

# 韓国からの V-Low 帯電波ダクト伝搬と地上気象観測値との関連性

## Relationship between V-Low band radio wave duct propagation from Korea and ground-level meteorological observations

岡井 万侑<sup>†</sup> 小林 真<sup>‡</sup> 新 浩一<sup>‡</sup> 西 正博<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 広島市立大学情報科学部 <sup>‡</sup> 広島市立大学大学院情報科学研究科

### 1 はじめに

V-Low 帯の周波数の放送波は災害時に情報伝達手段の一つとして利用されることから、電波環境を把握しておくことが重要である。大気ダクトの発生に伴った異常伝搬であるダクト伝搬によって、西日本では、韓国で放送された FM 放送波が到来することで V-Low 帯周波数における電波干渉が生じる。従来の研究では、ダクト伝搬発生時に対する高層気象観測値の関連性が評価されてきた [1] [2]。本研究では、より時間分解能の高い時系列データを得られる地上の気象観測値に着目し、観測した韓国からの V-Low 帯 FM 放送波のダクト伝搬との関連性を調査した。

### 2 測定環境

V-Low 帯周波数における電波干渉の影響を調査する為に、九州工業大学と広島市立大学において、V-Low 帯周波数の受信電力を測定した。具体的には、韓国の釜山局から 3 kW の出力で 107.7 MHz の FM 放送が行われていることから、九州工業大学と広島市立大学で 107.7 MHz の受信電力を測定した。当該周波数は日本では放送波として用いられていない。図 1 に釜山と九州工業大学 (KIT) および広島市立大学 (HCU) の位置関係を示す [3]。釜山と九州工業大学間の直線距離は約 213.7 km、釜山局と広島市立大学間の直線距離は約 315.2 km である。

### 3 ダクト伝搬と Es 伝搬の判別手法

ダクト伝搬とは大気ダクトの発生により電波が大気中で屈折を繰り返すことで、数百 km から数千 km の地点まで伝搬する現象である。大気ダクトとは移流現象や沈降現象、夜間冷却などの気象現象が要因となり発生し、上空の大気中に逆転層が発生した状態のことである。逆転層とは通常では大気屈折率は地表から宮中にかけて球面層状に現象するが、ある層の大気屈折率が下層に比べて大きく、大気屈折率が上層と下層で逆転している状態である。

V-Low 帯における国外からの電波干渉の現象として、ダクト伝搬だけでなく、電離層においてスプラディック E 層の

発生に伴った異常伝搬であるスプラディック E 層伝搬 (Es 伝搬) がある。Es 伝搬により中国からの FM 放送波も到来することにより、日本で放送波として用いられていない周波数における受信電力が上昇したとしても、ダクト伝搬に起因するものか Es 伝搬に起因するものか判別することが正確に評価できない。

そこで、本研究ではダクト伝搬と Es 伝搬の特性に着目する。九州工業大学と広島市立大学それぞれで測定した受信電力にもとづいて、受信電力の上昇がダクト伝搬に起因するものか Es 伝搬に起因するものかを判別した。図 2 に、ダクト伝搬と Es 伝搬それぞれの伝搬経路を示す。釜山局と九州工業大学間の伝搬経路上には山などの遮蔽物がないため、九州工業大学にはダクト伝搬が到来する。一方、釜山局と広島市立大学の間には山などの遮蔽物があるため、広島市立大学にはダクト伝搬が到来しにくい。

Es 伝搬は、中国からの放送波が上空 100 km に発生したスプラディック E 層で反射して日本広域に到来するため、九州工業大学と広島市立大学のどちらでも中国からの電波が受信される。また、Es 伝搬は瞬時的に受信電力が変動するという特徴がある。

これらの特徴を踏まえて、広島市立大学の受信電力の測定結果に対して 10 分前との差分値を求め、経験則に基づいて差分値が 2.2 dB を超えていた時を Es 伝搬発生時とした。広島市立大学において Es 伝搬が発生している期間は、九州工業大学においても Es 伝搬が発生していると考えられるため、九州工業大学で観測した受信電力のうち、Es 伝搬が発生していたと考えられる期間の受信電力はダクト伝搬現象調査の対象外とした。

### 4 ダクト伝搬と地上気象観測値の比較

従来の研究では、ダクト伝搬発生時に対する高層気象観測値の関連性が評価されてきた。しかしながら、高層気象の観測は 1 日に 2 回しか行われなことから、関連性が明らかになったとしてもダクト伝搬の発生状況を高層気象現象からリアルタイムで把握する事は困難であった。本研究では、ダクト伝搬の発生をリアルタイムに把握する事を目指して、10 分毎に観測される地上の気象観測値とダクト伝搬との関係性を評価した。

釜山と九州工業大学間の対馬海峡上空で発生した大気ダク

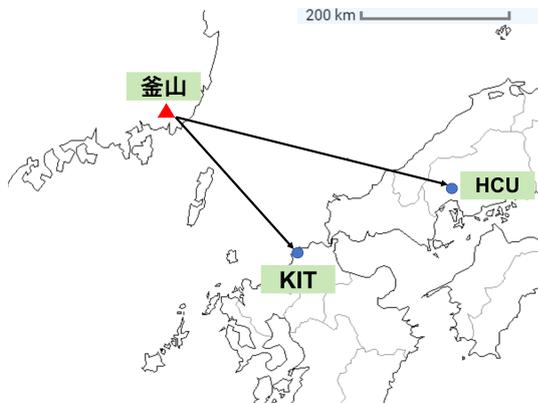


図 1: 釜山局と KIT および HCU の位置関係

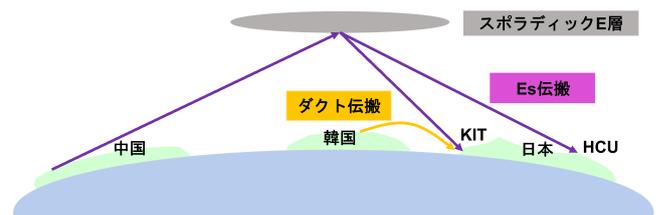


図 2: ダクト伝搬と Es 伝搬の特性

トにもなってダクト伝搬が発生していると考えられる。そこで、本研究では、釜山と九州工業大学の間に位置する対馬半島北部の鰐浦観測所の地上での気象観測値を用いて評価した [4]。

気象現象は季節変動があることから、ダクト伝搬が発生しやすい5月と6月の気象現象とダクト伝搬との関係を毎月毎に評価した。

図3に2017年5月の鰐浦観測所の10分毎の平均風速、最大風速、気温、降水量と受信電力(RSSI)とを比較した2次元ヒストグラムを示す。図3(a)に平均風速と受信電力との関係を示す。図3(a)から、平均風速が2.5 m/s以下の時に、受信電力が-90 dBmとなる事が見られる。ただし、大きな傾向とまでは言えない。平均風速と受信電力との間には、関係性が少ないと考えられる。図3(b)に最大風速と受信電力との関係を示す。最大風速が5.0 m/s以下の時に、受信電力が-90 dBmを上回る事が多い事が分かる。このことは、風が強い状況では、大気ダクトが発生する要因である大気ダクトが形成されない。風が弱い時に、ダクト伝搬が発生している事が表れていると考えられる。但し、観測した回数が多くなった最大風速10 m/s付近では、必然的に-90 dBmを上回った回数が多くなっていることに注意する必要がある。図3(c)に気温と受信電力との関係を示す。気温が15度の時に、受信電力が増加する傾向が見られる。地表面の気温が低いときに、大気ダクトの要因となる逆転層が生成されている可能性がある。図3(d)に降水量と受信電力との比較を示す。2017年5月は大きな降水を観測しなかったため、相関は見られなかった。

図4に2017年6月に鰐浦観測所で観測した10分間の平均風速、最大風速、気温、降水量と受信電力との関係を示す。図4(a)に平均風速と受信電力との関係を示す。図4(a)からは、受信電力と平均風速の間には関係性は見られない。図4(b)に最大風速と受信電力との関係を示す。2017年5月の結果と同様に、最大風速が小さいときに高い受信電力を観測することが多くなっている。図4(c)に気温と受信電力との関係を示す。5月と同様に、気温が低いほど、受信電力が増加する傾向が見られる。地表面の気温が低いときに、大気ダクトの要因となる逆転層が生成されている可能性がある。図4(d)に降水量と受信電力との関係を示す。6月においても強い降水を観測しなかったことから、相関関係は見られなかった。

2017年5月と6月の結果から、最大風速が低いときと、気温が低い時にダクト伝搬が発生する傾向が見られた。また、当該期間中降雨を多く観測しなかったため、降水量との関係については評価できなかった。

## 5 おわりに

本研究では、ダクト伝搬と地上気象観測値を比較するために、Es伝搬とダクト伝搬が到来する九州工業大学の観測データとEs伝搬のみが到来する広島市立大学の観測データを用いてEs伝搬の除去を行った。対馬の鰐浦観測所の気象観測値と、九州工業大学での受信電力との関係を評価した。評価の結果、最大風速と気温に対してダクト伝搬が関係する可能性が示された。今後、最大風速毎や気温毎の受信電力の分布の評価や、他気象観測地点と受信電力との比較を行う予定である。

## 参考文献

[1] 金倉光希, 新 浩一, 西 正博, “V-Low帯におけるオーバーリーチ伝搬の評価のためのスプラディックE層および大気ダクト伝搬の判別手法,” The 20th IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp.46-47, Nov. 2018.

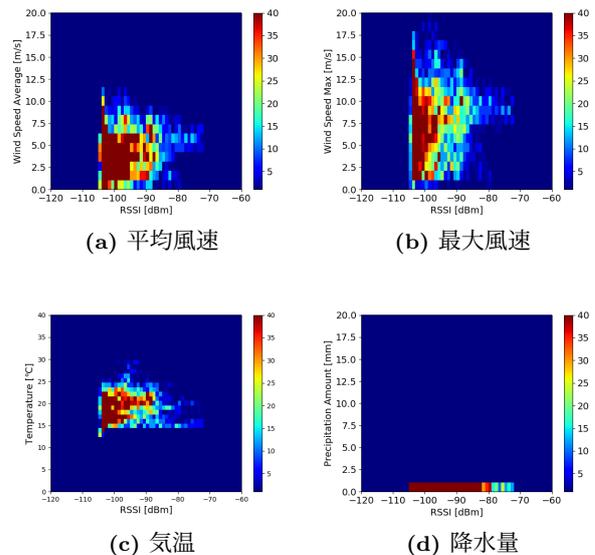


図3: 2017年5月鰐浦の気象とダクト伝搬の比較

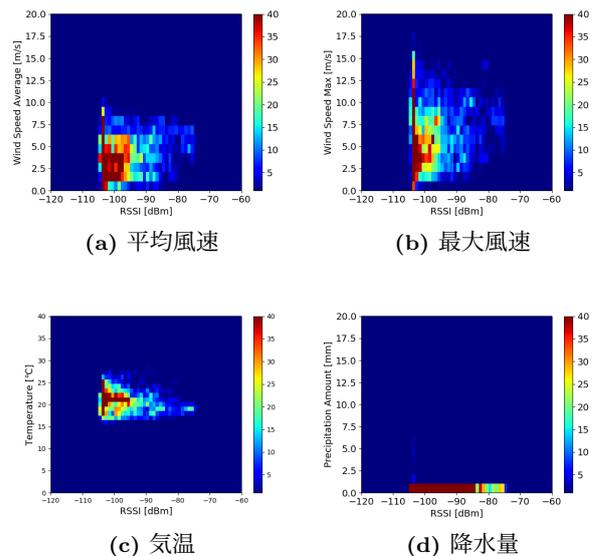


図4: 2017年6月鰐浦の気象とダクト伝搬の比較

- [2] 西 正博, 谷山曙多朗, 新 浩一, “V-Low帯における韓国からのオーバーリーチ伝搬の測定,” 電子情報通信学会論文誌, vol.116, no.142, pp.43-48, July 2016.
- [3] CraftMAP, “日本と世界の白地図,” <http://www.craftmap.box-i.net/>, (2021年12月22日閲覧).
- [4] 気象庁, “過去の気象データ,” [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=84&block\\_no=1453&year=&month=&day=&view=](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=84&block_no=1453&year=&month=&day=&view=), (2021年12月22日閲覧).