

報告

災害医療における物流ドローンに関する意識調査

—災害医療ロジスティクス専門家を対象として—

Awareness survey on logistics drones in disaster medical care

- For logistics professionals -

米本倉基*, 山上潤一**

Kuramoto YONEMOTO, Junichi YAMAKAMI

キーワード：ドローン（無人航空機）、災害医療ロジスティクス専門家、ニーズ調査

Key words: drone (unmanned aerial vehicle), disaster medical logistics specialist,
needs survey

要約

本研究は、災害医療におけるドローン物流の実証実験が各地で行われるなか、その中心的な役割を担う災害医療ロジスティクス専門家を対象に、ドローンの活用ニーズとその課題について明らかにする目的でアンケート調査を行った。調査は日本災害医学会認定の上級を含むロジスティクス専門家 208 名を対象に 2023 年 3 月に質問紙を郵送し、同意が得られた対象者から無記名式で郵送にて回収する方法で行い、125 名 (60.1%) から有効回答を得た。その結果、ドローン活用への期待感は、職種、病院の立地を問わず全体として高く、特に医薬品・医療材料の倉庫からの供給ニーズがあった。また、山間部に立地する病院においては、孤立地区への食料等の生活必需品についての搬送ニーズがあった。一方で、墜落や衝突等の防止、気象等の飛行条件、搬送重量や距離等の能力の 3 つの導入上の問題意識があった。このことから、病院が災害時の物流にドローンを活用する場合、現状よりも、ドローンの価格を下げ、もっと重い物を遠くに、気象条件に左右されず輸送できるようにする必要がある。

ABSTRACT

This research is a survey of the needs of logistics specialists in disaster medicine regarding the transport of goods by drones. In March 2023, a questionnaire was mailed to 208 logistics specialists certified by the Japanese Society for Disaster Medicine, and valid responses were

obtained from 125 (60.1%). As a result, expectations for the use of drones were high overall, regardless of occupation and location of the hospital. There was a need to transport pharmaceuticals and medical supplies from warehouses. However, it was pointed out that there are three issues: safety such as crashes and collisions, flight conditions such as weather, and capacity such as carrying weight and distance. If hospitals are to use drones for logistics during disasters, the price of the drones will need to be lowered. We also need to improve our ability to transport heavy loads over greater distances and in all weather conditions than we currently do.

1 はじめに

著しい技術進歩によってドローン（本論ではマルチコプター型無人航空機をドローンと呼ぶ）の活用が多方面で導入が進むなか、2022年12月には、目視外で有人地帯を自動飛行できる「レベル4飛行」が解禁となり、医療分野においても社会実装化が見込まれている。特に東日本大震災時に、災害直後の病院間の物件搬送が不十分で、病院間の医薬品等の過不足による偏在が生じた教訓から（日本医薬品卸売業連合会，2015.¹⁾）、緊急物件においては、陸路ではなく、災害に強い空路の利用が期待されている。しかし、従来のヘリコプターでは、被災現場と医療機関とで搬送物とルートが異なるので、比較的少量、かつ緊急で高頻度、狭小地への搬送には対応できず、加えて、ヘリコプターは投入できる機体数、離発着場所が限定されるうえ、高額な機体維持・運航費用やパイロット等の人員確保のコスト負担も大きい。これに比べて、ドローンであれば、機動性に優れ、比較的 low コストで応えられる。

この災害直後の医療物件の搬送に関する先行研究に関して、国立情報学研究所の学術情報検索データベース CiNii で「無人航空機またはドローン、医療、災害」のキーワードで検索したところ、17件が抽出され、うち内容が災害医療における物流に関する論文は、稲田による「救急医療・災害対応をはじめとしたドローンの運用」(2021)²⁾のみであった。この論文では、大分県内の過疎地域における災害時の避難訓練に携わった住民、医師、企業を対象として、災害時の僻地医療での遠隔診療・薬剤輸送にドローンの活用に関する聞き取り調査を行い、課題としてドローンの法的規制および技術的制約があるとしている。しかし、この先行研究は、災害時の僻地医療での遠隔診療のための薬剤輸送に限定した医師と住民を対象とした狭義の搬送ニーズで、病院間や医薬品企業など施設間による災害時の物流全般を想定したものではない。また、データが、ひとつの事例における聞き取り調査に基づくものであるため、災害医療ロジスティクスのニーズを一般化するには不十分と言わざるを得ない。さらに、これまで自治体やメーカーが各地の防災訓練等でドローン運航の実証実験が行われているが、これらの実証実験の主たる目的がドローンの性能と飛行条件の確認といった、いわば運行側のシーズ調査で、利用者側である医療機関、とりわけ

その中心的な役割を担う災害医療のロジスティクス専門家側からみたニーズ調査は十分に実施されていない。そこで本研究は、日本災害医学会認定の災害医療ロジスティクス専門家を対象に、災害時の医療分野におけるドローン活用のニーズと、その課題等についてアンケート調査を行った。

2 方法

(1) アンケート調査

調査は災害医療における物流の専門家である日本災害医学会認定の上級を含む災害医療ロジスティクス専門家 208 名を対象に 2023 年 3 月 1 日に質問紙を郵送し、同意が得られた対象者から 3 月 25 日までを期間として、無記名式で郵送にて回収した。なお、災害医療ロジスティクス専門家は日本災害医学会のホームページで公表されている 2022 年 9 月 5 日現在の名簿に基づき所属機関へ郵送した。質問項目は、ドローンによる搬送場所と搬送物件のニーズに関する 15 項目、ドローン物流の問題点に関する 9 項目、ドローン物流への期待に関する 9 項目、ドローン物流の課題に関する 9 項目の計 42 項目とし、これに回答者の所属機関と自身に関する 12 属性の質問を加えた。

(2) 想定されるドローンの性能

本アンケートでは、回答者が想定するドローンの機能が回答内容に影響することから、質問の前提として、あらかじめドローンの性能を教示した。具体的には、搬送物を頑丈なミカン箱サイズの箱に入れて重量 5kg を搭載した場合に、飛行時間約 15 分で直線距離約 5km（往復 10km）まで運べるものとし、複数の回転翼によって垂直離着陸可能、重量は最大 30kg まで運べるものとした。ただし、搬送物が 30kg の場合、搬送距離は往復 1km 範囲内となること、また平均速度は時速 40km で、夜間、目視外で雨天の風速は秒速 10m まで飛行可能とするものとして回答を求めた。

(3) 尺度と集計・分析方法

集計は各質問の回答尺度である 7 件尺度に対して、「まったく思わない」の回答を 1 点として、「思わない」2 点、「あまり思わない」3 点、「どちらとも言えない」4 点、「少し思う」5 点、「思う」6 点、「とても思う」7 点として得点化し、得られたデータを質問項目ごとに平均値と標準偏差の記述統計を算出した。その後、全体と属性ごとに平均値の高い順から各質問項目を並べて、ニーズの高さを比較検討した。なお、分析には IBM 社の統計ソフトウェア SPSS、Statistics Base19 を用いた。

(4) 倫理的配慮

調査票への回答依頼に先立ち、書面による調査研究の説明を行い、質問紙記入と郵送投函をもって調査研究への同意を得たものとした。なお、本研究は筆頭筆者の所属大学が定める研究に関する倫理指針を遵守し、研究倫理委員会にて承認されている。

3 結果

(1) 回答者の属性

調査対象者 208 名のうち、60.1%の 125 名から有効回答を得た。職種は医師が 35.2%と最も多く、次に 23.2%の事務職であった。国・自治体、大学など公的病院勤務者が 78.4%で、また、被災地での活動経験者は 95.2%と、きわめて割合が高かった。また 47.2%の回答者が 500 床以上の大規模病院で、81.0%が災害拠点病院に勤務していた。勤務する病院の周辺立地に関しては、七大都市部 31.2%、七大都市以外の県庁所在地 32.0%、県庁所在地以外 30.4%と、ほぼ 3 つに分散して所在し、周辺環境も内陸平地 49.6%、沿岸平地部 36.0%と、ほぼ 2 つの立地に分かれていた (表 1)。

(2) ドローンへの期待感

本調査の目的は、ドローン導入が他産業で普及するなかで、医療分野、とりわけ災害医療時における病院での活用ニーズを、その中心的役割を担う災害医療ロジスティクス専門家に直接確認することであるが、ドローン活用への期待感は、全体として、「非常に期待できる」が 32.3%、「期待できる」が 42.7%と、あわせて 75.0%となり、きわめて高かった。また、この高い期待感は、医師や看護師、事務職員といった職種、内陸や沿岸、都市や過疎地など病院の立地、大学や自治体など経営する法人の種別を問わず広く専門家全体の認識であった。さらに、回答者のほとんどが、被災地での活動経験があることを踏まえると、災害時における空中物流の機動力への期待が専門家の経験に裏打ちされたものであることがわかった。一方で、回答者の 80.8%がドローンの操縦経験がなく、知識の程度も「あまり知らない」が 34.4%、「まったく知らない」7.2%と、あわせて 4 割以上であることから、ドローン活用への高い期待感は、ドローンの能力の十分な理解に裏打ちされたものではないこともわかった。さらに、病院での取組みについては、49.6%が「していない」現状であり、積極的であるとの回答は、僅か 4.0%であった。さらに、今後の実証実験の予定も 76.0%が「参加予定はない」とされ、導入機運は高まっていない現状が浮き彫りとなった (表 2)。

表1 回答者の職種とその勤務先の属性
(n = 125)

変数	n	%
職種		
医師	44	35.2
看護師	12	9.6
薬剤師	10	8.0
コ・メディカル	25	20.0
事務職	29	23.2
その他	4	3.2
無回答	1	0.8
被災地での活動経験		
あり	119	95.2
なし	4	3.2
無回答	2	1.6
経営母体		
国・自治体病院	33	26.4
大学病院	24	19.2
上記以外の公的病院	41	32.8
民間病院	12	9.6
その他	13	10.4
無回答	2	1.6
病床数		
500床以上	59	47.2
400～499床	16	12.8
300～399床	20	16.0
200～299床	9	7.2
199床以下	7	5.6
その他	13	10.4
無回答	1	0.8
所在地		
七大都市	39	31.2
地方中核都市(県庁所在地)	40	32.0
地方都市	38	30.4
農村沿岸部	3	2.4
その他	4	3.2
無回答	1	0.8
立地する周辺環境		
内陸平地部	62	49.6
内陸山間部	11	8.8
沿岸平地部	45	36.0
沿岸山間部	3	2.4
その他	2	1.6
無回答	2	1.6
病院の災害拠点機能		
基幹災害拠点病院	29	23.2
災害拠点病院	76	60.8
災害拠点病院でない病院	5	4.0
その他	14	11.2
無回答	1	0.8

表2 回答者のドローンへの期待と操縦経験、
病院の取組状況 (n = 125)

変数	n	%
ドローン活用の期待		
非常に期待できる	40	32.0
期待できる	53	42.4
少し期待できる	26	20.8
どちらとも言えない	4	3.2
あまり期待できない	1	0.8
期待できない	0	0.0
まったく期待できない	0	0.0
無回答	1	0.8
ドローンの操縦経験		
ライセンス保有	3	2.4
経験ある	20	16.0
経験なし	101	80.8
無回答	1	0.8
ドローンに関する知識の程度		
とても詳しい	0	0.0
知っている	16	12.8
少し知っている	32	25.6
どちらとも言えない	16	12.8
あまり知らない	43	34.4
知らない	8	6.4
まったく知らない	9	7.2
無回答	1	0.8
所属病院のドローン活用の取組や活動予定		
積極的である	5	4.0
している	4	3.2
少ししている	6	4.8
どちらとも言えない	15	12.0
あまりしていない	20	16.0
していない	62	49.6
消極的である	12	9.6
無回答	1	0.8
所属病院のドローンの実証実験		
地域として実証実験した(参加した)	11	8.8
病院として実証実験したことがある	9	7.2
実証実験の実施や参加の予定がある	3	2.4
実証実験の実施や参加の予定はない	95	76.0
その他	6	4.8
無回答	1	0.8

(3) 搬送場所と物件内容

搬送場所のニーズは、医薬品企業の倉庫から病院への搬送ニーズが平均得点 4.91 (sd : 1.13) で最も高く、続いて薬局から病院への搬送で平均得点 4.08 (sd : 1.37)、物件内容についても医薬品・医療材料が平均得点 5.18 (sd : 0.89) で比較的高いニーズが示され、災害時のドローン物流のニーズは医薬品・医療材料の緊急供給ルートの確保にあることがわかった。また、山間部に立地する病院においては、孤立住宅等への食料等の生活必需品についての搬送ニーズがあった (図 1、図 2)。

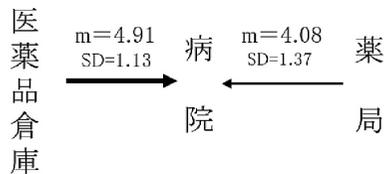


図 1 搬送場所の主なニーズ n = 125



図 2 搬送物件の主なニーズ n = 125

(4) 不安点

ドローン導入時に不安に思うこととしては、「墜落など、何らかの飛行トラブルで搬送中に搬送物が破損する恐れがあること」(m : 4.86, sd : 1.07)「墜落や衝突で人や建物に危害を加える恐れがあること」(m : 4.76, sd : 1.28)「何らかの電波障害によって、操縦できない状態になる恐れがあること」(m : 4.43, sd : 1.26)などの飛行事故による安全上の問題、「悪天候など、気象条件で飛ばせなくなる恐れがあること」(m : 4.80, sd : 1.08)、「バッテリーが不足したり、充電時間に時間がかかり運航できない恐れがあること」(m : 4.40, sd : 1.25)などが指摘され、これらは、広く一般的にドローン活用上の性能上の問題で、災害医療の専門家においても同様の問題として認識されていた。特に、災害時の医薬品・医療材料の搬送では、その希少性や緊急性が高いことから、搬送途中での破損・喪失のリスクに対する信頼性に不安感が高いことがわかった (図 3)。

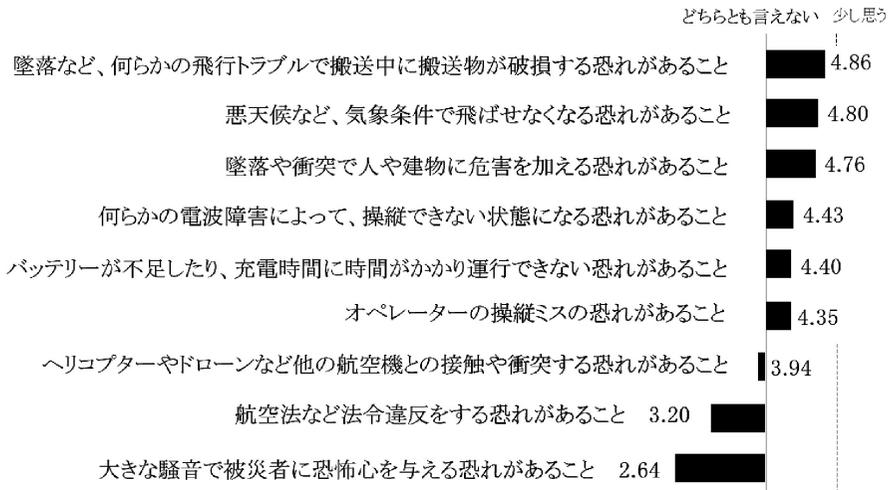


図3 不安に思うこと n = 125

(5) 課題点

導入時の課題については、平均得点5点以上が4項目と全体的に高く、「機体等の購入費用が高く予算の確保が難しいと思う」が平均得点5.30 (sd : 0.82)、「機体など機材や設備を整備し維持することが難しいと思う」平均得点5.17 (sd : 0.97)、「機体等の維持費用が高く予算の確保が難しいと思う」平均得点5.12 (sd : 0.89) で、コストに関する課題が最も高かった。また、「操縦者(オペレーター)の養成や確保が難しいと思う」(m : 5.08, sd : 0.96)と「運行上のリスクマネジメントが難しいと思う」(m : 4.70, sd : 1.02)、「災害時に運行させる際の法令整備や関係機関との調整準備が難しいと思う」(m : 4.55, sd : 1.33)、「災害時に運行させる指揮命令系統など組織

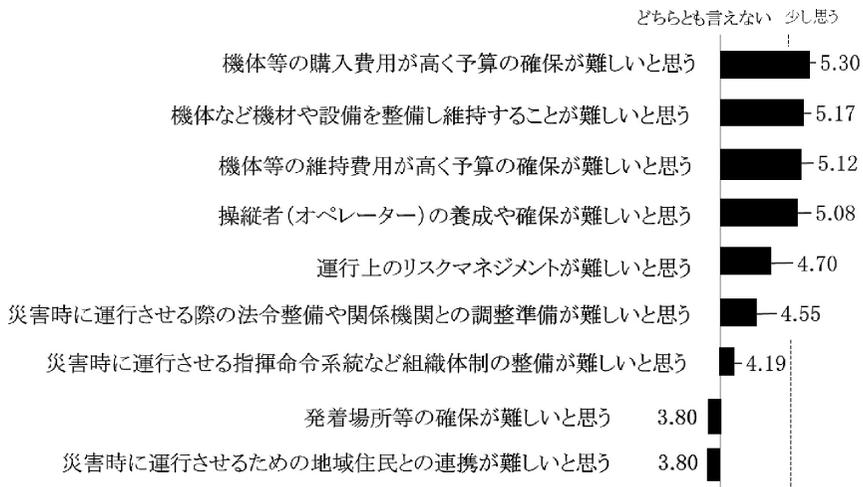


図4 導入の課題 n = 125

体制の整備が難しいと思う」(m : 4.19, sd : 1.27) の運航上の課題が指摘された (図4)。

(6) 期待する改善事項

期待する改善事項では、問題点としても指摘された、「天候不良など気象条件に左右されずに飛行できるようにしてもらいたい」(m : 4.57, sd : 1.20) に加えて「もっと飛行時間を長くして、遠くまで搬送できるようにしてもらいたい」(m : 4.85, sd : 0.98)、「もっと重いものを搬送できるようにしてもらいたい」(m : 4.41, sd : 1.35)、「もっと大きなサイズのものを搬送できるようにしてもらいたい」(m : 4.06, sd : 1.34) と、ペイロード向上への期待があった。そして、最も改善が期待されることに、「もっと期待の購入費を安くしてもらいたい」(m : 5.11, sd : 1.05) のコスト・ダウンへの期待が高かった。例えば、購入費については産業用ドローンで1機当たり500万円から700万円程度で、これまでの1機当たり数十億円するヘリコプターに比べれば、イニシャル・コストはケタ違いに安くなり、人員、機材、スペースなどのランニング・コストについても、低く抑えられるはずだが、それでも回答者の多くが、現状の費用負担に対して、導入上の大きな問題として認識していた。具体的には、専門家は、今回の質問で想定したペイロード重量物件5kg搬送時で往復5km、最大ミカン箱程度の大きさで10kgまで搬送可能とする性能では、災害時の医薬品・医療材料の空中搬送として十分でないと認識していた (図5、表3)。

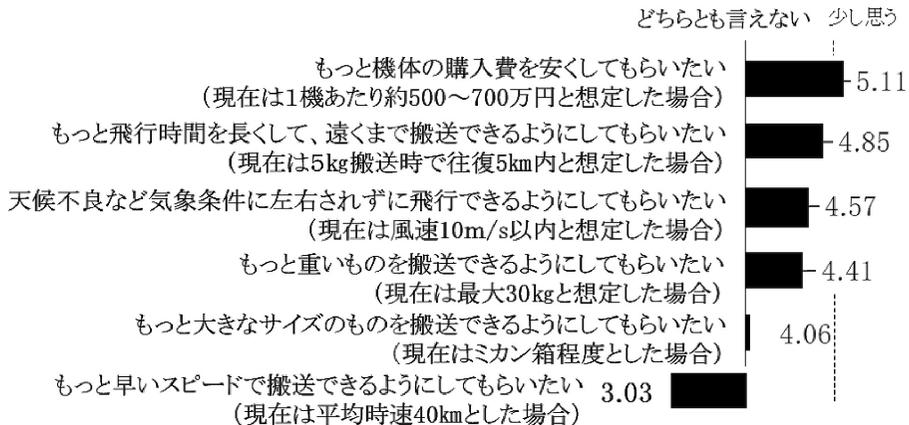


図5 期待すること n = 125

表3 自然災害直後（発災3日間）の医療分野における物流ドローン（無人航空機）に関するアンケート結果（n = 125）

	M	SD
1.搬送場所ニーズ		
医薬品企業等の倉庫から病院への搬送	4.91	1.13
薬局から病院への搬送	4.08	1.37
災害拠点（大規模）病院から地域の（中小規模）病院への搬送	3.77	1.55
病院から被災現地（避難所等）への搬送	3.71	1.52
災害拠点（大規模）病院から災害拠点（大規模）病院への搬送	2.83	1.51
病院から薬局への搬送	2.82	1.42
被災現地（避難所等）から被災現地（避難所等）への搬送	2.80	1.39
地域の（中小規模）病院から地域の（中小規模）病院への搬送	2.71	1.39
2.搬送物ニーズ		
医薬品・医療材料	5.18	0.89
食料や飲料水等の生活必需品	4.52	1.27
小型のバッテリーなど電源機材	4.42	1.25
小型の医療機器	4.18	1.26
パソコンや書類など情報・データ	3.39	1.62
3.ドローン導入で不安に思うこと		
墜落など、何らかの飛行トラブルで搬送中に搬送物が破損する恐れがあること	4.86	1.07
悪天候など、気象条件で飛ばせなくなる恐れがあること	4.80	1.08
墜落や衝突で人や建物に危害を加える恐れがあること	4.76	1.28
何らかの電波障害によって、操縦できない状態になる恐れがあること	4.43	1.26
バッテリーが不足したり、充電時間に時間がかかり運行できない恐れがあること	4.40	1.25
オペレーターの操縦ミスの恐れがあること	4.35	1.22
ヘリコプターやドローンなど他の航空機との接触や衝突する恐れがあること	3.94	1.51
航空法など法令違反をする恐れがあること	3.20	1.38
大きな騒音で被災者に恐怖心を与える恐れがあること	2.64	1.24
4.ドローン導入への期待事項		
もっと機体の購入費を安くしてもらいたい（現在は1機あたり約500～700万円と想定した場合）	5.11	1.05
もっと飛行時間を長くして、遠くまで搬送できるようにしてもらいたい（現在は5kg搬送時で往復5km内と想定した場合）	4.85	0.98
天候不良など気象条件に左右されずに飛行できるようにしてもらいたい（現在は風速10m/s以内と想定した場合）	4.57	1.20
もっと重いものを搬送できるようにしてもらいたい（現在は最大30kgと想定した場合）	4.41	1.35
もっと大きなサイズのものを搬送できるようにしてもらいたい（現在はミカン箱程度とした場合）	4.06	1.34
もっと早いスピードで搬送できるようにしてもらいたい（現在は平均時速40kmとした場合）	3.03	1.29
5.ドローン導入の課題事項		
機体等の購入費用が高く予算の確保が難しいと思う	5.30	0.82
機体など機材や設備を整備・維持することが難しいと思う	5.17	0.97
機体等の維持費用が高く予算の確保が難しいと思う	5.12	0.89
操縦者（オペレーター）の養成や確保が難しいと思う	5.08	0.96
運行上のリスクマネジメントが難しいと思う	4.70	1.02
災害時に運行させる際の法令整備や関係機関との調整準備が難しいと思う	4.55	1.33
災害時に運行させる指揮命令系統など組織体制の整備が難しいと思う	4.19	1.27
発着場所等の確保が難しいと思う	3.80	1.50
災害時に運行させるための地域住民との連携が難しいと思う	3.80	1.43

4 考察

本調査によって、自然災害直後の医療分野におけるドローン物流の導入を進めるうえで、安全の信頼性、機体性能、飛行条件の3つの改善ニーズに加えて、コスト・ダウンへのニーズが高いことがわかった。現在、開発が進む少人数のオペレーターでドローン複数機を監視・管理できる自動化されたシステム（UTM）がコスト面で有効であることは、これまでの実証実験でも確認されている。しかし、この自動運行システム（UTM）のインフラ整備費用の負担元については、その用途は立っておらず、空を飛行するものであるが故の安全リスクへの理解と信頼性向上に対して、医療業界として推進する体制整備が求められる。よって、1フライト当たりのコストが高くて日用品など通常の搬送サービスでも事業として成り立たない現状では、いつ発生するかわからない災害に対して、病院がオペレーターと機材を常時実装することは、相当の人員と運航体制のインフラ整備費用の負担から現実的でないとの指摘がなされた。これに対して、例えば、地域の消防団のような組織に飛行隊を設置し、平時から災害時に備えたドローン活用のトレーニングを行うような、外部組織との連携が有効と考える。また、ドローンの運航にはさまざまなリスクが伴うが、対人、および対物の衝突に対する信頼性も必ずしも十分に担保されているとは言えないため、事故後の賠償への備えなど、リスクマネジメントの一層の整備が求められる。特に、災害時の空の利用には、第1に人命救助に資するものが優先されるため、同じ空域でのドローンの運航リクエストが重複した場合には、消防、警察、自衛隊、ドクターヘリ等と連携できる組織の構築も不可欠で、これには航空運用調整を行える高度なスキルをもつ人材育成も必要となる。これに対して、安全で効率的な運行実現のための電動貨物無人航空機システムの垂直離着陸機用のインフラストラクチャとして、災害時の緊急支援物資を必要とする位置の把握や安全な荷物の受け渡しが可能となるドローンポートが注目されている。将来的には、このドローンポートシステムが全国に配備され、平時にはさまざまなドローン物流事業者が共用で維持することで、災害時での応用が期待される。一方、機体の性能も、搬送物件の容量と距離などのペイロードについて、現状では災害時の医療ニーズに十分に答えられておらず、課題が多いことがあらためて浮き彫りとなった。現在の電動ドローンにおけるペイロードと飛行距離の関係では、少しでもペイロードを増やすと急激に飛行時間が短くなってしまい、遠距離の搬送には十分でなく、今後は高性能のバッテリーの開発が待たれる。

5 結語

本調査で医療現場からの災害医療分野でのドローン物流への高い期待が確認された一方で、現状では、病院側のニーズに十分に答えられてはいないことがわかった。その理由のひとつとして災害医療時のドローン活用の実証実験が各地で数多く行われているにもかかわらず、得られた知見や結果を全国的に医療従事者が共有する場が少なく、業界として効率的に知見を蓄積できない

状況にある。よって、本調査で明らかとなったニーズと課題について、医療業界全体として情報共有し、さまざまなリスクよりも得られる利便性が勝るユースケースを探究する病院主導のプラットフォーム構築を加速させるべきと考える。

註

- 1 日本医薬品卸売業連合会, 2015. 自然災害発生時の医薬品供給における課題と対応の国際比較. 国際委員会報告書第3弾. 16-17.
- 2 稲田悠樹, 2021. 救急医療・災害対応をはじめとしたドローンの運用. 電気計算 89(10). 34-43

《参考文献》

- 長純一, 永井康徳. 2015. 大規模災害時医療スーパー総合医. 中山書店. 49-55
- 野波健蔵, 2018. ドローン産業応用のすべて. オーム社. 179-189
- 野波健蔵, 2020. 続・ドローン産業応用のすべて. オーム社. 220-226
- 内山庄一郎, 2020. 必携ドローン活用ガイド - 災害対応実践編 -. 東京法令出版. 20-26