OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	On Exact Methods for Testing Equality of Binomial Proportions
Author(s)	松尾, 精彦
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/289
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	松尾精彦（まつおあきひこ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 17319 号
学位授与年月日	平成14年10月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	On Exact Methods for Testing Equality of Binomial Proportions. （2項確率の同一性を検定するための正確法について）
論文審査委員	（主査） 教授 白旗 慎吾 （副査） 教授 稲垣 宣生　教授 後藤 昌司

論文内容の要旨

この論文では、いくつかの2項確率の同一性を、有意水準を固定して正確検定する場面を考え、従来から用いられてきている方法の精密化について議論している。一般に正確法を用いて検定を行う際問題になるのが、その保守性である。つまり、実際の有意確率が、固定された有意水準を下回ってしまう。この保守性を緩和することは、生物医学データなどのように、一つ一つの点が貴重で高価なデータを解析する際重要になってくる。

まず、従来の条件付正確検定と非条件付正確検定の正確な振る舞いを観察し、それぞれ改良の余地があることを発見した。条件付検定の場合、条件付検定統計量分布の離散性がその保守性の原因である。この離散性はサンプルサイズが一致すると顕著になり、互いに異なると小さい。そこで、2次元検定統計量を提案し、サンプルサイズが偶然一致してしまったときに起こる過度の離散性を除去することに成功した。一方非条件付検定の場合は、検定統計量の非条件付分布が、未知パラメータに依存することがその保守性の原因となっている。そこで、条件付分布関数から構成される修正統計量を提案し、統計量分布の未知パラメータへの依存を低く抑えることにより、振る舞いの安定した非条件付検定が実現された。

これら2つの精密化は、互いに排他的なものではなく、同時に利用できる。そこで、2次元統計量をもとに構成される修正統計量を用いた非条件付検定の利用を最終的に提案した。この方法を用いることにより、従来正確法の致命的な欠点とされてきた保守性を低く抑えることに成功した。

この論文で紹介した方法は、全て、従来の方法に比べ計算量が多くなる。しかし昨今のコンピュータ環境の飛躍的な発展を見るにつけ、計算量が多少増えても、より効率的な手法の開発を優先させてよい時代になってきているように思える。計算コストは、データ収集コストに比べ、取るに足らないものになりつつあるからである。なお、この論文での計算はすべて数式処理ソフトウェア Mathematica™ を用いて行った。

論文審査の結果の要旨

いくつかの2項確率の同等性検定は、2つ、もしくは複数の処理効果の比較の場合に重要であり、統計学の重要な応用分野である。実際の検定手順では正規近似・カイ2乗近似に基づく近似法が用いられることが多いが、標本数が

あまり大きくない場合にはその近似誤差が無視できず、可能、かつ検出力が高いなら厳密な確率計算に基づく正確検定の使用が望ましい。

正確法の構成には大別すれば十分統計量の値を与えられたものとする条件付き分布を考える方法と非条件付き方法がある。ただし、検定のサイズが与えられた有意水準を超えないように棄却域を構成すると、２項分布の離散性のために前者が後者よりはるかに小さく、保守的にすぎ、したがって検出力が低くなり、そのため、簡便さ以外でも漸近近似が用いられる理由ともなっていた。本論文ではこの正確法の検定サイズと検出力を詳しく調べ、その弱点を軽減する各種の方法を提案し、その性能を調べている。

本論文で考える統計量は偏差統計量、カイ２乗統計量、べき偏差統計量の３種である。これらは漸近的には同等であることが知られており、大標本の場合にはほとんど差はないが、標本数が小さい場合には、時には大きな差となる。これらの統計量に基づく条件付き検定、非条件付き検定による正確法の検定サイズと検出力の比較を行なった結果、偏差統計量が標本空間が細かくサイズと有意水準との差が小さい、偏差統計量は非条件付きの場合は性能が低い、他の２つは条件付き検定と非条件付き検定の差は小さく計算負荷の点から条件付き検定が優れている、等を示した。さらに、単純な比率の比較および線形ロジスティツクモデルにおける３つの統計量による正確法の改良を目指し、同じ検定統計量を与える標本空間の要素間に自然な順序を与える統計量による２次元統計量を与えた。この方法は条件付き検定における検定サイズの揺れを小さくし、結果として保守性を減らし検出力を高め、元の統計量を一様に改良している。また、検定統計量の条件付き累積分布関数をもとにした修正統計量を提案し、もとの条件付き検定を一様に改良することを示した。

以上のように、２項確率の同等性検定に近似を用いず厳密な検定を可能にし、かつ検出力を高める各種の方法を提案している本論文は、統計学の応用面に寄与するものであり、博士（工学）論文として価値あるものと認定する。