

Title	無人空撮機の補助機能の開発
Author(s)	都留, 将人
Citation	平成28年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2017
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/60318
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

平成28年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏 名	つる まさと 都留 将人	学部 学科	基礎工学部 システム科学 科	学年	2 年
ふりがな 共 同 研究者名	たがしら ふみと 田頭 史都	学部 学科	基礎工学部 システム科学 科	学年	2 年
	にしい ひろき 西井 尋紀		経済学部 経済経営学科		2 年
アドバイザー教員 氏名	大須賀 公一		所属	工学研究科機械工学専攻	
研究課題名	無人空撮機の補助機能の開発				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。				

1. 研究目的

空撮ドローンは災害救助や巨大プラントの点検、測量など、近年急速に活躍の幅を広げている。大手インターネット通販会社 Amazon は宅配サービスにドローンを導入しようと輸送システムを開発している。しかしドローンには1つ大きな欠点が存在する。航続時間が15分～30分と大変短いのである。これにより空撮作業では途中何度も帰還させ電池を交換する手間が増え、往復する距離も考えると航行範囲が極めて限定されてしまう。撮影の効率を上げるためにドローンを複数機用意しようにも、カメラなどの撮影機材がドローンよりもはるかに高価である場合がほとんどで、ドローンの台数が増えると共に撮影機材とパイロットを用意することになるため実的でない。

本研究では、そういった航続時間・航行距離の問題を解決する案として、空中でバッテリーを交換するシステムを開発する。実はバッテリーを交換する研究事例はいくつか存在しているが、どれも地上に着陸して交換するものである。つまり予め地上に補給ステーションなるものを設置しておき、ドローンは電池残量が少なくなるとステーションに着陸し、機械によって新しいバッテリーに交換してもらうというものである。主要な経路を設計すれば大変効果的であり、普及すれば物流には大きな効果が見込める。しかし着陸式バッテリー交換システムは、予め人間が補給ステーションを設置する必要があるため、人間が立ち入れない場所や緊急事態となる災害現場、海上などでは成立しないという欠点がある。そこで空中でバッテリーを交換できるような補給ドローンの開発を試みることにした。

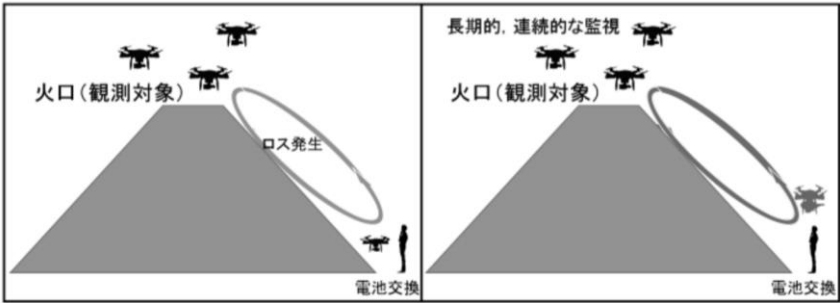


図 1:バッテリー交換ドローンの優位性

2. システム構想

まず初めに、ドローンはプロペラで下方向に強風を送って飛行するため、飛行中に2機のドローンが上下方向で接近することは不可能と考えた。そのため当初の計画では、下の図2のように2機のドローンが水平方向に接近してバッテリーを交換するシーケンスを想定して、リボルバー銃のように複数のバッテリーが入ったケースが回転する交換機構を設計していた。しかしドローンを購入して飛行させてみると、機体の飛行は想定以上に不安定で、水平に接近した場合は衝突の危険が高かった。また3次元的な点と点の結合は極めて困難で、到底実現できるようなものではなかった。

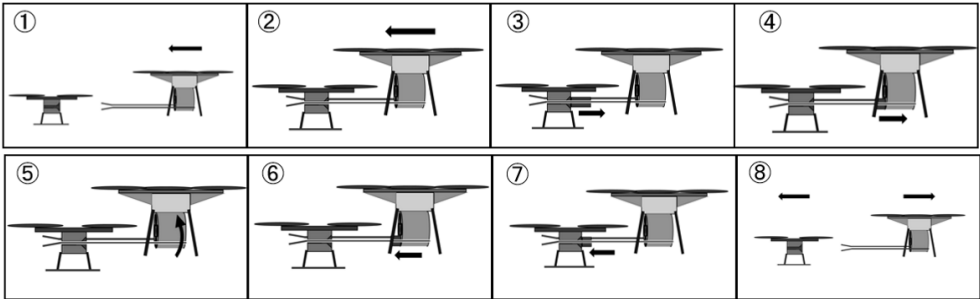


図2：空中バッテリー交換の流れ(初期アイデア)

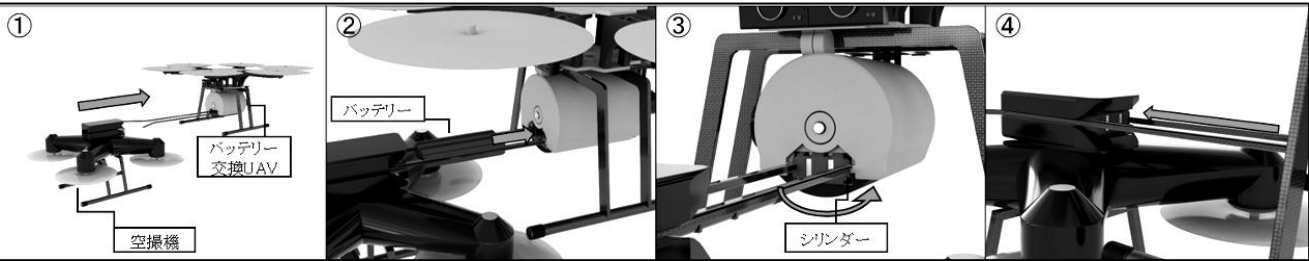


図3：水平方向の交換機構

そこで空間的な結合の条件を減らすために、垂直に垂らされたワイヤーにドローンが結合した状態で交換することを試みた。新たに以下の図3のような交換シーケンスを設計した。まず補給機は垂直方向にワイヤーを伸ばし、そこに補給を受けるドローンが侵入して結合、ワイヤーを把持した状態で静止飛行を続ける。ドローンの侵入を検知した補給機は、新しいバッテリーをワイヤーに沿って投下する。下のドローンは新しいバッテリーを受け取り、電源供給源を切り替えた後、消耗したバッテリーをワイヤーに沿って投下する。投下されたバッテリーは重力によってワイヤー下端のストッパーまで降り、その後補給を受けたドローンはワイヤーから連結を解除し離脱するという流れである。ワイヤーは補給機の飛行時に危険なため、後に収納される。

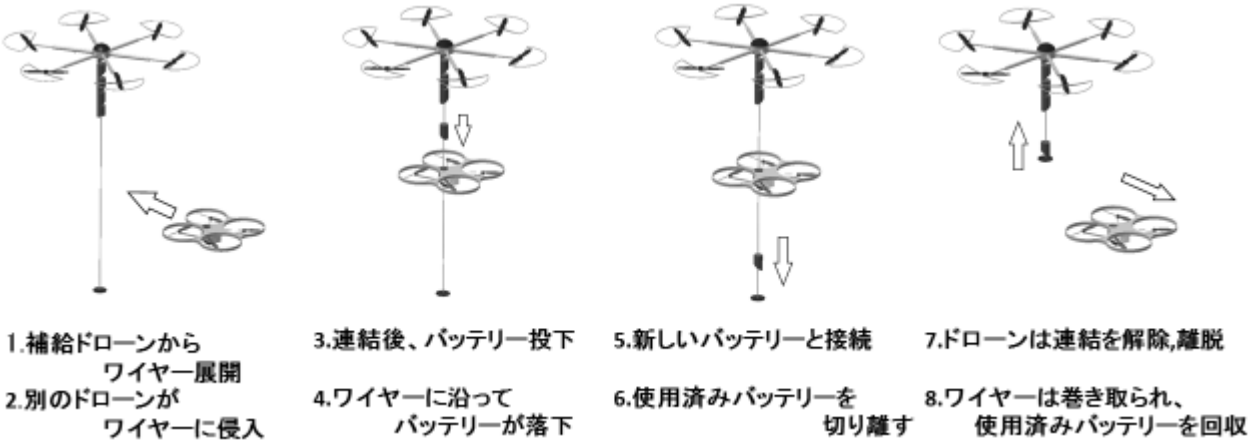


図4：空中バッテリー交換の流れ(垂直方向)

3. 製作

・3-1 検証用1号機とバッテリー投下器

バッテリーの受け取り,排出の原理を検証するために、まず試作一号機を製作した。試作機が写真1,交換機構のズームが写真2,交換機構の動作説明が図4である。補給ドローンは製作せず、遠隔操作でサーボモーターを動かし、バッテリーを投下する部分だけを簡単に製作した。また、バッテリー自体がワイヤーを掴んで落下するため、バッテリーにはバネで静的に閉じる開閉部分を搭載した。それによりバッテリーがワイヤーから抜ける向きを持ったため、ワイヤーの素材を回転が自由だったロープから投下時に向きを固定できるリボンに変更した。試作一号機とバッテリー投下器でバッテリー交換の機構的な実現可能性を確認できた。



写真1: 試作1号機

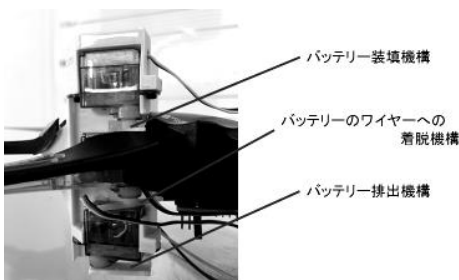


写真2: 交換機構のズーム

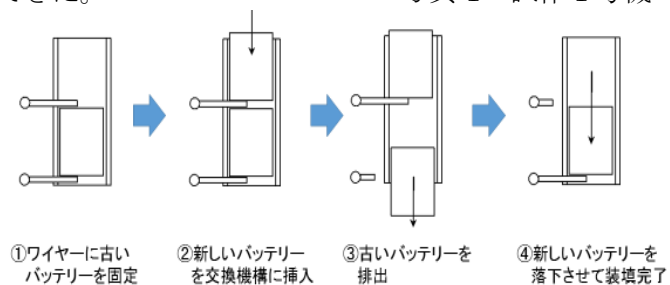


図5: 交換機構の動作

・3-2 風力計測

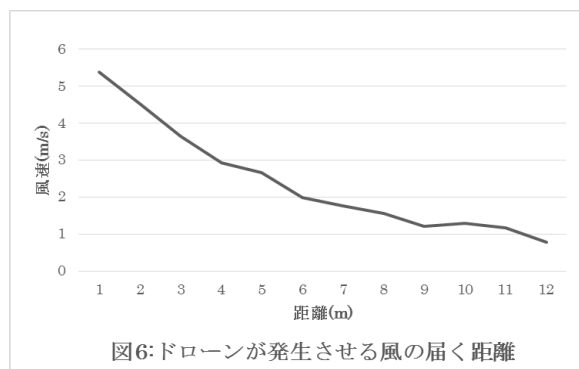


図6: ドローンが発生させる風の届く距離

この交換手順にはドローン2機の垂直方向での接近が必要になるため、設計の前に風の強さを計測した。プロペラ一枚当たりの推力は D :プロペラの直径(インチ), P :プロペラのピッチ(インチ), N :プロペラの回転数(= K_v 値×電圧×スロットル開度), K :プロペラ係数(世界標準 22)を使って、 $(D/10) \times 3 \times (P/10) \times (N/1000) \times 2K$ [g]と得られる。製作したドローンが約 1100g だったので、計算から自重を浮上させるのに必要なスロットル開度は **55%**と分かった。そ

こでスロットル開度 50%でのプロペラ4枚の風力を測定したところ、左のグラフのような結果が得られた。一般にドローンは横風風速 5m/s で飛行困難となるが、縦方向の風にはそれ以上に弱く、この実験結果から垂直方向で結合する場合は **6m 以上距離を離す**ことを原則とした。

・3-3 試作2

できるだけコンパクトにバッテリーを交換したかったため、6m という結果を踏まえて補給機の風邪の影響を避けた位置で垂直方向にバッテリーを交換することにした。補給機から水平にアームを展開し、その先端からワイヤーを垂らすことで、補給機からの風の影響を避けることができると考えた。製作した補給機が写真1である。一号機でリボンだったワイヤーは風の影響を受けにくいメジャーに変更された。そして初めて空中での結合実験を行った。パイロット2人が1機ずつ

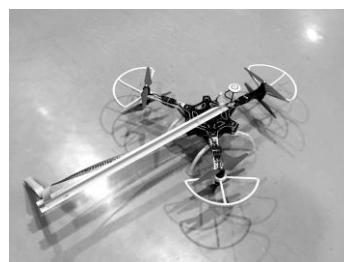


写真3: 補給機



写真4: 結合イメージ

ドローンを手動操縦し、風の影響をほとんど受けずにメジャーに侵入できた。ところがメジャーの剛性が高く、更に根本はしっかりと拘束されていたため、ドローンが侵入した際に補給機はメジャーから大きなモーメントを受け、そのまま姿勢を崩し墜落してしまった。結合試験中だったためバッテリーの投下・受け取り機構は搭載されなかった。

・3-4 試作3

試作2の墜落を受け、墜落のリスクを最小限にするためにも、上下に6m以上離れて補給機の重心位置で結合する方針に移行した。メジャーは剛性が高いため結合後に墜落の危険が高いと判断し、ロープに変更された。バッテリー受け取り機も、より簡単にロープに侵入できるような形状へ変更され、空中での結合実験は何度も容易に成功した。しかし次のバッテリー受け渡し実験の段階で、ロープを伝って自由落下してきたバッテリーの撃力に耐え切れず、受け取り機が墜落した。

4. 現在と今後の展望

試作3の問題点として、100g以上もあるバッテリーを6m自由落下で投下する事が間違っていた。現在はガイドロープとは別に降下用ロープを付け、モーターでゆっくりと降下させる補給機を製作中である。バッテリーの向きは拘束しておきたいため、ガイドはメジャーに戻された。受け取り機も一から設計し直し、機体上面をネットで覆いワイヤーの絡まりを防止するなど、受け取り機能を安定化する工夫が盛り込まれている。

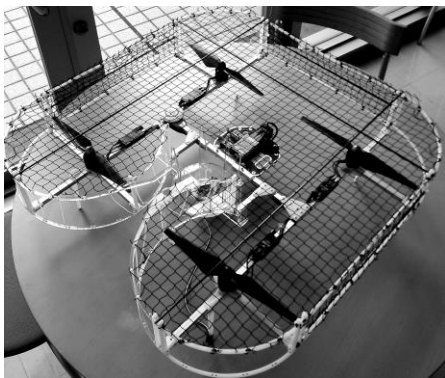


写真8：現在開発中の受け取り機

交換メカニズムも全く新しい構造に変更された。受け取り口がモーターで回転することで、新品のバッテリーを受け取った後使用；済みバッテリーが降下用ロープに繋がれて釣り上げられることで回収されるように設計されている。センサーを交換機構の随所に配置し、結合後の完全自動化を目標に開発を続けている。バッテリー交換システムはドローン市場

に大きな影響を与えうる発明であるとして、現在出願準備中、2017年1月10日に特許出願予定である。



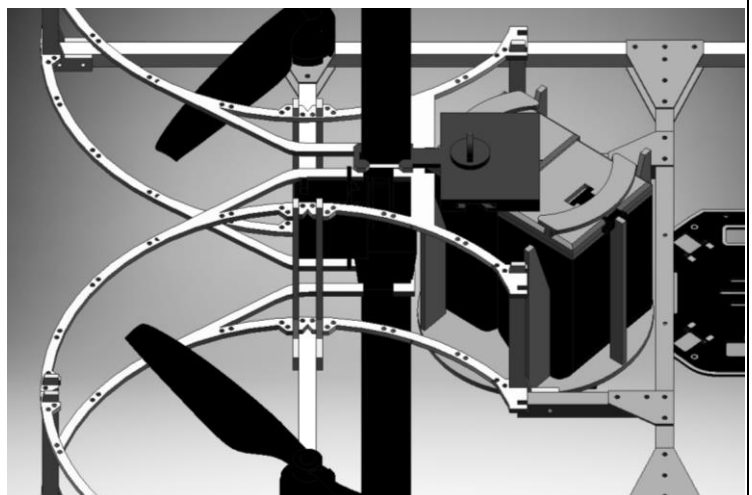
写真5：改良型補給機



写真6:受け取り機



写真7:バッテリー交換の様子



7：回転型バッテリー交換機構のCAD