

(52) ベトナム国Hai Hau海岸とその近傍を対象とした水災害 による脆弱性の評価

Evaluation of vulnerability to Water-related Disaster for Hai Hau coast and its vicinity in Vietnam

中郡俊文¹・田林雄²・桑原祐史³・齋藤修⁴・安原一哉⁵

Toshifumi Nakagori, Yu Tabayashi, Yuji Kuwahara, Osamu Saito, and Kazuya Yasuhara

抄録: 気候変動に伴い、主として低平地では現在生じている台風等風水害の危険性が高まることが想定される。これらの影響による被害の低減を目的とした適応策を考える上で、都市生活圏の災害ハザード、脆弱性等を統合したリスク評価は重要となる。本研究では、低平地であるベトナム国Hai Hau海岸近傍を対象とした土地被覆分析および河川氾濫シミュレーションを行った。この地域は河川氾濫に脆弱な地形を形成していると共に、海岸線の後退が顕著であることが確認されており、内水と海岸双方からの災害を受けている。外力の推定結果から、土地被覆に基づいた水災害による脆弱性の評価を行い、今後の対策を進める上での着目点を示した。

キーワード: 気候変動, 衛星画像, 氾濫シミュレーション, リモートセンシング

Keywords: climate change, satellite image, flood simulation, remote sensing

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動に伴い、特に沿岸域では海面上昇や高潮等、多くの複合的な気候変動要因により、今後自然災害のリスクの増大に曝される可能性が非常に高い¹⁾。

特に東南アジアのデルタ地帯では、一般に雨季の期間は3~4ヵ月続き、雨季末期にはかなりの地域で大規模な氾濫が繰り返し発生している²⁾。特に自然堤防に囲まれた後背地は著しい排水不良地になり、雨季が始まると河岸の低い部分や内陸の排水不良地から順に浸水、あるいは湛水が始まり広い範囲が水没する²⁾という報告がある。被害を低減させていくための適応策を考える上で、都市生活圏の災害ハザード、脆弱性等を統合したリスク評価は重要と考えられる。

このような中、著者らは低平地であるベトナム北部の红河デルタ南部に位置するHai Hau沿岸とその地域の河川氾濫に最も影響のある紅河に注目した。沿岸部は海岸線の後退が確認されており、内水と海岸双方から災害を増大させる力(河川氾濫、海岸侵食の影響を外力と呼ぶ)を受けている。しかし、災害規模の推定について分析を進める上で、現地の地理情報が不足している事は否めない。

そこで本研究では、衛星画像や日平均降雨量データ、数値標高モデルを基に、土地被覆分類図の作成、海岸線変化の解析および河川氾濫シミュレーションを行った。

これらのデータを組み合わせて、海岸線近傍の土地被覆が、衛星画像から測地的な考え方で導く海岸線の後退や、低平地ならではの河川氾濫によってどの様に特徴づけることができるのかを分析し、河川氾濫ポテンシャル・海岸侵食を考慮した外力による土地被覆を類型化した。結論として外力による影響から土地被覆に基づいた水災害の脆弱性を評価し、今後の対象を進める上での着目すべき地点を示す事を目的とした。

2. 研究の目的

地理情報の解析を通して、外力の影響と現状の土地被覆の特徴を調査分析し、災害脆弱性を評価する事を目的とする。本研究の解析目標は以下の2点である。

①リモートセンシングの観点から海岸線における陸域減退の確認とその後背の土地被覆の特徴を取りまとめる。

②浸水被害の程度を表した河川氾濫ポテンシャルの推定と海岸線の後退が確認された地域について、双方の外力による影響から水災害による脆弱性を評価する。

1: 学生会員 工修 茨城大学 理工学研究科都市システム工学専攻

(〒316-8511 茨城県日立市中成沢 4-12-1, Tel : 0294-38-5261, E-mail : 12nm818h@hcs.ibaraki.ac.jp)

2: 非会員 博士(環境学) 茨城大学 地球変動適応科学研究機関 (〒310-8563 茨城県水戸市文京 2-1-1)

3: 正会員 工博 茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター (〒316-8511 茨城県日立市中成沢 4-12-1)

4: 正会員 工博 茨城大学 防災セキュリティー技術教育研究センター(〒316-8511 茨城県日立市中成沢 4-12-1)

5: フェロー会員 工博 茨城大学 地球変動適応科学研究機関 (〒310-8563 茨城県水戸市文京 2-1-1)

3. 対象領域および使用データ

(1) 対象領域

本研究では、ベトナム国 HaiHau 海岸とその後背地を解析対象とした(東経約 106° 02' ~106° 19' 北緯約 19° 50' ~19° 84' km、約 40km×40km の範囲)。この領域の地盤高は図-1 の標高区分図(SRTM-3:Shuttle Radar Topography Mission-3)より 5m 程度であり、地表はほぼ平坦かつ低平であるという特徴を有している。

(2) 使用データ

使用データ一覧を表-1 に示す。

衛星画像処理において、幾何学的な歪みを除去した幾何補正や、各年で画像サイズの統一したのち、パンクロマティックの PRISM を基準として AVNIR-II の高分解能化処理(パンシャープン)を施し、高解像度化された画像で海岸線における陸域後退の推定を試みた。

4. 洪水流量の推定

紅河近傍の SRTM-3 を用いて各セルの流向計算を行った後、紅河の集水域を作成した。流域有効雨量の推定については、過去の降水量データから紅河下流域において最も降水量が多かった日降水量データを取り扱い、土地被覆分類(Global Map)ごとの吸収のみを損失流出量として、紅河の有効流出量(=洪水流量)を算出した。その結果、過去に発生した紅河の洪水流量と比較すると 4% 程度の少ない洪水流量となってしまった³⁾。そこで紅河と河川形態が似ている利根川で観測された過去の洪水流量の平均したものを 2 番目の洪水流量とし、流量を過小評価し過ぎないようにした。算出した洪水流量と過去のデータの平均値を表-2 に示す。

5. 土地被覆形態の推定

衛星画像処理において、正規化植生指標(NDVI: Normalized Differential Vegetation Index、以下 NDVI)、現地調査写真や SRTM-3 を事前情報として、土地被覆の推定を行い、最尤法による教師付き土地被覆分類図を作成した。NDVI を下記の式に示す。

$$NDVI = (NIR - IR) / (NIR + IR)$$

(NIR:近赤外バンド反射率, IR:可視赤バンド反射率)

分類項目は地域を代表する被覆である「海(深海域、浅海域)、河川(下流、中流)、市街地・人口構造物、耕作地、疎林、マングローブ、エビ養殖場・塩田、水域、雲域(2008 年のみ)」の合計 11 項目(2008 年:12 項目)とした。作成した教師付き土地被覆分類図を図-2 に示す。

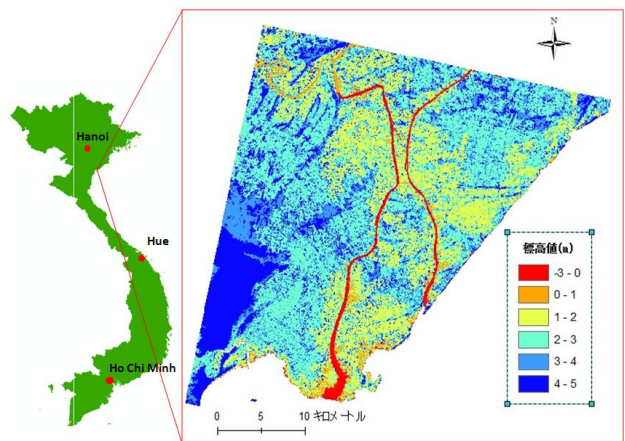


図-1 対象領域における標高区分図(SRTM-3)

表-1 使用したデータ一覧

データ種別	名称	空間分解能	観測時期
DSM	SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)	90m	2000年
土地被覆分類図	Global Map(Vietnam)	1km	2003年
降水量データ	NNDC Climate Data Online		1997年
	ハノイ都市研究総合データベース		
衛星画像	ALOS/AVNIR-II	10m	2008/12/19
	ALOS/PRISM	2.5m	2009/11/6 2010/11/9

表-2 推定した洪水流量

洪水流量 (m3/s)	
推定値	過去データの平均値
1676	7086

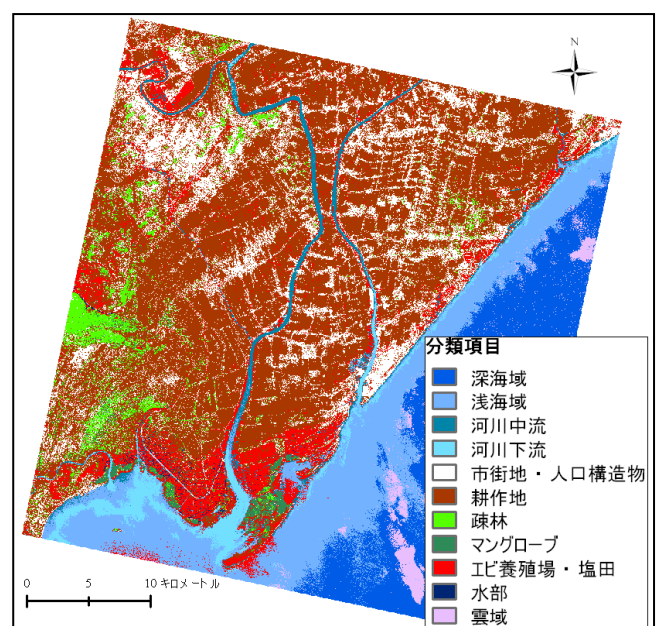


図-2 作成した教師付き土地被覆分類図(2008 年)

6. 外力の推定とその影響

(1) 海岸線後退の確認

NDVI を計算した衛星画像から、沿岸に分布しているエビ養殖場・塩田と海域の閾値を比較したところ、ある一定の値でエビ養殖場・塩田と海域が区別できることが分かった。より細かいピクセルの変化を読み取るためにパンシャープン画像を用いて、NDVI の閾値処理を試行検討し、水域と陸域の区分を試みた。更に撮影年度の違う衛星画像を重ね合わせることで陸域の減退を確認した。

図-3より地点1、2、3の地域で海岸線の後退する傾向が見て取れた。この図を海岸工学の専門家に確認頂いたところ、以下の3点のコメントを頂いた。

①地点3では、河川河口部の砂嘴が沿岸方向の土砂移動により水際線の後退があった可能性がある。②地点2では、堤防際に水際線が隣接している地域であるため、浸食または体積の傾向を明確にしにくい地域と考えられる。③地点1では、複雑な地形で簡単には所見が見つからない。

(2) 河川氾濫シミュレーション

本研究では、2次元不定流解析による河川氾濫シミュレーションを行った。

河川氾濫シミュレーションでは、国土交通省が日本全国で実施している河川氾濫想定図作成時に注目している河川蛇行点を氾濫の可能性のある地点として選定した(6地点)⁴⁾。紅河下流域では2007年において人口堤防の築堤は記録されておらず⁵⁾、SRTM-3、Google Earthからも堤防の特徴を掴むことができなかった。従って破堤による河川氾濫ではなく溢水による氾濫を再現し、ある洪水流量に対して1地点のみで溢水するものとした。

計算の諸条件を表-3に示す。河川水位の上昇による陸域への浸水を表現するのではなく、水位が周辺地盤を超えたと仮定して、氾濫原での氾濫水の挙動のみを2次元不定流解析で表現した。本研究では、データ不足から適切なハイドログラフを設定できなかったため、溢水地点において一定の洪水流量を流し、時間・洪水流量を複数条件設定し、その条件ごとの浸水想定区域図を作成した。条件ごとに拡大していく浸水域を図-4に示す。

7. 河川氾濫ポテンシャル域の推定

氾濫シミュレーションで推定した6つの溢水地点に対する浸水域を重ね、浸水深の合計値を示す河川氾濫ポテンシャル図を作成した。各時間、洪水流量ごとの浸水域から、洪水流量が異なる場合であっても、分布傾向(位置)は同じであり、その広がりには違いがあった。よって広範囲の河川氾濫ポテンシャルを推定するための時間、洪水流量の条件として、浸水域がほぼ飽和している経過時間48h、洪水流量7086m³/sを用いた。

作成した河川氾濫ポテンシャル図において、統計的に数値を割り振ることによって危険度を3段階で表わした。

図-5では0~4までが危険度低、5~8までは危険度中、9~は危険度高といった設定をして、危険度を視覚的に表現した。河川氾濫ポテンシャルが高いということ、つまり危険度が高いとは氾濫水がその土地に侵入する割合が高いこと、また浸水被害が大きいという地域の性格を示す。

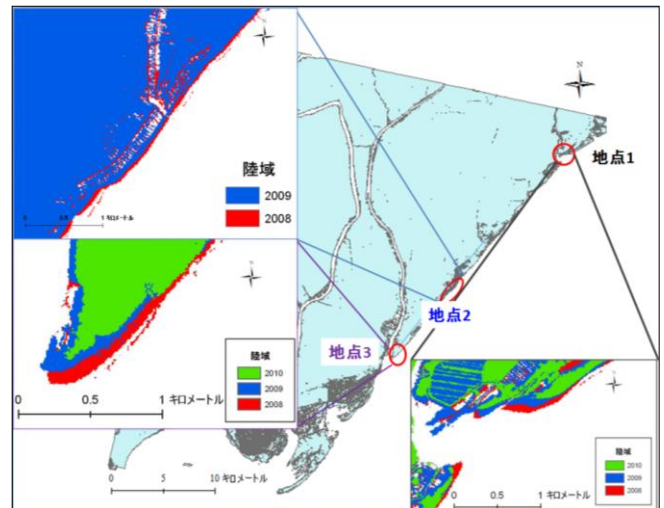


図-3 海岸線の後退が確認できた地域

表-3 氾濫シミュレーションの諸条件

地点No.	破堤幅(m)	時間(h)	流量(m ³ /s)	計算格子(m)	閾値水深(m)	粗度係数
1	136	3・6・9・12・24・48	1676・7086	100	0.01	0.06
2	104					
3	118					
4	123					
5	114					
6	101					

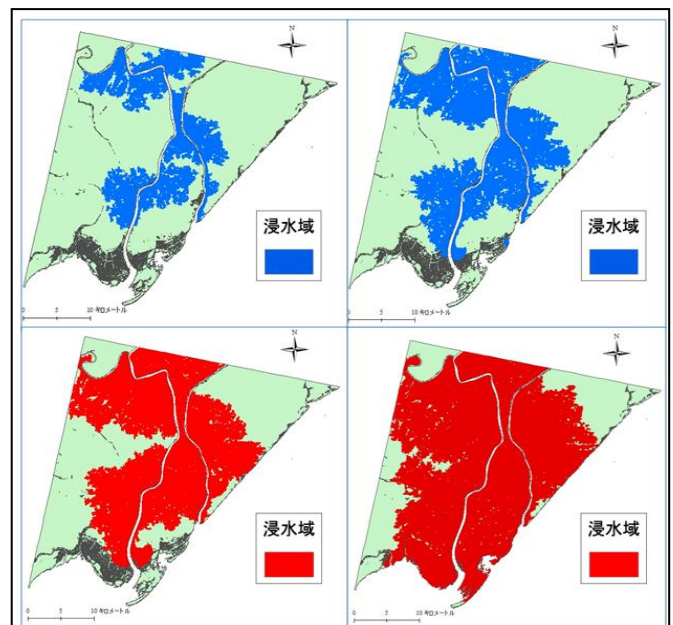


図-4 条件ごとに拡大する浸水域
(左上から洪水流量:1676m³/s、経過時間12、24時間、
左下から洪水流量:7086m³/s、経過時間12、24時間)

大まかな分類から 2 つの河川に挟まれる地域の河川氾濫ポテンシャルが高く、Hai Hau 海岸の後背地付近では低いという傾向がつかめた。

8. 後背地の災害脆弱性

海岸線後退が確認されている地域と河川氾濫ポテンシャルとの関係から災害脆弱性を考察した。図-6は図-5に基づき、河川氾濫の危険度を3段階に区切った河川氾濫ポテンシャル図上に、海岸線後退が確認された(外力を受ける力が大きい)地域の土地被覆及び防護施設名を示した図である。

地点3近傍は、海岸侵食が顕著に確認され、かつ、河川氾濫による危険度も比較的高いと推定された地域である。海岸侵食により高潮、津波に対する防災力の低下が懸念

される。また後背の土地被覆分布の多くが市街地・人工構造物を占めるので、排水不良の長期化などを含めて水災害による被害が大きい地域であると考えられる。この点から護岸等人工構造物による新たな対策が必要と言える。

また地点4近傍は河川氾濫による危険度は比較的高く、海からの外力に対する防護策としては、災害ハザードの低減を目的としたマングローブが配置されている。想定される災害被害としては、台風発生時に発生する高潮、津波が陸地に容易に侵入することにより、海水が地下水と混合して農業用の水資源の低下を招く。また河川氾濫に伴い、塩を含んだ氾濫水が内陸に拡散され、耕作地が陸側に減退する可能性はある。この点から外力からの防護として防波堤の新設、または適切な土地利用計画を講じる必要がある場所といえる。

9. まとめ

本研究では、海岸線後退の確認と河川氾濫ポテンシャル域を推定して、災害脆弱性の評価を行った。

その結果、河川氾濫ポテンシャル値の高低により3つの特徴的な地域に区分できることが分かった。耕作地および市街地を守るという観点より、マングローブに代表される適応策が打てる地域と、護岸等人工構造物での対策を必要とする地域を区分して抽出することができた。

今後、地域の防護対策ツールを検討するとともに、土地被覆分類の分析精度の向上、人口、建物数の把握などのリスク因子を水災害ポテンシャルに組み込むことで、リスク要素の推定精度を向上させる予定である。

謝辞： 海岸の侵食と堆積傾向の判断に際して、筑波大学准教授武若聡博士にアドバイスを頂いた。本研究は文部科学省科学研究費補助金(基盤研究 A: 代表者 安原一哉 茨城大学名誉教授)の研究・課題の一つとして実施したものである。ここに記して深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) A report of Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change -Summary for Policymakers : <<http://www.ipcc.ch/>> (入手 2011. 7. 9) .
- 2) 海津正倫, 平井幸弘 : 海面上昇とアジアの海岸, 古今書院 pp.16-35, 2001 年.
- 3) 春山成子, VU Van Phai : 紅河デルタ南部の沿岸域の変化, 地学雑誌 Journal of Geography, pp.126-132, 2002 年.
- 4) 国土交通省河川局治水課 : 浸水想定区域図作成マニュアル pp.6-8, 2005 年.
- 5) 菊森佳幹 : ベトナムにおける治水・利水施設, ダム技術, No.251, pp.6-13, 2007 年.

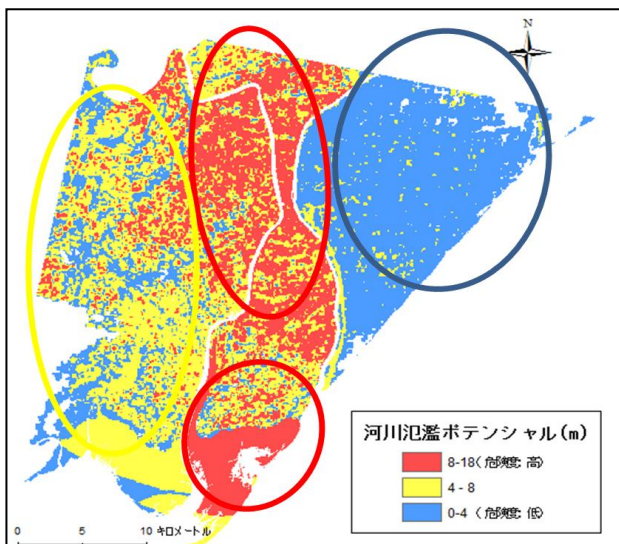


図-5 河川氾濫ポテンシャルの推定結果

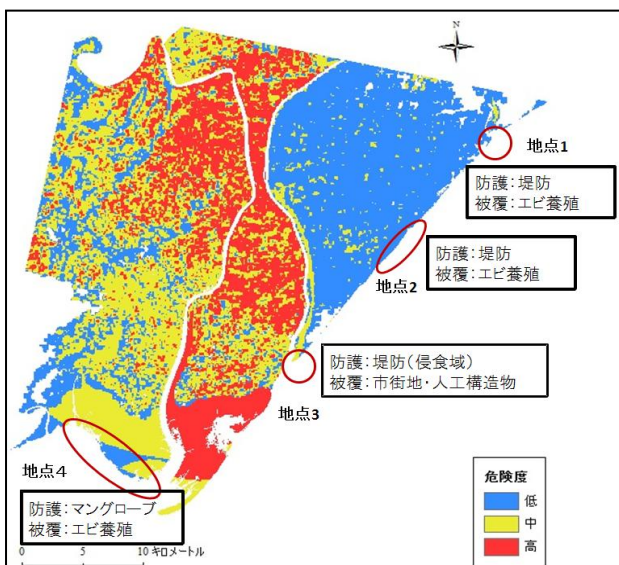


図-6 河川氾濫ポテンシャルと後背地土地利用/海岸防護施設との関係