

# 空飛ぶクルマの導入が地方小都市の外出行動に及ぼす効果に関する基礎的考察

岡村 篤<sup>1</sup>・橋本 成仁<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 正会員 北海道立総合研究機構 建築研究本部 (〒078-8801 北海道旭川市緑が丘東 1 条 3 丁目 1-20)  
E-mail: okamura-atsushi@hro.or.jp

<sup>2</sup> 正会員 岡山大学学術研究院教授 環境生命科学学域 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3 丁目 1-1)  
E-mail: seiji@okayama-u.ac.jp

空飛ぶクルマの開発競争が世界各国で激化している。我が国においても、経済産業省が空飛ぶクルマの実装に関するロードマップを作成する等、官民連携の下で空飛ぶクルマの実用化の検討を着々と進めている。しかしながら、空飛ぶクルマの普及が人々の生活にどのような影響を及ぼすかについては、定性的な議論に留まっている。特に、人口減少が著しい地域において、空飛ぶクルマの普及に伴い、日常生活での外出がどのような形でどの程度変化するかについては明確となっていない。そこで、本研究では、GISを用いた空飛ぶクルマによる移動時間の算出プロセスを検討した。さらに、その算出プロセスを北海道下川町で適用し、通常の自動車と比べて空飛ぶクルマがどの程度外出時の移動時間を削減することができるかについて考察した。

**Key Words:** *flying car, rural area, going outdoors*

## 1. はじめに

第 4 のモビリティ革命に伴い、CASE などのモビリティ技術や、Mobility as a Service (通称 MaaS) など、新たなモビリティサービスに関する技術開発が世界各国で進められている。その一環として、空飛ぶクルマの技術開発も、世界各国で官民連携の下で急速に進められている。例を挙げると、シンガポールでは、国内の交通省 (Ministry of Transport)・民間航空庁 (Civil Aviation Authority of Singapore)・経済開発庁 (Economic Development Board) の協力の下、Volocopter 社による空飛ぶクルマの試験運行が 2019 年に実施されている<sup>1)</sup>。また、uberAIR 社では、アメリカ国内で、米航空宇宙局 (NASA) の協力の下、空飛ぶクルマに関する実証実験を行うことを 2018 年に発表している<sup>2)</sup>。我が国においては、経済産業省と国土交通省が、官民の関係者を集めて「空の移動革命に向けた官民協議会」を 2018 年に立ち上げ、民間企業による空飛ぶクルマの技術開発を国が支援できる体制の整備を行っている<sup>3)</sup>。

空飛ぶクルマは、様々な機体の種類があるが、大きくは地上走行の可否によって分類される<sup>4)</sup>。地上走行可能なタイプは、折り畳み式の固定翼を備えた機体で、道路走行時には固定翼を折り曲げ電気自動車として走行する。

飛行時には固定翼を広げて飛行モードに変形する。このタイプは個人による所有・利用が想定されている。

一方で、地上走行が不可能なタイプは、eVTOL 機 (electric Vertical Take-off and Landing) と呼ばれ、電動化され、垂直に離着陸を行う特徴がある。この eVTOL 機は、電動化技術の推進に伴い、人工知能技術による飛行の自律化も進むことが予測されている。そのため、eVTOL 機は、「電動」「自動操縦」「垂直離着陸」の 3 つの特徴を備えた機体と言える。また、eVTOL 機は、空のライドシェアやスカイタクシーといった、モビリティサービスとしての利用が想定されており、誰でも気軽に空を移動できる新たな交通手段として期待されている。この期待から、一般的には eVTOL 機が空飛ぶクルマとして定義される傾向にある。

このように空飛ぶクルマの技術開発については官民連携の下で急速に進められている。一方で、空飛ぶクルマの普及によって社会にどのような効果があるかについては明確となっていない。中野ら<sup>5)</sup>は、空飛ぶクルマの普及により、過疎地の交通手段の確保や、地方都市間の交通利便性の改善などが期待できることを述べている。しかしながら、定性的な議論に留まっている。中野らの主張を支持するためには、位置関係等を考慮した空間的分析に基づく検証を行う必要があるが、そのための研究

は存在しない。

そこで、本研究では、GIS を用いた空飛ぶクルマによる移動時間の算出プロセスを検討するとともに、実際の地方小都市で適用し、通常の自家用車と比べて空飛ぶクルマがどの程度移動時間を削減するかを考察する。

## 2. 空飛ぶクルマによる移動時間の算出プロセス

### (1) 空飛ぶクルマの想定と使用データ

国土交通省航空局<sup>6)</sup>では、垂直離着陸を行う eVTOL 機を空飛ぶクルマとして想定している。そのため、本研究でも、空飛ぶクルマを eVTOL 機と定義し、垂直離着陸によって Door-to-Door 形式で移動するものと想定する。

また、移動時間算出にあたり、建物ポイントデータと道路データを使用する。

### (2) 移動時間の算出式

経済産業省製造産業局及び国土交通省航空局<sup>7)</sup>では、空飛ぶクルマによる地方部・離島の 2 地点間旅客輸送時において、離着陸の地点を「既存ヘリポートの活用、離着陸場の新設、港湾・リゾート施設」としている。ここでは、議論の単純化のため、離着陸は各住戸の敷地内で行われると想定し、各建物ポイントの位置を離着陸地点とする。その際、各建物ポイントの標高は考慮しないこととする。また、機体のバッテリー持続時間についても考慮しないこととする。

2 地点間における空飛ぶクルマの移動時間の算出式は、垂直離着陸に係る上昇・下降に関する時間と、住戸  $i$  ~ 目的地  $j$  までの測地線を移動する時間を合計した時間であると考えた場合、その算出式は(1a)のようになる。なお、ここでは議論の単純化のため、飛行高度は、経済産業省製造産業局及び国土交通省航空局「2020 年度実務者会合の検討状況について」<sup>7)</sup>より 300m と設定し、上昇・下降時の速度は国土交通省航空局の「無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会」におけるドクターヘリの値を引用した<sup>8)</sup>。また、住戸  $i$  ~ 目的地  $j$  の巡航速度は、「2020 年度実務者会合の検討状況について」<sup>7)</sup>より 80km/h と設定した。

$$T_{ij} = \frac{L_{ij}}{v_0} + \frac{h}{v_1} + \frac{h}{v_2} \quad (1a)$$

$T_{ij}$ : 2 地点間における空飛ぶクルマの移動時間

$L_{ij}$ : 2 地点間における空飛ぶクルマの移動距離(測地線)

$h$ : 上昇・下降時の高度(300m)

$v_0$ : 空飛ぶクルマの巡航速度(80km/h)

$v_1$ : 空飛ぶクルマの上昇速度

$v_2$ : 空飛ぶクルマの下降速度

## 3. 実際の市町村での適用

### (1) 適用地域の概要

本研究では、北海道下川町(図-1)を対象に、上述の算出プロセスを適用する。下川町は、北海道上川地方に位置する町であり、人口は 3547 人、高齢化率は 38.6%(2015 年国勢調査)で、町面積の 9 割が森林である。町の中央部には国道 239 号線が東西に走っており、この沿道沿いに医療施設や買物店舗が立地している。医療施設は下川町立病院と歯科があり、買物店舗はコンビニが 1 軒、スーパーが 1 軒ある。より高度な医療や品ぞろえを求めて、隣接する名寄市などまで外出する人も多い。

下川町では、交通弱者の移動手段確保のため、町全域を対象にしたデマンド形式の乗り合いタクシーや、市街地から温泉地までを走る下川町コミュニティバス、小・中学生の通学のためのスクールバスといった生活交通施策が実施されている。町内にはタクシー会社が 1 社あり、そのタクシー会社が全ての生活交通施策を受託している。

### (2) 目的地及び出発地の設定

本研究では、下川町における外出実態に関するアンケート調査の結果を用いて、目的地の設定を行った。具体的には、下川町民の外出時の先行として、最もよく行く店舗や医療施設に関する設問の回答結果を引用した。店舗については、生鮮食品などの日常的に行く店舗と、大規模商店をそれぞれ調査している。医療施設についても

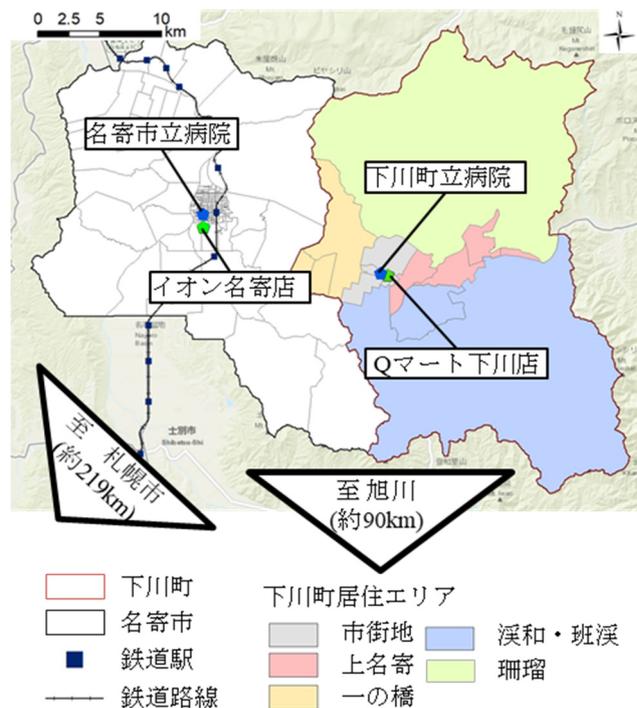


図-1 下川町の概要と居住地エリア

診療所と大規模病院をそれぞれ調査している。それらの集計結果より、町内の買物店舗についてはQマート下川店が、医療施設については下川町立病院が最も多く回答されていた。また、大規模商店についてはイオン名寄店が、大規模病院については名寄市立病院が最も多く回答されていた。また、大規模病院については、旭川市に立地する旭川医科大学病院や札幌市の北海道大学病院までよく行くと回答する人もわずかながら存在した。以上を踏まえ、算出プロセスの適用に当たり、Qマート下川店、下川町立病院、イオン名寄店、名寄市立病院、旭川医科大学病院、北海道大学病院の6か所を目的地として設定した。出発地は、下川町内の各住戸から出発するという想定とし、下川町の住居系建物ポイントデータをGIS上にプロットした。

### (3) 算出プロセスの適用結果

算出プロセスを適用し、下川町の居住地エリアごとに移動時間の平均値を算出した(表-1)。なお、表-1には、参考として、各住戸～各目的地を自動車で道路を走行した際の移動時間も平均値を算出している。さらに、自動車で道路を走行した場合の移動時間と空飛ぶクルマによる

表-1 空飛ぶクルマの移動時間算出プロセスの適用結果(下川町)

居住地 エリア		市街地	上名寄	一の橋	溪和・ 班溪	
N		1193	87	69	40	
各目的地までの移動時間の平均値(分)	Qマート 下川店 (下川町)	道路(自動車)	1.42	6.30	9.24	7.36
		空飛ぶクルマ	3.37	6.26	8.70	5.85
		P値	0.0000**	0.8952	0.0085**	0.0012**
		移動時間の差	-1.95	0.03	0.54	1.51
	下川町立 病院 (下川町)	道路(自動車)	1.43	5.24	9.96	6.93
		空飛ぶクルマ	3.44	5.83	9.10	6.00
		P値	0.0000**	0.0234*	0.0000**	0.0447*
		移動時間の差	-1.94	-1.02	1.26	1.08
	イオン 名寄店 (名寄市)	道路(自動車)	21.75	18.12	30.43	27.39
		空飛ぶクルマ	14.35	11.25	19.88	15.57
		P値	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**
		移動時間の差	7.40	6.87	10.55	11.82
	名寄市立 病院 (名寄市)	道路(自動車)	19.63	16.00	28.31	25.27
		空飛ぶクルマ	14.63	11.53	20.04	15.99
		P値	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**
		移動時間の差	5.00	4.47	8.27	9.29
旭川医科 大学病院 (旭川市)	道路(自動車)	93.95	91.90	102.89	94.06	
	空飛ぶクルマ	53.03	53.05	56.02	50.60	
	P値	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	
	移動時間の差	40.92	38.85	46.88	43.46	
北海道大 学病院 (札幌市)	道路(自動車)	170.86	168.81	179.80	171.07	
	空飛ぶクルマ	131.45	130.33	135.84	129.53	
	P値	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	
	移動時間の差	39.41	38.48	43.96	41.54	

対応のある平均値の差の検定 \*\* : 1%有意 \* : 5%有意

る移動時間の差についても、平均値を算出している。なお、測地線は、ArcGIS Desktop 10.8.1の最近接分析より算出した。自動車による移動時間は、ArcGIS Desktop 10.8.1のNetwork Analystを用いて算出した。また、珊瑚地域の人口は0のため分析対象から除外している。

まず下川町内の店舗・医療施設までの移動に関する考察を行う。市街地エリア～Qマート下川店については、空飛ぶクルマよりも自動車道路を走行する方が移動時間が短い。市街地エリア～下川町立病院と、上名寄エリア～下川町立病院についても同様の傾向にある。また、一の橋エリア及び溪和・班溪エリアについては、自動車道路を走行するよりも空飛ぶクルマの方が移動時間が短い。移動時間の差はどのエリアも概ね2分以下である。以上のことから、町内の移動については、必ずしも空飛ぶクルマによって移動時間の大幅な削減が見込めるとは限らず、出発地の位置によっては道路を走行した方が早く到着する場合もあることが考えられる。

続いて、隣接する名寄市の店舗・医療施設について考察する。全ての居住地エリアで、空飛ぶクルマの方が、自動車道路を走行するよりも移動時間が短い。また、移動時間の差について、市街地エリアと上名寄エリアでは、空飛ぶクルマによって、名寄イオンまでは約7分、名寄市立病院までは約5分削減されることが示唆された。また、名寄市まで比較的遠い位置関係にある一の橋エリア及び溪和・班溪エリアについては、空飛ぶクルマによって、名寄イオン及び名寄市立病院まで概ね10分前後移動時間が削減されることが示唆された。

最後に、旭川市及び札幌市までの店舗・医療施設について考察する。全ての居住地エリアについて、旭川駅前イオン・旭川医科大学病院・北海道大学病院の3つに共通して、空飛ぶクルマによって30分以上移動時間が削減されることが示唆された。下川町内や名寄市と比べ、削減される移動時間が比較的大きい傾向にある。このことから、比較的遠距離の外出の際に、空飛ぶクルマによって移動時間が大きく削減できる可能性があることが示唆された。空飛ぶクルマの移動時間削減に伴い、遠距離にある都市までの外出に関して、頻度や滞在時間の増加、目的地での活動内容の変化などにつながる可能性があることが考えられる。

## 4. 終わりに

本研究では、空飛ぶクルマによる移動時間の算出プロセスを検討するとともに、北海道下川町を対象に適用し、自動車道路を走行する場合と比べて空飛ぶクルマがどの程度移動時間を削減するかについて考察を行った。その結果、町内の移動に関しては、必ずしも空飛ぶクルマ

によって移動時間の削減が見込めるとは限らず、居住地によっては道路を自動車で行った方が目的地まで早く到着する可能性があることが示唆された。また、比較的遠距離の移動を行う際に、空飛ぶクルマによって移動時間を大きく削減できる可能性があることが示唆された。

最後に今後の課題について述べる。まず1つ目の課題は、垂直離着陸を行う地点の設定と考える。空飛ぶクルマの技術開発や普及が進んだとしても、各住戸で離着陸が許可されるかどうかは、現状では不明である。道路の走行が可能でありかつ垂直離着陸を行う空飛ぶクルマの開発も進められているため、各住戸での離着陸の可能性がないとは言えない。しかし、現状の航空法第 79 条では、離着陸を可能にするには国土交通大臣の許可が必要であり、その許可が国内の全住戸で承認されるとは考えづらい。そのため、地域の拠点施設で垂直離着陸を行う算出プロセスについても別途検討する必要があると考えられる。

2つ目の課題については、空飛ぶクルマの高度の設定である。本研究では、議論の単純化のため、参考文献の値を固定値として引用した。しかし、実際に空飛ぶクルマで巡航する際には、中山間地や大都市の山地や建築物などをどのように回避するかを検討する必要がある。回避方法としては、高度を上げて縦に回避するか、高度を維持して山地や建物を横に迂回するか、全く別の回避方法を行うかが案として考えられる。しかし現時点ではどの方法が用いられるかは不明である。今後、この部分を考慮し、算出プロセスに組み込む必要がある。

3つ目の課題は、空飛ぶクルマによる移動時間削減に伴い、外出そのものの頻度や行先、滞在時間などがどのように変化するか予測することである。田舎暮らしをしながら都会に通勤するという需要は一定数存在する。空飛ぶクルマの普及によって、「都会への通勤が可能になる田舎」という地域も増加することが予想される。定量

的な調査・分析を通して、どのような人が、どのような用途で空飛ぶクルマを利用したいかを示し、その結果どのような社会変化が起こるかを予測する必要がある。

その他にも、空飛ぶクルマの墜落に関する不安感の解消や、行政施策への活用方針、移動時間の削減量と時間価値の関係など、多くの検討課題がある。本研究は、基礎的な算出プロセスを提示することに主眼を置いた。これを踏まえた、上述の課題解消や空飛ぶクルマの普及などにつながる発展が期待される。

## 参考文献

- 1) 根津禎：空飛ぶクルマ 電動航空機がもたらす MaaS 革命, pp.92-93, 日経 BP 社, 2019.
- 2) 前掲書, pp.93-95, 2019.
- 3) 例えば, 小島智彦：空飛ぶクルマを取り巻く環境—空の移動革命に向けて—, 土木学会誌, Vol.105, NO.5, pp.40-41, 2020
- 4) 根津禎：空飛ぶクルマ 電動航空機がもたらす MaaS 革命, pp.14-17, 日経 BP 社, 2019.
- 5) 中野冠, 中村翼, 中本亜紀, 福原麻希, 三原裕介：空飛ぶクルマのしくみ 技術×サービスのシステムデザインが導く移動革命, pp.38-63, 2019.
- 6) 国土交通省航空局：空飛ぶクルマについて(2021), p.2, <https://www.mlit.go.jp/common/001400794.pdf> (2021年9月26日最終閲覧)
- 7) 経済産業省製造産業局, 国土交通省航空局：2020年度実務者会合の検討状況について(2021), p.6, [https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/air\\_mobility/pdf/007\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/007_01_00.pdf)(2021年9月26日最終閲覧)
- 8) 国土交通省航空局：第2回 無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会(2017), p.2, <https://www.mlit.go.jp/common/001207364.pdf>(2021年9月26日最終閲覧)