



第2回WXBCセミナー

気象と物流

2017年7月26日

一般財団法人日本気象協会 櫻井康博



1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

設立 : 1950年5月10日(2009年10月～一般財団化)

従業員数 : 707名(2017年7月1日現在)

主たる事務所: 東京、札幌、仙台、名古屋、大阪、福岡

主たる業務 : 気象予報事業、気象情報提供事業、
防災事業(コンサルタント等)、
環境事業(コンサルタント等)

有資格者 : 気象予報士 197名、 技術士 132名
RCCM 66名、 博士 15名
環境計量士 30名、 測量士 29名

防災ソリューション 事業

気象防災リスク低減を目的としたコンサルティング



環境・エネルギー 事業

未来の環境・エネルギーを予測し、健康で安全な社会とするコンサルティング



 気象
 水象
 地象

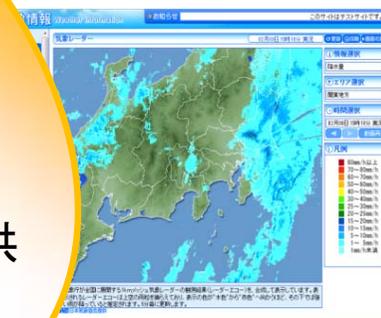
メディアおよびコンシューマ向け気象情報提供サービス



メディア・ コンシューマ事業



各種予報サービスを、
即時、正確、安定して提供



情報 サービス部

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

① 物流における気象情報活用全般イメージ

気象は「物流の効率化」の様々なシーンで関わっている



② 道路のリスクを把握する

雪害や洪水、越波による道路冠水リスクを予測し、道路通行止等による物流の滞りを最小限に抑えます

課題

- 洪水や越波による道路冠水により、道路が寸断され、輸送が滞る。
- 積雪や凍結により通行止めが発生する。

要望

- 事前に道路や橋が寸断される可能性を把握し、他ルートへの選択や他の輸送手段の確保などの対策を取りたい。

施策

- 冠水警戒道路と降雨情報の重ね合わせによる面的な冠水リスク情報の提供
- 積雪凍結予測システム

物流の滞りを防ぐ



通行止めなどは物流を滞らせる



河川監視システムの画面イメージ



鉄道管理者向けの気象情報システムの画面イメージ

【実績】

地方自治体：河川監視システムの提供

道路管理者：道路管理に特化した気象情報の提供と気象コンサルティング

鉄道事業者：鉄道の運行管理をサポートする気象情報システムの提供

③ 最適経路情報の提供

大雨・大雪などの悪天候時の道路渋滞リスクや航路における最適経路を予測し、定時輸送を支援します

課題

- (陸路) 悪天候時の道路渋滞により、輸送時間にばらつきが出る。
- (航路) 高潮や波浪など変化により、航海時間にばらつきが出る。

要望

- その時々のお最適経路を選択することで、定時性を高めたい。

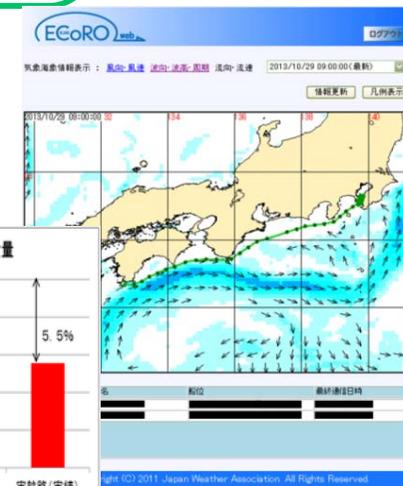
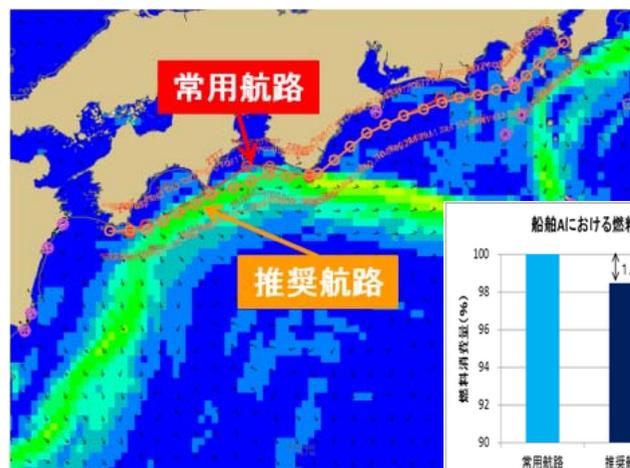
施策

- 気象情報を活用した最適経路予測

定時性を確保



突然の大雨は、道路渋滞を悪化させる



最適航路計画支援システム (ECoRO) のイメージ

【実績】

海運会社：外航船/内航船向け気象海象予測
海運会社：最適航路計画支援システム (ECoRO)

- 「いつ」「どこに」「どの程度の」モノを供給する必要があるのか。
 - 適切な「生産」「要員配置」「ムダの削除」の観点から重要

需要予測がポイント

- 特に季節変動の大きい食品の需要予測に課題あり。
食品ロスは、倫理上の問題だけでなく物流においても解決すべき問題。

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

<問題点>

需給のミスマッチを原因とした食品ロスの社会課題化

- ✓ 世界の食品援助量を上回る日本国内の食品廃棄量
- ✓ 個社別の精度の低い需要予測に基づく各種計画

社会的潮流

- 生産年齢人口の減少に伴う経済効率性に対するニーズの向上
- AI、IoTに代表されるIT技術の革新
- 食品流通における1/3ルールの緩和方針

気象データの活用

- 気象予測は**将来を予測できる**有効な技術
- ヒトの行動は気象変化に強く影響を受けて変化
- 既存の需要予測とは異なるアプローチが可能（面的情報）

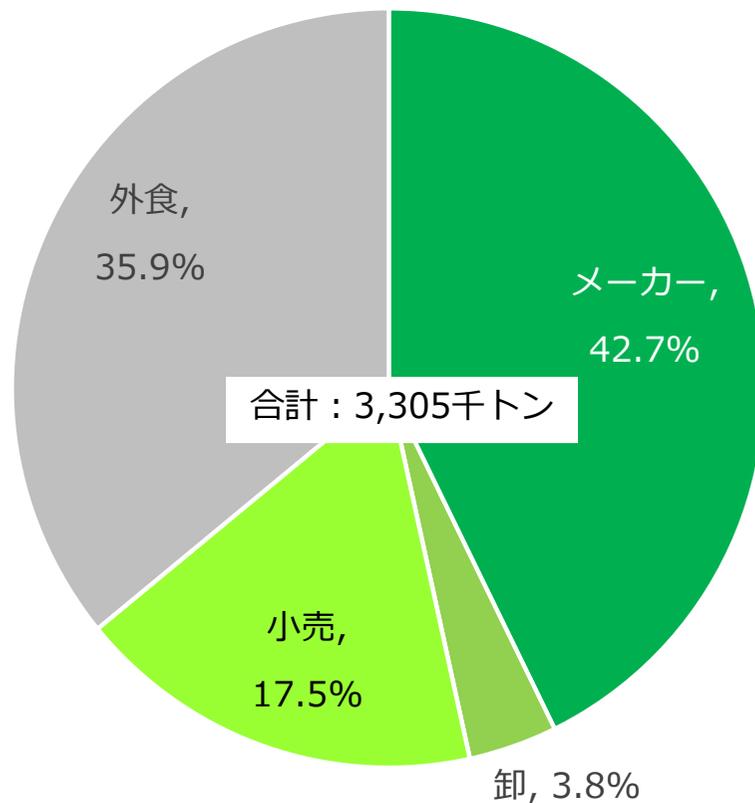
<解決の方向性>

気象データに基づく精度の高い食品の需要予測を元に、
製配販の連携を促進し、サプライチェーンの全体最適化を目指す

② 食品業界における食品ロス

- 食品業界では食品ロスが大きな課題となっている。食品ロスはメーカーで42.7%、卸3.8%、小売17.5%を占めている。

食品産業における可食部廃棄量割合（平成24年度）



出所：農林水産省

メーカー

- 可食部廃棄量が多く**導入効果大**。
- 既に需要予測を生産活動に活用。**適用可能性が高い**

卸

- 可食部廃棄量の割合は小さい。
- 一方、各会社の中心に位置しており**物流の最適化**における**主要プレイヤー（HUB）**として機能。

小売

- **機会/廃棄ロスが経営課題**。需要予測に対するニーズが高い
- 小売のデータは需要予測の**主要データ**として重要

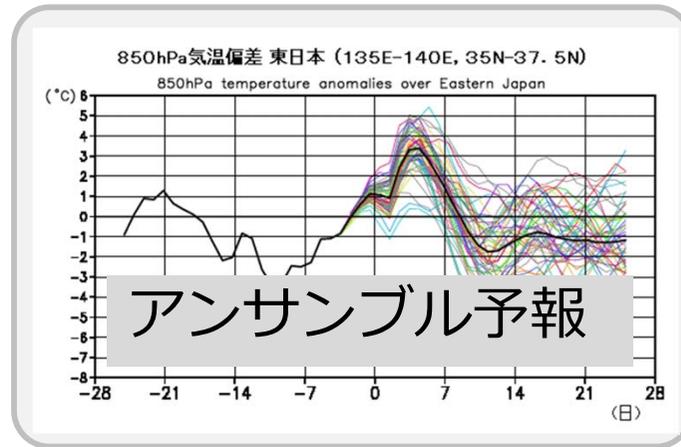
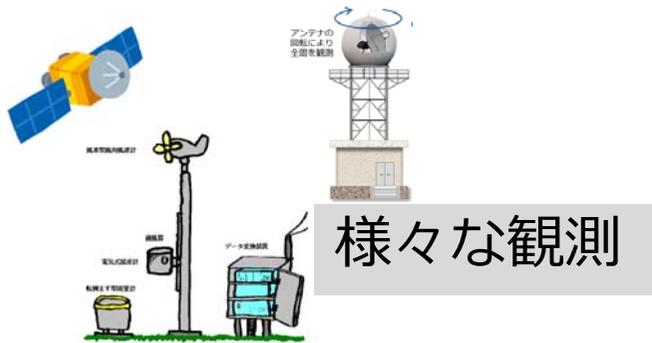
外食

- 食べ残し・食材破棄が課題。来店客数予測などの適用
- 現在は分析対象外で**次の課題**

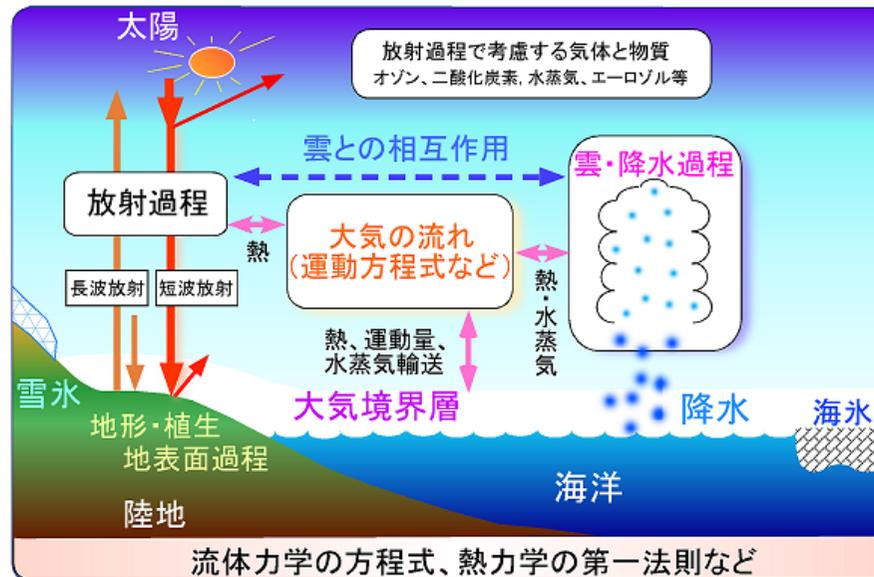
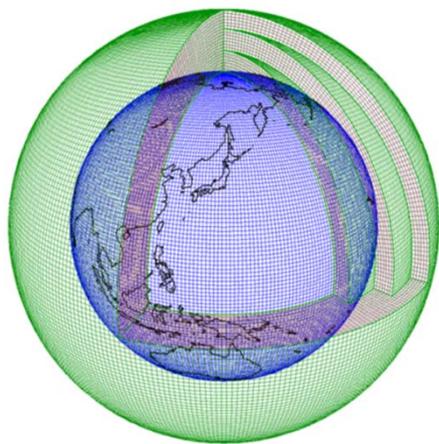
1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

① 天気予報の仕組み

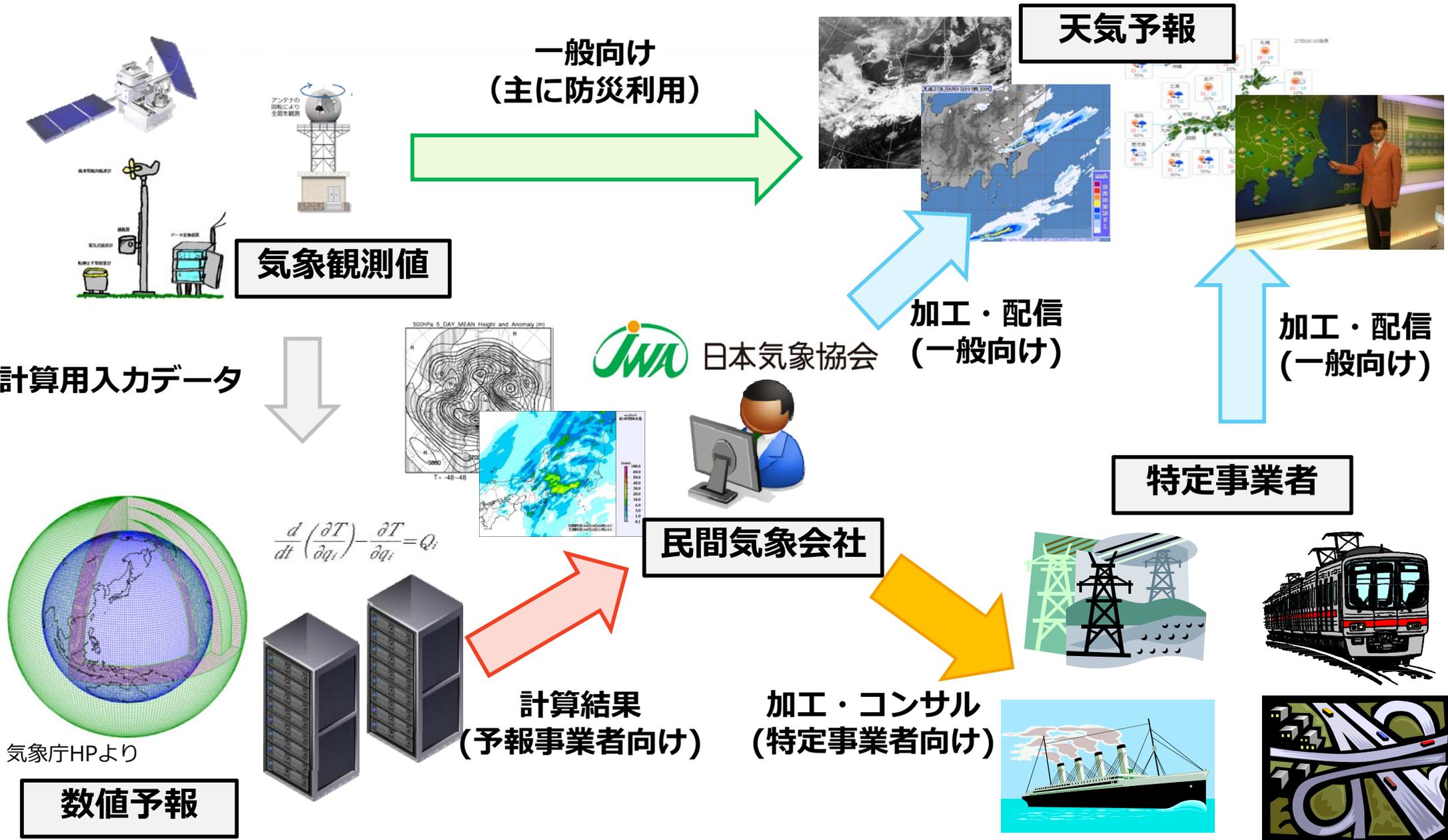
様々な「観測データ」をベースに数値計算を実施、地球上を格子状に区切りそれぞれのポイントの気温や気圧を計算、これを基に天気予報を実施。



地球格子上に展開



② 気象情報の流れ



③ 気象データの精度

➤ 近年の予測精度の変遷

近年の予報精度は飛躍的に向上

気象庁資料より抜粋

- 細かな雨量情報の開発

(2014年8月、高解像度降水ナウキャスト)

- 短期予測の細密化・高度化

(2014年3月、LFM2kmの配信)

- 長期予測の規制の緩和

(2012年12月規制緩和、
2014年3月細密化・高頻度化)

予測誤差



1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

➤ 日配品の特徴

冷蔵が必要で賞味期限が短く、日々、生産する商品。

生産リードタイム：1～2日

課題：生産調整。廃棄（食品ロス）が多く、曜日・特売・来店客数の影響を受ける。商品によって気温感応度も大きく変化。

➤ 必要な解析

- ✓ 商品カテゴリ分類（商品ごとの気象感応度や売上を調査し、対象とする商品を選択）
- ✓ 対象商品に対する情報の作成
豆腐指数・気温（前週と今週） ・ 体感気温 ・ 天気

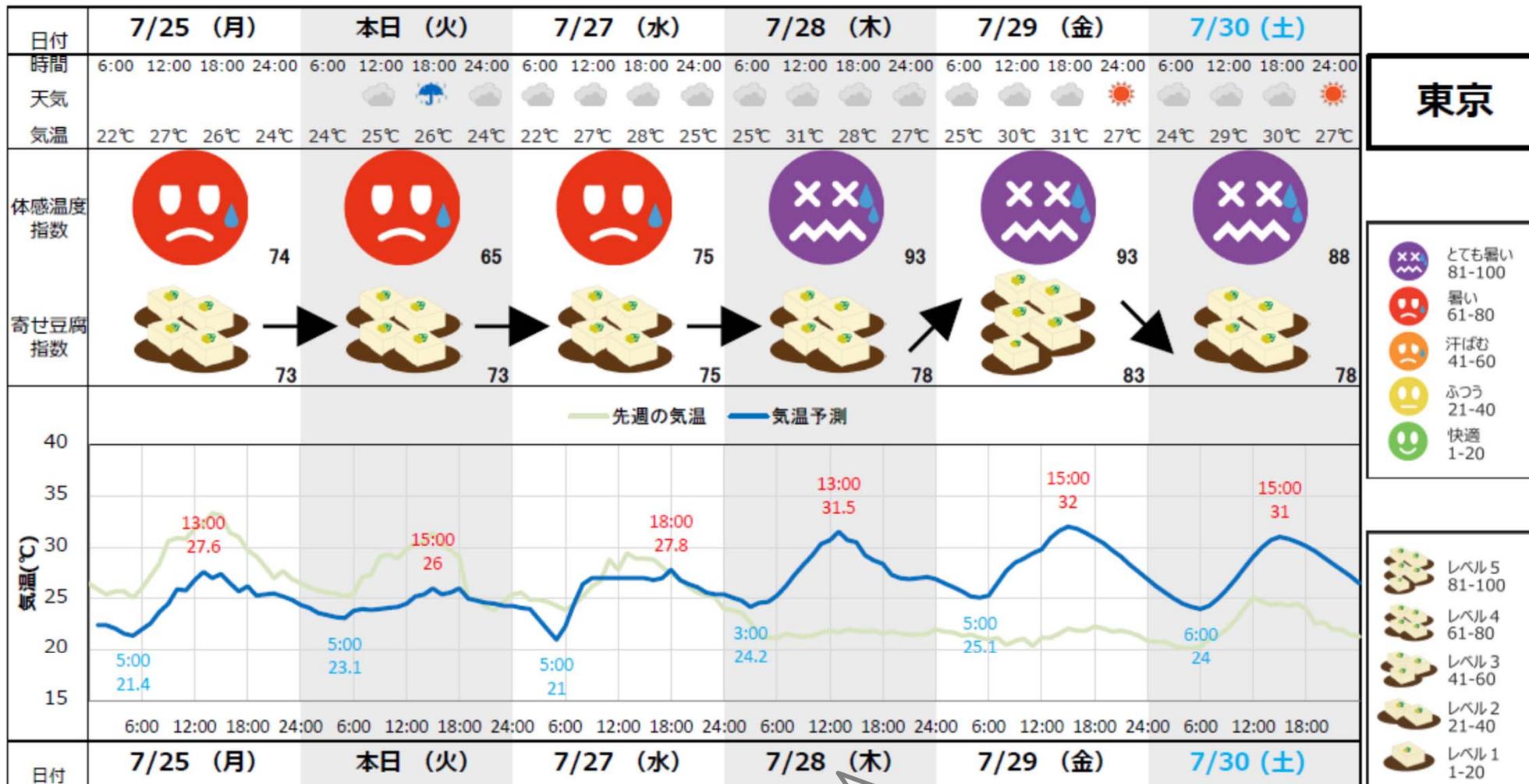
売上		A	B	C
気象感応度	A	寄せ豆腐	おぼろ豆腐	鍋用豆腐
	B	厚揚げ	焼き豆腐	麻婆豆腐
	C	木綿	絹	豆乳

気象の影響がもっとも大きい商品群

② 日配品（豆腐）の予測内容

7月26日(火)発表 JWA特別気象予測

相模屋食料様 寄せ豆腐



一般財団法人日本気象協会
 防災ソリューション事業部 水防ソリューション課
 Tel : 03-5958-8154

—: 予測気温 —: 前週同曜日気温

関東地方梅雨明



→ **2015年夏 食品口入約30%削減を達成**

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

➤ つゆの特徴

特定の季節に需要が集中する。

生産リードタイム：1～2週間

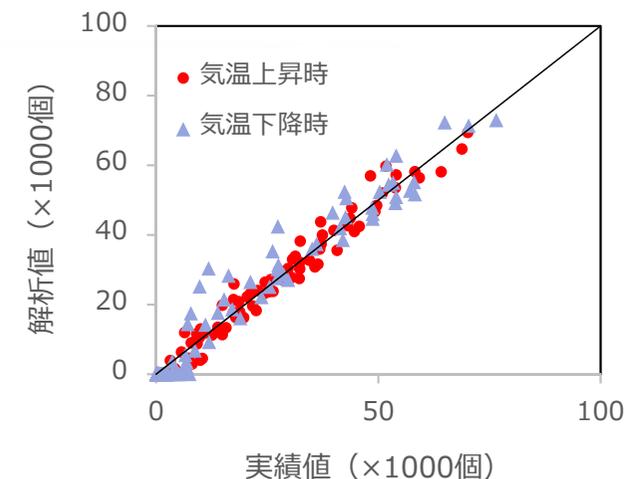
課題：生産調整・最適在庫。季節終盤の終売時に廃棄（食品ロス）が多い。

➤ 必要な解析

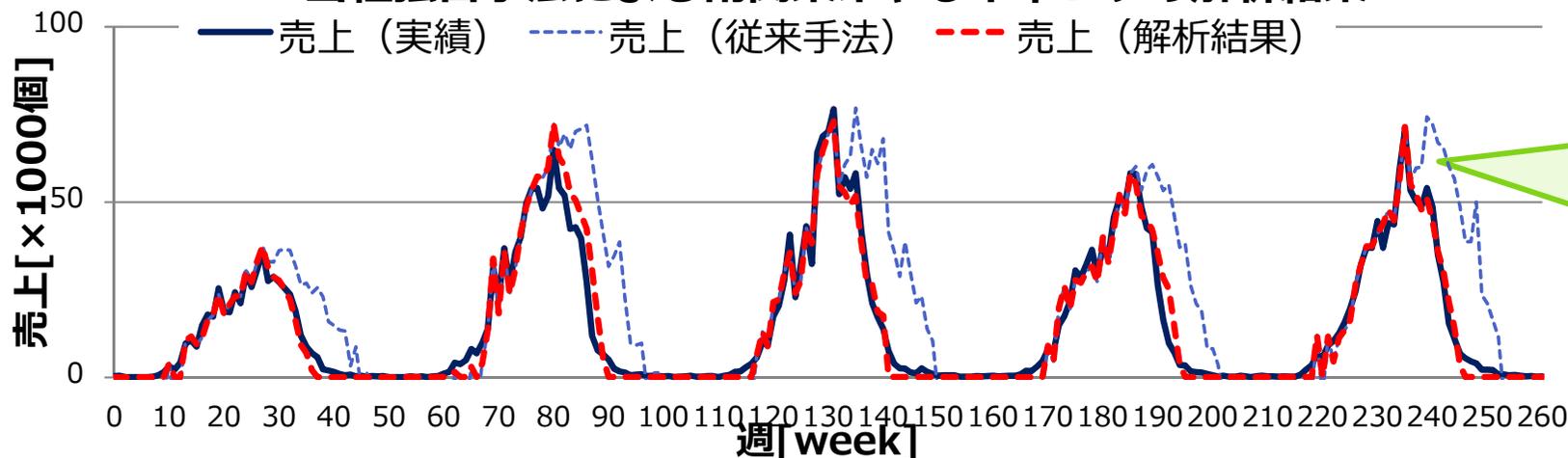
✓ 商品の売上予測（市場規模の売上予測）

② 気象を活用した季節商品(つゆ)の売上予測

	相関係数	決定係数	気象で説明できない部分
従来手法 (気温回帰式)	0.77	0.59	41%
本手法	0.99	0.97	3%



当社独自手法による南関東冷やし中華つゆの解析結果



売上が落ちる夏の終わりから秋は、同じ気温であっても売上が鈍ることを考慮

売上の97%を気象で説明可能

→ **在庫約35%削減を達成**

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

➤ 飲料の特徴

夏季に需要が集中する傾向があるが、年中、売上は存在。

生産リードタイム：1~2か月

課題：最適在庫。夏季の在庫過小による販売調整、在庫過大による**在庫維持費用増加**。卸・小売店との販売見通しの共有。

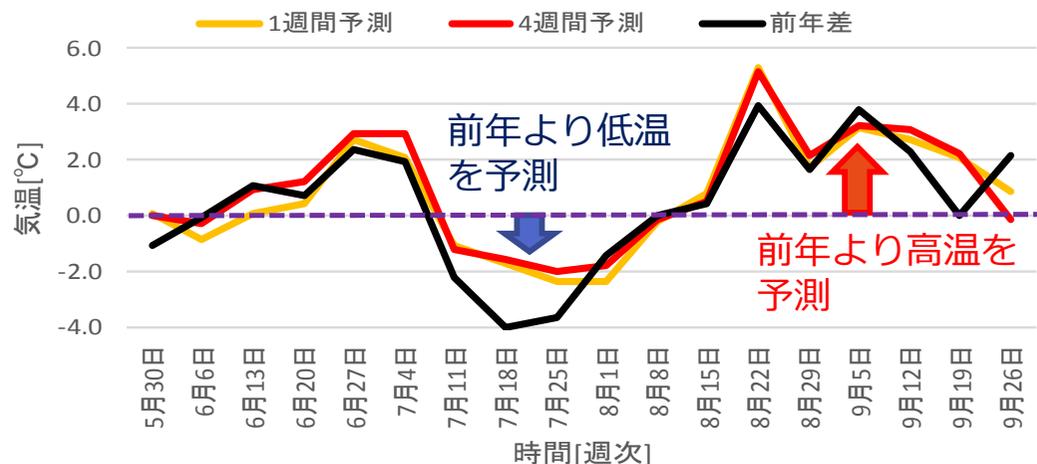
- ✓ 前年の売上動向をもとに生産計画をたてるため、前年と異なる気温変動の場合は売上動向も大きく異なる。
- ✓ 現状の季節予報は平年差の提供、前年差の情報がわかりにくい。
- ✓ 生産量が需要を下回ると欠品（機会ロス）となる。

② 季節商品(飲料)の売上増(機会ロス回避)

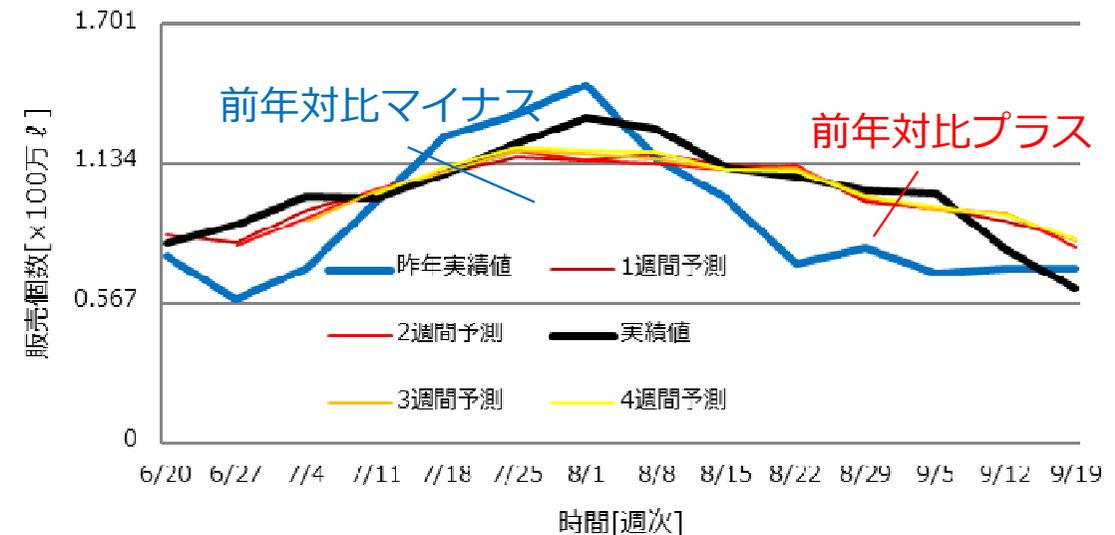
➤ サービス内容 & 成果

- ✓ ECMWF(欧州中期予報センター)のデータも活用し、高精度な3ヶ月先予測情報を提供
- ✓ 気象予測・需要予測ともに前年との傾向の違いを予測
- ✓ 飲料メーカーの増産決定、機会ロス回避に貢献

2016年の週次予測 前年差(京浜エリア)



2016年の週次需要予測と実績(京浜)



1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

① 気象を活用したモーダルシフト

➤ 実証実験内容

【課題】

遠方に商品を配送する際、リードタイム上1週間予測ではトラックで配送せざるを得ない。

→ モーダルシフト実現のためには、綿密な輸送計画と輸送量の決定を早期に実現する必要あり。

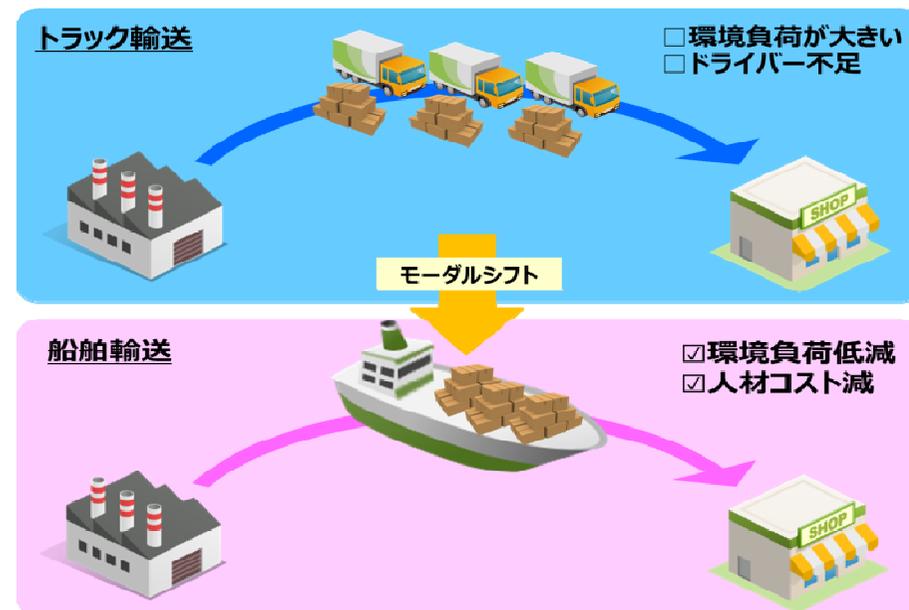
【実施内容】

気象庁だけでなくECMWFのデータを利用して2週間の気象予測を作成しモーダルシフトを実現。前年同週の気温と合わせて日々、データを送信。また、船会社には海象予測を航海ごとに配信（燃費消費量の最小化）。

時期 : 2015年および2016年夏

商品 : コーヒー

送信情報 : 2週間気温予測（今年と前年同週）
海象情報と最適航路



東京気象予測 12月3日(木)発表

一般財団法人日本気象協会
 防災ソリューション事業部 水防ソリューション課
 Tel : 03-5958-8154

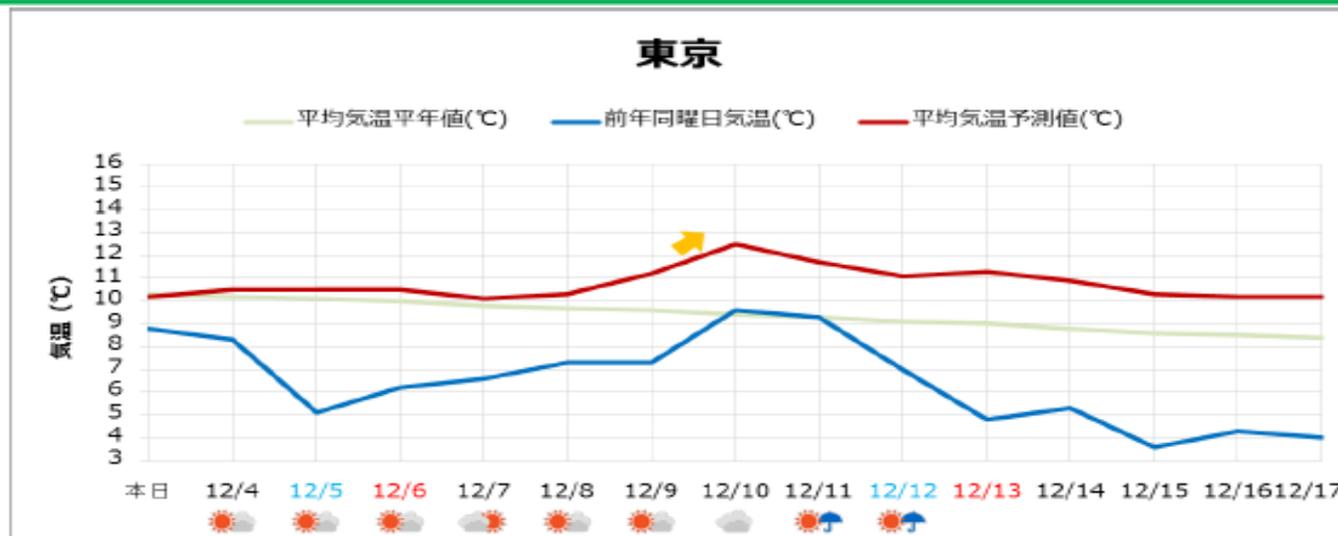
向こう1週間は**日差し**の出る日が多い。 **10日に気温上昇**

■ 発表日

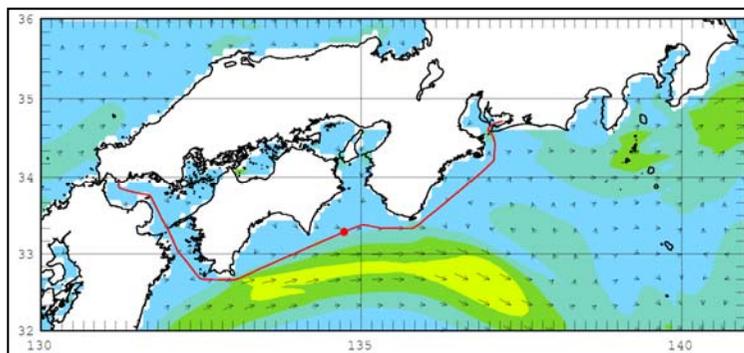
2015年12月3日(木)

■ 一言メモ

■ コメント



東京は、明日4日(金)以降は**日差し**の出る日が続くでしょう。気温について、向こう1週間は**平年並みか平年より高くなる**でしょう。また、**来週10日(木)に気温が上昇**の見込みです。昨年**は寒波の影響により平年より気温が低かったため、冬商材の需要は昨年と比べると低くなる**可能性があります。



最適航路情報の提供

③ ECoRO (内航船向け最適航海計画支援システム)

海象予測 (海上風、波浪、海潮流) 予測により「燃費最少となる航路計画」と「定時性確保した航速計画」を提供。

日本海航路

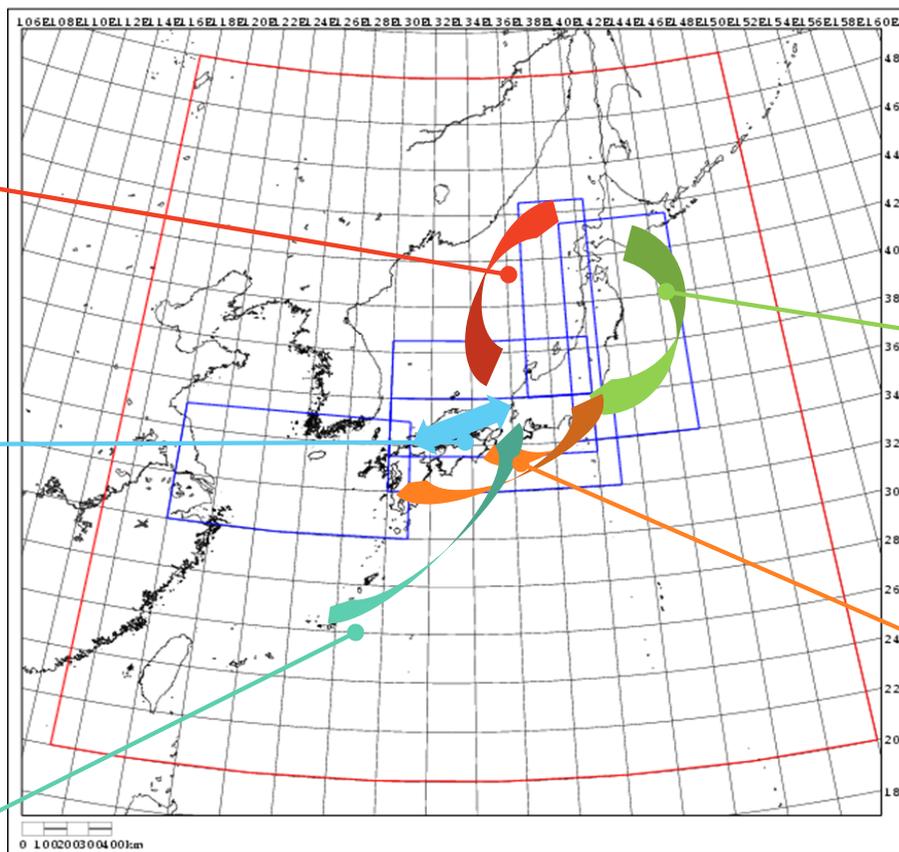
- 津軽海峡を通航する場合、津軽暖流を利用/避ける効果が得られる
- 冬季は海上風、海上波浪による影響が大きく、これらによる速力低下が最小となる航路を選択する

瀬戸内海

- 航路選択の幅はほぼないと考えられる
- 潮流の影響が強いため、着時刻予測が有効である (航路は固定)
- 潮流情報の利用が可能

沖縄航路

- 黒潮の流れに沿った長距離航路
- 順潮航路では流軸に近い航路を、逆潮航路では黒潮を避ける航路を選択する



赤枠： ECoROサービスエリア (6NMメッシュ)
 青枠： 詳細情報使用範囲 (2NMメッシュ)

北航路

- 津軽暖流の影響が強い
- 北上航路は、逆潮を避け速力低下を抑える
- 南下航路は、津軽暖流を利用し、低出力で船速を保持する

黒潮航路

- ECoROで最も大きな省工ネ効果が得られる
- 東上航路では、黒潮を利用し、低出力で船速を保持する
- 西下航路では、逆潮を避け速力低下を抑える

	北航路	黒潮航路	沖縄航路	日本海航路
削減効果	2 ~ 5 %	3 ~ 5 %	1. 5 %	1 ~ 2 %

- 出荷量が気温により大きく変動するペットボトルコーヒーの在庫の圧縮や欠品のゼロ化を推進。
- トラックによる陸送からRoRo船によるモーダルシフトを推進。
- ECoRO（内航船向け最適航海計画支援システム(ECoRO)）利用による最適航路選択により、定時運行を確保しつつCO₂排出量と燃料消費量を削減。



モーダルシフト実現 + 経済運航
→ 貨物1トンあたりCO₂約54%削減

「中長期予報」を活用し生産調整にも実施
→ 残暑による需給増に対応

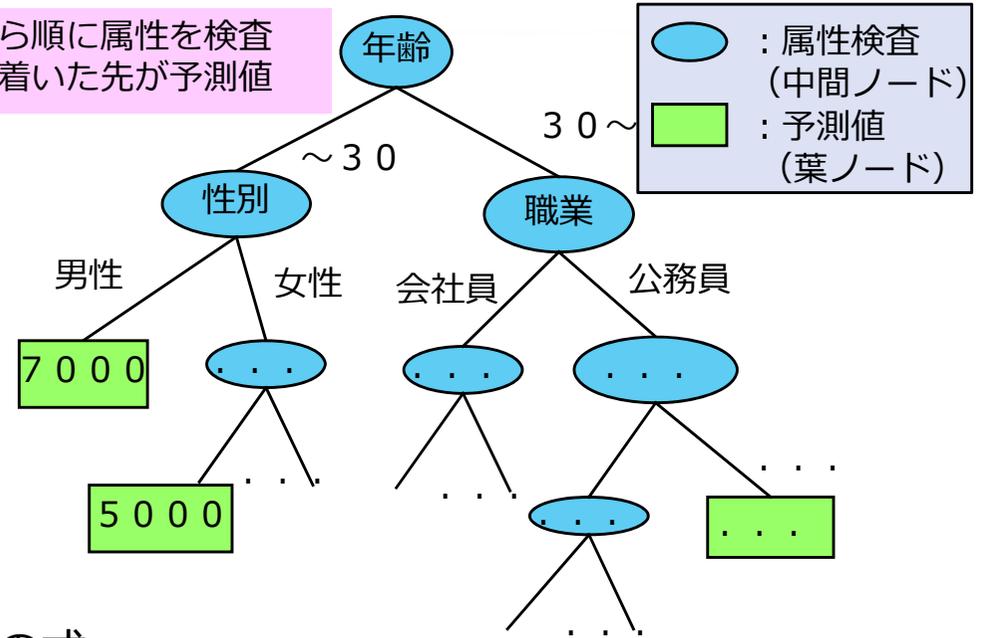
1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

① 回帰木

数値の予測に木構造の知識表現を使用
 属性と予測する数値の対のデータから知識を抽出
 属性：分類に使う判断基準 (例. 性別, 年齢, 職業etc)
 予測値: 予測した結果 (例. 購入金額)

気象要素の
組み込みが
ポイント

上から順に属性を検査
行き着いた先が予測値

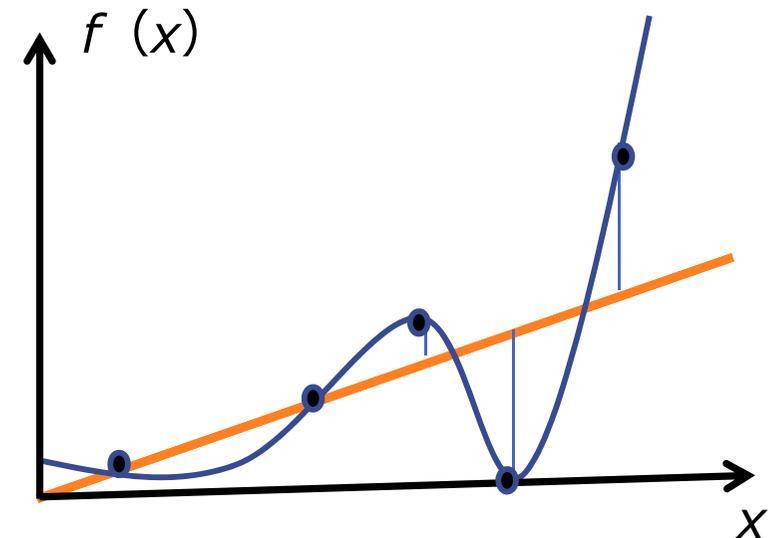


② 線形回帰：

- 仮説として1次関数を利用
 - 属性 X_1, X_2, \dots, X_n に対して線形回帰は以下の式：

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n X_i \beta_i$$

- 誤差を最小にする係数を計算



③ 多項回帰：

- 仮説として多項式を利用
- 誤差を最小にする係数を計算

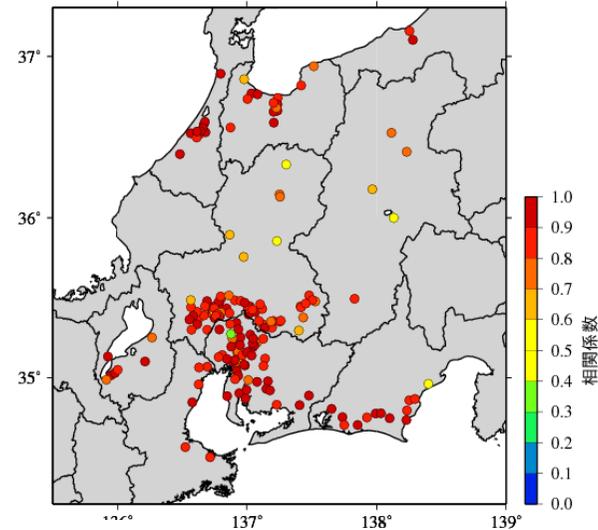
② AIを活用した需要予測モデルの高度化 (2) 日本気象協会

① 機械学習

独立事例の相関係数 (全店舗平均)

手法	相関係数
① 機械学習	0.8593
② 線形回帰	0.7238
③ 多項回帰	0.5052

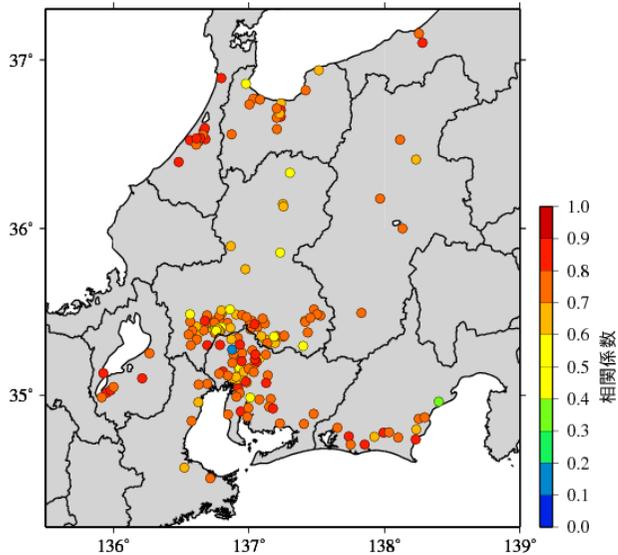
相関係数(来店客数)



図の○印は各店舗の位置、色分けは来店客数予測のテスト期間の相関係数。
 ※学習期間(2013年)
 テスト期間(2014年)。

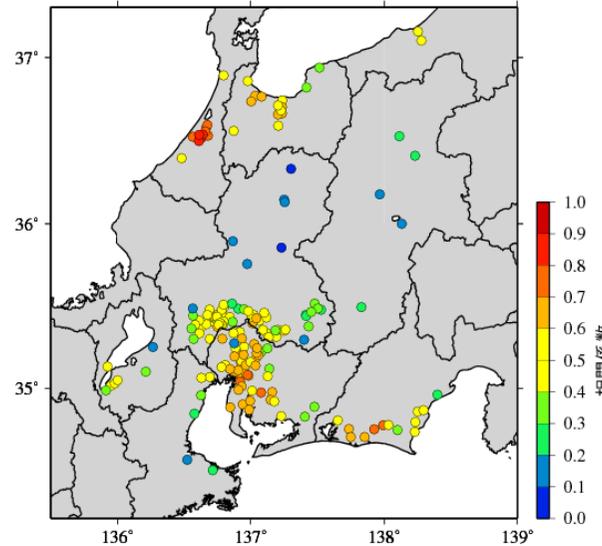
② 線形回帰

相関係数(来店客数)



③ 多項回帰

相関係数(来店客数)



人工知能技術である「機械学習」活用により、来客店数予測高度化の可能性が明らかになった

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

① 製・配・販における課題 ~その1~

現状



物流の課題

- 生産・調達・在庫管理まで含めた物流全体の効率化を進める必要がある
- 物流分野のエネルギー使用量を削減することは、エネルギーセキュリティの観点からも求められている



分断されたサプライチェーンのデメリット

- 各プレイヤーの連携・共働が十分でないため、物流の全体最適化が行われていない
- 注文量のミスマッチは機会損失や過剰な在庫を生み、リバース物流コストやエネルギーのロスを生じさせている

各プレイヤーが独自に需要予測

分断されたサプライチェーン

課題

ニーズ

共通

(製配販)

- ・ 食品ロス・機会ロスの発生
- ・ 売上増加への施策
- ・ 人材不足
- ・ 需要予測精度が不十分
- ・ 天候不順（変化）への対策不足

- ・ 生産調整の高度化、在庫の最適化
- ・ プロモーションの最適化
- ・ 経営効率化
- ・ 高精度な需要予測
- ・ 気象情報の有効活用

製

(メーカー)

- ・ 小売業と比較して顧客接点が不足
- ・ 消費者の最終需要だけでは生産調整困難
- ・ 中長期の気象変化への対応

- ・ 小売との連携による顧客接点の増加
- ・ 卸や小売の販売行動の予測（連携不足）
- ・ 中長期の気象情報の活用

配

(卸・流通)

- ・ 他事業者の在庫状況の把握
- ・ 配送の最適化（復路の荷の確保等）
- ・ 短期～中長期の気象変化への対応

- ・ 面的な需要・在庫把握
- ・ 配送の効率化（モーダルシフト・共同配送）
- ・ 短期～中長期の気象情報の活用

販

(小売)

- ・ 消費者に響く効果的な施策
- ・ 短期の気象変化への対応

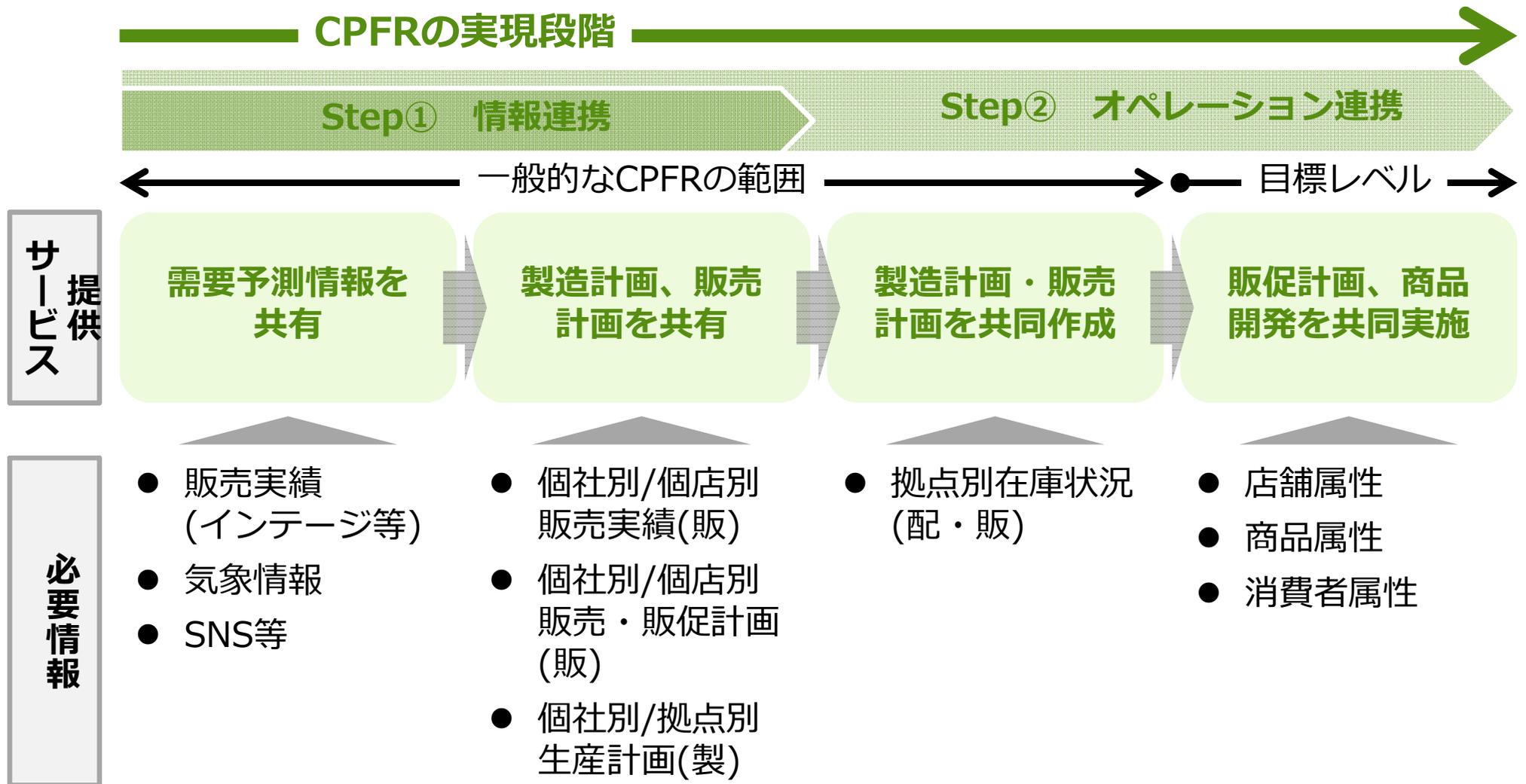
- ・ 消費者行動の把握
- ・ メーカーとの共同販促
- ・ 短期の気象情報の活用

課題は1業態だけでは解決できない。

→ 業種の壁を越えた連携を行い、課題を解決する必要がある。

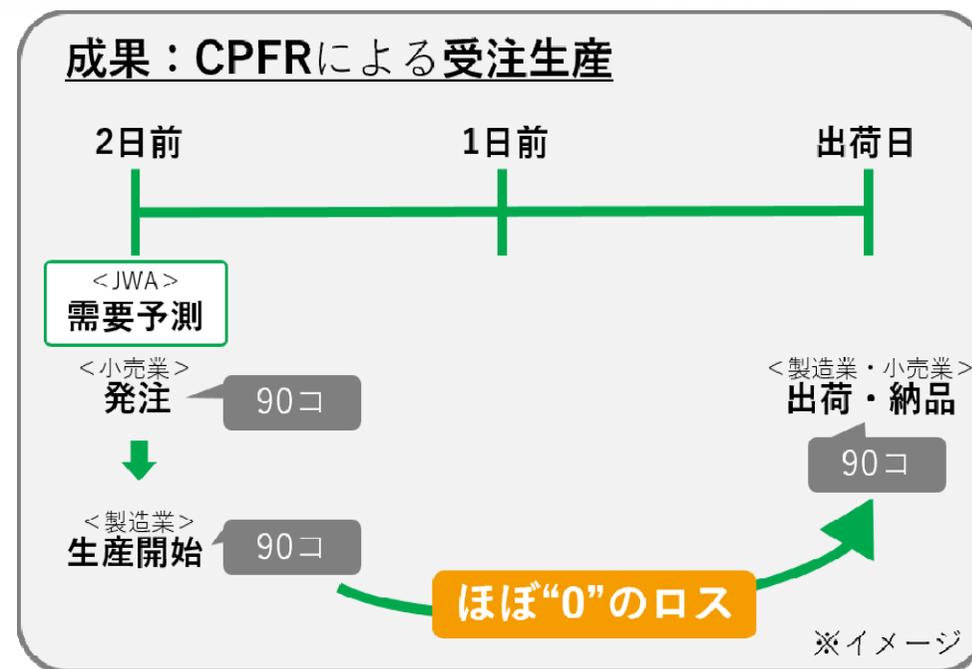
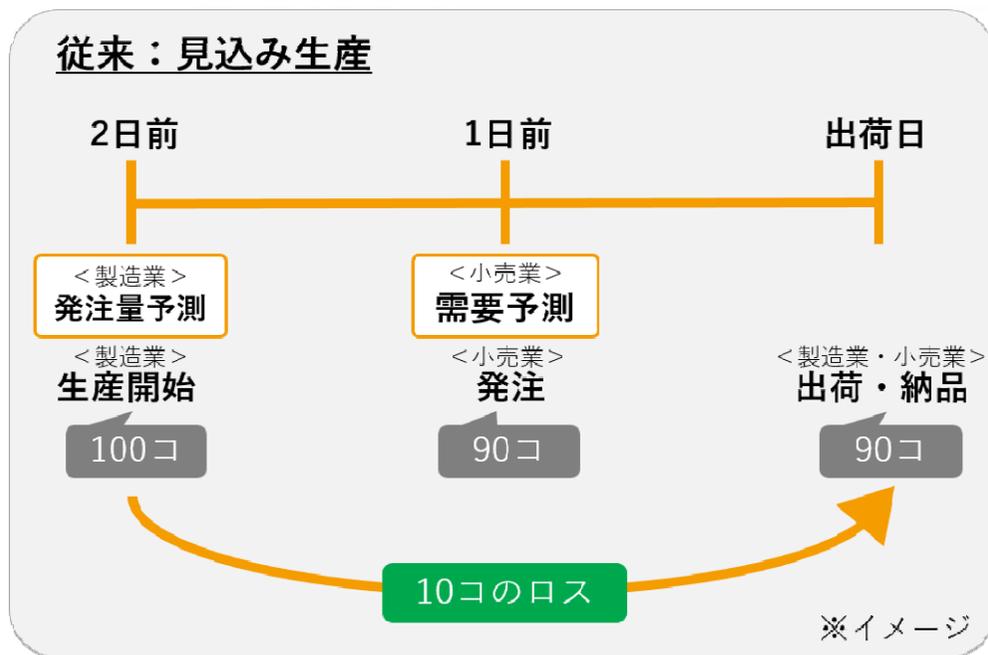
③ CPFR導入にむけて

小売店とのオペレーション連携までを視野に、まずは情報の共有化から着手、徐々に関係を深化させる、段階的なCPFR*の導入が有効と考えられる



*CPFR : Collaborative, Planning, Forecast, Replenishmentの略
小売業と製造業が協力しながら、商品における計画から予測、補充までを行う統合的なビジネス・プロセス

④ CPFRの実証実験 その1



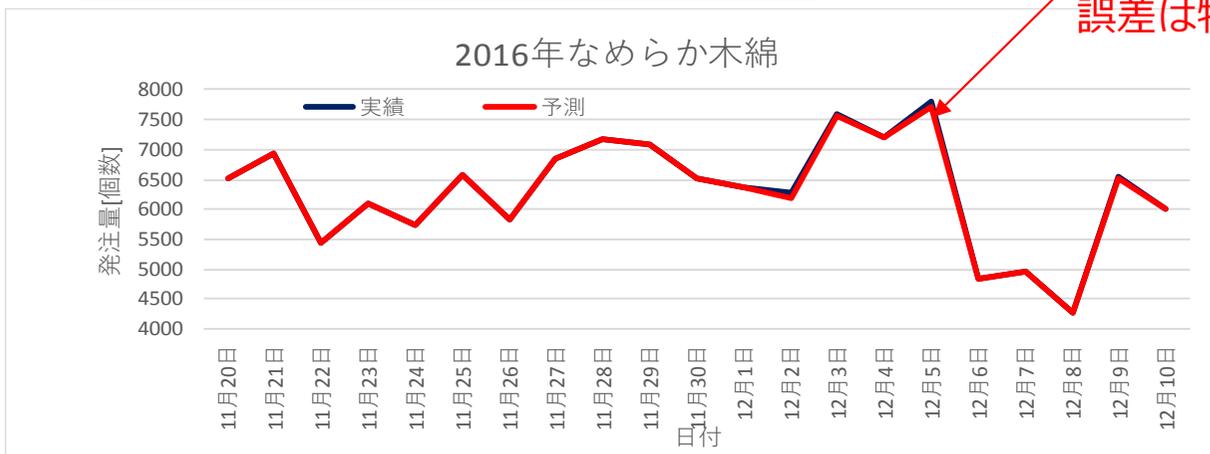
CPFRにより製造業（豆腐）の受注生産を実現



全国換算で豆腐約5,840トンの食品ロス削減が期待される

⑤ CPFR実証実験 その2

➤ メーカーでのオペレーション



2日前発注のため、
誤差は特注のみ

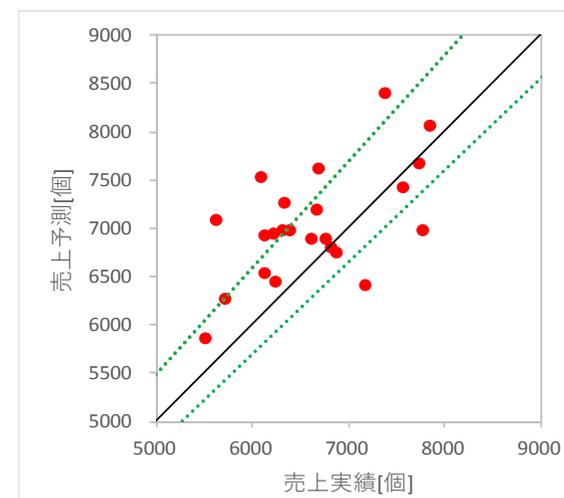
		2015年	2016年
メーカー	RMSE	518.6個	25.1個
	誤差率	8.0%	0.4%
小売	RMSE	736.7個	647.1個
	誤差率	11.6%	9.2%

見込み生産を受注生産に変更することで誤差を極小化することが可能

➤ 小売でのオペレーション



需要変動はある程度、
予測できている

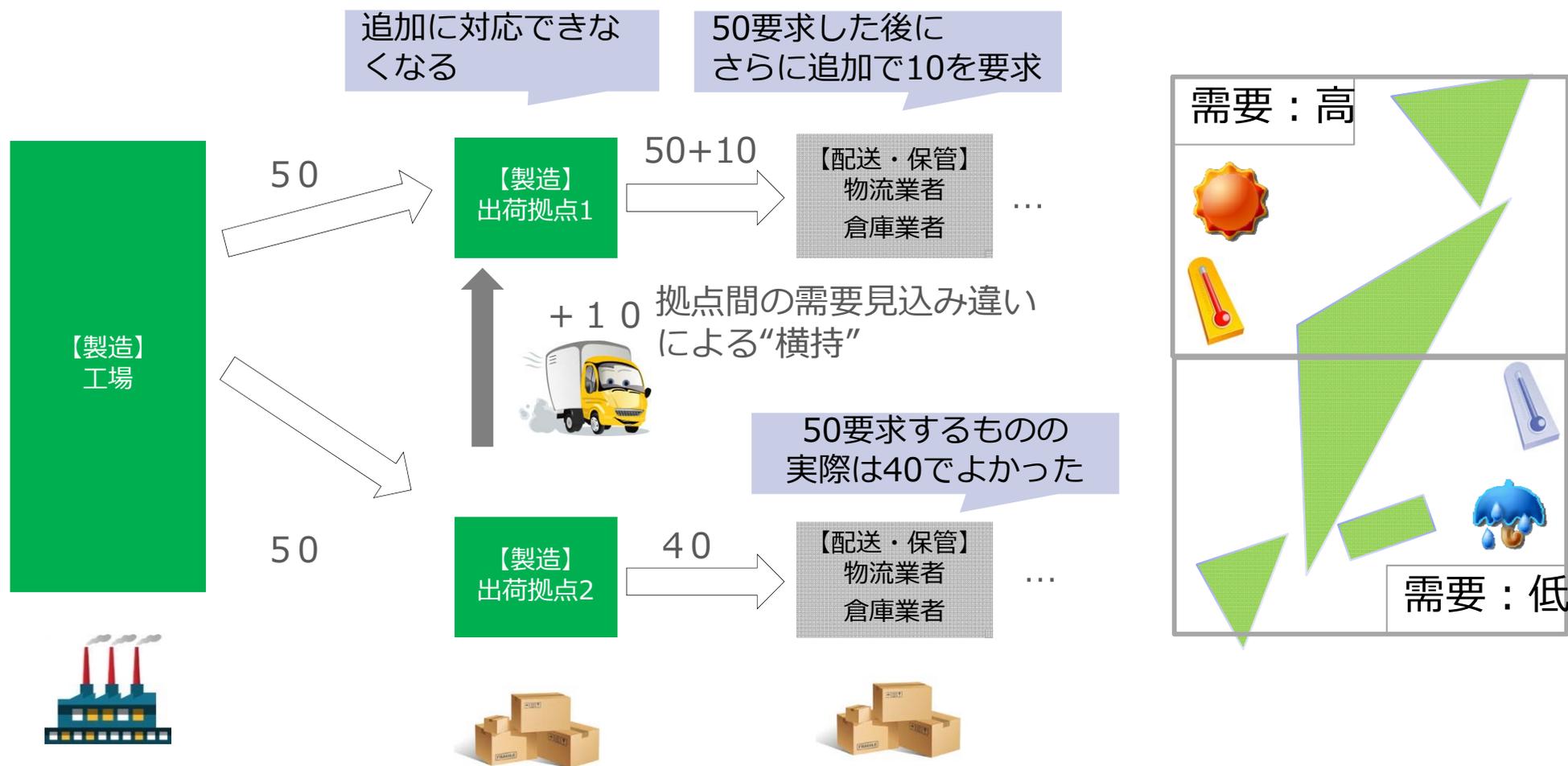


**需要予測を一日前倒ししたが誤差は同程度（付加的利点として来店客数予測も可能）
発注を一日前倒ししたが、機会ロス・食品ロスは発生せず、オペレーションは実施可能**

1. 日本気象協会のご紹介
2. 物流と気象の関係
3. 社会的な課題
4. 天気予報の実情
5. 日配品の需要予測
6. 季節商品（つゆ）の需要予測
7. 季節商品（飲料）の需要予測
8. モーダルシフトの実現
9. 需要予測の高度化に向けて
10. 情報共同利用の可能性
11. 今後の課題

① 横持改善の可能性

各拠点の供給と需要の不一致により発生する拠点間の「横持」について、需要予測の精度を高めることにより改善することが可能。



② さらなる適用範囲の拡大

高度な来店客数予測

季節変動や曜日変動に加え、店舗立地条件（駐車場有無、店舗規模、駅ナカ、郊外etc）により気象から受ける影響も変化する。

気象との相関性が直接的には無関係な商品への展開

各店舗や施設の来店客数は気象と大きな相関関係があるところが大半。PI値などにより需要量を気象から推定することも可能。



多くの商品需要を気象から推定することが可能に。
ロジスティクスの省力化へ寄与する適用範囲も拡大。

✓少し先の未来を予測できる

気象予測は少し先の未来を物理的に予測。
少し先の状況を把握することで、準備行動の時間を確保することが可能。

✓人の行動に影響する要因である

気象状況の変化は人の心理・行動に影響を与える最上流の要因。
気象と売れ行きとの関係を把握することで、適切な対策を取ることが可能。

✓他のデータとの親和性がある

気象情報は公共性が高く、時間・空間的にも整備されたデータであり、他のデータとの親和性が高い。
今後のデータ連携の枠組みにおいて重要な役割を果たす情報になり得る。

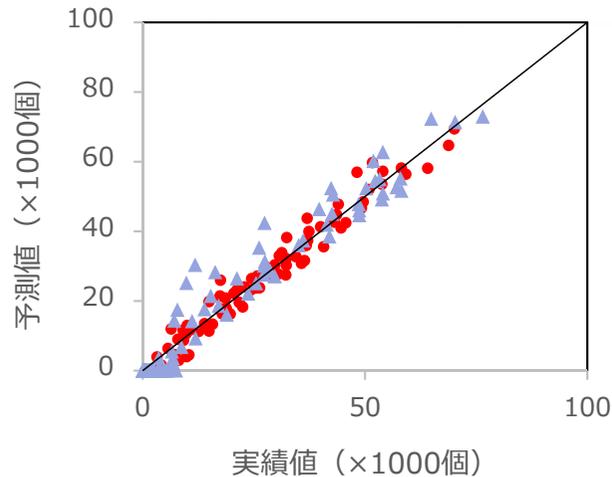


ご清聴ありがとうございました

Harmonability ハーモナビリティ

私たち日本気象協会は、誠実に、探究心をもって、
先見性や創造性を発揮し、
あらゆる人々とともに
「自然界と調和した社会」を創ります。





<相関係数>

- 実績と予測の関係（精度の良さ）をみる指標
- 予測が完全であれば、相関係数は1.0（あるいは-1.0）
- まったく相関が無い場合の相関係数は0.0

<ME:平均誤差>

- 誤差の単純平均
 - 0であっても誤差が生じることも
 - 全体に高め（+）or低め（-）かがわかる

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - a_i)$$

<RMSE:平方根平均事情誤差>

- 絶対的な誤差を表す指標
 - 0であれば予測は完ぺき！

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - a_i)^2}$$