

茅葺屋根および金属瓦葺屋根における2.4GHz帯電波の減衰特性

2.4-GHz Radio-Wave Attenuation of a Thatched Roof and a Metal-tiled Roof

○金 賢洙^{*1}, 李 尚曄^{*2}, 福田 眞太郎^{*3}

Hyunsoo KIM^{*1}, Sangyeop LEE^{*2} and Shintaro FUKUDA^{*3}

*1 東京工業大学 科学技術創成研究院 研究員 修士(工学)

Researcher, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, M.Eng

*2 東京工業大学 科学技術創成研究院 助教 博士(学術)

Assis.Prof, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, Ph.D

*3 東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授 博士(工学)

Assoc.Prof, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng

キーワード：電波伝搬; 減衰; 茅葺; 金属瓦葺; ドローン; 2.4GHz

Keywords: Radio propagation; Attenuation; Thatched roof; Metallic-tiled roof; Drone; 2.4GHz

1. はじめに

これから第5世代移動通信のインフラストラクチャーが展開されていく中で、建物が密集する都市部では既存の有線通信のインフラストラクチャーを高速無線通信に合わせて更新し、建物が点在する山間や農村地域では人工衛星やHAPS(高高度基盤ステーション)¹⁾による無線通信が主流になることが見込まれる。この際、後者においては、壁や屋根などの建物部位に対して、建物の外から受ける電波の透過損失の低減が要求される。このような要求に応じて、コンクリート、ガラス、石膏ボードといった各建築材料に対する電波の透過損失測定²⁾や約90cm×90cmの鉄筋コンクリートで造られた単体の建築部位に対する電波の透過損失事例³⁾は報告されているが、人工衛星やHAPSによるBeyond5G高速無線通信を想定した実験として、屋根全体を対象とした無線電波の透過損失を検討した例はみられない。そこで本調査では、千葉県の間、農村地域に所在する二つの伝統家屋(以降“古民家”と記す)を対象とし、茅葺屋根および金属瓦葺屋根における電波の減衰量の測定結果を報告する。

2. 測定方法

本調査では、将来的に人工衛星やHAPSから送信される無線通信電波を想定し、電波が屋根を通過する際にどの程度減衰が生じるかを把握するために、ドローンを用いて類似実験を行った。具体的には、DJI製のドローンを地面から15mの位置に配置させ、そこから動画をリアルタイムで送信するために送出される2.4GHz帯の電波を受信機で受け取り、Keysight Fieldfoxノットヘルム・アンテナ⁴⁾(最大測定可能周波数26.5GHz)を用いて受信された電波の電力を測定する。さらに、図1に示すように、屋根がない状態と屋根がある状態に分けて

測定を行い、両測定値の差異を比較することで、屋根による電波の減衰量を算出する。屋根がある場合、受信機の位置は棟の位置に合わせた。測定は千葉県に所在する茅葺屋根の古民家A(2022年8月17日)と既存の茅葺屋根に軽量の金属瓦を被せた古民家B(2022年12月8日)で、二回にわたって行った。図2と表1に、測定対象の外観と概要を示す。

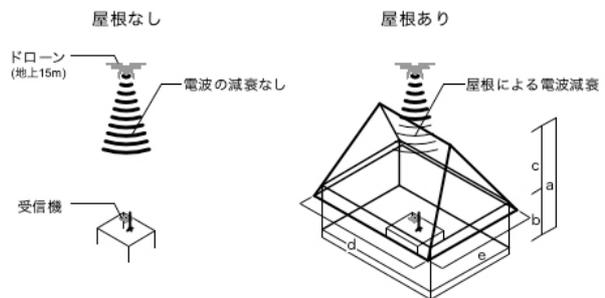


図1 電波減衰量の測定方法



図2 測定対象の外観

表1 測定対象の概要

	古民家 A	古民家 B
特徴	茅葺のみ	茅葺に金属瓦を被せる
規模	a:9.5m,b:5.0m, c:4.5m,d:20.9m,e:8.8m	a:11.3m,b:7.8m, c:3.5m,d:19.8m,12.8m

3. 測定結果

まず、古民家Aで行った測定結果を図3に示す。測定された受信電力(絶対値)はグラフの右上の数値から捉えることができる。まず、屋根がない状態では、ドローンから送出された電波が-68.54dBmの電力で受信された。対して、屋根がある場合には、電波が-86.35dBmの電力で受信された。測定された減衰量は17.81dBであり、これは屋根によって電波電力が約1/60.39(1.66%)程度まで減衰したと捉えることができる。次に、古民家Bで行った測定結果を図4に示す。まず、屋根がない状態では、電波が-65.90dBmの電力で受信された。対して、屋根がある場合には、-99.07dBmの電力が受信された。両測定値の差による減衰量は33.17dBであり、これは屋根によって電波電力が約1/2075(0.05%)程度まで減衰した。両古民家における測定結果を表2に整理した。

表2 測定結果のまとめ

	古民家 A	古民家 B
屋根なし	-68.54dBm	-65.90dBm
屋根あり	-86.35dBm	-99.07dBm
減衰量	17.81dB	33.17dB

4. まとめ

本調査では、茅葺の屋根では2.4GHz帯電波電力1/60.39まで減衰され、金属瓦屋根では電波電力が1/2075まで減衰されたことがわかった。両屋根における電波の減衰量

を比較すると、茅葺の屋根による電波損失が金属瓦の損失より約34倍程度低く、これは反射性の強い金属材料の性質によるものと考察される。ただし、より立体的な分析のためには、今後屋根の大きさや形状に関する比較とともに、他の屋根材料についてもあわせて検討することが求められる。また、いずれも屋根による電波の損失が大きく、室内でのLTE 4Gや5G、GPSなどの無線電波受信感度を改善するためには、屋根に電波専用の開口部やアンテナの設置が必要になることが考えられる。以上、本調査では、ドローンから送出される電波電力の減衰量を測定することで、人工衛星やHAPSによるBeyond5G高速無線通信を想定した屋根における電波の損失測定実験の可能性を示唆した。

謝辞：本発表の一部は、東京工業大学DLab Challenge 2021, 電気通信普及財団の研究助成によるものである。

【参考文献】

- 1) 長手厚史、太田喜元、星野兼次: 迅速な災害復旧に向けたHAPS 移動通信システムの研究開発、電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン 15(3), pp. 211-218, 2021.
- 2) Yuta Akiyoshi, Keiji Jimi and Akihiro Kajiwara : Penetration loss of outer wall materials for co-existence of indoor and outdoor-use sensors at 79GHz、IEICE Communication Express, Vol. 8, No. 8, pp. 353-358, 2019.
- 3) 川瀬隆治 : WPT や 5G における建築建材の反射・透過特性、工業材料 71(1), pp44-49, 2023.

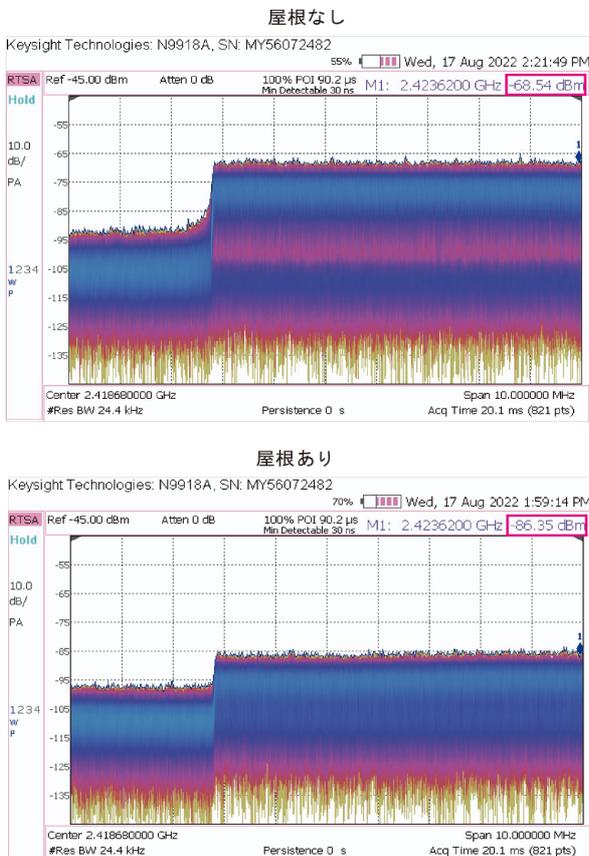


図3 古民家Aの測定結果

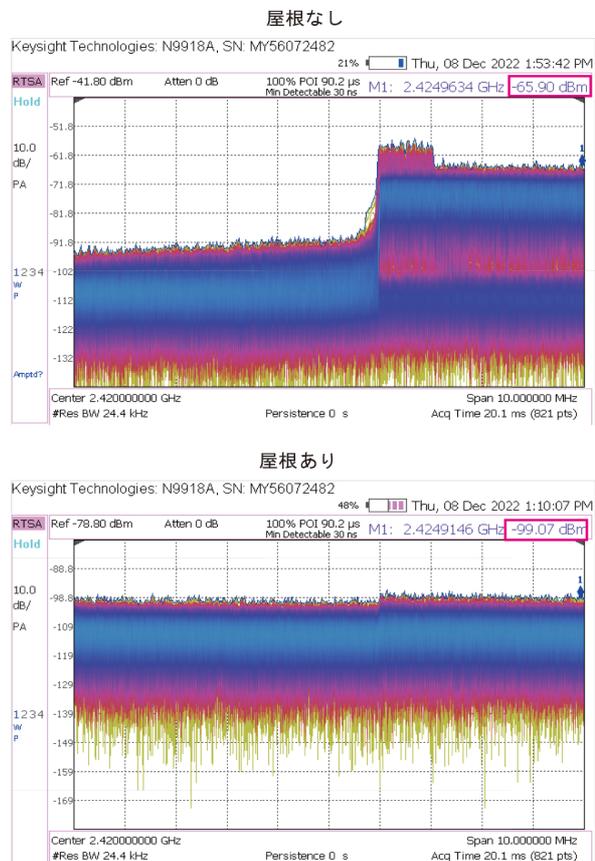


図4 古民家Bの測定結果