

都市空間における UAV の交通容量に関する基礎的研究

東京都市大学 学生会員 ○新谷 優

東京都市大学 正 会 員 今井 龍一

青山学院大学 正 会 員 櫻井 淳

株式会社ゼンリン 非 会 員 深田 雅之

1. はじめに

国土交通白書 2018 によると, UAV (Unmanned Aerial Vehicle) は, 物流利用の拡大により, 自律飛行で都市空間を往来する未来が予見されている¹⁾. UAV の飛行台数が増加すると, 衝突・墜落等の安全管理体制の仕組みづくりが重要となってくる. 自動車交通の安全管理の先例では, 道路に対する空間的制約を踏まえた最大の走行台数である交通容量が定義されている. 都市部は人や建物が密集しているため, 安全な UAV の飛行を実現させるには, 飛行可能な空間や台数を把握する必要がある. 我が国では, UAV の安全な運航に向けた飛行実験が実施されている. また, 既往研究では, 飛行履歴を用いた安全管理に資する動線解析の適用可能性が明らかにされている²⁾. しかし, UAV の飛行可能な空間や台数の算出手法は確立されていない. UAV の飛行履歴の動線解析の結果や自動車交通分野の交通容量の定義に基づいて, 都市部における UAV の安全な飛行を管理する仕組みが構築できる可能性がある.

本研究の目的は, 都市部における UAV の飛行空間および交通容量を定義し, その算出手法の開発とする.

2. 研究方法

本研究では, まず, UAV の飛行に関する法規制を調査する. 次に, 都市部の UAV の飛行空間および交通容量を定義し, その算出手法を考案する. そして, ケーススタディにより考案手法の有用性を検証する.

3. UAV の飛行に関する法規制の調査

本研究では, UAV の飛行に関する法規制を調査した. 航空法³⁾で規定されている UAV の飛行禁止空域および承認が必要となる飛行の方法を図-1 に示す. 航空法では, 図-1 の (A) ~ (C) の空域および飛行場所に関わらず (D) の方法で飛行させる場合には, 地方航空局長の許可を受ける必要があると定められている.

UAV の物流に関するガイドラインでは, 過疎地およ

び 2 地点間の単機運航が前提条件とされ, DID 地区 (人口集中地区) や複数機での運航は検討されていない⁴⁾.

4. UAV の交通容量の算出手法の考案

(1) 飛行空間及び交通容量の定義

本節では, UAV の飛行空間および交通容量を定義した. 飛行空間は前章の調査結果に加えて, 機体が安全に飛行できる空間とした. 交通容量は飛行空間を 1 時間当たりに飛行できる最大の台数とした.

(2) 交通容量の算出手法の考案

次に, 前節で定義した交通容量の算出手法を考案した (図-2). 考案手法は, 図-2 に示した 3 つの算出過程から構成される. まず, 住宅地図データを用いて 3 次元地図を作成する. 作成した 3 次元地図の一例を図-3 に示す. 1 階を 3.5m と仮定し, 階数を乗じて建物高さを算出する. 高度 150m 以上かつ建物から 30m 圏内の

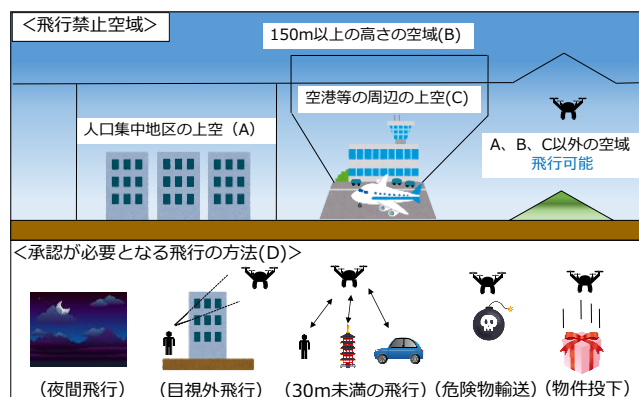


図-1 飛行禁止空域及び承認が必要となる飛行の方法

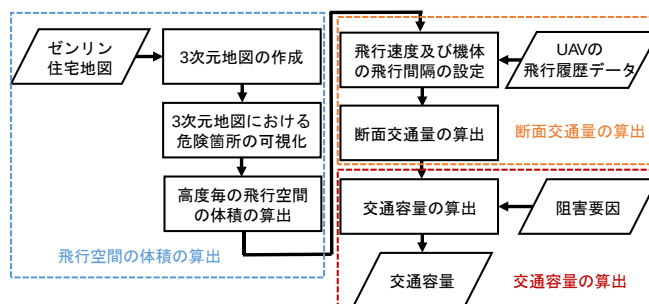


図-2 UAV の交通容量の算出手順

キーワード UAV, 飛行空間, 交通容量, 安全管理

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 03-5707-0104 E-mail : g1518056@tcu.ac.jp



図-3 作成した3次元地図の一例

空間は危険箇所とする。危険箇所には、DID 地区および鉄塔等の情報も加える。危険箇所以外の空間が前節で定義した飛行空間である。飛行空間の体積は、高度毎に算出し、UAV が安全に飛行できる高度を把握する。次に、飛行速度は、UAV の飛行履歴に基づいて水平方向および鉛直方向で設定する。機体の飛行間隔は、自律飛行時の到達目標地点である WayPoint 間の距離に基づいて設定する。断面交通量は、設定した飛行速度および機体の飛行間隔から WayPoint 間毎に算出する。最後に、WayPoint 間毎に算出した最小の断面交通量に機体の飛行時間帯および風・天候等の阻害要因を踏まえて、交通容量を算出する。

5. ケーススタディによる有用性の検証

本研究では、大阪市を対象に考案手法のケーススタディを実施した。検証に使用したデータの内容を表-1に示す。まず、大阪市の $500\text{m} \times 500\text{m} \times 150\text{m}$ の空間で飛行空間の体積を算出した。飛行空間を分類・抽出した結果を図-4に示す。高度が $0 \sim 99\text{m}$ の空間での飛行空間は約 30%、 $100 \sim 149\text{m}$ の空間では約 95%であり、飛行空間は $100 \sim 149\text{m}$ の高度が安全であると明らかになった。次に、飛行空間内に UAV が飛行するルートである航路を設定した。航路は機体の大きさを踏まえて、半径 2m の円柱状の空間とした。飛行速度は、UAV の飛行履歴データに基づいた WayPoint 間の平均区間速度（鉛直・水平方向毎）と定義した。この定義より、WayPoint 間の距離に応じた飛行速度を設定した。WayPoint 間を飛行する UAV は、安全のため 1 台とした。

大阪市での交通容量の算出結果を図-5に示す。航路は、危険箇所を通らない合理的なルートを目視で設定した。阻害要因がないと仮定して、交通容量を算出した結果、38 台/h であった。阻害要因を付与した交通容量算出の一例として、雨天時は、現行の規制を踏まえ

表-1 使用データの内容

データ	取得地域	使用したデータの内容
ゼンリン住宅地図	近畿圏	建物の階数情報、鉄塔の情報
UAV の飛行履歴データ	福岡県北九州市	緯度、経度、高度、機体の速度
	福島県南相馬市	緯度、経度、高度、機体の速度
	大分県日田市	緯度、経度、高度、機体の速度



図-4 飛行空間の分類・抽出結果

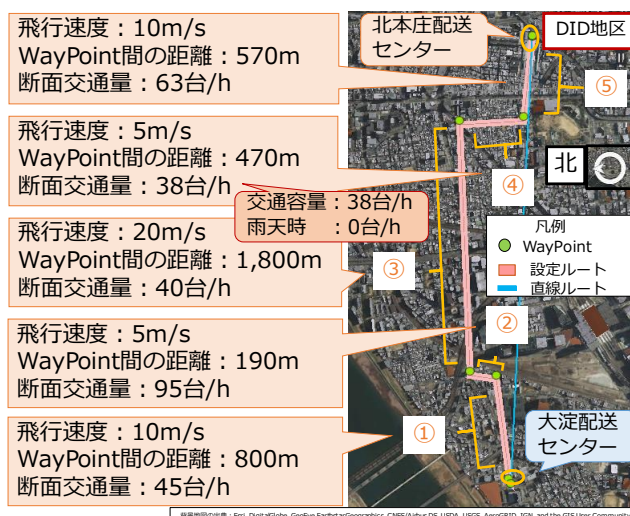


図-5 交通容量の算出結果（大阪市）

ると飛行させることができないため 0 台/h と算出した。

本稿での検証結果は、自律飛行する UAV の飛行空間および交通容量を規定する一助になると考える。飛行空間や飛行速度は、目視および UAV の飛行履歴データに基づいているため妥当性があると考えられる。機体の飛行間隔は複数機での飛行実験による検証が必要である。

6. おわりに

本稿では、都市部の UAV の飛行空間および交通容量を定義し、ケーススタディにより考案手法の有用性を検証した。今後は、飛行実験を実施し、実験結果により交通容量の有用性を明らかにする。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書 2018, <<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h29/hakusho/h30/pdf/np206100.pdf>>, (2019.1.21 閲覧)
- 2) 高橋他：UAV の飛行履歴を用いた動線解析の試行，土木学会関東支部技術研究発表会，土木学会，Vol.45，No. VI-7，2018.
- 3) 電子政府の総合窓口 e-Gov：航空法, <http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=327AC0000000231>, (2019.1.21 閲覧)
- 4) 一般社団法人 日本 UAS 産業振興協議会：無人航空機による物流に関する安全ガイドライン, <<https://uas-japan.org/cms/wp-content/uploads/2018/03/c304d054c00f56b7f9a4acb320e8e0e8.pdf>>, (2019.1.21 閲覧)