

機関番号：82645

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760660

研究課題名 (和文) 2色発光を持つ高速感圧センサと同時分光計測による非定常面計測法の研究開発

研究課題名 (英文) Development of Simultaneous Reference- and Signal-Image Acquisition System using Two-Color Unsteady Pressure-Sensitive Paint

研究代表者

坂上 博隆 (SAKAUE HIROTAKA)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・研究開発本部・研究員

研究者番号：90373448

研究成果の概要 (和文)：感圧塗料を用いた面計測法は強度法、寿命法が存在する。本研究は従来法の利点を融合し、非定常面計測においてリアルタイムでリファレンスを取得する非定常感圧塗料計測システムを研究開発した。これは発光寿命の代わりに異なる波長でリファレンスとシグナルの発光を持つ2色発光を有する非定常感圧塗料と、それを分光し同時計測するシステムから構成される。塗料はリファレンス発光波長が～520nm、シグナル発光波長が～620nmを有する2色発光塗料を開発した。これまでの非定常感圧塗料の研究から、発光色素を適用する基盤としてTLC (thin-layer chromatography) プレートを用いることで高速応答性を有する。衝撃波管を用いてステップ圧力変化に対する時間遅れで評価すると80マイクロ秒を有し、非常に高い応答性を示した。同時計測システムは、カラー高速カメラを用いることで、同時分光画像計測を可能とした。流体现象としてフラッタ現象への適用を行い、本研究で開発した計測システムの有効性を示すことができた。

研究成果の概要 (英文)： A simultaneous image acquisition method of 2-color pressure-sensitive paint (PSP) was studied for obtaining unsteady field measurement including an unsteady motion of the PSP coated object. This consists of a 2-color PSP composed of the reference and signal luminophores. The reference output from the PSP enables us to obtain the reference image related to the pressure-independent output. This was used to extract the pressure-dependent image from the signal output from the PSP. By acquiring the reference and signal image simultaneously, a global pressure measurement including an unsteady motion can be obtained. A fast-frame rate color camera was used to acquire the two images simultaneously. The two-color PSP provided the reference output around 520 nm, and the signal around 620 nm. These corresponded to the green and red images of the camera. By using a porous supporting matrix of TLC (thin-layer chromatography) plate, the developed PSP could provide a fast response of 80 microsecond characterized by a shock tube. The developed system was applied to a flutter measurement.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・航空宇宙工学

キーワード：感圧塗料、非定常計測、同時計測、分光、リファレンス

1. 研究開始当初の背景

感圧塗料 (Pressure Sensitive Paint, PSP) 計測システムは、離散点ではなく圧力の面分布を光学的に非接触計測できることに大きな特徴がある。このシステムは、センサとしての PSP、画像計測、画像処理により構成される。PSP は蛍光・りん光色素 (色素) の酸素消光を圧力に関係づけた分子センサであり、主にポリマーに混合されてスプレーガン等で流体試験体表面に塗布することができる。PSP から発光画像は圧力のみ依存していることが望ましいが、以下の3つの要因により、圧力に依存しない発光分布を持つ。(i) 励起光源と PSP が適用された試験体表面との位置関係により生じる発光分布、(ii) PSP 試験体表面と画像計測機器の位置関係により生じる発光分布、(iii) PSP の塗りムラによる発光分布。流体試験では、励起光源、画像計測機器は、流体試験環境内の PSP 試験体から隔てられて設置される。そのため PSP 試験体が流体試験中に変形、変動、位置移動を起こすと上記 (i) ~ (iii) の要因は全て変化する。これらの誤差要因を解消するため、画像計測法として、PSP の発光量を計測する強度法と、発光量の減衰 (発光寿命) を計測する寿命法が存在する。前者は、流体試験中の圧力及び上記 (i) ~ (iii) の情報を含んだシグナル画像と、流体现象が無い (無風状態) (i) ~ (iii) のみのリファレンス画像の比からこれら誤差要因を解消する。後者は発光寿命 (数ナノ~数マイクロ秒) の短い時間間隔で2枚画像を取得し、その比から誤差要因を解消する。寿命初期は圧力に依存しないので、リファレンス画像として利用することができる。強度法で必要とされる無風状態の計測が不要である利点があるが、1回の発光寿命から得られる発光量は強度法のそれに比べ一桁、二桁レベルで少ない。そのため画像計測機器が十分に発光量を得るまで何度も発光寿命計測を繰り返す必要がある。これにより後述する、時間とともに発光量に変化する非定常現象を計測することは非常に困難である

2. 研究の目的

強度法と寿命法を融合した新たな PSP 計測システムを提案する。これはリアルタイムでリファレンスを取得する非定常 PSP 計測システムであり、1. 研究背景の誤差要因 (i) ~ (iii) の克服を可能とする。

3. 研究の方法

リファレンスとシグナルを持つ2色発光の非定常 PSP と、2色発光を同時に分光画像計測し、それらの比を取ることで上記 (i) ~ (iii) の誤差要因を解消する計測法を研究開発する。

4. 研究成果

本研究で構築した PSP 計測システムの概念図を図1に示す。これはリファレンスとシグナルを有した2色発光 PSP と、それらの発光画像を同時計測する高速カラーカメラにより構成される。リファレンスから得られる画像は圧力に依存しない発光画像であり、上記 (i) ~ (iii) の誤差要因を含む。シグナルは、これらに加え圧力に依存する発光である。それぞれの発光ピークがカメラの緑、赤の波長感度に対応しているため (図2)、緑画像、赤画像の比を求めることでリアルタイムに圧力のみ抽出された非定常面計測が可能となる。

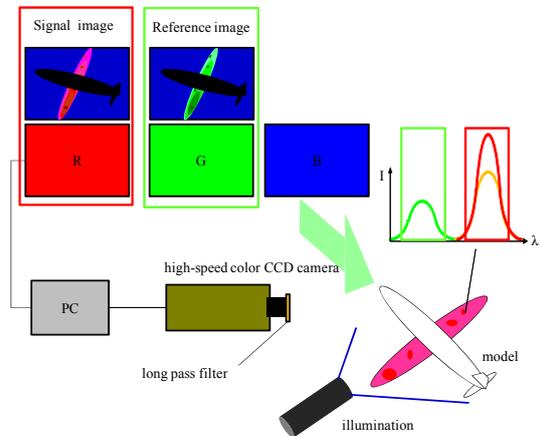


図1：本研究で提案する PSP 計測システムの概念図

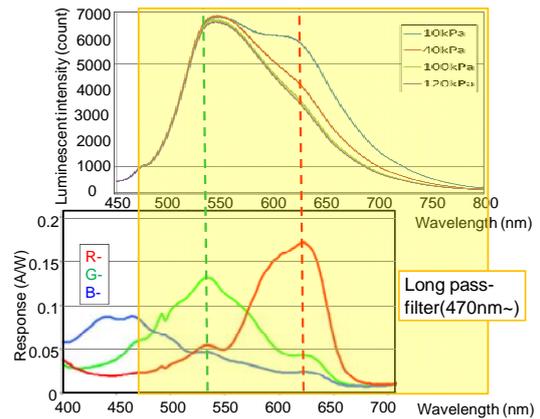


図2：本研究で開発した2色発光 PSP の発光スペクトルと、対応する高速カラーカメラの波長感度

開発した PSP は、多孔質基盤である TLC (thin-layer chromatography) プレートを用いることで高速応答性を有した。衝撃波管を用い、ステップ圧力変化に対する時間おくれで評価すると 80 マイクロ秒の応答性を示した。また、開発したシステムを用いてフラッタ現象に適用した。

5. 主な発表論文等

(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 11 件)

- ① Sakaue, H., Ishii, K., Dipping Duration Study for Optimization of Anodized-Aluminum Pressure-Sensitive Paint, *Sensors*, 査読有, 10 巻, 2010, 9979 - 9807
- ② Sakaue, H., Ishii, K., Optimization of Anodized-Aluminum Pressure-Sensitive Paint by Controlling Luminophore Concentration, *Sensors*, 査読有, 10 巻, 2010, 6836 - 6847
- ③ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Sakaue, H., Motion-cancelled PSP system for obtaining global unsteady fields of a moving object, *Bulletin of the American Physical Society*, 査読無, 55 巻, 2010, 388
- ④ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Saitoh, K., Tamayama, M., Kikuchi, T., Yoshimoto, N., Sakaue, H., Application of Motion Cancelling PSP System for Flutter Measurement, 第 38 回可視化情報シンポジウム講演論文集, 査読無, 30 巻, 2010, 191 - 194
- ⑤ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Sakaue, H., Development of Motion-Cancelled PSP System and its Application to a Helicopter Blade, *AIAA paper*, 査読有, 2010-4798 巻, 2010
- ⑥ 宮本健輔、宮寄武、坂上博隆, モーションキャンセリングを可能とした非定常面圧力計測法の開発, JAXA SP, 査読無, SP-10-001 巻, 2010
- ⑦ 久力琢磨、宮寄武、坂上博隆, 温度キャンセリング機構を備えた高速応答型 AAPSP の非定常可視化試験, JAXA SP, 査読無, SP-10-001 巻, 2010
- ⑧ Kuriki, T., Miyazaki, T., Sakaue, H., Temperature-Cancelled Anodized-Aluminum Pressure Sensitive Paint for Hypersonic Compression Corner Flows, *AIAA paper*, 査読有, 2010-673 巻, 2010
- ⑨ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Sakaue, H., Simultaneous Reference- and Signal-Imaging for Cancellation of Unsteady Motion in Pressure-Sensitive Paint Measurement, *Bulletin of the American Physical Society*, 査読無, 54 巻, 2009, 83
- ⑩ 宮本健輔、宮寄武、坂上博隆, Simultaneous Reference- and Pressure-Image Acquisition of

Two-Color Pressure-Sensitive Paint for Unsteady Pressure-Sensitive Paint Measurement, 第 37 回可視化情報シンポジウム講演論文集, 査読無, 29 巻, 2009, 255 - 260

- ⑪ 久力琢磨、宮寄武、坂上博隆, Unsteady Flow Measurement using Temperature-Cancelled Anodized-Aluminum Pressure-Sensitive Paint, 第 37 回可視化情報シンポジウム講演論文集, 査読無, 29 巻, 2009, 261 - 264

[学会発表] (計 11 件)

- ① Miyamoto, K., Miyazaki, T., Sakaue, H., Motion-cancelled PSP system for obtaining global unsteady fields of a moving object, *63rd Annual Meeting of the Division of Fluid Dynamics*, 2010 年 11 月 22 日, 米国カルフォルニア州ロングビーチ
- ② 岡部大家、宮寄武、坂上博隆, 2 色発光 PSP とカラーカメラを用いた温度キャンセリング法の研究, 第 6 回学際領域における分子イメージングフォーラム, 2010 年 11 月 8 日, 調布航空宇宙センター
- ③ 宮本健輔、宮寄武、坂上博隆, 2 色発光 PSP とカラーカメラを用いた非定常 PSP 計測法の研究, 第 6 回学際領域における分子イメージングフォーラム, 2010 年 11 月 8 日, 調布航空宇宙センター
- ④ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Saitoh, K., Tamayama, M., Kikuchi, T., Yoshimoto, N., Sakaue, H., Application of Motion Cancelling PSP System for Flutter Measurement, 第 38 回可視化情報シンポジウム, 2010 年 7 月 20 日, 工学院大学新宿校
- ⑤ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Sakaue, H., Development of Motion-Cancelled PSP System and its Application to a Helicopter Blade, *AIAA Fluid Dynamics Conference*, 2010 年 6 月 30 日, 米国イリノイ州シカゴ
- ⑥ Kuriki, T., Miyazaki, T., Sakaue, H., Temperature-Cancelled Anodized-Aluminum Pressure Sensitive Paint for Hypersonic Compression Corner Flows, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 2010 年 1 月 5 日, 米国フロリダ州オーランド
- ⑦ Miyamoto, K., Miyazaki, T., Sakaue, H., Simultaneous Reference- and Signal-Imaging for Cancellation of Unsteady Motion in Pressure-Sensitive Paint Measurement, 62nd Annual Meeting of the Division of Fluid

Dynamics, 2009年11月22日, 米国ミネソタ州ミネアポリス

- ⑧ 宮本健輔、宮寄武、坂上博隆, モーションキャンセリングを可能とした非定常面圧力計測法の開発, 第5回学際領域における分子イメージングフォーラム, 2009年11月10日, 調布航空宇宙センター
- ⑨ 久力琢磨、宮寄武、坂上博隆, 温度キャンセリング機構を備えた高速応答型AAPSPの非定常可視化試験, 第5回学際領域における分子イメージングフォーラム, 2009年11月10日, 調布航空宇宙センター
- ⑩ 宮本健輔、宮寄武、坂上博隆, Simultaneous Reference- and Pressure-Image Acquisition of Two-Color Pressure-Sensitive Paint for Unsteady Pressure-Sensitive Paint Measurement, 第37回可視化情報学会, 2009年7月22日, 工学院大学 新宿校
- ⑪ 久力琢磨、宮寄武、坂上博隆, Unsteady Flow Measurement using Temperature-Cancelled Anodized-Aluminum Pressure-Sensitive Paint, 第37回可視化情報学会, 2009年7月22日, 工学院大学 新宿校

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂上 博隆 (SAKAUE HIROTAKA)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・研究

開発本部・研究員

研究者番号：90373448

(2) 研究分担者

無

(3) 連携研究者

無