

追加型 DEA システム

枇々木 規雄, 清野 敦史, 生田目 崇, 鳥本 茂

1. はじめに

Data Envelopment Analysis (DEA: 包絡分析法) は, 1978年に Charnes *et al.* によって開発された多入力多出力系システムの効率性評価のための手法である[2]. DEAのモデルは線形計画問題(LP)として定式化できるので, 問題を解くことは容易である. しかし, DEAは評価するDMU(事業体)ごとにLPを解く必要がある. そこで, 手軽にDEAの問題を解くための専用プログラムがいくつか開発されている. Charnes *et al.* [1] (邦訳[6]) 第5章に様々なDEA用ソフトウェアが紹介されている. また, 清野ら[4]はMicrosoft ExcelのVBAマクロを用いたDEA分析ツールを開発している. 最近では, Cooper *et al.* [3]のテキストの中に, DEA-Solver-LV (“Learning Version”) が付いていて, 7種類のモデルを利用できる¹. Charnes *et al.* [1]もDEAソフトウェアの重要性について,

「最初の比率モデルが発表されて以来, 理論, 実践, そして応用範囲が急速に広がり, 成熟し始めている. DEAがそれ自身で, もしくはより伝統的な平均的傾向分析法を補足するものとして, 適用される定番の分析方法の1つになるという点で, 信頼あるDEAソフ

トウェアパッケージを得ることが, この過程を大いに促進するだろう。」(訳出:[6]第21章より引用)

と述べている.

実際問題への適用を考える場合, ほとんど既存のDEA専用プログラムにある(最も代表的なモデルである)CCRモデル, BCCモデル, 加法モデルを利用すれば, たいていの場合には事が足りるし, 最初の分析や検証にはこれらのモデルを使うのが通常である. しかし, 分析結果を見て, 追加的な制約を加えたいといった簡単な修正すらも, 従来の専用プログラムではできない. このような修正モデルや自ら開発したモデルを使いたい, すなわち専用プログラムにないモデルを使って実際の問題にDEAを適用した分析を行いたいとか, 使った方がその問題に対して的確なモデル化ができるという場合には(実際に著者らはこのようなことを従来してきたのであるが),

- (1) LPソフトを使って, DMU数だけ問題を解く,
- (2) DEAプログラムを開発する,

のどちらかをしなければならない². 誰もが手軽に何度も試行錯誤をしながらモデル開発をしたいし, 失敗したときの時間的コストを少なくしたいと思っている. しかし, その開発環境がなければ「手軽に」行うことは面倒である.

そこで, 本稿では, 従来開発されているモデルに加え, 自らが開発したモデルも追加できる「追加型DEAシステム・XPRESS-MP/EXCEL版」を紹介する. どのようなDEAの問題に対しても手軽に実行できることを目指して開発したシステムである. モデルを新しく追加する場合には, 線形計画問題を解くための数式モデルを記述しなければならない. 本システムでは, そのことを支援するためにモデル記述言語が付いている線形計画法ソフトウェアであるXPRESS-MP・DOS版³を利用する.

ひびき のりお

慶應義塾大学 理工学部 管理工学科
〒223-8522 横浜市港北区日吉3-14-1

きよの あつし

大和証券SMBC(株)

〒103-8289 東京都中央区八重洲1-3-5

なまため たかし

東京理科大学 工学部 経営工学科

〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3

とりもと しげる

東京理科大学大学院 工学研究科

〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3

¹ DEA-Solverには2つのバージョンがあり, Cooper *et al.* [3]に簡単な説明がある. “Professional Version”は46のモデルを利用できる.

² この結果, 多くの人が, 特に実務家の場合には, 既存のプログラムにあるモデルで妥協することになるだろう.

また、以下の基本コンセプトのもとで、今までにはない特徴を持つ DEA ソフトウェアの開発を目指した。他の DEA 専用プログラムと異なる本システムのコンセプトの最大の特徴はシステムが「追加型」である点である。

- (1) ユーザーに使いやすいソフトウェアであること。
- (2) できるだけ幅広いユーザーを対象にすること。
- (3) 新しいモデルの追加が容易であること。
- (4) システム開発者にも優しいシステムであること。
- (5) システム自体が自ら成長していくこと。

本システムは、現在のところ XPRESS-MP を別途必要とするが、実際に使ってもらい、ご意見をいただきたい⁴。

2. 基本コンセプト

2.1 ユーザーに使いやすいソフトウェア

本システムでは、現在最も普及している（ユーザーが多く）、プログラム言語（VBA マクロ）を備えていることや得られた結果を分析することも容易であることから Microsoft Excel を使うのが最も適切であると考え、その上での実装を試みた。

2.2 幅広いユーザーを対象にする

ユーザーは以下の二種類のニーズを持っていると想定する。

- (1) 既存の DEA モデルを利用したい。
- (2) 新しく DEA モデルを開発（追加）したい。

ソフトウェアの（コンピュータや線形計画法プログラ

表1 対象ユーザー

ソフトウェアの利用が	既存モデル	新モデル
苦手である(初級者)	○	×
慣れていない(中級者)	○	◎
得意である(上級者)	○	○

³ XPRESS-MP は、Dash Associates 社のソフトウェア（シェルサービスインターナショナル(株)が販売）である。このようなソフトウェアは他にも存在するが、開発開始時点（1997年1月）で使い勝手の良かった XPRESS-MP を採用した。DEA では線形計画法問題を DMU の数だけ解かなければならないので、バッチ処理のできる DOS 版を採用した。本システムは、MS-EXCEL 上で利用できるため、利用者は MS-DOS のことを特に意識する必要はない。

⁴ 本ソフトウェアは、以下の URL からダウンロードすることが可能である。http://yamaguchiws1.ms.kagu.sut.ac.jp

ムの) 利用能力による分類も加えると、大きく表1のような6つのカテゴリーに分けることができる。

本システムのユーザーの対象は「◎」「○」の付いたところである。既存モデルであれば、DEA を使いたい誰もが利用でき、中・上級者になれば、新モデルの利用も可能であるということを目指している。DEA をとりあえず使ってみたい研究者、学生、実務家から、DEA を専門にしている人まで幅広いユーザーを対象にしている。

2.3 新しいモデルの追加を容易にする

従来の DEA の専用プログラムによって利用できるのは、今まで開発されたモデルの一部である。したがって、専用プログラムにないモデルでデータ分析をしたいもしくは、開発した新しいモデルを手軽に検証したい、などのニーズには応えることができない。このような場合には結局、線形計画法のプログラムを使わざるを得ない。これは、初・中級者ユーザーにとってはかなり面倒であるし、上級者ユーザーにとっても負担である。本システムでは、モデルの追加が容易にできる環境を準備することによって、この負担を軽減している。モデルの追加は数式をイメージ通りに記述すればよいので、極めて容易にできる。

2.4 システム開発者に優しいシステム

DEA は現在も新たなモデルが次々に開発・発表されている。もし、DEA システムの開発者が新モデルに対応しようとするならば、モデルごとにプログラムを書き直す、もしくは書き加えなければならない。さもなければ、時代遅れのシステムになってしまう。ソフトウェアの開発者にとって、このような新しいモデルに対するプログラムをコーディングすることは容易かもしれないが、コストは高いものになる。本システムは中・上級者ユーザーであれば、新モデルの追加ができるので、自らシステム開発者の役割を果たすこともできる。システム開発者にとってもメンテナンスが極めて容易な（コストが安く済む）システムであり、同様に、時間の経過（新しいモデルの開発・発表）に対して頑健なシステムであることを目指している。

2.5 システム自体が自ら成長していく

常にユーザーが最新のモデルを利用する環境を整えることに対応できるようなシステムを作る必要がある。ユーザーが増えてくれば、インターネットのホームページを活用した運用を考えている。利用者がお互いにモデルに関するデータなどを共有できるシステムに発展させたいと考えている。

3. システムの概要

本システムは Microsoft Excel の VBA マクロを含むブックとして提供される。詳しい使用方法について

は、システム付属のドキュメントを参照していただきたい。ここでは、システムの利用方法全体について紹介する。

本システムに必要な環境を以下に示す。

- ハードウェア：IBM PC-AT 互換機
- OS：Microsoft Windows 95/98/2000
- メモリ：32 Mbyte 以上を推奨
- XPRESS-MP・DOS 版
- Microsoft Excel 97/2000

本システムは分析の過程で、データシート、実行用シート、結果シートを使い分ける。よって、入出力項目と DMU の選択や変更を容易に行え、さらにある一つの実行用シートで登録されているすべてのモデル⁵に対応できるという特徴を持つ。分析のフローを図 1 に示す。また、本システムはメニュー・バーに「新規データ作成」「入出力項目選択」「分析の実行」「モデルの追加」のボタンを設け、シートごとに利用できるボタンを表示するように工夫している。

3.1 データシートの作成

まず、データシートを作成する。分析を柔軟におこなうためにこの段階では入出力項目は区別しない(図 2, 3)。

3.2 実行用シートの作成

使用するデータシートをアクティブにして「入出力項目選択」ボタンを押し、入出力項目を選択する(図 4)。また DMU の選択も任意に可能である。なお、一つのデータシートから複数の実行用シートを作成することができる。

3.3 分析の実行

前節で作成された実行用シートをアクティブにして

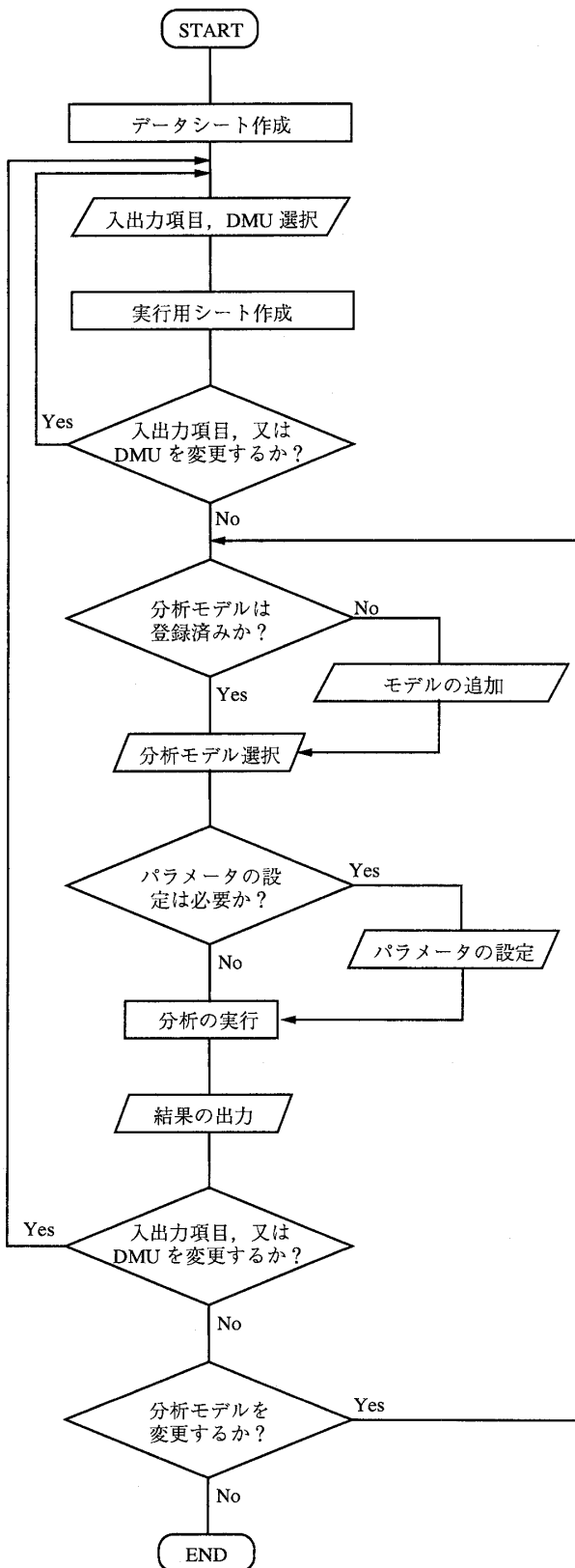


図 1 分析の流れ



図 2 データシートの作成

⁵ 22 のモデルについては登録済みである (付録 A 参照)。

DMU名	項目数	床面積	職員数	病床数	回診職員	人口	登録者数	貸出冊数
北海道	7	11,391	363,119	39	311,349	192,239	57,279	759,704
青森県	7	10,099	541,959	114	979,932	194,091	69,137	1,439,749
岩手県	7	5,977	511,497	34	210,952	287,392	65,991	1,062,274
宮城県	7	10,999	1,149,999	232	594,129	939,999	191,199	4,999
秋田県	7	10,999	599,139	119	999,994	599,914	199,997	1,707,945
山形県	7	11,499	799,494	139	597,991	597,749	94,91	2,999,994
福島県	7	7,791	529,799	99	199,919	395,944	37,497	1,949,599
茨城県	7	6,239	394,159	77	199,199	399,394	57,797	1,100,779
栃木県	7	10,999	699,939	107	399,999	599,919	69,579	1,901,495
群馬県	7	19,719	1,299,991	242	792,239	690,194	97,941	9,055,199
埼玉県	7	7,072	527,457	92	309,979	332,145	69,094	1,945,195
千葉県	7	4,917	999,971	39	79,759	79,599	19,109	91,499
東京都	7	5,541	400,999	79	199,159	199,997	30,91	847,972
神奈川県	7	6,9	467,917	74	392,992	517,319	47,299	1,229,029
新潟県	7	9,949	601,594	127	309,139	359,504	69,539	1,194,901
富山県	7	7,029	399,919	69	251,719	277,402	31,197	979,117
石川県	7	10,717	844,849	129	440,845	622,259	69,401	1,909,699
福井県	7	5,934	509,141	61	179,399	299,595	59,295	999,597
岐阜県	7	3,973	291,855	51	149,991	179,991	19,499	542,349
静岡県	7	7,924	599,904	74	209,499	299,691	39,199	540,921
愛知県	7	11,121	809,892	99	309,207	330,909	47,092	930,437
岐阜県	7	10,999	515,924	101	974,999	417,512	46,19	1,070,499
京都府	7	2,249	169,523	29	199,713	49,199	5,591	1,05,321

図3 作成したデータセット

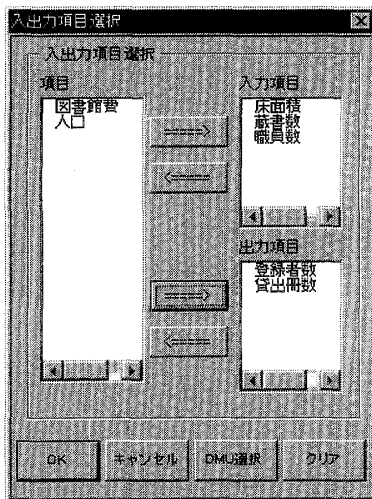


図4 入出力項目・DMUの選択

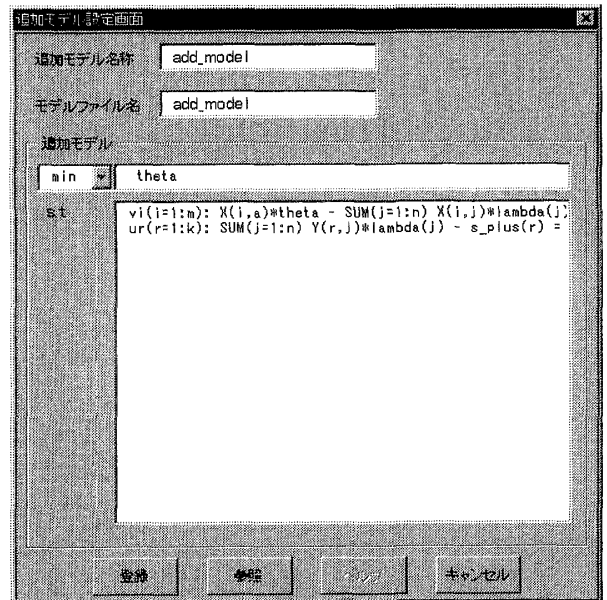


図6 モデルの追加



図5 分析モデルの選択

「分析の実行」ボタンを押す。登録されているモデルがモデル選択ダイアログのプルダウン・メニューに表示されるので分析に用いるモデルを選択する(図5)。パラメータが必要なモデルの場合には、モデル選択後にパラメータを当該セルに入力する。

3.4 分析結果

基本モデルによる分析結果としては、各DMUの効率値、非負結合係数、スラック変数、双対変数、重要度、参照集合、参照回数、改善目標が表示され、効率値と重要度のグラフも出力される。ただし、モデルによっては表示されない項目もある。

3.5 モデルの追加

あらかじめ登録されているモデル以外に新たなモデルを登録する場合は、「モデルの追加」ボタンを押し、モデル名、モデルファイル名、およびXPRESS-MP

の記述形式に従った目的関数と制約式を入力し登録する(図6)。すでに登録されているモデルのモデルファイルを参照することも可能である。次にモデル式内の各変数について変数であるかパラメータであるかを指定し、新たなモデルの追加が完了する⁶。追加したモデルはモデル選択ダイアログのプル・ダウンメニューに追加されており、登録されているモデルと同様の手順で分析することができる。

4. まとめ

本稿では、従来のDEAソフトウェアとは異なるコンセプトのもとで開発した追加型DEAシステムを紹介した。市販されているDEAの専門のソフトウェアに比べて、使い勝手という点では劣るが、何よりも専門プログラムではできないことや線形計画法ソフトウェアでDEAを実施することを考えれば、はるかに使いやすいことは言うまでもないであろう。

ところで、本研究では「追加型」を「手軽に」行うのにモデル記述言語の存在が不可欠であったため、市販のソフトウェアを利用し、その上での実装システムを開発した。しかし、市販のソフトウェアは有償であ

り、バージョンアップに対するシステムのメンテナンスコスト(リスク)も存在する。線形計画法のソルバ一部分だけであれば無償のものも存在するし、DEAのモデル化に使われる機能だけに限定したのももよいので、それらに対するモデル記述言語が開発されれば、完全に無償で追加型のシステム化が可能になる。

今後は本研究の考え方を利用し、すべてのシステムが無償もしくは低価格で実装できるようなソフトウェアの開発をさらに進めたいと考えている。本研究の考え方に賛同し、数理計画に関するモデル記述言語のノウハウを提供していただける方は、是非著者たちに協力していただきたい⁷。

A 対応済みモデル一覧

1. 入力指向CCRモデル
2. 出力指向CCRモデル
3. 入力指向BCCモデル
4. 出力指向BCCモデル
5. 加法モデル
6. 重み付き加法モデル
7. Andersen and Petersen・CCRモデル
8. Andersen and Petersen・BCCモデル
9. 規模の収穫・増加型モデル
10. 規模の収穫・減少型モデル
11. 規模の収穫・一般型モデル
12. 領域限定・Proportions・入力指向CCRモデル
13. 領域限定・Proportions・出力指向CCRモデル
14. 領域限定・Proportions・入力指向BCCモデル
15. 領域限定・Proportions・出力指向BCCモデル
16. 固定項目を含む入力指向CCRモデル
17. 固定項目を含む出力指向CCRモデル
18. 固定項目を含む入力指向BCCモデル
19. 固定項目を含む出力指向BCCモデル
20. コスト最小化モデル
21. 利益最大化モデル
22. 利益率最大化モデル

参考文献

- [1] A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin and L. M.

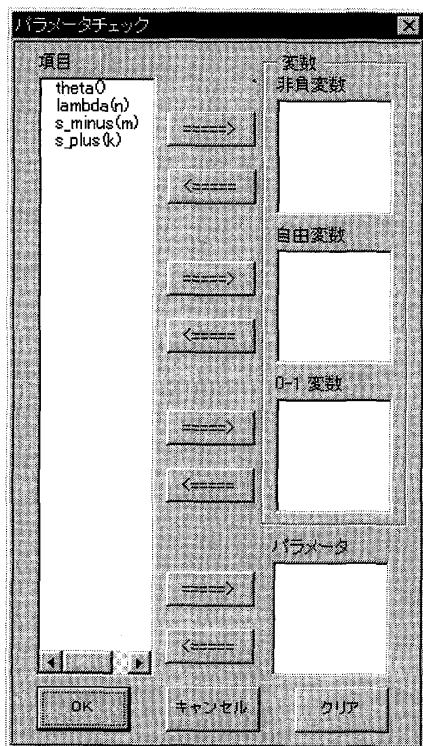


図7 追加モデルの変数指定

⁶ 変数は「非負変数」「自由変数」「0-1変数」が指定可能である。

⁷ 最近では、機能は限定されているが、学生版を無償配付している数理計画ソフトウェアもあり、このシステムをこれらのソフトウェア上でも使えるように改良すれば、教育用に利用できるであろう。今後、徐々に進めたいと考えている。

- Seiford: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [2] A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444, 1978.
- [3] W. W. Cooper, L. M. Seiford and K. Tone: *Data Envelopment Analysis—A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [4] 清野敦史, 生田日崇, 山口俊和: Excel を用いた DEA のための分析ツール, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 1997 年度秋季研究発表会アブストラクト集, 216-217, 1997.
- [5] 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, 1993.
- [6] 刀根薫, 上田徹監訳: 経営効率評価ハンドブック, 朝倉書店, 2000. (Charnes *et al.* [1] の邦訳)