

# まえがき

本書は、多くのパソコンで導入されている表計算ソフト「Excel」を使って、3次元コンピュータグラフィックスの基礎を学んでもらうための実習書である。コンピュータグラフィックスは、いまやメディア処理技術として多くの大学や高専で教育されている基礎科目であり、グラフィックスライブラリーの利用を前提としたカリキュラムが組まれている場合が多い。授業で学んだことを自宅で、または通学途中で反芻<sup>はんすう</sup>しようとしてもその環境を整えることができずに断念してしまう場合もある。多くの学生が日常的に利用できるコンピュータグラフィックス用学習環境を検討していくなかで、多くのパソコンに導入されている Excel の利用を思い至った。

多くの方は、Excel とコンピュータグラフィックスとの関係がよくわからないのではないだろうか。Excel にはコンピュータグラフィックス計算で必要となる行列演算機能が組み込まれている。また、表を構成する「セル」のサイズを十分に小さくして、それぞれに色を割り当てるための機能も準備されている。これらを使えば、専用ソフトと比較してなんら遜色のない画像生成が可能となるのである。高度なコンピュータグラフィックス表現を行うために、シェーダーを利用するときにはコンピュータグラフィックスの仕組みを十分に理解しておく必要がある。グラフィックスライブラリーの利用を前提とした教育では、この仕組みが隠ぺいされてしまい十分な理解に到達しない。この場合も本書は役立つものと確信する。Excel を用いたコンピュータグラフィックスはこれまで隠ぺいされてきたこの仕組みを「見える化」するのである。

本書で解説する Excel を使ったコンピュータグラフィックスでは、Excel のシートを座標変換計算用と画像データ保存向けフレームバッファ用の2種類に分ける。座標変換計算シートでは、座標変換用行列を作成して、与えられた3

次元座標を目に見える形で変換していく。その後、各座標で計算された色情報に基づき、フレームバッファシートに画像データを保存するために Excel 用プログラミング言語 VBA を使用する。VBA には、セルからデータを取得したり、セルへデータを保存するための入出力機能が組み込まれている。本書では三角形パッチで表現された 3 次元形状を取り扱う。このため画像データを計算するために、VBA を使って、座標変換計算シートにおけるセルから変換処理後の 3 次元座標データを取得して、三角形単位で色データを計算し、その結果をフレームバッファシートにおけるセルへ保存する。

さらに Excel を使ったアニメーション作製も可能である。例えば、ある軸周りの回転アニメーションは、VBA により、回転角度に応じた座標変換用行列の値を継続的に計算し、その結果を座標変換計算シートの行列の要素値に保存する。その結果、回転した 3 次元形状の画像がフレームバッファシートに描かれることとなる。また、フレームバッファシートを 2 枚利用することにより、連続的なアニメーション表示が可能である。これは、コンピュータグラフィックス技術において「ダブルバッファリング」と呼ばれる技術に対応する。すなわち表側のフレームバッファシートで画像データを見せている間に、裏側のフレームバッファシートにおいて画像データを計算することで書き込み途中の様子を隠ぺいし、利用者へ書き込みの完了したフレームバッファを見せる効果をもつ。

さらにもう一枚シートを用意することにより、複雑な 3 次元形状を表現するために必要不可欠な隠面消去技術の実現が可能である。各セルで三角形パッチの内部の奥行き値を保存するようにして、つねに視点から近いものを残すようにしておくことで 3 次元形状の隠面消去が可能になる。コンピュータグラフィックス技術において、奥行き値を Z 値と呼ぶことより、このシートは Z バッファを表現する。また、半透明形状の描画も可能である。3 次元形状のうち、不透明な三角形パッチと半透明な三角形パッチに分け、まず、不透明な三角形パッチの描画を完成させる。その後、半透明な三角形パッチを、視点から遠いものから順に、すでにセルに書き込まれている色データと混合させること

で半透明表現が可能となる。不透明三角形パッチより手前の半透明不透明三角形パッチだけを描画するためにZバッファを参照する。

本書により、Excelを使ってコンピュータグラフィックスの基礎を学ぶことで、Excelの実践的活用法を習得することが期待できる。セルから必要データを取り出して、何か処理を施して、その結果をセルに戻していくという処理の流れは、多くの分野で活用できるものと期待している。みなさんが本書で学んだExcelを使った先進的情報処理技術をさまざまな分野で応用されることを祈る。

2011年5月

著 者

# 目 次

## 第 1 章 Excel の基本操作

1.1 Excel の 起 動	1
1.2 ワークシートとセル	2
1.2.1 ワークシート操作	2
1.2.2 セル 操 作	4
1.3 行 列 演 算	8
1.3.1 行 列 積	8
1.3.2 逆 行 列	10
1.3.3 転 置 行 列	12
1.3.4 行列の名前を使った計算	13
演 習 問 題	14

## 第 2 章 VBA プログラミング

2.1 Visual Basic Editor の起動	15
2.2 プロシージャ	19
2.2.1 Sub プロシージャ	19
2.2.2 Function プロシージャ	20
2.3 変数とデータ型	21
2.3.1 変 数	21
2.3.2 デ ー タ 型	23
2.3.3 配 列	24
2.3.4 値渡しと参照渡し	24
2.4 制 御 文	25
2.4.1 If 文	25

2.4.2	Select	文	27
2.4.3	For	文	28
2.4.4	Do	文	28
2.4.5	Exit	文	29
2.5	VBAによるワークシートおよびセルの操作		30
2.5.1	ワークシートの操作		30
2.5.2	セルの操作		31
演習問題			33

### 第3章 幾何変換

3.1	2次元平面		34
3.1.1	スケーリング		34
3.1.2	平行移動		35
3.1.3	回転		35
3.2	3次元空間		37
3.2.1	スケーリング		37
3.2.2	平行移動		37
3.2.3	回転		37
3.3	合成変換		39
3.3.1	2次元の場合		39
3.3.2	3次元の場合		40
3.4	Excelによる幾何変換		41
演習問題			47

### 第4章 頂点処理

4.1	座標系		48
4.1.1	オブジェクト座標系		48
4.1.2	世界座標系		49
4.1.3	カメラ座標系		50
4.1.4	クリップ座標系		50
4.1.5	正規化デバイス座標系		51

4.1.6	ウィンドウ座標系	51
4.2	座 標 変 換	52
4.2.1	モデリング変換	52
4.2.2	ビューイング変換	53
4.2.3	投 影 変 換	55
4.2.4	ビューポート変換	58
4.3	Excel による頂点処理	59
	演 習 問 題	68

## 第5章 ピクセル処理

5.1	フレームバッファ	70
5.1.1	カラーバッファ	71
5.1.2	デプスバッファ	72
5.2	線 分 の 描 画	73
5.2.1	増分アルゴリズム	73
5.2.2	プレゼンハムのアルゴリズム	75
5.2.3	線分上での色の補間	76
5.3	三 角 形 の 描 画	78
5.3.1	スキャン変換	78
5.3.2	三角形上での色の補間	80
5.4	Excel によるピクセル処理	82
	演 習 問 題	97

## 第6章 幾何データの表示

6.1	幾何データの表現	98
6.1.1	ポリゴンデータ	98
6.1.2	四面体データの記述	99
6.2	フレームバッファ処理	102
6.2.1	モジュール変数	102
6.2.2	ダブルバッファリング	103
6.2.3	Zバッファアルゴリズム	104

6.3 シェーディング処理	117
6.3.1 光の反射	118
6.3.2 反射モデル	121
6.3.3 シェーディング	124
6.4 アルファブレンディング処理	128
6.4.1 不透明度	128
6.4.2 不透明度を考慮したピクセル値の合成	131
6.5 Excelによる幾何データの表示	134
6.5.1 システム実装	135
6.5.2 四面体データの描画	139
6.5.3 補間した色での描画	143
6.5.4 シェーディング処理を施した描画	146
6.5.5 アルファブレンディング処理を施した四面体データの描画	150
演習問題	154
<b>付録 A. 座標変換行列</b>	<b>155</b>
A.1 平行投影行列の導出	155
A.2 透視投影行列の導出	157
A.3 ビューポート変換行列の導出	162
<b>付録 B. 関数一覧</b>	<b>164</b>
B.1 フレームバッファ操作関数	164
B.2 描画関数	165
B.3 シェーディング処理関数	172
B.4 メイン関数	174
<b>参考文献</b>	<b>175</b>
<b>索引</b>	<b>176</b>

# 1 Excel の基本操作

本章では、ワークシート上での演算を中心として Excel の基本的な操作方法について説明する。

## 1.1 Excel の起動

本書では、Excel 2007 の利用を前提として説明を行う。Excel 2007 を起動すると図 1.1 に示すような画面が表示される。

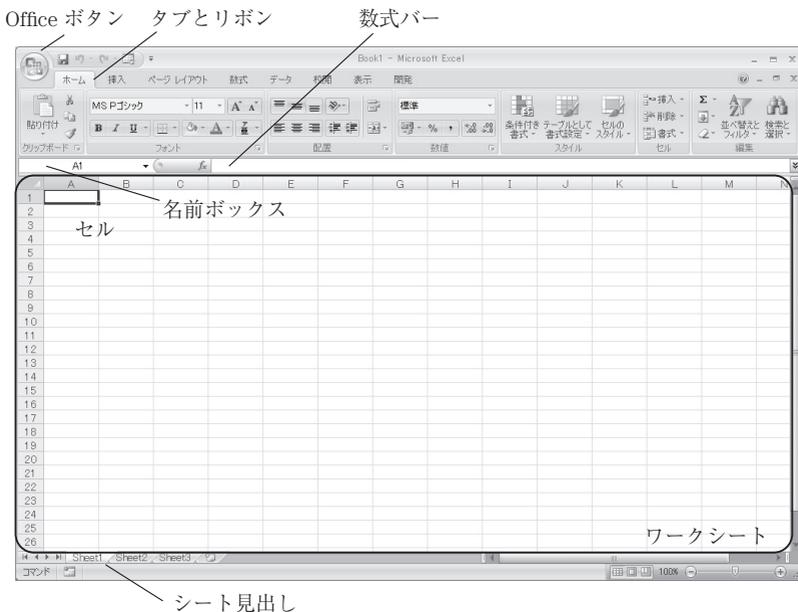


図 1.1 Excel の起動画面と各部の名称

## 1.2 ワークシートとセル

Excel は、複数のワークシートと呼ばれる表で構成され、その表を構成するセルに、データや数式を代入することによってさまざまな演算を行うことができる。ここでは、ワークシートおよびセルの基本操作について説明する。

### 1.2.1 ワークシート操作

〔1〕 **ワークシートの追加と削除** ワークシートの追加および削除は、「シート見出し」を右クリックし表示されるメニューから簡単に実行することができる (図 1.2)。

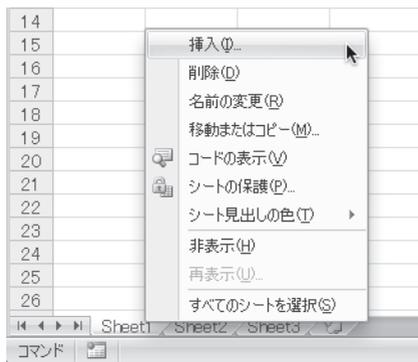


図 1.2 ワークシートの追加と削除

ワークシートを追加する場合は、メニューから「挿入」を選択し、表示されるダイアログで「ワークシート」が選択されていることを確認し、「OK」ボタンをクリックする (図 1.3)。新しいワークシートは、右クリックしたシートの左に挿入される。また、「シート見出し」の右端にある「ワークシートの挿入」をクリックすることによって、既存のワークシートの最も右端に新しいワークシートを追加することも可能である (図 1.4)。

一方、ワークシートの削除は、「シート見出し」から削除したいワークシ-

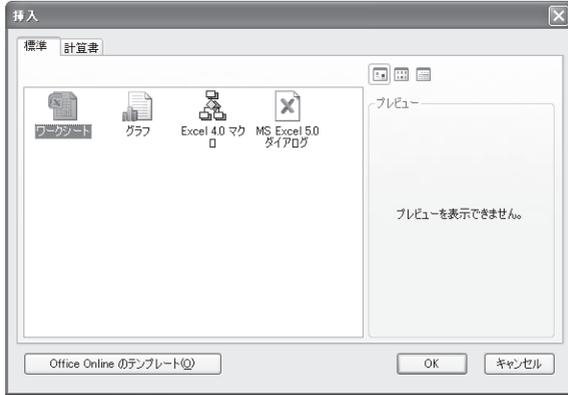


図 1.3 挿入ダイアログ



図 1.4 ワークシートの挿入

ト上で右クリックし、表示されるメニューから「削除」を選択することによって行うことができる。

〔2〕 **ワークシートの移動とコピー** ワークシートの移動とコピーは、追加と削除の操作と同様に「シート見出し」を右クリックし表示されるメニューから「移動またはコピー」を選択することによって行うことができる。

ワークシートの移動を行う場合は、「移動またはコピー」を選ぶことで表示されるダイアログ内の「挿入先」を選択し、「OK」ボタンを押す。コピーする場合は、「挿入先」を選択に加え、「コピーを作成する」にチェックを入れ、「OK」ボタンを押す（図 1.5）。

また、ワークシートの移動とコピーは、マウス操作でも簡単に行うことができる。移動したいワークシートの「シート見出し」をマウスドラッグして移動することができる。コピーの場合は、Ctrl キーを押しながらマウスドラッグすることで操作できる。



図 1.5 ワークシートの移動とコピー

〔3〕 **ワークシート名の変更** Excel を起動した直後は「Sheet 1」, 「Sheet 2」, 「Sheet 3」といった名前のワークシートが作成される。このワークシート名を変更する場合, 「シート見出し」から変更したいワークシートを右クリックし, 表示されるメニューから「名前の変更」を選択する。そして, 黒く反転した見出しに, キーボードから変更したい名前を入力する (図 1.6)。また, 「シート見出し」から変更したいワークシートをダブルクリックすることによって変更することもできる。

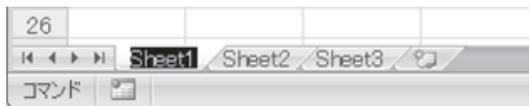


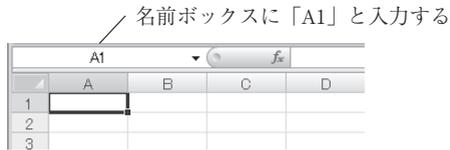
図 1.6 ワークシート名の変更

### 1.2.2 セル操作

〔1〕 **セルの指定** データを入力する際には, その対象となるセルを選択しておく必要がある。選択しているセルは, 黒枠で強調表示されておりアクティブセルと呼ばれ, 「名前ボックス」にその場所が表示されている。アクティブセルの指定は, 矢印キーやマウスを使ってセルを選択する方法のほかに, 「名前ボックス」に直接そのセル場所を入力することも可能である。「名前ボックス」にセルを指定する場合, 列番号と行番号を続けて記入する。例え

ば、A列1行目のセルを指定する場合は「A1」というように指定する（**図 1.7 (a)**）。

また、ある範囲のセルを指定する場合、その範囲の先頭セル（左上のセル）から終端セル（右下のセル）までマウสดラッグして指定することができるが、「名前ボックス」に直接そのセル範囲を指定することもできる。この場合、“先頭セル：終端セル”というように記述する。例えば、A列1行目のセル（先頭セル）からC列4行目のセル（終端セル）までの範囲を指定する場合は「A1:C4」というように指定する（**図 1.7 (b)**）。

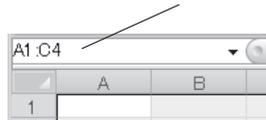


(a) 一つのセルを指定する場合

先頭セル（A1）から終端セル（C4）に  
マウสดラッグする



名前ボックスに「A1:C4」と入力する



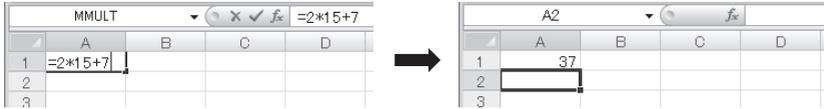
(b) セル範囲を指定する場合

**図 1.7** セルの指定

**〔2〕 計算式の入力** セルに計算式を入力することによってさまざまな演算を行うことができる。セルに計算式を入力するときは、等号「=」から始まる式を入力する。例えば、「 $2 \times 15 + 7$ 」を計算する場合、セル A1 を選択し、「 $=2 * 15 + 7$ 」と入力し Enter キーを押す。その結果、セル A1 に計算式の答えである「37」が表示される（**図 1.8 (a)**）。

## 6 1. Excel の基本操作

他のセルに入力された数値データを参照して計算を行うことも可能である。例えば、セル A1 に「3」、セル B1 に「4」と入力し、セル A1 とセル B1 の数値の和をセル C1 に表示する場合、セル C1 を選択し「= A1 + B1」と入力し Enter キーを押すことで計算することができる（図 1.8 (b)）。



	A	B	C	D
1	=2*15+7			
2				
3				

 → 

	A	B	C	D
1	37			
2				
3				

(a) 「 $2 \times 15 + 7$ 」の計算



	A	B	C	D
1	3	4	=A1+B1	
2				
3				

 → 

	A	B	C	D
1	3	4	7	
2				
3				

(b) 「 $A1 + B1$ 」の計算

図 1.8 計算式の入力

**〔3〕 名前の管理** セルに名前を付けることで、その名前を利用して計算式を記述することができる。名前を付けたいセルを選択し、「名前ボックス」に名前を入力する。例えば、先に説明した二つの数値の和を計算する場合、セル A1 およびセル B1 にそれぞれ「x」と「y」という名前を付ける。そして、セル C1 を選択し「= x + y」と入力し Enter キーを押すことで和を計算することができる（図 1.9）。

付けた名前の確認は「数式」タブの「名前の管理」から行うことができる（図 1.10）。表示される「名前の管理」ダイアログに、名前と値と参照範囲が表示される。また、名前を選択し「編集」ボタンを押すことで表示される名前や参照範囲の変更などを行うことができる。

# 索引

<p style="text-align: center;"><b>【あ】</b></p> <p>値の読み込み・代入 31            値渡し 25            アルファ値 129            アルファブレンディング 128</p> <p style="text-align: center;"><b>【い】</b></p> <p>色 99            ——の変更 32</p> <p style="text-align: center;"><b>【う】</b></p> <p>ウィンドウ座標系 51</p> <p style="text-align: center;"><b>【お】</b></p> <p>オブジェクト座標系 48</p> <p style="text-align: center;"><b>【か】</b></p> <p>回 転 35, 37            回転行列 40            拡散反射 118            画 素 70            カメラ座標系 50            カラーバッファ 71            環境光 118</p> <p style="text-align: center;"><b>【き】</b></p> <p>幾何データ 98            逆行列 10            鏡面反射 120            行列積 8</p> <p style="text-align: center;"><b>【く】</b></p> <p>クリップ座標系 50            グローシェーディング 126</p>	<p style="text-align: center;"><b>【け】</b></p> <p>計算式の入力 5</p> <p style="text-align: center;"><b>【こ】</b></p> <p>合成変換 39            後方クリップ面 55</p> <p style="text-align: center;"><b>【さ】</b></p> <p>サイズの変更 32            座標値 98            座標変換パイプライン 52            三角形パッチ 98            三角形ポリゴン 98            参照渡し 25</p> <p style="text-align: center;"><b>【し】</b></p> <p>シェーディング 117            視体積 50</p> <p style="text-align: center;"><b>【す】</b></p> <p>スキャン変換 78            スケーリング 34, 37            スケーリング行列 40            スムーズシェーディング 124</p> <p style="text-align: center;"><b>【せ】</b></p> <p>正規化デバイス座標系 51            世界座標系 49            接続情報 99            セ ル 2            ——の参照 31            ——の指定 4            セル範囲 5            前方クリップ面 55</p>	<p style="text-align: center;"><b>【そ】</b></p> <p>増分アルゴリズム 73</p> <p style="text-align: center;"><b>【た】</b></p> <p>ダブルバッファリング 72, 103</p> <p style="text-align: center;"><b>【ち】</b></p> <p>頂点処理 48</p> <p style="text-align: center;"><b>【て】</b></p> <p>データ型 23            デブステスト 73            デブスバッファ 72            転置行列 12</p> <p style="text-align: center;"><b>【と】</b></p> <p>投影変換 55            投影変換行列 55            同次座標 39            透視投影 55            透視投影行列 56</p> <p style="text-align: center;"><b>【な】</b></p> <p>名前の管理 6</p> <p style="text-align: center;"><b>【は】</b></p> <p>ハイライト 120            配 列 24</p> <p style="text-align: center;"><b>【ひ】</b></p> <p>ピクセル 70            ピクセル処理 70            ビューイング変換 53</p>
--	---	--

ビューイング変換行列	53			モデリング変換行列	52
ビューポート変換	58			モデルビュー変換	53
ビューポート変換行列	58	平行移動	35, 37	モデルビュー変換行列	53
ビューポリユーム	50	平行移動行列	40		
		平行投影	55	<b>【ら】</b>	
<b>【ふ】</b>		平行投影行列	56	ランバート反射モデル	122
フォンシェーディング	127	変数	21		
フォン反射モデル	122			<b>【わ】</b>	
不透明度	128			ワークシート	2
フラットシェーディング	124	<b>【ほ】</b>		——の移動とコピー	3
プレゼンハムのアルゴリズム	75	ポリゴンデータ	98	——の参照	30
フレームバッファ	70			——の選択	30
プロジェクト	19	<b>【も】</b>		——の追加と削除	2
プロシージャ	19	モジュール	19	ワークシート名の変更	4
		モジュール変数	21		
		モデリング変換	52		

<b>【B】</b>		<b>【F】</b>		<b>【S】</b>	
Boolean	23	For 文	28	Select 文	27
ByRef	25	Function プロシージャ	20	Select メソッド	30
Byte	23			SIN	44
ByVal	25	<b>【I】</b>		Single	23
		If 文	25	Static	22
<b>【C】</b>		Integer	23	Step	28
Case Else	27			String	23
Cells プロパティ	31	<b>【L】</b>		Sub プロシージャ	19
ColumnWidth	32	Long	23		
Const	22			<b>【T・U】</b>	
COS	44	<b>【M】</b>		TRANSPOSE 関数	12
CStr 関数	103	MINVERSE 関数	10	Until	28
		MMULT 関数	8		
<b>【D】</b>		MsgBox	19	<b>【V】</b>	
Dim	22			Variant	23
Double	23	<b>【P】</b>		VBA	15
Do 文	28	Private	21	Visual Basic Editor	15
		Public	21		
<b>【E】</b>		<b>【R】</b>		<b>【W・Z】</b>	
Else	26	Range プロパティ	31	While	28
ElseIf	26	RGB 関数	32	Z バッファアルゴリズム	73, 104
Exit 文	29	RowHeight	32		

— 著者略歴 —

**坂本 尚久** (さかもと なおひさ)  
1998年 龍谷大学理工学部電子情報学科  
卒業  
2000年 龍谷大学大学院理工学研究科  
博士前期課程修了  
(電子情報学専攻)  
2006年 京都大学大学院工学研究科博士  
後期課程修了(電気工学専攻)  
博士(工学)  
2008年 京都大学特定助教  
現在に至る

**小山田 耕二** (こやまだ こうじ)  
1983年 京都大学工学部電気工学科卒業  
1985年 京都大学大学院工学研究科博士  
前期課程修了(電気工学専攻)  
1985年 日本アイ・ビー・エム株式会社  
勤務  
1994年 博士(工学)(京都大学)  
1998年 岩手県立大学助教授  
2001年 京都大学助教授  
2003年 京都大学教授  
現在に至る

**Excel で学ぶ  
コンピュータグラフィックス技術入門**  
Learning Computer Graphics using Excel

© Naohisa Sakamoto, Kohji Koyamada 2011

2011年7月8日 初版第1刷発行



検印省略

著者 坂本 尚久  
小山田 耕二  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

**発行所 株式会社 コロナ社**  
CORONA PUBLISHING CO., LTD.  
Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-02455-5

(安達) (製本: グリーン)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします