九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

小型ドローンへのGNSS-Rアンテナの取り付け

油布, 圭
九州大学応用力学研究所

https://hdl.handle.net/2324/1929696

出版情報：九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 18, pp.30-33, 2017-10. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

小型ドローンへの GNSS-R アンテナの取り付け

油布　圭

要旨

海洋環境物理分野の市川香准教授より、小型のドローン（DJI 社製：PHANTOM 2 vision+）に GNSS-R アンテナ一式（反射波計測アンテナ、直達波計測アンテナ、ロガー2 個、ロガー電源）を取り付ける依頼があった。これまでは、それらを大型のドローンに装備して飛行させていたが、大型機では観測場所への運搬や観測時の取扱いに多少の不便さがあったため、小型機へ取り付けることになった。今回用いたドローンは最大積載重量が 400 g 程度であり、アンテナ類の取り付け方によっては、積載重量を超過する恐れがあった。また、全体の重量をより軽量化することで、飛行時の機体安定性の向上および機体の電源消費の抑制に繋がるため、可能な限り積載重量が軽くなるようにアンテナ取付金具の製作やロガーへの給電方法の検討を行った。

キーワード

GNSS-R・海面粗度・海面高度・ドローン

１．GNSS-R

GNSS（Global Navigation Satellite System）とは、汎地球測位衛星システムのことで、GPS、GLONASS、Galileo などの衛星測位システムの総称である。また、GNSS-R（GNSS-Reflectmetry）とは GNSS 反射法を意味し、海面や地表面から反射した信号電波を計測することで、海面粗度や海面高度などを把握するリモートセンシングの手法である。これまで建物などにアンテナを設置して計測を行ってきたが、より高い位置から計測を行うためにドローンにアンテナを取り付けた計測も行っている。反射波の計測を行うが、参照用データとして直達波の計測も行っている。

２．ドローンおよびアンテナ類

今回使用したドローンを図 1 に、反射波計測アンテナ、直達波計測アンテナ、ロガーを図 2-4 に示す。また、それら搭載物の重量を表 1 に示す。ドローン購入時には、脚部の間にジンバル付きのカメラが搭載されていたが、今回の計測に必要ないため取り外した。カメラの重量は 160 g 程で、カメラを外した状態におけるドローンの最大積載重量が 400 g 程度であった。アンテナ類とロガーだけで既に 280 g 程の重量になったため、それら以外の重量（主にロガー電源や取付金具）を 120 g 以内に抑える必要があった。

ドローンの本体内部（上部中央）には、直達波計測アンテナと同様の GNSS アンテナが内蔵されているが、これはドローン自身が現在の位置情報を把握し軌道修正などの自己制御を行うためであり、データとして記録されていない。また、サンプリング間隔などの設定もできる必要があるため、直達波計測アンテナを取り付けている。以下に今回の製作要件とアンテナ類の配線図（図 5）に記す。

図 1　小型ドローン

図 2　反射波計測アンテナ

図 3　直達波計測アンテナ

図 4　ロガー

表 1　搭載物の重量

搭載物	重量（g）
反射波計測アンテナ	140
直達波計測アンテナ	45
ロガー	50×2
ロガー電源	?
取付金具他	?

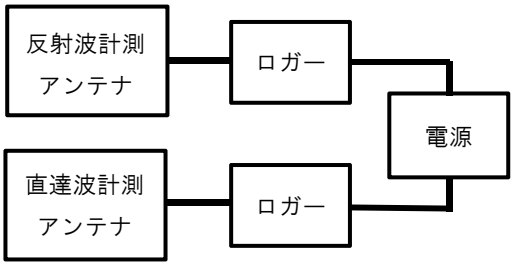

図 5　アンテナ類の配線図

製作要件
・搭載物の総重量が 400 g 以内
・機体の飛行性能に影響を与えない
・反射波計測アンテナは下向き、直達波計測アンテナは上向きに装着
・反射波計測アンテナは直達波、直達波計測アンテナは反射波を拾わないように、各アンテナの背面に反射板を装着
・ロガー電源は軽量化のため 1 つのみ使用

３．アンテナ取付金具の製作

反射波計測アンテナは下向きに付けるため、脚部の間に取り付けることにした。購入時に搭載されていたカメラを外したことによりネジ穴が余ったため、そこに厚さ 1 mm のアルミ板を取り付けた（図 6）。アルミ板を用いたのは軽くて強度があることと、反射板の役割を持たせるためである。板の下面に反射波計測アンテナ、上面にロガーとバッテリーを設置し、8 cm のネジ（M3）4 本でアルミ板を固定した。より短いネジでも固定できたが、観測時にロガーやバッテリーを取り外し易いように、あえて空間を設けることにした。また、ロガーは反射波計測アンテナ用と直達波計測アンテナ用に 2 個用意したが、重量が合計 100 g と比較的重かったため、外側のケースを外して基板のみをアルミ板に取り付けた。基板は埃や水滴が付かないように大きめの熱収縮チューブで覆い、マジックテープで板に固定した。後の飛行試験において、ロガーからの高周波信号の漏れが計測に影響を与えることが分かったため、熱収縮チューブの上からアルミテープを巻いた（図 7）。ケースを外したことによって 1 個当たり 50 g から 15 g に軽量化できた。

直達波計測アンテナは上向きに付けるため、金具（図 8）をアルミ板で製作し、機体の脇に取り付けた。機体の上部に取り付けたかったが、機体に内蔵された GNSS アンテナの受信を妨げる恐れがあり、プロペラに当たる可能性もあった。また、機体から離して取り付けると飛行時の安定性が低下するため、機体の真横に取り付けざるを得なかった。それでも、機体の中心位置からずれるので、機体のバランスが崩れることを心

配したが、アンテナが軽量であったため特に問題はなかった（飛行試験で確認）。反射板は直径 6 cm の円形にしたが、受信感度が悪かったため後にアルミテープで拡大させた。

図 6　反射波計測アンテナ等搭載部分

図 7　ロガー（基板）

図 8　直達波計測アンテナ搭載部分

４．給電方法の検討

ロガーへの給電端子は 2 種類あり、micro-USB 端子（5 V）と専用の給電コネクタ（6-12 V）であった（図 7）。当初、ロガーの消費電流は非常に小さく、計測時間も短時間とのことから、乾電池やモバイルバッテリーよりも軽量なボタン電池を使用して電源を試作した。3 V のボタン電池を昇圧回路に繋いで 5 V に出力し、2 本の micro-USB ケーブルに分岐して給電するようにした。重量が 20 g となりかなり軽くできたが、実際にロガーに給電してみると、全く動作しなかった。調べたところ、使用したボタン電池の最大放電電流は約 3 mA であったが、ロガーの消費電流は 1 個当たり数十 mA であり、供給電流が全く足りないことが判明した。事前の調査不足であった。その後、幾つか給電方法を検討し、最終的に 9 V の角型乾電池（図 9）を使用し、専用のコネクタから給電する方法を選択した。重量は約 50 g となったが、それでも円筒型乾電池やモバイルバッテリーを用いるよりも軽量で単純な構造にすることができた。アンテナ類やロガー電源を取り付けた様子を図 10 に示す。

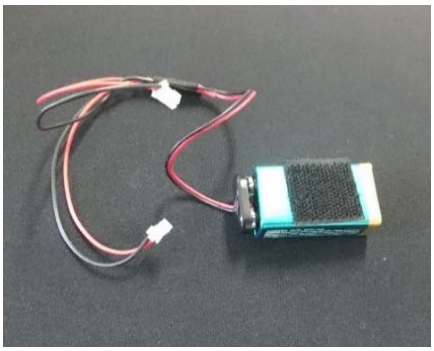

図 9　ロガー電源

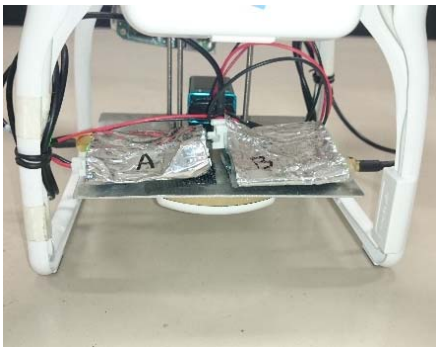

図 10　アンテナおよびロガー電源を取り付けた様子

５．飛行試験

取付金具およびロガー電源の製作後、最終的な搭載物の重量を計測した（表 2）。最終的な総重量は 350 g となり、目標の 400 g 以内に抑えることができた。また、飛行の可否や機体の安定性を調べるために、陸地での飛行試験を実施した。その様子を図 11 に示す。機器を取り付けたことによって機体の重心位置やバランスが多少変わったが、飛行には特に影響は無かった。また、データ収録も正常に行われた。

表 2　最終的な搭載物の重量

搭載物	重量（g）
反射波計測アンテナ	140
直達波計測アンテナ	45
ロガー（基板のみ）	15×2
ロガー電源	50
取付金具他	85
総重量	**350**

図 11　飛行試験の様子

６．作業を終えて

今回の依頼を受けたとき、重量の問題を解決するのは相当に難しく感じたが、試行錯誤して最終的にドローンを飛行させることができた。製作途中で行った重量計算や軽量化の仕方は、以前製作した漂流ブイの考え方と通じるところがあり、その経験を活かして作業を進めることができた。ただ、これまでと違い小さな部品を扱うことが多く慣れなかったため、作業に時間を要してしまった。また、ロガー電源の製作では上手く給電できない、配線の接続ミスで計測データが取得できないといった失敗をしてしまった。振り返ると単純な失敗であったが、当時は曖昧な知識が多く指摘されるまで気付かないことも幾つかあった。特に、電気関係の知識については、今回の経験から多くを学んだので、今後の製作に活かしたい。

謝辞

今回の作業機会を与えて頂いた海洋環境物理分野の市川香准教授に深く感謝致します。また、製作に当たり多くの助言を頂いた中部大学の海老沼拓史氏にも御礼申し上げます。