

生産関数をめぐる研究の40年

最終講義

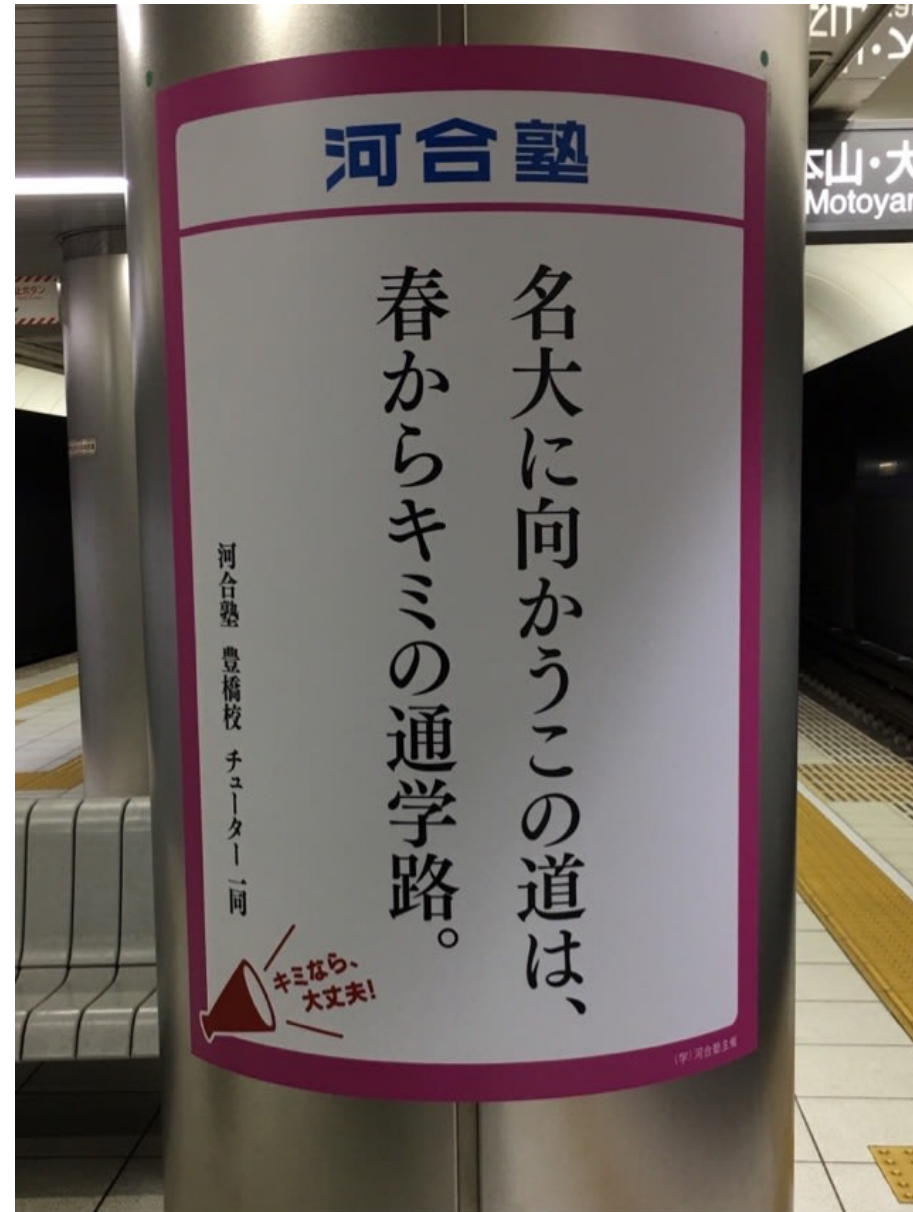
アジア共創教育研究機構
名古屋大学大学院経済学研究科

2023年3月3日

根本 二郎

生産関数を巡る研究の40年

その40年の少し前



頑張れ、受験生！ - 名大柔道部ログ

生産関数を巡る研究の40年

その40年の少し前

1976年3月

名古屋大学経済学部 受験

名古屋大学教育学部附属
高等学校 卒業



頑張れ、受験生！ - 名大柔道部ログ

生産関数を巡る研究の40年

その40年の少し前

1976年4月

名古屋大学経済学部 入学

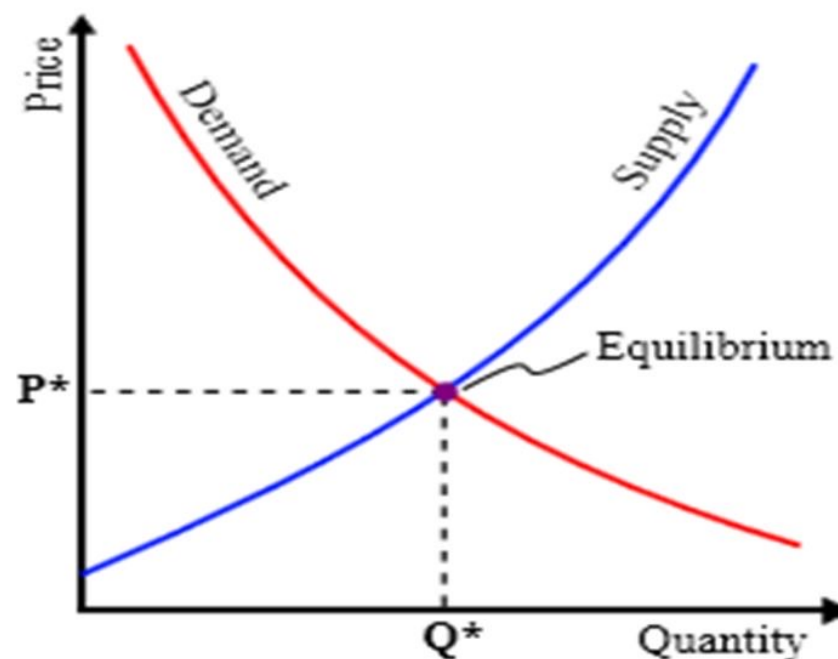
正直に言って 経済にも経営にも興味なし。

ただし、経済学には興味あり。

需要・供給曲線とは、何？ 実在するのか？

数式で具体的に書けるのか？

SUPPLY CURVE AND DEMAND CURVE WITH EQUILIBRIUM POINT



生産関数を巡る研究の40年

その40年の少し前

1976年 後期

最初の学部専門科目は 水田洋先生の「経済思想史」

(実感が常識に反するとき、それをいちいち検証するなんて疲れる)

「大学はそれをするところです。最近の学生は大学の教員を笑わせてくれる。」



名古屋大学 高等研究院

https://www.nagoya-u.ac.jp/info/20230206_jimu.html 2023年4月7日



水田洋「社会科学の考え方」
講談社現代新書 399, 1975年

生産関数を巡る研究の40年

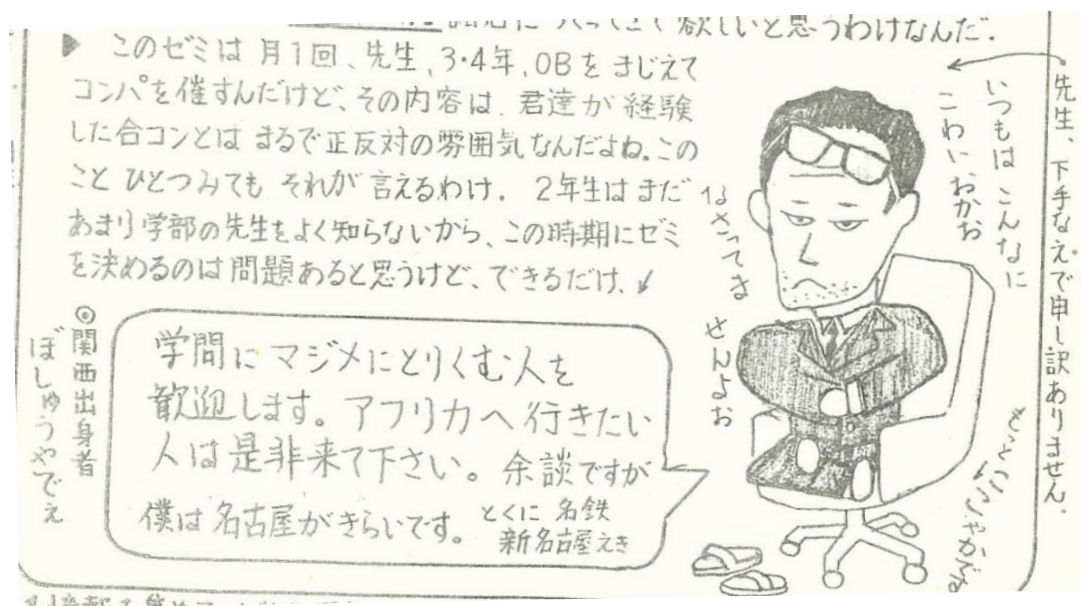
その40年の少し前

1977年 前期 - 1978年 前期

飯田経夫先生の「経済原論第1部」

必修科目 大量の不合格者

「得体の知れない馬鹿者が、それも決して少なくはない数が大学に現われた」



飯田経夫「豊かさとは何か」
講談社現代新書 581, 1980年



良質の日本人が世界の要所要所で汗水流して働き、その地に貢献することを通じて、日本への好意と信頼を築き上げること…が日本の「総合安全保障」の重要な一環である。

日本は高品質で低コストの工業製品を大量生産することにきわめてひいでている。…それは「ヒラの人たち」を中心とするチームプレーの勝利にはほかならない…途上国にはもともとそれがなく、先進諸国では近年それがとみに失われつつある。

小池和男 先生

「学者たる者、日に一度は資料室に行かねば」

1978年 後期

「エコノメトリクスは制度的なことをしっかり押さえると強力だ」

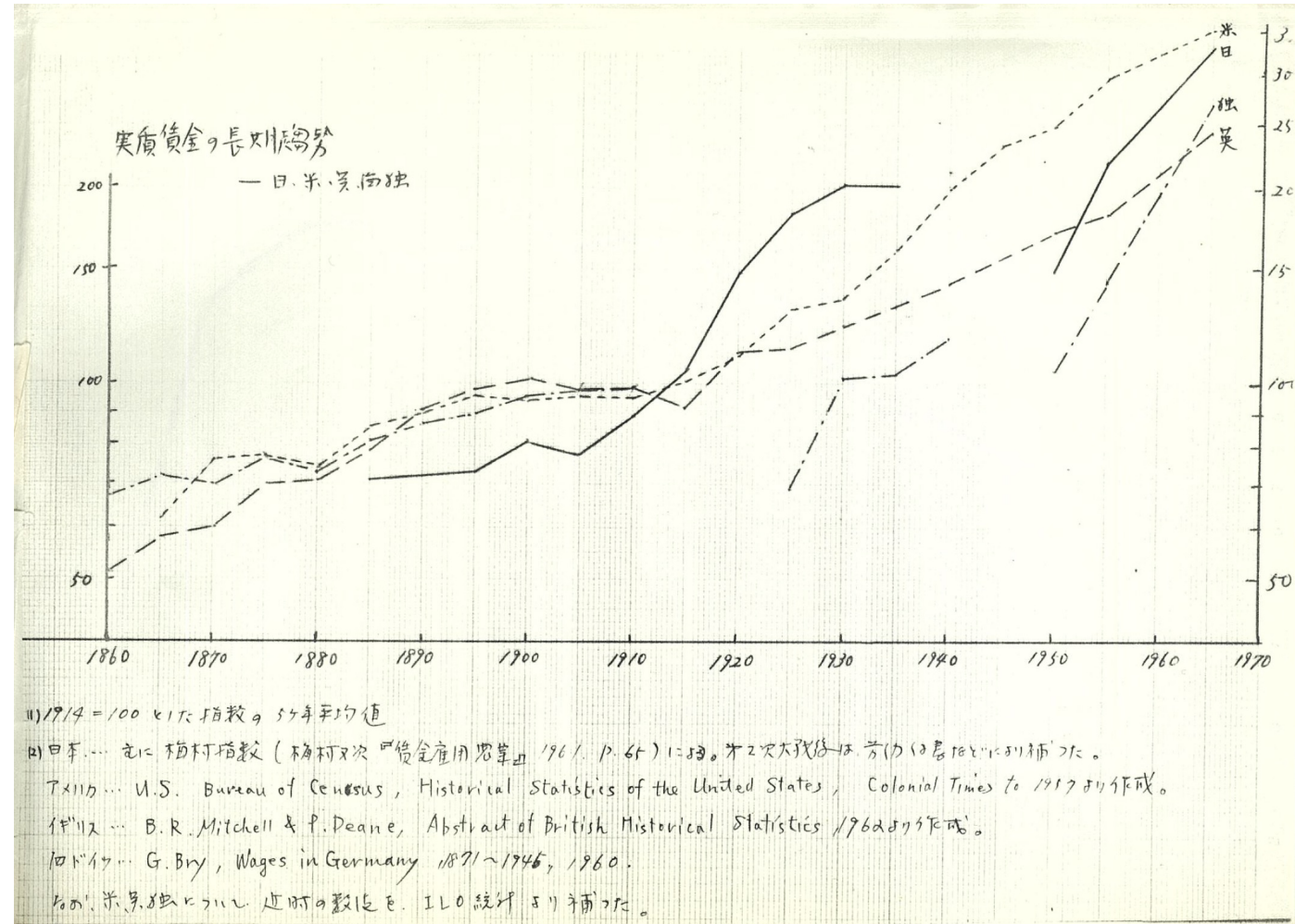
小池和男先生の「賃金論」

少人数講義（20人弱？）

順番に指名されて質問に答えなければいけない



名古屋大学 特別教授



生産関数を巡る研究の40年

その40年の少し前

最初に読んだ経済学 伊達邦春「経済はなぜ変動するか」 講談社現代新書 224, 1970.

経済成長論・景気循環論（マクロ経済学）の標準的学部レベル教科書

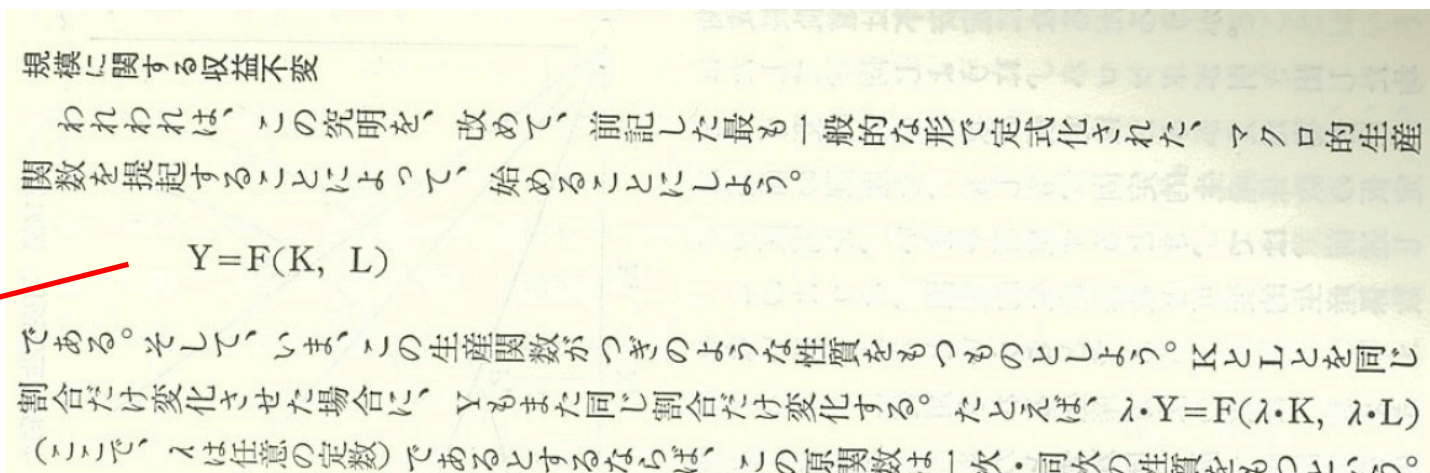
生産関数に初めて出会う。

マクロ生産関数

$$Y = F(K, L)$$

Y: GDP, K: 資本, L: 労働

インプット (K,L) からアウトプット (Y) を生産する。
その関係（生産技術）を表す数式



生産関数を巡る研究の40年

その40年の少し前

1978年4月 学部3年 木下ゼミ（計量経済学）に所属

「ゼミと言うが、研究室配属と思って励むように」

▶ マクロ計量モデル

地域、国、世界の経済を記述する連立方程式モデル。
経済予測・政策シミュレーション分析に用いる。
経済計画の策定にも用いられた。

▶ 産業連関分析

一つの経済の中の産業構造を記述するモデル。
イベントの波及効果の計測に利用。
マクロ計量モデルのパーツとしても利用。



木下宗七先生

卒業論文「日本経済の最適産業構造」

資源・環境制約の下でGDPを最大にする産業構造を求める。
産業連関分析を基礎にした線形計画モデル

<http://www.mgt.sugiyama-u.ac.jp/faculty/kaisetu2013/index.html>
2023/04/10

1980年4月 大学院進学

入学式の数日後 木下先生「エネルギーをやれ。エネルギーの入った生産関数を研究せよ。」

科学研究費補助金

研究種目：エネルギー特別研究（エネルギー）

研究題目：エネルギーにかんする経済学的研究

研究期間：1980-1986

エネルギーを含む生産関数

KLEMモデル: $y = f(x_K, x_L, x_E, x_M)$

y : 生産 x_K : 資本 x_L : 労働 x_E : エネルギー x_M : 原材料

トランスログ関数（超越対数関数, Transcendental Logarithmic Production Function）

対数変換とテーラー級数2階近似

Christensen、Jorgenson and Lau (1973), *Rev. of Econ. and Stat.* 55, 28-45.

一般的なトランスログ生産関数 (m インプット, n アウトプット)

インプット: x_1, x_2, \dots, x_m

アウトプット: y_1, y_2, \dots, y_n

$\ln h(x, y) = \epsilon$ ϵ は観測されない攪乱項

$$\begin{aligned} \ln h(x, y) = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \ln x_i + \sum_{k=1}^n \beta_k \ln y_k + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \ln x_i \ln x_j \\ & + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \beta_{kl} \ln y_k \ln y_l + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \gamma_{ik} \ln x_i \ln y_k \end{aligned}$$

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji}, \quad \beta_{kl} = \beta_{lk}, \quad \gamma_{ik} = \gamma_{ki}, \quad i, j = 1, 2, \dots, m, \quad k, l = 1, 2, \dots, n$$

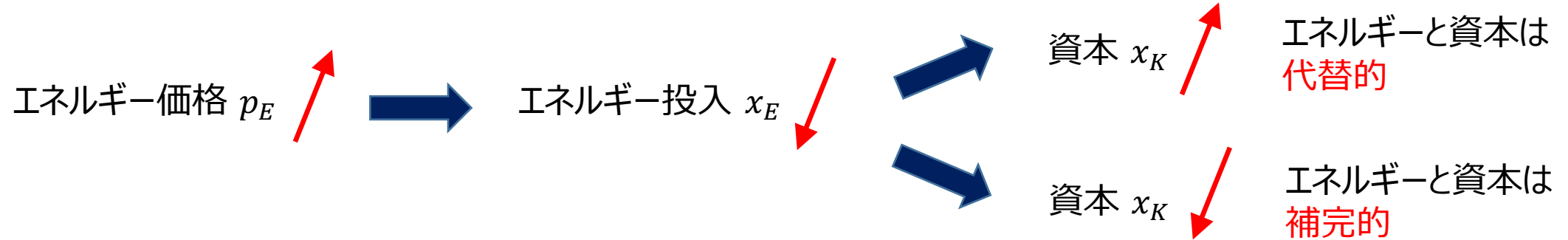
費用最小化を仮定 与えられたアウトプットを最小の費用で生産するようにインプットが投入されている。

費用最小条件の下でトランスログ関数のパラメータを観測されたデータから統計学的に推定

1980-1985年 大学院生

資本とエネルギーの代替・補完論争

第1次石油ショック（1973）と第2次石油ショック（1979/1980）の後という時代背景



Allen-Uzawa の代替弾力性：
$$\sigma_{KE} = \frac{\sum_i p_i x_i}{x_E x_K} \frac{\partial \ln x_K}{\partial \ln p_E} \Big|_{y=const. p_i=const. i \neq E}$$

$\sigma_{KE} > 0$ のとき 資本とエネルギーは代替的

$\sigma_{KE} < 0$ のとき 資本とエネルギーは補完的

資本とエネルギーの代替・補完論争

- ▶ 資本とエネルギーが代替的であれば、省エネ投資を促進することで経済成長得を続けることが可能。
- ▶ 資本とエネルギーが補完的であれば、エネルギー価格の上昇は必然的に経済成長率の低下につながる。 ➡ 技術開発が必須

Allen-Uzawa 代替弾力性の計測結果

正なら代替的
負なら補完的

- I : 石油危機後のデータによる計測値
- II : 石油危機前のデータも含む

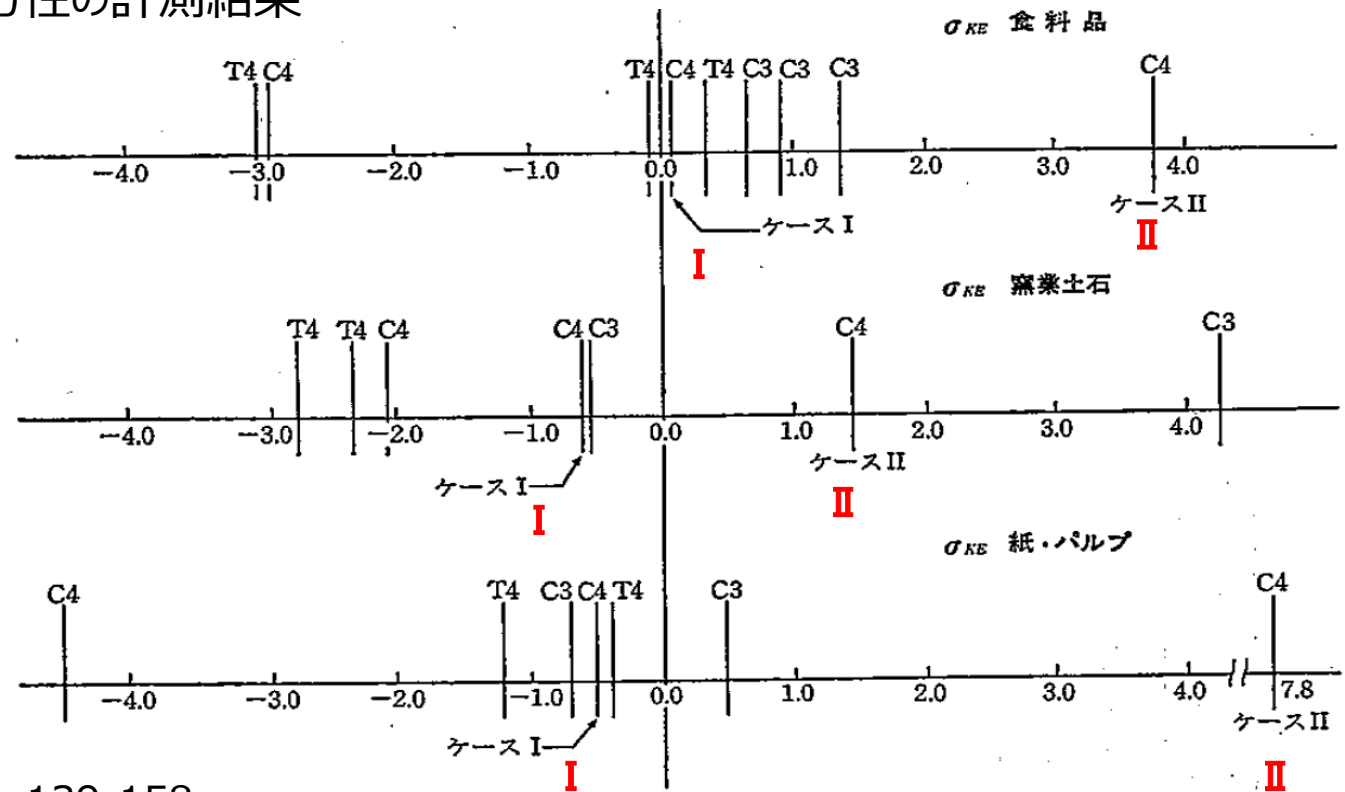
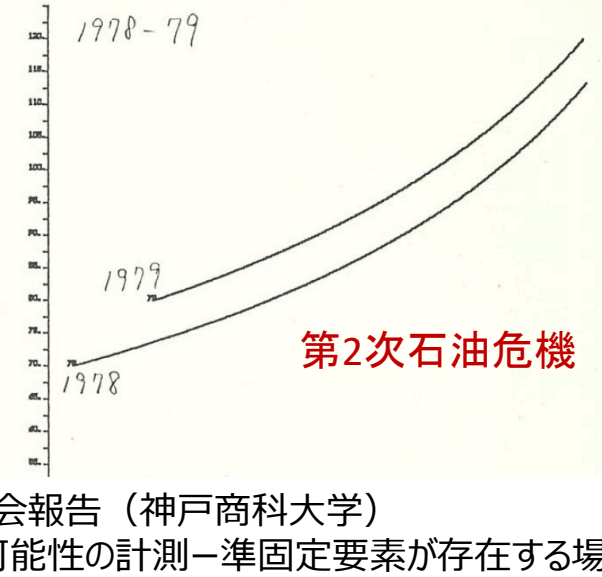
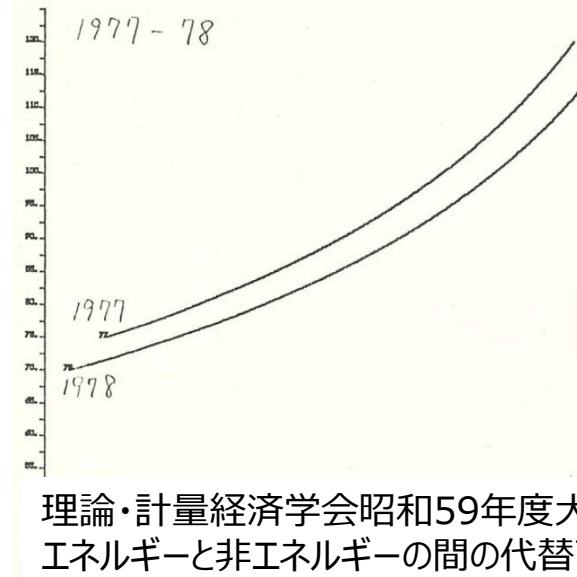
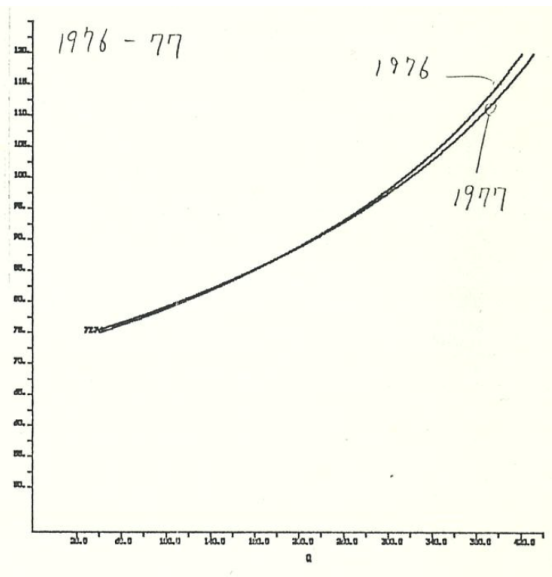
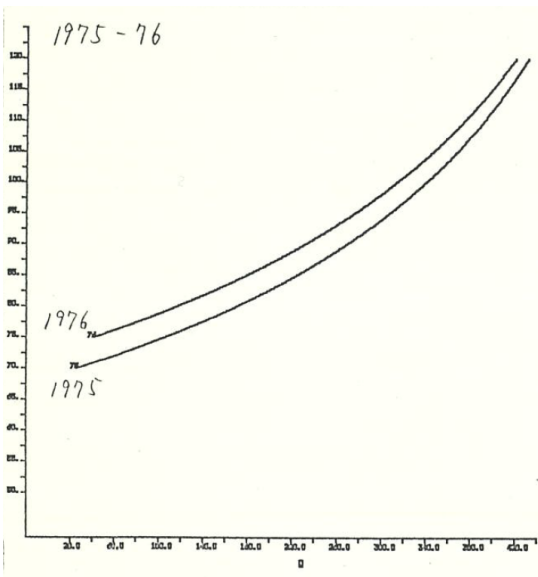
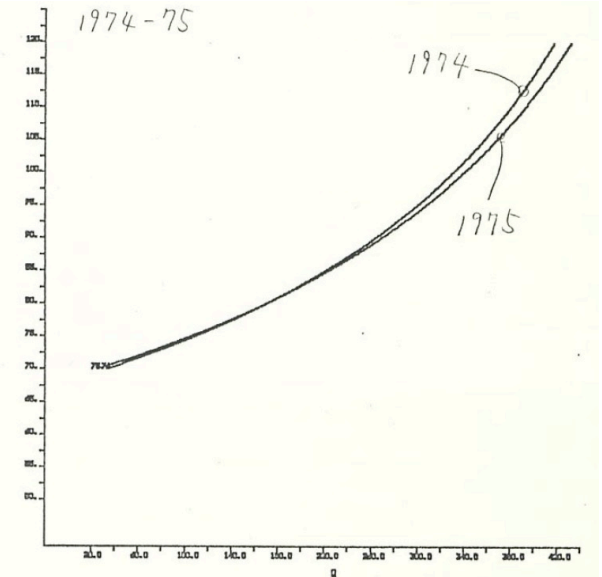
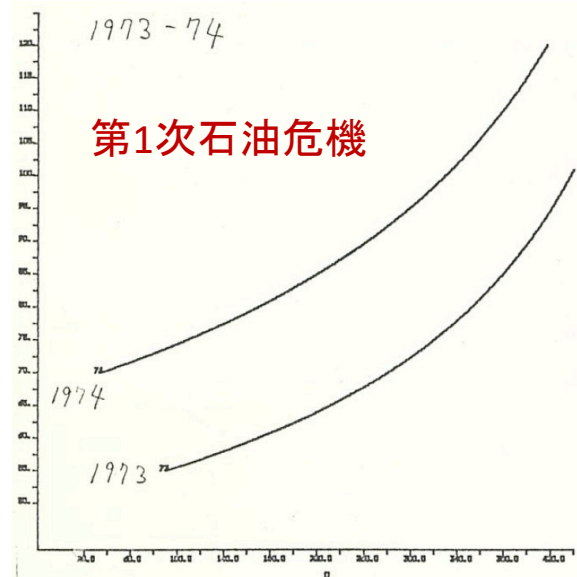
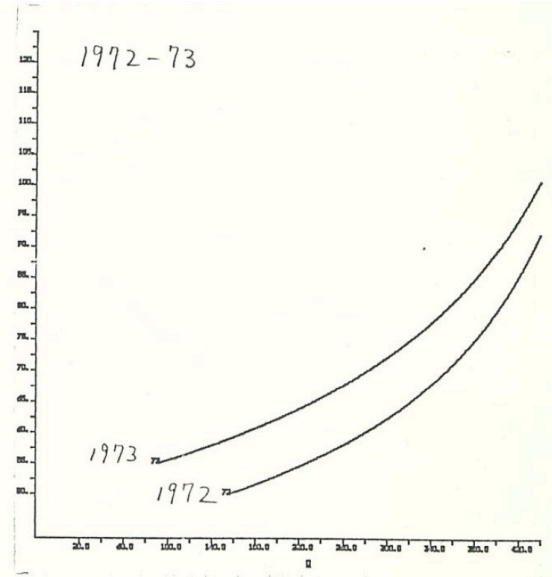
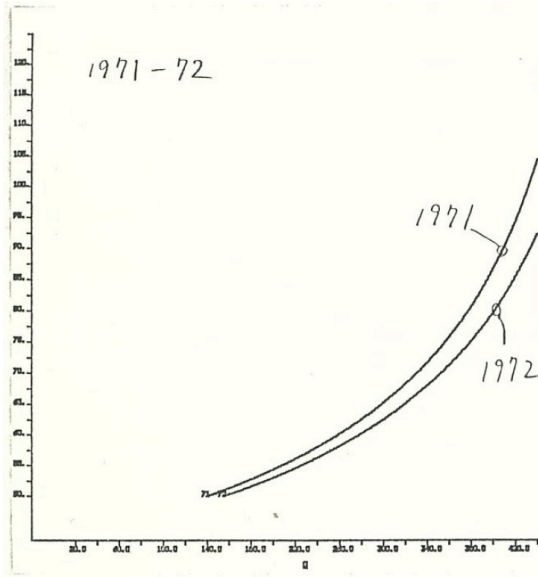


図 1



理論・計量経済学会昭和59年度大会報告 (神戸商科大学)
エネルギーと非エネルギーの間の代替可能性の計測—準固定要素が存在する場合

1985-1995年 助手, 講師


電力業の規模の経済性

自由化プロセス（2000-2016年）以前の電力会社は規制された独占事業

独占禁止法 旧21条（2000年削除）

「鉄道事業、電気事業、瓦斯事業その他その性質上当然に独占となる事業を営む者の行う生産、販売又は供給に関する行為であってその事業に固有のものについてはこれを適用しない」

自然独占（その性質上当然に独占となる事業）

規模の経済性（大規模であるほど平均費用が低下）が存在するとき、
競争すれば規模の大きい方が生き残る。  **自然独占**
(厳密には自然独占の必要十分条件は費用の劣加法性)

電力業に規模の経済性は存在するか？

生産関数に双対な費用関数を使う

電力業の規模の経済性

規模の経済性：生産規模が大きくなるほど平均費用が下がる。

1970年のアメリカ火力発電では大半の事業者は規模の経済性を有する。
ただし1割強の大規模事業者は規模の経済性を有しない。

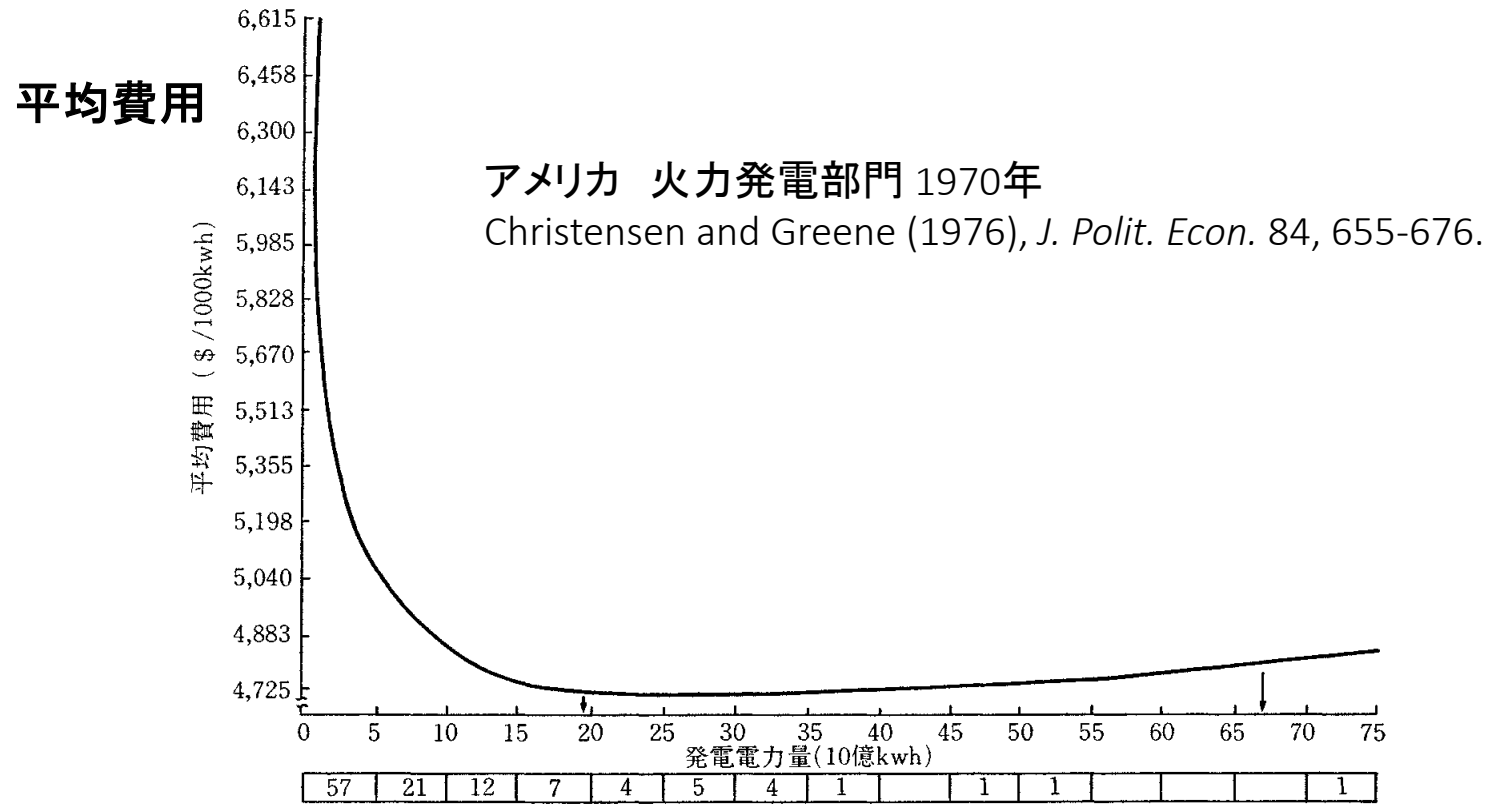


図 1 アメリカの火力発電部門の平均費用曲線^{a)}
(Christensen=Greene (1976), Figure 3.)

発電電力量

a) 横軸下のボックスの中の数値は、その位置に対応する発電実績を記録した企業の数を示す。

電力業の規模の経済性

規模の経済性：生産規模が大きくなるほど平均費用が下がる。

同時期の日本の火力発電部門をあてはめると、大手3社は規模の経済性を有しない領域に入っている。

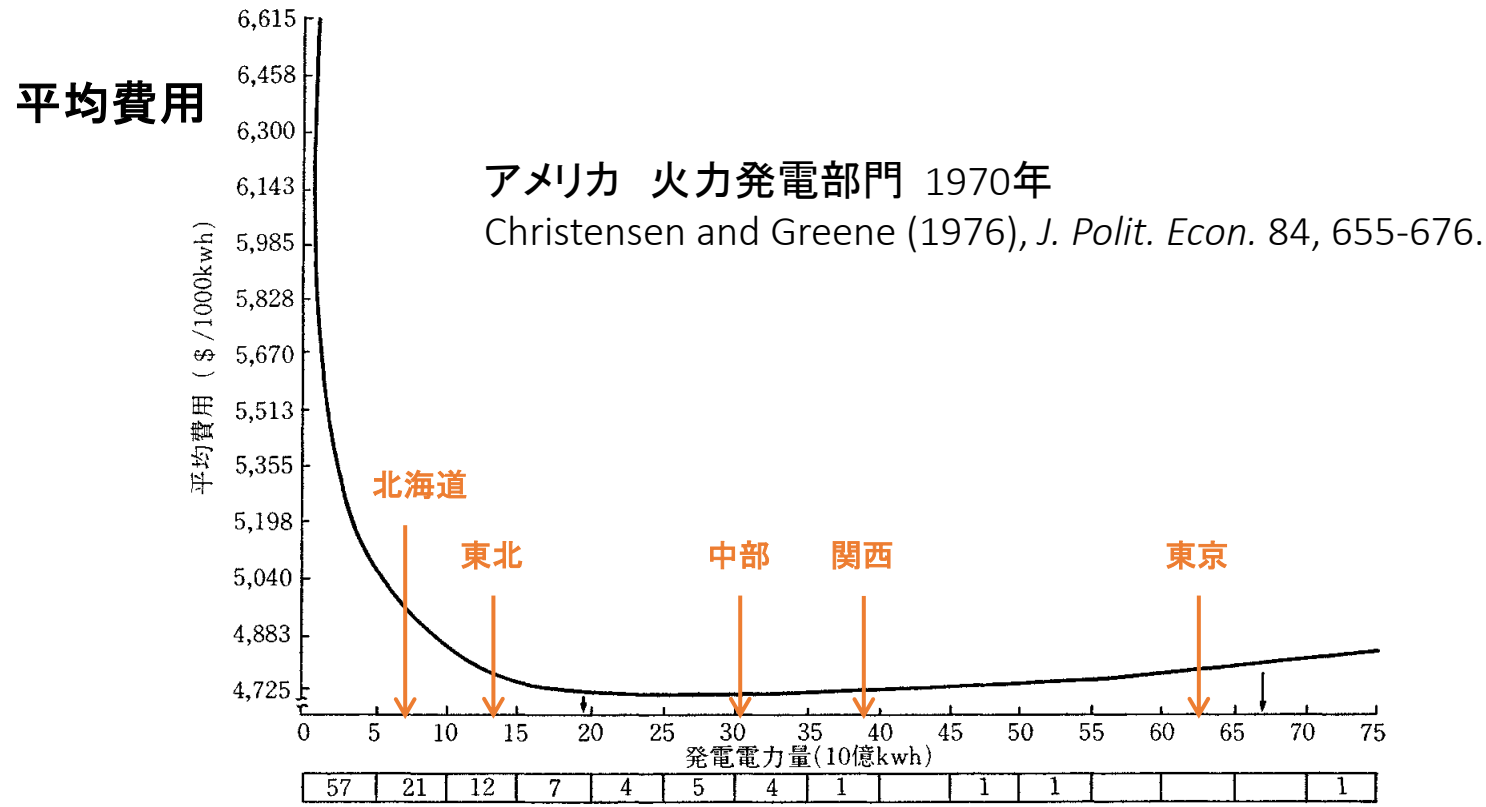


図 1 アメリカの火力発電部門の平均費用曲線^{a)}
(Christensen=Greene (1976), Figuer 3.)

a) 横軸下のボックスの中の数値は、その位置に対応する発電実績を記録した企業の数を示す。

1985-1995年 助手, 講師

電力業の規模の経済性

日本ではどうか？

電力中央研究所で共同研究の機会

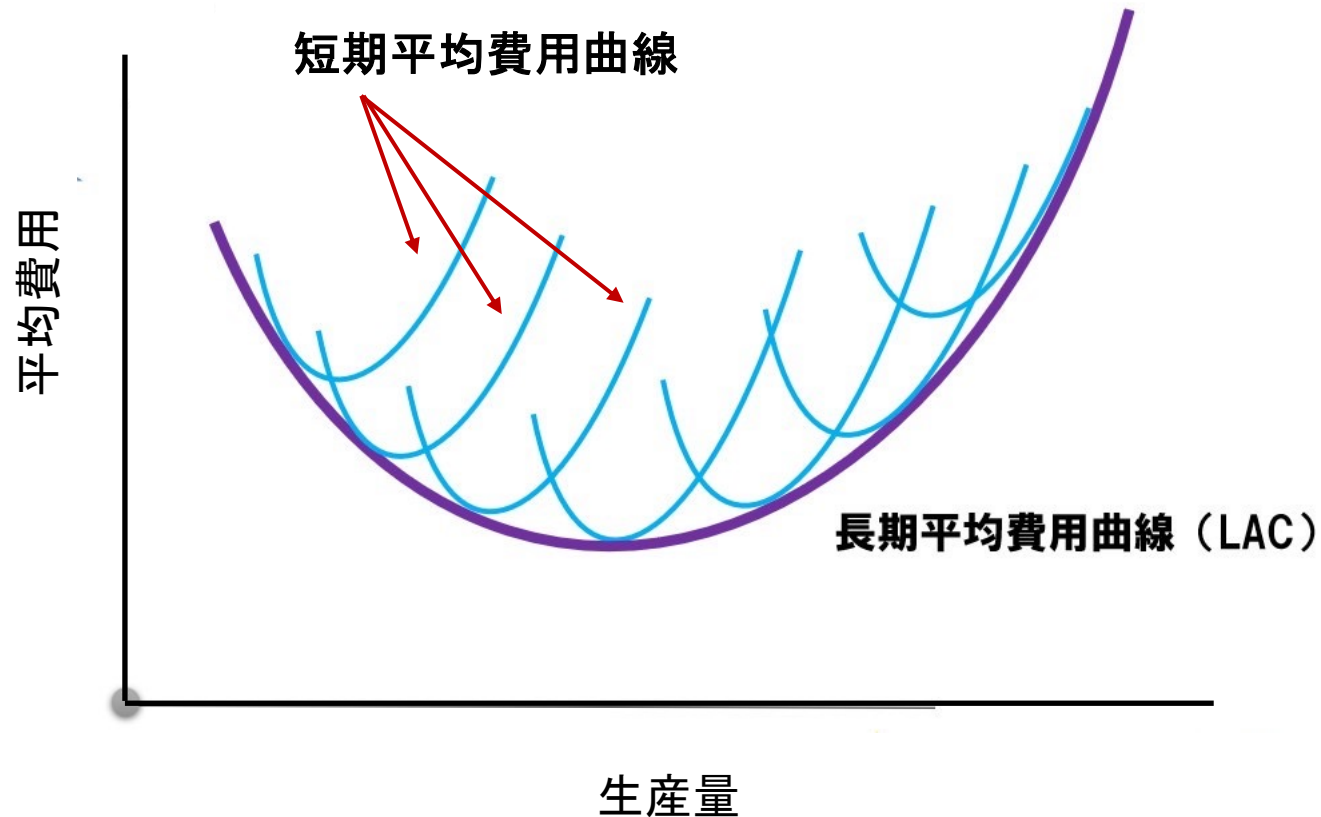
電気事業連合会が作成したデータが利用可能 ただし発電部門だけを取り出せず経営全体のデータ

- ▶ Christensen and Greene と同じことはしたくない。
- ▶ 資本は一定で、その他のインプットについて費用最小化（可変費用最小化）するトランスログ可変費用関数モデルを採用
- ▶ データから可変費用関数のパラメータを推定し、それを利用して資本を含む費用最小化条件から長期の平均費用曲線を導出

電力業の規模の経済性 短期と長期の識別

短期と長期の識別

短期： 資本一定、他のインプット（可変要素）について費用最小化
長期： 資本を含むすべてのインプットについて費用最小化



「どさんこ北国の経済教室」より

<https://kitaguni-economics.com/long-cost-curve/>

電力業の規模の経済性

中部電力
長期平均費用曲線は水平

九州電力
長期平均費用曲線は
右上がり

9電力会社のうち8社で
規模の経済性は認められない

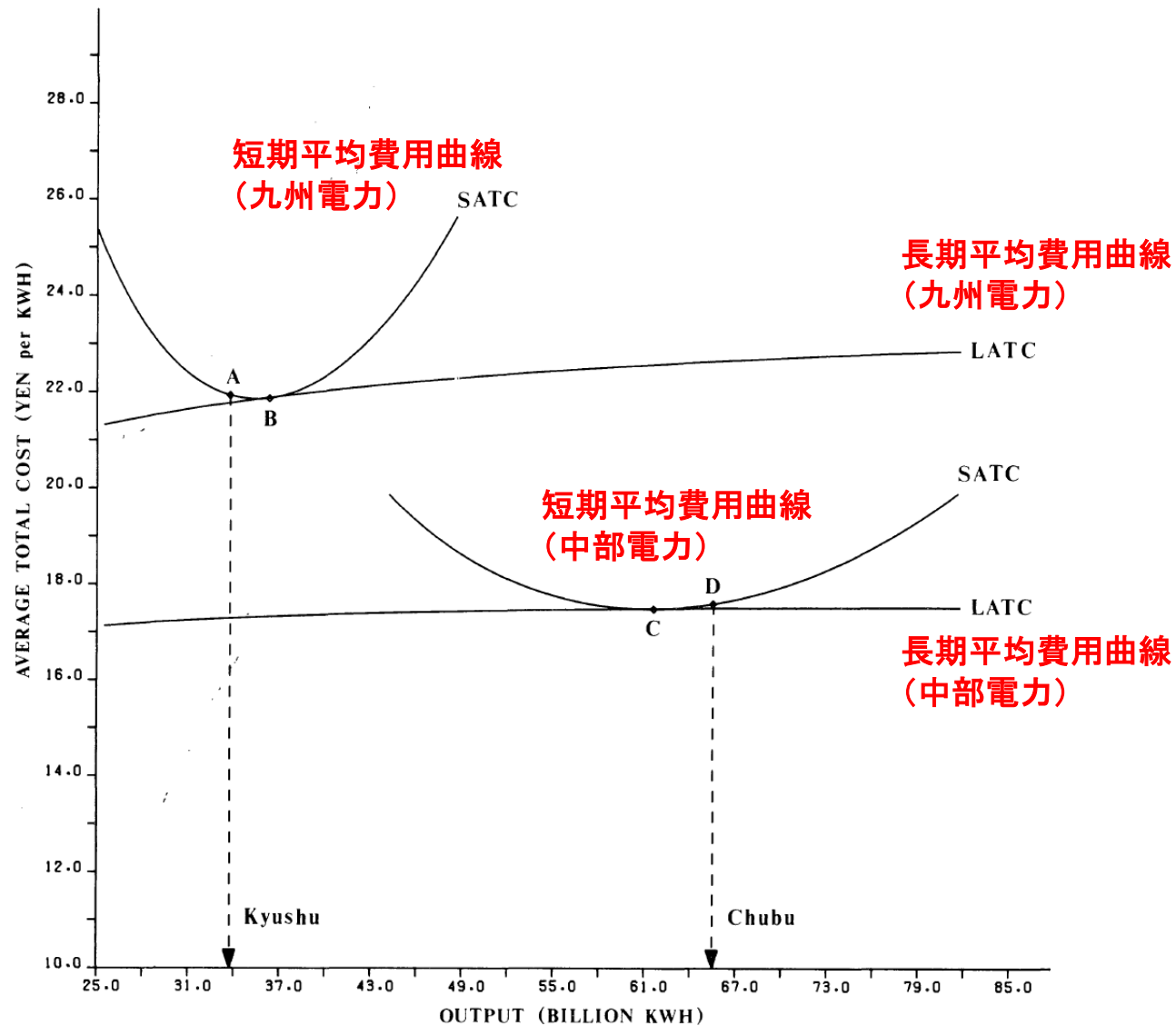


FIGURE 1

電力業の規模の経済性

資本の過剰性

規制下の独占

公正報酬率規制
資本収益率を規制する

➡ 過剰な資本を保有する
(アバーチ-ジョンソン効果)

A点はB点より左: 九州電力は資本が過剰

D点はC点より右: 中部電力は資本が過少

定量的には
8電力会社で11%から27%過剰
(1社は最適水準)

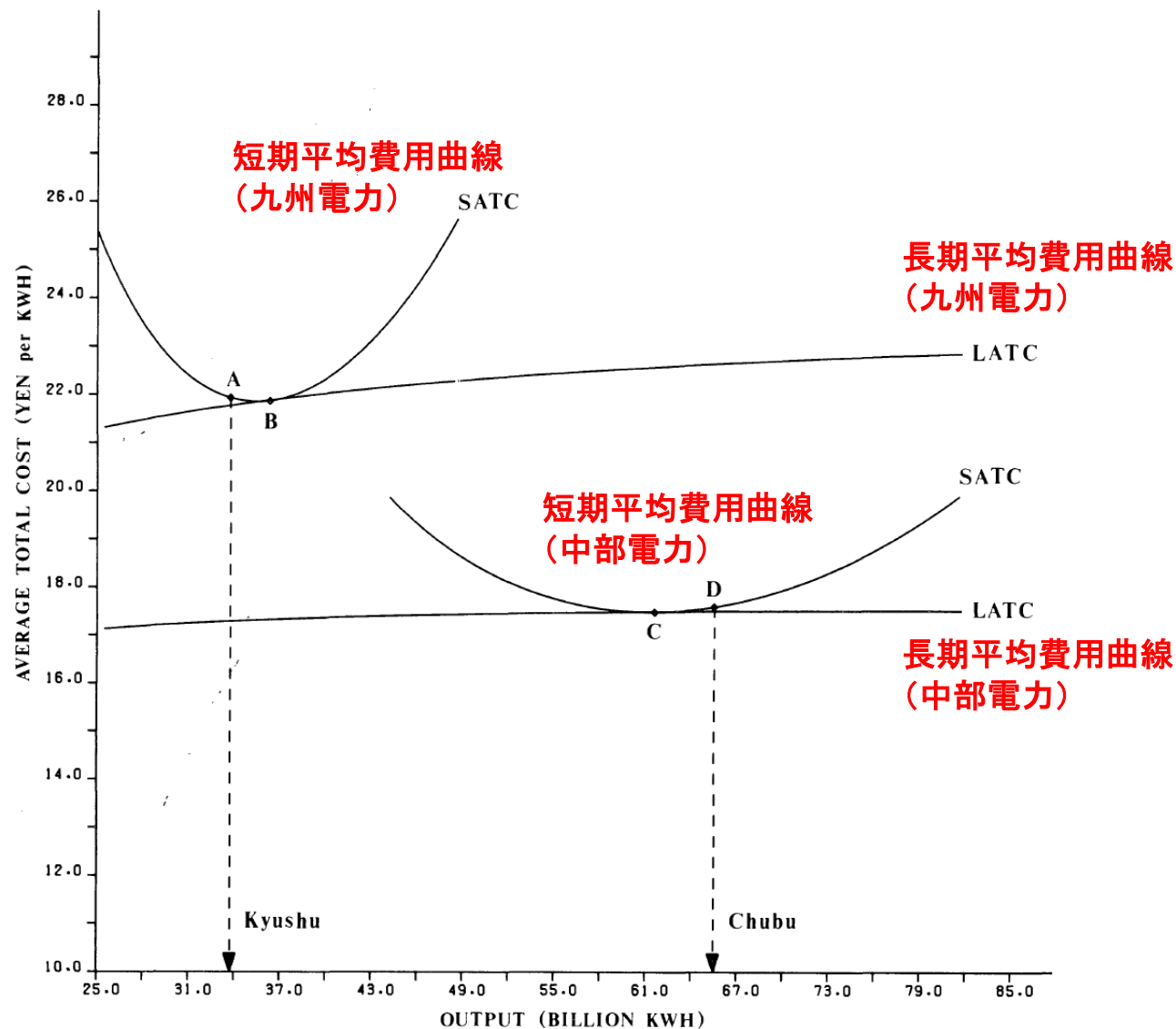
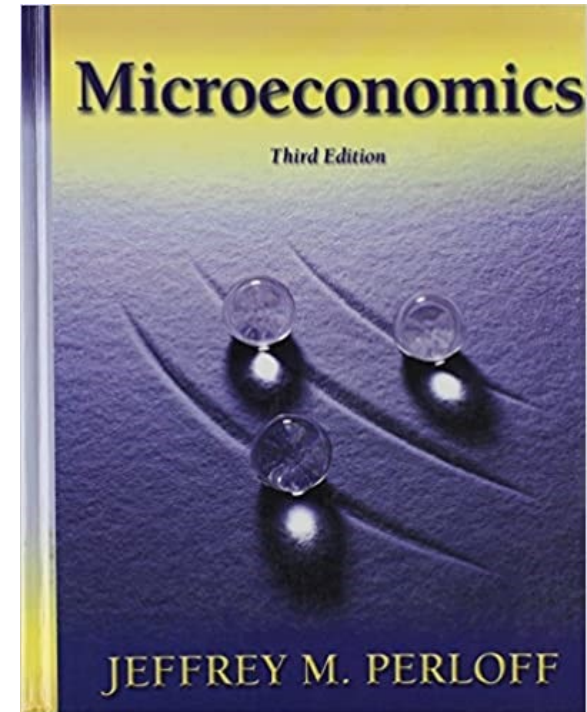
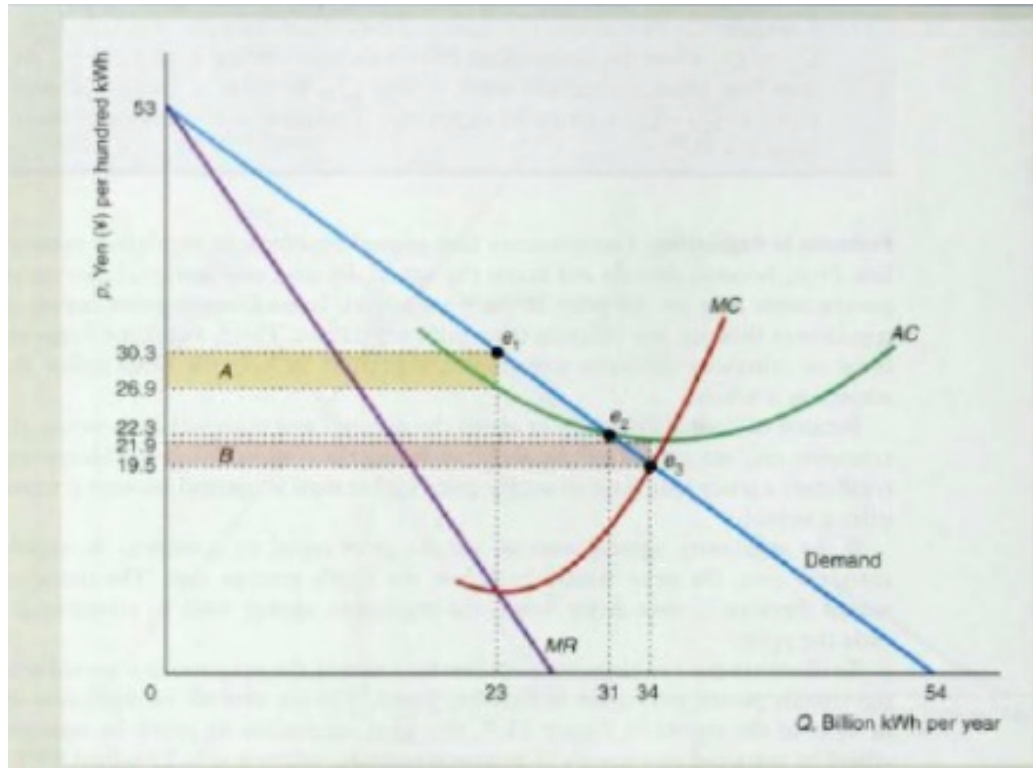


FIGURE 1

Perloff, (2004) Microeconomics, 3rd ed. に引用される。



電力業の垂直統合の経済性

- ▶ 発電に規模の経済性はない → 発電を自由化
- ▶ 自由化のための発電を送配電から分離

分離により生じるコストは？
(全体最適から部分最適に移行するコスト)

垂直統合の指標 =

(垂直統合時の可変費用) - (垂直分離時の可変費用)

垂直統合時の可変費用

垂直統合：発送電一体

垂直分離：発電と送配電を分離

表 4 垂直統合の経済性指標 (%)

事業者	A	B	C	D	E
最大値	-11.06	-5.36	-1.44	-2.93	-12.49
最小値	-16.49	-6.88	-11.58	-7.37	-17.01
平均値	-12.98	-6.00	-5.07	-4.53	-13.87
事業者	F	G	H	I	全社
最大値	-3.16	-7.39	-11.97	-6.26	-1.44
最小値	-9.10	-9.30	-20.32	-7.87	-20.32
平均値	-5.33	-8.17	-15.09	-6.92	-8.66

$TCEOVI_{UD}$

$$= \frac{\left[\begin{aligned} &VC(y_U, y_D, (k_U + k_D)) + G(k_U, k_D) \\ &- VC(y_U, 0, k_U) - G(k_U, 0) \\ &- VC(0, y_D, k_D) - G(0, k_D) \end{aligned} \right]}{\left[VC(y_U, y_D, (k_U + k_D)) + G(k_U, k_D) \right]} \quad (13)$$

電力業の垂直統合の経済性

▶ 発電に規模の経済性はない → 発電を自由化

▶ 自由化のための発電を送配電から分離

分離により生じるコストは？
(全体最適から部分最適に移行するコスト)

垂直統合の指標 =

(垂直統合時の可変費用) - (垂直分離時の可変費用)

垂直統合時の可変費用

垂直統合：発送電一体

垂直分離：発電と送配電を分離

9電力の平均値で垂直統合は8.66%のコスト減

表 4 垂直統合の経済性指標 (%)

事業者	A	B	C	D	E
最大値	-11.06	-5.36	-1.44	-2.93	-12.49
最小値	-16.49	-6.88	-11.58	-7.37	-17.01
平均値	-12.98	-6.00	-5.07	-4.53	-13.87
事業者	F	G	H	I	全社
最大値	-3.16	-7.39	-11.97	-6.26	-1.44
最小値	-9.10	-9.30	-20.32	-7.87	-20.32
平均値	-5.33	-8.17	-15.09	-6.92	-8.66

$TCEOV_{I_{UD}}$

$$= \frac{\begin{bmatrix} VC(y_U, y_D, (k_U + k_D)) + G(k_U, k_D) \\ -VC(y_U, 0, k_U) - G(k_U, 0) \\ -VC(0, y_D, k_D) - G(0, k_D) \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} VC(y_U, y_D, (k_U + k_D)) + G(k_U, k_D) \end{bmatrix}} \quad (13)$$

後に電気通信事業でも同じ分析

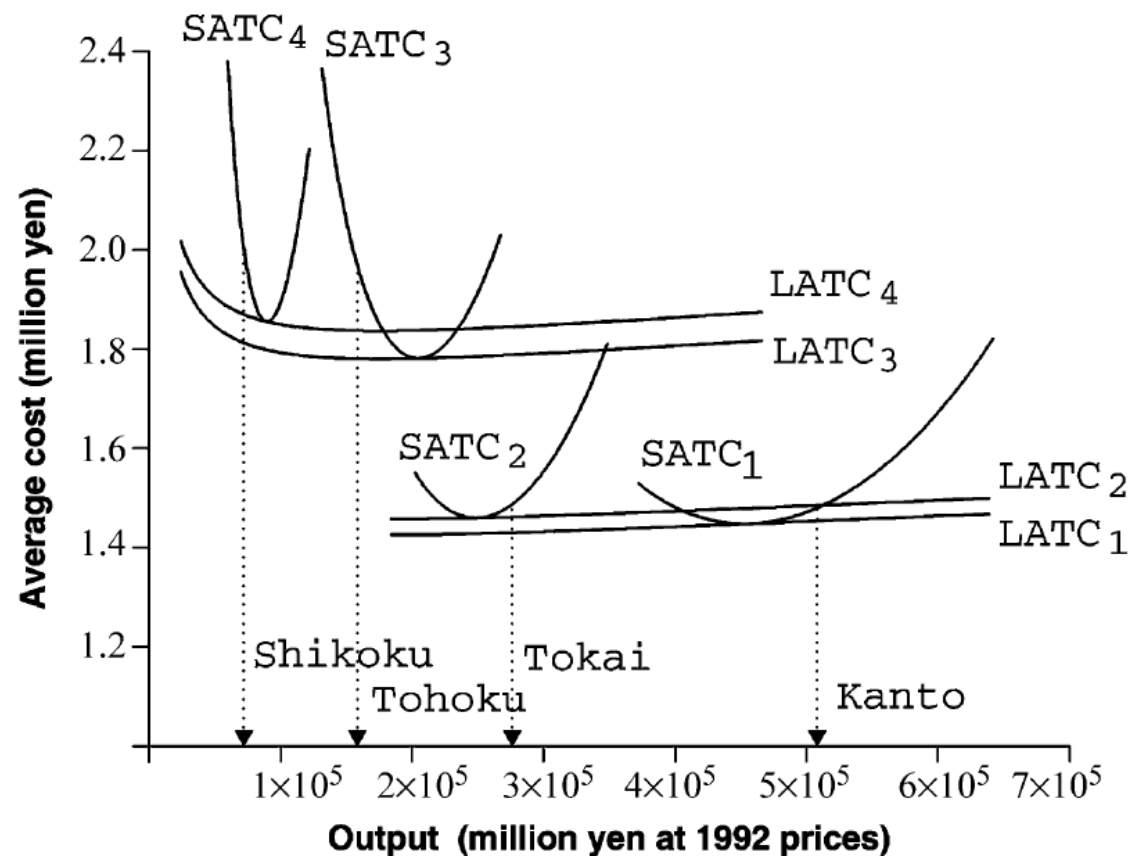
電気通信業の規模の経済性

郵政省郵政研究所で
共同研究する機会を得る

分割以前のNTTの地域通信事業

Nemoto and Asai (2002), *Jpn. World Econ.*, 305-320.

NTT地域通信事業部の 長短期平均費用曲線



1985-1995年 助手, 講師

生産関連社会資本の最適性

- ▶ バブル崩壊（1990/91年）以降、大型公共投資で景気回復を図る政策に対し、生産関連資本（道路、港湾、空港、鉄道、電気通信、郵便、農林水産、産業用水道）は既に過剰ではないかという疑問。
- ▶ 社会資本の最適性を検証する研究はこの時期盛んになったが、それらが採用した社会資本の最適条件は民間資本の最適条件（費用最小化を通じて達成される）に同じ（first best基準）とするものであった。
- ▶ しかし社会資本の調達市場取引ではなく税を財源として行われるとすると、民間資本では生じない資源配分上の歪みが発生する。このことを考慮すると、別の基準（second best基準）が必要。

1985-1995年 助手, 講師

生産関連社会資本の最適性

社会資本の最適性の second best 基準

Burgess の社会的割引率 (Burgess (1988) *Q. J. of Econ.* 102, 527-541).

$$\frac{\partial f}{\partial G} - \mu_G = \frac{r\theta_1 + \left(\frac{\partial f}{\partial K} - \mu_K\right)\theta_2}{\theta_1 + \theta_2}$$

生産関数 $y = f(K, L, G)$

K : 民間資本, L : 労働, G : 社会資本

$$\theta_1 = \left(1 - \frac{\partial^2 f / \partial K \partial G}{\partial^2 f / \partial K^2}\right) \left(\frac{\partial C_1}{\partial r}\right) \Big|_{U=const.}$$

$$\theta_2 = \frac{1}{(1-r)\partial^2 f / \partial K^2} + \frac{\partial^2 f / \partial K \partial G}{\partial^2 f / \partial K^2} \left(\frac{\partial C_1}{\partial r}\right) \Big|_{U=const.}$$

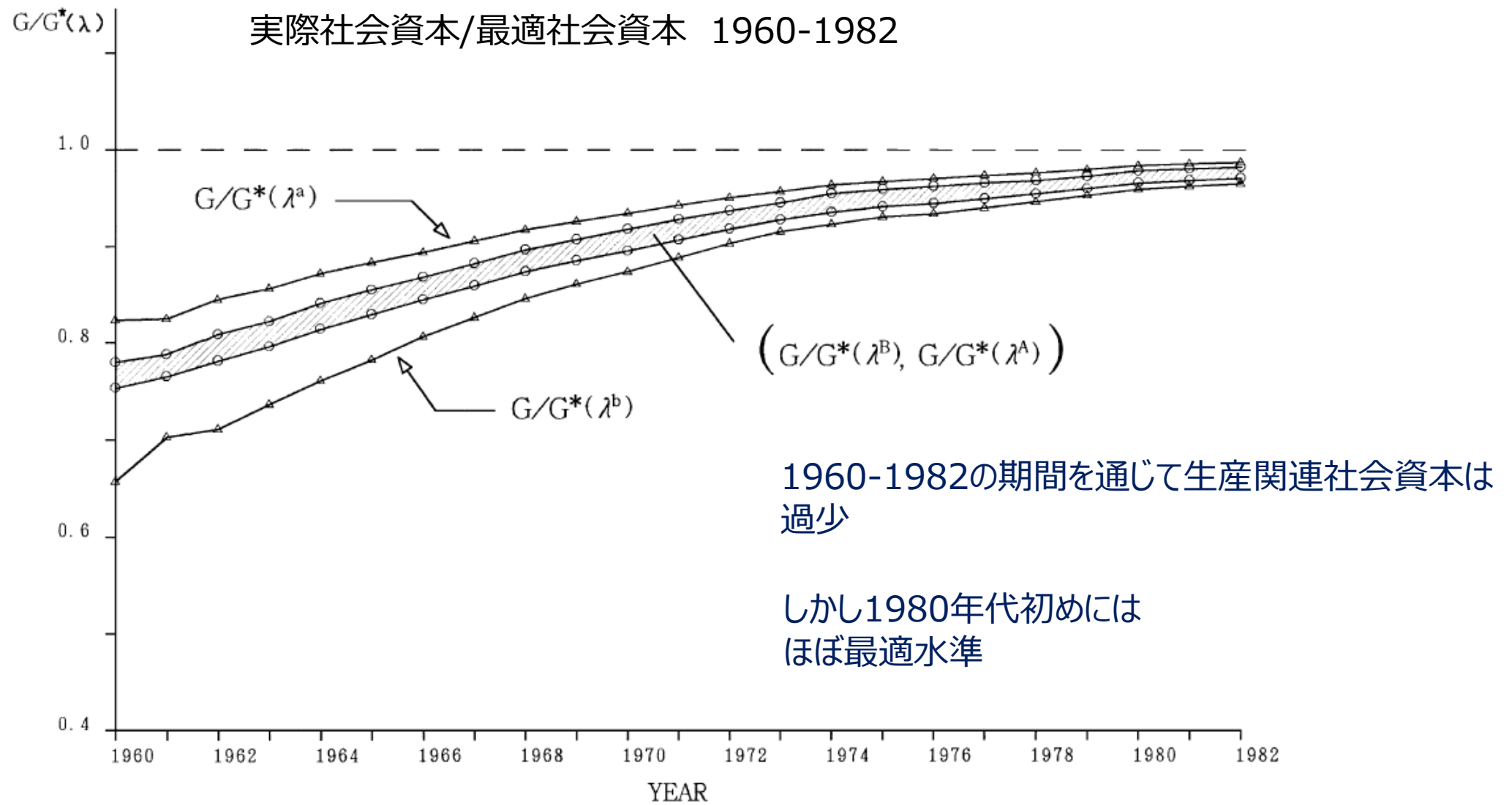


Fig. 1. The ratios of actual to optimal public capital

1996年- 助教授以後

二つの方向性

▶ 動学分析 (dynamic analysis)

短期（資本一定）と長期（資本の水準も最適化）は識別したが、短期から長期に至る経路が不明。ここを知りたい。

設備投資の調整費用理論、ペンローズ効果、トービンのq理論

▶ 生産性分析 (productivity analysis) と効率性分析 (efficiency analysis)

規制下の独占

料金規制方式の変化 **総括原価方式** ➡ コスト削減インセンティブのある規制

$$\text{料金} = \text{報酬} + \text{原価}$$

$$\text{報酬} = \text{公正報酬率} \times \text{資本}$$

規制

上限規制方式： 上限 = 前期の上限 - 見込まれる生産性上昇率

ヤードスティック方式： 同業他社との比較で標準コストを算定
料金 = 標準コスト - 効率化削減目標

1996年- 助教授以後

生産性分析と効率性分析

$$\frac{\text{実際生産量}}{\text{インプット投入量}} = \frac{\text{実際生産量}}{\text{最大可能生産量}} \times \frac{\text{最大可能生産量}}{\text{インプット投入量}}$$

生産性 **効率性** **技術水準**

$$\text{生産性変化率} = \text{効率性変化率} + \text{技術進歩率}$$

実際生産量とインプット投入量は観測可能

最大可能生産量をどうやって計測するか

1996年- 助教授以後

生産性分析と効率性分析

最大可能生産量（生産フロンティア）の計測法

▶ 確率フロンティア分析

計量経済学的な生産関数モデルの拡張による、生産フロンティア計測法

▶ データ包絡分析（DEA）

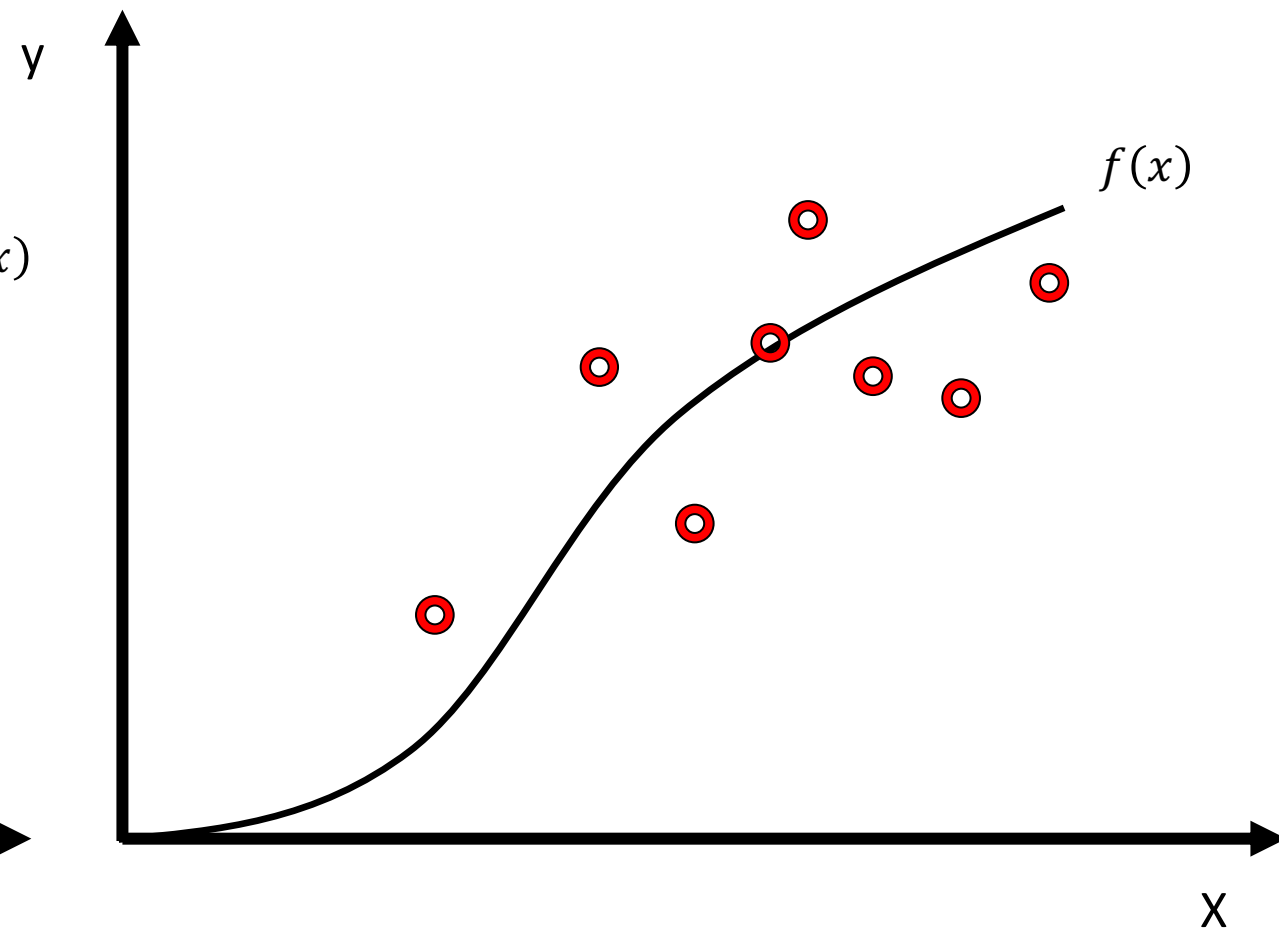
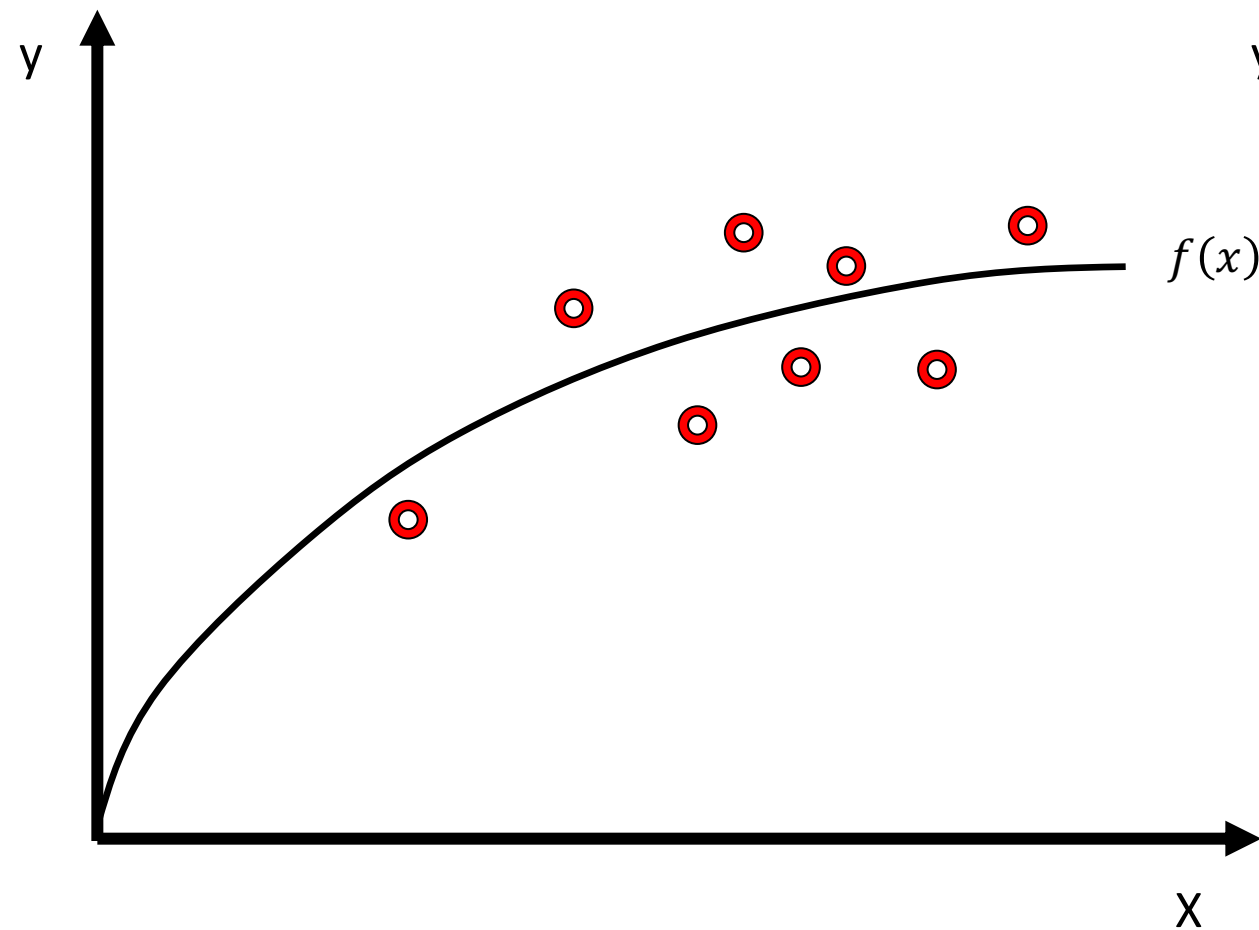
線形計画モデルの応用による、生産フロンティア計測方法

1996年- 助教授以後

通常の生産関数の推定

x : インプット y : アウトプット

$$y = f(x) + u, \quad E(u) = 0$$



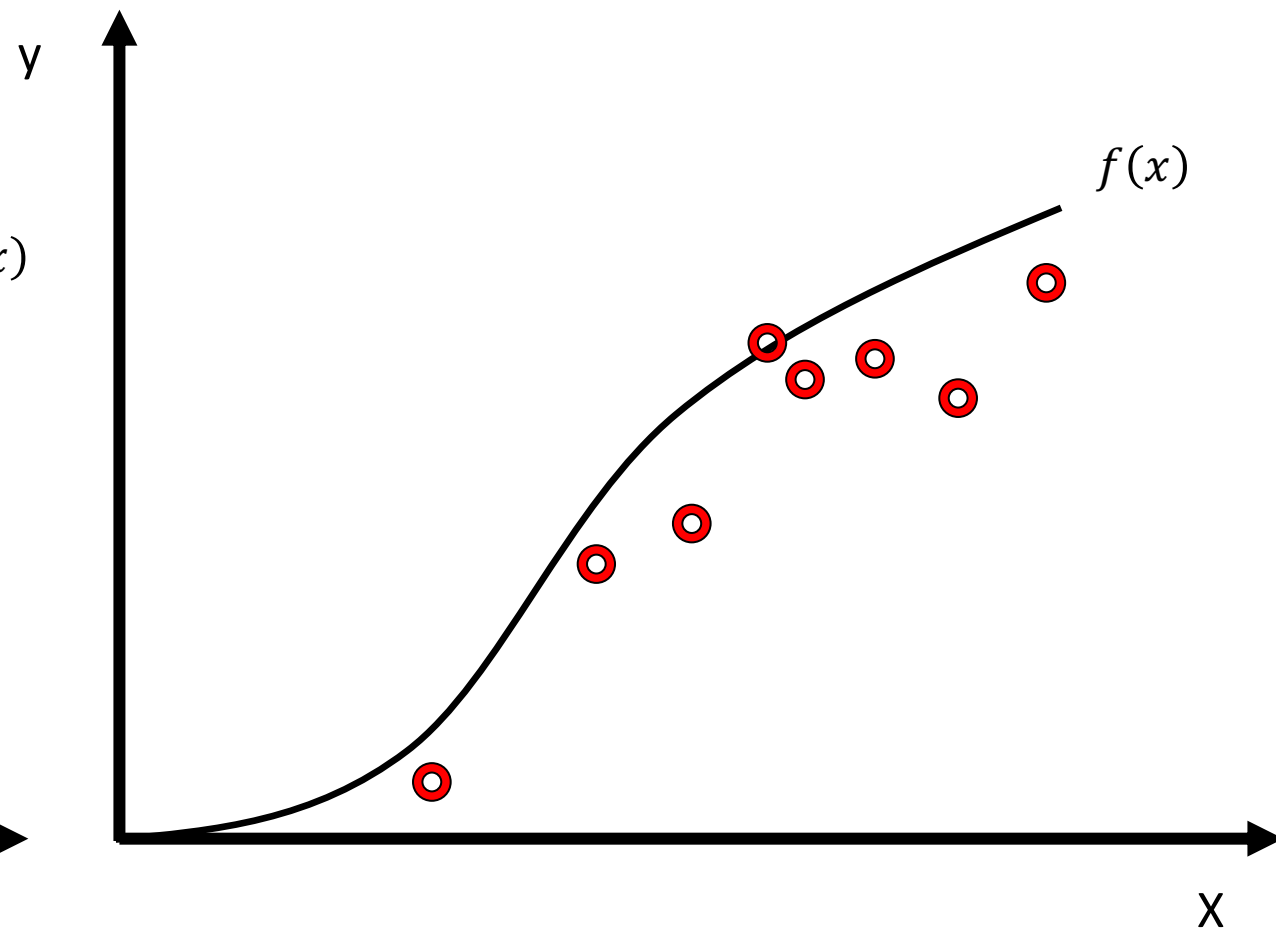
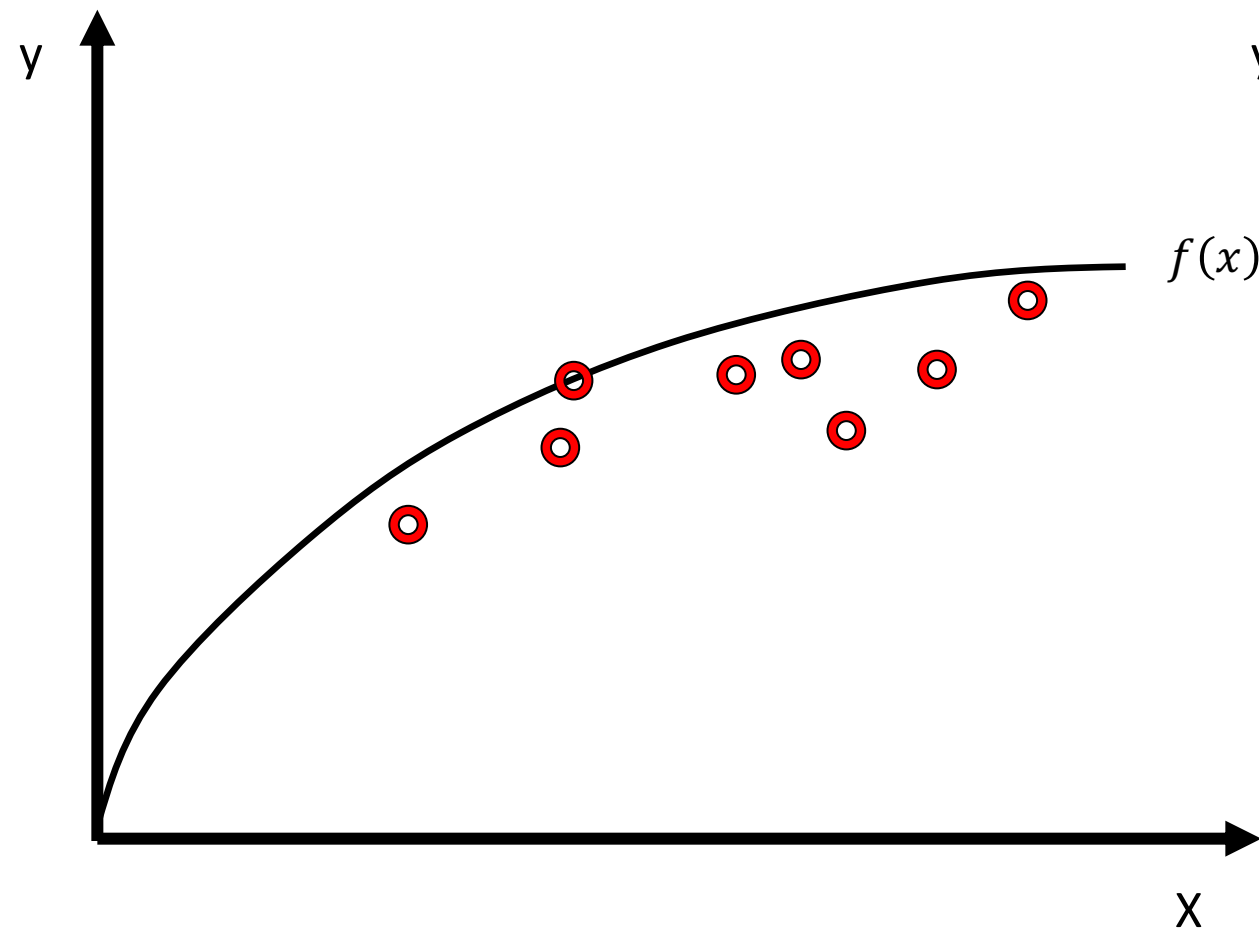
1996年- 助教授以後

確率フロンティア分析 (SFA)

x : インプット y : アウトプット

$$y = f(x) + u - v, \quad E(u) = 0, \quad v > 0$$

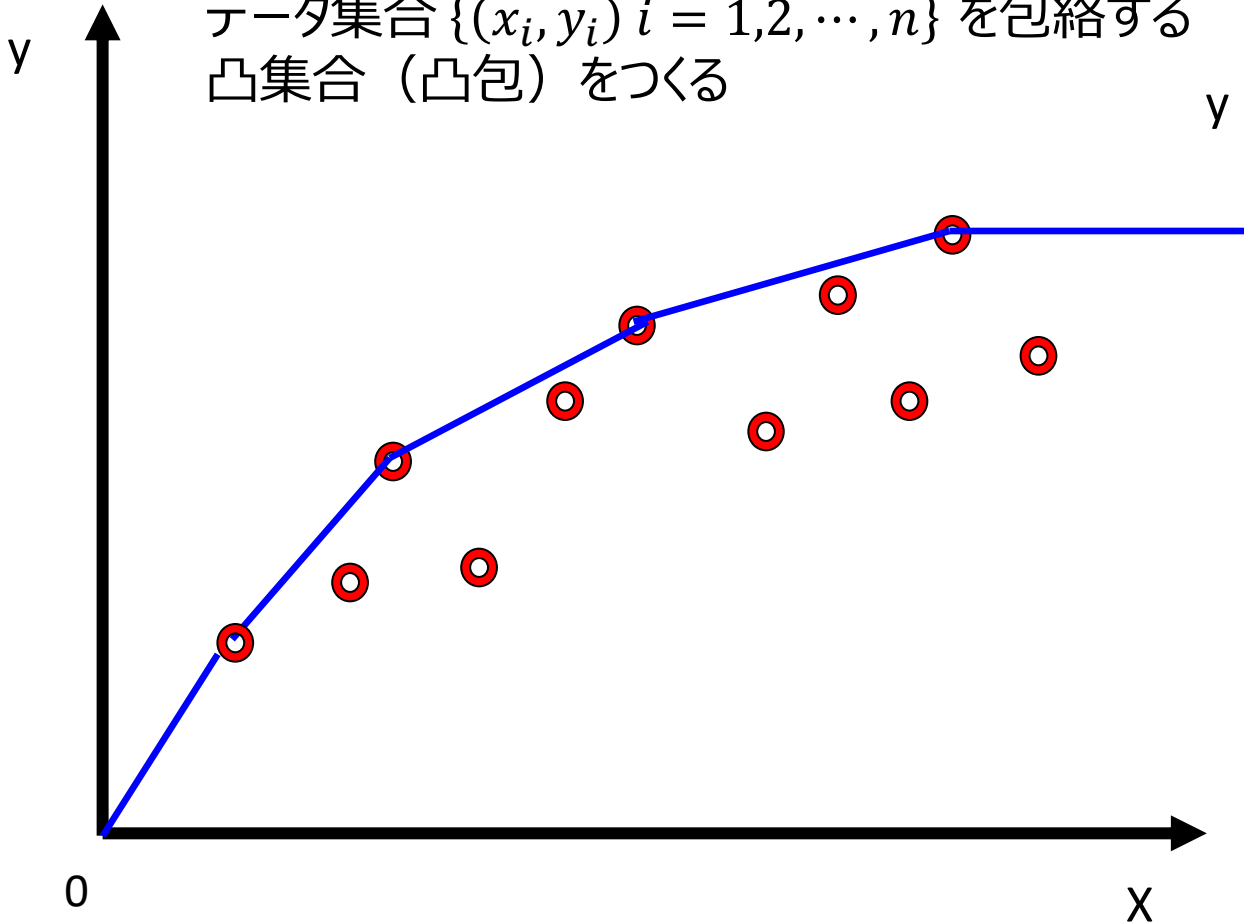
非効率



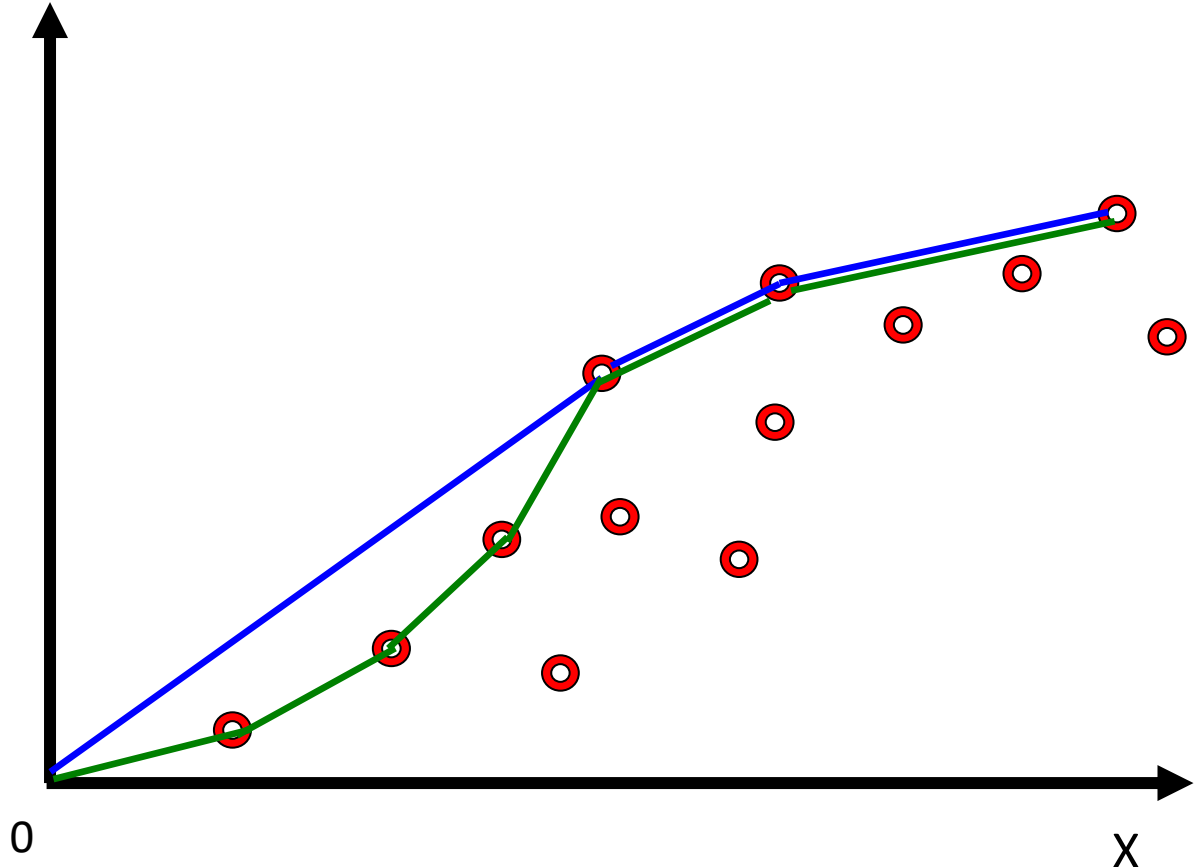
1996年- 助教授以後

データ包絡分析 (DEA)

データ集合 $\{(x_i, y_i) \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ を包絡する
凸集合 (凸包) をつくる



S字の形状にしたいときは、任意の y について
集合 $\{(x_i, y_i) \mid y_i \geq y\}$ を包絡する
凸集合 (凸包) をつくる



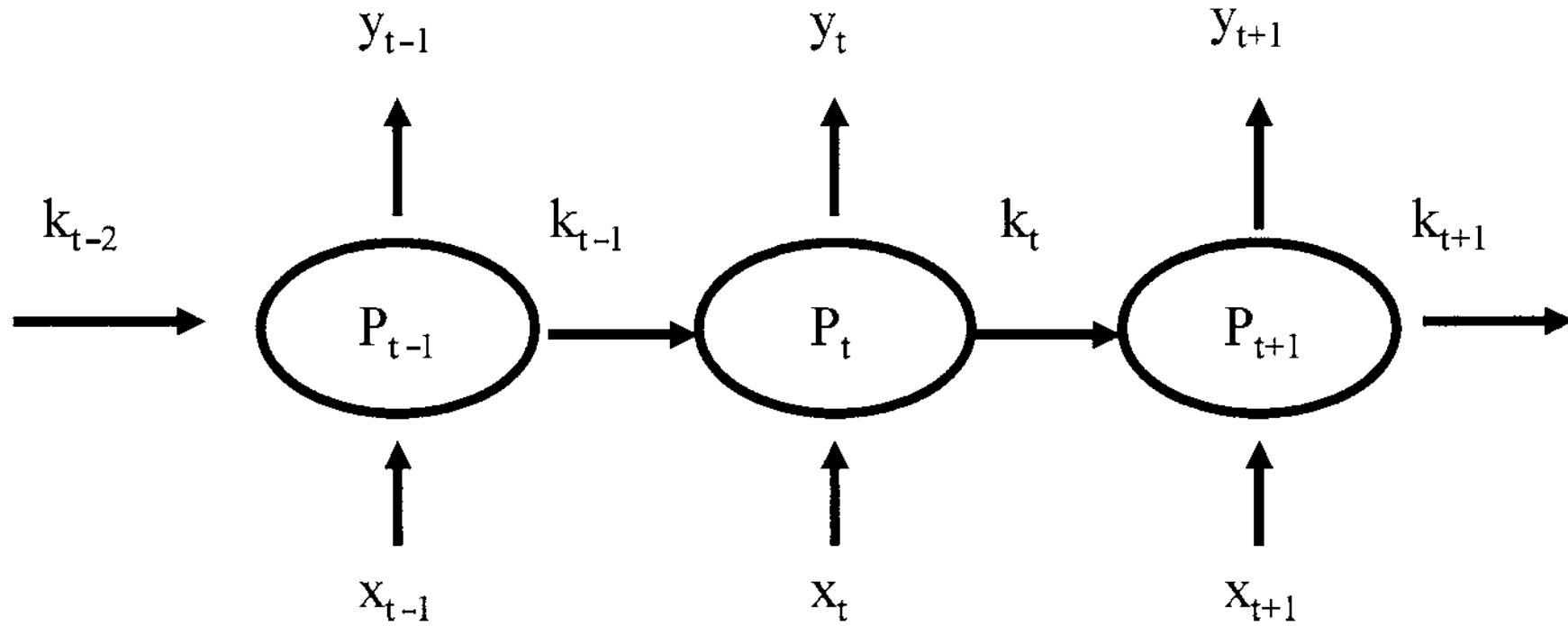
1996年- 助教授以後

動学的データ包絡分析 (dynamic DEA)

- ▶ 動学的なDEAによる効率性分析は、多くの研究者が試みていたが成功しているようには見えなかった。
- ▶ 資本はインプットの1種だが、その短期から長期最適への調整経路をどうやってインプットとアウトプットの関係に入れるか。
- ▶ 期首資本ストックはその期の生産のインプット、期末資本ストックをアウトプットをその期のアウトプットとする。

動学的データ包絡分析 (dynamic DEA)

データ包絡分析の動学化



y_t : t 期のアウトプット

x_t : t 期のインプット

k_t : t 期末のインプット

k_t は t 期のアウトプットで、同時に $t+1$ 期のインプット

1996年- 助教授以後

動学的データ包絡分析 (dynamic DEA)

North American Productivity Workshop 2000
で発表の機会

Färe 先生 「論文は見た。発表に来い。」

Diewert 先生 には質問してもらいました。



Prof. Rolf Färe

Liberalarts.Oregon.edu

<https://liberalarts.oregonstate.edu/users/rolf-fare> 2023/04/10



Prof. Erwin Diewert

Univ. of British Columbia

<https://scholar.google.com/citations?user=zfxMofIAAAAJ&hl=ja>
2023/04/10

動学的データ包絡分析 (dynamic DEA)

効率性の動学的分析が可能

Hamilton-Jacobi-Bellman 方程式

$$\gamma^t w_t' x_t^* + \gamma^t v_t' k_{t-1}^* - \theta_t^{*'} k_t^* + \theta_{t-1}^{*'} k_{t-1}^* - \mu_t^{*'} y_t = \epsilon_t^*,$$

Tobinの q

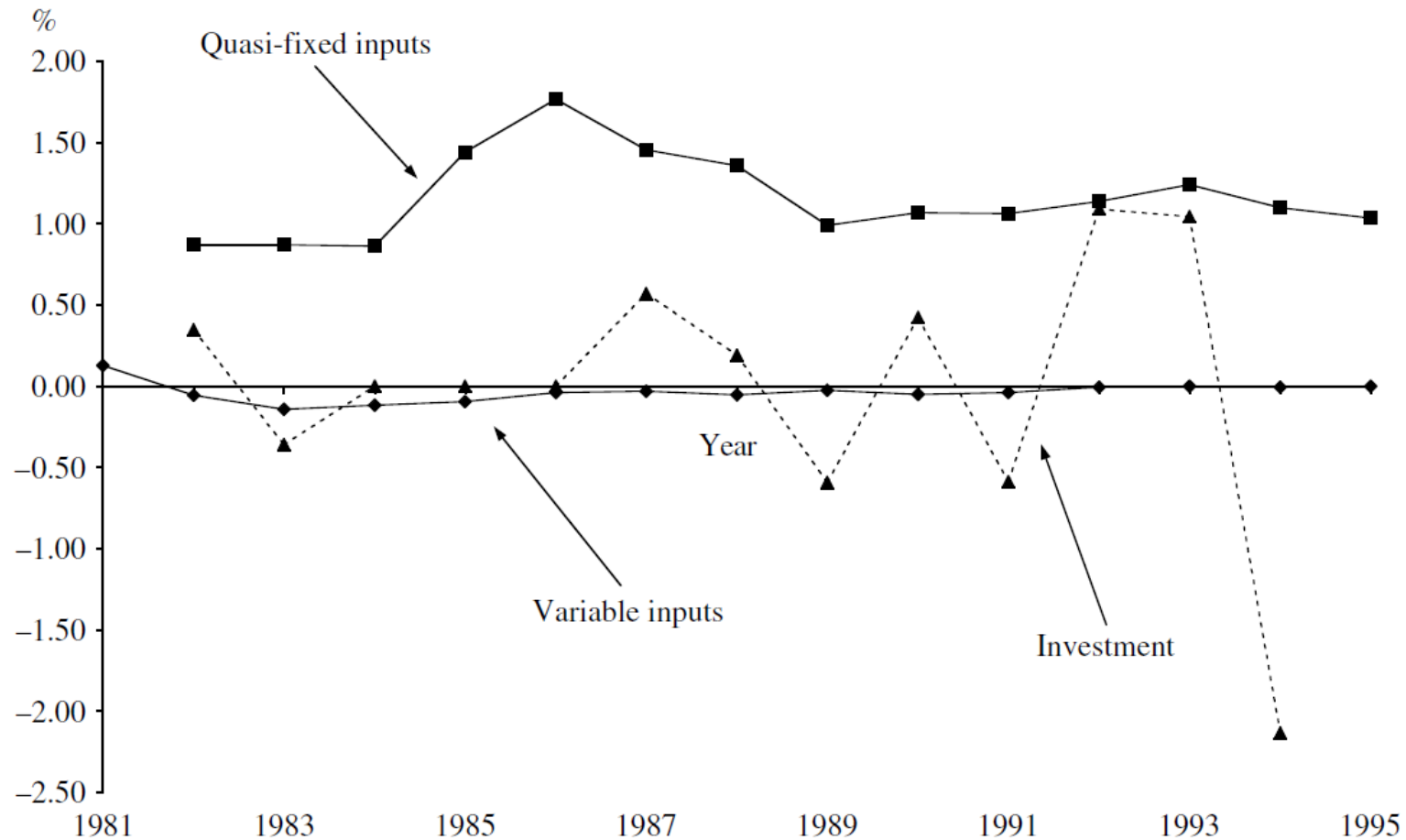
$$\begin{aligned} V(\bar{k}_0) &= \sum_{t=1}^T \gamma^t p_t' y_t - J_0(\bar{k}_0) \\ &= (\beta_1^* - \gamma v_1)' \bar{k}_0 + \sum_{t=1}^T (\gamma^t p_t - \mu_t^*)' y_t - \sum_{t=1}^T \epsilon_t^* \end{aligned}$$

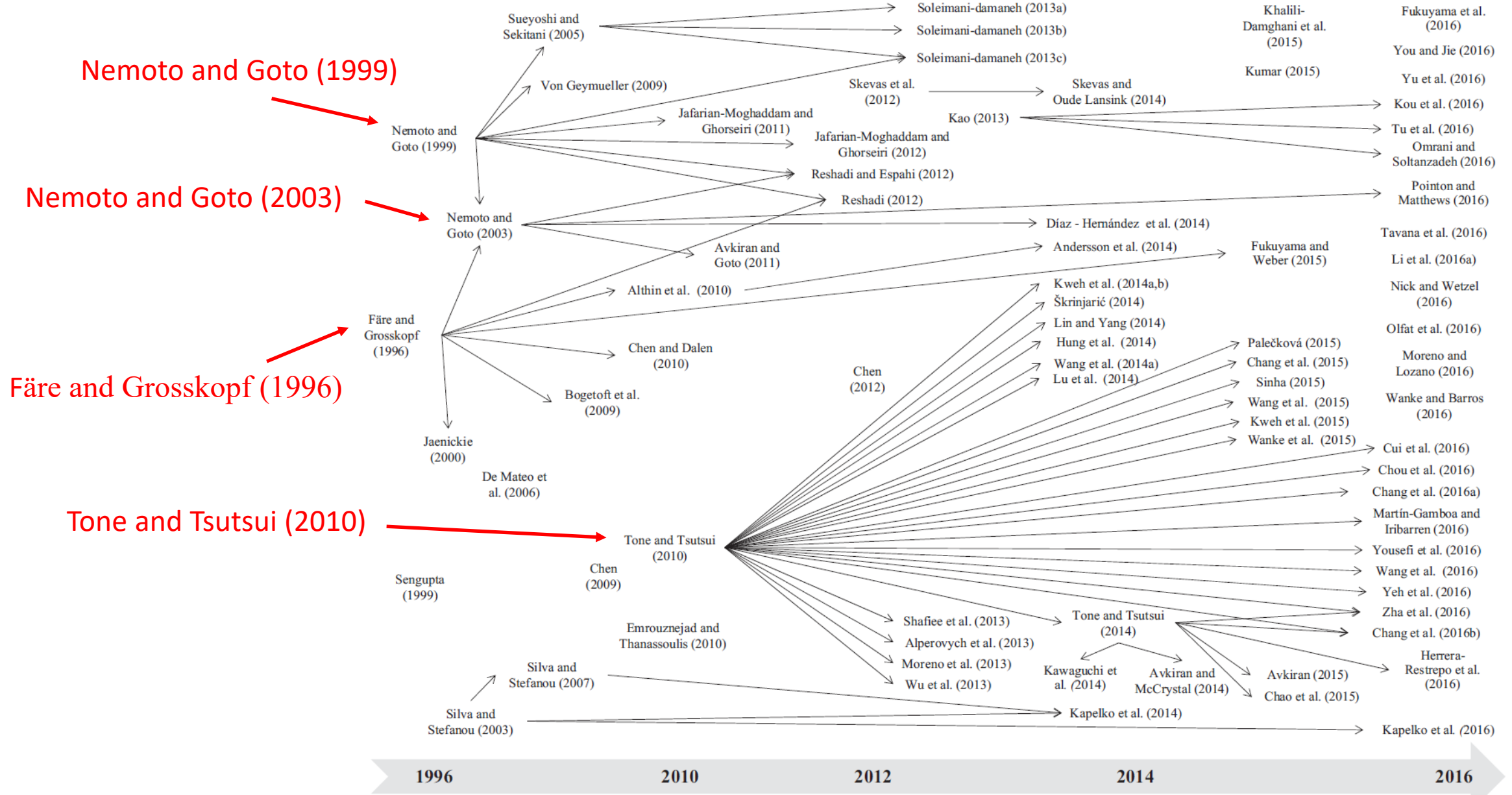
関西電力 1981-1995の 動学的効率性

資本は過剰 (アバーチ・ジョンソン効果を検出)

労働、燃料の投入はほぼ効率的

投資は1980年代前半はほぼ効率的、80年代後半に入って過剰、過小の間を振動





1996年- 助教授以後

確率フロンティア分析

一般廃棄物処理事業の効率性分析

最尤法とMCMCの比較

生産フロンティア関数：

$$\ln z = X\beta - u + v \quad \begin{aligned} u_k &\sim |N(0, \sigma_u^2)| \\ v_k &\sim N(0, \sigma_v^2) \end{aligned}$$

対数尤度関数：

$$\ln l(\ln z | X, \beta, \sigma_v^2, \sigma_u^2) = -n \ln \sigma - \sum_{i=1}^n \ln \Phi\left(-\frac{\varepsilon_i \theta}{\sigma}\right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$$

階層型事前分布：

$$u_k \sim \text{Gamma}(\varphi_0, \lambda)$$

$$p(u, \lambda) = \prod_{k=1}^n f_G(u_k | \varphi_0, \lambda) f_G(\lambda | \varphi_0, \lambda_0)$$

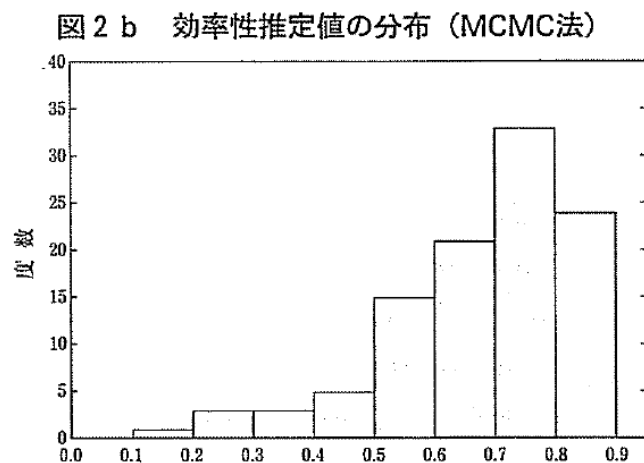
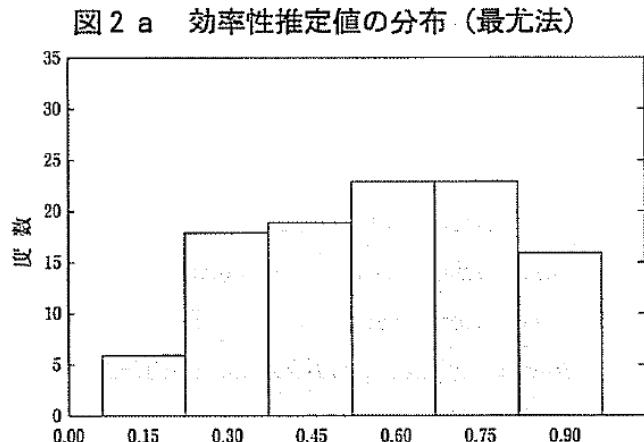


図 3 a 効率性の事後分布 1 $u_k = 0.879$

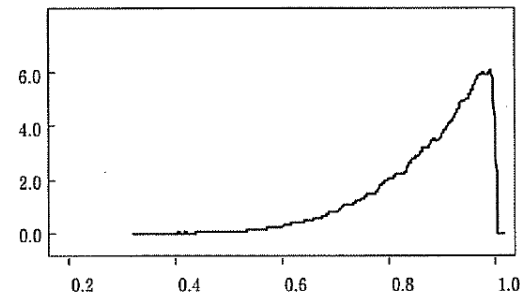


図 3 b 効率性の事後分布 2 $u_k = 0.714$

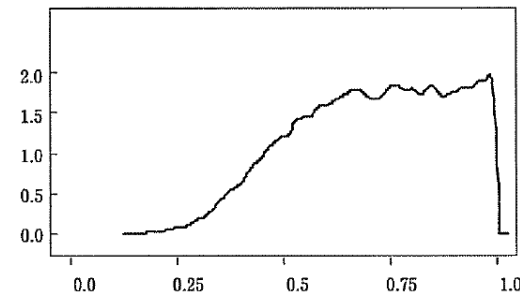
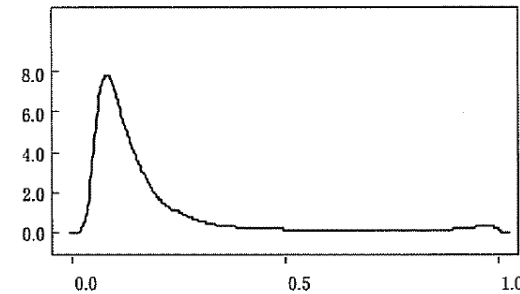


図 3 c 効率性の事後分布 3 $u_k = 0.176$



確率フロンティア分析

火力発電の環境生産性分析

望ましくないアウトプット：SO₂

トランスログ型距離関数モデル

$$\ln D_H(x_{it}, y_{it}, b_{it}, t) = \theta_i + u_{it} + v_{it},$$

$$u_{it} \sim \left| N(\mu_t, \sigma_u^2) \right|, \quad \mu_t = \exp(-\eta(t - T))$$

$$v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$$

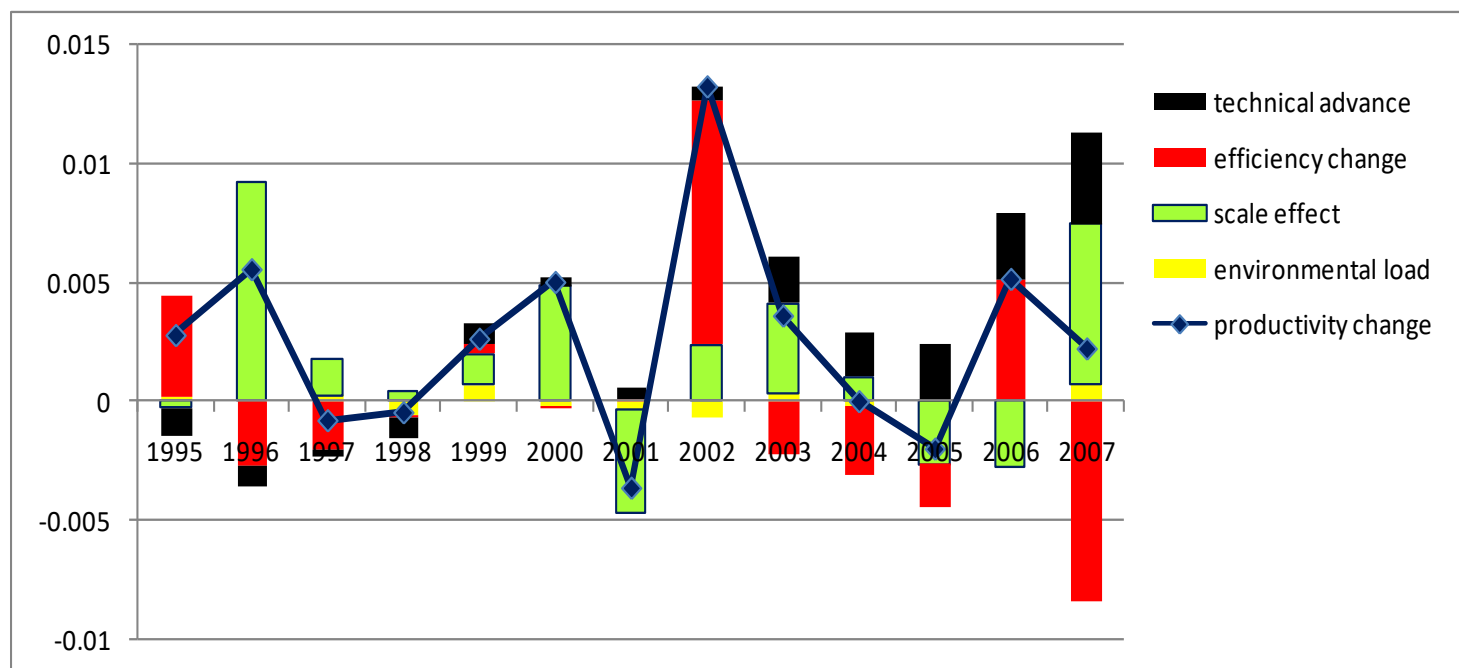
x_{it} : インプット y_{it} : アウトプット (発電電力量)

b_{it} : 望ましくないアウトプット (SO₂)

北海道電力の生産性分析 1995-2007

折線：生産性

黒：技術進歩 赤：効率性 緑：規模の経済性 黄：SO₂



1996年- 助教授以後

生産性指数の要因分解

Hicks-Moorsteen-Bjurek生産性指数の要因分解

- ▶ トロント大学のNAPW 2004
新しい生産性指数とその要因分解分析法を提案するつもりで論文を準備。
- ▶ 論文執筆中、研究室の書架から論文のコピーが偶然落ちてくる。
Färe, Grosskopf and Roos (1996)「生産性指数の二つの定義について」
二つの生産性指数とは Hicks-Moorsteen指数とMalmquist指数
新しい指数と思っていたのは Hicks-Moorsteen指数だった。
- ▶ NAPW2004での発表スライドの1枚目は「**Hicks-Moorsteen指数の要因分解法を提案する**」
- ▶ ところが直前の発表者の最後のスライドは「**Moorsteen-Bjurek指数は要因分解できない**」

Hicks-Moorsteen指数 と Moorsteen-Bjurek指数は同一



Prof. Bert Balk
Univ. of Erasmus

<https://www.rsm.nl/people/bert-balk/>
2023/04/10

生産性指数の要因分解

Hicks-Moorsteen-Bjurek指数の要因分解式

$$\begin{aligned}
\ln HMB = & \ln \left\{ \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right\}^{1/2} && \text{(技術進歩要因)} \\
& + \ln \left\{ \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right\} && \text{(効率性要因)} \\
& + \left(\frac{\hat{\varepsilon}_o^t + \hat{\varepsilon}_o^{t+1}}{2} - 1 \right) \ln s^{t+1,t} && \text{(規模の経済性要因)} \\
& + \ln \left\{ \frac{D_o^t(s^{t+1,t} x^t, r^{t+1,t} y^t)}{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^{t+1}/s^{t+1,t}, y^{t+1}/r^{t+1,t})} \right\}^{1/2} && \text{(混合効果)}
\end{aligned}$$

$$s^{t+1,t} = D_o^t(x^{t+1}, y^t) / D_o^t(x^t, y^t), \quad r^{t+1,t} = D_o^t(x^t, y^{t+1}) / D_o^t(x^t, y^t)$$

D_o^t はアウトプット距離関数 D_i^t はインプット距離関数

1996年- 助教授以後

生産性指数の要因分解

日本経済 1981-1999

1996年の景気回復に
技術進歩要因のサポート
なし

1996年の景気回復に
効率性要因のサポート
あり

Nemoto and Goto (2005) *J. Jpn. Int. Econ.* 19, 617-634.

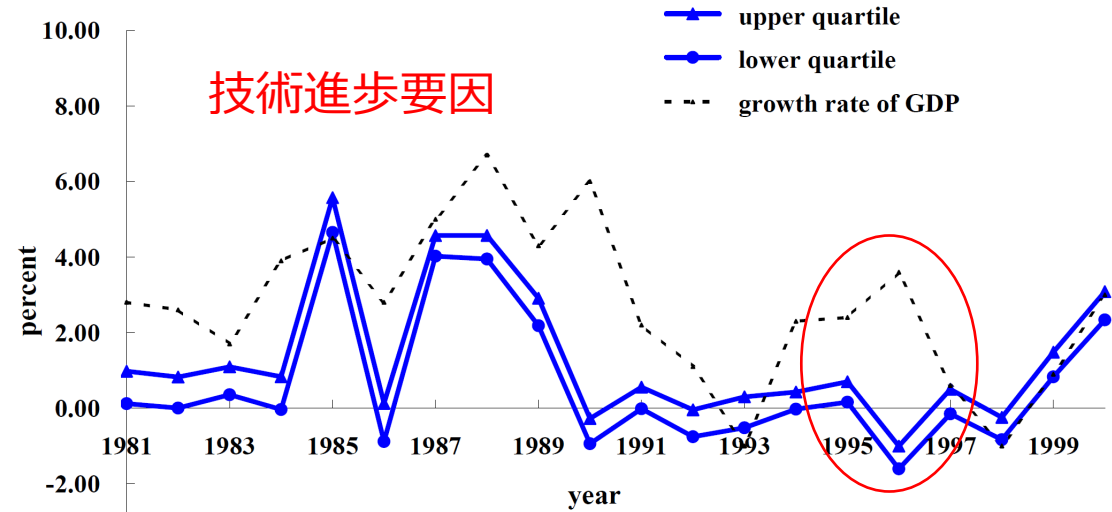


Fig. 2 The effects of technical change on productivity

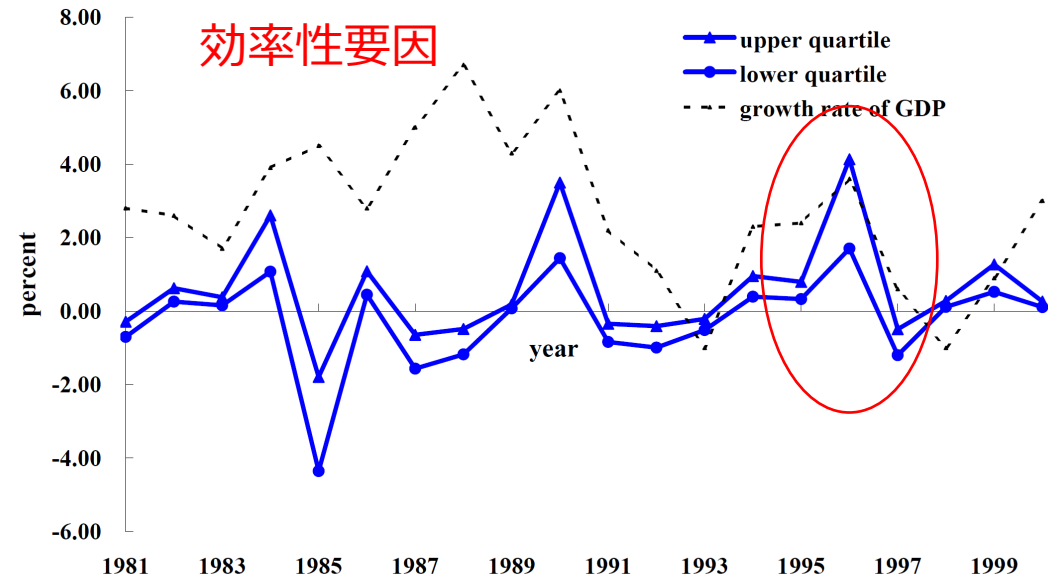


Fig. 4 The effects of efficiency change on productivity

1996年- 助教授以後

生産性指数の要因分解

Hicks-Moorsteen-Bjurek生産性指数 と Malmquist生産性指数の優劣

- ▶ Malmquist指数は推移律を満たす。

$$\text{推移律 : } t+2\text{時点 と } t\text{時点の間の生産性変化率} = (t+2\text{時点 と } t+1\text{時点の間の生産性変化率}) \\ \times (t+1\text{時点 と } t\text{時点の間の生産性変化率})$$

- ▶ 大域的に生産技術が規模の経済性を有する（平均費用が右下がり）場合
Hicks-Moorsteen-Bjurek指数は規模要因の生産性に与える効果を計測できるが
Malmquist指数はできない。
- ▶ Hicks-Moorsteen-Bjurek指数は、より直観的なTörnqvist指数に効率性要因を入れて一般化したものと解釈することが、ある条件の下で可能。
Törnqvist指数は経済学者が知っている通常の全要素生産性（Solow残差）

大学の費用構造分析

アウトプット：学部教育（学生数），大学院教育（学生数），研究（外部資金獲得件数）

インプット：教員数, 事務職員数, 有形固定資産残高（資本）

データ出所：第7回および第8回私立大学白書（1999,2004）

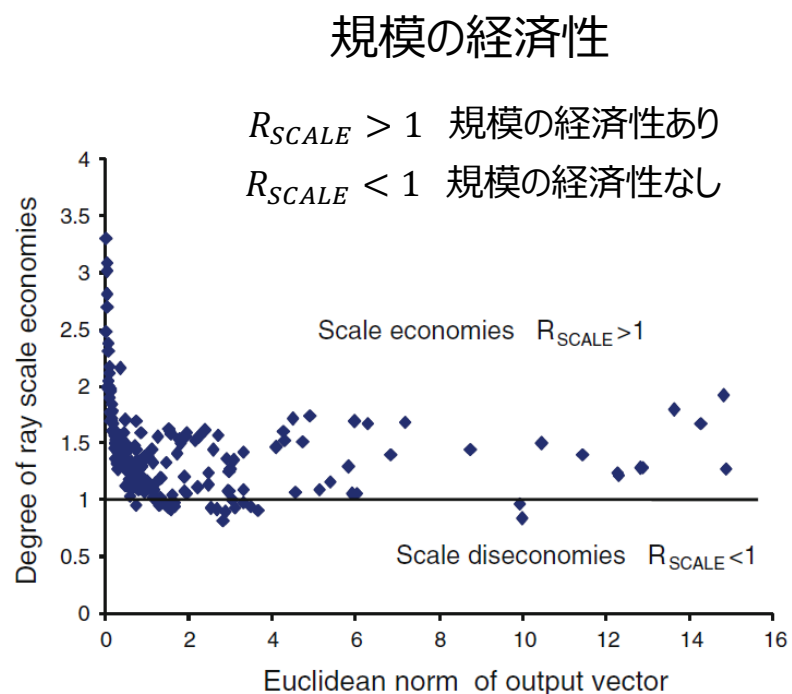


Fig. 6 The ray scale economies plotted against the output size measured from the full sample

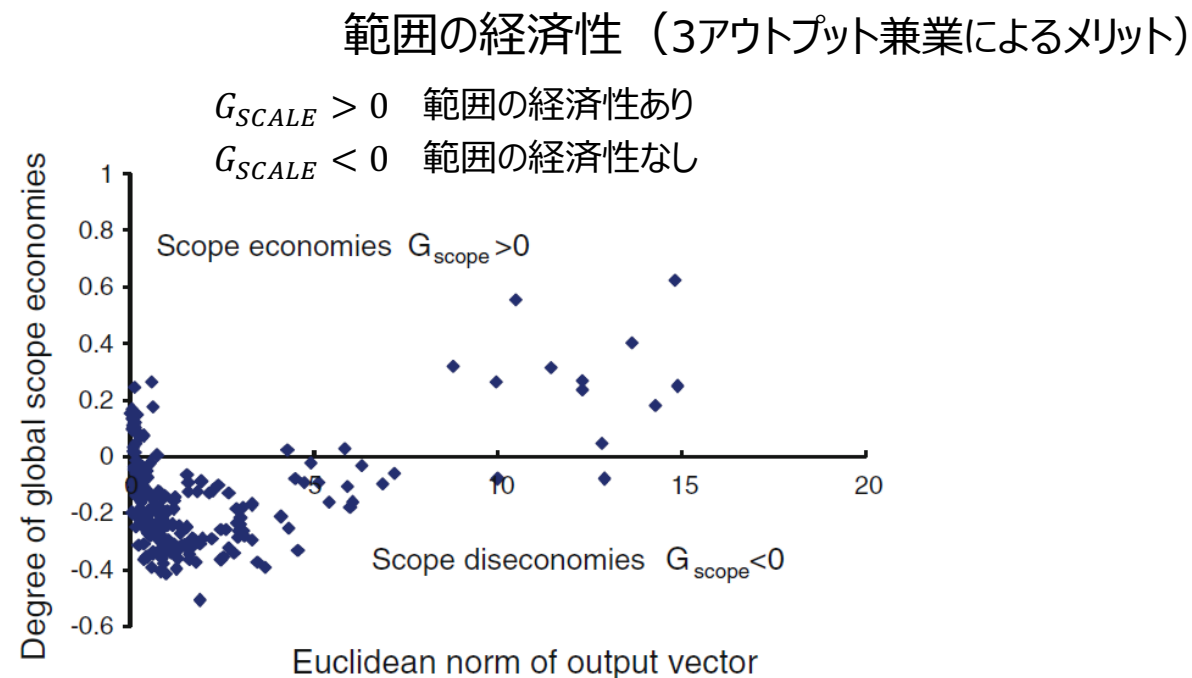


Fig. 8 The degree of global scope economies plotted against the output size measured from the full sample



不來方のお城の草に
寝ころびて
空に吸われし 十五の心



恩師の方々、先輩の方々、後輩の方々

同僚のみなさま、友人のみなさま、
卒業生のみなさま

現役の学生さん

お世話になったすべてのみなさま

ありがとうございます ございました。