

令和 4 年 5 月 13 日現在

機関番号：32634

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03211

研究課題名（和文）ベイズ推論と情報圧縮から広がる認知モデルの展開

研究課題名（英文）Development of cognitive model based on Bayesian inference and information compression

研究代表者

小杉 考司（Kosugi, Koji）

専修大学・人間科学部・教授

研究者番号：60452629

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：第一の成果は、ベイズ統計学を心理学に導入する際の理論的整理である。「ベイズ統計学」の中には古典的ベイズ理論、情報統計学それぞれで前提や強調点が異なり、心理学におけるベイズ統計学の活用といってもその解釈可能性は多岐にわたる。論点整理と前提を改めて確認できたことは重要な一歩であった。

第二の成果は、心のモデルとして表象される、心的実体とその測定に関する古典的知識の再発見がなされたことである。これはモデルの前提となるデータの測定、主観確率の理論的基礎を固めるための文献研究を通じて得られた成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ベイズ統計学を予測モデルとするか、記述モデルとするか、規範モデルとするかなど、さまざまな位置付けが可能の中で、それぞれの立場や理論の仮定と限界に自覚的であることが重要である。その意味で、理論的背景やベイズ統計学の歴史的経緯、心理学におけるベイズ統計学の位置付けなどが体系的に整理され、共有できるようになったことは意義がある。

また心理学がモデル化しようとしている、心的実体を何と捉えるかについては、測定方法と不可分なところがあり、尺度理論を再発見したり新しい社会的態度モデルを提供できたことは、学術的に大きな意義がある。

研究成果の概要（英文）：The first result is a theoretical organization of the introduction of Bayesian statistics into psychology. Bayesian statistics includes classical Bayesian theory and information statistics, each of which has different assumptions and emphases, and the use of Bayesian statistics in psychology has a wide range of interpretive possibilities. It was an important step for us to reorganize the issues and reaffirm the assumptions. The second achievement was the rediscovery of the classical knowledge of psychological entities and their measurement, which is represented as a model of the mind. This was achieved through a study of the literature to solidify the theoretical foundations of the measurement of data and subjective probability, which are the assumptions of the model.

研究分野：社会心理学

キーワード：ベイズ統計 社会的態度 心理測定

1 研究開始当初の背景

ここ数年の間に、技術的發展の下支えを受けて、ベイズの法則にもとづいた推論や複雑なモデルのパラメータ推定、いわゆるベイズ統計学が重要な研究ツールとして広まっている。心理学領域においては、ベイズ統計は2つの側面から評価されている。第一は、帰無仮説検定等、効果検証をする際の統計的判断基準を与えてくれるツールの問題点を克服するものとしてである。第二は、自らの信念や予期が外界の観測(知覚)によって変容するという、ごく基本的な人間の認知処理モデル、内の情報処理がベイズ的演算をしているという認知モデルとしての評価である。

この第二の観点から、逆に従来の統計モデルを認知モデルとして考えるとどうなるか、という問いが成立する。本研究の根源的な問いは、認知処理のモデルとしてのベイズ推論と多変量解析を、いかに理論的に統合するかであった。多変量解析の持つ情報圧縮、特徴抽出などの特徴を階層化という観点から捉え、また抽出され上位階層にあげられた情報の記号的操作を、いかにして行為や態度など下位階層に展開していくかを考えることは、個人と他者、個人と集団、集団と社会など心理現象の階層関係を扱ってきた社会心理学における中心的課題である。

この両者をつなぐ鍵となるのは、ベイズ脳モデルを具体的な実験課題に落とし込んだ際に組み立てられた、階層モデルにあると考えられた。ベイズ脳モデルがアприオリに想定している階層性は、生物学的基盤があるとはいえ、その理論的根拠に乏しい。一方で多変量解析モデルには階層性の発想はないが、特徴抽出を階層の創発と見ることが可能である。一般に何を特徴とするかについて、多変量解析は実践的な知識との照合から判定することが多いが、ここに自由エネルギーからの判断基準を置くことで客観性と理論的一貫性を持って理解することができるのではないかと。多変量解析では行列の固有値分解によってそのときどきの特徴の抽出し、境界の強調を行なっている。またベイズ推論では外界と予測との距離を調整することで、予測と推論による動的な関係調整を行う。この両者を含んだモデルは新しい社会認知モデルを提供し、現実世界と推測や空想、意味世界とを繋ぐ理論の基盤となり得ると考えられた。

2 研究の目的

本研究の目的は、ベイズ推論と多変量解析を動的な階層性の創造・消失を伴う社会的認知のモデルとして統合することであった。当初の計画では、社会的領域における印象形成や概念学習といった実験を通じて、そのメカニズムを数理的なモデルで表現し、データへのフィッティングとモデルによるシミュレーション、理論的統合をめざすものであった。ベイズ推論と多変量解析というモデルを理論的に統合するために、従来の実験課題の解釈を読み替えたり、新しい実験パラダイムを提供することで、心理学の基礎理論としてのベイズ的アプローチの有用性を広く訴えることも併せて検討することが目的である。

3 研究の方法

初年度はベイズ統計の枠組みを理論的に整理し、ベイズの定理をどの文脈で利用するか、応用場面それぞれで培われてきた暗黙の前提(仮定)がどのようであったかを理論的に整理するため、不定期な研究会を通じて議論を重ねた。

2年目以降はこの成果を受けて、社会心理学の古典的実験を数理モデルとして再構築するための実験が計画

されていたが、パンデミックという大きな社会状況の変化によって変更を余儀なくされた。オンラインに対応できる調査や実験などを各班それぞれの環境下で小規模に積み重ね、数理モデルの応用可能性を確認することとなった。逆に、古典的な数理心理学や計量心理学など、文献資料に基づいた研究会を立ち上げることで、尺度論について古典的テスト理論や公理論的アプローチを参照しながら意見交換を重ねた。

3年度は引き続き公理論的測定の理解と応用可能性についての議論を重ね、また各分担者それぞれの固有領域に対して実践的な調査、実験的アプローチでデータ収集を進めた。当初の予定とは異なり自主企画シンポジウムとはならなかったが、行動計量学会におけるチュートリアルセミナーで測定やデータを扱う認識論的枠組みについて、今後心理学会全体で考えるべき問題を提示するに至った。

4 研究成果

研究期間を通じて得られた成果は大きく2つあるといえる。

第一は、ベイズ統計学を心理学に導入する際の理論的整理が整ったことである。心理学におけるベイズ統計学の導入は、再現性危機の問題に対する技術的打開策の1つとして、すなわち頻度主義統計学に対するカウンターとしての価値に注目された。帰無仮説検定の代替としてベイズ統計学を利用する上では、モデルの内容よりも推定されたパラメータや効果の大きさを直接考えさせる点で教育的効果が大きい。しかし広くベイズ統計をとらえると、その観点はごく局所的でありベイズ統計の真価を矮小化しているともいえる。もう1つの観点は、最尤法で解析的に解けないモデルに対して事前分布の力を借りて近似解を得る数理モデリングのアプローチであり、モデルそのものの評価に注目がなされるが、その評価基準が未知のデータに対する予測精度によることが多い。情報統計学の中で用いられている真の分布を仮定してモデル評価をするという考え方は、ベイズの定理を予測に用いるという側面では重要な考え方の指針である。しかしそれだけがベイズ統計学の利点なのでもない。古典的なベイズ統計学や心理統計の文脈の中では真の分布を仮定せずとも。信念の更新としてのベイズ理論、不確実な状況下における規範理論としての主観確率など、その解釈はより多岐にわたる。いずれにせよ、主体が世界に対してどのような仮説を立て、それに基づいてどのように行動を変容させるかを考えるときには、情報統計学流のアプローチも心理統計的なアプローチも有用であるが、モデルや理論の仮定と限界に自覚的でなければならない。こうした理論的背景やベイズ統計学の歴史的経緯、心理学におけるベイズ統計学の位置付けなどが体系的に整理され、共有できるようになったことはひとつの成果である。

第二の点は、心のモデルとして表象される、心的実体とその測定に関する古典的知識の再発見がなされたことである。これはモデルの前提となるデータの測定、主観確率の理論的基礎を固めるための文献研究を通じて得られた成果である。2年度は大きな社会的状況の変化によって、それぞれがエフォートの大幅な縮小を余儀なくされた。その中でも不定期に連絡を取り合いながら、心理学における測定対象の实在論について議論が重ねられてきた。心理学の測定として、心理尺度が多く利用されている現状があるが、この心理尺度構成法で中核に位置する潜在変数モデルは、社会的態度を測定するものであると考えられており、また認識の共通次元を抽出する多変量解析である。この抽出される潜在変数の实在性をどう捉えるかは、モデルによって表されるものが何であるかという本研究テーマの根源的問題でもある。一方で、心理尺度構成法は、ノウハウとしては広く心理学で共有されているものの、原理的基礎や仮定が十分顧みられることなく広まっているところもあり、この点について心理学内外から批判されている事実を受け止めなければならない。こうした問題について、心理測定が何を測定しているといえるのかをデモンストレーションする論文を準備しているところであり、また社会的態度と心理測定の関係を正当化しうる新しい仮説、統計モデルの提案にも至っている。

当初の目標であった多変量解析モデルとベイズ推論の直接的な統合には至らなかったが、社会的態度測定の

提案モデルは多変量解析の応用かつベイズ推定の技術的支援の成果であり、当初の目論みとは違う側面から目的が達成されたともいえる。数理モデルによるアプローチが、社会的態度や心理測定に多くの新しい知見をもたらしたことは間違いなく、このアプローチを身近なものにしたベイズ統計学は今後も心理学における力強いツールとなるであろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 国里愛彦・片平健太郎・沖村 幸・山下祐一	4. 巻 -
2. 論文標題 認知行動療法に対する計算論的アプローチ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 認知行動療法研究	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 水野景子・清水裕士	4. 巻 9
2. 論文標題 不平等忌避モデルの経験的検討 ベイズ統計モデリングによるモデル比較	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 KG社会学批評	6. 最初と最後の頁 41-51
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takahashi, K., Hirai, M., Hou, J., & Shimizu, H.	4. 巻 62
2. 論文標題 Assessing Representations of Close Relationships among Chinese and Japanese Adolescents and Young Adults: Commonalities and Differences in the Two Confucian Cultures.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Psychological Research	6. 最初と最後の頁 101-115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jpr.12271	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 清水裕士・稲増一憲	4. 巻 34
2. 論文標題 政治的態度の母集団分布の形状を推定する 統計モデリングアプローチ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 理論と方法	6. 最初と最後の頁 113-130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Adam Smith, Thomas G. McCauley, Ayano Yagi, Kazuho Yamaura, Hiroshi Shimizu, Michael E. McCullough, Yohsuke Ohtubo	4. 巻 41
2. 論文標題 Perceived goal instrumentality is associated with forgiveness: A test of the valuable relationships hypothesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Evolution and Human Behavior	6. 最初と最後の頁 58-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.evolhumbehav.2019.09.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 稲増一憲・清水裕士・三浦麻子	4. 巻 35
2. 論文標題 評定尺度法の反応ラベルによる影響の補正：公的組織への信頼を題材として	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 社会心理学研究	6. 最初と最後の頁 11-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14966/jssp.1812	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 国里愛彦	4. 巻 10
2. 論文標題 再現可能な心理学研究入門	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 専修人間科学論集心理学篇	6. 最初と最後の頁 21-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計25件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Mizuno, K. & Shimizu, H.
2. 発表標題 Construction of a decision and learning model in repeated social dilemma games: Model evaluation using Bayesian statistical modeling
3. 学会等名 The 53rd Annual Meeting of the Society for Mathematical Psychology. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masakazu Ando and Koji Kosugi
2. 発表標題 Price discounts vs. awarding points: Verification of sales promotion effect in Japanese supermarket
3. 学会等名 The 53rd Annual Meeting of the Society for Mathematical Psychology. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Ochi and Koji Kosugi
2. 発表標題 Advantages of TERGM compared to Siena.,The 2020 edition of the annual joint meeting of the Society for Mathematical Psychology and the International Conference on Cognitive Modeling
3. 学会等名 The 53rd Annual Meeting of the Society for Mathematical Psychology. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水野景子・清水裕士
2. 発表標題 統計モデリングを用いた社会的価値志向性の測定
3. 学会等名 日本社会心理学会第61回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏原宗一郎・清水裕士
2. 発表標題 SC-IAT による潜在的自尊心の測定と自尊心尺度の関連 の検討
3. 学会等名 日本行動計量学会第48回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 国里愛彦
2. 発表標題 計算論的アプローチからみた抑うつと認知行動療法
3. 学会等名 日本認知・行動療法学会第46回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 国里愛彦
2. 発表標題 計算論的アプローチ
3. 学会等名 日本認知・行動療法学会第46回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安藤正和・小杉考司
2. 発表標題 値引きとポイント付与の統計モデリング
3. 学会等名 日本行動計量学会第48回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小杉考司
2. 発表標題 対人関係の力動的変化のモデリング
3. 学会等名 日本行動計量学会第48回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mizuno, K. & Shimizu, H.
2. 発表標題 Do people cooperate without social preference in public goods game?
3. 学会等名 The 23rd Experimental Social Science Conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野景子・清水裕士
2. 発表標題 確率的な罰がある状況での非協力と損失の確率価値割引・罰あり公共財ゲームにおける非協力と損失の大きさの主観的認知
3. 学会等名 第60回日本社会心理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志水裕美・清水裕士
2. 発表標題 社会経済的地位と怒り表出のメカニズム 心理的特権意識・正当性評価に注目して
3. 学会等名 日本社会心理学会第60回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕士・竹村幸祐
2. 発表標題 Galton 問題に対する統計モデリングアプローチ 集団主義と病原菌ストレスの関係を例に
3. 学会等名 日本社会心理学会第60回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕士・三浦麻子・小林哲郎
2. 発表標題 潜在自尊心の統計モデリング：diffusionを用いた確定Web実験による文化比較
3. 学会等名 日本行動計量学会第47回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏原宗一郎・清水裕士
2. 発表標題 不平等忌避傾向が排外主義的態度に与える影響
3. 学会等名 第68回数理社会学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志水裕美・清水裕士
2. 発表標題 社会経済的地位による怒り表出のメカニズム
3. 学会等名 第68回数理社会学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野景子・清水裕士
2. 発表標題 効用最大化モデルによる自動車運転中のリスクテイキング行動の説明ー損失の確率価値割引に注目してー
3. 学会等名 第68回数理社会学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕士
2. 発表標題 不平等回避のメカニズムを探る(2) ミニマックス原理とジニ原理の分離
3. 学会等名 第68回数理社会学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕士
2. 発表標題 不平等な社会状態の社会的価値割引モデル
3. 学会等名 2019年度日本選挙学会総会・研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunisato, Y
2. 発表標題 Relationship between metacognition of reversal learning and interoception, anxiety, and depression.
3. 学会等名 The First European Congress on Clinical Psychology and Psychological Treatment of EACLIP (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunisato, Y. & Sawa, K
2. 発表標題 Obsessive-compulsive tendency attenuates the recovery from overshadowing in associative learning.
3. 学会等名 The 52nd Annual Meeting of the Society for Mathematical Psychology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平川真
2. 発表標題 多元的無知の生起過程のモデル化
3. 学会等名 中国四国心理学会第75回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 越智宏明・小杉考司
2. 発表標題 ベイジアンERGMによるコミュニケーションネットワーク構造分析
3. 学会等名 日本行動計量学会第47回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田孝恒・小杉考司
2. 発表標題 ソシオメトリックデータに対する FunctionalMDS の適用
3. 学会等名 日本行動計量学会第47回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤正和・小杉考司
2. 発表標題 購買金額変動に伴うセールスプロモーション効果の推定
3. 学会等名 九州心理学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 浜田 宏、石田 淳、清水 裕士	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 240
3. 書名 社会科学のための ベイズ統計モデリング	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	国里 愛彦 (Kunisato Yoshihiko) (30613856)	専修大学・人間科学部・教授 (32634)	
研究分担者	清水 裕士 (Shimizu Hiroshi) (60621604)	関西学院大学・社会学部・教授 (34504)	
研究分担者	平川 真 (Hirakawa Makoto) (50758133)	広島大学・人間社会科学研究科(教)・講師 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------