

35. 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

FIELD INVESTIGATIONS FOR SUSTAINABLE LAND USE MANAGEMENT ON MAJURO ATOLL

横木裕宗¹・桑原祐史²・林 利一³・佐藤孝一⁴・三村信男¹
Hiromune YOKOKI¹, Yuji KUWAHARA², Toshikazu HAYASHI³,
Koichi SATO⁴ and Nobuo MIMURA¹

ABSTRACT; Global warming and sea level-rise are projected to affect seriously on atolls, which are narrow and low-lying islets on coral reefs. Accelerated coastal erosion or decrease of coastal vegetation would be critical problems for atolls. In the present study, field investigation were carried out in order to collect the basic information for the sustainable land management on Majuro atoll against the global warming and the sea-level rise. The characteristics of the current field along the lagoon-side coast was clarified and a zoning map for the preservation of coastal vegetation at Laura was drawn through the field investigation.

KEYWORDS; Majuro atoll, current field, land surface, coastal vegetation, zoning map

1 序 論

地球温暖化により、2100年までに地球の平均気温が1990年比で1.4～5.8℃上昇し、平均海面が9～88cm上昇すると予測されている(IPCC, 2001)。気温上昇に伴う海水温上昇や海面上昇は、南太平洋に多数点在するサンゴ礁上の、細く標高の低い環礁州島にとって、国土の維持を左右する重大な脅威となるとされている(原沢・西岡, 2003)。

本研究の対象であるマーシャル諸島共和国の首都マジュロ環礁(図1)は、南太平洋に位置し、伝統的な居住環境が保たれた地域があるものの、比較的高度に都市化した環礁である。マーシャル諸島の総人口約52,000人に対して、マジュロ環礁では約25,000人居住しており(1993年推計; Doumenge, 1999)、近隣の島嶼国と比較しても、都市人口が多いのが特徴である。

マジュロ環礁東部のウリガ・リタ地区は、近代建築物と住宅・工場等が分布する都市域である。一方で、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(Yamaguchi ら, 2005)、現在でも密度の高い樹林に覆われた地域となっている。しかし最近数十年では激しい海岸侵食に見舞われており(Xue, 2001)、海面上昇の影響による将来の海岸侵食の加速が危惧されている。

このような状況の中、国土の維持管理計画策定のためには、国土を適切にゾーニングすることが重要である。特に沿岸域の植生環境や生物資源そして波浪外力、土砂生産力などの視点でゾーニングを行うことは、多くの人口を養いつつも自然環境を維持するために必要なことである。

本研究では、マジュロ環礁において地球温暖化に対して国土維持を目的としたゾーニングマップを構築することを目指して、2005年8月に現地調査を行った。調査では、マジュロ環礁のラグーン側海岸の

¹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

²茨城大学 工学部都市システム工学科, Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University

³茨城大学 理工学研究科都市システム工学専攻, Graduate school of Science and Engineering, Ibaraki University

⁴東日本旅客鉄道株式会社, East Japan Railway Company

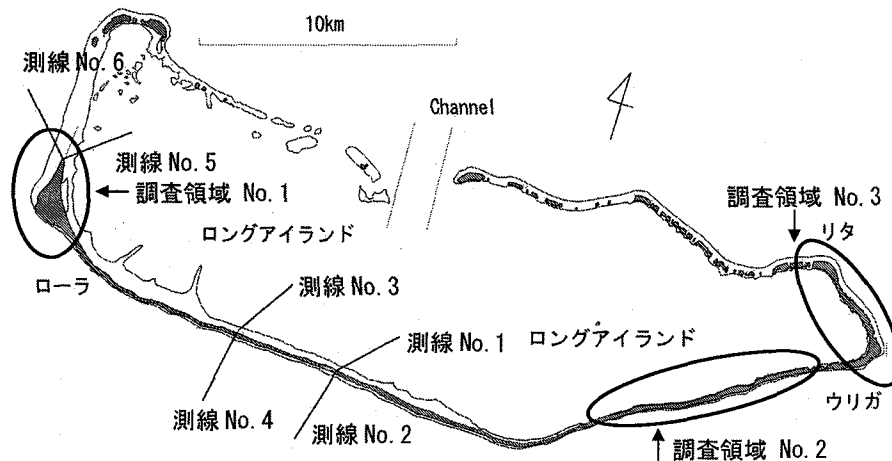


図 1: マジュロ環礁調査位置図

流れ場の連続観測を行い、その特性を明らかにするとともに、都市化域、非都市化域において被覆調査を行い、陸域の被覆特性に応じたゾーニングを行うことを目的とした。

2 流れ場の調査

2.1 調査方法

マジュロ環礁のラグーン側海岸の、流れ場の特性を明らかにするために、自記式流速計を用いた連続観測を行った。観測地点は、図 1 の測線 No. 1, 3, 5, 6 上の地点である。観測位置は、それぞれの測線に沿って汀線より 100~200m 沖で平均水深 1m 程度の地点である。観測期間は、8 月 14 日~18 日である。

2.2 観測結果

観測結果を整理した結果、測線 No. 1, 3, および No. 5, 6 ではほぼ同じような流況の傾向を示したことから、ここでは測線 No. 1 と 5 での観測結果をそれぞれ図 2, 3 に示す。図中の平均流速、平均流向は平均的な流れの流速とその流向を表しており、軌道流速、主流向は波によって発生する往復流による流速（標準偏差）とその流向を表している。流向は北向きを 0° として、時計回りで測っている。

図 2 より、ロングアイランド沿いの海岸では、平均流向が周期的に変動しており、これは潮汐流に対応している。また、軌道流速の流向はほぼ一定となっており、入射波の波向きが一定であったことを示している。平均流速と軌道流速ではほぼ同じ大きさとなっており、この海岸では波浪による流れと平均流（潮汐流）の大きさがほぼ同じであると言える。

一方、図 3 からは、潮汐に応じて平均流向が明確に反転していることが分かる。また、流速の大きさも、外洋側からラグーン側へ流入する流速が、流出する流速より大きくなっていることが分かる。軌道流速やその流向があまり変化していないことを考慮すると、ローラ先端では潮汐による流れが支配的になっていると考えられる。

以上より、ロングアイランド沿いの海岸では波浪による流れと潮汐流が拮抗しているのに対して、ローラ先端では明らかに潮汐流が支配的となっており、このことは海岸管理を考える上で重要な視点となる。

3 土地被覆の調査

3.1 調査方法

現地では、土地利用や土地被覆の分析に耐えうる各種地図の整備が十分でないために、衛星画像を面的データの情報源とした。衛星画像解析については、環境保全局 (Environmental Protection Authority; EPA) との共同研究の規定範囲で IKONOS (1m: パンシャープン) を使用した。また、精度の保障できるデータ

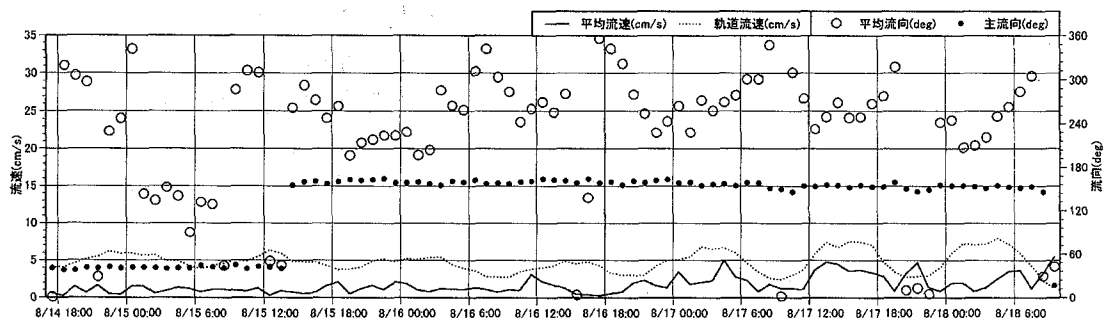


図 2: 流速観測結果 (測線 No. 1)

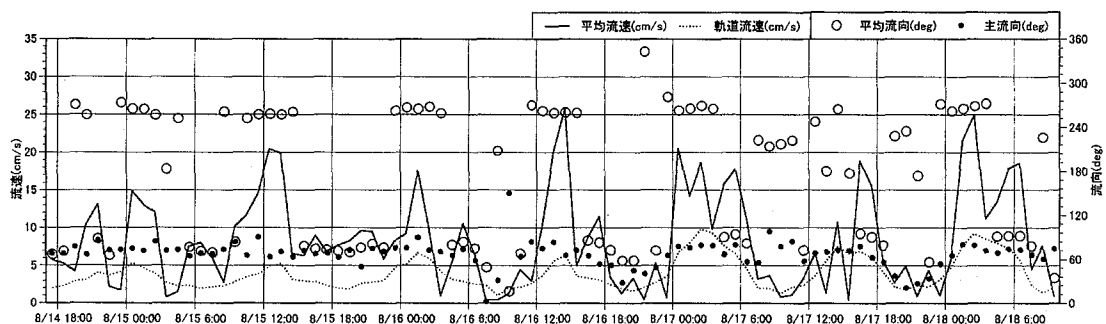


図 3: 流速観測結果 (測線 No. 5)

を利用することで、経年的な土地被覆変化を把握することも重要となる。この点については、沿岸域浅海部の現地プランニング機関である海洋資源局 (Marshall Islands Marine Resource Authority; MIMRA) との共同研究の規定範囲で 1983 年撮影の空中写真および IKONOS (4m) を使用した。

次に、環礁州島内の局所における位置計測には、単独測位型の GPS を使用した。GPS で取得された WGS84 による緯経度と撮影方位を記録しておくことで、写真撮影地点と撮影方位を GIS 上に展開することが容易になる。調査では、GPS の観測情報をデジタルカメラに連動・記録させる GPS カメラを使用した。

3.2 現地踏査の範囲

以上のデータと機材を使用し、Majuro 環礁を代表する 3 地域を対象として、土地被覆の現況を調査した。図 1 に、マジュロ環礁における本研究での土地被覆調査地域を示す。

- ローラ地区：伝統的な植生分布が、島内および沿岸部に残されている。なるべく地区を網羅するように踏査を進め、現況の GPS 画像を取得した (調査領域 No. 1)。
- ロングアイランド地区：人による植生 (ココヤシ) が多くを占める。一部、宅地や学校等の建設が進み、伝統的な居住環境から都市化への遷移領域として捉えることができる。この地域では、代表地点を踏査し、現況の GPS 画像を取得した (調査領域 No. 2)。
- ウリガ・リタ地区：マーシャル共和国の首都機能が集中した地域である。港湾周辺の工場や、商業・業務地区、低層住宅の密集地が密度高く分布している。代表地点を踏査し、現況の GPS 画像を取得した (調査領域 No. 3)。

3.3 調査結果より把握された Majuro 環礁沿岸域植生の特徴

(A) ローラ地区を対象とした約 20 年間の植生変動

ローラ地区では、宅地の造成に伴う沿岸植生の伐採域と思われる箇所が散見された。伐採域と推定される地点は、主として、地域中央部に広がるグラウンド近傍、主要道沿線の宅地近傍、および沿岸部に隣接して立てられた一般家屋近傍である。また、局所におけるヒアリングの結果ではあるが、沿岸部に

における植生伐採地において海岸侵食が発生した、との声もあった。以上の点をまとめると、伝統的な人間居住環境が比較的良く残されているローラ地区において植生の分布域が減少している傾向にあることが推察される。この点を定量的に明らかにするために、1983 年空中写真と衛星画像を用い、植生の分布域を比較することとした。事前準備として、衛星画像（IKONOS 4m: 2000 年観測取得。以下、衛星画像と記述する。）を基準として、1983 年空中写真の各シーンのデータに対して幾何学的歪の補正処理を施した。その後、ローラ地区を網羅するように、写真の接合処理を行った（以下、空中写真と記述する）。続いて、土地被覆の分類手法である教師付き最尤法を用い、衛星画像および空中写真を用いた土地被覆分類図を作成した。分類項目は、「浅海部、海部、裸地、道路および居住地、砂浜、樹林、草地」の計 7 項目である。

結論として、1983 年から 2000 年間の「樹林地および草地」の総面積の変化は、約 28% 減少の傾向にあることが確認され、「ローラ地区では植生域が減少している」という声は現実には起こっている現象であることが定量的に確認された。

(B) ロングアイランド地区およびウリガ・リタ地区の土地被覆現況

以下、衛星画像の判読より捉えたロングアイランドおよびウリガ・リタ地区の被覆の特徴を整理する。

(1) ロングアイランド地区

ロングアイランド地区は、元々点在していた州島間を人為的に埋め立てることにより造成された陸域部である。衛星画像を判読すると、島中央部の道路沿いに一般家屋や公共施設（浄水場、空港など）が点在している。沿岸部の植生は、ローラ地区と比較すると、海岸線に沿う方向への連続性が乏しく、かつ、沿岸部から島内方向への分布（厚み）という観点でも薄い点が特徴である。また、植生種については、ココヤシが多くを占める点に特徴がある。ロングアイランド地区は、既に都市化が進んでいる東部のウリガ・リタ地区に隣接しており、都市化への遷移領域として位置づけることができる。

(2) ウリガ・リタ地区

都市化が進んでおり、一般低層住宅地や工場、商業・業務地域が密集していることが確認できる。また、ラグーン側の沿岸部に注目すると、複数の港が点在しており、海岸線の形状が改変されている地域が多いことが確認できる。

4 ゾーニングマップの作成

4.1 ゾーニング手法の調査

国土維持を目的とした沿岸域のゾーニングを試みるにあたり、日本におけるゾーニング事例を調査した。この事例調査より、ゾーン区分を定義づける観点、および区分分けを進める上で必要となる情報源の 2 点を明らかにすることを目的とした。既存研究、学術誌論文、Web 情報を検索対象として、ゾーニングの具体的なプロセスが明示されているとともに、防護の観点からゾーニングプロセスに盛り込まれていることを考慮し、「三河湾・伊勢湾」および「伊豆小笠原諸島沿岸」の 2 つの事例を選び精査した。

本研究では、まず、地理情報として、衛星画像より判読することができる「家屋・構造物、砂浜、沿岸植生、護岸、道路、港」をデータ作成対象とした。事例調査では、海岸保全区域や港湾・漁港区域といった指定地域についても検討対象としているが、Majuro 環礁では策定の有無を含めて情報が無く、対象外としている。また、土地利用や沿岸部の地形形状を情報として加えることにより、保全の方針を進める上で情報の高度化が望めるが、この点についても今後の課題としたい。

4.2 地理情報構築の要点

衛星画像（IKONOS 1m）を背景画とし、地理情報システムを用いてデータを構築した。具体的に、家屋は点の情報、砂浜、沿岸植生、護岸、道路は線、構造物および港については面の情報として整備することとした。

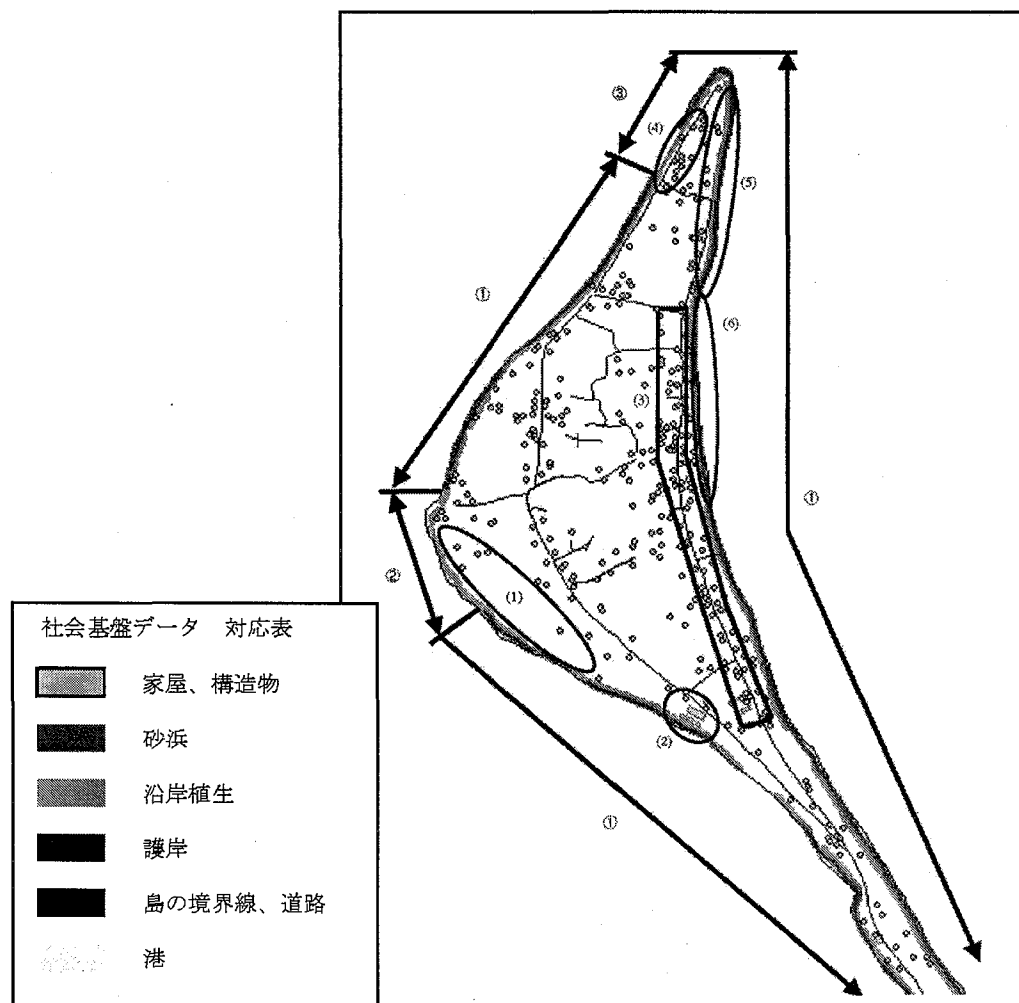


図 4: 沿岸域のゾーニング (ローラ地区)

5 国土維持を目的とした沿岸域ゾーニング

図 4 に、ローラ地区のゾーニング結果を示す。本地域では、沿岸植生保全の方針を策定してゆくためのゾーンは、表 1 に示す、①～③の 3 つに区分できると考えられる。

表 1 では、各ゾーンの特徴を「防護・環境・利用・後背地」の 4 つの観点から整理している。ここで特徴的な領域は、図 4 中の③の領域である。この領域では、現状では汀線近傍に沿岸植生が分布しているが、比較的砂浜が薄くしかも後背地に宅地が隣接しているため、海面上昇により予測される海岸侵食に対して非常に脆弱であるといえる。

6 結 論

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- ◇ ラグーン側海岸の流れ場を観測した結果、ロングアイランド沿いの海岸では潮汐の影響はあまり見られないが、ローラ先端の海岸では、潮汐による流れが卓越していることが分かった。それぞれの海岸で土砂が運搬される要因が異なることを示している。
- ◇ 空中写真と衛星画像を使用して、ローラ地域の植生域変動を分析した結果、約 20 年間に少なくとも 28% の減少があったことが分かった。
- ◇ ローラ地区を対象とするゾーニングマップを作成した。

今後の検討課題としては、

表 1: 各ゾーンの現況と沿岸植生保全の方向性

ゾーンNo.	情報区分	現況細目	現況および方向性について
①	海岸線の 現状	防護	ほぼ全域が砂浜である。護岸なし。
		環境	全域に沿岸植生がある。局所的に、宅地近傍における沿岸植生喪失域がある。
		利用	海水浴、釣り(現地の方々):(5)(6)の領域
		後背地	(1)の地域:後背地に宅地が少ない。 (3)の地域:後背地に宅地が多い。
	沿岸植生管理の方向性		特に、沿岸部の宅地化に注意を要する。宅地化に伴う沿岸植生の伐採に注意を要するゾーンである。
②	海岸線の 現状	防護	砂浜が少ない。護岸なし。
		環境	全域に沿岸植生が豊かに存在する。
		利用	調査日には無かった。
		後背地	(1)の地域:後背地に宅地は少ない。
	沿岸植生管理の方向性		現状を維持してゆくことが望まれる。
③	海岸線の 現状	防護	砂浜はあるが、ラグーン側と比較して幅が狭い。護岸なし。
		環境	全域に沿岸植生が豊かに存在する。
		利用	調査日には無かった。
		後背地	(4)の地域:後背地に宅地がある。
	沿岸植生管理の方向性		沿岸植生を維持して行くとともに、波浪の影響による沿岸域の地形変化に注意を要する地域である。

◇ ローラ地区を対象とした沿岸域ゾーニング結果と、流れ場の調査分析結果と統合することで、汀線近傍の地形変化を含めたゾーン設定の高度化を行う。
が挙げられる。

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助教授）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（慶応大学文学部助教授）、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、マーシャル諸島共和国環境保全局の C. McClennen 氏、海洋資源局の T. A. Ishoda 氏に便宜を図って頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 原沢英夫・西岡秀三編著 (2003): 地球温暖化と日本 第3次報告 -自然・人への影響予測-, 古今書院, 411p.
- Doumenge, J-P. (1999): Urbanization, In Rapaport, M. ed.: The Pacific Islands: Environment and Society, The Bess Press, Inc., pp.315-325.
- IPCC (2001): Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Cambridge University Press, 1032p.
- Xue, C. (2001): Coastal erosion and management of Majuro atoll, Marshall Islands, Journal of Coastal Research, 17, 4, pp.909-918.
- Yamaguchi, T., H. Kayanne, H. Yamano, Y. Najima, M. Chikamori, and H. Yokoki (2005): Excavation of pit-agriculture landscape on Majuro atoll, Marshall Islands, and its implications, Global Environmental Research, 9(1), pp.27-36.