

## 物流を革新するフィジカルインターネット

### ◆供給不足が続く世界のサプライチェーン

世界のサプライチェーンが混乱している。世界経済は2020年第1四半期のロックダウンから立ち直り、21年前半まで拡大が続いたが、米国と欧州の成長率は21年後半から鈍化しつつある。製造業においては資材や中間品の品薄が続き、サービス業でも労働力が不足しているからだ。JPMによれば製造原価は過去3ヵ月上がり続け、米国では21年10月の消費者物価指数が前年同月比で6.2%上昇し、目下のインフレは一過性ではない可能性をFRBのパウエル議長が11月30日に示した。22年の世界のGDP成長率予測は4.5%（20年中間時点）から4.2%（12月時点）に下方修正され、需要は拡大するも、原材料の供給不足と価格上昇による負担を消費者に転嫁できず、多くの企業の収益は低下するとIHS-Markitは予想する。

製造業のサプライチェーンにおける素材・部品の供給不足は多岐にわたっている。半導体のリードタイムは26週間にも伸長し、22年内には正常に戻らない。発電機、変圧器、モーターに用いる電磁鋼板の供給能力は22年内に限界に到達すると予想され、脱炭素に必須の風力発電や電動車両の拡大シナリオに少なからずの影響が表れる。穀物や油用種子について、生産高の多寡はないが、樹脂、製紙、アルミニウムなどの包装材が不足しており、消費者までの配達に課題が残る。

### ◆国際的な物流危機の原因と状況

国際海運や陸上輸送の脆弱性が、目下のサプライチェーンの混乱の中心にある。世界の物流は、過去数十年にわたり、複雑で精密な歯車の如く成長を続けてきた。しかし、20年のロックダウンで米国内での家庭用品の購買数量が急増し、21年のバイデン大統領の経済支援で消費者需要がさらに増えた。同時に、消費者の購入方法が電子商取引に変化し、その売上高は5から7倍も増加した。配送センターの稼働率は99%以上となり、コンテナ貨物は運賃が5倍に跳ね上がるほどに収容能力の限界を超えた。その一方で、トラック運転手や港湾作業員はコロナ禍で離職し、コンテナをより高くトラックに積載するための機材も足りない。その結果、米国のロサンゼルス・ロングビーチ港湾がボトルネックとなり、21年11月

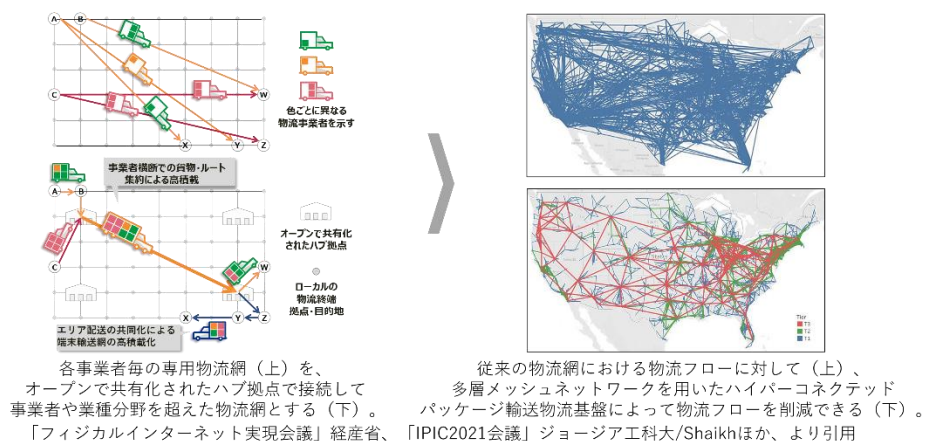
時点で90隻以上の輸送船が640億ドルの貨物を50万個以上のコンテナに収載したまま荷下ろしを待つ状態となった。

21年10月、この状況に対して、ベンチャー起業家によるSNSを通じた提案が起点となり、ロングビーチ市長がトレーラー積荷の高さ制限を緩和し、バイデン大統領がロサンゼルス港の運営を24時間体制とする臨時措置が取られた。しかし、港湾自体が扱える船舶数の限界や、トラックから列車などへの積み替え作業などボトルネックの位置が変わるだけであり、解決には至っていない。さらに、スエズ運河での座礁事故（21年3月）、中国の塩田港のコロナ感染閉鎖（21年6月）の余波を受け、国際物流の歯車は狂った。海運分析機関「Sea Intelligence」によれば、輸送スケジュールの信頼性は、現在、30%台にまで低下し、物流網は機能不全に陥っている。目下の混乱を紐解きつつ、新たな仕組みの構築が必要だ。

#### ◆物流を革新する「フィジカルインターネット」とは？

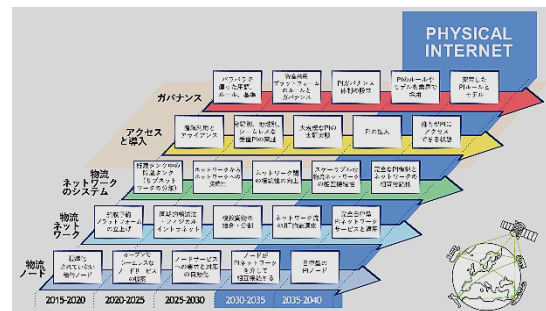
物流効率の限界は、コロナ禍以前からの世界横断的な課題であった。これを打ち破り、物流を経済的、社会的、環境的に持続可能な産業とするための手段が「フィジカルインターネット」（Physical Internet）である。フィジカルインターネットとは、インターネット通信による情報伝送の仕組みを物流に適用する概念であり、ジョージア工科大学のMontreuil教授によって11年に提案された。

インターネット通信では、複数の事業者が構築した物理的な通信網を共有し、規定のサイズにパッケージ化された情報を、標準化された伝達方法に基づいて伝送する。フィジカルインターネットでは、複数の事業者が保有する輸送手段・倉庫・ハブなどの物流網を共有し、サイズや内容が規格化されたコンテナに収納された貨物を、配送ルートと配車の最適な組み合わせに基づいて輸送する。



## ハイライト

EU政府は、11年より、少なくとも5件のフィジカルインターネットの研究プロジェクトを進めており、消費材メーカー（P&Gなど）、物流業者（DHLなど）、IT企業（IBMなど）が学術機関と連携して、コンテナ規格の開発、RFIDタグとICT基盤の整備、ハブでの積み替えの実証を進めてきた。例えば、初期のプロジェクト「MODULUSHCA」では、6種類の異なるサイズのコンテナ容器を使用することで、貨物の搭載効率が約85%まで向上でき、ケースやパレットの充填率が製造業で15%、小売店で最大50%改善し、コスト削減に繋がることが見出された。また、基幹プロジェクト「ALICE」では、フランスの小売業CarrefourとCasino、それらのサプライヤー100社を対象とするシミュレーション実験を行い、フィジカルインターネットに移行することで、物流コストを68%、GHG排出量を60%削減でき、トラックから鉄道への輸送手段の切り替えを50%増加できることが示された。EU政府によれば、30年までにフィジカルインターネットの機能をパイロット実装で確認し、産業界の実務に拡大しつつ、40年までに自律的な物流網を整備するまでのロードマップが描かれている。



ALICEプロジェクトが策定した、EU政府によるフィジカルインターネット構築のロードマップ。  
（欧米では、「PI」、「PI」と略称する。）

### ◆日本におけるフィジカルインターネットの検討状況

21年11月30日、経産省と国交省による「フィジカルインターネット実現会議」が開催され、国内物流の新たな仕組みが討議された。日本国内でも、電子商取引の拡大に伴う多品種・小口輸送の増加によってトラックの積載効率が低下し、宅配便を含む貨物輸送のサービス価格は過去最高に到達している。また、従前の規制緩和に起因する物流業界の競争激化、少子高齢化による労働力不足、24年に施行される時間外労働規制によって、27年時点ではトラック運転手の需要に対して27万人が不足する。この状態を放置すれば、30年には物流需要の36%が運べなくなり、日本のGDPを押し下げる、「物流危機」が生じる。

こうした危機意識の下、実現会議では有識者による40年視座での日本の物流の将来像が議論され、①リソースの最大活用による「世界で最も効率的な物流」、②多様な生産拠点・輸送手段・経路・保管の選択肢を持つ「世界で最も止まらな

い物流」、③物流従事者の適正な労働環境などの「良質な雇用の確保」、④買い物弱者・地域間格差を解消する「ユニバーサル・サービス」が提示された。

さらに、フィジカルインターネットの実現には荷主企業（製造者や小売業者）と物流事業者が協力し、オープンな情報基盤を構築することが必要であることも共通認識とされた。実現会議は今後も継続され、スーパーマーケットや百貨店などの業界毎のワーキンググループが活動計画を検討し、22年3月末までに日本のフィジカルインターネットの実現に向けたロードマップが策定される。

また、ヤマトホールディングス傘下のヤマトグループ総合研究所は、欧米でフィジカルインターネットを牽引するジョージア工科大やパリ国立高等工業学校との相互研究を進めている（19年9月より）。さらに、「フィジカルインターネット懇話会」を発足させ（20年6月）、「フィジカルインターネットシンポジウム」（21年1月）を主催し、物流業界内外との意見交換にも取り組んでいる。

### ◆量子計算・AIでフィジカルインターネットに先手を打つ

フィジカルインターネットの根幹となる新たなDX技術も実現しつつある。

21年10月25日、凸版印刷と国内スタートアップのシグマアイは量子アニーリングを用いた物流業務の効率化の実証を開始した。量子アニーリングとは、膨大な選択肢から最短経路を求める問題に特化した量子計算機的一种である。両社は、カナダのベンチャー企業D-Wave Systemの量子アニーリング計算機を活用し、凸版印刷の物流計画立案システムを拡張する。荷物の重さ・大きさ・種類・荷姿などの情報を織り込み、集荷・配達・運用・管理において最適な配車・配送・ルートを瞬時に策定する。実証を重ねた後、25年よりソリューションを提供する。

21年10月28日、富士通が、イスラエルのAutofleetとの資本提携に合意した。Autofleetは、AIによる配車マッチングの予測と最適化のプラットフォーム技術を持つスタートアップである。この技術を富士通のシステム開発力と物流業務の知見と組み合わせることで、宅配などのラストワンマイル輸送の配車、緊急輸送時の求貨求車のマッチング、公共交通との連携による貨客混載の活用など、効率的な物流ソリューションの提供を目指す。

物流はあらゆる社会の根幹である。目下の危機を機会と捉え、物流の非連続的な技術革新が、持続可能社会への突破口となることを願いたい。【酒向謙太郎】