はじめに

きょうから、グラフ電卓 TI-92 を使って、考える数学-MTT-Mathematics Thinking with Technology を行います。今までのように、教えてもらう数学ではなく、自分で考え、実験して、「数楽」をすることによって、本当の数学の面白さを体験してもらいたいと思っています。

しかし、まったく機器の扱いを知らない状態では、何もできませんから、「この電卓ではこんなことができますよ」という例を示すために、最初の数回は私が中心になって説明をしていきます。

すべての操作を覚えることはたいへんです。しかしこの電卓は諸君が「してみたい」と思うようなことはたいていできますし、その方法は「マニュアル」のどこかにかいてあります。自分で探して楽しんでください。

毎回簡単なプリントを用意しますが、これはあくまでも補助で、実際は各自で MTT 用のノートをつくり、自分が考えたこと、グループで話題になったこと、失敗談、成功談、判ったこと、発見したことなどを文章や式や図で表現して、ノーとにまとめるようにしてください。特に「ACTIVITY」や「Discussion」の部分はＭＴＴの中心となる部分ですから、しっかりまとめてください。

これから諸君が行う新しい数学は、おそらく日本の数学教育の先覚的な試みとして、国内はもとより、世界の数学教育者が注目をしていますから、その心意気を持って勉強してください。なお時々ノートを回収しますが、これはこのような学習方法のモデルとして、今後教科書にするときの貴重な参考資料となりますのでそのつもりでまとめておいてください。

第 1 章　物体の投げ上げ

1.1　真上に投げる

物理学によると、初速 v で真上に投げ上げた物体の t 秒後の高さ h は

$$h = vt - \frac{1}{2}gt^2 \tag{1.1}$$

で与えられる。

今 xy 座標平面上の点 $(5, 0)$ から、初速 $20m/s$ で真上に投げ上げた物体の動きをグラフに表してみよう。

[**1**] Mode を選択し、Graph の種類を Parametric に設定しよう。

[**2**] Y= を選択し、関数の式を代入しよう。

[**3**] Window を設定する。

[**4**] Graph でグラフを描く。

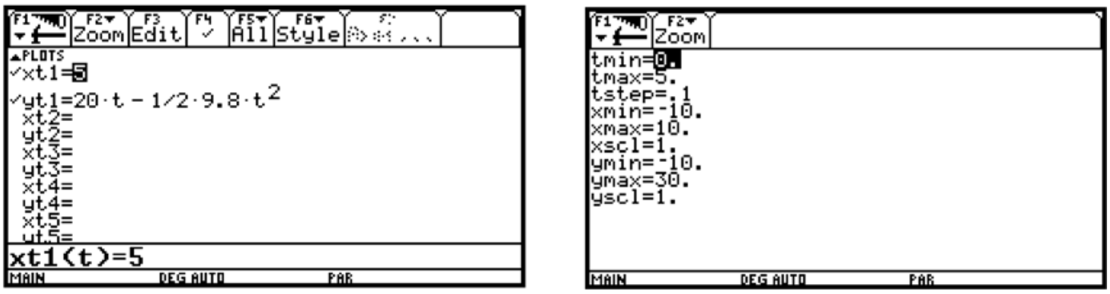


図 1.1: 物体の投げ上げ

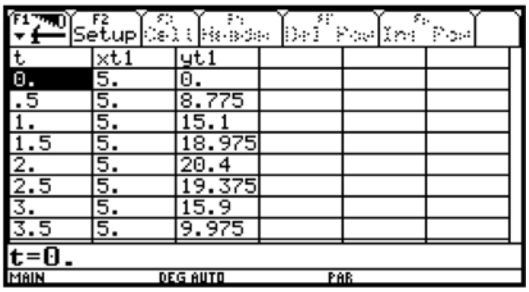
Discussion

以下のことについて議論せよ。

- 2 次関数なのになぜ、グラフは放物線にならないのか。
- Window で tmin,tmax,tstep,xmin,xmax,xscl,ymin,ymax,yscl の値をいろいろ変えて、これらの設定がグラフにどのように表れるかを調べる。

[**1**] Y= に戻り、F6 :style を square に変更して、グラフを描く。

[**2**] tblSet で start を 0,　Δ を 0.5 に設定する。Table を見よ。



t	xt1	yt1			
0.	5.	0.			
.5	5.	8.775			
1.	5.	15.1			
1.5	5.	18.975			
2.	5.	20.4			
2.5	5.	19.375			
3.	5.	15.9			
3.5	5.	9.975			

図 1.2: テーブル表示

Discussion

以下のことについて議論せよ。

- F6 :style　で設定をいろいろ変えてみて、どの設定がどのようなグラフのときに有効であるかを考えよ。
- Table をみて、議論せよ。

今描いたのは、時間 t が変化したときの物体の位置 (x, y) のシミュレーションである。これを、時間の経過とともに、物体の高さはどのように変わるかで見てみよう。つまり横軸に時間、縦軸に高さをとってみる。

[**1**] Y= を選択し、新しい関数の式を代入しよう。F6 :style を適切と想われるものに設定。

[**2**] F1 :Format:で graphorder を simul に設定。

[**3**] Graph を描く。

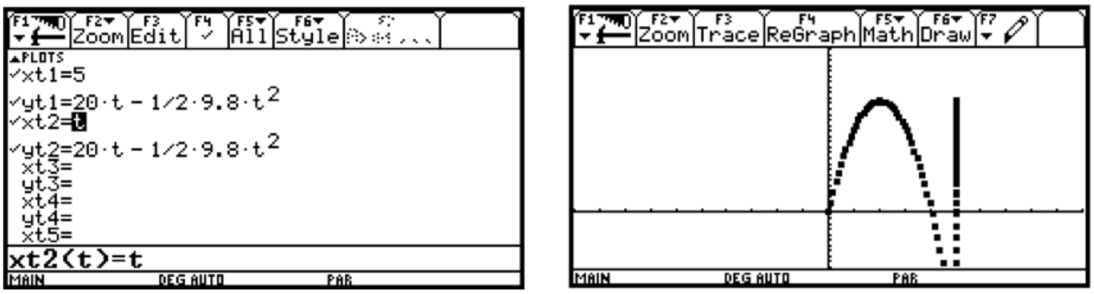


図 1.3: 物体の投げ上げ

Discussion

以下のことについて議論せよ。

- 上の二つのグラフの縦軸と横軸について
- 初速をいろいろ変えてみて、ここまでの実験を繰り返せ。

1.2　斜めに投げる

初速 $20m/s$ で水平からの角度 θ で物体を斜めに投げ上げた時の t 秒後の位置は次の式で与えられる。

$$\begin{cases} x = 20 \times \cos\theta \times t \\ y = 20 \times \sin\theta \times t - \frac{1}{2} \times g \times t^2 \end{cases} \tag{1.2}$$

この物体の運動をグラフに表してみよう。

[**1**] Mode を選択し、Angle を degree に設定。

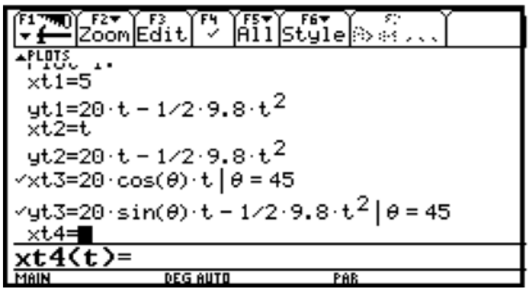
[**2**] Y= を選択し、関数の式を代入しよう。投げ上げの角度は 45 度とする。

[**3**] 今までの関数のチェックをはずそう。F4 を押す。

[**4**] 新しい関数を設定すると、style は自動的に Line に設定される。

[**5**] Window は自分で考えて設定しよう。

[**6**] Graph でグラフを描かせよう。



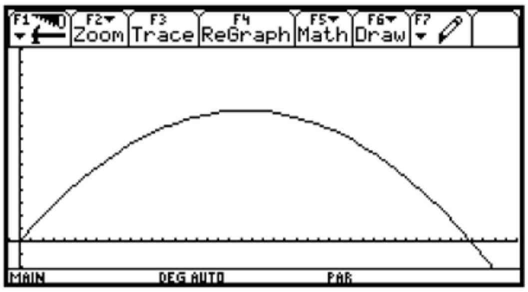


図 1.4: 斜めに投げる

さて、このグラフで満足ですか？地面にめりこむのはおかしいですね。これを改良しましょう。そのためには地面に激突するのは、投げてから何秒後であるかを知らねばならない。そのためには何を計算すればよいか？

Discussion

- そのためには何を計算すればよいか？

[**1**] Home : F2 :Solve を表示する。

[**2**] $Y =$ に戻って、必要な関数（この場合は yt3) を選ぶ。◊ C　でこの関数を切り取る。

[**3**] 再び Home に戻り、◊ Vで張りつける。

[**4**] 方程式を解く。

Discussion

投げ上げてから地面に激突するまでの物体の動きをシミュレートしてみよう。地面に激突すると止まるように設定せよ。

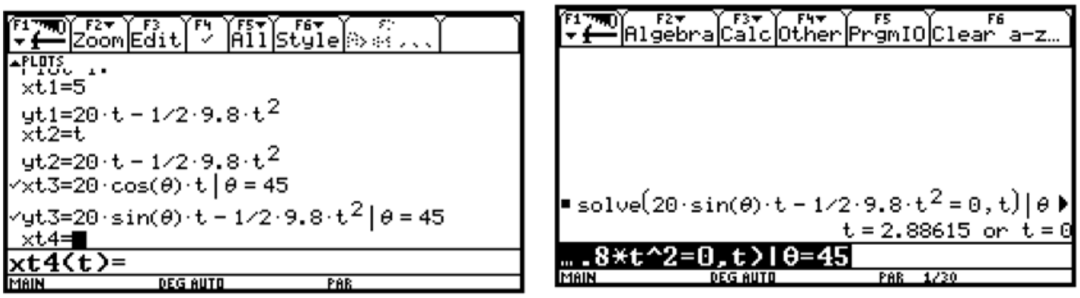


図 1.5: 方程式を解く

1.3　クレー射撃

Activity

初速 $20m/s$ で水平から角度 45 度で斜めに投げ上げた物体を、発射点から $25m$ 離れた点で、真上に鉄砲を撃って、この物体に命中させたい。うまく命中するまでの様子をシミュレートせよ。鉄砲の初速は各自で自由に設定せよ。

1.4　打ち上げ花火

Activity

TI-92 の画面に、打ち上げ花火を描かせよ。

1.5 BASE BALL

前節で物体を斜めに投げ上げたときの、t 秒後の位置を表す式について考えた。

野球で、バッターがボールを打つと、ボールは空気の抵抗や球の回転などを無視すると、ボールはこの式に従って飛んで行く。また投手が投げたボールも同様にこの式に従って捕手に向かって進んで行く。

この式は、座標 (x, y) がともに、時間 t の関数として表されているが、t を消去して、我々が慣れ親しんでいる放物線の式（2 次関数）に変えてみよう。

$\boxed{\text{HOME}}$ の画面に基になる式を入力する。

$$\begin{cases} x = v \times \cos\theta \times t \\ y = v \times \sin\theta \times t - \frac{1}{2} \times g \times t^2 \end{cases} \tag{1.3}$$

$\boxed{\text{F2}}$:Solve で最初の式を t について解く。（前回の復習）

これを 2 番目の式に代入する。（前回の復習）

これで、 $y = \frac{-4.9 \times x^2}{(\cos\theta)^2 \times v^2} + \tan\theta \times x$ という関係式が導かれる。

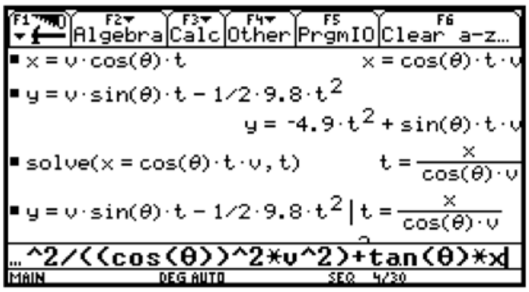


図 1.6:

これで、確かに 2 次関数になった。

Activuty

[1] このボールの飛距離を求めてみよう。

[2] 初速を一定とする場合、最も遠くまでボールを飛ばすには、角 θ をいくらにすればよいか。

[3] 投げ上げの角度と飛距離を表す関数のグラフは放物線か？

[4] 甲子園球場はホームベースから両翼 96m、センター方向 120m でホームランになる。では訓練を積んで 45°の角度で常にボールを打つことができるようになった打者が 120m 級のホームランを打つためには、初速を秒速何メートルで打てばよいだろうか。グラフで調べる、計算で調べる、表で調べるの 3 通りの方法で調べてみよ。

$\boxed{\text{Mode}}$ で Graph を Function に設定し、$\boxed{\text{Y=}}$ で式を入力し、$\boxed{\text{Window}}$ を適当に設定して、グラフを描かせよう。初速は各自でいろいろと変化させて調べてみよう。

- グラフの画面で $\boxed{\text{F3}}$ trace を使って、飛距離が最大になるときの角度を調べる方法

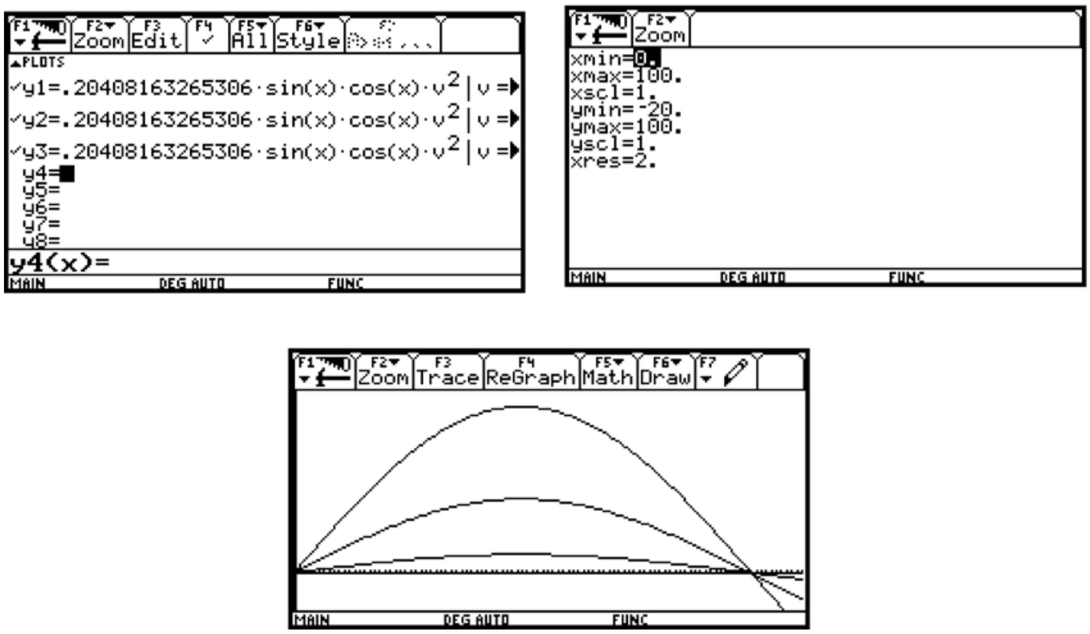


図 1.7:

- グラフの画面で、$\boxed{\text{F5}}$ MATH の MAXimum を選択し、Upper と Lower を指定して飛距離が最大になるときの角度を調べる方法

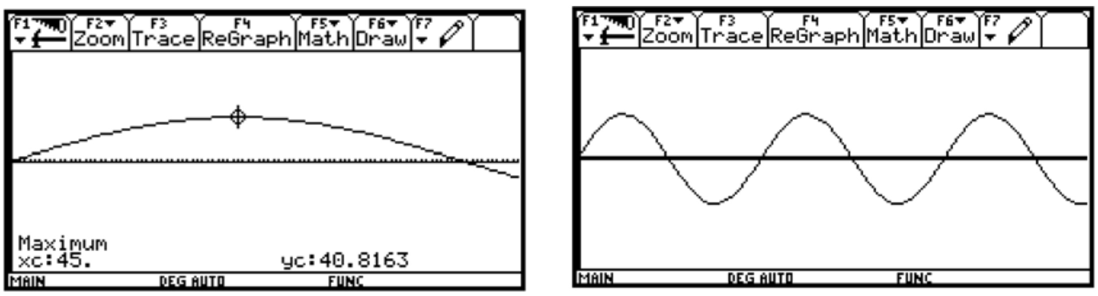


図 1.8:

初速がいくらであっても、投げるときの角度が 45° のときが、飛距離は最大であることがわかった。

1.6 剛速球

Activity

野球のピッチャーマウンドからホームベースまでは約 18.3 mある。時速 150km で球を投げる投手のボールをシミュレートせよ。

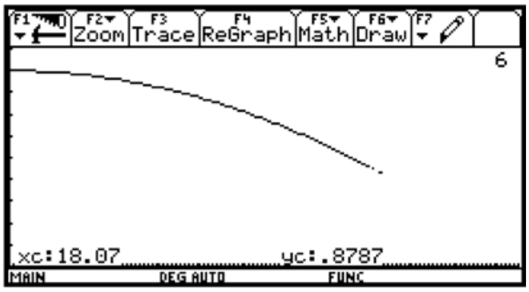


図 1.9:

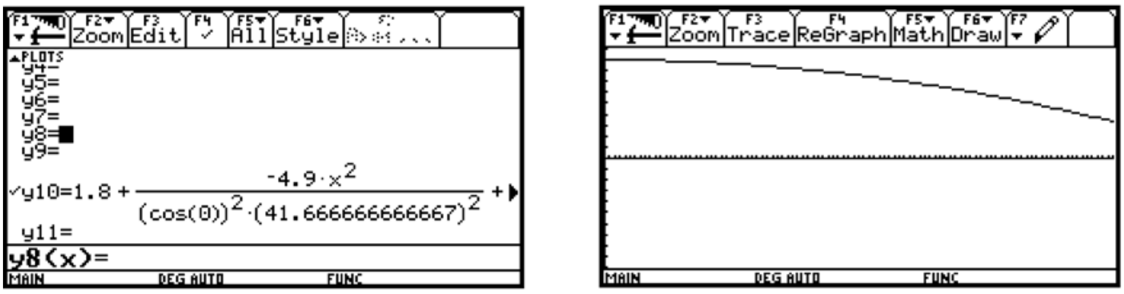


図 1.10:

Discussion

- ピッチャーマウンドはなぜ高くしてあるか。
- 公庄先生が甲子園でマウンドからボールを投げてバッターボックスまで球が届くためにはどうすればよいか。彼は時速 50 ｋmでしかボールを投げられないのである。

第2章　GEOMETRY

2.1　軌跡

TI-92 は、図形を描いていろんなことを調べることもできる。

図形を扱う方法を説明しながら、「軌跡」の学習をしよう。

$\boxed{\text{APPS}}$ の中の geometry を選択すると、右端に 3 つのメニューが現れる。このうち、NEW を選ぼう。

新しい用紙に名前をつけるように指示してくるので、適当に名前をつけよう。

$\boxed{\text{F3}}$ で circle を選び中心と半径を定めると円を描いてくれる。

$\boxed{\text{F2}}$ で Point を選び、円の内部（中心以外）に点Ｆをとる。$\boxed{\text{F2}}$ で Point on object を選び、円周上に点Ａをとる。

$\boxed{\text{F2}}$から segment を選び線分 AF を引く。

$\boxed{\text{F4}}$から Perpendicular Bisector を選び、線分 AF の垂直二等分線を引く。

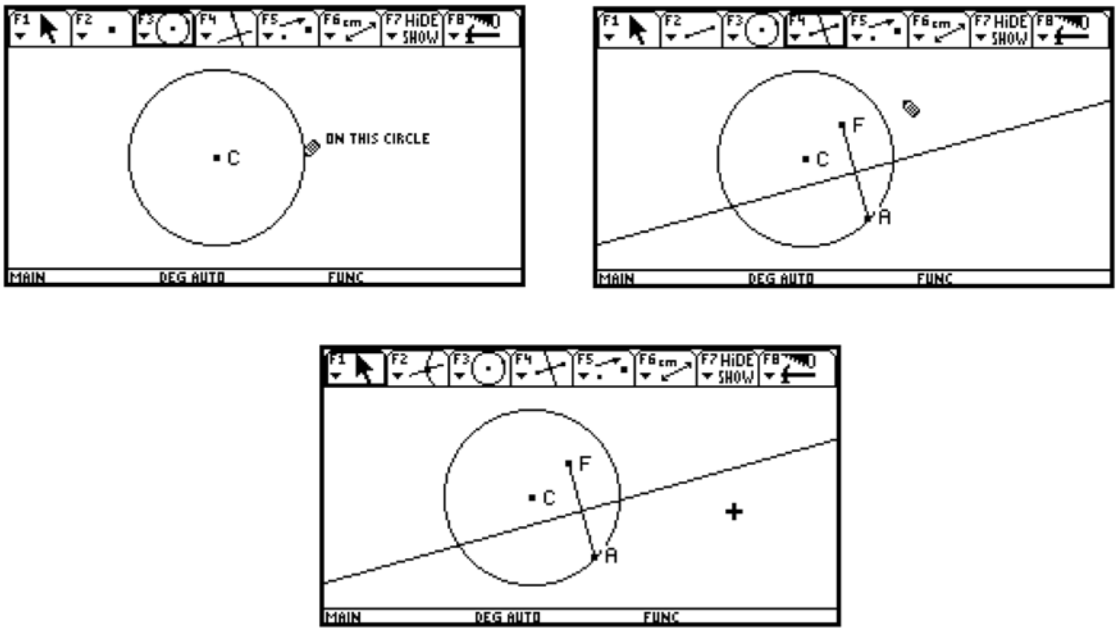


図 2.1:

$\boxed{\text{Discussion}}$

点Ａが円周上を動くとき、AF の垂直二等分線は全部集まってどのような図形を描くでしょう。予想してみよう。

$\boxed{\text{F7}}$を選び、Trace On/off を選び、垂直二等分線を指定する。
$\boxed{\text{F7}}$を選び、Animation を選び、点Ａを指定したあと、HAND を押したまま、カーソルパッドを引っ張りたい方向と反対側に動かす。

$\boxed{\text{Activity}}$

点Ｆを円の外や、円周上や、中心など、いろいろな所に動かして、そのときの垂直二等分線の軌跡を調べよ。
動きを止めるときは、ON を押す。
軌跡を消すときは、CLEAR を押す。
点Ｆを動かすときは、$\boxed{\text{F1}}$で Pointer を選び、Ｆを指定して、ＨＡＮＤを押して動かすと良い。

$\boxed{\text{Activity}}$

円と円外の１点Ｆをとる。円周上の点Ａをとり、線分 AF の中点をＰとする。点Ａが円上を回るとき、点Ｐの軌跡はどのようになるでしょう。

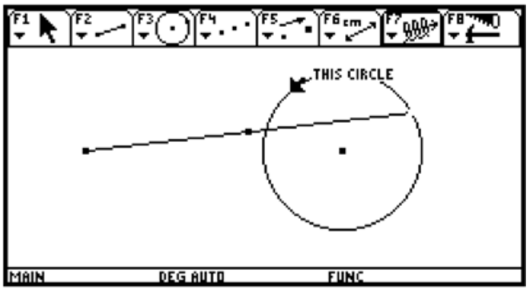


図 2.2:

第3章　ケプラーの法則

世の中には、何の関係もなさそうに見えるものの間に、実は美しい関係が隠れていることが多い。

ギリシャ時代には、惑星も太陽も地球を中心とする円運動をするという天動説が唱えられた。ところが16世紀になってコペルニクス（ポーランド 1473〜1543）は、地球も惑星も太陽を中心に円運動をするという地動説を唱えた。テイコブラーエ（デンマーク 1546〜1601）は、望遠鏡のない時代に精密な天体観測を長年行ったが、彼の晩年の助手になったケプラー（ドイツ 1574〜1630）は、その観測資料の整理を続け、その結果惑星が楕円軌道を運行することに気づいて、次の結論を得た。（1609、1619）

[**1**] 惑星は太陽を一つの焦点とする楕円上を運動する。

[**2**] 惑星と太陽とを結ぶ線分が一定時間に通過する面積は一定である。

[**3**] 惑星の公転周期Tの 2 乗は、軌道楕円の半長軸 a の 3 乗に比例する。つまり $T^2 = ka^3$

これをケプラーの法則という。

当時知られていた惑星に関するデーターは以下の通りである。

惑星	英名	公転周期（年）	軌道半長軸（天文単位）
水星	mercury	0.241	0.387
金星	venus	0.615	0.723
地球	earth	1	1
火星	mars	1.88	1.52
木星	jupiter	11.9	5.20
土星	saturn	29.5	9.55

表 3.1: 公転周期と軌道半長軸の長さ、1 天文単位 $= 1.50 \times 10^{11} m$

グラフ電卓を使って、ケプラーの第 3 法則を調べてみよう。

- APPS で 6：data/matrix/editor を選び、カーソルを右に押して、その中の New を選択する。新しいデータ用の表に名前を付けるように指示してきますので、適当に名前をつけましょう。
- F1 format で cell width を 8 くらいにする。
- name,T,a のタイトルを入れ、数値を入力していく。
- F2 を選び、Plot 画面で F1 を選ぶ。x と y を指定する。
- Window でデーターをグラフに表す範囲を指定する。
- Graph でデーターがグラフになる。

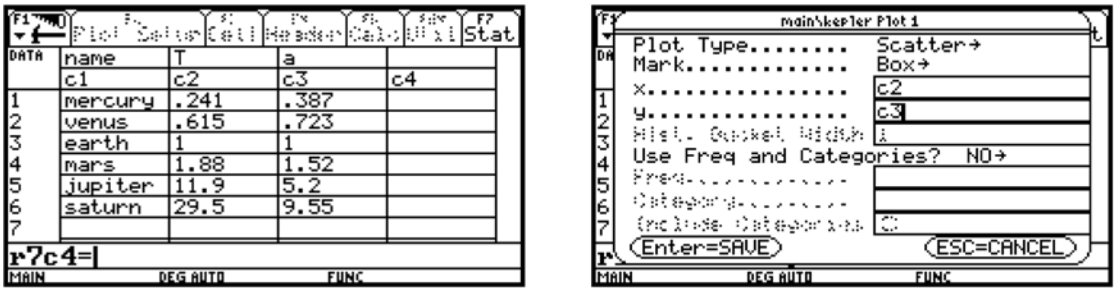


図 3.1:

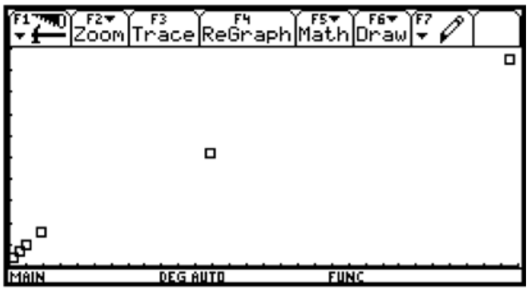


図 3.2:

Discussion

惑星の公転周期と半長軸の長さとの間には何か関係があると思うか??

- 再び APPS で data/matrix/editor に戻り、表の c4 に $c2^2$ と入力してみよう。
- 表の c5 に $c3^3$ と入力してみよう。
- 表の $c4$ $c5$ の値を比較しよう。

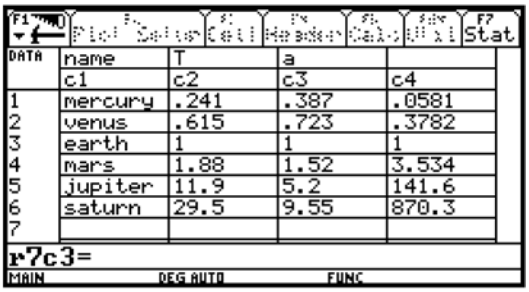


図 3.3:

- data/matrix/editor の画面で F5 を選択し、3:cubic を選択し、(3:cubic は点の関係を 3 次関数 $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ で近似します) x に $c2$ を、y に $c3$ を指定し、次の store を $y1(x)$ にして、 enter を押す。データーの点を通る、3 次関数が表れ、それが Y= に書き込まれていることがわかるでしょう。 Graph を押すと、データーの点を通るグラフが描かれます。
- data/matrix/editor の画面で F5 を選択し、4:power を選択し、(power は点の関係を関数 $y = a \times x^b$ で近似します) x に $c2$ を、y に $c3$ を指定し、次の store を $y2(x)$ にして、 enter を押す。データー

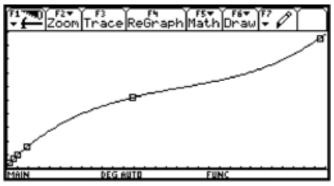


図 3.4:

の点を通る、関数式が表れ、それが Y= に書き込まれていることがわかるでしょう。Graph を押すと、データーの点を通るグラフが描かれます。

Discussion

あなたは、上で得られた 2 つの関係式のうち、どちらがこれら惑星の公転周期と半長軸の長さの関係として適していると思いますか。

ケプラーの死後、さらに 3 つの惑星が確認されました。それは天王星、海王星、冥王星です。これらのデーターは次の通りです。

惑星	英名	公転周期（年）	軌道半長軸（天文単位）
天王星	Uranus	84.0	19.2
海王星	Neptune	165	30.1
冥王星	Pluto	248	39.5

表 3.2: 公転周期と軌道半長軸の長さ、1 天文単位 $= 1.50 \times 10^{11} m$

Activity

これらのデーターを入力し、最も適する近似関係を探し出せ。

Activity

惑星の太陽からの平均距離Hと、その表面温度Kは以下のようになっている。HとKの関係を調査せよ。

惑星	英名	平均距離（100 万 Km)	表面温度 (Kelvin)
水星	mercury	57.9	373
金星	venus	108.2	753
地球	earth	149.6	295
火星	mars	227.9	250
木星	jupiter	778.3	123
土星	saturn	1427.0	93
天王星	Uranus	2869.6	63
海王星	Neptune	4496.6	53
冥王星	Pluto	5899.9	43

表 3.3: 太陽からの平均距離と表面温度

第 4 章　因数分解と展開

4.1　因数分解

- Home で F2 を選択し、2：Factor(で色々な式の因数分解、色々な数の素因数分解ができる。

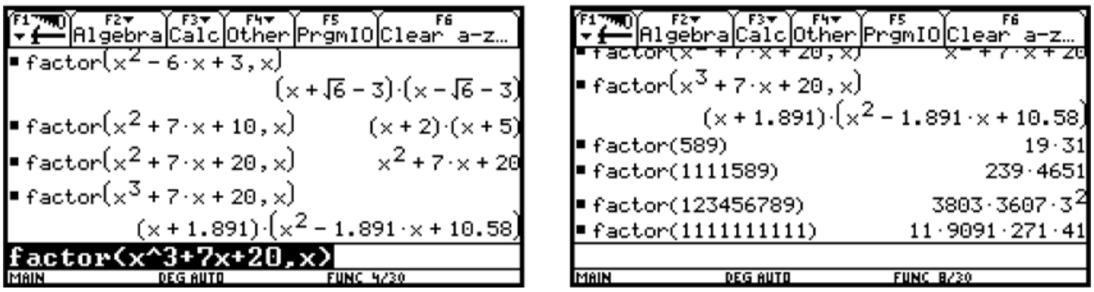


図 4.1:

Activity

色々な式を因数分解してみよう。何か面白いことが起これば、発表しよう。

- Home で F2 を選択し、3：Expand(で色々な式の展開ができる。

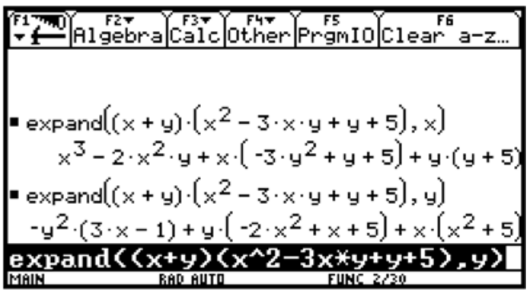


図 4.2:

Discussion

- 次の 2 つの違いを議論せよ。

$$expand((x+y)(x^2-3xy+y+5),x) \tag{4.1}$$
$$expand((x+y)(x^2-3xy+y+5),y) \tag{4.2}$$

- 色々な式を展開してみよう。何か面白いことが見つかれば発表しよう。

Activity

x^n-1　ただし $n=2,3,4,5,6,\cdots\cdots$ の因数分解を行い、その結果について、何か発見があればそれを発表しよう。

第5章　数列の漸化式

5.1　サケの保護問題

サケは川で生まれ、海で大きくなり、再び故郷の川に戻って子孫を残し、その一生を終える。

ここでは、話を単純にするために次のような状況を設定しよう。

川で生まれたサケの子供は、雪解け水に流されて海に下る。小さなサケにとってこの旅は非常に過酷な旅で、このとき 20 %（死亡率）のサケの稚魚は死亡する。

無事に海に下ったサケの子供は海でえさを食べ、大きく成長するが、海では天敵も多く、他の魚に食べられて死んでしまうことも多い。海で成長して無事に大きくなる確率は 90 %（成長率）である。

大きくなったサケは、故郷の川に戻る。立派に成長して川を遡るのである。しかしこの旅も過酷なもので 5 %（危険率）のサケは途中で命を落とす。うまく上流に帰り着いたサケは 1 匹あたり、10000 個の卵を生むが、このうち翌年に稚魚になるのはわずか 0.02 %（孵化率）である。もちろん卵を産んだサケはその後すぐに死んでしまって一生を終える。

モデルとしては、生まれた子供が海に下るのに 1 年間、海で大きくなるのに 1 年間、再び川に戻って産卵するのに 1 年間かかるとしよう。

こうすると、川を下って海に到着したサケ $\{a_n\}$ と、海で 1 年間成長したサケ $\{b_n\}$ と、川を無事に上がって上流に到着したサケ $\{c_n\}$ の 3 種類のサケに分類できる。

まず手作業で次の表を埋めてみよう。

	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目
$\{a_n\}$	100							
$\{b_n\}$	100							
$\{c_n\}$	100							

表 5.1: サケの数量の変化

このサケの数量の変化をグラフ電卓で調べよう。

次のような漸化式ができるであろう。

$$a_n = 0.95c_{n-1} \times 10000 \times 0.0002$$
$$b_n = 0.8a_{n-1}$$
$$c_n = 0.9b_{n-1}$$

- $\boxed{Y=}$ を選び、$\boxed{\text{MODE}}$ で Graph を Sequence（数列）に設定する。
- 漸化式（図 5.1 参照）を入力する。
- $\boxed{\text{tblset}}$ を選び、tblstart=1, $\triangle tbl = 1$ に設定する。
- $\boxed{\text{Table}}$ 　でそれぞれの世代のサケの個体数の変化の様子が表示される。（図 5.2 参照）

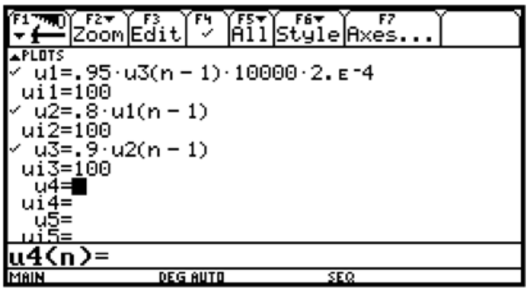
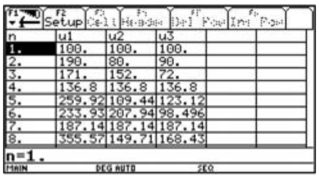


図 5.1: 漸化式の入力



n	u1	u2	u3
1.	100.	100.	100.
2.	190.	80.	90.
3.	171.	152.	72.
4.	136.8	136.8	136.8
5.	259.92	109.44	123.12
6.	233.93	207.94	98.496
7.	187.14	187.14	187.14
8.	355.57	149.71	168.43

図 5.2: サケの数量変化

- このテーブルをグラフにしてみよう。$\boxed{Y=}$ に戻り、$\boxed{\text{F6}}$ で 3 種類のサケ（川を下るサケ、海のサケ、川を上るサケ）に異なる style を設定する。
- $\boxed{\text{Window}}$ でグラフを描かせる範囲を設定する。

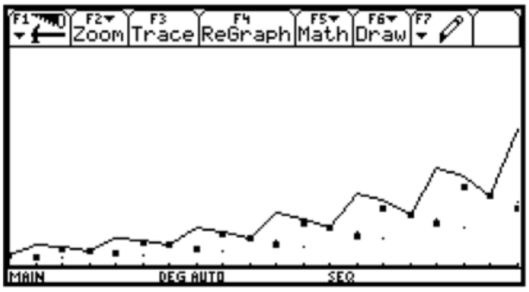


図 5.3: 3 種類のサケの変化グラフ

Activity

川を下るときの死亡率が 40 %、海での成長率が 70 %に変わったとき、100 年間のサケの個体数の変化を調べよ。

Activity

最初は川を下るときの死亡率が 30 %、海での成長率が 80 %、川を上るときの危険率は 5 %であったが、20 年後には自然が破壊され、コンクリートの堰堤ができたりしたために、サケが川を上るときに危険率は 20 %になった。この様子をグラフで表現しよう。

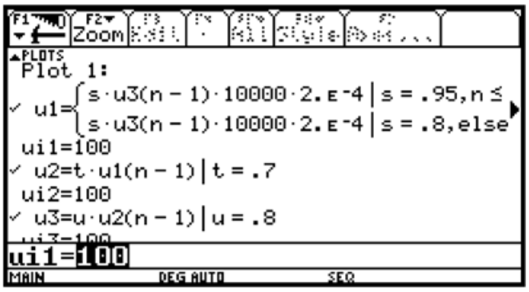


図 5.4: 場合わけの入力

Discussion

このサケのモデルにおいて、死亡率、生存率、成長率、孵化率は様々な条件（自然条件、人為的条件）によって変化する。これらの値を様々に変化させてサケの全体量がほぼ一定を保つための条件を論議せよ。

5.2 クジラとオキアミの関係

クジラはオキアミを食べて生きている。だからクジラの増減はオキアミの量に影響される。

クジラの自然減少率は毎年 3 %であり、食料のオキアミを食べることによって増加することができるが、その増加率はオキアミの量 × 0.0002 である。

一方オキアミは無尽蔵といわれるプランクトンを食べて増加する率は毎年 5 %であるが、クジラに食べられて減少する。このオキアミの減少率はクジラの量に影響するわけで、これがクジラの量 × 0.001 である。

以上の設定モデルでクジラとオキアミの数量の関係は次のようになる。

a_n をある年のオキアミの量（単位億トン）、b_n をその年のクジラの量（単位　百頭）とする。

$$a_n = a_{n-1} + 0.05a_{n-1} - 0.001 \times b_{n-1} \times a_{n-1}$$
$$b_n = b_{n-1} - 0.03b_{n-1} + 0.0002 \times a_{n-1} \times b_{n-1}$$
$$a_1 = 300$$
$$b_1 = 100$$

Activity

各種の設定を行って、クジラとオキアミの今後 400 年間の様子を調べよ。

今までは、グラフは横軸が年で縦軸がサケやクジラやオキアミの量であった。ちょと面白いグラフを紹介しよう。

$\boxed{Y=}$ で $\boxed{\text{F7}}$ を選び、図のように設定する。これで横軸がオキアミの量、縦軸がクジラの量となる。

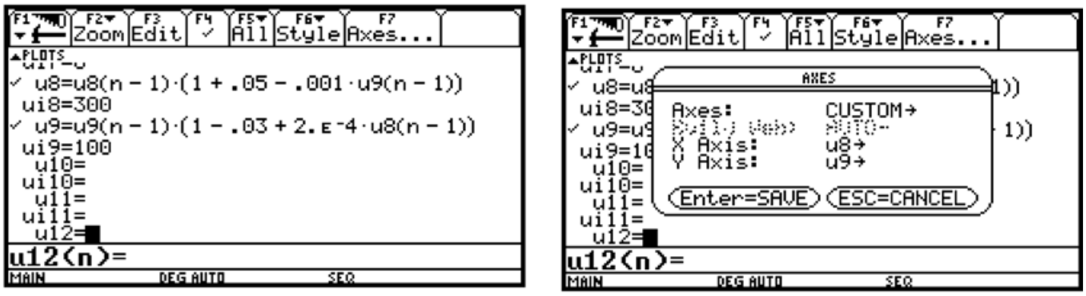


図 5.5:

Window を適当な数値に設定し、グラフを描かせてみよう。

Discussion

400 年位の長いスパンでクジラとオキアミの関係をみてどのようなことを感じるか？日本人があるとき大量のオキアミをハマチの養殖用のえさとしてとってしまった。同じ量のオキアミを取っても、それを取った時期によっては自然界に多大な影響を与える。このことの意味を考えよう。

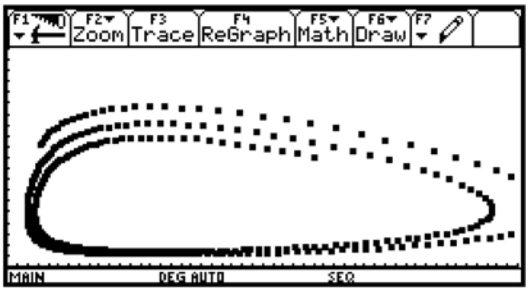


図 5.6:

5.3 無理数の近似値

長方形 ABCD がある。この面積が 2 であるとしよう。この長方形の横を少し短くして、縦を少し長くして面積は同じであるように変形していくことを考える。

この操作を続けると、長方形はだんだん正方形に近づいていき、面積はいつも 2 なので結局、長方形の 1 辺の長さは $\sqrt{2}$ に近づくでしょう。

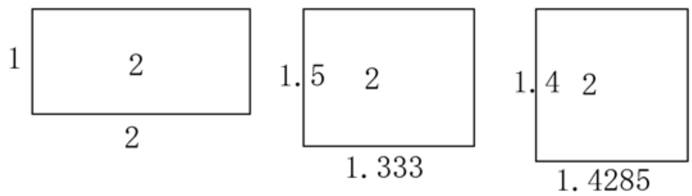


図 5.7:

ただし、適当に縦を長くしていたのでは、計算に規則性がありませんから、縦と横の平均をとって、その長さに縦がなるように操作します。

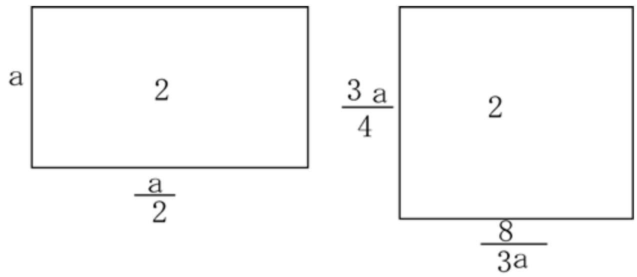


図 5.8:

Activity

ある長方形の縦の長さを a_{n-1} , 次の長方形の縦の長さを a_n として、a_n と a_{n-1} の関係を示す漸化式をつくり、これをもとに $\sqrt{2}$ の近似値を計算せよ。

第 6 章　三角関数の探求

基本のグラフ

[**1**] $\boxed{\text{MODE}}$を選択し、graph を parametric に指定し、enter を 2 回押す。

[**2**] $\boxed{\text{Y=}}$を選択し、

$$\begin{cases} xt1 = \cos(t) \\ yt1 = \sin(t) \end{cases}$$ と入力する。

[**3**] $\boxed{\text{WINDOW}}$を選択し、t の範囲を 0 度から 360 度にし、tstep を 10 度とする。x と　y の範囲を考えて指定する。

[**4**] $\boxed{\text{Graph}}$を選択すると、指定のグラフを描く。

ACTIVITY

$\boxed{\text{WINDOW}}$において、t の範囲をいろいろと変化させ、それによって、グラフがどのように描かれるかを観察せよ。

[**1**] $\boxed{\text{MODE}}$を選択し、graph を function に指定し、enter を 2 回押す。

[**2**] $\boxed{\text{Y=}}$を選択し、$y1 = \sin(x)$,$y2 = \cos(x)$ と入力する。

[**3**] $\boxed{\text{WINDOW}}$を選択し、x と　y の範囲を考えて指定する。

[**4**] $\boxed{\text{Graph}}$を選択すると、指定のグラフを描く。

ACTIVITY

$y = \cos 2x$, $y = 2\sin x$,$y = -\cos(3x - 90^\circ)$,$y = \sin(-x) + 2$ など自分でいろいろな三角関数の式を入力し、観察せよ。それらを元にして次の式の a,b,c,d の値が何にどのように影響しているかをまとめよ。

$$y = a\sin(bx + c) + d$$

$$y = a\cos(bx + c) + d$$

ACTIVITY

$\sin x$ と $\cos x$ を使った関数を自由に作り、そのグラフを描かせて観察せよ。
（example)

- $\sin x + \cos x$
- $\sin^2 x$
- $\frac{1}{\sin x}$
- $\sin x + \sin 2x$

DISCUSSION

REPORT

本日の ACTIVITY と DISCUSSION を通して、あなたが考えたこと、不思議に思ったこと、発見したことなどを別紙レポートにまとめて報告せよ。(注）感想文ではないよ。

第 7 章　高次不等式の探求

2 次不等式は、2 次方程式と 2 次関数のグラフを利用すると絵を見てとくことができた。

君たちは、高次方程式の解き方を学習した。あとは 3 次関数 $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ や、4 次関数 $y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ のグラフの概形がわかれば高次不等式も解けるはずだ。

[**1**] MODE を選択し、graph を function に指定する。

[**2**] Y= を選択し、適当に 3 次関数の式を入力し、window を設定するとその 3 次関数のグラフが描かれる。

ACTIVITY

3 次関数のグラフの形を分類せよ。

ACTIVITY

自分で適当に 3 次不等式を作り、それを解け。

ACTIVITY

4 次関数のグラフの形を分類せよ。また自分で適当に 4 次不等式を作りそれを解け。

[**1**] $\boxed{\text{MODE}}$を選択し、Graph を parametoric にし、次に F2 を選び、split screen を top-bottom にし enter を 1 回押す。つぎに split 1 app を　Home にし、split 2 app を　y=editor にして、enter を 2 回押す。これで上に home 画面、下に y=が出る。

[**2**] home の画面で方程式 $x^3 - 1 = 0$ を解く。

[**3**] Y=で解の実数部分を xt に、虚数部分を yt に入力する。

[**4**] window を適切に設定し、graph を書かせると、画面に点が現れる。実は 2 つの軸の比が違うので F 2 で zoomsqr にする。これで $x^3 - 1 = 0$ の 3 つの解が画面に表示される。この画面をガウス平面という。

ACTIVITY

$x^n - 1 = 0$ で n を 2,3,4,5,6,7,8,9,10.... と変えて、それぞれ方程式を解かせ、その解をガウス平面に図示させよ。1 つの n が終われば、その画面を保存し、次の n は新しい画面に図示させよ。以下同様。

DISCUSSION　and REPORT

$x^n - 1 = 0$ の解をガウス平面上に図示したとき、何かおもしろいことがないか？気のついたことをまとめよ。さらに各自で何か考えることがあれば探求せよ。