

# POSデータとメタモデルによる欠品数の推定法

## A method for estimating the number of stockouts using POS data and metamodel

尉浩文<sup>†</sup> 太田修平<sup>‡</sup> 石井信明<sup>‡</sup>  
Wei Haowen<sup>†</sup> Shuhei Ota<sup>‡</sup> Nobuaki Ishii<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 神奈川大学院 工学専攻 <sup>‡</sup> 神奈川大学 工学部

<sup>†</sup> Graduate School of Engineering, Kanagawa University. <sup>‡</sup> Faculty of Engineering, Kanagawa University.

### 要旨

現在の中国では、経済発展に伴い外食産業が急激に発達し、それに伴ない年間約5000万トンの食品ロスが発生している。そのため、食品ロスと欠品を同時に減らす必要がある。本発表では、欠品が生じる状況をシミュレーション・モデルで表現した上で販売と欠品数のデータを収集し、回帰分析などによりPOSデータから欠品数を推定するメタモデルを作成する。

## 1. はじめに

現在は、情報技術の発達に伴い、モデリング・シミュレーションが広い分野で利用されている。今後更にシミュレーション[1]のニーズは高まることと予想される。このように、モデリング・シミュレーションは、デジタル時代においてますます重要な技術であり、システムの計画・設計・製作・運用・改善からなるシステムライフサイクル全般にわたり、すでに広い領域で活用されている。

本研究では、モデリング・シミュレーションの技術を、コンビニエンスストアなどにおける商品の欠品数推定に活用する方法を提案する。

### 1.1. 研究背景

14億人の人口を持つ中国では、急速な経済発展に伴い外食産業が急激に発達しており、それに伴ない、年間約5000万トンの食品ロスが発生している[2]。食品ロス削減するために発注を減らすと、顧客が来店した際に商品が欠品していた場合、販売機会の喪失とともに顧客の満足度を下げってしまう。しかし、欠品させないように在庫を増やすと、食品ロスにつながる。

主にコンビニエンスストアやスーパーマーケットでは、POS(Point of Sales)システムという販売時点管理システムが利用されている。POSシステムから収集できるPOSデータは、商品名や価格、数量、日時などの販売実績情報であり、購買行動分析を行う[3]ことができる。

しかし、POSデータには欠品数の記録はなく、欠品が生じると、POSデータに基づく需要予測、発注管理の精度が低下する。すなわち、食品ロスを減しつつ、販売機会の確保と顧客満足度を維持するには欠品数推定の能力向上が必要と言える[4]。

### 1.2. 研究目的

本研究では、シミュレーションとメタモデルにより、欠品数を推定することを目的とする。

コンビニエンスストアなどの小売店において、欠品した商品の本来の需要を推定する方法として、メタモデルの活用を検討する。欠品が生じる状況をシミュレーション・モデルで表現し、さまざまなシナリオによるシミュレーションにより販売と欠品数データを収集し、回帰分析によりPOSデータから欠品数を推定する複数のメタモデルを作成する。さらに、POSデータから適用するメタモデルの選定をk-近傍法により行う。

本研究の新規性は、商品の種類と欠品商品の種類を拡張したシミュレーション・モデルを用いて、メタモデリング手法により欠品数を推定する方法を検証することである。

## 2. モデリング・シミュレーション提案

### 2.1. シミュレーションの条件とシナリオ

本研究では、欠品した商品の本来の需要を推定するために、メタモデルを活用する。そのために、下記のように、シミュレーション条件を設定する。シナリオは、表1に示す6通りに設定する。なお各シナリオにおいて、シミュレーションを100回実施し、データを収集する。

- 販売商品：A,B,Cの3種類
- 商品A売り切れ時の客の対応：BまたはCの購入率：それぞれ40%，購入せず退店率：20%
- 商品B売り切れ時の客の対応：AまたはCの購入率：それぞれ40%，購入せず退店率：20%
- 商品Aの初期在庫(商品Bも同様)：5
- 商品Cの在庫：十分に大きく売り切れない
- シミュレーション期間：4時間
- 観測項目：A欠品時刻，B欠品時刻，C販売数，A欠品前のCの販売数，A真の需要，A販売ロス数，B真の需要，B販売ロス数

表1 シミュレーション・シナリオ

シナリオ	客の到着	商品需要の割合
S1	指数分布 平均5分	A：40% B：30% C：30%
S2	指数分布 平均10分	A：40% B：30% C：30%
S3	指数分布 平均5分	A：60% B：20% C：20%
S4	指数分布 平均10分	A：60% B：20% C：20%
S5	指数分布 平均5分	A：80% B：10% C：10%
S6	指数分布 平均10分	A：80% B：10% C：10%

### 2.2. シミュレーションとメタモデル作成手順

本研究では、図1のように顧客の到着と購買行動のシミュレーション・モデルを作成する。

シミュレーションではA, B, C, 3つの商品を設定し、来店客それぞれの購買行動データを収集する。A, Bには在庫の制限があるため、それぞれの在庫量が0になった時、A, Bを購入したい人が購入せず退店する。

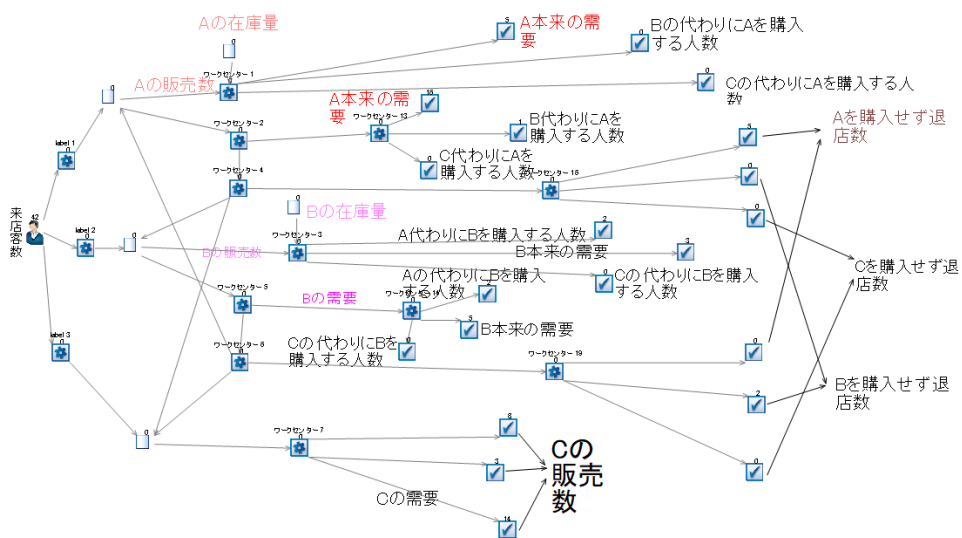


図1 シミュレーションモデル

そして観測データから、顧客の購買データと欠品数の関係を示すメタモデルを、回帰分析を用いて作成する。メタモデルは、シナリオごとに作成する。図 3 に示すように、k-近傍法により、観測データと類似の結果が生じる可能性の高いメタモデルを選択する。さらに、選択したメタモデルにより、欠品数の推定を行う。

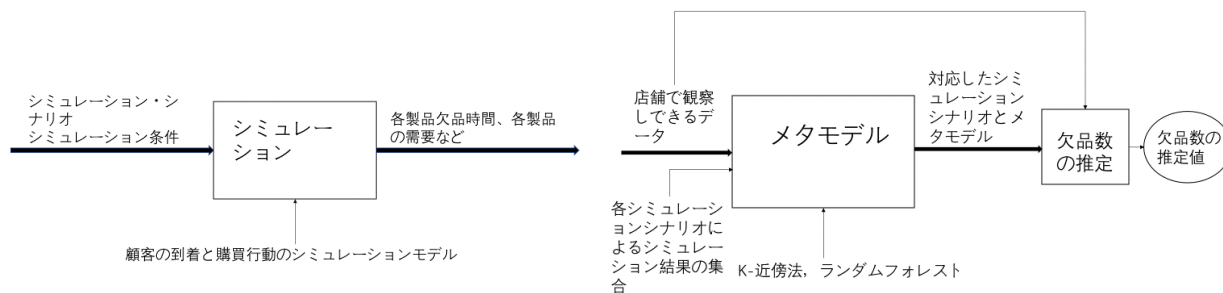


図2 シミュレーションによるデータ収集

図3 推定に使用するメタモデルの選択と欠品数の推定

### 3. メタモデルの作成

各シナリオ 100 回実施したシミュレーションで観測した「A の真の需要：y」を目的変数、店舗で記録可能な値である「C 販売数 (A, B 代替含む)：X1」, 「A 欠品前 C 販売数：X2」を説明変数として、回帰分析により求めた各シナリオのメタモデルを、表 2 に示す。A の欠品数の推定値は、「A の真の需要 - A の販売数」で求める。

回帰係数の p 値が 1% 以下のため、今回の計算例では目的変数と説明変数との間に有意な関係がある。

表 2 各シナリオのメタモデル

シナリオ	メタモデル	決定係数	補正決定係数	回帰係数 p 値
S1	$y=11.145+0.418X_1-0.665X_2$	0.337	0.324	0.01 以下
S2	$y=6.151+0.483X_1-0.474X_2$	0.381	0.368	0.01 以下
S3	$y=12.195+0.760X_1-0.885X_2$	0.476	0.465	0.01 以下
S4	$y=8.741+0.722X_1-0.861X_2$	0.578	0.570	0.01 以下
S5	$y=17.134+1.018X_1-1.236X_2$	0.568	0.559	0.01 以下
S6	$y=11.346+0.964X_1-1.275X_2$	0.594	0.586	0.01 以下

### 4. メタモデルの選択

本研究では、k-近傍法を用いて、A 欠品数推定用のメタモデルを選択する方法を試みる。テストデータとして、各シナリオのモデルを用いてシミュレーションで求めた観測値を各 10 件生成し、k-近傍法によりメタモデルを選択した。真の需要と欠品数推定値の全データの相関係数から k=11 とした。

表 3 に、データ生成シミュレーション・モデルと k-近傍法 (k=11) で選択したメタモデルとの関係を示す。図 4 は各シナリオに対応したテストデータにおいて、k=11 として選択したメタモデルによる A の需要の推定値と、A の真の需要との比較を示している。

表 3 から、S2, S3, S4 では本来と異なるメタモデルを選択する可能性が高いことが分かる。また、選択の組み合わせから、S1 と S3 と S5, S2 と S4 と S6 が類似の構造を持つことを示唆している。

図 4 から、S1 と S3 と S5 で、真の需要と欠品数推定値の差異が大きい場合が多いと言える。A の在庫量に比べて、来客数が多いため、A の真の需要のデータを精度よく推定できない可能性がある。また、S2, S4, S6 のメタモデルが同時に選ばれるケースが多いことから、これらのモデルが類似していること

が想定される. なお, A の需要について, k-近傍法で求めたモデルによる推定値と, シミュレーションによる真の値との差の平均値は-0.36, 最大値は 22.17, 最小値は-21.63, 標準偏差は 7.07 である.

表 3 k-近傍法によるメタモデル選択 (k=11)

k 近傍法によるメタモデル選択 (k=11)		
データ生成シナリオ	同一メタモデル選択数	異なるメタモデル選択数
S1	7	2 (S3を選択) 1 (S5を選択)
S2	4	6 (S4を選択)
S3	6	4 (S1を選択)
S4	6	2 (S2を選択) 2 (S6を選択)
S5	8	1 (S3を選択) 1 (S1を選択)
S6	7	3 (S4を選択)
合計	38	22

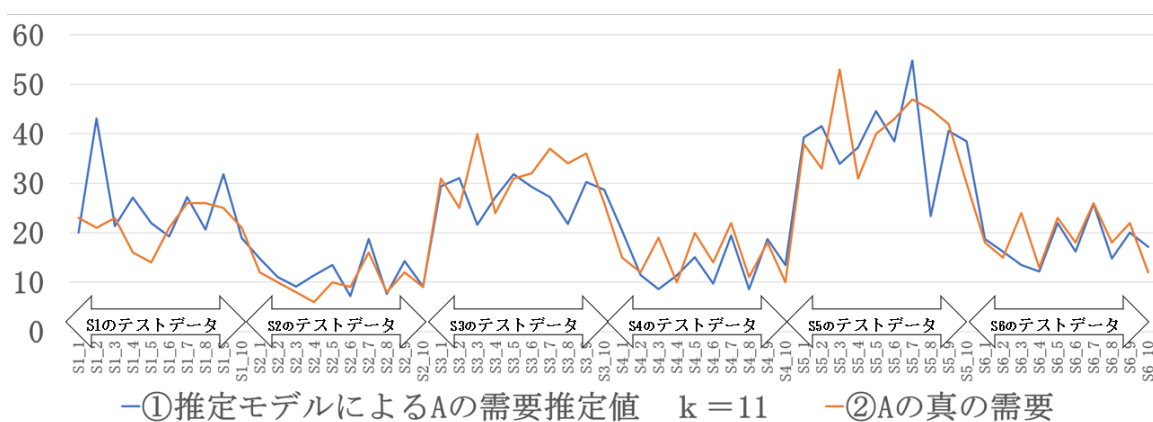


図 4 A の真の需要とその推定値 (k = 11)

## 5. まとめと今後の研究

本研究では, コンビニなどの小売店において, 欠品した商品の本来の需要を推定する方法として, メタモデルの活用を検討した. すなわち, 顧客の到着と購買行動のシミュレーション・モデルを作成し, 購買行動のデータを収集した. その上で, 説明変数, 目的変数の関係から, 回帰分析によりメタモデルを作成した. そして, k-近傍法により, POS データで利用可能なデータからメタモデルを選択し, 欠品数を推定した. テストデータにより, 提案手法の有効性を検討した.

今回の研究では, 回帰分析と k-近傍法を利用して欠品数を推定した. これらに代わりニューラルネットワークとランダムフォレストを利用して, 欠品数推定を試みた. また, 在庫量が欠品数推定の精度に与える影響などの検討も, 今後の課題になる.

### 参考文献

- [1] 松村直樹, 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, Vol. 31, No.2, F-F13, pp.1-8, (2016)
- [2] 張貴群, 我が国食品ロスの実状と解決策, 北京航空航天大学論文(2016)
- [3] 苗村星河, 原健人, 顧客の購買行動を考慮した欠品量予測と最適発注政策について, 2020 年度神奈川大学卒業論文 (2021)
- [4] 石井信明, 太田修平, “複雑なシステムへのメタモデリングの活用について 欠品数推定を例として”, 日本経営工学会 2021 年度春期大会(2021)