

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K01986

研究課題名（和文）Drift-Diffusion モデルの進化：部分情報の利用と心理的効果の反映

研究課題名（英文）Improvement of Drift-Diffusion Models: Use of partial information and reflect of psychological effects

研究代表者

高橋 啓 (Takahashi, Kei)

福岡工業大学・情報工学部・准教授

研究者番号：70595280

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、短時間の離散的意思決定モデルであるDrift-Diffusion (DDM)モデルについて、理論的には類似効果に代表される心理的効果を反映可能なようにモデルを拡張し、アイカメラによる何をその瞬間に見ているのかという部分情報を反映させることにより、より精度の高い消費者行動モデルを構築した。具体的には、代表者が以前研究を行っていた Generalized Nested Logit Model に代表される Nest 構造を持つモデルと対応する形で類似効果を DDM に組み込んだ。そしてパッケージが似通っているポテトチップスの選択実験により、DDM上でも類似効果の生起が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた知見は、実店舗における即時プロモーション等 e-commerce に押されがちである実店舗における施策の立案、評価に応用することができる。今回構築したモデルを基礎とし、カメラ等による個人の店舗内行動や視線を追跡することにより、見ている商品のプロモーションが有効な場合にはそのプロモーションを行うことにより、当該商品の訴求をより効率的かつ自動に行うシステムの構築へ応用可能であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed the Drift-Diffusion (DDM) model, which is a discrete decision-making model for short periods of time, by extending the model so that it can theoretically reflect psychological effects represented by the similarity effect, and by reflecting partial information about what people are looking at at that moment using eye cameras. We constructed a consumer behavior model with higher accuracy. Specifically, the similarity effect was incorporated into the DDM in a way that corresponds to a model with a Nest structure, such as the Generalized Nested Logit Model, which was previously studied by the representative researcher. The generation of the similarity effect was confirmed in DDM through an experiment in which potato chips with similar packages were selected.

研究分野：マーケティング

キーワード：離散選択 心理的効果 マーチャンダイジング

### 1. 研究開始当初の背景

本研究の学術的な「問い」は、マーケティングにおける意思決定において選択肢間の関係性が意思決定の時間にどのような影響を与えるかを明らかにすることである。Logit モデルや Probit モデルはマーケティングにおいても消費者の離散的な選択行動を表現するのに多用されてきた。また、この離散選択的な行動において、効用最大化と矛盾する現象として、選択肢間の関係性をもたらす類似効果、魅力効果、妥協効果といった心理的效果があることが消費者心理学の側面から指摘されてきた。応募者は、この心理的效果について、ランダム効用最大化と整合的に Generalized Nested Logit (GNL) モデルで表現可能であることを示した。

一方、意思決定者の離散的な選択肢に対する情報収集プロセスを確率過程で表現し、意思決定までの短い「時間」を明示的にモデリングした Drift-Diffusion モデル(DDM) と呼ばれるモデルが登場している。このモデルの一部は Logit モデルと同じ形の選択確率(Webb, 2018) となり、意思決定までの時間を考慮することで、既存の選択モデルと比較し、選択確率の推定において大きな改善が期待される。ただし、既存の DDM のほぼ全てが心理的效果の存在を無視しており、このまま、実店舗等での適用は限定的となってしまう。応募者は、従来研究してきた GNL モデルと整合的に類似効果、魅力効果、妥協効果を生起しうる Hierarchical DDM (HDDM) と呼ばれるモデルを導出した。

しかし、HDDM を含め、DDM のパラメータ推定やそれによる予測は、画面に選択肢を対称に配置し、選択させるといった実験室的な環境のデータのみで行われており、実際のマーケティングの現場である店舗等ではほとんど行われていない。そのため、そもそも DDM の枠組みで心理的效果がどのように働くのかといったことも分かっていない。また、DDM のパラメータ推定には、どの選択肢を選択したのかという情報と意思決定までの時間のみが用いられている。しかし、実際の店舗では、「商品のブランドロゴを見た」、「手にとった」という補助情報も観測できるが、これらの活用は全く考慮されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、実際のマーケティング環境において心理的效果を考慮した新たな DDM を適用することにより、心理的效果が意思決定、特に意思決定までの時間にどのような影響を与えるかを明らかにすることである。従来の DDM は理想化された環境での適用が前提であり、選択肢間の心理的效果についてはほとんど考慮されて来なかった。これを考慮することにより、どのような選択肢集合だと意思決定までの時間が長いのか短いのかということ明らかにする。この応用としてどのような商品陳列が望ましいのかを明らかにする。また、実際の店舗でアイカメラを用いた観測を行うことにより、価格表示を見たかといった補助情報をモデル推定に取り込む。これにより、価格表示器等のプロモーション効果の予測についても試みる。

本研究は、従来実験室的環境でのみ行われていた DDM についてマーケティングの実際の現場への適用を目指し、進化させるものである。具体的には、従来考えられていなかった心理的效果の DDM における考慮、補助情報を用いたモデル推定という点が従来研究にはない独自の点である。これらの点は単に心理的效果が意思決定、特に意思決定までの時間にどのような影響を与えるかを明らかにするだけでなく、実際の店舗における個人即時プロモーションへと繋がる波及効果をもたらすものであると考えられる。

### 3. 研究の方法

本研究では、消費者の購買行動について実験する。具体的には、消費者がポテトチップスを買う時の視覚の範囲と瞳孔の動き、商品を選択するまでにかかる時間、それぞれの商品を見ている割合のデータを収集する。使用するポテトチップスはア・ラ・ポテト、湖池屋ポテトチップス、堅あげポテト、カルビーポテトチップスの合計 4 種類である。実際の選択行動の情報を得るために、陳列棚にそれぞれの選択肢を 2 列 4 段で並べる。また、消費者の視覚の範囲と瞳孔の動きの情報を得るため、アイカメラを使用する。アイカメラのフレームレートは 25Hz(時間間隔が 0.04 秒) である。

今回の実験では合計 2 パターンのデータを収集する。堅あげポテトのみを 1 列でア・ラ・ポテト、湖池屋ポテトチップス、カルビーポテトチップスが 2 列のパターンと全ての選択肢を 2 列とした 2 パターンである。湖池屋ポテトチップスとカルビーポテトチップスの商品パッケージを比較すると視覚的情報(色合いや大きさ)が非常に似通っている。そのため横に並べた場合、短時間の意思決定では消費者が同一商品と判断する可能性が高い。この問題を解決するためにア・ラ・ポテト、湖池屋ポテトチップス、堅あげポテト、カルビーポテトチップスの順番で商品を 2 列に並べたまた、視覚の分散を図るために同一商品を縦に並べるのではなく、1 番上の段から下に 1 段下がるごとに商品を右に移動させる。1 番右の商品は左端移動させることとする。4 種類のポテトチップスにはそれぞれ値段を設定する。ア・ラ・ポテトは税込み 167 円、湖池屋ポテトチップスは税込み 130 円、堅あげポテトは税込み 167 円、カルビーポテトチップスは税込み 146 円とする。

研究対象者には 300 円を配布し、そのお金を使用して各選択肢の商品を 1 つ購入してもらう。その時に出るお釣りと購入した商品は参加者の報酬となる。これは、実際の消費者購買行動により近づくために行う。実験は主として学生を対象にする。実験参加者にはアンケートを実施する。参加者の視力に関することやポテトチップスを食べる頻度、認知度などを調査する。具体的なアンケートの内容は付録を参照されたい。実験で得た 1 人 1 人のアイカメラの情報をデータ化し、モデルに反映させる。

#### 4. 研究成果

表 1 は、それぞれの商品を選んだ人数とその商品を選択した人が商品を選ぶまでにかかった平均時間を表している。A はア・ラ・ポテト、B は湖池屋ポテトチップス、C は堅あげポテト、D はカルビーポテトチップスとする。実際に全ての選択肢を 2 列の場合と選択肢 C(堅あげポテト)のみを 1 列にした場合を比較すると、選択肢 C のみを 1 列にしたときに、選択肢 C を選択する人が減少が 8 人減少し、選択肢 A が 2 人、選択肢 D が 5 人増えた。また、全ての選択肢を 2 列の場合と選択肢 C のみを 1 列にした場合の商品を選び始めて選択し終わるまでにかかる商品選択時間比較しても、各選択肢 A, B, C, D および全体の商品選択時間の平均時間が選択肢 C のみ 1 列にした場合の方が全て 1 列の場合よりも 1 秒ほど下がったことがわかる。全体の人数が違うため、モザイクプロット(図 1)で比率を比較する。全ての選択肢が 2 列の場合と選択肢 C のみを 1 列にした場合を比率で比較しても、明らかに選択肢 C のみを 1 列にした場合のほうが、堅あげポテトを選択する比率が小さくなっていることがわかる。表 3.2 は全ての選択肢を 2 列の場合と選択肢 C のみを 1 列にした場合の男女別の商品選択平均時間である。女性は全ての選択肢を 2 列の場合と選択肢 C のみを 1 列にした場合を比較してみると、全ての選択肢を 2 列の場合のほうが選択平均時間が約 2 秒も多くなっている。男性にも少し差はあるのだが、0.68 秒であるため、そこまで大きな差はない。ここから男性よりも女性のほうが選択肢の幅を変えることの影響が大きいことがわかった。

表 1 商品の選択人数と選択にかかる平均時間

選択肢	1 列		2 列	
	選択人数	平均時間	選択人数	平均時間
A	9	14.90	7	14.90
B	3	14.55	3	14.55
C	12	16.25	18	16.25
D	9	17.16	4	17.16
計	33	15.98	33	15.98

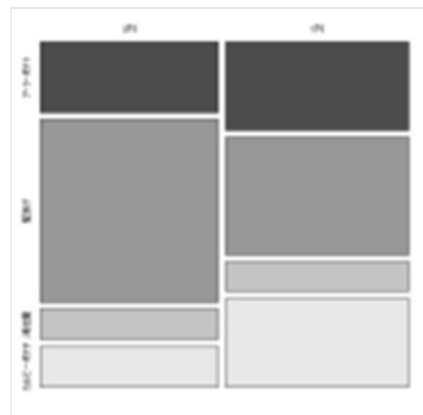


図 1 選択割合

本研究では、選択肢を何秒で選択したのかという情報に、各選択肢を見ている割合を考慮した DDM を提案する。本研究で提案するモデルは次式で表される:

$$\begin{aligned}
 x_t^{(i)} &= x_{t-1}^{(i)} + \delta_{t-1}^{(i)} + \epsilon_t^{(i)}, x(0) = \alpha \cdot \beta \\
 \delta_t^{(i)} &= \delta_A t_A^{(i)} + \delta_B t_B^{(i)} + \delta_C t_C^{(i)} + \delta_D t_D^{(i)} + \delta_0, \\
 \alpha &> 0, \tau > 0, 1 > \beta > 0.
 \end{aligned}$$

ここで、 $\pm\alpha$  は上下のしきい値、最も人気のある堅揚げポテトに着目し、上側に相当させる。 $\beta$  はしきい値に対する初期値割合である。今回のモデルでは、 $\delta$  は商品を見ている割合を考慮して算出する。各選択肢を見ている時間割合  $t_A^{(i)}, t_B^{(i)}, t_C^{(i)}, t_D^{(i)}$  で説明されるものとする。 $t_A^{(i)} + t_B^{(i)} + t_C^{(i)} + t_D^{(i)}$  は瞬き等があるから必ずしも 1 になるわけではない。 $i$  は被験者のことを表す。 $\delta_A, \delta_B, \delta_C, \delta_D$  はそれぞれに対応したパラメータのことである。 $\Delta t$  は微小な時間幅は今回 0.04 秒とする。

表 2 に最尤推定されたパラメータの値を示す。堅あげポテト 1 列の場合と 2 列の場合のパラメータを比較すると、堅あげポテトのパラメータを表す  $\delta_D$  が 2 列の場合に値が大きくなっているため、やはり 2 列の場合に堅あげポテトが選ばれる確率が高いことがわかる。 $\delta_A$  と  $\delta_D$  のパラメータは堅あげポテトが 2 列の時よりも 1 列のほうがパラメータの値が大きくなっている。これは、堅あげポテトが 2 列の時よりも 1 列の時のほかの商品が選択される確率は高くなったことを表す。したがって、該当商品を売り込みたい場合は視覚に入る面積を大きくした方が良い。今回の結果から、1 番売れ筋の商品を売り込みたいときには、すべての商品を同じ列、すなわち

表示面積を同じにした方がよく、該当商品以外の商品売り込みたいときには 1 番売れ筋の商品の列数や表示面積を下げるのが棚陳列の評価としていいことが分かった。

表 2 パラメータ推定結果

選択肢	1 列		2 列	
	値	t 値	値	t 値
$\alpha$	9.12	20.20	9.51	16.84
$\tau$	1.12	0.31	4.09	7.41
$\beta$	0.52	0.56	0.48	0.07
$\delta_A$	0.49	0.42	-0.61	-0.07
$\delta_B$	0.33	0.37	1.40	1.33
$\delta_C$	2.46	2.23	2.67	2.55
$\delta_D$	0.19	0.19	-0.71	-0.28
$\delta_0$	-0.90	-0.97	-0.85	-1.20

それぞれのモデルにおける予測性能のよさをあらかず統計量：AIC(Akaike's Information Criterion)を表 3 に示す。この結果から秒数や割合を考慮していないモデルより、秒数や割合を考慮したモデルのほうが値が低くなっているためより良いモデルだと判断できる。また、それだけでなく秒数を考慮したモデルと割合を考慮したモデルを比較すると、商品を見ている割合を考慮したモデルの方が AIC の値がより低くなっているため、最適なパラメータと対数尤度を推定できたと思われる。

表 3 AIC

	視線考慮なし	秒数考慮	割合考慮
1 列	295.38	273.93	262.70
2 列	285.34	258.89	229.01

本研究では実際の購買データを取得し、商品を見ている割合を考慮して DDM のパラメータを最尤推定し、従来の DDM モデルと比較した。実際の消費者の購買データから、全ての選択肢が 2 列の場合と堅あげポテトのみ 1 列の場合では各選択肢 A, B, C, D および商品を選び始めてから選び終わる時間に約 1 秒の差があることがわかった。これは、商品の列の増減が消費者の商品認識に影響を与え、商品を選び始めてから選び終わる商品選択時間にも影響を及ぼすことが考えられる。今回提案したモデル(視線データから抽出した、各商品を見ている割合を考慮したモデル)は従来の DDM モデルに比べて、最尤推定されたパラメータを使って出される対数尤度の値が 30 ほど低くなっている。ここから今回提案したモデルは既存の DDM モデルよりより良いパラメータと最尤推定でき、より最適なモデルであることがわかった。したがって、視線情報を追跡して、その情報をモデルに適用することは棚陳列の評価において重要だということがわかった。また、当該商品を売り込みたい場合、商品が見える面積を増やした方が棚陳列の評価としては最適だと考えられる。

今回の研究では、商品を見ている割合を考慮し二項分布で最尤推定したが 4 つの項があるときその結果がどうなるのかが課題になると考えられる。また、選択肢全てを 2 列の場合と 1 つだけ 1 列にした場合とでは商品を取る段数に大きな影響があったため、その影響が何であるのかを今後の課題とする。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 K. Yoshihara, K. Takahashi	4. 巻 17
2. 論文標題 A simple method for unsupervised anomaly detection: An application to Web time series data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plos ONE	6. 最初と最後の頁 e0262463
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0262463	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 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西村周, 高橋啓
2. 発表標題 Web 複数時系列における異常検知
3. 学会等名 日本経営工学会九州支部卒業・修士論文発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 枘原蒼汰, 高橋啓
2. 発表標題 Drift Diffusion Modelによる棚陳列の評価
3. 学会等名 日本経営工学会九州支部卒業・修士論文発表会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------