郵政研究所ディスカッション・ペーパー・シリーズ No.2000-07

NTT 地域通信事業の生産性と技術進歩

浅井 澄子* 根本 二郎**

2000.8.4

^{*} 郵政研究所客員研究官(岐阜経済大学経済学部専任講師)

^{**} 郵政研究所元客員研究官(名古屋大学大学院経済学研究科助教授)

NTT地域通信事業の生産性と技術進歩

郵政研究所客員研究官 浅井澄子 郵政研究所元客員研究官 根本二郎

要約

本論文は、NTT 地域通信事業部の全要素生産性及び技術進歩率を複数の方法で計測し、その結果を比較したものである。本稿では、全要素生産性を非パラメトリックな方法と2種類の費用関数の推定による方法を用いて計測した。その結果、全国平均の全要素生産性の年平均変化率に関しては、3つの方法で概ね近似した値が得られた。また、長距離通信市場に比べ技術進歩が生じにくいと考えられてきた地域通信市場においても、全国平均で年平均4%を上回る技術進歩による費用の低下が生じていたことも併せて示された。

はじめに

NTT は、1999 年 7 月に持株会社の下に、長距離通信サービス及び国際通信サービスを提供する NTT コミュニケーションズ社と地域通信サービスを提供する東日本電信電話株式会社及び西日本電信電話株式会社(以下、「東 NTT」「西 NTT」という。)に再編成された。再編成後の料金規制については、東西 NTT が提供する電話、専用及び ISDN サービスに対し、2000 年 10 月よりプライスキャップ規制が導入される。また、これ以外のサービス及び東西 NTT 以外の第一種電気通信事業者のサービスについては、既に届出制へと変更となっている1)。

電気通信事業におけるプライスキャップ規制については、米国及び英国で既に運用実績があり、物価上昇率から X 値を差し引いた値が、料金値上げ率の上限である。この X 値は、米国では全要素生産性(Total Factor Productivity,以下、「TFP」という。)の値で設定されている²⁾。一方、英国及び我が国の場合では、将来の収入及び費用の予測値をもとに当該事業者の収支相償を考慮した上で、 X 値が決定される³⁾。このように日米英ではプライスキャップ規制の X 値の決定方法に差異があるが、 X 値を生産性変化率又は生産性向上見込率とみなしている点は共通である。本論文では、生産性を表す指標であり、プライスキャップ規制においてしばしば用いられる TFP 変化率の頑健性を検証するため、これを複数の手法で計測し、その結果を比較することを第1の目的とする。

また、電気通信分野、とりわけ長距離通信市場は、一般に技術進歩が著しい領域であると言われてきた。光ファイバー化等の技術の進展は、長距離通信市場に新規参入をもたらし、競争メカニズム機能と技術進歩による費用の低下が、今日の料金低廉化を実現させた要因であると考えられてきた。一方、地域通信市場では、回線の埋設工事や保守作業に関して人的資源に依存する部分が大きく、急速な技術進歩が期待できない分野であるとみなされてきた⁴⁾。すなわち、ネットワークの構築に時間とコストがかかることが、地域通信市場で競争が進展しないこと、ひいては、料金の低廉化が進まない要因であると考えられてきた。このような一般的認識を踏まえ、地域通信市場における技術進歩が、どの程度の水準であるのか、その技術進歩率が TFP 変化率にどの程度寄与しているのかについて定量的に把握することが、本論文の第2の目的である。

本稿では、1992 年度から 1997 年度まで導入された NTT 地域通信事業部を対象に、TFP 変化率を Törnqvist 生産性指数により算出するほか、パラメトリックな方法による計測も行う。パラメトリックな方法に関しては、総費用関数と資本を固定要素とした可変費用関数の双方を推定することによって、固定要素が存在しないケースの TFP 変化率と固定要素の存在を考慮したケースの TFP 変化率を計測し、その結果を比較する。以下、第1節では分析の枠組みを提示し、第2節では2種類の費用関数の推定と非パラメトリックな方法とパラメトリックな方法による TFP 変化率の計測結果を示す。第3節は、これら計測結果の政策的意義である。

1 分析の枠組み

TFP の計測方法については、基本的な Solow 残差の他に、非効率性の存在を考慮した Malmquist 生産性指数のアプローチが挙げられる。これらでは、生産関数又は費用関数の パラメトリックな特定化を行うことなく、観察されるデータから直ちに TFP を計測する ことができる。このような計測の簡便性が政策ツールとしての有用性を高めていると考えられるが、本稿で採用する Törnqvist 生産性指数は、簡便性に加え、最良指数 (superlative index)でもある。これは、Solow 残差が生産関数の局所的な線形近似に基づくのに対し、Törnqvist 生産性指数は、トランスログ生産関数の下で、近似ではないという点で、厳密な生産性変化を示していることを意味する うっ つまり、Törnqvist 指数による TFP 変化率の定義式は、トランスログ生産関数を推定していないにも関わらず、トランスログ生産関数から導出される理論的生産性変化に対する恒等式となる。

しかし、Törnqvist 指数のこのような明確な意味付けは、生産関数又は費用関数のパラメトリックな定式化を不要にするというものではない。生産性変化の要因、すなわち、TFP 変化率と技術進歩率や規模の経済性との関係を明らかにするためには、パラメトリックな定式化が不可欠である。一方、生産関数や費用関数が推定されるならば、そのパラメータを使って Törnqvist 生産性変化率とその要因を計測することができる。この場合、関数の推定を通じて計測された生産性が、非パラメトリックに計測された Törnqvist 生産性指数に一致するとは限らない。このため、本論文では、残差として計測される非パラメトリックな Törnqvist 生産性変化率を、費用関数の推定から計測される値と比較し、その頑健性を検討することで非パラメトリックな指数を実務的ツールとして用いることの妥当性を評価する。1.1 項で非パラメトリックな方法について述べ、1.2 項及び 1.3 項でパラメトリックな TFP 変化率の計測方法について取り扱う。

1.1 非パラメトリックな方法

NTT 地域通信事業部の主要な生産物には、電話サービス及び専用サービス等がある。しかし、パラメトリックな指数計測のための費用関数の推定において、多重共線性の問題が生じることから、本稿では集計された単一生産物を仮定する。生産物 Y , 総費用を C , i 番目の生産要素投入量を X i , i 番目の生産要素価格を W i とすると、 Törnqvist 指数による TFP 変化率は、(1)で定義される。

$$ln\frac{\text{TFP}_{t}}{\text{TFP}_{t-1}} = ln\frac{Y_{t}}{Y_{t-1}} - \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{S_{it} + S_{it-1}}{2}\right) ln\frac{X_{it}}{X_{it-1}} \qquad S_{it} = \frac{W_{it}X_{it}}{C_{t}}$$
(1)

ここで、添え字のt及びt - 1 は、今期と前期を意味する。(1)の右辺は直接観測可能な変数のみで構成されていることから、TFP 変化率は、生産関数や費用関数を推定することなく計測可能である。

また、Törnqvist 指数がトランスログ厳密(translog exact)であることは、次のことを 意味する。生産関数が(2)のトランスログ型で示されるとする。

$$lnf_{t}(X_{t}) = {}_{0} + {}_{t} t + \sum_{i=1}^{n} {}_{i} ln X_{it} + \sum_{i=1}^{n} {}_{it} t ln X_{it} + {}_{tt} t^{2} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} {}_{ij} ln X_{it} ln X_{jt}$$

$$_{ij} = {}_{ji}$$

$$(2)$$

任意の生産要素について費用を最小化するように投入量が決定されるならば、(1)で定義される TFP 変化率について、Diewert(1976, p.118)の 2 次恒等式の補題 (Quadratic Identity Lemma) 及び費用最小化の 1 階条件から、(3)が恒等的に成立する⁶⁾。

$$ln \frac{\text{TFP}_{t}}{\text{TFP}_{t-1}} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \left(\left(\frac{1}{Y_{t}} - 1 \right) S_{it} + \left(\frac{1}{Y_{t-1}} - 1 \right) S_{it-1} \right) ln \frac{X_{it}}{X_{it-1}} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{Y_{t}} \frac{f_{t}(X_{t})}{t} + \frac{1}{Y_{t-1}} \frac{f_{t-1}(X_{t-1})}{t} \right) \qquad Y_{t} = \frac{ln C_{t}}{ln Y_{t}}$$
(3)

(3)は、任意の生産要素が可変であると仮定しているが、n番目の生産要素が固定要素であり、Xnを所与として、残りの生産要素投入量が可変費用を最小化するように決定されるならば、(1)で定義される TFP 変化率は、(4)となる。

(4)の TFP 変化率は、(2)のトランスログ生産関数の下では規模の経済性に起因する部分 ((4)の右辺第1項)、固定要素である X nの投入量変化による部分 ((4)の右辺第2項)及 び技術進歩率 ((4)の右辺第3項)に厳密に一致する。(4)は、(3)に固定要素に関する右辺第2項が追加されているが、 t 時点及び t - 1 時点の双方で、固定要素が最適水準の場合では、 nt = Snt , nt = Snt , nt = Snt , lt = S

(3)及び(4)は、TFP 変化率を規模の経済性要因と技術進歩率等に分解する式とみなすことができる。しかし、(3)又は(4)の TFP 変化率を計測するためには、技術進歩計測のための生産関数の推定が必要であることに加え、費用の規模弾性値 yt, ytilを得るための費用関数の推定も必要となる。一方、いったん生産技術に関するパラメータが推定されれば、そのパラメータ値から、(3)、(4)の右辺各項の値を計測して TFP 変化率を求めることができる。このようにしてパラメトリックに計測される TFP と、非パラメトリックに計測される TFP と、非パラメトリックに計測される TFP とを比較して、クロスチェックを行うことは、計測値の信頼性を保証する上で有益であるう。1.2 項及び 1.3 項では、パラメトリックな TFP 変化率の計測問題に移るが、ここではトランスログ厳密という顕著な性質を緩めることで、(3)及び(4)に代えて、費用関数の計測のみで計測可能な方法を提示する。

1.2 固定要素が存在しないケースのパラメトリックな方法

固定要素が存在しないケースである(3)は、トランスログ生産関数の下で、何ら近似を行うことなく導出されているが、ここでは一般的費用関数の線形近似から、費用関数のパラメータを用いて TFP 変化率及びその要因を求める方法を示す。まず、固定要素が存在しない総費用関数が、次のように与えられるとする。

$$C_t = g(W_{1t}, W_{2t}, \cdot \cdot \cdot, W_{nt}, Y_t, t)$$
(5)

(5)を時間tで全微分し、これにシェパードの補題を適用すると、(6)が得られる。

$$\mathring{\mathbf{C}}_{t} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{S}_{it} \mathring{\mathbf{W}}_{it} + \mathbf{Y}_{t} \mathring{\mathbf{Y}}_{t} + \frac{1}{\mathbf{C}_{t}} - \frac{g}{t}$$

$$(6)$$

ドットは時間に関する変化率を表し、変数 z について、 $z = (dz_t/dt)/z_t$ のことである。一方、総費用 $C_t = W_{it}X_{it}$ を時間 t で全微分したものが、(7)である。

$$C_{t}^{\bullet} = \sum_{i=1}^{n} S_{it} \mathring{W}_{it} + \sum_{i=1}^{n} S_{it} \mathring{X}_{it}$$
 (7)

(6)と(7)から共通の項を消去し、連続時間による TFP 変化率の定義式(8)

$$TFP_{t} = \overset{\bullet}{\mathbf{Y}}_{t} - \sum_{i=1}^{n} \mathbf{S}_{it} \overset{\bullet}{\mathbf{X}}_{it}$$
(8)

に代入して書き換えたものが、(9)である。

$$TFP_{t} = (1 - Y_{t}) \mathring{Y}_{t} - \frac{1}{C_{t}} \frac{g}{t}$$

$$(9)$$

この(9)について、Törnqvist 離散近似を行うと、(10)が得られる。

$$ln \frac{\text{TFP}_{t}}{\text{TFP}_{t-1}} = \left(\frac{(1 - Y_{t}) + (1 - Y_{t-1})}{2}\right) ln \frac{Y_{t}}{Y_{t-1}} - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{C_{t}} - \frac{C_{t}}{t} + \frac{1}{C_{t-1}} - \frac{C_{t-1}}{t}\right)$$
(10)

(10)は、(3)と同様、TFP 変化率を規模の経済性に起因する部分((10)の右辺第1項)と技術進歩率((10)の右辺第2項)の和として与えている。(3)が生産関数をベースにしているのに対し、(10)は費用関数をベースにしているため、規模の経済性に関する項の表現方法は異なるが、規模に関して収穫一定(yt = yt = 1)の場合、TFP 変化率が技術進歩率に一致するという性質は変わらない⁷⁾。(10)は、費用関数の推定によって、右辺各項の値が計測され、その結果として TFP 変化率を求めることができる。本論文では、費用関数を以下のトランスログ型で特定化し、(10)に基づくパラメトリックな TFP 変化率の計測を行う。

$$l \, n \, C_{t} = {}_{0} + {}_{t} \, t + \sum_{i=1}^{n} {}_{i} \, ln \, W_{it} + {}_{Y} \, ln \, Y_{t} + \sum_{i=1}^{n} {}_{it} \, t \, ln \, W_{it} + \frac{1}{2} {}_{tt} \, t^{2} + {}_{tY} \, t \, ln \, Y_{t}$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} {}_{ij} \, ln \, W_{it} \, ln \, W_{jt} + \sum_{i=1}^{n} {}_{iY} \, ln \, W_{it} \, ln \, Y_{t} + \frac{1}{2} {}_{YY} \, (\, ln \, Y_{t} \,)^{2}$$

$$\sum_{i} {}_{i} = 1, \quad ij = {}_{ji}, \quad \sum_{i} {}_{ij} = 0, \quad \sum_{i} {}_{it} = 0, \quad \sum_{i} {}_{iY} = 0$$

$$(11)$$

1.3 固定要素が存在するケースのパラメトリックな方法

次に、任意の生産要素が可変要素ではなく、n番目の要素が固定的である場合を検討する。可変費用の最小化を仮定し、可変費用関数を(12)として表す。

$$VC_t = h (W_{1t}, W_{2t}, \cdot \cdot \cdot, W_{n-1t}, X_{nt}, Y_t, t)$$
 (12)

(12)を時間 t で全微分し、シェパードの補題を適用することにより、(13)が得られる。

$$\mathbf{\hat{V}C}_{t} = \frac{\mathbf{C}_{t}}{\mathbf{VC}_{t}} \sum_{i=1}^{n-1} \mathbf{S}_{it} \ \mathbf{\hat{W}}_{it} + \mathbf{v}_{nt} \ \mathbf{\hat{X}}_{nt} + \mathbf{v}_{Yt} \ \mathbf{\hat{Y}}_{t} + \frac{1}{\mathbf{VC}_{t}} \frac{h}{t}$$
(13)

ただし、 $^{\vee}_{nt}$ = $\ln V C_{t}$ / $\ln X_{nt}$, $^{\vee}_{\forall t}$ = $\ln V C_{t}$ / $\ln Y_{t}$ である。また、可変費用の定義式を時間 t で全微分すると、次のようになる。

$$\mathbf{V}\mathbf{C}_{t} = \frac{\mathbf{C}_{t}}{\mathbf{V}\mathbf{C}_{t}} \sum_{i=1}^{n-1} \mathbf{S}_{it} \, \mathbf{\dot{X}}_{it} + \frac{\mathbf{C}_{t}}{\mathbf{V}\mathbf{C}_{t}} \sum_{i=1}^{n-1} \mathbf{S}_{it} \, \mathbf{\dot{W}}_{it} \tag{14}$$

TFP 変化率の定義式である(8)に、(13)及び(14)を用いることによって、次式が得られる。

$$\mathbf{TFP}_{t} = \left(1 - \frac{\mathbf{VC}_{t}}{\mathbf{C}_{t}} \quad \mathbf{v}_{\mathbf{Y}t}\right) \mathbf{Y}_{t}^{\bullet} - \left(\frac{\mathbf{VC}_{t}}{\mathbf{C}_{t}} \quad \mathbf{v}_{nt} + \mathbf{S}_{nt}\right) \mathbf{X}_{nt}^{\bullet} - \frac{1}{\mathbf{C}_{t}} \frac{h}{t} \tag{15}$$

(15)について、Törnqvist 離散近似を行うと、固定要素が存在する場合の TFP 変化率を求める(16)が得られる

$$ln\frac{\text{TFP}_{t}}{\text{TFP}_{t-1}} = \frac{1}{2} \left(\left(1 - \frac{\text{VC}_{t}}{\text{C}_{t}} \right)^{\nu} + \left(1 - \frac{\text{VC}_{t-1}}{\text{C}_{t-1}} \right)^{\nu} \text{Y}_{t-1} \right) \ln \frac{Y_{t}}{Y_{t-1}}$$

$$- \frac{1}{2} \left(\left(\frac{\text{VC}_{t}}{\text{C}_{t}} \right)^{\nu} + S_{nt} + S_{nt} \right) + \left(\frac{\text{VC}_{t-1}}{\text{C}_{t-1}} \right)^{\nu} \ln \frac{X_{nt}}{X_{nt-1}}$$

$$- \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\text{C}_{t}} \right)^{\nu} + \frac{1}{\text{C}_{t-1}} \left(\frac{\text{VC}_{t-1}}{t} \right)^{\nu} + \frac{1}{\text{C}_{t-1}} \left(\frac{\text{VC}_{t-1}}{t} \right)^{\nu} \right)$$
(16)

(16)は、可変費用関数の推定によって、右辺各項の値を計測することが可能であり、その結果として TFP 変化率を求めることができる。本論文では、可変費用関数を(17)のトランスログ型とし、(16)に基づき TFP 変化率及び各要素を計測する。

$$\ln VC_{t} = _{0} + _{t} t + \sum_{i=1}^{n-1} _{i} \ln W_{it} + _{n} \ln X_{nt} + _{Y} \ln Y_{t} + \sum_{i=1}^{n-1} _{it} t \ln W_{it} + \frac{1}{2} _{t} t^{2}$$

$$+ _{m} t \ln X_{nt} + _{iY} t \ln Y_{t} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} _{ij} \ln W_{it} \ln W_{jt} + \sum_{i=1}^{n-1} _{in} \ln W_{it} \ln X_{nt}$$

$$+ \sum_{i=1}^{n-1} _{iY} \ln W_{it} \ln Y_{t} + _{nY} \ln X_{nt} \ln Y_{t} + \frac{1}{2} _{nn} (\ln X_{nt})^{2} + \frac{1}{2} _{YY} (\ln Y_{t})^{2}$$

$$\sum_{i=1} _{i} _{ij} = _{ji}, \sum_{i} _{ij} = \sum_{i} _{it} = \sum_{i} _{it} = \sum_{i} _{in} = 0$$

$$(17)$$

2 計測結果

本項では、2.1 項でパラメトリックな TFP 変化率の計測に必要な費用関数の推定結果を示し、次に 2.2 項で非パラメトリックな方法及び費用関数の推定値により計測された TFP 変化率をそれぞれ提示する。

2.1 費用関数の推定結果

費用関数の計測対象は、1992 年度から 1997 年度の間、全国の NTT 地域通信事業を 11 の地域ごとに分けた各事業部である 30 生産要素は労働(L)、原材料(M)、資本(K)の3種類とし、単一の集計生産物(Y)は、地域通信事業部の主要なサービスである電話と専用サービスの収入を集計価格指数により実質化したものである。データの作成方法は、補論で示すとおりである。推定する関数は、総費用関数については(11)であり、これにシェパードの補題により導出された労働シェア方程式及び原材料シェア方程式を付加し、最尤法で推定した。また、東京、関東、東海及び関西地域通信事業部は他の事業部と比べ規模が大きく、需要密度が高いことから、これら4地域については1、これ以外の地域にはゼロの地域特性を表す収入係数ダミーを加えている。

総費用関数の推定結果は表 1 であるが、生産要素価格に関する一次同次性及び対称性のほか、総費用関数が生産要素価格及び生産量の非減少関数であることと、生産要素価格の凹関数であることについては、66 サンプルすべての領域で満たしている。

表 1 推定結果

	推定值	標準誤差¹)		推定值	標準誤差
0	4.73437	(1.85088)	LL	0.09250	(0.04298)
Υ	0.56642	(0.31212)	ММ	0.11587	(0.01355)
L	0.32486	(0.10592)	LY	-0.03580	(0.00404)
М	0.85090	(0.08023)	ΜY	0.00878	(0.00273)
Т	0.01571	(0.04768)	LT	-0.01538	(0.00321)
ΥΥ	0.03478	(0.02671)	МТ	0.01515	(0.00175)
TT	0.00491	(0.00397)	ΥT	0.00132	(0.00379)
LM	-0.08813	(0.01701)	Du ²⁾	-0.01521	(0.00189)
LK	0.04083	(0.08827)			
		み決定係数 み決定係数	0.994149 0.766212(労 0.903219(原本		•

- 1)()内の標準誤差は、White の不均一分散一致標準誤差
- 2) Duは、ln Yの係数にかかるダミー変数の推定値

表 1 の推定値に基づき、1997 年度の各地域別変数の値により計測した規模の経済性指標が、表 2 である。表 2 は、 $1 - \sqrt{0}$ の値であり、 $1 - \sqrt{0}$ 0 の場合は規模の経済性が存在し、 $1 - \sqrt{0}$ 0 の場合は規模の不経済性が発生していると判断される。ここでは、すべての地域で規模の経済性が存在している結果となっているが、大規模な事業部では規模の経済性が小さく、東京、関東、関西及び九州地域通信事業部では、規模の経済性指標は有意ではない1000。

また、技術進歩率については、 $\ln C$ / t で測ることができる。表 3 は、1992 年度と 1997 年度の技術進歩率であり、各地域で技術進歩率が時系列で低下していることが示される。 $\ln C$ / t に含まれる $_{\vee\vee}$ 及び $_{\vee\neg}$ の推定値は、表 1 のとおり有意ではないが、この技術進歩率は、Wald 検定により、11 地域すべてで $\ln C$ / t = 0 の帰無仮説が棄却される。

費用関数の推定では予め一次同次の制約を課しており、表1の LT = -0.015378 及び MT = 0.015151 から、 KT = 0.000229 が得られる。 LTが有意に負の値、 MTが有意に正であることから、この分野の技術進歩が労働節約的、原材料利用的、資本に関してはほぼ中

立的であることが示される。加入者交換機のディジタル化率は、1992 年度の 60 %から 1997 年度には 100 %に達しており、本稿の費用関数の推定期間は、地域通信ネットワークのディジタル化が急速に進展した時期にあたると解釈される¹¹⁾。今回の費用関数の推定によって、ディジタル化技術の普及が、これまで人手に依存してきた保守作業等の軽減に寄与している状況が伺える¹²⁾。

表 2 規模の経済性 (1997年度)

	規模の経済性	標準誤差
北東東関信東北関中四海北京東越海陸西国国	0.060451 0.045413 0.029465 0.022141 0.069184 0.045295 0.081725 0.026464 0.047581 0.071546	(0.017273) (0.016748) (0.027964) (0.030616) (0.019845) (0.020686) (0.026400) (0.027868) (0.016372) (0.021346)
九州	0.027786	(0.021346)

ここでの規模の経済性の値は、1 - √である。

表 3 技術進歩率 (単位 %)

	1992 年度		199	7 年度
北海道	5.8689	(1.2708)	3.3376	(1.0473)
東北	5.7690	(1.2482)	3.2666	(1.0957)
東京	6.1457	(1.2384)	3.4577	(1.2835)
関東	6.0634	(1.2507)	3.6060	(1.3176)
信 越	6.0015	(1.3187)	3.3684	(1.0222)
東海	6.0671	(1.2276)	3.7943	(1.1890)
北陸	6.0192	(1.3767)	3.2830	(1.0044)
関西	6.1350	(1.2388)	3.4488	(1.2867)
中国	5.6802	(1.2432)	3.1208	(1.0767)
四国	5.9447	(1.3199)	3.2622	(1.0140)
九州	5.6076	(1.2288)	3.2498	(1.1773)

()内の数値は、標準誤差

次に、可変費用関数の推定であるが、ネットワーク設備の建設に長期間を要する実態を考慮して、資本を固定要素 X n、労働及び原材料を可変要素とした。推定においては、総費用関数と同様に、(17)にシェパードの補題で導出された労働シェア方程式を付加し、最尤法を採用した。また、総費用関数と同様の収入係数ダミーを加えている。この可変費用関数の推定結果の概要は、表 4 のとおりである。

表 4 可変費用関数の推定結果

3	惟定值	標準誤差1)		推定值	標準誤差
0	44.7327	(8.19709)	L M	-0.16058	(0.01678)
Υ	-17.2636	(3.72519)	мк	-0.05733	(0.02321)
М	0.83553	(0.09074)	MY	0.08098	(0.02169)
K	15.70860	(3.47718)	мт	0.02447	(0.00138)
Т	0.19453	(0.12278)	ΥT	-0.03654	(0.03948)
ΥΥ	4.15661	(1.14293)	ΥK	-3.65359	(1.24504)
кк	3.25483	(1.41853)	КТ	0.03509	(0.04322)
тт	0.00877	(0.00526)	Du ²⁾	-0.02565	(0.00361)
, ,		み決定係数 み決定係数	0.987262 0.917113(労	歯シェアグ	5程式)

- 1)()内の標準誤差は、White の分散一致標準誤差
- 2) Duは、ln Yの係数にかかるダミー変数の推定値

推定された可変費用関数では、予め課した一次同次性及び対称性の制約のほか、生産要素価格及び生産量に対し非減少関数であること及び生産要素価格に対して凹であることは、66 すべてのサンプルにおいて満たしている。また、資本に対して凸であることについては、 2 VC/ 2 X 2 が全域で正の値であることで確認され、 \ln VC/ \ln X 3 COについては、サンプル全体の 56 %でこれを満たしている 13 0。

可変費用関数において、総費用関数の規模の経済性に対応する指標は、長期の規模の経済性指標である。これは、 $1 - (\ln VC / \ln Y) / (1 - \ln VC / \ln X_n)$ で定式化される。ただし、ここでの X_n は最適資本量である。この指標が正の値であれば規模の経済性が存在し、負の値であれば規模の不経済性が発生していることになる。表 2 の

総費用関数の推定で規模の経済性の存在が有意に確認できなかった東京、関東、関西及び 九州地域通信事業部では、表5では不経済性が存在するという結果になっている。また、 表2では規模の経済性指標が、0.022 ~ 0.081 の範囲内にあったのに対し、可変費用関数 の場合では指標が、-0.048 ~ 0.353 と地域的なばらつきが大きくなっている。

表6の技術進歩率については、総費用関数のケースと比較し、規模の経済性指標と同様に地域的な分散が大きい。また、可変費用関数により計測された技術進歩率が、時系列で低下していることは、表3の総費用関数のケースと共通である。さらに、表4のとおり MT = 0.024471 であり、有意に正の値である。一方、 LTについては一次同次の制約から負の値となる。このため、技術進歩率が労働節約的、原材料利用的であると判断されるが、これは、総費用関数の結果と一致する。

表5 長期の規模の経済性(1997年度)

		長期の規模の経済性
北海	与道	0.24300
東	北	0.20283
東	京	-0.03865
関	東	-0.04863
信	越	0.14122
東	海	-0.03093
北	陸	0.35299
関	西	-0.03499
中	国	0.09260
四	国	0.26810
九	州	-0.01213

表 6 技術進歩率 (単位 %)

		1992 年度		199	7 年度	
北東東関信東北関	道北京東越海陸西	5.5164 5.2408 5.8286 6.6896 5.9847 6.6978 5.9711 6.0562	(1.7456) (1.7728) (1.7787) (1.7950) (1.7337) (1.6887) (1.8401) (1.7612)	2.7799 2.5933 3.4640 3.5675 3.0915 3.9730 2.7840	(1.4179) (1.5708) (1.9348) (2.0151) (1.3872) (1.8014) (1.3670) (1.9311)	
中	国	5.8949	(1.7612) (1.6266)	3.2090 2.7329	(1.9311) (1.4823)	
四	国	6.2688	(1.7371)	2.7681	(1.3539)	
九 	州	5.7684	(1.6615)	3.2027	(1.6983)	

()内の数値は、標準誤差

2.2 TFP 変化率の計測結果

前項で費用関数が推定されたことから、以下では(1)で定義される非パラメトリックな Törnqvist 指数による TFP 変化率の計測結果と、パラメトリックな方法である(10)及び(16) に基づく TFP 変化率の計測結果を示す。表 7 の数値は、各地域通信事業部の 1992 年度から 1997 年度までの年平均変化率である。11 事業部の単純平均で測った全国平均(表 7 最下段)では、3 つのケースで計測した TFP 変化率が 4.734 % ~ 4.879 %であり、ほぼ一致した結果が得られている。しかし、11 事業部単位に見ると、非パラメトリックな方法による TFP 変化率の最も低い関東地域通信事業部が、可変費用関数のケースでは最も高い値を示しており、地域的には計測方法によって差が見られる結果となっている。

総費用関数のケースでは TFP 変化率とその要因に関して地域的ばらつきが小さいのに対し、非パラメトリックな方法では TFP 変化率が 3.578 ~ 6.317 %、可変費用関数では 4.102 % ~ 5.490 %の範囲で分散している。総費用関数における規模の経済性指標は、表 2 のとおり 0.022 ~ 0.081 の範囲内にあることから、表 7 の規模効果は、0.060 ~ 0.230 % で地域別の差は小さい。一方、表 7 の可変費用関数の規模効果の大きさは、短期の規模の経済性 *、に依存する。この *、は、66 サンプルで 0.292 ~ 2.301 と地域的なばらつきが存在する結果、表 7 の可変費用関数における規模効果は、-0.996 % ~ 2.077 %まで分散することになる。

また、表7の可変費用関数の資本効果の数値が、(16)の右辺第2項の値であり、観察される資本量が最適水準であれば、この値はゼロとなる。以下では、地域別の資本量の最適水準を計測し、現実の資本量と最適資本量との乖離の程度と、表7の資本量変化の TFP 変化率に与える影響の関係について検証することとする。ここで、短期総費用 STC は、(18)のとおり与えられる。

$$STC_{t} = h(W_{1t}, W_{2t}, \cdot \cdot \cdot , W_{n-1t}, ; X_{nt}, Y_{t}, t) + W_{nt} X_{nt}$$
(18)

最適資本量をX_n*で表すと、X_n*は短期総費用を最小化する資本量で、(19)を満たす。

(19)より、(20)が得られる。

$$X_{n_t}^* = - \frac{\ln VC_t}{\ln X_{nt}} \frac{VC_t}{W_{nt}}$$
 (20)

(20)に基づき、(17)のパラメータを利用して最適資本量 X nt*が計測される。この最適資本量と現実に観察される資本量との乖離を示したものが、表 8 である。

表 7 TFP 年平均变化率

(単位 %)

	非パラメトリ	総費用関数		可变費用関数				
	ックな方法に よる TFP	TFP	規模効果	技術進歩	TFP	規模効果	資本効果	技術進歩
北海道	4.461	4.669	0.067	4.602	5.279	0.835	0.220	4.224
東北	5.192	4.610	0.128	4.482	4.688	2.067	-1.281	3.901
東京	4.985	4.811	0.064	4.747	4.561	-0.094	-0.019	4.673
関東	3.578	4.786	0.047	4.739	5.490	-1.033	1.315	5.208
信 越	6.137	4.866	0.230	4.636	5.298	2.077	-1.227	4.447
東海	5.004	4.872	0.107	4.765	4.565	-0.996	0.808	4.753
北 陸	6.317	4.823	0.160	4.663	5.230	1.377	-0.650	4.503
関 西	4.301	4.784	0.060	4.724	4.705	-0.446	0.304	4.848
中 国	4.524	4.625	0.079	4.547	4.277	0.576	-0.756	4.456
四国	4.120	4.741	0.124	4.617	4.102	1.122	-1.434	4.414
九州	5.051	4.487	0.083	4.404	4.619	0.400	- 0.290	4.509
全国平均	4.879	4.734	0.104	4.629	4.801	0.535	-0.274	4.540

全国平均は、11事業部の単純平均

表 8 最適資本量 (単位 億円)

		現実資本量X n	最適資本量 X "*	X n / X n*
北海道		3662.0	2804.1	1.3059
東	北	5526.5	4213.9	1.3115
東	京	11687.8	11611.9	1.0065
関	東	12396.5	14188.5	0.8737
信	越	2351.8	1914.7	1.2283
東	海	6400.3	7385.9	0.8666
北	陸	1554.2	1219.6	1.2743
関	西	11483.7	12341.2	0.9305
中	玉	4376.7	3793.1	1.1538
四	国	2200.7	1764.4	1.2473
九	州	7389.5	7087.6	1.0426
平	均	6275.4	6110.7	1.0269

表8の数値は、地域通信事業部の各変数の6年間の平均値から計測した値である。

表8では、北海道、東北、信越、北陸及び四国地域通信事業部のように需要密度が低い地域通信事業部で、資本の過剰性が認められるが、全国平均では、ほぼ適正水準に近い資本量で運用されていることが示される。また、表8の東京地域通信事業部では、X_n/X_n*の値がほぼ1であり、同事業部の表7の資本効果の数値はゼロに近い。一方、資本の過剰性が存在する東北、信越及び四国地域通信事業部における表7の資本効果の値は、いずれも1.2を上回り、表7と表8の関係は、概ね整合的であると判断される。

3 政策的意義

本論文では、11 の事業部を独立の経済主体と仮定して3つの方法による TFP 変化率の 計測を行った。表7の地域別の計測結果を東西 NTT 別に総費用をウエイトとして集計し た場合、非パラメトリックなケースで東 NTT が 4.53 %、西 NTT が 4.73 %、総費用関数 のケースで東 NTT が 4.76 %、西 NTT が 4.71 %、可変費用関数のケースで東 NTT が 5.06 %、西 NTT が 4.58 %という結果が得られる。非パラメトリックな方法と総費用関数 の推定により得られる TFP 変化率の東西 NTT の大小関係は逆転しているが、その差は約 0.2 ポイントであり、両者の結果は類似している。全国平均で見る限り、3通りの TFP 変 化率でほぼ同じ結果が得られていること、東西 NTT まで含めると、非パラメトリックな 方法と総費用関数の推定で、同程度の結果が得られていることは、計測に当たって簡便な 非パラメトリックな方法に対して、一定の信頼性を与えるものと解釈することができよう。 また、技術進歩に関しては、これまで主として長距離通信市場において進展し、これが 競争メカニズムと併せて料金の低廉化に結びついてきたと考えられてきた。しかし、従来 から比較的技術進歩が生じにくいと想定されてきた地域通信市場においても、全国平均で 年平均4%程度の技術進歩による費用の低下が起こっていることが、今回の推定結果から 明らかになった。地域通信市場は、現在でも東西 NTT の独占的状態が続いているが、部 分的ではあるが、競争的事業者も事業展開を行っている140。今回確認された技術進歩に 加え、今後の競争メカニズムの機能によって、地域通信サービスの料金の低廉化が進展す ることが期待される。

おわりに

今回の地域通信市場に限らず、独占的にサービスを提供する事業体では、十分な競争メ カニズム機能が期待できない。このため、生産性や効率性の計測によって、当該事業体の 経営を評価すること、料金規制方式においては、事業体に効率化インセンティブを与える メカニズムの設計が必要となる。この場合、TFP 変化率については、プライスキャップ 規制のX値として利用されることがあり、信頼性の高い計測結果が求められることになる。

AT&T分割の是非をめぐって行われたAT&Tの自然独占性の検証については、異なる実証分析結果が提示され、議論を引き起こしたことがあったが、これら一連の論争は、一定の前提、あるいは、一つの手法に基づく推定結果を政策決定に利用することの危険性を示唆している。この点、実証研究の成果を政策決定に利用する場合には、複数の方法で推定を行い、その結果を相互に検証することが求められることになる。

本稿の3種類の方法による TFP 変化率の計測では、全国平均ではほぼ大差がない結果が得られており、計測結果に一定の信頼性を与えるものと考える。しかし、今回の費用関数の推定は、費用関数としての適正性の観点から単一生産物モデルにとどまっており、複数生産物モデルの費用関数の推定による TFP 変化率計測の余地が残されている。さらに、今回は NTT 地域通信事業部の収支データを中心に計測しているが、政策決定に用いる場合には、異なる前提条件及び複数の方法による計測と併行して、より詳細なデータ入手による計測も併せて行うことが必要と考えられる150。

注

- 1) 1998年5月の電気通信事業法の改正による。
- 2) 米国における適用事例としては、1989 年から 1995 年まで AT&T に対する TFP 変化率を用いたプライスキャップ規制のほか、1991 年より長距離通信事業者が地域電話会社に支払うアクセスチャージに対しても、同様の形式のプライスキャップ規制が適用された。
- 3) 我が国のプライスキャップ規制方式の詳細については、2000年3月31日付け郵政省「上限価格方式の運用に関する基本的考え方」及び4月14日付け及び6月13日付け 郵政省「東日本電信電話株式会社及び西日本電信電話株式会社の提供する特定電気通信 役務の基準料金指数の設定」参照。
- 4) NTT は、基幹的な中継網の光化を 1983 年に着工し、1985 年には日本縦貫光ルートとして完成させている。一方、加入者回線の光化は、1994 年の電気通信審議会答申で規定された 2010 年を目標に現在進められており、技術が現実のネットワークとして具現化するまでには、長距離通信市場と地域通信市場では大きな差が見られる。

- 5) このことを指して、Törnqvist 指数は、トランスログ厳密(translog exact)であるという。また、トランスログのようにフレキシブルな関数型に厳密(exact)な指数を最良指数という。これについては、Diewert(1976)による。
- 6) Quadratic Identity Lemma を最初に証明した Diewert の論文(1976,p.119)では、 Quadratic Approximation Lemma。
- 7) 生産関数をベースにパラメトリックな方法による TFP 変化率を導出する場合、(5) の代わりに生産関数 Y t = f (X t , t)を時間で全微分し、費用最小化の 1 階の条件を用いることで(3)が得られる。しかし、本文中に記したとおり、この式で TFP 変化率及びその要因を求めるためには、生産関数と費用関数の双方を計測する必要があり、(3) による TFP 計測は実用的ではない。
- 8) Nadiri and Nandi(1999)は、可変費用関数をベースとする TFP を定義しているが、 暗黙のうちに固定要素が最適値に等しいことを仮定しており、固定要素量の変化に関する項が、TFP 変化率の式に表れていない。
- 9) NTT の事業部制は、NTT 在り方に関する政府措置として、1992 年度に導入され、 事業部制に基づく会計情報の開示は1997 年度で終了した。
- 10) 1997 年度よりも 1992 年度のほうが規模の経済性の値は大きいが、この 4 地域の 1992 年度の値に関しても、1 v = 0 の帰無仮説は棄却されていない。
- 11) この数値は、全交換機の端子数に対するディジタル交換機の端子数の比率である。
- 12) 計測期間中では、各地域通信事業部の従業員数が減少している。この背景には、保守作業等に関する NTT 子会社への出向と保守関連作業の子会社への委託が行われた影響が考えられる。しかし、当該子会社への出向人数及び作業委託費等のデータは公表されていない。
- 13) 66 サンプルの平均値で ln V C / ln X nを計測したところ、有意に負の値であることが確認されている。
- 14) 我が国の電話サービスの同一都道府県内に終始するトラヒックにおける NTT の市場占有率は、1998 年度で 93.7 %である。詳細は郵政省(1999)「トラヒックから見た電話等の利用状況」参照。
- 15) 有価証券報告書で公表される NTT 全体に関するデータに比べ、地域通信事業部の データの公表範囲は限定的である。具体的には、本論文の原材料価格については、作業 委託費の物件費に占める比率が高いこと、作業委託が加入者回線の維持、保守にあてら

れているとの想定から、加入数を原材料の物量を示す代理変数としているが、原材料の 内訳があればより現実に即したものになると思われる。

補論 データの作成方法

1 生産物

NTT 地域通信事業部の電話の通話料収入と専用回線収入を Törnqvist 価格指数で実質化(『NTT 事業部財産目録及び損益計算書及び事業部役務別損益計算書』各年度版) この価格指数は、100Km 以下の電話サービスについて、平日昼間の通話料金をその距離段階別通話量で加重平均、専用サービスについて、専用回線料金をその距離段階別回線数で加重平均し、これを各収入シェアでウエイト付けして集計した。これを 1992年度を基準時点として指数とした。

2 生産要素価格

(1) 人件費価格

人件費価格 P L = 人件費年額 / 期末従業員数 (『NTT 事業部財産目録及び損益計算書及び事業部役務別損益計算書』及び『NTT 有価証券報告書』各年度版)

(2) 原材料価格

原材料価格 P M = 物件費 / 期末電話加入数

加入数を原材料の数量の代理変数としているのは、主たる物件費が、加入者回線の保守に係る作業委託費であることによる。(加入数は、電気通信事業報告規則に基づき報告された NTT「電気通信役務通信量等状況報告」各年度版)

(3) 資本価格

資本価格 P κ = 資本財価格指数 (政府保証債利子率 + 減価償却率)

ここで、減価償却率 = 各事業部の減価償却費 / 期首の電気通信事業固定資産 (『NTT 事業部財産目録及び損益計算書及び事業部役務別損益計算書』各年度版)

電気通信事業固定資産は、土地及び建設仮勘定を除く固定資産であり、具体的には、機械設備、空中線設備、端末設備、市内・市外線路設備、土木設備、建物及び構築物である。

3 投入量

(1) 資本量

 $X_{nt} = (1 -)X_{nt-1} + I_t$

: 前項で算定された減価償却率

- I t: 実質粗投資 = (電気通信事業固定資産年度変化額 + 減価償却費) / 投資財価 格指数(投資財価格指数は、日本銀行『物価指数年報』)
- (2) 従業員数

各事業部の期末従業員数 『NTT 有価証券報告書』各年度版

(3) 原材料

前項2(2)により、期末電話加入数

参考文献

伊藤成康・今川拓郎(1993) 「わが国における電気通信産業の生産性分析」『郵政研究レビュー』第4号 pp.1-20.

Denny, M., M.Fuss, and L.Waverman(1981), "The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with an Application to Canadian Telecommunications, "Cowing T.G. and R.E.Stevenson ed., *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press.

Diewert, W.E. (1976), Exact and Superlative Index Numbers, Journal of Econometrics, 4, pp.115-145.

Nadiri,M. and B.Nandi (1999), "Technical Change, Markup, Diverstiture, and Productivity Growth in the U.S. Telecommunications Industry," *The Review of Economics and Statistics*, Vol.81. No.3, pp.488-498.

Oniki, H., T.H.Oum, R.Stevenson and Y.Zhang (1994), "The Productivity Effects of the Liberalization of Japanese Telecommunication Policy," *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 5, pp. 63-79.