

# 気象データを用いる売上予測ファジィ推論モデル

中村 俊輔<sup>\*1</sup> 古殿 幸雄<sup>\*2</sup>

## A Fuzzy Reasoning Forecasting Model Using Meteorological Factors

Shunsuke Nakamura<sup>\*1</sup> Yukio Kodono<sup>\*2</sup>

### Abstract

In order to construct a consumer demand forecasting model, daily sales at an apparel store and meteorological factors, such as temperature, were investigated and the relationship between them clarified using statistical methods. Specifically, the relationship between daily sales, number of customers and meteorological factors was determined using decentralized analysis.

### キーワード

気象データ、需要予測、相関、分散分析、ファジィ推論

### 1. まえがき

本論文では、ファジィ推論を用いた消費者の需要予測モデル構築のために、あるアパレル店舗の1年間分の日々の売上高を調査し、同時に気温や湿度などの気象データを調査した。そして、これらの関係を統計的に明らかにすることで、消費者の需要予測モデルの構築を、気象データを用いて行う。通常、日々の売上高に影響を与える要因としては、新聞、ラジオ、雑誌、TV、インターネットやダイレクトメールなどによる広告、友人や知人などによる評判、立地条件、競合店、接客サービスおよび店の雰囲気などの要因が考えられる。しかしながら、柳原によって、食品の売れ行き、スーパーマーケット、ファミリーレストランの客足など人間活動に対する気象の影響の解析および地上気温と500mb高度偏差との解析が報告<sup>[1]</sup>され、また、著者らによって、ファーストフード店およびファミリーレストランの売り上げが、気温に影響されていることが報告<sup>[2]</sup>され、そのファジィ推論モデルの構築について報告されている<sup>[3]</sup>。その後、フィットネスクラブの来客数が、気象要因に影響されることが報告され、そのファジィ推論モデルについても提案されている<sup>[4]~[8]</sup>。

本論文では、あるアパレル店舗の2005年9月から2006年8月までの1年間分の日々の売上高のデータと、気温や湿度などの気象データを用いてファジィ推論モデルの構築を前提

\*1 なかむら しゅんすけ：大阪国際大学大学院経営情報学専攻博士課程〈2007.6.15受理〉

\*2 こどの ゆきお：大阪国際大学経営情報学部教授

に、1ヶ月間のデータを用いて有用になるであろう要因を見つけ出す事とした。まず、売上高と気象要因の互いの相関関係を求め、有用な要因を見つけ出す事としている。そこで抽出された要因から、分散分析を適用する事で日々の売上高や来客数と気象要因との関係について解析を試み、この解析結果から、気象要因を選定し、有用性のある気象要因について検討している。そして、得られた気象要因を用いて売上予測を行うファジィ推論モデルを構築している<sup>[9]</sup>。

## 2. データ調査

ファジィ推論を用いた消費者の需要予測モデル構築のために、岡山県にあるアパレル店舗の2005年9月から2006年8月までの1年間分の日々の売上高のデータを用い、岡山測候所の気温や湿度などの2005年9月から2006年8月までの気象データを用いる<sup>[7]</sup>。そして、ファジィ推論による消費者の需要予測モデルの構築を考慮して、気象データをファジィ推論モデルを構築しやすいように、おおよその気温などで層別して解析を行う。例えば、26.7℃などの気象データに対して、おおよそ27℃などを用いる。これらの調査データに対し、分散分析を適用する事で日々の売上高と気象要因との関係について解析を試みる。ここで得られた日々の売上高と気象要因の関係から、ファジィ推論モデルを構築する。このファジィ推論では、おおまかな分類をする事により、基本的なルールを作成し、このルールから、実際のデータがおおまかな分類データに完全に合致しなくとも、推論が可能で、推論結果から非ファジィ化により結論を導く事が出来る。例えば、気温が売上高に影響を与えるのであれば、気温が高い日は、売上高が高くなるとか、気温が低い日は、売上高が低くなるなどの傾向が見つかれば、次のようなファジィ推論ルールを作成する事が出来る。

- ルール1：IF 気温は高い THEN 売上高は高くなる  
 ルール2：IF 気温は低い THEN 売上高は低くなる etc

そして、実際の気温として、27.5℃などのデータが入力され、ルール1とルール2の適合度から、来客数に関する出力を推論する。調査データの一部を表2-1、表2-2に示す。

表2-1 気象データ

日付	曜日	湿度(%)	最低気温(°C)	気温差(°C)	最高気温(°C)
1日	火曜	72	26.0	7.3	33.3
2日	水曜	71	26.8	6.3	33.1
3日	木曜	66	26.0	8.7	34.7
4日	金曜	64	25.3	9.8	35.1
5日	土曜	62	25.7	10.3	36.0
6日	日曜	63	26.0	9.8	35.8
7日	月曜	60	25.9	10.0	35.9
8日	火曜	53	27.2	9.4	36.6
9日	水曜	49	26.1	12.2	38.3
10日	木曜	58	25.5	11.3	36.8
11日	金曜	67	25.1	11.5	36.6
12日	土曜	69	24.3	10.0	34.3
13日	日曜	68	24.6	9.2	33.8
14日	月曜	67	26.8	7.9	34.7
15日	火曜	57	26.1	11.6	37.7
16日	水曜	59	26.9	7.9	34.8
17日	木曜	66	26.9	6.9	33.8
18日	金曜	74	26.2	5.1	31.3
19日	土曜	76	26.8	6.5	33.3
20日	日曜	71	27.4	6.2	33.6

表2-2 売上高データ

日付	曜日	売上(¥)	日付	曜日	売上(¥)
1日	火曜	87,635	9日	水曜	104,480
2日	水曜	95,618	10日	木曜	108,126
3日	木曜	95,129	11日	金曜	108,037
4日	金曜	92,482	12日	土曜	217,143
5日	土曜	162,457	13日	日曜	192,442
6日	日曜	171,505	14日	月曜	140,392
7日	月曜	82,094	15日	火曜	173,307
8日	火曜	107,538	16日	水曜	172,169

### 3. 相関

ある原因によって結果が生じるときに、原因と結果の間には相関関係があるという。ただし、実際にはある測定値の連続的な変化に対して、他の測定値が連続して変化する場合、これらの上に相関関係があるという。これは計量値に対していえることであって、計数値に対してはいえないことである。

相関関係を調べるには、まず、2つの変量の測定値を対応させた組をグラフ上にプロットする。これを散布図という。散布図を描くと、2つの量の間の関係がどのようなものであるかが大まかにわかる。たとえば、 $x$ が大きくなると $y$ が大きくなるような関係を正相関といい、反対に $x$ が大きくなると $y$ が小さくなるような関係を負相関という。

2つの量の間に、正相関の関係があるか負相関の関係があるかどうかは、相関係数を計算すればわかる。散布図上で点がすべて右上がりの直線上にのるときは、相関係数は1であり、右下がりの直線上にのるときは、相関係数は-1である。またxとyとの間に全く関係のないときは相関係数は0となり、これを無相関という。このように常に $-1 \leq$ 相関係数 $\leq 1$ の間の値を取る。

今回の、調査データに対して導き出された相関係数を表3-1に示す。

表3-1 相関係数

	湿度 (%)	最低気温 (°C)	気温差 (°C)	最高気温 (°C)	売上 (¥)
湿度 (%)	1	-0.07842	-0.67450	-0.72632	-0.17648
最低気温 (°C)	-0.07842	1	-0.32073	0.31167	-0.07339
気温差 (°C)	-0.67450	-0.32073	1	0.80003	0.41200
最高気温 (°C)	-0.72632	0.31167	0.80003	1	0.36683
売上 (¥)	-0.17648	-0.07339	0.41200	0.36683	1

表3-1より、気象要因と売上高との相関を見た際に、気温差と売上高の相関係数が、0.41200であり、最高気温と売上高の相関係数が0.36683なので、これらの気象要因と売上高との相関が全体と見比べて高い。

そこで、今回は気温差と最高気温の気象要因を使い分析を進めていくこととする。

#### 4. 分散分析

ここでは、調査データの要因間の関係を分析するために分散分析を試みる。分散分析は、すべてのデータの変動（平方和）を、偶然原因による誤差変動（残差平方和）の部分と条件が異なることによる変動（処理平方和）の部分とに分解することで、統計的な判断を下す手法である。

今回調査した表2-1、2-2のデータに対して分散分析を適用する。

そこで、表2-1のデータより、1ヶ月間における気温差は、5.1~12.2°Cであった。これより、7.1°C未満、7.1~9.5°C未満、9.5°C以上の3水準で分析を試みる。3水準に分けたのは、気温差を低い、中位、高いと想定したからである。このときの結果が、表4-1である。

表4-1 売上高一気温差の分散分析

要因	変動	自由度	分散	分散比	P-値	F(0.05)
回帰	15044740652.0	2	7 522370326.0	3.6019	0.0405	3.3404
残差	58476272574.8	28	2 088438306.2			
合計	73521013226.8	30				

表4-1より分散比は、有意水準5%で有意であった。したがって、売上高は、1日の気温差で、差があると考えられる。

次に、表2-1のデータより、1ヶ月間における最高気温は、29.8~38.3°Cであった。これより、気温差での分析の時と同様に3水準で分析を試みる。3水準に分けたのは、最

高気温を低い、中位、高いと想定したからである。この時の結果が表4-2である。

表4-2 売上高-最高気温の分散分析

要因	変動	分散	分散比	P-値	F(0.05)
回帰	9079424863	4539712431	1.972514	0.157967	3.340389
残差	64441588364	2301485299			
合計	73521013227				

表4-2より分散比は有意水準5%で有意ではなかった為、売上高は1日の最高気温で差があるとは考えられない。

## 5. ファジィ推論モデルへの展開

ここでは、売上高と気温差からのファジィ推論モデルを提案する。

売上高と気温差のファジィ推論モデルは、

- IF 気温差が高い THEN 売上げは高い
- IF 気温差が中位 THEN 売上げは中位
- IF 気温差が低い THEN 売上げは低い

という1入力1出力のファジィ推論モデルが考えられる。そして、このファジィルールを用いて実際のデータから構築されたメンバーシップ関数を、図5-1、図5-2に示す。

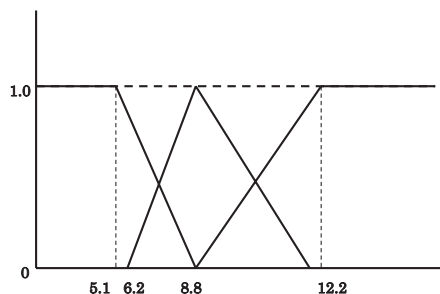


図5-1 前件部のメンバーシップ関数 (気温差)

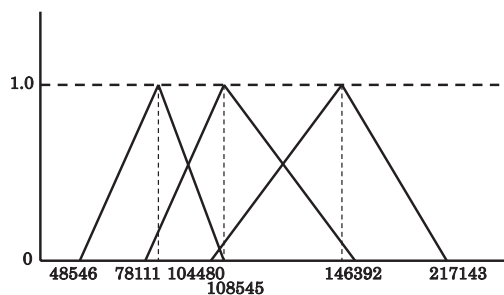


図5-2 後件部のメンバーシップ関数 (売上高)

構築されたファジィ推論モデルから、実際のデータに適応して予測を行う。その結果の一部が表5-1である。

そして、ファジィ推論モデルとの比較のために従来からある回帰分析による予測を行う。その結果の一部が、表5-2である。

表5-1 売上高と気温差のファジィ推論モデル結果

日付	実際の売上高	予測結果	誤差	誤差の割合
1日	87,635	95258.327	7623.327	0.087
2日	95,618	81090.518	-14527.482	0.152
3日	95,129	109407.463	14278.463	0.150
4日	92,482	137390.858	44908.858	0.486
5日	162,457	144985.077	-17471.923	0.108
6日	171,505	137390.858	-34114.142	0.199
7日	82,094	140770.972	58676.972	0.715
8日	107,538	129790.494	22252.494	0.207
9日	104,480	151227.667	46747.667	0.447
10日	108,126	152289.624	44163.624	0.408
11日	108,037	151901.423	43864.423	0.406
12日	217,143	140770.972	-76372.028	0.352
13日	192,442	124989.888	-67452.112	0.351
14日	140,392	101340.447	-39051.553	0.278
15日	173,307	151735.046	-21571.954	0.124
16日	172,169	101340.447	-70828.553	0.411
17日	56,652	90419.511	33767.511	0.596
18日	48,546	79245.667	30699.667	0.632
19日	84,659	84582.675	-76.325	0.001
20日	108,545	79150.261	-29394.739	0.271
21日	68,271	101340.447	33069.447	0.484
22日	60,723	150602.003	89879.003	1.480
23日	92,534	118890.045	26356.045	0.285
24日	94,125	103250.537	9125.537	0.097
25日	124,343	97402.206	-26940.794	0.217
26日	63,385	92933.268	29548.268	0.466
27日	56,433	79244.671	22811.671	0.404
28日	78,111	108290.170	30179.170	0.386

表5-2 売上高と気温差の回帰分析結果

日付	実際の売上高	予測結果	誤差	誤差の割合
1日	87,635	95954.026	8319.026	0.095
2日	95,618	86400.490	- 9217.510	0.096
3日	95,129	109328.975	14199.975	0.149
4日	92,482	119837.864	27355.864	0.296
5日	162,457	124614.632	- 37842.368	0.233
6日	171,505	119837.864	- 51667.136	0.301
7日	82,094	121748.571	39654.571	0.483
8日	107,538	116016.450	8478.450	0.079
9日	104,480	142766.349	38286.349	0.366
10日	108,126	134168.167	26042.167	0.241
11日	108,037	136078.874	28041.874	0.260
12日	217,143	121748.571	- 95394.429	0.439
13日	192,442	114105.743	- 78336.257	0.407
14日	140,392	101686.147	- 38705.853	0.276
15日	173,307	137034.228	- 36272.772	0.209
16日	172,169	101686.147	- 70482.853	0.409
17日	56,652	92132.611	35480.611	0.626
18日	48,546	74936.248	26390.248	0.544
19日	84,659	88311.197	3652.197	0.043
20日	108,545	85445.137	- 23099.863	0.213
21日	68,271	101686.147	33415.147	0.489
22日	60,723	129391.400	68668.400	1.131
23日	92,534	112195.036	19661.036	0.212
24日	94,125	103596.854	9471.854	0.101
25日	124,343	97864.733	- 26478.267	0.213
26日	63,385	94043.318	30658.318	0.484
27日	56,433	75891.601	19458.601	0.345
28日	78,111	108373.622	30262.622	0.387

本モデルの有用性を検討するために、回帰分析結果との比較を行う。その結果が、表5-3である。

表5-3 ファジィ推論モデルと回帰分析との比較結果

	回帰分析	ファジィ推論モデル
誤差の最大値	95394.43	89879.00
誤差の最小値	3652.20	76.33
誤差の平均	33392.66	35205.49
誤差の割合の平均	0.33	0.36

表5-3から、誤差の最大値と最小値において今回提案したファジィ推論モデルの方が良い結果が得られた。それに対し、誤差の平均値及び誤差の割合の平均値では若干回帰分析の方が良い結果になっている。

## 6. 結論

本論文では、ファジィ推論モデルの構築を前提に、1ヶ月間の気象データ（湿度、最高気温、最低気温、気温差（最高気温－最低気温））と年間の営業管理（売上高）データとを用いて有用になるであろう要因について分析を行った。

気象データに関して、湿度、最高気温、最低気温、気温差（最高気温－最低気温）を取り上げたのは、このような気象データは比較的容易に手に入るため、これらのデータからモデルが構築されれば予測が容易に出来ると考えたからである。

次に、相関について述べ、そして、湿度、最高気温、最低気温、気温差、売上高についての相関係数を求め、互いにどれくらいの相関があるかを求め、有用な気象要因について検討した。

そして、求められた気象要因の最高気温、気温差から分散分析を行うことで、売上高が1日の気象要因において差が出るかどうかを検討した。

次に、得られた気象要因を用いて、ファジィ推論モデルの提案を行った。ここでは、気温差から売上高を推論するモデルを提案した。

そして、提案したファジィ推論モデルを用いて、実際のデータに適応し予測を行い、同時に、従来からある分析手法である回帰分析を用いて予測を行った。そこで得られた予測結果から、ファジィ推論モデルと回帰分析との予測結果を比較し、ファジィ推論モデルの有用性を明らかにした。

最後に、本研究によって、気象データが人間の消費行動に影響を与えていることが明らかとなったため、経営データのみならず、社会、経済データを用いて、気象データが人間の行動に及ぼす影響を解明することが可能ではないかと考えられる。例えば、株式市場における投資家の行動の分析などへの展開などが考えられる。

### 参考文献一覧

- [1] 柳原一夫：ファジィ測度による多変量解析とその気象への応用、天気、Vol.38, No.6, pp.381-388、1991
- [2] 古殿幸雄：マーケティング・リサーチにおける感性的要因の考察、福山平成大学経営学部紀要第4号, pp.17-27、1999



### 気象データを用いる売上予測ファジィ推論モデル

- [3] 古殿幸雄：気象データを用いる売上予測ファジィ推論、福山平成大学紀要第6号pp.19-36、2001
- [4] 西本正博：気象データを用いる需要予測ファジィ推論モデルの構築に関する研究、大阪国際大学大学院経営情報学研究所修士学位論文、2002
- [5] 中村俊輔、西本正博、古殿幸雄：ファジィ推論に基づく気象データによる需要予測、第20回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、pp.63-63、2004
- [6] 中村俊輔、古殿幸雄：需要予測のための気象要因の分析とファジィ推論モデルへの展開に関する研究、第21回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、pp.784-787、2005
- [7] 中村俊輔、古殿幸雄：季節型ファジィ推論需要予測モデル、第22回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、pp.359-360、2006
- [8] 中村俊輔、古殿幸雄：気象データを用いる需要予測のための主成分分析、第16回ソフトサイエンスワークショップ講演論文集、pp.102-103、2006
- [9] 中村俊輔、古殿幸雄：気象データを用いたアパレル業界の売上予測ファジィ推論モデル、第17回ソフトサイエンスワークショップ講演論文集、pp.162-163、2007
- [10] <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>、気象観測資料、気象庁