

電子情報通信学会 SWIM研究会

SCMの現状と課題

SC Risk Management

2019年11月30日

法政大学 経営大学院 教授

藤川 裕晃

ブカレスト国立大学 教授

Dr. Cristina Fulga

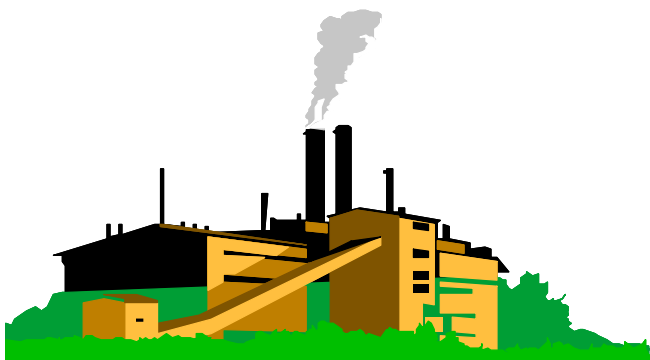


本日本話する内容

- 経営戦略としてのSCM
- 日本のビジネス環境
- ネット通販ビジネス
- 物流不動産
- 倉庫内作業の自動化
- 物流環境問題
- サプライチェーンの崩壊
- SCMのリスクマネジメント

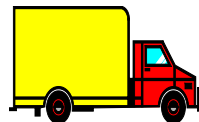


経営戦略としてのSCM



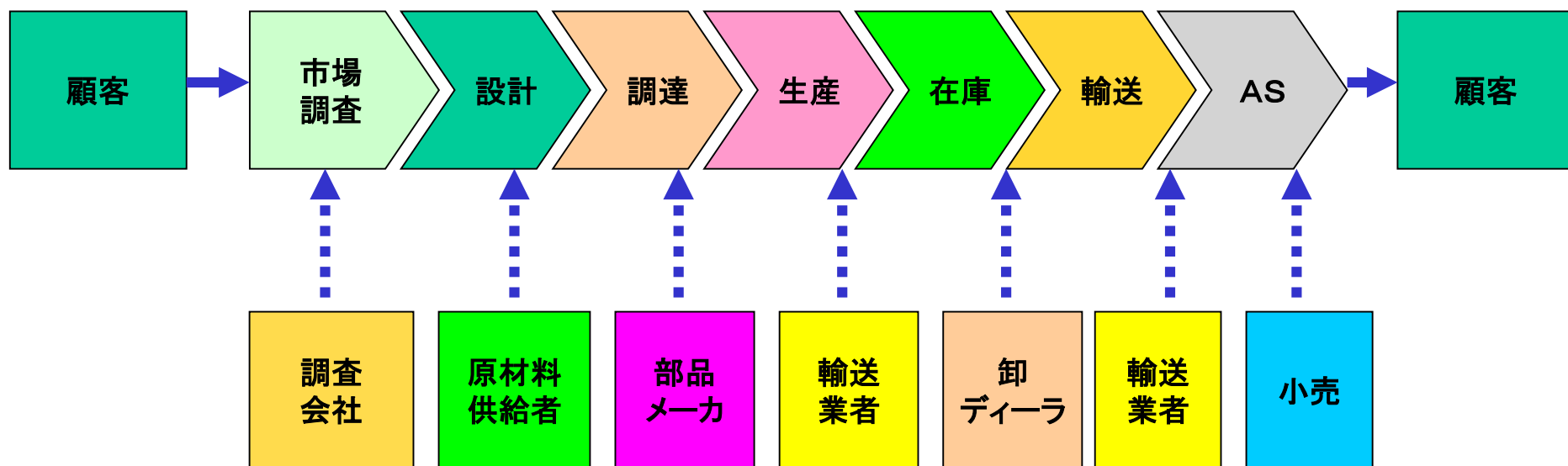
サプライチェーン・マネジメント(SCM)

- サプライチェーン: 原材料供給メーカーから供給された原材料を製造業者が製品にして、流通業者や運送業者の手を借りて、最終顧客まで届ける道筋(商品供給のための連鎖)
- サプライチェーン・マネジメント: サプライチェーン内を流れるモノをサプライチェーンに関与している関係者がWIN-WINとなるように、時間・情報・コスト・品質と現物を管理・制御すること

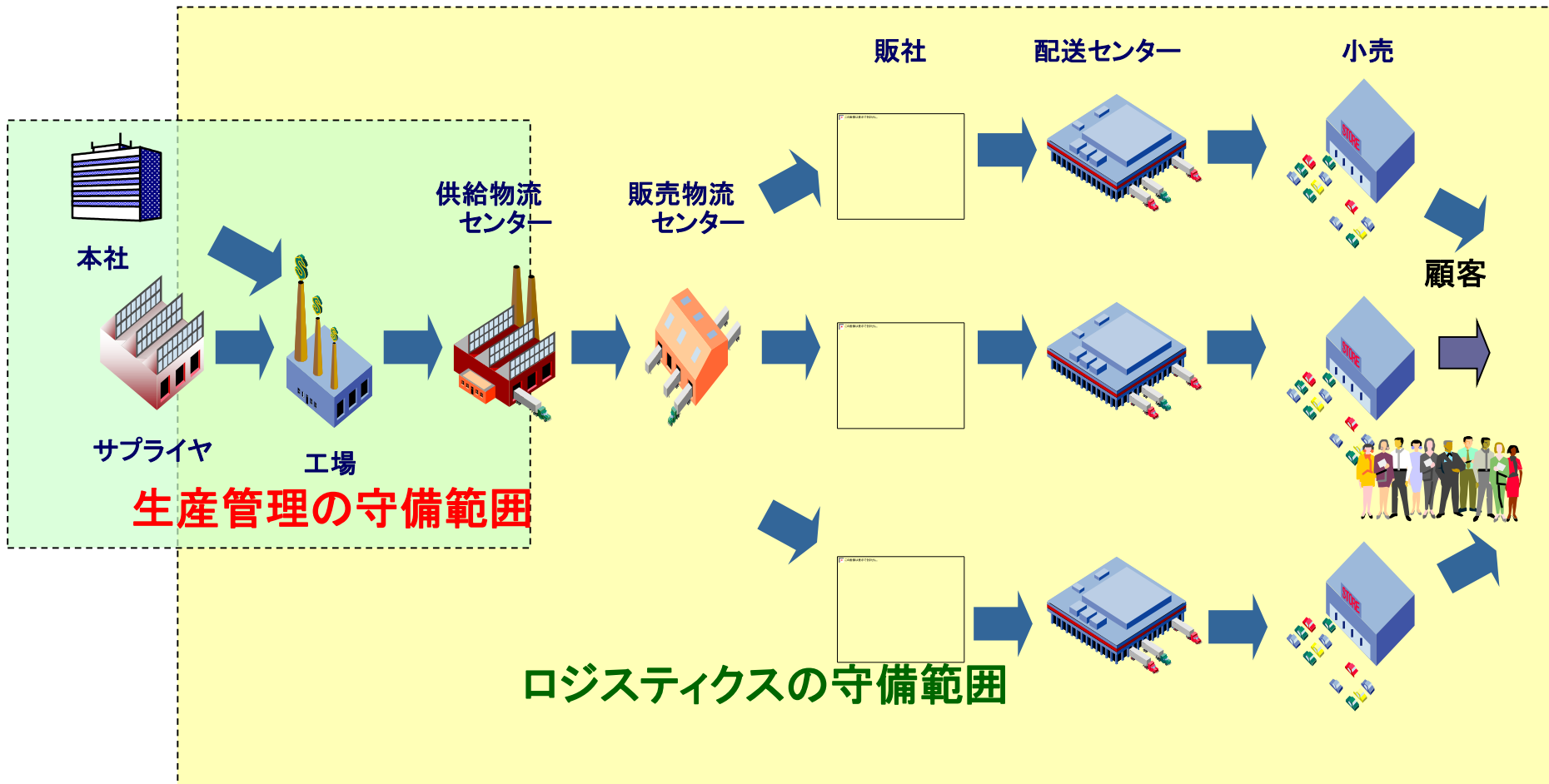


SCMの概念

- 顧客が出発点
- 経営戦略と連動
- サプライチェーン全体の再構築
- IT(情報技術)の最大活用



サプライチェーンマネジメントの守備範囲



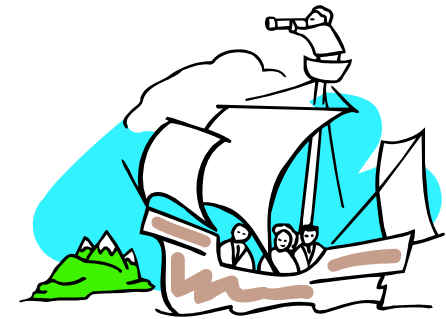
SCMは生産管理とロジスティクスを含んだ考え方＝上位概念

サプライチェーン・マネジメントとロジスティクス

- ロジスティクスでは、**一企業の範囲内**で時間・情報・コスト・品質に関する責任を全うしようとする。一方、サプライチェーン・マネジメントでは、**企業の枠を超えて**サプライチェーン全体の最適化を目指そうとする。
- サプライチェーン・マネジメントは、全体最適化の**コンセプト**や**考え方**にウエイトがあるが、ロジスティクスは現実的な**オペレーション**にウエイトがある。
- ロジスティクスでは、生産管理の範囲のことはあまり触れないで**物流分野の手段**での対応を考える。一方、サプライチェーン・マネジメントでは、**生産管理やスケジューリング**にまでお構いなく対応のメニューに取り込んでいる。
- **本日は、ロジスティクスとSCMと物流を同じように使う。**

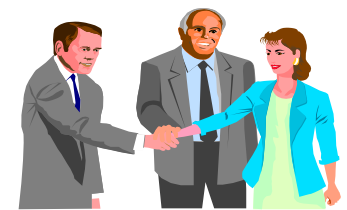
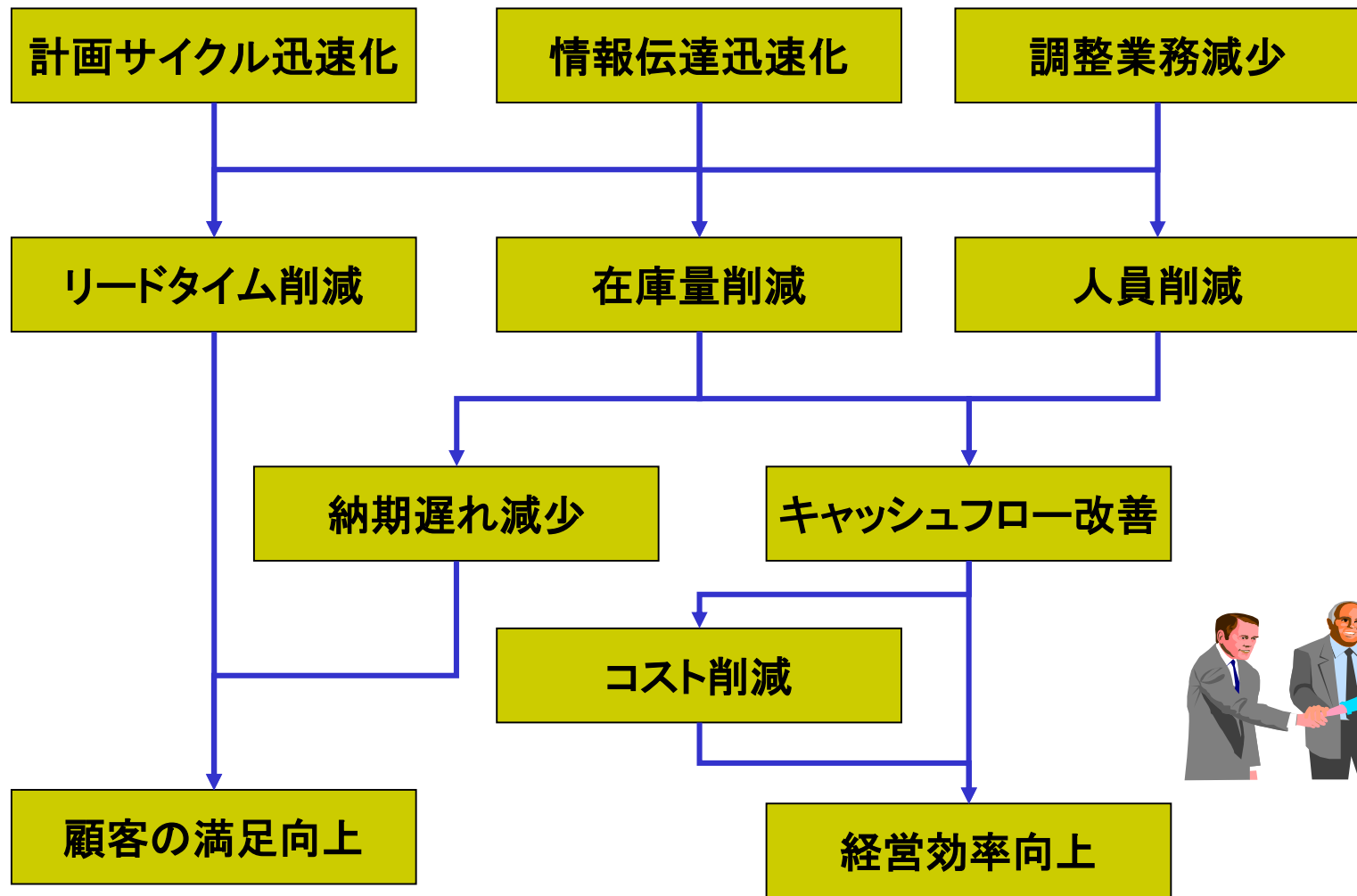


ロジスティクスの発展



- **1期(70年前) 物的流通＝物流**
 - － ロジスティクスの主たる対象は輸送、輸送業者やフォワーダー業者が主導
- **2期(70年以降) ビジネス・ロジスティクス**
 - － 企業内の調達－生産－販売に関わる物流と情報流の統合を目的としてロジスティクスサービス・プロバイダーの役割を重視
- **3期(90年以降) サプライチェーン・ロジスティクス**
 - － 企業を超えたロジスティクスチャネルを対象としてSCMに対応できる統合機能を有するプロバイダーの役割を重視
 - － コラボレーションによるWIN－WIN関係の構築
- **4期(今後) 環境ロジスティクス**
 - － 地球環境に配慮した廃棄物の回収も物流の対象に含まれる
 - － CO2削減を目指したモーダルシフトを指向

サプライチェーン・マネジメントの効果



ロジスティクスを考える視点

- **経営戦略**..ビジネスモデル、差別化戦略、BPR、プロセス改革、キャッシュフロー経営、BSC
- **オペレーション最適化**..発注計画、在庫管理、配送(配車)計画、コストダウン、モーダルシフト
- **情報システム**..パッケージソフトウェア、ERP、SCP、SCE、APS、WMS、RFID、PDA



SCMの特徴と新しさ

- **企業の垣根を越えた最適化**
 - 今までの経営は企業内最適化を目指していた
 - サプライチェーンの企業がWIN-WIN関係になる(する)
 - 現場の基礎的能力の向上
- **情報システムが基本**
 - 情報の共有が企業間業務連携の基礎
 - ユーザーニーズを如何に迅速に把握しアクションに繋げるか
 - 超高速な意思決定の仕組み・体質作り
- **新しいビジネスチャンス:ビジネスモデル**
 - 優れたビジネスモデルの構築により業界を席卷
 - 俊敏な企業が勝つ *‘Fast eats Slow’*



サプライチェーンマネジメントに求められる要件

- 俊敏性 (*Agility*)
 - 予想外の展開でも即応できる柔軟な体質
 - 変化の察知～判定能力
- 適応力 (*Adaptability*)
 - 変化するニーズに適応できる能力
 - 標準化とリスク管理能力
 - 在庫圧縮とBTO化
- 利害の一致 (*Alignment*)
 - サプライチェーン参加企業間の利害
 - WIN-WINの関係構築
 - 情報共有・統一



SCMによる経営戦略(1)3PL

- 3PLとは、物流業務の外注のことである
- これまでの外注は、依頼企業が外注先を選定しその外注企業の管理をしていた。3PLでは、選定やコスト評価といった企画業務までを委託の対象として3PL業者を選定して委託する
- 依頼企業は、安くて業務品質の良い企業へ自社の物流業務を委託することでコアコンピタンスに集中できるので、効率的な経営に適う方策である
- トラックも倉庫も荷役機械も保有しないノンアセット型の3PL業者は、保有する物流ノウハウと扱い高を上げることによるスケールメリットがコスト競争力を産み出す
- 日本で3PLが流行った背景の一つとして、自前主義の終焉のためのリストラにこのアイデアが合致したことがある
- 企業活動のグローバル化によりサプライチェーンが伸びたことから、トレーサビリティや時間指定などの付加価値を上げることで3PLは益々市場を拡げている

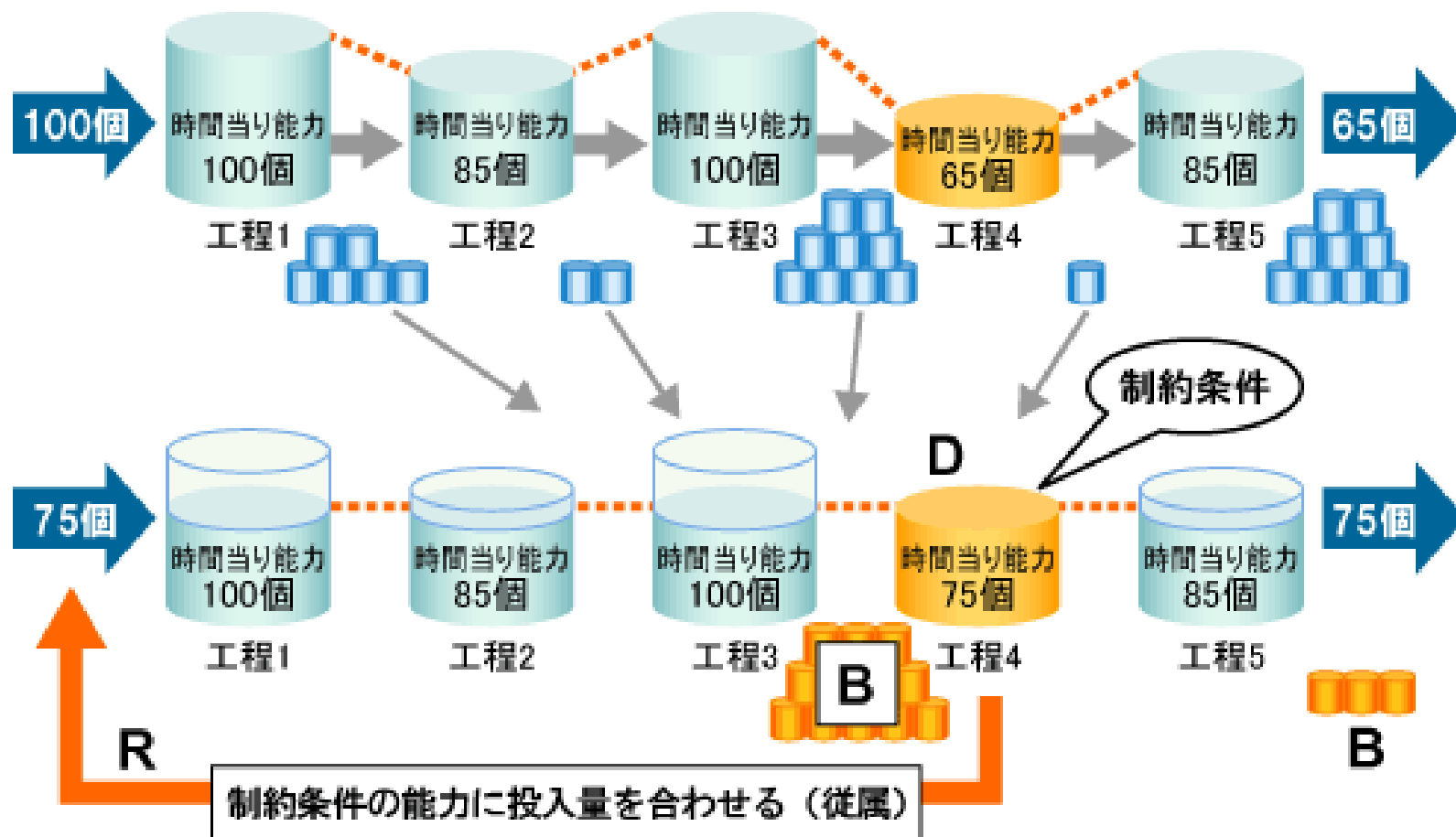
SCMによる経営戦略(2) マスカスタマイゼーション

- 単一製品の大量生産が終わり、多品目の時代となると顧客個々のニーズに合わせたカスタマイゼーションが必要になる
- しかし、多品種小量生産はコスト高となるので**カスタマイズの効率化**、即ちマス・カスタマイゼーションを目指すことになる。そのためには、**モジュール化**(後述)、**標準化**が不可欠である
 - 例えば、受注生産をする高級自転車(ナショナル自転車工業)は、CAMを使い発注から2週間で顧客に届くように、基本車種、主要部品、サイズ(股下、リーチ、肩幅など)、カラーなどを選択し、生産へと繋げられる仕組みを構築した。短納期による競争優位を確立した

SCMによる経営戦略(3)TOC

- 制約の理論を一言で説明すれば、「全体工程が制約(ネック工程)にあわせて決まる」と言える
- 図のような工程があったときに、図の上の工程では一日に100個流しても、工程4が75個しか製造できずこれが制約となる。そのために一日の終わりに25個の仕掛品が、工程4の前に並ぶことになる。図の下では、それが解っているので、初めから75個しかラインに投入しない
- そうすると、一日の作業が終わりどこにも仕掛り在庫が残らない。当然、このように工程管理がなされるべきであり、サプライチェーンをこの工程に見立てても、この理論は適応し得る訳である
- ゴールドラットの主張は、このTOCだけでなく、スループット会計やドラムバッファロープというスケジューリング・ソフトウェアまで含んでいる

TOCの考え方～工程ネックの解消



SCMによる経営戦略(4)ポストポーメント

- 最終製品にとって適切なタイミングでカスタマイズを行う戦略である。適切というのは企業により事情が異なるが、一般的に言えば納期遅れをしない最小なコストで生産できる時点などがそれに相当する
 - 具体的に言えば、パソコンの組立業の場合、部品で在庫を保有しておき、注文が入りスペックが決まった段階で組立が開始されると最も効率の良い生産・在庫で顧客まで届けることができる ⇒ **デカップリングポイント**
 - しかし、問題は注文した顧客がその商品の到着まで待ってくれるかである。顧客の指定するスペックでより安いパソコンが近くの量販店で得られたら、そちらを購入するであろう
 - 従って、顧客の要求する納期と自社のリードタイムの釣合うところに中間在庫ポイントを設け、注文が確定すればその中間在庫を使って完成品とするのである
- 即ち、ポストポーメントは、大量生産のメリットを活かしつつ、顧客のニーズを満たすことである

SCMによる経営戦略(5)モジュール化

- モジュール化とは、多様化して多品種化する流れに対して、**部品の共通性を高め、コスト削減を目指す**ことである
- この狙いは、製品の多様化による部品点数の増加とそれに伴う**管理の複雑化により引き起こされるコストアップを抑える**ことである
- 様々なオプションに対応するために、オプション部品をカセット形式で入替えることで最終製品が組立てることを目指す
- 自動車でシャーシを共有することやユニットロードなどもこの流れである

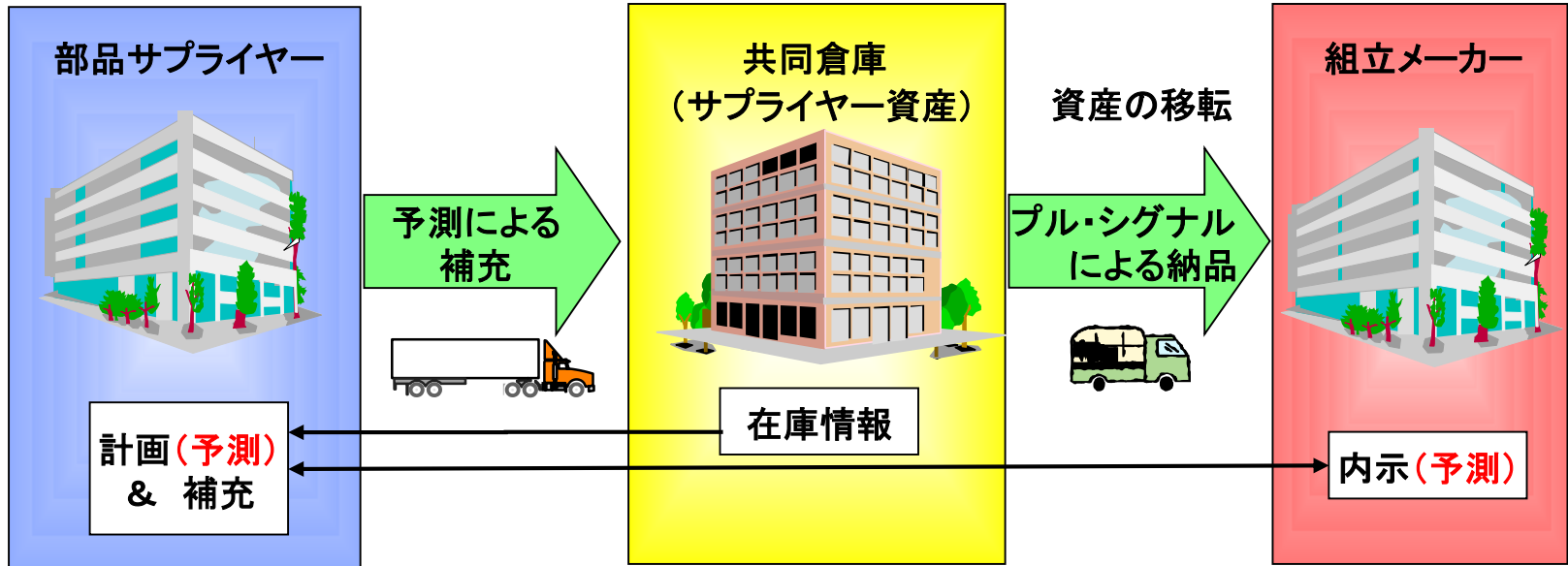
SCMによる経営戦略(6)コラボレーション

- サプライチェーンの参加企業が、情報、業務、利益などを共有することでWIN-WINの関係を築くことである。
- VMI(Vendor Managed Inventory)はこのコラボレーションを象徴するオペレーションといえる
 - 最終製品メーカーが部品サプライヤーに、組立スケジュールを開示することでサプライヤーは、生産に必要な部品を生産してラインサイドに供給しておく
 - 毎日の納品についての個別に営業もしなければ、個別の契約もない。サプライヤー、最終製品メーカーの両サイドにとって経費節約となる
- サプライヤーは、VMIを顧客にラインサイドに自社のリスクで保有することにより、固定客を持つことができ、部品の生産・輸送上の効率化も図れる。最終製品メーカーは、情報を開示することで在庫保有なしに生産計画を遂行できる。これがWIN-WINとなるためには、両サイドが儲かるように取引条件(取引価格、計画未達成時の引取り規約、内示期間など)を設定する
- SCMを成功に導くには、このようなコラボレーションによるオペレーションが有効である

VMIのキーポイント

- ・ 自動補充発注、
- ・ 予測して自動的に送り込む、
- ・ ベンダー管理、
- ・ 協同で予測する

VMIでの全体最適



サプライヤーの享受点

- 安定的な取引関係の構築
- Forecastに基づく計画生産—
調達—輸送の実施による
オペレーションコスト削減
- 事務処理コスト軽減

全体最適とWin/Winの関係

- ・ パートナーシップの熟成
- ・ 情報の共有化
- ・ E2Eのロジスティクスの可視性提供



メーカーの狙いと目標

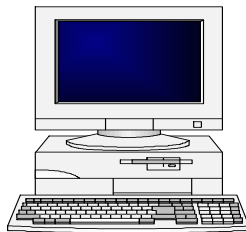
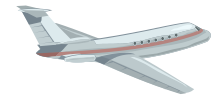
- 在庫削減／回転率向上
- 変動に対する柔軟性
- 発注作業軽減

商業におけるコラボレーション(協働)

- マーケティングの参加企業が、情報、業務、利益などを共有することで**WIN-WIN**の関係を築くこと:**チーム・マーチャンダイジング**
- 「セブンカフェ」=セブンイレブンの100円コーヒー開発
 - 富士電機:コーヒーマシンの開発
 - 三井物産:コーヒー豆の安定調達
 - AGF+UCC:コーヒー豆の焙煎
 - **各社WIN-WINの関係**
- セブンカフェは稼ぎ頭になっている

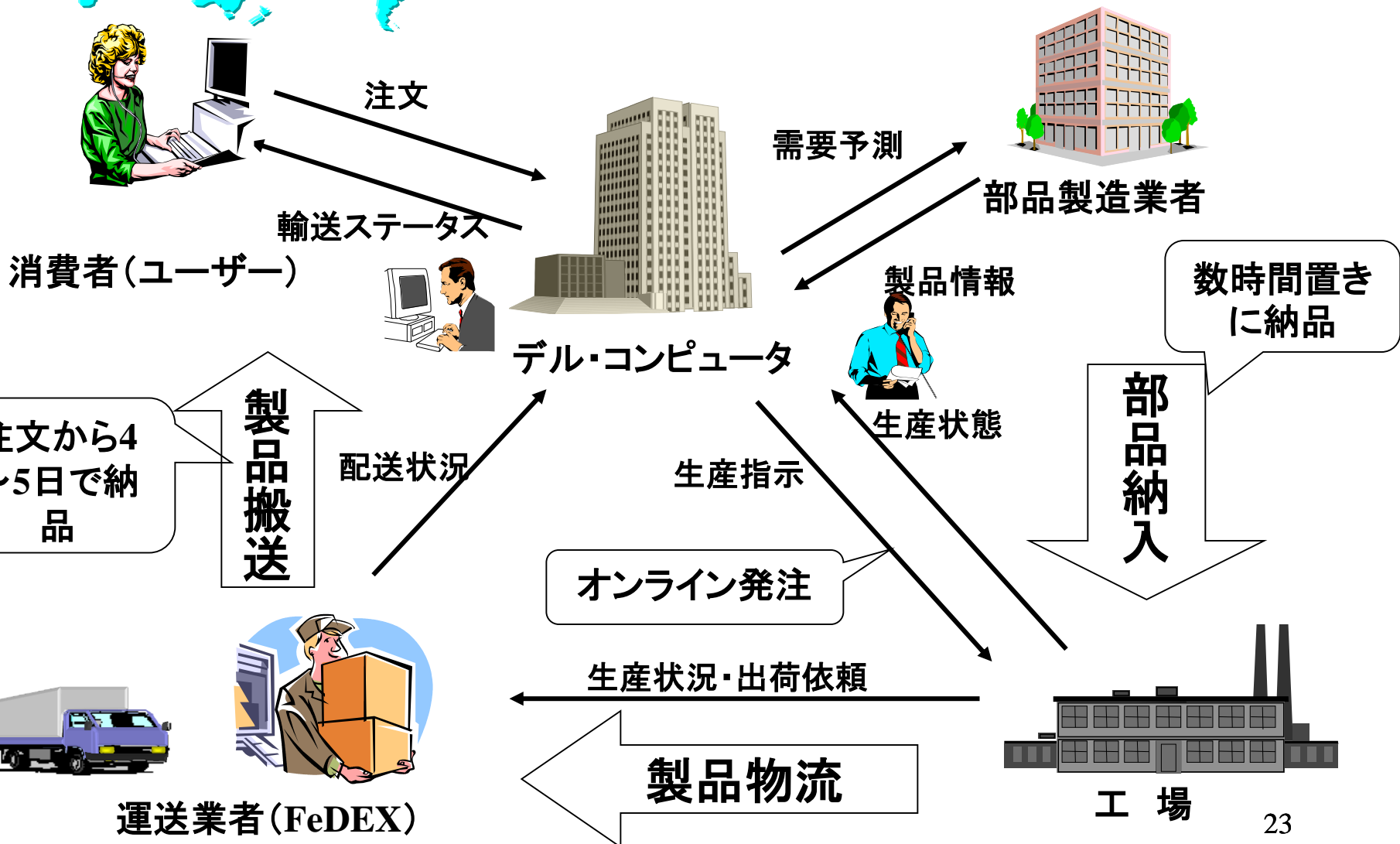


SCM事例 1 : デル コンピュータ

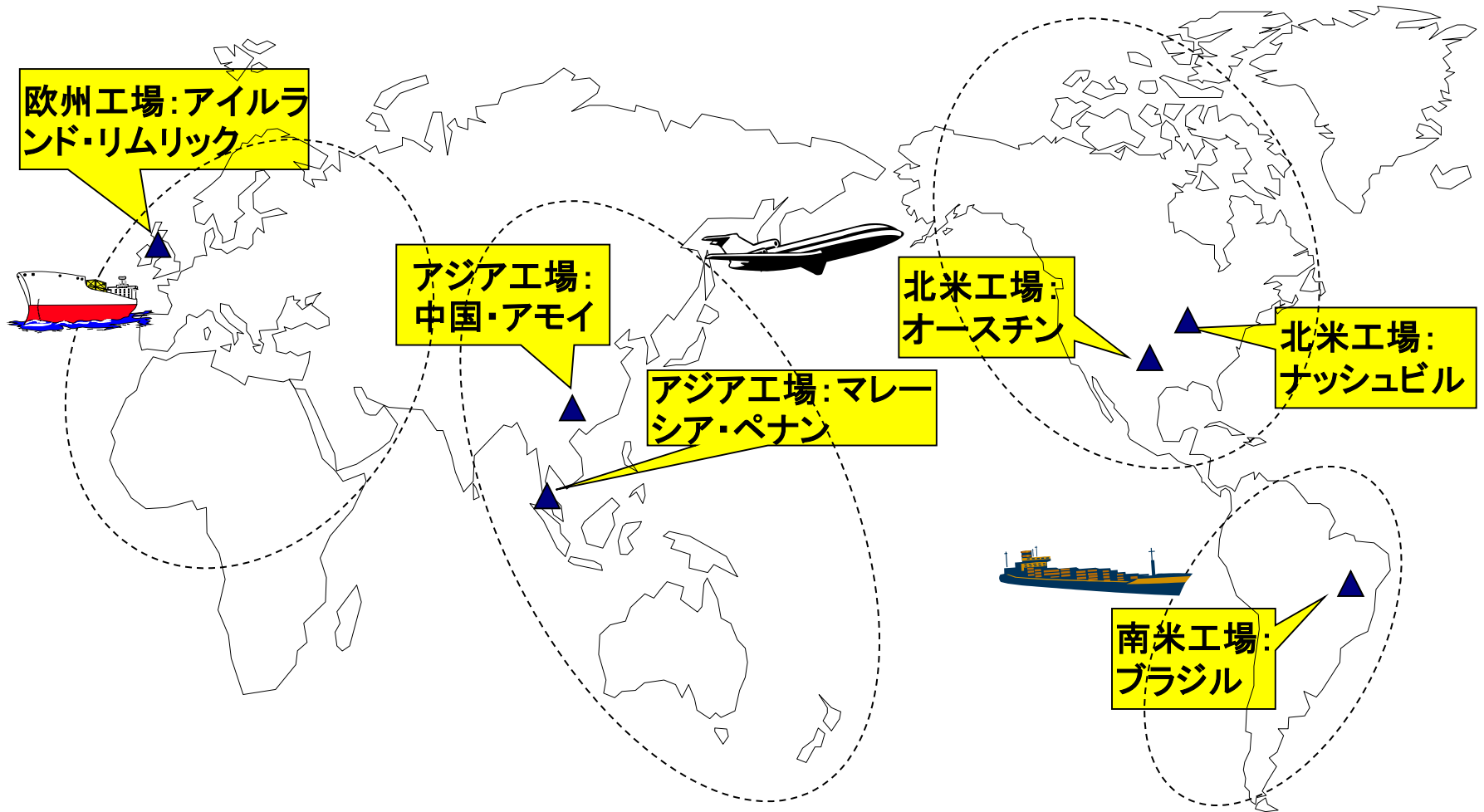




SCM事例1：デル・モデル



デルコンピュータの世界の生産拠点

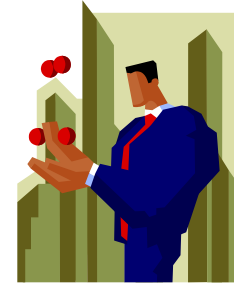


デル・モデルの仕組み



- ITを使って将来の需要を予測をし、それに基づいて部品を発注する(その後VMI: Vendor Managed Inventory へ移行)
- 直接顧客からインターネットや電話で注文をデルが受けてから生産する(BTO: Build To Order)
- 中間流通業者を省き直接顧客へ配送するので、在庫費用や販売コストを大幅に削減
- 配送過程は顧客がインターネットで検索できる

デル・モデルの成果



(Facts)

このモデルの得た成果

- 同業トップの低在庫水準(在庫日数3日/2003年1月)
- PCのコストダウン
- 世界から最も安い部品を調達
- 世界中で一番安い場所で生産
- 個々の顧客のカスタマイズへ迅速かつ柔軟に対応
- 迅速な配送とモニタリングによるサービス向上
- 顧客の情報(苦情や要望)を直に聞きデータベース化
- 顧客のキメ細かいニーズを分析したアフターサービス

デル・モデルから学ぶことはなにか？

(Findings)

- 顧客のニーズに応えるコスト・サービスを達成したこと
- VMI、貨物トラッキングなどの先例を作った
- アウトソーシングの重要性を認識させた
- 適地生産の先例を作った
- 最適グローバル購買の先例を作った
- PCが見込み生産から受注生産へ変わったこと
- WIN-WINのビジネスモデルを確立したこと

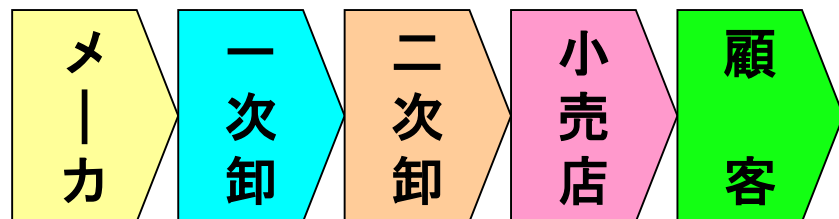


SCM事例 2 : アスクル

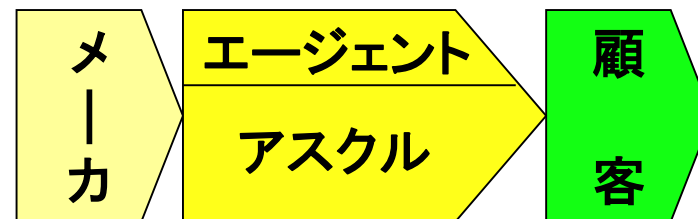


SCM事例2：アスクル

従来の流通



アスクルの流通



社会的ロスの発生

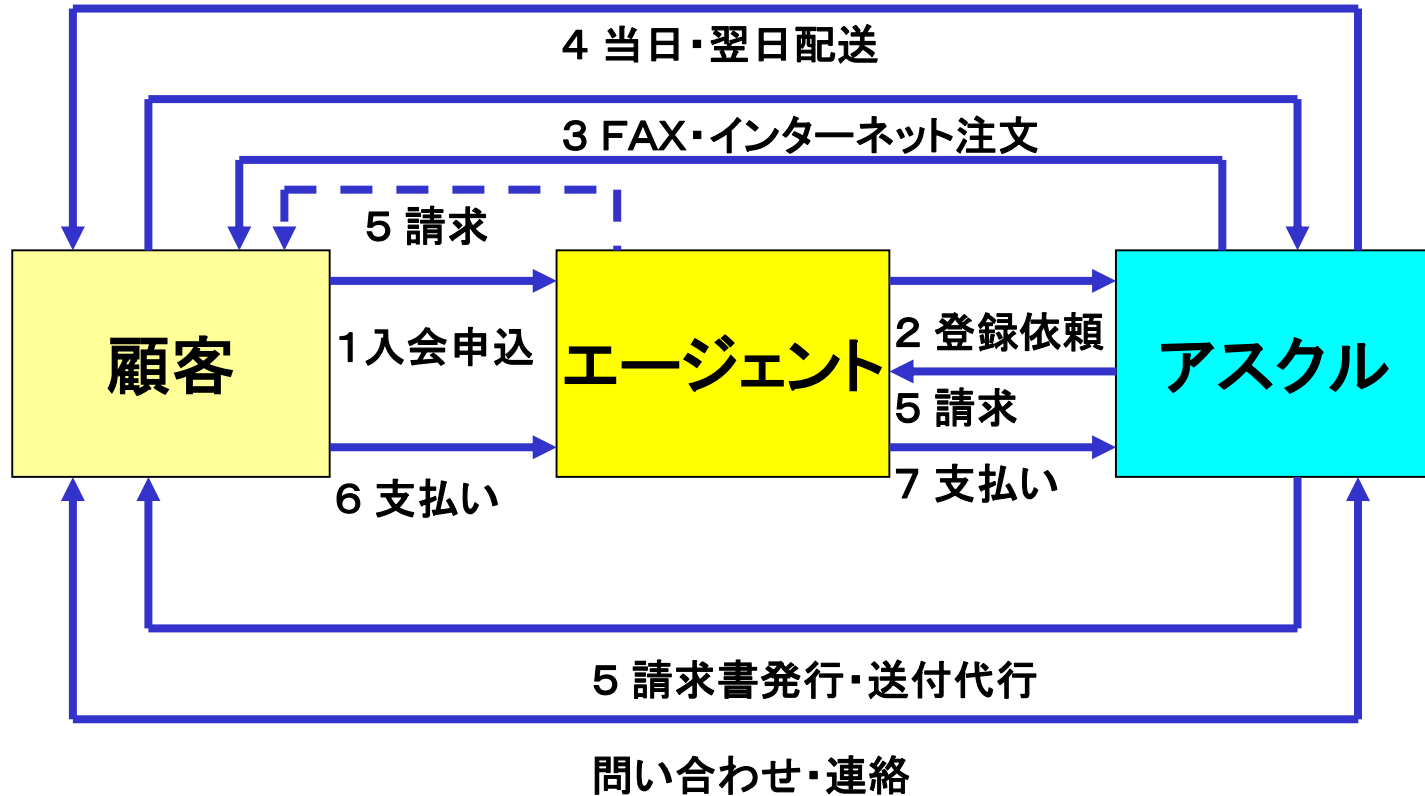
1. 情報のロス
2. 物流のロス
3. もの(在庫)のロス
4. 人的(営業)のロス
5. 機能重複のロス

社会最適システムへ

1. 流通段階のロスを排除
2. 機能主義による分業
(エージェントは顧客開拓・与信・回収機能に特化)



SCM事例2：アスクル



- ダイレクトに受注～配送しリードタイム短縮(アスクル:明日来る)
- 集中購買とアウトソーシングでコストダウンし価格を低減
- アスクルが流通センターと情報システム(CRM・需要予測)を担当
- 機能主義でエージェント(販売店)に顧客開拓・与信管理を依頼

デルとアスクルの戦略特性



デルモデル

アスクルモデル

モデルの本質

ダイレクトに行く

明日にはくる

モデルの起点

顧客

顧客

顧客との接点

コールセンター

コールセンター

ソリューション

カスタマイズ

ワンストップショッピング

共通



SCM事例 3 : コマツ



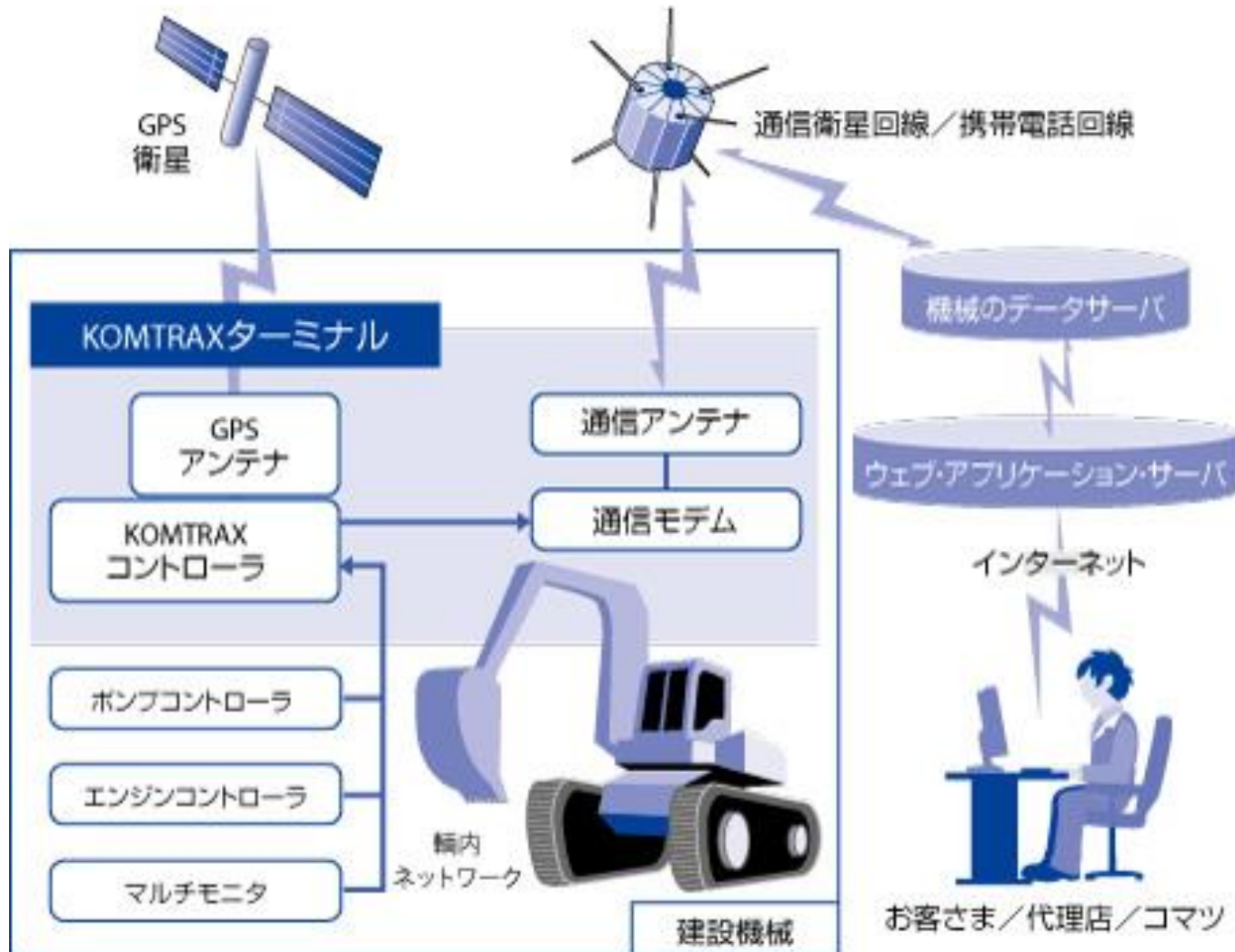
KOMATSU



コマツのKOMTRAX(1)

- コマツ..その売り上げの8割を海外で稼ぐ世界2位の建機メーカー
- グローバル化の戦略として、自社製品を低燃費、高い安全性、静粛性、ITの4項目で付加価値のあるものにするだけでなく、KOMTRAXを活用
- KOMTRAX:建設機械(建機)の情報を1台1台遠隔で把握するためのシステム
 - 車両にGPS(全地球測位システム)、通信システムを装備し、車両に取り付けられたセンサーで集めた情報やGPSによって取得した位置情報を通信システムでコマツのサーバーに送信し、建機の位置、運転内容、稼働時間、燃料残量、エンジン負荷、故障情報などの情報を把握することができる
 - これらの情報はインターネットを通して顧客企業や販売代理店に提供され、機械トラブルの未然防止や故障時の迅速対応などに役立つ

KOMTRAX



コマツのKOMTRAX(2)

- 建機は故障で動かなくなってしまうたら、予定していた工事がストップし、工事全体の納期遅れに繋がる
 - つまり、メンテナンスが建機を売るためのキーである
- ライバルのキャタピラー社も72時間以内でのメンテナンスを謳うなど、建機セールスでは、如何に簡単にしかも予防保全に繋がるようなメンテナンスの提案が不可欠である
- コマツではKOMTRAXの情報を使って、予防的にオーナーに部品交換を勧めることができる
 - ユーザー企業はこの仕組みで建機の稼働率向上を図れる
 - 1台ごとに、日ごと、月ごと、年ごとに稼働状況が表示されるので、利用企業はオペレーターの勤務管理、配車計画の立案、機械の更新計画の見直しに役立てることができ、燃費改善提案もなされており、40%近く燃費が向上した例もある
- 生産拠点戦略では、製品・生産技術開発機能を具備したマザー工場を日本4箇所、海外6箇所設定する。マザー工場では、キーコンポーネントの製造も新製造ラインの立ち上げを担当する。その1つの大阪工場に、グローバル販生センターを設置し、世界中の生産・販売情報を集め全世界44箇所の生産拠点での生産と供給をコントロールしている

日本の物流ビジネス環境

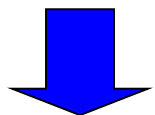
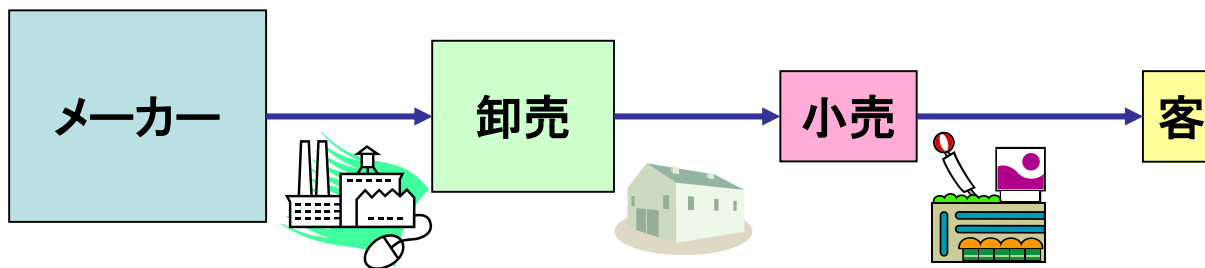


ビジネス・トレンド～力関係がどう変わったか



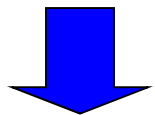
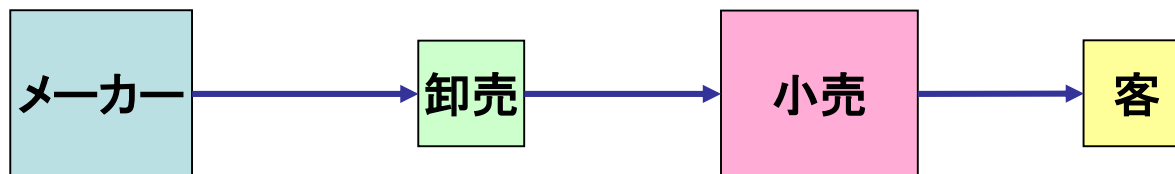
大量生産・大量消費の時代

70年



小売主導マーケットの時代

90年



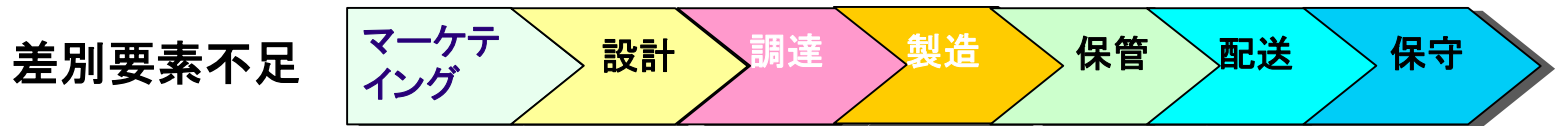
インターネット販売の時代

10年



メーカー主導型から顧客主導型へプロダクトアウトからマーケットインへ

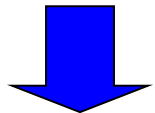
ビジネス・トレンド～競争要因がどう変わったか



90年

コア・コンピタンスを活かして非コアを外注

Value
価値

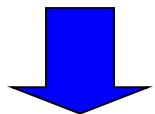


多品種少量販売&輸送

10年

ネット活用の通販を利用

Speedy
スピード



人手不足～輸送力の不足

20年

自前の輸配送システムによる大規模効率化

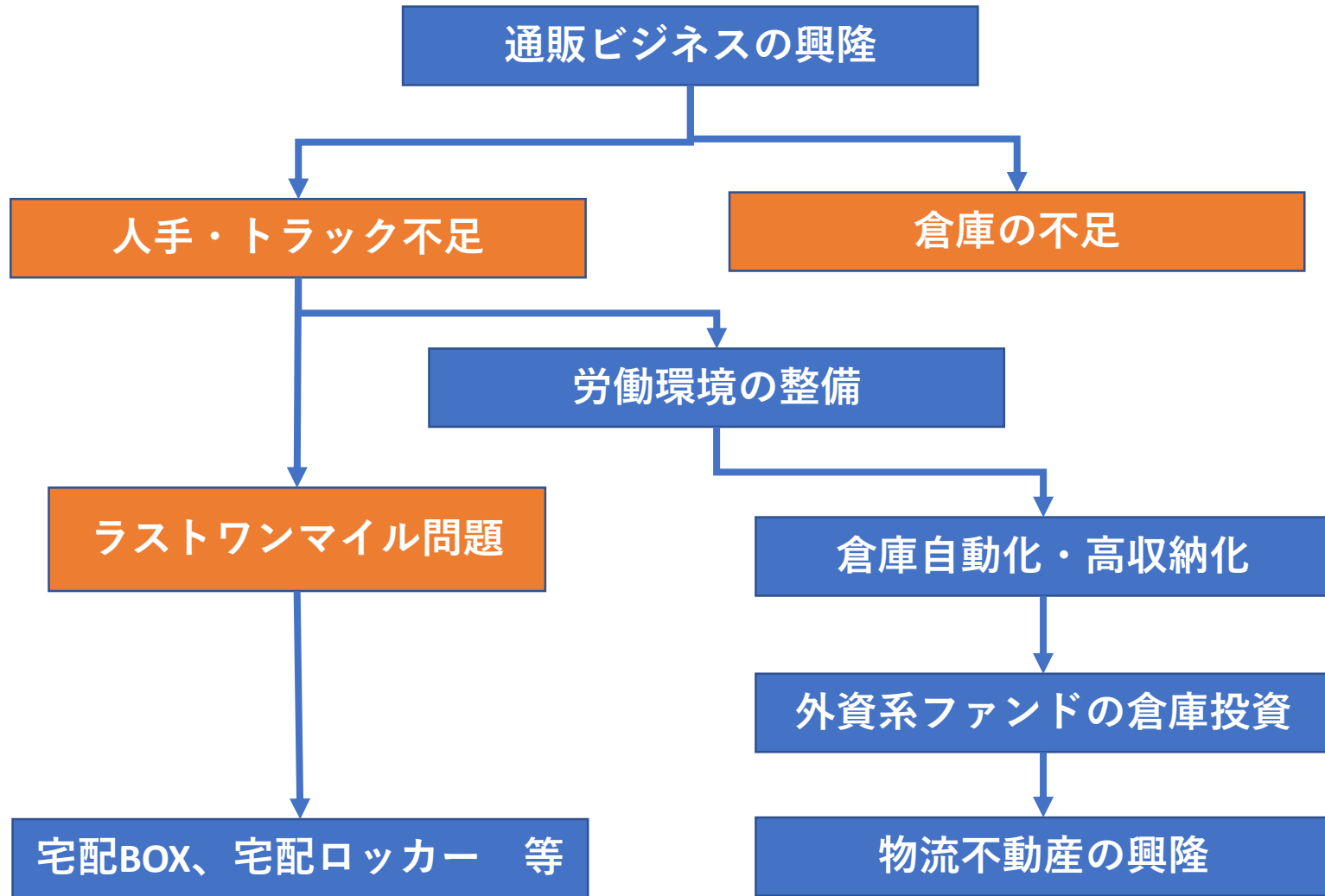
Capability
実行力

オペレーション分業・協業のチェーン構築から1社でのチェーン構築へ

最近の物流業界のキーワード

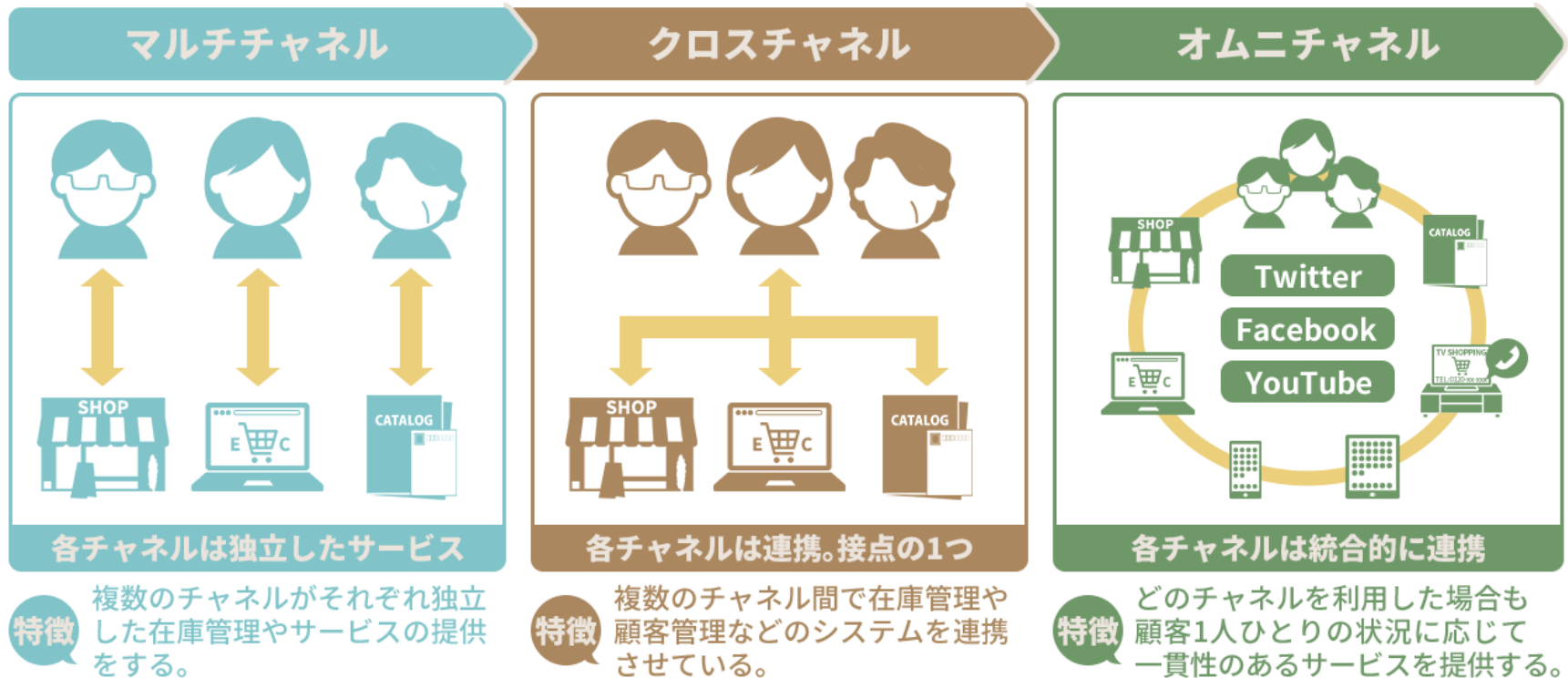
- オムニチャネル
 - 「リアル店舗＋ネット」 ネットの売上アップでリアル店舗をカバー
- ネット通販＝EC、モバイルコマースの急増
 - 本、家電から最近では生鮮食料品まで進捗
 - 日本のEC化率はまだ低い(6%台)、中国、アメリカは20%超
- ラスト・ワンマイル問題
- 物流不動産：外資系ファンド大型化・高度化物流施設建設
 - 小口・多頻度配送の増加＝小ロット貨物の物流量の増加
 - 労働環境の改善～豪華な施設、快適空調、休憩場所、託児所併設
- 倉庫内自動化：通販各社が自前物流網を設置
 - 人手不足のためにヤマトが当日配送を撤退
 - アマゾンでは自社配送網の拡充に走る
 - 新しい情報技術…IoT、AI、RPA、インダストリー4.0、…
 - 新しい物流関連技術…EV/HV、ドローン、自動運転、…

最近の物流業界のキーワード



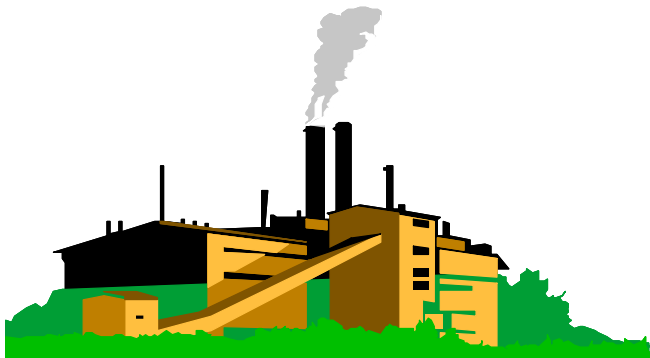
オムニチャンネル

全てのチャンネルを統合連携させた状態で顧客に対してアプローチ



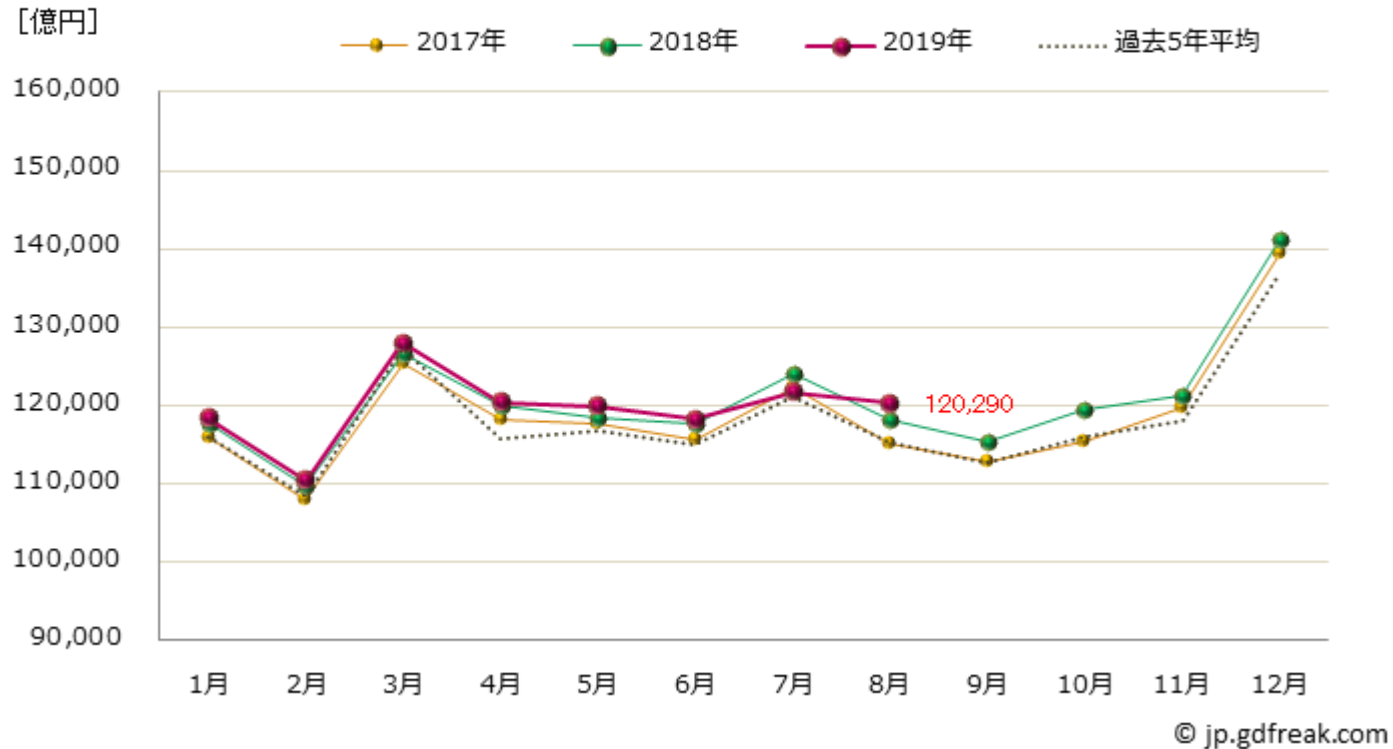
小売りの販売額は140兆円程度で安定的に推移

ネット通販ビジネス



小売り販売額の推移

小売業販売額の推移



小売りの販売額は140兆円程度で安定的に推移

日本の小売りEC化率

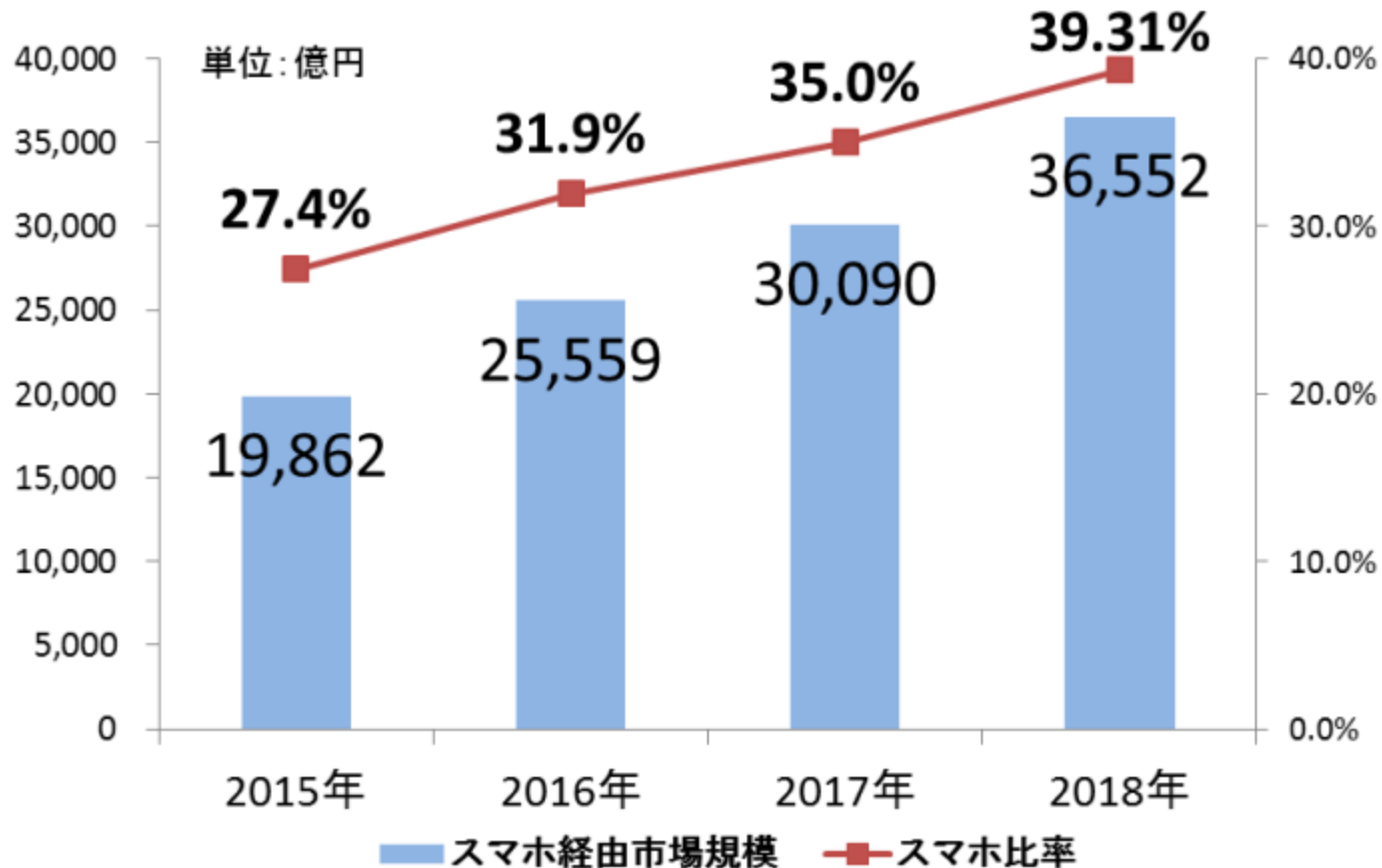


日本の小売りEC化率は急激に伸びている

ネット通販

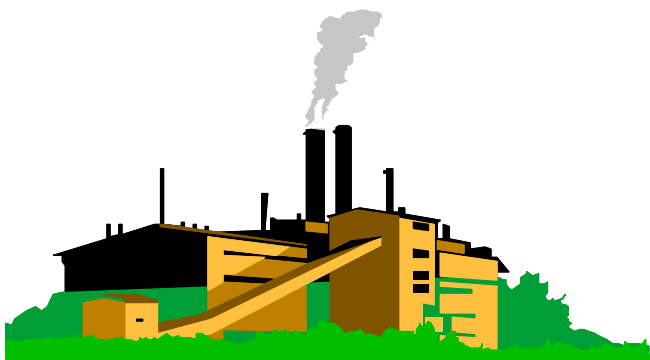
- ネット通販の可能性
 - ネット通販のシェアは6%程度で94%がリアルな店舗で売られているということから、まだまだ伸びが期待できる
 - 中国35%、米国16%、英国17%
 - ネットは予約にも活用できる
 - 洋服の青山・・・スーツの試着予約
 - ZOZOスーツ・・・3Dで体形を測定
- オムニチャネル＝リアル店舗×ネット通販
- 大手小売り企業もEC化率を上げている
 1. アパレルと家電・PC業界は30%がEC
 2. 食品、日用品、化粧品などはこれから⇒5年後に25%？

スマホ経由の物販の市場規模



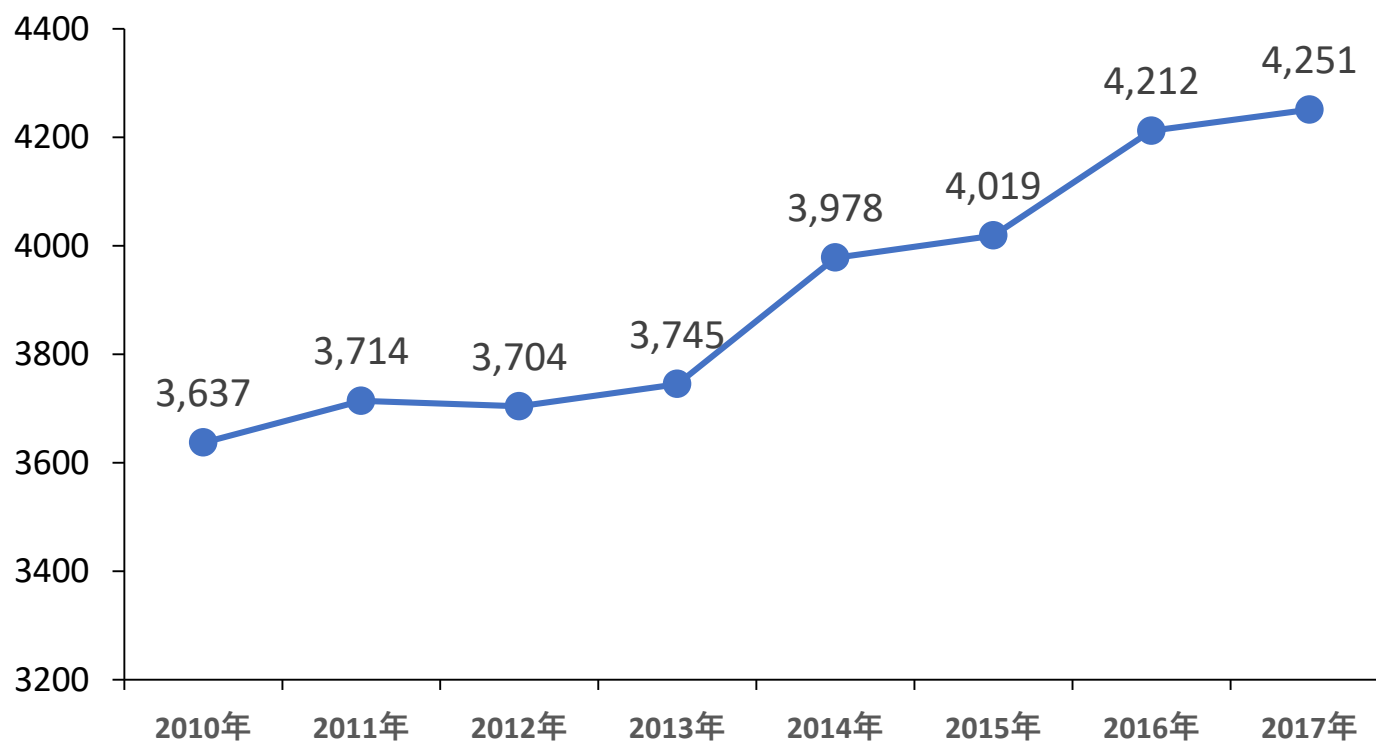
日本のEC化率はスマホの普及率と共に伸びる

ラストワンマイル問題



ラストワンマイル問題

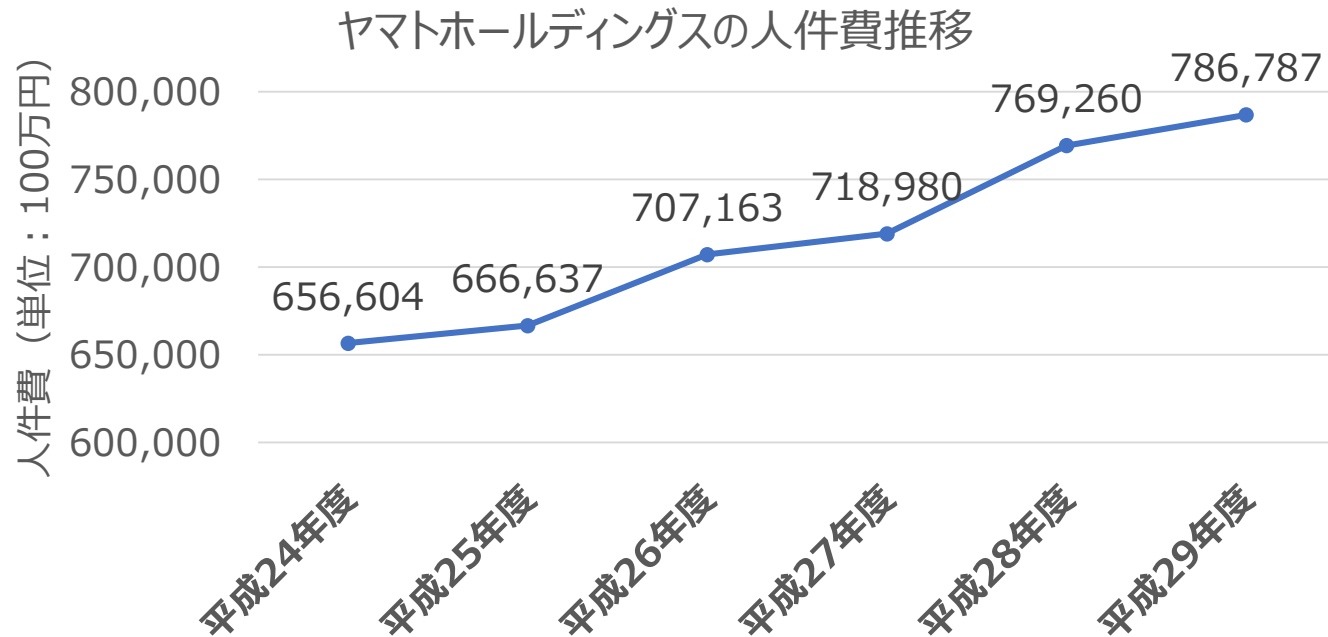
宅配業取り扱い荷物数の推移 単位:百万個



出典:国土交通省『宅配便等取扱個数の調査及び集計方法』(2018年度)

ラストワンマイル問題

ヤマトホールディングスの人件費は、2017年度は7,868億円と増加の一途を辿る



ラストワンマイル問題

宅配便の再配達率は全国で約15%となり、約6億個が再配達になっている

【調査結果】

単位：個

	平成30年4月期 (調査期間：平成30年4月1日～4月30日)			(前回調査)平成29年10月期 (調査期間：平成29年10月1日～10月31日)		
	総数	再配達数	再配達率	総数	再配達数	再配達率
都市部	812,984	132,979	16.4%	883,584	151,386	17.1%
都市部近郊	1,346,059	192,796	14.3%	1,354,016	198,572	14.7%
地方	116,576	14,721	12.6%	118,947	16,009	13.5%
総計	2,275,619	340,496	15.0%	2,356,547	365,967	15.5%

EC化率の伸びは再配達数の増加と人件費高騰を招く

ラストワンマイル問題

ソリューションは現状で 3 つある



① コンビニ受取



② 宅配ボックス



③ 宅配ロッカー

ラストワンマイル問題

ソリューションは3つあるがどれも問題が多い

No	サービス名	利用コスト	指定可能 配送業制約	防犯	受取サイズ制限	荷物保管 可能期間	合計 評価点
①	コンビニ受取	○	▲	×	×	×	3
②	宅配ボックス	×	○	×	×	▲	3
③	宅配ロッカー	○	×	○	×	×	4

どれも問題があり決め手がないのが現状

物流不動産



倉庫業界の経営環境変化

- **通販需要が急激に高まる**
- **大量の貨物进行处理するのに大規模・高効率物流施設必要**
- **外資系ファンドの日本上陸**
 - 1990年プロロジス
 - シンガポール系GLP(Global Logistics Property)
 - 投資規模は6,000億円超
 - 2019年以降、大型施設10数件に投資～開発予定
- **日系不動産企業も参戦**
- **物流施設の大規模化・高効率化・アメニティ充実**

通販対応用倉庫

物流施設の大規模化

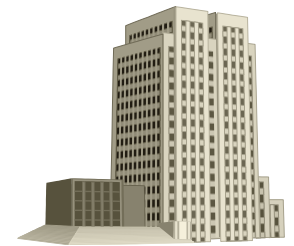
◆外資系ファンドによる大型物流施設の提供



外資系ファンドによる大型物流施設の建設

(資料:プロロジス社のホームページより抜粋)

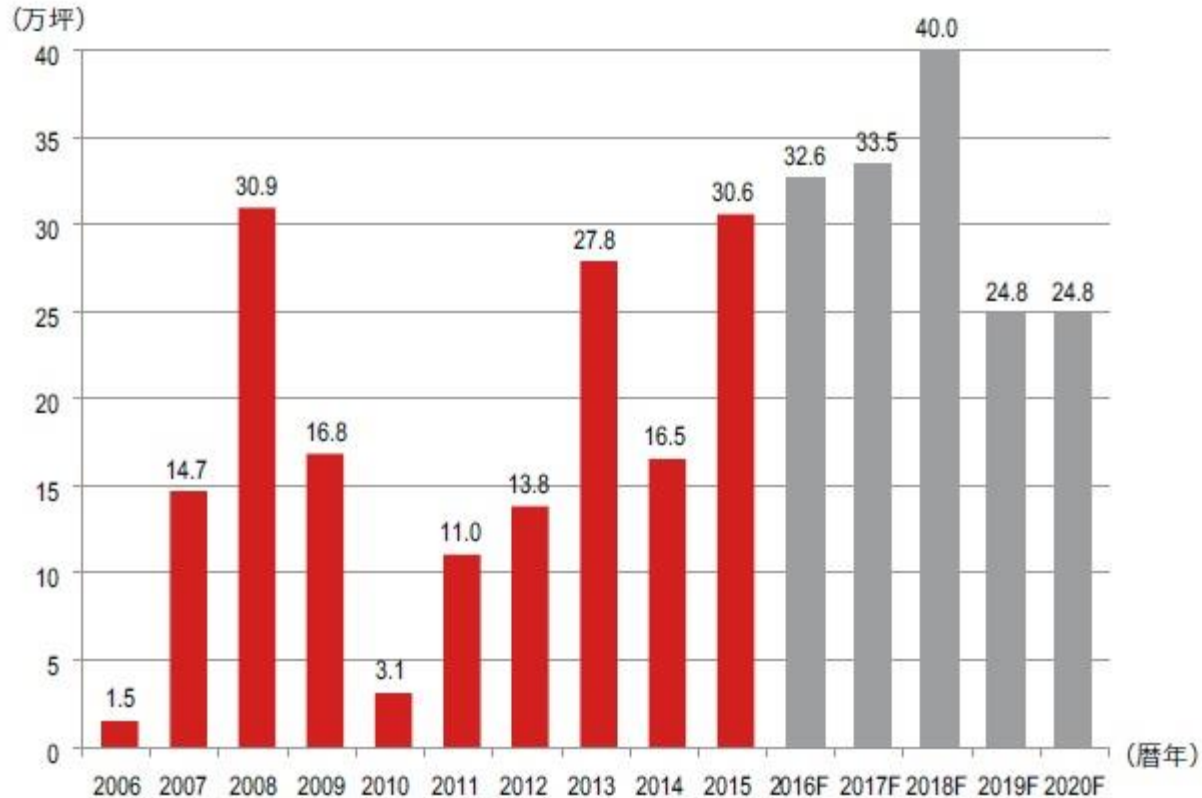
物流不動産



- **物流不動産の必要となる事象**
 - ① 不動産ビジネス: 賃貸できる施設を建設して家賃収入を得る
 - ② 3PLビジネス: 倉庫を建てて物流業務を受注し保管料・輸送料を得る
 - ③ 通販ビジネス: 通販ビジネスの調達～配送まで代行して作業料を得る
- **2005年頃から外資系ファンドが物流不動産を買い漁り案件が急増し物流施設の高騰**
 - 外資系ファンドの占有率約3分の1
- **2007年サブプライム問題、2009年リーマンショックで物流施設の空き室率の急上昇**
- **2012年頃からネット通販の即日配送などのニーズの受け皿で物流不動産の需要再燃**
- **最新鋭施設の不足～大量の資金が流れ込み建設需要旺盛**

物流不動産は投機の対象ではなくてビジネスモデル構築インフラ

首都圏における新規大型先進物流施設の新規供給量

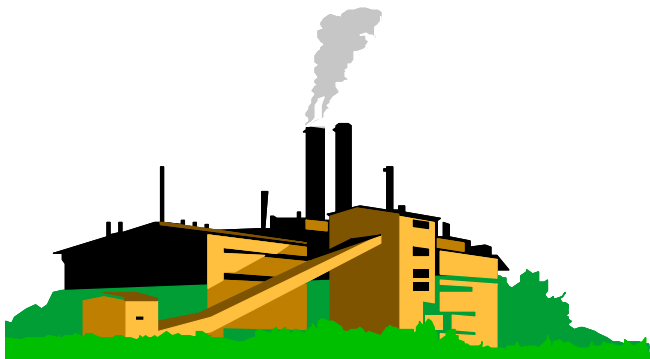


出所: JLL

出典: Jones Lang LaSalle, IP, Inc

<http://www.joneslanglasalle.co.jp/japan/ja-jp/news/269/logistics-leasing-market-201610>

倉庫内作業自動化



物流自動化の流れ

- 物流大手各社が人手不足、荷物の増大、再配達を解決するために独自の取り組みを開始
 - キーワードは「IoT」と「シェアリング」
- ドイツポストDHLとファーウェイの提携
 - 国際物流・郵便大手のドイツポストDHLサプライチェーンと、産業グレードのIoTデバイスとインフラストラクチャを活用した広範なサプライチェーン・ソリューションを展開することに合意（19年2月）
 - 高度なセンシングや自動化機能を倉庫業務、貨物輸送、ラストワンマイルの配送サービスに導入するための継続的な取り組み

自前物流網設置

- amazon
 - 国内で10箇所の自前の物流センターを設置
 - amazonプライム：注文回数無制限で2営業日以内の配送料が無料（スピード重視）
 - amazonフレッシュピックアップ：生鮮食料品をドライブスルーで受け取れるサービス
- 京東商城【JD.com】
 - 「ECの根幹は物流にある」（京東商城【JD.com】）⇒2007年に自前配送に切替
 - 家電商品のECの6割のシェアを握った
 - 「極速達」：午前11時までの注文は当日中、午後11時までの注文は翌日の午後3時までに配達
 - 山間部の輸送はドローンを使う
- 楽天
 - ワンデリバリー構想：商品注文～配送保管まで一気通貫に行える仕組みで、受注予測・最適在庫配置など行う
 - 自前の物流センターの設置：楽天Fullfilment Center 流山、枚方

amazonの自前物流網

アマゾンFC一覧

	拠点名	所在地	開設時期
1	アマゾン市川FC	千葉県市川市	2005年11月
2	アマゾン八千代FC	千葉県八千代市	2007年10月
3	アマゾン堺FC	大阪府堺市	2009年10月
4	アマゾン川越FC	埼玉県川越市	2010年7月
5	アマゾン大東FC	大阪府大東市	2010年11月
6	アマゾン川島FC	埼玉県比企郡	2011年10月
7	アマゾン狭山FC	埼玉県狭山市	2011年10月
8	アマゾン鳥栖FC	佐賀県鳥栖市	2012年5月
9	アマゾン多治見FC	岐阜県多治見市	2012年11月
10	アマゾン小田原FC	神奈川県小田原市	2013年9月
11	アマゾン大田FC	東京都大田区	2015年10月
12	アマゾン西宮FC	兵庫県西宮市	2016年9月
13	アマゾン川崎FC	神奈川県川崎市	2016年8月

日立のピッキングシステム: Racrew

従来のピッキングは、ピッカーが移動していたが、それでは人手が掛かる。

そこで、棚がピッカーの元に来て来る仕組みを提案

出典: <https://lnews.jp/2015/05/h052810.html>

特徴

- 自動搬送により入出庫/仕分け作業の生産性向上
- 作業者への負荷軽減

● 概要イメージ図



AGV: Automated Guided Vehicle
DPS: Digital Picking System
DAS: Digital Assort System

● 保管棚



● 無人搬送車 (「Racrew」)



▼ 「Racrew」の仕様

- 【サイズ】幅 900 mm × 長さ 960 mm × 高さ 380
- 【積載荷重】最大 500 kg
- 【前進移動】最大速度: 分速 60 m
(無負荷時最大速度: 分速 80 m 可能)
- 【電源】リチウムイオン電池
- 【充電】自動充電機構付き (24時間運転可能)

● 無人搬送車が棚ごと搬送



● ピッキングステーションの様子



▲ DPSゲート (左側)

▲ DAS (右側)

日立のピッキングシステム



← ピッキングステーション

ピッカーが移動するのではなく、棚がピッカーの元にやって来る

保管棚 →

台車が棚をピッキングステーションへ運搬する



事例:ピッキングシステム

ロボット物流「Amazon Robotics」 茨木物流センター



Amazon Roboticsは「可動式の商品棚」と、その商品棚を動かすロボット「ドライブ」で構成される。入荷商品の棚入れをしたり、注文商品の棚出ししたりする工程を自動化する仕組み

出典 : <https://boxil.jp/beyond/a4595/>

ピッキングシステム



自走するロボット「ドライブ」が商品棚を持ち上げ、作業員の前まで運んでくれる

ピッキングシステム



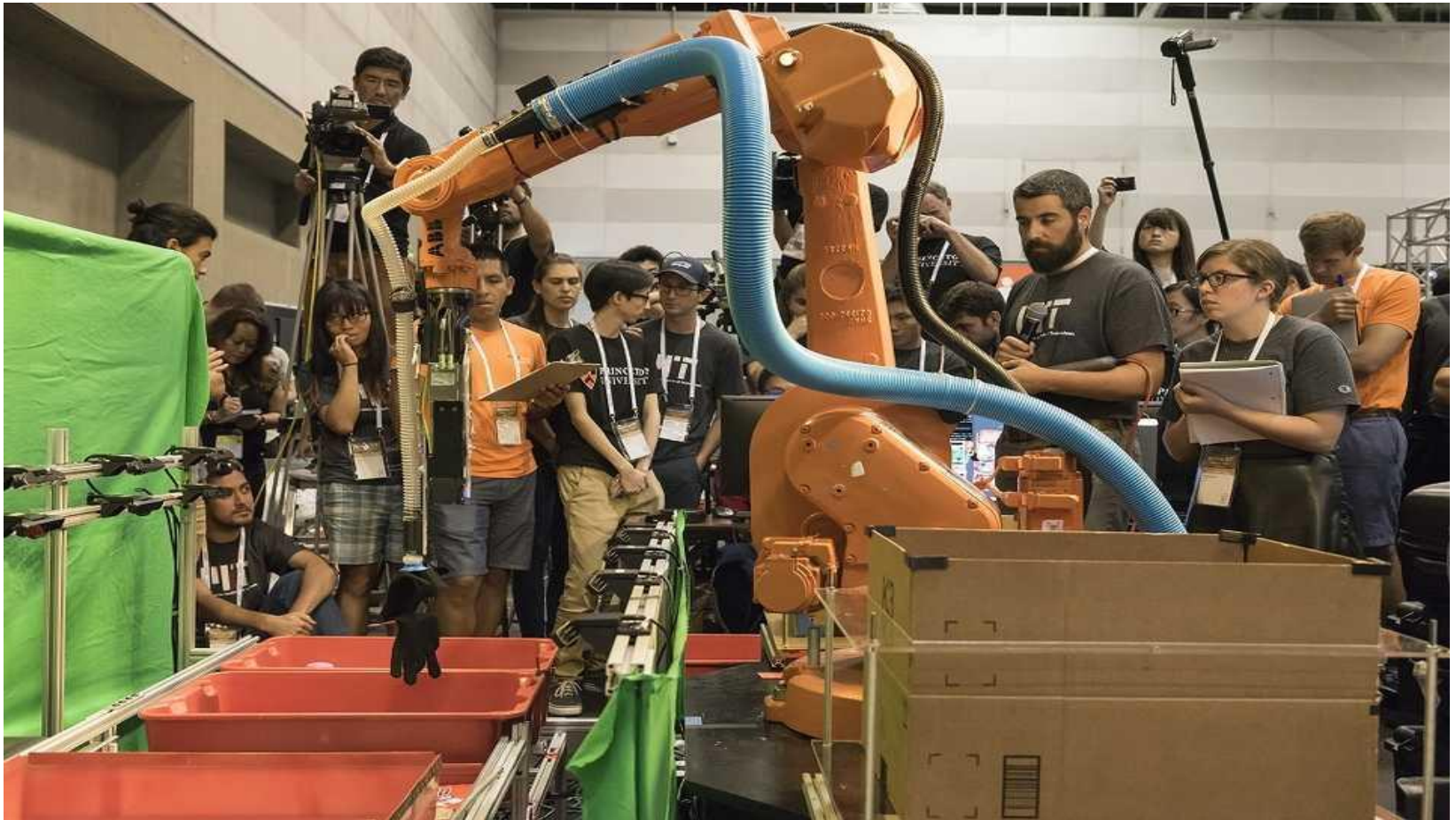
担当者は、ドライブが運んできた棚の中からその場を動かずに商品の棚入れ・棚出しができる。FC内を移動するドライブが商品棚を持ち上げ、作業員の前まで運んでくれるため、作業員が歩く必要がない

ピッキングシステム



ディスプレイを見ながら棚入れ・棚出しすると、自動で保管場所に戻っていく。これにより、入荷した商品の棚入れと、ご注文商品の棚出しにかかる時間を削減できる。

ロボットシステムの開発



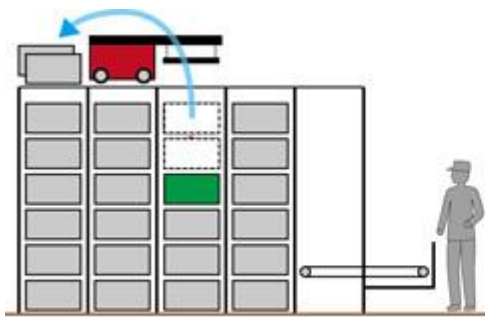
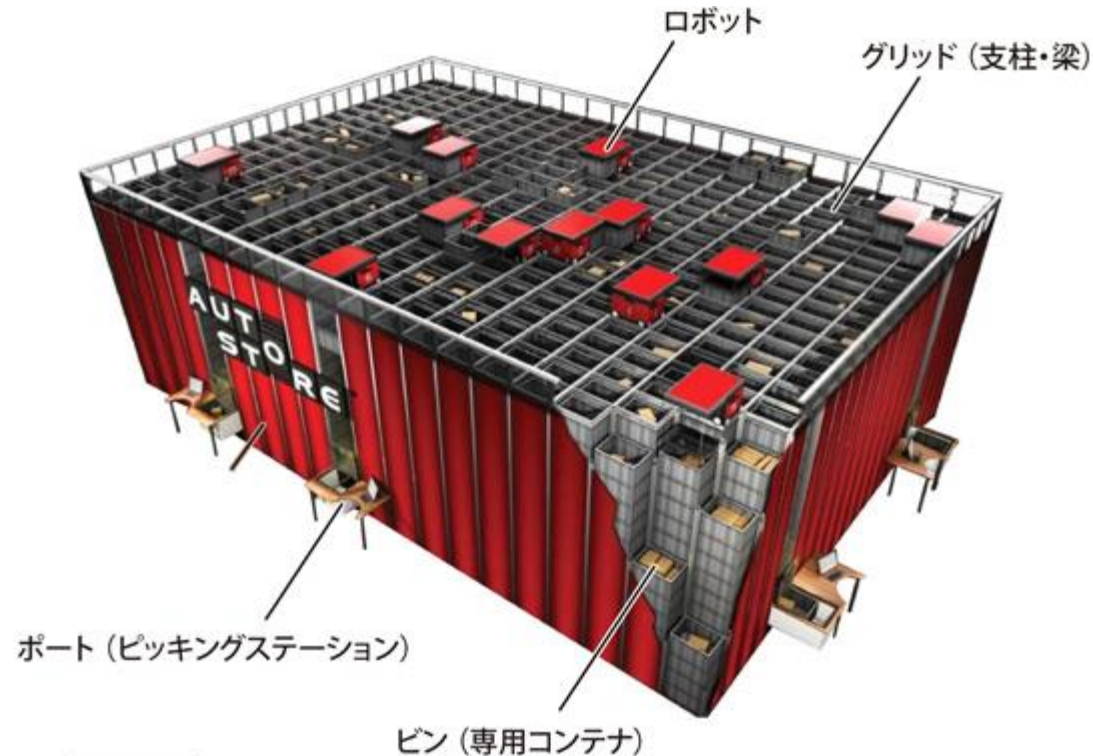
物流の自動化において商品の仕分けは人力に頼らざるを得ず、完全自動化はできていない。アマゾン・ロボティクス・チャレンジは、数人がチームを作り、共同で自律型ロボットを製作する。チャレンジプログラムで優秀なエンジニアが集まる

高収納効率自動化倉庫

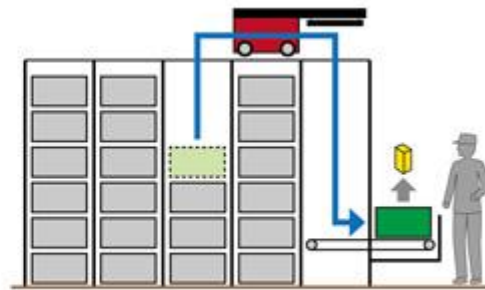
自動倉庫型ピッキングシステム

「AutoStore」

- ・ ノルウェー・オーとストア社
- ・ 出荷に合わせてビン移動
- ・ ピッキング量⇒5倍



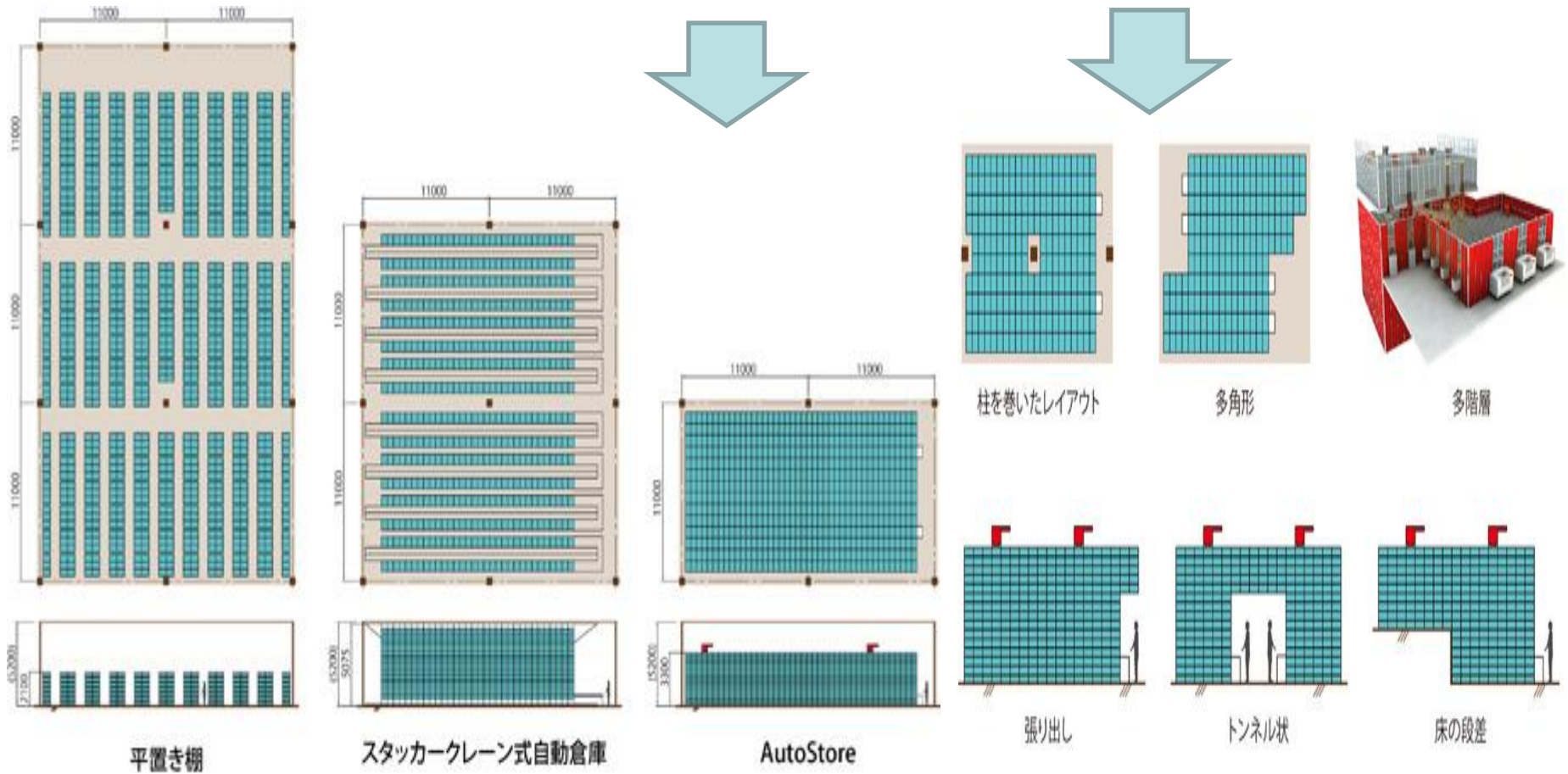
ロボットがコンテナを吊り上げ



ポートへ搬送→ピッキング

高収納効率自動化倉庫

自動倉庫型ピッキングシステム 高収納効率+自由なレイアウト



物流環境問題



CO₂削減問題

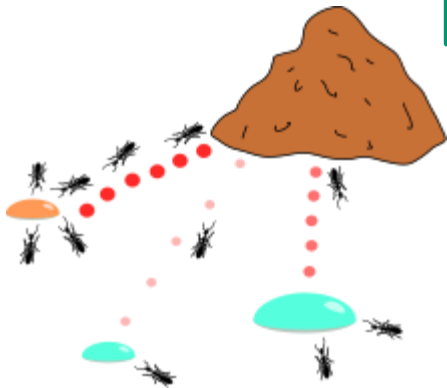
- CO₂の排出は、ビジネス関連(生産・物流)が殆どである
 - 生産39%、輸送22%、業務19%、家庭15%
- 物流の担い手としての輸送手段は自動車を中心
 - 100Km以内の輸送手段は、殆どトラック
- 輸送手段別のCO₂の排出量は、自動車が断トツ
 - トラックVS船舶VS電車=18:2:1
- 実質的には自動車での輸配送を鉄道や船舶などへ変更すること(モーダルシフト)でCO₂排出量は減る
 - 東京→福岡の輸送 トラック→フェリーでCO₂↓53%、コスト↓38%、時間↑36% ⇒ **利便性が落ちるのが実施上のネック**
- 国交省では、モーダルシフトを推進 ⇒ CO₂下がらず

モーダルシフトは現実的に無理、トラックでどうやってCO₂を減らすか

CO2排出量を考慮した配送問題(概要)

- 配送問題(VRP)でCO2を抑えることはできないか
 - 傾斜地に於いて登坂と下り坂では排出するCO2が違う筈
 - 荷物を降ろして行けば、軽くなり、CO2排出量が減る筈
- 輸送ルートによってCO2の排出量に違いが出てくる
- そのルーティングをACOを使って求める

ACO=Ant Colony Optimization



1. エージェント(アリ)とフェロモンの初期化
2. 終了条件を満たすまで以下の処理を繰り返す。
 1. 各エージェントに対して、フェロモンとヒューリスティックな情報に基づいて確率的な解の選択を行う。
 2. 各エージェントが分泌するフェロモンを計算する。
 3. フェロモン情報の更新
3. 最も良い成績のエージェントの解を出力する。

CO2排出量を考慮した配送問題(目的関数)

$$\text{Min} \quad TC = TRC + COC \quad (2)$$

TC : 総コスト

$$TRC = \sum_i \sum_j \left(\frac{D_{ij}}{EP} \right) \times GL \times x_{ij} \quad (3)$$

TRC : 輸送コスト

D_{ij} : 顧客*i*と顧客*j*の間の距離

EP : トラックの燃費

COC : CO2排出コスト

x_{ij} : 顧客*i*と顧客*j*の間に配送があるとき1, ないとき0

GL : 燃料費

$$COC = \sum_i \sum_j D_{ij} \times H_{ij} \times T_{ij} \times CB \quad (4)$$

H_{ij} : 顧客*i*と顧客*j*の間の配送によるCO2排出量

T_{ij} : 顧客*i*と顧客*j*の間の配送荷の重さ

CB : CO2排出量取引額

$$H_{ij} = e^{2.71 - 0.812 \log(L_{ij}/100) - 0.654 \log Q} \quad (5)$$

L_{ij} : 顧客*i*と顧客*j*の間配送時の積載率

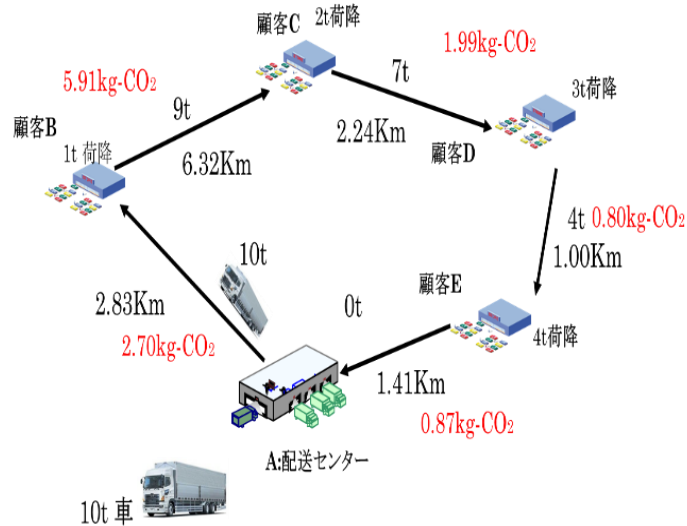
Q : トラックの最大積載量

$$COC = \sum_i \sum_j D_{ij} \times H_{ij} \times T_{ij} \times CB \times W_{ij} \quad (6)$$

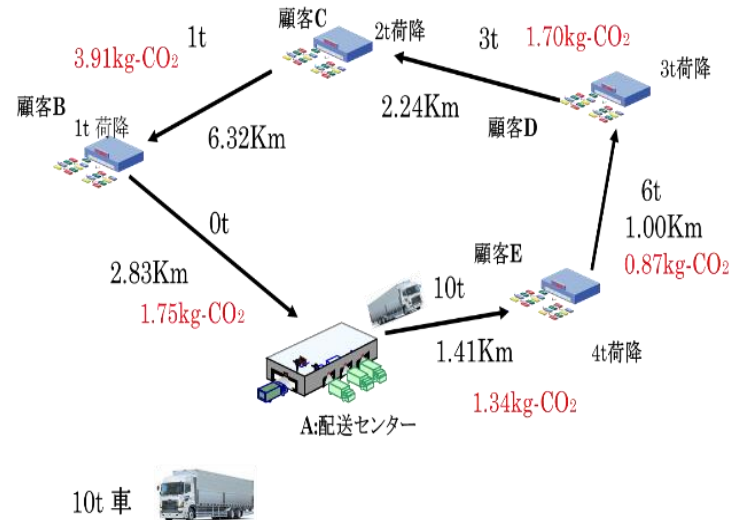
W_{ij} : 顧客*i*と顧客*j*の間の傾斜によるCO2排出係数

CO2排出量を考慮した配送問題(傾斜なし)

時計回り: 軽いものから降ろす



反時計回り: 重いものから降ろす

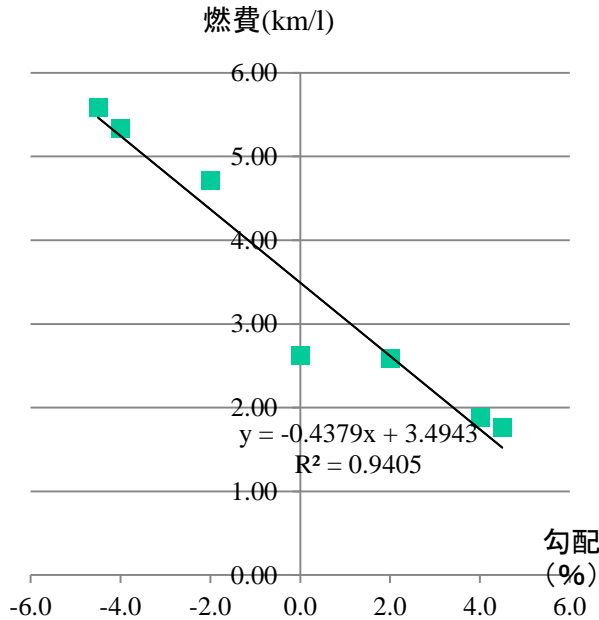


	走行距離 (Km)	CO2排出量 (Kg-CO2)
時計回り	13.8	12.27
反時計回り	13.8	9.57

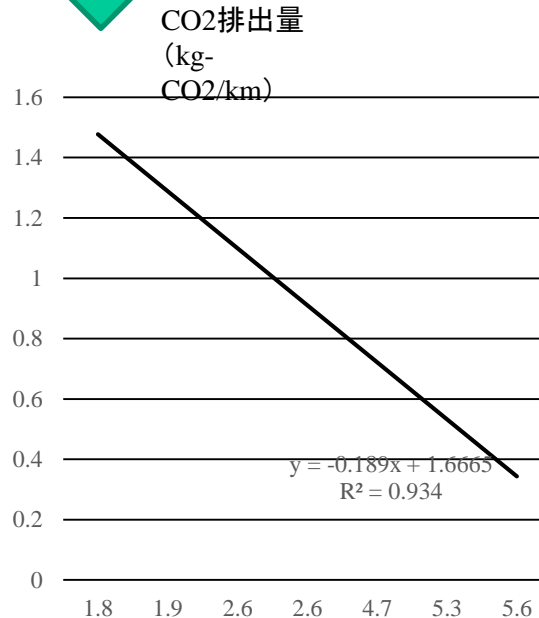
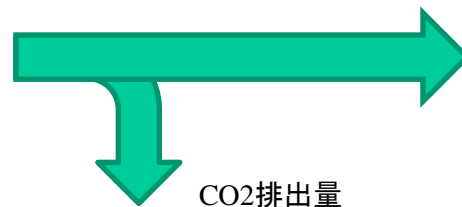
トラックの走行距離を変えずルートを変えるだけでCO2が22%減る

CO2排出量を考慮した配送問題(アイデア)

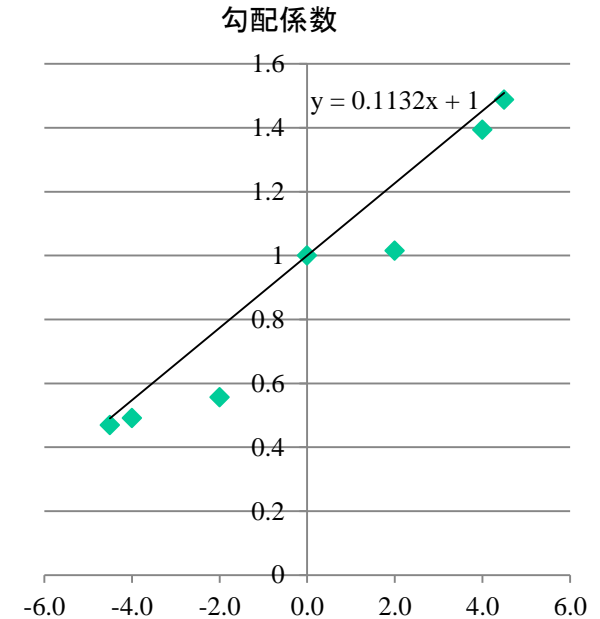
道路勾配とCO2排出量の関係



燃費と勾配



燃費とCO2排出量

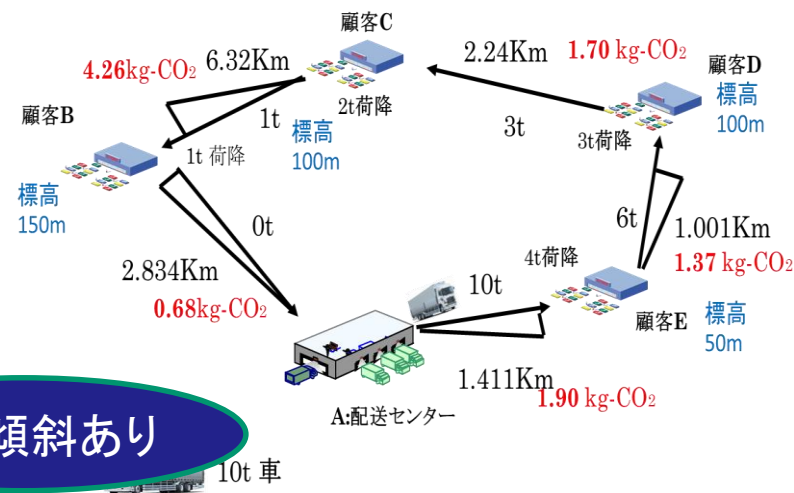
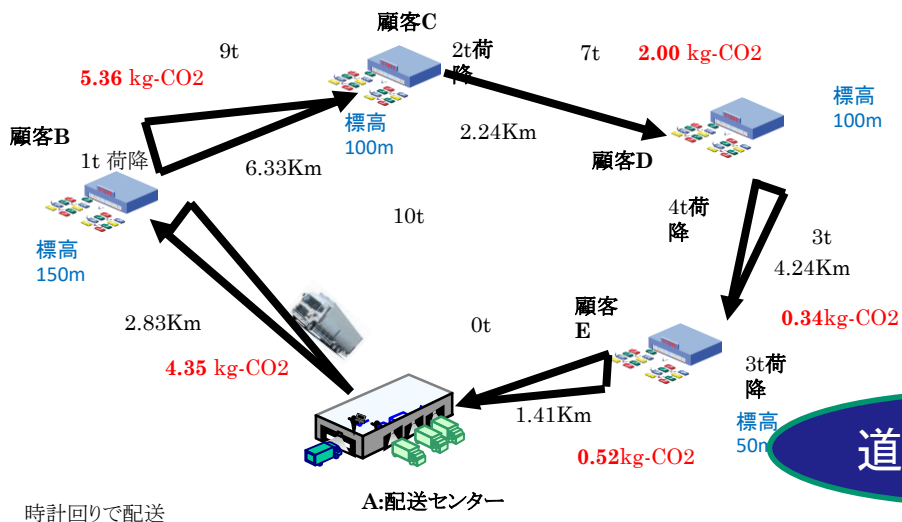


勾配と勾配係数

CO2排出量を考慮した配送問題(傾斜あり)

時計回り: 軽いものから降ろす

反時計回り: 重いものから降ろす



道路傾斜あり

	走行距離 (Km)	CO2排出量 (Kg-CO2)
時計回り	13.8	12.57
反時計回り	13.8	9.91

道路傾斜が有っても同様にCO2が22%減る

CO2排出量を考慮した配送問題(結果)

顧客がどの象限に集中しているかの分散パターンごとにシミュレーションした

分布パターン↓	傾斜パターン →	右肩上がり						右肩下がり						比較的平坦	
	アップダウン→	傾斜緩い		急傾斜		平坦		傾斜緩い		急傾斜		平坦		平坦	
I (第1象限)	アリの数(匹)	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150
	CO2排出量(Kg-CO2)	42.2	43.5	42.2	43.5	40.1	41.5	42.2	42.1	42.2	42.1	41.9	42.2	45.7	39.7
	輸送距離(Km)	49.7	52.0	49.8	52.0	49.7	52.0	53.3	53.8	53.4	53.8	53.3	53.8	57.5	49.5
II (第1・2・3・4象限)	アリの数(匹)	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150
	CO2排出量(Kg-CO2)	47.1	47.1	47.2	47.2	46.7	45.5	46.4	45.7	46.4	45.7	47.1	45.5	44.5	44.5
	輸送距離(Km)	57.2	55.1	57.2	55.1	57.1	55.0	57.5	55.1	57.5	55.1	57.4	55.0	55.9	55.9
III (第1・3象限)	アリの数(匹)	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150
	CO2排出量(Kg-CO2)	42.4	41.9	42.4	41.9	43.1	42.6	43.6	45.2	43.6	45.2	43.5	45.1	43.7	43.3
	輸送距離(Km)	53.3	52.5	53.3	52.6	53.2	52.4	53.1	54.1	53.1	54.1	53.1	54.1	53.2	54.1
IV (第2・3・4象限)	アリの数(匹)	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150
	CO2排出量(Kg-CO2)	38.0	41.1	38.0	41.1	38.4	41.7	40.2	38.9	40.2	39.0	40.6	38.9	42.4	42.9
	輸送距離(Km)	48.7	50.4	48.7	50.5	48.6	50.4	51.2	49.0	51.2	49.0	51.1	48.9	51.2	51.9

平坦な方が多くのCO2排出をしている
アルゴリズムの効果で傾斜を上手く使ってCO2を減らせる

サプライチェーン崩壊



サプライチェーンの断絶事例(1)タイ洪水

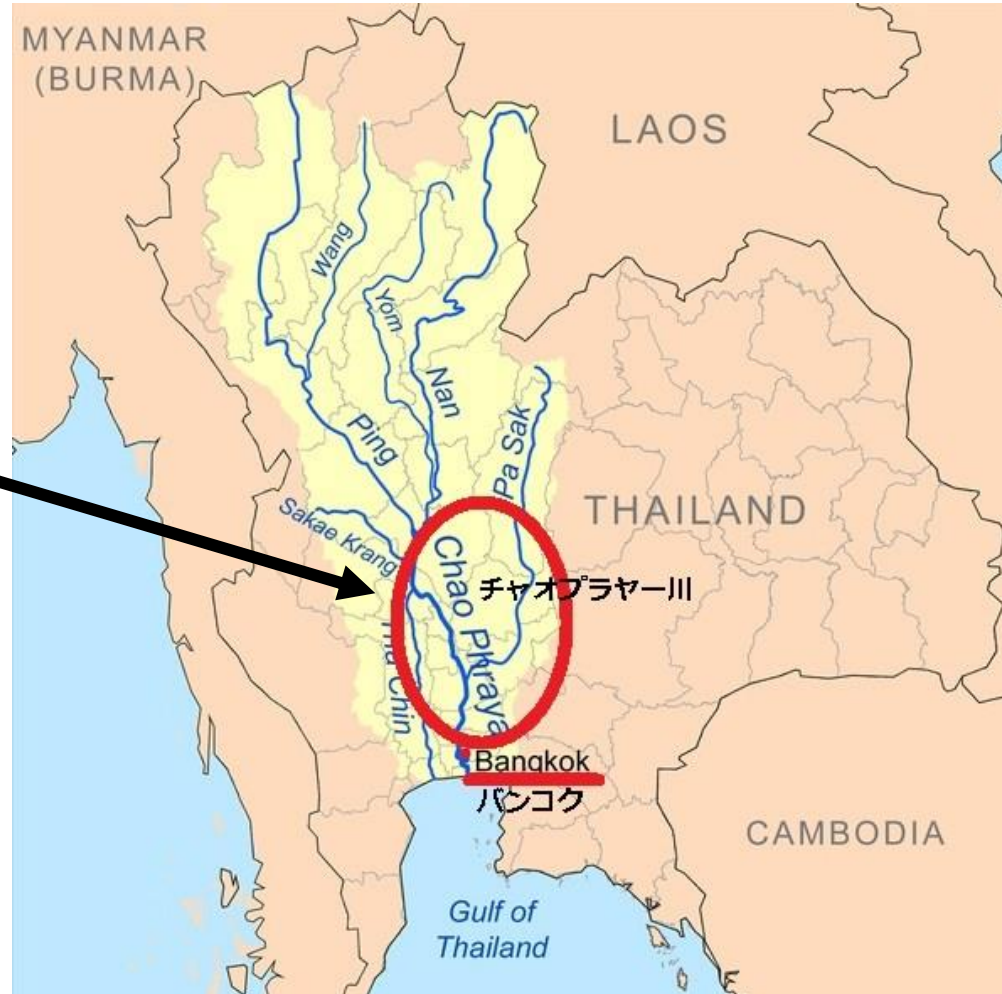
タイ洪水:2011年10月アユタヤのロジェナ工業団地に大洪水

- **周囲一帯が浸水し陸路が完全に遮断された**
 - 立地日本企業(ホンダ、ソニー等)の大半の設備が洪水で壊滅的な被害を受けた
 - ホンダの被害額は営業利益ベースで1,100億円損失+工場停止中の販売機会損失
 - ソニーは1か月間生産できなかった~損失は700億円
- **自動車業界では原材料・部品の供給が不足**
 - 現地の完成車の生産や日本や欧米の工場への部品の流失
 - HDDの供給が止まりPCやサーバー生産の世界的な停滞
- **工場がタイの工場団地からの撤退**
 - サハラタナコン工業団地に立地する42社のうち14社が撤退を決めた

サプライチェーンの断絶事例

- タイ洪水2011年

チャオプラヤー川は
ナーン川とピン川が交差する
地点



サプライチェーンの断絶事例(2)熊本地震

2016年4月14日(前震)と16日(本震)で大きな被害を齎した

- 地域住民の生活基盤や地域経済を支える生産施設・設備、社会インフラ等のストックが広範にわたって毀損した
 - ストックの毀損は、住民生活のみならず、生産や雇用など地域経済、さらにはサプライチェーンや内外観光等を通じて日本経済にも影響
- ストック毀損額は約2.4～4.6兆円、内訳をみると、建築物等が全体の約2/3を占めている。熊本市をはじめ都市部で震度6以上の強い揺れを観測しており、都市部に集積する住宅や企業ストックへの被害が大きかった
- 被災地以外に及ぼす影響(サプライチェーンを通じた派生的な生産減(▲)、他地域での代替生産増(+))等
- 時間軸を通じた影響(将来の挽回生産(+))等
- 需要の変化による影響(宿泊・外食等キャンセルに伴う稼働率の低下(▲))等といった要素は反映されていない

熊本地震

県内立地企業が受けた被害状況の一部

	物的損失	復旧費用 他	機会損失
ルネサスエレクトロニクス	18.35億円	70.8億円	240億円
ソニー	167億円	18億円	343億円
三菱電機	83.26億円	←	N/A
東京エレクトロン	75.21億円	←	N/A
トヨタ自動車	N/A	N/A	8万台程度
アイシン精機	103億円	←	N/A

企業活動とサプライチェーンの断絶

- **メーカーの部品供給が不足**
 - 被災地の工場が被災で稼働できなくなる
 - 寸断されたサプライチェーンが災害前の状態に戻るまでの期間は生産ができなくなる
 - 東日本大震災では工場の被災～サプライチェーンの寸断⇒車載用マイコン世界シェア30%のR社やシリコンウエハー20%シェアのS社が操業停止⇒世界の自動車関連産業に大きなダメージ
 - 2011年のタイ洪水、2016年の熊本地震でも発生
- **原材料・部品の供給が不足**
 - 在庫払底：在庫が全て払い出されて生産停止・販売停止に繋がる
 - JIT配送：通常は配送回数多く、配送量少なくであるが災害時輸送が滞り商品供給不足発生
 - 物流拠点集約化：物流拠点数を減らせて大規模なセンターへ集約するが、センターの被災で在庫は一度に失う
 - 調達先の被災：複数の企業が同一のサプライヤーから供給を受けているときその企業の被災で複数の企業がサプライチェーンを破断する

熊本地震

2016年4月14日(前震)と16日(本震)で大きな被害を齎した

- アイシン九州(AIK)では、本震で熊本での生産を断念し、生産ラインを丸ごと移転して7日後に代替生産を開始し翌日から出荷を開始した
 - AIKから生産要員が九州地区の代替生産地に167名
 - 愛知地区の代替生産地に178名
 - アイシングループから350名、トヨタグループなど得意先から250名が九州へ集結しAIKの復旧活動にあたった
 - 九州地区の代替生産地...7か所、184品番、37ライン
 - 愛知地区の代替生産地...7か所、262品番、46ライン
- 被災拠点の復旧に当たり過去に大規模な被災経験のある企業ほど復旧手順や復旧体制の確立が進んでいた

代替生産

- 地震被害：震度7クラスの地震が4/14夜の前震、4/16未明の本震が発生し、建屋・生産設備が被災して生産停止
 - アイシングループの被害総額103億円
- 15日午前1時半に第1回対策会議、復旧支援隊が15日の早朝に出発～現地入り
- 16日にトヨタの支援チームが現地入り
- 熊本での生産は不可能で代替生産するしかないと判断
- 17日からトヨタの主力工場（高岡、堤、元町工場）をはじめ関連工場が稼働停止を余儀なくされる
- 代替生産地を決定（九州内7か所、愛知7か所）
- 4月26日から代替生産を開始～連休明けに完成車ラインが通常稼働に復旧

代替物流

- 代替物流は代替生産の範囲が広くなければ物流ルート
の再編だけで対応できる
- アイシン九州の熊本地震で発生した代替生産を可能に
する物流網の構築必要性から生まれた
- アイシン九州の代替生産は14か所83ライン446品番とい
う規模でなされたので代替物流の動線も900キロに及ぶ
- アイシン精機の組織能力の高さが代替物流を可能にした
- 代替物流開始時点では、中継地を設置していなかった成
り行きで構築されていたので、トラックの積載率が60%程
度であった
- その後、物流動線を一本化したために積載効率を改善し
て物流中継地(4か所)を設定したので、中継地での積載
効率が85%まで改善した

主要参考文献

- ① 藤川裕晃「サプライチェーンマネジメントとロジスティクス管理入門」日刊工業新聞社刊、2008年
- ② 藤川裕晃「マネジメントの基礎」創成社、2013年
- ③ 松岡・山手「宅配がなくなる日」日本経済新聞出版社、2017年
- ④ ライノスパブリケーション「月刊ロジスティクスビジネス～3PL白書」2017年8月号
- ⑤ センコーGH「物流会社『センコー』の挑戦」幻冬舎、2017年
- ⑥ 秋葉・渡辺「IoT時代のロジスティクス戦略」幻冬舎、2016年
- ⑦ ライノスパブリケーション「月刊ロジスティクスビジネス～物流生産革命」2017年3月
- ⑧ ライノスパブリケーション「月刊ロジスティクスビジネス～3PL白書」2016年8月
- ⑨ ライノスパブリケーション「月刊ロジスティクスビジネス～ロジスティクス4.0」2015年7月
- ⑩ 黒須・岩間「グローバルサプライチェーンロジスティクス」白桃書房、2017年
- ⑪ 角井亮一「物流大激突」SB新書、2017年
- ⑫ 日本経済新聞社「宅配クライシス」日本経済新聞出版社、2017年
- ⑬ 日本経済新聞社「日経MOOK～物流革命」日本経済新聞出版社、2018年
- ⑭ 長沢伸也「ロジスティクス・SCM革命」晃洋書房、2019年
- ⑮ 藤川裕晃、高田真樹「道路傾斜を考慮した場合のCO2排出量を削減するVRP手法の特性」日本設備管理学会論文誌、Vol.28, No.2, PP.59-67