

## RIETI BBLセミナー

生産性を計測するということ  
—技術を正しく評価するために—

2014年12月19日

独立行政法人経済産業研究所 小西葉子

---

※本資料・講演の意見や主張はあくまで個人的見解です。

- 生産性と聞いたときにどんな視点を持って数字やグラフをみたら理解が深まるか。
- サービス産業の生産性について考えてみよう。
- 生産性計測にビッグデータを活かせるだろうか？
- 生産性について悩んだら、何を読もうか？ 誰に聞こうか？

# 1. 既存の手法の概観

- 生産過程に投入された一定の労働力その他の生産要素が生産物の産出に貢献する程度（広辞苑）。
- 経済学では、ある一定の投入量でどれだけ多くの生産量を実現できるか、つまり投入要素を1単位増やしたときに、生産物が何単位増加するかを表す指標。
- インプット投入量が変化しないのに総生産量が増加した場合、生産性が上がったという。

- 一人当たり生産量（数量データ）
- 一人当り総生産額、一人当り売上額、一人当り付加価値額（金額データ）

$$\text{(例) 労働生産性} = \frac{\text{総生産額}}{\text{就業者数}}$$

- 金額データの場合は、生産性というより収益性の指標？
- 資本のデータが入手困難な場合に用いられる。
  - ⇒統計整備が遅れている国を含む場合の国際比較
  - ⇒サービス産業の生産性の計測

- 長く(1950年代後半から)、広く(世界中で産業に対して)使われている生産性の指標で、投入要素を1単位増やしたときに、生産物が何単位増加するかを表す指標。
- インプットの投入量が変化しないのに総生産量が増加した場合、生産性が上がったという。
- つまりインプットの投入量以外の全ての変化を表す。  
⇒投入要素の質の向上、技術進歩、効率性、発明などなど。
- 生産関数の特定化が必要。

生産関数・・・生産に用いられる投入物の量  $x$  とそれらから作られる生産物の量  $y$

との関係を表す関数である。

$$y = f(x)$$

$y = f(x_1, x_2)$  のとき

投入要素 ( $x$ )  
Input

資本 ( $x_1$ )



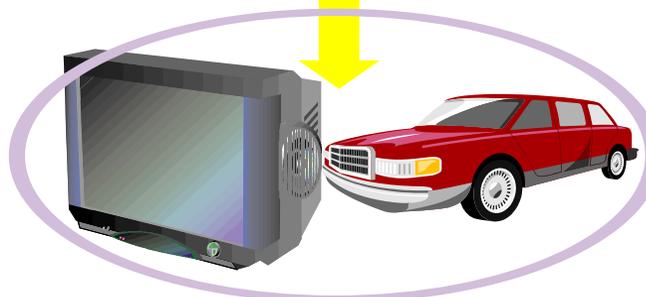
労働 ( $x_2$ )



企業の生産活動



生産物 ( $y$ )  
Output



市場へ



## 代表的な関数型の例 $y = f(x_1, x_2)$ のとき

Cobb-Douglas型生産関数・・・Douglas(1927), Cobb and Douglas(1928)  
(コブダグラス)

$$y = Ax_1^\alpha x_2^\beta$$



対数変換！

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2$$

Translog型生産関数・・・Christensen, Jorgenson and Lau (1973)  
(トランスログ)

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2$$

$$+ \frac{1}{2} a_{11} (\ln x_1)^2 + \frac{1}{2} a_{22} (\ln x_2)^2 + a_{12} \ln x_1 \ln x_2$$

2次項とクロス項を含む

- TFPを計測するために、生産関数を定式化する。  
コブダグラス型生産関数による定式化

$$Y = AK^{\beta_k} L^{\beta_l}$$

$Y$  は生産量、投入要素  $K$  と  $L$  は、資本と労働の投入量を表す。  
 $A$  ( $A > 0$ ) はシフトパラメータで、 $\beta_k$  は資本分配率、 $\beta_l$  は労働分配率で、 $0 < \beta_k < 1$ ,  $0 < \beta_l < 1$  である。  
全要素生産性  $A$  は以下で表される。

$$A = \frac{Y}{K^{\beta_k} L^{\beta_L}}$$

- ・インプットは何個でもいい。
- ・Multi Factor Productivity(MFP) と同義

コブダグラス型生産関数  $Y = AK^{\beta_k} L^{\beta_l}$  はべき関数で、非線形の関数である。

様々な分析の際に、線形にすると扱いやすいので対数変換をする。

両辺(自然)対数をとると、以下の式になる。

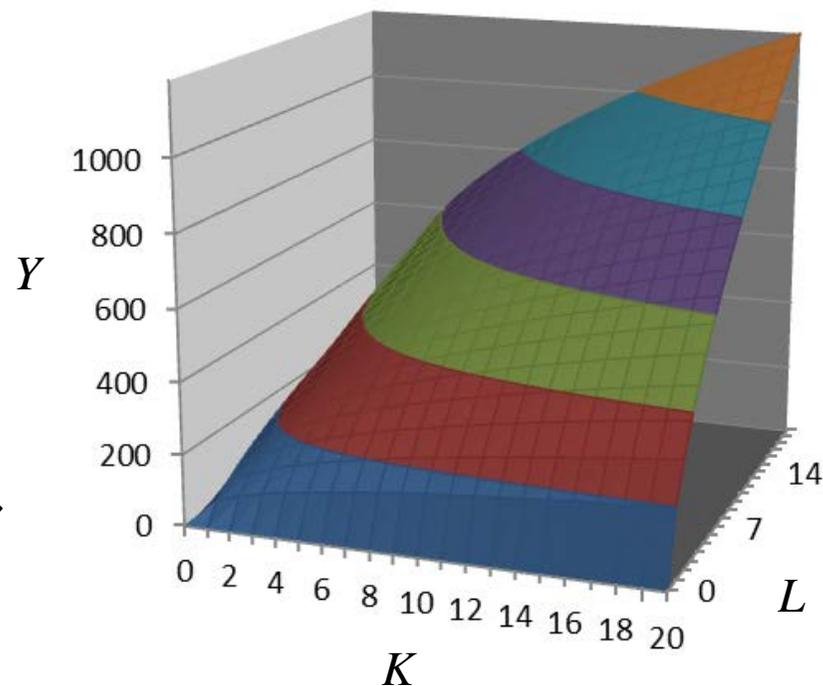
$$\ln Y = \ln A + \beta_k \ln K + \beta_l \ln L$$

全要素生産性の水準(レベル)は、

$$\ln A = \ln Y - \beta_k \ln K - \beta_l \ln L$$

で計算される。

$$Y = 60 * K^{0.6} L^{0.4}$$



成長会計(Growth Accounting)では、**経済(または生産)の成長率**は**投入要素(K,L)の量の変化率**と**それ以外(Aの変化率)**の和で表される。

$$\ln Y_t - \ln Y_{t-1} = \ln A_t - \ln A_{t-1} + \beta_k (\ln K_t - \ln K_{t-1}) + \beta_l (\ln L_t - \ln L_{t-1})$$

$Y$ の成長率 = TFPの変化率 + 資本の変化率 + 労働の変化率

$$\ln Y_t - \ln Y_{t-1} \approx \frac{(Y_t - Y_{t-1})}{Y_{t-1}}$$

TFPの変化率は、以下で表される。

$$\ln A_t - \ln A_{t-1} = \ln Y_t - \ln Y_{t-1} - \beta_k (\ln K_t - \ln K_{t-1}) - \beta_l (\ln L_t - \ln L_{t-1})$$

TFPの変化率 =  $Y$ の成長率 - 資本の変化率 - 労働の変化率

$$\ln A_t - \ln A_{t-1} = \ln Y_t - \ln Y_{t-1} - \beta_k (\ln K_t - \ln K_{t-1}) - \beta_l (\ln L_t - \ln L_{t-1})$$

TFPの変化率 = Yの成長率 - 資本の変化率 - 労働の変化率

TFPの変化率は、経済や産業の成長率のうち投入要素の変化率で説明できない部分である。この手法はSolow (1957)で提案されたため、「ソロー残差」とも呼ばれる。

左辺は、TFPの変化率である。100を掛ければ、「%」表示となる。これにより異なる国や産業の生産性の変化率(成長率)が比較可能。

★つまりインプットの投入量以外の全ての変化を表す。

⇒投入要素の質の向上、**技術進歩**、効率性、発明などなど。

TFPの計測のもう一つのアプローチとして、生産関数をOLS法(最小二乗法)で推定する方法がある。

$$\ln Y_t = \ln A_t + \beta_k \ln K_t + \beta_l \ln L_t + u_t$$

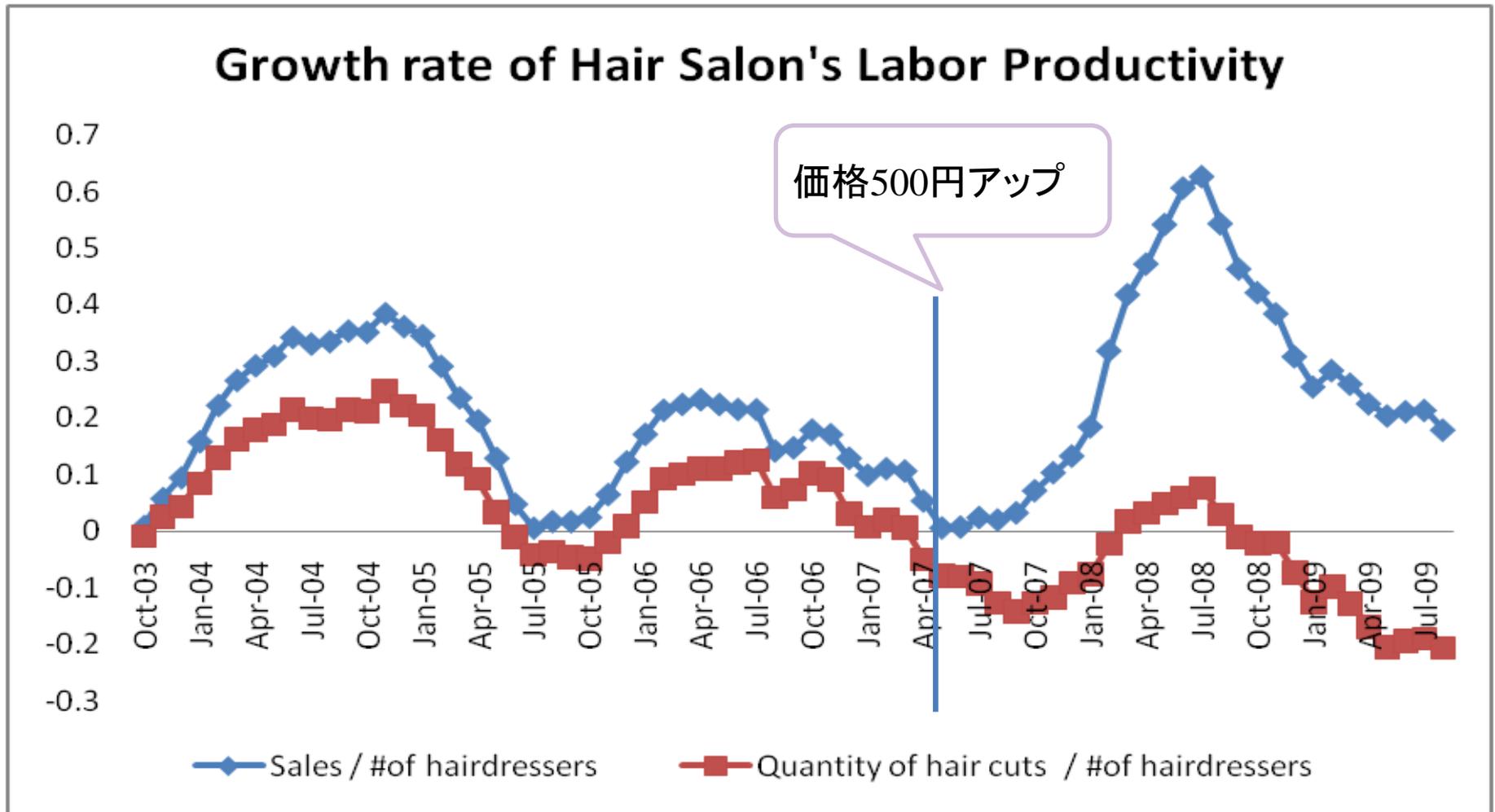
推定により得られる残差(または定数項+残差)がTFPとなる。

このとき、推定によって得られる  $\hat{\beta}_k, \hat{\beta}_l$  は各投入要素の弾力性値である。資本が1%増加したときに、アウトプットが何%増加するかを示す(労働についても同じ)。

- 成長会計は $Y, K, L, \beta_k, \beta_l$ の全てのデータが必要。
- 生産関数を推定する場合、 $\beta_k, \beta_l$ は推定結果として得られる。
- 両方法とも、どのようなデータを利用するかが非常に重要である。加えて推定する場合には統計的な問題にも気配りが必要。

- TFPはその定義より、技術生産性のみならず観測不能な、事故や、異常気象、経済危機などを含む。
- 理論上は企業の生産活動のみを表し数量データを想定するが、実証研究では通常金額ベースのデータを用いる。
- 既存の手法により生産性を計測し、生産性の下降が観察された際、その原因が(1)技術力の後退によるものか、(2)需要の縮小によるものかを識別することができない。
- 価格上昇と生産性上昇の区別もつかなくなる。
- 本来は需要刺激策をとるべきなのに、生産側を補助するという逆の政策をとってしまいかねない。

# 美容院の労働生産性：金額ベース（青線）、数量ベース（赤線）



★金額ベースの計測では、価格が上昇（下降）すると、生産性が上昇（下降）してしまう。  
各点は2003年10月を基準点とした変化率である。

理論モデル	データ	入手困難なデータ	TFPの問題
総生産量(Y)	総生産量(*) 総生産額(*) 売上額(*) 付加価値額	-製品価格 -在庫	-需要を含む -去年の生産分を含む
機械や設備の総数(K)	有形固定資産合計	-資本価格 -稼働率	-需要を含む -需要を含む
従業者数(L)	従業者数	-賃金(労働価格) -実労働時間	-需要を含む

○金額ベースのデータを用いるため、価格を通じて需要変動を含む。

例: 総生産額( $Y^*$ ) = 製品価格 × 総生産量( $Y$ )

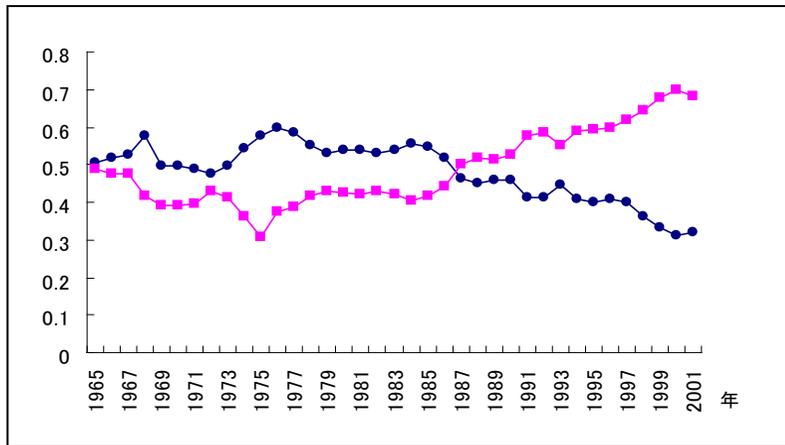
○企業は自身の稼働率や実労働時間を知っていて、それらにより需要変動への対応をしている。これらのデータがない場合もTFPは需要要因を含む。

○企業が利潤を追求しながら生産活動を行うとき、技術が後退することは考えられない。しかし、実証上はTFPやTFPの成長率がマイナスになることは起こりうる。

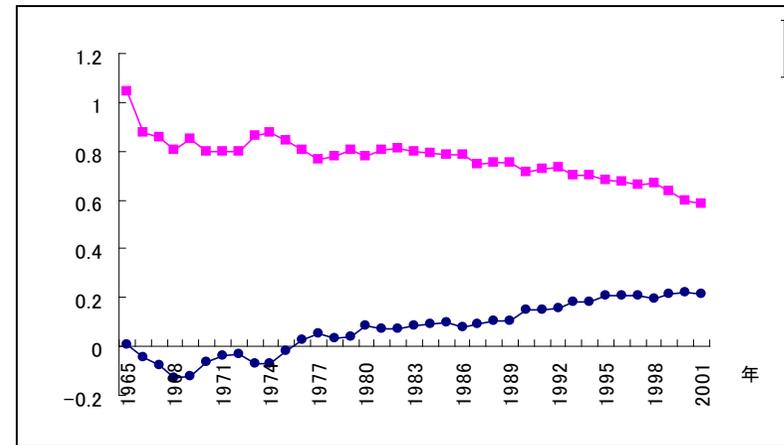
(\*)をアウトプット( $Y$ )とする場合には、資本( $K$ )と労働( $L$ )に加えてエネルギー( $E$ )、材料( $M$ )、サービス( $S$ )を投入要素とする(KLEMS)。

# 資本と労働の技術パラメータ $\beta_k, \beta_l$ も変化している可能性がある

Cobb-Douglas型生産関数を最小二乗法で推定し、技術パラメータの時間方向への変化を観察する。



(a) 製造業



(b) 非製造業

●...  $\beta_k$     ■...  $\beta_l$

TFPで観察できている生産性は生産性の一部かもしれない。(資本や設備、労働者に内包される技術はTFPでは観察されない。)

期間： 1965年～2001年

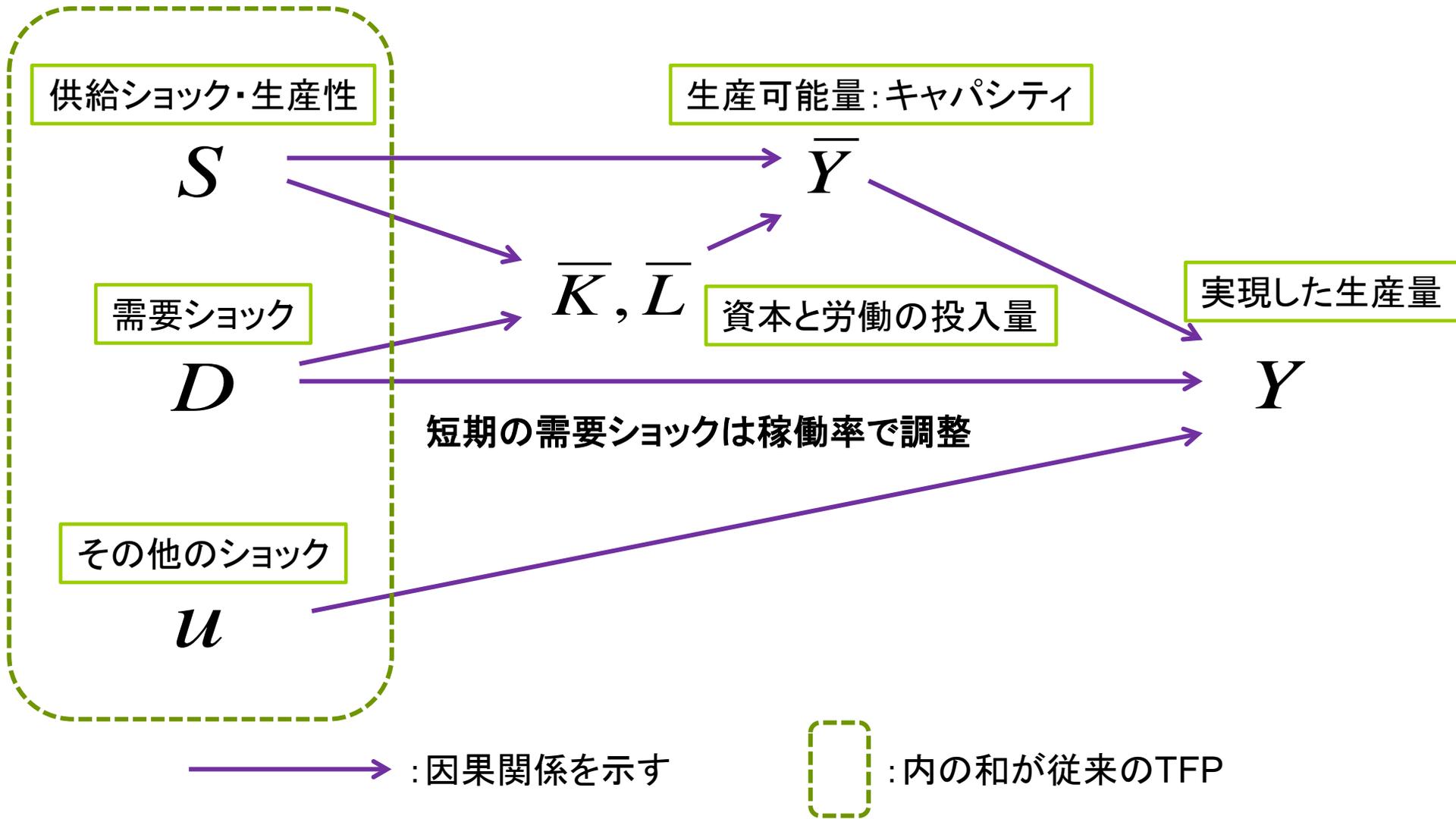
対象： 製造業・非製造業の東証一部上場企業

出所：『有価証券報告書』 金融庁

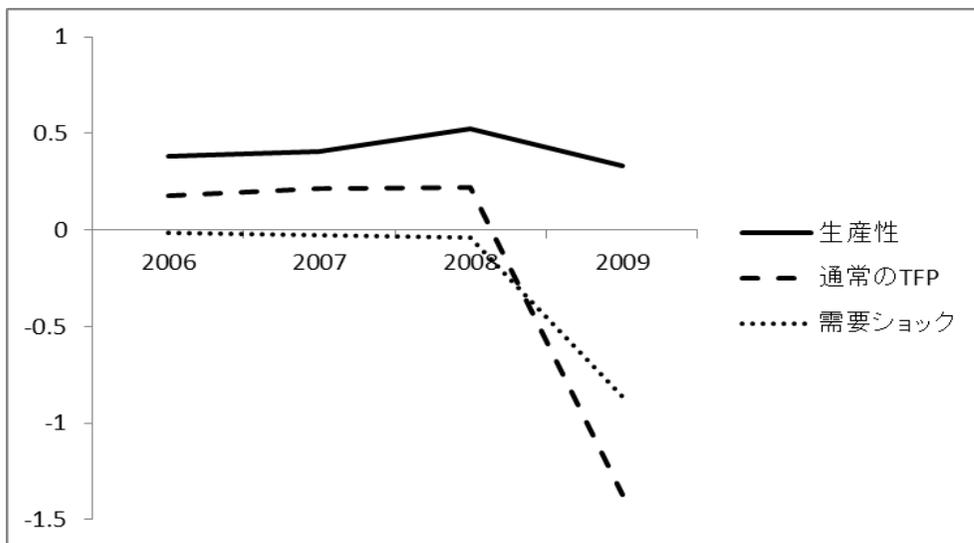
小西・西山・安道・川崎(2004)「生産関数のノンパラメトリック統計解析」

- 工業統計調査(事業所)
- 生産動態統計調査(事業所)
- 企業活動基本調査(企業)
- 海外事業活動基本調査(企業)

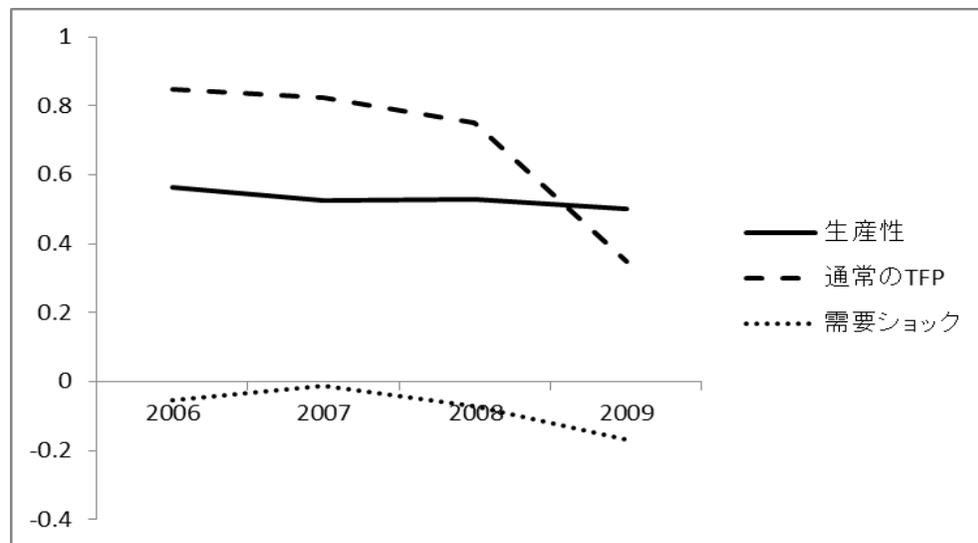
- 以上より、計測されたTFPはデータを通じて技術や生産性以外の要素が含まれる場合が多い。
- 「生産動態統計調査」の生産能力(キャパシティ)と実際の生産量の情報を使って、生産技術を直接推計した。
- 「工業統計調査」の情報も利用している。
- 需要ショック、そのほかのショック(災害や事故など)も分解する方法を提案した。
- 鉱工業指数、稼働率指数を公表している国では、生産能力を調査しているので応用可能。



- 従来のTFPを生産性、需要ショック、その他のショックとに分解する。
- 生産能力(キャパシティ)と実際に生産した量の差が短期の需要変動であるとする。
- 企業は短期の需要ショックにはインプットの投入量ではなくて稼働率を調整して対応する。
- 中長期の需要ショックには投入量を調整して対応する。



金属工作機械

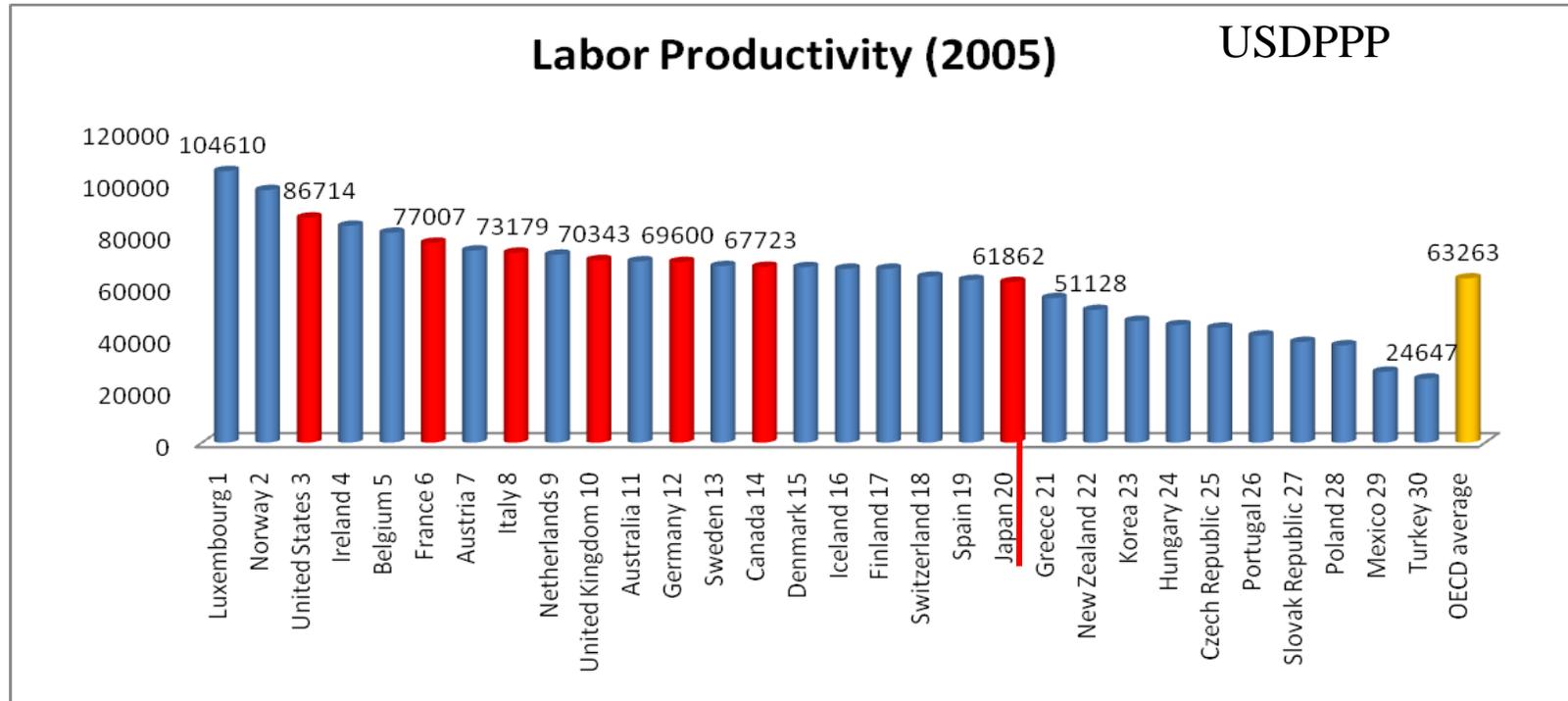


ダイカスト

期間中、生産性は常に正值となり、リーマンショック時の企業への負のショックは需要ショックに起因することが観察された。

Konishi and Nishiyama, “Decomposition of Supply and Demand Shocks in the Production Function using the Current Survey of Production”, 2013, RIETI-DP, 13-E-003.

## 2. サービス産業の生産性計測への課題提起



日本の労働生産性は、OECDのG7で最下位だった。一方、製造業は、OECDの24ヶ国で6位だった。このことより、サービス業の生産性の低さが、わが国の経済成長の足かせになっていると言われ始めた。

⇒サービス産業が注目を集め始める。

2012年でも日本は21位、製造業は7位である。

## 第三次産業(日本標準産業分類第13回改訂、H26)

大分類F 電気・ガス・熱供給・水道業

大分類G 情報通信業

大分類H 運輸業、郵便業

大分類I 卸売業、小売業

大分類J 金融業、保険業

大分類K 不動産業、物品賃貸業

**大分類L 学術研究、専門・技術サービス業**

**大分類M 宿泊業、飲食サービス業**

**大分類N 生活関連サービス業、娯楽業**

**大分類O 教育、学習支援業**

**大分類P 医療、福祉**

**大分類Q 複合サービス業**

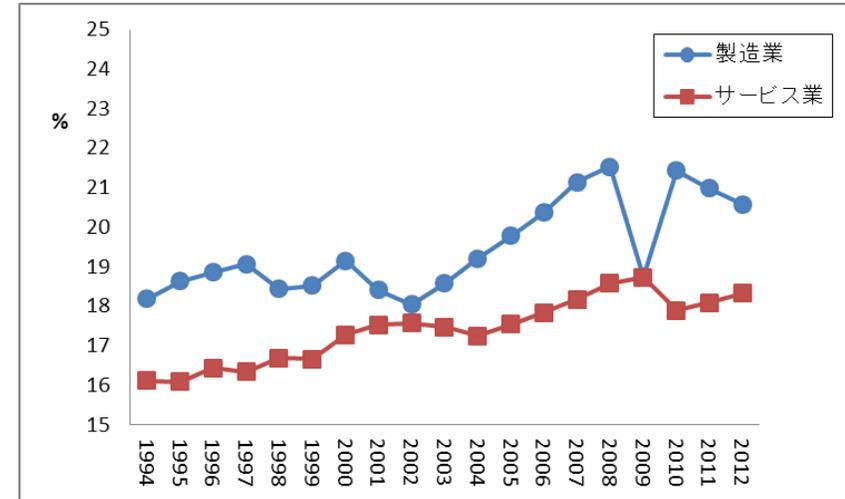
**大分類R サービス業**

大分類S 公務

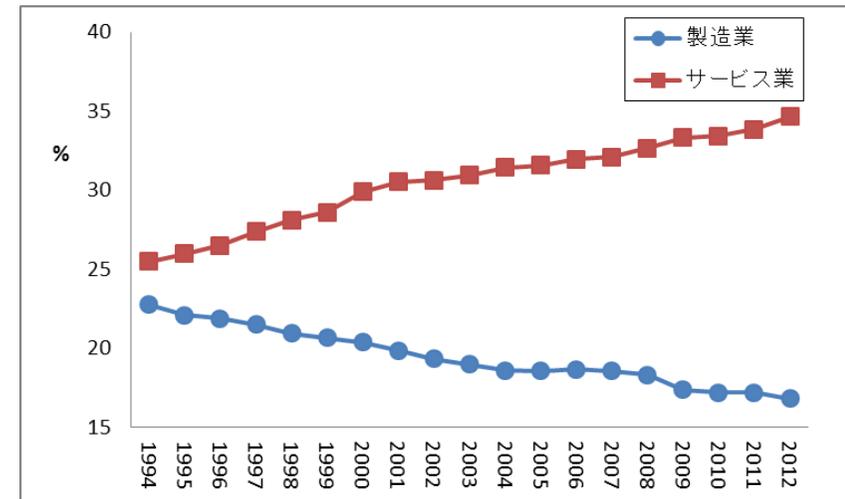
大分類T 分類不能の産業

狭義のサービス業

GDPシエア



就業人口シエア



内閣府『国民経済計算』より作成

- 日本の生産性の低迷、低成長の理由はサービス産業にあるのだろうか？
- 日本のレストランや、スーパーマーケット、ホテルは生産性が低いのだろうか？
- サービスや商品のクオリティやバラエティは世界の中でもトップクラスではないのか？
- 長年、製造業を中心に研究されてきたが、そもそもサービス産業の生産性とは何なのか？労働生産性やTFPの応用で十分なのだろうか？

- 物を作らないサービス業：サービスは提供（生産）と同時に消費される。（同時性、不可分性、無形性など）
- 企業の提供量は、提供可能量（キャパシティ）と需要（客数）のうち小さい方で決定される。
- つまり、同じ店舗でも人口集中地を開くか、過疎地を開くか、好景気か不景気かによって総生産（売上）は異なる。
- 既存の手法では、技術水準や生産性は全く変わっていなくても、人気落ちたり、客単価を下げたりすれば計測される生産性は低くなる（逆も同様）。

- データの制約（資本ストックのデータを利用するのが困難）
- そのため、多くの研究が労働生産性により生産性の計測を行っている。（資本が生産性に影響している場合、バイアス推計になる。）
- 仮に資本が使用できて、TFPを計測できても、需要との識別が、製造業よりもさらに困難である。
- 業種が多種多様で、製造業と同じ指標が使える業種と新たな指標が必要な産業が存在するだろう。

- 商業統計調査(事業所)
- 商業動態統計調査(事業所)
- 特定サービス産業統計調査(事業所)
- エネルギー消費統計(事業所)
- 企業活動基本調査(企業)
- 第三次産業活動指数

- サービス産業の各業種の付加価値について考え、それに基づき生産性のモデルを構築する。
- **美容業**の付加価値: きたときよりも美しく
- **医療業**の付加価値: きたときよりも健康に
- **飲食業**の付加価値: きたときよりも空腹やのどの渇きが満たされる
- **輸送業**の付加価値: 壊さず正確に運び、商品に新たな価値を加える
- **小売業**の付加価値: サーチャコスト(時間・金額)を下げる。欲しいものが手に入る。余計に支出しても、新たな満足が得られること。

- 提供（生産）と消費が同時なため、供給側と需要側両方の情報を使う必要がある。
- 付加価値は、主観的（いくら払えるか）、来た時よりも良くなっていれば高くなる。
- 観測されるもの：顧客の来店行動
- 観測されないもの：美容師の生産性や技術やクオリティ（Q）
- アイディア：美容院は価格固定で、提供時間(t)が美容師によって変動する業種。時間が重要な投入要素となるだろう。

価格	サービス提供時間	業種
固定	固定	マッサージ、エステ、占い、塾、ジムのクラス
固定	変動	美容院、運送業、クリニック、レストラン、ソフトウェア開発、研究開発、病院、学校
変動	変動	時価のすし屋、高級クラブ

# 顧客は何に魅かれるのだろうか？何を求めているのだろうか？

顧客は美容師の…

技術 / 生産性

- スピード
- よいデザイン
- よい仕上がり

見た目 / 容姿

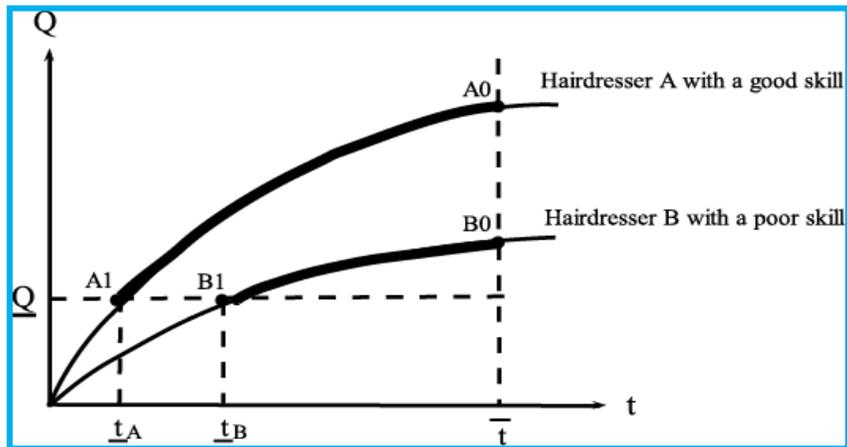
- 髪型
- 化粧
- ファッション

コミュニケーション  
スキル

- 会話力
- カウンセリング  
能力

もしも、美容師や店舗に満足したら、その顧客は必ず戻ってくるだろう。

美容師はサービスを提供し、そのクオリティの高低によって顧客満足を創造するのではないだろうか？

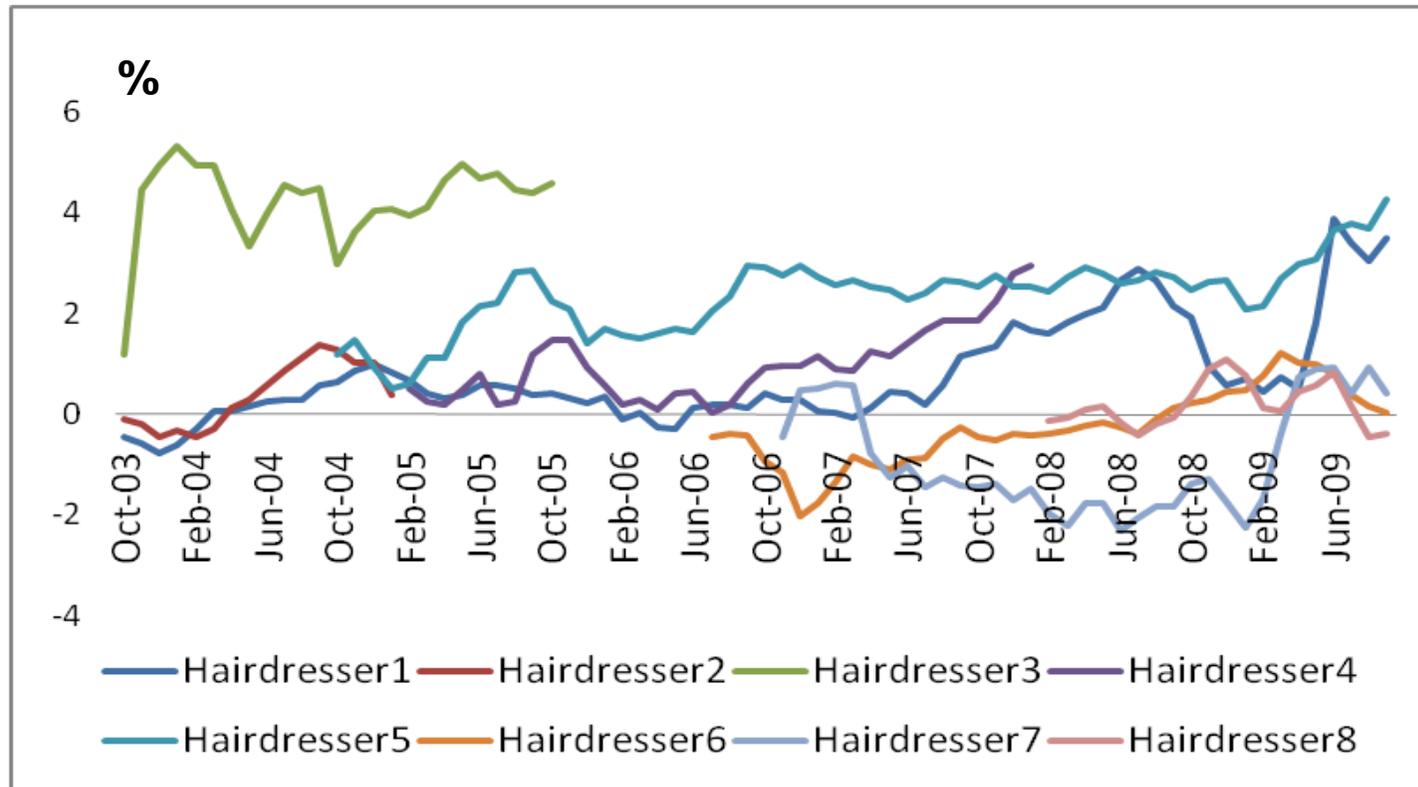


- ❑ 美容院は価格固定で、提供時間( $t$ )が美容師によって変動する業種。
- ❑ 仕上りの品質を一定とすると、スキルが高い美容師は早く仕上げることができる。
- ❑ 時間をかけるときれいに仕上げられるが、時間がかかりすぎると顧客の満足度は下がる。
- ❑ 供給側⇒時間：美容師の技術の代理変数
- ❑ 需要側⇒来店行動：クオリティと満足度の代理変数

- 美容師の生産関数:  $Q = Q(A, t) = At^\alpha$   
Qはクオリティ、**Aは生産性**、tは一人当りにかかるカットの時間
- 顧客の効用(満足)関数:  $U=(Q, t)$  顧客の満足度は美容師のクオリティと美容院でかかった時間で表される。
- ある美容院Xに再来店して得られる満足度が、その他の美容院より高ければ再来店する⇒ある顧客の満足を満たすQを実現できた。
- これらを使って、次回Xに来店する確率を推定して、生産性を取り出す。需給両方の行動を考えて構造的に分析する。
  
- 各美容師の各顧客への施術時間に標準時間を利用することで需要要因を排除する。

- サービス提供者にしても店全体にしても、サービスを提供できるキャパシティがある。
- 製造業のように、キャパシティについての情報があれば、実際の提供量との差で需要を識別できるだろう。
- またそのキャパシティの拡大こそが技術や生産性の進歩となる。
- 過去の情報から各美容師の現状でカット可能人数を推定することができる。

- 営業時間はどの美容師に対しても一様であるので、その日切った人数がその美容師の持つ技術力を表し、カットにかかる標準的な時間を推計できる。
- しかし、需要が極端に低いとき、仮に、一日1人しか来なくても、8時間かけるということはない。
- そのため、過去の情報から各美容師のその時点でのカットできる人数を推定し、極端に人数が少ないときには置き換えた。
- これにより、需要の影響をコントロールした計測が可能となる。



各美容師の入店時からの生産性の変化率。0より大きいと入店時よりも生産性が上昇してるといえる。

"Productivity of Service Providers: Microeconomic measurement in the case of hair salons," RIETI Discussion Paper, 10-E-51, 2010年,  
(西山慶彦氏, 京都大学経済研究所との共著).

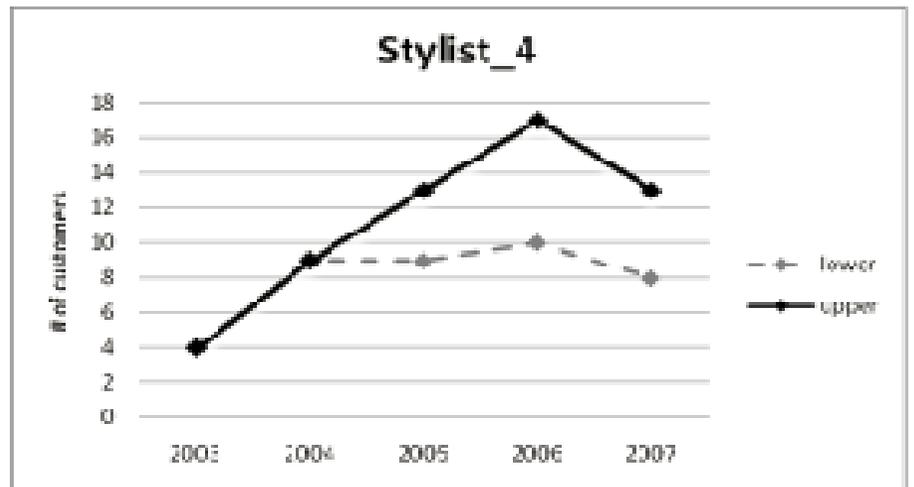
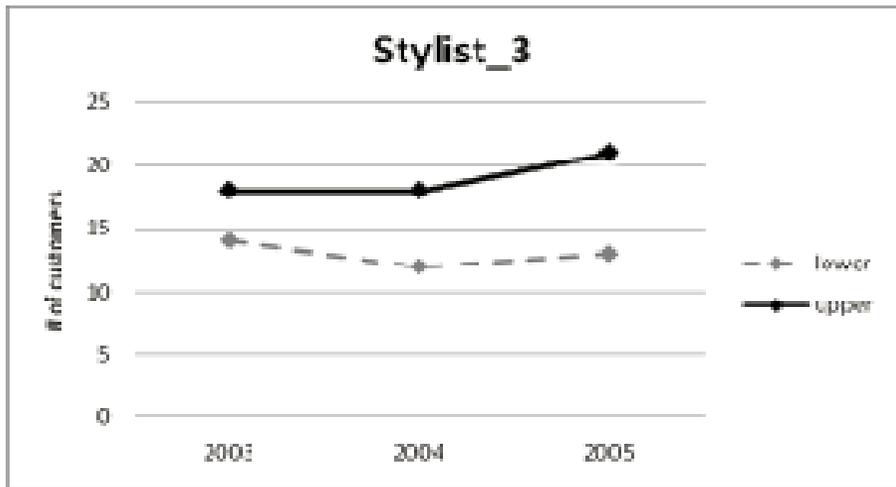
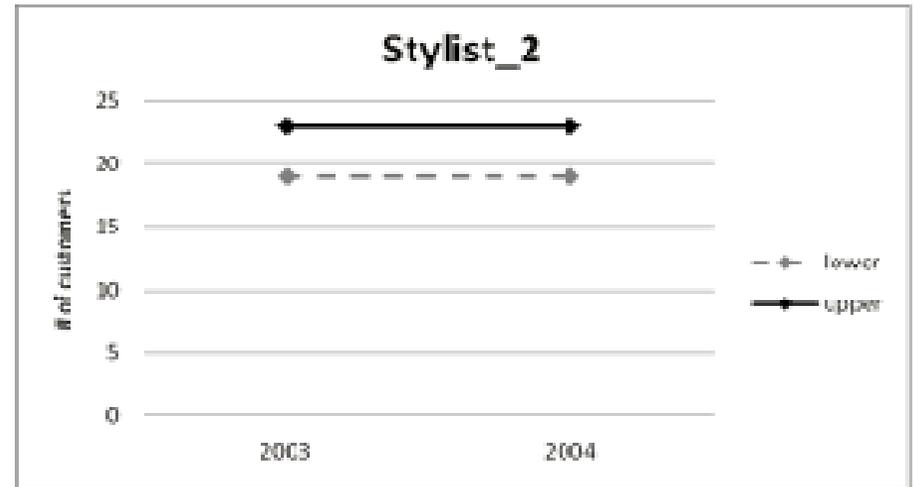
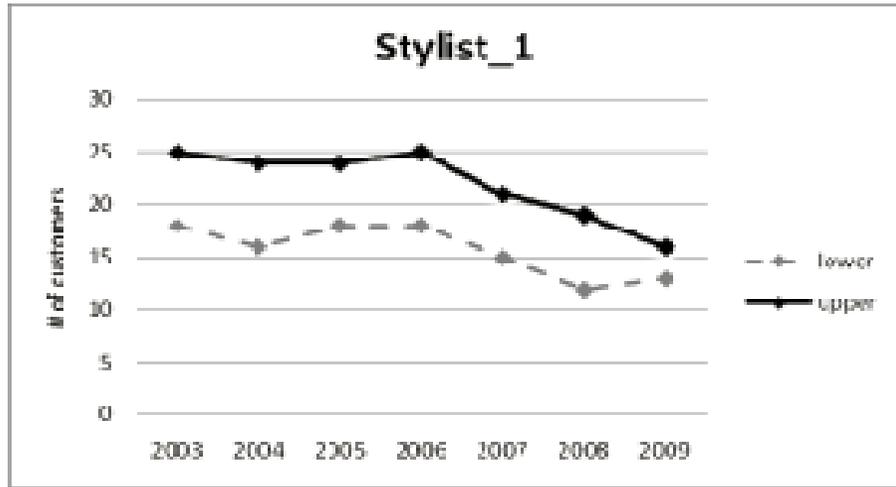
○美容院やレストランといったサービス業では、「何人さばいたか」は、「何人さばけるか」と、「需要」の小さい方で決まる。

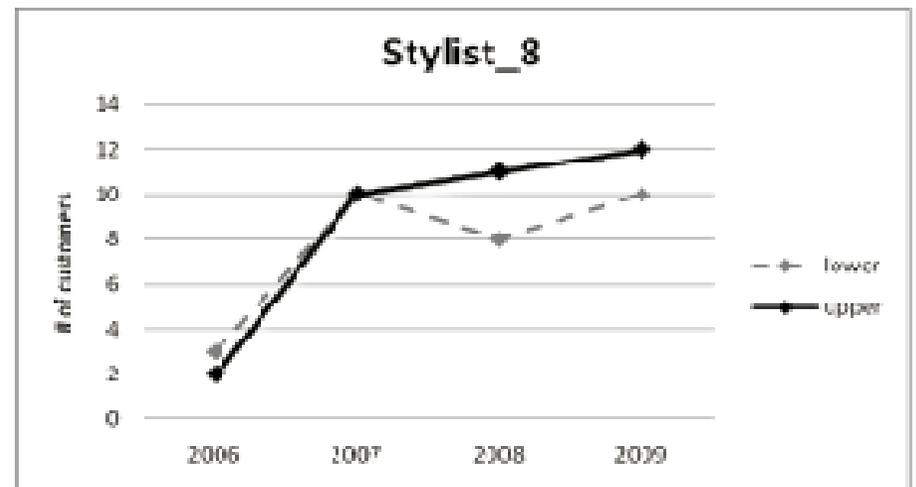
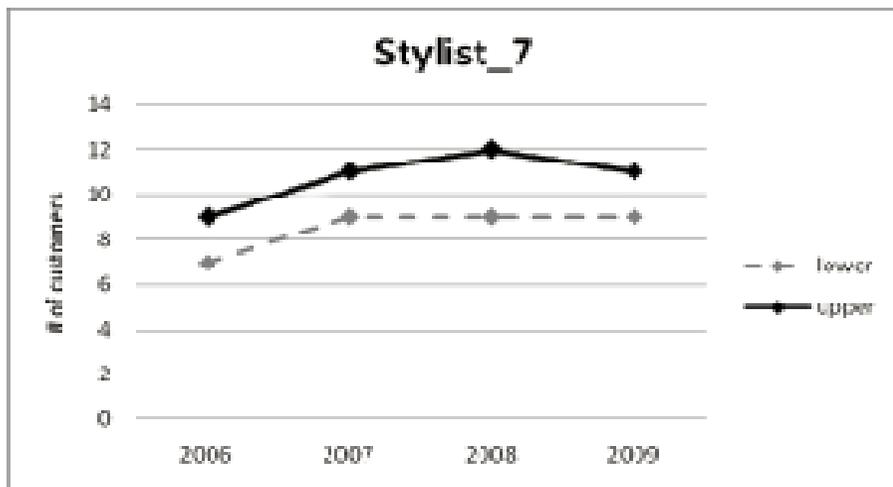
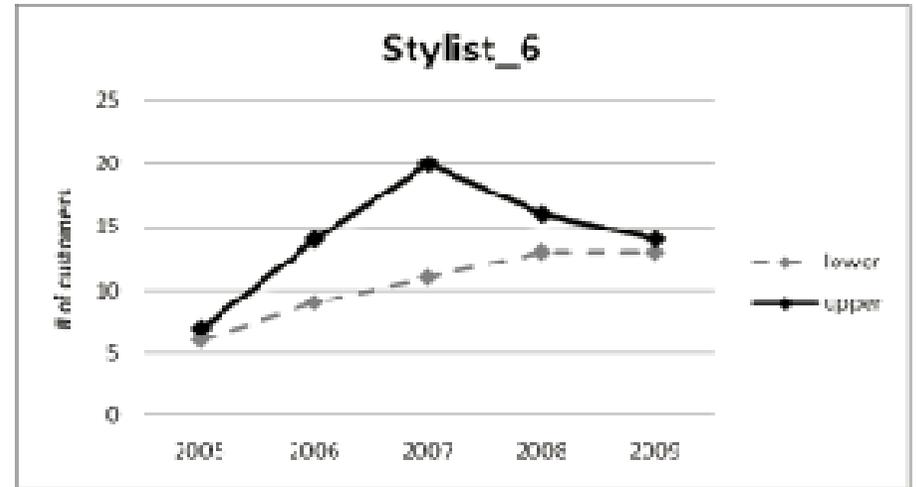
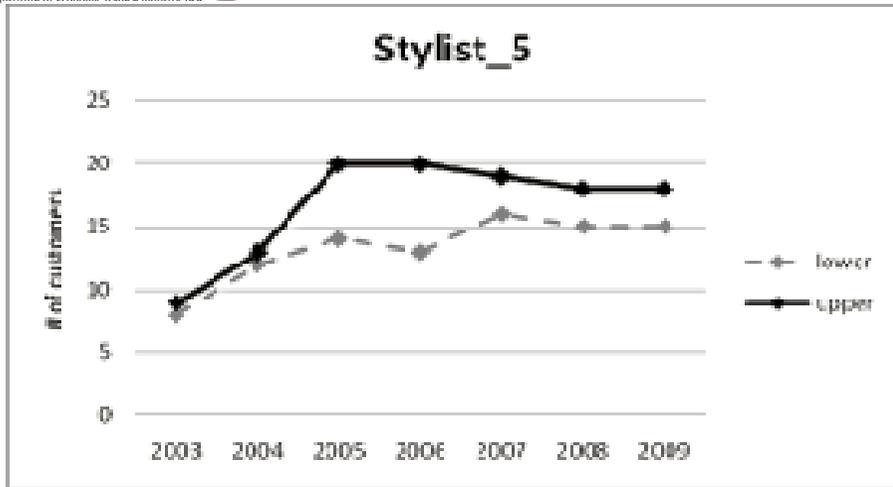
○美容師は日々成長し、そのキャパシティは日々変化すると仮定する。

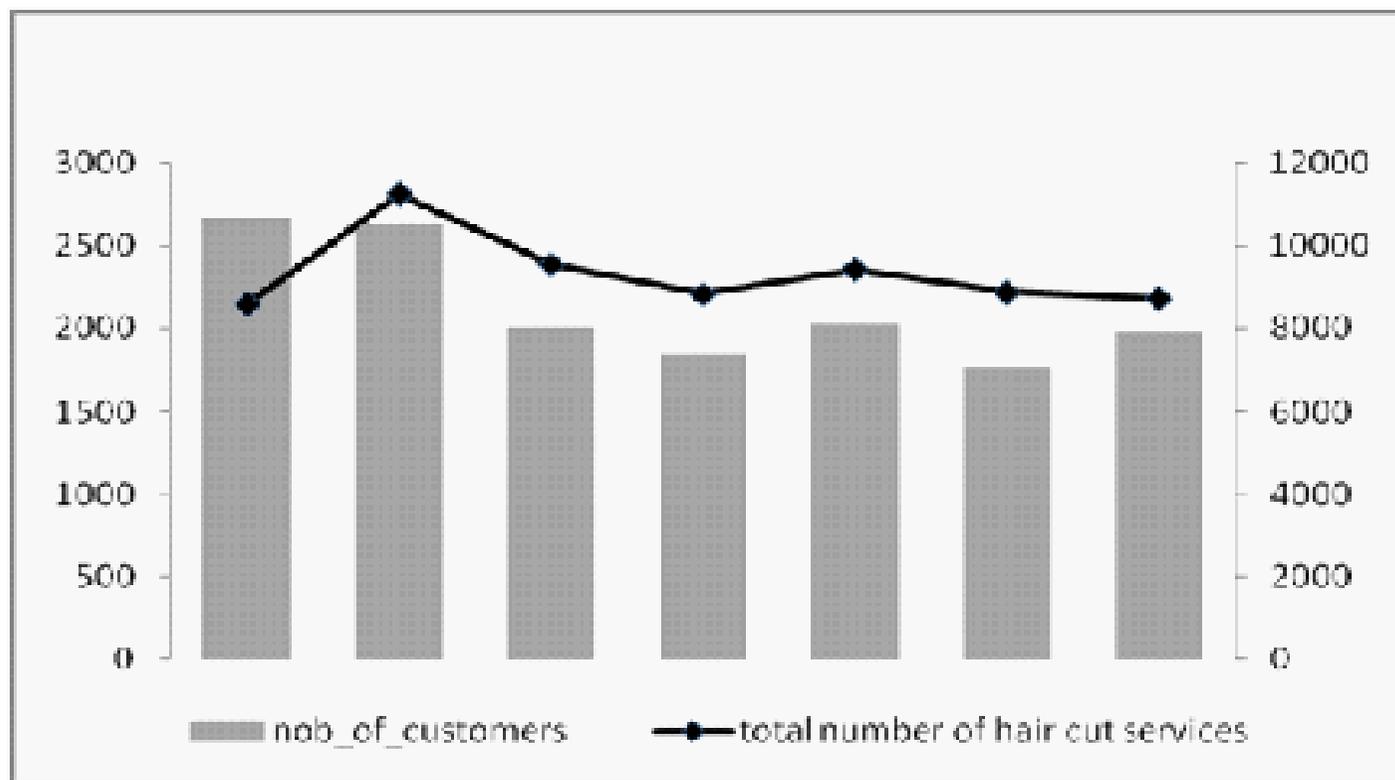
○この美容院では、年に何回かキャパシティを越えるために、顧客の予約や施術を断る日がある。それは、金曜、土日、祝日、及びクリスマスと年末年始といった特別な日で、通常の平日（火曜日、水曜日、木曜日）には存在しない。この情報を用いて、各美容師のキャパシティを識別していく。

- ① 各美容師のキャパシティは、平日のカット人数の最大値よりも大きい
- ② 各美容師の標準的なキャパシティは通年の最大値よりも小さい

☆上限の人数には突発的な需要増大やイベントなど不確実性が入るが、下限の値は信頼に値すると考える。







棒グラフは来店顧客の総数(軸は右)、線グラフはカットした人数(軸は左)

- サービス業の生産性の計測には、供給側の情報だけでなく、需要側の情報も使うことが重要。
- そもそも、生産性を定義するのが困難である。
- 何の生産性を測ろうとしてるかでも指標や手法は異なる。。
- サービスが目に見えないのと同様に、生産性という言葉が意味するものが、「技術、クオリティ、バラエティ、満足度」といった主観と客観が混在した複合体になっている可能性がある。
- 一つ一つを取り出すのは困難だが、複合体としての生産性を取り出すことは可能。

- 生産性の計測には供給側のみのデータでは不足がある。
- 特にサービス産業は、顧客の行動の中に技術や生産性についての重要な情報がある。
- 他店舗、他商品、他サービスとの比較を行うためにも、消費者に関するビッグデータを利用する意義は大きい。
- 企業側のデータとしても、営業活動の全てを記録できるビッグデータがあれば生産性計測に有用である。

- 一方で、現状のビッグデータは分析のために収集されているわけではないので、サイズが大きいからといってわれわれにとっての情報が大きいわけではない。
- ビッグデータの多くは個体識別されておらず、そのため時系列方向についての情報が少ない。
- ビッグデータの収集に明確な利用目的が加わるためにも、生産性の計測に何が必要かその定義作りが重要である。

- **東アジア産業生産性 (深尾京司FF)**  
⇒ JIP (産業生産性) データベース
- **地域生産性 (徳井丞次FF)**  
⇒ R-JIP (地域産業生産性) データベース
- **サービス産業生産性 (権赫旭FF、乾友彦FF)**  
⇒ 最近、教育サービス、医療サービス等の分析に注力
- **サービス産業の生産性計測方法 (小西葉子SF)**  
⇒ 経済変動の需要要因・供給要因への分解
- **無形資産 (宮川努FF)**  
⇒ 国際比較、公的セクターの計測に力点
- **イノベーションと生産性 (元橋一之FF)**  
⇒ オープン・イノベーション
- **グローバル化と生産性 (若杉隆平FF)**  
⇒ 輸出・対外直接投資と「企業の異質性」
- **「サービス産業の生産性分析 (2014) 日本評論社」 (森川正之理事・副所長)**  
⇒ 国際比較、産業レベル、企業レベル、事業所レベルとあらゆる規模を対象とした生産性について言及。(2014.3.13 BBL資料:  
[http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/14031301\\_morikawa.pdf](http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/14031301_morikawa.pdf))

いろいろなテーマの研究がありますので、ぜひ、RIETIのHPもご覧ください！  
きっと、お好みのものが見つかると思います。

<http://www.rieti.go.jp/jp/projects/program/index.html>

経済産業研究所(RIETI)は、経済政策に関連する研究を幅広く行っており、国際的にも知名度の高い政策シンクタンクとなっています。全世界の大学・研究機関を対象とした定量的な指標に基づくランキング(RePEc: Research Papers in Economics)において、アジアNo.1の経済系シンクタンクと評価されています。

---

---