

## 米国地域電気通信産業における規制と効率性の分析\*

通信経済研究部研究官 宍倉 学

### [ 概要 ]

米国の地域電気通信事業者を対象に、確率論的フロンティア・モデルにより効率性指標の推定を行い、料金規制の変更がこれら指標に与える影響について分析を行った。この結果、収益分配を伴わない純粋なプライスカップ規制への変更は、技術非効率性の改善に対して効果があったことが認められた。また推定された生産フロンティアから技術進歩率を測ることで、生産性変化における効率性変化と技術進歩のウエイトの計算を行った。この結果、電気通信部門における生産性変化は、技術進歩によるところが大きいですが、近年では技術進歩の低下を反映して効率性変化による影響のウエイトが増加していることが明らかになった。

### 1 はじめに

通信分野の技術変化と、これに合わせる形で通信放送の融合など市場構造の変化が急速に進展している。このような変化への対応という点で競争的な市場構造の構築が望ましいシステムであることは疑いの余地はない。

一方、電気通信市場においてはボトルネック設備と呼ばれるアクセス網の存在や各サービスの融合に伴う市場支配力の増大可能性など、純粋な意味での競争の導入が依然困難な分野が存在する。特に、アクセス網については有効な競争を発展させることが難しく、従来のな公共経済学的な課題は依然として残ろう。

このため競争がもたらすメリットの享受を可能

にする形での規制政策の実施が必要となる。なかでも料金政策については、競争のメリットの達成と独占のデメリットの回避するために依然重要な政策と思われる。

しかしながら静的な料金規制は、マーケットとしての魅力を引き下げ、新規参入への誘因をそぐばかりでなく、非効率な事業運営の温床ともなりかねない。近年、電気通信事業を含め従来の多くの公益事業規制においてプライスカップなどのインセンティブ刺激型の規制が導入されている。わが国でも、NTTの地域電気通信サービスについて、2000年よりプライスカップ規制が導入されている。これは価格設定について自由度を与え、費用条件・需要条件に合った料金のリバランスを可能にすると同時に、情報非対称性に基づく企業

\*本稿は、日本社会情報学会の第16回全国大会での予稿を加筆修正したものである。本稿の作成にあたり、鳥居昭夫教授（横浜国立大学）及び春日教測主任研究官（郵政研究所）からご指導をいただいた。記して謝意を表します。なお、本稿は、筆者の個人的見解に基づいて作成されたものであり、筆者の所属の機関の見解を表すものではない。もちろん本稿におけるすべての誤りは筆者の責に帰するものである。

の費用削減努力の欠如といったモラルハザードの問題を解消するスキームと考えられている。

そもそも、規制スキームの変更や競争の導入が行われのは、料金の低下と、それに伴う市場の拡大が期待されるためである。しかしながら、このようなメカニズムが働くためには、規制スキームの変更以前に、何らかの非効率性が存在するか、技術進歩が妨げられていたと考えざるを得ない。このため効率性の計測および規制スキームの変更が効率性に与える影響を分析することは、規制スキームの選択および政策の効果を予測する上で重要であると思われる。

本稿では、すでに多様なインセンティブ規制の導入が行われている米国の地域電気通信事業を対象として、規制制度の変更に伴い、効率性が改善されてきたのか、また生産性を向上における効率性改善の寄与を測ることで、取りうるべき規制政策の判断基準を提供することを目的とする。

## 2 米国の地域通信規制の現状

分析に先立ち、米国各州の地域通信事業規制の経緯と現状について簡単に整理を行っておく。

米国の電気通信サービスは「市内通信 (Local Calls)」<sup>1)</sup>「LATA内市外通信 (IntraLATA Toll Calls)」<sup>2)</sup>「州内LATA間通信 (Intrastate Inter-LATA Toll Calls)」<sup>3)</sup>「州際通信 (Interstate Inter-

LATA Toll Calls)」に区分されている。米国の市内電話会社 (LECs) は、LATA内<sup>3)</sup>の市内通話及びLATA内の短距離の市外通話すなわちLATA内市外通信サービスを提供している。このような事業者には、ベル系運営会社 (Regional Bell Operating Company : RBOC) と中規模および小規模の独立系電話会社がある。

一方、規制政策の管轄権は連邦と州に分離されている。州際通信を連邦通信委員会 (FCC) が規制する一方で、市内電話及び州内通信サービスは各州の公益事業委員会 (Public Utility Commission : PUC) により規制が行われている。表1に、サービス別に基本的な提供主体と規制主体を整理しておいた。

州際サービスに対する規制が全国的に統一的なパターンとなっているのに対し、地域電気通信サービスに対する規制は、州、事業者、サービス内容によって異なった規制方式が混合的に採用されていることが多い<sup>4)</sup>。中心的な規制方式について大きく分類すると、公正報酬率規制 (Rate of Return Regulation : RORR) 収益分配規制 (Earning Sharing Regulation : ESR) プライスキャップ規制 (Price Cap Regulation : PCR) 価格猶予 (Rate Case Moratoria : RCM) の4つのタイプに分けることができる。以下では、効率化へのインセンティブの付与効果という観点から各

表1 サービス主体と規制主体

	市 場		
	州際通信	州内LATA間通信	市内・LATA内通信
事業者	長距離通信事業者	長距離通信事業者	地域通信事業者
規制主体	FCC	公益事業委員会	公益事業委員会

1) 基本料金内で通話可能な一定圏内の通信。日本の市内通信のほぼ相当する。

2) LATA内の通信において、基本料金内でカバーされるローカルエリアを越える地域間での通信

3) LATA (local access and transport area) とは、1984年のAT&T分割の際、ベル系地域通信電話会社 (BOCs) に対して、地域のアクセス及び伝送の業務を許される範囲として設定された営業区域のこと。

4) 各州別・事業者別の料金規制の経緯に関しては、Abel and Clements (1998) を参照。

規制方式の特徴を整理しておく。

公正報酬率規制は、収益をコントロールする規制方式で、料金が実現費用とリンクする形で設定される。実際の運用では、一定の収益範囲を許容する場合や、競争的なサービスに対して価格設定の自由を与える場合がある。これまで議論されてきたように、収益を固定するという点で費用削減に対するインセンティブが低いと考えられている。

収益分配規制は、収益が一定の値を超えた場合に、利用者との間で収益をシェアすることになる。収益に対して一定の自由を認める点で、純粋な公正報酬率規制と比較して費用削減に対するインセンティブは高いとされるが、許容される収益範囲が小さい場合はあまり効果は期待できない。公正報酬率規制からプライスカップ規制への移行過程で利用されることが多い。

プライスカップ規制は、サービス料金の経路のみを規制する。適用期間においては費用削減による収益増分を確保することが可能であり、費用削減のインセンティブが高いと考えられている。一定以上の収益については消費者への還元を求められる収益分配を条件とする場合や上限料金設定において外生的な指標を利用しない場合などがある。また基本料金については料金凍結を条件にしているケースも多くみられる。

価格猶予では、収益が一定水準まで回復するまでの間、料金改定を一定期間中断するという協定が結ばれる。規制改革時に、過渡的に用いられることが多い。費用削減効果による収益の増加を享受可能という点で、費用削減に対するインセンティブは強いと考えられるが、料金設定の自由度はない。また設備投資の実施などを条件としていることも多い。

表2は、ベル系の地域電話会社に対する規制方

表2 ベル系地域電話会社の規制形態の推移 (Ai and Sappington (2001))

	RORR	RCM	ESR	PCR	Other
1985	50	0	0	0	0
1986	45	5	0	0	0
1987	36	10	3	0	1
1988	35	10	4	0	1
1989	31	10	8	0	1
1990	25	9	14	1	1
1991	21	8	19	1	1
1992	20	6	20	3	1
1993	19	5	22	3	1
1994	22	2	19	6	1
1995	20	3	17	9	1
1996	15	4	5	25	1
1997	13	4	4	28	1
1998	14	3	2	30	1
1999	12	1	1	35	1

式の推移をまとめたものである。1985年のAT&Tの分割以降、規制方式が公正報酬率規制から価格猶予規制、収益分配規制を経て、プライスカップ規制へと移行する経緯を数字の上からも窺うことができる。特に1996年の米国電気通信法改正を前後にしてプライスカップ規制を採用する州が急激に増加しており、1999年時点では全体の70%のRBOCに対し、プライスカップ規制方式が採用されていることになる。

### 3 先行研究

これまで、地域通信サービスに対するインセンティブ規制導入の効果に関する研究は、長距離通信市場における研究と比較して、蓄積も少なく、その効果についての評価も統一的なものとは言い難かった<sup>5)</sup>。しかしながら、近年、データの蓄積

5) Kridel et al(1996)

に伴い、地域通信サービスに対するインセンティブ規制導入の効果に関して、いくつかの新たな研究成果が報告されている。

通常、インセンティブ規制がもたらす市場成果の評価項目としては、料金水準、費用水準、生産性、投資動向、サービス品質、新サービス開発等が利用される。Ai and Sappington (2001) では、ネットワークの高度化、費用、ビジネス用通信料金に関して、インセンティブ規制の下で一定の成果が認められる一方で、収入、利潤、総投資、住宅用通信料金に関しては体系的な影響は見出せなかったと報告している<sup>6)</sup>。

Abel (2000) でも指摘されるように、インセンティブ規制の効果については競争メカニズムによる効果と識別することが難しい。特に、地域通信市場のように、シェア的にRBOCが圧倒的に高割合を占める一方で、高採算地域を中心としてCLECが部分的に参入しているという市場構造では、これら評価項目について事業者の戦略的要素による影響が反映されてしまうことは十分考えうる。

このような問題点を踏まえ、本稿では、インセンティブ規制導入の評価項目として通信事業者の効率性を用いた。インセンティブ規制の導入は一次的には、通信事業者の事業運営の効率化インセンティブを刺激することが期待されている。また効率性推計において、市内通信サービスを対象を絞ることで、規制方式を確定するとともに、競争メカニズムの影響を除くことができるのではないか、と考えた。また規制方式については効率性改善努力へのインセンティブの強さを反映するため、公正報酬率規制とプライスカップ規制について、収益分配条件の有無によってそれぞれ別の規制方式として取り扱うこととした。

## 4 分析モデル

規制スキーム変更が事業者の効率性に与える影響を分析するためには、サンプルデータより効率的な生産活動を表す生産フロンティアの推定を行い、各事業者の効率性を計測の後、規制スキームにより、これら指標がどの程度影響を受けているかを分析する必要がある。以下では、効率性計測の手法全般と効率性の概念、効率性と生産性の関係について簡単に整理を行った後、本稿で採用した分析モデルの特徴と利用したデータについて述べる。

### 4.1 効率性の推計手法

効率性の判定にあたり、事業者が最も効率的に事業運営を行った場合に可能となる生産関係を推定する必要がある。この最も効率的な生産関係（生産フロンティア）を推定する一般的な手法として、ノンパラメトリック・アプローチといわれるDEA法（Data Envelope Analysis、包絡分析法）と、パラメトリック・アプローチと呼ばれるSF法（Stochastic Frontier、確率的フロンティア法）が挙げられる。

DEA法は、最も効率的なサンプル点を抱合する形で、効率的なフロンティアを確定し、そこからの乖離をもって各サンプルの効率性を計測する。比較的少ないサンプル数でも計測が可能であり、アприオリに関数形を特定する必要がないというメリットがある。ただし、計測される効率性は、最も効率的なサンプルに対する相対的な概念であることや、統計上の誤差を排除できず効率性の推計がサンプル上の異常値に大きく影響を受けてしまうというなどの問題点が指摘されている。

これに対して、SF法は、想定される生産フロンティアに関して、確率的に不確定であると仮定

6) 地域通信サービスに対するプライスカップ規制導入の効果に関する近年の研究成果についてはAbel (2000)

して、計量的に推定された生産関数からの乖離をもって効率性の推定を行う。生産関数からの乖離を誤差と効率性の合成と捉え、これを分離することで効率性の推計を行うため、統計上の誤差の影響を排除することができるというメリットがある。しかし一方で、計量的な推計にあたり十分な自由度を確保するためにサンプル数が必要であることや、想定する生産関数や分布形によって効率性の値が変化してしまうなどの欠点がある。

本稿では、米国の各地域通信事業者データをプールしたパネルデータを利用するため、自由度については一定程度確保可能であること、サンプルに関して、かなり規模の異なるRBOC、CLEC両タイプの事業者を含めていることを鑑み、統計上の誤差の影響を受けにくいSF法を採用することとした。

#### 4.2 効率性の概念

効率性の計測にあたっては、基準となるフロンティアに最も効率的な投入量を利用する投入指向型基準 (Input Orientated Measures) と最も効率的な産出量を利用する産出指向型基準 (Output Orientated Measures) がある。投入指向型の効率性が、産出を一定としていかに投入を減らすことが可能かという基準で測らるのに対し、産出指向型の効率性は、投入水準を変更することなしに、どれだけ産出を増やすことが可能かという観点から計測されることになる。SF法に照らし合わせて言い換えるならば、投入指向型が費用関数を利用して計測を行うのに対して、産出指向型が生産関数を想定して計測を行うことを意味するといえよう。両者は、必ずしも一致するわけではなく、フロンティアについて一定の条件を課した場合にのみ一致する<sup>7)</sup>。

7) 両指標は収穫一定の場合のみ等しくなる。

8) Farrell (1957)

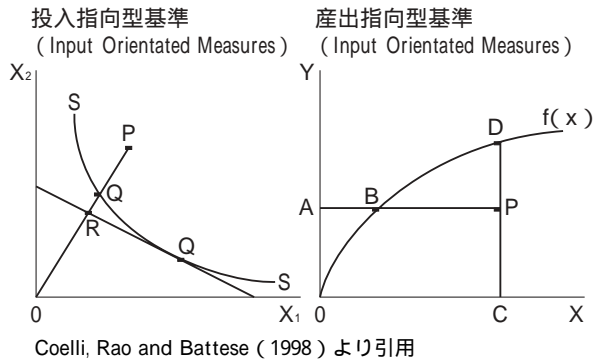
さらに効率性は、技術効率性と配分効率性の2つの要素に分解される<sup>8)</sup>。技術効率性は、技術的に生産可能な最大点 (もしくは最小点) すなわちフロンティアからの乖離をもって効率性を計測するに対し、配分効率性は所与の相対価格のもとで最適な操業点からの乖離をもって効率性を計測する。

投入指向型のフロンティアを示した図1の左図を用いて説明しよう。ある事業者が一定の産出水準の下、P点で操業を行っていたとしよう。最も効率的な投入を行った場合の投入水準の軌跡すなわちフロンティアがSSであるとすれば、事業者は効率的な生産を行うことで、すべての投入要素をQP/OPの割合で一律に削減可能である。すなわち技術非効率性TE (Technical Efficiency) は、実際の操業点と技術的な観点から見て最も効率的投入水準を示すフロンティアとの距離 $OQ/OP$  ( $1 - QP/OP$ ) という形で表される。

一方、投入要素の価格比率 (AA) が与えられた場合、よく知られているように、最適な操業点はQで表される。この場合、技術的に最適な操業点Qに対して、投入比率の調整を行うことで一定の産出水準を確保したままで一層の費用の削減が可能になる。このように価格情報に従って最適な水準へ調整を行うことで改善される部分が配分効率性AE (Allocative Efficiency) ということになる。RQは最適操業点Qで操業を行った場合に削減可能な生産コストを表しているため、P点で操業を行う企業の配分非効率性AEは $AE = OR/OQ$ で表されることになる。

P点で操業を行う事業者の総効率性EE (Economic Efficiency) は、技術的効率性TEと配分効率性AEの積 $TE \times AE = (OQ/OP) \times (OR/OQ) = (OR/OP)$ で示されることになる。

図1 投入指向型基準と産出指向型基準



以下では、両効率性のうち特に、技術効率性に  
着目して考察を行う。

### 4.3 効率性・技術進歩と生産性

TFP生産性の変化率に関しては効率性変化率、  
技術進歩率、規模の変化率に分解することが可能  
である。Coelli, Rao and Battese [1998]による  
と効率性率・技術進歩率・規模の変化率とTFP  
生産性変化率の関係は、以下のように表すことが  
できる。

s 期と t 期における生産性の変化を

$$TFP_{st} = \frac{TFP_t}{TFP_s} = \frac{y_t/x_t}{y_s/x_s} \quad (1)$$

で表されるとする。企業の生産関数を  $f(x)$  とし  
て、効率性を表す指標を  $(0 \leq \theta \leq 1)$  とすれ  
ば、t 期の生産関係は

$$y_t = \theta \times f(x_t) \quad (2)$$

と表される。(2)式を用いて(1)式を書き換えると

$$TFP_{st} = \frac{\theta_t \times f(x_t)}{\theta_s \times f(x_s)/x_s} \quad (3)$$

t 期における投入量を  $x_t = \alpha_s x_s$  とすると、

$$TFP_{st} = \frac{\theta_t}{\theta_s} \times \frac{f(\alpha_s x_s)/x_s}{f(x_s)/x_s} \\ = \frac{\theta_t}{\theta_s} \times \epsilon^{(t)-1} \times \frac{f(x_s)}{f(x_s)} \quad (4)$$

と表される。 $\epsilon(t)$ は、生産関数 $f(x_t)$ の規模に関  
する収穫の程度を表すパラメータで、生産関数が  
一次同次の場合  $\epsilon(t) = 1$  となる。(4)式より、  
TFPの変化率は技術効率性の変化率  $\theta_t/\theta_s$ 、規模  
の経済性の変化率  $\epsilon^{(t)-1}$ 、技術変化率 $f(x_t)/f(x_s)$   
に分解することが可能である。

本稿では、上記定式化に基づき、規模に関して  
収穫一定のケースに関して、推計された生産フロ  
ンティアの技術変化率と効率性変化率からTFP  
の変化率について計測を行った。

### 4.4 分析モデルの詳細

通常、効率性指標の推計と効率性決定要因の分  
析は独立して行われることが多い。しかしながら  
効率性推計にあたりフロンティアからの乖離の分  
布に関して独立かつ同一性を仮定しているため、  
推計された効率性に関して要因分析を行うことは、  
効率性推計における分布の仮定と矛盾きたすこと  
になる。このような矛盾を回避するために、Bat-  
tese and Coelli (1995)に基づき、技術非効率性  
項が規制ダミーの関数として表される確率論的フ  
ロンティアモデルを利用し、効率性とその影響要  
因の推定を同時に行った<sup>9)</sup>。

生産フロンティアについては、トランスログ関  
数を用いた。

$$\log Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_K \log K_{it} + \alpha_L \log L_{it} + \alpha_M \log M_{it} + \alpha_t \\ + \frac{1}{2} [ \alpha_{KK} \log K_{it}^2 + \alpha_{LL} \log L_{it}^2 + \alpha_{MM} \log M_{it}^2 \\ + \alpha_{tt} t^2 ] + \alpha_{KL} \log K_{it} \log L_{it} + \alpha_{KM} \log K_{it} \log M_{it} \\ + \alpha_{Kt} \log K_{it} t + \alpha_{LM} \log L_{it} \log M_{it} + \alpha_{Lt} \log L_{it} t \\ + \alpha_{Mt} \log M_{it} t + V_{it} - U_{it} \\ i = 1, 2, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$Y_{it}$ はi事業者のt期における産出水準、 $L_{it}$ は労  
働投入量、 $K_{it}$ は資本ストック、 $M_{it}$ は中間財投入、  
tはタイムトレンドである。 $V_{it}$ は $N(0, \frac{\sigma^2}{v})$ の正規

9) 詳しくはBattese and Coelli (1995) Coelli (1996) を参照

分布に従う誤差項、 $U_{it}$ は、技術非効率性を表す非負の確率項であり、 $N(m, \sigma^2)$ の切断正規分布に従うと仮定した。また切断正規分布の平均 $m$ は変数 $d1 \sim d5$ の関数と想定した。

$$m_{it} = \beta_0 + \beta_1 d1_{it} + \beta_2 d2_{it} + \beta_3 d3_{it} + \beta_4 d4_{it} + \beta_5 d5_{it} + \beta_6 d6_{it} \quad (6)$$

ただし $d1_{it}$ はインセンティブ刺激型ROR規制を表すダミー変数、 $d2_{it}$ は収益分配を伴うプライスカップ規制を表すダミー変数、 $d3_{it}$ はプライスカップ規制を表すダミー変数、 $d4_{it}$ は価格凍結規制を表すダミー変数、 $d5_{it}$ は各州の加入者世帯密度を表す変数、 $d6_{it}$ は各事業者の州内での地域通信サービスのシェアを表す変数である。技術非効率性の推計値は採用されている規制方式によって影響を受けることになる。

技術非効率性の推計値 $TE_{it}$ は $\exp(-U_{it})$ の期待値として表される。 $U_{it}$ は非負の確率変数であるため、技術的非効率性の推定値は0から1の間の値を取る。またサンプル別の技術非効率性の推定値、すなわち $i$ 事業者の $t$ 期の技術効率性は、 $(\hat{U}_{it} = V_{it} - U_{it})$ を所与とした $\exp(-U_{it})$ の条件付き期待値 $E[\exp(-U_{it}) | \hat{U}_{it}]$ として表される。推定にあたっては、最尤法を利用した<sup>10)</sup>。

#### 4.5 データ

データは1991年から2000年までの米国各州の28地域電気通信事業者のデータを利用した<sup>11)</sup>。サンプル数256のアンバランス・パネルデータである。分析対象とした事業者の一覧を表3に示しておく。

産出物 $Y$ に市内通話時間、資本ストック $K$ には、土地・建物・伝送交換機などの純資産額を資本ストック指数で実質化した値、中間財投入 $M$ につい

ては、総営業経費を実質化した値、労働投入 $L$ には、常勤と非常勤職員の合計人数を利用した。規制方式以外の効率性への影響要因として、各州別の加入世帯密度、市場シェアを導入した。加入世帯密度は、加入世帯数<sup>12)</sup>を各州の面積で割った値を利用した。市場シェアについては、各事業者の地域通話時間を当該州の全事業者通話時間で割った値を利用した。

#### 5 推計結果

以下では、モデルの係数と効率性の推計結果を示した後、推計結果に基づきTFP生産性指標の計算を行う。

確率的生産フロンティアによる係数の推計結果は、以下の表4のとおりである<sup>13)</sup>。要素投入がタイムトレンドに対して中立的なケース（ケース2）と規模に関して収穫一定の制約を課したケース（ケース3）についても推定結果を示しておいた。いずれのケースにおいても、純粋なプライスカップ規制を示す規制ダミーの係数 $\beta_3$ が、有意水準5%で有意であり、また負となっていることから、生産フロンティアからの乖離を表す非効率性分布の平均に対して負の影響を与えていることになる。このことは、純粋なプライスカップ規制の導入が、地域電気通信事業者の事業運営の効率性改善にとってプラスの効果を与えたと解釈することができると思われる。

一方、今回の分析においては、その他の規制ダミーの係数については、有意な結果は得られなかった。すなわち、収益分配条件のついた公正報酬率規制やプライスカップ規制について、公正報酬率規制からの効率性改善に対して単独で明確

10) 正規分布と切断正規分布のたたみ込み対数尤度関数については鳥居(2001)またUの平均が関数の場合の対数尤度関数についてはBattese and Coellie (1993)の付論参照。

11) データについては、FCCのARMIS及びStatistics of Communications Common Carriersを利用している。

12) 加入世帯数データについてはTelephone Penetration by Income by Stateを利用した。

13) 推定にあたってFrontier ver. 4.1を利用した。

表3 分析対象事業者一欄

no	事業者名(略記号)	州	期間
1	United Telephone of Pennsylvania (UTP)	Pennsylvania	1991 2000
2	Verizon Pennsylvania (VP)	Pennsylvania	1991 2000
3	ALLTEL Pennsylvania (ALP)	Pennsylvania	1995 2000
4	COMMONWEALTH TELEPHONE (CWP)	Pennsylvania	1991 2000
5	Ohio Bell Telephone (BO)	Ohio	1991 2000
6	United Telephone of Ohio (UTO)	Ohio	1991 2000
7	The Western Reserve Telephone (WRTO)	Ohio	1995 2000
8	Illiois Bell Telephone (BIL)	Illinois	1991 2000
9	Michigan Bell Telephone (BM)	Mischigan	1991 2000
10	Indiana Bell Telephone (BIN)	Indiana	1991 2000
11	Wisconsin Bell (BW)	Wisconsin	1991 2000
12	Pacific Bell California (BC)	California	1991 2000
13	Verizon New Jersey (VNJ)	New Jersey	1991 2000
14	Verizon Virginia (VV)	Virginia	1991 2000
15	Verizon Maryland (VM)	Maryland	1991 2000
16	Verizon Florida (VF)	Florida	1991 2000
17	Sprint Florida (SF)	Florida	1996 2000
18	Carolina Tel (CNC)	North Carolina	1991 2000
19	Verizon West Virginia (VWV)	West Virginia	1991 2000
20	Frontier Telephone of Rochester (RNY)	New York	1991 2000
21	Verizon Delaware (VD)	Delaware	1991 2000
22	Alltel Georgia Communications (ALG)	Georgia	1995 2000
23	Central Telephone of Virginia (CTV)	Virginia	1991 2000
24	United Telephone of Indiana (UTI)	Indiana	1991 2000
25	Nevada Bell (BN)	Nevada	1991 2000
26	United Telephone of New Jersey (UTNJ)	New Jersey	1991 2000
27	United Telephone of Texas (UTT)	Texas	1992 2000
28	Alltel Carolina (ALNC)	North Carolina	1998 2000

な影響を見出すことはできなかったことになる。また市場シェアの係数である  $\beta$  についても、すべてのケースについて有意で、かつ負の値を示している。市場シェアに関してはRBOCが高い値を示していることを考えると、CLECと比較してRBOCの効率性が高いことを示していると思われる。

生産フロンティアの係数としては、 $L_t$ 、 $M_t$ は  $t$ 値が低い値をとっている。技術進歩は投入要素に中立的であると考えられる。また、いずれのケースでも  $\beta$  の係数が負の値で有意であるが、ファイバー導入やデジタル化など地域通信における新たな通信技術の導入が落ちつつある状況が反映されていると考えられる。



表4 係数推計結果

	case1係数	偏 差	t 値	case2係数	偏 差	t 値	case3係数	偏 差	t 値
0	- 1.470	0.859	- 1.709	- 0.678	0.790	- 0.858	5.510	0.257	21.382
K	5.097	0.645	7.892	4.584	0.554	8.275	2.065	0.403	5.117
L	- 0.873	0.570	- 1.529	- 1.058	0.515	- 2.055	- 0.742		
M	- 1.869	0.837	- 2.233	- 1.263	0.737	- 1.714	- 0.323	0.622	- 0.519
r	0.175	0.036	4.744	0.107	0.013	7.830	0.108	0.037	2.911
KK	- 0.950	0.166	- 5.695	- 0.928	0.156	- 5.945	- 0.741	0.1657	- 4.471
LL	0.666	0.195	3.402	0.513	0.172	2.977	0.457		
MM	0.836	0.438	1.908	1.105	0.407	2.713	1.359	0.491	2.768
#	- 0.005	0.001	- 4.057	- 0.006	0.001	- 5.106	- 0.005	0.001	- 2.820
KL	0.924	0.300	3.074	1.338	0.249	5.367	1.064		
KM	0.664	0.492	1.349	0.228	0.462	0.494	0.161	0.573	0.282
Kr	- 0.067	0.030	- 2.240				- 0.015	0.038	- 0.410
LM	- 2.204	0.533	- 4.131	- 2.316	0.477	- 4.850	- 1.521		
Lr	0.032	0.025	1.302				0.001		
Mr	0.033	0.039	0.866				0.014	0.039	0.362
0	0.606	0.060	10.010	0.622	0.067	9.207	0.761	0.079	9.625
1	0.024	0.077	0.314	0.030	0.080	0.382	0.201	0.120	1.674
2	- 0.007	0.087	- 0.082	- 0.026	0.095	- 0.279	0.087	0.146	0.596
3	- 0.121	0.058	- 2.093	- 0.166	0.058	- 2.849	- 0.170	0.083	- 2.033
4	0.096	0.076	1.264	0.051	0.080	0.631	- 0.125	0.130	- 0.964
5	0.001	0.0003	3.513	0.001	0.0003	3.676	0.001	0.0005	1.848
6	- 0.010	0.001	- 8.400	- 0.010	0.001	- 7.869	- 0.025	0.002	- 9.471
2	0.066	0.009	6.694	0.066	0.010	6.608	0.070	0.011	6.360
	0.987	0.010	92.597	0.975	0.027	35.793	0.766	0.060	12.559

次に推計された効率性について見てみる。総平均効率性はケース1で71%、ケース2で72%、ケース3で76%である。各ケースについて推計された事業者の効率性指標の一欄を表5、6、7に示しておく。各事業者別にみると効率性の推計値にかなりのばらつきが見られるが、RBOCとCLECに分けて、それぞれの平均効率性を測ってみると総じてRBOCの効率性が高く、CLECの効率性は低い値を示している。

ケース1に関して、全事業者、RBOC、CLEC別に、時系列での平均効率性の推移をグラフに示しておいた(図2)。1994-1996年を前後として効率性の改善傾向が見られる、とりわけCLECの効率性の改善が著しい。

次に、ケース3の規模に関して収穫一定の制約

を課したケースについて、技術効率性とフロンティアの推計値から効率性変化率と技術変化率を導き、TFP生産性の変化率の計算を行う。効率性 $TE_{it}$ から効率性変化は、

$$\text{効率性変化} = \frac{TE_{it}}{TE_{is}} \quad (7)$$

で表すことができる。

一方、技術的变化は生産フロンティアのシフトの程度で表わされる。各事業者のt期間の技術的变化は、推計された生産関数を、tに関して偏微分することで導くことができる。技術変化が中立的ではない場合、この技術変化指標は投入ベクトルの値によって変化することになる。それ故、s期とt期の幾何平均を技術変化率の推定に利用した。

表5 事業者別効率性推計値（ケース1）

	ALG	ALNC	ALP	BC	BIL	BIN	BM	BN
1991				0.972828	0.951647	0.849737	0.944502	0.721707
1992				0.965926	0.945435	0.933448	0.87414	0.680032
1993				0.925077	0.941397	0.926514	0.810631	0.647784
1994				0.936574	0.939373	0.919426	0.87039	0.660636
1995	0.500047		0.398516	0.936881	0.951909	0.961978	0.833678	0.699878
1996	0.714587		0.405723	0.966535	0.923362	0.978948	0.806276	0.744714
1997	0.905742		0.42439	0.91428	0.868288	0.972604	0.759895	0.632962
1998	0.932891	0.729225	0.452331	0.967488	0.872607	0.978701	0.739804	0.855709
1999	0.945295	0.675614	0.451974	0.894657	0.864742	0.978858	0.769457	0.854583
2000	0.941227	0.794047	0.516869	0.936669	0.791874	0.94704	0.695736	0.694116

	BO	BW	CNC	CTV	CWP	RNY	SF	UTI
1991	0.978594	0.893472	0.518113	0.5326	0.688348	0.58577		0.58929
1992	0.959612	0.833361	0.499897	0.608622	0.638564	0.583807		0.609508
1993	0.956355	0.867165	0.504306	0.616813	0.58842	0.671054		0.605545
1994	0.959696	0.841276	0.549694	0.732464	0.566859	0.767307		0.58545
1995	0.983291	0.874661	0.545745	0.733226	0.552407	0.94741		0.619068
1996	0.982001	0.858228	0.528755	0.726917	0.597038	0.986113	0.45843	0.645179
1997	0.971174	0.806295	0.547969	0.735823	0.594013	0.965151	0.415444	0.653271
1998	0.974015	0.80886	0.683706	0.572891	0.532778	0.875749	0.637646	0.693215
1999	0.983597	0.791997	0.69038	0.596941	0.619802	0.863884	0.662736	0.771144
2000	0.932199	0.78959	0.773739	0.697353	0.69717	0.741581	0.692714	0.793077

	UTNJ	UTO	UTP	UTT	VD	VF	VM	VNJ
1991	0.394706	0.498104	0.340863		0.980021	0.395409	0.950863	0.703509
1992	0.36889	0.487552	0.326308	0.417108	0.964405	0.449149	0.922759	0.665963
1993	0.361861	0.505349	0.344998	0.392586	0.82826	0.471367	0.887481	0.626760
1994	0.358985	0.506427	0.345097	0.414126	0.764679	0.495711	0.943026	0.610988
1995	0.347618	0.494046	0.338525	0.419427	0.863962	0.549548	0.981214	0.674886
1996	0.317415	0.490353	0.359603	0.323956	0.953233	0.60195	0.962774	0.708181
1997	0.311107	0.482476	0.370762	0.346285	0.963893	0.582932	0.951606	0.764946
1998	0.344353	0.536106	0.421302	0.597242	0.968508	0.611582	0.895091	0.745291
1999	0.362277	0.586467	0.453604	0.277094	0.944406	0.720324	0.880255	0.779345
2000	0.451812	0.599741	0.509923	0.263119	0.887213	0.590648	0.749182	0.717149

	VP	VV	VWV	WRTO
1991	0.966294	0.918526	0.769749	
1992	0.915824	0.923655	0.739306	
1993	0.839929	0.849249	0.670948	
1994	0.836698	0.796708	0.696250	
1995	0.905982	0.872022	0.742097	0.486773
1996	0.897762	0.880841	0.754073	0.501185
1997	0.935898	0.935776	0.801853	0.547680
1998	0.943319	0.912665	0.783076	0.525317
1999	0.985174	0.951598	0.785989	0.474290
2000	0.938812	0.878441	0.813709	0.521782

表6 事業者別効率性推計値（ケース2）

	ALG	ALNC	ALP	BC	BIL	BIN	BM	BN
1991				0.959626	0.934623	0.844029	0.937718	0.691476
1992				0.954749	0.935165	0.928797	0.870639	0.656031
1993				0.921113	0.93843	0.924073	0.814084	0.630638
1994				0.933271	0.932464	0.913486	0.873245	0.649849
1995	0.487518		0.394523	0.936457	0.954962	0.95840	0.846082	0.692314
1996	0.720681		0.401328	0.959056	0.942249	0.974261	0.828973	0.743569
1997	0.908713		0.420309	0.929082	0.901237	0.971402	0.795659	0.641504
1998	0.937922	0.758933	0.451273	0.96757	0.904559	0.976213	0.780069	0.873718
1999	0.92782	0.698472	0.451284	0.927032	0.895941	0.975936	0.809489	0.865843
2000	0.929758	0.788456	0.503096	0.94498	0.835867	0.95807	0.74955	0.700857

	BO	BW	CNC	CTV	CWP	RNY	SF	UTI
1991	0.963005	0.866291	0.504321	0.51446	0.670561	0.581346		0.541983
1992	0.948124	0.81353	0.492998	0.591531	0.627146	0.567285		0.551759
1993	0.948646	0.857064	0.503137	0.601905	0.579447	0.652801		0.545154
1994	0.946805	0.830489	0.544685	0.722044	0.557246	0.749127		0.535383
1995	0.976607	0.886512	0.550558	0.729557	0.536953	0.946924		0.580163
1996	0.977634	0.877085	0.528594	0.73372	0.582985	0.981531	0.471841	0.625889
1997	0.971613	0.829499	0.560949	0.737216	0.585132	0.96581	0.432846	0.653011
1998	0.97324	0.834137	0.709296	0.575524	0.519484	0.922418	0.655067	0.717282
1999	0.978143	0.807674	0.732495	0.595628	0.598474	0.901845	0.685799	0.827798
2000	0.950078	0.796038	0.861792	0.678122	0.657184	0.788443	0.710233	0.886252

	UTNJ	UTO	UTP	UTT	VD	VF	VM	VNJ
1991	0.383117	0.473466	0.328302		0.978374	0.399683	0.952568	0.704803
1992	0.358944	0.472902	0.318349	0.413425	0.97076	0.451915	0.935645	0.673918
1993	0.351216	0.500747	0.341358	0.388348	0.849452	0.471958	0.897819	0.633857
1994	0.349143	0.513036	0.346826	0.408307	0.775375	0.495683	0.948637	0.619033
1995	0.339799	0.523686	0.347589	0.419473	0.874111	0.549948	0.977391	0.684253
1996	0.30858	0.527704	0.373276	0.336479	0.955905	0.601213	0.964253	0.718485
1997	0.309798	0.530607	0.387529	0.372881	0.958806	0.582934	0.953592	0.774829
1998	0.343541	0.598949	0.445868	0.647358	0.959908	0.64135	0.905177	0.747456
1999	0.362243	0.655504	0.481592	0.301641	0.936538	0.747921	0.888989	0.771639
2000	0.446746	0.685617	0.551047	0.287729	0.887164	0.63877	0.762873	0.709457

	VP	VV	VWV	WRTO
1991	0.969085	0.937673	0.757935	
1992	0.928543	0.948775	0.739153	
1993	0.848423	0.868962	0.67142	
1994	0.847532	0.811936	0.706209	
1995	0.917301	0.900718	0.761684	0.491893
1996	0.910497	0.901216	0.769834	0.502422
1997	0.938741	0.94146	0.817759	0.54269
1998	0.940698	0.915811	0.801145	0.527808
1999	0.97365	0.938703	0.799752	0.476748
2000	0.918741	0.858956	0.820054	0.516101

表7 事業者別効率性推計値（ケース3）

	ALG	ALNC	ALP	BC	BIL	BIN	BM	BN
1991				0.951794	0.968606	0.956841	0.968958	0.684091
1992				0.946951	0.969115	0.965606	0.971221	0.657317
1993				0.945274	0.969186	0.96546	0.967778	0.649442
1994				0.947166	0.970525	0.967045	0.971873	0.67067
1995	0.669153		0.423442	0.95040	0.97584	0.970807	0.970673	0.682834
1996	0.901678		0.427025	0.952101	0.975507	0.972808	0.970211	0.728418
1997	0.951308		0.442809	0.950395	0.972759	0.972058	0.968568	0.723171
1998	0.949798	0.63123	0.454502	0.95512	0.971577	0.971729	0.966008	0.883319
1999	0.948428	0.57326	0.429243	0.945299	0.96967	0.969781	0.965831	0.902685
2000	0.941251	0.662407	0.486329	0.938752	0.966489	0.96703	0.96255	0.806631

	BO	BW	CNC	CTV	CWP	RNY	SF	UTI
1991	0.967585	0.972725	0.625998	0.513429	0.588879	0.580022		0.491622
1992	0.965838	0.969745	0.623949	0.58371	0.568024	0.575567		0.484614
1993	0.965746	0.972151	0.648592	0.595855	0.544778	0.675248		0.468918
1994	0.96673	0.970326	0.689218	0.687726	0.535201	0.761548		0.469287
1995	0.972499	0.973442	0.695844	0.721321	0.526235	0.885437		0.491697
1996	0.972795	0.972797	0.671712	0.708943	0.581897	0.918187	0.606246	0.515784
1997	0.969709	0.969565	0.700017	0.726778	0.582112	0.902144	0.561815	0.523423
1998	0.969424	0.96840	0.829925	0.58379	0.535779	0.877429	0.778414	0.562753
1999	0.968595	0.964205	0.838607	0.596155	0.608961	0.869095	0.800265	0.606728
2000	0.964761	0.964448	0.910992	0.676354	0.67110	0.807031	0.822533	0.650448

	UTNJ	UTO	UTP	UTT	VD	VF	VM	VNJ
1991	0.352512	0.508136	0.346977		0.975107	0.439028	0.972268	0.949564
1992	0.333321	0.514694	0.344913	0.381032	0.974124	0.502033	0.970761	0.942045
1993	0.326189	0.543006	0.369317	0.357364	0.966678	0.530795	0.969407	0.932371
1994	0.322553	0.571957	0.37657	0.379221	0.959741	0.563185	0.972031	0.929365
1995	0.298939	0.576982	0.377329	0.399454	0.96898	0.635924	0.97395	0.936532
1996	0.258706	0.581291	0.400626	0.33515	0.973917	0.690073	0.97626	0.943991
1997	0.255449	0.580405	0.428495	0.361647	0.97586	0.679702	0.976127	0.952861
1998	0.275531	0.640483	0.474553	0.56873	0.975889	0.795854	0.973757	0.945113
1999	0.286159	0.673551	0.490505	0.322278	0.974468	0.871188	0.973233	0.947065
2000	0.358202	0.700763	0.544339	0.316291	0.972078	0.789706	0.965507	0.932099

	VP	VV	VWV	WRTO
1991	0.968143	0.969301	0.966755	
1992	0.965177	0.968777	0.965364	
1993	0.959364	0.96410	0.959082	
1994	0.963265	0.958603	0.964315	
1995	0.968879	0.96590	0.966605	0.489997
1996	0.968288	0.966143	0.967373	0.491933
1997	0.969857	0.968907	0.971812	0.519924
1998	0.968477	0.965516	0.970005	0.474247
1999	0.971028	0.96701	0.970857	0.419435
2000	0.963448	0.955772	0.971258	0.441583

表8 時系列効率性の平均値

	ケース 1			ケース 2			ケース 3		
	全事業者	RBOC	CLEC	全事業者	RBOC	CLEC	全事業者	RBOC	CLEC
1991	0.733848	0.892419	0.5048	0.722475	0.8844	0.488582	0.759925	0.94398	0.494067
1992	0.709273	0.871067	0.49894	0.702177	0.869525	0.484625	0.745387	0.940926	0.491186
1993	0.688689	0.829042	0.50623	0.68435	0.831076	0.493607	0.74983	0.937387	0.506006
1994	0.699906	0.828902	0.532212	0.696079	0.829872	0.522148	0.763831	0.939358	0.535647
1995	0.700569	0.86788	0.533258	0.702514	0.874369	0.53066	0.748811	0.944411	0.553212
1996	0.706449	0.878225	0.546943	0.711824	0.886386	0.549732	0.756662	0.949278	0.577804
1997	0.709723	0.867651	0.563075	0.719097	0.87886	0.570745	0.761395	0.949358	0.586859
1998	0.73541	0.880395	0.609756	0.751135	0.890746	0.630138	0.782763	0.960333	0.628868
1999	0.736303	0.881897	0.610122	0.750521	0.889948	0.629684	0.779414	0.960748	0.622257
2000	0.727019	0.828595	0.638987	0.743644	0.837899	0.661956	0.789648	0.948525	0.651955

図2 時系列平均効率性

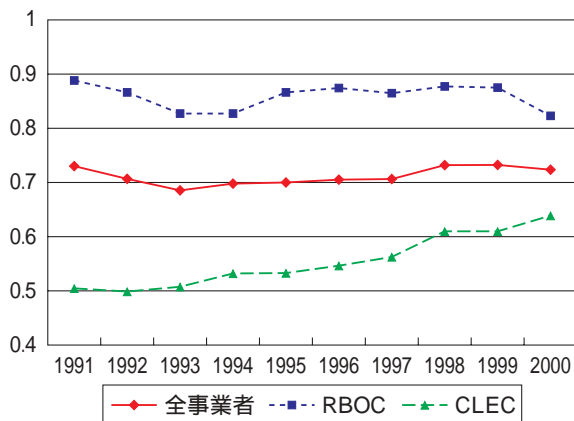
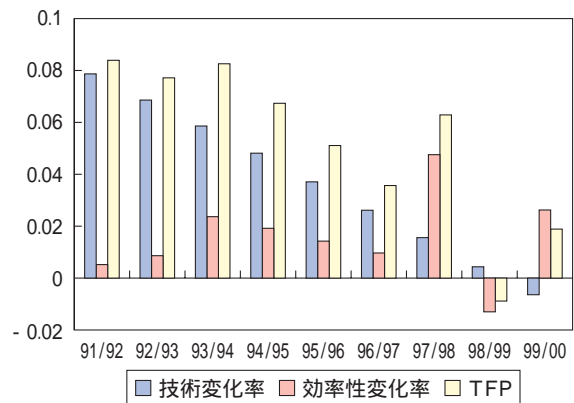


図3 技術・効率性・生産性変化率 (全事業者平均)



$$\text{技術変化} = \left\{ \left( 1 + \frac{\partial f(x_{it}, s_t)}{\partial s} \right) \times \left( 1 + \frac{\partial f(x_{it}, t)}{\partial t} \right) \right\}^{0.5} \quad (8)$$

TFP生産性の変化は、先述したように、両者の積として表される。

効率性変化率、技術変化率、両者の積としてのTFP生産性変化率に関して、全事業者の平均値を図3に示す。生産性変化の大部分が技術変化によるものであるが、しかしながら、近年では技術変化の低下を反映して、生産性変化に占める効率性変化のウエイトが大きくなっており、生産性変化に大きな影響を与えている。特に97/98年における生産性向上への影響が目立つ。これは1995

6年を境に、各州の公益事業委員会によりプライスキャップ規制が導入されたというという経緯と同調していると考えられる。RBOCとCLECで分けて、その変化率を見た場合(図4、5)特にこの傾向がCLECに関して強く現れている事がわかる。

## 6 まとめ

本稿では、米国地域通信産業における焦点を当て事業者の効率性に対して、各種インセンティブ規制導入が与えた効果を計測するとともに、近年の生産性変化における効率性及び技術進歩の寄与について計測を行った。本稿における分析の結果は以下のとおりである。

表9  
対前年比変化率（全事業者）

	技術変化率	効率性変化率	TFP
91/92	0.0786	0.0045	0.0834
92/93	0.0682	0.0080	0.0768
93/94	0.0581	0.0230	0.0824
94/95	0.0478	0.0184	0.0671
95/96	0.0365	0.0137	0.0508
96/97	0.0259	0.0092	0.0353
97/98	0.0150	0.0470	0.0627
98/99	0.0041	-0.0133	-0.0092
99/00	-0.0070	0.0259	0.0187

対前年比変化率（RBOC）

	技術変化率	効率性変化率	TFP
91/92	0.0786	-0.0065	0.0716
92/93	0.0679	-0.0048	0.0628
93/94	0.0576	0.0029	0.0607
94/95	0.0472	0.0066	0.0541
95/96	0.0370	0.0068	0.0440
96/97	0.0260	0.0000	0.0261
97/98	0.0149	0.0153	0.0305
98/99	0.0038	0.0005	0.0044
99/00	-0.0073	-0.0136	-0.0209

対前年比変化率（CLEC）

	技術変化率	効率性変化率	TFP
91/92	0.0739	0.0170	0.0922
92/93	0.0683	0.0239	0.0938
93/94	0.0582	0.0498	0.1110
94/95	0.0480	0.0352	0.0849
95/96	0.0365	0.0226	0.0599
96/97	0.0257	0.0178	0.0439
97/98	0.0150	0.0785	0.0947
98/99	0.0043	-0.0251	-0.0209
99/00	-0.0067	0.0614	0.0543

図4 技術・効率性・生産性変化率  
（RBOC平均）

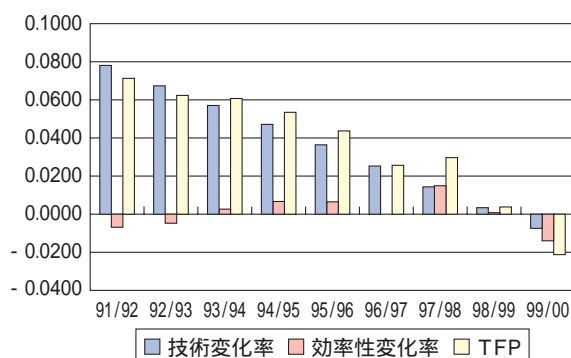
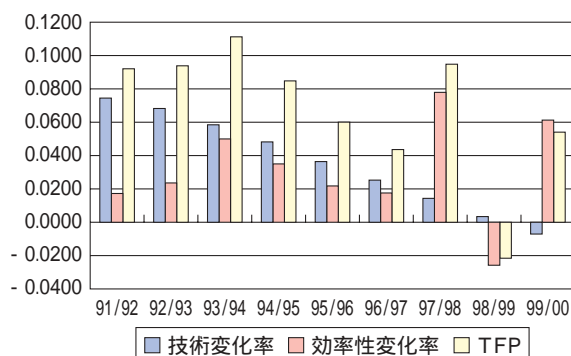


図5 技術・効率性・生産性変化率  
（CLEC平均）



- インセンティブ規制の導入による事業者の効率性改善に対して、純粹なプライスカップ規制方式の導入に関してのみ、有意な結果が得られた
- ベル系地域通信事業者が高い効率性を維持してきた
- 一方で、近年では、CLECの効率性が改善ってきており、その差は縮小しつつある
- 全般的には、地域電気通信産業においては、技術進歩による効果が生産性変化に大きく寄与しているが、近年では技術変化（フロンティアのシフト）の低下を反映して効率性変化による寄与が上昇している
- 特にCLECに関する効率性の変化が、生産性変化に大きく影響している

同じプライスカップ規制でも収入分配を伴わない純粋なプライスカップ規制に関して有意な結果が得られたことは、プライスカップを巡る理論的帰結に沿ったものと思われる。他の規制方式については単独で有意な結論を得られず、その影響について結論を出すことはできない。今後ともさらなる検討が必要であろう。

RBOCとCLECについて大幅な効率性の差異が見られたことについては、これまでCLECに関しては、

- 高採算地域でのみ事業を行ってきた
- 事業育成的な意味で比較的強い規制下におかれたきた

といった事業運営環境を反映して、比較的非効率な事業運営が可能な環境にあったと考えることができる。近年、この差が縮まりつつあるという傾向については、CLECに関してもRBOCと同等の規制制度が適用されてきたという傾向を反映したものと考えられる。もちろんプライスカップ規制の効果は、効率性改善にのみとどまるものではなく、またその効果が還元されるためには、料金やネットワーク設備の高度化といったものに、これらが結びついてゆく必要がある。しかしながら、効率性という事業者運営に直結した指標でその効果を計ることは他の評価指標に対する効果を検討

### 参考文献

浅井澄子・根本二郎(1999),“地域通信事業の効率性及び生産性の分析” 郵政研究所ディスカッションペーパー

浅井澄子(1999),『電気通信事業の経済分析 [増補改訂版] 日米の比較分析』(郵政研究所叢書)日本評論社

衣笠達夫(2001),“アメリカ・ガス供給産業の効率性および技術進歩の分析” 公益事業研究 第52巻第2号 pp. 53-60

鳥居昭夫・植草益(1985)『Stochastic Production Frontierを用いた日本の製造業における技術非効率度の計測』経済学論集 51 3 .

鳥居昭夫(1998)『規制緩和の効果を推計する』オペレーション・リサーチ

する場合にも有益ではないかと思われる。

TFP生産性については、近年、技術変化の寄与が低下して、効率性改善による寄与度が高くなっていった。とくにCLECによる効率性改善が、生産性に大きく影響していた。CLECのように、効率性の水準が低く、かつ生産性変化について効率化改善要因が小さい(もしくは悪化している)場合、制御不能な指標を用いる純粋なプライスカップ方式のように強力に事業効率化の促進を促す制度の導入は有効であると思われる。しかしながら、RBOCのように、比較的高い効率性がすでに達成されている場合、効率性改善による生産性向上はそれほど期待はできないことになる。むしろ技術変化が低い場合、投資促進のためにも低いX値を設定するといったこともあるかもしれない。生産性の内訳を把握することで、事業者により異なったX値もしくは規制方式を設定するという選択もあり得るのではないだろうか。

プライスカップという規制実施においては、生産性を的確に計測することはそれ自身、カップの水準を決定するために必要なことではあるが、加えて生産性変化をYの構成要素から測ることは、制度を効果的に運用してゆくうえで重要であると思われる。

- 鳥居昭夫 (2001) 『日本産業の経営効率 理論・実証・国際比較』 NTT出版
- 福家秀紀 (2000) 『情報通信産業の構造と規制緩和 日米英比較研究』 NTT出版
- Abel, J.R., and M.E. Clements (1998) "A time series and cross sectional classification of state regulatory policy adopted for local exchange carriers"; The National Regulatory Research Institute, (www.nrri.ohiostate.edu)
- Abel, J.R. (2000) "The Performance of Telecommunications Industry under Price Cap Regulation: An Assessment of the Empirical Evidence"; The National Regulatory Research Institute, (www.nrri.ohiostate.edu)
- Ai, C., and D.E.M. Sappington (2001) "The Impact of State Regulation on the U.S. Telecommunications Industry"; Department of Economics, University of Florida
- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1988) "Prediction of Firm Level Technical Efficiencies With a Generalised Frontier Production Function and Panel Data"; Journal of Econometrics, 38, 387-399.
- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1992) "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India"; Journal of Productivity Analysis, 3, 153-169.
- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1993) "A Stochastic Frontier Production Functions Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects"; Working Papers in Econometrics and Applied Statistics, No. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, pp. 22.
- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1995) "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data"; Empirical Economics, 20, 325-332.
- Coelli, T.J. (1992) "A Computer Program for Frontier Production Function Estimation: FRONTIER Version 2.0"; Economics Letters 39, 29-32.
- Coelli, T.J. (1996) "Measurement and Sources of Technical Efficiency in Australian Coal fired Electricity Generation"; CEPA Working Paper 96/01, Department of Econometrics, University of New England.
- Coelli, T.J. (1996) "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation"; CEPA Working Paper 96/07, Department of Econometrics, University of New England.
- Coelli, T.J., D.S.P. Rao, and G.E. Battese (1998) An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Academic Press.
- Farrel, M.J. (1957) "The Measurement of Production Efficiency," Journal of Royal Society, Vol20, 253-307.
- Kridel, D.J., D.E.M. Sappington and D.L. Welsman (1996) "The Effects of Incentive Regulation in Telecommunications Industry: Survey," Journal of Regulatory Economics, 9: 269-306.
- Mattson, R.D. and R.P. Rogers (1989) "The Impact of Alternative Forms of State of AT&T on Direct Dial, Long Distance Telephone Rates," RAND Journal of Economics, 20: 437-453.
- Trevor R.R. (1999) "Alternative regulation and the efficiency of local exchange carriers: evidence from the Ameritech states," Telecommunications Policy, 23: