

—森林の生長モデルについて—

新大農 小林正吾

はじめに

森林の立木材積の測定法と並んで、林分生長量と収穫量の予測法の問題は、森林測定学における主要な分野である。生長量の予測法としては、林分表法や二段法などの直接的方法および林分収穫表を利用する間接的方法が提示され体系ができていた。さらに最近になって、生長予測法として生長モデルの研究が発展してきた。従来の生長量の予測法は、基本的には過去の林分の生長傾向を将来に延長して対象期間における林分生長量を予測するという手法がとられてきた。これに対して、生長モデルは、林分の生長法測を予めモデルによって表現し、それを動かして将来の林分の変化を予測しようとするものである。前者は帰納的方法であり、後者は演えきの方法といえる。つまり、両者には、「調べた結果こうであった」と「論理上こうなる筈だ」という違いがある。両者の予測結果が同値であれば、サイエンスという観点からは、後者は一歩前進した方法とみることができよう。

筆者は、カラマツ人工林を対象にし、一応可能性の論議を越えて、生長および収穫予測のできる林分生長モデルを作った。¹⁾ それ自体は、試作品第1号の域を脱するものではないが、少なくとも森林を生物個体群として把える立場からの森林測定法の1つを示すことができたことと自己解釈をしている。

ところで、一口に森林モデルあるいは生長モデルといっても、その作られる目的、その方法論も様々であり、一概に定義づけることはできない。しかし、その基本的な性格については、これからの研究の進展を前に十分な論議を尽くしておく必要がある。こうした点から、以下若干の私見を述べさせて頂く。

モデルとは

モデルという用語は、日本人の日常語として幅広く用いられているが、ここでのモデルは、模型を意味している。さらにその内容についてみると、実物の外観だけをまねたものと、外観は似ていないが、本物の機能をまねたものの2つに大別することができる。ここで前者を外観模型、後者を機能模型と呼ぶことにし、それぞれの特徴を考えてみる。

1. 外観模型

この種の模型は、すでにわかっている知識のみによって作られている。典型的な例として地球の模型である地球儀をあげることができる。地球儀によって本物の地球の外観をいながらにして知ることができるし、また 世界一周計画を練ったり、目的地点までの最短コースを容易に測ることができるなど、それなりの利用価値がある。しかし、さらに立ち入った地球の地殻構造やその物理的性質など

については何も知ることはできない。

この外観模型は、われわれにとっても無縁なものではなく、森林基本図はその好例の1つであり、少し変わったところでは、立木の樹幹解析図もこの例である。また、すでにわかっている事実のみによって作られているという観点からは、林分収穫表もこの範ちゅうの模型である。すなわち、過去の経験的事実を非常によくまねたものである。したがって、過去と同じ条件のもとでは、林分の生長や収穫の予測に十分役立つものであるが、条件の異なる場合（従来と異なった施業をとろうとするようなどき）には、既成の収穫表は有効な情報源とはなり得ない模型となる。この外観模型そのものからは、いままでわかっていない新しい事実を知ることはできない。

2. 機能模型

本物と外観は似ていないが、本物と同様な原理あるいは法則によって動く模型である。リモコンによって空中を飛ぶ模型飛行機は、その典型的な1つの例である。この模型をいろいろな条件下で飛行させて、条件の変化に対する反応の仕方をみたり、部品の形を変えてその機能をテストすることができる。さらに、この模型を使ってまだわかっていない部分を研究することもできる。

ここで対象とする生長モデルは、本物が森林であり、その動き方の法則、すなわち生長法則をまねた機能模型である。そして模型に組み込まれている生長法則は、個体群としての森林の動態を表現するものでなくてはならない。すなわち、われわれの指向する模型は、森林の生態モデルに外ならない。

モデルの作り方

生態モデルの組み方、すなわち森林動態の法則性を如何にしてモデル化するかが重要な問題である。ここ数年来、林業統計研究会のシンポジウムにおいて、しばしば論争点となったマイクロ・モデルかマクロ・モデルかの問題もこの点にかかわっているわけである。ここで、筆者なりにこの問題の整理を試みてみたい。

1. マクロ・モデル

モデル構成の単位を林分すなわち個体群に置くものと解釈される。林分の生長法則は、主として微分方程式で表わされる。鈴木²⁾の林分遷移の基礎方程式にその典型例をみることができる。その外に、MOSER³⁾の森林生長のシステム方式や生態学の分野における二次遷移モデルのCompartment model⁴⁾などが、この範ちゅうに類するモデルとしてあげられる。

2. ミクロ・モデル

モデル構成の単位を単木とするものと解釈される。個体群における種内や種間競争のモデル化が中心となる場合が多く、林分内における各立木の生長過程や相互関係のメカニズムを、部分的な観測デ

ータや研究成果からの知見をよりどころに論理的にモデルを組み立てていく。この場合に、数学モデルの形も微分方程式に必ずしもこだわらず、実験式や確率モデルなどの組み合わせで構成される場合が多く、完全な機能モデルとはいえない内容のものもある。NEWNHAM⁵⁾、MITCHELL⁶⁾、BOTKIN⁷⁾、石田⁸⁾、筆者のモデル¹⁾などは、この範ちゅうのモデルとみられる。

一般にマクロ・モデルは、一貫した数学モデルによって森林の動態を明解に記述するが、森林の局所的な変化、たとえば部分的な立木伐採にともなう変化などを表現することは苦手のようなのである。これに対して、ミクロ・モデルは、森林の生態的あるいは立地的要因の作用について、知りえた法則性を比較的容易にモデルに組み込むことができる。そのモデリングの過程での理論的な面に不満が残っても、試行錯誤を重ねることによって、本物の林分の動態に忠実なモデルとすることができる。

以上のようにみると、マクロ・モデルは、たとえばある広い地域を対象にした植生の遷移といったような、かなり order の大きい一般的な森林の動態を対象にする場合に適しており、一方、ミクロモデルは、立木密度や間伐効果などのようなかなり限定された条件のもとでの森林の生長モデルとして適していると考えられる。このように、両種のモデルは、それぞれ特徴があって、研究対象や利用目的によって使いわけすべきものであろう。

とくにミクロ・モデルについて

ミクロ・モデルは、NEWNHAM の Douglas fir 林分を対象にしたモデルに端を発し、以下次々に引きつがれてきているが、それらの研究において、立木間の競争関係のモデル化が中心的な課題とされてきた。この中でNEWNHAMの交差角で示された考え方が低流として引きつがれている。すなわち、林分内でそれぞれの立木を中心として、立木の大きさに比例した半径の円を考え、相互の拡大円の重なり具合によって、競争の強さを測るという方法である。このような流れは、定角測定法の理論の発展を背景として促進されたものと考えられる。この流れをくむ立木間の競争モデルは、測定理論の明解性と測定法の簡易性という点で優れてはいるが、生態学的説明に乏しく、必ずしも説得力のあるモデルとはいえないうらみがある。

前述したように、ミクロ的な林分生長モデルは、その構成上、理論面で不十分であっても、本物によく適合した結果を示すことのできることを特徴とする。とはいっても、一般化され、説得力のあるモデルとするには、そこに一貫した理論的根拠をもって臨むことがぜひとも必要なことである。それが単なる思いつき、コンピュータ・ゲームとのそしりにこたえる最も重要な点であろうと思うのだが。もとより、複雑な森林の生長構造を余すことなく1つのモデルで表わすことは不可能である。肝要な点は、いかにして森林生長の支配的な法則性をモデルに組み込むかである。

上のような観点から、筆者はカラマツの林分生長モデルにおいて、林分の生長経過を林冠の閉鎖にともなう各立木の樹冠の枯れ上がり過程とみて、この結果、葉から幹への同化物質の配分量が減少し幹の肥大生長量の低下がもたらされるといった、ごく一般的な生態学的知見を理論背景として採用し

てきた。

モデルの検証

森林の生長要因について、生長量との因果関係を決定論的に求めることのできるものはむしろ少ない。このような現状でのモデルは、確率事象として取り扱う部分と、いくつかの仮説の組み合わせによって構成せざるを得ない。つまり、「こうすれば、こうなるであろう」ということの具体的な表現に過ぎない。すでにふれたように、モデルの有用性は、未知の部分への探索にあるが、実際に林分生長モデルを作る場合には、まず実物（林分）の存在する範囲内でモデルを作り、その結果を実物と対比してモデルの検証を行い、次の段階で未知な方向にモデルを動かしていくといった、step by step の手順で進めるべきであろう。この繰り返しを重ねて、次第に適確に林分生長を予測できる生長モデルに高めていくことができるものとする。

あ と が き

森林測定の諸問題という大きなテーマに対して、生長モデルというごく限られた問題を取り上げてきた。しかし、その問題点を介して森林測定の対象領域を、森林の静的な側面からさらに動的な側面へと、いま以上に広げていく必要性を主張してきたつもりである。ある対象物あるいは現象に対してまず実態をさぐりだす、次になぜそうなるのかというステップが学問の進む一般的な方向である。森林測定の分野と、その発展段階からみて、2段目のステップにかかっているように思えるのだが。この点も含めて、ここで提示したいいくつかの問題点について、会員各位から御教授を頂ければ幸いである。

引用文献

- 1) 小林正吾：北林試報，15号別刊，pp. 164. 1978.
- 2) 鈴木太七：日林誌，48，436～439. 1966.
- 3) 岩城英夫：植物生態学講座4，287～300. 1977.
- 4) MOSER, J. W. : IUFRO Joint meeting, pp. 28. 1973.
- 5) NEWNHAM, R. M. : Ph. D. Thesis. Univ. British Columbia, pp. 201. 1964.
- 6) MITCHELL, K. J. : Yale Univ. Sch. For. Bull. 75, pp. 48. 1969.
- 7) BOTKIN, D. B., J. F. JANAK and J. R. WALLIS : J. Ecol. 60, 849～872. 1972.
- 8) 石田正次：統数研彙報，22（1），69～86. 1974.