

# 中国ソフトウェア産業の費用構造分析\*

劉 震

This paper analyzes the cost structure of software industry in China using the translog variable cost function model in which capital stock is treated as fixed. The model is estimated by a cross-section data of Chinese software industry in 34 cities. The results show that the demand elasticity for software engineer is smaller than that for the other labor, but software engineer labor and ordinary labor are still substitutable. Regarding economies of scale, larger companies do not exhibit scale economies in the short-run while smaller companies enjoy scale economies. This is because in larger companies, the contribution of software engineer labor is small. Larger companies recover scale economies in the long-run by taking advantage of substantial contribution of capital. However, Chinese software industry fails to be optimal in the long-run because of shortage of capital stocks. Also, national companies are found to be more efficient than individual companies in production of software.

## I. はじめに

アメリカでは90年代を通して、ICT(Information Communication Technology)投資が生産性向上に結び付いたか否かについて論争されてきた<sup>1)</sup>。90年代末になって、ICT投資の経済効果について肯定的な議論が多勢になってきたが、米国商務省は2000年に発表した“Digital Economy 2000”で、「IT革命」が米国の生産性の向上に大きく寄与したと評価を与えている。また“Digital Economy 2002”によると、景気停滞期における労働生産性の伸びは、米国産業のITハードウェア、ソフトウェア、サービスに対する過去及び現在までの投資による寄与を受けている。

アメリカだけではなく、グローバルにもICTストックの増加が労働生産性や全要素生産性の上昇を促すことが期待される。ソフトウェア産業はIT産業中の重要な部分として、

各国はソフトウェア産業の迅速な発展を促している。

中国は「世界の工場」として製造業に注目を集めている。その一方でソフトウェア産業が急速に発展している。中国国家信息产业部によると、中国のICT産業の規模は2003年に世界第2位となり、中国经济成長の主要源の一つとなっている。その内ソフトウェアはICT産業のリード製品として、毎年20%以上成長している。中国政府は、ソフトウェア産業を優先的に発展させ、戦略的産業にすることを決めており、ソフトウェア産業の迅速な発展を促すため、その発展環境を健全化させていくことに努めている。

中国の目標は自己開発した技術を所有するソフトウェア強国を目指すことである。2005年までに中国全体でソフトウェアの市場規模を300億ドルにする、ソフトウェア輸出を50億ドルにすることなどを具体的な目標にして

\* 論文審査受付日：2004年11月8日。採用決定日：2005年8月25日（編集委員会）

いる。日本のソフトウェア企業が中国にソフトウェア開発をアウトソーシングするケースも増えている。中国はソフトウェアの分野でも日本の強力なパートナーになるかもしれない。

しかし、急成長している中国ソフトウェア産業の問題点も数多くある。本論文では中国ソフトウェア産業に存在する深い問題として、1. ソフト開発労働者の問題、2. 企業規模の問題、3. 資本不足の問題を取り上げる。

ソフト開発労働者に対する需要は今後増大して、ソフト開発労働賃金は大きく上昇すると予想される。その結果、ソフト開発企業のコスト増により、ソフトウェア産業の発展が阻害されるかもしれない。もしソフト開発労働の賃金が上昇した場合に、ソフト開発労働者が行っている業務の一部を普通労働者に代替させることができ、ソフト開発労働者がより専門的な業務に集中できれば、ソフト開発のコスト増をそれだけ抑制することができる。しかしソフト開発労働と普通労働が補完的であるならば、ソフト開発労働賃金の上昇は、そのままソフト開発費用に転嫁される。こうした観点から、ソフト開発労働と普通労働の間の代替弾力性を計測することに意味がある。

次に、後で見るように、中国のソフトウェア産業は少数の比較的大規模な国有企業と、多数の小企業個人企業から成るが、規模の大きい企業ほど一人当たり売上が大きい。このことは、小規模の新規参入を促進するよりも、大規模企業を育成する方が有利であることを意味するだろうか。こうした観点から、ソフトウェア産業の規模の経済性を計測することは重要である。

また、中国のソフトウェア産業の中で多くの個人企業は、ごく最近参入したばかりであ

る。このために、資本ストックの不足が問題となっている。実際にどれだけ資本ストックが不足しているか計測することも興味深い。

そこで本論文では、資本を準固定要素とするトランスログ型可変費用関数モデルを使って、ソフト開発労働と普通労働の間の代替弾力性、規模の経済性および最適資本ストック水準の計測を行う。また、個人企業と国有企業の費用格差についても分析する。

本論文が利用するデータは中国34都市のソフト開発企業に関する2002年のクロスセクションデータである。中国のIT産業に関する研究論文は数多くあるが、実際のデータを利用した実証的研究はほとんど無い。中国全国をカバーするソフトウェア産業の統計が利用可能となるのは2002年からであり、ソフトウェア産業に関する実証研究としては、筆者の知る限り本論文がはじめてである。

本論文の構成は次の通りである。第二章はトランスログ型可変費用関数モデルの説明及び規模の経済性、各要素の成長寄与度、最適資本の計算方法を説明する。第三章はデータの説明。第四章は計測結果を示す。第五章はまとめと今後の課題である。

## II. トランスログ型可変費用関数

企業が生産を行う場合、費用が必要となる。総費用 TC は固定費用 FC と可変費用 VC の2つから成る。

$$TV = FC + VC$$

可変的生産要素はある期間において、生産者がある数量を選択できる生産要素。固定的生産要素はある期間において、生産者がある数量を選択できない生産要素である。長期的には、すべての要素は可変的であると考える。

可変費用関数は次のように定義される。生産物を  $Y$  (生産物は 1 種類と仮定する),  $i$  番目の可変的生産要素を  $X_i$ , その価格を  $P_i$ ,  $K$  を固定生産要素 (固定要素は 1 種類と仮定する) として

$$VC(P_i; Y, K) = \min \{ \sum P_i X_i \mid Y \leq f(X_i, K) \} \quad (1)$$

と定義される。可変費用関数は 1) 生産要素価格に関する一次同次性, 2) 生産要素価格に関する非減少性, 3) 生産量に関する非減少性, 4) 可変要素価格に関して凹関数であること, 5) 固定的生産要素に関する非増加性, 6) 固定的生産要素に関して凸関数であること, が要請される。

固定要素価格を  $P_K$  とすると固定費用は,  $FC = P_K K$  だから, 定義より短期総費用は

$$STC = VC(P_i; Y, K) + P_K K \quad (2)$$

となる。ただし  $P_K = (\gamma + \delta) V_2$  である。(  $\gamma$  : 利子率,  $\delta$  : 資本減耗率,  $V_2$  : 固定要素の取得価格)

短期総費用を最小にする  $K$  が固定要素の長期的な最適値である。つまり最適値を  $K^*$  とすると,  $K^*$  は

$$\left[ \frac{\partial STC}{\partial K} \right]_{K=K^*} = 0 \quad (3)$$

を満たす。よって長期総費用関数は,

$$\begin{aligned} LTC &= LTC(P_i, P_K, Y) \\ &= STC(P_i, P_K; Y, K^*) \end{aligned} \quad (4)$$

により定義される。

可変費用関数を推定するため, トランスログ型可変費用関数を用いる。トランスログ型可変費用関数は以下のようなものである

$$\begin{aligned} \log VC &= \alpha_0 + \beta_Y \log Y \\ &+ \sum_i \alpha_i \log P_i + \beta_K \log K \\ &+ \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \log P_i \log P_j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \frac{1}{2} \gamma_{KK} (\log K)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{YY} (\log Y)^2 \\ &+ \sum_i \gamma_{Yi} \log Y \log P_i \\ &+ \sum_j \gamma_{Kj} \log K \log P_j \\ &+ \gamma_{YK} \log Y \log K \end{aligned} \quad (5)$$

ただし, 1次同次, 対称性の仮定より

$$\begin{aligned} \sum_i \alpha_i &= 1 \\ \sum_i \gamma_{Yi} &= 0 \quad \sum_i \gamma_{Ki} = 0 \\ \sum_i \gamma_{ij} &= \sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \sum_j \gamma_{ij} = 0 \\ \gamma_{ij} &= \gamma_{ji} \end{aligned}$$

である。

シェパードの補題から, コストシェア方程式は以下のとおりである。

$$S_i = \alpha_i + \gamma_{Yi} \log Y + \sum_j \gamma_{ij} \log P_j + \lambda_{Ki} \log K \quad (6)$$

ただし,  $S_i$  は  $i$  番目の可変要素のコストシェアで,  $S_i = P_i X_i / VC$  である。

固定要素を所与として, 要素間の短期代替弾力性 (アレンの偏代替弾力性) は

$$\sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j} \quad i \neq j \quad (7)$$

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i (S_i - 1)}{S_i^2} \quad (8)$$

$\sigma_{ij} > 0$  なら 代替的な効果。  $\sigma_{ij} < 0$  なら 補完的な効果を意味する。

短期価格代替弾力性は

$$\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} S_i \quad i \neq j \quad (9)$$

$$\varepsilon_{ii} = \sigma_{ii} S_i \quad (10)$$

である<sup>2)</sup>。

規模の経済性評価の指標は短期規模の経済性と長期規模の経済性がある。短期規模の経済性指標は, 下のように定義される。

$${}^sSCE = \left[ \frac{\partial \log STC}{\partial \log Y} \right]^{-1}$$

$$= \left[ \frac{\partial \log VC(P_i; Y, K)}{\partial \log Y} \right]^{-1} \quad (11)$$

長期規模の経済性は  $K^*$  において

$$\begin{aligned} {}^L S_{CE} &= \left[ \frac{\partial \log LTC}{\partial \log Y} \right]^{-1} \\ &= \left[ 1 - \frac{\partial \log VC}{\partial \log K} \right] \left[ \frac{\partial \log VC}{\partial \log Y} \right] \quad (12) \end{aligned}$$

である<sup>3)</sup>。短期，長期共に  $S_{CE} > 1$  なら，規模の経済性があり  $S_{CE} < 1$  なら，規模の不経済性がある。

資本の過剰および過少は，資本投資不足率  $R$  により判定する。

$$R = \frac{K^*}{K} \quad (13)$$

$R < 1$  なら，資本が過剰。 $R > 1$  なら，資本が過少である。

本論文では，可変要素はソフト開発労働と非ソフト開発労働とし，可変費用は

$$VC = PlsLs + PloLo$$

$Pls$  : ソフト開発者の人件費単価

$Ls$  : ソフト開発者の人数

$Plo$  : は非ソフト開発者の人件費単価

$Lo$  : 非ソフト開発者の人数

により計算される。一方，ソフト開発のための資本は固定的生産要素  $K$  と仮定する。またアウトプットはソフトの売り上げとする。

$K$  : ソフト開発用資本の投入量

$Y$  : ソフトの売り上げ

式(11)(12)で定義した短期の規模の経済性は，ソフト開発労働と普通労働の生産寄与度の和で表すことができる。ソフト開発労働の生産寄与度  $CR_s$  は次のようになる。

$$CR_s = \frac{\partial \log(Y)}{\partial \log(Ls)} = \frac{Pls Ls}{VC S_Y} \quad (14)$$

ただし， $S_Y = \frac{\partial \log(VC)}{\partial \log(Y)}$

同様にその他労働の成長寄与度  $CR_o$  は以

下の式で計算する

$$CR_o = \frac{\partial \log(Ys)}{\partial \log(Lo)} = \frac{Plo Ls}{VC S_Y} \quad (15)$$

この結果

$$CR_s + CR_o = \frac{\partial \log(Y)}{\partial \log(VC)} = {}^S S_{CE} \quad (16)$$

となり，短期の規模の経済性指標が得られる。

資本の成長寄与度  $CR_k$  は以下の式で計算できる。

$$CR_k = \frac{\partial \log(Y)}{\partial \log(K)} = \frac{S_K}{S_Y} \quad (17)$$

ただし， $S_K = \frac{\partial \log(VC)}{\partial \log(K)}$

この時

$$\begin{aligned} CR_s + CR_o + CR_k &= \left[ 1 - \frac{\partial \log VC}{\partial \log K} \right] = \frac{\partial \log VC}{\partial \log Y} \quad (18) \end{aligned}$$

となり，長期の規模の経済性指標が得られる。

### III. データ

本論文で用いた主なデータは中国情報産業部と国家统计局が共同公表した「2002年中国ソフト産業統計調査報告」と国家统计局が公表した「2002年ソフト開発活動統計資料」である。このデータは中国の35個主要都市(Main Social and Economic Indicators of Provincial Capitals and Separate Planning Cities)の3740のソフトウェア開発企業について，生産，開発，研究などの情報を集計したものである。この統計データは2003年から，中国统计局のホームページに公開されている。(http://www.stats.gov.cn/tjsj/qtsj/rjkg/) 2002年中国の一定規模以上のソフト企業は約4700社である。今回の統計では，企業の総売上は約232億元，これは中国2002年全国ソフ

## 中国ソフトウェア産業の費用構造分析

ト売上の67%を占める。本論のデータは中国ソフトウェア企業の実態を代表できる。

ただし、ソフトウェア企業に対する全国範囲の統計調査は中国では初めてであり、統計データの不完全、統計基準の不統一などの問題が避けられない恐れがある。人為的な問題（明らかな入力ミスなど）による異常なデータもあるため、本論文中で利用するデータは異常なデータをすべて外して用いた。しかし、今回推定を利用するデータは公開されている集計データだけである。このため、標本数が少ない問題も存在する。

本論文を使ったデータは企業の売り上げの規模によって、500万（中国元）以下、500万から1000万、1000万から5000万、5000万以上に分類集計されている。（今後、表示しやすいため、500万（中国元）以下は500万以下、500万から1000万は500-1000万、1000万から5000万は1000-5000万、5000万以上は5000万以上と表示する。）売上5000万以上の企業はすくないため、推定結果が信頼できることを証明するため、参考として、売上5000万以上のデータと1000万から5000万のデータと一緒に推定した結果を表す（1000万以上と表示する）。

また、企業の所有形態によって、国有企業、個人企業、三資企業（1、中外合弁企業：中国資本と外国資本の合弁による企業 2、外国投資企業：100%外国資本による企業 3、

中外合作企業 資本参加によらない契約で結ばれる企業間提携）に分類して集計されている。調査は、大別して以下の7つの項目から成る。

- 1、基本状況 2、開発スタッフ状況
- 3、開発費用収集 4、開発費用支出
- 5、R&Dスタッフと経費収支
- 6、特許 7、プロジェクト状況

以下このデータによってソフト開発企業の概要を見ていく。企業の規模別、基本データは、以下表3-1のようである。

中国のソフト産業の全体規模はまだ大きくない。売上100万以下の企業は全企業数の67%を占める。全体的な企業規模が小さいことはよく分かる。

企業規模別に、ソフトウェアの売上と非ソフト売り上げを含む総売上は以下の様である。（図3-1）

企業の所有形態別の基本データは以下のようである。（表3-2）

中国のソフト会社数は個人企業が多い。国有企業は平均的に個人企業と三資企業より規模が大きいことがよく分かる。

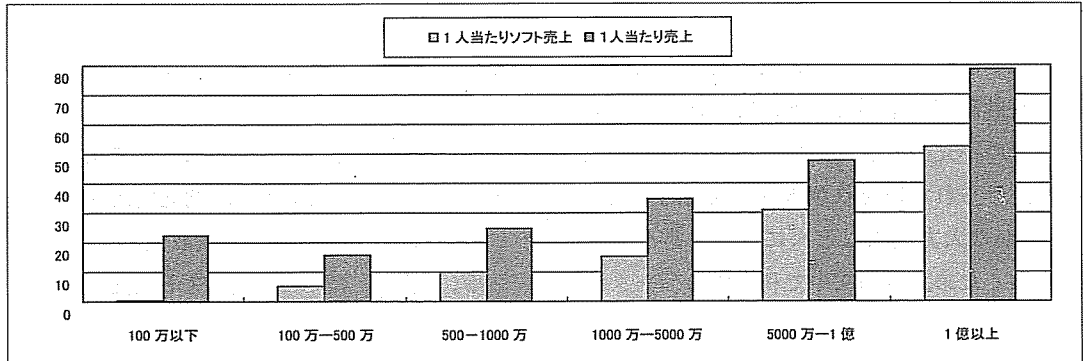
2000年国有企業数は136社、2002年178社。個人企業は2000年321社、2002年1450社である。企業平均ソフト開発者人数は国有企業2002年59人、2000年26人と大幅に上昇している。個人企業は2002年20人で、2000年の22人

表3-1 企業規模別基本データ

		100万以下	100万-500万	500万-1000万	1000万-5000万	5000万-1億	1億以上
企業数	個	2504	681	233	254	35	33
従業員	人	72919	31649	16217	32531	7627	23347
技術者	人	48163	22243	11629	22329	5778	16748
総売上	万元	1633796	496874	398579	1133737	361481	1831276
ソフト売上	万元	38499	163711	160448	501906	237195	1220252
ソフト輸出	万元	950	7637	15260	42509	10727	43086
利潤	万元	5621	6917	36042	100393	44220	233344

出所：情報産業部、国家統計局「2002年中国ソフト産業統計調査報告」

図3-1 中国ソフト企業生産力



出所：情報産業部，国家統計局「2002年中国ソフト産業統計調査報告」

表3-2 企業所有形態別基本データ

		国有	個人	株式	三資
企業数	個	178	1450	165	602
従業員	人	16579	49874	19979	39413
技術者	人	12350	33953	13477	27552
総売上	万元	544118	1531634	762994	1533205
ソフト売上	万元	286109	637176	230240	690594
ソフト輸出	万元	1494	8579	31213	65517
利潤	万元	25985	162600	73455	84437
ソフト開発者	人	10464	30013	11321	23597

出所：情報産業部，国家統計局「2002年中国ソフト産業統計調査報告」

よりすくない。データより，新規企業には小さい個人企業の多いことがわかる。

本論文では，トランスログ型可変費用関数を推定するが，産出をソフトウェア，可変生産要素をソフト開発労働と非ソフト開発労働（普通労働），固定要素を資本として，以下のようなデータを利用する。

産出＝ソフト売り上げ

ソフト労働＝ソフト開発人数

ソフト労働価格＝

ソフト開発人件費 / ソフト開発人数

非ソフト労働＝

従業員人数－ソフト開発人数

費用＝ソフト開発人件費＋

非ソフト労働人数×非ソフト労働価格

資本＝設備購入費

以上（非ソフト労働価格以外）を，「2002

年中国ソフト産業統計調査報告」から取り，他に非ソフト労働価格は2002年中国統計年鑑によって，各省の平均的な賃金を利用する。資本ストックについては，設備投資の伸び率と償却率が一定であることを仮定し，設備購入費で代用する<sup>4)</sup>。

資本の価格は，利率と資本減耗率の和に資本財価格を乗じた資本の単位使用者費用を計算する。そのため，利率は中国人民銀行が公表している2002年長期貸出金利，資本減耗率は中国株式上場会社のうち電子機器メーカーの減耗率を用いる。利率と資本減耗率は全国一律の指数を使っている。資本財価格は，2002年の中国統計年鑑に公表されている各地方固定資産投資価格指数（Price Indices of Investment in Fixed Assets by Region）の設備，ツール，機器（Purchase of Equipment,

中国ソフトウェア産業の費用構造分析

Tools and Instruments) の指数を採用した。これは、地方により異なる。まとめて、次の式である。

$$P_{ks} = (\gamma + \delta) * V_z \quad (19)$$

$\gamma$  : 利息率 (長期貸し金利)

$\delta$  : 長期資本減耗率

(中国株式上場会社用電子機器の減耗率)

$V_z$  : 固定資産投資価格指数

IV. 推定結果

実際の推定に、利用するのはトランスログ可変費用関数の式(5)と生産要素Siのコストシェア式(6)である。それらを多方程式体系として、最尤法で推定する。その際、誤差項は多変量正規分布にしたがうと仮定する。<sup>5)</sup>

1. トランスログ型可変費用関数の推定結果

トランスログ型可変費用関数は、企業の売上規模別および所有形態別に推定した。可変費用関数の推定結果は表4-1に示されている。(表4-1)

推定結果を見るとソフト労働価格、非ソフト労働価格、資本投資、産出量の1次項については、ほとんどが有意である。2次項と交差項については有意でないものもあるが、おおむね有意性については良好な推定結果を示している。

右端の列に不均一分散のラグランジェ乗数検定のp値を示す。すべてのp値は0.05より大きく、推定式の誤差項に関して、分散が均一であるという帰無仮説は棄却されない。

2. 可変費用関数の適正性

生産要素価格に関する非減少性の性質、生産量に関する非減少性の性質、生産要素価格に関して凹関数の性質はデータのほとんどの部分で満足する。

固定費用生産要素に関する非増加の性質、固定費用生産要素に関して凸関数であるの性質は満足でないものもある。固定費用生産要素に関する非増加の性質は可変費用関数の重要な性質なので、満足しない原因を分析する。

そのため、の値を計算し、結果を下の表に整理する。(表4-2)

表4-1 費用関数のパラメタの推定結果

	標本	$\alpha_{Ls}$	$\beta_K$	$\beta_Y$	$\gamma_{LsLs}$	$\gamma_{KK}$	$\gamma_{YY}$	$\gamma_{LsK}$	$\gamma_{LoK}$	$\gamma_{LsK}$	$\gamma_{LoY}$	$\gamma_{KY}$	LM
5000万以上	16	1.502	6.378	-4.059	-0.011	0.348	1.018	0.151	-0.549	-0.161	0.431	-0.829	[.069]
		[.000]	[.129]	[.152]	[.827]	[.270]	[.105]	[.000]	[.714]	[.000]	[.671]	[.096]	[.174]
1000万-5000万	20	0.637	3.136	-2.027	0.073	0.380	0.824	0.039	0.727	-0.019	-0.567	-0.654	[.360]
		[.001]	[.002]	[.008]	[.126]	[.193]	[.010]	[.171]	[.064]	[.593]	[.047]	[.039]	[.053]
1000万以上	36	0.827	0.242	-2.192	0.055	0.068	-0.153	-0.001	-1.729	-0.006	1.245	-0.031	[.439]
		[.000]	[.700]	[.001]	[.177]	[.537]	[.249]	[.967]	[.005]	[.769]	[.004]	[.777]	[.586]
500万-1000万	21	0.827	2.011	-1.080	0.125	0.157	0.491	0.003	0.268	-0.017	-0.152	-0.356	[.713]
		[.000]	[.000]	[.004]	[.004]	[.145]	[.000]	[.928]	[.081]	[.686]	[.180]	[.006]	[.335]
500万以下	34	0.409	0.936	-0.043	0.118	0.032	0.160	0.006	0.010	0.025	-0.012	-0.103	[.084]
		[.000]	[.103]	[.930]	[.006]	[.657]	[.117]	[.630]	[.974]	[.090]	[.964]	[.048]	[.576]
国有	24	0.734	0.617	0.435	0.164	-0.071	0.003	-0.030	0.496	0.009	-0.387	-0.011	[.823]
		[.000]	[.071]	[.113]	[.081]	[.654]	[.981]	[.350]	[.280]	[.740]	[.274]	[.940]	[.751]
個人	28	0.675	-0.040	0.831	0.149	-0.224	-0.209	0.001	-0.624	-0.004	0.585	0.202	[.694]
		[.000]	[.941]	[.039]	[.000]	[.219]	[.162]	[.974]	[.194]	[.756]	[.105]	[.179]	[.187]
三資	18	0.721	-2.578	2.392	0.068	-0.734	-0.794	0.003	0.550	0.001	-0.392	0.828	[.156]
		[.000]	[.005]	[.000]	[.169]	[.012]	[.008]	[.938]	[.390]	[.978]	[.401]	[.008]	[.093]

表4-2 固定要素に関する非増加性

	5000万 以上	1000万- 5000万	1000万 以上	500万- 1000万	500万 以下	国有	個人	三資
平均	-1.27	-1.15	0.04	-0.11	1.91	2.30	0.56	4.78
標準偏差	4.15	2.58	0.42	0.97	5.07	2.75	1.21	12.89
最小	-11.50	-9.73	-1.08	-3.27	0.41	-0.08	-1.26	-3.83
最大	4.69	3.39	0.53	1.23	30.50	11.26	4.36	51.48
標本数	16	20	36	21	34	24	28	18
非増加性を 満たす標本数	9	15	12	12	0	2	10	8

5 百万以下の企業はすべて非増加性を満たさない。企業のサイズが大きくなるほど、非増加性は満たされるようになる。さらに、国有企業では非増加性が満たされないことが多い。

次に、凸性を調べるために、 $\partial^2 VC/\partial K^2$  の値を計算し、結果を下の表に整理する。(表 4-3)

やはり国有企業ではすべて負値であり、凸性は満たされていない。一方、規模が大きくなるほど、凸性が満たされるようになる。

以上の結果を得る原因は次のように考えられる。

1. 中国のソフト産業は急成長しており、特に小規模企業は新しい企業が多い。これら新しい小規模企業では、資本投資が収益を生み出すに至っていない。新しい資本の効果が現れるまで時間的なズレがある。
2. 中国の国有企業は費用最小化行動をとっていないため、可変費用関数が凸性を満たさない。

国有企業と小規模企業を除けば、以上の推定結果はおおむね可変費用関数の性質を満たしていると言える。

表4-3 固定要素に関する凸性

	5000万 以上	1000万- 5000万	1000万 以上	500万- 1000万	500万 以下	国有	個人	三資
平均	0.95	0.39	0.20	0.19	-0.18	-0.24	-0.25	-0.42
標準偏差	0.92	0.53	0.63	0.18	0.04	0.09	0.22	0.51
最小	0.12	-0.19	-0.18	-0.09	-0.22	-0.32	-0.47	-0.98
最大	3.05	1.89	2.31	0.54	-0.01	-0.01	0.31	0.45
標本数	16	20	36	21	34	24	28	18
非増加性を 満たす標本数	16	15	15	18	0	0	4	5



3. 計測指数と解釈

表4-4 費用関数の計測指数

	$\varepsilon_{LsLs}$	$\varepsilon_{LoLo}$	$\varepsilon_{LsLo}$	$\sigma_{LsLs}$	$\sigma_{LoLo}$	$\sigma_{LsLo}$	SCE
5000万以上	-0.265	-0.849	0.265	-0.445	-11.813	1.114	0.71
1000万-5000万	-0.112	-0.383	0.112	-0.150	-1.858	0.496	0.91
1000万以上	-0.111	-0.506	0.111	-0.136	-2.886	0.618	1.07
500万-1000万	-0.033	-0.029	0.033	-0.046	-0.879	0.062	1.20
500万以下	-0.105	-0.271	0.105	-0.149	-1.010	0.377	2.00
国有	-0.019	-0.003	0.019	-0.030	0.273	0.022	3.72
個人	-0.061	-0.145	0.061	-0.086	-0.463	0.207	2.96
三資	-0.043	-0.112	0.043	-0.060	-0.411	0.156	1.08

ソフト開発労働の価格代替弾力性は、-0.043から-0.265の範囲にある。賃金が1%上昇すると、ソフト開発労働者は0.043%から0.265%減少する。ソフト開発労働の価格代替弾力性は、絶対値で普通労働の価格代替弾力性より小さい。ソフト開発労働の方が、企業にとって必需的性格が強いことがわかる。

しかし、ソフト開発労働と普通労働の代替弾力性は0より大きく、ソフト開発労働と普通労働は代替的な効果がある。企業の規模が大きくなるにつれて、代替弾力性が大きくなるのは、企業規模が大きいほど、組織や仕事のしかたを工夫することで、ソフト開発労働者を普通労働者で代替できる余地が大きいからであろう。

4. 規模の経済性及び不経済性に対する提案

表4-4右端列のSCEの推定値を見ると、企業全体に短期の規模の経済性がある。しかし、売上1千万以上の企業には短期の規模の不経済性があり、売上1千万以下の企業には短期の規模の経済性がある。つまり、企業の規模が大きいほど規模の経済性を失うことがわかる。直観的に考えると、売上1千万のソフト企業は必ずしも大規模とは言えず、規模の経済性が存在しても不思議ではない。しかし、中国の場合はプロジェクトの分析や設計の経験が不足し、高いレベルの開発管理者がすく

なく、開発過程に対し有効な管理体系が確立していない。そうすると、企業が大きくなると、コストが急速に上昇し、規模の不経済性に直面すると考えられる。

中程度の規模で不経済性に直面してしまうことは、中国ソフトウェア産業発展の阻害要因になる。短期の規模不経済性を修正するために、ソフト開発資本を追加投資するのは1つの方法である。短期の規模の経済性の定義により

$$SCE = \left[ \frac{\partial \log VC}{\partial \log Y} \right]^{-1} = 1 / [\beta_Y + \gamma_{YY} \log(Y) + \gamma_{LY} \log(Pls) + \gamma_{LoY} \log(Pl_o) + \gamma_{KY} \log(K)]$$

である。表4-1の費用関数の推定結果より、の値がすべてマイナスから、資本(K)を追加すると、SCEは大きくなる。資本を追加投資すれば、全体的な生産効率をもっと上げるはずである。次の式

$$\gamma_{KY} * \log(K) - \gamma_{KY} * \log(\bar{K}) = \frac{1}{SCE} - 1$$

を満たす $\bar{K}$ を計算すれば、短期の規模の不経済性を消すため最小な投資額が求められる。ここで $\bar{K}$ は、現在のアウトプットの下で短期平均費用を最小にする資本ストックであり、長期最適資本ストック $K^*$ とは異なる。この点について図4-1を参照。

図4-1 規模の不経済性を解消する資本と最適資本

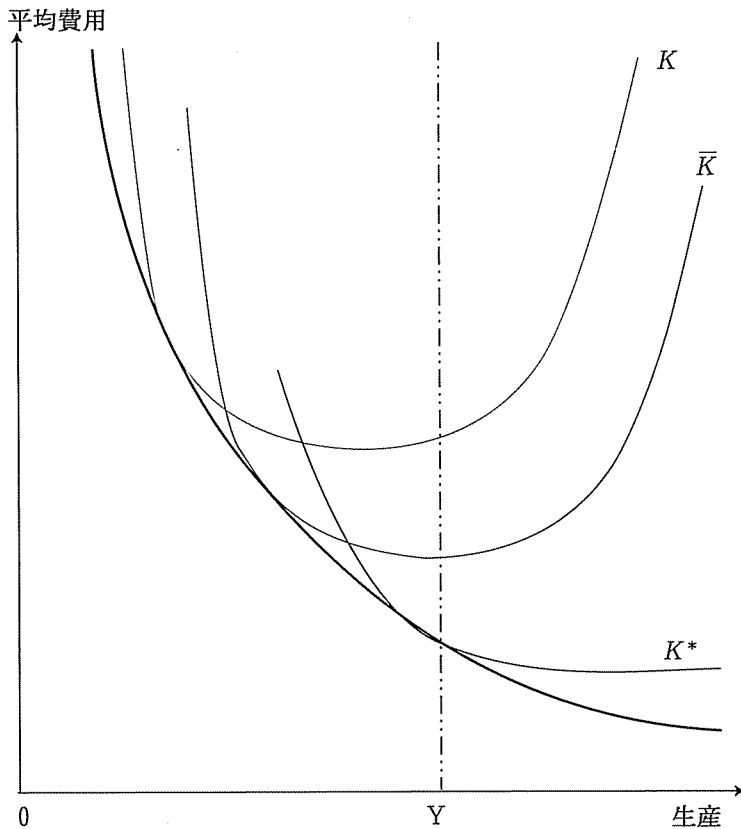


図4-1は縦軸に平均費用，横軸に生産を取っている。今，実際の資本が，生産が  $Y$  であるとする。 $\bar{K}$  は短期平均費用が  $Y$  において最小となるような資本であり， $K^*$  は， $Y$  において長期と短期の平均費用が接するような資本である。

簡単な計算より，5000万以下の企業の規模不経済性を消すため，その企業には約5000万円の資本投資を追加する必要がある。5000万以上の企業の規模不経済性を消すため，その企業には約1億2千万円の資本投資が追加する必要がある。

### 5. 成長寄与度

表4-5において，ソフト開発労働と普通労働の寄与度の合計は，(11)式より短期の規模の経済性（表4-5の SCE）に等しい。表4-5を見ると，ソフト開発労働の成長寄与度は普通労働の成長寄与度より大きい。企業が大きいほど，ソフト開発労働に対して成長寄与度は小さくなる。このことが，大企業がソフトウェア生産の規模の経済性を失う原因の1つである。中国のソフトウェア企業はソフトウェア生産以外，いろいろな IT サービス，ハードウェアなどを生産しているが，大企業では，ソフトウェア専門及び中心として生産する会社が少ない。このため，ソフトウェア生産に

中国ソフトウェア産業の費用構造分析

表4-5 各生産要素の寄与度

	5000万 以上	1000万- 5000万	1000万 以上	500万- 1000万	500万 以下	国有	個人	三資
ソフト開発労働	0.51	0.72	0.77	0.99	1.45	2.82	2.18	0.91
普通労働	0.20	0.19	0.30	0.21	0.54	0.90	0.78	0.17
資本	0.83	0.24	0.39	0.12		0.14	0.22	0.48
長期規模経済性 の指標	1.54	1.15	1.46	1.32		3.86	3.18	1.56

対する資源の集中不足があるかもしれない。

一方、小さい企業は普通労働の成長寄与度が高い。小企業では営業労働が大変重要である。ある程度の規模の営業ネットワークができるまで、営業労働を拡張することが効率的である。

表4-5を見ると、企業が大きいくほど、資本の成長寄与度が高い。式(12)よりすべての要素の寄与度の合計が長期の規模の経済性であるので、短期では規模の経済性がない大企業も、長期的には規模の経済性を回復する。小さい企業はPCに基づく開発が多くソフトウェア開発規模も小さいのに対し、大企業は大型サーバー、品質管理用ソフトウェアなど大きな設備を利用した開発を行っていることを反映している。

6. 最適な資本

表4-6は推定した中国のソフト会社の資本不足率（最適資本と実際資本の比率R）である。可変費用関数が資本の減少関数とならず、最適資本を計算できない場合は空欄となっている<sup>6)</sup>。多くの地方で、資本投資不足の企業

表4-6 地域別、資本投資不足率一覧

	5000万 以上	1000万- 5000万	500万- 1000万	500万 以下	国有	個人	三資
北京市	2.91		1.70				
天津市	3.79	3.19				2.85	1.29
大連市	1.21	2.48	1.64				
長春市							5.77
哈尔滨市							3.10
上海市	3.26	2.01	3.22			3.12	
南京市	2.00		0.52				
杭州市						0.65	
宁波市						4.08	
福州市		1.33	1.15				
廈門市						1.27	6.21
南昌市		1.23					
濟南市		1.01					
青島市			0.97				
鄭州市			0.98				
武漢市		3.38	1.40				
長沙市		1.43					
深圳市		3.28	0.88				2.35
海口市						1.61	
重慶市		1.35	0.76				
成都市		1.72					
西安市		0.56					
蘭州市			1.39				
平均値	2.63 (2.32)*	1.91 (1.60)*	1.33			2.28	4.09

(\*)\*の中は、売上高1000万以上の企業すべてのデータで推定した場合の値を示す。

表4-7 三資企業のソフト開発資金

	単位	2000年	2002年	成長率(%)
企業数	個	198	602	204
従業員数	万人	1.3	3.9	206
ソフト開発者労働者	万人	0.6	2.3	247
ソフト開発用予算	億元	31	25	-19
その内 (政府投資)	億元	0.12	0.37	206
(企業集金)	億元	26	18	-31
(金融機関)	億元	0.85	0.13	49
(外国から)	億元	3	5	51

が多い。

表4-6のデータを見ると、中国のソフト企業の資本は不足していることが良く分かる。特に大企業は資本の不足率が高い。個人企業と三資企業も、資本は非常に不足している。

特に三資企業の資本不足率は著しく大きい。にもかかわらず、三資企業では2000年以降も設備投資が増加していない。原因の一つは資金の不足であると思われる。表4-12は、三資企業のソフト開発予算総額を企業数、従業員数、ソフト開発労働者数と比較したものである。

表によると、三資企業は、企業規模が大きくなる一方で、特に開発予算が2000年から2002年にかけて大幅に減少している。これは2000年のITバブル崩壊による、2001年のIT業界不振の影響と推定する。一方、個人企業と国有企業の予算成長率は386%と143%であった。これは、グローバル市場に対する依存度が低く、ITバブルの影響が小さかったと思われる。

三資企業のシェアは中国ソフト企業全体の約五分の一である。しかし、2002年に中国が輸出したソフトの半分以上は三資企業によって生産された。三資企業特有の海外ネットワークその管理方法は、資金不足と資本過少問題に大きく関わっているであろう。

### 7. 企業所有形態別の費用格差

最後に、個人企業とその他企業の違いを比較するために、ダミー変数を代入して可変費用関数を再推定する。導入するダミーは、個人企業ダミー (DummyP) と国有企業ダミー (DummyC) である。DummyP は、個人企業について 1、国有企業と三資企業について 0 の値を取り、DummyC は、国有企業について 1、個人企業と三資企業について 0 の値を取るように定義する。これらダミーを次のように可変費用関数に導入して、企業形態間の費用格差を計測する。

$$\text{Log}(VCost) = VC(P_i, Y, K) + \alpha_{Dp} * \text{DummyP}$$

$$\text{Log}(VCost) = VC(P_i, Y, K) + \alpha_{Dp} * \text{DummyP} + \alpha_{Dc} * \text{DummyC}$$

$$\text{Log}(VCost) = VC(P_i, Y, K) + \alpha_{Dp} * \text{DummyP}$$

以上、三通りの推定式を作って、トランスログ型可変費用関数をシェア式と共に推定する。推定結果は以下のようである。

表4-8 個人企業ダミー推定値

	推定式 1	推定式 2	推定式 3
データ数	74	74	52
個人企業ダミー	0.3128	0.3856	0.2481
P-value	[.016]	[.008]	[.118]
国有ダミー		0.1575	
P-value		[.295]	

個人企業ダミーは有意に正である。したがって、個人企業の生産費用は他の形態の企業より高い。通俗的には、個人企業の生産性が国有企業よりも高いと考えられている。しかし、中国のソフト産業の1つの重要な特徴として、国有企業より優れた個人企業はあまり多くないということが言える。

2002年のデータより、ソフト開発者の平均給与水準は、国有企業の2.9万人民元に対して個人企業は3.2万人民元であり、その差は小さい。一方、国有企業は伝統的に大企業が多く、専有な求人ネットワークと仕事の安定性から、優秀な人材を容易に集めることができる。また、国有企業の労働時間は個人企業より短く、福利厚生は個人企業より良いなど、国有企業には多くの利点がある。この結果、優秀な人材が国有企業に多く集まる傾向にある。そのため、国有企業の生産性が高く、生産費用が低いことは不思議ではない。

## V. おわりに

以上、トランスログ型固定費用短期均衡モデルを利用して、中国34都市のソフトウェア会社についての2002年のクロスセクションデータを実証分析した。本論文の分析結果を以下に要約する。

1. ソフト開発労働の価格代替弾力性は普通労働の価格代替弾力性より小さく、ソフト開発労働の専門性が示された。しかし、ソフト開発労働と普通労働は代替的であり、ソフト開発労働のうち普通労働で代替できる部分が残っている。企業の規模が大きくなるほど、代替可能性は大きくなる。
2. 小さい企業には規模の経済性があるが、

大きい企業は規模の不経済がある。規模の不経済性を解消することは、資本投資の追加によって可能である。売上5千万元以下の企業の規模不経済性を消すためには、約5千万元の資本投資を追加する必要がある。売上5千万元以上の企業の規模不経済性を消すためには、約1億2千万元の資本投資を追加する必要がある。規模の不経済を解消するだけでなく、最適資本を実現するにはさらに大きな資本投資が必要である。特に三資企業の資本不足は著しく、中国のソフトウェア産業にとって設備投資の促進が大きな課題である。

3. 規模の経済性を生産要素の寄与度の面から見ると、ソフト開発労働の成長寄与度は普通労働の成長寄与度より大きい。企業が大きいほど、ソフト開発労働に対して成長寄与度は小さくなる、大企業が規模の経済性を失う原因の1つとなっている。ソフトウェア開発労働の生産性を高めることが、規模の経済性を回復し中国ソフトウェア産業の発展を促すために需要である。
4. 国有企業の費用水準は個人企業より低い。国有企業の方が、優秀な人材を確保する上で有利な点が多いと言える。

一方、本論文の問題点及び今後の課題を考えると、データの問題がある。サンプル数の不足のため、安定した推定結果を得ることが困難である。34主要都市だけでなく、中小規模の都市のソフト会社のデータも必要である。また、2002年のみのクロスセクションデータであるため、技術進歩など多くの重要な問題について分析ができない。今後、データを蓄積して、パネルデータによる分析を行うべき

である。

今後、中国のソフトウェア生産の成長力は維持され、市場が一層大きくなる可能性をもっている。今後もソフトウェア関連統計の整備を見据えながら継続的にソフトウェア生産を分析していきたい。

## 注

- 1) ICT ないし、IT と生産性の問題について、アメリカのデータによる研究として Berndt and Morrison (1995), Dewan and Kraemer (2000), Kudyba and Diwan (2001)。日本を対象にした研究として、黒田・野村 (1997)、佐々木 (2002)、峰滝 (2003)、Makido, Kimura and Mourdoukoutas (2003) がある。
- 2) 代替弾力性および価格弾力性の公式については、Berndt (1991, P475) を参照。
- 3) 規模の経済性の指標については、Nemoto, Nakanishi and Madono (1993) を参照。長期の規模の経済性指標の導出の詳細は Caves, Christensen, Swanson and Joseph (1984) である。
- 4) 情報資本ストックをこのような方法で推計した例としては佐々木 (2002) がある。
- 5) 生産要素コストシェアを足すと 1 になるので、シェア式は 1 本を除く。最尤法の性質より、どのシェア式を除いても結果は同じになる。
- 6) 最適資本は数学的に求められないので、数値計算によっている。トランスログ型可変費用関数から数値的に最適資本を計算した。論文は Nemoto, Nakanishi, Madono (1993), Nemoto and Asai (2002) がある。

## 参考文献

### 日本語文献：

- 黒田 昌裕・野村 浩二 (1997) 「生産性パラドックスへの一つの解釈 - Static and Dynamic Unit TFP の提案 -」, 日本銀行金融研究所『金融研究』, 第16巻 4号, 21-54頁。
- 佐々木 文之 (2002) 「IT 化のマクロ的インパクト

の論点整理と実証」『郵政研究所月報』第164号, 4-19頁。

峰滝 和典 (2003) 「IT と生産性一日米欧の比較分析 -」『Economic Review (富士通総研)』第17巻 3号, 10-39頁。

### 英語文献：

- Berndt, Ernst R. (1991), "The Practice of Econometrics", Addison-Wesley, pp.475-512.
- Berndt, Ernst R. and Catherine J. Morrison (1995), "High-tech Capital Formation and Economic Performance in U.S. Manufacturing Industries an Exploratory Analysis" *Journal of Econometrics*, Vol.65, No.1, pp.9-43.
- Caves, Douglas W, Christensen, Laurits R, Swanson and Joseph A (1981), "Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-74" *American Economic Review*, Volume 71, No.5, pp.994-1002.
- Dewan Sanjeev and Kenneth L. Kraemer (2000), "Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data" *Management Science*, Vol.46, No.4, pp.548-562.
- Kudyba Stephan and Romesh Diwan (2001), "The Impact of Information Technology on US Industry" *Japan and the World Economy*, Vol.14, No.3, pp.321-333.
- Nemoto, Jiro and Asai Sumiko (2002), "Scale Economies, Technical Change and Productivity Growth in Japanese Local Telecommunications Services" *Japan and the World Economy*, Vol.14, No.3, pp.305-320.
- Nemoto, Jiro, Yasuo Nakanishi and Seishi Madono (1993), "Scale Economies and Over-Capitalization in Japanese Electric Utilities" *International Economic Review*, Vol.34, No.2, pp.431-440.
- Makido, Takao, Shogo Kimura, Panos Mourdoukoutas (2003), "IT and competitive advantage: the case of Japanese

## 中国ソフトウェア産業の費用構造分析

manufacturing companies ” *European Business Review*, Volume 15, No.5, pp.307-311.

### 中国語文献：

中国国家统计局（2004）『中国统计年鉴1990-2003』  
中国统计出版社。  
中国国家统计局（2003）『软件开发活动统计资料  
（2002）』。

中国国家统计局（2004）『中国电子工业年鉴2003』  
中国统计出版社。

中国信息产业部（2004）『中国信息年鉴2001-2003』。

中国互联网信息中心（CNNIC）（2004）『中国互联  
网络发展状况统计报告1998-2004』。

（名古屋大学大学院経済学研究科博士後期課程）