

or-11. 線形計画法を Excel で解く

(オペレーションズリサーチ)

URL: <https://www.kkaneko.jp/cc/or/index.html>

金子邦彦



アウトライン

- Excel の**線形計画法**の機能

複数の「量」を決めたいとき、ある規則のもとで、**最適**な量を決める一手法

Office 365 の種類



- **Office 365 のオンライン版**

WEBブラウザで使う。

<https://portal.office.com>

各自の **ID** と**パスワード**でサインインが必要。

- **Office 365 のアプリ版**

前もってインストールが必要。

インストールでは、大量の通信が行われる。

(時間がかかる。通信費用にも注意)

この授業では、**Office 365 のアプリ版**で説明する

(オンライン版は使わないでください)

11-1. Excel のソルバー

Excel のソルバー



- 線形計画法の機能を持つ
- 「変数が整数である」という制約を扱う機能も持つ

Excel のアプリ版での前準備



- ① Excel で, ファイル, オプション, アドインと操作
- ② Excel アドインで, 「ソルバーアドイン」を選び「設定」

Excel のオプション

Microsoft Office のアドインの表示と管理を行います。

アドイン

名前 ^	場所	種類
アクティブなアプリケーション アドイン		
分析ツール	C:\...ice¥root¥Office16¥Library¥Analysis¥ANALYS32.XLL	Excel アドイン
アクティブでないアプリケーション アドイン		
Euro Currency Tools	C:\...oft Office¥root¥Office16¥Library¥EUROTOOL.XLAM	Excel アドイン
Inquire	C:\...86)¥Microsoft Office¥Office16¥DCF¥NativeShim.dll	COM アドイン
Microsoft Actions Pane 3		XML 拡張パック
Microsoft Power Map for Excel	C:\...Power Map Excel Add-in¥EXCELPLUGINSHELL.DLL	COM アドイン
Microsoft Power Pivot for Excel	C:\...Pivot Excel Add-in¥PowerPivotExcelClientAddIn.dll	COM アドイン
Microsoft Power View for Excel	C:\...r View Excel Add-in¥AdHocReportingExcelClient.dll	COM アドイン
ソルバー アドイン	C:\...ice¥root¥Office16¥Library¥SOLVER¥SOLVER.XLAM	Excel アドイン
口付 (XML)	C:\...on Files¥Microsoft Shared¥Smart Tag¥MOFL.DLL	操作
分析ツール - VBA	C:\...¥root¥Office16¥Library¥Analysis¥ATPVBAEN.XLAM	Excel アドイン

ドキュメント関連アドイン
ドキュメント関連アドインはありません

無効なアプリケーション アドイン
無効なアプリケーション アドインはありません

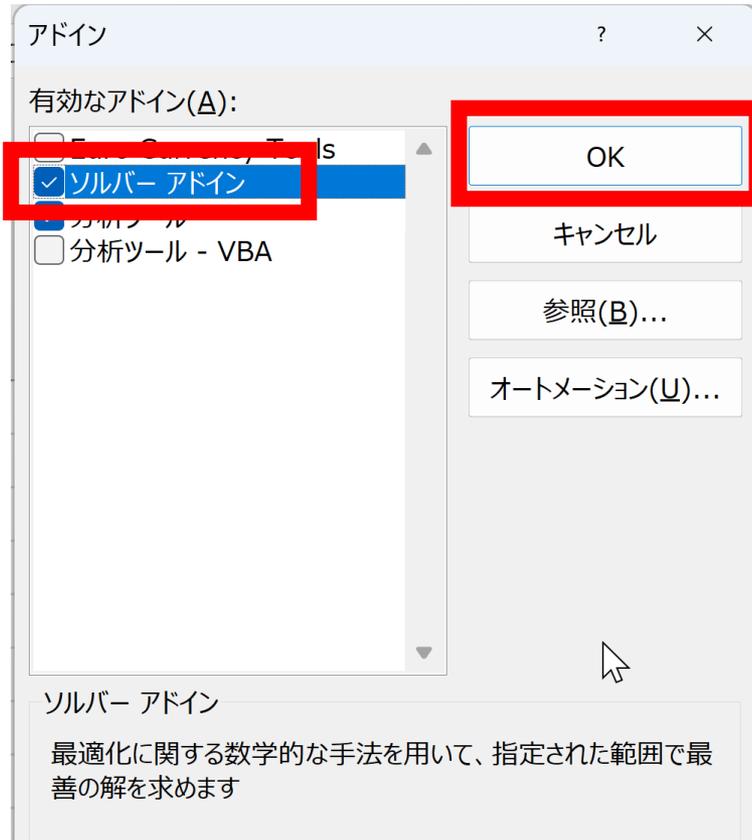
アドイン: ソルバー アドイン
発行者:
互換性: 互換性に関する情報はありません
場所: C:\Program Files¥Microsoft Office¥root¥Office16¥Library¥SOLVER¥SOLVER.XLAM

説明: 最適化に関する数学的な手法を用いて、指定された範囲で最善の解を求めます

管理(A): Excel アドイン 設定(G)...

OK キャンセル

③ 「ソルバーアドイン」 をチェックし 「OK」

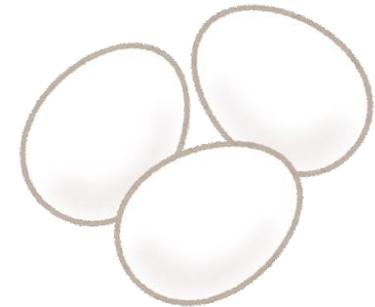


11-2. 線形計画法を Excel のソ ルバーで解く

たまご = $2x + y$



たまごが **10** しかありません (制約)



変数 x, y について

$$2x + y \leq 10$$

牛乳 = $100x + 200y$



牛乳が **1000** しかありません (制約)



変数 x, y について

$$100x + 200y \leq 1000$$

線形計画法の例



・ 資源 たまご、牛乳

・ 生産物 プリン(x)、ケーキ(y)

・ 資源と生産物の関係

$$\text{たまご} = 2x + y$$

$$\text{牛乳} = 100x + 200y$$

一次式

・ 資源に関する制約

$$\text{たまご} \text{ 最大 } 10 \quad 2x + y \leq 10$$

$$\text{牛乳} \text{ 最大 } 1000 \quad 100x + 200y \leq 1000$$

一次式

・ 目的 $150x + 200y$ をなるべく多くすること

一次式

$x = 2, y = 4$ のとき, 収益 1100

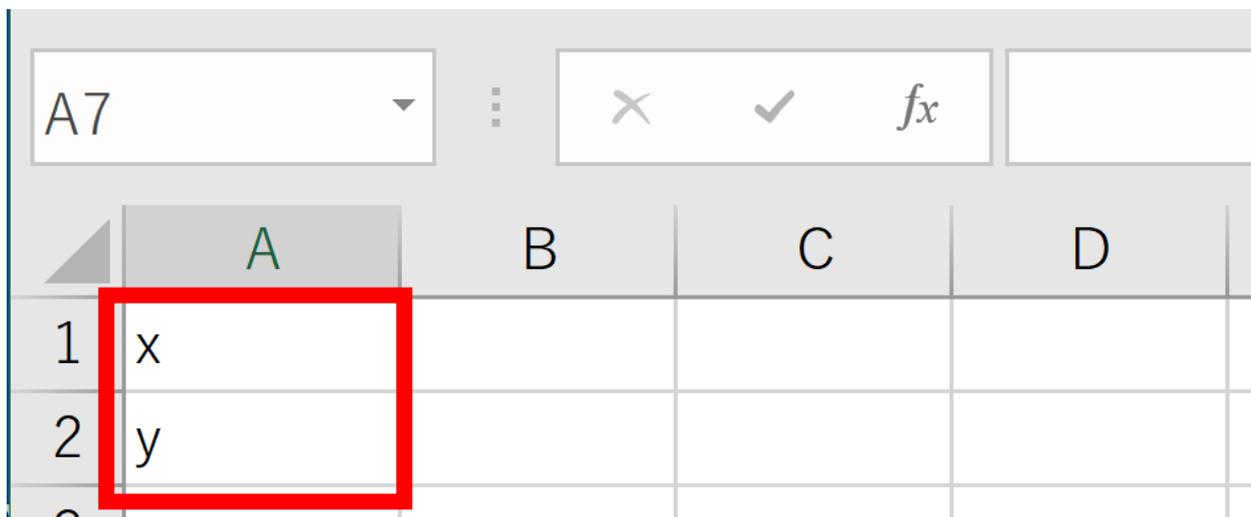
演習

① **変数の個数は 2個 (2変数)** なので

→ 2行使う.

分かりやすくするために

A1 と A2 に, 変数名 x, y を書く



	A	B	C	D
1	x			
2	y			

② セル C1, C2, D1, D2, E1, E2 に値を書く

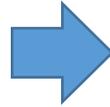
制約式

$$2x + y \leq 10$$

$$100x + 200y \leq 1000$$

目的

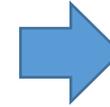
$150x + 200y$ の最大化



$$2x + 1y$$

$$100x + 200y$$

$$150x + 200y$$



x y

2	1
100	200
150	200

1 を補う

縦横入れ替え



	A	B	C	D	E
1	x		2	100	150
2	y		1	200	200

③ セル **C3** に次の式を書く
変数の個数は 2個 (2変数) である

=SUMPRODUCT(C1:C2, \$B1:\$B2)

	A	B	C	D	E	F	G
1	x		2	100	150		
2	y		1	200	200		
3			0				

$2x + 1y$

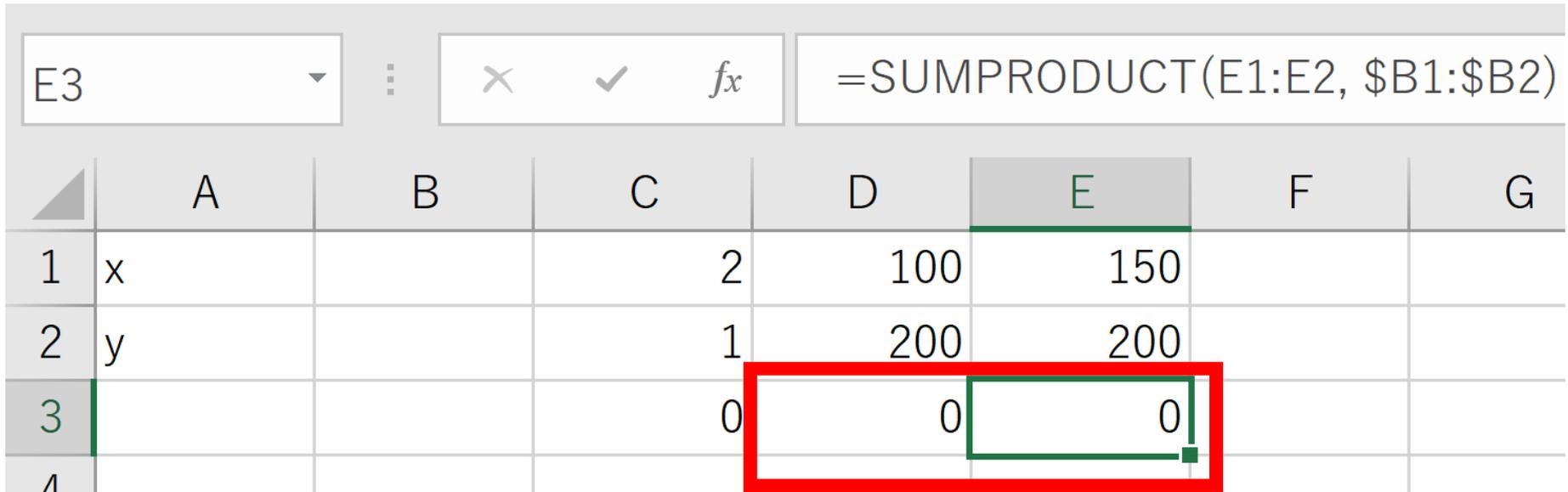
になる予定

④ セル **C3** の式を, **D3, E3** に「コピー&貼り付け」する。 右クリックメニューが便利

その結果, 次のようになる

セル **D3**: =SUMPRODUCT(**D1:D2**, \$B1:\$B2)

セル **E3**: =SUMPRODUCT(**E1:E2**, \$B1:\$B2)



	A	B	C	D	E	F	G
1	x		2	100	150		
2	y		1	200	200		
3			0	0	0		
4							

100 x + 200 y

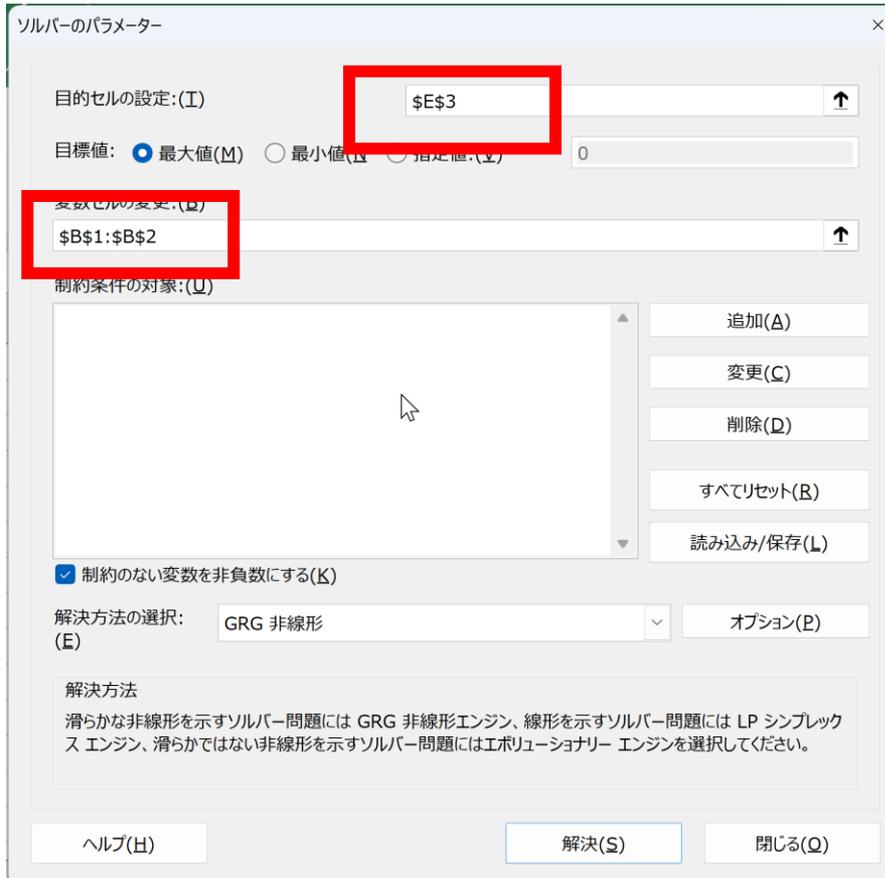
になる予定

150 x + 200 y

になる予定

⑤ Excel で線形計画法の設定を開始

- セル B1 から B2 を範囲選択してから、
- 「データ」 → 「ソルバー」 と操作
- まず、次のように設定。



ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I)

目標値: 最大値(M) 最小値(M) 指定値:(V)

変数セルの変更:(J)

制約条件の対象:(L)

制約のない変数を非負数にする(K)

解決方法の選択:(E) オプション(P)

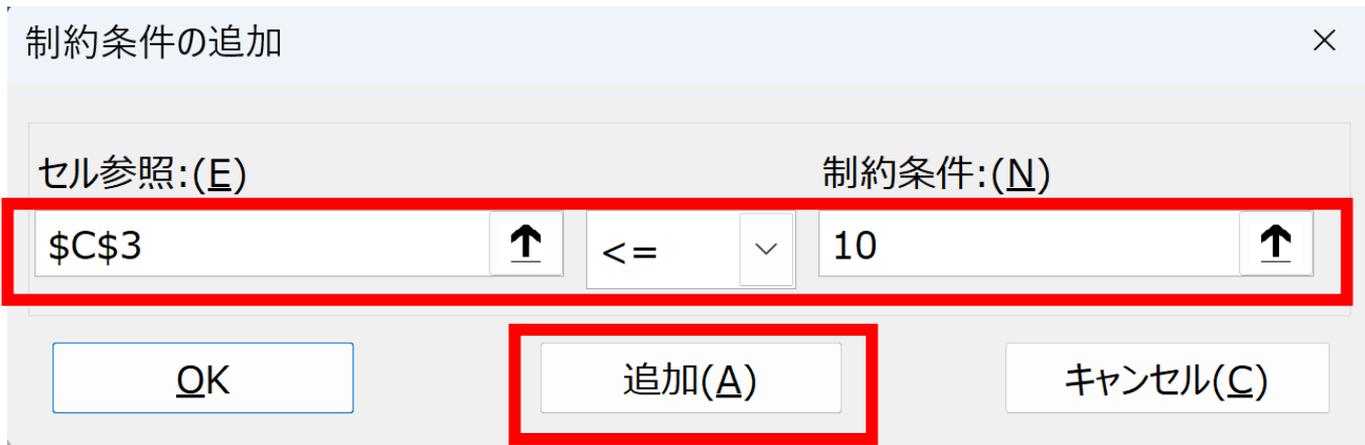
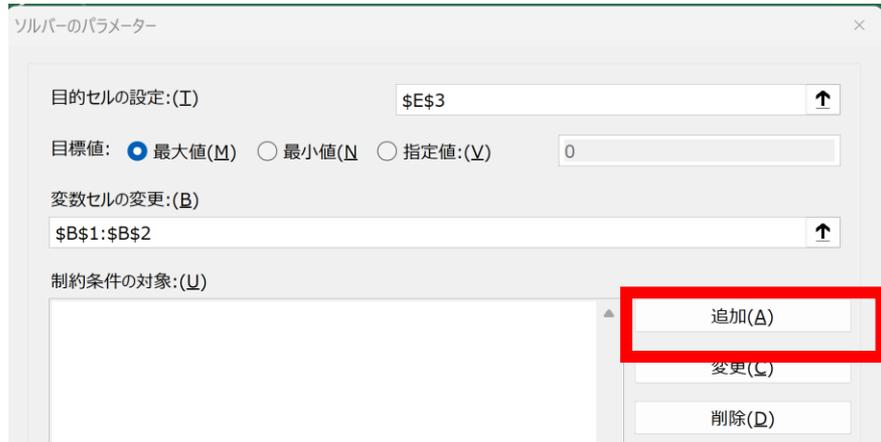
解決方法
滑らかな非線形を示すソルバー問題には GRG 非線形エンジン、線形を示すソルバー問題には LP シンプレックス エンジン、滑らかではない非線形を示すソルバー問題にはエボリュショナリー エンジンを選択してください。

ヘルプ(H) 解決(S) 閉じる(Q)

\$E\$3

\$B\$1:\$B\$2

⑥ 「追加」をクリック。 $2x + y \leq 10$ についての制約条件を追加。「追加」をクリック。



$$\text{\$C\$3} \leq 10$$

「追加」をクリック

制約式

$$2x + y \leq 10$$

⑦ $100x + 200y \leq 1000$ についての
制約条件を追加。「追加」をクリック。

制約条件の追加

セル参照:(E)		制約条件:(N)
\$D\$3	↑ <= ↓	1000 ↑

OK **追加(A)** キャンセル(C)

$\$D\$3 \leq 1000$

「追加」をクリック

制約式

$$100x + 200y \leq 1000$$

⑧ x, y は整数であるという

制約条件を追加. 「追加」をクリック.



制約条件の追加

セル参照:(E) 制約条件:(N)

\$B\$1:\$B\$2 ↑ int ↓ 整数 ↑

OK 追加(A) キャンセル(C)

$\$B\$1:\$B\2
int

「追加」をクリック

⑨ 制約条件の追加を終わる。「キャンセル」をクリック。



制約条件の追加 ×

セル参照:(E) 制約条件:(N)

↑ <= ↓ ↑

OK 追加(A) **キャンセル(C)**

「キャンセル」をクリック

⑩ 「解決」をクリック。

ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I) ↑

目標値: 最大値(M) 最小値(N) 指定値:(V)

変数セルの変更:(B) ↑

制約条件の対象:(U)

追加(A)
変更(C)
削除(D)
すべてリセット(R)
読み込み/保存(L)

制約のない変数を非負数にする(K)

解決方法の選択:
(E) ↓

解決方法
滑らかな非線形を示すソルバー問題には GRG 非線形エンジン、線形を示すソルバー問題には LP シンプレックス エンジン、滑らかではない非線形を示すソルバー問題にはエボリューションナリー エンジンを選択してください。

ヘルプ(H) 閉じる(Q)

⑪ 結果を確認

プリン(x) 2

ケーキ(y) 4

たまご 8

牛乳 1000

収益 1100

	A	B	C	D	E
1	x	2	2	100	150
2	y	4	1	200	200
3			8	1000	1100

つぎで使用するので Excel を閉じないこと

11-3. 変数の数はそのまま、 制約や収益の式を変えてみる

線形計画法の例

- 資源 資源①, 資源②
- 生産物 a , b (a , b はともに整数)

- 資源と生産物の関係

$$\text{資源①} = 3a + b$$

$$\text{資源②} = a + 2b$$

一次式

- 資源に関する制約

$$\text{資源①} \text{ 最大 } 10 \quad 3a + b \leq 10$$

$$\text{資源②} \text{ 最大 } 4 \quad a + 2b \leq 4$$

一次式

- 目的 $x + y$ をなるべく多くすること

一次式

① セル C1, C2, D1, D2, E1, E2 に値を書く

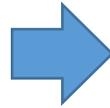
制約式

$$3a + b \leq 10$$

$$a + 2b \leq 4$$

目的

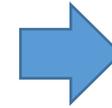
$a + b$ の最大化



$$3a + 1b$$

$$1a + 2b$$

$$1a + 1b$$



a b

3	1
1	2
1	1

1を補う

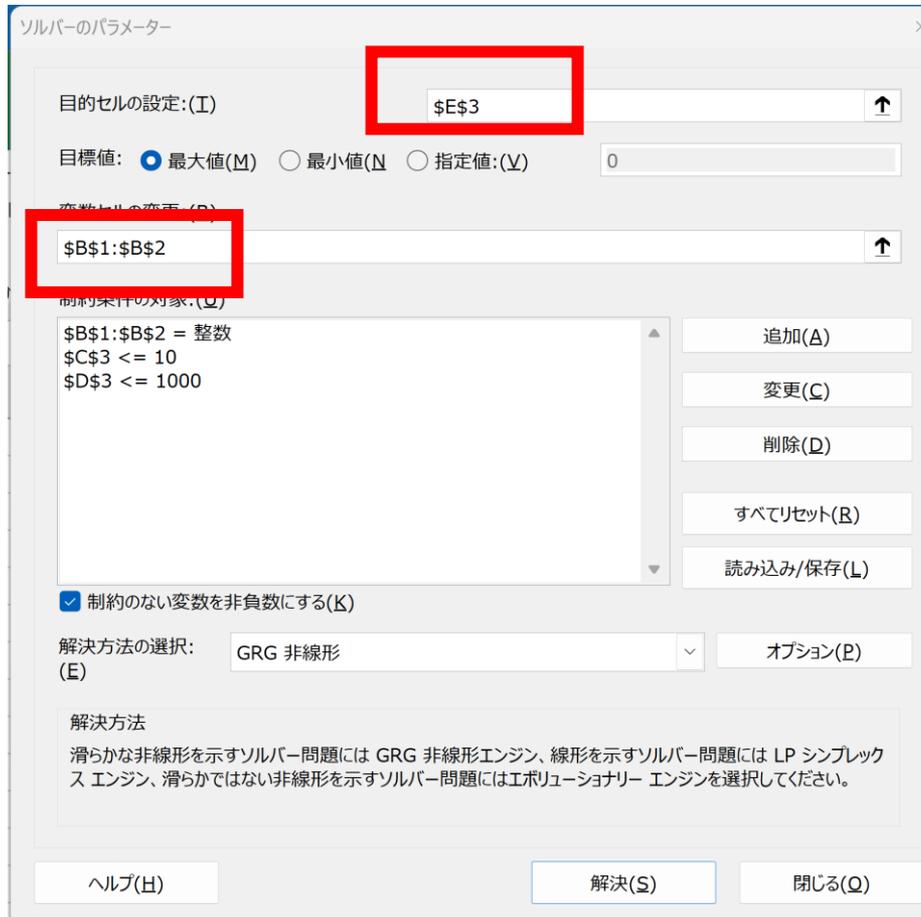
縦横入れ替え



	A	B	C	D	E
1	a	2	3	1	1
2	b	4	1	2	1
3			10	10	6

② Excel で線形計画法の設定を開始

- セル **B1** から **B2** を範囲選択してから、
- 「データ」 → 「ソルバー」と操作
- 次のように表示されるので確認



ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I)

目標値: 最大値(M) 最小値(N) 指定値:(V)

変数セルの範囲:(B)

制約条件の対象:(C)

\$B\$1:\$B\$2 = 整数
\$C\$3 <= 10
\$D\$3 <= 1000

制約のない変数を非負数にする(K)

解決方法の選択:(E) オプション(O)

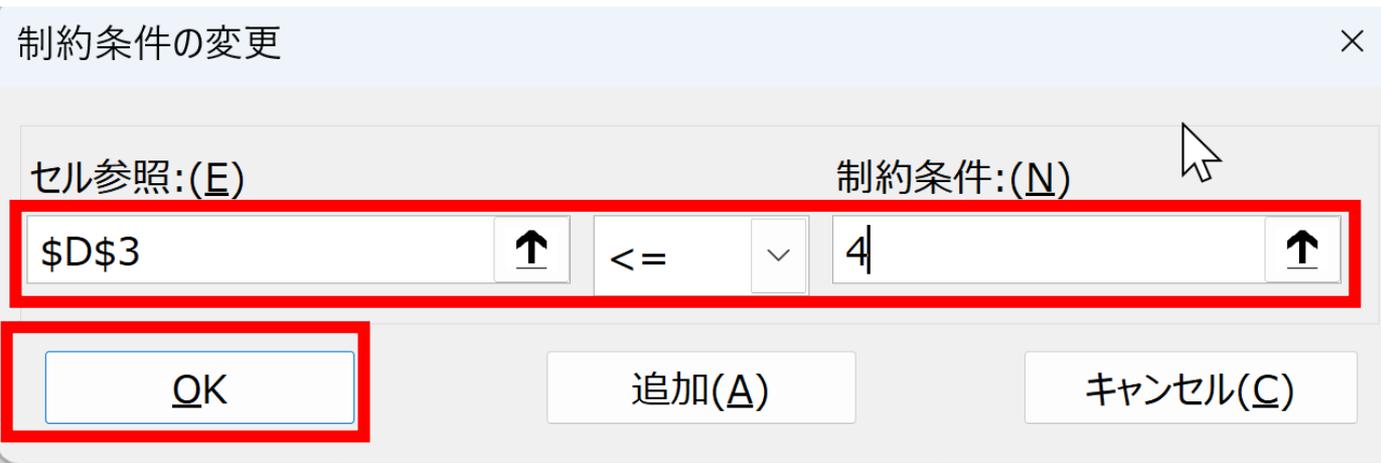
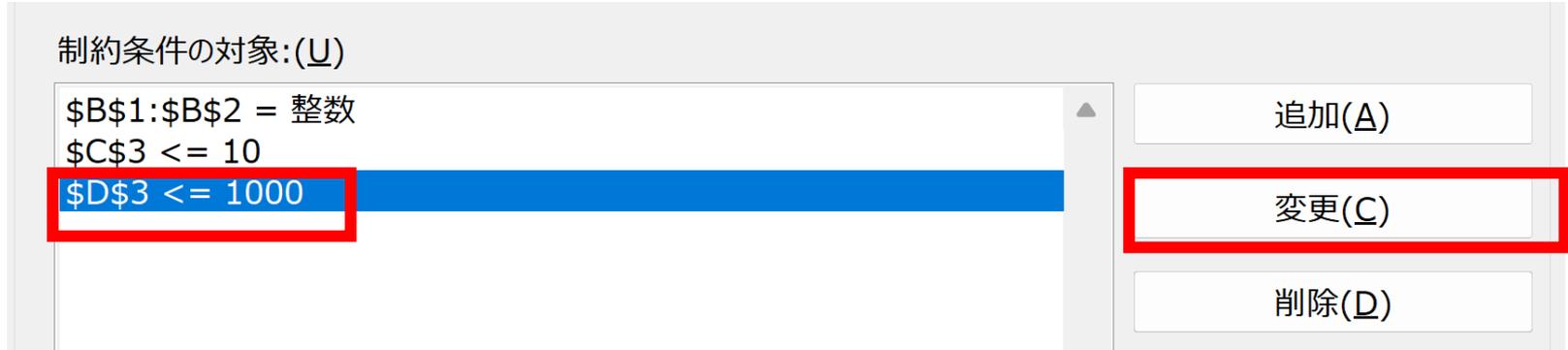
解決方法
滑らかな非線形を示すソルバー問題には GRG 非線形エンジン、線形を示すソルバー問題には LP シンプルックス エンジン、滑らかではない非線形を示すソルバー問題にはエボリュージョナリー エンジンを選択してください。

ヘルプ(H)

\$E\$3

\$B\$1:\$B\$2

③ 制約条件のうち、 $a + 2b \leq 4$ についての制約条件を設定。「 $\$D\$3 \leq 1000$ 」をクリック。「**変更**」をクリック。



$\$D\$3 \leq 4$

制約式

$$a + 2b \leq 4$$

「OK」をクリック

④ 「解決」をクリック。

ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I) ↑

目標値: 最大値(M) 最小値(N) 指定値:(V)

変数セルの変更:(B) ↑

制約条件の対象:(U)

追加(A)
変更(C)
削除(D)
すべてリセット(R)
読み込み/保存(L)

制約のない変数を非負数にする(K)

解決方法の選択:(E) ↓

解決方法
滑らかな非線形を示すソルバー問題には GRG 非線形エンジン、線形を示すソルバー問題には LP シンプレックス エンジン、滑らかではない非線形を示すソルバー問題にはエボリューションナリー エンジンを選択してください。

ヘルプ(H) 閉じる(O)

⑤ 結果を確認

a 2
b 1
原料① 7
原料② 4
a + b 3

a = 3, b = 0 も正解であるが、
この場合、正解が一度にすべて
得られるというわけではない
→ もう一度「解決」をクリック
すると、別の正解が得られる

	A	B	C	D	E
1	a	2	3	1	1
2	b	1	1	2	1
3			7	4	3
4					

確認したら、Excel は閉じる

11-4. 3変数の場合

線形計画法の例題

- 変数 X と Y と Z (3変数, すべて整数)

- 制約式

$$2X + 3Y + 4Z \leq 10$$

$$3X + 4Y + 2Z \leq 7$$

$$5X + 2Y + 2Z \leq 6$$

- これら制約のもとで

$X + Y + Z$ の最大値

はいくらか ?

①次のように書く

制約式

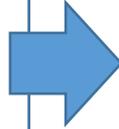
$$2X + 3Y + 4Z \leq 10$$

$$3X + 4Y + 2Z \leq 7$$

$$5X + 2Y + 2Z \leq 6$$

これら制約のもとで

$X + Y + Z$ を最大に



2	3	4
3	4	2
5	2	2
1	1	1

縦横入れ替え



	A	B	C	D	E	F
1	X		2	3	5	1
2	Y		3	4	2	1
3	Z		4	2	2	1
4						

② セル C4 に次の式を書く

=SUMPRODUCT(C1:C3, \$B1:\$B3)

セル C4 の式を, D4, E4, F4 にコピー

	A	B	C	D	E	F
1	X		2	3	5	1
2	Y		3	4	2	1
3	Z		4	2	2	1
4			0	0	0	0
5						

③ セル B1 から B3 を範囲選択してから、

- 「データ」 → 「ソルバー」 と操作し次のように設定. 「解決」をクリック

ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I) ↑

目標値: 最大値(M) 最小値(N) 指定値:(V)

変数セルの変更:(B) ↑

制約条件の対象:(U)

追加(A)
変更(C)
削除(D)
すべてリセット(R)
読み込み/保存(L)

制約のない変数を非負数にする(K)

⑤ 結果を確認

X 0

Y 1

Z 1

X + Y + Z 2 最大値

	A	B	C	D	E
1	a	2	3	1	1
2	b	1	1	2	1
3			7	4	3
4					

確認したら、Excel は閉じる

11-5. 演習

線形計画法の例



- ・ 資源 ひき肉, 玉ねぎ, ケチャップ
- ・ 生産物 **ハンバーグ (X)、オムレツ (Y)**
(X, Y はともに整数)

- ・ 資源と生産物の関係

$$\text{ひき肉} = 60 X + 40 Y$$

$$\text{玉ねぎ} = 20 X + 30 Y$$

$$\text{ケチャップ} = 20 X + 10 Y$$

一次式

- ・ 資源に関する制約

$$\text{ひき肉 最大 } 3800 \quad 60 X + 40 Y \leq 3800$$

$$\text{玉ねぎ 最大 } 2100 \quad 20 X + 30 Y \leq 2100$$

$$\text{ケチャップ 最大 } 1200 \quad 20 X + 10 Y \leq 1200$$

一次式

- ・ 目的 **$400 x + 300 y$** をなるべく多くすること

一次式

ヒント

400X + 300Y の最大値は 27000

C3			\times	\checkmark	f_x	=SUMPRODUCT(C1:C2, \$B1:\$B2)	
	A	B	C	D	E	F	G
1	X	30	60	20	20	400	
2	Y	50	40	30	10	300	
3			3800	2100	1100	27000	

目的セルの設定:(I)

\$F\$3



目標値: 最大値(M) 最小値(N) 指定値:(V)

0

変数セルの変更:(B)

\$B\$1:\$B\$2



制約条件の対象:(U)

\$B\$1:\$B\$2 = 整数
\$C\$3 <= 3800
\$D\$3 <= 2100
\$E\$3 <= 1200

追加(A)

変更(C)

線形計画法の例

・ 資源 **ねじ, 板**

・ 生産物 **机 (X)、椅子 (Y)**
(X, Y はともに整数)

・ 資源と生産物の関係

$$\text{ねじ} = 6X + Y$$

$$\text{板} = 3X + 2Y$$

一次式

・ 資源に関する制約

$$\text{ねじ} \quad \text{最大 } 36$$

$$60X + 40Y \leq 36$$

$$\text{板} \quad \text{最大 } 12$$

$$20X + 30Y \leq 12$$

一次式

・ 目的 **$4x + 3y$** をなるべく多くすること

一次式

ヒント

4X + 3Y の最大値は 18

	A	B	C	D	E
1	X	0	6	3	4
2	Y	6	1	2	3
3			6	12	18

目的セルの設定:(I)

目標値: 最大値(M) 最小値(N) 指定値:(V)

変数セルの変更:(B)

制約条件の対象:(U)