

論文内容要旨

報告番号	甲 先 第 333 号	氏 名	兒島 雄志
学位論文題目	競争モデルに基づく連続時間力学系による 離散値トモグラフィ画像再構成法		
<p>内容要旨</p> <p>コンピュータ断層 (CT) 画像再構成は対象物の内部構造を透過や放射の方法で測定した投影から推定し、濃淡画像として表現することであり、X線 CT や PET, SPECT の基本原理に用いられている。CT 画像再構成法にはフィルタ補正逆投影法と逐次再構成法が知られている。近年、異なるアプローチとして、非線形微分方程式系の初期値問題に基づく画像再構成法 (連続時間画像再構成法) が提案されている。すなわち、望ましい再構成画像に対応する解を安定平衡点とする非線形微分方程式系を構成し、適切な初期値からスタートした解が理想解に収束することを期待する方法である。連続時間画像再構成法は、解の大域的安定性と局所的安定性をそれぞれリアプノフ定理と平衡点におけるヤコビ行列を用いることで理論的に示すことが可能である。CT 画像再構成では画像の濃度値として連続値を扱うのに対し、比較的少数の離散値を扱う再構成を離散値トモグラフィという。本論文では、2 値の濃度ラベル扱う再構成をバイナリトモグラフィ、3 値以上の濃度ラベルを扱う再構成を離散値トモグラフィと区別して呼ぶことにする。バイナリトモグラフィおよび離散値トモグラフィは、濃度ラベルを先見情報として、少ない投影数で比較的高品質な再構成画像を得ることを目的としている。本論文では、離散値トモグラフィの解法として、競争モデルに基づく非線形微分方程式系の初期値問題によって目的の画像再構成を達成させる方法を提案する。具体的には、離散値トモグラフィの再構成問題を、濃度ラベル数倍だけ拡張したバイナリトモグラフィの問題に帰着させる。ただし、状態変数は画素を構成する濃度ラベルの重みを表しており、理想的には何れかのひとつの状態変数が 1 で他は 0 であることが望まれるため、排他的仕組が必要である。排他的仕組みを備えた非線形微分方程式系を一般化ロトカ・ボルテラ型の競争モデルに基づき構成し、真の画像に対応した安定平衡点への解軌道の収束によって目的の画像再構成を期待する方法を提案した。競争モデルのダイナミクスに動機づけられて導出した微分方程式を原理に用いたアプローチは本研究が最初である。本研究の主要な成果は、提案系に存在する平衡点の特定と平衡点の安定性を理論的に明らかにしたことにある。理想解に対応する平衡点と他の安定平衡点が共存していることが明らかとなった。この結果は理想解を得るためには適切な初期値を与える必要があることを意味するが、系に存在するあるサドル型不安定平衡点の安定多様体が、理想解に収束する初期値集合 (ベイスン) をわける境界となっていることが予想される。さらに、微分方程式系を非自律型に拡張することで、与えられる濃度ラベルが不正確であったとしても、濃度値を濃度ラベルに丸めた画像再構成が達成できることを示した。</p>			