

サンベルト報告、ネットワーク自己相関モデルと適用事例、 及び、関係を利用した情報環境の研究事例

渡辺 理²

富士通研究所 Web & IP システム研究センター

E-mail: watanabesatoru@jp.fujitsu.com

1. はじめに

本報告は、三部で構成される。(1) まず、第24回サンベルト会議の概要と代表的な研究発表を紹介する。(2) 次に、筆者が取り組んできたネットワーク自己相関モデルの特徴と適応事例について紹介する。(3) 最後に、主に富士通研究所で行ってきた、関係を利用した情報環境の研究事例をいくつか紹介する。

2. 第24回サンベルト会議

サンベルト会議は、社会ネットワーク分析学会 (INSNA) が主催する大会であり、今回は5月10日から16日までスロベニアのポルトローシュで行われた (<http://vlado.fmf.uni-lj.si/info/sunbelt24/>)。発表数は258と非常に多く、60のセッションに分かれていた。ひとつの発表時間は25分であった。

発表内容を大まかに分類すると、ツールによるグラフパターンの視覚的分析とその観察、定量評価を重視した研究、数式による新しい統計方法の提案、その他、の四つになる。自由闊達な雰囲気のある大会であり、発表の事前審査は150文字の概要を提出するだけなので、投稿の敷居は高くないと思える。今回の日本人参加者は6名であった。もっと多くの日本人が発表するようになればよいと思う。

基調講演は、F. Stockman (グローニンゲン大) によって行われ、社会ネットワーク分析の今後の潮流として、以下の四つを指摘していた。ネットワーク自己相関モデルを使って社会的な影響を分析する、コールマンの凝集論をネットワーク的に拡大する、社会交

¹ 社会ネットワーク研究会発表の機会を頂いた安田雪先生 (GBRC) と、原稿作成に協力して頂いた竹嶋齋さん (東京大学大学院) に感謝の意を表します。

² 東京工業大学情報環境専攻博士後期過程在学中 (樋口研究室)

換理論、④ ゲーム論をネットワーク分析に応用する。

次に、筆者が聴講した約 50 本の発表から代表的な研究を紹介する。

1) 投資銀行のバンカーのネットワーク構造と生産性／M. Gargiulo／INSEAD（フランス）
<http://www.insead.edu/~gargiulo/>

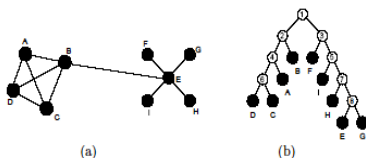


投資銀行の 2259 人のバンカーの人間関係と昇進等を調査し、個人の生産性へのネットワーク効果を Supply-net と Demand-net に分けて評価する研究を行った。Supply-net とはその人に価値をもたらす社会ネットワークであり、Demand-net とは、その人が価値を与える社会ネットワークのことである。Supply-net ではネットの凝集性（density）が上昇することにより、その人が他者から受ける価値は増えていく。一方、

Demand-net では凝集性が上昇するにつれてその人が他人に与える価値は減少していく。現状では、その人の持つネットの凝集性が上昇すると、Demand-net からの要求量が Supply-net による供給量の増加以上に増大し、知的生産性が下がる傾向が強い、との結果が出た。

Demand-net と Supply-net の最適な配合が今後の課題である。

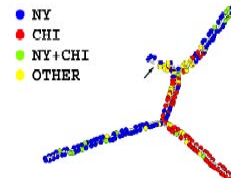
2) 辺間隔度 (edge-betweenness) によるコミュニティ計量／A. Arenas／RIV 大（スペイン）



Girvan とNewman(2002):
 辺中心間隔度(媒介度)が最も高い辺を削除する手続きを繰り返すことで、密な部分グラフ構造を抽出する



大学の電子メールログ(3ヶ月)から分岐木パターンを計算。色は所属学科(数学科、電気工学科...)を示す。



1912年と1940年の録音記録からジャズミュージシャンのネットワークを作成。録音都市で色分けしたら単純な社会構造が見えた。

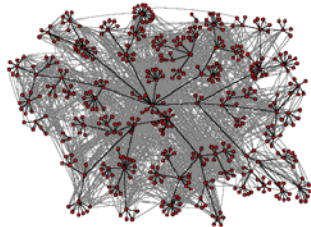
http://arxiv.org/PS_cache/cond-mat/pdf/0312/0312040.pdf

複雑で大規模なネットワークからコミュニティを抽出する手法として、辺間隔度に基づくアルゴリズムが注目されている。発表者はこの手法を二つのサンプルで試した。ひとつは、大学の三ヶ月分の電子メールログであり、もうひとつは 1912 年と 1940 年の録音記録から抽出したジャズミュージシャンのネットワークである。いずれも、所属学科の違いや演奏した都市の違いなど、それぞれのコミュニティの特徴的な属性ごとにまとまったパターンが描画された。また、二つのサンプル間でコミュニティサイズの累積分布パターンに類似性が観察

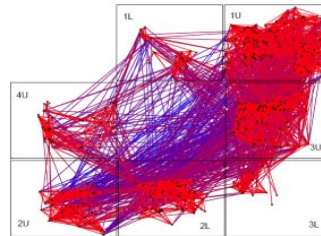
されており、普遍的最適性があると主張している。

3) 小さな世間からの社会ネット探索/L. Adamic/HP (アメリカ)

(<http://www.hpl.hp.com/research/idl/papers/socsearch/socsearch.pdf>)



HP研内の電子メールネットワークは、組織階層(黒線)に沿って貼りついている。



HP研内の電子メールネットワークは、物理的環境にも依存している。87%が同じ室内であった。

HP社のLadaは、小さな世間における到達度の問題(金光, 2003)を研究している。彼女は、HP研究所に所属する436人のメール記録をもとに、特定の2者間に6通のメールの送受信が行われた場合に関係が存在すると仮定して、社会ネットワークを計算して再現した。このネットワークにおける任意の2人の距離は平均3.1であった。次に、個々の利用者は全体のネットワークはわからないが、自分が送受信したメールの範囲はわかるので、そこから三つの戦略に基づいて、知らない人と関係を持つために必要となるステップ数を計算した。(1) 最も多く他の人を知っている人から順番に探していく戦略だと、平均ステップ数が40、中央値は17であった。(2) 組織階層の情報を利用する戦略の場合、平均値は4.7で中央値は4であった。また、(3) 物理的な位置(部屋)を利用した場合、平均値は12で中央値は7であった。尚、メールほど構造化されていないWeb上のコミュニティのログでは、これらの戦略はあまり効果的ではなかった。構造化されていない状況でも利用者を効率的に誘導できるナビゲーションアルゴリズムが必要である、とまとめている。

4) インスタントメッセージのネットワーク/D. Batorski/ワルシャワ大(ポーランド)

この研究は、通信の秘密が厳守されている日本では行えない研究であり興味深い。彼は、ポーランドでもっとも利用されているインスタントメッセージサービス(200万人)の利用データをISPから取得して分析を行い、以下のような特徴を明らかにした。① アクティブなユーザーは男性49%に対して女性37%であり、男性が多い。② 相手先の登録は平均14件であり、アクティブな友人は35%であった。尚、相手先の登録数は男性の方が多い。③ ほとんどのユーザーはバディリストをひとつしか作っていない。残念ながら、定性データは公

開されなかったため、これ以上細かい分析はできていない。

この他、多国籍企業の人間関係と文化的影響を分析した発表や、学校での観察をベースに分析をした教育系の研究発表等もあった。

3. ネットワーク自己相関モデルと適応事例

筆者が長年取り組み、サンベルト会議でも発表したネットワーク自己相関モデルを紹介する。「ネットワーク自己相関モデル」は、社会的な相関関係を対象とする際に用いられる名称であり、もともとは空間地理学において着想され「空間的自己相関モデル」と呼ばれてきた。本節では、まず空間的自己相関モデルの手法を説明し、次に適用事例として ① 沖縄県の野菜作付面積変動と ② 携帯電話による仲良しグループのインスタントメッセージ交換実験を紹介する。

尚、筆者がこの手法に取り組んできたのは、元来、情報の質的な評価手法に興味があり、情報が複数の人に連鎖的に受容され評価されて反応行動が起きる過程の解明が、この切り口のひとつになると考えているからである。最近では、人々の信頼性や互助性を社会関係資本 (Social Capital) という概念で説明するようになってきている (諸富, 2003) が、筆者の着眼は、社会関係資本の定量的な把握、と言い換えることもできると思う。

空間的自己相関モデルとは

空間的自己相関モデルは統計的分析手法のひとつである。自己相関とは、データ間の序列情報を表す基本統計量であり、時系列自己相関が、ある変数 (例 Y_t) と、過去の同一変数 (例 Y_{t-1}) との関係を対象とするのに対し、空間的自己相関は、ある地点の変数 (例 Y_i) と別の地点の変数 (例 Y_j) の間の関係を対象とする。時系列自己相関が一様な関係で表現できるのに対し、空間的自己相関は地点の組み合わせごとに異なる関係を想定して表現する必要がある (図 1) (Odland, 1988)。

このモデルの由来は、Cliff と Ord が Whittle (1954) の空間パターンの同時確率式をヒントに、空間的自己相関を、重み行列 W で表現して簡便に計算する方法を 1973-1975 年に考案したことに遡る (Cliff & Ord, 1973, 1981)。その後、Doreian (1980, 1982) や Dow, Burton, & White (1982) が基本的な手法をまとめ、Anselin & Florax (1995) や Leenders (1995, 2002) が検証を進め、統計手法として整備されてきた (樋口, 高塚, 1995; 高塚, 樋口, 1996)。

空間的自己相関モデルは、代表的な統計手法である重回帰分析と関係が深い。重回帰分析はある変数 (Y) を他の変数群 (X) で説明する手法であり、計量経済学で経済現象の解明などに利用されてきた手堅い手法である。一方、社会ネットワーク分析の正統的な手法は主体

図1 自己相関統計量のイメージ

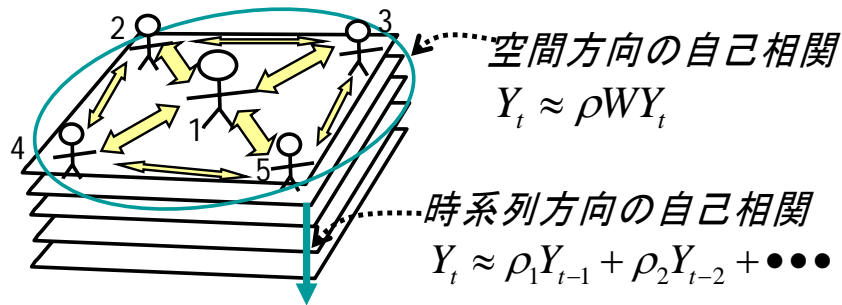
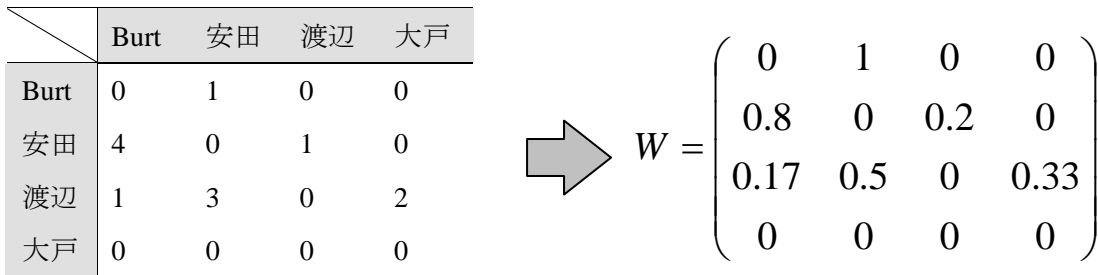


図2 重み行列の作成例 (サイズ N=4)



間の関係をグラフ化して関係パターンを分析するものであり、被説明変数の説明を目的にしていない。したがって、曖昧な印象もあるが、柔軟であり社会的であると言える。空間的自己相関モデルは、重回帰分析から派生しているが、相関パターンを社会的に捉えられる可能性もあるため、中間的な手法であると言える。

空間的自己相関モデルでは変数の変量の間に関連関係があると仮定し、重み行列 W を作成する。これが空間的自己相関モデルの大きな特徴となっている。重み行列 W とは、変数 j が変数 i に与える影響を数値化して行列として表記したものである。例えば、空間的自己相関を仮定する変数を Y とし、 Y のサイズが 4 であるとした場合の重み行列 W の一例を図 2 に示す。

この図は、わかりやすさのために Y を人の毎週の飲酒量とし、異なる Y の間の相関関係を想定して描いている。例えば、Burt 先生は教え子の安田先生が 1 本飲むと自分も 1 本飲もうとするような影響をうけるが、面識のない渡辺や大戸さんからは影響を受けない。安田先生

は恩師の Burt 先生が 1 本飲むと 4 本飲もうとする影響があり、渡辺からは 1 本飲む影響を受けている。渡辺は、面識のある安田先生から最も多くの影響を受けているが、同じく面識がありお酒の好きな大戸さんからの影響も大きい。一方、大戸さんは、誰からの影響も受けず、自分の好きなお酒を飲む（以上はフィクションである）。

一部の値が負になることも現実にはありうるであろう。また、対角成分の値は常に 0 とする。これが 0 でなければ、ある変量でその変量自体を説明することになり矛盾をきたすからである。尚、この図で示した W は、それぞれの値を行和で正規化して作成している。

空間的自己相関モデルでは、この W を仮定して、回帰方程式の特定の変数に組み込んで分析する。どのような情報から W を作成するかは分析者に依存している。そのため、重み行列 W の作成は、空間的自己相関モデルの重要なポイントである。地理情報から W を作成すると「空間的自己相関モデル」と呼ばれ、社会的関係から作成すると「ネットワーク自己相関モデル」と呼ばれる。

空間的自己相関モデルには大きく分けて二つの手法がある。① 外乱モデル (disturbance model) と ② 効果モデル (effect model) である (表 1 参照)。外乱モデルでは誤差 ε の間に空間的自己相関を仮定するが、効果モデルでは被説明変数 Y に直接、空間的自己相関を仮定する。

表 1 に示す ρ は、 X に対する β と同様に、関係項目の影響度を示すパラメータである。通常、 $-1 < \hat{\rho} < 1$ の間の値を取ると言われているが、例外もありうる。また、 $\hat{\rho}$ が負値になることは、全ての要素同士が互いに逆の影響を与えあっていることを意味するので、一般的にはあまり考えにくい。一方、 $0 < \hat{\rho} < 1$ であれば、現実的な妥当性は高いように思う。

この他、二つのモデルを組み合わせたハイブリッドモデルや、複数の ρW を仮定する複数

表 1 空間的自己相関の二つの基本モデル

DM(外乱モデル)	EM(効果モデル)
$Y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$	$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon \quad (3)$
$\varepsilon = \rho W\varepsilon + \nu \quad (2)$	
ρ : ネットワークのパラメータ (スカラー) W : 重み行列 (N×N) ν : 空間的自己相関を除いた真の残差	ρ : ネットワークのパラメータ (スカラー) W : 重み行列 (N×N)

注) それぞれの行列のサイズは、 Y は(N×1)、 X は(N×K)、 β は(K×1)、 ε と ν は(N×1)

パラメータモデルなどもあるが、筆者は、基本モデルの適用が第一ステップと考える。

次に、パラメータの推定方法は、共分散 $\neq 0$ であり非線形となるため、最尤法を用いる。計算の高速化には、 β や σ を ρ に置き換えて ρ ひとつだけを推定パラメータとした上で最尤法を適用するのが望ましい。ただし、この場合、推定値の t 検定のために、クラメールラオ不等式から派生した情報行列を数式に展開してプログラムを作る必要がある。筆者は計量経済分析ソフト TSP (Time Series Processor) を使って作成し、既発表文献 (Upton & Fingleton, 1985) の数値と照合して精度を確認した。

また、筆者は、最初に外乱モデル (DM) を適用することが多い。それは、独立変数 (X) による説明を試みた残差に相関関係をあてはめる DM のほうが、自己相関項を独立変数項と対等に扱う EM よりも、独立項目 (X) と関係項目 (W) が役割分担できているように感じているからである。ただし、これは主観的な印象に過ぎず、現状、二つの基本モデルの特性の違いや、重回帰分析と空間的自己相関分析の特性の差異は、必ずしも十分に明らかになっていない。空間的自己相関分析を、社会的な影響を測る手法として確立するには、独立変数 X の過小定式化問題なども含めて、十分な理論的検討/シミュレーション/実践試行が必要であろう。

適応事例 1：沖縄県の野菜作付面積変動 (渡辺, 1990; 渡辺, 樋口, 2003)

沖縄本島の 33 自治体における 21 年間のサヤインゲンとゴーヤの作付面積変動データを利用して、モデルの妥当性を分析した。サンプルの選定理由は以下のとおりである。① 集団の相互関連行動を反映したデータの収集は容易ではないが、自治体単位の農作物作付面積は

図 3 沖縄本島の 33 自治体と 2 作物作付面積の総変動 (1980-2001)

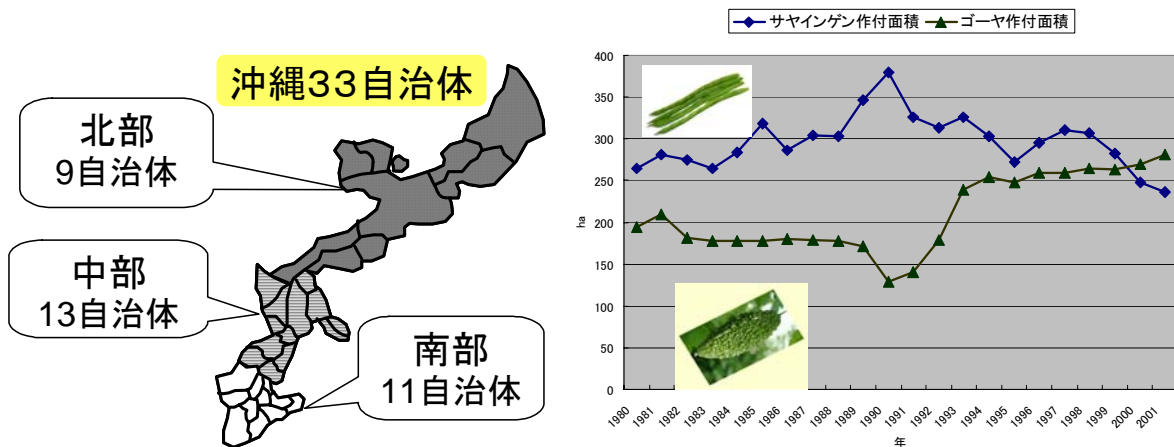
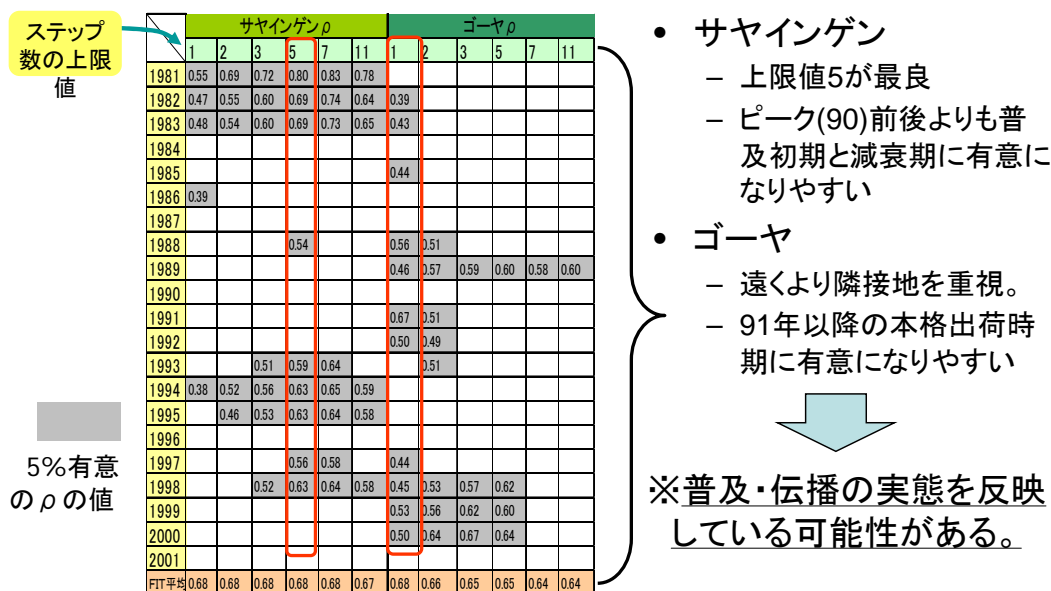


図4 ステップ数の上限値を変えた場合の ρ が有意になる傾向



統計データがそろっている (沖縄総合事務局統計情報課, 1982-2003)。② 各自治体を、個々の農家が統合された行為主体とみなし、面積を意思決定結果とみなせる。③ 園芸作物は果樹などと比較して植え替え容易なため、行為者の意思決定が作付面積に反映されやすい。④ 沖縄県は他県から離れており、他県からの影響を一様として無視できる。⑤ サインゲン (斉藤, 1986) とゴーヤは本土出荷量が多く、産地間競争が行われており市場動向に敏感である。⑥ サインゲン (冬の作付け一位) とゴーヤ (夏の作付け一位) は作付時期が異なるため直接の競合関係はない。

自治体 i の作物 j の作付面積を被説明変数 Y 、定数項を説明変数 X_0 、前期の作物 j の野菜全体に占める収入の優位性 (鄭, 堀田, 1986) を X_1 、前期の自治体 i の農業従事人口を X_2 として、重回帰モデルを作成した。また、重み行列 W には、「ステップ数の逆数行列」を用いた。「ステップ数の逆数行列」とは、自治体の隣接関係からステップ数を求め (安田, 2001) (最大値は知念村～国頭村間の 11) それの逆数を値とする行列である。33 の自治体について「自治体間距離」、「人口」、「隣接関係」などを用いて数種類の W を試作したが、「ステップ数の逆数行列」が平均的に自己相関の関係を有意に検出しやすかったため、これを基本の W として分析を進めた。

Leenders (2002) は、ひとつの W を適用するだけでなく、複数の W を吟味することの重

要性を主張している。筆者はこれに呼応し、「ステップ数の上限値」と「逆数の乗数」を変えた様々な W を作成して、作物（2品種）×単年度（各20年）にそれぞれ適用し、AIC（情報量基準）の改善回数や ρ が有意に検定される回数の変化傾向を比較した（図4）。この結果、まず、サヤインゲンでは、ステップ数の上限値が5（五つ隣の自治体の影響までを勘案）の W の時に最良の結果を示し、普及初期（1981年頃）と減衰期（1994年頃）に ρ が有意となった。一方、ゴーヤは、ステップ数上限が1の W の時に最良の結果を示した。サヤインゲンは本土出荷用に県が導入を奨励した作物であり（斉藤, 1986）、市況動向によっては、遠くの自治体との相関関係も生じやすいと考えられるが、ゴーヤは元々沖縄で親しまれてきた作物で域内消費も大きいいため、隣接地の動向との相関が生じやすいためではないか？ と考えている。

次に、2作物の ρ 有意傾向の間をとって、上限値=2とした場合の、各年各作物の外乱モデルによる分析結果を、表2に示す。いずれの場合も重回帰分析に対して3%程度説明力が向上し、ゴーヤは有意な β の数も増加した。また、ゴーヤは、90年以降に ρ が有意に検定される回数が増えた。これは、1990年10月に本島のウリミバエ根絶宣言が出されるまで、

表2 上限値2とした場合の外乱モデル（DM）による分析例

	サヤインゲン						ゴーヤ					
	FIT	ρ	β_0	β_1	β_2	AIC	FIT	ρ	β_0	β_1	β_2	AIC
1981	0.55	0.69(**)	-12.20(**)	0.45(**)	1.59(**)	128.13(#)	0.41	0.36	-13.42	1.23	1.21(**)	102.25
1982	0.50	0.55(**)	-6.35(**)	0.32(**)	0.88(**)	116.35(#)	0.43	0.37	-13.93(*)	1.44	1.11(**)	99.85
1983	0.40	0.54(**)	-6.92(**)	0.00	1.18(**)	113.75(#)	0.45	0.40	-10.60(*)	0.72	1.15(**)	97.14
1984	0.57	0.02	-47.11(**)	6.59(**)	2.42(**)	131.35	0.46	-0.21	-15.32(**)	0.22	2.19(**)	126.45
1985	0.73	0.38	-6.11(**)	0.46(**)	0.82(*)	113.43(#)	0.87	0.37	-6.75(**)	0.51(**)	0.80(**)	81.15
1986	0.54	0.34	-5.29	0.52(**)	0.55	141.02	0.79	0.32	-14.26(**)	0.24(**)	2.07(**)	95.28
1987	0.74	0.41	-7.49(**)	0.42(**)	1.06(**)	115.26(#)	0.64	0.29	-13.20(**)	0.23(**)	1.88(**)	117.79
1988	0.74	0.41	-3.99	0.59(**)	0.38	119.17(#)	0.59	0.51(**)	-10.73(**)	0.32(**)	1.38(**)	136.28(#)
1989	0.90	0.33	-5.23(**)	0.62(**)	0.61(**)	88.78	0.79	0.57(**)	-9.55(**)	0.39(**)	1.24(**)	115.30(#)
1990	0.78	0.17	-3.22	0.58(**)	0.36	110.29	0.86	0.18	-7.06(**)	0.47(**)	0.89(**)	96.18
1991	0.81	0.35	-7.55	0.55(**)	0.98(**)	109.87	0.91	0.51(**)	-5.20(**)	0.51(**)	0.54(**)	82.76(#)
1992	0.59	0.198	-5.88(**)	0.47(**)	0.76	136.90	0.47	0.49(**)	-10.78(**)	0.13	1.60(**)	140.10(#)
1993	0.81	0.43	-5.99(**)	0.58(**)	0.70(**)	115.26(#)	0.52	0.51(**)	-5.93(**)	0.21(**)	0.87(*)	132.81(#)
1994	0.61	0.52(**)	-2.37	0.41(**)	0.28	136.67(#)	0.64	0.43	-7.74(**)	0.27(**)	1.17(**)	118.01(#)
1995	0.85	0.46(**)	-4.53(**)	0.57(**)	0.47	104.61(#)	0.74	0.39	-6.58(**)	0.47(**)	0.86(**)	113.58
1996	0.76	0.28	-3.92(**)	0.52(**)	0.44	115.87	0.53	0.24	-7.30(**)	0.29(**)	1.08(**)	136.28
1997	0.84	0.36	-4.56(**)	0.60(**)	0.51(**)	103.98(#)	0.83	0.45	-7.58(**)	0.47(**)	1.02(**)	107.68(#)
1998	0.84	0.47	-4.22(**)	0.59(**)	0.45(**)	102.92(#)	0.79	0.53(**)	-5.37(**)	0.48(**)	0.67(**)	117.87(#)
1999	0.67	0.16	-6.24(**)	0.45(**)	0.88(**)	125.65	0.72	0.56(**)	-4.21(**)	0.31(**)	0.65(**)	118.24(#)
2000	0.55	-0.44	-2.78	0.52(**)	0.23	138.73	0.63	0.64(**)	-6.72(**)	0.24(**)	1.05(**)	131.54(#)
2001	0.55	0.42	-4.94(**)	0.35(**)	0.72(**)	138.33(#)	0.77	0.27	-4.56(**)	0.40(**)	0.68(**)	110.25
平均	0.68	0.33	-7.47	0.77	0.78	119.35	0.66	0.39	-8.89	0.45	1.15	113.18

(**)5%有意 (#)AICが重回帰分析よりも改善(減少)

県外出荷には燻蒸処理が必要であり、根絶した90年以降に戦略品目としての本格出荷が始まったことを反映していると思われる。尚、図は省略するが、効果モデル(EM)を適用したところ、表2の検出傾向をさらに強調した検定結果となった。

これらの結果により、空間的自己相関による分析は、普及伝播の実態を反映している可能性があることがわかった。

次に、発展的な研究方向として、妥当なWを作成する方法を三つ着想し、それぞれ試した。

① 北部、中部、南部という伝統的区分に従って3*3のWを想定して変数を直接推定する方法、② 伝統的に区分される三地域内で「自地域」と「他地域」では与える影響に差があると想定しWの要素に重みをつけて分析する方法、③ 主体ごとに別々に時系列方向の回帰分析を行い、それぞれの誤差系列の間の相関値の行列をWの原型として適用する方法。

これらの方法は、それぞれ、有望なWを発見できる可能性があり、継続検討を続ける。

以上の分析により、農作物作付変動に対するモデル適用の妥当性の可能性と、外乱変数モデルと効果モデルという二つの基本モデルを適用するだけでも十分に分析ができることを示した。また重み行列Wを系統的に適用/比較することで自己相関の特徴が分析できることを示した。

適応事例2：携帯電話による仲良しグループのインスタントメッセージ交換実験 (渡辺, 2004)

アメリカで普及したインスタントメッセージ(些細な状態情報を通知しあうメディア)と、日本で普及したWeb携帯電話との親和性が高いことがかねてから指摘されており(Nardi & Whittaker, 2000)、これを実証するために行った短期試行実験について、空間的自己相関モデルの適用を試みた。

実験の概要は以下の通りである。女子大生9名と教官+助手、スタッフ4名の計15名を被験者とし、インスタントメッセージエンジンを開発してサーバを運用し、学生+教官には携帯電話を配布した。利用者は、他の利用者との間に情報の交換関係を結び、バディリストと呼ばれる、携帯電話の電話帳のようなリストを作成して、交換相手を登録する。そして互いに一言メモと呼ぶテキストメッセージを公開する。この実験では、学生は、仲のよい友人達と交換関係を結んで「友人」「仲良し」などのバディリストに登録し、結果として、AとBという二つのクリーク(完全共有関係)が発生した。学生達は、先生や富士通ヘルプスタッフとも関係を結び、「先生」「ヘルプスタッフ」等の名前で別のバディリストに登録した。図5にこのイメージを示す。この結果、学生は、(1) 仲良しのメンバーとは全員のメモを対等に共有して見せあう関係となり、一方、(2) 先生や富士通スタッフとは、もう少し疎遠な

形で情報を公開しあう関係となった。すなわち、先生や富士通スタッフはバディリストで学生全員を俯瞰できるが、学生側のバディリストには、先生やヘルプスタッフだけしか登録されておらず、仲間はいいない。

次に、使用画面例を示す(図6)。この学生は、三つのバディリストを作成している(左端)。それらのうちの「大学の友人」というバディリストをクリックすると、バディリスト画面にうつり、仲良しの3人が登録されている。3人それぞれ、些細な情報を記入している。先頭の原の名前をクリックすると、詳細画面に移り、原が作成した一言メモの詳細な内容を見ることができる。また、自分自身の情報の設定は右端に示したエディター画面から行う。

このプロトタイプはチャットのようなマルチパーティで盛り上がりやすい送受信メディア

図5

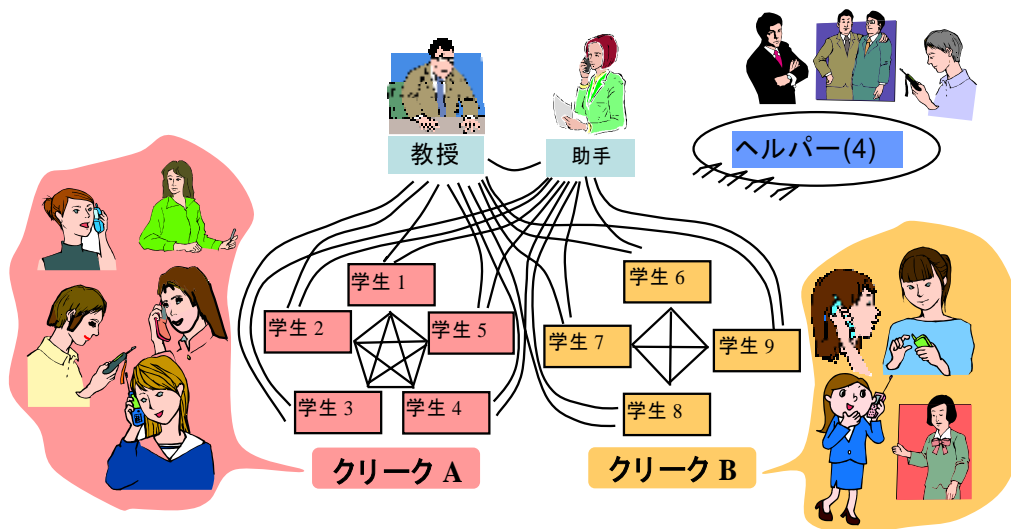
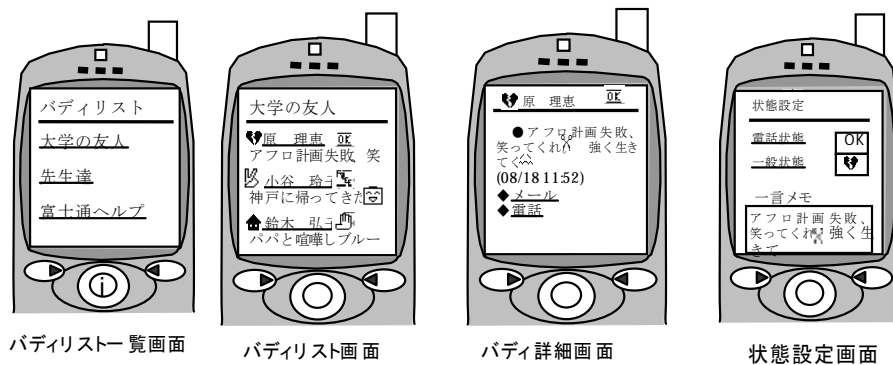


図6



アを持たないので、地味な試行となることを想定していたが、実際には、被験者達は、「メールだと相手に何か面白いネタを送りつけなくてはならない感じがするが、一言メモは、そのプレッシャーがないから楽しく使える」「電話の操作も慣れてきて日記という意味がわかった。結構楽しいかも」と言い、継続して利用してくれた。また、普段はバイトや授業など身の回りのことを日記風書きながら、友人が彼氏と喧嘩した時や、友人の就職が決まった時などは、名指しで慰めたり励ますなどといった内容のメモを書きこみ、バディリスト上で擬似的な対話を行った。対話的なメモは学生グループ内のメモの28%を占めていた。施行期間は77日間であり、15名が記入した書込みは合計2288件、一回の書込みは平均36.8語であった。

一言メモの発信過程には、利用者同士の相互関連性が想定できたので、空間的自己相関(この場合はネットワーク自己相関)を適用することにした。作物の作付は、農家が一年に1、2回行う同期性の高い意思決定過程であるが、メモの作成は、利用者が何かを経験したり、友人の書き込みを見ることに基づいて行われる、連続的な過程である。そこで、ある程度まとまった過程として分析するために、データを一週間単位に集約した。

書込んだメモの設定量(ワード数)を被説明変数 Y 、定数項を説明変数 X_0 、前週にメモに書き込みした量を X_1 、前週に閲覧した他人の書き込みメモの累積閲覧語数を X_2 、として、重回帰モデルを作成した。

この場合、農作物と異なり、地理的データを使えないので、重み行列 W には、互いの情報の交換関係や、情報の流通量など、様々な W を試した。まだ分析途中であるが、現状、 A と B の二つのクリーク内部の関係を数値化した行列を用いると検出結果がよいことがわかっている。また、教授、助手、ヘルプスタッフから学生への影響関係も値を持つほうが、検出結果がよくなることもわかっている。

次に、週単位のイベントと検出結果を比較したところ、ゼミや休み中のセミナーキャンプで直接出会うことのできた週や、期末試験のような同一の目的を持っている週には、ネットワーク自己相関が有意に検出されることがわかった。

ネットワーク自己相関モデルによって、電子環境における利用者の相互関連情報行動の特性を把握できる可能性がある。

4. 関係を利用した情報環境

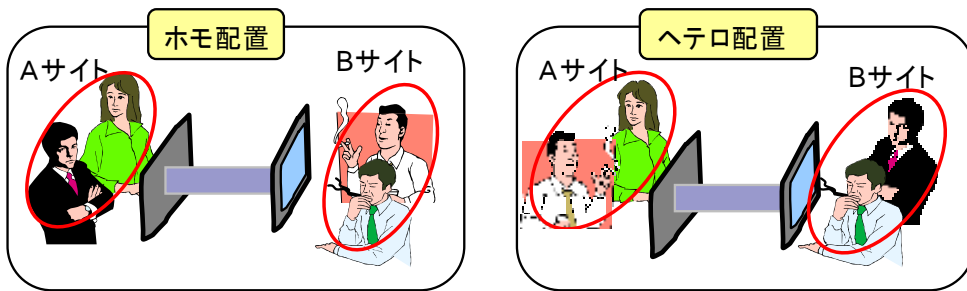
この章では、今まで行ってきた、関係性を利用した情報環境の研究事例を簡単に紹介する。

テレビ会議の発言遷移の評価 (福永, 渡辺, 勝山, 1994)

テレビ会議ではサイトごとに意見が固まる傾向にあるという実感を確認するために行った事件である。喫煙をテーマに取り上げ、サイトを喫煙派だけまたは禁煙派だけで形成させたホモ配置と、喫煙派と禁煙派を各サイトに分散配置したヘテロ配置とを比較して、発言遷移過程を検証した。ヘテロ配置では、異派間遷移についてサイト内遷移が増え、サイト間遷移が減り、全体として発言遷移が不均等になるという結果が得られた (図7)。

図7

TV会議は、「サイト毎に固まる傾向にある」という実感を、簡単な実験(喫煙派VS禁煙派の討議)で確認。



発言遷移エントロピー = $-\sum_{i=1}^n P_i \log P_i$ を比較

図8



対面会議の電子的支援 (渡辺, 松倉, 佐々木, 木島, 1999)

電子ホワイトボードを使ってインタラクションを増やす方法を検討した研究である。最初のプロトタイプでは、電子ホワイトボード（専用のPCをスクリーン投影したもの）は、参加者の手元に用意されたボタンを押すと、操作権を取得でき、手元のマウス/キーボードを使って指し示したり書き込むことができた。しかし、この方式だと、わざわざボタンを押して他者から操作権を奪う必要があり、電子ホワイトボードへのアクセスは少なかった。そこで、手元のマウスの移動イベントを常時電子ホワイトボードに伝え、複数の指し示すだけのポインタを表示しておいて、誰かがマウスクリックをすると、その人が操作権を取得する「マルチポインタ・クリック方式」を導入したところ、ホワイトボードへのアクセスが格段に増加した。こうすれば、参加者のアクションが自動的にログに残るので、ビデオ解析をしなくても、社会的インタラクションを分析することができた。この試行は268回行われた。ログ取得の技術が進めば、このようなリアルタイムインタラクションも社会ネットワーク分析の研究対象となると考えられる。サンベルト会議でも、教育現場の観察/分析を行い、このような主張をする研究者がいた（図8）。

(<http://www.ipsj.or.jp/members/Journal/Jpn/4011/article005.html>)

(関連製品→http://www.kcn.fujitsu.com/services/pro_pmaid_qm.html)

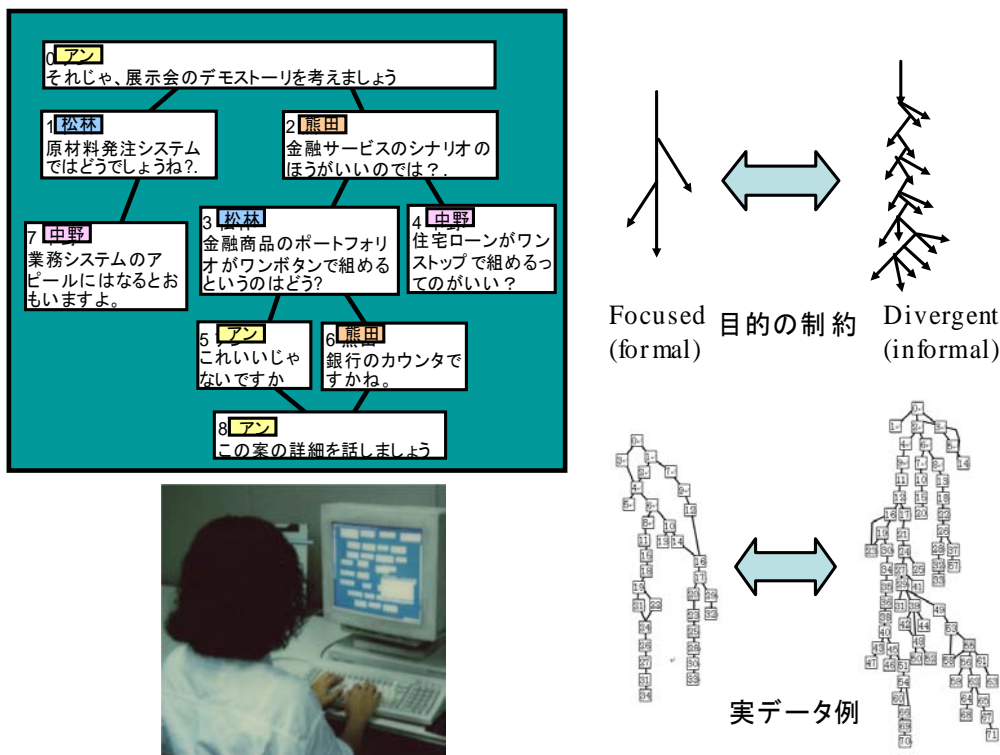
構造化電子会議 (渡辺, 1992, 1993)

これは、発言関係を発言者申告させ、関係パターンをグラフ化できる会議支援システムである。図9のように、発言を順序と発言内容をテキストボックス化し、それを樹形列に整理することで可視化している。

この方法を、通常の一の時系列的なチャットと比較すると、まず、複数の話題を並列進行させることに効果があった。また、コンピュータは意味を理解できないが、単純な関係を数値化して識別することはできる。そこで、会話のモードの変化（フォーマルとインフォーマル、収束と発散など）を識別する比較実験を行ったところ、末端の枝の比率などの簡単な計量測度によって、会話のモードを有意に識別できることもわかった。

発言するごとに発言関係を申告する手間を必要とし、また、文字による会議が現実的ではないなどの理由から、研究は終了しているが、最近では音声入力なども進歩しており、発言関係を利用する着想は、何かに活用できると思っている。

図9



ビジネスチャット

これは、IRC をビジネスに応用したものである。会話をする機能だけではなく、インスタントメッセージのような相手の状態を確認できる機能や、Web ページの URL をチャネルに流して Web 情報を共有する機能、ファイルを転送する機能、ランダムに相槌やツッコミを入れる簡易エージェント機能などが組み込まれている。所属研究部では 10 年以上常時利用されており、業務遂行に不可欠なツールとなっている。会議室におけるサブグループ内の対話や、会議室外のメンバーの知恵を借りるといった目的にも利用されており、オフィスの効率化に一定の効果を与え続けている。

また、最近、筆者の所属する研究チームでは、簡易エージェント（ボット）による、対話刺激が好評である。特定の実在人物の決めゼリフ（例：「もっと高尚に言うてどういうことなの?」「話を整理してください」）を、その人物に扮したボットが適当なタイミングでしゃ

べりかけるのである。偶発とはいえ文脈に適合することが多く、知的インタラクションと社会ネットワークの醸造に効果があると考えられる。

日常化したこともあり、我々は、まとまった評価は行っていない。ひとつひとつのチャンネルは閉じたコミュニティゆえ、ネットワーク的な広がりはないが、参加者は通常複数のチャンネルに参加しているので、利用者の複数チャンネルへの参加者の変遷を辿れば、HPのLadaが行ったような計算手順によって社会ネットワークが構築／分析できるように思う。

<http://www.labs.fujitsu.com/jp/gijutsu/chat/index.html>

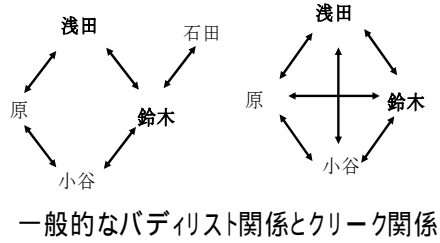
パーソナルネットワーク（前章の携帯実験）

コミュニケーション環境には、社会性の維持と個人の自由の確保という相矛盾する二つの要件があると言われているが（後藤, 1999; 金子, 1999）、筆者は、メーリングリストやチャットは、メンバー同士が打ち解けていない場合には些細な内容を交換しにくく（＝社会性の規制が強く）、この点にメディアとしての限界があるように感じている。見知らぬ参加者が増えるほど、発信の敷居が高くなり、メーリングリストやチャットに流れるのは目的性の高い業務的メッセージに限られやすい。すると、自由闊達な発言がなくなってしまい、場が硬直化してしまう。

この点で、前章で述べたバディリスト上の個人掲示板には、ボトムアップな情報が発信される魅力がある。なぜなら、(1) バディリストに登録される関係はパーソナルネットワークであり、(2) 個人掲示板にはいつでも好きな書き込みができて、(3) 他の人に送りつけるのではなく、他の人が見たいときに見にくることになっているので、発言する敷居が低くなりやすいと思えるからである。パーソナルネットワークが持つこのような特性を活かし、トップダウン型のネットワークとの連携も考慮してこのプロトタイプ（携帯インスタントメッセージシステム）は開発された。一般的なインスタントメッセージと同様な機能に加えて、バディリストの相手に応じて送信するメッセージや表示する状況を変えられる機能が組み込まれている。これにより、仲良し向けのメモと全員交換向けのメモなどを使い分けることができ、ひとつのソフトで複数の異なるネットワークを賄うことができる。

次ページの書き込み例は、実験の一例である。学生達が、仲良し以外の人に向けたメッセージの38%が、図10に示すように、仲間向けのバディリストの中で、仲間に打ち解けたメモを書くついでに、そのすぐ下に用意した全交換相手向けのエディットボックスに少しフォーマルな内容を書きこむことで発信されていた。筆者は、このように、身近な世界と公共的な世界を近づけることで、他愛もない発言から社会的な意見が生まれてくる可能性があり、また、こうでもしないと日本人はなかなか自分の意見を言わないように感じている。現在、

図 10



一般的なバディリスト関係とクリーク関係



電話の操作も慣れてきて
日記という意味がわかつた。
結構楽しいかも。

↓仲良しにだけ公開するメモを書くついでに
先生や私達にも見せるメモを書いた事例

	仲良し向けメモ	全交換相手向けメモ
1	理恵のアフロめっちゃ見た いー	きょうは須磨の海へ泳ぎに行 きました
2	紀子は仲直りした？素 直って素敵	明日は面接。いったい何聞か れるんやろう
3	バーゲンいってきます気 合いだ！	海 いきたーい。小麦色の肌 あこがれる
4	中山美穂みたいな髪形に なりたいよー。でもはず かしいからいわん	今から髪きりにいってきます。 やっとならば黒髪からおさらば
5	花火序盤で彼氏が腹痛。 一番きれいところが見 れなかったよ。	花火計画第一弾，天神失敗！ 次はPL祭だ

該プロトタイプ、地域コミュニティや業務コミュニティへの応用を検討している。

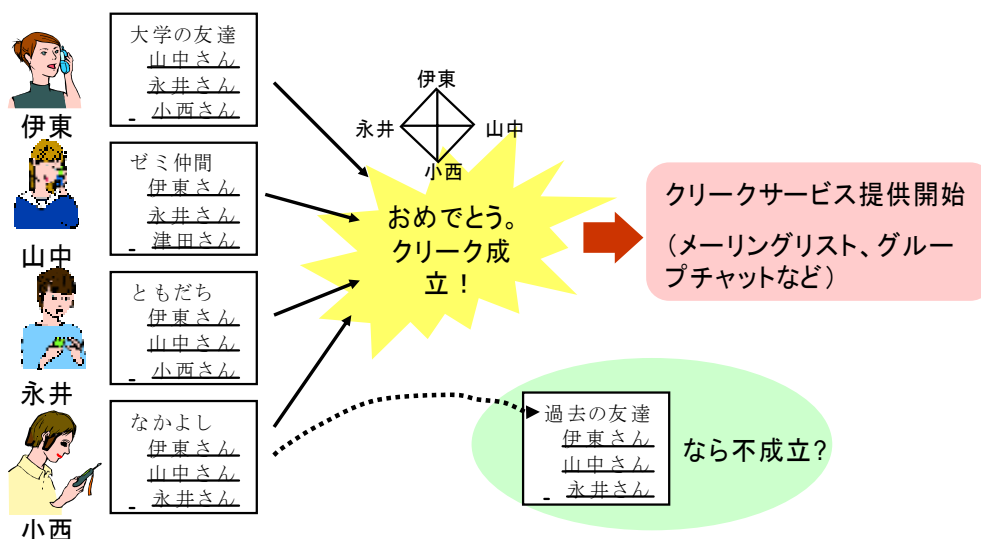
日本では、いわゆるインスタントメッセージはアメリカほどには流行っていない。さりとて、チャットのような閉鎖型のコミュニティも、さほど流行っていない。両方の長所で短所を補い合うような情報環境が必要であろう。以前、アメリカのグループウェアの会議にて、アメリカのインスタントメッセージの研究者数名にこの着想を話してみたが、(英語の拙さも手伝って) 十分には理解してもらえなかった。彼ら(ほとんど彼女ら)は、インスタントメッセージの誰にでも手軽にメッセージを送れることの便利さを体験談も交えて強調していたが、一方、パネルディスカッションでは「インスタントメッセージにアジア系の人の参加が少ない」ということを話題にしていた。人に語りかける行為には文化的な差が結構大きいのかもしれず、各々の文化に適した情報環境の設計指針がありうるのかもしれない。

<http://www.labs.fujitsu.com/jp/gijutsu/im/index.html>

バディリストからクリークへ

着想を紹介する。バディリストの登録状況が一致したメンバーをシステムがクリークとして認識し、メーリングリストやグループチャットなどのクリークサービスを自動的に提供す

図 11

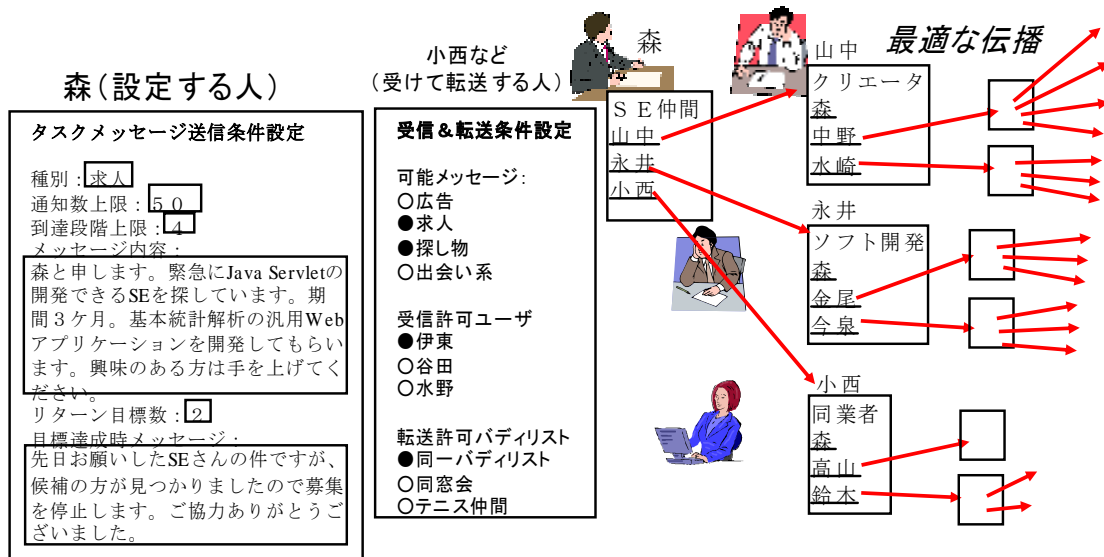


るシステムである。単に交換関係の有無だけではなく、それぞれが名づけたバディリストの名称の類似性や、公開情報の種別などもクレーク成立の判断基準とする。社会ネットワーク分析を考える上では興味深いシステムであるが、実際には多くの問題が想定される。例えば、クレークに入れなかったユーザの処遇や、一度成立したクレークを解消するタイミングなどである。これらをアルゴリズムだけで対処するのは難しい。

バディリストによる社会関係資本 (Social Capital) の活用 (タスクメッセージの転送)

これも着想である。バディリスト上の友達の利用することで問題解決を行うシステムである。バディリストに登録しているメンバーはバディリストの持ち主にとっては既知のメンバーであり、彼らが解決できる問題であれば彼らに直接頼めばよい。しかし、自分やバディリストに登録してあるメンバーだけでは解決できない問題が生じることは多々ある。このような場合、知人をお願いのメールを流す方法だと、一方的に流すだけでその後は受信者任せとなるため、情報の管理や効率的な活用が難しかった。勝手にメールを伝播させることはウイルスメールとなり、同時に大量に流すと迷惑メールとなる。一方、インスタントメッセージはサーバーで管理されており、伝播プロセスのコントロールが容易である。例えば、

図 12



それぞれの思惑の範囲内でタスクメッセージが機能し、ビジネスがうまれる？ 社会ネットワークを考える題材には有効？

転送先の段階数を設定して無尽蔵に情報が伝達されるのを防ぐこと、認定している人からのメッセージのみ転送するようになっていたずらを防ぐこと、などが挙げられる。要求が満たされたら、直ちにメッセージの新規伝播を止めて既存の経路に終了を通知したり、要求を満たした経路の途中の人には謝礼金を払う、などといった機能も考えられる。

このようにバディリストを利用したタスクメッセージシステムによって、例えば効率よく必要な人材や物を調達することができる。タスクメッセージが関与する人々に最適に動作するための、必要かつ簡潔な設定情報の仕様が、今後の検討課題である。

携帯端末による業務システム

今後、携帯電話や PDA などの携帯端末を使った業務システムが普及すると考えられる。このシステムは、最初は本部の情報を受信して使う単一的な使い方が主流となるであろうが、そのうち、従業員同士や従業員と顧客の間での知識流通などに利用され、社会的なネットワーク関係が反映された使い方をするようになるであろう。したがって、社会ネットワーク分析の新しい実践的な研究フィールドとなりうる。

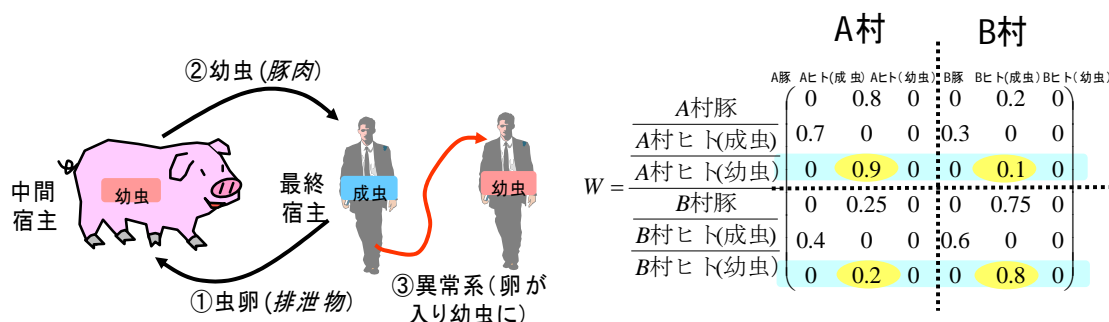
Web サービスの協調

Web の普及により、情報の広範な共有や伝播が可能になった。続いて XML や SOAP といった標準仕様に基づく Web サービスが普及すれば、複数の電子的なサービスを統一的に操作できるようになり、利用者は、様々なサービスを一括利用できるようになる。この時、利用者の利便性を高めるには、複数のサービスが協調的に動作することが必要であり、そのためには、サービス事業者の間に信頼関係やビジネス契約の関係が結ばれていることが必要である。したがって、これも社会ネットワーク分析の新しい研究フィールドとなりうる。

寄生虫分布の空間的自己相関分析³

幼虫期には豚に寄生し、成虫期にはヒトに寄生する有鉤条虫という寄生虫がいる。成虫がヒトに寄生する場合には問題ないが、幼虫がヒトに寄生すると健康上深刻な問題を生じる。しかし、寄生虫を完璧に駆除することは（特に途上国においては）困難であるし、根絶が副次的な逆効果をもたらす可能性もある（藤山, 1997）。そのため、中間宿主である豚と幼虫、成虫の三者の関係をうまくコントロールして共生を図る方法が期待される。この三者の関係を、集落や牧場、市場などの地理的な分布と絡めて基本重み行列を作成できれば、空間的自己相関分析の実践的な分析対象となりえる。

図 13



³ この事例のみ、他の事例と異なり、東京医科歯科大学藤田研博士後期課程の江上氏に伺った基本構想を、筆者が地域分析と連携させて拡張したものである。

5. まとめ

社会ネットワーク分析はまだまだ開拓の余地が多く、今後発展する研究分野として非常に興味深い。インターネットやモバイル機器の普及(岡田, 松田, 藤本, 2002)に伴い、従来は把握するのが難しかった社会的なネットワークを電子環境の上で観察/計量できるようになってきている。それを利用した社会的サービスが新しいビジネスになる可能性もある。

ITの導入につれて、人間の社会的な行動(社会レイヤー)にも、全体最適の観点から、情報伝達の効率化や意思決定の迅速化などを目的としたシステムティックな動作要求が増えていくように思う。しかし、ITは本来、人間の豊かな感性や社会性を前提として効果的に使われるべきものであって、硬直的な体系化が行き過ぎて、人間がITに使われるようになるとしたら本末転倒である。このような観点からも、社会ネットワーク分析が、人間同士の信頼や互助性を測り、これら人間の特性を活かした柔軟な社会システムを設計し実践するために必要不可欠な手法として発展することを期待している。

なお、筆者が取り組んできたネットワーク自己相関モデルは実証研究への応用を模索している段階にある。ノウハウを蓄積し、影響関係を測る手法のひとつとして定着するよう、研鑽を続ける。また、関係を利用した諸所の研究事例についても、社会関係資本の形成を支援する情報環境の実現を目指して、それぞれ漸進させていく。

繰り返しになるが、サンベルト会議は世界的な会議であるが敷居は低い。今後、日本からの投稿が増え、日本発のユニークかつ実効力のある社会ネットワーク分析の研究が産まれることを期待したい。

参考文献

- Anselin, L., & Florax, R. J. G. M. (1995). *New directions in spatial econometrics (Advances in spatial science)*. Berlin, New York: Springer Verlag.
- Cliff, A., & Ord, K. (1973). *Spatial autocorrelation*. London: Pion.
- Cliff, A., & Ord, K. (1981). *Spatial processes: Models and applications*. London: Pion.
- Doreian, P. (1980). Linear models with spatially distributed data. *Sociological Methods and Research*, 9, 29-59.
- Doreian, P. (1982). Maximum likelihood methods for linear models. *Sociological Methods and Research*, 10, 243-269.
- Dow, M. M., Burton, M. L., & White, D. R. (1982). Network autocorrelation: A simulation study of a fundamental problem in regression and survey research. *Social Networks*, 4, 201-212.
- 藤田紘一郎 (1997) 『共生の意味論』 講談社.
- 福永 厚, 渡辺 理, 勝山恒男 (1994) 「テレビ会議コミュニケーションの評価」 『ヒューマンインタフェ

- ース研究論文集』3(1), 53-60.
- 古川一郎 (2001) 「e コミュニティの誕生とマーケティングの革新」『一橋ビジネスレビュー』49(2), 58-73.
- 後藤将之 (1999) 『コミュニケーション論』中央公論.
- 樋口洋一郎, 高塚 創 (1995) 「空間的自己相関の存在するデータが回帰分析に及ぼす影響に関する研究」『地域学研究』25(1), 57-71.
- 金子 勝 (1999) 『市場』岩波書店.
- 金光 淳 (2003) 『社会ネットワーク分析の基礎』剋草書房.
- Leenders, R. Th. A. J. (1995). *Structure and influence: Statistical models for the dynamics of actor attributes, network structure and their interdependence*. Amsterdam: Thela Thesis.
- Leenders, R. Th. A. J. (2002). Modeling social influence through network autocorrelation: Constructing the weight matrix. *Social Networks*, 24, 21-47.
- 諸富 徹 (2003) 『環境』岩波書店.
- Nardi, B. A., & Whittaker, S. (2000). Interaction and outeraction: Instant messaging in action. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '00)* (pp. 79-88). New York: ACM Press.
- Odland, J. (1988). *Scientific geography series: Vol. 9. Spatial autocorrelation*. Newbury Park, CA: Sage.
- 岡田朋乙, 松田美佐, 藤本憲一 (2002) 『ケータイ学入門』有斐閣.
- 沖縄総合事務局統計情報課 (1982-2003) 『園芸・工芸農作物市町村別統計書』(昭和 55 年産-平成 13 年産). 沖縄農林水産統計情報協会.
- 斉藤 修 (1986) 『産地間競争とマーケティング論』日本経済評論社.
- 高塚 創, 樋口洋一郎 (1996) 「空間的自己相関分析手法を用いた地価の空間的連関に関する統計的検証」『地域学研究』26(1), 139-153.
- 鄭祥演, 堀田忠夫 (1986) 「地域農業の経営戦略モデルとその適用—愛媛県の柑橘産業を事例として」『農林業問題研究』94, 19-26.
- Upton, G., & Fingleton, B. (1985). *Spatial data analysis by example*. New York: Wiley.
- 渡辺 理 (1990) 「農作物作付面積のネットワーク自己相関モデルに基づく実証研究」東京工業大学大学院社会工学専攻修士論文.
- 渡辺 理 (1992) 「電子会議における発言間の関係に関する一考察」『情報処理学会グループウェア研究会』3-8, 57-64.
- 渡辺 理 (1993) 「電子会議におけるコミュニケーションパターンに関する一考察」『電子情報通信学会春季大会』(1993, SA-6-5), 437-438.

- 渡辺 理 (2004) 「携帯電話を用いた友人間のプレゼンス情報交換実験：パーソナルネットワークを支援する新しい情報環境に向けて」『情報処理学会論文誌』45(1), 142-154.
- 渡辺 理, 樋口洋一郎 (2003) 「沖縄本島のさやいんげん等野菜作付面積変動の空間的自己相関モデルに基づく実証研究」『日本地域学会第40回年次大会論文集』65-70.
- 渡辺 理, 松倉 隆一, 佐々木 和雄, 木島 裕二 (1999) 「対面コラボレーション支援環境における電子的な共同スペースのメリットと望ましい操作 HI について」『情報処理学会論文誌』40(11), 3847-3855.
- Whittle, P. (1954). On stationary processes in the plane. *Biometrika*, 41, 434-449.
- 安田 雪 (2001) 『実践ネットワーク分析』新曜社.

赤門マネジメント・レビュー編集委員会

編集長 新宅 純二郎

編集委員 阿部 誠 粕谷 誠 片平 秀貴 高橋 伸夫 藤本 隆宏

編集担当 西田 麻希

赤門マネジメント・レビュー 3巻8号 2004年8月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 片平 秀貴

東京都千代田区丸の内

<http://www.gbrc.jp>