開放性による階層識別

― tabu-search 法によるクリーク分割 ―

Identifying Class by Class Openness

― Clique Partition using Tabu-search Method ―

与謝野有紀*
Arinori Yosano

[要　旨]

階層を識別する際に生じる、「階層と開放性をめぐる循環構造」の問題についてまず整理する。さらに、この階層識別における循環性の構造を前提に、社会移動表にもとづく開放性のあらたな測定法を提案する。すなわち、ネットワーク分析の一手法である「tabu-search 法によるクリーク分割」を、社会移動表に適用することで、移動ブロックとしての「階層」を析出し、それに基づいて開放性を計算するという方法である。原理的には、開放性係数が最小になるような移動ブロックを見出し、その開放性係数にもとづいて社会の開放性を議論することを、この方法は目論んでいる。またこの分析手順を SSM'95年データに適用した場合を例に、実際の適用法についても解説する。

はじめに

最近、日本社会の不平等に対する関心が極めて高まってきている。階層という用語が、新聞、雑誌でも多く用いられるようになったことはその表われであろう。その一方で、「既存の社会階層論は、理論上の影響力も、またその魅力も失っている」とするむきが、専門の研究者の間には多いように思われる。既存の社会階層論に向けられたこのような批判的なまなざしは、主に「産業化命題」といわれる一連の命題群への懐疑を中心としている。Lipset-Bendix 命題、安田命題、Treiman 命題、FJH 命題と展開した産業化命題群は、産業化が社会の開放性に何を帰結するかという点において、当時社会学的な興味と論争の対象となった。また、これらの命題は、いずれも新たな分析手法を伴って展開されたがために、方法的にも興味あるものであっ

平成12年9月8日原稿受理　*関西大学社会学部

た。しかしながら、ある程度計量的な成果が成熟するに伴って、産業化あるい近代化という一次元的な認識枠組み自体に懐疑が提出され、今日に至っている。

もちろん、産業化をめぐる議論が、その認識枠組みにおいて再検討されるべき点をもつことは明らかであるけれども、既存の議論が現在批判にさらされるにいたった点をすべてそれに帰することはできない。あるいは、そのような方針で、既存の計量的な成果を一蹴してしまうことは、階層状況に関する認識の前進を阻むものとなろう。既存の議論が、現在において成果として積極的に評価されにくくなっている背景には、このような産業化をめぐる議論ばかりではなく、階層をどのように捕らえるかというより根本的な問題が横たわっているように思われる。本稿では、既存の計量分析の方針を受けつぎながら、階層をどのように識別すべきかという点にかんして問題を整理し、新たな測定のアルゴリズムを提案しようとするものである。より具体的に言えば、後に定義するような「階層と開放性をめぐる循環性」の構造を前提として、それを分析に積極的に反映しながらアプローチしようとするものである。

I．階層と開放性の循環的関係

まず、1995年までの世代間移動表（職業８分類）に関して、その開放性を総合的開放性係数（Ｙ係数）を用いて示せば以下のようになる。

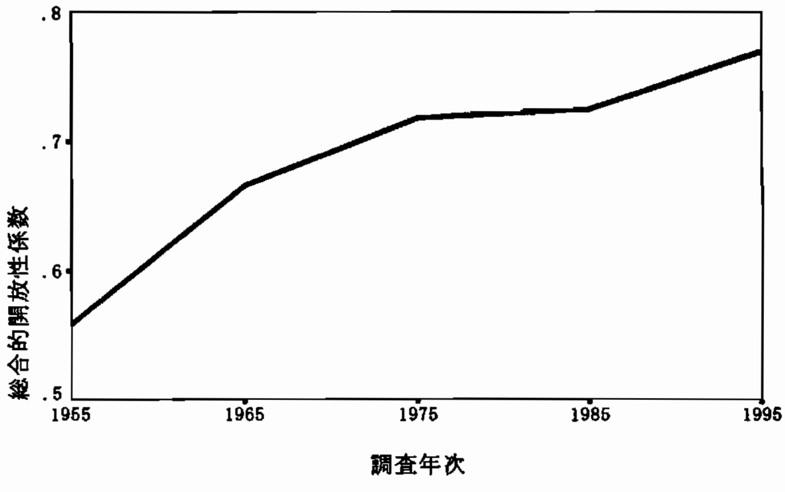

図１　年次別にみた総合的開放性係数

図１を見ると、1985年段階で一時否定的に議論されたトライマン命題、あるいは安田命題が、必ずしも否定できないようにさえ見える。すなわち、「産業化の進展に伴って、社会の開放性は拡大する」という傾向がこの40年間の間に一貫して見られる。では、この図をもって、この命題が指示されたと結論できるであろうか。もちろん、産業化の定義をめぐる問題、あるいはＹ係数の有効性の問題がまず検討課題としてあがってくるであろうけれども、それ以前に、より根本的な「階層識別性と開放性の間の循環的関係性」をめぐる問題を考えおく必要がある。

I－I　移動のブロック化と開放性

図１の結論をそのまま支持できない理由として、まず以下のような問題を整理しておきたい。すなわち、「移動表の中にある種のブロックができ、そのブロックの中で移動が自由になったとき全体としては開放性が高まるが、ブロック間の障壁が高くなっていったならば、本質的には開放性が高まったとはいえない」という問題である。この問題は決して、移動表をめぐる技術的な問題にとどまるのではない。Weber に従うならば、階層とは本質的に「その内部では移動性が高く、その外部との移動性が少ない」ものとして定義されるからである。すなわち、先の例は、ブロック自体をを階層とみなすべきものであり、この観点からは移動は制限されていることになる。以下、移動のブロック化と開放性の問題を、２つの仮想例をもとに簡単に説明する。

表１　Ｙ係数の異なる２つの社会状態

移動表（A）

	専 門	管 理	事 務	販 売	熟 練	半 熟	非 熟	農 業	合 計
専門	42	1	19	2	4	5	1	9	83
管理	4	12	12	8	3	5	0	4	48
事務	12	1	30	10	10	3	4	14	84
販売	20	12	32	69	29	20	4	13	199
熟練	7	6	27	17	88	35	18	19	217
半熟	5	3	12	7	18	40	7	15	107
非熟	2	2	7	5	11	13	22	9	71
農業	37	25	67	64	98	71	43	686	1091
合計	129	62	206	182	261	192	99	769	1900

Ｙ＝0.592

移動表（B）

	専 門	管 理	事 務	販 売	熟 練	半 熟	非 熟	農 業	合 計
専門	11.1	22.2	33.3	33.3	0	0	0	0	100
管理	22.2	44.4	66.7	66.7	0	0	0	0	200
事務	33.3	66.7	100	100	0	0	0	0	300
販売	33.3	66.7	100	100	0	0	0	0	300
熟練	0	0	0	0	57.1	85.7	57.1	0	200
半熟	0	0	0	0	85.7	128.6	85.7	0	300
非熟	0	0	0	0	57.1	85.7	57.1	0	200
農業	0	0	0	0	0	0	0	300	300
合計	100	200	300	300	200	300	200	300	1900

Ｙ＝0.653

いま表１の２つの移動表をみると、1975年ＳＳＭ調査でもちいられた職業８分類（専門、管理、事務、販売、熟練、半熟練、非熟練、農業）を前提とすると、Ｙ係数は表Ａで.592、表Ｂ

で.653であり、完全移動状態（Y係＝1.0）に近いのは後者のＢである。つまり、職業８分類においては、表Ｂの状態の方が開放的な社会であるということになる。

いま、表Ａ，Ｂそれぞれを網掛けのような３分類にした場合を新たに考えよう。この場合のＹ係数を考えると、表Ａは0.395、表Ｂは0.0となる。すなわち、社会状態がＡからＢへの変化したとき、８分類では見かけ上平等化が進んでいるが、３分類で考えると、新たなブロックが形成され、その間の移動は完全に阻害されていることがわかる。そして、このＢの３分類のブロックこそが、さきの Weber の定義に従うならば階層として識別されるべきものである。

この問題を扱うことは、職業によって階層をとらえようとする場合、各階層がどのように定義されるかの問題に関わる。そして、ここでのスタンスは、外的な基準ではなく、親子間の移動を内的な基準として用い、職業を問題とした場合の階層区分の変化を見ることにある。もし、職業区分（あるいは階層区分）が時代によって変化しているならば、形式的な同一性のみを確保した職業分類による時系列比較には問題が有ろう。すなわち、そのような分析が、社会の不平等を扱う上で状況に即した意味を持たない可能性が高い。

階層が「移動がその内部で自由であり、外部で制限されている」ようなブロックであるとするならば、階層とは開放性がその外部との間で低いようなものとして定義されることになる。つまり、階層は開放性によって識別されることになる。しかしながら、開放性は、階層を前提として測定されるから、階層の識別と開放性の測定の間には、循環論的な関係が存在してしまう。この構造を「階層と開放性の循環構造」と呼ぶことにする。この問題を考慮した測定が考えられなければ、階層も開放性も適切に識別あるいは測定されたとはいえないことになる。

以下、この問題に対してアプローチする方法を提示することにしたい。具体的には、ネットワーク分析の手法（クリーク分割問題の解法）を社会移動表に適用し、この循環構造の問題を考慮しながら、階層識別を行う方法を考える。

Ⅱ．クリーク分割問題としての階層識別

前節で述べたように、階層の識別と社会開放性の測定の間には、循環構造がある。このため、階層の識別はこの循環構造を回避することができず、この問題を抱えたままで議論せざるを得ないとする立場がある。あるいは、この問題がある以上適切な階層の識別は理論的にできないとする立場がある。しかしながら、循環論的な構造を持つこと自体は、計量的な視点から捉えなおせば必ずしも「問題」であるわけではない。比喩的にいえば、「多重指標からなる潜在概念間の相関を、その相関が最大になるように潜在概念と指標間の関連を識別しながらもとめる」という課題は、社会階層の識別と社会開放性の測定の間に認められると同様の循環論的な構造をもつけれども、この問題は解くことのできない問題と言うわけではない。実際、このようなアイデアは正準相関分析として実現され、利用されている。本研究の目標はここにある。すなわち、開放性が小さいような階層構造を識別し、それにもとづいて開放性を計算するということである。このためには、ネットワーク分析の手法を援用することが望ましい。特に、「クリー

ク分割問題」と呼ばれる課題は、ここで述べた構造によく対応しているように思われる。すなわち、その内部では関係性が高く、その外部との関係性が低いようなクリークに隣接行列を分割するという問題は、開放性にもとづく先の階層の定義とよく対応している。以下では、このクリーク分割問題に手短にふれ、その解法としての tabu-search 法について概観する。

Ⅱ－Ⅰ　クリーク分割問題と tabu-search 法

クリーク分割問題は、一般的に以下のように定式化できよう。ノード集合を $V=\{1, 2, \cdots, n\}$、辺集合を $E=\{1, 2, \cdots, m\}$、完全無向グラフを $G=[V, E]$ で表し、Vをp個の部分にノードの重複なく分割した部分集合の集合を $\Gamma=\{V_1, V_2, \cdots, V_p\}$ で表すことにする。このとき、クリーク分割問題は、同一の V_k, $k=1, 2, \cdots, p$ に属する2つのノードを結ぶすべての辺に関して与えられたにコストついて、その総和を最小にするΓを求める問題として定式化できる。

いま、ノードｉとノードｊ間の辺に与えられた損失値を c_{ij} とすれば、

$c_{ij}=c_{ji}$　:　$(i, j)\in E$

また、同一ノードの連結に関わるコストがノードに関わらず一定であると仮定し、コストとして便宜的に定数0を与えることにする。すなわち、

$c_{ii}=0$

このような場合について、クリーク分割問題は、

$$f=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}c_{ij}x_{ij}\cdots\cdots(1)$$

を同値関係に関する以下の4つの条件のもとで最小化するような x_{ij} を求めることに対応する。

条件1：　$x_{ij}=x_{ji}\quad\forall i, j\in V$　　（対称性）

条件2：　$x_{ij}=1\quad\forall i, j\in V$　　（反射性）

条件3：　$x_{ij}+x_{jk}-x_{ik}\leq 1\quad\forall i, j\in V$　　（推移性）

条件4：　$x_{ij}\in\{0, 1\}\quad\forall i, j\in V$

さて、(1)式を最小化するようにしてもとめられた分割は、そのグループの内部では相互に関連しており、グループ間では関連性がないような分割である。しかしながら、実際には、このような理想的な分割が見出されることは極めて稀であり、この理想状態に近いような分割を見出すことが現実的な課題として設定される。

ところで、この問題を現実のデータに適用した場合、上記の定式化とは別に、「よい分割」の推定の問題が生じる。もちろん、「考えうるすべてのΓについて損失値の総和をもとめ、それが小さいようなΓをもって最適なクリーク分割とする」ということが理論上可能は有るけれども、現実の推定において、この方法を適用することは極めて困難な問題がある。すなわち、

すべてのΓについてコストの総和をしらみつぶしに求め、その中の最小のものを選ぶという手法では、ノードの数の増大とともに指数的に作業量が増大するという問題である。最適な解を、その社会学的な意味との対応をとりながら探索するという作業は、必然的に多くの試行錯誤過程をともなうが、膨大な探索時間を必要とする「しらみつぶしな探索法」では、現実的な課題解決の方法としては非効率に過ぎ、コンピュータの支援を受けても実際には適用できない。

そのために、SA 法（the simulated annealing technique）などいくつかの効率的探索方法が考案されているが、効率性、汎用性の高さから近年、最適化問題の解法として注目をあつめている tabu-search 法の適用について特に考える。これに先だって、手短に tabu-search 法について解説しておく[1]。

tabu-search 法は、ときとして steepest decent／modest ascent な探索法と呼ばれる。この方法は、ランダムな分割からスタートして、その分割に隣接する状態のすべてについてΓを計算し、コストの総和の改善がもっとも大きくなるようにΓを更新しながら探索を続けるというものである。この点では最急降下的に探索を進めているに過ぎないが、tabu-search 法はこれにとどまらず、ローカルミニマムに解が留まらないような工夫がこらされている。

あるΓから始めて、最急降下な方向に探索したとき得られた解は、大域的にみて最小である点からずれている可能性が高い。すなわち、ローカルミニマムなものに留まる可能性がある。そこで、Γの更新がとまったら、あらたにコストがいくぶんか高い（すなわち、最適ではない）Γから改めて探索を始めなおすのである。これは、もっとも深い谷を探索するという比喩でたとえれば、まず、ある地点から「もっとも急な勾配」を選びながら谷を下り、その結果ある谷底にたどり着いたら、その谷から見て「もっとも緩やかな勾配をもつ低い山」の方へ改めて登る。そして、そこから「もっとも急な勾配をもつ深い谷」を探索しなおしていることに対応する。この繰り返しで行きついた谷ごとに、その谷の深さを記録し、行きついた複数の谷の中で、もっとも深い谷をもって解とするやりかたである。ただし、ある谷底にたどりつき、「もっとも緩やかな勾配をもつ低い山」にのぼって、その山からみて「もっとも急な勾配をもつ深い谷」を探したら、もとの谷に戻ってしまったという場合を探索においては想定しなければならない。もし、このようなルーティンに入り込んでしまうと、探索は同じ勾配の行き帰りに終始し、まったく無駄なものとなってしまう。このような事態を避けるためには、いままでに通ったルートを記録しておき、最近通ったいくつかのルートについては、それがたとえもっとも「緩やかな上昇」のルートであったとしても、通行を禁じてしまえばよい。このような最近通ったルート＝通行禁止のルートのリストをタブーリストとよぶ。この探索方法が、tabu－search 法と呼ばれる所以である。もちろん、このタブーリストが長くなれば、堂々巡りに陥る危険が避けやすくなるが、一方で、最適解へも遠回りしなければたどり着かなくなる。そのため、リストは適当な長さに制限される。経験的には、5つの履歴を記録するのが探索上優れているとされている[2]。

以上が tabu-search 法における探索方針の概略である。この探索方法は、SA 法など既存の探索方法に比して極めて効率的であることが知られている。代表的なネットワーク分析プログ

ラムパッケージの UCINET-X では、Factions プロシジャにおいてこの tabu-search 法が採用されている。以下の分析でもこの Factions プロシジャを用いた[3]。

II－II　移動表による隣接行列の作成

さて、クリーク分割問題として、階層識別の問題を捉えなおしたならば、クリーク識別のための隣接行列を作成しなければならない。階層論における移動は、世代間、世代内の両者に区分されるが、まずここでは親子間の職業に関する世代間移動表から隣接行列を作成することをこころみる。

世代間移動表を分析の対象とする時、もっとも単純には、移動表そのものをもって隣接行列としてあつかうという方針がありえよう。すなわち、どの程度の人数が、移動したか否かを職業間の近接性を表すものとして扱うという方針である。しかしながら、少し考えれば明らかなように、この方法には問題が多い。もっとも端的には、各職業のサイズが、近接性を大きく左右し、少ない人数しか所属しない職業が他と孤立したものとして析出されてしまう。このような問題を回避するためには、移動表のセルを各職業のサイズで調整した比率（移動率、非移動率）に直せばよい。

しかしながら、このような比率への調整には、よく知られた問題がやはりつきまとう。すなわち、行で調整するか、列で調整するかの問題である。ここでの目的が隣接行列を作ることにある以上、行列の両者について調整することが望ましいが、行で調整すれば列については周辺度数にばらつきが出るし、列で調整しても同様に行でばらつきがでる。このため、単純に行%、あるいは列%を求めるだけでは望ましい隣接行列を作成することができない。また、このことは周辺度数の効果除去できないという、移動表の分析上もっとも大きな問題を持ちこむことになる。そこで、以下では、行列の周辺度数がそれぞれ100%になるように標準化するための1手法、モステラーの標準化を利用することにしたい。

モステラーの標準化の手順は以下のようである。

いま、標準化前のｉ行ｊ列のセル度数、ｉ行の周辺度数、ｊ列の周辺度数をそれぞれ、$f_{ij}(0)$、$f_{i.}(0)$、$f_{.j}(0)$ とあらわすことにする。

まず、１回目の計算では、各セルの度数を行周辺度数で割った値をもとめ、その値を $f_{ij}(1)$ とする。すなわち、$f_{ij}(1) = f_{ij}(0) / f_{i.}(0)$ をもとめる。

このとき、すべてのｉ行についてその周辺度数 $f_{i.}(1) = 1.0$ であり、行については職業のサイズが調整されている。しかし、一般的に $f_{.j}(1) \fallingdotseq 0$ であるから、２回目の計算では、すべてのセルの値を、列周辺度数で割った値を求める。すなわち、$f_{ij}(2) = f_{ij}(1) / f_{.j}(1)$ をもとめる。このとき、すべてのｊ列について $f_{.j}(1) = 0$ となり、列については職業間のばらつきが調整されている。しかし、このときは行については職業間のばらつきが新たに生じるから、上記の計算を以下の通り繰り返し行う。

$f_{ij}(n) = f_{ij}(n-1) / f_{i.}(n-1)$　　（n＝奇数）

$f_{ij}(n) = f_{ij}(n-1) / f_{.j}(n-1)$　　（n＝偶数）

このような反復計算を行うと、nが大きくなるにしたがって、行、列の周辺度数ともに1.0に収束していくことが知られている。いいかえれば、行列の周辺度数に関して、ともにその大きさを調整した比率が各セルについて得られる。このモステラーの標準化の結果得られた各セルの値は、一種の移動、非移動比率とみなせるから、これをもって隣接行列として扱うことにする。

ただし、モステラーの標準化は、ログリニア分析において用いられる反復比例推定法と基本的に同じ構造を有しているが、反復比例推定法の結果得られた推定値が完全には周辺度数から自由ではないこともよく知られているから、この点では注意が必要である。

Ⅲ. 移動表の分割

Ⅲ－Ⅰ　分析の手順

以下では、具体的な移動表について、前節で述べたクリーク分割の手法を適用して行く手順を整理する。

先に述べたように、階層自体は移動表に埋めこまれた開放性に関わる情報から内的に識別されるべきものである、という点に重心をおいて本稿ではその手順を考えている。とはいえ、ネッ

表2　職業20分類

職業番号		職業番号	
1	高威信専門職	11	中小企業販売職
2	中威信専門職	12	大企業・ 高威信ブルー
3	低威信専門職	13	中小企業・ 高威信ブルー
4	大企業及び公務員 管理職	14	自営業・ 高威信ブルー
5	中小企業経営者	15	大企業・ 中威信ブルー
6	中小企業管理職	16	中小企業・ 中威信ブルー
7	大企業事務員	17	自営業・ 中威信ブルー
8	中小企業事務員	18	大企業・ 低威信ブルー
9	卸・小売り店主	19	中小企業・ 低威信ブルー
10	大企業販売職	20	農漁業

トワーク分析の手法を適用すべき、原初的な移動表がまず必要な点では、既存の分析と同様である。しかしながら、その原初的な移動表は、既存の分析のように8分類などの大まかな職業カテゴリーにまとめられたものではなく、できる限り詳細な職業カテゴリーからなる情報の多い移動表である必要がある。理想的には、最大限詳細なカテゴリー、たとえば、SSM'75年の職業分類ならば288カテゴリーをそのまま用いて移動表を作成し、それに基づいて、階層を識別することが望ましい。しかしながら、現実問題としては、このような移動表を作成しても、0セルが過半を占め、有効な分析はできない。そこで、移動自体の内的な規準とは別に、職業をある程度合併した新たな職業分類が必要となる。

ここでは、与謝野（1998）の「職業20分類」を用いることにしたい。「職業20分類」は、仕事内容、企業規模、職業威信の3者から職業を合併、分類したものであり、以下のようである[4]（表2）。

この職業20分類をもとにして、まず世代間の移動表を作成し、これについて、ネットー枠分析の手法を適用していくことになる。分析の手順を整理すれば、以下のようになる。

① 移動表とは別の外的規準によって職業を適当な数に合併、分割する。

（ここでは、表2の職業２０分類を用いる）

② ①にもとづいて、世代間職業移動表を作成する。

③ ②の世代間職業移動表を、モステラーの標準化する。

④ ③の標準化された世代間移動表を隣接行列とみなし、tabu-search 法によるクリーク分

表3　1995年世代間職業移動表のモステラー標準化

親の職業20分類	子どもの職業20分類																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	50.16	11.31	2.494	5.201	3.751	0	2.422	1.336	2.646	0	4.737	1.904	0	3.898	4.246	0	5.887	0	0	0
2	10.27	17.59	8.041	3.594	1.728	4.731	6.696	3.694	2.438	5.453	3.273	3.508	4.038	5.387	0	4.224	2.712	10.84	1.785	0
3	3.194	3.241	17.15	4.471	8.596	1.962	2.082	3.063	4.548	4.522	2.714	1.091	3.907	2.234	2.433	1.313	0	26.97	0	6.515
4	2.625	7.991	7.046	11.02	3.532	4.837	7.415	7.551	6.23	5.574	4.461	2.69	1.835	0	3.999	2.159	2.772	11.08	1.824	5.355
5	9.712	4.107	4.345	6.042	34.85	1.989	2.111	11.64	3.074	2.292	4.127	1.106	1.697	2.264	2.466	1.331	6.839	0	0	0
6	9.994	2.536	2.236	13.99	13.45	24.56	1.086	1.198	9.488	7.075	4.247	3.414	2.62	0	0	4.11	0	0	0	0
7	2.444	9.303	2.187	3.422	1.645	3.003	12.22	4.688	3.481	1.73	3.116	5.844	2.99	3.419	5.587	4.021	5.164	20.64	5.097	0
8	0	4.986	4.397	6.114	4.408	0	4.983	10.99	4.665	4.638	13.92	4.475	1.717	2.291	4.991	8.083	10.38	0	2.277	6.683
9	1.211	3.073	3.252	4.521	3.26	5.952	3.948	2.033	28.75	3.43	5.147	3.31	3.387	5.93	0.923	2.491	5.118	5.114	4.21	4.942
10	0	0	10.53	0	0	14.45	10.23	11.28	0	33.32	0	16.08	4.112	0	0	0	0	0	0	0
11	0	4.424	11.7	4.068	5.866	0	3.789	8.361	4.138	6.172	14.82	0	1.523	0	6.642	7.17	9.208	0	12.12	0
12	0	7.696	7.54	7.863	6.804	4.141	7.325	2.424	3.2	2.386	7.161	8.059	2.945	2.357	12.84	5.544	0	0	11.71	0
13	0	3.949	8.511	1.614	3.491	5.311	4.134	3.731	1.642	4.897	5.878	12.4	12.99	2.419	2.635	6.4	5.48	7.301	7.212	0
14	2.465	2.502	1.103	1.15	2.488	4.542	4.553	3.25	5.265	6.98	3.142	4.631	5.384	28.45	5.634	5.575	2.604	5.203	2.57	2.514
15	0	4.135	0	3.803	5.484	5.006	5.313	1.954	7.737	0	0	2.784	9.969	5.7	12.42	13.41	0	0	5.665	16.63
16	2.311	7.624	5.171	4.314	0	2.84	3.516	4.434	1.097	4.909	8.84	6.316	6.463	9.7	10.57	5.704	9.766	0	6.427	0
17	4.654	1.771	3.123	1.086	0	2.859	2.528	3.905	4.418	3.295	4.944	5.564	5.286	6.51	1.773	11.48	22.12	9.825	4.853	0
18	0	0	0	15.72	0	10.35	10.98	8.076	0	0	0	5.753	17.66	0	12.83	6.927	0	0	11.71	0
19	0	2.668	0	0	0	2.153	2.285	4.202	3.328	2.482	7.447	8.381	7.963	12.26	8.012	7.208	7.405	0	17.06	7.151
20	0.956	1.091	1.176	2.007	0.643	1.321	2.389	2.177	3.857	0.846	2.031	2.694	3.508	7.187	2.003	2.85	4.543	3.027	5.482	50.21

割を行う。

この4つの段階で分析し、移動表に基づいていわば内的な規準で階層を識別してから、次の段として開放性を計算することになる。すなわち、

⑤　④で得られた分割に基づき、移動表を再度計算する。

⑥　⑤の移動表について、開放性係数を求める。

時代間の開放性を比較するために、このような6つの段階の操作を各年次のデータについて行い、時代間での階層の構造の違いを考慮した上で開放性を検討するというのがここでの方法である。

Ⅲ－Ⅱ　1995年データによる階層の識別例

前項で整理した手順で、1995年ＳＳＭデータを解析した例を具体的に以下に示す。表2に示した職業20分類に基づき作成した世代間移動表を、モステラーの標準化したのが表3である[5]。

コストとして「相関係数」を用い、試行錯誤の結果、最終的に以下のような分割を得た。

1．高威信専門 2．中威信専門 6．中小・管理	3．低威信専門 13. 中小高ブルー 18. 大低ブルー	4．大・公務管理 9．卸小売店主	5．中小経営者 8．中小事務員 11. 中小販売	7．大事務員 10. 大販売 12. 大高ブルー	14. 自高ブルー 16. 中小・中ブルー 17. 自・中ブルー	15. 大・中ブルー 19. 中小・低ブルー 20. 農漁業

表4　クリークに分割された1995年世代間職業移動表

		子ども の 職業 20 分類																			
		1	2	3	13	18	4	6	9	5	8	11	7	10	12	14	16	17	15	19	20
親の職業20分類	1	50.16	11.31				5.201											5.887			
	2	10.27	17.59	8.041		10.84							6.696	5.453		5.387					
	3			17.15	3.907	26.97				8.596											6.515
	13			8.511	12.99	7.301		5.311				5.878			12.4		6.4	5.48		7.212	
	18				17.66		15.72	10.35			8.076		10.98		5.753		6.927		12.83	11.71	
	4		7.991	7.046		11.08	11.02	4.837	6.23		7.551		7.415	5.574							5.355
	6	9.994					13.99	24.56	9.488	13.45				7.075							
	9					5.114		5.952	28.75			5.147				5.93		5.118			
	5	9.712				0	6.042			34.85	11.64							6.839			
	8					0	6.114	0			10.99	13.92					8.083				6.683
	11			11.7		0		0		5.866	8.361	14.82		6.172			7.17	9.208	6.642		
	7		9.303			20.64							12.22		5.844			5.164	5.587	5.097	
	10			10.53				14.45			11.28		10.23	33.32	16.08						
	12		7.696	7.54			7.863			6.804		7.16	17.325		8.059		5.544		12.84	11.71	
	14				5.384	5.203			5.265					6.98		28.45	5.575				
	16		7.624	5.171	6.463							8.84			6.316	9.7	5.704	9.766	10.57	6.427	
	17				5.286	9.825									5.564	6.51	11.48	22.12			
	15				9.969			5.006	7.737	5.484		0	5.313			5.7	13.41		12.42	5.665	16.63
	19				7.963					0		7.447			8.381	12.26	7.208	7.405	8.012	17.06	7.151
	20															7.187				5.482	50.21

この分割にしたがって、表3の行列をそれぞれのブロックにまとめなおして示したものが表4である。ただし、見やすさのために5%未満のセルは空白として提示してある。

対角線のブロックがクラスタとして識別された階層内の移動であり、それ以外は階層間移動ということになる。対角線上のブロック内の移動が、他に比べて大きいことが見て取れるだろう。

このようにして識別された階層をもとに、改めて移動表を計算しなおし、総合的開放性係数を計算すると.721と高い値を取ることが分かる。同様にして、55年から85年についても、総合的開放性係数を計算すると、それぞれ.562、.642、.677、688となるから、ここでの方法を用いても、やはり全体的な開放性は継時的に高くなってきたと結論できそうである。

おわりに

以上、階層識別と開放性の間の循環構造に対して積極的に対処するための新たな測定の手順を提案した。しかしながら、上記の方法にはいまだ不充分な点が多いことも確かである。

まず第1に、総合的開放性係数の継時的な上昇が上記でも確認されたが、これには閉鎖性の高い農業の縮小が確実に影響している。社会全体の開放性を検討するというここでの目的からすると、そのような影響も含めて総合的に判断することは一方で望ましいことではあるが、他方で、変化の様態を見誤らせることにも成りかねない。このような点に関しては、個別開放性係数を検討するか、あるいは後述する通りログリニア分析を援用するなどの方策が必要であろう。

第2に、表4をみれば分かるように、クリークの分割は理想的とは言いがたく、この点でいまだ改善の余地が認められる。また、改善にあたっても、上記のクリーク分割の方法が確率モデルとなっておらず、他の分割との差、分割のフィットの程度が統計的検定によって確認されない点はこの手法の短所といえるだろう。

第3に、ここでは、隣接行列を移動表から作成するに際して、モステラーの標準化をもちいたが、先述の通りこの標準化では周辺度数から自由な値を得ることができない。周辺度数から自由になるような、他の標準化の手法が種々検討されており、これらを利用することが望ましい。この点は今後積極的に改善すべき課題として認識している。

第4に、tabu-search 法のコストファンクションの設定の適切さにさらなる検討の余地がある。本稿の結果は、UCINET-X の FACTIONS プロシジャにおいて利用できるいくつかのコストファンクションのうち、「相関」をもちいた。しかしながら、本稿の当初の目的が、「開放性を最小とするようなブロックをもって階層とし、この階層区分にもとづいて開放性を計算し、年次別に比較する」という点にあったことを考えるならば、コストファンクションとして「総合的開放性係数」そのものを用いることが理論的に要請されよう。本稿の実例の計算でもちいたUCINET－X には、当然ながらコストファンクションとして「総合的開放性係数」は用意されていない。しかしながら、2節で手短に解説したように、tabu-search 法のアルゴリズム

は明らかであるし、また、SA 法などより簡便なアルゴリズムも利用できるから、「総合的開放性係数」をコストファンクションとしてクリーク分割をおこなうプログラムを作成することがきわめて困難というわけではない。

ただし、総合的開放性係数をコストファンクションとして用いることの適切さにかんしては、いくつかの側面において数理的な検討がさらに必要に思われる。この点は、もっとも大きな今後の課題としたい。

最後に、ネットワーク分析をもちいた今回のモデルが望ましいのか、あるいは、可変距離モデルおよびさらに進んでブロック析出と同様の趣旨を実現可能なログリニアモデルが望ましいのか、この点についての比較検討が必要であろう。また、ネットワーク分析をもちいたモデルの分析力の高さが評価されたとしても、クリーク分割の結果をログリニアモデルをふくむ確率モデルをもちいて再度検討することはやはり有効であろう。

たしかに、これらの課題が今後解決すべきものとして残されている。しかしながら、少なくとも上記の手順を示すことで以下を明らかにできたと考えている。すなわち、階層識別をめぐる循環構造は「解けない、あるいは致命的な問題」なのではなく、計量モデルのなかに積極的に実現されるべき、また具体的に実現できる条件に過ぎないということである。

おそらくは、自然言語による推論にのみ頼った議論は、この循環性に対する誤解を生むもととなろう。計量の不毛を安易に説き、単純な分析にのみを重視し、自然言語による推論と、バランスを欠いて社会的な意味にシフトした議論の危険さはこの点でも明確なように思われる。社会理論と手法とは、社会認識の地平を拡大する方途として、同時的に進展をみることが必要なのであろう。

付記　本研究は、平成10年度奈良大学研究助成「社会移動表に関するネットワーク分析の適用−移動ブロック析出の数理・計量分析−」を受けて行われた研究成果の一部である。関係諸方面には種々の便宜をおはかりいただき、本研究の成果が可能となった。この場を借りて、御礼申し上げます。

注

1）詳しくは、与謝野（2000）にアルゴリズムが解説されているので参照されたい。
2）de Amorim, Barthelemy, and Ribeiro（1993）参照。
3）UCINET-X の利用、tabu-search 法のより詳しい解説については与謝野（2000）参照。
4）詳細については、与謝野（1998）を参照。
5）モステラーの標準化のために、マイクロソフト Excel のマクロを作成し、それを用いた。

参考文献

Burkard, R. E. and F. Rendl 1984, "A Thermodynamically Motivated Simulation Procedure for Combinatorial Optimization Problems." European Journal of Operational Research 32:260−266.

de Amorim, S. G., J. P. Barthelemy, and C. C. Ribeiro 1993, "Clustering and Clique Partitioning: Simulated Annealing and Tabu Search Approaches." Journal of Classification 9:17−41.

Gendreau, M., P. Soriano and L. Salvail 1993, "Solving the Maximum Clique Problem Using a Tabu Search Approach." Annals of Operations Research 41:385−403.

Glover, F. 1986, "Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence" Computers and Operations Research 13:533−549.

Glover, F. 1993, "A User's Guide to Tabu Search." Annals of Operations Research 41:3−28.

Glover, F. and H. J. Greenberg 1989, "New Approaches to Heuristic Search: Bilateral Linkage with Artificial Intelligence." European Journal of Operations Research 39:119−130.

Glover, F. and M. Laguna 1997, Tabu Search, Kluwer Academic Pub.

Hansen, P. and B. Jaumard 1990, "Algorithms for the Maximum Satisfiability Problem." Computing 44:279−303.

与謝野有紀　1998、「階層的分断構造の変動と開放性」、与謝野有紀編『1995年 SSM 調査シリーズ21：産業化と階層変動』、43−63頁、1995年 SSM 調査研究会。

与謝野有紀　2000、「クリーク分割問題への tabu-search 法の適用−Ucinet5：Factions プロシジャによるクリーク探索−」、関西大学情報処理センターフォーラム、41。