T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

# 論文 / 著書情報
# Article / Book Information

| | |
|---|---|
| 題目(和文) | 販売データの統計的性質の解析と時系列分析及びその応用 |
| Title(English) | |
| 著者(和文) | 迫田元 |
| Author(English) | Gen Sakoda |
| 出典(和文) | 学位:博士(理学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11582号,<br>授与年月日:2020年9月25日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:高安 美佐子,出口 弘,三宅 美博,青西 亨,小野 功 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11582号,<br>Conferred date:2020/9/25,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

# 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第　　号 | | 学位申請者氏名 | 迫田　元 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 論文審査<br>審 査 員 | | 氏　名 | 職　名 | 氏　名 | 職　名 |
| | 主査 | 高安　美佐子 | 教授 | 小野 功 | 准教授 |
| | 審査員 | 出口 弘 | 教授 | | |
| | | 三宅 美博 | 教授 | | |
| | | 青西 亨 | 准教授 | | |

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「販売データの統計的性質の解析と時系列分析及びその応用」と題し，全６章から構成されている．

第一章「緒言」では，本研究の背景にある販売データの従来研究を概観した上で，本研究の目的を明らかにしている．

第二章「データ」では，販売時点情報（Point-Of-Sales：POS）の一般的な概要を述べた上で，本研究で用いたコンビニエンスストアの POS データについて説明している．

第三章「販売データの統計的性質を考慮した非定常時系列分析手法の確立」では，販売時系列から需要を推定する手法を開発している．まず，販売数の平均値が小さい時には販売時系列はポアソン過程で近似できると述べている．しかし，平均値が大きい場合には標準偏差が平均値に比例して大きくなるテイラースケーリング則が成り立っていることを確認している．この結果を踏まえ，テイラースケーリング則を考慮した尤度関数を観測モデルとする粒子フィルタを導入することによって，連続的な非定常変動に対して安定した需要推定ができると述べている．さらに，地域イベント等による突発的な需要の急増などの非連続的な変動に対応するために，非連続性の検知と推定値の補正の方法を組み込んだ粒子フィルタを提案している．提案手法を，乱数で生成した人工時系列に適用している．テイラースケーリング則による大きなゆらぎと非連続的な変動を含む非定常な人工時系列において，適切な需要の推定が可能となることを確認している．その後，実データである POS の販売時系列において，需要を推定している．

第四章「非定常時系列分析手法の廃棄低減への応用」では，上記の時系列分析手法による需要推定法を応用し，消費期限のある商品に対して，廃棄率に上限を与えた条件下で，利益を最大化する最適な仕入数を決定する手法を提案している．売り切れが生じた場合の販売量は需要の下限となることを考慮し，観測上限で打ち切られたデータに対する既知の最尤推定法を上述の粒子フィルタに適用している．機会損失と廃棄損失がある場合の最適仕入れ数を与える既知のモデルとして知られている新聞売り子問題では，廃棄ロスを考慮せずに利益最大を得るための仕入れ数を導出していると述べている．そこで，廃棄の低減を目指し，廃棄率に上限を与え，その条件下で利益を最大化する最適な仕入れ数を決定する新手法を提案している．この手法の効果を検証するため，廃棄率の高い商品の POS 販売時系列に対して日々の需要を推定し，本手法に基づいて仕入れをした場合のシミュレーションを行っている．その結果，75%以上の販売日で廃棄があった食品の販売時系列 215 事例においては，本手法を適用することによって，平均的に廃棄数を 77%削減し，利益を 40%向上させる効果を確認したと報告している．さらに，複数店舗複数商品の POS データを集約し，テイラースケーリング則の効果が強く表れるように平均値が大きい販売時系列を用意し，本手法の有効性を検証している．その結果，そのような大きなゆらぎを伴う場合でも，1%程度の利益低減で廃棄数を半減できるという結果を得たと述べている．

第五章「販売データの統計的性質とその起源の解明」では，ある商品が何店舗で販売されているかに注目し，販売店舗数の日次変動と頻度分布の特性を再現する数理モデルの構築を行っている．まず，POS データを分析し，全 326 店舗で扱われている全商品コードは一日当たりおよそ 8000 種であり，その内およそ 500 種が毎日入れ替わっていることを確認している．次に，1 日ごとにそれぞれの商品を販売している店舗数を観測すると，販売店舗数の分布はほぼ定常的であり，対数一様分布で近似されるという経験則を見出している．また，商品コード毎の販売店舗数の時系列の解析から，販売店舗数の変動がランダム乗算過程で近似できることを指摘している．さらに，数値シミュレーションによって，ランダム乗算過程に従う変数が有限な区間内を変動することで定常的な対数一様分布が実現することを確認している．また，商品コードの新陳代謝を考慮し，新規参入と退出の効果を導入した場合にお

いても対数一様分布は変わらないことを確認している．ランダム乗算過程が生じる背後のメカニズムについても言及している．
　第六章「結言」では，本研究を総括するとともに，今後の展望を述べている．

　以上を要するに，本論文では，コンビニエンスストアの販売データの解析手法の開発，及び，統計的法則性の発見とモデルの構築，さらに実社会の課題への応用研究を実施している．詳細なデータを分析して経験則を抽出し，数理モデリングを通して背後に潜むメカニズムを解明し，さらに，得られた知見の実社会への応用を提案するという自然科学の研究方法に基づいた研究が行われており，理学としての貢献が大きい．よって，本論文は博士（理学）の学位論文として，十分な価値があると認められる．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください．