

氏名	かわしまひろあき 川嶋宏彰
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	論情博第75号
学位授与の日付	平成19年3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	Interval-Based Hybrid Dynamical System for Modeling Dynamic Events and Structures (動的事象と構造のモデル化のための時区間ハイブリッドダイナミカルシステム)
論文調査委員	(主査) 教授 松山隆司 教授 西田豊明 教授 河原達也

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、顔の表情変化やジェスチャ、音声対話といったヒューマンインターフェイスに係わる動的事象の持つ時間的な構造を分析し、時系列信号におけるダイナミクスの変化やそのタイミング、複数の時系列信号間に存在する同期パターンを時間構造特徴として抽出するための理論モデルとして、時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを提案し、サンプルデータからのシステム同定およびパラメータ学習アルゴリズムを考案するとともに、顔の表情分析、音声と口の動きといったマルチメディア信号における同期現象分析への応用を行い、提案システムの有効性を明らかにしたもので、6章から構成されている。

第1章は序論で、時間概念、動的事象の表現法として、①物理的現象記述に適した力学系モデル(計量空間における連続的な状態遷移を記述する微分方程式系)と、②人間の心的・知的活動の記述に適した情報系モデル(順序空間における離散的な状態遷移を記述する記憶書き換え系)を統合したハイブリッドダイナミカルシステムという考え方を示し、その特長をHMMモデルなどの従来システムと比較するとともに、具体的な計算モデルとして時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを提案している。

第2章は、時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを構成する①線形動的システム②時区間③確率的オートマトンについて定義を与えるとともに、①～③の構成要素間の相互関係を示している。また、入力された時系列信号の持つ時間的タイミング構造を求めるためのアルゴリズムとして前向き推論およびViterbiアルゴリズムを提案し、時区間ハイブリッドダイナミカルシステムが、認識、生成の両方向で機能することを示している。

第3章では、サンプルデータから時区間ハイブリッドダイナミカルシステムのシステム同定およびパラメータ推定を行うアルゴリズムとして、①典型例データを対象とし線形動的システムのクラスタリングに基づいて時区間推定およびオートマトン構成を行うアルゴリズム②①の結果を初期値としサンプルデータ集合を対象としたEMアルゴリズムによるパラメータ推定の洗練化といった2段階学習法を提案し、数値シミュレーションおよび顔の表情変化を撮影したビデオ映像を用いた実験によってその有効性を示している。

第4章では、顔の表情変化が持つ時間タイミング構造を表す方法として表情譜を提案している。表情譜は、顔を構成する目、眉、口、鼻といった各部位の形状変化をそれぞれ時区間ハイブリッドダイナミカルシステムによってモデル化したもので、各部位のダイナミクス、部品間の相互時間関係が楽譜のような形式で表現される。また、表情譜から抽出される、部品間の運動開始・終了時刻の差を特徴量として用いることによって、自然な笑顔と意図的な笑顔といった微妙な表情の違いが識別できることを実験的に明らかにしている。

第5章では、時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを用いて、発話音声とその時の口の動きを写したビデオ映像といったマルチメディア時系列信号を分析し、異種メディア間に存在する同期タイミング構造を求めるアルゴリズムを提案し、発話音声からそれと同期の取れた口映像の生成を行う実験によって、マルチメディア信号における異種メディア間の時間的

タイミング構造がうまくモデル化できることを示している。

第6章は、結論であり、本研究のまとめと今後の展望を述べている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、顔の表情変化やジェスチャ、音声対話といったヒューマンインターフェイスに係わる動的事象の持つ時間的な構造を分析し、時系列信号におけるダイナミクスの変化やそのタイミング、複数の時系列信号間に存在する同期パターンを時間構造特徴として抽出するための理論モデルを提案し、その有効性を多様な実験によって実証したもので、得られた成果は以下の通りである。

(1) ①物理的現象記述に適した力学系モデル（計量空間における連続的な状態遷移を記述する微分方程式系）と、②人間の心的・知的活動の記述に適した情報系モデル（順序空間における離散的状态遷移を記述する記憶書き換え系）を統合したハイブリッドダイナミカルシステムという考え方を示し、具体的な計算モデルとして時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを提案した。

(2) サンプルデータから時区間ハイブリッドダイナミカルシステムのシステム同定およびパラメータ推定を行うアルゴリズムとして、①典型例データを対象とし線形動的システムのクラスタリングに基づいて時区間推定およびオートマトン構成を行うアルゴリズム ②①の結果を初期値としサンプルデータ集合を対象としたEMアルゴリズムによるパラメータ推定の洗練化 といった2段階学習法を提案し実験によってその有効性を示した。

(3) 時区間ハイブリッドダイナミカルシステムに基づいて、顔の表情変化が持つ時間タイミング構造を表す方法として表情譜を提案し、表情譜から抽出される時間構造特徴を用いることによって、自然な笑顔と意図的な笑顔といった微妙な表情の違いが識別できることを実験的に明らかにした。

(4) 時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを用いて、発話音声とその時の口の動きを写したビデオ映像といったマルチメディア時系列信号を分析し、異種メディア間に存在する同期タイミング構造を求めるアルゴリズムを提案し、発話音声からそれと同期の取れた口映像が生成できることを示し、アルゴリズムの有効性を実証した。

以上本論文は、顔の表情変化やジェスチャ、音声対話といったヒューマンインターフェイスに係わる動的事象の持つ時間的な構造を分析し、時系列信号におけるダイナミクスの変化やそのタイミング、複数の時系列信号間に存在する同期パターンを時間構造特徴として抽出するための理論モデルとして、時区間ハイブリッドダイナミカルシステムを提案し、サンプルデータからのシステム同定およびパラメータ学習アルゴリズムを考案するとともに、顔の表情分析、音声と口の動きといったマルチメディア信号における同期現象分析への応用を行い、提案システムの有効性を明らかにしたもので、学術上、実際に寄与するところが少なくない。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19年2月7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。