



Title	Reconstruction of the Bifurcation Structure of a Dynamical System from Time Series Data
Author(s)	Epifanio, Bagarinao Jr.
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3169510">https://doi.org/10.11501/3169510</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	エピファニヨ・バガリナオ・ジニア Epifanio Bagarinao Jr.
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 15547 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学位論文名	Reconstruction of the Bifurcation Structure of a Dynamical System from Time Series Data (時系列データに基づいた力学系の分岐構造の再構成)
論文審査委員	(主査) 教授 佐藤 俊輔
	(副査) 教授 潮 俊光 教授 前田 肇 講師 野村 泰伸

### 論文内容の要旨

本論文の目的は、「時系列データからそれを生成したシステムの分岐構造を再構成する」ということにある。パラメータづけられた力学系が与えられたとする。その力学系のパラメータに関する分岐構造と同様な分岐構造を持つパラメータ化された関数（予測関数）を何らかの方法で求める。この関数のパラメータ空間の領域（射影領域）のパラメータ値に対して、この関数（モデル）のダイナミックスは与えられた力学系のそれと同じである。これをつかって、未知の力学系が生成した時系列からその力学系の分岐構造を再構成する。主要な結果は与えられた力学系のモデルとなる予測関数と、射影領域を近似的に表現する線形多様体を求めるアルゴリズムを提案し、その有効性を検証したことである。

第1-3章には議論の展開に必要な事項について述べた。第4章では本研究での問題「分岐構造の再構成」を定式化し、予測関数を求める種々の方法と射影領域の概念を与えた。つぎに射影領域の線形多様体近似について議論した。第5章では、線形多様体近似が成立立つの条件を与えた。LIP写像 (Linear-In-Parameter map) と呼ばれるクラスの関数の射影領域に対しては、この線形近似は常に成立することを示した。第6章では、射影領域の線形多様体近似が成立しない場合における再構成の可能性を論じた。そのために1パラメータ力学系の分岐図再構成アルゴリズムを与えた。このアルゴリズムでは主曲線を用いて1次元射影領域を近似する。アルゴリズムをリミットサイクルと安定平衡点をもつ力学系からの時系列を使って検証した。高次元パラメータの分岐図再構成問題へ拡張した。

第7章では、再構成問題に関するノイズの効果を研究した。特に、ランダムな外力を受ける力学系からの時系列を使った分岐図の再構成を議論した。予測関数として直交多項式を使った。提案したアルゴリズムはノイズに対してロバストであり、限定された時系列に対してその有効性が示された。第8章では、結果の要約、シミュレーションの過程で生じた種々の問題および可能な拡張について述べた。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、「時系列から分岐構造の解析」というテーマをあつかったものである。本論文の内容を要約する。制御可能なパラメータを持つ力学系が与えられたとする。その力学系のそのパラメータに関する分岐構造と同様な分岐構

造を持つパラメータ化された関数（予測関数）を何らかの方法で求める。この関数のパラメータ空間の領域（射影領域）のパラメータ値に対して、この関数（モデル）のダイナミックスは与えられた力学系のそれと同じである。いかえれば、この領域でモデルの分岐構造を与えられた力学系の分岐構造とみなせる。このことを利用して、未知の力学系が生成した時系列からその力学系の分岐構造を再構成する。本論文では与えられた力学系のモデルとなる予測関数と、射影領域を近似的に表現する線形多様体を求めるアルゴリズムを提案し、その有効性を検証した。

第1～3章は準備的な章である。

本研究の主要な結果は4章から7章に与えられている。

第4章では分岐構造の再構成問題を正確に定式化し、予測関数を求める種々の方法と射影領域の概念を議論した。つぎに射影領域の線形多様体近似について議論した。ヘノン写像を使った再構成問題の応用例を章末に与えた。

第5章では、線形多様体近似が成り立つための条件をいくつかの既知の力学系を使って数値的に決定した。LIP写像（Linear-In-Parameter map）と呼ばれるクラスの関数の射影領域に対しては、この線形近似は常に成立することを示した。

第6章では、射影領域の線形多様体近似が成立しない場合における再構成の可能性を論じた。そのために1パラメータ力学系の分岐図再構成アルゴリズムを与えた。このアルゴリズムでは主曲線を用いて1次元射影領域を近似する。アルゴリズムをリミットサイクルと安定平衡点をもつ力学系からの時系列を使って検証した。高次元パラメータの分岐図再構成問題へ拡張した。

第7章では、再構成問題に関するノイズの効果を研究した。特に、ランダムな外力を受ける力学系からの時系列を使った分岐図の再構成を議論した。予測関数として直交多項式を使った。提案したアルゴリズムはノイズに対してロバストであり、限られた数の時系列ではあるが有効であることが示された。

第8章では本研究の結果の要約と、シミュレーションの過程で生じた種々の問題についてまとめた。この研究の可能な拡張について述べた。

これらの結果は時系列解析の分野の発展に一定の寄与をした。よって、博士（理学）の学位論文として価値があると認める。