

学位論文題名

河川情報管理システムにおけるCG技法の研究

学位論文内容の要旨

近年、コンピュータ技術の進歩と発展に伴い、3次元コンピュータグラフィックス(CG)を利用する情報管理システムが多くなってきている。河川情報管理システムはそのようなシステムの中の一つである。河川情報管理システムでは、河川のリアルタイム表示が不可欠である。しかし、現状では河川のリアルタイム描画法や景観シミュレーションのためのCG技法は充分に開発されているとはいえない。河川氾濫予測、防災、河川施設管理、工事計画等におけるCGの活用のためには、河川の高速表示及び河川の景観シミュレーションが重要な課題の一つとなっている。

河川情報管理システムでは、CADシステムと異なり、図形、画像の編集に関する高度な機能はほとんど必要とされないが、膨大なグラフィックデータの格納、高速表示、検索機能が必要となる。本システムに用いられる静止画像データは一般的にスキャナ等の入力装置で入力され、一枚の画像データファイルは1ページの形で保存される。画像データファイルには、各画像の正確な位置関係を示す情報がない。しかし、河川情報管理システムでは、複数のファイルにわたる広範囲な領域の画像データの合成や、高速スクロール機能、異なる種類の画像データ(例えば、河川の測量データ、デジタル地図、航空写真等)を合成表示する機能が要求される。

このような観点から本論文は、河川情報管理システムにおけるCG技法、特に、河川の測量データに基づいた景観シミュレーション用の河川三次元モデリング及びレンダリング法、画像データファイルの合成方法について論じる。

第一章は序論であり、地理情報システムと河川情報管理システムの概要を紹介した。次に、本論文の章節の構成と各章節の概要を述べた。

第二章では、河川情報管理システムと地理情報システムの関係、河川情報管理システムの現状と特徴を総合的に述べ、具体的な河川情報管理システムの機能及びハードウェアの構成を紹介した。また、河川情報管理システムにおけるCG技法の現状を述べ、問題点を明かにした。

第三章では、河川の測量データ(キロ程位置データ、横断データ、水位データ)を紹介し、異なる座標系の測量データから三次元モデリングを行うための座標の変換方法について述べた。

流水の表現モデルとしては、Sarrafらの水流方向(特に湖水と風の関係)を計算する3Dメッシュモデルや、Shimizらの河水の流れと河床変化の3D計算モデルを用いる方法がある。しかし、画像表示への応用の立場から見ると、これらのモデルではストークスの流体方程式に基づいたもので、連立偏微分方程式を解くことが必要であり、河川のリアルタイム表示は困難である。本論文では、それらに変わる方法として、統一座標系に変換した河川の測量データに基づくCG用の河川の三次元モデルを提案した。

河川の測量データの中では、各測量断面間の地形情報がないので、その地形をCG表現

するために、補間を行う必要がある。本論文では、河川地形をCGによって高速に表現する方法とこの方法に適した測量断面内部の測量点間及び測量断面間のリアルタイム地形補間アルゴリズムを提案し、河川の特異地形、合流点箇所の地形と水の処理についても検討した。

河水の表現については、中前、西田らの水の表面形状モデルと水面上の光学特性に基づいたリアルな表現方法があるが、本論文では、高速化を図るため、河川の測量データを用いて水面の幅を求め、描画する方法を提案し、さらに、河水の流れをアニメーション表現するために、流線を近似計算し、フローネットに関する密度関数を導入した。

本章の最後に、河川3次元モデルと描画の実験結果とまとめを述べた。SGIのマシン(INDIGO X24)上で、河川だけでは約10コマ/秒で描画できるが、合成ベクトル情報がある場合、約4コマ/秒くらいになる。実験により、本論文で提案した手法に基づいて、景観シミュレーション用の河川三次元モデリングとレンダリング方法において、評価基準とする項目(河川の全体の形、横断断面の形、水位情報)に対して、ほぼ満足できるCG画像をリアルタイムで得られることを確認した。

第四章は、大画面の座標系と画像データの関係を示し、大画面画像ファイルの概念と作成方法を提案した。画像データの張り合わせ(Image Registration)は1970年 Paul. E. Anuta が定義している。その後、この問題についての研究は主に、より速いアルゴリズムと特別な対象物或は特別条件を持つ状態に対するアルゴリズムに集中している。画像の張り合わせはほとんどがテンプレートマッチングによって行われている。しかし、画像とテンプレートに角度のずれがある時、このマッチングアルゴリズムは適用できない。この場合は、一般手法として、マッチングする前に、画像の特徴を抽出する。しかし、画像中に特徴が少ない場合、多過ぎる場合、又は二枚の画像の重なり合う部分が少ない場合、この手法は不向きである。

そこで、本論文では、画像データの張り合わせはテンプレートマッチング方法を使わず、入力画像データファイルの四隅座標を用いた手法を提案した。この手法では、特徴が全くなく、重なり合うエリアがない画像でも張り合わせることができる。また、本手法においてより良い画像データの合成を行うために、入力画像データの優先順位、有効範囲の制御手法を考慮し、出力大画面画像ファイルの格納構造等についても検討した。

次に、応用として、航空写真の大画面化とデジタルビデオの作成方法について、航空写真画像データの特徴と画像合成の簡単化手法を提案し、大画面画像データファイルからデジタルビデオを作成する方法を述べた。大画面画像ファイルの高速スクロールにおける諸問題を検討し、大画面の高速スクロールツールを提案した。

最後に、画像データファイルの四隅座標の付け方と大画面の画像データにベクトル情報の合成及び本手法の誤差分析について検討した。張り合わせるスピードは、CPUがDX4-66MHz のパソコン上で約1MB/分であった。本手法で画像合成の平均誤差は約2ドットであった。航空写真、地図等を対象とした実験結果から、本論文の画像合成方法は、合成を行う対象となる二枚の画像データファイルが必ず重なっていなければならないという制限がなく、画像データの回転や特徴量の不一致による影響もなく、确实・高速に行えることを明らかにした。

第五章では、本論文で提案したCG技法による河川情報管理システムの開発と運用に対して、その有効性と実用性を確認し、結果を総括し、今後の課題について言及している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 青 木 由 直

副 査 教 授 栃 内 香 次

副 査 教 授 北 島 秀 夫

学 位 論 文 題 名

河川情報管理システムにおける CG 技法の研究

近年、コンピュータ技術の進歩に伴い、コンピュータグラフィックス（CG）を利用した河川情報管理システムが実用に供されるようになって来ている。しかし、現状では、河川のリアルタイムでの描画法や、河川景観シミュレーションのためのCG技法は充分に開発されてはならず、実用化研究の対象となっている。さらに、河川情報管理システムでは、複数のファイルにわたる広範囲な領域の画像データの合成や、高速なスクロール機能等の開発研究が要求されている。このような背景において、本研究では、河川情報管理システムにおけるCG技法、特に、測量データに基づいた景観シミュレーション用の河川のCGモデリングとレンダリング、及び河川領域の航空写真の大画面画像データファイルの処理に関する概念、実際の処理法について検討を行っている。具体的には、河川の測量データに基づいて、河川の三次元モデルとCG描画手法を提案するとともに、河川地形のリアルタイムで実行される補間アルゴリズムと流線の近似計算方法について検討しており、重なりのない画像データファイルを合成するために、大画面画像データファイルの概念、作り方を提案しており、その主要な成果は以下の点に要約される。

1) 考案した河川のCG三次元モデリングとレンダリングアルゴリズムでは、河川の全体の形、横断面の形、水位情報等の評価項目に対して、リアルタイムで、ほぼ満足できるCG画像の描画が可能であることを実験的に示した。

2) 提案した手法では、三次元グローバル座標系と実際の河川の測量データ（キロ程位置データ、横断データ、水位データ）を使用しており、河川周囲のシーンと他の河川情報（映像、図面、地図、ベクトル情報）との重ね合わせが容易に行え、景観シミュレーションに利用できることを明らかにした。

3) 同一河川の過去と現在の測量データを比べることにより、河川の変化を検出することが可能であり、任意の河川に対して、河川の測量データがあれば測量データをもとにしてその河川をCG表現できることを示した。その際、流線を近似計算し、フローネットに関する密度関数を導入して、河水の流れをアニメーション化して表現するための技法について検討した。

4) 提案した画像データファイルの四隅座標に基づいた画像の合成方法では、合成を行なう対象となる二枚の画像データファイルの重なりの制限を除き、画像データの回転や特徴量の不一致による影響も除き、正確で、高速な処理システムを実現している。さらに地図、図面等の画像データにおける他の図郭との接合部分の処理問題に対しても、有効な

解決方法を提案した。

本論文で提案したCG技法による河川情報管理システムの開発と運用に関しては、実際の測量データを基にした計算機シミュレーション等で、その有効性と実用性についての検討を行っており、今後のシステム実用化のためのCG技法利用に関する具体的な基礎データを得た。

以上、本研究は、河川情報管理システム多目的利用に有効に対応できるようにするため、いくつかのCG技法を考案し、河川情報管理システムにおけるCG技法において有益な新知見を得ており、CG・メディア工学の進歩に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。