

# 「気象要素の地域差加算モデル」による家庭用エアコンの全国需要分析

栗原 剛 (埼玉支部)

## 1. はじめに

一般に、家庭用エアコン（以降、エアコンと呼ぶ）のような製品は、季節による需要の変動（季節依存性 [1]）が大きいため、需要に対するアジル（俊敏）な生産が難しい。しかしながら、精度の高い需要予測を行うことができれば、周到な生産・調達の事前準備により需要変動を吸収することも可能になる。

そこで、筆者の先行研究[1] [2]では、季節依存性の大きい製品の典型としてエアコンを取り上げ、気象要素に注目した「地域需要分析モデル」を提案している。本研究では、こうしたモデルを拡張し、気象の地域特性を加味した「全国需要分析モデル」を新たに提案し、出荷データによる実証分析を行う。

## 2. 本研究の提案モデル

### 2.1 問題の定式化

筆者は、先行研究[1] [2]において気象（気候）と「エアコン」の需要との関係に焦点を当て、(1)式のようなエアコン需要の予測モデルを提案した上で、関東の需要データと東京の気象データを用いてエアコンの地域需要を分析している。

$$s_t = a_0 + \sum_{i=1}^9 a_i x_{it} + e_t \quad (1)$$

ただし、 $s_t$ ：エアコン販売数（関東地区）

$x_{it}$ ：気象要素（東京）  $t$ ：月次番号

$i$ ：気象要素番号（表1参照）

$a_i$ ：気象要素のパラメータ（偏回帰係数）

$a_0$ ：定数項  $e_t$ ：残差項

表1. 気象要素と気象要素番号の対応関係

気象要素	対象月	気象要素番号	
平年値	気温	当月	$i=1$
		前月	$i=2$
		前々月	$i=3$
		前前々月	$i=4$
	降水量	前月	$i=5$
		前々月	$i=6$
平年偏差	気温	当月	$i=7$
		前月	$i=8$
		前前々月	$i=9$

このモデルは、説明変数となる気象要素（平均気温と降水量）を、「平年値」と「平年偏差」に分解し、当月から3ヶ月前（前々々月）までの月から有意な月を選択した、エアコンに関する地域需要の分析モデルである。

こうした需要分析モデルにおいて、全国レベルでの需要予測を高い精度で行うためには、地域の気候特性を考慮し、全国の需要と地域の気候との間の関係を定量的に把握する必要がある。そこで、(1)式のような通常の重回帰分析モデル（以降、「通常モデル」と呼ぶ）に対して、筆者らの先行研究[3]をふまえ、

WADDALS（Weighted ADDitive model based on the Alternative Least Squares[4]）を基にしながら、(1)式に対して地域が需要に与える影響の大きさを表す地域ウェイト  $w_k$ （地域  $k$  の気候が全国の出荷数  $y_t$  に与える影響力の大きさを表すパラメータ）を導入することにより、これらの関係を(2)式のように定式化する。

$$y_t = \sum_{k=1}^n w_k \sum_{i=1}^9 a_i x_{itk} + e_t \quad (2)$$

ただし、 $y_t$ ：全国のエアコン出荷数

$x_{itk}$ ：地域の気象要素

$i$ ：気象要素番号（表1参照）  $t$ ：月次番号  $k$ ：地域番号

$a_i$ ：気候ウェイト（偏回帰係数）  $e_t$ ：残差項

### 2.2 パラメータの推定方法

本研究の提案モデルは、上記のように2種類のパラメータ群（気候ウェイト  $a_i$  と地域ウェイト  $w_k$ ）を持ち、しかも2種類のパラメータ群の結合則が「積」の形式となっているため「分離可能」[5]ではなく、一度にこれらの最小二乗解を推定することはできない。

そこで、こうした分離可能でないパラメータ群に対して、交互最小二乗法[4]のアルゴリズムを導入することにより、下記のような手順で気候ウェイト  $a_i$  と地域ウェイト  $w_k$  を推定することを試みる。本研究の提案モデルにおけるパラメータ推定の手順は、step1～step4となる。

#### step1) 地域ウェイト $w_k$ の初期値の設定

$w_k$  の初期値を  $\sum w_k = 1$  となるように設定する。

#### step2) 気候ウェイト $a_i$ の推定

step1 で設定した地域ウェイト  $w_k$  の初期値を用いて、

$$u_{it} = \sum_{k=1}^n w_k x_{itk} \quad (3)$$

$u_{it}$  を算出し、最小二乗法で気候ウェイト  $a_i$  を推定する。

#### step3) 地域ウェイト $w_k$ の推定

step2 で推定した気候ウェイト  $a_i$  を用いて、

$$v_{tk} = \sum_{i=1}^9 a_i x_{itk} \quad (4)$$

$v_{tk}$  を算出し、最小二乗法で地域ウェイト  $w_k$  を推定した後、推定した  $w_k$  を  $\sum w_k = 1$  となるように基準化する。

#### step4) 収束条件の確認・終了

所定の収束条件（重相関係数  $R$  の変化量が一定値以下）を満足するまで step2 と step3 を繰り返す。満足した場合は、計算を終了する。

### 3. 提案モデルの実証分析

#### 3.1 分析方法

気象庁の分類に基づき、全国を大きく北日本、東日本、西日本の3地域に分け、各地域から地理的に離れた大都市として、札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡の計6都市を、最初の候補として選ぶ。次に、地域ウェイトの妥当性検証により、逐次地域・都市を絞り込ながら、2.2 パラメータの推定方法に基づき、全国のエアコン出荷数（社団法人日本冷凍空調工業会[6]の毎月の国内出荷データ）と各地域の気象データ（気象庁 統計データ[7]）を用いて、3年間（2007年9月～2010年8月）の需要分析を行うことにする。

#### 3.2 分析結果

地域の選択経過は、表2のとおりである。最初の6都市の場合、正であるはずの地域ウェイトが、大阪と仙台では負となっているため、この2都市を除去して4都市で分析した。次に、4都市の場合、名古屋の地域ウェイトが負となっているため、名古屋を除去して3都市で分析した。その結果、表2のとおり、地域・都市として東京、札幌、福岡の3都市を選択し、その場合の気候ウェイトを算出した結果が、表3である。

表2. 地域ウェイトのための都市選択の経過

	6都市	4都市	3都市
重回帰係数R	0.994	0.987	0.987
AIC	950.2	971.3	970.8
東日本			
東京(T)	0.977	0.480	0.278
名古屋(N)	0.835	-0.237	
西日本			
大阪(O)	-1.082		
福岡(F)	0.886	0.592	0.531
北日本			
札幌(Sa)	0.338	0.164	0.190
仙台(Se)	-0.953		

表3. 地域差加算モデルの回帰統計量

説明変数	気候ウェイト (偏回帰係数)	標準偏回帰係数
平年値 (気温)	当月( $a_1$ )	299025
	前月( $a_2$ )	-189131
	前々月( $a_3$ )	52029
	前前々月( $a_4$ )	107857
平年値 (降水量)	前月( $a_5$ )	-15241
	前々月( $a_6$ )	-12363
平年偏差 (気温)	当月( $a_7$ )	92343
	前月( $a_8$ )	-11736
	前前々月( $a_9$ )	-45762

#### 3.3 考察

##### 3.3.1 地域ウェイトと気候ウェイト

表2から次のような知見が得られる。まず、地域ウェイトは、福岡が0.53、札幌が0.19、東京が0.28となっている。このことから、エアコンに関する日本全体の気候値は、日本の西にある、福岡の気象によって主に形成されると推測できる。

次に、表3の気候ウェイトの標準偏回帰係数をみると、過去30年間の平均で年によって変化しない、「平年値」部分が、年によって変化する、「平年偏差」部分に比べ、非常に大きいことがわかる。また、「平年値」の中では、降水量に比べ、気温の影

響が大きいこともわかる。

##### 3.3.2 提案モデルの評価

表4は、「地域差加算モデル」と「通常モデル」で全国需要を分析した結果の比較表である。まず、「地域差加算モデル」の重相関係数は0.987となり、「通常モデル」より0.05以上改善し、需要予測を精度高く行える可能性を有していることがわかる。

次に、地域差加算モデルの予測精度を実際に検証するために、需要のピークを迎える期間（2011年4月～9月）について、留保データ（気象実績データとエアコンの全国出荷実績データ）を用いてエアコンの全国需要を予測し、分析した結果を表5に示す。表5によれば、需要の急激なピーク状態である6月～7月は4～6%の誤差に収まっていることがわかる。

以上のことは、「地域差加算モデル」がその高い需要予測の精度によって、需要変動に対する生産・調達の事前準備をより効率的に行える可能性を示唆するものである。

表4. 地域差加算モデルと通常モデルとの比較

モデル名	地域	重相関係数 R	決定係数 R <sup>2</sup>	AIC
地域差加算モデル (2)式	東京	0.987	0.974	970.8
	福岡			
	札幌			
重回帰分析モデル (1)式	東京	0.932	0.868	976.4
	福岡	0.894	0.800	991.4
	札幌	0.885	0.783	994.2

表5. 留保データによる出荷数の予測

年月	出荷実績数A	予測値B	残差C=B-A	比率D=C/A
2011/4	560,537	612,645	52,108	9%
2011/5	806,748	706,919	-99,829	-12%
2011/6	1,470,346	1,377,286	-93,060	-6%
2011/7	1,506,207	1,452,320	-53,887	-4%
2011/8	646,501	621,284	-25,217	-4%
2011/9	431,237	384,733	-46,504	-11%

#### <参考文献>

- [1] 栗原剛：“季節依存性に注目したエアコン需要量の分析モデル”，明治大学大学院商学研究論集，No.36，pp.351-350，2012
- [2] 栗原剛：“季節依存性に注目したエアコン需要量の分析モデル—気象の平年値・平均偏差データの活用—”，第4回日本気象予報士研究成果発表会予稿集，2012
- [3] 栗原剛，山下洋史：“気象要素データを用いたエアコン需要予測の地域差加算モデル”，日本経営システム学会論文誌，Vol.29，No.1，pp43-48，2012
- [4] Takane,Y., Young,F.W. and de Leeuw, J.: “An Individual Differences Additive Model : An Alternating Least Squares Method with Optical Scaling Features”，Psychometrica, Vol.45, pp.183-209(1980)
- [5] 高根芳雄：“心理学における非計量データ”，東京大学博士学位論文，1976
- [6] 社団法人 日本冷凍空調工業会：<http://www.jraia.or.jp>
- [7] 気象庁：<http://www.data.jma.go.jp/ob>