生物多様性保全を目的とした衛星データによる 千葉県の自然環境解析に関する研究

原慶太郎・趙 憶・原田一平・下嶋 聖¹・関山絢子²・田中健太³

東京情報大学環境情報学科

- 1 (現所属)東京農業大学短期大学部環境緑地学科
- 2 (現所属) 東京大学生産技術研究所
- 3 (現所属)株式会社エム・エス・アイ

はじめに

千葉県は、北西部や湾岸部を中心に急速 な都市化が進行し、また、農林業を取り巻 く環境の変化にともなって、耕作や森林管 理が放棄されたところが急増している.生 物多様性を保全するためには、野生動植物 の生育・生息地となる緑被地や水辺環境な どの土地利用状況を正確に把握し、その変 化などに迅速かつ適切に対応する必要があ る.このためには、広域的な範囲を短い時 間で現況把握が可能なリモートセンシング の技術が有効である.生物多様性の保全に は、それぞれの地域の生物が置かれた状況 を的確に把握してモニタリングする必要が ある.

リモートセンシング技術は,空間・時 間・スペクトルの各分解能が高まり,非常 に詳細なスケールから地球規模に至る環境 観測が可能になっている(Richards, 2012). 生物多様性の問題は,詳細スケー ルから広域スケールまでのマルチスケール でのアプローチが欠かせないが,現地調査 は人海戦術に頼らざるを得なく,点の情報 を面に拡げることができるリモートセンシ ング技術は極めて有効である.リモートセ ンシング技術が貢献できる生物多様性に関 する事象には、1)生物多様性そのもの(森 林上層を構成する種の多様性など)、2)生 物多様性を育む環境(様々なスケールで生 態系や景観を把握して生物種の生息域を推 定する)、3)生物多様性に影響を及ぼす事 象(精確な土地利用・被覆(LU/LC)の現 状と変化の把握)、がある(原、2011).千 葉県と大学との連携事業の一環として、リ モートセンシングや地理情報システム

(GIS)を用いた手法検討を進めてきた が,異なる観測スケール(空間分解能また は観測幅)を持つ衛星データを用いて,千 葉県を中心に詳細スケールから広域スケー ルにわたる森林・草地・畑等の土地被覆分 布状況を把握し衛星データ間の違いを明ら かにすることを目的とする.

方 法

千葉県を対象とした生物多様性の現状把 握に向けて,これまで入手した衛星リモー トセンシング画像を用いて解析を行ない, 詳細スケールから広域スケールにわたる異 なる対象範囲の土地被覆分類図を作成す る.作成された土地被覆分類図を千葉県下 の生物多様性評価の基礎データとして使用 し,千葉県の土地被覆分布状況を明らかに する. 異なる衛星データの観測スケールの 相異によるスケール効果を明らかにするた めに, 千葉県の代表的な谷津景観を有する 佐倉市畔田地区を対象に, QuickBird, ALOS/AVNIR-2, Terra/ASTER, Landsat/ ETM+画像を用いて, 詳細スケール(街区 レベル)の土地被覆分類図を作成し衛星ご との違いについて検討し, 今後の衛星リ モートセンシングデータ利用の際の課題を 抽出する.

結果

1. 高分解能衛星画像(街区レベル)

今回の連携事業の重点調査区となってい る佐倉市畔田地区の高分解能衛星データを 入手し,詳細スケール(街区レベル)にお けるデータの特徴と,取得時期による違い を検討した.用いた衛星データは, QuickBirdとWorldView-2である.QuickBird データは,パンクロマティック(空間分解 能:0.6m)とマルチスペクトル(空間分解 能:2.5m),バンド構成はALOS/AVNIR-2 と同様に可視(Blue,Green,Red)から近赤外

WorldView-2データは、マルチスペクトル (空間分解能:2m)で、QuickBirdデータと 同様の4バンド(Blue,Green,Red,NIR1)に新 たな波長域(Coastal, Yellow, Red Edge, NIR2)を加えた8バンドのマルチスペクトル を持つ.各衛星データの画像を図1~4に示 す.

(NIR) までの4バンド構成である.

QuickBird画像のフォールスカラー(図 1-c)は、RGBにそれぞれNIR(バンド 4)、Red(バンド3)、Blue(バンド2)、 WorldView-2 画像のフォールスカラー(図 2-c、図3-c、図4-c)は、RGBにそれぞ れNIR2(バンド7)、Red(バンド3)、 Blue(バンド2)をそれぞれ割り当て、カ ラー合成した結果である.植生の分光反射 率は,近赤外の波長帯域で強い反射特性が あるため,近赤外域が含まれるNIRのバン ドに赤色 (R)を割り当てて,カラー合成 すると植生域が赤色で強調される.

2. 高分解能衛星データを用いた土地被覆 の解析

高分解能衛星データQuickBird (空間分解 能:2.5m)を用いて、佐倉市畔田地区を対 象地として土地被覆分類を行なった. 解析 には, 教師付分類である最尤法を用いて元 画像を森林,草地などの6つ土地被覆タイ プに分類した. ピクセルベースの分類手法 は空間分解能に依存するため、対象物を構 成する画素が対象物より小さい時,同じ画 素内に異なった反射特性が表われ、たくさ んの小さなオブジェクトやノイズが生じや すい問題がある.一方, ALOS/AVNIR-2な どの空間分解能がより低い衛星データと比 べて、QuickBirdを用いた土地被覆分類図 は, 周縁形状や林間ギャップなどの細か い空間特性をより繊細に反映することがで きる. 解析結果を図5に示す.

3. 異なる衛星データを用いた土地被覆 分類のスケール効果についての検討

高分解能衛星画像と低分解能衛星画像を 用いた同一の範囲における土地被覆分類は どのような違いがあるのか,衛星間のス ケール変化またはスケーリングに伴う誤差 を明らかにすることは適切な衛星データの 選択と衛星リモートセンシングの効率化を 図るために重要である(Quattrochi and Goodchild, 1997; Withers and Meentemeyer, 1999). 千葉県佐倉市畔田地区を対 象地として,異なる空間分解能の衛星デー タを用いて土地被覆分類を行ない衛星の空 間分解能の違いによる影響を明らかにした (図6,表1).



a. QuickBird画像 (2009/1/19)



b. 畔田沢一部拡大(トゥルーカラー)
図 1 QuickBirdの衛星画像(2009/1/19) © DigitalGlobe.



a. WorldView-2画像 (2010/9/3)



b. 畔田沢一部拡大(トゥルーカラー)

c. 同(フォールスカラー)

図2 WorldView-2の衛星画像 (2010/9/3) © DigitalGlobe.



a. WorldView-2画像(2011/4/14)



b. 畔田沢一部拡大(トゥルーカラー)
図 3 WorldView-2の衛星画像(2011/4/14) © DigitalGlobe.



a. WorldView-2画像(2012/2/24)



b. 畔田沢一部拡大(トゥルーカラー)

c. 同(フォールスカラー)

図4 WorldView-2の衛星画像 (2012/2/24) © DigitalGlobe.



図5 QuickBirdを用いた土地被覆の分類結果.

QuickBird



(空間分解能:2.5m)







図6 解析に使用した異なる空間分解能の衛星画像.

表1 各衛星データの諸元.

	QuickBird	ALOS/AVNIR-2	Terra/ASTER	Landsat/ETM+
撮影日付	2009/1/19	2007/11/15	2008/1/17	2006/11/3
空間分解能	2.5m	10m	15m	30m
観測幅	16.5km	70km	60km	185km
回帰周期	1-3.5 日	46 日	16 日	16 日
スペクトル構成	B1: 0.45-0.52μm B2: 0.52-0.60μm B3: 0.63-0.69μm B4: 0.76-0.90μm	B1: 0.45-0.50μm B2: 0.52-0.60μm B3: 0.61-0.69μm B4: 0.76-0.89μm	B1: 0.52-0.60μm B2: 0.63-0.69μm B3: 0.78-0.86μm	B1: 0.45-0.52μm B2: 0.52-0.60μm B3: 0.61-0.69μm B4: 0.76-0.90μm B5: 1.55-1.75μm B7: 2.08-2.35μm

土地被覆分類の結果から,いずれの衛星 データも森林の面積が最も大きく,草地, 畑,水田,市街地は均一的に分布していた ことが示され,水域の占める面積が最も少 なかった(図7).水域の占める面積が最 も少なかった.衛星の空間分解能の拡大に 伴って,草地の面積が減少し,畑と水田が やや増加した.面積の大きい森林と市街地 は,いずれの衛星データもほぼ一定のまま であった.土地被覆分類図から,細長い谷 津はほとんど水田で,台地に森林が残って いた.西側にある谷津の支谷は,放棄さ れた水田でほとんど草地になっていた.衛 星データ間で比較した結果,高分解能の QuickBirdの分類結果は他の衛星データと 比べてパッチの形状や林冠ギャップなどの 複雑な空間特徴をより細かく反映された.

図8は異なる空間分解能の衛星データを 用いて,土地被覆が変化した地域を抽出し た結果で,変化していない地域は白抜きで 表示してある.異なる衛星データを用いた 土地被覆相異の抽出結果から,低分解能の 衛星データほど反射スペクトルの分離度が 低下して,3つのクラス(草地,畑,水田) の分類結果に,もっとも影響を及ぼすこと が明らかになった.また,対象物の周縁で ある場所も最も変化しやすいことが示され た.各衛星データに対して,高分解能の

> |森林 |草地 |畑 |水田 |市街地 |水域

0.5 km



図7 各衛星データを用いた土地被覆分類結果.



図8 異なる空間分解能の衛星データを用いた土地被覆相異の抽出結果.

記号は、それぞれa: AVNIR-2に対してQuickBirdが変化した場所,b: ASTER に対してQuickBirdが変化した場所,c: ETM+に対してQuickBirdが変化した場 所,d: QuickBirdに対してAVNIR-2が変化した場所,e: QuickBirdに対して ASTERが変化した場所,f: QuickBirdに対してETM+が変化した場所を表す.下 図の積み上げ棒グラフはそれぞれ変化した場所の面積と面積割合を示す.括 弧はそれぞれ土地被覆タイプごとの面積割合を表す. QuickBirdは森林の周縁部および周縁にあ る 草 地 の 変 化 が 最 も 大 き か っ た. QuickBirdに対して,各衛星データで最も 変化した土地被覆は森林で,低分解能の衛 星であるほど変化した森林の面積が大き かった.その他,いずれの衛星データに 対してもQuickBirdが変化した面積は全体 の半分しか占めなかった.このことから, 衛星ごとの空間分解能の差が大きいほど土 地被覆の相異がより大きいことが分かっ た.

4.多時期衛星画像を用いた千葉県北総 地域の土地被覆分類図作成

2007年から2008年にかけては,千葉県を 含む関東南部における良好なALOS/AVNIR -2画像が連続して取得できた年であった. これらを用いて,広域的な土地被覆分類の 検討を行なった.千葉県全域の土地被覆分 類は,解析手法及び精度検証が不十分なた め,まず北総地域を中心とする千葉県北部 について解析を行なった.図9に入手した AVNIR-2画像を示す.



2007/08/15 ©JAXA



2007/11/15 ©JAXA



2007/12/31 ©JAXA



2008/02/15 ©JAXA



2008/04/01 ©JAXA

図9 2007-2008年にかけてのALOS/AVNIR-2画像.

上述の5時期の衛星データのうち,2007 年8月15日と2007年11月15日の取得データ を用いて解析を実施した(図10).8月と11 月の衛星画像を比較すると,利根川沿い周 辺の地域に11月よりも8月の画像は植生域 が多いことが目視により確認できる.ま ず,千葉県北総地区を対象地として,2007 年8月15日の画像を用いて土地被覆分類を 行なった(図11).次に,2007年8月15日と 11月15日の2時期のALOS/AVNIR-2画像を 用いて土地被覆分類を行なった(図12). 単時期の衛星データを用いた土地被覆分類 (図11)は,可視域から近赤外までの4バン ドであるのに対して,2時期の衛星データ を用いた土地被覆分類(図12)は,各4バン ド(計8バンド)の画像を新たに作成し,森 林,草地,畑,水田,市街地,水域の6つ の土地被覆タイプに分類した結果である.

このように、農耕地などは時期によって 反射特性が明らかに異なることから、それ らの地物の判別が可能である.通常、衛星 画像を用いた土地被覆分類は、衛星画像が 特有する可視域から近赤外までの反射スペ クトル特性をもとに統計学的な規則に従っ て対象物を異なる土地被覆タイプに自動的 に区分することである.そのため、各土地



a. AVNIN-2回線 2007/08/15 D. 同 2007/16 図10 千葉県北総地区のトゥルーカラー衛星データ ©JAXA.



図11 北総地区における単時期(2007/08/15)の衛星データを用いた土地被覆分類.



図12 北総地区における2時期の衛星データを用いた土地被覆分類結果.

被覆タイプを代表する反射スペクトル特性 は他の土地被覆タイプとの相異が顕著であ るほど,より精確に土地被覆を分類するこ とができる.

分類結果から、単時期のみの衛星データ を用いた土地被覆分類では、草地、水田、 畑の各反射率の分離度が低く、分類誤差が 大きかったことに対して、2時期の衛星 データを用いた土地被覆分類は、草地、水 田、畑の土地被覆タイプの分類精度が大き く改善されたことが分かった.対象範囲に おいて、標高が比較的に高い台地は畑、谷 津が分布し、平地は主に水田が分布してい る様子を的確に反映することができた.

まとめ

本研究では、衛星データを用いて詳細ス ケール(畔田地区)から広域スケール(千葉 県全域)の森林・草原等の植生、水田・畑 等の土地利用、市街地・道路等の人工物な どを抽出する際に、異なる衛星データを用 いる場合にどのような違いが起きるかを明 らかにした.解析した佐倉市畔田地区の結 果からは、高分解能衛星データであるほ ど、畔田のような詳細スケールにおける周 縁の形状や林冠のギャップなどの細かい土

地被覆パターンを反映するにはより有効で あった.一方,異なるタイプの地上物が混 在しモザイク状な分布パターンであること によって各土地被覆タイプの分光反射特性 が近似し反射率の分離度 (Richards, 1993) 影響を与え、草地、畑、水田の分類 精度が低下した. さらに、衛星データごと に比較した結果,空間分解能の変化に対し て,土地被覆パッチの周縁部は最も影響を 受けやすいことが明らかになった. このよ うな場所は異なる生態系が隣接しており生 物多様性の保全には極めて重要な場所であ り,解析には留意を要する.衛星データを 用いて、土地利用の分布範囲の境界などの 解析では、異なる空間分解能の衛星データ によってこのような影響を受けやすいた め,対象とする目的に応じて適切な空間分 解能を持つ衛星データの選択が重要であ る.

今後の課題

本報告では、衛星データを用いて千葉県 の土地被覆状況を把握する手法を検討し た.今後、多時期の高分解能衛星画像を用 いた土地被覆分類とともに、土地被覆分類 結果から千葉県の生物多様性保全のために 重要となる場所を特定し,景観生態学的な 観点から植生地の分断化や孤立化などの評 価とその手法の確立に取り組んでいきたい と考える.我が国における生物多様性の現 状を把握するための指標として,生物多様 性総合評価が公表された.森林,農地など の生態系の区分ごとに評価のための指標を 設け,各指標の推移を説明するデータをも とに,過去50年の生物多様性の損失の大き さと現在の傾向について評価したものであ る.すでにNASAを中心として,リモート センシングを用いた生物多様性指標作成に 関する成果が上げられているが,千葉県に おける同様の指標作成が次の課題である.

引用文献

- 原慶太郎. 2011. 生物多様性. 日本リモー トセンシング学会誌 31(2): 270-272.
- Quattrochi, D.A. and M.F. Goodchild. 1997. Scale in Remote Sensing and GIS. 432pp. CRC Press LLC, Florida.
- Richards, J.A. 2012. Remote sensing digital image analysis: an introduction, 5th ed. 420pp. Springer-Verlag, New York Berlin Heidelberg.
- Withers, M.A., and V. Meentemeyer. 1999. Concepts of Scale in Landscape Ecology. Klopatek, J.M., Gardner, R.H. (eds), Landscape ecological analysis: issues and applications. pp.205-252. Springer.
- 著 者:原慶太郎・趙 憶・原田一平・下嶋 聖¹・関山絢子²・田中健太³. 〒265-8501 千葉県若葉区 御成台4-1 東京情報大学環境情報学科 E-mail: hara@rsch.tuis.ac.jp,¹(現所属)東京農業大学短 期大学部環境緑地学科,²(現所属)東京大学生産技術研究所,³(現所属)株式会社エム・エ ス・アイ
- "Analyses of natural environment in Chiba Prefecture using remotely sensed data for conservation of biodiversity "Report of Chiba Biodiversity Center 7:107-119. Keitarou Hara · Yi Zhao · Ippei Harada · Hijiri Shimojima¹ · Ayako Sekiyama² · Kenta Tanaka³. Department of Environmental Information, Tokyo University of Information Sciences, 4-1 Onaridai, Wakaba-ku, Chiba 265-8501, Japan. E-mail: hara@rsch.tuis.ac.jp; ¹ (Present address) Department of Environment and Landscape, Junior College of Tokyo University of Agriculture; ² (Present address) Institute of Industrial Science, The University of Tokyo; ³ (Present address) MSI Co., Ltd.