

線形計画法プログラムXLP操作マニュアル

1. はじめに

このマニュアルは、XLPの操作方法について解説しています。XLPは、線形計画法の最適解を計算するプログラムで、WindowsやMacOSのExcel上で動作します。

2. XLPの利用環境

(1) ダウンロードとインストール

XLPのプログラムは次のWebサイトからダウンロードできます。

<https://39you.net/xlp.html>

このサイトから任意のフォルダーへダウンロードします。以下の記述では、デスクトップへダウンロードするものと想定しています。

ダウンロードできるファイルには、2019年7月3日現在、次のとおりです。

Windows用：xlp_255.zip

MacOS用：xlp4mac_305.zip

これらを解凍すると、フォルダーxlp_255またはXLP4Mac_305が作成されて、その中にXLP関連のファイルが復元されます。

(2) 起動

復元されたファイルの中に、XLP.xlaがあります。このファイルをダブルクリックします。すると、Excelが起動しXLPが読み込まれ、Excel画面のリボンに「アドイン」タブが追加され、タブの中にXLPのメニュー[XLP]が作成されます。同時に、XLPの起動メニューが表示されます(図1)。以上で、XLPを利用する準備が整います。

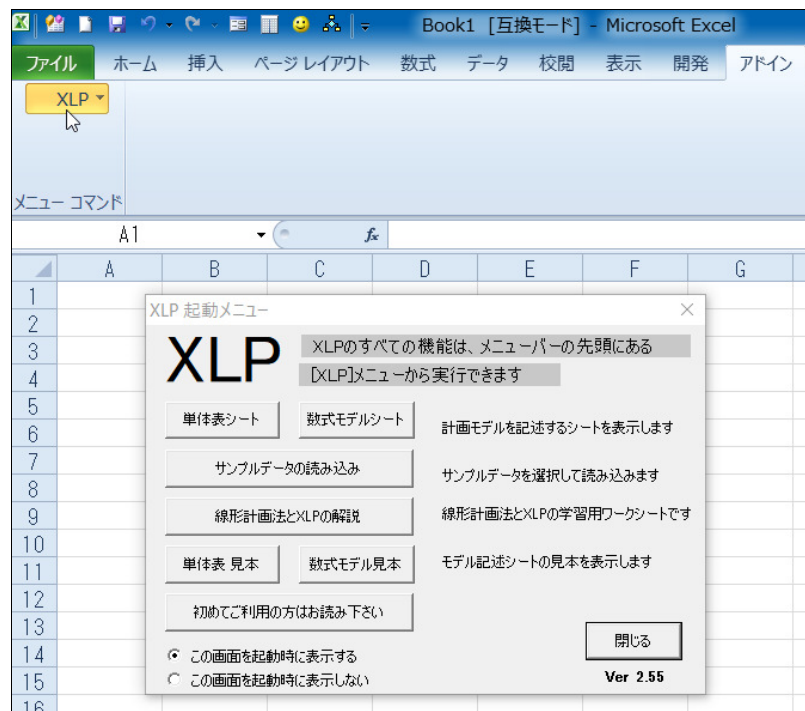


図1 起動画面

3. 使い方の概要

使い方を説明する際に、営農計画モデルを例として使いますので、ユーザーの方が営農計画モデルをノートやメモ用紙などに記述しているか、具体的な営農計画モデルのイメージを持っていると、都合が良いです。

(1) 計画モデルの記述

まず、営農計画モデルをワークシートに記述します。記述する様式は2つあります。数式モデル(図2)と単体表(図3)の様式です。図2のシート「見本(数式モデル)」は線形計画法の本来の様式である数式モデルです。図3のシート「見本」は数式モデルの各数式を「定左形」に変換して、それらの係数を抽出した2次元の表で、単体表と呼ばれています。「定左形」とは、数式の定数項を左辺に移項し、それ以外の項を右辺に移項した形式です。

これらの様式は、メニュー[XLP]-[見本の表示]で表示できます。見本の下半分に、記述の要領が書かれていますので、これを参考にして、プロセス(決定変数)と制約条件式の名称、利益係数、定数項・制約量、技術係数(土地係数、労働係数など)を入力します。

計画モデルの記述は、どちらの様式でも構いません。はじめは、線形計画法の本来の形式である数式モデルが良いかもしれません。単体表に慣れている人は単体表の様式が良いかもしれません。数式モデルで記述して最適解を計算すると、その過程で単体表に変換されますので、数式モデルが単体表にどう変換されたかを観察すると、数式モデルと単体表の対応関係が分かってきます。

実際に記述してみましょう。メニュー[XLP]-[新規ブック]または[新規シート]を選ぶと[単体表][数式モデル]の2択が出ますので、どちらかを選ぶと、選んだ様式の枠組みが記述されたワークシートが表示されます。見本を参考に、計画モデルを記述してください。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	【数式モデル】		標題はここ[C1]に書きます					
2								
3								
4	0	↓プロセス	↓制約名	$z = 120x_1 + 90x_2 + 100x_3$				
5	1	作物A	耕地	$10 \geq x_1 + x_2 + x_3$				
6	2	作物B	5月労働	$45x_1 + 15x_2 + 30x_3 \leq 360$				
7	3	作物C	9月労働	$360 \geq 20x_1 + 40x_2 + 30x_3$				
8	4		作付制限	$x_1 \leq 0.5(x_1 + x_2 + x_3)$				
9								
10	[注意]							
11	1) プロセス名はセル[b5]以下に書きます。省略できます。							
12	2) 制約名はセル[c5]以下に書きます。省略できます。							
13	3) 目的関数はセル[d4]に書きます。							
14	4) 制約式はセル[d5]以下に書きます。制約式で使用できる文字は、半角文字だけです。							
15	5) 制約式には、カッコが使用できます。カッコに掛ける定数はカッコの前に書きます。							
16	たとえば、 $x_1 \leq 0.5(x_1 + x_2 + x_3)$ はOKですが、 $x_1 \leq (x_1 + x_2 + x_3)0.5$ は適切に処理されません。							
17	6) 制約式を記述するD列に空白があると、そこでモデルが終了したと見なされます。							
18								

図2 見本(数式モデル)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
1	【単体表】		標題はここ[C1]に書きます										
2			0		1		2		3		4		5
3			定数項	関係	作物A	作物B	作物C						
4	0	利益係数			120	90	100						
5	1	耕地	10		1	1	1						
6	2	5月労働	360		45	15	30						
7	3	9月労働	360		20	40	30						
8	4	作付制限	0		0.5	-0.5	-0.5						
9	5												
10													
11	【注意】												
12			1) セル「A1」は、【単体表】とします。これが、単体表シートであることの印です。										
13			2) プロセスと制約式の名前は必ず記入します。										
14			プロセスまたは制約式の名前の欄に空白があると、そこで単体表が終わっていると見なされます。										
15			3) プロセスの名前は、E3から右側に書きます。										
16			4) 制約式の名前は、B5から下側に書きます。										
17			5) 標題(タイトル)は、C1に書きます。										
18			6) 定数項(制約量)は、C列に書きます。										
19			7) 利益計数は、E4から右側に書きます。										
20			8) 関係は、通常の不等号(≥、>、<)は省略して構いません。逆向きの不等号は、≤、<または<等号は、=です。いずれも、全角でも半角でもよいです。										
21													
22													

図3 見本(単体表)

(2) 最適解の計算

前段で表示されるワークシートに計画モデルを記述すれば、最適解の計算に進むことになります。ここでは、XLPが提供しているサンプルデータに記述されている計画モデルを対象にして、以後の説明を進めます。

サンプルデータを呼び込むために、メニュー[XLP]-[開く]-[Excel形式]を実行します。ファイル選択のフォームが表示されますので、フォルダsampleに移動して、ファイルrei04.xlsを開きます(図4)。ワークブックrei04.xlsのワークシート「数式モデル」を見ると、目的関数、4つのプロセス(作物の作付面積を表す決定変数)、4つの制約条件式(土地と労働に関する制約条件)で構成される営農計画モデルが記述されています。

目的関数は、セルD4に記述されている数式です。この数式は、各作目の利益の合計、つまり経営の総利益を表しています。数式の4つの係数は各作目のha当り利益(粗収益-変動費)であり、決定変数は各作目の作付面積を表しています。

制約条件式はセルD5~D8に記述されている数式です。セルD5の数式は耕地の制約条件式で、利用できる耕地が最大20haであることを表しています。

セルD6~D8に記述された数式は、労働に関する制約条件式です。数式の定数項は月々400時間まで労働が可能であることを表しています(1人1ヶ月の労働可能時間200時間、労働力が2人)。各係数は、各作目の月々に必要なha当り作業労働時間を表しています。

	A	B	C	D	E
1	【数式モデル】		標題はここ[C1]に書きます		
2					
3					
4	0	↓プロセス名	↓制約名	$z = 316x_1 + 298x_2 + 460x_3 + 348x_4$	
5	1	大豆	耕地	$20 \geq x_1 + x_2 + x_3 + x_4$	
6	2	金時豆	労働5月	$400 \geq 3x_1 + 2x_2 + 41x_3 + 16x_4$	
7	3	甜菜	労働9月	$400 \geq x_1 + 22x_2 + 2x_3 + 42x_4$	
8	4	馬鈴薯	労働10月	$400 \geq 22x_1 + 10x_2 + 29x_3$	
9					

図4 サンプルデータrei04.xlsのワークシート「数式モデル」

ここで、メニュー[XLP]-[LP計算]を実行すると、最適解が計算され、ワークシート「計算結果」に表示されます(図5)。このワークシートから、次のことが読み取れます。(注)

- ① セルD6～セルD9の数値は、大豆を8.3ha、甜菜を7.5ha、馬鈴薯を4.2ha栽培し、金時豆は栽培しないのが最適解であることを示している。
- ② そのとき最適値(利益)は753万円になることを、セルB3が示している。
- ③ 採用されない金時豆は、ha当たり利益が6千円増えると採用されることが、セルE7から分かります。
- ④ 利用できる耕地が1ha増えると、利益総額が289千円増えることが、セルE11から分かります。

(注)これらの最適解の解釈については、補足「3. 計算結果シートの見方」を参照してください。

	A	B	C	D	E	F	G
1	[単体表. \$\$\$の計算結果]		LP	プロセス	4	制約数	4
2	タイトル :		タイトルはここ[C1]に書きます				
3	最適値 :		7,535.793				
4			利益係数	稼働水準	潜在費用	安定域	
5			・制約量	・残量	・潜在価	下限	上限
6	p 1	大豆	316.000	8.285	0.000	307.735	432.966
7	p 2	金時豆	298.000	0.000	5.849	-∞	303.849
8	p 3	甜菜	460.000	7.508	0.000	409.538	490.461
9	p 4	馬鈴薯	348.000	4.207	0.000	335.924	365.263
10							
11	c 1	耕地	20.000	0.000	289.454	15.215	25.455
12	c 2	労働5月	400.000	0.000	3.659	83.636	664.828
13	c 3	労働9月	400.000	200.000	0.000	200.000	∞
14	c 4	労働10月	400.000	0.000	0.708	280.000	502.632
15							

図5 計算結果シート

以上で、最適解を計算するまでに必要な、最小限の操作方法を説明しました。

4. 全てのメニュー

ここでは、すべての[XLP]メニュー(XLPの機能)について、簡単に説明します。なお、[XLP]メニューはリボンのタブ「アドイン」をクリックすると表示されます。また、ワークシートの任意のセル上で右クリックすると表示されるコンテキストメニューの最上段にも表示されます。その中に、以下のメニューが組み込まれています

- ① [新規ブック]-[単体表]、[数式モデル]：新たに新規ブックを作成して、単体表シートまたは数式モデルシートを作成します。
- ② [新規シート]-[単体表]、[数式モデル]：表示されているブックに、単体表シートまたは数式モデルシートを追加します。
- ③ [開く]-[Excel形式]、[CLP形式]：単体表等のデータを保存したExcel形式のシート、または単体表だけを保存してあるCLP形式のシートを開きます。
- ④ [上書き保存]-[Excel形式]、[CLP形式]：Excel形式では表示されているブックの全ワークシートを上書き保存します。CLP形式では、表示されているのが単体表シートであれば、

単体表のデータを上書き保存します。

⑤ **[名前を付けて保存]－[Excel形式]、[CLP形式]**：Excel形式では表示されているブックの全ワークシートを新しい別名を付けて保存します。CLP形式では、表示されているのが単体表シートであれば、単体表のデータを新しい名前を付けて保存します。

⑥ **[LP計算]**：単体表シートが表示されていると、そのデータで線形計画法の最適解を計算します。

⑦ **[GP計算]**：単体表シートが表示されていると、そのデータで目標計画法の最適解を計算します。

⑧ **[IP計算]**：単体表シートが表示されていると、そのデータで整数計画法の最適解を計算します。

⑨ **[パラメータ計算]－[利益係数の変化]、[制約量の変化]**：単体表シートが表示されていると、そのデータでパラメトリック線形計画法の最適解を計算します。[利益係数の変化]ではパラメータが利益係数の場合、[制約量の変化]ではパラメータが制約量の場合の最適解を計算します。利益係数・制約量が増えるプロセス・制約資源の数が2つ以上でも計算できます。

⑩ **[数式モデル→単体表]**：数式モデルの様式を単体表の様式へ変換します。

⑪ **[シートのコピー・削除]－[コピー]、[削除]**：表示されているワークシートをコピー・削除します。

⑫ **[システム]－[改訂経過]、[最終単体表]、[起動メニュー画面]**：XLPの開発初期から最新バージョンまでの改訂経過、あるいは起動時に表示されるメニュー画面が表示されます。また、最適解に達した時点での単体表が、最終単体表シートに表示されるように変更できます。

⑬ **[見本の表示]－[単体表]、[数式モデル]**：計画モデルを記述するシートの見本が表示され、記述上の留意点が列挙されます。

⑭ **[XLP_try]**：線形計画法の概要、XLPの操作法、営農計画モデルの作成方法、最適解の解釈の仕方等を解説したワークブックを作成します。このワークブックは線形計画法の学習や研修の資料として利用することができます。

⑮ **[編集]－[文字列の挿入]、[文字列の追加]、[先頭から文字列を削除]、[末尾から文字列を削除]**：ワークシートのセルに記述されているプロセス名と制約条件名を修正する場合に利用します。メニューを選択すると、文字列または文字数を指定するフォームが表示されます。指定すると、[文字列の挿入]はセルの文字列の先頭に指定文字を挿入し、[文字列の追加]は末尾に追加します。[先頭から文字列を削除]は、セルの文字列の先頭から指定された文字数を削除し、[末尾から文字列を削除]は末尾から削除します。

補足

1. 動作環境

(1) XLPの動作環境

OS : Windows 95/98/2000/XP/7/10

アプリケーション : Excel 97~2016

(2) XLP4Macの動作環境

OS : macOS

アプリケーション : Excel 2014

※Windowsでも動作します。

2. 計算機能について

XLPで計算できる計画モデルは、次のとおりです。

- ① 通常の線形計画法
- ② 利益係数や制約量が連続的に変化するとき最適解がどう変化するかを求めるパラメトリック線形計画法
- ③ 一部または全部の変数が整数値を取る整数計画法
- ④ 2つ以上の目標(目的関数)に最適化の順位付けをして、最適解を求める目標計画法(付順方式)

3. 計算結果の見方

メニュー[XLP]-[XLP_try]を実行すると、図6のワークシート「計算結果シートの見方」が保存してあるワークブックが表示されます。この画面に計算結果シートに表示されるデータを、どう解釈するかが記述されています。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1													
2		画面拡大	計算結果の見方						潜在費用:プロセスが採用されるのに不足している利益係数				
3		画面縮小											
4		[単体表と結果解釈の計算結果] LP		プロセス数	2	制約数	3						
5		標題: 線形計画問題(簡単な例)											
6		最適値: 1,110千円											
7			利益係数	稼働水準	潜在費用	安定域							
8			・制約量	・残量	・潜在価格	下限	上限						
9	p 1	作物A } プロセス	120千円	70a	0	90千円	270千円						
10	p 2	作物B } プロセス	90千円	30a	0	40千円	120千円						
11													
12	c 1	土地(10㍏)	100a	0	75千円	80a	120a						
13	c 2	5月労働(時間)	360時間	0	1千円	210時間	450時間						
14	c 3	9月労働(時間)	360時間	100時間	0	260時間	∞						
15													
16													
17		9月労働が100時間余っている											
18			土地1単位(10a)増えると、利益が75千円増える(潜在価格)										
19				5月労働があと1時間増えると、利益が1千円増える									
20													
21													
22													

図6 ワークシート「計算結果シートの見方」

4. 単体表の記述形式

メニュー[XLP]-[見本の表示]-[単体表]で表示されるワークシート「見本」に単体表の記述形式について解説されています。記述に際して、注意すべき点は、次のとおりです。

(1) 全ての計算の種類に共通の事項

① プロセスと制約式の名前は必ず記入しなければいけません。プロセスまたは制約式の名前の欄に空白があると、そこで単体表が終わっていると見なされます。

② 単体表では、制約式は左辺に定数項を移項し、右辺にその他の項を移項した形式(定左形)を想定していますが、右辺と左辺の関係(等・不等号)を表す符号は、通常の不平等号(\geq 、 \geq 、 $>$)は省略することができます。逆向きの不平等号は、 \leq 、 \leq または $<$ で、等号は $=$ で記述します。いずれも、全角でも半角でも構いません。

(2) パラメトリック計算の場合

利益係数あるいは制約量(定数項)が連続的に変化する場合、変化する値の始発値と終着値の指定は、利益係数あるいは制約量を記述するセルに始発値と終着値を1つ以上の空白で区切って記述します。

(3) 目標計画モデルの場合(プライオリティの指定)

付順方式の目標計画モデルを記述する場合、目標式(制約式)の最適化の順位(プライオリティ)の指定は目標名の先頭にプライオリティを示す数字を記述します。

(4) 整数計画モデルの場合(整数変数の指定)

プロセスが整数値になるように指定したい場合、そのプロセス名の先頭にアスタリスク「*」を付けます。

(5) 単体表の記述様式の柔軟性

任意の列で折り返して単体表を記述できます。

Excelの列数の制約を受けないようにしました。プロセス数が252個を超える計画モデルを記述できます。また、適当な列(例えば連携モデルの記述で1つの個別経営のモデルが記述し終わった列)で単体表を折り返すことにより、画面の横移動の操作が減少して見やすい単体表を記述し易くなりました。

この記述形式については、XLP配布用の圧縮ファイルを実行すると復元されるフォルダ"sample"に保存されているファイル"新形式の見本.xls"で説明されています。

5. 数式モデルの記述形式

メニュー「XLP」-[見本の表示]-[数式モデル]で表示されるワークシート「見本(数式モデル)」に数式モデルの記述形式について解説されている。計画モデルの記述形式は、最初は単体表だけでしたが、次の理由で、線形計画モデルの本来の記述形式である数式モデルによって、計画モデルが記述できるシートを追加しました。つまり、この形式は線形計画法の入門者が理解及び記述しやすいこと、数式モデルから変換された単体表を見ることにより単体表の記述形式の理解につながることで、計画モデルの記述に必要な、横幅のスペースが少なく済む記述形式であることが理由です。なお、他のアプリケーションでXLPを計算エンジンとして利用する場合、単体表の形式よりも利用しやすいことが事後に明らかになっています。記述に際しての注意点は次のとおりで

す。

- ① 目的関数は、セル[D4]に記述します。
- ② 制約式は、セル[D5]以下のセルに記述します。空白のセルがあると、制約式の記述が終了したとみなされます。
- ③ 制約式に記述されている変数 x の添字の最大値が、プロセスの数とされます。プロセス名はセル[B5]以下のセルに記述し、制約名はセル[C5]以下のセルに記述します。この記述がない場合は、“pname”あるいは“cname”の後に通し番号が付加された文字列がプロセス名あるいは制約名として与えられます。

参考文献

- (1) 営農計画のための線形計画法プログラム XLP、農業情報研究、Vol. 15 No. 3、2006、
https://www.jstage.jst.go.jp/article/air/15/3/15_3_319/_pdf/-char/ja
- (2) 農業研究センター『線形計画法による農業経営の設計と分析マニュアル』農林統計協会、1999
- (3) 今村幸生『農業経営設計の理論と応用－線型計画法を中心として－』養賢堂、1969