

氏名	董 然				
学位の種類	博士(工学)				
学位記番号	博 甲 第 9 4 0 1 号				
学位授与年月日	令和2年3月25日				
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当				
審査研究科	システム情報工学研究科				
学位論文題目	Motion Analysis using Hilbert-Huang Transform and Its Applications to Robot Motion Synthesis (ヒルベルト-ファン変換を用いた動作解析とロボット動作生成への応用)				
主査	筑波大学	教授	博士(工学)	大矢 晃久	
副査	筑波大学	教授	工学博士	坪内 孝司	
副査	筑波大学	教授	博士(工学)	三谷 純	
副査	筑波大学	教授	工学博士	工藤 博幸	
副査	筑波大学	准教授	工学博士 Ph. D. (工学)	蔡 東生	

論文の要旨

コンピュータグラフィックスや人間工学などさまざまな研究分野では、モーションキャプチャデータを用いた研究が数多く行われている。しかし、いままでの研究は、時間領域で行われたため、周波数領域でのモーション解析と編集に関する研究はほとんどなかった。本論文では、人体などの複雑なモーションを解析、編集するために、各モーションの特徴量を判別しやすい周波数領域に分解し、解析及び編集を行う手法を提案している。本論文では、ヒルベルト-ファン変換 (Hilbert-Huang Transform: HHT) をモーション解析と編集に適用するフレームワークを開発、提案している。ヒルベルト-ファン変換の前処理である経験的モード分解 (EMD) を用い、モーションキャプチャデータを、非線形近似単色波である固有モード関数 (IMF) に分解することにより、モーションデータの周波数領域での解析と編集を可能にしている。その応用として、提案するフレームワークを以下の三つの研究テーマに応用している。まず、第一に、HHT を用いたダンスモーションの分析と編集である。ダンスが音声のビートに同期して踊る性質を利用し、ヒルベルトスペクトラム解析を用い異なるダンスの性質を解析している。また、人体のリンク構造に起因し、EMD で分解された各モーションの平均周波数が、フィボナッチ数列の関係であることを発見している。フィボナッチ数列関係を利用し、モーションをまとめることで、モーション編集、ブレンディングが可能であることを示している。第二に、提案するフレームワークを用い、無形文化遺産である文楽人形の感情表現モーションの解析を行い、文楽人形の感情表現に用いられる「序破急 (緩急)」の特徴を抽出している。また、「序破急」をキーに東洋と西洋の舞踊表現メカニズムの相違を示している。第三に、文楽人形のモーションから抽出した序破急 (緩急) モーションをロボットモーションリターゲットする手法を開発し、ロボットの感情表現動作に関するデザイン法を提案している。

審査の要旨

【批評】

今までのモーション解析の研究では、周波数領域で正確に解析する手法は存在してこなかった。本研究では、非線形・非定常データの解析に優れるヒルベルト-ファン変換 (Hilbert-Huang Transform: HHT) を用い、周波数領域でのモーション解析と編集を提案している。HHT で確立した多変数解析手法をダンスモーションに適用し、ダンスモーションデータを複数の固有モードに分解しているが、分解されたモーションをビートでセグメント化し、ヒルベルトスペクトラム解析する点が新しく評価できる。また、分解された固有モードを、リンク構造から発生するフィボナッチ数列の関係を用い、分類分割することにより、新しいモーション編集、ブレンディング手法を提案している。また、伝統芸能「人形浄瑠璃文楽」の感情表現動作を、提案手法を用い解析し、伝統芸能で用いられる感情表現原理、「序破急（緩急）」の特徴をヒルベルトスペクトラム解析を用い明らかにしている。さらに、文楽人形の動きをロボット動作にリターゲットする手法を提案し、序破急（緩急）原理をロボットの動作デザインに応用する手法を新たに提案している。これら、HHT を用いた周波数領域でのモーション解析と編集手法は、CG における動作編集、ブレンディング、ロボットの感情表現動作デザインに有用であり、CG、ロボットの動作研究に貴重な知見を与える有用な研究である。

【最終試験の結果】

令和2年2月3日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。