

# データ／アルゴリズムと 社会のインターフェースを 考える

東京大学先端科学技術研究センター 特任講師  
株式会社infonerv 取締役  
株式会社ルートエフデータム エグゼクティブアドバイザー

江崎 貴裕



# 私について： 江崎 貴裕（えざき たかひろ）

- ・「集団現象」（応用数学、物理学・生物学・化学・社会科学）の研究者
- ・データ分析／モデリングを武器に分野を問わず自由に色々研究
- ・基礎だけでなく**応用**や**実装**にも興味がある
- ・世の中のシステム／仕組みを**データ×アルゴリズム**の力で良くすることに  
取り組む



## 2010年

集団現象について理論研究を  
始める

渋滞 × ネットワーク  
人間の駆け引きの行動科学

## 2015年

脳の研究を始める

ヒト、ハエ、マウスなどの  
脳科学研究

## 2020年

物流システムの研究を始める

データサイエンス  
数理モデル

## 現在

あたらしい社会システムの  
実装に取り組む  
フィジカルインターネット  
**RULE DESIGN**



東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻

日本学術振興会/特別研究員

NII/特別研究員

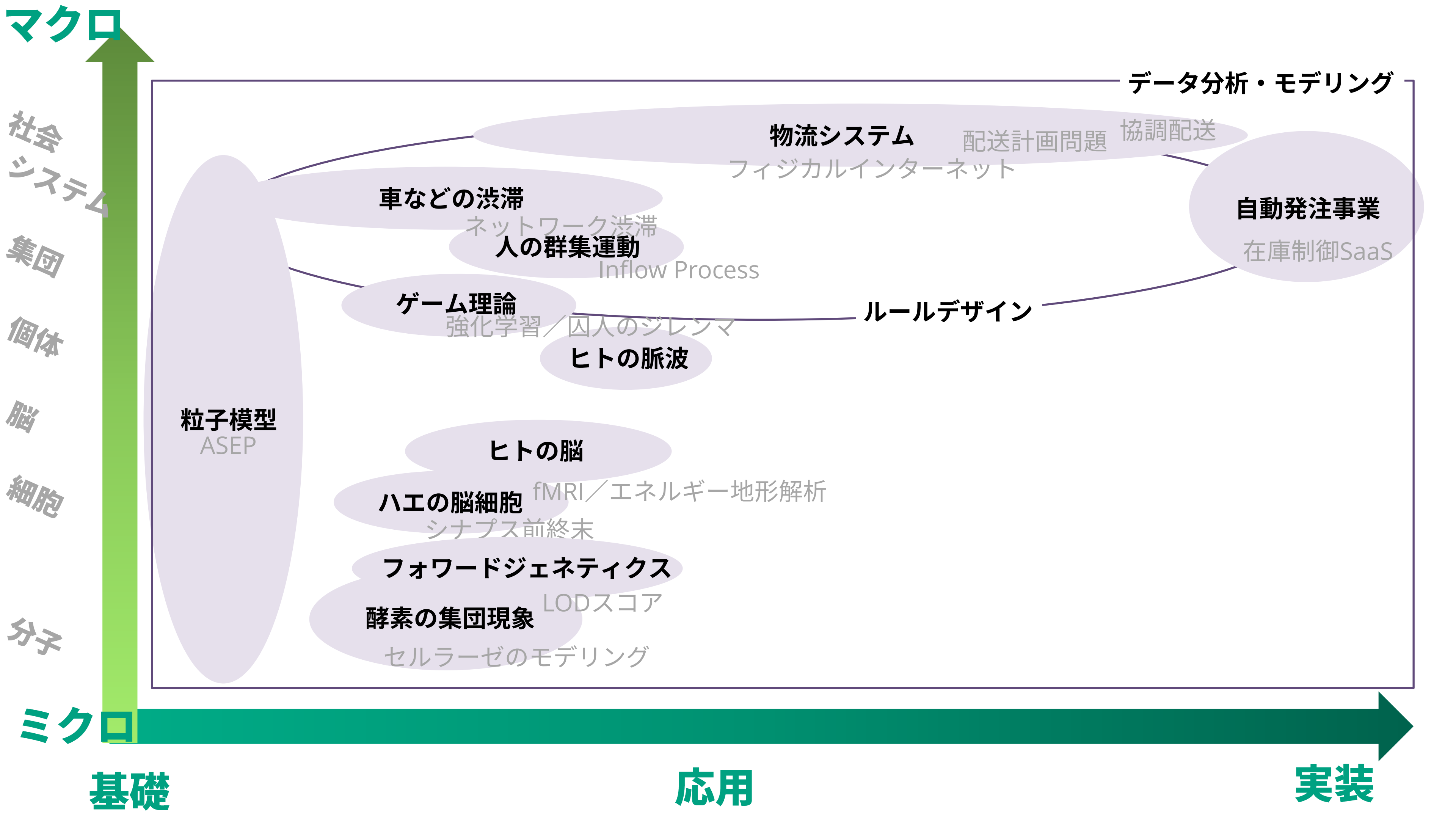
JST/さがけ研究員

スタンフォード大学/客員研究員

東大先端研先端物流科学寄付研究部門/特任講師

株式会社infonerv/取締役

株式会社ルートエフデータム/エグゼクティブアドバイザー



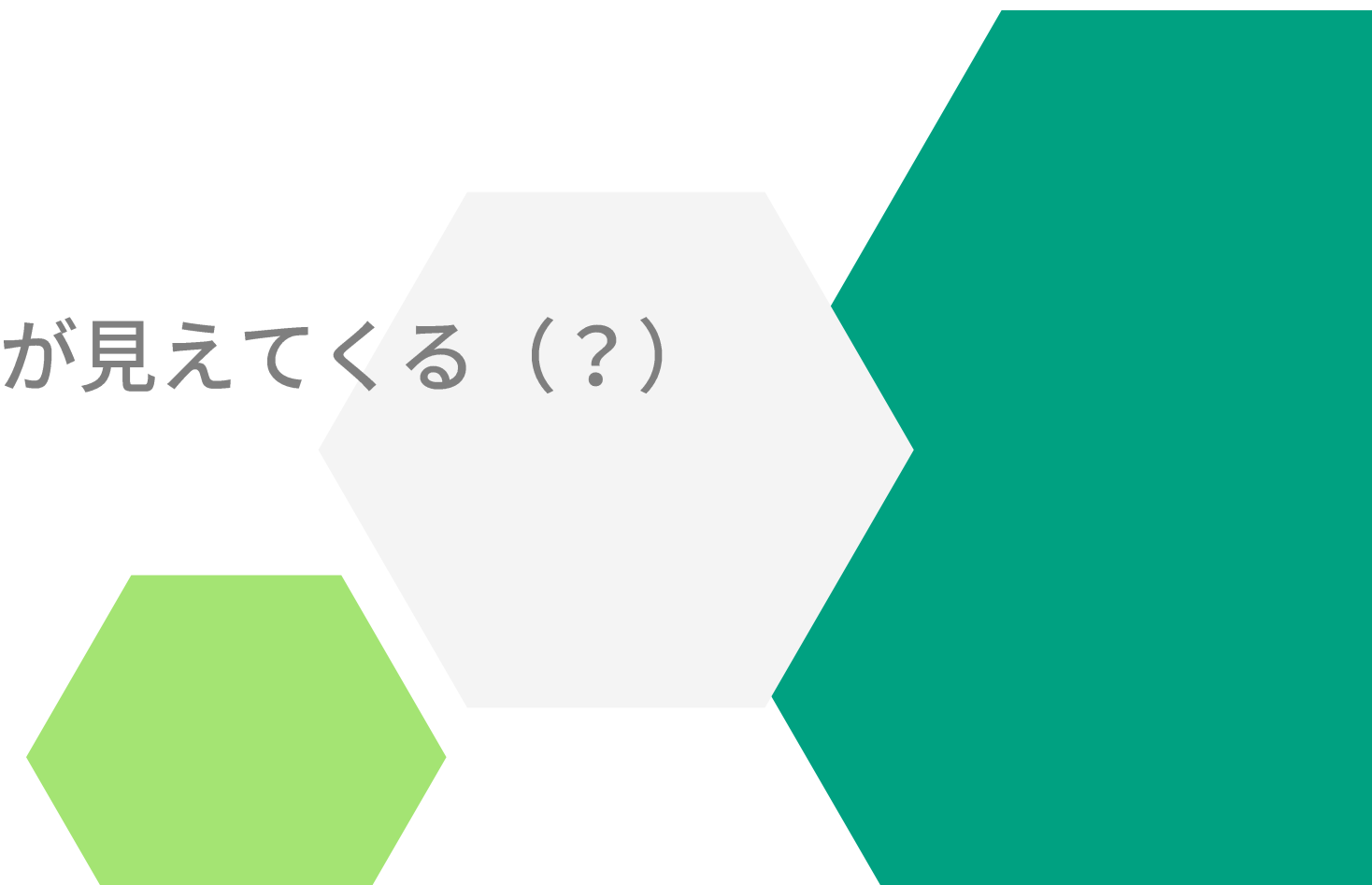
# データ／アルゴリズムと 社会のインターフェースを考える

ビッグデータの活用による社会課題の解決

## インターフェース

接点・界面

インターフェースにおける制約が技術の進展を妨げる  
ここに着目すれば、今後何が起きるか・何をやるべきかが見えてくる（？）



# 最近取り組んでいる（実装寄りの）こと

## 物流研究

物流データ活用に関する検討  
次世代ネットワーク型物流の理論化

## AIプロダクト事業

発注支援





# 物流システムを取り巻く状況

## 持続可能性がピンチ

- ・ 深刻なドライバーが不足
- ・ ECを背景に小口配送が増加
- ・ 2024年問題（労働条件に制約）
- ・ トラック輸送はCO2排出のかなりの部分を占める

## 零細事業者が多く存在している状況

- ・ DX投資の遅れ
- ・ 下請け構造

## 物流システムの効率改善が至上命題



# 物流システムを取り巻く状況

ニュースリリース

## 物流システムの改善

- ・ 現場の商習慣や業務プロセスの変革
- ・ 高度なモデリング・最適化といった数理技術
- ・ 個別の改善ではなく全体的な視点が必要

## 理系人材が不足

- ・ 2020年、ヤマト、SBS、鈴与の三社が  
**東京大学先端物流科学寄付研究部門**を設置
- ・ 工学部の学生向けに物流科学の講義を実施
- ・ 次世代の物流システムに向けた基礎・応用研究



ヤマトホールディングス



SBS ホールディングス



Suzuyo

2020年01月24日

ヤマトホールディングス株式会社  
SBSホールディングス株式会社  
鈴与株式会社

高度物流人材の育成による物流業界、日本経済の発展に向け、  
東京大学に先端物流科学寄付研究部門を設置し講義を開始



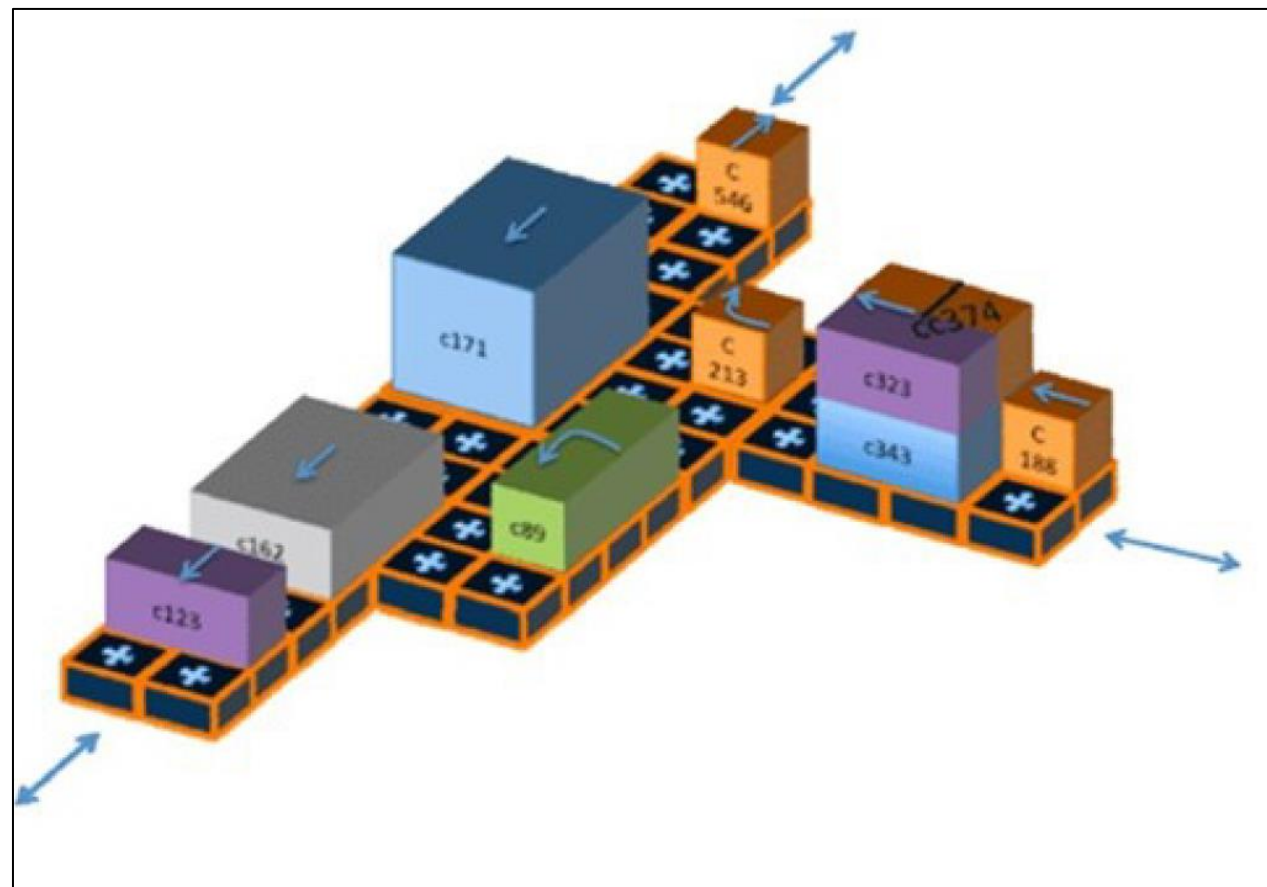


# フィジカル・インターネット

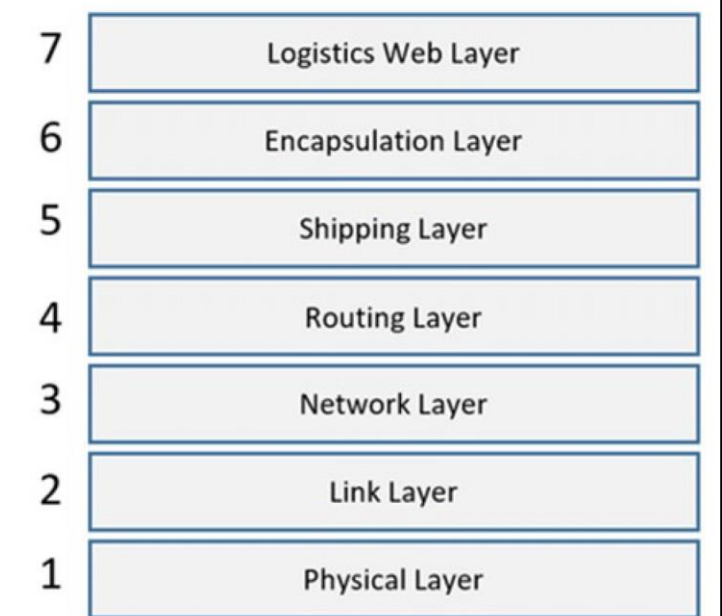
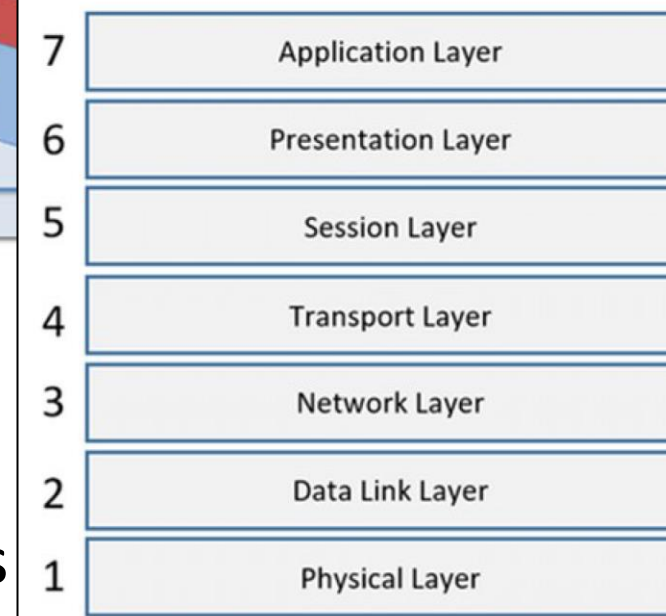
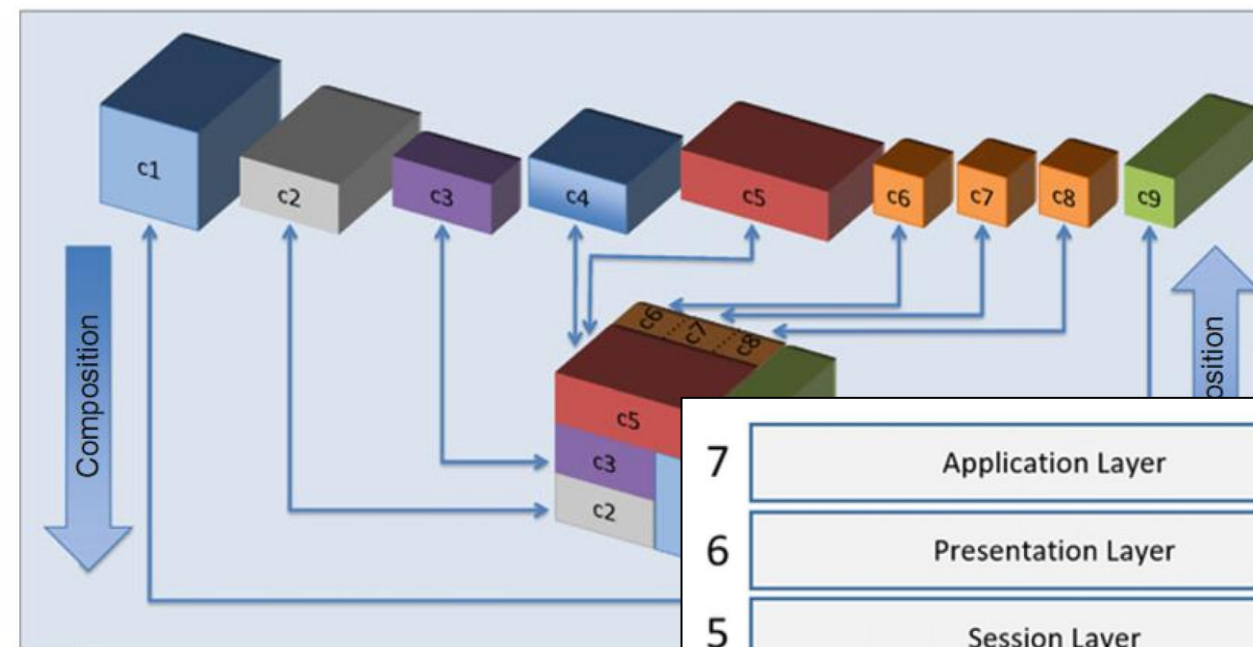
## 物流をインターネットのように高度に統合されたシステムにする構想

物流リソースを最大限活用できるプラットフォーム的ネットワーク

物流センターの規格化 (PI hub)



コンテナの規格化 (PI container)



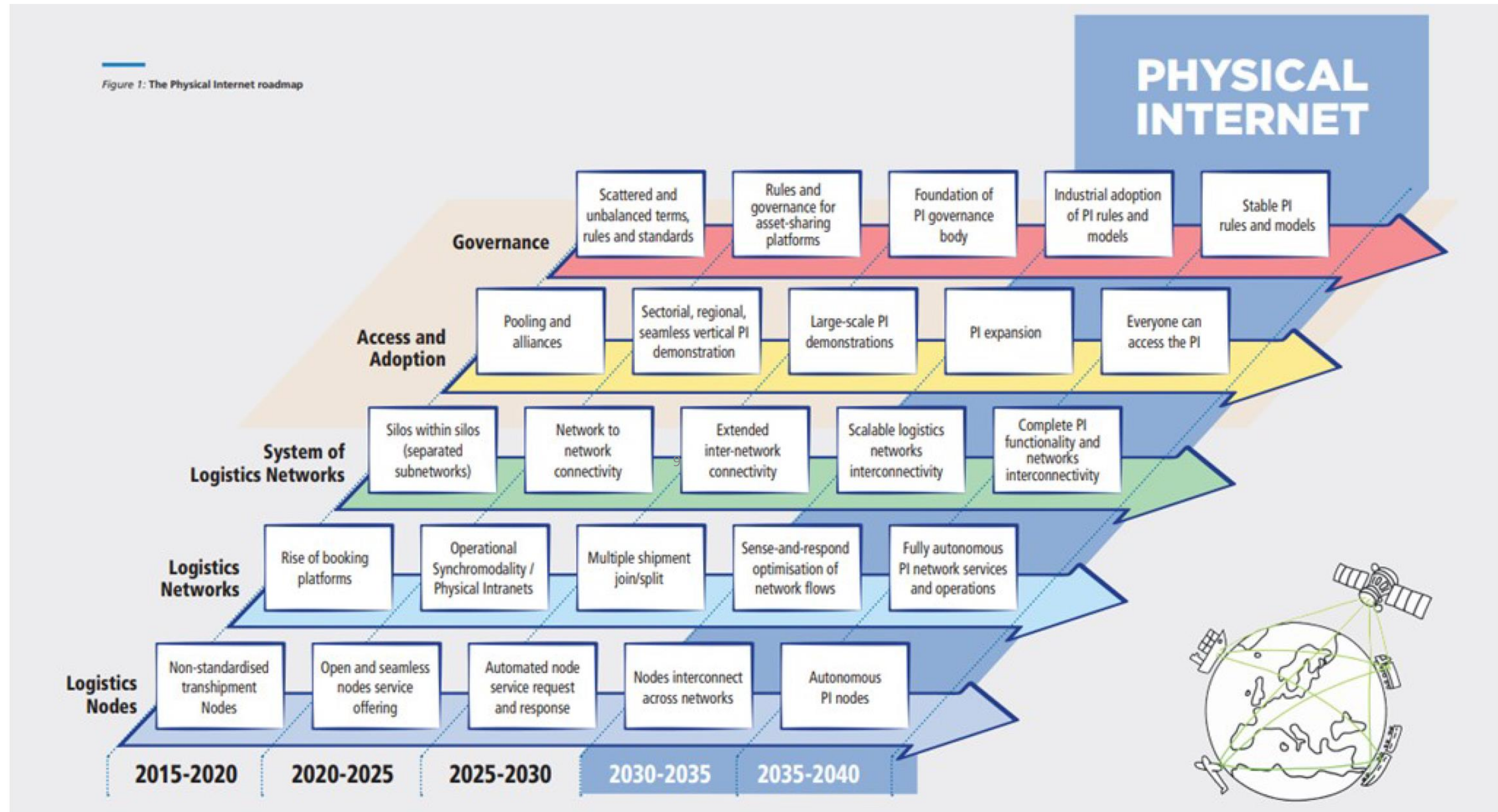
送信プロトコルの規格化

B. Montreuil, "Towards a Physical Internet: Meeting the global logistics sustainability grand challenge," *Logistic Research*, 3:71-87



# ALICE (Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe)

## フィジカルインターネット実現のためのロードマップ策定(2020)





# 日本も経産省／国交省で フィジカルインターネット・ロードマップの策定（2022）



# 直近の課題

## 研究レベル

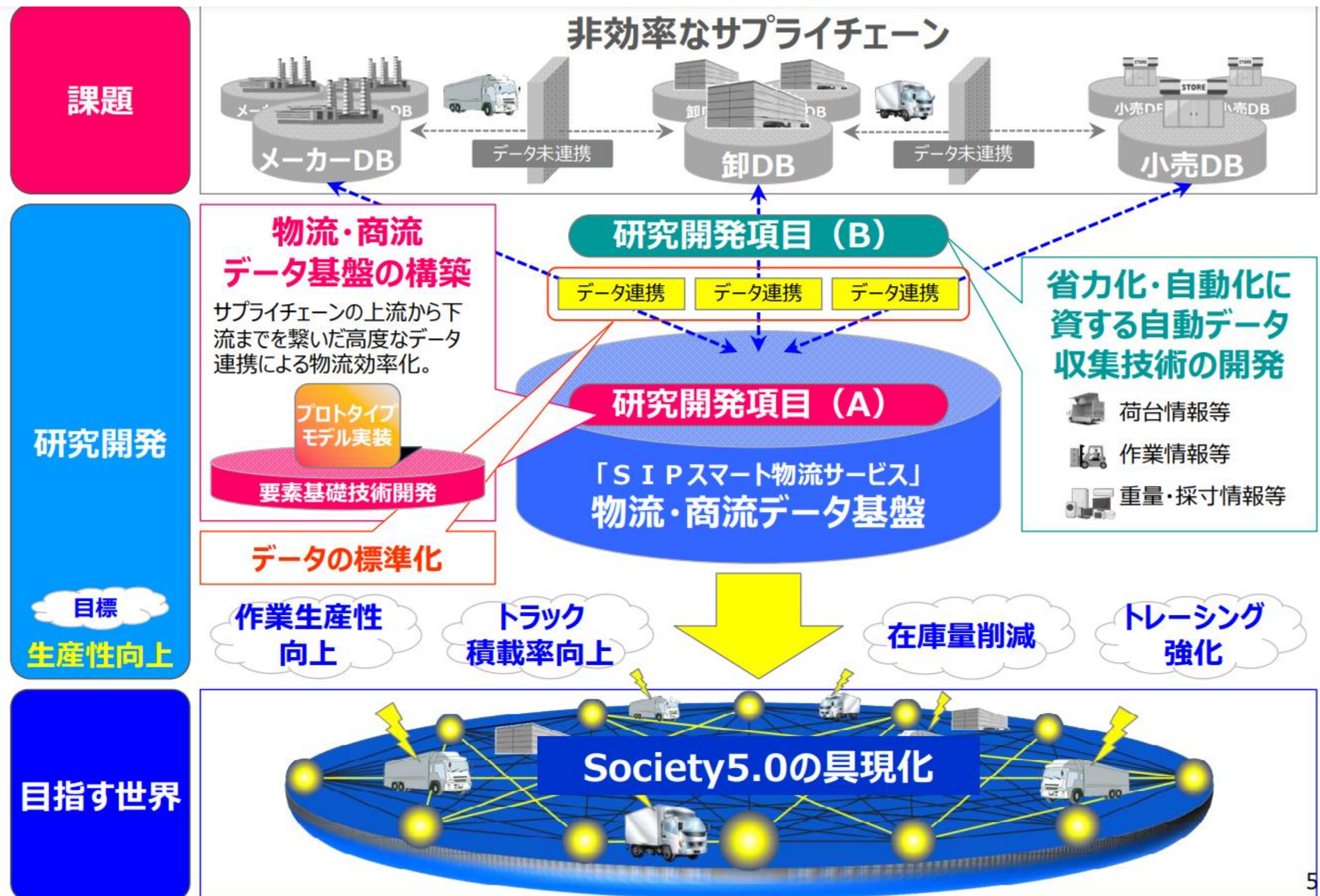
- ・概念的な研究から個別の問題について分析する研究が出てきている
- ・研究者人口が全然足りない
- ・どう実装するかという視点での研究が少ない

## 現場レベル

- ・フィジカルインターネットどころかそもそもデータが無い
- ・パレットの標準化など実際に発生するコストをだれが払うのか
- ・具体的な利益が見えない中で先行投資しなければならない
- ・現場オペレーション、組織レベルの大きな変革が必要になる



# 政府の戦略プログラム：SIPスマート物流サービス

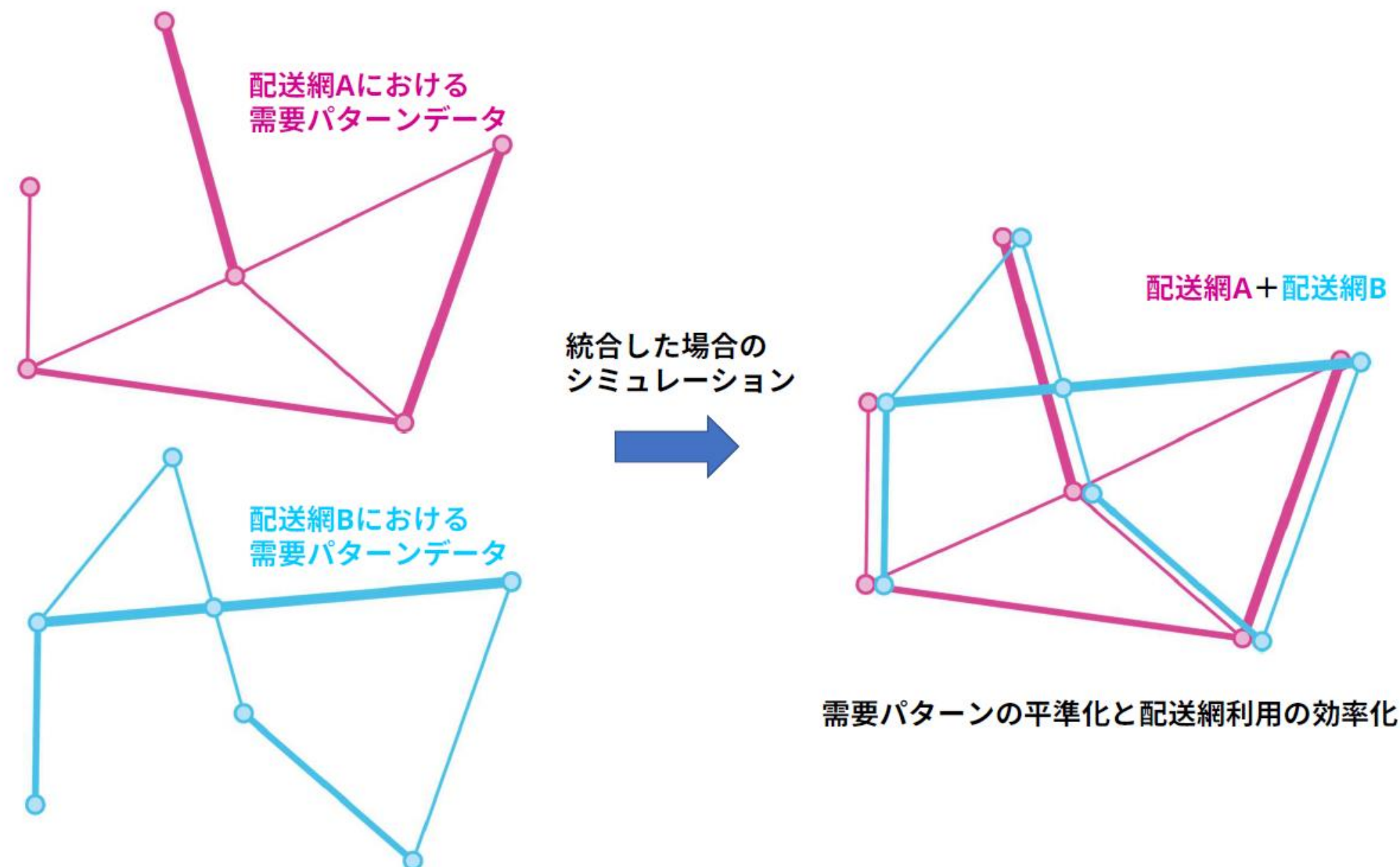




# 政府の戦略プログラム：SIPスマート物流サービス

フィジカルインターネットを念頭に置いた、**ネットワークレベルでの物流最適化**において、特定のプレイヤー間の物流統合においてどのような効果が得られるかを評価するフレームワークが機能することを実証基盤上で確認する

上記の一例として、実データを用いて効率化の効果がどの程度得られるかを**定量的に評価する**



# ネットワーク物流の理論研究

## 物流研究の課題の一つ

- ・ ネットワークレベル全体で何が起きるかが全然わかっていない
- ・ 特に、ダイナミックに状況が変わったり不測の事態が起きた場合
- ・ ネットワーク科学の研究者がほとんどいない

## 主に取り組んでいること

- ・ 災害や需要変動に強いネットワークとは
- ・ ロバスト性を高めるためにできることは

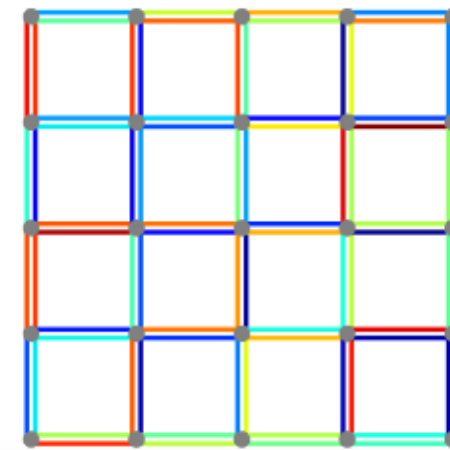
# ネットワーク物流の理論研究

- ・ 災害や需要変動に強いネットワークの形
- ・ 強くするためにどうしたらよいか

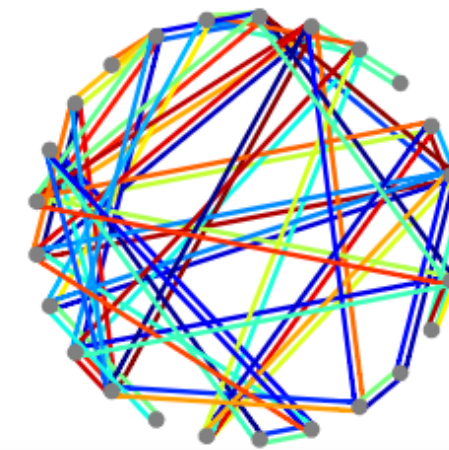
モデリング／  
シミュレーション

ハブアンドスポーク型はあまりよくない  
迂回路となるリンクの強化がポイント

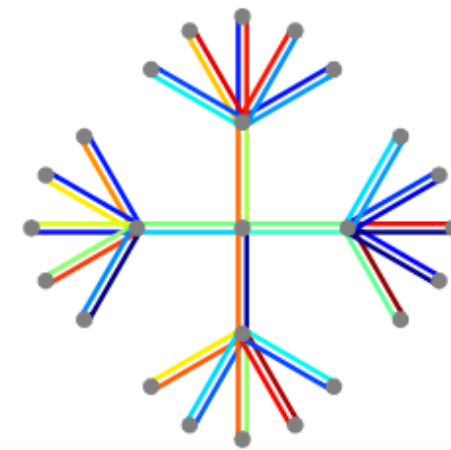
(a) Square lattice network



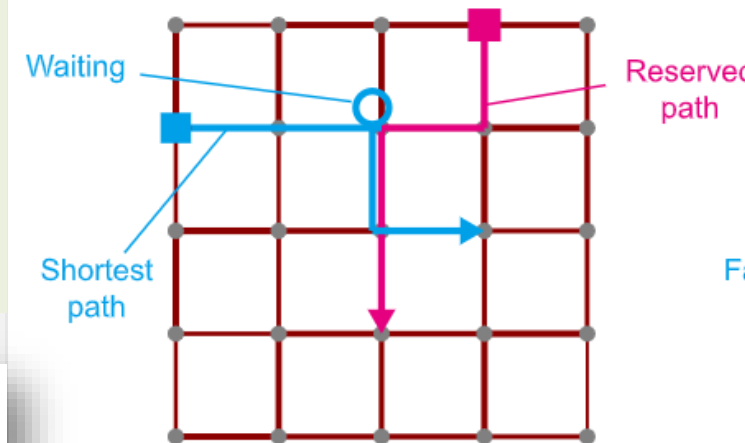
(b) Random network



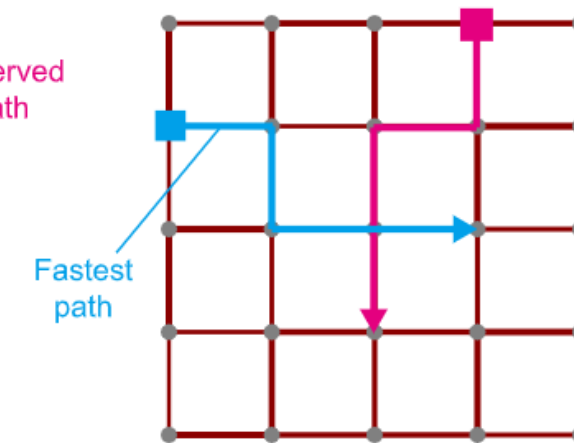
(c) Hub-and-spoke network



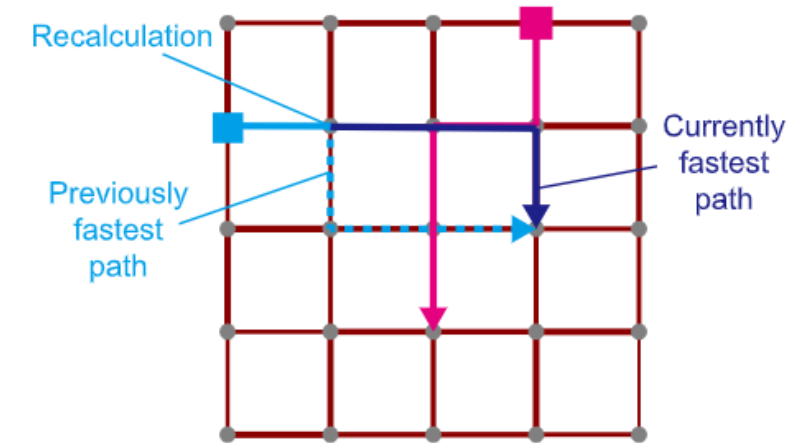
(a) Static shortest path algorithm



(b) Temporal fastest path algorithm

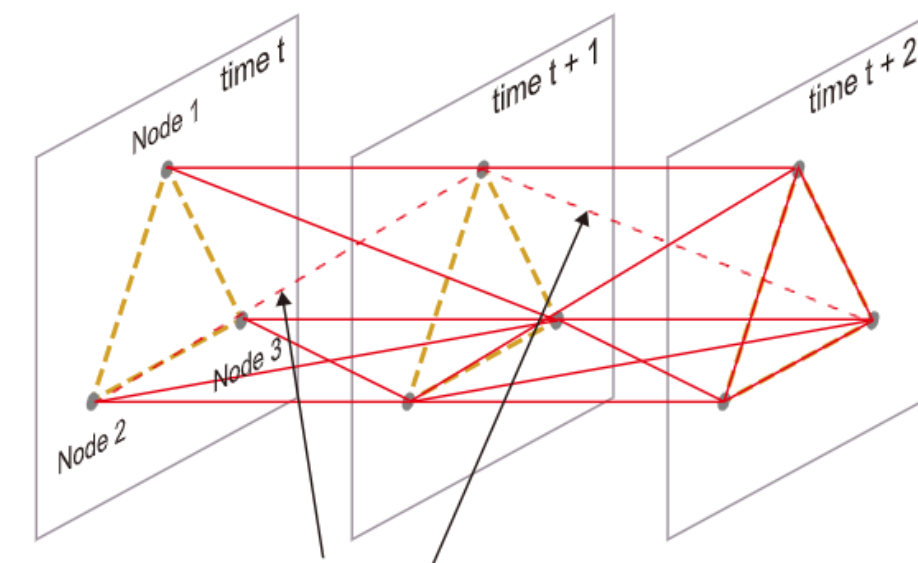
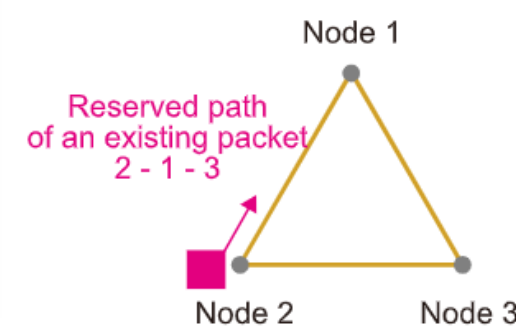


(c) Adaptive fastest path algorithm



Ezaki et al. Commun Transp Res (2022)

(d)



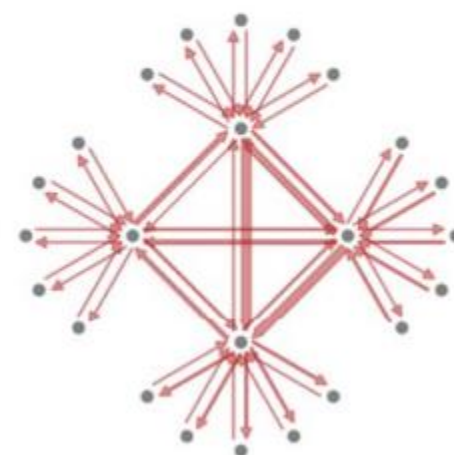
(a) Weighted by betweenness centrality (BC)



(b) Weighted by demand-based betweenness centrality (DBC)



(c) Weighted by 70% DBC + 30% DSC



Ezaki et al. J Phys Commun (2023)

# 最近取り組んでいる（実装寄りの）こと

## 物流研究

物流データ活用に関する検討  
次世代ネットワーク型物流の理論化

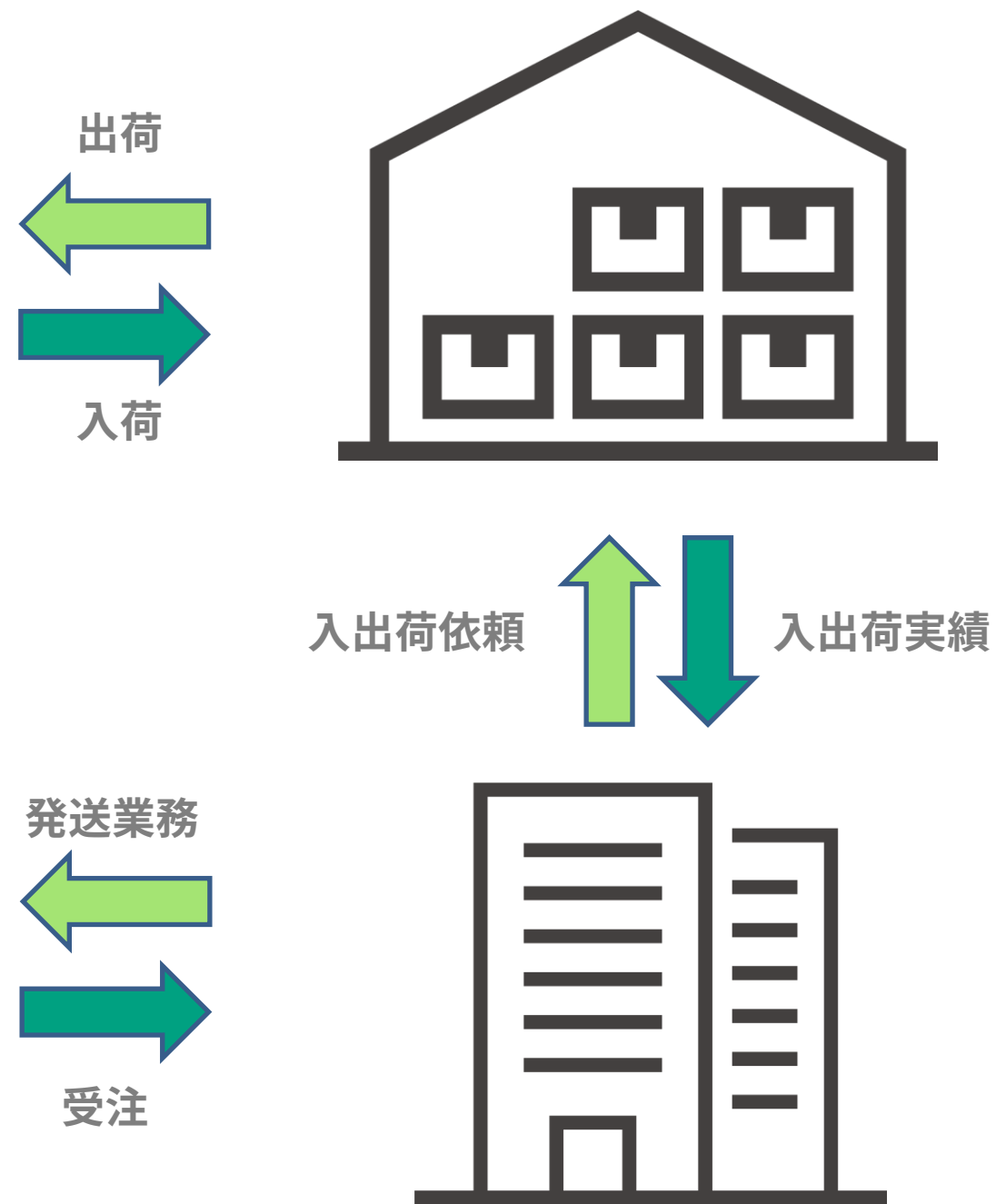
## AIプロダクト事業

発注支援

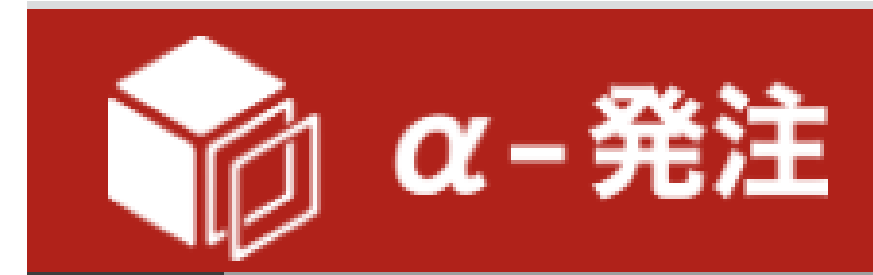
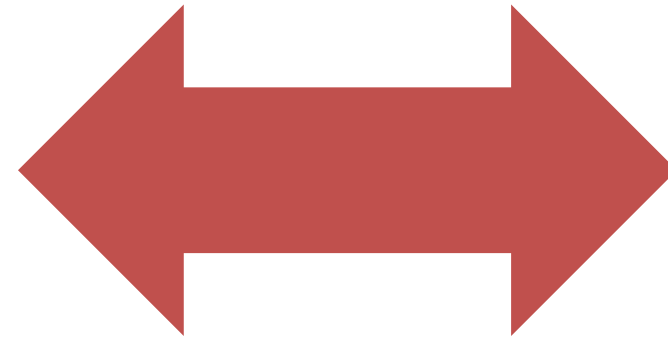




# 小売り・卸売り事業者向け発注ソフトウェア



データ連携



**販売履歴から需要予測**

必要な在庫数を自動算出

**発注条件の最適化**

「〇〇円以上で発注」「コンテナ単位」などの制約条件を満たす発注を推奨

# 小売り・卸売り事業者向け発注ソフトウェア

α-発注

デモ倉庫3

発注 > 新規発注

発注日

2023/04/20

絞り込み

商品名/ID/キーワードなど

合計SKU数

99

合計発注数

5,293

合計ケース数

399

合計金額

7,964,354

発注確定

+ 新規SKU追加  
(全仕入先)

仕入先\_141

仕入先\_355

仕入先\_591

仕入先\_637

仕入先\_755

仕入先\_756

仕入先\_777

仕入先\_813

仕入先\_828

仕入先\_591

+ 新規SKU追加

条件詳細表示

推奨量に戻す

条件適用

基本情報

AI情報

週次販売数

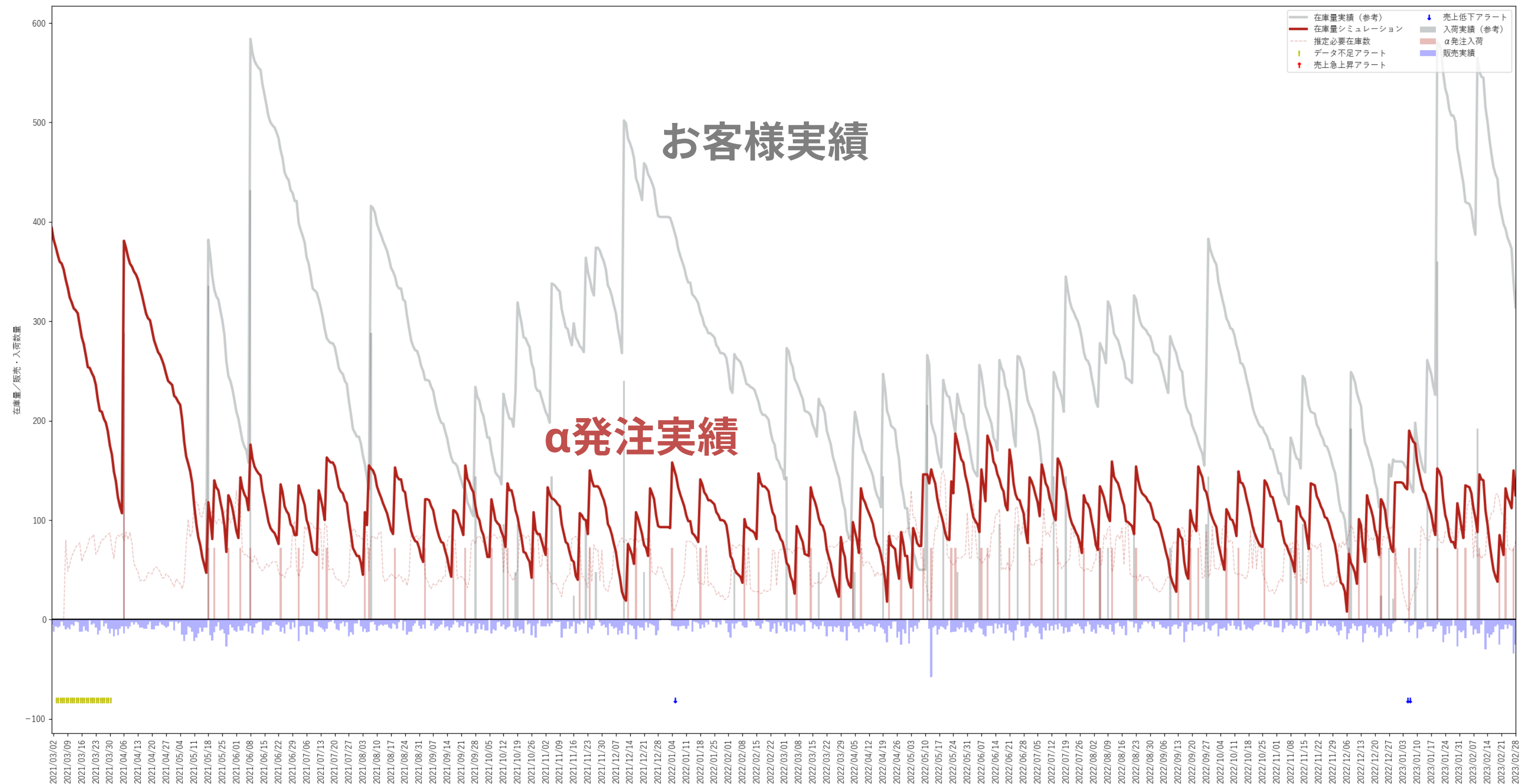
月次販売数

選択削除

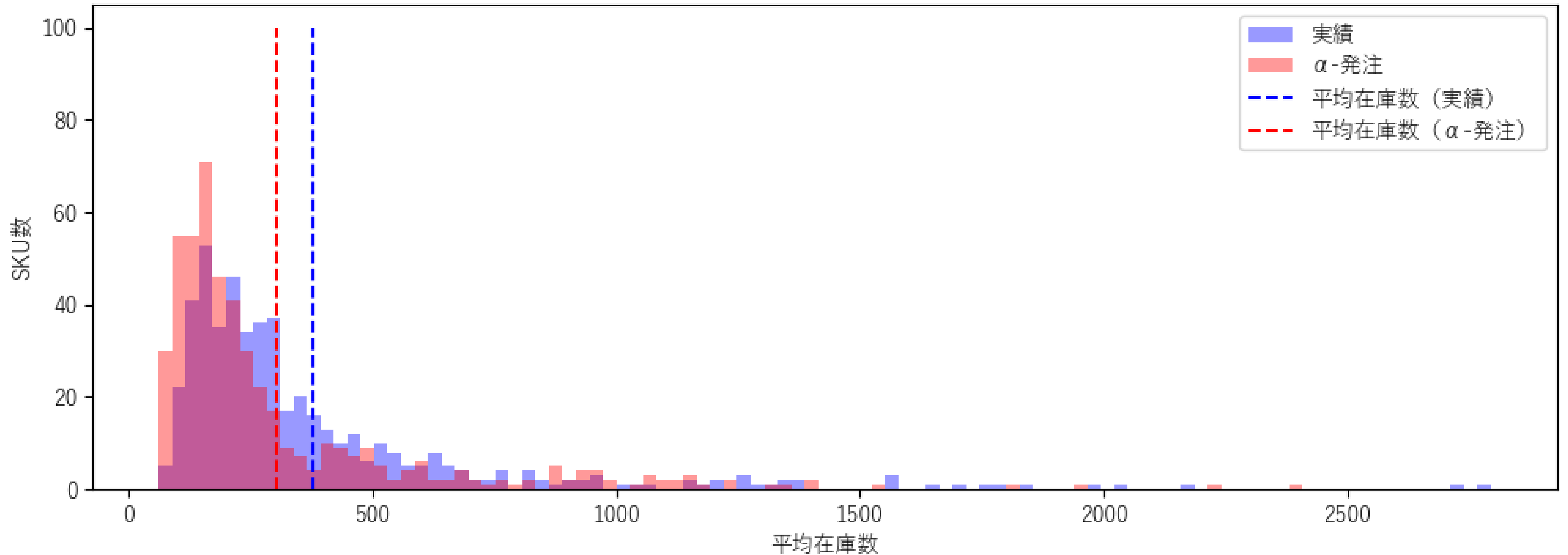
全てのSKUを表示する

削除	SKU情報	発注量	在庫量	30日出荷数	発注点	発注額	廃番情報	検知事項	納期
<input type="checkbox"/>			①	(前期)	(安全在庫数)			②	(目安)
				(前々期)					
<input type="checkbox"/>	70004700 SKU_70004700	<div><div>🔒</div><div>-</div><div>48</div><div>+</div></div> <div>発注単位: 24個</div> <div>最低個数: 48個</div>	11 個	35 個 (13 個)	11.3 個 (9日分)	¥ 62,736 原価: ¥1,307	通常		2023/04/22 リードタイム: 2 日
<input type="checkbox"/>	70004793 SKU_70004793	<div><div>🔒</div><div>-</div><div>48</div><div>+</div></div> <div>発注単位: 24個</div> <div>最低個数: 48個</div>	10 個	89 個 (24 個)	37.3 個 (12日分)	¥ 62,736 原価: ¥1,307	通常	要注意販売パターン	2023/04/22 リードタイム: 2 日
<input type="checkbox"/>	70004809 SKU_70004809	<div><div>🔒</div><div>-</div><div>48</div><div>+</div></div> <div>発注単位: 24個</div> <div>最低個数: 48個</div>	10 個	47 個 (18 個)	14.7 個 (9日分)	¥ 62,736 原価: ¥1,307	通常		2023/04/22 リードタイム: 2 日
<input type="checkbox"/>		<div><div>🔒</div><div>-</div><div>48</div><div>+</div></div> <div>発注単位: 24個</div> <div>最低個数: 48個</div>	10 個	58 個	17.7 個				

# シミュレーションによるパフォーマンス評価



# シミュレーションによるパフォーマンス評価





# 自動発注にまつわる問題

## 発注業務の現状

数千～十数万商品

いちいち過去の販売動向をチェックできない

入荷までのリードタイムが90日

コンテナ単位での発注量に調整しないといけない

Excelで人の目で見teなんとなく発注量を決めている

## 課題

時間がかかる

適当にやるわけにはいかない

多少の在庫のだぶつきや欠品を許容するしかない



# 自動発注にまつわる問題

## 発注を自動化する難しさ

よくある誤解

「需要予測が精度高くできればそれでいいんでしょう？」

需要予測で達成できる精度 ～ リードタイム、販売量パターン、季節性、過去データの有無

許容される誤差（欠品・取り寄せ販売と在庫圧縮のトレードオフ）～ 経営判断

単にAIの出す「最適値」に従うだけでいいわけではない（ことが多い）

# 予測モデルの活用と課題

## AIにどこまで任せていい分からない問題

### 任せすぎて失敗するパターン

- 車の自動運転では一定条件下での自動運転（テスラ車での死亡事故）
- オートパイロットに頼り切ってしまったが故の航空機事故

### 信用されなくて失敗するパターン

- 危険を知らせるアラート
  - ジェイコム株誤発注事件：「61万円1株売り」を「1円61万株売り」としてしまった

# 予測モデルの活用と課題

## AIにどこまで任せていい分からない問題

### AIによる自動化がしやすい条件

- 間違っても事故になるリスクが少ないタスク
  - × 自動運転
  - ビジネス的に多少のエラーが許容される場面は意外に少ない？
- 人間がやるのと同等以上の精度でAIが動作するタスク
- 人間がやると時間がかかる／できないタスク

完全自動化ができないタスクは、最終的に人の目で確認する運用（Human in the loop型）



# 予測モデルの活用と課題

## AIにどこまで任せていい分からない問題

### 信頼性情報の表示\*

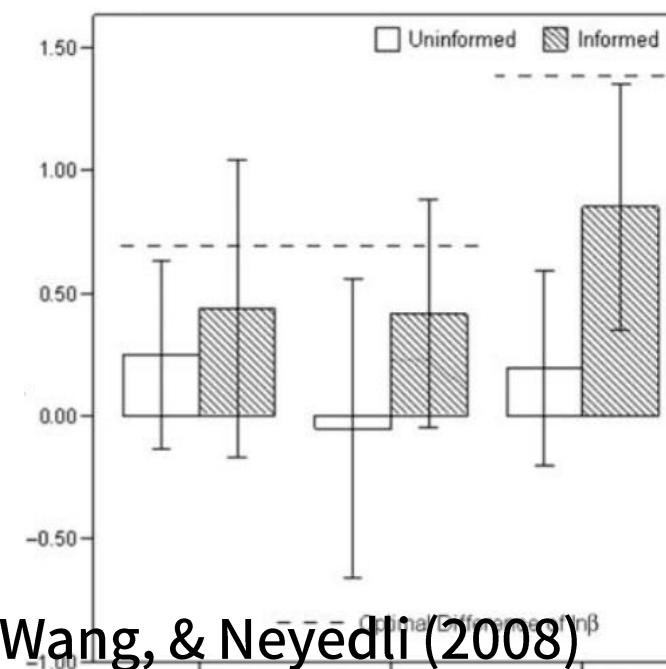
- AIによる予測がどれくらいの精度なのかを表示する
- 「自信度」を表示する
- 失敗した場合、なぜ失敗したのかを説明する情報を提示する



(a) Participant's view



(b) Different appearance of friendly (left) and hostile (right) soldiers



\* Dadashi, Stedmon, & Pridmore (2012), Gao & Lee (2006) Jamieson, Wang, & Neyedli (2008) Seong & Bisantz (2008), Wang, Jamieson, & Hollands (2009)

# 予測モデルの活用と課題

## AIにどこまで任せていい分からない問題

「コントロール下に置けている」という実感が重要

- よくわからなくてミスされるのが困る
- 判断の情報ができるだけ表示されていてほしい
- 「大体こういう時は問題なく動作して、こういう時はミスする」のようなイメージができることが大事

# α発注での施策

## 推奨値算出に当たって要注意な事項をアラートで表示

- ・ 異常販売パターン検知（イレギュラーな入出荷検知）
- ・ 販売数上昇・急落
- ・ 過剰発注注意
- ・ データが少ない場合 などなど

α-発注

デモ倉庫

入出荷データ更新

発注確定

+ 他SKU追加

概要

発注

発注一覧

新規発注

設定

マスタデータ

SKU

SKU セット

仕入先

発注リストサンプル

推奨量に戻す

条件適用

選択削除

削除	SKU情報	発注量 ↓	発注額 ↓	在庫量	出荷数 (30日間)	安全在庫数 (余裕在庫数)	納期 (目安) ↓	廃番情報	検知事項
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品1 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	0 個 + 0 個 - 2 個	0 個	0 個 (-2 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	発注過剰注意(3-6カ月分)
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品2 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	0 個 + 0 個 - 0 個	3 個	0 個 (-0.1 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	発注過剰注意(6-12カ月分)
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品3 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	0 個 + 0 個 - 2 個	3 個	0 個 (-2.1 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	発注過剰注意(6-12カ月分)
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品4 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	0 個 + 0 個 - 0 個	3 個	1.5 個 (-1.7 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	発注過剰注意(6-12カ月分)
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品5 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	3 個 + 0 個 - 1 個	22 個	11.5 個 (-10.5 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品6 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	0 個 + 0 個 - 0 個	3 個	3.8 個 (-4 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	
<input type="checkbox"/>	infonervサンプル商品7 サンプル商品 > 過剰	12 個 発注単位: 12個 最低個数: 12個	¥ 6,552 原価: ¥546	3 個 + 0 個 - 0 個	0 個	0 個 (-0.1 個)	2022/04/01 リードタイム: 2 日	通	

# α発注での施策

## 普段ユーザーが発注量算出に際して参考にしてしている情報を提供

- ・ 現在庫数、入出荷予定数、推奨在庫レベル、予想販売数
- ・ 販売数、在庫数の推移実績グラフ
- ・ 先月、先々月、先々々月の販売数

...

削除 <input type="checkbox"/>	SKU情報 ↓	30日出荷数																		2022				2023			
		発注量 ↓				在庫量 ② (前期) (前々期)		発注点 (安全在庫数)		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月						
<input type="checkbox"/>	70004700 <a href="#">SKU_70004700</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	11 個 + 0 個 - 0 個	35 個 (13 個) (1 個)	11.3 個 (9日分) (11.4 個)	13	34	9	38	14	1	1	1	1	11	38	0										
<input type="checkbox"/>	70004793 <a href="#">SKU_70004793</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	10 個 + 0 個 - 0 個	89 個 (24 個) (61 個)	37.3 個 (12日分) (48.8 個)	9	78	22	81	47	29	32	17	63	21	92	2										
<input type="checkbox"/>	70004809 <a href="#">SKU_70004809</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	10 個 + 0 個 - 0 個	47 個 (18 個) (6 個)	14.7 個 (9日分) (14.6 個)	9	42	14	48	22	5	11	9	10	16	50	0										
<input type="checkbox"/>	70004830 <a href="#">SKU_70004830</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	10 個 + 0 個 - 0 個	58 個 (31 個) (41 個)	17.7 個 (9日分) (18.2 個)	8	52	9	54	43	21	26	16	39	31	60	1										
<input type="checkbox"/>	70004892 <a href="#">SKU_70004892</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	12 個 + 0 個 - 0 個	33 個 (9 個) (9 個)	16 個 (14日分) (17.9 個)	10	35	26	36	32	8	7	10	8	9	36	0										
<input type="checkbox"/>	70011791 <a href="#">SKU_70011791</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	12 個 + 0 個 - 0 個	63 個 (30 個) (21 個)	30.1 個 (14日分) (31.8 個)	10	54	30	60	34	11	17	6	21	28	68	0										
<input type="checkbox"/>	70111859 <a href="#">SKU_70111859</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	10 個 + 0 個 - 0 個	51 個 (19 個) (16 個)	15.4 個 (9日分) (15.9 個)	9	43	10	43	26	13	9	9	15	19	54	0										
<input type="checkbox"/>	70111927 <a href="#">SKU_70111927</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	10 個 + 0 個 - 0 個	31 個 (6 個) (17 個)	10.9 個 (10日分) (10.1 個)	12	35	15	36	19	2	9	2	20	5	34	0										
<input type="checkbox"/>	70111934 <a href="#">SKU_70111934</a>	<div><div>0</div><div>—</div><div>48</div><div>+</div></div>	10 個 + 0 個 - 0 個	31 個 (15 個) (10 個)	10.5 個 (10日分) (10.1 個)	9	29	14	33	20	0	5	3	10	13	34	0										





# データ／アルゴリズムと 社会のインターフェースを考える

ビッグデータの活用による社会課題の解決

## 物流研究

物流データ活用に関する検討

- ・ 具体的な効果をデータを見せるための取り組み（実装1段手前）

次世代ネットワーク型物流の理論化

- ・ フィジカルインターネットの実現性に重要な理論構築（実装2段手前）

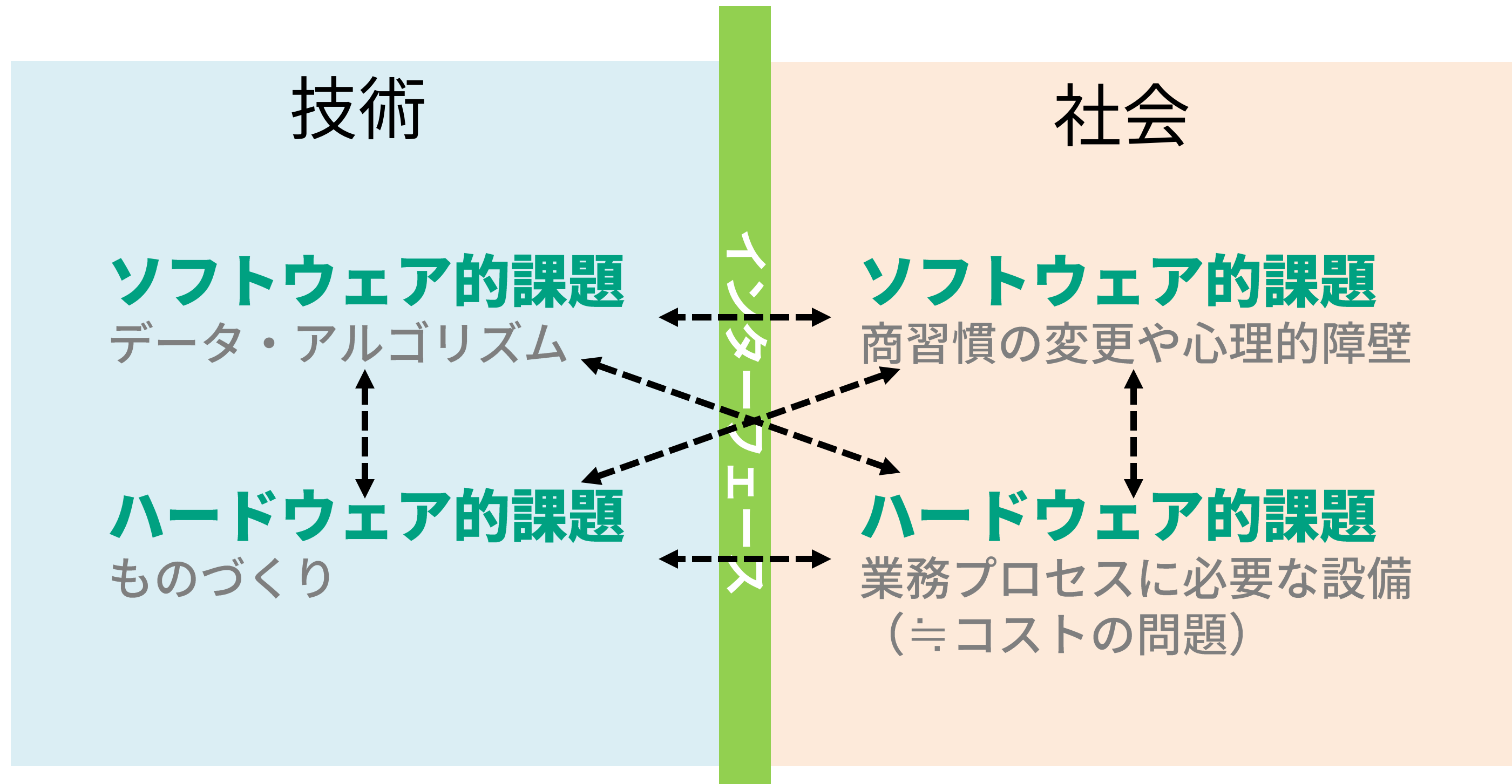
## AIプロダクト事業

- ・ 現場の発注業務を改善する（実装）

**データやアルゴリズムで「最適化」しても  
それだけで問題が解決するわけではない**



# 新しい技術が社会を変える時の障壁



# ChatGPTの波及効果を考える



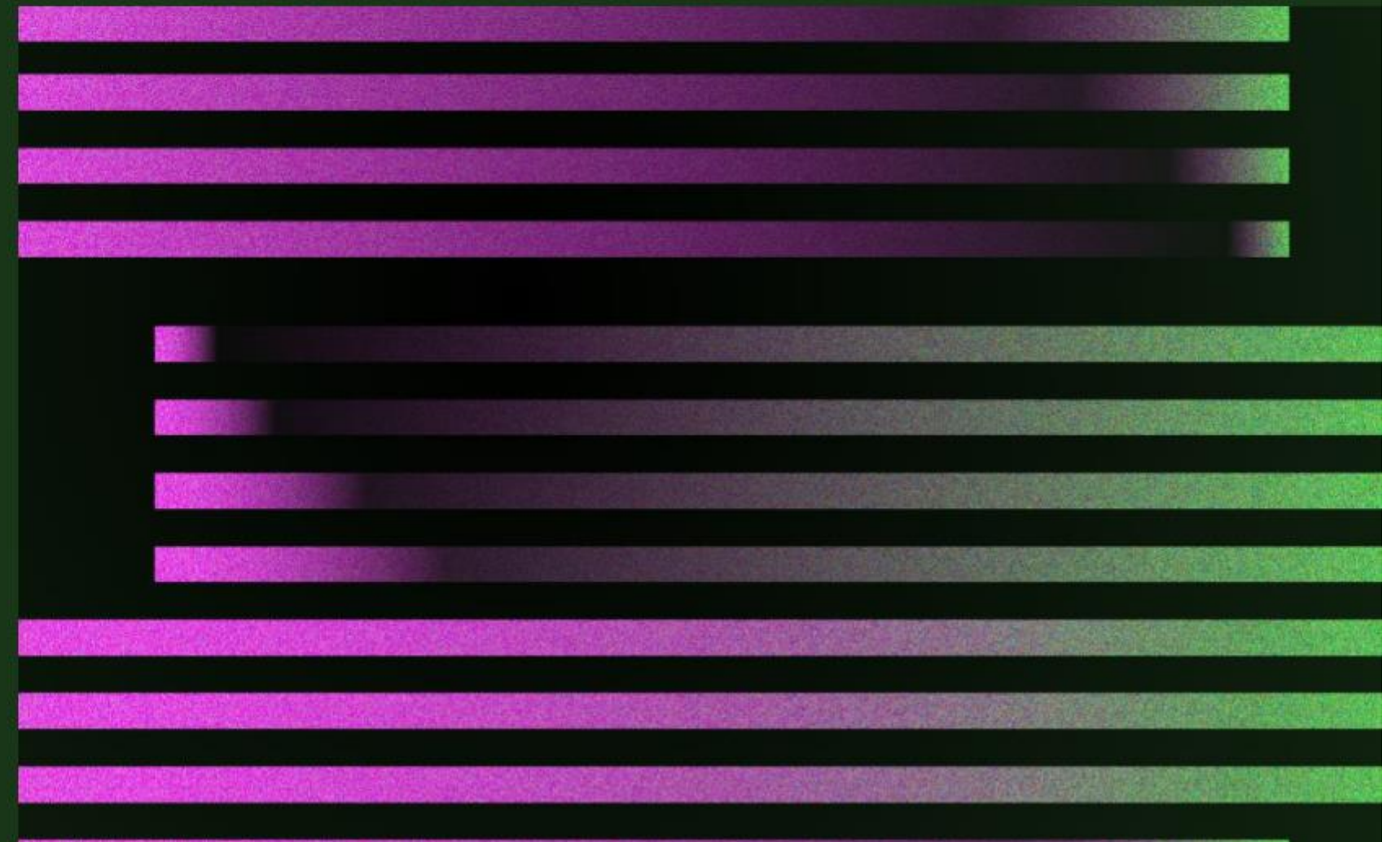
Me

## Introducing ChatGPT

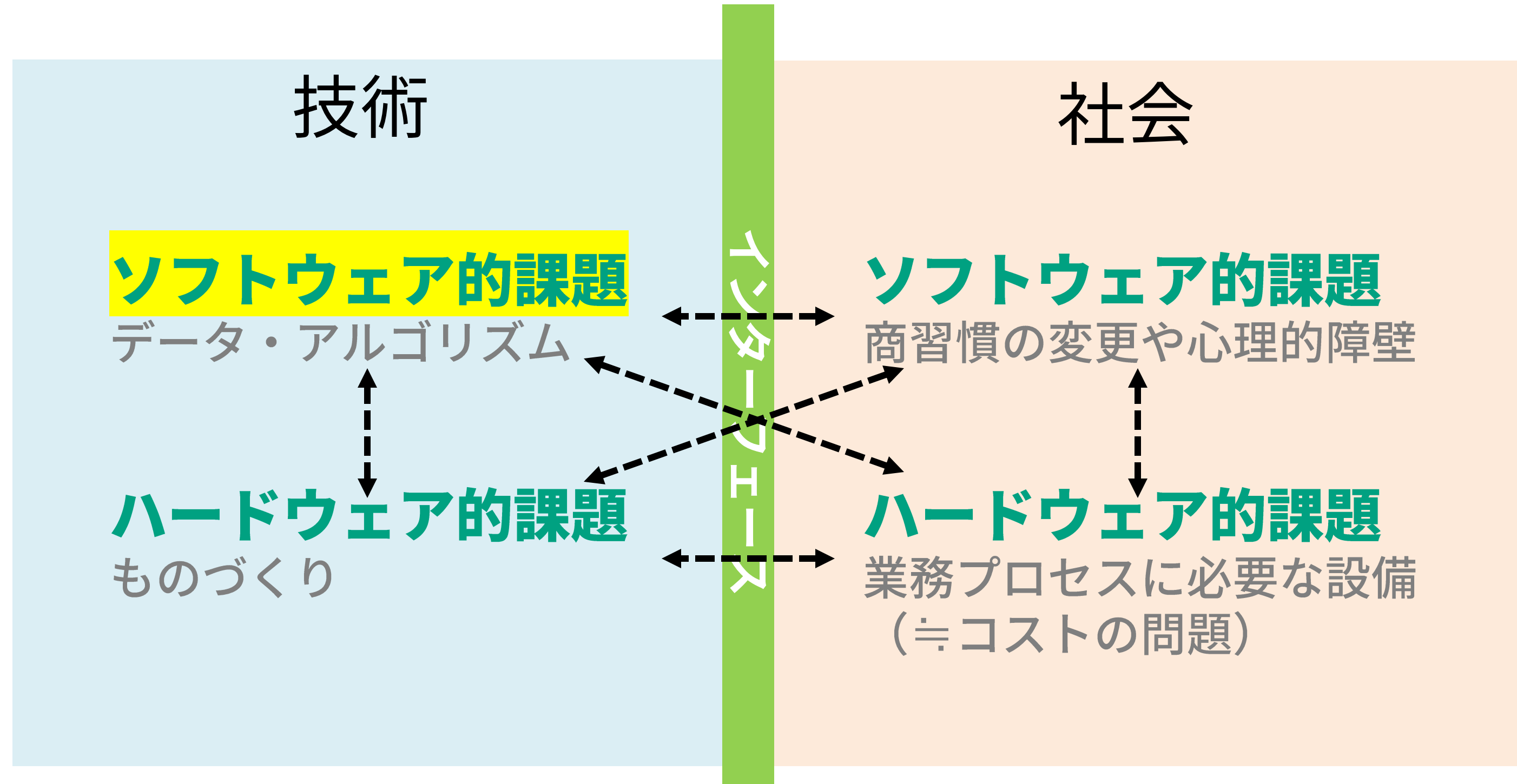
We've trained a model called ChatGPT which interacts in a conversational way. The dialogue format makes it possible for ChatGPT to answer followup questions, admit its mistakes, challenge incorrect premises, and reject inappropriate requests.

[Try ChatGPT ↗](#)

[Read about ChatGPT Plus](#)



# ChatGPTの波及効果を考える





# ChatGPTの波及効果を考える

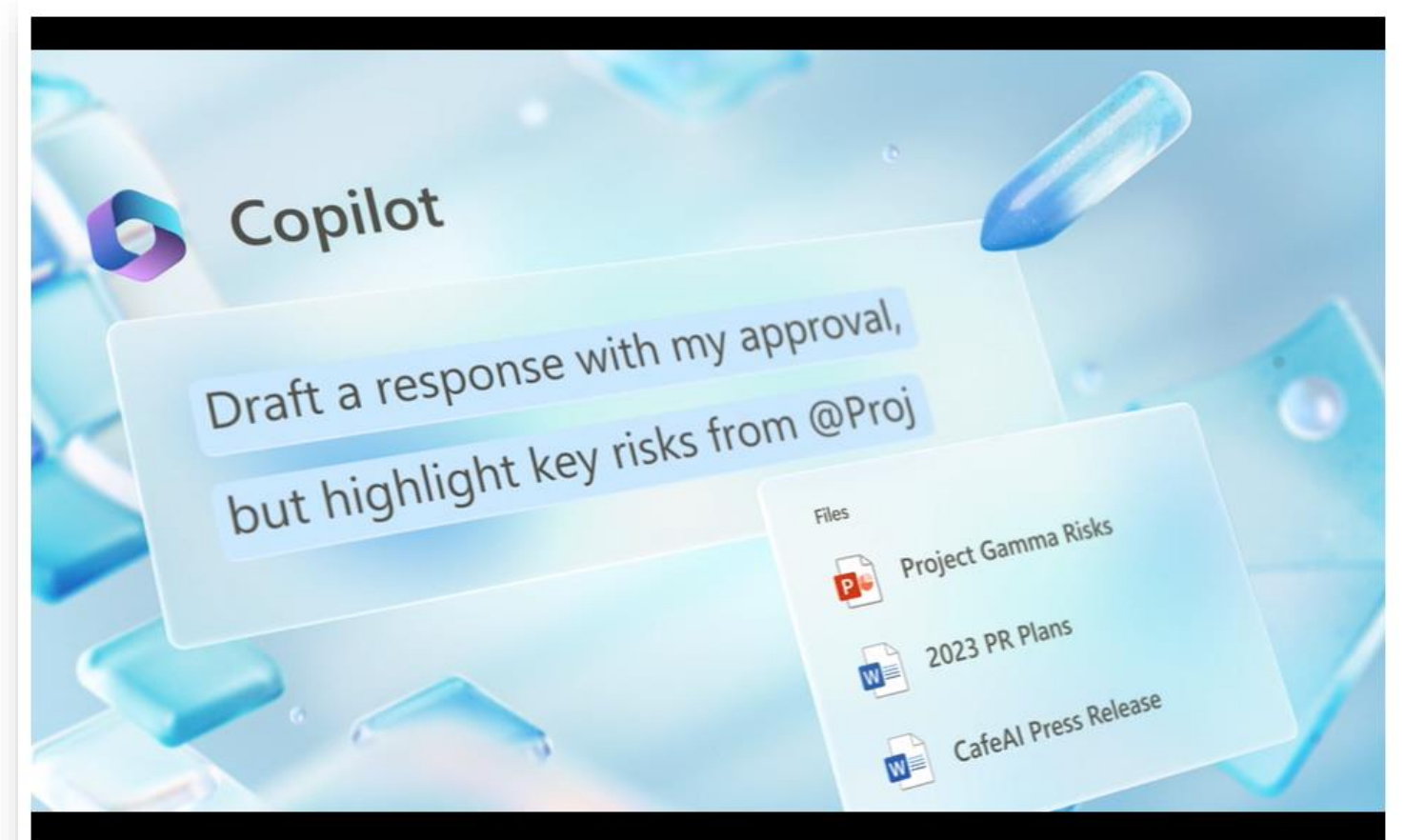
## 例) GmailやOutlookがメールの本文を書いてくれる

Microsoft 365 Copilot

- ・技術ソフトウェア的制約 無し
- ・技術ハードウェア的制約 無し
- ・社会ソフトウェア的制約 無し
- ・社会ハードウェア的制約 無し

## 例) 「人間と同じように」セールスを代行

- ・技術ソフトウェア的制約 無し
- ・技術ハードウェア的制約 有り
- ・社会ソフトウェア的制約 有り
- ・社会ハードウェア的制約 有り



生産性の変革をすべてのユーザーに

Microsoft 365 Copilot は、既に日常的に使われているアプリに統合され、煩わしい作業からユーザーを解放して、最も重要な仕事に集中できるようにします。ユーザーのそばで機能することで、創造性を解き放ち、生産性を高め、スキルを向上させてくれます。

# ChatGPTの波及効果を考える

## 例) chat botで自動顧客対応

- ・技術ソフトウェア的制約 無し
- ・技術ハードウェア的制約 無し
- ・社会ソフトウェア的制約 無し (?)
- ・社会ハードウェア的制約 無し

- 居酒屋の予約電話の対応の自動化
- ウェブサイト上でのサポート

まずは「技術ソフトウェア的制約だけ」が理由で出来ていなかったことが  
一気に出来るようになるが、他の制約も解決する必要がある課題は  
少しタイムラグを経て変化していく



# 制約を取り除くには時間がかかる

**例) 電気が発明されてから工場の動力が電化されるまで何十年もかかった**

- ・ 技術ソフトウェア的制約 無し
- ・ 技術ハードウェア的制約 ややあり (信頼性のある高出力の電動機の発明)
- ・ 社会ソフトウェア的制約 あり (ベルトコンベア方式への転換)
- ・ 社会ハードウェア的制約 あり (工場内レイアウトの大幅な改変)

## ◆ラインシャフトによる動力の伝達

大きな動力を必要とする機械は蒸気機関の近くに、等の制約

# 今日の話題における課題

## 例) フィジカルインターネットや物流DX

- ・技術ソフトウェア的制約 やや有り
- ・技術ハードウェア的制約 無し
- ・社会ソフトウェア的制約 有り (商習慣や業務プロセスの変更)
- ・社会ハードウェア的制約 有り (初期の設備投資)

## 例) 発注の半自動化

- ・技術ソフトウェア的制約 無し
- ・技術ハードウェア的制約 無し
- ・社会ソフトウェア的制約 やや有り (商習慣や業務プロセスの変更)
- ・社会ハードウェア的制約 やや有り (データ基盤の整備)

# データ／アルゴリズムと 社会のインターフェースを 考える

東京大学先端科学技術研究センター 特任講師  
株式会社infonerv 取締役  
株式会社ルートエフデータム エグゼクティブアドバイザー

江崎 貴裕

