

## 自己評価報告書

平成23年 4月11日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ~ 2011

課題番号：20560082

研究課題名 (和文) 熱的環境下でのマルチフェロイクス材料からなる知的複合材料の解析的手法の構築

研究課題名 (英文) Construction of analytical treatment for smart composite materials composed of multiferroic materials under thermal environment

研究代表者

大多尾 義弘 (OOTA YOSHIHIRO)

大阪府立大学・工学研究科・教授

研究者番号：10275274

研究分野：熱弾性解析

科研費の分科・細目：機械工学・機械材料・材料力学

キーワード：材料力学、熱応力、マルチフェロイクス材料、知的複合材料、理論解析

## 1. 研究計画の概要

(1) 本研究では圧電材料と磁歪材料をベースにしたマルチフェロイクス材料を取り上げ、このマルチフェロイクス材料単体や構造材料とマルチフェロイクス材料からなる知的複合材料が熱的環境下で使用される場合の、機能性の発現と強度評価のための数理解析的手法の確立を目指す。

(2) 研究の第1の目的は、圧電材料と磁歪材料を張り合わせた積層材料または傾斜機能を有する圧電材料・磁歪材料を線形圧電磁熱弾性体 (Linear Magneto-electro-thermoelastic Material) として統一的に定式化し、非定常圧電磁熱弾性問題の厳密解を導出し、数値シミュレーションにより熱変形・熱応力および熱弾性場と電場と磁場の連成効果に関する定量的評価を行うことにある。

(3) 第2の目的は耐熱構造材料に圧電材料・磁歪材料からなるマルチフェロイクス材料を張り合わせた耐熱性を有する知的複合材料の非定常圧電磁熱弾性問題の解析方法を確立し、圧電材料・磁歪材料がセンサーやアクチュエータとして機能した時の挙動を調べるとともに、圧電材料あるいは磁歪材料単体と耐熱構造材料からなる知的複合材料よりも、高度なセンサー機能やアクチュエータ機能の発現を調べることである。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 傾斜機能材料・傾斜機能圧電材料の解析

① マルチフェロイクス材料の解析の基礎となる傾斜機能材料の非定常熱弾性問題、傾斜機能圧電材料の非定常圧電熱弾性問題の解析を行った。

② 解析モデルとして、傾斜機能平板・帯板、傾斜機能層を有する帯板・中空球、傾斜機能

中空円筒、傾斜機能圧電円筒パネルを取り扱った。

(2) 圧電材料と磁歪材料が積層された積層中空円筒・積層中空球の解析

① 圧電材料および磁歪材料とともに、統一的に線形圧電磁熱弾性体と考え、熱弾性場、電場および磁場の連成を考慮して、定式化を行った。

② 解析モデルとして、積層中空円筒および積層中空球が内外表面から一様温度により加熱される場合を想定し、厳密解を導出した。数値計算により温度、変位、熱応力、電位および磁位の非定常挙動を調べた。

③ 積層円筒パネルが内外表面から非一様温度により加熱される場合を想定し、厳密解を導出した。

(3) 傾斜機能中空円筒の非定常圧電磁熱弾性解析

① 半径方向に不均質特性を有する線形圧電磁熱弾性体からなる中空円筒が一様に表面加熱される場合の非定常圧電磁熱弾性問題を積層モデルを用いて解析した。数値計算を行い、不均質特性の影響を調べた。

(4) 構造材料に圧電材料・磁歪材料からなる傾斜機能マルチフェロイクス材料が積層された知的複合材料の解析

① 表面一様加熱を受ける等方性構造材料に圧電材料・磁歪材料からなる傾斜機能マルチフェロイクス材料が積層された積層中空円筒の非定常圧電磁熱弾性問題を平面ひずみ問題として厳密に解析し、数値計算を行った。

## 3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

(理由)

中空球モデルについてはまだ少し解析が残

っているが、一次元問題についての解析は順調である。

#### 4. 今後の研究の推進方策

二次元問題の解析を行う。

(1) 圧電材料と磁歪材料が積層されたマルチフェロイクス材料からなる積層中空円筒が非軸対称加熱を受ける場合を準静的問題として定式化し、厳密解を導出する。得られた厳密解およびすでに得られた積層円筒パネルの厳密解を用いて数値計算を行い、以下の項目について、定性的・定量的評価を行う。

① 磁気電気効果の確認

② 熱変形・熱応力の定常および非定常挙動

③ 加熱条件による影響

④ 圧電材料表面の電位分布が熱変形・熱応力および磁歪材料中の磁束密度・磁気ポテンシャルに及ぼす影響

(2) 構造材料に圧電材料・磁歪材料を張り合わせた知的複合円筒パネル、知的複合中空円筒を想定し、構造材料側の表面が非一様に加熱された解析モデルを想定する。圧電材料・磁歪材料がセンサーおよびアクチュエーターとして使用する場合に対して、数値計算を行い、以下の項目について、定性的・定量的評価を行う。

① 加熱条件が温度、熱変位、熱応力、電位、磁位、電束密度、磁束密度などに及ぼす影響

② 熱変形・熱応力、特に層間はく離の原因となる面外応力の定常および非定常挙動

③ 内外半径比、積層順序、積層数の影響

(3) マルチフェロイクス材料が半径方向に傾斜化された知的複合円筒パネル・知的複合中空円筒の二次元問題について、多層近似等の方法で検討する。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

① Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Exact Solution of Transient Thermal Stress Problem of a Multilayered Magneto-Electro-Thermoelastic Hollow Cylinder, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 査読有, Vol.5, 2011, pp. 90-103.

② Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Exact Solution for Transient Thermal Stress Problem of a Multilayered Magneto-Electro-Thermoelastic Hollow Sphere, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress on Mesomechanics, 査読無, 2010, pp. 137-140.

③ Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Kei Noda, Transient Thermal Stress

Analysis of a Functionally Graded Magneto-Electro-Thermoelastic Strip due to Nonuniform Surface Heating, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress on Mesomechanics, 査読無, 2010, pp. 125-128.

④ Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Transient Thermal Stress Problem of a Functionally Graded Magneto-Electro-Thermoelastic Hollow Cylinder due to a Uniform Surface Heating, Proceedings of the Second Asian Conference on Mechanics of Functional Materials and Structures, 査読有, 2010, pp. 243-246.

⑤ Yoshihiro Ootao, Transient Thermoelastic and Piezothermoelastic Problems of Functionally Graded Materials, Journal of Thermal Stresses, 査読有, Vol. 32, 2009, pp. 656-697.

[学会発表] (計 16 件)

① 大多尾義弘、石原正行、等方性構造材料と傾斜機能マルチフェロイクス材料からなる積層中空円筒の非定常熱弾性解析、日本機械学会関西支部第 86 期定時総会講演会、2011年3月19日、京都工芸繊維大学(京都府)。

② 大多尾義弘、等方性構造材料とマルチフェロイクス材料からなる積層中空円筒の非定常熱弾性解析、日本機械学会 2010 年度年次大会講演会、2010年9月6日、名古屋工業大学(愛知県)。

③ Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Transient Thermal Stress Problem of a Functionally Graded Magneto-Electro-Thermoelastic Hollow Cylinder due to a Uniform Surface Heating, the Second Asian Conference on Mechanics of Functional Materials and Structures, 2010年10月24日, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics (China)

④ Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Exact Solution for Transient Thermal Stress Problem of a Multilayered Magneto-Electro-Thermoelastic Hollow Cylinder, Joint-Symposium on Mechanics of Advanced Materials & Structures, 2010年8月12日, Harbin Institute of Technology (China).

⑤ Yoshihiro Ootao, Masayuki Ishihara, Kei Noda, Transient Thermal Stress Analysis of a Functionally Graded Magneto-Electro-Thermoelastic Strip due to Nonuniform Surface Heating, the 12<sup>th</sup> International Congress on Mesomechanics, 2010年6月22日, National Taiwan University of Science and Technology (Taiwan).