

琉球大学学術リポジトリ

熱蛍光法に基づく年代測定システムの研究開発

メタデータ	<p>言語: Japanese</p> <p>出版者: 玉城史朗</p> <p>公開日: 2009-07-31</p> <p>キーワード (Ja): 熱蛍光, モデル予測制御, 年代測定, 温度制御, スペクトル解析, 年代測定システム, 非線形特性, H無限大制御, ウェーブレット解析, ウェーブレット変換, アイオニウム法, H無限大最適制御, ウェーブレット変換, 温度制御系, 発光スペクトル, ウェーブレット解析, 定速昇温制御, ロバスト制御, 最適デジタル制御</p> <p>キーワード (En): THERMOLUMINESCENCE, Hinfinity CONTROL METHOD, IMPULSE RESPONSE FILTER, AGE-ESTIMATION SYSTEM, HEAT TRANSFER SYSTEM, MODEL PREDICTIVE CONTROL, CONSTANT-RISING TEMPERATURE, OPTIMAL DIGITAL CONTROLLER</p> <p>作成者: 玉城, 史朗, 棚原, 朗, Tamaki, Shiro, Tanahara, Akira</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属:</p>
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/11608

熱蛍光法に基づく年代測定システムの研究開発

(課題番号 07650290)

平成7年度～平成9年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2））

研究成果報告書

平成10年3月

研究代表者 玉 城 史 朗

(琉球大学工学部教授)

はしがき

放射線照射された鉱物を加熱するときに観察される発光現象は熱蛍光 (Thermoluminescence, TL) と呼ばれる。TL 量は被曝した放射線量に依存する線量依存性を有する。その性質を用いた物質の年代測定法は TL 年代測定法として、近年、地質学や考古学、人類学の分野で注目されている。また、TL 年代測定法は、その測定範囲が数千年～数百万年と広域であり、さらに、数 10mg 程度のわずかな試料で測定が可能であることから、特に、地質学上の絶対年代測定技術として有望視されている。ところで、琉球列島の野線年代を求めることができれば、大陸との陸続きの問題や、動植物の移動時期や沖縄原人の由来時期等の問題が絶対年代で議論することが可能となる。ゆえに、TL 年代測定法を用いて第 4 世紀琉球石灰岩の絶対年代の同定が行えれば、前述の問題に対する多大な貢献が期待される。

ところで、TL 年代測定装置は市販されていないため、その分野の研究者が自らは衣鉢することが必要となっている。しかし、そのシステムの開発にはかなりの困難が伴う。それは、以下のことに起因する。

- 1) TL 量は昇温速度に大きく依存するため、データ解析の面からは定速度昇温による試料加熱が必要不可欠となる。この昇温制御は市販の温度制御装置では実現が困難である。
- 2) 得られた TL 発光量のデータを処理し、その試料の年代を推定するまでの明確な算出法が構築されていない。

本研究では、TL 年代測定の研究推進に貢献することを目的として、温度制御系の設計から TL 測定に至るまでの TL 年代測定用計測制御システムの研究開発を行った。まず、TL 発光強度から年代を測定する場合は、規範的データと我々の計測した実験結果を比較することにより種々のノウハウを構築することが可能となった。さらに、発光データに対し、時空間周波数解析法として有力な解析手法であるウェーブレット解析を適用することで、新たな知見が生まれた。次に、試料を一定速度で加熱する定速昇温制御系の設計問題では、近年、その理論が確立したロバスト制御法の範疇である H 無限大制御やモデル予測制御理論を積極的に導入し、改良を加えることにより、従来の制御法では実現できないような高精度（絶対誤差 $\pm 0.1\%$ 以内）の制御性能を発揮することが可能となった。また、われわれが提案した最適デジタル制御系の適用も試みた。この手法は、システムのステップ応答の情報から制御系を設計するという特長を有するため、システム同定から制御系設計までを一貫して行えるという利点がある。この制御系を TL 年代測定用計測制御システムに導入することで、温度制御系から TL 発光強度測定までを統合的に実行するシステムを構築することが可能となった。最後に本研究で提案したデジタル式最適制御系は振動制御問題へ応用可能であることも明らかになった。

研究組織

研究代表者：玉城史朗（琉球大学工学部教授）

研究分担者：棚原朗（琉球大学理学部助教授）

研究経費

平成7年度	1,100 千円
平成8年度	600 千円
平成9年度	500 千円
計	2,200 千円

研究発表

（１）学会誌

- ・ 佐久間康弘，宮里智樹，玉城史朗，金城寛，山本哲彦：非線形伝熱プロセスのロバストデジタル制御，日本機械学会論文集（B），61 巻 588 号，pp. 3240－3245，1995.
- ・ Shiro Tamaki, Naoki Oshiro, Tetsuhiko YAMAMOTO and Hiroshi KINJO: Design of Optimal Digital Feedback Regulator Based on First and Second Order Information and its Application to Vibration Control, JSME International Journal, Series C, Vol. 39, No. 1, pp.41-46, 1996.
- ・ 多田泰徳，玉城史朗，金城寛，山本哲彦：モデル予測制御系のロバスト性に関する実験的検証，システム制御学会論文誌，Vol. 10, No. 7, pp. 391－393, 1997.

（２）国際会議講演論文

- ・ Shiro TAMAKI, Yasuhiro SAKUMA, Tomoki MIYAZATO, Hiroshi KINJO and Tetsuhiko YAMAMOTO: Design of an Optimal H^∞ Controller for a Nonlinear Temperature Control System, Control 95, Melbourne, Australia, 23-25, October 1995.

目 次

はしがき

第1章 序論	1
第2章 熱蛍光法に基づく年代測定システムの開発	
2. 1 定速昇温装置のロバスト制御 (H_∞ 制御によるアプローチ).	3
2. 2 Robust control for a constantly rising temperature system. (H_∞ Control approach)	10
2. 3 熱蛍光法を用いた年代測定システムの開発. (最適デジタル制御による定速昇温制御)	23
2. 4 非線形伝熱プロセスのロバストデジタル制御.	32
2. 5 Design of an Optimal H_∞ controller for nonlinear temperature control system.	39
2. 6 モデル予測制御系のロバスト性に関する実験的検証.	44
第3章 デジタル式最適制御系の振動制御への応用	
3. 1 インパルス応答情報を用いたデジタル式最適フィードバック制御 系の設計と振動制御への応用.	47
3. 2 Design of optimal digital feedback regulator based on first and second orders information and its application to vibration control.	55
第4章 まとめ	63

第1章. 序論

本報告書では、TL 年代測定の研究推進に貢献することを目的として、温度制御系の設計から TL 測定に至るまでの TL 年代測定用計測制御システムの研究開発を行った結果について述べる。

まず、TL 年代測定法の原理とその科学的な意義について説明する。そして、我々が提案した TL 年代測定計測制御システムの構成を記述する。また、TL 発光強度から年代を測定する場合は、規範的データと我々の計測した実験結果を比較することにより種々のノウハウを構築することが可能となったことを示す。本論文では割愛したが、得られた試料の発光データに対し、時空間周波数解析法として有力な解析手法であるウェーブレット解析を適用することで新たな知見が生まれた。

次に試料を一定速度で加熱する定速昇温制御系の設計問題では、近年、その理論が確立したロバスト制御法の範疇である H 無限大制御やモデル予測制御理論を積極的に導入し、改良を加えることにより、従来の制御法では実現できないような高精度（絶対誤差 $\pm 0.1\%$ 以内）の制御性能を発揮することが可能となった。また、われわれが提案した最適デジタル制御系の適用も試みた。この手法は、システムのステップ応答の情報から制御系を設計するという特長を有するため、システム同定から制御系設計までを一貫して行えるという利点がある。この制御系を TL 年代測定用計測制御システムに導入することで、温度制御系から TL 発光強度測定までを統合的に実行するシステムを構築することが可能となった。

最後に本研究で提案したデジタル式最適制御系は振動制御問題へ応用を報告する。ここでは、システムのインパルス応答情報のみを用いて最適かつ安定なフィードバックレギュレータの設計を行った。その応用として、設計された制御系を振子システムの振動制御に適用し、最適レギュレータとの比較を行い良好な結果を得た。

第4章. まとめ

本研究では、TL 年代測定の研究推進に貢献することを目的として、温度制御系の設計から TL 測定に至るまでの TL 年代測定用計測制御システムの研究開発を行った。まず、TL 発光強度から年代を測定する場合は、規範的データと我々の計測した実験結果を比較することにより種々のノウハウを構築することが可能となった。さらに、発光データに対し、時空間周波数解析法として有力な解析手法であるウェーブレット解析を適用することで、新たな知見が生まれた。次に、試料を一定速度で加熱する定速昇温制御系の設計問題では、近年、その理論が確立したロバスト制御法の範疇である H 無限大制御やモデル予測制御理論を積極的に導入し、改良を加えることにより、従来の制御法では実現できないような高精度（絶対誤差 $\pm 0.1\%$ 以内）の制御性能を発揮することが可能となった。また、われわれが提案した最適デジタル制御系の適用も試みた。この手法は、システムのステップ応答の情報から制御系を設計するという特長を有するため、システム同定から制御系設計までを一貫して行えるという利点がある。この制御系を TL 年代測定用計測制御システムに導入することで、温度制御系から TL 発光強度測定までを統合的に実行するシステムを構築することが可能となった。最後に本研究で提案したデジタル式最適制御系は振動制御問題へ応用可能であることを実験的に検証した。今後は、現在まで得られた TL 年代測定システムに関する成果を基に、さらに研究を発展させていく次第である。