

大規模災害時のドローンを用いた情報通信ネットワークの臨時構築

Construction of a Temporary Information Communication Network Using Drones in Large-scale Disaster

原 晋介

1. はじめに

日本では、近い将来、南海トラフで巨大地震が高い確率で発生し、その場合の経済的被害は220兆円に上り、これは国家予算の2年以上、東日本大震災の13倍に相当すると試算されている⁽¹⁾。道路、電力や情報通信を含むライフラインは壊滅的な被害を受け、多くの住民は避難場所での生活を余儀なくされる。東日本大震災では、地上の情報通信インフラが完全に復旧するまで1か月以上掛かっている⁽²⁾。したがって、情報通信インフラが復旧する前に、被災者の安否確認や被災状況の把握等のために、情報通信ネットワークを臨時かつ迅速に構築することが必要不可欠となる。

一方、内閣府は、小形無人機の利活用と技術開発のロードマップを2016年に策定し、その改定作業を現在も行っている⁽³⁾。それによると、小形無人機の飛行は2018年には目視外・無人地帯(レベル3)で可能になったが、2020年代以降には目視外・有人地帯(レベル4)でも可能になる。したがって、上に述べたような情報通信ネットワークの臨時構築には小形無人機つまりドローンの利用が大いに期待できる。

本稿では、ドローンを用いた情報通信ネットワークの臨時構築における、電子情報通信工学と機械工学の観点からの研究課題を整理し、問題解決には、これらの分野の研究者の協力が重要であることを指摘する。

2. ドローンのフライトプラン作成

各市区町村では、避難場所等の地図情報を防災マップの中で収容人数とともに公開しているので、災害時の情報通信ネットワークは、これら基礎自治体単位で構築されると考えるのが妥当である。今、市区町村で、どの避難場所に何人の住民がいるかという被災者の地理的な分

布が把握できたと仮定しよう。更に、各避難所には、安否確認メッセージを蓄積しておくためのサーバが前もって設置されていると仮定しよう。一人当りのメッセージ量の上限值を設定すると、用いるWi-Fi等の無線通信手段の伝送速度から、メッセージの集配信のために、ドローンがどの地点で何時間滞在しなければならないかは計算できる。次は、図1に示すように、それを考慮に入れながら、ドローンがそれら地点をどの順番に回りメッセージの集配信を行えばよいかというフライトプランを作成する必要が生じる。このような問題は、運搬経路問題(VRP: Vehicle Routing Problem)と呼ばれており、1960年代から盛んに研究されている⁽⁴⁾。

3. ドローンVRP特有の問題

ドローンが自動車と大きく異なるところは三つある。一つ目は、ドローンの飛行時間が現状では20~30分と非常に短いことであり、二つ目は、ドローンの飛行性能が風の影響を大きく受けることである。そして、三つ目は、空中には道路のようなものが存在しないので、ルートが比較的自由に設定できることである。更に、自動車に対するVRPが二次元の問題であったのに対して、ドローンに対するVRPは三次元の問題になる。したがって、ドローンのフライトプラン作成では、ドローンの飛行性能と風の影響を考慮に入れて、エネルギー消費の最小化問題として三次元のVRPを解くことができる。

4. ドローンの飛行性能が分からない

上で述べたように、メッセージを集配信する各地点の緯度・経度は分かっているし、それらに滞在する時間は計算できる。メッセージを集配信しようとする時刻の風の状況は気象庁の予報により分かる⁽⁵⁾。バッテリーの容量とドローンの重量も分かっているので、後は、ドローンの飛行性能が分かれば三次元のVRPは解けるが、使おうとするドローンの飛行性能を知ることがかなり厄介である。

ドローンの飛行性能を考慮に入れた情報通信関連の研究論文が幾つか最近出版されている^{(6)~(8)}。文献(9)に

原 晋介 正員 大阪市立大学大学院工学研究科電子情報系専攻
Shinsuke HARA, Member (Graduate School of Engineering, Osaka City University, Osaka-shi, 558-8585 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.102 No.6 pp.520-521 2019年6月
©電子情報通信学会 2019, ©2019一般社団法人日本機械学会

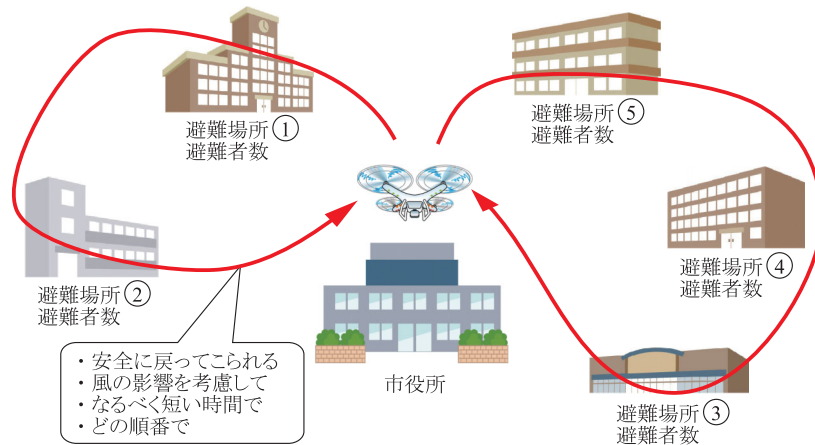


図1 フライトプランの作成

は、回転翼機に対して、水平飛行の場合の消費電力が速度の三次関数で近似できることが書かれている。しかし、この式は多くのパラメータを含んでおり、使おうとするドローンに対する値が必ずしも分かるものではない。一方、最近よく使われるようになったドローンについて、水平飛行速度に対する飛行時間を実測に基づいてグラフ化している Web サイトもある⁽¹⁰⁾。しかし、水平飛行速度に対して飛行時間が単調に減少するドローンもある。また、使おうとするドローンの消費電力についての情報が掲載されているとは限らない。更に言うと、ドローンでは、水平移動時よりも上昇時の消費電力が大きいが、上昇や下降時の消費電力はどこにも書かれていない。つまり、現状では、使おうとするドローンの飛行性能が分からないため、三次元の VRP が具体的に解けない、すなわち、現場で有効なフライトプランが作成できない。

5. 有効なフライトプラン作成のために

ドローンを用いた情報通信ネットワークでは、データの集配信に大きな遅延を伴う。情報通信分野での解決策として、耐遅延ネットワーク技術 (DTN: Delay Tolerant Network) の導入が検討されている⁽¹¹⁾。モータの性能向上やバッテリーのエネルギー密度の向上には、電気・電子工学分野の研究開発が大きく寄与する。また、局所的な風の変化による適応的な変更を伴うフライトプランの作成法は、数理工学分野の研究者に任せればよい。

ドローンの飛行性能向上には、機械工学分野の今後の研究開発が欠かせない。現状でも、例えば、使おうとするドローンの写真、バッテリー容量と重量を与えるだけで、大雑把でもよいので、その飛行性能が分かる Web サイトがあれば、現場レベルでフライトプランは作成できる。

このように、ドローンを用いた情報通信ネットワークの構築には、電子情報通信分野の研究者と機械工学分野の研究者の協力、更に言うと、これら両方の分野に精通した研究者の育成が急務である。

文 献

- (1) 内閣府, 内閣府防災情報のページ, “南海トラフ巨大地震の被害想定について(第二次報告),” http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130318_kisha.pdf
- (2) 総務省, “東日本大震災における通信の被災状況, 復旧等に関する取組状況,” <http://www.bousai.go.jp/oukyu/higashinohon/4/pdf/soumu.pdf>
- (3) 内閣府, “小型無人機の利活用と技術開発のロードマップ,” <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/shiryou6.pdf>
- (4) 久保幹雄, ロジスティクス工学, 朝倉書店, 東京, 2001.
- (5) 気象庁, 地域時系列予報, <https://www.jma.go.jp/jp/jikei/>
- (6) H. Sallouha, M.M. Azari, and S. Pollin, “Energy-constrained UAV trajectory design for ground node localization,” <https://arxiv.org/pdf/1806.02055>.
- (7) K. Dorling, J. Heinrichs, G.G. Messier, and S. Magierowski, “Vehicle routing problems for drone delivery,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. A, Syst. Humans*, vol. 47, no. 1, pp. 70-85, Jan. 2017.
- (8) 村田篤紀, 原 晋介, 松田崇弘, 小野文枝, 児島史秀, “ドローンを用いた災害時メッセージ集配信システムにおける最適経路探索に関する研究,” *信学技報*, RCC2018-108, pp. 7-12, Jan. 2019.
- (9) A. Filippone, *Flight Performance of Fixed and Rotary Wing Aircraft*, Elsevier, 2006.
- (10) Airdata UAV Drone Blog, “Drone flight stats-part 1,” May 2017, <https://airdata.com/blog/2017/drone-flight-stats-part-1>
- (11) M. Takai, J. Martin, S. Kaneda1, and T. Maeno, “Scenargie as a network simulator and beyond,” *JIPS Japan*, vol. 27, pp. 1-8, Jan. 2019.

(2019年1月5日受付 2019年1月13日最終受付)



原 晋介 (正員)

昭60阪大・工・通信卒。平2同大学院博士課程了。博士(工学)。現在、阪市大大学院工学研究科電子情報系専攻教授。