

平成17年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

ふりがな（ローマ字）		KOSUGI YUKIO					
①研究代表者氏名		小杉 幸夫		②所属研究機関・部局・職		東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授	
③研究課題名	和文	画像解釈におけるアプリオリ情報の有効利用に関する研究					
	英文	Research on the Effective Use of <i>a priori</i> Information in Image Interpretation					
④研究経費		平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	総合計
17年度以降は内約額 金額単位：千円		13,700	9,700	9,900	8,000	6,900	48,200
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者）							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）				
小杉 幸夫	東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授	知的画像処理	特徴抽出機構の知能化及び研究全体の総括				
亀山 啓輔	筑波大学・電子・情報工学系先端学際領域研究センター・講師	情報処理	広域ネットワーク援用適応的逆問題フィルタ系の開発				
宇都 有昭	東京工業大学・大学院総合理工学研究科・助手	画像処理	画像処理の高精度化				
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>今日、高分解能衛星画像の商業化に伴い、従来多大な労力と時間を要する地上の探査に頼らざるを得なかった資源探査や、環境保全、広域にわたっての作物・森林等の生育管理等が、リモートセンシング技術によって代行され得る環境が整いつつある。このような社会的ニーズを満たすシステムを実現するためには、衛星画像や航空写真から地表の状態（被覆）、さらには土地利用形態を計算機処理によって自動的に分類する技術の確立が求められている。他方、医療分野ではCTやMRに代表される画像診断機器から得られる大量のデータを精度良く解析し、診断や治療計画に役立てるためにも、組織像の理解、領域分割の自動化の技術は欠かせない。しかるに、未知の媒体を介して観測される観測データから観測対象の状態を推定する問題は、一般的には逆問題として定式化される問題であり、対象物についての十分なアプリオリな情報を適切な形で与えないと、いわゆる不適切問題を構成し、安定な一位の解が得られない。</p> <p>本研究では、これら地理画像処理や医用画像処理に共通した画像理解の問題を取り上げ、高解像度画像の各微小領域の持つ意味を周辺領域との関係、及びその画像が撮影された状況によって与えられるアプリオリ情報をも考慮する処理の枠組みを考え、これによって実用度の高い画像解釈を実現し、これに基づいた適応的処理系によって高次の領域分割などを行う知的画像処理の技術を確立することを目的とする。</p> <p>具体的には、農業分野でのリモートセンシング、防災分野でのリモートセンシング、医療画像データの自動認識処理、以上3つの主要適用分野を設定し、各分野固有のアプリオリ情報の利用方法について新しい方式の提案を行うとともに、モデルに基づいた理論的考察ならびに実データを用いたシミュレーション、さらには現場での観測を実施し提案方法の有効性を検証する。</p>							

⑦これまでの研究経過（研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。）

本研究初年度は、リモートセンシング画像等のセグメンテーションを行う基本的な枠組みとして我々が提案している「相互領域拡張法」をベースに、画像解釈の特徴量について考察を行った。アプリオリ情報を的確に表現する特徴量は、1.形態情報、2.スペクトル情報、3.各点の信号の時間的変動様式から抽出されるものに大別されるものの、問題依存性が大である。従って実応用の想定される具体的な画像認識問題を取り上げ、計測系の特徴を生かした処理系を構成した。特に、初年度は2.のスペクトル情報について十分なアプリオリ情報が得られるハイパースペクトル・ラインセンサーを導入した。16年度末現在、以下の項目Ⅰ～Ⅲについて応用面にも配慮した具体的な局面を設定し、実現可能なアプリオリ情報の抽出を行い、目的とする認識処理への有効活用を図っている。

Ⅰ.農業用リモートセンシングにおけるアプリオリ情報の有効活用

本項目では、農業分野へのマルチスペクトルおよびハイパースペクトルデータの応用技術について検討を行った。高高度から観測する農地画像では、土壌のスペクトルと作物のスペクトルが混合されて観測される所謂「ミクセル現象」により、作物だけのピュアなスペクトルが得られず、研究開発のボトルネックとなっていた。この問題に対して我々が独自に開発したミクセル分離技術（特許出願番号：特願 2003-076294）を用いることにより、ノイズを加えたシミュレーション結果（図1）にも見るように、精度の良いピュアスペクトル推定が可能となっている。この結果をもとに、独立成分分析を適用する際に必要とされるアプリオリ情報の有効利用法について検討し、スペクトル微分を用いる手法について航空機観測および現地観測実データを用いた検証を行った。以上の結果については米国 IEEE の専門誌を含め3編の専門誌に掲載済みもしくは掲載決定となっている。なお、現地観測データの取得については、スペクトロメータを用いた地上計測に加え、山形県立農業試験場庄内支場および山形大学農学部附属農場の協力を得て、クレーンによる低高度ハイパースペクトル画像の計測を継続中である。

Ⅱ.防災画像処理におけるアプリオリ情報の有効活用

2003年12月に発生したイラン南東部地震に伴う Bam 市の被災例（図2）、および2004年新潟県中越地震の被災地域の QuickBird 衛星画像の解析を進め、防災情報処理の専門家である角本繁氏に研究支援者としての参画を仰ぎ、被害を迅速かつ高精度で推定する画像処理方式を開発した。また、中赤外域のハイパースペクトル画像から、新規土砂災害や土砂に混在したヒトを効果的に検出する際のアプリオリ情報の活用について解析を行い、ヒトの皮膚の持つ特異的なスペクトル情報を活用することで、ヒトだけを顕在化させる演算様式を提案した。また、2004年台風15号に伴う東北地方日本海沿岸の潮風害の検出に、項目Ⅰで取得したクレーンハイパースペクトル画像を用い、植物の枯れる過程についてのアプリオリ情報を活用する方式を提案した。上記指標を用いて SPOT 衛星画像から、潮風害の被害分布を推定した（図3参照）。これらの結果については、国際会議 IGARSS2005 等で発表していく予定である。

Ⅲ.医用画像処理におけるアプリオリ情報の有効活用

本項目では、まず診断面からは、脳電位画像からアルツハイマー病などの脳内疾患の診断情報を抽出する際に利用できるアプリオリ情報を模索している（脳機能研究所との協同研究）。また、治療支援という立場から、手術中、血液で遮断された術野の赤外線ハイパースペクトル画像情報に対してアプリオリな情報をもとに適応的な情報処理を適用し、画像の鮮鋭化に有効な演算を実現した。この結果については米国特許の仮出願を行い、専門誌に投稿中である。

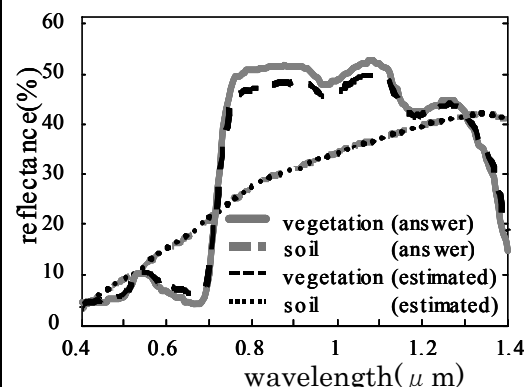


図1 独立成分分析を用いた、新しいピュアスペクトルの推定法の実施例。観測ノイズの混入を想定したシミュレーション結果。

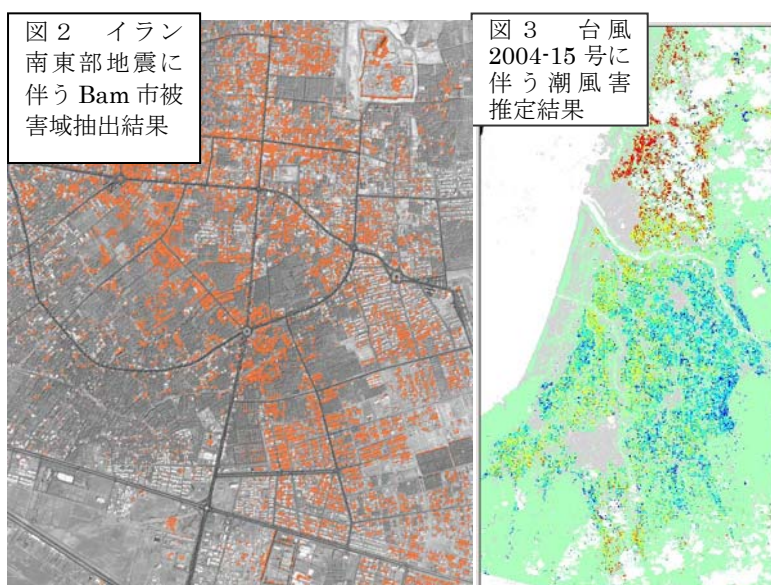


図2 イラン南東部地震に伴う Bam 市被災域抽出結果

図3 台風2004-15号に伴う潮風害推定結果

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

1. 混合ピクセルデータの分離法の確立:

航空機や衛星等の高所から観測される画像では、認識対象とされる農作物などのサイズよりも画素サイズの方が大なる場合が生じ、一つのピクセルの中に土壌と作物など、複数の対象物が混在する、いわゆる「混合ピクセル」の問題が生じる。個々の対象物のピュアなスペクトル情報を得ることが困難であることから、観測された画像のセグメンテーションを行う際に大きな障害となっていた。本研究では、土壌の反射スペクトルの波長微分値が広い帯域に亘ってほぼゼロであるというアприオリ情報と独立成分分析を組み合わせることにより、周期的構造を有する田畑などの作物のピュアスペクトルを、背景の土壌のスペクトルから分離する独自のアルゴリズムを提案し、その有効性をシミュレーション画像および航空機観測による実測データを用いて実証した。

上記内容については、特許出願済み。小杉幸夫、小阪尚子、井上潮：「画像解析装置、画像解析プログラム、及び画像解析方法」、出願番号 2003-076294

また、同研究内容については研究協力者として参画した博士課程学生が、国際会議 ISPRS WG VII-6, International workshop on monitoring and modeling of global environmental change, (2003)で研究発表を行い、Young Authors Award を受賞している。

2. 農作物の塩害の被害程度をマルチスペクトル画像から推定するパラメータの抽出:

従来、リモートセンシング分野では、植生の状態を定量化する指標として、クロロフィルの吸収域である赤色と、近赤外の反射率の差を正規化した正規化植生指標(NDVI)を用いた一元的な評価が汎用されてきた。しかしながら、平成 16 年 8 月に山形県日本海沿岸で発生した台風 15 号による潮風害をクレーンハイパースペクトル計測により評価したところ、軽度な被害は NDVI だけでは十分な検出が困難であり、緑色と赤色の差を正規化した指標と NDVI による 2 次元特徴空間での評価が有効であることが見出された。すなわち、植物の正常な生育状況下では、反射スペクトルから得られる上記 2 次元特徴空間上の直線上に各サンプル点が分布するのに対し、塩害などの侵害を受けて枯れるケースではこの標準直線から被害の程度に応じた乖離を示すことが示唆された。この乖離度を画像化することで、広域について得られる衛星画像から被害の分布を推定することが可能となった。

本研究で提案した指標は、上記台風被害時の SPOT 衛星画像の分析に適用され、現地調査結果との相関が高いことが農業関係者によっても確認され、潮風害被害調査中間報告の中でも採用された。

このような乖離がどのようなメカニズムで発生するのかを明らかにするために、17 年度は山形県農業試験場と共同で塩害の再現実験を実施するように準備中である。

3. 対象物についてのアприオリ情報に基づく赤外線スペクトル間の非線形演算を用いた画像取得:

中赤外領域のハイパースペクトル画像は、水や生体組織がこの波長帯で複雑な吸収・反射特性を持つため、対象物および障害物に関するアприオリな反射・吸収特性をもとに各スペクトル成分間の非線形演算を行うことで、医学応用面では手術中血液で覆われている患部の組織を透視することが可能になる。また、防災面では、複数の波長を組み合わせた正規化指標を提案し、この指標を用いることで土砂・瓦礫と混在するヒトのみをセグメンテーションで切り出すことが可能になることが予備実験の結果示唆された。特に上記内容の医学応用面については、下記の米国特許仮出願を行い、現在国内特許出願を準備中である。

(米国仮出願) Yukio Kosugi, Sildomar Monteiro, Kuniakai Uto and Eiju Watanabe: Means and equipments for surgical viewing aid; 出願番号 US60/604,743 and US60/604,798 (受付日: 2004 年 8 月 27 日)

4. 二時期の衛星画像を用いた震災被害域セグメンテーション技術の確立:

我々は震災前の衛星画像をアприオリ情報とした、非線形写像を用いた変化域抽出法をかねてから提案してきたが、この手法を 2003 年 12 月イラン Bam 市に甚大な被害をもたらしたイラン南東部地震の前後に撮影された Quick Bird 衛星画像に適用し、被害域の自動セグメンテーション動作を確認した。この結果は多数の新聞紙上 (2004 年 1 月 28 日付け読売新聞、日本経済新聞各夕刊、同 29 日毎日新聞、日刊工業新聞、日本工業新聞など) で紹介されるとともに、文部科学省突発災害調査研究チームに提供され、現地の調査活動に活用された。今後、本手法は上記 2 で得られた塩害に伴う植生の退行指標とも組み合わせ、衛星画像を用いた津波などによる塩害の被害分析、植生環境への影響の調査にも発展させていく予定である。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

(学術誌等)

Naoko Kosaka, **Kuniaki Uto** and Yukio Kosugi: "ICA-Aided Mixed-Pixel Analysis of Hyperspectral Data in Agricultural Land"; IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol.2, No.2, pp.220-224 (2005)

○Yukio Kosugi, Mitsuteru Sakamoto, Munenori Fukunishi, Wei Lu, Takeshi Doihara and Shigeru Kakumoto: "Urban Change Detection Related to Earthquakes Using an Adaptive Nonlinear Mapping of High-Resolution Images"; IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol.1, No.3, pp.152-156 (2004)

Noriyuki Take and Yukio Kosugi: "Elucidation of causal relationships for multi-sourced activities in the human brain by directed transinformation between time series of equivalent dipoles"; Journal of Neural Engineering, Vol.1, No.1, pp.55-62 (2004)

Kuniaki Uto, Keiichi Hibi, Yukio Kosugi: "Extraction of Movement-Related Potentials from EEG Based on DT-Aided Independent Component Analysis"; IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E86-D, No.8, pp.1464-1469 (2003)

Paul Wing Hing Kwan, **Keisuke Kameyama** and Kazuo Toraichi: "On a Relaxation-Labeling Algorithm for Real-time Contour-based Image Similarity Retrieval"; Image and Vision Computing Journal, Vol.21, No.3, pp.285-294 (2003)

小阪尚子, **宇都有昭**, 小杉幸夫: 農地ハイパースペクトルデータのICA援用ミクセル分解: 航空機観測への適用; 写真測量とリモートセンシング, Vol.43, No.3, pp.30-41 (2004)

○小阪尚子, 小杉幸夫: ICAを用いた周期性ハイパースペクトル・ミクセルデータの分離; 日本リモートセンシング学会誌, Vol.23, No.5, pp.530-542 (2003)

○三上直人, 小杉幸夫: 相互領域拡張法による地理画像の適応的セグメンテーション; 電子情報通信学会論文誌, Vol.J86-D-II, No.9, pp.1329-1340 (2003)

松本健太郎, 小杉幸夫, **宇都有昭**: 画像誘導手術支援システムにおける先見的情報の有効利用; 日本コンピュータ外科学会誌, Vol.4, No.3, pp.241-242 (2003)

(国際会議、学会等)

S.T.Monteiro, **K.Uto**, Y.Kosugi, N.Kobayashi, E.Watanabe and **K.Kameyama**: "Feature Extraction of Hyperspectral Data for under Spilled Blood Visualization Using Particle Swarm Optimization"; Proc. 2005 BME NFSI Conf. (2005)

K.Uto, T.Yoshinaga, S.Hoshino, Y.Kosugi and S.Kakumoto: "Development of early stage image acquisition system for disaster mitigation"; Proc. IGARSS2005, (Seoul, 2005)

Y.Minekawa, **K.Uto**, Y.Kosugi and K.Oda: "Development of crane-mounted hyperspectral imagery system for stable analysis of paddy field"; Proc. International Symposium on Remote Sensing, (Jeju, 2004)

Toshimitsu Musha, Naohiro Suzuki, Takayoshi Kurachi and Yukio Kosugi: “EEG Z-score Pattern Matching Diagnosis of AD”; Proc. Alzheimer’s Association International Conf. on Prevention of Dementia, (in press 2005)

K.Uto, N.Kosaka and Y.Kosugi: “Synthesis and Analysis of Periodically Distributed Satellite Image Components by Independent Component Analysis”; Proc. IGARSS2004, IV, 2431-2434, (Alaska, 2004)

S.T. Monteiro, Y.Kosugi, **K.Uto** and E.Watanabe: “Towards Applying Hyperspectral Imagery as an Interoperative Visual Aid Tool”; Proc. 4th IASTED Int. Conf. on Visualization, Imaging and Image Processing, (Marbella, 2004)

Keisuke Kameyama and Kei Taga: “Texture Classification by Support Vector Machines with Kernels for Higher-Order Gabor Filtering”; Proc. International Joint Conference on Neural Networks 2004, Vol.4, pp.3009-3014 (Budapest, 2004)

Masanori Nakamura, Mitsuteru Sakamoto, Shigeru Kakumoto and Yukio Kosugi: “Stabilizing the Accuracy of Change Detection from Geographic Images by Multi-leveled Exploration and Selective Smoothing”; Proc.GIS2003, (Vancouver, 2003)

Naoko Kosaka and Yukio Kosugi: “ICA Aided Linear Spectral Mixture Analysis of Agricultural Remote Sensing Images”; Proc. Fourth International Symposium on Independent Component Analysis and Blind Signal Separation, pp.221-226 (Nara, 2003)

Yukio Kosugi, **Kuniaki Uto**, Ryoh Hagiwara, Naoko Kosaka, Atushi Abe, Masashi Kameyama and Toshimitu Momose: “Neural Network for Cerebral Diagnosis Using PET and SPECT”; Proc.IEEE EMBS APBME2003, (Kyoto, 2003)

Masao Shimozato, Naoko Kosaka, **Kuniaki Uto** and Yukio Kosugi: “Equipments Evaluating the ICA-Aided Multi-Spectral and Hyperspectral Vegetation Monitoring of Agricultural Land”; Proc. ISPRS Commission, VII WG6 International Workshop on Monitoring / Modeling Global Environmental Change, (Kyoto, 2003)

Naoko Kosaka, Masao Shimozato, **Kuniaki Uto** and Yukio Kosugi: “Linear Mixel Analysis of Hyperspectral Data for Vegetation Monitoring”; Proc. ISPRS Commission VII WG6 International Workshop on Monitoring / Modeling Global Environmental Change, (Kyoto, 2003)

Naoko Kosaka, Masao Shimozato, **Kuniaki Uto** and Yukio Kosugi: “Independent Component Analysis of Periodically Distributed Hyperspectral Mixel Data for Vegetation Monitoring”; Proc. ISPRS Commission VII WG6 International Workshop on Monitoring / Modeling Global Environmental Change, (Kyoto, 2003)

Naoko Kosaka, Masao Shimozato, **Kuniaki Uto** and Yukio Kosugi: “Independent Component Analysis of Mixels in Agricultural Land Using An Airbone Hyperspectral Sensor Image”; Proc. ACRS 2003 ISRS, (Busan, 2003)

Masao Shimozato, Naoko Kosaka, **Kuniaki Uto** and Yukio Kosugi: “Evaluating Apparatus for the ICA-Aided Mixel Analysis of Periodical Hyperspectral Images”; Proc. ACRS 2003 ISRS, (Busan, 2003)

坂元光輝, 土居原健, 高砂幸代, 小杉幸夫: 非線形写像法によるイラン・バム地震の被害領域抽出; 日本写真測量学会 平成 16 年度年次学術講演会論文集, pp.133-136, (2004)

岩堀明生, 島崎達也, 木村大輔, **宇都有昭**, 坂口忠夫, 小杉幸夫: 高速画像処理を用いた視覚障害者用歩行補助装置の開発; 画像の認識・理解シンポジウム論文集, p.304 (2004)

土居原健, 内田修, 坂元光輝, 織田和夫, 小杉幸夫, **宇都有昭**, 高砂幸代: 2 時期の空撮画像による建物被害の抽出; 土木学会・リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム予稿集, pp.83-90, (2004)

柴山明寛, 久田嘉章, 市居嗣之, 滝澤修, 小杉幸夫: イラン・バム地震における衛星回線を用いた準リアルタイム被害収集配信システムの実験; 土木学会・リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム予稿集, pp.67-74, (2004)

角田貢, 野上高, **宇都有昭**, 小杉幸夫, 角本繁, 土居原健: マルチバンド衛星画像を利用したメタ情報の透かし, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.103, No.499, pp.45-52, (2003)