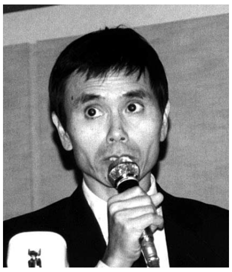
DEA法による公立病院の生産性の分析
－生産性変化の主因と最適生産規模－



今井学園 名古屋社会福祉
・服飾専門学校 講師
山田　宣夫

（スライド１）

国民の医療費高騰は先進国共通の財政上の問題になっておりますが、そのため医療施設における生産性の向上や効率的経営が必要とされています。医療施設のうち病院での医療費は、全医療費の約7割を占めておりまして、今回医療施設のうち病院の生産性の変化につき分析を試みました。

（スライド２）

タイトルのDEAとは、Data Envelopment Analysis。包絡分析法の略で、詳しくは後で述べますけれども、最も生産性の高い事業体を示す生産性フロンティアのもとに、他の生産性の事業体が包み込まれるということから由来した言葉であります。

（スライド３）

公営企業年鑑に収載の愛知県内の公立病院の中から、精神病院とか結核病院等の特殊病院は除外しまして、1971年から20年間連続的に稼働できた24病院を対象にしました。病院名と設立母体と参照時の番号です。

（スライド４）

方法の最初に、n個の事業体（Decision Making Unit）の中で、ある事業体の投入（x）産出（y）の対を（x, y）で表した。その時に生産性（x／y）を相対比較するということです。生産可能集合をPとし、このPに関して次のスライドに移ります。

スライド１

国民医療費（平成七年度）

	推計額（億円）	構成割合
一般医療費	218683	100%
病院	148542	68%
一般診療所	70141	32%

資料出所　厚生省統計情報部「国民医療費」
（日医ニュース　平成9年10月20日 より）

スライド２

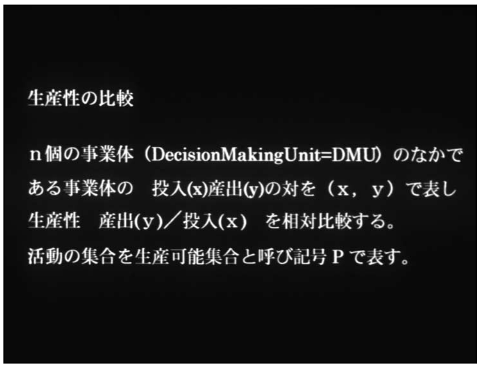
スライド３

表２　　対象病院

設立母体	病院	病院番号
名古屋市	東市民	1
	守山市民	2
	城西	3
	城北	4
	緑市民	5
豊橋市	豊橋市民	6
	市民病院桜ヶ丘分院	7
岡崎市	岡崎	8
一宮市	一宮市民	9
半田市	半田	10
春日井市	春日井市民	11
豊川市	豊川市民	12
津島市	津島市民	13
西尾市	西尾市民	14
蒲郡市	蒲郡市民	15
常滑市	常滑市民	16
尾西市	尾西市民	17
小牧市	小牧市民	18
稲沢市	稲沢市民	19
新城市	新城市民	20
木曽川町	木曽川	21
東栄町	国保東栄	22
公立尾陽病院組合	公立尾陽　※1	23
公立陶生病院組合	公立陶生　※2	24

注 ※1　5自治体（甚目寺町,大治町,美和町,七宝町,新川町）が母体
※2　3自治体（瀬戸市,尾張旭市,長久手町）が母体

スライド４



（スライド５）

こういうような仮定を設けます。１番目は (x, y) は P に属する、２番目は k 倍の (x, y)、即ち(kx, ky)は P に属する、ということで「規模に関する収穫一定」の仮定です。

３番目はxより大きい x バーと y より小さい y バーを満たす、(x バー, y バー）は P に属する。つまり x に対して余剰の投入をもち、また y に対して不足の産出をもつ活動はPに属する。そういう仮定です。

（スライド６）

４つの事業体A, B, C, D で、まず今の考えをお話しますと、１投入１産出ということで、例えばAで見ますと、２人がいて売り上げが２であるとこういうことです。そうするとこの場合は、y／xで労働生産性が１番良いパフォーマンスを示すのはCです。Cを基準としたときの相対的なA、B、Dの生産性をDistance Functionと定義するわけですけれども、それはCを１としたときに、例えばBですと４／３が半分になって２／３になる。そういうような形で計算します。

（スライド７）

今のと同じグループで、Cが１番良いパフォーマンスを示しておりましたけが、結局Cと原点を結ぶ線が生産性フロンティアということになります。その他のA、B、Dがその中に含まれております。

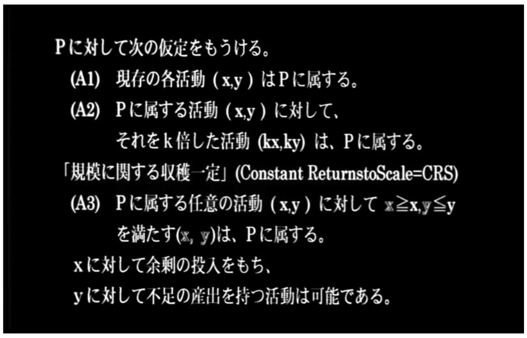
（スライド８）

こういうふうな数になった場合は、BのDistance Functionはb／cで表します。この場合はアウトプットを基準にしてDistance Functionを出しておりますので、アウトプットDistance Functionとも言います。

（スライド９）

今のは１投入１産出の場合ですけれども、これが両方とも複数の場合、上は、産出はy_1からy_Sで、その次のkは、DMUのkと言いますけど、それのウエイトをU_1〜U_Sまでかけてそれを合計します。下は、投入に関してやはり１からm 個の投入がある場合に、それをv_1からv_mのウエイトをかけまして、下に

スライド５

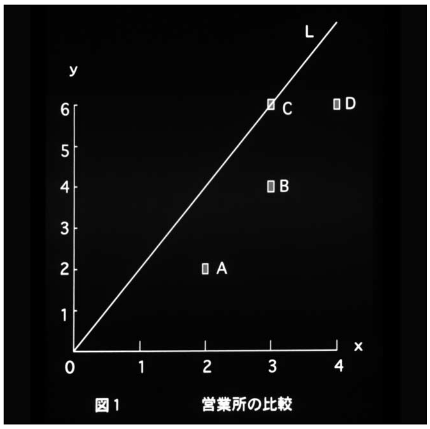


スライド６

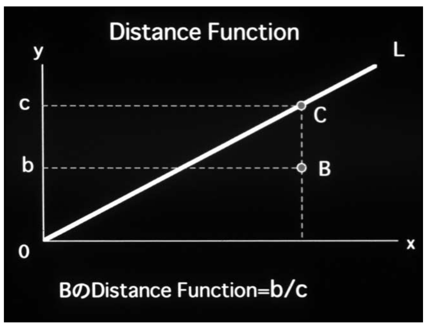
営業所の比較

営業所(DMU)	A	B	C	D
売上(産出Y)	2	4	6	6
人数(投入X)	2	3	3	4
生産性(Y/X)	1	4/3	2	3/2
Distance Function	1/2	2/3	1	3/4

スライド７



スライド８



あるように仮想的投入と仮想的産出の比でもってθを出します。

（スライド10）

このθを、そのグループ内で最大化するように、この分数計画問題を解きます。ここにありますように1～n個のDMUがありますけども、このnは全ての組み合わせでもってたかだか1であるということが1つの制約条件になります。それから各ウエイトは全て正であることも制約条件となります。

今DMU_kのDistance Functionを出しますので、それを最高にするようなθがkのDistance Functionということになります。

（スライド11）

2期間の比較をするときには、例えばt期の投入、産出を、x^t,y^t、右肩のtは乗数ではなくてt期という意味です。次期はX^{t+1}期, y^{t+1}期。それでt期のDistance Functionを$D_t(x^t, y^t)$と書きます。t＋1期のDistance Functionは$D_{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$と書きます。

問題はt期からt＋1期にどういうふうに生産性が変わったかということです。ですから基準の期を決めてそこから変化を見ないといけない。

スライド９

$$仮想的産出=u_1y_{1k}+u_2y_{2k}+\cdots+u_sy_{sk}$$

$$仮想的投入=v_1x_{1k}+v_2x_{2k}+\cdots+v_mx_{mk}$$

$$\theta=\frac{仮想的産出}{仮想的投入}$$

スライド10

$$\max\theta=\frac{\sum_{r=1}^{s}u_ry_{rk}}{\sum_{i=1}^{m}v_ix_{ik}}\qquad \text{s.t.}\quad \frac{\sum_{r=1}^{s}u_ry_{rj}}{\sum_{i=1}^{m}v_ix_{ij}}\leq 1\quad (j=1,\cdots,n)$$

$$v_1,v_2,\cdots,v_m\geq 0$$

$$u_1,u_2,\cdots,u_s\geq 0$$

スライド11

DMU_k			Distance Function
t期	x^t	y^t	$D_t(x^t, y^t)$
t＋1期	x^{t+1}	y^{t+1}	$D_{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$

（スライド12）

まずt期のフロンティアで評価しますから、t期のはそのままでいいですけど、t＋1期…次期はここをtで評価するということです。それでこの比Etをとります。分母がt期で評価した、分子がt期で評価した次期のインプット、アウトプットです。

（スライド13）

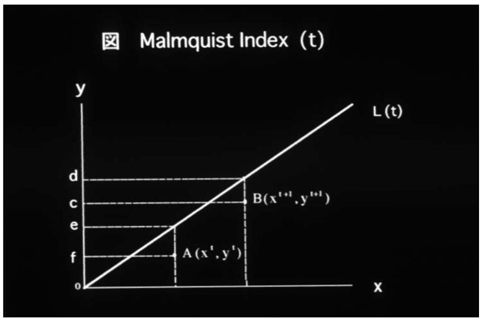
ですから t期のフロンティアはこのL(t)です。このB点はt＋1期ですけども、この時のDistance Functionはc／dということになります。

スライド12

DMU_k			Distance Function（t期フロンティア）
t期	x^t	y^t	$D_t(x^t, y^t)$
t＋1期	x^{t+1}	y^{t+1}	$D_t(x^{t+1}, y^{t+1})$

$$E_t=\frac{D_t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_t(x^t, y^t)}$$

スライド13



(スライド14)

今度はt＋１期…次期の生産性フロンティアで、１期前のｔ期を評価するということで、ここがt＋１になってます。これも分母がこういうふうな形で生産性の変化をとります。これをE_{t+1}というふうに名付けます。

(スライド15)

t＋１期のフロンティアL(t+1)でもって、t期の評価をするということはf／bということになります。

(スライド16)

今E_tとE_{t+1}というのが出ましたけれども、この２つの幾何平均を生産性変化の指標にしようということで、Malmquist Index というものが作られました。

(スライド17)

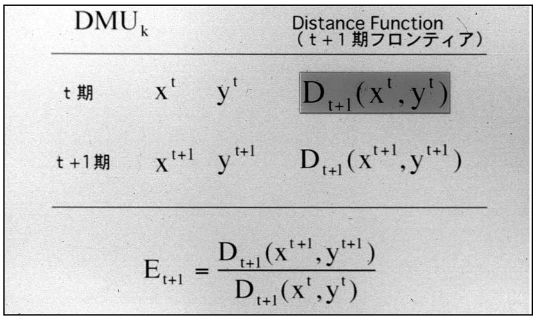
この Index を分解しますとこうなります。中段の式の第一項の分母はｔ期で見たｔ期の投入・産出、分子はt＋１期で見た投入・産出ですから、フロンティアに対してどれだけ離れているかというDistance Function の変化を見ているということになります。ですからこれを efficiency change (効率性の変化)と言っています。

中段の式の第二項は実はA点B点のそれぞれの値はキャンセルされまして、フロンティアのシフトを表すことになります。つまりこれはフロンティアがt期からt＋1期までシフトしたときの、その動きを見ることになります。ですからフロンティアがシフトするということは、技術的な変化を見ているということになります。

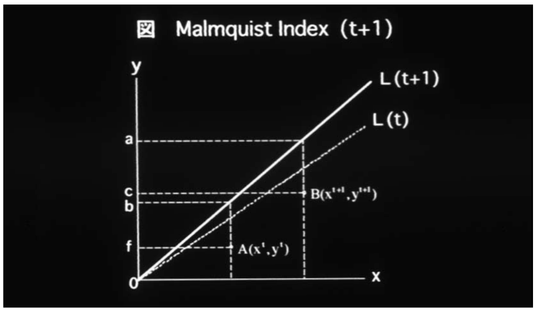
(スライド18)

ですから先程の efficiency change というのは、この全体分の白の割合の変化をまず見ているということ、それから２個目の technical change の方は、このL(t)からL(t＋1)への変化を見ている。そういうこ

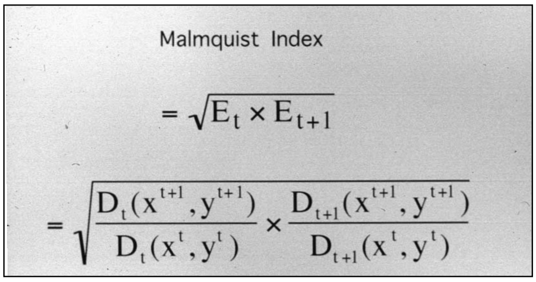
スライド14



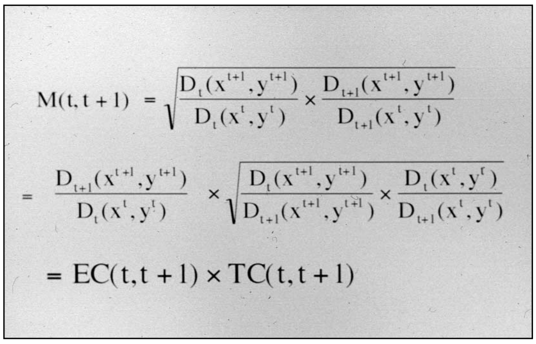
スライド15



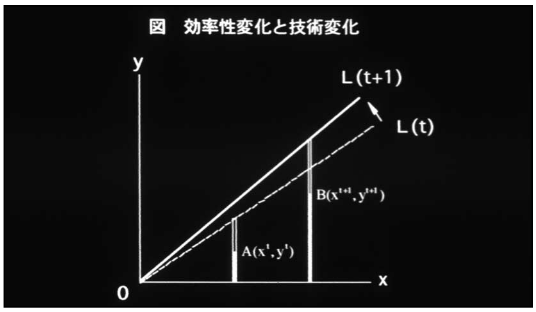
スライド16



スライド17



スライド18



とになって Malmquist-index というものが効率性変化と技術変化の２つに分解できるということになるわけです。

（スライド19）

経年的に生産性を見るために、今回は19年ですけれども、各 Malmquist-index を累積した累積Malmquist-index を出しました。

（スライド20）

technical も efficiency もそれぞれ分解したものも、同じように累積いたしました。

（スライド21）

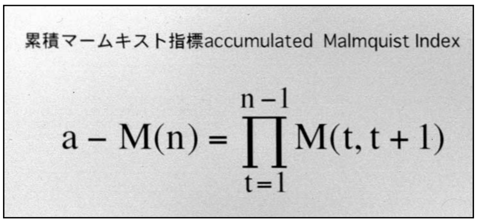
生産性の技術変化のフロンティアを押し進めるのはどういうDMUであるかというところで、フェアらの３つの条件を満たすものを、技術進歩を推し進めたリーダーの条件ということで提示しました。

この１つ１つの意味は、次のスライドに書かれています。

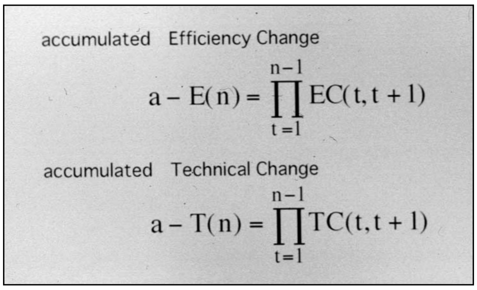
（スライド22）

テクニカルチェンジが１より大きいということは、t期からt＋1の間に技術的進歩があるということです。それでt期から見た次期の生産性は１を超えている。その結果として、t＋1期ではDistance Functionが１になった。フロンティアに立ったということです。この条件を満たしたDMUが技術進歩のリーダーであるといえます。

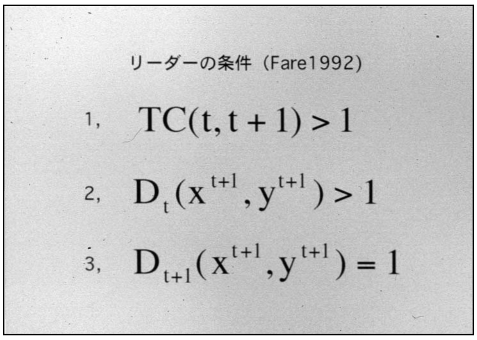
スライド19



スライド20



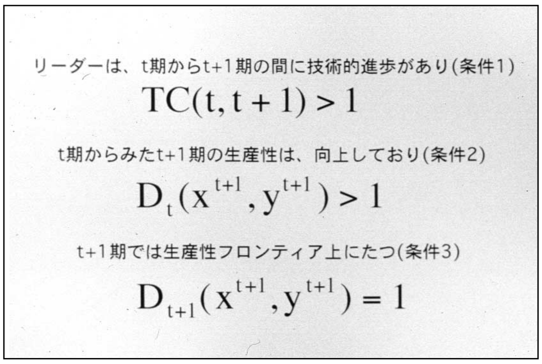
スライド21



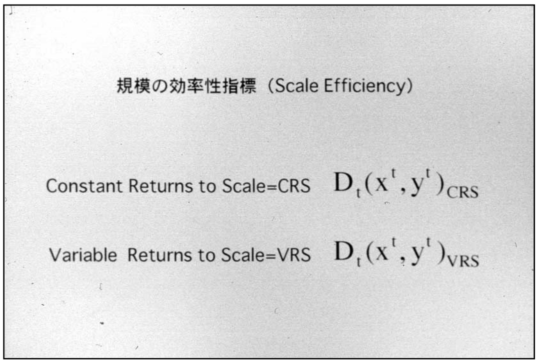
（スライド23）

最後に規模の効率性の指標（Scale Efficiency）ですけども、今Constant Returns to Scale の話でずっとやってきました。その仮定をはずし、規模に対する収穫は可変的である（Variable Returns to Scale＝VRS）という仮定でもってDistance Functionを出します。

スライド22



スライド23



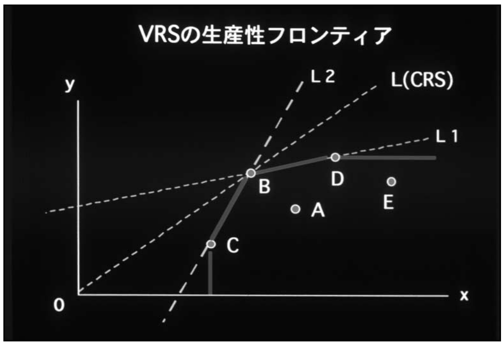
（スライド24）

L（CRS）線がConstant Returns to Scale のフロンティアのラインですけども、Variable Returns to Scale の場合は、このCBDを結んだグレーの線ですね。グレーの線とX軸に囲まれたところが生産可能集合となります。

（スライド25）

これは Variable Returns to Scale のときのDistance Function を出すための分数計画問題です。

スライド24



（スライド26）

Scale Efficiency はDistance Functionの比（VRSとCRSの間の）で出します。図解しますと

スライド25

$$\max\theta = \frac{u_1y_{1k} + u_2y_{2k} + \dots + u_sy_{sk} - w}{v_1x_{1k} + v_2x_{2k} + \dots + v_mx_{mk}}$$

s.t.

$$\frac{u_1y_{1j} + u_2y_{2j} + \dots + u_sy_{sj} - w}{v_1x_{1j} + v_2x_{2j} + \dots + v_mx_{mj}} \le 1(j = 1, \dots, n)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \ge 0 \qquad u_1, u_2, \dots, u_s \ge 0$$

スライド26

Scale Efficiency

$$SE = \frac{D_t(x^t, y^t)_{CRS}}{D_t(x^t, y^t)_{VRS}}$$

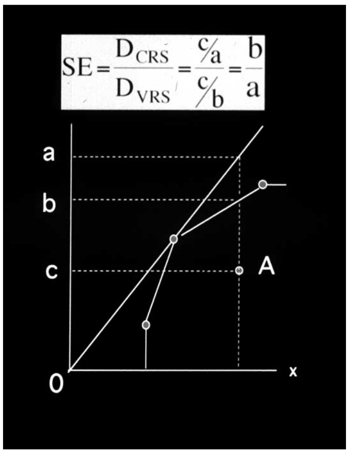
（スライド27）

c/aが Constant Returns to Scale のDistance Function で、c/bが Variable Resturns to ScaleのDistance Function です。AのScale Efficiencyはb／aとなります。

（スライド28）

生産主体としての病院で、投入変数としては、資本ストックは総ベッド数を取りました。労働投入としては総従業員数。それから産出は医療収益。消費者物価数で実質化いたしました。

スライド27



スライド28

生産主体としての病院

投入変数

資本ストックについては、総ベッド数（床）

労働投入としては、総従業員数（人）

産出変数

医業収益（円）

消費者物価指数にて実質化

（スライド29）

これは20年間のMalmquist-index。年平均４％の増加です。

（スライド30）

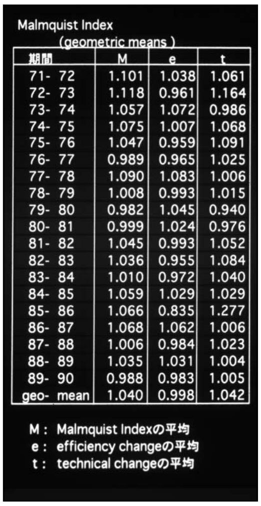
累積の Malmquist-index は一番濃い実線で示しましたけど、71年から20年で約２倍に増えております。その分解では technical change を点線、efficiency changeを白線で示しましたが、生産性向上の主因は technical change によるものでした。efficiency change はほとんど寄与していないということになります。

（スライド31）

各年、各病院のDistance Functionを示しました。フロンティアが黒で、７以下が白。あとグレーの色合いで Distance Function が増えていくのを図示したものです。

また、先程のフェアらのリーダーの条件を満たしたものを○で打ちました。そうすると、この○の位置は色々ちらばっておりますけども、だいたい５年くらいしたら次の病院に技術進歩のリーダーが変わっているというようなことがわかりました。リーダーの病院の平均のベット数は456ですから、やはり技術進歩に向かうフロンティアの病院というのは、大きな規模の病院が多いということがわかりました。

スライド29

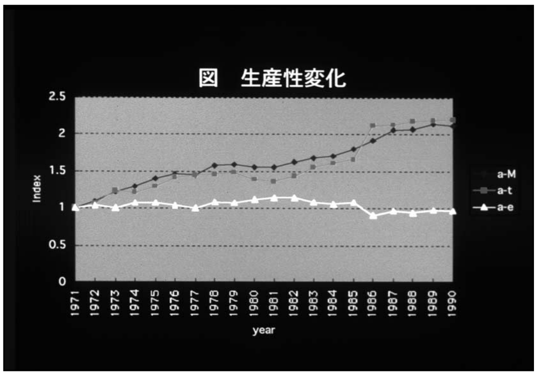


Malmquist Index
(geometric means)

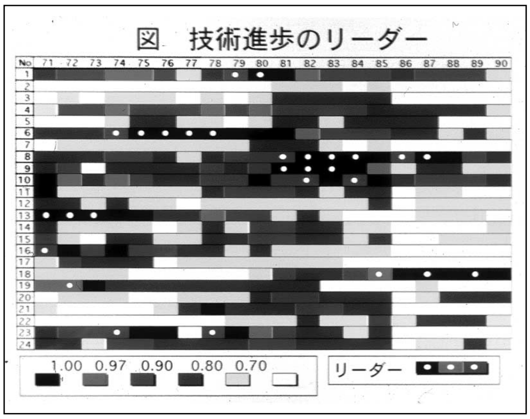
期間	M	e	t
71- 72	1.101	1.038	1.061
72- 73	1.118	0.961	1.164
73- 74	1.057	1.072	0.986
74- 75	1.075	1.007	1.068
75- 76	1.047	0.959	1.091
76- 77	0.989	0.965	1.025
77- 78	1.090	1.083	1.006
78- 79	1.008	0.993	1.015
79- 80	0.982	1.045	0.940
80- 81	0.999	1.024	0.976
81- 82	1.045	0.993	1.052
82- 83	1.036	0.955	1.084
83- 84	1.010	0.972	1.040
84- 85	1.059	1.029	1.029
85- 86	1.066	0.835	1.277
86- 87	1.068	1.062	1.006
87- 88	1.006	0.984	1.023
88- 89	1.035	1.031	1.004
89- 90	0.988	0.983	1.005
geo- mean	1.040	0.998	1.042

M： Malmquist Indexの平均
e： efficiency changeの平均
t： technical changeの平均

スライド30



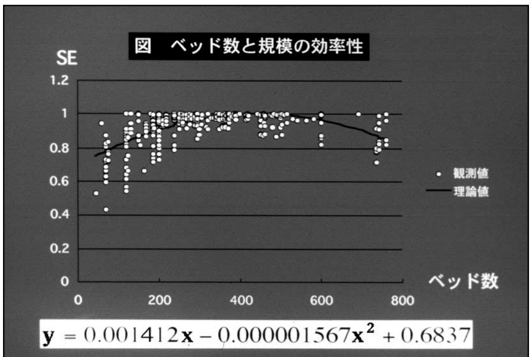
スライド31



（スライド32）

これは Scale Efficiency を、20年間24病院の全てのポイントをプロットしました。x軸がベット数で、y軸が Scale Efficiency です。回帰曲線がこういうふうに出まして、マキシマムが450.5。ですからこのグラフで言えば最適生産規模（Maximum Productivity Scale Size）というのが450ベットであるということが、危険率１％で言えます。

スライド32



（スライド33）

これはDEAによる先行研究をまとめたものです。

（スライド34）

結論としましては、生産性が２倍に上昇。その主因は技術変化であり、効率の変化はなかった。技術進歩をもたらすリーダー的病院は、比較的規模の大きい病院が多く、そのリーダー的地位を長期に維持することはできなかった。規模の効率性より、最適生産性を示すベット数は450床であった。以上です。

スライド33

DEAによる病院生産性の研究

著者 発表年	病院数	期間	input	output	目的	方法	結論
Burgess他 1995	USA 1545	85-88	急性患者用ベッド数 慢性患者用ベッド数 登録看護婦数 看護婦数 看護補助員数 事務員数 慢性患者介護人数	急性患者入院日数 急性患者退院数 慢性患者入院日数 外来患者数 外来手術数 入院手術数	設立母体比較	M*	平均D変化なし 技術低下 で生産性低下
Bruning他 1989	USA 1254	85	ベッド数 医師数 登録看護婦数 看護婦数 その他の職員数	成人患者入院日数 小児患者入院日数 その他の急性患者入院日数 亜急性患者入院日数 重症患者入院日数 外来患者数	設立母体比較	D**	営利病院、 非営利病院で 生産性の差なし 場所による差 大きい
Fare他 1989	Sweden 17	70-85	総物品費用 総職員数	退院患者数 慢性患者入院日数 外来患者数	変化の傾向	M	17病院中 4病院-TC上昇 5病院-EC上昇 3病院- M上昇
Grosskopf他 1987	Calfornia 82	82	総資産 入院数 医師数 非医師職員数	急性患者入院日数 重症患者入院日数 手術数 外来患者数	設立母体比較	D	生産性は 公共病院が 非営利病院より まさる

M*=Malmquist Index　　D**=Distance Function

スライド34