
物流×新技術 ～自動配送ロボットとドローンが切り拓く未来の物流～

2022年12月



Section 1

日本政策投資銀行・日本経済研究所の紹介

DBJの概要

財務省100%出資の
政府系金融機関

出資比率に関する銀行法上の
5%ルール規制を受けない
金融機関

特定投資業務を通じた
我が国の企業競争力強化や
地域活性化への貢献を志向

弊行は
「長期性」・「中立性」・
「パブリックマインド」・
「信頼性」を重視する
金融機関です

弊行は
銀行法上の銀行とは
異なり、5%超の出資も
可能です

弊行は
リスクマネー供給機能を
強化すべく、投資業務を
推進しています

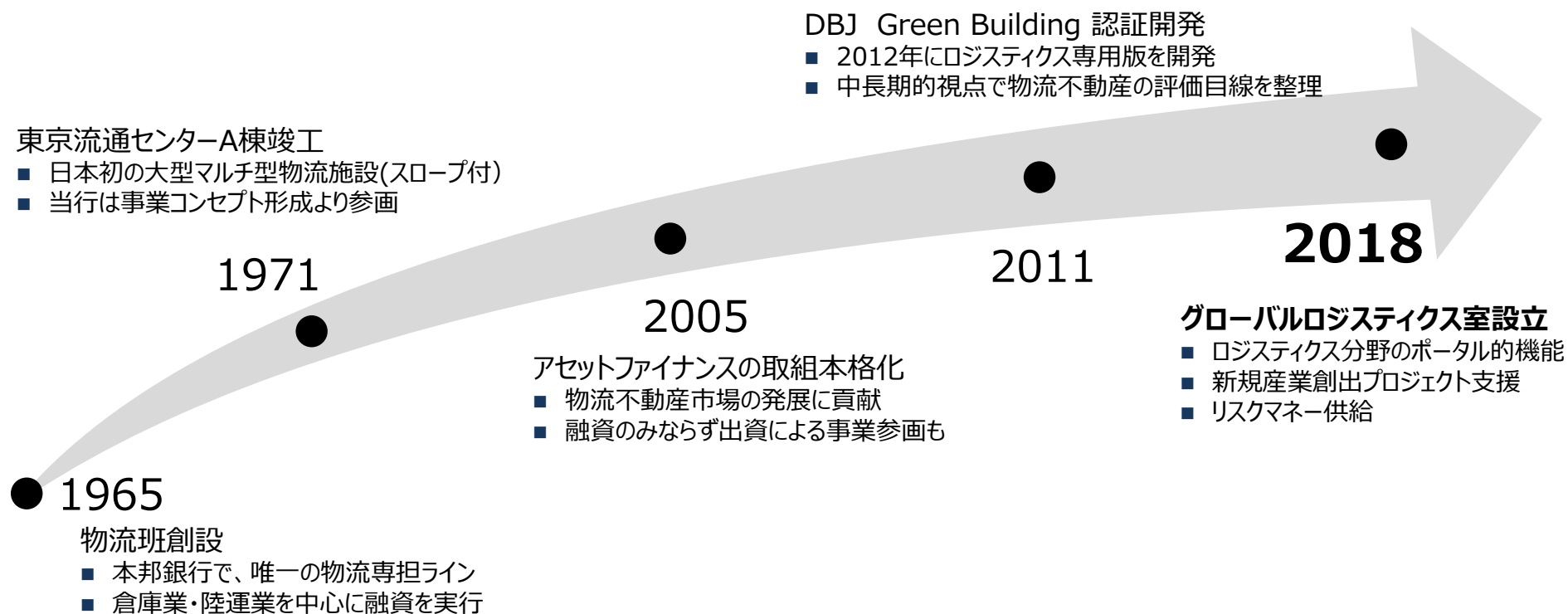
プロフィール (2022年6月30日現在)

代表取締役社長	地下 誠二	資本金	1兆4億24百万円 (全額政府出資)
設立	1951年 (旧 日本開発銀行)	総資産額	20兆9,514億円
従業員数	1,230名	貸出金残高	14兆8,377億円
海外現地法人	ロンドン、シンガポール、北京、ニューヨーク	総自己資本比率	16.01% (バーゼルⅢベース、国際統一基準)
URL	https://www.dbj.jp/	発行体格付	A1 (Moody's)、A(S&P)、AA+ (R&I)、AAA (JCR)

DBJのロジスティクス分野への取り組み

- 当行は、これまで培った事業基盤やノウハウを生かし、強靱なロジスティクスの構築に向けて金融面からリードすると共に、お客様ひいては本邦経済の持続的な発展に貢献します
- 同理念の実現に向け、2018年にグローバルロジスティクス室を発足させました。関係部署とも連携しながらロジスティクス分野の取り組みを加速させており、①ロジスティクス分野のポータル的機能、②新規産業創出プロジェクト支援、③リスクマネー供給を3本の矢として掲げています

強靱なロジスティクスの構築へ、ファイナンス面から長期的に支援



日本経済研究所の概要

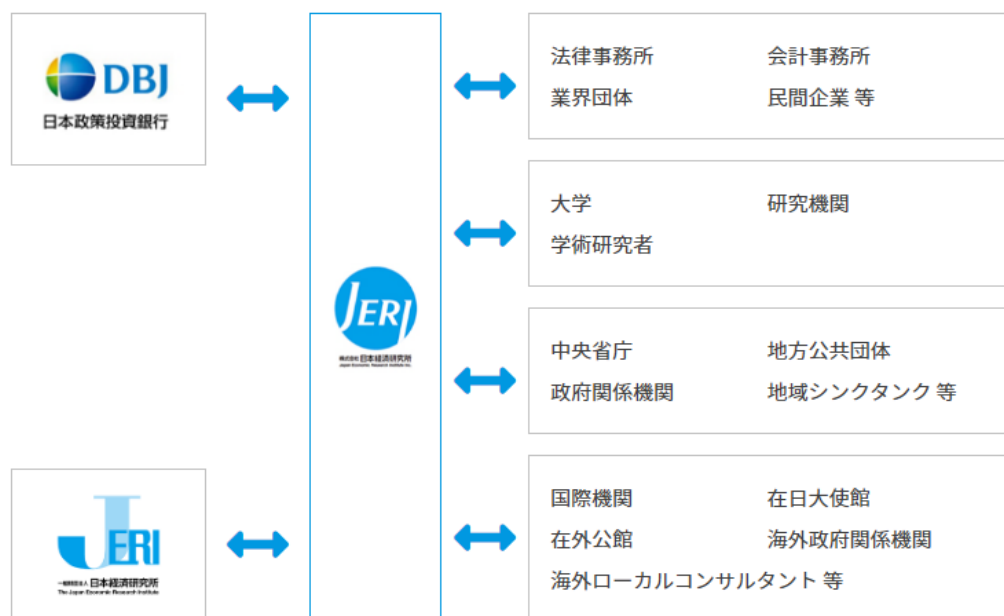
日本経済研究所 (Japan Economic Research Institute, JERI)

JERIは日本政策投資銀行の100%出資会社であり、幅広いネットワークを活かしたコンサルティング事業を行っております

<会社情報>

設立	1989年12月
目的	公的セクターや民間企業からの受託調査及びコンサルティング
資本金	480百万円
職員数	136名 (2022年7月末現在)
株主	(株) 日本政策投資銀行 全額出資

<ネットワーク>



コンサルティング事業

3つの調査分野のシナジー効果を活かし、総合的な観点からお客様のニーズにあったコンサルティングを実施しております。

<3つの調査分野>



Public

国や地方自治体に対する様々な提言や構想、計画、政策・施策の立案等に関わる調査・コンサルティングを行います

Solution

民間企業等に対する企業価値向上、事業評価、新たなビジネス展開等に関わる調査・コンサルティングを行います

International

民間企業の海外事業展開等のクロスボーダーやODA関連業務に関わる調査・コンサルティングを行います

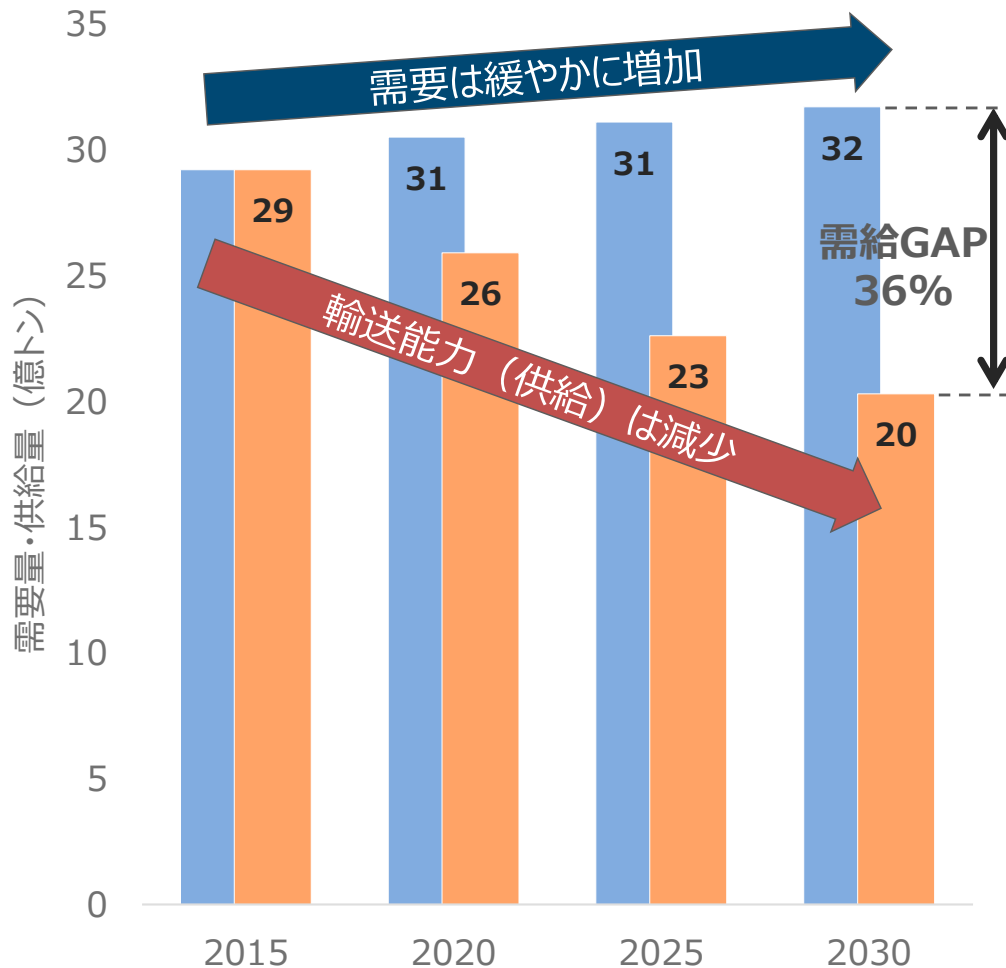
Section 1

物流の現状・課題

需給バランス

- 物流需要が緩やかに増加する一方で、輸送能力は長期的に低下していく見通し
- 将来的に需給ギャップは拡大し、現在のような物流網が維持できなくなる可能性がある

営業用貨物自動車の需給バランス



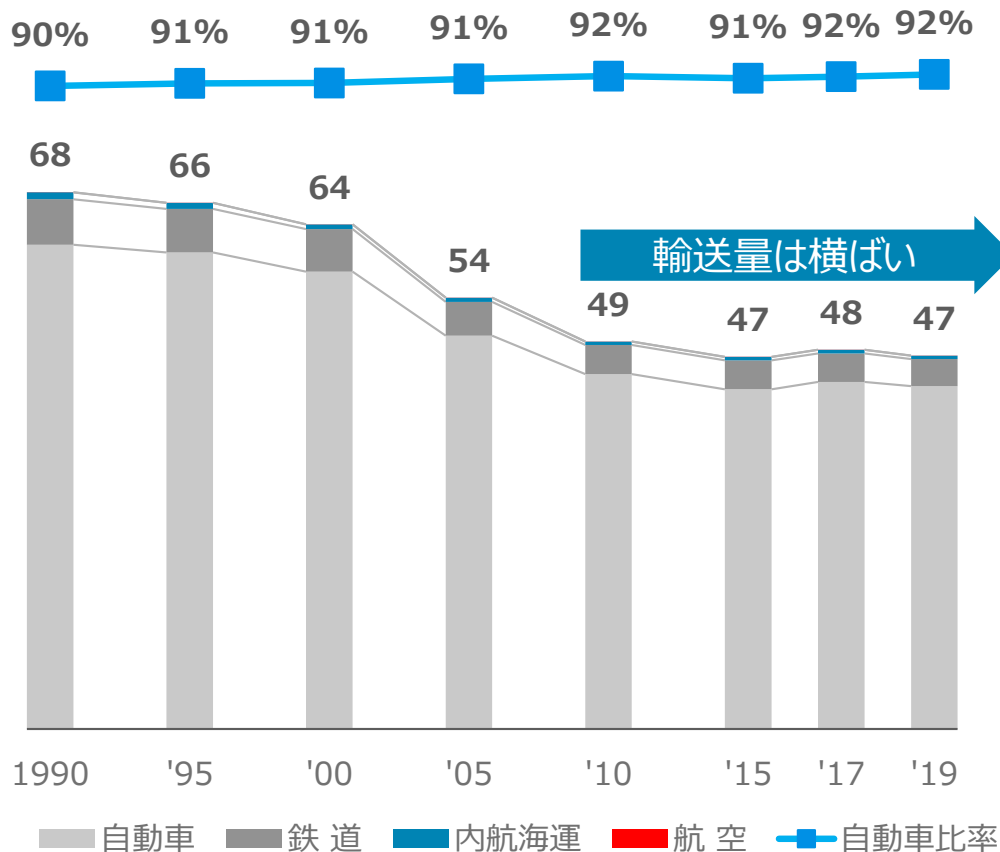
需給動向

物流需要	<p>物流需要は緩やかに増加して推移</p> <ul style="list-style-type: none">+ 自営転換の継続(営業用トラックの割合上昇)+ 貨物は小口化する一方で消費者・荷主の意向で輸送回数は増加- 長期的に「重厚長大」から「軽薄短小」な産業へと転換し重量ベースではマイナスで推移
輸送能力 (供給)	<p>貨物輸送能力は急落</p> <ul style="list-style-type: none">- 日本の少子高齢化に伴い生産年齢人口は減少- ドライバーの高齢化により人材不足に陥るも担い手の供給が鈍化- 1車両あたりの配送効率 (積載効率・回転数) は停滞

輸送需要の変化 小口・多頻度化

- 日本における輸送形態は大部分がトラックによるものだが、輸送量自体はここ10年横ばい
- 貨物の小口化と輸送頻度増加が進行している

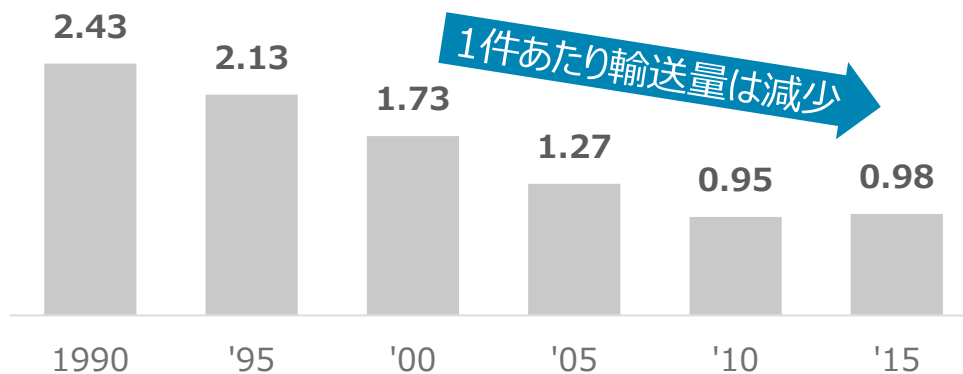
輸送機関別 国内貨物量推移 (億トン)



- 日本における貨物輸送形態は、トラック中心
- 輸送量は過去10年間横ばい

産業業種間流動量と件数

<一件あたり貨物輸送量 (トン/件)>



<貨物輸送件数 (万件)>



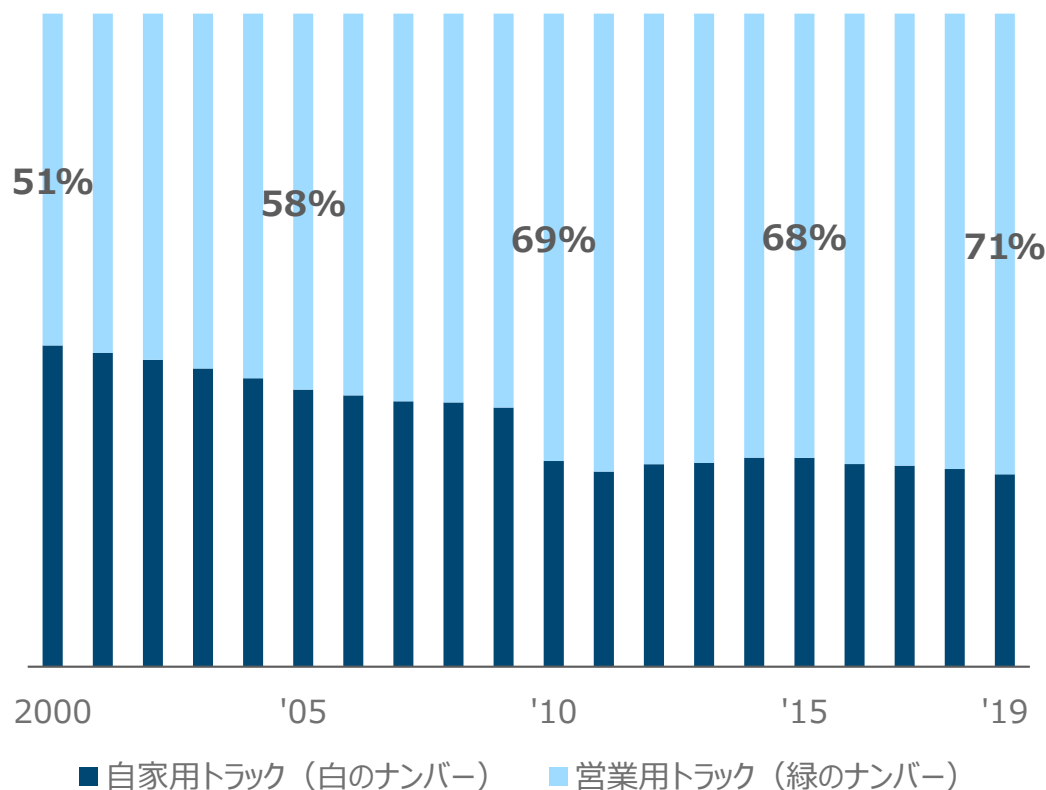
- 一件あたり貨物輸送量は減少傾向
- 件数ベースの貨物輸送需要は増加傾向

輸送能力の変化① 積載効率（ロードファクター）の低下

□ 貨物の小口化、輸送の多頻度化に伴い、トラック積載効率が減少している

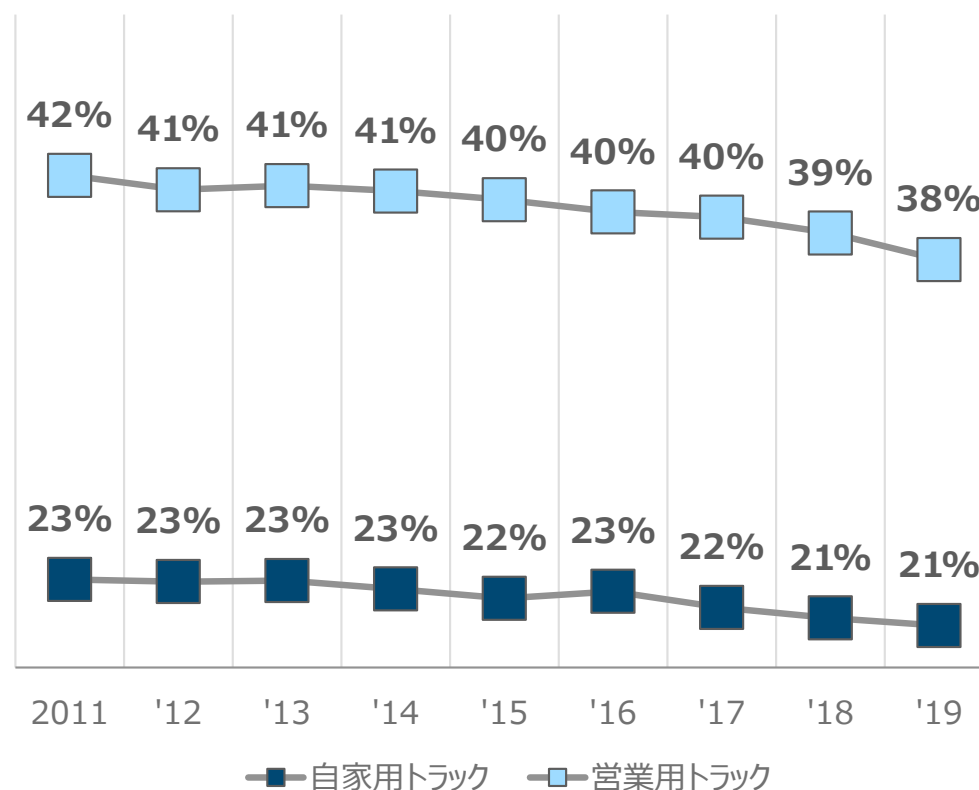
営業用トラックと自家用トラックの内訳（トンベース）

<輸送量（トン）構成比率>



トラックの積載効率

<輸送トンキロ/能力トンキロ>



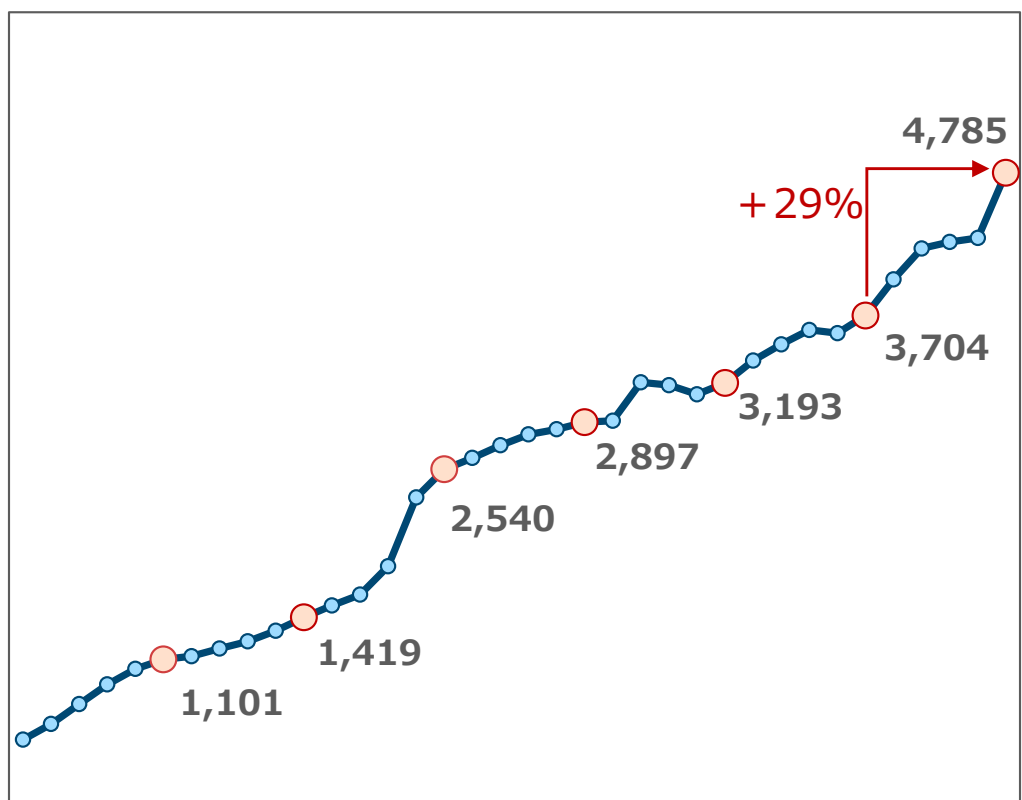
● 輸送量ベースでは、営業用トラックの比率が増加傾向

● 営業用、自家用ともにトラック積載率は漸減傾向

輸送能力の変化② 積載効率の低下

- EC化の進展に伴い宅配便取り扱い個数は増加傾向にあり、積載率の低下を加速させている
- 日本のEC化は未だ伸びしろがあると見られ、今後も宅配便取り扱い個数は増進する見込み

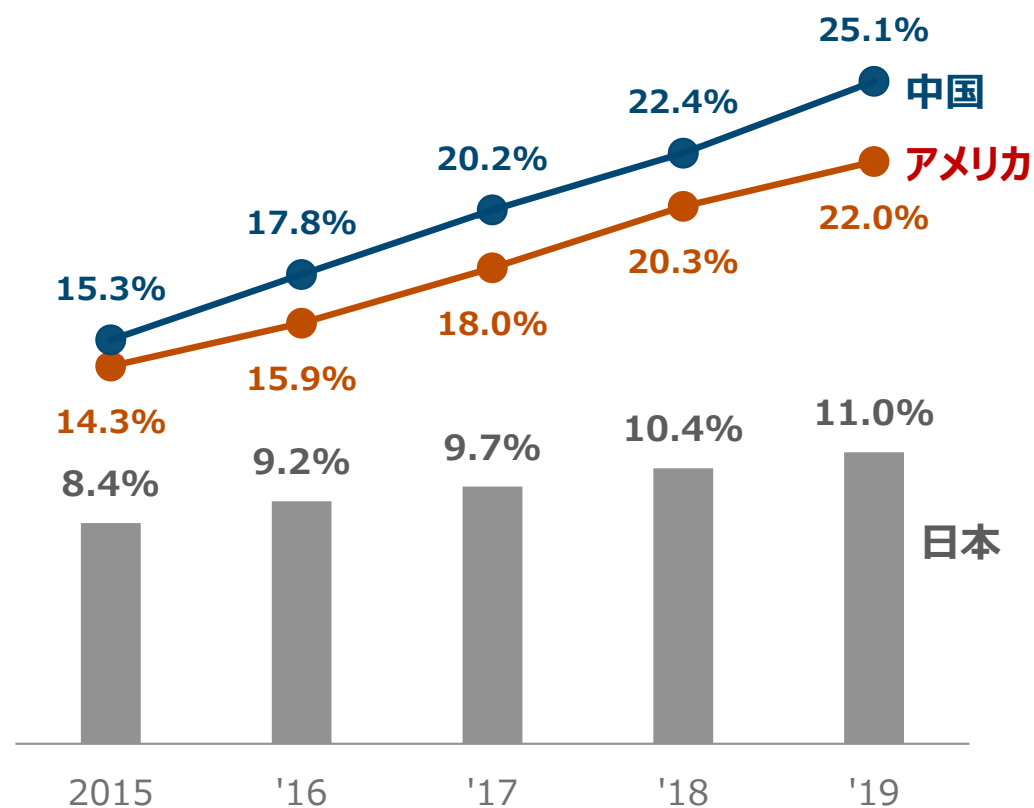
トラックでの宅配便取扱個数の推移（百万個）



1985 '90 '95 '00 '05 '10 '15 '20

- トラックによる宅配便個数は、過去5年で29%成長（再配達を含めると、配達回数自体は更に多い）

EC化率の推移



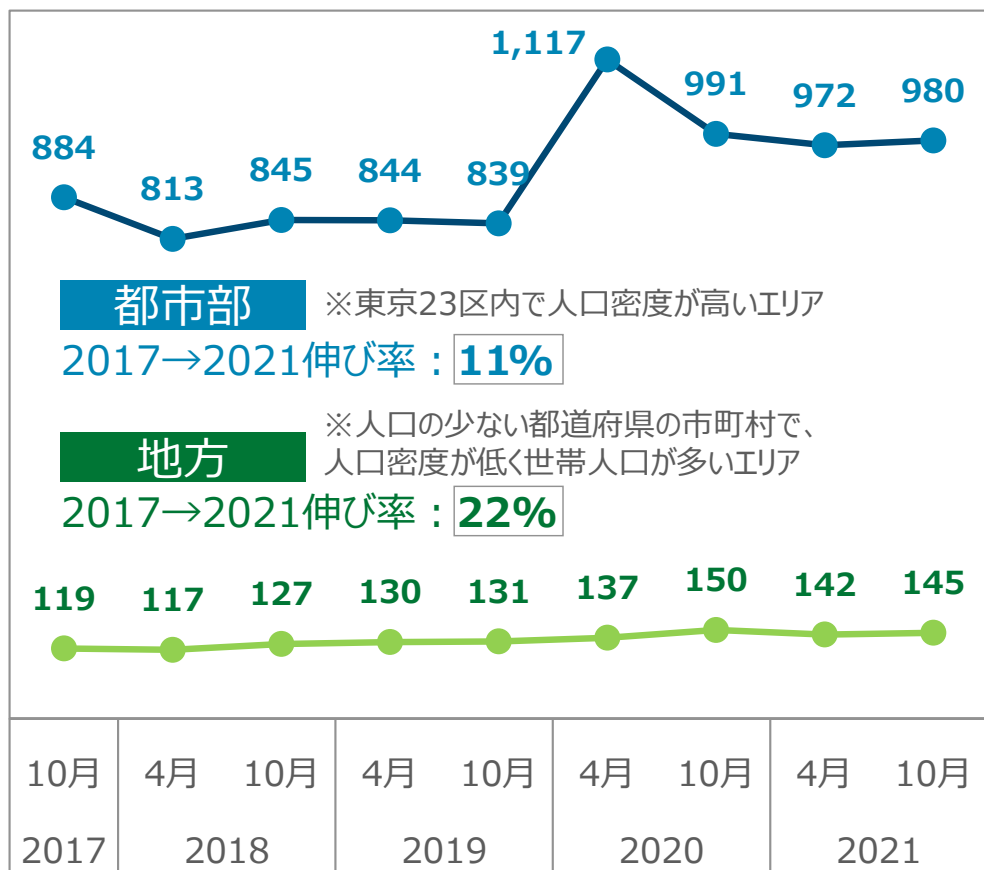
- 日本のEC化は着実に進行してきたがEC先進国対比低水準
- まだ伸びしろがあり、今後も日本はEC拡大が続く

輸送能力の変化③ 地域別の宅配の現状

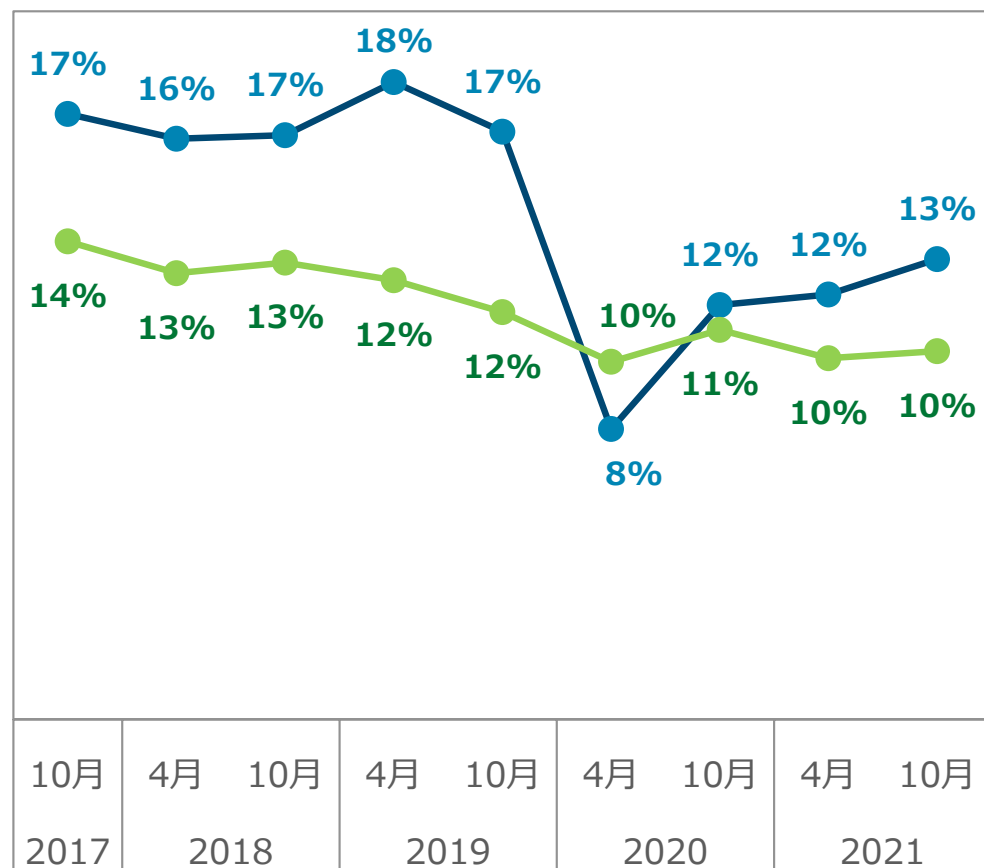
□都市部では、コロナにより宅配個数が増加し、再配達率も増加傾向

□地方の宅配個数の伸び率は都市部以上に高く、再配達率も10%程度ある

宅配個数（千個）



再配達率



- 都市部ではコロナを機に宅配個数が急増
- 地方は宅配個数の伸び率が都市部以上に高い

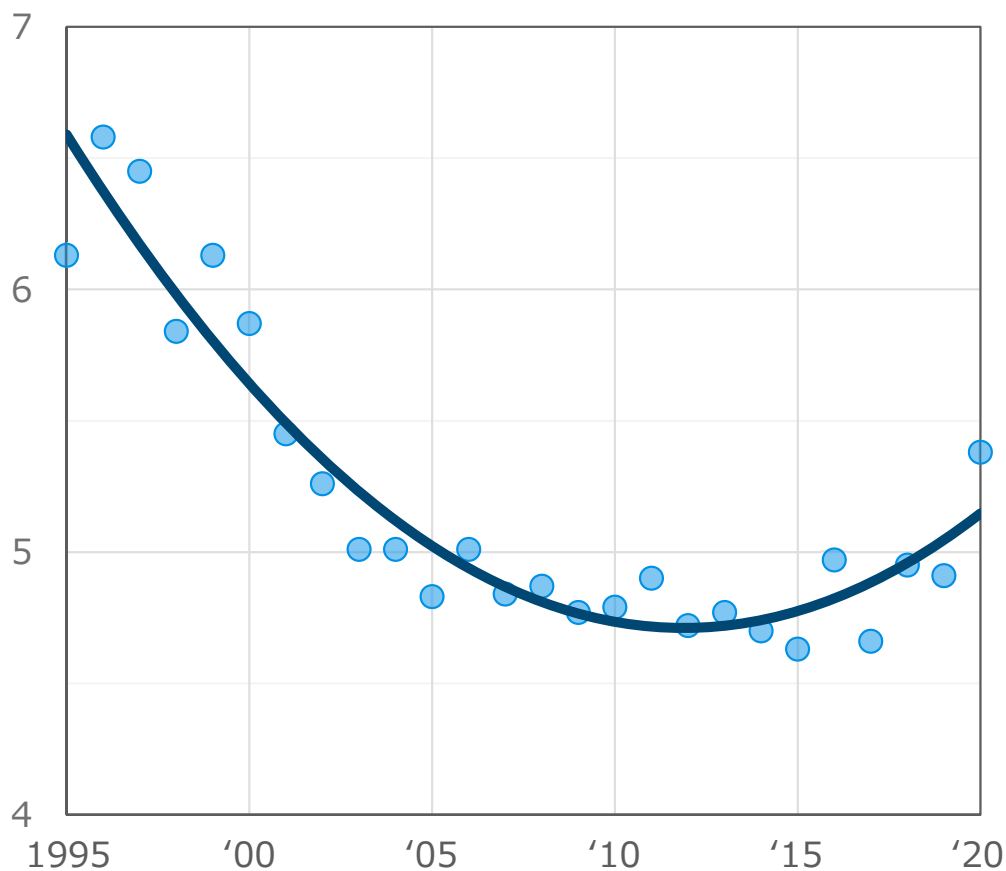
- 都市部はコロナによる在宅率増加に伴い再配達率減少するも、足下では増加傾向にある

物流コストの推移

□ 売上高物流コスト比率は上昇傾向にある

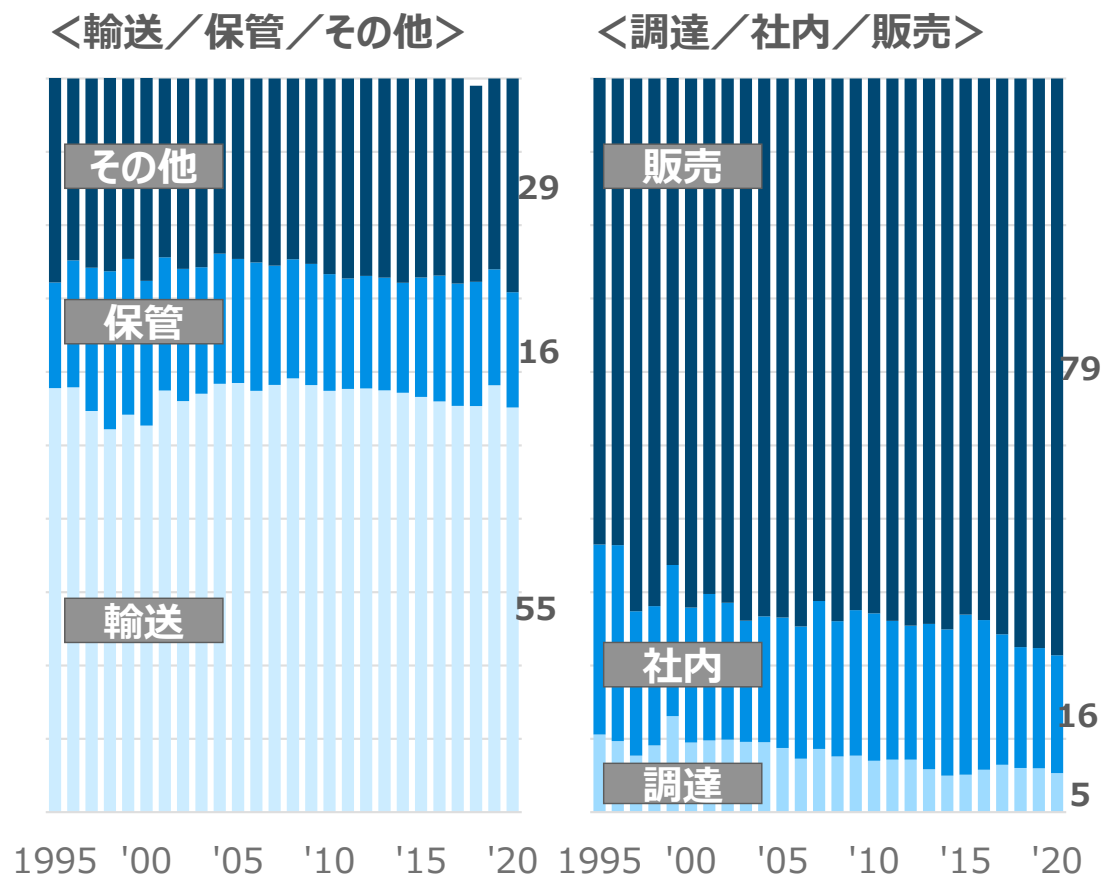
□ 物流コストの内訳は輸送領域の構成比が高く、近年では販売物流の比率が高まっている

売上高物流コスト比率 (%)



● 売上高物流コスト比率は長く減少傾向にあったが、過去5年で明確に上昇傾向に転じた

物流コストの内訳推移 (%)



● 過去から輸送費の比率が高く過半に及ぶ
● 販売物流の比率が増加しており、社内・調達物流は減少

過疎化の進展

□特に過疎化が進む地方においては社会インフラである物流の維持が困難になりつつある

□人口減少により配送効率が低いながらも持続可能な地域物流を成立させることが喫緊の課題

地方における物流課題の例



都市への人口集中と高齢化

	1960年	2015年
過疎地域人口割合	21.8%	8.6%
過疎地域<65歳比率	6.7%	36.6%

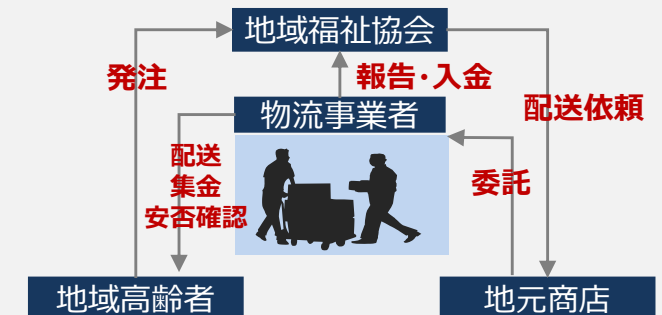
※全国:26.3%

低い積載効率

貨物あたりの走行距離	道路直線比
※国交省個社ヒアリング	
都市部 0.2 km/個	Ex. 町田市(東京都) 1.05
過疎地 1.2 km/個	Ex. 沼津市(静岡県) 1.90

6倍

物流業者への期待



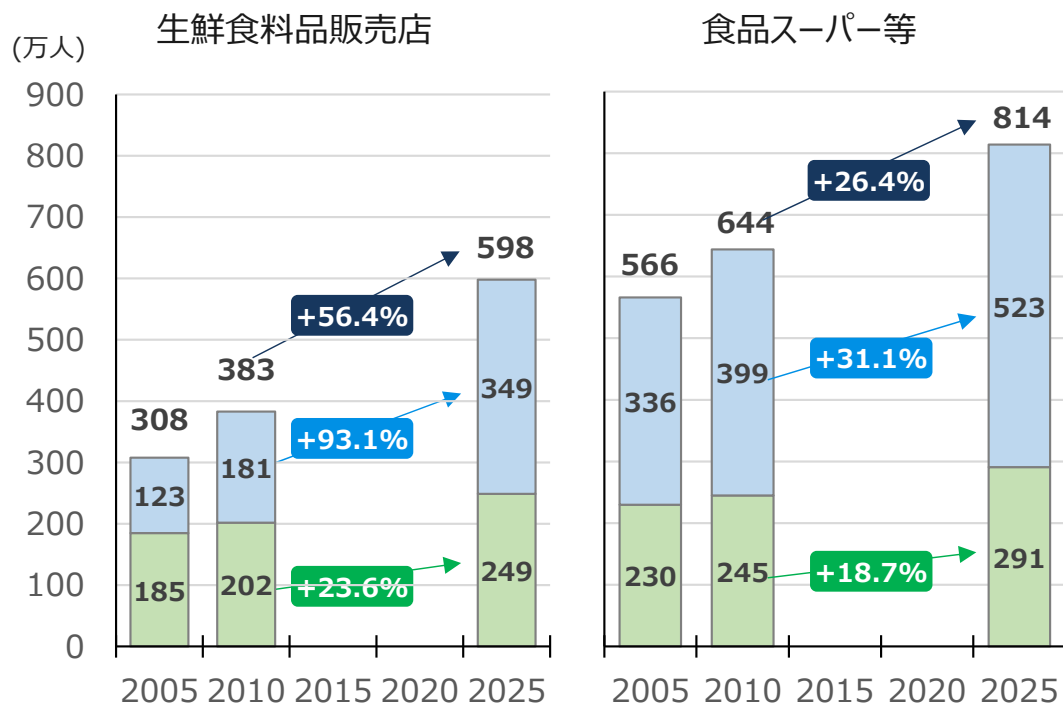
買い物弱者の増加

- 国内における買い物弱者は増加の一途を辿ると見込まれ、農村部のみならず都市部においても同様
- 主だった背景は高齢化に加え各地の小売・旅客交通ネットワークの弱体化

買い物弱者*1の将来推計

都市部

農村部



買い物弱者人口の増加の背景

- A 高齢化**
- B 公共交通の弱体化**
- C 店舗減少と郊外化**

●高齢者そのものの増加に加えて、買い物を依頼できない等といった理由により買い物弱者化しやすい単身者の増加

65歳以上人口：
2,958万人(2010)→3,588万人(2019)

- 買い物弱者の足となりうる路線バスを含む地域公共交通の輸送人員は軒並み大幅な下落傾向
- 免許返納した場合に取得できる運転経歴証明書が無期限で利用可能となった2012年以降増加

- 商店（小売事業所）数は過疎化や店舗集約により減少
飲食料品店数
約57万（1994）→約30万（2016）

買物弱者の発生は従来の農村過疎地域のみならず、都市部の郊外においても進行しており、従来の人口の多さと相まって買物弱者の増加に大きく寄与していると思われる。

*1「店舗まで500m以上離れた位置に居住し、自動車を持たない人」と定義される

日本の物流の課題

□日本の物流の課題は、人手不足とオペレーションの非効率に帰着する

□具体的な物流課題は地域の特性や事情により異なるため、区別して考える必要がある

		都市	地方都市・郊外	過疎地・山間部	離島
		人口が密集し単身世帯が多い三大都市部	三大都市以外の地方都市や郊外部	人口が減少している市町村や山間に位置する市町村部	本土から車両が通行できる橋が通っていない有人の島
地域の特性	人	<ul style="list-style-type: none"> 人口密度が著しく高い(垂直方向に集積する) 	<ul style="list-style-type: none"> 人口は多いが、住宅街として一定の面内に集積する 	<ul style="list-style-type: none"> 人口は少なく、かつ分散している 少子高齢化が深刻 	<ul style="list-style-type: none"> 人口は少ない 少子高齢化が深刻
	物	<ul style="list-style-type: none"> 荷物は小さく軽い(書類等) 首都圏出し貨物の多くが首都圏向け 	<ul style="list-style-type: none"> 荷物の特性は都市部に近いが、都市部ほど軽荷物は多くなく、配送距離も長くなりがち 	<ul style="list-style-type: none"> 荷物は大きく、輸送距離も長い 	<ul style="list-style-type: none"> 島民の生活に必要なあらゆるものが輸配送の対象
	交通	<ul style="list-style-type: none"> 道路網が発達しており路面も整備されている 深刻な渋滞 	<ul style="list-style-type: none"> 道路幅が広く、店舗にも駐車スペースが備わっていることが多い 	<ul style="list-style-type: none"> 基幹道路から距離がある 山や谷で道路が阻まれる 	<ul style="list-style-type: none"> 一部航空機併用もあるが、多くは船舶利用(モノ、人共通)
		↓	↓	↓	↓
物流の課題	人手不足 人口減少/少子高齢化/ドライバー不足	<ul style="list-style-type: none"> EC利用者が多く、荷量が多いため前提となる配送負荷が大きく、人手不足の影響が深刻 	<ul style="list-style-type: none"> 都市部と類似した課題の他、宅地形成から時間が経過し、局所的な高齢化による買い物難民増加 	<ul style="list-style-type: none"> 全国に先んじて少子高齢化が進行しており、物流の担い手が不足 →買い物難民の増加 	<ul style="list-style-type: none"> 全国に先んじて少子高齢化が進行しており、物流の担い手が不足 島内の店舗撤退 →買い物難民の増加
	非効率 小口多頻度/再配達/低積載率	<ul style="list-style-type: none"> 配送先数や時間指定荷物の存在により、配送計画の複雑性が高い 再配達や交通状況等、状況変化が激しく効率的対応が難しい 	<ul style="list-style-type: none"> 配送先数が多く、都市部以上に配送距離が伸びやすいことに加え、再配達による効率低下 	<ul style="list-style-type: none"> 人口分布が離散的で配送距離も長いこと、効率が悪い ロットが小さく物流費が高つく 道路が整備されておらず、迂回や人足による配送を伴う 	<ul style="list-style-type: none"> 船の定期便にすべてを依存しており、利便性が損なわれている 船舶に代わる代替輸送手段がなく、物流途絶リスクを常に負っている

※地域の物流課題は、地勢的な事情や産業構造等にもよるため、個別の検討が必要。ここでは大局的な傾向を整理

物流新技術

□「物流ドローン」や「自動配送ロボット」といった自動化技術や「最適化技術」が登場しており、これらの技術を組み合わせて物流課題を克服していくことが求められる

		都市	地方都市・郊外	過疎地・山間部	離島
		人口が密集し単身世帯が多い三大都市部	三大都市以外の地方都市や郊外部	人口が減少している市町村や山間に位置する市町村部	本土から車両が通行できる橋が通っていない有人の島
地域 の 特性	人	• 人口密度が著しく高い(垂直方向に集積する)	• 人口は多いが、住宅街として一定の面内に集積する	• 人口は少なく、かつ分散している • 少子高齢化が深刻	• 人口は少ない • 少子高齢化が深刻
	物	• 荷物は小さく軽い(書類等) • 首都圏出し貨物の多くが首都圏開け	• 荷物の特性は都市部に近いが、都市部ほど軽荷物は多くなく、配送距離も長くなりがち	• 荷物は大きく、輸送距離も長い	• 島民の生活に必要なあらゆるものが輸配送の対象
	交通	• 道路網が発達しており路面も整備されている • 深刻な渋滞	• 道路幅が広く、店舗にも駐車スペースが備わっていることが多い	• 基幹道路から距離がある • 山や谷で道路が阻まれる	• 一部航空機併用もあるが、多くは船舶利用(モノ、人共通)

物流 の 課題	人手不足	人口減少/少子高齢化/ドライバー不足	非効率	小口多頻度/再配達/低積載率
	<p>物流ドローン</p> <p>自動配送ロボット</p> <p>最適化技術</p> <p>新技術の現状や今後の動向を踏まえ、地域の物流課題解決の可能性について検討</p>	<p>• EC利用者が多く、荷量が多い</p> <p>• 配送先数が多い</p> <p>• 再配達や交通状況等、状況変化が激しく効率的な対応が難しい</p>	<p>• 都市部と類似した課題の他、地形から時間が経過し、所的な高齢化による買い物難民増加</p> <p>• 配送先数が多い、都市部以上</p> <p>• 配送距離が伸びやすいことに加え、再配達による効率低下</p>	<p>• 全国に先んじて少子高齢化が進行しており、物流の担い手が不足</p> <p>• 買い物難民の増加</p> <p>• ロットが小さく物流費が高つく</p> <p>• 道路が整備されておらず、迂回や人足による配送を伴う</p>

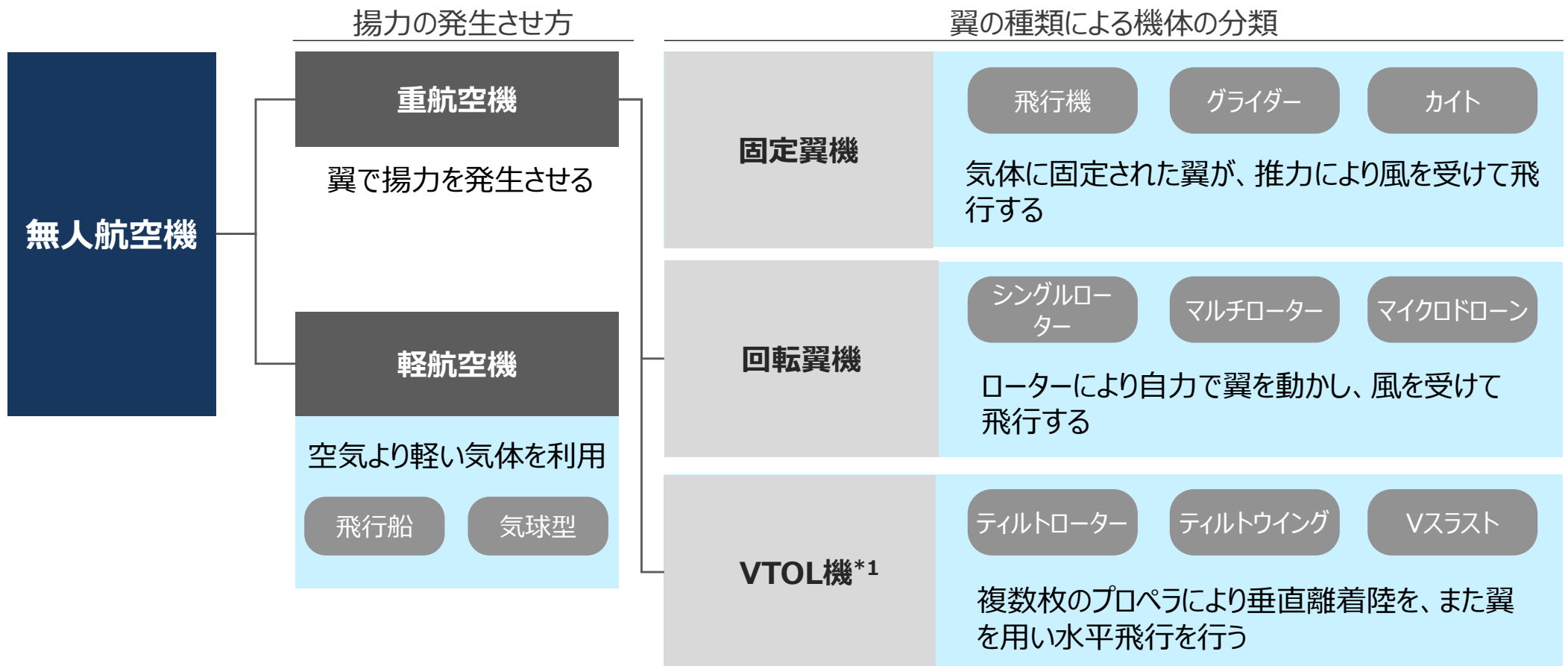
※地域の物流課題は、地勢的な事情や産業構造等にもよるため、個別の検討が必要。ここでは大局的な傾向を整理

Section 3

ドローン・自動配送ロボットの概要と現状

産業用ドローン（無人航空機の種類と分類）

- 航空法の定義によれば無人航空機は「人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの」とされる
- 従来マルチローター型が主流であったが用途が多彩化するにつれて様々なデザインが登場



*1 単一回転翼以外で垂直離陸可能なものをVTOLとして分類

空の産業革命に向けたロードマップ^①2022

□2022年12月5日改正航空法が施工し、有人地帯での補助者なし目視外飛行（レベル4）が解禁。いよいよ「空の産業革命」の時代が到来するか

		2022	2023	2024~ (年度)	
環境整備	法制度等の整備	運航管理	運航管理システム（UTMS）の導入に向けた検討	レベル4飛行を段階的に人口密度の高いエリアへ拡大 Step 1 ^{※1} UTMSの利用を推奨 ※1 早期のUTMS利用の例：災害時等 制度整備の方針の策定 Step 2 ^{※2} <2025年頃> Step 3 ^{※3}	航空機、空飛ぶクルマも含め一体的な空、モビリティ施策への発展・強化
		機体の認証	新制度詳細決定 リスク評価ガイドラインの策定 メーカーと情報共有 検査機関の登録	リスク評価 認証	
		操縦ライセンス	試験準備 講習準備、登録	試験 講習	
		登録・リモートID	継続的に登録・リモートID搭載の徹底		
		申請システム【DIPS】	新制度への対応等	運用	
		上空における通信の確保	・高度150m以上のLTEの利用等を可能とするための技術条件や手続の簡素化を検討 ・衛星通信等の代替策を検討		
	標準化の推進	ICAO、ISO等を通じた国際標準化、事業者のサービス品質に係る産業規格化の推進等			
福島ロボットテストフィールド	レベル4 運航支援（機体認証取得、リスク評価）	実証運航（南相馬・浪江間）	災害対応などドローンの社会実装に貢献するための施設の整備・提供		
技術開発	機体	機体等の開発	行政の現場を活用したドローンの実証実験 具体的用途に応じたドローンの技術開発	行政ニーズに対応するために必要な標準機体の性能仕様を策定 国内企業の開発を促進 SBIR制度の活用による支援の検討	順次実装 市場投入・活用促進
		試験手法の開発	大積載量・長距離飛行の実現に資するモータ技術等の開発 第一種機体認証の安全基準に対応した機体の試験手法の開発		
		運航の省人化	一操縦者による多数機同時運航を実現するための必要な機体・要素技術の開発・実証		一操縦者多数機同時運航のための性能評価手法の開発
	運航管理技術	空域の高密度化を可能とするため、ドローンや空飛ぶクルマと航空機がより安全で効率的な航行を行うために必要となる運航管理技術の開発・実証		大阪・関西万博で実証	
社会実装	物流・医療（生活物資・医薬品等）	ドローン物流の実用化に向けた実証を支援 医薬品配送ガイドラインの改定検討 荷物等配送ガイドラインの改定	レベル4飛行によるドローン物流の課題の整理、物流サービスの実装を促進 河川での発着拠点の設置等に対する支援強化 河川利用ルール等のマニュアルを策定	人口密度の高い地域、多数機運航	
	インフラ・プラント点検（産業保安）	スマート保安を推進するための認定制度の創設・制度詳細の具体化		制度の施行	
	防災・災害対応	・防災基本計画において、航空運用調整の対象としてドローンを位置づけ ・先進的取組の自治体間情報共有		・地域の防災体制等への反映 ・ドローンを活用した防災訓練の推進	災害現場での活用拡大
	地域との連携強化	ドローンサミットの開催 情報共有プラットフォームを通じた情報発信の強化		更なる地域との連携促進	

主要ユースケースの社会実装レベル

□点検・農業分野でユースケース開発が先行しているが、ここ1、2年で物流領域での実証実験や社会実装事例が増えてきている。レベル4解禁を契機にさらに加速する可能性も

主要ユースケース		実装レベル				説明・補足
		技術PoC	事業PoC	社会実装	普及・拡大	
点検	橋梁・鉄塔点検	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> ◆産業用ドローンの主要ユースケース ◆すでに多くの自治体・点検事業者で導入事例がある ◆電設系企業でヘリコプター代替としてのニーズが高く、商材化しつつある ◆閉所点検専用ドローンが開発された
	太陽光パネル点検	■	■	■	■	
	電線点検	■	■	■	■	
	閉所点検	■	■	■	■	
農業・林産業	農薬散布	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> ◆従来から有望視されていた使い方で、普及進む ◆技術はあれども造林業者や農業従事者の間でICTの土壌が整うまでに時間を要する見込み
	センシング	■	■	■	■	
	森林観測	■	■	■	■	
物流・運搬	資材運搬	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> ◆ペイロードの課題が大きく、電動よりもハイブリッドが向く ◆離島で医薬品配送がサービスイン ◆レベル4解禁を見据え、都市部でのトライアルが出てきた ◆買い物代行サービスとして一部商用化している ◆ペイロード、航続距離の課題が大きい
	医薬品輸送	■	■	■	■	
	フードデリバリー	■	■	■	■	
	ラストワンマイル	■	■	■	■	
	拠点間物流	■	■	■	■	

産業用ドローンサービスのレイヤー構造

□産業用ドローン市場は多種多様なプレイヤーから構成されている

□サービスの設計・開発にあたっては、複数レイヤーの事業者が連携して推進する動き



物流ドローンに関する実証実験・導入事例 マップ

<凡例>

離島・山間部

都市部・郊外

● 実証実験

● 導入事例

福井県敦賀市

セイノーHD、エアロネクスト等の「SkyHub」サービスが展開

長野県伊那市

自治体協力により買い物代行サービス「ゆうあいマーケット」展開

北海道上士幌町

セイノーHD、エアロネクストによる、牛の検体配送の実証実験

北海道旭川市

ANA、アイン薬局、エアロセンスがオンライン診療と連動した処方箋医薬品配送の実証実験

香川県三豊市

KAMOMEYAが三豊市と栗島を結ぶ長期定期航路を開設

山梨県小菅村

セイノー、エアロネクスト等がドローンを活用したスマート物流サービス「SkyHub」を開始

福岡県能古島

ANA、エアロセンス等が日用品や医薬品配送の実証実験

長崎県五島列島

ANA、NTT、武田薬品が医薬品の配送実験を実施

東京都隅田区

JAL、KDDI、メディパル等が隅田川を横断する医薬品配送の実証

長崎県五島列島

豊田通商、Zipline、「そらいいな」による医薬品配送を開始

香川県小豆郡

イームズロボティクスと佐川急便による、ドローンを用いた離島・山間部輸送の実証実験

兵庫県洲本市

JAL、メディパルが川伝いに医薬品の拠点間配送を行う実証実験

東京都西多摩郡

ANA、NTT、セブンイレブンが日の出町での配送サービス導入実験

物流ドローンに関する実証実験・導入事例 リスト

実証分野	年	実証内容見出し等	場所	関係企業
離島 山間地 物流	2020年	オンラインの診療・服薬指導と一体になった処方箋医薬品配送	北海道旭川市	ANAホールディングス、アイン薬局、エアロセンス等
		空飛ぶデリバリーサービス「ゆうあいマーケット」	長野県伊那市	KDDI、伊那ケーブルテレビジョン
		物流サービス運用の課題抽出や事業化検証	鹿児島県瀬戸内町	MS&ASDインターリスク総研、JAL等
		地方自治体とドローンを活用した複数拠点間輸送の実証実験を実施	香川県小豆郡	イームズロボティクス、佐川急便
		オンライン遠隔診療およびドローンを用いた処方箋医薬品の配送実験	岡山県和気町	岡山県和気町、エアロジーラボ等
		ドローンで日用品や医薬品を注文後すぐに配送するサービスの実証実験	福岡県能古島	ANAホールディングス、エアロセンス、セブンイレブン等
		15kg相当の野菜をドローンに積載し、農家間を経由しながら道の駅まで	北海道当別町	ブルーイノベーション、当別町役場等
		「空飛ぶハモ鍋セット」を実現！ドローン物流の実証実験を実施しました	大分県杵築市	SkyDrive、ブルーイノベーション
	ドローンと生産者マップを活用した農産物の自動集荷と即売のサービス実証	大分県佐伯市	KDDI、イームズロボティクス	
	高齢者向け買い物物支援に向けた「ゆうあいマーケット」サービスを開始	長野県伊那市	KDDI、伊那市、ICT(INA CABLE TELEVISION)	
	2021年	ANA、武田薬品などVTOL型ドローンで医薬品スピード配送	長崎県五島列島	ANAホールディングス、NTTドコモ、武田薬品
		セイノーが本気のドローン宅配、全国817の過疎地で商用化へ	山梨県小菅村	エアロネクスト、セイノーホールディングス
		ソフトバンク、誤差数センチ精度で鮮魚運搬するドローン物流実証実験実施	和歌山県すさみ町	ソフトバンク、イームズロボティクス等
		ドローンを活用した牛検体(乳汁)のリレー配送の実証安全性	北海道土士幌町	エアロネクスト、セイノーホールディングス
		無人機物資輸送プラットフォーム構築事業を中央アルプス・南アルプスでスタート	長野県伊那市	KDDI、川崎重工、ゼンリン
		かもめや、離島エリアでのドローン物流長期定期航路を8月開設	香川県三豊市	KAMOMEYA
		ASCL、日本郵便へドローンおよび配送ロボット連携による配送試行に機体提供	東京都西多摩郡	ACSL(自律制御システム研究所)、ZMP、日本郵便
		持続的な医薬品輸送ネットワークの構築に向けドローンの経済的実現性を検証	岡山県和気町	岡山県和気町、ヤマト運輸
	山村でドローン実証実験 仕分け場へユズを運搬「次は出前を」	宮崎県西米良町	KDDI	
	2022年	ドローン配送実験始まる 瀬戸内町 離島の買い物弱者支援 23年度実用化へ	鹿児島県瀬戸内町	鹿児島県瀬戸内町、JAL、JAC等
		空解とNTTドコモ、40km先の離島への救援物資ドローン運搬実証に成功	沖縄県座間味村	NTTドコモ、空解
豊田通商100%関連会社「そらいいな」が米Ziplineの固定翼ドローンによる医療用医薬品の配送が開始		長崎県五島列島	豊田通商、Zipline	
SkyDriveが開発を進める物流ドローン「SkyLift」を使用し山間部鉄塔工事での資機材搬送の実証実験を実施		岡山県高梁市	SkyDrive、中電工業	
市街地と過疎地連結を目的とした物流プラットフォーム事業を開始		福井県敦賀市	エアロネクスト、セイノーホールディングス、KDDI	
ANAHD、セブンイレブンが離島への夜間飛行・配送実証を実施		福岡県福岡市	ANAホールディングス、セブンイレブン	
離島を結ぶ災害時及び平時のドローン活用について検証を実施		鹿児島県瀬戸内町	JAL、鹿児島県瀬戸内町	
都市部 郊外 物流	2020年	東京都におけるドローン物流プラットフォーム社会実装	東京都奥多摩	KDDI、Terra Drone、JAL、メディセオ等
	2021年	医療従事者へ温かい食事オンデマンドドローン配送サービス実証実験実施	神奈川県横須賀市	エアロネクスト、出前館等
		JAL×メディパル ドローンを活用した医薬品輸送に関する共同検討を開始	兵庫県洲本市	メディセオ、JAL等
		都市部の超高層マンションに向けたドローンによるオンデマンド配送	千葉県市川市	JP楽天ロジスティクス
		日の出町でドローン配送サービスの実証実験	東京都奥多摩	ANAホールディングス、NTTドコモ、セブンイレブン
	都内初、ドローンによる有人地帯でのフードデリバリーの実証実験をウォーターズ竹芝で11月20日に実施	東京都港区	JR東、KDDI、ウェザーニューズ Terra Drone、JAL	
	2022年	東京初、隅田川上空で「橋横断」--ドローン医薬品配送、普及の鍵は「省人化」	東京都隅田川	JAL、KDDI、メディパル、東京都デジタルサービス局
熱々コーヒー 空からお届け新潟でドローン配送実験	新潟県新潟市	トンプラ		

主要機体の性能一覧比較①:回転翼機

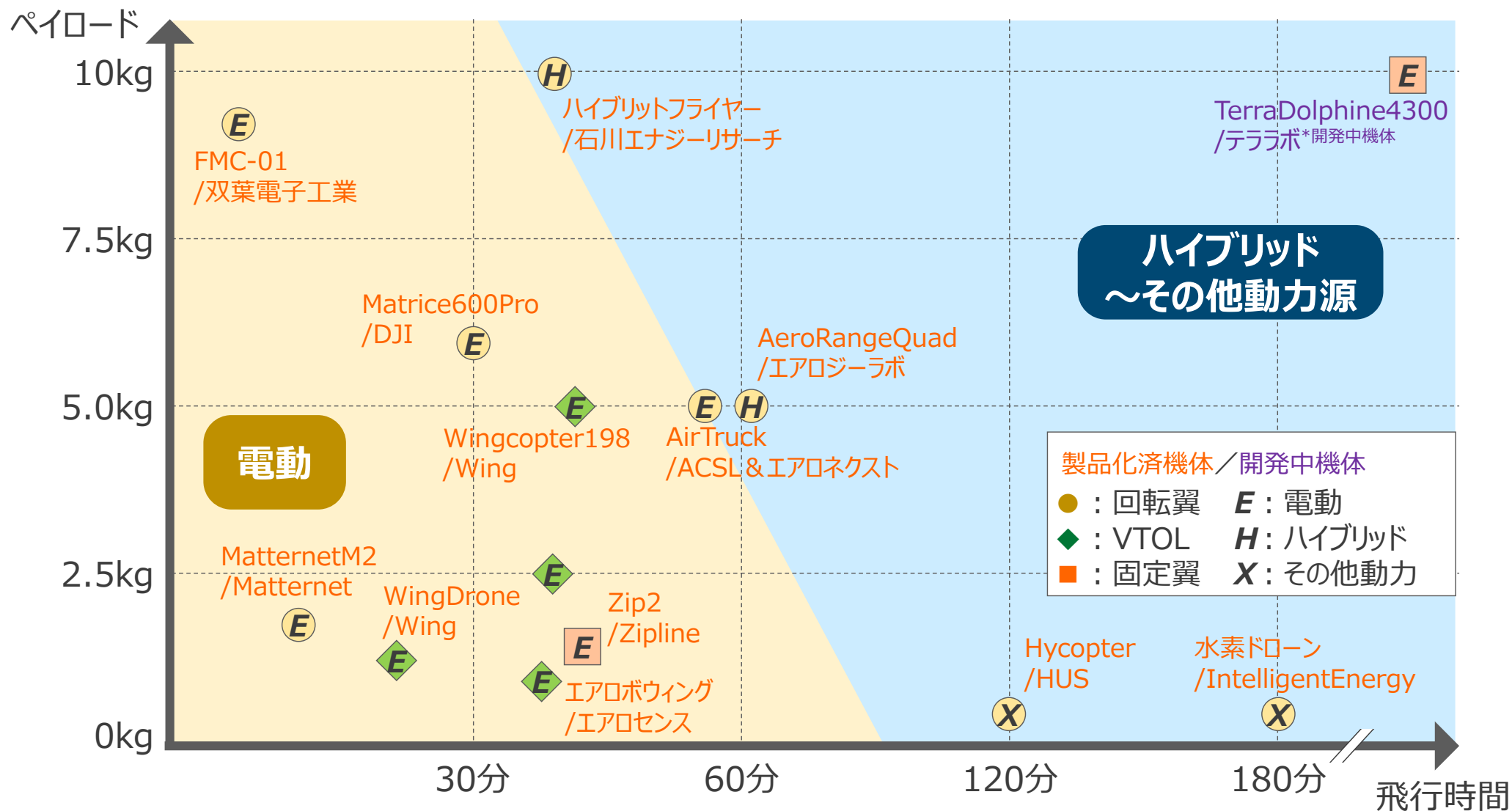
メーカー	Amazon	ACSL & エアロネクスト	DJI	双葉電子工業	イームズロボティクス	PRODRONE	SkyDrive	IHI
機体名	MK30	AirTruck	Matrice 600Pro	FMC-01	LAB6155	PD6B-Type3	SkyLift	i-Gryphon
価格	-	300万円	59万円	-	-	572万円	-	-
タイプ	回転翼	回転翼	回転翼	回転翼	回転翼	回転翼	回転翼	回転翼
用途	軽貨物輸送	軽貨物輸送	空撮・点検・軽貨物輸送	軽貨物輸送	軽貨物輸送	重貨物運搬	重貨物運搬	重貨物運搬
ローンチ	2019	2022	2016	2021	-	2020	2021	2023
パイロード	2.3kg	5kg	6kg	8.9kg	9kg	30kg	30kg	40kg
航続時間	60分*30分配送	50分	32分*無積載	9分*MTOW	-	20分*4.9kg	9分*MTOW	70分
航続距離	24km~	-	-	-	-	-	-	50km*35kg
耐風性	-	-	20m/s	10m/s	-	12m/s	7m/s	14m/s
動力	電動	電動	電動	電動	-	電動	電動	ハイブリッド

主要機体の性能一覧比較②:固定翼機・VTOL機

メーカー	エアロセンス	Wing	Zipline	Wingcopter	テララボ	ヤマト運輸	川崎重工
機体名	エアロボウイング	WingDrone	Zip2	Wingcopter 198	TERRA Dolphin4300	APT70	K-RACER -X2
価格	500万円~	-	-	-	-	-	-
タイプ	VTOL	VTOL	固定翼	VTOL	固定翼	VTOL	VTOL
用途	軽貨物輸送	軽貨物輸送	医薬品輸送	軽貨物輸送	広域災害調査	拠点間輸送	重量物運搬
ローンチ	2020	2019	2018	2021~22	2023	2025	2026
ペイロード	1kg	1.2kg	1.75kg	5kg	10kg	32kg	200kg以上
航続時間	40分	20分	45分	40分*MTOW	10時間	30分	-
航続距離	50km	20km	-	75km	-	56km	100km以上
耐風性	10m/s	-	-	15~20m/s	-	13.3m/s	-
動力	電動	電動	電動	電動	電動	電動	内燃機関

主要機体の性能 性能散布図から見る特徴-中・小型機

- フル電動のドローンは、現状のスペックだと軽貨物向けであり飛行範囲は比較的狭い
- より重量貨物や広範囲をカバーするには、ハイブリッド機体や水素燃料など動力源シフトが必要



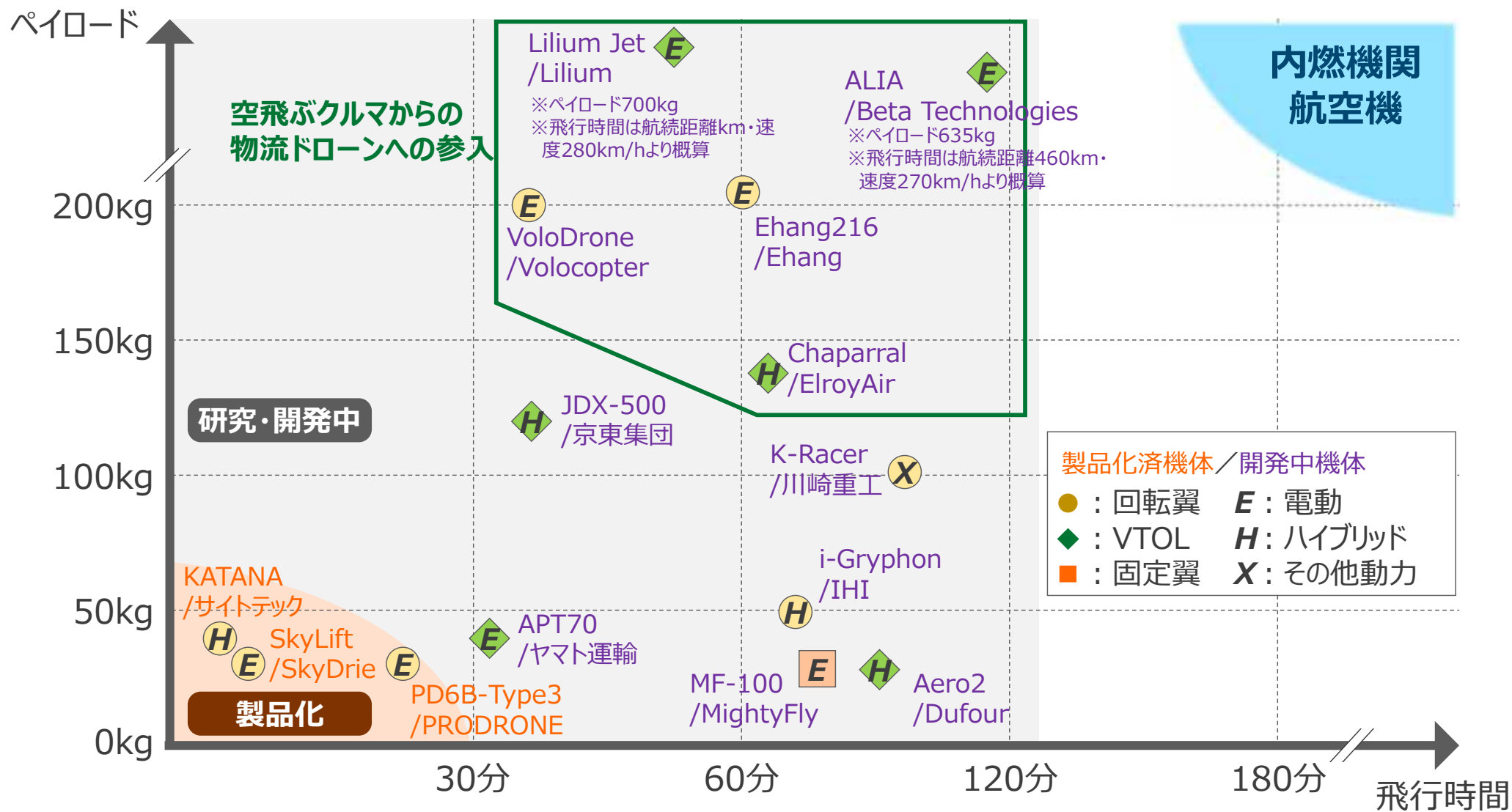
主要機体の性能一覧比較③:大型機

メーカー	Volocopter	Ehang	Elroy	Pipistrel	Beta Technologies	Lilium	Sabrewing
機体名	VoloDrone	Ehang216L	Chaparral C1	Nuuva V300	ALIA-250c	Lilium Jet	Rhaegal RG-1
価格	-	-	-	-	-	-	-
タイプ	VTOL	VTOL	VTOL	固定翼	VTOL	VTOL	VTOL/CTOL
用途	重量物運搬	重量物運搬	重量物運搬	重量物運搬	重量物運搬	重量物運搬	重量物運搬
ローンチ	2019	2023	2023	2021	2024	2024	2022
ペイロード	200kg	220kg	225kg	460kg *最大	635kg	700kg~	2,454kg*VTOL
航続時間	-	21分	-	12時間*最大	-	-	-
航続距離	40km	35km	480km	2,500km *最大	450km	250km	8,800km以上
耐風性	-	-	-	-	-	-	-
動力	電動	電動	ハイブリット	ハイブリット	電動	電動	ハイブリット

※Beta Technologies、Liliumは旅客用途を兼ねる

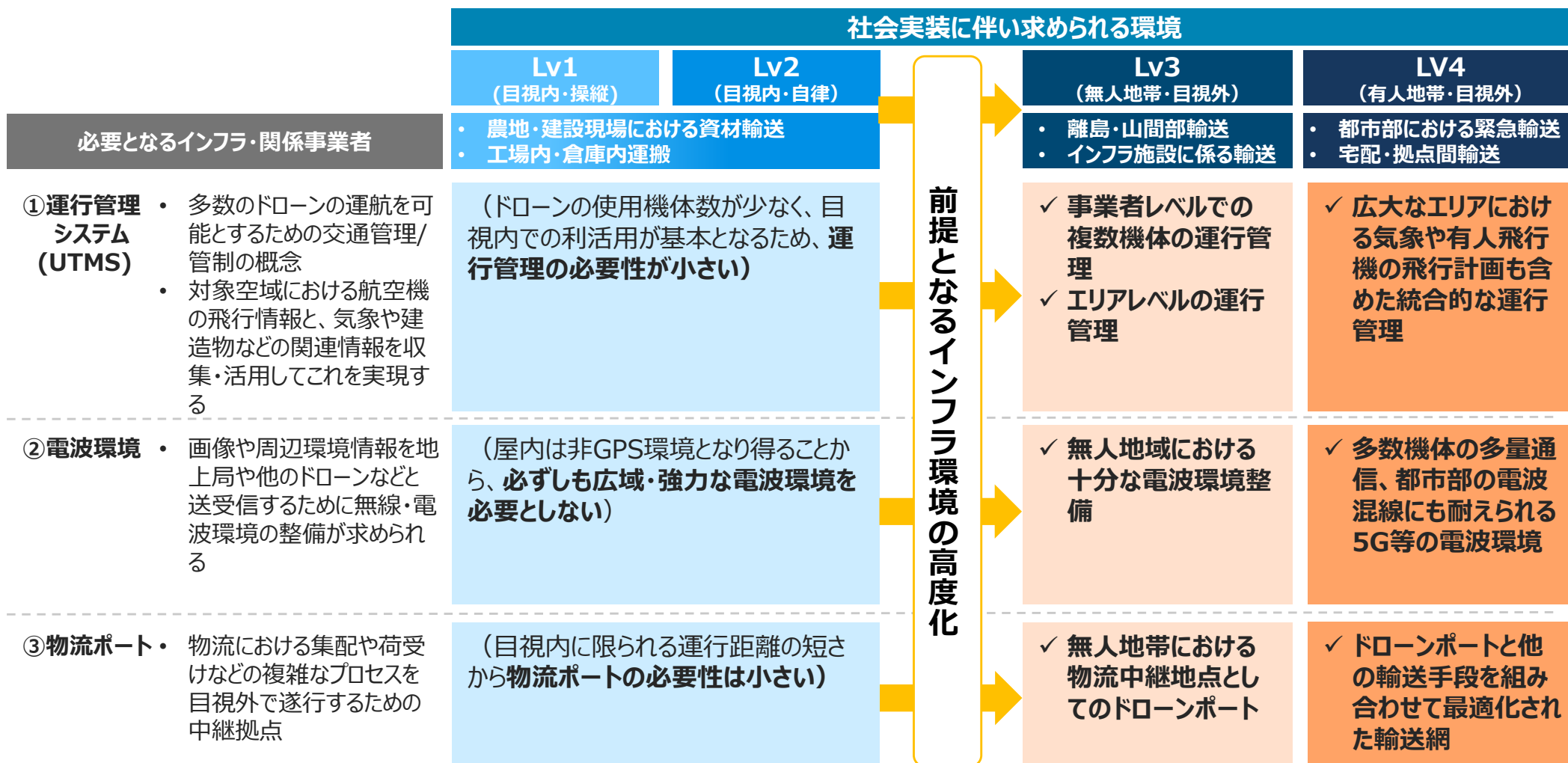
主要機体の性能 性能散布図から見る特徴-大型機

- 大型機をフル電動で動かすにはバッテリー面での課題が大きく、研究・開発段階の機体が多い
- 空飛ぶクルマ業界からの参入により、今後能力面で飛躍的に向上した機体が登場する可能性あり



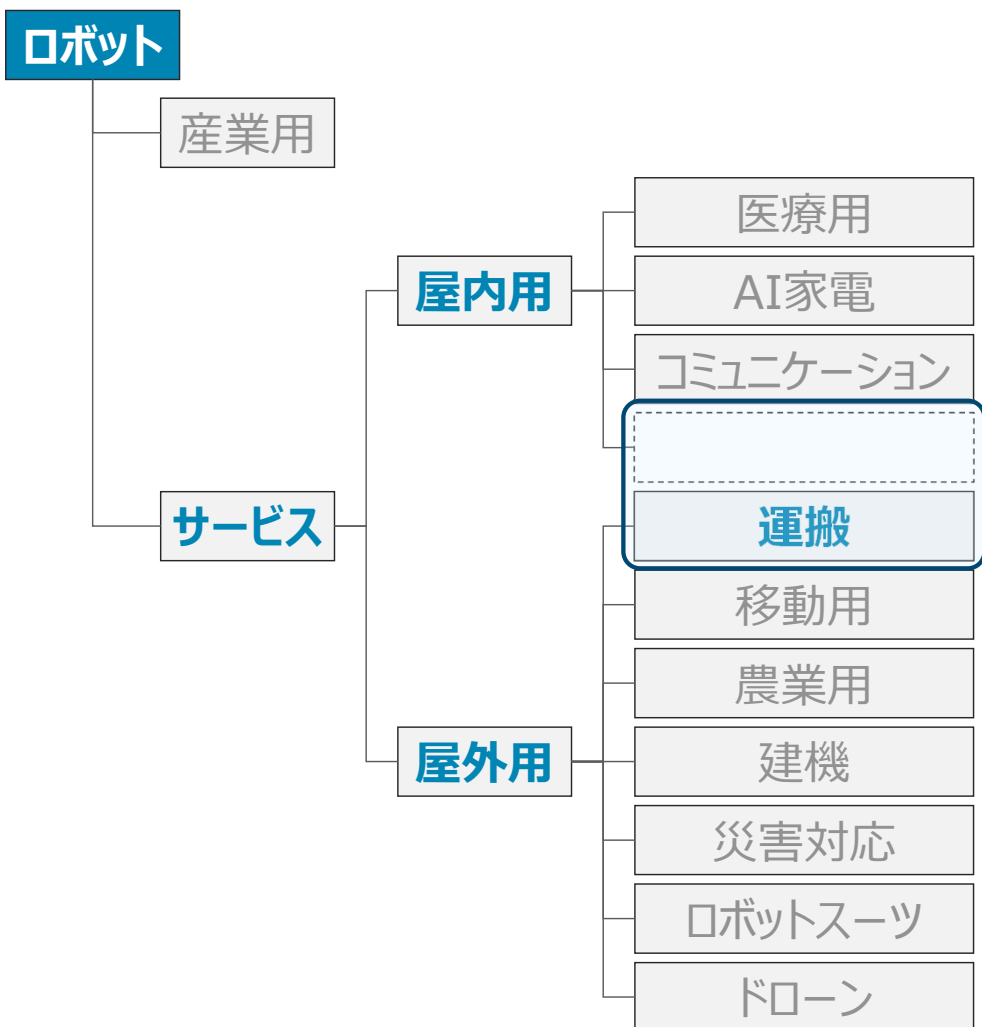
ドローンの社会実装に求められるインフラ整備

□ 当面の活用シーンが私有地・屋内・農地等に限られることからインフラへの依存度は現状高くないが広域飛行を想定するユースケースが広まる際には円滑な飛行のためにインフラの整備が重要となる



自動配送ロボットの定義

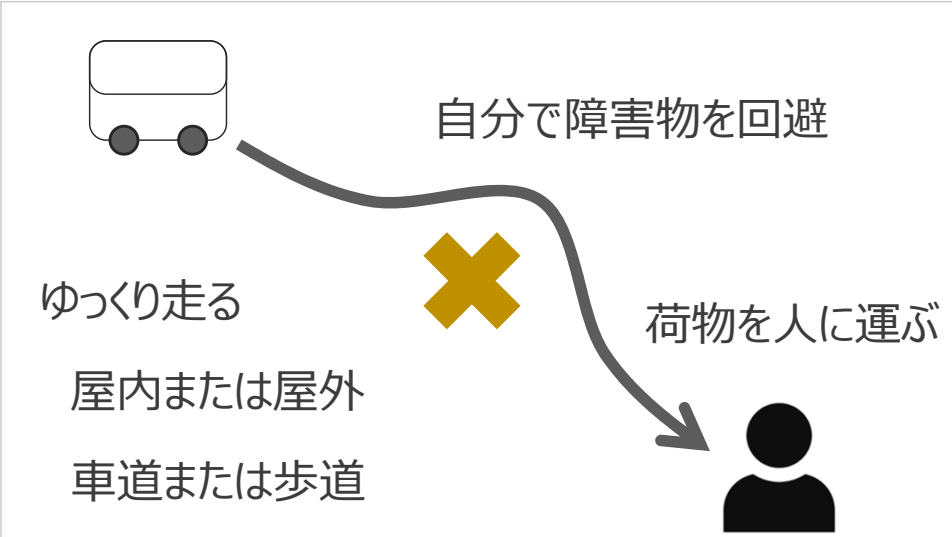
- 自動配送ロボットは、障害物を避けながら自動で走行し、荷物を運ぶロボット
- 自動車より小さくゆっくり走るので、屋内外問わず、幅広く利用できる可能性がある



自動配送ロボットの本文における定義

- 自動で走行し、荷物を人に配送する
- 人やモノを自分で避ける
- 自動車よりも小さくてゆっくり走る

※本稿ではロボットの利用場所を屋外に限定しない
※倉庫内で利用されるロボットとは区別する



自動配送ロボットの種類：小型～中型

- 多様なデザイン・性能で多くの低速・小型ロボットが開発されるも、歩行者と動線共有することもあり走行速度については一様に時速2～6km程度。大学内や限定的なエリアで商用利用も始まりつつある

低速・小型ロボット

メーカー	Kiwi	Starships	Amazon Robotics	Postmates (Uberに買収)	Robby Technologies	YAPE	Marble (CAT社に買収)
製品名	Kiwibot	Starship	Amazon Scout	Serve	Robby	YAPE	Marble
ステータス	商用利用	商用利用	実証中	実証中	実証中	実証中	商用利用
大きさ (L-W-H, cm)	56-43-56	57-68-55	76-61-74	79-64-105	-	60-70-80	NA-NA-122
速度	2.4km/h	6km/h	4～6km/h	4.8km/h	4～6km/h	4～6km/h	4.8～6km/h
積載量	約2食分	9.1kg	23kg	23kg	36kg	10kg	90kg

自動配送ロボットの種類：小型～中型

- 中速・中型ロボットについてもアメリカの一部州にて小売配送サービスに利用されている他、中国EC事業者の自社物流などで萌芽的な導入が見られる

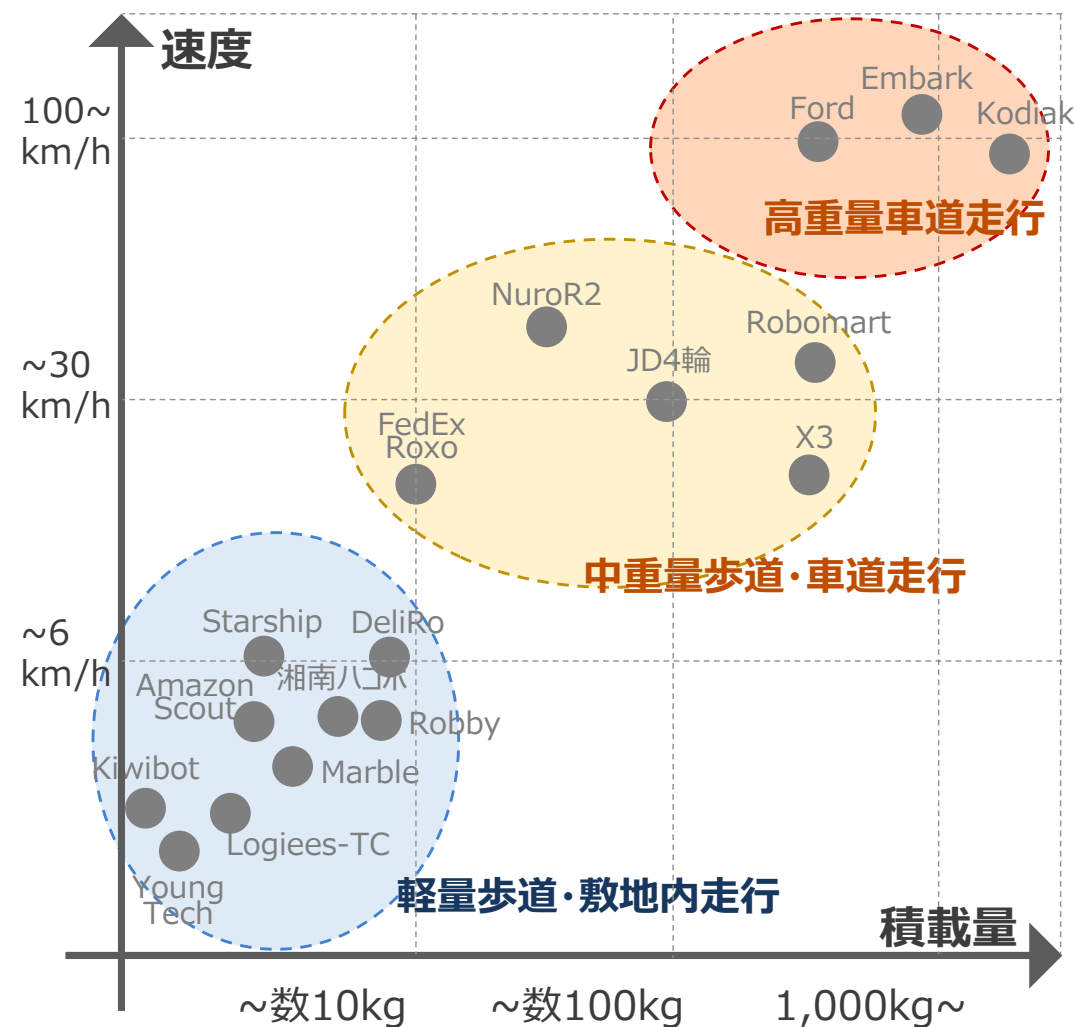
	低速・小型ロボット				中速・中型ロボット		
メーカー	Panasonic	ZMP	ティアフォー	川崎重工	京セラ	Nuro	JD.com
製品名	NA	DeliRo	Logiees-TC	FORRO	NA	NuroR2	4輪無人配送車
ステータス	実証中	実証中	実証中	実証中	実証中	商用利用	商用利用
大きさ (L-W-H, cm)	115-65-115	96-66-109	69-110-61	60-81.5-120	250-130-200	274-110-186	171-75-160
速度	4~6km/h	6km/h	3km/h	6km/h	15km/h	40km/h	15~30km/h
積載量	30kg	50kg	10kg	30kg	NA(荷室数20)	190kg	300kg

機体の使い分け

- 低速・小型ロボットは、機体スペックからラストワンマイルでの活用が期待される
- 中速・中型ロボットが今後登場するかどうかは、自動運転車両に対して訴求できるメリットがあるか次第

自動配送ロボットのスペック別マッピング

使い分けイメージ



分類	想定利用シーン	走行	国内検討状況
自動運転トラック	幹線輸送	車道	自動運転Lv3での走行が承認 特定条件下でシステムによる運転代替が可能
中速・中型ロボット	店舗配送	車道	議論が始まったところ
低速・小型ロボット	ラストワンマイル (CtoC) (リバース物流)	歩道	法整備完了 業界基準作成中

自動配送ロボットに関する実証実験・導入事例 マップ

離島・山間部
都市部・郊外

福島県会津若松市
TISが中山間地域での買い物代行で、ラストワンマイル配送をロボットが担うモデルの検証を実施

東京都奥多摩
日本郵便とZMPによる配送ロボットとドローンで荷物の受け渡しを伴う配送実証

広島県北広島町
Yper^{*1}のロボットLOMBYを用いて、中山間地域での活用を見据えた走行・混載実証

*1 Yperのロボットに関する事業は、新会社「LOMBY」に継承された(2022/5)

岡山県玉野市
地域の課題解決に向けて、自動配送ロボットを活用した配送サービスの実証実験を実施

神奈川県藤沢SST
パナソニックが住宅街で公道を走行するロボットによる配送サービスの実証実験を実施

神奈川県横須賀市
楽天とSEIYUによる公道走行するロボットを買う要したスーパーからの商品配送の実証

東京都竹芝エリア
ソフトバンクと佐川急便による信号機と連携した屋外配送の実証実験

東京都佃・月島エリア
ENEOSとZMPはSSを活用し、ロボットでのデリバリー事業の実証実験を実施

北海道石狩市
ヤマトと京セラコミュニケーションシステムが無人自動配送ロボットを活用した配送サービスの実証実験

茨城県筑西市
三菱商事、三菱地所、東京海上日動らによる、ロボットを用いた農産物の集荷・配送の実証

茨城県つくば市
楽天とHondaが筑波大学構内および一部公道で自動配送ロボットの走行実証

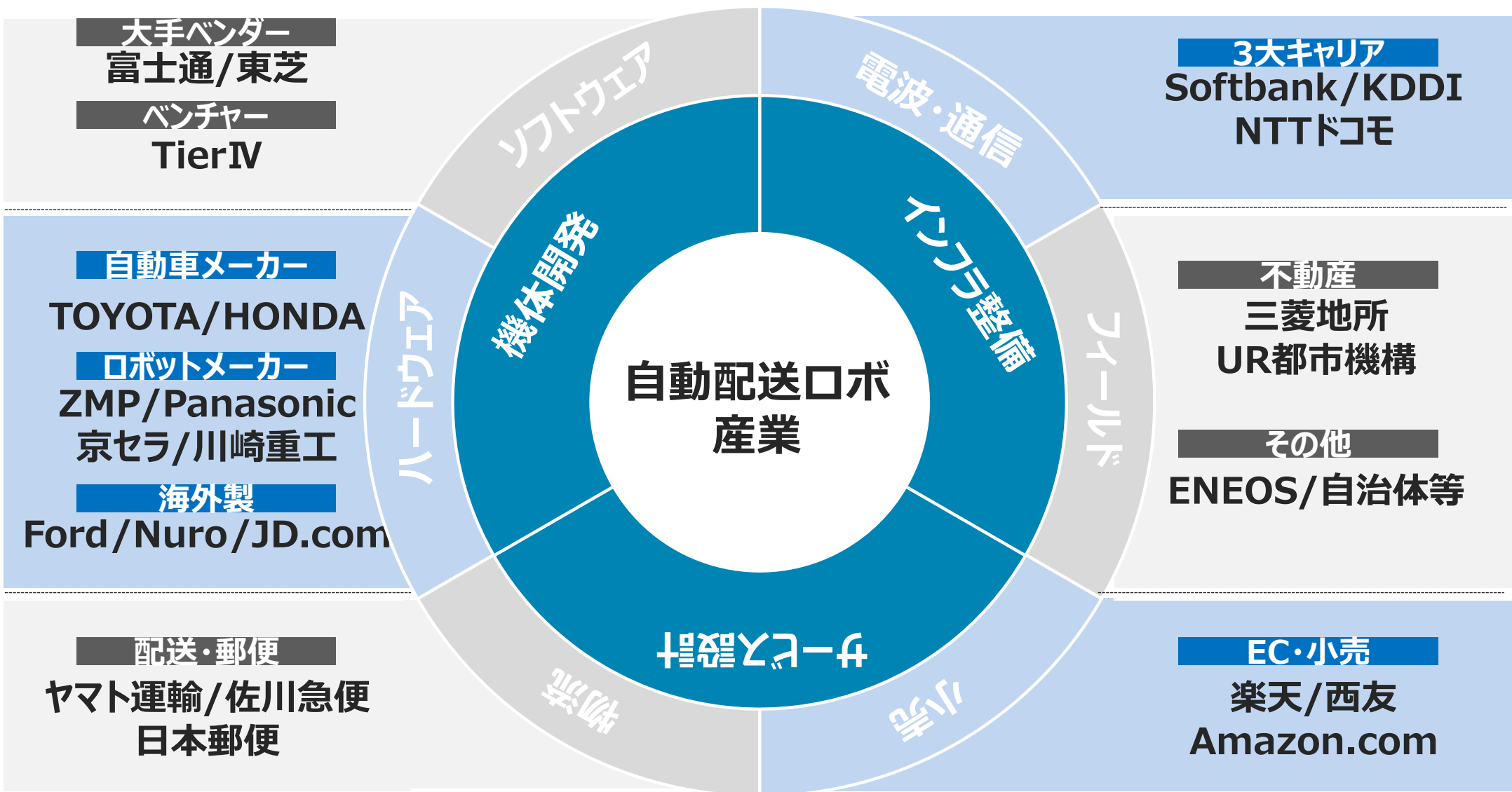
東京都墨田区・江東区
川崎重工、ティアフォー、損保ジャパン、SOMPOケアによる生活必需品の配送実証

東京都西新宿
KDDI、ティアフォー、損保ジャパン、小田急電鉄による5Gを活用した配送サービスの実証

東京都麹町
日本郵便はZMPのロボットを用いて、都内初となる公道での走行実証実験を行った

自動配送ロボット市場の国内プレイヤー整理

□ 配送ロボットの事業化は機体のみならず走行環境としてのインフラや小売・物流におけるサービス設計が関連しており、各領域の多様なプレイヤーが参画している



海外での導入・実証実験事例

□ 海外の事例では、概ね小売・飲食の配送サービスが中心

□ 導入されるフィールドは、店舗中心に半径4km以内や大学、公営住宅等の小規模商圏内

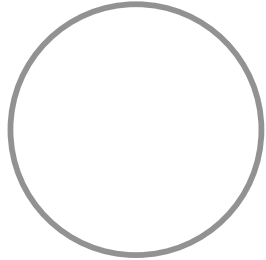

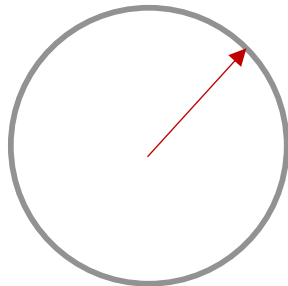
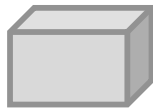

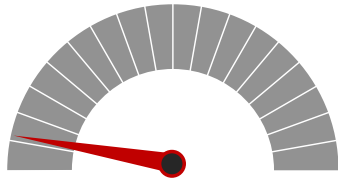

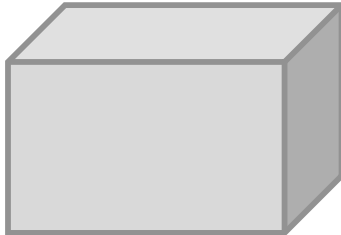
	導入企業	機体(メーカー)	用途	エリア	ステータス		
					技術検証	事業検証	実装
飲食店	Pizza Hut	SameDay Bot (FedEx)	フードデリバリー(ピザ)	メンフィス			
	Domino's Pizza	Starship (Starship Tech)	フードデリバリー(ピザ)	ドイツ・オランダの都市			
		R2X (Nuro)	フードデリバリー(ピザ)	テキサス州ヒューストン			
		DRU (自社機体)	フードデリバリー(ピザ)	クイーンズランド(豪)		?	
		Kiwi (Kiwibot)	フードデリバリー(学内)	ー			
	Pink Dot	Serve (Postmates)	フードデリバリー	ウエストハリウッド			
	学内飲食店	Starship (Starship Tech)	フードデリバリー(学内)	テネシー大学他多数			
配送代行	DoorDash	Starship (Starship Tech)	商品配送	レッドウッドシティ、ワシントンDC、サニーバール等			
		Marble (CAT Robotics)					?
	Yelp Eats 24	Marble (CAT Robotics)	フードデリバリー	サンフランシスコ			
	Just Eats	Starship (Starship Tech)	商品配送	英・独の都市(3マイル内)			
	Uber Eats	Serve (Postmates)	フードデリバリー	ロサンゼルス			
	武漢第九病院	4輪自動配送ロボット(JD.com)	医薬品配送	武漢		?	
	Amazon	Amazon Scout(Amazon)	EC配送	ワシントンDC			
EC・小売	Stop&Shop	Robomart(Robomart)	移動店舗	ウエストハリウッド			
	Walmart	R2X (Nuro)	買い物代行	テキサス州ヒューストン、アリゾナ州、フロリダ州マイアミ、ワシントンDC等			
		CruiseAV (GM Cruise)					
		名称未発表(Ford/ArgoAI)					
	Kroger	R2X (Nuro)	買い物代行	テキサス州ヒューストン			

Section 4

物流新技術の今後の方向性に関する考察

ドローンと自動配送ロボットの比較

- ドローンと自動配送ロボットはいずれも物流のラストワンマイルを担いうるロボティクス
- 両者には特性やオペレーション、その他様々な違いがあるため、使い分けがなされる

	大きさ	速さ	範囲	ペイロード
ドローン	物流ドローンはロボットより 大きい場合が多い  Φ1.5m	原付くらいの速度  30km/h	直線で移動でき範囲も広い  20km	人が持てる重さ  5~10kg
自動配送 ロボット (低速小型)	 1.2×0.7m	早歩き の速度  6km/h	たった2km先の配送でも 往復に1時間くらいかかる  2km	人が持てない重さ  30~50kg

※各数値は機体スペックによるため目安

社会実装に向けたシナリオ（仮説）

- ドローンは配送コストが問題になりにくい地方で導入が進む。今後荷量を確保しスケール出来るかが鍵
- ロボットは初期導入に難しさあるも、都市の荷量を捉えれば経済性を確保しやすく、普及が速い可能性

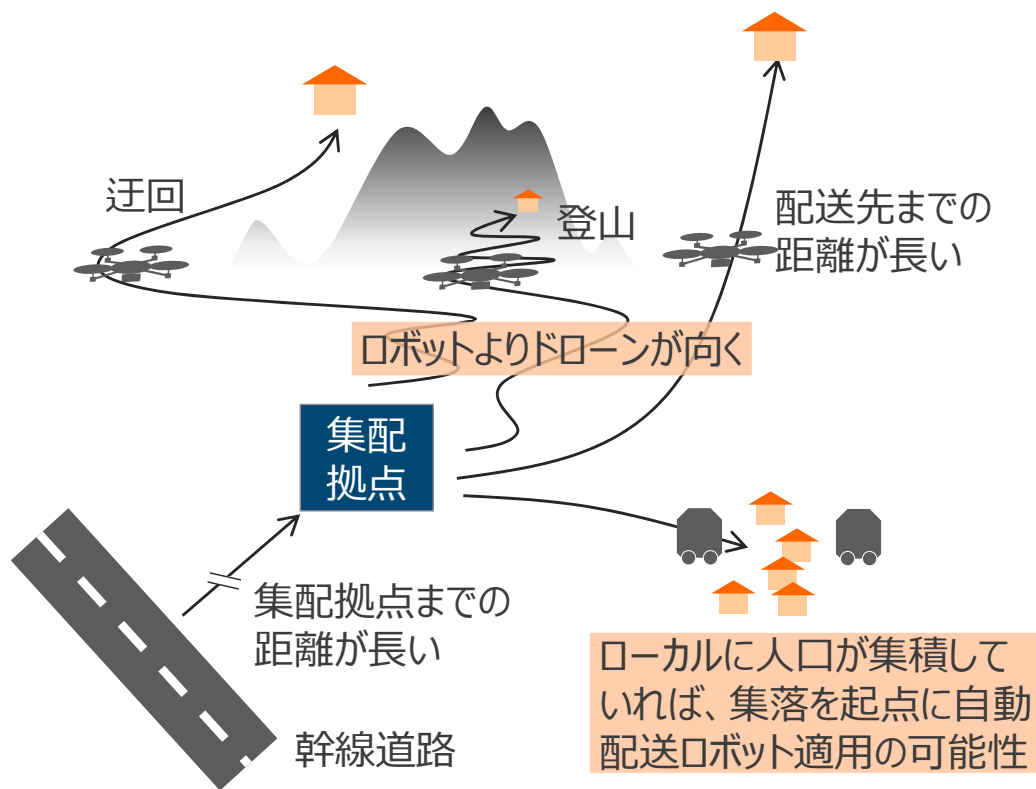
	導入	普及
主な論点	1 配送あたりのコスト負担	荷量の確保
ドローン	<p>地域 ドローンは地方のニーズを捉えて実装</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 地方ではドローン配送のコストを住民が負担できる可能性がある（買い物難民等） ● 地方ではドローン配送のコストを宅配事業者が負担できる可能性がある（ユニバーサルサービス） ● 自治体の協力や助成を得やすい（買い物・配送の課題は自治体の課題でもある） 	<p>地域 ドローン活躍の舞台は地域中心</p> <p>都市 社会受容性が醸成されれば、都市も視野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 地方部では荷量を伸ばすことが難しい（類似地域への横展開にとどまる可能性） ● ドローンが人口密集地で飛べるようになるのはしばらく先になると見られる
自動配送ロボット	<p>都市 ロボットは導入段階から都市部を見据える</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 既存の配送よりもコストを抑えることが困難（都市部では既に物流網が発達しており、人の確保も容易） 	<p>都市 都市部でスケール</p> <p>地域 機体価格低下に伴って、地方へ拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 都市部の配送需要を捉えて普及推進 ● 機体価格が低下し、普及の更なる加速

自動配送ロボットとドローンを組み合わせた配送モデルの可能性

□ 過疎地では、集配拠点から配送先まで距離が長く、迂回が必要なケースもある

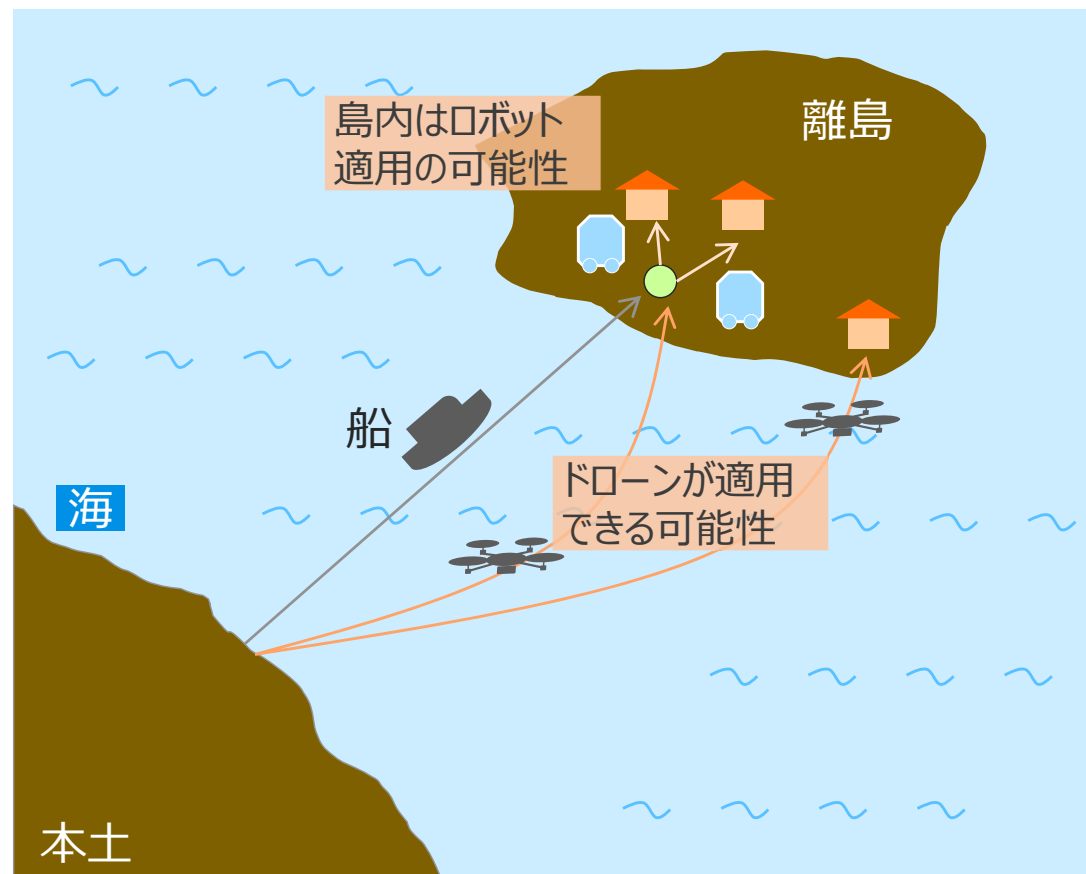
□ 離島では、域内はロボット適用の可能性あるも、本土⇔離島間の物流はドローン適用の可能性

過疎地・山間部



- 過疎地や山間部は道が悪く配送距離も延びがちであり、自動配送ロボットとの相性は良くない
- 人口が集積したマイクロな領域では適用可能性ある

離島



- 本土⇔離島間はドローンで時短配送できれば需要はあると見られるが、重量物を運べないため商材は限定
- 島内は、人口密度や路面等、条件次第

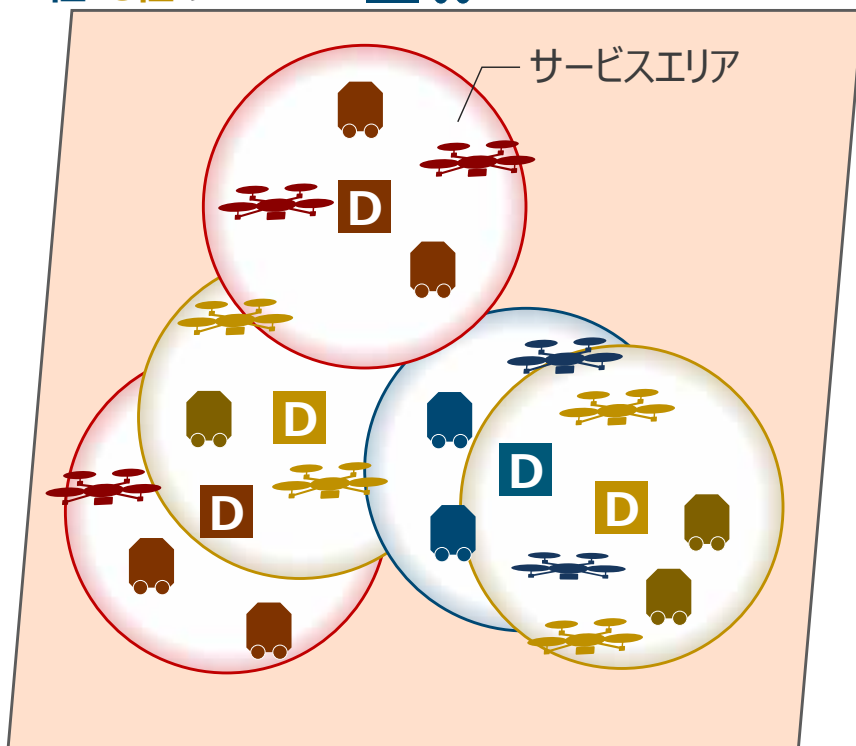
自動搬送ロボット・ドローンによる配送サービス普及に向けて

- 今後、事業者が個別で自動化・効率化図った結果、全体として効率を損なってしまう可能性がある
- 事業者間で協調し、街づくりの観点から「持続可能な配送網」を構築して行くことが理想的

各社が個別にロボット導入を図った場合

A社のデポとロボット :   

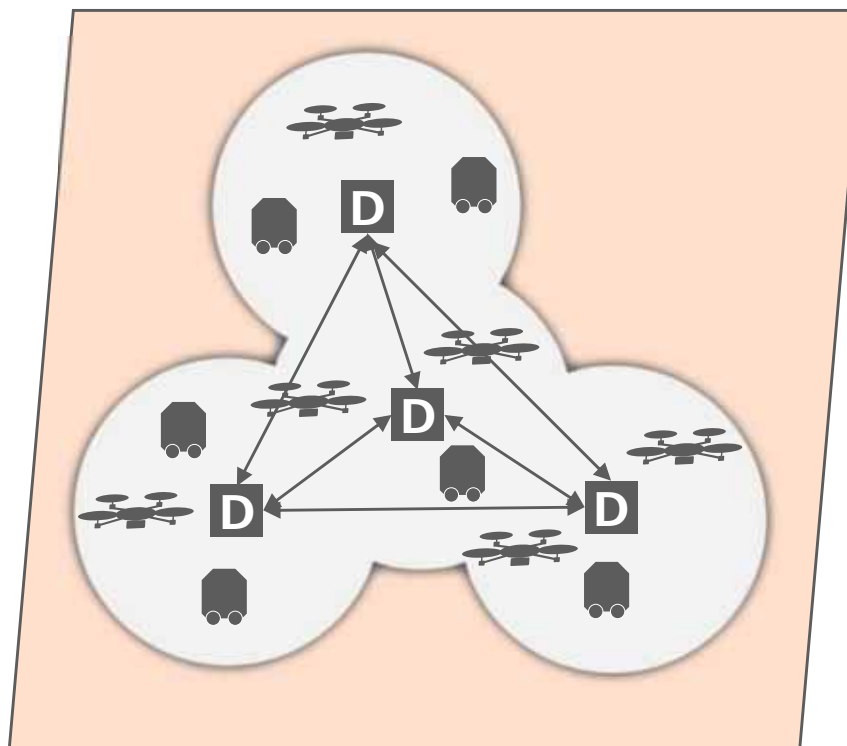
B社・C社の // :      



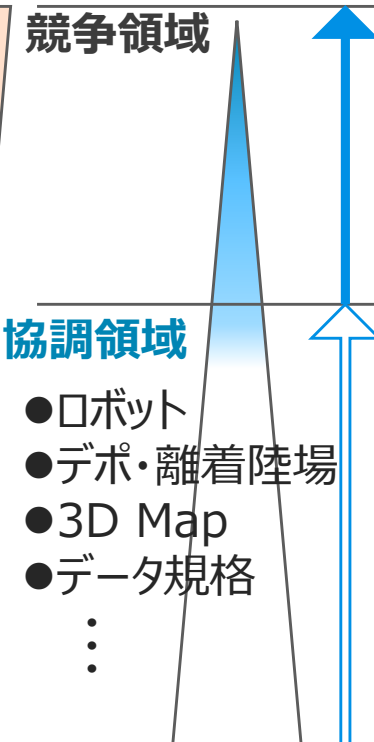
- 様々な事業者が個別にデポを作って配送サービス設計すると、全体で非効率が生じる可能性 (過剰な台数のロボット・ドローン、デポ、エリアの重複等)

各社が協調的にロボット導入を図った場合

A・B・C社共用のデポとロボット :   



- デポやロボット・ドローン、その他インフラ等が事業者をまたいで共同利用でき、ロボットがデポ間を移動できることがコスト負担・稼働率の観点から望ましい
- 事業者間で協調しながらロボット導入を進めるのが理想



【参考】物流領域に適用されている／適用されうる最適化技術の類型

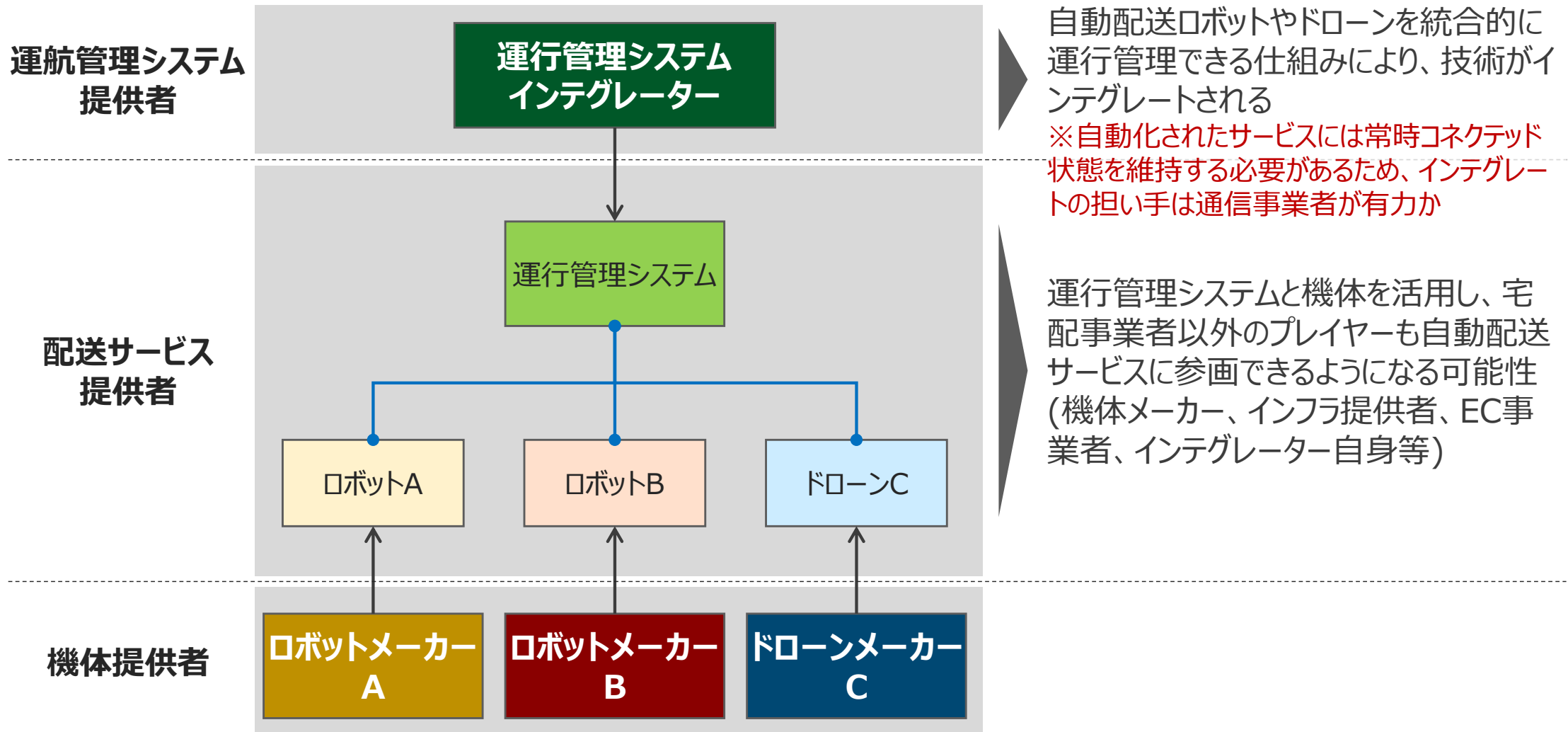
- 物流に限らず汎用的なソルバとして、①量子アニーリングと ②シミュレーテッドアニーリング がある
- 物流領域に特化し、③AIと数理アルゴリズムを組み合わせたソリューションも存在する

依拠する理論	概要	用途
<p>1</p> <p>量子アニーリング</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●1998年、東工大の西森教授によって提唱 ●理論は古いが量子技術の進歩により、2011年に商用化 ※量子コンピュータの中でも、組合せ最適化問題を解くことに特化したもの 	<ul style="list-style-type: none"> ●物流に限らず多岐（金融や創薬等）
<p>2</p> <p>シミュレーテッドアニーリング (疑似アニーリング/焼きなまし法)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●1983年に考案された理論で、分類上メタヒューリスティックに含まれる ●従来の古典コンピュータで組合せ最適化問題を解く技術 ●量子アニーリングの登場で再注目された ●開発しているのは日系大手メーカーのみ 	
<p>3</p> <p>メタヒューリスティック</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●組合せ最適化問題を解く汎用的な数理アルゴリズムであり、上記焼きなまし法も含まれる ●AIと組合せ、物流分野の特定の領域で最適解探索するソリューションが提案されている 	<ul style="list-style-type: none"> ●物流分野に特化（配送ルート・計画最適化）

自動配送サービスの担い手とプラットフォーム

- 統合的な運行管理システムを提供する通信事業者がインテグレーターとなる可能性もある

自動配送サービスのレイヤー構造



ディスクレーマー・問い合わせ先

本件に関して、ご質問・ご相談等がございましたら、何なりと下記連絡先にお問い合わせください。

株式会社日本政策投資銀行

産業調査部兼航空宇宙室 調査役 岩本 学  TEL: 03-3244-1249  E-mail: maiwamo@dbj.jp

**著作権 (C) Development Bank of Japan Inc. 2022、Japan Economic research Institute Inc. 2022
当資料は、株式会社日本政策投資銀行 (DBJ) 及び株式会社日本経済研究所により作成されたものです。**

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引などを勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願いいたします。

本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡ください。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず『出所：日本政策投資銀行』と明記してください。