

数理形態学的方法によるLバンド合成開口レーダデータを使用した洪水浸水域推定手法

- 通常湛水水田と洪水被害水田の分離 -

山田康晴*・タワチャイ ティングサンチャリ**・ピラット カオウッパタム***・
石坂邦美****・中村義文*****

目 次

緒 言	65	解析手順	69
解析に使用した衛星データとその特徴, 合成開口レーダの特性	66	解析結果	70
対象地域	67	結果の解釈とJICA報告書との比較および 現地検証(グランドトランス)	73
数理形態学的画像解析手法	67	結 言	79
運数理形態学を利用したレーダ画像中の 地物との相互作用特性	68	参考文献	79
解析対象となった洪水災害	69	Summary	82

緒 言

熱帯地域の大河流域では、農地が長期間の洪水にたびたび見舞われるため、農業被害を推定するために洪水浸水域を的確にかつ迅速に把握することが重要となっている。「ふよう1号」衛星(JERS-1)のLバンド合成開口レーダ(SAR, Synthetic Aperture Radar)は曇天でも雲を透過して観測できる有利な点があり、特に波長が長く、水面検出が容易なので洪水地域の検出に有効と考えられる。

本研究ではSARを用いた洪水浸水域および被害域の検出をタイ国中央平原のチャオプラヤ川流域で試みたのでその結果を報告する。

フランスのJ.Serraらが岩石の薄片顕微鏡写真から鉱物組成を調べる研究から発展し、1980年代後半にテクスチャ解析や画像処理に応用されるようになったのが数理形態学(モルフォロジ解析)である。ユークリッド空間における幾何学の問題を効率よく解くための方法論を計算

幾何学と呼んでいる(高木幹雄・下田陽久2004)が、数理形態学はその一分野である。数理形態学で扱われるフィルタは非線形フィルタになるが計算手順が簡単で計算機での処理に向いている。この数理形態学は、1990年前後にカナダのJ.Lisakaらによって合成開口レーダの画像解析に応用され、地物とマイクロ波レーダとの相互作用を考慮した解析手順を考える必要性が指摘されていた。もともと湛水面が存在する水田地帯では、水面による後方散乱係数の低下が見られるので、洪水水面との違いを考慮に入れないでSAR画像を解析すると、洪水被害がない水田まで抽出されてしまう。これらをふまえ、現地の地物の特徴を踏まえたマイクロ波応答から、数理形態学的計算手順により、洪水水面の可能性が高い場所を抽出する手法を開発した。本手法は、非常に計算機の負担が軽く計算結果を迅速に得ることができ、また、従来のような洪水前後の2時期の画像を必要とせず、洪水時の1時期のデータだけで解析が可能といった特徴を有している。

本研究の実施にあたり、現地調査では、タイ国王立灌漑局のチャオプラヤ川流域の各かんがい事務所の現場技術者の方々には多くの協力をいただいた。また、カナダ国ビクトリア大学のJ.Lisaka教授および櫻井貴子博士、当時東京理科大学基礎工学部の故高木幹雄教授や東京大学生産技術研究所の安岡善文教授、越智士郎先生(近畿大学)、小山修氏(国際農林水産業研究センター)、本田潔先生(アジア工科大学)、徳永光晴教授(金沢工業大学)、竹内章司教授(広島工業大学)、Francois Molle博

*農村総合研究部広域防災研究チーム

**アジア工科大学院

***タイ国王立灌漑局

****国際協力機構フィリピン国専門家

*****技術移転センター前教授

平成19年3月13日受理

キーワード: 数理形態学, 合成開口レーダ, 洪水浸水域, タイ

士 (IWMI, 国際水管理研究所), 藤城公久先生 (元筑波大学), 堀田千佳代さん (当時東京農工大学大学院生) に助言や資料提供, 研究上の便宜をはかって頂いた。「ふよう1号」衛星の原データは旧通商産業省 (現経済産業省) 旧宇宙開発事業団 (現宇宙航空研究開発機構) が所有し, (財) リモート・センシング技術センターが配布したものである。なお, 解析例の多くは国際農林水

産業研究センター国際情報部で行ったものであるが, その後の再検討と取りまとめを農村工学研究所で行った。

解析に使用した衛星データとその特徴, 合成開口レーダの特性

解析に使用した衛星データは, 国産の「ふよう1号」衛星 (JERS-1) の合成開口レーダ (SAR) のデータである。衛星打ち上げは1992年2月で1998年に運用停止し, その後に大気圏に突入している。諸元をTable 1に示す。

SARはマイクロ波領域の波長帯を使用しているため, ランドサット衛星のように可視近赤外域センサで曇天の時に雲が観測されるのではなく, 雲を透過し地表を観測できる。夜間でもレーダのため衛星からマイクロ波を能動的に発射するので地表の観測が可能である。洪水時には雲がかかっていることが多く, 洪水時の被害推定にはSARデータが有利になる。衛星搭載するレーダアンテナの大きさには限りがあるため, 合成開口方式により見かけのアンテナの大きさを大きくして地上分解能を向上させている。SARに使われているマイクロ波は電磁波であるので進行方向に直角に振幅する横波である。横波の振動方向をそろえたものを偏波といい, 水平偏波で照射して水平偏波のみの成分の後方散乱を測定する方式をHH偏波と言う。「ふよう1号」衛星のSARは, このHH偏波を使用しており, Lバンドで波長が約23cmであるので, イネのような植物の稈の部分の電気双極子は垂直成分が多く, レーダ波が透過して, 土壌表面または湛水面まで到達することが期待できる。したがって, 水面の検出に有利なセンサと言われている。

インドのガンジス川流域では, カナダのレーダサット衛星のCバンドSARデータにより, 田植え時期を推定することができる」と報告されており (Choudhury, I.ら,

Table 1 「ふよう1号」衛星の諸元 (RESTECより引用)
Parameters of JERS-1 satellite

名称	JERS-1 : Japanese Earth Resources Satellite - 1 (ふよう1号) (日本)	搭載機器 (1) SAR : Synthetic Aperture Radar (合成 開口レー ダ)	
軌道	太陽同期準 回帰軌道	周波数	1.275GHz (L band)
回帰 日数	44日(659周 回)	偏波	HH
		オフナデ ィア角	35度
		地表分解 能	18m (range)×18m (azimuth at 3 looks)
		観測幅	75km
		量子化	3bits
		データレ ート	60Mbps (30Mbps×2 channels)
		アンテナ 寸法	11.9m×2.4m
		(2) OPS : Optical Sensor (光 学センサ)	VNIR (可視近 赤外画像用放 射計) SWIR (短波長 赤外画像用放 射計)

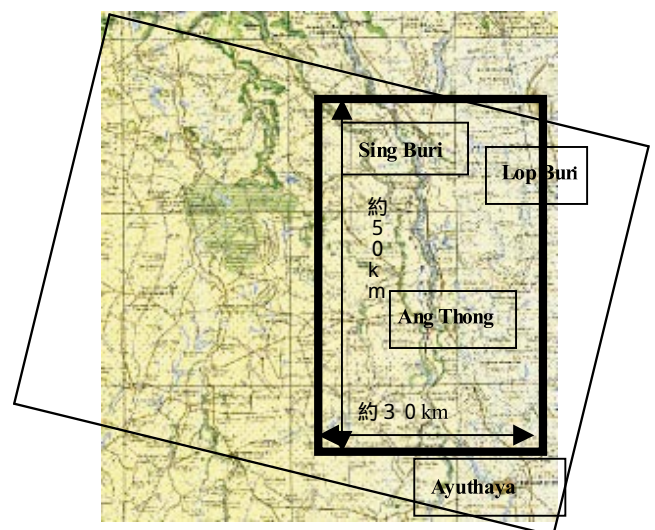


Fig.1 解析対象範囲 (中枠) と衛星データ範囲
The analyzed area (inside frame) and satellite image extent

2002), 波長の短いCバンド(波長約6cm)では, イネの生長に伴い, 水田水面が検出できなくなると推定できるため, LバンドSARの優位性が認められる。

解析に使用したデータは, 「ふよう1号」衛星のSARデータのパス(path)127, 口ウ(row)276(約75*81km)を使用した。衛星がデータを取得したのは, 1995年9月26日である。具体的な解析対象地域をFig.1(約50*30km)に示す。また, 処理レベルは2.1でマルチルック処理4ルック, ピクセルサイズ12.5mで処理されたものを使用した。Fig.10の計算にはさらにデータ取得日1995年6月30日のデータを使用した。

対象地域

研究対象としたタイ国チャオプラヤデルタは, 中流域のナコンサワンから下流数百キロにわたり標高差がほとんどない大平原である。低平地は水田地帯となっており, 自然堤防上などに一部果樹園, 野菜畑がある。平原の西部はサトウキビ畑と水田が混在する。

気候的には雨季と乾季のはっきりした熱帯モンスーン気候であり, 5月中旬頃から9月末ころまでが雨季である。チャオプラヤ川の流域は毎年の雨季の終わり頃の9月に非常にゆっくり水かさが増していく洪水に見舞われる。そのため, 従来は増加する水位につれて節間伸長する浮き稲の栽培がアユタヤ周辺以南で盛んに栽培されていたが, 単収が低いことが多く, 労働生産性も低い。このため, 圃場整備に伴って許容湛水深が深く, 洪水時の湛水状態に強い深水稲(Deep Water Rice)系統の品種に変わっている場所が多い。最近では国際競争力をつけるために洪水時のリスクを負いながら高収量品種の作付けも多い。雨季の作付けを行わないで, 乾季になって用水路近くに畦畔造成して水稲を作付けしたり, スイカ栽培の畑作をしたりする場合もある。チャオプラヤ川本流が普段より異常に増水し水位が高くなる場合には, 用水路の取り入れ口の対策や途中の堤防の土嚢を使った応急高上げが行われることもある。

本研究の対象洪水では, 1995年に8月末頃から始まった洪水が10月末頃まで水が引かず, 洪水の水位・範囲も近年になく大きかった。なお, 翌年の1996年も1995年に次ぐ規模の洪水であった。

数理形態学的画像解析手法

1 解析の基礎的手法

次に示す手順は本研究のSARデータの解析をする上で重要な概念である。ほとんどは画像解析を取り扱う数理形態学(モルフォロジ手法: mathematical morphology methods)と呼ばれるものである。

a 多重閾値法

多バンド可視域データの解析で多次元レベルスライス

法(各スペクトルバンドを座標軸にとった多次元空間でバンド毎に上限値, 下限値を定め, 領域分割する手法)と呼んでいるのと似た手法である。SAR画像中のDNヒストグラムから, 閾値を決め, 目的のDNを持つピクセルを選び出す。この操作が数回繰り返された後で論理演算が行われ, ある空間的特徴が選び出される。

(一般にSARの生データは複素数で表現されるが宇宙航空研究開発機構が提供している「ふよう1号」衛星のデータで処理レベル2.1のデータは画像化処理や補正を行った後に0から 2^{16} までの実数値に変換されており, その数値をDN{DNはdigital numberの略}, 画像中のDNの分布をDNヒストグラムと表現している)

b 膨張操作および収縮操作

膨張操作は, 対象要素に対して, 構造要素の対称図形(原点を中心に180度回転して得られる図形)を対象要素の縁部分に沿ってずらして重ねていった場合の和集合であって次の式で示される。

$$\text{膨張操作: } A \oplus B = \{c \in E^N \mid c \ominus a \in A, b \in B\} = U_b \circledast (A)_b$$

$$\text{収縮操作: } A \ominus B = \{x \in E^N \mid x \oplus b \in A, b \in B\} = \ominus_b \circledast (A)_b$$

膨張の効果は, 構造要素より小さな凹凸や対象要素内部の穴をふさぐ効果がある。一方, 収縮操作は, 対象要素からはみ出さない範囲で, 構造要素の対称図形をずらしていったときに図形を動かせる領域ということになる(Fig.2)(小畑, 1996)。

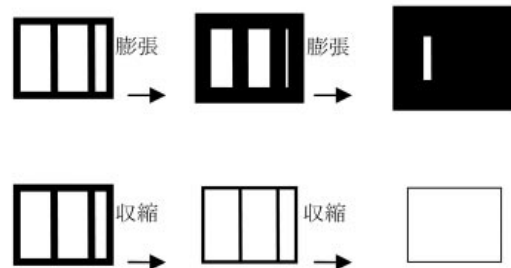


Fig.2 膨張処理および収縮処理の結果
The results of dilation and erosion

c オープン操作, クローズ操作

膨張操作では, 1回の操作ごとに対象要素の図形が一回り大きくなり, 収縮操作では1回の操作ごとに対象要素の図形が一回り小さくなる。モルフォロジ操作を行ってもあまり対象図形自体の大きさが変わらないようにするには, 収縮 膨張操作かまたは膨張 収縮操作を連続して行う。前者をオープン操作, 後者をクローズ操作と言う。オープン操作を行うと対象図形はピクセルノイズを除去する効果がある。クローズ操作は小さな穴をふさぐ効果やへこみを除去する効果がある。

d ラベリング

ある連続した図形の各要素に異なる番号付けをしたものがラベリングである。

e 空間関係, 空間隣接度, 方向性フィルタ

空間関係とは, 包含する, 隣接する, 接触する, 交差する, 関係しないなどの関係をいう。あるいは, 空間隣接度を興味の対象とする部分で膨張処理を繰り返して接触するまでの繰り返し数で表現できる。縦方向あるいは横方向に要素が入り, その他の要素はゼロであるようなフィルタを考え, 方向性フィルタと呼ぶことにすると, 対象図形に方向性フィルタをずらしながら掛けると一定方向の図形成分が抽出できる (Yanada, H., 1993)。

V 数値形態学を利用したレーダ画像中の地物との相互作用特性

1 SARによる地物の反応

数値形態学の膨張, 収縮, オープン, クローズ処理および方向性フィルタにより, 空間的測定が可能になる。マイクロ波を利用したレーダでは, レーダと地表の地物に生じる双極子との電磁気学的な相互作用の結果としてアンテナ方向の後方散乱を測定するため, 後方散乱は地物の特徴的な物理的性質 (地物の電気双極子の状態とマイクロ波の電磁気学的相互作用) を含んだ情報である。したがって, その情報を取り出せば地物の物理的な状態がわかるはずである (Tisska, et al.(1994))。

SARデータを使った伝統的な方法による洪水水面の検出には, 洪水前後での後方散乱係数の値の低減を利用していた (建設省国土地理院, 2000)。しかし, アジアの水田地帯では洪水時でなくても, もともと水田湛水面が存在し, 特にイネの生長段階の早い時期では湛水面と洪水水面との区別が難しい。さらに「ふよう1号」衛星に搭載されたLバンドのように波長が長く, かつ水平偏波のレーダ波では大部分のレーダ波が植物体を透過し, 水面で鏡面反射してしまうので水面検出が容易である利点がある一方で, 水田地帯における洪水水面の検出を一層難しくしている。

2 地物判読モデル(洪水域判定モデル)

数値形態学的手法により, 地物とSARの相互作用を考慮したモデルを作成して, 水田地帯における洪水水面の抽出を試みる。SARデータでは一般に洪水水深に関する情報を得ることが難しいため, 洪水湛水域は把握できても洪水被害を推定することが困難となり, その工夫が必要になる。

a 畦畔の識別による洪水域判定モデル

水田地帯では畦畔があり, 通常の湛水状態では畦畔は水面上にあるため, SARの後方散乱が畦畔部分で大きく, 水田の水面部分では小さくなる。洪水被害が無い水田では畦畔がSARデータから検出できると仮定すると, 畦畔の有無を調べて数値形態学的手法でその部分を論理的に除けば洪水被害のあった水田だけを抽出できる。

畦畔部分の後方散乱係数値が高いだけでなく, レーダ

の照射方向と直交する方向の畦畔部分では一種のコーナリフレクタ効果 (2面ないしは3面でプリズムのように入射方向に電磁波を反射する現象を引き起こすものをコーナリフレクタと呼ぶ。Fig.3参照) があって畦畔が明瞭に識別できるため, SARデータから抽出することが容易である。

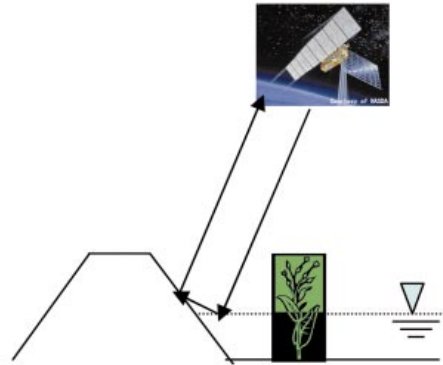


Fig.3 水田畦畔と湛水面によるコーナリフレクタ効果
Corner reflector effect caused by the levee and paddy water surface

畦畔を抽出したあと2値画像から領域を取り出すには膨張操作を数回繰り返し, クローズ操作により対象図形の大きさを原型に近い大きさに留める。

後述するが畦畔抽出が困難な地域を調べてみると, 雨季の終わりに毎年のように洪水に見舞われ, 非常に水深が深くなる地域では雨季作をあきらめ, 乾季に水田にする場合は畦畔造成を行って近くの水路よりポンプ灌漑をおこなっている例があった。このことからこの判定基準が妥当と判断した。

欧米では水田地帯のSAR解析例は少なく, 畑作地帯は普段は水面がないが洪水が起こると水面が生じるので, 後方散乱係数値の低減をもって洪水水面となったと判定している例が多い。そのため水田地帯では誤差が大きい推定アルゴリズムとなる。

b コーナリフレクタ効果による洪水域検出モデル

水面でない場所が水面で覆われると, 水面と納屋やポンプ小屋などの組み合わせがコーナリフレクタ効果を引

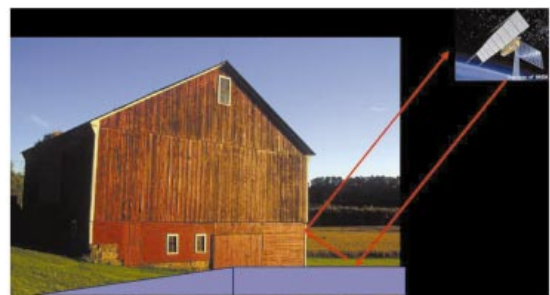


Fig.4 洪水水面によるコーナリフレクタ効果
Corner reflector effect caused by the flood water surface

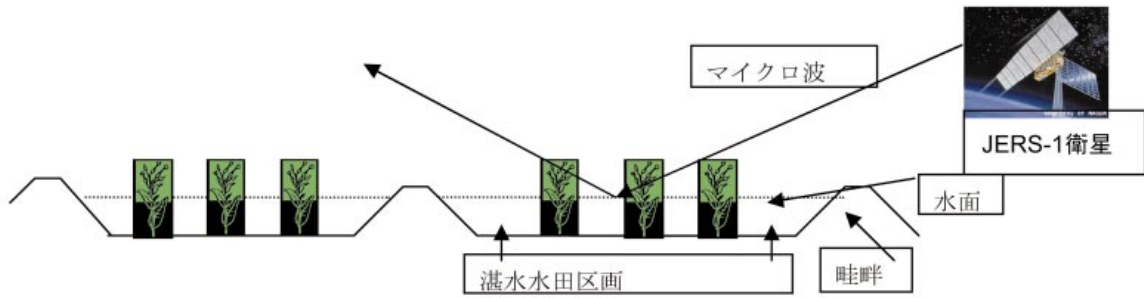


Fig.5 作付けされた水田の断面形状

Cross section of planted paddy fields

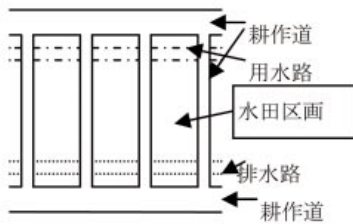


Fig.6 タイでの圃場整備後の水田平面図の模式図

Plane figure of paddy rice fields after farm land improvement

き起こし、 DN の非常に高い場所となったりするため、 DN 断面図を書いた場合にこのようなヒゲ状に後方散乱係数値が増大する変化を捉えて周辺を洪水水面とする (Fig.4)。

c 広い水面検出から洪水域と判定するモデル

表面が波立った水面は後方散乱が生じやすいが非常に静かな水面が広がっている場合は、 DN を閾値処理した後に同様の場所の空間的広がり具合を数値形態学的な処理あるいは窓テンプレート処理といった手法により抽出可能である。水田地帯と都市域内では後方散乱にかかわる地物の多少により、全体的な後方散乱係数値の閾値処理の後でグルーピングが可能になることもある。

以上の判定モデルを本研究に適用してみる。

タイでの圃場整備は、灌漑プロジェクトごとに導入された技術が異なり、圃場の区画形状や大きさ、用排水路などの配置が異なるが、一般にはFig.5, Fig.6に示すような形状なので洪水に見舞われても耕作道や畦畔が水面上にあれば、矩形の形状が閾値処理でSAR画像から抽出できる。抽出データを2値化して、さらに数値形態学的手法の膨張処理を矩形の短辺長と数値形態学的に作用させる画像の大きさの関係で計算した回数分施すと矩形の中が塗りつぶされた画像ができる。水田区画形状より明らかに小さいノイズはこのあとオープン操作で落とせるため、洪水時の耕作道や畦畔が水面上に見えている部分をマスクする画像が得られる。一般に水田では通常の湛水面よりも上になるよう畦畔や耕作道が作られている。水稲の許容湛水深が通常のイネで30cm、深水稲で50cm、草高が100cm近くあるから、畦畔や耕作道が洪水水面よ

り上にあれば、減収歩合がたとえあったとしても収穫がゼロではないと推定できる。したがって、本研究では水害地域を洪水により水面が畦畔および耕作道を越えた所と定義した。

解析対象となった洪水災害

タイ中央平原では毎年の雨季（通常5月頃から9月下旬頃）の終わり頃に徐々に水かさが増す、ゆっくりとした洪水が起こるのが普通であるが、1995年では8月頃から上流方面から水かさが増し、9月に入って堤防の決壊などもあり、河川堤防や取り入れゲート、水路などの応急嵩上げ工事などを行ったにもかかわらず、十数年ぶりの大洪水となった。後述するが幹線用水路から支線用水路にポンプアップしている場所もあり、ポンプの設置場所を守るため、コンクリート壁の応急嵩上げや土嚢の積み上げにより対処した場所もあった。アユタヤの北側地域で深水稲(DWR)や高収量品種(HYV)を作付けしていた水田では収穫がほとんどない状態となった。JICAとタイ王立灌漑局の共同報告書による最大洪水範囲をFig.7に示す(青色)。青色の濃いほど水深が深かったことを示している。

解析手順

1 SAR画像中で地物の空間的特性から特徴認識する手法

膨張処理と収縮処理を組み合わせたオープン操作とクローズ操作を利用して水田地帯で合成開口レーダ画像から洪水水面を求める手順は、V章で示したモデルを参考にしてFig.8のようなものとする。ここでは閾値の値を対象としたレーダ画像の DN のヒストグラムから判断し決定した。閾値の決定方法を一般化して規準を作るには DN から後方散乱係数値を計算し直す必要があるが、今回の解析画像に限定したため、この方法で問題ないと思われる。水面上が波立っていると後方散乱が多く起きるので、ヒストグラムから判断して比較的静かな広い水面を抽出した領域と、水田畦畔が見えている水田領域以外

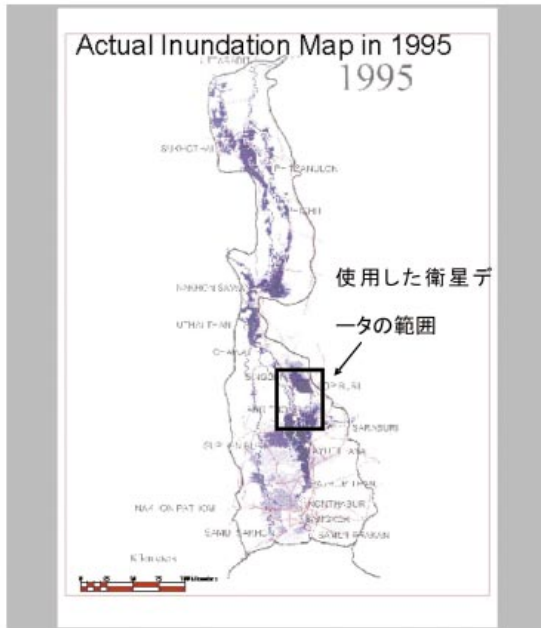


Fig.7 JICA報告書による1995年の最大洪水域 (青色)
Actual inundation map in 1995 by JICA report

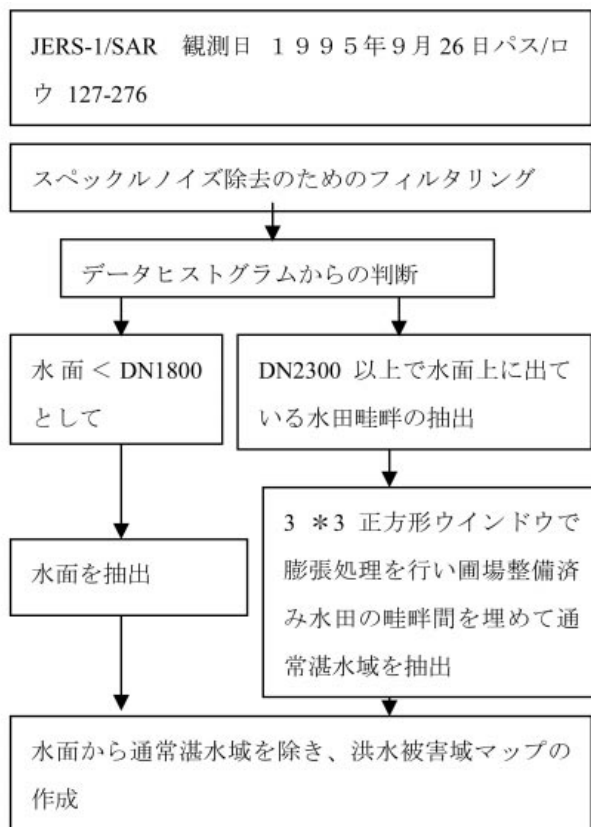


Fig.8 数理形態学的手法による水田地帯での洪水抽出
Flow chart of the computational method of flood detection

の領域の論理和を洪水浸水域として処理するアルゴリズムになっている。

解析結果

「ふよう1号」衛星の1995年9月26日に観測した1時期のみのデータからFig.8の手順の左側のフローによる閾値処理で水面を求めたのがFig.9である。しかし、水田の代かき時期以降は収穫時期を除いて湛水面があるため、洪水水面でなく、水田湛水面や河川やため池水面も同時に拾っていることになる。Fig.10は1996年6月のデータで水田水面と考えられる領域をFig.9の9月のデータから差し引いて求めた画像で、これから求める洪水浸水域あるいは河川水面と考えられる領域を白色で表現したものである。

原データにシグマフィルタを掛け、その後ヒストグラムから静かな水面と考えられるDN1800以下で閾値処理したデータに3近傍膨張処理を施した画像がFig.11であり、2回膨張処理を施した結果がFig.12である。

この画像に収縮処理を行うとクローズ操作になり、



Fig.9 JERS-1/SARのデータから推定される水面抽出データ (白色域, 1995/9/26)

The water surface areas derived from JERS-1/SAR data

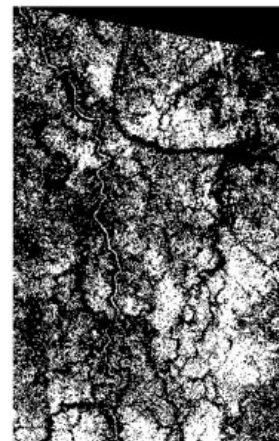


Fig.10 水面のうち洪水域あるいは河川水面と考えられる領域 (白色域)

The estimated areas as flood or river derived from the water surface areas

Fig.13が得られる。

次に8近傍収縮処理を始めに行い、その後膨張処理2回を行うオープン操作を施したのがFig.14に示す図である。Fig.13と比較して対象とする白色域の違いが分かる。一般にクローズ操作は図形を外側から平滑化したのと同じ効果が得られ、対象図形の狭い入り江状の形状が塞がれる(小畑, 1996)。オープン操作は逆に図形の内側から平滑化を行っているので輪郭のぼやけたような画像になっている。

この地域の水田の耕作道、畦畔の長さは約1500m幅約180mであることが画像から判別できるので、「ふよう1号」衛星のSARデータのピクセルサイズ12.5mと考え合わせると膨張処理により水田部分を埋める作業回数を推定できる。ウィンドウサイズを 3×3 とした場合、 $37.5m$ で $180 \times 0.5 / 37.5 = 2.4$ 回が膨張処理の必要な繰り返し回数となる。データのヒストグラムからDN2300を閾値として2300以上の情報が洪水水面上に存在すると推定される水田畦畔部分を含む情報である。

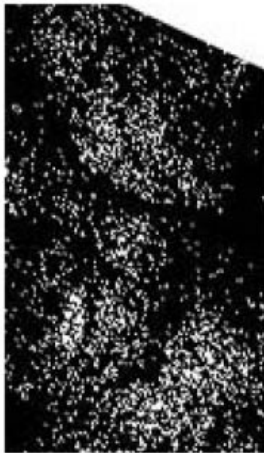


Fig.11 3近傍膨張処理(閾値=1800以下)
Dilation image (threshold=under 1800)

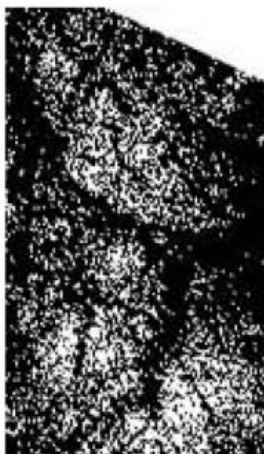


Fig.12 3近傍膨張処理2回反復後(閾値=1800以下)
Dilation image (threshold=under 1800)

ヒストグラムからDN2300以上を洪水水面よりも上にある水田畦畔等と判断して抽出した画像に膨張処理を1回施したものが、Fig.15で、2回膨張処理を施すとFig.16になる。

さらに2回膨張処理のあとで収縮処理を施しクローズ操作を行った結果がFig.17になる。これにもう一度収縮処理を施した画像がFig.18で圃場整備された水田でもはや洪水被害がない領域は消し去られた。

画像の整形のために2値画像の1-0値反転を行い、さらに8近傍収縮処理を施したのがFig.19である。

以上の解析計算をまとめると解析フローチャート(Fig.8)で、静かな水面と思われる領域がFig.13で得られ、圃場整備済みで水田畦畔が検出され洪水被害が無かったと思われる領域を除いて作られた領域がFig.19で得られた。次にこれら2つのフローから得られた領域をダブル閾値処理とよばれる方法で、地形特徴により論理和

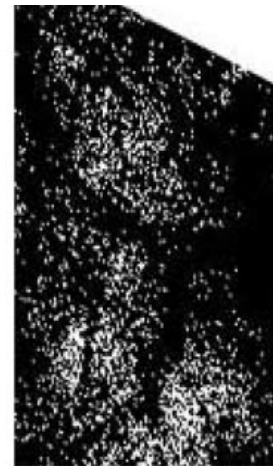


Fig.13 2回膨張処理画像の収縮処理(クローズ操作)
(閾値=1800以下)

Double dilation image (threshold=under 1800)



Fig.14 8-近傍オープン操作
(収縮処理後に2回膨張処理)(閾値=1800以下)
8-neighbour opening after erosion double dilation
(threshold=under 1800)

の演算を施した領域を作成する。Fig.13とFig.19を4近傍処理で重ね合わせ、6*6方形膨張処理を施して最終結果のFig.20右図を得る。



Fig.15 膨張処理 (閾値=2300以上)
The dilation image (threshold=over2300)



Fig.16 2回膨張処理 (閾値=2300以上)
Double dilation image (threshold=over2300)



Fig.17 2回膨張処理のあと収縮処理した画像 (閾値=2300)
The erosion after double dilation image (threshold=2300)



Fig.18 2回膨張処理のあと2回収縮処理した画像
(閾値=2300)
The double erosion after double dilation image (threshold=2300)



Fig.19 2回膨張処理のあと2回収縮処理してその後8近傍収縮処理後の画像 (閾値=2300)
8-neighbor erosion image of the double erosions after double dilations (threshold=2300)

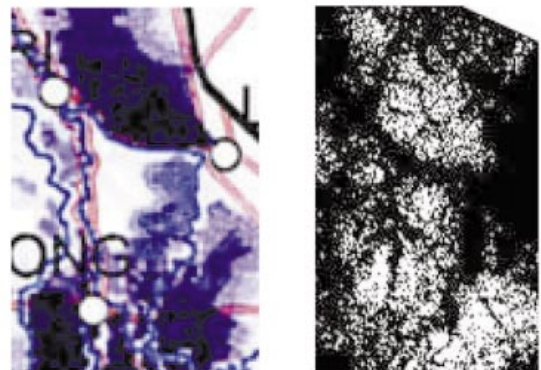


Fig.20 報告されている1995年の洪水域 (青色) (左図) と計算された洪水域候補地 (白色) (右図)
A part of the reported flood areas (blue color: inundated areas) (left image) and final intersection 6x6-square-neighbor dilation from 4-neighborhood operations to the intersection (white color) (right image)

JICA報告書で報告されている1995年の最大洪水域はFig.20左図に青色で表現されている。解析フローから得られた確からしい洪水被害域はFig.20右図の白色域である。2つの図はほぼ重なっているが計算で求められた図はところどころに洪水域でないところが侵入している。これらの点を次章の現地検証（グランドトゥルス）により確認作業を行った。（グランドトゥルスとはリモートセンシング画像の分類や解釈を行うために地上の実態に関する情報を集めることを言う。ここでは現地踏査により地上の対象物の種類と洪水時の状況等について調査を行った）

結果の解釈とJICA報告書との比較および現地検証（グランドトゥルス）

1 グランドトゥルス

2003年2月10日から20日まで10日間でタイ政府王立灌漑局とその地域水利事務所の協力により、グランドトゥルスを実施した（Fig.21）。なお、周辺の状況把握とこの手法の広域適用のため、解析エリア以外の部分についても調査している（ただし、Yamada, Y.ら（2002）の研究では全調査地を含むチャオプラヤ川流域全体を解析した）

地域水利事務所は、バロマタッド（Baromathad）、マノロム（Manorom）、マハラット（Maharat）、バンバン（Bang Ban）、コーク・クラティアム（Khok Krathiam）、ルエン・ラン（Rueng Rang）、パク・ハイ（Pal Hai）の



Fig.21 グランドトゥルス場所付近の地形図（図中の青マル数字は以降の写真と対応している。黒枠内は概ね画像解析地域）

Topological map around ground truth areas
 (the blue colored numbers correspond to the following figures.
 The black frame means the satellite analysis area.)

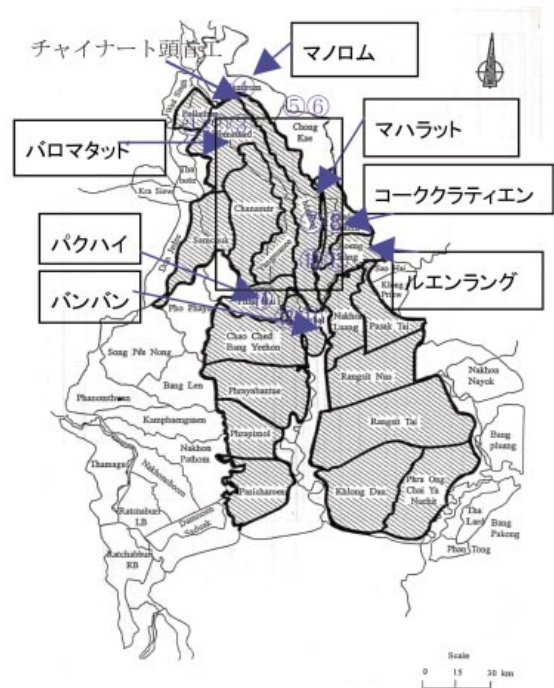


Fig.22 タイ中央平原の灌漑水利事務所管内図
 Territory map of irrigation offices

各事務所である（Fig.22）。

なお、この地域は2002年も水害となっており、その被害跡が大きく残っていた。2002年はLバンド衛星SARが稼働していないため、本研究の実証はできなかった。

a バロマタッド（Baromathad）管内

チャイナート頭首工の直下流でほとんどの水田が圃場整備済みである。水稲直播で、2期作を行っており、浮き稲はない。乾季時には出穂した圃場の隣の区画で代かきをしているなど、水稲生育段階に違いがあり注意が必要である（Fig.23-1,2,3）。水稲生育の段階に違いがあっても洪水被害水田かどうかの判別は本手法で可能であると思われる。主要な灌漑用水路の間隔は長辺で約200m。1995年洪水時にはチャオプラヤ川に沿って水路堤防の緊急嵩上げ工事が行われた。

この地区のチャオプラヤ川に現地でチャオピヤダム（Chao Phraya Dam）とよんでいる頭首工（Chainat Head



Fig.23-1 バロマタッド地域の水田（Fig.21）の様子
 Paddy field in Baromathad irrigation project office district



Fig.23-2 (Fig.21) Fig.23-1と同じ
Same to Fig.23-1



Fig.23-3 図 (Fig.21) の左側の水田は代かき後、
右側は収穫前

Left part of the picture is after puddling and right part is before harvest



Fig.24 チャイナート頭首工
Chainat Head Works (Fig.21)

Works) がある。約45年前に造られた中央平原の巨大な灌漑システムの重要な施設である (Fig.24)

b マノロム (Manorom) 事務所管内

この地区はチャイナート頭首工の北東部分にある。水田整備はおよそ25年前に行われた。圃場の大きさは、幅が約200m、長さが約1500mあり、灌漑水路と排水路が分離している (Fig.25-1,2)。整備水準は高く、単収も雨季作でヘクタール当たり平均 5 トン (玄米重量)、乾季作で平均6.2トンと高収量である。この地域の水田は本解析手法で洪水域かどうか判別できると考えられる。

c マハラット (Maharat) 事務所管内

マハラット事務所管内は、チャイナート頭首工下流でチャオプラヤ川左岸に細長く広がる地区である。この地域は解析対象衛星データで疑問点がある場所である。(図では一部にコークラティアム地区 (Khok Krathiam)

を含む) 現地での聞き取り調査では1995年の洪水ではこの地区全域で洪水被害があった。シングブリ (Sing Buri) 上流の何力所かでチャオプラヤ川の堤防が決壊している。そのため、現地聞き取りによれば洪水水位の上昇が15 cm/日と比較的早いものであった。したがって、たとえ浮き稲であったとしても節間伸長が追いつかず、洪水被害を受けたはずである。洪水時の最大水深は2mもあった。浸水継続期間は50日間。現地聞き取り調査の結果は衛星データが示す洪水域の状況を裏付けるものであった。

ロプブリ川の北側には道路がシングブリからロプブリにかけて走っている (Fig.26-1 図中の男性は道路の北側に位置している)。この道路は結果としてチャオプラヤ川洪水を堰き止める役割を果たしている。Fig.26-2には乾季作を行っているこの地区の水田を示している。チャオプラヤ川の洪水時には最大水深が3mに達する場所である。本解析結果の洪水域とよく一致している。

衛星データ解析結果ではロプブリ川の南の領域は全体的に洪水域で、一部に3本手指の形状で洪水被害がないと判定された場所がある。王立灌漑局とJICAの報告書では一見すると洪水浸水域ではないように思われたが現地で保存されている報告書原本で確認してみると、領域の特に東側は洪水浸水域の水深が浅いことを示す薄水色の領域であることがわかった。このため、Fig.20には修正して表示した。また、現地農家への聞き取り調査では、1995年洪水時には領域東側の全ての水田が洪水被害にあり、水稲収量がゼロだったと判明した (Fig.28)。した



Fig.25-1 圃場整備された水田
Improved paddy fields (Fig.21)



Fig.25-2 (Fig.21) Fig.25-1と同じ
Same to Fig.25-1



Fig.26-1 ロブブリ川の北側 (Fig.21)
Northern part of Lop Buri river



Fig.26-2 Fig.21)

がって、解析結果と報告書で一致しないと思われた点は現地調査により、解析結果が正しいことが判明した。また、報告書は最大洪水浸水域を示したものであり、必ずしも収量とは一致しない。浮き稲は聞き取り調査を行った付近では栽培されていない。

浮き稲の栽培されている領域がマハラット地区の南部でアユタヤに近い部分に広がっている (Fig.29)。1995年の洪水時には水深の増加する速度が速かったため、浮き稲であっても洪水の被害を受けたと思われる。



Fig.29 マハラット地区南部で浮き稲栽培領域 (Fig.21)
Southern part of Maharat region, floating rice growing area



Fig.27 ロブブリ川の南側の自然堤防上の道路からの眺め
(Fig.21)

The view on the way to the Southern direction from Lop Buri river site

d バンバン (Bang Ban) 事務所管内

この地域はアユタヤに隣接しており、まるで輪中のようにチャオプラヤ川本川よりも80cmから1.5m高い堤防で囲まれている。その堤防の天端は舗装道路になっている。地区内にはいくつかの灌漑用水路があり、浮き稲は2カ所でのみ栽培され、全体の面積の約30パーセントになる (水深は約1mになる)。他の品種は深水稲が栽培されている。1995年の洪水時には全部が被害にあったわけではない。2002年の洪水時もほぼ同様であったと聞き取り調査で判明した。それらの堤防は洪水後に改修された。2期作稲の栽培箇所も点在する。



Fig.28 聞き取り調査を行った付近の水田 (代かき期)(Fig.21)
The view of the paddy fields from a road on the natural levee in the central part of this irrigation project region. (puddling term)

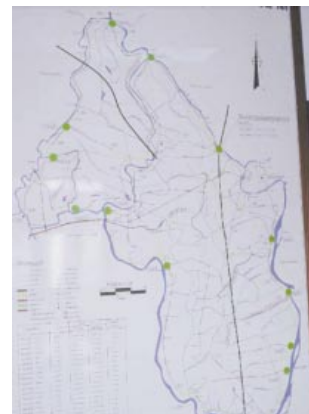


Fig.30 バンバン地区管内図
Bang Ban irrigation project office area



Fig.31-1 バンバン地区の北東部揚水機場 (Fig.21)
The pumping station at North-eastern Bang Ban area



Fig.31-2 揚水機場ポンプ
Pumps in the pumping station

揚水機場で地区外河川から地区内用水路へ揚水しており、揚水ポンプ場の外側の壁には洪水時の水位が記されていた (Fig.32-1 写真中に手で示しているのが2002年の洪水水位。壁の赤色線が1995年洪水水位を示す)。

洪水時に応急工事が行われ、ポンプ場のポンプ小屋のコンクリート壁の嵩上げがなされ、このことにより、内側の地区を洪水から守っている。なお、外水位の上昇に伴う堤防の応急嵩上げ工事が2002年の洪水時に行われた。

別の揚水機場では、2002年洪水時に応急工事で土嚢を積み上げた跡があった。(Fig.33-1) また、1995年と2002年の洪水水位の跡が揚水機場の壁に記録されていた。(Fig.33-2,3) 写真で示されるように1995年洪水よりも2002年洪水の水位の方が上に来ている。



Fig.32-1 バンバン地区北東部揚水機場の小屋外の壁に残されていた洪水時の水位跡 (Fig.21)
His arm shows 2002 s water level at the flooding. The red line indicates the water level of 1995 s flood central part of this irrigation project region . (puddling term)



Fig.32-2 北東部揚水機場の応急コンクリート壁
(メモをしている台部分)

Emergency works, the concrete wall, had made for the purpose of the protection of the inside district from the outside increasing water level



Fig.32-3 バンバン地区北東部揚水機場の小屋外の堤防の応急嵩上げ工事の跡

Raising the embankment was held during uplift of the outside water level in the 2002 s flood



Fig.33-1 別の揚水機場で土嚢を積み上げた跡 (Fig.21)
The evidence to pile up sandbags at another pumping station for the 2002 s flood



Fig.33-2 揚水機場の壁に残された1995年洪水の水位
(Fig.21)
The trace of the water level of 1995 s flood (the red line)



Fig.33-3 揚水機場の壁に残された2002年洪水の水位
(Fig.21)
The trace of the water level of 2002 s flood

e コーク・クラティエン (Khok Krathiam) 事務所管内

この地区はロップブリ川が東西方向から南北方向に流路を変える地点付近の両側に位置する。また、この場所は「ふよう1号」衛星データのパス/ロウ127-276のシーンに含まれる。

Fig.34-1 で淡い水色は浮き稲栽培領域を藍色は高収量品種 (RD7品種と チャイナート種 chairat rice) の栽培領

域を示す。緑色は高収量品種 (RD7) の栽培地である。浮き稲栽培地域と高収量品種栽培地の中間では深水稻の栽培地が広がっている。ロプブリ川の流路方向が変わる地点にコーク・クラティエン・チェックゲートがある。チェックゲート地点で最深水位は1995年洪水時の10月10日に記録されている。この地区の約90パーセントの水田がすでに用排水路が整備されている整備済み水田である。用水路と排水路の間隔は約20mである。解析結果ではロプブリ川の河川堤防や流路が南北方向に変化する付近を除いて下流部が洪水域となっている。浮き稲地帯は畦畔がないので本解析手法では洪水被害域に組み入れられてしまう。藍色の高収量品種栽培域では、洪水の影響が少なく、衛星データで畦畔が見えており、解析結果も洪水域ではないので現地の状況と一致している (Fig.34-2)。

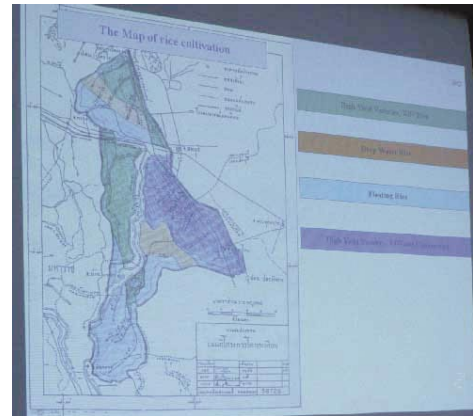


Fig.34-1 コーク・クラティエン地区の栽培されている水稻品種の区分図
Rice crop varieties cultivated in the Khok Krathiam irrigation project office



Fig.34-2 コーク・クラティエン地区の洪水状況図
Flood situation of 1995 flood in Khok Krathiam

f ルエン・ラング (Rueng Rang) 事務所管内

この地区はパスック (Pasak) 川とコーク・クラティエン事務所地区に挟まれた地区である。1995年と2002年の洪水時には地区の一部が浸水しただけである。この地区には水田地帯の中で輪中のように洪水を避けるため、私企業が自ら堤防を巡らせた工場がある。用水路の堤防は自然河川よりも高い位置にあり、その内側の地区は洪水から守られる。



Fig.35-1 ルエン・ラング地区で溢水しやすい地点を職員が指し示す (Fig.21)

The staff pointed at the location being apt to overflow in Rueng Rang



Fig.35-2 ルエン・ラング地区の地区内状況図
(白色は洪水被害が無かった場所)

White areas mean non-flood in Rueng Rang

g パクハイ (Pak Hai) 事務所管内

パクハイ地区はバンバン地区の北西に隣接していて、大まかに2つの地区に分かれる。Fig.36の右側の緑色の地区では浮き稲が栽培されている。パクハイ事務所のチェックゲートをFig.37に示す。

この地区では浮き稲を栽培するか、雨季作を行わないかのどちらかである。したがって、この地区の雨季に水田畦畔は見つからないため、洪水被害の有無を畦畔の有

無を指標として判定し数理形態学的手法で抽出することはできない。しかし、土地利用上は、乾季になると低い畦畔 (高さ約30cm) を造成して、高収量品種を用いて水田直播で乾季作が通常2回行われるので水田として扱われる。この乾季作の畦畔はつぎの雨季の洪水で消失する。



Fig.36 パクハイ地区 (Fig.21)
Pak Hai district



Fig.37 パクハイ事務所のところのチェックゲート
The regulator at Pak Hai office



Fig.38 チャオブラヤ川からの洪水時背水からパクハイ地区内を守るための堤防 (地区外から撮影) (Fig.21)

(2002年洪水時に応急嵩上げ工事を行ったなごりがある)

A protect dike and a road. (The road is inside the district)

The emergency raising of the dike at 2002 s flood remains.

農家はFig.39, Fig.40の地区では乾季にしか水田作を行っていない。灌漑は水田脇の支線用水路から農家ごとにポンプで揚水している。



Fig.39 パクハイ地区の堤防近くの乾期水田 (Fig.21)
Paddy fields near the bank in dry season



Fig.40 パクハイ地区の別の乾期水田の様子 (Fig.21)
Another paddy field at Pak Hai in dry season

2 グラントルースの結果と検討

王立灌漑局とJICAの報告書を検討すると、ロプブリ川の南側でマハラット地区の中央部は1995年洪水で浅い浸水があったことがわかる。マハラット地区中央部を管轄する現地の水利事務所職員や農家からの聞き取り調査では、1995年洪水時に地区中央部全域が浸水し、特に領域東側の水稻収量がゼロだったという。地形的には3本手指の形をした微高地があり、衛星データの解析でもこの部分が洪水被害域からはずれている。したがって、「ふよう1号」衛星の合成開口レーダデータを解析して得られた洪水被害域は、この部分の様子を正確に現している。

ルエンラング地区やコーククラティエン地区では衛星データ解析結果が現地の状況と完全に一致するとは必ずしも言えないが、浮き稲栽培地域があるなど、もともと洪水に適応した水田域があり、今回の解析方法では堤防決壊による洪水水位の急上昇など衛星ではわからないような現象による洪水被害があり、適用限界を越えた誤差といえよう。

パクハイ地区では雨季に水田畦畔が現れないため、本論の計算の仮定に適合していない。浮き稲地帯は本手法では洪水地域として含まれることが判明した。浮き稲栽培地域は限られるため、解析結果から除外するなどの方法で洪水被害水田を確定できる。

現地調査をしていない段階で地形図から解析モデルを

推定しなければならない場合が多いが、グラントルースにより解析モデルと現地の状況の対比や解析結果を検証できたことは意義が大きいと考えられる。

X 結 言

衛星データを解析し、その結果とグラントルースによる検証を実施した結果、SARのデータは地物のマイクロ波応答特性なので、それを適切にモデル化すれば地物の判読が可能になるという基本的な仮定の正しさが裏付けられた。今回提案したアルゴリズムは、洪水時に観測された1回だけのデータだけで解析が可能であり、従来の洪水前後の比較から洪水被害域を特定していた手法と比較して、広域災害調査に向いていると考えられる。また、計算量も少なく、迅速に解析結果が得られるため、衛星を利用した広域災害モニタリングや熱帯地域のタイの洪水のように長期間発生する洪水では洪水災害早期警戒システム構築に向けた手法であるといえる。日本の洪水のように短期間で発生、終息する現象では1台の災害監視衛星では回帰日数の関係で不十分であり、航空機搭載型のレーダセンサや航空写真による観測、地上設置型センサによる観測と組み合わせることで、目的に応じた観測範囲や観測頻度を確保し、天候により航空機の観測ができないなどの障害も考慮した多段階的な災害監視が望まれる。

参考文献

- 1) Choudhury, I. and Chakraborty M. (2002) : An Empirical Approach to Retrieve the Transplantation Date of Rice Crop using RADARSAT SAR Data, ISPRS/TCVII symposium on resource and environmental monitoring, Hyderabad
- 2) Edward R. Dougherty (1993) : Mathematical Morphology in Image Processing, 530, Markel Dekker, Inc., New York
- 3) Edward R. Dougherty (1992) : An Introduction to Morphological Image Processing, 161, SPIE Optical Engineering Press, Bellingham
- 4) Floyd M. Henderson, Anthony J. Lewis (1998) : Manual of Remote Sensing Vol.2 Principles and Applications of Imaging Radar 3rd edition, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and John Wiley & Sons, Inc., 866
- 5) Iisaka, J., (1989) : Structural Spatial Information Extraction from Remotely Sensed Data, Proceedings of IGARSS '89, Vancouver, pp.1224-1227
- 6) Iisaka, J. and Sakurai-Amano, T., (1992) : Spatial Association for Radar Image Interpretation, Proceedings of IGARSS '92, Houston, pp.1200-1203
- 7) Iisaka, J. and Sakurai-Amano T., (1994) : Terrain Feature Detection from SAR Data Based on Spatial Association of

- Objects, Proceedings of the Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, San Antonio, Texas, pp.9-12
- 8) Lisaka, J. and Sakurai-Amano, T., (1994) : Terrain Feature Recognition for SAR Imagery Employing Spatial Attributes of Targets, ISPRS Commission IV Symposium Spatial Information from Digital Photogrammetry and Computer Vision, Munich, pp.399-408
- 9) 飯坂讓二監修・日本写真測量学会編 (1998) : 合成開口レーダ画像ハンドブック, 208, 朝倉書店, 東京
- 10) Japan International Cooperation Agency & Royal Irrigation Department of Thailand, (1999) : The Study on Integrated Plan for Flood Mitigation in Chao Phraya River Basin, Final Report, Tokyo
- 11) 建設省国土地理院 (2000) : SAR画像の災害状況把握への適用可能性に関する調査報告書, pp.25-36
- 12) 国際協力事業団, タイ国王室灌漑局 (1999) : タイ国チャオプラヤ川流域洪水対策総合計画調査最終報告書要約, F-18, 国際協力事業団, 東京
- 13) Molle, F. and Durongdej, S. et al., (1999) : Improvement of Rice Cultivation and Water Management in the Flood Area of the Central Plain of Thailand, 157, DORAS CENTER, Kasetsart University, Bangkok
- 14) 文部科学省 (2005) : Disaster Reduction Technology List on Implementation Strategies-A Contribution from Japan-, pp.103-111
- 15) 日本リモートセンシング研究会編 (1989) : リモートセンシング用語辞典, p.56, 共立出版, 東京
- 16) 小畑秀文 (1996) : モルフォロジー, 184, コロナ社, 東京
- 17) 大倉 博・春山成子・大矢雅彦・スーウィット ウィブーンセート・ランブン シムキン・ラサミースワウイラカムトン, (1989) : 衛星リモートセンシングによるタイ中央平原の水害地形分類 付 タイ中央平原水害地形分類図, 国立防災科学技術センター研究速報, 筑波 No.83 pp.1-25
- 18) 大内和夫 (2004) : リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎, 341, 東京電機大学出版局, 東京
- 19) Oya, M. (2001) : Applied Geomorphology for Mitigation of Natural Hazards. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp.1-9, 131-146
- 20) Pierre Soille (2003) : Morphological Image Analysis Principles and Applications, Second Edition, 391, Springer-Verlag, Berlin
- 21) Pierre Soille and Martino Pesaresi (2002) : Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.40, No.9, pp.2042-2055
- 22) RESTEC 「世界の地球観測衛星」
<http://www.restec.or.jp/databook/index.html>
- 23) Russ, J. C., (2002) : The Image Processing Handbook Forth Edition, CRC press LLC, Florida, pp.373-376, 405-412, 417-424
- 24) (財) 資源観測解析センター (1992) : 資源探査のためのリモートセンシング実用シリーズ合成開口レーダ (SAR), pp.369, 東京
- 25) (社) 国際農林業協力協会 (1995) : タイの農林業現状と開発の課題, p.176, 東京
- 26) (社) 全国農業改良普及協会 (1990) : アジア・稲作技術指導マニュアル 基本編P.514, 応用編P.303, 東京
- 27) Schowengerdt, R. A., (1997) : Remote Sensing Second Edition Models and Methods for Image Processing Academic Press, San Diego, pp.243-245, 440-443, 465
- 28) Shimada M. (2002) : User s Guide to NASDA s SAR products Ver.3, National Space Development Agency of Japan
- 29) 高木幹雄・下田陽久編 (2004) : 新編画像解析ハンドブック, p.1991, 東京大学出版会, 東京
- 30) Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman (2004) : Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth Ed., 763, John Wiley & Sons, New York
- 31) Yamada, H., Yamamoto K. and Hosokawa, K. (1993) : Directional mathematical morphology and reformalized Hough transformation for the analysis of topographic maps, IEEE trans., Pattern Anal. Machine Intell., vol.15, pp.380-387
- 32) Yamada, Y. (2000) : Flood Analysis using Satellite data and Geomorphological Survey Map showing Classification of Flood-inundated Areas, Supplement Proceedings of XIXth Congress of ISPRS, Amsterdam
- 33) Yamada, Y. (2001) : Use of Satellite Remote Sensing for the Evaluation of Land Use Change and Water Resources in Thailand, 8th JIRCAS international symposium
- 34) Yamada, Y., (2001) : Detection of flood-inundated area and relation between the area and micro-geomorphology using SAR and GIS, Proceedings of IEEE/IGARSS '01, Sydney 2001
- 35) 山田康晴 (2001) : タイ中央平原の洪水域の抽出と微地形分類との関係について, 平成13年度日本写真測量学会年次学術講演会発表論文集, pp.145-148
- 36) 山田康晴・桜井貴子・高木幹雄 (2001) : タイ・チャオプラヤデルタ農地の洪水時の特徴と JERS-1/SAR データ, 平成13年度日本写真測量学会秋季学術講演会発表論文集, pp.179-180
- 37) 山田康晴 (2001) : 開発途上国の洪水被害評価におけるRS/GISの応用, ARDEC, Vol.22, pp.26-28&p.49
- 38) Yamada, Y., Sakurai-Amano, T. and Takagi, M. (2002) : Detection of flood damaged areas in the entire Chao

- Phraya River Basin from JERS-1/SAR images with a help of spatial information, Proceedings of IEEE/IGARSS '02, Toronto2002
- 39) Yamada, Y. (2002) : Flood damage estimation on agriculture for the Chao Phraya river basin in Thailand using JERS-1/SAR, ISPRS/TCVII symposium on resource and environmental monitoring, Hyderabad 2002
- 40) Yamada, Y. (2003) : "Relation between ground features and mathematical morphology using JERS-1/SAR data during flooding time in paddy areas", IGARSS2003, Toulouse, July 2003
- 41) Yamada, Y., Tingsanchali, T., Khao-Uppatum, V., Chompradist, C. (2003) : "Plan of Rapidly Flood Extent Map Server on the Internet using Mathematical Morphology Recognition of SAR data in Paddy Field Areas", ISPRS WG VII/6 workshop, Kyoto, October 2003
- 42) Yamada, Y., Tingsanchali, T., Khao-Uppatum, V., Chompradist, C. (2003) : "Mathematical Morphology Application to SAR data Analysis for the Flood Extent Detection in Paddy Field Areas of the Chao Phraya River Basin in Thailand using JERS-1/SAR", 30th ISRSE, Honolulu, November2003
- 43) 山田康晴・石坂邦美・ピラット カオウツパタム・チャチョム チョムプラディスト・タワチャイ ティングサンチャリ (2003) : 衛星レーダ (SAR) 画像による洪水被害推定の試み (第2報) タイ国中央平原水田地域への数値形態学の応用とグラントルース, 平成15年度農業土木学会, 沖縄, July 2003, pp.918-919
- 44) Yamada, Y., T. Tingsanchali, V. Khao-Uppatum, C. Chompradist (2004) : "Rapidly Flood Extent Mapping Method and its Web Server using JERS-1/SAR in Paddy Regions", Proceedings of International Symposium on Monitoring, Prediction and Mitigation of Disasters by Satellite Remote Sensing, (MEMD), Awaji, January 2004, pp.1-8
- 45) Yamada, Y., T. Tingsanchali, V. Khao-Uppatum, C. Chompradist (2004) : "Rapidly Flood Extent Mapping Server Design and Experiment Using Mathematical Morphology Recognition and Cooperated Disaster Information Servers on the Internet", Proceedings CD-ROM of XXth ISPRS Congress, Istanbul, July 2004, PP. 1-6

Flood Extent Mapping Method by means of Mathematical Morphology Using L band SAR Data

- Discrimination of Damaged Areas from Ordinary Inundated Areas in Paddy Fields -

YAMADA Yasuhiro, TINGSANCHALI Tawatchai, KHAO-UPPATUM Virat, ISHIZAKA Kunimi
and NAKAMURA Yoshifumi

Summary

Sometimes agricultural fields suffer from flood damages for a long period along a large river in the tropical regions. It is very important to detect the flood extent in order to assess flood damage to agriculture. L-band SAR images are effective in detection of the damaged areas at flood disaster with the advantage of the character of penetrating cloud cover. The authors tried to detect the flood-inundated and damaged areas using SAR data by the following approach at the Central Plain of the Chao Praya basin in Thailand. Mathematical morphology operations and directional filters provide image feature measurements. Terrain feature recognition for SAR imagery combines both target's physical property and morphological image processing. This method should be adopted in order to solve the problem how to distinguish paddy fields from flood inundated areas instead of using the conventional SAR signal intensity change method. For example, if the Levee of paddy fields is above the inundated water surface, the paddy fields should be supposed almost without damages in the consolidated farm lands. If the region of the low backscattering intensity level occupy large area, that can be most likely calm and large water surface or flood-inundated areas. These calculations require only a snapshot of SAR image. This image processing procedure has advantage over the flood disaster monitoring using SAR satellite data.

Keywords :mathematical morphology, L band SAR, flood extent, Thailand