

長岡技術科学大学公開シンポジウム

7.13新潟豪雨災害の調査分析-復興に向けて-

刈谷田川の洪水特性と氾濫シミュレーション

長岡技術科学大学 助教授 細山田得三

新潟県中之島町破堤点付近 刈谷田川

日本海

信濃川の上流・中流の水は、
すべて大河津分水路から日本
海へ直行

新潟市へ

五十嵐川・刈谷田川の水は、大河津分水路
よりも下流で信濃川と合流するので新潟市
へ向かう！

中之口川

信濃川水系 五十嵐川・刈谷田川流域概要図

大河津
分水路

三条市

五十嵐川

中之島町

見附市

刈谷田川

信濃川

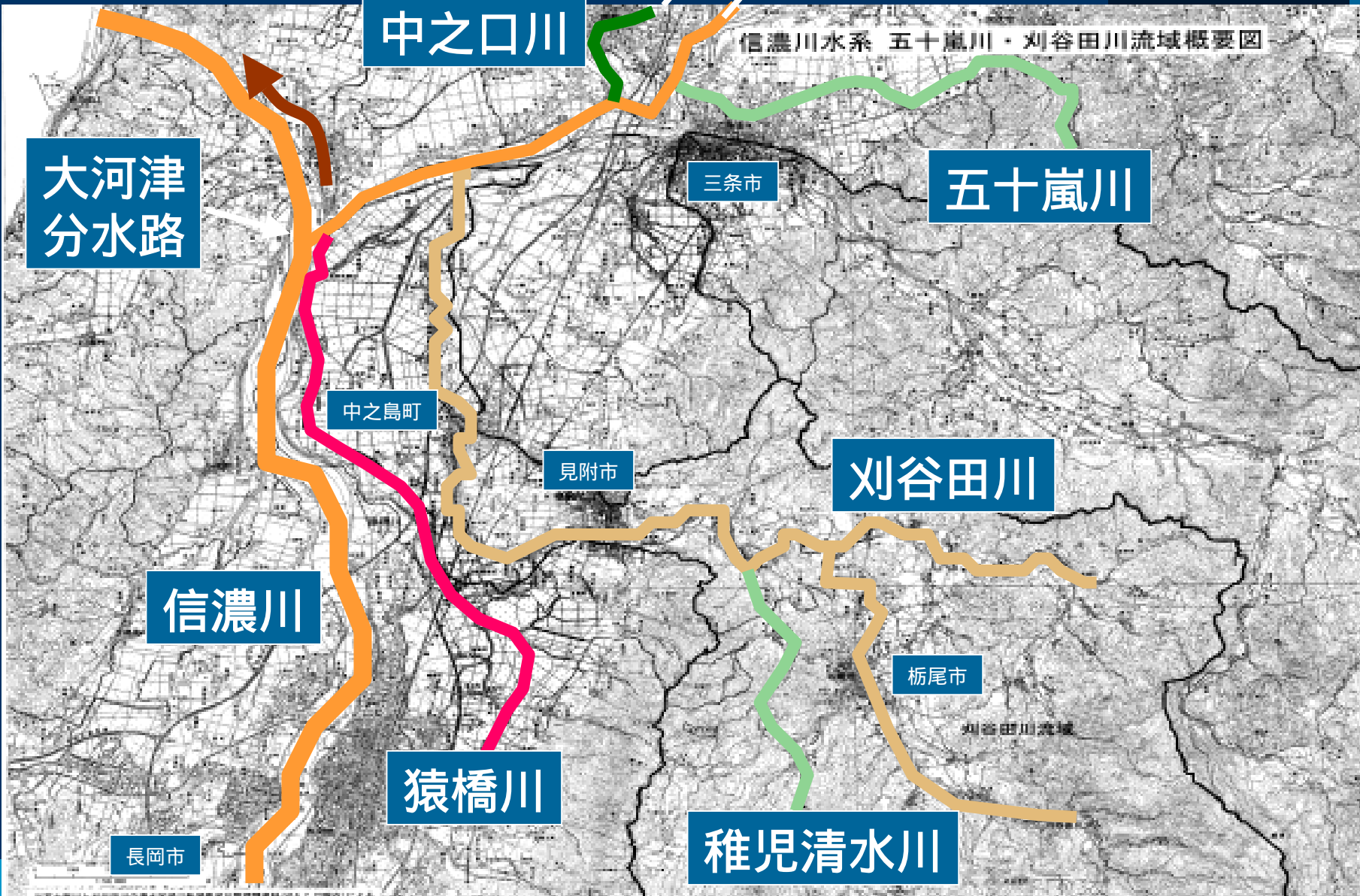
栃尾市

刈谷田川流域

猿橋川

長岡市

稚児清水川



中之島町破堤点



中之島・見附市
刈谷田川
多くの破堤点 死者3名



見附市明晶町



中之島町



見附市明晶町

稚児清水川



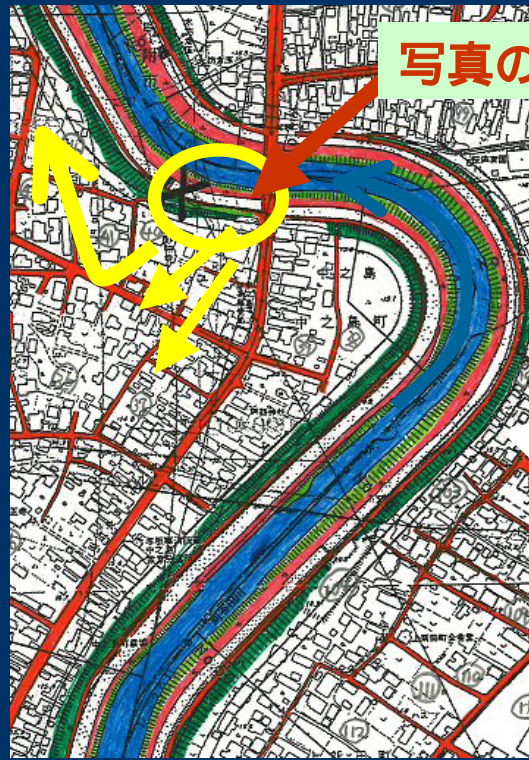
中之島町



長岡市



刈谷田ダム



中之島町
刈谷田川

写真の向き

上流に多くの
破堤点あり。



6日後



破堤の凄まじさを物語る

洪水とは、大雨が降ってそれが川に流れ込んで流れ切れなかった水が堤防を越えて市街地に流れ出す現象。
その基礎的な仕組みは分かりやすいが、洪水の全体像を定量的に把握することは実は難しい。その理由：

空間的な広がり(数十キロ)
目に見えない(地中の現象)
精度よい観測が難しい(昔の洪水の冠水高)



洪水の全体を把握することは、洪水対策に不可欠です。
EX. 洪水ハザードマップの作成など

洪水全体を実感することは困難である。そこで、
数値シミュレーションによる洪水の再現

実体概念 偏微分方程式

被災を体験することとは意味が異なります。

数値シミュレーションとは、微分方程式に境界条件と初期条件を与えてコンピュータを使ってその答えを数値としてはじき出すことです。

我々の住んでいる空間は4次元空間です。(空間3次元と時間)

川: 1本の線と時間 (空間1次元と時間)

1次元計算

町: 平面的な広がり (空間2次元と時間)

2次元計算

実際の世界: 立体的な広がりと時間(空間3次元と時間)

3次元計算

すべて3次元で計算することも可能ではありますが、ものすごい時間を要する。従って、慣用的に

洪水波の伝播については1次元計算

刈谷田川の洪水波伝播

洪水氾濫については2次元計算

中之島町の破堤氾濫

を行う。

他の研究分野との関連

気象の数値計算(降雨)

水文モデル

河道の流れ

氾濫

下水道

人間の行動

基礎方程式 物理的な意味との対応が明確

水位上昇

水が流れ込む

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q^*$$

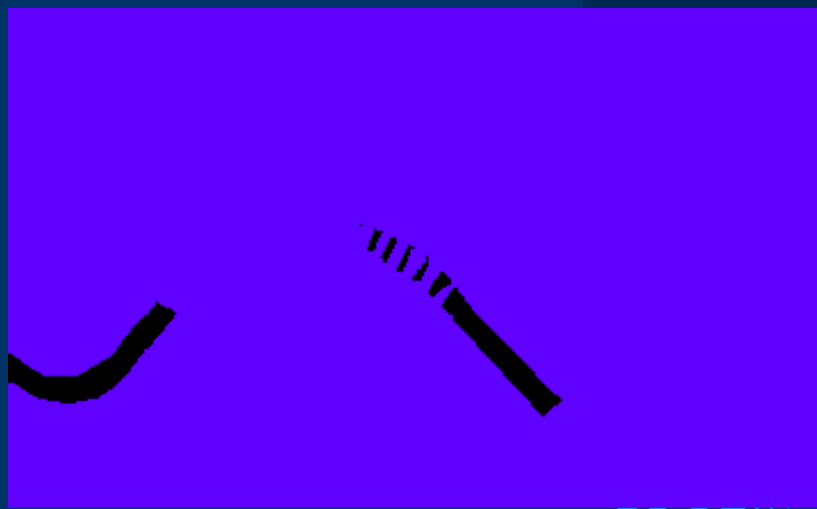
← 流れによって水位が上昇することを記述している

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gn^2 v |v|}{R^{4/3}} - c' \frac{q^* v}{gA}$$

← 流れの速さを記述する式

水が低い方に流れる

水にブレーキをかける

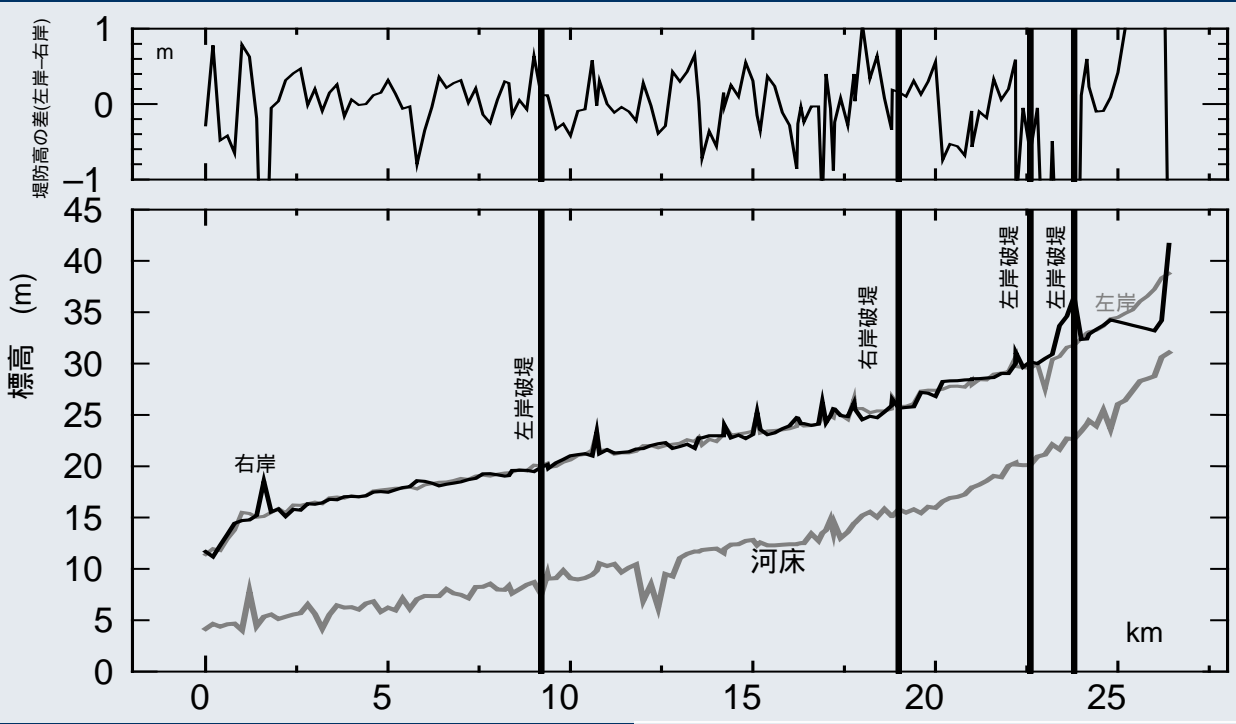


物理現象と計算結果について高い自由度が得られている。

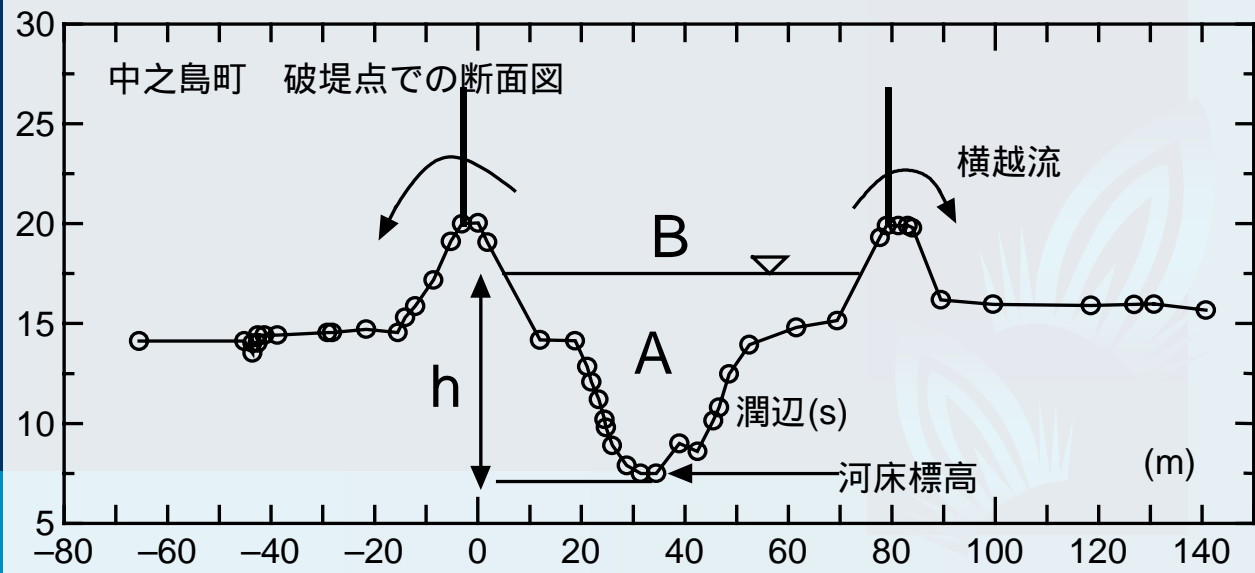
長岡市柿川での氾濫計算(2次元)

計算のための諸条件の設定(地盤標高, 初期条件と境界条件)

刈谷田川の左右岸堤防標高差と縦断図縦線(氾濫地点)



中之島町破堤点の
刈谷田川断面情報(例)
水深 h が決まると B, s, A が求まり
ついで径深 R が計算される. 刈
谷田川では149断面計測されて
いる



断面計測区間と水位観測点

赤字: 水位計測正常

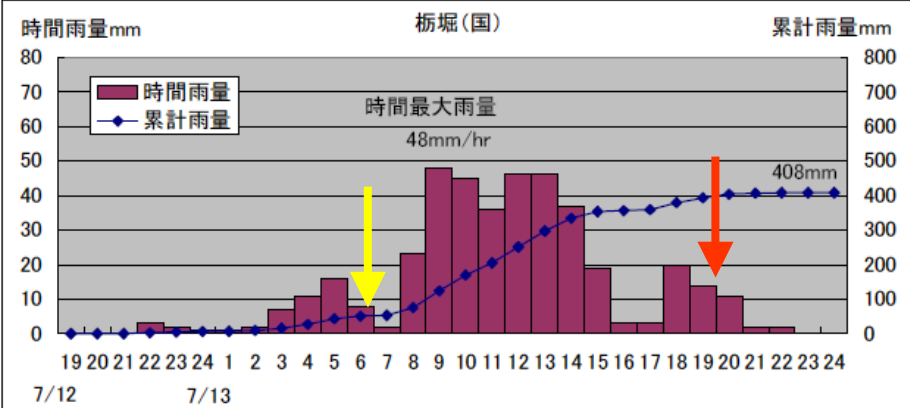
青地: 水位計測欠測

右の図によると、断面計測が行われた区間のうち、水位が観測された点の最上流端は、見附(国)となる。従って、下流端 尾崎(国)と上流端(見附)の間で1次元計算を行うこととした。

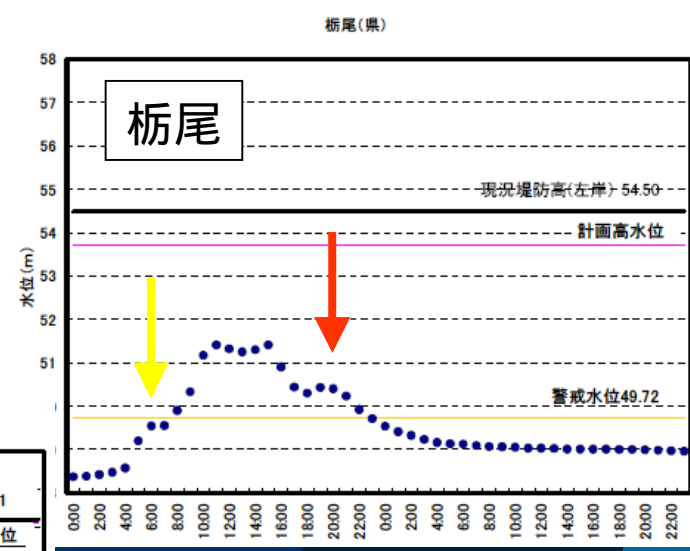
希望: 栃尾水位観測点までの断面データがあれば有り難い。



刈谷田川の水位観測点と破堤点の分布

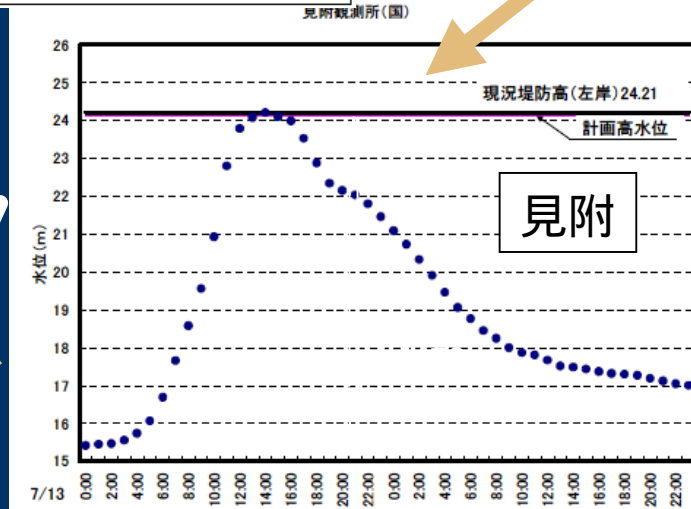


波形の対応

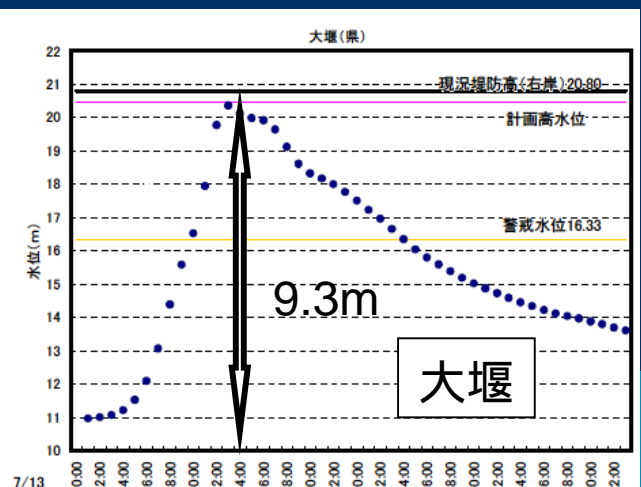


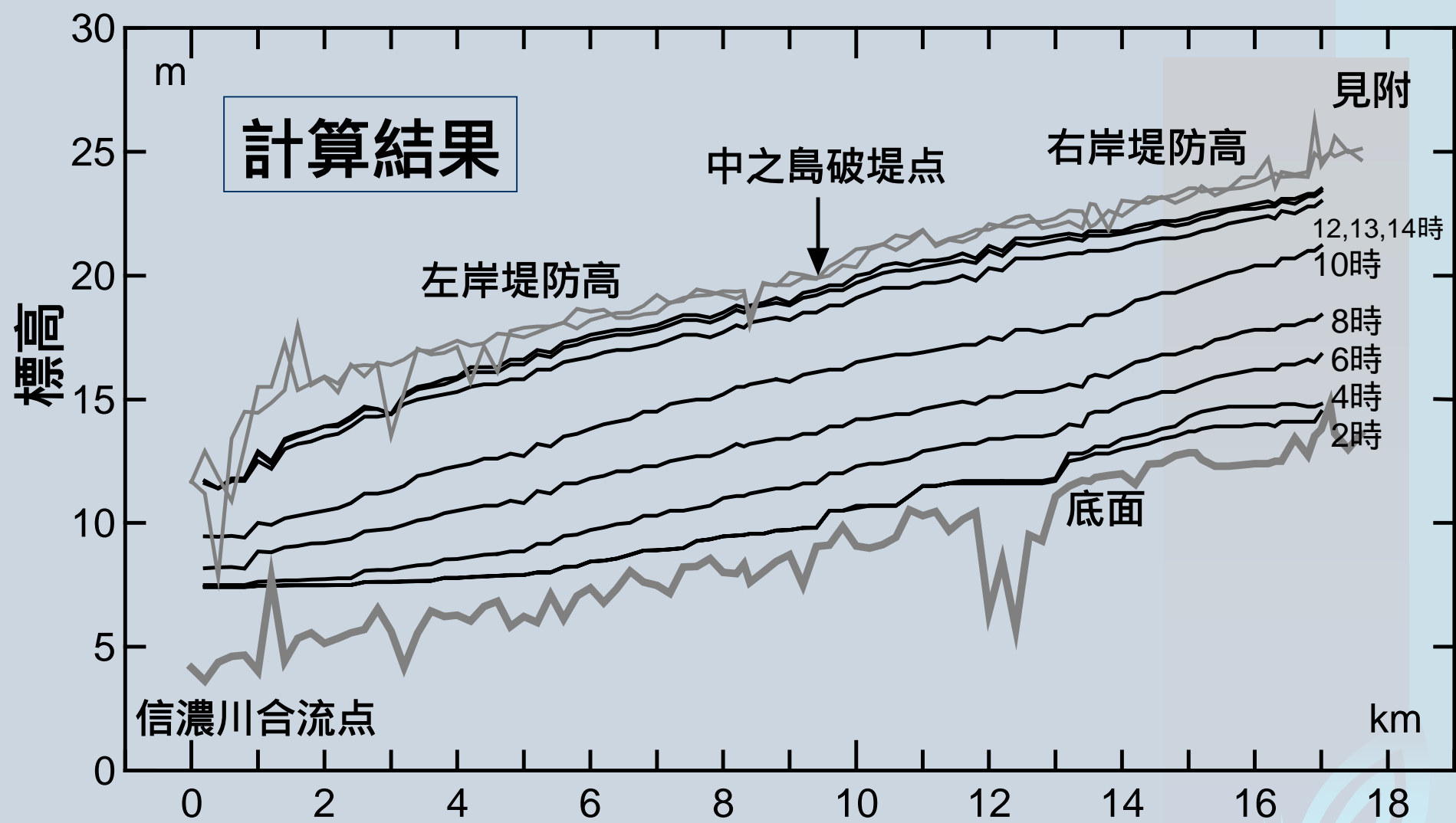
刈谷田川のハイドロ

数値計算の
対象区間



流域図

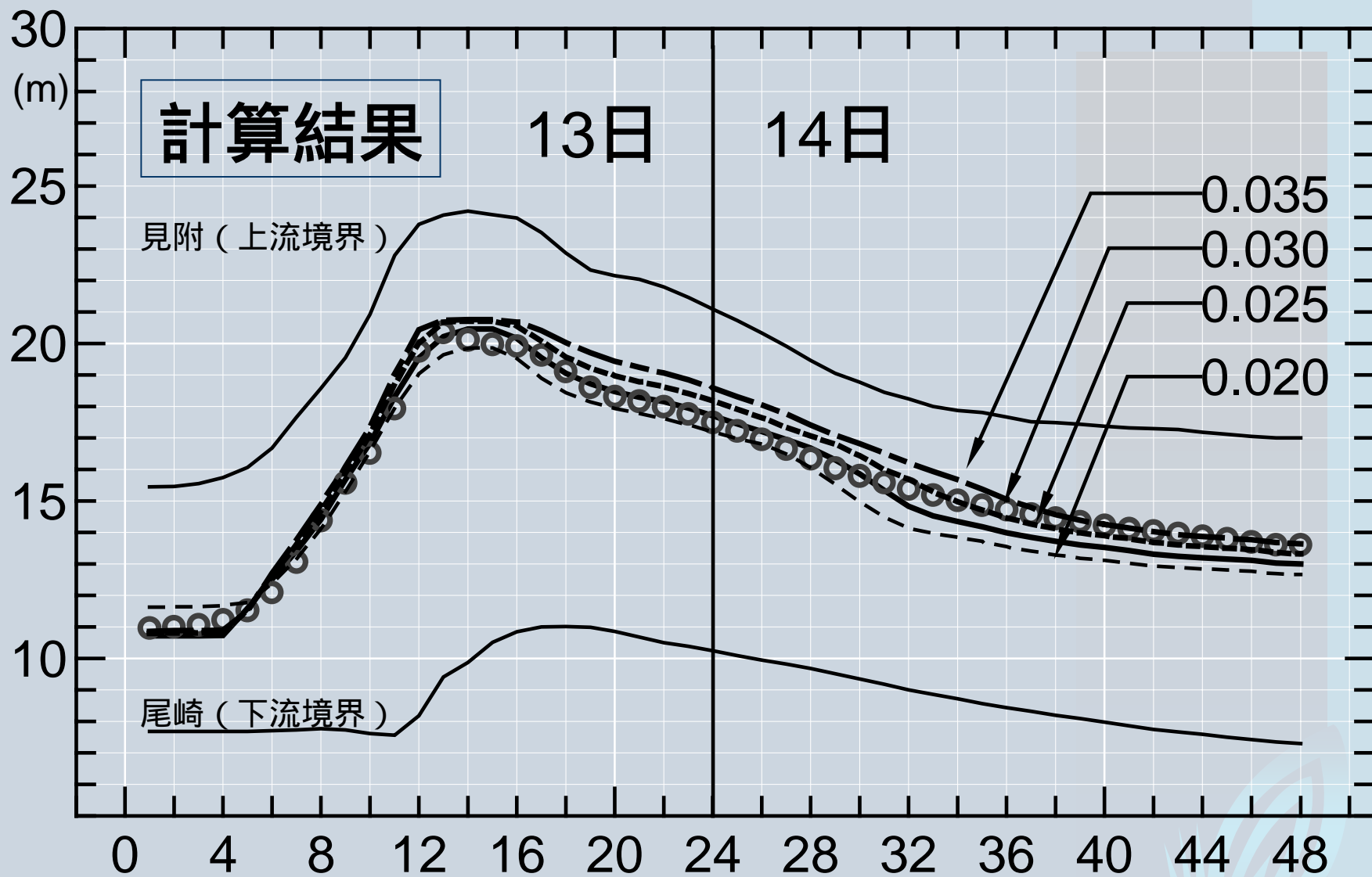




見附より下流の刈谷田川の水位分布の時間変化
 (7月13日零時より12時間を3時間ごとに表示)



水位



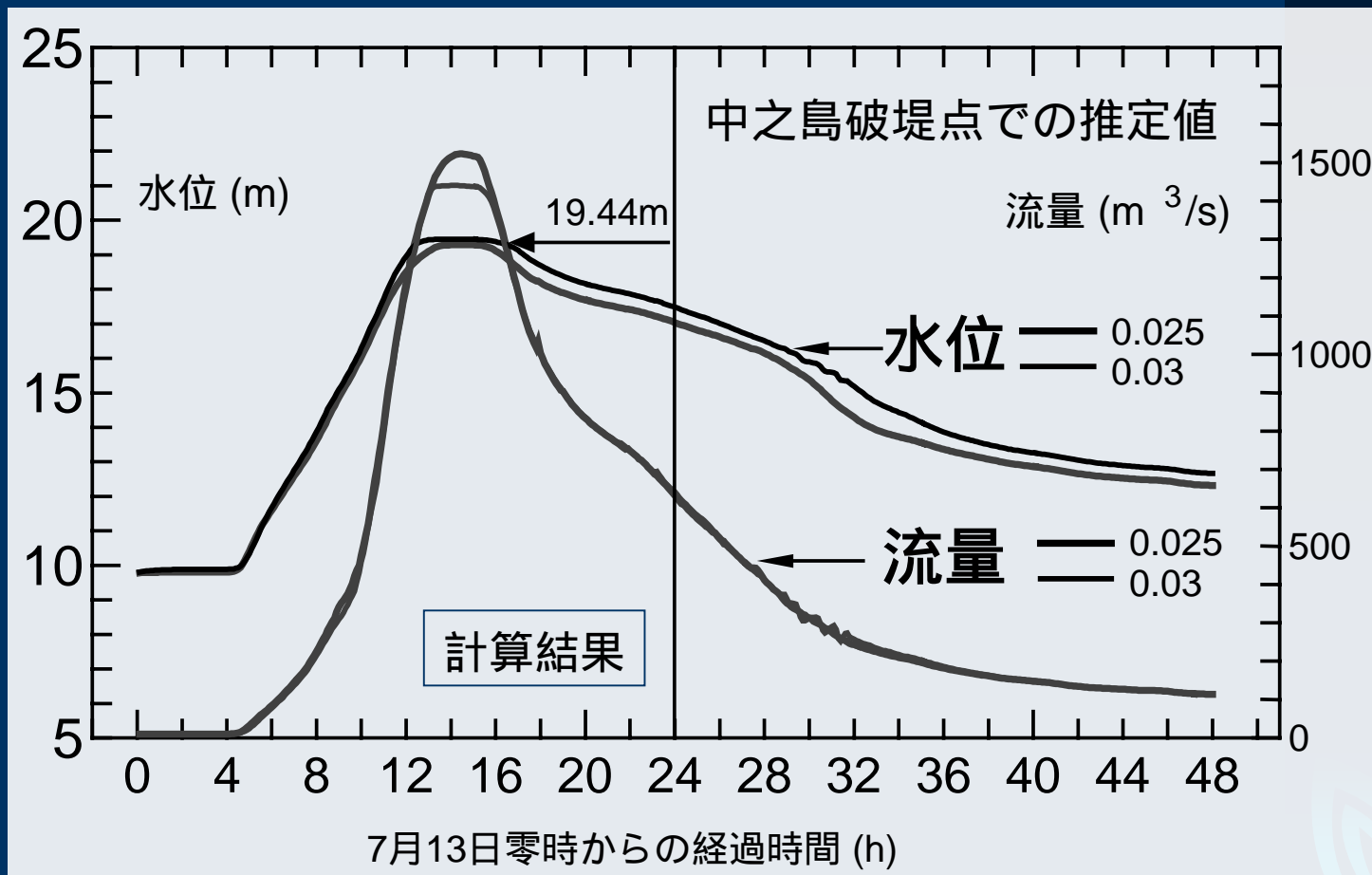
7月13日零時からの経過時間 (h)

大堰における水位時系列の実測()との比較
(見附, 尾崎の水位観測値含む)



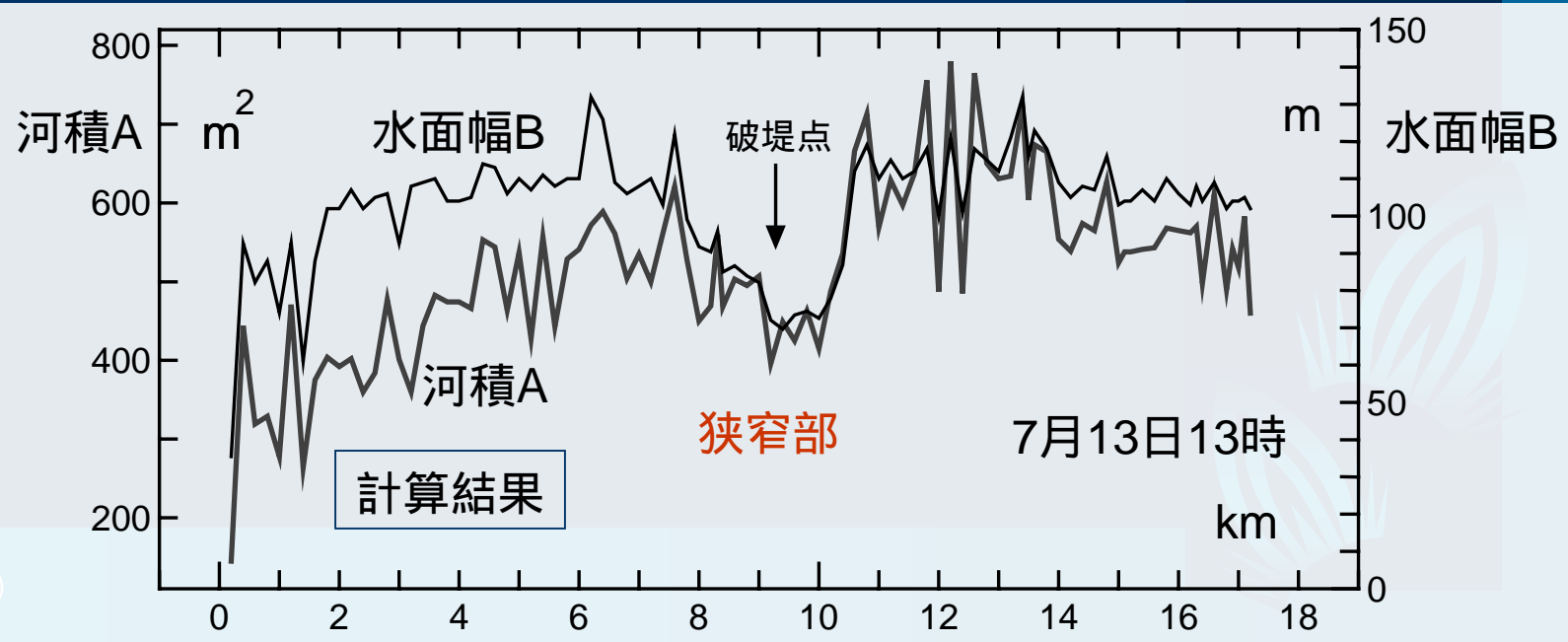
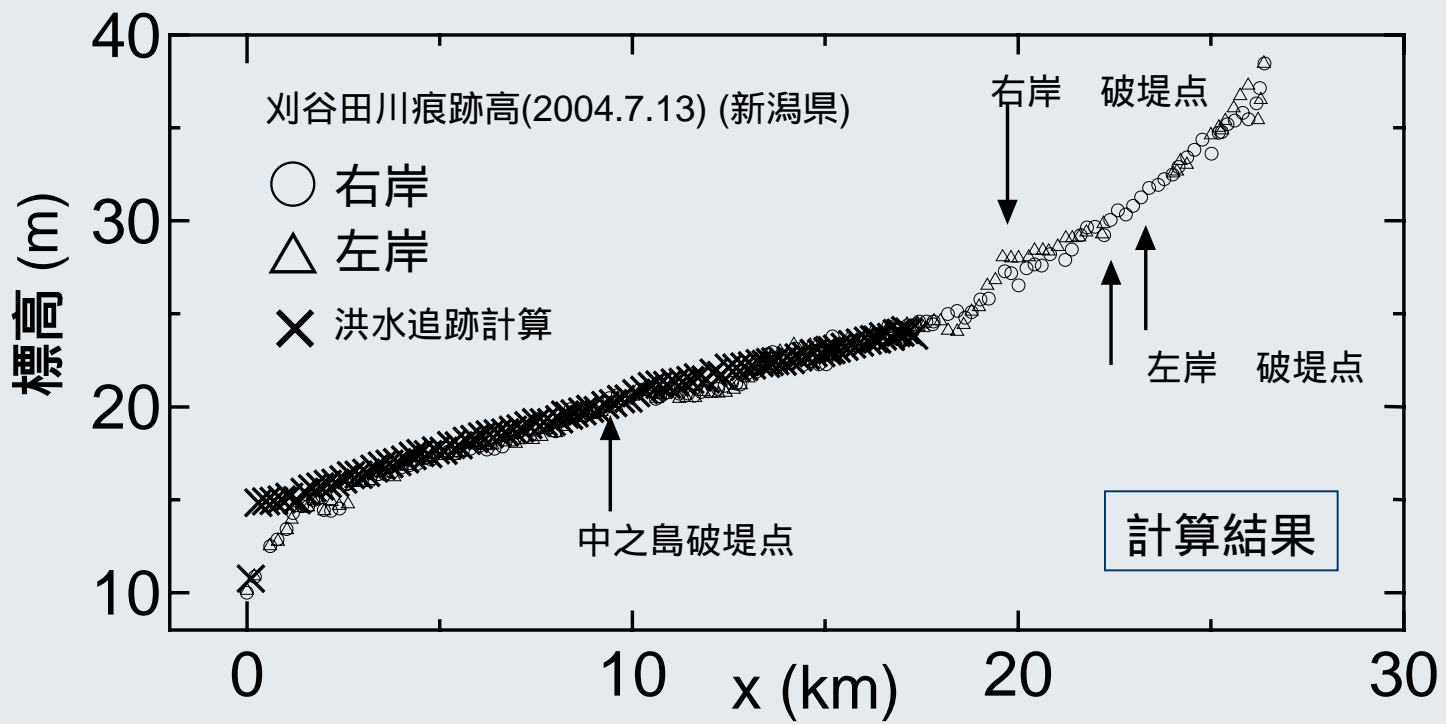
計算による流量，水位のピーク値および時刻

マンニング粗度係数	ピーク流量	ピーク水位	ピーク時刻 (流量)	ピーク時刻(水位)
$n = 0.025$	1523m ³ /s	19.30m	14時24分	14時12 ~ 30分
$n = 0.030$	1440m ³ /s	19.44m	14時12分	14時6 ~ 18分



中之島町破堤点での水位と流量のハイドログラフ
マンニングの粗度係数 $n=0.025, 0.03$ の2ケース

実測と洪水追跡計算による
刈谷田川の洪水痕跡高
計算では最高水位を痕跡高と
している。



河積(A)と川幅(B)
の縦断分布
(計算結果)
13日13時(破堤の直後)

新潟日報



残留している護岸に衝突し、乗り越える流れ

破壊した部分から支配断面を経て流出する流れ

刈谷田川の堤防が決壊し冠水した住宅地 = 13日午後6時11分、中之島町で共同通信へリ、出典：新潟県中部7.13水害，新潟日報

平面2次元での氾濫解析

目的

河道内部から氾濫して市街地に広がる洪水流の運動を調べる。
氾濫してからどのように水が押し寄せてくるか、どこに逃げるべきか。
どのくらいの速さで流れるか、どのくらいの力が住宅に作用するか。
樹木などによる洪水軽減効果の評価
洪水の擬似体験

展望

早期警戒体制、水防活動への補助情報
水位センサーと連動して実際の洪水より先に氾濫水の挙動を予測

問題

膨大な土地情報を予め取得しておく必要がある。 レーザプロファイラー技術の進歩
計算機への負荷

ハザードマップ
の高度化





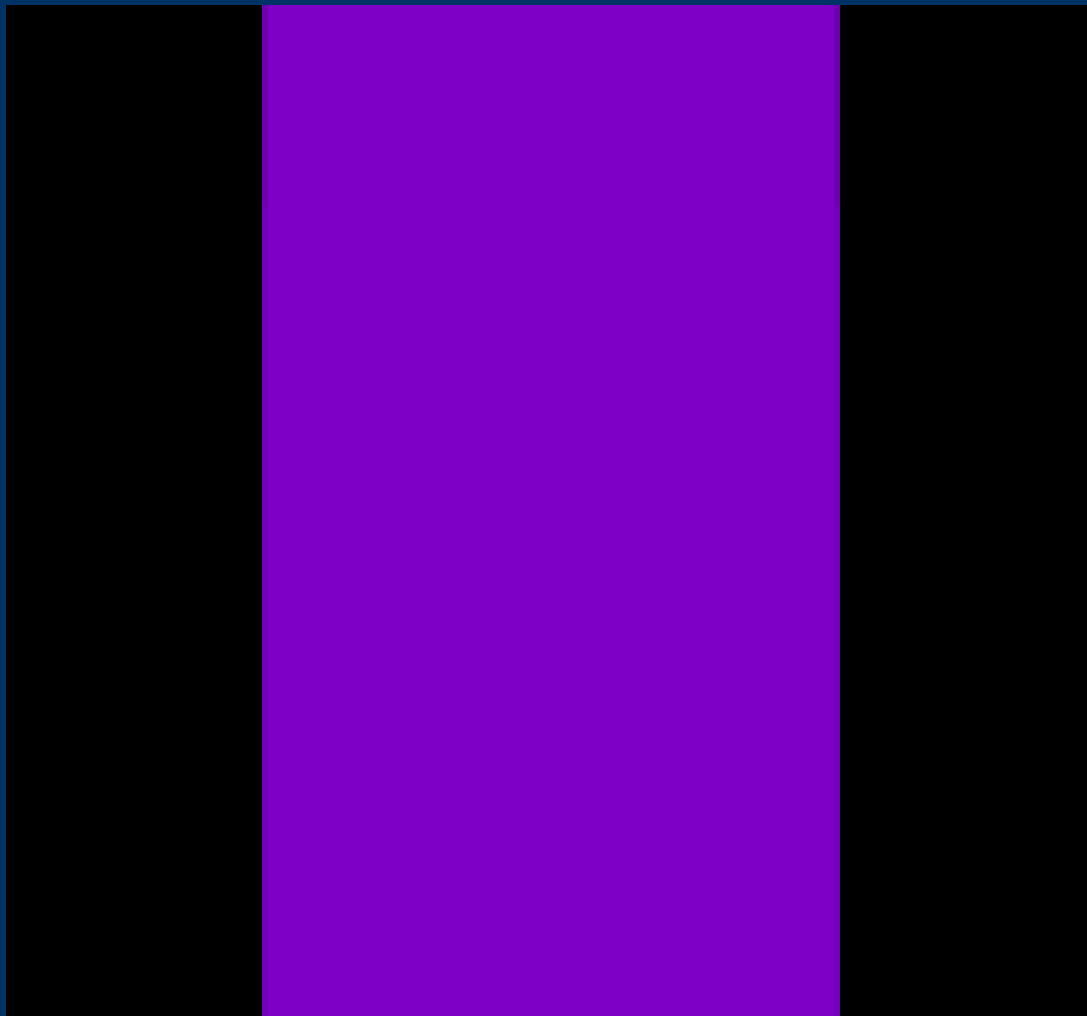
家屋に作用する流体力

家屋のタイプによる被災
状況を調査すべきであった。



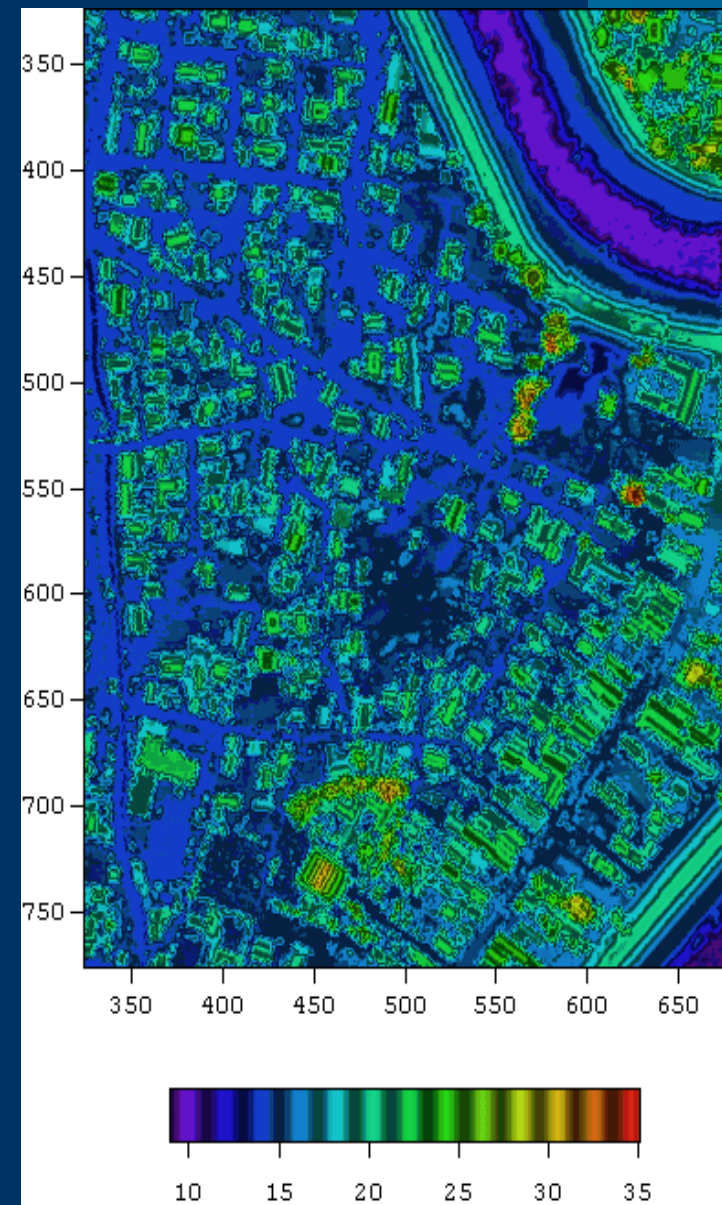
中之島町大沼新田



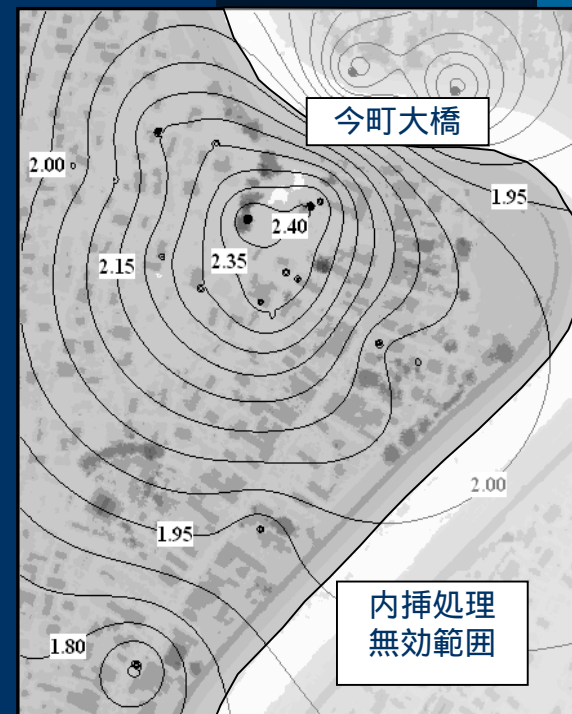
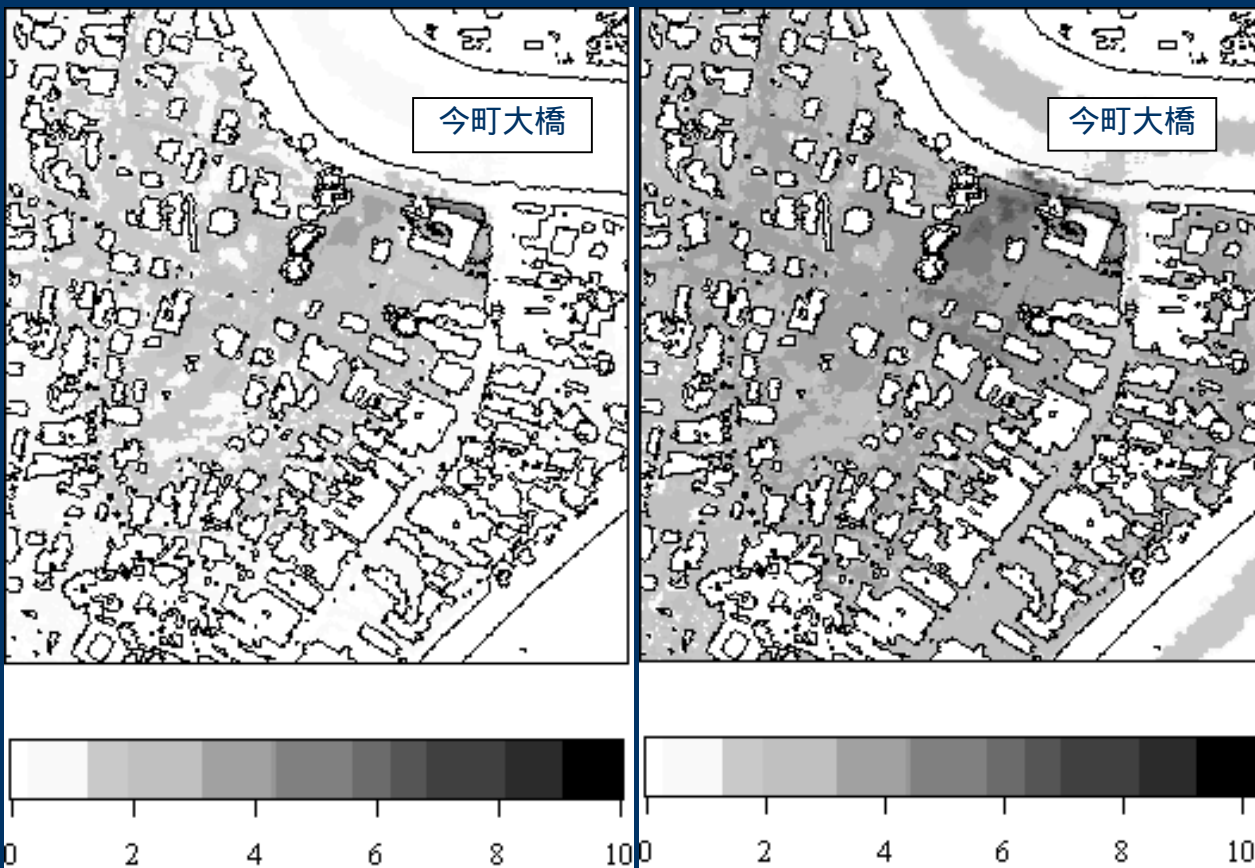


中之島町破堤後の氾濫水の挙動

詳細な地形データを入れて、どこまで
現実に近づけるかが課題



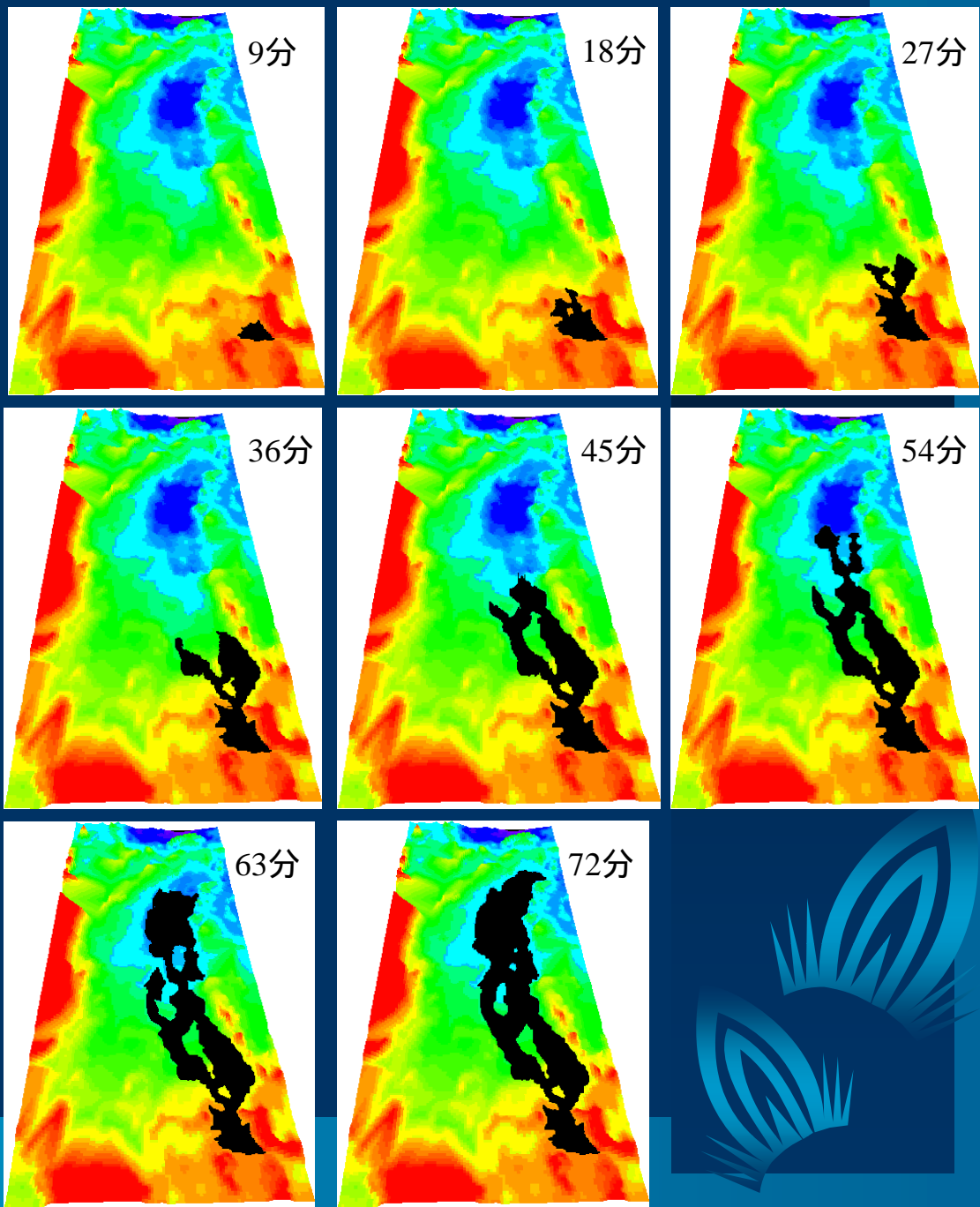
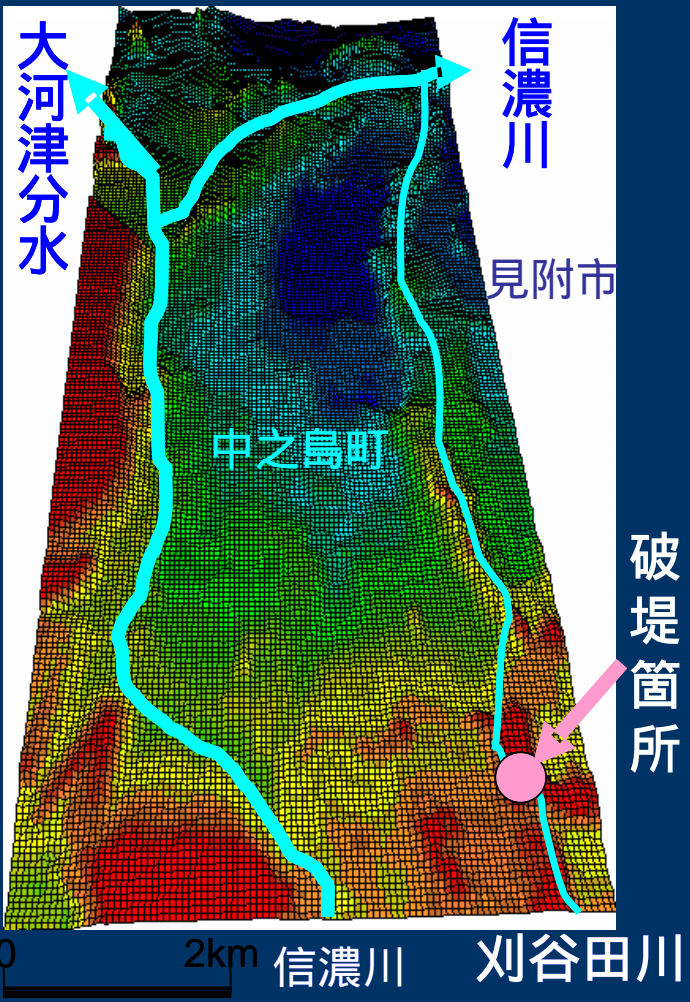
土地の標高データ
家屋の屋根の高さを標高と見ている



計算による最大水位分布 (m)
 (左:破堤流量 $99\text{m}^3/\text{s}$ 、右:破堤流量 $495\text{m}^3/\text{s}$)
 図のサイズ 縦:451m、横:351m

秋田大学松富らの現地測量に基づく内挿された痕跡水位分布 (m)
 縦:594m、横:515m





自然堤防が散見される。

大領域の計算結果
 調査団員犬飼直之助手により、
 ADI法によって計算



まとめ

- 数値計算は洪水全体を把握するために必要不可欠な道具である。
- しかし、そのために必要な諸条件の設定の精度を高めていく必要がある。
- 近未来の洪水対策：数値シミュレーションが現実の水害よりも先回りする技術を構築していきたい。

