

数学のおもちゃ箱 KNOPPIX/Math

濱田 龍義 (福岡大学)
KNOPPIX/Math Project

1 序

KNOPPIX/Math^{*1} は数学のためのコンピュータ環境です。CD/DVD を PC に入れて再起動するだけで、すぐに数学ソフトウェアを使うことができます。KNOPPIX/Math/2007 DVD では 2000 以上のソフトウェアパッケージを収録しており、100 種類以上の数学ソフトウェアを利用できます。CD 版は収録している数学ソフトウェアは少なくなりますが、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ 環境や Maxima などの数式処理ソフトウェアを活用することができます。KNOPPIX/Math を使えば、ソフトウェアのインストールや設定作業をせずに、すぐに専門的な研究ツールを使い始めることができます。

KNOPPIX/Math は海外出張時に携行していると便利です。滞在先でネットワークに接続しているコンピュータを借りることができれば、どこにいても日本語でメールを読み書きし、ウェブページを閲覧することができます。既存の環境には何も手を加えませんので、CD/DVD を抜いて再起動すれば、元のコンピュータに戻ります。ファイルを保存したいときは USB メモリーディスクを使っても良いですし、大学のサーバに手軽に複製することもできます。本稿では KNOPPIX/Math の起動方法やファイルの保存方法、数学ソフトウェアの基本的な使い方について解説致します。

2 KNOPPIX とは？

KNOPPIX/Math は KNOPPIX (くのーびくす) というコンピュータシステムを原型に作成されています。KNOPPIX はドイツの Klaus Knopper 氏によって始められたプロジェクトです。Knopper 氏はノートパソコンを持ち歩かずに、自分が使っているコンピュータ環境を、いつでもどこでも手軽に使えるようなシステムができなかと考えました。そこで、愛用していた GNU/Linux やソフトウェアを CD 起動システムにまとめ上げ、持ち歩けるようにしたのが始まりです。現在、KNOPPIX は LinuxTAG というグループによって開発、維持されています。

日本で本格的に KNOPPIX を紹介したのは、独立行政法人産業技術総合研究所（以下、産総研）の須崎有康氏を中心とする研究グループです。須崎氏は「ネットワークを渡り歩けるコンピュータ」を研究しており、KNOPPIX は研究成果を発表する格好の媒体でした。彼は Klaus Knopper 氏の下承を得て KNOPPIX の日本語化を始め、2002 年 9 月 18 日から行なわれた Linux Conference において公開しました。KNOPPIX 日本語版は公開された直後に大変な反響を呼び、ネットワーク公開していたサーバにダウンロード要求が殺到して止まったことは有名です。

*1 <http://www.knoppix-math.org/>

KNOPPIX は cloop という圧縮ファイルシステムを利用することで、700MB の CD に 1.8GB 近くの容量を収録しています。現在は DVD 版もリリースされており、KNOPPIX DVD は展開すると 12GB 近くの容量に相当するシステムを含んでいます。収録されているソフトウェアは全てオープンソースソフトウェアなので、誰でも自由に再配布を行うことができます。オープンソースソフトウェアとは、ソースコード、すなわちプログラミング言語によって書かれたプログラムが公開されており、自由に改変再配布を行うことができるソフトウェアのことです。^{*2} ここでは、オープンソースソフトウェアの集合体 KNOPPIX の利点について考えてみましょう。

2.1 Windows でも Mac でも

基本的に CD/DVD ドライブは必要ですが、ほとんどの Windows PC で KNOPPIX は動きます。以前は Apple 社の Mac で動かすのは難しかったのですが、最近、事情が変わりました。2006 年以降 Mac は Intel 社の CPU を搭載し始めたため、KNOPPIX も手軽に動くようになりました。これは KNOPPIX を配り始めた 2003 年頃には予想もしていなかったことです。また、実は CD/DVD ドライブがないマシンでも USB メモリーディスクを用いて起動することもできます。他に仮想機械環境を用いる方法もあり、この場合には USB メモリーディスクすら必要ありません。

2.2 インストール不要

KNOPPIX は Linux 上で動くソフトウェアだと思われることがあるようです。KNOPPIX は、それ自体が Linux の一種であり、Linux をインストールする必要はありません。何もインストールしなくても、CD/DVD ドライブに入れて再起動して 1 分前後待つだけで、これまでの環境とは異なる新しいコンピュータ環境が完成します。さらに、再起動して CD/DVD を取り出してしまえば、すぐに元のコンピュータ環境に戻すことができます。自分の環境を汚さずに様々なソフトウェアを試すことができます。

2.3 CD, DVD は壊れにくい

KNOPPIX は CD もしくは DVD メディアを用いているため、書き換えができません。書き換えができないことによるデメリットもありますが、コンピュータのシステムが壊れにくいというメリットがあります。ハードディスクにインストールされているシステムは、ソフトウェアの更新、システムの書き換え等で次第に異常をきたすことがあります。しかし書き換えができないシステムでは、そのような心配もありません。CD-R、DVD-R などのメディアは 1 枚あたり数十円と安価ですので、あらかじめ複製を作っておいても良いですし、もし、複製を作る前に KNOPPIX の CD/DVD メディアが壊れたとしても、ネットワーク上から CD/DVD のイメージを取得して新たに作成することもできます。

2.4 いつでもどこでも同じ環境

そして、なんといっても便利なのが、普段から使っていれば、どこでも同じコンピュータ環境が簡単に手に入るということです。メールを読んだりホームページを読んだりといったことはもちろん、文書を書いたり、プログラムを組んだりということをいつでも、どこでも同じ様に行うことができます。

^{*2} オープンソースソフトウェアについての正確な定義は <http://www.opensource.org/> を御覧ください。

2.5 複製, 再配布, 改変自由

収録しているソフトウェアは全てオープンソースソフトウェアだけですので, 自由に複製, 再配布, 改編ができます. 収録ソフトウェア全てのソースコードがネットワーク上に公開されているため, ソフトウェアが, どのように設計されているのか, どのようなアルゴリズムを用いているのかといったことを知りたければ, 誰にでも調べることができます.

3 KNOPPIX の教育利用について

紹介したような利点から, KNOPPIX は様々な分野で注目を受けました. 改編が自由ですので, 収録しているソフトウェアを変更して様々な目的のための KNOPPIX 派生版が作られました. 特に教育分野において KNOPPIX を使おうという流れがあります.

3.1 KNOPPIX Edu について

教育利用のための KNOPPIX として有名なのが KNOPPIX Edu です. KNOPPIX Edu は東北学院大学工学部の志子田有光氏を中心に産総研, (株) アルファシステムズとの産官学共同プロジェクトとして 2003 年に出発しました. 東北学院大学工学部では, 学生全員に KNOPPIX Edu が配布されており, プログラミング環境, 回路設計, データベースの学習, 数式処理等の情報教育環境として活用されています. 現在, 国内数十校の高等教育機関において KNOPPIX は教育に利用されています. 志子田先生の呼びかけにより KNOPPIX 教育利用研究会*³が設立され, 現在, 私は会長を勤めさせていただいています. ここでは, メーリングリストを通して KNOPPIX の教育利用について活発に議論が進められていますので, 興味のある方は是非参加してください. その後, KNOPPIX Edu は東北学院大学産学連携センター, 産総研, (株) アルファシステムズ, (株) 富士通東北システムズの共同プロジェクトとして開発が進められ, KNOPPIX 教育利用研究会が監修を行っています.

教育にオープンソースソフトウェアを活用することで, ソフトウェアの導入コストを抑え, ブラックボックスでない道具を学生に与えることができます. 自由に複製, 配布ができるので大学におけるコンピュータ環境と自宅学習環境をそろえることができます. 一時期, 大学におけるノートパソコンの購入推薦や貸与が行われましたが, はるかに効果の高い学習環境を整えることができます. また, 豊富な選択肢を与えることで, ソフトウェアの開発形態が多様であることも示すことができます. ソフトウェア開発者の育成という観点からも重要視されてきており, 最近では, 地域経済振興政策の一貫としても捉えられるようになりました.

3.2 OSP 基本パッケージについて

このような流れの中, 経済産業省からの委託を受けて CEC (財団法人 コンピュータ教育開発センター) によって Open School Platform*⁴ というプロジェクトが 2005 年から始められました. これはオープンソースソフトウェアベースの IT 教育を学校教育に導入する実証実験プロジェクトです. その成果は最近, OSP 基本パッケージとして公開されました. これは KNOPPIX をベースに作成されており, 2007 年の事業では全国 30

*³ <http://www.knoppix-edu.org/>

*⁴ <http://e2e.cec.or.jp/osp/>

数校の小学校, 中学校, 高等学校に, この OSP 基本パッケージを導入して実証実験が行われる予定です.

4 KNOPPIX/Math とは?

さて, 本日の主題である KNOPPIX/Math について述べたいと思います. KNOPPIX/Math/2007 DVD は KNOPPIX 日本語版 CD を原型に再構築しています. 本家の KNOPPIX DVD ほど大きくはありませんが, それでも 2000 以上のソフトウェアパッケージを含んでいます. PC に DVD を入れて再起動するだけで, 様々なハードウェアを自動認識し, いつでも, どこでも同じコンピュータ環境を実現することができるようになりました.

私がいつ, どのようにして KNOPPIX 日本語版を知ったのか, 記憶が曖昧なのですが, 当時の日記によると 2002 年 10 月 2 日前後のようです. メール送信記録を見ると, あまりに面白かったので, 翌日には CD を数十枚複製して, 親交のあった先生方に学内便で送付しています. KNOPPIX は, いつでもどこでも GNU/Linux 環境を手軽に構築できます. 真っ先に考えたのは, 教育用途での利用でした. 私は情報教育に関わっているのですが, 手軽に使える KNOPPIX は学生の自宅学習環境としても最適です. KNOPPIX は全てオープンソースソフトウェアで構成されていますので, 自由に配布, 複製ができます. CD-R 1 枚の値段は安価ですし, 収録するアプリケーションを変更することも自由にできます. 学生は, CD を自宅のコンピュータで起動させるだけで, プログラミング環境やオフィス環境などを自由に使うことができます. また, CD の特性から環境が壊れにくいという点も大変魅力的でした.

まず考えたのは $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 環境の収録でした. 世の中に Microsoft Office がプレインストールされたコンピュータは山のようにありますが, $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 環境がプレインストールされたコンピュータは, ほとんど見たことがありません. $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ がインストールされた KNOPPIX さえあれば, すぐに $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 環境が手に入るのです. これは, 数学者にとって魅力的です. 数学者という人種は, 最新の研究動向を知り, 新しいアイデアを得るために国内外を問わず出張が多いものです. KNOPPIX があれば, 普段のコンピュータ環境を持ち歩けるだけではなく, 海外にいても自由に日本語でメールやウェブを読み書きできます. KNOPPIX は GNU/Linux をベースとしていますので, $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ だけでなく, オープンソースソフトウェアの数式処理ソフトウェアや可視化ソフトウェアを収録することもできます. 私は 2002 年度から首都大学東京の Martin Guest 氏を中心とする研究プロジェクト「幾何学とトポロジーにおける可積分系の研究と計算機支援による実験と視覚化」に研究分担者として参加し, 計算機支援による可視化ツールについて調べていました. 可視化ツールを教育にどのように利用していくかについても課題となっており, Martin Guest 氏に数学向けの KNOPPIX を作るアイデアを話したところ, 快くサポートを引き受けていただきました. 現在, KNOPPIX/Math の Wiki ページが首都大学東京にあるのは, このような経緯からです.

当時, 産総研では KNOPPIX を企業向けのコンファレンスや, 様々な学会等で紹介していました. そこで, 極めて気軽な気持ちから日本数学会での公開を産総研の須崎氏に持ち掛けました. こうして出来上がったのが KNOPPIX/Math です. これは, 2003 年 3 月に東京大学で行なわれた日本数学会年会で公開されました. その後, 2004 年 3 月に筑波大学で KNOPPIX/Math/2004, 2005 年 3 月に日本大学で KNOPPIX/Math/2005, 2006 年 3 月に中央大学で KNOPPIX/Math/2006 と日本数学会年会ごとに新たな版を公開し, 配布を続けています. 最初に東京大学で配布した時は, 必要な枚数もわからなかったもので, 産総研と私でそれぞれ 200 枚ずつ, 合わせて 400 枚の CD-R を 1 枚 1 枚全て手作業で作成しました. CD-R の複製はコンピュータの台数を増やせば, 少し楽になりますが, 印刷は対応しているプリンタが当時 1 台しかなかったため, 200 枚全てを手で

1枚1枚セットして印刷しました。^{*5} 翌年は流石に懲りて、産総研の援助を得て KNOPPIX/Math/2004 を専門の業者に発注し、1000枚配布することができました。また、KNOPPIX/Math/2005 については、教育用の KNOPPIX としてプロジェクトを成功させていた KNOPPIX Edu 開発グループの援助を得て、共同プロジェクトとして情報処理学会および日本数学会で公開することができました。KNOPPIX/Math/2006 では、OpenXM グループの援助を受け、大きく発展しました。2006年度にはスペインのマドリードで国際数学会議 ICM2006 が開かれたのですが、Mathsoftware.org というブースを借りて出展することができました。サテライトカンファレンス ICMS2006(International Congress of Mathematical Software 2006)の公式出版物として KNOPPIX/Math ICMS2006 DVD1, DVD2 を作成し、ICM2006, ICMS2006 において延べ2000枚以上を配布し、好評を博しました。



図1 Mathsoftware.org



図2 配布終了

最新版の KNOPPIX/Math/2007 では科学研究費補助金「最近の計算機代数の進展に付随する微分幾何学への応用」の援助を受けて製作を行なっています。現在、KNOPPIX/Math Project は十数名の数学者有志によって構成されており、数学以外の様々な分野とも連携を行っています。

5 収録ソフトウェアについて

当初、KNOPPIX/Math には Maxima を始めとする少数の数学ソフトウェアしか含まれていませんでした。これは、数学ソフトウェアを紹介することの重要性について、私があまり認識していなかったことが原因です。数学会で紹介してみてわかったことは、会場で展示を行なうことで自分の専門分野以外の数学者と交流を持つということでした。会場で直接会って、話をする中で数学ソフトウェアへの要望や期待というものを直接、感じることができました。そこで、翌年の KNOPPIX/Math/2004 では、内外の数学ソフトウェアを紹介することに重点を置くことにしました。しかし、多数の数学ソフトウェアを収録したのは良いのですが、使い方がわかりにくいという意見を耳にするようになりました。専門的な数学ソフトウェアというものはその専門領域を理解していない限り上手に利用することができません。そこで、KNOPPIX/Math/2005 ではソフトウェアを解説するドキュメントの収録ということについても考慮しました。また、KNOPPIX/Math/2006 では $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ の入力系についても見直し、Kile や Whizzy $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 等の編集環境を収録しました。このような経緯を経て、最新の KNOPPIX/Math/2007 では100以上の数学ソフトウェアを収録しています。主なものを挙げると、

^{*5} さすがに、もう2度としたくありません。

- 組版環境 …… p \LaTeX 2 ϵ , $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - \TeX , $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - \LaTeX , jBib \TeX , ps2img
- \TeX 編集環境 …… Emacs+YaTeX+xdvi, Emacs+Whizzy \TeX +ActiveDVI, Kile, GNU \TeX macs
- \TeX プレゼンテーション環境 …… Prosper, Beamer, ActiveDVI, GNU \TeX macs
- 汎用計算機代数システム …… Axiom, GiNaC, Maxima, Risa/Asir(OpenXM), CoCoA, Yacas
- 統合環境 …… GNU \TeX macs, SAGE
- 可視化ツール …… Dynagraph, GangSoftware(CMCLab, MinLab,...), Geomview, Gnuplot, Grace, Hyplane, K3DSurf, *surf*, Surface Evolver, Teruaki, XaoS,
- 群論 …… GAP, Magnus
- 整数論 …… KANT/KASH, NZMATH, PARI/GP
- 微分作用素環 …… Kan/SM1(OpenXM),
- 可換代数, 代数幾何学 …… Singular, Macaulay2
- 対話式幾何学 …… C.a.R., Dr. Geo, GeoGebra, GeoNEXt, GeoProof, KidsCindy, Kig, KSEG
- 結び目理論 …… KNOT, Knotscape, Orb, SnapPea
- 計算機ホモロジー …… CHomP
- 証明支援システム …… Coq, HOL Light
- ゲーム理論 …… Gambit
- 数値計算 …… BLAS, Octave, Yorick,
- 統計処理環境 …… R, XLISP-STAT
- プログラミング言語 …… C, C++, Java, Fortran, Lisp, Ruby, Pascal, Perl, Python, Scheme, TC, Objective Caml, Haskell ...
- 拡張ライブラリ …… EGGX/ProCALL, Polynomial(Ruby), Algebra(Ruby), Rational(Ruby)
- ドキュメント …… はじめての KNOPPIX/Math, TeX on KNOPPIX, Maxima 入門ノート, Maxima マニュアル, Macaulay2 の紹介, Risa/Asir ドリル, Tutorial for CMCLab, KSEG で遊ぶ平面幾何, \LaTeX 2 ϵ による論文作成の手引, Octave の安易な入門 ...

収録しているソフトウェア全てについてはデスクトップ上にあるフォルダ knoppix-math 内の KNOPPIX-Math-j.html を御覧ください. 全てをここで紹介することはできませんので, ほんの一部について簡単に解説します.

5.1 Maxima

Maxima は 1960 年代に MIT で開発された DOE Macsyma を移植した汎用計算機代数システムです. 1982 年からは William Schelter によって保守されてきました. 彼は 1998 年に Macsyma のソースコードを GPL というフリーソフトウェアライセンスで公開しました. 2001 年に氏が亡くなられた後はメーリングリスト^{*6} を中心として開発が続けられています. インターフェースについては shell からの入力の他にも xmaxima という X に対応した GUI も収録しています. xmaxima を起動すると, 簡単なドキュメントが表示されます. 表示されている命令をマウスでダブルクリックすれば, Maxima の命令が実行され, 計算が行なわれます. 表示されている命令の数値や式を変更することもできますので, 是非, 試してみてください. Maxima は Emacs や GNU TeXmacs をフロントエンドとして利用することも可能です. Maxima 自身もグラフ描

^{*6} <http://maxima.sourceforge.net/maximalist.html>

画機能や曲面描画機能を備えていますが、現在は、gnuplot による表示が標準となっています。その他にも Geomview 等を外部可視化ツールとして利用することができます。例えば、Geomview に曲面を出力したいときは、[plot_format,geomview] を付け加え、次の命令を実行します。

(%i1) plot3d(x^2-y^2, [x,-2,2], [y,-2,2], [grid,12,12], [plot_format,geomview])

最近では、wxMaxima という新しいユーザインターフェースも開発され、入力ボタンによって数式処理ソフトウェアを使用できるようになりました。また、数式の表示機能についても、wxMaxima や GNU TeXmacs などは普段使っている数式の形をした表現が行われるため、初めて数式処理ソフトを使う方でも、抵抗なく使えるようになっています。Maxima についての解説書も少しずつですが増えており、

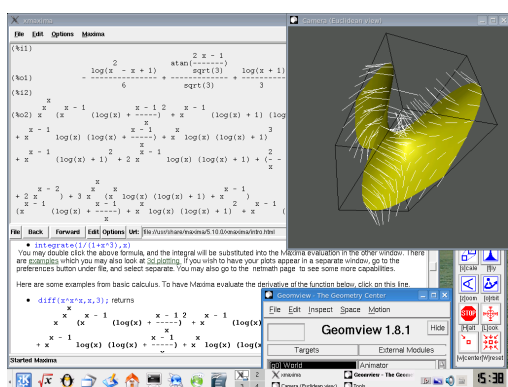


図3 xmaxima+Geomview

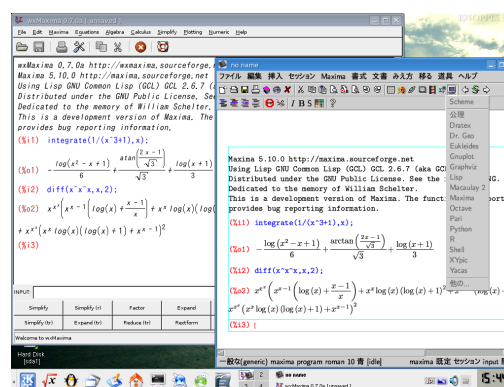


図4 wxMaxima, GNU TeXmacs

KNOPPIX/Math に収録されている中川義行氏による「Maxima 入門ノート」*7 を読むと基本的なことがわかります。Mathematica の関数との置換表も付いていますので、Mathematica の操作に慣れている方はすぐに使えるのではないのでしょうか？もし、Maxima について、さらに詳しいことを学びたい場合には横田博史氏による「はじめての Maxima」*8 がお勧めです。Maxima の内部構造まで踏み込んで解説されており、一読の価値があります。

5.2 OpenXM

OpenXM とは、同じタイプまたは異なるタイプにおける数学プロセス間でメッセージを交換するための規約です。数学プロセス間でメッセージを交換することにより、ある数学プロセスから他の数学プロセスを呼び出して計算を行ったり、他のマシンで計算を行なわせたりすることが目的です。現在、神戸大学の高山信毅氏、野呂正行氏、金沢大学の小原功任氏を中心とするグループによって開発が行なわれています。神戸大学の高山氏とは、2003 年 1 月に東京都立大学で開かれた“幾何学と可視化 (Geometry and Visualization)”という国際研究集会において、初めてお会いしました。そこで、2003 年 2 月に金沢大学で開かれる“第 2 回 OpenXM committers meeting”への参加のお誘いを受けました。私は OpenXM の研究成果を収録した KNOPPIX を作成して持参し、「KNOPPIX/Math の可能性について」という発表を行ないました。後述するライセンス上

*7 <http://www.eonet.ne.jp/~kyo-ju/maxima.pdf>

*8 <http://www.kohgakusha.co.jp/books/detail/4-7775-1201-0>

の問題があったため、ネットワーク上には公開しませんでした。これが KNOPPIX/Math の原型です。この出会いがなかったら KNOPPIX/Math は生まれていなかったかもしれません。その後、OpenXM グループからも、様々な形で援助を受け、密接に研究連絡を取り続けています。

OpenXM パッケージは計算機環論システム kan/sm1, 汎用数式処理システム Risa/Asir などを含んでいます。Risa/Asir は富士通の研究所で開発された汎用数式処理システムで、多項式の計算を得意としています。特にグレブナー基底の計算速度について高い評価を得ています。Risa/Asir については、その開発経緯から Fujitsu Laboratories License (FLL) を採用しているため、厳密な意味ではフリーソフトウェアではありません。OpenXM グループによって開発されたスクリプトを利用して FLL を採用している部分だけをネットワークインストールすることで、利用を可能にしています。KNOPPIX はホームディレクトリを USB メディアなどに保存することもできるので、あらかじめ Risa/Asir をネットワークを用いてインストールしておけば、Risa/Asir 環境を自由に持ち運ぶことも可能です。

デスクトップ上に表示されている数学デモというフォルダに OpenXM に関する簡単な使用方法とドキュメントへのリンクが収録されています。

5.3 Singular + surf

Singular は可換代数、代数幾何と特異点理論向けの数式処理システムです。Gert-Martin Greuel, Gerhard Pfister, Hans Schönemann の 3 人を中心とするグループによって開発が進められています。一方、surf は可視化ソフトとして Johannes Gutenberg University of Mainz の Stephan Endrass を中心とする代数幾何学研究グループによって開発されました。二変数多項式の零断面として与えられた平面上の代数曲線、三変数多項式の零断面として与えられた代数曲面、複数の曲面の超平面による断面などを可視化することを目的としています。

Singular と surf については、横田博史氏によるフリードキュメント「KNOPPIX/Math 徹底攻略、有馬の巻 B, Surf と Singular」^{*9} がネットワーク上に公開されています。また、同じく横田氏による講演資料「Singular と surf で描く代数曲面」が 2005 年 9 月 18 日に岡山大学で行なわれた研究集会「数学ソフトウェアとフリードキュメント」のページに公開されていますので、そちらも御覧ください。このページは <http://www.knoppix-math.org/> から辿れるようになっています。

5.4 Dynagraph

Dynagraph は Rouben Rostamian 氏によって作成された 3 次元可視化ソフトウェアです。汎用数式処理ソフトウェアとして販売されている Maple に良く似た命令を採用しており、3 次元ユークリッド空間内の曲線や曲面などを媒介変数表示を利用して描画できます。

詳しい使い方については、Dynagraph を起動後に

```
Dynagraph version 1.3f, (last modified 2003-10-28 20:06)
Copyright (c) 1997-2003, Rouben Rostamian <rostamian@umbc.edu>
> help
```

と入力してください。すると、

^{*9} http://www.bekkoame.ne.jp/~ponpoko/Math/Arima/SS_Arima.pdf

This online help has been extracted from the html version of the documentation in /usr/share/doc/dynagraph/help/index.html .

Type "?topic" or "help topic" for details.
("topic" can be abbreviated if unambiguous.)

Getting started:

sample-session	transcript of a brief dynagraph session
examples	further plotting demonstrations

Plotting:

plot [same as plot3d]	plot a surface
spacecurve	plot a curve in 3D
tubeplot	plot a tube around a curve in 3D
dataplot	plot a surface, curve or tube from numeric data

...

という画面が表示されます。表示を次の頁に進めたい時はスペースキーを、表示を終了したい時は q を入力してください。例えば, tubeplot という筒状の曲面を描く命令について知りたければ,

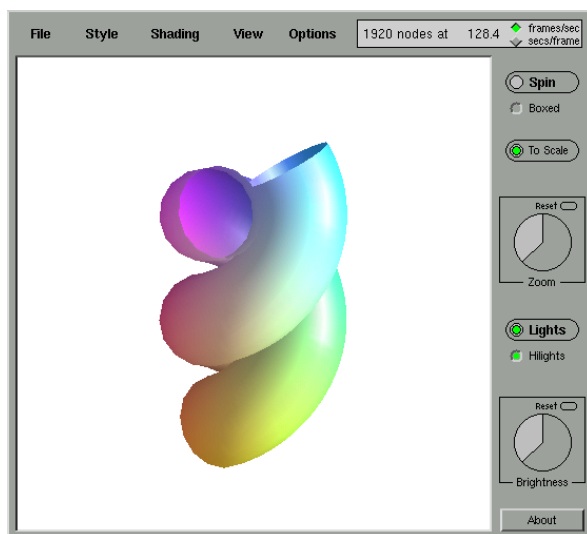
```
> help tubeplot
```

と入力することで, 基本的な用法と例が表示されます。

例えば,

```
> tubeplot({[cos(t), sin(t), t], [-cos(t), -sin(t), t]}, t=0..2*Pi);
```

を入力すると, 次のような画像が表示されます。マウスで好きな視点からも見ることができますし, 描画方法を指定して点やワイヤーフレームで表示することも可能です。



5.5 KNOT

KNOT^{*10} は結び目の図を描き、不変量等を計算するプログラムです。神戸市立工業高等専門学校の児玉宏児氏が開発しており、開発者である児玉氏の協力を得て KNOPPIX/Math/2005 からサポートしています。ここでは、詳しい使い方については解説しませんが、KNOPPIX/Math/2005 に収録されている“Knot Program Release Note(Linux version)”や2005年11月28日に大阪産業大学梅田サテライトで行なわれた研究集会「トポロジーとコンピュータ 2005」の講演資料^{*11}が参考になるはずです。

5.6 KSEG

Maxima 以外にも KNOPPIX/Math には面白い数学ソフトウェアが多数収録されています。私が愛用しているもののひとつが“KSEG”という対話式幾何学ソフトウェアの一種です。コンパスや定規の代わりに、コンピュータと対話をしながら図形を描きます。単にコンパスと定規の代わりならば、わざわざコンピュータを使う意味はありません。KSEGを使うと、図形の性質を保ったまま、変形、回転、移動を行なえます。2点の距離や角度を計測したり、計算を行なうこともできます。また、点の軌跡を描く機能があるので、様々な平面曲線を描いて遊ぶこともできます。ウィンドウ上部にメニューが配置され、その下にはボタン型のアイコンがあります。ボタンの絵を見れば、おおよその見当はつくのではないのでしょうか？ヘルプをクリックすると日本語に翻訳された解説を読むこともできます。詳しい使い方を知りたい時は、このヘルプファイルを読むと良いでしょう。また、「KSEGで遊ぶ平面幾何」という簡単な解説がKNOPPIX/Math DVD内のMath-jaというフォルダ内のPDFフォルダに、もしくは起動後のデスクトップにあるknoppix-mathというフォルダのPDFフォルダに収録されています。

KSEGの基本的な使い方については、次の3つのことだけ押えておけば十分です。

1. 右クリックで点を描画

^{*10} <http://www.math.kobe-u.ac.jp/~kodama/knot.html>

^{*11} <http://www.math.kobe-u.ac.jp/~kodama/top-comp-2005.html>

2. 左クリックで点や線, 円を選択 (矩形選択や shift キーを用いた複数選択も可能)
3. 図形作成に必要な点や線を選択後, メニューもしくはボタンで図形を作成

例えば, 線分を描きたいとします. 平面内で線分を決定するためには両端の 2 点が必要です. 従って, KSEG で線分を描く時は, 次のような手順を踏みます.

1. 適当な場所で右クリック
2. さらに別な場所で右クリック
3. Shift キーを押しながら 2 点を選択
4. メニューから「新規」→「線分」を選択 (メニューの代わりに該当するボタンをクリックしても良いです.)

楕円や双曲線などの 2 次曲線などは, 比較的簡単に描けます. 楕円については, 2 点からの距離が一定な点の軌跡として描くことができますし, 包絡線としての構成も楽しいものです. ある程度練習を積めば, ほんの 1,

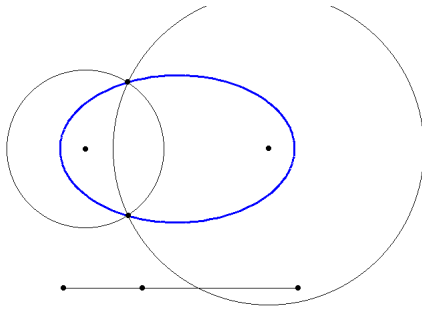


図 5 楕円

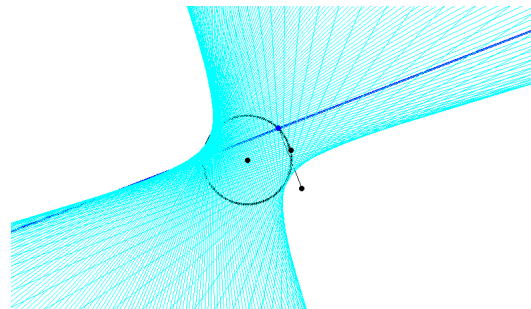


図 6 包絡線としての双曲線

2 分で図 7(cf. [6]), 図 8(cf. [7]) のような絵も, その場で描くことができるようになります. ^{*12} 再帰的な定義を行う簡易プログラミング機能も備えており, バジェ曲線の他にもシェルピンスキーガスケットや, ドラゴン曲線なども描くことができます. デスクトップ上の knoppix-math というフォルダやウェブ上に多数の KSEG サンプルを収録しています. また, 絵を描く様子を Flash アニメーションにして収録してありますので, 参考にしてください.

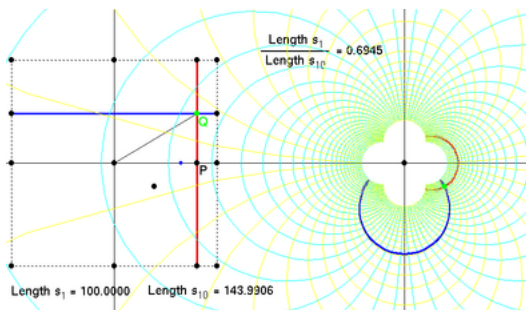


図 7 等角写像

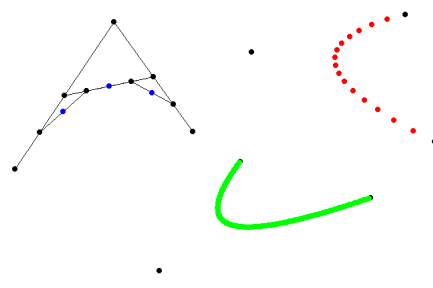


図 8 ベジェ曲線の構成

^{*12} 筆者は講演前に練習しすぎて腱鞘炎になりそうでした.

このように描いた絵は「ファイル」→「Export to Image」を選択することで、JPEG、GIF、PNG 等の様々な画像ファイル形式に変換することができます。また「ファイル」→「印刷」を選択することで PostScript 形式のファイルに保存することもできます。

本来は平面幾何学のツールとして開発された KSEG が高度な軌跡描画機能を伴うことによって、数学的な様々な概念を表現するツールとしても使えるところに数学ソフトウェアの魅力を感じます。KSEG も Maxima もそうですが、最近では公開講座やオープンキャンパスでも活用されており、数学の面白さを可視化するための道具として注目されるようになりました。

5.7 KidsCindy

KNOPPIX/Math には KSEG の他にも C.a.R., Dr. Geo, GeoGebra, GeoNExT, GeoProof, KidsCindy, Kig 等、数多くの対話式幾何学ソフトウェアを含んでいます。最近、日本で開発されたソフトウェアとして KidsCindy は、他のソフトウェアにはない面白い機能を備えています。

KidsCindy^{*13}は明治大学の阿原一志氏の研究室で開発されているソフトウェアです。Springer から販売されている Cinderella に触発されて開発されました。他にも KSEG や 大阪教育大学附属高等学校池田校舎の友田勝久氏による Grapes^{*14} といったソフトウェアの影響も受けているそうです。最大の特徴は、遊びの要素を盛り込みながら、図形に親しむことを目的としていることです。「アピアランス」という概念を持っており、下図のように星で作図したり、猫で作図したりということができます。印刷では見難いかもしれませんが、点が猫、線が毛だらけになっています。

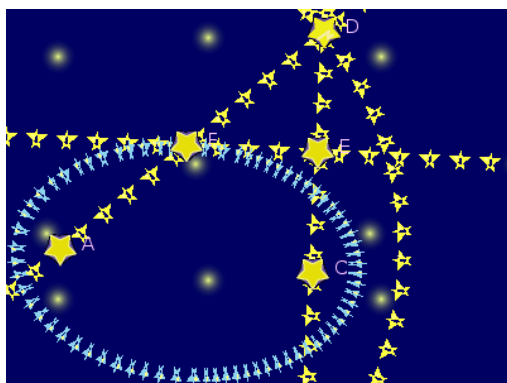


図9 アピアランス:星

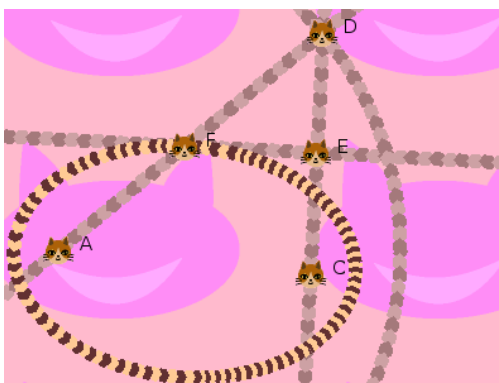


図10 アピアランス:猫

操作方法は Cinderella 風の操作方法と KSEG 風の操作方法の 2 通りを選択することができます。これも、他のソフトウェアにはない KidsCindy の特徴です。

5.8 プログラミング環境

KNOPPIX/Math は C 言語や Java, Fortran などのプログラミング環境も多数収録しています。ビジュアルな統合開発環境は収録していませんが、Emacs や vi などの標準的なエディタを用いて、コマンドライン

^{*13} <http://www11.atwiki.jp/kidscindy/>

^{*14} <http://okumedia.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/tomodak/grapes/>

からプログラムを実行することができます。サポートしている言語は、C, C++, Java, Fortran, Lisp, Ruby, Pascal, Perl, Python, Scheme, Objective Caml, Haskell などです。

KNOPPIX/Math/2005 以降はグラフィクスライブラリとして愛知教育大学の山内千里氏による EGGX/ProCALL を収録しています。EGGX/ProCALL は N88BASIC に似たグラフィクス操作環境を Fortran や C 言語で手軽に使えるように実装されたものです。現在、複数の大学でプログラミング教育に用いられています。

また、数学実験環境として、Ruby や Python などの軽量言語の拡張ライブラリが複数収録されています。児玉氏による多項式計算ライブラリ Polynomial, 長岡技術科学大学の原信一郎氏による Algebra, Rational, 首都大学東京の研究グループによる数論向け計算システム NZMATH などを収録しています。Ruby や Python などの軽量言語は、その分かりやすい文法と開発スピードの速さから、現在、世界中で盛んに使われています。上記ライブラリを用いると、大きな整数だけでなく、多項式環や剰余環などをプログラムの中で自然に定義することができます。その他にも、最近評価が高まっている SAGE^{*15} という数学ソフトウェア統合環境も収録しています。まだ、実験プロジェクトの段階ですが、頻りに研究集会を開き、ユーザコミュニティを増やしているようです。SAGE も Python を活用しており、今後の動向に注目しています。

6 日本語ドキュメントについて

KNOPPIX/Math では、2005 年度版から日本語によるドキュメントに注力して収録を始めました。代表的な日本語ドキュメントとしては、

- はじめての KNOPPIX/Math (濱田著)
- KSEG で遊ぶ平面幾何 (濱田著)
- \TeX on KNOPPIX (濱田著)
- \LaTeX 2 _{ϵ} による論文作成の手引 (松田七美男著, 濱田編集)
- Maxima 入門ノート (中川義行著)
- EGGX/ProCALL マニュアル (山内千里著)
- Risa/Asir ドリル (高山信毅著)
- KSEG ヘルプ (横田博史訳)
- Maxima マニュアル (横田博史訳)
- Macaulay2 の紹介 (横田博史著)
- Octave の安易な入門 (横田博史著)

などが挙げられます。例えば、東京電機大学の松田七美男氏による「 \LaTeX 2 _{ϵ} による論文作成の手引」は、50 頁弱ほどの分量ですが、これ一つ読むだけで \LaTeX 2 _{ϵ} の基本的な記述方法がわかるように書かれており、中国地方にある高校の理数コースでは 1 年生の教材として使われているそうです。

KNOPPIX/Math に収録されている数学ソフトウェアは、研究上、有益なツールとして様々な分野で活躍しています。しかし、このような数学ソフトウェアに関する日本語ドキュメントが少ないため、その使い方がわかりにくいという意見を耳にします。現在、我々は KNOPPIX/Math Project というチームを作って、新たな日本語ドキュメントの作成に努めています。今後、数学ソフトウェアの研究開発、研究利用を進めるにあたって、

^{*15} <http://modular.math.washington.edu/sage/>

フリードキュメントの重要性はますます増していくと思われま

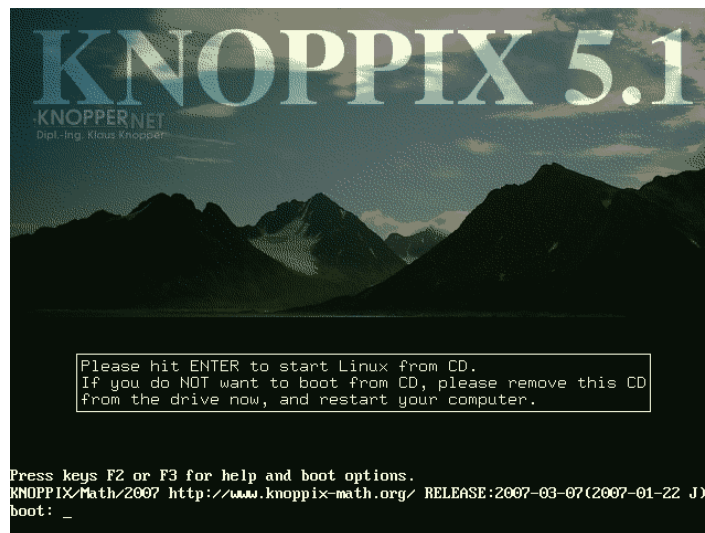
7 KNOPPIX/Math の使い方

KNOPPIX/Math は CD/DVD 起動型のシステムです。CD/DVD から起動するためには、ハードディスクにインストールされている Windows よりも優先して CD/DVD から起動する必要があります。電源を入れてから、すぐに CD/DVD ドライブを開き、CD/DVD を挿入するという方法もありますが、それよりは Windows が起動している状態で CD/DVD を挿入してから再起動した方が慌たしくなくて良いようです。この章では、KNOPPIX/Math の起動方法やファイルの保存方法、ネットワークの利用法などについて解説します。

7.1 起動


KNOPPIX を使う時は、DVD±R/RW ドライブを備えた Windows 系のデスクトップコンピュータを利用する方法が一番簡単です。なぜならば、ほとんどのデスクトップコンピュータは何も設定をしなくてもハードディスクに優先して CD/DVD から起動するように設定されています。

一部のデスクトップコンピュータやノートブックパソコンについては、BIOS という PC の起動を司る部分の設定を変更する必要があります。PC に電源を入れて Windows が起動する前に表示されるメッセージを注意深く観察してください。大抵の場合には、起動後すぐに適切なファンクションキーを押す事で CD/DVD から起動させることができます。



まず、第一段階が起動できた場合は上図のような画面が表示されます。この画面が表示されたらば、Enter キーを入力してください。Enter キーを入力しなくても一定の時間がたつと自動的に起動します。

```


Welcome to the KNOPPIX live GNU/Linux on DVD!

Running Linux Kernel 2.6.19.
Total Memory available: 125160KB, Memory free: 117576KB.
Scanning for USB/Firewire devices... Done.
Enabling DMA acceleration for: hdc [QEMU CD-ROM]
Accessing KNOPPIX DVD at /dev/hdc...
Reading chunk blocks... (backgrounding)
clloop: initializing clloop 42.65-opt
noncomp: 0
Found primary KNOPPIX compressed image at /cdrom/KNOPPIX/KNOPPIX.
Found additional KNOPPIX compressed image at /cdrom/KNOPPIX/KNOPPIX2.
Creating /randisk (dynamic size=100120k) on shared memory... Done.
Creating unified filesystem and symlinks on randisk...
-> Read-only DVD system successfully merged with read-write /randisk.
Done.
Accelerated AUTOCNFIG INSTALL... Done
Accelerated ACCESSIN INSTALL... Done
Accelerated INITTAB INSTALL... Done
Starting init process.
DMIS: version 2.86 booting
Configuring for Linux Kernel 2.6.19.
Processor 0 is Pentium II (Klanath) 459MHz, 128 KB Cache
apm(1570): apm 3.2.1 interfacing with apm driver 1.16ac and APM BIOS 1.2
APM BIOS found, power management functions enabled.
USB found, managed by udev
Firewire found, managed by udev
Starting udev hot-plug hardware detection...
Autoconfiguring devices...

```

上図に表示されているのは Linux の一般的な起動画面です。KNOPPIX の場合には、この過程で PC の状態を判断して X Window System やネットワークカードなどの自動設定を行いません。ほとんどの場合は、何のトラブルもなく KNOPPIX を利用できる状態になりますが、機種によっては、この過程で失敗する場合があります。その場合には、最初の起動画面でファンクションキーの F2 もしくは F3 を押してください。例えば、F3 を入力すると下図のような画面が表示されます。

```

>>>          KNOPPIX V5.1 CHEATCODES (F1 for Main Page)          <<<

The KNOPPIX autoconfiguration scripts accept the following
boot options (see knoppix-cheatcodes.txt for the full list):

knoppix lang=cn|tw|ja|ko|us|de|es|fr|it|pl|ru|...      Set keyboard/language
knoppix desktop=icewm|kde|fluxbox|twm|...            Use a different Desktop
knoppix screen=1280x1024 depth=24                    Set XFree resolution and color depth
knoppix toram                                         Load entire CD to ramdisk (1GB)
fb1280x1024 | fb1024x768 | fb800x600                 Use framebuffer mode (for notebooks)
knoppix dma                                           Turn on dma acceleration
knoppix vsync=85 hsync=78                             85Hz vert. / 78kHz horiz. mon. freq.
knoppix 2                                             Runlevel 2, textmode only
knoppix myconfig=scan home=/dev/sda1                 load/mount configuration and homedir
knoppix no{scsi|pcmcia|usb|agp|swap|apm|apic|mc|ddc} turn off hw-detection
knoppix blind brl|tty=typ,|port,|tbl                 braille terminal(type), blind mode
failsafe                                             turn off (almost) ALL hw-detection
expert                                              interactive configuration

More options can be found inside the "KNOPPIX" directory on CD.
boot:

```

トラブルにあっても、適切なオプションを入力することで、ほぼ問題なく起動することができそうです。ところで、上図の最初の方を見ていただければわかりますが、KNOPPIX/Math/2007 では日本語の他に、中国語 (cn)、台湾語 (tw)、朝鮮語 (ko) などにも対応しています。起動時に

```
boot: knoppix lang=cn
```

と入力するだけで、中国語入力に対応した環境を構築することができます。また、lang=ja.utf8 等の Unicode 環境を指定することにより、多言語混在環境も実現できます。

起動に関する詳しい情報は、

- 産総研の動作実績
<http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/hardware/>
- WikiWiki FUN の KNOPPIX 動作報告
<http://fun.sci.fukuoka-u.ac.jp/wiki/>

などに集められています。また、KNOPPIX-ML^{*16} というメーリングリストの過去ログ^{*17} を検索してみると、求める情報が見つかる場合があります。

もしも使用する PC が古い場合や搭載メモリが少ない場合には、CD 版の KNOPPIX/Math/2007 を用いて、次のようなオプションを入力してみてください。

```
boot: knoppix desktop=twm
```

CPU に負荷の少ない環境を使用することができます。見かけや使い勝手は若干異なりますが、ほとんどのソフトウェアは問題なく利用することができるはずです。

7.2 数学ソフトウェアの始め方

まずは、Maxima や KSEG といった基本的なソフトウェアから使いはじめるのも良いでしょう。起動するだけであれば、下部にある“ \sqrt{x} ”というアイコンをクリックすると数学ソフトウェアのメニューが表示されます。また、KNOPPIX 起動後にデスクトップ上に表示されている“knoppix-math”というフォルダには、リンク集、サンプルファイル等が収録されています。特に KNOPPIX-Math-j.html というファイルをクリックすると、DVD 内に圧縮して収録されているドキュメントにも簡単にアクセスできるようになっていますので参照してください。アプリケーションの起動も KNOPPIX-Math-j.html からできるように設定してあります。

7.3 Windows や Mac からドキュメントを読む

Windows を起動した状態で KNOPPIX/Math の DVD を挿入し、DVD のアイコンを右クリックメニュー「開く」で閲覧することもできます。中に収録されている日本語ドキュメントを印刷したいときは、Windows から開いた方が簡単でしょう。もちろん、DVD ドライブを搭載した Mac であれば、同様に中のドキュメントを読むことができます。

7.4 ファイルの保存方法

KNOPPIX は CD/DVD から起動するシステムです。電源を切って CD/DVD を取り除けば、元の Windows に戻ります。それでは、KNOPPIX を使って作成したファイルはどこに保存されるのでしょうか？ KNOPPIX では、作成したファイルはホームディレクトリという領域に保存されます。ホームディレクトリという概念は多人数のユーザで利用する UNIX 上で考え出された方法で、ユーザごとに個別の記憶領域を割り当てます。^{*18} KNOPPIX を起動するとユーザは knoppix というユーザ名が割り当てられてコンピュー

^{*16} <http://www.freeml.com/archive/knoppix@freeml.com>

^{*17} <http://knoppix-ml.dennougedougakkai-ndd.org/>

^{*18} UNIX におけるディレクトリという言葉と Windows や Mac 上でのフォルダという言葉は、ほぼ同じものを指しています。

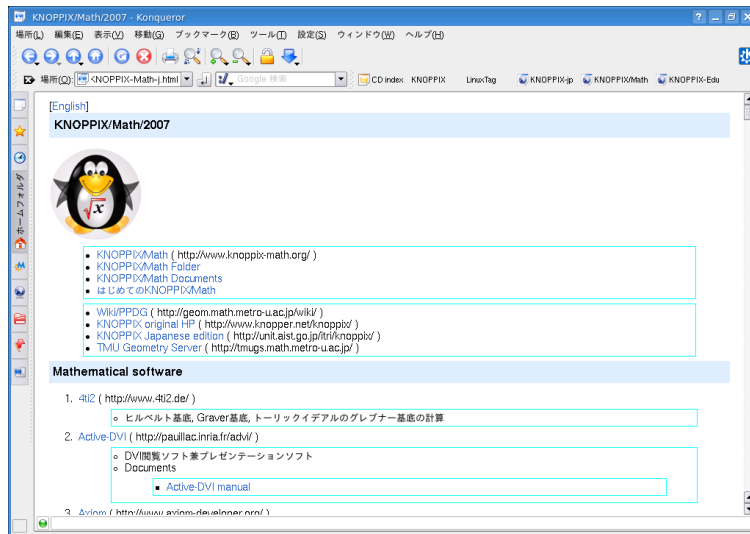


図 11 KNOPPIX-Math-j.html

タを利用します。そして、knoppix というユーザのホームディレクトリは `/home/knoppix` が割り当てられています。ここで “/” は Path と呼ばれています。^{*19} `/home/knoppix` というのは、一番上のディレクトリから見た時に home というディレクトリ内の knoppix というディレクトリを指しています。標準状態において KNOPPIX は電源を切った時にホームディレクトリが消えてしまいます。実は、このホームディレクトリは PC のメモリ上に作成されています。したがって、もし、自分が作成したファイルを保存したい時には、別の記憶装置に保存する必要があります。

そこで活躍するのが Konqueror というソフトウェアです。Konqueror はファイル管理ソフト、Web ブラウザ、FTP クライアント、Secure Shell クライアントなどの機能を備えており、大変便利なツールです。基本的な利用方法は、アイコンを “シングル” クリックするか、Drag & Drop することで、実行できます。

ファイルを保存する場合には、USB メモリーディスクが便利です。KNOPPIX では、安全を考え初期状態では書き込みができないように設定されています。USB メモリーディスクを挿入するとデスクトップ上にアイコンが表示されますので、クリックすると書き込み不可でマウントされます。書き込みたい場合は、このアイコンを右クリックして「Change read/write mode」を選択してください。書き込み可能にするかどうかを聞いてきますので、「Yes」を選択します。これで書き込みが可能になります。残念ながら原因がよくわからないのですが、タイミングの問題でたまにうまくいかないことがあるようです。このような場合は、もう一度「Change read/write mode」を選択して同じ作業を行ってください。また、利用後はアイコンを右クリックして「マウント解除」を忘れずに行なってください。



図 12 クリックしてマウント、右クリックでマウント解除

^{*19} Windows では “\” や “¥” が使われます。

7.5 ネットワークの利用

KNOPPIX を利用する環境で DHCP サーバ^{*20}が動いていれば、起動するだけでネットワークを利用できるようになります。もし、環境に DHCP サーバがない場合は無線 LAN ルータなどに DHCP サーバ機能が付いていますので、利用を検討する価値があります。また、IP アドレスは手動で設定することもできます。メニューから KNOPPIX → Network/Internet → ネットワークカードの設定を選択して指定することができます。

ネットワークが利用できると、ファイルの保存方法に選択肢が増えます。ほとんどの研究機関には、UNIX サーバが提供されていますので、Secure Shell を利用してファイルを複製することが可能です。これも Konqueror を利用して簡単に行なうことができます。Konqueror の「場所 (o)」という入力欄に `sftp://user@hostname` を記入してください。ここで、“user” は Secure Shell が動いている UNIX サーバに自分が持っているアカウント名、hostname は UNIX サーバの名称です。接続を試みるとパスワードもしくはパスフレーズを要求してきますので、適切なパスワードを入力して接続してください。あとは、マウスによる操作でファイルを複製することができます。

7.6 プリンタの設定

プリンタについては、PostScript プリンタやインクジェットプリンタを利用することができます。メニューから KNOPPIX → Configure → Configure printer(s) を選択してください。メニューからプリンタの追加を選択して適切なプリンタを設定することで利用が可能です。例えばネットワーク上に接続されている PostScript プリンタを利用するときは、適切な IP アドレスとポートを指定し、ドライバとして「Raw プリンタ」を選択することで印刷できるようになるはずです。

7.7 HD へのインストール

KNOPPIX は CD/DVD から起動して利用することを前提としていますが、ハードディスクへインストールして、他の Linux ディストリビューションと同じように利用することもできます。メニューから KNOPPIX → Root Shell を選択するとコンソール画面が表示され、root 権限に移行します。あとは、

```
root@tty2[knoppix]# knoppix-installer
```

と入力すれば、インストールがスタートします。

ただし、この操作は既存の Windows を破壊する可能性があります。あくまで自己責任で、Web 上にある情報や書籍等で詳しく調べてから操作を行なうようにしてください。最近では、KNOPPIX に関する本も多数出版されています。初心者向けの本から、専門家向けのものまで日本語で読むことが可能です。参考文献として、最後に紹介しておきますので、参照してください。

^{*20} IP アドレスを自動的に割り当てる仕組みです。

7.8 USB メモリーディスクへのインストール

KNOPPIX は HD の他にも USB メモリーディスクへインストールして、利用することもできます。KNOPPIX 5.1.1 から試験的に実装されている機能で `mkbootdev` という命令が収録されており、USB メモリーディスクに `cloop` 圧縮イメージを複製して起動可能に変更することができます。HD にインストールした際のように、他の Linux ディストリビューションのように使うということはありませんが、それでも、DVD に比べると USB メモリーの読み書き速度は速いので、それなりに快適な環境になるはずです。

実際の作業は、メニューから KNOPPIX → Root Shell を選択するとコンソール画面が表示され、root 権限に移行します。あとは、

```
root@tty2[knoppix]# mkbootdev
```

と入力すれば、インストールがスタートします。

問題点は、KNOPPIX/Math/2007 は DVD ですので、最低でも 4GB の容量の USB メモリーディスクを用意しなければいけないことです。もちろん、この操作についても、あくまで自己責任で Web 上にある情報で詳しく調べてから操作を行なうようにしてください。

7.9 起動できない場合

起動に関するトラブルのほとんどは次の 4 つのパターンに当てはまります。

1. Microsoft Windows が起動してしまう。
2. 起動はするが、途中で止まってしまう。
3. X Window System が起動しない。
4. KNOPPIX が起動するが、実行中に自動的に終了する。

Microsoft Windows が起動するケースでは、BIOS の設定が必要です。BIOS とは、PC に接続しているドライブやキーボードなどの周辺機器を司るソフトウェアであり、OS の起動ドライブの優先順位を設定することができます。CD/DVD ドライブがハードディスクに優先していないと、KNOPPIX が起動しません。BIOS の設定を行なうためには設定画面を呼び出す必要があります。実は、この部分が大変問題です。BIOS 設定画面の呼び出し方法は、メーカーによっても異なりますし、また、同じメーカーでも機種によって異なります。PC のマニュアルに載っていれば良いのですが、起動時に現れる BIOS Setup 等の文字は一瞬しか表示されませんので、見逃さないように凝視していなければいけません。あとは、Google 等の検索エンジンで「機種名 BIOS 設定」というキーワードで調べると見つかる場合もあります。最後の手段としては、F1, F2, Del, F8, F10, F12, Tab キー等が BIOS 設定に割り当てられてるケースが多いので、上記キーを素早く順番に押して調べるという方法もあります。

7.10 Windows や Mac からの利用

実は、Maxima や KSEG, KidsCindy など一部のソフトウェアは Windows 版も収録していますので、Windows 上にインストールして使用することも可能です。

しかし、他の数学ソフトウェア全てを使ってみたい場合には、少し特殊な方法ですが、VMware Player^{*21} や Virtual Box^{*22} 等の無償でダウンロード可能な仮想機械環境を用いて KNOPPIX/Math を利用するという方法もあります。VMware Player の使い方については、神戸大学の「VMware/knoppix/math について^{*23}」が詳しいです。仮想機械環境を用いると、Windows を動かしながらウィンドウ内で KNOPPIX/Math を操作す



図 13 「VMware/knoppix/math について」より

ることも可能です。また、MacOS X 上で動く Parallels Desktop for Mac^{*24} という仮想機械環境も販売されており、最近の Mac であれば快適に操作することができます。Beta 版ですが、Mac OS X 向けの VirtualBox も公開されました。こちらは自由にダウンロードして利用することが出来ます。

8 最後に

KNOPPIX/Math は数学者のための研究用コンピュータ環境として出発しました。しかし、その用途は一つに留まらず、数学科の学生や理工系の学生の教育環境として、また、数学ソフトウェアの開発環境として、そして、数学上の概念を可視化し、皆さんに伝えるための表現環境として発展を続けています。

現在、KNOPPIX/Math Project では、開発者向け、ユーザ向けのメーリングリストを開設しています。活動に興味を持った方は積極的にメーリングリストに参加してください。メーリングリストへの参加方法は、<http://www.knoppix-math.org/> から参照できます。

KNOPPIX/Math に収録されている数学ソフトウェアの中には、著明な数学者によって開発されたものも数多く、ほとんど全て英語ですが、ドキュメントも豊富に揃えられており、最新の研究成果に触れることができます。一方で、市民講演会において御紹介しましたが、おもちゃ箱にたくさん詰め込まれた玩具のように、気軽に数学を楽しめるソフトウェアが多数収録されています。KSEG や Maxima を使って遊ぶことで、新しい発

^{*21} <http://www.vmware.com/ja/products/player/>

^{*22} <http://www.virtualbox.org/>

^{*23} <http://www.math.kobe-u.ac.jp/OpenXM/knoppix/vmkm-ja.html>

^{*24} <http://www.proton.co.jp/products/parallels-mac/>

見が得られるかもしれません。今後も数学のおもちゃ箱として KNOPPIX/Math を御利用いただけると幸いです。



参考文献

- [1] 濱田 龍義, 須崎 有康, 飯島 賢吾, “KNOPPIX/Math について”, 数式処理 Vol.11 No.1 (2004), 3-14, http://www.jssac.org/Editor/Suushiki/V11/No1/V11N1_103.pdf.
- [2] 濱田 龍義, “はじめての KNOPPIX/Math”, KNOPPIX/Math に収録.
- [3] Tatsuyoshi Hamada, Kuniyasu Suzaki, Kengo Iijima and Arimitsu Shikoda, “KNOPPIX/Math: Portable and distributable collection of mathematical software and free documents”, *Mathematical Software – ICMS2006, Lecture Notes in Computer Science, Springer*, **4151**, (2006), 385-390.
- [4] 中川義行 著, 『Maxima 入門ノート』, <http://www.eonet.ne.jp/~kyo-ju/maxima.pdf>, KNOPPIX/Math に収録.
- [5] 横田博史 著, 『はじめての Maxima』 (工学社, 2006), ISBN: 4777512010.
- [6] 3d-XplorMath-J, <http://www.3d-xplormath.org/j/>
- [7] 岩井齊良, 『三角形の中の放物線』, 数学セミナー 2007 年 8 月号, 日本評論社.
- [8] 諫山 研一, 三谷 森, 藤本 裕之 著, 『KNOPPIX ではじめる Linux 入門』 (秀和システム, 2003), ISBN: 4798005908.
- [9] カイル ランキン著, クイーブ翻訳, 須崎 有康監修 『KNOPPIX Hacks』 (オライリージャパン, 2005), ISBN: 4873112281.
- [10] 鎌滝 雅久, 柘植 昭秀著, 須崎 有康監修 『今すぐ使える Linux KNOPPIX コンプリートガイド』 (毎日コミュニケーションズ, 2004), ISBN: 4839912769.