

氏 名	戴 光 澤
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 175 号
学位授与の日付	平成 10 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	Studies on Exact Solutions of Evolution Equation for Linear Viscoelastic Medium and Their Applications
審 査 委 員	(主査) 教 授 齋 藤 憲 司 教 授 岩 本 正 治 教 授 山 口 克 彦 教 授 中 岡 明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は 7 章で構成され、各章の要旨は以下の通りである。

第 1 章は本論文の緒論であり、これまでに行われてきた非可逆熱力学の手法を用いた粘弾性挙動の研究について概観するとともに、研究の目的について述べている。

第 2 章では、線形粘弾性挙動の発展方程式を導出し、この方程式の係数マトリックスに及ぼす熱力学的一般化座標の影響を明らかにしている。発展方程式は、熱力学的一般化座標 q_i とこれに関する熱力学的一般化力 Q_i とで表われる。 q_i は陽座標と陰座標とに分けられ、これらの座標の中には中性平衡座標が存在する場合もある。中性平衡座標がある場合は理想粘弾性流体であり、存在しない場合は理想粘弾性固体である。さらに、孤立系のエントロピー生成の観点から見れば q_i はエントロピー生成に参加する座標としない座標とに分けられる。線形発展方程式の係数マトリックスに対するこれらの座標の影響を求めた結果、① q_i の係数マトリックス $[a_{ij}]$ は中性平衡座標がある場合には零の固有値を持つ。② q_i の時間微分 $\dot{q}_i$ の係数マトリックス $[b'_{ij}]$ はエントロピー生成に参加しない座標に対してはその対角項 b'_{ii} が零となる。③ q_i が別の座標 q_j のエントロピー生成に関係しない場合には非対角項 b'_{ij} も零となる。

第 3 章では、2 章の結果を基に熱力学的一般化座標 q_i についての厳密解を求めている。まず、孤立系のエントロピー生成に参加しない座標中には中性平衡座標が存在しないことを初めて証明するとともに、これより q_i についての厳密解が存在することを示し、以下の結論を得ている。① q_i 中に中性平衡座標がない場合の厳密解は理想粘弾性固体に適用できるものである。② q_i 中に中性平衡座標がある場合の厳密解には時間に比例する項が現われ、この厳密解は理想粘弾性流体に適用できる。③ 陽座標の一部だけがエントロピー生成に参加する場合の厳密解は、通常の熱力学的一般化力 Q_i を相当熱力学的一般化力に置き換えた形である。

第 4 章では、熱力学的一般化力 Q_i についての厳密解を求めている。中性平衡座標がエントロピー生成に参加しない座標中にあることを用いて、 Q_i の厳密解が存在することを証明し、① 中性平衡座標が陽座標中にある場合の厳密解は、中性平衡座標がない場合の解と同一であること、すなわち理想粘弾性固体の解と理想粘弾性流体の解は同一となり、その区別がない。② 中性平衡座標が陰座標中にある場合の厳密解には時間に比例する項が現われ、この項の存在は理想粘弾性流体の特徴である。③ 全ての座標がエントロピー生成に参加する場合の解と比べると、一部の陰座標が参加しない場合の厳密解には Q_i の加速度項が現われる。

第 5 章では、3 章と 4 章で得られた厳密解を等方性粘弾性棒の単軸クリープと単軸応力緩和に適用し、

それらの挙動に対する構成式を導いている。その結果、単軸クリープ挙動については、理想粘弾性固体の単軸クリープひずみは時間の経過とともに一定値に漸近することを、理想粘弾性流体の場合には時間の経過とともにクリープ速度が一定値に漸近することを示している。単軸応力緩和挙動については、理想粘弾性固体の場合には応力は時間の経過とともにある有限値に緩和して行くことを、理想粘弾性流体の場合には応力は時間の経過とともに零に緩和して行くことを示している。

第6章では、これまでの線形粘弾性挙動とは異なり粘弾性体の非線形挙動を論じている。粘弾性体の変形につれてその内部構造の変化や内部損傷などが生じると考え、これを現わす構造パラメータがHelmholtz自由エネルギーに影響を及ぼすものと考えて非線形粘弾性挙動に適用できる発展方程式を導いている。この結果を変形異方性を有する理想粘弾性固体棒の単軸クリープに適用して、熱力学的一般化座標に関して解くことによって、クリープ挙動に対する厳密解を求めている。

第7章は、本論文の結論であり、これまでの結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、非可逆熱力学の手法を用いて導出された粘弾性体の発展方程式とその厳密解について論じたものである。まず、発展方程式を線形粘弾性体に適用して、2つの定数係数マトリックスをもつ熱力学的一般化座標と熱力学的一般化力とで表されたマトリックス常微分方程式を得ている。この方程式の厳密解は、2つの係数マトリックスの性質と中性平衡座標が系のエントロピー生成に関与するかしないかによって分類されることを示し、厳密解の形が異なることを明らかにしている。

本論文で展開されている線形粘弾性体の発展方程式の厳密解の分類方法は従来の研究では見られない精緻さがあり、本論文の特徴となっている。

次に熱力学的一般化座標の一部に粘弾性体の変形とともに生じる構造変化を表す構造パラメータを導入して、非線形粘弾性体に適用できる発展方程式を導出し、具体例として変形異方性の問題にこれを応用している。このアイディアは損傷力学等にも適用可能であると思われ、本論文の斬新さと適用性の広さを示すものであり、将来の発展が期待される秀れた論文である。

本学位論文作成の基礎となった学術論文は、

- (1) G. DAI, S. ARAKI and K. SAITO : ON SOME CONSIDERATIONS ABOUT SCHAPERY' S CREEP EQUATIONS FOR LINER VISCOELASTIC MATERIALS, Proc. of the Asian-Pacific Conference on AEROSPACE TECHNOLOGY AND SCIENCE, 1994, pp.107-112.
- (2) G. DAI, S. ARAKI and K. SAITO : Some Considerations on Stress Relaxation Phenomena in Viscoelastic Medium from a Standpoint of Irreversible Thermodynamics, THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS, Vol.44(1995), pp.85-93.
- (3) G. Dai, S. Araki, K. Saito and A. Nakaoka : Exact Solutions of Evolution Equation for Linear Viscoelastic Medium, THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS, Vol.46(1997), pp.95-108.

である。その他投稿中の論文が2件あり、全ての論文が申請者が筆頭者である。