

氏 名	湊 小太郎 みなと こたろう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 667 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 電 気 工 学 専 攻
学位論文題目	心放射図のパラメータ推定に関する基礎的研究

(主 査)  
論文調査委員 教授 桑原道義 教授 近藤文治 教授 西川禎一

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は肘静脈に注入された放射性同位元素 (RI) が心臓部を通過する際に得られる心放射図から血液循環系の機能をあらわす種々の値を定量化するために、循環系における物質輸送過程をあらわす数学モデルを構成し、心放射図とこれに対応するモデルの出力を比較し、これによって循環系のパラメータを推定するために、ミニコンピュータを用いる新しい曲線あてはめの手法について研究したもので、7章からなっている。

第1章は本論文の構成とその概要の説明にあてられている。第2章はオートフルオロスコープで計測された14×21画素からなる RI 心血管造影像から、RI の右心への入力部、右心部、肺部および左心部に対応する各領域を、オートフルオロスコープの各画素のガンマ線計数率曲線の最大値到達時間のヒストグラムをもとにして、自動的に設定する手法について述べている。さらに心拍周波数に関するフーリエ係数の位相差を特徴量とすることによって、心房部と心室部を分離できることを示している。

第3章は心放射図を自動的に解析し、循環系のパラメータを推定する手法について述べている。パラメータ変動が心放射図に与える影響を知るためにパラメータ感度解析を導入することによって、同時に推定すべきパラメータ群を区分できることを示し、また周波数窓法と名付けた周波数領域における曲線あてはめ法を開発して、これらがパラメータ推定に要する処理時間を短縮するのに非常に有効であり、かつミニコンピュータを利用するのに適した手法であることを明らかにしている。なおパラメータの出発値を決定するために GMDH 法を適用し、その有用性を示している。

第4章はパラメータ推定における一意性と安定度について、テンソル解析を適用して幾何学的に論じている。すなわち、データの変動にかかわらずパラメータを一意的に決定するための条件を明らかにし、かつ推定パラメータ値のデータ変動に対する振舞いについて検討している。

第5章では、第3章における心放射図の数学モデルのようなむだ時間を含む線形常微分方程式系に数値逆ラプラス変換を適用する際の誤差について検討しており、また第6章ではパラメータの出発値決定のために用いた GMDH 法の収束性について論じ、その適用に当ってはイルコンディションにならないように

する必要のあることを示している。

第7章は本論文の総括で、以上の結果を要約したものである。

### 論文審査の結果の要旨

制御系をはじめとする各種のシステムにおいて、そのシステム同定やシステムのパラメータ推定の問題は、実際のシステムの構造を知る上で極めて重要な課題であり、これに関して多くの研究がなされてきている。しかし生体システムに対しては、工学システムに比べてその計測と取扱いが必ずしも容易でないため、臨床診断に有用な成果を挙げるのが困難であって、今後もこの方面の研究の発展がまたれている。

本論文は臨床検査に用いられている心放射図を血液循環系における物質輸送過程としてとらえ、ミニコンピュータを用いたシミュレーションによって、従来から定性的判断にゆだねられていた心放射図から循環系の多くのパラメータを定量化することに成功し、これを臨床応用可能としたものであって、本研究において得られた成果の主なもの挙げると次のようである。

(1) ヒトの血液循環系に放射性同位元素 (RI) を注入し、前胸部においたオートフルオロスコープによってその輸送過程を計測し、これから心放射図に相当する計数率曲線を得るために、オートフルオロスコープの $14 \times 21$ 個の画素からなる RI 画像上で、右心入力部、右心部、肺部および左心部を、RI 計数率の最大値到達時間を用いて自動的に決定する手法を確立している。

(2) 著者が周波数窓法と名付けた周波数領域における動的システムのパラメータ推定法を開発し、実測心放射図と数学モデルとの曲線あてはめによって心機能をあらわす各種のパラメータを定量化するのに成功している。この方法は通常的时间領域において残差 2 乗和を最小にする推定法に比較して、計算量がきわめて少ないのでミニコンピュータを利用するのに適しており、またむだ時間を含むシステムのパラメータ推定にも適用できる利点がある。

(3) パラメータ推定の出発値の決定に GMDH 法を適用して心放射図および各コンパートメントの時定数の予測式を導き、パラメータ推定値の信頼性の向上が計れることを示している。なお GMDH の適用に当たってその収束性が常に保証されるとは限らないことを理論的に明らかにしている。

(4) 重みつき残差 2 乗和を評価関数とするパラメータ推定問題において、データ変動にかかわらずパラメータを一意的に決定できるための条件を理論的に導き、評価関数の多峰性の問題を比較的通しよく論ずることができるようにしている。

(5) 心放射図の数学モデルに現われるむだ時間を含んだ線形系などの、ラプラス変換可能な系に対する数値逆ラプラス変換の計算誤差を、1 次おくれ系を例にとって理論的に論じ誤差の性質を明らかにしている。

以上要するに本論文は心放射図を対象として生体システムのパラメータ推定における周波数窓法を開発してその有用性を明らかにするとともに、その開発の過程において問題となるいくつかの点について理論的な解明を行ったものであって、学術上実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値があるものと認める。