

生活者行動に着目したサービス需要予測技術の検討

Demand forecasting method for service industries focusing on human behavior

竹中 毅^{*1} 石垣 司^{*1} 本村 陽一^{*1}
 Takeshi Takenaka Tsukasa Ishigaki Yoichi Motomura

^{*1} 産業技術総合研究所サービス工学研究センター
 Center for Service Research, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

For the management of restaurants or retail stores, it is important to predict sales or numbers of customers because those are crucial information for stock control and scheduling of employee attendance. This paper introduces a practical demand forecasting method for service industries using large scale purchase data and causal data such as external information about weather, calendar date, and events. It also discusses a management support system for managers in which they can learn the mechanism of customer behavior and can create a new variable for the prediction model.

1. はじめに

小売店や飲食店といった実店舗を持つサービス産業には、様々な目的を持った多様な顧客が不定期に来店するため、彼らが、いつ来店し、何を購買するかという消費者の需要を予測することは本質的に難しい。一方で、顧客の来店行動は、店舗の立地や商圈特性、天候や近隣のイベントの影響を強く受けるため、生活者行動という立場から見れば、そこには、生活の文脈に沿った何らかの理由が存在すると考えられる。そこで、本稿では、生活者の行動に着目し、大規模な購買履歴データと外部環境データ、サービス現場の行動主体の知見を用いた、実用的、かつ知識循環型の需要予測の手法を提案する。また、本手法は、筆者らの一連の発表([石垣, 2011], [本村, 2011])のベースモデルとして位置付けられる。

労働集約型の多くのサービス産業では、商品の仕入れ、従業員のシフト管理のために、日々の来店客数や売上を予測することは極めて重要である。例えば、飲食店においては、投入された従業員数と来店客数との関係は、人時接客数として表れるが、来店客数を過小に予測し、昼のピーク時に従業員数が少なすぎれば、料理の提供遅れなどが発生し、機会損失を起こす。逆に、売上を過大に予測し、原材料や商品を仕入れすぎれば、廃棄ロスが発生する。このように、需要予測の上ブレ、下ブレはともに生産性を低下させるが、そのリスクがどのような構造になっているかを、現場の担当者が客観的に理解することは難しい。例えば、筆者らの調査では、多くの飲食店や小売店では、過去(昨年度や先週)の実績や経験に基づいて、全体的な売上や来店客数の予測を行っている。しかしながら、顧客の来店行動や売上に影響を与える要因(コーザル・データ: causal data)の構造を理解することができれば、より客観的根拠に基づく予測が可能になると考えられる。また、コーザル・データの構造を明らかにすることによって、経営者や店長といった行動主体の気づきを促すとともに、彼らを持つ暗黙的な知識を新たな変数としてモデルに取り入れることのできる対話型、あるいは知識循環型の需要予測モデルの構築を目指した。さらに、業種や業態、立地条件などが異なる複数の店舗の比較を行うことで、店舗特性や商品、来店する顧客の特徴をいくつかのカテゴリに分類することによって、より具体的な施策へと繋げていきたい。

ところで、需要予測の手法に関しては、古くから、相関・回帰分析モデル、時系列分析モデル(移動平均法, ARMA モデル), マルコフ過程モデル, Bass モデルなど、様々な手法が提案されてきた[本多, 2000, 安部 2005]。本稿では、実店舗の大規模な購買履歴データから得られる売上や来店客数を予測対象とし、その背景にある生活者と関連した外部環境要因をコーザル・データとして、予測対象の量を予測することを目的とするため、数量化一類(ダミー変数を用いた重回帰分析)を用いたモデルをベースモデルとした。また、スーパーマーケットやレストランといったサービス産業の業種、業態の特徴を考慮するため、事業者との議論を通して、考え得る様々な説明変数を準備し、さらに実際の購買行動との関係から、有効な変数の設計、選択を行ったところに特徴がある。

2. サービス産業を対象とした需要予測モデルの構築

2.1 ベースモデルの構築

基本となるモデル構築のために、兵庫県を中心に約 150 店舗を展開する流通量販店(スーパー・マーケット)と、関西、関東地区に約 80 店舗の和食店を展開する外食チェーン店の購買履歴データ(流通量販店: 2008 年 10 月~2009 年 10 月, 外食店: 2008 年 10 月~2010 年 9 月)を用いた。その中から、日々の来店客数、売上、個々の商品の販売個数をデータとして抽出し、予測対象とした。次に、外部環境要因に関する説明変数を作成した。まず、対象店舗のある大坂、兵庫、東京地域の天候データ(最高気温、最低気温、湿度、降雨量など)を気象庁のデータから取得した。天候に関するデータは、降雨量と湿度などそもそも相関が高いものも多く、どの指標を用いるかについては、実際の POS データとの相関分析による比較が必要となる。そこで、偏相関分析などを行うことによって、売上や来店者数に大きな影響を与えるものを分析した結果、天候に関する説明変数としては、最高気温と一日の総降雨量を用いることとした。図 1 は、ある外食店舗について、一日の総降雨量と総出品数の関係を示したものである。このような分析から、総降雨量については、10mm 以下の日では、来店客数に有意な影響がないことから、10mm 以上の日と、30mm 以上の日をダミー変数として利用することとした。また、気温については、最高気温の1年間の出現頻度の分布をもとに、ほぼ 6 分割し、それぞれダミー変数とした。また、この変数は季節を表す変数でもあるため、ベースモ

連絡先: 竹中毅, 産業技術総合研究所サービス工学研究センター, 〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6, e-mail: takenaka-t@aist.go.jp

デルには敢えて季節変動に関係する自己回帰モデルなどは入っていない。

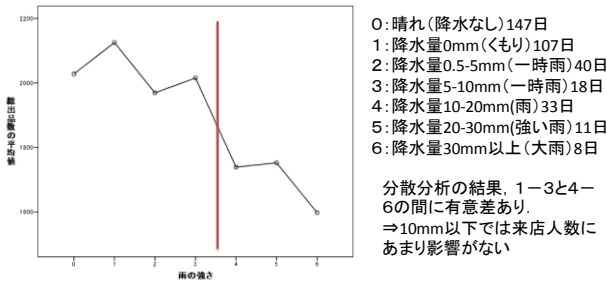


図 1: 雨の強さと外食店舗における総出品数の関係

次に、外部環境に関する別の説明変数として、カレンダー情報からの変数候補の選択を行った。その際、曜日や祝日といった分類だけでなく、祝日前の平日、連休の中日、連休最終日といった、より詳細なカレンダーの定義が必要であることが分析を通して明らかとなった。さらに、業種に特有の文化的な特徴として、外食産業では、忘年会や新年会などの宴会シーズンの特徴を変数として設計した。このような宴会は平日に行われることが多いため、例えば、1月の成人式以前の平日に対して、新年会というダミー変数を与えた。このようなカレンダー情報に加え、特異日として、事前に知り得るいくつかのイベントを変数として用意した。このような実データに基づく試行錯誤を通して、筆者らは小売り、外食用として、現在、約40個の外部環境変数を事前に用意している。さらに、ベースモデルでは、これらの変数からステップワイズ法(変数増減法)による変数選択を行った。これは、回帰係数の検定のためのF値が最大となる変数の組み合わせを逐次的に選ぶ方法であり、これにより、より少ない説明変数で予測ができることに実用的なメリットがある。また、用意した変数間に多重共線性が低いことを確認した。

2.2 ベースモデルによる予測(再現)結果

ここでは、大坂にある大規模な和食レストランと神戸の流通量販店に対して構築された一日の来店者数の予測モデルの例を示す。図2の和食レストランの例では、ここでは、24個の変数の中から、表1に示す16個の変数がステップワイズ法により選択された。このモデルの相関係数と決定係数はそれぞれ $R=0.854$, $r^2=0.73$ となり、全期間の来店者数の再現率(日々の予測外れの絶対値の総和が全期間の総来店数に占める%とした)は87.4%であった。この再現率は外食店舗としては高い値となっている。表1が示しているこの店舗の特徴としては、大きな繁華街に位置するため、土、日、祝日に来店者数が倍増することや、和食店の特徴として寒い時期の方が来店者数が多いこと、また祝日前の平日など、曜日の特性が強く反映されている点である。ちなみに雨の影響は、他店と比べて比較的少ない方であるが、これは、この店が駅前のアーケードにあることと関係していると思われる。

ところで、このモデルでは、図2に示すような特徴的な予測外れが発生している。筆者らはモデルの完全性よりも、このような予測外れの理由を、店長など実際の行動主体と議論し、新たな知識を得ることに意味があると考えている。

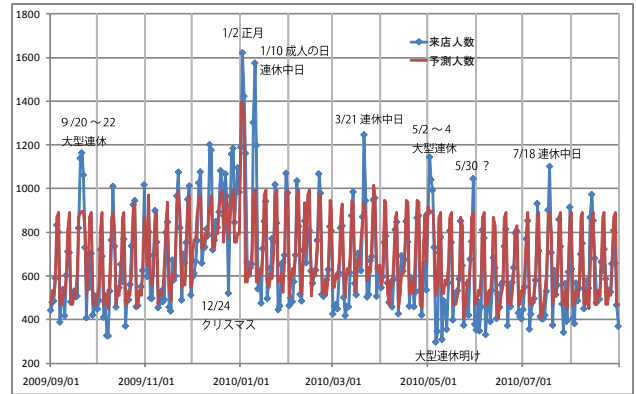


図 2: 和食レストランの来店者予測モデル

表 1: 和食レストランの予測モデルの説明変数

変数	非標準化係数(人数)	標準誤差
定数	471	8
日	420	12
土	398	12
祝	424	27
忘年会(12月平日)	182	19
正月	402	44
金	147	12
最高気温が11°C以下	101	11
最高気温が11°C~16°C	77	11
新年会	192	36
10mm以上	-62	11
最高気温が17°C~21°C	48	11
水	61	12
祝前日の平日(金曜以外)	127	35
木	40	12
送迎会(3月)	68	21
連休最終日	-99	35

図3には、神戸のある流通量販店に対して構築された一日の来店者数の予測モデルの例を示す。ここでは24個の変数の中から、表1に示す16個の変数がステップワイズ法により選択された。このモデルの相関係数と決定係数はそれぞれ $R=0.893$, $r^2=0.797$ となり、全期間の来店者数の再現率は93.8%であった。また、表2に選択された説明変数と係数を示す。

この店舗は、日曜日に来店者数が多いことが第一の特徴として挙げられる。ちなみにこのような特徴を示す店舗は比較的、駐車場が大きいことも調査によってわかった。

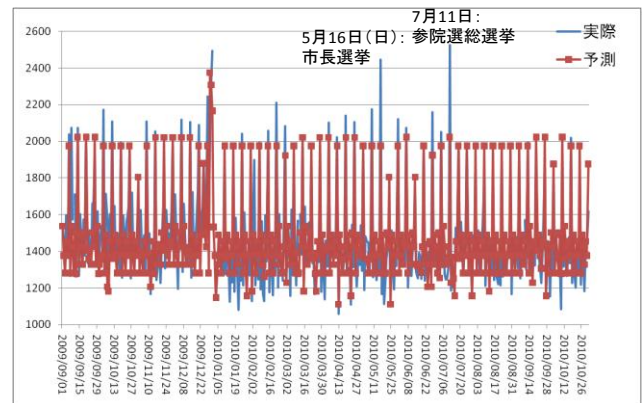


図 3: 流通量販店の来店者予測モデル

表 2: 流通量販店の予測モデルの説明変数

	非標準化係数 (来店人数)	標準誤差
(定数)	1281	13
日曜日	694	20
年末3日	884	71
火曜日	209	20
降水量10mm以上	-99	21
一月三日	-828	123
金曜日	175	20
クリスマスイブ	551	123
土曜日	96	20
水曜日	96	20
祝日	78	31
K2	47	16
K5	47	16
降水量30mm以上	-72	34

流通量販店のその他の特徴としては、季節変動が見られないこと、先の和食レストランとは逆に、クリスマスイブに来店人数が多いことなどである。ところで、このモデルの残差を見てみると、標準残差が3σ以上であった日は2009年9月8日、2010年2月3日、5月16日、7月11日の4日間であった。そのうち、2月3日(節分)は関西地域では恵方巻きを買ったり作ったりするためだと思われる。また、その後の2日間は選挙の影響を大きく受けている。これは投票に出かける人が多かったためであろう。このような予測外れに関する現場との議論を通して、新たな説明変数の発見ができる。

3. 予測モデルの店舗間の比較

提案モデルでは、上述したように業種や業態に合わせたモデルを構築するとともに、他店舗で比較することも重要である。図4は大阪地区の比較的店舗規模、業態に近い和食レストラン6店の1日の売上について構築されたモデルを比較するために、説明変数の各係数をモデルの定数項の数値で割ったものである。例えば、これを見ると、C店とD店は比較的似た傾向を示しており、ともに他店と比べて土、日、祝日に売上が大きいことがわかる。また、C店は新年会や歓迎会シーズンの売上も大きい。一方、E店はビジネス街に位置し、日曜日の売上げが少ない。また、F店は大規模な花火大会がある地域に近いため、その影響が大きいことがわかる。

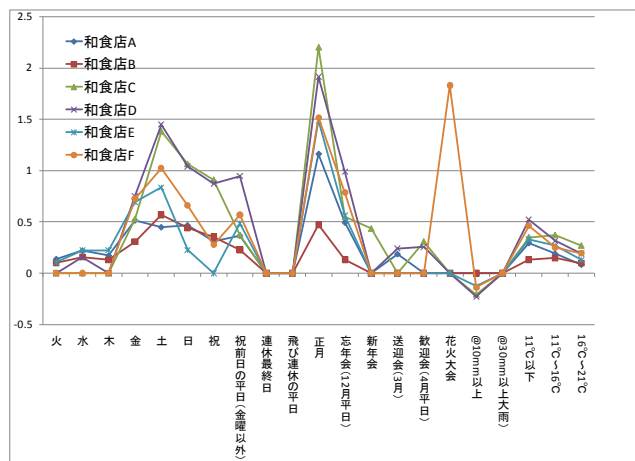


図 4: 複数の和食レストランの予測モデルの比較

4. 構築したモデルによる将来の売上予測

本節では、構築したモデルを用いて、近い将来の売上予測を行い、従来手法及び実際の店長の予測結果との比較結果を紹介する。対象としたのは東京地区の和食レストランで、2009年8月1日～2010年7月31日までのデータを用い、ベースモデルを構築し、その後の2009年8月1日～9月30日までの3カ月間の売上げを予測した。その際、天候に関する説明変数は、過去の気温データだけを用いた。図5に、その中の4週間(10月25日～11月20日)に関しての、実際の売上げと、提案モデルを含むいくつかの予測値との比較を示す。ここでの予測対象は、実際の業務上での必要性和合わせて、夜の一般客(予約をしていない客)に対する1日の売上とした。通常、売上の予測には、前年同月曜日調整法(前年度の同じ時期のデータを参照する方法)や、最近のある傾向が強い場合には先週の売上げ実績を参照する前週参照法などを参考にしていることが示唆された。実際、いくつかの店舗の店長は、各日曜日に、次週1週間の売上の予測を行っており、その数値を記録したものを店長予測とした。

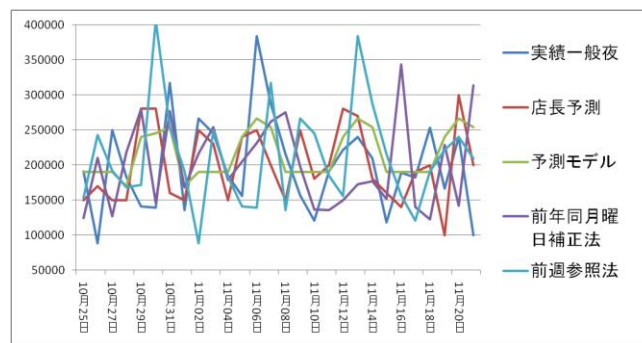


図 5: 和食レストランの夜の一般客に対する実際の売上と売上予測モデル(ベースモデル)、前週の同曜日参照法、前年同月曜日補正法、店長の予測との比較

表 3: モデルの予測率と日々の予測外れの合計金額

夜一般客売上(A)	前週実績法	前年同月曜日補正法	店長の予測	提案モデル
日々の誤差絶対値の合計(B)	217万円	194万円	179万円	146万円
予測率((A-B)/A)	60.8%	65.2%	67.7%	73.7%

図4、表に見られるように、この4週間は、実際の売上の変動が比較的大きく、比較的予測が難しかったことがわかる。興味深いことに、提案モデルによる予測傾向と店長の予測傾向は、比較的類似している点が大いことがわかった。このような状況下では、一般的な手法である前週実績法や前年同月曜日補正法では、予測精度が上がらない。その結果、提案モデルでは、前週実績法からは32.8%、前年同月曜日補正法からでも24.3%の予測外れの改善効果が見られた。また、提案モデルは店長の予測に対しても18.6%の予測外れの改善効果(金額にして、4週間で約34万円)が見られた。

5. サービス産業を対象とした店舗支援システム

現在、上述した需要予測技術に加え、POS データを用いた商品や顧客のカテゴリマイニング技術[Ishigaki, 2010]など、これまでに筆者らが開発したサービス工学技術を統合し、サービス現場における店長や経営者といった様々なユーザを考慮した支援システムの開発を行っている。実際のサービス現場で適用するためには、それぞれの行動主体に合わせて、効果的に行動(施策)決定の支援を行うことが不可欠である。したがって、構築した商品カテゴリや顧客カテゴリ、需要予測の結果などは、店長や本部部署の担当者たちが理解しやすいものにすることが必要である。そこで、これまでに開発したアルゴリズムや、サービス現場で必要とされる分析や可視化手法を検討し、実際のサービス現場の方々を利用することを想定して、店舗支援システムの実装を行った。2010 年度には、大規模な POS データとアンケートデータなどを統合的に管理し、必要な計算結果を提示するための店舗支援システムのベースとなるシステムを構築した(産業技術総合研究所にて「サービス店舗支援システム APOSTOOL」としてソフトウェア登録, 2011 年 4 月)。

今後、店長や経営者のニーズをさらに調査、分析した上で、日々の業務での自律的な最適設計ループの実現に寄与できるシステムを目指したい。

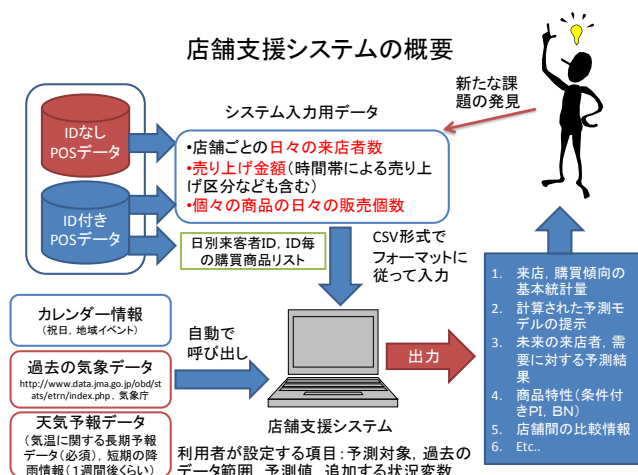


図 5: 店舗支援システムの概要

6. おわりに

サービス工学は、顧客や従業員、経営者といった生活者に着目し、彼らを支援することでサービス生産性の向上を目指す新しい学問分野である [内藤 2009, 北島, 2010, Takenaka, 2010, 産総研, 2011]。そのためには、常にサービス現場におけるニーズを把握するとともに、様々な観測可能なデータに基づいて、生活者の意思決定を支援することが重要である。

本稿では、様々なサービス産業に向けた実用的な需要予測モデルを提案した。そこでは、外部環境要因をコーザル・データとし、数量化一類を用いて、来店者や売上の予測を行った。また、コーザル・データの構造を明らかにすることによって、経営者や店長といった行動主体の気づきを促すとともに、彼らが持つ暗黙的な知識を新たな変数としてモデルに取り入れることのできる対話型、あるいは知識循環型の需要予測モデルの構築を目指し、店舗支援システムの構築を行った。

謝辞

本研究は経済産業省委託事業「サービスと IT の融合による新市場創出事業(サービス工学研究事業)」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [石垣 2011 年] 石垣司, 竹中毅, 本村陽一 “条件付層別差分モデルによる需要予測の高精度化, 第 25 回人工知能学会全国大会, 2011.
- [本村 2011 年] 本村陽一, 竹中毅, 石垣司: “潜在クラスモデルによる流通量販店の来店者予測の制度改善の評価“, 第 25 回人工知能学会全国大会, 2011.
- [本多 2001 年] 本多正久: “経営のための需要の分析と予測”, 産業能率大学出版部刊, 2001.
- [安部 2005 年] 安部誠, 近藤文代, “マーケティングの科学- POS データの解析-”, 朝倉書店, 2005.
- [Ishigaki 2010 年] T. Ishigaki, T. Takenaka, Y. Motomura, “Category Mining by Heterogeneous Data Fusion Using PdLSI Model in a Retail Service”, Proc. IEEE International Conference on Data Mining, 2010.
- [内藤 2009 年] 内藤耕 編著, “サービス工学入門”, 東大出版, 2009.
- [北島 2010 年] 北島宗雄, 内藤耕編, “消費者行動の科学”, 電機大出版局, 2010.
- [Takenaka, 2010 年] T. Takenaka, K. Fujita, N. Nishino, T. Ishigaki, Y. Motomura. “Transdisciplinary approach to service design based on consumer’s value and decision making.” International Journal of Organizational and Collective Intelligence, 1(1), 2010.
- [産総研 2010 年] 「平成 21 年度 IT とサービスの融合による新市場創出促進事業『サービス工学研究開発事業』」 http://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/meti-h21/project_top.htm