

## 『問題解決のためのオペレーションズ・リサーチ入門』

## 補足資料：エクセル・ソルバーによる最適化計算手順

本書は執筆当時の Excel を基本としているため、その後のバージョンアップによって、ソルバーのアドインの方法、入力の仕方などが一部変更されている。そのため、最近の読者のために、ここでは、本書に採用されている Excel2003 と対比して Excel2007 および Excel2010 におけるソルバーの使い方を解説する。

## 1. エクセル・ソルバーのアドイン

準備としてエクセルのアドイン機能である「ソルバー」をアドインしなければならない。

アドインの方法は Excel のバージョンによって異なる。

**(1)A. Excel 2007/2010****(1a) (2007)**

左上の Office ボタンを押してダイアログ下方の[Excel オプション]を選択。次画面で[アドイン]を選択してダイアログを開く

以下、Excel 2010 に準ずる。

**(1b) (2010)**

- ①Excel メニューバーの[ファイル]タブをプルダウンし[オプション]から[アドイン]を選択してダイアログを開く
- ②[設定]をクリックするとアドインダイアログが開く
- ③[ソルバーアドイン]にチェックをいれて[OK]
- ④[データ]タブの右端に[分析]が追加され、[ソルバー]のアイコンが表示されている。

⑥このアイコンをクリックするとソルバーが起動する。

**(1)B. Excel 2003**

Excel2003 については、エクセル (MS オフィス) の CD-ROM を用意しておく必要がある。

- ①メニューバーの[ツール(T)]をプルダウンし[アドイン(I)]のダイアログを開く
- ②ダイアログの[ソルバーアドイン]のボックスにチェックマークを入れる
- ③[OK]をクリックし、インストールに[はい]を選択
- ④MS Office あるいは Excel の CD-ROM を要求される
- ⑤CD-ROM をドライブにいれて[OK]
- ⑥自動的にインストールされる。終了メッセージは出ない
- ⑦終了したら、[ツール(T)]のプルダウンメニューに[ソルバー(V)]が入っていることを確認する

## 2. モデルマトリックスの作成とソルバーの設定

### (2)A モデルマトリックスの作成 (Excel 2007/2010)

- ・ 例示の様にマトリックスを作る。
- ・ 「目的セル」は(変数値×価値係数)の合計
- ・ 「計算値」のセルは(変数値×マトリックスの係数)の合計
- ・ 「制限量」(右辺)とそれと対比させる各行の値  
「計算値」をマトリックスの左側に寄せてあるのは、変数の追加を行うのに都合が良いからである。
- ・ 同様に、「変数解」の数値が入る行は上にしてある。これによって式(行)の追加が容易になる。

### (2)B モデルマトリックスの作成(Excel 2003)

- ・ 例示の様にマトリックスを作る。
- ・ 「目的セル」は(変数値×価値係数)の合計
- ・ 「計算値」のセルは(変数値×マトリックスの係数)の合計
- ・ 「制限量」(右辺)とそれと対比させる各行の値「計算値」をマトリックスの左側に寄せてあるのは、変数の追加を行うのに都合が良いからである。
- ・ 同様に、「変数解」の数値が入る行は上にしてある。これによって式(行)の追加が容易になる。

表1 エクセル上のモデルマトリックス

制約		制限量	計算値	購買		生産		販売	
				Xa	Xo	Xs	Xb	Xns	Xnb
変数解	Z		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
価値係数				-1.0	-0.5			100.0	100.0
Maxあんこ	MaxA	36000.0	0.0	1.0					
Maxおもち	MaxO	36000.0	0.0		1.0				
バランスA	BalA	0.0	0.0	-1.0		60.0	30.0		
バランスO	BalO	0.0	0.0		-1.0	30.0	60.0		
お汁粉	ProdS	0.0	0.0			-1.0		1.0	
ぼた餅	ProdB	0.0	0.0				-1.0		1.0

### 3. ソルバーの準備

エクセル表によるモデルマトリックスが出来たら、続いてソルバーにおいて計算式の設定をおこなう。

次ページ以降のダイアログ画面は Excel 2003 のソルバー画面である。Excel 2007/2010 の利用者は適宜読み替えて利用されたい。

#### (3)A ソルバーの設定 (Excel 2007/2010)

- ・ 「目標値」は最大値あるいは最小値を選択
- ・ 「解決方法の選択」ボタン画面で「シンプレックス LP」選択
- ・ 「変化セルの変更」は各コラムの変数解の入るセル

「制約条件の対象」の「追加」ボタンで式を定義するダイアログを出す。

- ・ 「セル参照」には「計算値」のセル番地、
- ・ 「制約条件」には「制限量」のセル番地を入れる
- ・ 両者の関係を結ぶ等号、不等号をプルテーブルから選択
- ・ 各変数の解は必ず正の値を取らなければならないので(非負条件)  
すべての変数が0より大か0であるという式を入れる

#### 計算

- ・ 下の[解決]ボタンを押すと最適化計算が行われ、解がテーブルに入る。
- ・

#### (3)B ソルバーの設定 (Excel 2003)

- ・ 「目標値」は最大化あるいは最小化を選択
- ・ 「オプション」ボタン画面で「線形モデルで計算」選択
- ・ 「変化させるセル」は各コラムの変数解の入るセル

- ・ 「制約条件」の「追加」ボタンで式を定義するダイアログを出す。
- ・ 「セル参照」には「計算値」のセル番地、
- ・ 「制約条件」には「制限量」のセル番地を入れる
- ・ 両者の関係を結ぶ等号、不等号をプルテーブルから選択
- ・ 各変数の解は必ず正の値を取らなければならないので(非負条件)  
すべての変数が0より大か0であるという式を入れる

## 計算

- ・ 右上の[実行]ボタンを押すと最適化計算が行われ、解がテーブルに入る

図2 エクセル表とパラメータ設定ダイアログ

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	制約		制限量	計算値	購買		生産		販売	
2					Xa	Xo	Xs	Xb	Xns	Xnb
3	変数解	Z		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	価値係数				-1.0	-0.5			100.0	100.0
5	Maxあんこ	MaxA	36000.0	0.0	1.0					
6	Maxおもち	MaxO	36000.0	0.0		1.0				
7	バランスA	BalA	0.0	0.0	-1.0		60.0	30.0		
8	バランスO	BalO	0.0	0.0		-1.0	30.0	60.0		
9	お汁粉	ProdS	0.0	0.0			-1.0		1.0	
10	ぼた餅	ProdB	0.0	0.0				-1.0		1.0

The Solver Parameters dialog box is open, showing the following settings:

- 目的セル(E): \$D\$3
- 目標値:  最大値(M)  最小値(N)  値(V): 0
- 変化させるセル(B): \$E\$3:\$J\$3
- 制約条件(U):
  - \$D\$5:\$D\$6 <= \$C\$5:\$C\$6
  - \$D\$7:\$D\$10 = \$C\$7:\$C\$10
  - \$E\$3:\$J\$3 >= 0

図3 パラメータ設定ダイアログ

This is a close-up view of the Solver Parameters dialog box. The settings are identical to those shown in Figure 2:

- 目的セル(E): \$D\$3
- 目標値:  最大値(M)  最小値(N)  値(V): 0
- 変化させるセル(B): \$E\$3:\$J\$3
- 制約条件(U):
  - \$D\$5:\$D\$6 <= \$C\$5:\$C\$6
  - \$D\$7:\$D\$10 = \$C\$7:\$C\$10
  - \$E\$3:\$J\$3 >= 0

#### 4. 制約条件式の設定

- ・ 「制約条件」の「追加」ボタンで式を定義するダイアログを出す。
- ・ 「セル参照」には「計算値」のセル番地、
- ・ 「制約条件」には「制限量」のセル番地を入れる
- ・ 両者の関係を結ぶ等号、不等号をプルテーブルから選択する
- ・ 各変数の解は必ず正の値を取らなければならないので(非負条件)  
すべての変数が0より大か0であるという式を入れる

図4 制約条件設定ダイアログ



#### 5. 計算と解の分析

これで、「実行」ボタン(Exl2007/2010 では「解決」)を押すと、計算が行われ、マトリックス上に解が示される。最適解が求まると、下記の図にあるようなソルバー探索結果ダイアログが表示される。

図5 最適解のエクセル表

制約		制限量	計算値	購買		生産		販売	
				Xa	Xo	Xs	Xb	Xns	Xnb
変数解	Z		26000.0	36000.0	36000.0	400.0	400.0	400.0	400.0
価値係数				-1.0	-0.5			100.0	100.0
Maxあんこ	MaxA	36000.0	36000.0	1.0					
Maxおもち	MaxO	36000.0	36000.0		1.0				
バランスA	BalA	0.0	0.0	-1.0		60.0	30.0		
バランスO	BalO	0.0	0.0		-1.0	30.0	60.0		
お汁粉	ProdS	0.0	0.0			-1.0		1.0	
ぼた餅	ProdB	0.0	0.0				-1.0		1.0

## 6. 最適解のエクセル表とソルバー探索結果ダイアログ

Microsoft Excel - Amai-1

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

100% MS Pゴシック 11

D3 =SUMPRODUCT(E3:J3,E4:J4)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	制約		制限量	計算値	購買		生産		販売	
2					Xa	Xo	Xs	Xb	Xns	Xnb
3	変数解	Z		26000.0	36000.0	36000.0	400.0	400.0	400.0	400.0
4	価値係数				-1.0	-0.5			100.0	100.0
5	Maxあんこ	MaxA	36000.0	36000.0	1.0					
6	Maxおもち	MaxO	36000.0	36000.0		1.0				
7	バランスA	BalA	0.0	0.0	-1.0		60.0	30.0		
8	バランスO	BalO	0.0	0.0		-1.0	30.0	60.0		
9	お汁粉	ProdS	0.0	0.0			-1.0		1.0	
10	ぼた餅	ProdB	0.0	0.0				-1.0		1.0

**ソルバー：探索結果**

最適解が見つかりました。制約条件はすべて満たされました。

レポート(R):

- 解を記入する(K)
- 元の値に戻す(Q)

レポート(R)のリスト: 解答, 感度, 条件

OK キャンセル シナリオの保存(S)... ヘルプ(H)

この探索結果ダイアログで、「解を記入する」を選択し、レポートから「解答」と「感度」レポートを選択し OK をおすと、次ページの「解答レポート」と「感度レポート」が表示される。

特に感度レポートにおける制約条件についての「潜在価格」に注目する。これは制約が1単位ゆるまった時にどれだけ目的関数値に影響するかが示されている。これによってボトルネックの影響度が分かり、作業改善の方向が示される。制約量を変えて見ることはケーススタディーの基本的である。

Microsoft Excel 10.0 解答レポート

ワークシート名 : [Amaimono.xls]Sheet1

レポート作成日 : 2010/10/29 10:56:45

目的セル (最大値)

セル	名前	計算前の値	セルの値
\$C\$3	変数解 制限量	0.0	26000.0

変化させるセル

セル	名前	計算前の値	セルの値
\$E\$3	変数解 Xa	0.0	36000.0
\$F\$3	変数解 Xo	0.0	36000.0
\$G\$3	変数解 Xs	0.0	400.0
\$H\$3	変数解 Xb	0.0	400.0
\$I\$3	変数解 Xns	0.0	400.0
\$J\$3	変数解 Xnb	0.0	400.0

制約条件

セル	名前	セルの値	制約条件	ステータス	条件との差
\$D\$5	MaxA 計算値	36000.0	\$D\$5<=\$C\$5	満たす	0
\$D\$6	MaxO 計算値	36000.0	\$D\$6<=\$C\$6	満たす	0
\$D\$7	BalA 計算値	0.0	\$D\$7=\$C\$7	部分的に満たす	0
\$D\$8	BalO 計算値	0.0	\$D\$8=\$C\$8	部分的に満たす	0
\$D\$9	ProdS 計算値	0.0	\$D\$9=\$C\$9	部分的に満たす	0
\$D\$10	ProdB 計算値	0.0	\$D\$10=\$C\$10	部分的に満たす	0

Microsoft Excel 10.0 感度レポート

ワークシート名 : [Amaimono.xls]Sheet1

レポート作成日 : 2010/10/29 10:56:45

変化させるセル

セル	名前	計算値	限界コスト	目的セル係数	許容範囲内増加	許容範囲内減少
\$E\$3	変数解 Xa	36000.0	0.0	-1	1E+30	0.1111111111
\$F\$3	変数解 Xo	36000.0	0.0	-0.5	1E+30	0.6111111111
\$G\$3	変数解 Xs	400.0	0.0	0	55	5
\$H\$3	変数解 Xb	400.0	0.0	0	10	27.5
\$I\$3	変数解 Xns	400.0	0.0	100	55	5
\$J\$3	変数解 Xnb	400.0	0.0	100	10	27.5

制約条件

セル	名前	計算値	潜在価格	制約条件右辺	許容範囲内増加	許容範囲内減少
\$D\$5	MaxA 計算値	36000.0	0.1	36000	1E+30	1E+30
\$D\$6	MaxO 計算値	36000.0	0.6	36000	1E+30	1E+30
\$D\$7	BalA 計算値	0.0	1.1	0	1E+30	1E+30
\$D\$8	BalO 計算値	0.0	1.1	0	1E+30	1E+30
\$D\$9	ProdS 計算値	0.0	100.0	0	1E+30	1E+30
\$D\$10	ProdB 計算値	0.0	100.0	0	1E+30	1E+30