

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2014

課題番号：23560490

研究課題名(和文) 日本海上に発生する黄砂や水蒸気等によるUHFテレビ放送ダクト伝搬の予報

研究課題名(英文) Forecast of the UHF TV duct over Japan Sea caused by water vapor, yellow sand, etc

研究代表者

深見 哲男 (FUKAMI, Tetsuo)

石川工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：60115269

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：UHFテレビの受信障害が、時々、日本海域に発生している。この受信障害の原因は、水蒸気や黄砂などの環境因子によるダクト伝搬によると思われる。この研究の最終目的は、ダクト伝搬の発生を予報することである。そのため、石川県津幡において日本海側や韓国のTV電波を定常観測すると共に、気象データと測定データを比較した。その結果、ダクト伝搬は、春から夏の晴天時に発生するが、秋から冬にほとんど発生しないことが分かった。そして、天気との相関が非常に強いことが分かった。

研究成果の概要(英文)：A reception disorder of UHF TV broadcastings sometimes occurs in the Japan Sea area. This reception disorder seems to occur by the duct propagation, caused by environmental parameter such as water vapor or the yellow sand over the Japan Sea. The last purpose of this study is to forecast occurrence of the duct propagation. So, we have steadily observed both the side of Japan Sea and Korean TV waves at Tsubata in the Ishikawa prefecture, and compared the weather data with the obtained data. As results, the duct propagation occurs at the fine weather time of summer from spring, but hardly occurs in winter from autumn. And correlation with the weather is very strong.

研究分野：電波工学，電子機器

キーワード：UHFテレビ ダクト伝搬 日本海上

1. 研究開始当初の背景

(1) 報告者らの研究機関がある石川県津幡は、日本海をモニタする絶好の位置である。そこで、地上波のテレビ放送がアナログからデジタルへ移行する機に、今後使われる UHF テレビ周波数帯における日本海域の電磁環境を、固定観測している。この結果、日本海を越えて到来する不定期で強いテレビ放送波を観測した。これら受信は、不定期であり、昼夜連続つまり数日にわたって連続測定されたこともあった。そして、テレビによる同時観測の結果から、約 350km 離れた島根県松江のテレビ放送波であることが分かった。また、島根県のテレビ電波が受信時、時々、約 700km 程度以上離れた韓国のアナログテレビ放送も受信された。そして、韓国のテレビ放送波が、松江のテレビに受信障害を与えていることも分かった。1 年間の固定観測から不定期受信の特徴の主なものを以下に示す。3 月から 9 月に出現し、10 月から 2 月にはほとんど出現しない。また、発生時、受信点が晴天である確率が高い。そして、3 - 5 月と 7 - 9 月の二つの発生ピークを持つ。

(2) この UHF 帯地上波テレビ放送の見通し外の遠距離伝搬の可能性として、電離層伝搬、ダクト伝搬が考えられる。まず、通信総合研究所の電離層データと観測データとの相関を調査したが、相関は得られなかった。また、電離層反射であると太平洋側でも受信できるが報告がみあたらない。そこで、この不定期な伝搬は、右図のような対流圏でのダクト伝搬と思われる。ダクトを形成させるには、対流圏において高い屈折率が低くなるダクト層が必要である。そして、放送波の送受信点は、ダクト中にある必要がある。屈折率は、水蒸気圧、気圧、温度の関数で表されると教科書等にも記載されている。しかし、気圧配置や天候などの気象と屈折率の関係を結び付け、予報にいたる研究がなされていない。

(3) 報告者らは、ダクト層生成のメカニズムとして、太陽光によって蒸発した水蒸気が、晴天をもたらす高気圧による下降気流によって、海面から高度数 km 以内の間に水蒸気を比較的多く持った層をつくる。この層は、すなわち屈折率が大きなダクト層になる。この際、夜から朝になると気温が下がり、水蒸気圧が飽和水蒸気圧となると雲となるが、雲中に送受信点はないので、ダクト伝搬とならない。これにより 7 - 9 月のダクト層を説明できる。しかし、3 - 5 月のダクト層の発生要因に関して、同じ気候であると思われる 10 - 11 月期にダクト層がほとんど発生していない。2010 年 10 月に米国科学アカデミー紀要電子版に、金沢大学の研究グループにより、「日本海上空で黄砂粒子の液滴化現象がみられる」が掲載された。黄砂現象は、3 - 5 月、日本で問題となっている。そして、水分をもつ粒子が漂っていれば、屈折率が変化し、

ダクト層を生成すると思われる。

2. 研究の目的

(1) 日本海域における電磁環境問題として、黄砂や水蒸気等の環境因子が起因と思われるダクト伝搬による UHF テレビ電波の受信障害がある。この障害は、日本海側や韓国の UHF テレビ電波が日本海を越えて余り減衰せず数百 km 以上伝搬するために起こる。そのため、石川県津幡等において日本海側や韓国のテレビ電波を観測すると共に、松江や輪島の高層気象観測所等の水蒸気圧の高度分布等から黄砂や水蒸気等によるダクト生成の関連を調査研究する。

(2) 地上波デジタル放送の目的の一つに、周波数の有効活用がある。不定期ダクト伝搬路の予報により、新たな周波数の有効活用が可能である。また、本研究の結果を利用すれば、UHF 通信路の新たな可能性を検討する資料として用いることができ、朝鮮半島を含めた日本海側の総合的な周波数利用に大きく貢献するであろう。7 - 9 月期のダクト層の原因は、大気中の圧力、密度、温度の高度分布によって発生すると思われるので、気圧配置図と天気予報とダクト層発生との相関をとることにより、気象との関係をダクト層の予報までつなげたい。

3. 研究の方法

(1) UHF テレビ電波強度の固定観測の継続と共に、ダクト伝搬現象の空間的な広がりを把握する移動観測を行う。同時に、日本海上の観測資料として、松江や輪島等の高層気象観測データや気圧配置等の気象庁から得られる気象資料と観測資料を比較検討するデータベースを作成し、気圧配置等の気象データのみでダクト生成が予測できないかを調査研究する。3 - 5 月期にある黄砂現象からダクト層形成にいたるメカニズムを調査研究する。また、予報システムを開発したい。具体的に以下のように行う。

(2) 固定観測システムを改善し、観測を継続する。この観測システムは、UHF テレビアンテナを用い、プリアンプで増幅後にスペクトラムアナライザにより周波数対電界強度特性を測定し、5 分間毎の受信強度データを GPIB 制御により測定コンピュータに蓄え、そして、LAN を通して、解析用コンピュータに伝送されるシステムである。この観測を継続すると共に、新たに移動観測用に 1 セット構築する。その際、新たに専用のスペクトラムアナライザを購入し、固定観測と同じ特性をもたせるため、プリアンプやアンテナからの信号同軸線を低損失なものに変更した。

(3) ダクト層の広がり、観測場所依存性、石川のテレビ局電波の逆方向伝搬等を調査するため、新規に構築された上記システムを

既存の観測用自動車に設置し、移動観測を行った。

(4) 黄砂や気象データを調査収集し、観測データとの比較からダクト層との関係を検討する。ワイオミング大学で公開されている松江や輪島等の高層気象観測データをはじめ、気象庁において観測されている気圧配置等の気象データを収集し、UHFテレビ受信データとの相関解析ができるようにデータベースをつくる。また、3-5月期の黄砂飛来のシステム等の情報を収集し、比較検討する。予測や公開に向けたシステム構築ためのプログラム開発等を行う。

4. 研究成果

(1) 固定観測の成果を示す[雑誌論文]。表に示すように松江のデジタルテレビ局 41、43、45CHは、ほぼ同時に出現し電界強度の強弱がほぼ一定で特徴的である。そこで、定常観測開始した2007年5月～2012年4月までの5年間に対して3波の受信と天気の関係を調査したものを表に示す。表中の○は、13:00～17:00に受信された日を示しており、月別出現日数も示す。また、松江から津幡は、見通し外伝搬であるので、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あるので、米子と金沢の15:00の天気(両方晴天○、片方晴天△、両方とも晴れていない□)で示した。5年間の観測結果から次の事が分かる。

受信日数は年平均65日、総受信日数は329日で、発生確率は18%。

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%。

10月から2月までほとんど受信されない。受信日数は2日/年で1%未満。

5月と8月に受信日数のピークがある。

- 3月：2日/年(総受信日数 9日)
- 4月：8日/年(総受信日数 38日)
- 5月：12日/年(総受信日数 58日)
- 6月：11日/年(総受信日数 54日)
- 7月：9日/年(総受信日数 47日)
- 8月：13日/年(総受信日数 67日)
- 9月：9日/年(総受信日数 45日)

とから、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、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、から天気との相関が非常に強く、より気温が低い時期には現れにくい。これらよりこの受信現象は、対流圏におけるダクト伝搬による可能性が非常に高いといえる。

表. 金沢・米子の天気(15:00[JST])と41, 43, 45CHの受信状況(13:00-17:00[JST])

観測日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	出現日数			
MAR																																		0	
APR																																			0
MAY																																			0
JUN																																			0
JUL																																			0
AUG																																			0
SEP																																			0
OCT																																			0
NOV																																			0
DEC																																			0
JAN																																			0
FEB																																			0
MAR																																			0
APR																																			0
MAY																																			0
JUN																																			0
JUL																																			0
AUG																																			0
SEP																																			0
OCT																																			0
NOV																																			0
DEC																																			0
JAN																																			0
FEB																																			0
MAR																																			0
APR																																			0
MAY																																			0
JUN																																			0
JUL																																			0
AUG																																			0
SEP																																			0
OCT																																			0
NOV																																			0
DEC																																			0
JAN																																			0
FEB																																			0
MAR																																			0
APR																																			0
MAY																																			0
JUN																																			0
JUL																																			0
AUG																																			0
SEP																																			0
OCT																																			0
NOV																																			0
DEC																																			0
JAN																																			0
FEB																																			0
MAR																																			0
APR																																			0

(2) 移動・固定観測システム[雑誌論文]。観測システムを図1に示す。アンテナは、マスプロ電工社のUHF・TVアンテナU144Gを用いる。プレアンプは、マスプロ電工社のUPA35A(増幅率35dB)に改善した。伝送用同軸ケーブルは、高周波低損失同軸線であるTIMES社のLMR-400を用いた。スペクトラムアナライザは、UHF・TV周波数帯の470MHz～770MHzを300kHz毎の1001周波数で測定する。分解能帯域幅(RBW)300kHz、ビデオ帯域幅(VBW)3kHzとした。写真1は、米子で移動観測した時である。

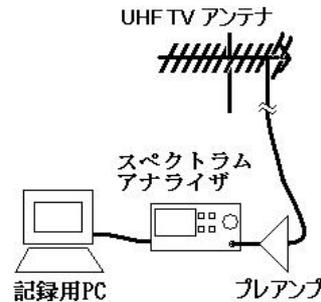


図1. 製作した観測システム



写真1. 観測自動車と移動観測

(3) 移動・固定観測データから[雑誌論文]。2011 から 2014 年度の間、地上波テレビ放送は大きな変化があった。日本は 2011 年 7 月にアナログテレビ放送が終了した。一方、韓国においても、2001 年にデジタルテレビ放送を開始したが、普及率が悪く、アナログテレビ放送を終了したのは、2012 年 12 月であった。従って、2011 年 8 月から 2012 年 12 月までは、アナログテレビ放送は韓国が主体となる。また、日本のデジタルテレビ放送は、アナログチャンネル(ch)でいう 13ch から 52ch が使用されており、53ch から 62ch は、韓国のみでのデジタルテレビ放送となった。しかし、固定観測から 2014 年になると 53ch から 62ch の周波数帯は非常に静かなものとなった。韓国の変化は、3~9 月の実測から分った。

固定観測データの見方

まず、データの見方を示す。図 2 ~ 5 においてアナログテレビ放送は、1 チャンネル(ch)に強い受信線(映像信号と音声信号)が 2 本出ている。他方、デジタルテレビ信号は、幅の広い線となって受信強度が現れる。金沢市に強いデジタル局 6 局(13, 14, 15, 16, 17, 23ch), アナログ局 2 局(25, 37ch)があり、受信データの校正に用いられている。測定時間は、日本時間で 0 時から 24 時までの 24 時間で表示している。

韓国・日本のアナログ・デジタル放送が混在した場合を図 2 に示す。松江の局の解析に使われたのは、41, 43, 45ch の特徴あるデジタル放送の受信である。この日は、日本海上伝搬により多くの放送波が到来した例であり、新聞報道によると金沢市の北北東 20 ~ 30km にあるかほく市の一部では、関西と金沢のデジタル放送局が干渉して受信障害が起きている。この地域では、アンテナ方向が金沢と近畿が同じになり、混信を除去できない。ケーブル TV 等の受信対策がとられている。このように広い範囲でダクト伝搬が起ることがある。

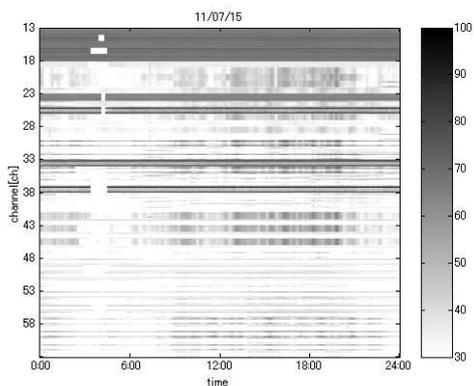


図 2 . 固定観測例 1 (2011 年 7 月 15 日)

日本のアナログ放送が 2011 年 7 月 25 日に終了後、韓国のアナログ放送局が終了する

図 4 . 固定観測例 3 (2012 年 6 月 29 日 2012 月 12 月までの例を図 3 に示す。日本のデジタル放送は、52ch までしかないので、図中に見えている 57ch のデジタル放送は、韓国の放送である。また、強い 2 本線の受信は韓国のアナログ放送である。これらは、日本のアナログ放送が終了したことで、視聴しなくても韓国の局として測定できるようになった。

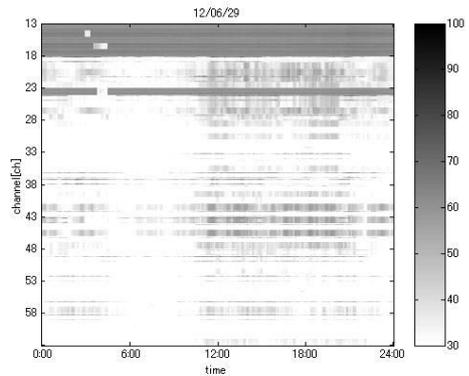


図 3 . 固定観測例 2 (2012 年 6 月 29 日)

韓国のアナログ局終了後のデジタル局の周波数移動が行われた。図 3 に行われる前の受信を示し、図 4 に行われた後の受信を示す。アナログ放送終了後に見られた 53ch 以上の局が、図 5 の 2014 年では全く観測できなくなった。報告者らの観測システムに以上がなかったもので、調査の結果、韓国も 53ch 程度以上を他の周波数割り当てを行うべく移動していることが分った。

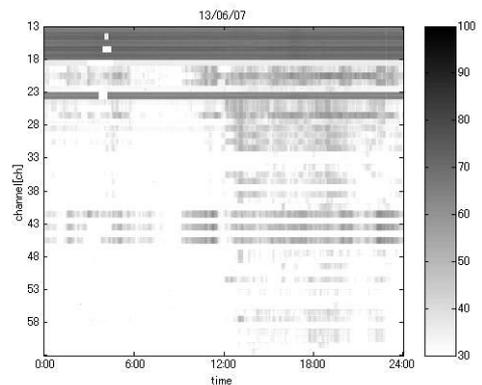


図 4 . 固定観測例 3 (2013 年 6 月 7 日)

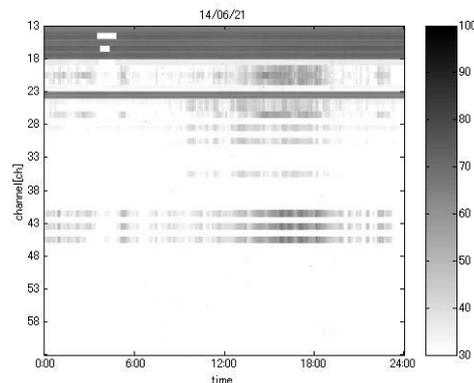


図 5 . 固定観測例 4 (2014 年 6 月 21 日)

それを確認するために2014年12月19日に長崎県対馬市上対馬にある韓国展望台において韓国のTV放送波を実地調査した。展望台から韓国の建物等を遠く見ることができ、見通し内伝搬であり、TV視聴により韓国の放送であることを確認した。11時39分の電界強度の受信例を図6に示す。図6より韓国のデジタルTVの特徴である6MHz帯域内で強度がほぼ平坦であるが、パイロット信号により帯域最初に6dBほどの電界強度の上昇が見られる。今回の釜山方面の観測では、51ch以上のchは使われておらず、現在静穏であることが分った。

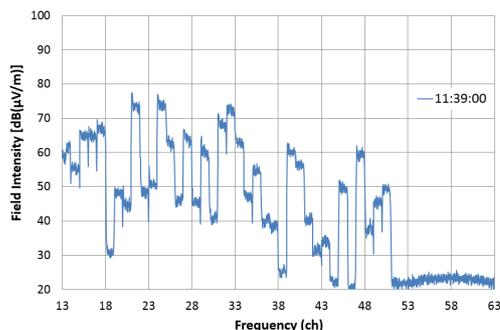


図6 韓国TV局(上対馬 2014年12月19日)

米子における逆方向観測の可能性調査。山陰の局が本校で受信されるのなら金沢の局が山陰で受信されてもよい。この日本海上伝搬の双方向性を調査するため、2012年8月末から9月初めに山陰地方の電磁波環境を実地調査(写真1)した。既に13ch~17chは近畿地方に放送局があり日本海上伝搬において分離することが困難である。そこで、23chの北陸朝日放送の受信が課題であった。しかし、米子弓ヶ浜の観測では、鳥取県鉢伏にある23chが受信され、受信調査することができないことが分った。

能登半島における2点観測の可能性調査。多点観測を行えば、反射点の動きを探ることが可能である。ダクト層を予測して能登地区で観測調査を数度行った。日本海上からの到来波が日本海上数kmに発生するラジオダクトであるとすれば約水平線方向から到来し、海面反射波との干渉等の問題もあり、移動観測では、強い受信観測を行うことができなかった。今後、観測場所を含め、継続調査していきたい。

(4) ダクト層が春に観測できて秋に観測できない理由(学会発表)。この理由として、報告者らは、当初、黄砂の液滴化現象を理由に検討した。しかし、黄砂は年中日本海上を漂っている可能性が強いらしいことが分った。そこで、日本海の表面温度を比べると春は低く、秋は高いことが分った。つまり、海面温度と気温差が、水蒸気の蒸発に影響していると考え、図7に示すようなWebブラウザから気象庁で公開されている海水温度デ

ータにアクセスできるシステムを開発した。このシステムを用いることで異常伝搬に係る任意の領域および月日を指定できるので、数年に渡る放送波の観測データと海水温度との相関関係を調査できるようになった。現在、情報セキュリティの問題から公開していないが、海面温度との関係を調査検討していき公開とダクト層予報につなげたい。

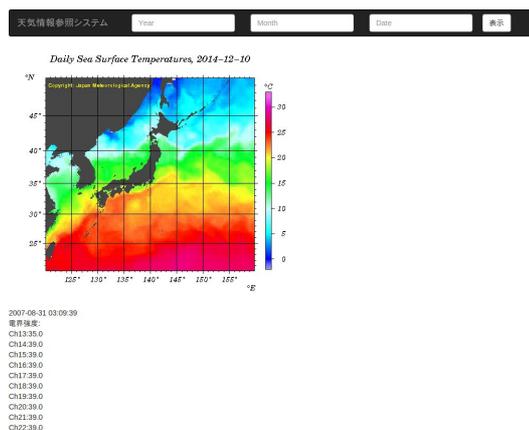


図7 海水表面温度アクセスシステム

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

深見 哲男、東 亮一、九十九 勇希、石川工業高等専門学校紀要、査読有、No.47、2015、pp.1-6

ISSN : 0286-6110

東 亮一、深見 哲男、映像情報メディア学会誌、査読有、vol.67、No.8、2013、pp.J337-J339

DOI:10.3169/itej.67.J337

〔学会発表〕(計 6件)

東 亮一、深見 哲男、地球電磁気・地球惑星圏学会 第136回講演会、2014年11月2日、松本市

東 亮一、深見 哲男、2013 Asia-Pacific Radio Science Conference、2013年9月5日、台湾(台北)

深見 哲男、東 亮一、地球電磁気・地球惑星圏学会 第132回講演会、2012年10月21日、札幌市

深見 哲男、東 亮一、映像情報メディア学会 2012年年次大会、2012年8月31日、広島市

深見 哲男、東 亮一、電子情報通信学会 2012年総合大会、2012年3月23日、岡山市

深見 哲男、東 亮一、平成23年電気関係学会北陸支部連合大会、2011年9月18日、福井市

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ishikawa-nct.ac.jp>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

深見 哲男 (FUKAMI , Tetsuo)
石川工業高等専門学校・その他部局等・教授
研究者番号 : 60115269

(2)研究分担者

東 亮一 (HIGASHI , Ryoichi)
石川工業高等専門学校・その他部局等・准教授
研究者番号 : 10435422