者らは 2007 年 5 月から石川県津幡町で，見通し外である約 350 km 離れた島根県松江市や約 700 km 離れた韓国から伝搬した UHF 放送波の固定定常観測を行っている^{2)~4)}。

図 1 津幡町 (受信点) と松江市，韓国の位置関係
Positional relationship of Tsubata, Matsue and Korea.

図 1 に受信点である津幡町と松江市，韓国との位置関係を示す。受信アンテナは常に方位角 247° に向けられており，その指向性の半値角は 33 ch で 48° である。また観測された UHF 放送波は，プリアンプを介してスペクトラムアナライザに入力されており，13 ch (470 MHz) から 62 ch (770 MHz) の電界強度を 300 kHz ごとに掃引している。

2013 年 2 月 28 日受付，2013 年 5 月 20 日再受付，2013 年 6 月 24 日採録

[†] 石川工業高等専門学校 電気工学科

(〒 929-0392 石川県津幡町北中条，TEL 076-288-8111)

[†] Department of Electrical Engineering, Ishikawa National College of Technology

(Kitacyujo, Tsubata, Ishikawa, 929-0392, Japan)

図 2 サイマル放送時の静音時の受信例 (2011 年 7 月 9 日, 津幡)

Observation result before the end of the analog broadcasting in Tsubata on July 9, 2011.

表 1 石川県における UHF テレビ放送波の物理チャンネル
Physical channels of the UHF broadcasting waves in Ishikawa.

放送局	アナログ放送	デジタル放送
NHK 総合	4	15
MRO	6	14
NHK 教育	8	13
北陸朝日	25	23
テレビ金沢	33	17
石川テレビ	37	16

3. 静音時における UHF 放送波受信環境

図 2 に地上波サイマル放送時の静穏時における受信例を示す。縦軸はアナログ放送のチャンネル (物理チャンネル) を示し、横軸は 1 日の時間を示す。また濃度は受信電界強度 [dB μ V/m] を示している。アナログ放送のスペクトルは、1 ch の帯域内に映像と音声の二つの強い強度線があることが特徴であり、一方デジタル放送の場合は、太い帯のように受信電界強度が観測される。

表 1 に石川県の UHF テレビ放送波の物理チャンネルを示す。これらのことから観測されている放送波は石川県の局であり、その他に多数の弱いアナログ放送波が受信されていることがわかる。

図 3 にサイマル放送終了後の静穏時における受信例を示す。アナログ放送のスペクトルが消え、13 ch~63 chにおいて石川県の局以外は殆ど受信されていないことがわかる。8 時過ぎに見える白い線は観測できなかった箇所である。これは、観測システムが約 10 日に 1 度はデータ保存を行う必要があり、観測を一時中断したためである。19 時過ぎの雑音は、雷によるものと思われる。なお、観測システムのプリアンプが飽和したためサイマル放送終了の瞬間を観測できなかった。

図 3 サイマル放送終了後の静音時の受信例 (2011 年 7 月 29 日, 津幡)

Observation result after the end of the analog broadcasting in Tsubata on July 29, 2011.

図 4 アナログ放送終了後の日本海上伝搬受信例 (2012 年 4 月 28 日, 津幡)

Observation result of the broadcasting waves propagated over the Japan sea after the end of the analog broadcasting in Tsubata on April 28, 2012.

4. 松江や韓国等からの UHF 放送波の受信例

図 4 に、韓国や松江等からの放送波が受信された例として、2012 年 4 月 28 日の受信例を示す。松江の澄水山から送信されている 41 ch (日本海テレビ)、43 ch (山陰中央テレビ)、45 ch (山陰放送) 等の地上波デジタル放送が、ほぼ 1 日を通して受信されていることがわかる。また図からはわかりづらいが 19 ch (NHK 教育)、21 ch (NHK 総合) も受信されている。これらの放送波の受信強度の変化はほぼ等しいことが特徴的である。さらに、多数のアナログ放送も受信されており、これらのアナログ放送波については、実際に番組をテレビで視聴し数局は韓国からのものであることを確認した。

5. 松江の UHF 放送波の受信特性

41 ch, 43 ch, 45 ch (松江) について、2007 年 5 月か

図 5 2007 年 5 月から 2012 年 4 月までの金沢・米子の天気 (15:00JST) と 41 ch, 43 ch, 45 ch の受信状況 (13:00~17:00JST) の関係

Relation between the weather at 15:00 JST of Kanazawa city and Yonago city and the observation status (13:00~17:00 JST) of 41 ch, 43 ch, and 45 ch since May, 2007 to April, 2012.

ら 2012 年 4 月までの 5 年間に津幡で受信が確認できた日と、金沢および米子の天気の関係を図 5 に示す。図中の○印は 13:00~17:00 に受信された日を示しており、月別受信日数も示す。松江から金沢へは見通し外であるため、上空で 1 回反射して伝搬していると仮定すると反射点は日本海上になるので、米子と金沢の 15:00 の天気も示した。5 年間の観測結果から次のことがわかる。

- (1) 受信日数は年平均 65 日。総受信日数は 329 日で受信確率は 18%。
 - (2) 受信した日は晴れた日が多い。両方晴天は 238 日で確率は 72%。片方晴天は 62 日で確率は 19%。
 - (3) 10 月から 2 月まではほとんど受信されない。この期間の受信日数は 2 日/年で 1%未満。
 - (4) 5 月と 8 月に受信日数のピークがある。
- (1) と (4) から、この受信現象は春から夏に起こる現象であ

り、月平均 10 日程度発生する。しかし (3) から秋から冬にはほとんど観測できない受信現象である。また、(2) から天気との相関が非常に強く、(3) より気温が低い時期には現れにくい。

見通し外からの電波伝搬の原因としては、Es 層による反射とラジオダクトによる伝搬が考えられる。Es 層はスポット的に生じる電子密度の高い電離層であるが、反射される最大周波数を表す臨界周波数は数 MHz であるため⁶⁾、UHF 帯のテレビ放送波にはほとんど影響がないと考えられる。

一方、ラジオダクトは特定の気象条件によって、大気屈折率分布に逆転層が発生することで生じる⁵⁾。ラジオダクトによる伝搬は UHF 帯の電波も対象となるため、本報告で観測されたテレビ放送波は対流圏におけるダクト伝搬による可能性が高いと言える。

6. む す び

石川県津幡町で日本海にアンテナを向け UHF 放送波を定常観測し、見通し外である山陰地方や韓国の局からの放送波を非定常で受信されることがわかった。これらの非定常受信は 5 月から 9 月にかけてがほとんどで、また晴天時に多いことがわかった。見通し外の電波が伝搬する原因として、Es 層の影響が数 MHz までであることを考えると、対流圏におけるダクト伝搬の可能性が高いと言えるが、それを証明するには反射点の高度を調べる必要がある。今後は受信点において受信強度の高度分布を計測することで、電波の反射高度を推定し、伝搬のメカニズムを明らかにしていく。また海上における気象条件との関連性をさらに深く調べていく必要がある。

最後に、本研究は科学研究費助成事業基盤研究 (C) (一般) として行われた。

〔文 献〕

- 1) 異常気象の影響 かほくで受信障害、北國新聞、2011 年 7 月 16 日、朝刊、石川全県
- 2) 深見哲男、小熊航介、西谷昌記、“日本海を越えて到来する UHF-TV 放送波の観測システム”、石川高専紀要、40, pp.7-10 (2008)
- 3) 深見哲男、西谷昌記、東亮一、石 正樹、“日本海を越えて到来する UHF-TV 放送波の観測”、2010 年映情学年次大、15-7 (2010)
- 4) 深見哲男、東亮一、“日本海を越えて到来する UHF-TV 放送波の観測 II”、2012 年映情学年次大、20-5 (2012)
- 5) 榎本肇、関口利男、“現代電気工学講座 電波工学”、オーム社、pp.271-308 (2008)
- 6) 国立天文台 編、“理科年表 (平成 9 年版) ”、丸善株式会社

ひがし 東 亮一 2005 年、金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程数理情報科学専攻修了。2006 年、石川工業高等専門学校電気工学科助手、2013 年、准教授となり現在に至る。科学衛星搭載用電界センサの特性解析などに従事。博士 (工学)。

ふかみ 深見 哲男 1978 年、金沢大学工学部電気工学科卒業。同年同学科助手。1985 年、石川工業高等専門学校電気工学科助手。2003 年、教授となり現在に至る。その間、VLF~HF 帯による下部電離層探査、UHF 帯の IC タグや TV 伝搬とそれらの測定システムの開発に関する研究に従事。博士 (工学)。正会員。