

学 位 論 文 題 名

樹木年輪幅の時系列変動の解析

学位論文内容の要旨

年輪年代学の手法は、枯死木、埋没木、建築物や遺物の木製品などの年輪幅の変動を利用して、樹木が生育していた絶対年代を1年単位で推定する解析法である。

日本の年輪年代学研究は昭和初期にいくつかの研究機関で行われていた。当時は”日本のような温暖湿潤な気候下で育つ樹木の成長には、外的な要因のうち樹木間の競争による影響が強く関与し、気候要因による影響は弱い。従って、年輪の形成には樹間競争などの外的要因に関与する成分が支配的で、気候に関与する成分の占める割合が小さくなる”と結論づけられていた。このような樹木年輪幅の年輪年代学や年輪気候学への適用は、好ましくないと考えられ、統一的な解析の手法が確立されずに今日まで至っている。

本研究はアカエゾマツ・スギ・ヒノキに適用する年輪年代学の手法を、年輪幅の指標化法、解析法、応用例などを通して検討したものである。

第1章では、欧米や日本における年輪研究史を検討し、日本の年輪年代学の確立を困難にした問題点を挙げ、これを究明するための研究目的と概要について述べている。年輪年代学の成立の条件である広い地域に共通する年輪幅の時系列変動、すなわち”年輪幅変動の同時性”の検討が行われていないことが、過去の研究の流れから判明した。年輪幅変動の同時性に影響する気候変動の成分は、年輪幅に微小な変動として含まれている。微小な変動を抽出し強調する方法として、多量の供試木の年輪幅系列を積算平均し、適した指標化関数を導出して、これから年輪幅変動の同時性を明らかにする方法の必要性について述べている。

第2章では、年輪年代学で用いる指標年輪幅系列を得るための最適な指標化関数の導出を試みた。指標年輪幅系列は実測された年輪幅に関数

形の処理を行い算出するため、用いる関数形により異なる年輪幅系列になる。年輪幅系列のモデルを作り、各種の関数形（指数・多項式・ローパスフィルタ・ハイパスフィルタなど）が持つ特性を統計的な有意水準から検討した。また、アカエゾマツ天然林についても同様の検討を行った結果、3次多項式と5年以下の短周期成分を通過させるハイパスフィルタを併用した指標化法が、年代の推定に適した関数形として推奨された。

第3章では、ハイパスフィルタを用いて同一円板内の異なる方向や同一個体内の地上高の異なる円板、異なる個体、異なる立地間の年輪幅変動の同時性をまとめている。

アカエゾマツ、ヒノキ、スギの同一円板の異なる方向における指標年輪幅系列間は、ともに、高い有意水準になり方向による影響が少ないことを示した。横断面での年輪の偏心の影響は指標化することにより問題にならないことが確認された。地上高0.3から9.3mまでの、地上高の異なる円板の指標年輪幅系列は統計的に有意な水準にあること、さらに、平均の t -値は、地上高5.3mで最大値を示し、樹梢や地際に近づくほど小さくなることが判明した。これらの結果から、年輪幅変動の同時性から見た最適な樹幹の部位は、枝下高以下の地上高5.3m付近であると考えられる。それが困難な場合は胸高部位による代用も可能である。

同一樹種の異なる個体の指標年輪幅系列における相関分析の結果、統計的に無相関および負相関を示した固有（同時性をもたない）の変動をもつ個体数は277個体の約12%の30個体であった。この結果から、年輪年代の推定に用いる標本数については、単木あるいは数本の標本数の解析では固有の変動をもつ供試木を選木する可能性が高くなり、年代の推定のうえで信頼性に欠けた結果を導くことが考えられ、一地点で少なくとも10個体以上の標本数が必要である。天然木は造林木に比べて複雑な成長過程をたどることから、固有の年輪幅変動が強く現れる可能性が高いと考えられていた。しかし、アカエゾマツ天然木とヒノキ、スギ造林木で固有の年輪幅変動を持つ個体の頻度を対比した結果からは、差異が認められなかった。

第4章では2章と3章で得た年輪幅変動の同時性の解析法を単木から地点へ、さらに地域へと拡大し、地域間に共通した年輪幅系列の変動の解析例について述べている。

天塩地方演習林と雨龍地方演習林のアカエゾマツの63個体による年輪指標年の出現年代は70年間に8ヶ所（頻度確率80%以上）が認められた。約10年に1個の頻度で生じる年輪指標年だけでは、年輪年代の絶対推定を行うことはできないが、副次的な指標としては有効であることを確認した。

1960年～1975年代にかけて西日本を中心とする地域のスギ、ヒノキの成長に共通する減少が認められた。この減少は、当該期間の気温や降雨量の変化に特異的な傾向が見られないこと、西日本を中心とする全域、特に海岸域で強く現れていることから大気汚染や風などの外的要因が深く関与している可能性が示唆された。

年輪幅の同時性をもつ地域の広がりを目安になる統計的な信頼限界の距離は、アカエゾマツで約130km、ヒノキで約350km、スギで約200kmであった。これらの樹種を年輪年代学の手法に適用する場合、上記の信頼限界距離を考慮しなければならない。

第5章では、年輪年代学の視点から前章までの解析の結果をふまえて、手法の総合的な評価を得るため、伐採年と伐採地が不明なアカエゾマツ柱材について、伐採年と伐採地の推定例を述べている。推定のための対象木は雨龍地方演習林の母子里旧学生宿舎の柱材である。雨龍地方演習林の4地点のアカエゾマツ天然木の標準年輪幅曲線（地点を代表する年輪幅の標準曲線）と柱材の標準年輪幅曲線とは高い有意水準でクロスデューティングされた。さらに4章で求めた年輪指標年の出現年代の照合を行った結果、1939年の秋から翌年の4-5月までに伐採されたことが統計的及び視覚的にも推定された。また、アカエゾマツ天然木の標準年輪曲線から求めた統計的な信頼限界距離の関係式から、伐採地は雨龍地方演習林411林班を中心とする地域であることが推定された。

柱材の伐採年や伐採地の推定を可能にした要因として、アカエゾマツが年輪年代の推定の成立条件（同時性・生育地域の広さ）を満たしていたこと、ハイパスフィルタによる指標化が年代の推定に適していたこと、多数の天然木と柱材の年輪幅系列による積算平均が実行できたことなどが挙げられる。なおアカエゾマツの年輪幅の時系列変動の情報から伐採年と伐採地を推定した解析例は本研究が最初の事例であると思われる。

第6章では、指標化法及び指標年輪系列の積算平均を用いた年輪系列の作成について総合的に考察し、年代推定が可能であることを明らかにしている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 深 澤 和 三
副 査 教 授 藤 原 滉一郎
副 査 教 授 堀 口 郁 夫
副 査 助教授 大 谷 諄

学 位 論 文 題 名

樹木年輪幅の時系列変動の解析

本論文は6章からなり、図61、表45、引用文献115を含む総頁数167の和文論文である。別に参考論文29編が添えられている。

年輪年代学の手法は樹木の年輪幅の変動を利用して絶対年代を1年単位で推定する解析法である。日本では、気候が温暖で湿潤なため、樹木年輪幅の変動は樹木間の競争の影響が大きく、気候の影響が小さいため、このような樹木の年輪幅の変動は年輪年代学への適用が好ましくないと考えられてきた。その結果、日本のこの分野の研究では統一的な解析の手法が確立されずに今日まで至っている。

本論文では”樹木年輪幅の時系列変動の導出”に課題を絞り、広い地域にわたって生育するアカエゾマツやヒノキ、スギを対象に解析し、さらに日本における年輪年代学の手法の確立について論及している。

第1章では、年輪年代学の成立の条件である”年輪幅変動の同時性”すなわち、広い地域に共通する樹木年輪幅の時系列変動の解明に論点を設定している。欧米や日本の研究史を検討し、日本の年輪年代学の確立を困難にした要因について述べ、その要因は年輪幅を指標化する関数形に起因すると推察している。

第2章では、年輪年代学で用いる指標年輪幅系列を導出するための最適な指標化関数の探究を試みている。各関数形（指数・多項式・ローパスフィルタ・ハイパスフィルタなど）が年輪系列のモデルから検討された。また、実際の年輪幅の変動に適用し、3次多項式と5年以下の周期成分を通過させるハイパスフィルタを併用した指標化法が年代推定に適した関数形として導出されている。

第3章では、ハイパスフィルタを用いて、同一個体の水平・垂直方向や異なる個体、異なる立地間の年輪幅の同時性について検討している。アカエゾマツ、ヒノキ、スギにおける同一円板の年輪幅の方向による差異の影響は小さいことが明らかにされた。アカエゾマツの地上高が0.3mから9.3mまでの円板間の年輪系列

には統計的に有意な差は示されない。また梢端や地際に近くなるほど t -値は小さくなり、地上高5.3mが最大値になることから、供試円板は、枝下高以下の地上高5.3m付近が最適であると推察している。

同一樹種の異なる個体の同時性の検討では、277個体のうち247個体(約88%)に同時性が確認された。同時性をもたない固有変動が12%あることから、一地点における標本数は少なくとも10個体以上必要であることを示唆している。複雑な成長過程をたどる天然木は個体に固有の年輪幅変動が強く現れると考えられていたが、アカエゾマツ天然木とヒノキ、スギ造林木の固有変動の対比からは差異が認められなかった。

第4章では2章と3章で得た年輪幅変動の解析法を地点から地域へ拡大し、地域間に共通した年輪幅の時系列変動の解析例について述べている。アカエゾマツの63個体による年輪指標年の出現は70年間に8ヶ所(頻度確率80%以上)で認められた。この頻度確率からみて年輪指標年のみからの絶対年代の推定は困難であるが、副次的な指標としては有効であることを示した。1960年～1975年代にかけて西日本を中心とする地域のスギ、ヒノキの成長に共通する減少が認められた。この期間の気温や降雨量の変動に特異的な傾向が見られないこと、西日本を中心とする全域、特に海岸域で強く現れていることから、この減少は大気汚染や風などの外的な要因が関連すると推論している。また異なる採取地において同時性を示す統計的な信頼限界距離はアカエゾマツの天然木で約130km、ヒノキで約350km、スギで約200kmであることが算出された。

第5章では、これまでの結果をふまえて、手法の総合的な評価を行うため、伐採年と伐採地の不明なアカエゾマツ柱材(雨龍演習林旧学生宿舍)を用いて、伐採年と伐採地の推定が検討されている。雨龍地方演習林の4地点のアカエゾマツ天然木の標準年輪曲線と柱材の標準年輪曲線とは高い有意水準でクロスデーティングされ、年輪指標年の出現年代の照合も確認され、1939年秋から翌年の4-5月に伐採されたことが統計的及び視覚的な方法により推定された。また、4章で求めた統計的な信頼限界距離の関係式から、伐採地は雨龍地方演習林411林班付近であることを推定している。

第6章では、ハイパスフィルタによる指標化法および指標年輪系列の積算平均を用いた年輪系列の作成について総合的に考察している。

以上の結果は、わが国の年輪年代学の研究を方法論の点から確立し実証したものであり、高く評価される。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果とあわせて、本論文の提出者野田真人は博士(農学)の学位を受けるに十分な資格があるものと認定した。