

# フィジカルインターネットを実現する物流向けモビリティ

## ～無人配送による物流の革新～

物流業界では小口配送増加への対応等によるドライバー不足により、物流サービスの維持が困難な状況に直面している。さらに、新型コロナウイルスの影響を受け、デリバリー、ネット通販等の需要が拡大し、日本で既に増加傾向にある年間40億個以上の宅配荷物数のさらなる増加も予想される。宅配需要の増加は料金増、サービス低下を招く恐れがあり、効率化が求められている。その一つの解決手段として、データを同じ規格の PACKET として扱い、最適ルート、最短時間でデータ通信を行うというインターネットの概念を物流に取り入れた「フィジカルインターネット」の検討が始められている。一方で、自動車業界では「CASE」に代表される技術革新が進み、次世代交通サービスである「MaaS」により、交通やヒトの移動、及び社会が大きく変化しつつある。本レポートでは物流の将来像を検討し、将来の物流においてモビリティに求められる役割について報告する。

## 1. 現状の物流の課題と対応状況

### 変化する物流の環境と物流業界の取組み

ネット通販の増加に伴う電子商取引の市場規模の拡大により(図1)、宅配荷物数増加への対応による料金増、サービス低下が懸念され、物流の効率化が求められている。効率化のためには、トラックドライバーの作業時間短縮が挙げられるが、大規模中継センターでトラックへの荷物積み込みが間に合わず、荷物を運ぶレーンに荷物が滞留する荷詰まりや、トラックからの荷下ろしの際の待機時間等を解消する必要がある。

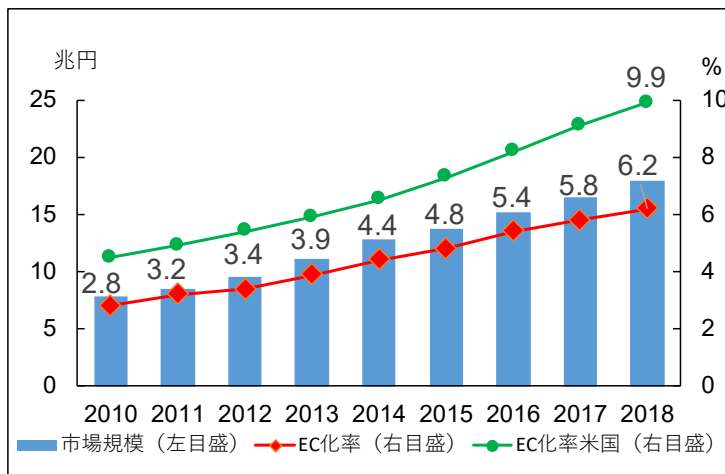
#### ■ 個人消費におけるEC化率の増加

個人消費における電子商取引割合(EC化率)は、2018年で米国9.9%、日本6.2%である(図1)。米国では生鮮品等の配送が増加し、EC化率が増加している。日本でもEC化率は増加傾向であり、新型コロナの影響もあり、宅配需要増が見込まれる。

#### ■ 深刻化するドライバー不足

トラックドライバー不足について、国交省の2017年の調査では、物流事業者の63%が「不足」、「やや不足」と回答している。ドライバー不足の原因の1つとして、長い待機時間が挙げられる。待機時間が発生する運行は全体の46%、

図1 日本におけるEC化率と市場規模推移



出所：経済産業省「我が国におけるデータ駆動型社会に係る基盤整備(電子商取引に関する市場調査)」よりテクノバ作成

倉庫での荷受け1回におけるドライバー1人当たり平均待ち時間は1時間45分となっている。

### ■ 大規模中継センターでの問題

宅配事業者は、発送先ごとに荷物をまとめる仕分け作業を中継センターで実施しており、ある大手宅配事業者では、仕分け効率化のため中継センターを大規模化している。しかし、仕分け作業後のドライバーによる配送トラックへの荷物積み込みの際に、小さい荷物や不定形物の積み込み・段積みにより工夫が必要で、荷詰まりが発生している。荷詰まりへの対応により、ドライバーの作業時間が増加している。中継センターでは、大型トラックから荷物を下ろす作業でも順番待ち等による待機時間が必要で、待機中は断続的な移動のために休憩することができない。ある大手宅配業者ではドライバーが配送している時間と、中継センターで作業・待機している時間が同程度となっており、荷詰まり発生と待機時間の増加が問題となっている。

### ■ 対応状況

前述の荷詰まり対策として、ある大手宅配事業者はドライバーの積み込み作業を補助する荷役作業員の増員等で対応しているが、完全に荷詰まりの発生を解消しているわけではない。既に多くの中継センターで大規模化が推進されているため、将来的に荷物の量が増加することで、荷詰まり発生リスクが増加し、トラックが出発するまでの時間が多く必要となる恐れがある。

中継センターでの荷下ろし作業によるドライバーの待機時間の解消対策として、トラックをAGV(無人搬送車)により無人で移動させることも構想されている。ただし、大型トラックは車両総重量(トラック車両重量に乗車が許される定員や、最大積載量の荷物を積んだ走行状態の重量)が25tあり、これに対応できるAGVが必要となる。

以上の様に、現状の施策だけでは課題解決が十分とはいえず、将来の宅配荷物増が見込まれている物流業界での課題解決には新しい方策が必要となる。次章では、現状の物流の課題解決策として注目されるフィジカルインターネットについて紹介する。

## 2. 物流版インターネットによる物流の課題解決

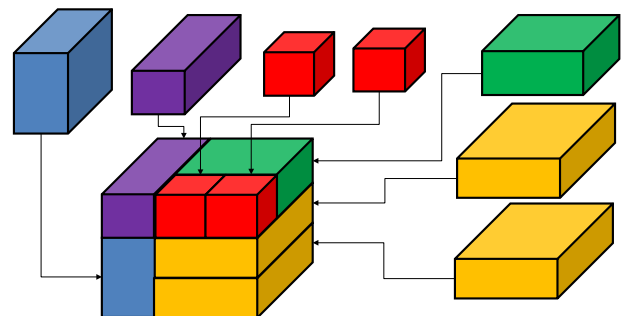
### 物流版インターネット＝フィジカルインターネットの概念と取組事例

フィジカルインターネットは、配送時間の短縮による労働生産性の向上、倉庫やトラック等の物流資源の稼働率向上により物流を効率化し、物流サービスを維持することが期待されている。

### ■ フィジカルインターネットのカギは「πコンテナ」(パイコンテナ)

フィジカルインターネットは、米国ジョージア工科大ブノア・モンリュ教授により提唱された物理的物体の輸送、貯蔵、供給、仕様を革新するコンセプトである。インターネットで使われるパケットの様に、荷物のサイズを規格化し、パケットの様に荷物を扱うことで物流版のインターネットとなる、という概念である。規格化にはサイズ・機能・備品を標準化した世界規格のパレットである「πコンテナ」を用いることが構想されている(図2)。これにより荷室空間、運搬能力を標準化し、利用者で共有することでインターネットの世界の様にネットワークの構造もP2P的になるとしている。

図2 πコンテナのイメージ



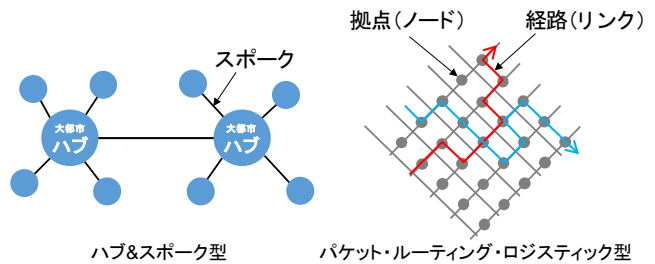
出所: 各種資料をもとにテクノバ作成

### ■ 3つの特徴

これまでの物流は大きな拠点に荷物を集め、拠点間で大量の荷物を幹線輸送するハブ&スポーク式が一般的であったが、フィジカルインターネットでは新しいネットワーク構造に変わりうる。JILS総合研究所(公益社団法人日本ロジスティクスシステム協会の内部組織)では、物流のネットワークの新しい構造として、大小の拠点(ノード)が輸送経路(リンク)で結ばれ、輸送手段(モード)を含め最適化されるパケット・ルーティング・ロジスティクス型を提唱している(図3)。この新しいネットワーク構造は、荷物を大きな拠点に集めてから配送するのではなく、大きな拠点を経ずに効率的なルート上にある車両や施設を利用し、荷物を運ぶという考え方である。

フィジカルインターネットは、拠点(ノード)間で責任を持つ物流事業者と、トラック等の輸送手段(モード)提供者が連携したオープンな市場となる。輸送手段は最適ルートに対応ができれば選択自由となる。また、物流事業者以外で倉庫や車両を保有する製造業等や小売企業、個人事業主、等と物流業者が連携し、自社・他社を問わず空いているトラックや倉庫等の物流資源を利用しコストを削減する。以上より、フィジカルインターネットは「箱の規格化」、「物流資源の共有化」、「最適ルートの生成」の3つの特徴を持つ。

図3 物流ネットワークの種類

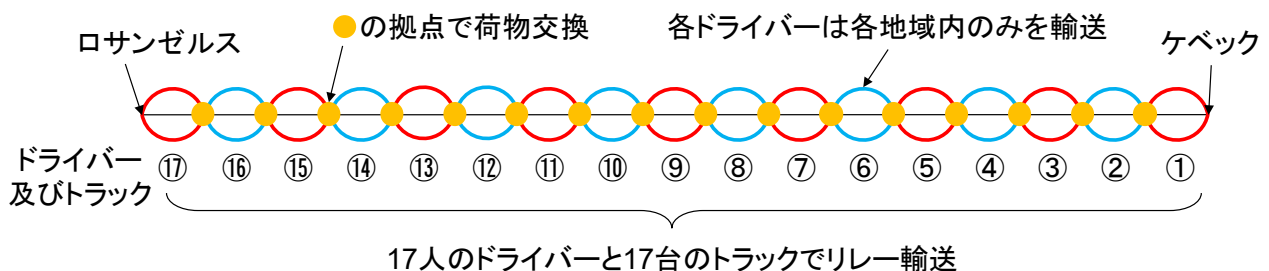


出所: JILS総合研究所資料をもとにテクノバ作成

### ■ 効果と取組み事例

フィジカルインターネットの効果に関する幹線輸送の実証実験のイメージを図4に示す。米国ケベックからロサンゼルス間(5030km)の往復を1台の車両で輸送する通常輸送に比べ、各地域の隣接する拠点で荷物を交換し、17人のドライバーがバケツリレーの様に輸送するフィジカルインターネット型では、半分(120時間)の時間で輸送が可能としている。輸送時間短縮が可能な理由は、ドライバーの睡眠時間等の休憩時間を削減できることに加え、トラック間で荷物の交換を行うことで帰り荷不在のまま走行する距離が短くなることによる。また、各地域では輸送に責任を持つ個人事業主を含む事業者が輸送に参加することで、ドライバー不足を解消でき、空いている倉庫等を荷物交換の拠点とすることでコスト削減が期待できる。

図4 フィジカルインターネット型幹線輸送のイメージ



出所: JILS総合研究所資料をもとにテクノバ作成

以上の様に、ドライバー不足解決にフィジカルインターネットが期待されているが、幹線輸送後の地域内の配送におけるドライバー不足解消や、配送時間短縮等の効率化は今のところ検討されていない。次章でフィジカルインターネットの特徴を踏まえた、将来の物流の課題解決の方向性を示す。

### 3. 将来の物流における課題と解決の方向性

#### ■地域内無人配送のためのトラック機能進化

フィジカルインターネットの適用により、拠点分散や箱の規格化による仕分け作業の容易化がなされることで、荷詰まりの解消が期待されている一方で、ドライバーの人員増を前提とした分散ネットワークを構築するという概念では、ドライバー不足の解決は未知数である。特に、地域内の配送においてドライバー不足解消をさらに進めるためには、自動運転車による無人配送が考えられる。その場合、車両間での荷物交換も自動化が必要となる。以上より、将来の物流の課題は、無人配送を可能とするトラック機能の進化である。

#### ■課題解決の方向性

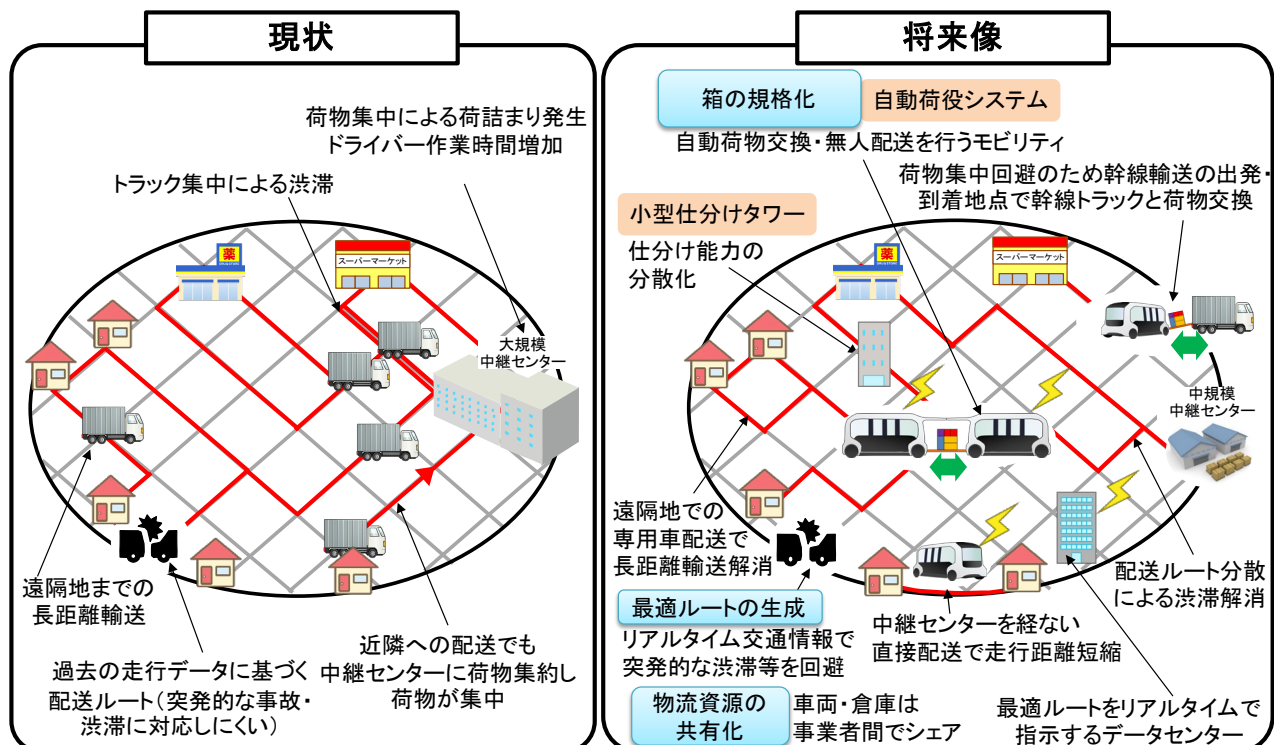
トラックは物流向けに低床化やIoT化が検討されているが、地域内の無人配送が可能な車両は実用化されていない。そのためトラック機能を進化させ、フィジカルインターネットの特徴である「箱の規格化」、「物流資源の共有化」、「最適ルートの生成」に対応し、かつ無人配送を可能とする、物流向けモビリティを開発し、適用することがドライバー不足解消の解決策となる。これらを踏まえ、物流向けモビリティに必要な機能は、荷物交換の自動化、自動運転、荷室・荷物情報の共有、車両・荷室のシェア、電動化(トランスミッション不要・前輪駆動)による低床化等が挙げられ、車両のCASE化にあたる。将来の物流の課題であるドライバー不足を、物流向けモビリティで解決する物流の将来像を次章で描く。

### 4. 物流の将来像

#### フィジカルインターネットを実現するモビリティ

物流の課題を解決するフィジカルインターネットと、ドライバー不足を無人配送により解決する物流向けモビリティを活用した物流の将来像を図5に示す。

図5 物流の将来像



出所:各種資料をもとにテクノバ作成



## ■地域内物流に適用され活躍する宅配用モビリティ

将来の物流では「箱の規格化」がなされていることを前提に、物流向けモビリティが地域内物流(幹線輸送後からの各営業拠点の配送エリア)における無人での配送を担うことでドライバー不足を解消している。フィジカルインターネットで行われる車両間での荷物交換を地域内の配送にも取り入れ、複数台のモビリティによる荷物交換により、中継センターから遠いエリアではモビリティが中継センターに戻ることなく一定区間を配送し、配送時間を短縮化できる。その際、走行ルートは道路の渋滞や工事等の情報をもとに、最も配送時間が短い最適ルートが用いられる。最適ルートは、モビリティの自車位置や配送状況、荷室利用状況等の情報をデータセンターに送信し、データセンターにおいてリアルタイムで生成される。

配送の際に無人で集荷し、集荷後、車両の荷室において配送先地域に応じてある程度の荷物の仕分けを自動で行い、中継センターでの仕分け作業を軽減する。集荷された荷物のうち、荷主から目的地までが同じ地域内の場合には、中継センターを経ない直接配送をすることで配送時間の短縮を可能とする。

幹線輸送との連携として、モビリティが中継センターから幹線道路の出発・到着地付近まで無人で配送し、幹線輸送トラックと自動で荷物交換を行う。幹線輸送トラックの中継センターへの走行を無くし、荷下ろしの順番待ちも不必要となる。

また、モビリティ以外にも仕分け作業を行う、小型の仕分けタワーを活用することも考えられる。分散配置した小型仕分けタワーで荷物を自動で仕分け、モビリティとの荷物の交換も無人で行う。荷物の一時保管場所としても機能し、上記の最適ルートに時間的余裕をもたせることが可能となる。

モビリティや荷物交換場所となる倉庫、小型仕分けタワー等は複数の物流事業者によって共有され、稼働率が向上することでコスト低減に寄与する。

以上の様に、構築した将来の物流におけるモビリティは、幹線輸送を主としたフィジカルインターネットを地域内の配送に適用した際に、無人配送を実現するツールとして重要な役割を果たす。

## 5.物流の将来像実現のための提言

### ■フィジカルインターネットに適合するモビリティの仕様

フィジカルインターネットの特徴である、「箱の規格化」、「物流資源の共有化」、「最適ルートの生成」のそれぞれに適合するためのモビリティの仕様を整理し、表1に示す。

表1 モビリティの仕様案

フィジカルインターネットの特徴	MaaS車両の検討すべき仕様	CASE	
箱の規格化	箱を無人で	積み下ろししやすくする	A・E
		素早く積み降ろしする	A・E
		車両間で交換(停車中・走行中)	A・E
		自動仕分け	A
		配送する(ラストワンマイル)	A・S
車両・倉庫のシェアリング	事業者間 シェア のための	データセンターから予約情報受信	S・C
		トレーサビリティ情報蓄積・提供	S・C
		倉庫の空き状況把握	S・C
	利用者向け	宅配ボックスへの自動宅配	S
最適ルート生成	自車の	自動運転	A
		データセンターへの位置送信	A・C
		データセンターへの状況送信	A・C
		リアルタイム経路変更	A

出所:テクノバ作成

上記の仕様案を実現する技術として、荷物交換のための荷物のソートやハンドリング装置、最短時間、配送ルート最適化のためのソフトウェアが挙げられる。また、モビリティに搭載し、宅配時に狭い道路でも配送可能な小型モビリティも無人配送に求められると考えられ、技術開発が必要となる。

## ■業種を超えた企業連携による物流の将来像実現

これまで示した物流の将来像実現に向けた、フィジカルインターネットの特徴である「箱の規格化」、「物流資源の共有化」、「最適ルート生成」に対応する物流向けモビリティの開発・事業化は大きなビジネスチャンスとなる。開発・事業化には業種の垣根を超えた企業連携が求められる。

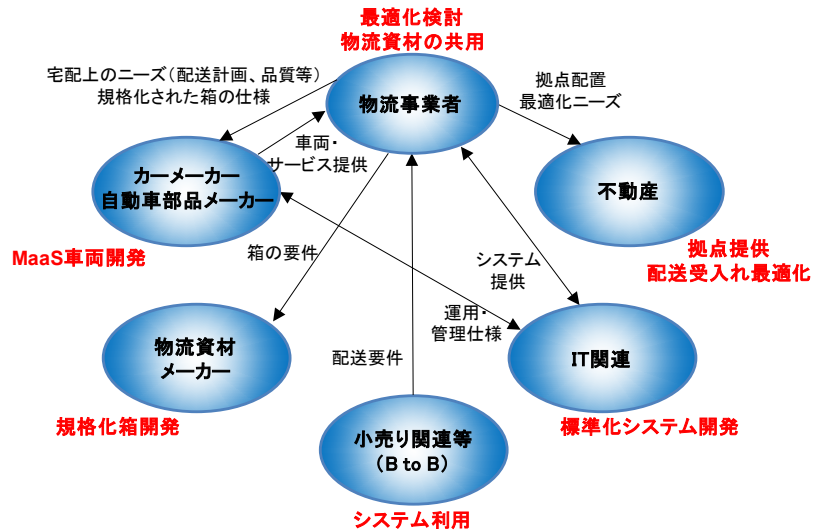
例えば、カーメーカー・自動車部品メーカーが連携すれば、規格化された箱の仕様と物流事業者のニーズ(配送計画、品質等)に基づき車両の仕様を決定することが可能となる。また、仕分けタワーの設置場所やモビリティの荷物交換のための駐車場所は、不動産事業者と連携することで確保できる。

箱の規格化や車両の標準化、法令・規制への対応については、協調領域として国主導で企業間の連携を進め、標準化を実現すべきである。一方で、競争領域としてITシステムや道路の幅、段差、障害物等の状況に応じた無人走行、荷物の受け渡し方法等、車両を個別で開発することでソフト・ハードの両面で主導権を獲得できる。

以上の様に、協調領域の議論も含め各業界のアライアンスを組み、標準化を国に働きかけつつ、アライアンスを活用することで、例えば自動車部品メーカーは取組むべき技術領域について検討することができる。

テクノバはアライアンス参加への呼びかけ、国への働きかけ、取組むべき技術領域抽出等で活動を支援する。今回提示した物流の将来像は、物流専門家、大手物流事業者、トラックメーカー、モータージャーナリスト等を招聘し、検討会を開催することでアイデアを構築している。これらの企業連携をより発展させることでアライアンスを構築し、政策提言までを視野に入れた活動を行うことで、フィジカルインターネット及びモビリティによる無人化・効率化を実現し、将来の物流課題を解決する新しい物流が実現可能となる。

### 企業連携イメージ



出所:テクノバ作成

## まとめ

- 「箱の規格化」、「物流資源の共有化」、「最適ルートの生成」の特徴を持つフィジカルインターネットは物流課題を解決できる可能性有り。
- 無人配送を行う物流向けモビリティは、フィジカルインターネットの実現に寄与。
- 物流の将来像実現には異業種間連携が鍵。カーメーカー、自動車部品サプライヤー等を含む多くの業種にとって大きなビジネスチャンスに。
- 有人配送でも、フィジカルインターネットが効果を生むシーンの明確化を目指す。(例.コンビニ配送、自動車部品の車両組み立て工場への納入等)

本レポートに関する問い合わせ先:

株式会社テクノバ モビリティ研究部 岸洋之

E-mail: [kishi\[a\]technova.co.jp](mailto:kishi[a]technova.co.jp)

Tel: 03-3508-2280