

氏 名 坂口 尚文

学位(専攻分野) 博士(統計科学)

学位記番号 総研大甲第 2070 号

学位授与の日付 平成 31年 3 月 22 日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻  
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 個票データによる性別の交互作用効果を用いたコウホート分  
析法に関する研究

論文審査委員 主 査 教授 川崎 能典  
教授 吉野 諒三  
准教授 前田 忠彦  
教授 吉川 徹 大阪大学大学院  
人間科学研究科  
名誉教授 中村 隆 総合研究大学院大学

(様式3)

## 博士論文の要旨

氏名 坂口 尚文

論文題目 「個票データによる性別の交互作用効果を用いたコウホート分析法に関する研究」

### 研究の目的

コウホート分析は、複数回の横断調査から得られる調査項目について、その時間に関する変化を調査対象者の年齢の違いによる効果(年齢効果)、調査時点の違いによる効果(時代効果あるいは時点効果)、世代・出生年の違いによる効果(世代効果あるいはコウホート効果)の3つに分離し、対象とする事象の変化の構造を把握するアプローチである。しかしながら、コウホート分析には3効果を原理的に分離できないという識別問題が存在することが知られており、その克服が統計学的な課題として長らく議論されてきている。

近年は多くの調査実施機関によって調査対象者個人レベルでの情報が公開され、研究者が種々の個票データを2次利用することが可能になってきた。加えて、計算機の処理能力の向上もあいまって、コウホート分析においても個票データを扱うことへのニーズが高まっている。本研究の主たる目的は、個票データにコウホート分析を適用することを念頭に、性別と3要因の交互作用効果をモデルに含んだ分析モデルを構築することである。また、構築したモデルに対してはコウホート分析における識別問題をうまく克服していることが必須の条件として要請される。

個票データの分析を行う際に、現在、標準的モデルとして位置づけられるものが階層によるコウホート(Hierarchical Age-Period-Cohort, HAPC)モデルである。各個人が属する年齢、時点、コウホートの集団を階層とみなし、3要因のいずれか1つ以上の効果を変量効果として扱うものである。HAPCモデルが今日の標準的モデルの地位を確立している要因としては、(1)各要因のそれぞれに属する個人の集団を階層と捉える文脈が研究者にとって理解しやすいこと、(2)混合効果モデルとして解釈でき、代表的な統計パッケージにはライブラリが用意されていること、の2点が大きいと考えられる。一般の研究者にとっても理解と扱いが用意なHAPCモデルであるが、同時にHAPCモデルの推定には重大な問題点があることも指摘されている。それは、得られるコウホート効果の形状が想定されたもの以上にフラットになることである。HAPCモデルは広く利用はされているものの、このような欠点を有することから、コウホート分析における決定的モデルとまでは言えないのが実情である。

本研究ではこのようなコウホート分析の現状を踏まえ、先にあげた主目的を達成するため、次の2点を具体的に解決すべき課題として設定する。コウホート分析における識別問題の克服と、性別と3要因との交互作用効果の取り扱いについてである。

1点目の課題については、HAPCモデルがなぜフラットなコウホート効果を導き出しやすいのかを推定法の観点から明示的に示す。既存の研究では、HAPCモデルのコウホート効果がフラットになる現象自体を確認しているものの、背後にどのようなメカニズムが働いて

いるかはブラックボックスのままである。その上で、中村隆 (1982) によるベイズ型コウホート(Bayesian Age-Period-Cohort, BAPC)モデルは、HAPC モデルの問題点が克服されていることを示す。BAPC モデルは効果パラメータの 1 次階差が従う分布に正規分布を仮定したものであり、効果パラメータそのものが正規分布に従うとした HAPC モデルとはパラレルな関係にある。

2 点目の課題は、性別と 3 要因それぞれとの交互作用効果を考慮することにより、性別間における 3 要因の効果のバリエーションを検討することである。統計調査のデータには、年齢と時点以外の調査項目が数多く含まれていることが通例である。研究者らはそれら要因の効果についても関心を持っており、個票データではそれらの要因の情報についても利用が可能である。性別は調査対象者の最も基本的な属性の一つであり、それゆえ様々な研究分野で考慮の対象となるものである。本研究では、個票データを用いた BAPC モデルでの交互作用効果の扱い方について検討する。

本研究ではこれら 2 点の課題を解決することによって、個票データを用いる際に妥当なコウホート分析モデルを提案する。

## 論文の構成

本論文は、6 つの章から構成される。

第 1 章は、本研究の目的と論文の構成について述べた。

第 2 章「コウホート分析における識別問題」では、コウホート分析における識別問題が生じるメカニズムについて、行列表現および図示により明示的に説明を行った。コウホート分析の識別問題を克服するためには、何らかの制約をおいて識別不足を解消するだけでは不十分であり、同じ予測曲面を張るパラメータらのクラスの中から、より妥当と考えられるパラメータを得るための手続きを確立することの必要性を述べる。第 2 章の内容は、後の章を議論する上での基礎となる。

第 3 章「混合効果モデルとしてのコウホート分析モデル」では、BAPC モデルを混合効果モデルの枠組みで捉え直すことにより HAPC モデルとの相違を示した。その上で、HAPC モデルの推定法にはコウホート効果をフラットなものにしやすいメカニズムが内在されており、BAPC モデルではその機能不全を克服していることを提示した。さらに、「日本人の国民性調査(統計数理研究所)」のデータを用いて行った、男性大学卒の割合の変化について両モデルの推定結果を実例として提示した。男性大学卒割合の変化は、ほぼコウホート効果のみで説明されることが期待される事象である。

第 4 章「性・年齢別集計表の分析」では、コウホート分析から一旦離れ、一時点の性・年齢別集計表を扱う際の問題点について述べる。男女別の集計表が得られたとき、分析者は、(1) 男女でデータを分けて分析を行うか、(2) 男女のデータを合わせて分析を行うか、のいずれか一つの手続きしか行わないことが通例である。(1) と (2) のそれぞれのモデル群を統合してモデル選択を行うと、片方の手続きだけでは見落とすモデルの存在があることを構成されるモデルのデザイン行列を提示しながら指摘し、「日本人の意識調査(NHK 放送文化研究所)」の、ほぼすべての収録項目用いて確認する。また、男女という異なる 2 つの集団のデータを有機的に結びつける方法として、変量効果を用いた、男女の年齢効果に「近さ」を考慮した交互作用効果を提案した。

第5章「性別と3要因の交互作用効果を導入したコウホート分析モデル」では、個票データを用いた性別の要因を考慮したコウホート分析モデルの定式化を行った。第4章で論じた性別と年齢の交互作用効果について、その枠組みを時点とコウホートについても拡張したものとなる。本章では性別と3要因の交互作用効果を含めた豊かな表現を有するモデル群を形成し、情報量規準を用いてモデル選択を行い、現実のデータを説明するのにより妥当な含意を導き出すことを目指した。適用事例として、「日本人の意識調査」と「全国家族調査(日本家族社会学会)」を用い、男女の意識変化について分析した結果を示した。

最後に、第6章で本論文のまとめと結論を述べた。

## 博士論文審査結果

Name in Full  
氏 名 坂口 尚文

Title  
論文題目 個票データによる性別の交互作用効果を用いたコウホート分析法に関する研究

論文は全 6 章 87 ページから成り、日本語で執筆されている。

第 1 章では、研究の目的と論文全体の構成、数学的記法について述べている。

第 2 章では、コウホート分析（継続調査データから年齢・時点・コウホート（世代）効果を分離する方法）における識別問題が生じるメカニズムについて、行列表現および図示により明示的に説明を行っている。

第 3 章では、ベイズ型コウホート（BAPC）モデルを混合効果モデルの枠組みで捉え直すことにより、マルチレベル分析の応用として開発された階層的年齢・時代・コウホート（HAPC）モデルとの相違を示している。その上で、HAPC モデルの推定法にはコウホート効果のトレンドを平坦なものにしやすいメカニズムが内在されており、BAPC モデルでは効果パラメータの漸進的変化の条件（1 次階差制約）を導入していることによりその機能不全を克服していることを実例と共に示した。

第 4 章では一旦コウホート分析を離れ、一時点において性別×年齢の集計表を分析する際の問題点を指摘している。本来考慮されるべきモデル群を列挙し、更に変量効果を用いた男女の年齢効果に「近さ」を考慮した交互作用効果モデルを提案している。

第 5 章では、個票データを用い、性別要因を考慮したコウホート分析モデルの定式化を提案している。第 3 章で有用性を確認した BAPC モデルのパラメータ 1 次階差制約を積極的に利用し、第 4 章で論じた性別と年齢要因の交互作用効果についての枠組みを、時点およびコウホート要因についても拡張している。

第 6 章では、論文のまとめと結論を述べている。

論文の主たる貢献は、第 3 章から第 5 章に含まれている。第 3 章では、HAPC モデルにおいてコウホート効果のトレンドが平坦に推定されやすい数理的構造を明らかにした点に貢献が認められる。実例として取り上げた「日本人の国民性調査（統計数理研究所）」における大学卒割合の変化は、ほぼコウホート効果のみで説明される事象に基づく例示で説得力がある。なお、第 3 章の内容は、数理社会学会の査読付き機関誌『理論と方法』に採択され、34 巻 1 号(2019 年 3 月刊行予定)への掲載が決まっている。

第 4 章は、「1 要因分析モデル」と「2 要因分析モデル」の二者択一的分析が見落とすモデル群を指摘した上で、「日本人の意識調査（NHK 放送文化研究所）」のほぼすべての収録項目に対して分析を行い、実際にどのようなモデルが最適モデルとして選択されるのかを示しており、実用的に有益な方法論が提示されている。

第 5 章では、第 3 章と第 4 章の結果を元に、性別と 3 要因の交互作用効果を含めた豊かな表現力を持つモデル群を形成する一方で、実用面を考慮して、モデルの全探索に代わる

(様式 8 · 別紙)

ステップワイズ法を提案した点が評価できる。ここでも「日本人の意識調査」における 94 個の質問群にモデルをあてはめ、いずれの最適モデルにおいても、1 つ以上の要因で性別との交互作用効果が認められることを示している。

以上から、博士論文審査委員会は、本論文が博士（統計科学）の授与に値すると全員一致で判断した。