# 第5章 いろいろな曲線と曲面の描画 menu 3

### 13 媒介変数表示と極座標

1 変数関数のグラフの描画方法については 4 節で説明済みです.ここでは、さらに媒介変数表示や 極座標を用いて表された関数、そして 2 変数関数のグラフ描画の方法について説明します.

最初に、グラフ画面を出してください、グラフ画面の出し方は、4節の冒頭で説明してあります.

### 13.1 媒介変数を用いて表された関数のグラフ

媒介変数を用いると, y = f(x) によるグラフでは表すことのできない多様な曲線を描画すること ができます.以下では,次の式で表される曲線を例にとって説明します.

#### $x = \cos t, \quad y = \sin 2t$

この曲線を,媒介変数 t を消去して x, y の式で表すと次のようになります.なお,曲線の式によっては, x, y の式に直すことができない場合もあります.

$$y^{2} = \sin^{2} 2t = (2 \sin t \cos t)^{2} = 4(1 - \cos^{2} t) \cos^{2} t = 4(1 - x^{2}) x^{2}$$
  
$$\therefore \quad y = \pm 2x\sqrt{1 - x^{2}}$$

このような媒介変数で表された曲線を描画するには、グラフ画面で menu [3]を押します. 図 13.1(a) のように、グラフ画面で利用できるメニューが表示されます. 媒介変数は「4: Parametric」を選択 します. y = f(x) タイプのグラフの上に重ねて描画することができます.

「4」を選択すると,(b)が表示されて式を入力することができます.y = f(x)タイプとは別に,全部で 99 組の式を入力することができます.入力欄の左端にチェックマークがついていませんが,式を入力して enter を押すと自動的にチェックマークがついてグラフが表示されます.上記の例のグラフを入力するには, (trig)を利用して  $x1(t) = \sin(t), y1(t) = \cos(2t)$  と入力します. 媒介変数は,必ず t を使用します.



図 13.1: 媒介変数を利用した関数グラフ

[URL] https://yunavi.lsv.jp/nspire.html

図 13.1(b) の式の下には、「 $0 \le t \le 6.28 \ tstep = 0.13$ 」と表示されています. これは、t の範囲を  $0 \le t \le 2\pi$  として、t の値を 0.13 ずつ増やしながら x, y の値を計算して点 (x, y) の位置を定め、それ を線分で繋いでグラフが描画されることを示しています. 0.13 は  $\pi/24$  の値です. 必要に応じて、こ の t の範囲や tstep の値を自由に変更してもかまいません.

グラフは、旧機種では「じわっ〜」と表示されましたが、Nspireでは処理スピードが高速になった ために「ぱっ」と表示されます. tの値が増えるごとにグラフがどのように描画されるかを理解する 上では旧機種のような「じわっ〜」感が重要なのですが、残念ながら描画スピードを調整することは できません.

式を入力して [enter]を押すと,図 13.2(a) のある無限大 ( $\infty$ )のようなグラフが表示されます.グラフは  $|x| \leq 1$ ,  $|y| \leq 1$ の範囲に描画されるので、もう少し拡大しておきましょう.グラフの拡大の仕方に は幾つかの方法がありますが、ここでは原点を中心として拡大する方法によります. [menu] 4 3 を 押すとレンズマークが原点の箇所に表示され、 [enter] を押すごとに拡大されます. (b) は、2 回拡大 したグラフです。

このようにして拡大すると, 目盛りが自動的に細かくなります. その値は, (c) のように, [menu][4][1]に よる画面で変更することができます. ここでは, 1 目盛りを「0.5」にしています.

[tab]を押すと,次の関数を入力することができます.定義済みの関数を変更するには, [tab]の後 で▲を押して該当する関数の式を表示させて式を修正します. 関数の定義式の左端にあるチェック マークを外すと,その関数は描画されません.また,関数の式が表示されている状態で [ctrl] [del] を 押すと,その式がすべて削除されます.



図 13.2:  $x = \cos t, y = \sin 2t \mathcal{O} \mathcal{O} \mathcal{P} \mathcal{P}$ 

媒介変数を利用して定義されるいろいろな関数のグラフを描画させて,そのグラフの多彩さを鑑賞してください.それと同時に,媒介変数で表された関数を考える上では,「なぜ,そのようなグラフになるのか?」を理解することが重要です.そのためには,tの変化につれてxと yに定義された関数がどのように変化するかを考え,それより点(x,y)がどのような動き方をするかをイメージすることが必要です.トレース機能の利用は,その理解を促進すると思われます.



[menu] 5] 1] により、グラフ上に大きな×印が現れま

す. **〈**トにより,右下に (x, y) と t の値を表示しながらその記号がグラフ上を移動します. t の値 は、 トにより増加し、 **〈**により減少します. t の値を直接打ち込むと、そのときの点にジャンプしま す. そのとき、 $\pi$  は  $\pi$  を利用して入力することができます. また、t の値の刻み幅 (trace step) は、 [menu] [5] [3] により自由に変更することができます. [esc]を押すと、トレースから抜け出します.

改めて,  $x = \cos t, y = \sin 2t$ の変化による点 (x, y)の動きを見ると, t がt = 0から増加すると点 は左側に動いて (-1,0)まで進み, その後は右側に向きを変えて (1,0)に戻ります. この x 座標の変 化は  $x = \cos t$  の変化そのものです. 同様にして y 座標の変化を考えると, t がt = 0 から増加すると, 点は上方に動いて y = 1の箇所まで上がり, その後は y = -1の箇所まで下がり, そして y = 0に戻 ります. そして, y 座標はもう一度同じ変化をして点 (1,0)に戻ります. これは,  $y = \sin 2t$ の変化そ のものです. このように, x, yの個別の変化をもとに点 (x, y) がどのような動き方をするかをイメー ジできるようになることが重要です.

以下に,2つの曲線を例示します.なぜ,このような曲線になるかを考えてみてください.図 13.4(a) は, $x = \cos^3 t$ , $y = \sin^3 t$ で定義され,アステロイド曲線と呼ばれています.媒介変数tを消去する と, $x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = 1$ という式で表されます.

(b) は,  $x = \cos t$ ,  $y = \sin 3t$  で定義される曲線で, リサージュ曲線と呼ばれています. この曲線の 場合は, 3 倍角の公式を利用して媒介変数 *t* を消去することができます.



$$y^{2} = \sin^{2} 3t = 1 - \cos^{2} 3t = 1 - (4\cos^{3} x - 3\cos x)^{2} = 1 - (4x^{3} - 3x)^{2}$$

図 13.4: 媒介変数で表される曲線の例

13.2 y = f(x) とその逆関数 x = f(y) のグラフ

媒介変数を利用すると、y = f(x)タイプの関数のグラフも描画することができます. そのために は、単に x = t, y = f(t)とするだけです. ただし、式を入力するとき、標準では  $0 \le t \le 6.28$ の範 囲のグラフしか描画されないので、この tの範囲を自分で指定する必要があります.

以下では、これまでに定義した媒介変数を利用した関数の左端のチェックマーク √ を外して、描 画範囲を [menu] [4] [5] により標準の範囲に戻しておきます.

たとえば、 $y = \frac{8x}{x^2+1}$ のグラフを媒介変数を利用して描画するには、x = t,  $y = 8t/(t^2+1)$ とします.ただし、tの範囲が標準では $0 \le t \le 6.28$ となっているので、図 13.5(a)のように、グラフは $0 \le x \le 6.28$ の部分しか描画されません、標準範囲でグラフの全体像が表示されるようにするには、 tab を利用して関数の式を表示して、その下部に書かれているtの範囲を $-10 \le t \le 10$ とする必要があります.(b)は、範囲を変更後のグラフです.



図 13.5: 媒介変数を利用した  $y = \frac{8x}{x^2 + 1}$  のグラフ

関数 x = f(y) のグラフ

関数 y = f(x) の逆関数は、この式を x について解い て x, y を交換したものです。逆にいえば、y = f(x) にお いて x, y を交換した x = f(y) を y について解いたもの です。x, y を交換したことにより、y = f(x) と x = f(y)のグラフは直線 y = x に関して対称になります。

逆関数は,  $x \ge y$ の関係で考えると「解く」という操作 が入いるために簡単ではありませんが, 逆関数 x = f(y)のグラフは,  $y = \cdots$ の形に変形されていなくても描画す ることができます. 媒介変数を利用して, x = f(t), y = tのグラフを描画すればよいのです.



図 13.6 では,  $x = t, y = 8t/(t^2 + 1)$ のグラフを残したまま, さらに次の2つの関数のグラフを重ね 書きしたものです. 直線 y = x に関して対称になっていることが分かります. なお, tの範囲は, い ずれも  $-10 \le t \le 10$  としています.

$$x = \frac{8y}{y^2 + 1} \Leftrightarrow \begin{cases} x = \frac{8t}{t^2 + 1} \\ y = t \end{cases} \qquad \qquad y = x \Leftrightarrow \begin{cases} x = t \\ y = t \end{cases}$$

### 13.3 グラフ画面におけるラベルの移動と削除

複数の関数のグラフを描画すると, グラフが重ね書きされると同時に, 画面中央に式のラベルも重 ね書きされます. 式のラベルを移動して重ならないようにしたり, ラベル自体を削除するには次の手 順によります.

(1) タッチパッドを指でスライドしてマウスポインタを出す.

- (2) ポインターを式のラベルの箇所に移動させると、「label」と表示されて人差し指マークに変わる.
- (3) 指マークが出ている状態で 🔨 を押す. ラベル部分の色が反転し,ポインターが美印に変わる.
- (4) ラベルを削除するには、ポインターが↓印の状態で [del]を押す.
- (5) ラベルの位置を移動するには、ポインターが↓印の状態で <</p>
  下を長押しする.または、 [ctrl] <</p>
  たを
  アークが「つまむ」マークに変わるので、タッチパッド上で指をスライドしてラベルを
  移動させ、 
  で確定する.
- (6) 最後は、 [esc]を押してラベル移動操作から抜ける.

以下では、 $x = \frac{8t}{t^2 + 1}$ ,  $y = t \ge x = t$ , y = tのラベルを削除した後で、x = t,  $y = \frac{8t}{t^2 + 1}$ のラベルを移動させる場合の経過を示しました。図 13.7(a) は、マウスポインタをラベルにあてがった状態です。「label」が表示されポインタが指マークになります。その状態で N を押すと、(b) のようにラベルが反転して、ポインタが美印になります。そこで、改めて N を長押しすると、(c) のような「摘まむ」マークになります。タッチパッドで左上に移動して N を押して位置を決定し、さらに esc を押して位置移動から抜けた状態が (d) です。

なお,削除したラベルを復活させるには,そのグラフ上にカーソルを置いた状態で (グラフが太く なる), [ctrl] [menu] 2] を押すことで復活します.



図 13.7: タッチパッドを利用したラベルの移動

### 13.4 極座標を用いて表された関数のグラフ

直交座標は、2本の直交する数直線の座標を組にして点を表そうとしますが、極座標は1本の半直線 OX で点を表そうとします。その半直線を x 軸の正の側と同一に取って考えて、点 P と原点 O との距離を r, OP と OX とのなす角を  $\theta$  とすると、点 P は  $(r, \theta)$  という 2 つの数の組でも表すことができます。これが極座標です。直交座標 (x, y) と極座標  $(r, \theta)$  の間には次のような関係があります。

ただし, 偏角 $\theta$ は, 点 (x, y)の位置する象限の角に取るものとします. 偏角は一意的には定まりま せんが,  $(r, \theta)$ が与えられると点は一意的に定まります.

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases} \qquad \begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \tan \theta = \frac{y}{x} \quad (x \neq 0) \end{cases}$$

 $\begin{array}{c} y \\ \hline \\ y \\ \hline \\ \theta \\ \hline \\ 0 \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} P(x,y) \\ \hline \\ r \\ \theta \\ \hline \\ x \\ \end{array} \\ X \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \\ x \\ \end{array} \\ X \\ \end{array}$ 

極座標を利用すると、丸っこい図形を簡単な式で表すことができます. たとえば、原点を中心とする半径 a の円の方程式は直交座標では  $x^2 + y^2 = a^2$  ですが、極座標では単に r = a だけで済みます.

Nspire で極座標で表された曲線を描画するには、グラフ画面の menul ③において「5: Polar」を 選択します. y = f(x)や媒介変数表示の他に、極座標で表された 99 個の曲線を登録することができ、 同じグラフ画面上で種別の異なる関数のグラフを重ね書きすることができます.

[menu] [3] [5] で極座標を選択すると,図 13.8(a) のように式の入力が求められます.極座標では 独立変数は $\theta$ を利用します. $\theta$ は [ctrl] [catal] の1段目にあります.媒介変数と同様に,グラフは  $0 \le \theta \le 6.28$ の範囲,つまり $0 \le \theta \le 2\pi$ の範囲で描画されます.

極座標で表される曲線の例として、よく取り上げられるのはカージオイド曲線 (心臓型曲線)です. その曲線は、 $r = 1 + \cos\theta$ で表され、(b)のようなグラフになります.標準画面で描画すると原点付近に小さく描画されるので、(b)では menu 4 3 を利用して原点を中心に2回拡大しています.拡大後は、 menu 4 1 を利用して目盛りを 0.5 刻み変更しました.



図 13.8: 極座標で表された関数のグラフ

極座標で表された関数のグラフを理解するには,偏角θの変化につれて,原点からの距離rがどの ように変化するかをイメージすることが必要です.カージオイド曲線の場合は,r=1+cosθの直交 座標によるグラフをイメージして,横軸の変化を偏角θの変化,縦軸のrの変化を原点からの距離の 変化に読み替えて考えるとよいでしょう.

 $2\pi$ 

右図は、直交座標における  $r = 1 + \cos\theta$ のグラフです. rの値は、 $\theta$ が0から $\pi$ までは減少して $\theta = \pi$ のときはr = 0となります. その後の $\pi$ から  $2\pi$ までrは増加して、 $\theta = 2\pi$ のときr = 2に戻ります.

この変化を $\theta$ を偏角,rを原点からの距離として読み替えたのが図 13.8(b)のグラフです.

rは原点からの距離なので $r \ge 0$ なのですが,Nspireでは,r < 0のとき $(r,\theta)$ は点 $(|r|, \theta + \pi)$ を表 すものとしています.たとえば, $r = \sin 3\theta$ の直交座標でのグラフは,図 13.9(a)のようにrが正と 負が交互に現れますが,r < 0のときは点 $(|r|, \theta + \pi)$ を表すと考えることにより,極座標でのグラフ は (b)のような三つ葉マークのグラフとなります.それぞれの対応関係が把握しやすいように,曲線 弧に丸数字をつけました.実際には,(b)の曲線は $0 \le \theta \le \pi$ の範囲だけで描かれます. $0 \le \theta \le 2\pi$ の範囲では,(b)の曲線上を2周することになります.



(a) 直交座標としてのグラフ



 $\mathbf{2}$ 

Ο

(b) 極座標としてのグラフ

図 13.9: r = sin 3θのグラフ

極座標で表されたグラフを描画して [menu] [5] [1] でト レースすると,  $(r, \theta)$  の値が右下に表示されます. r < 0のときは, 負の値がそのまま表示されます. また,  $\theta$  の 値は, 弧度法による値で表示されます.

一方,極座標と直交座標の間には,

 $x = r\cos\theta, \quad y = r\sin\theta$ 

という関係があります.したがって、極座標で $r = f(\theta)$ と表された曲線は、直交座標では

 $x = f(\theta) \cos \theta, \quad y = f(\theta) \sin \theta$ 

としてθを媒介変数とする方程式で表すことができます.

 $r = \sin 3\theta$ は, 直交座標では  $x = \sin 3\theta \cos \theta$ ,  $y = \sin 3\theta \sin \theta$  となりますが, Nspire では媒介変数 は t を用いるので,  $x = \sin 3t \cos t$ ,  $y = \sin 3t \sin t$  として, この式を menul 3 4 の箇所で入力す れば, 媒介変数を用いた曲線としてグラフを描くこともできます. そのようにして描いた曲線上をト レースすると, 座標は直交座標での値として表示されます.

以上を総合すると, x = f(y) タイプも, 極座標による  $r = f(\theta)$  タイプの関数も, いずれも媒介変数を用いる形に書き直せば, (menu) [3] [4]の箇所でグラフを描くことができることになります.



図 13.10: 極座標モードでのトレース

### 14 陰関数で表される関数のグラフ

変数 x, yの関係が y = f(x)の形で表される関数に対して, f(x, y) = 0のような形で表されていても, 特定の条件の元では y = (x ord) に直すことができる場合があります. そのようなとき, f(x, y) = 0から定まる関数を陰関数といいます. たとえば,  $x^2 + y^2 - 1 = 0$ という式には,  $y = \pm \sqrt{1 - x^2}$ とい う 2 つの関数が含まれています.

Nspire は, f(x,y) が x, y の 2 次式で表されるときは, y = (x ord) の形に直さなくてもグラフを 描くことができます. 残念ながら, 2 次式以外の式には対応していません.

グラフ画面の menu 3 で表示されるメニューから「3: Equation Template」を選択します.そこには、2次式の タイプに応じたいろいろな式のテンプレートが登録され ています.

一般の2次式は、「6: Conic」の

 $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$ 

の形の式です.a = b = c = 0のときは1次式になり、そのグラフは直線です.それ以外の場合は、式を変形することにより放物線、円、楕円、そして双曲線のいずれか



図 14.1:2次曲線の数式テンプレート

のタイプになります. menul 3 3 のメニューには図 14.1 のようなテンプレートが登録されており, それぞれの係数を入力するだけでグラフを描画することができます.

なお,ここでの式入力とグラフの例示は省略します.各自で試してください.

メニュー項目	式のテンプレート		
1: Line	1: Line Slope Intercept $y = mx + b$		
	2: Vertical Line $x = c$		
	3: Line Standard $ax + by = c$		
2: Parabora	1: Vertex form $y = a(x-h)^2 + k$		
	2: Standard form $y = ax^2 + bx + c$		
	3: Vertex form $x = a(y-k)^2 + h$		
	4: Standard form $x = ay^2 + by + c$		
3: Circle	1: Center form $(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$		
	2: Standard form $ax^2 + ay^2 + bx + cy + d = 0$		
4: Ellipse	1: Center form $\frac{(x-h)^2}{a^2} + \frac{(y-k)^2}{k^2} = 1$		
5: Hypabola	1: East-West $\frac{(x-h)^2}{a^2} + \frac{(y-k)^2}{b^2} = 1$		
	2: South-North $\frac{(y-k)^2}{a^2} + \frac{(x-h)^2}{b^2} = 1$		
6: Conic	1: General $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$		

表 14.1: [menu] 3 3 2 次曲線の数式テンプレート

### 15 不等式で表される領域

### 15.1 不等式で表される領域

関数のグラフは,関数の方程式を満たすような点 (*x*, *y*)の集合です.そのような方程式ばかりではなく,グラフ画面では不等式で表されるような領域も表示することができます.

不等式を入力するには、グラフ画面で menu ③ から「2: Relation」を選択します. 図 15.1(a) の ように「rel1(x, y)」として関係式の入力が求められるので、そこにx, yの不等式を入力します. 入力 可能な関係式の数は 99 個です. 不等号は ctrl = から入力することができます. たとえば、 $y \ge x^2$ を入力して へか enter で式を決定すると、(c) のような領域が表示されます.

不等式は []]を利用して条件をつけることもできます.たとえば,  $x \ge 0$  という条件をつけるには, [tab]を押して関係式の入力画面を出し、 ▲ で入力済みの不等式を表示させて「 $y \ge x^2 | x \ge 0$ 」と修 正します.記号 []は [ctrl] = にあります.「and」で区切りながら複数の条件を課すこともできます. その場合,「and」の両側には空白をつけてください.条件をつけたときは、ラベルは不等式と条件が 「,」で区切られて (d) のように表示されます.

ポインターをラベルに近づけるとハンドマークになるので、 [ctrl] へを押すとつまんで場所を移 動することができます.スライドさせて適当な場所で esc を押すとその場所にラベルが配置されま す.ラベルが不要なときは、ハンドマークの状態で [ctrl] [menu] から「3: Delete」を選択すると、ラ ベルを削除することができます.ただし、いったん削除すると復活させることはできません.ラベル が不要なときは、削除しないで「2: Hide」を選択して非表示にした方がよいでしょう.非表示にし たラベルを表示させるには、 [menu] 1] から「3: Hide/Show」を選択します.非表示にしたラベルが 薄く表示されるので、ポインターをあてがって へ」を押すと表示に戻ります.



図 15.1: 不等式で表され領域の描画

### 15.2 複数の不等式で表される領域

複数の不等式を定義することもできます. 複数の色が 重なった箇所が,不等式で表される領域の共通部分です. たとえば,「rel1:  $y \ge x^2$ 」,「rel2:  $y \le x + 2$ 」と定義 し直すと,右図のような領域が表示されます. 残念なが ら, []による条件をつけて共通部分だけが描画される ようにはできません. 条件をつけることのできる範囲は,  $a \le x \le b, c \le y \le d$ のような範囲です. 条件式として,  $y \le x + 2$ のような不等式を []の後に入力することはで きません.



図 15.2: 領域の共通部分

ただし、どのような不等式でも領域を表示できるわけで

はありません. 領域を表示できるのは,図 15.3のようなx, yの多項式で表されるような式と,y = f(x)やx = g(y)のようなタイプに変形できるような式です.また,条件として指定できるのはx, yの区 間です.前述のように, $y \ge x + 1$ のような条件を付すことはできません.単純な式では大丈夫なと きもありますが,「 $y \le \sqrt{x} | y \le 2$ 」のように,従属変数に対して条件をつけることはできません. なお,図 15.3 では,画面の範囲を $-3 \le x \le 3$ ,  $-2 \le y \le 2$ に変更しています.



図 15.3: 多項式で表された領域の描画

### 15.3 不等式で表される領域の境界と色

等号がつかない不等式で定義したときは、その境界にポインターを近づけると境界が点線で表示されます.不等式で表される領域でも、複数の境界の交点を求めることができます.

[menu] [8] [1]の「3: Intersection」を利用すると,複数の交点があっても全部の点を配置してその 座標を表示させることができます.その際,不等式に等号が含まれている必要はありません.

menu 6 「6: Analyze Graph」を利用して求めることもできますが、その場合は、一つ一つの交 点についてその前後を指定する必要があります. menu 8 1 3 を利用すると、その指定をするこ となく交点に点が配置されて座標が表示されます.

領域の色を指定するには、ポインターを境界にあてて人差し指が表示された状態で <u>ctrl</u> menu を 押すと、図 16.6 のメニューが表示されるので「B: Color」を選択します.

### 16 グラフ画面における諸操作

グラフ画面では,グラフ描画,描画範囲の変更,最大・最小や交点を求める等の他に,いろいろな 操作をすることができます.ここでは,これまで触れてこなかったグラフ画面の機能について説明し ます.

グラフをつまんで移動したり,グラフの色を変更したり,あるいは軸の目盛りを「つまんで」変更 したりするなど,Nspire にはいろいろと多彩な機能が登録されています.

### 16.1 グラフに対する操作

### グラフの移動

グラフを描画後に,それをつまんで移動させることができます.つまり,グラフの方程式を変更す ることなく,グラフをつまんでダイレクトに動かすことができるのです.,動くにつれ,グラフの方程 式も自動的に変化します.ただし,この操作が可能な関数は基本的なタイプの関数に限定されます. 具体的には,1次関数,2次関数,三角関数(正弦・余弦),対数関数,そして指数関数に限られます.

たとえば、1 次関数  $f_1(x) = x + 1$ を描画したあとでその直線を動かすには、表示されているグラ フの真ん中付近にポインターを近づけます. 図 16.1(a) のような記号 + が表示されたら  $\boxed{\text{ctrl}}$   $\boxed{\mathbf{k}}$  を 押します. または  $\boxed{\mathbf{k}}$  を長押しでもかまいません. 瞬間的に「つまむ」マークが表示されて直線がつ ままれます. 記号はすぐに + に戻りますが、「つまむ」マークが表示された後にタッチパッドでスラ イドさせると、 グラフを自由に動かすことができます. それにつれて、(b) のように  $f_1(x)$  の式も変 化します. 希望する位置で  $\boxed{\text{esc}}$   $\boxed{\mathbf{k}}$  を押すとポインターに戻り、移動が終了します.

表示される式を見ながら動かしていくと値が微妙に動くのでので、ちょうど良い場所に移動するの は難しいかもしれません。そのようなときは、希望する位置に近い箇所でいったん [esc]を押して確 定して、 [tab]により関数の式を表示させて式を直接修正した方が良いと思われます。



図 16.1:1 次関数のグラフの移動

それ以外の箇所をつまむこともできますが,その場合は記号 w が表示されて,平行移動ではなく グラフを変形することなります.また,つまもうと思う箇所にラベルが置かれている場合は,Nspire はラベルの方を認識してグラフをつまむための記号 ↔ が表示されません.その場合は,最初にラベ ルをつまんで移動してからグラフをつまむとよいでしょう.

### グラフの変形

ポインターをグラフに近づけると,近づける場所により ↔ とは異なる記号が表示されます. 図 16.2 では,参考例として 3 つの関数を描画して,それぞれのラベルを適当な場所に移動してあります.

直線では,ポインターを真ん中付近ではない箇所に近づけると, (a) のような記号 ⇔ になります. そのマークが表示された段階で ctrl ► を押してグラフをつまむと,瞬間的に「つまむ」マークが 表示されますが,すぐに元の記号 ⇔ に戻ります. この「つまむ」マークが表示された後にタッチパッ ドでスライドさせると, y 軸との交点を中心に直線を回転させることができます.

放物線では頂点付近ではない箇所,三角関数のグラフでは最大または最小となる箇所に近づけると, (b)(c) のような記号 % が表示されます. そのマークが表示された段階で **ctrl N** を押してグラフ をつまむと,瞬間的に「つまむ」マークが表示されて元の記号に戻ります. この「つまむ」マークが 表示された後にタッチパッドでスライドさせると,グラフを引き延ばしたり縮めたりすることができ ます. 特に, *x* 軸を越えてスライドさせると,グラフを*x* 軸に関して反転させることができます. (d) では, (c) の箇所でつまんで*x* 軸の下方に引き延ばしています. グラフが変わるとその方程式も同時 に変化します. 適当な場所で [esc]を押すことで変形作業が終了します.



図 16.2: 関数グラフの変形

指数関数や対数関数も同様です. ポインターをグラフに近づけるとグラフが太線になり, ポイン ターを置く場所により記号 ↔, × のいずれかかが表示されます. ↔ の箇所で ctrl へを押すと 平行移動することができ, × の箇所で ctrl へを押すとグラフを変形させることができます.

### 一つの式で複数のグラフ描画

関数のグラフの特徴を確認するには,係数を少しずつ変えたグラフを描画させてみると分かりやす いでしょう.係数を {*a*,*b*,*c*,...} のようなリストで指定すると,一つの関数を定義するだけで複数の グラフを描画させることができます.

たとえば,放物線  $y = ax^2$ のグラフで係数 a の意味を確認するには,たとえば,  $f_1(x) = \{1, 2, 3\} x^2$ と定義するとよいでしょう.図 16.3(a)のように,関数は一つの式で定義されますが,グラフはリストの個々の成分を係数とした複数のグラフが描画されます.当然ながら,このようにして定義した関数のグラフは, [ctrl] へでつまんで平行移動や変形をすることはできません.





図 16.3: 一つの式で複数のグラフ描画

複数の係数をリストで指定することもできます.たと えば、 $f_1(x) = \{1, 2, 3\} x^2 - \{1, 2, 3\} x$ と定義すると、リ ストの先頭から順番に1つずつの成分を取って

 $x^2 - x$ ,  $2x^2 - 2$ ,  $3x^2 - 3$ 

の3つのグラフが描画されます.いずれも, *x* 軸との共 有点は (0,0), (1,0) です.この場合,リストの成分の個数 が一致しないとグラフは描画されません.エラー表示も されないので,自分でチェックする必要があります.

なお,図 16.4 では,画面設定は menu) 4 1 を利用 して変更し, $-2 \leq x \leq 4, -1 \leq y \leq 3$ に設定しています.



図 16.4: 複数のリストを係数に持つ関数 のグラフ

### *5-14* 第5章 いろいろな曲線と曲面の描画

### グラフの線種の変更

グラフ画面でのグラフは、デフォルトでは実線で描画されます.このグラフの線種は、自分で指定 することができます.

 $y = x^2$ を例とし、描画範囲は (menu) ④ ① を利用して  $-4 \le x \le 4, -1 \le y \le 5$  としておきます.



図 16.5: menu] 1] 4] グラフの属性の変更

属性を変更するには, menu 1 から「4: Attributes」を選択します. または, ポインターを属性 を変更したいグラフに近づけて, 記号 ↔ または w が表示された状態で ctrl menu を押して「3: Attributes」を選択します. 画面の左上の角に属性の変更モードにあることを示すマークが表示されま す. 属性を変更したいグラフにポインターを近づけると図 16.5(a) のように ⇐ に変わるので, 下を 押してグラフを決定します. 変更できるメニューが (b) のように表示されるので, ▼ により変更した いメニューに移ります.

なお,図 16.5(a) は menu 1 から選択した場合です. ctrl menu を利用した場合はすでにグラフ を選択済みなので,直接 (b) が表示されます. 複数のグラフの属性を変更したいときは menu 1 に

メニュー項目	内容	
1: Line weight	線の太さを, 細線 (thin), 中線 (midium), 太線 (thick) の3種類 から指定することができる.	
2: Line style	線のタイプを,実線 (continuous),点線 (dotted),破線 (dashed) の3種類から指定することができる.	
3: Label style	ラベルを, $f1$ , $f1(x)$ , $f1(x) = x^2$ , $y = f1(x)$ , そして $y = x^2$ の5種類から指定することができる.	
4: Graph	グラフは, $x$ の値を少しずつ変化させて $y$ の値を計算し, 点 $(x, y)$ を繋いで描画される. このとき, 計算した点を線で繋ぐか (continuous)か, 点で表示する (discrete) かを指定できる.	
5: Step size	「discrete」を選択すると表示される. xの刻み幅の数値を,直接 打ち込んで変更することができる.	
6: Number of points	「discrete」を選択すると表示される.刻み幅を変更するのでは なく,表示する点の個数で指定する.個数を直接打ち込む.	

表 16.1: (menu) 1) 「4: Attribute」のサブメニュー

よるのがよいと思われます.

▲や ▶ が表示されている箇所は、それを押すことで内容を切り替えることができます。それぞれ、 表 16.1 にあるような属性を変更することができます。属性を変更したら № を押して確定させます。 変更を終了するには [esc]を押します。

### グラフの色の変更

グラフ画面でのグラフの色は Nspire により自動的に割 り振られますが,自分で自由に指定することもできます. 最初に,ポインターを曲線に近づけて wか ↔を表示 させます.その状態で ctrl menu を押すと右図のよう なメニューが表示されるので,「B: Color」から「1: Line Color」を選択します.カラーパレットが表示されるので, その中から希望する色を選択することでグラフの色を変 更することができます (図は略).

1:Recent	P
2:Label 3:Attributes 4:Hide 5:Delete 6:Edit Relation 7:Trace 8:Analyze Grapt 9:Table A:Pin	9.87
C:Conditions	
	3:Attributes 4:Hide 5:Delete 6:Edit Relation 7:Trace 8:Analyze Graph 9:Table A:Pin C:Conditions

図 16.6: グラフの色の変更

## 16.2 スライダーの利用

### スライダー変数の挿入

係数にリストを利用すると成分の数だけグラフが表示されます.係数をいろいろ変えても,表示されるグラフは一つだけにしたいときがあります.そのようなときはスライダーを利用します.



図 16.7: スライダーの利用

スライダーは menu 1 「B: Insert Slider」により挿入することができます. 図 16.7(b) のような 設定画面が表示されるので,必要な設定を行います. 設定内容は表 16.2 にまとめてあります. ここ では,スライダー変数として *p* を使用し,その初期値は 0 として  $-2 \le p \le 4$  の範囲を 1 刻みで変化 するように指定し,スライダーの軸は横置き (Horizontal) にしています. ok を押すと, (c) のスラ イダー部分だけが表示されます. tab を押して,関数の式をたとえば「 $f_1(x) = (x-p)^2$ 」とすると, スライダー変数 *p* の初期値として指定した *p* = 0 の場合のグラフが (c) のように表示されます. スラ イダー変数を最初に設定していると,その変数は太字で表示されます.

ポインターをスライダーのつまみ部分にあてがって **ctrl N**を押します. ハンドマークが「つま む」マークになるので, タッチパッドを利用してスライドさせることができます. または, ポイン ターをスライダーの軸に近づけると人差し指になるので, グラフを表示させたいメモリの箇所におい て **N**を押してもかまいません. (d) は, つまみ部分を **ctrl N**, でつまんで右にスライドさせた状 態です. 終了するには [esc]を押します.

メニュー項目	内容
1: Variable	スライダーとして使用する変数を指定する.
2: Value	スライダー変数の初期値を指定する.
3: Minimun	スライダー変数の最小値を指定する
4: Maximun	スライダー変数の最大値を指定する
5: Step Size	スライダー変数のステップ幅を指定する
6: Style	スライダー変数の軸の横置き・縦置きを指定する.

表 16.2: menu 1 「8: Insert Slider」のサブメニュー

### スライダーの使用法

スライダーは一見すると便利なのですが,その使用方法はなかなか分かりにくいです. まず,スライダー軸が青色の場合と黒色の場合があります.

### スライダー軸が青色の場合

この場合にポインターをスライダーに近づけると、つまみ部分ではハンドマークになり、軸では人 差し指になり、軸の端点や変数名に近づけると記号()が現れます.

図 16.8(a) のようなハンドマークが現れたら、 ctrl へを押してつまむことにより「つまみ」をス ライドさせて移動させることができます. それに応じてグラフも変化します. (b) のように軸の端点 の値の箇所で)(が表示されたときは、 へを押すことにより端点の値を変更することができます. ま た,軸の上の「p = 2」のように表示されている箇所では、 へを押すことで変数名やその値を変更 することができます. 値を変更すると,つまみやグラフも変化します. (c) のように人差し指を軸に 沿って移動して へを押すと,そのメモリの箇所につまみが移動してグラフが表示されます。



図 16.8: スライダーの利用

また,ハンドマーク,人差し指,そして)(のいずれかが表示されている状態で [ctrl] [menu] を押す と,(d)のようなサブメニューが表示されます.「1: Move] を選択すると,(e)のようにスライダー部分 が四角い枠で囲われます.その枠を [ctrl] [ヽ] でつまむことにより,スライダーの配置場所を変更する ことができます.「2: Settigns] を選択すると,図 16.7(b)のメニューが表示されます.「3: Minimize] を選択すると,(f)のようにスライダー軸が記号 <> になり最小化されます. > をクリックすると,ス ライダー変数の値が1ステップずつ増加します.「4: Animate] を選択すると,スライダー変数が指定 された範囲で次々に変化して,それに応じてグラフも変化します.アニメーションの動きを止めるに は、もう一度 [ctrl] [menu] を押して「4: Stop Animate] を選択します.「5: Delete] を選択するとス ライダーが削除されますが,スライダー変数として使用した変数には直前の値が保持されています. 軸の色を黒色にするには、[esc]を押します.

### スライダー軸が黒色の場合

この場合は、ポインターをスライダー軸に近づけてもポインターの形は変化しません.それでも軸 上の適当な箇所で へを押すと軸の色が青色になり、押された箇所の値のグラフが表示されます.軸 が青色になるので、その後の操作は前述した通りです.

黒色の状態で ◀ ▶ を押すと,スライダー変数の値が1ステップずつ変化してグラフも変わります. 軸の色は黒色のままです.

軸の端点の値やスライダー変数の値の箇所にポインターをおいて <<br />

、を押すと、その値を変更する<br />
ことができます。<br />

ことができます。<br />

### スライダー変数の削除

スライダー変数を削除するには、図 16.8(d) のサブメニューから「5: Delete」を選択して削除しま す.他の方法では削除できません.グラフ画面の menu 1 の「6: Delete All」を選択すると、定義し た関数はすべて削除されますがスライダー変数の削除は行われません.また、計算画面の menu 1 か ら「3: Delete Variable」を選択してスライダー変数を削除すると、変数の値は削除されますがグラ フ画面のスライダー軸は削除されません.

### 16.3 グラフ画面に対する操作

### 座標軸の目盛り幅の伸縮

[ctrl] <□ による「つまむ」という操作を利用すると、座標軸の目盛りつまんで軸を引き延ばしたり、縮めたりすることができます.ポインターを軸の目盛りに近づけると「axes」と表示されてハンドマークが表示されます.その状態で [ctrl] <□ を押すと「つまむ」マークになるので、タッチパッドでスライドさせることにより軸の目盛りを伸縮させることができます.一方の軸を伸縮すると、他の軸も縦軸と横軸が2:3の比率を保ったまま伸縮します.[esc]を押すと確定します.

図 16.9(b) では細かい目盛りが出ています.これは、 [menu] [4] [1] で,「Scale」の箇所が「auto」 になっているためです.「Scale」の箇所を具体的な値で指定すると細かい目盛りは現れません.

menu 4 1 で目盛り (Scale) の間隔を大きくとっていると,ポインターを近づけても「axes」が 表示されない場合があります.その場合は,目盛りの間隔を小さくするか,または目盛りが多くある 方の軸を利用するとよいでしょう.



図 16.9: 軸の目盛りをつまんで伸縮させる

### 座標平面をつかんだ移動

グラフの描画範囲は [menu] 4 を利用して調整することができますが、細かい数値を指定して変更 するのが面倒な場合があります。表示されているグラフの位置をちょっと変更したいときは、座標平 面を「つかんで」移動させることができます.

たとえば,図 16.10(a) では,ポインターを点 (1,1)の付近において [ctrl] 下]を押した状態です.ポ インターが「つかむ」マークになり、タッチパッドをスライドさせると、グラフや目盛りの間隔を保っ たまま座標平面全体を移動させることができます.適当な位置で [esc]を押して確定します.







図 16.10: 座標平面をつかんだ移動

### グリッド (格子)の表示

グラフを表示させると,座標軸の目盛りを参考にある 程度の状況が分かります. さらに, 格子模様 (グリッド) を表示させると目盛りとの関係がよりはっきりします.

グリッドを表示させるには [menu] 2] から「6: Grid」 を選択します. サブメニューとして「1: No Grid」「2: Dot Grid | 「3: Line Grid | が表示され, 選択可能なも のが濃く表示されます. グリッドが表示されている状態 で [menu] 2] 6] を押すと「1: No Grid」 が選択可能にな るので、消すときは「1: No Grid」を選択します.

1: Actions	• 2	RAD 🚺 💓	
🗟 2: View 1:	1: Graphing		
A-3: Grap 2:	2: Plane Geometry		
1 4: Wind 3:	3: 3D Graphing		
15: Trac 1. 4:	Hide Analytic Wind	w	
1 6: Anal 1. 5:	Hide Axes		
L. 1: No Grid	id	•	
🗒 2: Dot Grid	low Entry Line	(Ctrl+G)	
3; Lined Grid	de Axes End Val	ues	
9:	Hide Object Selecti	on Guides	
	-6.67		

図 16.11: グリッドのメニュー



図 16.12: menu) [2] [6] グリッドの表示

*5-20* 第5章 いろいろな曲線と曲面の描画

グリッド (格子)の色

グリッドの色を変更することもできます. グリッドが表示されている状態で [ctrl] menu] から「3: Select」を選択し,サブメニューから「3: Grid」を選択します. グリッド全体が点滅するので,もう 一度 [ctrl] [menu] を押すと図 16.13(a) のようなメニューが表示されるので,そこから「B: Color」を 選択し,さらにサブメニューから「1: Line Color」を選択します. (b) のようなカラーパレットが表 示されるので,その中から希望する色を指定します.





図 16.13: グリッドの色の変更

### 座標軸の表示・非表示

menu 2 より「5: Hide Axes」を選択すると、座標軸を非表示にすることができます (図は略). グリッドを表示しているときは、グリッドは表示されたままです.表示に戻すには、 menu 2 から 「5: Show Axes」を選択します.

テキストの挿入

グラフ画面には、デフォルトでグラフやその関数の式がラベルとして表示されますが、それとは別 にテキストを書き入れたい場合があります。そのようなときは、 menu 1 から「7: Text」を選択 します。画面の左上にテキスト挿入モードにあることを示すマークが出て記号 ( が表示されるので、 テキストを挿入したい箇所にスライドさせて へ を押します。テキストボックスが開くので、そこに テキストを入力します。残念ながら、挿入できるのは英文に限られます。

▼を押して決定します.テキスト挿入モードを抜けるには [esc]を押します.



図 16.14: menu 1 7 テキストの挿入

#### 2変数関数のグラフ 17

関数 y = f(x) のグラフは、この関数の定義域を I とするとき、I 内の点 x に対して y = f(x) を満 たすような平面上の点 (x, y) の集合のことです. グラフをみれば, x の変化に応じて関数 y = f(x) が どのような変化をするかが一目瞭然です.

同様に、2変数関数 z = f(x, y) のグラフは、この関数の定義域を D とするとき、D 内の点 (x, y) に 対して z = f(x, y) を満たすような空間内の点 (x, y, z) の集合のことです. グラフをみれば, 点 (x, y)の変化に応じて関数 z = f(x, y) がどのような変化をするかが一目瞭然です.

★以下の説明では、4節の1変数関数のグラフ描画については承知していることを前提とします.

### 17.1 2 変数関数の式入力

2 変数関数のグラフを描くには、 (menu) 2 において 「3: 3D Graphing」を選択します. 図 17.2 の画面が表示 され,式の入力を求められます.y = f(x)タイプや媒介 変数による入力などとは別に、新たに 99 個の 2 変数関数 を入力することができます.また,式入力の画面で左端 の √を外すと、 グラフは描画されません.

(a) では,  $z = x^2 - y^2$ を入力しました. 式を入力した ら [enter]を押すと, (b) のようなグラフが描画され, グ 図 17.1: [menu] [2] 3D Graphing ラフ上には原点の位置と座標軸も描画されます.

別な関数を入力したり,入力した式を修正するには,

1変数関数のときと同様に [tab]か [ctrl] [G]を押します.また,平面上のグラフ描画に戻るには, [menu] 2] で「1: Graphing」を選択します.



図 17.2:  $y = x^2 - y^2$ のグラフ

### 17.2 グラフの回転と視点の方向

図 17.2(b) で描画されたグラフは、タッチパッドの ◀ ▶ ▲ ▼ を利用して自由に回転することがで きます.英字キーの[A]を押すと、右方向に勝手に回転をはじめます.回転を止めるには[esc]を押し ます. 画面の右上には小さく座標軸の方向が描かれており, グラフの回転と同時にこの座標軸も回転 するので,これをみることで回転中や回転後の座標軸の方向が分かります.

1: Actions	▶ e doc 🗢	RAD 🚺 🕅		
a 2: View	1: Graphing			
At 3: Grap	2: Plane Geometry			
₩4: Wind	3: 3D Graphing			
15: Trac 1	4: Hide Analytic Windo	WC		
1 6: Anal	5: Hide Axes			
🎬 7: Table 🏥	6: Grid	•		
*8: Geor	7: Show Entry Line (Ctrl+G)			
11 9. Setti	2 8: Hide Axes End Values			
11 D. Sett	9: Hide Object Selecti	on Guides		
	-1.5			

2 変数関数のグラフは複雑なので、いろいろな方向か ら眺めてみることが必要です.そのとき、1つの座標軸 の方向から眺めてみるのは有益かもしれません.

描画範囲や視点の方向を変更するには, [menu] [4] を 利用します. 各項目の処理内容は表 17.1 にある通りです. 「3」以降の機能は, [menu] を経由しないで表 17.1 にあ るキーを押して代用することもできます. たとえば, 画 面を縮小するには ÷ を, 拡大するには × を押します. ただし, 範囲は変わらず, ボックスが縮小・拡大するだ けです. 範囲は「1: Range Settings」で変更します.



図 17.3: menu 4 Range/Zoom

視点の方向は,標準では「5: x-y-z Orientation」によるグラフが描画され,3つの軸が見える方向 が視点に取られています. x, y, z は、いずれも -5 から 5 の範囲で描画されます.

メニュー項目	内容
1: Range Settings	x,y,zの描画範囲,目盛り,視点を個別に指定する.
2: Aspect Ratio	座標軸ごとに,その縮尺を個別に指定する.
3: Shrink Box	外枠のボックス (箱) を縮小する. 主 を押してもよい.
4: Magnify Box	外枠のボックス (箱) を拡大する. 🗙 を押してもよい.
5: x-y-z Orientation	3つの軸が見える方向に視点を取る. 🔘を押してもよい.
6: x-y Orientation	z軸の方向に視点を取る. Zを押してもよい.
7: y-z Orientation	<i>x</i> 軸の方向に視点を取る. X を押してもよい.
8: x-z Orientation	y 軸の方向に視点を取る. Y を押してもよい.

表 17.1: menu] [4]の変更メニュー

### [1: Range Settings]

ここでは, x, y, z 座標の範囲と目盛り,そして視点の方向を変更することができます. 図 17.4(b) の最後の3行で,視点の方向を変更することができます. 「eye  $\theta^{\circ}$ 」では, x 軸の正の向きへの角度, 「eye  $\phi^{\circ}$ 」では z 軸の正の向きへの角度,そして「eye distance」では視点までの距離を指定します.

1 3D Range Settings	🛾 🔀 3D Range Settings
XMin: -5 XMax: 5 XScale: Auto YMin: -5 YMax: 5 YScale: Auto	ZMin: -5 ZMax: 5 ZScale: Auto eye 8*: 35 eye 0*: 160 eye distance: 11
(a) 座標の範囲と目盛り	(b) 視点の方向

 $\boxtimes$  17.4: menu 4  $\lceil 1: \text{Range Settings} \rfloor$ 

それぞれの場合の標準値を表 17.2 にまとめました.ただし,タッチパッドで曲面を自由に回転させることができるので,実際にはこの箇所で視点を変更する必要はほとんど無いと思われます.

方向	eye $\theta^\circ$	eye $\phi^{\circ}$	distance
x-y-z	$35^{\circ}$	$160^{\circ}$	1.9
x-y	0°	90°	1.9
y-z	90°	180°	1.9
X-Z	0°	180°	1.9

表 17.2: 視点の角度と距離の標準値



図 17.5: 視点を座標軸方向にとった場合のグラフ

### 17.3 トレース機能

1変数関数のグラフでは、トレース機能により曲線上を座標を表示しながら移動することができました.2変数関数では曲面上を自由に動き回ることはできませんが、*z*軸に垂直な平面との交線を表示させることができます.

[menu] [5] [1] を押すと,平面 z = 0 (xy 平面) が薄い色 で表示されます.この平面は, shift] を押しながら ▲ ▼ を 押して自由に移動させることができます.平面を表示さ せたまま回転させることもできます.その交線の状況を 見ることで,グラフの形状に対する理解を深めることが できるでしょう.

トレースのステップ幅は menu 5 2 により変更する ことができます. トレースモードから抜けるには (esc)を 押します. それと同時に,平面 z = k が消えます.



交線を表示できるのは,平面 *z* = *k* の場合だけです.

zの値を打ち込むことはできません. x 軸や y 軸に垂直な平面との交線を表示することもできませんが,次節の媒介変数表示を利用すると,任意の平面との交線を見ることができます.

### 17.4 曲面の媒介変数表示

曲面 z = f(x, y) は、媒介変数を用いて表すこともできます。媒介変数として t、u を用いると、 z = f(x, y) は x = t, y = u, z = f(t, u) と表すことができます。たとえば、 $z = x^2 - y^2$  であれば、 x = t, y = u,  $z = t^2 - u^2$  となります。

媒介変数を利用すると、球座標や円柱座標などの空間におけるいろいろな座標系を利用することが できるので、z = f(x, y)の形では表すことのできない、いろいろな曲面を描画することができます.

2 変数関数のグラフのトレース機能では、z軸に垂直な平面との交線しか見ることができませんで した. 媒介変数を利用すると、任意の平面との交線を見ることができます.たとえば、y軸に垂直な 平面 y = k との交線を見てみましょう.媒介変数を利用すると、この平面は k を定数として

x = t, y = k, z = u (t, u は媒介変数)

という式で表されます.

以下では,  $z = x^2 - y^2$ のグラフが標準状態で表示されている状態で,この平面を重ねて描画してみましょう. 媒介変数表示された曲面を描画するには, menu ③において「2: Parametric」を選択します. 図 17.8(a)により,各座標の式の入力が求められるので,たとえばk = 0として, x = t, y = 0, z = uと入力します. これは, xz平面との交線をみようとすることになります.入力する式は, ▼▲により移動することができます.



図 17.7: [menu] [3] [2] 媒介変数

ただし、式を入力するだけでは不十分です。媒介変数 t, uの範囲は、標準では $0 \le t \le 2\pi, 0 \le u \le \pi$ の範囲に

設定されています.  $z = x^2 - y^2$  との交線を見ようとしているので,t, uの範囲をいずれも-5から5 に変更しておきます.

媒介変数の範囲を変更するには, (a) の画面の右側にある … を選択します. ▶ により移動するか, またはマウスポインタを出して選択します. (b) のような媒介変数の範囲を指定する画面が表示され るので,範囲を変更して「Ok」をし, ◀で式入力の画面に戻ります. [esc] により式の定義画面から 抜けると, 図 17.9 のようなグラフが描画されます.



図 17.8: 平面 y = 0 の媒介変数表示による入力

曲面の色の指定

曲面の色は,自分の好きな色に自由に指定することがで きます.まず,マウスポインタを出して色を変更しようと する曲面にカーソルをあてると,曲面の色が薄い灰色に変 わります.その状態で [ctrl] [menu] を押すと,図 17.10(a) のような変更メニューが表示されます.

曲面の色を指定するには、「8: Color」を選択して表示 されるメニューから「4: Custom Plot Color」を選択し ます. (b)の画面が表示され、この画面から曲面の表面 (Top)の色や裏面 (Bottom)の色を指定することができま



図 17.9: 曲面  $z = x^2 - y^2$  と平面 y = 0との交線

す.また,「Vary color by height」を選択すると, zの値により異なる色で描画されます.「Vary color by steepness」を選択すると,曲面の傾き具合により異なる色で描画されます. ワイヤーフレームの線 (Wire Color)の色を変更することもできます.

(b) で色が表示されている箇所で,変更しようと思うカラー箇所にマウスポインタをあてがって へを 押すと,(c)の画面になります.そこで,どのような色にするかを指定します.変更すると(b)の画面 に戻るので,必要なら他の色も変更します.必要な変更が終わったら,(b)の画面で「Ok」を選択す ると,(d)のように変更された色で曲面が描画されます.

同様にすると、平面に限らず、自分で定義した複数の曲面の間の交線をみることができます.また、 *x*,*y*,*z* を*t* だけの関数として定義すると、空間曲線を描くこともできます.



図 17.10: [ctrl] [menu] 8 曲面の色の変更