

ベーカリーにおける欠品時情報を考慮した パンの代替性分析方法の開発

○安藤匡人 後藤裕介 (芝浦工業大学)

Development of a Method for Analyzing Bread Substitutability in Bakery Considering Out-of-Stock Information

* M. Ando and Y. Goto (Shibaura Institute of Technology)

概要— 食料品を扱う小売店において欠品はたびたび生じるが、欠品時の代替行動及び商品の代替関係を把握することは難しい。本研究では、ベーカリーのパンについて欠品時の情報を考慮し、バスケット分析を用いて代替性を分析する方法を開発する。また開発した手法を協力ベーカリーに適用し、実際の商品がどのように代替されているかを分析する。さらに代替性が高い商品を個別に分析することで特徴や傾向を探り、手法の有効性を確かめる。

キーワード: ベーカリー, 欠品, 代替性, バスケット分析

1 はじめに

内閣府の世論調査によると、食料品を扱う小売店において生じる欠品に対し、25%近くの顧客が不満に思っている¹⁾。欠品に対し、顧客は「購買をやめる」、または「代替品を購買する」のどちらかを選択する。前者は購買機会の損失となり、店舗の売上損失に直結する。後者は直接的な売上損失にはならないが、来店するたびに欠品が続いていた場合、満足度低下につながり、リピート顧客の減少などが考えられる。そのため店舗は欠品が生じないような在庫管理を求められるが、廃棄コストと欠品による購買機会損失はトレードオフの関係にある²⁾。以上から、欠品をある程度許容した上で欠品時の顧客行動を把握することが重要である。

欠品時の行動に関して、ベーカリーでは8割以上の顧客が代替品を購買することから、パンの代替性は高いといえる³⁾。そのため、パンの代替関係を分析し、代替されやすい商品の特徴を把握することや多くの商品から代替される商品の生産量を増やすことは、欠品による購買機会損失の減少及び満足度低下の防止に効果的だと考えた。また、協力ベーカリーへのヒアリングの結果、「欠品が起こった際、その代替品となるものは把握できていない」ということが分かった。

POSデータを用いて商品の相関を求める手法の一つに、バスケット分析が挙げられる。この手法は同時に購買されやすい商品の組み合わせを見つけ出すもので、関連研究ではこの手法を用いて関係の強い組み合わせを抽出し、対象商品の純利益を増加させることに成功しており、相関を表す手法として有用であることが確認された⁴⁾。

本研究では、ベーカリーのPOSデータを用いて通常時と対象商品欠品時にバスケット分析を行い、購買パターンの変化からパンの代替関係を発見する手法を開発する。

2 関連研究

松村らはコンビニエンスストアにおいて発注を行うシミュレーションを行い、廃棄コストと欠品による購買機会損失の関係を求めている²⁾。廃棄期限が短く欠品の発生にセンシティブなおにぎりカテゴリを対象に

しており、シミュレーションの結果、廃棄コストと欠品による購買機会損失はトレードオフの関係にあることが確認された。また、おにぎりの「廃棄期限が短く欠品にセンシティブ」という特徴はパンにも共通しており、ベーカリーにおいてもトレードオフの関係は当てはまると考えられる。

Pradipらの研究では、スーパーマーケットの購買データを用いてバスケット分析を行い、関係の強い相関ルールを抽出した⁴⁾。相関ルールとは、商品Aを購買する人は商品Bを購買しやすいという関係性のことで、「A⇒B」と記述し、Aを条件部、Bを帰結部という。その評価方法として、抽出したうち一つの相関ルールを考慮した上で実際に在庫管理を行ったところ、純利益に改善が見られた。そのため、バスケット分析は商品の相関を表す手法として優れているといえる。

しかし、欠品時の代替行動を考慮しておらず、欠品時に全顧客が購買をやめることになっているため、商品の代替性及び欠品時の代替行動を考慮することで、より大きな利益の改善が期待できる。そこで本研究では、欠品時の代替行動を探るため、手法を協力ベーカリーに適用する。実際の商品がどのように代替されているかを分析することで、手法の有効性を確かめる。

3 研究目的・研究方法

本研究の目的は、欠品時の情報を考慮したパンの代替性分析方法を開発することである。研究方法を以下に示す。

- I. 手法の開発
通常時と対象商品欠品時にバスケット分析を行い、相関ルールの変化から対象商品に関する代替関係を見つけ出す分析方法を開発する。
- II. 手法の適用
協力ベーカリーに手法を適用し、代替関係の分析結果から手法の有効性を確かめる。

4 提案手法

提案手法の概要を Fig. 1 に整理した。具体的な手順は以下の(1)-(6)の通りである。

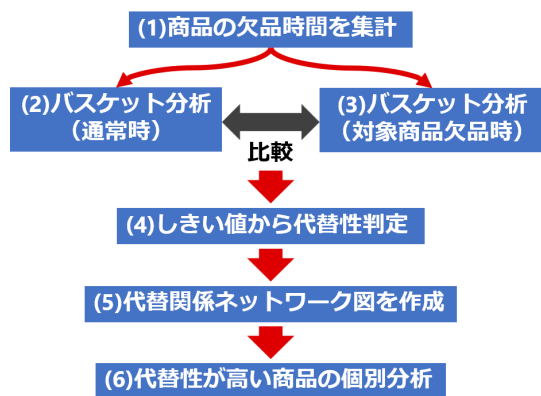


Fig. 1: 提案手法概要

まず対象商品の欠品時間を集計する。次に、通常時と対象商品欠品時にバスケット分析を行い、相関ルールの指標値を比較する。対象商品欠品時の相関ルールのうち、しきい値を超えるものを代替性ありと判定する。つまり、「通常時に対象商品と同時購買されやすい商品は、対象商品欠品時にどの商品と同時購買されやすくなったか」を相関ルールの指標値を用いて図り、その変化量がしきい値を超える商品を代替品として判定する。そして代替関係をまとめ、ネットワーク図を作成する。最後に代替性が高い商品の個別分析を行い、特徴や傾向を探ることで手法の有効性を確かめる。

(1) 商品の欠品時間集計

本研究では、「1時間ごとの売上個数=0が閉店まで続き、その日の合計売上個数=生産数±1の時間帯」を欠品時間と定義する。POSデータから「商品が売れなくなった時間帯」を取り出すが、これだけでは在庫はあるが単に売れていないだけの状況を排除できず、欠品を推定することはできない。そこで、その日の合計売上個数と生産数を照らし合わせることで欠品に近い状況を再現できると考えた。±1までの範囲を許容することにより、記録に残らない廃棄や前日の売れ残りを考慮できるようにする。また、本研究の生産データには1日の生産回数は記録されているが、何時に生産されたかは記録されていないため、閉店まで売られていない時間帯に限定した。この定義に従い商品ごとに欠品時間を集計し、対象商品欠品時のPOSデータを抽出する。

(2) 通常時のバスケット分析

通常時のバスケット分析には全期間のPOSデータを使用する。ここで「 $A \Rightarrow B$ 」の相関ルールに対し、バスケット分析の指標値には主に *support*, *confidence*, *lift* の3つが使用され、以下の式(1)-(3)のように定式化されている。なお、 $|A|$ は商品Aを購入した顧客数、 $|U|$ は全顧客数である。

$$\text{support}_{A \Rightarrow B} = \frac{|A \cap B|}{|U|} \quad (1)$$

$$\text{confidence}_{A \Rightarrow B} = \frac{|A \cap B|}{|A|} \quad (2)$$

$$\text{lift}_{A \Rightarrow B} = \frac{|A \cap B| \times |U|}{|A| \times |B|} \quad (3)$$

support は全体の中から商品Aと商品Bを同時に購買した人の割合を示しており、その組み合わせがどの

くらい頻出するかを表したものである。*confidence* は商品Aを購入した人の中で商品Bも購買した人の割合を示しており、値が高いほど関係が強い。*lift* は商品Aを購入した人の中で商品Bも購買した人の割合が、全体から無作為に抽出したときに商品Bを購買した人が含まれる割合に比べて、どのくらい関係性が強いかわを示している。*lift*の値が1より大きければ、無作為抽出するよりも帰結部が含まれる割合が高くなる。

以上の指標値を用いて通常時のバスケット分析を行い、全相関ルールを網羅的に抽出する。その中から条件部が対象商品Aである相関ルール「 $A \Rightarrow B$ 」を抽出した上で出現回数上位10件を抽出する。Bは「対象商品と合わせ買いされやすい商品リスト」とし、対象商品Aについて代替品を探る。

(3) 対象商品欠品時のバスケット分析

対象商品欠品時のバスケット分析には(1)で抽出したPOSデータを使用する。「対象商品と合わせ買いされやすいリスト」の商品が条件部に含まれるような相関ルール「 $B \Rightarrow C$ 」を抽出する。バスケット分析を行う前に、商品A欠品中に商品Bまたは商品Cが欠品していた場合、その分「 $B \Rightarrow C$ 」の組み合わせが売れる時間は少なくなるため、出現回数が増えるよう式(4)のように補正を行う必要がある。なお $\text{count}_{B \Rightarrow C}$ は相関ルール「 $B \Rightarrow C$ 」の出現回数、 $\text{oos}_h(A)$ は商品Aの欠品時間、 $\text{sell}_h(B \cap C)$ は商品A欠品中に商品Bと商品Cがどちらも在庫ありの時間である。

$$\text{count}_{\text{fix}_{B \Rightarrow C}} = \text{count}_{B \Rightarrow C} \times \frac{\text{oos}_h(A)}{\text{sell}_h(B \cap C)} \quad (4)$$

$\text{sell}_h(B \cap C)$ の最大値は $\text{oos}_h(A)$ であるため、 $\text{count}_{\text{fix}_{B \Rightarrow C}}$ は、商品A欠品中に商品Bと商品Cがどちらも欠品していなかった場合の値として $\text{count}_{B \Rightarrow C}$ を換算したものである。商品Aの欠品時間が長いほど補正の値は大きくなるが、その分 $\text{count}_{B \Rightarrow C}$ の値も大きい。バスケット分析の指標値は割合をもとに算出するため、補正の値が多少大きくなっても指標値には大きく影響されないことからこの計算式を選んだ。補正後の値を用いて相関ルール「 $B \Rightarrow C$ 」を抽出し、商品Cが商品Aの代替品として購買されているかを手順(4)で判定する。

(4) 代替性の判定

代替性ありのしきい値は「 $\text{count} \geq 10$ かつ support 変化量 >0.009 かつ confidence 変化量 >0.03 かつ $\text{lift} > 1$ 」とする。*support*変化量とは手順(3)で抽出した「 $B \Rightarrow C$ (対象商品欠品時)」の*support*から手順(2)で抽出した「 $B \Rightarrow C$ (通常時)」の*support*を引いたものであり、*confidence*変化量についても同様である。*support*変化量が大きいものは通常時より購買されやすくなったことを意味し、*confidence*変化量が大きいものは通常時より商品の関係が強くなったことを意味する。そのため、*support*変化量と*confidence*変化量の両方についてしきい値を設けることで、通常時よりも購買されやすく関係が強い相関ルールを抽出できる。*count*が少ないものは補正の幅が大きくなりすぎるため除外し、*lift*は1より大きければ関係が強いと考えられるため、これらいずれもが成り立つものを代替性ありとした。目安として全体の1%未満の代替関係が顕著に表れるような相関ルールを抽出できるよう、具体的な数値を設定

した。

手順(3)で抽出した相関ルール「 $B \Rightarrow C$ 」のうち、しきい値を超えるものを代替性ありとし、商品 C が商品 A の代替品となる。このとき、条件部 B が異なる商品でも帰結部 C が同じ商品の場合があるが、これは重複して同じ商品が代替品に選ばれているということである。

まとめると、通常時に対象商品 A を購買した顧客は商品 B を購買しやすく、A 欠品時には商品 B を購買した顧客は商品 C を購買するようになった。そのため、商品 C が商品 A の代わりに購買されており、商品 C が商品 A の代替品となる。また、相関ルール「 $B \Rightarrow A$ 」と「 $B \Rightarrow C$ 」を比較することもできるが、異なる相関ルール同士で指標値の変化量を算出することになり、代替性の判定においてしきい値を設定することが難しくなるため、以上の手法を提案する。

(5) 代替関係ネットワーク図の作成

全対象商品について手順(1)-(4)を繰り返し、代替関係ネットワーク図を作成する。商品 A が商品 C に代替される時、 $A \rightarrow C$ と表す有向グラフで描画する。また手順(4)で代替品の結果が重複した場合、代替関係が強いと考え、エッジを太くする。

ネットワーク図では入次数と出次数が確認できる。入次数が多い商品は多くの商品から代替されており、出次数が多い商品は欠品時に多くの商品に代替されているといえる。

(6) 代替性が高い商品の個別分析

手順(5)で作成したネットワーク図の次数に注目し、次数が多い商品を代替性が高い商品とする。次数を欠品時間、売上個数と結びつけたバブルチャートを作成する。作成したバブルチャートから多次数商品をピックアップし、個別に分析を行う。

5 使用データ詳細

本研究で対象となるベーカリー、また使用した POS データ、生産データについて説明する。

5.1 対象ベーカリー詳細

まず、本研究の対象ベーカリーについて説明する。2 店舗を展開しており、本研究ではそのうち 1 店舗(本店)のデータを扱う。営業時間は 8 時から 19 時までで、店内でパン生地作成から焼き上げ、販売まで行う路面店のベーカリーである。

5.2 POS データの内容

POS データには購買された商品、日時、価格、数量が記録されており、対象期間は 2022 年 7 月 1 日から 2022 年 11 月 30 日までの 5 か月間 (136 日, 1,632 時間) である。季節商品やドリンク商品は削除し、対象期間を通して販売されているパンのみを対象とした。結果的に商品数は 81、データ数は 173,281 となっている。

5.3 基礎集計

対象ベーカリーの売上状況や顧客の購買に関する特徴を把握するため、POS データの基礎集計を行った。曜日別の平均売上金額、時間別の平均会計数を Fig. 2, 3 に、1 回あたりの購買個数、購買種類数の分布を Fig.

4, 5 に示す。

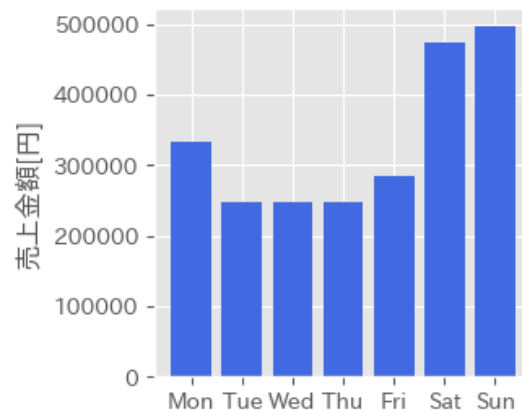


Fig. 2: 曜日別平均売上金額

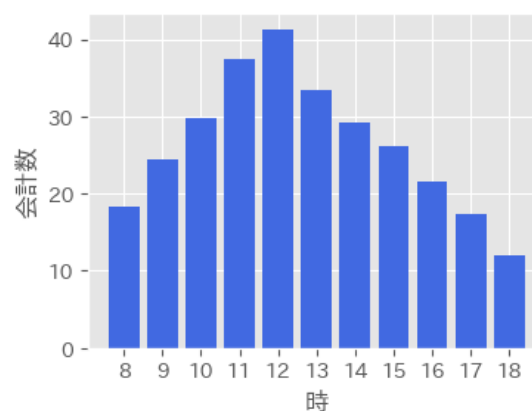


Fig. 3: 時間別平均会計数

Fig. 2 より、売上金額は土曜日と日曜日に高くなっており、どちらも 50 万円弱の売上を記録している。また Fig. 3 より、開店から会計数は増え続け、12 時をピークにその後は閉店まで減少していることがわかる。このことから、昼間が主な売上の時間帯であるといえる。

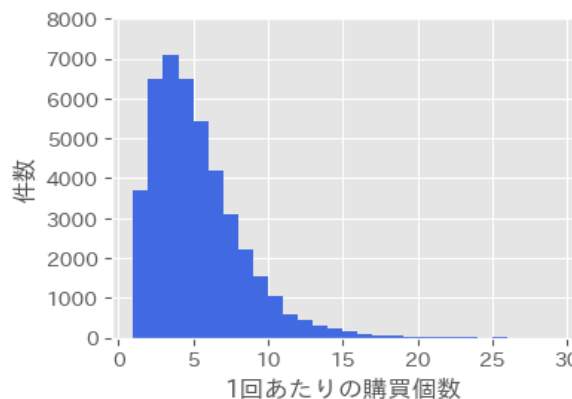


Fig. 4: 購買個数分布

Fig. 4, 5 より、どちらも 4.0 前後に集中していることがわかる。1 回あたりの平均購買個数は 4.8、平均購買種類数は 4.0 であった。このことから、1 種類の商品を複数購買する顧客よりも、複数の種類の商品を 1 個ずつ購買する顧客が多いと考えられる。

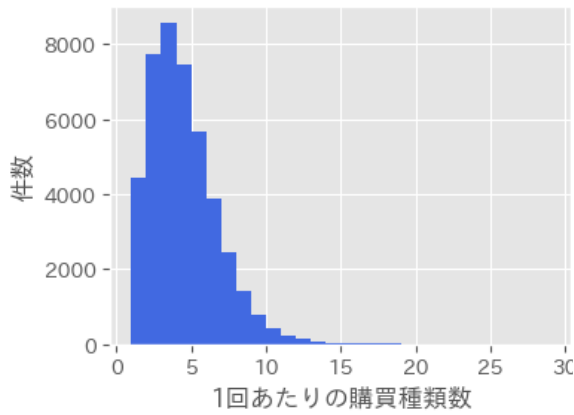


Fig. 5: 購買種類数分布

品には野菜などを扱うサンドイッチなどが多く、消費期限が短いため売れ残りによる廃棄が生じないよう生産数を抑えていると考えられる。

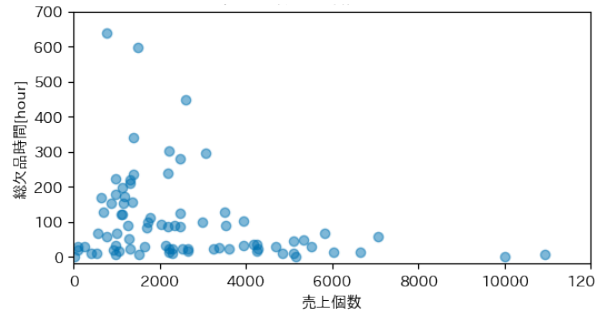


Fig. 7: 欠品時間と売上個数の相関

5.4 生産データの内容

生産データには商品ごとに1日の総生産数、生産ロス数、生産回数が記録されており、対象期間はPOSデータと同じく、2022年7月1日から2022年11月30日までの5か月間である。本研究では、「総生産数－生産ロス数」を生産数として扱う。

6 結果

提案手法を本研究対象ベーカリーに適用した結果を以下に示す。

6.1 欠品時間集計取得

全商品の総欠品時間、欠品時間と売上個数の相関を Fig. 6, 7 に示す。

Fig. 6 より、1商品の総欠品時間の平均値は99時間、中央値は50時間であった。ここで、欠品時間が少ない商品は欠品時のデータが十分確保できないと考え、総欠品時間が45時間以上の商品を対象にした。結果的に対象商品数は81から40となっており、本研究ではこの40商品の代替品を探る。

Fig. 7 より、欠品時間と売上個数には負の相関関係がみられ、相関係数は-0.524であった。これは、売上個数が多い人気商品を欠品させないように在庫管理しているためだと考えられる。また、欠品時間が多い商

6.2 通常時のバスケット分析結果

式(1)-(3)を用いて、通常時のバスケット分析を行った結果の一部を Table 1 に示す。なお、相関ルールは「 $p1 \Rightarrow p2$ 」となっており、count 降順で表している。

Table 1: バスケット分析結果 (通常時)

p1	p2	count	support	confidence	lift
自家焼きカレーパン	もちもちドーナツ	1,297	0.0299	0.1838	1.6106
あらびきソーセージ	自家焼きカレーパン	1,277	0.0295	0.3078	1.8908
自家焼きカスタードのクリーム	自家焼きカレーパン	1,239	0.0286	0.2507	1.5402
マーブルメロンパン	自家焼きカレーパン	1,112	0.0257	0.2772	1.7027
自家焼きカレーパン	ピロシキ	1,056	0.0244	0.1497	1.4146
もちチョコ	自家焼きカレーパン	1,047	0.0242	0.2450	1.5053
めんたいフランス	自家焼きカレーパン	898	0.0207	0.2387	1.4664
もち姫スコーンアール	もち姫スコーンチョコ	886	0.0204	0.4165	5.8757
PANOPANOコッパ	自家焼きカレーパン	874	0.0202	0.2435	1.4956
自家焼きカレーパン	塩バターロール	858	0.0198	0.1216	1.4105

全部で3,256通りの相関ルールが抽出された。Table 1 から自家焼きカレーパンを含む組み合わせが上位を独占しており、人気商品であることが分かる。support は0.001から0.020の値が多く、confidenceは0.1から0.3の値が多かった。「もち姫スコーンアール⇒もち姫スコーンチョコ」に注目すると、confidenceとliftの値が高くなっている。これは、味は異なるが同じパンの組み合わせであるため、同時に購買する顧客が多いと考えられる。

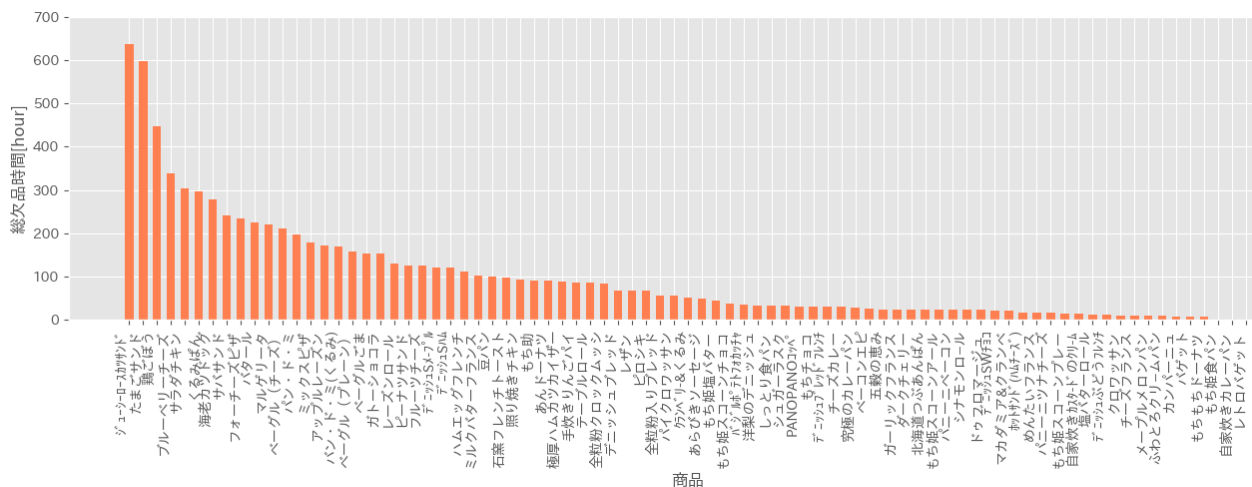


Fig. 6: 全商品の総欠品時間

6.3 通常時の対象商品を含む相関ルール抽出結果

6.2 で導出した通常時のバスケット分析結果のうち、例として、あらびきソーセージが条件部に含まれる相関ルールの count 上位 10 件を Table 2 に示す。

Table 2: バスケット分析結果
(通常時, あらびきソーセージを含む)

p1	p2	count	support	confidence	lift
あらびきソーセージ	自家炊きカレーパン	1,277	0.0295	0.3078	1.8908
あらびきソーセージ	ピロシキ	712	0.0164	0.1716	1.6220
あらびきソーセージ	自家炊きかたど のクリーム	705	0.0163	0.1699	1.4904
あらびきソーセージ	もちもちドーナツ	694	0.0160	0.1673	1.4657
あらびきソーセージ	メープルメロンパン	638	0.0147	0.1538	1.6614
あらびきソーセージ	もちチョコ	551	0.0127	0.1328	1.3472
あらびきソーセージ	もち助	537	0.0124	0.1294	2.1405
あらびきソーセージ	パニーニベーコン	520	0.0120	0.1253	1.7806
あらびきソーセージ	バジルポテトフォカッチャ	510	0.0118	0.1229	1.5009
あらびきソーセージ	PANOPANO コッパ	479	0.0111	0.1154	1.3940

全部で 80 通りの相関ルールが抽出された。Table 2 の p2 にあたる「自家炊きカレーパン, ピロシキ, 自家炊きカスタードのクリーム, もちもちドーナツ, メープルメロンパン, もちチョコ, もち助, パニーニベーコン, バジルポテトフォカッチャ, PANOPANO コッパ」が「対象商品と合わせ買いきれやすい商品リスト」となる。ここでは自家炊きカレーパンやピロシキ, パニーニベーコンなど総菜系のパンがみられ, あらびきソーセージを購入する顧客は同じ総菜系のパンを同時に購買していることがわかる。

6.4 対象商品欠品時のバスケット分析結果

6.1 で抽出した 40 の商品を対象に, 式(4)の補正を行った上で対象商品欠品時のバスケット分析を行った。例としてあらびきソーセージ欠品時のバスケット分析を行った結果の一部を Table 3 に示す。

Table 3: バスケット分析結果
(あらびきソーセージ欠品時)

p2	p3	count_fix	support	confidence	lift
自家炊きカレーパン	自家炊きかたど のクリーム	31	0.0320	0.1813	1.2032
ピロシキ	ガーリックフランス	11.92	0.0123	0.1892	1.7973
自家炊きかたど のクリーム	メープルメロンパン	25	0.0258	0.1712	1.6428
もちもちドーナツ	クロワッサン	20	0.0206	0.1439	1.7213
メープルメロンパン	シナモンロール	18	0.0186	0.1782	2.1860
もちチョコ	照り焼きチキン	10.05	0.0104	0.1340	3.1674
もち助	ミルクバターフランス	11.43	0.0118	0.1971	2.4489
パニーニベーコン	ベーコンエビ	9	0.0093	0.1385	1.6165
バジルポテトフォカッチャ	クロワッサン	12	0.0124	0.1714	2.0508
PANOPANO コッパ	豆パン	12.89	0.0133	0.1316	2.0238

全部で 276 通りの相関ルールが抽出された。抽出した相関ルールのうち, p3 にあたる「自家炊きカスタードのクリーム, ガーリックフランス, メープルメロンパン, クロワッサン, シナモンロール, 照り焼きチキン, ミルクバターフランス, ベーコンエビ, 豆パン, ...」が対象商品あらびきソーセージの代替品の可能性がある商品群である。

6.5 通常時と対象商品欠品時で, バスケット分析指標値の変化量算出結果

Table 3 について, 通常時との指標値変化量を算出した結果を Table 4 に示す。なお, support_d が support 変化量, confidence_d が confidence 変化量, lift_d が lift 変化量である。

Table 4: 指標値変化量の算出結果
(あらびきソーセージ欠品時)

p2	p3	support_d	confidence_d	lift_d
自家炊きカレーパン	自家炊きかたど のクリーム	0.0034	0.0057	-0.3370
ピロシキ	ガーリックフランス	0.0042	0.1124	0.6340
自家炊きかたど のクリーム	メープルメロンパン	0.0069	0.0055	-0.1477
もちもちドーナツ	クロワッサン	0.0089	0.0406	0.2751
メープルメロンパン	シナモンロール	0.0071	0.0546	0.6282
もちチョコ	照り焼きチキン	0.0037	0.0659	1.5409
もち助	ミルクバターフランス	0.0052	0.0884	1.0402
パニーニベーコン	ベーコンエビ	0.0029	0.0473	0.1164
バジルポテトフォカッチャ	クロワッサン	0.0050	0.0816	0.7927
PANOPANO コッパ	豆パン	0.0064	0.0486	0.5665

support 変化量は 0.01 以下が多く見られた。「自家炊きカレーパン⇒自家炊きカスタードのクリーム」に着目すると, Table 3 では出現回数が他の相関ルールに比べて多いが, Table 4 では confidence 変化量は小さく, lift 変化量はマイナスになっている。このように, 単に出現回数が多くても相関が強くなっているとは限らないことがわかる。

6.6 代替性の判定結果

しきい値を満たす相関ルールは全部で 11469 通りのうち 88 通り (0.77%) であった。例として, 対象商品をあらびきソーセージとしたとき, しきい値を満たす相関ルールをまとめたものを Table 5 に示す。

Table 5: あらびきソーセージに対する代替性ありの相関ルール

p2	p3
自家炊きカレーパン	ガーリックフランス
自家炊きカレーパン	パニーニツナチーズ
自家炊きかたど のクリーム	豆パン
自家炊きかたど のクリーム	ガーリックフランス
自家炊きかたど のクリーム	ミルクバターフランス
もちもちドーナツ	パイクロワッサン
もちもちドーナツ	ガーリックフランス
もちもちドーナツ	あんドーナツ
メープルメロンパン	ミルクバターフランス
パニーニベーコン	ミルクバターフランス

Table 5 から, あらびきソーセージの代替品は「ガーリックフランス, パニーニツナチーズ, 豆パン, ミルクバターフランス, パイクロワッサン, あんドーナツ」の 6 つであった。パニーニツナチーズやガーリックフランスはあらびきソーセージと同じく総菜系のパンであり納得度が高い結果であるのに対し, あんドーナツはパンの系統が異なっており, 意外な結果となった。また, ガーリックフランスとミルクバターフランスは結果が重複しているため, 代替関係ネットワーク図では「あらびきソーセージ⇒ガーリックフランス」と「あらびきソーセージ⇒ミルクバターフランス」のエッジを太くする。

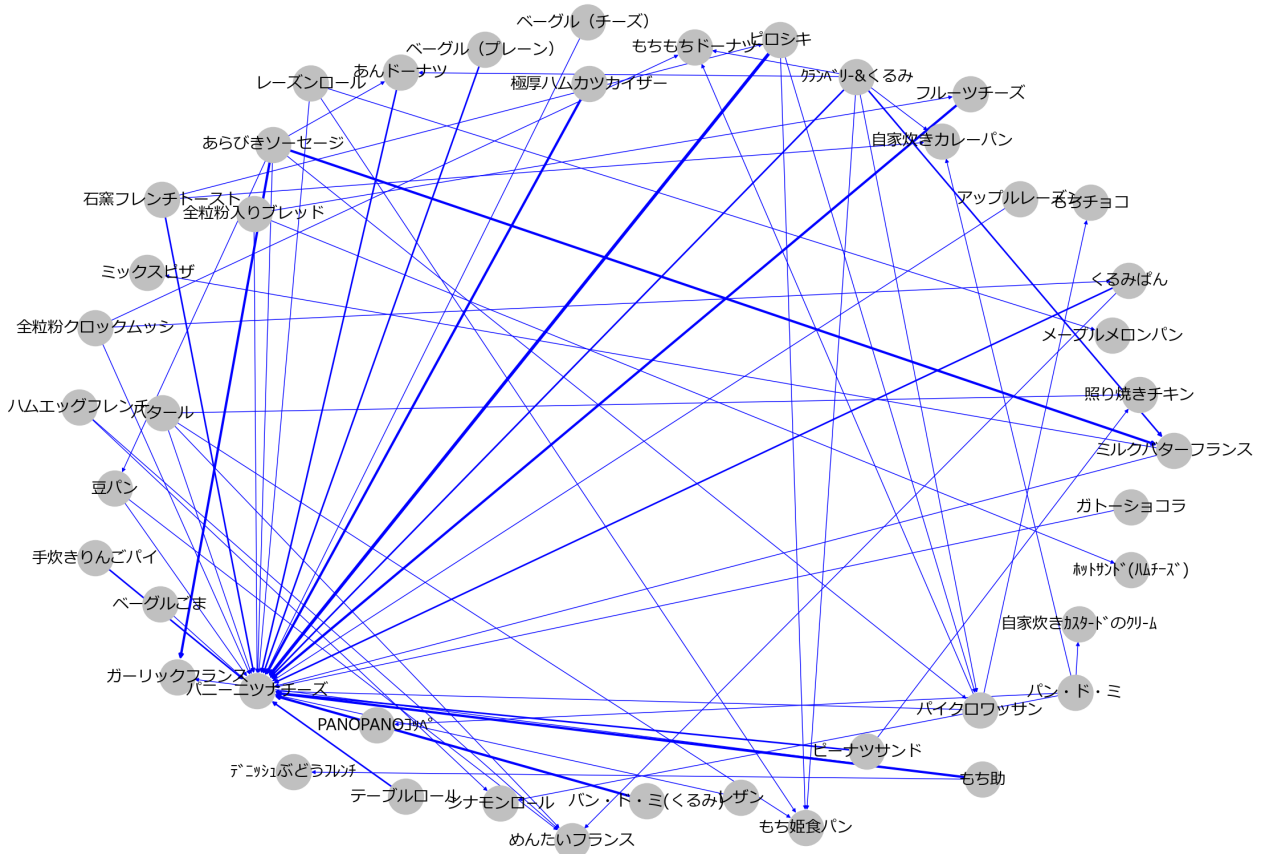


Fig. 8: 代替関係ネットワーク図

6.7 代替関係のネットワーク図を作成結果

全対象商品の代替関係をまとめたネットワーク図を Fig. 8 に示す. 全部で 43 の代替関係が確認でき, エッジの太さから代替関係の強さを確認することができる. 最も次数が多かったのはパン・ド・ミで, 26 商品から代替されている.

エッジが太いものに注目すると, 「ピロシキ→パン・ド・ミ」や「あらびきソーセージ→ガーリックフランス」, 「濃厚ハムカツカイザー→パン・ド・ミ」が納得度の高い結果として挙げられる. 一方, 「パン・ド・ミ(くるみ)→パン・ド・ミ」や「フルーツチーズ→パン・ド・ミ」, 「あらびきソーセージ→ミルクバターフランス」はあまり納得度が高い結果とはならなかった.

また, 「パン・ド・ミ→PANOPANO コップ」, 「バター→もち姫食パン」がある. パン・ド・ミは食パン, バターはフランスパンであることから, 味付けない似た特徴を持つパンが代替されているような関係も見られた.

6.8 次数に注目したバブルチャート作成結果

Fig. 8 より, 入次数と欠品時間, 売上個数を結びつけたバブルチャートを Fig. 9 に, 出次数と欠品時間, 売上個数を結びつけたバブルチャートを Fig. 10 に示す.

Fig. 9 では, 入次数が多いほどバブルサイズが大きくなっている. 名前がついているものは特に入次数が多かったもの (3 以上) で, パン・ド・ミ, めんたいフランス, もち姫食パン, パイクロワッサン, 自

家炊きカレーパン, もちもちドーナツの 6 商品だった.

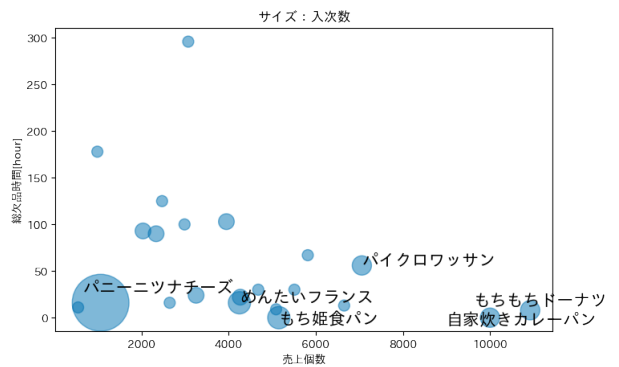


Fig. 9: 入次数と欠品時間, 売上個数の関係

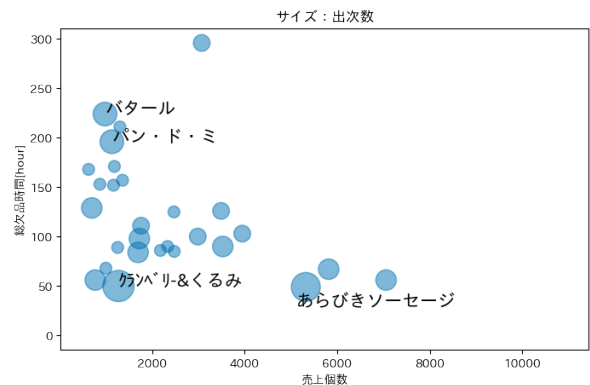


Fig. 10: 出次数と欠品時間, 売上個数の関係

Fig. 10 では、出次数が多いほどバブルサイズが大きくなっている。名前がついているものは特に出次数が多かったもの（4以上）で、クランベリー&くるみ、あらびきソーセージ、バタール、パン・ド・ミの4商品だった。

6.9 入次数が多い商品の個別分析結果

Fig. 9 より、入次数が特に多かった商品について、Table 6 に商品の基本的な情報をまとめた。

Table 6: 多入次数商品の基本情報

商品名	入次数	価格	売上個数順位
パニーニツナチーズ	26	210円	63位
めんたいフランス	4	180円	15位
もち姫食パン	4	1本 900円	9位
		1斤 450円	
		2枚入 160円	
自家焼きカレーパン	3	200円	2位
パイクロワッサン	3	70円	3位
もちもちドーナツ	3	90円	1位

まず、めんたいフランス、もち姫食パン、自家焼きカレーパンについて分析する。いずれも売上個数順位が上位15位以内に入っており、人気商品である。そのため、多くの商品から代替されやすいと考えられる。

次に、パイクロワッサン、もちもちドーナツについて分析する。売上個数順位が3位、1位とどちらも人気商品である。販売価格は100円を切っており、一口サイズであるのが特徴といえる。そのため、人気かつ手取りやすい価格、サイズが代替されやすい要因として挙げられる。また、Fig. 8 より、もちもちドーナツはパイクロワッサンの代替品として購買されており、代替されやすい要因の一つに「似た特徴を持つ」ことが挙げられる。

最後に、パニーニツナチーズについて分析する。最も入次数が多いにも関わらず、売上個数順位は下位に位置している。ここで、パニーニツナチーズの時間別合計売上個数の推移を Fig. 11 に示す。

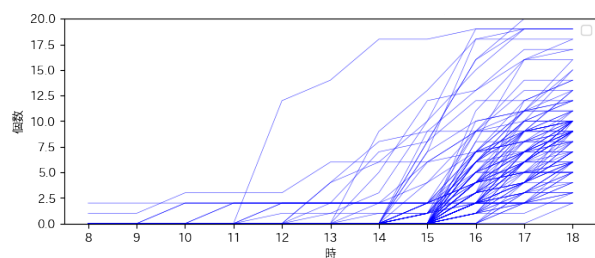


Fig. 11: 時間別合計売上個数（パニーニツナチー

Fig. 11 より、パニーニツナチーズは16時前後に売れ始めることがほとんどである。Fig. 3 より、夕方の売上は高くないため、焼き時間が他商品と比べてかなり遅めであると考えられる。以上から、パニーニツナチーズは焼き時間が遅く、他商品が欠品してきた時間帯に焼き立てを提供できることが入次数が最も多い要因だと考えられる。

6.10 出次数が多い商品の個別分析結果

Fig. 10 より、出次数が特に多かった商品について、Table 7 に商品の基本的な情報をまとめた。

Table 7: 多出次数商品の基本情報

商品名	出次数	価格	売上個数順位
クランベリー&くるみ	7	520円	56位
あらびきソーセージ	6	250円	8位
バタール	4	260円	66位
		(ハーフ 140円)	
パン・ド・ミ	4	320円	60位
		(ハーフ 170円)	

まず、クランベリー&くるみについて分析する。商品の特徴としては、クランベリーとくるみが詰まったフランスパンで、スライスされたものが8枚ほど入っており、家族用に購買する顧客が多いと考えられる。そのため、欠品時には顧客の家庭によって様々な代替品が選ばれるため、多くの商品に代替されると考えられる。

次に、バタール、パン・ド・ミについて分析する。バタールはフランスパン、パン・ド・ミは食パンであり、どちらも味付けがされていないのが特徴である。これらも家族用に購買する顧客が多いと考えられ、欠品時には顧客の家庭によって様々なパンが代替されることで出次数が多くなったと考えられる。

最後にあらびきソーセージについて分析する。代替先の商品には、ガーリックフランスやパニーニツナチーズといった総菜系のパンが選ばれている。そのため、あらびきソーセージのような総菜パンが欠品した際は、代わりとして同じ総菜系のパンを選ぶ傾向が強いと考えられる。

7 考察

本研究ではバスケット分析を用いた手法を協力ベーカーリーに適用することで、パンの代替関係をネットワーク図に可視化することができた。

まず代替関係のネットワーク図について考察する。全部で43の代替関係を確認することができ、フランスパンが食パンに代替されるなど、納得度が高い結果を得ることができた。一方で、納得度があまり高くない意外な結果も少なからず得られた。これは、対象期間が夏から秋の5か月間のみだったため、購買パターンが偏ったことによる影響もあると考えられる。そのため、より精度の高い代替関係を発見するためには、長期のデータが必要になると考えられる。

入次数が多い商品について考察する。Table 6 のような入次数が多い商品は多くの商品から代替されており、需要が高いと考えられる。特に、パイクロワッサンはTable 6 の中でも最も欠品時間が多く（56時間）、需要が高いと考えられるため、生産量を増やすことで売り上げ増加が見込める。また、パイクロワッサンやもちもちドーナツのように、安価で一口サイズのは売れやすいだけでなく、代替されやすい特徴としても挙げられる。

出次数が多い商品について考察する。Table 7 のような出次数が多い商品は、欠品時に多くの商品に代替される。バタールやパン・ド・ミのような味付けがされ

ていないパンは、同じく味付けがされていない食パンやコッペパンの近くに陳列して販売すると代替されやすくなると考えられる。

最後に手法について考察する。代替性が高い商品を分析した結果、代替されやすい商品の特徴や傾向を発見することができ、手法の有効性を確かめることができた。しかし、本研究は手法の開発に過ぎず、妥当性の評価実験を行っていない。来店した顧客に対して代替品として何を購買したかの聞き込みを行い、アンケート結果をもとに正解率を導き出すことによる妥当性を評価する必要がある。この手法は他のベーカリーはもちろん、生産数を仕入れ数と見立てることで、他の小売店にも適用可能だと考える。しかし、食品以外を対象にした場合、欠品の発生具合や代替のされ方が大きく異なるため、手法の適用は難しいことも考えられる。食品を扱う小売店の中でも、特にパンと同じく消費期限が短いケーキやおにぎり、生鮮食品などを扱う小売店には適用可能だと考えられる。

8 おわりに

本研究では、通常時と対象商品欠品時にバスケット分析を行い、関連ルールの変化からパンの代替関係を発見する手法を提案した。提案手法を協力ベーカリーに適用することで、対象商品の代替関係をネットワーク図として可視化し、実際のパンがどのように代替されているかを確認することができた。また代替性が高い商品を個別に分析した結果、「低価格で一口サイズ」や「味付けがされていない」といった商品の特徴が代替されやすい要因として挙げられ、手法の有効性を確かめることができた。

本研究では5か月間のデータで分析を行ったため、データ数の関係上欠品時間が少ない商品は除外したが、今後はより長期のデータを用いることで扱える商品の幅が広がり、精度の高い結果が得られると考えられる。また、妥当性の評価実験を行うことが必要とされる。本手法はパンと同じく消費期限が短い食品を扱う小売店への適用も可能であると考えられる。

謝辞

本研究は、白石食品工業株式会社よりデータを提供していただきました。厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 内閣府「食生活に関する世論調査」
<https://survey.gov-online.go.jp/r02/r02-shokus-eikatsu/zh/z07.html>
- 2) 松村直樹, 和泉潔, 山田健太: “POS データに基づく欠品時の顧客行動を考慮した小売店舗の購買シミュレーション,” 人工知能学会論文誌, **31-2**, F-F13_1-8 (2016)
- 3) T. Woensel, K. Donselaar, R. Broekmeulen, J. Fransoo: “Consumer Responses to Shelf Out-of-stocks of Perishable Products,” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, **37-9**, 704/718 (2007)
- 4) P. K. Bala, S. Sural, R. N. Banerjee: “Association Rule for Purchase Dependence in Multi-item Inventory,” *Production Planning & Control*, **21-3**, 274/285 (2010)