

無人航空機による物資配送等の実運用に向けた計画

令和4年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金

(過疎地域等における無人航空機を活用した物流実用化事業)

令和5年2月28日

秋田県大館市

株式会社 A.L.I.Technologies

目次

はじめに	p.2
1. 実運用で目指す姿	p.3
2. 飛行試験の成果	p.4
3. 飛行試験によって見い出された課題	p.10
4. そのほか本事業の過程で見い出された課題	p.14
5. 実運用に向けたロードマップ	p.15
6. 令和5年度以降の取り組み	p.16

【はじめに】

大館市は秋田県北部、白神産地の東端に位置し、四方を山に囲まれた盆地で、歴史的に鉱山と林業が産業の中心であったことから、中山間部に多くの集落が形成されてきました。人口は68,728人（令和4年3月31日時点）で、高齢化率は39.6%と全国平均の28.9%と比較し、高齢化が進んでいる地域です。特に中山間部では、前述の鉱山や林業が衰退し、若者の転出による共助機能の低下、地域商店の閉店や、免許返納等により、高齢者への買い物支援は重要な課題です。また、トラックドライバーの不足により、今後、へき地への宅配サービスの維持が困難となることが予測されており、これは我が国共通の重要な課題でもあります。

また、地震や豪雨、豪雪に伴う災害の発生により、物流が途絶えるという事例も発生しています。

そこで本市では、平時においては、軽量荷物を中心に新たな配送サービスを実現し、緊急時においては救援物資の配送を行うべく、無人航空機を用いて効率的に中心拠点機能と集落拠点を結ぶネットワーク「空の物流網」を構築することを企図し、本事業に取り組むこととしました。

現在は、市内の配送のほぼすべてがトラックによって賄われていますが、これを無人航空機による配送に転換することにより、将来的な物流の課題に対応しつつ、同時に脱炭素化に向けた取り組みも実現できるよう、これまで検討を行ってきました。

一方、無人航空機が飛行する経路が地域の道路や農地、山林上空であることから、地域住民にとって安心安全であることが重要であり、中心拠点と集落拠点に空の駅を設け、安全な航空路と運航情報を市が把握できるシステムの構築を目指すものです。

上記の趣旨に基づき、この度、「空の物流網」構築に向けた無人航空機による飛行試験等を実施し、その結果を基に「無人航空機による物資配送等の実運用に向けた計画」を策定しました。この計画に沿って、令和5年度以降は「空の物流網」構築に向けた取り組みを進めていきます。

1. 実運用で目指す姿

(ア) 無人航空機による定期航空路の確立

無人航空機による「空の物流網」を構築するためには、安定して利用できる離着陸拠点と航空路が必要です。そこで、本市では離着陸拠点を「空の駅」と称して公共施設を用いることとします。区間を結ぶ航空路については、関係者の協力・理解を得られるルートづくりが必要であり、安全性の検証と関係者との調整を進めていきます。

将来的には、利便性の向上のために「空の駅」をきめ細かく配置しネットワーク化することを目指します。

(イ) 災害時における運用方法の確立

前項で述べた「空の駅」及び航空路を平時の物流利用のほか、災害時の支援物資の配送等に活用します。「空の駅」として利用する公共施設は避難場所ともなり、平時から自治体職員及び消防団員による離発着場での飛行前点検等を実施し、災害時においても円滑な物資輸送対応の実現を目指します、。

(ウ) 安定的な運用体制の確立による無人航空機の利用拡大

今後、低コスト化や効率化の進展により無人航空機の活用範囲が拡大され、多くの機体の飛行が予想されます。そこで無人航空機の事故を未然に防ぎ、住民の安心安全を確保するため、地域の空が無秩序に使われることのないよう、いつ・誰が・何を・どのように・何のために無人航空機を飛ばしているのかといった情報をリアルタイムに把握できるシステムが必要だと考えます。

このシステムを、「空の駅」を拠点とする航空路ともに整備することで、無人航空機の安定的な運用体制を確立し、空の安心安全の確保と無人航空機の利用拡大の両立を目指します。

(エ) 持続可能なまちの実現に向けた、住民生活の水準向上

へき地のみならず地域の隅々まで「空の駅」を設置することにより、住民は、無人航空機以外で配送する荷物であっても自宅に加えて「空の駅」を受取場所として選択することが可能となります。こうした物流環境を構築することは、荷物の不在再配達率を減少させ、住民及び事業者の双方にとって有益な取組みとなるとともに、脱炭素化への貢献につながります。

また、この取組みにより確立した「空の物流網」を物流事業者に広く開放することで網が整備され、様々な物流事業者が新たに航空路を開拓することなく、空のインフラとして利用することが可能となり、早期に多様な商品が地域に流通することとなります。

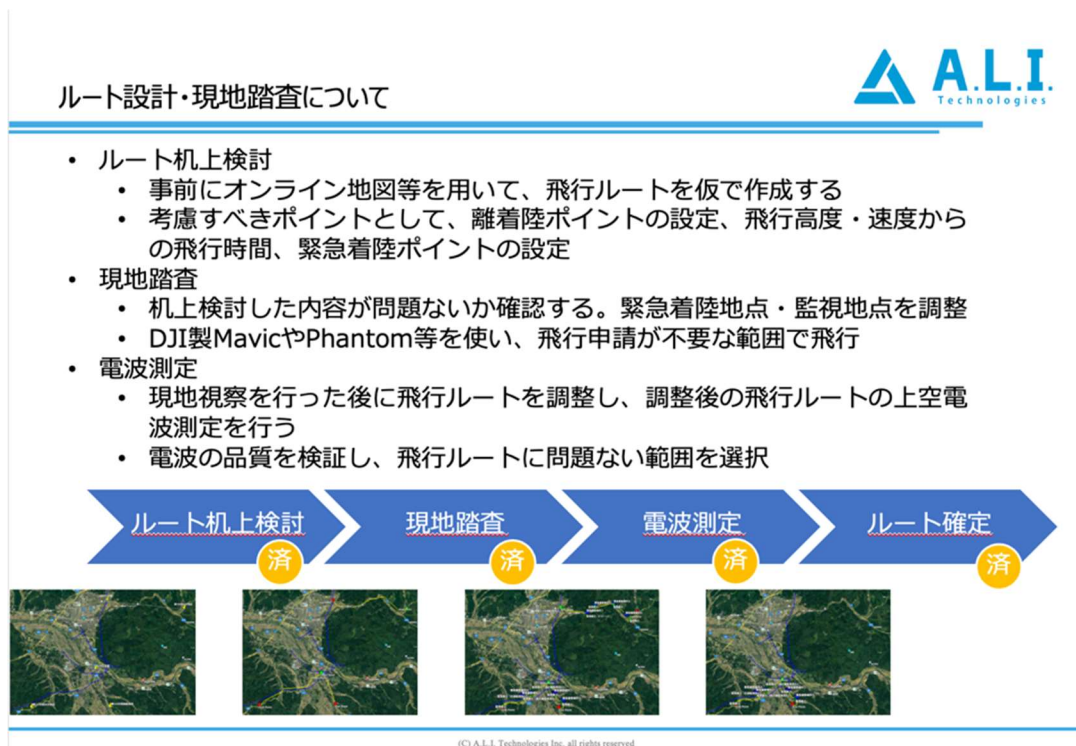
2. 飛行試験の成果

前述の「実運用で目指す姿」に向け、本市の航空路開拓の実現性を検証するべく、令和4年12月から翌年2月までの期間に飛行試験を実施しました（現地踏査・飛行試験等の資料は巻末掲載）。

（ア）飛行試験の概要

次の5ステップで飛行ルートの設定・検討を行い、飛行実証を実施しました。

- ① 飛行ルートの設定
 - ・ 離発着地点の設定
 - ・ 消防団員の作業
 - ・ 飛行ルートの設定
- ② 現地踏査1回目
 - ・ 緊急着陸地点の確保
 - ・ 現地地形等の確認と飛行ルートの修正
 - ・ 関係各所の許可取得
- ③ 現地踏査2回目（別機体飛行による上空LTE電波測定）
 - ・ 上空LTEの利用可否の確認
 - ・ 地形による天候急変リスクの評価
 - ・ 飛行ルートの確定
- ④ ドローン飛行実証による消費電力量の調査
 - ・ 次図の通り



- ⑤ 飛行実証による荷物の配送
 - ・ 市職員及び消防団員への研修
 - ・ C.O.S.M.O.S.による自動運航制御

(イ) 事前の現地踏査による実施ルートでの修正

飛行試験の経路上の安全と LTE 電波の受信状況を確認するため、飛行試験前に 2 回にわたって飛行経路の区域を現地踏査しました。(LTE の上りの通信速度を計測する機器を搭載した無人航空機を用いた調査を実施しました。)

その結果、計画した 3 つの経路 (独鈷ルート、水沢ルート、雪沢ルート) のうち、雪沢ルートでは全体の 3 分の 1 以上で通信速度が不足するという結果を得ました。

さらに、水沢ルートの調査中、拠点間の飛行時間内で天候が急変し危険な状況が生じる可能性があるとの結果を得ました。

このことから、雪沢ルート及び水沢ルートでの試験実施を中止し、独鈷ルートで実施することとしました。

また、飛行試験を実施しないルートでの消費電力等の予想値を算出するため、事前踏査においても消費電力量のデータを収集しました。この値と独鈷ルートでの飛行試験結果から、雪沢ルートと水沢ルートでの予想値を算出しました。

(ウ) 飛行試験の結果

① 市職員及び消防団員による電池交換等作業の検証

事前に 1 時間程度の研修を受けた市職員及び消防団員が、中継駅等で電池交換と荷物の着脱、安全確認、飛行前点検等の作業を技術者の監督のもと行いました。

特に支障なく実施できたことから、技術に詳しくない人員でも簡易な研修を受けることにより運用は可能であるとの結論に達しました。

② 荷物の配送にかかる二酸化炭素の排出量の検証

独鈷ルートについては、DWS 社 Eagle15 (最大ペイロード 5kg) にて 2 往復飛行しました。使用電力は往路 621Wh (ペイロード 1kg)、復路は 588Wh (ペイロード無し)、往復 1,209Wh でした。系統電力からの CO2 排出係数をかけると、充電にかかった CO2 排出量は、往路 284gCO2、復路 269gCO2、往復 552gCO2 となります。

独鈷ルート	ペイロード	離陸地点	着陸地点	離陸時バッテリー	着陸時バッテリー	消費バッテリー	使用電力(Wh)	排出量(gCO2)	飛行タイム	気温	風速	天気
Eagle15	往路 1 回目	比内支所	農村婦人の家	93%	67%	26%	577	263	2/22AM	気温1.2℃	風速1.3m/s	曇
	往路 2 回目	比内支所	農村婦人の家	99%	69%	30%	665	304	2/22AM	気温0.4℃	風速1.4m/s	小雪
	復路 1 回目	比内支所	農村婦人の家	94%	66%	28%	621	284	2/22PM	気温2.3℃	風速1.7m/s	曇
	復路 2 回目	比内支所	農村婦人の家	96%	71%	25%	554	253	2/22PM	気温1.7℃	風速2.3m/s	曇
	往路平均						621	284				
	復路平均						588	269				
	往復						1,209	552				

水沢ルートについては、ポイント「緊急着陸場所①」で突然吹雪に見舞われるなど冬場の天候急変リスクが大きいことから、冬季の運用は難しいと考え飛行を断念したので実測値は得られていません。(氷点下での飛行・降雪時の飛行はメーカーの動作保証対象外であることに加え、突然の吹雪により FPV カメラによる周辺監視ができなくなると法令違反になることから、水沢ルートは冬季の飛行に適さないと判断した。)

一方、後述する DJI 社製 M300 で LTE 電波調査をした際に消費電力量の実測値は取得していることから、両者の消費電力量比率から推測値を算出しました。推測値は、往路 1,104Wh、復路 781Wh、往復 1,885Wh (CO2 排出量は、往路 504gCO2、

復路 357gCO₂, 往復 861gCO₂) です。バッテリー消費率は 60%程度で、Return To Launch（自動帰還設定）が発動するか否かの分界点距離でした。

						M300実測	Eagle15想定	
水沢ルート	M300使用電力	使用電圧	使用電力(Wh)	バッテリー使用	使用電力量	使用電力量	排出量(gCO ₂)	
Eagle15	往路平均		12.1	144	67%	418	1,104	504
推定値)	復路平均		8.3	99	45%	278	781	357
	往復		20.4	242	112%	696	1,885	861

当初想定していた Eagle15 とは別に、M300（最大ペイロード 2.7kg）でも 2 往復飛行を実施しました。M300 は Eagle15 より耐候性能が高く、氷点下の気温でも飛行可能である一方、機体が小さくバッテリー容量が小さく、航続距離が十分ではないため、途中の緊急着陸地点で着陸しバッテリー交換をしています。推測値の算出にあたっては、その際の着陸・離陸にかかった電力量を除外して消費電力を計算しています。

M300 飛行による独鈷ルートの消費電力は、往路 235Wh, 復路 209Wh, 往復 444Wh、CO₂ 排出量は往路 107gCO₂, 復路 96 gCO₂, 往復 203 gCO₂ でした。

独鈷ルート		消費バッテリー	使用電力(Wh)	排出量(gCO ₂)	飛行タイミン	気温	風速	天気
M300	往路 1 回目	45%	281	128	2/1 PM	-3.0°C	0m/s	小雪
	往路 2 回目	36%	225	103	2/2 AM	-4.1°C	3.0m/s	雪
	往路 3 回目	32%	200	91	2/3 AM	-2.1°C	1.3m/s	晴
	復路 1 回目	35%	219	100	2/3 AM	-3.0°C	0m/s	晴
	復路 2 回目	32%	200	91	2/3 AM	-0.4°C	0.6m/s	晴
	往路平均	38%	235	107				
	復路平均	34%	209	96				
	往復	71%	444	203				

一方、M300 飛行による水沢ルートの消費電力は、往路 418Wh, 復路 278Wh, 往復 696Wh、CO₂ 排出量は往路 191gCO₂, 復路 127 gCO₂, 往復 318gCO₂ でした。

水沢ルート		消費バッテリー	使用電力(Wh)	排出量(gCO ₂)	飛行タイミン	気温	風速	天気
M300	往路 1 回目	58%	362	165	2/1 PM	-2.0°C	0m/s	曇
	往路 2 回目	76%	475	217	2/2 PM	-1.4°C	1.0m/s	雪
	復路 1 回目	44%	275	126	2/3 PM	-4.0°C	0.5m/s	晴
	復路 2 回目	45%	281	128	2/3 PM	-0.6°C	0.7m/s	小雪
	往路平均	67%	418	191				
	復路平均	45%	278	127				
	往復	112%	696	318				

独鈷ルートでの Eagle15 の CO₂ 排出量は 552gCO₂ であり、M300 の 203gCO₂ の 2.7 倍となりました。この理由は、Eagle15 のバッテリー込み機体重量が 15kg と、M300 (5kg) の 3 倍近いためであると考えられます。

また、日本郵政の先行事例で飛行した 9km に換算すると、CO₂ 排出量は M300 往復 522gCO₂、Eagle15 で往復 1419gCO₂ となります。これは、先行事例で算出された 188gCO₂ の 3-7 倍となり、ドローン配送による CO₂ 削減効果 62.5%を相殺してしまいます。

これは、先行事例では往路だけでなく復路も荷物を運ぶと想定していたのに対し

本実証では復路の荷物配送は想定していなかった点（CO2 排出量 2 倍）、低気温でバッテリー消費が激しかった点（CO2 排出量 1.2～1.5 倍）、配送重量 1kg に対し最大積載重量 5kg と大型の機体を使用したことにあると考えています。

このことから、実運用にあたっては、荷物をとりまとめて重量 5kg で搬送することで、荷物一つ（1kg）あたりの CO2 排出量を削減できると考えられます。

Eagle15 の機体重量 15kg にペイロード 5kg を加えた場合の、独鈷ルートの往路 CO2 排出量は、 $284\text{gCO}_2 \times (15+5) / (15+1) = 355\text{gCO}_2$ と想定され、荷物ひとつ（1kg）あたりの CO2 排出量は 71g、復路では荷物ひとつ（1kg）あたりの CO2 排出量は $269/5 = 54\text{gCO}_2$ 、往復で 125gCO_2 となります。

同様に、水沢ルートでは、往路 $504 \times (15+5) / (15+1) = 630\text{gCO}_2$ 、荷物ひとつあたり 126gCO_2 、復路は荷物一つあたり $357/5 = 71\text{gCO}_2$ 、往復で 197gCO_2 となります。

雪沢ルートでは、往路 $730 \times (15+5) / (15+1) = 913\text{gCO}_2$ 、荷物ひとつあたり 183gCO_2 、復路は荷物一つあたり $692/5 = 138\text{gCO}_2$ 、往復で 321gCO_2 となります。

実運用で5kgにとりまとめて運んだ場合													
ルート名	距離 (km)	総量						荷物1kgあたり					
		往路		復路		往復		往路		復路		往復	
		使用電力量	CO2排出量	使用電力量	CO2排出量	使用電力量	CO2排出量	使用電力量	CO2排出量	使用電力量	CO2排出量	使用電力量	CO2排出量
独鈷ルート	3.5	776	355	588	269	1,364	624	155	71	118	54	273	125
水沢ルート	7.4	1,380	630	781	357	2,161	987	276	126	156	71	432	197
雪沢ルート (先行事例 も同距離)	9.0	2,495	913	1,512	692	4,007	1,605	499	183	302	138	801	321
3ルート平均	6.6	1,550	633	960	439	2,511	1,072	310	127	192	88	502	214

エリア全体の平均飛行距離を、独鈷・水沢・雪沢ルートの単純平均と仮定した場合、往復での CO2 排出量は $(125+197+321)/3 = 214\text{gCO}_2$ となります。

本実証実験時は低温化での実施であり、前述の通りバッテリー消耗が激しく CO2 排出量 1.2 倍となることから、先行事例の CO2 排出量削減率と比較するため、冬季 3 か月を割り戻すと CO2 排出量は $(214 \times 9/12) \times 1/1.2 + (214 \times 3/12) = 187\text{gCO}_2$ となります（車両においても寒冷地は暖房等で最大 30%燃費が下がる「財団法人省エネルギーセンター ReCoo 会員燃費データの季節変動」）。

先行事例においては、ドローン配送時の CO2 排出量 (188gCO_2) をトラック配送時の CO2 排出量 (500gCO_2) に比して、CO2 排出量削減率を 62.4%と算定しています。

したが、本実証実験においては、ドローン配送時の CO2 排出量が先行事例とほぼ同程度となります。

実運用時に導入を検討している ACSL 社製 AirTruck は、機体重量にバッテリー 22000mAh2 本とペイロード 5kg を積んだ際の重量は約 25kg であり、DWS 社製 Eagle 15 と同等の機体です。このため、機種による多少の燃費性能の差は想定されますが、先行事例と同程度の CO2 排出削減率 62.5%と推計されます。

③ 荷物の配送にかかる年間コストの検証

【ドローン配送にかかるランニングコスト】

<変動費>

荷物を 5kg/回に取りまとめて配送した場合の年間の配送回数は 1,226 回となります。1 回あたりフライトコストは電気代 56 円 + バッテリー損料 400 円 = 456 円と想

定されることから、変動費合計で 558,965 円となります。

< 固定費 >

固定費は、ドローン維持固定費 360,000 円、拠点人件費 3,125,000 円、システム利用料 600,000 円の 4,085,000 円です。

< 合計額 >

以上からランニングコストは 4,644,056 円となります。

④ドローンランニングコスト				
項目		価格(円)		根拠
変動費		559,056		(1)=①(7)*②(2)
(5kg/回でとりまとめ運送)	配送回数	1,226		①(7)/5
	1フライトあたりコスト	456		(2)=②(5)+(3)
	電気代	56		②(5)
	バッテリー損料 ※7	400		(3)
ドローン2機分の固定費		360,000		(4)=(5)*2
	1機の年間固定費	180,000		(5)以下の合計
	メンテナンス	30,000		弊社実績値
	保険料	100,000		弊社実績値
	諸経費	50,000		弊社実績値
拠点の固定費(人件費) 1日あたり5か所運営と想定		3,125,000		(6)=(7)*5
	1か所の人件費 ※8	625,000		(7)
その他の固定費		600,000		
	システム利用料	600,000		KDDIシステム
変動費と固定費の合計		4,644,056		
※7:6万円のバッテリー2個装着。300フライトで交換と想定				
※8:拠点での荷物受渡にかかる人件費(消防団員への費用弁償:@2,500円×250日) ただし運航はシステムによる				

【軽貨物車にかかるランニングコスト】

一方、同量の貨物を運ぶのに必要な軽貨物車のランニングコストは下表のとおり4,959,035 円と想定されます。

③軽貨物車の年間ランニングコスト				
項目		金額・数量	単位	根拠
変動費（ガソリン代）		179,035	円	(1)*1台
	1台の年間ガソリン代	179,035	円	(1)=(2)*(3)/(4)*12
	ガソリン単価 ※3	174	円/1	(2)
	月間総走行距離 ※4	800	km	(3)
	燃費 ※5	9.33	km/1	(4)
1台分の固定費		4,780,000	円	(5)*1台
	1台の年間固定費	4,780,000	円	(5)以下の合計
	メンテナンス	100,000	円	※6
	保険料	100,000	円	
	リース料	480,000	円	
	諸経費	100,000	円	
	人件費	4,000,000	円	
変動費と固定費の合計		4,959,035	円	
※3：市中のガソリン価格より				
※4：軽貨物車が1日の走行距離40kmで月間20日稼働したとして計算				
※5：ロジスティクス分野におけるCO2排出量算定方法 共同ガイドラインVer. 3.1（平成28年7月）より				
※6：固定費の各費用はインターネット上で一般的に相場とされている価格より				

【ランニングコスト削減効果】

以上の結果から、ドローン配送により、年間 314,979 円のランニングコストの減少が見込まれます。

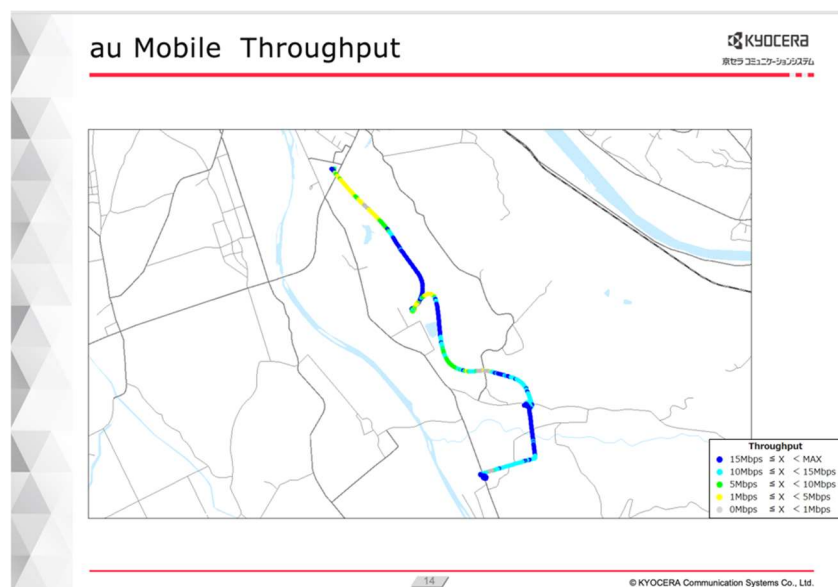
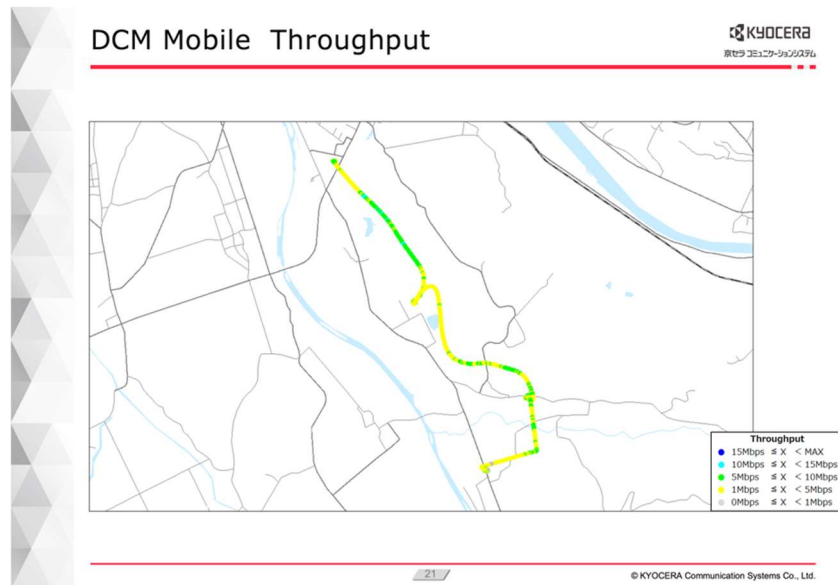
3. 飛行試験によって見い出された課題

(ア) LTE 電波強度

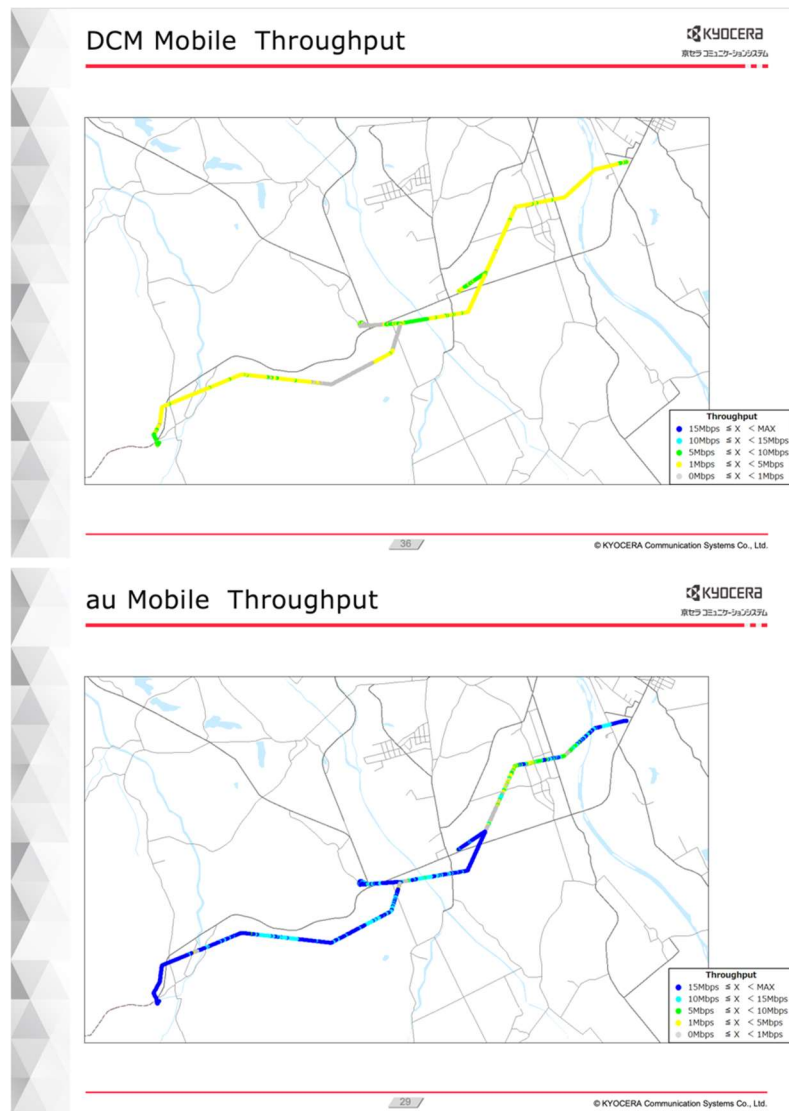
事前に設定した3つの飛行ルートについて、自動操縦でドローン物流を行うために必要不可欠な上空LTEの状況を、ドローンに京セラ製電波測定デバイスを搭載して飛行させるなどして確認しました。上りスループット5Mbps以上あること、機体FPVカメラからの映像でパイロットがドローン周辺の状況を遠隔監視できることが必要条件といえますが、各ルートのすべてにおいて条件がそろうことはありませんでした。

調査結果		
KYOCERA 京セラ コミュニケーションシステム		
ルート名	DCM	au
比内・独鈷	全体的にRSRP-95dBm以上の電界を維持しており、エリアは問題ない状況。 PUSCH Powerが抑制されており、UL Throughputが低くなっている。 安定的な通信は可能だが、Throughputが低く、動画送信には利用困難と想定されます。	全体的にRSRP -95dBm以上の電界を維持しており、エリアは問題ない状況。 比内総合支所付近のThroughputが2~3Mbpsと低くなっているが、比内・水沢ルートの同エリア付近の状況から、ユーザー利用による低下と想定されます。 ※比内・水沢ルートでは同環境で20Mbps程度。
比内・水沢	一部2G通信のエリアがあり、当該エリアでは、-100dBm程度のエリアとなっており、800M利用であれば、安定的な通信が可能と想定されます。 安定的な通信は可能だが、Throughputが低く、動画送信には利用困難と想定されます。	全体的にRSRP -95dBm以上の電界を維持しており、エリア状況としては問題ない状況。 2G通信中に渡辺忠工務店付近でThroughputの低下が見られる状況。(800Mでは同現象は見られていない。) 渡辺忠工務店以降のルートでは高Throughputを維持しており問題は見られません。
雪沢	※緊急避難場所（トンネル手前の待避所）の一部以外のフライトは実施していない。 地上走行の結果からは、長木公民館～緊急避難場所手前までのエリアで弱電界-115dBm以下のエリアが見られ、安定的な通信は難しいと想定される。 トンネル以降のエリアでも、一部-110dBm以下のエリアとなっており、安定的な通信が難しいエリアも存在します。	※緊急避難場所（トンネル手前の待避所）の一部以外のフライトは実施していない。 地上走行の結果からは、長木公民館～緊急避難場所手前までのエリアで弱電界-110dBm以下のエリアが見られ、安定的な通信は難しいと想定される。 トンネル以降のエリアは、凡そ-85dBmのエリアとなっており、問題は見られません。

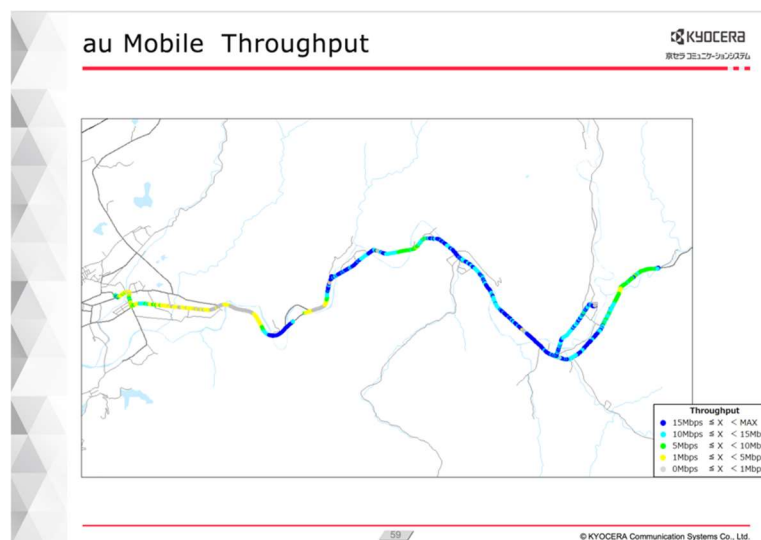
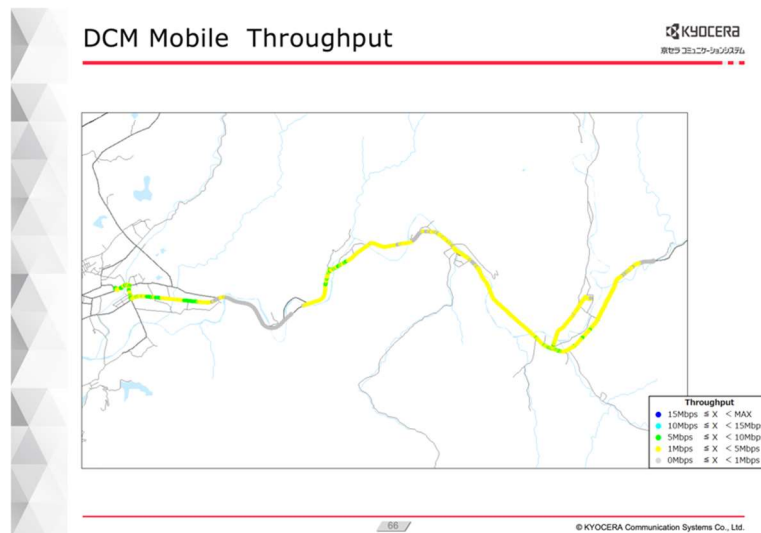
- 独鈷ルート:Docomo の上りスループットは全ルートを通して 2-3Mbps と低く、条件を満たさない一方、au は全ルートを通じて 20Mbps 近く出ており、概ね問題ないといえます。このことから、このルートは、au の電波を使って目視外飛行すべきであると考えました。



- 水沢ルート：電波状況は独鈷ルートと同様で、au の電波を使って目視外飛行すべきであると考えられます。ただし、「比内総合支所」～「ポイント監視員③」の間で一部で au でもスループットが低いエリアがありました。この原因は、比内総合支所付近で受信電波が 2GHz から 800MHz に切り替わる（受信機による自動切換）間にスループットが落ちてしまったものと考えられます。その後、同ルートの一部を飛行した際には、800MHz 帯電波で 15Mbps 以上を維持できていたので、受信電波切り替えまでの一時的な問題だと考えられます。



- 雪沢ルート： Docomo の上りスループットは全ルートを通して 2-3Mbps と低く条件を満たさない一方、au についてもルート前半の長木公民館～四十八滝温泉区間で 1Mbps と条件を満たしませんでした。急傾斜の山あい地形であるため気流が複雑であるのに加え、風に流された場合数十 m の位置ズレが墜落に直結してしまう可能性が考えられます。今後 LTE 電波状況が改善されれば状況が変わる可能性はあるものの、現段階では目視外飛行には適さないと考えられます。



(イ) 低温環境

2 月上旬の大館市の気温は、最高気温でも氷点下で、ドローン飛行には過酷な環境です。バッテリーの状態によっては、氷点下ではバッテリー消費が夏場より 30-50% も大きくなると言われており、飛行上大きなリスクとなります。この点、直前までバッテリーを暖かい部屋に置くなどの工夫をして耐久性についてテストしたところ、夏場とあまり遜色ない飛行時間が得られることがわかりました。

(ウ) 地形による天候急変

冬の大館市の天候は晴れから吹雪への変化が早く予測が困難といえます。特に日本海からの西風に影響されることから、東西に飛行する水沢ルート・雪沢ルートでは、離陸地点で晴天でも着陸地点では吹雪ということがありえます。

実際、水沢ルートの中間地点（ポイント「緊急着陸場所①」。山から平地に出る地形）では、離陸時に晴天であったのに飛行中に天候が急変し、着陸地点では猛吹雪という状況が起きました。伴奏している車から目視内に捉えることができたものの、飛行中 FPV カメラへの雪が付着や吹雪で視界が失われるため、少なくとも冬季は目視外飛行に適さないと判断しました。

4. そのほか本事業の過程で見い出された課題

(ア) 冬季の環境で運用可能な機体が少ないこと

当初計画していた機体は、航空法上の許可条件から 3℃以上でないと飛行させることができないものでしたが、冬季の現地の気温は日中でも 3℃に満たない日が多いことから、降雪による影響もさることながら低温による影響が大きいことがわかりました。

現在実用的に市販されている物流用の機体で、3 度未満の環境下での運用に安定的に耐えうるものが少なく、バッテリー性能や保温対策等も含め、さらなる機体性能の向上が必要であると考えられます。

(イ) LTE 電波の受信困難区域での災害時運用

雪沢ルートは、LTE の通信速度を確保できないことから、平常時の物流等での活用は難しいことがわかりましたが、これまでも土砂災害等により同区域内の交通が寸断したことがあり、無人航空機による救援物資の配送への要求度が高い区域であるといえます。

災害時であれば、法的には飛行できるものの、飛行経路の地形特性上、墜落等の危険性を排除できません。

より高い高度を飛ぶことができれば、地形による影響を減少する可能性はありますが、災害時にはヘリコプターの運用も多いことが想定されるため衝突の危険性が高まること、高度を上げるために電力消費が増大することなどから、難しさがあるといえます。

LTE 基地局の増設が望ましいのですが、費用の面でも自治体が単独で整備することは難しいため、災害対策の観点からの基地局増設が実施されることが望まれます。

5. 実運用に向けたロードマップ

以上のことから、実運用にあたってはいくつかのフェーズを踏んで進めていくことが必要との結論に達しました。

(ア) フェーズ1

現在想定している「空の駅」から先に挙げた課題が存在しない独鈷ルートと水沢ルートを選択して、限定的な試験的運用を始めます。

まず、地元で運航を担える事業者を選定します。

その事業者を軸に機体及び付帯機器等と飛行情報の管理システムの整備を進めます。同時に、試験的な運航を実施することで、より効率的な活用方法の検討を進めていきます。

試験的な運航では、当初は行政関係の荷物を配送する中で、地域の商店等の商品の無人航空機での配送等、限定的に運用する路線でのニーズを開拓することを目指します。

〔想定路線〕 独鈷ルート・水沢ルート

〔配送物資〕 行政関連の頒布物等

〔飛行頻度〕 随時（冬季間以外）

〔対象期間〕 フェーズ2の実施に必要なノウハウ等の蓄積がなされるまで

(イ) フェーズ2

一般的な貨物（宅配物等）の配送や、荷受従事者の対象を拡大しての試験を開始します。

〔想定路線〕 独鈷ルート・水沢ルート+追加ルート

〔配送物資〕 宅配物、地域の商店等の荷物、行政関連の頒布物等

〔飛行頻度〕 随時（冬季間を含めた通期）

〔対象期間〕 大型無人航空機の普及型機種が運用可能な状態に至った後

(ウ) フェーズ3

フェーズ2での試験運用により無人航空機による配送の実運用に目途が立った後、配送頻度の定期化や、宅配物の対象拡大、配送ルートの拡大等、本格的なインフラとして社会実装を行う。

〔想定路線〕 前記のルート+地域からのニーズに基づくルート

〔配送物資〕 宅配物・地域の商店等の荷物・行政関連の頒布物等

〔飛行頻度〕 定期

〔対象期間〕 配送の商用運用の目途が立った後

6. 令和 5 年度以降の取り組み

フェーズ 1 の導入に向けた取組を進めます。そのために、運航事業者を市内及び周辺地域の無人航空機を運用可能な事業者の中から選定し、最小限の機体及び付帯機器の導入を進め、フェーズ 1 の実施を目指します。同時に、配送の発注者となりえる事業者等との協議を進め、荷主の開拓を図ります。

(ア) 機体及び付帯機器の整備と作業

- ① 機体及び付帯機器は運航事業者が確保することを予定
 - ・ 機体は運航事業者が市と協議して選定
 - ・ 充電器は使用する空の駅の数に 1 を加えた数
 - ・ 気象観測装置は使用する空の駅の数
- ② 離着陸作業は本市の施設を提供し市職員及び消防団等が対応することを予定
 - ・ 荷物の一時預かり
 - ・ バッテリー交換と荷物受取り作業

(イ) 運航体制の確立

- ① 運航事業者の決定
 - ・ 運航を主体的に実施する事業者を募集
- ② 運航（飛行情報）管理システムの導入
 - ・ 今回の実証実験で実績のある C.O.S.M.O.S.の導入を想定
- ③ 市内でレベル 3 以上の飛行を実施する運航事業者等へのシステム利用の推進
 - ・ システム利用を求めるための方法の検討
- ④ 脱炭素化を目指す取り組みの検討
 - ・ 空の駅への再生可能エネルギーを活用した電源整備の検討

(ウ) 地元の各種団体等との連携

- ① 対象ルート of 区域の住民の利用率が高い商業施設（店舗）等との連携
- ② 配送以外の調査等業務への無人航空機の利活用等

以降、試験的な運航の状況の進捗から順次フェーズ 2、フェーズ 3 への移行を目指します。