

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19510029
 研究課題名 (和文) 視聴覚要因を考慮した音環境評価のモデル化
 研究課題名 (英文) Modeling of sound-environment evaluation
 based on audio-visual factor
 研究代表者
 青野 正二 (AONO SHOJI)
 大阪大学・大学院人間科学研究科・准教授
 研究者番号：40273479

研究成果の概要：本研究では、視覚および聴覚から得られる情報に基づく音環境評価のモデル化を行うにあたり、従来の心理学的な音環境評価に対して、因果関係のような階層的な評価構造を導入することを考え、その構造を、多変量解析に属する統計的手法を用いて図式化することを試みた。その際、グラフィカルモデリングや構造方程式モデリングの手法を連携させることで、データへの適合度の高いモデル構築の可能性が示唆された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：環境心理学

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：音，環境評価，モデル化，視聴覚，評価構造

1. 研究開始当初の背景

1960 年代以降の高度経済成長に伴って進められてきた環境開発は、われわれの生活を近代的で便利なものにしたが、その一方で多くの環境問題を引き起こすこととなった。ここで、音環境を例に挙げれば、従来の典型的な公害としての工場騒音に加えて、交通輸送量や自家用車所有率の増加に伴い、自動車、鉄道、航空機などの各種交通機関から発生する騒音による公害が拡大した。また、生活様式の変化とともに、新しいタイプの騒音（近隣商業施設の音や携帯電話の音など）も発生している。その一方では、長い間好まれてき

た日本独自の音（虫の音のように四季折々の風物詩的な音や、歴史・伝統に根付いた音など）は失われつつある。

現在の騒音を大きく分類すると、「構造的騒音」と「かかわりの騒音」に区分できるといわれている。前者は、特に高度成長以降に発達した交通機関や産業機械を音源としており、現代の物質的豊かさに付随して必然的に出現したものである。後者は、近隣騒音などにみられるように、人々の価値観やライフスタイル、さらにはコミュニティにおける人間関係に大きく依存するものとされている。しかし、携帯電話の着信音を例に取れば、こ

れは構造的騒音に属するものであるが、通話している当事者であれば気にならなくても、他人の着信音に対しては、耳障りな、いわゆる騒音となりうるであろう。このように、通常、音に対する感じ方は、時と場合、立場や状況（つまりその人の周辺環境）に依存すると捉えるのが適切であり、その意味では、通常、音は潜在的に、後者の「かかわりの騒音」の可能性をもっていると考えられる。

従来から行われてきた騒音問題への対策は、音源対策や音の伝搬経路対策、受音点側の防音対策など、音のもつ物理的なエネルギーを減少させることで環境基準をクリアしていこうとする考えに基づいている。その一方で、近年、環境基本法や環境アセスメント法が整備され、環境行政にも新しい動きが見られる。その中で、環境行政の理念も、「基準クリア型」から「ベスト追求型」へと移行しつつあり、現在、より望ましい音環境を目指す「ベスト追求型」の観点からの音環境評価が望まれている。

ここで、「望ましい音環境」の創造を考えた場合、望ましさというものの自体、人々の置かれた状況によって多様であるために、一律に決定できるものではない。音に対する感じ方は、個人の主観にゆだねられる部分が大いからである。

したがって、音環境評価において、物理的指標を中心としたアプローチだけでは不十分であると考えられる。以上のような背景の下、将来の音環境計画を考える上でも、音を聞く人間の心理的側面に着目した評価を行う必要性があると考えられる。

2. 研究の目的

近年、音環境の評価に対して、主に視聴覚を中心とする環境要因がどのように影響を及ぼしているのかを検討した研究例（著者の研究も含む）が見られるようになった。それらの多くは、視聴覚刺激を実験参加者に提示し、心理尺度上で評価を行ってもらい、因子分析の出力結果である因子得点を指標として影響の度合いを推察している。

しかし、このようないわゆる探索的因子分析のみでは、観測変数の背後にある共通因子を探り出して、因子ごとに観測変数との相関関係しか得ることができない。通常、観測変数あるいは因子は、互いに何らかの関連性をもっていることが多く、それらの間に時系列的な関係や階層的なつながり、因果関係などが想定されることも考えられるため、因子分析のみによってこのような状況を示すことは困難であると思われる。

そこで、従来の音環境評価に対して、因果関係のような階層的な評価構造を導入することを考え、その構造を多変量解析などの統

計的手法を用いて図式化することを試みる。

3. 研究の方法

まず、階層的な評価構造のあるモデルを構築するにあたり、多変量解析に属する古典的パス解析、構造方程式モデリング、グラフィカルモデリングなど（これらはまとめてグラフィカル多変量解析と呼ばれる）を取り上げる。

ただし、このような手法を用いる場合には、因果仮説の設定が重要であり、またそれが大きな問題点にもなりうる。つまり、従来の多変量解析では得られなかった変数間に内在する関連性を見出すことができる反面、前もってある程度の関連性を予測しておかなければ、無駄に不効率な解析を繰り返すことになったり、不適解に陥ったりすることになる。

また一般に、多変量解析により因果関係のような構造をモデル化する場合、データに適合するモデルは複数存在することが考えられ、適合度が高いからといって、必ずしもそのモデルの妥当性が高いとは限らない。そこで、あらかじめグラフィカルモデリングと呼ばれる解析手法を用いて、階層間や変数間の関連性を検討しておき、データの説明力が高いと考えられる構造をモデル候補として絞り込むことを考える。ここで得られた概念的な構造を出発点とし、構造方程式モデリングを実行する。この一連の手順の途中で、モデルの再考が必要な際には、適宜グラフィカルモデリングに立ち返って、モデルに修正を加える。以上のように両者を連携させて、データへの適合度の高いモデルの構築を試みる。

なお、今回用いるデータは、以前 Fujiwara らが実施した音環境の印象評価に関する視聴覚実験 (M. Fujiwara, S. Aono, S. Kuwano, "Audio-visual interaction in the image evaluation of the Environment - an on-site investigation", INTER NOISE (2006).) の SD 評定尺度値とする。これらのデータ（観測変数）は、上記の手順でモデル化を実施するのに十分なサンプル数をもったものである。なお、観測変数については、後で詳しく述べる。

4. 研究成果

観測変数として用いたデータは、実際の屋外現場で収録された音声映像を提示刺激として実施された実験室実験の評定値（7段階 SD 尺度値）である。収録現場は、周辺に住宅地や池、里山などが存在し、建設工事や自動車騒音、噴水の音、カラスの鳴き声や木の葉の葉擦れ音など、自然のおよび人工的環境が混在している場所である。その実験で得られたデータのうち、音および音・映像を刺激と

して得られた評定尺度値の中から，“自然な-人工的な”，“澄んだ-濁った”，“明るい-暗い”，“迫力のある-物足りない”，“金属的な-金属的でない”，“きれいな-汚い”，“活気のある-活気のない”，“快い-不快な”を観測変数とした。また，音・映像刺激の場合，晴れの日に収録された刺激よるデータを用いた。最終的なデータ数（刺激の種類×実験参加者）は，音刺激の場合が6種類×27人，音・映像刺激の場合が6種類×28人である。

通常，階層的な評価構造を導く際には，あらかじめある程度の階層構造を想定することが多い。すなわち，図1に示すように，物理量に近い変数群（質感レベル），より主観的なイメージを問う変数群（イメージレベル），総合評価としての最も主観的な印象を問う変数群（評価レベル）の順に因果のつながりが仮定される。そこには，刺激が入力され，物理量に近い質感に変換され，質感からイメージが生まれ，最終的に総合評価へと変換される過程が表現されている。

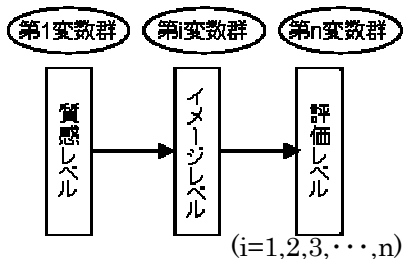


図1 階層構造のレベル

図1に従って，今回用いた観測変数を各変数群に分けると，図2に示すような概念図が描かれ，これを基に，グラフィカルモデリングを行う。

この手法の基本的な考え方は，偏相関関係あるいは条件付き独立性であり，モデリングでは，最初すべての変数間に偏相関関係があるというモデルつまりフルモデルから出発する。その後，逐次，偏相関係数を0とおいていく共分散選択を行い，最終的な縮約モデルを得る。縮約モデルがデータに適合しているかどうかは逸脱度のp値が0.50前後（以上）を目安に判断される。今回は，図2に示したように，3つの変数群が連鎖的につながっているため，連鎖独立グラフのモデリングを実行することになる。その際，あらかじめ各変数群内の変数は線分で結ばれ，変数群間の変数は矢線で結ばれている（ここで，線分や矢線は偏相関関係を意味する）。まず，第1変数群に属する変数でモデリングを実行し（手順1），続いて第1変数群と第2変数群を合わせた変数で実行する（手順2）。この後，

手順2で得られた第1変数群の部分を手順1で得られたものに置き換える。以下同様の手順を繰り返すことにより，モデル候補としての階層的な構造が得られる。

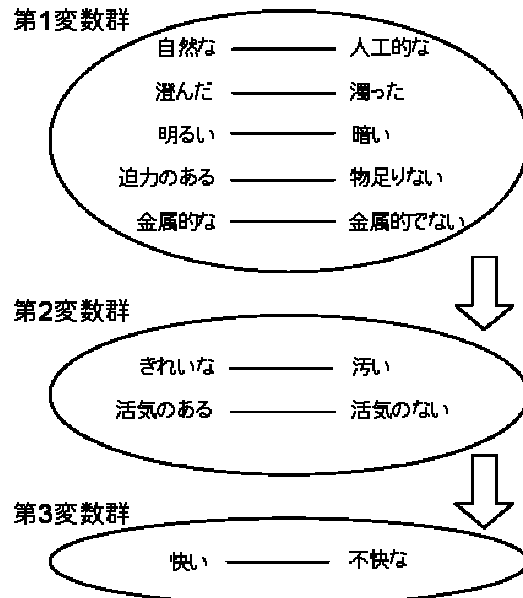


図2 観測変数の階層構造

このようにして得られた階層的な構造を基本構造として，構造方程式モデリングを実行するにあたり，いくつかの注意点が挙げられる。まず，第1変数群に属する変数は，モデル内の他の変数から影響を受けない変数，すなわち外生変数であるため，それらの変数間には両側矢線で表される相関係数を設ける。実際には，連鎖独立グラフにおいて，第1変数群の変数間では線分で結ばれていないものが存在することも考えられるが，特別な理由がない限り外生変数間の相関には制約を置かないのが原則であるため，このような措置をとる。このとき，外生変数間の相関について，最もよい推定値は標本値に等しい値であることが知られている。したがって，外生変数となる第1変数群の変数は非確率変数とする（共分散行列において，外生変数間の相関係数を標本値のままに固定する）。また，連鎖独立グラフで示される矢線に対応した片側矢線を設ける。一方，第1変数群以外の変数群内において線分で結ばれている変数対には，両側矢線で表される残差相関を設ける。これは，両側矢線は残差（誤差変数とも呼ばれ，ある種の外生変数である）や外生変数間の共分散に対応しており，内生変数に接続することができないためである。

以上の点を踏まえ、構造方程式モデリングを実施して、最終的なモデルを導いた。まず、音刺激の場合について、その階層構造を図3に示す。

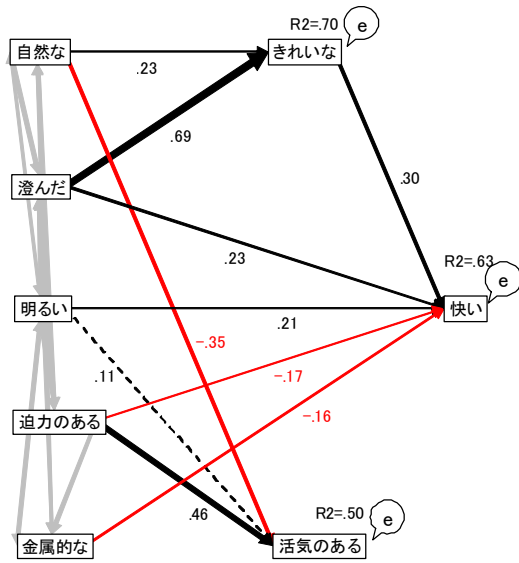


図3 モデル1 (音刺激)

図中、灰色の両側矢線は先述した外生変数間の相関を表す。それ以外の片側矢線 (パス)のうち、黒い線は正の相関、赤い線は負の相関を意味している。パスに添えられた数値は、標準偏回帰係数 (パス係数) である。パスのうち、実線は、パス係数が有意 (有意水準 5%) なもの、点線は有意でないものを意味している。内生変数に添えられた「e」は残差を表し、「R2」は決定係数を表す。なお、両側矢線で表される外生変数間の相関は、通常、その内容が問われない (解釈されない) ため、相関係数の値は省略する。

モデルのデータへのあてはまり具合を判断する指標としては、GFI、AGFI、RMSEA、乖離度の p 値などが挙げられる。GFI は母共分散推定値行列が標本共分散行列を説明する割合であり、重回帰分析における決定係数に相当する。ただし、GFI は推定するパラメータ (自由母数) の数が増加すると大きくなるため、その影響を取り除いた指標が AGFI である (重回帰分析における自由度調整済み決定係数に相当する)。一般に GFI や AGFI は、0.90 あるいは 0.95 以上が適合の目安とされる。RMSEA はモデルの分布と母集団分布との乖離を自由母数の数で修正した指標であり、0.05 以下が適合の目安とされる。乖離度の p 値は大きいほどよいが、標本数が大きくなると検出力が高くなり、p 値が 0 に近づくため、小標本でない場合には注意する必要がある。

図3のモデル1において、GFI、AGFI、RMSEA、p 値は、それぞれ 0.988、0.945、0.0163、0.401 となり、モデルの適合度はよいと判断できる。

次に、音・映像刺激の場合についての階層構造を、図3と同様に図4に示す。

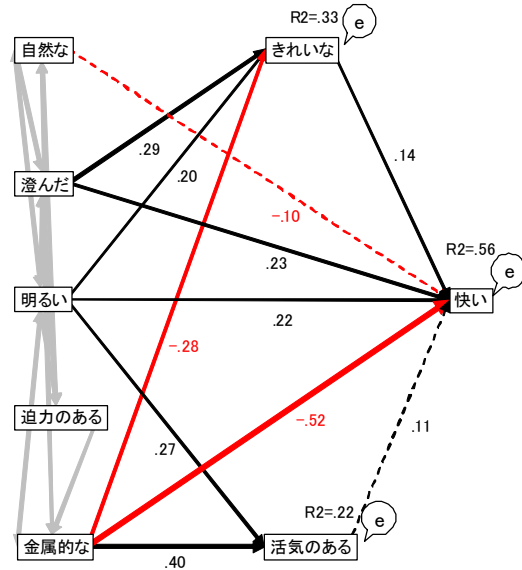


図4 モデル2 (音・映像刺激)

図4のモデル2において、GFI、AGFI、RMSEA、p 値は、それぞれ 0.996、0.982、0.000、0.937 となり、モデルの適合度はよいと判断できる。

このようないわゆる因果分析モデルを解釈する上では、注意点しなければならない点がある。第1変数群の変数から第3変数群の変数へ至る過程で、第2変数群の変数を経由している場合、それを間接効果と呼び、経由しないで直接パスがつながっている場合を直接効果と呼ぶ。また、直接効果と間接効果を合わせたものを総合効果と呼ぶ。これは相関係数から疑似相関を除去したものである。ここでは、間接効果が重要なものとなる。なぜなら間接効果は、総合効果において直接効果と分離できた因果関係であり、総合効果の中身 (メカニズム) をより詳細に説明しているからである。それに対して、直接効果は間接効果として分離されずに残ってしまった効果であり、通常、まだ説明されていない因果関係として、積極的に解釈されないことが多い。

図3を見ると、「自然な」、「澄んだ」から「きれいな」を経て「楽しい」への間接効果が見られ、パス係数からも比較的大きな効果であることがわかる。一方、「明るい」、「迫力のある」、「金属的な」から「楽しい」への間接効果は見られない。また、これら3つの変数と「澄んだ」の4変数から「楽しい」への直接

効果はそれほど大きなものではないが、第2変数群に新たな変数が媒介している可能性も考えられる。

図4において、「活気のある」から「快い」へのパスは有意でないが、p値は0.058であり、有意水準の0.05を若干上回っているに過ぎないため、以後の間接効果を考える上ではこのパスを考慮することにする。この図を見ると、「澄んだ」、「明るい」、「金属的な」から「快い」への直接効果が見られるものの、全体的には3段階の階層的なつながりが見られる。ただ、この3つの直接効果のうち、「金属的な」と「快い」の間にはまだ強い効果が残されているため、第2変数群に何らかの変数を考慮すると、階層関係がより明確になる可能性がある。

また、両モデルを比較すると、視覚が付加されることにより、「明るい」から「快い」への間接効果が現れている。逆に、(音のみの場合では大きかった)「迫力のある」から「活気のある」へのパスが見られなくなっている。また、「金属的な」から「快い」への間接効果が現れている一方で、直接効果も増加しているため、先述したように、第2変数群における新たな変数の存在も伺える。

以上のように、視聴覚要因が音環境評価にどのように影響を与えるのかを、因果関係のような階層的構造で図式化することを試みた。今回は、観測変数のみを考慮したモデリングを実施したが、多変量解析では、しばしば観測変数の背後に潜在変数を仮定することもあり、今後そのようなケースに対応したモデルを作成することが考えられる。また、今回のように条件間でのモデルを比較するにあたり、条件ごとに個別に分析を行ったが、厳密には、多母集団同時分析を行う必要がある。そうすることで、より定量的な比較も可能となる。ただ、多母集団同時分析を行う場合にも、個別に分析して得られたモデルがそれぞれ許容されるモデルであることが前提となるため、その意味でも今回の成果は意義があり、今後発展の余地があると思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青野 正二 (AONO SHOJI)

大阪大学・大学院人間科学研究科・准教授
研究者番号：40273479

(2) 研究分担者

桑野 園子 (KUWANO SONOKO)

大阪大学・大学院人間科学研究科・教授
研究者番号：00030015

(3) 連携研究者