

リモートセンシングを用いた生態系の問題解決に向けた応用場面と要件の収集

山野博哉・石原光則・石山 隆・川村健介・
小松義典・作野裕司・島崎彦人・井上吉雄

1. はじめに

リモートセンシングをはじめ GIS・モデル等空間情報技術による計測・評価は、問題生態系の研究と問題解決にきわめて重要な役割を果たすものである(図1)。リモートセンシングで使われるセンサーには空間解像度やスペクトル分解能などさまざまな制約があり、問題解決のためには、問題生態系で必要とされている計測の必要条件を明らかにした上で、活用可能なセンサーの選定あるいは将来的なセンサー設計への提言につなげる必要がある。本稿においては、各種の問題生態系において、応用場面と、その計測に必要なセンサーの要件を収集した結果を報告する。

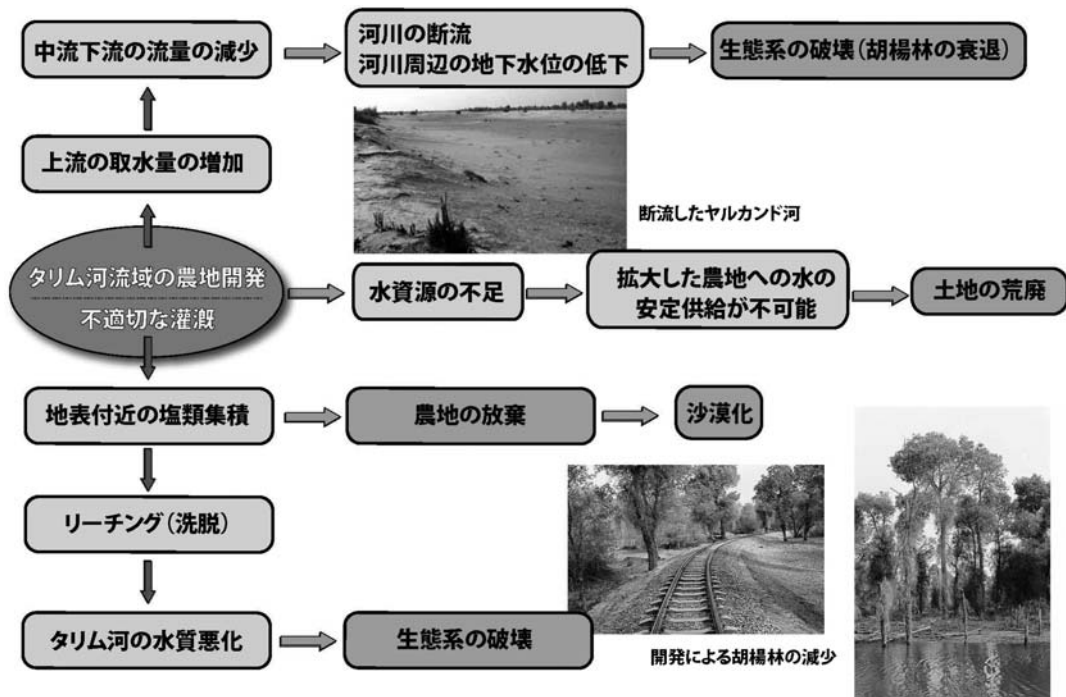
2. 方法

問題生態系を対象としたリモートセンシング等空間情報技術による計測・評価研究にかかわる横断的な情報交換、国内外の研究連携、学術的提言を進めることを目的に、日本リモートセンシング学会において、2008年に「問題生態

系計測研究会」が立ち上がった(<http://www.rssj.or.jp/kenkyukai/PERS/index.html>)。各問題生態系において、応用場面と、それらのモニター範囲(観測の空間的広がり)に相当)、精細度(空間解像度に相当)、モニター周期(データ取得周期、回帰日数に相当)、伝達時間(データ取得から

表 1 問題生態系と情報提供者一覧

生態系	回答者
乾燥・半乾燥地	石山 隆
森林	石原光則
農地	井上吉雄
草地	川村健介
都市	小松義典
河川	島崎彦人
湖沼	作野裕司
サンゴ礁・沿岸	山野博哉・作野裕司



中国タリム河流域オアシスの開発と環境問題

図 1 タリム河流域の農地開発と環境問題。生態系の破壊、土地の荒廃、沙漠化等いくつかの要件がリモートセンシングにより計測可能(作図:石山 隆)。

表 2 各問題生態系における応用場面と必要条件の収集結果

対象生態系	応用場面	計測可能		必要条件		解析手法 ⁵⁾	
		生態系	周辺環境	モニタリング ¹⁾	モニタリング ³⁾		利用可能センサ
乾燥・半乾燥地	沙漠化(荒漠化) エントーン運動 塩類集積地観測 ダスタストーム	○	○	群落-景観系 群落-生態系	0-2 0-2 0-2 0-2	中間赤外, ハイパースペクトル 可視近赤外, 中間赤外, SAR 可視近赤外, 中間赤外, SAR 可視近赤外, 中間赤外, SAR	分類, 判断 分類, 判断 分類, 判断 気象図判断
		○	○	群落-生態系	0-1	可視近赤外, SAR, ハイパースペクトル	指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	可視近赤外, SAR, ハイパースペクトル	指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-3	熱赤外, 広帯可視近赤外, ハイパースペクトル	指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	狭帯可視近赤外, ハイパースペクトル	指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	ハイパースペクトル	指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	指数, モデル
		○	○	群落-景観系	1-3	広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	指数, モデル
		○	○	群落-地域	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	指数, モデル
農地	植物の発達段階 生長のモニタリング 植物の水欠乏・活性・フ ラックス等のモニタリング 植物の病気モニタリング 植物の腐敗モニタリング 圃場内収量マップピニン 管理区画マップの更新 土壌水分モニタリング 雑草発生モニタリング ハンドヘルドセンサーによる 面変位の原因同定 植物・土壌特性の点サンプリ ングを面データへ展開 地域気象データのマップピニン 数値積高データのマップピニン 土壌特性のマップピニン 昆虫発生モニタリング 生長と収量の予測 モデル・AIと結合した面変異 の原因同定	○	○	群落-生態系	0-1	可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 広帯可視近赤外, 熱赤外, SAR	分類, 判断, 指数, モデル
森林	地形判読 林相判読 草本判読 樹種分類 樹冠抽出 樹高 伐採地モニタリング 森林火災モニタリング フェノロジー 葉面積指数(LAI) 含水率	○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 可視近赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 可視近赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	バンクロー, 可視近赤外	分類, 判断
		○	○	群落-地域	0-3	バンクロー, 可視近赤外, 中間赤外, ハイパースペクトル, SAR	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0-1	バンクロー, 可視近赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	(-1)-0	LIDAR	判断
		○	○	群落-地域	0-3	バンクロー, 可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外, SAR	判断
		○	○	群落-地域	0-3	バンクロー, 可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	判断
		○	○	群落-地域	1-3	バンクロー, 可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	判断
		○	○	群落-地域	1-3	バンクロー, 可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	判断
草地	草地間の収量評価 草地間のタイプ判別・抽出 管理区画情報の更新 放牧草地内の草種判別 牧草生育ステージ判別 圃場内の牧草収量マップピニン 圃場内の牧草栄養価マップピ ニン 混播草地内のマメ科草種推定 牧草越冬状態 雑草の抽出 病草発生 草地間の湿潤性評価 土壌水分 草原火災 昆虫発生 放牧家畜の行動マップピニン	○	○	群落-景観系	1-3	可視近赤外, 中間赤外, ハイパースペクトル	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	1-2	可視近赤外, SAR	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	1-2	可視近赤外, SAR	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-2	可視近赤外, SAR	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-3	可視近赤外, ハイパースペクトル	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-2	可視近赤外, ハイパースペクトル	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-2	可視近赤外, ハイパースペクトル	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-2	可視近赤外, ハイパースペクトル	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-1	可視近赤外, ハイパースペクトル, 偏光	反射, 逆推定
		○	○	群落-生態系	0-1	可視近赤外, ハイパースペクトル	反射, 逆推定
都市	市街地の緑被分布図 市街地の緑生図 建物形状(地表面粗度) 住環境の微気候 都市のヒートアイランド	○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0-1	可視近赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断
		○	○	群落-生態系	0	可視近赤外, 中間赤外, 熱赤外	分類, 判断

処理・加工・情報化を経て提供にかかる時間に相当。観測時点からのちどのぐらいの時間内にユーザの手元に届ける必要があるか)、そしてそれらに利用可能なセンサーと解析手法に関して研究会の会員を中心にアンケート調査を行い、結果をメーリングリスト上及び会合において議論した。各生態系の情報提供者は表1の通りである。

3. 収集結果と今後の課題

各問題生態系における応用場面とセンサーの要件を表2に示す。各応用場面は、リモートセンシングによって計測可能な項目と計測不可能な項目に大きく分けられ、計測可能な項目は、生態系そのものの分布や機能を評価する項目(例:植生分布)と生態系の基盤や生態系をとりまく環境となる項目(例:地形, 温度)に区分して整理することができる。計測不可能な項目に関しても、リモートセンシングが活用可能な場合がある。例えば、害虫の発生は直接検出することは不可能であるが、植物の分布や環境要因によって間接的に推定することが可能であろう。また、個々の生物の検出は不可能でも、ハビタットの面積や地形から生物分布や多様性を推定することが可能な場合がある¹⁾。

今後は、まだ収集できていない生態系(森林, 高山, 外洋, 雪氷など)の情報の収集を行って生態系横断的なリモートセンシング手法を探索すると同時に、収集した情報に関する高度化を行う必要がある。例えば、分布図作成においては、必要とされる分類項目を明らかにする必要があるであろう。また、リモートセンシングのデータ解析は誤差を含むため、各応用場面で要求される精度を明らかにし、コスト(データ価格や処理時間)とベネフィット(精度)を明らかにしてユーザに対して選定材料を与えることが必要である。こうした試みは、地滑りの検出²⁾、サンゴ礁

のハビタット分布³⁾、サンゴ礁域の海岸線抽出⁴⁾でなされているが、まだ事例は少ない。今後、以上の観点に基づき、本収集結果を発展させ、生態系横断的なリモートセンシング手法の最先端技術の統合化と衛星データ利用の Protokol 作成に向けて、収集した情報を統合した分析を進めていく予定である。

謝辞: 本事例の収集は、日本リモートセンシング学会問題生態系計測研究会の活動の一環として行われ、文部科学省宇宙利用促進調整委託費「食糧・環境インテリジェンスのための恒常的生態系資源観測システムと国際連携ネットワークの構築」の支援を受けています。

引用文献

- 1) C. Mellin, S. Andréfouët, M. Kulbicki, M. Dalleau and L. Vigliola : Remote sensing and fish-habitat relationships in coral reef ecosystems : review and pathways for systematic multi-scale hierarchical research. *Marine Pollution Bulletin*, 58, pp. 11-19, 2009.
- 2) J. E. Nichol, A. Shaker and M.-S. Wong : Application of high-resolution stereo satellite images to detailed landslide hazard assessment. *Geomorphology*, 76, pp. 68-75, 2006.
- 3) P. J. Mumby and A. J. Edwards : Mapping marine environments with IKONOS imagery : enhanced spatial resolution can deliver greater thematic accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 82, pp. 248-257, 2002.
- 4) H. Yamano, H. Shimazaki, T. Matsunaga, A. Ishoda, C. McClellan, H. Yokoki, K. Fujita, Y. Osawa and H. Kayanne : Evaluation of various satellite sensors for water-line extraction in a coral reef environment : Majuro Atoll, Marshall Islands. *Geomorphology*, 82, pp. 398-411, 2006.