

令和元年5月29日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K03972

研究課題名(和文) Web 広告における非集計アトリビューション解析

研究課題名(英文) Disaggregate Attribution Analysis on Web Advertising

研究代表者

高橋 啓 (Takahashi, Kei)

群馬大学・数理データ科学教育研究センター・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、広告接触者の心理状態を離散的隠れ状態と考え、それにより広告接触が異なるという隠れマルコフモデルを構築した。このモデルでは、広告接触からの時間が経つごとに効果が弱まる忘却効果、複数回接触することにより効果が増大する刷込み効果、逆に減少する擦切れ効果の3つの効果を取り込みモデルを構築した。このモデルを実際のWeb広告接触データに適用することで、それぞれの効果の符号条件は仮定と一致した。今回のデータでは、Web広告接触による刷込み効果はほとんどなく、擦切れ効果が主に発揮されることがわかった。また、これらの心理的效果を考慮したアトリビューション配分を行ったところ従来とは異なる結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、Webサイト等へのアクセス履歴データにより、従来集計的な把握に留まっていた心理的效果、具体的には忘却効果、刷込み効果、擦切れ効果について非集計的に存在を把握することができた。また、Web広告において多用されていたアフィリエイトやリターゲティング広告について、その広告を"踏んだ"ことによる離脱を考慮すると、最終目標への貢献度が低いことが分かった。

研究成果の概要(英文)：This study develops a hidden Markov model that has hidden and discrete states of consumers' attitude for advertisement. In this model, we consider three psychological effects on advertisement, forgetting, wear-in and wear-out effects. We apply this model for data at the EC site. As a result of analysis, sign conditions on parameters in psychological effects. Additionally, we reveal that there exists little wear-in effects in this EC site data. Secondly, we conduct attribution analysis based on our model. Consequently, we get different attribute allocation from that without considering psychological effects.

研究分野：マーケティング・サイエンス

キーワード：広告効果 心理的效果 ベイズ推定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

広告に接触した消費者が対象商材を購入するまでには、一般的に AIDMA に代表される心理プロセスを踏むとされている。このプロセスの途中で消費者は様々な媒体の広告に接触する。この接触の時系列において様々な心理的效果、影響があることが知られている。具体的には、接触から時間を経るにつれ広告を忘れていく忘却効果、何度も接触することにより刷り込まれる蓄積効果、逆に接触しすぎることにより対象商材を忌避する擦切れ効果が存在する。これらの存在は、応募者が知る限り、実際誰が接触し誰が購買したのかという対応付けが不明確な集計的モデル（例えば Bruce 2008）、アンケートを主体とした実験室的環境（例えば Yaveroglu and Donthu 2013）でのみ確かめられている。

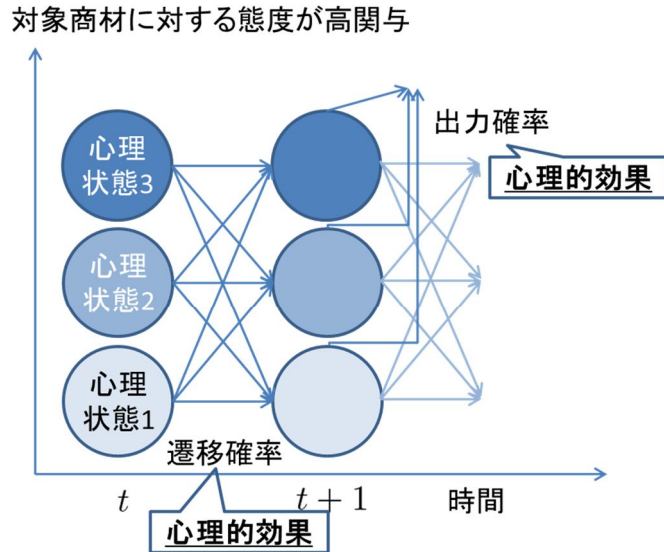


図1 本研究のHMMモデル概略

一方、近年の ICT 技術の進展に伴い、Web 広告はその種類の増加とともに広告における重要性が増している。これは cookie をベースとした個人ベースでの広告接触と購買（コンバージョン）との関係が比較的明確であることにも一因がある。Web 広告においてもバナー広告の様に比較的浅く広く消費者に訴求するものもあれば、リターゲティングやリスティング広告のように狭く深く訴求するものもある。これらを上手く組み合わせ、消費者に接触させることにより、広告出稿主はより大きな売上げを期待できる。そのためには様々な種類の広告予算へ適切な配分を行う必要がある。このような様々な広告の貢献度を評価する分析はアトリビューション分析と呼ばれ、最後や最初、接触した回数のみを評価するといった単純なモデルが実務では多く用いられている。

これに対し、応募者らは Abhishek et al をもとに広告に対する心理的状态を隠れ状態とした隠れマルコフモデルを構築し、その遷移確率に忘却効果、刷込み効果を導入したモデルを構築した。ただし、これらのモデルにはいくつかの欠点が存在すると応募者は考えている；

- 1) コンバージョンしたユーザーのみを対象として推定、検証をしている
- 2) 心理的效果が遷移確率にのみ入っており、蓄積、擦切れ効果は広告接触そのものにより誘発されるため出力確率にも入れるべき。

2. 研究の目的

本研究では 1) 広告反応行動のモデリング、2) それに基づく広告費配分の最適化、3) そしてその結果の検証という一連の流れを単純非集計モデルにより、次の 2 点を明らかにする。

表1 集計的/非集計的広告効果モデル

	投入	産出	投入と産出の対応
集計的広告効果モデル	単位時間あたり広告投入量(金額)	単位時間あたり売上	本当にある個人が広告に接触して購買しているか不明
非集計的広告効果モデル(本研究)	個々人ごとの広告接触回数	個々人ごとの売上(コンバージョン)	マシンレベルなら1対1対応で分かる

(1) 非集計レベルで心理的效果は存在するのか

従来集計的にしか求められていない広告接触に対する心理的效果について、非集計レベル（同日個人の広告接触と購買のデータを与件として）で存在の有無を検証する。現状の集計的広告効果モデルとの相違点、問題点については、表 1 にまとめる。

(2) 非集計レベルでの心理的效果を考慮した予算配分とその結果及び比較

(1)の結果を基に実サイトでの広告予算配分の最適化を行い、その結果を従来のヒューリスティックな予算配分と実サイトにて比較することにより、アンケート等の表面選好下ではなく、顕示選好下での最適化結果の検証を行う。

3. 研究の方法

本研究では、Abhishek et al. を基に消費者の忘却効果、プーリング効果、ウィアーアウト効果を考慮した非集計アトリビューションモデルを構築する。さらに、消費者の出力として離脱を新たに考慮することで、消費者が離脱するのを防止する効果を考慮する。図 1 に示すように、消費者の潜在状態 s を 3 状態と仮定し、 $s = 1$ を非認知、2 を認知、3 を検討とする。消費者の $t = 1$ における初期状態として、ブランドワードで検索した消費者の状態を $s = 2$ 、その他

の消費者の状態については、 $s = 1$ と仮定する。また、消費者の観測出力 $Y = c$ について、 $c = 1$ を離脱も CV もしない、 $c = 2$ を離脱、 $c = 3$ を CV とする。消費者は潜在状態に確率的に所属するとし、広告接触をすると、各潜在状態間を確率的に遷移する。さらに、状態 1 を除いた状態 2 と状態 3 において、 c を確率的に出力する。

消費者が CV に至るまでの心理プロセスには、忘却効果、プーリング効果やウィアーアウト効果があるとされている。本研究では、これらの効果を動的な心理的效果と定義する。ここでいう忘却効果とは、消費者が接触しない期間が長くなるにつれて対象財のことを忘却してしまう負の効果であり、広告への接触間隔が増加するほど対象財への選好度が低下する。プーリング効果とは、広告の残存効果が t 期の広告の効果に与える影響である。同一広告媒体において、 $t = 1$ 期に接触した広告効果 A よりも $t = 2$ 期に接触した広告効果 B の方が大きいことを表わす。また、広告の種類ごとにプーリング効果の差の度合いが異なる。さらに、各広告への接触回数が多くなるほど、対象財への選考度に与える正の効果が大きくなる。ウィアーアウト効果とは、同じ広告が過度に連続して露出された場合に対象財への選好度が低下する効果である。例えば、同一広告媒体において、 $t = 1$ 期に接触した広告効果 A よりも $t = 2$ 期に接触した広告効果 B の方が小さいことを表わす。また、広告の種類ごとにウィアーアウト効果の差の度合いが異なる。さらに、各広告への接触回数が多くなるほど対象財への選考度に与える負の効果が大きくなる。

消費者 i の t 期における状態 s から状態 s' への遷移確率 $Q_{s|s',t}$ は多項 Logit 式で表されるとする。このとき、各説明変数は、固有魅力度、広告種別ごとの反応パラメータ、忘却効果項の和で表されるとする。出力確率については消費者 i の t 期における状態 s からの出力 c に対する確率 $P_{c|s}$ についても多項 Logit 式で表される。各説明変数は、固有魅力度、広告種別ごとの反応パラメータ、プーリング・ウィアーアウト効果項の和で表されるとする。

本研究では、レーシック手術に関する某医療系法人の WEB 広告接触データを使用する。ここでは、レーシック適正検査申込フォーム到達を CV、サイトへの最終訪問から 30 日以上経過した場合を離脱と定義する。データ期間は、2015 年 10 月 1 日~10 月 31 日である。推定には無作為抽出された 2,000 名のデータ、検証には無作為抽出された 1,360 名のデータを用いる。

本研究における未知パラメータの推定には、複雑な階層モデルを推定するのに適した MCMC 法の一つであるメトロポリスヘイスティングスアルゴリズムを適用する。本研究では非集計アトリビューションモデルにおいて、動的な心理的效果を考慮することの妥当性を検証する。そのために、心理効果無しモデル、忘却効果のみモデル、プーリング効果とウィアーアウトのみモデル、提案モデルの 4 つを比較して検証する。

4. 研究成果

適合度の比較を行った結果、すべての効果を組み入れたモデルが一番適合度が高いモデルとなった(表 2)。

表 2 モデル適合度比較

モデル	WAIC (推定用データ)	CVに対する 適合率 (検証用データ)	CVに対する 再現率 (検証用データ)
提案モデル	1,299	75.0%	2.76%
忘却のみ	1,313	-	0.00%
プーリングのみ	1,304	75.0%	0.76%
心理効果無し	1,306	-	0.00%

次に遷移確率、出力確率についての推定結果を示す。各パラメータが事後分布として解を得るため、その中央値を推定値として示す。すべてのパラメータを示すには場所がないため、心理的效果項に関するパラメータのみ示す。

表 3 心理的效果に関するパラメータの推定結果(中央値)

忘却効果	$\beta_{2,1,i}$	0.96(*)
	$\beta_{3,2,i}$	1.84(*)
プーリング効果, ウィアーアウト効果	$\kappa_{2,1}$	1.34(*)
	$\kappa_{2,2}$	0.36(*)
	$\kappa_{2,3}$	0.05(*)
	$\kappa_{3,1}$	2.55(*)
	$\kappa_{3,2}$	0.59(*)
	$\kappa_{3,3}$	0.19(*)
	ϕ_2	0.08(*)
	ϕ_3	0.241(*)
	η_2	0.77(*)
	η_3	1.64(*)

推定結果について考察する．忘却効果はすべてプラスとなり（符号を含めるとマイナス），望ましい結果が得られた．特に消費者が対象商材に強い興味を持つ状態 3 の忘却効果が高く，消費者は直ぐに関心を失いやすいということがわかった．次にプーリング効果，擦切れ効果については二次関数の山がほぼ初期接触となり，累積効果がほとんどないことがわかった．これは，CV をフォーム到達としたため，ミスクリックも CV とカウントされている可能性もある．

次にこのモデルをもとに，各広告の貢献度を配分した．この結果を表 4 に示す．ここで提案モデルとは離脱 1 を CV0.01 と同等としてカウントしたものである．この結果わずか 1% でも離脱を考慮するとアフィリエイトやリターゲティング広告はマイナスの貢献をしていることがわかった．つまりアフィリエイトやリターゲティングは大量の離脱を招いており，あまり消費者に接触させない方がいいことがわかった．

表 4 貢献度配分結果（中央値）

	提案モデル ($\alpha=0.01$)	CVのみ
リスティング (非ブランドワード)	0.180	0.275
リスティング (ブランドワード)	0.402	0.186
アフィリエイト	-0.093	0.118
ディスプレイ (非 DSP リターゲティング)	0.129	0.080
ディスプレイ (DSP リターゲティング)	-0.052	0.088
自然検索	0.428	0.184
その他	0.005	0.069

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- [1] S. Suzuki and K. Takahashi, Inspection of Validity in the frequent shoppers program by using particle filter, Operations Research Proceedings, 2015(2017), 497-502. (査読あり)
- [2] 高橋啓, 松林航祐, パーティクル・フィルタによるランディング・ページ最適化における逐次更新, 統計数理研究所共同研究レポート, 393 (2017),31-40. (査読なし)
- [3] 高橋啓, 平井宏英, 水本遼平, Web 上の時系列データにおける動的線形モデルによる異常検出, 統計数理研究所共同研究レポート, 419 (2019),47-51. (査読なし)

〔学会発表〕(計 15 件)

- [1] 高橋啓, 酒向海, 離脱を考慮したアトリビューション解析, 平成 28 年日本経営工学会春季大会, 2016 年 5 月.
- [2] 劉詩林, 高橋啓, メディア広告におけるコケージアン・モデルの効果: 中国人年齢階層別の分析, 第 57 回日本経営システム学会全国研究発表大会, 2016 年 10 月.
- [3] 高橋啓, Web 上におけるプロモーションの進化, JIMA/JSPM 九州支部セミナー, 2016 年 12 月 (招待講演)
- [4] 松林航祐, 高橋啓, パーティクルフィルタによるバンディットアルゴリズムを用いたランディングページ最適化, SSI2016, 2016 年 12 月
- [5] 神田大成, 高橋啓, lp 正則化項を用いた 3 次元テンソル分解, SSI2016, 2016 年 12 月
- [6] 鈴木慎将, 山下和也, 高橋啓, 本村陽一, 大野高裕, 顧客関係管理における消費者行動の推定 pMCMC による逐次推定, SSI2016, 2016 年 12 月
- [7] 土肥怜生, 高橋啓, 階層構造を持つ既存商品カテゴリーに対する自動分類, SSI2016, 2016 年 12 月
- [8] 高橋啓, 一藤裕, 上繁義史, 丹羽量久, リア充はバーチャルな店舗に何を求めるのか, 平成 29 年日本経営工学会春季大会, 2017 年 5 月
- [9] K. Takahashi, Relationship between behaviors in real life and buying behaviors on the electronic commerce site, International Conference on Operations Research 2017, 2017/9 (査読あり)
- [10] 高橋啓, Estimation and Setting of Hyper Parameters via Particle MCMC methods, パーティクル・フィルタ研究会, 2017 年 9 月
- [11] 高橋啓, 離散選択モデルとディフュージョンプロセスモデルの対応付け, 平成 29 年日本経営工学会秋季大会, 2017 年 11 月

- [12] 梅本将大, 高橋啓, Drift-Diffusion モデルにおける IIA 特性の緩和, 日本経営工学会九州支部 第 44 回学生卒論発表会, 2018 年 3 月
- [13] K. Takahashi, Relaxation of I.I.A. property on drift-diffusion models, International Conference on Operations Research 2018, 2018 年 9 月
- [14] K. Takahashi, Hierarchical Drift Diffusion Model, JIMA The 2018 Annual Autumn Meeting, 2018 年 10 月
- [15] 高橋啓, 平井宏英, 水本遼平, Web 上の時系列データにおける動的線形モデルによる異常検出, 日本経営工学会 2019 年春季大会, 2019 年 3 月

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名 : 平井 宏英

ローマ字氏名 : Hirai Hirohide

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。