

# 計量経済学からはじまる データサイエンス

鹿野繁樹

大阪府立大学大学院経済学研究科  
現代システム科学域マネジメント学類

2018年10月16日

# 本日のコンテンツ

1. イントロダクション
2. 離散選択モデル
3. プログラム評価
4. 結語

# 1. イントロダクション

# 計量経済学とは？

- **計量経済学** (Econometrics) = 経済・ビジネスデータの分析に特化した統計学。
  - 社会経済の実態を把握(経済統計)。
  - 経済理論の妥当性をデータでテスト。
  - 株価や為替レートなど、主要な経済変数の予測(経済時系列分析)。
  - 政府の政策や、企業の経営戦略の効果を評価。

- 本日の講演内容：計量経済学が特に大きな成果をあげた分野の紹介。
  - 離散選択モデル。
  - プログラム評価。

## 2. 離散選択モデル

# 消費者はなにを見て製品を選ぶのか？

- 企業・製品開発者の目的: 売れる製品を作りたい！シェアを上げたい！
  - 消費者の購入履歴(+アンケート)データから、「消費者の求めるもの」を突き止めるには？...マーケティングの基本問題。
  - そもそも、消費者は製品のどこを見て購入を決定しているのか？⇒**離散選択モデル**で分析。

- 例：炭酸飲料商品1、2、3の属性変数と、購入した消費者数2000人のデータ。

	炭酸飲料1	炭酸飲料2	炭酸飲料3
価格/500cc	150	150	130
カロリー/100cc	40	0	25
人工甘味料(使用=1)	0	1	1
CM頻度(1~5)	2	4	3
購入消費者数(総数2000)	700	1000	300
シェア	35%	50%	15%



# 消費者行動のモデル化

- ポイント1: 消費者行動の規則性・合理性。
  - 消費者は完全にランダムには商品を選ばない。
  - 商品属性を比較し、**効用**(満足度、もうけ)が相対的に最も高いものを選ぶはず。
  - 効用は、各属性(価格、カロリー、人工甘味料使用、CM頻度)によってどのように構成されているのか？

- **ポイント2: 消費者の選好(好み)の重要性。**
  - 炭酸飲料2が圧倒的に高いシェア。...しかし、すべての消費者が2を選ぶわけでもない。
  - ∴ **選好**(好み)の存在: 味・食感への好みの違い、ブランドへの信頼感の違い、家族構成など個人の事情、etc。
  - 万人にとってナンバーワン、ワーストワンの商品はない！

# 条件付きロジットモデル

- 以上を考慮すれば、消費者の選択行動は以下の通り。
  - ランダム効用：各商品の効用水準の決定：炭酸飲料1の効用は、

$$\text{効用1} = \underbrace{A \times 150 + B \times 40 + C \times 0 + D \times 2}_{\text{商品属性で決まる部分}} + \underbrace{\text{選好1}}_{\text{消費者ごとに違う}}$$

- 選好1は、データとして観測できない、消費者の好み。
- ...炭酸飲料2、3の効用も同様に決まる。
- 効用を比較し、最も大きくなる製品を選択！これを条件付きロジットモデルと呼ぶ。

- 係数{A, B, C, D} は各属性の効用への影響を測るウェイト（属性の単位を効用単位に変換するレートのようなもの）。  
⇒ 前述のデータから推定できる。
  - 数値例：仮に $A = -1$ ,  $B = -2$ ,  $C = -5$ ,  $D = 10$ として、消費者の選択行動を分析。
  - 表1：消費者1。好みは、順に150、200、220。
  - 表2：消費者2。好みは、順に250、150、200。
  - 好みの違いで、効用の順位付け（と選択結果）が大きく変わる！

# 表1: 消費者1の選択

	係数	炭酸飲料1		炭酸飲料2		炭酸飲料3	
		属性値	効用得点	属性値	効用得点	属性値	効用得点
価格/500cc	A = -1	150	-150	150	-150	130	-130
カロリー-/100cc	B = -2	40	-80	0	0	25	-50
人工甘味料	C = -5	0	0	1	-5	1	-5
CM頻度	D = 10	2	20	4	40	3	30
好み			150		200		220
効用			-60		85		65
効用順位			3		1		2
購入			NO		YES		NO

## 表2: 消費者2の選択

	係数	炭酸飲料1		炭酸飲料2		炭酸飲料3	
		属性値	効用得点	属性値	効用得点	属性値	効用得点
価格/500cc	A = -1	150	-150	150	-150	130	-130
カロリー-/100cc	B = -2	40	-80	0	0	25	-50
人工甘味料	C = -5	0	0	1	-5	1	-5
CM頻度	D = 10	2	20	4	40	3	30
好み			250		150		200
効用			40		35		55
効用順位			2		3		1
購入			NO		NO		YES

- 離散選択モデルでわかること、できること: 例えば...
  - 炭酸飲料の消費者を引き付ける属性(消費者の求めるもの)はなに?
  - カロリーを20パーセント下げるとは、消費者にとって何円の価値がある?
  - 炭酸飲料1の価格を20円下げると、炭酸飲料1のシェアがどれだけ増える? 炭酸飲料2、炭酸飲料3のシェアがどれだけ奪われる?。
  - 仮に「価格=160、カロリー=10、人工甘味料=0、CM頻度=4」の商品が登場すると、このマーケットのシェアがどうなる?

# ケース・スタディ

- McFadden et. al. (1977): 1970年代中盤、サンフランシスコ湾岸地域に新鉄道“Bay Area Rapid Transit”(BART)開設。
  - McFaddenの研究グループ: BART導入前に、771人の通勤者を調査して通勤モード選択のモデルを推定。(1)自動車、(2)徒歩+バス、(3)自動車+バス、(4)カープール(自動車相乗り)。
  - 仮にBARTが利用できる場合の、利用者数を予測。



- Train (1978, 2009): 導入後、実際のシェアとモデルが予測するシェアを比較。
  - BART導入後に、前述の771人に対し、どのような通勤手段をとっているか再調査。
  - 図3: 非常に精度の高い予測！

# 表3 : TRAIN(2009), Table 3.2より

	実際のシェア	予測シェア
自動車	59.90	55.84
徒歩+バス	10.78	12.51
自動車+バス	1.43	2.41
BART+バス	0.95	1.05
BART+自動車	5.23	5.29
カープール	21.71	22.89

- 離散選択モデルの汎用性。⇒マーケティングや都市計画など、経済学の関連分野で利用される。
  - 消費者のブランド選択。
  - 通勤者の通勤手段選択。
  - 企業の立地選択。
  - 保護者の学校選択、etc。

# 3. プログラム評価

# 統計的エビデンスと反事実

- 学術・実務のあらゆる領域で、**統計的エビデンス**が求められる時代に。
  - 背景：情報技術の発達。⇒データの観測・記録・分析が容易に。
  - “Evidence-based medicine”。エビデンスに基づく医療。統計的に効果が立証された医療行為・医薬品だけを採用。
  - “Evidence-based policy”：オバマ政権時のアメリカ政府。
  - “Evidence-based education”：Evidence-based Policy Research in Education, OECD。

- 何をもって「エビデンス」とするか？⇒プログラム評価、統計的因果推測のアプローチに則った分析。
  - 変化を見たいもの(アウトカム)をYと置く。
  - 変化を起こすきっかけ(処置)をXと置く。
  - XからYへの因果関係を、統計的に立証できればよい。⇒平均処置効果で判断。

# 喫煙の健康への影響：平均処置効果

- 喫煙Xで、健康状態Yは悪化するか？
  - 東京大学 社会科学研究所『東大社研・若年パネル調査 (JLPS-Y) wave1-6、2007-2012』。
  - 25歳～35歳の男女。
  - 健康状態の定義：回答者が自身の健康状態を「良い」と答えれば1、そうでなければ0。
  - 喫煙者平均：男性=0.414、女性=0.433。∴4割程度が健康と自覚。

- 喫煙の因果を測る**平均処置効果** (Average treatment effect, ATE) :

「平均処置効果ATE」

= 「A: 喫煙者の平均」 - 「B: 仮に吸わなかった時の平均」

- Aは観察可能。実際に起こった事実。
- Bは観察不可能！ ...**反事実** (Counterfactual)。
- ∴ 平均処置効果は、事実と反事実の比較。





喫煙者平均  
男性 (906) = 0.414  
女性 (457) = 0.433



もし吸わなかったら  
男性 (906) : ?  
女性 (457) : ?



平均の差は？  
男性 =  $0.414 - ? = ?$   
女性 =  $0.433 - ? = ?$

- 分析上の難点：反事実はデータとして観測できない。
  - ナイーブな方法：反事実の代理として、「実際に吸わなかった非喫煙者の平均」を置く。
  - 非喫煙者の平均値：男性=0.561、女性=0.538。ゆえに...

	平均処置効果？
男性	$0.414 - 0.561 = -0.148$
女性	$0.433 - 0.538 = -0.105$

- この分析は妥当か？ ⇒ NO !



喫煙者平均  
男性(906) = 0.414  
女性(457) = 0.433



非喫煙者平均  
男性(586) = 0.561  
女性(1003) = 0.538

∴平均の差は  
男性 =  $0.414 - 0.561 = -0.148$   
女性 =  $0.433 - 0.538 = -0.105$

# 問題点：交絡因子の存在

- 喫煙者・非喫煙者の健康以外の側面を比較すると...
  - 表4、表5：年齢、大卒割合、既婚割合、就業割合、年収450万以上割合。
  - 喫煙を「抜き」にしても、喫煙者と非喫煙者はかなり異なる（特に大卒割合）。
  - 喫煙以外のこれら個人属性を、**交絡因子**または**除外変数**と呼ぶ。

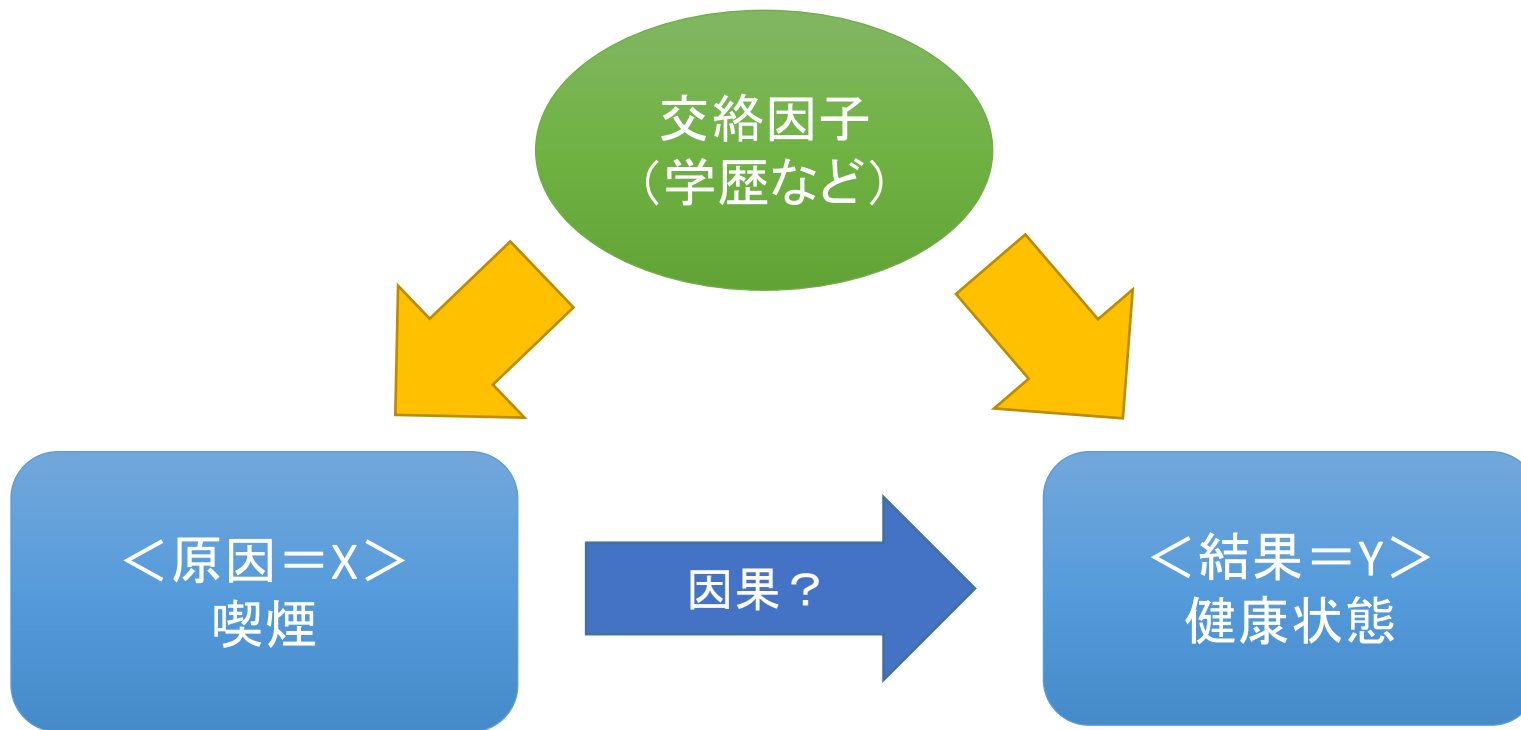
# 表4：男性の平均値

男性 変数	平均値		
	喫煙	非喫煙	差
健康状態良い	0.414	0.561	-0.148
年齢	30.052	29.196	0.855
大卒以上	0.389	0.594	-0.205
既婚	0.431	0.273	0.158
就業	0.935	0.879	0.056
年収450万以上	0.212	0.222	-0.010

# 表5: 女性の平均値

女性 変数	平均値		
	喫煙	非喫煙	差
健康状態良い	0.433	0.538	-0.105
年齢	29.803	29.304	0.499
大卒以上	0.167	0.374	-0.206
既婚	0.491	0.412	0.079
就業	0.729	0.749	-0.020
年収450万以上	0.021	0.037	-0.016

- ∴「喫煙で健康に差が出る」のか、「交絡因子で健康に差が出る」のか、区別できない！
  - 喫煙者と非喫煙者の単純比較は無意味。
  - 理想的な状況：仮に交絡因子(学歴など)が同じで、喫煙の有無だけ違うとき、健康に差が出るか比較。...どうやって？





# プログラム評価の基本テクニック

- 交絡因子の影響をコントロールするテクニック
  - **コントロール変数** (Control variable、CV) : **重回帰分析**で反事実を処理。計量経済学の入門で習う。
  - **傾向スコアマッチング** (Propensity score matching、PSM) : 喫煙者と同等の交絡因子を持った非喫煙者の平均値を使う。
  - **逆確率ウェイト** (Inverse probability weight、IPW) : 交絡因子を喫煙・非喫煙者で等しくする加重平均。

- 適切なデータ処理のあとで比較すると...

	単純比較	補正後の比較		
	平均差	CV	PSM	IPW
男性	-0.148	-0.116	-0.118	-0.119
女性	-0.105	-0.075	-0.070	-0.071

- 平均の単純比較は、喫煙の影響を過大評価！

- 教訓：多くの場合、平均値の単純比較は無意味。
  - 「りんごとオレンジの比較」。
  - エビデンス＝因果関係の立証には、データ分析・分析デザインの工夫が重要。
  - ポイント：反事実(Counterfactual)をどう構築するか？

# ケース・スタディ

- 1979年から1981年にかけて、マイアミにキューバからの難民が押し寄せる。
  - 難民(安価な労働力)は、受け入れ地域の住民の職を奪い、失業率が上がる可能性。...確かにこの間、マイアミの失業率は1.3%上昇(8.3%⇒9.6%)。
  - この議論の問題点:「難民が来なくとも」マイアミの失業率は上昇していた可能性。
  - ∴ 難民受け入れ後の失業率と受け入れ前の失業率の差自体は、あまり意味がない。

- Card (1990) : マイアミと類似の社会経済属性・規模で、かつ1979年から1981年にかけて何も大きな出来事の無かった都市に着目。
  - 比較都市 : アトランタ、ヒューストン、ロサンゼルス、タンパ。
  - これら比較都市の失業率を、「仮に難民が押し寄せなかったマイアミの失業率」(=反事実)として使う！

- 比較都市（難民が来なかったマイアミ）では、失業率が2.3%も上昇。

	A: 1979	B: 1981		B-A	C-D
マイアミ	8.3	9.6	C: マイアミ分差	1.3	
比較都市	10.3	12.6	D: 比較地域差分	2.3	-1

- ∴ 難民受け入れが失業率に与える平均処置効果は  $1.3 - 2.3 = -1\%$ 。難民により、むしろマイアミの失業率が低下！
- このテクニックは**差分の差分法** (Difference in differences) と呼ばれる。

# 4. 結語

# 経済学の役割：近年の潮流

- 本日のトピック＝日本ではあまり知られていない、経済学の先端領域（の一部）。
  - 経済学＋データ分析で、ビジネスや政策上の問題に対する「解」の提示。問題解決型、実践的な「テクノロジー」へ。
  - 経済学者の学術的関心と、実務家の政策・経営戦略の利益が合致。
  - 日本以外の先進諸国：計量経済学は経済学の必修科目。



- 経済学者と、他の研究分野との共同研究。
  - 医学、教育学、犯罪学、スポーツ科学や環境科学の問題を、経済学アプローチで解決。
  - 司法や歴史研究で、計量経済学のテクニックが使われることも。
  - 統計学や計算機科学など、自然科学(理系)とのコラボレーション。

- 世界的な大企業で、優れた経済学者(≠経済評論家)が顧問や重役に。
  - Google: Hal Varian (UC Berkley)
  - Microsoft: Susan Athey (Stanford)
  - Amazon: Patrick Bajari (U. Washington)、etc。
  - 上記企業では、統計学や計算機科学だけでなく、経済学の学位を持つ人材(学士～博士)を大量採用。

# 参考文献

- Gertler, et al., (2016), *Impact Evaluation in Practice*, second edition, World Bank.
- Card, D. (1990). The impact of the Mariel boatlift on the Miami labor market. *ILR Review*, 43(2), 245-257.