

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K13789

研究課題名（和文）VR技術を用いた店舗内購買に関するパスデータの収集と店内販促の効果測定への応用

研究課題名（英文）Application of virtual reality technology to path data collection on in-store purchase behavior and assessment of in-store sales promotion

研究代表者

石橋 健（Ken, Ishibashi）

兵庫県立大学・社会情報科学部・助教

研究者番号：30749221

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、仮想現実技術を用いて複数のパスデータを収集し、消費者行動モデルの構築に使用できることを示した。複数のパスデータを用いた分析は、テスト実験で検証した店内広告や社会的影響に関する仮説に基づく検証や、仮説と異なる結果が得られた原因の検討に有効であることを示した。仮想空間は店内広告の設置位置や大きさを変更することが容易であり、様々な状況下での調査が可能である。本研究では複数のパスデータの融合については十分に検討できなかったが、仮想空間を用いた要因のコントロールと、要因間の関係性の分析により、消費者行動の理解を深めることができると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

仮想空間に作成した店舗で収集した顧客動線データやアイトラッキングデータのような複数のパスデータを用いて、小売店における消費者行動を分析できることを示した。店舗内の移動経路や店内販促との位置関係が広告や商品、売場への注目と意思決定に影響を与えており、さらなる調査が必要ではあるが、要因間の関係性を分析することで、消費者行動の理解を深められることがわかった。また、本研究で行ったテストのように、仮想空間を利用した実験は、実店舗ではコントロールが難しい要因を考慮した調査を行うことができる。仮想空間における実験と実店舗における実験と組み合わせは、消費者行動モデルの有効性の検証に有用と考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study showed that it was available for multiple pass data collected by using virtual reality technology to construct a consumer behavior model. Especially, it was demonstrated that the analyses using multiple pass data was useful for verifying hypotheses on in-store advertising and social influence and considering results different from hypotheses. In a virtual space, it is easy to change location and size of in-store advertising. This feature enables us to investigate effects of in-store advertising in various situations. This study could not consider enough a model with fusion of multiple pass data. In future studies, an investigation using virtual space is expected that we understand consumer behavior deeply by control various factors and analysis for relationship among factors.

研究分野：情報科学

キーワード：バーチャルリアリティ 顧客動線 アイトラッキング 店内販促 消費者行動モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、情報通信技術の発達により、RFID (radio frequency identification) やアイトラッキング装置のようなセンサーデバイスは人の行動に関する詳細なデータの収集を可能にしている。小売業分野では、店舗内で顧客がいつ、どこにいたのか記録した顧客動線データや、買い物の際に顧客がいつ、何を、どのように見ていたのか記録したアイトラッキングデータを用いて、売場で実施した販促などが購買に関する意思決定に与える効果の検証が取り組まれている。これらのデータはパスデータと呼ばれる一連の購買行為から生じる空間的な移動を記録したものである。パスデータを融合して用いることで多様な変数を選択できるようになり、モデルの精度をさらに高めるとともに、従来では困難であった転内反足などの購買時点 (point of purchase: POP) の効果を明らかにすることができると予想される。

本研究は、センサーデバイスを用いて店舗内で収集したパスデータ、特に買い物の際の顧客動線データとアイトラッキングデータは消費者行動モデルの構築においてどのように有効なのか、という問いについて基礎的な調査を通して取り組むものである。実店舗におけるフィールド実験ではコントロールが困難な要因が膨大である。そのため、研究室実験とフィールド実験を組み合わせ合わせたアプローチが取り組まれている。研究室実験は調査対象の要因のコントロールが比較的容易であるが、実店舗と異なる環境下で調査が行われることになる。そのため、得られた成果が限定的なものとなる可能性がある。したがって、複数のセンサーを用いて、実店舗と同等の購買行為に関するパスデータを収集することが大きな課題のひとつとされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、パスデータを融合した消費者行動モデルの構築に取り組み、店内販促の効果測定を通してその有用性を明らかにすることである。本研究では、研究実施の困難さを軽減する方法として、バーチャルリアリティ (VR) 技術を用いたパスデータ収集システムを開発し、研究室実験で使用する。具体的には、仮想空間上に作成した仮想店舗に店内広告などを設置して、移動経路の選択や購入商品の選択に与える効果を検証する。本研究では、アイトラッキング機能を持つ VR ヘッドセットを使用することで、仮想店舗で買い物をしている際の顧客動線データとアイトラッキングデータを収集する。このデータを用いて、複数のパスデータを用いたモデルの構築に関する基礎技術の検討や応用における有効性を明らかにする。

3. 研究の方法

小売業分野における消費者行動に関する仮説について、VR 技術を用いてパスデータを収集し、実店舗に近い環境下で研究室実験を行う。まずは VR 技術を用いたパスデータ収集システムを構築する。分析で使用するデータを得るために、VR 酔いを考慮した仮想空間内の移動方法や記録すべきデータを検討する。次に、仮想店舗を使用して、店内広告などが顧客の購買行為に与える効果を評価するためのテスト実験を行う。特に、店舗内の移動と広告や他の買い物客への注目の両方が意思決定に影響を与えると予想される売場への誘導を目的とした広告や、他の買い物客から受ける社会的影響について調査する。これらのテスト実験で得られた顧客動線データとアイトラッキングデータを用いて構築した消費者行動モデルの有効性について検討する。

4. 研究成果

本研究課題の成果は(1)VR 技術を用いたパスデータ収集システムの構築、(2)視線付き広告による顧客の誘導効果の検証、(3)仮想空間を用いた社会的影響が購買行為に与える効果の調査の3つである。VR 技術を用いたデータ収集では、仮想店舗の作成に多大な労力が必要であることがわかった。そのため、複数のパスデータを用いた消費者行動モデルの構築と店内販促の効果測定についてはテストしか実施できなかった。一方では、仮想空間における実験は、店舗内の他の買い物客が購買行為に与える社会的影響のような実店舗ではコントロールが困難な影響の調査に有効である可能性があることがわかった。これらの結果より、テスト段階ではあるが、複数のパスデータを用いることで店舗内の顧客の行動に関する詳細な情報を要因として考慮した消費者行動モデルを構築し、店内販促の効果を高めるための有益な知見が得られる可能性を示すことができた。

(1) VR 技術を用いたパスデータ収集システムの構築

本研究では、アイトラッキング機能を持つ VR ヘッドセットとして Meta Quest Pro を選択して、ゲーム開発エンジン Unity でパスデータ収集のためのプログラムを開発した。作成した仮想空間の一例を図 1 に示す。Meta Quest Pro はヘッドセット単体で 사용할 ことができるスタンドアロン型の機器である。スタンドアロン型の機器は PC と接続せずに使用でき、空間の認識に他のセンサーの設置を必要としないことから、実験の際に現実空間の制約を受けにくいという点で比較的簡単に使用することができる。しかしながら、スタンドアロン型機器は、仮想空間の描画処理の性能面が PC 接続型より劣るという問題がある。そのため、仮想空間で常に描画

するオブジェクトを制限するなどの工夫が必要となる。これらを考慮しながら、仮想空間で移動する際の大きな課題である VR 酔いを抑えるために、以下のようにシステムを構築した。

- ・VR 酔いへの対策：移動距離に応じて移動方法を用意する

本システムでは、VR 機器の利用者の半径 1~2 メートルであれば実際に利用者が仮想空間内を自分の足で移動し、それよりも長い距離の移動を行う場合はコントローラーのボタンを使って図 2 のように移動先を指定してワープするようにした。これは、コントローラーのスティックや方向キーで移動するようにすると、実際の人の歩行とは異なり、地面と平行して移動するため VR 酔いを起こしやすいからである。

- ・VR 機器の描画性能への対策；棚へ陳列した商品の描画を制限する

本研究では、開発するシステムの機能ではなく、仮想空間を作成する際のオブジェクトの描画設定を変更することでこの対策を行った。例えば、VR 機器の利用者が棚から離れているときは棚に商品を陳列したように見える静止画だけが見えるように設定し、利用者が棚へ近づくと商品の 3D オブジェクトが描画されるようにした。これにより、機器の描画の負荷を軽減することができる。

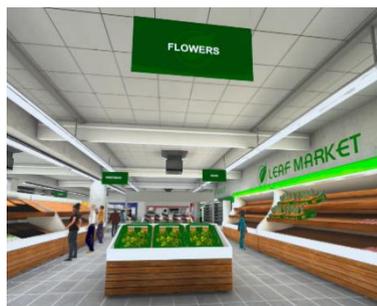


図 1 作成した仮想空間の例

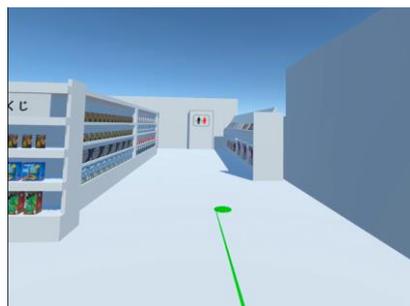


図 2 長距離移動の操作画面

このシステムで収集した仮想店舗内の動線データとアイトラッキングデータの消費者行動モデルの構築への適用可能性の検証として、図 3 に示すような商品棚を仮想空間に設置して、購入したい商品を選択する実験を行った（引用文献①）。図 3 の商品棚は一番上の段に陳列した商品の高さがおおよそ 140 センチメートルであり、横幅がおおよそ 150 センチメートルである。被験者 31 人のデータを用いて、棚の正面の約 150 センチメートル以内で観測したアイトラッキングデータによる分析を行った。その結果として、既存研究と同じように、商品を注目した時間が長いほど、その商品を選択していることを確認することができた。



図 3 仮想空間に設置した商品棚

(2) 視線付き広告による顧客の誘導効果の検証

店内広告による顧客の売場への誘導効果の検証では、広告デザインと設置場所の考慮が必要であり、実店舗で営業と並行して複数のパターンを検証することは困難である。一方では、仮想店舗では店内広告の設置場所やデザインを変更して検証することが比較的容易である。本研究では、実験の被験者へ訪問の指示を与えていない売場付近に広告を設置して、被験者の売場への訪問率が変化するかどうか検証した。まず、広告のデザインとして、図 4 に示す 2 パターンのデザインを用いた。人は他人の顔、特に目に注目する傾向があることが知られている。また、他人の視線の先に注意が向きやすいことも知られている。このような人の注目の特性に基づき、誘導したい売場付近の棚の高い位置に正面を向いた顔の描かれた広告、または誘導したい売場を

向いた広告を設置して、被験者の売場への訪問を促すことを試みた。具体的には、図 5 に示すような実際のコンビニエンスストアと同規模の仮想店舗を作成して、入口から最も奥にあるスイーツ売場とおにぎり売場の 2 つの売場へ広告を設置した。図 6 はスイーツ売場側の棚の上部にスイーツ売場を向いた広告を設置したものである。本実験では、テストとしてスイーツ売場とおにぎり売場の両方に広告を設置し、片方は売場の方向を向いたもの、もう片方は正面を向いたものの 2 パターンで調査を行った。

テスト実験では、25 人の大学生のデータを収集した。実験の被験者には仮想店舗でチョコレートと缶コーヒーの売場で購入する商品を選択し、普段からコンビニエンスストアでお菓子や飲料と一緒に購入するものがあればその商品も購入するように指示を与えた。このようにして、被験者に対して直接誘導する売場へ訪問するように指示を与えないようにした。収集したデータを確認した結果、広告に注目した被験者は 25 人中 14 人であった。ただし、広告を注目した被験者が注目した広告は 7 人が誘導したい売場の方向を向いている広告、残り 7 人は正面を向いている広告であった。結果として、誘導したい売場を離れた位置から注目した時間が長くなるほど、その売場を訪問する確率が高くなることを確認できたが、広告の視線の向きが売場を注目する時間の長さを与える有意な影響を確認することができなかった。この理由として、テスト実験で使用した仮想店舗がコンビニエンスストア規模であったため、指示を受けた商品以外を購入する被験者は店内を一周する傾向があったと考えられる。また、コンビニエンスストアでは売場の高い位置に売場案内が設置されていないことから、被験者は店内の高い位置にあまり注目していなかった。したがって、スーパーマーケットのような規模で、各売場の高い位置に案内が表示されているようなレイアウトの仮想店舗で再調査が必要であると考えられる。

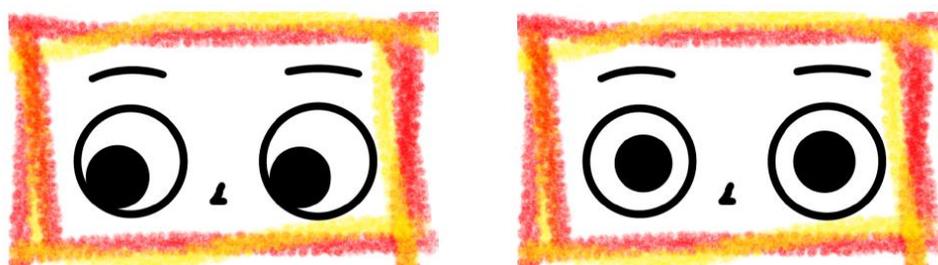


図 4 売場へ誘導する広告デザインのパターン（左は誘導したい売場の方向を向いている）

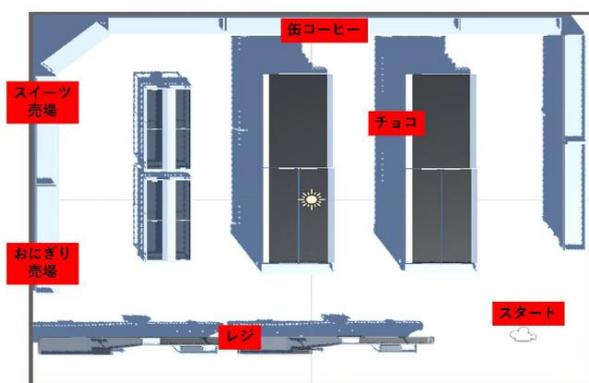


図 5 仮想店舗のフロアレイアウト 1



図 6 誘導広告の設置例

(3) 仮想空間を用いた社会的影響が購買行為に与える効果の調査

小売店における社会的影響とは、店舗内の買い物客同士の相互作用によって生じるものであり、「ある売場にいる他の買い物客の人数が多いほど、消費者はその売場を訪れる確率が高くなる」などの仮説について調査が行われている。社会的影響は実店舗ではコントロールが困難であり、社会的影響の定量化など十分な検討が行われているとは言い難い。本研究では、VR 技術の社会的影響の測定への適用可能性を検証することを試みた（引用文献②）。

この検証のためのテスト実験では、図 1 に示すようにスーパーマーケットを模した仮想空間に人型オブジェクトを複数配置して、移動経路の選択に与える影響を調査した。具体的には、実験開始後の正面通路の左右に配置する人型オブジェクトの数を調整して、被験者が人型オブジェクトが多い側の棚の近くを移動経路として選択するかどうか分析した。その結果、通路左右の人型オブジェクトの数の差が大きいとき、被験者は人型オブジェクトの多い側を移動経路として選択する傾向があることを確認した。しかしながら、このテスト実験は購買を伴うタスクを与えていないなど限定的な条件下での調査であった。また、仮想空間では人は人型オブジェクトか

ら社会的影響を受けにくいという報告があるため、既存研究と本研究の実験条件の違いなどから社会的影響の検証についてさらなる検討が必要である。

(4)まとめと今後の展望

本研究では、VR 技術を用いて複数のパスデータを収集し、消費者行動モデルの構築に使用できることを示した。複数のパスデータを用いた分析は、テスト実験で検証した店内広告や社会的影響に関する仮説に基づく検証や、仮説と異なる結果が得られた原因の検討に有効であることを示した。しかしながら、複数のパスデータの融合までは十分に検討することができなかった。この理由として、仮想店舗の作成に多大な労力が必要であることが挙げられる。仮想店舗の作成で労力を必要とする作業として、商品を模した 3D オブジェクトの作成と仮想店舗への陳列がある。本研究では、コンビニエンスストア規模の仮想店舗しか作成することができなかった。これについては、引き続き Meta Quest Pro を使用して、データ収集のための画像描画処理の負担を考慮しながら、実験に適したスーパーマーケット規模の仮想店舗の作成を試みる。この作成が終わり次第、本研究で構築したプログラムと仮想店舗を、GitHub などを通じて公開する。さらに、社会的影響のような仮想店舗を用いた調査が有効と考えられる仮説の検証に焦点を当てて、複数のパスデータを用いたモデルの構築を検討する。

引用文献

- ① 石橋健、中西寛子、仮想現実技術を使った消費者行動に関するデータの収集と分析に関する研究、2023 年度応用統計学会 年会・チュートリアル、2023 年.
- ② 石橋健、仮想店舗を用いた店舗内の購買行為に関する調査実験、情報処理学会第 86 回全国大会、2024 年.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ken Ishibashi, Yasutoshi Nomura, Hitoshi Furuta	4. 巻 1
2. 論文標題 Application of Broad Learning to Damage Diagnosis of Cracks on RC Floor Slab	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of The 13th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR 2021)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 K. Ishibashi, H. Furuta, Y. Nomura, K. Nakatsu, K. Takahashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Application of virtual reality technology to cultivate skill for visual inspection of bridge	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bridge Maintenance, Safety, Management, Life-Cycle Sustainability and Innovations	6. 最初と最後の頁 347-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1201/9780429279119-44	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yada Katsutoshi, Ishibashi Ken, Ohashi Taku, Wang Danhua, Tsumoto Shusaku	4. 巻 2020
2. 論文標題 How Shoppers Walk and Shop in a Supermarket	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)	6. 最初と最後の頁 114-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICDMW51313.2020.00025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Li Fangzhou, Kobe University, Li Zhen, Yang Shuai, Ishibashi Ken	4. 巻 2020
2. 論文標題 IMPACTS OF ONLINE REVIEWS ON CONSUMERS' DECISION-MAKING: APPLICATION OF TOPIC MODELING IN RESTAURANT SERVICES	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global Fashion Management Conference	6. 最初と最後の頁 1350-1350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15444/gmc2020.10.03.01	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishibashi Ken, Xiao Chen, Yada Katsutoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Study of the Effects of Visual Complexity and Consumer Experience on Visual Attention and Purchase Behavior through the Use of Eye Tracking	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)	6. 最初と最後の頁 2664-2673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData47090.2019.9005498	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishibashi Ken	4. 巻 1
2. 論文標題 Application of Deep Learning to Pre-processing of Consumer's Eye Tracking Data in Supermarket	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)	6. 最初と最後の頁 341-348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICDMW.2019.00057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishibashi Ken, Yada Katsutoshi	4. 巻 159
2. 論文標題 Analysis of social influence on in-store purchase behavior by using ecological system of ants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 2162-2171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2019.09.390	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 石橋健
2. 発表標題 実店舗内における顧客の購買行動データの分析
3. 学会等名 2022年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹嶋宗彦 , 石橋健 , 山本岳洋 , 加藤直樹 , 丸橋弘明
2. 発表標題 オンライン・オフライン混合のPBL演習を軸とする実践的データサイエンス人材育成の試み
3. 学会等名 2021年度人工知能学会全国大会 (第35回)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石橋健 , 中津功一朗 , 弘田陽介
2. 発表標題 こどもの視点を疑似体験する防災訓練から得られる気づきに関する調査
3. 学会等名 日本保育学会第74回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中津功一朗 , 石橋健 , 弘田陽介
2. 発表標題 保育・幼児教育現場におけるICT導入の課題と展望
3. 学会等名 日本保育学会第74回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ken Ishibashi, Zhen Li and Katsutoshi Yada
2. 発表標題 Application of Deep Learning to Eye Tracking Video for Estimating Sales Area Where Consumer Looked
3. 学会等名 2020年度人工知能学会全国大会 (第34回)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 笹嶋 宗彦, 加藤直樹, 石橋健, 石原健司, 大島裕明, 川井康平, 川嶋宏彰, 小林篤司, 笹嶋宗彦, 山本岳洋, 湯本高行	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 136
3. 書名 データサイエンス入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------