HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	コンピュータグラフィックスにおける所望形状の雲の映像生成に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	楠元, 克敏
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11763号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58914
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Katsutoshi_Kusumoto_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　　氏名　楠元　克敏

審査担当者　主　査　准教授　土橋 宜典
副　査　教　授　荒木 健治
副　査　教　授　長谷山 美紀
副　査　教　授　山本 強

学位論文題名

コンピュータグラフィックスにおける所望形状の雲の映像生成に関する研究
（A research on synthesizing images of clouds with desired shapes for computer graphics.）

本論文は, 自然現象の一つである雲のビジュアルシミュレーションについて, ユーザの意図した形状・動きを得られるよう数値シミュレーションを制御する方法を提案したものである.CG において自然現象のビジュアルシミュレーションは重要な研究課題の一つである. 自然現象のうち, 流体現象に着目した研究は特に盛んに行われており, 数値流体解析を利用した方法が多数提案されている. 屋外景観の表現に雲は重要な要素であり, 景観シミュレーションなど幅広く利用されている. 雲の表示においても数値流体解析の利用は有効であり, リアルな動きや形状を表現することが可能であるが, 生成される雲の形状や動きはシミュレーションに使用する様々な物理パラメータに依存する. そのため, ユーザが所望する形状の雲の結果を得るためには, 試行錯誤により物理パラメータを調節しなければならず, 繋雑な作業を伴うだけでなく, 完全にユーザが意図した結果を得ることは難しい.

本論文は上記の問題の解決を目指したものである. 自然さを保ちながらユーザの指定した形状を形成する雲が発生するよう数値シミュレーションを制御することを目的としている. 自然界に存在する雲のうち, 積乱雲・積雲・セル形状の雲を対象とし, フィードバック制御を基本とした制御法を考案している. 既存の制御方法では, 自然界には存在しない外力を加える方法が主流であったが, この方法を雲に適用すると, その発生のダイナミクスが破壊されてしまい, 不自然な映像となる. そこで, 本論文では, 流体解析に基づいて雲の発生過程を忠実に再現し, その物理パラメータを制御することで, 雲発生のダイナミクスを破壊することなく間接的に雲の動き・形状を制御する方法を提案している. これにより, ユーザの所望する形状を形成する自然な雲の映像を生成することに成功している.

本論文は以下のように構成されている. 第 1 章では, コンピュータグラフィクス (CG) 技術の研究動向について考察し, 本論文の位置づけと目的, また, その重要性をを明らかにしている.　第 2 章では, 本論文の関連研究について議論している. 流体現象を表現するための数値解析手法とそのコントロール方法, また, 雲の表現に関する従来手法について議論し, その問題点を明らかにしている. 第 3 章では, ユーザが指定した目的形状に沿った積乱雲が自動生成されるよう積乱雲のシミュレーションをコントロールする方法を提案している. まず, 積乱雲の数値シミュレーションについて説明し, 潜熱と水蒸気を制御する方法を提案している. フィードバック制御とポテンシャル場を組み合わせた新しい制御方法を考案し, 数値実験によってその有効性が示されている. 第 4 章では, 前章で提案した積乱雲の形状コントロール法を拡張し, 複数の目的形状をキーフレームとして指定すること

で, 積乱雲が形状変化するアニメーションを生成する方法を提案している. 形状変化を実現するため, 雲の成長と消滅を促進する新たな制御器を提案している. 提案法の有効性を数値実験により示している. 第 5 章では, 積雲のコントロール方法について提案している. 積雲の水平分布がユーザの指定した分布と一致するよう数値シミュレーションを制御する. 積雲の密度を鉛直方向に累積した値とユーザの指定した分布との差を計測し, その差に応じて地面の温度を増減させるというフィードバック制御を提案している. さらに, 安定した制御を保ったまま, 風によって水平方向に移動する現象を再現するため, 流体解析における移流項をコントロールする方法を提案している. 提案法による数値実験ならびに実写画像との比較を行って, 提案法の有効性・妥当性が検証されている. 第 6 章では, 層積雲・高積雲・巻積雲というセル状の雲のコントロール方法について提案している. セル形状の雲が形成されるメカニズムとその数値シミュレーション法について明らかにした後, セルの大きさと分布を制御する方法を提案している. セルの大きさに関して支配的な物理パラメータが浮力の係数であることを実験により明らかにし, これを制御している. また, 雲の発生を制御するため, 水蒸気量をフィードバック制御する方法を提案している. 提案法の有効性が数値実験により検証されている. 第 7 章では, 本論文のまとめとして, 本研究により実現できた点と残された課題と今後の方向性について言及している.

以上を要するに, 著者は, ユーザの意図を反映した自然な形状の雲の映像を生成するため, 雲のダイナミクスを維持した新しい制御方法を提案したものであり, 情報工学, とりわけ, ビジュアル映像表現処理の発展に寄与するところ大なるものがある. よって, 著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格があるものと認める.