

地学

降雨による電波強度の減衰を利用した降水量予測

石川県立七尾高等学校 SSC

2年 坂本 博斗 大目 航太

長谷 雄一郎 船塚 晃平

1. 研究の動機及び目的

一般に電波の受信強度は降雨や降雪によって減衰することが知られている。先行研究では、降水によって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との関係は明記されていなかった。この関係を明確化し活用すれば、急な局地的降水の予測が可能ではないかと考えた。そこで、受信強度の変化から降雨の程度を予測することの実現性の検証を行いつつ、独自の予測システムを作成することを目的に実験を行った。

2. 方法と結果

実験材料と実験器具

- ・Wi-Fi ルーター (2.4GHz、波長 12.5 cm)
- ・スマートフォン
- ・電界強度計 シグナルレベルメーター-LF983 (リーダー電子社製)
- ・タイムラプスカメラ Construction Camera Pro (brinno 社製)

実験1 Wi-Fiによる水の有無と通信速度の関係

方法

水による電波の減衰について確認した。スマートフォンの周りを水で満たしたペットボトル (2L) で囲み、Wi-Fi ルーターに対する方向だけペットボトルを置かず、ルーターからの電波のみを受信するように配置した (図1)。ルーターとスマホの間に水入りペットボトルを並べて置き、電波強度測定アプリを用いて、Wi-Fi の電波強度を調べた。このときペットボトルの本数を0~5本まで1本ずつ増やし、置いた本数ごとに電波の強度を記録した。



図1 実験1の様子。スマートフォン (右) の周りを水入りペットボトルで囲み、ルーター (左) からの電波のみをとらえるようにした。

結果

ペットボトル0本では、電波強度は-41dBmの値を示していたが、3本の時点 (21 cm) で-48dBmまで減衰し、4本以降では値は変化しなかった (図2)。

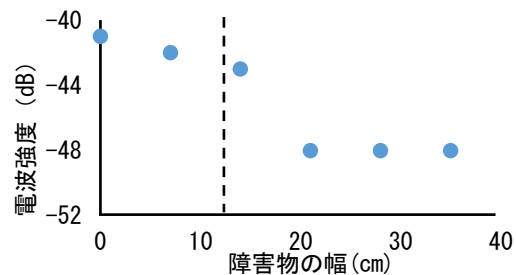


図2 障害物の幅と電波強度の関係。点線はWi-Fiの波長を示す。

実験2 降水量とBS電波(30GHz帯)強度、地上波(515MHz)電波強度の関係

方法

降雨時の電波強度を測定し、降水との関係を調べた。6月から9月の間で、強い降水があった時に電波の強度を測定した。この降水時に電界強度計を用いてBS電波及び地上波の電波の受信強度を計測した。電界強度計では電波の強度を記録できなかったため、タイムラプスカメラにより電界強度計のモニタを撮影し、記録した。カメラにより10分ごとにモニタ画面を撮影し、後日撮影した画像を見ながら数値をノートに記録した。この数値と気象庁の10分ごとの降水量のデータとを照らし合わせ、相関がみられるかを検証した。

結果

BS電波の受信強度は降水量の増加とともに減少した (図3)。一方で、地上波の受信強度は降水量による変化が見られなかった (図4)。

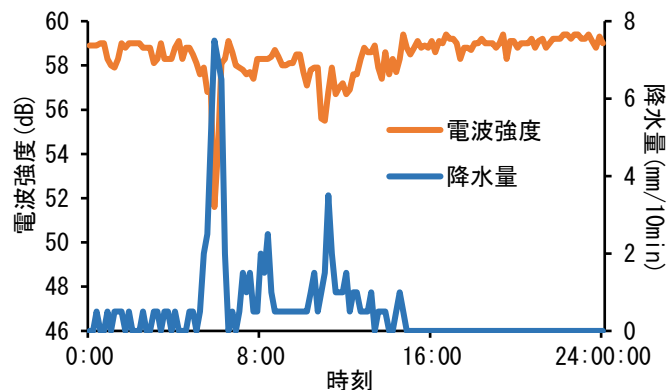


図3 7月1日の降水量と電波強度 (BS)

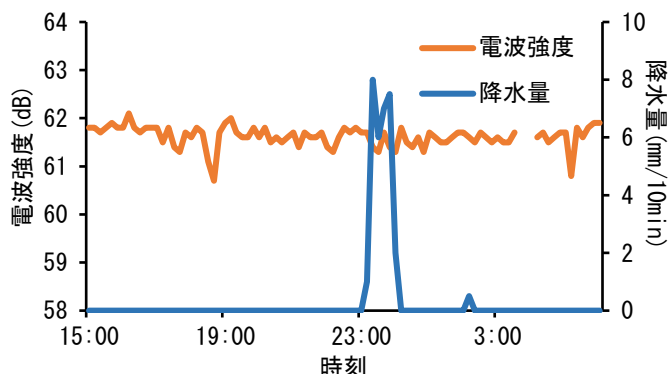


図4 8月26~27日の降水量と電波強度 (地上波)

この結果をもとに BS 電波の受信強度と降水量との相関を調べた。この際、電波を受信した時間と同時刻の降水量を用いた場合と、10 分後の降水量を用いた場合の 2 通りで相関をとった。

同時刻の降水量をもとに解析した場合も、10 分後の降水量をもとに解析した場合のどちらも負の相関がみられ、降水量が多くなると受信強度が減少する傾向が明らかになった（図 5、6）。それぞれの相関係数（ r 値）を見ると、同時刻では -0.45 、10 分後では -0.75 となり、後者のほうがより強い負の相関が得られた。

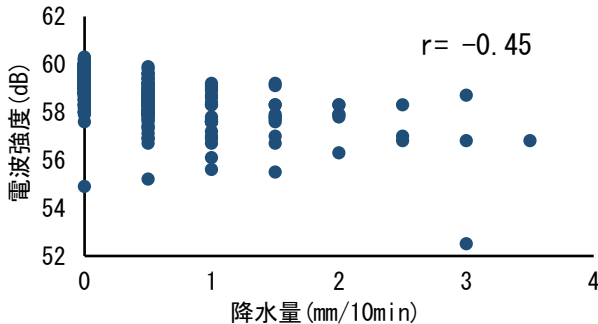


図 5 同時刻の降水量と電波強度 (BS) との関係

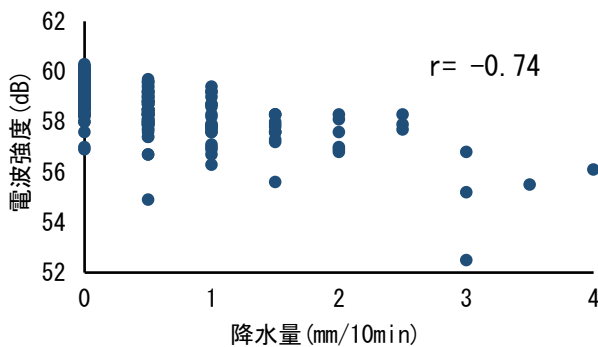


図 6 10 分後の降水量と電波強度 (BS) との関係

3. 考察

実験 1 の結果から、電波は波長より大きい長さの障害物では回折が起らず、電波強度が減衰しやすいと考えられる。また液体の水が障害物となることが確認された。

実験 2 では BS 電波は降水とともに減衰したが、地上波は減衰しなかった。BS 電波と地上波の波長はそれぞれ 1 cm と 10 cm~1 m であり、地上波の波長は非常に長い（表 1）。電波は波長より大きな障害物があると回折できず、強度が減衰する。10 cm を超える雨粒は存在しないため地上波では雨が障害にはならず、したがって地上波を用いた降雨予測は不可能だと考えられる。一方で波長の短い BS 電波では雨が障害になり得るため、予測は十分可能であろう。

表 1 各放送の電波の波長と周波数

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

日本気象協会によると雨雲は秒速 12.5m/s、2000~7000m の高さで、また、Asahi Satellite によると BS 衛星への仰角は 39.2 度、電波が来る方向は南西である。観測した日は雨雲が南西から北東に進んでいた。以上のことから計算すると、電波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 分であったことがわかった。今回の結果では、降雨量と電波強度の相関は、10 分後の降水量を使って解析した場合に、より強い負の相関が得られた。これは 10 分後に観測地点にやってくる南西方向にある雨雲により、電波が遮られたことを示唆している。これらから考えると、観測した電波の強度は数分後に降る雨の影響を受けると考えることができ、したがって BS 電波を使えば、10 分後程度のレベルで降水を予測できることが示唆された。

3. 今後の展望

先行研究および本研究のどちらも、降雨条件での電波減衰を扱っている。私たちが住む石川県では、冬に多くの雪が降る。氷の結晶である雪は水とはその大きさや分子構造が異なっている。また、雪と雨が混ざった霰や、氷の塊である雹が降ることもある。こうした特徴をもつ雪の場合、降雪と電波の減衰とは降雨とは異なる関係がみられると予想される。現在、降雪時のデータを取り、解析中である。発表時には降雪時の結果も加え、報告したい。

4. 参考文献

- (1) 鹿児島県錦江湾高校, 2021, 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
- (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/>