

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年4月26日現在

機関番号：16201  
 研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22360165  
 研究課題名（和文） 無侵襲医用計測を目指したワンショット小型フーリエ分光方式の研究  
 研究課題名（英文） Study on One-shot Compact Fourier-Spectroscopy for Non-invasive Medical Measurement  
 研究代表者  
 石丸 伊知郎（ISHIMARU ICHIRO）  
 香川大学・工学部・教授  
 研究者番号：70325322

### 研究成果の概要（和文）：

疾患病態モニタリングの開発の為に、ワンショット分光断層イメージング手法を提案した。時間分解能を改善する為に、相対傾斜位相シフターを、また、鮮明度を改善する為に位相格子を導入した。我々は、ライン分光イメージングを取得し、光源の成分である水銀の輝線スペクトルを確認することができた。干渉光学系を回転させて2次元断層画像を取得することにより、癌の早期発見などへ適用可能となる光の聴診器の実現が期待できる。

### 研究成果の概要（英文）：

The one-shot-type spectroscopic-tomography is proposed to develop the medical-patient-condition monitoring systems. The optical-setup is configured with the relative-inclined phase-shifter for improving the time resolution and the phase-shift array for improving visibility. We obtained the line-spectroscopic imaging and could recognize the Hg bright-line-spectrum that is a component of the light-source. The realization of the optical stethoscope for early diagnosis of cancer can be expected by obtaining the 2-dimensional spectroscopic distribution with rotating interferometer.

### 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2012年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

### 研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：フーリエ分光、分光イメージング、位相シフト干渉、空間的位相シフト、高時間分解能、ワンショット、医用計測、無侵襲血糖値センサー

#### 1. 研究開始当初の背景

生活習慣病には、日常生活空間での病態疾患モニタリングが重要である。しかしながら、従来は、PETなどの大型医用機器の拠点病院への整備が中心となっていた。一方、生活習慣病の代表である糖尿病は、日々の血糖値計

測だけでは無く、血管障害などの合併症の予防が重要となっている。

#### 2. 研究の目的

我々が研究を進めてきた、結像型2次元フーリエ分光法を、ワンショットで短時間に分光イメージングが可能である小型分光手法

へ拡張する。結像型2次元フーリエ分光法には、無限焦点系の対物レンズを透過した後の物体光束の半分は、任意の位相シフトを付与できる位相可変フィルタを導入している。しかし、フーリエ分光法に必須となる位相シフト干渉操作を必要とすることから、時間分解能に関しては十分高いとは言えない。そこで、物体光束の半分に対して、斜め方向にミラーを傾けて配置することにより空間的に位相シフト量を与えるワンショットフーリエ分光イメージング方式を提案する。これにより、位相シフターが不用となることから、無侵襲血糖値センサーなどに適用可能である、小型フーリエ分光イメージング装置の提供が可

能となる。

### 3. 研究の方法

我々は、日常生活空間での疾患病態モニタリングが可能な超小型ワンショット分光断層像計測技術を提案している。本手法は、機械的な位相シフト操作を行わない透過型相対傾斜位相シフターを用いて1画像で1次元の分光分布計測を行う。また、高時間分解能と准共通光路型であるため高ロバスト性を有する。さらに、図1に示すように、干渉計を回転させることで2次元の分光分布を取得する。

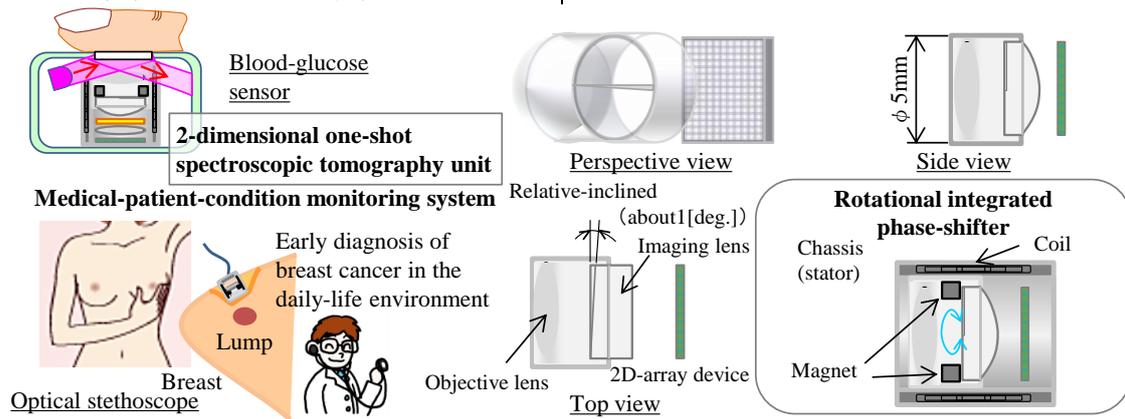


Fig.1 Rotational integrated phase-shifter 2-dimensional spectroscopic tomography unit

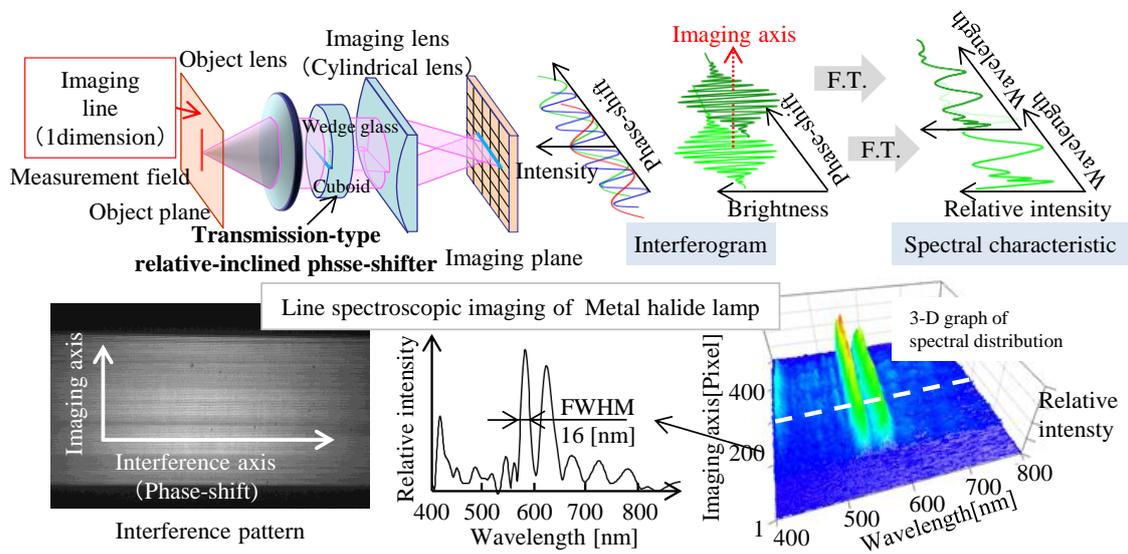


Fig.2 One-shot spectroscopic tomography imaging

図2に提案手法（透過型ワンショットフーリエ分光断層像計測）の概念図を示す。物体面は輝点の集合体と考える事ができ、これらの光線群を対物レンズで平行光束に変換し

て結像レンズで集光することで共役な像を形成する。本手法は、くさびガラス（傾斜角：1[deg.]）と平面ガラスにより平行光束の波面を2分割する透過型相対傾斜位相シフター

により構成した空間的位相シフト干渉光学系である。結像面上に入射する平面ガラスを透過した垂直光束と、くさびガラスによる斜方光束の2光束が干渉することにより、空間的に干渉縞であるインターフェログラムを形成する。図中鉛直方向の結像ライン上の分光特性を、その垂直方向に面状に空間的な干渉強度分布として展開する。この分布をフーリエ変換することで分光特性を取得する。さらに、この干渉計を回転することで2次元の分光分布が取得可能となる。

透過型相対傾斜位相シフターを用いてライン分光実験を行い1画像でメタルハイドランプの分光特性を計測した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 位相シフト格子によるライン分光計測

図3の明暗縞は、ピンホール5 [μm]を用いてポイント計測を行った際の干渉縞である。この時の明暗縞は千鳥格子状に観察される。これは、レンズによる光量分布が空間的位相シフト操作により生成されたものである。ここで、結像ラインは輝点列と考えることができる。この時、隣り合った輝点の干渉縞は位相が空間的に重なり、打ち消す為、ライン計測が出来ない。そこで、隣り合う輝点の位相

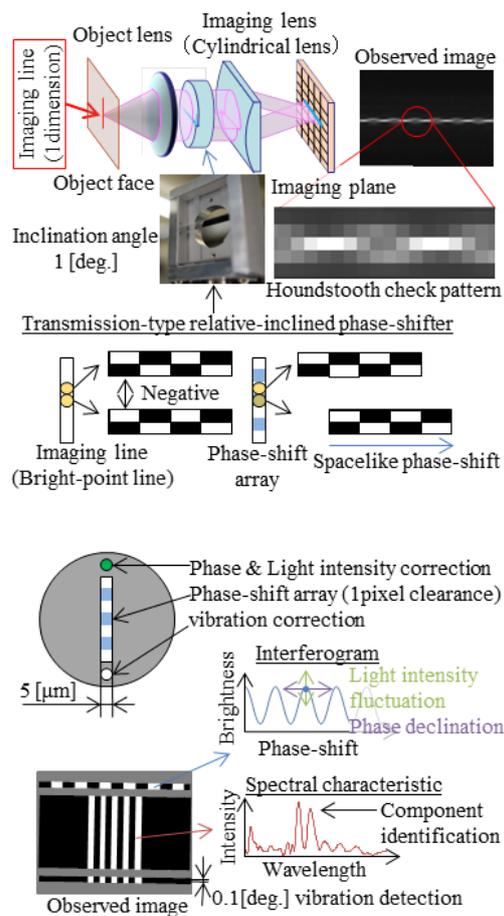


Fig. 3 Functional conjugate-plane phase-shift method

を $\lambda/2$ ずらす位相シフト格子を設ける。空間的位相シフトでは干渉縞が横方向に移動する為、干渉縞を打ち消し合うことなく取得する。

##### (2) 高機能共役面位相シフト格子法

干渉計を回転させて2次元計測を行う為、干渉縞に振動が影響すると考えられる。そこで、図2に示す位相シフト格子の上下にピンホールを設け、得られる干渉縞の傾きから振動の検知を行う。さらに、一方のピンホールを干渉フィルタとすることで、光源光量変動、位相ずれの補正を行う。

この様に、輝点間の打ち消し合いを防止する機能性共役面位相シフト格子法を提案した。さらに、干渉計を回転し2次元ワンショット分光断層像計測時の再現性保証手法を提案した。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

[1] 小林宏明、河尻武、矢野川果奈、西山成、田中直孝、高橋悟、石丸伊知郎、”結像型2次元フーリエ分光法による分光断層像計測技術”、光学、41巻、1号 pp. 36-44(2012. 1) (査読有)

[学会発表] (計 46 件)

[1] 藤原大、佐藤駿、鈴木聡、Kumara Praveen、西山成、石丸伊知郎、日常生活空間で利用できる超小型ワンショット分光断層像計測装置(第一報) —透過型相対傾斜位相シフターによる実証実験—、第60回応用物理学会春季学術講演会、29a-A2-10(2013. 3. 21)

[2] 佐藤駿、藤原大、Kumara Praveen、鈴木聡、西山成、石丸伊知郎、日常生活空間で利用できる超小型ワンショット分光断層像計測装置(第二報) —高鮮明度化と高頑健性を保証する機能性共役面位相シフト格子法—、第60回応用物理学会春季学術講演会、29a-A2-11(2013. 3. 21)

[3] 石田茜、佐藤駿、鈴木陽、鈴木聡、石丸伊知郎、定量化赤外フーリエ分光断層イメージング装置の構築、第60回応用物理学会春季学術講演会、29a-A2-12(2013. 3. 21)

[4] 田中優貴、堤良介、乾明日香、石田茜、石丸伊知郎、3次元生体成分定量化を目指した分光複屈折位相差断層イメージング手法の提案、第60回応用物理学会春季学術講演会、29a-A2-13(2013. 3. 21)

[5] 鈴木陽、堤良介、齊威、小島大輔、佐藤駿、平松裕行、石丸伊知郎、日常生活空間での環境計測を目指した可搬型中赤外全方位分光イメージング装置、第60回応用物理学会春季学術講演会、29p-A2-10(2013. 3. 21)

[6] Praveen K. W. Abeygunawardhana, Wei Qi, Daisuke Kojima, Satoru Suzuki, Akira Nishiyama, Ichirou Ishimaru, “Novel algorithm for background correction of the quantitative spectroscopic tomography of

the biogenic-substances” , SPIE BiOS (2013. 2. 21)

[7] Satoru Suzuki, Ryosuke Tsutsumi, Asuka Inui, Daisuke Kojima, Akira Nishiyama, and Ichiro Ishimaru, “Quantitative Spectroscopic Tomography for Non-invasive Blood Glucose Concentration Measurement”, International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp.86-89 (2013. 2. 22)

[8] 石丸伊知郎, 親指サイズの超小型赤外分光断層イメージング装置による生体成分定量化技術, レーザー学会関西支部第3回研究会(2012. 11. 15) 【招待講演】

[9] 齊威, 石丸伊知郎, Quantitative Spectroscopic Tomography for the Non-invasive Measurement of the Biogenic-substances, MECATRONICS congress (France-Japan and Europe-Asia) and REM workshop(2012. 10. 30)

[10] 石丸伊知郎, 西山成, Quantitative Spectroscopic-tomography of Biological Membrane for the Non-invasive Blood Glucose Sensor, ISOT(International Symposium on Optomechatronic Technologies)2012(2012. 10. 20)

[11] 佐藤駿, QI Wei, 鈴木聡, Pradeep K. W. Abeygunawardhana, 西山成, 石丸伊知郎, カード型相対傾斜位相シフターによる親指サイズのワンショット分光断層イメージングユニット, 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2012, 24aA7(2012. 10. 21)

[12] 鈴木陽, 堤良介, QI Wei, 小島大輔, 佐藤駿, 鈴木聡, Pradeep K. W. Abeygunawardhana, 西山成, 石丸伊知郎, 共役面超解像格子によるフーリエ分光断層イメージングの高鮮明度化, 日本光学会 Optics & Photonics Japan2012, 24aA8(2012. 10. 21)

[13] QI Wei, 堤良介, 小島大輔, 佐藤駿, 石田茜, 鈴木陽, Pradeep K. W. Abeygunawardhana, 鈴木聡, 西山成, 石丸伊知郎, 定量化フーリエ分光断層イメージングの ex-vivo による生体成分計測能力の実験的評価, 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2012 , 24aA9(2012. 10. 21)

[14] Pradeep K. W. Abeygunawardhana, Wei Qi, Satoru Suzuki , Ichiro Ishimaru, and Akira Nishiyama, “The Phase and Amplitude Correction Algorithm for the Quantitative Spectroscopic Tomography of the Biogenic Substances”, 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2012, pp. 24pA4 (2012. 10. 21)

[15] 石丸伊知郎, 西山成, Quantitative spectroscopic-tomography of biological tissues with near-infrared radiation for non-invasive measurement of the biogenic-substances, 第二回日韓生体医用

光学シンポジウム(2012. 8. 23)

[16] 鈴木聡, 堤良介, 乾明日香, 小島大輔, 石田茜, 西山成, 石丸伊知郎, “近赤外分光法による温度変化に頑健なグルコース濃度推定法の提案”, 電子・情報・システム部門大会, pp. 905-908 (2012. 9. 21)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 10 件)

名称: 生体成分測定装置及び生体成分測定方法

発明者: 石丸伊知郎

権利者: 香川大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-044272

出願年月日: 2012 年 2 月 29 日

国内外の別: PCT 出願

○取得状況 (計 4 件)

名称: 立体形状測定装置

発明者: 石丸伊知郎

権利者: 香川大学

種類: 特許

番号: 特許第 4555925 号

取得年月日: 2010 年 7 月 30 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ

○かがわ健康関連製品開発フォーラム

<http://www.medfere.com/index.html>

本申請の技術などを核として、香川県では健康医療産業の創出を目指している。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石丸 伊知郎 (ISHIMARU ICHIRO)

香川大学・工学部・教授

研究者番号: 70325322

(2) 研究分担者

西山 成 (NISHIYAMA AKIRA)

香川大学・医学部・教授

研究者番号: 10325334

(3) 研究分担者

田中 直孝 (TANAKA NAOTAKA)

香川大学・農学部・准教授

研究者番号: 60324109

(4) 研究分担者

高橋 悟 (TAKAHASHI SATORU)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号: 50297579