

平成30年度 省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及 促進事業委託費（新規分野の国際ルールイン テリジェンスに関する調査（自律走行ロボットの 活用に向けた国際標準化戦略に係る調査））

調査報告書

2019年3月

エグゼクティブサマリー（1/5）

【背景】

- 日本ではEC市場の拡大などを受けて国内配送需要が急増する一方で、高齢化・若年層の敬遠・労働環境改善などにより配送人員確保が困難になっており、ラストワンマイル配送において深刻な人員不足が発生している
- 上記課題解決の手段として以下の理由から自律走行型ロボットの活用が検討されている
 - 短距離を中心に自律走行型ロボットによる無人配送を実現することで配送人員の不足をカバーすることが可能
 - 上記に加え、配送員のサポートとして活用することで配送の効率化を実現可能
- 自律走行型ロボットについてはこれまでも配送・EC・不動産などのロボット活用事業者が中心となって私有地での実証実験が進められてきた一方、現行制度ではロボットの公道走行は認められておらず商用化・事業拡大のハードルとなっている

【調査の概要】

- 上記背景を踏まえ、本PJTでは自律走行型ロボットを活用したサービスを国内で実現する具体的戦略を明らかにするために、「海外の政策動向」「主要プレイヤーのビジネス動向」「社会実装に向けた戦略」「協議会の組成」という4つの論点について調査・検討を実施した
- 調査にあたっては、文献調査に加えて国内外のプレイヤーへのヒアリングを集中的に行い、当該調査結果を基に社会実装に向けた戦略と協議会組成に関する検討を進めた
 - 国内ではロボットメーカー9社、ロボット活用事業者9社、5自治体に対して合計27回のヒアリングを実施
 - 米国ではロボットメーカー5社へのヒアリングを実施
- 本報告書では上記調査・検討の結果を「海外の動向」「自律走行型ロボットの必要性」「社会実装に向けた課題」「協議会の組成方針」という4つの視点からまとめた

エグゼクティブサマリー（2/5）

【海外の動向】

- 海外、特に米国では時間指定ができないなど利便性の低いサービスや配送料高騰によるユーザーエクスペリエンスの悪化という、ビジネス上の課題への対応策として自律走行型ロボットによる配送サービスへの関心が高まっている
- 一部の州・都市でロボットの公道走行を可能にする規制緩和が進められるなどビジネス環境も整いつつあり、米国の一部スタートアップは既に自社の自律走行型ロボットによるオンデマンド配送サービスを開始している
 - 米国では、ワシントンDCが2016年にロボットの公道走行を認めるパイロットプログラムを開始したのを皮切りに、これまで10州においてロボットの公道走行を認める規制緩和が行われてきた
 - こうした規制緩和の動きを受け、Starshipは既に3か国¹で自律走行型ロボットによるオンデマンド配送サービスを開始しているほか、Marble・Robbyなどのスタートアップ企業も早期のサービスインを目指しており、本事業領域の企業は今後益々増加していく見込みである
- 上記のように海外では自律走行型ロボットによる配送サービスの普及が見込まれている一方で、日本ではこれまで規制緩和に関する具体的議論が行われてこなかったこともあり、自律走行型ロボットによるサービスを目指している企業、特にロボットメーカーの数は限定的である
 - 日本ではロボット活用事業者による実証実験が積極的に進められているが、当該実証実験ではZMP社の取組例を除けばほとんどが海外スタートアップ企業のロボットが使用されている

¹ 米国・英国・エストニア

エグゼクティブサマリー (3/5)

【自律走行型ロボットの必要性】

- 前述した現状の一方日本では、配送需要の急拡大にも関わらず物流業界の担い手が減少傾向にあり、この課題を解決するためには無人での配送を実現する自律走行型ロボットによるサービスの実現が必要不可欠である
- 課題解決手段として自動運転車の活用も考えられるが、課題の緊急性と規制面・技術面の課題を踏まえた実現タイムラインを考えると、まずは自律走行型ロボットを速やかに実現し課題に対処すべき
 - 自律走行型ロボットについては、既に海外ではStarshipなどがサービスインしていることから技術的には確立されており、規制緩和が進めば数年以内に国内でも実現可能
 - 自動運転車については自動運転に関わる規制・技術両面で課題が多く存在し、無人配送に必要な自動運転レベル 5 を想定すると実現には自律走行型ロボット以上に時間がかかることが想定される
- さらに、将来的に自動運転車の実現した場合にも自動運転車と自律走行型ロボットとでユースケースは異なり、両者は共存していくことが想定される
 - 自動運転車の実現した場合でも自動運転車がオンデマンドで短距離・少量配送を担うことはROIが低く非現実的である
 - よって、自動運転車は長距離・大量配送を主とし、自律走行型ロボットが短距離（約 2 マイル圏内）・少量配送を主とするユースケースの棲み分けが発生すると考えられる

エグゼクティブサマリー（4/5）

【社会実装に向けた課題と協議会の組成方針】

- 国内外企業へのヒアリング結果を踏まえると、国内で自律走行型ロボットによるサービスを実現するためには規制、社会的受容性、標準化、インフラ、配送サービス、ロボット製造の6つの課題を解決する必要がある
- 上記課題を解決するためには、ロボットメーカー・ロボット活用事業者に加えて自治体や規制官庁が参加し、業界横断で議論していく場の創設が必要であり、経済産業省が主導して早期に協議会を立ち上げることが期待される
- 協議会では、先ず構成員が共有しその後の議論の土台となる将来ビジョンを策定した後、「公道走行を可能にする規制緩和」、「自律走行型ロボットに関する標準化」、「自律走行型ロボットビジネス戦略」の3テーマについてWGなどで集中的に議論していくことが考えられる
 - 規制緩和については、規制のサンドボックスや新事業特例制度を活用し公道実証実験を早期に実現する動きが一部事業者主導で進められているため、協議会としては実証参加企業を増やすなどの横展開を推進するとともに、実証実験を通じて将来必要となる法令上の枠組みの設計・検証を進めることが考えられる
 - （標準化については下記【標準化戦略】を参照）
 - ロボットビジネス戦略については、以下の3点を検討すべきではないか
 - 量産化に向けて価格面で国際競争力があり高品質なロボット開発の為の戦略
 - 現状、自律走行型ロボットの製造コストが高止まりであるために生産規模が拡大せず、一方で生産規模が小さいが故に製造コストが高止まりになるというチキン・エッグの問題が日米共通で発生している
 - データ連携・APIに関する企業間の協調戦略
 - 3D地図データの共有化、サービス提供にあたってのAPIの共通化などは各企業が協調することで事業化を促進できる領域である
 - 最適な配送システムの構築を進める具体的戦略
 - 配送元と配送先を結ぶ配送ルート最適化や、店舗側のリードタイムを含めた最適なフリートマネジメントシステムの構築は日米双方で発展途上であり、今後日本としても戦っていける領域である

エグゼクティブサマリー（5/5）

【標準化戦略】

- 標準化については、強制規格や任意規格の策定がロボットの安全性確保、企業の国際競争力強化や事業化促進に貢献すると考えられることから、自律走行型ロボットに関してどのような標準化を進めるべきかを検討することが考えられる
 - 標準化を進める方法としては、①法令化、②デジュール化、③フォーラム化/デファクト化の3つが考えられ、それぞれの具体的内容については安全性確保と国際競争力強化/事業化促進という各目的に応じて整理できる
 - 今後協議会で上記①～③を検討する際にはそれぞれ以下の点について留意が必要である
 - ①法令の枠組みは安全性確保のみならず企業の国際競争力にも直結するものであり、将来的な技術発展やビジネス機会を妨げる過度に抑制的な規定を避け、柔軟性のある規定を設けるべきである
 - 特に速度・重量・容量などロボットの機能を制限する規定について柔軟性を持たせることで、将来的にサービス提供企業が多様なユースケースを設定することが可能となり、国際競争力を確保しやすくなると想定される
 - ②本事業領域におけるデジュール化は国際競争力強化には直結しないものの、ロボットによるサービス提供上の安全性確保や事業化・サービス普及に資するデジュールを作成するよう検討していくべきである
 - ③3D地図データ仕様、企業間でのAPI共通化やHW部品・部材の共通化などのフォーラム化/デファクト化は事業化促進や競争力強化に資するものであり、これらを推進する企業間の連携スキームを早期に検討すべきである
 - 標準化のプロセスとしては、先ず任意規格の策定から始め、最終的に任意規格の内容も勘案しつつ強制規格を策定していくのが現実的である
 - 強制規格が実現するのは自律走行型ロボットが法令上定義される際であり、現在描いている時間軸で少なくとも5年程度の時間がかかる見込みであることから、先ずは任意規格の策定から進めていくのが現実的である

Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

ラストワンマイル配送を巡る現状の課題とロボットの提供価値

近年深刻な社会課題となっているラストワンマイル配送における人員不足を解消する手段として、配送サービスへの自律走行型ロボットの活用が注目を集めている

背景

国内における配送需要の拡大

- EC市場の拡大などを受け、国内の宅配便取扱個数は年6%ペースで増加
- フードデリバリーについても日本は世界第4位の市場規模を有しており、2021年には1兆円市場へと拡大する見込み

ラストワンマイル配送に携わる担い手の不足

- 運送業に携わるスタッフの約4割が50歳以上であり、高齢化が進展¹
- 低賃金・長時間労働の傾向等から運送業への若年入職者は近年減少傾向
- 運送事業各社の労働環境改善に向けた取組強化により労働時間は減少傾向

現状の課題とロボの提供価値

ラストワンマイル配送における人員不足が深刻な社会課題に

- 国内配送需要が急拡大する一方で、トラックドライバーなどの配送人員の伸びは横ばいであり、ラストワンマイル配送において深刻な人員不足が発生
- 上記に加え、宅配便の約2割で再配達が発生し²、人員不足に拍車をかけている状況

上記課題解決の手段として自律走行型ロボットの活用が検討

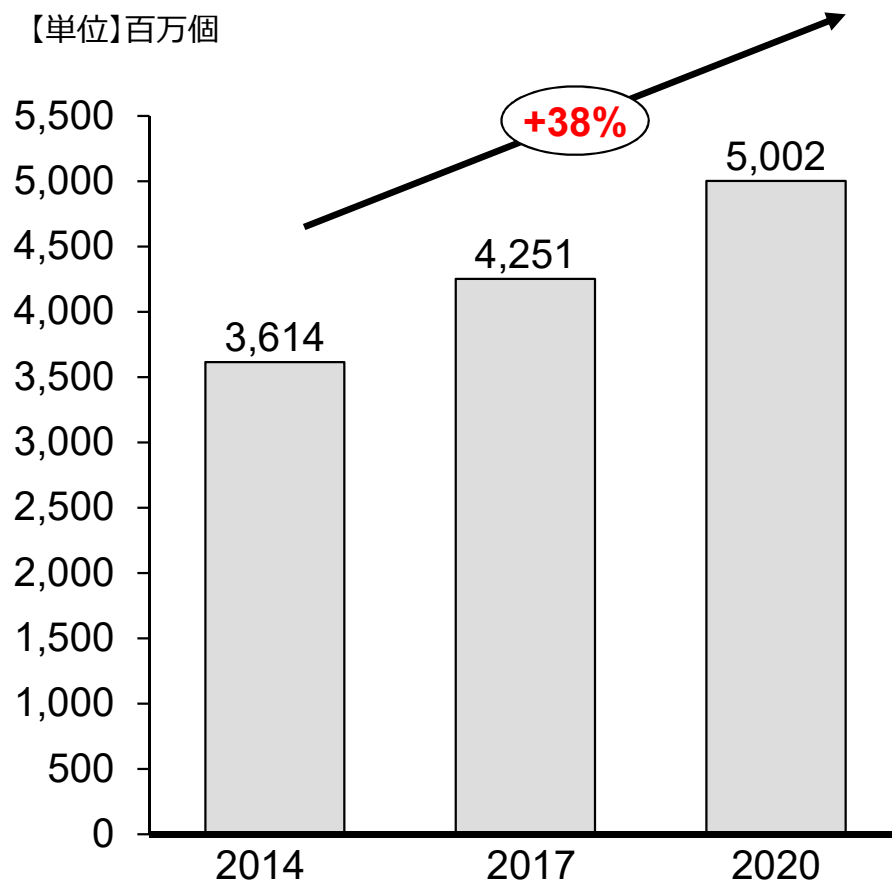
- 短距離を中心に自律走行型ロボットによる配送を実現することで**配送人員の不足をカバー**することが可能
 - 上記により、コストの大部分を占める人件費を削減し配送コストを削減することも可能
- 上記に加え、配送員のサポートとして活用することで**配送の効率化**を実現可能

¹ 総務省「労働力調査」 ² 国土交通省資料

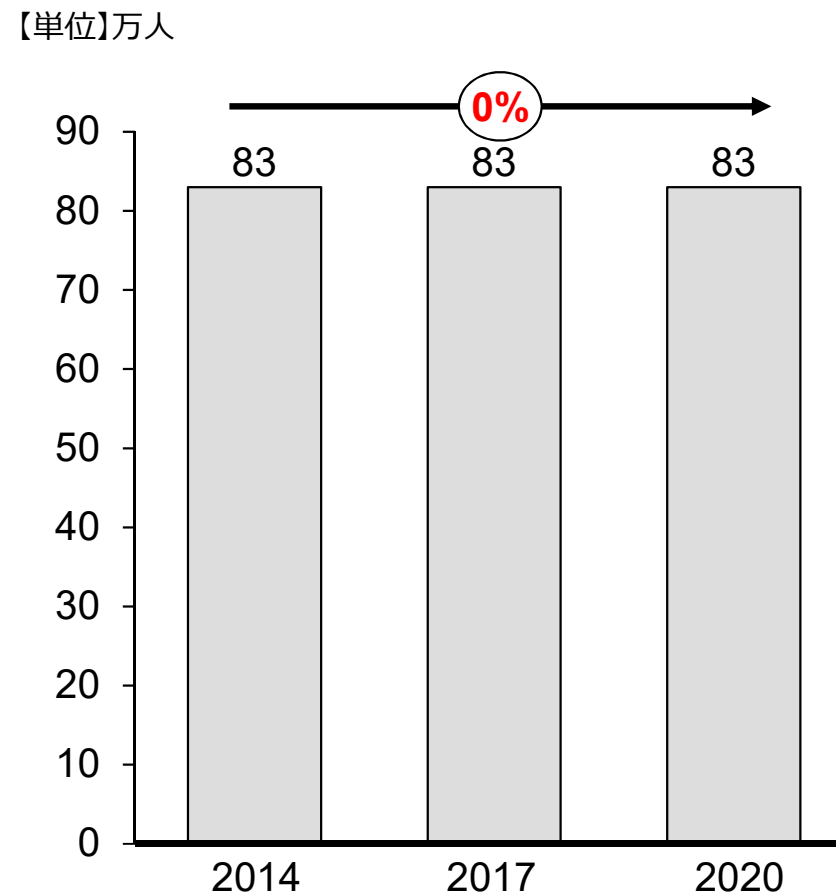
ラストワンマイル配送の現状

ECサイトの普及により宅配荷物量が急速に増える一方で、物流の担い手は横ばいで推移しており、ラストワンマイル配送における人員不足が深刻な社会課題となっている

宅配便取扱個数の推移¹



物流トラックドライバー数の推移²



¹国土交通省「宅急便取扱個数の調査」より作成

²総務省「労働力調査」より作成

Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

調査論点と本報告書における各項目の整理

本PJTでは海外の政策動向・主要プレイヤーのビジネス動向・社会実装に向けた戦略・協議会の組成という4つの論点について調査を行い、そこで得られた情報・示唆を報告書にまとめた

論点	調査・検討のポイント	本報告書の対応項目	
1 海外の政策動向	- 法規制を導入済みの国・州・都市の整理 - 米国各州・都市における法規制の概要 - 規制導入の背景 - 規制導入後の影響・動き	1 海外の動向	2 自律走行型ロボットの必要性
2 主要プレイヤーの ビジネス動向 (国内・米国)	- 主要プレイヤーのビジネス展開へのアプローチ - 自律走行型ロボットの想定ユースケース - 自律走行型ロボットの想定ビジネスモデル - ロボットの競争領域・非競争領域の整理	3 社会実装に向けた 課題	
3 社会実装に向け た戦略	- 自律走行型ロボットによるサービス実現に向けた課題の整理 - 課題解決手段の検討 - 標準化戦略の検討		
4 協議会の組成	- 協議会の検討事項 - 協議会の構成		4 協議会の組成方針

4つの論点について文献調査に加えて国内外のプレイヤーへのヒアリング調査¹を行い、当該調査結果を基に社会実装に向けた戦略と協議会組成に関する検討を進めた



Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

世界の自律走行型ロボットの法整備状況

米国では州・市レベルで自律走行型ロボットの公道走行を認める法整備が進められている一方、その他の国・地域ではエストニアを除き具体的な法整備は進んでいない

国・地域		導入時期	規制の例			
			走行速度 ²	ロボット重量 ³	走行可能場所	
米 国	ワシントンDC		2016/9 ¹	~16 km/h	41 kg	歩道・交差点
	ヴァージニア		2017/2	~16 km/h	23 kg	歩道・交差点
	アイダホ		2017/3	~16 km/h	36 kg	歩道・交差点
	ウィスコンシン		2017/6	~16 km/h	36 kg	歩道・交差点
	フロリダ		2017/6	~16 km/h	36 kg	歩道・交差点
	オハイオ		2017/9	~16 km/h	41 kg	歩道・交差点
	アリゾナ		2018/5	~16 km/h	45 kg	歩道・交差点
	ユタ		2018/5	~16 km/h	68 kg	歩道・交差点
	テキサス	オースティンシティ	2017/6	~16 km/h	136 kg	歩道・交差点
	カリフォルニア	サンフランシスコ	2017/12	~4.8 km/h	規定なし	歩道・交差点 ⁴
レッドウッドシティ		2017/11	~16 km/h	36 kg	歩道・交差点	
コンコード		2017/10	~16 km/h	227 kg	歩道・交差点	
そ 他	エストニア		2017/6	~6 km/h	50kg	歩道・交差点
	その他		未整備（英国などの一部の欧州諸国では既存制度内で容認しているケースも）			

¹パイロットプログラムとして実施の後、2018/7に更なる規制緩和を含む法が成立

²1mile=1.6kmとして計算

³1kg=2.2lbsとして計算

⁴工業地帯に限定

米国各州における自律走行型ロボットの法規制の詳細（1/2）

いずれの州においても法規制は自律走行型ロボットに対する規制とオペレーターに対する規制から構成されており、また規制内容の多くが州の間で共通している

規制の対象	規制の種類	規制の内容	導入自治体							
			DC	VA	ID	WI	FL	OH	AZ	UT
Personal Delivery Device (PDD) ¹	PDDの定義	PDDは電気で駆動するデバイス	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		州内の歩道・交差点を走行する	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		荷物の運送を主たる目的とする		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Motor Vehicleには含まれない	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	PDDが負う交通上の義務	基本的には歩行者と同様の義務を負う		✓	✓		✓	✓	✓	✓
		接触の可能性がある場合は歩行者が優先		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	PDDが備えるべき製造上の義務	ブレーキシステムを備える		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		発光ライトと反射板を備える		✓		✓		✓		✓
		識別番号を記載したプレート等を備える		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		速度制限	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		車体の重量制限	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

¹ 米国各州・市における法規制上の自律走行型ロボットの名称

米国各州における自律走行型ロボットの法規制の詳細（2/2）

いずれの州においても法規制は自律走行型ロボットに対する規制とオペレーターに対する規制から構成されており、また規制内容の多くが州の間で共通している

規制の対象	規制の種類	規制の内容	導入自治体							
			DC	VA	ID	WI	FL	OH	AZ	UT
PDDオペレーター	オペレーターの定義	PDDに対してコントロール/モニタリング/ナビゲーション/オペレーションを実施する者	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		PDDによる発送を依頼する者は含まない		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		PDDによる発送をアレンジする者は含まない		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	オペレーターが負う義務	PDDのコントロール	¹ (✓)	✓	✓	✓	✓		✓	✓
		強制保険への加入					✓	✓	✓	✓
		州政府へのPDD登録	² ✓	✓					✓	
		ルールに違反した場合の罰金	✓	✓		✓		✓	✓	

¹ 不具合が生じた時のみコントロールする責務を負う ² 事業を行う前に規制当局からの許認可を取得する責務を負う

規制導入の流れ – ワシントンDC

ワシントンDCでは、リーダーシップのイノベーションに対する積極的な姿勢とスターシップ社の活発なロビー活動により、他州に先駆けてロボットの歩道走行を認める規制緩和が進められた

規制導入への流れ

2015

バウザー氏が市長に就任し、Technology and Innovation Hubの設立をはじめとして、スタートアップやテクノロジーイノベーションを支援する政策が進められる

2016/
3~6

Starshipの協力のもと、**チェ市議が全米ではじめて自律走行型ロボットの走行を認めるパイロット法案を作成し市議会へ提出、可決される**

2016/6~
2017/12

パイロット法案の導入により市内中心部以外での自律走行型ロボットの走行が可能になり、Starshipによる実証実験が行われる

2018/7

パイロット法案に代わり、ビジネス中心部での走行を認可、重量制限の緩和などの内容が含まれたPersonal Delivery Device Act of 2018が可決され、規制緩和が進む

自律走行型ロボット導入推進派のコメント



Mary Cheh
ワシントンDC市議

✓ **米国で一番最初に自律走行型ロボットを運用したいという希望がある**

✓ ワシントンがイノベーションの町として認知されるようにしたい



Starship関係者

✓ パイロット法の可決により、DCがスターシップ社にとって世界中の中でも特に重要な場所となった

規制導入の流れ – サンフランシスコ市

サンフランシスコ市ではMarbleが行った実証実験を受け、市民団体や一部議員からロボットの公道走行に係る安全性に対して反対の声が上がり、結果的に非常に制限的な規制が設けられた

規制導入への流れ

2017/ 4

MarbleがYelp24とサンフランシスコ市内で自律走行型ロボットを用いたデリバリーサービスの実証実験を開始

市民団体から歩行者を危険に晒すものであるとして反対の声があがる

2017/ 5

Norman Yee サンフランシスコ市議が**自律走行型ロボットの公道走行を全面的に禁止する法律案を提出**

2017/10

全面禁止に対して必要な支持が得られなかったため、Yee市議は法律案を一部修正し再提出

2017/12

サンフランシスコ市議会は満場一致で法律案可決し、規制が導入された

規制導入派のコメント



市民団体
Senior &
Disability Action

- ✓ 歩道は我々が歩くための場所であり、リモートで操作されたロボットが遊ぶための場所ではない
- ✓ 歩道を使って金儲けをしたり、市民の職を脅かすようなことは認められない



Norman Yee
サンフランシスコ市議

- ✓ 歩道は人のために存在している
- ✓ 様々なステークホルダーと議論を重ねた結果、**人々が安全に通行する権利を守るためには自立走行ロボットを全面的に禁止することが最適**であるとの結論に至った

Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

ヒアリングから得られた示唆（1/3）

日米双方が抱える社会課題に対して自律走行型ロボットは有効な解決手段であり、ニーズも存在しているが、日本では規制が自律走行型ロボットによる配送サービス普及の最大の障壁となっている

ヒアリング確認事項

日本

アメリカ

1

解決したい社会課題はなにか？

ラストワンマイル配送における人員不足

- 配送人員の不足により注文を断るケースが発生（国内サービス）
- 建物内配送に携わる人手不足が深刻な課題となっている（国内サービス）

利便性の低い配送サービス及び高騰する配送料

- 大多数の人は出来るだけオンデマンドでモノを手に入れたいが、現状の配送サービスはそのニーズを満たせていない（米国ロボットメーカー）
- 既存のオンデマンド配送が\$10-15/回で提供している配送サービスを\$2程度まで下げることを目指す（米国ロボットメーカー）

2

自動運転車の実現した場合でも自律走行型ロボットは必要か？

自動運転車と自律走行型ロボットのユースケースは異なり両者は共存

- 自動運転車の実現するにはあと10年かかると考えられており、自動運転車の技術に似ていてニーズの高いデリバリーロボットの開発に取り組むことにした（米国ロボットメーカー）
- フードは一般的にオンデマンド性が高く、1回に配達するのは1~2軒であるため小さいロボットでピストン輸送するモデルが適当（国内サービス）
- 物流拠点間の輸送は自動運転車、ラストワンマイル配送は自律走行型ロボットの活用を検討している（国内サービス）

ヒアリングから得られた示唆（2/3）

日米双方が抱える社会課題に対して自律走行型ロボットは有効な解決手段であり、ニーズも存在しているが、日本では規制が自律走行型ロボットによる配送サービス普及の最大の障壁となっている

ヒアリング確認事項

日本

アメリカ

3

どのようなユースケースが考えられるか？

自律走行型ロボットについてはフード、グロサリー、パースルの3分野における近距離配送が主となる

- 配送範囲は全世界共通で2mile以内と決めている、特にフードは出来上がってから30分以内に配達するため範囲を限定している（米国ロボットメーカー）
- あくまでも一定エリアにおける配送ニーズに対応することを想定しており、自律走行型ロボットがカバーする範囲は300m程度と考えている（国内サービス）
- ユースケースとしてはB2C向けの小包配送を想定しており、郵便局からユーザーへの配送又は集合住宅内での配送を検討している（国内サービス）

4

どのようなビジネスモデルを考えているか？

メーカーとサービスが各々ロボット製造とオペレーションを担うモデル

- 自社開発は考えておらず、実績を重視して他社から調達する（国内サービス）
- モビリティ関係リスクを避けるためロボットは外部調達が前提（国内サービス）
- ロボットは基本リース提供（国内ロボットメーカー）

メーカーがロボット製造からオペレーションまで一気通貫で行うモデル

- ユーザーが自社アプリを通じて配送を依頼するオンデマンドサービスを提供（米国ロボットメーカー）
- 自律走行型ロボット自身がマーケットプレイスとなり、自社アプリ上で注文を受付けて顧客に商品を届けるサービスを提供（米国ロボットメーカー）

ヒアリングから得られた示唆（3/3）

日米双方が抱える社会課題に対して自律走行型ロボットは有効な解決手段であり、ニーズも存在しているが、日本では規制が自律走行型ロボットによる配送サービス普及の最大の障壁となっている

ヒアリング確認事項

日本

アメリカ

5

ビジネス展開に向けてどのようなアプローチをとるか？

公道でのサービスが規制されているため私有地実証を先行的に実施

- 規制緩和が進まない現状もあり、まずは私有地エリアでの配送を予定している（国内サービス）
- 日本では私有地での事業化を進め、公道走行は海外にて実装する方針（国内ロボットメーカー）

一部で公道走行が可能なためユースケースに応じて走行場所を選択

- 公道走行許可を取得した4州でのサービスインを予定（米国ロボットメーカー）
- UC Berkeleyのキャンパス内でのフードデリバリーを実施（米国ロボットメーカー）
- 地方政府に許可をとってからサービスインする方法を採用（米国ロボットメーカー）

6

競争/非競争領域はなにか？

SWが競争領域であり各社自社開発を行う一方、HWに関しては各社汎用品を使用しており今後はコスト削減の戦いとなる

- SWの開発はすべてインハウスで行っており、開発費に調達資金の半分以上を当てている（米国ロボットメーカー）
- 自律走行型ロボットに必要なSWの開発は自社で行っているが、HWについては汎用品を購入し自社で組み立てている（米国ロボットメーカー）
- HWについては安全性をいかに安く担保できるかが差別化要素となる（国内ロボットメーカー）

Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

社会課題解決に向けた自律走行型ロボット・自動運転車の必要性

日本社会が抱える課題を解決していくためには自律走行型ロボット及び自動運転車による公道走行の実現が必要不可欠

社会背景	社会課題	活用デバイス	提供価値
配送需要の急拡大 - EC市場の拡大などを受け、国内の宅配便取扱個数は年6%ペースで増加 - フードデリバリーについても日本は世界第4位の市場規模	配送人員の不足	自律走行型ロボット 自動運転車	人に代わり自動運転車・走行ロボットが荷物を配送することで人員不足へ対応 - 車両・自転車などに代わり、自動運転車・自律走行型ロボットが荷物を配送 - 上記により必要人員を大幅に削減し、配送人員不足に対応
	配送員の負担増	自律走行型ロボット 自動運転車	自律走行型ロボットが配送員を補助することで配送員の負担を軽減 トラックや荷捌き場から顧客先へ配送する際、自律走行型ロボットが重い荷物を運ぶことで配送作業員の負担を軽減
物流業界の担い手不足 - 運送業に携わるスタッフの約4割が50歳以上、高齢化が進展¹ - 低賃金・長時間労働の傾向等から運送業への若年入職者は近年減少傾向	配送トラックによる交通の混乱 (違法駐車の常態化・交通渋滞)	自律走行型ロボット 自動運転車	トラックと自律走行型ロボットを組み合わせることで交通の混乱を回避 トラックが配送先施設まで自律走行型ロボットを運び、ロボットが施設内の配送を担うことで、トラックによる長時間駐車を回避

¹ 総務省「労働力調査」

自律走行型ロボット・自動運転車それぞれの実現見通し

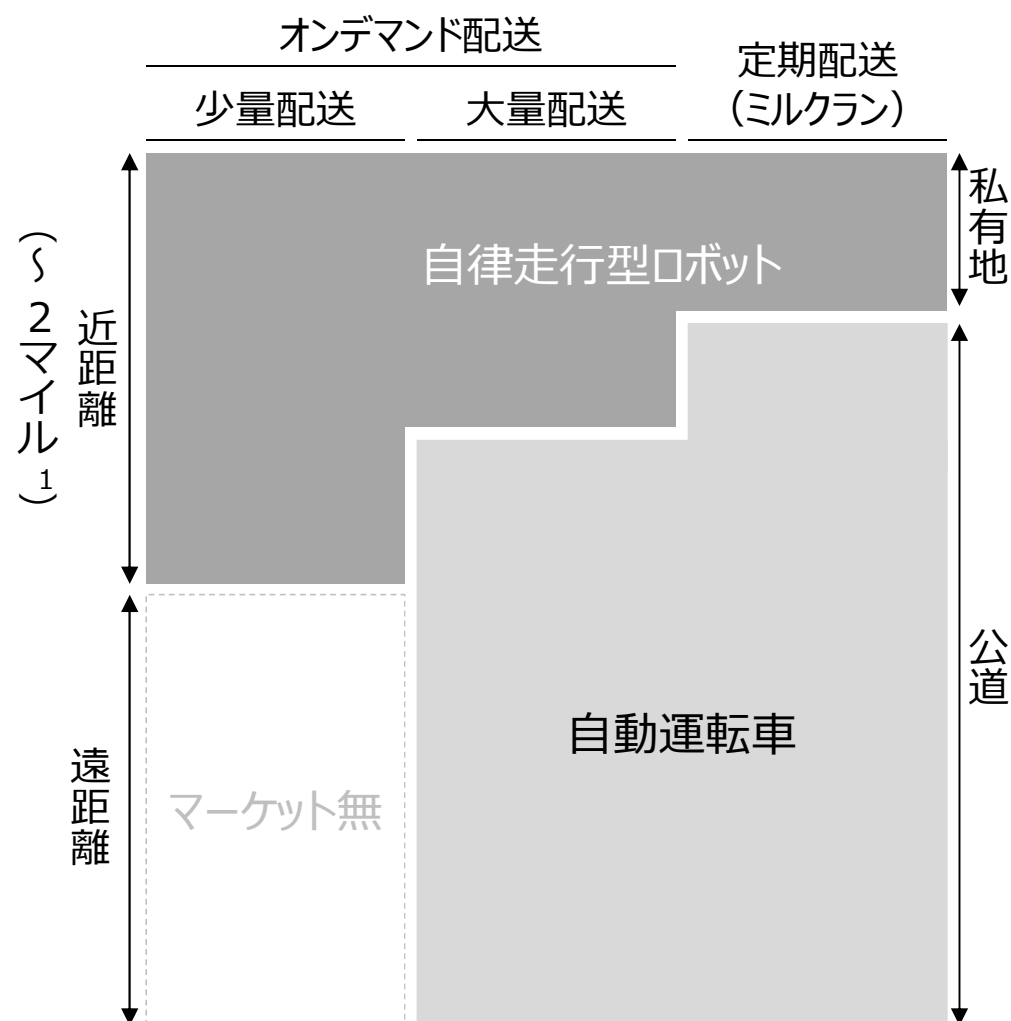
課題解決手段として自動運転車の活用も考えられるが、課題の緊急性と規制面・技術面の課題を踏まえた実現タイムラインを考えると、まずは自律走行型ロボットを速やかに実現し課題に対処すべき

デバイス	規制面の課題	技術面の課題	実現見通し
自律走行型ロボット	規制緩和の議論はこれからだが制度活用により早期実現も可 - 規制緩和に向けた議論は本格化していないが、事業者側からは強い要望 - 特例制度などの活用も視野に入れば早期に実現することも可能	米国では既にサービスインしており、ロボット技術は確立されている - 低速での移動を前提とした場合、安全性については既に確立 - オペレーションSW（3Dマッピング・ルート最適化・FMS）もサービスイン可能なレベルにある	技術的には確立されており、規制緩和が進めば数年以内に実現可能
自動運転車	自動運転レベル5の規制緩和は早くとも2025年以降 - レベル4の規制緩和が2025年を目安に進められており、レベル5の実現はそれ以降 - 上記に加え、ITSをはじめとしたインフラ整備も必要	安全面を含め技術は開発途上 - 世界的にもレベル5水準の安全性は確立されていない - 上記に加え、オペレーションSWについても範囲・精度などの点で更なる開発が必要	規制・技術両面で課題が多く存在し、実現まで10年近くの時間が必要

自律走行型ロボットと自動運転車の想定ユースケース

将来的に自動運転車の実現した場合にも自動運転車と自律走行型ロボットとでユースケースは異なり、両者は共存していくことが想定される

ユースケース整理



ユースケース例

自律走行型ロボット	近距離	少量配送	公道	フードデリバリー 寿司・ピザのフードをレストランから顧客宅へオンデマンド配送
	近距離	大量配送	私有地	マーケットプレイスデリバリー 大学キャンパス内でフード等を積んだマーケットプレイスとしてオンデマンド配送
自動運転車	遠距離	大量配送	公道	パーセルデリバリー Amazonなどの倉庫から顧客宅へ荷物をオンデマンド配送
	遠距離	定期配送	公道	買い物代行デリバリー スーパーから郊外の複数顧客宅を回ってグロサリーを配送

¹ 米国ロボットメーカーインタビュー

自治体が自律走行型ロボットに期待する価値

全国共通の社会課題である買い物弱者増加への解決手段として自律走行型ロボットによる配送サービスの実現が期待されている一方、課題詳細や求められるユースケースは自治体ごとに異なる

自治体が自律走行型ロボットに期待する価値

目的	ロボット活用パターン	
	自動追従型	自律走行型
社会課題解決	北海道 東京 福島 横浜 福岡	配送サービスによる買い物弱者支援
	福岡	高齢化が進む商店街店舗スタッフの負担軽減
		北海道 トラックの違法駐車減による交通渋滞解消
利便性向上	横浜 福岡	商業施設の物流効率化・配送員の負担軽減
	北海道	地下街の物流効率化・配送員の負担軽減
	北海道 東京	手ぶら観光・ショッピングの実現

買い物弱者支援に向けたロボット活用への期待



横浜市

- 高齢化と坂の多い地形が組み合わさることによって買い物難民の問題が顕在化
- 高齢者にとっては玄関先まで届けてくれることが重要であり、そのニーズを満たす自律走行型ロボットへの期待は大きい



北海道

- 高齢化に伴う免許返納者増加や店舗数減により買い物難民の問題が深刻化
- 多くの地域で徒歩圏内にスーパー・ショップが存在しないため、トラックが住宅地まで自律走行型ロボットを運び、各住宅への配送はロボットが行うようなユースケースの実現を期待

Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

自律走行型ロボットの国内社会実装に向けた課題（1/2）

自律走行型ロボットの国内社会実装に向けては、規制、社会的受容性、標準化、インフラ、配送サービス・ロボット製造の6つの課題が想定される

カテゴリー	現状	想定される課題
規制	道路交通法上、自律走行型ロボットの公道・歩道走行は認められていない	● 全国一律で自律走行型ロボットの公道走行について規制緩和を進めることには高いハードルが存在 - 全国一律での規制緩和には道路交通法など関係法令の改正が必要であり、規制当局の理解・協力を得ることが必要不可欠
社会的受容性	これまでロボットは主に産業用として工場等の業務空間で使用されており、日常社会で利用される機会は限定的	● ロボットの歩道走行・公道走行に係る安全性に対する社会的懸念が存在 ● 配送時のロボットとのコミュニケーションに不安を持つユーザーも一定数存在
標準化 ¹	公道・歩道を走行する自律走行型ロボットが満たすべき強制規格や任意規格が定められていない	● 自律走行型ロボットの標準化に関する議論は現状行われておらず、今後議論を主導する組織や議論の方向性も明らかではない

¹「標準化」は強制規格・任意規格双方の概念を含む（詳細についてはP.44を参照）

自律走行型ロボットの国内社会実装に向けた課題（1/2）

自律走行型ロボットの国内社会実装に向けては、規制、社会的受容性、標準化、インフラ、配送サービス・ロボット製造の6つの課題が想定される

カテゴリー	現状	想定される課題
インフラ	- 国内の歩車道は幅員が狭くロボットの走行に適さない場所が多いとの指摘 - ロボットの走行に必要な通信などのインフラ整備に関する方針が明らかでない	- 歩道の幅員拡大や専用道整備などの大規模なインフラ工事を全国で実施するのは非現実的 - ロボットの安全走行を担保するためには、エリアを問わず走行できる通信環境や通信の混線が起こらない環境の整備が必要
ビジネス・テクノロジー	配送サービス - EC市場の拡大や再配達増加などをうけ、ラストワンマイル配送に関する課題が顕在化 - 配送を担う人員の不足 - 人件費高騰による収益圧迫	- 物流企業各社が既存の配送システムを見直し、ロボットによる配送のメリットを引き出すことができる新たな配送システムの構築が必要 - 各社がそれぞれロボットを持つモデルはコストや効率性の観点で高いハードルが存在
	ロボット製造 - 自律走行型ロボットの開発を進める有力な日系企業は限られており、欧米に後れをとっている - AIアルゴリズムなどの差別化に資するSWテクノロジーは開発・実証段階	- 国内外いずれのメーカーも生産量が少なく、ロボット1台あたりのコストが高い - SWテクノロジーを各企業が単独で開発していくにはコスト・スピードの観点で高いハードルが存在

Agenda

課題の背景

調査の概要

海外の動向

自律走行型ロボットの必要性

- ヒアリングを通じて得られた示唆
- 自律走行型ロボットの必要性

社会実装に向けた課題

課題解決に向けた協議会の組成方針

自律走行型ロボット協議会（案）の概要

国内で自律走行型ロボットによるサービスを実現するため、ロボットメーカー・ロボット活用事業者・自治体・関係省庁で構成される協議会の立ち上げを提案する

協議会の概要

設立の背景	配送・警備・観光・清掃分野における課題解決には自律走行型ロボットの実現が必要 - 配送・警備・観光・清掃分野で担い手不足や人件費の高騰が深刻化 - 上記社会課題を解決するためには人に代わる自律走行型ロボットの実現が必要不可欠
協議会の趣旨	自律走行型ロボットによるサービスの実現に向けて関係者間で将来ビジョン及び個別テーマを議論 - 協議会はロボットメーカー・ロボット活用事業者・地方自治体・関係省庁で構成 - 個別テーマとして規制緩和・標準化・ロボットビジネス戦略の3つを議論
スケジュール・進め方	協議会を立ち上げ、先ず将来ビジョンのとりまとめを実施 将来ビジョンを取りまとめたのち、個別テーマについてWGで議論

検討テーマ

将来ビジョン

規制緩和

個別テーマ

標準化

ビジネス

検討スケジュール（案）

5月 6月 7月 8月 9月 …

協議会組成

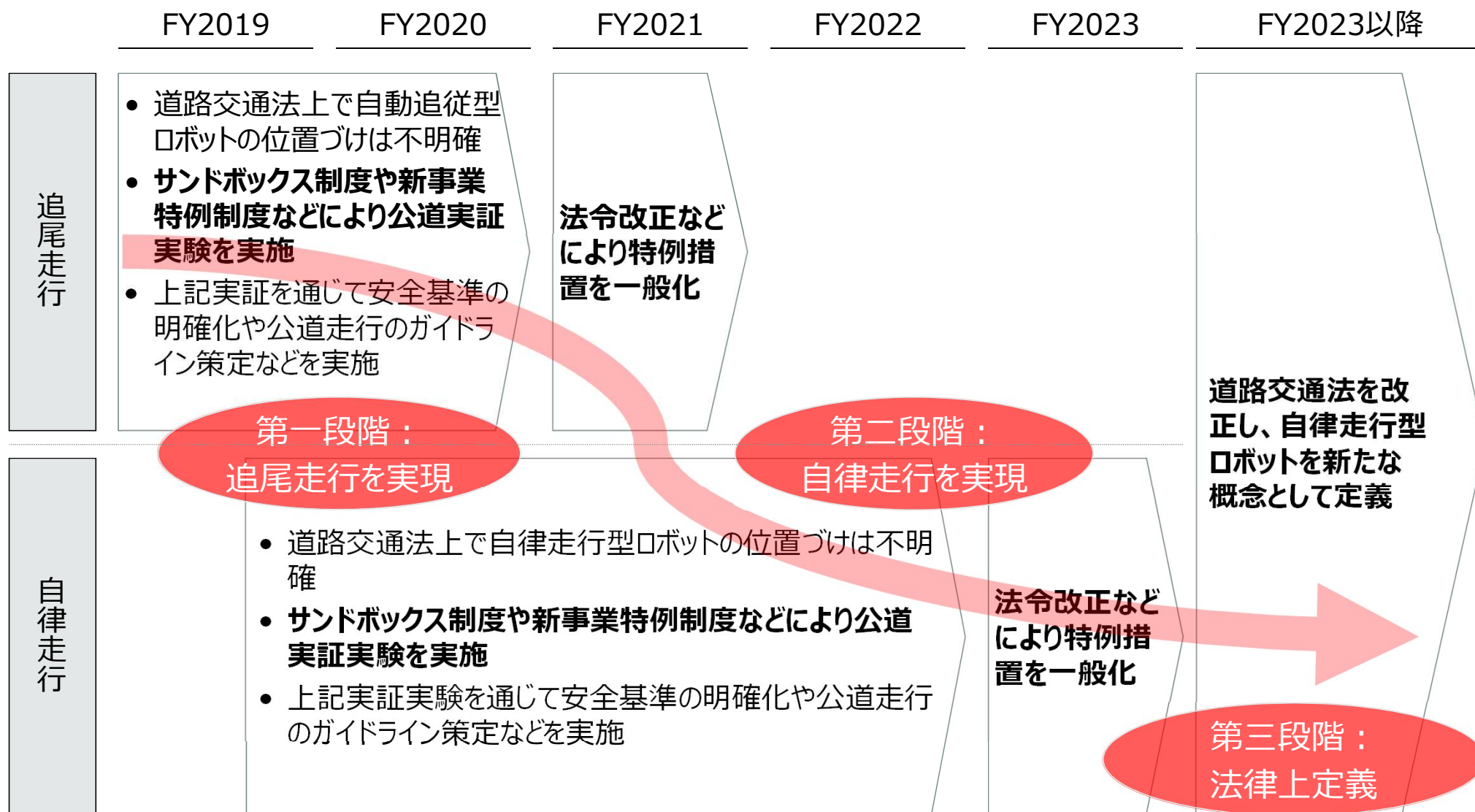
協議会における検討事項

協議会では先ず将来ビジョンを策定した後、公道走行を可能にする規制緩和、自律走行型ロボットに関する標準化、自律走行型ロボットビジネス戦略の3テーマについて議論すべきではないか

実現に向けた課題		協議会検討事項	検討の方向性
規制 社会的受容性 標準化 インフラ 配送等サービス ロボット製造	法令改正には高いハードルが存在 ロボットの安全性に対する社会的不安が存在 標準化に関する検討はこれまで行われていない 通信に関する環境整備が必要 ロボットによる新たな配送システム構築が必要 1 企業単独での開発には高いハードルが存在	1 将来ビジョンの策定	協議会構成員が共有する将来ビジョンを策定
		2 公道走行を可能にする規制緩和	公道実証実験への参加を促し、早期の全国展開へ貢献 - 公道実証実験に参加する企業を増やすなどの横展開を推進 - 実証実験を通じて将来必要となる法令上の枠組みの設計・検証を進める
		3 自律走行型ロボットに関する標準化	自律走行型ロボットに関してどのような強制規格・任意規格を設定すべきかを検討 強制規格や任意規格を策定することで、安全性確保、製造コスト低下やロボットビジネスの普及促進に貢献することが可能
		4 自律走行型ロボットビジネス戦略	自律走行型ロボットの普及を実現する戦略を検討 - 安全性を維持しつつ自律走行型ロボットの製造コストを削減するための具体的戦略を検討 - 配送ルート最適化やFMS¹構築など最適な配送システムの構築を進める具体的戦略を検討

公道走行実現に向けたロードマップ（案）

サンドボックス制度や新事業特例制度などを活用し、先ず追従での公道走行を実現するとともに並行して自律での公道走行を目指し、最終的には法令上での自律走行型ロボットの定義創設を目指す



標準化の概念整理

本報告書における「標準化」は強制規格・任意規格（デジュール標準・フォーラム標準・デファクト標準）の双方を含むこととする

標準化の概念		概要	標準化の具体例
強制規格	法規	国の立法手続きによりつくられた法令に基づき順守が義務付けられているもの	- 道路交通法施行規則第1条の4 - シニアカーの寸法・外観・速度等に関する法規
任意規格	デジュール標準	標準化機関によって明文化され公開された手続によって作成された標準（ISO・IEC・ITU・JISなど）	- ISO13482 - 生活支援ロボットの安全性に関する国際規格
	フォーラム標準	関心の企業などが集まって形成されたフォーラムによって作成された標準	- Bluetooth - DVD-ROM
	デファクト標準	公的に定められた標準ではなく、市場の実勢に応じて市場で広く採用されている事実上の標準	- Windows - Intel

標準化戦略の概要

戦略的に標準化を進めることで、自律走行型ロボットによるサービス提供上の安全性確保、国際競争力強化や事業化促進を実現することが可能である

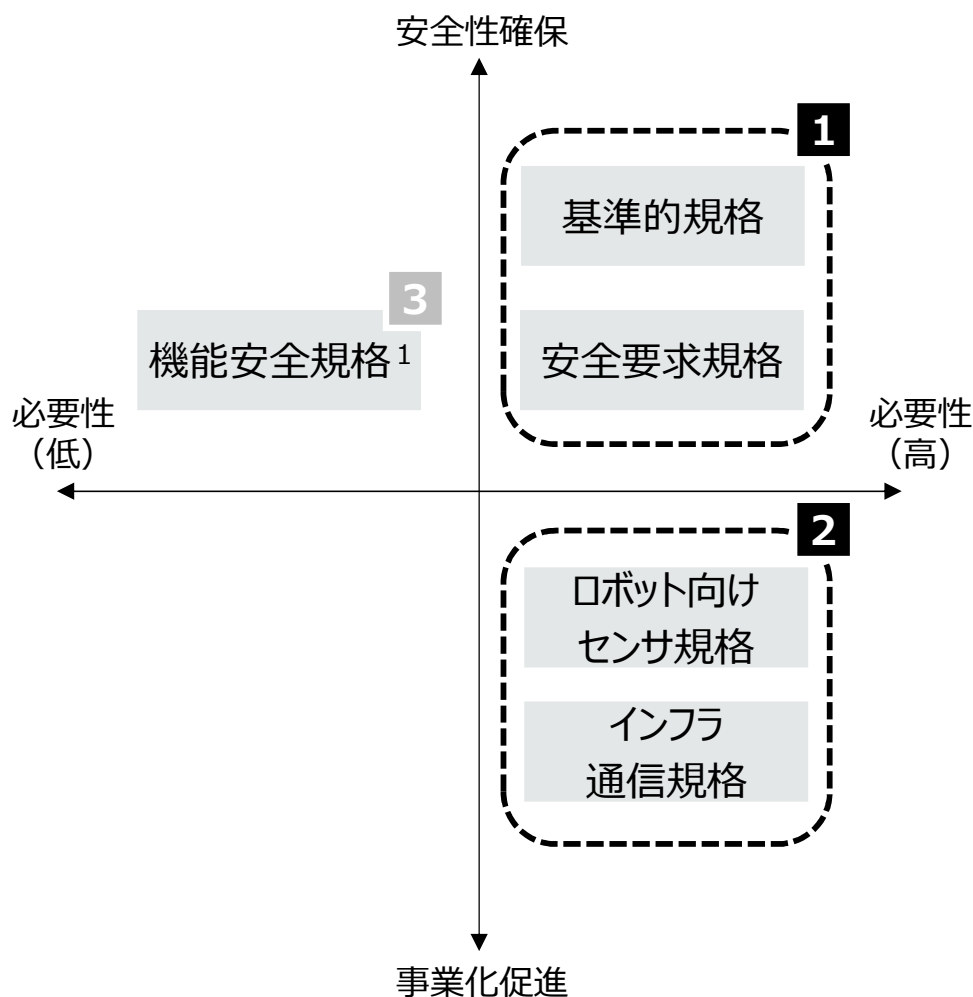
標準化の種類		標準化の目的と内容		検討のポイント
		安全性確保	競争力強化・事業化促進	
強制規格	法令化	- ロボット構造上の最低基準（寸法・装備など） - ロボット機能への制限（速度上限など）		安全確保と柔軟性を両立 将来の技術発展やビジネス機会を妨げる過度に抑制的な規定は避け柔軟性のある規定にすべき（e.g. 速度、重量）
		オペレータ設置義務	該当なし	
任意規格	デジュール化	- 基準的規格（寸法・外観、機能・性能、性能試験など） - 安全要求規格（ロボット特有の危険源特定・検証法）		安全確保と事業化促進に資する規格を検討 安全性を担保しながら事業化やサービス普及を促進する規格を検討すべき
		機能安全規格	- ロボット向けセンサ規格 - インフラ通信規格	
	フォーラム化	該当なし	3D地図データ仕様 - API共通化（配送先情報・電子伝票など） - HW部品・部材共通化	企業間連携促進方策を検討 3D地図データ仕様、企業間でのAPI共通化やHW部品・部材の共通化を推進する企業間の連携スキームについて検討すべき
	デファクト化			

デジュール化の詳細

本事業領域におけるデジュール化は国際競争力強化には直結しないが、ロボットによるサービス提供上の安全性確保や事業化・サービス普及に資するデジュール化について検討することが考えられる

目的と必要性

各領域の必要性に関する考え方



1

安全性確保の要となる基準的規格と安全要求規格を優先して検討・策定

- 公道実証段階でも必要となる、寸法・外観、最低限の機能・性能などを定めた基準的規格を先ず検討すべき
- ロボット特有の危険源特定・検証法を定める安全要求規格もサービス商用化に必須であり早期検討が必要

2

事業化やサービス普及に資するロボット向けセンサ規格・インフラ通信規格についても検討すべき

- センサーの既存規格は要求水準が高いため、ロボット向けに要件緩和した規格によりコスト削減が可能
- エレベータ等のインフラとの通信規格を統一することで自律走行型ロボットによるサービス普及に貢献可能

3

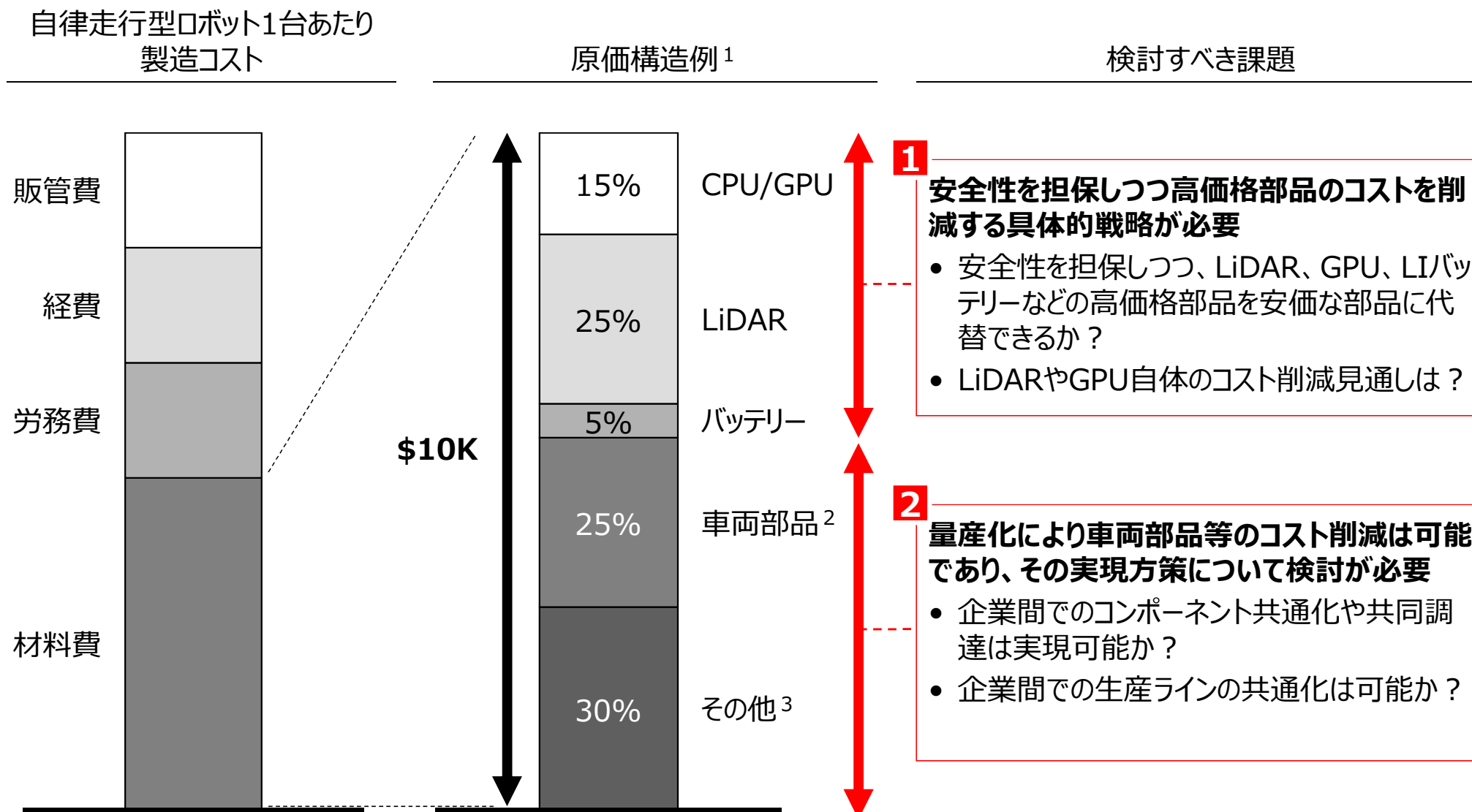
現状スペックの自律走行型ロボットを想定した場合、ロボット向け機能安全規格の策定は必要ないと想定される

- 一部の機能・部品が故障した場合でも自動またはオペレーターの介入によって緊急停止することが可能
- 上記に加え、4-5km/hでの走行が前提のため不要

¹ 一部の機能・部品が故障した場合にも、システムの安全性を担保する規格

自律走行型ロボットビジネス戦略の検討

現状では自律走行型ロボットの製造コストは高止まりかつ生産台数も年間～100台規模と限定的だが、量産化に向けては低コストで高品質なロボットを開発する具体的戦略を検討することが必要



¹ 米国ロボットメーカーインタビュー ² モーター・アクチュエーター・サスペンション・ボディ・ホイール等

³ センサー・カメラ・インバーター等