東京学芸大学教育学部附属高等学校大泉校舎研究紀要　第25集（2000年）pp. 77～88

「総合数学」の教材とその指導　その3

田中　賢治・植野　美穂

1．はじめに

平面鏡で物を映す場合には、左右は逆になるが見たままに像が映る。しかし、鏡を曲げて円筒にしたり、球面にした場合には、像の見え方は実物と大きくかけ離れる。平面鏡では実像に対してできる像の位置は、アフィン変換で求めることができるが、円筒や球状の鏡ではより複雑な変換になるため、原像が何かを推測し難いからである。この像の見え方の違いに着目した「アナモルフォーシス（Anamorphosis）」と呼ばれる歪み絵が、中世のヨーロッパでは流行した。この歪み絵は、一見すると何がかいてあるかわからない不思議な絵である。しかし、この絵を円筒や球状の鏡に映し出すと、たちまち生き生きとした絵に生まれ変わるるだけでなく、視点を変えると様相がさらに変化するのである。この瞬時の変化に「何故こんなに変わるのだろう、どんなしくみがあるのだろう」という興味がわき起こってくる。

平成11年度の「総合数学[注(1)]」では、これまでにも取り上げてきたことのある「回転リング」と、上記の「アナモルフォーシス」の２つの教材にしぼって授業を行った。「アナモルフォーシス」では、「光は最短コースを進む」という原理をもとに、平面上に描かれた図形は円筒状のどこに写るか、また逆に円筒状に写された図形の元像は平面上のどこに描かれた図形なのか、実際に実験を行いながら平面上の図形と円筒面上の図形との変換について考えた。本稿では、この「アナモルフォーシス」の授業において生徒に提示した課題とそれに対する生徒の活動について、生徒のレポートの記述をもとに分析し、教材としての意義について考察する。

2．「アナモルフォーシス」の課題と授業の流れ

授業のはじめに右図の絵を生徒に見せ、この図が何を表していると思うか尋ねてみた。生徒たちは最初は見当がつかぬようであったがしばらくすると、変形した長靴ではないかと言う生徒が現れ始めた。そこで袋の中から、発泡スチロールの円柱にアルミの薄板を張った円筒を取り出し、その絵を円筒に写してみたところ、絵の正体が何であるかがはっきりと読みとれ、生徒の中から思わず声が上がった。

図１

そこで、平面上の図形と円筒面上の図形との変換について探究するための最初の課題として、直角三角形を平面にかいてそれを円筒に写すとどんな図形になるか考えさせた。

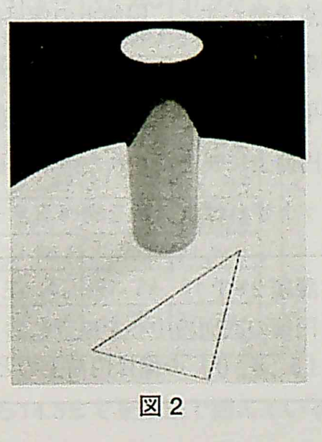


図２

⑴　導入段階の課題

課題１－１ 円柱の表面に写し出された図形をスケッチせよ。

円筒面上に写る像は、視点の位置を変えたり、円筒の大きさを変える

と変化する。授業では、直径10cmの円筒を用いた。この円筒は発砲スチロールの円柱側面に、アルミ製の粘着シートを張って作成したものである。この課題１－１では、まず予測をたてさせ、その後実際に円筒面上に像を写し出して確かめさせるようにした。

課題１－１で、生徒は平面上にかかれた直角三角形が円筒の位置を変えることによって、曲線で囲まれたさまざまな図形に写し出される様子を観察した。次に、課題１－１で調べた結果を用いて、像から元の図を予想させる課題を提示した。

課題１－２
平面上にどのような図をかけば円柱の表面に写し出された図形が直角三角形に見えるか。

課題１－２では、前問で観察した結果をもとに平面上にどのような図形をかけば円柱面上に直線や直角ができるか予想させた。生徒は原図を予想するとそれを円柱に写し出し、実際に直角三角形になるかどうか確かめていたが、90°の角をつくること、および各辺を直線にすることに手こずっていた（図３）。ある生徒は90°の角をつくるために、直角三角形ではなく長方形の像を写し出すことを考えついた（図４）。

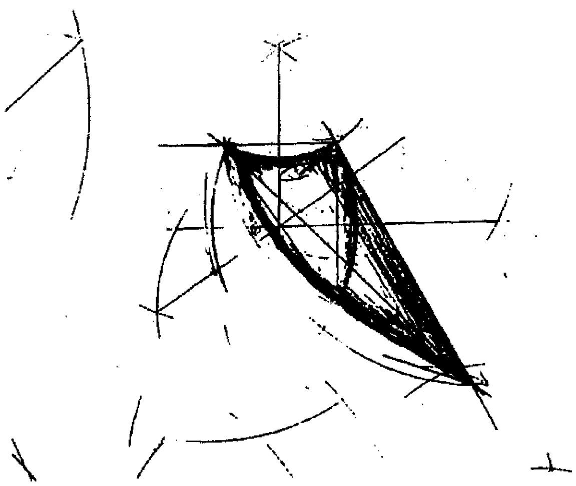


図３

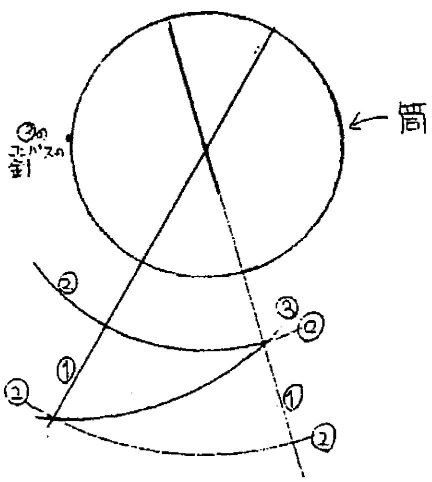


図４

課題１－１、課題１－２に取り組ませることで、平面上の図形と円筒面上の図形との変換についてのイメージをもたせることができた。そこでこの変換について、数値データをもとに解析する活動に入ることにした。

(2)　データ解析の課題

視点を動かすと、円筒上の像は変化する。そこで、視点を空間のある1点に固定させ、数値データをもとに図形の変換を解析する次の２つの課題を与えた。

①平面上の点が円筒状のどの位置に写るかを求める。→課題２－１

②円筒上に映しだされた点が平面に対して垂直な直線上に並ぶようにするには、平面上にどのように点をプロットすればよいかを調べる。→課題２－２

課題２－１
円筒の底面の中心を原点におき、視点の位置を（０,10,30）としたとき、平面上の点（５,８,０）の像は円筒上のどの位置に映るか。

視点を定めると、平面上の点（５，８，０）の像は、円筒上のただ１点に定まる。点の像が円筒上のどの位置に映るかを考えるには、平面上の１点からでた光が円筒上のどこで反射して目に入ってくるかをを考えればよい。

光が鏡の面で反射する場合、「入射角と反射角が等しい」という性質は、「光は最短経路を進む」いう性質と同等である。円筒上の点の座業を求めるには、「入射角と反射角が等しい」角の関係で立式するより距離の関係で立式する方が容易である。そこで、円筒上の点の座標を

(5cos θ , 5sin θ , z)　$0 \leqq \theta \leqq 180°$、$0 \leqq z \leqq 30$

として、以下のような式を導き出した。

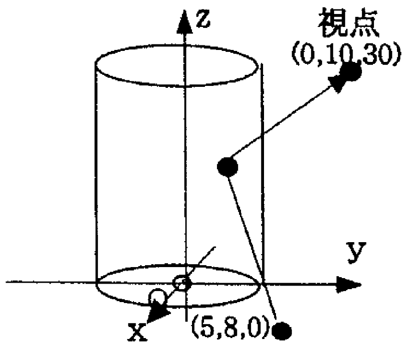
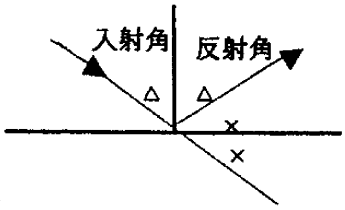


図５



$$L = \sqrt{(5\cos\theta - 5)^2 + (5\sin\theta - 8)^2 + z^2} + \sqrt{(5\cos\theta)^2 + (5\sin\theta - 10)^2 + (z - 30)^2}$$

図６

この式は２つの変数を含んでいるため高校生にとっては複雑な式ではあるが、２点間の距離を表す式であるので、意味はとらえやすい。Lの値の最小値を求めるには、θとｚの値を独立に変化させてLの値の変化の様子を調べればよい。ただし、Lが２変数からなる無理関数であるため、ここではグラフ電卓のリスト機能を用いて、θとｚに具体的な数値を代入し、Lの値を求めさせることにした。それでもθとｚの値を絞り込んでいく作業は大変なので、男子２名ずつの２組、女子３名の１組のグループを作り、グループ内で協力しあって進めていくことにした。

まず最初に、θは０°から90°まで10°刻みで、ｚは0から20まで１刻みでLの値の変化の様子を探り、θとｚがおよそどの範囲に狭められるかを考えさせた。範囲の狭め方については、それぞれのグループの判断に任せ、自分たちがこの範囲に最小になると思われるθとｚの範囲を小数点以下第１位までの値として求めさせた。表１は女子グループが作成したワークシートの１枚である。

総合数学ワークシート（円筒に映る像）　No. 2

視点の位置（0,10,30）　　平面上の点の位置　（5.8.0）

z ＼ 角	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°
14.6	31.702	31.696	31.692	31.689	31.688	31.689	31.692	31.696	31.703	31.711
14.5	31.701	31.695	31.691	31.689	31.688	36.689	31.692	31.695	31.703	31.711
14.4	31.7	31.694	31.69	31.688	31.688	31.689	31.692	31.697	31.703	31.711
14.3	31.699	31.694	31.69	31.688	31.687	31.689	31.692	31.697	31.704	31.712
14.2	31.699	31.693	31.689	31.687	31.687	31.689	31.692	31.697	31.704	31.713
14.1	31.698	31.693	31.689	31.687	31.687	31.689	31.695	31.698	31.705	31.714
14.0	31.697	31.692	31.689	31.687	31.685	31.69	31.692	31.699	31.706	31.715
13.9	31.697	31.692	31.689	31.688	31.688	31.69	31.694	31.7	31.707	31.716
13.8	31.697	31.692	31.689	31.688	31.688	31.691	31.695	31.701	31.708	31.718
13.7	31.697	31.692	31.689	31.688	31.689	31.691	31.695	31.702	31.71	31.719
13.6	31.697	31.692	31.69	31.689	31.69	31.692	31.697	31.703	31.711	31.721

表１　θが73°のときｚが14.0から14.2まで、θが74°のときはｚが14.1から14.3までを鉛筆で囲んでいる。

Lの値を最小にするθとｚの理論値は、θ=73.5°、ｚ=14.1であるが、目で見たときにもその位置に写るかどうか実験して確かめることにした。

男子の２つのグループが一足先にその値を出していたので、これらのグループを１つにまとめて４人で実験することにした。一人が観察者となって片目を視点（０,10,30）の位置に置き、他の一人が先のとがった物を円筒上で移動させ、像の位置がそのとがった物の先と重なったとき、観察者が合図を出し、別の生徒がその位置に印を付け、角θと高さｚを測定する。彼らは１回測定しただけでやめようとしていたため、測定には誤差がつきものであるから複数回測定する必要があることを説明した。男子のグループの測定結果は10回の観測の平均でθが72.6°、ｚが13.51であった。

女子が理論値を求めるのに手間取っている間、指導する側が測定にＣＣＤカメラを使うことを思いついた。そこで、女子にはＣＣＤカメラとモニターを繋ぎ、人の目視の替わりにＣＣＤカメラを視点の位置に置き、モニターに映し出された円筒上の像を見ながら印を付ける方法を採らせた。女子のグループも10回測定したが、その平均は、θが73.8°、ｚが13.6であった。測定値と理論値を比較すると、角θについては１°、高さzについては0.6cmの差が生じた。

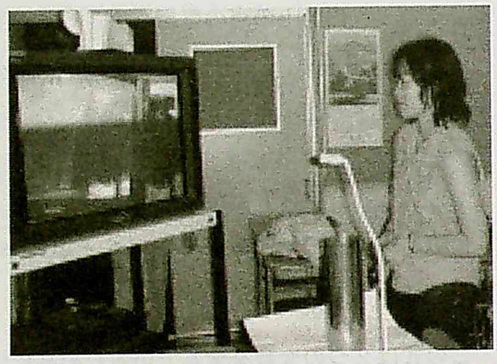


図７

課題２-２
点（５，８，０）とは異なる平面上の点をＰとする。円筒面に写った点Ｐと点（５，８，０）の像を結ぶ線分が、平面に対して垂直に映るように点Ｐの位置を定め、図示せよ。ただし、視点は（０,10,30）とする。

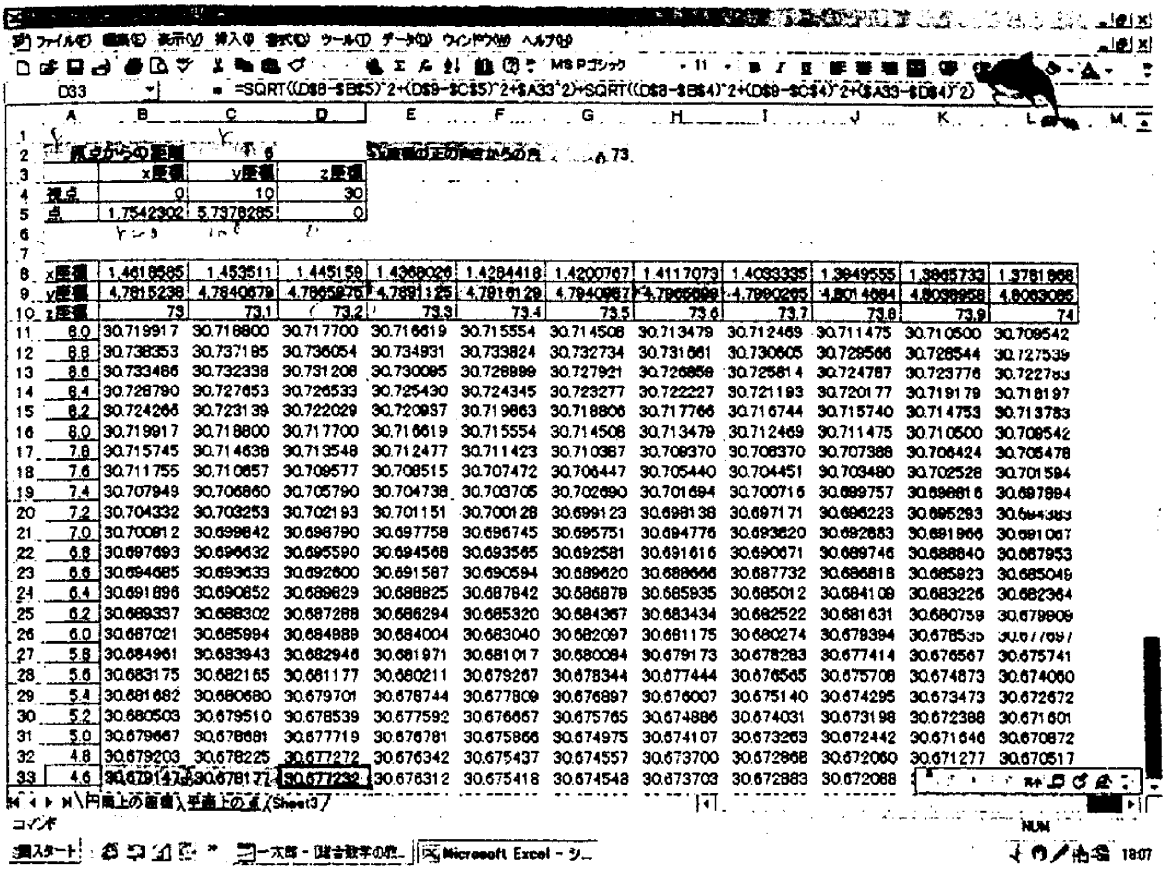
点Ｐの座標は、原点からの距離をｒ、ｘ軸の正の方向となす角をθとしたとき、(ｒcosθ,ｒsinθ,０）と表せる。しかし、実験で用いた円筒の半径は５cmであるため、ここでは「ｒ=６，７，８，９，10の場合にθとしてそれぞれどのような値をとればよいか」という課題にした。またこの課題では、一度に多くのデータを扱うため、グラフ電卓を用いずにコンピュータの表計算ソフトを使用することにした。そのために資料（巻末参照）を配布し、表計算ソフトの使い方を指導した。

図８は、生徒が利用した表計算ソフトのディスプレイ画面である。Ｃ２セルは点Ｐの原点からの距離を、Ｇ２セルは点Ｐのｘ軸の正の向きとなす角を表している。これらの値および距離を計算する式は生徒に設定させた。生徒は入力した計算式が正しいかどうかを確かめるために、互いに隣の生徒と計算結果や式の形を見比べていた。

Ｂ５、Ｃ５、Ｄ５の各セルは、Ｃ２、Ｇ２に入力した点Ｐの値をもとに、点Ｐのｘ、ｙ、ｚ座標を示している。B10セルからL10セルまでは円筒上の点のθ（ｘ軸の正の方向となす角）を、A11セルからA41セルまでは円筒上の点のzを表しており、いずれの値も生徒が設定するようになっている。そして、Ｂ８セルとＢ９セルは、θがB10セルの値のときの円筒上の点のｘ、ｙ座標を表している。さらに、B11セルからL41セルを対角線とする長方形のセル群には、点Ｐから円筒上の点を通り視点に至るまでの距離 l が表示されている。最小値がこの表からはみ出ていると予想される場合には、B10セル～L10セルの値や、A11セル～A41セルの値あるいはその両方の値を変化させ、l のより小さい値が表の中に収まるように操作する。

図８ではD10セルの値は73.2で、これは円筒に映る点のθの値を示している。しかし課題２-２の要求を満たすには、課題２-１の結果から、この値が73.5にならなければならない。73.5にならないときは、再度Ｇ２セルの値

を変えて、今と同様の操作を行うのである。これはかなり複雑な操作であり、半数の生徒は一回の説明では理解できなかった。もう一度説明を聞いたり、周りの理解できている生徒に助けを求めたりして、やっと操作の意味を理解することができた。求められた値は、記録させるようにした。

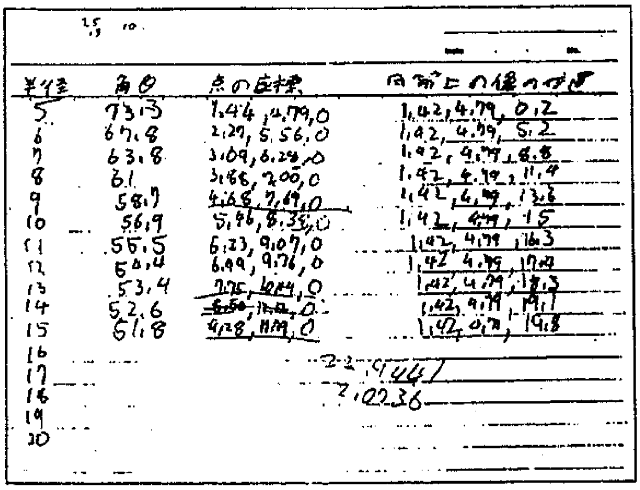


D33 =SQRT((D$8-$B$5)^2+(D$9-C5)^2+$A33^2)+SQRT((D$8-B4)^2+(D$9-$C$4)^2+($A33-D4)^2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	視点からの距離				z座標の正の向きからの角		73					
3		x座標	y座標	z座標								
4	視点	0	10	30								
5	点	1.7542302	5.7378285	0								
6												
7												
8	x座標	1.4618585	1.453511	1.445159	1.4368026	1.4284418	1.4200767	1.4117073	1.4033335	1.3949555	1.3865733	1.3781868
9	y座標	4.7815238	4.7840679	4.7865976	4.7891125	4.7916129	4.7940987	4.7965699	4.7990265	4.8014684	4.8038958	4.8063085
10	z座標	73	73.1	73.2	73.3	73.4	73.5	73.6	73.7	73.8	73.9	74
11	8.0	30.719917	30.718800	30.717700	30.716619	30.715554	30.714508	30.713479	30.712469	30.711475	30.710500	30.709542
12	8.8	30.738353	30.737185	30.736054	30.734931	30.733824	30.732734	30.731661	30.730605	30.729566	30.728544	30.727539
13	8.6	30.733486	30.732338	30.731208	30.730095	30.728999	30.727921	30.726859	30.725814	30.724787	30.723776	30.722783
14	8.4	30.728790	30.727653	30.726533	30.725430	30.724345	30.723277	30.722227	30.721193	30.720177	30.719179	30.718197
15	8.2	30.724266	30.723139	30.722029	30.720937	30.719863	30.718806	30.717766	30.716744	30.715740	30.714753	30.713783
16	8.0	30.719917	30.718800	30.717700	30.716619	30.715554	30.714508	30.713479	30.712469	30.711475	30.710500	30.709542
17	7.8	30.715745	30.714638	30.713548	30.712477	30.711423	30.710387	30.709370	30.708370	30.707388	30.706424	30.705478
18	7.6	30.711755	30.710657	30.709577	30.708515	30.707472	30.706447	30.705440	30.704451	30.703480	30.702528	30.701594
19	7.4	30.707949	30.706860	30.705790	30.704738	30.703705	30.702690	30.701694	30.700716	30.699757	30.698816	30.697894
20	7.2	30.704332	30.703253	30.702193	30.701151	30.700128	30.699123	30.698138	30.697171	30.696223	30.695293	30.694383
21	7.0	30.700812	30.699842	30.698790	30.697758	30.696745	30.695751	30.694776	30.693820	30.692883	30.691966	30.691067
22	6.8	30.697693	30.696632	30.695590	30.694568	30.693565	30.692581	30.691616	30.690671	30.689746	30.688840	30.687953
23	6.6	30.694685	30.693633	30.692600	30.691587	30.690594	30.689620	30.688666	30.687732	30.686818	30.685923	30.685049
24	6.4	30.691896	30.690852	30.689829	30.688825	30.687842	30.686879	30.685935	30.685012	30.684109	30.683226	30.682364
25	6.2	30.689337	30.688302	30.687288	30.686294	30.685320	30.684367	30.683434	30.682522	30.681631	30.680759	30.679909
26	6.0	30.687021	30.685994	30.684989	30.684004	30.683040	30.682097	30.681175	30.680274	30.679394	30.678535	30.677697
27	5.8	30.684961	30.683943	30.682946	30.681971	30.681017	30.680084	30.679173	30.678283	30.677414	30.676567	30.675741
28	5.6	30.683175	30.682165	30.681177	30.680211	30.679267	30.678344	30.677444	30.676565	30.675708	30.674873	30.674060
29	5.4	30.681682	30.680680	30.679701	30.678744	30.677809	30.676897	30.676007	30.675140	30.674295	30.673473	30.672672
30	5.2	30.680503	30.679510	30.678539	30.677592	30.676667	30.675765	30.674886	30.674031	30.673198	30.672388	30.671601
31	5.0	30.679667	30.678681	30.677719	30.676781	30.675866	30.674975	30.674107	30.673263	30.672442	30.671646	30.670872
32	4.8	30.679203	30.678225	30.677272	30.676342	30.675437	30.674557	30.673700	30.672868	30.672060	30.671277	30.670517
33	4.6	30.679147	30.678177	30.677232	30.676312	30.675418	30.674548	30.673703	30.672883	30.672088	[illegible]	[illegible]

図 8

次の表 2 は、r = 5, 6 ,…, 15について調べた男子の記録である。円筒上の像の位置は、すべてx座標が1.42、y座標が4.79になっており、像が円筒上平面に垂直な直線上に並んでいることを示している。



半径	角θ	点の座標	円筒上の像の位置
5	73.3	1.44, 4.79, 0	1.42, 4.79, 0.2
6	67.8	2.27, 5.56, 0	1.42, 4.79, 5.2
7	63.8	3.09, 6.28, 0	1.42, 4.79, 8.8
8	61	3.86, 7.00, 0	1.42, 4.79, 11.4
9	58.7	4.68, 7.69, 0	1.42, 4.79, 13.6
10	56.9	5.46, 8.38, 0	1.42, 4.79, 15
11	55.5	6.23, 9.07, 0	1.42, 4.79, 16.3
12	54.4	6.99, 9.76, 0	1.42, 4.79, 17.4
13	53.4	7.75, 10.44, 0	1.42, 4.79, 18.3
14	52.6	8.50, 11.12, 0	1.42, 4.79, 19.1
15	51.8	9.28, 11.79, 0	1.42, 4.79, 19.8
16			2.29447
17			
18			7.10236
19			
20			

表 2

円筒上の像が垂直な直線上に並ぶ点の座標が求められた生徒には、これらの点がどのような特徴を持つか考えさせるために、方眼紙にそれらの点をプロットするように指示した。

生徒は、方眼紙に点をプロットすることで、それらの点が平面上の１直線上にのっていることに気づいた。さらに、その直線を延長して円筒と交わる点をＳ、円筒の中心をＯ、視点をその平面上に投影してできる点をＴとすると、∠ＰＳＴは半径ＯＳの延長線によって２等分されることも見出した(図９)。

この後、授業の中から得られた結果に考察を加え、レポートにまとめるように指示した。授業最終日には、レポートをもとに一人一人が考察した事項を中心に発表を行った。

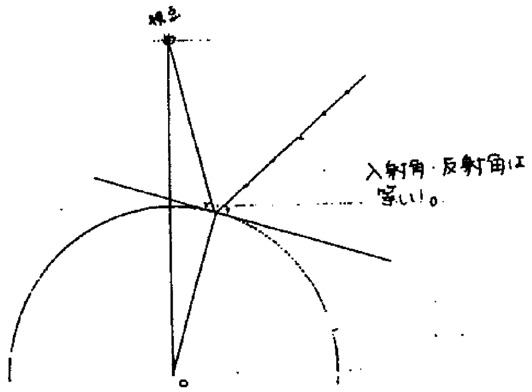


図９

３．生徒のレポートより

生徒のレポートには、xy平面上に光路を投影したとき、投影図においても入射角と反射角が等しくなることを取り上げているものが多い。このことから、発表授業の時に、xy平面に視点と平面上の１点を指定すれば、円筒上のどこで反射するか作図できるのではないかということが話題になった。点Ｐの像の作図について図10のようなアイディアが出されたが正しいものではなかった。

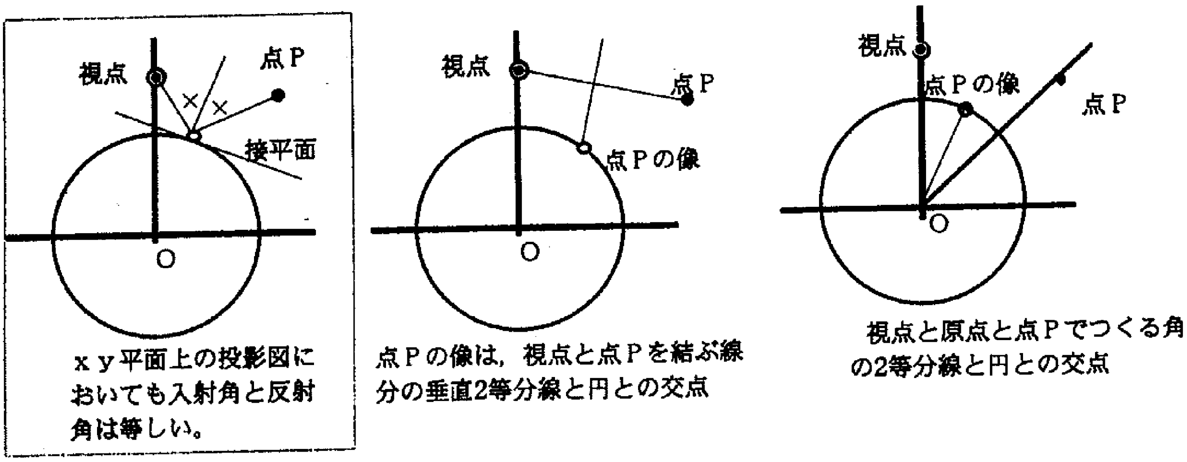


図10

指導する側としては、xy平面に垂直でz軸を含む面における入射角と反射角について考察する生徒が出てくることを期待したのであるが、空間のベクトルの内積についての知識が十分ではないため(注(2))、そこまで考察を深めることができなかった。

この他、入射角と反射角の関係以外のことについて記述している生徒が３人いた。その一人は、円筒に像を映せる範囲について考察していた。視点の位置から円筒に接線を引くと、接線の背後にある円筒の裏の部分は（図11)、円筒に映してみることができない範囲であると述べている。

残り二人は、目視による確認の測定値と計算値の違いについて触れている。そのうちの一人は男子生徒で、測定と計算による結果の値が結構違うという感想を持っている。彼は人間の目の曖昧さがその原因ではないかと考えた。女子はＣＣＤカメラを用いて測定したのであるからより

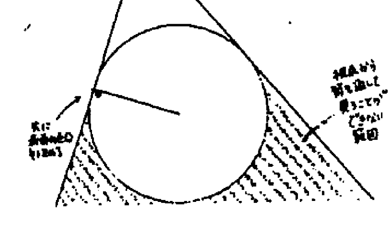


図11

計算値に近い値がでるはずで、測定毎の変動もなくなるとしている。この生徒は発表の時に、「計算で求められるのに目視で確認する意味がわからなかった」と発言している。もう一人は女子生徒で、「CCDを使った測定では、やっていたときはこれで正確な測定結果がでるだろうかと不安だったが、角度はほぼ計算値と一致したので、達成感があった。」と記述している。これらの発言より、測定値と計算値との関係を考えさせる機会をもっと生徒に持たせる必要があることを痛感した。

4．考察

アナモルフォーシスの授業では、光の性質をもとに平面に描かれた絵を円筒に写し出すという事象を数理的に把握し、その仕組みを解明することが課題である。その仕組みを解明するために、課題1-1、1-2では、平面に描いた図と円筒に映った図の形を十分に観察し、二つの図形の間の関係を考察した。また、課題2-1、2-2では、二つの図形の間の関係を多くの数値データの中から解析した。

アナモルフォーシスの教材は、だまし絵という素材の持つおもしろさに加え、扱い方によっては、三平方の定理、無理関数の最小値、三角関数、ベクトルの内積、対称性、座標変換、空間図形、データ解析といった多くの数学的内容を含んでいる。課題2の後で課題1の結果との関連を調べ、座標変換について学習する時間を持たせたかったのであるが、時間の関係でそこまで発展させることができなかった。しかし、ある女子生徒はレポートの中で、次のように述べている。

「普段の数学の授業では教科書を中心とした内容なので、総合数学で扱った内容はすごく新鮮に思えた。・・（中略）・・総合数学で扱う内容を解くには発想力や観察力などが必要だと思う。・・この授業のよかったと思う点は普段の生活でも意外と数学が関係するものが多いということに気づかされたことと、問題に対してしっかりとした考え方の道筋をたてて解くということを学んだことだ。・・・」

このように、アナモルフォーシスの授業を通して、日常の生活の中に数学的考察ができるものがあるという意識を生徒に持たせ、筋道を立てて考える大切さを実感させることができたと言えよう。また、アナモルフォーシスの授業では、必要な計算はグラフ電卓や表計算ソフトを活用して行った。したがって、生徒たちは実際には膨大な計算を手計算では行っていないのであるが、次のような感想を書いている。

「今回のアナモルフォーシスは、結構計算が多くて、途中で何をやっているのか分からなくなったりもしたが、すごく考えさせられて、勉強になったと思う。・・」

授業では、計算式を用いて距離が最小になる点を探すためのシミュレーションを行っていたのであるが、計算量が多い分、今何の計算を行っているかその都度意識していないと目標を見失ない、数値データがただの数になってしまう。目標に向かって条件となる数値をどのように設定すれば、求めたいデータを絞り込んでいけるのか、あるいは、数のパターンをどのように読めばよいのか、といったデータを扱う経験を生徒は持つことができた。

授業最終日のレポートの発表の中で、生徒から次のような新たな課題が提示された。

- 視点を固定した場合、平面上の点の原点からの距離とその像の高さ（z座標）との間にはどのような関係があるのか。
- 点Pのz座標が$z \neq 0$のとき、点P'の座標はどこにくるか。
- 視点を固定したとき、平面上の任意の点の像が円柱上のどの位置にくるかを簡単に求められないか。

これらの課題は、空間座標、空間ベクトルを学習していない生徒には難問である。これらの課題については、未解決のまま授業をおえたが、アナモルフォーシスの教材は、推測、実験、検証といった一連の活動の中から、新たな課題を生み出すことが可能である。このような課題を個人課題として、新たに探究させることが、生徒の数学的能力をより伸ばすことになるであろう。

以上より、アナモルフォーシスの教材は、次のような点で高等学校の数学教材として意義のあるものと考える。

①素材がおもしろい。②数学的内容が豊かである。③「光は最短コースを進む」というシンプルな原理をもとに考察することができる。④テクノロジーを活用した意味のある数値計算の場を与える。⑤計測結果と計算式による数値結果との関連について考察する機会を与える。⑥探究活動の中から生徒が新たな課題を見出すことができる。⑦数学の有用性が感じられる。

5．おわりに

今年度の総合数学で扱った内容は「回転リング」と「アナモルフォーシス」の２つであった。生徒の活動を重視して授業を進めると、どうしても進度は遅くなる。このような授業に指導者として対するとき、生徒に多くの数学的な知識や技能を身につけさせることを期待するのではなく、どれだけ深くそして幅広く考える機会をもたせられるかということに価値を見出すことが必要であろう。生徒が自分自身で考え納得したことは、それがほんの些細なことでも充実感や達成感を持ちうることが、生徒のレポートから伝わってくる。このような学習を重ねていくことが、生徒が自分自身でどのように学習を進めていけばよいか、すなわち学び方を知ることに通じるのではないかと考える。

「アナモルフォーシス」は今年度初めて扱った題材であり、生徒自ら課題を発展させ、考察を深めるという点では指導が十分とは言えなかった。入射角と反射角の関係がxy平面上だけでなく、z軸方向についてはどうなのか、円筒から点を離すと像の高さはどの位高くなるのか、といった疑問を新たな課題として、生徒が統合的・発展的に考察していくような授業を目指して、指導方法および教材の内容について検討を重ねたいと考えている。

【註】

(1)従来「総合数学Ａ」と呼ばれていた科目はカリキュラムの見直しで、平成11年度から「総合数学」に変わったが、科目の性格やねらいは従来の「総合数学Ａ」と同じものである。授業は例年のように２学年の生徒を対象に、後期１単位、２時間続きの枠で行った。授業総数は24時間で、その内容は回転リング（８時間)、アナモルフォーシス（16時間）であった。平成11年度の「総合数学」の受講生徒は７名（男子４名、女子３名）で、いずれも授業には熱心に取り組んでいた。本校では３学年から進路に応じて理系・文系・芸系の３つのコースに分かれるが、７名の内理系のコースに進んだものは３名で、残りの４名は文系のコースを選択している。

(2)アナモルフォーシスの課題を扱うために、総合数学の授業の中で空間の座標系について指導した。本校では数学Ｂは必履修科目ではなく、しかも「複素数と複素平面」、「ベクトル」、「確率分布」、「算法とコンピュータ」の中から２分野を任意に選択できるシステムをとっているため、空間座標系について学習していない生徒がいたからである。科目の選択の幅をひろげることにより履修状況が生徒によって異なり、さらに扱う教材が総合的であるとさまざまな分野の知識が必要になる。この場合、必要に応じてその場で指導するという形をとらざるを得ない。

【参考文献】

植野美穂・田中賢治（1998）「総合数学Ａ」の教材とその指導について、東京学芸大学教育学部附属高等学校大泉校舎研究紀要第23集、13-24

田中賢治・植野美穂（1999）「総合数学Ａ」の教材とその指導　その２、東京学芸大学教育学部附属高等学校大泉校舎研究紀要第24集、45-52

板根厳夫（1986）「新・遊びの博物誌１」、朝日文庫

桑原茂夫（1999）不思議の部屋・２「だまし絵百科」、筑摩書房

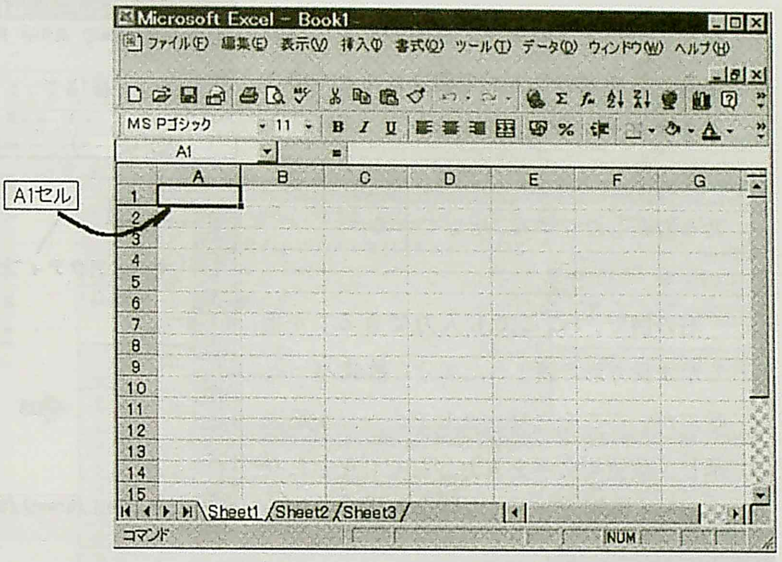
安野光雅・雅一郎（1998）「魔法使いのあいうえお」、童話屋

安野光雅・雅一郎（1992）「魔法使いのABC」、童話屋

表計算ソフト　Ｅｘｃｅｌ　の利用の仕方

セル　　表計算ソフトにはたてと横に長方形の枠が並んでいる。この一つ一つの長方形をセルと呼ぶ。

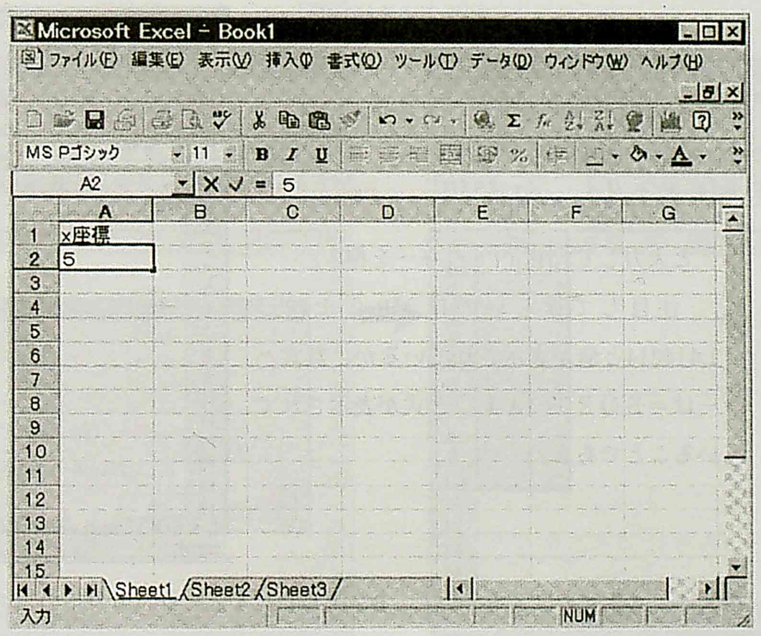
たての長方形の並びを列 (column) といい、横の長方形の並びを行 (row) という。列には左からA, B, C, D, ・・と、行には上から１，２，３，４；・と名前が付けられている。



セルにも名前がついており、そのセルが属する列と行の名前で表す。上の例はA列と１行の交わる位置にあるセルが「Ａ１セル」という名前がついていることを表している。

セルには、文字や数字を入力することができる。

下の例は、Ａ１に文字列「ｘ座標」が、Ａ２セルに５を入力した様子を示している。



セルの機能

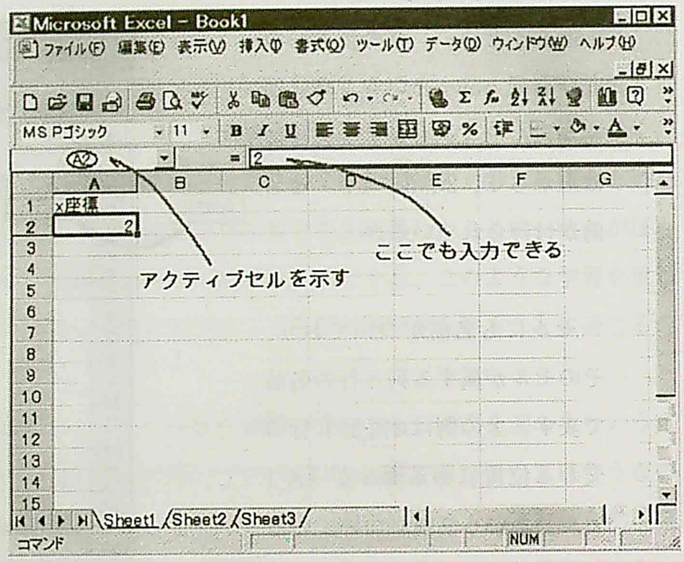
①数値・文字列の記録と表示

セルは数値や文字列を入力したり訂正したりすることができる。

入力や訂正するには、まず太い長方形の枠を、→←↑↓のキーで目的のセルに移動する。この太い長方形で囲まれたセルのことを**アクティブセル**と呼ぶ。

アクティブセルでは数値や文字を入力したり訂正したりすることができる。

右の図で、**「ここでも入力できる」**が指し示す長方形で囲まれた部分を**数式バー**と呼ぶが、ここをクリックしてカーソルを表示し、数値や文字を入力したり訂正したりすることでも、アクティブセルの内容を変えることができる。



②計算式の記録と結果の表示

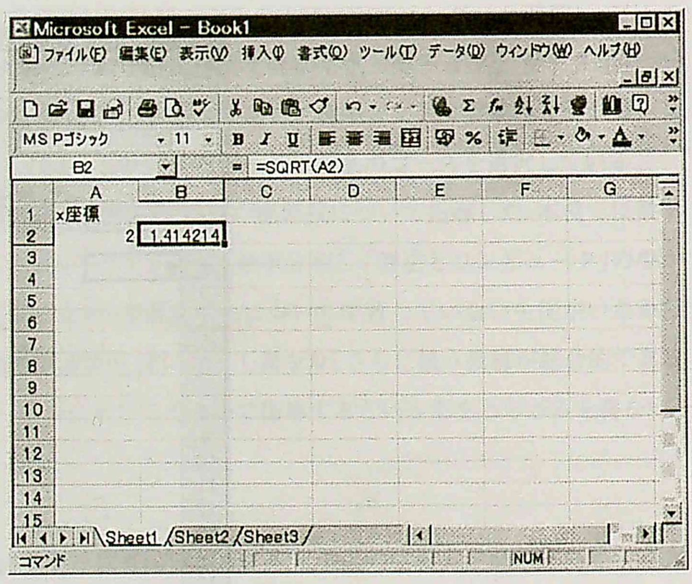
セルには、他のセルに入力してある値を用いていろいろな計算をし、その値を表示する機能がある。

例えばB２セルに、Ａ２セルに入力されている値の正の平方根を表示させるには、Ｂ２セルをアクティブセルにして、

＝ＳＱＲＴ（Ａ１）

と入力して、$\boxed{\text{Enter}}$キーを押す。

注目して欲しいのは、Ｂ２セルは1.414214と値が表示されているが、数式バーは＝ＳＱＲＴ（Ａ１）と式が表示されていることである。



練習１　Ａ２セルに３を入力し、Ｂ２セルにはＡ２セルの値の正の平方根を表示せよ。

練習２　Ｃ２セルにＡ２セルの値に５を加えたものを表示せよ。

表計算ソフトにおける四則計算の記号

算数・数学	表計算ソフト	算数・数学	表計算ソフト
＋	＋	×	＊
－	－	÷	／

表計算ソフトの便利な機能

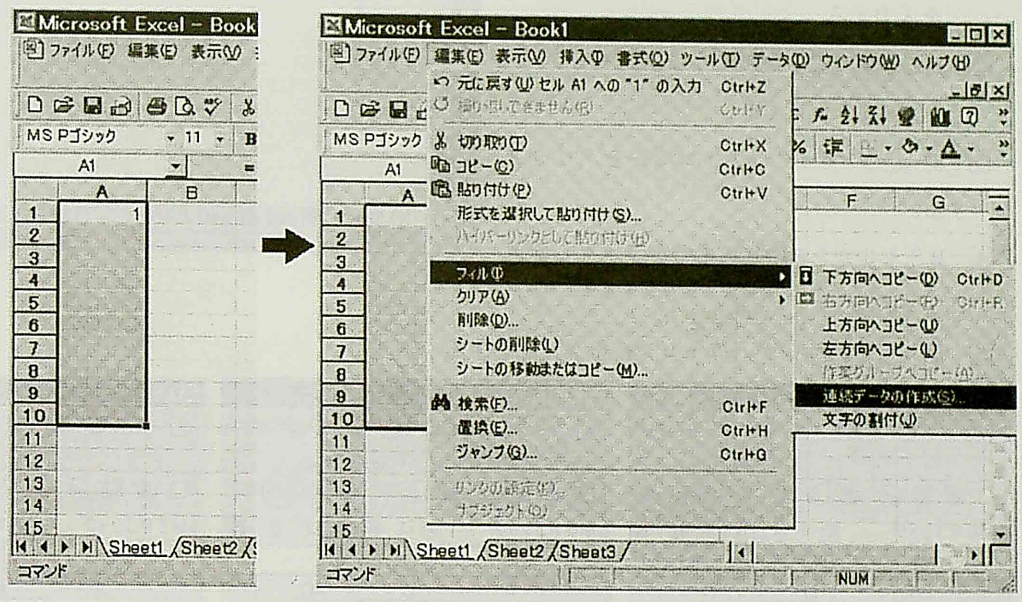
① いくつかの連続した数を縦または横に隣り合うセルに入力する。

ここでは、A１セルからA10セルまで１から10までの数を入力する。

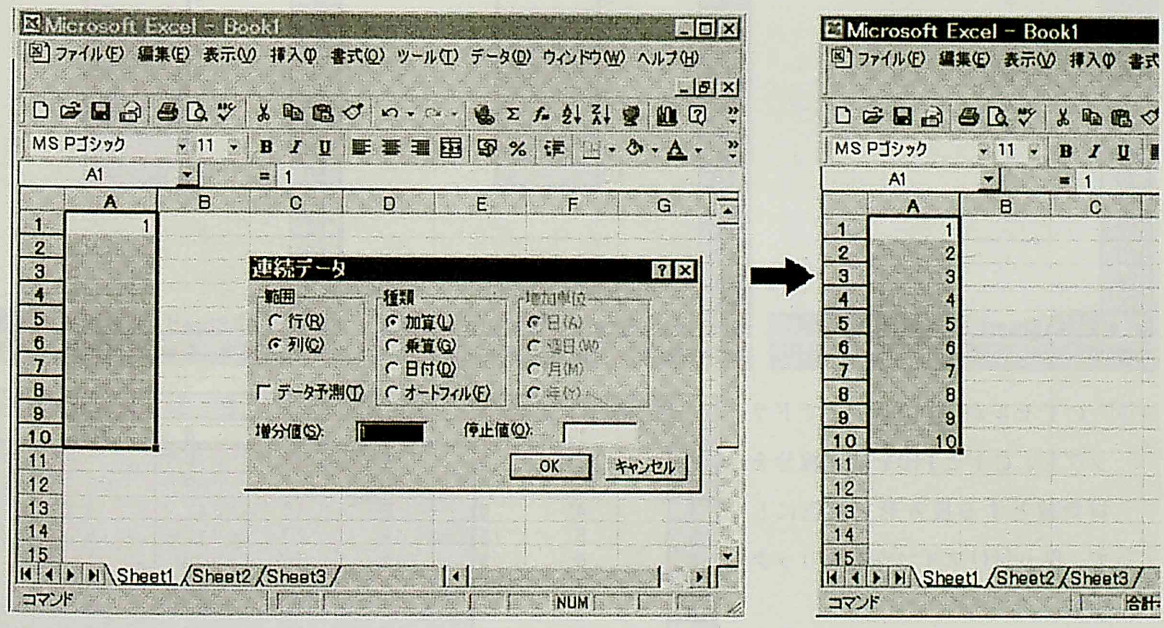
1 A１セルに１を入力する。

2 A１セルからA10セルまでドラッグして、セルの色を紫にする。(A１セルのみ白色になる。)

3 編集(E) → フィル(I) → 連続データの作成(S)



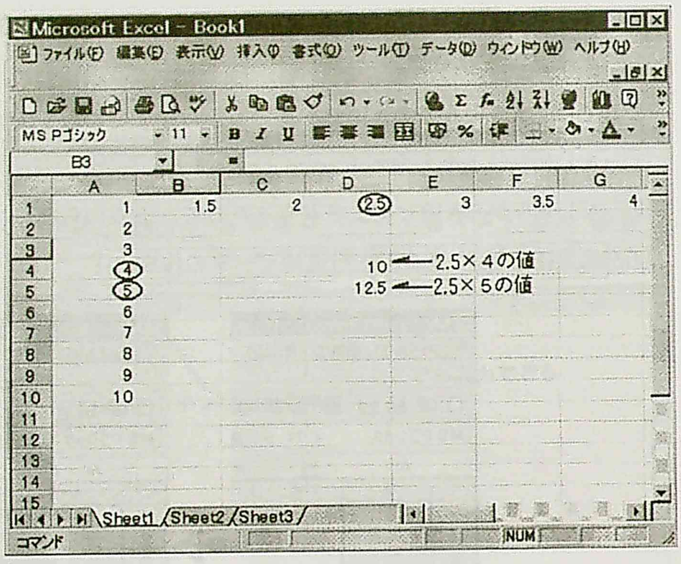
4 「連続データ」の範囲を列、種類を加算、増分値を１として、OK ボタンを押す。



練習３　１行のA１セルからT１セルまでに、１から0.5ずつ増やしながら10.5まで入力せよ。

② 式をコピーする。

ここでは、D４セルにはD１セルの値とA４セルの値の積が入るように、A列と１行に入力してある数の積をA２セルからE10セルまで計算して、表を作る。



[1] B２セルに積を計算する式

＝B１＊A２

を入力する。

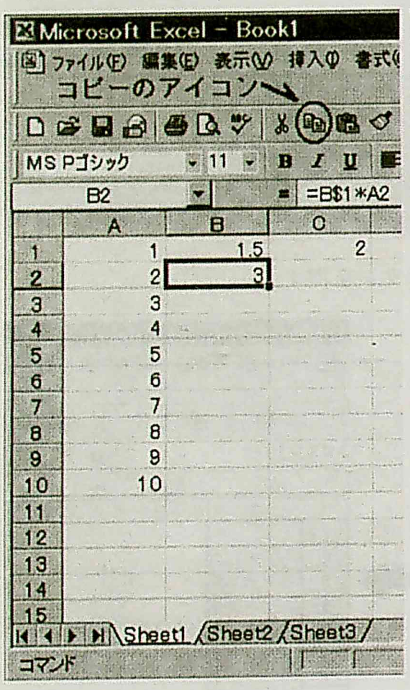
[2] B２セルの式を次のように変更する。

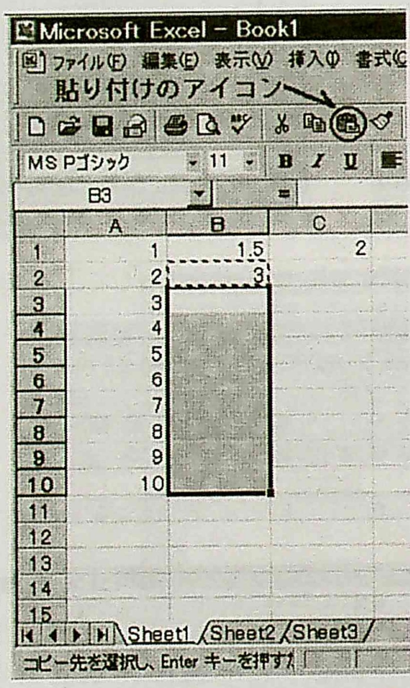
＝B＄１＊＄A２

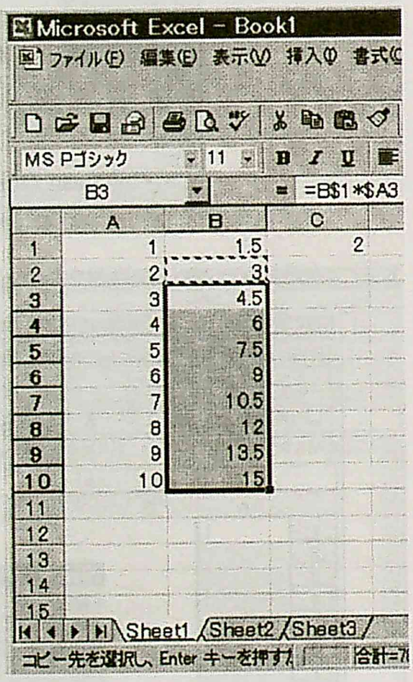
[3] コピーのマーク（アイコン）をクリックする。

[4] B３セルからB10セルまでドラッグし紫色にする。

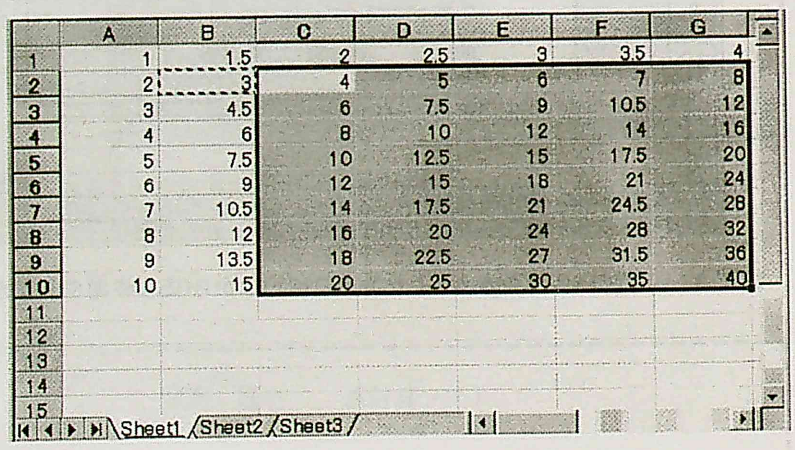
[5] 貼り付けのマーク（アイコン）をクリックする。







[6] C１セルからT10セルまでドラッグし、C１とT10を結ぶ線分を対角線とする長方形を紫色にして、貼り付けアイコンをクリックする。



練習４　B２セルを＝B１＊A２としたまま、４から６までの操作を行うとどうなるか。また、＄の役割を考えよ。