

使ってみよう NUOPT

- とりあえず動かすために、転ばぬ先のワンポイントアドバイス -

株式会社数理システム

Phone: 03-3358-1701

Fax: 03-3358-1727

Email: nuopt-support@msi.co.jp

2006/01/16

1. はじめに

NUOPT は数理計画問題と呼ばれる問題を解くための汎用ソルバです。本稿は、数理計画問題になじみがない人や、初めて NUOPT を用いる人を対象としています。以下では数理計画問題の簡単な説明を行い、次章では、簡単な数理計画問題を NUOPT/SIMPLE を用いて解く方法を紹介します。

1.1 数理計画問題とは

数理計画問題とはなにか。それは、

「与えられた条件の下で、望ましさの尺度を表す何らかの関数の最小値（最大値）を求め、さらにその最小値（最大値）を与える不特定要素の値を決定する」という問題です。

上記における、「与えられた条件」は制約条件、「望ましさの尺度を表す関数」は目的関数、「不特定要素」は変数、と一般に呼ばれています。この用語を用いて書き直すと、数理計画問題とは、

「制約条件を満たす範囲における目的関数の最小値（最大値）、及びその最小値（最大値）を与える変数を求める問題」といえます。

例えば、 $-2 \leq x \leq 3$ において放物線 $y = (x-1)^2$ の最小値を求める問題は、数理計画問題です。この場合、制約条件は $-2 \leq x \leq 3$ 、目的関数は $(x-1)^2$ 、変数は x となります。

この問題は数理計画の世界では次のように書かれます：

目的関数： $(x-1)^2$ 最小化

制約条件： $-2 \leq x \leq 3$

次の書き方も一般的です；

minimize : $(x-1)^2$

subject to : $-2 \leq x \leq 3$

また上記の数理計画問題の最もよい目的関数値は 0 ($x=1$ のとき) となります。このときの変数の値を最適解と呼び、最適解を求めることを数理計画問題を解く、最適化するなどといい

ます。

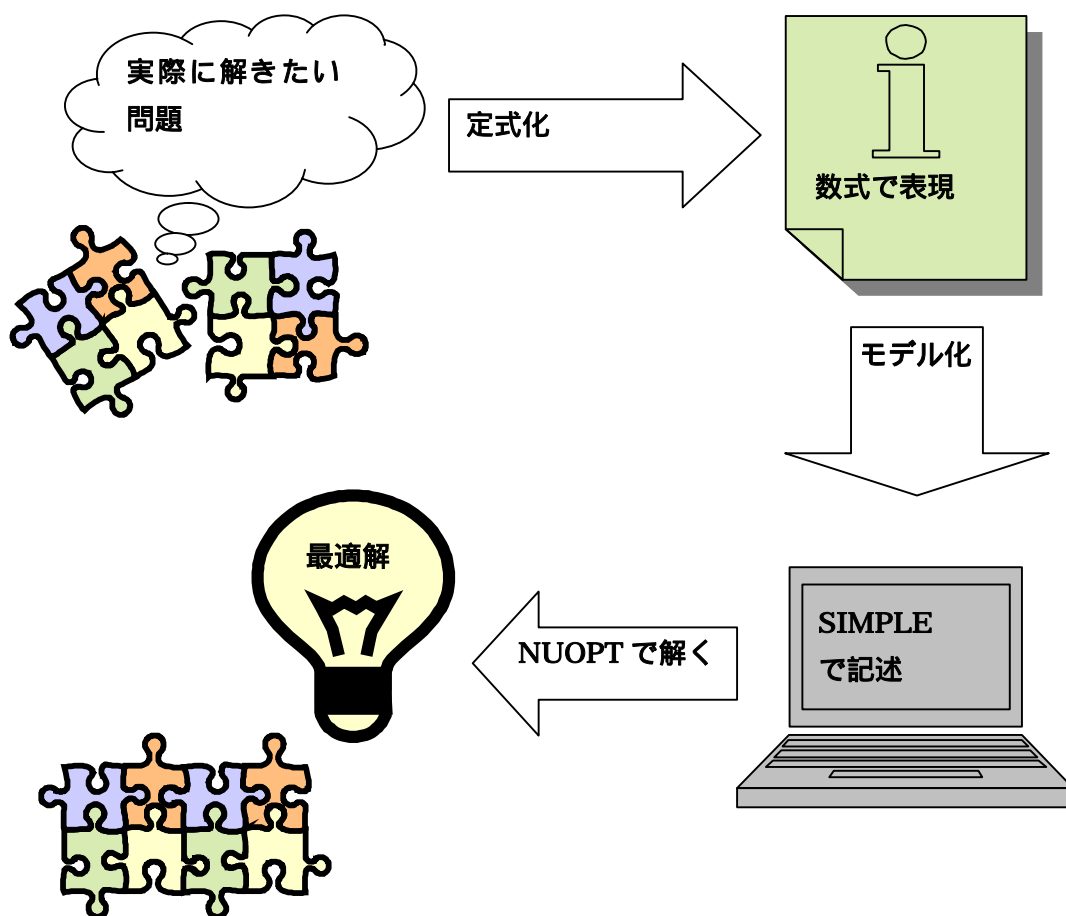
1.2 NUOPT で数理計画問題を解く

NUOPT を用いて数理計画問題を解く際、以下の手順を取ります：

- (1) 解きたい問題を数理計画問題として取り扱う（定式化）。
- (2) 数理計画問題を、NUOPT が可読な形式で記述する（モデル化）。
- (3) NUOPT で実行する。

(1)の定式化に関しては、NUOPT とは独立でユーザ自身の手で行う必要があります。(2)のモデル化は、数式に近い表現で記述することができるモデリング言語 SIMPLE¹を使用することができます。(3)は(2)で作成されたモデルファイルを NUOPT に渡し、実行するということです。

次章では具体的な数理計画問題を、NUOPT を用いて実際に数理計画問題を解く流れを示します。なお次章以降では NUOPT はインストールされているものとします。インストール方法については、別冊「インストールガイド」をご参照下さい。



¹ SIMPLE は NUOPT インストールの際にインストールされています。SIMPLE の他にも NUOPT のアドオンソフトウェア MP.doc のように直感的な数式入力によって記述できるようなものもあります。

2. 実際に数理計画問題を NUOPT で解いてみよう

2.1 解きたい数理計画問題

今回取り扱う問題は以下の「油田の運転日数決定」問題です．

（問題）油田の運転日数決定

二つの油田 A と B があります．



油田 A
 運転コスト 180 /日
 1 日運転すると
 重油 6 軽油 3 ガス 4
 単位取れる

油田 B
 運転コスト 160 /日
 1 日運転すると
 重油 1 軽油 1 ガス 6
 単位取れる



この二つの油田の，最もコストが安く済むような一週間の運転日数を求めたい．その際，以下の条件を満たす必要がある．

- ◆ 生産ノルマ

重油 12 単位以上

軽油 8 単位以上

ガス 24 単位以上

- ◆ 運転日数

油田 A 5 日/週 まで運転可能

油田 B 6 日/週 まで運転可能

2.2 定式化

前節の問題を定式化してみましょう。ここではまだパソコンを使用する必要はありません。紙と鉛筆があれば十分です。以下が 2.1 の問題を定式化したものとなります：

変数

x ：油田 A を一週間で何日稼働するか。

y ：油田 B を一週間で何日稼働するか。

目的関数

(コスト最小)

$$180x + 160y \quad \text{最小化}$$

制約条件

(生産ノルマ)

$$\text{重油} \quad 6x + y \geq 12$$

$$\text{軽油} \quad 3x + y \geq 8$$

$$\text{ガス} \quad 4x + 6y \geq 24$$

(運転日数)

$$\text{油田 A} \quad 0 \leq x \leq 5$$

$$\text{油田 B} \quad 0 \leq y \leq 6$$

以上で定式化は終わりです。制約条件(運転日数)の中で 0 以上という制約を設けています。これが重要な条件で、定式化する際には当たり前と思われることもきちんと数式で表現する必要があります。

2.3 モデル化

いよいよパソコンを使用します。SIMPLE を用いて 2.2 で定式化した数理計画問題をモデル化してみましょう。モデルファイルを作成する場所を今回は C ドライブの直下の NUOPT_practice とします。事前にこのフォルダを作成しておいて下さい。またモデルファイルはどんなエディタでも作成することができます。今回は最も汎用的なエディタ、メモ帳を用います。メモ帳を起動して、以下の図 1 のように記述して下さい。

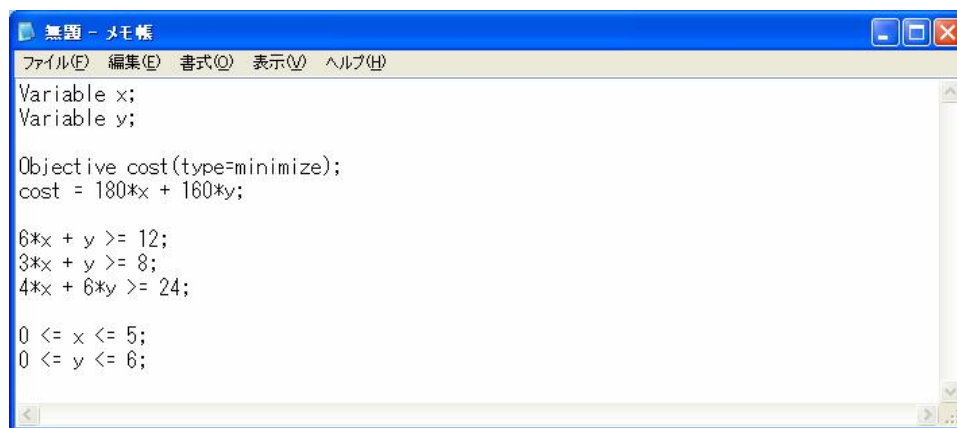


図 1 モデルファイル(定式のみ)

これが SIMPLE で作成したモデルファイルです。ここで細かい箇所について理解する必要はありませんが、かなり数式に近い表現で記述できることが分かります。またモデル中で “//” を用いて、以下の図 2 のようにコメントを書くこともできます。コメントを書きおくと、各式の意味が明確になり、分かりやすくなります。

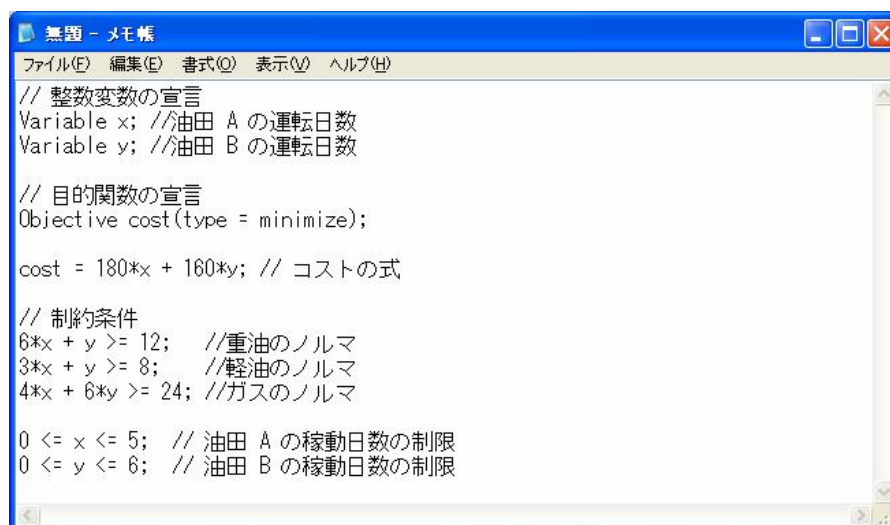


図 2 モデルファイル(コメントつき)

ここでは簡単な注意点を述べるに留めて、SIMPLE の記述についての解説はしません。詳しくは、別冊 NUOPT/SIMPLE マニュアル、NUOPT/SIMPLE チュートリアルをご参照下さい。

注意点；

- (1) SIMPLE は大文字と小文字を区別する。従って「“Variable”を“variable”と書く」、
「変数を x と宣言しておいて、下で x を使う」などするとエラーが発生する。
- (2) 積演算子の省略形は認められない。「6x」という記述は誤りで「6*x」と記述しなけれ

ばならない．

- (3) 式の途中に半角スペースは自由に入れてよい．例えば図 2 の「 $6*x+y \geq 12$ 」の箇所は以下の記述と等価である．

$$6*x+y \geq 12;$$

$$6 * x + y \geq 12;$$

ただし，不等号「 \leq 」,「 \geq 」に「 $< =$ 」,「 $> =$ 」のようなスペースをいれてはいけない．

- (4) 改行は自由に入れてよい．
 (5) “//”でコメント文を書くことができる．“//”以降の記述は無視される．
 (6) 行末には必ず“;”をつけなければならない．
 (7) 変数や目的関数の名前は半角英数文字しか用いることができない(数字始まりは不可)．

ではこの状態(図 1, 図 2 どちらの状態でも結構です)でこのモデルファイルに名前を付けて保存しましょう．モデルファイル名は拡張子を必ず「.smp」とします．今回は「oil.smp」と名前を付けて，作成済みのフォルダ C:\NUOPT_practice に保存しましょう．以下のように名前を付けて保存します．

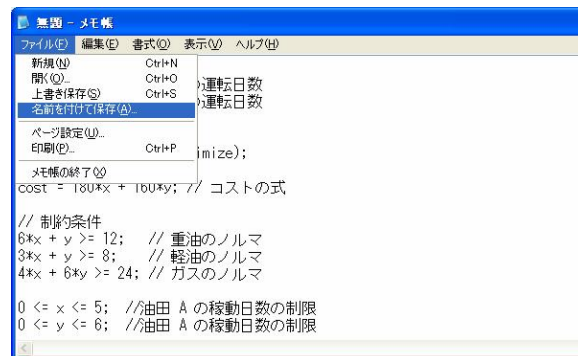


図 3 「名前をつけて保存」

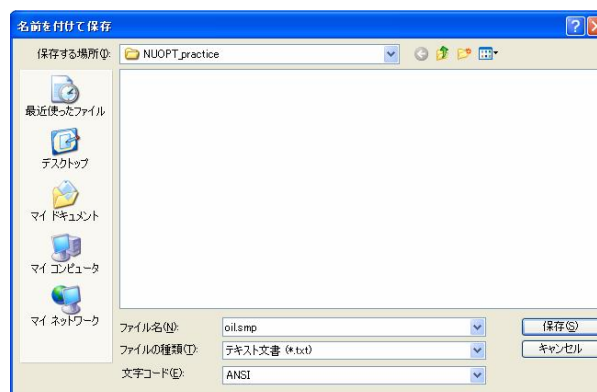


図 4 「名前をつけて保存」ダイアログ

以上で，SIMPLE によるモデル化の作業は完了です．

2.4 NUOPT GUI で実行

NUOPT はコマンドプロンプトや shell から実行する方法と、NUOPT GUI から実行する方法があります。ここでは NUOPT GUI から実行します。

まず、前節で作成した「oil.smp」があるフォルダ「NUOPT_practice」をエクスプローラなどから開いて下さい。図 5 のようになっているはずです。



図 5 「NUOPT_practice」フォルダ内

この図 5 のウィンドウを開いたまま、NUOPT GUI を起動して下さい。この 2 つのウィンドウを開いたままで、モデルファイル「oil.smp」を図 6 のように移動します。移動後、NUOPT GUI に移ったモデルファイルをダブルクリックすると、実行することができます。また下の Message 欄には実行経過が表示されます。ではモデルファイルを移動して実行してみましょう。

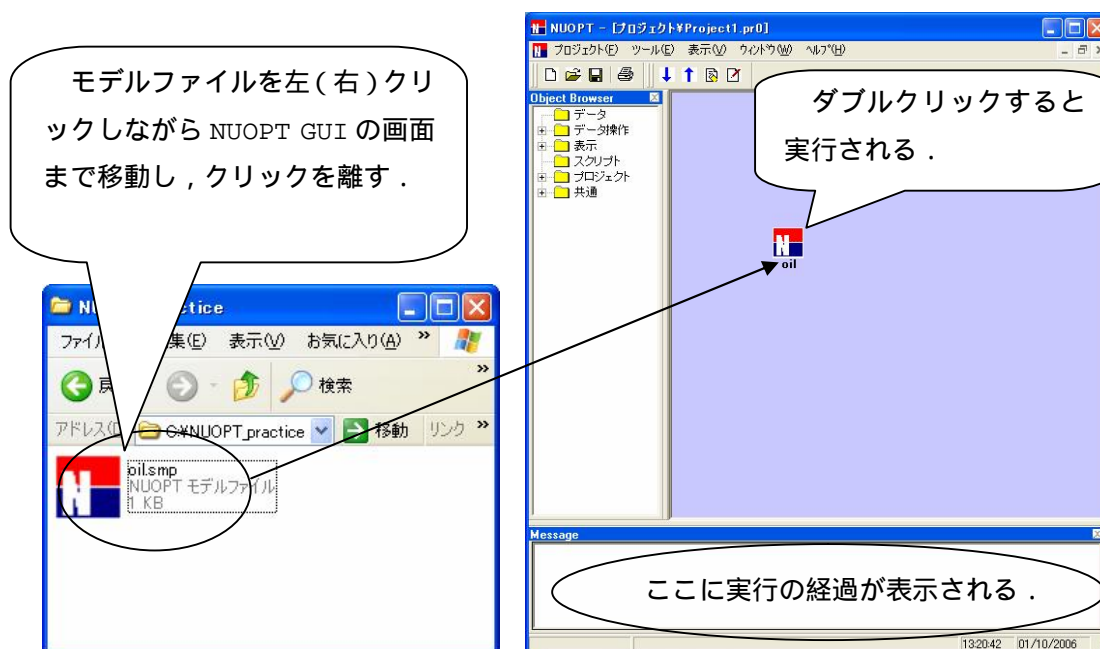


図 6 実行手順

実行が無事に終了すると、図 7(1)の「モデルアイコン表示」というウィンドウが立ち上がります。このウィンドウで実行結果を確認することができます。またこのウィンドウのカラムで、status、変数（今回は x, y ）、目的関数（今回は cost）、solfile を選択でき、それぞれを表示させることができます。図 7(2)はカラムの x を選択したときの表示で、変数 x の値を確認することができます。今回の結果は x が 1.714、 y が 2.857、cost が 765.714 となります。カラムを選択し、そうになっているかどうか確認してみてください。solfile の見方については、別冊 NUOPT/SIMPLE マニュアルを参照下さい。

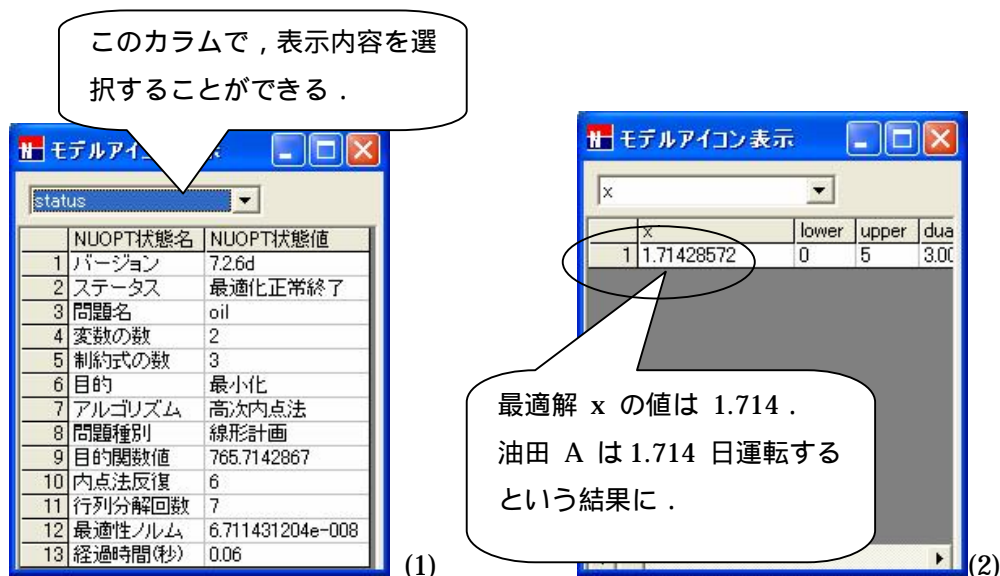


図 7 「モデルアイコン表示」ウィンドウ

では、この数理計画問題に少し手を加えてみましょう。今回運転日数は小数の結果が出ました。では次は運転日数が整数になるように設定して最適化してみましょう。NUOPT GUI 上で先ほどダブルクリックしたモデルファイルを右クリックして下さい。そして、編集を選択して左クリックして下さい。そうすると、メモ帳が立ち上がり、ここで編集を行うことができます。立ち上がったモデルファイルを図 8 のように（稼働日数を Variable から IntegerVariable に）書き換えてみましょう。今度は変数や目的関数に名前を付けてみます。また図 8 中のコメント文は書かなくても結構です。

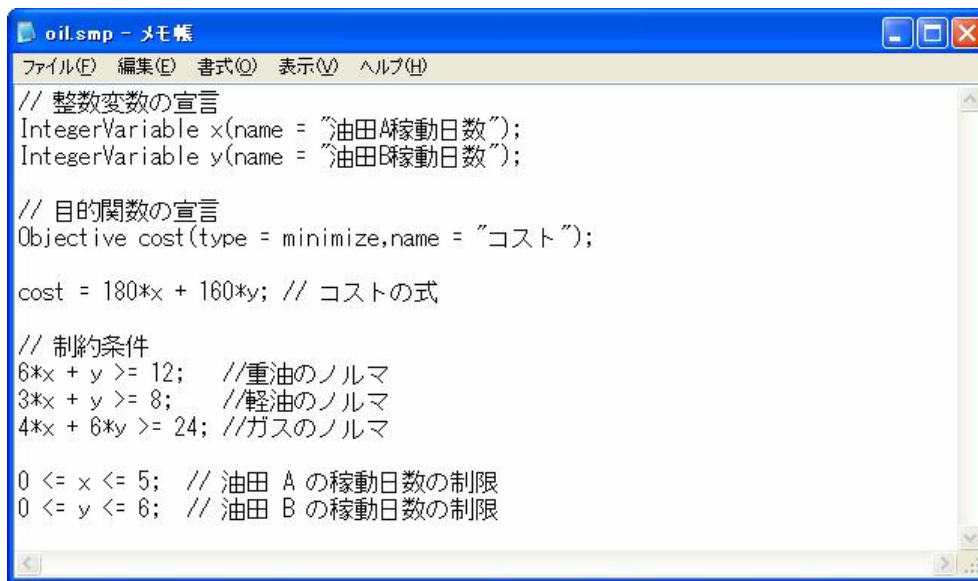


図 8 モデルファイルの書き換え

記述が終わったら上書き保存して、再度実行してみましょう。モデル変更前と、 x 、 y 、 $cost$ の値や表示のされ方がどのように変わったか確認してみましょう。またここでも簡単な注意点だけ挙げておきます。

注意点：

- (1) 名前を付ける際、「name="名前"」のようにダブルクォーテーションで囲む。
- (2) minimize や maximize はダブルクォーテーションで囲まない。
- (3) 今回の目的関数のように type や name といった複数の設定を行うときは、図 8 のようにカンマで区切る。また、type や name の設定の順番を変えてもよい。

基本操作に関しては以上の事柄で十分に理解して頂けたかと思います。NUOPT は大規模な数理計画問題にも耐えうるソルバです。ユーザの方にその機能を余すところなく活用して頂くには、SIMPLE を上手に使いこなして頂く必要があります。次章にワンポイントアドバイスを掲載しますので参考にしていただければ幸いです。

3. ワンポイントアドバイス

この章では、SIMPLE を使用する上での注意点を記載します。多くのユーザが陥りやすい誤り箇所をピックアップしてあります。また <http://www.msi.co.jp/nuopt/faq/faq01.html> で FAQ を取り上げていますので、お困りの際は活用下さい。

3.1 基本的な注意事項

- (1) 制約式で不等号「 \leq 」と「 \geq 」は使用できるが、「 $<$ 」や「 $>$ 」は使用不可。
- (2) 「 $=$ 」は代入を表し、「 $==$ 」は等価を表す。よって、「 $=$ 」は制約としては使用されない。
- (3) 「 $1/3$ 」は 0 と認識される。小数点以下も考慮したい場合には「 $1.0/3.0$ 」とすればよい。
- (4) パラメータや変数の初期値は 0 が代入される。パラメータは代入されるまで 0 である。変数は最適化計算が行われるか代入されるまで 0 である。(図 9 参照)

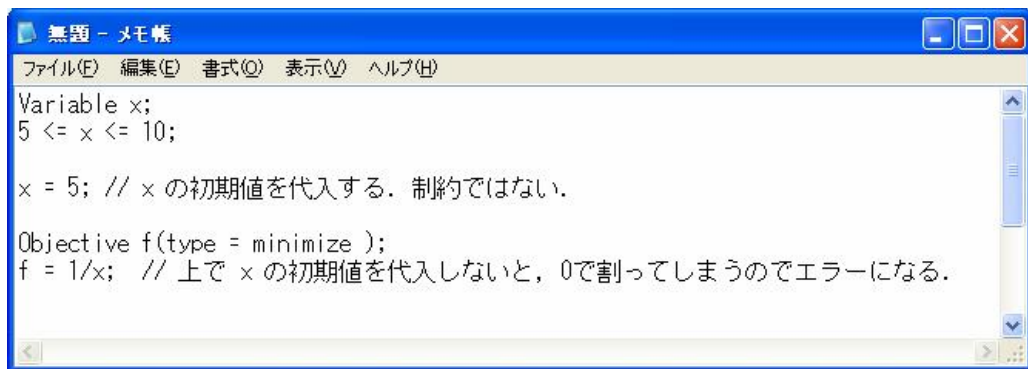


図 9 初期値の例

- (5) 最適化計算を行うタイミングは、モデルファイル中に `solve()` があればその場所、なければモデルファイルの最終行である。出力関数 (`simple_printf()` 等) を使用する際には `solve()` を呼んだ後で行わないと、その出力に最適化計算の結果は反映されない。(図 10 参照)

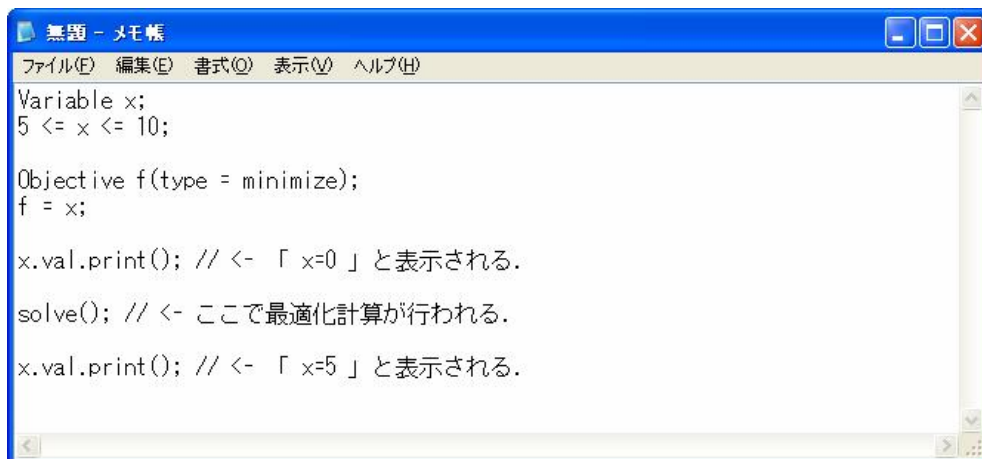


図 10 最適化を行なうタイミング

- (6) 関数 `ifelse()` を使用すると、非線形として扱われる。
- (7) 関数 `min/max` は基本的に WCSP でしか使用できない。その他の解法を用いるときにこの関数を呼んだ場合の挙動は保証されない。

3.2 応用編

ここでは NUOPT/SIMPLE をさらに有効に使用して頂くための機能の紹介をします。

3.2.1 入力出力を工夫したい

最適化問題をただ解くだけではなく、入力方法を変更してモデルとデータの分離をはかったり、出力方法やその内容をカスタマイズして必要な情報を取り出しやすくするといった必要が生じることが多々あります。NUOPT には、そのためのしくみが備わっています。

(1) データファイルによる入力がしたい

NUOPT はデータファイルを作成し、外部入力を行うことができます。入力ファイルは「.csv」と「.dat」ファイルの二種類で作成することが可能です。

- ◆ データファイルの書式

NUOPT/SIMPLE マニュアル「第一部 4. データファイル」参照

- ◆ GUI 上での受け渡し方法

NUOPT/SIMPLE チュートリアル「3.2.1 GUI を用いる方法」参照

- ◆ コマンドプロンプトでの受け渡し方法

NUOPT/SIMPLE チュートリアル「3.2.2 コマンドプロンプトを用いる方法」参照

(2) GUI のメッセージ表示ウィンドウや標準出力に表示したい

SIMPLE の関数を使用することで、様々な表示の仕方が可能です。具体的には `simple_printf` 関数などがあります。

NUOPT/SIMPLE マニュアル「第一部 5.3 オブジェクトの参照値の表示」参照

(3) 表やグラフを簡単に作成したい

NUOPT は Excel と連携して使用することができます。出力だけでなく、入力や実行も Excel 上ででき、非常に便利です。

NUOPT/SIMPLE/Excel マニュアル、チュートリアル参照

3.2.2 大規模な問題の記述を行いたい

大規模な問題になると、変数や制約式、目的関数の数が非常に多くなります。そのときにひとつひとつ記述するのは非常に手間がかかり、現実的ではありません。NUOPT は、添え字集合を使用し簡単に記述することができます。

NUOPT/SIMPLE チュートリアル「2.3 集合・添え字」参照

NUOPT/SIMPLE マニュアル「第一部 3.4 データ構造を表現するクラス」参照

3.2.3 NUIOPT の最適化手法に関する変更を行いたい

NUOPT は最適化計算の際に使用するパラメータの変更を行うことができます。計算時間の上限の設定や、解法の指定等も行うことができます。

NUOPT/SIMPLE マニュアル「第二部 4. パラメータ設定」参照