

22. Majuro 環礁における国土の防護を目的としたゾーニングプロセスの構築 A proposal of zoning process for land defense in Majuro atoll

桑原 祐史¹・横木 裕宗²・滑川 卓也³・佐藤 大作⁴・林 利一⁵・三村信男²
Yuji KUWAHARA¹, Hiromune YOKOKI², Takuya NAMEKAWA³, Daisaku SATO⁴,
Toshikazu HAYASHI⁵, and Nobuo MIMURA²

ABSTRACT: Global warming and sea level-rise are projected to affect seriously on atolls, which are narrow and low-lying islets on coastal reefs. Accelerated coastal erosion or decrease of coastal vegetation would be critical problem for atolls. Then, we focused on land cover and vegetation in the coastal zone, and classified land use of the coastal zone on Majuro atoll. The feature of geographical features and land cover of the coastal zone was able to be divided by using ground truth data acquired in filed investigation, GPS-image, satellite image(IKONOS). Finally, it was proposed that the region where defense measures were necessary and the regions where current state was maintained.

KEYWORDS; Majuro atoll, land use, coastal vegetation, zoning map

1. はじめに

本研究では、マーシャル共和国 Majuro 環礁を対象として、国土の防護を目的としたゾーニングプロセスを構築することを目指して研究を進めた。著者らは、現在までの研究において、対象領域沿岸域の植生と土地利用に注目した同種の目的のゾーニング図構築について、現地調査に基づく検討を進めてきた¹⁾。本論は、その研究の延長上にあるものである。研究を進めるにあたり、まず Majuro 環礁において、2006 年 8 月 9 日～21 日までの 12 日間にわたり、現地調査(2回目)を実施した。現地では、南太平洋応用地球科学委員会が 1997 年および 1998 年に沿岸域地形断面の測量を実施した同一断面に加えて²⁾⁴⁾、州島のホットスポットであるローラ地区の陸域周回道路の水準測量を実施した。測量地点では、GPS カメラによりグランドトゥールースを取得し、特定植生種抽出結果の精度基準を取得した。続いて、従来の調査が不十分であった沿岸地域を対象とし¹⁾、断面形状が推定できる画角にて GPS カメラ画像を取得した。

以上のデータを解析情報とし、解析項目(1)として、高空間分解能衛星画像(IKONOS)を使用し、植生指標である ARVI を用い、特定植生種の散布領域把握処理を進めた。続いて、解析項目(2)として、沿岸域の GPS カメラ画像より、汀線近傍および後背地の土地被覆パターンを分類した。そして、解析項目(3)として、沿岸域の GPS カメラ画像より、画像判読に基づき、沿岸域断面の地盤高さを「大、中、小」の 3 つに大区分した。以上の 3 つの出力結果を総合し、陸域の植生・土地利用・地形形状の 3 つの観点から、「対策優先、緑地保全、現状維持」の 3 種の地区を新たに区分した。本研究報告では、以上の解析内容と結果を整理する。

¹茨城大学 工学部都市システム工学科, Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University

²茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター, Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

³株式会社グリーンハウジング, Green Housing

⁴茨城大学 大学院理工学研究科, Graduate school of Science and Engineering, Ibaraki University

⁵株式会社日本港湾コンサルタント, Japan Port Consultants, Ltd.

2. 研究の目的

マーシャル諸島共和国マジュロ環礁を対象として、海面上昇に伴う外力増加に対する植生・地形特性に着目した沿岸防護のためのゾーニング図更新を目的とした。この目的を達成するための具体的解析目標は以下の3点である。

- ①2006年度現地調査のデータを整理し、GISエンジンを用いたトゥルースデータセットを構築する。
- ②沿岸植生分布を対象として、属性別散布状況を定量化する方法を検討する。
- ③GPSを用いた現地写真を利用し、沿岸部の土地被覆および地盤高さのデータを情報化する。

3. 研究対象領域

研究対象領域として取り上げたマーシャル共和国の首都マジュロ環礁の位置を図1に示す。本研究で、引き続きマジュロ環礁を対象領域として取り上げる理由は、共和国総人口52,000人に対して、マジュロ環礁の人口が25,000人と、比較的高度に都市化した環礁である一方(ウリガ・リタ地区)⁵⁾、環礁西部のローラ地区は2000年前に既に人類が居住していた痕跡が発見されている伝統的な居住域であり、現在でも密度の高い樹林に覆われた地区になっていることによる⁶⁾。この点は、今後の研究展開として、海面上昇に対する国土防護のための適応策を策定してゆく際に、都市域および伝統的居住域に応じた策の検討を比較することができると考えていることによる。

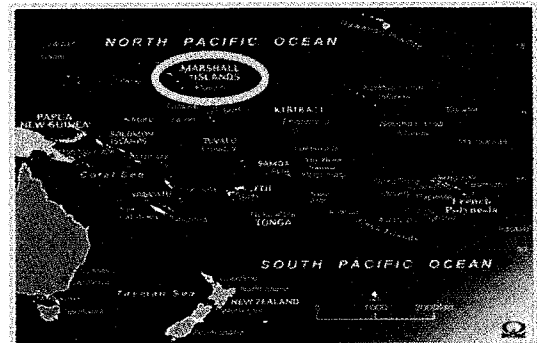


図1 マーシャル共和国マジュロ環礁

4. 植生散布状況の分類(解析項目(1))

現在までの研究では、植生域の分析に多用されている正規化植生指標(NDVI: Normalized Differential Vegetation Index)を用いた分析を進めてきた。しかし、現地調査により取得したトゥルースデータとの比較によると、沿岸部の地形形状保全に重要な役割を果たしていると考えられる在来樹木種とココヤシを区分することは出来なかった。そこで、本研究では、NDVIがエアロゾルなどの大気的要因に比較的抵抗できるように強化した植生指標であるARVI(Atmospherically Resistant Vegetation Index)を用い⁷⁾、主として在来樹木種とココヤシの分類を試みた。ここで、ARVIは式(1)で算定するものであり、高空間分解能衛星画像であるIKONOSを用いる本研究では、近赤外域にBAND4、可視域(赤)にはBAND3、可視域(青)にはBAND1、以上を使

$$ARVI = \frac{\rho_{NIR} - (2\rho_{RED} - \rho_{BLUE})}{\rho_{NIR} + (2\rho_{RED} - \rho_{BLUE})} \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

但し、 ρ_{NIR} : 近赤外波長, ρ_{RED} , ρ_{BLUE} : 可視赤および可視青波長

用した。ARVIを算定した後に、①目視判読、②GPS画像(現地写真)、③ピンポイントで取得した樹木に関するグランドトゥルースデータ、以上の3点の確認を通して作成した。ここで、①②のデータ検証は、技術者の画像判読による精度検証である。一方、③のピンポイントにおける確認では、2006年現地調査時に、ココヤシの存在を確認した21点の確認点を基準として、ARVI解析により推定したココヤシ分布域(地点)の合致率を算定した。検討の結果、沿岸域での合致率は95.2%(20(該当地点)/21(基準点))を示し、沿岸植生分布の把握には十分に利用できることが確認された。図1にARVI画像を示す。

5. 沿岸域の断面土地被覆の分類

現地で撮影したGPS画像を基にして、汀線から陸域の土地被覆が全14項目に分類できることを確認し、沿

岸域の汀線近傍を対象とした土地被覆情報とした。高空間分解能衛星画像上に情報をオーバーレイさせた結果を図1に示すが、ローラ地区西部の外洋側では汀線近傍にレキの分布域が多く、地区先端部～ラグーン側では砂浜が多く分布している様子が確認された。

6. GPS 画像に基づく地盤高さ情報の生成

前章で使用した GPS 画像を使用し、地盤高さの概況を情報化することを試みた。調査規模の関係から、ローラ地区全ての断面をくまなく水準測量することは極めて困難であった。このため、水準測量は、SOPAC が経年的に測量を実施した測線と位置を合わせた9本に独自の測線を加えた10本とし、他の断面についてはGPS画像に含まれる判読キー（地形形状、調査者、樹木との相対的な地形形状など）より大まかな比高を推定した。その基準は、小（沿岸と陸域との段差があまりない）、中（約1mの高低差がある（調査者より段差が小さい））、大（約2mの高低差がある（調査者より段差が大きい））とし、画像点間は高空間分解能衛星画像の被覆状況を参考に補間した。図2に作成した地盤高さ情報を示す。

7. 沿岸の状態と断面形状による沿岸域の性状分類の組み合わせ

沿岸域の状態と高さによる地形的な要因とを組み合わせ（単集計）、更に細かく沿岸域を区分した。表1に集約したクラスの詳細を示す。なお、被覆が同一であっても地形形状により波力からの防護能力が異なることを想定したため、クラスは細分化された。図3に集約したランク区分画像を示す。

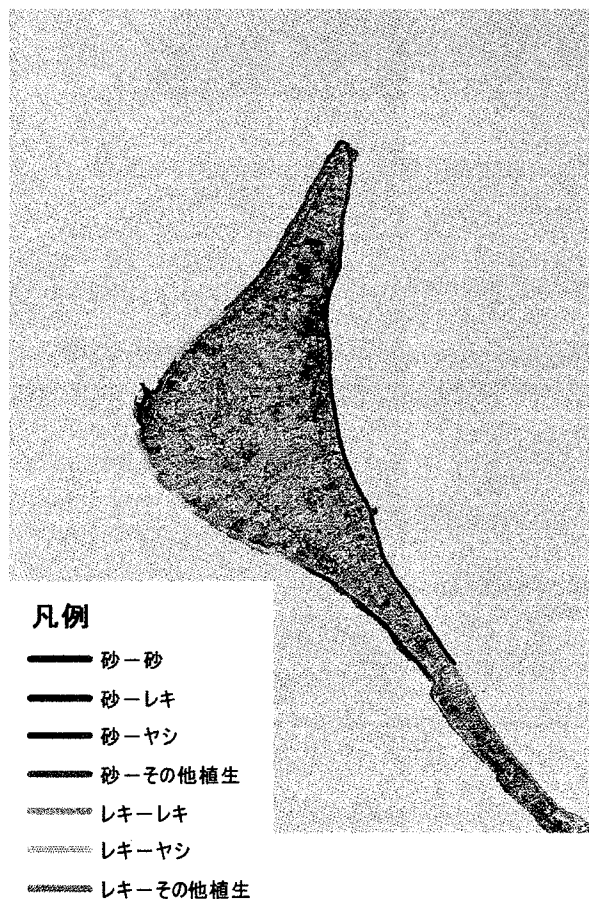


図1 ARVI 画像および沿岸土地被覆の分類結果

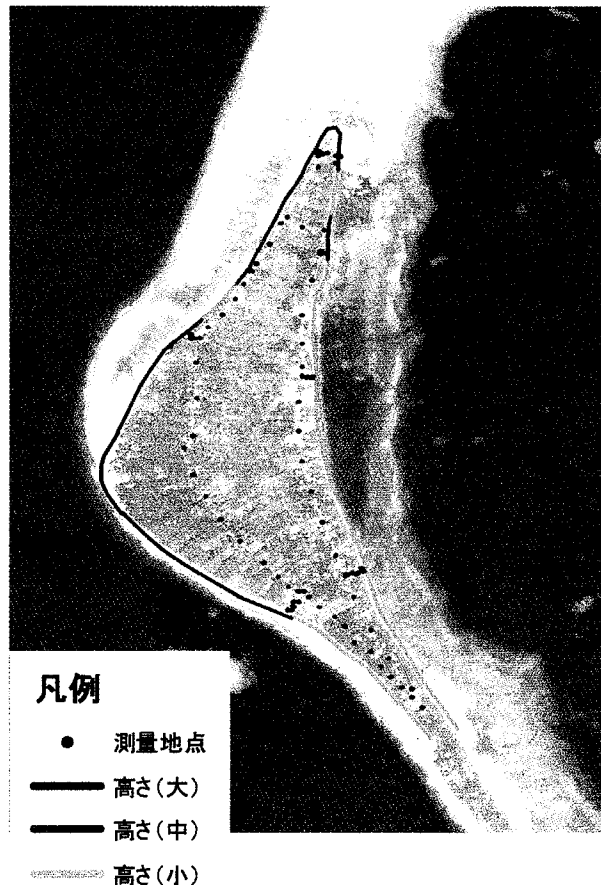


図2 地盤高さの分類結果

表1 沿岸域情報集約の詳細

汀線近傍	陸域
砂	砂
	レキ
	ココヤシ
	その他植生
	構造物
レキ	砂
	レキ
	ココヤシ
	その他植生
	構造物
水域が直接右記地物に隣接している箇所	ココヤシ
	その他植生
	崖
	護岸

凡例

- 砂ー砂(小)
- 砂ー砂(中)
- 砂ーレキ(中)
- 砂ーレキ(大)
- 砂ーヤシ(小)
- 砂ーヤシ(中)
- 砂ーその他植生(小)
- 砂ーその他植生(中)
- レキーレキ(大)
- レキーヤシ(中)
- レキーヤシ(大)
- レキーその他植生(中)

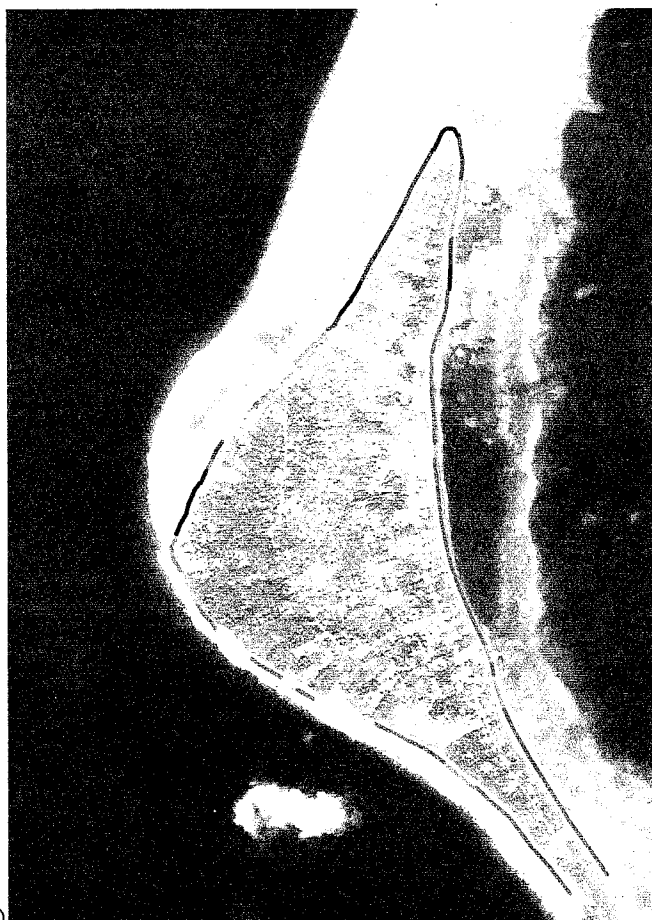


図3 沿岸域の性状分類の組み合わせ結果

8. ゾーニング図の作成

図4に、本研究で提案するゾーニング画像を示す。この図は、図3の凡例項目を、地形形状および植生種に応じて対策優先順位案別にクラスを再設定したものである。具体的には、地盤高さが汀線近傍と比較して陸域が(大)の状態、また、植生種についてはココヤシではなく在来樹種が繁茂する状態、以上を安全側と捉え、区分を行った。

ローラ地区全体としては植生域が多いものの、沿岸域全域で対策優先区域が多く分布している。特に、ラグーン側では早急に対策を打たなくてはならない箇所が多い。外洋側に多く見られる緑地保全地区は現状を維持することが重要と提案したい。対策優先地区の中でも外洋側中央部は、比較的保全必要度の低い箇所が集まっている。これは、汀線近傍にレキの分布域が広がっており、砂浜と比較すると同一の波力に対する抵抗力が大きいという観点に基づく。一方、先端部やラグーン側は保全優先度の高い箇所が集中している。これは、汀線近傍の地盤高さが低い箇所が多く、かつ、ココヤシの分布域が広がっていることによる。地区の性格を考慮に入れ、簡易な人工構造物設置による侵食防止法を取り入れていくことも一つの方策となり得ると考えられる。

9. まとめ

マーシャル共和国マジュロ環礁を対象として、植生および土地利用に注目した国土保全のためのゾーニングマップを提案した。本研究は、現在までの研究提案事項に対して、①衛星画像から作成する植生種の情報構築の改善、②地盤高さの概況を情報化し評価に盛り込む、以上の2点について新たな研究成果を加えた内容である。以上の前提より、本研究で提案するゾーニングマップの位置づけは、陸域側の植生・土地利用の

分布条件に限られた内容であり、かつ、現地における様々な適応策策定計画時の事前情報としての利用範囲を想定しているものである。

今後の研究展開として、流況および漂砂の予測情報と組み合わせ、新たな情報インテグレーションを進めることを考えている。

謝 辞

本研究は地球環境研究総合推進費（課題番号 B-15）のプロジェクトの一環で実施されたものである。研究代表者の茅根創氏（東京大学大学院理学系研究科准教授）および研究参画者の山野博哉氏（国立環境研究所社会環境システム領域主任研究員）、山口徹氏（慶応大学文学部准教授）、近森正氏（慶応大学名誉教授）との議論が大変有益であった。また、現地調査では、マーシャル共和国環境保全局の C.McClennen 氏、海洋資源局の T.A.Ishoda 氏に便宜を図っていただいた。ここに記して深甚なる謝意を表します。



図4 沿岸域のゾーニング（ローラ地区）

参考文献

- 1) 横木裕宗・桑原祐史・林利一・佐藤孝一・三村信男：Majuro 環礁における持続可能な国土利用に向けての現地調査，第14回地球環境シンポジウム講演論文集，pp.241-246，2006.8
- 2) SOPAC: Coastal Sedimentation Erosion and Management of Majuro Atoll Republic of Marshall Islands, SOPAV Technical Report, No.254, APPENDIX1 Beach Profile Data, 1997.
- 3) SOPAC: Beach Monitoring in Dud and Laura, Majuro Atoll, Republic of the Marshall Islands, SOPAC Preliminary Report, No.88, ANNEX2 Beach Profile Data, 1997.
- 4) SOPAC: Re-Survey of Dud and Laura Beach Profiles Majuro Atoll, Republic of Marshall Islands, SOAC Preliminary Report, No.93, APPENDIX1 Beach Profile Data, 1998.
- 5) Doumenge, J-P. (1999): Urbanization, In Report, M. ed.: The Pacific Islands: Environment and Society, the Bess Press, Inc., pp.315-325.
- 6) Yamaguchi, T., Kayanne, H. H. Yamano, Y. Najima, M. Chikamori, and H. Yokoki (2005): Excavation of pitagriculture landscape on Majuro atoll, Marshall Islands, and its implications, Global Environmental Research, 9(1), pp.27-36.
- 7) Y.J. Kaufman, Didier Tanre (1996): Strategy for Direct and Indirect Methods for Correcting the Aerosol Effect on remote Sensing: From AVHRR to EOS-MODIS, Remote sensing of Environment, No.55, pp.65-79.