

# 「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」の開発

八坂 通泰・滝谷 美香・山田 健四

## はじめに

植栽から収穫まで数十年を要する人工林において、将来の成長予測は木材生産機能の強化だけでなく、二酸化炭素固定能の向上、災害に強い森づくりなどのためにも不可欠です。近年は低密度植栽や長伐期化など施業が多様化しており、これらに対応した収穫予測手法が求められています。こうしたニーズに応えるため、カラマツ人工林を対象に様々な間伐を実施したときの成長予測がパソコン上でできるソフトを開発しましたので紹介します。

## パソコンによる収穫予測のメリット

現在、道内の人工林における成長や収穫量の予測には、収穫予想表、林分密度管理図、収量－密度図などが使用されています。収穫予想表では、樹高、直径、林分材積などの平均的な成長経過が地位ごとに示されます。しかし、収穫予想表では平均的な密度管理以外の予測はできません。一方、林分密度管理図や収量－密度図では、様々な間伐の時期や強度での予測が可能ですが、グラフ上で平均直径、林分材積、径級分布など必要な数値情報を読み取る必要があります。ですから、間伐方法をいろいろ変えて収穫量を比較したいときには非常に手間がかかります。

こうした作業を自動化するために、システム収穫表と呼ばれる手法が開発されてきました。システム収穫表とは、様々な状態の林分で多様な間伐が実施されたときに、将来の成長予測ができるコンピュータプログラムの総称です。道内の主要造林樹種であるカラマツやトドマツについても、過去にシステム収穫表は開発されています。しかし、これまで開発されたシステムはコンピューターの普及や、高齢人工林の調査データ等が十分でない中での取り組みであったため、あまり活用されませんでした。今日では、パソコンは一般的な道具ですし、不足していた高齢林の調査データも集まり始めました。最近、本州でもスギやヒノキを中心に各地でシステム収穫表が開発されています。

そこで、林業試験場ではカラマツ人工林を対象に、最も馴染みのある表計算ソフトであるMicrosoft社Excelを利用したシステム収穫表「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」(以下収穫予測ソフトまたは単にソフト)を開発しました。ソフト開発にあたっては、道内民有林約2,700林分の毎木調査データと、数十年間に及ぶ直径成長の継続調査データを用いました。このように道内カラマツ人工林の膨大なデータを活用したシステム収穫表は他に例がありません。データの収集は、道内の森づくりセンター、特に普及職員の方々の長期に渡る地道な取り組みなしでは成し遂げることは困難でした。この場を借りてデータの収集にあたられた関係者の方々にお礼申し上げます。



図－1 収穫予測ソフトがダウンロードできる北海道立林業試験場のホームページ

### ソフトの入手方法

収穫予測ソフトは、林業試験場のホームページ“カラマツ収穫予測ソフト”からダウンロードできます(図-1)。ホームページに掲載しているファイルには、“使用手引き”(PDFファイル)と、“データあり”、“データなし”のエクセルファイル(それぞれ約12MB)があります。ホームページからこれらのファイルをダウンロードしてください。エクセルファイルは、Microsoft Office Excel 2003で作成しています。他のバージョンのエクセル(2007)でも動作確認していますが、CPU1GHz以下のパソコンでは計算に時間がかかる場合があるので注意してください。以下の説明は、これらのファイルをパソコン上で操作しながら読み進めていただくと理解しやすいと思います。

### ソフトの使用方法

対象林分の直径や樹高の林分データがある場合は“データあり”のファイルを使い、ない場合は“データなし”のファイルを使用します。それぞれの予測のおおまかな流れを図-2に示しました。林分データがあるときには、データから地位指数(40年生時の上層高)を推定し、標準地の直径、植栽本数、林齢などの情報を入力します。一方、林分データがないときには、近接林分の地位指数を参考に予測したい場所の地位指数を決定し、植栽本数を入力します。その後は林分データがある場合もない場合も同様で、間伐スケジュール(各林齢での本数間伐率)を入力することで80年生までの上層高、平均胸高直径やヘクタール当たりの立木本数、幹材積などが予測できます。以下、具体的に使用方法を見ていきましょう。

#### 1 直径や樹高のデータがある場合

“データあり”のファイルをダブルクリックして開きます。ファイルは5つのワークシートから構成されています。いずれのワークシートでも水色のセルが入力可能なセルとなっています。

##### (1) “地位指数”ワークシート

“地位指数”のワークシートは樹高の測定データがあるときに使用します。対象林分の林齢と上層高を水色のセルに入力すると、黄色のセルに地位指数が計算されます。ここでの地位指数は40年生時の上層高(1ヘクタール当たり上位100本の平均樹高)で表しています。

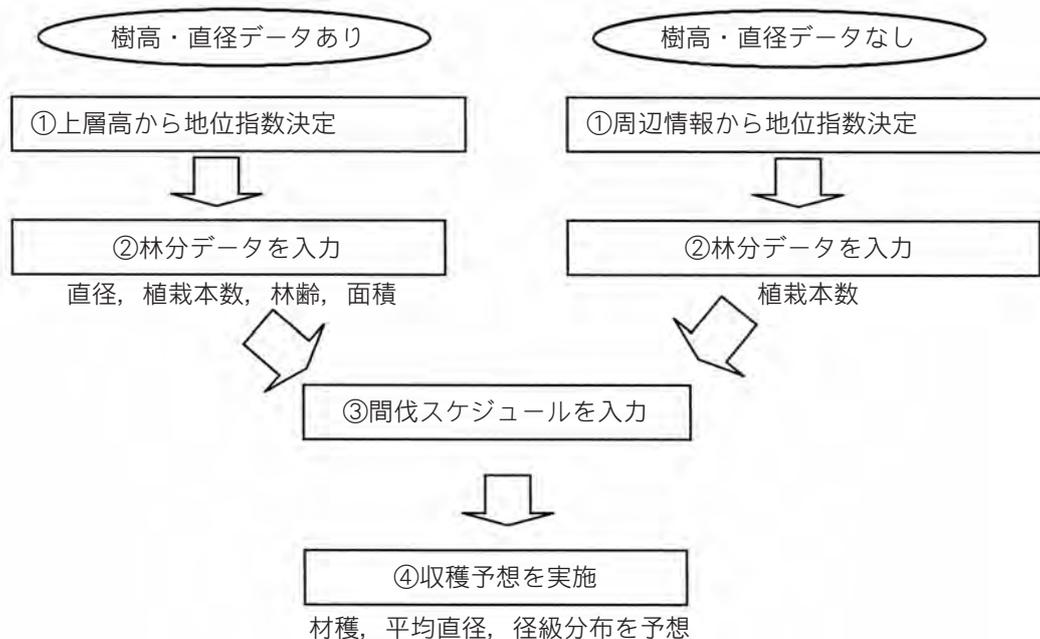


図-2 収穫予測ソフトでの予測の手順

(2) “収穫予測” ワークシート (図-3)

林分データのセルにはサンプルデータが入っているのですが、ここに予測する標準地の胸高直径データを大きい順に入力します。データは300個まで入力できます。入力以外のファイルからコピー&ペーストでも実行できます。次に標準地の林齢、地位指数、面積、植栽本数を入力します。

地位指数や植栽本数が不明な場合は、地域の標準的な値を入力してください。その際、“地位別地域区分”のワークシートが参考になります。地位指数は対象地が特等地およびⅠ等地25、Ⅱ等地21、Ⅲ等地17を目安としてください。次に、“収穫予測”のワークシートに戻り、間伐スケジュールのセルに2年ごとに林齢が記載されているので、適当な林齢で本数間伐率を入力します。本ソフトでは全層間伐が標準ですが、下層間伐、上層間伐も実施できます。列状間伐の場合は全層間伐を利用してください。間伐率を入力すると林齢80年までの平均胸高直径、林分材積、立木密度などが2年ごとに表示されます。

図-3 “収穫予測”のワークシート

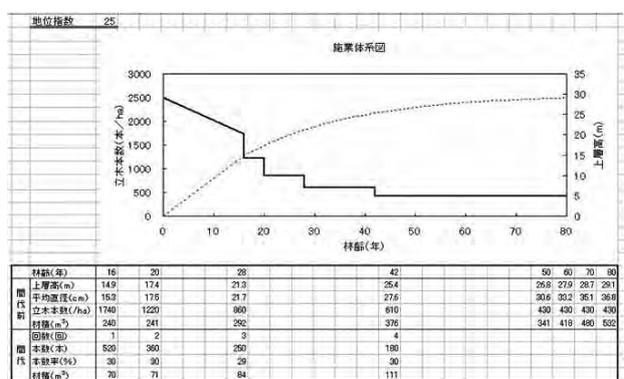


図-4 “施業体系図”のワークシート

(3) “径級分布” ワークシート

“径級分布”のワークシートには間伐前および間伐木の径級分布が4年ごとに表示されます。これにより林分の平均直径だけでなく、何センチ以上の立木が何本収穫できるのかという予測ができます。

(4) “施業体系図” ワークシート

“施業体系図”のワークシートには、“収穫予測”のワークシートで入力した間伐スケジュールを反映した施業体系図が作成されています(図-4)。施業経過を視覚的に理解する上で利用できます。

2 直径や樹高のデータがない場合

“データなし”のファイルをダブルクリックして開きます。ファイルは4つのワークシートから構成されています。水色のセルが入力可能なセルです。

(1) “収穫予測” ワークシート

対象地の地位指数を選択します。入力はドロップダウンになっています。対象林分の地位指数がわからない場合は、“地位別地域区分”のワークシートに各地域の地位が記載していますので、対象地が特等地・Ⅰ等地のときは25を、Ⅱ等地のときは21を、Ⅲ等地のときは17を目安として選択してください。次に、対象林分の植栽本数を選択します。入力はドロップダウンになっています。植栽本数が不明な場合は、地域の標準的な値を選択してください。次に、間伐スケジュールのセルに林齢が10年生から2年ごとに記載されているので、適当な林齢で本数間伐率を入力すると林齢80年までの平均胸高直径、林分材積、立木密度などが表示されます。その他の説明は「1 直径や樹高のデータがある場合」と同様です。

### 間伐スケジュール決定のコツ

このソフトでは間伐したときの結果が同じワークシート上にすぐに表示されるので、林分の混み合い度を示す収量比数や、間伐木の材積、平均直径などを参考に間伐実施年や間伐率を試行錯誤しながら決めることが可能です。これはこのソフトの特に優れている点です。例えば、収量比数0.7～0.8の範囲で管理する中庸仕立てでは、間伐前の収量比数が0.8を超えていたら30%程度の間伐を実施し、収量比数を0.7程度にします。このとき間伐木の材積が少ないと判断されたときには間伐率を上げてみます。また、予定する主伐年での収穫材積が少ないときには間伐率を下げます。こうした作業を繰り返し経営目標に即した間伐スケジュールを決定します。

### ソフトの仕組み

ソフトの作成にあたっては、まず道内民有林約2,700林分（林齢10～100年）で樹高や直径を調査したデータ樹高や直径を調査したデータを用いて、カラマツの地位指数曲線と収量－密度図を作成しました。さらに、18林分（林齢12～76年）で2～5年間隔で直径成長を継続的に調査したデータを用いて単木レベルの直径成長量を定式化しました。これらを組み合わせることで、様々な間伐を実施したときの10～80年生までの上層高、平均直径、立木本数、林分材積、径級分布などを予測しています。

上層高については、一般的に上層高は密度の影響を受けにくいとされているので地位指数曲線のみから予測しています。平均直径、立木本数、林分材積、径級分布などの初期値は林分データがあるときはデータを直接利用しています。林分データがないときは10年生が初期値となり、このときは「カラマツ人工林施業の手引き」（平成19年北海道立林業試験場発行）の値を用いています。初期値の径級分布から単木ごとの直径を求め、単木の直径成長量から林分の材積成長量を予測し、材積成長量を初期値の林分材積に加え2年後の林分材積を求めます。立木本数は間伐もしくは自然枯死により変化します。林分材積と立木本数から収量－密度図を用いて径級分布を推定します。このようにして初期値から2年後の林分材積、立木本数、径級分布が決まります。こうした作業をコンピューター上で繰り返すことにより予測を行っています。

### 予測結果の評価

本ソフトの予測結果は、全層間伐を実施した場合は「カラマツ人工林施業の手引き」と近い値になっています。ソフトと現実林分の平均直径を林齢ごとに比較してみると図-5のようになります。ソフトについては“データなし”のファイルを用いて植栽本数2000本（/ha）、中庸仕立て（収量比数0.7～0.8）で施業した場合の予測値（グラフ上の曲線）を示しました。現実林分のデータは前述の2,700林分の林齢と平均直径をプロット（グラフ上の点）しています。予測値は現実林分での値と比較し極端に過大でも過小でもないようです。次に、径級分布について予測値の妥当性について検討してみました。図-6は16～40年生の間に本数で40%の間伐を2回行っ

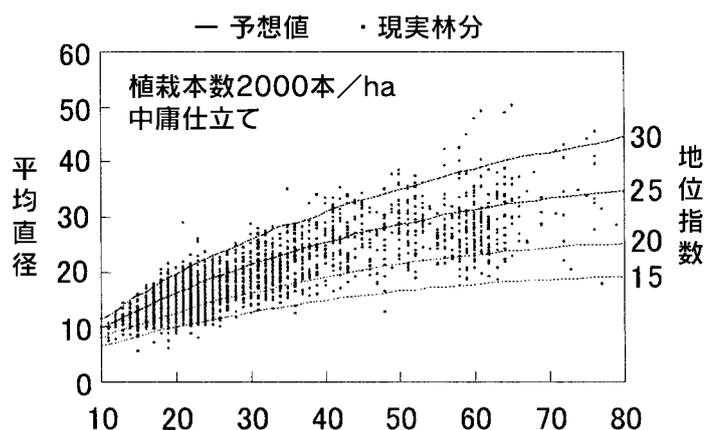


図-5 現実林分および収穫予測ソフトの林齢と平均直径

ソフトの予測値は“データなし”のファイルで植栽本数2000本（/ha）、中庸仕立て（収量比数0.7～0.8）の場合。

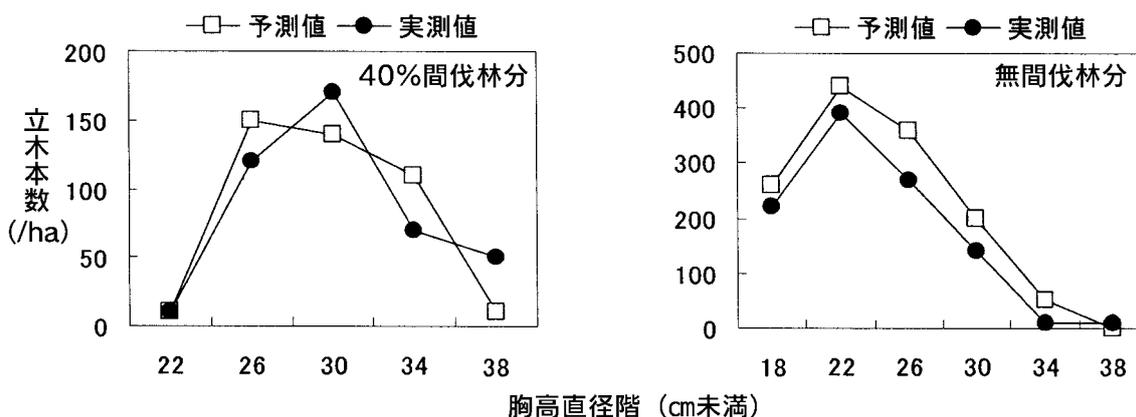


図-6 現実林分および収穫予測ソフトの径級分布の比較

た林分と間伐をしなかった林分の40年生時の径級分布を“データあり”のファイルを使って予測した結果です。40年生時の径級分布の予測値は実際の値に比較的あてはまりが良いことがわかります。本ソフトでは径級分布の予測には収量-密度図を用いているので全層間伐が標準的な間伐方法ですが、下層間伐や上層間伐での予測も実施できます。このときの予測値については今後現実林分での検証、さらにはソフトの改良が必要です。無間伐で推移させた場合は、材積と立木本数の関係は自然枯死線上を移動し最多密度線に達すると最多密度線上を移動します(図-7)。この傾向は若齢林では、現実林分と同様なことが確認できていますが、より高齢な林分での推移については検証が必要です。

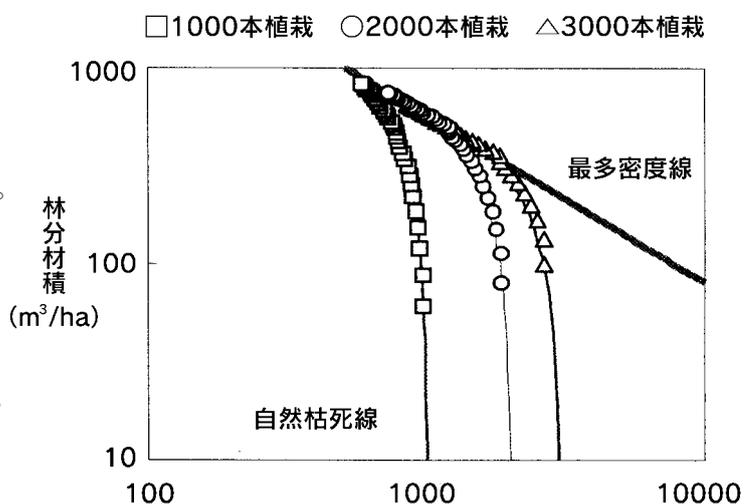


図-7 収穫予測ソフトにおける無間伐林分の立木本数と林分材積

### 今後のソフト改善の方向

これまで述べたように、本ソフトは林分データがある場合でもない場合でも、様々な間伐方法の予測が実施できます。しかしながら、本ソフトは開発途上にあり、今後、できるだけ多くのユーザーの意見を取り入れながら、予測精度の向上や機能の追加などに対応していきたいと思っております。予測精度については、ソフトの普及が進み様々な林分での使用実績を積み重ねることで、予測のあてはまりが悪い場合と良い場合が明らかになるでしょう。また、機能の追加についても、いろいろな立場の方が利用されることで必要とされる機能がより具体的になるでしょう。できるだけ多くの方々に本ソフトを利用していただき、ソフトについてのご意見、ご要望をお寄せいただくことが、予測精度や機能の向上への近道なのです。

(林業経営部、道東支場、育林科)