

TI-Nspire CXを使った解析幾何と3Dグラフ

小森恒雄
Naoco Inc.

2008年にTI-Nspireシリーズが世に出てから3年、2011年TI-NspireシリーズはTI-Nspire CX CAS Handheldとして大きく生まれ変わりました。カラー画面になって薄くなり、反応スピードは速く操作性は大きく向上しました。新たに3Dグラフや微分方程式の勾配の場・方向の場が描けるようになり、機能的にも一段と向上しています。ここではTI-Nspire CX CAS Handheldを一緒に体験します。

1. 主なキー

キーの主機能を選択するときはそのまま押し、青色の副機能を選択するときには **ctrl** を押してからそのキーを押します。

CAPS
↑shift

タッチパッド

ノートパソコンのタッチパッドと同じ働きをします。
←, →, ↑, ↓ を押すとカーソルを移動します。

esc メニューやダイアログボックスから抜け出します。また、計算を中断します。

touchpad 計算とグラフ描画のみ手軽にできるスクラッチパッドを開きます。押すたびに計算とグラフを交互に表示します。

tab 次の入力フィールドへ移動します。

ctrl 次に押すキーの上に書かれた青色の機能を指定します。また、他のキーと組合せたショートカットを指定します。

↑shift 次に押す英字を大文字にします。

power 電源をオンにします。電源オフは **ctrl** **power** と押します。電源オンのとき **power** を押すと Home 画面を表示します。

doc ドキュメント操作ツールを表示します。

menu アプリケーションやその画面固有のメニューを表示します。

del 直前の1文字を削除します。

var 保存された変数を表示します。

enter 計算・命令の実行やメニュー項目を選択します。

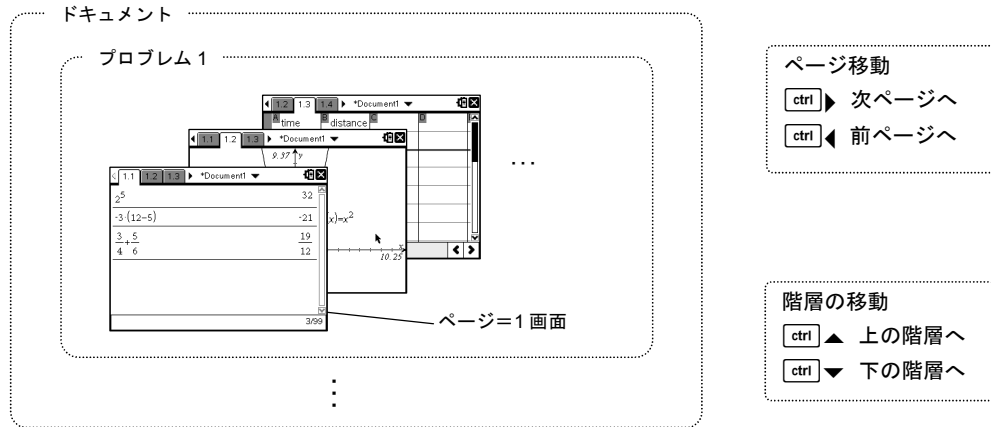


2. ファイル構造

TI-Nspire CX CAS Handheldはコンピュータと同じファイル構造，すなわちフォルダがあって，その中にドキュメントを作成・保存するという構造です。

●ドキュメント (Document)

すべてのデータはドキュメントに保存されます。ドキュメントは複数のプロブレム(Problem)からなり，各プロブレムには複数のページを作成することができます。1ページが1画面にあたります。

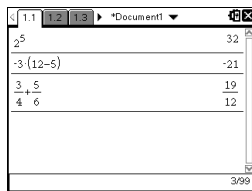


Note:1 ドキュメントには最大 30 プロブレム，1 プロブレムには最大 50 ページ作成できます。

●アプリケーション

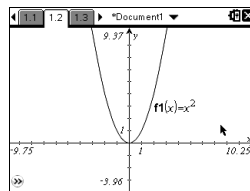
各ページには次の7つのアプリケーションが設定できます。

1:Calculator (計算)



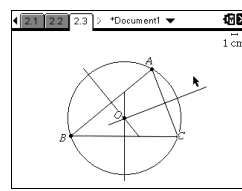
数値計算や数式処理などの計算をします。代数計算(方程式を解く，因数分解など)，微分・積分，行列計算，プログラムなど。

2:Graphs (グラフ)



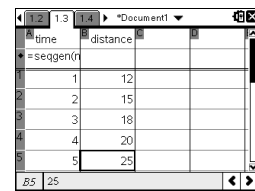
関数 $y=f(x)$ ，媒介変数表示，極方程式，散布図，数列，微分方程式，3Dグラフを描きます。

3:Geometry (幾何)



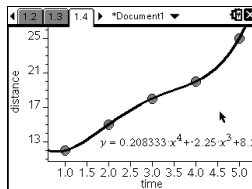
平面幾何の図形を作図します。作図した図形は性質を保ちつつ，変形できます。

4:Lists & Spreadsheet (リストとスプレッドシート)



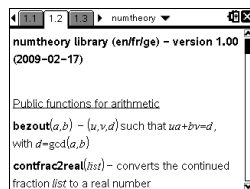
Excelのような表計算アプリケーション。リスト(列)が操作の基本データになります。名前を付けて変数に保存します。

5:Data & Statistics (データと統計)



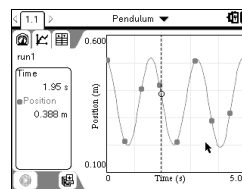
種々の統計計算やプロット(散布図，箱ひげ図，ヒストグラムなど)が用意されています。

6:Notes (ノート)



Text文を作成します。英文になります。

7:Vernier DataQuest (バーニア データクエスト)



距離センサーなどを使って実データ収集し，分析します。

3. Calculatorアプリケーション

数値計算や数式処理を行います。Calculator画面にするには、**[menu]**を押して1:Add Calculatorを選択します(ページを新たに挿入するときは**[ctrl]****[doc v]**または**[ctrl]****[1]**と押します)。

●数値計算

- 指数(n 乗)は**[^]**を使います。指数を入力後、指数部分を抜けて元の位置に戻るには右カーソル**[>]**を押します。
- 正確な計算結果を得るには**[enter]**, 近似値を得るには**[ctrl]****[enter]**と押します。

三角関数 **[trig]** キー

sin	cos	tan	csc	sec	cot
sin ⁻¹	cos ⁻¹	tan ⁻¹	csc ⁻¹	sec ⁻¹	cot ⁻¹

[pi] キー

π	i	∞	e
θ	r	g	

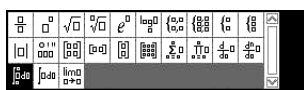
●数式処理

- たとえばsolve命令は**[menu]**を押して4:Algebraメニューから1:Solveツールを選択します。solve(が表示されます。最後の括弧は省略できます。

Note: solve(と英字を入力してもかまいません。また、カタログ**[cat]**から選ぶこともできます。

- 微分・積分, 極限や行列などの入力には数式テンプレート**[tbl]**を利用します。

数式テンプレート



- たとえば積分の下端, 上端, 数式, 変数の入力では, 移動に**[tab]**または矢印キー(**[<]**, **[>]**, **[↑]**, **[↓]**)を使います。

●式の再利用と修正

- 式を再利用するときは上カーソル**[↑]**で履歴へ移動し, 反転表示したあと, **[enter]**を押します。入力行にコピーされ, 編集可能です。

Note: 式の切り取り, コピー, 貼り付けはそれぞれ**[ctrl]****[X]**, **[ctrl]****[C]**, **[ctrl]****[V]**と押します。式の一部選択は**[shift]**+左右キー(**[<]**, **[>]**)で行います。

- 直前の1文字を削除するには**[del]**, 式全体を削除するには**[ctrl]****[del]**と押します。

Note: 式の頭に飛ぶには**[ctrl]****[7]**, 最後部に飛ぶには**[ctrl]****[1]**と押します。

●カタログ

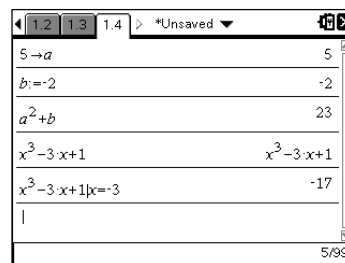
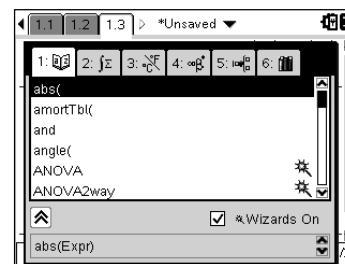
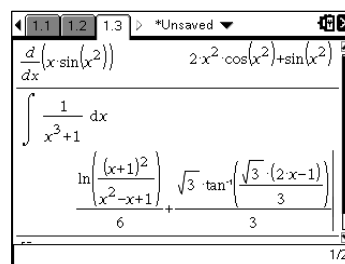
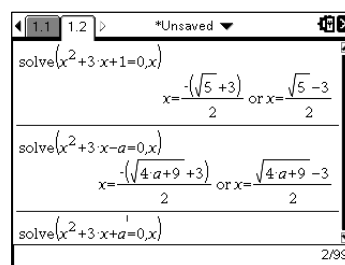
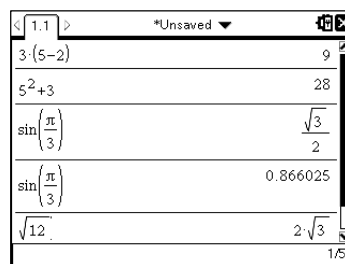
- 関数や命令, 物理・化学定数, ギリシャ文字, 数式テンプレート, ライブラリはカタログ**[cat]**に用意されています。各タブレットは数字キーで移動します。

●変数の定義

- 数値を変数に保存するときは**[>]**(**[ctrl]****[var]**)を使います。

Note: :=で定義してもかまいません。

- 条件付の命令 (**[|]**) が利用できます。



4. Graphsアプリケーション

Graphsアプリケーションでは関数 $y=f(x)$ 、媒介変数表示、極方程式、散布図、数列、微分方程式、3Dグラフのほか、Geometryアプリケーションの幾何図形も描けます。

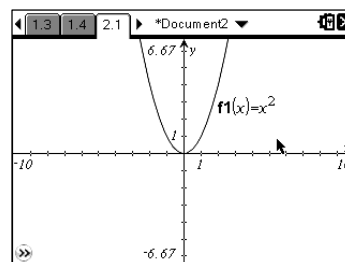
Graphs画面になっていないときは、**[menu]**を押して1:Add Graphsを選択します。

●関数 $y=x^2$ のグラフ

- 最下段の入力行で x^2 と入力して**[enter]**を押すとグラフが表示されます。カーソルをグラフ画面に移すには**[esc]**を押します。

Note: **[tab]** を押すたびに入力行→入力式全表示→グラフ画面と移動します。

Note: **[ctrl][G]** と押すと入力行を隠すことができます。再度**[ctrl][G]** と押すと入力行が表示されます。

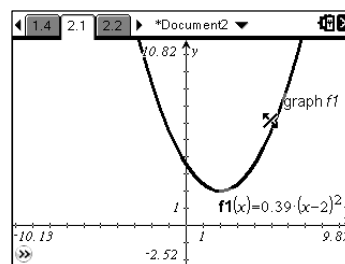
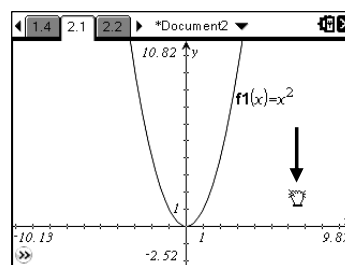


●グラフの変形とWindow設定

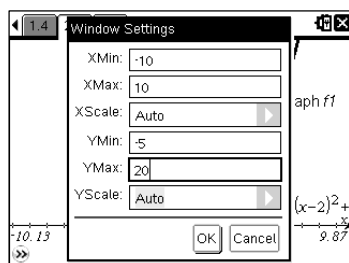
- x軸を少し下に下げます。グラフ画面の何も無いところへカーソルを移動しグラフハンド ☞ のとき**[ctrl][Q]**または**[Q]**を押し続けるとドラッグハンド ☞ に変わり、下キー \blacktriangledown で画面全体を下へ移動します。
- カーソルをグラフの頂点近くに移動し、十字矢印 ☞ に変わったところで**[ctrl][Q]**または**[Q]**を押し続けてドラッグ ☞ すれば、グラフを平行移動することができます。カーソルを左右の曲線部分に移動し、 ☞ に変わったところでドラッグすれば、放物線の開き具合を変えることができます。

Note: Window の変更は次の3つの方法でもできます。

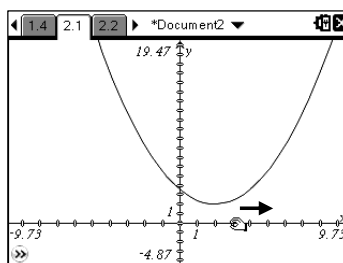
- [menu]**→4:Window/Zoom→1:Windows Setting...ツールでWindow 設定ダイアログボックスを表示。
- x 軸または y 軸をドラッグして変更。
- 軸両端の数値をダブルクリックで選択して新規入力。



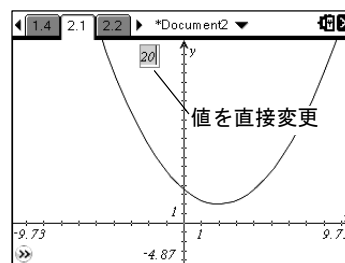
①



②



③



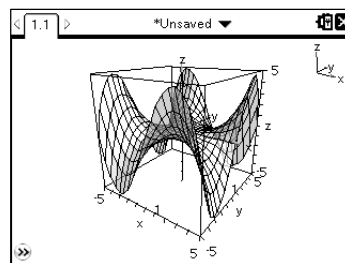
●3Dグラフ

3DグラフはGraphs画面にしたあと、**[menu]**→2:View→3:3D Graphingを選択します。

Note: 3D グラフは **[menu]**→3:Graph Type にはありません。

入力行にたとえば次の式を入力し、**[enter]**を押します。

$$z1(x, y) = \frac{x^3y - xy^3}{50}$$



・特別な視点

[X], [Y], [Z]を押せば、それぞれx軸、y軸、z軸の正の方向から見たグラフになります。[O]を押せば既定の視点に戻ります。

・回転

上下左右キー(▲, ▼, ◀, ▶)を押せば、手で上下左右の方向へ回転できます。[A]を押せば右方向へ自動回転します。回転を止めるには[esc]を押します。

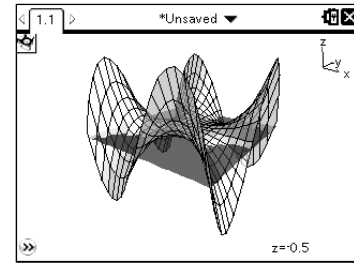
・拡大・縮小

[x]を押せばグラフ全体を拡大、[+]を押せば縮小できます。

・トレース

[menu]→5:Trace→1:z Traceを選択すれば、平面 $z=k$ で切った様子が見られます。上下方向の移動は[shift]を押しながら上下キー(▲, ▼)を押します。トレースを止めるには[esc]を押します。

平面 $z=k$ によるトレース



5. グラフと幾何の融合例

ここでは放物線 $y=x^2$ 上の点Pと点A(5, 3)との距離の最小値を求める問題を考えます。具体的にグラフに描き、変化の様子をリアルタイムで実感します。

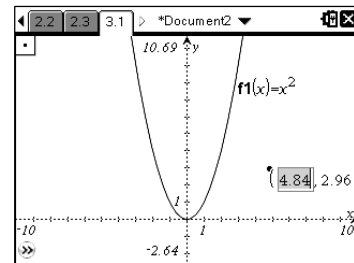
1. [ctrl][doc]と押して新しいドキュメントを開き、[menu]を押してGraphs画面にします。

放物線 $y=x^2$ のグラフを描いて、空白部分で[ctrl][n]または[n]を押しながらドラッグし、全体に少し下げます。点A(5, 3)を作図します。[menu]→7:Points & Lines→1:Pointを選択して、まず開きカッコ[(]を入力します。次のように入力します。

[(] [5] [enter] [3] [enter] [shift] [A]

Note: A を最後に入力して点にラベルを付けています。大文字にするため[shift]を押してから[A]を入力しています。

Note: 点、円、三角形や平行線の通る点など、点を指定して作図する図形は、はじめに[(]を入力すれば座標を数値で指定できます。ただし、この数値指定の作図はGraphs画面のときだけで、Geometry画面ではできません。

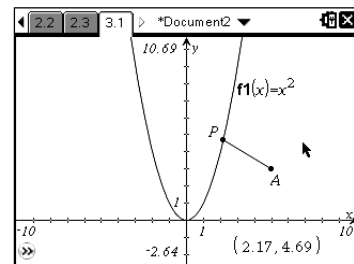


2. 放物線上の適当なところに点Pをとり、点Aと線分で結びます。

[menu]→7:Points & Lines→2:Point Onを押して放物線上に点Pを作図します。ラベルPを入力後に付けます。

Note: 点Pの座標は自動的に表示されます。場所を移動するときは[ctrl][n]または[n]を押しながらドラッグします。

[menu]→7:Points & Lines→5:Segmentを押して線分ツールを選択し、点Pと点Aを結びます。

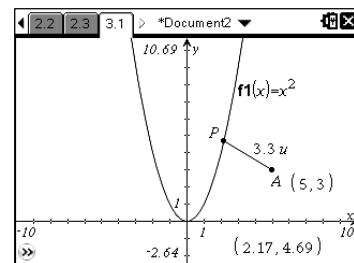


3. 点Aの座標と線分APの長さを表示しておきます。

[menu]→1:Actions→7:Coordinates and Equationsを押して座標と方程式ツールを選択し、点Aの座標を表示します。

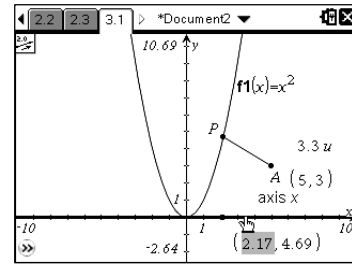
[menu]→8:Measurement→1:Lengthを押して長さツールを選択し、線分の長さを表示します。

Note: Graphs画面では長さは3.3u という無単位で表示されます。uはunitの略です。



4. 同じGraphs画面に線分APの長さをyの値とする点を作図します。x座標は点Pのx座標と同じにします。

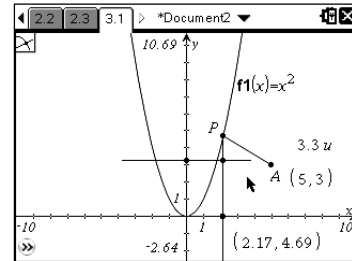
[menu] → A:Construction → 8:Measurement transferを押して数値ぶんの転送ツールを選択します。点Pのx座標を選択し、x軸を指定するとその値の点がx軸に取られます。同様に、線分APの長さ3.3uを選択し、y軸を指定するとその値の点がy軸に取られます。



これらx軸とy軸に取った点を通り、軸に垂直な直線を引き、交点を求めます。

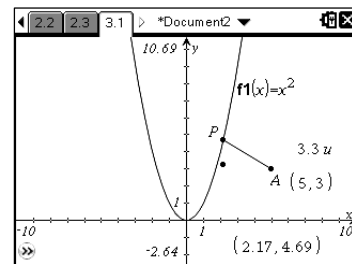
[menu] → A:Construction → 1:Perpendicularを押して垂線ツールを選択し、x軸上の点とx軸、y軸上の点とy軸を指定します。

[menu] → 7:Points & Lines → 3:Intersection Point(s)を押して2つの垂線を指定すれば、交点が作図されます。



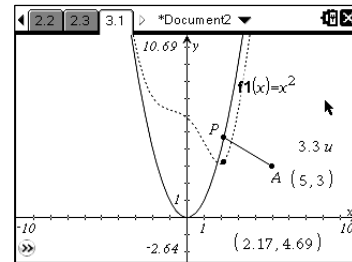
5. 足場となった図形を非表示にして、図を見やすくします。

[menu] → 1:Actions → 3:Hide/Showを押して表示/非表示ツールを選択し、x軸とy軸に取った点、垂線を指定して非表示にします。



5. 放物線上で点Pを動かすことにより、線分APの長さをyの値とする点の軌跡を表示します。

[menu] → A:Construction → 6:Locusを押して軌跡ツールを選択し、まず軌跡を求めたい点を指定し、つぎに点Pを指定します。軌跡が出現します。



●探求

この図を見ると、線分APの長さが最小となるのは、放物線上の点で引いた接線の法線が点Aを通るときであることが分かります。

今度は固定していた点Aを動かします。放物線の内側にドラッグして移動します。点Aが放物線の内側にあるとき、点Aから見て放物線は凹の状態にもかかわらず、最小値が存在することに不思議な感じがします。

点Aをy軸上で原点に近づけると、そのカラクリが分かります。点Aのy座標が放物線の原点での曲率0.5に近づくと、軌跡のグラフは水平になり、最小値が消失したかのようです。これより下へ点Aを移動すると最小値ははっきり存在するようになり、上へ移動すると最小値は両端に分かれます。x=0では最小値が取れなくなります。

Note:放物線 $y=x^2$ の $x=0$ での曲率は次のようになります。

$$\frac{(1+y)^{3/2}}{y''} \Big|_{x=0} = 0.5$$

