



College Analysis

総合マニュアル

福井正康

福山平成大学経営学部経営学科

はじめに

College Analysis は、主に大学の文系学部と一般教育の数理系授業で使用することを目的とした統合型フリーソフトです。世の中には、優秀な分析ソフトがたくさん存在しますが、その中にあって、いろいろな分析を気軽に利用できるお手軽感（利用者の方がおっしゃってました）がこのソフトの持ち味です。そのため分析を深く追求して行かれる数理系の研究者の方には全くお勧めできません。ただ、予算の少ない文系学部で授業を担当されている理系出身の研究者の方などには大いに役に立つと思います。開発者自身そういう立場だからです。これからも少しづつ分析を増やし、面白いソフトにして行こうと思います。

さて、この本についてですが、2012 年に「このソフトにはマニュアルがない」として、「新しい分析は紀要論文を書くたびにその内容を使って追加し、機能変更をした場合はその都度更新する」という方針でリファレンスマニュアルを作り始めました。この作業はかなり進み、今では 700 頁に近い分量になりました。しかし、このマニュアルは理論的な説明が多く、文系の学生には難しいかなと思う内容でした。そこで今回、詳細な理論は章の後ろに回して、大まかに、1. 概説、2. 利用法（問題・演習と解答を含む）、3. 理論の詳細、という順序で新しい総合マニュアルに発展させることに致しました。もちろん分析や機能によって上の構成の一部がなかったり、合併されていました。また、用紙の大きさも、どこのパソコン室にもある A4 にしました。

今回の目玉はマニュアルの中に動作参照のための動画を埋め込む計画です。各動画はほぼ 1 分に収まるように作る予定なので、長々と動画を見ることはないと思います。どのようなものになるか楽しみにして下さい。

リファレンスマニュアル作成の考え方はこのマニュアルでも同じです。

- できるだけ最新の情報に更新して行く。
- 分野ごとの分冊にしてページ数を別にする。
- 分冊の右肩に「分析名／分野名」を付け、まとめて並べると本になるようにする。
- 訂正が容易なように、あまりレイアウトにこだわらず、図はすべて行内にする。
- 図の番号などは、変更が楽なように、各章の節ごとに付ける。他の節を参照するときにはその旨を記す。
- このマニュアルには教科書的な要素や分析に関する問題点の考察も加えてある。これらの節には【補足】または【考察】の表式を加えている。特に【考察】はある程度知識のある利用者に役立つ情報である。この他に【資料】の部分には分析の詳細な理論やプログラムの情報などが書かれている。

福山平成大学

福井正康

各巻の構成

このマニュアルは分析が増える度に追加されて行きます。そのため、分析の並びについては決まったルールはありません。こちらのリストで調べて各巻へ進んで下さい。またプログラム中では複数箇所から呼び出される場合もあります。

1巻 ツール

1. 共通メニュー
2. グリッドエディタ
3. テキストエディタ
4. グラフィックエディタ
5. 出力
6. 3Dビューア

2－1巻 基本統計1

1. 概要
2. 質的データの集計
3. 量的データの集計
4. 相関係数と回帰分析
5. 正規分布とユーティリティ
6. 質的データの検定
7. 量的データの検定
8. 相関係数と回帰分析の検定
9. 標本数の決定
10. 区間推定

2－2巻 基本統計2

11. 2次元グラフ
12. 3次元グラフ
13. トレンドの検定
14. マルコフ連鎖モンテカルロ法
15. 分布の集計
16. 自由記述集計
17. 検定の効率化
18. 層別分割表の検定
19. 非線形回帰分析
20. 尤度関数の視覚化
21. 罹患率の推測
22. ROC曲線
23. 傾向スコアマッチング
24. 中心極限定理

3－1巻 多変量解析1

1. 実験計画法
2. 重回帰分析
3. 判別分析
4. 主成分分析
5. 因子分析
6. クラスター分析
7. 正準相関分析
8. 数量化I類

- 9. 数量化II類
- 10. 数量化III類
- 11. コレスポンデンス分析

3-2巻 多変量解析2

- 12. 時系列分析
- 13. 共分散構造分析
- 14. パス解析
- 15. 多次元尺度構成法
- 16. 局所重回帰分析
- 17. 数量化IV類
- 18. パネル時系列分析
- 19. メタ分析
- 20. 2値ロジスティック回帰
- 21. 多値ロジスティック回帰
- 22. K-平均法

3-3巻 多変量解析3

- 23. 生存時間分析
- 24. リッジ回帰分析他
- 25. 直交表分散分析とコンジョイント分析
- 26. パネルデータ分析
- 27. テキストCR分析
- 28. 操作変数回帰分析
- 29. トービット回帰分析
- 30. 産業連関分析
- 31. 経済時系列分析

3-4巻 多変量解析4

- 32. 2値項目反応理論
- 33. 多変量分散分析
- 34. 周波数時系列推定

4巻 数学

- 1. 数式
- 2. 1変数関数グラフ
- 3. 2次元パラメータ表示関数グラフ
- 4. 2変数関数グラフ
- 5. 3次元パラメータ表示関数グラフ
- 6. 方程式ソルバー
- 7. 非線形最小2乗法
- 8. 定積分
- 9. 常微分方程式
- 10. 2次元幾何アニメーション
- 11. 3次元幾何アニメーション
- 12. 行列計算
- 13. 不等式グラフ
- 14. 2次元陰関数グラフ
- 15. 3次元陰関数グラフ
- 16. 和・積計算
- 17. フーリエ級数
- 18. 漸化式

5-1巻 OR1

1. 線形計画法
2. 多目的線形計画法
3. D E A
4. 待ち行列シミュレータ
5. QC 7つ道具
6. 在庫管理シミュレータ
7. P E R T

5-2巻 OR2

8. システムダイナミクス
9. 不良品診断
10. パラメータ設計
11. オンライン品質工学
12. 異常検知
13. ナッシュ均衡ツール

6巻 意思決定

1. A H P
2. デシジョンツリー
3. リスク分析
4. 社会的意思決定手法
5. ラフ集合分析
6. ISM
7. Dematel 法
8. KSIM

7巻 データサイエンス

1. パーセプトロン
2. K 平均法（減色）

8-1巻 科学・教育1

1. フラクタルビューア 2D
2. フラクタルビューア 3D
3. カオスビューア（未完成）
4. 3D モデルビューア（未完成）
5. くるくるエディット
6. おもしろグラフ
7. 3D フォトメーカー
8. 3D バーメーカー
9. 惑星シミュレーション
10. 電荷と電場
11. 質点系の運動
12. 電流と磁場
13. 特殊相対論的視覚効果

8-2巻 科学・教育2

14. 幾何シミュレーション

College Analysis 総合マニュアル

— ツール —

目次

はじめに2
各巻の構成.....	3
1. 共通メニュー.....	1
2. グリッドエディタ.....	4
3. テキストエディタ.....	26
4. グラフィックエディタ	28
5. 出力	37
6. 3Dビューア.....	43

注意

本文中のファイル名は Samples.zip に含まれるデータのファイル名です。問題の解答は、読者が見て分かり易いように、ソフトで表示される桁数全部を書くようにしました。報告書などの記述には、平均や標準偏差などはデータの桁数より 1 桁（データ数数百位まで）か 2 桁下げる（それ以上）、検定確率は、 $p < 0.001$, $p < 0.01$, $p < 0.05$, n.s. (または、***, **, *, n.s.) のようにして下さい。

このソフトでは、 χ^2 検定などでイェーツ補正を有効にしています。SPSS と同じ検定確率を求められる方は、変数選択の際にイェーツ補正のチェックを外して下さい。

1. 共通メニュー

College Analysis のメニューには、各フォームに付属する個別メニューとどんな場合でも利用できる共通メニューがある。ここでは後者の共通メニューについて説明する。共通メニューの内容について表 1 に示す。

表 1 共通メニュー

メニュー	サブメニュー
エディタ表示	グリッドエディタ、テキストエディタ、グラフィックエディタ、3Dビューア／プログラム終了
分析	基本統計、多変量解析、ベイズ統計、数学、OR、意思決定支援他、教育・科学他／テキスト小数点桁数、0値補正、見学会
ヘルプ	色パターン、数式内利用可能関数、小数点以下桁数基準／謝辞

College Analysis が扱うデータ編集ツール（エディタ）には、グリッドエディタ、テキストエディタ、グラフィックエディタ及び、3Dビューアがある。グリッドエディタは College Analysis のかなめのエディタで、テキストエディタやグラフィックエディタのデータも保存できる。共通メニューにはこれらの「エディタ表示」の機能がついているが、他の 3 つのエディタは単独でもデータの読み込みと書き出しができる。

「分析」メニューはそれぞれのサブメニューの中にさらにメニューが含まれているが、詳細は別に記す。「分析－0 値補正」サブメニューとは、数値計算に含まれる誤差のうち、特に重要な、0 と認識する範囲を示す数値を与えるものである。図 1 に 0 値補正の画面を示す。

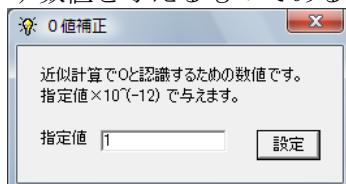
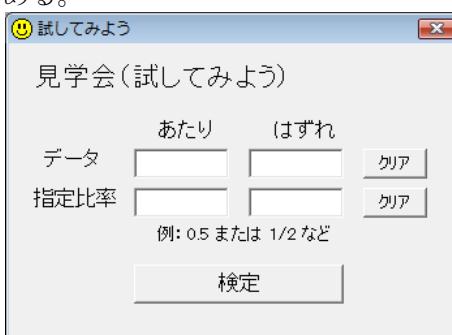


図 1 0 値補正

ここで、デフォルトは 10^{-12} になっているが、この値を変更する際に用いられる。すべての分析でこの値を使っているわけではないが、線形計画法はこれを利用している例である。ただ通常はこれを変えることはない。

「分析－見学会」サブメニューは、作者が体験入学会などでたまに利用するメニューで、実行画面は図 2 のようになっている。これは、適合度検定を、小学生から高校生にやってみせるためのプログラムである。

図 2 見学会 [【動画 g171028_1.mp4】](#)

[ヘルプ] メニューには4つのサブメニューが含まれる。「ヘルパー色パターン」サブメニューは、3Dビューアや2Dフラクタル、グラフの色設定等で使われる、色パターンの一覧である。図3にその画面を示す。



図3 色パターン

左端のBasic16spは通常の配列と色番号nとn+8を入れ替えた設定である。折れ線グラフなどは、通常の基本の8色より、暗めの色の方がはっきり出るのでこの色配列を使う。

「ヘルパー数式内利用可能関数」サブメニューは、College Analysisで使える数式について表したものである。図4にその画面を示す。

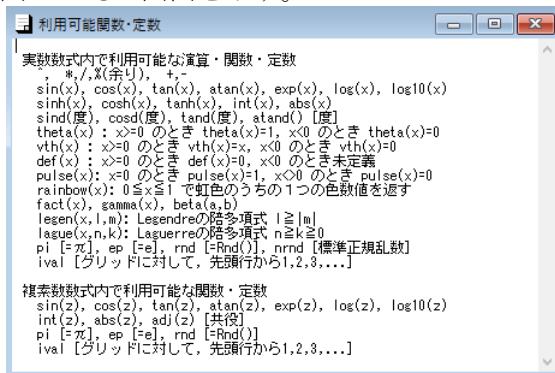


図4 数式内利用可能関数

ここでは、実数式と複素数式に分けて表示してある。複素数式では値の主値が取られている。

「ヘルパー小数点以下桁数基準」では、このプログラムで使われる数値の表示法の基準が示されている。「可変」とはプログラムの中で変更が可能なものである。

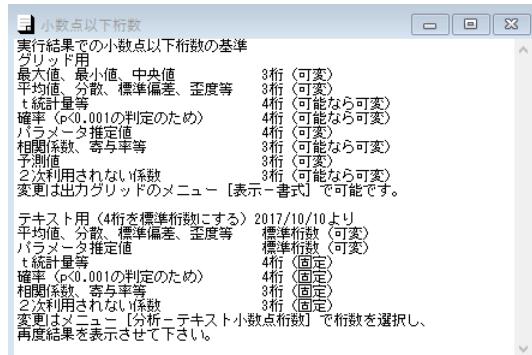


図5 小数点以下桁数基準

「ヘルプー謝辞」サブメニューは、プログラム開発で利用した参考書、協力していただいた方々の名前が書いてある。図 6 にその画面を示す。

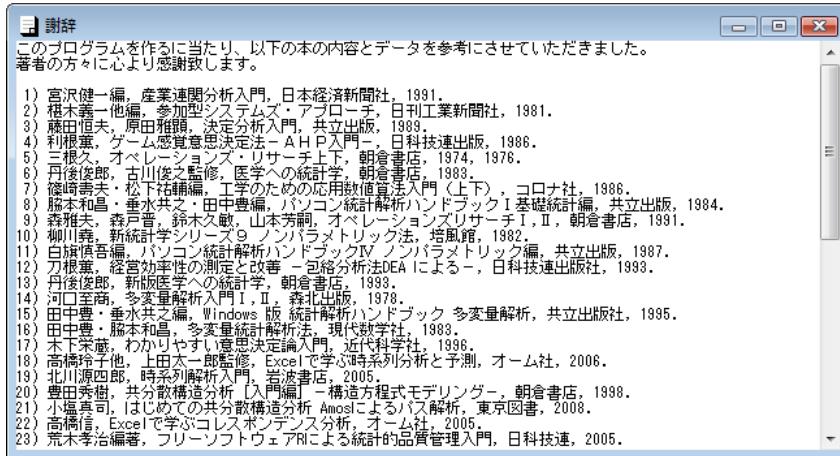


図 6 謝辞

図 6 の中では下の方になって見えないので、改めてお礼を述べておきたい。
私は統計の道を開いて下さった福井医科大学名誉教授 緒方 昭 先生、
社会システム分析の分野を示して下さった大阪府立大学名誉教授 田口賢士 先生、
共同研究を通して研究者の姿勢を教えて下さった広島大学名誉教授 小篠敏明 先生に心より感謝致します。

[【動画 g171028_2.mp4】](#)

2. グリッドエディタ

エディタは各分析データの入力や加工を共通に行う部分で、分析ソフトウェアの使い易さを左右する重要な役割を担う。このシステムでも個々の分析プログラムと同様に開発初期から幾度となく改定を行ってきた。現在のエディタ画面を図 1 に示す。



図 1 エディタ画面

図 1 のメニューバーに並ぶメニューは初期のものと大差ないが、メニューから呼び出されるサブメニューについては、種類がかなり増えている。それらのうちグリッドエディタに固有のものを表 1 に与える。各節で、それぞれのメニュー・サブメニューの詳細を示す。

表 1 グリッドエディタのメニュー

メニュー	サブメニュー
ファイル	新規作成, 開く, 上書き保存, 名前を付けて保存／ページ設定, 現在シート印刷／終了
編集	元に戻す／全コピー, 全貼り付け／枠移動（右下へ, 左上へ／右へ, 左へ, 下へ, 上へ）／切取り, コピー, 貼り付け, 列追加貼り付け（列名付き, 列名なし）, 消去／シート名入力, 列名入力, 行名入力／行列交換, 行列名揃え, 対称行列設定
挿入／削除	シート追加, シート挿入, シート削除／列追加, 列挿入, 列削除／行追加, 行挿入, 行削除, 予測行追加
表示	先頭シート, 前シート, 次シート, 最終シート／書式変更, グリッド幅

2.1 ファイルメニュー

サブメニュー「開く」と「名前を付けて保存」については Visual Basic のコモンダイアログを利用しておらず、標準的なソフトウェアと同様の操作でファイルを指定することができる。サブメニュー「新規作成」では、図 1 に示される入力画面が現れる。



図 1 新規作成画面

複数のシートを設定できるので、最初に「シート数」を指定する。「確定」ボタンで、それに合わせてグリッドが表示されるが、シート毎に行数と列数を指定できるようになっている。同じ数値を連続的に指定する場合は、最初の数値だけ入力して、「連続設定」のコマンドボタンをクリックする。すべてのデータを入力し終えたら、「OK」ボタンで終了すると、エディタ画面に空欄の表が表示される。何も入力せずに「OK」ボタンをクリックすると1行1列のシートが表示される。全貼付け等はこれでできるので、そのまま「OK」することが多い。

サブメニュー「上書き保存」は編集中のデータをファイルに上書きする。もちろん、データに変更があった場合は、確認のメッセージボックスが開き、誤った保存を防ぐ。

サブメニュー「現在シート印刷」は現在表示されている機能をプリンタに出力するものであるが、あまり満足できるものではない。基本的に、表示される入出力データはワープロなどに貼り付けることを前提としており、印刷機能は確認の意味程度になっている。

2.2 編集メニュー

このメニューには様々なサブメニューがある。まず、「全コピー」と「全貼付け」であるが、「全コピー」は、固定行・固定列も含めて1つのシート全体をクリップボードにコピーする。ワープロや表計算ソフトに貼り付ける場合には、この全コピー機能が便利である。「全貼付け」は全コピーした1枚のシートを他のシートに貼り付ける際に用いる。また、Excelからの貼り付けには便利である。

この全貼り付けを利用する例として、Excelからのデータ貼り付けを説明する。College Analysis の統計処理では Excel からのデータ貼り付けを勧めている。例えば、Excel で図1のように選択し、コピーする。左端の数字の部分（最左列）は空欄でも構わない（場合によってはなくても問題でない）。上の変数名は空欄でもよいが、1行分は確保しておくことが望ましい。

	A	B	C	D	E	F
1		性別	回答			
2	1	1	1			
3	2	2	1			
4	3	1	2			
5	4	1	2			
6	5	2	1			
7	6	2	3			
8	7	1	1			
9	8	2	2			
10	9	2	3			
11	10	1	1			
12	11	1	2			
13	12	1	2			
14	13	2	1			
15	14	2	1			
16	15	1	3			
17	16	2	1			
18	17	1	2			
19	18	1	1			
20	19	2	3			
21	20	1	1			
22						
23						

図1 Excelからのコピー

その後は、図 2 のように College Analysis 側の【編集－全貼り付け】で、最上行は変数名、最左列は行名として張り付けることができる（最左列がない場合は、全貼り付けの後、【編集－枠移動－右へ】で、行名が空欄になって貼り付け可能である。枠移動はうまく使うと便利である。）。

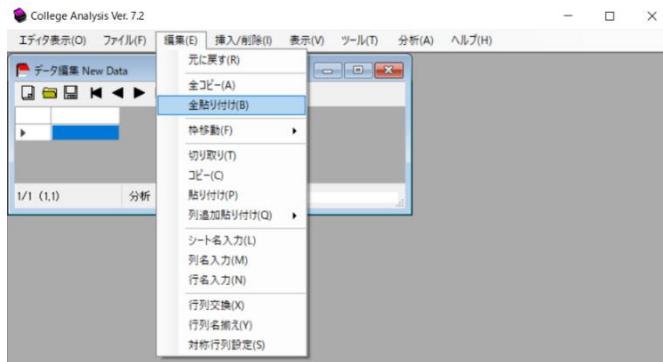


図 2 College Analysis での貼り付け [【動画 g171028_3.mp4】](#)

また、最上行も最左列もない場合は、図 1 の【編集－貼り付け】で、自動的に空欄の変数名と行名を付けて貼り付け可能である。この場合、「範囲を拡張して貼り付けますか？」のメッセージが出る場合があるが、「はい」を選択する。

列名や行名を含まない College Analysis 内のセルについては、「切り取り」、「コピー」、「貼り付け」、「消去」のサブメニューを用いる。これらは通常の表計算ソフトと同様、範囲を選択して実行する。データの消去については、「Delete」キーを用いてもよい。サブメニュー「追加貼付け」の下の「列追加貼り付け」（「行追加貼り付け」）は、列（行）を最後に追加して貼り付ける機能である。データを新しい列（行）を作つて貼付けようとする場合、役に立つ。

各シートには、名前を付けることができる。これはサブメニュー「シート名編集」を選択して、ダイアログボックス内で指定する。そのシート名は左上の固定欄に表示される。固定行に表示される列と行の名前は、「列名編集」、「行名編集」のサブメニューで入力できる。図 3 に列名の入力画面を示す。



図 3 列名入力画面

現在の列数に応じてグリッドが表示され、列名を入力する。行名の入力も同様の画面で行う。

特に行名の場合、連続的なレコード番号を付けることもあるので、「連番」というコマンドボタンを用意している。これにより、1行目からレコード数行目まで、1行目の数値と増加の数値によって、番号が自動的に入力される。1行目が空欄の場合は自動的に1が設定される。

「列名編集」において、「連番」はデフォルトで var1 から var 列数のように、番号の前に先頭文字列で指定された「var」という文字列が付く（変更可）。すべてのデータを一新する場合には、「全消去」コマンドを利用する。

【動画 171028_4.mp4】

サブメニュー「行列交換」はグリッドの行と列を転置して表示する。「行列名そろえ」はISM等の構造図データの入力時に利用されるが、行名と列名が同じ場合に、入力の省力化と入力ミス軽減のために用いられる。「対称行列設定」は、三角行列の状態に入力されたデータから、対称行列を作るツールである。

サブメニュー「元に戻す」は、データを1段階前に戻す。もう少し前の段階まで戻すことができればよいのだが、現在は1段階だけである。

2.3 挿入／削除メニュー

シートの枚数や列数・行数を変更する場合はすべてこのメニューを用いる。この機能は通常編集メニューの中にあることが多いが、サブメニューが多くなりすぎるので独立させた。シートの枚数の変更には、「シート追加」、「シート挿入」、「シート削除」サブメニューが利用される。

「シート追加」は新しいシートが最後のシートとして1枚追加され、「シート挿入」は現在開いているシートの前に1枚挿入される。また、「シート削除」は現在開いているシートを1枚削除する。シート単位の処理については、まとめて行うことが少ないと思われる所以1シートずつ行うようにしている。

列数の変更もサブメニュー「列追加」、「列挿入」、「列削除」を用いて行う。「列挿入」は現在選択している列数だけ、選択の最初の列の位置に挿入する。複数列を選択していない場合は、何列分挿入するかダイアログボックスで聞いてくる。「列削除」については、現在選択している列を削除する。また、「列追加」は予めダイアログボックスで列数を聞いて、最後の列として追加する。行についても同様の操作で変更する。

「行列交換」はグリッドの行と列を転置して表示する。「行列名揃え」はISM等のデータ入力時に利用されるが、行名と列名が同じ場合に入力の省力化のために用いられる。「対称行列設定」は、三角行列の状態に入力されたデータから、対称行列を作る入力ツールである。

2.4 表示メニュー

データは複数シートに格納されるので、各シートを選択する機能が必要である。これには、サブメニュー「先頭シート」、「前シート」、「次シート」、「最終シート」を用いる。これはツ

ールバーでも実行できる。

エディタ画面の列幅はマウスにより自由に変えることができるが、一度に全体を変更したり、小数点以下桁数を設定する必要がある場合は、サブメニュー「書式」を用いる。図 1 に設定画面を示す。

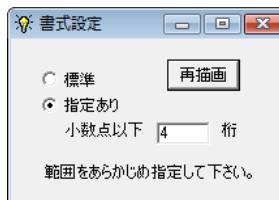


図 1 データ書式設定画面

グリッドエディタ上でデータの小数点桁数を指定する範囲を選択し、設定画面を適当な値にして、「最描画」ボタンをクリックする。グリッドエディタは書式設定すると元の値は（1回の「元に戻す」機能を除いて）残らないので、注意する必要がある。著者自身はあまり使うことはない。

逆によく利用する機能がサブメニュー「グリッド幅」の調整である。図 2 に設定画面を示す。

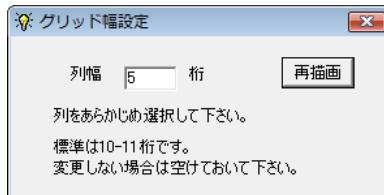


図 2 グリッド幅設定画面

横長のグリッドエディタを見易くする場合などに利用される。

2.5 ツールメニュー

行並び替え・列並び替え・シート並び替え

行の並び替えには、サブメニュー「行並び替え」を用いる。設定画面は図 1 に示す。



図 1 行並び替え画面

並び替えるキー列（変数）を指定し、昇順か降順及び、数値としてか文字列としてかを選択して実行する。キー列を 2 つ以上選択した場合には、上位のキー列を優先して次に下位のキー列を並び替える。キー列の選択方法は変数選択の方法に類似している。複数のキー列に文

字と数字が混在する場合や1つのキーでは昇順、他のキーでは降順などの場合、1回の処理では無理で、下位のキーから1回ずつ順番に並び替えて行くしかない。

列の並び替えには、サブメニュー「列並び替え」を用いる。設定画面は図2に示す。



図2 列並び替え

設定画面が立ち上がった段階で、グリッドエディタの列名が自動的にリストに表示される。

「再設定」ボタンは、グリッドエディタの列に変更を加えたときにクリックする。変数設定と同じ「Top」、「Up」、「Down」ボタンを使って変数の並びを変え、「実行」ボタンをクリックするとグリッドエディタの変数の並びが変更される。列並び替え画面の変数と実際のグリッドエディタの変数が異なる場合は、実行の際にその旨のエラーメッセージが表示されるので、「再設定」ボタンで変更する。同じ処理はメニュー「ツールデータ形式変換」を使っても実現できるが、これは一旦グリッド出力に表示してからなので、列並び替えの方が手軽である。

元々シートの並び替えは、新しいシートを挿入・追加し、そこへ既存のシートの内容をコピーし、元のシートを消すという手間のかかる方法が取られていたが、メニューから簡単に実行する機能を追加した。メニュー「ツール・シート並び替え」を選択すると図3のような実行画面が表示される。



図3 シート並び替え画面

リストボックスには現在のシートが表示されているが、シート名が指定されている場合はそのシート名が、指定されていない場合はsheet頁番号が表示されている。この番号は、このメニューが終了されるまで、または「再設定」ボタンがクリックされるまでは変わらないが、新たにメニューを立ち上げたり、「再設定」ボタンがクリックされたりするとその時

の頁の順番に変更される。「実行」ボタンをクリックするとグリッドエディタのシートの順番が変更される。

検索・置換・一括置換

データの検索にはサブメニュー「検索」を用いる。図 4 にその実行画面を示す。

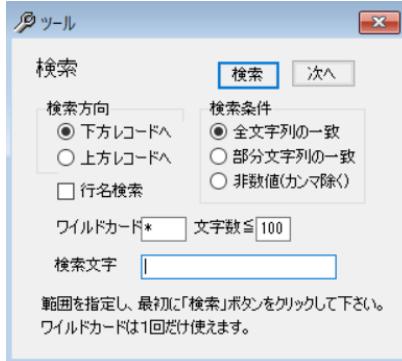


図 4 検索実行画面

文字列は現在のカーソル位置から、上か下に検索される。

指定したデータの一括変更にはサブメニュー「置換」を利用する。その設定メニューを図 5 に示す。

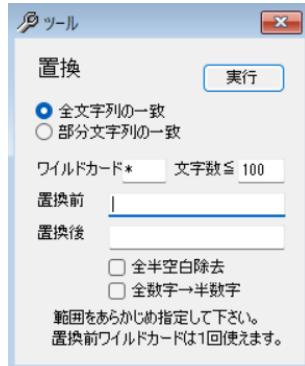


図 5 置換実行画面

これは、予め置換検索の範囲を設定して実行する。範囲は複数列に渡ってもよいが、飛び飛びの領域には対応していない。

最近ネットからのアンケートが多くなっているが、ネットのアンケートではセルに選択肢がそのまま入っていることが多く、それを数値またはダミー変数として処理する場合、変換が必要となる。しかし、これを置換の機能で行っていると結構時間がかかり、学生の前で瞬時に実行できない。このために作成した機能が一括置換である。例えば図 6 のようなデータをネットから集めたとしよう。

データ編集 見学会デモ用1.txt											
名前	性別	几帳面だ	約束を守る	勤勉である	人に親切で…	人見知りし…	明るい性格…	主張を曲げ…	前向きだと…	社会の役に…	
1	男性	③どちらとも	②はい	④いいえ	④いいえ	③どちらとも	③どちらとも	③どちらとも	③どちらとも	④いいえ	
2	男性	⑤強くいいえ	④いいえ	⑤強くいいえ	④いいえ	②はい	④いいえ	③どちらとも	③どちらとも	④いいえ	
3	女性	③どちらとも	④いいえ	①強くはい	④いいえ	①強くはい	②はい	④いいえ	③どちらとも	③どちらとも	
4	女性	②はい	⑥強くいいえ	③どちらとも	④いいえ	③どちらとも	③どちらとも	④いいえ	⑤強くいいえ	④いいえ	
5	男性	③どちらとも	③どちらとも	⑤強くいいえ	②はい	③どちらとも	③どちらとも	①強くはい	④いいえ	④いいえ	
6	女性	④いいえ	③どちらとも	③どちらとも	④いいえ	②はい	③どちらとも	④いいえ	②はい	③どちらとも	
7	男性	③どちらとも	④いいえ	②はい	⑤強くいいえ	③どちらとも	⑤強くいいえ	③どちらとも	③どちらとも	④いいえ	
8	男性	③どちらとも	③どちらとも	⑤強くいいえ	③どちらとも	③どちらとも	④いいえ	④いいえ	③どちらとも	④いいえ	
9	男性	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	

図 6 変換前データ（見学会デモ用 1.txt）

このデータの「几帳面だ」から「社会の役に立ちたい」までを 5 から 1 に変換することを考える。メニュー【ツール－検索・置換－一括置換】を選択すると図 7 左の実行画面が表示される。「変数選択」で置換したい変数を選択し、「読み込み」ボタンをクリックすると図 7 の中央のように重複なくデータがコード順に置換前の部分に読み込まれる。置換後の部分に図 7 の右のようにデータを入力し、「置換」ボタンをクリックする。



図 7 一括置換実行画面

これを実施すると、図 6 のようなデータは図 8 のようになる。

データ編集 見学会デモ用1.txt											
名前	性別	几帳面だ	約束を守る	勤勉である	人に親切で…	人見知りし…	明るい性格…	主張を曲げ…	前向きだと…	社会の役に…	
1	男性	3	4	2	2	3	3	3	3	3	2
2	男性	1	2	1	2	4	2	3	3	3	2
3	女性	3	2	5	2	5	4	2	3	3	3
4	女性	4	1	3	2	3	3	2	1	2	
5	男性	3	3	1	4	3	3	5	2	2	2
6	女性	2	3	3	2	4	3	2	4	3	
7	男性	3	2	4	1	3	1	3	3	2	2
8	男性	3	3	1	3	3	2	2	3	2	2
9	男性	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△	△△△△△

図 8 変換後データ

この方法を用いると、反転項目の変換も容易である。

データ生成

サブメニュー「データ生成」(または、[分析－基本統計－ユーティリティ－データ生成])をクリックすると図 1 のようなメニューが表示される。

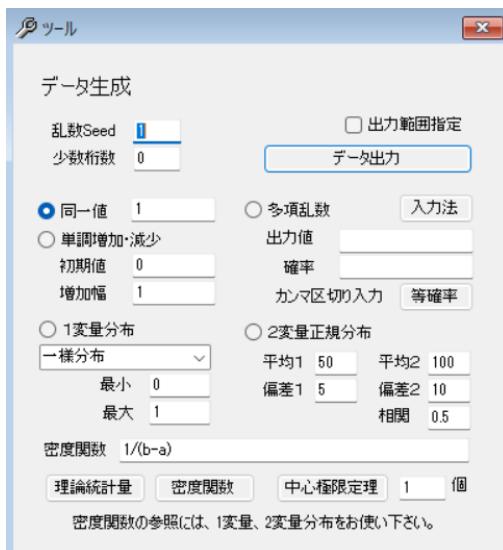


図 1 データ発生画面

データ生成はグリッド出力が基本である。しかし、直接グリッドエディタに出力することも多いので、「出力範囲指定」チェックボックスを設けて、選択範囲に出力することも可能にしている。データ出力の個数は範囲指定の場合は指定された範囲の個数、グリッド出力の場合は現在の行数である。乱数発生に再現性を与えるため、乱数の「Seed」を与えて発生させる。乱数の小数点以下桁数も指定する。

発生乱数の種類としては、図 1 にあるように、同一データ、単調増加・減少、多項分布、1 变量分布、2 变量正規分布があるが、それらのパラメータの値を指定して選択する。1 变量分布は分布の数が多いため（13 種類）、コンボボックスから分布の名前を選択して実行する。2 变量正規分布は、散布図を描くときに役に立つが、新規追加の場合は 2 列追加される。講義資料などの作成には便利なメニューである。

乱数発生の確認用として 1 变量分布と 2 变量正規分布については、密度関数が参照できるようになっている。また、中心極限定理の確認用の機能もある。これはデータ出力の代わりに、指定された個数のデータの平均を出力する機能である。中心極限定理については、基本統計 2 で、「中心極限定理」という章を設けて説明する。

計算

既存のデータから、計算式を利用して新たなデータを作り出すには、図 1 のサブメニュー「計算」を用いる。



図 1 計算実行画面

計算はデータ生成と同様に、グリッド出力が基本である。しかし、直接グリッドエディタに出力することも多いので、「出力範囲指定」チェックボックスを設けて、選択範囲に出力することも可能にしている。データ出力の個数は範囲指定の場合は指定された範囲の個数、グリッド出力の場合は現在の行数である。

計算は、「実数」と「複素数」を選択できる。複素数の表式は例えば、「 $3.25+2.63i$ 」のように虚数部分には「 i 」を付ける。出力列で「範囲指定」にして、1つのセルだけが選択されている場合は、単独の計算とみなされ、「単独結果」テキストボックスに計算結果が表示される。

計算式の指定は通常の Basic 言語にほぼ準拠している。計算に利用できる関数は、メニュー [ヘルプー数式内利用可能関数] で表示される関数である。

計算にある列の値を利用する場合、列名が決まっている場合は列名をそのまま用いてよいし、var4 のように「var」の後に（1から始まる）列番号を付けて指定してもよい。大文字と小文字は区別しない。データを出力する列は「出力列」コンボボックスから選択する。また、数式を記述する場合、変数名を直接入力するか、「変数名代入」コンボボックスで指定して、変数名を代入してもよい。

文字列結合

文字列結合は、特に2次元より多い次元の分割表の作成に用いられる。サブメニュー「文字列結合」を選択すると図 1 に示される実行画面が表示される。

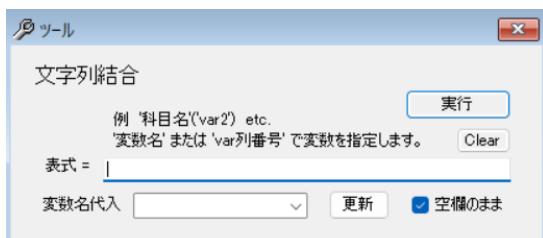


図 1 文字列結合実行画面

図 1 のデータ画面で、表式として、「'意見1'-'意見2'」のように指定し、「実行」ボタン

をクリックすると結合された結果が図 2 のようにグリッド出力に表示される。

結合	
▶ 1	2-3
2	2-3
3	1-3
4	2-1
5	2-3
6	1-1
7	2-1
8	2-3

図 2 結合データ出力結果

これをグリッド出力のメニュー「編集—エディタ全列追加」によってグリッドエディタに戻すと図 3 のようになる。

	地域	年収	支出	意見1	意見2	結合
▶ 1		1	583	49	2	3
2		1	565	33	2	3
3		2	508	32	1	3
4		2	565	31	2	1
5		1	594	57	2	3
6		2	624	47	1	1
7		1	617	48	2	1
8		1	458	53	2	3

図 3 文字列の結合

これを元に、「地域」と「結合」を選択して、基本統計の質的データの集計のところで述べる分割表を描くと、図 4 のようになる。

	結合:1-1	結合:1-2	結合:1-3	結合:2-1	結合:2-2	結合:2-3	合計
▶ 地域1	11	10	11	22	16	24	94
地域2	20	14	19	18	16	19	106
合計	31	24	30	40	32	43	200

図 4 2 次元分割表の拡張

これは 3 次元分割表に対応している。この機能を使うとさらに次数の高い分割も可能である。

データ抽出

官庁統計などのデータを収集する際、図 1 のような形式のファイルがある。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
年次(西暦)	年次(西暦)	男女	年齢(5歳)※		実数					配偶関係別割合			
					(人)	未婚	有配偶	死別	離別	未婚	有配偶	死別	離別
13 1920年	大正9年	男	総数		17735177	5199557	11147492	1059019	329109	29.31776	62.85526	5.971291	1.855685
14 1920年	大正9年	男	15~19歳		2749022	2672042	70842	780	5358	97.19973	2.576989	0.028374	0.194906
15 1920年	大正9年	男	20~24歳		2316479	1642196	634177	6822	33284	70.8919	27.37676	0.294499	1.436836
16 1920年	大正9年	男	25~29歳		2008005	5161919	1417663	22192	51231	25.74291	70.60057	1.105177	2.551338
17 1920年	大正9年	男	30~34歳		1833443	149483	1606113	34812	43035	8.15313	87.60092	1.898723	2.347223
18 1920年	大正9年	男	35~39歳		1707771	70235	1552813	46588	38135	4.112671	90.9263	2.728	2.233028
19 1920年	大正9年	男	40~44歳		1640254	46299	1492747	65560	35648	2.822673	91.00706	3.996942	2.173322
20 1920年	大正9年	男	45~49歳		1340404	31159	1200065	78634	30546	2.324598	89.5301	5.86644	2.278865
21 1920年	大正9年	男	50~54歳		1122240	22532	977192	96299	26217	2.00777	87.07514	8.580963	2.336131
22 1920年	大正9年	男	55~59歳		912085	16003	761995	112462	21625	1.754551	83.5443	12.33021	2.370941
23 1920年	大正9年	男	60~64歳		803033	13471	623490	146829	19243	1.677515	77.64189	18.2843	2.39629
24 1920年	大正9年	男	65~69歳		614479	9474	433087	158579	13339	1.541794	70.48036	25.80707	2.170782
25 1920年	大正9年	男	70~74歳		399540	5912	244050	142054	7524	1.479702	61.08275	35.55439	1.883166
26 1920年	大正9年	男	75~79歳		198253	2680	99878	92746	2949	1.351808	50.37906	46.78164	1.487493
27 1920年	大正9年	男	80~84歳		65473	785	25796	38171	721	1.198968	39.39945	58.30037	1.101217
28 1920年	大正9年	男	85歳以上		24696	367	7584	16491	254	1.486071	30.70943	66.776	1.028507
29 1920年	大正9年	男	(再掲)65歳以上		1302441	19218	810395	448041	24787	1.475537	62.22124	34.4001	1.903119
30 1920年	大正9年	女	総数		17811674	3336898	11237620	2806497	430659	18.73433	63.09132	15.7565	2.417847
31 1920年	大正9年	女	15~19歳		2670035	2196576	442812	3217	27430	82.26769	16.5845	0.120485	1.027327

図 1 いくつかの属性に分かれたデータ

これは、年次、男女、年齢区分で分けられたデータである。この中から、条件に合致するデータを選び出すのは、データベースソフトの基本機能であるが、C.Analysis にはこのようなデータベース機能が不十分であった。そのため我々はグリッドエディタに手軽に利用できるデータ抽出機能を加えた。これと後に述べる基本統計の「自由記述集計」を合わせると数値データと文字列データに対してかなり強力なツールとなる。

以後、データは説明のしやすい図 2 の形式のものを用いる。

データ編集 データ抽出1.txt						
	地域	年収	支出	意見1	意見2	その他
1	市街	583	49	2	どちらとも	
2	市街	565	33	2	どちらとも	
3	郊外	508	32	1	どちらとも	
4	郊外	565	31	2	はい	
5	市街	594	57	2	どちらとも	
6	郊外	624	47	1	はい	良い考えだと...
7	市街	617	48	2	はい	
8	市街	458	53	2	どちらとも	
9	市街	754	62	2	はい	
10	郊外	667	53	2	はい	

図 2 サンプルデータ (データ抽出 1.txt)

グリッドエディタのメニュー「ツールーデータ出力・抽出ーデータ抽出」を選択すると、図 3 のような実行画面が表示される。

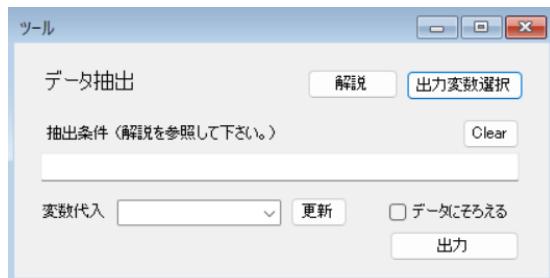


図 3 データ抽出実行画面

ここでは、まず「出力変数選択」ボタンをクリックして、抽出結果をグリッド出力する変数を選択する。次に「抽出条件」テキストボックスに条件式を記入する。変数名は'変数名'か'var番号'で記入する。簡単な例としては、「地域」が郊外で、年収が700万円以上のデータを抽出するには、以下のように設定する。

「'地域'=>郊外 & '年収'>=700」または、「var1=>郊外 & '年収'>=700」
 「地域」については左が変数名、右が変数番号を用いている。

抽出条件内で利用できる記号は以下の通りである。

数値データに対して : =, >, >=, <, <=, <>

文字列データに対して : =, <>

その他： [条件式] で数式の括弧と同じ機能、![条件式] で否定

これらの情報は、「解説」ボタンをクリックすると、図4のように表示される。

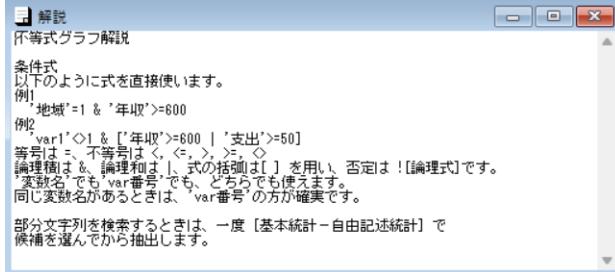


図4 解説

例として、上の条件式「'地域'=>郊外 & '年収'>=700」の結果を見てみよう。「抽出条件」テキストボックスに上の式を入力するが、その方法としては直接記入してもよいが、変数名は「変数代入」コンボボックスから変数を選択する方法もある。その他の記号は手で入力する。入力を終えて、「出力」ボタンをクリックすると図5のような抽出結果が表示される。

抽出結果 23件						
	地域	年収	支出	意見1	意見2	その他
▶ 14	郊外	723	45	2	いいえ	
20	郊外	739	61	1	どちらとも	
37	郊外	1024	74	2	どちらとも	
38	郊外	768	70	1	どちらとも	
40	郊外	706	50	1	いいえ	
49	郊外	718	45	2	どちらとも	
64	郊外	749	67	2	どちらとも	
78	郊外	1352	82	1	いいえ	
80	郊外	713	66	1	どちらとも	非常に良い...
103	郊外	1168	78	2	どちらとも	

図5 抽出結果

この場合は、出力変数選択としてすべての変数を選んでいる。

これまで文字列に対しては等しい場合のみの検索であったが、部分文字列の検索も可能になった。例えば、「'地域'>郊外」のような条件を用いる。文字列に対して「>または>=」は、左は右を含むという意味になる。また、「<または<=」は、右は左を含むである。数字を文字列として比較する場合は、文字列であることを強調する必要があり、「'地域'>'1」などのように先頭に「」を付ける。

図3の実行画面で「データにそろえる」チェックボックスにチェックを入れるとグリッ

ドエディタと同じレコードで選択されない部分は空欄にした結果が表示されるので、必要に応じて使い分ければよい。

次に、基本統計の自由記述集計との連携を考えてみよう。条件として、意見1が2、その他の自由記述の部分に「税」という言葉が含まれている行を抽出してみよう。データ抽出プログラムでは、自由記述からの抜き出し機能はないので、まずメニュー【分析－基本統計－自由記述集計】を選択し、図6の実行画面を表示する。



図6 自由記述集計

「変数選択」ボタンで「その他」を選択し、検索文字列に「税」と入力する。その後、下の群分け出力ボタンをクリックすると、データに図7のように列が追加され、条件に合致する行のところに1、その他のところには0が出力される。

	地域	年収	支出	意見1	意見2	その他	
12	郊外	578	28	2	どちらとも		0
13	郊外	592	13	2	どちらとも	税金が増え...	1
14	郊外	723	45	2	いいえ		0
15	市街	674	46	2	どちらとも		0
16	郊外	676	51	1	どちらとも		0
17	市街	676	58	1	はい		0
18	市街	659	55	2	どちらとも		0
19	市街	640	33	2	いいえ	もう少し住民...	0
20	郊外	739	61	1	どちらとも		0
21	市街	596	41	1	はい		0

図7 自由記述集計出力結果

ここで、「データ抽出条件」として「'意見1'=2 & 'var7'=1」をして、抽出データを出力すると、図8の抽出結果を得る。

	地域	年収	支出	意見1	意見2	その他	
▶ 13	郊外	592	13	2	どちらとも	税金が増え...	1
51	郊外	492	41	2	どちらとも	これ以上の...	1
153	郊外	654	56	2	どちらとも	税金の無駄...	1

図8 抽出結果

データ出力

このツールは前節の文字列結合と並んで重要である。これは元々変数の並べ替え用に作ったツールであったが、先頭列で群分けのデータを特殊な形式の群別データに変換する機能を追加することで非常に重要なツールとなった。また、データサイエンスの教師付き機械学習の設定ツールとしても重要である。サンプルデータを用いて機能を見てみよう。メニュー[ツールーデータ出力・抽出データ出力]を選択すると図 1 のような実行画面が表示される。



図 1 データ出力実行画面

例として利用するデータを図 2 に示す。

データ編集 テキスト9.txt					
	地域	年収	支出	意見1	意見2
▶ 1	1	583	49	2	3
2	1	565	33	2	3
3	2	508	32	1	3
4	2	565	31	2	1
5	1	594	57	2	3
6	2	624	47	1	1
7	1	617	48	2	1
8	1	458	53	2	3

図 2 データ (テキスト 9.txt)

ラジオボタン「選択変数出力」を選択した場合は、変数選択の際に変数とその順番を選ぶと、例えば図 3 のような出力結果となる。

選択出力結果			
	支出	年収	意見1
▶ 1	49	583	2
2	33	565	2
3	32	508	1
4	31	565	2
5	57	594	2
6	47	624	1
7	48	617	2

図 3 「群別データから」の出力

この出力データのレコード並びは、欠損値も含めて図 2 と同じものになっている。このデータはエディタの新しいページに貼り付けて使用することもできるし、そのままエディタの現在のページに上書きすることもできる。

「先頭列で分離」を用いて、地域、年収、支出を選択して、出力すると図 4 のような結果になる。ここでは、実行画面の「変数並び優先」チェックボックスにチェックを入れない場合と入れる場合を左右に並べて示す。

	地域1>年収	地域1>支出	地域2>年収	地域2>支出
1	583	49		
2	565	33		
3			508	32
4			565	31
5	594	57		
6			624	47
7	617	48		

	地域1>年収	地域2>年収	地域1>支出	地域2>支出
1	583		49	
2	565		33	
3		508		32
4		565		31
5	594		57	
6		624		47
7	617		48	

図 4 「先頭列で分離/分類」(分離) の出力

この結果は、地域 1 と地域 2 でデータが分離されている。この形式の利点は、これを群別データとして集計すると地域 1 と地域 2 の集計結果が求められる。さらに、多变量解析などでは、レコード単位のデータ除去を行うことから、このデータを含めて分析を実行すると地域 1 か地域 2 のデータだけの分析結果が得られる。

簡単な例として、地域別の支出と年収の回帰分析を求めてみよう（すでに機能としてはあるが）。図 4 で求めたグリッド出力の 1 列目と 2 列目をグリッド出力の「エディタ指定列追加」メニューを用いてエディタに追加出し、図 5 のようなデータを得る。

	地域	年収	支出	意見1	意見2	地域1>年収	地域2>年収
1	1	583	49	2	3	583	
2	1	565	33	2	3	565	
3	2	508	32	1	3		508
4	2	565	31	2	1		565
5	1	594	57	2	3	594	
6	2	624	47	1	1		624
7	1	617	48	2	1	617	

図 5 分離データの追加

ここで例えば、支出と地域:1>年収を選んで回帰分析にかけば、図 6 のように先頭列で群分けした結果と同じ結果を得る。

回帰分析 回帰分析結果	
目的変数	支出
説明変数	年収
データ数	94
支出 =	0.0880*年収-8.4339
寄与率	0.387
(重)相関係数	0.622
有意水準 α	0.05

回帰分析 回帰分析結果	
目的変数	支出
説明変数	地域:1>年収
データ数	94
支出 =	0.0880*地域:1>年収-8.4339
寄与率	0.387
(重)相関係数	0.622
有意水準 α	0.05

図 6 先頭列で群分けの結果（左）と分離データを用いた結果（右）

次に、分類をグリッドエディタの別ページにコピーして利用する場合は、「分類」チェックボックスにチェックを入れて出力する。この場合は「変数並び優先」チェックボックスにはチェックを入れない方がよい。結果を図 7 に示す。

	地域:1>年収	地域:1>支出	地域:2>年収	地域:2>支出
▶ 1	583	49	508	32
2	565	33	565	31
3	594	57	624	47
4	617	48	667	53
5	458	53	470	37
6	754	62	578	28
7	674	46	592	13

図 7 先頭列で分離/分類（分類）の出力

これは先頭列の「地域」が空欄でないデータについて、群別に分けて、詰めて表示したものである。全く新しいデータとして利用する場合に有効である。

次に、教師あり機械学習のデータを作る機能について説明する。教師あり機械学習では、1つのデータをトレーニングデータとテストデータにランダムに分け、トレーニングデータを使って分析を行い、その結果をテストデータで試して、信頼性を確認することが行われる。このデータを作成するためには「乱数分離/分類」ラジオボタンを選択する。後は先頭列に相当する部分が不要であることを除けば「先頭列で分離/分類」の場合と同じである。乱数は Seed を与える場合と全くランダムに与える場合が利用できる。変数選択で年収と支出を選び、「分類」にチェックを入れた場合の結果を図 8 に示す。

	年収_1	支出_1	年収_2	支出_2
▶ 1	583	49	508	32
2	565	33	565	31
3	594	57	624	47
4	617	48	667	53
5	458	53	470	37
6	754	62	578	28
7	674	46	592	13

図 8 乱数分離/分類（分類）

最後に、分離と分類の場合の欠損値の処理について説明しておく。先頭列で分離の場合、先頭列の変数が欠損値の場合、分類ができないので、すべての変数は欠損値として表示される。その他の場合は欠損値の有無にかかわらずそのまま分離される。先頭列で分類の場合、先頭列の変数が欠損値の場合、そのデータは除去される。その他の場合はそのまま分類される。乱数分離の場合、分離されないレコード（行）はないので、先頭列で分離/分類の先頭列にデータがある場合に準じて処理される。そのため、すべて欠損値のレコードがあってもそのまま欠損値として表示される。

データキー結合

複数のファイルなどに含まれるキーでつながったデータを、キーを元に 1 つのデータにつなげる作業を考える。しかし、C.Analysis では複数のファイルは扱えないで、データを、キー、複数データ、キー、複数データ、…の形に集めてから処理を行うこととする。これは R や Python などのコマンド系の統計ソフトに比べて弱いところである。

データの形式を図 1 に示す。



	key1	年収	key2	支出	key3	意見1	意見2
172	172	611	174	53	172	1	1
173	173	614	175	41	173	1	2
174	174	616	176	61	174	1	2
175	175	692	177	45	175	1	2
176	176	639	178	63	176	2	2
177	177	536	179	26	177	2	2
178	178	819	180	59	178	1	3
179	179	511	181	34	179	1	1
180	180	503	182	39	180	2	1
181		183	71			2	2

図 1 データ形式

これは、3つの群からなるデータで、それぞれの key に対して、変数が 1つ、1つ、2つと含まれている。図の下の方には欠損値が含まれている。これらの変数をすべて利用してもよいし、変数選択で選んで利用してもよい。

グリッドエディタから、メニュー [ツールーデータキー結合] を選択すると、図 2 のような処理の実行画面が表示される。

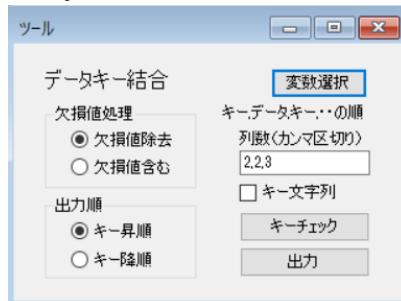
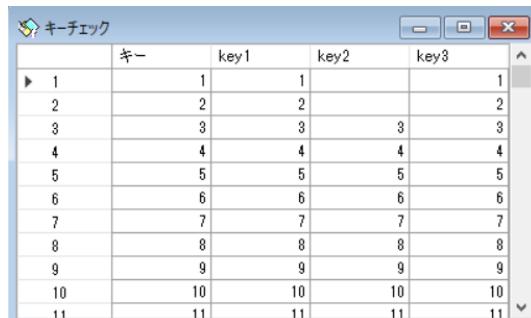


図 2 実行画面

すべての変数を選択すると、列数の指定はキー列も含めて、「2,2,3」となる。「キーチェック」ボタンは、キーの漏れや 2 重登録を調べるボタンである。クリックすると図 3 の結果を得る。



キー	key1	key2	key3
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11

図 3 キーチェック結果

左端の「キー」列は、選択した範囲で現れたすべてのキーである。それに対して 2 列目以降が個々のキーの対応である。

「出力」ボタンをクリックすると、設定に合わせて結果をグリッド出力で表示する。ここでは例として、「欠損値除去」の場合と「欠損値含む」の場合の結果をそれぞれ図 4a と図 4b に示す。

キー	年収	支出	意見1	意見2
1	3	508	49	2 3
2	4	565	33	2 1
3	5	594	32	2 3
4	6	624	31	1 1
5	7	617	57	2 1
6	8	458	47	2 3
7	9	754	48	2 1
8	10	667	53	2 1
9	11	470	62	1 1
10	12	578	53	2 3
11	13	549	37	2 3

図 4a 出力結果（欠損値除去）

キー	年収	支出	意見1	意見2
1	1	583	1	3
2	2	565	2	3
3	3	508	49	2 3
4	4	565	33	2 1
5	5	594	32	2 3
6	6	624	31	1 1
7	7	617	57	2 1
8	8	458	47	2 3
9	9	754	48	2 1
10	10	667	53	2 1
11	11	470	62	1 1

図 4b 出力結果（欠損値含む）

この場合、キーについては数字として取り扱っているが、文字列として取り扱うこともできる。「キー文字列」チェックボックスにチェックを入れ、欠損値除去の場合の結果を図 5 に示す。並びの違いが明らかである。

キー	年収	支出	意見1	意見2
1	10	667	53	2 1
2	100	582	41	2 3
3	101	664	39	1 3
4	102	580	51	1 3
5	103	1168	50	2 3
6	104	685	39	2 2
7	105	787	78	2 1
8	106	618	45	1 3
9	107	482	57	2 3
10	108	746	47	2 2
11	109	557	40	2 2

図 5 出力結果（キー文字列）

データチェック

卒論データなどを見ていると様々な入力ミスがある。これを素早く見つけるために作られたのがこのプログラムである。グリッドエディタのメニュー「ツール→データチェック」を選択すると、図 1 のような実行画面が表示される。

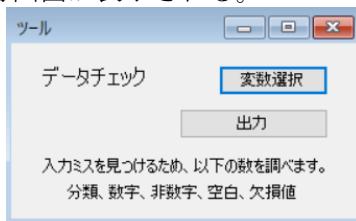


図 1 データチェック実行画面

使い方は変数選択をして、「出力」ボタンをクリックするだけである。結果は図 2 のように表示される。

	分類の数	数字の数	非数字の数	空白の数	欠損値の数
▶ 地域	2	200	0	0	0
年収	148	193	2	0	5
支出	60	199	1	0	0
意見1	2	195	0	0	5
意見2	3	198	0	0	2

図 2 出力結果 (データチェック.txt)

卒論データなどの入力ミスで最も多いのは、分類の打ち間違えである。それは分類の数で確認する。入力ミスが発見されたら、分割表などで確認する。また、見えない半角や全角の空白もときどき存在する。これらは、同じツールの「空白除去」機能で範囲を選択して一括消去する。また、欠損値に「*」、「-」、「0」などを入力する場合もあるが、これらの修正は置換処理で対応する。

データ 0/1 変換

重回帰分析や判別分析などに質的データを説明変数として加えるとき、一度 0/1 データに変換して投入する。例えば図 1 のようなデータについては、出席とアルバイトを図 2 の網掛けのような形式に変更する。

	大学成績	高校成績	勉強時間	出席	アルバイト
▶ 1	72	4.6	3.7	1	1
2	88	3.4	5.7	2	1
3	67	4.0	3.1	2	1
4	76	3.2	2.4	2	2
5	95	5.4	5.3	4	2
6	64	3.8	2.1	1	2
7	68	4.0	2.2	1	1
8	88	6.6	4.0	4	2
9	71	4.1	2.2	1	2
10	65	4.0	2.3	2	1

図 1 重回帰分析への質的データの投入

	大学成績	高校成績	勉強時間	出席	アルバイト	出席1	出席2	出席3	出席4	アルバイト1	アルバイト2
▶ 1	72	4.6	3.7	1	1	1	0	0	0	1	0
2	88	3.4	5.7	2	1	0	1	0	0	1	0
3	67	4.0	3.1	2	1	0	1	0	0	1	0
4	76	3.2	2.4	2	2	0	1	0	0	0	1
5	95	5.4	5.3	4	2	0	0	0	1	0	1
6	64	3.8	2.1	1	2	1	0	0	0	0	1
7	68	4.0	2.2	1	1	1	0	0	0	1	0
8	88	6.6	4.0	4	2	0	0	0	1	0	1
9	71	4.1	2.2	1	2	1	0	0	0	0	1
10	65	4.0	2.3	2	1	0	1	0	0	1	0

図 2 重回帰分析への質的データの投入形式

この中で例えば出席 1 とアルバイト 1 などを外して分析を実行するのが慣例である。この形式変換を実行するのが「データ 0/1 変換」ツールである。

また、Google Forms や Manaba のアンケートシステムなどを利用すると複数選択の問題の集計データで図 3 のように選択した項目がカンマ区切りで表示される。さらに、図 4 のような形のデータも考えられる。

データ編集 New Data

スポーツ・ゲーム

	趣味
1	スポーツ・ゲーム
2	音楽
3	音楽・ゲーム
4	読書・ゲーム
5	読書・スポーツ
6	読書
7	音楽・ゲーム
8	スポーツ・ゲーム
9	
10	読書・旅行

1/2 (1,1) 分析 備考

図 3 集計フォーム 1

データ編集 New Data

スポーツ

	趣味1	趣味2	趣味3
18			
19	旅行		
20	音楽		
21	旅行	ゲーム	その他
22			
23	読書		
24	読書	その他	
25	ゲーム		
26	読書	その他	
27	旅行		

2/2 (1,1) 分析 備考

図 4 集計フォーム 2

このようなデータもやはり「データ 0/1 変換」ツールによって、分析しやすい形式に変換できる。

メニュー [ツール→データ変換→データ 0/1 変換] を選択すると図 5 のような実行画面が表示される。

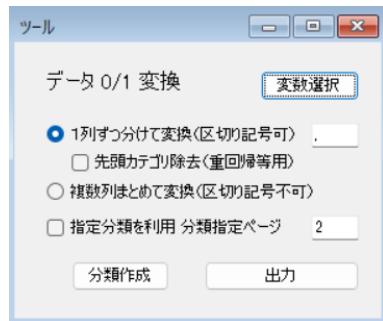


図 5 データ 0/1 変換実行画面

図 1 のようなデータの場合「1列ずつ分けて変換」ラジオボタンを選び、変数選択で出席とアルバイトを選択し、「出力」ボタンをクリックすると図 6 のような結果を得る。

The screenshot shows a software window titled "0/1変換結果" (0/1 Transformation Result). It contains a table with 10 rows and 6 columns. The columns are labeled "出席_1", "出席_2", "出席_3", "出席_4", "アルバイト_1", and "アルバイト_2". The rows are numbered 1 to 10. The data values are binary (0 or 1), representing attendance and part-time work status.

	出席_1	出席_2	出席_3	出席_4	アルバイト_1	アルバイト_2
▶	1	1	0	0	1	0
▶	2	0	1	0	1	0
▶	3	0	1	0	1	0
▶	4	0	1	0	0	1
▶	5	0	0	0	1	1
▶	6	1	0	0	0	1
▶	7	1	0	0	1	0
▶	8	0	0	0	0	1
▶	9	1	0	0	0	1
▶	10	0	1	0	1	0

図 6 出力結果

これをグリッド出力のメニュー [編集－エディタ全列追加] で図 2 のような形にする。

また図 3 のような形式のデータも同じで、「1 列ずつ分けて変換」ラジオボタンを選び、趣味の変数を選択して「実行」ボタンをクリックする。但し、区切り記号が異なる場合は、ラジオボタンの後ろのテキストボックスに異なる区切り記号を記入する。結果は図 7 のようになる。

The screenshot shows a software window titled "0/1変換結果" (0/1 Transformation Result). It contains a table with 10 rows and 7 columns. The columns are labeled "趣味_ゲーム", "趣味_スポー", "趣味_その他", "趣味_音楽", "趣味_読書", and "趣味_旅行". The rows are numbered 1 to 10. The data values are binary (0 or 1), representing various hobbies.

	趣味_ゲーム	趣味_spo	趣味_その他	趣味_音楽	趣味_読書	趣味_旅行
▶	1	1	0	0	0	0
▶	2	0	0	0	0	0
▶	3	1	0	0	0	0
▶	4	1	0	0	0	0
▶	5	0	1	0	0	0
▶	6	0	0	0	0	1
▶	7	1	0	0	1	0
▶	8	1	1	0	0	0
▶	9	0	0	0	0	1
▶	10	0	0	0	1	1

図 7 出力結果

さらに、図 4 のような形式の場合、「複数列まとめて変換」ラジオボタンを選択し、変数はこの場合すべてを選択する。結果は図 7 とほぼ同じである。ここで、どれも選択肢を選んでいない場合、回答は欠損値扱いとなるが、もしすべて 0 に埋めたいならば、ツールの置換を使って空欄を 0 に変えればよい。

これらの分類を複数列に渡って抽出する機能もある。変数選択で項目を抽出したい列（区切り文字利用可能）をすべて指定し、「分類作成」ボタンをクリックすると図 8 の分類名が抽出される。

The screenshot shows a software window titled "分類" (Category). It contains a table with 6 rows and 2 columns. The columns are labeled "分類名" (Category Name). The rows are numbered 1 to 6. The category names listed are "ゲーム", "スポーツ", "その他", "音楽", "読書", and "旅行".

	分類名
▶	1 ゲーム
▶	2 スポーツ
▶	3 その他
▶	4 音楽
▶	5 読書
▶	6 旅行

図 8 分類名の抽出

この結果をエディタの最後のページに追加して指定分類として利用することもできる。図 5 の「指定分類を利用」チェックボックスにチェックを入れ、この分類名をコピーしたページ番号を入力して前と同様の方法で「出力」ボタンをクリックすると指定された分類名に基づく 0/1 データが表示される。分類名には必要な他の分類を追加してもよい。

3. テキストエディタ

テキストエディタは、グリッドエディタへの入力の補助として利用されることが多い。図 1 にテキストエディタの画面を示す。



図 1 テキストエディタ

テキストエディタには表 1 のようなメニューがある。

表 1 テキストエディタのメニュー

メニュー	サブメニュー
ファイル	新規作成, 開く, 上書き保存, 名前を付けて保存／ページ設定, 印刷／終了
編集	全コピー／切り取り, コピー, 貼り付け／検索
ツール	検索／CSV to Grid, TabSV to Grid

最後の 2 つはカンマ区切りとタブ区切りのファイルを Grid 形式に変換するツールである。これは複数のテキストファイルから必要な情報を切り出し、それを 1 つにまとめて前章 10 節のキーによるデータキー結合の元ファイルを作るときなどに利用することを想定している。Grid 形式に出力するとグリッドエディタに取り込むことが容易になる。この他に、テキストボックスで標準に利用できるショートカットキーなども利用できる。

テキストエディタの利用法を、後に述べる OR の中の線形計画法を元に説明する。図 2 は線形計画法の分析画面である。「テキストエディタ」ボタンで、図 1 のテキストエディタを表示し、図 3 のように線形計画問題の式を入力する。

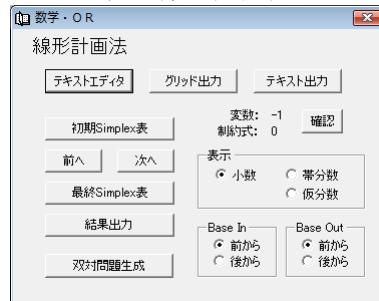


図 2 線形計画法実行画面



図 3 テキスト入力画面

分析画面の「グリッド出力」ボタンをクリックすると、図 4 のように式がグリッド形式に変換され、グリッドエディタに出力される。

	x1	x2		
▶	5	6		MAX
	1	3	\leq	60
	3	4	\leq	100
	2	1	\leq	50

図 4 グリッド出力

計算はこの式を元に実行される。また、図 4 の形式から、図 3 のテキスト形式にも「テキスト出力」ボタンで変換可能である。テキストエディタは、多目的線形計画法の数式入力や、フラクタルビューア 2D・3D などのプログラム入力に使われるが、詳細な説明はそれぞれのソフトの解説箇所に譲る。

[【動画 g171030_1.mp4】](#)

4. グラフィックエディタ

4.1 グラフィックエディタの概要

グラフィックエディタを作成するに当たり、以下のような基本仕様を考えた。

1. 画面は箱型や橢円形の図形（以後これをボックスと総称する）とその間に引かれた関係を表す直線や曲線（以後これをラインと総称する）で構成される。
2. ラインは方向性を持つものと持たないものがある。
3. 分析手法に応じてボックスやラインの形を変える。
4. データはできるだけ簡略化し、グリッド（表）エディタと1対1で変換できる。

これまで我々が取り扱ってきた分析において、分析の元となるデータと関係する図（階層構造図）はすべて1～3の枠組みに収まる。また4.は共分散構造分析において1つのデータに複数の構造モデルを対応させるために考えたもので、グリッドエディタに元データと一緒にグラフィックデータを保存することにより、ファイルの増加を抑え、ファイル管理を容易にする。

グラフィックエディタはピクチャーボックスとその上にある文字列編集用のテキストボックスからなる。テキストボックスは必要なとき以外には見えなくなっている。ピクチャーボックス上に描かれた図形は、ボックスの座標位置だけを管理しており、ラインについては始点と終点のボックスの番号から描画の際に求める。テキストボックスはボックスやラインの名前や値を変更する場合のみ利用される。

システムとして見た場合のグラフィックエディタの位置づけは、データの階層構造入力を補助し、階層構造出力をより分りやすく表示するためのツールである。階層構造の多くは数学的に行列で表されるので、グラフィックエディタで表される図形は位置情報を持った行列データである。そのためグリッドエディタと1対1の対応関係にすることが可能である。テキストエディタでもこの互換性を意識しており、線形計画法や多目的線形計画法では実行画面を介してグリッドエディタと対応関係にある。一部を除いて、分析の中心はあくまでグリッドエディタのデータ形式で、グラフィックエディタやテキストエディタはその補助である。図1にシステムのサブルーチン構造の概要を示す。

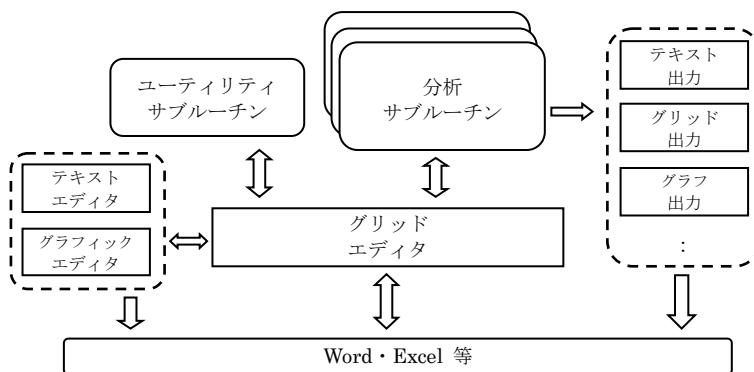


図1 College Analysis のサブルーチン構造

データの入力用として、グリッドエディタ、テキストエディタ、グラフィックエディタがあり、出力用には、グリッド出力、テキスト出力、グラフ出力、グラフィックエディタ、ピクチャー出力、3D ビューアがある。グラフィックエディタは、入力用としても、出力用としても利用される。

グラフ出力とグラフィックエディタの違いは、前者が単なる画像であるのに比べて、グラフィックエディタはマウスで移動可能な図形要素の集まりである。グラフ出力は表示される Window のサイズによって伸縮可能であるが、グラフィックエディタには、図形要素を追加していく可能性があることから、伸縮機能は付けていない。

4.2 グラフィックエディタの利用法と利用例

ここではグラフィックエディタの基本的な利用法を初期設定画面のサンプルをもとに説明する。図 1 に初期設定画面の描画例を示す。

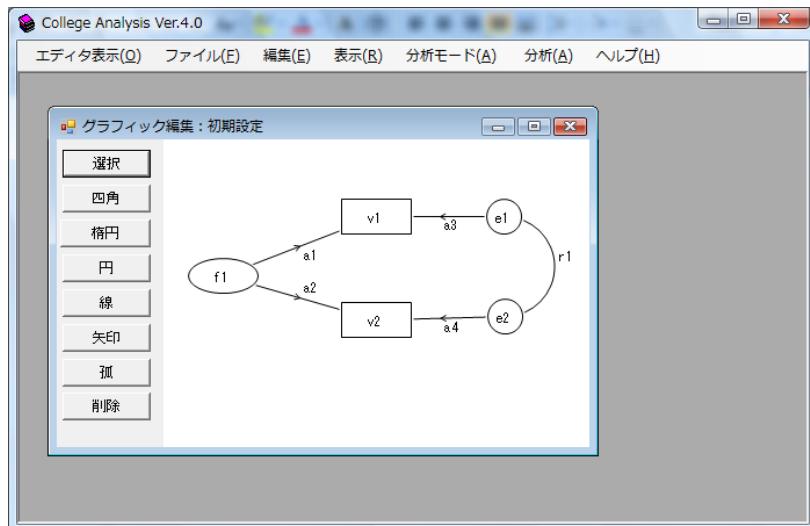


図 1 初期画面描画例

グラフィックエディタは、左側のボタンと上のメニューbaruとピクチャーボックスからなる。描画は左側のコマンドボタンを選んでそれぞれの描画モードを決め、画面上をクリックする。四角、楕円、円の大きさや形は予め決定されている。ボックスやライン上をダブルクリックするとテキストボックスが現れ、文字列を変更できるようになるが、文字列の長さに応じてボックスの大きさは自動調整される。矢印はコマンドボタンを選んで、ボックスからボックスへマウスをドラッグさせて引く。ボックスをドラッグすると移動するが、それに伴って矢印も再描画される。選択・移動モードのとき、ボックスを囲むようにドラッグすると、複数のボックスが選択でき（赤色表示）、それらをまとめて移動させることもできる。操作に失敗した場合も最大 10 回は元に戻せる。これらの処理は一般的な画像ソフトと似ているので、何度か試せば特に戸惑うことはないであろう。

[【動画 g171030_2.mp4】](#)

共分散構造分析

以後は具体的に各分析について実行結果を示しながら特徴的な部分を説明する。メニュー「分析－多変量解析等－共分散構造分析」を選択すると図 2 のような実行画面が表示される。「グラフィックエディタ」コマンドボタンでグラフィックエディタを表示させ、構造図を描いたものが図 2b である。メニュー「エディタ表示－グラフィックエディタ」を選択した後、メニュー「分析モード－共分散構造分析」を選んでも同じ処理ができる。

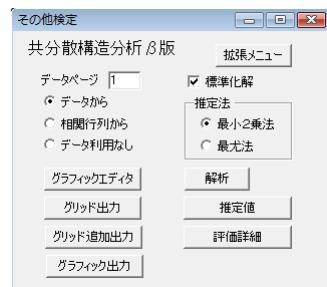


図 2a 共分散構造分析実行画面

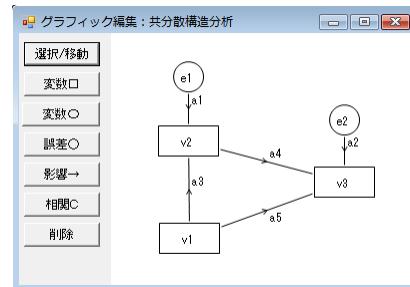


図 2b 構造図

ボックスの種類には観測・構造変数を与える四角、潜在・構造変数を与える楕円、潜在・誤差変数を与える円があり、ラインには影響を与える矢印と相関を与える円弧がある。このデータを「グリッド出力」コマンドボタンでグリッドへ貼り付けると図 2c のようになる。グラフィックエディタのメニュー「編集－グリッド出力」を使っても同じ処理ができる。また、「グリッド追加出力」コマンドボタンやメニュー【編集－グリッド追加出力】でグリッドエディタの最終頁にデータを追加することもできる。

データ編集 共分散構造分析1 (解答).txt												
e2	e3	v1	v2	v3	種類	順番	Left	Top	Width	Height	Value	
			a4;22;3;1;0...		12	3	70	32	30	30	0	
e2				a5;22;4;2;0...	12	4	323	131	30	30	0	
e3			a1;22;0;0;1...	a3;22;2;0;2...	1	0	53	187	60	30	0	
v1			a2;22;1;1;2...		1	1	54	97	60	30	0	
v2				a2;22;1;1;2...	1	2	199	131	60	30	0	
v3												

図 2c グラフィックデータのグリッドへの貼り付け

変数名（ボックス名）の v1, v2, v3 は図 2d のグリッドエディタにある観測変数のデータ名と一致させている。構造データの画面でメニューの「解析」ボタンをクリックした後、「推定値」ボタンをクリックすると図 2b の矢印に相当するパラメータ名が推定値に変更されて図 2e のように表示される。

データ編集 共分散構造分析1 (解答).txt		
v1	v2	v3
47.9	46.7	47.4
45.7	54.1	54.9
38.5	54.3	50.7
45.7	50.2	63.3
49.3	61.2	79.4
53.1	63.9	70.1
52.1	59.6	49.3
32.2	34.4	48.9
...

図 2d 観測変数の実測値

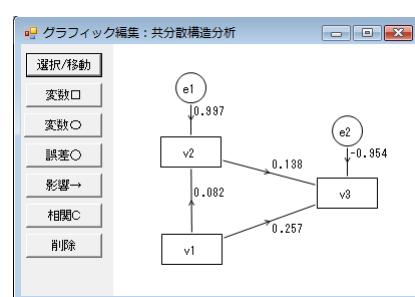


図 2e パラメータ推定値

図 2e は、推定値がラインの value 変数に代入され、メニュー「表示－パラメータ値」のパラメータ表示モードに自動的に変更されたものである。共分散構造分析ではこのようにしてグラフィックエディタが利用される。

[【動画 g171031_1.mp4】](#)

ISM

ISM (Interpretive Structure Modeling) では構造図の出力に利用される。実行画面画面は図 3a で与えられる。各種の構造図は右側のボタンで表示される。例えば相互到達可能な要素をひとまとめにした構造図（我々はこれを縮約構造図と呼ぶ）は図 3b のように表される。

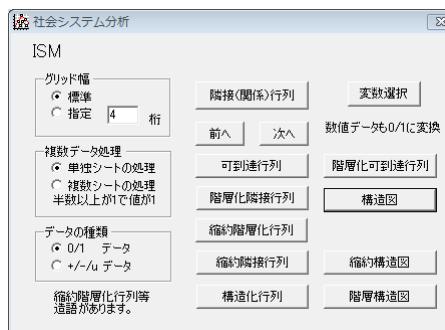


図 3a ISM 実行画面

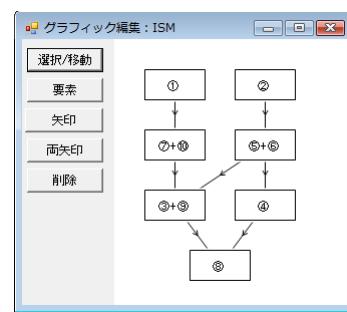


図 3b 縮約構造図

ボックスには要素を与える四角があり、ラインには一方の影響を与える矢印と相互の影響を与える両方向矢印がある。図 3b は見た目に分り易く表示された例であるが、例えばすべての隣接的な影響を描く構造図の場合などは図 3c のようにボックスが重なって表示される場合がある。このようなときは利用者の判断でボックスを移動させて図 3d のように分り易くしておく必要がある。ラインは自動的についてくるのでこれは特に困難ではない。必要であれば分り易く配置した時点でグリッドに保存しておく。

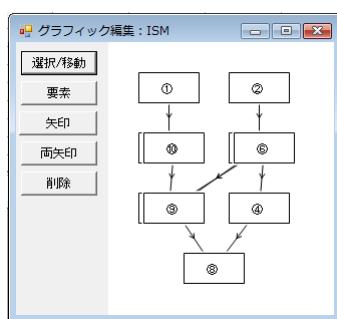


図 3c 出力された構造図

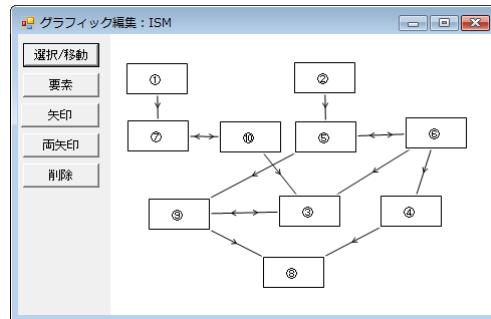


図 3d 整理された構造図

今の段階では出力された状態はあまり分り易くないが、表示のアルゴリズムの改良によって整理された形に近づけられる可能性がある。

AHP

階層的意思決定手法である AHP (Analytic Hierarchy Process) のメニュー画面は図 4a である。階層構造を表す構造図のデータはグリッドエディタからでもグラフィックエディタからでも入力できる。グラフィックエディタのデータは、実行画面の「グリッド出力」ボタンからでも、グラフィックエディタのメニュー「編集—グリッド出力」からでもグリッドエディタに出力可能であるが、変数の表示順が実行画面からだと階層順、グラフィックエディタのメニューからだと変数名昇順となる。

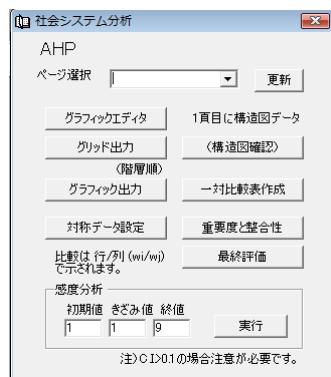


図 4a AHP 実行画面

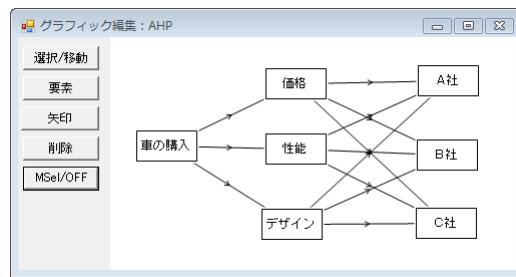


図 4b 構造図入力

この分析におけるグラフィックエディタのボタンの特徴は「MSel/OFF」ボタンで、これをクリックすると他のボタンは利用不可能になり、ボタン名も「MSel/ON」となる。これは一度に複数の矢印を引くモードで、例えば、価格、性能、デザインボックスを複数選択し、車の購入ボックスをクリックすれば、後者から前者 3 つに矢印が引かれる。再度「MSel/ON」ボタンをクリックすると通常モードに戻る。ただ分析を実行するという観点からは、グラフィックエディタを使って入力するより、直接グリッドエディタを用いた方が効率的かも知れない。

[【動画 g171031_2.mp4】](#)

デシジョンツリー

デシジョンツリーは多段階意思決定手法を分り易く図に表現したもので、複数の意思決定によって確率の期待値を求める方法である。この分析手法はまず図を描くのが大変であるので、グラフィックエディタは非常に役に立つ。実行画面を図 5a に示すが、大変シンプルなものである。グラフィックエディタを用いて図を描き、グリッドエディタに取り込み、「グラフィック表示」ボタンをクリックした画面が図 5b である。

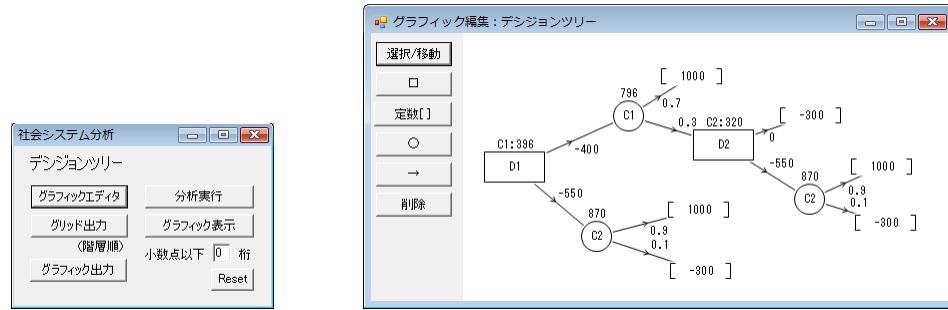


図 5a 実行画面

図 5b デシジョンツリー結果画面

図 5b で与えられる [] の中の数値は利得と呼ばれるが、これも一つのボックスである。また、四角や円のボックスの上に数値などが付いているが、これもデシジョンツリー用の Value 値のついたボックスである。

PERT

スケジュール管理に使われる基本的な手法である PERT を学ぶ際には、アローダイアグラムの作成が一番難しい。現在開発中のプログラムのメニュー画面とそのデータをそれぞれ図 6a、図 6b に示す。図 6b の中では作業名、先行作業、所要日数が利用され、実行画面の「アローダイアグラム」ボタンで結果が表示されるが、表示のアルゴリズムの検討が不十分なため、ISM のときと同様の手直しが必要である。

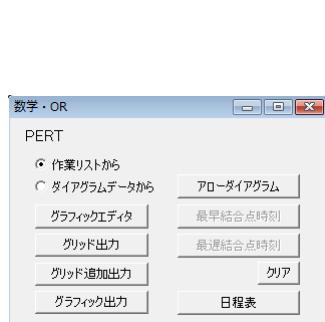


図 6a PERT 実行画面

作業名	先行作業	所要日数	作業内容
1		7	設計
2	A	3	地盤工事
3	B	5	基礎工事
4	D	6	建材調達
5	E	3	屋根工事
6	C/D	6	外壁・防水...
7	G	4	床面工事
8	H	5	内装工事
9	I	3	ガス・水道工...
10	J	2	電気工事
11	F/G	10	仕上工事

図 6b PERT 用データ

自動出力された図のノード（円形のボックス）の位置を動かし、手直しをした画面が図 6c である。

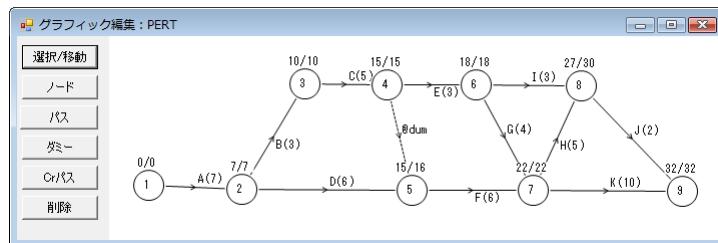


図 6c PERT 図結果画面

矢印の名前の括弧内の値はラインの Value である。また、ノードの上にある分数表示は、

分子のところが最早結合点時刻と呼ばれ、次の仕事を始められる最早の時刻で、分母のところは最遅結合点時刻と呼ばれ、いつまで次の仕事を待てるかを表す時刻である。この分数形式もノードの Value である。Value の型を文字列型にしたのはこのような場合に対応させるためである。

特性要因図

品質管理の七つ道具の 1 つである特性要因図（フィッシュボーン図）はこれまでのボックスをラインで結ぶものとは違った形となっている。図 7a に品質管理の実行画面を、図 7b に特性要因図の入力画面を示す。

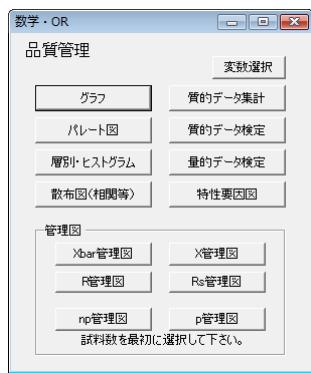


図 7a 品質管理実行画面

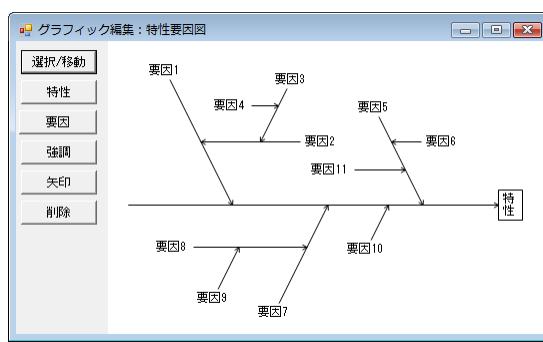


図 7b 特性要因図入力画面

特性要因図はボックスをラインで直接結ぶ形ではないが、ラインの傾きとその開始点、終了点となるボックスが決まっているため、それらのボックスの位置とボックスとラインの次数（階層）だけでラインの先頭座標は計算できる。このことから、ボックスとラインの次数をそれぞれの Value に保存しておけば、データ構造は我々のグラフィックエディタの枠内に収まる。ラインを描画する際に再帰処理を使って座標を求めるため、通常の描画より時間がかかるが、実際の作業上は全く問題にならない。ラインは、最初に描く特性ボックス（右端）以外、ボックスからラインにマウスをドラッグすることで描画する。

[【動画 g171031_3.mp4】](#)

グラフィックエディタには図 8 のように、図形の色や線の太さを変える機能や要素を強調表示する機能、コメントを付け足す機能がある。しかし、コメントと言っても、描画の要素であるので、分析をするときには消して使わなければならない。今後、もっと使い易くなるよう、改良して行かなければならない。

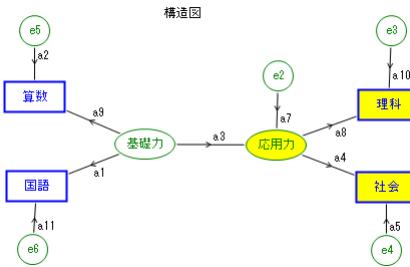


図 8 グラフィックエディタの加工

[【動画 g171031_4.mp4】](#)

以上我々のプログラムでのグラフィックエディタの利用例であるが、これら以外にも多くの利用法が考えられ、我々のシステムには欠かせないツールとなった。

4.3 グラフィックエディタの構造【資料】

ここは概要と重なる部分があるが、開発資料として残しておく。

グラフィックエディタの2つの要素であるボックスとラインは図1aと図1bのようなデータ構造体で表される（変数名は実際のプログラムとは異なる）。

```

Structure BoxData
    Dim mode As Integer      ' ボックスの種類
    Dim name As String        ' 名前 (表示文字列)
    Dim left As Single        ' 左端の x 座標
    Dim top As Single         ' 左端の y 座標
    Dim width As Single       ' 幅
    Dim height As Single      ' 高さ
    Dim value As String       ' ボックスに付属する値
End Structure
Dim bdata() as BoxData      ' ボックスデータの配列

```

図 1a ボックスのデータ構造

```

Structure LineData
    Dim mode As Integer      ' ラインの種類
    Dim name As String        ' 名前 (表示文字列)
    Dim start As Integer      ' 開始点のボックスの配列番号
    Dim dest As Integer        ' 終了点のボックスの配列番号
    Dim value As String       ' ラインに付属する値
End Structure
Dim ldata() as LineData     ' ラインデータの配列

```

図 1b ラインのデータ構造

ボックスとラインの種類は固有の番号で与えられる。ボックスの名前は長い文字列として使われる場合があるので、ボックスの種類によっては改行記号を「&」として複数行の指定が可能なようになっている。またそれぞれに付属する値は、数値の場合もあれば、分数のような表記もあるので文字列型にしている。ラインデータは開始点と終了点がボックスの番号

だけで指定されており、グラフィック座標の値は持っていない。

グラフィックエディタの内部でのデータ構造は図 1 の形であるが、データをグリッドエディタに保存する場合は、表 1 の行列形式で保存される。

表 1 グリッドエディタへのデータの保存

	名前	...	名前	種類	順番	Left	Top	Width	Height	Value
名前				1	0	120	20	60	30	0
.	.	(ラインデータは開始点の行、終了点の列の位置に) 名前；種類； 番号；開始点；終了点； 値 (の形で入力)
名前				11	19	625	595	60	30	0

網かけの部分が、ラインデータを保存する部分であり、その他のところにボックスデータを保存する。図 1 のデータ形式と表 1 のデータ形式を入れ替えることによって、グラフィックエディタとグリッドエディタでデータの相互変換を行う。

グラフィックエディタには多くの図形が登録できるが、現在のシステムでは図形の登録番号があまりシステム化されていない。当初、1~9 を四角形、11~19 を橢円と円、21~29 を矢印と直線、31~39 を円弧と規定していたが、矢印などは予想よりも多く、かなりの部分を使っている。そのため特性要因図などには別の数値を当てはめており、登録番号の管理がくずれている。また表示スピードも予想以上であるので、もっと多くの図形を考えることも可能となった。著者らはこれらの番号を 100 番単位に置き換えるように拡張して行く予定であるが、どのような図形が必要になるのか十分に吟味する必要がある。今後新しい図形を登録しながら、よりシステム化された番号の登録法を考えて行きたい。

5. 出力

College Analysis の出力には、グリッド出力、テキスト出力、グラフ出力、グラフィックエディタ、ピクチャビューア、3D ビューアがある。ここではこれらの画面と主な機能について紹介する。

5.1 グリッド出力

グリッド出力は、最も一般的な出力である。図 1 にその例を示す。

度数分布表 年収					
	度数	相対度数(%)	累積度数	累積相対度数(%)	
▶ 200<=x<400	1	0.5	1	0.5	
400<=x<600	85	42.5	86	43	
600<=x<800	103	51.5	189	94.5	
800<=x<1000	5	2.5	194	97	
1000<=x<1200	3	1.5	197	98.5	
1200<=x<1400	2	1	199	99.5	
1400<=x<1600	1	0.5	200	100	

図 1 グリッド出力

グリッド出力はメニューを持っているが、表 1 にそれを示す。

表 1 グリッド出力のメニュー

メニュー	サブメニュー
ファイル	名前を付けて保存／ページ設定、印刷／終了
編集	全コピー、コピー／行列交換、エディタ貼り付け、エディタ列追加、エディタ頁追加
表示	書式、グリッド幅

メニューは殆どグリッドエディタのメニューに含まれるものだが、「編集」メニューの「エディタ貼付」、「エディタ列追加」、「エディタ頁追加」はグリッド出力だけの機能である。「エディタ貼付」はデータをそのままグリッドエディタの現在のページに貼り付け、「エディタ頁追加」はグリッドエディタに新しいページを追加し、データをそのまま貼り付ける。「エディタ列追加」は、グリッドエディタの現在のページの最終列に、出力結果を追加して貼り付ける。その際行名は省略される。これは例えば分析で得た因子得点などをデータとして活用したい場合などに用いる。

【動画 g171101_1.mp4】

「書式」は選択したセルの表示桁数を変更する機能である。実行画面を図 2 に示す。

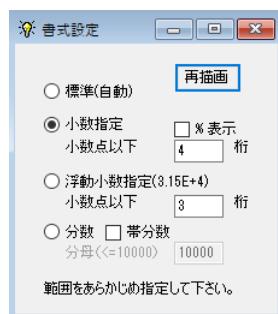


図 2 書式設定実行画面

設定できるセルと、場合によって桁がある程度確定していて設定できないセルがある。「グリッド幅」は、選択したセルの幅を設定するメニューである。

5.2 テキスト出力

テキスト出力多くの分析に利用されている。図 1 にその例を示す。

■ 基本統計量の計算結果	
基本統計量	
変数名	年収
データ数	200
最小値	356,0000
最大値	1432,0000
平均値	630,7650
中央値	612,5000
レンジ	1076,0000
分散	19142,1898
標準偏差	138,3553
不偏分散	19238,3817
標準偏差	138,7025
下限	2,8575
上限	11,0833

図 1 テキスト出力

テキスト出力にはテキストエディタが利用されている。テキストエディタには表 2.1 のようなメニューがある。

表 1 テキストエディタのメニュー

メニュー	サブメニュー
ファイル	名前を付けて保存／ページ設定, 印刷／終了
編集	全コピー, 切り取り, コピー, 貼り付け

テキストエディタではこれまで表示桁数が変えられなかつたが、実行画面の中にある「テキスト小数点桁数」メニューで指定して、再度結果を表示することにより、必要な部分の桁数を変更できるようにした。

5.3 グラフ出力

グラフ出力多くの分析から汎用的に利用される出力形式である。グラフ出力には、多くのグラフを描くプログラムが含まれており、新しいグラフが必要になると、番号を付けて追加している。これまで登録されたグラフは以下の通りである。

1. 散布図
2. デンドログラム
3. AHP 構造図
4. ヒストグラム
5. 棒グラフ
6. 積重ね棒グラフ
7. 折れ線グラフ
8. 円グラフ
9. 横棒グラフ
10. 積重ね横棒グラフ
11. 関数グラフ
12. 待ち行列グラフ
13. 横帯グラフ
14. 3D 棒グラフ
15. 多重散布図
16. 横折れ線グラフ
17. パレート図
18. QC 管理図
19. 2変量関数グラフ
20. レーダーチャート
21. 箱ひげ図
22. トルネードチャート
23. 2次元パラメータ関数グラフ
24. 2次元パラメータ関数グラフ
25. 離散ヒストグラム
26. 誤差付き棒グラフ
27. 誤差付き折れ線グラフ
28. 離散密度分布
29. 局所回帰分析散布図

30. 局所重回帰分析実測/予測散布図 31. フォレストプロット
 32. Kaplan-Meier 折れ線グラフ 33. x 軸フリー折れ線グラフ
 34. 2 値折れ線グラフ (y 軸が左右)

図 1 にグラフ出力の例を示す。

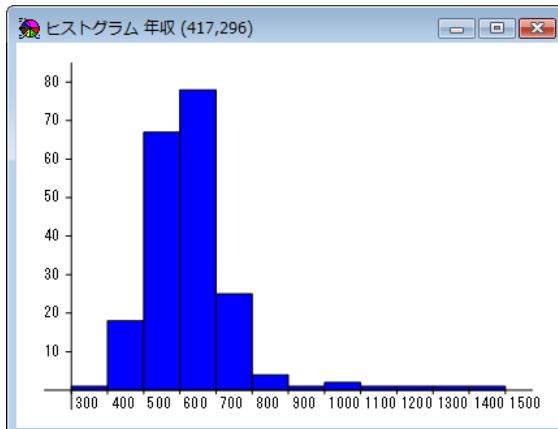


図 1 グラフ出力

グラフ出力には表 1 のようなメニューがある。

表 1 グラフ出力のメニュー

メニュー	サブメニュー
ファイル	名前を付けて保存／ページ設定, 印刷／終了
編集	画面コピー／項目名変更, データ・凡例名変更, 項目名位置変更／データ表示
設定	%表示 [ON/OFF], データラベル [ON/OFF], データポイント [ON/OFF], 凡例 [ON/OFF], 回帰直線(近似曲線) [ON/OFF], ヒストグラム正規曲線 [ON/Off], 正規橙円半径(非表示, σ , 1.5σ , 2σ), x 軸文字縦書き [ON/OFF], 補助軸 [ON/OFF]／軸設定, 文字サイズ・色設定
追加	文字追加, ポイント追加, 削除, 追加終了

メニュー「ファイル」のサブメニュー「名前を付けて保存」は、ビットマップ、gif、jpeg 形式の中から選んで保存する。

メニュー「編集」の「画面コピー」は、表示されたグラフをクリップボードにコピーし、他のソフトに貼り付けられるようとする。「項目名変更」は、グラフに渡すデータの行名の変更である。例えば、棒グラフでは横軸の項目名、円グラフでは分割領域の項目名である。「データ・凡例名変更」はグラフに渡すデータの列名の変更である。積み重ね棒グラフでは凡例名である。「項目名位置変更」は、円グラフの文字位置を変えるためのものである。これらは、すべてのグラフで使えるというものではない。サブメニュー「データ表示」はグラフを描くためのデータがグリッド出力で表示される。Excel 等でもっときれいなグラフを描きたい場合には便利な機能である。

メニュー「設定」の中のサブメニューは様々なグラフで使える機能の集合体である。その

中で、グラフで共通に使える機能として、グラフの文字サイズと色の設定機能がある。

グラフ自身の文字サイズや、グラフの配色はグラフメニューの「設定－文字サイズ・色設定」を選択することによって、変更可能である。その実行画面を図2に示す。



図2 グラフの文字サイズ・色設定

グラフに塗られる色は、予め指定された19種類の色パターンの中から選ばれる。但し、各色パターンの中には16種類の色が配置されており、その中の選択（クリック）された色番号から順番に塗られて行く。15番の次は0番であり、最初に選択されている番号は9番である。その他の「設定」機能については、グラフによって使えないものもあり、各自で試してみてることをお勧めする。

最後に「追加」機能であるが、我々はこれまで凝ったグラフはExcelにデータを渡して描くように考えてきた。しかし、分析を多く組み込むようになると、Excelでは作れない独自のグラフも作るようになり、グラフのタイトルや軸の名前などを付加する機能を追加する必要が生じてきた。そこで我々はグラフィックエディタの手法を用い、グラフに文字列を追加して表示する機能を加えた。また、タイトルを大きくする必要から、追加した文字列の大きさと色を設定できるようにした。また、ある位置を指し示す必要があるので、○印のポイントを描く機能も追加した。まだ機能的には弱いが、これによって独自のグラフが論文などで使えるようになったと考える。

独自のグラフに文字列を追加した例として図3に生存時間分析のKaplan-Meierグラフとメタ分析のフォレストプロットを示す。

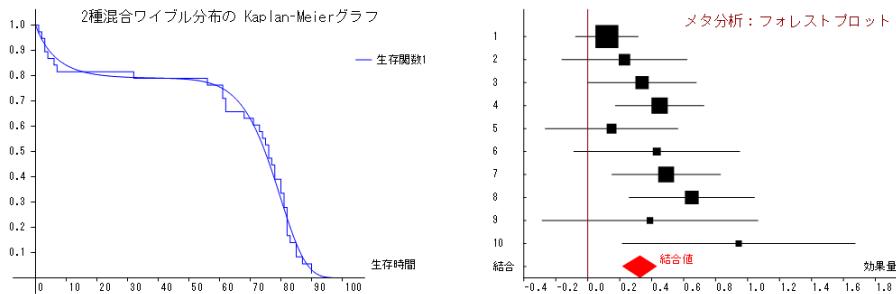


図3 文字列追加とサイズ変更の例

ここで元のグラフに文字やポイントを書き込むには、グラフのメニュー「追加－文字追加」や「追加－ポイント追加」を選択し、挿入したい場所をクリックする。文字やポイントの位

置はマウスで自由に動かせ、文字のサイズや色、ポイントの色は、文字やポイントの上で右クリックすることにより、図 4 のような実行画面が表示され、変更することが可能になる。



図 4 挿入文字列のサイズと色の設定画面

5.4 グラフィックエディタ

グラフィックエディタは、データ作成用だけでなく、構造図出力用としても利用される。図 1 は意思決定手法 ISM の構造図の出力例である。

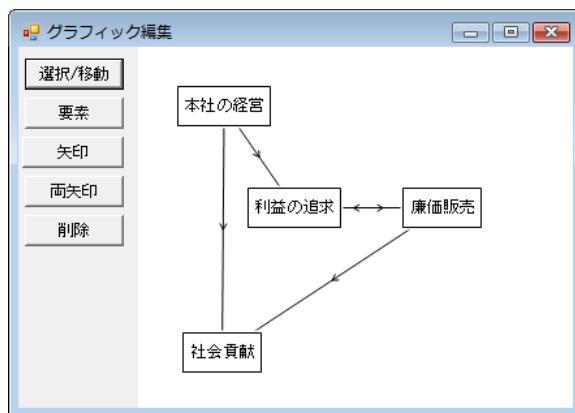


図 1 グラフィックエディタ

これについては前節で詳しく述べたので、ここでは省略する。

5.5 ピクチャビューア

ピクチャビューアは、グラフではなく、むしろ絵や写真を表示するための出力である。図 1 にフラクタルビューア 2D で作られたピクチャビューア表示の例を示す。図の名前はマンデルブロ集合である。

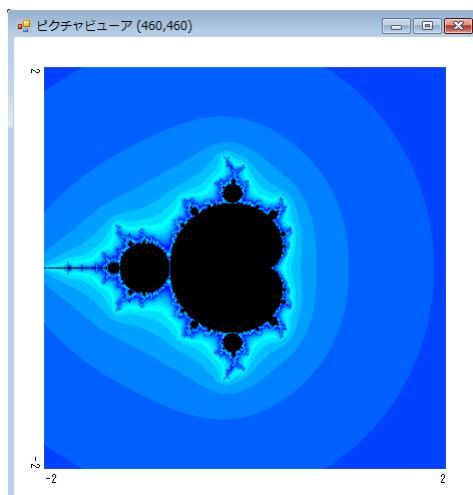


図 1 ピクチャビューア

ピクチャビューアには、名前を付けて保存と画面コピーの機能しかない。画像は、ビットマップ、gif、jpeg 形式から選んで保存できる。

5.6 3D ビューア

3D ビューアは 3 次元図形表示用に開発されたビューアで、多くのプログラムから利用されている。図 1 に使用例を示す。

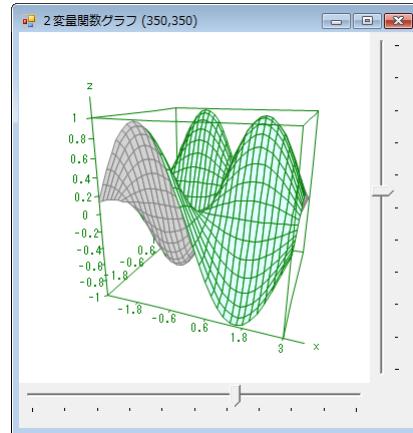


図 1 3D ビューア

3D ビューアには多くのメニューがあるので、次章で詳しく説明する。

6. 3Dビューア

6.1 3Dビューアの概要

この節では3Dビューアのデータ構造と動作について、2変量関数グラフのデータを元に説明する。2変量関数グラフから3Dビューアを用いて $z = \sin(x) + \cos(y)$ のグラフを描くと初期画面は図1のようになる。

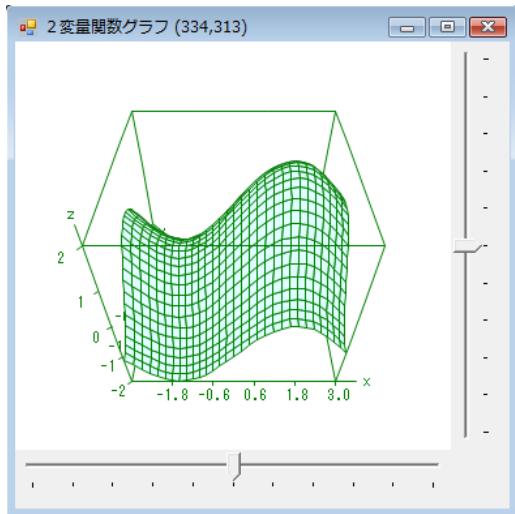


図1 2変量関数グラフの出力画面

この画面上でマウスをドラッグすると、図2や図3のような別角度からの図が見られる。

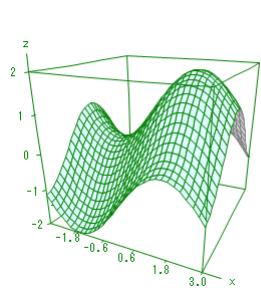


図2 2変量関数グラフ別角度1

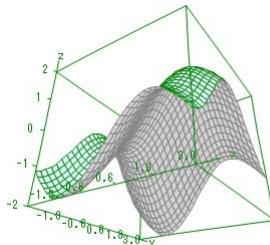


図3 2変量関数グラフ別角度2

マウスの左ボタンを押して上下に動かすと、物体の中心周りにz軸を前後に傾けることができ、左右に動かすと、z方向周りの回転となる。マウスの右ボタンを押して左右に動かすとy方向周りの回転で、上下に動かすとx方向周りの回転となる。通常は左ボタンだけですべての角度から図形を眺められる。これ以外にマウスのホイールによって図までの距離を変えることができる。極端に近づけると図の中まで入り、向こう側へ通り抜けることもできる。ただ常に図の中心に近付くので、図の上と右のスライダーによって図を上下左右に移動してもよい。

次に3Dビューアのメニューについて説明する。メニューは、保存などの「ファイル」、コピーなどの「編集」の他に、特徴的なものは「表示」、「色」、「アクション」である。「表示」のメニューを図4に示す。

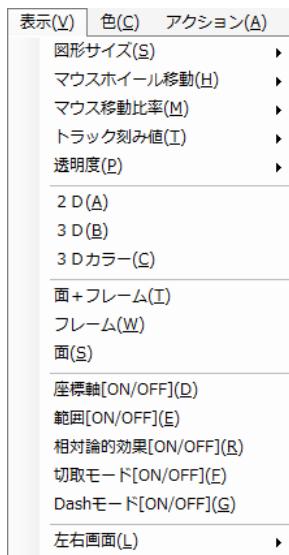


図4 「表示」メニュー

この中で「图形サイズ」は最初に表示される图形の大きさを示す。图形の描画3次元空間は仮想的に $1000 \times 1000 \times 1000$ のサイズであり、その中の图形のサイズ（最大軸方向）を与える。標準は 700 である。

「マウスホイール移動」は1回の操作音で近づく图形の距離（仮想的な空間での距離は表示される数値にホイール移動量の 120 をかけたものである）を与える。

「切取モード[ON/OFF]」については、画面に近づいて行った際に、ある距離を超えた時点で、面や線を非表示にする機能である。これは丁度、雑誌などで見る内部図解のように、部分的に切り取って内部が見えるような感じになる。

「Dash モード」については、立体图形の後ろの線を点線に変える機能である。但し、凸图形に対しては正しく表示されるが、凹凸のある图形では、面の表面と裏面の機能を利用しているため、正しく表示されるとは限らない。

「相対論的効果」については、物体が光速に近いスピードで動くときの見え方をシミュレートするもので、教育・科学の部に章を設けて解説している。

次に「2D」、「3D」、「3D カラー」であるが、「2D」は通常の表示である。「3D」はモノクロの3D表示である。これは2枚のビットマップ上に左目用の画像と右目用の画像をシアノと赤で描画してこれを合成する。最後に「3D カラー」のアナグリフは图形の立体感だけでなく、色までも合成してしまう人間の脳の能力を活かした方法である。まず左目用の画面から赤成分を取り除き、青と緑の成分だけ残す。次に右目用の画像から青と緑の成分を取り除き、赤成分だけを残す。それらを点ごとに重ね合わせると、色を感じる「3D カラー」のアナグリフが出来上がる。但し、これは1点ずつ処理を行うので、画面が大きくなると画素数に応じて图形描画のスピードはかなり落ちる。これら3つの方式はパソコンの性能や用途に応じて使い分ける必要がある。3つの方式は描画の状態を保持したまま、メニューによって切り替えることができる。紙面上では3Dに見えないが、3つの方式で表した画像を

図 5a、図 5b、図 5c に示す。

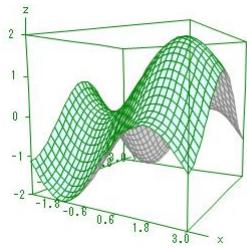


図 5a 2D 形式

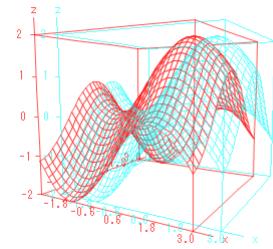


図 5b 3D 形式

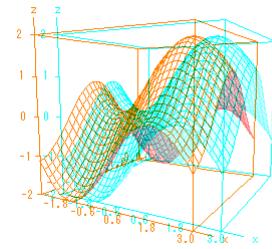


図 5c 3D カラー形式

図 4 の「表示」メニューで「面+フレーム」、「フレーム」、「面」は、上で述べた面とフレームの表示・非表示を決める。図 6a、図 6b、図 6c にそれぞれの形式の画面を示す。

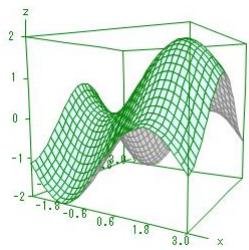


図 6a 面+フレーム表示

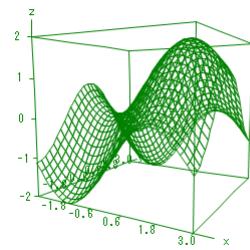


図 6b フレーム表示

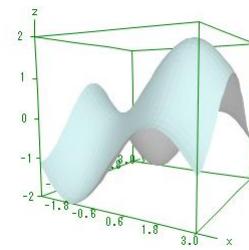


図 6c 面表示

2D の場合と同様に 3D カラー表示ではすべての場合があるが、3D 表示では面表示がない。

図 6c で見るように、平面には裏表があり、面の角度によって陰影があるが、これは描画要素の微小平面表向きに法線ベクトルを考え、その向きによって表裏を決め、その z 方向との角度によって、色に濃淡を付けている。

図 4 のメニューで、「座標軸[ON/OFF]」は座標軸の表示・非表示のモード変更である。また、「範囲[ON/OFF]」は座標軸上に数値を描くかわりに、右上に座標軸の最小値と最大値を表示するモード変更である。図 7 に座標軸の非表示画面、図 8 に範囲の表示画面を示す。

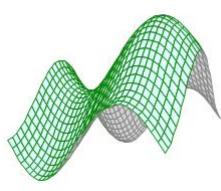


図 7 座標軸の非表示

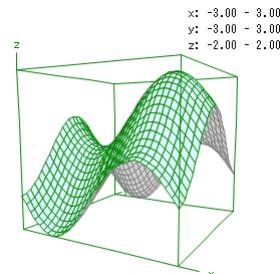


図 8 範囲の表示

このようなグラフでは座標軸を非表示にすることはないが、一般の 3D モデルの描画では、

軸を描かないことが一般的である。

図4のメニューの一番下の「左右画面」には5つのサブメニューがあり、これらは左右の目の画像を別々に表示する機能である。これらは2D表示では違いがない。3D表示では、左目用と右目用で図9a（シアン）と図9b（赤）のようになる。但し表示位置を明らかにするために、図形に枠を付けている。

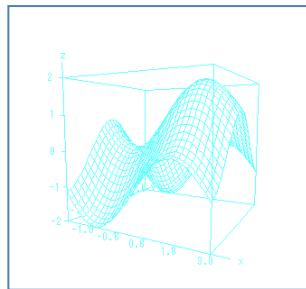


図9a 3D表示左目用（シアン）

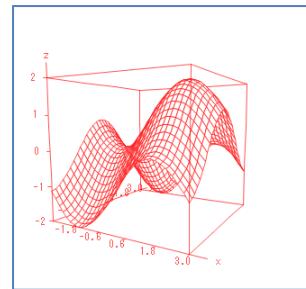


図9b 3D表示右目用（赤）

3Dカラー表示では、左目用と右目用ではそのままの色で図10aと図10bのように表示される。

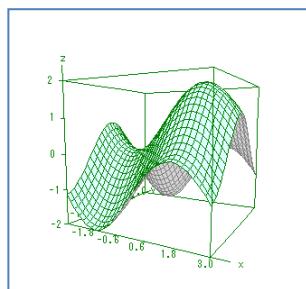


図10a 3Dカラー表示左目用

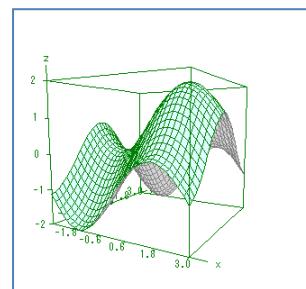


図10b 3Dカラー表示右目用

3Dカラー表示で、左目用カラーと右目用カラーでは、色を合成する前の赤とシアンの画面を（紙面では分りにくいと思われるが）図11aと図11bに表示する。

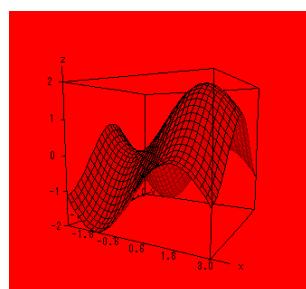


図11a 3Dカラー表示左目用カラー

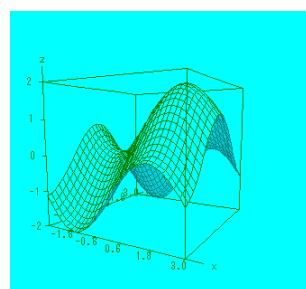


図11b 3Dカラー表示右目用カラー

「色」メニューについては、図12のようになる。

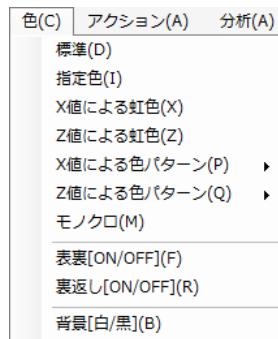


図 12 色メニュー

元の 2D 表示で、「標準」、「Z 値による虹色」、「指定色」メニューを選択すると、図 13a、図 13b、図 13c のように表示される。「指定色」は元のプログラムで指定された色で表面を色付けし、それを暗くした色で裏面を色付けしている。

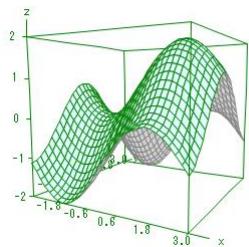


図 13a 標準

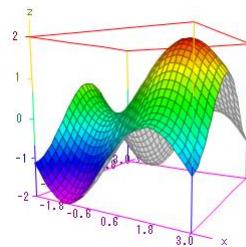


図 13b Z 値による虹色

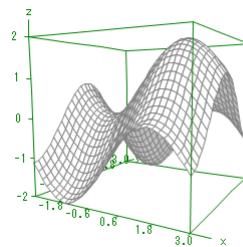


図 13c 指定色

もちろんこれらの色付けに対して、表示メニューで与えた設定は有効である。

図 12 の色メニューの「表裏[ON/OFF]」は、図形描画の際の表裏の差をなくすモードへの切り替えである。また、「背景[白/黒]」は、図形描画の背景色の白と黒の切り替えである。図 14 に虹色モードでの裏表なし、図 15 に虹色モードでの背景黒の画面を示す。

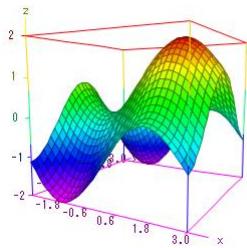


図 14 裏表なし

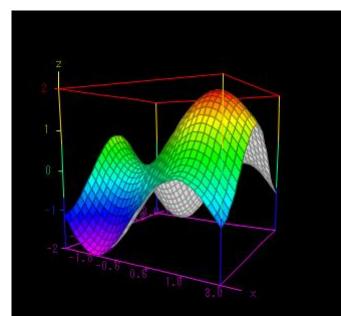


図 15 背景黒

その他のメニューについては実際選んでもらえば理解できる。

最後に図 16 の「アクション」メニューについて説明する。

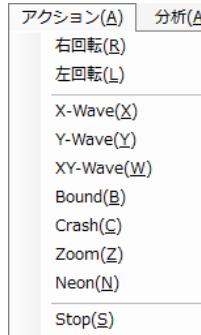


図 16 アクションメニュー

アクションメニューは、回転を除き、動きを楽しむメニューであり、何かの役に立つというものではない。人間の目は動きがあるとより立体感を感じる傾向があるらしく、「右回転」や「左回転」メニューを使って図形を連続的に回転させると、2Dでも3Dでもより図形の形を認識し易くなる。「X-Wave」、「Y-Wave」、「XY-Wave」は図 17a に見るようそれぞれの方向へ図形がゆれ、「Bound」は図形がゴムのように z 方向に伸び縮みする。「Crash」は図 17b のように図形の各要素がばらばらになり、また元に戻る。「Zoom」は急激な前後への移動で、3Dの効果を高める。最後に「Neon」は現在設定されている色パターンで、流れるように図形を塗り替える。

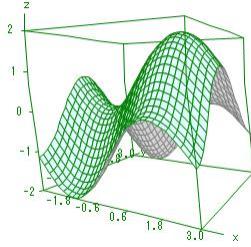


図 17a X-Wave

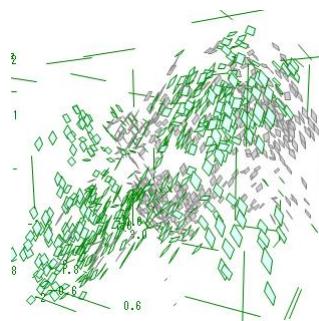


図 17b Crash

これらはグラフの効果としては何の意味もないが、純粋に楽しんでもらいたい。

6.2 3Dビューアの利用

この章では3Dビューアを利用するプログラムの概略を紹介して、全体像を明らかにするが、各節の詳細はプログラムの完成度が上がった時点で別に報告する。

2変量関数グラフ

3Dビューアを利用するプログラムの中で最初に取り組んだものが2変量関数グラフである。このようなグラフを表示するプログラムは多く存在するが、我々は完全に自由な方向と距離からグラフを見る能够性を目標とした。図1にメニュー画面を示す。



図 1 2 变量関数グラフ画面

基本的な利用法は、数式のテキストボックスに例で与えられるような数式を書き込み、「グラフ描画」ボタンをクリックするだけである。このグラフの描画結果は2章の例になっていく。また、このプログラムは図2のように、テキストボックスに書かれた複数の数式を同時にグラフ化できる。また、グラフの停留点（極大、極小、鞍点、変曲点など）を求めることもでき、x-y座標を指定して接平面の式を求めることもできる。これらの機能を利用すると図3のように指定された点の接平面を描くこともできる。機能の詳細については別に説明する。

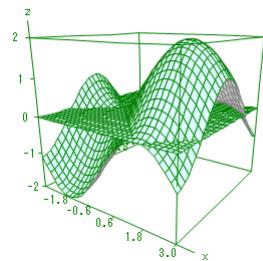


図 2 複数グラフの表示 1

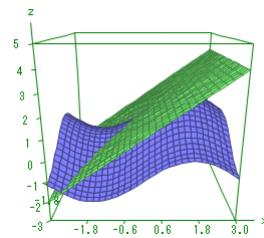


図 3 複数グラフの表示 2

3Dモデルビューア

これは3Dで与えられたデータから、立体図形を描画する基本的なプログラムである。しかし、現在は描画ツールがないため、有効活用はされていない。メニューも現在は図4に与えられる単純なもので、既存のデータを用いて図5や図6のようなグラフィックモデルを表示する。

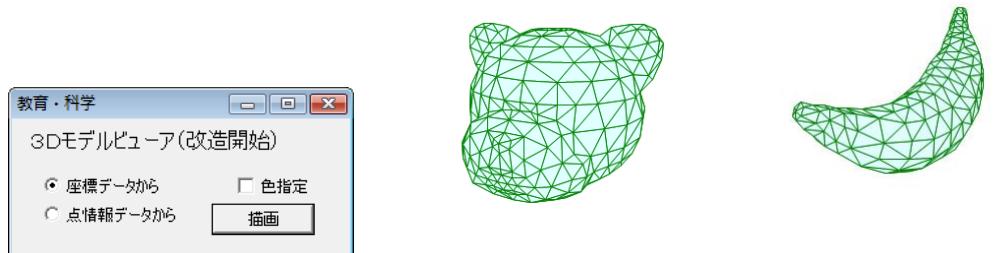


図4 3Dモデルビューア画面

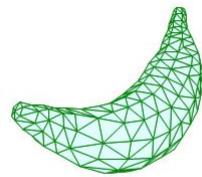
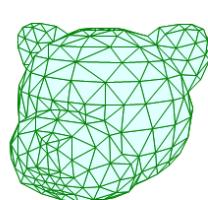


図5 サンプル1

図6 サンプル2

このプログラムでは今後、複数のモデルを組み合わせて表示し、それらを自由に動かせるようにして行きたい。3Dビューアの作成の際には大いに利用したが、まだ始めたばかりで今後に大きな変更が予定されているプログラムである。

3Dグラフ

これはよく利用される3次元グラフを表示するプログラムである。現在は棒グラフと散布図だけである。メニューも図7に示すように非常に簡単である。実行結果の3D棒グラフを図8に、3D散布図を図9に示す。



図7 3Dグラフ画面

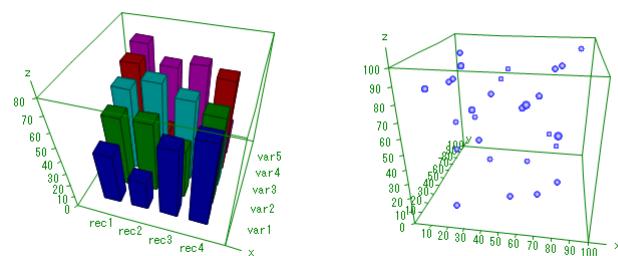


図8 3D棒グラフ

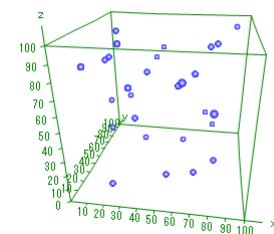


図9 3D散布図

このグラフには軸目盛間隔の設定などの基本的な機能が欠けている部分があり、今後機能追加とグラフの種類の充実が必要である。これからのプログラムである。

フラクタルビューア3D

3Dビューアを利用してこれまであまり目にしていない図形を表示する題材としてフラクタルは大変興味深い。フラクタルを表示する方法は多く存在するが、ここでは反復関数を用いる方法と再帰的方法を取り上げた。フラクタルビューア3Dの実行画面を図10に示す。

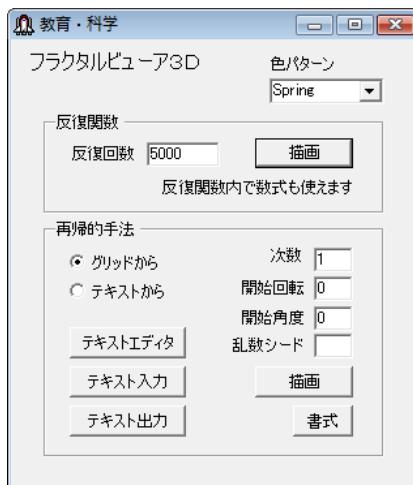


図 10 フラクタルビューア 3D画面

図 11 のような写像行列と定数及び、それを採用する確率のデータを与えて、反復関数の「描画」ボタンをクリックすると、図 12 のような 3 次元ギャスケットが表示される。

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		1	1	1	
	0.25	0.5	0	0	0
		0	0.5	0	0
		0	0	0.5	0
	0.25	0.5	0	0	60
		0	0.5	0	0
		0	0	0.5	0
	0.25	0.5	0	0	30
		0	0.5	0	60
		0	0	0.5	0
	0.25	0.5	0	0	30
		0	0.5	0	30
		0	0	0.5	60
		0	0	0.5	60

図 11 反復関数のデータ



図 12 反復関数による描画

また、図 13 のような、フラクタル記述言語（テキストエディタでも利用可能）を用いて、再帰処理の手続きを記述し、再帰的手法の「描画」ボタンをクリックすると、「次数」テキストボックスで与えられた次数のフラクタルが表示される。図 14 は次数 1, 2, 3 の結果で、図 15 のサンプル 1 は次数 7 の結果である。図 16、図 17 はその他のサンプルであるが、後者は反復関数のサンプルの再帰処理版である。

▶	go	0.4
	separate	
	turn	-30
	frac	0.6
	return	
	rotate	60
	turn	30
	frac	0.6
	return	
	rotate	-60
	turn	30
	frac	0.6
	return	

図 13 再帰的手法のデータ



図 14 再帰的手法の描画過程



図 15 サンプル 1

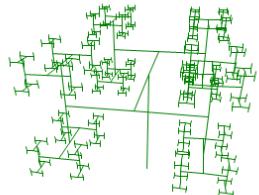


図 16 サンプル 2

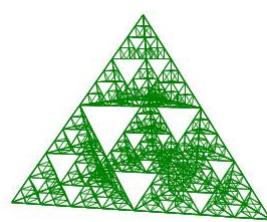


図 17 サンプル 3

カオスビューア

フラクタルと関係の深いカオスの画像を見るためのプログラムがカオスビューアである。ここでは3次元の微分方程式を用いたカオスのアトラクタを表示する際に3Dビューアが利用される。カオスビューアの実行画面を図18に示す。これは現在開発を進めているが、現段階では図19のローレンツ写像のアトラクタと図20のレスラー写像のアトラクタを「アトラクタ」ボタンをクリックすることで見ることができる。これらのアトラクタがどのような過程で作られるかを示す動画を、アトラクタを表示した後「過程」ボタンをクリックすることで見ることができる。

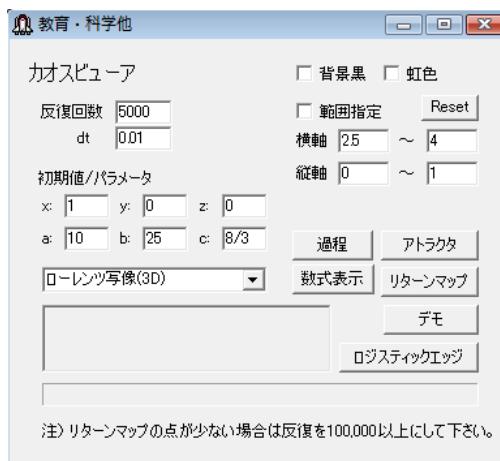


図 18 カオスビューア画面

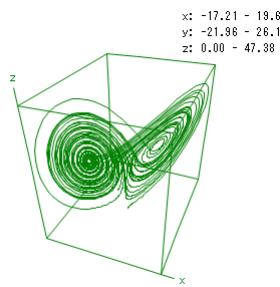


図 19 ローレンツアトラクタ

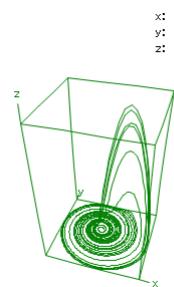


図 20 レスラーアトラクタ

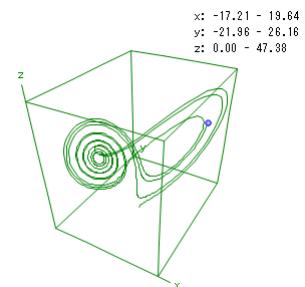


図 21 実行過程表示

くるくるエディット

これは後に述べるおもしろグラフのデータを作るために作成した中心軸周りの回転図形を描くプログラムである。図 22 にその実行画面を示す。左側の「ポイント」や「ライン」ボタンを選択して図形を描き、「図形描画」ボタンをクリックすると、左端の線を回転軸として、ラインの色を面の色とした図 23 のような回転図形を描く。「回転分割」を多く取つて、フレームを取り去るときれいなグラフィック図形となる。くるくるエディットのデータは「グリッドへ」ボタンでグリッドに移して保存する。その際、後のおもしろグラフで利用するために、ページに図形を表す「どら焼き」などの名前を付けておくとよい。

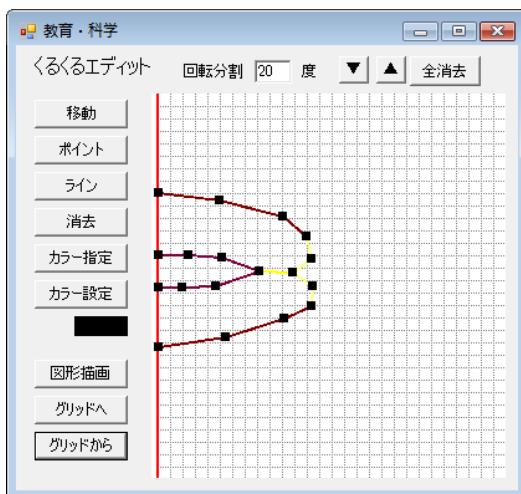


図 22 くるくるエディット画面

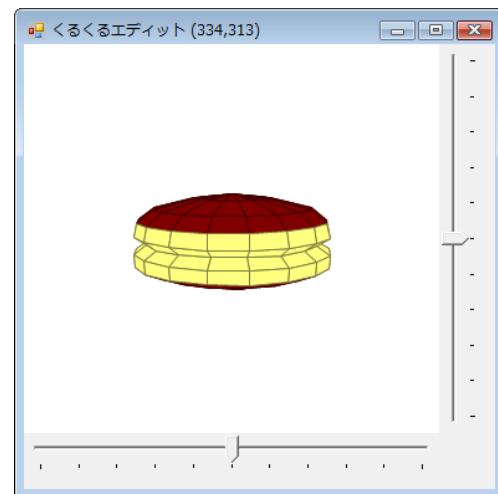


図 23 くるくるエディット実行結果

おもしろグラフ

おもしろグラフは統計グラフとしては殆ど役に立たないが、楽しめるグラフである。現在、種類は棒グラフ、折れ線グラフ、円（パイ）グラフに対応して、どら焼き棒グラフ、ヘビ線グラフ、アップルパイグラフの 3 種類である。実行画面を図 24 に示す。どら焼き棒グラフのグラフィックデータは、モデルデータからでもくるくるエディットで作られたデータからでもよい。また、アップルパイグラフのグラフィックデータはくるくるエディットのデータを利用する。ラジオボタンで利用するモデルの種類を選択し、「読み記憶」ボタンでデータファイルを指定して、データを読み込む。その後、グラフデータのファイルを開き、「変数選択」で利用する変数を選択する。グラフの種類を選択して、「描画」ボタンをクリックするとグラフが表示される。図 25 から図 27b まではそれぞれのサンプルである。特にヘビ線グラフとアップルパイグラフでは、最初表示されるのは図 26a と図 27a であり、グラフのように見えるが、図形を回転させるとヘビや回転物体がよく見えてくるという、だまし絵のようになっている。

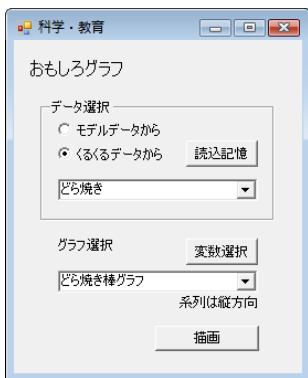


図 24 おもしろグラフ画面

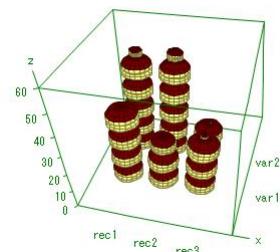


図 25 どら焼き棒グラフ

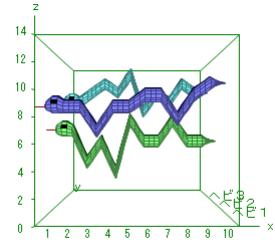


図 26a ヘビ線グラフ 1

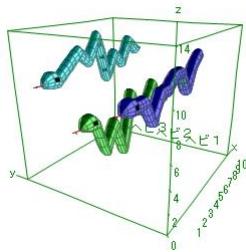
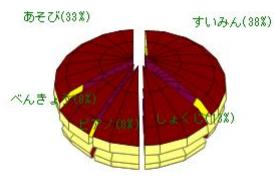
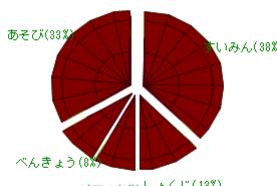


図 26b ヘビ線グラフ 2 図 27a アップルパイグラフ 1 図 27b アップルパイグラフ 2



6.3 ファイルの入出力

3Dビューアのファイル入出力にはこれまで画像出力しかなかったが、グラフィック画像のデータ入出力を追加した。データの形式は、College Analysis の標準のグリッドエディタの形式と最近3Dプリンタの画像形式として利用されている STL 形式である。STL 形式にはテキスト形式とバイナリ形式があるが、我々のプログラムでは、入力はテキスト形式とバイナリ形式の自動判別、出力はテキスト形式のみとしている。最近インターネット上では博物館等からも STL 形式の画像が積極的に公開されており、この形式の入出力は College Analysis の世界を拡げる上で興味深いである。

STL 画像データには色の情報がないので、読み込む際に何らかの色付けの機能が欲しい。そのために、既存の3Dモデルビューアを開いて、そこに追加した「カラー設定」ボタンで色付けを行うことにした。図 3 にボタンを追加した3Dモデルビューアの実行画面を示す。今は色を黄色に設定している。

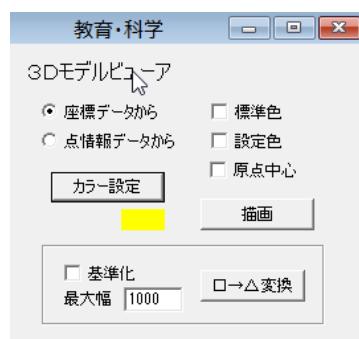


図3 3Dモデルビューア画面

この色でデータを読み込んだものが図4である。但し、背景は黒に設定し直している。

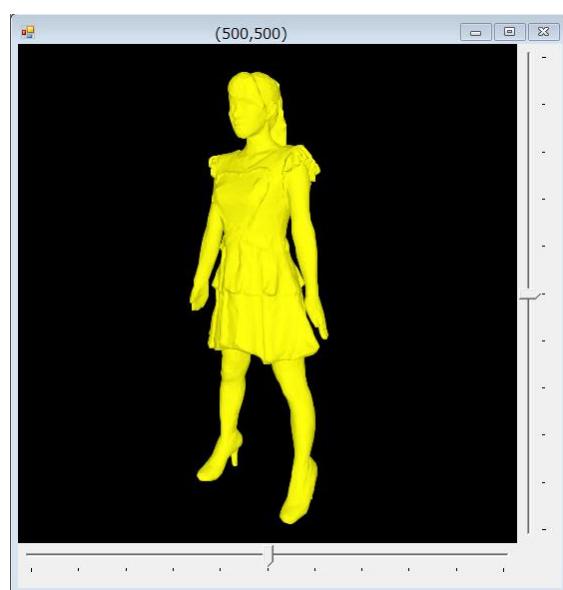


図4 STL形式のあ～ちゃんスキャン像

この読み込みに合わせて、画像の質感を、ソフト、中間、ハードと3種類で表現できる機能をプログラムに追加している。図4は中間で、デフォルトはソフトである。

6.3 3Dビューアの構造【Skip OK】

この節では3Dビューアのデータ構造と動作について、2変量関数グラフのデータを元に詳細に説明する。2変量関数グラフから3Dビューアを用いて $z = \sin(x) + \cos(y)$ のグラフを描くと初期画面は図1のようになる。

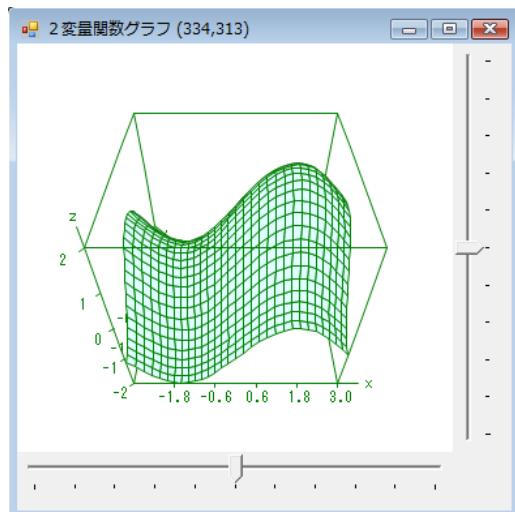


図1 2変量関数グラフの出力画面

この画面上でマウスをドラッグすると、図2や図3のような別角度からの図が見られる。

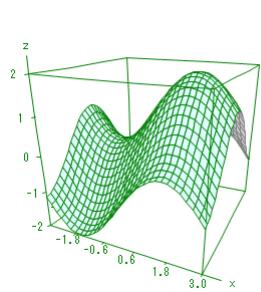


図2 2変量関数グラフ別角度1

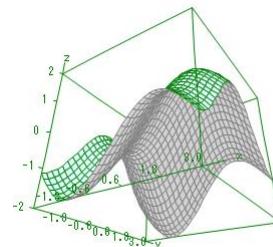


図3 2変量関数グラフ別角度2

マウスの左ボタンを押して上下に動かすと、物体の中心周りにz軸を前後に傾けることができ、左右に動かすと、z方向周りの回転となる。マウスの右ボタンを押して左右に動かすとy方向周りの回転で、上下に動かすとx方向周りの回転となる。通常は左ボタンだけですべての角度から図形を眺められる。これ以外にマウスのホイールによって図までの距離を変えることができる。極端に近づけると図の中まで入り、向こう側へ通り抜けることもできる。ただ常に図の中心に近付くので、図の上と右のスライダーによって図を上下左右に移動してもよい。

図は実際の大きさに関係なく、初期画面では、常に中心を真ん中にして、画面内に適当な大きさで表示される。それ以降の移動によっては当然画面からはみ出すこともある。図は表示される対象によって、3Dモデルのようにすべての軸が同一単位で表示されたり、3Dグラフのように軸の縮尺が違って表示されることがある。この2変量関数の場合は後者である。

次に3Dビューアのメニューについて説明する。メニューは、保存などの「ファイル」、コピーなどの「編集」の他に、特徴的なものは「表示」、「色」、「アクション」である。「表示」のメニューを図4に示す。

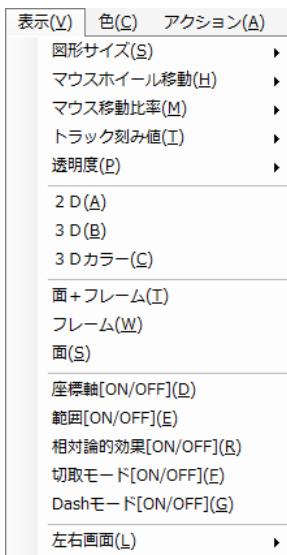


図4 「表示」メニュー

この中で「图形サイズ」は最初に表示される图形の大きさを示す。图形の描画3次元空間は仮想的に $1000 \times 1000 \times 1000$ のサイズであり、その中の图形のサイズ（最大軸方向）を与える。標準は 700 である。

「マウスホイール移動」は1回の操作で近づく图形の距離（仮想的な空間での距離は表示される数値にホイール移動量の 120 をかけたものである）を与える。

ここで少し仮想空間の取り方について説明しておく。图形は先に述べた通り $(0, 0, -500)$ の点を中心に「图形サイズ」で指定される大きさで表示されている。初期の視点は z 軸方向 1500 であり、图形が投影される面は $z = 500$ の位置の 1000×1000 の大きさの平面である。ビューアに表示される画像は、視点と物体の点を結ぶ直線がこの平面と交わる点に描かれる。マウスホイールによって物体が近づく際、投影面より視点に近付いてもよい。但し、物体の描画要素の一部が視点を超えるとその描画要素は表示しないようにする。このようにすることで物体を内部から見ることもできるようになる。

「切取モード[ON/OFF]」については、画面に近づいて行った際に、ある距離を超えた時点で、面や線を非表示にする機能である。これは丁度、雑誌などで見る内部図解のように、部分的に切り取って内部が見えるような感じになる。

「Dash モード」については、立体图形の後ろの線を点線に変える機能である。但し、凸图形に対しては正しく表示されるが、凹凸のある图形では、面の表面と裏面の機能を利用しているため、正しく表示されるとは限らない。

「相対論的効果」については、物体が光速に近いスピードで動くときの見え方をシミュレートするもので、教育・科学の部に章を設けて解説している。

次に「2D」、「3D」、「3D カラー」であるが、「2D」は通常の表示である。「3D」はモノクロの 3D 表示である。これは 2 枚のビットマップ上に左目用の画像と右目用の画像をシアンと赤で描画してこれを合成する。左右の画像のズレは、視差 0 の位置から图形上の点ま

での距離に±0.03をかけて与えている。この数値は試行錯誤で得られた見易い数値である。また、視差0の位置は $z = -1000$ の平面にしている。これによって、最初に表示されたとき、図形はディスプレイから少し浮き出るように表示される。

次に左右の画像の合成である。白の背景にシアンと赤の2色であるので、左右の画像が交わる点のマスクを作り、シアン画面に背景色の白を透明にして、赤画面を合成する。その後、マスクの合成部分を黒にして背景色の白を透明にして、シアンと赤の合成画面の上に合成するときれいなモノクロのアナグラフが出来上がる。実際試してみると左右の分離はかなり良い。しかし、この処理には少し計算時間がかかり、スピードの遅いパソコンでは図形の動きがなめらかにならない。そこできれいなアナグラフは「3Dカラー」に譲って、スピードを重視した処理を行うことにした。即ち、赤の色を薄くした画面にシアンの画面を半透明にして重ねるという方法である。この方法では多少残像が残るが、図形の動きは申し分なく、また図形のギザギザを中間色で補正したなめらかな描画モードでも効果を発揮する。

最後に「3Dカラー」のアナグラフは図形の立体感だけでなく、色までも合成してしまう人間の脳の能力を活かした方法である。まず左目用の画面から赤成分を取り除き、青と緑の成分だけ残す。次に右目用の画像から青と緑の成分を取り除き、赤成分だけを残す。それらを点ごとに重ね合わせると、色を感じる「3Dカラー」のアナグラフが出来上がる。但し、これは1点ずつ処理を行うので、画面が大きくなると画素数に応じて図形描画のスピードはかなり落ちる。これら3つの方式はパソコンの性能や用途に応じて使い分ける必要がある。3つの方式は描画の状態を保持したまま、メニューによって切り替えることができる。紙面上では3Dに見えないが、3つの方式で表した画像を図5a、図5b、図5cに示す。

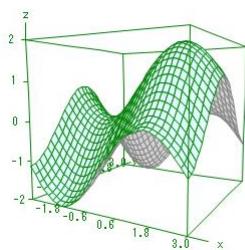


図 5a 2D 形式

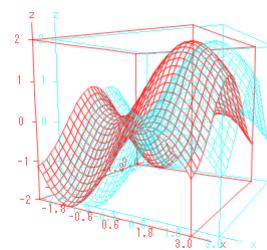


図 5b 3D 形式

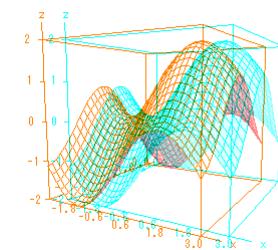


図 5c 3D カラー形式

ここで3Dの描画要素について説明を行う。描画はこの描画要素単位で行われる。描画要素は、点、線、多角形、円、文字列であり、データは以下のような構造体の配列で与えられる。

Public Structure pointset

```

Dim no As Integer      ' 図形要素の構成点数
Dim gp() As gpoint    ' 描画要素の座標配列
Dim c As Integer       ' 図形の色の値
Dim r As Single        ' 円の描画などの半径

```

```

Dim st As String      ' 文字列表示の場合の文字列
Dim cfl As Color      ' ColorForeLine
Dim cfs As Color      ' ColorForeSurface
Dim cb1 As Color      ' ColorBackLine
Dim cbs As Color      ' ColorBackSurface
End Structure

```

ここに、gpoint は構造体で、その形式は以下の通りである。

```

Public Structure gpoint
    Dim x1 As Double
    Dim x2 As Double
    Dim x3 As Double
    Dim dist As Double
    Dim dp As Double      ' 前後判定のための z/10 とした値
End Structure

```

pointset 構造体は、描画の 1 単位を表す。no は描画の構成点数を与える。例えば、点では 1、線では 2、三角形で 3 となる。例外として、円の場合は -1、文字列の場合は -99 を設定している。gpoint 構造体は、x1, x2, x3 で構成要素の 1 点の座標を与え、dist は視差 0 の位置からの z 方向の距離を表す。dp は極端に z 方向に長い棒グラフなどの z 方向の位置を与えるために用いるので、一般にはほとんど利用しない。

pointset 構造体の c は図形の色を以下のように数値化したものである。

$$c = B \text{ 値} + 256 \times G \text{ 値} + 256^2 \times R \text{ 値}$$

r は描画要素が円（3D では球のように見える）の場合の半径で、st は描画要素が文字列の場合の表示文字列である。描画の面には表と裏があり、cfl は表面のフレーム、cfs は表面の面の色を表す。cb1 は裏面のフレーム、cbs は裏面の面の色を表す。描画が点と線の場合 cfl 以外は利用しない。

図 4 の「表示」メニューで「面+フレーム」、「フレーム」、「面」は、上で述べた面とフレームの表示・非表示を決める。図 6a、図 6b、図 6c にそれぞれの形式の画面を示す。

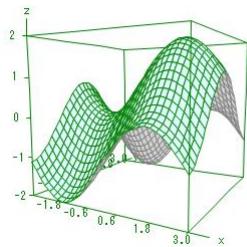


図 6a 面+フレーム表示

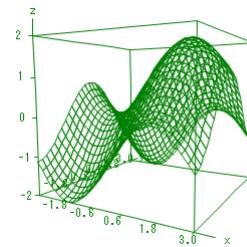


図 6b フレーム表示

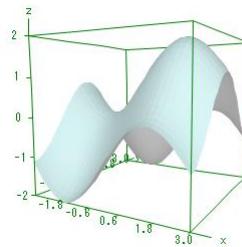


図 6c 面表示

2D の場合と同様に 3D カラー表示ではすべての場合があるが、3D 表示では面表示がない。

図 6c で見るように、平面には裏表があり、面の角度によって陰影があるが、これは描画要素の微小平面表向きに法線ベクトルを考え、その向きによって表裏を決め、その z 方向との角度によって、色に濃淡を付けています。但し、法線ベクトルは、単純に元の図形上に立て

るのではなく、x-y 方向を投影面に投影する処理を行った後に立てている。この処理を行う前に法線ベクトルを設定すると、法線ベクトルが z 軸に垂直に近い場合に裏表の判定で間違いが生じる。

描画要素の表示は、単純に描画要素の中心の z 成分の値でソートし、視点からの距離の遠い順に表示している。この方法だと描画要素が微小な場合には問題がないが、要素が大きくなると要素の中心と端が離れて、陰面処理に問題が生じる。現在これについて特に問題となるのは、縦横の長さの異なる 3D 棒グラフの場合であるが、見る方向が通常、横か斜め上ということから、縦横のスケール変換を行って同サイズにして、処理している。また、座標軸については、経験的に誤描画が少なくなるように、軸を 3 分割して表示している。もう少し多く分割すると安全であるが、描画があまりきれいになくなることもあり、この分割数を選択している。高速で優れた描画法の適用は今後の課題である。

図 4 のメニューで、「座標軸[ON/OFF]」は座標軸の表示・非表示のモード変更である。また、「範囲[ON/OFF]」は座標軸上に数値を描くかわりに、右上に座標軸の最小値と最大値を表示するモード変更である。図 7 に座標軸の非表示画面、図 8 に範囲の表示画面を示す。

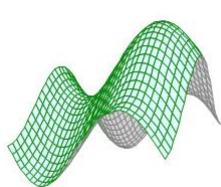


図 7 座標軸の非表示

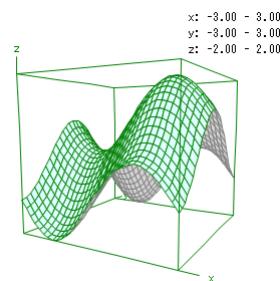


図 8 範囲の表示

このようなグラフでは座標軸を非表示にすることはないが、一般の 3D モデルの描画では、軸を描かないことが一般的である。

図 4 のメニューの一番下の「左右画面」には 5 つのサブメニューがあり、これらは左右の目の画像を別々に表示する機能である。これらは 2D 表示では違いがない。3D 表示では、左目用と右目用で図 9a (シアン) と図 9b (赤) のようになる。但し表示位置を明らかにするために、図形に枠を付けている。

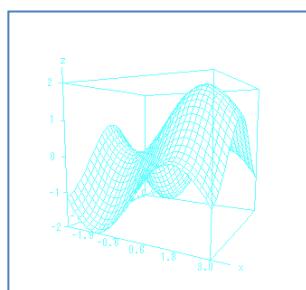


図 9a 3D 表示左目用 (シアン)

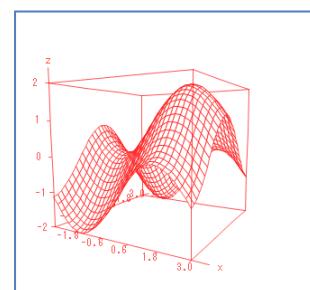


図 9b 3D 表示右目用 (赤)

3Dカラー表示では、左目用と右目用ではそのままの色で図10aと図10bのように表示される。

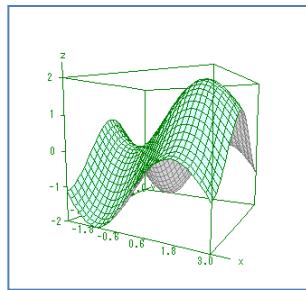


図10a 3Dカラー表示左目用

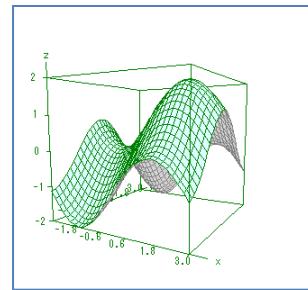


図10b 3Dカラー表示右目用

3Dカラー表示で、左目用カラーと右目用カラーでは、色を合成する前の赤とシアンの画面を（紙面では分りにくいと思われるが）表示する。

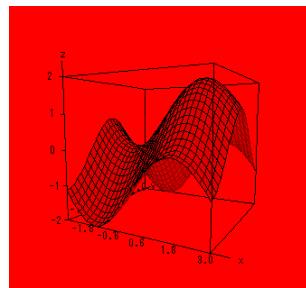


図11a 3Dカラー表示左目用カラー

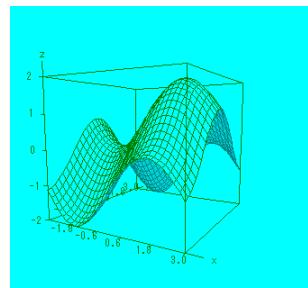


図11b 3Dカラー表示右目用カラー

「色」メニューについては、図12のようになる。

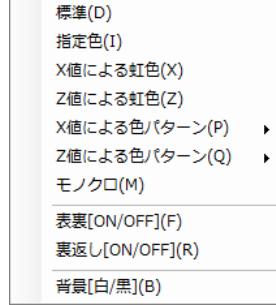


図12 色メニュー

元の2D表示で、「標準」、「Z値による虹色」、「指定色」メニューを選択すると、図13a、図13b、図13cのように表示される。「指定色」は元のプログラムで指定された色で表面を色付けし、それを暗くした色で裏面を色付けしている。

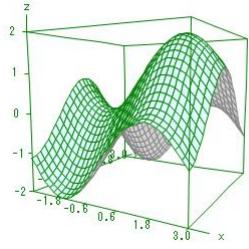


図 13a 標準

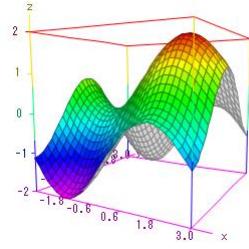


図 13b Z 値による虹色

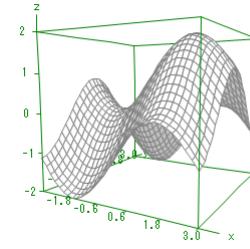


図 13c 指定色

もちろんこれらの色付けに対して、表示メニューで与えた設定は有効である。

図 12 の色メニューの「表裏[ON/OFF]」は、図形描画の際の表裏の差をなくすモードへの切り替えである。また、「背景[白/黒]」は、図形描画の背景色の白と黒の切り替えである。図 14 に虹色モードでの裏表なし、図 15 に虹色モードでの背景黒の画面を示す。

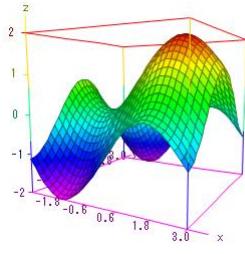


図 14 裏表なし

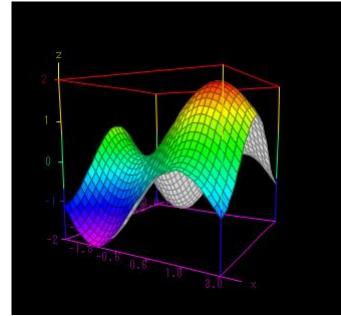


図 15 背景黒

他のメニューについては実際選んでもらえば理解できる。

最後に図 16 の「アクション」メニューについて説明する。

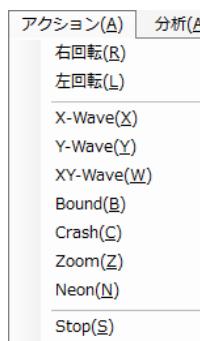


図 16 アクションメニュー

アクションメニューは、回転を除き、動きを楽しむメニューであり、何かの役に立つというものではない。人間の目は動きがあるとより立体感を感じる傾向があるらしく、「右回転」や「左回転」メニューを使って図形を連続的に回転させると、2D でも 3D でもより図形の形を認識し易くなる。「X-Wave」、「Y-Wave」、「XY-Wave」は図 17a に見るようにそれぞれの方向へ図形がゆれ、「Bound」は図形がゴムのように z 方向に伸び縮みする。「Crash」は図 17b のように図形の各要素がばらばらになり、また元に戻る。「Zoom」は急激な前後へ

の移動で、3Dの効果を高める。最後に「Neon」は現在設定されている色パターンで、流れるように図形を塗り替える。

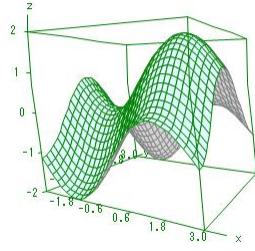


図 17a X-Wave

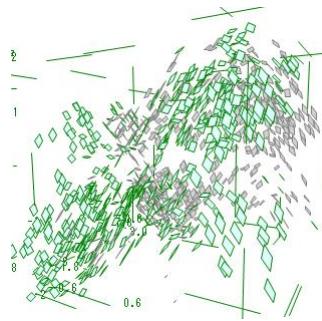


図 17b Crash

これらはグラフの効果としては何の意味もないが、純粋に楽しんでもらいたい。

3Dビューアを他のプログラムから利用する場合、3Dビューアへのデータの渡し方について、少し統一が取れていない部分がある。例えば3Dモデルや3Dグラフの場合は、表1左のグラフィックデータそのものを渡しているが、おもしろグラフ(棒グラフとパイグラフ)の場合はグラフ描画のためのデータを渡し、グラフィックデータについては別に2章で述べたpointset構造体の配列を含む表1右のdatamodel構造体(実際のプログラムでの名前は少し異なる)の配列(この場合は成分数1)を渡している。さらに2変量関数やおもしろグラフ(ヘビ線)の場合は、グラフ描画用データのみを渡し、処理を3Dビューアに任せている。

表1 3Dビューアへのデータ渡し

モデルデータのデータ渡し	グラフデータのデータ渡し
要素数,色整数,頂点1のx座標,同y座標, …	グラフ描画用データ(通常のグラフと同じ) + Structure datamodel Dim n As Integer 'model構成点数 Dim size As Single 'modelサイズ Dim max() As Double '各軸方向の最大値 Dim min() As Double '同最小値 Dim mp() As g_pointset 'pointset構造体 End Structure Public g_model() As datamodel
要素数,色整数,頂点1のx座標,同y座標, …	
要素数,色整数,頂点1のx座標,同y座標, …	

現時点では、これらのうちどれかに統一しようと考えても問題が生じ、うまい方法が見つからない。統一的な方法が取れるのか、このままの形態で続けるのか今後の課題である。

2節で3Dビューアを利用するプログラムのごく簡単な説明をしたが、プログラムに応じて完成度はまちまちである。2変量関数グラフ、フラクタルビューア3Dは、かなり完成度が高い。くるくるエディットとおもしろグラフは著者の趣味の部分が大きいので、この当たりで打ち止めにしておくべきだろう。カオスビューアはもっと多くのカオスを取り扱うよう

にしたいし、もう少し統一性も取りたいと思う。3Dグラフはもっと多くの応用があるはずである。特に3D散布図は今までドットの位置に垂直な棒を立てたりして分り易くする工夫をしていたが、3Dで直接位置が把握できるようになれば面白い使い方も考えられる。例えばコレスポンデンス分析などの表示では次元を増やして3次元で位置関係を見ることもできるようになる。

ここでは取り上げなかつたが、3Dバナーメーカーというプログラムも作成している。これは、コピーによって切り取った画像を平面、球形、円筒形、メビュースなどに投影するプログラムであり、3Dビューアを利用しているため動かして見ることができる。但し、画素数が大きくなると処理速度が遅くなるのであまり実用的ではないが、手書きの線画では線の部分だけデータ化するので、ペイントブラシで水木先生の一反木綿などを描くとヒラヒラとよく動く。

3Dビューアの開発は、グラフィックエディタの開発と合わせて、College Analysis の弱点であったグラフィック機能の向上に大きな影響を与えるであろう。これらによりグラフィックの取り扱い方法や表示速度が著者らの知識となったからである。実行速度が気になるVisual Basicでも、標準的なパソコンで、描画の要素数1万程度まではリアルタイムに動かせることができた(もちろんこれはDirect Xを直接使わない場合である)。この経験により、これまで見栄えに問題のあった通常のグラフ表示も改良されて行くかも知れない。