

物流DXの鍵

～数学と現場をつなぐ第三の人材とは～

東京大学 先端科学技術研究センター
西成 活裕

これからの時代

「VUCA」の時代

先行き不透明で、将来の予測が困難
気象、経済、政治、疫病、科学技術、格差、高齢化、治安、、、

V (Volatility: 変動性)

U (Uncertainty: 不確実性)

C (Complexity: 複雑性)

A (Ambiguity: 曖昧性)

どのように生きていけばいいのか？

不確実な中での拠り所は何か？

- ✓ 時代が変わっても「変わらないもの」
- ✓ 予測に使えるもの
- ✓ 複雑な対象を処理できるもの



数学

背骨となって我々を支えてくれる。ただし、、

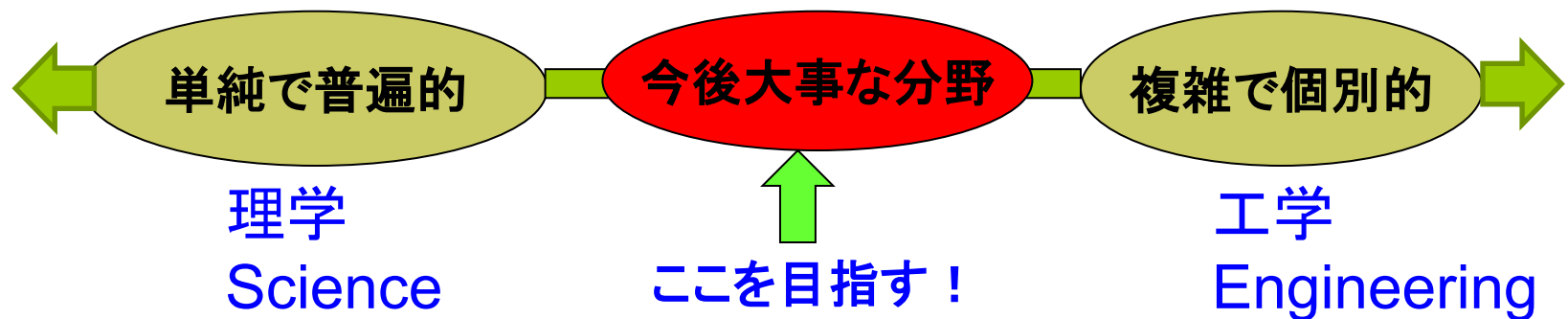
純粋数学(理学)と応用数学(工学)

理学＝基礎 (なぜ**Why**、演繹Deduction)

原理を理解したい

工学＝応用 (どうやって**How**、帰納Induction)

困っている問題を解決したい



一人の人間の頭に両方を詰め込んで初めて真のバランスが可能
＝第3の人材！

東大理系大学院で先端物流科学講座が開講！

東京大学先端物流科学寄附講座 2020.4～

物流課題の全体最適化ができる、高度物流人材(第3の人材)の育成と輩出

理学系講義 物流に関係しそうなあらゆる基礎学問

最適化の数理、ドローン・協調ロボットなどの技術、機械学習
待ち行列理論・確率モデリング、渋滞学、ネットワーク理論、シミュレーション
SCM、トヨタ生産方式などの改善手法

応用講義 物流会社・国の取り組みや課題

様々な業種での最新物流事例(輸送・倉庫・決済(Fintech)・ブロックチェーン)
行政の取り組み(国交省・経産省)



左から東京大学 西成教授
鈴与 西ヶ谷専務
ヤマトHD 山内会長
SBSHD 入山専務
東京大学 井村特任教授

新たに参加
日本政策投資銀行
モノフル (予定)

数学は何の役に立つ？ 数学とは何か？

数学の効きどころ

予測

最適化

分類

数学の世界

形のあるものを扱う

離散的なものを扱う

連続的なものを扱う

幾何

ジオメトリー
図形

代数

アルジェブラ
数式

解析

アナリシス
関数・微積分

論理 ロジック

「はじめにロゴスありき」

これからAIと数学は「当たり前」の時代

- 複雑な世の中を「予測」する
 - ソサエティ5.0「CPS」、スマートシティ、経済など
- データ + AIによる「最適化」
 - 物流（効率的なルート、倉庫配置）、スケジュール
- データ + AIによる自動「分類」
 - 経済（マーケティング等）、医学など

アジャスティング

データを集めるだけでは課題は解決しない！

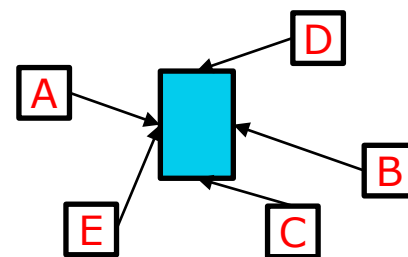
少数のリソースを多数のエージェントで利用する場合、動的な調整による**コンフリクトの解消**

シェアリング & マッチングのベースになる技術

例：交差箇所、物流バースなど

IoT & AIによる

- 1) リソースの見える化
- 2) 全ての利用ニーズの見える化
- 3) 全体の調整



アジャスティング

この解決のためには高度な理系知識が必要

例：AI交渉ネットワーク理論、オークション理論、確率過程、待ち行列理論など

文科系側面も必須

□ プライバシーの確保と受容性

データはすべて個人と結びつけて管理されれば監視社会につながる。新技術に対する人の受容性も考慮する必要あり。

□ 労働雇用喪失

定型作業はますます自動化されていく(労働力不足の場合はプラスに働く)

□ 法規制のクリア

法整備が追いつかず、新技術が自由に社会で使えない事もある

□ ビジネスモデルの構築

補助金無しでも回るようにしなければならない

□ データのオープン化、商習慣からの脱却への合意形成

使えるプラットフォームにするためのステイクホルダー協調

□ カイゼンの方法の熟知

問題点をカイゼンしていく手法を習得しておく必要がある

国内だけを見ていると危ない！

中国の動向に注目すべし

中国EC市場 112兆円規模 日本の国家予算越え！

□ 菜鳥

- ✓アリババを支える物流会社。中国人向けに日本商品の調達に力を入れ、東京・大阪・横浜・神戸などに倉庫拠点を持つ。
- ✓配送そのものは行わず、物流業者へプラットフォームを提供、その利用料で稼ぐビジネスモデル
- ✓プラットフォームはクラウドでの独自サービスを展開し、データ分析や荷物追跡を行い、デジタルツイン(CPS)技術で物流センターのリアルタイム最適化を行う

□ 京東ロジスティクス JD

- ✓アマゾンのようなECモールを展開、菜鳥とは異なり独自の中国最大の物流網を中国全土に張り巡らす。配送は11時までの注文なら当日配送を保証している。
- ✓配送だけでなく、倉庫、カスタマーサービスなど総合的な物流ソリューションを提供。AI活用やビッグデータ解析を進め、調達、在庫、配送の最適化マネジメントを支援。
- ✓政府が保有する物資の全チェーン情報をリアルタイムに把握し、5GとIoTを組み合わせたDXを推進し、配送ドローンや様々なロボットも開発。

今求められているのは、、、

分野横断的な力！

「一つのことしか知らないのは何も知らないのと同じ」
異分野をつなげる力がこれから大切

- 現代の課題は複合的、工学も理学もない！
環境、国際、格差、人口、健康など多分野の知恵が必要
➡ 一人の人間に多分野を詰め込む必要がある

- 大学教育は専門性のみ重視
単能型から多能型へ、「T」型人間の養成
→ 第3の人材の重要性



今まさに

トータルで考える交通物流の新時代

□ 「接点」が課題

例1: 航空機→空港→鉄道・バス→タクシー→ホテル

例2: 荷主→運送→物流倉庫→運送→客

□ 情報の連携で新時代へ

例1: 航空空会社、空港運営会社、鉄道会社、バス会社、
タクシー会社、道路管理者、駐車場業者、旅行代理店

例2: メーカー、運送会社、倉庫会社、通販、道路管理者

□ 商流基盤と物流基盤の連携 ブロックチェーン、電子決済

円滑な交通・物流のためのプラットフォームが必要

= 協調による高効率化・全体最適化

注:何のためのプラットフォームか？

手段が目的にならないように、、、

□ 目的 KGI

安全安心(事故低減)

快適(渋滞低減)

環境負荷低減

高齢化社会に向けた住みよい街

人手不足解消のための産業効率化

□ 手段 KPI

IoT&AIの技術(アジャスティング含む)

クラウド・エッジ、分散処理技術(ブロックチェーン等)

ルート最適化技術

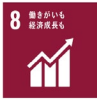



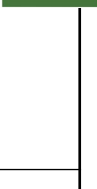
予測技術(交通状況、需要)

交通流制御技術(TDMなど)、自動運転

フィジカルインターネット

全体最適のために KGI、CSF、KPI、PIのロジックツリーの提案

短期指標と長期指標を一致させる！

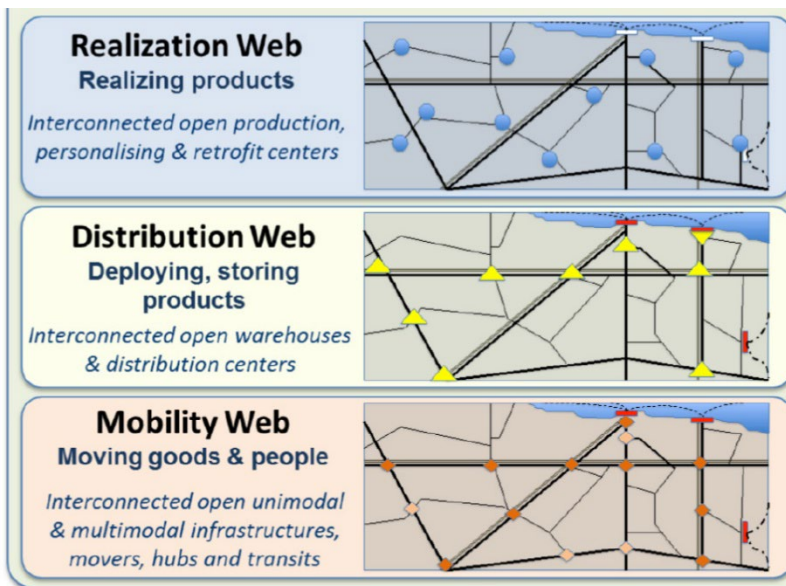
上位概念	持続可能な社会構築(SDGs)		
KGI	労働生産性の向上	物流リソースの稼働率向上	環境負荷(→CO2排出量)の低減
CSF	  労働生産性 ≡労働による成果/(就業者数×労働時間) ≡(営業利益+人件費+減価償却費)/(就業者数×労働時間)	 ロードファクター ≡輸送トンキロ/能力トンキロ =(輸送重量×輸送距離) /最大積載重量×走行距離) =(輸送重量/最大積載重量) ×(輸送距離/走行距離) =積載率×実車率 回転数≡運行回数/日 稼働率≡稼働時間/24h	  【電力】 CO2排出量≡電力使用量×排出係数 【化石燃料】 CO2排出量≡燃料使用量×排出係数 ≡(輸送距離/燃費)×排出係数 ≡輸送トンキロ×排出原単位 ここに、 排出原単位≡F(積載率、最大積載重量)
KPI	労働時間	積載率 実車率 運行回数 稼働時間	輸送距離 積載率
PI	待機時間の短縮 (バース予約システム) 荷役時間の短縮 (一貫パレチゼーション) 納品時間の短縮 (ユニット検品) 配送時間の短縮 (共同輸配送→TMSの共同利用)	積載率の向上 (フィジカルインターネット) 実車率の向上 (フィジカルインターネット) 運行回数の向上 (バース予約システム) (一貫パレチゼーション) (ユニット検品) (共同輸配送→TMSの共同利用) (フィジカルインターネット) 稼働時間の向上 (ロボティクス)	輸送距離の短縮 (共同輸配送→TMSの共同利用) 積載率の向上 (フィジカルインターネット)
共通テーマ	標準化:物流用語、物流EDI標準JTRN、πコンテナ(標準化された包装容器)、取引条件(特に、庭先条件)、データエレメント、フォーキャスト等 デジタル化(データ化):商品の物流情報、伝票等		

製造・物流の統合による物流の全体最適化

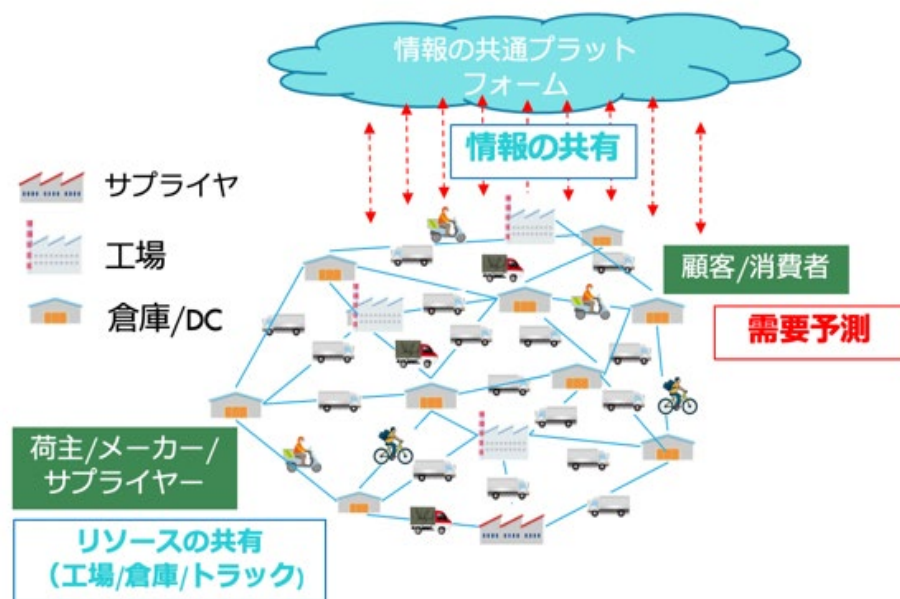
サプライチェーンからデマンドウェブへ

製造・倉庫・輸送交通のネットワークリングとオープンシェアリング

西成研で提唱するデマンドウェブの概念図

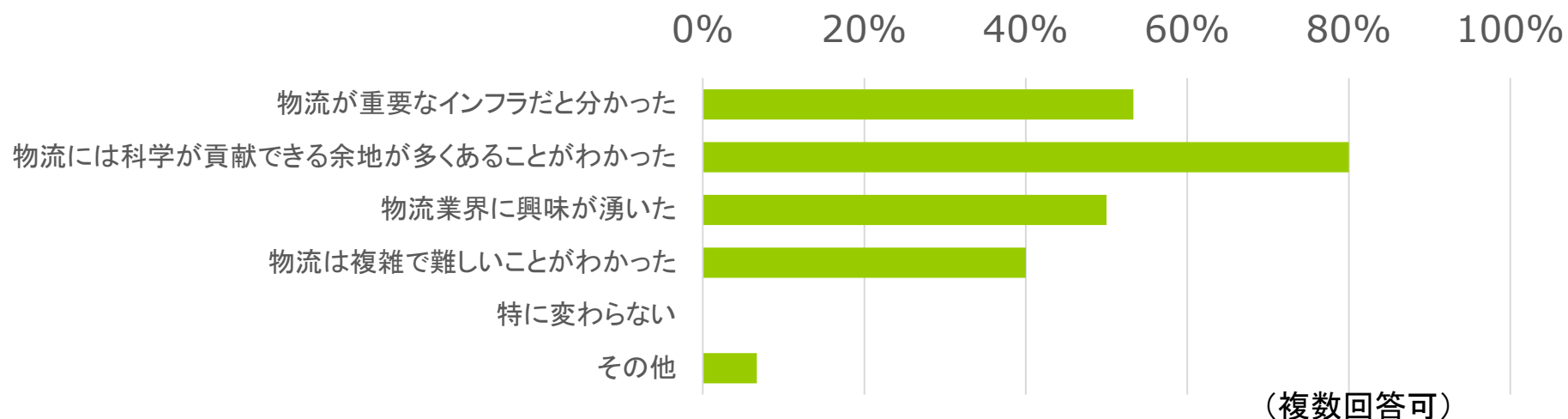


モントレイユ教授「Physical Internet」

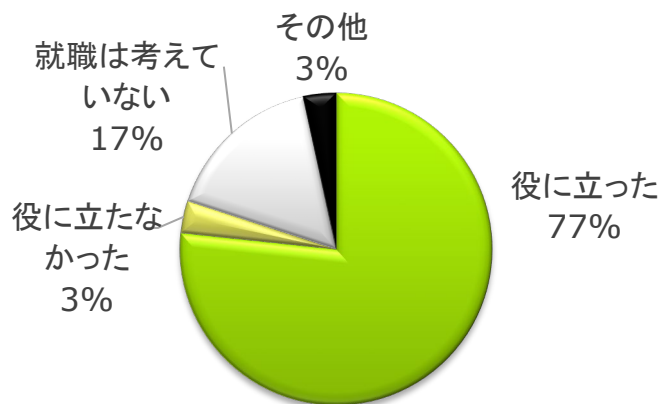


作って運んで結局売れずに廃棄する時代は終わり

先端物流科学特論の学生アンケート



先端物流科学特論は、就職を考えるときに役に立ちましたか。



理系大学院生約100名受講
専攻: システム創成学
航空宇宙工学
精密工学
技術経営戦略学など

課題と展望

- 大きな変動(コロナ禍、自然災害、破壊的イノベーションなど)は1社では対応できない。
協調すべきところで競争しない！トータルコストで考え、「長い時間軸」で判断すべし＝損をして得をとれ
- DXのコスト 国に頼らずにビジネスモデルを描けるか？ 誰が得するか？
- 物流全体すら「部分」であるという認識を持つ
環境とSDGsの意識の高まり、デマンドウェブ構想
- 根本的な課題 クラウド環境＝海外依存でいいのか？
- 人材育成 第3の人材の育成が鍵 学生＋社会人教育