慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	擬人主義はましな科学的研究プログラムか： 最節約性と統計的仮説検定に基づく議論
Sub Title	Is anthropomorphism a better scientific research programme? : Arguments from parsimony and from statistical hypothesis testing
Author	森元, 良太(Morimoto, Ryota)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2019
Jtitle	哲學 (Philosophy). No.142 (2019. 3) ,p.269- 296
JaLC DOI	
Abstract	Psychologists usually work out their research programmes obeying to a principle called "Morgan's canon." It says that a higher mental faculty should not be postulated to explain a behavior if the behavior can be explained by postulating only a lower mental faculty. However a new research programme in ethology has arisen that seeks to explain nonhuman animal behaviors in terms of anthropomorphism. The famous ethologist Francis de Waal argues that anthropomorphism is a modest programme because of evolutionary parsimony. So the question we should ask here is whether anthropomorphism is a better scientific programme than anti-anthropomorphism, or anthropodinial. In this paper, I criticize de Waal's argument for anthropomorphism. I show that his argument is based not on evolutionary parsimony but on overall similarity, and that whether his argument was based on overall similarity or on some kind of parsimony, both arguments would fail. Then I discuss which programme is better, anthropomorphism or anthropodenial from scientific point of view. In modern science, statistical null hypothesis testing is one of the most common methods. By analyzing it linguistically and historically, I argue that anthropomorphism has a greater sin than anthropodenial.
Notes	特集：坂上貴之教授 退職記念号 寄稿論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000142-0269

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守し

てご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

擬人主義はましな科学的研究プログラムか

――最節約性と統計的仮説検定に基づく議論――

森　元　良　太*

Is Anthropomorphism a Better Scientific Research Programme?: Arguments from Parsimony and from Statistical Hypothesis Testing

Ryota Morimoto

Psychologists usually work out their research programmes obeying to a principle called "Morgan's canon." It says that a higher mental faculty should not be postulated to explain a behavior if the behavior can be explained by postulating only a lower mental faculty. However a new research programme in ethology has arisen that seeks to explain nonhuman animal behaviors in terms of anthropomorphism. The famous ethologist Francis de Waal argues that anthropomorphism is a modest programme because of evolutionary parsimony. So the question we should ask here is whether anthropomorphism is a better scientific programme than anti-anthropomorphism, or anthropodinial.

In this paper, I criticize de Waal's argument for anthropomorphism. I show that his argument is based not on evolutionary parsimony but on overall similarity, and that whether his argument was based on overall similarity or on some kind of parsimony, both arguments would fail. Then I discuss which programme is better, anthropomorphism or anthropodenial from scientific point of view. In modern science, statistical null hypothesis testing is one of the most common methods. By analyzing it linguistically and historically, I argue that anthropomorphism has a greater sin than anthropodenial.

* 北海道医療大学

1. 導入

イヌやネコを飼っている人はよく自分のペットに話しかける．これは，飼い主がイヌやネコにヒトと同じ意識や感情があるかのように考えているからである．また，イヌやネコだけでなく，観葉植物やぬいぐるみに対しても同様の態度をとる人は少なくない．さらに，ロボットやテレビ画面に映るゲームのキャラクターにヒトの感情を投影する人もいる．このように日常では，ヒトの心的性質をヒト以外の動物や植物，さらには無生物にまで帰属させることがある．これは「擬人主義（anthropomorphism）」[1] と呼ばれる態度である．日常では，安らぎや喜びなどを得るために擬人主義的に振舞うことがある．

他方，自然科学の研究には擬人主義があまり用いられてないようである．たとえば，光は最短の経路で移動するが，物理学者はこれを光が近道をしようと合理的に判断したとは説明しない．また，生物は自分の遺伝子に突然変異が生じると死にいたることがあるが，生物学ではこれを，突然変異遺伝子の残虐な性格によるものとはしない．物理学や生物学では，研究対象の振舞いにヒトの諸性質を帰属することを避ける．

また心理学でも，擬人主義的な研究に対して警告が発せられている．比較心理学者のロイド・モーガンは次の注意を促す．「ある動物の行動がそれよりも低次な心的能力の結果として解釈できる限り，より高次な心的能力の結果と解釈すべきではない」（Morgan 1894 p. 53）．これは「モーガンの公準」と呼ばれる心理学の説明原則である．たとえば，警察犬が泥棒に吠えたり噛みついたりする．だが，この行動はイヌに正義感があり，イヌが泥棒の悪事を戒めるために噛みつこうと推理したと解釈すべきではない．もしイヌに正義感があるならば，警察犬はその正義感を警察学校で学んだのだろうか．そのイヌの親や仲間から学んだろうか．正義感の足りないイヌが警察犬になるには，道徳教育を受けさせる必要があるのだろうか．そうではないだろう．そのイヌは警察が合図すると，標的を追いかけ

るように訓練されており，この場合も警察の合図に反応しただけである．このように，擬人主義は誤った結論を導く可能性があり，モーガンの公準は不用意な擬人主義に警告を発するのである[2]．

ところが，モーガンの公準には問題がある．この公準は，ヒトを含む動物が「低次」と「高次」に分けられることを前提としている．ダーウィン以来の進化生物学では低次・高次という区別は捨て去られている．そのため，現代進化論の観点からすると，モーガンの公準は誤った考えに基づいていることになる（Sober 2005）[3]．ここではモーガンの公準の是非について論じないが，この公準を無条件で受け入れるわけにもいかないだろう．ただし，たとえモーガンの公準が誤りであったとしても，そのことは擬人主義を正当化することにはならない．では，擬人主義はよい科学的研究プログラムだろうか．本稿では，擬人主義が科学の方法論としてましな研究プログラムかどうかを検討する．

動物行動学者フランシス・ドゥ・ヴァールは，モーガンの公準を引き合いに出し，擬人主義とそれを否定する反擬人主義を比較することによって擬人主義を擁護する．そこで，2節ではドゥ・ヴァールの論証を紹介し，そのうえで彼の論証の問題点を指摘する．3節以降では，科学的方法論の観点から擬人主義と反擬人主義ではどちらがましな研究プログラムであるかを検討する．3節では，自然科学や社会科学，医学や薬学など幅広い分野で一般的に用いられている統計的仮説検定の考え方を踏まえ，擬人主義と反擬人主義のプログラムを比較する．さらに，統計的仮説検定について，4節では言語レベルで分析をおこない，5節では科学的研究プログラムの観点から検討し，誤った擬人主義と誤った反擬人主義はどちらを優先的に回避すべきかについて考察を加える．6節では，擬人主義のプログラムにおける発見法的役割を批判的に検討する．

2. 最節約性に基づく論証

モーガンの公準は擬人主義の過誤に陥らないための注意喚起として理解できる．擬人主義は科学的研究プログラムとして避けるべきだろうか．それとも，積極的に採用すべき研究プログラムだろうか．ドゥ・ヴァールは擬人主義を擁護する論証を提示する．本節では，まずドゥ・ヴァールの擬人主義を擁護する論証を紹介し，次に彼の論証を批判的に検討する．

ドゥ・ヴァールは，擬人主義だけでなく，反擬人主義（anthropodenial）も過誤に陥る可能性があると主張する（de Waal 1999）．反擬人主義は，ヒトの心的性質をヒト以外に帰属させることを否定する立場である．ドゥ・ヴァールによると，一般的に擬人主義の過失の方が大きいとされる理由は「認知的最節約性（cognitive parsimony）の原理」に違反するからである．この原理は，モーガンの公準が主張するように，ある現象に対して高次の心的作用による説明と低次の心的作用による説明が与えられたとき，低次の心的作用による説明を選べというものである．

ドゥ・ヴァールは，認知的最節約性原理に対して次のように述べる．「最節約性はさまざまな分野で求められており，認知の分野が他のどの分野よりも本質的に重要視しているわけではない．生物学者として私は，［生物間の］違いが進化的な時間のいつどこで生じたかを説明するときの経済性に最大限の重きをおく．この立場に含まれる，進化的最節約性（evolutionary parsimony）と呼ばれるものは，ヒトとその近縁種である類人猿との比較に関心があるとき，最も深く関わるように思われる」（*ibid.*, pp. 258–9，強調はドゥ・ヴァールによる）．このように彼は，動物に心があるかどうかを考えるとき，認知的最節約性よりも進化的最節約性が重要であると主張する．

ドゥ・ヴァールは進化的最節約性を説明する際，オオカミとコヨーテを例にあげる．「オオカミとコヨーテが多くの数の行動パターンを共有するなら，その論理的前提は，これらのパターンが因果的および機能的に関連

するというものである．それらのパターンはおそらく両方の種の共通祖先から派生したのだろう」（*ibid,* p. 259）．つまり，進化的最節約性とは，二つの種が多くの形質を共有するなら，それらの種が別々の祖先から由来したという仮説よりも共通祖先から由来したという仮説を採用すべき，というものである．ここで，ドゥ・ヴァールが仮説選択の基準としているのは「共有形質の数」であることに注意しよう．彼はこの基準をヒトと類人猿に適用する．「同じ分岐学の原理をヒトとその近縁種に適用すると，認知的類似性を出発点として採用することにつながるはずであり，それゆえその類似性は擬人主義を実質的に無害とする」（*ibid,* p. 259）．ドゥ・ヴァールが主張するのは，進化的最節約性を用いれば，ヒトとその近縁種は類似した認知能力をもつことが帰結するということである．以上が，擬人主義を擁護するドゥ・ヴァールの議論である．

ところが，ドゥ・ヴァールの議論には難点がある．以下では，二つの点を指摘する．第一に，ドゥ・ヴァールが進化的最節約性と呼ぶものは最節約性ではなく，「全体的類似性（overall similarity）」である．系統推定において最節約性に基づくと，「観察データの集合のもとで，ホモプラシーすなわち非相同的な複数回進化（並行進化や収斂進化）の回数がもっとも少なくなる系統仮説が最良」（ソーバー，2010年，11頁）とされる．簡単に言うと，系統樹において形質の変化の回数が少ない系統仮説がよいとされる．これは「分岐学的最節約性（cladistic parsimony）」と呼ばれるものである．注意すべきは，分岐学的最節約性の基準は形質の変化の回数に言及するが，共有する形質の数について何も述べていないことである．一方，全体的類似性は共有する形質の数に関係する．全体的類似性によると，共有する形質の数が多い生物は同じ分類群とされる．これがドゥ・ヴァールのいう進化的最節約性にあたる．つまり，ドゥ・ヴァールがモーガンの認知的最節約性に対比させて提示した基準は，そもそも最節約性ではないのである．

系統推定における分岐学的最節約性と全体的類似性がいつも同じ結論を導き出すなら，ドゥ・ヴァールの論証は無傷ですむだろう．だが，そうではない．種 A，種 B，種 C という三種の生物を考えてみよう．種 A と種 B には共通の形質 t があり，種 C にはその形質がない（$\neg t$）とする．また，種 A，種 B，種 C に最も近い共通の祖先には形質 t があるとする．このとき，全体的類似度の基準によると，種 A と種 B には共通の形質があるので，種 A と種 B を同じグループに分類する仮説が選ばれる．ところが分岐学的最節約性の基準によると，同じ形質のデータを用いても，全体的類似性と同じ結論が出てこない．与えられた形質データにおいて，図1のように形質が一回だけ変化する（形質 t から形質 $\neg t$）系統樹が最も節約的である．なぜなら，この形質データからは，形質が一回も変化しない系統樹は作成できないからである．ただし，短い斜線は形質の変化を表す．そして，この形質データからは図1の三つの系統仮説が推定される．つまり，種 A と種 B を同じグループに分類する仮説（a），種 B と種 C を同じグループに分類する仮説（b），種 A と種 C を同じグループに分類する仮説（c）である．ところが，分岐学的最節約性の基準では，この三つの仮説間の選択ができない．このように，同じ形質のデータのもとでも，全体的類似性と分岐学的最節約性では同じ結論を導き出さないことがある[4]．それゆえドゥ・ヴァールは，最節約性に訴えて擬人主義を擁護するのであ

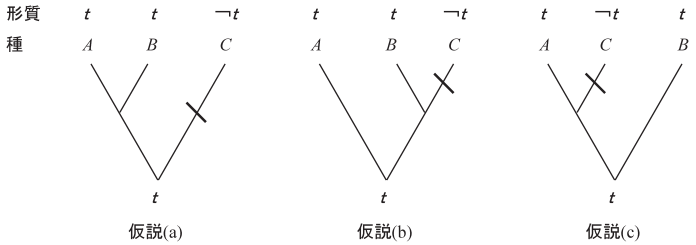

図1

れば，全体的類似性ではなく，分岐学的最節約性の基準に訴えなければならないのである．

では，ドゥ・ヴァールの論証の全体的類似性を分岐学的最節約性に置き換えれば，擬人主義は擁護できるだろうか．これもうまくいかない．上述したように，種 A と種 B が同じ形質 t をもつというデータが与えられ，これに分岐学的最節約性の基準を適用すると，種 A と種 B を同じグループに分類する仮説，種 B と種 C を同じグループに分類する仮説，種 A と種 C を同じグループに分類する仮説の選択ができない．たとえば，形質 t を「道徳性を示す行動」とし，種 A，種 B，種 C をそれぞれヒト，チンパンジー，オウムとしよう．ドゥ・ヴァールであれば，この形質データからヒトとチンパンジーが同じ祖先から由来するという仮説（a）だけを選択しようとするだろう．ところが，分岐学的最節約性の基準にしたがうと，その仮説だけを選択することができない．したがって，ドゥ・ヴァールの論証の全体的類似性を分岐学的最節約性に置き換えたとしても，擬人主義が擁護されるわけではないのである．以上が第一の問題点である．

ドゥ・ヴァールの第二の問題点に話題を転じよう．それは，擬人主義の擁護で重要なのは系統推定ではなく，形質データの解釈だというものである．分岐学的最節約性は，形質の変化の回数が少ない系統仮説がよいというものであった．この基準は，与えられた観察データのもとでの系統仮説選択に関するものである．系統推定では，形質についてのデータは与えられており，そこから未知の系統樹を推定したり分類群を作成したりする．それゆえ，系統推定の目的は，分岐学的最節約性を用いようが全体的類似性を用いようが，観察される形質に解釈を与えることではない．ところが，ドゥ・ヴァールの擁護したい擬人主義は，形質データの解釈に関するものあり，系統樹仮説の選択に関するものではない．分岐学的節約性や全体的類似性に基づいていえることは，行動パターンという形質データからどの系統仮説や分類群を選択するかについてである．それゆえ，彼のよう

に分岐学的最節約性（あるいは全体的類似性）に訴えて擬人主義を擁護することはできない．それにもかかわらず，ドゥ・ヴァールは行動パターンに認知的性質を帰属する解釈の問題に話題をすり変えているのである．

本節では，最節約性が擬人主義を擁護するかどうかを検討してきた．ドゥ・ヴァールは最節約性に訴えて擬人主義を擁護しようとした．しかし，最節約性は擬人主義を擁護する根拠にはならない．もちろんそれは，反擬人主義を擁護するわけでも，モーガンの公準を正当化するわけでもない．モーガンもドゥ・ヴァールも最節約性に基づく議論をおこなったが，いずれの議論もうまくいかない．つまり，最節約性の観点からでは，擬人主義と反擬人主義のどちらが確からしいかについては何も言えないのである．

3. 統計的仮説検定における二種類の過誤

前節では，最節約性の原理に基づく議論を検討したが，最節約性は擬人主義と反擬人主義のどちらか一方に加担するわけではなかった．擬人主義と反擬人主義ではどちらの誤りを優先して避けるべきだろうか．科学哲学者のエリオット・ソーバーは，統計的仮説検定をもとにこの二種類の過誤を分類する．統計的仮説検定は自然科学や社会科学だけでなく，医学や薬学の分野でも広く一般的に用いられている統計学の検定理論である．ソーバーはこの検定理論の科学的な考え方にしたがい，擬人主義と反擬人主義を比べる．

ソーバーの分類をみる前に，統計的仮説検定を概説しておこう．統計的仮説検定は，ロナルド・フィッシャーが考案した有意性検定と，イェジ・ネイマンとエゴン・ピアソンが有意性検定を変形させた仮説検定とを混成させたものである．現在の統計学では仮説を検定するときに一般的に用いられており，統計学の教科書にも必ず紹介されている検定理論である．歴史的な詳細については5節で取り上げる．

さて，統計的仮説検定では，まず帰無仮説 H_0 と対立仮説 H_1 を立てる．

帰無仮説 H_0 は，棄却されて無に帰することを目的として作られる仮説のことで，本来主張したいことの逆の仮説である．たとえば，「新薬に効果がある」ことを主張したければ，H_0 は「新薬に効果がない」となる．「動物に心がある」ことを主張したければ，H_0 は「動物に心がない」となる．一方，対立仮説 H_1 は本来主張したい仮説である．新薬の場合，H_1 は「新薬に効果がある」となる．ちなみに，この場合は新薬に効果があるかないかのいずれかの事象しかありえないので，H_0 と H_1 の二つで仮説空間が網羅されているが，必ずしも網羅されていなくてもよい．H_0 と H_1 の関係については次節以降で検討することにして，ここでは簡単のため H_0 と H_1 で仮説空間が網羅される場合を考えよう．

仮説が設定されると，次にその仮説を検定するための基準を定める必要がある．たとえば，ある確率変数 X の平均が 0 で分散が 1 の標準化された正規分布での両側検定では，図 2(a) のように z 値（X から平均を引いて標準偏差で割った値）の $-\infty$ から -1.96 までの下側確率 2.5% と $+1.96$ から $+\infty$ までの上側確率 2.5% との合計 5% を「棄却域」として設定する．この棄却域の確率は有意水準 α と表される．そして，この両側の二つの領域のどちらかに z 値が落ちた場合に，帰無仮説 H_0 が棄却されたと判断し，H_1 を採択する．あるいは，z 値から p 値と呼ばれる統計量を求めて，こ

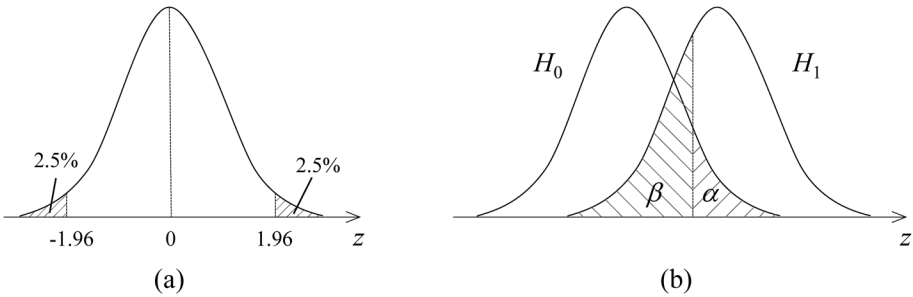

図 2

表1　第Ⅰ種の過誤と第Ⅱ種の過誤

		事実	
		H_0 が正しい	H_0 が誤り
判断	H_0 を棄却しない	正しい $(1-\alpha)$	第Ⅱ種の過誤 (β)
	H_0 を棄却する	第Ⅰ種の過誤 (α)	正しい $(1-\beta)$

の p 値がαより小さいかどうかで，仮説に対する判断を決める．αの値，αの値の設定場所は，経験から得られている知識，H_0 の性質，統計的な決定の目的などによって様々に設定されうるが，一般的にαは 1%から 10%の値，設定場所は例のように両側におくもの以外に，上側もしくは下側確率のみを設定する片側検定が取られる．

棄却域の位置を決める上で，「検定力」という概念が重要になる．$\alpha=0.025$ として標準正規分布の上側にのみ棄却域を設けた場合，z 値が 1.96 以上になれば H_0 が棄却される．しかし，この判断は確率 0.025 で誤りうる．この誤りは，H_0 が正しいにもかかわらず，その正しい H_0 を棄却するというものである．これは，「第Ⅰ種の過誤（type Ⅰ error）」と呼ばれ，いうまでもなくその確率はαである．一方，実際は H_0 が誤っているにもかかわらず，その H_0 を棄却しないという誤りも存在する．この誤りは「第Ⅱ種の過誤（type Ⅱ error）」と呼ばれ，その確率はβで表される．$1-\beta$は，H_0 が誤りで，その H_0 を棄却する確率であり，「検定力」と呼ばれる（図 2(b)）．

検定として望ましいのは，第Ⅰ種の過誤の確率αと第Ⅱ種の過誤の確率βの両方を同時にできるだけ小さくすることである．しかし，実際にはこの 2 つの値を同時に小さくすることはできない．上の例を用いると，上側に棄却域を設定しているので，仮に H_0 の平均値が H_1 の平均値よりも低いとき，αを小さくすればするほど，現実は H_0 が誤っているにもかかわ

表2　擬人主義と反擬人主義

		事実	
		動物には心がない	動物には心がある
判断	動物に心がないことを棄却しない	正しい反擬人主義	誤った反擬人主義（第II種の過誤）
	動物に心がないことを棄却する	誤った擬人主義（第I種の過誤）	正しい擬人主義

らずH_0を棄却しない確率βは増えることになる．そこで一般には，第I種の過誤を制御して，帰無仮説H_0の棄却を厳重に管理し，そのうえで最も高い検定力となるように棄却域の位置を設定するという方法がとられている．つまり，第II種の過誤よりも第I種の過誤に陥ることを避けようとしているのである．この理由については次節で検討する．

さて，擬人主義に話を戻そう．擬人主義の過誤と反擬人主義の過誤のどちらを避けるべきだろうか．ソーバーは，擬人主義と反擬人主義が陥りうる過誤を統計的仮説検定の二種類の過誤と対応させる．擬人主義の文脈では，主張したいことは動物に心があることなので，H_0は「動物に心がない」，H_1は「動物に心がある」となる．ソーバーは，擬人主義と反擬人主義を表2のように整理する（Sober 2000b, 2001, 2005）．彼は研究の最初の段階で設定する仮説について二つの態度の可能性があると述べる．一つは，有罪だと証明されるまでは無罪とする態度であり，第II種の過誤にあたる．もう一つは，無罪が証明されるまでは有罪とする態度であり，第I種の過誤に対応する．

ソーバーはこれらの態度をモーガンの公準になぞらえて説明する．モーガンの公準によると，心理学者が最初に設定すべきは，動物に高次ではなく低次の能力があることである．もし証拠によってこの仮説を変更せざるをえなくなれば，そうすべきである[5]．この態度は，有罪が証明されるまでは無罪とする前者の態度である．それゆえ，モーガンの公準は擬人主義

への偏向を回避するよう助言している．いわゆる「疑わしきは罰せずという」という態度で，穏当なものであろう．ここまではよい．

実は，ソーバーが擬人主義をめぐる対立を統計的仮説検定に対応させるのは，擬人主義だけでなく反擬人主義も同じく過誤であることを主張するためである．彼は続けて，モーガンの公準は反擬人主義への偏向を仕向けてはいないか，と問いかける．もし動物にヒトと同じく心があるならば，この公準は事実を見誤らせることになる．「公準が一方の偏向を犠牲にしてもう一方の偏向を回避するだけなら，理に適ってはいないだろう」(Sober 2005, p. 88)．モーガンの公準を反転させて，高次の能力と低次の能力のいずれでも動物の行動が解釈できるなら，低次の能力ではなく高次の心的能力の結果として解釈すべきだという公準も考えることができる．この公準は第II種の過誤を避けるように促す．このように，ソーバーは擬人主義が過誤に陥ることがあるのと同じように，反擬人主義も過誤に陥る可能性があると主張する．そして，「二種類の過誤の両方のリスクを最小限にする最善策は，ア・プリオリな偏見を抱かないことである．求められる唯一の予防策は経験主義である」(*ibid.*, p. 97) と結論づける．つまり，擬人主義か反擬人主義のどちらかに有利な経験的証拠があがるまでは，どちらにも肩入れしないことが最善策というのである．

本節では，擬人主義と反擬人主義ではどちらの過誤を避けるべきかについて，ソーバーの議論を概観した．彼の考えは，どちらも過誤であるから，経験的なデータが得られるまではどちらか一方に加担すべきでないということであった．しかし，統計的仮説検定では一般に，第II種の過誤よりも第I種の過誤を回避することが優先され，一方に加担するよう仕向けているように思える．また，先の「疑わしきは罰せず」という態度は穏当なものにも思える．次節では，この第I種の過誤と第II種の過誤の非対称性について検討する．その上で，擬人主義と反擬人主義の過誤の優劣についてさらに考察を加える．

4. 言語レベルからみた二種類の過誤の非対称性

ソーバーは，擬人主義の過誤と反擬人主義の過誤は対称的であると捉えたが，統計的仮説検定では，第Ⅰ種の過誤の回避が第Ⅱ種のものよりも優先される．つまり，第Ⅰ種の過誤と第Ⅱ種の過誤は非対称的に考えられている．統計的仮説検定の考えに基づくならば，擬人主義は反擬人主義よりも避けるべき研究プログラムとなるはずである．ここでは，統計的仮説検定における二種類の過誤の非対称性について検討しよう．

統計的仮説検定ではなぜ第Ⅰ種の過誤の回避が優先されるのだろうか．哲学者のアンドリューズとハスは，二種類の過誤の非対称性について言語のレベルで論じている（Andrews and Huss 2014）．まずはアンドリューズらの議論をみてみよう．彼女らは四つの命題を区別する．

1A：事実はどのＦもＧでないとき，あるＦがＧであることを主張する．
1B：事実はどのＦもＧでないとき，どのＦもＧでないことを主張しない．
2A：事実はあるＦがＧであるとき，どのＦもＧでないことを主張する．
2B：事実はあるＦがＧであるとき，あるＦがＧであることを主張しない．

注意すべきは，1B と 2B の判断が誤りでないことである．1B では，どのＦもＧでないことが事実であるにもかかわらず，そのことを主張しないが，この判断自体は誤りではない．事実を知らない場合，事実がどうであれその事実を主張しないことはありえるし，その判断は正しくはないが誤りではない．容疑者のなかに犯人がいないことが事実であるが，証拠が不十分のため犯人がいないと主張しないことは誤りでない．2B も同様であり，事実はあるＦがＧであるのだが，そのことを知らないので主張しないという判断は誤りではない．実際は容疑者のなかのある人物が犯人である

が，証拠が不十分で犯人だと主張しないことは誤りとはならない．アンドリューズらはこれら二種類の判断を「不可知論（agnosticism）」と呼ぶ．

一方，1A と 2A の判断は誤りである．というのも，事実と異なることを主張する判断は誤りだからである．容疑者のなかに犯人はいないことが事実にもかかわらず，その容疑者のなかのある人物を犯人だと主張するのは誤りである．また，容疑者のなかに犯人がいるときに，容疑者のなかに犯人がいないと主張する判断も誤りである．このように，1B と 2B の判断は誤りでないが，1A と 2A の判断は誤りである．

さて，第 I 種の過誤は，H_0 が正しいにもかかわらず，その正しい H_0 を棄却する誤った判断のことであった．これは事実とは異なることを誤って主張することなので，上の四つの命題の 2A に対応し，誤った判断である．一方，第 II 種の過誤は H_0 が誤りであるにもかかわらず，その H_0 を棄却しないという誤った判断であった．これは 2B に対応し，誤りではない．このように，第 I 種の過誤は誤りだが，第 II 種の過誤は誤りでなく，二種類の過誤は非対称的である．アンドリューズらによると，これが統計的仮説検定において第 II 種の過誤よりも第 I 種の過誤を避けるべき理由である．誤った判断は誤っていない判断よりも回避すべきなのである．

それでは，アンドリューズらの分析にしたがうと，第 I 種の過誤にあたる「誤った擬人主義」を第 II 種の過誤にあたる「誤った反擬人主義」よりも優先的に避けるべきことが帰結されることになるのだろうか．つまり，擬人主義は反擬人主義よりも回避すべきということが引き出されるのだろうか．

ここで，仮説を棄却する /しないという判断の表現について補足が必要である．というのも，表現によっては二種類の過誤が対称的にもなりうるからである．アンドリューズらは，第 II 種の過誤について二種類の表記を示す．

(1) 事実は H_0 が誤りであるとき，H_0 を棄却しない．

(2) 事実は H_0 が誤りであるとき，H_0 を採択する．

興味深いことに，表記の仕方によって第II種の過誤が誤りかどうかが変わりうる．(1) は上の1Bに対応する表現であり，判断としては誤っていない．それに対し，(2) は誤った判断となる．誤った仮説を採択することは判断として誤りである．アンドリューズらによると，第II種の過誤を (1) として解釈するなら，第I種の過誤を優先的に回避すべきである．だが，(2) として解釈するならば，「第I種の過誤が第II種の過誤よりも深刻だとみなす理由は何もない」(*ibid.*, p. 724)．つまり，二種類の過誤は対称的である．このように解釈すると，擬人主義は反擬人主義よりも回避すべきという結論は引き出せない．

アンドリューズらは，仮説に対する判断を「棄却する」と「棄却しない」の二種類にわけた．実のところ，いくつかの統計学の教科書を開いてみると仮説への判断の表記は定まっていないことが分かる．たとえば，P. G. ホーエルの『初等統計学』では二種類の判断を「H_0 を採択」と「H_1 を採択」に分けている（ホーエル 1981, p. 159）が，同じ著者ホーエルの別の教科書『入門数理統計学』では「H_0 を採択」と「H_0 を棄却」に分けている（ホーエル 1978, p. 108）．また，G. K. バタチャリヤと R. A. ジョンソンの『初等統計学』では，判断を「H_0 を棄却しない」と「H_0 を棄却する」に分けている．こうした表記の揺らぎは枚挙に暇がない[6]．少なくとも，仮説に対する判断は「採択する」,「採択しない」,「棄却する」,「棄却しない」の4種類が考えられる．

これらの区別を踏まえて，第I種の過誤と第II種の過誤の非対称性を再考しよう．アンドリューズとハスは言及していないが，第II種の過誤にはさらに二通りの表記が可能である．

(3) 事実は H_0 が誤りのとき，H_1 を棄却する．

(4) 事実は H_0 が誤りのとき，H_1 を採択しない．

(3) の判断は場合分けが必要である．ここで単純仮説と複合仮説を区別しておこう．単純仮説とは1つの結果に1つの値，または1つの確率分布が与えられた仮説のことである．たとえば，「コインを投げて表の出る確率 $p=0.5$ である」という仮説は単純仮説である．一方，複合仮説は1つの結果に2つ以上の値，または2つ以上の確率分布が与えられた仮説である．$p>0.5$ や $p\neq 0.5$ は複合仮説である．H_0 と H_1 がそれぞれ $p=0.5$ と $p\neq 0.5$ のような単純仮説と複合仮説であれば，仮説空間が網羅されるため，一方の仮説が正しければ他方は必ず誤りとなり，逆も成り立つ．つまり，H_0 が誤りのとき，H_1 は正しい．この場合，(3) の判断は，正しい仮説 H_1 を棄却してしまうので，誤った判断になる．

ところが，H_0 と H_1 がそれぞれ $p=0.5$ と $p=0.8$ のような単純仮説の場合，帰無仮説と対立仮説だけでは仮説空間は網羅されない．それゆえ，H_0 が誤りだとしても，H_1 は正しいとは限らない．H_2 などの別の対立仮説が正しく，H_1 が誤りである可能性があるからである．この場合，(3) の判断は誤りの可能性のある仮説 H_1 を棄却するので，必ずしも誤りとはいえない．ただし，これは第II種の過誤一般の話である．本稿で取り上げている擬人主義と反擬人主義の対比の場合，この二つの仮説で仮説空間が網羅されるため，(3) の判断は誤りとなる．

では (4) の判断はどうだろうか．直前でみたように，H_0 が誤りのとき，H_1 は正しいか，あるいは誤りの可能性がある．いずれの場合でも，H_1 を採択しない判断は誤りではない．

このように，第II種の過誤をどう解釈するかによって，どちらの過誤を優先的に回避すべきかが変わるのである[7]．ここまでは言語のレベルで二種類の過誤の非対称性について分析した．まとめると，第II種の過誤を

(1) や (4) として解釈すると，第Ⅰ種の過誤の回避を優先することになる．この場合，擬人主義の過誤は優先的に回避すべきとなる．一方，(2) や (3) として解釈すると，二種類の過誤の回避は対称的になり，擬人主義と反擬人主義の過誤について優劣はなくなる．次節では，さらに踏み込み，科学的研究プログラムの観点から二種類の過誤について考察する．

5. 科学的研究プログラムの観点からみた二種類の過誤の非対称性

統計的仮説検定は，有意性検定と仮説検定が融合されたものである．歴史的みると，ロナルド・フィッシャーが1920年代に科学の方法論として「有意性検定」を考案し，その後イェジ・ネイマンとエゴン・ピアソンが科学以外の領域にも適用できるよう有意性検定を拡張させるとともに，数学的な基礎付けにも努め，「仮説検定」の理論を展開した．ところが，フィッシャー流の有意性検定とネイマン–ピアソン流の仮説検定は異なる検定理論であり，フィッシャー，およびネイマンとピアソンは検定理論の適用範囲や目的，科学的方法論などをめぐり激しい論争を繰り広げた (Lehmann 2011，芝村 2004)．この論争はフィッシャーの死によって決着をみないまま終結する．だがその一方で，統計ユーザーは目下の研究や調査のために統計解析法を使用せざるをえず，1940年に折衷案として二種類の検定理論を混成した統計的仮説検定が提案された (Halpin and Stam 2006，椎名 2018)．それ以降現在に至るまで，統計的仮説検定は統計学の教科書に掲載され，統計教育では標準とされている．

ここでは，科学的研究プログラムの観点からフィッシャー流の有意性検定とネイマン–ピアソン流の仮説検定を比較する．とくに，科学として二種類の過誤にどう向き合うべきかを検討し，擬人主義と反擬人主義の優劣について考察する．現在の統計的仮説検定は誤解や誤用で溢れている[8]ので，ここではフィッシャー，ネイマン，ピアソンの原典から彼ら自身の考

えを掘り起こすことにする．

フィッシャー流の有意性検定では，まず帰無仮説をたてる．次に，実験や観察によってデータを収集し，そのデータと帰無仮説をもとに p 値を計算する．最後に，帰無仮説を棄却する基準と p 値を比較し，帰無仮説に対する判断を決める．これはフィッシャー流の有意性検定の手続きである[9]．注意すべきは，有意性検定では検討したい仮説を否定した帰無仮説を設定するが，対立仮説を設定しないことである．そのため，二種類の過誤が生じることはない．

一方，ネイマン–ピアソン流の仮説検定では，帰無仮説だけでなく対立仮説もたてる．そのため二種類の過誤が生じ，それらに優劣をつける必要がある．ネイマンとピアソンは次のように述べる（Neyman and Pearson 1933, p. 493）．

> 統計的な検定は次の規則と同じである．
>
> (a)［標本］Σがある領域 w に落ちるならば，H_0 を棄却せよ．
>
> (b) Σが別の領域 w' に落ちるならば，H_0 を採択せよ．
>
> (c) Σが第三の領域 w'' に落ちるならば，疑いを続けよ．
>
> （中略）(a) か (b) の意思決定において，人は誤ることがある．というのも，問いが真の仮説と偽の仮説を確実に区別できるような形式で提示されることはめったにないからである．こうした過誤は二種類ある．
>
> (I) H_0 が真のときに，H_0 を棄却する．
>
> (II) 別のある対立仮説 H_i が真のとき，H_0 を採択する．

ネイマンらは，対立仮説を単一の仮説 H_1 ではなく一般的な表記 H_i で表しており，対立仮説が複数あることを前提としてはいるものの，第 II 種の過誤を先の 4 節の (2) のように解釈しているようにみえる．(2) の解

釈によると，第II種の過誤は誤った判断であり，二種類の過誤は対称的となる．それゆえ，言語のレベルではどちらを回避すべきかについて優劣がつけられない．擬人主義の事例に二種類の過誤をあてはめると，擬人主義と反擬人主義のどちらを研究の出発点に設定しても構わないことになる．これは動物に心があるという大胆な仮説をたてて研究をはじめることも許容するので，この態度を科学についての「革新的態度」と呼ぶことにしよう．4節の（3）の解釈も同じ態度になる．後述するが，この態度はネイマンとピアソンの考えではないことに注意が必要である．

一方，4節では第II種の過誤が（1）や（4）としても解釈できることを示した．この場合，優先的に回避すべきは第I種の過誤であり，二種類の過誤は非対称的となる．これを擬人主義の事例にあてはめると，反擬人主義を研究の出発点に設定すべきとなる．これは先の科学についての大胆な態度とは異なり，保守的な態度である．後述するが，さらに保守的な態度も選択肢としてありうるので，ここでは第II種の過誤を（1）や（4）として解釈して反擬人主義のプログラムを推奨する立場を，科学についての「弱い保守的態度」と呼ぶことにする．

ところで，ネイマンとピアソンは二種類の過誤のどちらを優先すべきかについて，前節のように言語のレベルで設定するわけではない．実際，ネイマンらは上の引用にあるように，言語のレベルでは二種類の過誤がどちらも誤りであることを認めており，言語のレベルではどちらの過誤を優先して回避すべきなのかは決まらない．また，ネイマンらは上の引用における規則（c）のように，H_0を棄却するか採択するかのいずれかの判断だけでなく，「疑いを続けよ」という保留する判断も加味している点は特筆に値する．現在の統計学の教科書で，ネイマンらのように判断の可能性を慎重に考慮しているものはどれほどあるだろうか．

さて，ネイマンらは二種類の過誤の回避について言語レベルではなく，認識のレベルで論じている．ネイマン流の仮説検定の枠組みでは，どちら

の過誤を優先して回避すべきだろうか．ネイマンは二種類の過誤について次のように述べる．「二種類の過誤の重要性が同じでないことはごく一般的に生じる．多くの場合，過誤の相対的な重要性は主観的なものである．（中略）この主観的要素は統計学の外にある．注意すべきは，ほとんどの場合，統計的仮説検定を使用する人は一方の過誤よりも他方の過誤を避けることが重要だと考えていることである．これが普通だと仮定すると，避けることがより重要だと考える仮説検定の過誤に第 I 種の過誤という表現を用い，あまり重要でない過誤を第 II 種の過誤と呼ぼう」（Neyman 1950, p. 263）．二種類の過誤の重要性が同等である稀な例として，ネイマンはサイコロ投げにおいて 6 の目が $p=0.6$ のときに 2 回連続 6 の目が出ない仮説と，6 の目が $p=0.4$ のときに 2 回連続 6 の目が出る仮説をあげている．一方，同等でない例として，市場で販売するある薬品が有毒かどうかをあげている．この場合，第 I 種の過誤は，その薬品が有毒であることが事実のときに有毒でないと判断して市場で販売することであり，第 II 種の過誤は，その薬品が無毒のときに有毒だと判断して市場で販売しないことである．どちらの過誤を第 I 種として優先的に回避するかの判断は，ネイマンによると統計学の外にあり，主観的に決まることになる．

では，擬人主義と反擬人主義のプログラムはどちらを優先的に回避すべきだろうか．ネイマン–ピアソン流の仮説検定に当てはめると，帰無仮説 H_0 は動物に心がないという反擬人主義仮説となる．すると，第 I 種の過誤は，本当は動物に心がないにもかかわらず，擬人主義の仮説を棄却すること，第 II 種の過誤は，本当は動物に心があるのに，反擬人主義の仮説を採択することとなる．この枠組みでは，誤った反擬人主義よりも誤った擬人主義を優先的に回避すべきとなる．すなわち，ネイマンとピアソンの考え方にしたがうと，誤った擬人主義に陥ることは優先的に避けるべきであり，反擬人主義のほうがましな研究プログラムとなる．これは先の弱い保守的態度にあたる．

ここで，フィッシャー流の有意性検定に話を戻そう．有意性検定では第II種の過誤を考慮する必要がない．フィッシャーは第II種の過誤を導入するネイマン–ピアソン流の仮説検定を辛辣に批判した．「検定仮説が真である頻度に相対的な第I種の過誤の頻度は計算可能であり，それゆえ帰無仮説を特定しさえすれば制御可能でもある．第II種の過誤は対立仮説の頻度だけでなく，対立仮説の帰無仮説との近さにも大きく依存しなければならない．それゆえ，第II種の過誤の頻度も大きさも帰無仮説を特定するだけでは計算不可能である．そして有意性検定の論理が採択手続きの論理と混同されない限り，第II種の過誤が有意性検定の理論で考慮されることは決してないだろう．こうした議論で第II種の過誤に言及することはまったく形式的なものにすぎず役に立たない」(Fisher 1955, p. 73)．このように，フィッシャーは第II種の過誤は役に立たないと一蹴する．

フィッシャーが憤るのは，科学の方法論や検定理論に関する彼自身の考え方に起因する．フィッシャーは有意性検定を科学の方法論として考案したにもかかわらず，ネイマンとピアソンは有意性検定を科学以外にも援用しようとした．そのことがフィッシャーには耐えがたかったのである．フィッシャーは次のように批判する．ネイマン–ピアソン流の「『仮説検定の理論』なるものは，有意性検定の発展や，その科学への応用に加わらなかった学者たちが後で試みたもので，商業で用いられはじめた採択の検査のような過程を想定して，検定を再解釈しようとしたものである．採択の検査のような過程の論理的基礎は，科学者が観測値から現実をよりよく理解しようとしているときのそれとはまったく異種のものである」(Fisher 1956, pp. 4–5)．また，フィッシャーは同著で次のように述べている．「採択の方法は，実験研究において理論的な知識を改良するために用いられる方法とはさまざまな点で異なる．(中略) この違いを強調することが必要なのは，第一に実験科学における研究者たちの目的が酷く誤解され，また酷く誤って表現されているからである．ネイマンやワルドのような著者た

ちは自然科学における検定の目的をほとんど考慮せずにこれらの検定を取り扱った」(*ibid*., pp. 76–77). このように，フィッシャーはネイマン–ピアソン流の仮説検定は商業のためのもので，科学的な方法論とはみなさないのである.

フィッシャーにとって，科学の営みは経験的データに照らして仮説を棄却するか，あるいは棄却しないで決定を保留にするかのどちらかである. 仮説を検定にかける時点で，仮説が真かどうかという事実は分からない. 分かっているなら，そもそも仮説を検定にかける必要はない. フィッシャーは，真偽の分からない仮説を採択するような大胆な態度を科学で採るべきではないと考える. こうした有意性検定に基づく科学的態度は，科学哲学者カール・ポパーの反証主義に近いと考えられる. ポパーによると，科学的仮説は実験や観察によりその正しさが示されるわけではない. というのも，いわゆる検証は論理的に妥当ではなく，科学者は科学的仮説が真であることを知りえないからである. むしろ，よい科学的方法はただひたすら仮説に反する証拠を見つけることである. 科学の営みは，新たな仮説を形成し，それを反証の危険にさらし続けることである. これは有意性検定において科学者が採るべき態度と非常に親和性が高い[10]. この態度を，先の弱い保守的態度と区別して，科学についての「強い保守的態度」と呼ぶことにしよう.

フィッシャーのような強い保守的態度をとると，擬人主義はましな研究プログラムといえるのだろうか. フィッシャー流の有意性検定では対立仮説を認めないので，二種類の過誤の問題は生じない. 検討すべきは帰無仮説だけなので，擬人主義の場合は「動物に心がない」という仮説を棄却するか，あるいは棄却しないかのいずれかの判断だけとなる. それゆえ，擬人主義のように「動物に心がある」という大胆な仮説を採択することはしない. ポパーのような反証主義の立場でも同様の態度をとることになるだろう.

ここまでで，擬人主義の研究プログラムに対して三種類の態度が登場した．ネイマンとピアソン流の仮説検定の考えにしたがうと，二種類の過誤のどちらを優先して回避すべきであるかは，第II種の過誤の解釈に依存する．まず，擬人主義と反擬人主義が犯しうる過誤は同等であるという「革新的態度」があった．しかし，この態度はネイマンとピアソン流の仮説検定における第II種の過誤を前節の（2）として解釈した場合というかなり限定的なものである．検定理論を科学以外の領域にまで適用させようとしたネイマンらでさえ，この態度を推奨しないだろう．ネイマンらが推奨するのはむしろ「弱い保守的態度」にあたる．この考えにしたがうと，擬人主義の過誤は反擬人主義の過誤よりも回避すべきである．最後に，フィッシャーのような「強い保守的態度」をみた．フィッシャー流の有意性検定では対立仮説を設定しないので，二種類の過誤が生じることはない．そして，科学者が下すべき判断は，帰無仮説を経験的データに照らして棄却するか，あるいは帰無仮説を棄却しないで保留にするかのいずれかである．科学では，真偽の分からない仮説を採択するという大胆な判断はすべきではないのである．この反証主義的な態度にしたがうと，擬人主義よりも反擬人主義のほうがましな研究プログラムになる．

6. 発見法的役割

研究プログラムを科学の本性と捉えたイムレ・ラカトシュによると，プログラムのよさの基準は「新事実の発見」をするかどうかである（ラカトシュ1986）．では，擬人主義の研究プログラムは新事実の発見につながるのだろうか．ドゥ・ヴァールのような革新的立場は，擬人主義の研究プログラムの発見法的役割に訴えることがある．最後にこれについて付言しておこう．

人類学者のパメラ・アスキスは，発見法的目的のために擬人主義を用いることは論点先取になりうると注意を促す．彼女の指摘はこうである．動

物の行動を表現するのに，物理学のような中立的な言語を用いても有意味にはならない．一方，動物行動の説明に擬人主義を仮定するとその説明は有意味となる．それゆえ，動物行動を擬人主義的に表現するのは発見法的に役に立つ．つまり，動物行動を最も適切に表現するのは擬人主義である．だが，アスキスによると，擬人主義の支持者がこのように言いわけをするのであれば，それは論点先取である（Asquith 1997）．

また，哲学者のエマヌエラ・スパダも擬人主義が論点先取となりうると忠告する．彼女は擬人主義の論法を次のようにまとめる（Spada 1997, p. 48）．

問い：動物は痛みを感じるのか．

暫定的定義：動物が痛みを感じるといえるのは少なくとも，動物が肢を怪我して，その肢を引きずり，残りの三本の肢で走るという条件が満たされたときである．

観察結果：この条件が満たされた．

答え：動物は痛みを感じる．

スパダによると，この答えを擬人主義だと批判する人は，批判の矛先を暫定的定義に向けるはずである．この暫定的定義に擬人主義が潜んでおり，動物が痛みを感じるかどうかという問いにではない．暫定的定義が不十分であれば，論点先取になる．そして，スパダは「擬人主義への唯一有効な『治癒』は暫定的定義を批判し続けることである」と結論づける（*Ibid.*, p. 49）．確かに，擬人主義は動物の行動と心を結びつける暫定的定義を常に批判し続け，洗練させる必要があるのだろう．

本稿では，擬人主義と反擬人主義のどちらが正しいかを決着させるのではなく，科学的研究プログラムとしてどちらがましであるかを検討した．科学に対して少なくとも三つの態度があった．フィッシャーのような強い保守的態度をとると，擬人主義はあまりに無謀なプログラムである．一

方，弱い保守的態度をとると，擬人主義よりも反擬人主義のほうがよいプログラムとみなされる．そして，革新的態度をとると，擬人主義も反擬人主義も同等に過誤に陥る可能性があるので，どちらか一方に加担することはできないだろう．ただし，革新的態度は，論点先取に陥らずに擬人主義のプログラムを遂行する必要がある．科学において仮説の発見法的役割が重要ではあることは確かだが，とくに擬人主義の場合は注意が必要である．アスキスやスパダの論証がうまくいっていれば，擬人主義に発見法的役割があるという主張は論点先取になりかねない．以上の議論を踏まえると，擬人主義はましな研究プログラムとはいいがたい．イヌに正義感があると判断して，正義感の足りないイヌに倫理学の授業を受けさせるのは避けたほうがよさそうである．

謝辞：本稿は，坂上貴之先生との長きにわたる討議がもとになっており，とくに1節から3節までの議論はその結果が大変参考となった．坂上先生には反擬人主義の考え方や擬人主義をめぐる議論，モーガンの公準について多くのことをご教示いただいた．ここに記して感謝の意としたい．

注

[1] 擬人化はもともと，神に人間の姿形を帰属させることを意味し，神への冒涜としてタブーとする宗教もある．

[2] ただし，モーガンが否定したのは，動物が意識を持つことではなく，動物が推理することや道徳性をもつことである．

[3] エリオット・ソーバーは，モーガンの考えを寛容にとらえ，現代進化論にもとづき，低次の能力および高次の能力をそれぞれ祖先形質および派生形質と再解釈する．しかし，ソーバーによると，このように再解釈したとしても，モーガンの公準はモーガン自身が考えていた結論とは異なるものが導き出されてしまう（Sober 2005）．

[4] 体系学では全体的類似性と分岐学的節約性はそれぞれ表形主義と分岐主義の系統推定法に対応する（ソーバー 2009）．

[5] モーガンは1903年の第二版で，自身の公準に補足を加えている．「ところが，その原理の適用範囲を誤解しないように，これに次のことを補足すべきであ

る．つまり，動物に高次の過程が生じていることの独立した証拠が観察によりすでに得られているなら，その公準は決して高次の過程による特定の活動の解釈を排除するわけではない」（Morgan 1903, p. 59）．

[6] 船渡川（2018）は，代表的な統計学の教科書を調査し，帰無仮説に対する判断についてさまざまな表現があり，統一した表現になっていないことを示した．

[7] 厳密に言うと，第Ⅰ種の過誤の表記も同様に複数可能である．

[8] アメリカ統計学会は，統計的仮説検定の誤解や誤用に注意喚起を鳴らす声明を発表した（Wasserstein & Lazar 2016）．

[9] フィッシャー流の手続きで忘れてはならないのが実験計画法である．実験計画法は局所管理，ランダム化，反復からなる．ランダム化は，フィッシャーが有意性検定の妥当性を保証するものと考えていた（Fisher 1935）．

[10] ただし，ポパーの反証主義とフィッシャー流の有意性検定には大きな違いがある．ポパーの反証主義は演繹に基づいているのに対し，フィッシャーの有意性検定の論理は帰納である．フィッシャーは次のように述べる．「実際，数字の意味を理解するという難しい作業にいつも従事している人はみな，個別的な事柄から一般的な事柄を推論しようとしている点で，帰納と呼ばれる種類の論理的な過程を試みようとしている．つまり，統計学でいうところの標本から母集団を推論しているのである」（Fisher 1935, p. 39）．このように，フィッシャーは有意性検定を帰納と考えている．

参考文献

Andrews, K.（2015）. *The Animal Mind: The Philosophy of Animal Cognition*. Routledge.

Andrews, K. & Huss, B.（2014）. “Anthropomorphism, Anthropectomy, and the Null Hypothesis.” *Biology and Philosophy* **29**(5), 711–729.

Asquith, P. J.（1997）. “Why Anthropomorphism Is Not Metaphor: Crossing Concepts and Cultures in Animal Behavior Studies.” In R. W. Mitchell, N. Thompson & H. L. Miles（eds.）, *Anthropomorphism, Anecdotes, and Animals*. State University of New York Press. 22–34.

Bhattacharyya, G. K. and Johnson, R. A.（1977）. *Statistical Concepts and Methods*. John Wiley & Sons.（蓑谷千凰彦訳『初等統計学』，東京図書，1980）

De Waal, F.（1999）. “Anthropomorphism and Anthropodenial: Consistency in Our Thinking About Human and Other Animals.” *Philosophical Topics* **27**: 225–280.

De Waal, F. (2016). *Are We Smart Enough to Know How Smart Animals Are?* W. W. Norton & Company.（松沢哲郎・柴田裕之訳『動物の賢さがわかるほど人間は賢いのか』，紀伊國屋書店，2017）

Fisher, R. (1935). *The Design of Experiments*. Oliver and Boyd.

Fisher, R. (1955). "Statistical Methods and Scientific Induction." *Journal of the Royal Statistical Society B* **17**, 69–78.

Fisher, R. (1956). *Statistical Methods and Scientific Inference*. Oliver and Boyd.

Haplin, P. F. (2006). "Inductive Inference or Inductive Behavior: Fisher and Neyman–Pearson Approaches to Statistical Testing in Psychological Research (1940–1960)." *The American Journal of Psychology* **119**(4), 625–53.

船渡川伊久子（2018）.「『差がない』という帰無仮説が棄却されないこととは」，第12回生物学基礎論研究会.

Hoel, P. G. (1976). *Elementary Statistics*. 4th ed. John Wiley & Sons.（浅井晃・村山正康訳『初等統計学』，培風館，1981）

Hoel, P. G. (1971). *Introduction to Mathematical Statistics*. 4th ed. John Wiley & Sons.（浅井晃・村山正康訳『入門数理統計学』，培風館，1978）

Lakatos, I. (1978). The Methodology of Scientific Research Programmes. Cambridge University Press.（村上陽一郎ら訳『方法の擁護―科学的研究プログラムの方法論―』，新曜社，1986）

Lehman, E. L. (2011). *Fisher, Neyman, and the Creation of Classical Statistics*. Springer.

Mitchell, R.W., Thompson, N., & Miles, H. L. (eds.) (1997). *Anthropomorphism, Anecdotes, and Animals*. State University of New York Press.

Morgan, C. L. (1894). *An Introduction to Comparative Psychology*. Walter Scott. (2nd ed., 1903)

森元良太・島谷健一郎（2018）.「鳥類学における統計学：計算より概念―P値を出す統計，モデルベースの統計―」，日本鳥学会誌 **67**(1), 151–153.

森元良太・田中泉吏（2016）.『生物学の哲学入門』，勁草書房.

Neyman, J. and Pearson, E. (1928). "On the Use and Interpretation of Certain Test Criteria." *Biometrika* **20**, 175–240, part I; 263–294, partII.

Neyman, J. and Pearson, E. (1933). "On the Problem of the Most Efficient Tests of Statistical Hypotheses." *Philosophical Transactions of the Royal Society* (*A*) **231**, 289–337.

Neyman. J. (1950). *First Course in Probability and Statistics*. Henry Holt and Company.

坂上貴之（2011）.「ある心理学方法論に見る陥穽と処方箋―「サリーとアンの問題」「裏切り者検知」「不公平嫌悪」をめぐって―」,『自省する知―人文・社会学のアクチュアリティー―』（慶應義塾大学三田哲学会編）, 慶應義塾大学出版会, 33–59.

芝村良（2004）.『R. A. フィッシャーの統計理論』, 九州大学出版会.

椎名乾平（2018）.「ロナルド・フィッシャーをなんとか理解したかった心理学者の苦悩：生物統計学の心理学への移植顛末」, 第 82 回日本心理学会シンポジウム「ベイズ統計をどう教えて行くべきか（2）」.

Sober, E.（1988）. *Reconstructing the Past: Parsimony, Evolution, and Inference*. The MIT Press.（三中信宏訳『過去を復元する―最節約原理, 進化論, 推論―』, 勁草書房, 2010）

Sober, E.（2000a）. Philosophy of biology. 2nd edition. Oxford University Press.（松本俊吉・網谷祐一・森元良太訳『進化論の射程―生物学の哲学入門―』, 春秋社, 2009）

Sober E.（2000b）. "Evolution and the Problem of Other Minds." *Journal of Philosophy* **VCVII**（7）, 365–386.

Sober, E.（2001）. "The Principle of Conservatism in Cognitive Ethology." In D. Walsh（ed.）, *Naturalism, Evolution, and Mind*. Cambridge University Press, 225–238.

Sober, E.（2005）. "Comparative Psychology meets Evolutionary Biology: Morgan's Canon and Cladistic Parsimony." In L. Datson & G. Mitman eds., *Thinking with Animals: New Perspectives on Anthropomorphism*, Columbia University Press, 85–99.

Sober, E.（2012）. "Anthropomorphism, Parsimony, and Common Ancestry." Mind & Language **27**（3）, 229–238.

Sober, E.（2015）. *Ockham's Razors: A User's Manual*. Cambridge University Press.

Spada, E. C.（1997）. "Amorphism, Mechanomorphism, and Anthropomorphism." In R. W. Mitchell, N. Thompson & H. L. Miles（eds.）, *Anthropomorphism, Anecdotes, and Animals*. State University of New York Press, 37–49.

Wasserstein, R. L. & Lazar, N. A.（2016）. "The ASA's Statement on *p*-Values: Context, Process, and Purpose." The American Statistician **70**（2）, 129–133.