

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：62603

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22800077

研究課題名（和文） 高次積率と潜在クラスを用いた行動遺伝モデルの開発

研究課題名（英文） Development of Behavior Genetics Statistical Models Using Higher-Order Moments and Latent Classes

研究代表者

尾崎 幸謙 (OZAKI KOKEN)

統計数理研究所・データ科学研究系・助教

研究者番号：50574612

研究成果の概要（和文）：行動遺伝学では本来、表現型の個人差に対して相加的遺伝、非相加的遺伝、共有環境、非共有環境の4つの要因が影響していることが仮定されている。しかし、これまでは、数理的制約によりこのうちの3要因までしか同時には推定可能ではなかった。本研究では、この数理的制約を高次積率を用いた構造方程式モデリングによって克服することに成功した。

研究成果の概要（英文）：Behavior Genetics models assume that additive genetic, non-additive genetic, shared environmental, and non-shared environmental factors are the causes of individual differences in phenotypes. However, because of a mathematical limitation, the effects of only the three of these four factors can be estimated. To overcome this problem, the four factor model was identified using structural equation modeling which can analyze higher-order moments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	860,000	258,000	1,118,000
2011年度	940,000	282,000	1,222,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：心理統計学・行動遺伝学・テスト理論

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：構造方程式モデリング・行動遺伝学・高次積率・発達心理学・教育心理学

## 1. 研究開始当初の背景

行動遺伝学では個人差を4要因(相加的遺伝、非相加的遺伝、共有環境、非共有環境)で説明することが仮定されている。ここで、相加的遺伝：遺伝子1つ1つの効果の総和、非相

加的遺伝：遺伝子同士の交互作用、共有環境：双生児が共有する環境(例えば家庭・学校)、非共有環境：双生児それぞれが独自に経験する環境、であり、各要因は統計的には因子分析における因子として表現される。

しかし、分散共分散までの情報を利用した構造方程式モデリングによる従来の方法ではこのうち、3つの要因までしか推定することができなかった。その理由は、データの分散共分散から得られる情報量よりも、モデルに含まれるパラメータ数（4つ）の方が多いためである。それゆえ、これまでの分析方法では、推定可能な3つの要因の影響をあわせて100%で表現することで相対的な影響の強さを推定していた。しかし、例えば共有環境以外の3要因のみを含めたモデルを使用することは、その変数には共有環境の影響がないという極めて強い制約が課されていることになる。よって、従来の3要因のモデルは遺伝と環境の影響を正しく表現しているとは言えない。3要因モデルにこのような不備があることは数学的にも確認されている。上記のような行動遺伝モデルが一般的に使用されていたのが研究開始当初の状況である。

## 2. 研究の目的

これまで構造方程式モデリングでは分散共分散という2次の積率を利用するモデリングが行われてきたが、近年の統計学における研究によって3次以上の高次積率を用いたモデリングが可能となった。そこで本研究では、

(1) 高次積率を用いた構造方程式モデリングを応用することで、4要因すべての同時推定を行うことが可能な統計モデルを開発すること、そして遺伝環境交互作用を4要因モデルに組み込むこと

(2) 高次積率を使った構造方程式モデリングと、推定値の異なるグループを探し出しグループ単位の結果を与える手法である潜在クラス分析を統合することで、行動遺伝学の分野においてさらに有益な分析モデルを開発すること

(3) 開発した統計モデルを使った双生児データの分析結果と心理学等の実質科学的知見から、開発したモデルが現行のモデルよりも適切であることを示すことの3点を目的とした。

## 3. 研究の方法

研究は、統計モデル構築→シミュレーション研究（→実データ解析による実用性の検証）→論文執筆・学会発表という流れで行われた。これらのうち、統計モデル構築とシミュレーション研究は、数理的知識とプログラミング知識・技術があれば遂行可能であるが、実データ解析のためには実際の双生児データが必要となる。その際には、安藤寿康教授（慶應義塾大学）の主催する「首都圏ふたごプロジェクト」のデータを使用した。また、Behavior Genetics Association, 日本行動計

量学会、日本心理学会で学会発表を行い、統計学のみならず、行動遺伝学、心理学を専門とする研究者と積極的にディスカッションを行った。

## 4. 研究成果

高次積率を用いた構造方程式モデリングを応用することで、従来の数学的制約を克服した。4要因モデルの開発を行うことに成功し、国際的な学術雑誌に論文が採択された（Ozaki, K., Toyoda, H., Iwama, N., Kubo, S., & Ando, J., 2011）。シミュレーション研究の結果、4要因を原因として個人差が生まれる状況では本研究で開発した統計モデルの方が、従来の3要因モデルよりも各要因の影響力の推定精度がはるかに高いことが示された。しかし、4要因を原因として個人差が生まれる状況では、本研究で開発された統計モデルよりも従来の3要因モデルの方が推定精度が高いことも示され、この点は課題として残った。4要因モデルは統計パッケージRでプログラムを記述し、研究代表者のHPからダウンロード可能にしている。

3要因モデルの欠点としては、4要因を推定できないことの他にも、遺伝子間の高次の交互作用を表現していないことが挙げられる。しかし、後者の欠点は前者の欠点に比べれば推定精度に与える影響が比較的小さいことも示されている。したがって、開発された4要因モデルは従来の手法の最大の欠点を克服したという意味で、国際的にも注目されている。

また、Ozaki, K. (2011)では、4要因モデルに遺伝環境交互作用を組み込んだ統計モデルを開発した。遺伝環境交互作用とは、与えられた（あるいは獲得した）環境によって遺伝子の働きが異なる現象を統計的に捉えたものである。遺伝子の機能が常に一定ではなく、環境によって異なる現象を扱うという意味で、遺伝環境交互作用は人間行動や個人差の理解を深めるような知見を与えてくれる。実際、例えば、MAO-Aと呼ばれる酵素を生じる遺伝子を持つ子供は非常にストレスの高い環境において攻撃的な性格を示す傾向があることが証明されており、このような現象を統計的に明らかにするのが遺伝環境交互作用モデルである。

遺伝環境交互作用モデルは3要因モデルにおいて開発され、このモデルを使用した研究は行動遺伝学において頻繁に行われている。しかし、遺伝環境交互作用モデルは、遺伝と環境の影響が正確に推定されたという仮定の上で成り立っている統計モデルである。したがって、3要因モデルを前提とするよりは4要因モデルを前提とするべきである。この研究では、4要因モデルに遺伝環境交互作用を組み込むと同時に、この統計モデルを用い

ることで、性同一性障害傾向に与える4要因の影響が年齢によってどのように変化するかを調べた。

尾崎・中村・室橋(2010)では、多段抽出法を用いて標本抽出を行う社会学研究や教育学において使用されるマルチレベルモデルを、高次積率を用いた構造方程式モデリングの枠組みで表現することに成功した。双生児データは、各家庭から2人の双生児が抽出されていると見なせば、多段抽出データとしてマルチレベルモデルを適用することが可能である。高次積率を用いたマルチレベルモデルを開発したことは、双生児データ分析の枠を広げ、行動遺伝学において今後新たな統計モデル開発が行われるための基礎を築いたことも意味する。

4要因モデルの実データへの適用も試みたが、その成果は論文としては未発表である。その前段階として3要因を用いた方法を発達心理学データに適用し、2つの国際誌に成果が発表された(Fujisawa, K.K., Ozaki, K., Suzuki, K., Yamagata, S., Kawahashi, I., & Ando, J., 2012 および Fujisawa, K.K., Yamagata, S., Ozaki, K., & Ando, J., 2012)。前者の論文では、乳幼児期の頭囲の発達と自閉症傾向との関係を遺伝と環境の観点から論じ、自閉症の早期発見の可能性を探った。また、後者の論文では、ネガティブな養育態度と問題行動との遺伝的・環境的つながりが、注意欠陥多動性障害傾向の程度によって変化するという、交互作用効果について論じられている。

本研究における最大の成果は、4要因モデルの開発であった。これは、分散分析や最尤推定の考案者として知られるFisher(1918)の論文以来90年もの間、分散共分散の情報を使ってきた行動遺伝学の方法論に、はじめて高次積率の情報を加えたことを意味する。これにより、データから得られる情報をより多く使用するという意味で、従来の方法よりも個人差・現象を説明するためのより正確なモデルが構築されることになる。その結果、これまで行動遺伝学で得られてきた知見が覆され、心理学などの社会科学や分子生物学における新たな発見を導くほどのインパクトのある研究成果が今後生まれるかもしれない。本研究で開発された4要因モデルは、行動遺伝学分野における方法論的ブレークスルーになったと考えている。また、潜在クラスモデルを用いたモデル開発は発表に至らなかったが、このモデルが開発されれば、例えば親の養育態度と子の問題行動の間に強い共有環境相関が見出されたときに、養育態度→問題行動のグループだけではなく、問題行動→養育態度(問題行動が養育態度を引き起こす)のグループを見出されるかもしれない。そして問題行動と養育態度のそれぞれ

に影響する具体的な共有環境をグループごとに探ることで、問題行動へのきめ細かい対処方略の立案が可能となる。

#### 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4件)

① 尾崎幸謙・中村健太郎・室橋弘人 2次と3次の積率を用いたマルチレベルモデルの提案 統計数理 査読有 58巻 2010年 pp.207-221.

② Ozaki, K., Toyoda, H., Iwama, N., Kubo, S., & Ando, J. Using non-normal SEM to resolve the ACDE model in the classical twin design. Behavior Genetics. 査読有 41巻 2011年 pp.329-339.

③ Fujisawa, K.K., Ozaki, K., Suzuki, K., Yamagata, S., Kawahashi, I., & Ando, J. The genetic and environmental relationships between head circumference growth in the first year of life and sociocognitive development in the second year: A longitudinal twin study. Developmental Science. 査読有 15巻 2012年 pp.99-112.

④ Fujisawa, K.K., Yamagata, S., Ozaki, K., & Ando, J. Hyperactivity/inattention problems moderate environmental but not genetic mediation between negative parenting and conduct problems. Journal of Abnormal Child Psychology. 査読有 40巻 2012年 pp.189-200.

[学会発表](計5件)

① 尾崎幸謙 2次と3次の積率を使ったマルチレベルモデルの提案 日本心理学会 2010年9月20日 大阪大学

② 尾崎幸謙 行動遺伝学の基礎および、ACDEモデルの開発 日本心理学会 2010年9月20日 大阪大学

③ 尾崎幸謙 2次と3次の積率を使ったマルチレベルモデルの提案 日本心理学会 2010年9月20日 大阪大学

④ 尾崎幸謙 統計学的視点からみた行動遺伝学 日本行動計量学会 2010年9月25日 埼玉大学

⑤ Ozaki, K. Identifying the univariate

ACDE model. 41th Annual Meeting of the  
Behavior Genetics Association, 2011 年 6  
月 8 日 Rhode Island, U.S.A.

[その他]

ホームページ等

<http://www010.upp.so-net.ne.jp/koken/>

[http://www.ism.ac.jp/souran/kenkyusya/ozaki\\_koken.html](http://www.ism.ac.jp/souran/kenkyusya/ozaki_koken.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

尾崎 幸謙 (OZAKI KOKEN)

統計数理研究所・データ科学研究系・

助教

研究者番号 : 50574612