





平成 26 年 2 月 14 日

工学研究科委員長
森島 洋太郎 殿

審査委員会報告書

審査委員			
(主査) 教授	金江 春植		教授 
教授	山西 輝也		
教授	鹿間 敏弘		

学位論文提出者氏名
中道 正紀

学位論文題目
ファジィロジックを用いた肺エラスタンスの推定と
患者の肺特性に適した人工呼吸器の設定法に関する研究

学位申請受理年月日
平成 26 年 2 月 6 日

1. 学位論文の内容の要旨
別紙論文要旨のとおり

2. 学位論文審査結果の要旨

人工呼吸医療法は心肺停止のような緊急の場合のみならず全身麻酔を伴う大手術時
も使う一般的な医療法である。人工呼吸において、送気管の気圧が低すぎると呼吸が
不足し、高すぎると肺胞が破れる危険性があり、この気圧を適切に設定することが非
常に重要である。肺の弾性特性を表すエラスタンスは気圧を決める重要な根拠となる
ものであるが、肺エラスタンス特性は、年齢や性別、体格、病状などによって異なり、
人工呼吸においてはそれぞれの特性に合わせて換気条件を設定することが望ましい。
しかし、患者の体重を見積もって経験的に設定しているのが現状であり、患者の肺の
特性に合わせて気圧を設定するにはほど遠い。さらに、肺がまだ発達していない未熟
児や呼吸系に疾病を持つ患者には、医師の経験も乏しく気圧の適切な決定は非常に困
難である。そこで本研究は、肺エラスタンスをファジィモデルによりモデリングし、
人工呼吸時の空気の気圧・流量などの測定データから肺エラスタンスを推定し、ファ
ジィ推論により適切に呼吸気圧を決定する方法を提案することを目的としている。

論文は、全部で 14 章からなっている。

第 1 章序論では、研究の背景と目的について説明し、あわせて本論文の構成につい
て述べている。

第2章から第7章までは、人工呼吸やP-V曲線などの基本概念、今までの医学的な関連知見、この分野で既になされた研究成果、連続時間動的システムの同定に有効とされている数値積分同定法、および呼吸のモデリングや呼吸気圧決定に必要なファジィ推論など、本研究と密接に関連する基礎的な事柄をまとめた。

第8章から第12章は本研究で提案した肺エラストランスのファジィ表現による呼吸システムのモデリングとパラメータ推定に関する記述である。第8章で最初に提案した関数型SIRMs (Single Input Rule Modules) ファジィ推論によるエラストランスのモデルとそのパラメータの推定について説明し、その有用性を臨床実験データにより検証した。ただし、このパラメータ推定法では十分な推定精度が望めず、第9章で精度改善策としてファジィルールの後件部関数の次数調整を試み、第10章で新たに区間データ結合を用いたパラメータ推定法を提案し、推定精度を向上させた。また、ファジィモデルにおいては肺の体積をベースとしたファジィメンバシップ関数を用いているが、その設定がモデルの推定結果に大きく影響を与えることから、第11章では、生物の群知能を模倣したアントコロニー最適化手法を導入し、肺エラストランスファジィモデルにおけるメンバシップ関数の最適化を提案し、メンバシップ関数の最適設定問題を解決した。第12章では、人工呼吸システムの測定データから肺のエラストランスを推定する実用的な観点から、肺エラストランスの推定と呼吸モデルのその他の項の推定を交互に行う非線形繰り返しアルゴリズムを開発し、医療現場において迅速かつ自動的に患者の肺エラストランス特性を推定する方法を提案している。

第13章では、開発された推定法により得られた肺の弾性を表す静的P-V曲線に基づき、人工呼吸における気圧を設定するファジィ推論の決定法を提案し、患者の肺の特性に沿って気圧を設定することを可能にしている。

第14章は結論であり、本研究の主要内容を総括し、さらに今後の研究の方向を与えている。

以上の結果から、本論文は、呼吸システムのモデリングと人工呼吸の換気条件の設定において、初めてファジィロジックを用いたモデルおよびその推定法を提案し、過去に例のない新しい枠組みを立てており、肺エラストランス特性推定・換気条件の設定・呼吸制御が可能となるような一貫したファジィロジックによる理論的基礎を築き、患者の呼吸システム特性の推定に基づく適切な換気条件を設定する上で明るい展望を開き、システム工学および医工学において有用な示唆を与えている。

上記の研究内容を審査委員会で慎重に検討した結果、申請者は独立した研究遂行能力を持ち、本論文は博士(工学)の論文として学術上、価値あるものと認める。

3. 公聴会の日時

平成26年2月12日(水) 14時～15時。

4. 最終試験結果の要旨

平成26年2月12日、論文内容およびそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

5. 審査委員会の所見

審査の結果および最終試験結果等を考慮して、申請者は博士(工学)の学位を授与される資格を有するものと認める。