

降雨による電波強度の減衰を利用した降水量予測

班員 坂本 博斗 大目 航太 長谷 雄一郎 船塚 晃平
担当教諭 山本 一博

キーワード：電波、降雨減衰、電界強度計

To verify the usefulness of radio waves, which are known to attenuate in strength during rainfall, for rainfall forecasting, we conducted experiments to determine whether water interferes with radio waves and whether there is a difference in the relationship between BS and terrestrial radio waves with rainfall. The results showed that the reception strength is attenuated by the presence of raindrops of a size exceeding the wavelength on the route of the radio wave, and that the BS radio wave is suitable for rainfall forecasting.

1 はじめに

電波とは電磁波の一種であり、透過や回折といった性質を持つ。透過とは電波が物体を通り抜ける、回折とは電波が物体の裏側に回り込む性質である。また、周波数ごとに性質が異なり、高ければ高いほど直進して伝わる性質である指向性が強い。そのほかにも一般的に降水時には電波が吸収、散乱されることによって、受信強度が減衰することが確認されている。

先行研究では、それらの電波の中でも宇宙空間から飛来するBSの電波（以下BS電波とする）に着目し、受信強度の変化から局地的豪雨を予測するという研究が行われていた。そこでは降水時に電波強度が減衰することは示されていたが、降水量と電波強度の減衰の程度の関係は明記されていなかった^[1]。その関係を明確化し活用することで、局地的降水の予測が可能ではないのかと考えた。本研究では先行研究の再現性及び受信強度の変化の様子から降雨の程度の予測を行いつつ、独自の降雨予測システムを構築することを目的に実験を行った。

2 材料と方法

〈実験1, 2, 3で使用した材料〉

- ・Wi-Fiルータ（CISCO）
2.4GHzのものを実験1に使用した。
- ・Wi-Fi Analyzer（VREM）

実験1のWi-Fiの電波強度を測定した。

- ・ペットボトル

7cm×7cm×22cmのものを実験1に使用した。

- ・シグナルレベルメーター（LF983, リーダー株式会社）

実験2のBS電波及び地上波の電波強度を測定した。

- ・降水量のデータ（気象庁）

降水量の参考として実験2, 3に使用した。

- ・BS電波

30GHz帯のものを実験2に使用した。

- ・地上波

515MHzを実験2に使用した。

〈実験1〉 Wi-Fi電波を用いた水の有無と
通信速度の関係の調査

Wi-Fi電波を用いて水が電波の障害物となるのか検証を行った。

約60cm離して配置した2.4GHzのWi-Fiルータとスマートフォンの間に水を入れたペットボトルを並べていき、Wi-Fi Analyzerを用いて置いたペットボトルの本数ごとに電波強度の値を計測した。（図1）



図1 実験1の様子

〈実験2〉 降水量とBS電波強度及び
地上波の電波強度の相関の調査
降水時におけるBS電波と地上波の電波強度
の減衰の相関を調査した。

電波強度計を用いて、BS電波及び地上波の受信強度を計測し、電界強度計の液晶に映し出される値をタイムラプスカメラで10分ごとに撮影した（図2）。撮影で得られたデータを気象庁の10分ごとの降水量のデータと照らし合わせてグラフ化し、相関がみられるか検証した。



図2 電界強度計

〈実験3〉 降雪量とBS電波強度の相関の調査
降雪時におけるBS電波の受信強度の減衰の
相関を調査した。

実験方法は実験2と同様である。

3 結果

〈実験1〉

水を入れたペットボトルを一本も置かなかった場合、電波強度は-41dBmの値を示し3本（幅約21cm）を置いた場合は-48dBmの値を示した。4本以上置いた場合、値の変化は見られなかった（図3）。

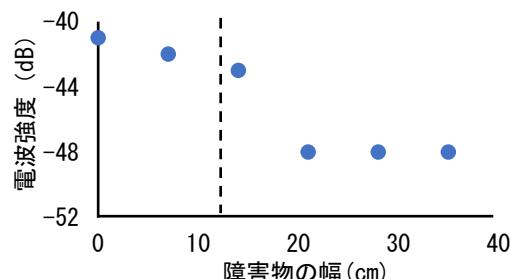


図3 障害物の幅と電波強度

図3では値が0に近いほど電波強度が大きいこと、図中の点線はWi-Fi電波の波長（約12.5cm）を示している。

〈実験2〉

BS電波の受信強度は降水量の増加にともなって減衰した（図4）。地上波の受信強度では2つの変化パターンが得られたがいずれも降水量との相関は見られなかった。（図5, 6）

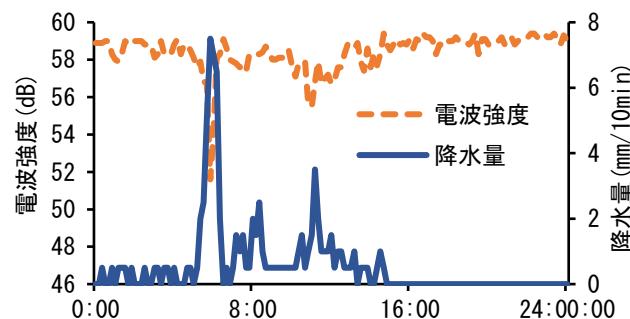


図4 BS電波の強度と降水量（7月1日）

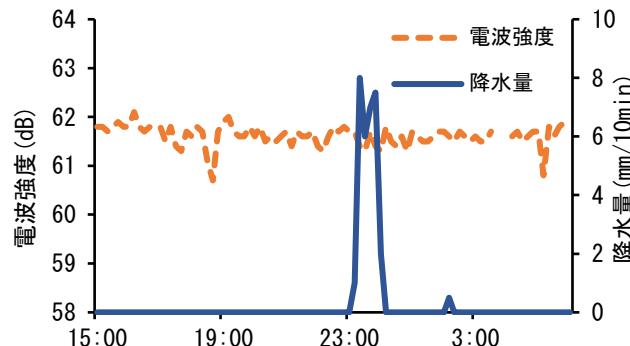


図5 地上波（6ch）の強度と降水量（8月26～27日）

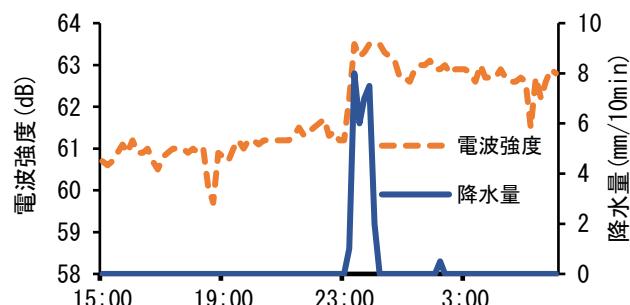


図6 地上波（10ch）の強度と降水量（8月26～27日）

〈実験3〉

降雪があってから遅れて電波強度が減衰する、または減衰し続けるという結果が得られた。（図7, 8）

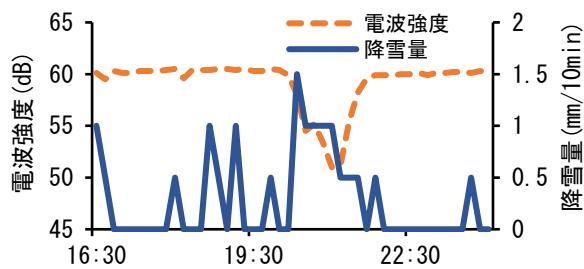


図7 BSの電波強度と降雪量（12月21日）

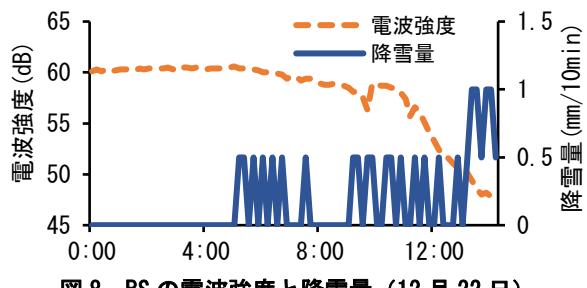


図8 BSの電波強度と降雪量（12月22日）

4 考察

【電波の減衰条件について】

実験1では障害物の幅を21cmに設定した時点で電波強度が減衰していた。Wi-Fi電波(2.4GHz)の波長が約12.5cmであることから考えると、障害物の幅が波長より大きくなり、回折が起こりにくくなる条件を満たしたためだと考えられる。よって、電波は進行方向上に波長を上回る幅の障害物が存在すると電波強度が減衰し、雨粒を構成する液体の水は電波の障害物になると考えられる。

【降水と受信強度の関係について】

実験2ではBS電波は降水量にともなって受信強度が減衰していたが、地上波の受信強度には降水量にともなった変化が見られなかった。2種類の電波の間でこのような違いが生じた原因としては地上波の周波数が300MHz～3GHz帯であるのに対して、BS電波の周波数は30GHz帯であり、BS電波のほうが周波数が高く散乱が起こりやすいということが関係していると考えられる。また、地上波の波長は10cm～1m、BS電波の波長は10cmであり（表1）、10cmを超える雨粒は存在しないことから地上波は雨粒による電波強度の減衰が起こらないと考えられる。よって、降雨の予測に用いる際には地上波より

もBS電波のほうが適していると考えられる。

表1 各放送の周波数と波長

	BS電波	地上波
周波数	30GHz	300MHz～3GHz
波長	1cm	10cm～1m

【降雪と受信強度の関係について】

実験3では、降水時に見られたような強い相関は認められなかった。BS電波強度の減衰は、降雪空間におけるものというよりも、アンテナなどへの着雪によるものであると考えることが適していると考えられる。

5 追加実験

〈実験4〉 BS電波の測定時刻と降水及び降雪時刻の相関の検証

実験2,3の結果を受け、BS電波の受信強度を測定した時刻と降雨及び降雪のあった時刻を同時刻とみなして検証を行った場合と、降雨及び降雪のあった時刻を10分遅らせて検証を行った場合とで相間に違いがみられるのか検証を行った。10分は参考にした気象庁のデータの最小単位である。

実験2,3で収集したデータを降水量の大きさごとに分けてグラフ化し、同時刻の場合と10分後にずらした場合とで相関を比較した。

結果

【降雨について】

同時刻とみなした場合の相関係数は-0.45（図9）、10分後にずらした場合の相関係数は-0.75という値が得られた（図10）。

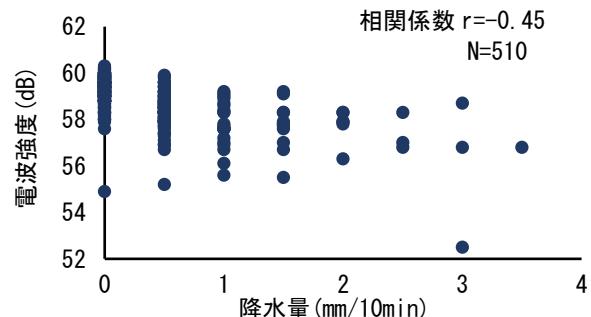


図9 同時刻の降水量と電波強度(BS)

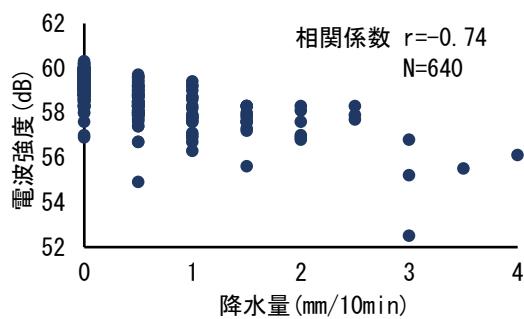


図 10 10 分後の降水量と電波強度(BS)

【降雪について】

同時刻とみなした場合の相関係数は-0.45(図11)、10分後にずらした場合の相関係数は-0.75という値が得られた(図12)。

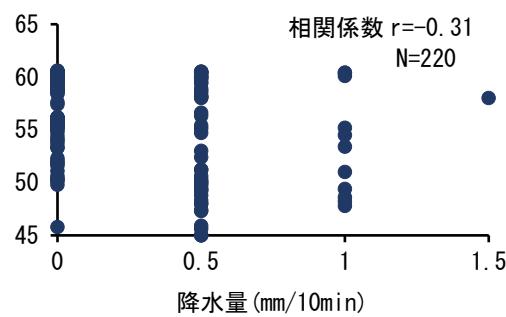


図 11 同時刻の降雪量と電波強度(BS)

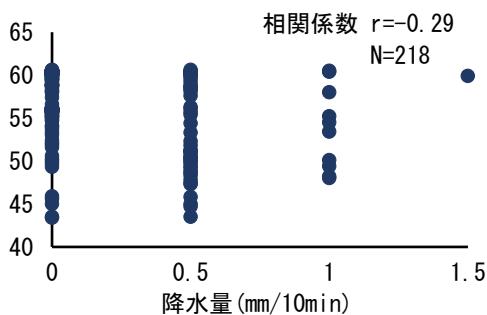


図 12 10 分後の降雪量と電波強度(BS)

考察

【BS電波の降雨予測に対する有用性について】
日本気象協会によると雨雲は秒速12.5m/s、2000~7000mの高さで^[3]、Asahi SatelliteによるとBS衛星への仰角は39.2°、方角は南西であり^[4]、測定を実施した日が雨雲が南西から北東に進んでいた。以上のことから電波強度の減衰を確認してから雨雲が移動し、実際に雨が降り出すまでの時間は約3~11分であると算出できると考えた。

【降雪について】

実験3の結果から、BS電波強度の減衰は、降雪空間によるものというよりも、アンテナなどへの着雪によるものであると考えることが適していると考えられる。

6 今後の展望

【降雨予測システムについて】

これまでの実験2、3では参考にしたデータの最小単位が10分であったことから、測定を10分単位で行ったが、時間の幅をより細かく設定することで、より正確な予測に近づけられるのではないかと考える。また、受信強度を観測する地点を増やしたり、具体的な降雨の量を予測することでより実用的な予測システムの構築につなげたい。さらに、受信強度を自動で収集し、著しい電波強度の減衰を観測したときに通知するシステムを構築することができれば、突発的な降雨である際にも事前に予測することが可能になると考える。

【降雪について】

実験3では降雪時の電波強度の減衰はアンテナなどへの着雪によると考えられた。今後はアンテナの着雪状況にも留意しながら観測及び考察を行いたい。

7 参考文献

- [1] 鹿児島県立錦江湾高等学校 川添愛莉 西府美音 前原凜花 吉永恵、2022年、BSアンテナで局地的豪雨予測Ⅱ～SNSとIoTを活用した観測網の全国展開～
- [2] 過去の気象データ検索、気象庁
<http://www.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
 6月30日～7月9日, 8月25日～9月22日
 12月21日～22日
- [3] 石川県の雨雲レーダー、日本気象協会
<https://tenki.jp/>, 6月30日～7月9日
- [4] Asahi Satellite,
<http://www.satellite.co.jp/>