

## 審査の結果の要旨

氏 名 井 尻 敬

本論文は、複雑な構造と詳細な形状を併せ持つ、生物モデルのためのモデリングインタフェースを提案している。本論文は 8 章から成り立っており、第 1 章では、本論文のテーマである、生物オブジェクトのモデリングに関する背景と目的および提案するユーザインタフェースの設計指針について述べてられている。第 2 章では、生物モデルのモデリングに関する従来手法が紹介されている。第 3 章では、花のモデリング手法が提案され、第 4 章では、生け花のための top-down のモデリング手法が提案されている。第 5 章では、スケッチと L-system を統合した樹木のモデリング手法が提案されている。第 6 章では、動物内部の複雑な構造を持つオブジェクトの例として、心臓 Purkinje 線維網のモデリング手法が提案されている。第 7 章では、魚の鱗、鳥の羽、植物の群生などの要素が並んだ模様をデザインする手法が提案されている。最後に、第 8 章において本研究のまとめと今後の課題について述べられている。以下で各章の内容について述べる。

草花、樹木、葉脈網、血管網、気管支など、植物や動物は複雑な構造を持つことが多い。これら複雑な構造を持つ生物の三次元モデルは、バーチャルリアリティや映画、学術的なシミュレーションの為に必要不可欠である。しかし、複雑な構造を持つ三次元モデルを生成するのは難しく手間のかかる作業であるため、効率的かつ直観的なモデリングインタフェースの実現は Computer Graphics 分野において重要な課題である。汎用的な三次元形状モデリングシステムは、複雑な分枝構造の効率的な生成を支援していない。また、複雑な構造のモデリングのために生成規則による手続き的な手法が研究されているが、生成規則は局所的な構造を定義するものであるため、大域的な形状の制御は依然として困難である。そこで本研究は、複雑な構造を持つ生物に特化したモデリングインタフェースの設計指針として「スケッチインタフェースに構造エディタを統合する」事を提案する。本研究では、この設計指針に基づいて異なる 5 種類の対象のためのモデリングシステムを提案し、スケッチと構造エディタの統合の有効性を実証している。

第 3 章では、花のモデリングシステムが提案されている。提案システムでは、構造エディタの設計に、植物形態学の枠組みである花式図・花序を利用する。これらは、花の構造を表現するのに最適な汎用性を持ち、単純化された二次元の図表現であるため、これらを利用すると花の構造制御に特化した、単純で直感的な構造エディタが実現できる。また、花卉などの要素をモデリングするためのスケッチインタフェースも提案している。これら、構造エディタとスケッチインタフェースの連携により、各モデリングプロセスが単純で直感的なものになる。また、ユーザスタディにより提案システムが、初心者ユーザにも利用でき、様々な花のモデルを生成できることが示されている。

第 4 章では、複数の植物で構成される生け花のモデリング手法について述べられている。この章では、全体像のデザインしやすさに着目し、階層ビルボードという構造エディタを用いた top-down のモデリングプロセスが提案されている。まずユーザは、スケッチの描けるビルボードを階層的に組み立て、荒い構造と全体像をデザインする。次に、初期デザインを参照しながら、各ビルボードを三次元オブジェクトに置き換えていくことで、詳細なモデルを完成させる。既存

の植物モデリングシステムは、全ての要素を作って初めて全体が出来上がる **Bottom Up** な物であった。一方、この **top-down** の手法では、初めから全体像を参照できるため、初期デザインから一貫した詳細部分の作りこみが可能になる。

第 5 章では、樹木のモデリングシステムに関して述べられている。このシステムでは、**L-system** の生成規則に **Interactive module** という新しいモジュールを導入することで、**L-system** とスケッチの統合を実現している。ユーザは、幹の形状や成長度合いをストロークで入力でき、細かな枝を **L-system** の生成規則で半自動的に生成できる。このシステムは、**L-system** にスケッチによる制御を組み込んだ初の試みである。

第 6 章では、心臓刺激伝導系の一部である心臓 **Purkinje** 線維網のモデリング手法に関して述べられている。このシステムでは、**L-system** とスケッチを統合することにより、スケッチで大域的な枝の形状を入力でき、生成規則で局所的な分岐構造を制御できる。また、**Purkinje** 線維網のネットワーク形状を再現するため、既存の **L-system** の枠組みに **Curved growth** と **Collision detection** という二種の改良を加えている。結果として生成された **Purkinje** 線維網モデルと実際の顕微鏡写真との数値的な比較が行われており、実物に近いモデルが生成されている。

第 7 章では、魚の鱗、鳥の羽、植物の群生など、要素が並んだ模様をデザインする手法が提案されている。この章では構造エディタとして、小さなサンプルの配置から要素間の位置関係を学習し、サンプルに似た特徴を持つ要素配置をシンセシスするアルゴリズムが提案されている。また、輪郭形状や流れ場などの大域的な特徴を指定するためのスケッチインタフェースも提案されている。局所的な配置を定義する構造エディタと大域的な情報を制御するスケッチインタフェースの連携による、様々な要素配置パターンのデザイン例が示されている。

なお、本論文の各章は、以下に挙げる研究者との共同研究である。

第 3 章 五十嵐健夫准教授(東京大学), 大和田茂(SonyCSL), 岡部誠(MPII).

第 4 章 五十嵐健夫准教授(東京大学), 大和田茂(SonyCSL).

第 5 章 五十嵐健夫准教授(東京大学), 大和田茂(SonyCSL).

第 6 章 五十嵐健夫准教授(東京大学), 芦原貴司助教(滋賀医科大学), 中沢一雄(国立循環器病センター), 原口亮(国立循環器病センター), 高山建志(東京大学), 山口豪(大分大学), 島田達生教授(大分大学), 難波経豊教授(姫路独協大学).

第 7 章 五十嵐健夫准教授(東京大学), Gavin Miller(Adobe Systems Inc.), Radomir Mech(Adobe Systems Inc.).

各章の研究は論文提出者が主体となって、提案、開発、分析、検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。