

1 VII. Microsoft Excel を用いた数値計算

3 目的

4 表計算ソフト Excel の概念と使用法を学ぶ

5 数値計算の初歩を学ぶ

7 1. 関数のテイラー・マクローリン展開

8 ここでは、テイラー・マクローリン展開する関数として、正弦関数

$$9 \quad y = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (1.1)$$

10 を考える。関数を 1 周期分計算し、 $x=0$ での展開したマクローリン級数

$$11 \quad y = \sum_{k=0}^{\infty} a_k x^k \quad (1.2)$$

12 と比較する。ここで、

$$13 \quad a_k = \frac{1}{k!} \frac{d^k y(x=0)}{dx^k} \quad (1.3)$$

14 である。手順は次の通りである。

15 (1) 正弦の値を Excel の組み込み関数を用いて計算する。このとき、 x について離散的
16 に考える。

17 (2) マクローリン級数に出てくるべき乗の項を 1 つ 1 つの次数ごとに計算する。

18 (3) 上で計算した項の値を足し合わせる。

19 (4) 組み込み関数とマクローリン級数で計算した値の差をとる。

20 (5) 組み込み関数、マクローリン級数、差をグラフに表す。

22 2. Microsoft Excel を使用した数値実験

23 Excel を用いてテイラー展開が正しいことを確かめる数値計算を行う。手順は次の通り
24 である。

26 2.1 正弦関数の離散化

27 ここで時間 t や関数値 y は連続的な変数であるが、コンピュータで表すにはデジタル
28 的にとびとびの値で考える必要がある。とびとびの変数で考えることを離散化という。

29 (1.1)式を離散化するするには

30
$$y_i = A \sin\left(\frac{2\pi t_i}{T}\right) \quad (2.1)$$

31 のように表せば良い。ここで、 i は i 番目の離散的な時間であり、タイムステップと呼
 32 ばれる。つまり、時間 t を

33
$$t_i = \delta t i \quad (2.2)$$

34 と表現している。ここで、 δt は時間間隔である。

35 残りの記号は固定される値であり、パラメータと呼ぶ。パラメータは変数と区別して
 36 考える。

37 A 振幅

38 T 周期

39 また、離散化する点だが、1 周期あたり n_p 個の区間に分け、その両端に点があるものと
 40 する。

41

42 2.2 正弦関数の計算と数値表作成

43 次のような手順で、Excel シート上に時間 t_i での正弦関数の値 y_i を計算する。

44 (1) Excel の新規シート作成を選ぶ。

45 (2) パラメータの表を作成する。図のシートでは左側の方である。

46 (3) タイムステップ i 、時間 t_i 、 y の値 y_i を入れるコラムを決める。

47 (4) タイムステップのコラムに 0, 1 を入れる。

48 (5) 0, 1 を入れたセルを選択する。

49 (6) カーソルを右下の四角に当てると、カーソルが十字に変わるので、そのまま下に
 50 ドラッグする。

51 (7) (8) により 0,1,2... というコラムが出来る。

52

E	F	G	H
	Time step	Time	y=Asin()
	0		
	1		

53

54

図 2.1 0, 1 を入力したセルを選択

55

56 (10) 時間の所に数式を入力する。このとき、以下に注意。

57 ・式は=(イコール)で始める

58 ・絶対位置を使う変数に\$を付ける

59 (11) 式のセルをコピーして同じコラムの下のセルに貼り付け(ペースト)する。

60

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Plot sine x							
2						Time step	Time	Asin(2πt/T)
3	Parameters	Meaning	Value	Unit		0	=C\$6*\$F3	0
4	T	Period	20	[sec]		1	0.2	0.313952598
5	Np	Sampling numb	100			2	0.4	0.626666168
6	δt	Time interval	0.2	[sec]		3	0.6	0.936906573
7	i	Time step				4	0.8	1.243449436
8	A	Amplitude	5	[m]		5	1	1.545084972
9	π	pi	3.141592654			6	1.2	1.840622763
10						7	1.4	2.128896458

61

図 2.2 タイムステップ番号から時間を計算する式

62

63

64 (11) 下の式で x_i を計算して、コピー・貼り付けですべてのタイムステップの値を計算
65 する

$$x_i = 2\pi t_i / T$$

66

67

fx =2*PI()*H7/\$C\$8				
	F	G	H	I
	i	t	x	Asin(x)
		0	0	=2*PI()*H7/\$C\$8
		1	0.2	0.06283185 0.125
		2	0.4	0.12566371 0.250
		3	0.6	0.18849556 0.374
		4	0.8	0.25132741 0.497
		5	1	0.31415927 0.618
		6	1.2	0.37699112 0.736
		7	1.4	0.43982297 0.851
		8	1.6	0.50265482 0.963
		9	1.8	0.56548668 1.071
		10	2	0.62831853 1.17
		11	2.2	0.69115038 1.274

68

69

図 2.3 時間 t から x を計算

70

71 (12) sin の式を入力する。

72 (13) 式をコピーしてじコラムの下のセルに貼り付け(ペースト)する。

t	x	Asin(x)
0	0	=2*PI()*H7/\$C\$8
0.2	0.06283185	0.12558104
0.4	0.12566371	0.25066647
0.6	0.18849556	0.37476263
0.8	0.25132741	0.49737977
1	0.31415927	0.61803399
1.2	0.37699112	0.73624911
1.4	0.43982297	0.85155858
1.6	0.50265482	0.96350735
1.8	0.56548668	1.07165359
2	0.62831853	1.1755705
2.2	0.69115038	1.27484798
2.4	0.75398224	1.36909421

73

図 2.4 x から $Asin...$ を計算

74

75

76 **2.3 テイラー・マクローリン級数の計算**

77 テイラー・マクローリン級数の計算は次のように行う。

78 [1] 次数ごとの列を作る。

79 [2] それぞれの列の先頭の行には係数 a_k を計算するセルを作る。

80 [3] それぞれの列では、1つの次数の値

81
$$a_k x^k$$

82 を計算する。

83 [4] N 次まで計算し、それぞれの時間の総和を組み込み関数で計算した sine の値の横に
84 計算する。

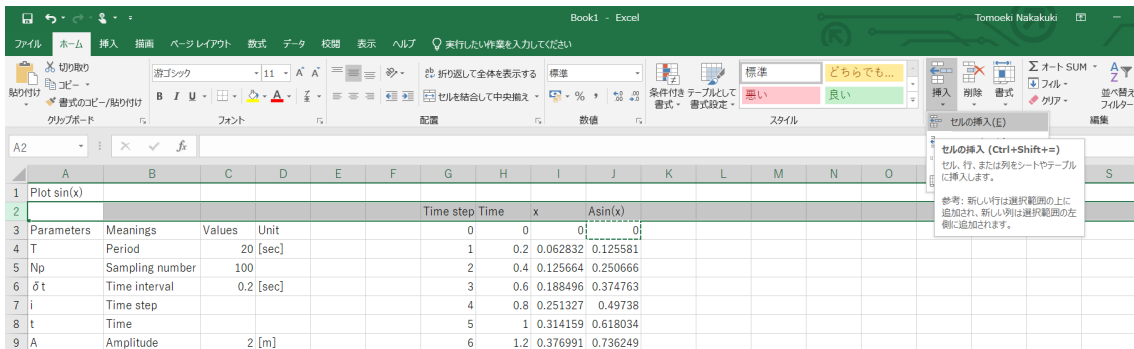
85 [5] その隣の行に組み込み関数で計算した値とマクローリン展開で計算した値の差を
86 計算する

87

88 **2.4 実際の手順**

89 (1) 係数を計算しやすいように5行くらい開けた行を作る

90



91

	Time step	Time	x	Asin(x)
Meanings				
Period	1	0.2	0.062832	0.125581
Sampling number	2	0.4	0.125664	0.250666

92

93

図 2.5 係数を計算する行を空ける

94

95 (2) 次のようにセルに注釈を付ける

96

G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
									m			
									k			
									sig			
									1/k!			
									a_k			
Time step	Time	x	Asin(x)									
0	0	0	0									
1	0.2	0.062832	0.125581									
2	0.4	0.125664	0.250666									

97

98

図 2.6 セルへの注釈を入力

99

100 ここで k は次数、sig(nature)は符号(+/-)、 $k!$ は階乗、 a_k はテイラー級数の係数 a_k を表
 101 している。

102

103 (3) 上の行にドラッグを利用して、 m の値を記入

104

m は次数 k が次のように計算される整数値 (資料 A2 参照) である

105

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	=2*Q1-1									
sig										
1/k!										
a_k										

106

107

図 2.7 級数の次数を入力

108

109 (4) 上のように 2 行目に m から次数 k を計算する

110

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19

111

112

図 2.8 次数の計算

113

114 (5) 符号を次の式から計算する

115 $(-1)^{m-1}$

116

	P	Q	R	S	T	U
m		1	2	3	4	5
k		1	3	5	7	9
signature		$=(-1)^{(Q\$1)-1}$		1	-1	1

117

118 図 2.9 符号+-の判別式

119

120 (6) k の階乗分の 1 を計算する。

121

	P	Q	R	S	T
m		1	2	3	4
k		1	3	5	7
sig		1			
1/k!		$=1/FACT(Q2)$			
a_k					

122

123 図 2.10 1/k! の計算式

124

125 (7) テイラー級数の係数 a_k を計算する。

126

	P	Q	R	S	T
m		1	2	3	4
k		1	3	5	7
sig		1			
1/k!		1			
a_k		$=Q3*Q4$			

127

128 図 2.11 係数の計算

129

130 (10) 1 次の項の $x=0$ の値を計算する。

131

G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
									m	1	2	3
									k	1	3	5
									sig	1	-1	1
									1/k!	1	0.166667	0.008333
									a_k	1	-0.16667	0.008333
Time step	Time	x	Asin(x)									
0	0	0	0							=C\$13*Q\$5*\$I7^Q\$2		
1	0.2	0.062832	0.125581									
2	0.4	0.125664	0.250666									
3	0.6	0.188496	0.374763									
4	0.8	0.251327	0.49738									
5	1	0.314159	0.618034									

132

図 2.12 1 次の項の $x=0$ での値を計算

133

134

135 (11) セルにコピペするこれで次数 1 の項が計算される。

136

I	J	K	L	M	N	O	P	Q
							m	1
							k	1
							sig	1
							1/k!	1
							a_k	1
x	Asin(x)							
0	0							0
0.062832	0.125581							0.125664
0.125664	0.250666							0.251327
0.188496	0.374763							0.376991
0.251327	0.49738							0.502655
0.314159	0.618034							0.628319
0.376991	0.736249							0.753982
0.439823	0.851559							0.879646
0.502655	0.963507							1.00531
0.565487	1.071654							1.130973
0.628319	1.175571							1.256637
0.69115	1.274848							1.382301
0.753982	1.369094							1.507964
0.816814	1.457937							1.633628
0.879646	1.541026							1.759292
0.942478	1.618034							1.884956

137

図 2.14 1 次の項すべての x での値を計算

138

139

- 140 (12) 2次以上はコピーペーストで計算できる
- 141 (13) K~O列あたりの空き列に総和を計算するセルである。
- 142 (14) 総和をとる最大の次数を表す数字、1, 3, 5, 9, 19などを書く。
- 143 (15) 総和を計算する
- 144

K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
					m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					k	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
					sig	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
					1/k!	1	0.166667	0.008333	0.000198	2.76E-06	2.51E-08	1.61E-10	7.65E-13	2.81E-15	8.22E-18
					a_k	1	-0.16667	0.008333	-0.0002	2.76E-06	-2.5E-08	1.61E-10	-7.6E-13	2.81E-15	-8.2E-18
1	3	5	9	19											
					=SUM(Q7:Z7)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						0.125664	-8.3E-05	1.63E-08	-1.5E-12	8.41E-17	-3E-21	7.64E-26	-1.4E-30	2.08E-35	-2.4E-40
						0.251327	-0.00066	5.22E-07	-2E-10	4.31E-14	-6.2E-18	6.26E-22	-4.7E-26	2.73E-30	-1.3E-34
						0.376991	-0.00223	3.97E-06	-3.4E-09	1.66E-12	-5.3E-16	1.22E-19	-2.1E-23	2.69E-27	-2.8E-31
						0.502655	-0.00529	1.67E-05	-2.5E-08	2.21E-11	-1.3E-14	5.13E-18	-1.5E-21	3.58E-25	-6.6E-29
						0.628319	-0.01034	5.1E-05	-1.2E-07	1.64E-10	-1.5E-13	9.33E-17	-4.4E-20	1.59E-23	-4.6E-27

- 145
- 146
- 147
- 148
- 149

図 2.15 $x=0$ での総和を計算

- (15) 選んだ次数までの総和を計算する

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
							sig	1	-1	1	-1	1
							1/k!	1	0.166667	0.008333	0.000198	2.76E-06
							a_k	1	-0.16667	0.008333	-0.0002	2.76E-06
x	Asin(x)	1	3	5	9	19						
0	0							0	0	0	0	0
0.062832	0.125581							0.125664	-8.3E-05	1.63E-08	-1.5E-12	8.41E-17
0.125664	0.250666				0.250666	0.250666		0.251327	-0.00066	5.22E-07	-2E-10	4.31E-14
0.188496	0.374763				0.374763	0.374763		0.376991	-0.00223	3.97E-06	-3.4E-09	1.66E-12
0.251327	0.49738				0.49738	0.49738		0.502655	-0.00529	1.67E-05	-2.5E-08	2.21E-11
0.314159	0.618034				0.618034	0.618034		0.628319	-0.01034	5.1E-05	-1.2E-07	1.64E-10
0.376991	0.736249				0.736249	0.736249		0.753982	-0.01786	0.000127	-4.3E-07	8.48E-10
0.439823	0.851559				0.851559	0.851559		0.879646	-0.02836	0.000274	-1.3E-06	3.39E-09
0.502655	0.963507				0.963507	0.963507		1.00531	-0.04233	0.000535	-3.2E-06	1.13E-08
0.565487	1.071654				1.071654	1.071654		1.130973	-0.06028	0.000964	-7.3E-06	3.26E-08
0.628319	1.175571				1.175571	1.175571		1.256637	-0.08268	0.001632	-1.5E-05	8.41E-08
0.69115	1.274848				1.274848	1.274848		1.382301	-0.11005	0.002629	-3E-05	1.98E-07
0.753982	1.369094				1.369094	1.369094		1.507964	-0.14288	0.004061	-5.5E-05	4.34E-07
0.816814	1.457937				1.457937	1.457937		1.633628	-0.18166	0.00606	-9.6E-05	8.92E-07
0.879646	1.541026				1.541026	1.541026		1.759292	-0.22688	0.008778	-0.00016	1.74E-06
0.942478	1.618034				1.618034	1.618034		1.884956	-0.27906	0.012394	-0.00026	3.23E-06

- 150
- 151
- 152

図 2.16 すべての次数ですべての x での値を計算

153 2.4 グラフの書き方

154 (1) グラフにするデータを選ぶ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Plot sine x								
2						Time step	Time	Asin(2π t/T)	
3	Parameters	Meaning	Value	Unit			0	0	
4	T	Period	20	[sec]		1	0.2	0.313952598	
5	Np	Sampling numb	100			2	0.4	0.626666168	
6	δ t	Time interval	0.2	[sec]		3	0.6	0.936906573	
7	i	Time step				4	0.8	1.243449436	
8	A	Amplitude	5	[m]		5	1	1.545084972	
9	π	pi	3.141592654			6	1.2	1.840622763	
10						7	1.4	2.128896458	
11						8	1.6	2.408768371	
12						9	1.8	2.679133975	
13						10	2	2.938926261	
14						11	2.2	3.187119949	
15						12	2.4	3.42273553	
16						13	2.6	3.644843137	
17						14	2.8	3.852566214	
18						15	3	4.045084972	
19						16	3.2	4.221639628	
20						17	3.4	4.3815334	
21						18	3.6	4.524135262	
22						19	3.8	4.648882429	
23						20	4	4.755282581	
24						21	4.2	4.842915806	
25						22	4.4	4.911436254	
26						23	4.6	4.960573507	
27						24	4.8	4.990133642	

155

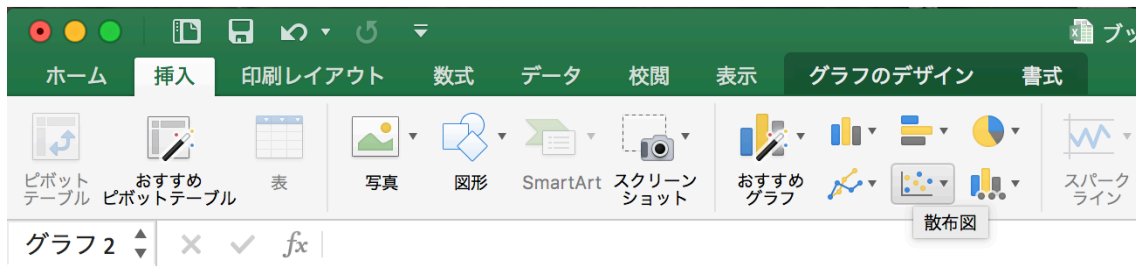
156

図 2.17 グラフにするデータを選択

157

158 (2) [挿入]タブから[グラフの挿入]の[散布図]を選ぶ

159



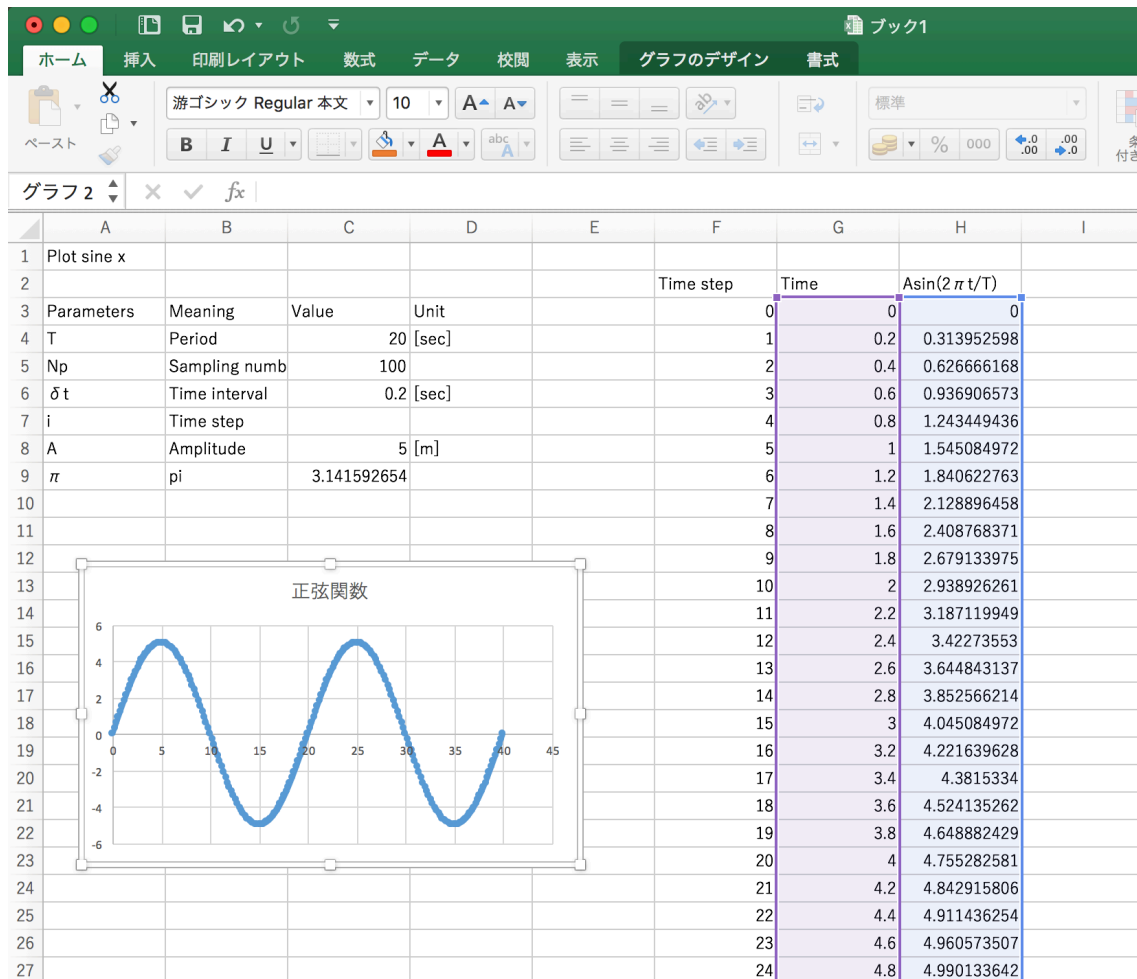
160

161

図 2.18 [挿入]タブから[散布図]を選ぶ

162

- 163 (3) 散布図を押すとグラフの選択画面が出る。
 164 (4) どれか1つを選ぶとグラフが書ける
 165 (5) 適当な位置にグラフを移動する。
 166



- 167
 168
 169

図 2.19 表示されたグラフの移動

170 (1) 追加でプロットするデータを選択する。

171

D	E	F	G	H	I	J	K
i	t	Asin(2πt/T)	1	9	13	17	21
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.02	0.06279052	0.062831853	0.06279052	0.06279052	0.06279052	0.06279052
2	0.04	0.125333234	0.125663706	0.125333234	0.125333234	0.125333234	0.125333234
3	0.06	0.187381315	0.188495559	0.187381315	0.187381315	0.187381315	0.187381315
4	0.08	0.248689887	0.251327412	0.248689887	0.248689887	0.248689887	0.248689887
5	0.1	0.309016994	0.314159265	0.309016994	0.309016994	0.309016994	0.309016994
6	0.12	0.368124553	0.376991118	0.368124553	0.368124553	0.368124553	0.368124553
7	0.14	0.425779292	0.439822972	0.425779292	0.425779292	0.425779292	0.425779292
8	0.16	0.481753674	0.502654825	0.481753674	0.481753674	0.481753674	0.481753674
9	0.18	0.535826795	0.565486678	0.535826795	0.535826795	0.535826795	0.535826795
10	0.2	0.587785252	0.628318531	0.587785252	0.587785252	0.587785252	0.587785252
11	0.22	0.63742399	0.691150384	0.63742399	0.63742399	0.63742399	0.63742399
12	0.24	0.684547106	0.753982237	0.684547107	0.684547106	0.684547106	0.684547106
13	0.26	0.728968627	0.81681409	0.72896863	0.728968627	0.728968627	0.728968627
14	0.28	0.770513243	0.879645943	0.770513249	0.770513243	0.770513243	0.770513243
15	0.3	0.809016994	0.942477796	0.809017007	0.809016994	0.809016994	0.809016994
16	0.32	0.844327926	1.005309649	0.844327952	0.844327926	0.844327926	0.844327926

172

173

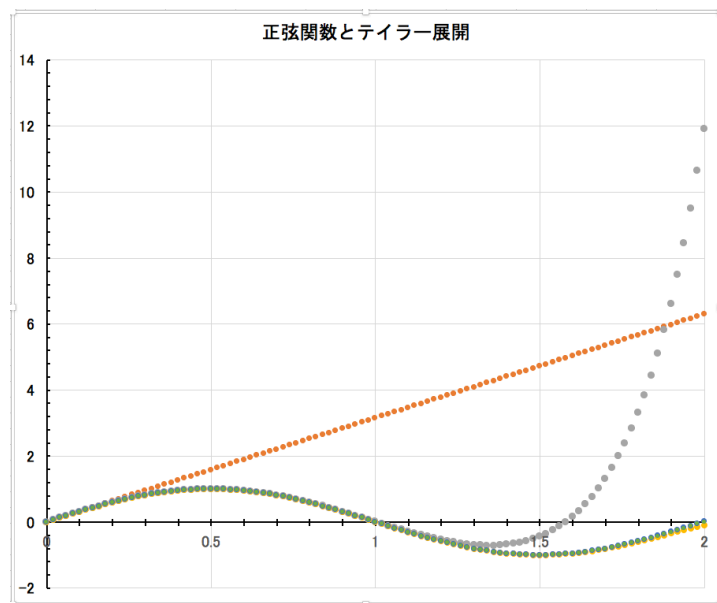
図 2.19 プロットするデータを選択

174

175 (2) そうするとグラフが変更される。

176 (3) グラフの見栄えを整える

177



178

179

図 2.20 完成したグラフ：1次・9次…の級数をプロット