

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：37111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24730374

研究課題名(和文) エージェント・シミュレーションによるスーパーマーケットレイアウトの最適化

研究課題名(英文) Optimization of super market layout using agent simulation

研究代表者

宮崎 慎也 (Miyazaki, Shinya)

福岡大学・工学部・助教

研究者番号：70611995

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、顧客動線のような新しい技術によって得られるビッグデータを特にスーパーマーケットのレイアウトの観点から分析する方法を提案した。具体的には顧客存在確率という指標を導入することで、従来よりもより正確に顧客行動を把握することが可能になるだけでなく、売上との関連などについても調べることができるようになった。

また、顧客の視線をグラフ理論を用いてモデル化することによって、店舗レイアウトを最適化する方法について提案した。これによって、顧客動線の分析から店舗設計への応用に至る一連のプロセスに道筋をつけることができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have proposed a method to analyse the shopping path data which is obtained by using new technology such as RFID(Radio Frequency Identification) focusing especially in supermarket layout. In concrete terms, we presented a method to estimate customer existence probability density on the sales floor using a Kernel density estimation. This method enables us to not only grasp a customer behaviours clearly than conventional, but also grasp more precise relation between their behaviours and sales.

Furthermore, we made a model of sights of the customers in a supermarket using a graph theory, and suggested how to optimise the supermarket layout. As a result, we are able to show a process form analysis of shopping path to its application for supermarket design.

研究分野：建築設計

キーワード：顧客動線 スーパーマーケット 最適化 グラフ理論

1. 研究開始当初の背景

スーパーマーケット内の顧客行動はこれまでブラックボックス化されてきたが、RFID(Radio Frequency Identification)の技術の発達により、顧客の店舗内での詳細な移動軌跡を顧客動線データとして取得することが可能となっている。本研究では、このRFID技術で得たスーパーマーケットの顧客動線データと顧客購買履歴から、顧客存在確率等の新たな指標を導入して、顧客動線と顧客の商品選択行動との関係を明らかにし、店舗レイアウトの最適化手法を開発することが研究当初の目標であった。

関連する従来研究としては、顧客の購買パターンを文字列化して分析したもの、隠れマルコフモデルを用いて顧客の回遊行動をモデル化したもの、国外では、顧客動線をクラスタリングし、店舗のゾーンごとの売上との関係を分析したもの、仮説検証型のアプローチにより、時間圧迫が消費行動に与える影響などを検証したものなどがあるが、店舗レイアウトの空間的な特徴と売上との関係に着目したものは少なかった。

また、店舗レイアウト最適化に関する従来研究については、これまで、建築計画や都市計画の分野などでは施設の最適配置問題、巡回セールスマン問題などに代表されるように、様々な最適化問題が考えられてきたが、スーパーマーケットのような連続平面を対象としてそのレイアウト最適化問題を扱うものは少なかった。

このような背景のもとで、単に顧客動線データを分析するだけでなく、これを店舗設計に応用するための一連のプロセスを築くことに主眼をおいて研究を進めて来た。

2. 研究の目的

本研究では以下の3つの目的を設定し、研究を行った。

- (1) 顧客動線を顧客存在確率の指標を用いて可視化する技術の開発とその応用。
- (2) 顧客存在確率と売上との関係の把握。
- (3) 店舗レイアウト最適化手法の開発。

3. 研究の方法

(1) 顧客動線を顧客存在確率の指標を用いて可視化する技術の開発を行った。顧客動線データは顧客の位置情報を時系列に沿って記録したものであるが、まず顧客行動の概観を把握するためにデータを2次元上に集約して記述する方法の考察を行い、2つの方法で可視化した。1つは、カーネル密度推定法を用いた店舗内の顧客存在確率密度分布の可視化(図1,図2)であり、店舗内のどの場所に顧客が留まる傾向があるかを視覚的に把握しようとするものである。もう一方は、ベクトル場による店舗内の顧客の流れの可視化(図3)であり、店舗内での顧客の流動を可視化して把握しようとするものである。

マーケティング分野では、顧客の店舗の滞

在時間と売上には密接な関係があることが知られているが、従来研究では店舗平面を各売場単位の領域に分割し、この領域内に顧客が存在する時間を求めることで各売場の滞在時間を推定していることが多い。この方法のように、売場単位で離散化され集計された情報は、複雑なデータをシンプルに記述できるという点で有効であるが、各売場内での顧客行動情報を売場単位で平均化してしまうため、本来の情報精度を活かしきれない問題がある。また売場単位の設定の方法によって著しく異なった結果を出力してしまう可能性がある。

そこで、本研究では顧客存在確率という指標を定義し、カーネル密度推定法を用いて推定した。カーネル密度推定法とはノンパラメトリックの密度推定方法で、データから直接的に密度を推定するために、売場などの集計単位に依存せずに、連続的な密度分布を推定できるという特徴を持つ。

一方、顧客の流れを把握することもマーケティング上重要であるが、本研究では顧客動線をベクトル場として可視化することによって、顧客の流れを定量的に把握する方法を開発した。ベクトル平均は風の平均エネルギーを求める場合などに用いられる方法で、ベクトルの方向と大きさの両方が加味されるという特徴を持つ。



図1 顧客動線と顧客存在確率の可視化

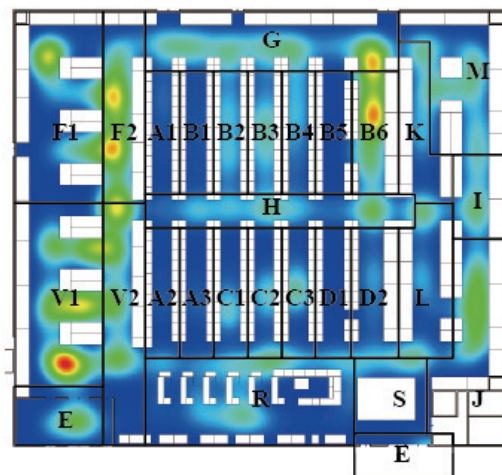


図2 顧客存在確率の可視化

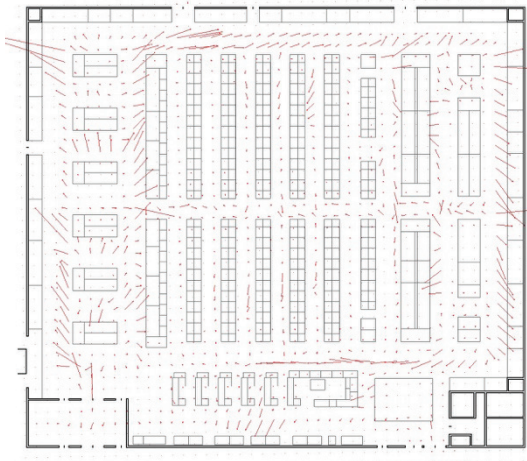


図3 ベクトルによる顧客の流れの可視化

また顧客存在確率の応用方法として、2つのグループの確率の差分をとるシステムを開発した。これによって、例えば商品配置変更の前後の顧客存在確率の変化や、男女の違い、年齢の違い、など様々な属性によって分類された2群間の違いを可視化して把握することが可能になった。

(2) (1)で得られた顧客存在確率とPOSデータから得られる売場ごとの売上との相関を分析した。これによって、例えば青果や和日配ゾーンでは顧客存在確率と売上の相関が大きく、酒類、菓子類ゾーンなどでは相関が小さいことなどが分かった。青果や和日配などは商品が日々入れ替わるため、商品選択時間が長く、売上数量も多いことが相関係数を大きくしていると考えられ、また酒類や菓子などはブランドロイヤリティが高く、顧客によってあらかじめ購入する商品が決まっている場合など、商品選択時間にバラツキがあると考えられるため、相関係数が小さくなったと考えられる。

(3) 店舗レイアウトの最適化手法の開発では、グラフ理論を応用することで建築空間内のIsovistを定量的に把握する方法を提案した。店舗内を移動する人間にとって、視領域内の情報が経路選択や商品選択において重要であるが、建築空間の平面図や断面図から、空間内に位置する人間の視領域の特徴を推定するのは容易でない。そこで本研究では、建築空間内に存在する顧客をエージェントに見立て、各エージェント間の視線の関係を、Isovist Graphによってモデル化(図4)し、グラフ理論の指標を用いて定量化した。具体的には、隣接サイズ NS(Neighborhood Size, 以下 NS) (図5)、クラスター係数(Cluster Coefficient, 以下 CC) (図6)、の2つの指標を用いて、任意の複数の地点における視界の特徴を定量化した。また、このプロセスをモンテカルロ法によって繰り返すことによって、店舗空間の面的領域の特徴を視覚化し把握

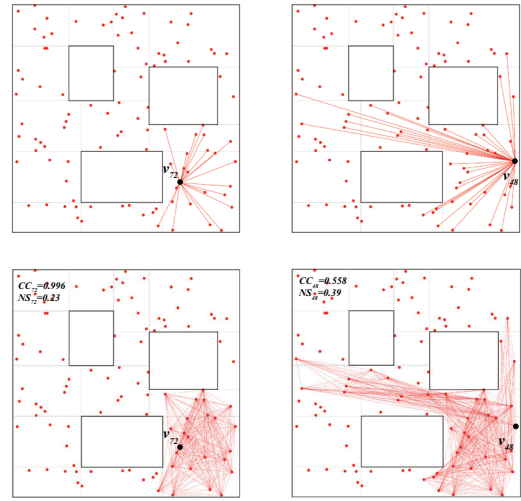


図4 Isovist Graph による顧客の視線のモデル化

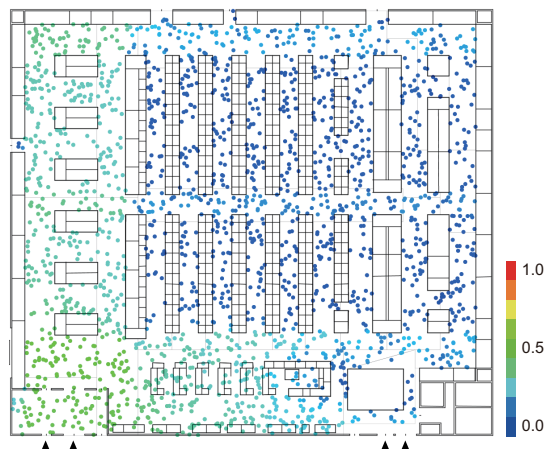


図5 NSの分布

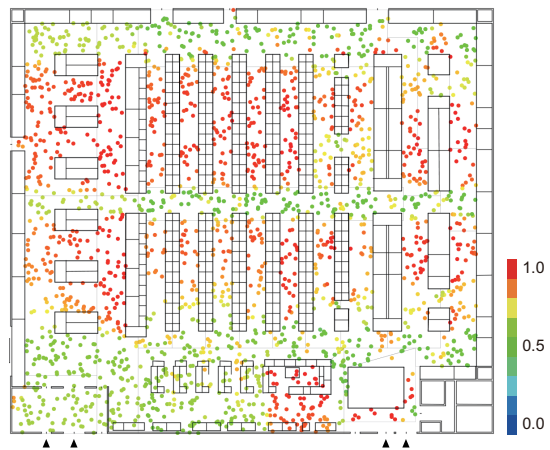


図6 CCの分布

することが可能になった。応用事例として国内外の5つのスーパーマーケットの平面計画を分析し、売場の間的特徴について考察した(図7, 図8)。

さらに、この2つの空間評価指標をパラメータとして、閉領域内の障害物配置を最適化する手法を考えた。本研究では、例えばスーパーマーケット内の陳列棚の配置問題などへの応用を視野に、建築空間内に陳列棚などの

ような視線を遮る障害物を配置する問題を考えた。

具体的には、建築空間内に障害物が存在する場合に、NS、CC がそれぞれ最大化、最小化する位置を求める最適化問題の解法（図9、図10）を考えた。この問題は解析的に解を導出できないため、計算機によって近似的に解を求める必要がある。本研究では、焼きなまし法を用いて最適解を探索する方法を考えた。

Isovist 評価の最適化アルゴリズムとしては、まず任意に初期状態を設定し、障害物の位置を変更しながら逐一 NS と CC の値をそれぞれ計算することによって、最適な位置を探索する。この際、焼きなまし法を用いることによって、局所的な最適解への収束を避けるようにした。障害物を並行移動・回転し NS、CC を計算し最適解に近ければ障害物の位置を更新するが数ステップに1度は最適解から遠ざかる位置に障害物を移動させることによって、局所解への収束を回避できるようにした（図11）。また、ステップ数が増加するにつれによって、解がより正確に収束するよう工夫した。

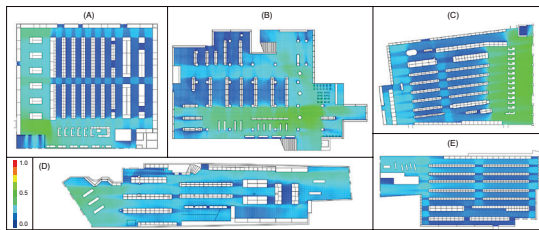


図7 NS の分布

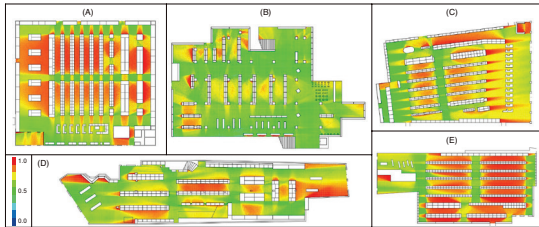


図8 CC の分布

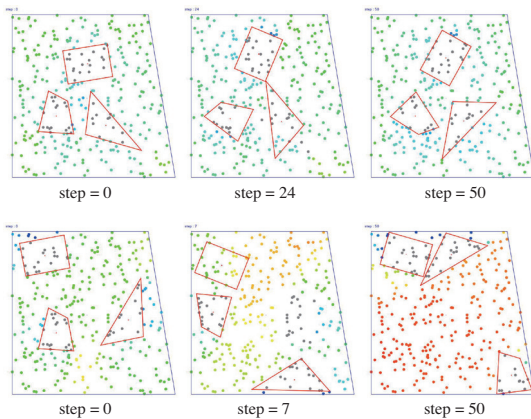


図9 NS 最小化(上)最大化(下)

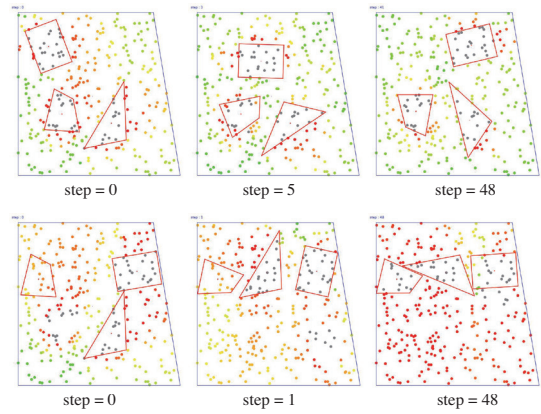


図10 CC 最小化(上)最大化(下)

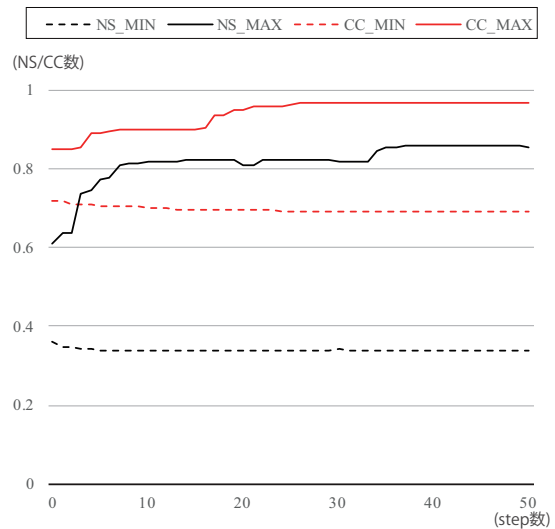


図11 ステップ数と NS/CC 値の収束

4. 研究成果

3章(1)(2)(3)で示した方法によって、顧客動線データを可視化し売上との相関関係を把握し、ひいてはシミュレーションにより店舗レイアウト最適化のための手法を開発することができた。本研究の成果は、顧客動線のような新技術によって得られるビッグデータを分析して、これまで以上に正確に顧客行動を把握するだけでなく、これを店舗設計に利用する方法を提案し、一連のプロセスに道筋をつけたことである。ただし、店舗レイアウトの最適化については、計算量の問題や、顧客動線データの利用方法について課題が残されており、今後検討していく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① Y.Kaneko, S.Miyazaki, K.Yada, "Visualization System for Shopping Path", 査読有, 19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Procedia Computer Science, 60, 2015年, pp.1772-1779

- ② 宮崎慎也, RFID 技術を用いて取得したスーパーマーケット内の顧客動線の可視化, 日本建築学会技術報告集, 査読有, Vol. 18, No. 40, 2012 年, pp. 1039-1043

[学会発表] (計 3 件)

- ① 宮崎慎也, Isovist Graph 指標を用いた視領域分割手法, 2015 年 9 月, 2015 年度日本建築学会大会 (東海) 学術講演会
② 宮崎慎也, グラフ理論を用いた isovist の計量についての考察, 2014 年 9 月, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿) 学術講演会
③ 宮崎 慎也, 田村 順子, 本間 健太郎, 顧客動線データに基づくスーパーマーケット内における顧客行動の特徴把握, 2012 年 9 月, 2012 年度日本建築学会大会 (東海) 学術講演

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]

無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮崎 慎也 (MIYAZAKI Shinya)

福岡大学工学部・助教

研究者番号 : 70611995

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし