

氏名 安 藤 英 一

学位(専攻分野) 博 士(工 学)

学位授与番号 博 乙 第 2574 号

学位授与の日付 平成 5 年 3 月 28 日

学位授与の要件 博士の学位論文提出者

(学位規則第 4 条第 2 項該当)

学位論文題目 超音波応用機器の有限要素解析及び計算機援用設計に関する研究

論文審査委員 教授 加川 幸雄 教授 古賀 隆治 教授 東辻 浩夫
教授 橋本 文雄 教授 谷口 健男

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文の目的は超音波応用機器の設計・解析に関するもので、有限要素法を用いた計算機援用設計とその手法を確認することにある。

第 1 章では、研究に着手するに至った背景を述べるとともに、本論文の目的を明確にし、以後の章を概説している。

第 2 章では、超音波振動系について述べたのち、その設計・解析手法として有限要素法が適合していることを述べている。

第 3 章では、有限要素法を適用した超音波応用機器の計算機援用設計システムについて述べている。

第 4 章では、2 次元、軸対称、3 次元の圧電弾性振動問題を取扱い、その有限要素表示式を導出している。

第 5 章では、第 4 章で明らかにした手法を超音波溶接用振動工具に適用した例を示す。

この種の装置では発熱も重要な問題である。第 6 章では、超音波圧電振動体の熱解析のための有限要素表示式を与える。

第 7 章では、第 6 章で明らかにされた手法を圧電振動体の熱設計に適用した例を示す。

第 8 章では、2 次元の平板曲げ振動および、弾性板振動・音場連成問題の有限要素表示式と軸対称圧電振動・音場連成問題の有限要素表示式を与える。

第 9 章では、第 8 章で明らかにされた手法を実際の超音波洗浄槽に適用した例を示す。

最後に第 10 章では、本研究で得られた成果と将来の展望について総括している。

論文審査の結果の要旨

超音波の動力的応用の中で、工業に最も多く利用されているものに洗浄と溶接がある。これらの装置に使われる電気音響変換器の解析・設計は、実用化が先行したこともあり、単純な1次元モデルによる理論と試作・実験を繰り返す試行錯誤的な手段により行われてきた。しかし、超音波溶接機で大型の対象を一度に均一に接合するための、2次元のあるいは3次元の拡がりをもつ大型工具ホーンを合理的に設計するのは容易ではない。さらに強力超音波を扱う機器では、信頼性、破損の点からも熱問題が避けられない。しかも超音波振動体の温度分布は体表面を除いて計測が不可能であり、また、熱応力の発生、その影響などについても明らかにされていない。

また超音波洗浄においても、洗浄槽内の超音波の輻射板の振舞い、槽内の洗浄液中および洗浄物表面の音圧分布が明らかでなく、より合理的かつ効率的設計手法の開発が望まれていた。

本論文は、超音波溶接用振動系の解析・設計に電気・機械結合系の有限要素法解析を適用したものである。まず駆動用圧電振動子部は軸対称、工具部は平面モデルを採用した2次元近似モデルを提案している。さらに大型のものについては工具部に3次元モデルを採用している。これらの手法は電気・機械結合を考慮しているために振動モードだけでなく、電気的入力アドミタンスを直接求めることができる。強力超音波のもう一つの問題、振動体の発熱に関しては、定常状態及びパルス駆動される超音波溶接装置の設計に必要な情報を得るために、振動損と誘電損を熱源として、有限要素法を超音波振動子の温度特性解析に適用した。さらに、非定常過渡応答の手法を超音波プラスチック溶接部に適用して、その溶着メカニズムも明らかにしている。超音波洗浄槽については、これを板あるいは膜の振動と音場が連成している系としてとらえ有限要素法により槽板の振動変位分布、槽内液中の音波の振舞いを考察した。これらを実測結果と比較したところいずれもよい一致が得られ、手法の有効性が明らかにされている。これらは解析の技法であるが、解析結果を設計変数に還元することによって高信頼性を確保する計算機援用システムを開発した。

その研究成果は、電子情報通信学会論文誌に3編（電子情報通信学会論文誌A、第J70-A巻、第6号、pp942～951、昭和62年6月、第J71-A巻、第5号、pp1079～1090、昭和63年5月、第J72-A巻、第6号、pp881～892、平成元年6月）、日本音響学会誌に1編（第48巻、第5号、pp294～300、平成4年5月）、（米）電気電子学会論文誌に1編（IEEE Transaction, UFFC, vol.39, No.3, pp432～440, May, 1992）など計5編の論文として発表されている。

以上の通り本論文は、学術上、工業上有用な知見を示しており、博士の学位論文として価値があるものと認める。