

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Speedy double bootstrap method and its application for assessing the statistical reliability of estimated phylogenetic trees
著者(和文)	任愛珍
Author(English)	aizhen ren
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9266号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:渡辺 治,秋山 泰,間瀬 茂,三好 直人,杉山 将
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9266号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	任 愛 珍	
		氏 名	職 名		
論文審査 審査員	主査	渡辺 治	教授	審査員	杉山 将
	審査員	秋山 泰	教授		
		間瀬 茂	教授		
		三好 直人	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Speedy double bootstrap method and its application for assessing statistical reliability of phylogenetic trees (スピーディ・ダブルブートストラップ法とその分子系統樹の信頼性評価への応用)」と題し、英文6章よりなる。分子系統樹の信頼性評価は、分子進化学において系統樹推定を正しく行うための根幹を成す技術であり、正確な信頼性指標を短い計算時間で求める手法が渴望されている。ブートストラップ法(BP)は広く知られた信頼性評価手法であるが、一次の精度しか保証されず、一定の状況下ではバイアスが大きくなり実用上の問題となっている。これを改善すべく提案されたダブル・ブートストラップ法(DBP)は三次の精度を有する手法であるが、計算量が膨大で、実用的な時間内で計算を行うことが困難である。一方、マルチスケール・ブートストラップ法(AU)は、三次の精度を有しながらも、計算量がDBPよりも遥かに少ない優れた方法であるが、マルチスケールの計算を行う面でBPよりは1桁以上多い計算量が必要となっている。本論文では、三次の精度を有しながら、計算量がAUよりも少ないスピーディ・ダブルブートストラップ法(sDBP)を提案した。マルチスケールの計算を行うのではなく、DBPに射影の概念を導入することにより、必要なサンプリング回数の減少に成功した点と、射影を得るための手続きを提示した点が、本論文の主たる成果である。

第1章「Introduction」では、本研究の背景、問題の定式化等を述べ、論文の構成を示している。

第2章「Speedy double bootstrap method for assessing the reliability of phylogenetic trees」では、本研究の成果であるスピーディ・ダブルブートストラップ法を導出している。各仮説の境界面に対する対数尤度ベクトルの射影を計算する手法として、PAVA (Pool Adjacent Violators Algorithm)の利用を提案し、進化系統樹の解析等に一般的に利用できる手順を具体的に示している。提案法sDBPは理論的にDBPやAUと同じ三次の精度を持つが、DBPよりも遥かに計算量が少なく、AUよりもさらに計算量が少ないことを説明している。また、提案したsDBP法について、その利点と欠点を述べている。

第3章「Evaluation of speedy double bootstrap method using biological data」では、規模の異なる2種類の生物学的データを用いて、提案したsDBPと、既存のDBP、AU、BPの性能および計算時間を比較している。sDBPではDBPと差のない結果を、圧倒的に短時間で得られることが示されている。

第4章「Evaluation of the rejection probabilities for four bootstrap methods」では、より詳細な解析を目的として、正規モデルに基づき人為的に生成したデータを用いて、提案したsDBPと、既存のDBP、AU、BPの性能を比較している。さまざまな実験条件の下での仮説の棄却確率は、sDBP、DBP、AUの間では常にほぼ類似した傾向を示し、BPだけが明らかに異なることが示されている。

第5章「Implementation of speedy double bootstrap method for phylogenetic trees」では、提案法が幅広い分野で活用されるために、誰にでも簡易に利用できるR言語のパッケージSDBPとして実装したこと、その利用法の詳細が記述されている。たとえばAU法では非線形関数の最適化の機能が別途に必要であるのに対して、sDBPは公開したSDBPパッケージだけで計算が完結するため、系統樹解析のための様々な既存のプログラムに容易に組み込むことが可能であることが述べられている。

第6章「Conclusion」では、本研究の成果をまとめ、今後の研究課題について述べている。

以上をまとめると、本論文は、三次の精度を有しながらも、一次の精度のBP法と同等の時間で計算できるスピーディ・ダブルブートストラップ法を新規に提案し、このときに必要となる各仮説の境界面に対する対数尤度ベクトルの射影を計算する手順も具体的に与えている。提案法の性能の高さは、実際の生物学的なデータと、シミュレーションで生成した人工データとの二つの方法で実験的にも確認し、提案法の具体的な利用法についても的確に示している。これらの結果は、ブートストラップ法の研究に新たな一面を切り拓くものであり、進化系統樹解析等の応用分野に対しても重要な貢献となるものである。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分な価値があるものと認める。