

# 社会システム分析のための統合化プログラム 13

## ー グラフィックエディタとその応用 ー

福井正康・石丸敬二\*・尾崎誠・宋東明\*\*

福山平成大学経営学部経営学科

\*福山大学経済学部経済学科

\*\*福山平成大学大学院経営学研究科

### 概要

我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。分析の中にはネットワーク型の構造図を利用するものが多く、グラフィック画面による構造図入力の必要性が高い。今回はこれらの分析で汎用的に利用されるグラフィックエディタを開発し、各種の分析と連携させた。

### キーワード

College Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, 構造図, グラフィック

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

## 1. はじめに

我々はこれまで様々な分析手法を **College Analysis** に組み込んできたが、大きな課題の1つとしてグラフィックでネットワーク図や構造図を編集するプログラム（我々はこれをグラフィックエディタと呼ぶ）の作成が残されていた。これを実現するために、テキストボックスをフォームに貼り付けることなども考えていたが、最終的にピクチャーボックス上にすべてグラフィックで表示するようにしてプロトタイプを作成することにした。

我々は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. 画面は箱型や楕円形の図形（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、**AMOS** などのソフトに見られるような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か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分析メニューを介してグリッドエディタと対応関係にある。一部の例外を除いて、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。

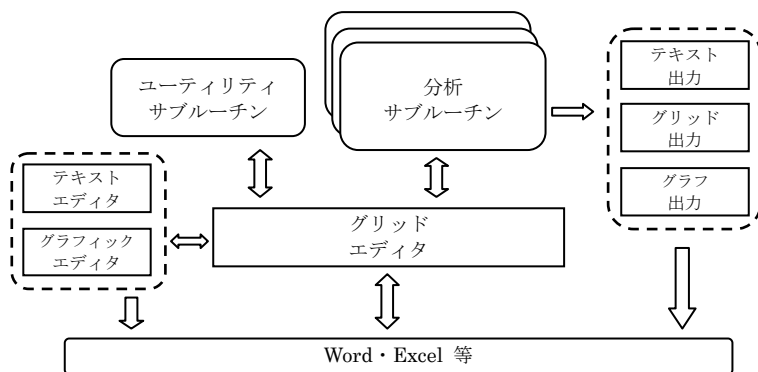


図 1 College Analysis のサブルーチン構造

システム出力にはこれまでテキスト出力、グリッド出力、グラフ出力があったが、今回のグラフィックエディタで、入力でも3つのエディタが揃ったことになる。

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。

## 2. グラフィックエディタのプログラム構造

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2aと図2b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 2a 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 2b 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となっている。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内部でのデータ構造は図 2 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 2 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。

次の章ではこれらのデータ形式で与えられるグラフィックエディタの具体的な利用法と各分析<sup>1)-3)</sup>における利用例を与える。

### 3. 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 3 に初期設定画面の描画例を示す。

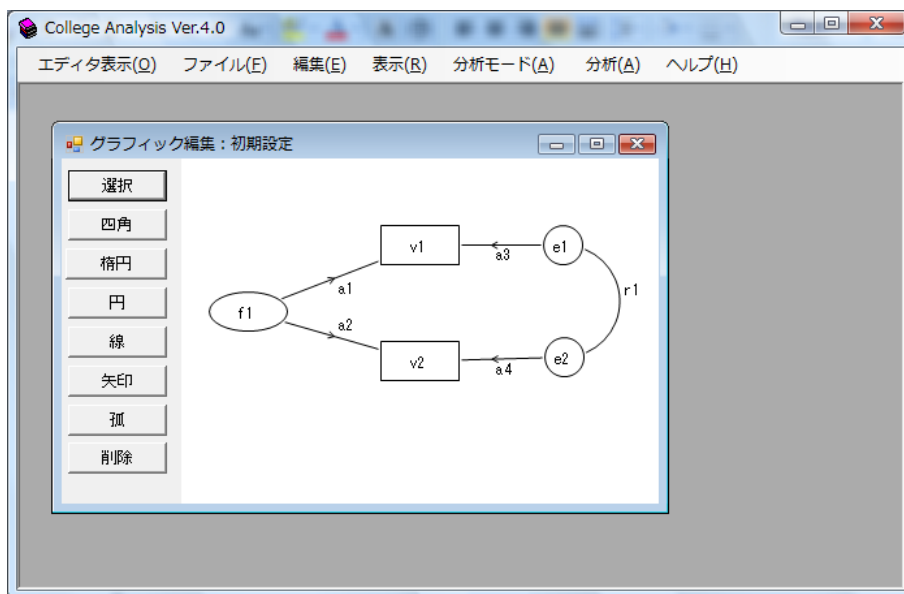


図 3 初期画面描画例

グラフィックエディタは、左側のボタンと上のメニューバー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。

#### 3.1 共分散構造分析

以後は具体的に各分析について実行画面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 4a のようなメニュー画面が表示される。「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 4b 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。

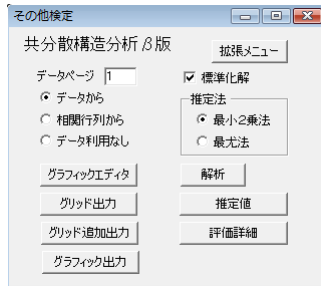


図 4a エディタ編集画面

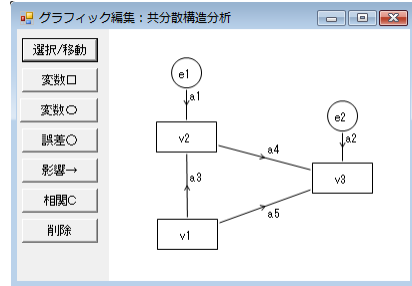


図 4b 構造図

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 4c 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。

	e2	e3	v1	v2	v3	種類	順番	Left	Top	Width	Height	Value
e2				a4,22,33,1,0...		12	3	70	32	30	30	0
e3					a5,22,4,4,2,0...	12	4	323	131	30	30	0
v1				a1,22,0,0,1,0...	a3,22,2,0,2,0...	1	0	53	187	60	30	0
v2					a2,22,1,1,2,0...	1	1	54	97	60	30	0
v3						1	2	199	131	60	30	0

図 4c 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 4d 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 4b 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 4e のように表示される。

	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 4d 観測変数の実測値

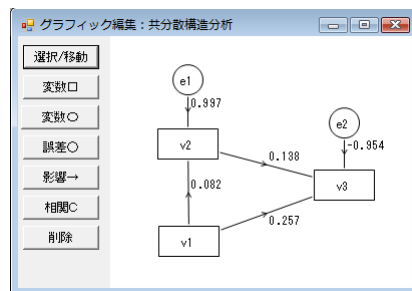


図 4e パラメータ推定値

図 4e 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。

### 3.2 ISM

ISM (Interpretive Structure Modeling) では構造図の出力に利用される。分析メニュー画面は図 5a 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た構造図 (我々はこれを縮約構造図と呼ぶ) は図 5b のように表される。

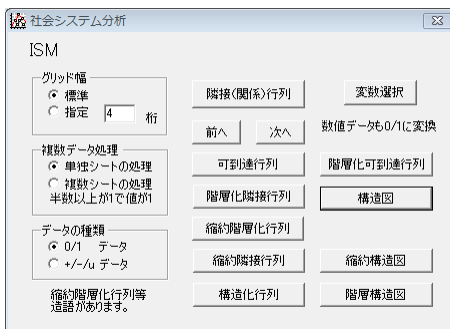


図 5a ISM 分析メニュー

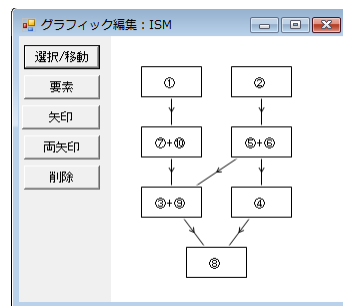


図 5b 縮約構造図

ボックスには要素を与える四角があり、ラインには一方向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 5b 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 5c 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 5d のように分か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。必要であれば分かり易く配置した時点でグリッドに保存しておく。

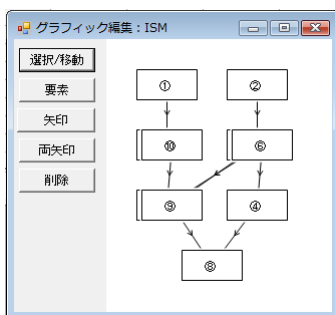


図 5c 出力された構造図

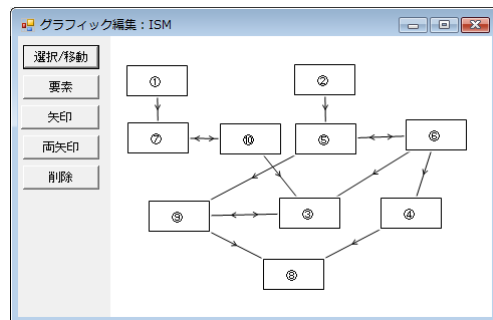


図 5d 整理された構造図

今の段階では出力された状態はあまり分かり易くないが、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。

### 3.3 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 6a 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も入力できる。グラフィックエディタのデータは、分析メニューの「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、変数の表示順が分析メニューからだとは階層順、グラフィックエディタのメニューからだとは変数名昇順となる。

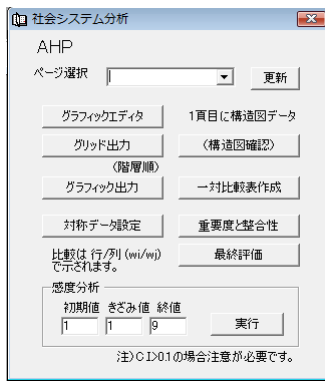


図 6a AHP 分析メニュー

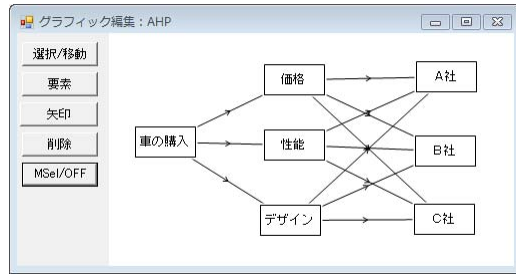


図 6b 構造図入力

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。

### 3.4 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か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。分析メニューを図 7a 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 7b である。



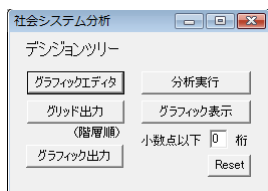


図 7a 分析メニュー

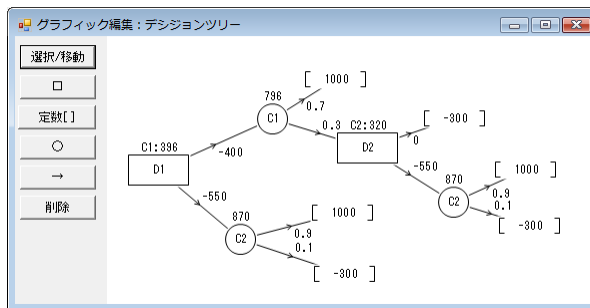


図 7b デシジョンツリー結果画面

図 7b 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。

### 3.5 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 8a、図 8b に示す。図 8b の中では作業名、先行作業、所要日数が利用され、分析メニューの「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。

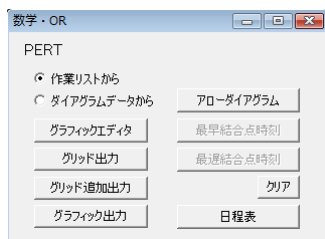


図 8a PERT 分析メニュー

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

図 8b PERT 用データ

自動出力された図のノード (円形のボックス) の位置を動かかし、手直しをした画面が図 8c である。

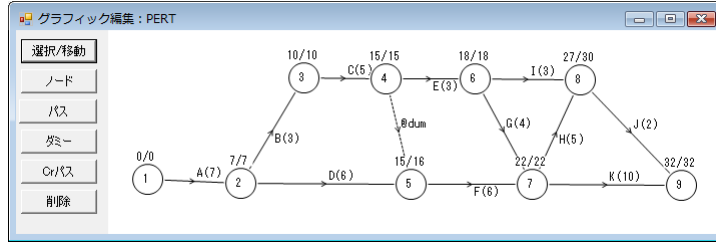


図 8c PERT 図結果画面

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、分子のところは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。

### 3.6 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 9a に品質管理の分析メニューを、図 9b に特性要因図の入力画面を示す。

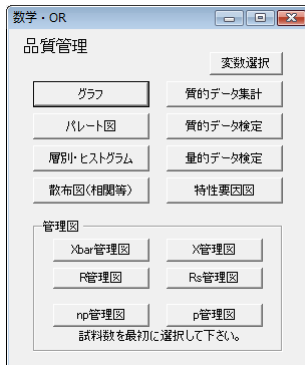


図 9a 品質管理分析メニュー

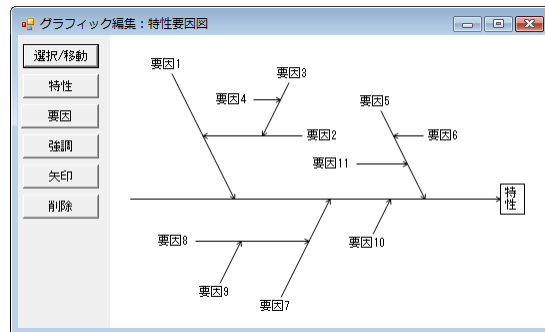


図 9b 特性要因図入力画面

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。

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. 今後の課題

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 を楕円と円、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。

現在グラフ出力とグラフィックエディタは分離されているが、これはグラフィックエディタに入力ツールの意味を持たせているからである。しかし、グラフ出力にはもう少し、グラフ編集用の機能を付けても良いように思う。グラフィックエディタで使った方法をグラフ出力に応用することは可能で、余り複雑にならない程度で編集可能にすることを考えても良いように思う。今後いろいろな場面にバランスを考えて利用して行きたい。

#### 参考文献

- 1) 社会システム分析のための統合化プログラム 2 –産業連関分析・KSIM・AHP–, 福井正康, 田口賢士, 福山平成大学経営情報研究, 3号, (1998) 129-144.
- 2) 社会システム分析のための統合化プログラム 5 –システムの改良・ISM–, 福井正康, 福山平成大学経営情報研究, 6号, (2001) 91-104.
- 3) 社会システム分析のための統合化プログラム 12 –共分散構造分析(中間報告)–, 福井正康, 陳文龍, 王嘉琦, 福山平成大学経営研究, 6号, (2010) 99-116.

# **Multi-purpose Program for Social System Analysis 13**

## **- Graphic Editor and its Application to Analyses -**

Masayasu FUKUI, Keiji ISHIMARU\*, Makoto OZAKI and Dong Ming SONG\*\*

Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University

\* Department of Economics, Faculty of Economics,  
Fukuyama University

\*\* Graduate School of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University

### **Abstract**

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. This time we created a new program of graphic editor. Some analyses use network structure diagram and need data input method with using graphic editor. Our graphic editor works with programs of these analyses.

### **Keywords**

College Analysis, social system analysis, OR, statistics, graphic editor

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>