

## 5.4 人工衛星を用いた広域洪水氾濫域・被害規模および水理量推定技術の開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水災害研究グループ

研究担当者：岩見洋一、萬矢敦啓、工藤俊、郭栄珠

### 【要旨】

水災害リスクマネジメント国際センター（以下、ICHARM）は、途上国を中心に広範囲の洪水氾濫域や家屋被害状況に対して人工衛星観測技術（リモートセンシング）を活用し、的確に把握する技術を開発することで、緊急援助対策等に役立てる。また、氾濫水量（水深、流量等）を推定することで、氾濫流の実現象・特性を定量的に解明するとともに、氾濫計算の検証等に活用することを目的とする。平成 26 年度は、氾濫水理量の観測技術開発のため基礎的な検討と人工衛星観測による復旧活動支援等への実利用システムについて検討を行った。

キーワード：リモートセンシング、氾濫水理量、復旧活動支援

### 1. はじめに

ICHARM は国内だけではなく、極めて広域にわたる途上国での、大流域スケールにおける短期・長期の災害対応・復旧活動支援に資する情報を提供し、アジア等の支援に貢献している。本研究では以下に示す人工衛星観測技術（リモートセンシング）を用いた研究課題を設定し、平成 23 年度より研究を開始した。

- (1) 衛星による洪水氾濫域の自動抽出アルゴリズムの開発（平成 23～25 年度）
- (2) 時間解像度向上のための複数センサーデータ活用手法の検討（平成 23～25 年度）
- (3) 衛星による家屋数把握及び流出家屋位置・戸数推定アルゴリズムの開発（平成 24～26 年度）
- (4) 氾濫水理量の観測技術開発（平成 25～27 年度）
- (5) 復旧活動支援等への実利用システムの検討（平成 26～27 年度）

上記のうち、(1)については、平成 25 年度の対象域であるカンボジア平原メコン本流で衛星による氾濫域自動抽出アルゴリズムの妥当性を分光器観測データと比較・検証を行った。(2)については、複数センサーとして光学画像のみならず分光放射計と合成開口レーダ（SAR）の活用を検討した。(3)については、SAR 強度画像による陸前高田市の流出家屋推定手法の検討過程で残った課題に対して建物フィルタリングの変換処理を改善した。(4)については、カンボジア国内のメコン川流域において、現地計測を実施した。(5)については、復旧活動支援等への国内・国外実利用システムの事例を調査し、水災害復旧活動支援プロセスのフレームワークを提案した。

### 2. 衛星による流出家屋位置・戸数推定アルゴリズムの

### 開発

本研究は SAR 衛星データによる流出家屋位置・戸数を定量的に推定する手法開発を目指して事例研究を行った。25 年度、建物の単一フィルタ処理を試みた結果に対して、26 年度には、SAR 強度画像の家屋推定・抽出の精度向上のため建物フィルタ変換処理の改善・検証を実施した。

#### (1) ノイズ除去のフィルタ処理

SAR 画像の前処理として、SAR 特有のスペックルノイズを低減するため、後方散乱係数に変換後、 $3 \times 3$ 、 $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ 、 $9 \times 9$  近傍の平均、標準偏差、Advanced Lee、Kuan、Sigma フィルタ処理を比較し、ノイズを除去した。

#### (2) 建物構造化オブジェクト検出処理の改良

流出家屋位置・戸数推定の精度を向上するため（特に高分解能 SAR 強度画像は屋根の形と材料に依存）バイナリイメージ内、建物サイズと建物の輪郭構造化要素を考慮した局所的な  $3 \times 3$  近傍のブロック処理により、建物強度反射オブジェクト (Object) 補正精度の向上を図った。

本研究では、スペックルノイズ低減のフィルタ処理と建物抽出のフィルタ処理が非常に重要なことが確認できた。建物抽出は正確な位置精度を要するため、1 棟単位の建物輪郭データを用いて、建物の輪郭内における後方散乱係数の相関を定量的に算出する手法、特に建物密集地で建物被害の抽出など、解決すべき限界・課題が残っているが、建物の戸数判読のみならず、建物密度推定手法による建物占有率も推定であることがわかった。

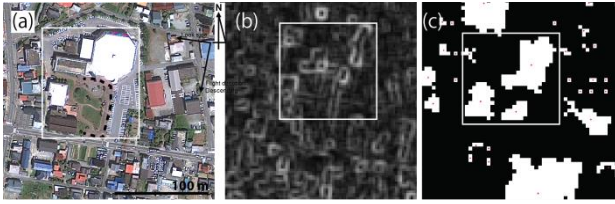


図-2-1 標準化フィルタ処理により自動抽出した建物（陸前高田市民体育館）の一例 (a) 高分解能光学画像 (60cm) (b) 建物線形フィルタ処理 (2.5m) (c) 建物オブジェクト抽出

### 3. 氾濫水量の観測技術開発

本研究テーマは河道から氾濫原に溢れ出した流水の水量を算定する技術を開発している。このような技術を検討する上で、河道を通過する流量、氾濫原を流れる流量を把握する必要がある。一般的には、河道と異なり氾濫原にはモニタリングシステムがほとんど存在しないことから、このような現象を捉えることはそれほど簡単ではない。著者らはこれまで人工衛星データを用いた氾濫水位分布の算定<sup>1)</sup>、同水位分布から派生する流速分布の算定、さらには流量の算定を試みている<sup>2)</sup>。また同時に同流域における洪水氾濫計算を実施している<sup>3)</sup>。このように検討が困難な現象を把握するためには、直接的な手法、数値計算と組み合わせるような間接的な手法実施するために人工衛星データを活用した検討を進める必要がある。このような議論を進める上で最も重要になるものは現地観測による現象の把握と上記数値計算を実施する上での初期・境界条件の作成支援である。

そのような観点から、著者らはカンボジア国のメコン川において河床高の縦断的な観測と aDcp(acoustic Doppler current profiler：超音波ドップラー式三次元流速計)を用いて流量観測を実施した。前者の観測は氾濫解析を実施するための初期条件の作成のための測量である。後者の観測は、河道内の流量の把握である。

#### 3. 1 対象領域

著者等の研究対象領域はカンボジア国のメコン川である。メコン川はチベット高原を源流として、中国、ミャンマー・ラオス国境、ラオス・タイ国境、カンボジア、ベトナムを経て南シナ海に流れ込む。同川はカンボジア国の首都である Phnom Penh で Tonle Sap 湖から流れる Tonle Sap 川と合流し、Bassac 川と分流する。Tonle Sap 湖は、出水期にはメコン川の水を貯留し、渇水期には徐々に流出する。その結果、Tonle Sap 川は出水期にはメコン川から Tonle Sap 湖へ、渇水期には Tonle Sap 湖からメコン川への流れとなる。それ故に、Phnom Penh 近傍に

お

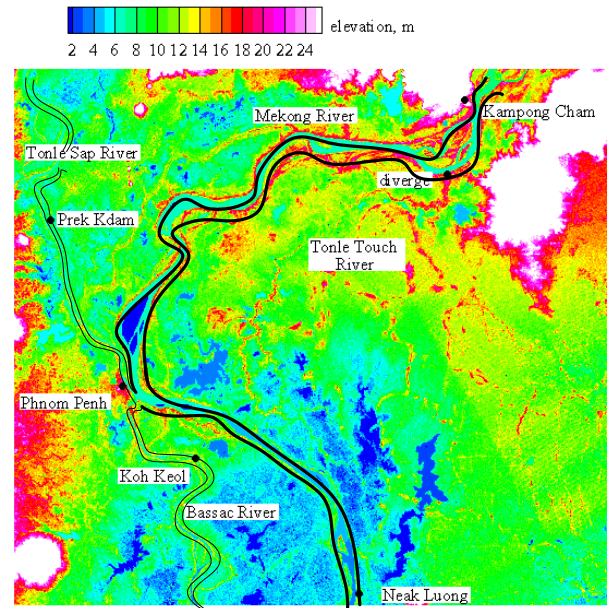


図-3-1 本研究対象領域とその近傍に配置されている水位計。図は 100km×90km

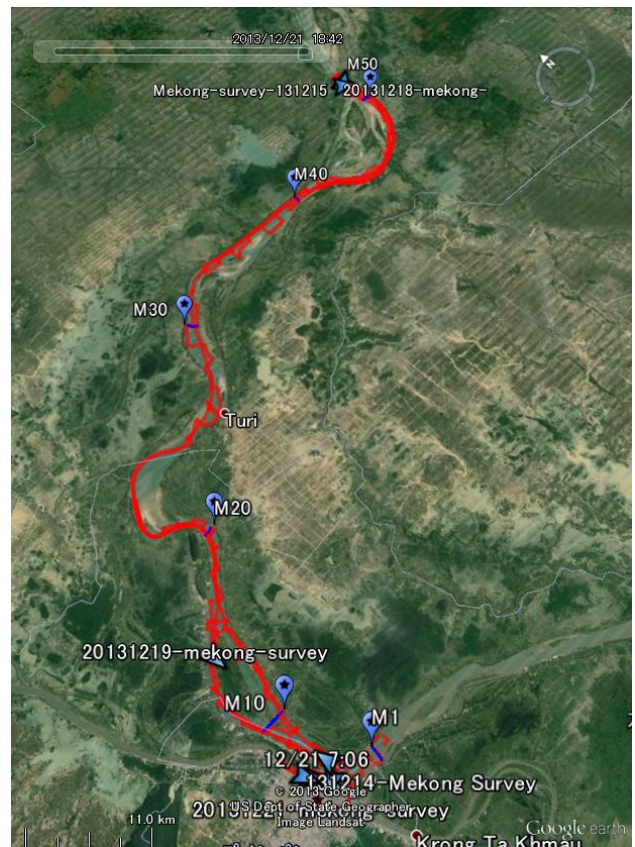


図-3-2 河床高の縦断的な観測

ける流況は複雑になる。図-1 は本研究対象領域とその近傍に配置されている水位計の位置を示すが、それらは

## 5.4 人工衛星を用いた広域洪水氾濫域・被害規模および水理量推定技術の開発

Kampong Cham、Phnom Penh、Neak Luong に、Tonle Sap 川には Prek Kdam に、Bassac 川には、Koh Keol である。

図-3-2 は河床高の縦断的な観測を実施したときの観測位置を示している。またこれはプノンペンからカンポンチャムを拡大した図である。赤で示す経路が実際のボートパスである。両都市は約 100km 離れているが、この間に大きな都市がないため、両都市を拠点として観測を実施した。当初の目的を果たすため、2km おきの一つの横断測量を実施している。具体的には河岸を船の出しうる最高速度で 2km 程度航行し、横断測量のために 1m/s 程度のゆっくりした速度で曳航し、その後対岸を 2km 程度航行するという行程を繰り返し、結果 56 側線の河床高を得た。



図-3-3 プノンペン近傍のメコン川システムの平面形、曳航船の航跡(赤)、観測測線(青)

図-3-3 はプノンペン近傍のメコン川システムの平面計、曳航船の航跡、観測測線を示す。ここでは図の中央付近を上から下へメコン川が流れ、左上からトンレサップ川があり、トンレサップ川がメコン川と合流するあたりでバサック川が分流する。前述のとおり、トンレサップ川は洪水状況に応じて流れの向きが異なることから、複雑な流れとなる。

### 3. 2 観測手法

#### (1) 曳航船

図-3-4 は観測に用いた曳航船の写真である。データ保存用の PC や GPS に必要な電気はこの船から得た。また曳航船の船尾に橋上操作艇をロープ及び竹で固定し観測を実施した。

#### (2) ADCP による流況及び河床高計測

本観測に用いた ADCP は Teledyne RD 社の RiverRay ADCP である。これはいわゆるオートフォーカス機能を持ち、水深、層厚、観測モードを流況、水深に応じて自

動的に調整する機能を持つ。



図-3-4 観測に用いた曳航船の写真



図-3-5 橋上操作艇を用いた ADCP の観測

本観測のように、数メートルから数十メートルまで水深が大きく変化する河道で連続的な観測を実施するには最も適した機種である。その他の特徴として周波数が 600kHz である。また phased array 式を採用し音波を発信するトランスデューサが平面で、鉛直下向きに 30 度の角度で 4 つのビームを発信する。さらに計測結果は後述の GPS と同期させ、内蔵型のブルートゥースで船上の PC と通信することができる。

#### (3) 橋上操作艇

採用した橋上操作艇は RiverRay の船体である。これは国内で推奨しているハイスピードリバーボートと比較して全体的に船体が小さいが、このように流速の小さい河川においては十分安定したデータの取得が可能である。図-3-5 は橋上操作艇を曳航している様子を示したものであるが、ADCP が曳航船のスクリューによる乱流を計測

しないように、竹を用いて船から 1m 程度離れた位置で計測するようにした。

#### (4) GPS

本観測では ADCP と同期させるための GPS と、水面勾配を計測するための GPS と二つの GPS を採用した。前者は Nav Com 社の StarFire 対応 SF2010 及び SF3050 である。この GPS の特徴は、地点情報及び補正情報の両者を衛星から取得するもので、基地局を必要とせず、形式としてはスタンドアロンタイプである。これから得られる精度は、Z 方向でそれぞれ 30cm/15cm 程度となる。このように広範囲にわたり、かつ陸上部隊を用意しない観測の場合、このような GSP を使用することは有意義である。

### 3. 3 計測結果の一例

図-3-2 に示したように、プノンペン下流を測線 1 として、カンポンチャムの直上流までの区間を、おおよそ約 2km ピッチで計測を実施した。表-3-1 はそのときの計測結果の一例を示す。この観測では大きな砂州が存在するような場所においては分量が生じていること、その支川での水深が浅くて曳航船が入れなかったために全断面の計測ができない測線もあった。表-3-1 はそれらをのぞいたすべての測線における総流量; Total Q, ADCP による計測流量; Meas. Q, 測線幅; Width, 河積; Total area, 平均水深 (Total area/Width); Depth, 平均からの流量誤差; Error, を示す。総流量は、ADCP による計測流量, 上層, 下層, 左右岸不感帯の推定流量を加算したものである。また川幅は計測断面の幅と左右岸の距離計測によるものを加算したものである。また error は各測線の平均値からの誤差を示す。

同区間は他の河川との合流がないことから連続性が保たれていること、水位の日変化が十分無視できるために流量としては無視できるほど小さいこと前提に考えると、濁水時の平均流量は約 7,500m<sup>3</sup>/s、誤差は最大で-12.3%となった。誤差は少し大きい数字であるが、本観測では上述のように測線の取り方が厳密な直線ではないこと、往復の観測を実施していないことからこのような誤差を許した結果となったと思われる。横断測量を実施他断面において最大の川幅は 2,165m、最小で 556m となり、大きく変化する。例えば図-3-6 は測線 M26 (line 6-M26) 近辺の平面図を示す。この測線では川幅が 2,165m であるのに対して、2km 下流の測線 M25 では 1,375m に急縮する。それぞれの平均水深は、M26/M25 でそれぞれ 7.0m/10.9m となった。またそれよりもさらに下流では 2.5km にまで

表-3-1 各測線における計測結果の一例

sec #	Total Q	Meas. Q	Width	Total Area	Depth	error
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>2</sup>	m	%
M6	8316.1	6646.9	1136.4	18490.7	16.3	11.1
M7	8334.0	6860.8	1017.5	18762.5	18.4	11.3
M8	6699.2	5269.6	1039.1	19838.1	19.1	-10.5
M16	7960.2	6202.6	1879.1	17980.4	9.6	6.3
M17	7750.2	6025.3	1320.6	16582.0	12.6	3.5
M18	7664.3	6235.4	714.7	16420.4	23.0	2.4
M19	7459.2	6046.3	747.2	14873.3	19.9	-0.3
M20	7940.0	6373.1	1209.5	18099.9	15.0	6.1
M21	7205.0	5725.6	1039.1	17636.3	17.0	-3.7
M22	6564.4	5080.7	815.0	16985.0	20.8	-12.3
M23	6881.6	5463.0	617.2	17654.3	28.6	-8.1
M24	7686.9	6002.9	900.6	15233.8	16.9	2.7
M25	7159.3	5757.3	1375.3	15050.2	10.9	-4.4
M26	7607.1	5895.7	2164.9	15074.6	7.0	1.6
M28	7720.5	6034.6	1346.3	16521.7	12.3	3.1
M29	7224.9	5624.7	1686.9	14102.7	8.4	-3.5
M30	7934.2	6354.2	1184.8	15281.6	12.9	6.0
M31	7142.1	5839.0	828.1	13684.7	16.5	-4.6
M32	7202.7	5894.8	846.2	14018.0	16.6	-3.8
M33	8050.9	6614.1	1026.5	17483.5	17.0	7.6
M33c	8156.2	6139.2	1160.1	16755.2	14.4	9.0
M37	7486.1	5821.3	1585.9	12377.8	7.8	0.0
M38	7512.0	6054.0	1327.7	14699.5	11.1	0.4
M39	7770.2	6462.2	913.9	14883.1	16.3	3.8
M40	7285.2	6219.7	667.0	15687.0	23.5	-2.7
M41	7571.4	6008.0	1070.2	12477.0	11.7	1.2
M42	6591.9	5481.8	1174.6	17398.6	14.8	-11.9
M51	7779.8	6232.8	1465.8	15506.6	10.6	3.9
M52	7695.9	6301.9	975.9	18113.7	18.6	2.8
M53	6688.5	5429.9	695.7	17629.7	25.3	-10.6
M54	7231.3	5690.4	556.1	16187.8	29.1	-3.4
M55	6951.0	5604.5	899.3	17128.3	19.0	-7.1
M56	7790.2	6165.2	1079.4	15880.4	14.7	4.1
average	7485.2	5986.6	1105.0	16196.9	14.7	0.0

広がり、曳航船の喫水深が深すぎることから計測を断念した。次に M26、M25 の ADCP による計測結果を図-3-7、図-3-8 に示す。図-3-7 が示すように、左岸から 0m 及び 400m 近傍の二か所に 15.5m 程度の最大水深を取り、右岸にかけて徐々に水深が浅くなる。これは図-7 で平面的にみると明確だが、この位置は湾曲部の外側にあるために、このような地形となる。しかしながら、同測線の下流には砂州が存在し、これは湾曲部外側に存在する砂州で、この形成過程は簡単に説明することができない。次に図-3-8 は M25 における ADCP による計測結果を示す。左岸から 150m 近傍の水深は 37m 程度となり、右岸に向けては水深が浅くなる。M26 に示したように右岸側は河道湾曲部の内側であり、M26 と比較するとここでは水深がさらに浅くなり、そのために右岸側に流れがより集中している。上述のように M26/M25 の川幅比は 1/0.63、平均水深比は 7.9/10.9 であるために大きな河床低下が想像できるが、このような流れの偏りとそれによる最大水深は実際に計測するまで想像もつかない事象である。

プノンペン近傍の流量配分を検討するために図-3-3 が示すような測線における観測を実施した。表-3-2 はそのときの流量値等である。同図が示すように、プノンペンから考えると、M1~3 はメコン川本川の下流部、B1~4 はパサク川、M4~5 はメコン本川、M6~7 はメコン川上流、T1~4 はトンレサップ川になる。この季節のトンレサップ川は、図の上から下へ流れるため、メコン川上流とトンレサップ川の合計がメコン川本川の流量になる

5.4 人工衛星を用いた広域洪水氾濫域・被害規模および水理量推定技術の開発



図-3-6 観測測線 M26 近辺のメコン川の平面形，曳航船の航跡（赤），観測測線（青）

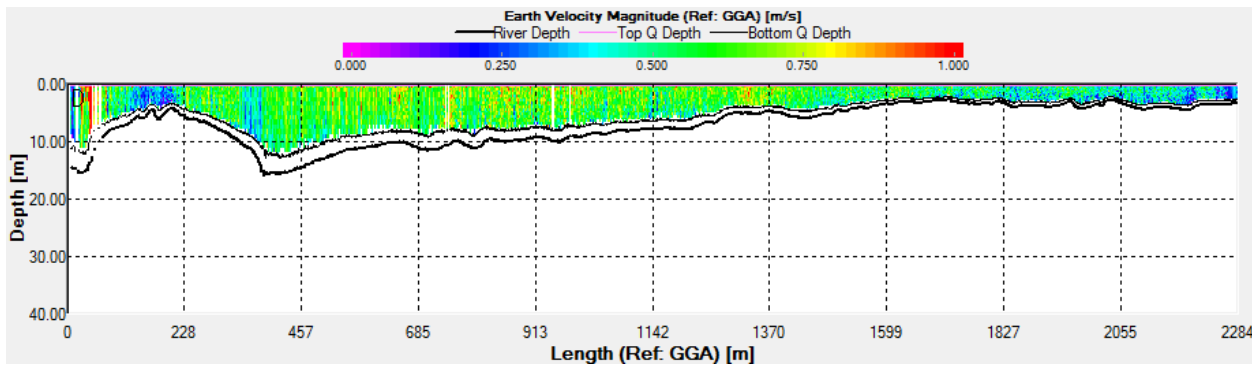


図-3-7 M26 における流速と計測断面（横軸は左岸からの距離）

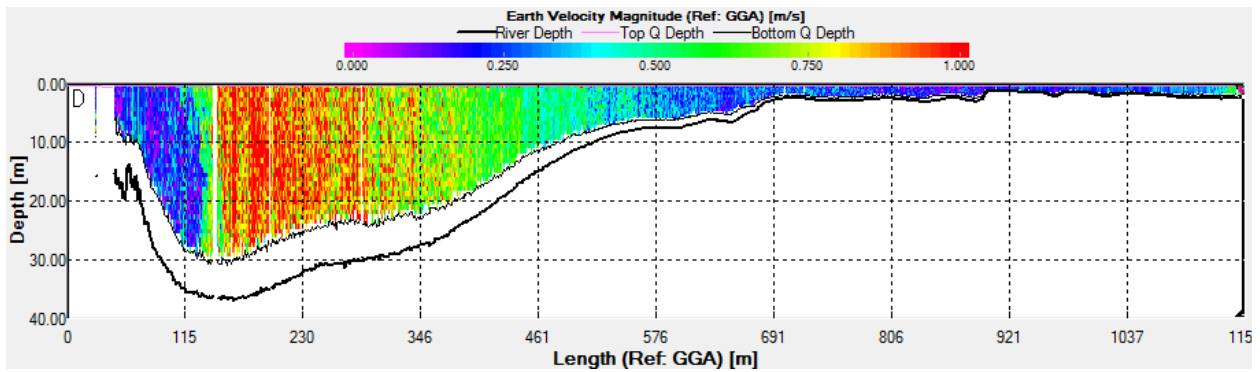


図-3-8 M25 における流速と計測断面（横軸は左岸からの距離）

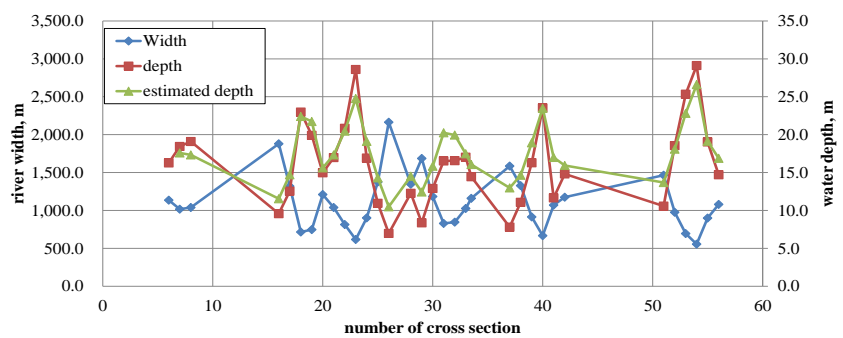


図-3-9 水深の予測

表-3-2 プノンペン近傍の各測線における計測結果

section #	Total Q	Meas. Q	Width	Total Area	Q/Area
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>2</sup>	m/s
M1	12598.5	9543.4	1765.1	16191.7	0.8
M2	11651.8	8288.4	1620.8	17449.7	0.7
M3	13761.7	10381.9	1663.5	17046.7	0.8
B1	1262.0	864.9	227.5	2736.2	0.5
B2	1245.7	909.7	225.7	2680.4	0.5
B3	1074.4	768.2	208.9	2469.9	0.4
B4	1256.8	908.0	204.1	2476.8	0.5
M4	14823.9	11115.9	1501.9	20874.7	0.7
M5	14657.0	11219.4	1868.3	28909.9	0.5
M6	8316.1	6646.9	1136.4	18490.7	0.5
M7	8334.0	6860.8	1017.5	18762.5	0.4
T1	7485.8	5750.9	430.5	4684.6	1.6
T2	7428.8	5730.6	424.5	5084.0	1.5
T3	7366.9	5687.9	447.9	5044.3	1.5
T4	7365.1	5675.7	523.2	5480.3	1.3
averaged discharge in each river	d Mekong	12670.6	averaged discharge in each section	down	13880.4
	Bassac	1209.7		middle	14740.5
	m Mekong	14740.5		upper	15736.7
	u Mekong	8325.1		average	<b>14785.9</b>
	Tonle sap	7411.7			

また同様に、メコン川下流とパサック川の合計がメコン川の本川流量となる。この計測でメコン川の本川流量を示すのは、M4 および M5 であるが、これらの平均から 14,740.5m<sup>3</sup>/s である。メコン川下流は3つのセクションを平均すると 12,670.6m<sup>3</sup>/s、パサック川は 1209.7 m<sup>3</sup>/s でプノンペンの下流側では、合計で 13,880.4 m<sup>3</sup>/s となる。またプノンペン上流側では、メコン川本線が 8325.1 m<sup>3</sup>/s に対して、トンレサップ川は 7411.7 m<sup>3</sup>/s であった。メコン川本線が川幅 1km を超えていて、パサック川は 500m 以下であるにもかかわらず、同程度の流量を持つことがわかる。メコン川本川である M6 および M7 の平均流速が 0.5m/s 程度に対して、トンレサップ川である T1~4 の平均流速はおおよそ 1.5m/s 程度である。

3. 4 河床高縦断観測結果の活用方法

田中らが RRI を用いて洪水氾濫解析を実施している<sup>3)</sup>が、このような数値モデルに河床高を反映させることを目的としている。そのために表-3-1 で得られた結果を用いて河床高の予測手法を検討する。

河川水・流砂に関する連続式と、定常流を仮定した運動方程式、流砂量式を組み合わせることで以下の式が導出される。詳細は Yorozuya et al<sup>4)</sup>を参照されたい。

$$h_{n+1} = h_n \cdot \left( \frac{B_{n+1}}{B_n} \right)^{-24/35}$$

ここで B が川幅、h がそのときの水深を示す。この式が示すものは、少なくとも一つの測線において水深が計測されていれば、すべての水深を算定できることを意味している。

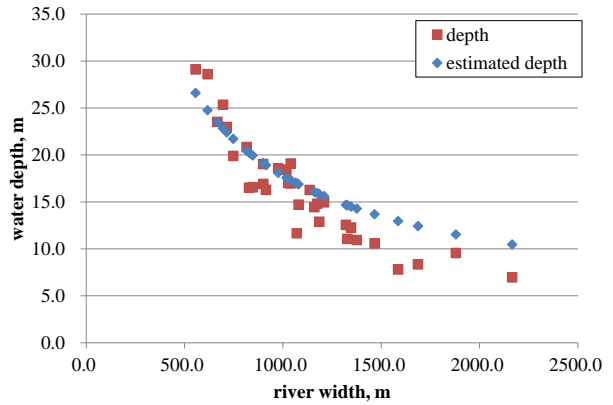


図-3-10 川幅と水深の関係

図-3-9 は表-3-1 を用いた観測断面における川幅 ; width と水深 ; depth の関係を示したものである。また式で換算した推定水深 ; estimated depth を示す。この推定水深は、断面7における水深を初期条件として、残りの断面を川幅だけを用いて推定したものである。表-3-1 でも説明したが計測水深は河幅に応じて大きく変動していることがわかる。またそれに対して推定河床高は計測河床高とよく一致している。若干表現できない箇所も存在するものの、それらは河道線形、局所的な水面勾配等の影響があることが想定される。また図-3-9 は横軸を川幅、縦軸を水深として、計測結果と計算結果を示したものである。これらを見ると計算結果は計測結果と概ね一致していることがわかる。これらが示すように、このような河川においては、一次元的な水深はかなり精度良く算定することがわかった。

このような知見を計測頻度が低い地域において活用することは有意義である。例えば、各断面の川幅は Google Earth を含めた航空写真から得ることができる。大きな支川の分流や合流が存在しない場合に限り対象エリア内で少なくとも一測線の測量結果が得られれば、その他の領域は推定することが可能となる。

4. 水災害復旧活動支援等への実利用システムの検討

我が国の新たな宇宙基本計画の政策（平成 27 年 1 月 9 日）と宇宙利用の拡大重視に従って、国民生活の質の向上や安全安心、安全保障等、宇宙利用の観点が最も重要となった。災害に見舞われた場合、標準的にどのような被災状況把握プロセスをたどり、どのような復旧活動・施策を展開したらよいか、特に、宇宙基本計画に基づいたリモートセンシングに係る衛星運用システムから災害支援活動へ迅速・的確なプロセスを取りまとめて、

実利用システムの現状と今後の課題を提案する。

### 4.1 国内実利用システムの事例

JAXA は、地球観測、災害監視等に宇宙インフラを活用すべく、防災関係府省庁・機関の衛星利用およびユーザに対する一元的窓口として「防災利用システム室」を設置し、「だいち」をはじめとする地球観測衛星や「きずな」等の通信衛星による災害対応活動への協力、将来の利用構想の策定・調整の推進拠点としている。関連活動は表-4-1 に示す。

表-4-1 防災利用システム室の活動<sup>5)</sup>

活動	適用内容
防災府省庁との防災利用実証	・災害観測画像の提供 ・だいち防災マップの提供(防災訓練への提供含む)
土砂 WG	地すべり等の予兆把握や土砂崩れ等の災害
水害 WG	新水域等の水害状況把握や関連する防災活動
火山 WG	活火山のモニタリングや噴火時の被害状況把握
地震 WG	地殻・地盤変動等の異常検出や災害時の被害状況把握
大規模災害 WG	大規模災害時の衛星画像解析業務のワークシェアやプロダクト標準化の検討
地方自治体等との防災利用実証	・災害発生時の地域における衛星画像利用体制の検討 ・地域連携防災活動における衛星画像利用の促進

### 4.2 国外実利用システムの事例

地球観測に関する政府間会合 (GEO : Group on Earth Observations) が 2005 年に開催され、「社会利益分野」として災害、健康、エネルギー、気候、水、気象、生態系、農業及び生物多様性の 9 項目を定めた<sup>6)</sup>。これに基づき、例えば米国では米国航空宇宙局 (NASA) が先端的センサを用いて取得した陸域衛星データを米国地質調査所 (USGS) に移管、共同運用している。その代表的なシステムが、準実時間全球洪水マッピング (Near Real Time Global MODIS Flood Mapping) である。<sup>7)</sup>

(<http://oas.gsfc.nasa.gov/floodmap/>)

また、欧州連合 (EU) では、独自の全地球的環境・安全保障監視システム (GMES) 構築を計画し、欧州共同体 (EC) が運営している全地球的災害警報及び調整システム (Global Disaster Alert and Coordination System : GDACS) から情報を発信することで、2015 年 4 月ネパール地震直後、実時間被害マップサービスの提供と復旧・復興に向けてオープン化した。<sup>8)</sup> (<http://www.gdacs.org/>)

### 4.3 水災害復旧活動支援プロセスのフレームワーク

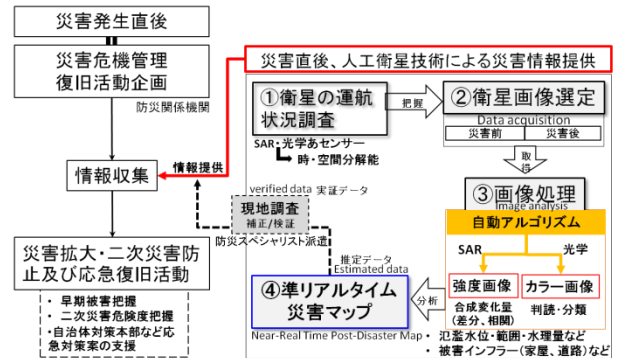


図-4-1 復旧活動支援のプロセスのフレームワーク

水災害発生直後、流域・防災・危機管理者の意志決定を支援するため、被災状況の緊急情報 (浸水域・支援道路・避難経路等) を即時に提供することを目的として、図-4-1 に示すように復旧活動支援プロセスのフレームワークを提案した。特に被災地では、1分を争う救助活動と復旧活動の立案・管理に資するため、人工衛星技術による迅速かつ正確な災害現況情報や予測データ提供は非常に貴重である。

**Step 1:** 衛星の運行状況調査 (図-4-1 の①番)。災害発生直後、地球観測衛星データの緊急観測の有無によって災害地の応急対応の条件も大きく左右される。災害前の基本データとほぼ同じ観測条件 (観測角度等) で撮影された災害直後データが取得できるかなど、例えば、センサーの種類 (光学と開孔レーダ : SAR)、時・空間分解能、頻度、地表反射率スペクトル、観測バンドの有効性などを調査する。

**Step 2:** 衛星データ選定 (図-4-1 の②番)。衛星の運行状況のリストアップから利用目的に合致した統合対象データを選定し、データの注文・ダウンロードから入手までの最短プロセスを考慮しながら、必要とされる情報を得るのに最適な災害前後のデータを選定する。

**Step 3:** 衛星データの画像処理 (図-4-1 の③番)。データ入手後、迅速に災害情報抽出の自動アルゴリズム (Kwak et al, 2014) を適用、画像を解析しつつ、氾濫範囲・水位・水理量などと被害インフラ (家屋、道路) などの一次災害を分析する。また、地上水文観測・検証データが不十分な地域で誤判読・誤分類しうる洪水氾濫域の判読精度も向上させる。

**Step 4:** 準リアルタイム災害マップ作成 (図-4-1 の④番)。主に衛星観測による推定結果を用いて早期被害把握 (浸水域・避難路・主要道路等)、応急復旧活動・対策案の作

## 5.4 人工衛星を用いた広域洪水氾濫域・被害規模および水理量推定技術の開発

成を支援するため河川管理者及び防災関係機関あるいは災害現場の対策本部などへ災害マップを提供する。

### 5. まとめ

平成 26 年度は「流出家屋位置・戸数推定アルゴリズムの開発」、「氾濫水理量の観測技術開発」「復旧活動支援等への実利用システムの検討」に着目し、その成果が以下のように得られた。

1) 衛星による家屋数把握及び流出家屋位置・戸数推定アルゴリズムの中、平成 25 年度に試行した SAR 強度画像の建物フィルタリングの改善により流出家屋戸数の推定結果が向上できた。

2) 氾濫水理量の観測技術開発に関して、これらの検討のための最も基本的なデータを取得するために音響技術を活用した現地観測を実施した。プノンペンからカンボンチャムにかけて河床高の測量を実施した。また河川水と土砂の運動方程式から一次元的な河床高の予測手法を検討して、十分な精度が得られていることを確認した。今後はこのような手法を RRI 等の氾濫解析モデルに実装することで、氾濫現象を精度良く再現することを試みる。次に、プノンペン近傍における流量観測を実施した。ここでは本観測手法の妥当性が確認できた。今後は、メコン委員会が作成している水位-流量関係の確認、流水抵抗を考慮した水位-流量関係の構築等を実施する。

3) 復旧活動支援等への実利用システムの検討に関して、平成 23 年度より今まで研究成果を基に人工衛星を用いた広域洪水氾濫域・被害規模および水理量推定技術の一連のプロセスを作成し、早期被害の把握と緊急対策を支援する手順・手法をとりまとめ提案した。

変動予測革新プログラム、超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の变化予測に関する研究、平成 23 年度研究成果報告書革新報告書

- 4) A.Yorozuya, MD. S. Rahman, S. Egashira: Study on Mesoscale Bed Form in the Ganges Reach Dominated by Suspended Sediment, River Flow 2012 – River Flow 2012 . Murillo (Ed.) @ 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62129-8, pp. 837-843
- 5) JAXA航空研究開発機構、衛星利用運用センター、だいち防災 WEB. Online: <https://bousai.jaxa.jp/http://www.sapc.jaxa.jp/work/antidisaster/>
- 6) 文部科学省(MEXT) 地球観測に関する政府間会合(GEO : Group on Earth Observations) 全球地球観測システム
- 7) NASAアメリカ航空宇宙局, near real time global flood mapping. Online: <http://oas.gsfc.nasa.gov/floodmap/>
- 8) European Commission (EC) 欧州共同体 2004-2015 全地球的災害警報及び調整システム(Global Disaster Alert and Coordination System : GDACS) Online: <http://www.gdacs.org>

### 参考文献

- 1) A. Yorozuya, H. Kamimera, T. Okazumi, Y. Iwami, and Y. Kwak, Estimation of water surface elevation on inundated area using satellite data, Journal of Hydrology and Environment Research, © EnviroWater Sydney, 2014, Vol 2, No 1, pp.8-16.
- 2) 岩見洋一、萬矢敦啓、郭栄珠：人工衛星を用いた広域洪水氾濫域・被害規模および水理量推定技術の開発、国立研究開発法人 土木研究所、研究成果報告書、平成25年度 プロジェクト研究、防災・災害情報の効率的活用技術に関する研究  
<http://www.pwri.go.jp/jpn/results/prize/seika/project/2012/pdf/zyu-20.pdf>
- 3) 田中ら、(2012)文部科学省研究開発局 21 世紀 気候



## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ESTIMATING FLOOD AREA, VOLUME AND DAMAGE USING REMOTE SENSING DATA

**Budget :** Grants for operating expenses, General account

**Research Period :** FY 2011-2015

**Research Team :** Water related disaster research group

**Author :** Yoichi IWAMI

Atsuhiko YOROZUYA

Syuun KUDO

Youngjoo KWAK

**Abstract :** The International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) has been involved in the development of an accurate methodology to observe a broad inundation area or damage on flooded buildings by using remote sensing data. This research is aiming to facilitate emergency rescue activity in the developing countries. Additionally, this study is aiming to utilize estimation of flood volume (e.g. water depth, discharge amount) in the quantitative study on actual phenomena and characteristics of flood flow and verification of calculation of inundation simulation. In FY 2014, we worked on a fundamental study to develop measurement method of flood volume and to establish a utilizing system used for emergency rescue activity by using remote sensing technology.

**Key words:** Remote sensing, flood volume, emergency rescue activity