

02-WB-3

異常天候早期警戒情報を利用した在庫管理の意思決定について
－ 確率予報を利用した意思決定に関する研究(第2報) －

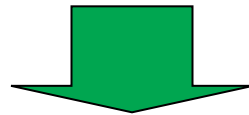
一般社団法人
日本気象予報士会
北陸支部

平松 章男

(気象予報士登録番号第3796号)

1. はじめに
2. 異常天候早期警戒情報
3. 確率予測資料の利用
4. 商品発注量的意思決定
 1. 理論的な最適発注量
 2. 適用例
5. まとめと今後の課題

- 季節予報のような**確率的表現**を用いた気象情報
 - 社会・経済活動への有効利用が課題。
- 異常天候早期警戒情報
 - 気象庁により、2008年3月から発表開始。
 - 従来の季節予報と比べ、より多くの確率予測資料あり。



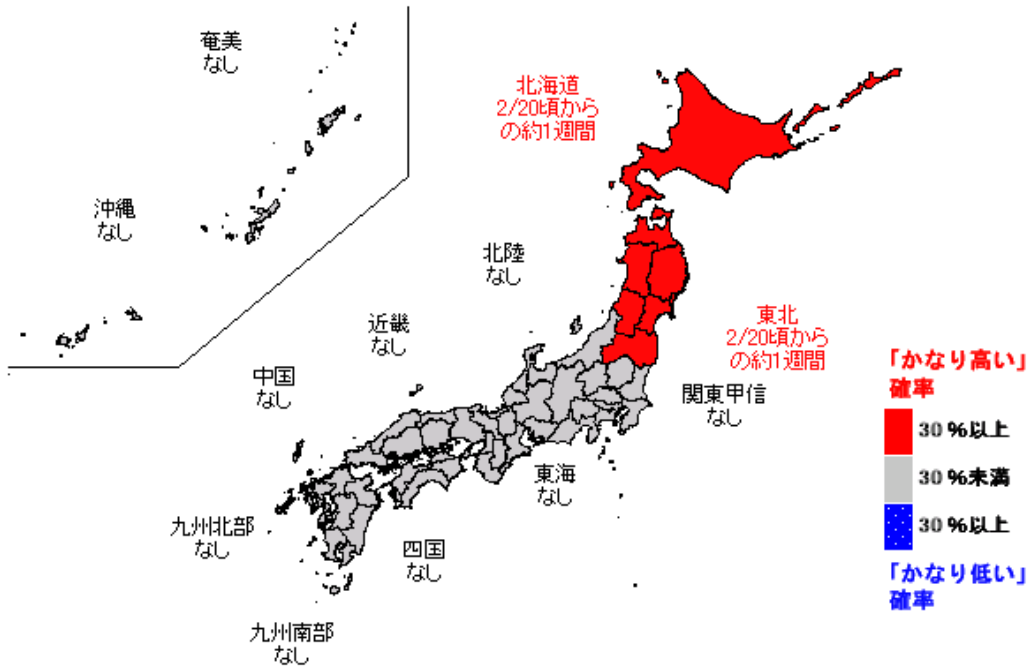
- 異常天候早期警戒情報で提供される確率予測資料を利用して、**定量的な意思決定**を行う方法について検討する。

異常天候早期警戒情報(1)

平均気温 平成22年2月12日発表

情報の対象期間: 2月17日～2月26日

「かなり高い」または「かなり低い」確率が30%以上の地域
 地域名の下に示す期間は、30%以上と予想される期間
 地図をクリックすると、該当地域の発表状況や内容を表示します。



All rights reserved. Copyright © Japan Meteorological Agency

出所: 気象庁ホームページ 2010年2月12日発表

異常天候早期警戒情報は、

情報発表日の5日後から14日後
 を対象として、7日間平均気温が
 「かなり高い」または「かなり低い」
 確率が30%以上と見込まれる
 場合に発表。

なお、確率予測資料は気温予想
 に関わらず、毎週火曜日と金曜日
 に発表されている。



1971年～2000年の30年間の気温
 の出現率による階級区分

異常天候早期警戒情報(2)

異常天候早期警戒情報(確率予測資料): 金沢 - Microsoft Internet Explorer

http://ds.data.jma.go.jp/emd/cpd/soukei/guidance/index.php?n=47605

気象庁 Japan Meteorological Agency

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識

異常天候早期警戒情報(確率予測資料) > 確率予測資料

異常天候早期警戒情報(確率予測資料): 金沢

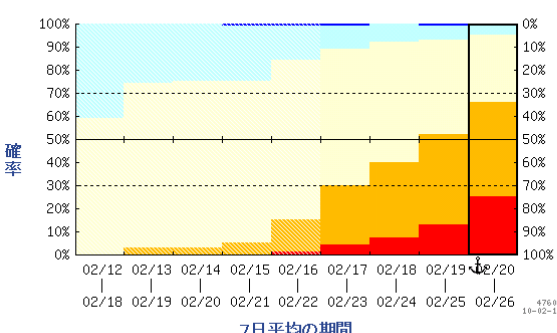
地域: 金沢 都道府県から選ぶ 初期値: 2010年2月11日

7日平均気温が各階級に入る確率(2010年02月20日からの1週間): 金沢

低い		平年並	高い	
かなり低い	低い		高い	かなり高い
+1.4°C以下	+1.5°C以上+3.0°C以下	+3.1°C以上+5.0°C以下	+5.1°C以上+6.7°C以下	+6.8°C以上
0%	5%	29%	41%	25%

7日平均気温の予想確率時系列図: 金沢

グラフにカーソルを合わせると、上の確率の表と下の確率密度分布図が対応する日付のものに変わります。2/17以降の期間について選択可能です。



時系列図

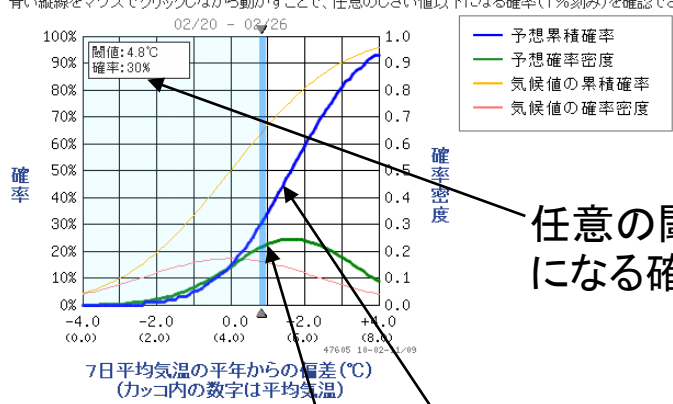
異常天候早期警戒情報(確率予測資料): 金沢 - Microsoft Internet Explorer

http://ds.data.jma.go.jp/emd/cpd/soukei/guidance/index.php?n=47605

7日平均の期間

7日平均気温平年偏差の日別累積確率・確率密度分布図: 金沢

青い縦線をマウスでクリックしながら動かすことで、任意のしきい値以下になる確率(1%刻み)を確認できます。



任意の閾値以下になる確率

累積確率

確率密度分布

確率予測資料のダウンロード: 金沢

予想累積確率をCSV形式ファイルでダウンロードできます。

ファイルのダウンロード (CSV形式) (約2KB)

確率予測資料について

確率予測資料のダウンロード(CSVファイル)

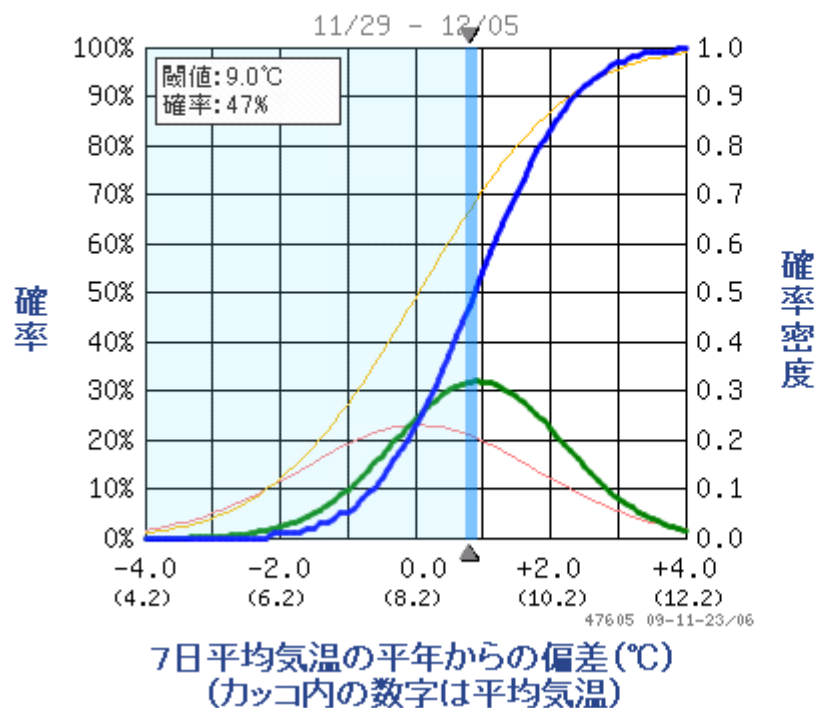
著作権・リンク・個人情報保護 | 利用上の注意について(免責事項)

かなり低い: 低い: 平年並: 高い: かなり高い
各々の確率

確率予測資料の利用(1)

7日平均気温平年偏差の日別累積確率・確率密度分布図:金沢

青い縦線をマウスでクリックしながら動かすことで、任意のしきい値以下になる確率(1%刻み)を確認できます。



- 予想累積確率
- 予想確率密度
- 気候値の累積確率
- 気候値の確率密度

コスト/ロス・モデル

	9°C未満	9°C以上
対策アリ	C	C
対策ナシ	L	0

C :対策費 L :損失

確率 P $P \geq \frac{C}{L}$

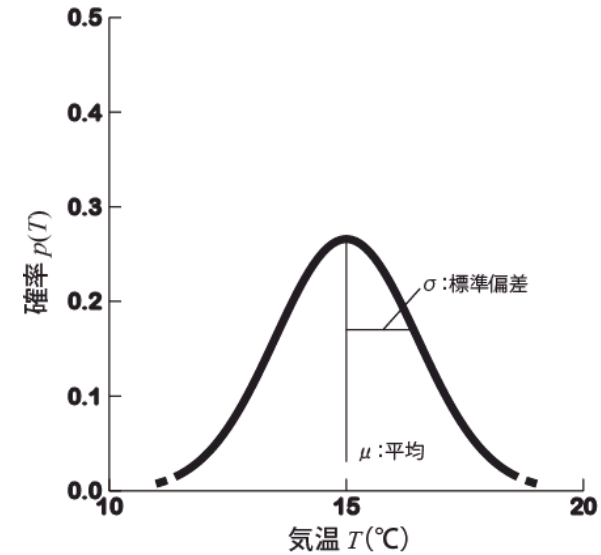
出所:気象庁ホームページ 2009年11月24日発表より一部抜粋

確率予測資料の利用(2)

より一般化すると・・・?

発注量 q	行動代替案	気温 T			
		天候状態			
		W_1	W_2	...	W_m
	A_1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1m}
	A_2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2m}
	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	A_n	R_{n1}	R_{n2}	...	R_{nm}
	確率	$P(W_1)$	$P(W_2)$...	$P(W_m)$

A_i : 行動代替案, W_j : 天候状態, R_{ij} : ペイオフ,
 $P(W_j)$: 各天候状態の確率



$$p(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(T - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

気温 T の予想確率密度関数 $p(T)$
 平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布

商品の在庫管理における意思決定

- 商品売上が気温 T のみに左右される関数 $y(T)$

$$y(T) = aT^2 + bT + c$$

- 気温 T の確率分布 $p(T)$ が、平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布

$$p(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(T-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

- 理論的な売上期待値

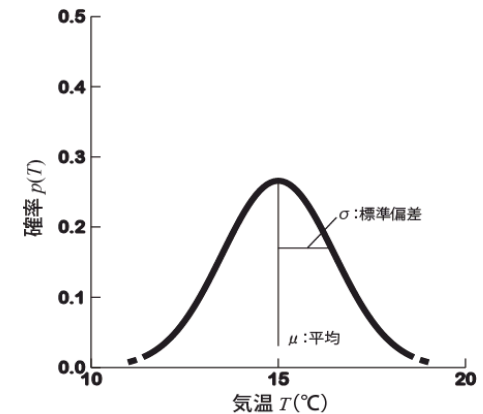
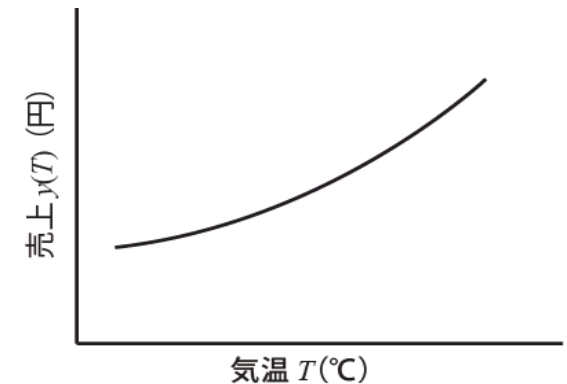
$$\text{売上期待値} = \sum \{(\text{売上}) \times (\text{確率})\}$$

$$E[y(T)] = \int_T y(T)p(T) dT$$

$E[y(T)]$: 期待値

$y(T)$: 気温 T における売上

$p(T)$: 気温 T の確率密度関数



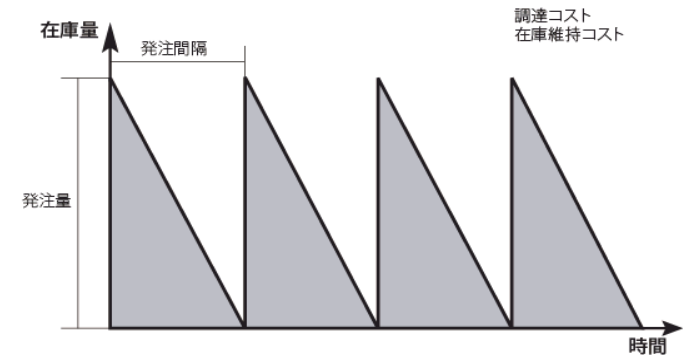
商品の在庫管理における意思決定

最適発注量 (EOQ : Economic Order Quantity)

- 在庫問題における最適発注量 (EOQ)

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{c}}$$

q^* : 最適発注量 (EOQ)
 D : 需要量
 K : 1回当たり調達コスト
 c : 単用量当たり在庫維持コスト



需要量 D が、気温 T での理論的な売上の期待値 $E[y(T)]$ によって算出されるなら、気温 T での理論的な需要量 $D'(T)$ は、

$$D'(T) = kE[y(T)] \quad k: \text{係数}$$

よって、予想される気温 T での最適発注量 $q^*(T)$ は、

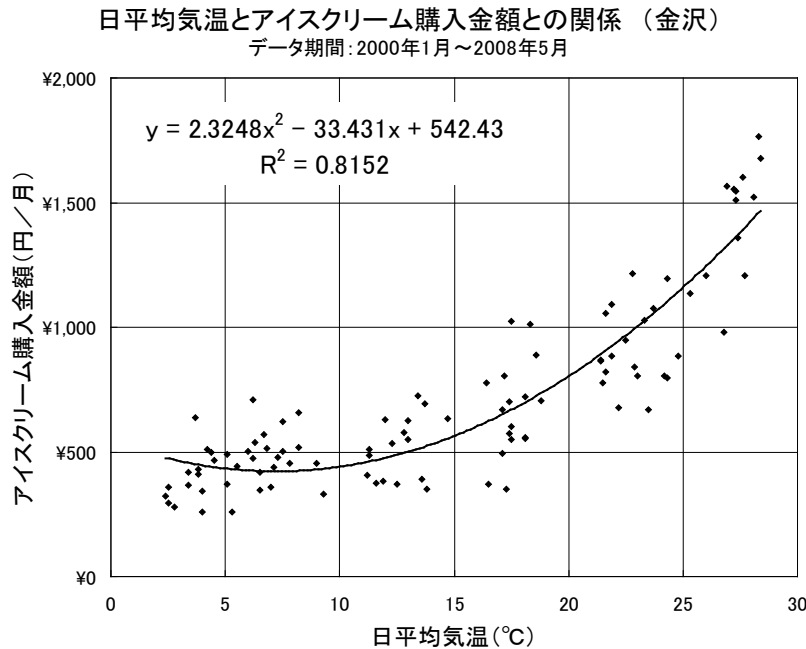
$$q^*(T) = \sqrt{\frac{2KD'(T)}{c}}$$

商品発注量の意思決定(仮想店舗への適用例) その1

石川県金沢市近郊のある商店におけるアイスクリームの発注



(photo : JAIST shop)



1回当たり調達コスト $K=500$ (円/回)
 単位量当たり在庫維持コスト $c=10$ (円・回/個)
 この商店の商圈対象世帯数 200(世帯)
 商品単価 120(円/個)

金沢における月毎の日平均気温 $T(^{\circ}\text{C})$ ^[1]と

1世帯当たりアイスクリーム・シャーベット
購入金額 $y(T)$ (円/月・世帯)^[2]との関係

$$y(T) = 2.32T^2 - 33.4T + 542$$

決定係数 $R^2 = 0.82$

統計データ出所:

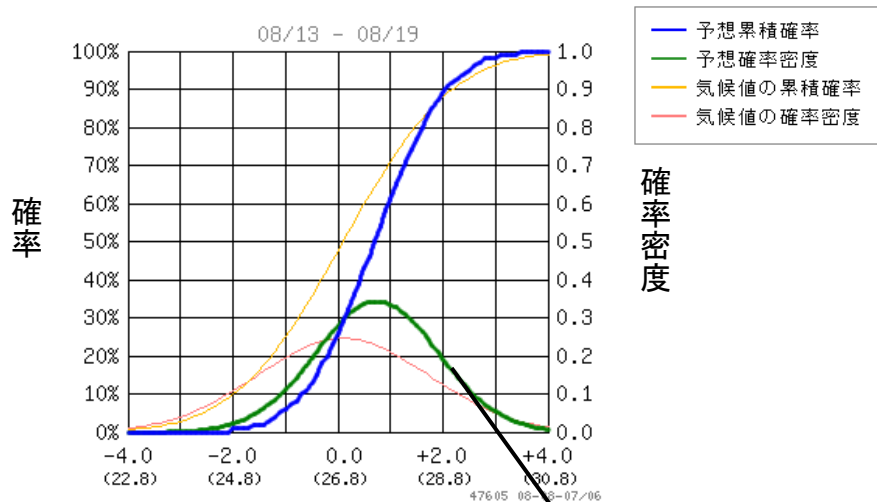
[1] 気象庁ホームページ

[2] 総務省統計局「家計調査」

予想気温の確率分布

7日平均気温平年偏差の日別累積確率・確率密度分布図: 金沢

(2008年8月7日初期値:2008年8月13日~19日)



7日平均気温の平年からの偏差(°C)
(カッコ内の数字は平均気温)

予想確率密度(グラフより読取)
予想平均気温 $\mu=27.5(^{\circ}\text{C})$
標準偏差 $\sigma=1.07(^{\circ}\text{C})$

期待値および最適発注量の算出

$$\text{売上期待値 } E[y(T)] = \int_T y(T)p(T) dT \approx \sum_T y(T)p(T)\Delta T$$

$$\text{最適発注量 } q^*(T) = \sqrt{\frac{2KD'(T)}{c}}$$

商品発注頻度を週1回とすれば、
最適発注量 $q^*(T)$ は、

$$q^*(T) = 240 \text{ (個/回)}$$

商品発注量の意思決定(仮想店舗への適用例) その2

チョコレートとアイスクリーム、どれだけ発注？

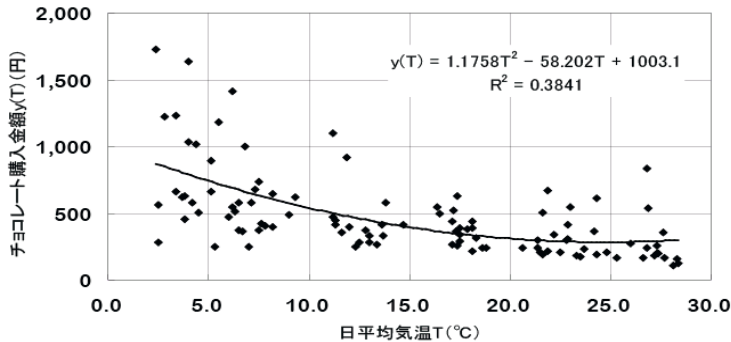
気温と商品購入金額との関係

データ出所: 気象庁「気象統計情報」、総務省統計局「家計調査」



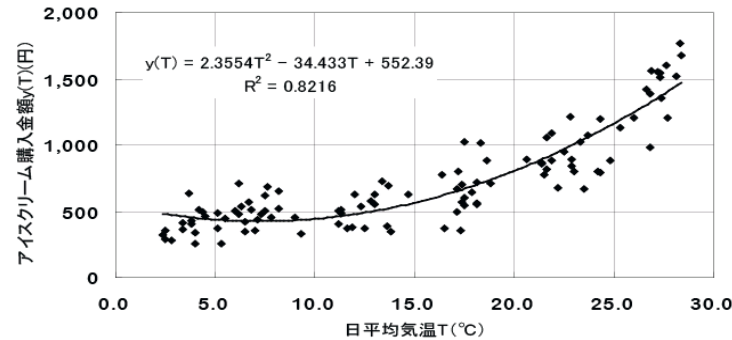
チョコレート

世帯当たりチョコレート購入金額と日平均気温との関係(金沢)
2000年1月～2008年12月



アイスクリーム

世帯当たりアイスクリーム購入金額と日平均気温との関係(金沢)
2000年1月～2008年12月



(photo : JAIST shop)

確率予測資料

前半(2009年2月16日からの1週間)

後半(2009年2月23日からの1週間)

7日平均気温が各階級に入る確率(2009年02月16日からの1週間): 金沢

かなり低い	低い	平年並	高い	かなり高い
+1.1℃以下	+1.2℃以上+2.7℃以下	+2.8℃以上+4.9℃以下	+5.0℃以上+6.5℃以下	+6.8℃以上
22%	46%	31%	1%	0%

低め予想

7日平均気温が各階級に入る確率(2009年02月23日からの1週間): 金沢

かなり低い	低い	平年並	高い	かなり高い
+1.8℃以下	+1.9℃以上+3.3℃以下	+3.4℃以上+5.1℃以下	+5.2℃以上+6.9℃以下	+7.0℃以上
0%	2%	21%	46%	31%

高め予想

		前半(低め予想) 2009年2月16日～	後半(高め予想) 2009年2月23日～
予想気温の平均値		3.9℃	4.3℃
チョコレート	売上期待値	880円/月	694円/月
	最適発注量	229個/回	203個/回
アイスクリーム	売上期待値	490円/月	434円/月
	最適発注量	108個/回	102個/回

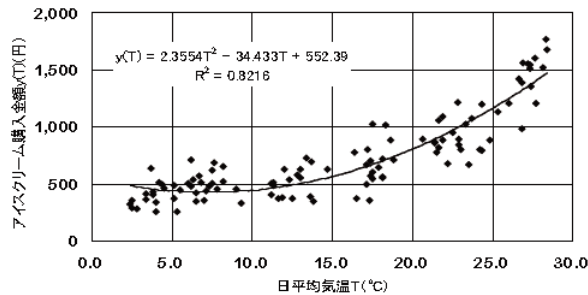
商品発注量の意思決定(仮想店舗への適用例) その3

発注量と在庫数の変動—確率予測資料に基づいた発注(最適・多め・少なめ)

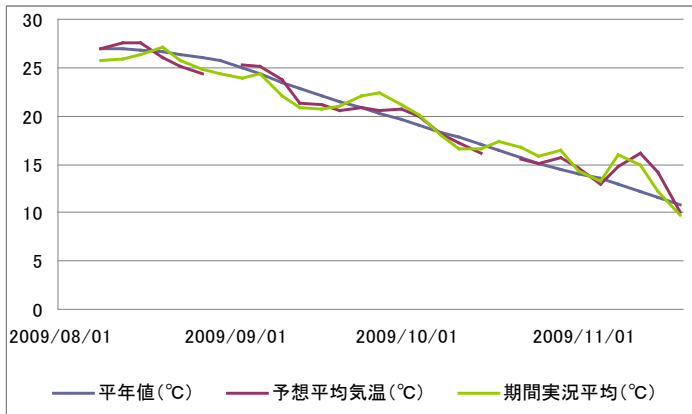


アイスクリーム

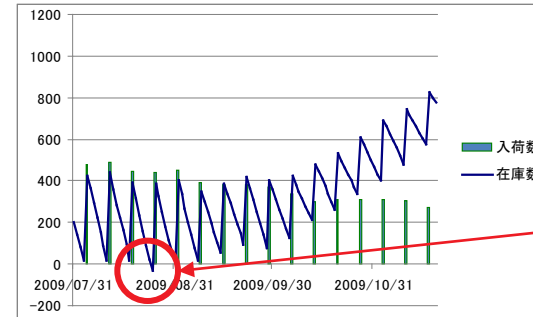
世帯当たりアイスクリーム購入金額と日平均気温との関係(金沢)
2000年1月~2008年12月



適用期間: 2009年7月31日(金)~11月19日(木)

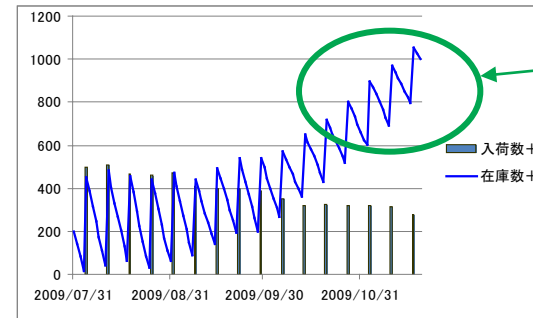


最適



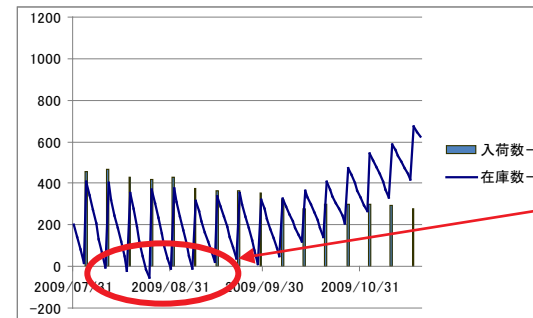
在庫切れ

多め



過剰在庫

少なめ



在庫切れ

まとめと今後の課題

• まとめ

- 異常天候早期警戒情報の確率予測資料を利用して、商店の商品発注事例について検討し、
 - 商品の最適発注量の意味決定
 - 提供(発注)商品の意味決定
 - 在庫量の変動の試算を行った。

• 今後の課題

- ここでは、最適発注量が気温だけに左右されると仮定した考察した。
 - 実際の商店へ適用する際には、**気温以外の要素**をよく考慮する必要がある。
- 発注回数や商品種類が多くなれば、最適発注量を算出するための計算量も多くなる。
 - 確率予測資料の気温の**確率密度分布(平均、標準偏差)**の算出
 - 最適発注量算出のための**計算自動化**
- 確率予報を利用した意思決定に関する研究(第3報) – 続く？

Thank you for your attention

ご清聴ありがとうございます。

一般社団法人 日本気象予報士会
北陸支部 支部長兼事務局(連絡担当)

平松 章男

(気象予報士登録番号第3796号)

E-mail: fwgj6015@mb.infoweb.ne.jp

