

# R を利用した社会ネットワーク分析

## 導入

### 1 概要

現在、ネットワーク分析は1つの巨大な学問体系となっています。したがって、その扱う領域と個別の関連性を確認し、体系の全体像を把握しておくことは、今後知識を身につけ、活用を考えていく上でも有用であると思われます。そこでまず始めにネットワーク分析全体の概要をまとめておきます。

全てのネットワーク分析の基礎理論は、数学におけるグラフ理論に由来します。ここで言う『グラフ』とはデータ分析における要約統計量を図示したグラフのことではなく、『頂点』と『辺』の集合のことを意味しています。このグラフ理論では、複数の頂点を辺で結び、その関係性を論じることが主要なテーマとなります。

頂点間の関係性においては、辺の種類によって2パターン存在します。1つ目は辺に方向性を仮定した『有向グラフ』であり、2つ目は辺に方向性を仮定しない『無向グラフ』です。有向グラフと無向グラフの具体例を図1と図2に示します。ネットワーク分析とはデータからこのようなグラフ構造を構築し、その性質を調べるための分析方法のことです。

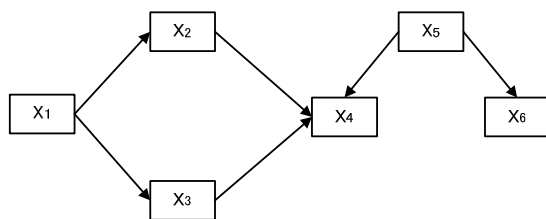


図1 有向グラフの例

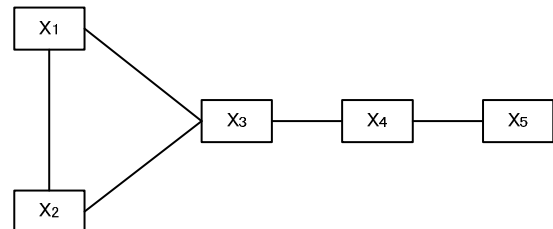


図2 無向グラフの例

さて、このネットワーク分析は扱う対象（データ）の観点によって、複数の種類が存在します。ここでいう『観点』とは、『個人』なのか『組織・集団』なのか、あるいは『顕在変数』なのか『潜在変数』なのかのことで、ネットワーク分析の発展の流れを図3に示します。

ネットワーク分析の基本は『個人』を対象にした社会ネットワーク分析 (social network analysis; 以下 SNA と略す) です。これは個人間の相互的关系性をネットワークによって図示するためのものです。SNA を扱った例としては、学校教員がクラス内の子どもたちの友人関係をモデル化したものが有名ですが、個人相互の情報が必要となるため、データが得にくく、扱える範囲がかなり限定されています。

この SNA の発展系として、複雑ネットワークがあります。この分析が扱う範囲は、主

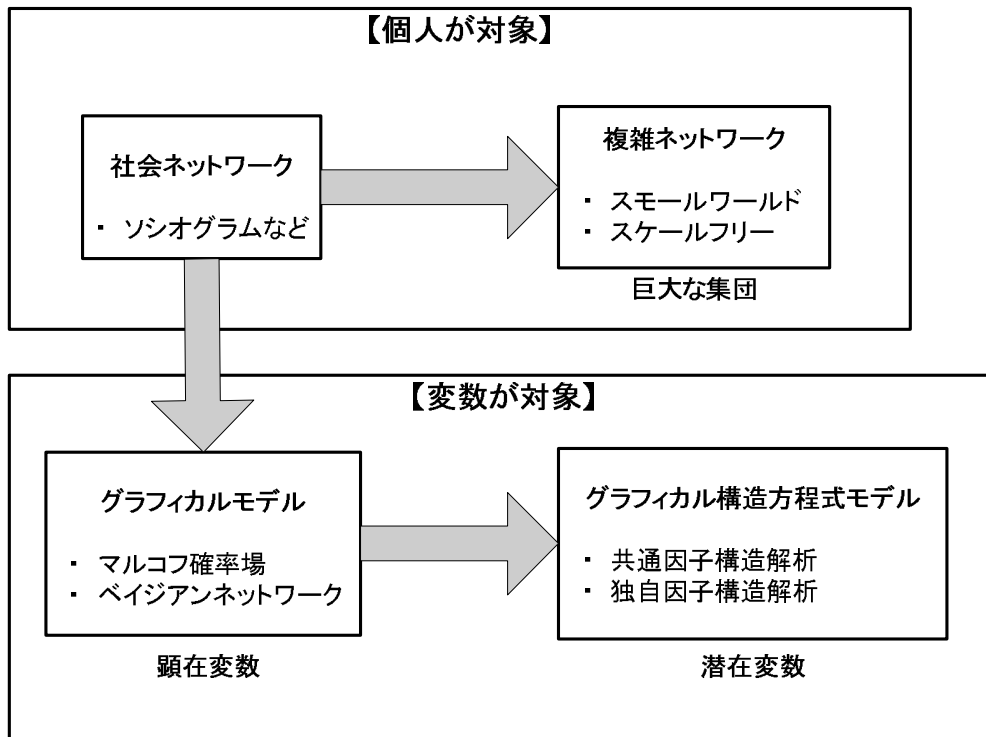


図3 ネットワーク分析の種類と関係

に組織や集団であり，巨大な集団そのものをネットワークでモデル化し，その性質を論じるための分析手法です。使用する頂点数は数千から数万の規模のものが多いです。近年の研究成果ではスモールワールド・ネットワークやスケールフリー・ネットワークが有名です。

SNA や複雑ネットワークは，個人間の相互関係性をモデル化できるという点で有用ではありますが，個人が対象とするネットワークに所属する全員のデータを有していなければいけないという点で，データの収集がかなり難しいです。そこで個人の情報を変数としてまとめ，その変数間の情報をネットワークに要約すれば，データを手軽に収集でき，かつネットワークの規模自体が小さくなるため結果の解釈が容易になるというメリットがあります。このような観点から見たネットワーク分析が，『マルコフ確率場』と『ベイジアンネットワーク』です。マルコフ確率場は変数間の関係性を無向グラフで表したものであり，またベイジアンネットワークは変数間の関係性を有向グラフで表現したモデルです。これら2つの分析を合わせて，グラフィカルモデル (graphical model ; 以下 GM と略す) と呼びます。

この GM は個人を縮約し，変数間の関係性をモデル化できるので，確かに有用ではありますが，人文科学系，特に心理学の扱う領域では使用されることが少なかったです。なぜなら，心理学では実際には観察できない心理特性という対象を扱うので，顕在変数のみを扱った GM が活用できる状況が少なかったためです。したがって，この GM が潜在変数にまで使えるようになれば，さらに便利です。このような観点から開発された分析手法

がグラフィカル構造方程式モデリング (graphical structural equation modeling ; 以下 GSEM と略す) です。GSEM は確認的因子分析モデルにおける共通因子と独自因子を対象に無向グラフのネットワークを構築するためのものであり、共通因子を対象にしたネットワーク分析を共通因子構造解析、独自因子を対象にしたネットワーク分析を独自因子構造解析と呼びます。

## 2 活用例

活用例を見ながら具体的に分析をしてみます。なお、ここでは取り上げる例はネットワーク分析の基本である SNA に限定します。

さて、PMBOK にはプロジェクト・マネジメントを実践する上での重要事項が規定されています。その中の一つとして、プロジェクトをワーク・パッケージ (WP) に分解し、WBS を作成することの重要性が記されています。今、あるプロジェクトの WP における依存関係をモデル化したいとします。

ここでは架空例として、『リーダーシップ研修』というプロジェクトを想定しましょう。このときの WBS 一覧表を表 1 に示します。

次に WP の依存関係を『隣接行列』として表現します。隣接行列とはオブザベーション間の関係性を、関係する場合は『1』で、関係しない場合は『0』で表現した行列のことです。本例の場合、例えば以下のように表現することができます。

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

この隣接行列 A を用いて SNA を実行すると図 4 のようなネットワーク図を描くことができ、WP 同士の依存関係をグラフで表現することができます。

表1 『リーダーシップ研修』WBS一覧表

プロジェクト名：リーダーシップ研修 / プロジェクト・リーダー：田中さん			
作業番号	ワークパッケージ	責任者	成果物
S	開始		
A1	研修企画書を作成する	田中さん	企画書（文書）
A2	研修を実施する	佐藤さん	新規商談可能案件
B1	案内状を作成する	鈴木さん	案内状（文書）
B2	案内状を発送する	鈴木さん	案内状送付済みリスト
B3	研修用カタログを作成する	平林さん	カタログ
B4	ポスターを作成する	平林さん	ポスター
C1	研修用具を選定する	佐藤さん	選定された用具
C2	説明用パネルを制作する	田中さん	パネル
C3	研修ビデオを作成する	田中さん	映像（DVD）
D1	会場を設計する	篠田さん	設計図（文書）
D2	会場設置を手配する	篠田さん	発注書，設置された会場
E1	セミナーシナリオを作成する	高橋さん	セミナー用シナリオ
E2	セミナーのスライドを作成する	高橋さん	パワーポイントスライド
E3	セミナーを実施する	高橋さん	回収したアンケート
E4	アンケートを作成する	佐藤さん	アンケート（文書）
F	終了		

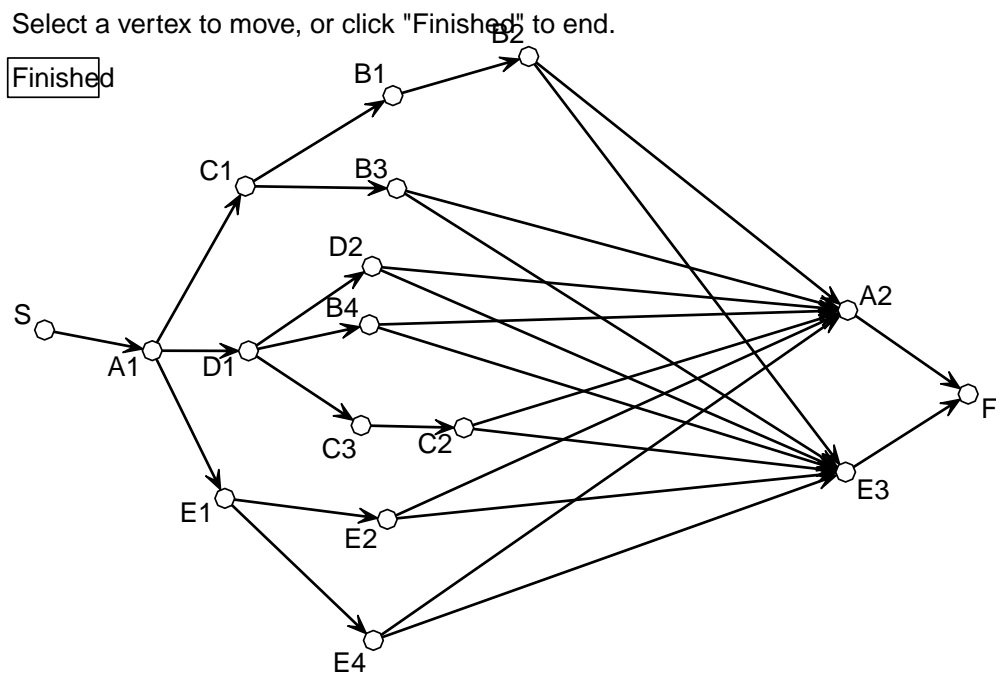


図4 40歳代キャリア研修におけるWPの依存関係