# 連立方程式の解法

連立方程式をエクセルを用いて解く方法は以下の2種類が考えられます。

1) エクセルの行列関数を用いる。

2) **VBA** でヤコビ法やガウスザイデル法を用いる。 ここでは両方について説明します。

#### 1) エクセルの行列関数を用いる方法

エクセルは表計算ですから行と列に並んだ数値を扱うのは得意です。連立 方程式は次のように行列を用いて表すことができます。

$$a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z = b_{1}$$

$$a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z = b_{2}$$

$$a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z = b_{3}$$

$$(a_{11} \quad a_{12} \quad a_{13})$$

$$(a_{21} \quad a_{22} \quad a_{23})$$

$$(x) = \begin{pmatrix} b_{1} \\ b_{2} \\ b_{3} \end{pmatrix}$$

連立方程式が行列形式で表されることを考慮して解法を考えてみます。直接 連立方程式を解く前に行列の計算をどの様にエクセルで取り扱うか考えてみ ます。

## a)行列の加算

行列の加算は行列の各成分同士を足しあわせることにより計算できます。

XI 🔒	5-0	∽ <u>(</u>			連立方程式.x	ds [互換モード	] - Excel			?	<b>A</b> -	□ ×
ファイル	ホーム	挿入 ペ	ージ レイアウト	数式	データ 校開	表示	開発				サイ	>1> 🔍
<b>P</b>	ЖМЯ	Pゴシック	- 11	• A A		標準	• <b>F</b>	条件付き書式・		鄙挿入▼	$\sum_{\mathbf{r}} \cdot \mathbf{A}_{\mathbf{Z}} \cdot \mathbf{r}$	
貼り付け	B B	I <u>U</u> -	- 💩 - 🗛	- <sup>7</sup>		∃ ▼   <del>"</del> ∰ ▼ ! 00	% ' 🕎	テーブルとして書: セルのフタイルマ	式設定▼	ÈÈÌÌÈ ▾ ÈÌÌ ⊉ਤਾ ▾	↓ · # * *	
クリップボー	- F G	7	オント	G.	配置	い 教値	[ G	スタイル		セル	編集	~
I2	-	× ✓	f <sub>x</sub> =	v2+E2								^
				_		_	_		_			
	A	B	C	D	E	F	G	H	<u> </u>	J	K	Ē
1	行列(	のたし	算									
2	$\int 1$	2	3		(9	8	7		(1)	0 1	0 1	0)
3	4	5	6	+	6	5	4	=	1(	0 1	0 1	0
1	7	8	9		3	2	1		1	) 10	0 1	<u> </u>
-	<u> </u>	0	3			2	'_					
	⊧ S	heet1 連	立一次方程式	Sheet3	3 🕂		: •	(				Þ
準備完了	1							Ħ			++	200%

加える2つの行列をA2:C4とE2:G4に入力します。加えた結果をI2:K4に代入するとします。I2に=A2+E2と入力し、このセルを残りのセルにコピー&ペーストすると残りの成分も自動的に計算されます。

# b)減算

行列の減算も加算と同様に行うことができます。

減算を行う2つの行列をA12:C14とE12:G14に入力します。結果をI12:K14 に代入するとします。I12に=A12-E12と入力し、このセルを残りのセルにコピー & ペーストすると残りの成分も自動的に計算されます。

🚺 🖬 🕤 👌 🖉	連立方程式.xls	[互換モード] - Excel		? 🛧	- 🗆 ×
<b>アテイル</b> ホーム 挿入 ページレイアウト	数式 データ 校閲	表示 開発			サインイン 🔍
B I <u>U</u> + <u>A</u> → A		<ul> <li>標準 ▼</li> <li>デ % %</li> <li>デ %</li> <li>デ %</li> </ul>	■条件付き書式 - テーブルとして書式設定 - セルのスタイル -	翻 挿入 ▼ <b>∑</b> ▼ 2	
クリップボード 5 フォント	5 配置	5 数値 5	スタイル	セル 編集	
I12 ▼ : × ✓ f <sub>x</sub> =4	112-E12				^
A B C	DE	F G	ΗI	J	K
11  行列の減算					
12 1 2 3	9	8 7		8 -6	-4
13 4 5 6	- 6	5 4	l =   -	2 0	2
14 7 8 9		2 1		4 6	8)
▲ ► Sheet1 連立一次方程式	Sheet3 (+)	: [	•		•
コピー先を選択し、Enter キーを押すか、貼り付けを選択	します。			+	+ 200%

# c)乗算

行列の乗算を加算や減算と同じように各セルに数式を入力することで計算することも可能です。しかし、エクセルには行列を扱う関数として MMULT が用意されていますのでこれを利用してみましょう。

まず、乗算を行う2つの行列をA24:C26とE24:G26に用意します。そして、乗

算の答えを入力 する部分をドラッ グして選択しま す。 選択した状態で 関数貼り付けの アイコン(fx)を押

すか、メニューの

🗱 🖯 🕹 🖒 🖓 =	連立方程式.xls [互換モード] - Excel ? 困 🗕 🗆 🗙
ファイル ホーム 挿入 ページレイアウト 数式	データ 校閲 表示 開発 サインイン
MS         PJ>>//         11         A*         A*           №0/10/         ✓         B         I         U         ·         I         •         A*         ×	<ul> <li>マーン</li> <li>三三三回</li> <li>マーン</li> <li>(福祉・)</li> <li>昭余件付き書式・</li> <li>四</li> <li>部 挿入・</li> <li>(五・位)</li> <li>(二・位)</li> <li>(二・(二・(二・位)</li> <li>(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(二・(</li></ul>
クリップボード ら フォント ら	G 配置 G 数値 G スタイル セル 編集 ヘ
	ここをクリックする。 ^
A B C D	E F G H I J K
23 行列のかけ算	
<b>24</b> $(-2 \ 1 \ 4)$	$(1 \ 2 \ -3)$
25 0 3 -2 ×	× -3 0 2 =
26 2 -1 1	0 -1 5
▲ Sheet1 通立一次方程式 Shee	
進備完了 調	

挿入→関数 を選択します。 すると関数の 貼り付けのウィ ンドウが現れ ます。

このウィンドウ の数学/三 角(関数の分 類)、 MMULT(関 数名)を選択して ください。す ると乗算に用 いる2つの行 列を指定する ウィンドウが現れます。

関数の挿入 ? ×	
関数の検索( <u>S</u> ): 何がしたいかを簡単に入力して、[検索開始]をクリックしてください。 検索開始(G)	7
関数の分類( <u>C</u> ): 数学/三角 ✓	
関数名(N):	
LOG10 MDETERM MINVERSE	•
MMULT	
MOD MROUND MULTINOMIAL	
MMULT(配列1,配列2) 2 つの配列の積を返します。計算結果は、行数が配列 1 と同じで、列数が配列 2 と「 じ配列になります。	ī
<u>この関数のヘルプ</u> OK キャンセル	



つの方法があります。1つは直接行列の範囲を入力する方法です。行列の左上のセルと右下のセルを使って指定します。例えば、今回の場合ではA24:C26と E24:G26という2つの行列を用意しています。このウィンドウの配列 1と配列2のところに直接 A24:C26と E24:G26と入力します。行列の計算は 必ずしもA×B≠B×A なので注意しましょう。

入力のもう一つの方法はマウスを使って行列を指定する方法です。まず、配

🗱 🗄 S- C- 🖻 =	連立方程式.xls [互換モード] - Excel		? 🗈 – 🗆 🗙
ファイル ホーム 挿入 ページレイアウト 数式	データ 校閲 表示 開発	长古る佐マにい	サインイン 🔍
- 11 · A ·		指定の終」には	<b>Σ</b> • <sup>A</sup> Z • •
	≡≡≡⊡ - \$~% ' \$\$_7-	を力目 い力	<b>↓</b> - <b>M</b> -
	生産 🦻 - 🔝 🕮 🐷 セル	C C 2 7 7 7 7 7	
クリップボード い フォント い	配置 「」数値 「」	オス	編集へ
I24 ▼ : × ✓ ≸ =MMULT(A	24:C26)		^
		<b>`</b>	
A B (	関数の引数		
23 行列のかけ質 А24:С26			
24 (-2 1 4)	(1 2 -3	) (326)	
25 0 3 -2 ×	-3 0 2	=	
▲ Sheet1 通过一次方程式 Sheet	3 (4) : (4)		
			+ 200%

列1の入力ウィンドウの一番右端のアイコン動をクリックしてください。 画面が元の表に戻りますから1番目の行列の範囲をマウスでドラッグしてください い(上の図の点線で囲まれた部分)。指定し終えたら動をクリックしてください。 元の画面に戻ります。

	関数の引数	?	×				
MMULT							
配列1	A24:C26 = {-2,1,4;0,3,-2;2,-1,1}						
配列2	1 百己列						
2 つの配列の結を返します。計	= 管結用け、行物が配列 1 と同じで、別物が配列 2 と同じ配列にかります。						
2 20月12月10月12日本9。11	昇柏来は、打致が能列IC回して、列数が能列IC回し能列によります。						
配列1 には行列積を求める最初の配列を指定します。配列1の列数は、配列2の 数と等しくなければなりません。							
数式の結果 =							
<u>この関数のヘルプ(H)</u>	ОК	キャン	til				

これで一つめの行列(配列1)の入力が終了しました。2つめの行列(配列2) も同様に指定します。

	関数の引数	? 🗙						
MMULT								
配列1	A24:C26 🛛 = {-2,1,4;	0,3,-2;2,-1,1}						
配列2	E24:G26 = {1,2,-3;	-3,0,2;0,-1,5}						
= {-5,-8,28;-9,2,-4;5,3,-3} 2 つの配列の積を返します。計算結果は、行数が配列 1 と同じで、列数が配列 2 と同じ配列になります。 配列2 には行列積を求める最初の配列を指定します。配列 1 の列数は、配列 2 の行								
	数と等しくなければなりません。							
数式の結果 = -5								
<u>この関数のヘルプ(H)</u>		OK キャンセル						

2つの行列の指定が終了したらただ OK を押すのではなく Ctrl キーと Shift キーを両方とも押した状態で OK をクリックします。すると行列の乗算の結果が示されます。



を表示する部分 をドラッグして選 択します。

🗓 🖯 🐬 🖉 - 🔯 =	遠立方程式.xls [互換モード] - Excel ? 回 - □	ı ×
ファイル ホーム 挿入 ページレイアウト 数式	式 データ 校開 表示 開発 サインイ	> 🗖
KD Pゴシック ・11 ・ A*     B I 旦 ・ 日・ ユ・ 4   ゴ	▲         三         画書         標準         読条件付き書式・         語 挿入・         ∑・ 空*・           ▲         三         三         三         「         「         ○         1         ○         2         •         ○         2         •         ○         2         •         ○         ●	
クリップボード に フォント	s 配置 s 数値 s スタイル セル 編集	^
[F51 • i × ✓ &		î
A B C D	DEFGHIJK	•
50 逆行列		
51 ( 1 1 -1	<b>2</b> ) <sup>-1</sup>	
52 0 2 0	-1 _	
53 -1 2 2	-2 -2	
54 0 -1 0		
↔ Sheet1 達立一次方程式 Sh	heet3 🕘 i 📢	Þ
孝備完了 詞	III III+ + 20	0%

🚺 🔒 🐬 👌 🔯	Ŧ	連立方程式.xls [	互換モード] - Exce		? 🛧 –	- <b>-</b> ×
ファイル ホーム 挿入	ページ レイアウト 数式	データ 校閲	表示 開発		ť	オンイン 🔍
MS Pゴシック	• 11 • A		標準 •	ੳ条件付き書式▼	□□ □ ●	-
貼り付け 💞 B I U -	🔜 - 🔷 - 🔺 - 🕻	* ∉ ∉ ⊗∕ •	€.0 .00 .00 →.0	◎ テーノルとして香丸設定。 ■ セルのスタイル。	部前除 * ● * ••••	•
クリップボード 53	フォント	5 配置 5	数値 5	スタイル	セル 編集	~
F51 • : ×	√ f <sub>x</sub>					^
A B	C D	E	F G	H I	J K	
50 逆行列						
51 (1	1 -1	2 -1				
52 0	2 0	-1 _				
53 -1	2 2	-2 –				
54 0 -	-1 0	1			J	
♦ Sheet1	連立一次方程式 Sh	eet3 (+)	-	4		•
準備完了 🔠					□ - <del>+  </del> +	200%

この状態で関数の貼り付けのアイコンをクリックします。乗算と同様に関数の選択画面が現れます。ここで数学/三角(関数の分類)、MINVERSE(関数名)を選択して OK をクリックします。

関数の挿入	? ×
関数の検索( <u>S</u> ):	
何がしたいかを簡単に入力して、[検索開始]をクリックしてください。	検索開始( <u>G</u> )
関数の分類( <u>C</u> ):数学/三角 ✓	
関数名( <u>N</u> ):	
MDETERM MINVERSE	^
MOD	
MROUND MULTINOMIAL	
MUNIT	*
MINVERSE(配列) 配列の逆行列を返します。	
<u>この関数のヘルプ</u> OK	キャンセル

すると次に MINVERSE の条件設定の画面が現れます。逆行列を計算した

い行列を指定して Ctrl キーと Shift キーを押した状態で OK をクリックします。 すると結果として表示されます。

関数の引数	? 🗙
MINVERSE	
配列 A51:D54 = {1,1,-1	,2;0,2,0,-1;-1,2,2,-2;0,-1
= {2,-6,1 配列の逆行列を返します。	,-8;0,1,0,1;1,-3,1,-3;0,1
配列 には行数と列数が等しい数値配列 (正方行 は配列定数のいずれかを指定します。	テ列)を指定します。セル範囲かまた
数式の結果 = 2	
<u>この関数のヘルプ(H)</u>	OK キャンセル
	? 困 — 日 X #心心
	→ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
	試設定▼ 副部 前除 ▼ 💵 ▼ 🏙 ▼
E51 * : × * & {=MINVERSE(A51:D54)}	
A B C D E F G H	I J K
50 逆行列	
<b>51</b> $(1 \ 1 \ -1 \ 2)^{-1}$ $(2 \ -6 \ 1)$	-8
52 0 2 0 -1 0 1 0	) 1
53 -1 2 2 -2 = 1 -3 1	-3
54 0 -1 0 1 0 1 0	
◆ Sheet1 連立一次方程式 Sheet3 ④ : ◀	
淮備完了 罰 平均・-0.625 データの個数・16 会計・-10 Ⅲ	

XI .	•	5 · @	- Q	Ŧ			連立方程	武.xls [	互換モート	<sup>2</sup> ] - Exce	2l				? 🛧	-		×
ファイル		ホーム	挿入	^−	-ジ レイアウト	数式	データ	校閲	表示	開発						サイ	ンイン	0
貼り付け	Ж №	M S B	Pゴシック I <u>U</u> -		• 11 • 👌 • 🛕	· A A · ·		■ 🗗 • ≫⁄••	標準 い •_0 _00 •_0 →.00	* %	■2000 条件( 1000 テーブ 1000 セルの	すき書式、 ルとして書 スタイル、	, 式設定 ▼	翻挿入 ▼ 診削除 ▼	∑ - ↓ - ∢ -	<sup>2</sup> ▼ -		
クリップボー	-17	Fa		77	ト	G.	配置	Fa	数値	i G		スタイル		セル	編	<u>۽</u>		^
F38		•	$\times$	~	f <sub>x</sub>													^
		Α	В		С	D	E		F	G		Н	I	J		Κ		-
36	彳	亍列:	式															
37		2	-	-1	1	3												
38		0		5	3	6		_L										
39		1		1	2	-7		_										
40		-2		1	-1	2												-
4	Þ	S	heet1	連び	江一次方程式	Sheet3	3   (	Ð			: •		1		1		•	
準備完了		1										Ħ		]		-+	200%	

e)行列式の計算

行列式の計算も同じです。 まず、計算すべき行列を入 カします。

行列式の値を入力すべき セルを選択し(行列式の場 合には値はスカラーになる ので1つのセル)、関数の 貼り付けをクリックします。そ して数学/三角(関数の分 類)、MDETERM(関数 名)を選択します。

後は乗算や逆行列と同様に行列をします。そして、この

場合は結果が数 値なのでただ単に OKを押すことにより行列式が計算されます。

関数の挿入	?	×
関数の検索( <u>S</u> ):		
何かしたいかを簡単に入力して、「検索開始」をクリックしてくたさい。	検索開始	台( <u>G</u> )
関数の分類( <u>C</u> ):数学/三角 🛛 🗸		
関数名( <u>N</u> ):		
LN LOG LOG10		^
MDETERM		
MMULT MOD		~
MDETERM(配列) 配列(の行列)式を返します。		
HU/10/17/1-VC/2067.0		
<u>この関数のヘルフ</u> OK	\$t7>	也儿
マ 遠立方理式.xls [互換モード] - Excel パージレイガウト 数ポ データ 約問 東子 問知	? 📧	- • ×
$\gamma 2 \rightarrow 111$ $A^{*} A^{*} = \blacksquare$ $B^{*} = \blacksquare$ $B^{*} = \blacksquare$ $B^{*} = \square$	入 · <b>∑</b> · 2 除 · <b>」</b> · #	T-

貼り付け	- *	В	ΙU	•	- 👌 - 🗛	• <u>7</u> •	€ € ₩	- 0.00 • 0.0 0.0	0	マンパン しょう マンパン しょう マンパン しょう マンパン しょう	タイル・	副 書式 ▼	<ul> <li>• • • • • • • • • • • • • • • • • • •</li></ul>	
クリップボー	-17	ra		フォ	シト	G,	配置	「』 数値	F2	;	スタイル	セル	編集	^
F38		Ŧ	: ×	< 🗸	<i>f</i> <sub>x</sub> {=N	IDET ERM(#	37:D40)}							^
		А		в	С	D	E	F	G		I I	J	К	-
36	行	列	式											
37		2		-1	1	3								
38		0		5	3	6	_	30						
39		1		1	2	-7	-							
40		-2		1	-1	2								
4	ŀ	s	heet1	連立	2一次方程式	Sheet3	+			: •	1		-	
<b>進備室</b> 7		-m										n <u>-</u>		200%

ここまでで行列の取り扱いが可能になりましたのでこれらを用いて連立方程式 を解いてみます。

$\pi - \Delta$	<del>サインイン 🔍</del>											
$MS P I S y f$ $-11 \cdot A \cdot A$ $= = = \otimes - B$ $\mathbb{B} \cdot \mathbb{B} \cdot \mathbb{B}$ $\mathbb{B} \cdot \mathbb{B} \cdot \mathbb{B}$ $\mathbb{B} \cdot \mathbb{B} $												
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·												
クリップボード 5 フォント 5 配置 5 数値 5 スタイル セル 編集	^											
F38         •         •         // fx         =MDETERM(A37:D40)         ^												
C D E F G H I J K L M N	(*											
90												
91												
92 連立方程式												
93 $-3x - y + z + w = 4$												
94 $2x + y - w = -2$												
95 $-5x - y + z + 4w = 5$												
96 $x + y + z + w = -2$												
* 7 Sneet1 建立一次力在式 Sneet3 (中) : 1 進備完了 調 III+	+ 200%											

まず、連立方程式を入力します(これは必ずしも必要ではない)。

この連立方程式を行列形式で書き表します。

XI .	5.0	- <u>d</u>	Ŧ			連立	方程式.xls [	互換モード] - E	Excel				? 🖪	– 🗆 🗙
ファイル	ホーム	挿入	ページ レイア	ウト 数	式 デ	一夕 校閲	表示	開発						サインイン 🔍
貼り付け	Ж ⊪ ✓ В	Pゴシック I <u>U</u> →	•	11 • A	x A <sup>*</sup> ≡ ∡ • ≡	= <b>= %</b>		標準 ♀ % ☆0 →00	<ul> <li>         ・ 記条件         ・         ・         ・</li></ul>	F付き書式 ▼ ブルとして書式設定 > のスタイル ▼	智 挿入	· Σ· · Ψ·	Azv.	
クリップボー	-F 12		フォント		r <u>a</u>	配置		5. 数値	Fa	スタイル	セル	編	集	^
F38	*	×	√ f <sub>x</sub>	=MDET	ERM(A3	7:D40)								^
	С	D	E		F	G	Н	I	J	K	L	Μ	N	(^
92			連ゴ	Z方和	呈式									
93					-3x	- у	+ z	+ w	= 4					
94					2x	; + y		- w	= -2					
95					-5x	- y	+ z	+ 4w	= 5					
96					x	+ y	+ z	+ w	= -2					
97														
98			(-	-3	-1	1	1	)( ×	]	(4)				
99				2	1	0	-1	y y		-2				
100			-	-5	-1	1	4	z	=	5				
101			L	1	1	1	1_	ר <mark>ש</mark>	J	[ <mark>-2</mark> ]				•
4	F ≤ 1	heet1	連立一次方	程式 5	Sheet3	۲			: •					Þ
準備完了	<b>a</b>											-	-	-+ 200%

この行列形式の方程式に対して、要するに両辺から係数行列(この場合は4 ×4行列)の逆行列をかければ解が得られます。

XI 🔒	<del>ن</del> ۍ .	¢ .	Ğ, ∓					連立方程式.>	ds [互換モード]	- Excel					?	<b>x</b> - <b>x</b>	×
ファイル	木-/	4	挿入 ペー	ジ レイアウト	数式 デ	ータ 校開	表示	開発								サインイ	2
貼り付け	¥ ⊪ - [	MSP BI	ゴシック <u>U</u> ・	* 11 * 👌 * 🛕	× A A =		≫- ₽i	わ返して全体を いんを結合して中	表示する 標準 映揃え * 😜	≝ •%•	* .0 .00	条件付き テーブルと 書式 ▼ 書式設計	して セルの 注 マスタイル マ	智•挿入 ▼ 副 削除 ▼	∑ - A ▼ Z ▼ - Ž ◆ 並べ	マ 計 替えと 検索と ター・ 選択・	
クリップボード に フィント に 配置 に 数値 に スタイル セル 編集												<b>嘉集</b>	~				
F38	F38         •         I         >																
	Α		В	С	D	E	F	G	Н	I	J	K	L	Μ	Ν	0	*
97						_			_								
98						( -3	-1	1	1	$\left[ x \right]$		4					
99						2	1	0	-1	У		2					
100						-5	-1	1	4	z		- 5					
101							1	1	1ノ	l w J		2	)				
102	_					1 -				-	$\Box$	-				1	
103	( -	-3	-1	1	1)	(-3	-1	1	1	( x )		( -3	-1	1	1	<b> </b>   4	
104		2	1	0	-1	2	1	0	-1	У		_ 2	1	0	-1	-2	
105	-	-5	-1	1	4	-5	-1	1	4	z		5	-1	1	4	5	
106		1	1	1	IJ	$\lfloor 1$	1	1	1)	∕lw J			1	1	V	/ [ -2	J
4	Þ	She	eet1 連式	Z一次方程式	Sheet3	+				:	•	· ·					Þ
準備完了	-												III	B 📙 ·		+ 20	0%

この部分で逆行列の計算を行います(逆行列の計算参照)。その結果が下の図です。

図日ち・ぐ・Q       注立方程式.xls [互換モード] - Excel       ? 回 - □ >														×		
ファイル	ホーム	挿入 ペー	-ジ レイアウト	数式 7	一夕 校閲	表示	開発								サインイン	2 9
脂り付け	MS I B I	לעילבי ש • ⊞	- 11 - 🙆 - 🛕	· A A ■	= <b>_</b> &	>→ 副前 目前	わ返して全体を いんを結合して中	表示する 橋 央揃え * 🕻	≝ ]-%,	▼ 00.00 0.€ 00.	条件付き テーブル 書式 ▼ 書式設	として セルの	翻挿入 ▼ 副 御除 ▼	∑ · A ▼ Z 並べ替	7 計算 えと 検索と ー、選択・	
クリップボー	F G	77	わ	r <sub>a</sub>		配置		5	数値	G	7.91	UL I	セル	編	£	^
F38         •         :         ×         ✓         fr         =MDETERM(A37:D40)														^		
	Α	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	K	L	Μ	Ν	0	-
102	_				1 -						-				1.	
103	( -3	-1	1	1	(-3	-1	1	1	) ( ×		(-3	-1	1	1)	4	
104	2	1	0	-1	2	1	0	-1	У		_ 2	1	0	-1	-2	
105	-5	-1	1	4	-5	-1	1	4	z	2	5	-1	1	4	5	
106		1	1	V		1	1	1	Лw	J		1	1	V	<b>-2</b>	J
107	_			_							-					
108	(-0.3	-1.5	-0.5	0.75	(-3	-1	1	1	)[ ×	]	(-0.3	-1.5	-0.5	0.75	4	
109	0	3	1	-1	2	1	0	-1	У		_ 0	3	1	-1	-2	
110	0.75	-0.5	-0.5	0.75	-5	-1	1	4	z		0.75	-0.5	-0.5	0.75	5	
111	-0.5	-1	-0	0.5	$\lfloor 1$	1	1	1_	기 w	J	-0.5	-1	-0	0.5	[-2]	] -
4	Sh	eet1 連式	江一次方程式	Sheet3	+					: •						Þ
準備完了	-											<b>#</b>		+		0%

さらに、計算した逆行列と元の係数行列との計算を左辺と右辺で行います。

XI 🔒	5-0	- <u>0</u> , =					連立方程式.>	ds [互換モード	] - Excel					?	x - C	×
ファイル	ホーム	挿入 ペー	-ジ レイアウト	数式 🗄	データ 校開	表示	開発								サインイ	2
脂り付け	Ж М S К К В I	P⊐>>>⊅ `⊔ -  ⊞	• 11 • 👌 • 🗚	· A A · ·		≫- <b>₽</b> # E== Ēt	り返して全体を ルを結合して中	表示する 橋 央揃え * 🕻	<sup>]</sup> ≇ ]-%,	* 00, 00 0.€ 00.	条件付き テーブル 書式 ▼ 書式設	として セルの 定、スタイル、	翻 挿入 、 ■  削除 、 ■ 書式 ・	· Σ · Α · ₹ Ζ · ₹ 2	▼ 計 潜えと 検索と レター ▼ 選択 ▼	
クリップボー	F G	77	わ	ra i		配置		G.	数値	5	スタイ	JL	セル	1 1	痛集	^
F38	F38         •         I         >															
	Α	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	K	L	Μ	Ν	0	
107				_					-		-					
108	(-0.3	-1.5	-0.5	0.75	) ( -3	-1	1	1	)( ×	]	(-0.3	-1.5	-0.5	0.75	) [ 4]	
109	0	3	1	-1	2	1	0	-1	У		0	3	1	-1	-2	
110	0.75	-0.5	-0.5	0.75	-5	-1	1	4	z		0.75	-0.5	-0.5	0.75	5	
111	<b>_0</b> .5	-1	-0	0.5	八 1	1	1	1_	기 w	J	-0.5	-1	-0	0.5	/ [ -2	J
112					_			_		$\Box$	-					
113					( 1	-0	0	0	) ( x		( -2					
114					0	1	0	-0	У		1					
115					0	0	1	0	z		0					_
116					(-0	-0	0	1,	기 w	J	L -1	)				-
	Sh	eet1 連ī	立一次方程式	Sheet3	•					: •						Þ
準備完了	10											Ħ	8 💾	+	+ 20	00%

係数行列が対角行列で成分が1になっていることを確認してください。得られた 右辺が連立方程式の解です。

# 2) **VBA** でヤコビ法やガウスザイデル法を用いる方法

ここではヤコビ法による VBA プログラムについて説明します。既に、VBA プログラムの作成については2回説明していますので細かいことについては省略します。まず、プログラムを起動するコマンドボタンを作りましょう。



作成できたら、このコマンドボタンに下記のプログラムを入力します。

Private Sub CommandButton1\_Click() 連立一次方程式.Show End Sub

次に、VBA の入力用のフォームを作成します。連立方程式としては三元連 立方程式を想定し、その係数をすべて入力するフォームを作成します。そして、 その係数を持つ方程式をヤコビ法を用いて解くこととします。下の図はその入力 用のユーザーフォームです。この例ではガウスザイデル法も計算できるように設 計してあります。テキストボックス、ラベル、コマンドボタンなどを用いて下図のよう なユーザーフォームを作成してください。

ヤコビ法の計算は下記の式に基づいて行います。

 $x_{i+1} = (b_1 - a_{12}y_i - a_{13}z_i) / a_{11}$   $y_{i+1} = (b_2 - a_{21}x_i - a_{23}z_i) / a_{22}$  $z_{i+1} = (b_3 - a_{31}x_i - a_{32}y_i) / a_{33}$ 

🚰 Microsoft	Visual Basic - 連立方	程式×Is [デザイン] - [連立方程式×Is - 連立一次方程式 (UserForm)]	- 🗆 🗙
図 ファイル(	E) 編集(E) 表示(⊻)	挿入① 書式(Q) デバッグ(D) 実行(B) ツール(T) アドイン(A) ウィンドウ(W) ヘルブ(H)	_ 8 ×
	XBRM		
I F-V	/BAProject 🗙		
		UserForm1 オブジェクト ブラウザ エ	
		·····································	
VBA	Project (建立方:▲		
) —   🎽 M	Crosoft Excel Ubj	2011年1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日	
		x+ y+ z=	
<u>ж</u> л	🖺 UserForm 🔄	■ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
全体  項目	別	z= x+y+z=	
オブジェクト名	〕 連立一次方程▲		
BackColor	■ &H8000 -		
BorderColor	■ &H8000001		
Caption	U = TmBorder(		
Cycle	0 - fmCvcleA		
DrawBuffer	32000		
Enabled	True		
Font	MS UI Gothic		
ForeColor	■ &H8000001		
IHeight	178.5		

このユーザーフォームのヤコビ法のコマンドボタンにプログラムを作り込んで行きます。プログラムを作る前にプログラムの流れを考える必要があります。今回は計算に必要な係数の入力、出力をコマンドボタンのプログラムに実行させ、ヤコビ法の部分はサブルーチン(別の部分にプログラムを書き、それを呼び出す形にする)で実行するようにします。これにより、サブルーチンはそれだけで開発することができ、別のプログラムを作るときに必要になればその部分だけ呼び出す形で利用することができます。さらに、そのようにサブルーチン化することにより、プログラムの流れを簡単にすることができます。コマンドボタンのプログラムの流れは次のようになります。



ヤコビ法の部分のプログラムの流れは次のようになります。



ヤコビ法の部分のプログラムはコマンドボタンの部分に記述するのではなく 新たにサブルーチン(プロシージャ)を追加してそこに記述します。プロシージャ の追加はメニューの挿入 → プロシージャを選択します。するとプロシージャの追 加のウィンドウが開きますのでここでは名前を YACOBIByRef として Sub プロシ ージャにチェックを入れて OK を押してください。するとこの名前のプロシージャが 作成されます。

このフローチャートに対応するプログラムを次に示します。

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    Dim Ma(5, 5) As Double
                                         1
    Dim Mb(10) As Double
    Dim Mx(10) As Double
    Dim N As Integer
    Worksheets("連立一次方程式").Activate
    Set WS = Worksheets("連立一次方程式"). Application
    N = 3
    Ma(0, 0) = TextBox1.Text
    Ma(0, 1) = TextBox2.Text
    Ma(0, 2) = TextBox3.Text
    Ma(1, 0) = TextBox5.Text
    Ma(1, 1) = TextBox6.Text
    Ma(1, 2) = TextBox7.Text
    Ma(2, 0) = TextBox9.Text
    Ma(2, 1) = TextBox10.Text
    Ma(2, 2) = TextBox11.Text
    Mb(0) = TextBox4.Text
    Mb(1) = TextBox8.Text
    Mb(2) = TextBox12.Text
    WS.Range("A6") = "ヤコビ法"
    WS.Range("B8") = "配列 Ma の内容"
    WS.Range("B9") = Ma(0, 0)
    WS.Range("D9") = Ma(0, 1)
    WS.Range("F9") = Ma(0, 2)
    WS.Range("B10") = Ma(1, 0)
    WS.Range("D10") = Ma(1, 1)
    WS.Range("F10") = Ma(1, 2)
    WS.Range("B11") = Ma(2, 0)
    WS.Range("D11") = Ma(2, 1)
    WS.Range("F11") = Ma(2, 2)
    WS.Range("H8") = "配列 Mb の内容"
    WS.Range("H9") = Mb(0)
    WS.Range("H10") = Mb(1)
    WS.Range("H11") = Mb(2)
                                                                      2
    Call YACOBIByRef(Ma(), Mb(), Mx())
    WS.Range("D14") = "繰り返し計算の回数"
    WS.Range("A13") = "ヤコビ法による方程式の解"
    WS.Cells(14, 5) = No
    WS.Cells(15, 4) = "Mx(0)="
    WS.Cells(16, 4) = "Mx(1)="
    WS.Cells(17, 4) = "Mx(2)="
    WS.Cells(15, 5) = Mx(0)
    WS.Cells(16, 5) = Mx(1)
    WS.Cells(17, 5) = Mx(2)
```

End Sub

上記のプログラムはこれまで学んだプログラムの文法を用いるとほとんど理解 できます。フローチャートに対応させて理解してみましょう。ここでは注意点と新し い事柄のみ説明します。

## ① 配列変数

このプログラムでは配列変数を使用しています。配列変数の概念は一連のデータを保存しておく引き出しでその引き出しに番号がついているものと考えてください(右図)。こ



の配列変数は同じ属性を持つデータを入れることを前提としています。今回用いる行列のデータはその趣旨に非常に合います。たとえば行列の各成分を変数で表すときにこれまでのように一つ一つ宣言しているときりがありませんし、汎

用性のあるプログラムを作ることは不可能です。というのも行列の大きさが3× 3とは決まっていませんし、どの様なサイズの行列を扱うか決まっていない場合 も多々あります。そのような場合にはプログラムが書けないことになります。②で 宣言されているのが配列です。例えば、

#### Dim X(10) as Double

配列の宣言はこれまで学んだ変数の宣言とほとんど同じです。異なる点は変数名に()が含まれていて、その中に数字が書かれている点です。この数字の意味は何個分のデータの箱を用意すればよいかということを意味します。この場合ですと10個の箱つまり、X(0)~X(9)まで用意されます。

配列はどのプログラム言語でも利用される非常に重要な事柄です。これなく してプログラムは書けないことになります。これの利点は同じ性質を持つデータ をひとまとめにして扱うことができるだけでなく、配列のインデックス(括弧内の数 字)を変数としてあつかうことができる点です。例えば下のような命令です。

For i = 0 To N - 1	
Mx(i) = 0	
Next	

このプログラムは繰り返しの命令ですが、繰り返し変数はiです。この繰り返し変数は0から N-1 間で変化します。この繰り返し変数が配列のインデックスとして 指定されています。例えば N=3とすると次のように実行されます。

i	実行
0	Mx(0)=0
1	Mx(1)=0
2	Mx(2)=0

3回くらいの繰り返しなら、直接書いてもたいしたことはありませんが、100回、1 000回となると直接書くことは現実的ではありません。配列の有効性が発揮されます。

配列は1次元だけでなく、多次 元配列も用いることができます。多 次元配列の定義は次の通りで す。

#### Dim X(10,10) as Double

これは2次元配列の例です。2次 元配列はこれこそ表のような表し方

	$ \leq $							$ \ge $
X	(0,0)		X(0,1)	X(0,2)	X(0,3)	X(0,4)	X(0,5)	
	X(1,	0)	X(1,1)	X(1,2)	X(1,3)	X(1,4)	X(1,5)	
	X(2,	0)	X(2,1)	X(2,2)	X(2,3)	X(2,4)	X(2,5)	
	X(3,	0)	X(3,1)	X(3,2)	X(3,3)	X(3,4)	X(3,5)	

です。配列のインデックスは2つあり、右図のようなイメージを持ってください。これはまさに行列そのものです。行列の成分を示すときにインデックスでそのまま指

定することができます。2次元配列だけでなく3次元、4次元と次元を増やすことが可能です。ただし、次元数(最大60次元)が増えると急速に必要なメモリの量も増えます。

② サブプロシージャの呼び出し

ヤコビ法の部分は次のように呼び出されています。

### Call YACOBIByRef(Ma(),Mb(),Mx())

この命令で、Call というのがサブプロシージャの呼び出しを行っています。 YACOBIByRef はプロシージャの作成で指定した名前です。一方で呼び出さ れるプロシージャの先頭行は次のようになっています。 Public Sub YACOBIByRef(Na() As Double, Nb() As Double, Nx() As Double) 括弧の中は数値の受け渡しを行っています。それぞれの色に対応した部分が プロシージャ間で受け渡されます。

# Call YACOBIByRef(Ma(),Mb(),Mx())

サブプロシージャ内では与えられた係数を用いてヤコビ法の計算を行います。 ここでは前回勉強した繰り返しが多用されています。特に、ループi、ループj、 ループkは多重ループになっています。

For i = 0 To Max - 1  
For j = 0 To N - 1  
For k = 0 To N - 1  
If k 
$$\langle \rangle$$
 j Then AA = AA - Na(j, k) \* xx(k)  
Next  
Next  
Next  
Next