

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24年 6月 1日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20246069

研究課題名（和文）ハイパースペクトル画像処理の高度化に関する研究

研究課題名（英文）Research on the Upgrading of Hyperspectral Image Processing

研究代表者

小杉 幸夫（KOSUGI YUKIO）

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授

研究者番号：30108237

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ハイパースペクトルセンサを用いて観測されるデータをもとに、農林業、医療現場、災害現場等、各現場のニーズに即した形で画像表現を行うとともに、各観測値について波長間の演算を最適化することで特徴量を抽出し、現場のニーズに合った信号出力を得るための各種処理方式の検討・提案を行った。特に、最終年度は、震災復興に資する研究にも注力した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, on the basis of the data observed using hyperspectral sensors, the feature quantity was extracted by optimizing the operation among wavelengths on each observed value, while image representation is carried out to satisfy the requirement for each application field such as agriculture and forestry, medical, or disaster field. Especially, efforts was also made for the research which contributed to the earthquake disaster reconstruction in the last fiscal year.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|------------|------------|
| 2008年度 | 19,400,000 | 5,820,000 | 25,220,000 |
| 2009年度 | 9,700,000 | 2,910,000 | 12,610,000 |
| 2010年度 | 3,700,000 | 1,110,000 | 4,810,000 |
| 2011年度 | 2,800,000 | 840,000 | 3,640,000 |
| 総計 | 35,600,000 | 10,680,000 | 46,280,000 |

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：ハイパースペクトル画像 リモートセンシング 農林業支援 手術支援 遺体検出

1. 研究開始当初の背景

近年、地球観測衛星の高機能化が進み、我が国でも4年後にハイパースペクトル画像観測衛星の打ち上げが計画され、幅広い新規応用分野の開拓が求められている。他方、社会の高齢化、防犯や防災を支える画像監視や、医療現場での手術支援画像提供への期待は大きく、より高度な画像観測・認識技術の開発が望まれている。このような中で我々は、

医用画像や地震防災画像、農業用リモートセンシング画像などについて基礎研究を実施し、対象物を狭帯域の多数のスペクトル画像に分解して評価するハイパースペクトル画像の解析に、各種の正規化指標やニューラルネットワーク等を援用した波長間の非線形演算系を提案し、ヒト肌の選択的検出装置や手術用暗視装置の提案を行ってきた。また、高所からの観測の際に問題となる混合ピク

セルの分解方法についても独立成分分析を用いた新しい解析法を提案している。一方、画像取得系については、クレーン車をベースとした高所観測系で安定したハイパースペクトル観測システムを実施し、農業分野での病虫害の被害推定、台風に伴う稲の潮風害の分布推定、ハイパースペクトルによる作物の非破壊糖度推定などについても基礎的な処理方法を確立するに至っている。

2. 研究の目的

本研究では、我々が一連の研究の過程で培ってきた、ハイパースペクトルの各波長成分間の演算によって、有効に特徴抽出を行う技術を踏まえ、高度な画像処理系を構成し、不審者の侵入関しや、水難事故者の捜索等にも応用できる可視化技術を開発する。特に、本研究で開発する技術は、犯罪防止やテロ対策のみならず、森林や農場での病虫害予測や、内視鏡手術下の組織判別などの医療分野にも幅広く波及効果を持つものであり、現在我が国が政策目標の一つとしている「安全・安心な社会」を実現するための基礎技術を確立するものである。

3. 研究の方法

研究当初は、ハイパースペクトル画像から得られる各種対象物の情報を、a. 農林業リモートセンシング、b. 腹腔鏡下手術等の医療、c. 社会の安全・安心に役立てるための情報処理技術についてニーズに合わせた画像表現方式の検討および特徴抽出方法の検討を進めた。また、最終年度については、東日本大震災に伴う遺体検出のニーズに伴い、上記c.の強化とともに、急速に普及したLED照明下の演色性の評価のニーズに応えるべく、テーマd.「ハイパースペクトルによる印刷原稿およびLED照明の演色性評価」を追加した。

a.の農林業リモートセンシングでは、(財)資源・環境観測解析センターの協力を得て、撮影された山形県庄内地域の水稻圃場および山間部の航空機ハイパースペクトル画像と、この観測に同期して実施した現地調査データの解析を行い各種の植生指標を推定するのに有効な演算方式について比較検討を実施した。

b.の腹腔鏡下手術等の医療応用では、東京医科歯科大学の協力のもとでブタの血管・内臓のハイパースペクトル画像撮影を行い、赤外ハイパースペクトル情報を有効活用することで、血管や各種臓器の分類や、組織の虚血状態の検出を試みるとともに、企業から提供された胃ガンおよび食道ガン組織HS画像についても、正常域との判別方式の検討を行った。

c.の安全・安心分野での応用については、山間部の防災という観点から、スペクトル情

報を用いて斜面崩壊の検出や土壌水分の推定を行うとともに、路上障害物や、大規模災害地域での遺体の検出に適した波長の組み合わせの選定および、信号処理方式の検討および試作を進めた。

4. 研究成果

ハイパースペクトル画像処理を以下a~dの4分野に適用し、実社会のニーズに資する技術的基盤の確立に努めた。特に最終年度は、3月11日に勃発した東日本大震災の重大性に鑑み、農林業の復興支援や遺体検出器の開発に関する研究も実施した。

a. 農・林業分野でのハイパースペクトル・リモートセンシングの高度化：

山形県庄内地域で観測したハイパースペクトル画像の解析を進め、稲の「いもち病」を抽出する波長間の演算方式や、森林のナラ枯れを有効に抽出する指標(NWI)を見出すことができた。無人ヘリ観測系の改良を行い、SPAD値推定等の実用性を評価した。また、東日本大震災で津波による塩害被害を受けた宮城県亘理町のイチゴ栽培地域の塩害測定を実施し、塩害農地復興に資するデータ提供を行うとともに、イチゴの塩害再現実験を行い、塩害に伴うレッドエッジのブルーシフトを確認した。

b. 医療分野でのハイパースペクトル画像処理の有効利用：

東京医科歯科大学の協力で取得したヒトのガン組織のハイパースペクトル画像の特徴量をより高い精度で画像化できるよう、スペクトル情報と組織の空間的な情報を含めた、総合的な認識指標について検討を行った。さらには、赤外スペクトル画像による悪性腫瘍探知や、虚血部位の探知を内視鏡レベルでも実施できるよう、多波長LED光源等周辺技術も含めた総合的検討を行った。

c. 災害復旧分野でのハイパースペクトル・センシング技術の実用化：

地震・津波によって被害を受けた地域のマルチスペクトル衛星画像について、NWI指標を適用し、処理結果を画像化してホームページ上で公開した。ハイパースペクトル計測で得られたデータをもとに、被災地での遺体の探索にも有効な赤外域のスペクトル演算機構を実装したセンシング機器の試作をおこなった。

d. ハイパースペクトルによる印刷原稿およびLED照明の演色性評価：

大震災による電力逼迫でLED照明の普及が加速されたが、その演色性の評価は不十分である。本研究では、ハイパースペクトルセンサを用いた高精度の評価方式を提案した。

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 16 件)

Kuniakai Uto and Yukio Kosugi: Estimation of Lambert coefficients based on leaf scale hyperspectral images using dichromatic model-based PCA, International Journal of Remote Sensing (in press 2012)(査読有)

Kuniaki Uto and Yukio Kosugi: Hyperspectral Manipulation for the Water Stress Evaluation of Plants, Contemporary Materials - Solid State Matter, Biomaterials, Nanomaterials, Water (-1,pp18-25 2012) (査読有)

宇都 有昭, 関 晴之, 村瀬亨, 高岸成典, 小杉 幸夫: 携行型人肌検出装置の開発、電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, No.5, pp.1312-1316 (2012) (査読有)

小田川信哉, 加藤雅胤, 州浜智幸, 齋藤元也, 小杉幸夫: 波長校正による航空機ハイパースペクトラルイメージのアーティファクト低減、写真測量とリモートセンシング、Vol.50, No.6, pp.347-360 (2011) (査読有)

枝長孝幸, 宇都有昭, 小杉幸夫: LED 照明の逐次点灯を利用した赤外マルチバンド画像の取得手法に関する研究、写真測量とリモートセンシング、Vol.50, No.6, pp.328-338 (2011) (査読有)

関晴之, 宇都有昭, 小杉幸夫: ハイパースペクトルセンサによるカラー印刷画像の分光スペクトルデータ取得と評価、日本画像学会誌、191号, Vol.50, No.3, pp.208-216 (2011) (査読有)

Noriaki Hashimoto, Yuri Murakami, Pinky A. Bautista, Masahiro Yamaguchi, Takashi Obi, Nagaaki Ohyama, Kuniaki Uto and Yukio Kosugi: "Multispectral image enhancement for effective visualization", Optics Express, Vol.19, No.10, pp.9315-9329 (May 2011) (査読有)

Hamed Akbari, Kuniaki Uto, Yukio Kosugi, Kazuyuki Kojima and Naofumi Tanaka: "Cancer Detection Using Hyperspectral Imaging", Cancer Science, vol.102, no.4, pp.852-857 (2011) (査読無)

Yukio Kosugi, Toru Murase, Taro Asano, Kuniaki Uto, Shigenori Takagishi and Masahiro Moriguchi: Sensing On-road Obstacles by Infrared Spectrum, SEI

Technical Review, Vol.70, pp.110-114 (2010) (査読有)

Hamed Akbari, Yukio Kosugi, Kazuyuki Kojima and Naofumi Tanaka: "Detection and Analysis of the Intestinal Ischemia Using Visible and Invisible Hyperspectral Imaging", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol.57, No.8, pp. 2011-2017 (2010) (査読有)

宇都有昭, 小杉幸夫, 尾方俊成, 小田川信哉: 可視/近赤外ハイパースペクトルデータに基づくナラ枯れ指標NWIIに関する研究、写真測量とリモートセンシング, vol.49, no.5, pp.294-309 (2010) (査読有)

Taro Asano, Yukio Kosugi, Kuniaki Uto, Toru Murase, Toro Sasaki and Masahiro Moriguchi: "Discrimination of Obstacles on the Road Using Hyper-spectral Data", Asian Journal of Geoinformatics, Vo.9, No.4, pp.45-49 (2009) (査読有)

Hamed Akbari, Yukio Kosugi, Kazuyuki Kojima, Naofumi Tanaka: "Hyperspectral Image Segmentation and its Application in Abdominal Surgery; Pig's experiment" International Journal of Functional Informatics and Personalized Medicine; Special Issue on Imaging Informatics for Personalized Medicine, Vol.2, No.2, pp.201-216(2009) (査読無)

Takayuki Edanaga, Yohei Minekawa, Sildomar T. Monteiro and Yukio Kosugi: "Studies on human skin extraction from hyperspectral data using particle swarm optimization", 写真測量とリモートセンシング、Vol.47, No.3, pp.23-36 (2008) (査読有)

浅野太郎, 小杉幸夫, 宇都有昭, 小阪尚子, 小田川信哉, 小田九二夫: グループ分割手法によるハイパースペクトルデータからの葉面積指数推定、写真測量とリモートセンシング, vol.48, No.6, pp. 338-347(2009) (査読有)

〔学会発表〕(計 38 件)

1.Kuniaki Uto and Yukio Kosugi: Rice Growth State Estimation by Hyperspectral Manifold Learning, Proc. IGARSS 2012, 7月22-27日 (Munich 2012)

2.Kuniaki Uto, Toru Murase, Shigenori Takagishi and Yukio Kosugi: Hyperspectral

Band Selection for Human Detection, Proc. SAM 2012, 6月17-20日(New Jersey 2012)

3. Kuniaki Uto and Yukio Kosugi: Extraction of Lambert Parameters from Leaf Scale Hyperspectral images, Proc. WHISPERS 2012, 6月4-7日 (Shanghai 2012)

4. 宇都有昭, 小杉幸夫, 村瀬享, 高岸成典: ひと検出のためのハイパースペクトルバンド選択, 日本写真測量学会, 東京5月21日 (2012)

5. 関 晴之, 宇都 有昭, 小杉 幸夫: ハイパースペクトルセンサにより取得したスペクトルデータによる印刷再現カラー画像の定量的色差評価、第107回日本画像学会年次大会 東京6月7日(2011)

6. 宇都有昭, 小杉幸夫: ナラ枯れ指標 NWI およびカロテノイド指標に基づく秋期山林からのナラ枯れ領域抽出, 日本リモートセンシング学会, 東京5月23日 (2011)

7. 宇都有昭, 小杉幸夫: 二色性反射モデルに基づく個葉レベルハイパースペクトル画像からの拡散反射成分, 日本写真測量学会, 東京5月23日(2011)

8. 向山信治, 小杉幸夫, 宇都有昭, 齋藤元也, 小田川信哉, 小田九二夫: HS 観測による農作物の状態推定技術実用化に向けた基礎的研究、第20回生研フォーラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用」予講集, pp.51-55 誌上発表3月17-18日 (2011)

9. 宇都有昭, 先崎俊裕, 小杉幸夫, 齋藤元也, 尾形俊成: 多バンド正規化植生指標による秋季紅葉山林からのナラ枯れ被害推定、第20回生研フォーラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用」予講集, pp.37-40誌上発表3月17-18日 (2011)

10. Haruyuki Seki, Kuniaki Uto and Yukio Kosugi: Spectral Evaluations of Color Rendering Properties of LED Light Sources by using Hyper Spectral Sensor, International Display Workshop 2011, 12月7-9日 (Nagoya, 2011)

11. Kuniaki Uto and Yukio Kosugi: Tree Disease Detection Based on Hyperspectral Manifold Learning of Phenological Transition on Forest, Proc. ACRS2011, 10月3-7日 (Taipei, Oct. 2011)

12. Yukio Kosugi, Kuniaki Uto, Hamed

Akbari, Kazuyuki Kojima and Naofumi Tanaka: Hyperspectral Manipulation for the Detection of Water-based Biological Abnormalities, Abstract of the Conference on Water and Nano-Medicine, 7月1-2日 (BanjaLuka, Aug. 2011)

13. Kuniaki Uto, Toshihiro Massaki, Yukio Kosugi, Genya Saito and Toshinari Ogata: Band selection for Japanese oak wilt extraction in autumnal tints of forest based on NWI, Proc. WHISPERS 2011, 6月6-9日 (Lisbon 2011)

14. Shinya Odagawa, Kuniaki Uto, Yukio Kosugi, Yuka Sasaki, Kunio Oda, Genya Saito: Evaluation of Paddy Yield and Protein Estimation Methods Based on Various Vegetation Indices, NDSI and PLS using an Airborne Hyperspectral Sensor AISA in Shonai Plane, Yamagata, JAPAN, Proc. IGARSS 2011, 7月24-29日 (Vancouver 2011)

15. Yukio Kosugi, Shinji Mukoyama, Yuji Takabayashi, Kuniaki Uto, Kunio Oda, and Genya Saito: Low-Altitude Hyperspectral Observation of Paddy Using Radio-Controlled Helicopter, Proc. IGARSS 2011, 7月24-29日 (Vancouver 2011).

16. 小杉幸夫: ハイパースペクトルカメラによる農林業分野でのセンシング、応用物理学会, 東京10月22日(2010)

17. 小田川信哉, 齋藤元也, 小杉幸夫, 宇都有昭, 小田九二夫, 佐々木由佳: 航空機ハイパースペクトルセンサ AISA を用いた植生指数による大豆収量予測と雑草侵入および大気補正手法影響評価、日本リモートセンシング学会第49回学術講演会鹿児島11月9日 (2010)

18. 向山信治, 小杉幸夫: 植生状態推定のための地上ハイパースペクトル観測系の試作および取得データの解析、日本写真測量学会, 函館10月14日(2010)

19. 向山信治, 宇都有昭, 小杉幸夫: 包絡線上の仮想反射率を用いた稲葉 SPAD 値の推定, 東京5月17日(2010)

20. Kuniaki Uto, Yukio Kosugi and Jiro Sasaki: "Statistical Analysis of Growth Levels of Rice Paddy Based on Hyperspectral Imagery with High Spatial Resolution", Proc. 2nd Workshop on Hyperspectral Image

and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing, 6月14-16日 (Iceland 2010)

21. Taro Asano, Yukio Kosugi, Kuniaki Uto, Toru Murase, Toro Sasaki and Masahiro Moriguchi: "Discrimination of Obstacles on the Road Using Hyper-spectral Data", Proc. ACRS, 10月18-23日 (Beijing 2009)

22. Hamed Akbari, Yukio Kosugi, Kazuyuki Kojima and Naofumi Tanaka: "Blood Vessel Detection and Artery-Vein Differentiation Using Hyperspectral Imaging", 31st Annual International Conference on the IEEE EMBS, 9月2-6日 (Minneapolis 2009)

23. Kuniaki Uto, Yukio Kosugi: "Evaluation of oak wilt index based on genetic programming", Proc. First Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing, 8月26-28日 (Grenoble 2009)

24. Shinya Odagawa, Masatane Kato, Tomoyuki Suhama, Jiro Sasaki, Kuniaki Uto, Yukio Kosugi, and Genya Saito: "Evaluation of Paddy Yield and Quality Estimation Methods Based on Various Vegetation Indices, NDSI and PLS Using BRDF-Corrected Airborne Hyperspectral Data", Proc. IGARSS 2009, 7月12-17日 (Cape Town 2009)

25. Taro Asano, Yukio Kosugi, Kuniaki Uto, Naoko Kosaka, Shinya Odagawa and Kunio Oda: "Leaf Area Index Estimation from Hyperspectral Data Using A Group Division Method", Proc. IGARSS 2009, 7月12-17日 (Cape Town 2009)

26. 浅野太郎、小杉幸夫、宇都有昭、村瀬亨、佐々木吾朗、森口雅弘: 赤外ハイパースペクトル情報を用いた路上障害物認識に関する基礎的検討、日本写真測量学会、横浜6月18日(2009)

27. 浅野太郎、小杉幸夫、宇都有昭、小田川信哉、小田九二夫: ハイパースペクトルデータにおけるグループ分割手法を用いたもち病検出に関する研究、電子情報通信学会、愛媛3月19日(2009)

28. 浅野太郎、小杉幸夫、宇都有昭、小坂尚子、小田川信哉、小田九二夫: グループ分割手法を用いたハイパースペクトルデータの葉面積指数推定、第16回リモートセンシングフォーラム、東京3月2日(2009)

29. 小杉幸夫、宇都有昭、浅野太郎、菊地信輝、尾形俊成、小田川信哉、小田九二夫: 航空機搭載ハイパースペクトルセンサを用いたナラ枯れの観測と解析、第120回日本森林学会抄録、G23 京都3月17日(2009)

31. 宇都有昭、小杉幸夫、尾形俊成: 指標 NWI による ASRER 画像からのナラ枯れ発生域抽出、日本写真測量学会平成20年度年次学術講演会、pp.9-12、横浜6月19-20日(2008)

32. 小杉幸夫、高林裕治、宇都有昭、小田九二夫、尾形俊成: ナラ枯れのハイパースペクトル・リモートセンシングの可能性を探る、第119回日本森林学会大会抄録、H08、東京3月28日(2008)

33. Yukio Kosugi, Desjardins Guillaume, Yuji Takabayashi, Sildomar T. Monteiro, Makoto Yamaki, Kuniaki Uto and Genya Saito: "Low-Altitude Hyperspectral Imaging of Naruko Integrated Field for the Interpretation of High-Altitude Observations", Abst. of 6th International Symposium on Integrated Field Science, A2, 7月26-27日 (Sendai 2008)

34. Naoko Kosaka, Yukio Kosugi, Kuniaki Uto, Kunio Oda and Genya Saito: "Agricultural field observation using hyperspectral sensor in Syonai", Abst. of 6th International Symposium on Integrated Field Science, A1, 7月26-27日 (Sendai 2008)

35. Hamed Akbari, Yukio Kosugi, Kazuyuki Kojima and Naofumi Tanaka: "Hyperspectral Imaging and Diagnosis of Intestinal Ischemia", Proc. 30th Annual International IEEE EMBS Conference, 8月20-24日 (Vancouver 2008)

36. Hamed Akbari, Yukio Kosugi, Kazuyuki Kojima, Naofumi Tanaka and Toshiaki Ohya: "Wavelet-based Compression and Segmentation of Hyperspectral Images in Surgery", Proc. 4th International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality (Aug.1, Tokyo 2008)

37. Sildomar Monteiro, Kuniaki Uto, Yukio Kosugi, Kunio Oda, Yoshiyuki Iino and Genya Saito: "HYPER-SPECTRAL IMAGE CLASSIFICATION OF GRASS SPECIES IN NORTHEAST JAPAN", Proc. IGARSS2008 (July 10, Boston 2008)

38. Shinya Odagawa, Masatane Kato, Tomoyuki Suhama, Jiro Sasaki, Kuniaki Uto, Yukio Kosugi, and Genya Saito : DEVELOPMENT OF RICE YIELD ESTIMATION METHOD BASED ON SPACEBORNE HYPERSPECTRAL DATA: PRELIMINARY STUDY USING AIRBORNE HYPERSPECTRAL DATA, Proc. IGARSS2008 (July 9 Boston 2008)

39. Kuniaki Uto, Yuji Takabayashi, Yukio Kosugi and Toshinari Ogata: HYPERSPECTRAL ANALYSIS OF JAPANESE OAK WILT TO DETERMINE NORMALIZED WILT INDEX, Proc. IGARSS2008 (July 8, Boston 2008)

〔図書〕(計1件)

Hamed Akbari and Yukio Kosugi: "Hyperspectral Imaging: a New Modality in Surgery" ; in *G.R. Naik ed. Recent Advances in Biomedical Engineering* (Chap. 12), In-Tech pub. Croatia (2009)総ページ数 : 660,担当 12 頁 : pp223-240

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称 : 対象物検出装置
発明者 : 小杉幸夫、高岸成典、宇都有昭、村瀬享、関晴之
権利者 : 東京工業大学、住友電工
種類 : 特許
番号 : 特願 2011 - 265416
出願年月日 : 2011 年 10 月 12 日
国内外の別 : 国内

名称 : Vital Tissue Discrimination Device and Method
発明者 : Yukio Kosugi, Hamed Akbari, Kazuyuki Kojima, Tatsuhiko Saitoh, Masato Tanaka
権利者 : 住友電工、東京工業大学、東京医科歯科大学
種類 : 特許
番号 : 12/481,912
出願年月日 : 2009 年 6 月 10 日
国内外の別 : 国外 (米国)

取得状況(計2件)

名称 : 生体組織識別装置および方法
発明者 : 小杉幸夫、Hamed Akbari, 小嶋一幸、田中正人
権利者 : 東京工業大学、住友電工、東京医科歯科大学
種類 : 特許
番号 : 4575474
取得年月日 : 2010 年 8 月 27 日
国内外の別 : 国内

名称 : Vitale Tissue Discrimination and Method

発明者 : Yukio Kosugi、Hamed Akbari, Kazuyuki Kojima, Tatsuhiko Saitoh, Masato Tanaka

権利者 : 住友電工、東京工業大学、東京医科歯科大学

種類 : 特許

番号 : 2133023

取得年月日 : 2011 年 8 月 17 日

国内外の別 : 国外 EPC 出願

〔その他〕

http://www.rso.titech.ac.jp/docs/%E3%82%A4%E3%83%8E%E3%83%992012_%E5%B0%8F%E6%9D%89%E3%80%80%E5%B9%B8%E5%A4%AB.pdf

6 . 研究組織

(1)研究代表者

小杉 幸夫 (KOSUGI YUKIO)

東京工業大学・総合理工学研究科
研究者番号 : 30108237

(2)研究分担者

宇都 有昭 (UTO KUNIAKI)

東京工業大学・総合理工学研究科
研究者番号 : 90345356

(3)連携研究者

齋藤 元也 (SAITO GENYA)

東京工業大学・イノベーション研究推進科
研究者番号 : 50436713

小嶋 一幸 (KOJIMA KAZUYUKI)

東京医科歯科大学・医歯(薬)総合研究科
研究者番号 : 60313243

大谷 俊樹 (OOYA TOSIKI)

東京医科歯科大学・医歯(薬)総合研究科
研究者番号 : 00177015