

| | |
|----------|---------------------------------|
| 氏名 | つづ ぐち けん 筒 口 け ん |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (情 報 学) |
| 学位記番号 | 論 情 博 第 13 号 |
| 学位授与の日付 | 平 成 13 年 1 月 23 日 |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当 |
| 学位論文題目 | 人 物 像 の 歩 行 動 作 生 成 に 関 す る 研 究 |

論文調査委員 (主査) 教授 石田 亨 教授 酒井 徹朗 教授 美濃 導彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は計算機内に構築された3次元仮想環境に合致する人物像の歩行動作を自動生成するコンピュータ・アニメーション手法の確立を目的とし、歩行動作生成の定式化、計算の効率化、ソフトウェアシステムの実装について論じたものであり、全6章から構成されている。

第1章は序論で本研究の概要と目的、および本論文の構成を述べている。

第2章ではコンピュータ・グラフィックスにおける人物像の歩行動作生成手法に対する従来技術の到達点と問題点について述べている。歩行動作生成においては、現実の動きを取得し再利用する手法や身体部位の位置指定による手法、運動方程式を採用した手法などがあるが、様々な環境コンテンツとの融合を実現する上で、足位置指定による方法に運動方程式を取り入れた手法が合理的であることを示し、その手法に関する従来技術の整理を行い、本研究の位置付けについて論じている。

第3章では任意の3次元地形に沿う人物像の歩行動作を計算機によって自動生成する手法について論じている。本研究では、足位置指定に運動方程式を取り入れた平地歩行動作生成手法の問題点を解決して3次元地形に拡張するために、歩行経路を一步ごとに分割し、一步の歩幅と高低差を空間的な境界条件とし、また一步の歩行に要する時間を時間的な境界条件として運動方程式を立てることにより、歩行動作を生成する人体の関節角度の時間変化を生成する手法を提案している。また、歩行動作を直進歩行動作部分、回転動作部分、そして腕の運動部分に分離し、それぞれの運動を生成した後に互いの運動を合成し、さらに、歩行経路の幾何学的な条件により、関節角度の可動範囲を修正する手法を提案している。その結果、従来技術では不可能であった上下変化や左右への回転を含む複雑な地形に合致する歩行動作の生成が可能となり、3次元環境に対する歩行経路を設定するだけで、その経路に沿う歩行動作を自動生成することが可能となることを示している。また、このような歩行動作の計算がほぼ実時間で可能であること、アニメーション制作にかかる作業時間が大きく削減できることを示している。

第4章は歩行動作を効率的に生成する手法について述べている。まず、人間が歩行する際に地面から受ける力である床反力を、測定結果に基づいて解析関数を用いて近似し、第3章で述べた歩行動作に関する運動方程式の外力としてその関数を適用する手法を提案している。床反力が、階段上昇や下降、平地歩行によって異なることを示し、それぞれの関数形がフーリエ関数で近似可能であることを示している。その結果、逆問題を回避することが可能となるとともに外力項を直接処理することによる歩行動作生成の高速化・安定化を実現した。次に、多人数の歩行動作生成を行う際に、各人物像を視点からの距離に応じて運動の更新間隔の異なる複数のグループに分類して生成する手法を提案している。即ち、視点からの距離が小さい場合には高頻度で動作生成の更新を行い、大きい場合には低頻度で更新を行うアルゴリズムの実装と評価実験を行い、見た目の自然さを損なうことなく全体の計算時間を減らすことが可能であることを示している。これらの手法により、個々の歩行者の歩行動作の計算を高速に、かつ、安定して行うことが可能となり、さらに、多人数の運動生成に要する時間を数倍程度軽減できることを示している。

第5章では第3章および第4章の成果を応用したアニメーション・システム World Wide Walk について、その実装方

式と様々な映像コンテンツ制作への適用事例を述べている。実装に関しては、アニメーションの制作コストの削減に重点を置き、3次元環境コンテンツに対するパス設定のインタフェースやネットワークを介した映像の協調制作、2次元画像と3次元CGキャラクターとの合成、あるいは2次元画像で作成したCGキャラクターの生成など、多くの機能を実現しており、特に、写真画像を背景あるいはキャラクターとして用いることで、より現実的なアニメーションシーンを制作することが可能であることについて述べている。また、産業展示会やビデオパッケージ制作にも実際に利用されるなどの適用事例を述べ、World Wide Walkにより、動く人物像を加えることによる魅力的な映像シーンの制作を容易に実現できることや、歩行動作生成の作業量を軽減することによるコンテンツの生産性の向上に貢献し得ることを示している。

第6章は結論で、本論文を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、人物像の歩行動作を容易に生成するコンピュータ・アニメーション手法の確立を目的として、3次元仮想環境に合致する歩行動作の定式化に関する手法、計算の効率化に関する手法およびソフトウェアシステムの実装に関する研究をまとめたものであり、得られた主要な成果は以下のとおりである。

(1)コンピュータ・アニメーションにおける人物像の歩行動作生成技術を整理・分析し、地形に合致する簡易な歩行動作生成技術が必要であることを示した。

(2)既存の平地直進歩行動作に改良を加え、歩行経路を一步ごとに分割し、歩幅や高低差、回転角度等を境界条件としてその経路に沿うような歩行動作を生成する運動方程式を構築する手法を提案した。また、歩行動作を直進歩行動作、回転動作、そして腕の運動に分離し、それぞれの運動を生成した後に互いの運動を合成する手法を提案した。その結果、従来は階段や平地を含む複雑な地形に対する歩行動作生成は見られなかったが、そのような仮想環境に移動経路を指定するだけで、その経路に沿う自然な歩行動作を自動生成することが可能となることを示し、また、アニメーション制作にかかる入力コストを削減できることを示した。

(3)人間が歩行する際に床から受ける床反力を測定結果に基づいてフーリエ近似し、歩行動作を生成する運動方程式の外力項に適用する手法を提案した。また、多人数の歩行動作生成を行う際に、仮想空間における視点と人物像との距離に応じて運動の更新を行う時間間隔を変更する手法を提案し、実装と評価を行った。これらの手法により、歩行動作の動力学計算を行う際に生じ得る逆問題を解消し、歩行動作の直接的な制御を容易に行うことが可能となることを示した。さらに、見た目の自然さを損なわずにシーン全体の生成時間を削減することが可能となることを示した。

(4)上記手法を実装したアニメーション・システムを構築し、3次元CGシーンの生成や2次元画像を用いたアニメーション生成など、様々なコンテンツ制作への適用を実現した。実際のアニメーション制作に適用することにより、作業量の削減を示すとともに本システムの有効性を示した。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年12月25日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。