

컴퓨터 그래픽스를 활용한 조경수목 형상자료의 가시화

- *AccuRender*의 수목 모델링 모듈 활용을 중심으로 -

박시훈* · 조동범**

* 전남대학교 대학원 조경학과 · ** 전남대학교 조경학과

Visualization of Landscape Tree Forms Using Computer Graphic Techniques : Using the Plant Editing Module in *AccuRender*

Park, See-Hun* · Cho, Tong-Buhm**

* Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Chonnam National University

** Department of Landscape Architecture, Chonnam National University

ABSTRACT

The purpose of this research is to find some ways to model tree forms more efficiently in reference with surveying structural data and handling parameters in Plant Editor of *AccuRender*, the AutoCAD-based rendering software adopting the procedural plant modelling technique.

In case of modelling a new tree, because it is efficient to modify an existing tree data as a template, we attempted to classify 81 species' data from existing plant library including conifers and deciduous tree. According to the qualitative characteristics and quantitative parameters of geometrical and branching structure, 8 types of tree form were classified with factor and cluster analysis. Some critical aspects found in the distributions of standardized scores of parameters in each type were discussed for explaining the tree forms intuitively.

For adaptability of the resulted classification and typical parameters, 10 species of tree were measured and modelled, and proved to be very similar to the real structures of tree forms.* CG or CAD-based plant modelling technique would be recommended not only as a presentation tool but for planting design, landscape simulation and assessment.

Key Words : Computer Graphics-based Plant Modelling, Tree Form, Plant Architecture

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

캐드(Computer Aided Design: CAD)나 컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics: CG)에 의한 조경설계에 있어 식물재료의 취급은 형태적 자료복합성 및 그에 따른 처리시간, 성장물이나 계절변화의 고려 필요성 등 때문에 한계를 가지고 있다. 조경설계실무에 있어 식물재료는 다른 재료에 비해 매우 높은 비중을 차지함에도 불구하고, 위와 같은 문제점 및 수목모델링에 관한 식물학적 지식과 수목실측작업이 요구된다는 점 때문에 캐드나 컴퓨터 그래픽스를 이용하여 데이터에 근거하기보다는 수작업에 의한 표현이 주를 이룰 정도로 컴퓨터 응용 설계 자료로서의 적용성은 낮은 편이었다.

이러한 가운데, 수목성장형태학(plant architecture)분야의 기초연구(Halle, et al., 1978; Lindenmayer, 1968) 등이 하드웨어의 발달과 처리 알고리즘의 개발(Aono & Kunii, 1984; Prusinkiewics et al., 1988)로 실용화되면서, 기하학적 형태 뿐 아니라, 잎과 꽃, 열매 및 수목성장 등 위상기하학적 자료까지 가시화할 수 있는 리얼한 3차원 수목 모델링 및 렌더링 수단이 가능하게 됨으로써, 표현수단 이상으로 배식대안 검토나 식재효과에 의한 공간감 확인, 경관예측·평가에의 응용 등 조경계획, 설계상의 직관적 휘드백 수단으로서의 활용가능성을 갖게 되었다(de Raffye et al., 1988; 本條 등, 1992; 齊藤 등, 1993; 齊藤 등, 1995). 그러나 기존의 소프트웨어를 이용하는 경우, 한정된 수목데이터의 단순활용에 그친다거나 이를 수정하여 사용한다고 하여도 수목고유의 형태를 모델링하기 위해서는 관련 패러미터에 대한 이해 및 복잡한 측정자료 확보가 선행되어야 한다는 점이 제한이 된다.

본 연구에서는 이러한 점에 주목하여, 범용의 오토캐드(Autodesk, 1996)를 기반으로 하며 절차적 수목 모델링 기능을 갖춘 저가형 렌더링 소프트웨어인 AccuRender 3(Robert McNeel & Assoc, 1998)의 기존 수목자료를 가지 성장형에 따라 분류하고, 그 유형별 특징을 수형 결정 패러미터를 중심으로 파악함으로써 보다 직관적이며 용이한 3차원 수목모델링 방

법에 접근하고자 하였으며, 이를 통해 분류유형을 템플릿으로 하는 수목실측 및 모델링의 가능성을 검토함으로써, 국내에서 빈번하게 사용되는 수목자료의 용이한 추가 및 실무적 활용성을 모색하는데 목적을 두었다.

II. 수목 모델링 수단으로서 AccuRender Plant Editor의 제한성 검토

1. 수목구조체의 체계

AccuRender의 수목은 tapered cylinder와 spherical end로 구성된 가지와 잎, 꽃, 열매를 포함하는 엽구조체로 구성되며, 절차적 구조체 모델링¹⁾(Sipes, 1996) 방법을 취하고 있다. Figure 1은 절차적 구조체를 설명하기 위한 개념적 수목(Prusinkiewics and Lindenmayer, 1990)으로서, 세대와 발생순을 구분하여 체계를 나타내고 있다. 즉, 지서 0에 해당되는 수목 근원부로부터 발생한 수관을 Branch 0:0으로 표현하며, 0.0에서 자라는 차세대 가지들은 모두 Branch 1:0이 되며, Branch 1:0에서 분지되는 가지들은 Branch 2:0 등으로 표시된다.

2. 수목 모델링 관련 모듈과 인터페이스

가지구조체의 작성은 Branch Edit 모듈에서 다루어지며, 가지구조체 단위의 기하학적 형태를 결정짓는 Geometry, 가지구조체의 배열형과 분지형을 설정하는 Branching 및 질감과 계절변화 설정을 위한 Setting의 3가지 인터페이스(Figure 2)에서 패러미터를 입력하여 기존 수목을 템플릿으로 한 수목 변형 또는 새로운 수목자료의 추가가 이루어지도록 되어 있다(Robert McNeel and Associates, 1998). 하지만 이들 패러미터는 그 수가 많고 측정방법이 난해하여 수목성장형태학에 관련된 지식이 없을 경우 정확한 결과를 얻기 어렵기 때문에 기존 수목자료를 그대로 이용하는 정도에 머무르고 있으며, 또한 기존 수목자료²⁾가 북미에서 사용되는 수종들을 위주로 구성되어 있기 때문에, 우리 나라 실정에 부합되지 못하여 실무 적용성이 낮다는 단점이 있다.

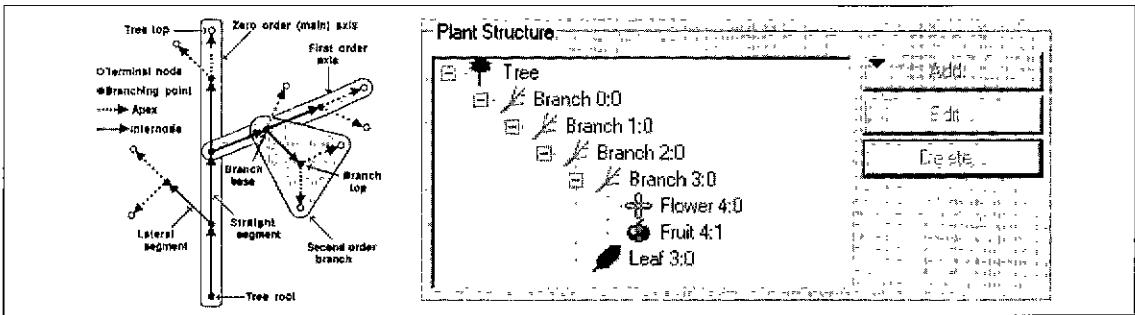


Figure 1. An axial tree as a topological objects (Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990) and AccuRender's dialog box representing the procedural system which can be implemented independently.

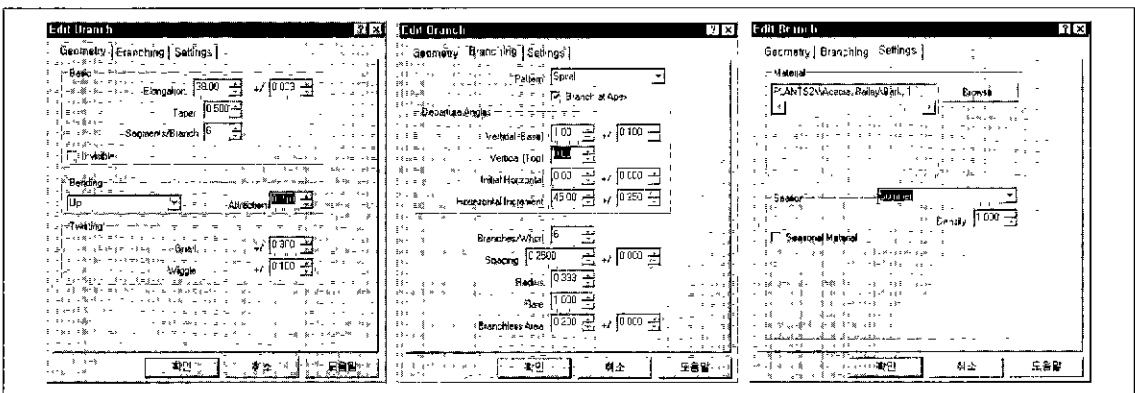


Figure 2. Plant Editor's interfaces for editing parameters of branching structures.

III. 연구내용 및 방법

분류기준으로 하였다.

1. 기존 데이터베이스의 수형 분류를 위한 수종 및 분류기준

2. 주요 패러미터에 기초한 실제 수목의 실측과 모델링

신규 수목을 모델링하는 경우 기존 수목을 템플릿으로 하여 주요 패러미터에 실측치를 대입하는 것이 비교적 용이한 방법이라고 보아, 기존자료를 형태 관련 패러미터에 근거하여 분류하고자 하였다. 가지배열에 의한 성장형이 관목류 보다는 교목류에 있어 그 구분이 두드러진다고 보아 AccuRender 수목 데이터베이스에 포함된 침엽 및 낙엽성 수목 102종 중 관목류³⁾와 품종⁴⁾ 들을 제외한 32속 81종의 수목자료를 분류 대상으로 하였다. 수목구조의 절차적 체계에 있어 외형상의 골격이 되는 것은 지서 3 미만에서 대부분 결정되므로, Branch 2:0까지의 기하구조 및 분지유형과 관련된 63개의 양적 패러미터와 6개의 질적 패러미터를

수형 분류 과정에서 추출된 주요 패러미터 및 분류 결과의 유형별 주요 패러미터를 위주로 용이하게 수목 모델링이 가능함을 검토하기 위해, 기본 수목자료에 포함되지 않은 조경수목을 선정하여 실측한 후 실제 수형과의 유사성을 비교함으로써 분류결과와 타당성 및 적용성을 검토하고자 하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 효율적 모델링을 위한 수목 데이터베이스의 유형화

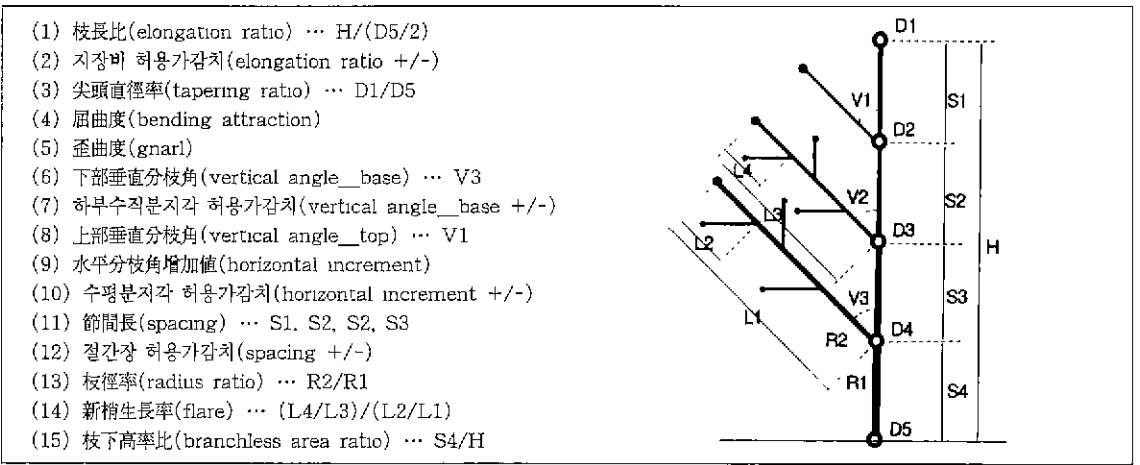


Figure 3. Specification of measuring methods for some typical parameters of quantitative characteristics in branching structure.

1) 양적 패러미터의 단순화

63개의 양적 패러미터 전체를 수목 실측 작업에 이용한다는 것은 매우 비효율적이며, 수형 분류에서도 동일한 중요도를 갖는 것으로 보면 분류결과의 해석상 주요 패러미터의 발견이 쉽지 않기 때문에 분류기준이 되는 패러미터 수를 가능한 줄이고자 하였다. 분류대상이 되는 81종의 수목에서 모두 동일한 수치를 갖는 패

러미터는 일차적으로 제외하였으며, 상관관계 및 요인 분석을 통해 순차적으로 패러미터를 줄인 결과 枝長比(elongation ratio)와 尖頭直徑率(tapering ratio), 分枝角(departure angle) 등 지서 0에서 6개, 지서 1, 2에서 각 15개씩(Figure 3), 총 36개의 패러미터⁹⁾를 수형 분류를 위한 최종 기준으로 남길 수 있었다.

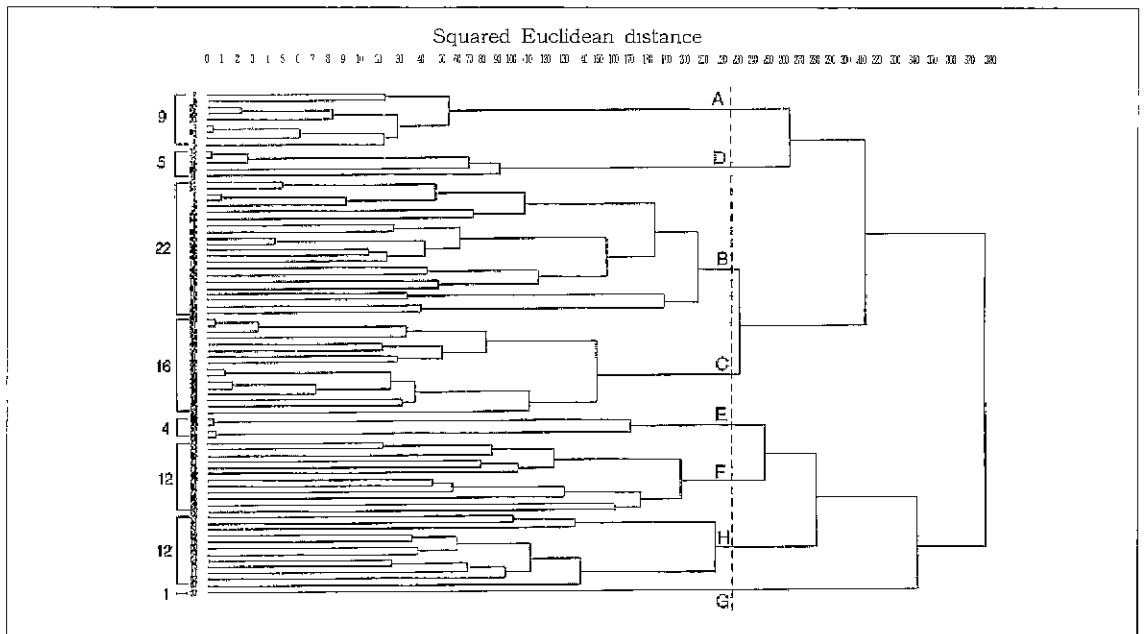


Figure 4. Dendrogram from cluster analysis using Ward method with Squared Euclidean distance between factor scores of 81 plants. Numbers in column are no. of units in each group(A~H).

2) 수형 분류 및 타당성 검증

양적 패러미터외에 6개의 질적 패러미터는 전체 수종에서 동일한 특성을 갖는 1개의 패러미터를 제외하고 가지 屈曲型(bending type), 分枝型(bifurcation pattern) 등 5개의 패러미터를 10개의 더미변수화된 수치 값으로 변환시킨 후 양적 패러미터와 결합하여 분류기준으로 사용하였다. 분류 근접간의 유사성은 제곱유클리디안 거리를 사용하여, Ward method에 의해 군집분석을 실시하였으며, 수형을 가시화한 상태에서 직관적 구분이 가능한 유사도 220수준에서 8개의 유형을 얻을 수 있었다. 또한 판별분석을 응용하여 각각의 분류 대상이 어떠한 집단에 소속될 것인지에 대한 예측치로써 군집분석결과와 타당성을 검증하였다. Wilks의 Lambda 통계량에 의한 단계선택법을 이용하여 판별력이 유의한 14개 패러미터를 추출하고 분류함수식에 의해 계산된 판별점수를 기준으로 기존 수목 자료를 분류한 결과 군집분석에 의해 형성된 집단과 일치하여, 수형 분류가 타당하게 진행되었음을 알 수 있었다.

분류된 8개 유형을 직관적 형태로써 설명하기 위해 유형내 수목들의 각 패러미터 평균값을 적용하여 가상의 수목 구조를 모델링하였으며, 분류유형의 각 패러미터 평균값을 표준점수화하여 직선적인 자료 분포정도에 따라 유형별 주요 패러미터를 파악하였다. 또한 유형을 명목상 구분짓기 위해 수관과 수간모양 및 가지 신장방향에 따른 수형 분류(한국조경학회, 1989)을 참조로 하여 가지구조의 입면 윤곽과 가지 성장방향성을 구분하고(다음 내용의 괄호안의 수형구분), 해당 유형의 주요 패러미터를 위주로 수형별 특징을 파악한 결과는 다음과 같았다. 유형구분에 사용된 수목자료의 종수(種數)가 한정되어 있고, 환경적 요인에 의한 수형변화는 수목자료에 포함되어 있지 않았기 때문에 일반적인 수형구분에 모두 대응되는 결과는 얻을 수 없었던 것으로 보인다.

- ① A유형(원추형, 상향) : 하위가지가 고르게 위를 향하며 분지 간격이 좁고 지하고가 낮은 유형(주로 침엽수)
- ② B유형(원추형, 하향) : 분지간격이 불규칙적이

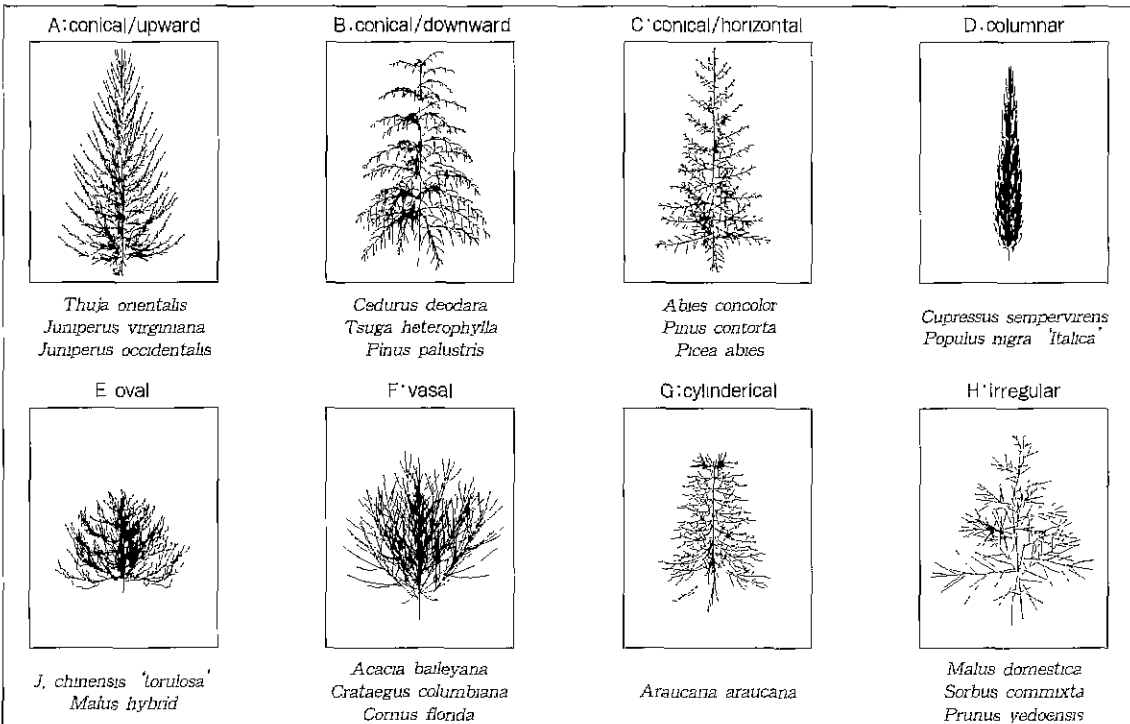


Figure 5. The 8 types of 3 dimensional tree form structure modelled with parameter's means from plants in each type and some typical species

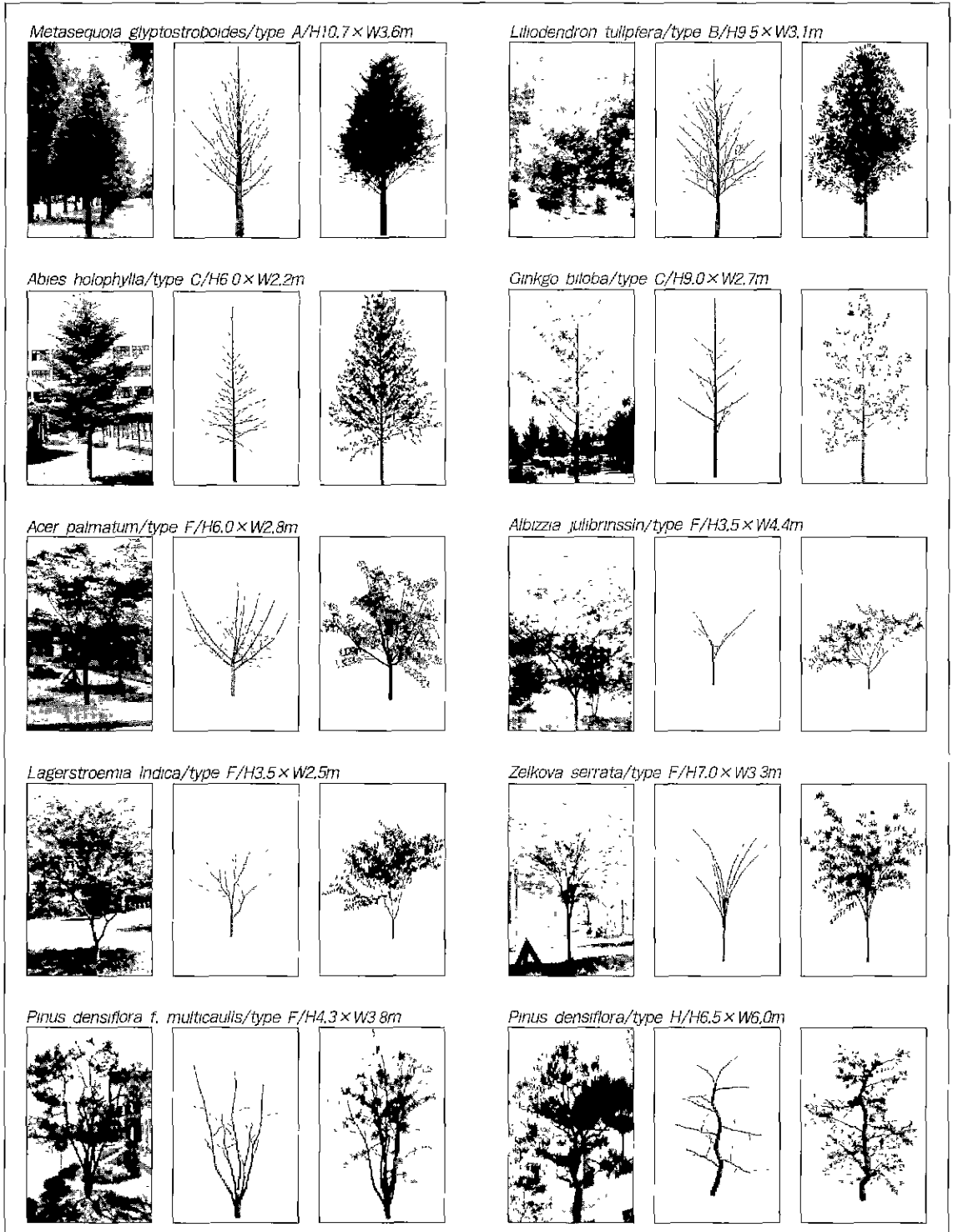


Figure 6. Images of 10 existing real trees and their structural forms and rendering with leaves which were modelled with parameters referring to classified types of tree form as templates.

며 하위와 상위지서간 수직각이 커서, 처진 가지 구조 유형

③ C유형(원추형, 수평) : 하위가지가 수평적이며 다른 유형들에 비해 하위가지의 길이 비율이 짧은 유형

④ D유형(주형; 柱型) : 하위가지의 끝쪽에 있어 상향성이 강하여 거의 상위가지의 축에 수평을 이루며, 상부로 갈수록 가지 끝이 상위가지를 향해 모이는 유형

⑤ E유형(난형; 卵形) : 하위가지의 길이가 길고 뒤틀림이 심하며 수목의 상부로 갈수록 수형이 퍼지는 유형

⑥ F유형(배형; 盃型) : 상위가지가 직선적으로 성장하지 않고 분지도가 크고, 상부로 갈수록 가지 분포반경이 커지는 유형

⑦ G유형(원주형; 圓柱型) : 다른 유형들의 분지 패턴이 호생(spiral)인 반면 지서 1:0에서 윤생(whorl)으로, 2:0에서는 대생(symmetrical)이며, 상부로 갈수록 반경이 커지는 유형

⑧ H유형(부정형, 사간; 斜幹) : 상위가지의 구부러짐, 뒤틀림이 심하고 상위가지의 하부 수직각이 커서, 기울어져 성장 하는 유형

2. 수목 실측자료를 이용한 모델링의 적용

수형 분류 결과 및 주요 패러미터를 이용하여 새로운 수목을 작성할 때의 효율성과 가시화된 결과가 실제 수형과 일치되는가를 검토하기 위해, 실제 수목자료를 실측하고 수목 유형 중 일치하는 유형을 템플릿로 하여 수목형상을 모델링하였다.

적용 수종은 우리 나라 조경설계 실무에 있어 활용도가 비교적 높다고 판단되는 교목류 9종⁹⁾, 2형태종 총 10개체를 대상으로 하였으며, 실측작업 및 가지구조 가시화 결과의 비교를 위해 편의상 수고 3.5~10.7m의 중목 규모를 중심으로 하였다. 가능한 성장 외적요인의 영향이 적은 장소에 식재된 수종을 선택하기 위해 전남대학교 캠퍼스 내에서 대상 수목을 선발하였으며, 각 수종별 표본 수는 1개체씩이었다. 이는 실제 수목과 모델링 결과와의 비교를 위한 것이었으며, 다만 각 개체 내에서는 가지구조체 부위별로 3~4개 구조체를 측정한 후 그 편차를 패러미터의 허용가감치로 사용하였다.

Figure 6은 실측된 대상 수목 사진 및 분류 패러미터 위주의 실측자료로써 수형 모델링하여 렌더링한 결과의 이미지들이며, 실측 대상이 8개 유형에 모두 대응된 것은 아니었지만 실제 수목에 근접하는 가지구조와 수형을 재현할 수 있었다.

IV. 결 론

캐드나 컴퓨터 그래픽스를 이용한 3차원 수목형상의 가시화는 자료구조가 매우 복잡하며 수목형태학적 지식을 필요로 하기 때문에 실무적용이 어렵다는 점에 주목하여, 범용의 AutoCAD 기반인 AccuRender 수목편집모듈의 활용성을 검토하였다. AccuRender의 수목 데이터베이스는 북미 수종을 기준으로 하고 있어, 우리나라에서 사용빈도가 높으면서도 누락된 수목의 경우 대부분 수형을 신규 작성하여야 하는 제한성을 갖고 있다. 이 경우, 수형 관련 패러미터의 수가 많고 측정방법이 복잡하기 때문에 기존 자료를 효율적으로 참조하기 위한 수형 템플릿의 유형화가 요구되었다. 이를 위해 교목류를 위주로 기존의 수목자료로부터 수형 관련 패러미터를 유형화하고 그 기준이 되는 주요 패러미터를 추출함으로써 보다 용이한 모델링 가능성을 확인하였다. 데이터베이스 유형화에 있어 기준을 지서 2:0 이하의 가지구조체에 한정시켰으나 그 이상은 수목 전체구조에서 미세한 가지 체움에 관한 부분으로서 수형 전반에는 큰 영향을 미치지 못한다고 판단되었다. 잎, 꽃, 열매 등 엽구조체 역시 가지구조체로부터 절차적으로 발생하지만, 최종 구조체에 실제 이미지의 텍스처 매핑으로 이루어지기 때문에 이는 표현상의 문제로서 쉽게 진행될 수 있을 것으로 생각되었다. 또한 교목류의 유형 구분을 위주로 하였으나, 관목류의 경우 교목류에 비해 그 구조가 단순한 편이기 때문에 수형에 대한 판단이나 실측은 비교적 용이하리라 보여진다. AccuRender의 가지성장 알고리즘만으로는 AMAP(CIRAD, 1998)에서와 같이 전정이나 고사에 의한 성장형 변화(齊藤 등, 1995)를 예측할 수 없다는 점이 하나의 제한사항이었지만, 수형구조를 시각적으로 충실히 재현할 수 있다는 점에서는 식재설계의 휘드백 수단 및 시뮬레이션 수단으로서의 실무적 활용성이 클 것으로 생각되었다.

- 주1 절차적 구조체 모델링(procedural structure modelling)이란 정적인 기하학적 구조만으로 수목형상을 표현하는 것이 아니라 수목의 성장과 형상결정을 동적 과정으로 표현함으로써 가지 구조의 관계성과 체계를 나타내기 위한 모델링 방법이다.
- 주2 외부 라이브러리 파일(*.PLA)에 수목 정의를 저장하고 있으며, 라이브러리 파일과 동시에 수종별 메모파일(*.DBT)이 함께 작성된다
- 주3 *Forsythia*속 5종, *Hydrangea*속 4종, *Syringa*속 2종, *Mesquite*속 2종
- 주4 수형관련 페러미터 자료는 일치하면서 화색(花色)만의 차이를 갖는 수목으로서, 실제 자료에서는 품종명으로 구분되어 있지 않고 화색 페러미터만으로 구분되어 있다
- 주5 일반적인 수목형태학에서의 분류기준은 잎의 모양이나 꽃의 구조 등 식물기관을 위주로 하지만 여기에서는 성장형에 따른 시각적 수형 구분이 목적이므로 분지구조의 정량적 변수가 위주가 된다
- 주6 메타세콰이어, 톨립나무, 잣나무, 은행나무, 단풍나무, 자귀나무, 배롱나무, 느티나무, 소나무의 9종(소나무는 적송과 반송)이었으며 수종별 수목크기는 Figure 6참조

인용문헌

- 1 한국조경학회(1989) 조경수목학 문운당 45-46.
- 2 本條 毅, 齊藤 馨, 熊谷洋一 (1992) 植物形状モデリングとその可視化による景観予測に関する研究. 造園雜誌 55(5) : 301-306.
- 3 齊藤 馨, 熊谷洋一, 本條 毅, 石山裕樹, R. Lecoustre, P. de Reffye (1993) リアルな森林景観シミュレーション-GISと植物モデリングの応用 日本コンピュータグラフィックス協会第9回論文コンテスト論文集 : 226-236.
- 4 齊藤 馨, 熊谷洋一, 本條 毅, 趙東純, 吉岡太郎, 筒井一貴 (1995) GIS, CAD, 植物成長 モデラを應用した景観シミュレーション手法に関する研究 日本造園學會誌ランドスケープ研究 58(5) : 197-200.
- 5 Aono, M., and T L Kunu (1984) Botanical Tree Image Generation IEEE Computer Graphics and Application 4(5) 10-29.
- 6 de Reffye, P., C Edlin, J. Françon, M. Jaeger, and C. Puech (1988) Plant Models Faithful to Botanical Structure and Development. Computer Graphics. 22(4) : 151-158.
- 7 Haile, F, R. A. A. Oldeman, and P B. Tomlinson. (1978) Tropical Trees and Forests, An Architectural Analysis Springer-Verlag, N.Y. 74-268.
- 8 Lindenmayer, A. (1968) Mathematical Models for Cellular Interactions in Development I, II J. Theor. Biol 18 280-315.
- 9 Prusmkiewicz, P, A Lindenmayer, and J Hanan (1988) Developmental Models of Herbaceous Plants for Computer Imagery Purpose. Computer Graphics 22(4) ' 141-150.
- 10 Prusinkiewicz, P and A. Lindenmayer (1990) The Algorithmic Beauty of Plants Springer-Verlag, N. Y.' 22.
- 11 Robert McNeel and Assoc.(1998) AccuRender 3, Robert McNeel and Associates 209-210
- 12 Sipes, J L (1996) Creating Digital World Landscape Architecture 86(11) 48-53.