

スーパーマーケット及び  
コンビニエンスストア分野における  
気候リスク評価に関する調査報告書

平成 28 年 10 月  
気象庁 地球環境・海洋部

## 目次

1.	はじめに.....	1
2.	使用データ .....	2
2.1.	販売データ.....	2
2.2.	気象データ.....	2
3.	分析結果.....	3
3.1.	販売数、販売単価 .....	3
3.2.	クラスター分析 .....	4
3.3.	気温と販売数との関係 .....	6
3.4.	降水量、降水時間との関係.....	9
3.5.	気象以外の要因 .....	10
4.	基準温度の定量的推定方法の検討 .....	11
4.1.	一定の気温帯における気温と販売数の関係の傾きを求め、傾きの差や比を基に推定 .....	11
4.2.	回帰係数の均一性の検定 .....	14
5.	気候リスク管理の例 .....	15
5.1.	気候リスクの評価 .....	15
5.2.	気候リスクへの対応.....	16
6.	まとめと課題 .....	18
	参考文献.....	18
	付録 A. 各品目の分類基準表 .....	19

## 1. はじめに

気候情報を活用したリスク管理（一定期間持続する顕著な高温や低温などによる影響を分析・評価した上で、悪い影響の軽減や良い影響の利用に向けた対策を実施）を行うことにより、気候リスクを軽減あるいは利用できる産業分野は多い。しかし、異常天候早期警戒情報や1か月予報などの週間天気予報より先の予測はその予測精度が向上してきているにもかかわらず、各種産業での利活用が進んでいないのが実情である。気象庁では、交通政策審議会気象分科会の提言「気候変動や異常気象に対応するための気候情報とその利活用のあり方」（平成24年2月27日）<sup>1</sup>を受けて、気候情報の利便性の向上や、気候の影響を受けやすい産業分野を対象とした気候リスク管理の有効性を示す事例（成功事例）の創出及びその成果の公表などを通じた気候リスク管理技術の普及に取り組んでいる。

気候リスク管理の成功事例の創出という観点では、平成23～27年度に国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構と農業分野における気候情報の利活用に関する共同研究<sup>2</sup>を実施したほか、平成25年度には（一社）日本アパレル・ファッション産業協会、平成26年度には日本チェーンドラッグストア協会の協力のもと、それぞれアパレル・ファッション産業分野、ドラッグストア産業分野での気候リスクの評価及び気候情報の利活用促進に関する調査を実施した（株式会社ライフビジネスウェザー，2014；株式会社インテージ，2015）。株式会社インテージ（2015）では、調査結果の活用と他分野への応用についても検討しており、ドラッグストア分野と同様に2週間先までの気温予測を活用することで需要の変化に応じた早い段

階での準備が可能な分野としてスーパーマーケットを挙げている。さらに、ドラッグストアより多くの商品を扱うスーパーマーケットといった小売業においては、気温と販売数の関係分析を進めることで、独自の対策を検討できる可能性があるとも指摘している。

これを踏まえ、平成27年度は、スーパーマーケット及びコンビニエンスストア分野での気候リスク評価の調査を新たに実施した。本報告では、これまで調査を実施していないこれらの分野で取り扱う食品を中心とした商品について、販売データ（POSデータ<sup>3</sup>）を用いて、商品と気象の関係分析結果をまとめた。特に、これまでのアパレル・ファッション産業分野及びドラッグストア産業分野における調査の中で気候リスクの高まる気象条件として注目した、販売数が急増する気温（基準温度）を多くの品目について効率的に推定するための客観的な手法の検討結果について詳細に報告する。さらに、2週間先までの気温予測情報に基づく、気候リスクへの対応策の検討についても示す。本報告をもとに、食品を扱う小売分野での気候リスクの評価及び対策に役立てていただければ幸いである。

<sup>1</sup> 交通政策審議会気象分科会提言（平成24年2月27日）「気候変動や異常気象に対応するための気候情報とその利活用のあり方について」（URL：[http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s302\\_kishou01\\_past.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s302_kishou01_past.html)）

<sup>2</sup> 気象庁ホームページ 農研機構との共同研究報告書（URL：[http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/no\\_gyo\\_hokoku.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/no_gyo_hokoku.html)）

<sup>3</sup> 店のレジで販売がなされる時に商品のバーコードをスキャナーで読み取ることで収集・蓄積される商品、販売数量・金額などの販売データ。

## 2. 使用データ

### 2.1. 販売データ

スーパーマーケット及びコンビニエンスストア分野での気候リスク管理技術の調査を目的として、第 2.1 表に示した品目（46 品目、表には便宜上、食品、飲料、雑貨に分けて示す）について、販売データとして POS データを用いた調査をそれぞれ行った。地域特性をみるため、第 2.1 表に示した全国 5 つの地域（以後、括弧内に示した略称で示す）を対象とした。品目については、販売数と気温との関係があると考えられるもののうち、これまでのアパレル・ファッション産業分野及びドラッグストア産業分野における気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査の中で詳細な分析の対象になっていない食品を中心に選定した。各品目の分類基準の詳細は付録 A に示す。また、各地域におけるチェーン（チェーンストア）数、店舗数の内訳を第 2.2 表に示す。

なお、本調査に用いた POS データの抽出と調査用データセットの作成は、当庁の委託業務として、株式会社アンテリオが実施した。

### 2.2. 気象データ

気候リスクの評価に利用した気象データは、販売データのそれぞれの地域に対応する気象官署の地上気象観測データとした（第 2.3 表）。

地上気象観測地点東京については、2014 年 12 月 2 日に観測場所が大手町から北の丸へ移転したため、分析期間においてデータの不均質が生じる。そこで、分析期間を通じて均質なデータとするため、2012 年 3 月 1 日から開始した北の丸における比較観測結果<sup>4</sup>を用いて、比較観測開始までは大手町における気象データを大手町と北の丸の平年値の差を用いて補正したものを、比較観測開始後は北の丸における観測値を東京の観測データとして用いることとした。また、平年値は分析期間を通して北の丸における値を用いた。

<sup>4</sup> 東京管区気象台のホームページを参照。

URL:[http://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub\\_index/tokyo/kitanomaru/shikendata.html](http://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/tokyo/kitanomaru/shikendata.html)

第 2.1 表 使用した POS データ

項目	1 店舗あたりの日別販売数、日別販売金額
期間	2012 年 1 月 1 日～2015 年 8 月 31 日
地域	5 地域： 札幌市（札幌）、仙台市（仙台）、東京 23 区（東京）、大阪市（大阪）、福岡市（福岡）
店舗種類	2 種類：スーパーマーケット、 コンビニエンスストア
品目	46 品目： 【食品】30 品目 食酢、液体だし、焼き肉のたれ、ドレッシング、つゆ_鍋用、チーズ、インスタントカレー、インスタントシチュー、中華料理の素_麻婆系、スープ、氷、シロップ_かき氷用、乾麺_素麺除く、乾麺_素麺、生麺・ゆで麺_冷やし中華除く、生麺・ゆで麺_冷やし中華、シリアル類、蒲鉾、竹輪、はんぺん、揚げ物、漬物、豆腐、チョコレート、スナック、デザート類_プリン、デザート類_ゼリー、ヨーグルト、プレミアムアイス、ファミリーアイス 【飲料】12 品目 果実飲料、コーラ、炭酸フレーバー、コーヒードリンク、ココアドリンク、紅茶ドリンク、日本茶・麦茶ドリンク、中国茶ドリンク、スポーツドリンク、牛乳、ビール、発泡酒 【雑貨】4 品目 化粧石鹸、ボディシャンプー・リンス、ボディシャンプー・リンス_クール系のみ、ティッシュペーパー

第 2.2 表 各地域におけるチェーン数及び店舗数

	スーパーマーケット		コンビニエンスストア	
	チェーン数	店舗数	チェーン数	店舗数
札幌	10	24	2	23
仙台	7	15	4	17
東京	19	52	10	59
大阪	8	19	12	22
福岡	10	19	5	6

第 2.3 表 販売データと対応する地上気象観測地点

販売データ	地上気象観測地点
札幌	札幌
仙台	仙台
東京	東京 〔2012/2/29 以前 大手町〕 〔2012/3/1 以降 北の丸〕
大阪	大阪
福岡	福岡

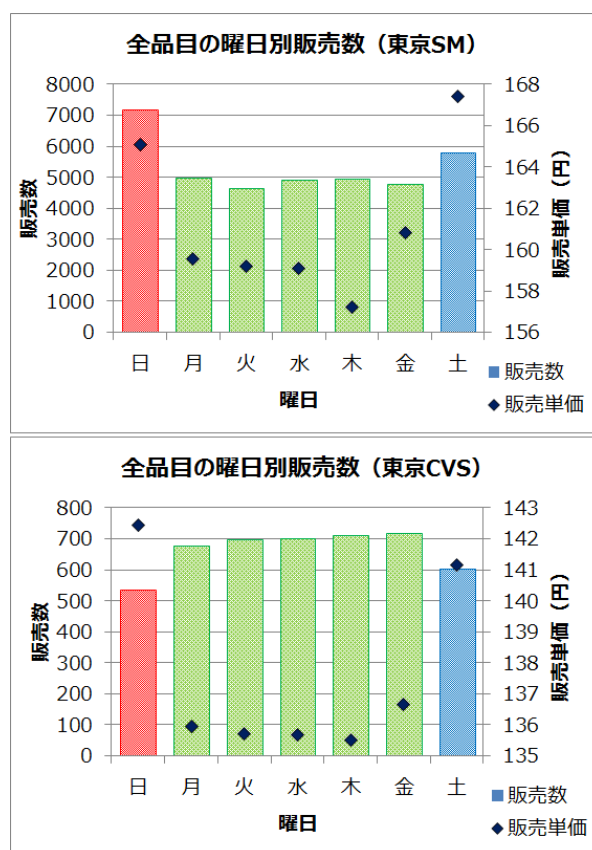
### 3. 分析結果

本章では、分析結果の概要について述べる。各品目の分析結果の一覧は資料編<sup>5</sup>を参照されたい。なお、気象との関係の分析においては、日別の販売数と対応した日平均気温を基に、地域特性や商品の構成比について詳細に調査した。また、販売数との関連性が考えられる最高・最低気温や降水量、降水時間との関係も分析した。

#### 3.1. 販売数、販売単価

各地域における店舗種類、品目別の曜日別販売数、販売単価を調査した結果を示す。なお、(販売単価) = (販売金額) ÷ (販売数) とした。

東京における曜日別の全品目の販売数は、スーパーマーケット(図中ではSMと示す)では土曜日と日曜日に多く、コンビニエンスストア(図中ではCVSと示す)では日曜日に少ない(第3.1図)。この特徴は全地域で共通していた(資料編第{A-E}. {1, 2}. 3. {1-46}. 4 図)。土・日曜日については、スーパーマーケットにおいて、販売単価が高い品目もみられたため、まとめ買いをする客が多いことが一因となっていると推測される(例えば、ビール1缶もビール6缶セットも同じ「1個」の販売数として集計されているため、6缶セットの方が販売単価は高くなる)。また、大阪、福岡のスーパーマーケットでは平日の特定曜日(それぞれ月曜日、火・木曜日)に土・日曜日と同程度の販売数の多さとなる(資料編第{D, E}. 1. 3. {1-46}. 4 図)など、地域特性がみられた。これらの特定曜日の販売単価が他の曜日と比べて低くなっていたことから、この地域特性はセールなどの効果が一定程度現れたものと推測される。



第3.1図 東京の(上) SMと(下) CVSにおける、全品目平均の曜日別販売数(棒グラフ)と販売単価(◆)

このように販売数、販売単価は曜日によって大きく変動することから、曜日による影響や日々の気象変動の影響を除くため、販売データ、気象データとも7日間平均値として分析を行うこととした。以降、特に明示しない限り、データはすべて7日間平均値である。

<sup>5</sup> 資料編は気象庁ホームページ「スーパーマーケット及びコンビニエンスストア分野における気候リスク評価に関する調査報告書について」(URL: [http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/pos\\_chousa.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/pos_chousa.html))にて入手可能である。内容は、地域別に章(A-E)を、スーパーマーケット・コンビニエンスストア別に節(1, 2)を分けている。本報告書では、複数の地域や店舗種類などを参照する場合、波括弧{}内に地域や店舗種類などを並列して示すこととする。

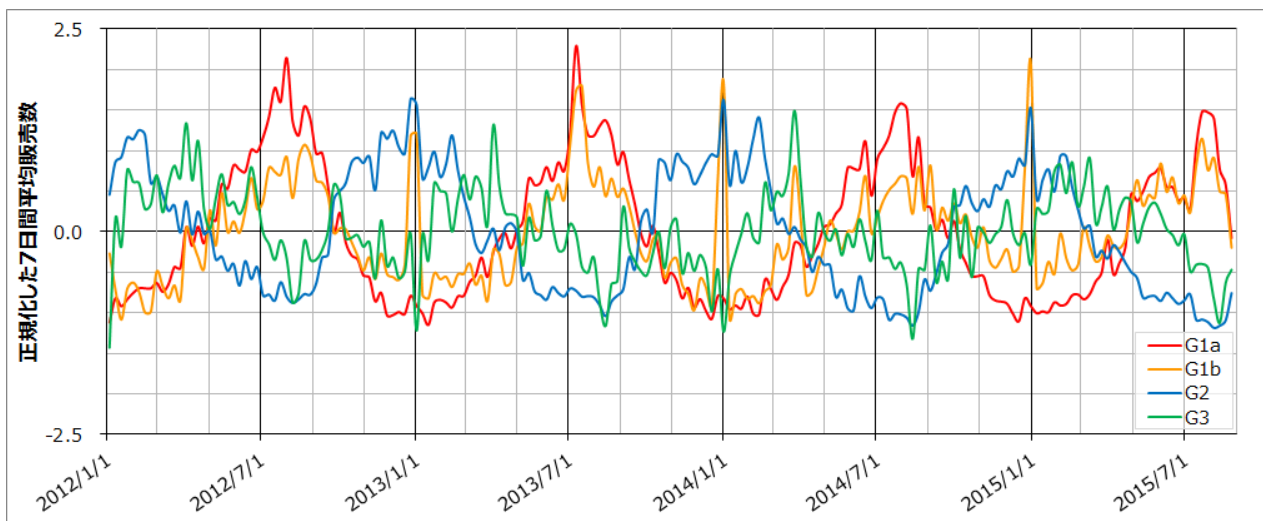
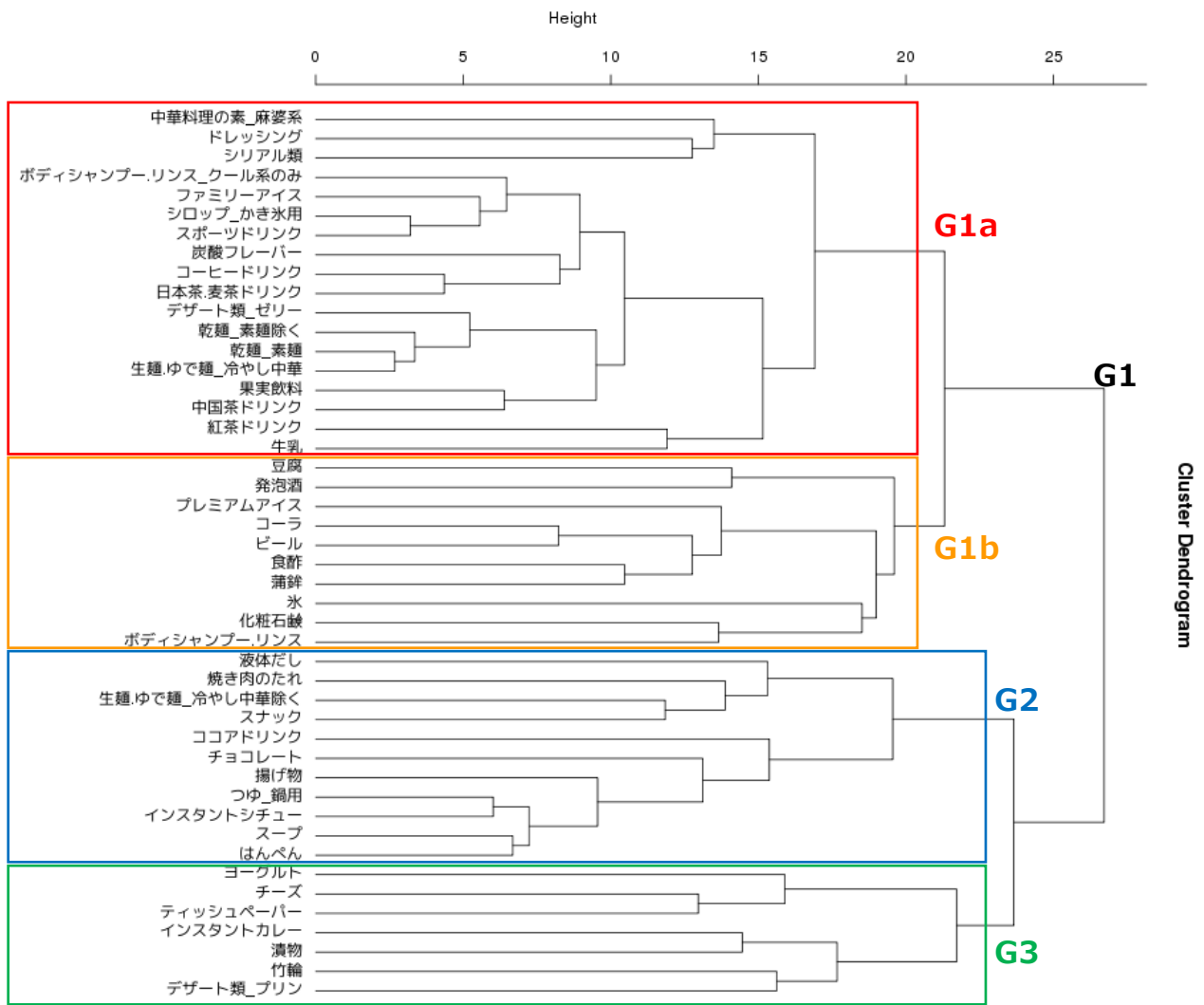
### 3.2. クラスタ分析

年間を通じて販売数が同様の季節変化を示す品目群を把握しておくことで、気象の影響を受けやすい時期の特定ができるだけでなく、効果的な販売促進（販促）を行うことができる。例えば、夏季に売れる品目群をあらかじめ把握しておくことで、その時期の売れ筋商品を組み合わせでセールを行うなど効果的な販促を行うことができると考えられる。そこで本節では、数ある品目の中からいくつかのパターンを抽出する方法「クラスタ分析」を適用した結果について述べる。

地域別、店舗種類別に7日間平均販売数を用いて、クラスタ分析<sup>6</sup>を行った。ここで、販売数データは平均が0、分散が1となるように正規化した。東京のスーパーマーケットにおけるクラスタ分析結果の樹形図（第3.2図（上））をみると、大きく3つのクラスタ（G1, G2, G3）に分けられ、G1群はさらにG1a群、G1b群に分けられる。また、これら4つのクラスタ（G1a, G1b, G2, G3）の各平均の時系列図（第3.2図（下））をみると、G1a, G1b群は夏季に販売数が伸びる品目であり、G1b群は年末年始にも販売数が伸びることが分かる。また、G2群は冬季に、G3群は主に春季に販売数が伸びる品目が分類されていることが分かる。その他の地域、店舗種類においても、販売数が夏季、冬季に伸びる品目、その他の品目、の大きく3つのクラスタに分けられる点は同様であった（資料編第{A-E}. {1, 2}. 1図）。

---

<sup>6</sup> 本調査ではユークリッド距離を用いた最遠隣法による階層型クラスタ分析を行った。最遠隣法とは、2つのクラスタ内の個体間の距離のうち最大のもをクラスタ間距離とし、この距離を用いてクラスタ間の距離を更新する手法。



第 3.2 図 クラスタ分析結果 (東京スーパーマーケット)

(上) 樹形図 (横軸はユークリッド距離) と (下) 正規化した販売数の各群平均の時系列図。

### 3.3. 気温と販売数との関係

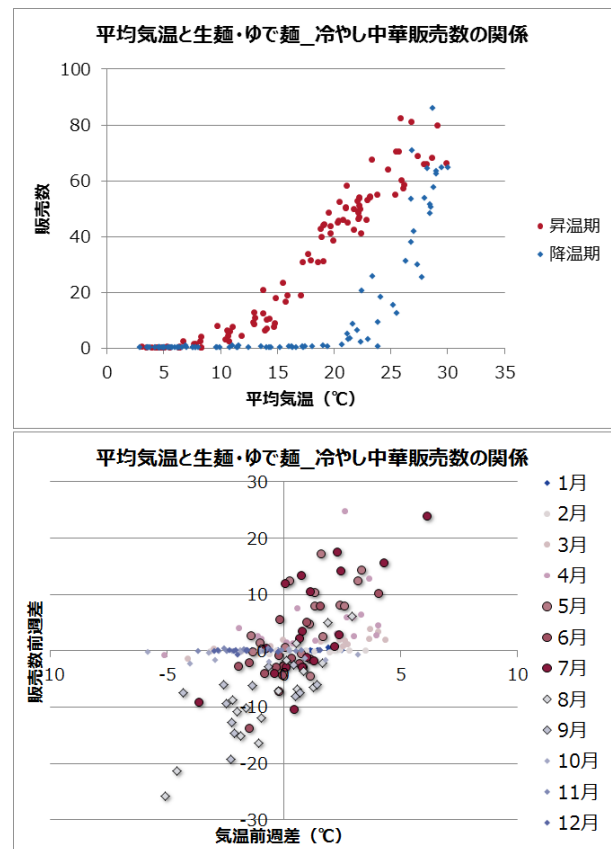
本節では平均気温と販売数の関係の分析結果について述べる。ドラッグストア産業分野における気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査（株式会社インテージ、2015）から、同じ気温でも気温の上がる時期と気温の下がる時期で影響は異なることが分かっているため、2～7月を昇温期、8～1月を降温期と区別して分析を行った。

#### 3.3.1. 散布図による評価

地域、店舗種類、品目別に平均気温と販売数の散布図をみると、多くの品目で販売数と気温との間に関連がみられた。さらに、昇温期と降温期で明瞭な違いがみられた品目もあった。例えば、東京の平均気温とスーパーマーケットにおける冷やし中華の販売数の散布図（第 3.3 図（上））をみると、昇温期には約 10℃を超えると販売数が増えるが、降温期は、約 20℃を下回ると販売数は少なくなっている。このように、品目によっては同じ気温でも昇温期と降温期で販売数が大きく異なることが確認できた。また、週単位の平均気温の変動と冷やし中華の販売数の変動の関係を見るため、それぞれの前週との差の関係を調べた（第 3.3 図（下））。この図から 5～9 月頃には、前週からの気温の変動と販売数の変動の間に正の相関があることがわかる。この結果を用いることで、今週以降の気温予測から前週と比べた販売数の増加・減少の目安を立てることができる。

また、同じ品目の散布図について、地域特性を調べた結果、販売数が急に増え始める気温（以下、基準温度）の違いがみられる場合があった。例えば、スーパーマーケットにおけるスポーツドリンクについて、札幌と福岡で比較すると、基準温度は、札幌では約 10℃であるのに対し、福岡では約 15℃と違いがみられる。一方、ファミリーアイスなど、異なる地域でも基準温度に明瞭な差がみられない品目もあった<sup>7</sup>（資料編第 {A-E}、{1, 2}、3、{1

-46}、2 図）。このように、販売数と気温の関係には、それぞれの品目で地域性や季節の変化など様々な特徴がある。それぞれの品目について特徴をより詳細に調べるため、基準温度を散布図から主観的に求めるのではなく、客観的に推定する方法を検討した。基準温度を客観的に求めることによって、品目別や地域による違いなど、定量的な評価ができるようになる。検討した方法などについての詳細は第 4 章で述べる。



第 3.3 図 平均気温と冷やし中華販売数の（上）散布図と（下）それぞれの前週との差の散布図（東京スーパーマーケット）。5～9 月頃（図中の黒枠を付したプロット）には、前週からの気温の変動と販売数の変動の間に正の相関があることがわかる。

ルデンウィークなどの暦を境に売れ行きが変わる影響（例えば、全国でゴールデンウィークを境に販売数が伸びる品目があると仮定すると、地域によってその時期の平年値の差の分だけ、基準温度に差が生じると考えられる）など、気象以外の要因による影響を大きく受けている可能性がある。

<sup>7</sup> 基準温度が地域で異なる原因については、体感気温などが売れ行きに影響している可能性が考えられる。また、テレビコマーシャルの影響や、ゴー

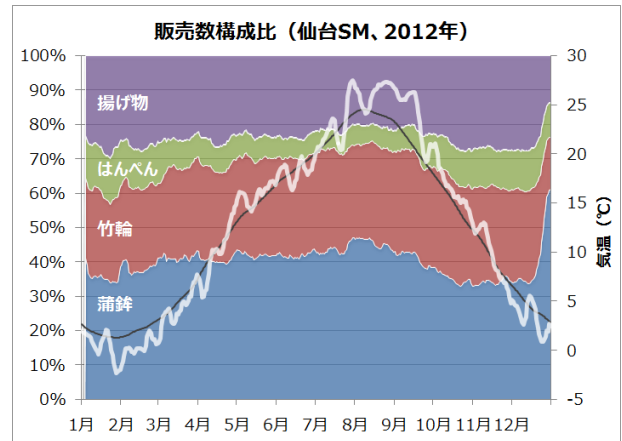


### 3.3.2. 構成比による評価

販売数構成比と平均気温の関係が明らかになれば、店舗に陳列する商品や発注する商品の構成・配分の変更などより効果的な事前の対応が期待できる。そこで、販売数構成比と平均気温の関係を調査した。

練り物については、2012年の仙台のスーパーマーケット（第3.4図）を時系列でみると、9月から10月にかけて平均気温が急激に下がった時期に、揚げ物とはんぺんの販売数構成比が増加した。飲料については、どの地域・店舗種類においても気温が上昇するにつれて、夏季にスポーツドリンクの構成比が増大した（資料編第{A-E}. {1, 2}. 2項1）。

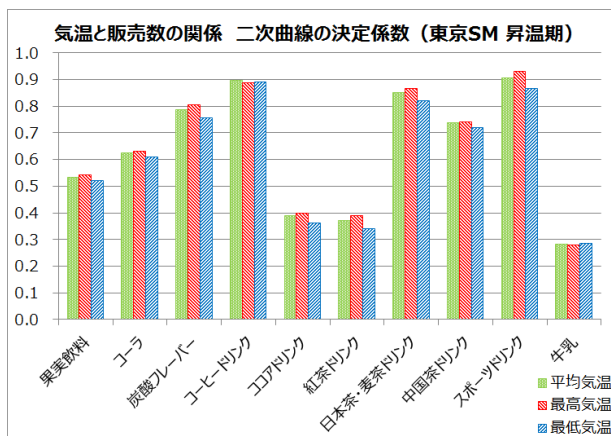
ビールと発泡酒の販売数構成比について東京と大阪を比較すると、発泡酒の構成比が東京では年間を通じて30%程度であるのに対し、大阪では40～50%であるなど、地域による違いの特徴がみられる品目もあった（資料編第{A-E}. {1, 2}. 2項3）。



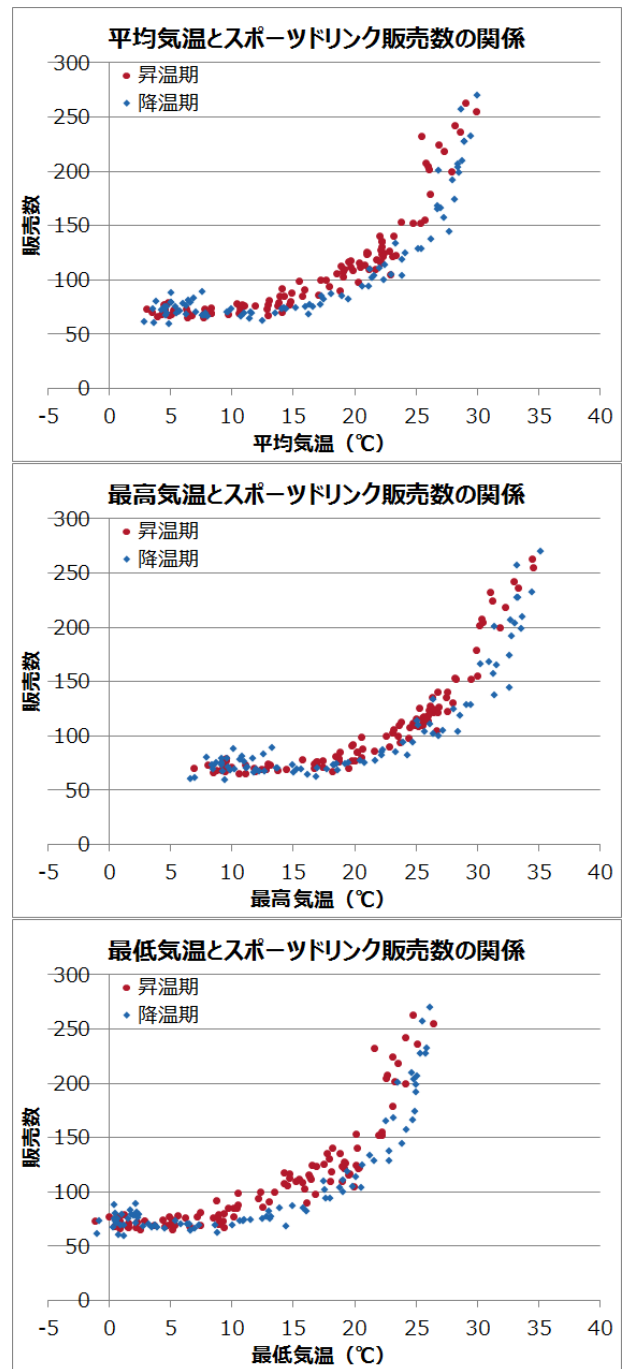
第3.4図 2012年の仙台スーパーマーケットにおける練り物の販売数構成比及び平均気温（白線）と平均気温平年値（黒線）

### 3.3.3. 最高・最低気温と販売数との関係

第 3.5 図に、東京のスーパーマーケットにおける気温と販売数の関係が明瞭な一部の品目での平均気温、最高気温、最低気温と販売数の二次の近似曲線の決定係数を示す。この図から、それぞれの要素間で決定係数に大きな差はないことがわかる。図は省略するが、そのほかの地域や品目についても同様の関係が見られ、また、平均気温と販売数の関係は最高・最低気温にも同様に見られることが確認できた。その例として、第 3.6 図に東京のスーパーマーケットにおける気温とスポーツドリンクの販売数の散布図を示す。ただし、第 3.5 図を詳細にみると最高気温と昇温期のスポーツドリンク販売数の関係など、品目によっては平均気温よりも最高・最低気温と販売数の関係が明瞭なものもあった。



第 3.5 図 東京スーパーマーケットの昇温期における平均、最高、最低気温と飲料の販売数との関係の二次の近似曲線の自由度調整済決定係数<sup>8</sup> (補正  $R^2$ )



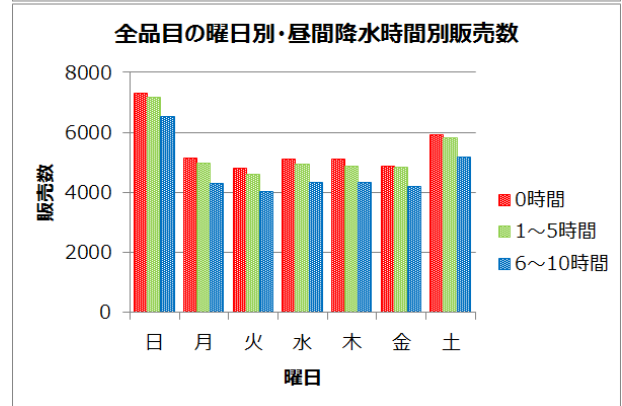
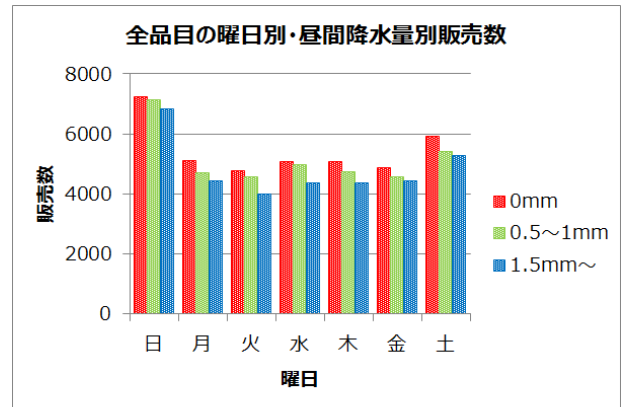
第 3.6 図 東京スーパーマーケットにおける(上)平均、(中)最高、(下)最低気温とスポーツドリンクの販売数の散布図

<sup>8</sup> 標本の大きさの違いや説明変数の数の違いを取り除き、自由度を調整した決定係数。

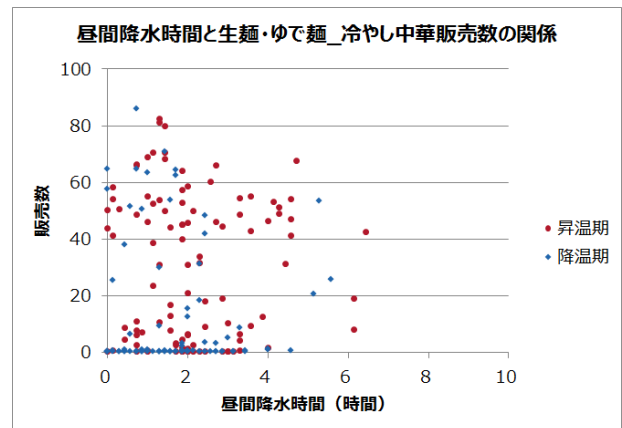
### 3.4. 降水量、降水時間との関係

降水の有無が小売店における販売数を左右することは良く知られている。そこで、販売数が降水の影響をどの程度受けるのか調査した。ここでは、単に、降水量と販売数の関係だけではなく、昼間と夜間における降水による影響度の違いを考えて、降水時間との関係も含めて分析を行った。東京のスーパーマーケットにおける昼間（本調査では10時～20時とした）の降水量、降水時間別の日別販売数を曜日別に比較すると（第3.7図）、降水量が多いほど、また、降水時間が長いほど販売数は少なくなっている。ただし、降水の無い日（0時間）と5時間以内の降水日との販売数の差は小さいことがわかる。これは降水時間が短ければ、その時間帯を避けて買い物をすることから、影響が小さいと推測される。品目によって程度が違う点には注意が必要であるが、他の地域や店舗種類においてもこれらと同様の傾向がみられた。さらに品目別に注目すると、生麺・ゆで麺\_冷やし中華など保存期間が比較的短い商品については、降水量が多いほど、また降水時間が長いほど販売数が減少する一方（資料編第{A-E}. {1,2}. 3.16.5 図）、インスタントカレーなど保存期間が比較的長い商品については、降水量や降水時間の影響をあまり受けない（資料編第{A-E}. {1,2}. 3.7.5 図）という特徴が示された。

このように、販売数は降水の影響を受けることから、気温だけではなく降水の影響も考えて分析を行うことで、気象と販売数の関係性がより詳細に得られると考えられる。ただし、東京のスーパーマーケットにおける冷やし中華販売数については、平均気温との関係（第3.3図（上））と比較すると、7日間平均昼間降水時間との関係は不明瞭（第3.8図）であるなど、気温が販売数を決定する大きな因子となると考えられる場合もある。このように、販売数をより精度よく推定するには、地域や店舗種類、品目別に販売数と相関の高い気象要素の選定とそれら因子ごとの寄与を考慮した高次（重回帰）の販売予測モデルを作成することも必要である。



第 3.7 図 東京スーパーマーケットにおける昼間（10時～20時）の（上）降水量、（下）降水時間別の曜日別販売数全品目合計



第 3.8 図 東京スーパーマーケットにおける昼間降水時間と冷やし中華販売数の散布図

### 3.5. 気象以外の要因

平均気温と販売数の時系列図をみると、気温との関係が明瞭な品目の販売数であっても、気温の変化とは大きく異なる変動を示す場合がある。こうした気温以外の要因と思われる販売数の変動の原因を調査した結果、新商品の投入や、節分などのイベント、お盆などの長期休暇、消費税増税の影響を強く受けていると推測される品目があることが確認できた。例えば、シャンプー・リンスなどの買い置きができる品目は消費税増税前の2014年3月に販売数が伸びており(資料編第{A-E}. {1, 2}. 3. 44. 1 図)、発泡酒は2014年9月の新商品発売と推測されるタイミングで販売数が急増している(資料編第{A-E}. {1, 2}. 3. 42. 1 図)。

気象以外の要因を考えるには、製造企業や小売店などの様々な産業における知見が重要である。社会的要因による販売数の変動を明らかにして分離することができれば、より高精度な気象と販売数の関係性を得ることができる。

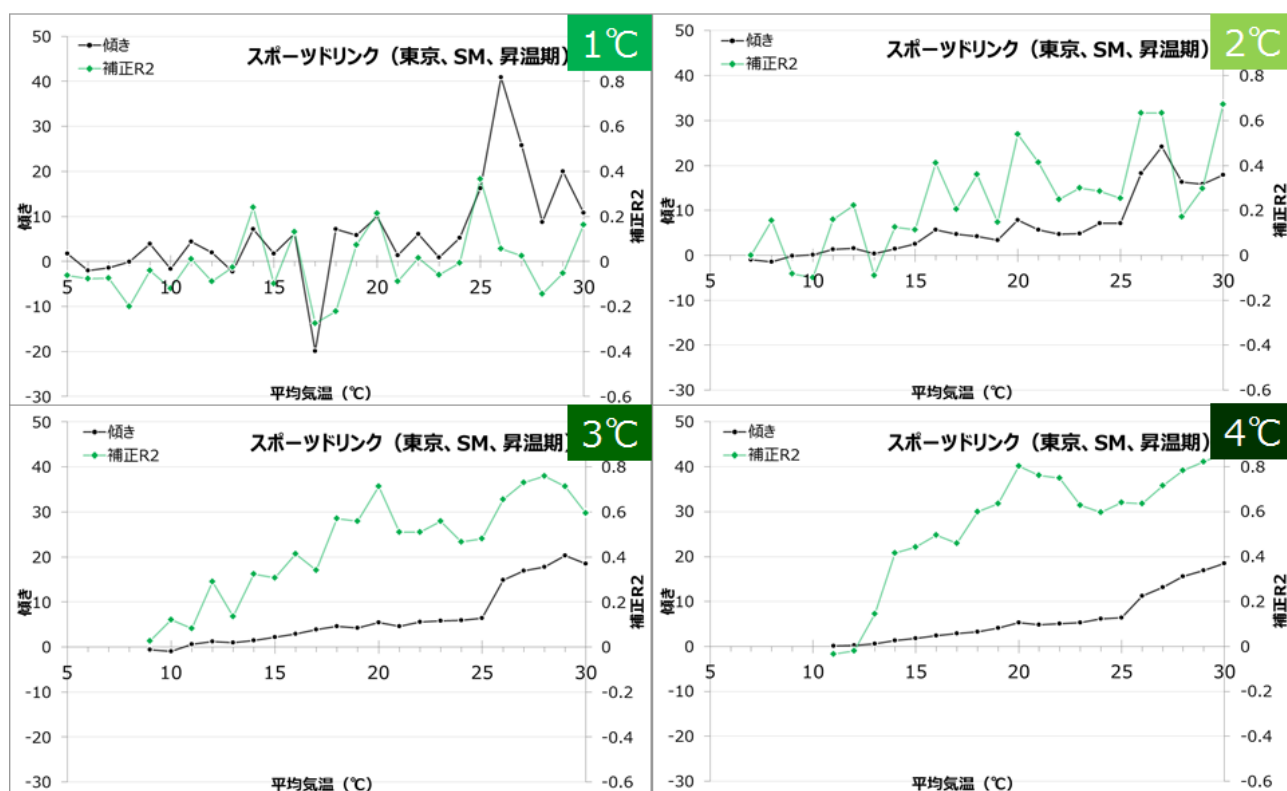
#### 4. 基準温度の定量的推定方法の検討

株式会社ライフビジネスウェザー（2014）や株式会社インテージ（2015）では、アパレル・ファッション商品やドラッグストア商品について販売数が急増する気温を「基準温度」として調査している。基準温度を把握することで、その気温以上・以下となる予測確率に応じて販促などの対応を早目を実施することが可能となる。これまでに示してきた基準温度については、気温と販売数の散布図から主観的に推定した結果である。本章では、多くの品目を効率的に推定するための客観的な手法を検討する。東京のスーパーマーケットにおけるスポーツドリンクの昇温期の販売数のデータを対象として2つの手法を紹介する。

#### 4.1. 一定の気温帯における気温と販売数の関係の傾きを求め、傾きの差や比を基に推定

$T - \Delta T^{\circ}\text{C} \sim T + \Delta T^{\circ}\text{C}$ （ここでTは気温、 $\Delta T$ は気温幅）の気温帯における気温と販売数の関係の回帰直線を  $1^{\circ}\text{C}$ ずつずらして求め、隣接する気温帯における回帰直線の傾きとの差や比を基に基準温度を推定する、ということを考える。例えば、気温幅  $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$  の場合、 $11 \sim 13^{\circ}\text{C}$ における回帰直線の傾きと  $10 \sim 12^{\circ}\text{C}$ における回帰直線の傾きの差や比が十分大きいとき、基準温度を  $13^{\circ}\text{C}$  ( $11 \sim 13^{\circ}\text{C}$ の気温幅の右端、 $T + \Delta T^{\circ}\text{C}$ ) と定める。

気温幅  $\Delta T = 1, 2, 3, 4^{\circ}\text{C}$ それぞれにおける回帰直線の傾きと自由度調整済決定係数（補正 $R^2$ ）をみると（第4.1図）、気温幅が狭いと各気温帯の標本数が減少するため、補正 $R^2$ が小さくなっている。一方で、気温幅が広すぎると、傾きが連続的に変化し、基準温度の推定が困難になる可能性がある。適切な気温幅は、サンプル数を考慮して、各事例に応じて設定する必要がある。

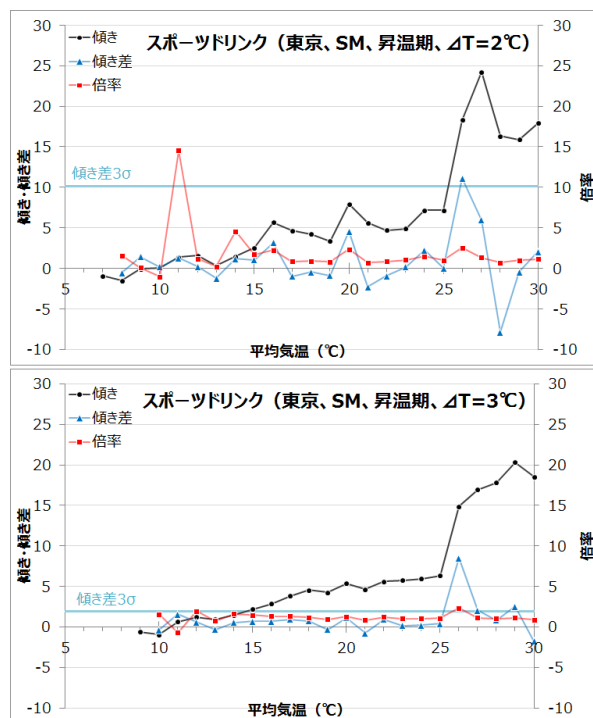


第4.1図 気温幅  $\Delta T = 1, 2, 3, 4^{\circ}\text{C}$ （左上、右上、左下、右下）の場合の回帰直線の傾き（黒線）と自由度調整済決定係数（補正 $R^2$ 、緑線）（東京スーパーマーケットにおける昇温期のスポーツドリンク）。横軸は  $T + \Delta T^{\circ}\text{C}$ の気温を示す。

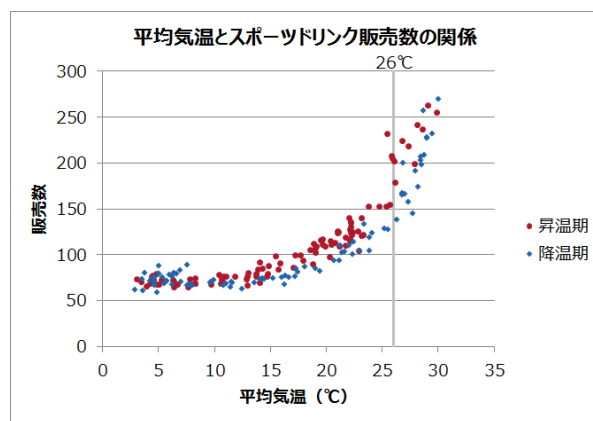
その他に検討すべき事項として、基準温度とみなす傾きの差や比の閾値の設定がある。ここでは、傾きの差や比の標準偏差 $\sigma$ を求め、例えば $3\sigma$ より大きい場合を基準温度とするという方法を考える。

気温幅 $\Delta T = 2, 3^\circ\text{C}$ の場合の傾きの差をみると（第 4.2 図）、どちらも平均気温  $26^\circ\text{C}$  で傾き差が最大となっており、傾き差は $3\sigma$ より大きく、他の値に比べて特異であることがわかる。平均気温と販売数の散布図をみると（第 4.3 図）、平均気温  $26^\circ\text{C}$  を超えると販売数が急増しており、基準温度をよく抽出できていると考えられる。今回は傾き差を閾値として検討したが、品目や地域によっては適切な閾値は異なる可能性がある。

この方法を昇温期に適用した結果を第 4.1 表に、降温期に適用した結果を第 4.2 表に示す。ここで、気温幅 $\Delta T = 3^\circ\text{C}$ とし、傾き差 $3\sigma$ 以上を閾値とした。この結果から、販売数が急増する気温だけではなく、急減するまたは増加がとまる気温も基準温度として抽出することができている（青字）。このような場合は、傾きを基準とした条件を追加（例えば、傾き $>0$ 等）することで販売傾向の特徴をよりとらえやすくなる。なお、傾き差の閾値については、ここでは便宜上 $3\sigma$ 以上と設定したが、場合に応じて設定することが望ましい。



第 4.2 図 (上) 気温幅 $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ と(下)  $\Delta T = 3^\circ\text{C}$ の場合の傾き(黒線)と傾きの差(青線)及び傾きの比(倍率、赤線)(東京スーパーマーケットにおける昇温期のスポーツドリンクの例)。横軸は $T + \Delta T^\circ\text{C}$ の気温を示す。



第 4.3 図 平均気温とスポーツドリンク販売数の散布図(東京スーパーマーケット)

第 4.1 表 昇温期における基準温度一覧

青字は販売数が急減するまたは増加がとまる気温が抽出された品目。

	スーパーマーケット		コンビニエンスストア	
札幌	21℃	シロップ_かき氷用	16℃	デザート類_ゼリー
仙台	8℃	つゆ_鍋用 インスタントシチュー チョコレート	25℃	ファミリーアイス スポーツドリンク
	17℃	コーヒードリンク		
	25℃	シロップ_かき氷用 ファミリーアイス スポーツドリンク		
東京	11℃	チョコレート	26℃	スポーツドリンク
	15℃	つゆ_鍋用		
	26℃	スポーツドリンク ビール		
大阪	12℃	つゆ_鍋用 インスタントシチュー		なし
	28℃	シロップ_かき氷用		
福岡	12℃	チョコレート	30℃	デザート類_ゼリー ファミリーアイス
	14℃	つゆ_鍋用		
	29℃	シロップ_かき氷用 ファミリーアイス スポーツドリンク		

第 4.2 表 降温期における基準温度一覧

青字は販売数が急減するまたは増加がとまる気温が抽出された品目。

	スーパーマーケット		コンビニエンスストア	
札幌	1℃	シリアル類	1℃	ボディシャンプー・リンス
	13℃	豆腐		
仙台	13℃	ココアドリンク 牛乳	13℃	ティッシュペーパー
東京	15℃	チョコレート		なし
大阪	7℃	はんぺん		なし
	18℃	ココアドリンク 日本茶・麦茶ドリンク		
福岡	8℃	揚げ物		なし

#### 4.2. 回帰係数の均一性の検定

基準温度の前後では、回帰直線の傾きが急変し、回帰直線も変化することが想定される。その場合、標本全体から求めた回帰直線の残差よりも、基準温度前後で標本を2つに分け、個別に求めた回帰直線の残差の和の方が有意に小さくなると期待される。そこで、基準温度を仮定して、標本を基準温度以上、以下の2つに分け、それぞれ回帰直線と残差二乗和を求め、残差二乗和が最小となる温度を基準温度の候補とし、回帰係数の均一性の検定を行い、基準温度を推定する、ということを考える。

標本をまとめた場合の残差二乗和 $Q_R$ と、2つに分けた場合の残差二乗和 $Q$ をカイ二乗統計量

$$\chi^2 = \left( \frac{Q_R - Q}{Q} \right) m, \quad m = n - 2(k + 1)$$

( $n$ : サンプル数  $k$ : 説明変数の個数)

に変換する。 $\chi^2$ は自由度 $k + 1$ のカイ二乗分布に従うので、これが5%臨界値 $\chi_{0.05}^2(k + 1)$ よりも大きければ、標本を2つに分けたときに残差二乗和 $Q_R$ と $Q$ が同じという帰無仮説 $H_0$ を有意水準5%で棄却する。帰無仮説 $H_0$ を棄却するということはつまり、残差二乗和 $Q_R$ と $Q$ が有意に異なり、標本をまとめた場合よりも2つに分けた場合の方が、回帰直線の残差は有意に小さく、回帰直線を基準温度前後で2つに分けられる、ということである。

基準温度が複数ある場合、残差二乗和が最小となるように基準温度の候補を調べ、標本を2つに分けた場合と同様に回帰係数の均一性の検定を行うことで、基準温度を定量的に推定可能である。

この手法を東京のスーパーマーケットにおけるスポーツドリンクの販売数に適用する。基準温度が1つ存在すると仮定すると、平均気温21°Cの場合に残差二乗和が最小となり、また、帰無仮説 $H_0$ を棄却する。基準温度が2つ存在すると仮定すると、平均気温16°Cと26°Cの場合に残差二乗和が最小となり、また、帰無仮説 $H_0$ を棄却する。

なお、基準温度の個数を決定する方法については今後検討する必要がある。

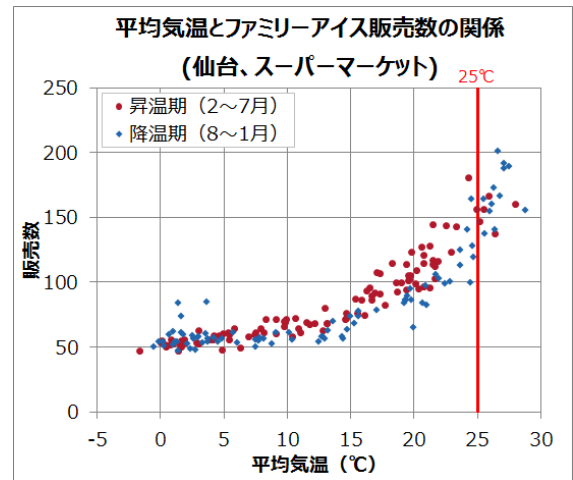


## 5. 気候リスク管理の例

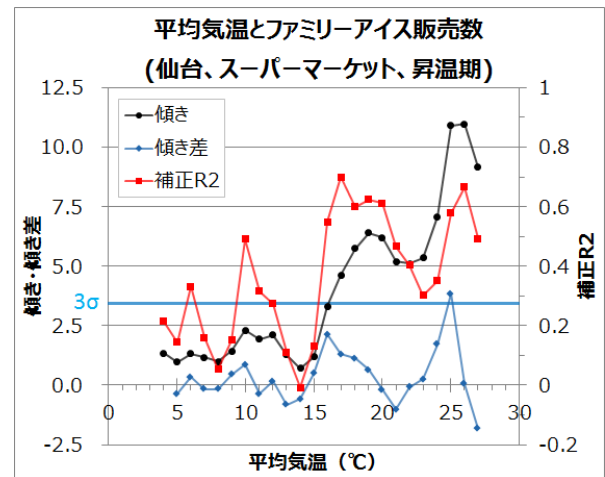
第 4.1 節で検討した客観的な「基準温度」の推定方法に基づき、本章では、気温との関係が比較的強いと認識できるファミリーアイスについて、気候リスク管理の手法を紹介する。

### 5.1. 気候リスクの評価

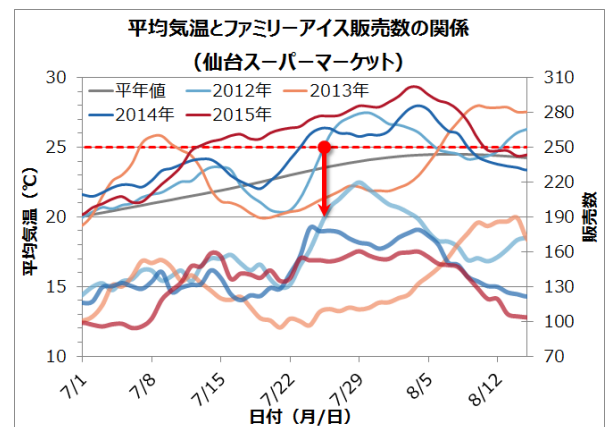
仙台のスーパーマーケットにおける 7 日間平均のファミリーアイスの販売数と平均気温の関係を調査し、気候リスクを評価する。第 5.1 図に平均気温と販売数の散布図を示す。昇温期には平均気温が 15°C を超える頃から販売数が伸びることがわかる。また、第 4.1 節の手法を気温幅 3°C として昇温期に適用すると (第 5.2 図)、16°C から傾きは大きくなるが、傾き差は 25°C で最大となり、また  $3\sigma$  を超えている。第 5.1 図をみると、平均気温が 25°C を超えると販売数が急増するだけでなく、昇温期・降温期に限らず販売数がかなり多くなることがわかる。販売数と気温の時系列図 (資料編第 B.1.3.30.1 図) をみると、平均気温 15°C は 5 月中旬に相当し、販売数が増え始める時期となっていることがこの図からも確認できる。また、平均気温 25°C は、8 月上旬頃 (降温期間中) に相当し、販売数が特に多い時期となっていることが確認できる (第 5.3 図)。このことから、基準温度として推定される平均気温 25°C は、販売数が特に多くなる気温を推定していると考えられる。



第 5.1 図 平均気温とファミリーアイス販売数の散布図 (仙台スーパーマーケット)



第 5.2 図 仙台スーパーマーケットにおける昇温期のファミリーアイス販売数の基準温度の検討結果。第 4.1 節の手法を、気温幅  $\Delta T = 3^\circ\text{C}$  として基準温度を検討。横軸は  $T + \Delta T^\circ\text{C}$  の気温を示す。黒線は傾き、青線は傾きの差、赤線は自由度調整済決定係数 (補正 R2)、青横線は傾き差  $3\sigma$  を示す。



第 5.3 図 7 月 1 日～8 月 15 日の仙台スーパーマーケットにおける 7 日間平均のファミリーアイス販売数と平均気温の時系列図。太線は販売数、細線は平均気温を示す。平均気温が 25°C を超える頃に販売数が急増している。

## 5.2. 気候リスクへの対応

前節では、昇温期の仙台スーパーマーケットにおいて、ファミリーアイスの販売数が特に多くなる温度を平均気温 25℃と推定した。平均気温 25℃を超える時期に、積極的な商品供給などを行うことで、効果的に販促が行えると考えられる。そこで、本節では平均気温 25℃に注目し、2週間先までの気温予測情報を活用した気候リスクへの対応策を検討する。

気象庁ホームページでは、2週間先までの気温予測情報を毎週月・木曜日<sup>9</sup>に公開している<sup>10</sup>。ここでは、2012年6月から7月にかけて、この情報を使った対応について、シミュレートする。まず、2012年7月13日当時の確率予測資料(第5.4図)では、2週間先(7月21日～7月27日)に平均気温 25℃を超過する確率は32%とそれほど高くない。このため、この時点で積極的な商品供給といった事前の対応を始めるのは難しかったと思われる。一方、2012年7月17日当時の確率予測資料(第5.5図)では、今後2週間先にかけて平均気温 25℃を超過する確率は高まっていき、7月25日～31日の7日間平均気温が25℃を超過する確率は52%と高かった。この予測をもとに、2週間先にかけてファミリーアイスの販売数が特に多くなる可能性が高いと判断し、小売店においては発注量の調整、販促の実施等の対応を事前に適切に行うことが可能となる。実際には、2012年7月25日～31日の平均気温は27.1℃となり販売数は増加した。

ここで、25℃を超過する確率がどの程度高くなった時に実際に対応を行うかは、実施する対策によって異なってくる。対応を行うのに要するコストが低ければ、25℃を超過する確率が低い場合でも対応を行うメリットはあるが、対応を行うのに要するコストが高ければ、25℃を超過する確率が高い場合にのみ対応を行う方がよいと考えられるなど、費用対効果を十分考慮して対応を行う確率

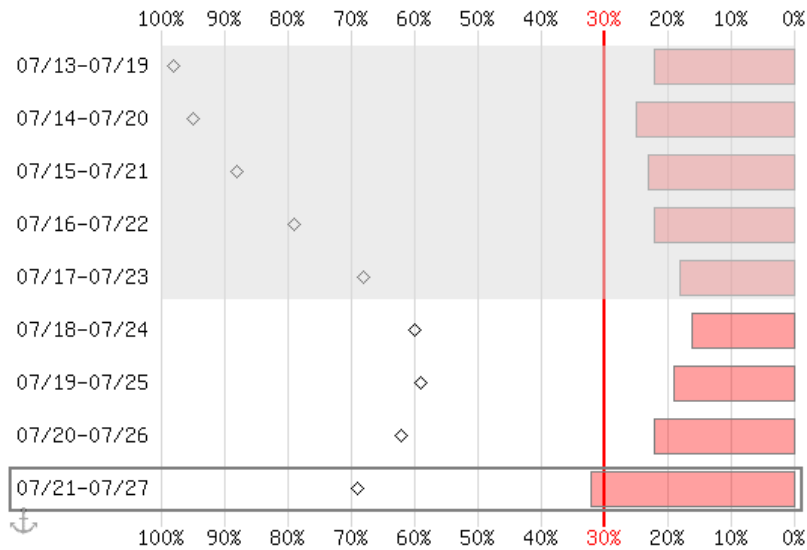
を検討する必要がある。25℃を超える確率がどの程度のときにどのような対応を行えばよいのかは、株式会社インテージ(2015)付録Eなどを参考に、コストモデルなどを用いて検討する必要がある。

ここではファミリーアイスの例を示したが、他の品目についても同様の対応が可能である。資料編第B.1.1図に示したクラスター分析結果から、ファミリーアイスと同じクラスターに属する品目(スポーツドリンクやシロップ\_かき氷用等)はファミリーアイスと同様に、昇温期に気温が上昇するにつれて販売数が伸びるといふ販売傾向を示すと考えられるので、販促実施等の対応を同時期にまとめて行うことが可能であろう。例えば、同じクラスターに属する品目をまとめたセールの実施などにより、効果的な店舗作りが期待できる。

<sup>9</sup> 2014年3月以前は毎週火・金曜日。

<sup>10</sup> 気象庁ホームページの確率予測資料(異常天候早期警戒情報)参照。URL: [http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/index\\_w2.php](http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/index_w2.php)

7日間平均気温の累積確率- 確率密度分布図: 仙台 (図の見方)



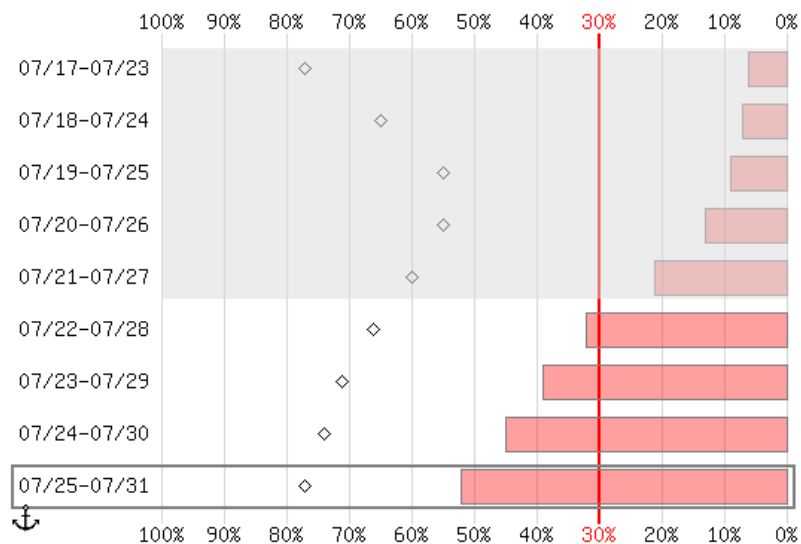
※◇は平年の気温以下または超過する確率を意味します。  
 ※バーは25°Cを超過する確率を表します。

第 5.4 図 2012 年 7 月 13 日発表の仙台における 2 週間先までの確率時系列図

2 週間先までの期間について、注目する 7 日間平均気温（ここでは 25°C に設定した）を超過する確率がどのように推移するかを棒グラフで示したものの。縦軸は 7 日間平均の期間を、横軸は注目する 7 日間平均気温を超過する確率を示す。

2 週間先にかけて、7 日間平均気温が 25°C を超過する確率は 20% 程度で推移しており、7 月 21 日～7 月 27 日の 7 日間平均気温が 25°C を超過する確率は 32% と、それほど高くない。

7日間平均気温の累積確率- 確率密度分布図: 仙台 (図の見方)



※◇は平年の気温以下または超過する確率を意味します。  
 ※バーは25°Cを超過する確率を表します。

第 5.5 図 2012 年 7 月 17 日発表の仙台における 2 週間先までの確率時系列図

図の見方は第 5.4 図と同様。

2 週間先にかけて、7 日間平均気温が 25°C を超過する確率が高まっており、7 月 25 日～7 月 31 日の 7 日間平均気温が 25°C を超過する確率は 52% である。

## 6. まとめと課題

スーパーマーケット及びコンビニエンスストア分野での食品を中心とした販売データ（POS データ）と気象の関連の分析による気候リスクの評価を実施した。

第3章では、販売数と気温、降水との間に関連が認められる品目が多数あることを示した。本調査では平均気温と販売数の関係を中心に述べたが、最高・最低気温と販売数との関係も概ね平均気温と同様の特徴が見られた。ただし、一部の品目では、最高・最低気温との関係の方が明瞭な品目もあった。降水と販売数の関係では、降水量が多いほど、また、降水時間が長いほど販売数は少なくなっているが、降水時間が短い場合には降水が無い場合との販売数の差は小さかった。

また、今回の時系列調査結果からは、気温要因とは判断できない販売数の大きな変動があることがわかった。これらについては、新商品の投入やイベント等さまざまな効果や影響によるものと推測され、気象と販売数の関係をより明瞭にするためには、産業団体の知見による総合的な評価が重要となる。

第4章では、基準温度の定量的推定法として2つの手法を検討した。これらの手法においてはそれぞれ検討すべき事項が残されており、妥当性の評価までにはいたっていないが、基準温度を定量的に推定する手法として提案した。基準温度の定量的推定方法が確立できると、様々な品目への適用や応用が容易となるため、気候リスクの評価へ取り組むハードルが下がり、気候リスク管理技術の普及に資すると考えられる。

また、気温に対して販売数がなめらかに変化する場合には基準温度が設定できないが、近似曲線を当てはめることで定量的な評価を行い、販売数を見積もることができる。近似曲線を当てはめる際には、セール等の気象要因以外の影響を取り除き、また、降水等の気温以外の気象要素の寄与も考慮することが重要である。

第5章では、気候リスクの評価及び気候リスクへの対応の方法について具体例を用いて示した。

本調査結果を気象予測用いた販促等の具体的な対応につなげるためには、今回の調査で分析を行っていない品目や、同じ品目でも特徴の異なる商品ごとの販売数と気温の関係等のより詳細な分析も行う必要がある。

また、本調査結果は小売分野に限らず様々な分野でも応用が可能である。家電流通分野など他の産業分野においても本調査を参考に気温との関係を分析することで、様々な対策を実施できる可能性がある。

## 参考文献

- 鹿野繁樹, 2015:新しい計量経済学, 日本評論社, 310pp.
- 株式会社インテージ, 2015:気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書～ドラッグストア産業分野～.
- 株式会社ライブビジネスウェザー, 2014:気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書～アパレル・ファッション産業分野～.

付録 A. 各品目の分類基準表

平成 25 年度版 JICFS 分類基準書<sup>11</sup>を基に作成。

品目	分類基準
食酢	醸造酢、合成酢、玄米酢（黒凶）、果実酢、ポン酢、カス酢、 香酸柑橘類の柑橘果汁 100%（スダチ、カボス）
液体だし	和風の天然濃厚だし（風味調味料、天然だしなどが液体状になっているもの）
焼き肉のたれ	生肉を漬け込み味付けするもの、または素焼きした肉につけるもの焼肉のたれ、焼鳥 のたれ、鉄板焼のたれ、ジンギスカンのたれ、ステーキソース、バーベキューソース、 おろし入り焼肉のたれ、ローストビーフソース、スペアリブソース、ソテーソース
ドレッシング	サラダ、フライなどにかけるドレッシング、チルドタイプのドレッシング（粉末を含 む）
つゆ_鍋用	鍋つゆ（よせ鍋だしなど）
チーズ	プロセスチーズ、ナチュラルチーズ、粉チーズ、スモークチーズ、サラミチーズ
インスタントカレー	ルータイプ、ペーストタイプ、フレックタイプなどのカレー及びハヤシ （カレーうどんスープ、ハッシュドビーフを含む）
インスタントシチュー	ルータイプ、ペーストタイプ、フレックタイプなどのシチュー
中華料理の素_麻婆系	粉末タイプ、レトルトタイプなどの特定中華料理用の調理品
スープ	調理用スープ：洋風ブイヨン、コンソメ、スープストック、鳥ガラスープなどのスー プベース インスタントスープ：簡単な調理や、過熱または湯を注ぐだけで食べられる和風・洋 風・中華風の缶入り又は粉末スープ インスタント味噌汁・吸い物：加熱したり湯を注ぐだけで食べられる味噌汁・吸物 その他スープ：粕汁の素、具の多いスープ（缶詰も含む）
氷	ロックアイス
シロップ_かき氷用	氷蜜
乾麺_素麺除く	うどん、そば、干中華そば、寒干し麺
乾麺_素麺	素麺
生麺・ゆで麺_冷やし中 華除く	生麺、ゆでうどん・そば・中華そば・焼きそば、調理麺（ゆで麺・生麺＋調味料＋具 などがセットされていて簡単な調理で食べられるもの）
生麺・ゆで麺_冷やし中 華	冷やし中華 （ゆで麺・生麺＋調味料＋具などがセットされていて簡単な調理で食べられるもの）
シリアル類	コーンフレーク、ミューズリー（オートミールを含む）
蒲鉾	蒸しかまぼこ、焼きかまぼこ、笹かまぼこ、オードブルタイプのかまぼこ（チーズ入 り、サラミ入りなど）、珍味かまぼこ、カニ足（カニふぶき、フレックのもの）
竹輪	焼きちくわ、豆ちくわ、オードブルタイプ（チーズ入り・しそ入りなど）、 煮込みちくわ、生ちくわ
はんぺん	はんぺん、混合はんぺん（青のり入り・しそ入りなど）
揚げ物	揚げかまぼこ、さつま揚げ（天ぷら）、イカ巻、ごぼう巻、三角揚げ、利休揚げ、 揚げボール
漬物	野菜の塩漬け、ぬか漬け、酢漬けうめぼし、ピクルス、福神漬、ラッキョウ漬け、 練うめ、かつお産め、梅の蜂蜜漬け、キムチ、ザーサイ、紅ショウガ、わさび漬け、 たまり漬け、朝鮮付け、桜花漬け、しば漬け、スタッフオリーブ
豆腐	絹ごし豆腐、焼き豆腐、木綿豆腐、ゆず豆腐、しそ豆腐

<sup>11</sup> [http://www.dsri.jp/database\\_service/jicfsifdb/data/1312jicfs\\_bunrui-ki\\_jyunsho.pdf](http://www.dsri.jp/database_service/jicfsifdb/data/1312jicfs_bunrui-ki_jyunsho.pdf)

品目	分類基準
チョコレート	チョコレート、準チョコレート、チョコレート菓子、準チョコレート菓子
スナック	ポテトチップ、ポップコーン、スナックタイプのえびせん、ライススナック、ベビーラーメン、ぼんせん
デザート類_プリン	プリン
デザート類_ゼリー	ゼリー
ヨーグルト	ハードタイプ、ソフトタイプ、液状タイプのヨーグルト、果肉入りのヨーグルト（プリンヨーグルト、ムースヨーグルト、飲むヨーグルト、チーズヨーグルト、豆乳ヨーグルトなどを含む）
プレミアムアイス	乳脂肪分 10%以上。プレミアムアイスのみギフトも含む
ファミリーアイス	プレミアムアイスを除く、内容 300ml 以上のもの ファミリーアイス、パーソナルアイスのギフト用を含む
果実飲料	果汁 100%飲料 : 果汁含有率が 100%（飲用時）のもの 果汁飲料 : 果汁など含有率が 10%以上 100%未満（飲用時）のもの 果肉飲料 : 果実を破碎裏ごししたもの 野菜ジュース : 野菜ジュース+トマト、野菜ジュース+果物、 にんじんジュース トマトジュース : 濃縮トマトを希釈して搾汁の状態に戻したもの、 及び食塩を加えたもの その他果実飲料 : 果汁フレーバー入り飲料
コーラ	コーラ飲料
炭酸フレーバー	透明無果汁炭酸飲料（「ラムネ」なども含む）、コーラー・サイダー類などの炭酸飲料ならびにクリームソーダ、ジンジャーエール、果汁炭酸、乳酸炭酸、トニックウォーター、ノンアルコールビールなど
コーヒードリンク	缶・パックなどの容器に入り、そのまま飲めるコーヒー（ラクトコーヒー、コーヒー牛乳、カフェオレ）、ウイスキー入りコーヒーなどを含む
ココアドリンク	缶・パックなどの容器に入り、そのまま飲めるココア（チョコレートドリンク、アーモンドドリンクなども含む）
紅茶ドリンク	缶・パックなどの容器に入り、そのまま飲める紅茶（ドリンクタイプの中国紅茶、紅茶入り牛乳も含む）
日本茶・麦茶ドリンク	缶・パックなどの容器に入り、そのまま飲める日本茶が主になっている飲料（日本茶・麦茶、玄米茶、抹茶オレ、抹茶ミルクグリーンティ）
中国茶ドリンク	缶・パックなどの容器に入り、そのまま飲める中国茶（ウーロン茶、ジャスミン茶、鉄観音茶、プアール茶、甜茶）
スポーツドリンク	発汗により失われた水分及び電解質などの補給用飲料（粉末タイプ、炭酸入り、気借用、ゼリータイプ、ビネガー入りも含む）
牛乳	牛乳をそのまま清浄化・均質化・殺菌し、びんまたは紙容器などにパックしたもの
ビール	麦芽、ホップ、水を原料として発酵させたもの
発泡酒	麦芽を原料の一部とした酒類で発泡性を有するもの
化粧石鹸	化粧石鹸。贈答用は含まない。
ボディシャンプー・リンス	ボディシャンプー・リンス
ボディシャンプー・リンス_クール系のみ	ボディシャンプー・リンスのうち、明らかにクール系と分かる商品を抽出
ティッシュペーパー	ボックスティッシュ、ポケットティッシュ、その他ティッシュ