

パソコン用LPソフト「LP-Calculator」

大柳 俊夫

1. はじめに

LP-Calculator は、当研究室で進めている、『パソコン上で、線形計画法、0—1計画法、混合整数計画法などのアルゴリズムを実現し、パソコンを個人ベースの意思決定・計画立案の道具とすることを目的とした統合ソフトウェアの開発』の核となるプログラムで、LP問題を誰もが手軽に解くことができるような環境を、パソコン上で実現することを目的として開発したものである。

この LP-Calculator には教育用と実務用の2つの版があり、LPを学習したい人や道具として使いたい人など、いろいろな立場にある人が幅広く利用できるようになっている。また、パソコンをあまり使ったことのない人にも簡単に操作できるように、メニュー方式の対話的な操作方法となっていて、電卓並の使い勝手の良さでLP問題を解くことができる。

プログラムの開発は、信頼性、保守性および発展性に重点を置き、より使いやすいシステムをめざして進めた。開発当初は TURBO Pascal を使っていたが、開発が進むにつれてプログラムが巨大化・複雑化してきて TURBO Pascal では扱いきれなくなり、そこで、より大きなプログラムの記述に適している Modula-2に切り替えて、

おおやなぎ としお 北海道大学 工学部 情報工学科
システム工学講座

〒060 札幌市北区北13条西8丁目

モジュラー・プログラミングを指向して行なったり、つまり、プログラミングをトップ・ダウン方式で進め、プログラム全体を機能ごとに小さなモジュールに分割した。個々のモジュールは、できる限り読みやすく理解しやすいように構造化プログラミングの手法を使い、またプログラム自体がドキュメントとなるような識別子（定数名、変数名、手続き名など）を使うように注意して記述した。

LP-Calculator の特徴をまとめると次のようになる。

- (1) メニュー方式の簡単な操作でLP問題が解ける。
- (2) 利用目的に応じて教育用と実務用の選択が可能である。
- (3) LP問題のデータの作成が定式化に準じた数式形式で行なえる。
- (4) プログラムに手を加えることが比較的容易に行なえる。
- (5) 移植性にすぐれ、MS-DOS (バージョン2.11以上) の動く計算機ならどのような機種でも動かすことができる。

以下これらの特徴を中心に、2. で LP-Calculator の機能、3. で LP-Calculator のプログラム、4. でLP問題のデータ入力、そして5. でLP-Calculator の操作方法について説明する。

なお、LPについては文献 [1][2], Modula-2 については文献 [3][4] を主に参考にした。

表 1 LP-Calculator の機能

		教育用	実務用
扱えるLP問題のサイズ	基底変数	50以下	210以下
	非基底変数	50以下	200以下
感度解析の機能		あり	なし
タブロー変化の保存機能	全タブロー	あり	なし
	最後のみ	あり	あり
結果の保存機能		あり	あり
8087のサポート		あり	あり
OSコマンド等の実行機能		あり	あり

2. LP-Calculator の機能

LP-Calculatorの機能を表1に示す。表より教育用と実務用の違いが、扱える問題のサイズと感度解析の機能および全タブロー変化の保存機能の有無にあることがわかる。

LP-Calculatorは、LP問題をコンパクト・タブローを使った2段階単体法で解いているので、タブローの大きさが扱える問題のサイズを決めている。教育用はタブローとして50×50の配列を使っているため、基底・非基底変数がともに50個以下の問題を解くことができる。これに対して実務用は、210×200の配列を使っているため基底変数・非基底変数がそれぞれ210個、200個以下の問題を解くことができる³⁾。感度解析と全タブロー変化の保存の機能は、パソコンを使ったLPの個人学習が行なえるように教育用にもたせたもので、感度解析は、目的関数の係数と制約式の右辺に対して行なうことができ、LPを学習する人に制約の変化が最適解に与える影響を理解させるのに役立つ。また、全タブロー変化の保存は、LP問題を解くアルゴリズムを理解させるのに役立つ。

以上が教育用と実務用の違いで、2つの版の選択は、これらの違いを考慮し、使用目的に応じて決めればよい。

次に、まだ説明していない残りの機能について簡単に説明する。結果の保存機能は、画面に表示

された計算結果をそのままの形でファイルに保存する機能で、表示される結果が多い場合に便利な機能である³⁾。8087のサポートは、実数演算を浮動小数点演算プロセッサ(8087, 80287)を使用して行なう版が用意されていることを意味し、計算を高速に行ないたい場合はこの版を使うと良い⁴⁾。OSコマンド等の実行機能は、LP-Calculatorの中からOSのコマンドや他のプログラムを実行することができる機能で、より使いやすいシステムをめざして実現したものである⁵⁾。

3. LP-Calculator のプログラム

以上のような機能をもつLP-Calculatorの開発は、信頼性、保守性、発展性に重点を置き、当初Turbo Pascalを使って行なっていたが、開発が進むにつれてプログラムが巨大化・複雑化して、Turbo Pascalで扱うのがむずかしい状況となった。

そこで大規模なプログラムの開発に適しているModula-2に切り替えてモジュラー・プログラミングを指向し、プログラム全体を機能ごとに小さなモジュールに分割するようにした。この結果、LP-Calculatorは教育用が27個で実務用が30個のモジュールに分割された。また、個々のモジュールは読みやすさ、理解しやすさに重点を置いて、構造化プログラミングの手法を使って記述した。このとき、プログラム自体がドキュメントとなるような識別子を使うように注意した。

このようにプログラミングを行なうと、できあがったプログラム自体を、2段階単体法のアルゴリズムを理解するための教材として利用できるようになる。LP-Calculatorは、LP問題を解く道具としての利用以外に、このような利用もねらっている。図1に2段階単体法のトップ・レベルのプログラムを示す。これを読むと、2段階単体法が1段階目(関数手続き Dophase One)と2段階目(関数手続き Dophase Two)に分けられることが容易にわかる⁶⁾。さらに詳しいアルゴリズム

```

PROCEDURE PrimalSimplex() : Status;
BEGIN
  IF ( DoPhaseOne( PhaseOneStat ) # ERROR ) AND
    ( DoPhaseTwo( PhaseOneStat ) # ERROR ) THEN
    RETURN OK
  ELSE
    RETURN ERROR
  END (* IF *)
END PrimalSimplex;

```

図 1 2段階単体法のトップ・レベルのプログラム

ムは、それぞれの段階の関数手続きを読むと知ることができる。

また1歩進んで、プログラムに手を加えていろいろな数値実験を行なうような利用もねらっている。これは、プログラムがモジュール化されているので比較的容易に行なうことができる。このとき個々のモジュールの機能を正しく把握しなければならないが、各モジュールの機能とモジュール間の関係の詳しい説明は[5]に示してあるので、それを参照すればよい。数値実験の例として、タブローをスタンダード・タブローに変えることや、ピボット選択規則を変えることなどがある。

以上のようにLP-Calculatorは、LP問題を解くための道具として利用する他に、LPの学習、研究を支援する教材として利用することができる。

4. LP問題のデータ入力

LP-Calculatorでは、LP問題のデータの入力形式として数値形式と数式形式の2つを許している⁷⁾。

一般に数値形式のデータを作成するには、その前処理として定式化されたLP問題を標準形に変換しなければならない。そして変換後、ある決まったフォーマットにしたがって数値データを作成することになる。この変換から数値データ作成までの作業はおおよそ次のようにまとめることができる。

- (1) 制約式の右辺を非負にする。

$$\begin{array}{ll}
 \text{(a)} & 2x_1 + x_2 \leq 60 \\
 & 2x_1 + 5x_2 \leq 100 \\
 & \quad 4x_2 \leq 60 \\
 & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \\
 & x_0 = 6x_1 + 7x_2 \rightarrow \text{最大化} \\
 \text{(b)} & 2x_1 + x_2 + x_3 = 60 \\
 & 2x_1 + 5x_2 + x_4 = 100 \\
 & \quad 4x_2 + x_5 = 60 \\
 & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0 \\
 & x_0 = 6x_1 + 7x_2 \rightarrow \text{最大化} \\
 \text{(c)} & \begin{array}{ccccc}
 0 & 3 & 2 & & \\
 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 6 & 7 & 0 & 0 & 0 \\
 2 & 1 & 60 & & \\
 2 & 5 & 100 & & \\
 0 & 4 & 60 & &
 \end{array}
 \end{array}$$

図 2 LP問題の例(a), 標準形(b)および数値形式のデータ(c)

- (2) 変数の符号制約を非負にする。
 - (3) 制約式を等号・不等号でソートする。
 - (4) slack 変数, surplus 変数, 人工変数を導入する。
 - (5) 使用するLPコードにあわせて最小化⇔最大化の変数を行なう。
 - (6) 数値データを作成する。
- (1)から(5)が標準形への変換作業である。図2にLP問題の例と、その問題の標準形、そして数値形式のデータを示す。

ところで、この作業は単純であるが問題が大きくなるとかなり面倒で時間のかかるものとなる。さらに悪いことに単純で機械的な繰り返し作業であるために人間にとっては間違いをおかしやすいものである。そこで、単純で機械的な繰り返し作業を得意とする計算機にこの作業をまかせて、少しでもデータの作成にかかる人間の労力と時間を減らすようにしたのが数式形式のデータである。

たとえば図2のLP問題の例に対して作成するデータは図3のようになる。図に示すように、データは定式化に準じた形になっている。したがって、データの作成が比較的簡単に行なえ、さらに


```

*****      メイン・メニュー      *****
*
*      1.データ作成      4.環境設定      *
*
*      2.実行      5.終了      *
*
*      3.OS COMMAND      *
*
*****

```

番号を選択してください：

図 6 メイン・メニュー

設定方法は 1 から 3 の番号を入力し、あとは対話的に行なうようになっている。

5.2 メイン・メニュー画面

環境の設定終了後に〈ESC〉(エスケープ・キー)を押すと、図 6 のようなメイン・メニューの画面に変わり、ここで 1) から 5) の番号を入力して、データの作成や 2 段階単体法の実行などを行なう。各番号を選択した場合の機能は、

- 1) LP 問題のデータの作成
- 2) データ・ファイルからデータの読み込みと 2 段階単体法の実行 (教育用は実行後に感度解析も行なえる)
- 3) OS のコマンドや他のプログラムの実行
- 4) 環境設定の変更
- 5) プログラムの終了

となっていて、番号を入力した後の操作はすべて対話的に行なうようになっている。

6. おわりに

LP-Calculator を使用すると、単体法を知らない人でも、定式化さえ行なえば簡単に LP 問題を解くことができる。単体法を知っている人にとっても、定式化から数値データの作成といった面倒な作業を行わなくてすむことになる。

データの作成から実行まですべてメニュー方式で対話的に行なえるので、パソコンをあまり使ったことのない人でも簡単に操作できる。

また、LP-Calculator の中で OS のコマンドや他のプログラムを実行することができるので、LP-Calculator から抜けることなく、他のプログ

ラムとその連携をファイルを媒体として行なうことができる。

さらに、プログラム自体を 2 段階単体法のアルゴリズムを理解するための教材として利用することや、1 歩進んでプログラムに手を加えていろいろな数値実験を行なうこともできる。

以上のように、LP-Calculator は、LP を学習したい人や道具として使いたい人など、いろいろな立場にある人が幅広く利用できるようになっている。

最後に日頃から適切な御指導をしていただき、本 LP-Calculator を当学会賞の候補に推薦していただいた北海道大学工学部加地郁夫教授、ならびに本 LP-Calculator を実際に使用して審査していただいた審査委員の方々に誌面を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献・資料

- [1] G. Hadley : Linear Programming, Addison-Wesley, 1962.
- [2] 平本巖, 長谷彰 : 線形計画法, 培風館, 1973.
- [3] N. Wirth 著, 齊藤信男訳 : Modula-2 プログラミング, 日本コンピュータ協会, 1986.
- [4] J. W. L. Ogilvie 著, 中村和郎訳 : MODULA-2 プログラミング, マグローヒルブック, 1986.
- [5] 大柳俊夫 : LP-Calculator の機能・操作手引書, 1986.

[注]

- 1) Modula-2 は Pascal の上位言語として N. Wirth 教授が設計・開発したもので、オペレーティング・シ

- システムなどの大規模システムの記述に適している。
- 2) タブロー領域は、すべてメモリー上に確保してあるので計算を高速に行なうことができる。メモリーは教育用が384KB、実務用が640KB以上必要である。
 - 3) 結果は画面に1ページごとに表示されるので見逃す心配はない。また、OSのもっている画面のハードコピー機能を使ってプリントアウトすることもできる。
 - 4) 8087を使った版は使わない版に比べて3~4倍高速に計算が行なえる。実務用8087版を使って100×100程度の問題を解いてみたところ、のきなみ2分程度で解が得られた。
 - 5) この機能は子プロセスを起動して実現しているの
で、メモリーの空き領域の大きさによって実行できる

- コマンドやプログラムに制限がある。特に、メモリーが640KBの計算機で実務用を使う場合はその制限が厳しい。
- 6) Modula-2 言語では論理式を短絡的に評価するので、図1のコードでは関数手続き Do Phase One の返す値が ERROR の時は関数手続き Do Phase Two は実行されない。
 - 7) データ作成方法の詳細は[5]に示してある。
 - 8) LP-Calculatorではデータ作成のための専用のエディタは用意していない。そのかわり利用者が使いやすいエディタを自由に組み込んで使うことができるようにしている。ただし、メモリーの制限から、あまり大きなエディタを組み込むことはできない。

報文集 T-86-1

南北協力の新しい戦略

— マイクロ電子技術を起爆として —

頒価会員 3,500円

英文別刷 1,000円

現在の世界は、人口の1/4を占める先進国が富の約8割を占め、先進国と発展途上国との貧富の格差はますます増大しつつある。先進国で余ったカネは中進国に貸付けられて、債務は危機的状況にまで膨らんでいる。世界経済の崩壊が懸念される今日、世界規模での新マーシャル計画が主張されている。単なる金銭援助ではなく、第三世界の自立発展を促す方向での技術移転をともなった援助計画が必要であろう。このような意識に基づき、OR研究者の目で見て何らかの寄与ができるのではないかとの願望をもって、森口繁一本学会元会長を主査とする研究部会が組織されたのは1982年4月であった。

爾来4年余、同主査を中心に続けられた活動の成果をまとめたのが、本報文集である。1985年1月号の本誌には「第三世界とマイコン」というテーマの特集を組み、それまでの研究の一応の総括を行なっている。この内容のうちの若干を英文にした第I部、主として1985年の活動で得られた知見を中心にまと

めた第II部、それにいくつかの記録を集めた付録から成っている。

第II部冒頭の「虚の世界と実の世界」では人類の生活向上のために、実際に富を生産し活用する「実の世界」と、本来はその運用を援けるための貨幣経済が築く「虚の世界」を意識的に分けてみる視座を提唱し、そして現在の「世界の難問」、すなわち全世界が「虚の世界」に振り回されている危機的状況を回避する方策を、西側先進国、特にわが国に対して提案する。

以下「マイクロ電子技術と国際経済の活性化」「エネルギー有効利用と産業構造の関係からみた技術移転問題」「資本の国際移動と国際分業の便益」「軟らかい産業基盤のためのマイコンの所要台数」「体験的技術協力論」「第三世界におけるパソコン用エキスパート・システムの役割」「東南アジアの中小企業育成と日本の協力」「マレーシアの産業事情」等が取められている。