

氏 名 OTA RISSA

学位（専攻分野） 博士(学術)

学位記番号 総研大甲第483号

学位授与の日付 平成12年9月29日

学位授与の要件 数物科学研究科 統計科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学位論文題目 Reevaluation of Likelihood Ratio Tests for
Evolutionary Tree Models

論文審査委員 主査 教授 伊藤 栄明
教授 北川 源四郎
教授 長谷川 政美
助教授 土谷 隆
助教授 橋本 哲男
教授 岸野 洋久 (東京大学)

論文内容の要旨

本論文は、進化系統樹における尤度比検定に関連する諸問題について研究したものであり、全8章と付録からなる。第1章は導入部で論文の全体が説明されている。第2章では系統樹推定の分野の現状が整理されている。そして第3章以降が申請者の研究の主要部分である。

第3章では系統樹推定における尤度比検定について論じている。通常の系統樹では、すべての分岐において種は2つに分岐すると想定されているが、系統樹の一部において分岐の順番を明確にすることが難しい場合には、ある一つの節点で3つ以上の種が分岐している星状系統樹を考えることがある。

本章では、星状系統樹を帰無仮説、この節点がすべて2つの系統樹に分岐しているような特定の系統樹を対立仮説とする尤度比検定を考えた。この場合、対立仮説のもとでは枝の長さの最尤推定量が負の値をとり得ないことを考慮して尤度比検定統計量の分布を計算する必要があるが、枝の長さの推定値の非負性を考慮に入れた適切な検定がこれまで行われてこなかったことを指摘し、帰無仮説の下で対立仮説の各枝の長さの分布が互いに独立と近似的にみなせる場合について、尤度比検定統計量の分布形を具体的に求めた。

上の問題をより厳密にとり扱うには、各枝の長さの分布の相関まで考慮する必要がある。第4章においては、この点についてさらに考察を進め、いろいろな系統樹モデルを同時に比較する際の尤度比検定について論じている。そして、種の数 k の場合について、シミュレーションによって枝の長さの相関の影響が大きくないことを明らかにした。さらにこの結果を種が5の場合に拡張しその影響が少くないことを示す実例を与えた。

現在、実際の解析では一つの遺伝子ではなく、いくつかの遺伝子を同時に用いて系統樹を推定することが行われている。第5章においては、遺伝子ごとに得られた異なる系統樹が、一つの共通の系統樹から得られたものであることを帰無仮説とする検定法を提案している。この方法は、ブートストラップ的な方法で得られた結果を中心化法で補正するものである。

第6章では、系統樹推定に対するベイズ的アプローチに関して最大対数尤度に基づく事後分布の近似的な計算法を提案している。この近似の考え方は、いわゆるBICと類似したものではあるが、可能な系統樹のトポロジーの数やヒストリーの数についてどこまで考慮に入れるかによっていくつかの方法が提案されている。そして、厳密なベイズ的アプローチによって得られた系統樹の事後分布と提案している方法による事後分布を実際のデータに基づいて比較し、その有効性について実証している。

第7章では枝の長さの推定量が負にならないはずであることを考慮した場合に、情報量規準のアプローチではどのような補正が必要であるかについて考察している。最後に、第8章では結論が与えられ、今後の課題について議論されている。

付録においては、本論文の中心的課題である系統樹推定とは直接的な関係はないが統計科学的に関連する仕事として、水産学における遺伝的データを用いた集団の混合比の推定に関する研究が収録されている。

論文審査結果の要旨

本論文においては、従来の系統樹解析においては見逃されてきたいくつかの重要な問題点が検討され、その解決への方法が示されている。本論文でとりあげられている統計的諸問題は、重要な問題として統計学において現在も盛んに研究されているものである。本論文では、系統樹解析という具体的分野において、これらの問題の重要性をはじめて明確に意識し、解決する方法を示している。

第3章、第4章で述べられている星型系統樹の検定については、検定統計量を計算する際に、推定される枝の長さの推定量が負にならないはずあることを考慮して尤度比検定統計量の分布を計算する必要があるにもかかわらず、これまではその影響が考慮されていなかった。申請者はこの問題を指摘し、第3章ではまず対立仮説が一つである場合を考え、正確な標本分布による検定が可能であることを示した。さらに第4章では対立仮説が複数ある場合について考察し、枝の長さの相関を考慮した検定が可能であり。それが従来の方法と比較して優れていることを実例を通じて示した。

系統樹推定において重要ではあるがこれまで省みられなかった統計的問題を指摘してそれについて詳細に解析し、その解決法を示して興味ある実例を与えたことは評価される。

系統樹推定において複数の遺伝子を用いることが一般的になっている状況を考慮すると、複数の遺伝子を同時に用いた系統樹推定の手法はますます重要になると考えられ、その点において第5章で提案されている手法は評価できる。

系統樹推定におけるベイズ的アプローチは高次元積分を行うために、膨大な計算量を必要とすることが問題点として指摘されてきた。第6章で提案されている手法は簡単に計算可能な事後分布の有効な近似法を与え、ベイズ的方法の実用化に貢献したものとして評価できる。

以上の評価より、本論文は博士に十分に値するものであると判定した。

なお本論文については国際学術誌に1編掲載されており、さらに1編が掲載予定である。また5編の論文を投稿中あるいは投稿準備中である。

[試験結果]

数物科学研究科における課程博士の授与に係わる論文審査等に関する規定第9条に基づいて、口頭試問を行った。その結果、出願者は統計科学および関連する分野に関して十分な学識を有することを認め、試験に合格したと判断した。