



フィジカルインターネットの歴史と海外動向

令和3年10月
KPMG コンサルティング

目次

1 フィジカルインターネットとは

2 フィジカルインターネット発展の歴史

3 海外動向

目次

1

フィジカルインターネットとは

2

フィジカルインターネット発展の歴史

3

海外動向

フィジカルインターネットとは

- 各事業者個別の物流ネットワークを相互接続し、物流アセットの共有化、物流網の統合を実現。

**The Physical Internet is an interconnected
global logistics system enabling
seamless asset sharing and flow
consolidation**

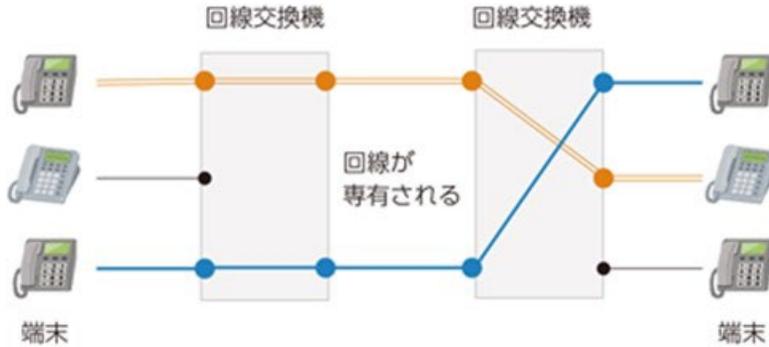
出所： IPIC 2018 Eric Ballotプレゼン資料より

フィジカルインターネットとは

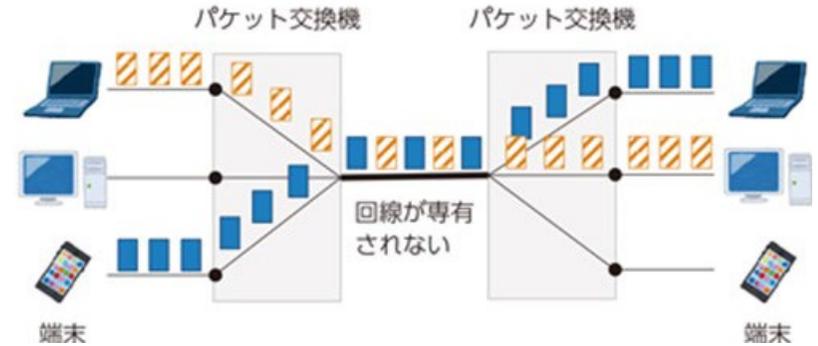
- インターネット通信の考え方を、物流（フィジカル）に適用した新しい物流の仕組み。

デジタルインターネット通信
(インターネット通信)

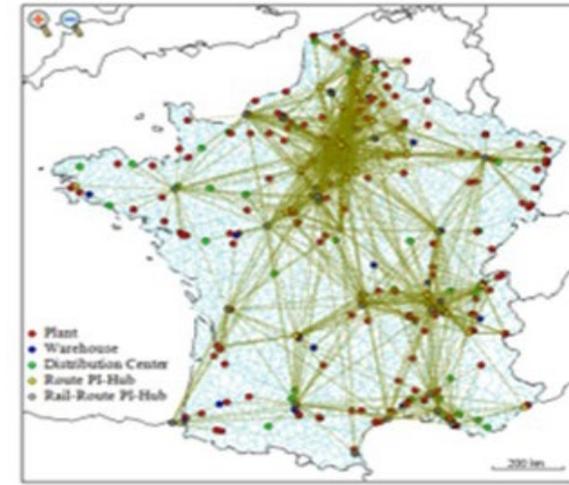
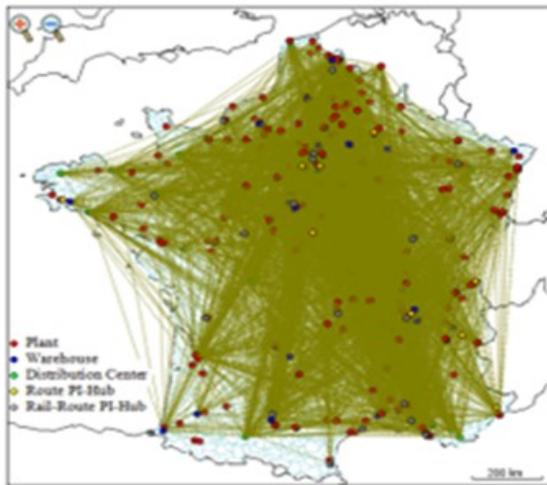
PSTN (回線交換)



IPネットワーク (パケット交換)



フィジカルインターネット
(物流)



出所：総務省（2019）「平成の情報化に関する調査研究」、IPIC 2018 Eric Ballotプレゼン資料より

フィジカルインターネットの主な実現要素

- コンテナ、ハブ、プロトコルの3点が、実現に必要な主な要素。

コンテナ

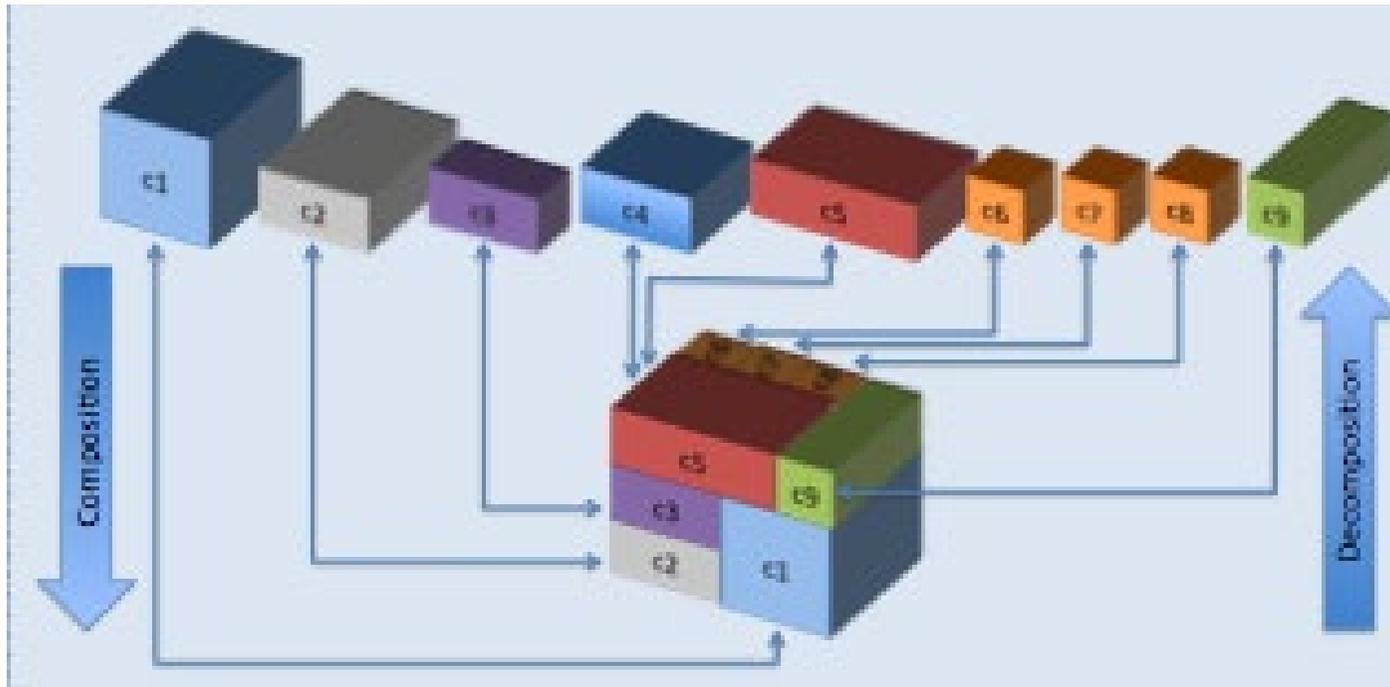
ハブ

プロトコル

フィジカルインターネットの主な実現要素 – コンテナ

- 規格化された容器が、フィジカルインターネットを機能させる為の、最も中心的な要素のひとつ。
- 統合された物流網にて、混載・積替えの容易性を確保する上で必須。

PIコンテナ*1



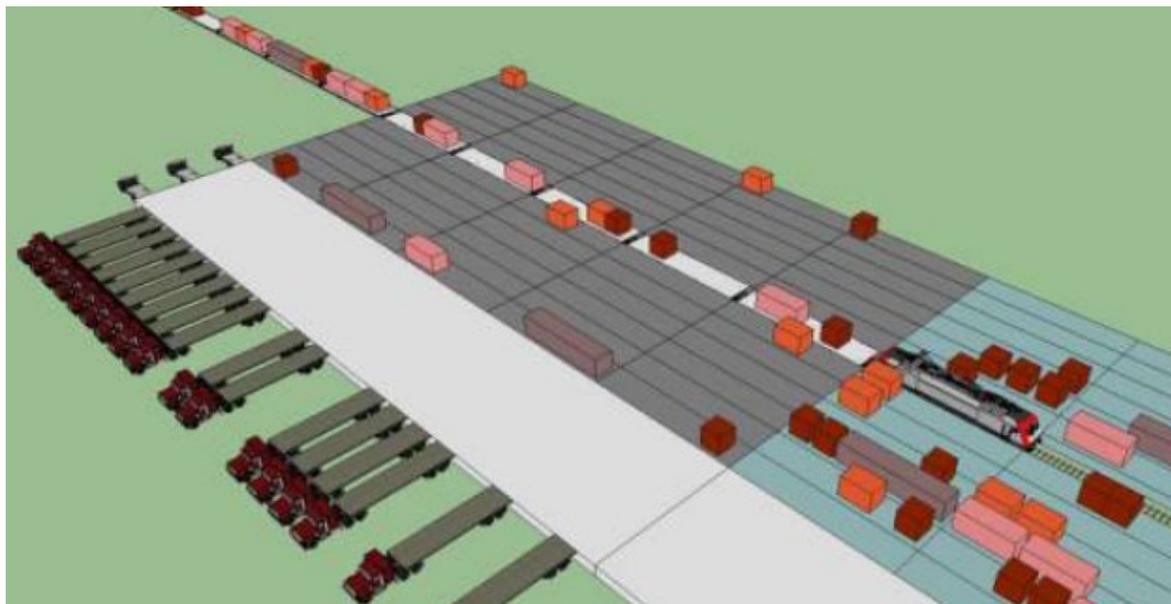
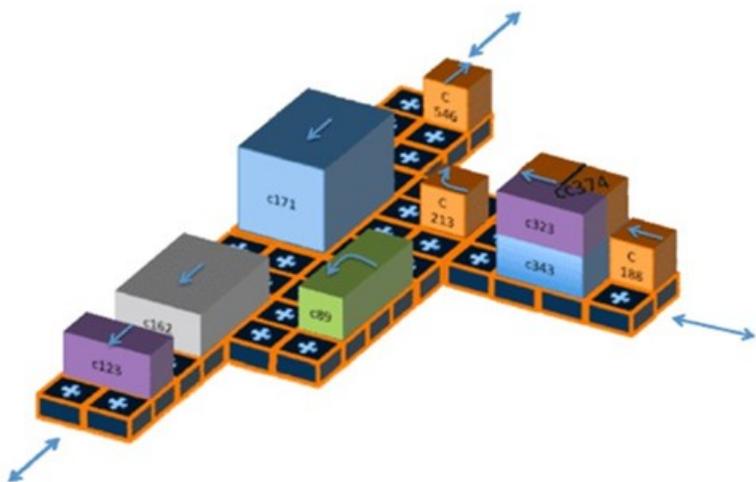
*1 Physical Internetの略。以降、PIと表記。

出所：B., Montreuil (2011) 「Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge」より

フィジカルインターネットの主な実現要素 – ハブ機能

- 規格化された容器をベースとしたマテリアルハンドリング、結節点における積替えの効率化の為のハブ機能が鍵。

PIハブ



インターモーダルな結節点における積替え品質・コスト・スピードを、FTLとLTLで同等にすることが目標。

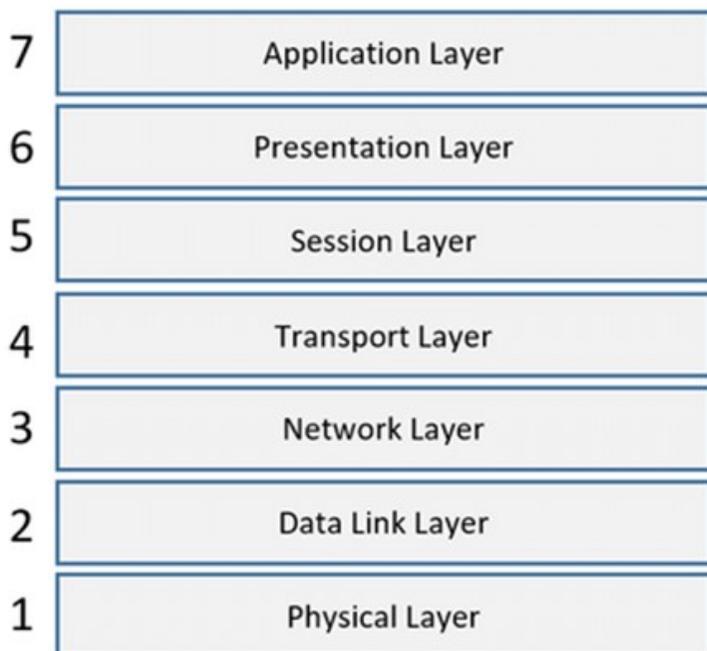
出所：B., Montreuil他（2010）「Towards a Physical Internet」、ジョージア工科大学プレゼン資料より

フィジカルインターネットの主な実現要素 – プロトコル

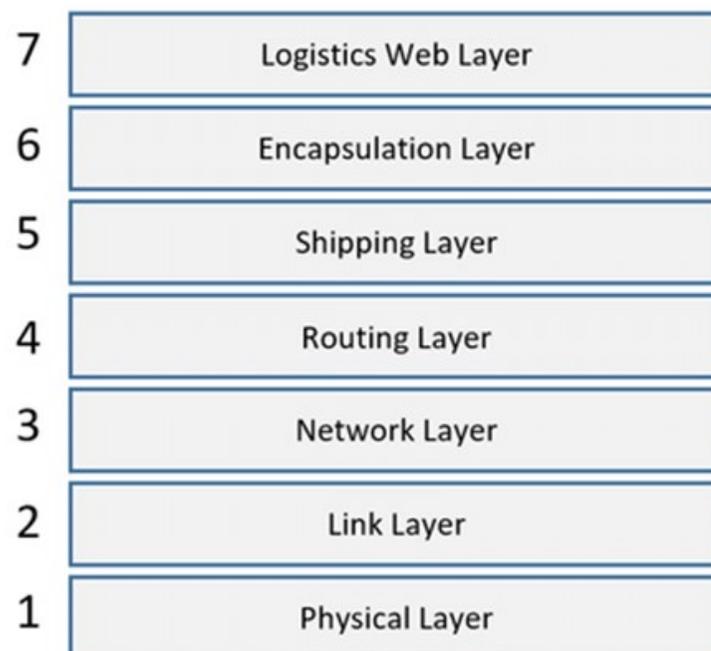
- 複数事業者の輸送ネットワークを経由して貨物を送る為には、インターネット通信同様、物流のサービス仕様、手続き、情報連携方法のルール化・標準化が必要。

PIプロトコル

インターネットの通信規格（OSI参照モデル）



フィジカルインターネットの情報連携規格（案）

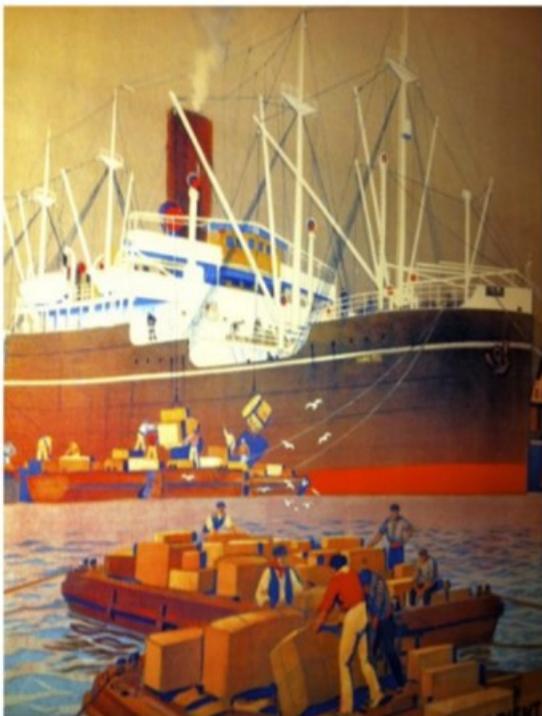


出所：S., Kaup他（2021）「Framework Artifact for the Road-Based Physical Internet based on Internet Protocols」より

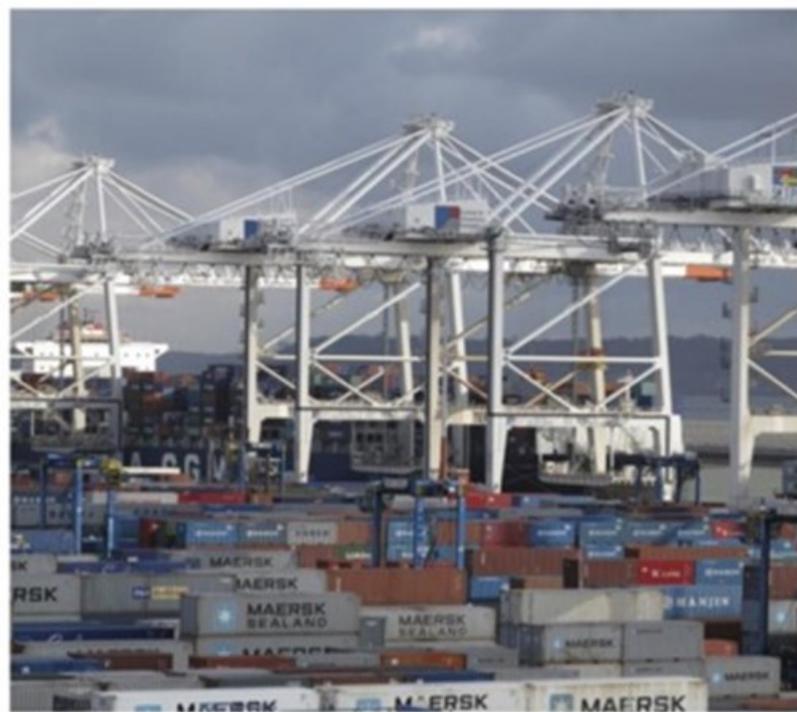
フィジカルインターネット実現のひとつの形

- 範とするのは海運のコンテナ輸送。同じ考え方で、陸運などの物流リソースの利用効率を改善。

コンテナ登場以前の海運



コンテナ輸送登場後の海運



50年で、港湾における荷捌きコストは10分の1に。

出所 : GS1 (2015) GS1 Transport & Logistics Workshop資料より

目次

1 フィジカルインターネットとは

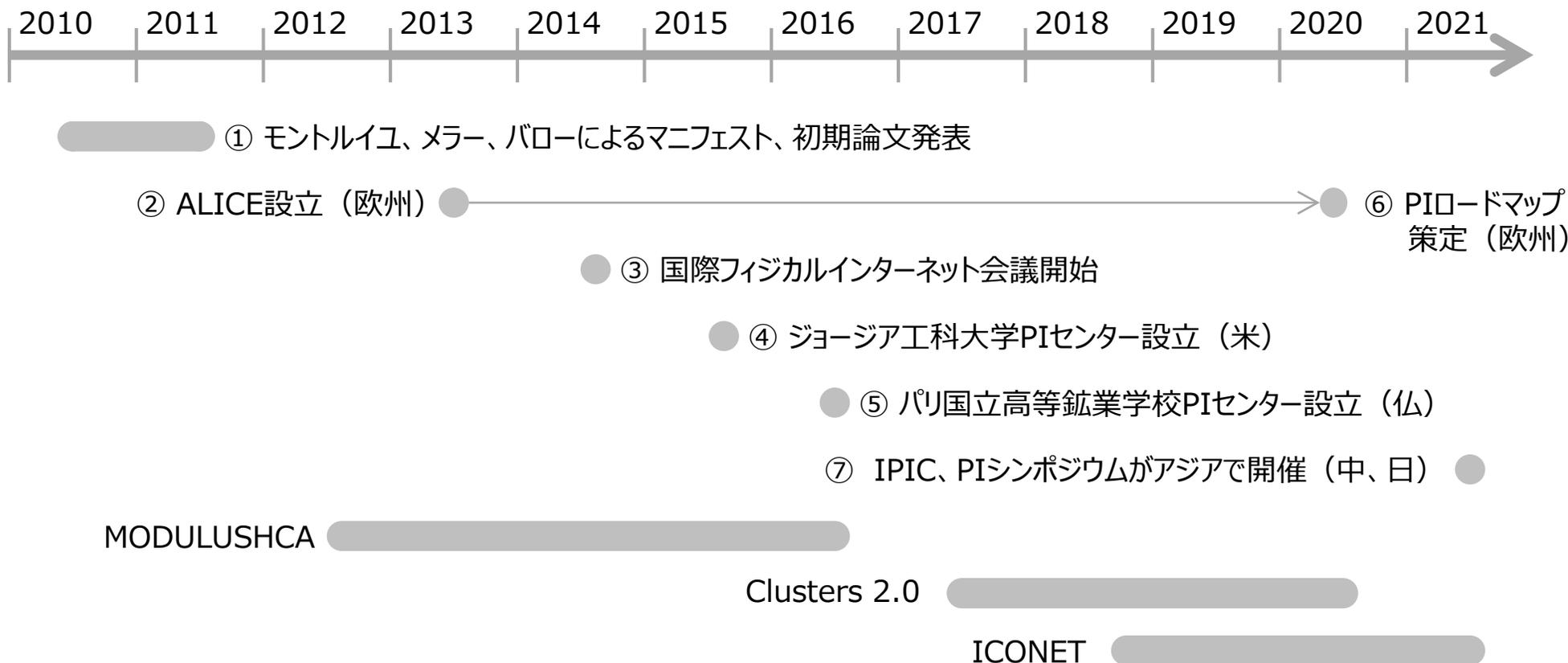
2 フィジカルインターネット発展の歴史

3 海外動向

PI発展の歴史

- モントリュイ他によって初めてフィジカルインターネットの概念が紹介されてから、約10年。実証研究などへも発展。

フィジカルインターネット発展の歴史



① マニフェストの背景（2010-2011）

- 根底にある課題認識は、物流における経済的、環境的、社会的な持続可能性の欠如。

モントルイユによる、物流の持続不可能性を示す13の症状

Unsustainability symptoms		Economical	Environmental	Societal
1	We are shipping air and packaging	●	●	
2	Empty travel is the norm rather than the exception	●	●	
3	Truckers have become the modern cowboys	●		●
4	Products mostly sit idle, stored where unneeded, yet so often unavailable fast where needed	●		●
5	Production and storage facilities are poorly used	●	●	
6	So many products are never sold, never used	●	●	●
7	Products do not reach those who need them the most	●		●
8	Products unnecessarily move, crisscrossing the world	●	●	
9	Fast & reliable intermodal transport is still a dream or a joke	●	●	●
10	Getting products in and out of cities is a nightmare	●	●	●
11	Networks are neither secure nor robust	●		●
12	Smart automation & technology are hard to justify	●		●
13	Innovation is strangled	●	●	●

- 1 私たちは空気を運んでいる。
- 2 空便は例外というより、むしろ当たり前だ。
- 3 長距離ドライバーは、現代のカウボーイ。
(帰宅できない。)

物流の持続不可能性を示す13の症状は、世界共通。

出所：B., Montreuil（2011）「Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge」より

② ALICE設立（2013）

- Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europeの略。

設立趣旨

- EUにおける、ロジスティクスおよびサプライチェーンイノベーションの包括的な促進。
- Horizon 2020等（EUの研究・イノベーション促進プログラム）におけるロジスティクス分野の研究を実行に移す為に、欧州委員会への支援や助言を担う。

課題認識

- ロジスティクスおよびサプライチェーンの生産性向上には、荷主と物流企業との緊密な連携が必要との認識の下、コラボレーションを促進。
- 欧州委員会が定めた2030年の温室効果ガス削減目標達成には、グリーンテクノロジーへの移行を待っては遅すぎるとの見解。現有の物流リソースをフル活用すべく、フィジカルインターネットに着目。

出所：ALICEウェブサイト、ALICE(2020)「ALICE brief presentation」より

② ALICE設立 (2013)

- 物流関連のあらゆるステークスホルダーを結集すべく、産官学から広く参画。
- 荷主（メーカー・小売）、3PL、フォワーダー、キャリア、ポート、ターミナル、不動産、物流機器、情報通信、コンサルティング、学術機関、リサーチセンターが集結。

Type of Organization	Members	EU/International Associations
Shippers & Retail	P&G, L'ORÉAL, prodimus, Atlas Copco, HOFER, COLRUYTGROUP, Unilever	ESC, cefic, ELUPEG, GS1
Logistics Service Providers, Courier and Postal operators & Freight Forwarders	GEODIS, BORUSAN LOJISTIK, FM LOGISTIC, Postebiz, sender, GRUBER, on post, ups, LINEAS, MATSUDA, OGO, CHEP, TRI VIZOR, CODONOTTO, Senso	CLECAT, EALTH, ECG
Ports, Hubs, Real State, Intermodal terminals & Transport Infrastructure	INTERPORTO SOLOMA, ECT ROTTERDAM, Port de Barcelona, Puerto de Algeciras, dulsport, TRAFIKVERKET, JLL, GENERALI, ECO SLC, SCS	INE, European IWT Platform
Transport and industry vehicles, packaging & material handling	VOLVO, SCANIA, TEVVA, PONERA, LOGIFRUIT, KION	eucar
Information and Communication Technologies & Consultancy	MARLO, SILENT SENSORS, algowATT, ALSIC, URBAT, PRODUCTBLOKS, log-see, BIMAR, il, TRAREN, RI/R, IDOM, NIXMOVE, DAC, vltm, GEA, VISMA, LOGIT ONE, LastMile, inlecom, HACON, TRANSPORTE-IN	ERTICO, LEAF LITE
Regional & National Logistics Clusters & Associations	vni, CLOSER, LIMOWA, CARA, Logistop, AirCargo, CESMAD, CPLSA, POM, ALIA, MARLOG	Smart Freight Centre
Research and technology Centers	Fraunhofer, ZILCO, BIDA, ENERGIS, TU Delft, TNO, to1, umec, cenit, MY	ectri, eL4
European Technology Platforms / PPPs	ERRAC, ESTRAC, EFFRA, MANUFACTURE EU	
Member States and innovation Funding*	TKI DIALOG, VINNOVA	

出所：ALICEウェブサイトより

③ 国際フィジカルインターネット会議（2014）

- 世界の学術・リサーチ機関、産業界、政府組織が参加。
- IPIC 2021では、3日間に渡って、150人以上の登壇者によりセッションやワークショップを実施。



IPIC 2021

alice | Alliance for
Logistics Innovation
through Collaboration
in Europe



-SENSE
GROUP

④ ジョージア工科大PIセンター設立（2015）

- モントルイユ教授が在籍するジョージア工科大学（米）にPIセンター設立。



Partners

Corporate Partners

Collaborators

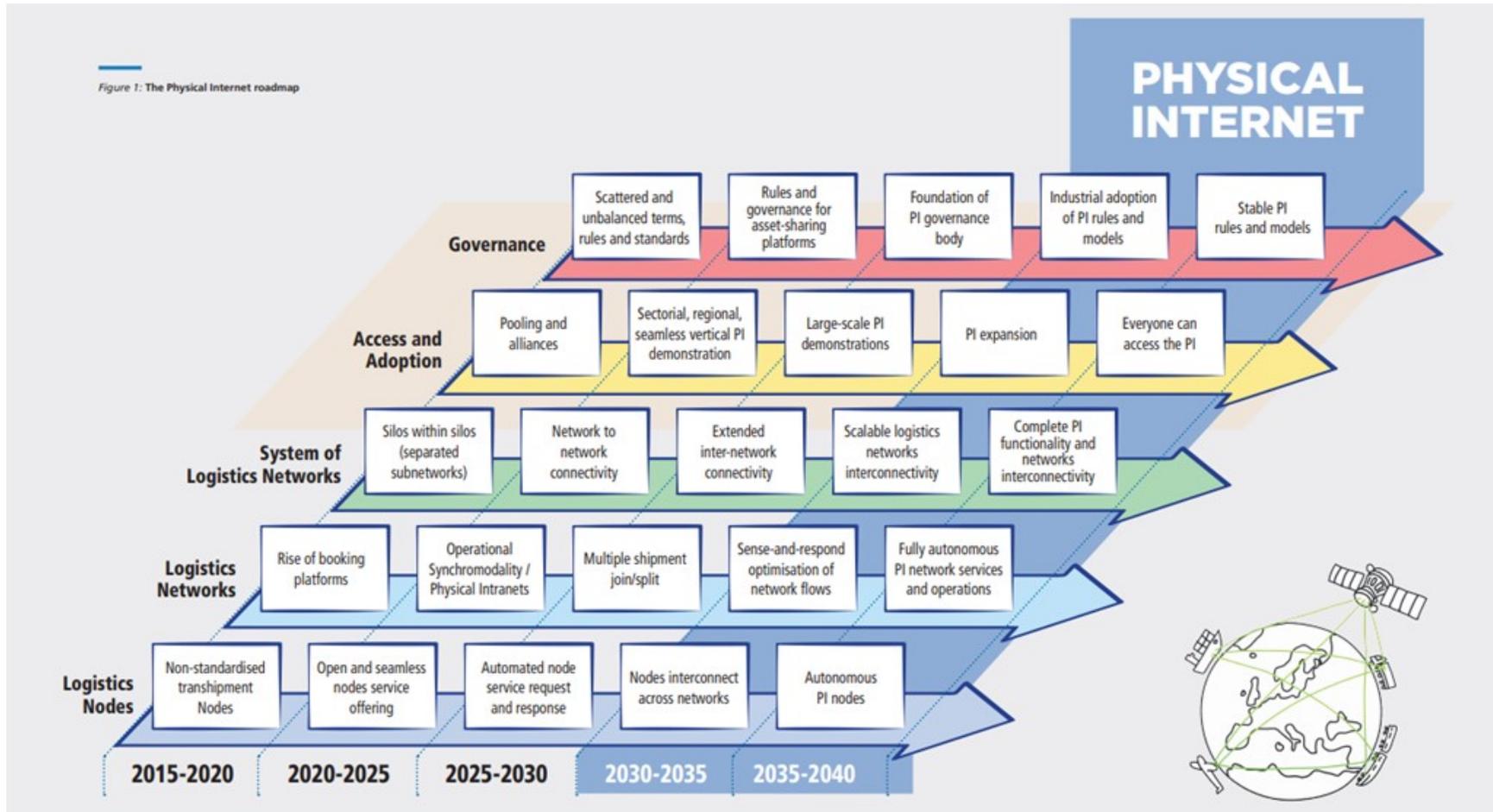
⑤ パリ国立高等鉱業学校PIセンター設立（2016）

- バロー教授の在籍するパリ国立高等鉱業学校（仏）にPIセンター設立。



⑥ ALICE PIロードマップ策定（2020）

- PI実現に向けたロードマップ。官民におけるPI関連投資（研究・イノベーション）の足並みを揃える為に、指針が必要との課題認識からALICE主導でロードマップを策定。



⑦ IPIC、PIシンポジウム（2021）

- 中国や日本でも政府関係者が登壇するなど、行政も着目。

Physical Internet Journey Leadership Grows in China and Japan

The image displays two side-by-side screenshots of conference websites. The left screenshot is for the 7th International Physical Internet Conference (IPIC 2020) held in Shenzhen, China, from November 18-20, 2020. The right screenshot is for the Physical Internet Symposium 2021, a Japan-USA-Europe Tripolar Summit held in Tokyo, Japan, on January 21, 2021. Both websites feature the Georgia Tech Physical Internet Center logo and a keynote video by Professor Benoit Montreuil. The left video is titled 'The Physical Internet: Shaping a Global Hyperconnected Logistics Infrastructure' and the right one is 'The Physical Internet: Origin, Progress, and Projection'. The bottom of the image shows a navigation bar with the Georgia Tech logo, the Physical Internet Center name, and the slogan 'CREATING THE NEXT'.

IPIC 2020

7TH INTERNATIONAL PHYSICAL INTERNET CONFERENCE
HYPERCONNECTING THE WORLD WITH PHYSICAL INTERNET

Towards a smart hyperconnected era of efficient and sustainable logistics, supply chains and transportation
IPIC 2020 - 7th International Physical Internet Conference
18th-20th November, 2020 | Shenzhen University, Shenzhen, CHINA

Welcome to IPIC 2020 | 7th International Physical Internet Conference

Georgia Tech Physical Internet Center
CREATING THE NEXT

**The Physical Internet:
Shaping a Global Hyperconnected
Logistics Infrastructure**

Professor Benoit Montreuil

Coca-Cola Chair in Material Handling and Distribution
Physical Internet Center
Supply Chain & Logistics Institute
H. Milton Stewart School of Industrial & Systems Engineering
Georgia Institute of Technology

IPIC 2020, International Physical Internet Conference, Shenzhen, China
2020/11/18

Physical Internet Symposium 2021
~Japan-USA-Europe Tripolar Summit~

2021.1.21 (Thu)
18:00-21:00 (Tokyo Time)
4:00-7:00 (Atlanta Time)
10:00-13:00 (Paris Time)

Georgia Tech Physical Internet Center
CREATING THE NEXT

**The Physical Internet:
Origin, Progress, and Projection**

Professor Benoit Montreuil

Coca-Cola Chair in Material Handling and Distribution
Physical Internet Center
Supply Chain & Logistics Institute
H. Milton Stewart School of Industrial & Systems Engineering
Georgia Institute of Technology

Physical Internet Symposium 2021, Tokyo, Japan
2021/01/21

Georgia Tech Physical Internet Center
CREATING THE NEXT

SUPPLY CHAIN 4.0 PANEL

B. MONTREUIL, The Physical Internet : Enabling the Supply Chain 4.0 Era

JANUARY 25, 2021 14

出所：ジョージア工科大PIセンターウェブサイトより

(参考) 欧州企業のコミットメント

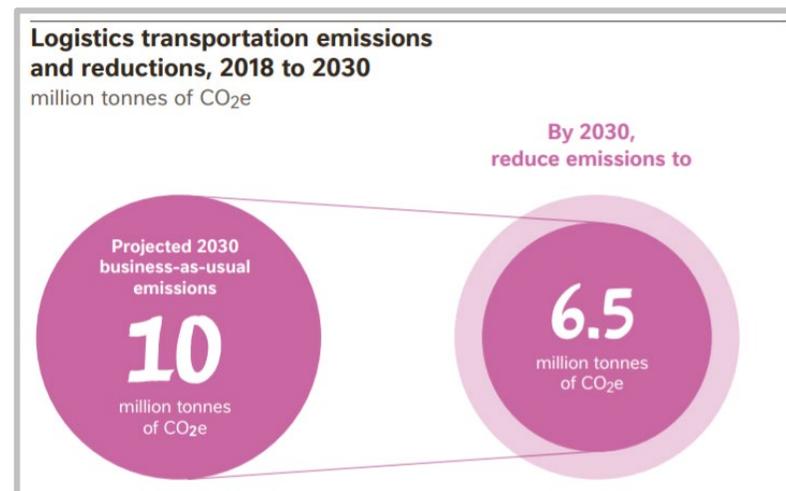
- Nestleは、物流の効率化によるCO2排出量削減を公式に表明。

CSVレポート

- サプライチェーンからのCO2排出量の90%以上が、自社外（Scope3）から。上流下流のサプライチェーンパートナー企業と連携して削減の取組を実施。
- IKEA、Unileverなどととも、ヨーロッパ・クリーントラック同盟を発足。陸運の排出量削減に向け、トラック輸送業界を改革。

- 2030年までに350万tのCO2排出量削減が目標。
- 2025年までは、積載率向上、戻りの空便削減、ルート最適化、鉄道などを使ったマルチモーダルへのシフトが、最大の削減施策。
- IT投資、および、各地域への物流集中管理機能の設置を推進。

ネットゼロ
ロードマップ

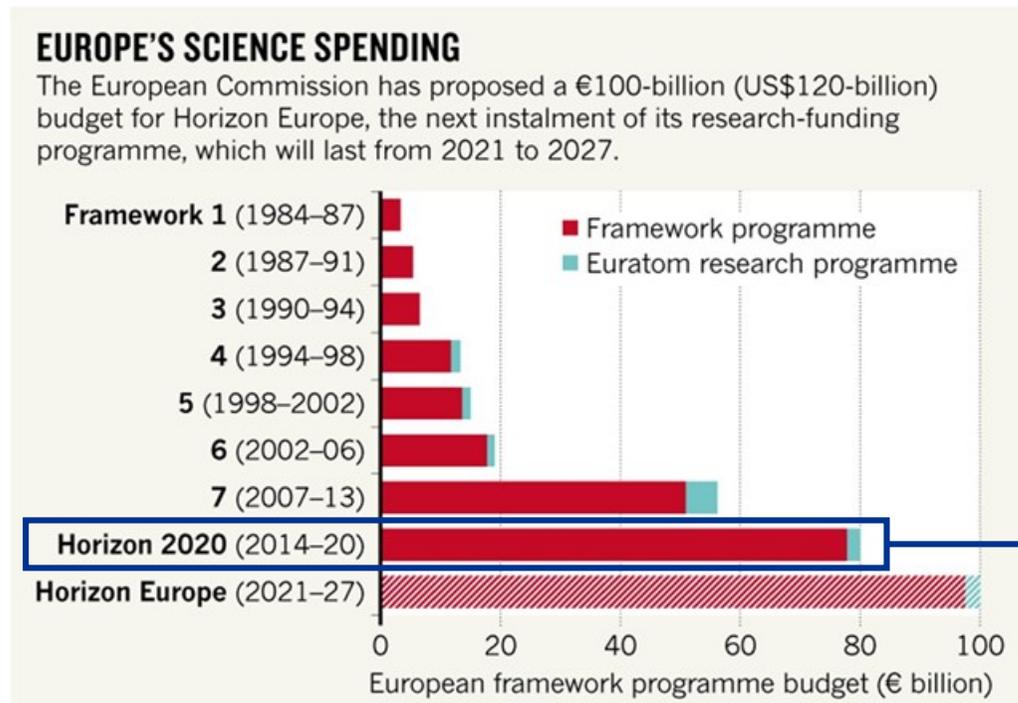


出所：Nestle「Creating Shared Value and Sustainability Report 2020」、「Nestle's Net Zero Roadmap」より

(参考) PI関連のプロジェクト助成金プログラム - Horizon 2020

- Horizon 2020は、EUの研究・イノベーションを支援、促進するための助成金プログラム。
- フィジカルインターネットを含む運輸セクターのプロジェクトは、主に当該プログラムから支援を得ている。

Horizon 2020



7年間で総額800億ユーロのHorizon 2020の内、約29億ユーロが運輸セクターのプロジェクト助成。

出所 : nature、Horizon 2020ウェブサイトより

目次

1 フィジカルインターネットとは

2 フィジカルインターネット発展の歴史

3 海外動向

海外動向

- 海外におけるフィジカルインターネットへの取組として、欧州を中心とした実証研究を紹介。

	プロジェクト		コンテナ	ハブ機能	プロトコル*1
A	MODULUSHCA		✓		✓
B	Clusters 2.0		✓	✓	✓
C	ICONET				✓

*1 プロトコルには、情報連携の実証研究も含む。

- 日用消費財（FMCG）における、コンテナ容器の標準規格開発プロジェクト。

基礎情報

- 期間は、2012年10月から2016年1月。
- 予算は、FP7から4.2Mユーロ（約5億円）。
- 11か国から、15団体が実施主体として参加。
 - メーカー P&Gなど
 - 物流 CHEPなど
 - エンジニアリング Kirsen Global Security
 - 情報通信 PTVなど
 - 学術・リサーチ機関 Graz工科大、Laval大学など
- カナダのLaval大学も参加しており、北米の類似プロジェクトとも同期。
- 各種メーカー・小売とも意見交換を実施。
 - Siemens、Nestle、TESCOなど

出所：CORDIS EU Researchデータベースより

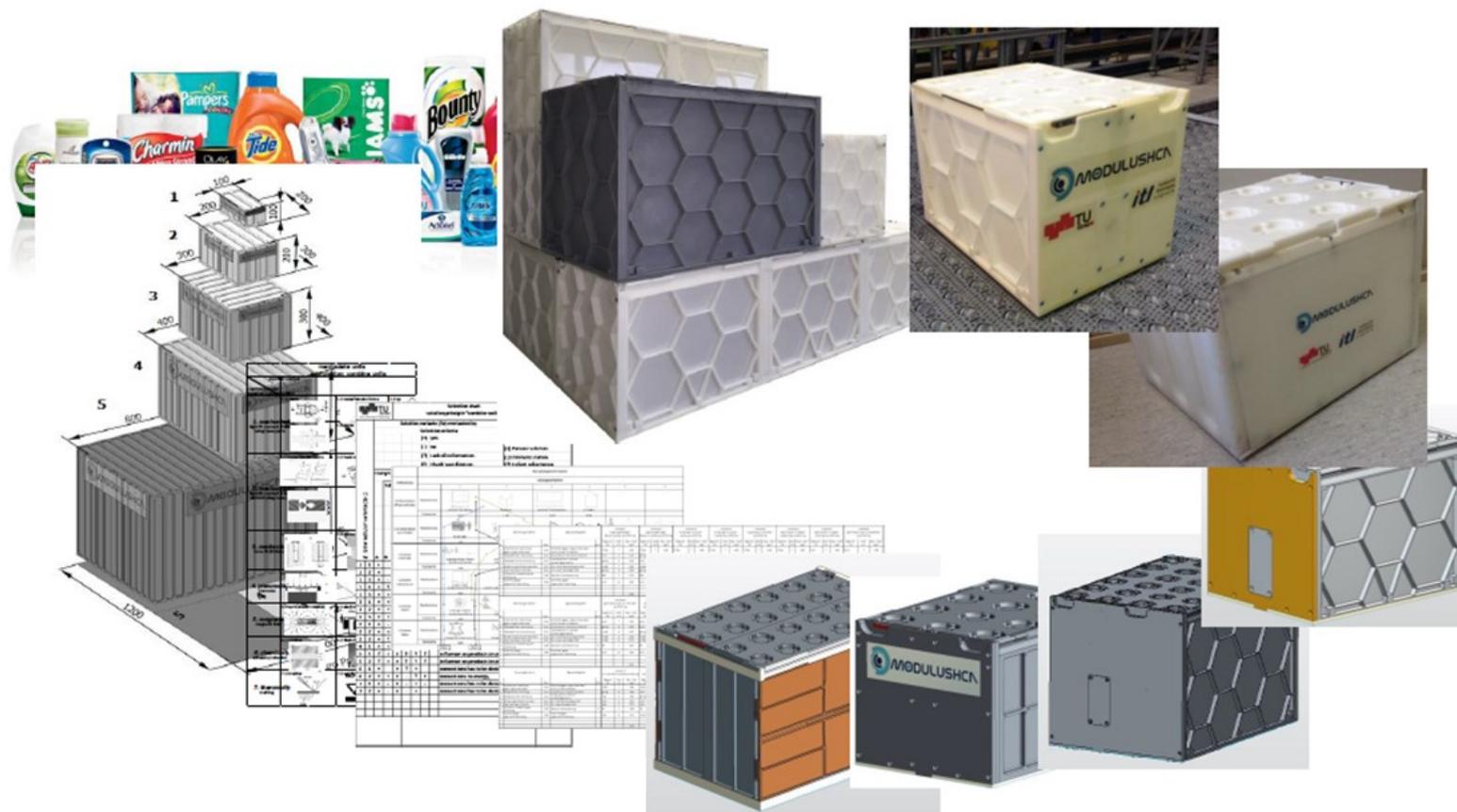
目的・概要

- 目的は、**容器の標準規格開発を通じて、積替え時の荷捌き効率化。**
- 物理的なサイズ・情報共有・オペレーションの3つの点で、グローバルレベルでの相互接続性を確保。
- 初期ステップとして、日用消費財（FMCG）を対象。



A MODULUSHCA (コンテナ)

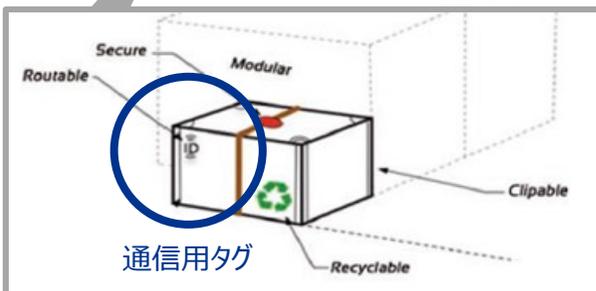
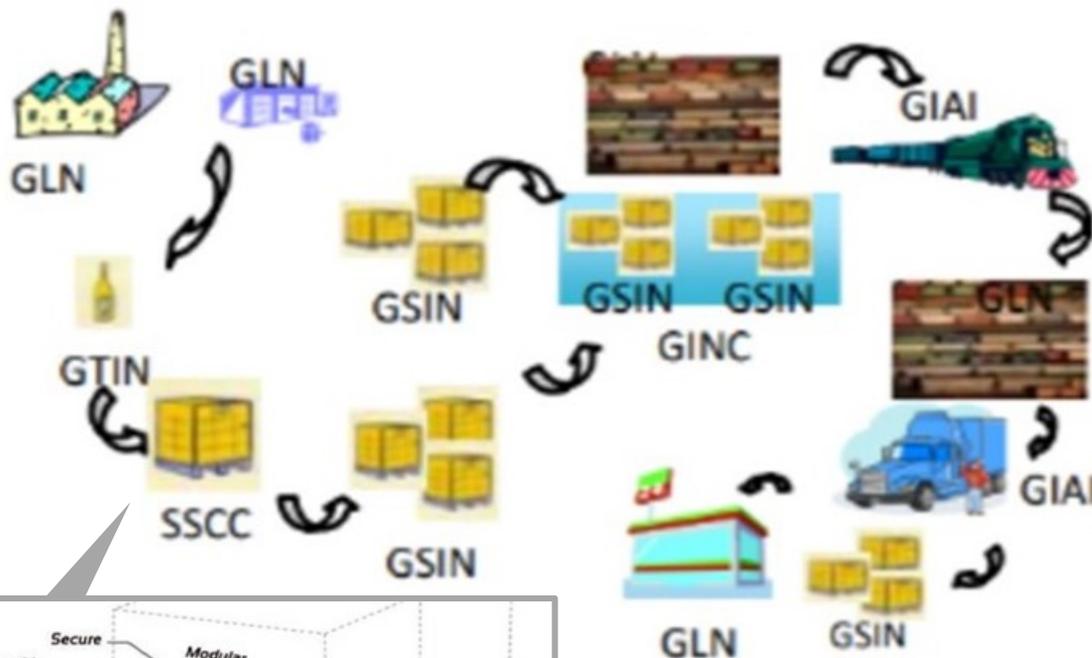
- CAD上での設計から、素材選定、プロトタイプ開発まで実施。



出所：IPIC 2018, Graz工科大プレゼン資料より

- ユニットロード化するとともに、RFID等を搭載し、デジタル面での接続性も企図。GS1標準コードを用いた情報連携の枠組みを構想。

GS1標準を用いたサプライチェーン上での情報連携イメージ



GS1標準のコード

- GLN **G**lobal **L**ocation **N**umber
- GIAI **G**lobal **I**ndividual **A**sset **I**dentifier
- GRAI **G**lobal **R**eturnable **A**sset **I**dentifier
- GTIN **G**lobal **T**rade **I**tem **N**umber
- GSIN **G**lobal **S**hipment **I**dentification **N**umber
- SSCC **S**ingle **S**hipment **C**ontainer **C**ode

出所：IPIC 2018, Graz工科大プレゼン資料、GS1 (2015) GS1 Transport & Logistics Workshop資料より

- EU各地の物流集積拠点を活用し、物流網を集約化することを狙いとしたプログラム。

基礎情報

- 期間は、2017年5月から2020年7月。
- 予算は、H2020から6.3Mユーロ（約8億円）。
- 10か国から、29団体が実施主体として参加。
 - メーカー P&Gなど
 - 物流 DHLなど
 - ターミナル Duisportなど
 - 情報通信 PTVなど
 - 学術・リサーチ機関 パリ鉱業高等学校など
- 各国の物流ターミナルが参加。
- プログラム傘下の各サブプロジェクトを、各ターミナルで実施し、その結果を共有・統合。

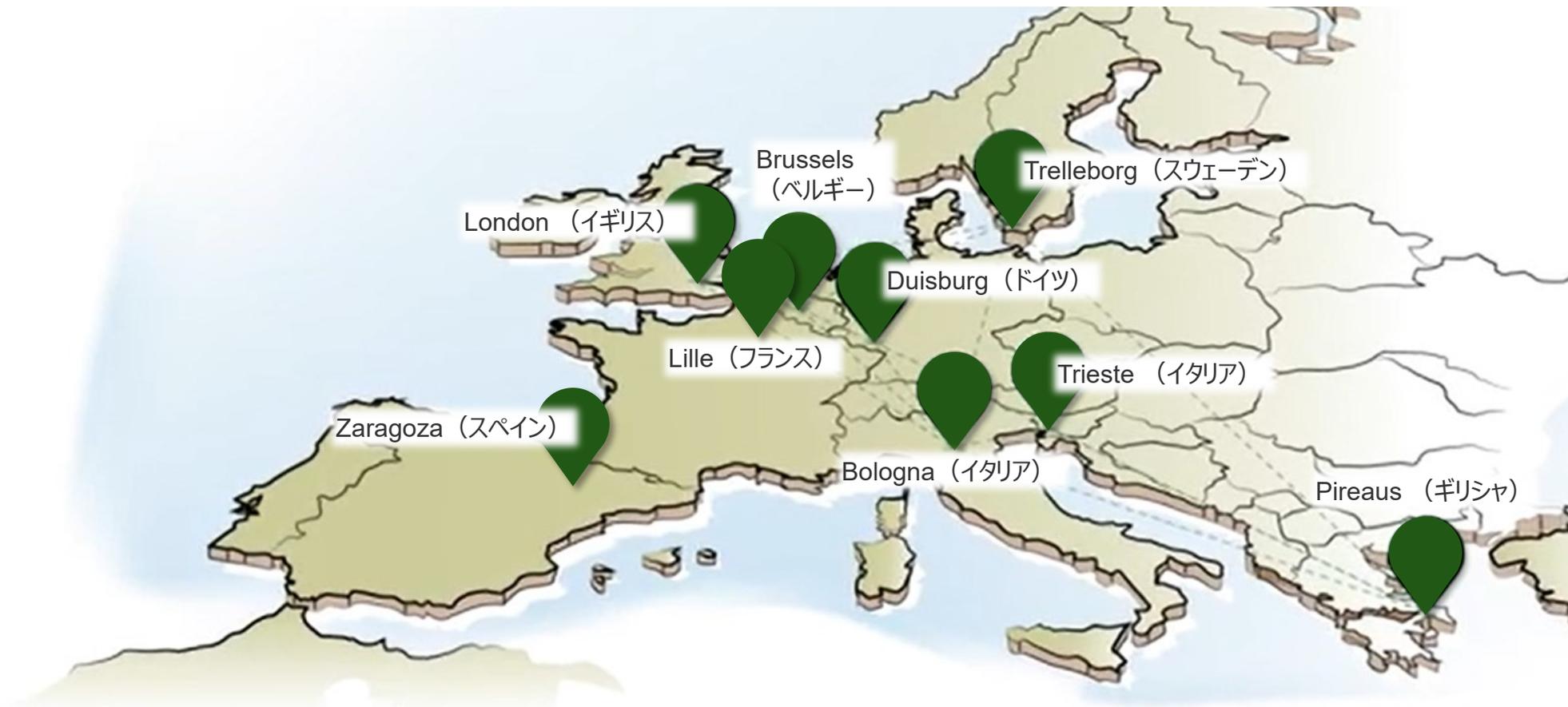
目的・概要

- 物流集積拠点（Logistics Clusters）を中心とした物流網集約化を目的に、コンテナ、ハブ、情報連携のあり方をサブプロジェクトに分けて検討。
- 2050年までに、**輸送距離300km以上の貨物の50%を鉄道輸送へシフト**し、下記目標を達成することが狙い。
 - ドアツードアの車両積載率を75%向上
 - 積替えのオペレーションコストを30%削減
 - 現存の物流インフラで1.5倍の物流量へ対処

出所：CORDIS EU Researchデータベースより

B Clusters 2.0 – 対象拠点

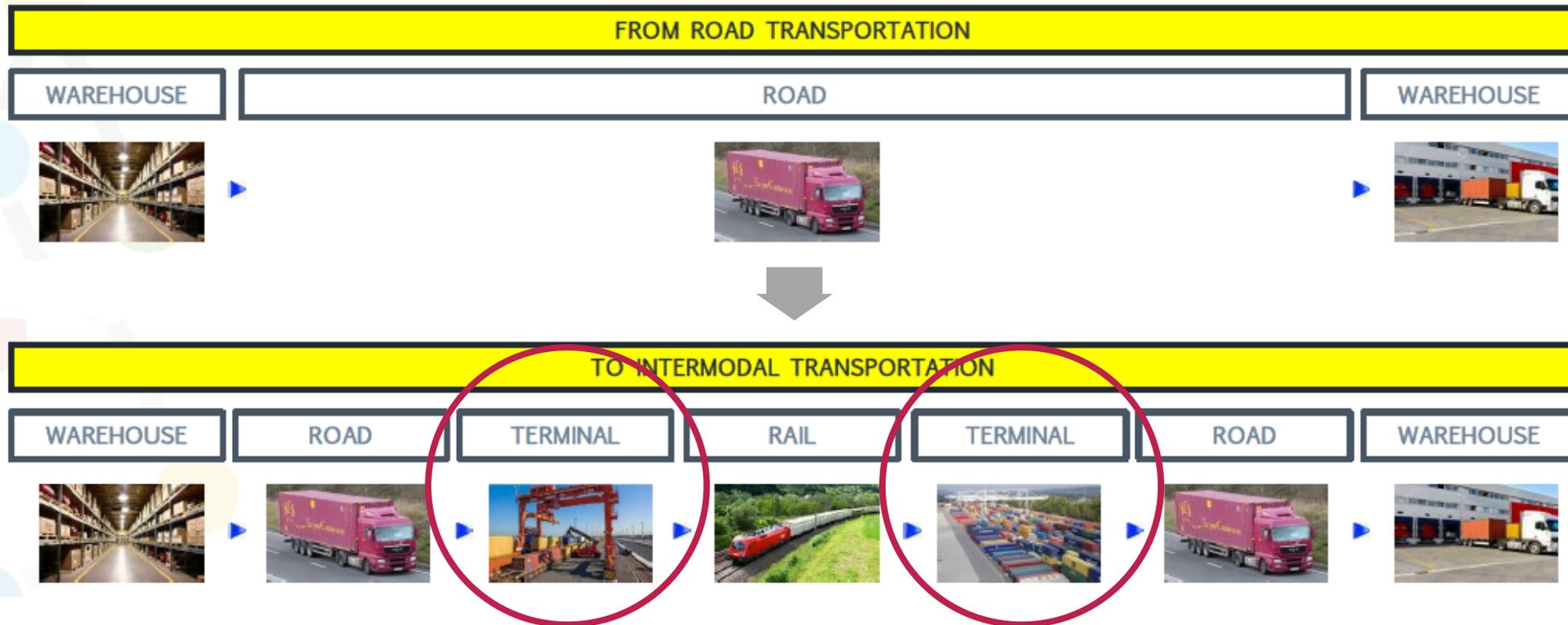
- 9つの物流集積地（Logistics Clusters）が参画。



出所：Clusters 2.0ウェブサイトより

B Clusters 2.0 – 課題認識

- 長距離トラック輸送を鉄道へシフトするには、結節点での積替え効率が鍵。



インターモーダルでの積替えに適したコンテナ・ハブ・情報連携（プロトコル）のあり方を検討。

出所：Clusters 2.0ウェブサイトより

B Clusters 2.0 – NMLU (コンテナ)

- New Modular Load Unitの略称。
- インターモーダルでの積替えに適したユニットロードの規格化、実証研究を実施。

積替えに適したユニットロード規格の開発

ユースケースで検証



出所：Clusters 2.0ウェブサイトより

B Clusters 2.0 – ContainerMover (ハブ)

- 鉄道とトラック間で、コンテナごと積替え。

積替えソリューション - ContainerMover 3000



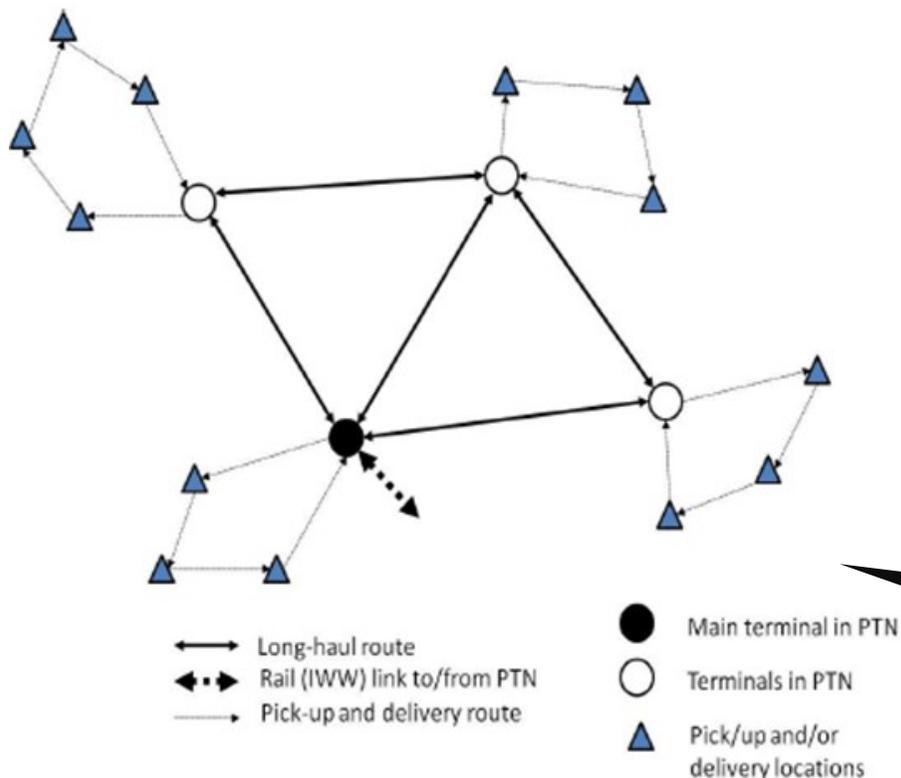
積替えソリューション - ContainerMover 4000



出所：Clusters 2.0ウェブサイトより

- 地域内の荷主から物流集積拠点（ハブ）への集荷・積替えを効率化すべく、情報連携基盤のプロトタイプを開発。物流コミュニティ内の情報連携の枠組みを提供。

ターミナルを中心とした物流コミュニティ



情報連携の概略

- 荷主、物流企業、ターミナルは自前のシステムをCLuCS (Cluster Community System) と接続
- 情報連携基盤上にて、文書をデジタル化し、手続きをシームレス化
- コミュニティ内の企業は、メニュー化されたサービス・輸送枠を情報連携基盤上で選択・輸配送手配 など

Bolognaの物流ハブ



出所：Clusters 2.0ウェブサイト、ALICE（2020）「Roadmap to the Physical Internet」より

- フィジカルインターネット・サービスを支えるICTインフラ整備のプロジェクト。

基礎情報

- 期間は、2018年9月から2021年2月。
- 予算は、H2020から3.1Mユーロ（約4億円）。
- 11か国から、17団体が実施主体として参加。
 - メーカー・小売 P&G、SONAEなど
 - 物流 UIRRなど
 - ターミナル アントワープ港など
 - 情報通信 IBMなど
 - コンサルティング INLECOM GROUPなど
- P&G、SONAE（ポルトガルを拠点とする小売）などが主体となって、実運用を想定したケーススタディ・検証を実施。

目的・概要

- フィジカルインターネットをエンドツーエンドで支えるICTインフラ・情報連携の基盤が、未だ統合的に構想されていない点を課題認識。
- **フィジカルインターネットを制御・管理するICTインフラ（PI Control and Management Platform）のあり方を構想、具体化。**
- フィジカルインターネットを成立させる具体的なサービス（事業者を横断したエンドツーエンドの輸送ルート探索など）を構想し、ICTインフラとして必要な機能、連携方式、データ構造のブループリントを定義。

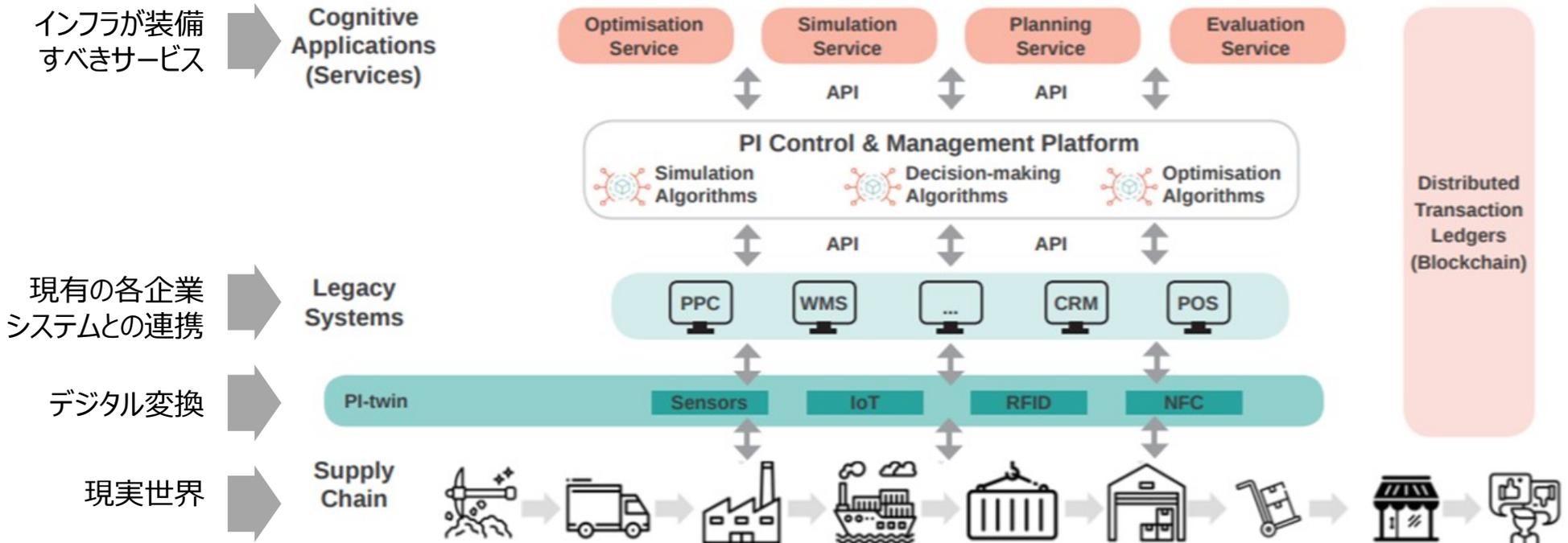
出所：CORDIS EU Researchデータベース、ICONET ウェブサイトより

C ICONET (情報基盤・プロトコル)



- 現実世界の貨物輸送状況、物流リソースの制約などをデータとして可視化し、統合的に制御・管理することを志向したICTインフラのあり方を構想。

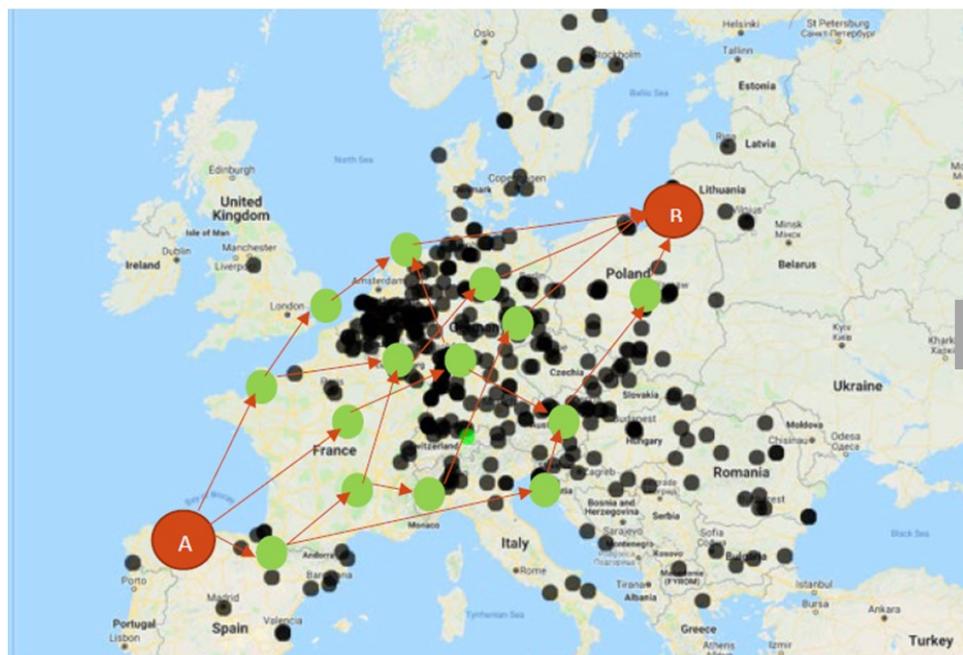
フィジカルインターネット制御・管理用ICTインフラの概念的な骨格



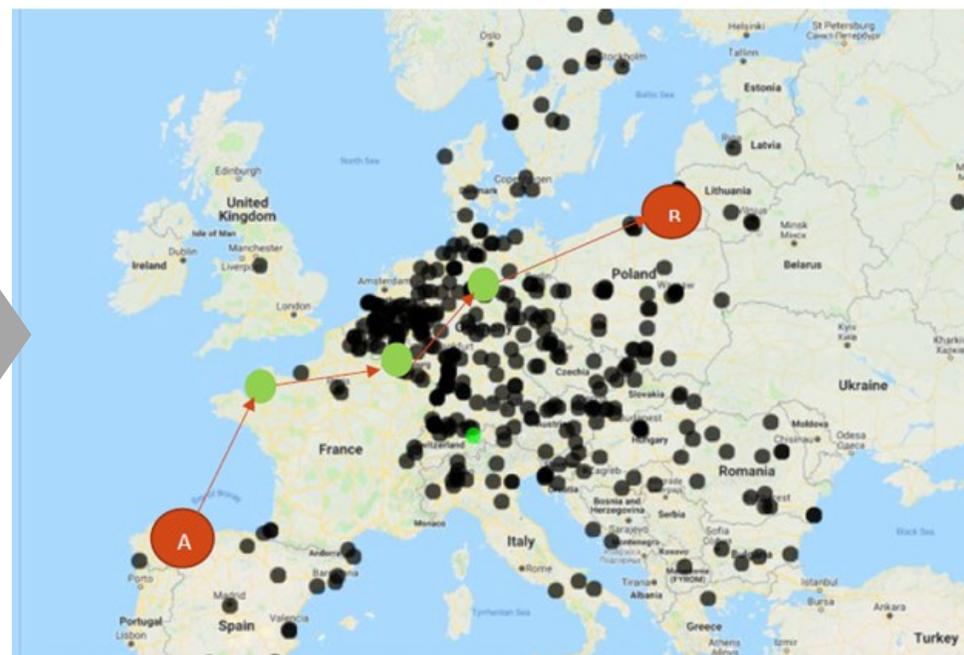
出所：ICONET ウェブサイトより

- 例として、最適ルートの探索サービス。貨物の輸送要件、経由ハブや輸送業者のキャパシティ、運行表などをもとに、物流事業者横断の最適ルートを探索。積載率の最大化なども加味して決定。

医薬品の保冷輸送ルートの探索サービス



選択し得るルート候補から



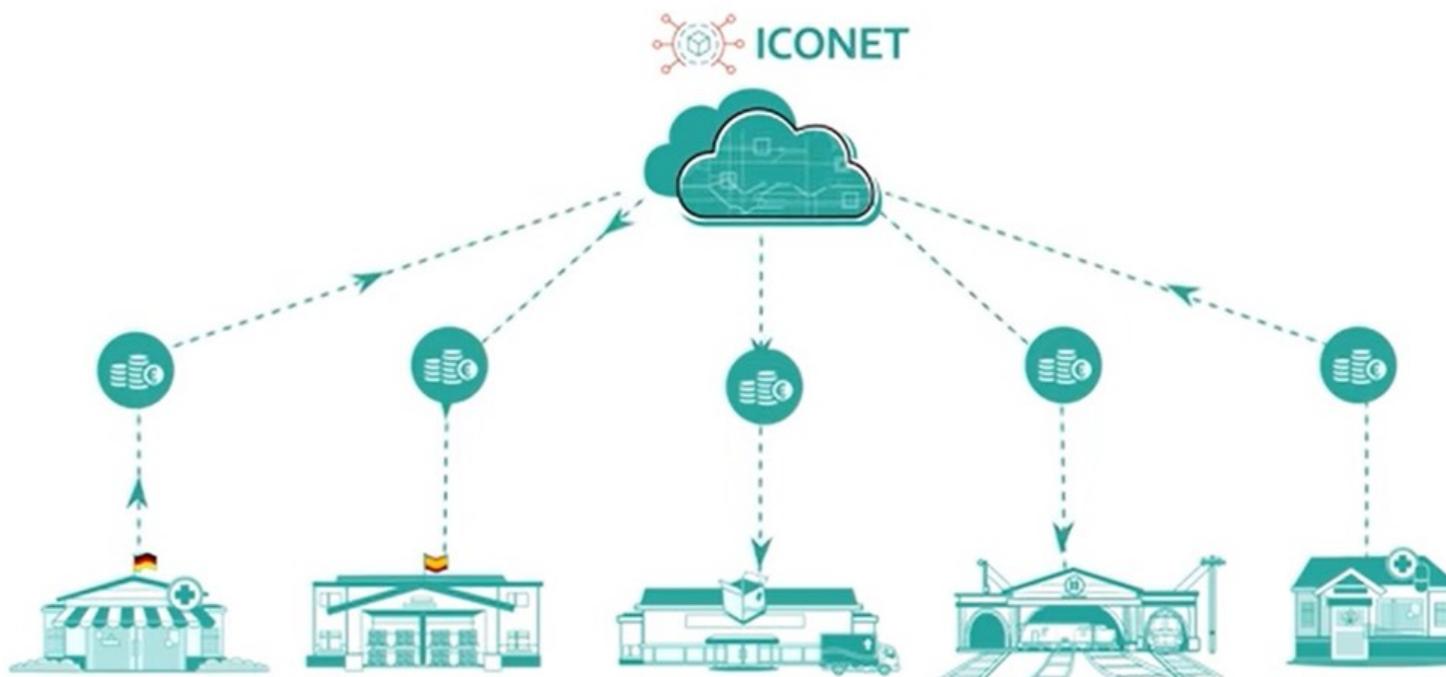
荷主要件に合致する最適ルートを特定

各事業者への指図、経由地到着都度のルート再評価、リアルタイムの最適ルート変更なども実施。

出所：ICONET ウェブサイトより

- 物流、情報流に加え、金流まで包含した情報連携基盤を志向。

ICONETによる物流ステークホルダー間での決済実現イメージ



Blockchainを用い、着荷時に物流ステークホルダー間での決済を完了。

出所：ICONET ウェブサイトより