人工衛星データを用いた河川における氾濫解析の可能性に関する研究

北海道大学工学部土木工学科 学生員 岩崎具久 (Tomohisa Iwasaki) 株式会社パスコ 雫石雅美 (Masami Shizukuishi) 株式会社水工技研 石田義明 (Yoshiaki Ishida)

北海道大学工学研究科 正会員 清水康行 (Yasuyuki Shimizu)

1.目的

河川において氾濫シミュレーションを行う場合、氾濫シ ミュレーション対象地域の地形データが必要となる.しか しながら,地形データを収集するために行う測量作業は大 変多くの時間、労力および費用を必要とするため、国内の中 小河川や発展途上国の測量データが存在しない河川にお いて氾濫シミュレーションを行う場合には地形データの 入手が大きな問題となる.近年、人工衛星技術の発達により、 現地測量を行わなくても人工衛星データからある程度の 地形推測が可能であるこのことから人工衛星データのみ による洪水氾濫解析が可能であれば,時間,労力および費 用の省力化につながるばかりでなく、測量データを入手す ることが不可能な発展途上国における河川の氾濫解析も 可能となる.しかしながら、人工衛星データによる洪水氾 濫解析の事例はまだ少なく、その解析精度についても詳細 な検討がなされていない.そこで本研究では,測量データ1) に基づく地形および人工衛星データに基づく地形を用い た洪水氾濫解析を行い両者の解析精度を比較検討するこ とを目的とする.以下に北海道図(図-1)と本研究で対象と する沙流川の周辺図(図-2)を示す.



2. 使用データ

本研究では、スペースシャトルに搭載されている合成開 ロレーダーを用いたリモートセンシング技術により、地表 のレーダー画像を取得する装置 SRTM(Shuttle Rader Topography Mission)を用いて得られた緯度経度3秒メッ シュ標高データを公共座標100mメッシュ標高データに変 換し用いた.SRTMにはSIR-CおよびX-SARの2種類の観 測用アンテナが備えられている.観測用アンテナ各々の主 要諸元を以下に示す(表-1).

本研究ではSIR-Cによって取得されたデータ²⁾ (ftp://e0mss21u.ecs.nasa.gov/srtm/より入手)を使用した. ただし,観測データ中には欠落した部分があるため,欠落部 が補完されたデータを入手した.また,比較のために国土地 理院発行「数値地図 50mメッシュ(標高)」も用いた.

表-1 SIR-C/X-SAR 主要緒元

	SIR-C	X-SAR
	5.3GHz	9.6GHz
	5.8cm	3.1cm
水平方向	30m	30m
垂直方向	16m	16m
	233km	233km
	225km	50km
	水平方向 垂直方向	SIR-C 5.3GHz 5.8cm 水平方向 30m 垂直方向 16m 233km 225km

3.計算方法

計算は二次元非定常流,非圧縮流れの連続式および運動方 程式をもとに行う.

連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (uh)}{\partial x} + \frac{\partial (vh)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$
運動方程式

$$\frac{\partial (uh)}{\partial t} + \frac{\partial (u^2h)}{\partial x} + \frac{\partial (uvh)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[v_t \frac{\partial (uh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t \frac{\partial (uh)}{\partial y} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial (vh)}{\partial t} + \frac{\partial (uvh)}{\partial x} + \frac{\partial (v^2h)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_y}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[v_t \frac{\partial (vh)}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t \frac{\partial (vh)}{\partial y} \right] \quad (3)$$

ここで, x, y は格子座標, u, v は x, y方向水深平均流速, t は時間, ρ は水の密度, h は水深, H は水位を表す.

また,渦動粘性係数は

$$\upsilon_{t} = \frac{1}{6} \kappa u_{*} h \tag{4}$$

である.ここで _x, _vは *x*, *y* 方向の河床せん断力で

$$\tau_{y} = \frac{\rho g n_{m}^{2} u \sqrt{u^{2} + v^{2}}}{h^{\frac{1}{3}}}$$
(5)

$$\tau_{y} = \frac{\rho g n_{m}^{2} v \sqrt{u^{2} + v^{2}}}{h^{\frac{1}{3}}}$$
(6)

で表される.

以上の式を一般座標に変換した式を用いて計算を行う.

4. 境界条件

境界条件として上流端に流量(図-3)下流端に水位(図-4) を与えた.

本研究では 2003 年 8 月 9 日 18 時から 8 月 10 日 18 時まで の 24 時間を対象に氾濫シミュレーションを行った.流量は最 大で 5269.23m³,水位は最大で 21.73mである.対象範囲は沙流 川 10.2kpから 13.4kpである.







5.計算条件

岩田ら³⁾の研究結果をもとに粗度係数n=0.040 を与えた.計算は時間刻み t=0.05 で 24 時間行った.

6.河道を仮定しない場合の計算結果の比較

測量データと人工衛星標高データの比較のために補完 した衛星標高データを用いて氾濫計算を行い,水位が最 大となった時の氾濫の様子を比較した.流速ベクトル図, 水深コンター図および水位コンター図を以下に示す(図 -5,図-6,図-7,図-8,図-9,図-10,図-11,図-12,図-13).特 に高水敷部分(図赤丸部分)での氾濫の拡がり方に大きな 差が見られた.氾濫域の大きさに関しては,左岸が山で右 岸が堤防となっているため氾濫域の拡がりがある程度制 約され,河川が自由に氾濫できる状況ではなかったもの の,比較的近い結果が得られた.

流速および水深に関しては 50mメッシュデータと測 量データの洪水氾濫シミュレーション結果を比較すると 河道部分では比較的近い結果が得られたが,高水敷部分 では測量データに基づくシミュレーション結果よりも 50m メッシュデータに基づくシミュレーション結果の方 が大きい値を示す結果となった.100m メッシュデータに 関しては河道の位置はしっかり確認できるものの水深は 測量データに基づく洪水氾濫シミュレーション結果より も大きな値を示す傾向が強い結果となった.

水位は,測量データを用いた場合で 19m から 25m,50m メッシュデータを用いた場合で24mから26m,100mメッシ ュデータを用いた場合で19m から24mの範囲内で分布し た.水位コンター図を比較すると 50m メッシュデー タ,100m メッシュデータともに測量データに基づく水位 よりも高い水位を示した. 流向→→



図-5 測量データによる氾濫



図-6 50m メッシュデータによる氾濫



図-7 100m メッシュデータによる氾濫



図-8 測量データによる水深コンター図



図-9 50m メッシュによる水深コンター図



図-10 100m メッシュデータによる水位コンター図



図-11 測量データによる水深コンター図



図-13 100m メッシュデータによる水位コンター図

7.河道を仮定した場合の計算結果の比較

次に,人工衛星から観測できない河床を仮定するため に,河道と思われる部分の人工衛星標高データを下げる ことで河道を仮定し,計算を行った.流速ベクトル図お よび水深コンター図を以下に示す(図-14,図-15,図-16, 図-17,図-18,図-19).

今回の仮定では河道の標高値を 3m下げた.この仮定 では河床が長方形断面であると仮定した.このとき河道 の位置はそれぞれの人工衛星観測結果から読み取った. 河道仮定前の氾濫の拡がり方に比べ,氾濫域を全体的に 見渡した場合,河道仮定後は氾濫が拡がる方向および拡 がる速度が測量データに基づく氾濫シミュレーション の結果にある程度近づく結果となった.

水深に関しては河道を仮定して河道の標高値を下げることで,氾濫域は小さくなった.しかしながら,測量デ ータに基づく水深に近づく結果とはならなかった.

水位に関しては,50m メッシュデータを用いた場合で 21mから23m,100mメッシュデータを用いた場合で17mか ら23mの範囲内での分布となった.河道仮定前の方が,河 道仮定後よりも測量データに基づく水位コンター図に 近い結果であった.



図-14 50m メッシュで河道を仮定したもの

流向 ──●

図-15 100m メッシュで河道を仮定したもの



図-16 50m メッシュで河道を仮定した水深コンター図



図-17 100m メッシュで河道を仮定した水深コンター図



図-18 50m メッシュで河道を仮定した水位コンター図



図-19 100m メッシュで河道を仮定した水位コンンター図

8.まとめ

本研究で,人工衛星からの観測結果による地形デー タを用いた河川における洪水氾濫シミュレーションが どの程度可能であるか検証することができた.本研究 では,人工衛星データのみを用いて河川における氾濫 シミュレーションを行ったが,測量データと人工衛星 観測データの両方を上手く組み合わせることで,人工 衛星測量データのみを用いた洪水氾濫シミュレーショ ンよりも精度の高いシミュレーション結果を得ること ができると考えられる.

また,測量データおよび人工衛星観測結果を組み合わせて用いることにより,解析対象地域において必要な地形データを全て測量により求めるよりも経済的で効率的な洪水氾濫シミュレーションが可能になると考えられる.

さらに,人工衛星観測機器の観測性能の向上も考慮 すると将来的にはより高精度な人工衛星観測結果を用 いた洪水氾濫シミュレーションが可能となるだろう.

国外の大河川は本研究で対象とした沙流川のように 谷地形になっておらず,氾濫が自由に拡がることので きる地形であることが多いと考えられるので,氾濫が 自由に拡がり得る地形条件下でも同様の比較を行い氾 濫域がどの程度一致するか比較検討してみる必要があ る.

参考資料

- 1) 測量データ (株)水工技研
- 2) 上記 hp より入手 2000 年 2 月観測
- 3) 岩田圭介,清水康行:沙流川の氾濫シミュレーション,土木学会北海道支部論文報告集第61号, -22,2004