補足資料：寡占市場における供給分析

講師: 遠山祐太

更新: 2025-01-20

イントロダクション

需要＋供給モデル → 反実仮想シミュレーション

- 授業のメイントピック：需要関数の推定
- 本補足資料：**供給側のモデル**を導入する。
  - 需要関数と組み合わせることで、様々なシミュレーション分析が可能になる。
  - ビジネス・政策両方で有効なツール。
- 注意：本補足資料はレベル高めなのであくまで参考程度に。

今日のプランと参考文献

- プラン
  1. 寡占市場における供給モデル：静学的な差別化財ベルトラン競争
  2. 供給側パラメタ(費用関数)の推定
  3. 需要・供給分析の様々な応用例
  4. 実証論文：為替レートのパススルー (Nakamura and Zerom 2010)

- 参考文献
  - 上武・遠山・若森・渡辺 「実証ビジネス・エコノミクス」第４回. コードはこちら。
  - Nakamura and Zerom (2010) "Accounting for Incomplete Pass-Through" *Review of Economic Studies*

寡占市場における供給モデル

差別化財市場における複数財ベルトラン競争モデル

- 今回は、産業組織論の実証分析で最も広く用いられている供給モデルに着目する。
- 特徴：
  - 設定は静学 (各期の利潤最大化)
  - 寡占市場
  - 財は差別化財
  - 各企業は、複数の財を生産している。
  - 需要を踏まえた上で、各財の価格を設定する。

各企業の利潤の定式化

- 以下、市場のインデックス t を落とす。
- 企業 f は 複数の財を生産・販売する。生産する財の集合を J_f とする。
- 企業 f の利潤

$$\pi_f = \sum_{j \in J_f} \{p_j q_j(\mathbf{p}) - C_j(q_j(\mathbf{p}))\}$$

  - $q_j(\mathbf{p})$ ：需要関数。市場における全ての財の価格 $\mathbf{p} = (p_1, \cdots, p_J)$ に依存。
  - J :市場において販売されている全製品数
  - $C_j(q_j)$ ：費用関数

ナッシュ均衡の定義

- 最適反応：各企業はライバル企業の価格を所与として、自身の利潤が最大となる価格を選ぶ。
- 企業 f が販売する製品 j の価格に関する一階条件(以下、FOC)は

$$q_j(\mathbf{p}) + \sum_{r \in J_f} (p_r - mc_r) \frac{\partial q_r(\mathbf{p})}{\partial p_j} = 0$$

- ナッシュ均衡は、上記の条件が市場において販売されている全ての製品 $j = 1, \cdots, J$ について成立するという条件で定義される。

例：２財のケース

- イメージを掴むために、２財を販売している企業を考えよう。
- 製品１のFOC

$$q_1 + (p_1 - mc_1)\frac{\partial q_1}{\partial p_1} + (p_2 - mc_2)\frac{\partial q_2}{\partial p_1} = 0$$

- 分解すると
  - １・２項目：製品１の価格が製品１からの利潤に与える影響
  - ３項目：製品１の価格が製品２からの利潤に与える影響
- 企業の価格付は、自社内の製品間のカニバリゼーション(共食い)を考慮している。

価格付けにおける需要の重要性

- 製品１のFOCを書き直すと

$$p_1 - mc_1 = \frac{p_1}{|\epsilon_{11}|} + \left(-\frac{dq_2}{dq_1}\right)(p_2 - mc_2)$$

- 左辺：マークアップ。利ざや。
- １項目: **自己価格**. 需要がより弾力的だと、マークアップが小さくなる。
- ２項目：**交差価格**. 製品間の共食い
  - $-dq_2/dq_1$ は**転換率 (diversion ratio)** と呼ばれる。代替性の指標
  - 転換率が大きいと製品１の価格が高くなる。直観？
- 需要関数から得られる自己・交差価格弾力性が、価格付けにおいて肝となる

ナッシュ均衡条件のベクトルによる記述

- 目的：後の費用関数推定・均衡計算のために、行列を使って均衡式を定義する。
- J: 市場における製品の数。
- $\mathbf{q} = (q_1, \cdots, q_J)'$:販売量のベクトル
- $S(\mathbf{p})$: $J \times J$ 行列。 (i,j) 要素は $S_{i,j}(\mathbf{p}) = -\partial q_j / \partial p_i$

オーナーシップ行列

- 各製品について、どの企業によって生産・販売されているかを捉える。
- Ω: **オーナーシップ行列**. (i, j) 要素は以下のように定義

$$\Omega_{i,j} = \begin{cases} 1 & if \; \exists f : \{i, j\} \in J_f \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

  - 製品 i と j が同じ企業によって生産・販売されている場合 1 をとる行列。
- 例：４製品存在。製品１と２は企業１，残りは企業２・３それぞれが生産

$$\Omega = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

均衡条件の続き

- $D(\mathbf{p}) = \Omega \odot S(\mathbf{p})$, ここで $\odot$ は行列の要素毎の掛け算
  - すなわち、各 (i,j) 要素について $D_{i,j} = \Omega_{i,j} \times S_{i,j}$

- 以上をまとめると、ナッシュ均衡を定義する式は

$$\mathbf{q}(\mathbf{p}) - \underbrace{D(\mathbf{p})}_{(J \times J)} \underbrace{(\mathbf{p} - \mathbf{mc})}_{(J \times 1)} = \mathbf{0}$$

- この式を用いて、供給推定・シミュレーション分析を説明する。

供給サイドの実証分析：推定とシミュレーション

分析の流れ：需要推定→供給推定→シミュレーション

- 需要推定
  - 需要関数の推定。例えばロジットモデル。
- 供給推定
  - 供給側のパラメタ、特に限界費用を推定する。→次のスライド
- シミュレーション
  - 需要・供給パラメタを所与として、ナッシュ均衡の数値計算を行う。
  - モデルの様々な設定を変更して、反実仮想の予測を行う。

均衡条件を活用した限界費用の推定

- 限界費用がデータとして利用可能なのは極めて稀。
    - 特に差別化財市場において製品ごとの費用情報は極めて取得が難しい。
    - 会計上の費用は経済上の費用とは異なる。

- ここでは、価格付の均衡条件を用いて推定を行う。

- 均衡条件から

$$\mathbf{p} - \mathbf{mc} = D(\mathbf{p})^{-1}\mathbf{q}(\mathbf{p})$$

- 需要関数の推定値とオーナーシップ行列があれば、限界費用ベクトル $\mathbf{mc}$ を推定できる！！

費用推定の留意点

- 留意点１：重要な仮定が「企業の価格付けが差別化財ベルトラン競争に従う」
  - 一定の条件の元で、この仮定をデータで検定することもできる。
  - 詳しくはGandhi and Nevo (2021, Sec 5.2)。

- 留意点2：定式化
  - 限界費用一定を仮定すると、導出した限界費用の値をそのまま利用できる（次スライド）
  - 限界費用から、ある定式化における費用関数を推定することも可能。例えば

$$\ln mc_{jt} = \alpha \ln q_{jt} + \beta' X_{jt} + \epsilon_{jt}$$

ただし、生産量の内生性への対処が必要。

ナッシュ均衡の数値計算

- 需要＆供給パラメタを所与として、モデルの均衡を解く。
- 均衡条件は J 次元の非線形方程式

$$\mathbf{p} - \mathbf{mc} = D(\mathbf{p})^{-1}\mathbf{q}(\mathbf{p})$$

- この式を以下のように変形し、不動点を探す作業とみなすことが可能。

$$\mathbf{p} = \mathbf{mc} + \underbrace{D(\mathbf{p})^{-1}\mathbf{q}(\mathbf{p})}_{\equiv \eta(\mathbf{p})}$$

  - 右辺に価格ベクトル $\mathbf{p}$ を代入すると新しい価格ベクトルが得られる。これを繰り返す。

(参考) 均衡価格計算のアルゴリズム

- ステップ 0: 任意の価格ベクトル $\mathbf{p}_0$ を設定。
- Step k: 価格を以下のルールでアップデート

$$\mathbf{p}_{(k)} = \mathbf{mc} + \eta(\mathbf{p}_{(k-1)})$$

- 価格ベクトル p が(ほとんど)変化しなくなるまでこの作業を繰り返す。
- このアルゴリズムは縮小写像ではなく、理論的には収束の保証はない。
- しかしながら、実践では比較的うまくいくことが知られている。
  - 改善したアルゴリズムとして Morrow and Skerlos (2011, Operations Research) がある

どのような需要・供給分析が可能か？

- 代表的なものとして (次スライド) ：
  - 企業合併シミュレーション分析
  - 税金・補助金の影響
- より複雑な動学モデルの土台として活用されることもある。
  - 動学プライシングモデル (後ほど)

例１：企業合併シミュレーション

- 合併すると：
  - 合併した企業の結合利潤を最大化する -> 反競争効果
  - 限界費用が低下する。 -> 効率性向上効果・合併シナジー

- 前者について：３企業おり各社１製品ずつ生産。仮に企業１と２が合併すると

$$\Omega^{pre} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \Omega^{merger} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- 新しいオーナーシップ行列＆合併による限界費用の低下を加味して、新しい均衡価格を計算

- サーベイ論文として Asker and Nocke (2021)

例２：税金・補助金の影響

- 税率を変えたとき・補助金を導入したときに、消費者・生産者価格がどのように変化するか？
- 消費者価格を $\mathbf{p^c}$ 、生産者価格を $\mathbf{p^f}$ とする。税金・補助金により

$$\mathbf{p^c} = (1+\rho)\mathbf{p^f} + \mathbf{T}$$

- この点を加味してFOCを修正し、均衡計算で価格を求める。

実証例：コーヒー市場のパススルー

Nakamura and Zerom (2010)

- リサーチクエスチョン：為替レートの不完全なパススルーの各要因がどの程度重要か？
- モチベーション：不完全パススルーの 3 要因。それぞれ厚生への含意が異なる。
  - マークアップ(利ざや)の調整：寡占企業が価格をどの程度転嫁するか？
  - local costの存在：為替レートに影響を受けないコスト
  - 名目硬直性(Nominal rigidity)：価格の変更をしない。
- アプローチ：米国の小売の粉コーヒーに着目した構造推定分析
  - 原材料のコーヒー豆は貿易財。為替レートの影響を受ける。
  - 構造推定を用いて、各要因の重要性を定量化する。
- 注意：差別化財の需要供給モデル+プライシングの動学モデル

データ

- 小売価格と販売量データ
  - ソース：AC Nielsen
  - 製品はUPC(Universal Product Code)で定義。例：Folgers.
  - UPC・各市場（ニールセンによる定義）・各月における情報
- 卸売価格
  - ソース：PromoData
  - 食料雑貨卸売業者から収集したもの。
  - UPCー市場ー週次レベルの変数
- コーヒー豆の商品価格(commodity price)
  - New York Physicalsから。
  - 各産地の豆の価格を荷重したもの。
  - 月レベルの変数。

小売の粉コーヒーの市場シェア

- FogersとMaxwell Houseがツートップ。
  - Folgers (owned by P&G): 38%
  - Maxwell House (owned by Kraft foods): 32%
- 市場ごとのハーフィンダール指数のメディアン: 3500
- その他ブランド: Sara Lee, Yuban, Starbucks(の粉コーヒー)
- コーヒ市場は典型的な寡占市場と考えることができる。

小売・卸売・コーヒー豆(原材料)価格の推移

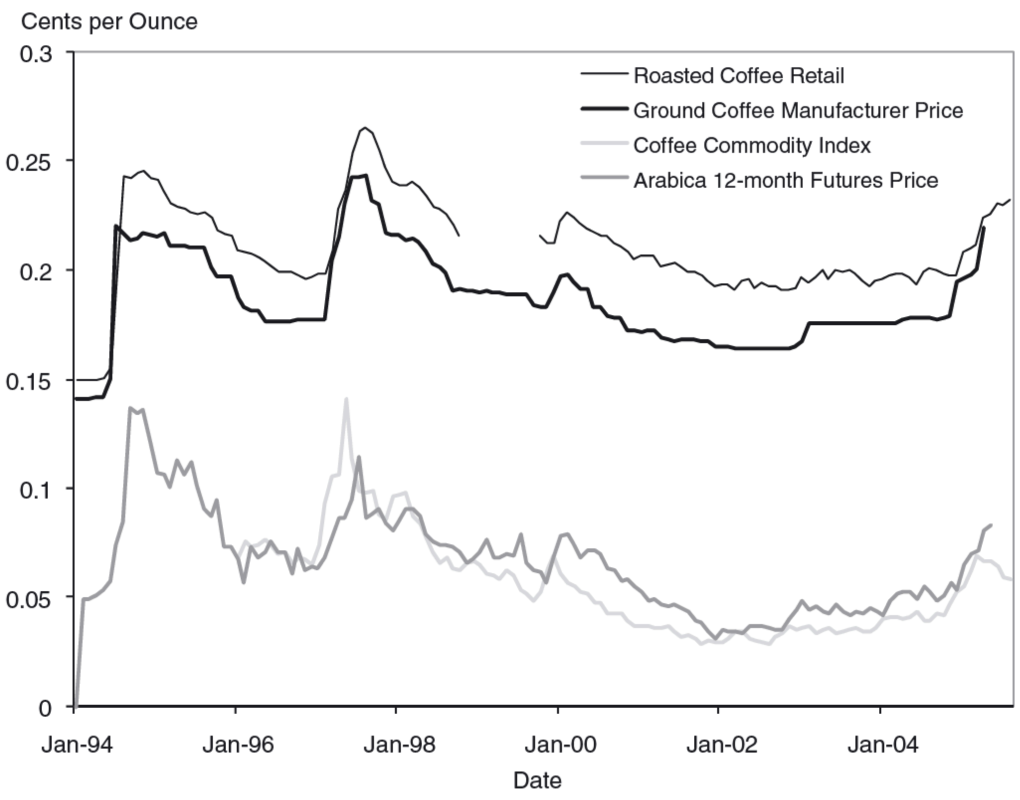


FIGURE 1
Retail, wholesale and commodity prices

モデルを導入する前に：記述分析

- しばしば、「誘導系分析」とも呼ばれる。
- コーヒー市場に関する記述分析
  - 商品価格の卸売・小売価格へのパススルー
  - 卸売価格の小売価格へのパススルー
  - 卸売価格に関する価格の硬直性
- 後ほど導入するモデル・構造推定分析をMotivateするための分析。

分析１：パススルー回帰分析

- 回帰分析により、商品価格の変化が卸売・小売価格にどの程度反映されるかを見る。

$$\Delta \log p^l_{jmt} = a + \sum_{k=1}^{6} b_k \Delta \log C_{t-k} + \sum_{k=1}^{4} d_k q_k + \epsilon$$

  - p^l_{jmt}: 卸売価格 $(l = w)$, 小売価格 $(l = r)$。コーヒー粉１オンスあたりの価格。
  - C_t :商品価格(コーヒー豆価格)。最終的なコーヒー粉１オンスあたりの価格に変換。
  - q_k :四半期ダミー

- 商品価格について6ヶ月前までのラグを見ている。

- 係数の和をlong-run pass-through rateと呼ぶ。

結果：遅れての転嫁＆不完全な転嫁

TABLE 1

Pass-through regressions

Variable	Log specification: Retail	Log specification: Wholesale	Levels specification: Retail	Levels specification: Wholesale
Δ Commodity cost (t)	0.063 (0.013)	0.115 (0.018)	0.142 (0.040)	0.218 (0.061)
Δ Commodity cost ($t-1$)	0.104 (0.008)	0.169 (0.013)	0.446 (0.024)	0.520 (0.043)
Δ Commodity cost ($t-2$)	0.013 (0.007)	−0.010 (0.010)	0.016 (0.019)	0.029 (0.028)
Δ Commodity cost ($t-3$)	0.031 (0.006)	−0.016 (0.009)	0.080 (0.018)	0.004 (0.026)
Δ Commodity cost ($t-4$)	0.048 (0.007)	0.007 (0.013)	0.144 (0.018)	0.023 (0.030)
Δ Commodity cost ($t-5$)	0.007 (0.006)	0.025 (0.011)	0.070 (0.017)	0.067 (0.031)
Δ Commodity cost ($t-6$)	−0.015 (0.008)	−0.026 (0.012)	0.017 (0.021)	−0.009 (0.029)
Constant	0.033 (0.003)	−0.004 (0.003)	0.007 (0.0004)	0.001 (0.0005)
Long-run pass-through	0.252 (0.007)	0.262 (0.018)	0.916 (0.023)	0.852 (0.052)
Number of observations	40,129	2867	40,129	2867
R-squared	0.079	0.141	0.088	0.134

分析２：卸売から小売への価格転嫁はほぼ完全

$$\Delta p^r_{jmt} = \alpha^r + \sum_{k=0}^{2} \beta^r_k \Delta p^w_{jmt-k} + \sum_{k=1}^{4} \gamma^r_k q_k + \epsilon$$

- 懸念：卸売価格の観測誤差による内生性 -> 商品価格 C_t を操作変数として利用。

TABLE 2

IV regression of retail on wholesale prices

	Retail prices
Δ Wholesale price (t)	0.958 (0.131)
Δ Wholesale price ($t-1$)	−0.050 (0.180)
Δ Wholesale price ($t-2$)	−0.027 (0.129)
Constant	0.005 (0.001)
Quarter dummies	Yes
Number of observations	2792
Instruments	Commodity costs

分析２：卸売から小売への価格転嫁はほぼ完全

$$\Delta p^r_{jmt} = \alpha^r + \sum_{k=0}^{2} \beta^r_k \Delta p^w_{jmt-k} + \sum_{k=1}^{4} \gamma^r_k q_k + \epsilon$$

- 懸念：卸売価格の観測誤差による内生性 -> 商品価格 C_t を操作変数として利用。

	Retail prices
Delta Wholesale price (t)	0.958(0.131)
Delta Wholesale price (t-1)	-0.050(0.180)
Delta Wholesale price (t-2)	-0.027(0.129)
Constant	0.005(0.001)
Quarter dummies	Yes
Number of observations	2792

分析３：卸売における名目硬直性の可能性？

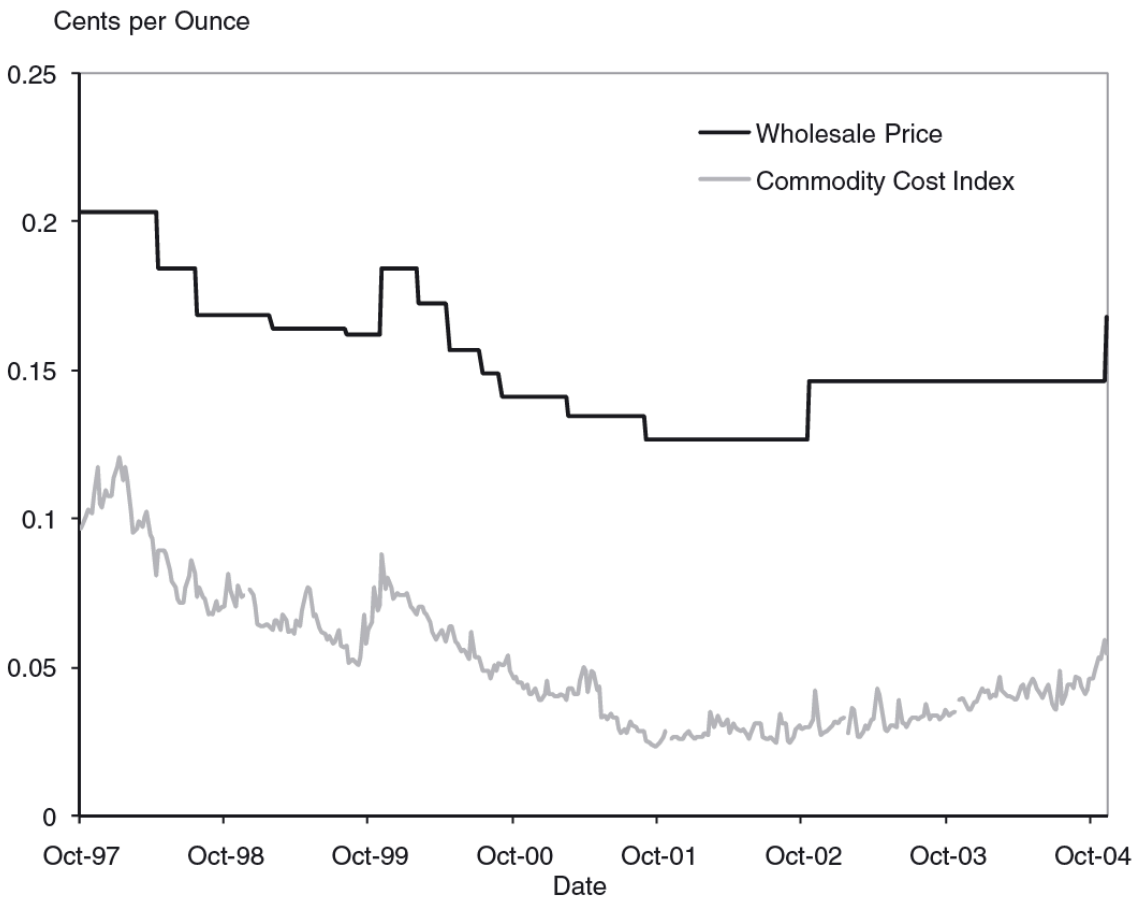


Figure 2
A typical wholesale price series

構造推定分析の概観

- 記述分析から、不完全転嫁の存在や名目硬直性などの可能性が示唆された。
- 次のステップ：需要供給モデルを用いて、不完全転嫁の背後にあるものを探る。
- 構造推定モデルの概観
  1. コーヒー小売市場の**需要推定** -> 価格弾力性は転嫁における重要な要因
  2. 静学的なベルトラン・ナッシュ均衡を仮定して、**限界費用を推定**
  3. **動学的なメニューコストモデル**を導入し、メニューコストを推定する。
  4. 構造モデルから、**パススルーをシミュレーション**し、実際のパターンと比較。
  5. モデルを変化したときの転化率を見ることで、**実際の転嫁の要因を探る。**

需要モデル

- 離散選択モデル：時間 t において、市場 m にいる消費者 i が コーヒー製品 j を購入する。

$$U_{ijmt} = \alpha_i^0 + \alpha_i^p \left(y_i - p_{jmt}^r \right) + x_j \beta^x + \xi_{jmt} + \epsilon_{ijmt}$$

  - y_i ：所得、 p_{jmt}^r :製品 j の小売価格
  - x_j ：製品 j の特徴。サイズ、広告量など
  - ξ_{jmt} ：観察されない属性 ϵ_{ijmt} ：ロジットショック

- 係数 (α_i^0, α_i^p) はランダム係数で所得に依存する。
  - 具体的には、 $\alpha_i^k = \alpha^k + \Pi^k y_i$ で y_i は所得。
  - 集計データしかないため、所得 y_i は所得分布からドローする。

(参考) 需要推定の詳細

- ランダム係数ロジットモデル。推定はBerry, Levinsohn, and Pakes (1995) の非線形GMM
- 潜在的な市場サイズの定義：
  - 当該市場における18歳以上の人々が一日にコーヒーを2杯飲むとする。
  - ここから、ある期間における潜在的な粉コーヒーの合計量がわかる（潜在市場サイズ）
  - 各粉コーヒーの販売量をサイズで割ることで、市場シェアを定義する。
- 内生性問題：粉コーヒーの価格と広告量
- 操作変数：
  - ハウスマン操作変数：同じcensus divisionにおける他の地理的市場における同じ製品価格
  - 商品価格(豆価格)
  - 為替レート：ブラジルとアメリカの為替レート、コロンビアとアメリカの為替レート
  - 天候：Sao Paulo/Congonhas (Brazil) と the Cali/Alfonso Bonill (Colombia) の気温情報

需要推定の結果

	Logit						Random coefficients
	OLS1	OLS2	IV1	IV2	IV3	IV4	IV
Price	2.92 (0.37)	10.59 (1.05)	16.16 (2.16)	14.60 (1.17)	12.67 (3.59)	17.29 (1.33)	17.76 (0.78)
Random coefficients							
π_{y0}							−1.03 (1.31)
π_{yp}							−3.24 (0.09)
Large size (>24 ounces)	0.47 (0.13)	0.12 (0.10)	−0.16 (0.13)	−0.08 (0.10)	0.14 (0.19)	−0.21 (0.10)	−0.28 (0.08)
Total advertising (1000's, quarterly)	0.45 (0.02)	0.05 (0.004)	0.15 (0.10)	0.13 (0.02)	0.26 (0.03)	0.20 (0.01)	0.20 (0.02)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Christmas dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Brand × region dummies	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Instrument			Hausman	Commodity cost	Exchange	Weather	Weather
Median price elasticity	0.54	1.96	2.99	2.69	2.34	3.20	3.46* [2.59 4.48]
Number of observations	22,411	22,411	22,411	22,411	22,411	22,411	22,411

Step 2: 静学寡占モデルによる限界費用の推定

- 卸売企業の利潤

$$\pi_{jmt} = \sum_{k \in \Upsilon_j} \left(p^w_{kmt} - mc_{kmt}\right) M s_{kmt} - F_{km}$$

  - コーヒーの限界費用＝原材料価格(豆価格)＋local cost(他の生産費用)
  - 静学寡占モデルを仮定し限界費用を推定、商品価格を踏まえてlocal costを推定する。
  - 注：最終的には動学モデルでの価格付けを考えるため、このアプローチは厳密ではない。

TABLE 6

Markup and local costs

Median implied markup	Median fraction of costs accounted for by coffee
58.3%	44.7%

Step 3: 動学プライシングモデル

- 企業 j の動学プライシング問題

$$
\begin{aligned}
& V_j\left(p_{mt-1}^w, C_t, \gamma_{jmt}\right) \\
& \quad=\max_{p_{jmt}^w} E_t\left[\pi_{jmt}\left(p_{mt}^w, C_t\right)-\gamma_{jmt} 1\left(\Delta p_{jmt}^w \neq 0\right)+\beta V_j\left(p_{mt}^w, C_{t+1}, \gamma_{jmt+1}\right)\right]
\end{aligned}
$$

  - γ_{jmt} ：メニューコスト
  - C_t ：商品価格(豆価格)

- モデルの均衡は数値計算で解く。

メニューコストの推定

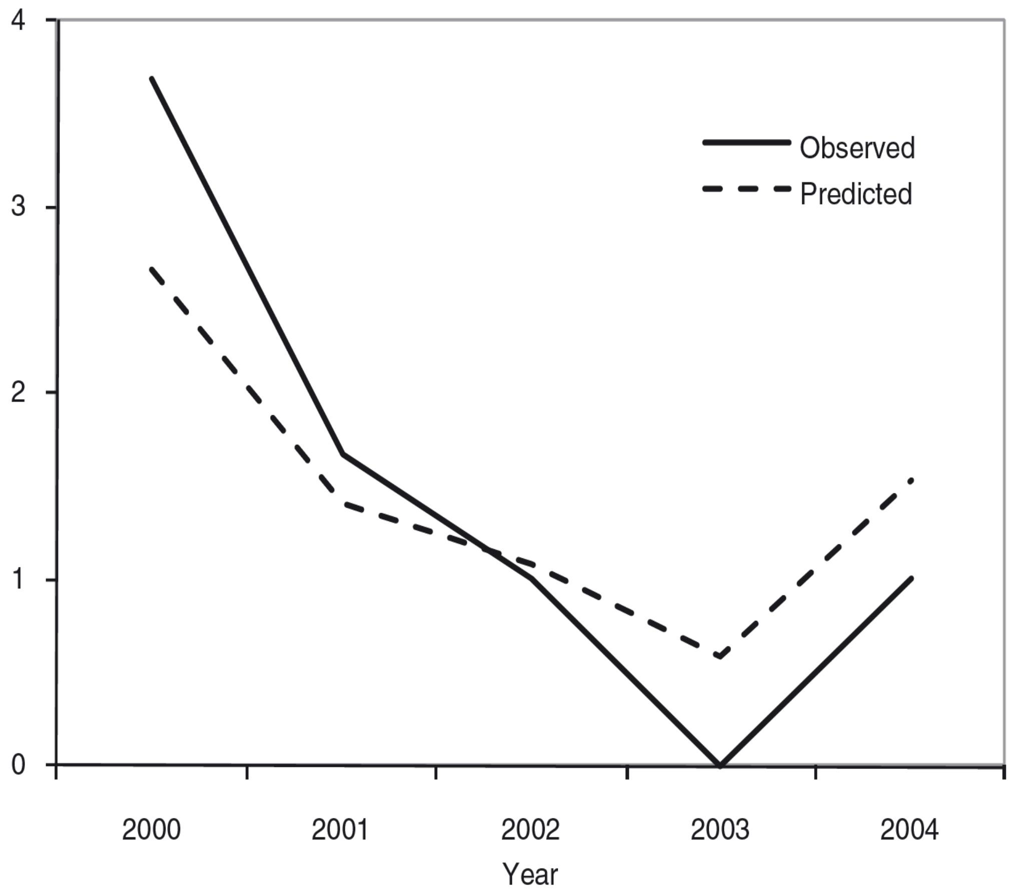
- メニューコスト γ_{jmt} について i.i.d. な指数分布に従うと仮定 $F\left(\gamma_{jmt}\right) = 1 - \exp\left(-\frac{1}{\sigma}\gamma_{jmt}\right)$
- パラメタ σ をIndirect inferenceにより推定
  - モデルから予測される価格の改定頻度を、データに極力近づけるような σを探す。
  - 試行する σ の値ごとに、モデルを数値計算にて解く。

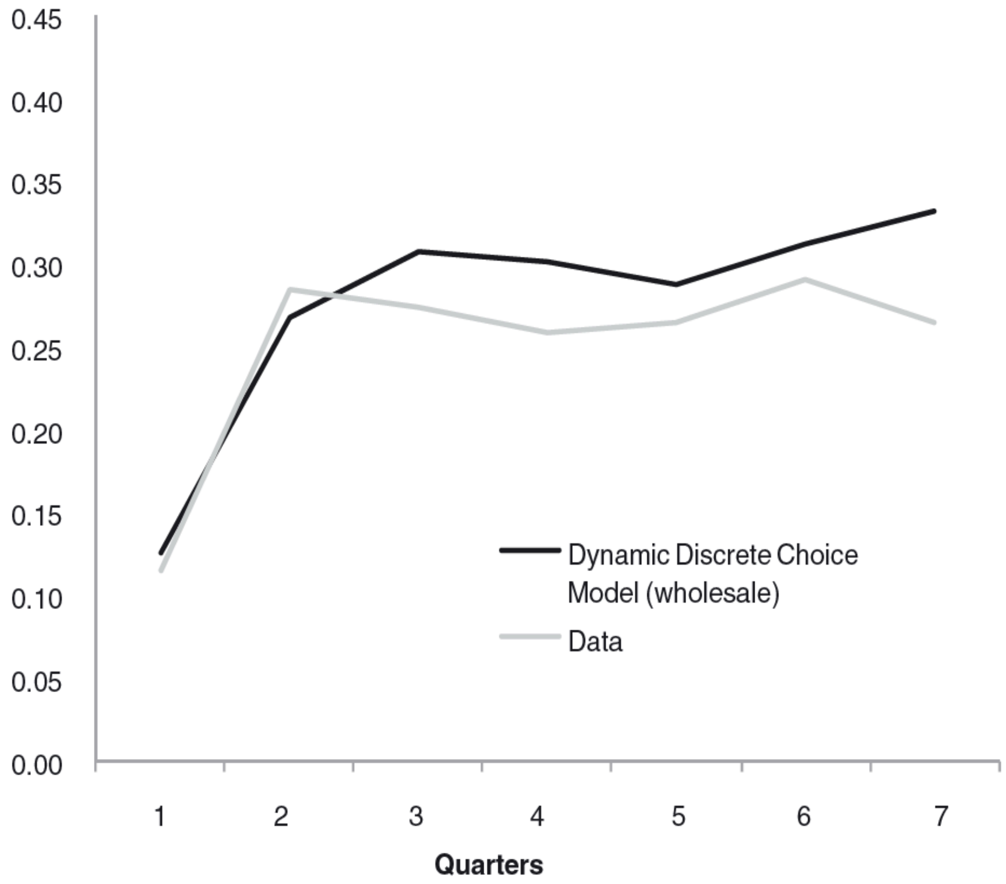
TABLE 7
Menu cost estimate

Absolute size	As a fraction of average annual firm revenue
7000 (2806)	0.22% (0.09)

- 他の研究の推定値と比較的近い (例：Goldberg and Hellerstein 2007 収入の0-0.443%)

動学プライシングモデルのフィット





シミュレーション：パススルーの要因分解

- シナリオ１：Dixit-Stiglitz 型の独占的競争＋Local costなし。
  - Constant elasticity of demand を考える。
  - マークアップ率一定なので、1%の商品価格上昇→1%のコーヒー価格上昇
- シナリオ２：Dixit-Stiglitz 型の独占的競争＋Local costあり。
  - 商品価格上昇がコーヒー価格に必ずしもフルにパススルーされない可能性。
- シナリオ３：ランダム係数ロジットの需要における差別化財寡占競争
  - ポイント１：寡占競争によるマークアップの調整
  - ポイント２：需要の形状。CESだと弾力性は常に一定に対し、離散選択だと変わりうる。
- シナリオ４：メニューコストを許した動学プライシング

シミュレーションによるパススルー回帰(両辺対数)

- Local cost: 59% down
- Markup adjustment: 更に 33% down
- Menu cost: long-runでは限定的。ただし、パススルーのタイミングを変える。

	Log specification			
Variable	Dixit–Stiglitz (no local costs)	Dixit–Stiglitz (local costs)	Static discrete choice	Dynamic discrete choice
Δ Commodity cost (t)	1	0.407	0.213	0.105
Δ Commodity cost ($t-1$)	0	0.028	0.063	0.117
Δ Commodity cost ($t-2$)	0	−0.005	0.025	0.033
Δ Commodity cost ($t-3$)	0	−0.015	0.004	−0.007
Δ Commodity cost ($t-4$)	0	−0.011	−0.024	−0.011
Δ Commodity cost ($t-5$)	0	0.006	−0.021	0.020
Δ Commodity cost ($t-6$)	0	−0.003	0.014	0.016
Constant	0	0.011	0.009	−0.0008
Long-run pass-through	1	0.407	0.273	0.272