

# UAV を用いた HF 帯アンテナ測定によるシミュレーションでの影響

2020SC015 平田 雄己

指導教員：藤井 勝之

## 1 はじめに

近年, UAV(無人航空機:Unmanned Aerial Vehicle)は空撮, 構造物点検, 測量, 物流, 防犯などの様々な分野で期待されている. その理由として, 細かなデータの取得や時間を大幅に短縮し, 人の手の届かないところに容易に利用できることが挙げられる. 通信技術を掛け合わせた研究も多く存在しており, アマチュア無線と UAV を用いた先行研究[1]では, 高額な測定設備を有していないアマチュア無線技士の方々が HF 帯アンテナを測定できる環境の構築を行うために UAV をアンテナ測定に用いている.

本研究では先行研究[1]の受信アンテナの向きで受信できるかを $H_x, H_y, H_z$ 成分毎の受信結果から確認した. またアマチュア無線技士の方々が使用できる HF 帯の周波数の中で計算がされていない周波数 21, 24, 28MHz で電磁界分布の計算を行い, UAV がどのくらい電磁界分布に及ぼす影響を確認した.

## 2 シミュレーションについて

本研究では, FDTD 法(時間領域差分法)を用いた電磁界解析ソフトウェア XFDTD(ver.7.9.2.3)[2]を使用する. HF 帯アンテナとしてモノポールアンテナを送信側にして, 受信側は磁界の変化により逆起電力を発生させるシールドドットループアンテナを用いている. 第 3 級アマチュア無線技士が利用できる HF 帯の周波数である 3.5, 3.8, 7, 18.1, 21, 24, 28MHz の内, 先行研究ではアンテナ高が高くなり, 測定が困難となる 3.5, 7, 18.1MHz でシミュレーションを行っている. 本研究では上記の周波数の中でも周波数の高い 21, 24, 28MHz でのシミュレーション結果と考察を行う. 使用する UAV は Matrice300RTK[3]であり, Matrice300RTK は材質, 比誘電率, 導電率が入れられていないため[4]を参照して 3D 解析モデルを構成した. 図の 1 に 3D モデルを示す. また 3D モデルは材質, 比誘電率, 導電率が入れられていないため表 1 に UAV の電気定数を示す. シミュレーション構成は高さによって変化する HF 帯モノポールアンテナ近傍界における磁界分布の結果を得るため, 図 2 のように HF 帯モノポールアンテナとシールドドットループアンテナの間を 5m 離し, ground から 0.2m 離れた点から高さ 4m までの各 20 点でシミュレーションを行った. 測定は UAV がある場合とない場合の 2 パターンで行い, UAV がどのくらい電磁界分布に影響するのかを確認した. シミュレーションのイメージを図 2 に示す.

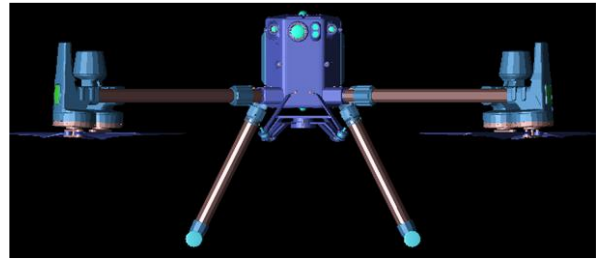


図 1 DJI Matrice300 RTK 3D モデル

表 1 UAV の電気定数

機体の各部名称	材質	比誘電率	導電率
FPV カメラ	ガラス	3.7	$1.4 \times 10^{-4}$
フレームアーム	カーボン	1.0	$4.0 \times 10^4$
フレーム	ナイロン	3.5	$1.4 \times 10^{-4}$
プロペラ	ナイロン	3.5	$1.4 \times 10^{-4}$
モーター	アルミニウム	1.0	$3.8 \times 10^7$
バッテリー	アルミニウム	1.0	$3.8 \times 10^7$
上部, 下部ライト	ポリカーボネート	2.9	$4.0 \times 10^{-6}$
設置部	ゴム	2.5	$1.4 \times 10^{-5}$

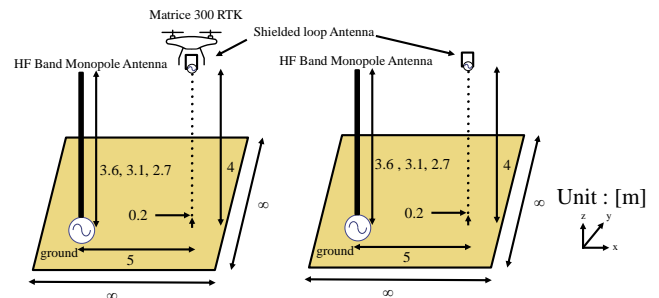
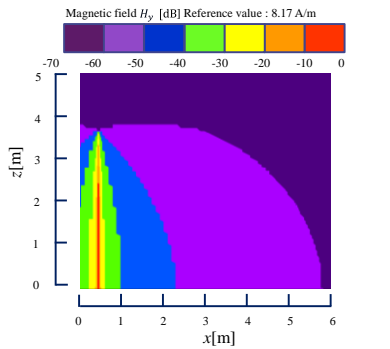


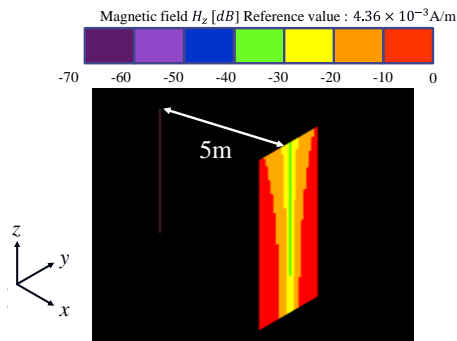
図 2 シミュレーションのイメージ

## 3 $H_x, H_y, H_z$ 成分の磁界分布

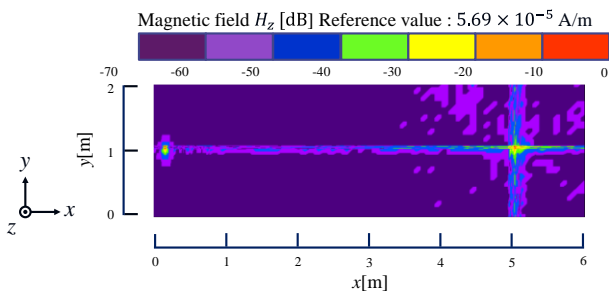
初めに先行研究の受信アンテナの向きで受信できるかを $H_x, H_y, H_z$ 成分毎の受信結果から確認した. 平均化すると $H_x$ は-75.94[dBA/m],  $H_y$ は-46.18 [dBA/m],  $H_z$ は-140.49 [dBA/m]となった. 高さ毎で比較しても $H_y$ の磁界強度が高いことが分かった. 基準値として $H_y$  (dB)は 8.17A/m となり, 磁界成分を確認することができた.  $H_x$  (dB),  $H_z$  (dB)はそれぞれ $4.36 \times 10^{-3}$  A/m,  $5.69 \times 10^{-5}$  A/mとなり, 磁界成分を $H_y$ より確認することができなかった. これらの結果からシミュレーションは $H_y$ 成分電磁界分布の影響を示す. また $H_x, H_y, H_z$ 成分の磁界分布を図 3(a)~(c)に示す.



(a)  $H_y$  成分



(b)  $H_x$  成分

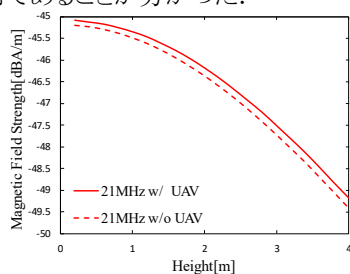


(c)  $H_z$  成分

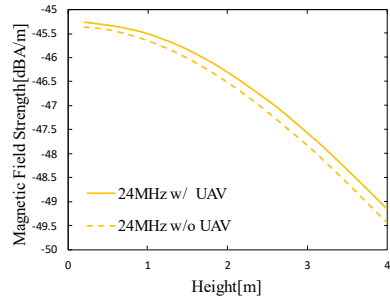
図3 磁界分布

### 3 結果

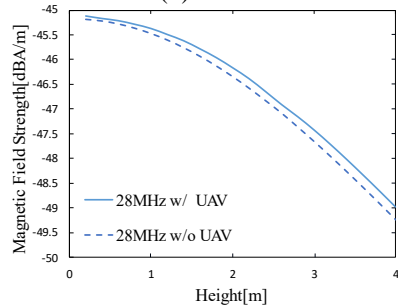
UAVがある時のシミュレーション結果を w/ UAV, UAVがない時のシミュレーション結果を w/o UAVとした。21MHzのシミュレーションにおいて w/UAV と w/o UAV の受信磁界強度の差は最大で 0.24dB, 最小で 0.09dB となった。24MHz のシミュレーションは最大で 0.26dB, 最小で 0.08dB となった。UAV が電磁界分布に与える影響として 28MHz のシミュレーションでは最大で 0.29dB, 最小で 0.05dB となった。どの周波数においても受信アンテナの高さが上がるにつれて受信結果が下がっている。これらの結果から w/UAV と w/o UAV の差は HF 帯において 0.3dB 以内であることが分かった。



(a) 21MHz



(b) 24 MHz



(c) 24 MHz

図4 受信磁界強度

### 4 終わりに

本研究では先行研究の受信アンテナの向きで受信できるかを  $H_x, H_y, H_z$  成分毎の受信結果から確認した。結果としては  $H_y$  成分の磁界強度が高いことが分かった。またアマチュア無線技士の方々が使用できる HF 帯の周波数の中で計算がされていない周波数 21, 24, 28MHz で電磁界分布の計算を行い, UAV が HF 帯モノポールアンテナの電磁界分布に及ぼす影響は 0.3dB 以内であることが確認できた。高額な設備を有していないアマチュア無線技士でも HF 帯アンテナの計測ができる環境構築を目指す。

### 参考文献

- [1] K.Ito, K.Fujii, Y.Okumura, M.Umehira, "Effect of Unmanned Aerial Vehicles for Electromagnetic Field Measurement on Near Field of High-frequency-Band Monopole Antennas, 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 参照 Apr. 22 2023
- [2] 構造計画研究所, "三次元電磁界解析ツール XFDTD," 構造計画研究所, [https://network2.kke.co.jp/wireless-products/xfDTD/?gclid=EAIaIQobChMIvfyzue2s5wIVzauWCh3a8wwcEAAYASAAEgJK7\\_D\\_BwE](https://network2.kke.co.jp/wireless-products/xfDTD/?gclid=EAIaIQobChMIvfyzue2s5wIVzauWCh3a8wwcEAAYASAAEgJK7_D_BwE), 参照 Aug. 22 2023.
- [3] TURBOSQUID, "DJI Matrice300RTK ドローン 3D モデル," TURBOSQUID, <https://www.turbosquid.com/ja/3d-models/dji-matrice-300-rtk-3d-model-1576657>, 参照 Aug.28 2023.
- [4] William H. Hayt, Jr, John A. Buck, "APPENDIX C Material Constants," ENGINEERING ELECTROMAGNETICS, pp.567-569, Mc Graw Hill Education, NY, 2017. 参照 Aug.28 2023.