

1J11 DEA/Malmquist 指数による製薬産業の研究開発効率の推移測定

○羽田尚子（駒澤大），橋本昭洋（筑波大）

1. はじめに

生産は企業活動の中核であるが、生産技術を提供する研究開発活動も、同様に重要な役割を担う。研究開発の目的には、プロセスイノベーションによる生産効率の上昇、プロダクトイノベーションである新製品およびサービスの提供があげられる。研究開発投資に対するこのような成果は、産業レベルで、どのように推移するのだろうか？それが近年低下傾向にあると言われているものの（榑原・辻本, 2003, Tollman et al., 2004）、定量的な分析は十分に行われてはいない。従って本分析では、DEA/Malmquist index を用い、日本の製薬産業を対象に、研究開発投効率の推移を測定した。累積指数を用いた分析結果から、1982-2001年の日本の製薬産業の研究開発効率の低下傾向を明示化した。

2. 分析手法

DEA(Data Envelopment Analysis) (Charnes et al., 1994, Cooper et al., 2000) は、複数のインプットと複数のアウトプットをもつ主体 (DMU: Decision-Making Unit) の相対効率評価を行う手法である。最も効率性の高い DMU を基準に効率フロンティアを検出し、非効率な DMU をそのフロンティアからの距離で評価するため、非効率な DMU について、改善提言を行うことも可能である。複数のインプットとアウトプットの各ウエイトが、当該 DMU にとって最も有利になるようにモデル内で決定されるため、回帰分析のような固定ウエイトによらず、DMU の戦略的多様性を生かした分析ができる利点を持つ。

本分析では、DEA のフレームに Malmquist (productivity) index (Malmquist, 1953, Caves et al., 1982) を適用した DEA/Malmquist index により、異時点間の研究開発効率の変化を測定した。

DMU j_0 の DEA/Malmquist index は、図 1 を例に CCR(Charnes, Cooper and Rhodes) インプット指向と呼ばれる DEA モデルを用いると、以下の式で求められる。

$$MI_{j_0}[\alpha, \beta] \equiv \left(\frac{QD/QB}{PC/PA} \cdot \frac{QF/QB}{PE/PA} \right)^{1/2} \quad (1)$$

A は時点 α での DMU j_0 の位置、 B は時点 β での位置、また、OCD, OEF はそれぞれの時点での効率フロンティアである。 $MI > 1$ であれば j_0 は時点 $[\alpha, \beta]$ 間で DEA 効率が向上し、 $MI = 1$ であれば変化なし、 $MI < 1$ であれば低下したことを意味する。

また (1) 式は、次のように分解することができる。

$$\begin{aligned} MI_{j_0}[\alpha, \beta] &= \frac{QF/QB}{PC/PA} \times \left(\frac{PC}{PE} \cdot \frac{QD}{QF} \right)^{1/2} \\ &= CU_{j_0}[\alpha, \beta] \times FS_{j_0}[\alpha, \beta]. \end{aligned} \quad (2)$$

CU は catch-up 指数と呼ばれるものであり、効率フロンティアからの距離の変化を示す。 $CU > 1$ であれば j_0 が時点 $[\alpha, \beta]$ 間で、より効率フロンティアに近づいたことを意味する。 FS は frontier shift 指数と呼ばれるもので、効率フロンティアのシフトを示す。 $FS > 1$ であれば、 j_0 から見た効率フロンティアが、

時点 $[\alpha, \beta]$ 間で上方方向にシフト（効率がよくなった）したことを意味する。

本分析では、分析対象期間初年度を常に起点 α に、 β を起点から1年毎にずらした2時点間の MI, CU, FS を算出した。これら3種類の累積指数を用いて、研究開発効率の推移を測定している。

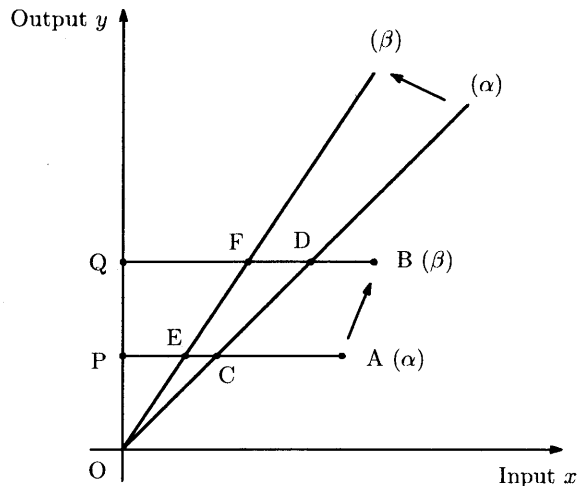


図1：効率フロンティアシフトを考慮した DEA 効率の推移

4. データ

効率性評価のインプットには研究開発投資額、アウトプットには公開特許数、医薬品売上高、営業利益を用いた。ここでの3アウトプットは、まず研究開発、発明の代用指標としての特許を第一に、次いで、プロダクトイノベーション、製品差別化を通しての売上増、およびプロセスイノベーション、費用削減を通しての利益増を考えた。分析対象企業は、日本の大手製薬企業10社（武田薬品、三共、山之内製薬、第一製薬、エーザイ、塩野義製薬、藤沢薬品、中外製薬、田辺製薬、吉富製薬）、分析対象期間は1982-2001の20年間とした。

5. 結果と考察

表1は、1982年を起点として2001年までの累積 MI 指数を示したものである。表1から、日本の製薬企業の研究開発効率の推移をとらえることができる。研究開発効率の低下は、分析対象企業10社すべてに見られた。産業平均（幾何平均）では、年平均で約4.7%の研究開発効率の低下があり、1982-2001年では39.8%に低下している。

更に frontier shifts 指数と catch-up 指数に分解することにより、研究開発効率の低下は、catch-up より frontier shift の影響をより強く受けていることがわかった。図2は第一製薬の例である。累積 CU 指数は1以上でより効率フロンティアに近づいているものの、累積 FS 指数の低下の影響を受け、累積 MI 指数が低下していることが読み取れる。

図3は、産業平均の累積 FS 指数の推移を示したものである。図から、1982-2001年の研究開発効率フロンティアが45.8%まで低下していることがわかる。日本の製薬産業全体の研究開発効率は、増減はある

ものの、1982年から2001年にかけて確実に減少傾向にあったことが示された。

表1：累積 Malmquist index $MI_{j0}[1982, \beta]$, $\beta = 1982, \dots, 2001$

Year β	Firm										Average
	Takeda	Sankyo	Yama- nouchi	Daiichi	Eisai	Shio- nogi	Fuji- sawa	Chugai	Tanabe	Yoshi- tomi	
1982	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1983	0.897	0.781	0.852	0.915	0.862	0.870	0.827	1.043	0.877	0.656	0.853
1984	0.819	0.663	0.800	0.882	0.700	0.860	0.825	0.816	0.838	0.696	0.786
1985	0.837	0.705	0.806	1.080	0.630	0.706	0.610	0.780	0.760	0.612	0.742
1986	0.811	0.613	0.748	1.184	0.718	0.747	0.731	0.704	0.953	0.501	0.752
1987	0.906	0.528	0.863	1.095	0.652	0.738	0.640	0.574	0.986	0.576	0.734
1988	0.876	0.557	0.934	1.063	0.689	0.727	0.741	0.511	0.991	0.633	0.752
1989	0.747	0.590	0.888	1.118	0.718	0.668	0.650	0.494	0.711	0.910	0.731
1990	0.689	0.647	0.841	0.945	0.643	0.611	0.608	0.462	0.704	0.961	0.695
1991	0.621	0.650	0.780	0.817	0.613	0.546	0.578	0.498	0.683	0.805	0.651
1992	0.614	0.573	0.638	0.724	0.567	0.524	0.558	0.458	0.670	0.531	0.581
1993	0.707	0.745	0.734	0.814	0.683	0.587	0.567	0.574	0.705	0.886	0.693
1994	0.639	0.583	0.683	0.796	0.688	0.615	0.573	0.540	0.688	0.699	0.647
1995	0.770	0.567	0.685	0.815	0.681	0.613	0.554	0.501	0.638	0.720	0.648
1996	0.765	0.529	0.597	0.714	0.667	0.592	0.507	0.435	0.615	0.591	0.594
1997	0.730	0.535	0.575	0.623	0.535	0.540	0.448	0.314	0.621	0.612	0.541
1998	0.811	0.511	0.395	0.576	0.411	0.521	0.391	0.334	0.549	0.540	0.489
1999	0.980	0.500	0.512	0.726	0.503	0.598	0.375	0.334	0.636	0.534	0.545
2000	0.751	0.254	0.342	0.466	0.410	0.390	0.223	0.229	0.558	0.372	0.372
2001	0.915	0.254	0.358	0.506	0.462	0.460	0.234	0.230	0.654	0.316	0.398
Annual change rate	0.995	0.930	0.947	0.965	0.960	0.960	0.926	0.926	0.978	0.941	0.953

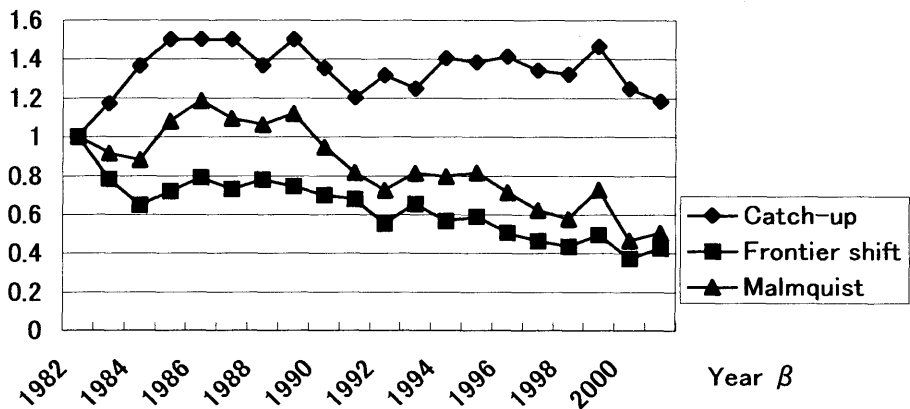


図2：第一製薬の累積指数の推移

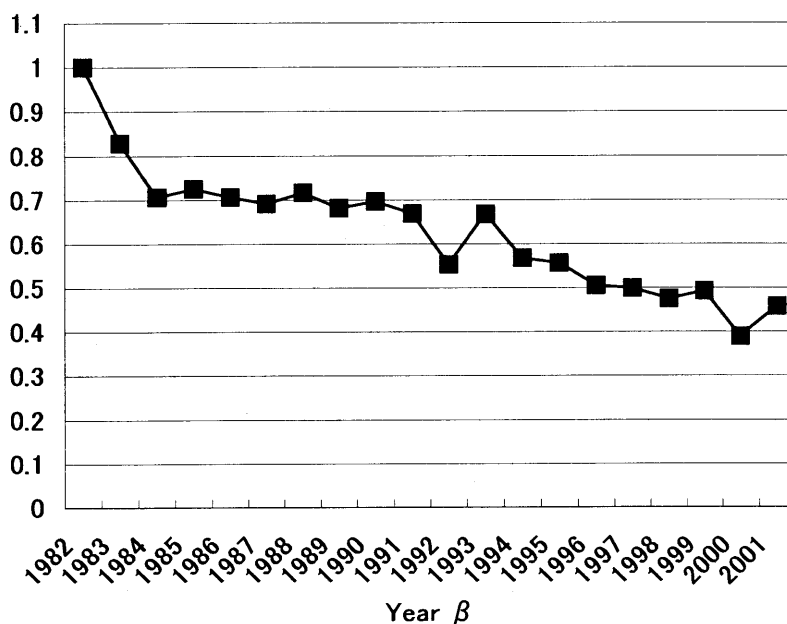


図3：研究開発効率フロンティアの推移

References

- Caves, D. W., Christensen, L. R. and Diewert, W. E. (1982) The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, **50**(6), 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. and Seiford, L. M. (eds.) (1994) *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K. (2000) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Malmquist, S. (1953) Index Numbers and Indifference Surfaces. *Trabajos de Estadística*, **4**, 209-242.
- 榊原清則・辻本将晴 (2003) 日本の研究開発の効率性はなぜ低下したのか. *ESRI Discussion Paper Series*, **47**, 1-20, 内閣府 経済社会総合研究所.
- Tollman, P., Goodall, S. and Ringel, M. (2004) Rising to the Productivity Challenge: A Strategic Framework for Biopharma. *BCG: Focus*, **1**, 1-12, Tokyo: Boston Consulting Group.