

バーチャル・ツリーを目指して

梅木 清

バーチャル・ツリーとは？

近頃、時折「バーチャル***」という言葉聞きます。バーチャル・モール、バーチャル・スタジオ、バーチャル・リアリティーなどです。例えば、バーチャル・モールは、インターネットの中商店街を指します。バーチャル・モールの中では、インターネットの利用者がちょうど商店街を歩くように、サイトのいろいろなページを渡り歩き買い物ができるようになっています。バーチャル・モールでは、資金がなくて現実世界の中で店を建てたり借りたりできない人でも、「店」を持つことができます。また、僻地などにすんでいて現実の商店街まで行くのが難しい人でも買い物ができます。このように、いろいろな理由から実現するのが困難な行為(店を開いたり、買い物をしたり)をコンピュータの助けをかりて、「仮想的」に行うが「バーチャル***」です。しかし、「仮想的」とはいても、ある面では現実と同じ機能を果たします。例えば、バーチャル・モールでは、品物を展示し、品物を受け渡し、お金を払うという行為をします。これらは、店で買い物をすることの本質的な要素です。

最近、樹木を扱う研究者の中でバーチャル・ツリー(構造的機能的樹木モデル)という言葉が使われ始めています。バーチャル・ツリーとは、どのようなものなのでしょう？バーチャル・ツリーは、コンピュータの中に作られた仮想的な樹木です(図-1)。実際にコンピュータの中にあるのは、数字や記号のデータですが、これらのデータが樹木の本質的な性質を記述しており、実際の樹木と同じように成長し、時には枯れたりするのです。データを元に、目に見える絵=コンピュータグラフィックスを作ることもできます。

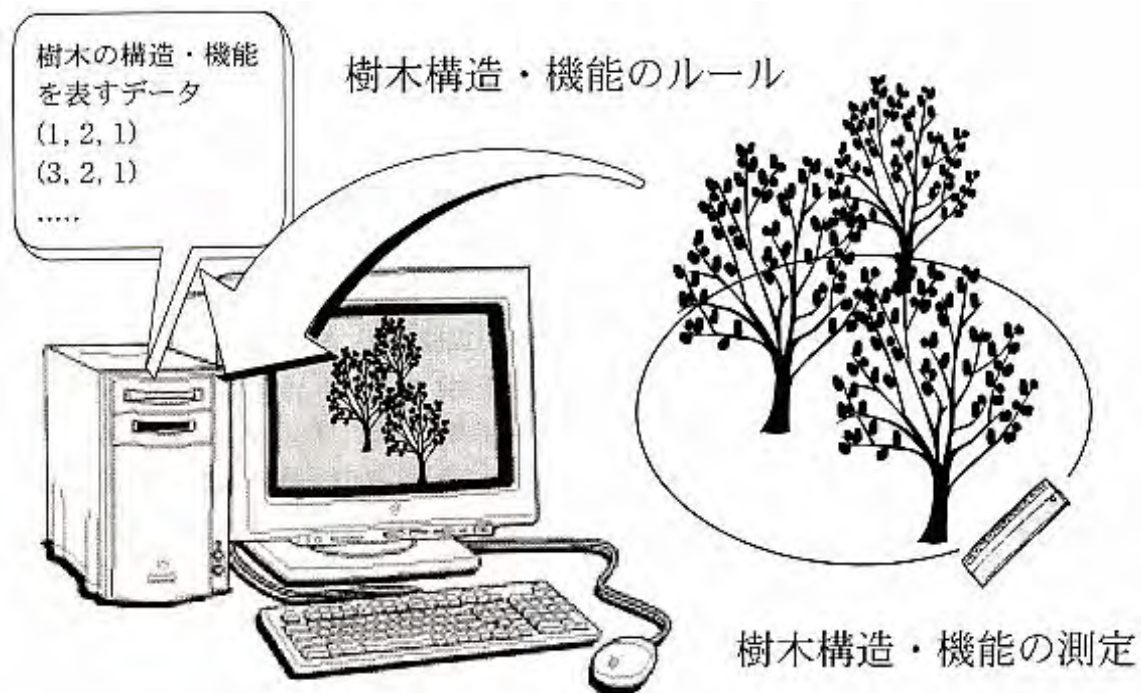


図1 バーチャル・ツリーの概念

現実の樹木をこまかく判定し、樹木の構造・機能のルールを定式化する。定式化したルールをコンピュータ内で計算することによりコンピュータ内で仮想的な樹木を生育させる。

では、どのような目的でバーチャル・ツリーは使われるのでしょうか？例えば、今まであまり使われていない樹種を使って植林したい場合を考えます。その際、どれほどの密度で植えれば良いかが問題になります。従来、この問題の答を得るためには、試しにいろいろな密度で植えてみて、何年後に成績を比較し、もっとも良い密度を判定しました(植栽密度試験)。このやり方の最大の欠点は、答を得るのに時間がかかることです。また、試験に必要な土地、労力、資金も問題となります。このような困難を回避するため、登場するが、コンピュータの中で実物のような振る舞いをする樹木モデル=バーチャル・ツリーです。コンピュータの中で、仮想の樹木や森林を育て、実際の樹木や森林が将来どのようになるかを予測しようというわけです。バーチャル・ツリーは現実の樹木と比べ圧倒的に早く成長するため、植栽密度試験の結果があつという間にではあらずです。また、メモリー空間で生育するため、土地は、不要です。バーチャル・ツリーは適正な植栽密度を知るため以外にも、合理的な間伐方法や緑化樹・果樹の適切な剪定方法の確立のためにも利用できるのではないかと期待されています。

他の「バーチャル***」のように、バーチャル・ツリーも現実の樹木の本質的な性質をもたなければなりません。バーチャル・ツリーがもたなければならない樹木の本質的な性質には、どのようなものがあるのでしょうか？まず、樹木は樹木らしい構造を持っています。バーチャル・ツリーも枝や葉を持ち、枝は分枝を繰り返しています。バーチャル・ツリーが樹木の絵を描くために使用されるときは、このような構造の再現が最も重要になります。また、光合成、呼吸、光合成産物の転流、蒸散、無機栄養塩類の呼吸・利用などの樹木の機能もバーチャル・ツリーが再現しなければならない重要な樹木の性質です。

バーチャル・ツリーを作るには、まず現実の樹木の構造や機能を測定し、樹木の構造・機能ルールをつくる必要があります(図-1)。そのルールを元にコンピュータが樹木の振る舞いを再現(計算)するのです。現在のところ樹木の機能まで取り入れた十分信頼できるバーチャル・ツリーはまだ開発されていませんが、多くの研究者が様々な樹種のバーチャル・ツリーをつくるために樹木の測定やルール定式化に取り組んでいます。

シラカンバの枝の生残・成長

バーチャル・ツリーの構築を目指し、シラカンバの枝の生残・成長を観察してみました。シラカンバの地上部は他の樹木と同様に多数のシュート(枝とその枝についている葉の総称)から構成されています。しかし、多くの樹木個体でシュートすべてを観察するのは大変ですから、幹から直接できている枝(一次枝)を観察対象とし、シラカンバ個体は幹と一次枝(以後、単に枝と記す)からできていると考えました(図-2)。新十津川町のシラカンバ人工林(8年生)で10m×10mの方形区をとり、その中の個体(46本)のすべての枝の成長と生残を2年間にわたり観察しました。一本ずつの枝について、根元と先端の3次元座標を測定し、3次元座標から枝の長さを計算した後、枝の質量を推定し、質量での成長速度を算出しました。

シラカンバ個体は、平均で前年比32%の枝を枯らし、前年比41%の枝を新しく作っていました。これは、ほぼ3年で枝を入れ替えるという非常に速い交代を意味します。新しい枝のほとんどは、新しく幹が伸張した部分に幹と同じ年に出ていました(同時枝)。では、どのような枝が枯れていったのでしょうか？図-3は枝の枯死率のパターンを示したグラフです。枝の枯死率に影響を与えていたのは、枝の初期質量(WBbm)、個体の中の枝の相対的な高さ(RBH=枝の根元の高さ/個体の高さ)、個体のまわりの混みあい度(CI)でした。

図-3の結果は、枝が小さいほど、個体の中の位置が低いほど、個体のまわりが混みあっているほど、

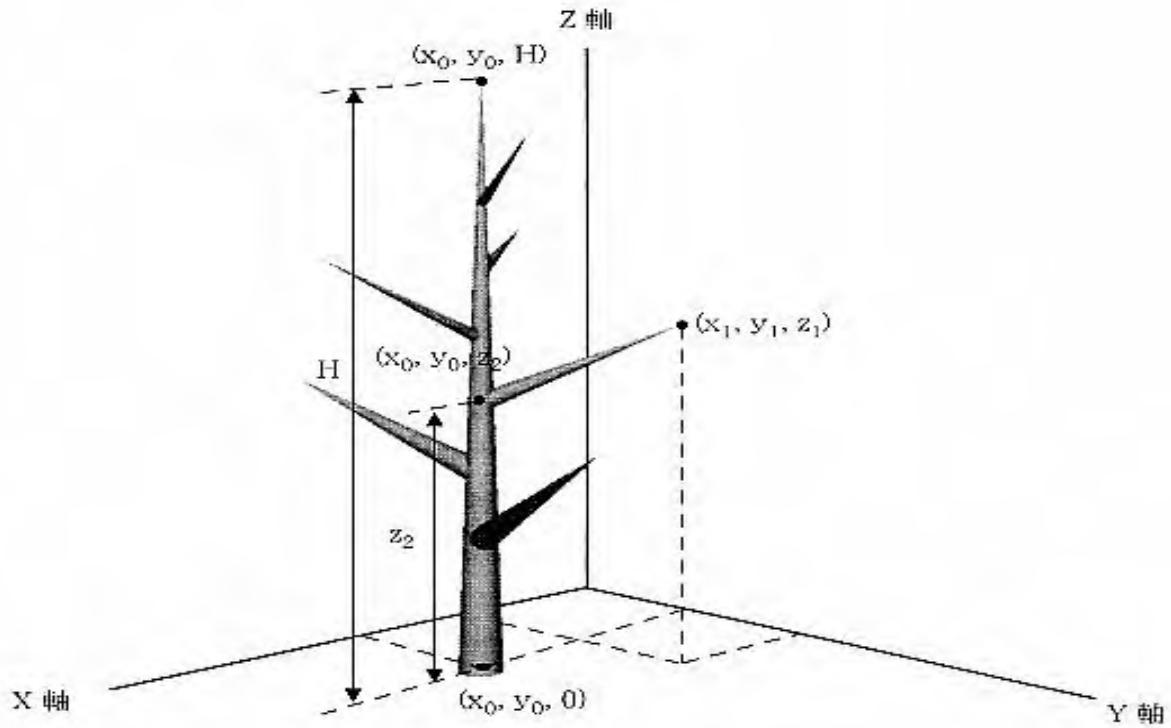


図2 シラカンバー一次枝の測定

個体の根元の標座 $(x_0, y_0, 0)$ 、先端の標座 (x_0, y_0, H) 、すべての一次枝の根元の標座 (x_0, y_0, z_2) と先端の標座 (x_1, y_1, z_1) を記録する。

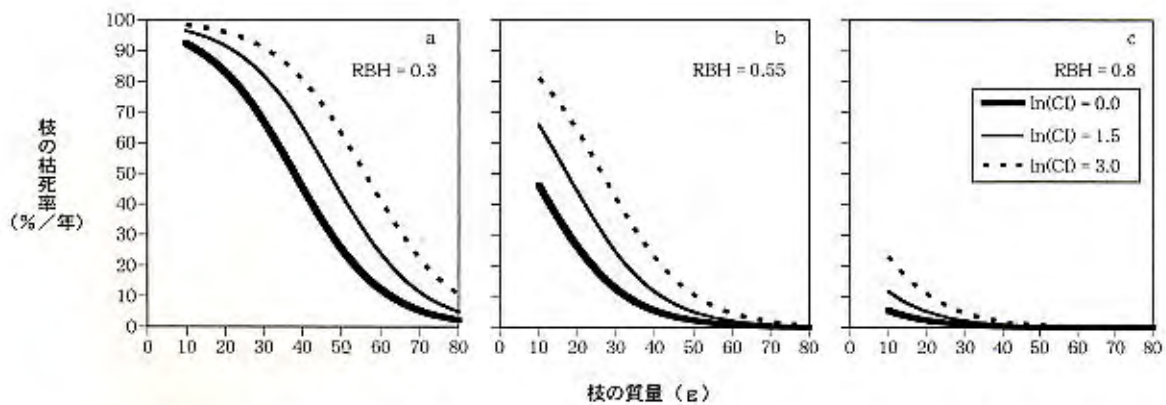


図3 シラカンバー一次枝の枯死率

RBHは一次枝の相対的な高さ(一次枝の根元の高さ / 個体の高さ)、CIは個体のまわりの混み合い方を示す。1n(CI)が大きいほど個体のまわりが混み合っており、競争が激しいことを示す。

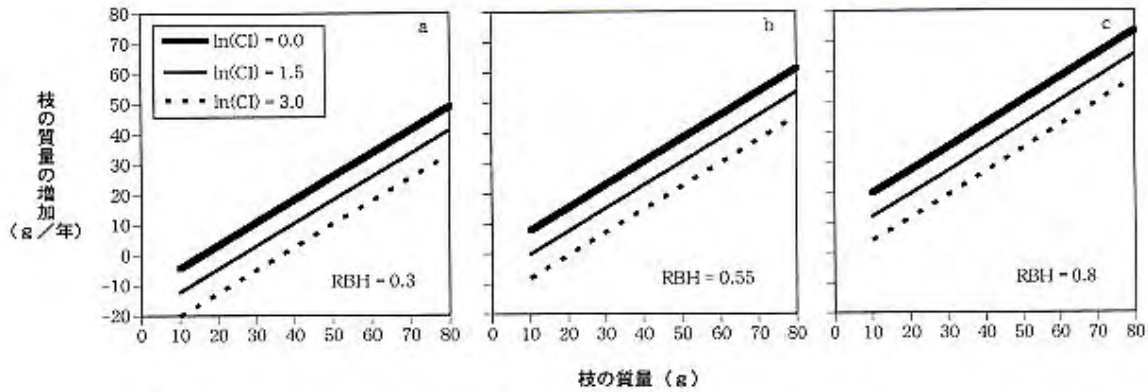


図4 シラカンバ一次枝の成長

RBHは一次枝の相対的な高さ(一次枝の根元の高さ/個体の高さ)、CIは個体のまわりの混み合い方を示す。1 $\ln(CI)$ が大きいほど個体のまわりが混み合っており、競争が激しいことを示す。

ています。シラカンバ個体はこうした枝を枯らしつつ、個体上部に新しい枝をつけ、どんどん樹冠を上方に押し上げているのです。このような、速い枝の付け替えと樹冠の上方への押し上げは遷移初期に速い成長を示すシラカンバの性質と考えられます。

図4は枝の成長のパターンを示したものです。成長に対しても、枝の大きさ、個体の中での枝の相対的な高さ、個体のまわりの混みあい度の3つが影響を与えており、枝が大きいほど、個体の中の位置が高いほど、個体のまわりがすいているほど、たくさん成長していました。

図3、4にみられる枝の成長・枯死パターンには、各枝が受ける光の量が関係していると考えられます。つまり、他個体との競争が激しくない個体の高い位置についている大きな枝はたくさんの光を受け、光合成も盛んです。このため、こういった枝の成長は速く、枯死率は低いのでしょう。また、個体にとってもこれらの効率の良い枝を残し、光が当たらなくて効率の悪い枝を落とすことが、全体の成長率を上げることにつながっていると考えられます。

バーチャル・ツリー完成に向けて

このように、実際の樹木の振る舞いを観察し、それを元に定式化したルールがバーチャル・ツリーの要素となります。今後、樹木の構造、機能の観察とルール定式化を進め、より現実的なバーチャル・ツリーを構築していく予定です。

(道北支場)