

# 衛星リモートセンシングを用いた

## カンボジア領内メコンデルタにおける洪水氾濫及び稲作形態分析

2007 年 3 月 自然環境学専攻 56705 伊藤 健

指導教員 助教授 春山成子

キーワード：リモートセンシング，メコンデルタ，洪水氾濫，稲作形態，精度評価

### 1. 背景・目的

メコンデルタでは，雨季に洪水氾濫が長期間にわたって発生している．この洪水氾濫水は，カンボジアでは根幹である稲作農業の水資源として捉えられており，これらの更なる有効利用が望まれている．カンボジアでは現在，農業開発計画として洪水氾濫水を利用した灌漑面積の拡大や灌漑設備の整備，農地の拡大などに力を入れており，今後の安定した土地利用や水資源利用のためには，洪水氾濫現象の究明や，それらに対応すると考えられる稲作の作付けや水利用といった農業の形態を広域にわたって捉える必要がある．また，熱帯地域において洪水湛水域を把握するのには SAR の利用が有効である．しかし，SAR より抽出した湛水域を定量的に評価するまでには至っていない．さらに湛水域抽出に閾値法が使用されているが，この閾値の決定には根拠がなくあいまいなものが多い．

以上の背景をふまえ，本研究では，SAR の閾値決定手法の開発と SAR 湛水域の定量的評価の分析を行うとともに，カンボジア領内メコンデルタにおいて湛水期間，湛水深といった洪水氾濫特性と稲作形態の対応関係を広域に捉えることを目的とする．

### 2. 手法

研究を大きく 2 つに分けると，(1) SAR の閾値決定手法の開発・湛水域の定量的評価，(2) 洪水氾濫特性と稲作形態の対応分析である．

(1) は JERS-1 SAR データを基本物理量である NRCS (後方散乱係数) に変換し，[湛水後 - 湛水前] の差画像において三つのテストエリア (a: トンレサップ川，b: メコン川上流，c: メコン川下流) を設け，各々ヒストグラムを作成して，ヒストグラムから閾値の範囲を限定していき閾値を決定するという手法を試みた．そして，得られた湛水域と光学センサである JERS-1 OPS (VNIR) から得られた湛水域とで定量的に精度評価を行った．

(2) は (1) の手法に基づいて SAR より平常の洪水規模で合った 1995 年洪水初期 (8 月)，ピーク時 (9 月)，減水期 (12 月) の湛水域を抽出した．得られた湛水域と DEM，現地調査を併用して，湛水期間，推定湛水深を算出．その後，現地調査，カンボジア農林水産省クロップデータを基に，多時期の Landsat TM・ETM+を用いて ISODATA 分類法にて各々 20 クラスに分類し，各時期のデータをオーバーレイし，再統合することで稲作土地利用図を作成．分類項目は減水期稲作 (早)，減水期稲作 (遅)，早期稲作，中期・晚期稲作，畑地，樹林，湿地，水域の 8 項目である．そして，湛水期間，推定湛水深，桶谷・春山 (2006) の地形分類図と稲作土地利用図をオーバーレイすることで各稲作形態と洪水氾濫との対応関係を分析した．

### 3. 結果・考察

#### (1) SAR における閾値決定手法の開発・湛水域の定量的評価

テストエリアの差画像のヒストグラムを作成すると，-3.6dB ~ -2.8dB 付近を境に二つの

分布が確認できた．このことを NRCS の特性から考えると NRCS の値が小さいものは[非湛水 湛水]，NRCS の値が大きいものは[湛水 湛水]，または[非湛水 非湛水]と解釈できる．次に，解釈の妥当性を検証するため，現地調査を基に湛水エリアと非湛水エリアを数箇所抽出し，ヒストグラムを作成すると，-3.91dB～-3.26dB 付近に湛水エリアと非湛水エリアの境界が存在することが確認できた．したがって，差画像における閾値が-3.6dB～-2.8dB の範囲に存在する解釈は妥当である．しかし，-3.6dB～-2.8dB の範囲から閾値を唯一つに決定するのは困難である．そこで，差画像において-3.6，-3.4，-3.2，-3.0，-2.8dB の 5 段階の閾値を設定し，5 つの閾値より抽出された湛水域結果の精度を評価し，5 つの閾値において精度がどの程度変化するかを検討した．結果として，5 つの総合分類精度には大きな変化はなく，本研究で限定した-3.6dB～-2.8dB の範囲では，任意の値を閾値として決定しても同等な精度で湛水域を抽出することが可能であることが明らかになった．そして，本研究では閾値-3.2dB と決定され，SAR 差画像の-3.2dB 以下を湛水域として抽出した．その湛水域と JERS-1 OPS (VNIR) から得られた湛水域とで定量的に精度評価を行ったところ，従来の光学センサとの比較から閾値を決定する手法と比較して精度が向上し，その精度は総合分類精度で 88.0%以上の精度であることが明らかになった（表 1）．

したがって，本研究で提示した閾値決定の手法が従来の光学センサとの比較から決定する手法と比較して有効であること，L バンド SAR を用いて抽出した湛水域の精度が明らかになった．

## （2）洪水氾濫特性と稲作形態の対応分析

結果を表 2 に示す．洪水の減水時期に作付けされる減水期稲作（早）では短期湛水域，湛水深中・大の地域で成育され，地形ユニットとしては後背湿地・自然堤防に多い．減水期稲作（遅）は，中期湛水域・長期湛水域，湛水深中・大の地域で生育され，地形ユニットとしては，減水期稲作（早）と同様に沼沢地や後背湿地に多いが，自然堤防の割合は減り，後背湿地での割合が高くなる．早期稲作は，非湛水域・短期湛水域，湛水深小の地域で生育され，地形ユニットは，沖積段丘面や後背湿地が占める．中期稲作は非湛水域で成育され，地形ユニットは沖積段丘面．晚期稲作は短期湛水域，湛水深小の地域で生育し，地形ユニットとしては後背湿地である．

以上のように，洪水氾濫特性と稲作形態を詳細に捉えることで，当該地域のような起伏に乏しい低平な水田地帯でも，洪水氾濫特性と地形により稲作形態が規定されていることが空間的に明らかになった．

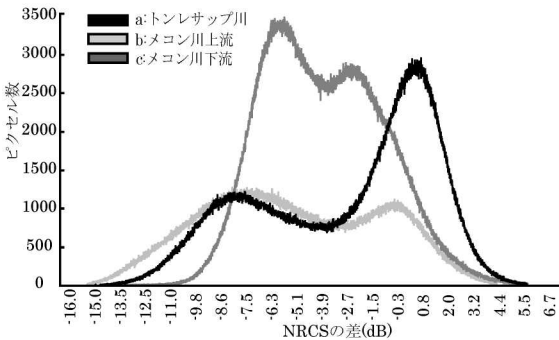


図1 差画像のテストエリアにおけるヒストグラム

表1 閾値-3.2dB，-1.8dBを用いた場合の総合分類精度

閾値 -3.2dB					閾値 -1.8dB				
		SAR解析結果		製作者			SAR解析結果		製作者
		湛水	非湛水				湛水	非湛水	
OPS	湛水	317	158	475	OPS	湛水	369	106	475
	非湛水	100	1809	1909		非湛水	278	1631	1909
データ	総計	417	1967	2384	データ	総計	647	1737	2384
	使用者	76.0%	92.0%	89.2%		使用者	57.0%	93.9%	83.9%
分類精度					分類精度				

※閾値-1.8dBは春山・志田（2006）で光学センサとの比較から決定した閾値

表2 各稲作形態と洪水氾濫特性・地形との対応

	湛水期間	湛水深	地形
減水期稲作（早）	短期	中・大	後背湿地・自然堤防
減水期稲作（遅）	中期・長期	中・大	後背湿地・沼沢地
早期稲作	非湛水・短期	非湛水・小	沖積段丘面・後背湿地
中期稲作	非湛水	非湛水	沖積段丘面
晚期稲作	短期	小	後背湿地

# Analysis of flood characteristic and rice farming pattern using the satellite remote sensing in Mekong delta, Cambodia

Mar. 2007, Department of Natural Environmental Studies. 56705, Takeshi ITO  
associate professor Shigeko HARUYAMA

Key word: remote sensing, Mekong delta, flood, rice farming pattern, accuracy assessment

## 1. Background and purpose

In the inland Mekong delta, the flood has usually occurred in the rainy season and continued long period. The flooding water is one of the important water resources for the rice farming system in Cambodia. And the most effective-wise resources using of flood water is desired for expansion of the irrigation area and the farmland in Cambodia. As for recent land use change and the usage of water resource in near future, it is necessary to evaluate and assess there flood characteristics and the rice farming systems that corresponds to the flood spatially. In this reason, SAR images are the most effective data to evaluate process of inundation in a tropical region. However, extraction process for inundation area from SAR images has not been assessed quantitatively and there was a lot of vagueness for decision making of threshold.

In this study, the objectives is developing the threshold decision for inundation area and assessing the accuracy of extracted inundation area in SAR, and after that relationships between the flood characteristic and the rice farming pattern were analyzed spatially and seasonally in the inland Mekong delta, Cambodia.

## 2. Methodology

The author aimed to clarify following two objectives; (1) Threshold decision technique making and accuracy assessment of inundation area in SAR. (2) Analysis between flood characteristic and rice farming pattern.

(1): The JERS-1 SAR images were converted into NRCS. Three test areas (a: Tonle sap river, b: upstream of Mekong, c: downstream of Mekong) are set in the difference image [after flood - before flood]. The histogram of the difference images is evaluated. The processing of analyzing the histograms and deciding the threshold was carried out. The accuracy of extracted inundation area was assessed.

(2): The inundation area of August (initial of flood), September (peak of flood), December (end of flood) in 1995 was extracted from SAR. The duration of flood and estimated water depth are calculated together with DEM referred field survey. Moreover, the land use map which focuses on the rice farming by using Landsat TM/ETM+ was described. The land use classification was classified eight as follow; early recession rice, late recession rice, early duration rice, mid or late duration rice, upland farming, forest, marsh, waters. The relationships between rice farming pattern and the flood characteristic was analyzed by overlaying duration of flood and estimated water depth, the geomorphological land classification map and the land use map.

## 3. Result and discussion

## (1) Threshold decision technique making and accuracy assessment of inundation area in SAR

Two distributions were confirmed from histograms of the difference image in test areas on the boundary of the vicinity of -3.6dB to -2.8dB (Fig.1). When this is considered from the NRCS characteristic, the one with large value of NRCS can be interpreted as [non-inundation non-inundation], the small value of NRCS as [non-inundation inundation]. Next, to verify the appropriateness of this interpretation, the inundation and non-inundation areas were extracted from the difference image based on the field survey. The boundary of the inundation and non-inundation areas is confirmed from -3.91 dB to -3.26 dB in the histogram. Therefore, the interpretation that the boundary of the inundation and non-inundation areas exists in the vicinity of -3.6dB to -2.8dB is appropriate. However, it is difficult to decide one threshold from the range. Then, the threshold of five stages of -3.6, -3.4, -3.2, -3.0, -2.8dB was set in the difference image, and how accuracy changed in five thresholds was examined. Consequently, there was no substantial change in five overall accuracies, and it was clarified to be able to extract the inundation area even if the given value was decided as a threshold by equal accuracy in the range from -3.6dB to -2.8dB. The threshold is decided -3.2 dB. And, when accuracy of inundation area from SAR was quantitatively assessed, accuracy (the over all accuracy is 88.0% or more) improved compared with the technique of deciding the threshold from the compared with an optical sensor (Table.1).

Thus, the effectiveness of the threshold decision technique presented by in this research and the accuracy of extracted inundation area from L band SAR was clarified.

## (2) Analysis between flood characteristic and rice farming pattern

The early recession rice where located on the back marshes and natural levees cropped grows in the region of short-duration and region of deep or mid. The late recession rice where located on the swampy area and back marshes grows in region of mid or long-duration, and region of deep or mid. The early duration rice where located on the alluvial terraces and back marshes grows in the region of non-inundation or short-duration and region of shallow. The medium duration rice where located on the alluvial terrace grows in the non-inundation region. The late duration rice where located on the back marsh grows in the region of short-duration and shallow (Table.2).

It was spatially clarified that the rice farming pattern was influenced by the flood characteristic and features in the low flat rice field.

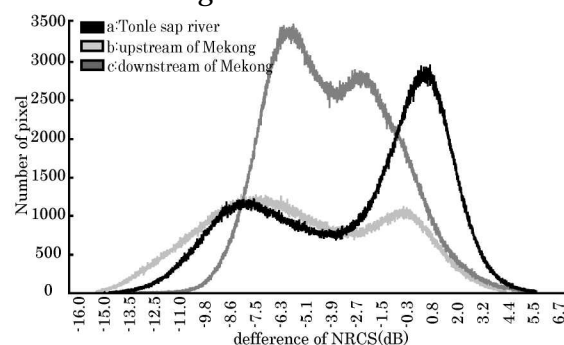


Fig.1 histograms of the difference image in test areas

Table.1 Overall accuracy of by threshold-3.2dB and -1.8dB

threshold-3.2dB					threshold-1.8dB				
SAR			producer's		SAR			producer's	
	flood	non-flood	total	accuracy		flood	non-flood	total	accuracy
OPS	317	158	475	66.7%	OPS	369	106	475	77.7%
data	100	1809	1909	94.8%	data	278	1631	1909	85.4%
	total	417	1967	2384		total	647	1737	2384
user's	76.0%	92.0%	overall	89.2%	user's	57.0%	93.9%	overall	83.9%
accuracy			accuracy		accuracy			accuracy	

Table.2 Relationships between rice farming pattern and flood characteristic · geomorphologic land

rice farming	duration	depth	geomorphologic land
recession(early)	short	mid · deep	back marsh · natural levee
recession(late)	mid · long	mid · deep	back marsh · swampy area
early duration	non · short	non · shallow	alluvial terrace · back marsh
mid duration	non	non	alluvial terrace
late duration	short	shallow	back marsh