

## SEM を巡る対話

日経リサーチ  
理事  
鈴木 督久

### 時系列「比較」は難しい

**客** 調査における大きな目的は「比較」ということだね。たまに比較が難しい状況があるけれど実際にはどう対処しているのかな。

**主** 比較というのは、たとえば競合他社との比較とか、自社の変化の比較ということだね。前者はポジショニングと呼ばれ、後者はトラッキングと呼ばれている。私の言葉でいうと前者は空間的比較、後者は時間的比較かな。

**客** 典型的な調査例で考えよう。「顧客満足度調査」や「ブランド評価調査」だ。君の言葉でいう空間的比較は知覚マップによって競合との相対的ポジションを分析する。サービス業の顧客満足度調査なら図1のように、たとえば物的満足と人的満足の二次元平面で店舗などを布置して特長を把握するし、ブランド評価調査なら図2のような例示となる。

**主** この調査は  $n$  人の回答者に対して  $p$  個の満足項目や評価項目を測定した  $n \times p$  の多変量データ行列  $X$  を持つと考えていいよね。知覚次元  $Z$  を定める伝統的方法は一般に、

$$Z = XW$$

という形式の次元縮小法を使う。重み行列  $W$  の算出方法によって  $Z$  は因子得点や主成分得点や判別得点になる。そして通常の知覚マップは  $g$  個の対象（店舗や企業）に関する  $Z$  の平均値の布置だ。対応分析のように、 $n$  人による頻度行列 ( $g \times p$ ) を特異値分解した座標における要素布置でもいい。

**客** そういうことで良いのだが、このポジショニング分析は一回の調査では問題ないものの、調査の利用者は、マーケティング活動の成果として、次回の調査で自社のポジションがどのように「変化」したかに興味がある。この時系列の変化を確認するときに「比較」が難しい問題に直面する。つまり調査のたびに同じ座標を得られないから、いったい何を比較しているのか、位置が変化したのか座標が変化したのか不分明だというわけだ。

**主** 朝野先生が『入門 多変量解析の実際』の中でこの「時系列比較」の問題を指摘しているね。今年の調査の第一因子が翌年も第一因子になる保証はないし、昨年のクラスターが今年も出現したことを識別することは困難だ——というように述べている。その上で、これまで利用されてきた簡便法として五種類を紹介している。①「各年個別比較法」②「各年重ね合わせ法」③「プーリング法」④「プロクラテス法」⑤「基準年法」——だ。

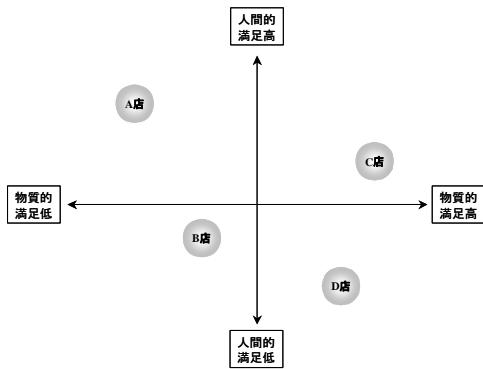


図1 サービス業の顧客満足度(店舗別マップ)

**客** いずれも欠点があるが、①②は簡便法としても無理がある。③は⑤よりは優れている状況が多いだろう。④は因子比較問題で使っていたようだが過去の遺物だ。

**主** さらに重要な問題があるね。平均値を比較するというが、**Z** の平均は、因子得点でも主成分得点でも判別得点でも常に0だ。毎年0という平均値を比較してどうするのだ。

**客** 簡単のために自社の顧客満足度をトラッキングする状況を考えよう。自社に関する  $n \times p$  の二元データを時系列で得られるように調査設計しており、満足度変化の監視体制を整えたい。工業製品の品質管理(QC)が活用してきた管理図法(図3)を満足度調査にも適用できないかなと思うのだ。いわば「サービス・クオリティー・インデックス」(SQI)の管理図だ。

**主** 「満足度」や「ブランド力」は構成概念だから多変量解析で潜在因子を導入する考えは自然だ。平均が任意(しばしば0)だからという理由で時系列比較できなければ心理学の伝統的な方法であ

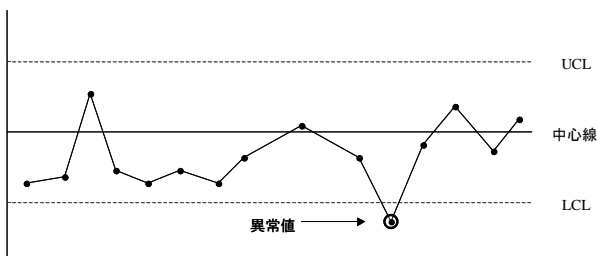


図3 管理図法(上下の管理限界を超えると警戒)

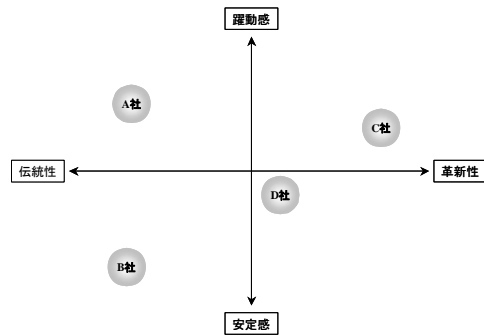


図2 ブランド評価調査による知覚マップ

る尺度得点法(探索的因子分析で変数をクラスタリングして、クラスター内の変数の合計または平均を尺度得点と呼ぶ方法)を使うのも一案だ。しかし、せっかくの因子分析は構造分析ではなく、クラスター法としての役割しか果たしていないので、もったいないね。去年の因子と今年の因子が同じといえるのか——という朝野先生の問題への回答にもなっていない。そこで、因子比較と平均値比較の両方の比較問題を一挙に解決する方法が、共分散構造分析、あるいは構造方程式モデリング(SEM)だ。

### 共分散と平均の構造化

**客** どうして名前が二つもあるの?

**主** 海外では構造方程式モデリング(SEM)が一般的呼称だ。日本では1980年代にLISRELモデルという名前が参考書が出たけれど、1990年代に入ってから出版された豊田先生の参考書のタイトルで共分散構造分析という名前が一般化した。歴史的には共分散行列に構造を考えるとところから出発したが、共分散だけでなく平均も構造化できる。AMOSというソフトウェアが、共分散と平均を含めて積率構造分析(Analysis of Moment Structures)という名称を採用した理由はそこにある。

**客** どういう仕組みで「満足度」のような構成概念の平均値変化をトラッキングできるの?

**主** 共分散構造と平均構造について、多母集団の同時解析モデルを構成する。図4は検証的因子分析の2母集団モデルを示した例だ。上付の添字括弧内の数字は母集団の番号(年度など)。同じ母数配置のモデルを2年分並べたと思って欲しい。たとえば昨年(1)と今年(2)の調査データによる因子負荷行列の比較は、両群で等値の制約、

$$a_1^{(1)} = a_1^{(2)}, a_2^{(1)} = a_2^{(2)}, a_3^{(1)} = a_3^{(2)}$$

を課して母数推定した結果、モデルとデータの適合が良ければ等しいと考える。本当は異なる因子なのに等値制約してしまうと適合が悪化するのだ。

**客** 因子負荷量の比較はそれでいいとして、肝心の因子平均はどうやって比較するのだ。

**主**  $F^{(1)}$ の平均と分散は図4に  $(0, \sigma^2)$  と示されている。翌年の因子  $F^{(2)}$ は  $(m_1, \sigma^2)$  だ。つまり各群の初年の(どれか1群の)平均を0に固定し、翌年以降の平均は自由母数として推定することで、どこかを基点として平均値を比較するのだ。因子分散  $\sigma^2$  に関しては、特定の値(たとえば1)に固定はしないが、各群で等しいという制約を課すので同じ記号になっている。

**客** なるほど、等値制約が受容できれば同じ因子負荷行列を固定したもとの、「満足度」や「ブランド力」の因子平均の変化を記述できるね。

**主** そうだよ、SEMはこの枠組みによって、因子の分散分析ができる。実験による観測変数の分散分析だけでなく、調査による潜在変数の分散分析も私たちは獲得したのだ。

#### 参考文献

朝野熙彦(1996)『入門 多変量解析の実際』。(第二版 2000). 講談社.

奥田和彦・阿部周造(1987)『マーケティング理論と測定—LISRELの適用』。中央経済社

鈴木督久(2002)「SEMによる企業イメージのマネジメント—平均構造・多母集団解析の応用—」。行動計量学, Vol29, No.2, 42-49. 日本行動計量学会.

豊田秀樹(1992)『SASによる共分散構造分析』。東京大学出版会

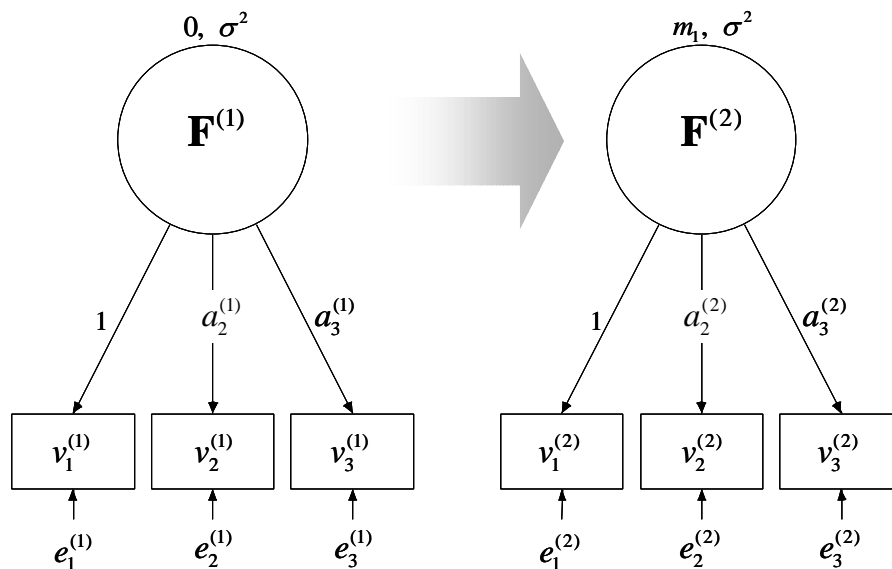


図4 多(2)母集団の検証的因子分析モデル