

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25285131

研究課題名(和文)合法的に収集可能な個人情報に基づく小売・サービス業の科学的経営戦略に関する研究

研究課題名(英文) A study on scientific strategy for retailers and service providers using personal information collected legally

研究代表者

三道 弘明 (SANDOH, Hiroaki)

大阪大学・経済学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40167440

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,600,000円

研究成果の概要(和文)：様々な小売りやサービス業が、会員制度の導入により住所、氏名、年齢などの個人情報を取得し、この上で個々の会員の日々の購買データを合法的に取得しているのは周知の事実である。しかしそうした個人情報を戦略的に活用できている企業は少ない。本研究では、前述した個人情報を有効に活用するための科学的経営戦略の確立に貢献することを意図して、アパレル商品を扱う通信販売業や、ファッションブランドを扱う小売店舗がクイックレスポンスに対応する際の科学的な管理手法を提案した。また、通信販売業とファッションブランド企業から、特定期間のデータの提供を受け、提案したモデルの有効性を検証するとともに、今後の課題も明らかにした。

研究成果の概要(英文)：It is well-known that a variety of retailers and service industries have introduced some membership of customers to obtain information in reference to names, addresses, ages and other attributes of individual members, and further they collect daily consumer behavior of their members. However, it seems to be difficult to scientifically and strategically deal with the consumer behavior data they legally collected. In this study, we developed a method for scientific management based on the legal data particularly for direct mail or retailers dealing in fashion goods for women on the basis of "quick response". We also examined the effectiveness of the proposed method using some sets of actual data provided by a few firms, and could verify the effectiveness of the proposed method and clarify the future problems.

研究分野：マネジメント・サイエンス

キーワード：通信販売業 ファッション商品 最適仕入れ量 合法的 需要分布 過剰在庫 品切れ費用 新聞売り子問題

1. 研究開始当初の背景

ICTが本格的に実用化された21世紀を迎える頃から、合法的な手段で様々な顧客情報を収集し、それを収益改善に利用しようとする小売・サービス業が急増した。会員に対してポイントカードを発行することで、住所、氏名、年齢、生年月日などの個人情報を取得し、さらにこうした情報を下にID付きPOSデータのような購買行動に関するデータを収集するのはその典型例である。

小売業やサービス業などにおいては、このように合法的に収集可能な個人情報を有効に活用した経営戦略を立案することが重要であるが、事前の調査では、企業ごとに様々な試行錯誤しており、決定的な活用方法を見出している企業はほとんどないことが明らかとなった。

本研究では、小売業やサービス業を対象に、個人情報をも有効活用した科学的経営戦略の確立に貢献することを意図して、特に女性を対象としたアパレル製品、あるいはファッション製品を対象とした場合の需要予測、ひいては最適発注量に関する数理モデルを提案し、その有効性について検討する。

2. 研究の目的

一般にアパレルあるいはファッション製品は、製品を発注してからそれが納入されるまでにリードタイムが存在する。このリードタイムは、発注量に大きく依存しており、後述の通信販売業の場合で、3、4か月程度の大きさである。これに対して、小売店舗レベルであれば発注量もそれほど小さくなく、さらに製造業者は他店舗とも取引を行う関係で少なからずの在庫を保有していることから、リードタイムも4、5日あるいは1週間程度であることが多い。

このような違いは、本研究で提案する数理モデルの本質には関係ないが、モデルの運用に明確な差異があるため、以下では通信販売業と店舗営業による小売業の場合とで区別して議論することとする。ただし、これらの2つの業態に共通して言えることは、次の通りである。

女性を対象としたアパレル商品あるいはファッション商品は基本的に季節商品であるため、過剰仕入れによって売れ残った商品の価値は、翌シーズンになれば一気に小さくなる。つまり、売れ残り商品は不良在庫となるのである。また過少仕入れは品切れ損失、すなわち機会損失につながる。

以上のような状況の下、本研究では通信販売業と店舗営業の小売業に対して、それぞれの商品に対する需要予測の方法とそれに基づいた最適仕入れ量の決定方法を提案する。

3. 研究の方法

(1) 通信販売での需要量

通信販売の場合、店舗営業の小売り1店舗に比べて、商品の取扱量が圧倒的に多い。し

たがって、その生産にも時間がかかり、販売開始の3、4か月も前に需要量を予測して、メーカーに発注しなければならない。

このような状況に対して、本研究では会員に対して予約販売[2,7,9,10]を行うことを考える。ただし、この予約販売は通常の販売開始の4、5か月前に行う。次に、予約販売での販売量と通常販売でのそれが2変量正規分布に従うと仮定する(これは企業から提供を受けた実データで適合性を検証する)。この仮定に基づけば、予約販売量が与えられると通常販売での需要量の条件付き分布が得られることとなる。

より具体的には次の通りである。予約販売における商品*i*の需要量を X_i 、通常販売でのそれを Y_i とし、 $X = (X_i, Y_i) (i = 1, 2, \dots, n)$ が2変量正規分布 $N(\mu, \Sigma)$ に従うと仮定する。ただし

$$\mu = (\mu_x, \mu_y) \quad (1)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \rho\sigma_x\sigma_y \\ \rho\sigma_x\sigma_y & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

であり、さらに $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ は $X = (X_i, Y_i)$ の平均ベクトルであり、 σ_x^2, σ_y^2 はそれぞれ X_i, Y_i の分散である。

このとき、予約販売での商品*i*の需要量 $X_i = x_i$ を観測したとき、通常販売での商品*i*の需要量 Y_i は $N(\mu', \sigma'^2)$ に従う[4]。ここに

$$\mu' = \mu_y + \rho\sigma_y \frac{x_i - \mu_x}{\sigma_x} \quad (3)$$

$$\sigma' = \sigma_y \sqrt{1 - \rho^2} (\leq \sigma_y) \quad (4)$$

である。したがって、式(1),(2)のパラメータの値がわかりさえすれば、予約販売での需要量を条件として通常販売における需要量の分布が得られることとなる。

(2) 小売店舗での需要量

小売店舗レベルでの最適仕入れ量を決定する問題についても同様の考え方を適用することができる。ただし、小売店舗レベルでの販売量は先に述べた通信販売業のそれに比べてはるかに小さく、さらに製造業者も同じ商品を複数の店舗に納品する関係で、いくらかの在庫も有しているため、リードタイムは通信販売業のそれに比べてかなり短い。したがって、通信販売のように何か月も前に需要量を予測して、製造業者に発注する必要はないことが多い。ここでは、販売を開始する前にある程度の量を仕入れておき、その売行きを1週間ほど観測し、この観測値に基づいて最終的な需要量を予測することを考える。このような方法はQuick Responseと呼ばれる。ここで、最初の1週間での販売量と、最終的な販売量が2変量正規分布に従うものと仮定すれば、最終需要量の条件付き分布を上展開した通信販売における通常販売の条件付き需要分布と同様にして導出することができる。

(3) 最適仕入れ量

通信販売業においても、店舗形態の小売業においても、それぞれの商品の需要分布が得られれば、それを下にして最適仕入れ量あるいは製造業者への最適発注量を決定することができる。このような問題は新聞売り子問題と呼ばれ[1,3,5,6,7,9,12]、半世紀を超える歴史があるにも関わらず、21世紀になった今日においても更なる研究が報告されている[5,6]。以下に新聞売り子問題を概観する。

商品*i*の仕入れ価格、販売価格をそれぞれ $w, p (> w)$ とする。さらに単位商品当たりの残存価値、品切れ費用をそれぞれ v, c で表す。ただし、 $v < w < p$ である。このとき商品*i*の仕入れ量を Q_i とすると、期待利益は

$$\pi(Q) = -Qw + E[p \min(Y, D) + v(Y - D)^+ - c(D - Y)^+] \quad (5)$$

で与えられる。ただし、

$$(a)^+ = \begin{cases} a, & \text{if } a > 0 \\ 0, & \text{if } a \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

である。商品*i*の需要量が $N(\mu', \sigma'^2)$ に従うとき、式(5)の期待利益を最大にするような最適仕入れ量 $Q = Q^*$ は

$$\Phi\left(\frac{Q - \mu'}{\sigma'}\right) = \frac{p + c - w}{p + c - v} \quad (7)$$

なる Q に関する方程式の解である。ここに $\Phi(\square)$ は標準正規分布の分布関数を表す。

4. 研究成果

(1) 通信販売業における最適仕入れ量

[データ]

ここでは企業から提供を受けたデータを用いて提案の方法の有効性に関する検証を示す。

提供を受けたデータは、2004年の冬シーズンにおける商品*i*の販売量に関するデータ $X_i = (X_i, Y_i)$ ($i = 1, 2, \dots, 1569$) と各商品の価格や仕入れ原価などに関するデータであり、春に行った商品ごとの予約販売量 X_i と、冬の通常販売での販売量 Y_i に関するデータである。また2005年の冬シーズンについても同様のデータの提供を受けた。

[検証方法]

2004年度の予約販売、通常販売データを用いて2変量正規分布のパラメータ推定を行った。その結果は表1の通りである。

表1 パラメータ推定値

Year	2004	2005
μ_x	59.02	506.42
σ_x	80.51	818.28
μ_y	799.43	1149.08
σ_y	1019.84	1776.20
ρ	0.75	0.96

以下では、2005年の通常販売での販売量が不明であるとして式(7)を用いて最適仕入れ量を求め、その結果と2005年の通常販売での実データとの比較を行うことで提案モデルの有効性を検証する。

表1より、2005年の平均予約販売量 μ_x は2004年のそれよりもはるかに大きくなっているため、2005年の (μ_x, σ_x^2) が2004年のそれが同じ値になるようそれぞれ商品の予約販売量の値を変換して、通常販売での需要分布を導出した。次に、商品ごとの新聞売り子問題のパラメータは表2のように設定した。これは、価格などの具体的な値には守秘義務があり、それらを標準化することで、その特徴を表現するためである。なお、単位商品当たりの品切れ費用 c は、現実には経営者の意図を踏まえてその値が決定されるべきパラメータであるため、ここでは表2に示すような3通りの値を用いることとした。

表2 新聞売り子問題のパラメータ

p	1
w	$p \times 0.1$
v	$p \times 0.05$
c	$(p - w) \times 1, (p - w) \times 5, (p - w) \times 20$

表2の値は、品切れ費用の大きさに応じて

$$\Phi((Q - \mu') / \sigma') = 0.973$$

$$\Phi((Q - \mu') / \sigma') = 0.991$$

$$\Phi((Q - \mu') / \sigma') = 0.997$$

を意味している。

図1は、品切れ費用の値を $c = (p - w) \times 1$ とした場合の結果である。横軸が実際の需要量を表しており、縦軸が提案のモデルにより求められた最適仕入れ量である。これより明らかに正の相関が認められるが、実際の需要量が比較的小さな10,000未満の場合(黒い円で囲んだ商品)の推定精度は比較的良好であるが、実際の需要量が大きな場合(赤い楕円で囲んだ商品)では、最適仕入れ量の方が実現値よりもかなり小さな値を示していることがわかる。

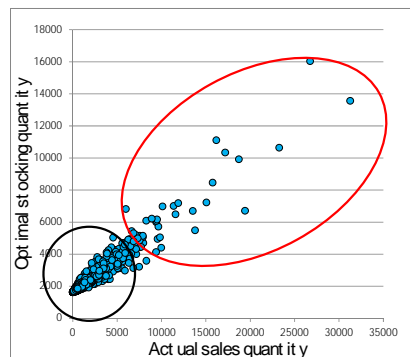


図1 最適仕入れ量と実測値の比較
($c = (p - w) \times 1$)

次に、品切れは単なる利益の逸失を表すだけでなく、信用の失墜にもつながることから、品切れ費用をさらに大きくした場合の結果を示す。図2、3はそれぞれ $c = (p - w) \times 5$ 、 $c = (p - w) \times 20$ とした場合の最適仕入れ量と実際の需要量の比較を示している。図2、3と図1を比較すると、実測値が10,000以上のヒット商品はここでも過小評価されており、最適仕入れ量が実際の需要量よりも小さいことがわかる。これは、2004年の予約販売量が2005年のそれに比べてかなり少なく、通常販売での販売量も、2005年には前年の1.7倍に増加しているため、予約販売量の補正のみでは不十分であったためと考えられる。

提供されたデータは、以上に展開したデータのみであったので、実データによる検証には限界があった。しかし、ヒット商品でない商品については、上に説明したような事情に関係なく良好な結果が得られたことについては注目に値すると考えられる。また今後さらに何年かにわたるデータの提供があれば、ヒット商品についてもより正確な検証が可能となる。

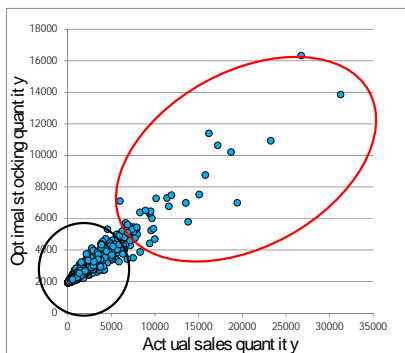


図2 最適仕入れ量と実測値の比較
($c = (p - w) \times 5$)

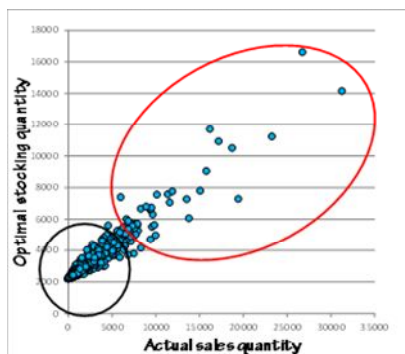


図3 最適仕入れ量と実測値
($c = (p - w) \times 20$)

(2) 小売店舗における最適仕入れ量

ここでは販売開始直後の最大で1週間の商品*i*の需要量と、販売期間終了時点での当該商品の需要量を $X_i = (X_i, Y_i)$ とした。過去のデータや個人情報に関する十分なデータの提供が

得られなかったため、ここでは以下に展開するような方法で提案モデルを検証した。商品の種類数はかなり大きかったため、約1/3の商品のデータを用いて2変量正規分布のパラメータを推定し、残り2/3の商品の1週間の販売量が与えられたものとして、最適仕入れ量を求めた。その結果と実データを比較したものが図4である。

図4は、横軸が販売量の実測値であり、縦軸が提案のモデルにより得られた最適仕入れ量である。なお、使用した新聞売り子問題でのパラメータは表3に示す通りである。

表3 新聞売り子問題のパラメータ

p	19,800~28,000
w	$p \times 0.4$
v	$p \times 0.2$
c	$c = p - w$

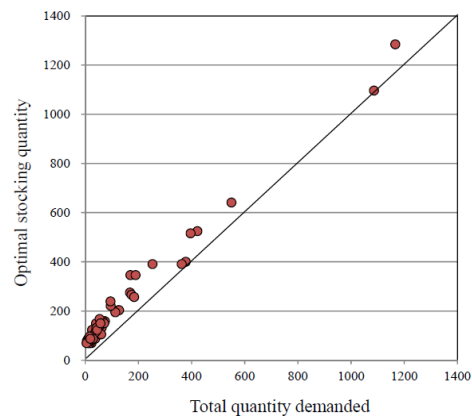


図4 最適仕入れ量と実測値の比較

図4より、最適仕入れ量と実測値は明らかに正の相関が認められる。次に、実測値の全域にわたって最適仕入れ量が実測値を僅かに上回っているものの、予測精度が良好であると同時に品切れは認められないことがわかる。

(3) 個人情報の活用

以上は、特定の個人情報は利用しない場合の結果である。本研究では様々な個人情報を活用した場合の精度についても検討した。ただし、そうした個人情報が収集できたのは、通信販売業の会員のみであるため、以下の議論は通信販売業に限定される。

詳細については省略するが、本研究では個人情報に含まれる種々の属性に基づいて顧客のセグメンテーションを行い、各セグメンテーションでの予約販売量と通常販売におけるすべてのセグメントでの総販売量との関係に注目した。その結果、多くの場合で商品がターゲットとしている年齢層の予約販売量が通常販売での総販売量に大きく関係していることが確認されたが、必ずしもそうはならなかった商品も少なからず存在して

いることがわかった。このことから、提案モデルはターゲティングの成否の判断に有効であることを示唆している。

年齢以外にも、次の属性に基づいてセグメンテーションを行い同様の検討を行った。

既婚か未婚か

学生か社会人か

その結果は、年齢ほどではないが、ここでも提案のモデルがターゲティングの成否の判断に有効であることが確認された。

提案のモデルの有効性は、パラメータの推定精度に大きく影響される。景気動向に大きな変化がなければ過去のデータを用いてパラメータを推定し、それと当該年度の予約販売量のデータを用いて通常カタログでの需要量を予測すればよい。しかし、景気の変動が大きい場合には、当該年度の傾向と似た過去のデータを用いることが有効であると考えられるが、このように臨機応変に対応するには過去のデータを着実に蓄積しておくことが必要不可欠である。また、過去のデータなどが十分に蓄積されておれば、提案のモデルは上とは異なる業務形態をとる小売業やサービス業にも援用可能であると考えられる。

<参考文献>

- [1] Arrow, K., Harris, T., & Marshack, J., Optimal inventory policy. *Econometrica*, **19**(3), pp. 250-272, 1951.
- [2] Bellantuono, N., Giannoccaro, I., Pontrandolfo, P., & Tang, C.S., The implications of joint adoption of revenue sharing and advance booking discount programs. *International Journal of Production Economics*, **121**, pp. 383-394, 2009.
- [3] Chan, L.M.A., Shen, Z.J.M., Simchi-Levi, D., & Swan, J.L., Coordination of pricing and inventory decisions: a survey and classification. *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era.*, ed. D. Simchi-Levi, S.D. Wu, & Z.J.M. Shen, *Kluwer Academic Publishers*: Dordrecht, pp. 335-392, 2004.
- [4] Devore, J.L. & Berk, K.N., *Modern Mathematical Statistics with Applications*, 2nd ed., Springer New York, 2012.
- [5] Green, L.V., Savin, S., Savva, N., "Nursevendor Problem": Personnel Staffing in the Presence of Endogenous Absenteeism, *Management Science*, **59**, pp. 2237-2256 (2013).
- [6] Hosseinipour, A. & Sandoh, H., Optimal business hours of the newsvendor problem for retailers. *International Transactions in Operational Research*, **20**(6), pp. 823-836, 2013.
- [7] Khouja, M., The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. *Omega: International Journal of Management Science*, **27**(5), pp. 537-553, 1999.
- [8] McCardle, K., Rajaram, K., & Tang, C.S., Advance booking discount programs under retail competition. *Management Science*, **50**(5), pp. 701-708, 2004.
- [9] Petruzzi, N. C. & Dada, M., Pricing and the newsboy problem: A review with extensions. *Operations Research*, **47**(2), 183-194, 1999.
- [10] Tang, C.S., Rajaram, K., & Alptekinoglu, A., The benefits of advance booking discount programs: Model and analysis. *Management Science*, **50**(4), pp. 465-478, 2004.
- [11] Weatherford, L.R. & Pfeifer, P.E., The economic value of using advance booking of orders. *Omega: International Journal of Management Science*, **22**(1), pp. 105-111, 1994.
- [12] Whitin, T.M. Inventory control and pricing theory. *Management Science*, **2**(1), pp. 61-68, 1955.

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計11件)

H. Kim, H. Sandoh and T. Koide : Optimal stocking quantity of fashion and seasonal goods for a mail-order firm, *Advanced Management Science and Information Engineering*, ed. by K. Weller, (to appear).

T. Koide and H. Sandoh : A Multi-agent Simulation Study for End-of-period Discount Clearance with Consideration of Reference Price Effect, *Proc. of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2016*, Hong Kong, pp.837-840 (March 16-18, 2016).

H. Kim and H. Sandoh : Socially Optimal Service Hours with Special Offers, *Discussion Papers in Economics and Business, Graduate School of Economics and Osaka School of International Public Policy*, Osaka University, Discussion Paper 15-11, 12 pages (May 2015).

三道弘明, 小出武, 木庭淳: 時空間ホテルリングモデルと小売業における新聞売り子問題, *オペレーションズ・リサーチ*, **60**(5), 259-265 (2015年5月).

H. Kim and H. Sandoh : Optimal Service Hours with Special Offers, *Scientiae Mathematicae Japonicae Online*, e-2015, 93-101 (2015).

H. Sandoh, T. Koide and J. Kuniwa : Space-Time Hotelling Model and Its Application to Retail Competition in a Duopoly, (ICOR'15), *Electronic Proc. of IAENG International Conference on Operations Research 2015*, 5pages, Hong Kong, China, (March 18-20, 2015).

J. Kuniwa, K. Kikuta and H. Sandoh : An inflation/deflation model for price stabilization in networks, *Proc. of the 7th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART)*, Lisbon, Portugal, 125-132, (Jan 10-12, 2015).

A. Hosseinipour and H. Sandoh : Efficient Business Hours for Retailer Stores within the Framework of Newsvendor Problems, *Scientiae Mathematicae Japonicae Online*, e-2013, 669-678 (2013).

A. Hosseinipour and H. Sandoh : Optimal business hours of the newsvendor problem for retailers, *International Transactions in Operational Research*, 20(6), 823-836 (2013). DOI: 10.1111/itor.12033.

T. Koide and H. Sandoh: A Study on Multi-Period Inventory Clearance Pricing in Consideration of Consumer's Reference Price Effect, *Industrial Engineering & Management Systems*, 12(2), 95-102 (June 2013).

J. Kuniwa, T. Koide, and H. Sandoh: Asset value game and its extension: Taking past actions into consideration, *Agents and Artificial Intelligence*, 358, 319-331 (Jan 2013).

[学会発表](計7件)

金蕙園, 三道弘明: 時間帯割引を考慮したサービス業の最適割引率 - 社会厚生 of 最大化 -, *日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集*, 254-255, 九州工業大学, (2015年9月10日, 11日) .

石垣綾, 三道弘明: アパレル業界における新聞売り子問題, *日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集*, 240-241, 東京理科大学, (2015年3月26日, 27日) .

金蕙園, 三道弘明: 時間帯割引を考慮したサービス業の最適割引率, *日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集*, 156-157, 北海道科学大学, (2014年8月28日, 29日) .

H. Sandoh, H. Kim, and T. Koide, Optimal Quantity of Apparel Goods for Direct Mail, *IFORS 2014*, Barcelona, Spain, (July 15-18, 2014).

金蕙園, 三道弘明: カタログ通信販売における予約情報に基づく最適仕入れ量に関する研究, *日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集*, 48-49, 大阪大学, (2014年3月6日, 7日) .

三道弘明, A. Housseinipour : 新聞売り子問題に対する最適営業時間 - 効率性の最大化 -, *日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集*, 150-151, 徳島大学, (2013年9月11日, 12日) .

H. Sandoh, T. Koide, and J. Kuniwa: Demand Distribution of the Newsvendor Problem for Retailing with Applications to Duopoly, *26th European Conference on Operational Research*, Universit{a} di Roma -- La Sapienza, Rome, (July 1-4, 2013) .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三道 弘明 (SANDOH, Hiroaki)
大阪大学・経済学研究科・教授
研究者番号: 40167440

(2) 研究分担者

小出 武 (KOIDE, Takeshi)
甲南大学・知能情報学部・准教授
研究者番号: 50330486

木庭 淳 (KINIWA, Jun)
兵庫県立大学・経済学研究科・教授
研究者番号: 90177882

中島 望 (NAKAJIMA, Nozomi)
宮城女子学院大学・学芸学部・教授
研究者番号: 00095936