

百貨店のクレジット購買データを用いた 関連購買による顧客特徴分析

中原 孝信, 森田 裕之

1. はじめに

消費者のクレジットカードを利用した購買は年々増加傾向にあり、その利用範囲も増大している。最近のあるカード信販会社の調査では、実に保有者率で90%、利用者率で80%を超えると報告されており、クレジットカードによる購買が広く一般消費者に浸透していることが分かる[1]。また、その利用場所のトップ3は百貨店、大型スーパー、そして家電店であり、カード購買の利用がより日常生活に密着してきていることが観察される。

しかし、その利用の実態を詳細に見ると、1万円未満の比較的小額の支払いでの利用が年々増加している一方で、週1回以上という頻繁な利用は全体の30%以下であり、現状では、現金支払いからクレジットカード支払いへ完全に代替しているとはいえない。

現金からクレジットカードや電子マネーへの支払手段の移行は、支払行為を便利にし、場合によっては利用者へのポイントなどによる還元もあることから、消費者の購買を促進するものとして期待される。また、クレジット購買に関する調査でも、高額所得者、すなわち消費額の大きな使用者ほど、ポイントなどの還元

なかはら たかのぶ
大阪府立大学 大学院経済学研究科
〒599-8531 堺市学園町1-1
もりた ひろゆき
大阪府立大学 経済学部経営学科
〒599-8531 堺市学園町1-1
受付04.7.30 採択05.3.18

ド利用において、継続的にある程度の購買額を示していることがデータから確認される顧客は、有望な顧客であり、そのような顧客の行動を識別したり、逆に利用を休止してしまうような顧客との違いを識別することは小売業を経営する企業にとって重要であるといえる。

本論文では、平成15年度データ解析コンペティションで提供された国内の某百貨店におけるハウスカードのID付クレジット購買履歴データを用いて、データ分析を展開する。データ分析では、顧客の購買特徴からターゲット顧客を絞り込むためのセグメント化を提案するとともに、データ提供期間2年半を1年半の観察期間と、それに続く1年の購買行動の変化に着目する。特にその中でも観察期間において、比較的大きなクレジット購買額を上げている顧客がその後、クレジット購買を継続するか休止するかに着目して、それらを区別する要因を識別する。要因の特定においては、年間を通じた購買商品の関係に着目して分析を展開し、特定の行動を示す顧客グループの共通点を明らかにする。

2. 分析したデータと分析の方針

今回分析で用いたデータは、某百貨店における2年半の期間に存在したハウスカードのID付クレジット購買履歴のみのデータであった。したがって同一期間に、対象顧客またはそれ以外の顧客の現金購買は存在しているが、これらについてのデータは一切提供されなかった。データは某地域に近接して存在する3店舗(A店、B店、C店とする)のデータであった。IDの属性としては、性別、年齢、そして郵便番号が提供され、購買履歴明細としては、アイテムの分類¹、取引発生時間、レシート番号などの一般的なデータフォーマットであり、クレジットカードの支払いの方法(一括支払いであるか、分割支払いであるか)については

¹ ただし特定の商品名は不明で、売り場名とその中の商品区分だけが分かる。

不明であった。また、このクレジットカードの利用における消費者のメリットは、一般的な分割手数料が、他のクレジットカードに比べて多少安価であることと、年に2回(3月と10月)金利手数料をゼロにする期間が存在することだけであり、一般的なポイントによる還元などは一切行われていない。したがってこの場合、ポイント還元によるメリットを利用者に与えることはできないものの、上述の金利手数料のサービスに対するメリットを感じて顧客は当該クレジットカードを利用しているものと考えられる。

以上のようなデータの特徴を考えると、通常の現金購買によるID付POSデータの分析とは異なり、注意しなければならない点がある。一つは、このデータにおける購買額を単純に顧客評価値、またはその入力値として利用することはできないということである。購買データから顧客を評価する場合、顧客の購買額を利用することが多い。しかし今回の分析対象データは、クレジット購買額しか明らかではない。したがって、データ中に存在するクレジット購買額より大きな現金購買額を示す顧客の存在を否定できないため、百貨店全体としての観点からクレジット購買額によって顧客の優劣を論じることは、あまり有意義であるとは考えられない。もちろんクレジット購買履歴のデータが、現金とクレジットによる全体の購買履歴データの良いサンプルになっているか、または全体の購買額の大部分を占めているということであれば、この購買額によって顧客の良否を判断することは可能である。しかしクレジット購買額は、全体の購買額の約2~3割ということであり、またクレジット購買は何らかの意思を持った消費者の行動と考えるほうが一般的であると思われるので、全体の購買データの特殊な部分集合のデータと考えるほうが自然であろう。

もう一つは、通常のID付POSデータでしばしば行われる顧客の店舗からの離脱に関する分析についてである。店舗からの離脱を結論づけるには、現金購買とクレジット購買の両方の履歴がそろっていること、そしてその上で、顧客の購買履歴がある一定期間以上消失していることを確認することが必要である。しかし、クレジット購買履歴だけでは、購買履歴が一定期間消失しているからといっても、単に支払方法が現金にスイッチしただけかもしれない、離脱しているかどうかということは、両方のデータがそろっている場合に比べて極めて曖昧である。すなわち離脱していると断言することはできない。

このようにこのデータに対しては、通常の分析方法を適用することはあまり有意義でないことが分かった。むしろ当該百貨店に対する有益な提言を行うためには、現金購買データが不可欠であることはいうまでもないことであるが、クレジット購買履歴しか存在しないというデータの限界を考えて分析を展開しなくてはならない。しかし幸いデータの提供期間は30か月分と比較的長い。そこで単に顧客の購買額の量によって分析を行うのではなく、期間を二つに分けて、前半を観察期間、後半を評価期間として、その期間についての顧客のクレジット購買行動の変化に焦点を当てた分析を行うこととした。つまり顧客が二つの期間においてカードの利用を継続するか、休止するかということに着目して、これらの行動の違いを識別する要因を特定化する。

以降では、まずデータ全体の基礎分析について概観した後、本分析で採用した顧客のセグメント化について説明する。その後、分析対象のセグメントを特定して、そのセグメントについてより詳細な分析を行う。

3. データ分析

3.1 基礎分析

提供された全データ(レコード数:1088163)から、返品またはレジの処理間違いなどに起因するデータを相殺し、かつ売上個数が1レコードで同一商品を100個以上購買しているデータを削除した²ものを分析対象データ(ID数:49058,レコード数:982481)とした。まず全期間における月別利用店舗別の顧客購買額の推移を図1に示す。グラフより、店舗の利用は全店舗利用している顧客もいれば、1店舗しか利用していない顧客もあり、利用店舗の組合せは顧客に依存するものであることが分かる。また地理的な位置からも、3店舗はそれぞれ自動車を利用して約15分程度の距離にあることを確認しており、データを特に1店舗に絞って分析する必要はないことが分かる。逆に、どれかの店舗の購買にデータ履歴を限定することは、他店での購買額を無視する結果となり、分析目的によっては良くない結果を招くことが予想される。またどの利用店舗組合せのグループも、毎年3月と10月には購買額³が増加していることが分かる。これは定期的な

² 分析対象はあくまで個人顧客であり、100個以上同一の商品が購買されているデータは単価が極めて小さなものであり、一般購買用の商品とは考えにくいためここでは削除することにした。

表2 他の基礎分析の結果

分析内容	分析結果
購買額の特徴	上位 30%の顧客で全体の購買額の約 75%
購買商品種類	婦人服, 婦人服飾雑貨, 奉仕品が大きい
平均購買間隔	94.119 日と非常に長い
顧客属性(地域)	三つの百貨店が存在する二つの市に集中
顧客属性(年代)	30代~60代の女性が購買の中心的な顧客

婦人服飾雑貨に偏重した傾向が見られる。現金の購買であれば、食料品や家庭用品などももう少し購買額が大きくなるはずだが、例えば食料品についていえば購買金額比で全体の 1.95%にすぎず、とても小さな値であった。その理由は、この購買履歴がカードによる購買だけに限定しているため、顧客全体の意識の中に、商品の種類やその金額などでクレジットカード利用における一定の判断基準が漠然と存在しているためであると解釈される。また上記のような状況であるため、平均購買間隔も 94.119 日と非常に長く、この点については、注意して分析する必要があると言える。

3.2 セグメント化

分析の第一段階として、まずクレジットカード購買が休止状態か、継続状態かを定義しなければならない。幸いデータの観測期間は 30 か月と長期間にわたっているため、最初から 18 か月を購買行動の観察期間とし、それに続く 12 か月を評価期間とすることにした。そして次のように休止顧客と継続顧客を定義することにした。

休止 観察期間中、購買履歴が存在し、評価期間に購買履歴が存在しない場合、その顧客を休止状態とする

継続 観察期間中、購買履歴が存在し、休止状態ではない場合、継続状態とする

この定義に基づくと、観察期間に購買履歴が存在する顧客 ID 数は 42,641 存在し、そのうち 16,524 の顧客が評価期間において休止状態となった。実に 4 割弱の顧客が休止状態になっていることが分かる。まずこれらの継続顧客と休止顧客の違いを、基礎的な集計結果から確認する。ここでは、来店回数に比較的大きな違いが確認されたため、分割支払いの手数料をゼロにするプロモーションを行っている 3 月と 10 月の来店（以後、プロモーション反応来店）回数と、それ以外の月の来店（以後、通常来店）回数に分けて分析を行った。表 3 から、来店回数全体でもまた、プロモーション来店、通常来店の両方でも継続顧客の来店回数が多いことが分かる。また 1 商品の平均単価や、1 来店

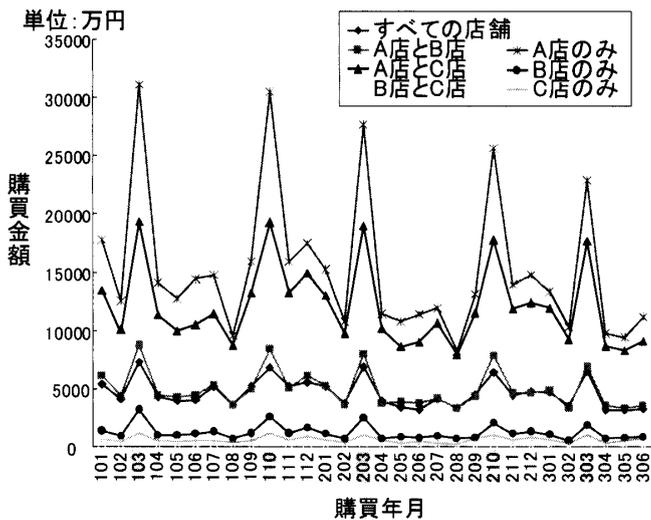


図1 利用店舗の違いと各月の購買額

表1 各グループの特徴

購買店舗	ID 数	購買額/1人	購買額合計
A店のみ	23,685	193,847	4,591,266,099
B店のみ	3,201	117,082	374,779,225
C店のみ	3,343	56,402	188,552,951
A店とB店	4,289	348,035	1,492,720,927
B店とC店	458	135,023	61,840,589
C店とA店	11,149	325,048	3,623,954,466
3店舗	2,933	474,609	1,392,027,510

これらの月に分割手数料を無料にするプロモーションを行っている結果であると予想される。これらの顧客グループの購買額の特徴をまとめたのが、表 1 である。A 店のみを利用している顧客が最も多い一方で、C 店と A 店を併用している顧客も全体の 1/4 程度存在し、また 3 店舗すべてを併用している顧客も 3,000 人弱存在していることが分かる。またデータ期間中の 1 人当たりの購買額などについては店舗を複数利用しているグループの方が全体としては大きな傾向にあるが、総購買額では A 店のみ顧客グループが最も大きいことも確認される。購買額の特徴から、これらのグループで他にも大きな特徴、例えば購買商品、グループの個人属性などで、大きな違いが発見できそうに思えるが、他の集計結果からは、顕著な傾向、例えば特定のグループが特定の売場の商品を多く購買しているという傾向は特に観察されなかった。

顧客全体の基礎的ないくつかの観点からの分析結果は、表 2 に示すとおりである。全体的にはそれほど驚くべき特徴を持った結果は得られなかった。ただし購買される商品の種類についていえば、かなり婦人服と
³ 以後、特に断らない限りクレジット購買額を意味するものとする。

表3 継続顧客と休止顧客の特徴

	継続	休止
プロモーション反応来店回数	1.54	0.65
通常来店回数	5.52	1.90
平均購買金額/1来店	36911	44281
平均購買商品種類数/1来店	1.23	1.2
平均商品単価/1商品	16591	24593

表4 セグメント内の継続顧客と休止顧客の特徴

	継続	休止
年間平均来店回数	12.1	8.7
年間平均購買売場種類数	11.7	9.2
最近来店日(評価期間初日=0)	56.8	150.7
平均購買金額/1来店	32704.1	30896.1

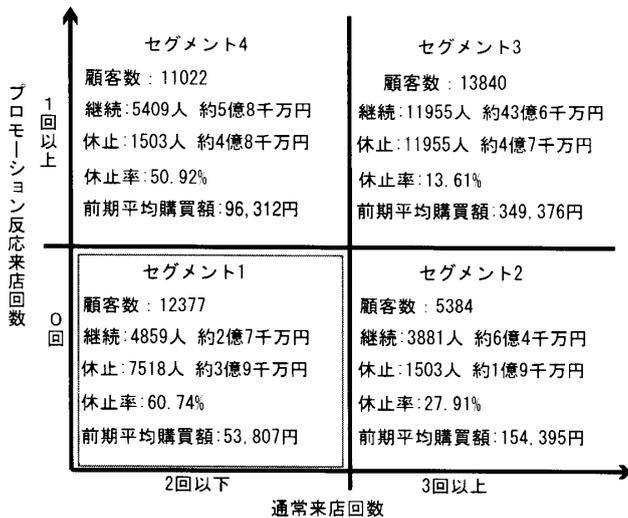


図2 来店行動による四つのセグメント

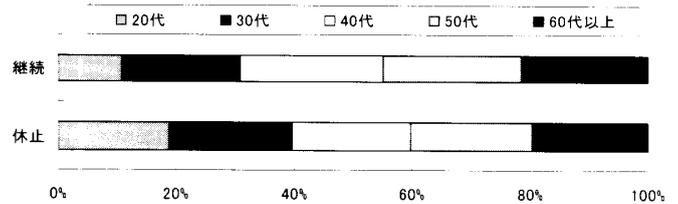


図3 継続顧客と休止顧客の年代構成

の購買金額の平均値は、休止状態の顧客グループの方が大きく、単に比較的高額な商品をカードで購入したからといって、取引を継続してくれる顧客とはいえないことが分かる。また、これらの金額に違いはあっても、1来店の平均購買商品種類数のように、ほとんど差のない指標もある。

次に休止か継続かの判別を目的変数に、そして来店回数や購買金額など、基礎分析で違いが多少確認された変数を説明変数として、決定木分析を行った。結果としては、基礎分析の結果と一致して、プロモーション反応来店回数と、通常来店回数が最も強い説明変数として出現し、それ以外の説明変数はあまり説明力を持たなかった。そこでプロモーション反応来店回数、通常来店回数それぞれが、もっとも強く反応した分岐点である1回以上または未満、そして3回以上または未満を境界として、対象顧客を四つのセグメントに分割した。このデータでは来店回数と購買額の間には、比較的強い相関関係(相関係数:0.693)が確認されており、両方の来店回数が多いセグメント3が、最も購買金額の大きな顧客が属しているセグメントであることが分かる。購買総額で見ると、全体の1/3程度の顧客数で約6割の購買額を示して、また休止率は、通常来店の回数が少ないと比較的大きな傾向を示して

おり、セグメント1では実に6割の顧客が休止してしまうのに対して、セグメント3では、1割強の顧客しか休止しないことが確認できる。このうちセグメント1は、大きな休止率を示しているため、これを継続させるような要因を見つけ出すことは興味深い。観察期間における購買履歴が少なすぎて、たまたまカードを使って購入しただけかもしれない、詳細な分析は困難であるといえる。一方、セグメント3はデータの中では多くの購買履歴を残している顧客グループであり、購買額も相対的に大きい。休止率は小さなものの1人当たりの購買額が大きいため、これらの休止を1%でも食い止めることは、百貨店にとって重要であるといえる。

次ではセグメント3を分析対象として限定し、より詳細な分析を行う。表4は、このセグメント内の顧客を継続顧客と休止顧客に分けて、観察期間における購買行動の違いを表したものである。年間の来店回数で見ると、平均で3回程度の差があることが分かる。また、年間の平均購買売場種類も1来店当たりの平均購買金額も継続顧客のほうが大きく、継続顧客のほうがより積極的に当該百貨店においてクレジット購買をしていることが分かる。一方、評価期間の初日を0として最近、何日前に来店購買したかを調べると、継続顧客は平均で2か月、休止顧客は平均で5か月であることが分かる。また図3は、年代別の構成割合を示している。大きな差は見られないが、全体的には休止顧客に20代や30代の比較的若い顧客がより多く見られ、逆に継続顧客はそれ以上の世代層が多いことが分かる。

これらの結果より、継続顧客は休止顧客よりも定常的に来店し、休止顧客よりも生活に必要な商品をより多くクレジット購買しているのではないかと解釈され

る。したがって、購買している商品の種類についても、単に高級嗜好品だけではなく、日常利用するもの、例えば家庭用品や普段着などについても休止顧客よりは継続顧客のほうが比較的多く、購買行動が観察されるのではないかと予想される。また年代構成が若干休止のほうが若い傾向が確認されるので、商品購買においてもそれらの傾向が確認されるのではないかと考えられる。

もちろん、表4の値だけで継続と休止顧客を分けるほど強力な結果であるとは残念ながらいえない。そこで以上の結果を踏まえて、購買商品の各グループにおける関連性の比較から、購買行動における特徴を明らかにし、休止行動へとつながる傾向を明らかにする。

3.3 関連購買商品の比較分析

商品間の関連購買を分析する場合、1回の来店購買において何を同時に購買したかという商品間のアソシエーションルールの発見に主眼が置かれている。それはスーパーマーケットなどの小売業にとっては、有益なルールの発見につながることもあるといえる。しかし、今回分析対象としている百貨店などのような業種では、顧客は1回の来店購買で同時に必要な商品を購入するとは限らない。その場合、類似顧客の共通するライフスタイルに基づく関連した購買商品を相対的に比較することは、特定の顧客グループの特徴を識別することに有効である[2]。

文献[2]では、顧客の購買金額に基づく評価関数を複数設定し、パレート最適の観点から、特定顧客セグメントの共通購買商品の関係を明らかにした。しかし本論文では、前述のように購買額に基づく評価基準を用いることがあまり適当とはいえない。重要な点の一つは、対象顧客の中での関連購買の度合い、すなわち効果的な関連購買を確認することでもある。もう一つは、ある特定の商品を購入しているグループ内での関連購買の起こりやすさ、すなわち効率的な関連購買の確認である。前者の観点については、同時関連購買分析におけるサポート値を、後者の観点についてはキーグラフなどで用いられている Jaccard 係数を評価値として利用することにする[3]。このとき継続顧客と休止顧客の商品⁴ k を観察期間内⁵に購買した顧客集合をそれぞれ C_k, S_k 、すべての継続顧客と休止顧客の集合を C_{all}, S_{all} とすると、二つの商品 i と j の継続顧

客と休止顧客に対するそれぞれのサポート $SPT(C_i, C_j)$, $SPT(S_i, S_j)$ は次のように表される。ここで $|\cdot|$ は集合の要素数を表すものとする。

$$SPT(C_i, C_j) = \frac{|C_i \cap C_j|}{|C_{all}|} \quad (1)$$

$$SPT(S_i, S_j) = \frac{|S_i \cap S_j|}{|S_{all}|} \quad (2)$$

また、同様に各 Jaccard 係数は、次のように表すことができる。

$$JC(C_i, C_j) = \frac{|C_i \cap C_j|}{|C_i \cup C_j|} \quad (3)$$

$$JC(S_i, S_j) = \frac{|S_i \cap S_j|}{|S_i \cup S_j|} \quad (4)$$

この二つの評価値の空間に、任意の二つの商品を組合せた場合の点をプロットしたものが図4、図5である。二つの評価値はいずれも大きな値であることが望ましい。したがってパレート最適解として出現している解が、最も強い影響力を持っている解であるといえる。図4の b のような解は、 $SPT(C_i, C_j)$ も $JC(C_i, C_j)$ も比較的高いため、継続顧客の比較的多くの顧客に共通して購買される商品の組合せであり、いずれかの商品を購入すると、他方も購買される可能性が高いことを意味している。一方 a のような解は、 $SPT(C_i, C_j)$ は比較的小さいので、全体としてはそれほど共通して購買されていないが、 $JC(C_i, C_j)$ が比較的大きいので、いずれかの商品を購入した人は、もう一方の商品を購

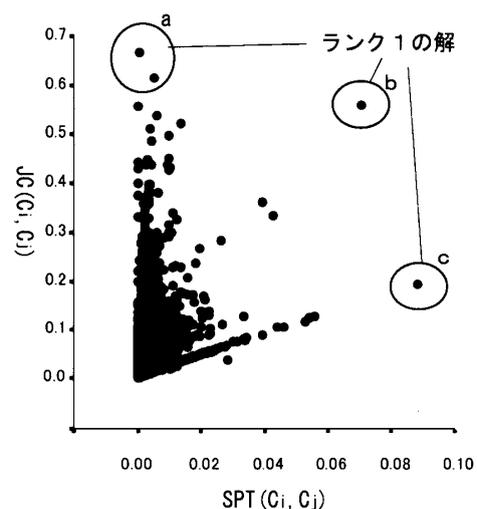


図4 継続顧客の関連購買商品の分布

⁴ 実際は商品名と売場名とが混在した分類になっているがここでは統一的に商品と呼ぶことにする。

⁵ マーケットバスケット分析などでの時間的単位は1購買であると考えられるが、本論文では文献[2]と同様に、一定期間内でのどのような商品に関連購買しているかという観点から分析を行っているため、比較的に長い期間を一つの時間的単位としている。

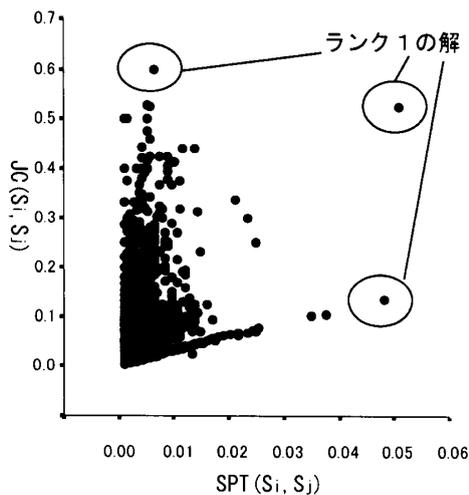


図5 休止顧客の関連購買商品の分布

買している可能性が大きいことを示している。そして c のような解は、 a の逆であり、全体として関連して購買されているが、どちらかの商品を購入したからといっても、もう一方を購入する可能性はそれほど大きくないことを意味している。

a , b , c に示している解は、すべてパレート最適解であるので影響力が大きいことは分かるが、他の解は不要というわけではない。相対的に影響力は弱くなるものの、パレート解に近い解は重要な解であるといえる。そこでここでは、パレート解に近い解を選択する方法として、多目的遺伝的アルゴリズムの解のランク付け方法として利用される Goldberg のランク法 [4] を用いて、解にランクを付け、必要なランクまで解を選択する。ランクの付け方は次のようにして行う。

1. 解集合を A , ランク $r=1$ とする
2. A から現在の r におけるパレート解集合 P_r を求める
3. P_r の各要素に r のランクを付ける
4. A から P_r を除いたものを新たな解集合 A として更新する
5. A が空集合ならば手順を終了する。そうでなければ $r=r+1$ として手順を2から繰り返す

解の数が少なければ、すべての解を対象として関係を表示してもよいが、今回の場合、全部でその組合せは10万を超えるため、あまり賢明とはいえない。そこでなるべく影響力の大きな少ない数の解で、できるだけ多くの顧客を含んだ関係図とするため、継続顧客集合・休止顧客集合それぞれが70%以上⁶になるランクまでを採用することにした。この場合、継続顧客はランク34まで、また休止のほうはランク25までのパ

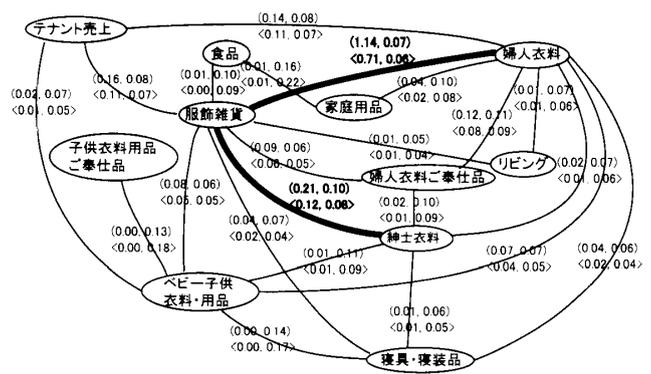


図6 共通の関連購買商品の関係図

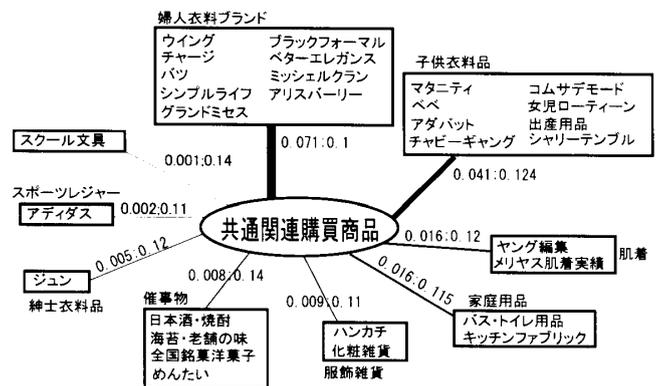


図7 継続顧客のみに出現した関連購買商品の関係図 (図中の数字は、サポートの合計値; Jaccard 係数の平均値を表す)

レート解である。図6は、継続顧客と休止顧客で共通に出現した関連商品を大分類でまとめた関係を表したものである。枝についている括弧内の数字は、左がサポートの合計値⁷、右が Jaccard 係数の平均値を表しており、上の括弧内が継続顧客、そして下の括弧内が休止顧客のそれぞれの値を表している。図から分かるように、全体としては両者の値は各枝でそれほど大きな違いが確認されない。服飾雑貨と婦人衣料、そして服飾雑貨と紳士衣料のサポート値に多少の違いが確認されるのみである。また、図7、図8はそれぞれ、継続顧客と休止顧客のみに現れた関連購買商品の関係図である。グラフを分かりやすく表現するため、図6で

⁶ 今回の場合70%を超えると急速に1ランク当たりの解の数が増大するのに比して、対象人数をそれほど増加させることができなかつたため、70%とした。したがって、他のケースでは必ず70%以上というわけではないことに注意されたい。

⁷ 上述のように各大分類間には複数の関連商品が存在している場合がある。図6はそれらを一つの枝としてまとめて表現し、サポートの合計値を記述しているため、個々の関連購買商品のサポート値は1以下であるが、全体の合計値としては1を超える場合があることに注意されたい。

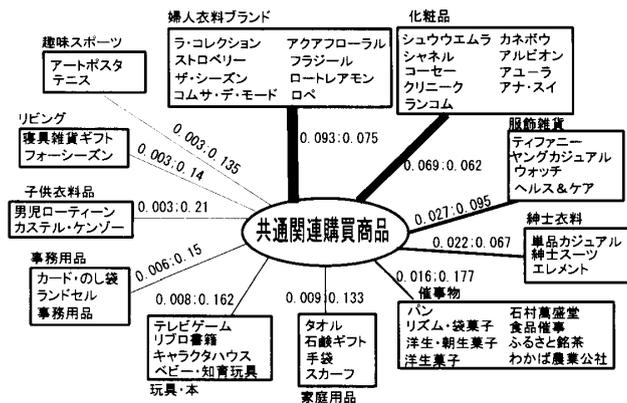


図8 休止顧客のみに出現した関連購買商品の関係図(図中の数字は、サポートの合計値; Jaccard 係数の平均値を表す)

出現した商品については、関連購買商品という統一したノードで表現し、それと他の商品との関係を表している。他の商品についても、グラフを見やすくするため、接続関係が同じであったり、分類上同一の商品であったりしたものは、一つのノードにまとめて表示している。二つの図を比較すると、継続顧客では共通関連購買商品とブランド子供服、子供用品との関係が強く、休止顧客では共通関連購買商品と化粧品との関係が独自に現れていることが分かる。これらの品目については単純集計では、その違いが現われなかった。すなわちブランド子供服にしても、化粧品にしても、それぞれ休止顧客や継続顧客が購入しないということで違いが出たのではなく、共通関連購買商品とこれらの商品を関連して購買しているかどうかを分析することによって、得られた結果であるといえる。

4. おわりに

本論文では、クレジット購買履歴データを用いて、顧客のクレジット購買行動の違いを、商品関連購買行動の観点から明らかにした。来店行動の違いから、分析対象とすべきターゲット顧客層を限定し、クレジット購買による取引を継続するか休止するかについて、過去の顧客の関連購買行動を分析した。結果として、継続するか休止するかに関係なく購買される共通の関連購買商品のグループを識別した。また、継続顧客、休止顧客それぞれだけに強く反応している特徴として、継続顧客では、共通関連購買商品とブランド子供服の

関連購買を、休止顧客では、共通関連購買商品と化粧品の関連購買が大きな特徴になっていることを明らかにした。これは単純な購買商品の集計によって導かれた結果ではなく、商品の関連性から分析を展開して特徴を識別したことに、本論文の意義があると考えられる。これらの結果より、共通関連購買商品と子供服、特に図7で出現したブランド子供服を購買している顧客層は、比較的継続購買に関して優良な顧客であるといえる。したがってこれらの顧客のニーズを積極的に取り入れ、商品展開に活用することが重要となる。また同様に共通関連購買商品を購入しながらも、特定の化粧品を購入する顧客層は休止顧客となる危険が高いため、それらの顧客が求めているものを正確に把握し、対象の化粧品を接点としたプロモーション活動を実施することが継続購買顧客を増加させるという観点からは必要である。さらには共通関連購買商品以外に、休止顧客と継続顧客には共通して、ブランド婦人服が出現しているが、その中身には違いが見られる。これについてはさらなるデータとその分析が必要であるが、購買ブランドの相違から、百貨店に対して求めているものの違いをより詳細に探ることができのかもしれない。今回の分析方法は、むしろクレジット購買のデータに限定した方法ではなく、現金購買のデータを対象とした場合においても可能である。むしろ特徴が出にくいクレジット購買データでも結果が導かれたことを考えると、現金購買データが同時に存在すればより有効な結果を導くことが可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 日本信販(株), 第13回クレジットカードについての消費者調査, 2004年3月.
- [2] 森田裕之, 中山雄司, 荒木長照, 百貨店の購買データを用いたコア商品の発見とプロモーション戦略, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 49, No. 2, 2004, pp. 81-91.
- [3] 大澤幸生, キーグラファーチャンスと周辺事象の関係を視覚化する一, 大澤幸生編著, チャンス発見の情報技術第9章, 東京電機大学出版, 2003, pp. 121-137.
- [4] G. E. Gorlberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, 1989.