

人間関係ネットワークの視覚表示ツールについて

雨宮俊彦・水谷聡秀

Tools for Visualizing the Network of Human Relations

Toshihiko Amemiya and Satohide Mizutani

Abstract

We describe a variety of visualization tools for the analysis of human relationship networks. Freeman (2000) provided a review of several methods for sociogram drawings (diagram display of social networks) from a historical point of view with special emphasis on computer techniques. We have reviewed several software tools according to the node's layouts, and form and color renderings for nodes and lines in sociogram drawings. The software tools include KrackPlot, NetDraw, Daisy, etc. These tools display nodes using algorithms such as the circle layout method, MDS, PCA, simulated annealing, etc. They also provide interactive manipulation of diagrams. We describe several data formats for these software tools.

Keywords: human relationship network, social network, sociogram, socion theory, visual display, nodes layout, KrackPlot, NetDraw, Daisy, liking-disliking relation, acquaintance relation.

抄 録

人間関係ネットワークの視覚表示について述べた。Freeman (2000) は、社会ネットワーク、ソシオグラムを描画する技法の進展を、コンピュータの発展とともに歴史的にレビューした。それにたいして、本論文では「ノードの配置」と「ノードや線の色彩」の特徴でまとめなおした。つぎに、ソシオグラムを描画できる、KrackPlot や NetDraw, Daisy などのソフトウェアを紹介した。これらは、複数個のノードを円環配置法や MDS, PCA, 焼き鈍し法などのアルゴリズムで配置でき、インタラクティブな操作性という利点を備えている。また、ネットワーク表示するためのデータ形式の種類について各ソフトウェアについて説明をおこなった。

キーワード：人間関係のネットワーク、社会ネットワーク、ソシオグラム、ソシオンの理論、視覚表示、ノードの配置、KrackPlot、NetDraw、Daisy、好悪関係、知り合いの関係

1 はじめに

1.1 心情と荷重、関係、紐帯の定義

われわれは、人やもの、出来事、さらには、人の集合、ものの集合、出来事の集合などの諸対象にたいして、一定の感じかた、あるいは評価をしている。Heider (1958) はこれを心情 (sentiment) という語で表現した。Heider のいう心情は、喜びや悲しみといった情緒 (emotion) のような一時的なものではなく、ある対象にたいする好悪などのより持続的な評価の態度 (attitude) をさしている。ソシオンモデル (socion model) を構築している研究者 (木村, 1995; 藤澤, 1997; 雨宮, 2001) は、Heider などの研究を継承して、荷重 (potential または valence) というより抽象度の高い概念を提示している。ソシオンモデルは、人間関係のネットワークをニューラルネットのアナロジーでとらえようとするモデルである。人間関係ネットワークのノードを構成するのがソシオン (ニューラルネットにおけるニューロンに対応する) であり、人間関係ネットワークの関係 (relationship) や紐帯 (tie または connection) の正負の強度が荷重 (ニューラルネットにおける正負の結合強度に対応する) である。

1.2 視覚表示による人間関係の問題解決

関係のネットワークを研究対象にすると、ネットワークを視覚表示することで、たくさんのいりくんだ関係のなかに問題解決となる関係やそのパターンを発見することが可能になる。ネットワークの視覚表示については近年研究がすすんでおり、通信ネットワーク、交通ネットワーク、概念ネットワークなどさまざまな領域に種々の表示手法が適用されている (Westphal & Blaxton, 1998; Card, Mackinlay, & Shneiderman, 1999)。本論文は、人間関係のネットワークの視覚表示をテーマとする。人間関係ネットワークの視覚表示は、情報がどのように流れているのか、どのような人から嫌がらせを受けているのか、集団凝集性を弱めているのは誰か、人間関係の変化が不安定な原因はなにか、などを明らかにすることによって、人間関係に関するさまざまな問題、たとえば、組織の停滞やイジメなどの解決を図るための有効な知見を提供する。以上であげてきた人間関係のネットワークには、たとえば、職場集団や学級集団、家族集団、地域社会などにおける、知り合いの関係にくわえ、そこに好悪関係や上下関係、信頼関係などがある。

1.3 人間関係における心情の次元

人が人にたいして心情（あるいは評価的態度）の関係をもつためには、まず、対象となる人を認識していなければならない。そのうえで、「親しみのある」、「好きな」などと感じたり、「疎遠な」、「嫌いな」などと感じたりする、あるいは「優れている」と感じたり、「劣っている」と感じる心情の関係が生じる。

斉藤（1981）は、マクドゥガルの心情についての分類やその後のさまざまな感情や心情の研究をレビューしたところ、対象が人である場合における心情には、「愛情－憎悪」と「優越－劣等」の2次元があるとし、「愛情」と「憎悪」、「優越」、「劣等」、その組み合わせによる「慈愛」と「恐怖」、「軽蔑」、「尊敬」の8つに分類して円環上に整理できるとした。また、中里・田中（1973）は、日本人（大学生男女）の対人感情について因子分析したところ、「激励・親しみ－疎遠・怨念」と「甘え・依存」、「優越感－劣等感」、「憐憫－妬み」の4因子がえられ、それらの感情を「親和－疎遠」と「支配－服従」の2次元の空間上に対応づけている。

斉藤（1981）や中里・田中（1973）などの調査から、人と人とのあいだをつなぐ心情関係は、基本的には「好き－嫌い」の次元と「優越－劣等」の次元から構成されていると考えてもよいだろう。ここで、「好き－嫌い」は、自身を参照しない対象への直接的な評価である。これに対し、「優越－劣等」は、自身を参照しての対象の評価である。ソシオン理論でいえば、「好き－嫌い」は私Iの世界にとりこまれた種々の他者の像への基本的な重みづけである。「優越－劣等」は、自分自身への評価（私II）を参照にした他者への評価である。パースの用語（パース、1985）をもちいれば「好き－嫌い」、「優越－劣等」はともに二つの項の間の関係だが、「好き－嫌い」がより1項的なのに対し（1.5項的と位置づけてよいだろう）、「優越－劣等」は完全な2項的な関係である。対人関係の基本は1.5項的な「好き－嫌い」と2項的な「優越－劣等」の関係である。さらに、パースは媒介現象を3項的な関係の例としてあげている。通常の対人関係の調査ではでてこないが、イシューや第三者への評価を媒介する他者への評価的態度、「信頼－不信」がこれにあたる。「信頼－不信」は3項的な関係である。ソシオン理論における荷重は、各ソシオンをむすぶ個々の関係に付与された方向性のある正負の重みづけであり、具体的な「好き－嫌い」（1.5項的）、「優越－劣等」（2項的）、「信頼－不信」（3項的）などといった関係は、荷重をソシオン間の関係の布置のなかにおいて解釈したときに得られる。

2 人間関係の視覚表示

以上のような人間関係を視覚的に表示する方法がある。ひとつには、記号や数値をつかったマトリックスによる表示があり、ほかには、点（あるいは円）と線で結んだ図示的なネットワークによる表示がある。その点は線と線との結節点となるので、ノードとよばれることがある。人間関係にはさまざまな次元があるが、本稿では、おもに、知り合いの関係と好悪の關係に焦点をあてる。

2.1 対称性表示

人間関係をマトリックスで表示するとき、行のラベル名の領域に人をあらわすラベルをおき、列のラベル名の領域にもまた同様なラベルをおき、データ領域には、行のラベルで示された人と列のラベルで示された人とが、知り合いかどうかや、好きか嫌いかなどをその行とその列の交わったセルに記号で表現する。たとえば、AとB、C、D、E、Fの6名の人があり、AさんはCさんと知り合いであり、CさんはFさんと知り合いであり、BさんはEさんと知り合いであるとする。その関係について、図1(a)にマトリックスで表示する。ここでは、知り合いの場合には1の値で示し、知り合いではない場合には0の値で示す。

人間関係をネットワークで表示するとき、人を点や円などのノードで表現し、ある人Aがほかの人Bと知り合いかどうか、あるいは、好きか嫌いかを、人Aを表現するノードと人Bを表現するノードとのあいだにつないだ実線などのリンクで表現する。また、ノードのなかに、あるいは、よこに人をあらわすラベルを添えることもある。たとえば、知り合いの場合には線でつなぎ、そうではない場合には線でつながらず、好きなら実線や赤色でつなぎ、嫌いならほかの種類の色である、破線や青色などでつなぐ。また、人を表現する点や円の配置はどこでもよいが、線がほかの線と交差しないように点や円を配置できるなら、できるだけそのように配置したほうがよいとされる。もちろん、場合によるのだが、だれとだれが、知り合いであるのか、あるいは好きか嫌いを見るためには、そのほうが見やすいと考えられるからである。図2の(a)から(d)は、いずれも図1(a)で示された人間関係のネットワーク表示である。

2.2 非対称性表示

また、ある人Aがほかの人Bを知っているが、人Bは人Aを知らないといったこともある。さきほどの関係は対称的であるが、こういった関係は非対称的である。そういった非対称的な人間関係をマトリックスで表示するときには、行か列のどちらかを主体にして、残りのほうを客体にする。たとえば、図1(b)で示しているように、AさんはCさんを知っており、CさんはAさんを知らないとき、行を主体とするなら、A行とC列の交わるところには1という値を入れるが、図1(a)とは違って、C行とA列の交わるところには0という値を入れる。この場合、横向きの値の一連は、行ラベルに対応する人がほかの人を知っているパターンになり、縦向きの値の一連は、列ラベルに対応する人がほかの人から知られているパターンになる。たとえば、図1(b)から、Aさんはほかの人を知っているが、Fさんはほかの人を知らず、Aさんはほかの人から知られていないが、Fさんはほかの人から知られている、といったパターンが読みとれる。また、行総和を求めれば、各人が人をどのくらい知っているかが分かり、列総和を求めれば、各人が人からどのくらい知られているかが分かる。

非対称的な人間関係をネットワークで表示するとき、人を点や円などのノードで表現することはさきほどと同じであるが、ある人Aがほかの人Bを知っているかどうか、あるいは、好きか嫌いかを、人Aを表現するノードと人Bを表現するノードとのあいだにつないだ矢印付きの線などのリンクで表現する。たとえば、人Aが人Cを知っている場合には、C側に矢印を付けてAとCのあいだに線をつなぎ、互いに知らない場合には線でつながらず、好きなら矢印付きの実線や赤色でつなぎ、嫌いならほかの種類の色で線をつなぎ、破線や青色などでつなぐ。また、非対称的な人間関係を考慮しても、お互いに知っている場合があり、そのときには、ノードのあいだに、片側に矢印の付いた2本の方向の異なる線か、両側に矢印の付いた1本の線、矢印のない単なる線をつなぐなどする。互いに知っていても、人Bが人Eを好きで人Eが人Bを嫌っている場合がある。そのときにはつぎのような方法で描画する。ひとつは、図5(a)のように、一方の線ではE側に矢印を付けてBとEのあいだに実線をつなぎ、他方ではB側に矢印を付けてEとBのあいだに破線をつなぐ方法である。ほかには、図5(c)のように、線のあいだに区切り線をつけて、Bから区切り線までは実線でEから区切り線までは破線をつなぐ方法がある。図3と図5はそれぞれ図1(b)と図4(a)で示された人間関係のネットワーク表示である。

	A	B	C	D	E	F
A	1	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	1	0
C	1	0	1	0	0	1
D	0	0	0	1	0	0
E	0	1	0	0	1	0
F	0	0	1	0	0	1

(a) 対称マトリックス

	A	B	C	D	E	F
A	1	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	1	0
C	0	0	1	0	0	1
D	0	0	0	1	0	0
E	0	1	0	0	1	0
F	0	0	0	0	0	1

(b) 非対称マトリックス

図1 マトリックス表示

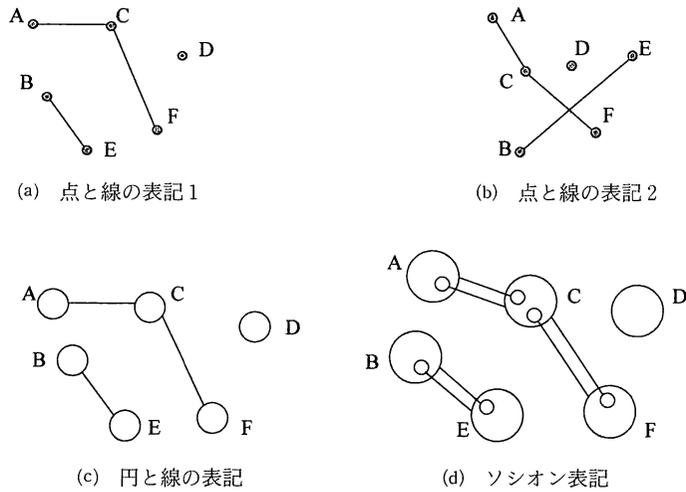


図2 対称的な人間関係のネットワーク表示

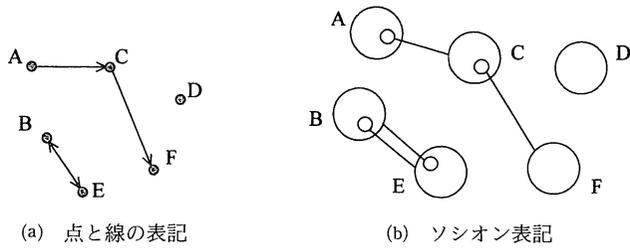


図3 非対称的な人間関係のネットワーク表示

	A	B	C	D	E	F
A	1	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	1	0
C	0	0	1	0	0	1
D	0	0	0	1	0	0
E	0	-1	0	0	1	0
F	0	0	0	0	0	1

	A	B	C	D	E	F
A	1	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	1	0
C	0	0	1	0	0	2
D	0	0	0	1	0	0
E	0	-3	0	0	1	0
F	0	0	0	0	0	1

(a) 非対称好悪マトリックス (b) 重み付き非対称マトリックス

図4 その他のマトリックス表示

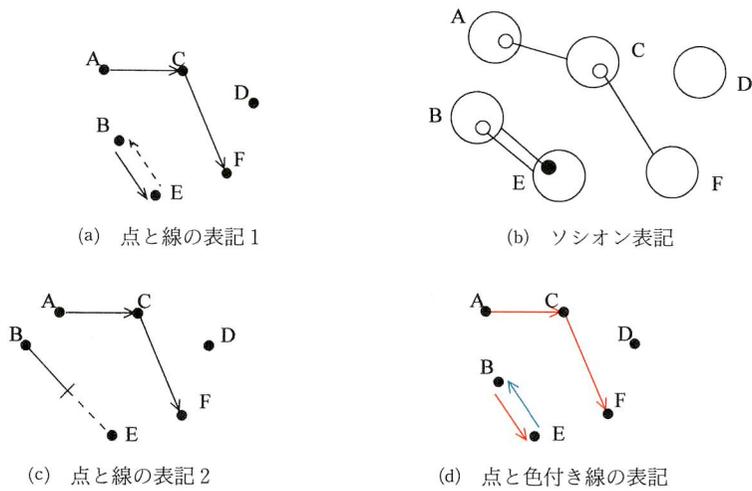


図5 非対称的な好悪関係のネットワーク表示

2.3 値付きとソシオン表示

ある人Aがほかの人Cをやや知っている、あるいは、やや好きであり、人Cは人Fをかなり知っている、あるいは、かなり好きであるといったことがあろう。これまで程度を考慮していなかったが、実際には知り合いの程度や好悪の程度がある。程度を考慮したマトリックス表示では、1か0だけでなく、数値の大ききで表現する。図4(b)では、絶対値が大きいほど程度が高いことを意味する。

値付きのネットワーク表示をするとき、これまでと同様な方法にくわえ、線の太さを変えたり、線に沿って数値を置いたりする方法がある。たとえば、人Cが人Fをかなり好き

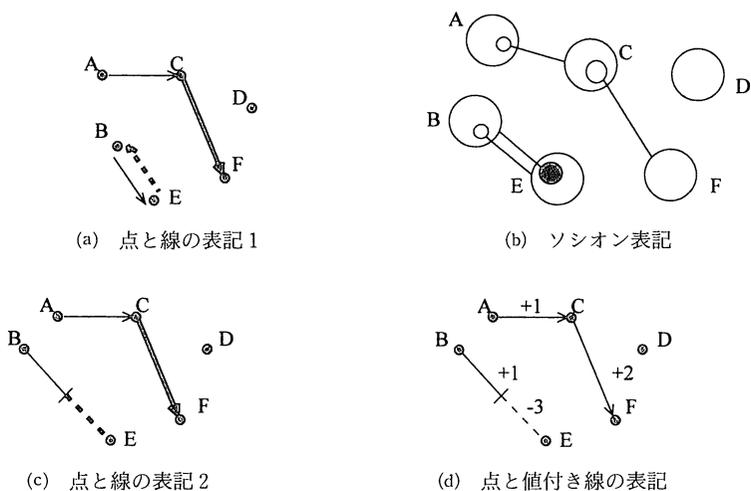


図6 非対称的な程度のある好悪関係のネットワーク表示

(数値では2で表現)である場合には、F側に矢印を付けてCとFのあいだに線をつなぎ、その線をほかの程度の低い線よりも太くする。また、線に沿って+2を記入しておくとは分かりやすい。B側に矢印を付けてEとBのあいだに破線をつなぐ方法や、線のあいだに区切り線をつけて、Bから区切り線までは実線でEから区切り線までは破線でつなぐ方法があるが、このときも数値を線に沿って記入しておくとは分かりやすい。図6の(a)から(d)は、いずれも図4(b)で示された人間関係のネットワーク表示である。

図2(d)や図3(b)などはソシオン表記であるが、これは木村・藤澤・雨宮(1990)によって考案された表記法である。ニューラルネットワークモデルの表記法などから参考にして作成された。人を表現する大きい方の円のなかに小さい方の円があるが、その小さい方の円とそれにつながった線で知り合いであるかどうかを表現する。好悪を表現するときには、小さい方の円の色の違いで表現する。たとえば、図5(b)のように、好きなら白色で嫌いなら黒色にする。程度を考慮するなら、小さい方の円の大きさを変える方法がある。その円が大きいほど程度が高いことを意味する(図6(b)参照)。

2.4 自己回帰表示

これまで、自分自身を知っているか、あるいは自分自身を好きか嫌いについてあまり

考慮しなかった。マトリックス表示では自分自身についての荷重を1としていた。マトリックス表示においては、知っているかどうかだけなら、対角線上のすべてのセルに1を置いても問題ないが、好きか嫌いかにについてはすべてのセルに1を置くのは問題だろう。なぜなら、自分自身を嫌いな場合も考えられ、別の値、-1を置かねばならないことがあるからである。ネットワーク表示では自分自身についての荷重を表現しなかった。ネットワーク表示においては、自分のノードに返ってくる矢印付きの線を追加するとよい。好きなら実線で嫌いなら破線で表現する。ソシオン表記では、大きい方の円に同様なことを施すか、自分のあらかわす円のなかに自分自身のその円よりも小さい円を置き、その小さい方の円に白黒の変化をさせて、自分自身に返ってくる線を追加する方法がある。

3 人間関係のネットワーク表示技術

人間関係をネットワークで表示する基本的な方法、および人間関係、あるいは紐帯、荷重の基本的な型については、これまでさきに述べてきた。さて、ここでは、ネットワークを表示するときの実際的な方法について述べる。ところで、出版の新しい試みとして、インターネットに接続された電子論文雑誌「*Journal of Social Structure*」がある。Freeman (2000) は、その雑誌に掲載した論文「Visualizing social networks」において、人間関係のネットワーク表示技法の進展について、色のついた静止画や動画、Java、VRML (Virtual Reality Modeling Language)*¹などを駆使して詳細に述べた。彼がいうには、その進展には5つの段階があったという。本稿では、そういった現在に至るまでの段階を簡単に表1にまとめた。その表には、使用されはじめた技法をうえから順に年代とともに示した。以降、簡単に彼がどのようにまとめたのかについて述べたあと、筆者の考えを述べる。そして、その考えをもとにして、Freeman や筆者の取り上げるネットワークの描画方法を整理しなおす。

3.1 Freeman による歴史的な展開

Freeman (2000) は、はじめに、1930年代、人間関係をネットワークで表示して、それをソシオグラム(sociogram)とよんだMoreno(1934)の研究についてとりあげた。Morenoは、図7のようなソシオグラムを手で描いていた。彼の描いたソシオグラムはその後に作成されたソシオグラムにも多大な影響を与えたとされる。Freemanの論文には、手で描画されたもののなかには、芸術的ともいえるソシオグラムがあり、さらには、木製の材料や

表1 Freeman (2000) のとりあげたソシオグラム描画技法の進展

1930年代	ネットワークの図は手で作成された。その図はその場限りで作成され、図示化の質は作成者の洞察力および芸術的ともいえる技能に応じて異なった。【Moreno (1934)】
1950年代	ある研究者たちは、ネットワークのノードの配置を決めるために、あるいは、人間関係の次元を表すようノードの配置を決めるために、因子分析やMDSといった計算論的な手続きを使い始めた。【Bock & Husain (1952) や Proctor (1953)、Laumann & Guttman (1966)】
1970年代	コンピュータは広く利用可能になり、ネットワークの図を自動的に生成させるために使われ始めた。【Alba & Guttman (1972)】
1980年代	パーソナルコンピュータの登場は、ネットワークの図にモニタ上で色をつけることを可能にした。また、モニタ画面を見ながらノードの形や線の色などを変更可能にした。【Krackhardt, Blythe, & McGrath (1995)】
1990年代	ブラウザおよびワールドワイドウェブの登場が、視覚表示の新しい可能性を開いた。そのひとつには、さまざまなプラットフォームで使用できることがある。

金具で作成されたソシオグラムもあるとし、そういったものをいくつかあげている。

また、彼は、1950年代に、計算論的な手続きである因子分析が人間関係のデータに適用され、それらの結果がノードの配置に使用されたことについて述べた。つぎに、コンピュータは、人間関係のネットワークのノードをどのように配置するのかといった計算に使われ、ネットワークの描画にも使われはじめたことについて述べた。まず、1960年代の中頃には、Laumann & Guttman (1966) はコンピュータをつかって人間関係のデータに多次元尺度法 (MultiDimensional Scaling : MDS) をほどこし、2次元の平面や3次元の空間にノードをプロットした。その後、1970年代には、Alba & Guttman (1972) はコンピュータをつかって人間関係のデータにMDSや階層的クラスタリングをほどこし、ネットワークの図を自動的に描画させた。そのことにより、ソシオグラムを作成する労力を軽減できたのである。また、1980年代には、モニタを見て操作できるようなコンピュータを利用できるようになったため、ノードやラベル、線、背景の、サイズおよび色を、即座に変更する、そして、図形を回転させ、裏返し、シフトさせ、サイズ変更し、ズームする機能をつけたせるような可能性をひらいた。KrackPlot (Krackhardt, Blythe, & McGrath, 1995) は、その代表的なプログラムである。1990年代には、ワールドワイドウェブ (World Wide Web : WWW) の登場は、新しい視覚表示の可能性を開いたとして、Freeman は彼の電子媒体の論文で Java や VRML で作成されたソシオグラムを紹介した。

以上のように、Freeman は、歴史的な流れに追って、人間関係のネットワークの図、ソシオグラムを作成する方法とその特徴について述べた。以下では、筆者は、彼があげた特

徴を「配置規則の特徴」と「形態の特徴」に分けて、ソシオグラムを作成する方法をいくつか述べ、それぞれの方法の特徴について述べる。その特徴には、実際に作成するかあるいはできるかを左右する「図示媒体の制約」と「作成の労力」、「作成の費用」などがあるが、まずはじめに、そのことについて述べる。なかでもとくに、図示媒体の制約は、作成の労力と作成の費用とかがかわる。

3.2 作成の実際

作成の労力は、人の手による作成であるのかコンピュータによる作成であるのかによって異なり、ノードと線の配置のときに計算を要するのかどうかによって異なる。手による作成では、大量にデータがあるときには、描画するためかなりの労力を要するが、コンピュータによる作成では、プログラムを組めば、描画するための労力を要しない。作成の費用は、公刊するときに、紙面か電子媒体かによって異なり、つぎの特徴とかがかわる。

図示媒体の制約は、紙面で表示するのかコンピュータのモニタで表示するのかによって異なる。紙面には動きのない図面しか表示できず、作成の労力ともかかわるが、紙面に描かれたノードと線の配置を変更するときに、しばしば、手間のかかることもあり、作成の費用とのかかわりでは、色つきの図を載せて書籍として公刊するときには、それにかかる費用は高価である。それにたいして、コンピュータのモニタでは図を動画でも表示でき、ノードと線の配置を変更するときに即座に変更することも可能であり、色つきの図をフロッピーディスクやコンパクトディスク、インターネットに接続されたサーバのハードディスクといった電子媒体で公開するときには、それにかかる費用は安価である。そういったこともあり、Freeman (2000) は、電子媒体で論文を掲載した。

こういったことから、図示媒体の制約はネットワークの図の作成の実際に影響することが分かる。コンピュータは、さまざまな領域で、図示媒体の制約をとりはらっただけでなく、作成の労力や作成の費用といったコスト軽減にも貢献する。ネットワークの図の作成も例外ではないのである。最近では、そういったコストの軽減や図示媒体の制約からの解放により、さまざまな方法でネットワークの図を描きやすくなった。そういった点もふまえて、Freeman のレビューは、コンピュータの発展がネットワークの描画の進展と相伴っていることを示している。本稿では、人間関係のネットワークの図を実際に作成するために、4 に、いくつかのソフトウェアの機能の特徴について述べる。

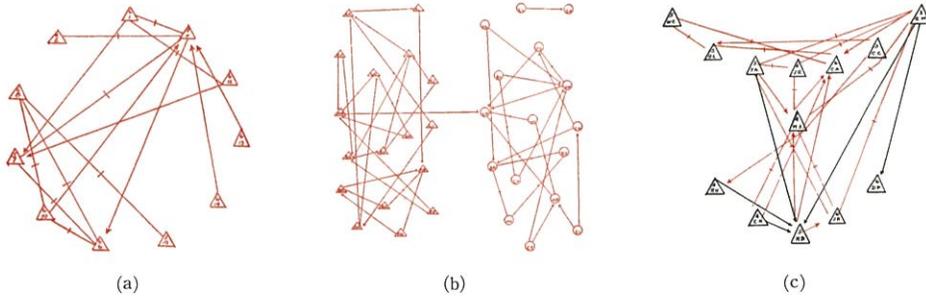
3.3 人間関係の構造や行為者の特性を表現する技法

Freeman (2000) は、社会ネットワークの図を適切に描くときに、Moreno (1934) によって導入された重要な考えをまとめている。社会ネットワークの図を描くとき、(1)グラフ*²で描いたこと、(2)有向グラフ*³で描いたこと、(3)マルチグラフを描くときに色を使ったこと、(4)社会的な行為者の特性をわかるようにノードの形を変化させたこと、および(5)データの重要な構造的特徴を強調するためにノードの位置を変化させたことがあげられた。(1)から(3)にかけては、社会ネットワークを描画する基本的な方法であり、2で述べてきたことである。ここでは、おもに残りの(4)と(5)について述べることになるが、「配置規則の特徴」という点では、(1)と(5)をまとめることができ、そういったことについて述べる。また、「形態の特徴」という点では、(1)と(2)、(3)、(4)をまとめることができ、その点についても述べる。その際、Freeman のとりあげた社会ネットワークの図を再整理するということもあり、彼の論文より図7から図10を例としてあげた。

まず、配置規則の特徴について述べる。筆者は、配置規則の重要な特徴には、(A)「人間関係構造を反映した配置をする(構造反映配置)」や(B)「あらかじめ特定の図形を描くように配置する(任意図形配置)」、(C)「さきの2つ以外の方法で見やすく配置する(基礎的配置)」といった特徴があると考えている。おおむね、(A)の構造反映配置はさきの(5)に対応し、(B)の任意図形配置と(C)の基礎的配置は(1)に対応する。

さて、これら3つの特徴をまったく反映しない配置には、ノードのランダムな配置がある。(A)の構造反映配置の規則性には、人の属性(性別やグループ)による配置の規則があり、それには、非計算論的な手続きによる任意な配置の規則(他者に対する関係をもとにして、見当で似ている人々をグルーピングするなど)、明示された属性による配置の規則(男か女かがあらかじめ分かっているときにグルーピングするなど)、計算論的な手続きによる(主成分分析や因子分析、MDSなどによる)配置の規則がある。(B)の任意図形配置に対応する規則には、円環配置の規則がある。(C)の基礎的配置に対応する規則には、各ノードがほかのノードとの間隔をとるときにバネの原理を応用したバネ埋め込みモデルといった規則や、ノードと線が交わらない規則、線と線が交わらない規則などがある。また、「焼き鈍し法」というのがあるが、それは以上のいくつかの規則に重みをつけて、それぞれの規則がもっとも最適に達成されるようにするアルゴリズムである。

基準がとくにないときには、たとえば、図7(a)のように、Moreno は円環の軌跡上にノードを置いて、図13(a)のように、ある研究者は暫定的にランダムにノードを置くことがある。人の属性にあわせて、とくに明示された属性にあわせてノードを配置するときには、たと



(a)には、学級集団の肯定的な選択、(b)には、4年生の友情選択、(c)には、フットボール・チームの肯定と否定の選択が、図示されている。図はFreeman (2000) から引用。

図7 Moreno (1934) のソシオグラム

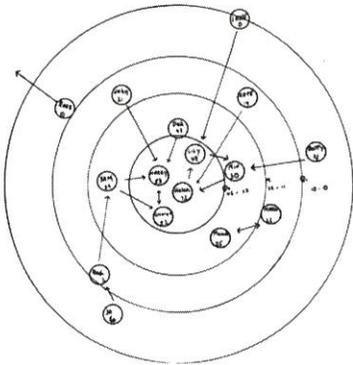


図8 Northway (1940) のソシオグラム

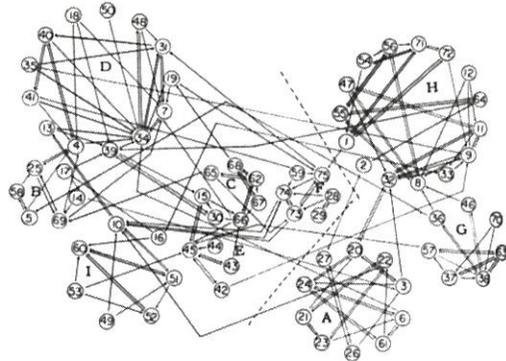


図9 Proctor (1953) のソシオグラム

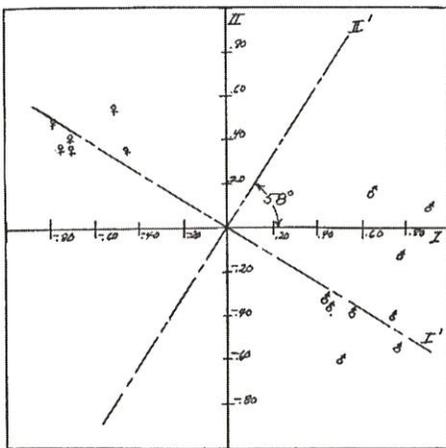


図10 Bock & Husain (1952) の図

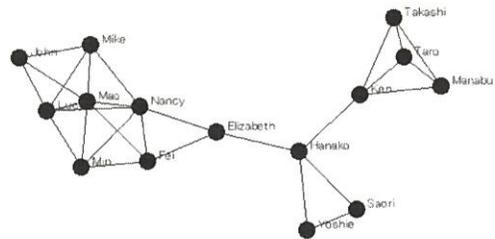


図11 NetDraw によるソシオグラム

えば、図7(b)のように、Morenoは左側の領域に少年のノードを置き、右側の領域に少女のノードを置いて、(c)のように、彼はフットボールのフィールド上のポジションにある程度あわせて成員のノードを置いた。また、人の属性といても、人間関係のマトリックスから導きだされる属性にあわせてノードを配置するときには、例として次のような図がある。Northway(1940)は、人気の高い人に対応するノードを円の中心に置き、人気の低い人に対応するノードほど円の外側に置いた。Proctor(1953)は、人間関係のマトリックスデータに因子分析をほどこし、いくつかのグループを見つけだして、図9のようにノードを置いた。それにたいして、Bock & Husain(1952)は、人間関係のマトリックスデータに因子分析をほどこして、第1因子と第2因子の2次元の平面のうえに、人をあらわす記号を図10のように置いた。しかしながら、Bock & Husainはネットワークを描画したわけではなかった。最近、開発されたNetDrawというソフトウェアには、因子分析ではなく主成分分析(Principal Component Analysis: PCA)といった違いはあるが、PCAをマトリックスデータにほどこし、ノードを配置して、ネットワークを描画できる機能がある。また、(A)の基礎的配置を満たすようにノードを配置するときには、コンピュータを使用して、バネ埋め込みモデルなどのアルゴリズムによって、図11のようにノードを配置できる。まとめとして、表2に、どの研究者がどのようにノードを配置したのかを示す。

さて、形態の特徴について述べる。筆者は、形態の重要な特徴には、(A)「人間関係構造を成立させる人の属性と関係を反映したノードと線の形態(構造反映形態)」や(B)「あらかじめ特定のノードや線で描いた形態(任意形態)」、おおむね、(A)の構造反映形態はFreemanの(2)と(3)、(4)に対応しており、(B)の任意形態は(1)に対応するであろう。構造反映形態の方法にはつぎのようなものがある。ノードについては、人を識別するために、数値(識別番号など)や文字列(個人の名前など)、絵(個人の顔のイラストや写真など)を変化させてノードに付与する方法があり、属性(性別やグループ)を識別するために、数値(識別番号など)や文字列(属性の名前など)、図形や色(幾何学図形で○△□×●、属性の記号で♀や♂)、絵(属性を示す顔のイラストや写真など)を変化させてノードに付与する方法が

表2 配置規則の特徴

研究者名	種類	内容
Moreno (1934)	明示・任意	性別による配置など
Northway (1940)	計算	人気の高い者ほど中心に配置
Bock & Husain (1952)	計算	性別と学業能力の2つの次元に記号を配置
Proctor (1953)	計算	因子分析の結果をもとにノードを固めて円環配置

注：構造反映配置について、任意と明示、計算に分類したのを種類の欄に載せた。

ある。線については、人と人との関係の種類を色や線種を変化させて線に付与する方法がある。

人の属性にあわせてノードの形を変化させるときには、たとえば、図 7 (b) のように、Moreno は、少年を三角形 (Δ) で表現し、少女を円 (\circ) で表現して、Bock & Husain は少年を男性の記号 (σ) で表現し、少女を女性の記号 (ρ) で表現した。個人を識別するときには、Proctor はノードをあらゆる円のなかに数値をいれて表現し (図 9 参照)、Northway はノードの円のなかに個人の名前をいれて表現し (図 8 参照)、社会ネットワーク描画のためのソフトウェアである NetDraw はノードの円の横に個人の名前を付加して表現する (図 11 参照)。関係の種類によって線の色や線種を変化させるときには、図 7 (c) のように、Moreno は肯定的な選択を赤い線で表現し、否定的な選択を黒い線で表現した。このことについては、2 を参考にされたい。関係の強度によって線を変化させるときには、たとえば、Northway は各人の選好度の最も強い人に対応するノードにたいしてのみ線を引いている。また、KrackPlot などのソフトウェアは線の太さを変える機能をもっており、その機能に加えて、NetDraw はある強さ以上の関係しか線を表示しない機能をもっている。非対称的な関係のときには、Jennings(1937) は、線の 2 分の 1 の個所に区切りを示し、一方のノードに接する線に沿ってそのノードからの強度をあらゆる数値を示し、他方のノードの接する線に沿ってそのノードからの強度をあらゆる数値を示した。まとめとして、表 3 には、どの研究者が何をどういった形態にしたのかを示す。

表 3 形態の特徴

研究者名	個人識別	属性識別	関係の種類
Moreno (1934)	イニシャルや番号	Δ \circ の図形 (男女)	赤と黒の色 (肯定否定)
Northway (1940)	個人名		
Bock & Husain (1952)		σ ρ の記号 (男女)	
Proctor (1953)	番号		

注：空欄は識別していない、あるいはそもそも列項目に相当するものがないことを示す。

4 人間関係のネットワーク表示ソフトウェア

4.1 ソフトウェアの種類

しばしば、おこなわれる方法として、特定の問題を解決するためだけに、その場かぎりのプログラムを組むことがある。ソシオグラムの描画もそのうちのひとつであった。最近では、人間関係のネットワーク、ソシオグラムを表示するソフトウェアが開発されている。

各人が自分以外のどの人とどのように関係しているのかを、人をノードで表現し、人と人とのあいだの関係を線で表現して、ノードと線を自動的に2次元あるいは3次元の空間に配置する。そのとき、ノードと線をどのように配置するのかといった問題がある。そのことについては3.1と3.3で述べた。

また、人間関係にかぎらず、汎用性のあるネットワーク表示についてのソフトウェアが開発されている。そのうち、Daisyは、その代表的なソフトウェアである。それらは、基本的にはどの要素とどの要素が関連しているかを、要素をノードで表現し、要素間の関連を線で表現して、ノードと線を自動的に2次元あるいは3次元上に配置する。要素が人であり、関連が荷重であるなら、そのネットワークはソシオグラムである。つまり、汎用性のあるソフトウェアの使用により、人間関係のネットワークを表示することも可能である。

ここでは、人間関係のネットワーク表示のために開発されたDavid Krackhardt氏らの「KrackPlot」やSteve Borgatti氏らの「NetDraw」、David C. Richardson氏らの「MAGE」、T.O氏の「ソシオグラム for Excel 97, 2000」、Norman D. Cook氏と藤澤隆史氏の「ソシオン視覚表示ソフトウェア」、汎用性のあるDaisy Analysis社製の「Daisy」といったソフトウェアをつかったネットワーク表示の方法について述べる。

4.2 KrackPlot 3

David Krackhardt氏らによって開発されてきたKrackPlotというソフトウェアは、社会ネットワーク分析のために、ネットワークのノードと線を自動的に配置させることを提供する。Krackhardt, Blythe, & McGrath (1995)はスクリーン志向型のKrackPlot 3.0のソフトウェアを公開した。本稿ではこのバージョンについて紹介する。動作環境は、PC/AT互換機でMicrosoft社製のDOSである。以前のバージョン2とは違って、パーソナルコンピュータのグラフィックユーザインターフェイス(Graphic User Interface: GUI)におけるインタラクティブな性質が生かされていないが、バージョン3にはその改善もおこなわれさまざまな機能が追加された。入力装置であるマウスを使用して、ノードを作成することや、削除すること、個々に移動させること、グループ単位で移動させることができる。また、彼らは、そのソフトウェアにネットワークの配置が自動的にできる、多次元尺度法(MDS)や焼き鈍し法(simulated annealing)、円環配置(circular layouts)などのアルゴリズムを実装した。そのソフトウェアには、ノードのラベルとして文字列をノードの内側に付け足せるだけでなく、ノードの属性の違いによってノードの形や色を自動的に割り当てる機能がある。また、それらをユーザ自身によって変更できる機能もある。た

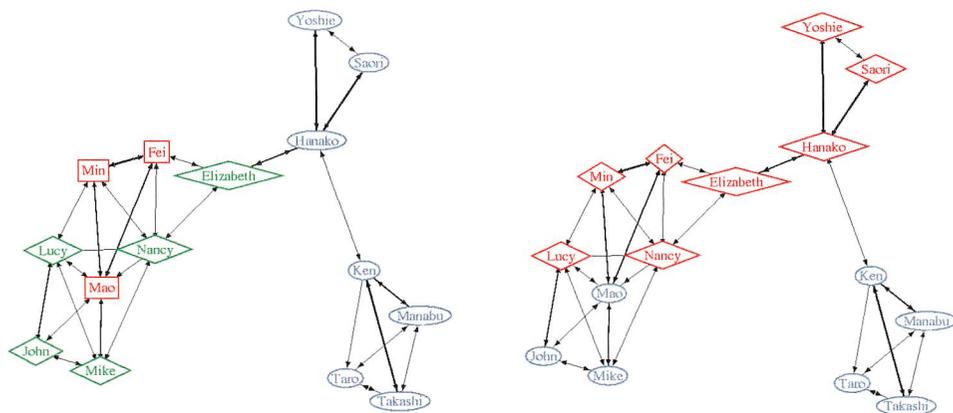
たとえば、図 12 は後ほど示す例 4 のデータからえられた矢印付きのネットワークである。また、インタラクティブなマウス操作により、国籍の属性を示した(a)から性別を示した(b)へと即時に図を変更させることや、その 2 つを何度も入れ替えて表示させることが可能である。

KrackPlot 3.0 には、ネットワークのノードが自動的に配置できるように、いくつかの手法が採用されている。ソフトウェアを起動させると、画面の上端に「表示 (Display)」があるが、そのなかに「配置 (Layout)」という項目がある。そこには、ユーザ (User) と円環 (Circle)、多次元尺度法 (MDS)、ランダム (Random)、焼き鈍し (Anneal)、微揺 (Jiggle) といった項目がある。焼き鈍しについては、パラメータを焼き鈍しの設定 (Settings for Anneal) にて変更できる。現在、このソフトウェアの配布は英語版のみであるが、本稿では筆者は便宜的に項目の名前に和訳をほどこす。以下では、それらの項目について簡単に述べる。ところで、Krackhardt, Blythe, & McGrath (1995) はネットワークの線 (line) を辺 (edge) というグラフ理論の用語を使用することがある。ここでは本稿の用語の統一のために辺とは訳さず線と訳した。

• ユーザ (User)

利用者がデータファイルにノードの座標の値を書き込むことで、その座標の値にしたがってノードを配置する。

• 円環 (Circle)



(a) 国籍をノードの色と形で表現

(b) 性別をノードの色と形で表現

図 12 KrackPlot を使用した焼き鈍しによる描画*4

すべてのノードを円環の端に配置する（図15参照）。

• 多次元尺度法 (MDS)

ノードを MDS でえられた 2 次元に配置する。視覚的には、MDS で配置されたネットワークの図は荒っぽく見えるが、その配置を初期の配置にすれば、焼き鈍し法でノードを配置するときに、ランダムに配置するときよりも早く描画できる（図13(b)参照）。

• ランダム (Random)

ノードをランダムに配置する。各ノードの x 座標の値と y 座標の値としてでたために値を与える（図13(a)参照）。

• 焼き鈍し (Anneal)

ノードと線を、焼き鈍し法の応用により、いくつかの規則性を満たして配置する*5。KrackPlot の製作者たちは、個々のノードは互いに近すぎず、線は長すぎず、ノードは線と重ならないといった規則性をあげている。それぞれの規則性に異なった重みを与えることによってノードと線の配置の最適解を求める（図12参照）。

• 微揺 (Jiggle)

微揺法（軽く揺する手法）によって配置する。焼き鈍し法と似ているが、その手法よりもノードの移動する領域が小さい。そのため、この手法は、ノードを手で移動させたあと、局所的に最適な配置をするために役立つ。

• 焼き鈍しの設定 (Settings for Anneal)

ノードの反発作用 (*Node repulsion*)

ノード同士が反発する度合いを決める。この値が大きければ、ノードは互いに離れる。（初期値は 1 である）

大きな段階での線の反発作用 (*Edge repulsion for large steps*)

線がノードから遠ざかる度合いを決める。この値が大きければ、線がノードと反発する。（初期値は 0 である）

微揺の段階での線の反発作用 (*Edge repulsion for jiggle steps*)

大きな段階での線の反発作用と同様に、微揺の（軽く揺さぶる）段階では、それは焼き鈍し過程 #7 から始まる。（初期値は 1 である）

同じ型のノードに関する吸引作用 (*Attraction on nodes of same type*)

焼き鈍しの過程で同様の型のノードを集める。ノードの反発作用の設定では、ノードが互いに離れていくものであったが、この設定では、ノードが同じ型である場合において、ノードの反発を減らしていくものである。（初期値は 0 である）

線の長さの重み (*Edge length weight*)

線の長さを決める。線の長さの重みはノード間の長い線に対して罰を与える。(初期値は1である)

線の長さの分散の重み (*Edge length variance weight*)

線の長さにおける分散の大きさを決める。線の長さの分散で罰を与える。(この設定で注意すべきこととして、現在では、分散を小さくすると、すべての線を長くする傾向がある。この設定での適当な値は0.001である)(初期値は0である)

線の交差の重み (*Edge crossing weight*)

線がほかの線と交差させないようにする。この設定は2つの線が実際に交差するときだけ作動する。2つの線が交差するとき、この設定は罰を与える。このオプションは焼き鈍しをかなり長くさせる可能性がある。(初期値は0である)

線のヒットするノードに関する重み (*Weight on a node hitting an edge*)

ノードがほかの線と重ならないようにする。この設定はノードが線に重なったときにだけ作動する。もしノードが線と重なるなら罰が与えられる。(初期値は0である。)

打ち切り試行数 (*Number of bad trials in a row*)

焼き鈍しのアルゴリズムは、ノードと線が適切に配置されていない場合には何度か繰り返される。適切な配置が行われなくても焼き鈍しの過程の回数を設定できる。(初期値は50である)

孤立ノードを分離 (*Separate isolates*)

この設定は孤立したノードを隅におく。(YかNで設定でき、初期設定はYである)

正規化の値の表示 (*Show normalized values*)

これを真で設定すると、すべての設定における実際の値が表示される。(YかNで設定できる。初期設定はYである)

さて、データの記述形式について述べる。KrackPlotは、2で取り上げた、マトリックス表示からネットワーク表示に変換できる機能を備えている。人間関係のネットワークの図、ソシオグラムを自動的に生成をさせるためには、入力データとして、マトリックスで表示したデータか、あるいは、だれがどの人と関係しているかを列挙したCGO形式のデータが必要である。

例1から例4は、筆者の作成した仮想的な人間関係のデータであり、すべて同じマトリ

例1 座標値とラベル付き

15
 582 148 Manabu
 474 92 Taro
 501 189 Ken
 552 71 Takashi
 434 305 Hanako
 432 412 Yoshie
 509 374 Saori
 27 117 John
 120 99 Mike
 306 274 Elizabeth
 200 208 Nancy
 53 207 Lucy
 122 174 Mao
 203 295 Fei
 112 279 Min
 012100000000000
 100100000000000
 210310000000000
 113000000000000
 001003300200000
 000030100000000
 000031000000000
 00000001002100
 000000010011200
 000020000010010
 000000001101111
 000000021010101
 000000012001022
 000000000110202
 00000000011230
 arrows=n

例2 ラベル付き

15
 !nc
 Manabu
 Taro
 Ken
 Takashi
 Hanako
 Yoshie
 Saori
 John
 Mike
 Elizabeth
 Nancy
 Lucy
 Mao
 Fei
 Min
 012100000000000
 100100000000000
 210310000000000
 113000000000000
 001003300200000
 000030100000000
 000031000000000
 00000001002100
 000000010011200
 000020000010010
 000000001101111
 000000021010101
 000000012001022
 000000000110202
 00000000011230
 arrows=n

例3 座標値とラベルなし

15
 !nc !nl
 012100000000000
 100100000000000
 210310000000000
 113000000000000
 001003300200000
 000030100000000
 000031000000000
 00000001002100
 000000010011200
 000020000010010
 000000001101111
 000000021010101
 000000012001022
 000000000110202
 00000000011230
 arrow=n

例4 座標値とラベル、属性情報

15
 582 148 Manabu Japan male
 474 92 Taro Japan male
 501 189 Ken Japan male
 552 71 Takashi Japan male
 434 305 Hanako Japan female
 432 412 Yoshie Japan female
 509 374 Saori Japan female
 27 117 John America male
 120 99 Mike America male
 306 274 Elizabeth America female
 200 208 Nancy America female
 53 207 Lucy America female
 122 174 Mao China male
 203 295 Fei China female
 112 279 Min China female
 012100000000000
 100100000000000
 210310000000000
 113000000000000
 001003300200000
 000030100000000
 000031000000000
 00000001002100
 000000010011200
 000020000010010
 000000001101111
 000000021010101
 000000012001022
 000000000110202
 00000000011230
 arrows=y
 fields=country gender
 country Japan=blue
 country America=green
 country China=red
 gender male=blue
 gender female=red

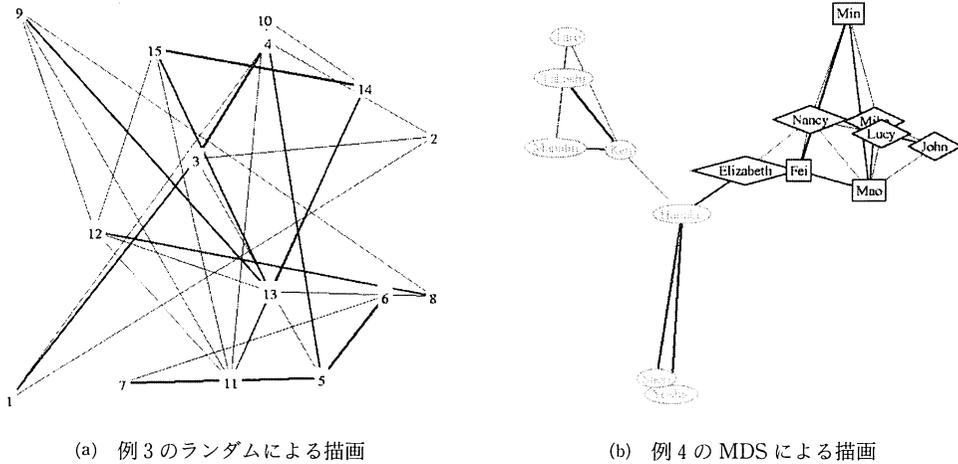


図 13 ネットワークの描画

ックスデータである。具体的には、留学生の教室で毎日どの人にどのくらい話しかけているかのデータを想定した。そのデータには、非対称的な荷重があり、荷重の大きさがあり、例 4 では各人に国籍と性別の属性が与えられた。

まずは、マトリクス表示について述べる。データの 1 行目には、ネットワークのノードの数を記述する。人間関係をマトリクスで記述するまえに、例 1 のように左から順に x 座標の値と y 座標の値、ラベルを記述する形式もあれば、例 2 のように xy 座標の値の記述を省略する形式や、例 3 のようにラベルを記述しない形式もある。その際、例 2 では 2 行目に座標の値を指定しないことを示す「!nc」を記述し、例 3 では 2 行目に「!nc」とラベルを付与しないことを示す「!nl」を記述する。そのあと、人間関係をマトリクスで記述

例 5 CGO 形式

Min	0.277677	0.430869	Nancy	Mao	Lucy	Fei		
Fei	0.277677	0.214554	Nancy	Min	Mao	Elizabeth		
Nancy	0.404016	0.595892	Min	Mike	Mao	Lucy	Fei	Elizabeth
Mike	0.277677	0.975	Nancy	Mao	Lucy	John		
Mao	0.151339	0.595892	Min	Mike	Lucy	John	Fei	
Lucy	0.277677	0.758685	Nancy	Min	Mike	Mao	John	
John	0.025	0.975	Mike	Mao	Lucy			
Yoshie	0.879836	0.025	Saori	Hanako				
Saori	0.975	0.214554	Yoshie	Hanako				
Elizabeth	0.531995	0.214554	Nancy	Hanako	Fei			
Hanako	0.784672	0.214554	Yoshie	Saori	Ken	Elizabeth		
Taro	0.784672	0.696244	Takashi	Manabu				
Takashi	0.975	0.428639	Taro	Manabu	Ken			
Ken	0.784672	0.428639	Tar	Takashi	Manabu	Hanako		
Manabu	0.975	0.696244	Tar	Takashi	Ken			

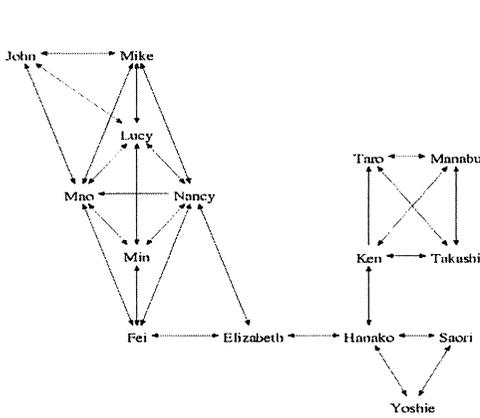


図14 CGOファイルによる描画

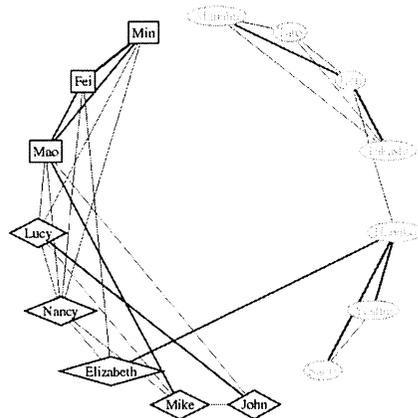


図15 円環配置によるネットワーク表示

する。例1から例3では、そのあとの行に、「arrow=n」とあるが、線に矢印を付けないことを示し、「arrow=y」となっているなら、線に矢印を付けることを示す。前者の設定は、図2のように、人間関係がすべて対称的である場合には適切であり、後者の設定は、図3や例1から例4のように、人間関係に非対称的な関係が存在する場合には適切である。

さて、ノードに属性を付与するために、例4のように、ラベルの右横に、半角空白で区切って、いくつかの属性を左から順に記述できる。「fields=country gender」は、そのいくつかの属性のフィールド名としてその順に対応させて左から順に記述したものである。例4を描画したのは図12と図13(b)である。また、ネットワークの描画のあと、フィールド名を選択して、いくつかの属性を入れ替えて表示できる。図12の(a)から(b)への図の入れ替えはその例である。さらに、画面の操作中に色を変更することができるが、データを読み込んだときに各属性に対応する色を指定することができる。「country Japan=blue」は、属性 country の値 Japan については、青色に指定したものである。

つぎに、CGO形式について述べる。KrackPlot 3.0はCGO形式のファイルを読み込むことができる。このデータの形式では、各データ行の1列目にノードのラベルを、2列目にノードを配置するx座標の値を、3列目にy座標の値を、4列目以降に接続するほかのノードのラベルをすべて記述する。また、座標の値は0から1までの範囲内である。列の区切りとして列の左側に半角空白を挿入する(複数個挿入してもよい)。図14はその例である。制作者は今のところCGO形式では属性をサポートできないとしている。

ここでは、仮想的なデータから得られた各ネットワークを比較する。青色の楕円は日本の国籍をもつ者(日本人)を、赤色の長方形は中国人を、黄緑色のダイヤモンドの形はア

メリカ人を表現する。荷重が大きければ線は太く、小さければ線は細く表現される。一方向の矢印が2つある。それらは、Ken から Taro に、Nancy から Mao に話しかけているが、Taro から Ken に、Mao から Nancy に話しかけていないことを示す。図 13 (a)のように、ランダム配置ではどのようなグループ（自然発生的なかたまり、クラスターといった意味で使用している）があるか分かりにくい、それ以外の図なら3つのグループがあると分かる。図 15 の円環配置でも3つのグループがあることが分かるが、図 12 の焼き鈍し法による配置のほうが3つのグループがあることをすぐに認識できる。さらに、図 12 の(b)では、青色の楕円が男性を表し、赤色のダイヤモンド型が女性を表しており、おおまかに男女に分かれてグループを形成していることがすぐに分かる。図 12 の(a)と即時に入れ替えれば、日本人では顕著に男女でグループ化されていることが見て分かる。ほかの図においては、そのことを認識するためには少し時間がかかるだろう。また、ランダム配置以外の図なら、Elizabeth が日本国籍をもった人とそれ以外の国籍をもった人とをつなぐ橋 (bridge) の役目を果たしていることが分かる。

さいごに、インタラクティブな操作性による機能について述べる。もしさきの留学生の教室に新入生が入ってきたなら、そのノードを画面上で追加し、あるノードとその他のノードとに矢印付きの線を引くことも可能である。また、ノードを消すことも可能である。そうして作成したネットワークを以上であげた形式でデータとして保存することも可能である。ほかにも、画面上で、各ノードの属性等の表示(ラベル名と選択度、被選択度、属性の文字による表示) やノードの新しい属性の追加 (成績の評価など)、各ノードの属性の値の変更 (成績の評価で優と良を変更するなど) もできる。

4.3 NetDraw

最近、Steve Borgatti 氏らによって NetDraw が開発されている。これは KrackPlot と同じように、ネットワークを自動的に描画するためのソフトウェアである。本稿では、2002年12月にリリースされたバージョン0.82 について紹介する。まだ、新しいソフトウェアであり、あまりマニュアルやヘルプは整っていない。動作環境は、Microsoft 社製の Windows 95 以降の OS である。読み込めるファイルには、Ucinet データセット(##h と##d) や Ucinet DL テキストファイル、Pajek ファイル (net と clu、vec)、NetDraw の備える VNA テキストファイルがある。KrackPlot の DOS 上の GUI 操作とは違い、Windows ベースの標準的な GUI 操作が可能である。NetDraw は KrackPlot とほぼ同じように、2次元空間にノードを配置するアルゴリズム、円環配置や MDS、バネ埋め込み (spring embed-

ding) モデルなどが実装されている。また、KrackPlot には実装されていない、主成分分析も実装されている。ほかの機能には、荷重の大きさを表示するとき、線の太さで荷重の大きさを表示することができ、大きい荷重だけを取り出して、もしくは、小さい荷重だけを取り出して表示することも可能である。また、多数の種類荷重を1つの図に描画することもできる。たとえば、好悪関係と上下関係の混在させたネットワークを描くことも可能であり、それぞれの関係に対応する線に異なった色をつけることもできる。その際、コンピュータとのインタラクティブな操作性を生かして、即座に、好悪関係だけを取り出したり、上下関係だけを取り出したりして、表示することも可能である。また、男性あるいはある組織の成員といった、あるグループのノードを表示するかしないかの設定が容易にできる。

さて、データの入力の方法について述べる。ユーザは ASCII コードをつかって VNA 形式や Ucinet DL テキストファイル形式、Pajek 形式でデータを入力できる。これらの形式とは違って、Ucinet データセット形式での入力については、図 16 のスプレッドシートをつかう。図 1 のように、マトリクスで入力することができる。

・ VNA データ形式

VNA データ形式では、各ノードがほかのどのノードに接続するかといったデータだけでなく、どのようにそのデータを表示するかについての情報（色、大きさなど）や、ノ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Menabu	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Tero	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Ken	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Takashi	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Hanako	0	0	1	0	0	3	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0
6 Yoshie	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Saori	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 John	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
9 Mike	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0
10 Elizabeth	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
11 Nancy	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
12 Lucy	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	1
13 Miao	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	2	2	2
14 Fei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	2	2
15 Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	0	0

図 16 UCINET データセットのスプレッドシート

ドの属性を保存できる。また、数値や文字列で、性別の変数に「0」か「1」、または「male」か「female」といった値をもたせることができる。

VNA ファイルはテキストファイルである。そのファイルのなかのデータは「star section」とよばれるセクションで構成されなければならない。セクションはどのような順序でもかまわない。今のところ、3つのstar sectionsがある(すぐに6つのsectionを作成する予定である)。ノードデータ (node data) とノード属性 (node properties)、紐帯データ (tie data) である。VNA 形式のデータはそれらのすべてのセクションから構成されている必要はない。セクションの区切りとして、各セクションの前にアスタリスクをつけて「*node data」や「*node properties」、「*tie data」を記入する必要がある。

ノードデータセクションは、ネットワークを構成する人がどういった人物なのかを説明する属性を示すところである。このセクションの1行目には、人を識別するIDという変数名を記述し、その右に人のなんらかの属性を示す変数名を左から右へと順に記述する。その2行目から、1行目の変数名と対応するように左から右へと順に、IDと、属性(文字列でも数値でもよい)を記述する。ノード属性セクションは、ノードの表示について指定するところである。ここでは、x座標やy座標でノードの配置を、ノードの色(本稿の執筆段階では数値で入力)、ノードの形(同様に数値で入力)、ノードの大きさでノードの形態を、ノードの短いラベルでノードの識別名を指定する。紐帯データセクションは、各人とほかの人との関係(紐帯)の強度を、あるいは関係の有無を示すところである。このセクションの1行目には、左から右へと順に、関係をもとうとする(荷重をあたえる)人を示すfromという変数名と、関係をもたれた(荷重をうける)人を示すtoという変数名を記述し、その右に関係の種類を示す変数名を記述する。その2行目から、1行目の変数名と対応するように左から右へと順に、荷重をあたえる人のIDと荷重をうける人のIDを2対ごとに記入し、その右に関係の強度、あるいは有無を数値で記入する。その際、複数の関係(紐帯)を記入することもできる。その場合、1行目には関係を示す変数名を右に続けて増やし、2行目からは、1行目の関係の変数名と対応するように、強度を示す値を左から右に続けて記入する。

変数名とほかの変数名、それから変数の値とほかの変数の値のあいだには、カンマか空白、タブを入れなければならない。空白のふくむ値を記述するためには、その値をダブルクォーテーションマークで囲む必要がある。たとえば、「Taro Tanaka」と記述するとき、「"Taro Tanaka"」とすれば「Tanaka」を「Taro」の右横の列の変数の値にはならず、「Taro Tanaka」はひとつの値になる。

以下に、4.2で仮想的に作成されたデータに、属性と別の種の間を関係を追加した例を示す。
属性には歳を追加して、関係には勉強について尋ねたことがあるかどうかを追加した。

例1 3つのセクションから構成されたVNAデータ

*Node data

ID	country	gender	age
Manabu	Japan	male	18
Taro	Japan	male	20
Ken	Japan	male	19
Takashi	Japan	male	18
Hanako	Japan	female	19
Yoshie	Japan	female	20
Saori	Japan	female	18
John	America	male	19
Mike	America	male	20
Elizabeth	America	female	21
Nancy	America	female	18
Lucy	America	female	19
Mao	China	male	21
Fei	China	female	19
Min	China	female	20

*Node properties

ID	x	y	color	shape	size	shortlabel
Manabu	525	55	16711680	1	10	Manabu
Taro	434	16	16711680	1	10	Taro
Ken	481	121	16711680	1	10	Ken
Takashi	377	96	16711680	1	10	Takashi
Hanako	445	194	255	1	10	Hanako
Yoshie	534	218	255	1	10	Yoshie
Saori	478	311	255	1	10	Saori
John	45	239	16711680	5	10	John
Mike	114	180	16711680	5	10	Mike
Elizabeth	335	240	255	5	10	Elizabeth
Nancy	204	229	255	5	10	Nancy
Lucy	70	322	255	5	10	Lucy
Mao	184	323	16711680	2	10	Mao
Fei	309	312	255	2	10	Fei
Min	243	380	255	2	10	Min

*Tie data

from	to	talk	ask
Manabu	Taro	1	1
Manabu	Ken	2	1
Manabu	Takashi	1	0
Taro	Manabu	1	1
Taro	Takashi	1	0
Ken	Manabu	2	0
Ken	Taro	1	0
Ken	Takashi	3	0
Ken	Hanako	1	0
Takashi	Manabu	1	0
Takashi	Taro	1	0
Takashi	Ken	3	0

人間関係ネットワークの視覚表示ツールについて（兩宮・水谷）

Hanako	Ken	1	1
Hanako	Yoshie	3	0
Hanako	Saori	3	1
Hanako	Elizabeth	2	0
Yoshie	Hanako	3	0
Yoshie	Saori	1	0
Saori	Hanako	3	0
Saori	Yoshie	1	0
John	Mike	1	1
John	Lucy	2	0
John	Mao	1	0
Mike	John	1	0
Mike	Nancy	1	1
Mike	Lucy	1	0
Mike	Mao	2	0
Elizabeth	Hanako	2	0
Elizabeth	Nancy	1	0
Elizabeth	Fei	1	0
Nancy	Mike	1	0
Nancy	Elizabeth	1	0
Nancy	Lucy	1	1
Nancy	Mao	1	0
Nancy	Fei	1	0
Nancy	Min	1	0
Lucy	John	2	0
Lucy	Mike	1	0
Lucy	Nancy	1	0
Lucy	Mao	1	0
Lucy	Min	1	0
Mao	John	1	0
Mao	Mike	2	0
Mao	Lucy	1	0
Mao	Fei	2	1
Mao	Min	2	0
Fei	Elizabeth	1	0
Fei	Nancy	1	0
Fei	Mao	2	0
Fei	Min	2	0
Min	Nancy	1	0
Min	Lucy	1	1
Min	Mao	2	1
Min	Fei	3	1

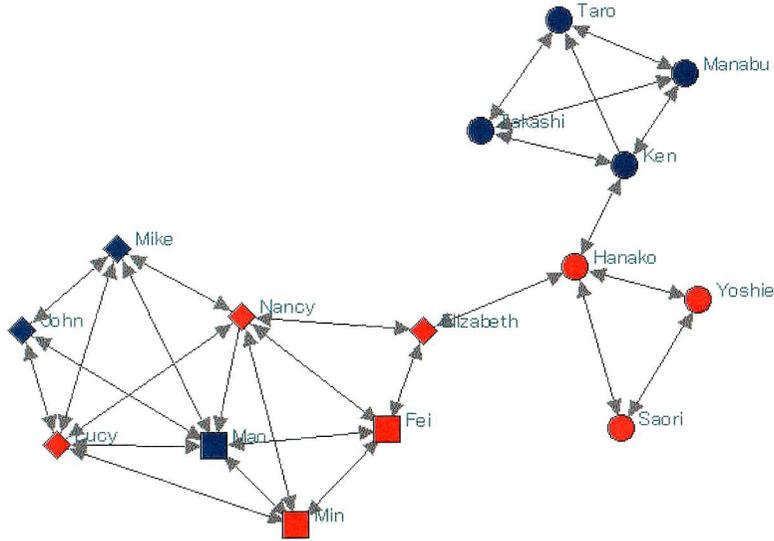


図17 NetDrawによる描画

・DL データ形式

DL プロトコルは、データを記述する柔軟な言語であり、異なった形式をいくつか取り扱っている。DL プロトコルの形式には、ノードリスト形式 (nodelist format) と、辺リスト形式 (edgelist format)、全マトリックス形式 (fullmatrix format) の3つがある。すべての形式においてデータの一番上には「dl」を記述し、つぎの行にネットワークに用いる人数、たとえば50人の場合には「n=50」を記述する。3行目には、各形式において、こういった形式かを「format=nodelist」か「format=edgelist」、「format=fullmatrix」のいずれかを記述する。その行の前に「labels embedded」を入れると、ラベルを使ってノード同士で接続するデータを記述できる。また、ラベルや数値を使ってノード同士で接続するデータを記述するときには、そのデータのまえに「data:」と記述する。ノードリストのデータはKrackPlotのCGO形式からXY座標の値を省いたデータである。辺リストデータはVNAの紐帯データセクションとほぼ同じである。全マトリックスのデータはマトリックス表示のものである。例として、簡易マニュアルに載せられていたデータを以下に記す。

DL形式では人の属性やノードの形態を表現する語を記述するかわりに、VNA形式のノードデータセクションやノード属性セクションが記述されたテキストファイルを読み込む。そうすれば、属性をネットワークに追加することが可能である。それをするためには、

例1 ノードリスト形式

dl	dl
n=50	n=50
format=nodelist	labels embedded
data:	format=nodelist
1 7 8 2	data:
3 19 21 49 6	binlad geobus tonblai kenski
2 6	bilste jeabar stebor judcla jandoe
...	kenski jandoe
	...

例2 辺リスト形式

dl	dl
n=50	n=50
format=edgelist	labels embedded
data:	format=edgelist
1 7	data:
1 8	binlad geobus
1 2	binlad tonblai
3 19	binlad kenski
...	bilste jeabar
	...

例3 全マトリックス形式

dl	dl
n=5	n=5
format=fullmatrix	labels embedded
data:	format=fullmatrix
0 0 1 0 0	data:
0 0 0 1 1	Bill Jan Jim Sue Zoe
1 0 0 1 0	Bill 0 0 1 0 0
0 1 1 0 0	Jan 0 0 0 1 1
0 1 0 0 0	Jim 1 0 0 1 0
	Sue 0 1 1 0 0
	Zoe 0 1 0 0 0

ファイル (File) から開く (Open) を選択して、そのなかの VNA を選択し、Attributes の項目があるので、その項目を選択して読み込む必要がある。

ところで、社会ネットワーク分析に役立たせるために、統合環境を目指して開発されている UCINET というソフトウェアがある。筆者の入手したバージョンは 6 の評価版 (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002) であるが、そのバージョンについて本稿では取り扱っている。このソフトウェアを使用すれば、NetDraw や Pajek*⁶、KrackPlot、MAGE などのデータを互いにやり取りでき、また、ソシオメトリの指標などを求めることができる。

4.4 MAGE 6

David C. Richardson 氏らによって開発された MAGE は、分子モデルのための装置とし

で発展してきた。それはネットワークを3次元で表示するソフトウェアである。ユーザは、画面を見ながらインタラクティブに操作でき、画像をリアルタイムにどの方向にも回転できる。動作環境は、PCやMAC、UNIXベースのWorkstationで、Windows 3.1以降のOSやLinuxなどである。扱えるファイルにはkin形式がある。MAGEを起動させると、右端には3つスライダーがある。それには、画像の拡大と縮小ができるZOOMスライダーと、奥行き感をだせるように画像にコントラストをつけるZSLABのスライダー、画像の輝度を変更できるZRANのスライダーがある。

Freeman, Webster, & Kirke (1998) は、このソフトウェアが社会ネットワーク研究に役立つことを示した。また、彼らは3次元で表示することで、ほかの方法では目で明らかにできないネットワーク構造の細部まで見渡せると主張する。つまり、社会ネットワークのデータ(人間関係のデータ)から新たな洞察をえる可能性がある。MAGEはそれに応えるものであると彼らは考えた。

さて、データの入力の方法について述べる。直接、ASCIIコードをつかってユーザがkin形式でデータを入力できる。しかしながら、UCINETのソフトウェアの環境でMAGEを使用すれば、ユーザはその形式で入力する手間を省ける。その環境においては、MAGEはUCINETのスプレッドシートと連携しており、その形式のデータをkin形式のデータに変換できる。また、MAGEはNetDrawとも連携しており、WindowsのGUIで標準的なツールボックスにあるが、そのMAGEボタンをクリックするだけで、ユーザに意識させ

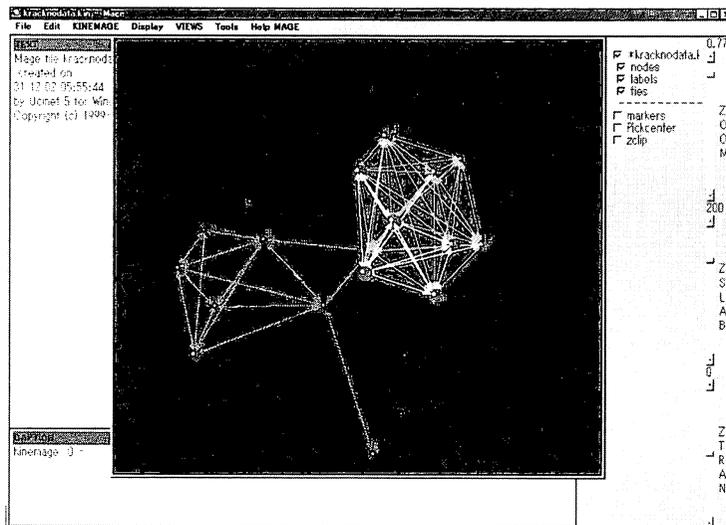


図18 MAGEによるソシオグラムの3次元表示

ずにその形式のデータが kin 形式のデータに変換され、自動的に MAGE が起動してネットワークが 3 次元で表示される。

4.5 ソシオグラム for Excel 97, 2000

日本国内では、インターネット上で公開されているものに、ハンドルネーム T.O 氏によって作成された「ソシオグラム for Excel 97, 2000」というマクロプログラムがある。Microsoft 社製の表計算ソフトウェア Excel のワークシートに、ソシオメトリック・テストの結果を入力して、ソシオグラムを自動的に出力できる。

これまであげてきたソフトウェアと異なる機能にはつぎのようなものがある。ノードはワークシートに入力されたラベルで表現される。自分から相手への肯定的な荷重は、相手をあらわすノード側に矢印のついた黒色の実線で、自分から相手への否定的な荷重は、相手をあらわすノード側に矢印のついた赤色の実線で表現しているが、2 者の関係が、相手から自分への荷重は否定的であるが、自分から相手への荷重が肯定的である場合には、相手のノード側に矢印をつけて黒色の破線で表現する。また、ノードの配置のアルゴリズムに

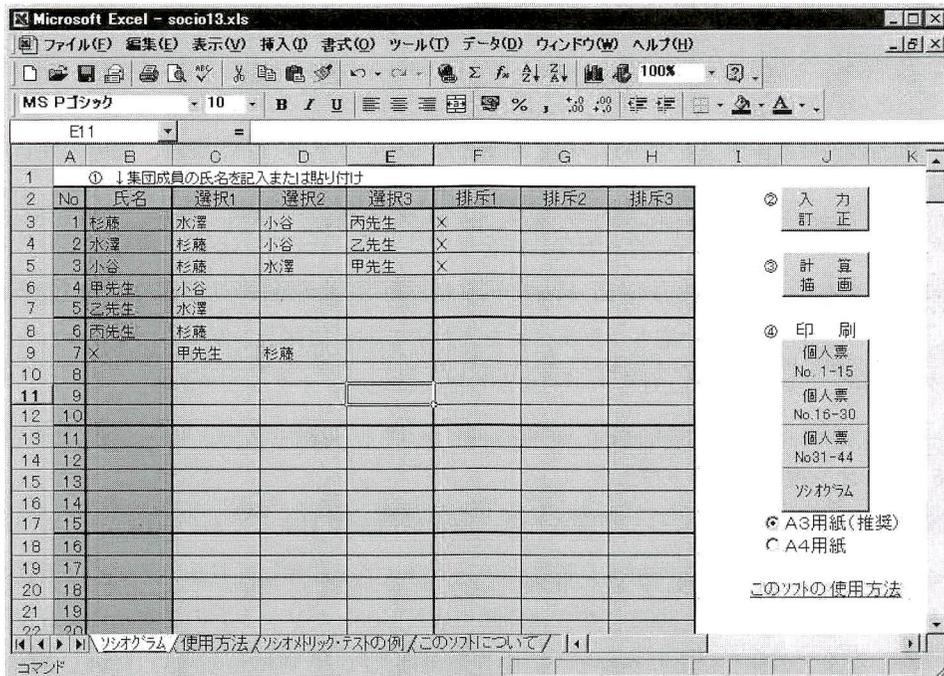


図 19 選択と排斥の入力データ形式

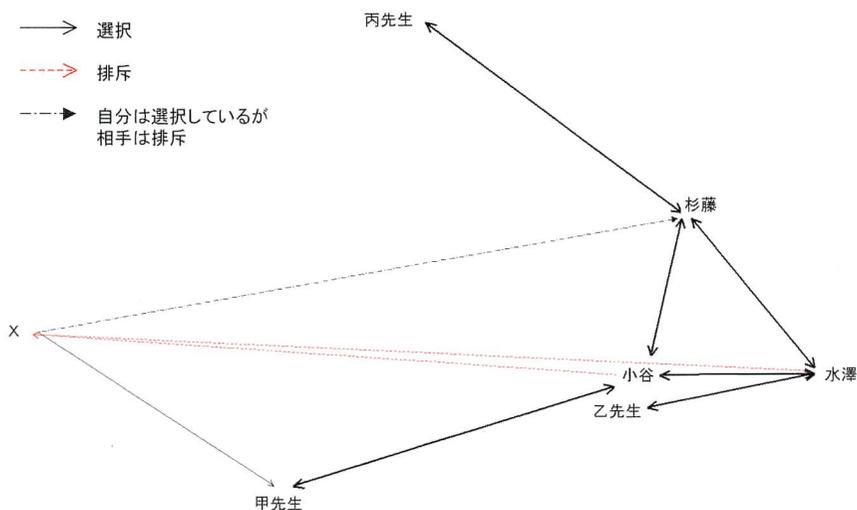


図20 ソシオグラム for Excel 97, 2000 で生成されたソシオグラム

小谷と水澤からXに、赤色の矢印付き破線が引かれ、Xから杉藤に黒色の矢印付き破線が引かれることに注意されたい。A3用紙にソシオグラムを描画することが想定されており、その図を縮小して本稿に掲載すると字体が小さくなる。そのため、筆者はこの図に記入される字体を大きくした。

はMDSが適用されており、これまで紹介してきたソフトウェアのように、ユーザはノードの配置規則を決められない。

データの入力の方法について述べる。図19のような表があるが、そこにデータを入力する。氏名の列には、ネットワークを描く対象となる人のラベル（たとえば、実際の姓名）を入力する。次の選択の列には、その人の知り合いに対応させたラベルを入力する。知り合いだけでなく、その人が、肯定的な評価を与える人や、好きである人、親しみを感じる人に対応させたラベルを入力して、排斥の列には、否定的な評価を与える人、嫌いである人、疎遠だと感じる人に対応させたラベルを入力する。図19では、仮想的に作成されたデータを使用している。図20はそのデータから描かれたソシオグラムである。

4.6 ソシオン視覚化ソフトウェア

Noman D. Cook氏によって考案された、原子構造を説明するためのFCCモデルがある。彼はそのモデルの3次元による視覚化ソフトウェアを開発しており、ソシオンモデルにも転用できると考えた。2002年から藤澤隆史氏とCookがソシオンの3次元による視覚化ソフトウェアの開発にとりかかった。動作環境は、PCでWindows 95以降のOSである。このソフトウェアにはMAGEよりも機能が豊富にあるが、現在、開発中のためMAGE

のように公開するには至っていない。機能としては、ユーザは、画面を見ながらインタラクティブに操作でき、画像をリアルタイムにどの方向にも回転できるだけでなく、ずっと回転させておくことも可能であり、ワイヤー表示やキーボードの入力による人に対応する球体の付け足し機能がある。しかしながら、画面上では、球体とほかの球体との関係の表現は自由に操作できないといった問題がある。それをするためには、今のところ FCC モデルの 3 次元視覚化ソフトウェアのライブラリや関数を利用して、ソースプログラムを直接変更せねばならない。藤澤氏は、人を表現する大きな球体のなかに小さな球体を入れて、その小さな球体と大きな球体とを結ぶ棒をかけるとき、小さな球体にまっすぐに棒がかけられない球体が生じることがあり、その棒を曲げる必要があると述べている。今後、その状態をどのように見やすく表示するのかを解決すべきである。

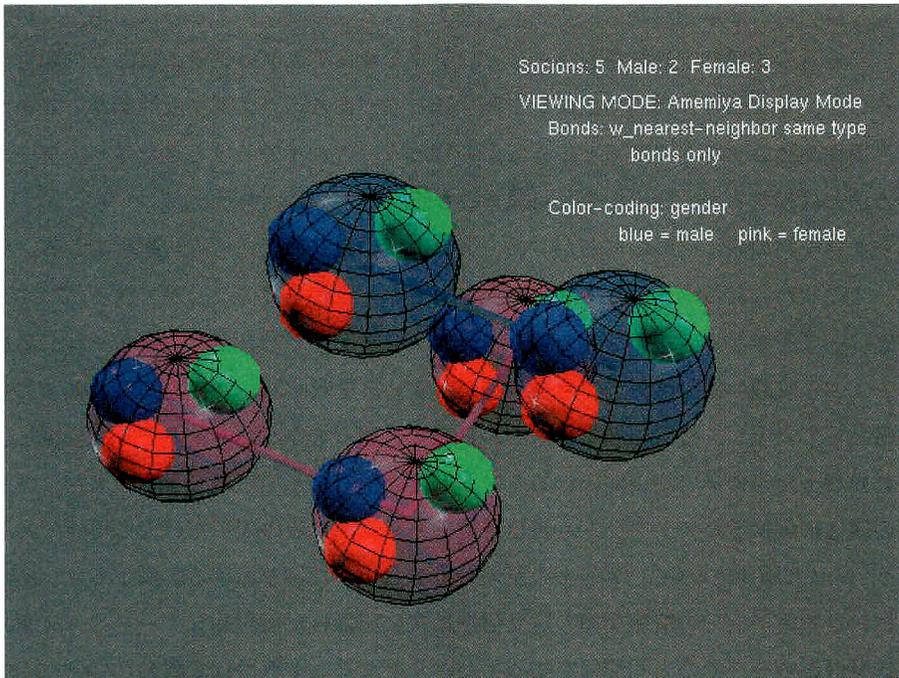


図 21 ソシオン 3 次元表示

人を大きな球体で表現して、関係を棒で大きな球体とほかの大きな球体とにつなげて表現している。大きな球体のなかに、人が想像するほかの人を小さな球体で表現している。(2003 年、藤澤氏の好意により許可を得て転載)。

4.7 Daisy

イングランドの小企業によって開発が進められてきた Daisy (James, 1998-2001) というソフトウェアは、ネットワークの表示を使ってインタラクティブなデータ分析 (Data Analysis Interactively) を提供する。本稿では 1998 年に公開されたバージョンとして 4.11.1 Lite 32 Bit をもとにして説明する。Westphal & Blaxton (1998) の付属 CD-ROM に入っていたバージョンである。動作環境は Microsoft 社製の Windows 95 以降の OS である。読み込めるファイルには ASCII ファイルがある。正規バージョンでは、Excel スプレッドシート、Access、FoxPro、dBase、Focus Master Files などが読み込める。このソフトウェアが描画するネットワークは 2 から 3 まで述べたネットワークとは異なり、KrackPlot や NetDraw の描画するネットワークとは根本的に異なる。

Westphal & Blaxton によると、Daisy は幾年かさまざまな領域で利用され、広い範囲の興味ある問題に適用されている。そのうちいくつかを例にあげると、ロンドンの地下鉄の遅れを分析することや、大型エンジン工場で作られている機器に生じた欠陥とその機器に生じたほかの欠陥に関連がないかチェックすること、電話システムの使用量を分析すること、ワインの味覚評定の結果を見ること、ソフトウェアのプログラムにある欠陥をテストすること、それから、競馬の結果を予測することがある。さまざまな問題をとりあつかえる汎用性の高いソフトウェアといってよいだろう。これまであげてきたネットワーク表示の方法とは異なるが、Daisy を人間関係にも使用できることを示す。

ネットワークの表示についてだが、ノードは円環の軌跡のうえのみに配置できる。データベースのなかにあるフィールド間に関係があるかどうかを見ることができる。ここでは、データベースを単なるデータとしてとらえ、フィールドを変数とよび、フィールド名を変数名とよぶ。変数の値は数値型でも文字型でもよい。それぞれの変数を円環の軌跡にそれぞれ帯として表現し、変数の値を帯のなかに線で区切って作ったノードとして表現し、それぞれ異なった帯のあいだに関係のあるノード間に線を結んで表現できる。また、ノードにその属性に関するヒストグラムも表示可能であり、単にこの表示だけでも可能である。

こういった表示について、データの記述の方法とともに例をあげる。例 1 では、ある年月日における電子上での情報交換の送受信を順次に記録した仮想的なデータベースをあげる。送受信からそこでの人間関係を知る手がかりとなる。1 行目は変数名(フィールド名)であり、複数の変数を入力できるようにカンマで区切る。time 変数 (time フィールド) と from 変数、to 変数、gender 変数、char 変数がある。2 行目から最後の行まで、1 行目の変数名の順序に合わせて、time 変数の値はメールを送信した時刻で、from 変数の値は送信

例1 カンマ区切りのASCIIデータファイル

```
time,from,to,gender,char
0:07,Manabu,Takashi,male,333
0:47,Mike, Lucy ,male,57
0:48,Min,Fei,female,409
0:56,John, Lucy ,male,365
1:07,Manabu,Ken,male,129
1:14,Fei,Mao,female,258
1:15,Ken,Hanako,male,7
1:23,Takashi,Ken,male,280
1:32,Ken,Taro,male,141
    :
22:17,Takashi,Manabu,male,263
22:30,Hanako,Ken,female,93
22:37,Nancy,Elizabeth,female,15
22:41,Nancy, Mike ,female,376
22:45,Mao, Mike ,male,185
22:52,Nancy,Mao,female,391
23:11,Taro,Takashi,male,467
23:13,Ken,Manabu,male,220
23:17,Min,Mao,female,409
23:44,Mao,Min,male,419
```

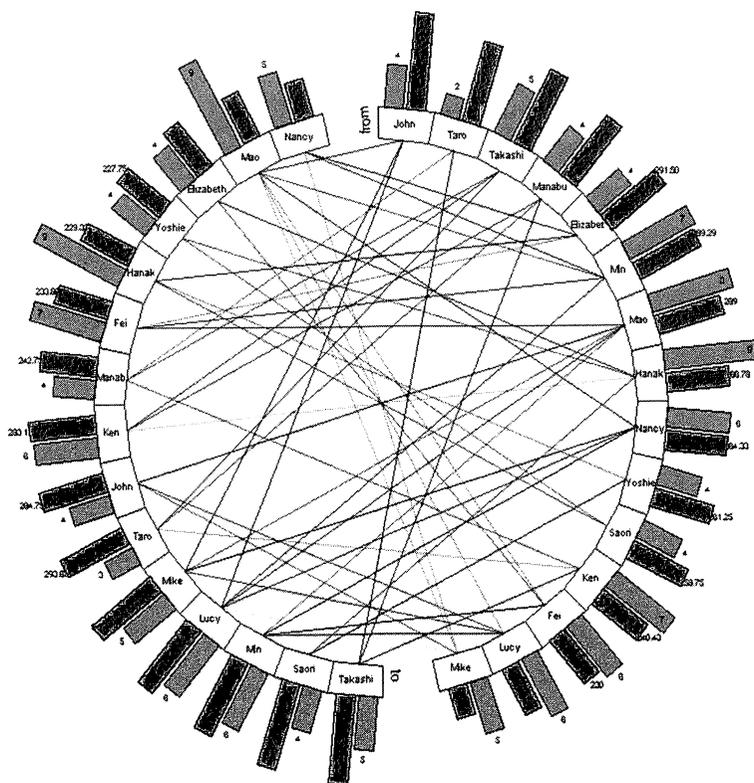


図 22 Daisy の図表

者の名前、to 変数の値は受信者の名前、gender 変数の値は送信者の性別、char 変数の値は情報を送信する内容の文字数を記述した。

そういったデータを Daisy で読み込み、図表を描画すると、どの送信者がどの受信者に情報を送信したかの頻度を自動的に求め、図 22 のようにネットワークの描画ができる。そのネットワークには、円環の軌跡のうえに from 変数と to 変数の帯があり、それぞれの変数の値として人の名前がそれぞれの帯に記入される。送信者と受信者の関係があるなら線で結び付けられる。何度も情報を送った場合には、線の色が濃くなり、あまり送っていないなら線の色が薄くなる。また、各ノード上のヒストグラムに注意されたい。from 変数では情報を送信した頻度、to 変数では情報を受信した頻度が、黄緑色のヒストグラムで右に表現され、from 変数では平均何文字の情報を送信したのか、to 変数では平均何文字の情報を受信したのかが、青色のヒストグラムで左に表現される。表現されたヒストグラムは数値でも表される。

例として、情報の送受信をあげたが、電子ネットワーク上での CMC 実験、チャット、メール、商取引などでの情報の送受信を想定した。もちろん、電子上でない情報交換を想定してもよい。また、順次に記録していくだけのデータさえあれば、Westphal & Blaxton が例としてあげたような問題にも適用できる。

4.8 手で描かれたソシオグラムをソフトウェアで実現できるか

ここでは、これまで紹介してきたソフトウェアで 1.3 であげたソシオグラムを描画できるかどうかについて述べる。KrackPlot 3.0 では、おおよそ Moreno (1934) の描いた図 7 のソシオグラムを作成することができる。

まず、ノードの配置について述べる。基本的にはノードの配置はあらかじめユーザが用意した座標やマウスを使用すればどこでもできるので、ここでは自動的に配置できるかどうかに関心を当てる。円環配置という機能を使えば、(a)のような図を描くことができる。これについては、NetDraw でも可能である。(b)のように少年と少女の属性でわけてノードを配置するためには、焼き鈍し法の設定で同じ型のノードに関する吸引作用の値を大きくしてから焼き鈍し法を使用する必要がある。そういった方法では、ほかの焼き鈍しの設定による干渉とノードの初期配置のため失敗することもある。そのときには、マウスでノードをいくつか移動させてやり直す必要がある。(c)のような図は表示できない。自動的に地理的な位置に合わせて描画できないからである。

つぎに、ノードの形態について述べる。これについては、KrackPlot 3.0 や NetDraw で

もほぼ同じである。(a)と(c)のようにノードを三角形に指定することができ、ユーザは何も指定せずに少年と少女をノードの形態の違いによって識別させることも可能である。また、ユーザが少年を三角形で少女を円で指定できる。本稿でのせた図では小さくて見にくい、Morenoのようにノードのなかに番号やイニシャルなどのラベルを入れることができる。これについては NetDraw では横にそういったラベルが示される。

線の形態については、矢印付きの線も描くことができるが、矢印を付ける設定をすれば、どちらからも荷重があるときには線の両端に矢印が付く。矢印を付けない設定をすれば、矢印はどちらにも付かないことになる。そのため、厳密には Moreno の図のようにはできない。また、(c)のように好きと嫌いの荷重を色の違いで表示できる。「心情はない、あるいは関係はない」と「好きである」、「嫌いである」ことを表現するためには、それぞれ違った値にすると図を表示できる。たとえば、それぞれに対応させて「0 と 1、2」でデータを記述する必要がある。ただし、原則的には、荷重の大きさは数値で表現できないが、1 から 5 までを好きで、6 から 10 までを嫌いで表現しても、表示の段階で色にまとまりがなく、好きと嫌いを分類して見るためには不適切な表示になる。好きなら赤色を基調とした色で、嫌いなら青色を基調した色で表示できれば、まとまりがあり見やすいのだが、そのようには自動的には色を割り当てない。NetDraw を使用すれば、好きと嫌いを異なった種類の荷重だと見なせば容易に表示できる（詳細は 4.3 である）。また、荷重の大きさについては、KrackPlot 3.0 と NetDraw の両者において、線の太さや色の違いで表現できる。

Bock & Husain (1952) のような図を描画するためには、これまであげてきたソフトウェアでは NetDraw の主成分分析 (PCA) によるノードの配置で実現できる。しかも、ノード間に線を引くことができる。Proctor (1953) のような図を作成するためには、PCA の配置機能を使ったあと、マウスを使用してノードを移動させるしかない。

Northway (1940) の図については自動的にはノードを配置できないし、第 1 選択のみの荷重を表示させることもできない。似たような表示であるが、NetDraw では、ある一定の大きさをこえる荷重のみの線を表示させることができる。

5 おわりに

人間関係のネットワーク表示は、人間関係の研究者やその専門家ではない読者が、各行為者とその他者との関係を早く読みとることのできる表示である。文章での表現では、「誰が誰と関係して」といったことを繰り返さねばならないので、人間関係を把握するのに時

間がかかる。マトリックス表示では、ひとつずつ、ある行のラベルとある列のラベルを、それからその行とその列の交わるセルに値が入っているかどうかを見てはじめて、行ラベルに対応する人と列ラベルに対応する人と関係があるかどうかを読みとれる。また、マトリックス表示させる人の数がどれだけ増えても、時間はかかるが正確にそういった関係を読みとれる。それにたいして、ネットワーク表示では、人が多いとき、どの人とどの人が関係しているかは見にくい、複数のそういった関係を同時に早く読みとれやすい。

本稿では、そういったネットワークの基本的な表示やソシオン表記を2で、おもに線の形態に焦点をあわせて述べ、Freeman (2000) によってとりあげられた人間関係のネットワークを3で、それからソフトウェアで生成できる人間関係のネットワークを4で、おもにノードの配置と形態のそれぞれの特徴に焦点をあわせて述べた。

人間関係をネットワークで表示するとき、汎用性のあるソフトウェアでは細かいところまで手が行き届いておらずあまり便利とは言えない。それにたいして、人間関係をネットワーク表示することを想定したソフトウェアのほうがその点において便利である。また、例外も考えらる。人間関係のネットワーク表示として一般的ではない表示をしようと思えば、汎用性のあるソフトウェアでしかそういった表示を実現できないものもある。あるいは、ほかの分野で使用されるソフトウェアのほうがそういった表示を実現させてくれる可能性もある。前者については4.7で示した。そこでは、Daisyを利用して、電子上での人間関係を知る手がかりとして、各行為者とその他者との情報交換の関係を表示するとともに、送信の合計や受信の合計などを表示できることを示した。後者については4.4や4.6で示した。そこでは、分子構造を表示させるMAGEというソフトウェアは人間関係を3次元のネットワークで表示でき、Cook氏の原子核モデルのためのソフトウェアはソシオン表記を3次元で表示できることを示した。

本稿において、ネットワークを表示する汎用性のあるソフトウェアとして、Daisyのみを紹介したが、ALTA Analytics社製のNETMAP (NetMap Analytics, LLC, 2001) といったソフトウェアもある。特殊なことをしないかぎり、社会ネットワーク表示のために開発されたKrackPlotやNetDrawのほうがそれらよりも便利であると思われる。そういった便利なものとして、ほかにはValdis Krebs氏のInflow (Krebs, 2003) というソフトウェアもある。

これまで、ネットワーク表示について述べる時、本稿の目的のため、ノードを人と捉え、線を人の心情や知っているか否か、選択か排斥かそのどちらでもないといった関係としてとらえて、人間関係のみについて述べてきた。もちろん、ノードを個人ではな

く集団としてとらえてもよい。さらに、ノードを人とは異なる社会の構成要素としてとらえ、線を人の心情とは異なる関係としてとらえて、人間関係とは異なる関係について述べる事が可能である。たとえば、国内の産業関連表を総務省が公表しているが、産業をノードで表現し、お金の流れを線で表現し、値付きのネットワークで表示すれば、産業間のお金の流れがよく読みとれる。産業を支えているのは人であるが、産業関連表での関係というのはお金だけであり、産業関連は人間関係とは異なる。しかしながら、産業間のお金の流れを表示することにも適用できる。本稿で述べてきたことは、その例を見て分かるように、人間関係といった限定されたネットワーク表示だけでなくそれを包括する社会のネットワーク表示に拡張できる。産業関連表における産業も人間関係における人も社会の構成要素といった意味で、社会ネットワーク分析の枠組みのひとつである。4のソフトウェアのうち、KrackPlot や NetDraw の紹介をしたとき、本稿の目的にあわせて、人間関係だけに焦点をあて紹介したが、それらの開発者は人間関係のネットワーク表示よりも広義な社会ネットワーク表示を想定している。

人間関係を研究対象とするとき、ネットワークによる視覚表示をもちいると便利であることはさきに述べたとおりである。文章での表現やマトリックス表示よりも、複数の人の関係を同時に早く読みとれるからである。ただし、関係が複雑であると同時に読みとりにくい。その場合には、因子分析や主成分分析、多次元尺度法、焼き鈍し法などの計算論的な手法によって人を表現するノードの配置を考慮するとよい。そういった機能をもった社会ネットワーク描画のソフトウェアが公開され、現在では以前とくらべて多大な労力を費やすことなくネットワークの描画が可能となった。

註

- * 1 コンピュータグラフィックスで描かれた物体などを配置した3次元の仮想空間をインターネット上で生成するための言語仕様である。
- * 2 グラフ理論というグラフ (graph) のことである。グラフは頂点 (vertex) と頂点間に接続している辺 (edge) から成り立つものである。頂点はある空間に位置する点であり、辺は点と点とにつながる線である。接続している (incident) とは、点と点をつないでいるという意味である。隣接している (adjacent) ともいう。グラフはどの頂点とどの頂点が接続しているか否かだけの性質をもったものであることに注意されたい。たとえば、図2には4つの異なった図があるが、それらはすべて同じグラフである。また、グラフは幾何学図形と異なることにも注意されたい。頂点の数が同じで、頂点の接続の仕方が同じ幾何学図形が複数あったとしよう。頂点の位置が違い、辺の形 (直線や曲線) が違うなら、それらの幾何学図形はグラフという点では同じであっても、幾何学図形という点では異なる。たとえ

ば、星のマーク（☆）と正十角形とは異なった図形であるが、その2つは同じグラフである。

- * 3 有向グラフ (directed graph) を接続の仕方によって方向性のあるグラフという意味で使用している。もう少し丁寧にいえば、頂点 i はもういっぽうの頂点 j に接続しているが、頂点 j は頂点 i には接続していない辺で構成されたグラフという意味で使用している。
- * 4 KrackPlot 3 はネットワークの図を GIF 形式の画像や PostScript 形式で出力することができる。GIF 形式で出力された図は粗いので、本稿では、PostScript 形式で出力したファイルを Ghostgum Software Pty 社製の GSView で読み込んで表示させた図を転載している。
- * 5 これは KrackPlot 3.0 特有の手法ではない。焼き鈍し法は、何らかの目的を最適解で達成させるときに、工学の領域でしばしば使われるアルゴリズムである。詳細の手続きの解説については他書にゆだねるが、KrackPlot 3.0 のマニュアル (Krackardt, Blythe, & McGrath, 1995) を参考にして、ここではグラフの配置に焼き鈍し法を応用した手続きについて簡単に述べる。焼き鈍し法は与えられたグラフのポジションから始める。そのとき、焼き鈍しのアルゴリズムによって定義された円の周囲にそって個々のノードがランダムに移動する。もう一度、そのノードが移動し、それが、先ほど定義されたグラフ配置の次元でもとよりも良いか悪いか、そのルーチンがその新しいグラフ配置を再評価する。もし、それがもとのグラフ配置よりも良いなら、その新しいノードのポジションが受け入れられる。もし、それがもともとより悪いなら、その新しいノードの配置は、均衡 (equations) の熱 (temperature) に依拠した小さい確率で受け入れられ、新しいグラフの自動的な配置は結局のところ悪くなる。焼き鈍し法は、局所的な解で収束するのを避けるために、いくらかの確率でノードの悪い配置を受け入れる。焼き鈍しの過程では、初期設定による重み、あるいはユーザの設定による重みを使って、ノードと線に対する規則性がどれだけ当てはまっているかを評価する。ところで、増井 (1992) は、その種の手法にユーザとの対話型インターフェイスを適用することで、ユーザの好むグラフの配置からさまざまな規則性の重みを推定させ (このことにより、ユーザの好むグラフの配置をプログラムに経験的に把握させることができる)、その重みをグラフの配置のときに利用できるようにした。彼は、その経験的な把握の際に、遺伝的アルゴリズムを応用して最適解を求めた。これにより、ユーザがいくつかの重みを設定して試行錯誤しなくても、プログラムが自動的にユーザの目的 (曖昧でもよい) にあわせたグラフ配置をしようとする。しかしながら、実際に、ユーザの目的にあわせたグラフ配置を実現するためには、規則性を表現する計算論的な手続きによって得られる指標や制約を、あらかじめ考えられるかぎり用意しなければならないと考えられる。増井はすべてのノード間の距離がある定数値よりも大きいという制約や、線ができるだけ交差しない制約などを取り入れた。増井の目的は、遺伝的アルゴリズムを利用すれば、ユーザの目的にあわせたグラフを描画できるといったことを強調するものであった。彼の考えを取り入れて実用化するとき、注意すべきことには、ユーザが望むことは多様であるため、集団心理学で扱われてきた中心性指数や凝集性指数なども取り入れるべきことと、ちょっとした規則性の制約も用意しなければならないことがある。そうでなければ、ユーザの求める規則性をすべて把握できず (曖昧な目的の場合にはユーザに問題があることもある)、ユーザの多様な目的に合わせるができない。こういった機能があれば、実現可能な範囲で、ユーザにとって満足のいくようなグラフの配置は、人が手を加えずに実現できるだろう。残念ながら、KrackPlot や Pajek、Mage、NetDraw は、この増井の考案した機能を実装していない。
- * 6 Pajek は Vladimir Batagelj 氏と Andrej Mrvar Pajek 氏らによって開発されたソフトウェアであり、人間関係をネットワーク表示できる。

引用文献

- Alba, R., & Gutmann, M.P. 1972 SOCK: A sociometric analysis system. *Behavioral Science*, 17, 326-327.
- 雨宮俊彦 2001 エージェント・環境相互作用モデルとソシオン理論(1)——荷重関係のモデル化のこころみ. 関西大学社会学部紀要, 32(2), 253-291.
- Bock, R.D., & Husain, S.Z. 1952 Factors of the tele: A preliminary report. *Sociometry*, 15, 206-219.
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., & Freeman, L.C. 2002 *Ucinet for Windows: Software for social network analysis*. Harvard: Analytic Technologies (http://analytictech.com/ucinet_5_description.htm).
- Card, S.K., Mackinlay, J.D., & Shneiderman, B. 1999 *Information visualization: Using vision to think*. Morgan Kaufman.
- 藤澤等 1997 ソシオン理論のコア——心と社会のネットワーク. 北大路書房.
- Freeman, L.C., Webster, C.M., & Kirke, D.M. 1998 Exploring social structure using dynamic three-dimensional color images. *Social Networks*, 20, 109-118.
- Freeman, L.C. 2000 Visualizing social networks. *Journal of Social Structure*, 1(1).
- Heider, F. 1958 *The psychology of interpersonal relations*. John Wiley & Sons. 大橋正夫（訳）1978 対人関係の心理学. 誠信書房.
- Jennings, H. 1937 Structure of leadership: Development and sphere of influence. *Sociometry*, 1, 99-143.
- James, M. 1998-2001 *Daisy Analysis*. <http://www.daisy.co.uk/>.
- 木村洋二・藤澤等・雨宮俊彦 1990 ソシオンの理論——ソーシャル・ネットワークへのシステム・ダイナミック・アプローチ. 関西大学社会学部紀要, 21(2), 67-143.
- 木村洋二 1995 視線と「私」——鏡像のネットワークとしての社会. 弘文堂.
- Krackhardt, D., Blythe, J., and McGrath, C. 1995 *KrackPlot 3.0 user's manual*. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University (<http://www-2.cs.cmu.edu/~kraut/orgcomm/kp3man.pdf>).
- Krebs, V 2003 *InFlow—Social network analysis software and services by Valdis Krebs*. <http://www.orgnet.com>.
- Laumann, E.O., & Guttman, L. 1966 The relative associational contiguity of occupations in an urban setting. *American Sociological Review*. 31, 169-178.
- 増井俊之 1992 遺伝子アルゴリズムを用いた対話的図形配置. 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会研究報告, 92, 41-48.
- Moreno, J.L. 1934 *Who shall survive? : a new approach to the problem of human interrelations*. Washington, DC: Nervous and Mental Disease Publishing Company (Toronto: UT Back-in-Print Service).
- 中里浩明・田中国夫 1973 対人態度の感情構造に関する研究. 心理学研究, 44, 92-96.
- NetMap Analytics, LLC 2001 NetMap Analytics. <http://www.altanalytics.com/>.
- Northway, M.L. 1940 A method for depicting social relationships obtained by sociometric testing. *Sociometry*, 3, 144-150.
- Peirce, C.S. 1985 パース著作集1（現象学）. 勁草書房.
- Proctor, C. 1953 Informal social systems. In C.P. Loomis, J.O. Moralis, R.A. Clifford, & O.E. Leonard (Eds.), *Turrialba: Social systems and the introduction of change*. Pp. 73-88. Free Press.
- 斉藤勇 1981 対人関係入門——図式でみる対人行動と対人感情の心理学. 総合労働研究所.
- Westphal, C., & Blaxton, T. 1998 *Data mining solutions : methods and tools for solving real-world*

problems (toolkits) BK & CD-ROM edition. John Wiley & Sons.

—2003. 3. 12. 受稿—