

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760056
 研究課題名（和文） 数理計画法の運用支援システム開発とモデル化技法の研究
 研究課題名（英文） Studies on Support System and Modeling Techniques for Mathematical Programming
 研究代表者
 檀 寛成（DAN HIROSHIGE）
 関西大学・環境都市工学部・助教
 研究者番号：30434822

研究成果の概要：

本研究では、数理計画法の実用性を向上させるためのシステムとして、数理計画法の運用プロセスを支援するシステム DEMP (Development Environment for Mathematical Programming) を開発した。また、現実問題を数理計画問題として定式化する際の困難を解消するため、数理計画問題のデザインパターンの作成や、論理関数を数理計画問題の制約条件として自動的に定式化するシステムを作成した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	270,000	2,370,000

研究分野：数理モデル，最適化

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎，工学基礎

キーワード：数理計画法，運用プロセス，統合運用環境，定式化，デザインパターン

1. 研究開始当初の背景

数理計画問題とは、考察対象の目的と制約が数学的に記述されているとき、制約条件の下で目的関数の値を最小化あるいは最大化する問題をいう。また数理計画法とは、数理計画問題に対する解法の総称である。数理計画法の研究は、1947年の Dantzig による線形計画法の研究を端緒として、非常に多くの研究が行われてきた。その結果、基本的な問題クラスに対する解法は、現在までに一通り

揃えられたと言える状況である。

しかし、広大な応用領域を持つにも関わらず、社会における数理計画問題あるいは数理計画法の認知度は決して高くない。その原因の一端は、これまでの数理計画法に対する研究の重点が解法に対する理論的分野に置かれており、その実際の運用における諸問題に対する研究があまり進んでいないことにあると考えられる。具体的には次のような事情が存在する：数理計画法についての研究を行う際には、問題の数学的性質に注目して解法

を設計するアプローチが採られることが多い。このことは、数学的に共通の性質を持つ問題群に対して汎用性の高い解法を提案することになるが、実際に数理計画法を運用する際には、現実の問題をどのように定式化すればよいのかという問題が発生する。しかし、この問題に対する研究はほとんど行われていないのが現状である。また、現実の問題は特殊な構造を備えていることも多く、そのような場合にはその問題に特化した定式化法を開発することも重要である。このような問題に対する研究は進められてはいるが、応用領域が広大であるため、十分に研究が尽くされているとは言えない。

2. 研究の目的

本研究では、数理計画法の実用性の向上を図るため、次の二つの目的を設定していた：

- (1) 数理計画法の運用プロセスを支援するシステムの開発
- (2) 現実問題のモデル化とその解法に関する研究

以下、これらの目的について具体的に説明する。

(1) 数理計画法の運用プロセスを支援するシステムの開発

数理計画法の運用プロセスには大きく分けて (a) モデル開発, (b) 求解, (c) 解の検証の 3 つのフェーズがある。具体的には, (a) は対象となるシステムを数理計画問題として数学的に定式化する作業のこと, (b) は (a) で定式化されたモデルに数理計画法を適用し問題の解を得ること, (c) は (b) で得られた解の正当性を検証する作業のことである。通常は (a)→(b)→(c) の順に作業を行い, (c) によって何らかの問題が発見された場合は, (a) に戻って問題点をフィードバックし (すなわちモデルの修正・変更等を行い), (b), (c) を繰り返す, というのが一般的な運用プロセスである。

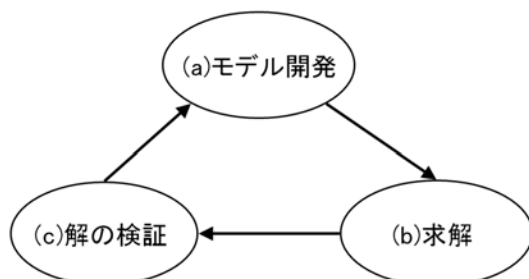


図 1 : 数理計画法の運用プロセス

このようなプロセスを支援するシステムは数理計画法の商用ソルバーに付属する形

で存在するが、これはいくつかの意味で適用範囲が限定的である：まず、このようなシステムは当該パッケージからのみ利用可能であるため、フリーソフトとして開発されているソルバーや、個人や企業などで限定的に開発されているソルバーには適用不可能である。また、このようなシステムを通じてモデル開発を行う際には、モデルをプログラミング言語のような格好で直接書き下す必要があるものがほとんどである。これは、数理計画法運用の上級者向けには十分な機能であるが、これから数理計画法を導入しようとする初学者にとっては必ずしも使いやすいシステムではない。

そこで本研究では、特定のソルバーに依存することがなく、初学者にも数理計画法の実運用を可能にする支援システムを構築する。そのシステムは GUI を備え、モデル開発・求解・解の検証といった数理計画法の運用プロセスを視覚的にサポートするものとする。

(2) 現実問題のモデル化技法に関する研究

具体的な考察対象を数理計画問題として定式化する場合、(特に数理計画法運用の初心者にとって) 望ましい状況とは、対象となる問題が既にモデル化されている問題と全体または部分が同じであるか、あるいは似ているため、そのモデルを流用して考察対象がモデル化できるということであろう。

そこで本研究では、複数の問題に共通して現れるようなパターンを抽出し、他の問題でも利用可能にするための研究を行う。すなわち、既に数理計画問題としてモデル化されている問題の中から、共通して現れるパターンを抽出し整理することで、異なるモデルの中で同系統の定式化が必要になったときに参照可能とするものである。換言すれば、数理計画問題における「デザインパターン」の作成とも言える。

さらに、モデル化作業の一部を自動化することも考えられる。例えば経験者であればその経験を生かして定式化を行うこともできる場合でも、初学者にとっては定式化が困難である場合が多くある。また、経験者にとってもその作業が容易ではない場合も考えられる。そこで、自動化できるような定式化作業を抽出し、それを実行できるようなシステムの作成を行う。

3. 研究の方法

本研究では、前項で説明した 2 つの目的に対し、以下のような方法で研究を進めた。

(1) 数理計画法の運用プロセスを支援するシステムの開発

本項目に関しては、まず、数理計画法の運用プロセスを詳細に分析することで、支援システムの機能として必要不可欠なものを抽出し、それらの機能を実現するためのシステム構成を設計した。その際には、数理計画法の各商用パッケージに付属するユーザーインターフェイスについての分析も行った。また設計の際には、システムが特定のソルバに依存することなく汎用的に利用できるように十分な注意を払った。

続いて、支援システムの実装を行った。実装に際しては、Eclipse というプログラム開発統合環境を利用することにした。具体的には、本システムを Eclipse のプラグインとして開発することとした。この理由は、Eclipse が拡張可能なアーキテクチャを備えていることから、本システムに必要な機能のみを実装することで GUI システムを容易に作成できること、また Eclipse が広く利用されていることから配布時の困難を軽減できるという点にある。

作成したシステムは、数理計画法の実務家に利用して頂くことで性能評価を行い、その結果をフィードバックし、システムの改善を行った。実務家の方にご協力頂いた理由は、本システムの作成には実務の現場で生じているニーズを広く拾い上げることが重要であったためである。具体的には、(株)数理システム 数理計画部の皆さんにご協力を頂いた。なお、(株)数理システム は数理計画法の汎用パッケージの実装・販売を行っており、この分野では国内最有力ベンダーの一つであることを付記しておく。

(2) 現実問題のモデル化技法に関する研究

本項目については、既存のモデル化技法について、論文・書籍等の調査結果や、研究代表者のこれまでの経験を集約することから研究を始めた。これまで、数理計画問題のモデル化技法は、論文や書籍等に簡単に紹介されていることはあるが総合的にまとめられた結果はほとんどないため、綿密な調査を行い、自らまとめることが必要であった。また、研究代表者は数理計画問題の実務に 5 年間携わっていた経験があるため、そこで得られた知見もこの結果に含めることとした。このようにして定式化の結果を多数収集し、それらに見られる共通パターンを抽出して分類・整理を行い、最終的に数理計画問題に見られるデザインパターンを作成した。

さらに、この分類・整理事業の中で、論理関数を制約条件とするような数理計画問題については、その制約式の構成を自動化できることがわかった。その数学的な基礎は、論理変数を 0-1 整数変数とみなすことと、論

理関数を真にするような点の凸法を比較的簡単に構成できることにある。そのことを踏まえ、定式化を自動的に行うプログラムの作成を行った。本プログラムは Java で作成した。

4. 研究成果

(1) 数理計画法運用支援システムの開発

本研究では、実際の問題に数理計画法を適用する際に有用であると考えられるシステムを作成した。本システムは DEMP (Development Environment for Mathematical Programming) という名前である。DEMP は、プログラムの開発環境として定評のある Eclipse をベースとしている。本研究では Eclipse 上で動作するプラグインを開発することで、システムを比較的短期間で開発することに成功した。

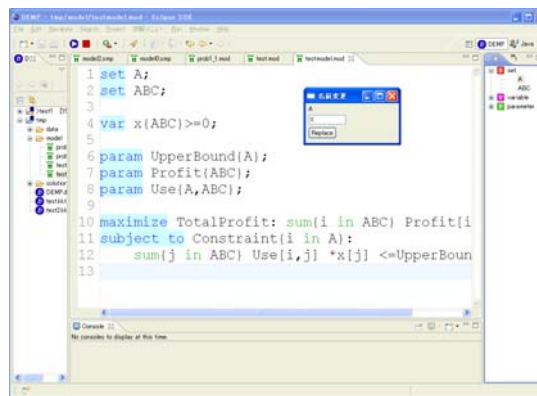


図 2 : DEMP 画面イメージ

本システムは、数理計画法の運用プロセスに現れる「モデル開発」「求解」「解の検証」という 3 つのフェーズのそれぞれで利用可能な機能を持つ。

「モデル開発」に関しては、モデル入力時のコードアシスト機能（既に定義された変数・集合・パラメータ名の補完機能やハイライト表示によるモデル入力時の視認性の向上）、構文チェック機能（構文に従わない入力があった場合の警告表示）、モデル改良時の一括変換機能（変数・集合・パラメータ名を一括変更する）などの機能を実装した。

「求解」については、各種ソルバ（数理計画問題の解法を備えたソフトウェア）との連携を簡便に行う機能が実装されている。

「解の検証」に関しては、ソルバによる求解結果をモデルと連携して表示する機能や、必要な情報のみをフィルタリングして表示する機能、最適解における最適性の条件 (KKT 条件) を図示する機能などを備えている。また、運用プロセス全体を通じて有効な機能と

して、プロジェクトの一括管理機能（バージョン管理機能）を利用することが可能である。

上記の機能の多くは、構文解析という技術を用いて実現されている。具体的には、モデリング言語で書かれた数理モデルに対して構文解析を行うとすることで、そこに現れる集合・変数・パラメータ名とそれらの出現位置を正確に知ることができる。このことから、コードアシスト機能や変数名等の一括変更、さらには数式の値を具体的に計算することが必要になる最適性条件の図示などが可能となっている。

本システムは、特定のソルバに依存しない実装が行われていること、また自由に配布可能なようにフリーの環境で実装されていることが非常に特徴的な点である。

本システムについては、今後も継続的に開発を行っていき、数理計画法を利用する上で広く利用して頂けるようなシステムに育てていきたいと考えている。

(2) 数理計画問題に対するデザインパターンの開発

本研究では、数理計画問題のデザインパターンを提案した。デザインパターンとは建築やプログラミングの世界で用いられていた概念であるが、この概念を数理計画問題のモデル作成に持ち込むことで、基本的なモデルを作成する際に役に立ついくつかのパターンを提案することができた。具体的には、「選択」「ネットワーク」「二部グラフ」「誤差」という4つのパターンを作成した。

これらのパターンを参考にすることで、特に初学者のモデル作成における負担を軽減することができるものと考えられる。

今後は、上記(1)で作成したシステム内からこのデザインパターンを参照できるようにし、この利用を簡便化したいと考えている。

(3) 論理関数を制約とするような数理計画問題の定式化技法の開発

本研究では、制約に論理関数を含むような数理計画問題を定式化する手法について研究を行った。論理関数や論理変数が真であるときを1、偽であるときを0で表現し、これを制約条件に含めることは自然であるが、その定式化はある種の「コツ」を必要とするもので、困難な作業であった。そこで本研究では、論理関数を入力するとそれを数理計画問題の制約条件として自動的に定式化するシステムを作成した。論理関数の定式化には自由度があるが、本システムでは求解時の計算量が少なくなることが期待できる定式化を行うようになっている。

この成果により、これまでは経験を要していた定式化作業の一部が自動化できることとなった。

今後は、前項同様、この成果を(1)で作成したシステムから呼び出せるようにし、数理計画法の利用者の負担を軽減できるようにしたいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

(1) 野村 晋也, 檀 寛成,
モデリング言語の構文解析を用いた数理計画法統合運用環境の改良,
日本オペレーションズ・リサーチ学会 2009年春期研究発表会, 2009年3月18日, 筑波大学.

(2) 村下 幸利, 檀 寛成,
数理計画法統合運用環境の提案と実装,
日本オペレーションズ・リサーチ学会 2008年春期研究発表会, 2008年3月26日, 京都コンピュータ学院 (京都情報大学院大学).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

檀 寛成 (DAN HIROSHIGE)

関西大学・環境都市工学部・助教

研究者番号：30434822