ISSN 2186-5647

8-9

郊外における救命ドローンの運用方法に関する考察

－千葉市を事例として－

日大生産工(院)　○中川　晃都　日大生産工(院)　井上 了太
日大生産工　岩田 伸一郎

1. はじめに

AEDを搭載したドローン(以下、救命ドローン)は1機で広域をカバーすることが可能で、設置台数を増加させることで需要を満たしてきた従来のAEDの整備方法が抱える「必要な状況下における使用率の低さ」「急増したAEDの管理・メンテナンス」「設置場所の周知」等の課題を解決することが期待される。

スウェーデンでは2020年に125のエリアに住む約8万人を対象に大規模な運用実験[1)]が行われており、日本においてはゴルフ場や山間部における実証実験[2)]が行われ、複数の自治体が導入を検討している。2022年6月の航空法の一部改正で機体登録義務や操縦ライセンス等のルールが定められ、ドローンの利用に関する制度が整い始めたが、患者の元へ救命ドローンが直接向かう運用を想定した場合、目的地や飛行ルートを予め特定できない目視外飛行となるため、実用化には課題が多い。

高層建物が密集し、ドローンの飛行に不向きな市街地[3)]では大勢の人が集まる駅や公共施設などに設置する従来のAEDの整備方法が合理的である。そのため、救命ドローンの導入は郊外や農村地域などで検討することが望ましい。特に郊外の住宅地等は建物や人口の密度に対してAEDの設置台数が少ないため、救命ドローンを導入できれば高い効果が期待される。しかし、機体トラブルや悪天候で墜落した場合の二次災害のリスク(以下、二次リスク)も高い。そのため、二次リスクの軽減に配慮した飛行ルートの選定方法とその整備方法を定め、その上で効率的に対象圏域をカバーすることのできるドローン基地(以下、ドローンポート)の配置を検討することが求められる。

本稿では千葉市の人口密集地[注1)]を除外したエリア(以下、対象エリア)を事例に、救命ドローンを導入する際の飛行ルートおよびドローンポートの選定ルールや整備方法について整理し、ＧＩＳ（地理情報システム）[注2)]を用いてその妥当性を検証する。

2. 研究方法

2－1．分析手法の概要

ドローンポートを出発した救命ドローンが AEDを必要とする患者の元(以下、需要点)へ直接向かう設定とする。救命ドローンは時速70 km[注3)]で飛行し、天候、時間帯による影響は受けないものと仮定する。各ドローンポートに救命ドローンは1機配備とし、需要点から最短距離に位置するドローンポートの救命ドローンが向かうものとする。また心肺停止状態になり脳への血流が3分以上停止すると脳の機能が正常に回復しない危険性が発生するため、救命ドローン到着目標時間は3分と設定した[注4)]。

2－2．飛行ルート選定

私有地の上空を極力避け、公共施設、公園、緑地、道路、河川等のパブリックスペースの上空を飛行することが望ましく、私有地を跨がずに長距離を移動できることを考慮する必要がある。そのため本稿では、ネットワーク状に広域をカバーしている道路上空と河川上空が飛行ルートの候補となる。道路については、二次リスクへの対策として防護ネット等[注5)]を設置することを想定するが、設置する道路長さと施工性を考慮して 2 車線以上の幹線道路に限定した。需要点を含む街区内の移動については、全ての道路上空も飛行ルートとした。また、救命ドローンが飛行ルートを探索する際、二次リスクを最低限に抑えるため、2 車線以上の幹線道路の上空と河川上空を優先して選択するように設定する。（以下、優先道路）解析に用いるデータは ArcGIS Geo Suite 道路網 2021 を元に道路網のネットワークデータセット（以下、飛行ルート）を構築する。（図１）

本稿では、「対象エリア内だけを救命ドローンが飛行するモデル（以下、スタンダードモデル）」、「対象エリアと人口密集地の優先道路は救命ドローンの飛行を可能とするモデル（以下、緩和モデル）」の二つのネットワークデータセットを構築する。

2－3．ドローンポート設置場所選定

ドローンの機動性を活かすため、優先道路の交点の付近にドローンポートを配置することが最も合理的であると考えた。これにより対象エリア内のドローンポート設置候補地点（以下、候補点）は2110地点となる。人口密集地内にドローンポートを設置してしまうと二次リスクが高くなるため、候補点は両モデルともに対象エリア内の同じ場所とする（図１）。

2－4．需要点の分布

2015年度の国勢調査の人口のデータを使用する。千葉市の人口は978,704人であり、対象エリア内の人口は161,545人となる。需要点の発生場所は予め特定できな

Consideration on how to operate life-saving drones in the suburbs
－ Chiba City as an example －
Akito NAKAGAWA, Ryota INOUE and Shinichiro IWATA

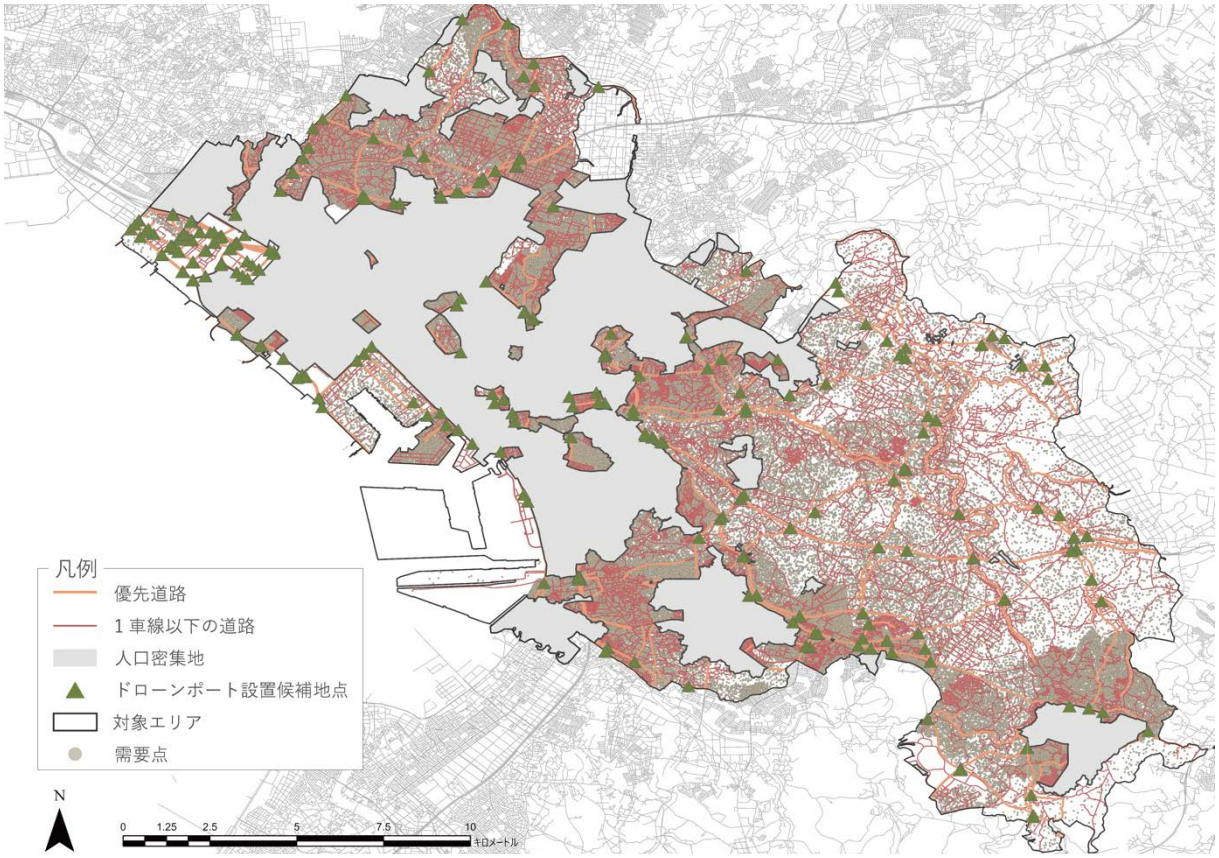

図１　解析に用いるネットワークデータセットと需要点ドローンポート設置候補地点

いため、対象エリア内の町村ごとにその町村の人口分のポイントをランダムに配置し、需要点とする（図１）。

２−５．ネットワーク解析手順

GISを用いて分析を行う際、需要点のカバーできている割合（以下、人口カバー率）と面積をカバーできている割合（以下、面積カバー率）、ドローンポートの設置場所を求める手順を以下に示す。

① 限られた範囲内で解析を行う閉鎖型モデルで解析を行うため、対象エリアを解析範囲に設定する。

② 人口カバー率とドローンポートの設置場所を求めるためGISのNetwork analyst[注6)]のロケーション−アロケーション解析[注7)]機能の設定を行う。それぞれのモデルのネットワークデータセットを飛行ルートとし、候補点を施設、需要点を需要地点に設定する。解析タイプとしてカバーエリアの最大化[注8)]を利用する。

③ 救命ドローンの速度70［km/h］の３分間の最大移動距離3480mを移動圏内として解析を行う。

④ 両モデルに対して、ドローンポートの配置数が1から30までの最適配置を求める。

⑤ 求められたドローンポートの位置を用いて面積カバー率を出すため、GISのNetwork analystの到達圏解析[注9)]を行う。移動圏内は③より、3480mとする。

⑥ 求められた人口カバー率と面積カバー率、ドローンポートの設置場所を分析、スタンダードモデルと緩和モデルで比較を行う。

3.　分析結果

３−１．人口カバー率と面積カバー率の結果と考察

人口カバー率と面積カバー率の結果は図2,3に示す。

スタンダードモデルの場合、人口カバー率はドローンポート設置台数が15個を境に、約1%の増加に留まっている。この時の人口カバー率は83.06%であり、面積カバー率は65.77%である。緩和モデルの場合、人口カバー率はドローンポート設置台数が12個を境に、約1%の増加に留まっている。この時の人口カバー率は86.74%であり、面積カバー率は65.06%である。両モデルともに、面積カバ率の割に人口カバー率は高い数値であり、対象エリア内の人口の多いエリアはカバーできていると考えられる。

緩和モデルでは、人口密集地内を優先道路は飛行可能なため、二次リスクが増加すると仮定した場合、防護ネットやドローンポートの設置、管理のコストを考えると、緩和することで少ないドローンポートの設置台数で、両カバー率を上げることは可能であったが、人口密集地内の優先道路の防護ネット設置の分多くコストかかるため、緩和モデルにすることでのメリットはあまり見られなかった。

３−２．ドローンポート設置場所と人口分布

ドローンポート設置場所のドローンポートの番号とその回数は表1,2に示す。また人口分布とドローンポート設置場所の関係は図2に示す。

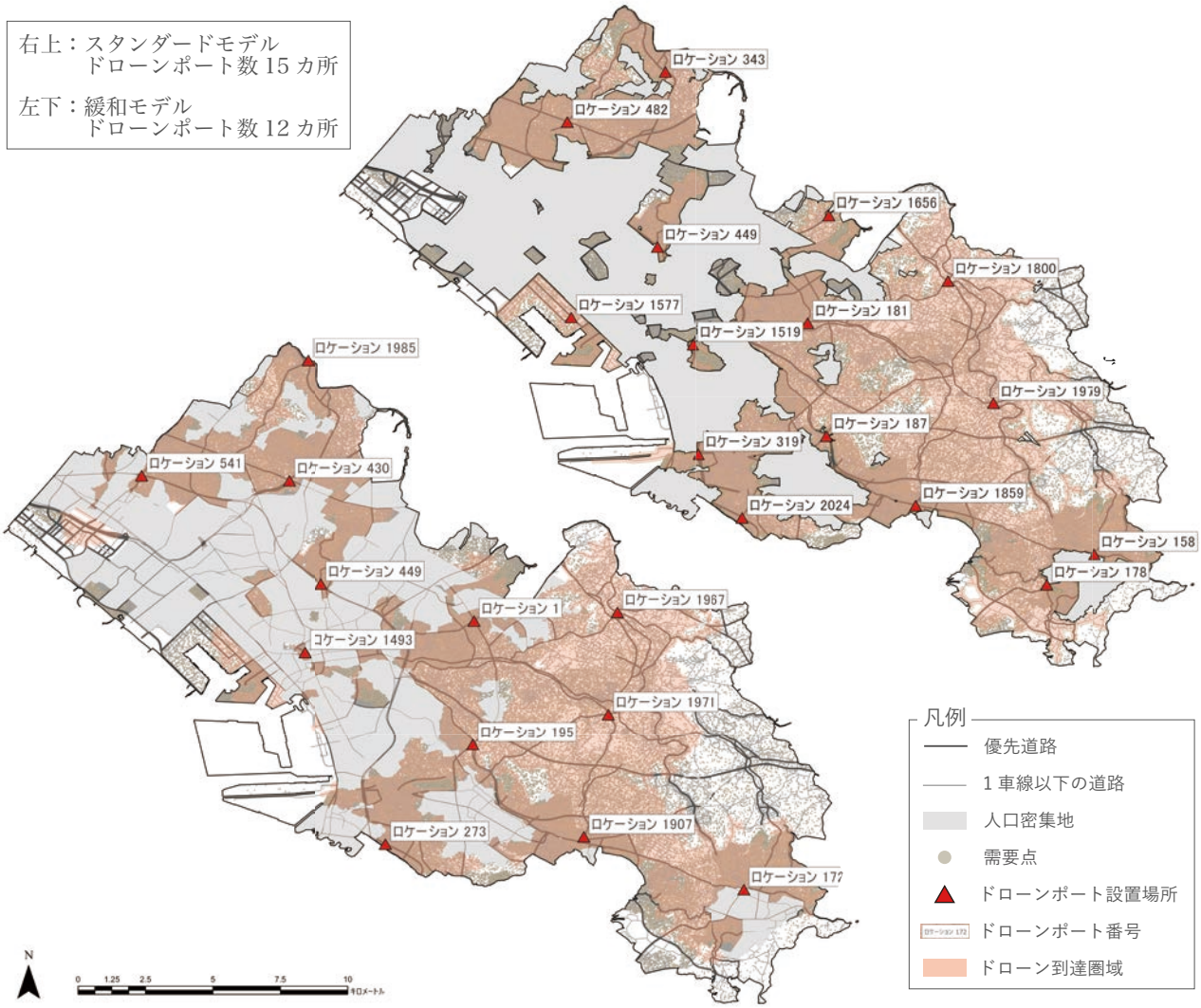

図２　対象エリアの「ドローンポート設置位置とその番号」と「ドローン到達圏域」

ドローンポートのスタンダードモデルと緩和モデルのドローンポートの選ばれ方を比較すると、スタンダードモデルでは人口密集地を挟んで対象エリアが分散しているため、対象エリア内の人口の多いエリア付近のドローンポートが選ばれる傾向にある。緩和モデルでは、優先道路で対象エリアがつながっているため、人口の多いエリアの間にドローンポートは選ばれる傾向にあることが分かった。これによって緩和モデルの方が少ないドローンポート設置台数で、人口を多くカバーできているのではないかと考えられる。

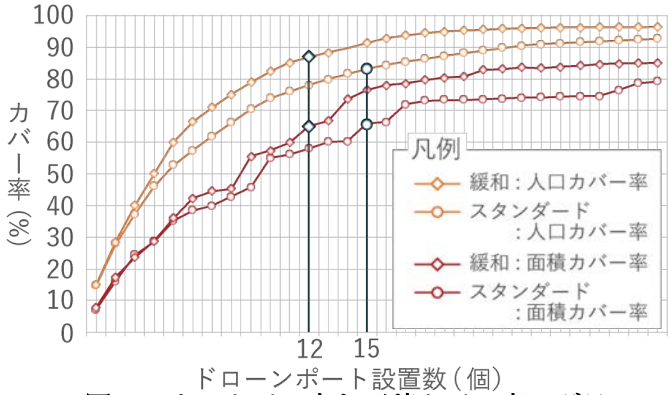

図３　人口カバー率と面積カバー率のグラフ

4.　まとめ

本稿では、飛行ルートは道路上空と河川上空、ドローンポートの設置場所は優先道路の交点と設定し、人口カバー率はGISのNetwork analystのロケーション-アロケーション解析で求め、面積カバー率はGISのNetwork analystの到達圏解析で求めた。

今回は対象エリア内の人口の効率的なカバーをするためのドローンポートの最適配置を用いて、救命ドローンの飛行ルート選定とドローンポート設置場所の選定の妥当性に対して考察を行った。今後は面積の効率的なカバーをするためのドローンポートの最適配置を用いて考察を行い、二つ結果を比較する。また、本稿で作成したモデルは全て閉鎖型モデルであり、隣接する市町村から救命ドローンが対象エリア内へAEDを運ぶことを想定していないため、開放型モデルにした場合の配置場所の検討も今後の課題とする。

参考文献

1) ソフィア・シエルベック,ジェイコブ・ホレンバーグ,他,「Automated external defibrillators delivered by drones to patients with suspected out-of-hospital cardiac arrest」
2) 国土交通省,「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.2.0」https://www.mlit.go.jp/report/press/tokatsu01_hh_000563.html
3) クレマン・デルケネ,ダニエル・ヨスト,他,「Automatic external defibrillator provided by unmanned aerial vehicle (drone) in Greater Paris: A real world-based simulation」
4) 官民協議会,「空の産業革命に向けたロードマップ2021」
5) 青山祐介 , インプレス総合研究所,「ドローン物流の現状と将来展望2021」

注釈

注1. 人口密集地は人口密度が1平方キロメートル当たり4,000人以上の場所とした。
注2. 本稿ではESRIジャパン株式会社ArcGIS proを利用して分析を行った。
注3. 株式会社プロドローン社製PDH-GS120
注4. 公益財団法人日本AED財団「AED の知識」による。https://aed-zaidan.jp/knowledge/index.html
注5. 公共空間の上空であれば設置することは可能であるため、今後ドローンが普及した場合防護ネットは重要なインフラ設備として価値が高くなると考える。
注6. 店舗の配置解析、走行時間の解析、空間的な位置の相互関係のモデリング等、交通ネットワークに基いた空間解析のための新たしいフレームワーク。Network Analystでは、現実的なネットワーク状況をモデル化し、現実に即した解析を行うことができる。
注7. 一般的に商品とサービスを提供する施設及びそれらを消費する需要地点に関する情報に基づいて、需要地点に商品とサービスを最も効率的に供給できるような施設を配置することに用いられる。施設を配置することで需要地点を割り当てる２つの要素で構成される解析である。
注8. 指定された応答時間内に全ての需要地点に到着する必要のある消防署、警察署、ERSセンターなどの緊急サービスの配置に使用される。
注9. 一般的に緊急時における消防署からの到着可能な地域の把握や、営業所から指定時間内に到着可能なエリアの検出などに用いられる。指定した地点から任意の時間内に到着可能な領域を検索し、道路網などの交通ネットワーク情報に基づき、各地点から任意の時間内に到着可能な範囲を示す解析である。

表１　スタンダード
ドローンポート番号と選ばれた回数

ポートNo.	回数	ポートNo.	回数	ポートNo.	回数
449	24	1737	10	1985	5
181	20	1903	10	2024	5
319	17	178	9	465	4
2013	16	1653	9	533	4
1577	15	1656	9	1516	4
121	13	1739	9	1519	4
155	13	23	7	1533	4
179	13	1515	7	1747	4
481	13	1978	7	201	3
482	13	105	6	233	3
158	12	307	6	347	3
343	12	355	6	432	3
361	12	73	5	1581	3
955	11	177	5	1703	3
1967	11	187	5	1777	3
1973	11	541	5	1968	3
1711	10	1557	5	1971	3

表２　緩和
ドローンポート番号と選ばれた回数

ポートNo.	回数	ポートNo.	回数	ポートNo.	回数
179	17	1583	7	117	4
449	13	121	6	195	4
541	13	533	6	419	4
481	10	1586	6	1657	4
1737	10	1663	6	170	3
155	9	1723	6	343	3
253	9	1731	6	375	3
307	9	1971	6	543	3
355	9	1973	6	947	3
909	9	81	5	1691	3
1653	9	432	5	1757	3
2013	9	494	5	1767	3
273	8	557	5	1777	3
430	8	1493	5	1934	3
441	8	1661	5	1961	3
1727	8	1717	5	1968	3
1985	8	1783	5	1975	3
161	7	1933	5	1977	3
254	7	1967	5	1983	3
312	7	1	4		
361	7	87	4		