

下水道事業評価における包絡分析法(DEA)適用可能性

寺田 守正

あらまし

近年、国民の多様化した価値観と財政悪化は公共事業見直しの契機となっている。さらに、このような流れは公共事業評価の重要性を高める結果となった。

公共事業の中でも下水道事業はそのシステム上、建設及び維持管理コストが道路や河川などの他の公共事業と比べても低くない。また、その財源を税以外に受益者負担としているため、下水道事業ではコスト縮減は大きな課題となっており、従来から事業着手時には事業評価を実施している。

しかし、供用開始後の評価分析、あるいは、自治体間や事業体間の比較分析は著者が知る限りない。著者はこれらの分析は効率的な下水道事業を進める上で重要な分析だと考えている。

そこで、包絡分析法(DEA)に着目し、下水道統計をもとに下水道事業への包絡分析法(DEA)を試みた。

その結果、統計データの充実などの課題もあるが、DEA を適用可能との結論を得た。但し、DEA はノンパラメトリック手法であるため、得られた統計量の分布が不明である。

そこで、下水道事業へのDEA 結果に Bootstrap 法の適用を併せて試みた。

その結果、Bootstrap 法はより現実的な効率改善をする上での一助となるとの結論を得た。

1. はじめに

戦後、国や自治体はシビルミニマムの達成を目標に様々な公共事業を実施し、高度経済成長がそれを支えてきた。しかし、近年、国民の価値観の多様化などから、「シビルミニマムは達成された」「費用対効果などから現状でよし」と考える人々が現れ始めた。¹

このような流れは、財政状況の悪化とあいまって、国・自治体における公共事業見直しの契機となった。そして、公共事業の見直し論は公共事業評価の重要性を高める結果となった。

そもそも、ほとんどの公共事業ではその実施に当たっては「事業に伴う便益がその費用を上回ること」とされており、いわゆる事前評価を実施している。法律等で事前評価が規定されている事業も少なくない。しかし、費用と便益との関係の定量的評価が、必ずしも学術的に裏付けされた手法で実施されてきたとは言い難い状況であった。このことは言い換えると、国民全体が公共事業を『是』としている時代には大まかな定量的評価で便益の方が勝っていたと考えられていたことに他ならない。

我が国においては、1990年代後半になり、前記したような理由により、公共事業評価の重要性が高まり始め、国や自治体において盛んに議論や導入検討がされ始めた。その結果、費用については事業費縮減を図る。費用をライフサイクルコストで捉える。などの取り組みが始められた。また、便益については、学術的に裏付けされた計測手法が導入され始めた。

¹ 平成11年3月13日読売新聞朝刊によると、平成10年度の都道府県に対する住民監査請求は126件と5年前の3倍弱、住民訴訟に発展したケースも都道府県が把握した分で37件と3倍強となっている。

便益の学術的に裏付けされた代表的な計測手法としては、消費者余剰法、TCM (Travel Cost Method)、HA (Hedonic Approach)、CVM (Contingent Valuation Method)、代替法などがある。

これらの歴史は古く、幾つかは起源を1800年代前半までさかのぼること出来る。さらに、これら全ての基本的な考え方は1900年代半ばには、ほぼ出されていた。その後、1970年～1980年代にかけて、欧米で本格的に議論や実証され始めた。

しかし、これらの評価手法は個々の事業のBenefit/Costでの検討でしかなく、他の類似事業や事業主体間の比較分析の試みはなされていない。

この様な状況の中、著者は費用効果分析の一手法として包絡分析法(DEA: Data Envelopment Analysis)に着目した。

費用効果分析は、様々な種類の社会的便益(産出)や社会的費用(資源投入)を体現した個々の指標に重み付けをした上で、単一の費用便益指標を算定する必要があり、重み付け決定時の恣意性を如何に排除するかが課題となっている。

DEAはこの恣意性を排除し、併せて、効率的な改善案も提示する手法として注目を集めている。

DEAの基本的な考えは、最も優れた事業体(DEAでは『意思決定主体』=“DMU: Decision Making Unit”と呼ぶ)を基準とした、効率性の相対的な評価にある。DMUの活動は、資源を投入して便益を産出する変換過程と見なせる。この時、『産出/投入』の比を用いて、その変換過程の効率性を測定する。入出力変数が複数ある場合、各項目にウェイト付けして、単一の仮想的入力・仮想的出力に換算する。効率性は1を最大値として表わされ、効率性が1に近いほど効率的である。

また、自分の得手とする項目に大きいウェイトを与え、苦手とする項目には小さなウェイトを与えてもよい。これは、DEAが個々の効率性の観測に的を当てた効率性の評価法だからである。

さらに、入・出力項目の基準さえ同じにすれば

異なるカテゴリーの事業体の比較分析が可能となる。

著者が知る限りでは、公益事業の比較分析や自治体間比較評価、水道事業などの公共事業評価へのDEA適用研究が幾つかなされているが下水道事業についてはなされていない。

著者は公共事業の中でも、下水道事業に注目しこのDEAの適用を試みた。下水道関係の費用には建設費と管理費があり、建設費が約3兆円、管理費も約3兆円となっており、その管理費の約7割が建設時の起債元利償還費となっている。また、平成10年度末時点での下水道事業債の未償還累積残高は約29兆円となっている。²この様な予算規模の事業への事業評価の意義は大きい。

そもそも、下水道事業はそのシステム上、建設及び維持管理コストは、道路や河川などの他の公共事業と比べて決して低くはない。さらに、財源を税以外に受益者負担としているためコスト縮減は大きな課題である。このため、前記した様に下水道事業においても、従来から事業実施の際には、事業性についての検討は行われていた。

さらに、平成10年度より『建設省³所管公共事業の再評価実施要領』に基づき、下水道施設の管理に係る事業を除く、実施中事業の評価のための『再評価制度』と新規着手事業の評価のための『新規事業採択時評価制度』を導入し、事業の事前・事中・事後評価をより定量的かつ客観的に実施する取り組みも始まっている。

しかし、下水道事業は幾つかの標準的な処理方式や施設建設工法があるが、実施する地域の自然状況や社会条件などの地域固有状況によって、下水処理方法や施設建設工法などが異なるため、同じ処理方法や同じ処理対象人口でもその施設建設コストや維持管理コストに違いが生じる。また、下水処理に関する事業は建設省所管だけではなく、厚生省、農林水産省、自治省の所管事業もある。⁴この様に、下水処理には類似事業まで併せると様々な条件が存在することになる。この様な状況においては、一律に、各事業単位間や事業主体(自治体など)間の比較分析することは困難なものとなっていた。

この事については、平成10年度に総務庁行政監察局が実施した行政監査において、「集合処理

² 防衛費が年間約5兆円だと言われている。この防衛費と比較しても、下水道関係の費用が如何に大きいか理解できる。

³ 本論文では省庁名は旧省庁名を使用する。

⁴ これらの省庁の事業は下水道法に基づかないため、設置された施設は下水道類似施設と呼ばれている。

方式と個別処理方式との統一的な経済比較が行えるようなマニュアルの作成」と、厚生省、農林水産省、建設省の3省が勧告されている。（平成10年10月6日）

この勧告を受け、平成12年に3省が協議を行い、経済比較のための基本条件を定めた。その基本条件をもとに、厚生省は平成12年10月31日に『生活排水処理施設整備計画策定マニュアル』を定めた。現在、建設省においても、これらの基本条件をもとに『全県域污水適正処理構想策定マニュアル』を改訂している。農林水産省においても同様である。

これらの動きは非常に評価すべきことであるが、基本条件は各省庁の各事業の実績から回帰分析などを実施した平均値が使われているため、現実的な比較評価は難しい。

一方、下水道事業や下水道類似施設設置事業は中止や廃止することが出来ない事業である。伝染病予防や内水害防止、公共用水域の水質保全のため下水処理は必ず行わなければならない、重要なのはいかに効率的な事業を行うかである。建設省事業で実施するのであれ、他省庁事業であれ、これらは下水処理をする手法である。下水処理コストを社会コストと捉えた時、税金であれ、個人や企業負担であれ、制度によって個人や企業の負担額が変わるが社会コスト全体としては変わらない。よって、効率性が高い事業や処理方式で下水処理を実施することが合理的となる。

この合理性を判断する指標としてDEAは効果的だと著者は考えている。DEAであれば、建設省、厚生省、農林水産省、自治省、各々の所管事業の状況を配慮(重み付け)した事業比較が可能となると考えている。

そこで、本研究の最終目標としては、縦割り行政に囚われない下水処理事業評価に関する提言を掲げ、本論文においては、建設省所管の下水道事業へのDEAの適用を試みた。

本論文では、最初に、下水道事業の現状を考察し、その考察より、下水道事業評価の重要性が益々高まりつつある中、現状の評価手法には限界があることを明らかにする。そして、このような現状評価手法との相互補完または代わる手法としてDEAに着目した理由を論じる。

次に、DEAとBootstrap法の概要説明と具体的に下水道事業へのDEA適用結果とその考察を論じる。最後に、下水道事業へのDEA適用結果に対してBootstrap法を適用した結果とその考察を論じる。

2. 下水道事業とは

一般的に下水道と言えば污水处理をイメージされがちであるが、下水道法に基づく下水道処理施設には污水处理施設の他に雨水処理施設も含まれている。

下水処理費の負担方法には『雨水公費・污水私費』の原則がある。雨水は污水と異なり自然現象に起因するものであり、一般的にはその原因者を特定することが困難である。しかも、雨水排除は都市の浸水防止など都市機能保全に寄与し、その受益が広く一般住民に及ぶためだとされているためである。このことにより、雨水処理費と污水处理費は区分されて扱われている。

図-1に示すように世間で一般的に下水道と呼ばれている施設には、下水道法に基づく施設

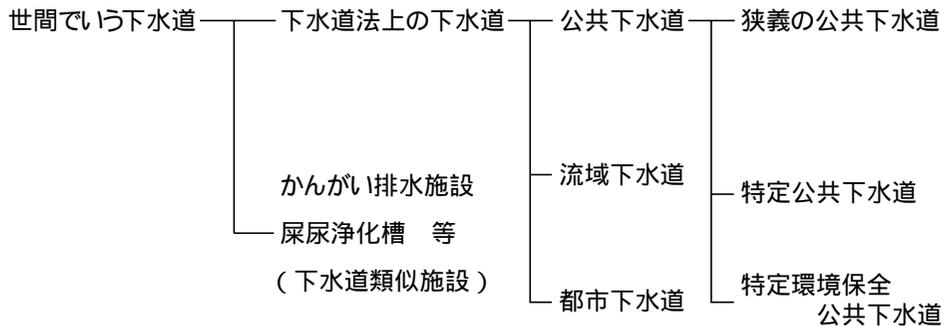


図-1 下水道の種類

『平成12年度下水道事業の手引き』より引用

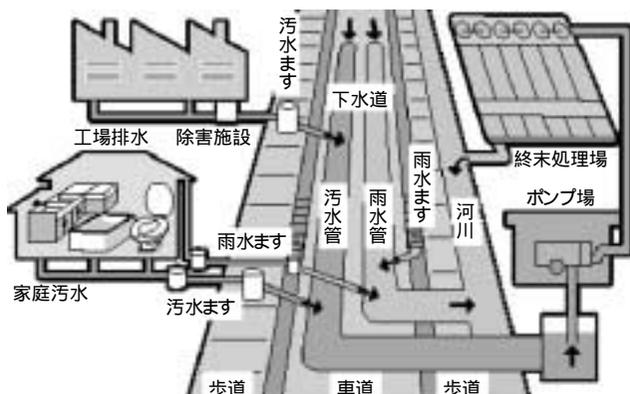


図 - 2 分流式のイメージ図
(財)日本下水道協会 HP より引用

である下水道施設と下水道法に基づかない下水道類似施設とがある。

下水道施設は建設省所管であるが、下水道類似施設の所管は自治省、厚生省、農林水産省となっており、一般的には処理対象人口が多ければ建設省所管の下水道事業の方が経済的だと言われている。しかし、処理対象人口が一定の規模以下において、浄化能力が同程度の、下水道法に基づく下水道施設と基づかない下水道類似施設とが混在している。今後の下水道事業においては、この混在している部分の適切な事業評価が重要となってくると著者は考えている。

今回はデータの制約などから建設省所管の下水道事業の内、分流式単独公共下水道のみを試みの対象とした。今回良好な結果が得られれば下水道類似施設事業も含めた下水処理事業全体にDEAが適用出来る可能性があると著者は考えている。

次に今回の試みで対象とした下水道法に基づく建設省所管の下水道事業についての説明をする。

2.1 下水道法に基づく下水道事業

『下水道法』では下水道は「下水を排除するために設けられる排水管、排水渠その他の排水施設(かんがい排水施設を除く)これに接続して下水を処理するために設けられる処理施設(尿

尿浄化槽を除く)又はこれらの施設を補完するために設けられるポンプ施設その他の施設の総体をいう」と定義されている。

下水処理は汚水処理と雨水処理との2つの水処理からなる。図 - 2 の様な汚水は汚水管で雨水は雨水管で別々に集めて処理する分流式と、汚水と雨水を一つの管でまとめて集め処理する合流式とがある。

そして、これら下水処理を実施する下水道事業としては、市町村が整備・管理の事業主体となる**公共下水道**と、2つ以上の市町村にまたがる下水道の整備・管理を都道府県が事業主体となって実施する**流域下水道**とがある。(ただし、市町村が設立した事務組合等が2つ以上の市町村にまたがる下水道の整備・管理の事業主体となる場合は公共下水道とする。)

さらに、公共下水道には **単独公共下水道** **流域関連公共下水道** **特定環境保全公共下水道** **特定公共下水道**とがあり、各々の詳細は次のとおりである。

単独公共下水道

一市町村内で管渠(ポンプ場を含む)と終末処理場を整備し管理する事業を言う。

流域関連公共下水道

都道府県が流域下水道事業で整備・管理を実施する幹線管渠に市町村が支線管渠を整備・管理する事業を言う。最終的には他の市町村からの下水と一緒に、都道府県が同じく流域下水道事業で整備・管

理する終末処理場で処理がされる。

特定環境保全公共下水道

一般的に下水道事業は都市計画法にもとづく都市計画区域内で実施しなければならないが、一定条件を満たしている場合、都市計画区域外でも下水道事業が実施可能とした事業を言う。この場合にも単独と流域関連がある。

特定公共下水道

一定条件の工場や事業所からの排水を処理することを言う。

以上が下水道法に基づく下水道事業である。次に、今説明した下水道事業についての現状と課題について説明し、続けて下水道事業にDEAを試みた理由を説明する。

2.2 下水道の現状と課題

下水道事業予算は平成10年度の4兆8,781億円をピークに減りつつあるが、過去10年間は毎年3兆円を越える規模となっている。一方、下水道管理費は2兆8,071億円となっており、その下水道管理費の54.2%が一般会計からの繰り入れとなっている。また、建設時における下水道事業債の平成10年度までの未償還残高は28兆5,111億

円となっている。

下水道普及率(下水道利用人口/総人口)は昭和40年代から急激に伸びはじめ、平成11年度末では60%となっている。しかし、欧米諸国と比べると決して高い普及率とは言えず、今後も、普及率向上を図っていく必要がある。

ここでは具体的なデータは示さないが、総理府が平成11年6月に実施した『社会資本の整備に関する世論調査』⁵と同年8月に実施した『水環境に関する世論調査』⁶から、国民が着実な下水道整備の結果にある程度満足しながらも、よりいっそうの水環境改善のため、浄化槽の設置や工場排水規制なども含めた下水対策に対して強い要望を持っていると分析できる。特に、人口規模の小さな市町村においてはその傾向は顕著にあらわれる結果が得られている。

一方、平成11年度末の人口5万人未満市町村の下水道普及率は24%となっており、人口5万人以上の市町村の下水道普及率が50%以上となっているのと比較して、極端に低い値となっている(図-3)。よって、下水道普及率向上のためには、今後、人口規模が小さい市町村の下水道整備を実施する必要がある。しかし、『地方公営企業年鑑 第45集』⁷によると、公共下水道の汚水処理原価(汚水の処理にかかるコスト)は処理区域内人口規模別にみれば、規模が小さく

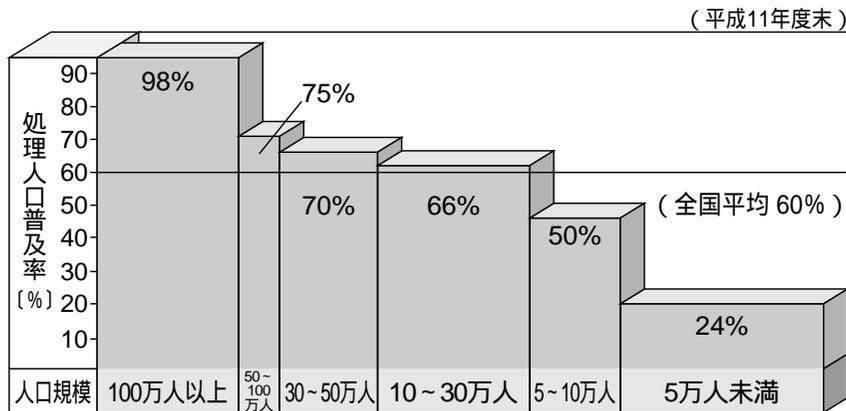


図-3 平成11年度末 都市規模別処理人口普及率 (財)日本下水道協会HPより引用

⁵ [世論調査 98]

⁶ [世論調査 99]

⁷ [地方公営企業経営研究会 99]

表 - 1 汚水処理原価分布状況

現在処理区域内 人口 汚水処理原価 (1m ³ 当たり)	東京都 及び 政令 指定都市	30万人 以上	10万人 以上 30万人 未満	5万人 以上 10万人 未満	3万人 以上 5万人 未満	1万人 以上 3万人 未満	1万人 未満	合計
50円未満	-	-	-	-	-	-	-	-
50円以上100円未満	1	3	6	5	-	5	3	23
100円以上150円未満	5	5	22	21	6	12	2	73
150円以上200円未満	5	6	22	23	11	21	15	103
200円以上300円未満	2	6	47	44	39	71	32	241
300円以上400円未満	-	1	3	9	29	75	70	187
400円以上500円未満	-	-	2	4	8	47	61	122
500円以上600円未満	-	-	-	-	1	21	54	76
600円以上700円未満	-	-	-	-	2	20	32	54
700円以上800円未満	-	-	-	-	-	16	26	42
800円以上900円未満	-	-	-	-	-	3	33	36
900円以上1,000円未満	-	-	-	-	-	3	22	25
1,000円以上1,500円未満	-	-	-	-	-	2	51	53
1,500円以上	-	-	-	-	-	1	97	98
合計	13	21	102	106	96	297	498	1,133

(注) 供用中の公共下水道1,146事業のうち、供用開始直後である等の理由より汚水処理原価を確定史得ない13事業を除いたものである。
『地方公営企業年鑑 - 第45集 - 』より引用

なるに従い高くなる傾向にある。(表 - 1)

また、戦後、急激に下水道整備を実施したため、今後、既存の下水道施設の更新改築が増加する傾向にある。さらに、少子高齢化や環境問題などから産業構造やライフスタイルが変化し下水道施設が処理すべき汚水量が、今後、減少する傾向にあるため、安定した使用料収入が見込めないと推測できる。

これらより、下水道事業の現状と課題をまとめると次のとおりとなる。

国民が着実な下水道整備に満足しながらも、よりいっそうの総合的な下水対策を望んでいる状況の中、下水道普及率向上には、下水道整備を強く望んでいるが処理コストが高くなる人口規模の小さな市町村での整備が不可欠となる。また、既存の下水道施設の更新・改築が増加する。上に、社会的状況の変化から処理汚水量が減少し、その結果、使用料収入が減少する。と言う厳しい状況にあり、今後よりいっそうの効率化が求められてくる。

2.3 下水道事業にDEAを導入する意義

一方、下水道事業においては従来から、各自治体において、国の指導の下、経営の効率化に対して様々な取り組みを実施してきている。国においてもモデルケースを作成するなど、下水道経営の指標となるものを作成してきた。

しかし、下水処理施設には幾つかの標準的な処理方式や施設建設工法があるが、実施する地域の自然状況や社会条件などの地域固有状況によって、下水処理方法や施設建設工法などが異なる。そのため、同じ処理方法や同じ処理対象人口でもその施設建設コストや維持管理コストに違いが生じるため、単にモデルケースと比較して、効率性の評価を下すのは適切ではない場合がある。

なぜならば、下水道事業として効率的な運営が取り組める施設建設を実施しても、維持管理運営が非効率的になされておれば、せっかくの優位点を生かしてないことになるため、低い評価がなされるべきであり、逆に、地域固有状況などで維持管理運営が非効率にならざるを得ない施設であっても、創意工夫で効率的な維持管理運営が施されておれば高く評価されるべきだからである。

そして、評価軸を平均としている場合には、こ

の様な評価結果は浮かび上がってくる可能性は低い。

著者はこの様な平均を評価軸とせず多様性を評価軸とする手法として包絡分析法 (DEA) に着目し、下水処理場の効率性の比較分析を行い DEA が下水道事業に適用可能かどうかの検証を試みた。

下水道事業に DEA を導入することによる意義は 2 つあると著者は考えている。

1 つは、「現在の供用開始している施設の業務改善の指標が作り出される。」であり、もう 1 つは、「今後何らかの汚水処理が必要となる人口規模の小さい市町村において、下水道事業決定の指標が作り出される。」と言うことである。さらに、今回は入手データの制約などから試みることは出来なかったが、下水道類似施設事業と併せて分析することで縦割り行政に囚われない下水処理事業決定が可能となる。

予算規模が大きい下水道事業にとって、この 2 つは大変重要な意味を持つと著者は考えている。

また、DEA 結果の活用性を向上させる可能性がある手法として、Bootstrap 法に注目し DEA 結果への適用も併せて試みた。

次に、DEA と Bootstrap 法について説明する。学術的な詳細説明は、刀根の『経営効率性の測定と改善 包絡分析法 DEA による』⁸ と B.Efron と R.J.Tibshirani の『An Introduction to the Bootstrap』⁹ に寄るものとし、ここでは概要説明程度に留める。

3 . 包絡分析法 (DEA) と Bootstrap 法

(1) DEA とは

DEA はテキサス大学の A.Charnes と W.W.Cooper によって開発された手法である。DEA の基本的な考えは、比率によって最も優れた事業体を基準とした事業体の効率性を相対比較することである。

事業体の活動は資源投入に対する便益産出の変換過程と見ることができ、『産出 / 投入』という比を用いて、変換過程の効率性を測定するのが比率の考え方である。この様な考え方は工学などの技術の世界では一般的に使用されており、燃費や熱効率なども比率である。入出力変数が複数ある場合、各項目にウェイト付けして、単一の仮想的入力・仮想的出力に換算する。効率は 1 を最大値として表われ、効率が 1 に近いほど効率的である。

もう少し具体的に説明すると、今、表 - 2 の様な入出力値を持つ比較対象である A ~ G の 8 つの事業体を仮定する。

この表の 1 段目に各事業体の入力値を、2 段目に出力値を示している。3 段目には『出力 / 入力』、すなわち効率の値を示している。この例では事業体 C が 1.333 と最大の値を示しており事業体 C が効率的事業体となり他の事業体は非効率的事業体となる。DEA では効率的事業体の『出力 / 入力』の値を 1 とし非効率的事業体の『出力 / 入力』の値を換算し比較分析をする。この例では、表 - 2 の 4 段目に示す結果となる。

これらをグラフ化すると図 - 4 の様になる。原点と各効率的事業体とで作られた線形を効率

表 - 2 DEA 入出力関係表 (例)

事業体	A	B	C	D	E	F	G
入力	2.000	3.000	3.000	4.000	5.000	5.000	8.000
出力	1.000	2.000	4.000	4.000	2.000	4.000	5.000
出力 / 入力	0.500	0.667	1.333	1.000	0.400	0.800	0.625
DEA	0.375	0.500	1.000	0.750	0.300	0.600	0.469

⁸ [利根 93]

⁹ [B.Efron 他 93]

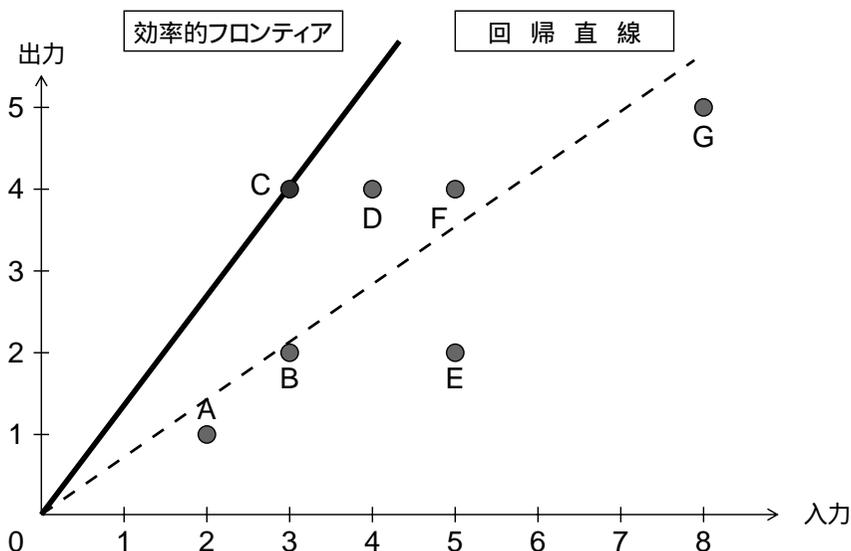


図 - 4 DEAの入出力関係図 (例)

的フロンティアと呼ぶ。この例の場合は原点とCとを結んだ線となる。本手法が包絡分析法と呼ばれる由来は、この効率的フロンティアの下側に全ての事業体が包み込まれるためである。

ちなみに、原点とG付近を結んだ点線が、この例のデータから回帰分析をおこなった結果である。回帰分析では事業体Bが平均的な事業体となり、この点線より上側が効率的な事業体となり下側が非効率的な事業体となる。

一般的な事業体比較は1入力1出力ではなく多入力多出力の場合がほとんどである。DEAでは多入力、多出力をそれぞれ1つの仮想的入力、仮想的出力に換算する。換算後は1入力1出力と同じ考え方で処理をする。仮想的入力、仮想的出力の換算方法の概要は次のとおりである。

今、 i 個の入力項目と j 個の出力項目であらわされる比較対象事業体があるとする。この時の仮想的入力と仮想的出力は次のとおりとなる。

仮想的入力 = $v_1 \times$ 入力1の値 + $v_2 \times$ 入力2の値 + $\dots + v_i \times$ 入力 i の値

仮想的出力 = $u_1 \times$ 出力1の値 + $u_2 \times$ 出力2の値 + $\dots + u_j \times$ 出力 j の値

ここで、

v_1, v_2, \dots, v_i → 入力項目1から i の各々の重み付け

u_1, u_2, \dots, u_j → 出力項目1から j の各々の重み付け

となる。

DEAの特徴の一つはこの重み付け(ウェイト)にある。各事業体に自分が優位となる入力項目及び出力項目に大きなウェイトを、劣位になる項目に小さなウェイトを付ける事を許可する。ただし、自分にとって都合良く付けたウェイトで他事業体も評価しなければならない。言い換えると、他事業体にとって都合の良いウェイトでも自分が評価されると言うことである。

また、前記した効率的フロンティアは同じ勾配で無限に伸びていくとは考えられない。規模の収穫が一定と言う仮定に基づき、極めて狭い範囲では直線を示すと言う考え方である。そして、DEAではこの仮定を変えることで、幾つかのモデルが存在する。前記した例は、A.CharnesとW.W.CooperとE.Rhodesによって提案されたDEAの最初のモデルで『CCRモデル』呼ばれて

いる。この他にも、R.D.Banker と A.Charnes と W.W.Cooper が提案した、規模の変化による効率性の変動を現存の活動に準拠する『BCCモデル』、規模の変化による効率性の変動が増加する『IRSモデル(Increasing Returns to Scale Model)』、減少する『DRSモデル(Decreasing Returns to Scale Model)』などがある。

また、BCCモデルが現存する活動にそくしているのに対し、ある程度の縮小拡大を許す『GRSモデル(General Returns to Scale Model)』がある。

一般的にこれらの効率的フロンティアの線形は凸型を示す。DRSモデルを例にすると、DRSモデルは規模の拡大はできないが、縮小は可能であるため、図 - 5 のような原点 0 をとおる線形(0ABC)を描く。

さらに、DEA は事業体の改善行動の指標を与えてくれる。今、図 - 5 に示す様な A ~ G の事業体のDEA結果があるとすると、A, B, Cは効率値1となる効率的事業体である。原点とこれらの3点を結ぶ線が効率的フロンティアとなる。

ここで、事業体 A と事業体 B と『生産可能集合』(DEAでは効率的フロンティアに包まれる部分を『生産可能集合』と言う。)に存在する非効率的事業体 E に注目してみる。非効率的事業体

E を効率的事業体するには、事業体 A と事業体 B を結ぶ線に移行させる行動をとれば良いことになる。よって、事業体 E の事業改善行動は入力値を 1 削減し出力値を 1 増大させることとなる。

この様に、『仮想的出力 / 仮想的入力』の比率で効率性を相対的かつ相互的に評価し、非効率的事業体を効率的事業体に改善する指標を与えることができる手法が DEA である。

ただし、DEA を実施するにあたりいくつかの考慮すべき事柄がある。それらを次に示す。

DEA は既存事業体同士を相対的かつ相互的に比較評価するものであり絶対的効率性評価ではない。

DEA は改善指標を提供するだけであり、指標を如何にして改善行動と結びつけるかの答えを出さない。指標をヒントとした改善行動計画の立案が必要となってくる。

安易な入出力項目の選定は過大評価や過小評価につながる恐れがある。

DEA は誤差項についての特別な制約(独立で同一の正規分布に従う)が存在しない。すなわち、ノンパラメトリック手法であるため検定機能を持たない。

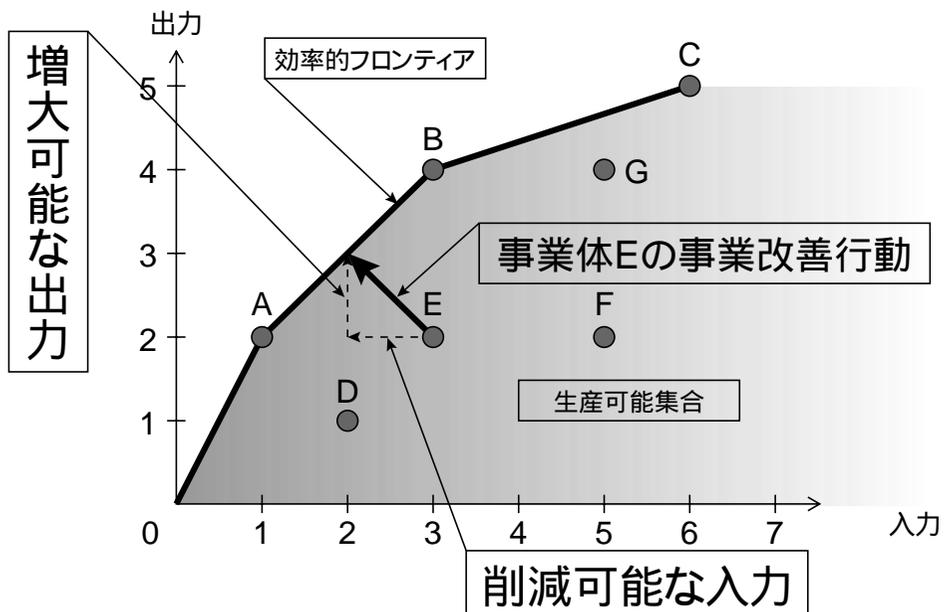


図 - 5 DEA の事業改善行動図

～ は、DEAを実施するにあたっては評価実施対象事業に精通した実務者が深く関わる必要性があることを意味する。 についての改善策として、著者は、リサンプリングにより母集団の統計的性質を推定する手法である Bootstrap法に着目し、DEA 結果の精度向上の試みも併せて行った。

以上の様な意味においては、DEA は従来の評価手法との相互補完的役割しか果たさないと考え、DEA に関するさらなる研究が望まれる。

なお、DEA では事業体などの比較対象を『意思決定主体』と呼び、“Decision Making Unit”の頭文字を取って単に“DMU”と表現される。以後は事業体を DMU と呼ぶこととする。

(2) Bootstrap 法とは

Bootstrap法はB.Efronにより提案された手法である。Bootstrap法の基本的な考え方は、n個得られたサンプルから重複を許してn個リサンプリングすることを一定回数繰り返す。このリサンプリング毎に目標となる統計値を計算する。統計値はある分布を持つが、この分布はサンプルではなく母集団からのリサンプルの統計的分布に等しいことを利用する手法である。

Bootstrap法の特徴は事前に誤差分布を仮定しないノンパラメトリックな統計量に対しても誤差分布を求められる点である。

以上がDEAとBootstrap法の説明である。次に、これらの下水道事業への適用について具体的に論じる。

4. 下水道事業への包絡分析法適用

使用データは平成9年度下水道統計から引用した。下水道統計は行政編、財政編とこれらを要約した要覧からなっている。

行政編には、計画 処理区域面積及び人口(戸数)による普及状況 下水道管渠、ポンプ場、処理施設などの各種施設の内容、など主に下水道事業認可に関するデータ、処理区域の面積、人口、人家戸数に代表される普及状況に関する

データ、施設の規模、運営や維持状況に関するデータが掲載されている。

財政編には、建設費と財源内訳 受益者負担金の状況 維持管理費と財源内訳 施設別維持管理費 使用料制度など、主に財源や支出についてのデータが掲載されている。

今回の試みでは、分流式単独公共下水道で汚水処理のみを実施している市町村(事務組合を含む)を分析対象(DMU)とした。

理由は次のとおりである。

汚水処理は地方財政法上の公営企業とされており、独立採算が原則になっており、効率性の比較評価の意義は大きい。

分流式単独公共下水道で汚水処理のみを実施している市町村とすることで、汚水処理データと雨水処理データの混同など、下水道統計のデータを扱う上での人的ミスが防げる。

さらに、データの抽出時及び、処理結果の分析・整理時に、汚水処理要因のみを考慮するだけですむため、これらの作業が複雑にならない。

一方、下水道統計には、下水道施設建設費に関するデータは年度毎の建設費に関するデータしかなく、各DMUの総建設費の把握は困難なものとなっている。よって、本論文においては下水道事業を建設から管理運営までの事業と定義付けるが、今回の試みは下水道統計におけるデータ制約上、管理運営の効率性に焦点をあててDEAの適用を試みた。

また、今回のDEA処理に使用したプログラムは刀根¹⁰による。モデルとしては後処理のBootstrap処理プログラムの都合上BCCモデルとした。Bootstrap処理プログラムはPerlで作成した。

それでは次に、具体的な入出力項目の抽出について説明する。

4.1 DMUと入出力項目の抽出

刀根¹¹によるとDMUの入力項目と出力項目の選定は一般的には次の様にすべきだとされてい

¹⁰ 『包絡分析法DEA』ソフトウェアWindows版 Ver.1.0、日科技連出版社

¹¹ [利根93] 15-16ページ119ページ

表 - 3 下水道事業における DEA の入出力項目値と効率値

DMU番号	その1		出力 1 処理区域面積(ha)	出力 2 処理区域戸数(戸)	出力 3 水洗便所設置済戸数(戸)	出力 4 総収水量(千 m ³)	DEA効率値
	入力 1 使用料収入(千円)	入力 2 市町村一般会計(千円)					
1	25,307	1,410	38	902	181	230	1.0000
2	162,141	265,873	348	5,229	4,169	1,071	0.5318
3	20,100	142,060	105	1,725	746	175	0.7118
4	53,988	243,833	212	2,047	1,415	332	0.4436
5	162,788	372,964	315	5,369	3,962	869	0.4973
6	119,884	230,174	285	3,990	3,579	863	0.5212
7	41,119	163,007	138	1,358	1,273	333	0.5037
8	39,454	147,766	145	1,636	1,629	378	0.6754
9	6,047	111,419	54	640	280	46	0.5640
10	54,184	186,829	467	3,093	2,308	537	0.8132
11	32,637	66,324	165	1,596	1,164	268	0.6906
12	13,350	114,034	67	800	418	87	0.4705
13	200,597	256,529	364	4,083	3,184	2,161	0.5762
14	168,073	401,234	354	5,704	4,799	1,102	0.5186
15	34,448	33,326	29	206	93	319	0.4499
16	8,392	66,827	61	610	328	71	0.6405
17	44,193	273,606	176	2,538	1,544	315	0.5830
18	8,653	102,139	48	705	318	43	0.5159
19	35,676	151,918	75	1,170	625	217	0.3293
20	17,173	113,169	114	1,492	476	112	0.7218
21	75,153	186,579	368	1,908	1,463	618	0.3766
22	47,534	101,554	167	2,154	1,305	415	0.6253
23	42,130	48,869	158	1,310	692	315	0.5462
24	3,609	7,138	42	110	110	29	1.0000
25	86,492	294,756	162	2,477	1,295	605	0.3514
26	20,059	147,105	78	1,350	400	132	0.4959
27	25,684	115,989	116	975	579	205	0.4022
28	441,579	849,104	985	11,451	8,406	2,737	0.4790
29	193,362	415,322	304	4,827	3,318	1,198	0.3807
30	427,365	514,000	550	7,352	6,020	2,691	0.4063
31	20,026	95,044	1,249	694	393	121	1.0000
32	71,885	177,523	68	1,073	877	557	0.3068
33	12,247	159,407	94	925	353	81	0.4104
34	16,380	128,846	74	741	303	128	0.3829
35	33,942	269,322	107	1,607	973	267	0.4522
36	78,765	283,625	173	1,270	819	542	0.2820
37	15,767	54,015	35	432	214	90	0.3774
38	39,475	103,190	142	890	688	256	0.3320
39	70,314	349,563	191	1,645	1,318	579	0.3384
40	58,558	324,789	191	1,536	1,162	400	0.3342
41	49,732	283,494	110	1,534	899	300	0.2859
42	2,093,187	339,147	2,084	49,066	48,276	13,022	1.0000
43	321,964	1,019,329	679	14,190	9,766	2,979	0.6407
44	248,044	985,578	400	4,594	4,342	1,810	0.3435
45	85,762	370,824	379	3,497	1,868	565	0.5185
46	181,710	331,341	545	6,877	5,441	1,837	0.6531
47	202,575	675,021	418	7,118	4,983	1,432	0.4924
48	776,161	1,493,551	702	23,138	22,456	5,644	0.7443
49	853,133	1,322,630	1,529	20,510	17,467	5,012	0.6587
50	172,911	720,000	524	3,950	2,680	1,086	0.3203
51	107,550	237,075	256	2,179	1,879	715	0.3004
52	88,818	112,723	95	361	355	1,823	0.9055
53	13,290	268,248	62	1,082	476	127	0.4969
54	13,558	104,866	57	648	210	82	0.3659
55	25,149	109,226	78	748	443	200	0.3682
56	27,916	110,346	83	1,022	418	222	0.3982

表 - 3 下水道事業における DEA の入出力項目値と効率値

DMU番号	その2		出力 1 処理区域面積(ha)	出力 2 処理区域戸数(戸)	出力 3 水洗便所設置戸数(戸)	出力 4 総有収水量(千m ³)	DEA効率値
	入力 1 使用料収入(千円)	入力 2 市町村一般会計(千円)					
57	7,604	69,342	32	280	207	62	0.5207
58	70,524	201,105	103	533	310	891	0.4884
59	86,428	264,641	130	1,080	689	1,025	0.4573
60	196,123	78,150	244	2,657	2,627	2,961	1.0000
61	147,240	810,896	448	12,147	8,720	2,618	1.0000
62	234,680	741,645	292	8,161	7,562	2,395	0.5996
63	59,190	239,408	159	1,939	1,177	452	0.3667
64	151,969	526,157	341	6,007	2,456	1,445	0.5407
65	333,264	817,897	739	10,800	9,277	3,019	0.5801
66	436,289	1,269,834	503	15,896	12,945	4,037	0.6031
67	655,692	762,180	674	3,818	2,585	3,824	0.4108
68	238,816	454,473	331	2,408	2,408	2,292	0.4653
69	118,193	339,647	261	2,892	1,690	658	0.3352
70	9,499	84,872	40	499	167	57	0.4031
71	208,325	162,800	210	1,853	1,285	1,286	0.2978
72	54,577	214,272	154	1,201	790	279	0.2502
73	232,122	579,703	406	6,734	4,323	1,733	0.4357
74	124,023	383,594	231	2,806	1,516	893	0.3116
75	135,904	181,710	269	3,621	2,458	916	0.4385
76	147,714	154,243	244	2,679	2,226	934	0.3141
77	147,588	169,043	103	1,035	263	783	0.2111
78	515,389	957,733	918	11,000	10,150	4,918	0.6344
79	36,584	15,049	92	586	586	272	0.6303
80	113,147	335,400	228	2,010	1,547	715	0.2587
81	62,176	227,097	125	1,518	1,067	450	0.2930
82	261,232	730,138	623	5,962	4,205	2,014	0.4089
83	21,305	83,978	79	1,301	560	184	0.6222
84	105,339	66,620	369	2,275	2,052	763	0.6421
85	23,911	103,087	102	700	379	201	0.4006
86	128,187	240,912	198	1,569	1,496	955	0.2945
87	974,022	632,675	1,233	16,047	14,914	6,567	0.6132
88	236,776	360,702	383	4,384	2,763	1,259	0.3146
89	108,198	206,824	271	3,082	2,278	601	0.4358
90	96,558	232,626	184	1,546	827	503	0.2244
91	87,089	160,049	209	2,687	1,083	516	0.4601
92	16,971	124,651	129	1,308	538	114	0.5943
93	133,379	208,000	591	5,187	2,987	928	0.7340
94	16,145	117,023	113	1,299	516	130	0.6124
95	35,024	166,668	161	1,009	735	261	0.3581
96	103,685	99,701	268	2,649	1,644	660	0.4773
97	29,344	172,627	215	2,063	756	178	0.7113
98	41,605	200,419	183	1,588	1,167	362	0.4697
99	105,864	125,575	122	1,011	704	417	0.1805
100	138,233	58,618	130	1,260	1,240	1,524	0.7035
101	17,264	144,982	81	295	160	90	0.2994
102	581,094	804,196	876	9,874	8,685	3,258	0.4042
103	267,198	728,174	419	5,518	3,975	1,551	0.3065
104	15,679	87,520	98	729	348	105	0.4529
105	109,696	220,242	171	855	410	704	0.2588
106	33,787	156,404	110	1,587	627	185	0.4619
107	1,260,706	590,275	519	10,798	10,753	8,958	0.6386
108	660,259	683,135	497	14,017	13,940	7,022	0.8278
109	48,292	710,680	92	2,190	1,439	419	0.4737
110	19,365	6,343	20	820	820	285	1.0000
111	81,784	660,573	224	4,964	2,609	722	0.6649
112	5,238	115,610	9	275	275	84	0.7349

表 - 3 下水道事業における DEA の入出力項目値と効率値

その3

DMU番号	入力 1 使用料収入(千円)	入力 2 市町村一般会計(千円)	出力 1 処理区域面積(ha)	出力 2 処理区域戸数(戸)	出力 3 水洗便所設置戸数(戸)	出力 4 総有収水量(千m ³)	DEA効率値
113	62,434	357,260	181	5,187	2,361	748	0.9354
114	19,523	14,588	16	648	648	212	0.7036
115	12,805	267,034	73	816	467	134	0.5153
116	7,615	111,375	138	1,127	449	60	0.9307
117	5,726	72,000	46	412	179	46	0.5624
118	523,407	1,163,097	896	18,796	17,869	5,462	0.8039
119	41,508	32,594	54	2,597	2,597	566	1.0000
120	145,347	120,206	305	6,582	6,196	1,310	1.0000
121	16,319	348,056	121	1,909	902	130	0.9034
122	16,286	156,177	67	925	673	201	0.6098
123	61,704	224,513	255	3,117	1,437	512	0.6427
124	21,792	192,320	112	1,280	975	417	0.7727
125	38,140	27,245	55	1,334	1,332	411	0.6538
126	306,955	743,328	805	19,873	14,543	5,233	1.0000
127	9,112	277,175	46	534	406	82	0.5837
128	58,291	56,998	173	3,503	3,503	1,520	1.0000
129	43,978	169,080	81	1,194	1,194	390	0.4262
130	228,603	76,071	163	6,390	5,966	2,538	1.0000
131	20,421	158,234	100	1,137	650	167	0.4873
132	248,412	546,560	238	7,295	6,715	2,495	0.5187
133	79,563	103,164	124	1,334	1,331	864	0.4279
134	69,071	235,190	61	843	219	455	0.2606
135	21,208	35,239	43	1,069	712	294	0.7654
136	26,842	109,099	113	810	517	170	0.3529
137	11,128	21,911	51	515	253	102	0.7598
138	12,890	89,000	86	767	682	143	0.7985
139	69,127	193,623	134	2,200	1,565	539	0.4025
140	9,960	105,142	59	585	553	180	0.7936
141	689,352	615,900	832	12,605	10,504	3,798	0.4608
142	81,588	444,613	192	1,872	1,194	478	0.2622
143	79,864	80,359	60	985	968	769	0.3898
144	33,222	108,477	103	829	706	185	0.3659
145	59,304	191,592	100	2,338	1,564	375	0.4741
146	17,992	116,159	40	505	265	86	0.2771
147	73,783	511,855	185	1,817	1,559	601	0.3539
148	22,481	271,743	64	724	406	178	0.3303
149	32,347	351,525	118	2,955	1,501	358	0.8562
150	61,803	41,000	77	2,241	2,241	489	0.6792
151	75,400	24,934	53	3,008	2,880	538	1.0000
152	6,003	34,132	36	249	136	43	0.6175
153	400,901	277,800	538	11,432	11,052	2,744	0.7675
154	183,822	477,434	290	3,833	2,664	1,166	0.3030
155	30,764	256,502	221	1,787	1,013	269	0.5661
156	203,030	382,252	394	3,285	2,425	1,581	0.3510
157	79,046	253,800	152	1,757	1,106	673	0.3388
158	95,304	280,297	238	4,583	3,032	851	0.6626
159	112,775	511,429	279	3,897	2,855	1,011	0.4393
160	5,729,132	2,644,907	6,003	183,000	173,000	57,163	1.0000
161	81,901	140,977	182	4,405	2,161	835	0.8343
162	162,572	391,615	287	5,170	4,354	1,408	0.4779
163	84,547	320,873	230	3,808	3,085	824	0.6117
164	354,121	822,912	383	15,592	13,593	4,013	0.8152
165	112,152	209,758	309	4,146	3,215	1,138	0.5806
166	968	67,053	49	900	145	8	1.0000

る。

入力項目、出力項目とも数値データが準備でき、原則、全DMUについて値は正。比較評価対象における入力対出力の効率性の特徴をよく表しているものを選ぶ。ある出力を得るための入力に関して言えば、値の小さいほど好ましく、ある入力による出力に関しては大きいほど好ましい状態とする。出力値が小さい方が好ましい場合は、逆数を取ったり、大小を逆転させたり、カテゴリー化するなどの前処理が必要となる。

入力項目、出力項目の数値の単位は任意にとつてよい。例えば、人数、金額、面積、台数などである。

入力項目数を m 、出力項目数を s 、DMU 数を n とすれば経験的に、 $n = \max\{m \times s, 3(m+s)\}$ となる。

これらに留意して DEA 分析を試みた。

前記した様に地域固有状況によって建設費や維持管理費が左右されるが、これらを配慮した入出力項目の抽出となると膨大な調査が必要となるため、今回の試みでは無視することとする。ただし、可能な限りこれらの影響受けない若しくは排除可能な入出力項目の抽出を心がけた。

入力項目として**財政編**の「維持管理費と財源内訳」に掲載されている、『使用料収入』、『市町村一般会計』を、出力項目として**行政編**の「処理区域面積及び人口(戸数)による普及状況」に掲載されている、『処理区域面積』、『処理区域戸数』、『水洗便所設置済戸数』と、**財政編**の「維持管理費と財源内訳」に掲載されている『年間総有収水量』を抽出した。

また、欠損データや入力項目値に 0 がある DMU は削除した。抽出した理由は次のとおりである。

『使用料収入』と『市町村一般会計』は主たる下水道維持管理費財源であるため、収入に対する効率を比較するために抽出した。

『処理区域面積』と『処理区域戸数』は現在供用開始している汚水処理システムが対象としている処理面積及び人家戸数である。『処理区域面積』は対象地域の広さを表し、『処理区域戸数』は汚水処理システムの最大処理能力に相当する。

これらは、財源が一定である場合、『処理区域面積』は広いほど、『処理区域戸数』は多いほど効率的となるため、出力項目として抽出した。

『水洗便所設置済戸数』は『処理区域戸数』の内、実際に汚水処理されている人家戸数である。『年間総有収水量』は料金収入の対象となる汚水量であり、『水洗便所設置済戸数』が年間排出する総汚水量がこれに当たる。これらは、財源が一定である場合、値が大きいほど効率的だと考えられるため、出力項目として抽出した。

以上より、表 - 3 に示す様に、DMU=166 箇所、入力項目数=2、出力項目数=4 のデータ抽出となった。

4.2 包絡分析結果

前節で抽出した入出力値の DEA 結果を表 - 4 に示す。

主な結果は次のとおりである。

効率値 = 1 の優位集合の DMU 数は 15 で、最小効率値は 0.1800、平均効率値は 0.5517 となっている。

優位集合の内、出現回数が最も多い DMU は No.128 DMU である。125 箇所の DMU に対して優位集合となっている。

表 - 3 より、No.128 DMU の使用料単価が 38 円/m³ (=58,291 千円 / 1,520 千 m³) と 166 箇所中最低、最大は 254 円/m³ (=105,864 千円 / 417 千 m³) で No.99 DMU となっていることが理解出来る。また、No.99 DMU の効率値は 0.180 で 166 箇所中最小値を示している。

より、No.128 DMU は、今回の DEA において大きな影響力を持つ DMU だと位置付けられる。また、と使用料単価=(使用料収入 / 年間総有収水量)である事より、入力項目として『使用料収入』、出力項目として『年間総有収水量』は下水事業の効率性を評価する項目としては適切だと認められる。

ちなみに、両項目の相関係数は 0.98 と高い数値を示している。

前記したように、『地方公営企業年鑑 第 45

表 - 4 DEA 結果一覧表

全体像		各 D M U と 効 率 値					
DMU数(個所)	166	DMU番号	DEA効率値	DMU番号	DEA効率値	DMU番号	DEA効率値
平均効率値	0.5517	1	1.0000	56	0.3982	111	0.6649
標準偏差	0.2166	2	0.5318	57	0.5207	112	0.7349
最大効率値	1.0000	3	0.7118	58	0.4884	113	0.9354
最小効率値	0.1805	4	0.4436	59	0.4573	114	0.7036
		5	0.4973	60	1.0000	115	0.5153
		6	0.5212	61	1.0000	116	0.9307
		7	0.5037	62	0.5996	117	0.5624
		8	0.6754	63	0.3667	118	0.8039
		9	0.5640	64	0.5407	119	1.0000
		10	0.8132	65	0.5801	120	1.0000
		11	0.6906	66	0.6031	121	0.9034
		12	0.4705	67	0.4108	122	0.6098
		13	0.5762	68	0.4653	123	0.6427
		14	0.5186	69	0.3352	124	0.7727
		15	0.4499	70	0.4031	125	0.6538
		16	0.6405	71	0.2978	126	1.0000
		17	0.5830	72	0.2502	127	0.5837
		18	0.5159	73	0.4357	128	1.0000
		19	0.3293	74	0.3116	129	0.4262
		20	0.7218	75	0.4385	130	1.0000
		21	0.3766	76	0.3141	131	0.4873
		22	0.6253	77	0.2111	132	0.5187
		23	0.5462	78	0.6344	133	0.4279
		24	1.0000	79	0.6303	134	0.2606
		25	0.3514	80	0.2587	135	0.7654
		26	0.4959	81	0.2930	136	0.3529
		27	0.4022	82	0.4089	137	0.7598
		28	0.4790	83	0.6222	138	0.7985
		29	0.3807	84	0.6421	139	0.4025
		30	0.4063	85	0.4006	140	0.7936
		31	1.0000	86	0.2945	141	0.4608
		32	0.3068	87	0.6132	142	0.2622
		33	0.4104	88	0.3146	143	0.3898
		34	0.3829	89	0.4358	144	0.3659
		35	0.4522	90	0.2244	145	0.4741
		36	0.2820	91	0.4601	146	0.2771
		37	0.3774	92	0.5943	147	0.3539
		38	0.3320	93	0.7340	148	0.3303
		39	0.3384	94	0.6124	149	0.8562
		40	0.3342	95	0.3581	150	0.6792
		41	0.2859	96	0.4773	151	1.0000
		42	1.0000	97	0.7113	152	0.6175
		43	0.6407	98	0.4697	153	0.7675
		44	0.3435	99	0.1805	154	0.3030
		45	0.5185	100	0.7035	155	0.5661
		46	0.6531	101	0.2994	156	0.3510
		47	0.4924	102	0.4042	157	0.3388
		48	0.7443	103	0.3065	158	0.6626
		49	0.6587	104	0.4529	159	0.4393
		50	0.3203	105	0.2588	160	1.0000
		51	0.3004	106	0.4619	161	0.8343
		52	0.9055	107	0.6386	162	0.4779
		53	0.4969	108	0.8278	163	0.6117
		54	0.3659	109	0.4737	164	0.8152
		55	0.3682	110	1.0000	165	0.5806
						166	1.0000

優位集合出現回数(自分も含む)	
優位集合DMU番号	出現回数
1	6
24	42
31	117
42	3
60	12
61	46
110	11
119	47
120	8
126	64
128	126
130	1
151	4
160	15
166	111

表 - 5 処理区域人口規模別 DEA 効率値比較表

人口10万人以上			人口1万人未満			その1			人口1万人未満			その2		
番号	DEA効率値	処理区域人口(人)	番号	DEA効率値	処理区域人口(人)	番号	DEA効率値	処理区域人口(人)	番号	DEA効率値	処理区域人口(人)	番号	DEA効率値	処理区域人口(人)
42	1	100,889	15	0.4499	361	94	0.6124	3,842	72	0.2502	3,908	125	0.6538	3,919
160	1	441,100	24	1.0000	399	72	0.2502	3,908	11	0.6906	3,925	41	0.2859	3,985
平均	1		112	0.7349	808	125	0.6538	3,919	52	0.9055	917	124	0.7727	3,994
			57	0.5207	965	11	0.6906	3,925	152	0.6175	976	23	0.5462	4,097
			101	0.2994	1,032	41	0.2859	3,985	101	0.2994	1,032	20	0.7218	4,124
			58	0.4884	1,103	124	0.7727	3,994	58	0.4884	1,103	37	0.3774	1,377
			37	0.3774	1,377	23	0.5462	4,097	16	0.6405	1,436	3	0.7118	4,140
			146	0.2771	1,448	83	0.6222	4,362	146	0.2771	1,448	157	0.3388	4,420
			117	0.5624	1,547	157	0.3388	4,420	117	0.5624	1,547	86	0.2945	4,438
			127	0.5837	1,655	86	0.2945	4,438	127	0.5837	1,655	35	0.4522	4,527
			70	0.4031	1,676	35	0.4522	4,527	70	0.4031	1,676	36	0.2820	4,770
			134	0.2606	1,732	36	0.2820	4,770	134	0.2606	1,732	4	0.4436	4,792
			9	0.5640	1,800	4	0.4436	4,792	9	0.5640	1,800	39	0.3384	4,824
			137	0.7598	1,848	39	0.3384	4,824	137	0.7598	1,848	8	0.6754	4,901
			105	0.2588	1,857	8	0.6754	4,901	105	0.2588	1,857	90	0.2244	4,950
			12	0.4705	1,874	90	0.2244	4,950	12	0.4705	1,874	40	0.3342	5,016
			114	0.7036	1,893	40	0.3342	5,016	114	0.7036	1,893	121	0.9034	5,076
			79	0.6303	1,930	121	0.9034	5,076	79	0.6303	1,930	106	0.4619	5,094
			135	0.7654	1,962	106	0.4619	5,094	135	0.7654	1,962	98	0.4697	5,235
			140	0.7936	2,046	98	0.4697	5,235	140	0.7936	2,046	71	0.2978	5,262
			18	0.5159	2,060	71	0.2978	5,262	18	0.5159	2,060	142	0.2622	5,297
			55	0.3682	2,155	142	0.2622	5,297	55	0.3682	2,155	17	0.5830	5,459
			148	0.3303	2,173	17	0.5830	5,459	148	0.3303	2,173	81	0.2930	5,571
			54	0.3659	2,288	81	0.2930	5,571	54	0.3659	2,288	147	0.3539	5,576
			85	0.4006	2,300	147	0.3539	5,576	85	0.4006	2,300	109	0.4737	5,660
			144	0.3659	2,405	109	0.4737	5,660	144	0.3659	2,405	145	0.4741	5,998
			143	0.3898	2,423	145	0.4741	5,998	143	0.3898	2,423	155	0.5661	6,110
			77	0.2111	2,437	155	0.5661	6,110	77	0.2111	2,437	150	0.6792	6,273
			104	0.4529	2,475	150	0.6792	6,273	104	0.4529	2,475	60	1.0000	6,294
			59	0.4573	2,565	60	1.0000	6,294	59	0.4573	2,565	161	0.8343	6,309
			110	1.0000	2,700	161	0.8343	6,309	110	1.0000	2,700	21	0.3766	6,583
			34	0.3829	2,753	21	0.3766	6,583	34	0.3829	2,753	10	0.8132	6,599
			27	0.4022	2,796	10	0.8132	6,599	27	0.4022	2,796	97	0.7113	6,602
			31	1.0000	2,806	97	0.7113	6,602	31	1.0000	2,806	139	0.4025	6,800
			56	0.3982	2,871	139	0.4025	6,800	56	0.3982	2,871	119	1.0000	6,820
			38	0.3320	2,900	119	1.0000	6,820	38	0.3320	2,900	22	0.6253	6,866
			138	0.7985	2,902	22	0.6253	6,866	138	0.7985	2,902	80	0.2587	6,888
			99	0.1805	2,933	80	0.2587	6,888	99	0.1805	2,933	25	0.3514	6,916
			92	0.5943	3,046	25	0.3514	6,916	92	0.5943	3,046	91	0.4601	6,924
			33	0.4104	3,062	91	0.4601	6,924	33	0.4104	3,062	51	0.3004	6,933
			166	1.0000	3,074	51	0.3004	6,933	166	1.0000	3,074	63	0.3667	6,979
			32	0.3068	3,164	63	0.3667	6,979	32	0.3068	3,164	89	0.4358	7,476
			95	0.3581	3,198	89	0.4358	7,476	95	0.3581	3,198	151	1.0000	7,793
			115	0.5153	3,212	151	1.0000	7,793	115	0.5153	3,212	84	0.6421	7,843
			19	0.3293	3,222	84	0.6421	7,843	19	0.3293	3,222	96	0.4773	8,578
			136	0.3529	3,250	96	0.4773	8,578	136	0.3529	3,250	149	0.8562	8,740
			26	0.4959	3,293	149	0.8562	8,740	26	0.4959	3,293	69	0.3352	8,837
			116	0.9307	3,472	69	0.3352	8,837	116	0.9307	3,472	13	0.5762	9,146
			131	0.4873	3,477	13	0.5762	9,146	131	0.4873	3,477	74	0.3116	9,340
			133	0.4279	3,524	74	0.3116	9,340	133	0.4279	3,524	76	0.3141	9,355
			1	1.0000	3,543	76	0.3141	9,355	1	1.0000	3,543	113	0.9354	9,392
			122	0.6098	3,568	113	0.9354	9,392	122	0.6098	3,568	67	0.4108	9,532
			100	0.7035	3,592	67	0.4108	9,532	100	0.7035	3,592	156	0.3510	9,616
			7	0.5037	3,621	156	0.3510	9,616	7	0.5037	3,621	163	0.6117	9,732
			53	0.4969	3,727	163	0.6117	9,732	53	0.4969	3,727	6	0.5212	9,780
			129	0.4262	3,835	6	0.5212	9,780	129	0.4262	3,835	123	0.6427	9,810
									平均	0.5285				

人口10万人未満5万人以上		
番号	DEA効率値	処理区域人口(人)
118	0.8039	55,490
49	0.6587	59,492
48	0.7443	66,230
平均	0.7356	

人口5万人未満3万人以上		
番号	DEA効率値	処理区域人口(人)
65	0.5801	31,247
61	1.0000	32,320
28	0.4790	33,178
153	0.7675	33,956
164	0.8152	37,372
108	0.8278	38,282
78	0.6344	39,444
43	0.6407	40,315
87	0.6132	40,957
126	1.0000	44,496
66	0.6031	45,364
平均	0.7237	

人口3万人未満1万人以上		
番号	DEA効率値	処理区域人口(人)
45	0.5185	10,642
75	0.4385	10,679
128	1.0000	10,837
165	0.5806	11,532
159	0.4393	11,900
158	0.6626	12,360
2	0.5318	12,545
14	0.5186	12,925
162	0.4779	13,030
5	0.4973	13,191
68	0.4653	13,258
50	0.3203	13,300
29	0.3807	14,058
88	0.3146	14,560
111	0.6649	14,892
93	0.7340	15,565
154	0.3030	15,613
44	0.3435	16,081
103	0.3065	16,724
120	1.0000	17,929
64	0.5407	18,111
130	1.0000	18,362
47	0.4924	18,565
82	0.4089	18,930
73	0.4357	19,733
30	0.4063	21,023
46	0.6531	21,180
132	0.5187	22,059
141	0.4608	25,120
107	0.6386	25,915
62	0.5996	27,055
102	0.4042	28,417
平均	0.5330	

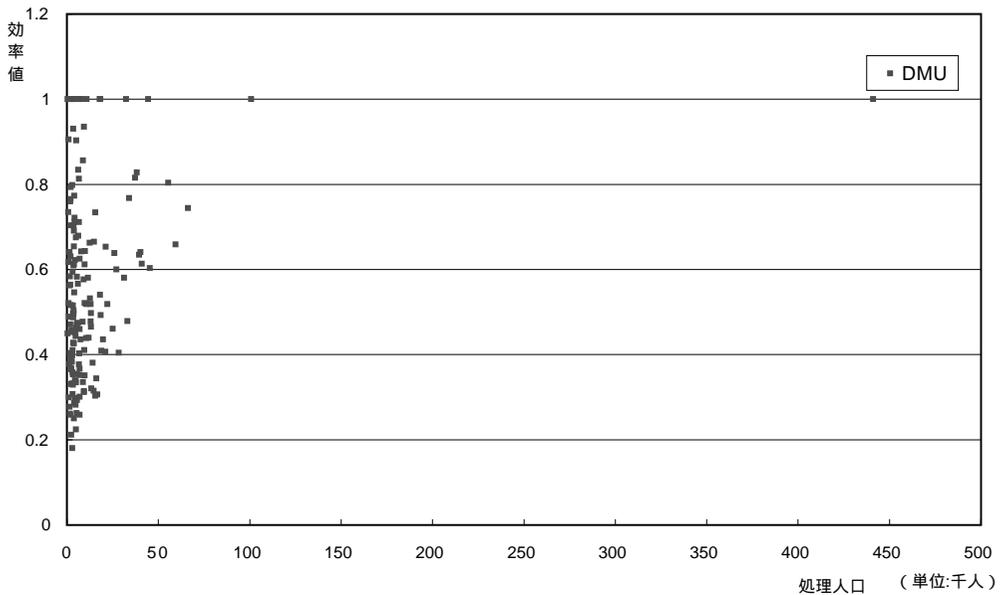


図 - 6 処理人口別効率値分布図

集』¹²によると、公共下水道の汚水処理原価は処理区域人口規模別にみれば、規模が小さくなるに従い高くなる傾向にある。よって、処理区域人口に注目し、処理区域人口別に効率値を比較した。

その結果を分布図化したのが図 - 6 である。図 - 6 が示すように、同程度の処理区域人口であっても効率値にはバラツキがあるが、全体的な傾向としては右肩上がり、すなわち、規模が大きくなると効率となることを示している。

また、処理区域人口規模別に表にして比較したのが表 - 5 である。表 - 5 は次の様な結果を示している。

- 処理区域人口 10 万人以上の
効率値平均 → 1.0000
- 処理区域人口 5 万人以上 10 万人未満の
効率値平均 → 0.7356
- 処理区域人口 3 万人以上 5 万人未満の
効率値平均 → 0.7237
- 処理区域人口 1 万人以上 3 万人未満の
効率値平均 → 0.5330
- 処理区域人口 1 万人未満の

効率値平均 → 0.5285

規模が小さくなるに従い効率が悪くなる傾向を示している。特に、処理区域人口が 3 万人未満となると極端に悪い傾向を示している。

以上より、一つの傍証ではあるが、下水道事業への DEA 結果の全体的な傾向は、現在の下水道事業の特性をあらわしていると言える。

次に、このような DEA 結果の信頼性について考察する。前記したように、DEA は検定機能を持たないため、結果の精度には疑問が残る。よって、これらの結果に対して Bootstrap 法による検定を行った。

5 .下水道事業包絡分析結果へのBootstrap法適用

M.R.Chernick によると Bootstrap 法による検証には一般的には次の点に注意するべきだとされている。

検証の正確性を確保するにはサンプル数が 9 を下回らない様にする。30 以上が推

¹² [地方公営企業経営研究会 99]

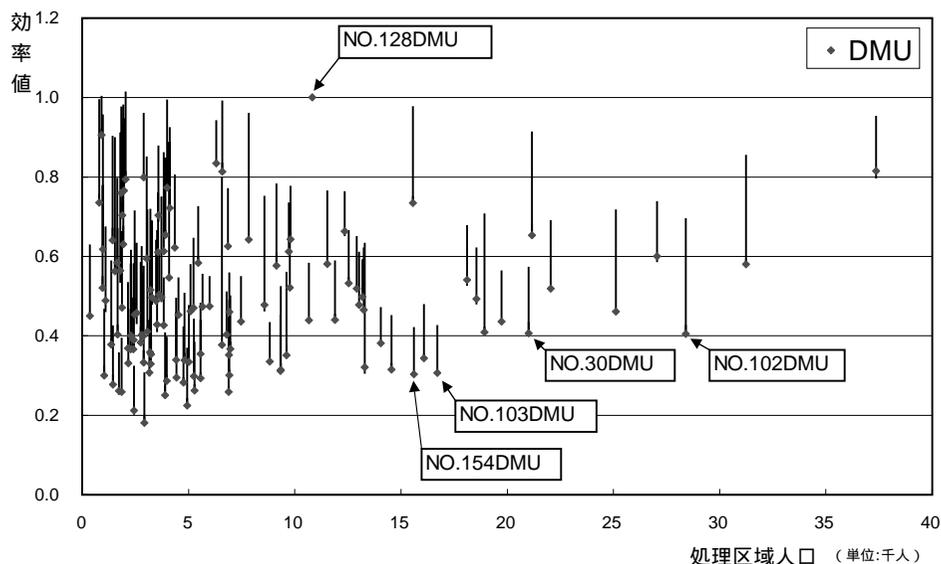


図 - 7 処理区域人口別エラーバー付き効率値分布図

表 - 6 No.30 DMU と No.102 DMU 比較表

DMU番号	処理区域人口(人)	効率値	分布幅値(+)	分布幅値(-)
30	21,023	0.4063	0.1656	- 0.0276
102	28,417	0.4042	0.4042	- 0.0210

奨される。

繰り返し回数は標準偏差を取るには1,000回以上が必要、正確な区間推定には10,000回が推奨される。

これらに留意してBootstrap法を下水道事業へのDEA結果に試みた。手順としては次のとおりである。

166個所のDMUに対して、DMU毎のDEA処理結果(効率値)をリサンプリングして統計値を計算する。この処理を繰り返す。今回は2,000回繰り返した。

DMU毎に効率値の統計値(平均、分散)を計算する。エラーバーは平均の両側に1とする。

結果を図-7に示す。図-7は図-6にエラーバーを付け加えた図となっている。ただし、処理区域人口が361人~441,100人と幅が大きい

ので、優位集合の内、出現回数が最も多いNo.128 DMUに注目し、No.128 DMUとNo.128 DMUを優位集合とする125箇所のDMUを併せた126箇所を抜粋した。

当然であるが、図-7ではエラーバーが短いほど、その効率値の値が信頼出来ることを意味する。今、No.103 DMUやNo.154 DMUに注目すると、これら2つのDMUはエラーバーが短く、効率値の信頼性が高いとなる。言い換えると、No.103 DMUやNo.154 DMUは効率値が0.4前後に留まる非効率のDMUだと、かなりの確率で言えることになる。

一方、図-7のNo.30 DMUとNo.102 DMUに注目し比較する。処理区域人口と効率値と効率値の分布幅を比較したのが表-6である。

表-6、図-7より、No.30 DMUとNo.102 DMUは、効率値はどちらも約0.4、分布幅値(-)

はどちらも約-0.02とあまり大差はないが、分布幅値 (+) はNo.30 DMUが約0.16、No.102 DMUが約0.4とNo.102 DMUはNo.30 DMUの約3倍となっている。このことから、効率値の信頼性を考慮するとNo.30 DMUとNo.102 DMUは同じ効率値を示しているとは言えない。

この様に、中間的な効率性を持つ非効率DMUでも、効率値エラーの広がり大きさには差があり、統計量の分布を考慮しても、十分に優劣を比較可能となる。

6. おわりに

下水道事業評価を目的として、包絡分析法 (DEA) の適用を試みた。DEAの利点は、従来行われていない自治体相互の比較が可能となる点にある。データとしては、下水道統計 (平成9年度) を利用した。入出力項目としては、2入力、4出力を選定した。欠落値を持っている事業体を除いて、実験に利用した事業体数 (DEAでは、DMUと呼ぶ) は166である。

DEAの適用実験から判明した結果及び今後の課題について以下に列記する。

DEA適用結果 (効率値) を処理区域人口別に分析すると、以下ようになる。

処理区域人口10万人以上の 効率値平均	→ 1.0000
処理区域人口5万人以上10万人未満の 効率値平均	→ 0.7356
処理区域人口3万人以上5万人未満の 効率値平均	→ 0.7237
処理区域人口1万人以上3万人未満の 効率値平均	→ 0.5330
処理区域人口1万人未満の 効率値平均	→ 0.5285

処理区域人口が小さいほど非効率であり、特に、処理区域人口が3万人未満となると極端に悪い。このことは、従来から下水道事業で言われていることと一致しており、DEAの適用可能性を強く示唆している。

ただし、同じ処理区域人口規模でも効率値にバラツキがあり、3万人未満の場合

においても、効率値は1.0から0.2程度まで大きく変化する。このことは、人口規模が小さくても、事業効率が良い事業体が多数存在することを意味している。この結果を見る限り、事前・事後の事業評価手段として、DEAが有効と判断される。

また、DEAは、事例の誤差分布を予め仮定しないノンパラメトリックな統計手法であるため、上記の効率値は、信頼区間をもっていない。そのため、効率性に差異があったとしても、それが、統計的に有意な差といえるか否かは疑問が残る。従って、本研究では、統計的な分布を得るために、Bootstrap法 (リサンプリング2,000回) の併用を試みた。

Bootstrap処理の結果、同じような効率値を持つDMUであっても、標準偏差の値にはかなり開きがある。従って、Bootstrap法を利用しないDEAから得られた効率値だけで、効率値の優劣を決することにはかなり疑問が残る。DEAの結果だけで効率の評価をするのではなく、Bootstrap法と組み合わせることで、より客観的な効率性評価が可能となると思われる。

このことにより、DEAの結果をもとに下水道事業の効率改善を行う場合、いきなり優位集合のみと比較するのではなく、自分以外の非効率的DMUとの比較も行いながら段階的効率改善をすると言う現実的な効率改善が可能となる。ただし、実際に、個々のDMUについて、具体的な比較までは、今回の研究期間の中では踏み込めなかった。

さらに、今回の試みは次の様な可能性も示唆している。

新しく下水道事業を実施する場合、実施計画にもとづきDEA処理を行うことで、新規下水道事業の効率に関する事前のシミュレーションが可能となる。すなわち、より現実的な事前評価が可能となる。仮に、シミュレーションの結果が、『非効率的な事業』となった場合でも、改善案付きであるため実施計画の見直しが可能となる。

さらに、Bootstrap処理をすることで、段階的な改善計画も立案可能となる。

なお、下水道統計には各自治体毎の様々なデータがあり、DEAの様な事業体比較分析を行うデータとしては申し分ない。しかし、今回利用した統計データについては、データに関する詳細な説明が必ずしもなされていない。このため、入出力項目の抽出の妥当性に関しては議論が分かれるかもしれない。今後の下水道統計の充実に期待したい。

また、今回の評価実験では、データの制約上、建設費や地域固有状況を考慮した分析が出来なかった。本来は建設費(現在価値に換算するなど加工が必要である)や地域固有状況を考慮した分析をするべきだと考える。さらに、もう一步研究を進め、他省庁所管の下水道類似施設事業との比較分析を行い、省庁別の縦割り行政に囚われない下水処理事業評価の確立させることを今後の課題としたい。

参考文献

- [伊多波 99] 伊多波 良雄『これからの政策評価システム 評価手法の理論と実際』中央経済社, 1999年
- [山谷 97] 山谷 清志『政策評価の理論とその展開 政府のアカウンタビリティ』晃洋書房, 1997年
- [通産省政策評価研究会99] 通産省政策評価研究会編著『政策評価の現状と課題 新たな行政システムを目指して』, 1999年
- [山田 00] 山田 治徳『政策評価の技法』日本評論社, 2000年
- [一瀬 88] 一瀬 智司『日本の公経営 その理論と実証』ぎょうせい, 1988年
- [肥田野 97] 肥田野 登『環境と社会資本の経済評価 ヘドニック・アプローチの理論と実際』勁草書房, 1997年
- [肥田野 99] 肥田野 登編『環境と行政の経済評価 CVM (仮想市場法) マニュアル』勁草書房, 1999年
- [刀根 93] 刀根 薫『経営効率性の測定と改善 包絡分析法 DEA による』日科技連出版社, 1993年
- [金本 99] 金本 良嗣編『日本の建設産業』日本経済新聞社, 1999年
- [社会資本を考える研究会 99] 社会資本を考える研究会編『公共事業は果たして悪か - 社会資本整備を問う - 人文・社会学の発想から -』日経BP, 1999年
- [日本の公共事業研究会 88] 日本の公共事業研究会編『図説 日本の公共事業』(財)経済調査会, 1988年
- [加藤 99] 加藤 英一『だれも知らない下水道 増補版』北斗出版, 1999年
- [本間 98] 本間 郁, 坪井 直子『合併浄化槽入門』北斗出版, 1998年
- [下水道計画研究会編 97] 下水道計画研究会編著『下水道計画の手引 平成9年度版』(財)全国建設研修センター, 1997年
- [下水道計画研究会編 00] 下水道実務研究会編著『下水道事業の手引 平成12年度版』(財)全国建設研修センター, 2000年
- [下水道事業評価研究会 99] 下水道事業評価研究会編著『下水道事業評価制度の解説』ぎょうせい, 1999年
- [辻 76] 辻 誠二監修『図解 地方公営企業法』, 良書普及会, 1976年
- [総務庁行政監察局 89] 総務庁行政監察局編著『下水道の現状と問題点 総務庁の行政監査結果からみて』, 大蔵省印刷局, 1989年
- [B. Efron 他 93] B. Efron and R.J. Tibshirani 『An Introduction to the Bootstrap』Chapman & Hall, 1993
- [M.R. Chernick 99] M.R. Chernick 『Bootstrap Methods - A Practical Guide』, John Wiley & Sons, Inc, 1999
- [寺田 00] 寺田 守正, 中川 隆広, 金岡 貴浩, 渡辺 貞城, 金田 重郎『公共事業評価における検定機能付き包絡分析法 (DEA) の適用可能性』経営情報学会『2000年秋季全国研究発表大会予稿集』, 2000年
- [地方公営企業経営研究会 99] 地方公営企業経営研究会編『平成9年度 地方公営企業年鑑 (平成9年4月1日 ~ 平成10年3月31日) 第45集 (下水道, 市場, 有料道路, 駐車場整備)』, (財)地方財務協会, 1999年
- [世論調査 98] 『社会資本の整備に関する世論調査』, 内閣総理大臣官房広報室, 1998年
- [世論調査 99] 『水環境に関する世論調査』, 内閣総理大臣官房広報室, 1999年
- [下水道統計 99] 『平成9年度下水道統計』, (社)日本下水道協会, 1999年