

無人航空機の監視における有人機向け技術の応用

監視通信領域 ※河村暁子, 森岡和行, ニッ森俊一, 米本成人, 角張泰之

無人機向け ADS-B Transponder



図1 無人機用超小型
ADS-B送受信機

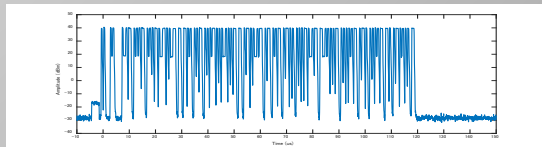
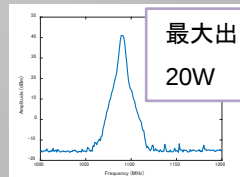


図2(a) ADS-B送受信機の出力(右上)と信号波形(下)

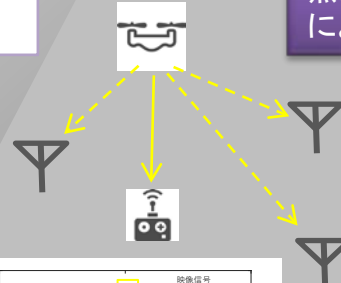
```
ADS-B MON BDS 0,5 AVAIL BAT 6.4 Hf
BDS=0,5 AIRBORNE POS TYPE=
DF18 AA=86EAE2 (41565342) COUNT=
NE=9105A703EH/0DE PERIOD= 0.51 s
LAT=35 40 48 N LONG=139 33 39 E
POS=GLOBAL SAF=1 T=N/UTC
ADS-B MON BDS 0,8 AVAIL B
BDS=0,8 IDENT E CAT
DF18 AA=86EAE2 (41565342) COUNT= 88
NE=1E14E489C32820 PERIOD= 4.98 s
ATS=14F480C32820
FLIGHT ID=ENRI02
EMIT CAT=SET-B
EMIT CAT=UNMANNED AERIAL VEHICLE
```

緯度経度

任意の24bit code,
IDを入力可能

図2(b) ADS-B送受信機のランプテストによる解析

無人機の映像伝送波 による位置推定



↑ 原理と実験風景

← 無人機が発する映像信号の受信時刻差 (TDOA) から機体位置を推定する

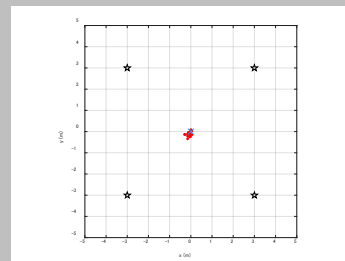
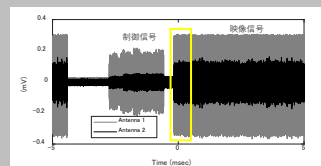


図3(a) WiFiを送信源とした位置推定

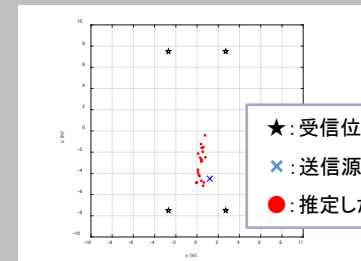


図3(b) DJI社製ドローンを送信源とした位置推定

1. 背景と目的

ドローンをはじめとする小型無人航空機(以下, 無人機)は空撮, 測量, 点検分野等で広く使われている。一方, 操縦者が特定不明の無人機が空港へ侵入し, 安全が確認できるまで滑走路を閉鎖せざるを得ない事例も国内外で多く発生している。これに対し無人機の飛行位置を明らかにすることを目的とし, 無人機向けに開発された小型ADS-B送受信機等の性能評価, 及び無人機の送信信号を利用した機体の位置推定技術の研究開発を実施した。

2. 無人航空機向け小型ADS-B送受信機等の検証

無人機同士や無人機と有人航空機との衝突回避手段としてADS-B等の利用への期待を受けて, 無人機向け小型トランスポンダおよびADS-B送受信機(図1)が発売されたことから, 性能評価を実施した。電波無響室にGPS信号を引き込みスペクトラムアナライザおよびランプテストを用い測定を行った。この結果, マッチ箱サイズながら20Wの出力があり, 有人航空機用と同一のMode A/C/S信号, ADS-B in/out信号や, 任意の24bit code, スコーク等を設定し送受信できることを確認した(図2)。なお無人機のADS-B利用に関しては, なりすまし問題や, 有人航空機も含めた1090MHz信号環境悪化への懸念があること, 対する有人VFR機は大半が未搭載で衝突回避効果が見込めないこと, 地上インフラ整備を誰が担うか等, 多くの問題が残る[1]。

3. OCTPASSの原理を応用した無人航空機の位置推定 さらに, 無人機が自発的に位置情報を放送しない場合

を想定し, セキュリティの観点から無人機が監視以外の目的で発する信号を利用した位置推定についても検討を行った。トランスポンダのSquitter信号を受信して受信時刻差から航空機の位置を求めるマルチラレーションを高度化したOCTPASSの原理[2]を応用し, 無人機が発する2.4GHz映像伝送波を用いた位置推定の研究開発を実施した。まずWiFi波による予備実験で原理確認を行った。当該波形は既存の監視で用いられるSquitter信号に似て波形の立ち上がりが急峻なためDAC法[2]の適用により時刻差を精度よく捉えられ高分解能を得られる(図3(a))。次に現在最も普及しているDJI社製ドローンの映像伝送信号と受信局4局を用いて2次元的位置を推定した。この信号波は波形の立ち上がり部分が緩やかで時刻差の検出が難しいため包絡線を相関処理する等の工夫を行った。既存の手法に比べると精度が低いものの, 図3(b)に示す通り位置推定を行えることを確認した[3]。

4. まとめと今後の課題

無人機の監視への有人機向け技術の応用について検討した。3章で述べた位置推定に関しては, 精度向上, ノイズが多い環境や複数機への対応が今後の課題である。

[1] A. Kohmura et al., "Status of ADS-B In/Out Transceiver Product for Small UAS", ICAO ASWG TSG WP07, 2018.

[2] 角張, "航空機監視システムとその高度化事例", 計測と制御 Vol.55, No.5, pp.400-404, 2016.

[3] 河村ら, "ホバリング中のマルチコプタのRoFによる位置推定の基礎検討", IEICEソ大, B-1-22, 2020.