



文部科学省「21世紀気候変動予測革新プログラム」
2008.1.18



**C-09: 気候変動に伴う
全球および特定脆弱地域への
洪水リスク影響と減災対策の評価**

研究代表: 竹内邦良

**深見和彦、吉谷純一、田中茂信、猪股広典、時岡利和、
Prasanth Hapuarachchi、Rabindra Osti**

独立行政法人土木研究所

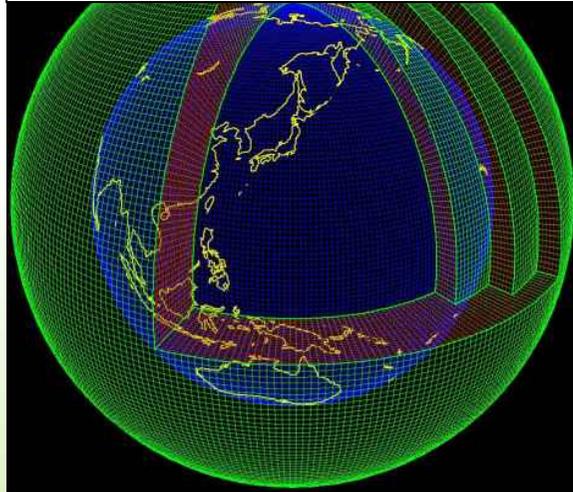
水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM)

気候変動に伴う全球および特定脆弱地域への洪水リスク影響と減災対策の評価

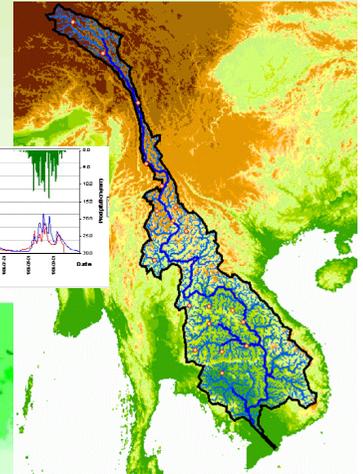
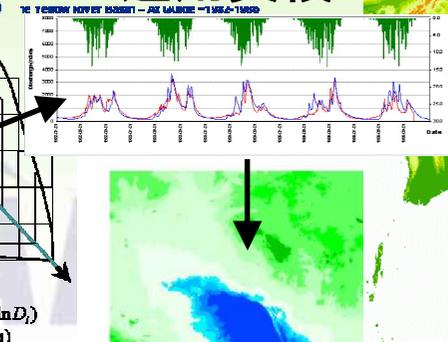
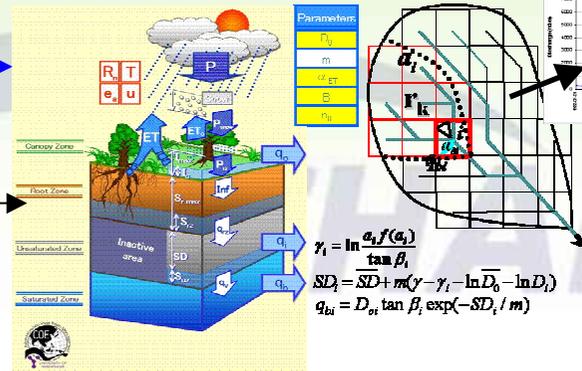
BTOPMC世界各地への適用実績

主要陸地
10-40kmメッシュ河道網図

気象研 全球
20kmメッシュ予測モデル



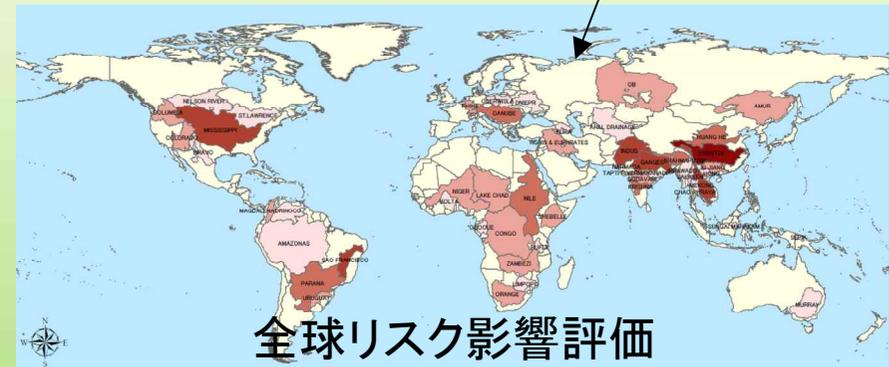
Block-wise use of TOPMODEL with
Muskingum-Cunge method (BTOPMC)



(洪水シミュレーション+過去の氾濫事例)から流出・氾濫関係を特定

比較を通じた不確実性評価

東京大学気候システム研究センター
大気海洋結合モデル全球地表面30キロメッシュデータ(現況+近未来)



全体研究目標・計画

気象研究所の20キロメッシュAGCMのシミュレーション結果を用いて、**全球**ならびに**特定脆弱地域**を対象に、気候変動が洪水リスクへ与える影響を評価し、必要な対策シナリオを提案する。

- **全球10～40kmメッシュ**河川網図上での、現状から近未来、21世紀末の変化を評価する。
- **特定脆弱地域1kmメッシュ**での、現状から近未来の変化を評価する。
- **全球の豪雨増加域**を、東京大学気候研究センターの大気海洋結合モデルの出力とも比較し、不確定性の規模を評価する。
- **洪水リスク評価**は、現在と将来の計算値に対する水文モデルを用い、洪水流出変化、流域の災害脆弱性、対策の指標を開発し評価する。
- **必要な対策**は、近未来を対象に、増加リスクの回避軽減に必要な対策シナリオとコストを、構造物対応と共生型対応で概算する。
- **共生型対応シナリオ**を推進するために必要な洪水脆弱域の対策に関する**能力開発手法**の研究も行う。

なお、洪水災害記録の収集、解析ならびに能力開発研究は、UNESCO,WMO,ISDR等国連機関が推進する国際洪水イニシアティブ(IFI)ネットワークの協力の下に進める。

平成19年度研究計画

サブテーマ(1)

世界の洪水リスク変化予測と対策シナリオに関する研究

- 全球10-40kmメッシュでの河道網の作成 時岡 ★ HydroSHEDS, WWF
- GCM予測降雨と現実降雨の対応関係の特定 猪股 ★ 3 sec; GDBD, NIES
- 洪水流出解析モデル(BTOPMCモデル)の改良 Hapu ★ Mekong
- 洪水リスクの評価手法の検討 時岡 ★
- 対策シナリオの構築・費用の評価手法の検討 ★ $R=H \times V \times E / C$

サブテーマ(2)

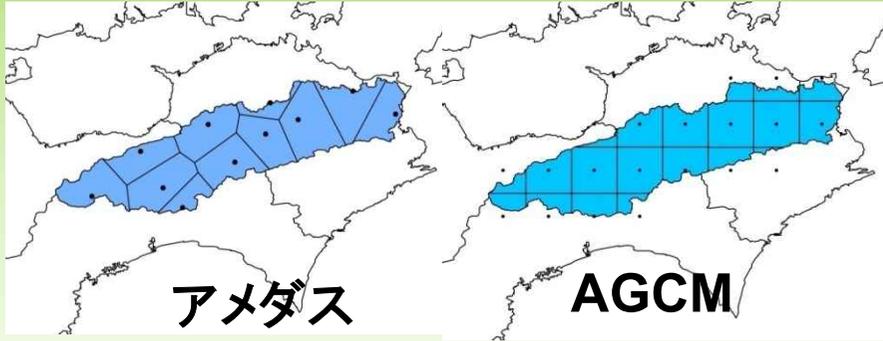
特定脆弱地域の洪水リスク変化予測と対策シナリオに関する研究

- 特定脆弱地域の選定・協定締結 (+能力開発) Osti ★ Banke Basin, Nepal
- 現地調査 Osti ★ 19 & 21 Sep 2007
Stake-holders meetings

AGCM降雨と 地上観測降雨の対応

(猪股広典)

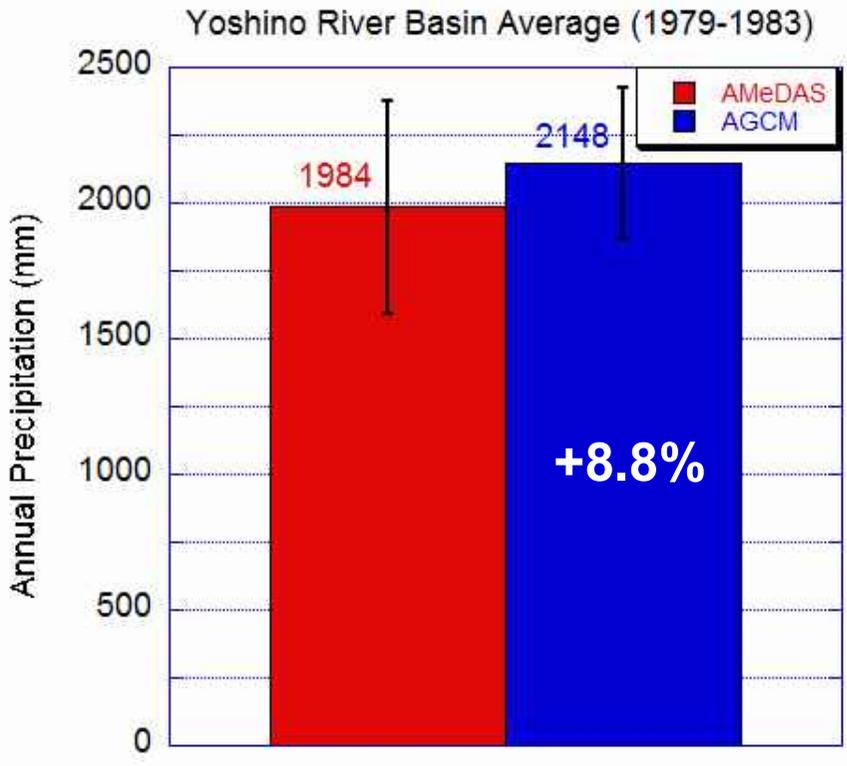
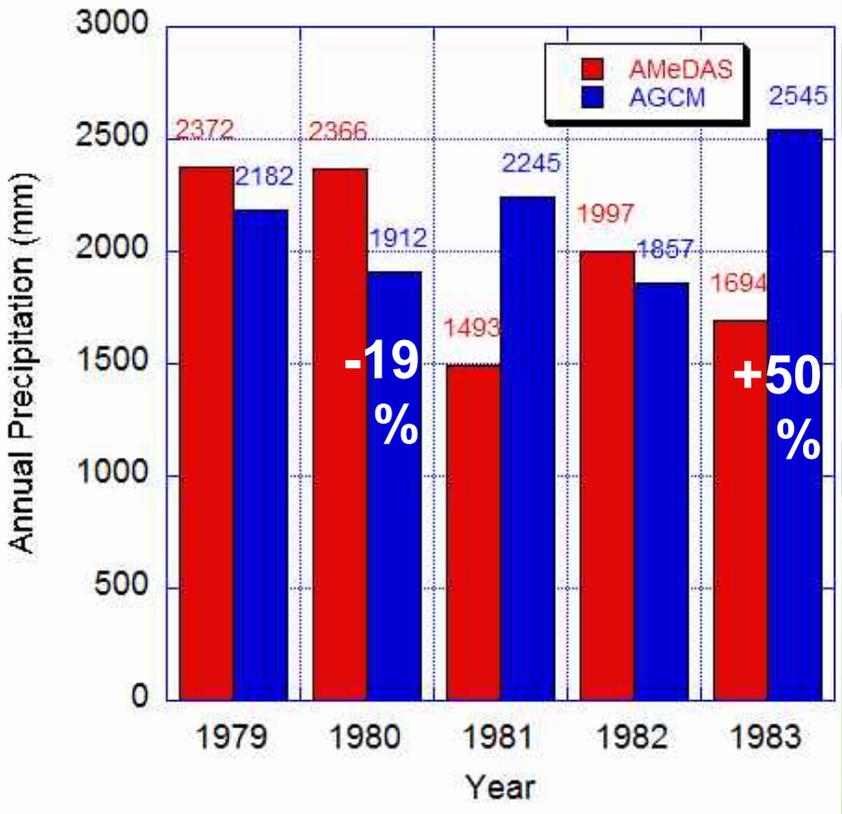
- 対応づけの方式の検討
- 吉野川流域とメコン流域に関し
 - 1979年1月-1983年12月について検討 (1978年5月
~1988年12月のうち)
- 全球的検討のため地上降雨量データを準備中

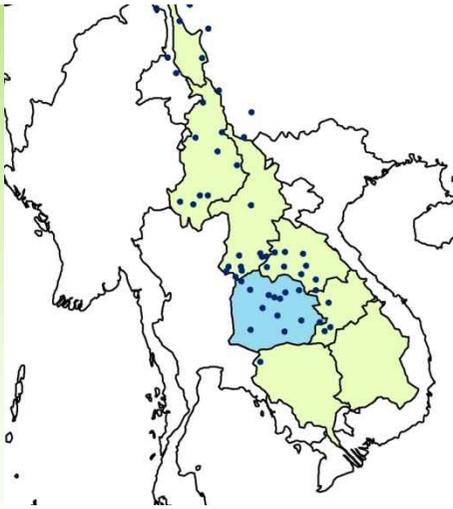


吉野川流域(3750 km²)
年雨量の比較

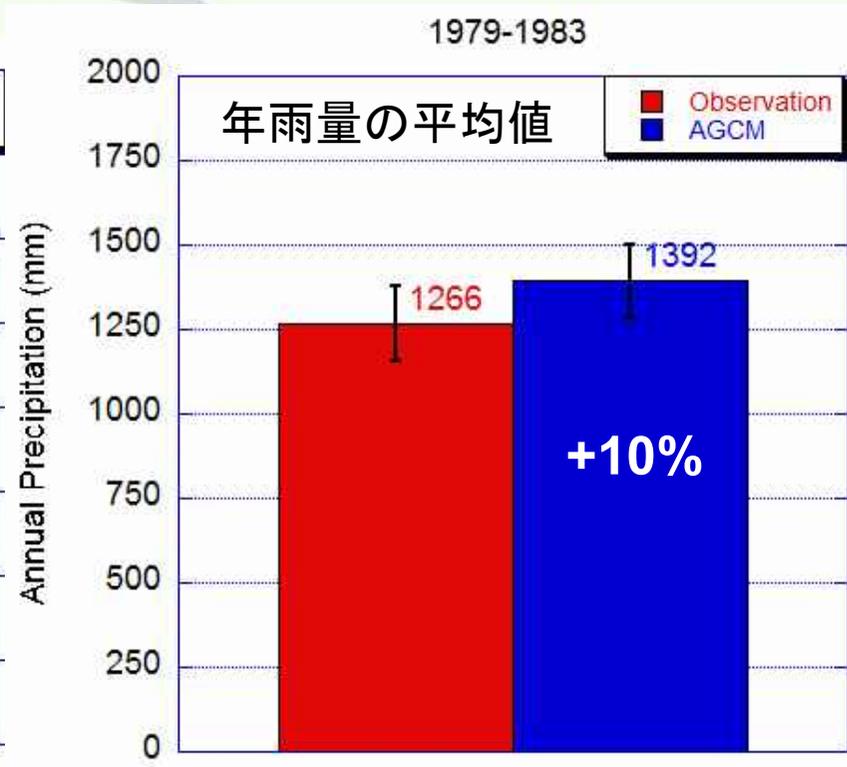
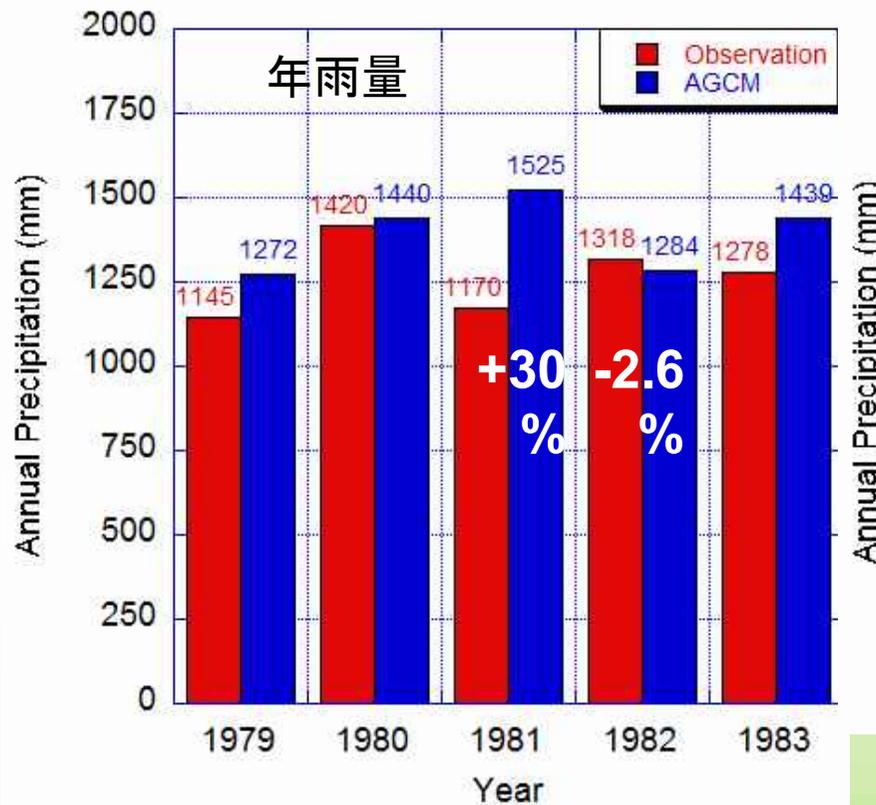
流域年雨量の5年平均

流域年雨量



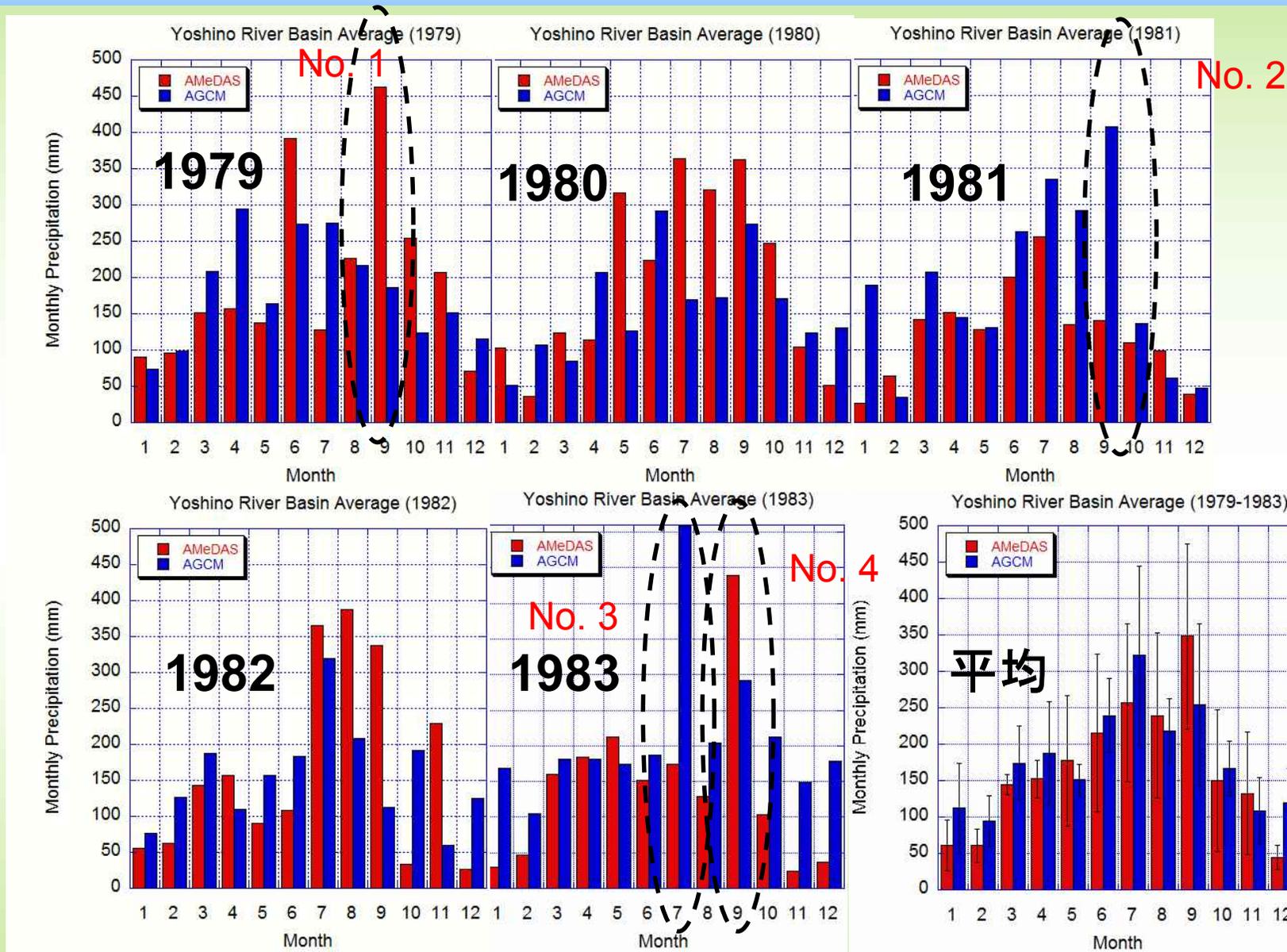


メコン河 Chi & Mun 流域 (105 384 km²) 年雨量での比較



□年雨量において、地上観測値とAGCMの計算結果の違いは大きい。

吉野川流域 月雨量での比較

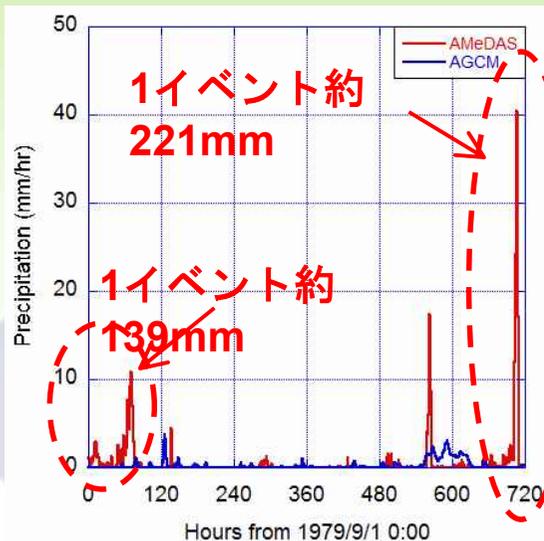


□年、月によって誤差率はばらつくが、冬季の誤差率が比較的高くなる傾向がある。
 (次スライドで月雨量が大きいNo.1~No.4の月間のハイトグラフを示す。)

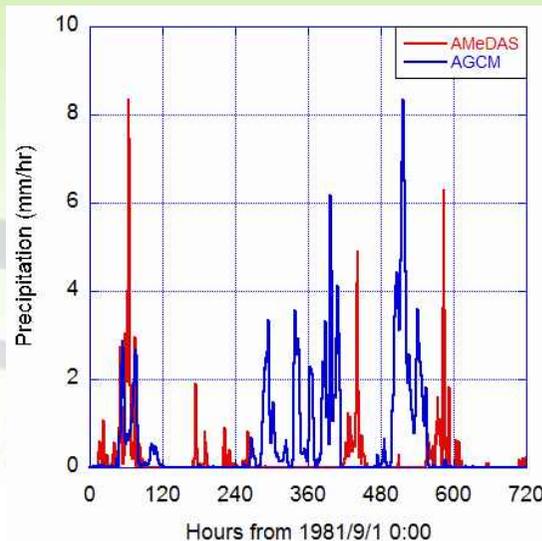
吉野川流域

月雨量での比較 (No.1からNo.4の月間ハイエトグラフ)

月雨量
AMeDAS:
462mm
AGCM: 186mm



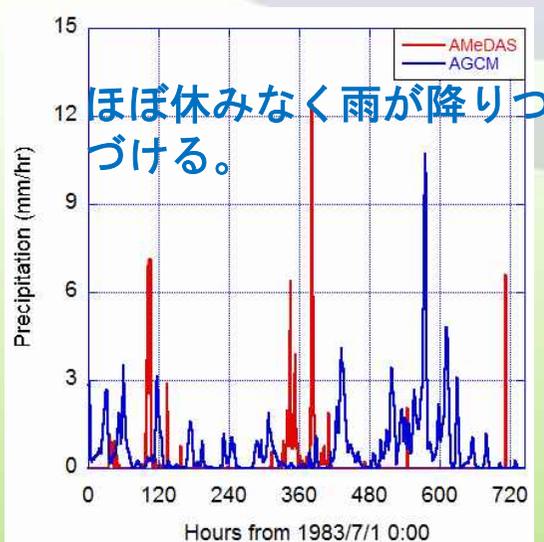
No.1: 1979 September



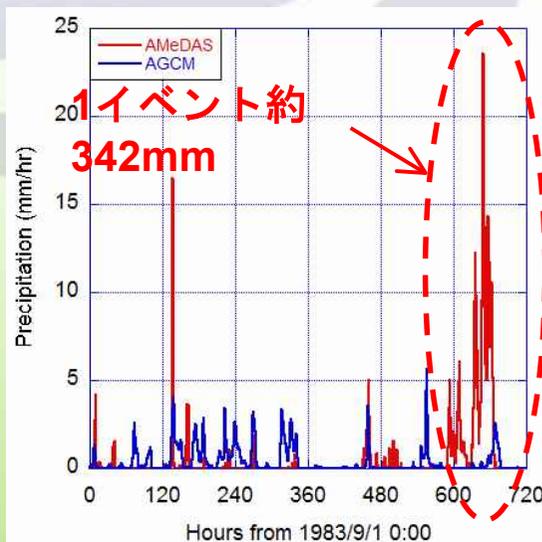
No.2: 1981 September

月雨量
AMeDAS :
140 mm
AGCM: 407mm

月雨量
AMeDAS:
174mm
AGCM : 509mm



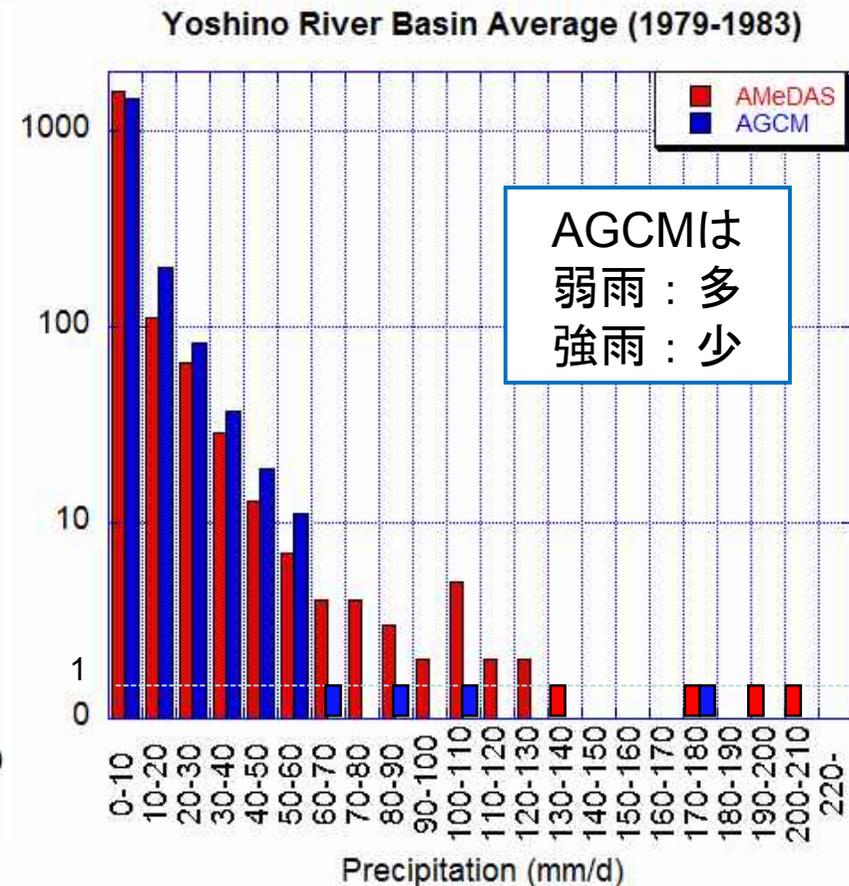
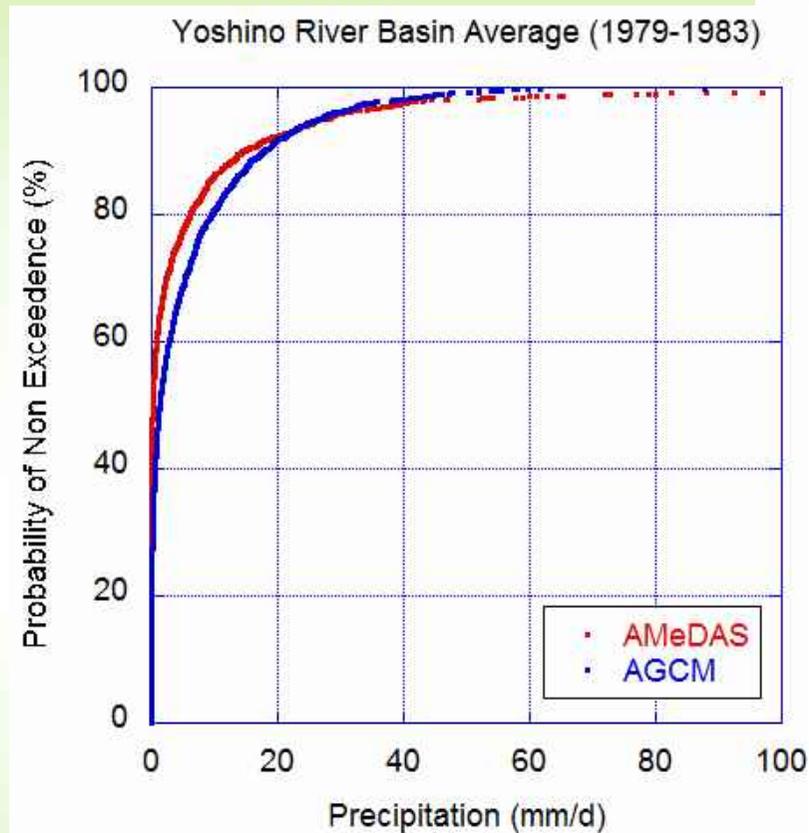
No.3: 1983 July



No.4: 1983 September

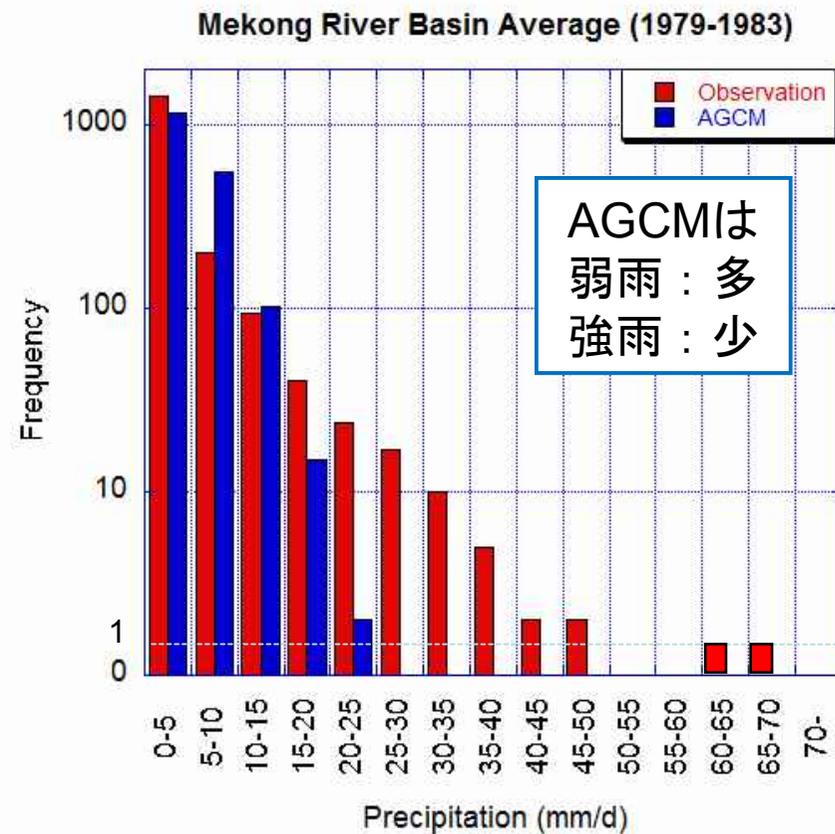
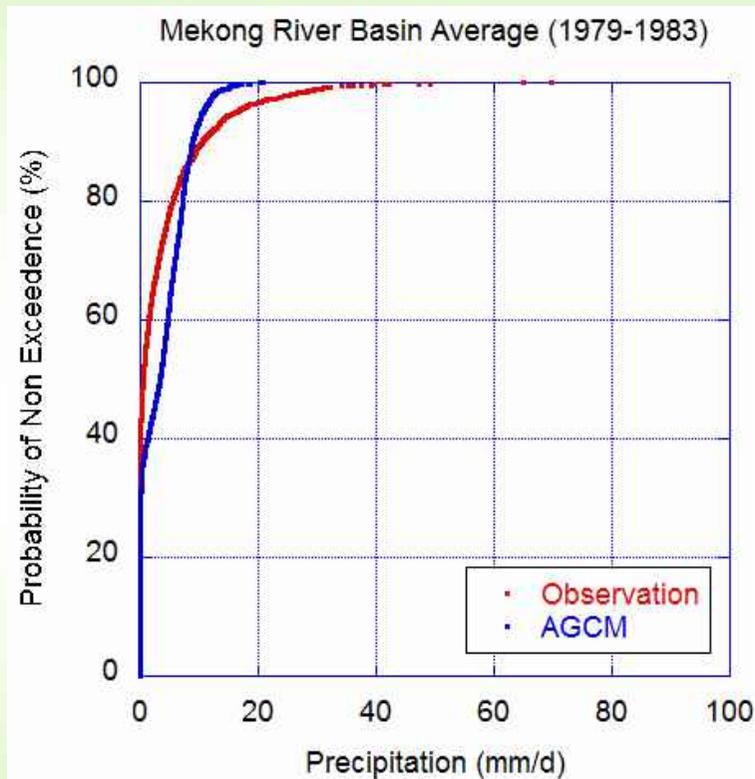
月雨量
AMeDAS :
439mm
AGCM: 291 mm

吉野川 非超過確率分布と頻度分布（日雨量）



□AMeDASは、0mm/dの度数がAGCMと比較して少し大きく、非超過確率90%程度までの確率雨量値はAGCMのほうがAMeDASよりも大きい。頻度分布より分かるように、AGCMは強い雨の頻度がAMeDASと比較して小さいため、非超過確率が90%程度を超えるとAMeDASの確率雨量値がAGCMの確率雨量値よりも逆に大きくなる。（時間雨量の場合とほぼ同じ結果）

メコン河 非超過確率分布と頻度分布（日雨量）



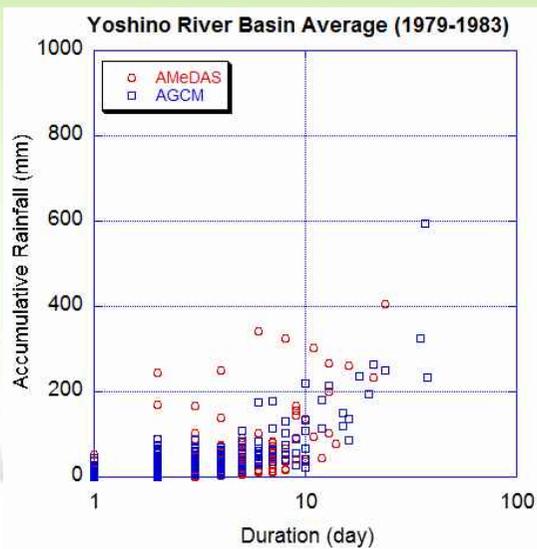
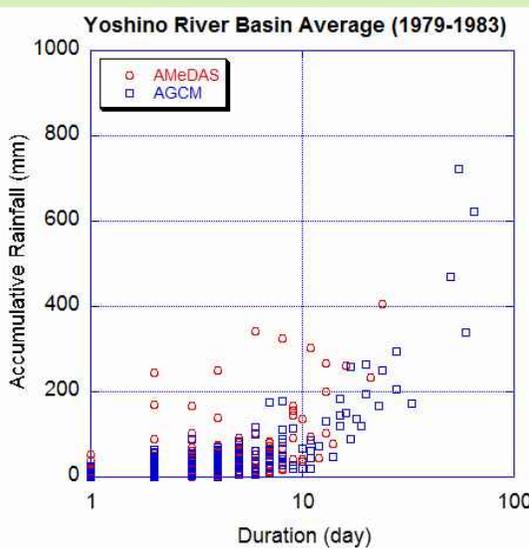
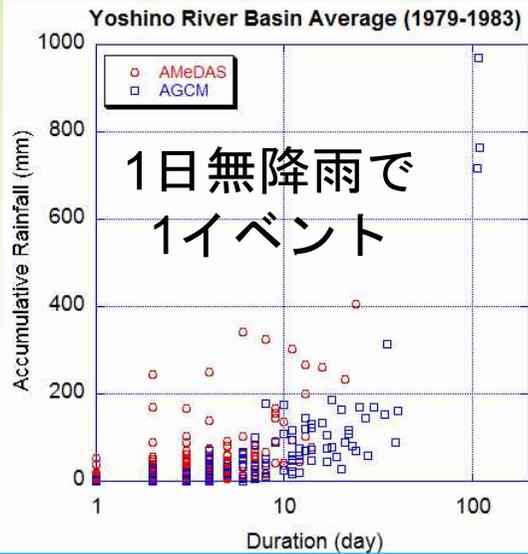
□AMeDASは、0mm/dの度数がAGCMと比較して少し大きく、非超過確率85%程度までの確率雨量値はAGCMのほうがAMeDASよりも大きい。頻度分布より分かるように、AGCMは中程度の雨の頻度がAMeDASと比較して大きいため、非超過確率が85%を超えるあたりで観測値の確率雨量値がAGCMの確率雨量値よりも逆に大きくなる。

計算値－現実値変換方式

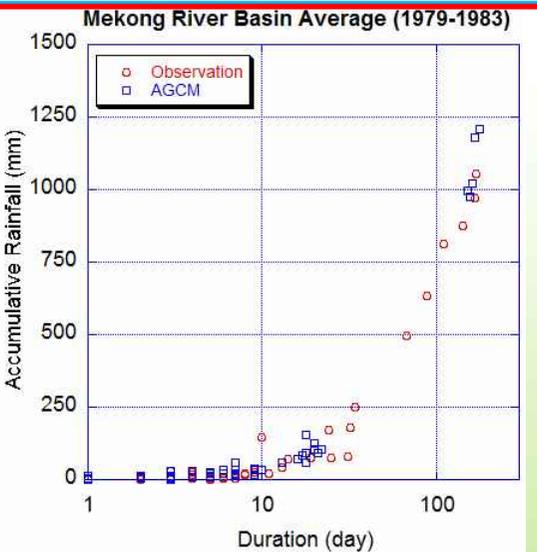
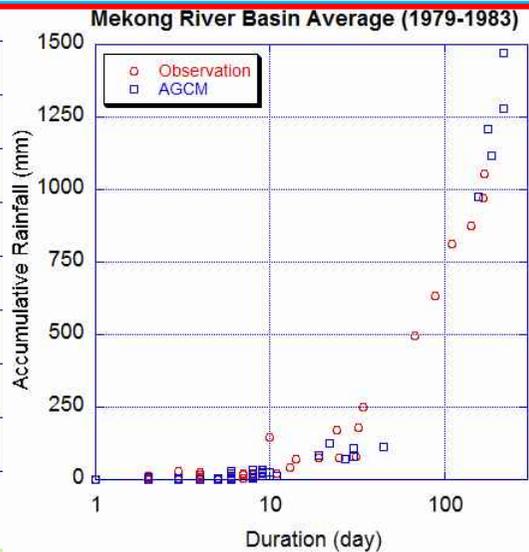
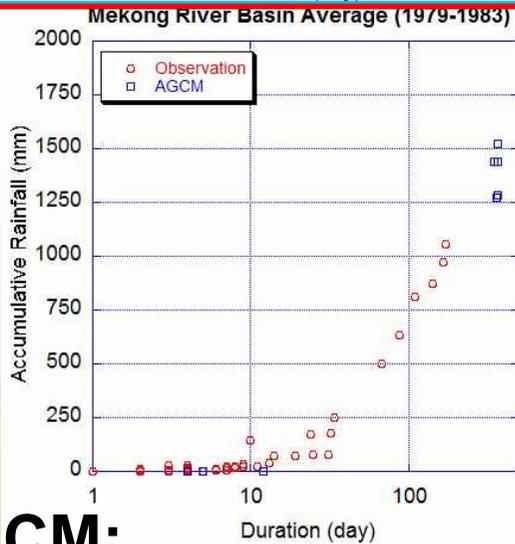
- 同一パーセンタイル値に対する現在の現実値とシミュレーション値の比は、30年後の両値の比と同一とする。
 - $\text{Obs}_\alpha / \text{Sim}_\alpha$ (amplifying coefficient for α percentile value) = λ_α (constant)
- 0の扱い⇒一雨降雨量～継続時間関係で合わせる
- 月別、地点別⇒世界の降雨データの収集が必要

一日降雨量と降雨継続時間の関係（日雨量）

吉野川



メコン



AGCM:

- ① 計算値そのまま ② 0.1mm/d以下無視 ③ 0.5mm/d以下無視

洪水リスク解析

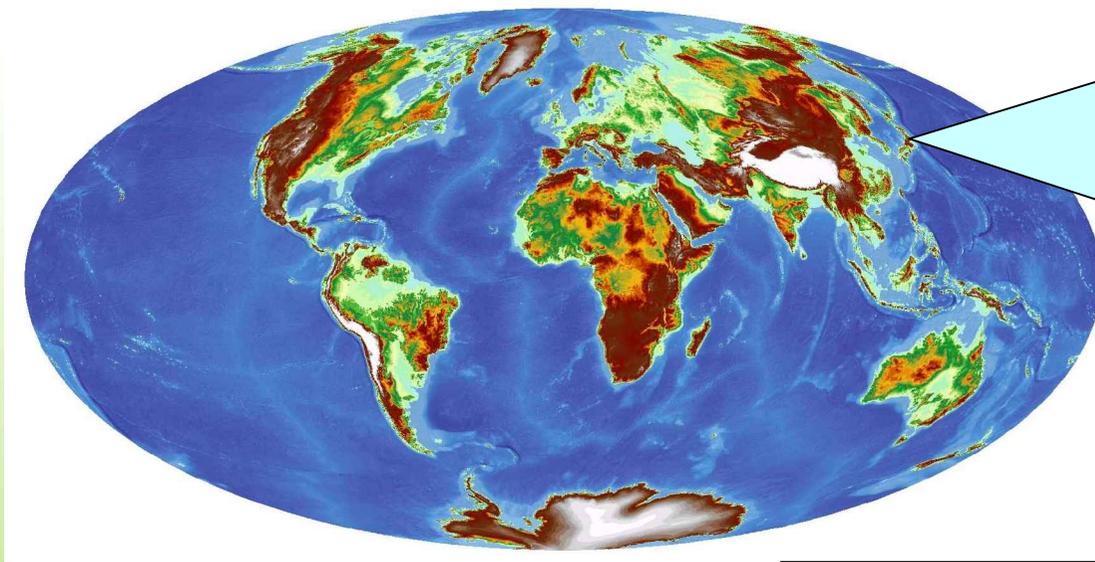
- 世界の洪水リスクマップをどう作るか
 - 洪水リスク地域の抽出手法（時岡利和）
- 災害リスク指標の作成

グローバル氾濫リスクマップ作成

気象変化により、洪水による氾濫エリアが世界規模でどのように変わるかを示した氾濫リスクマップの作成が求められている

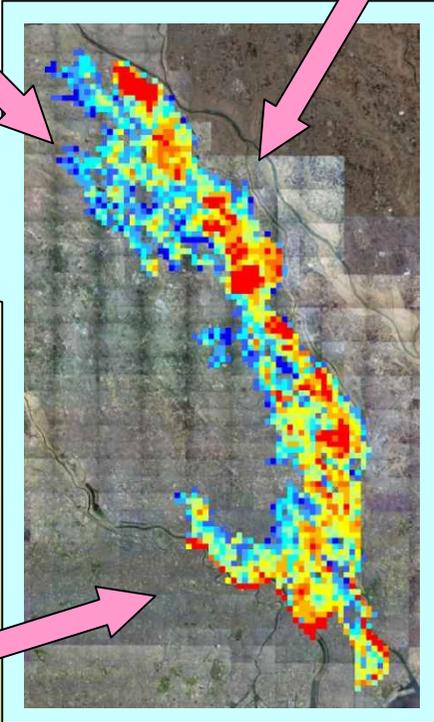
しかし、世界中の氾濫原において氾濫シミュレーションを行うことはコンピューター
の能力や、シミュレーションに必要な様々なデータの制限から非常に困難である。

まずは氾濫シミュレーションに拠らない方法でグローバルな氾濫リスクマップを作成することが重要



河道流量データ

詳細地形データ



河道断面データ

氾濫リスクエリア抽出

- 擬似河道網の抽出 -

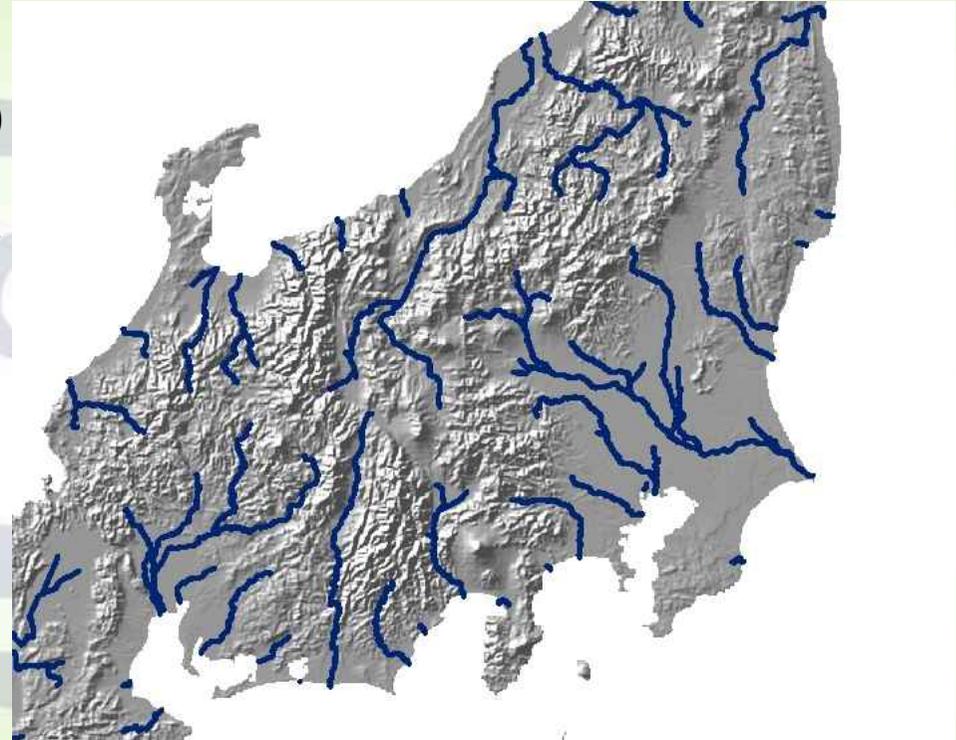
Global Drainage Basin Database (GDBD)

※国立環境研究所地球環境研究センター作成

USGS HydroShed 1kmメッシュのデータに基づくGDBDを使い、河道網の抽出を行う。

比較的大きな河川として**500km²以上の集水域を持つ河道**を抽出

GDBDを使うことにより、通常の落水線解析では再現が難しい河道（利根川、黄河、メコン川など）を精度良く抽出できる。



河道網の抽出

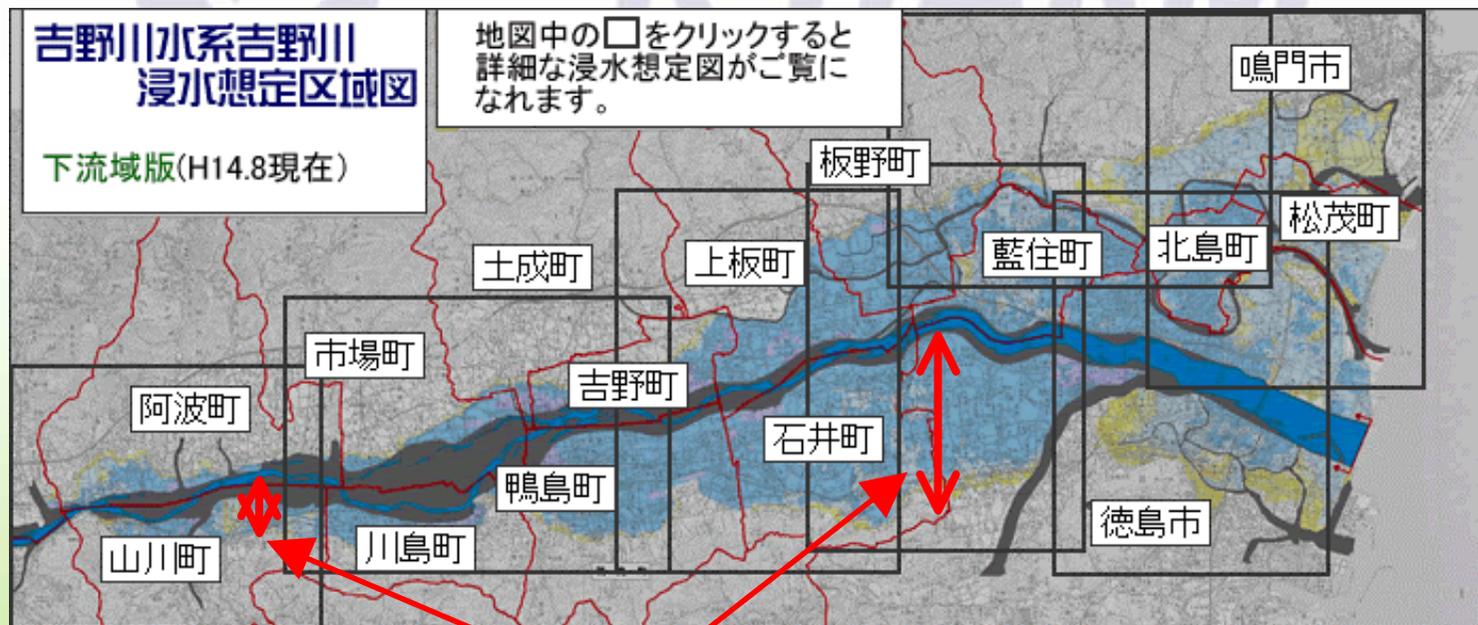
この「**比較的大きな河川**」周辺において
氾濫リスクエリアの抽出を行う

氾濫リスクエリア抽出

- 氾濫範囲の抽出 -

日本全国の主要河川で作成されている**浸水想定区域図**から氾濫エリアの幅を読み取り、GISデータ上の同じ単位河道における**河道付近氾濫原勾配**と対応させる

※ただし、隣の河川の堤防等が氾濫エリアの境界になっているようなケースは除く



氾濫範囲の幅を読み取る

氾濫リスクエリア抽出

- 氾濫範囲と河道付近勾配との関係 -

浸水想定区域図から読み取った**氾濫範囲の幅**とGISデータから読み取った**河道付近氾濫原勾配**の関係をプロット

河道によって、縦断方向の勾配が卓越する場合と横断方向の勾配が卓越する場合があるため、両者の関係にはバラつきがある。(GISデータでは、地形のx方向の傾きとy方向の傾きの2乗平均で地形勾配を算出しているため)

最小二乗法による累乗近似曲線と包絡線を描き、勾配と氾濫範囲の幅の関係を式化する。

赤線：包絡線

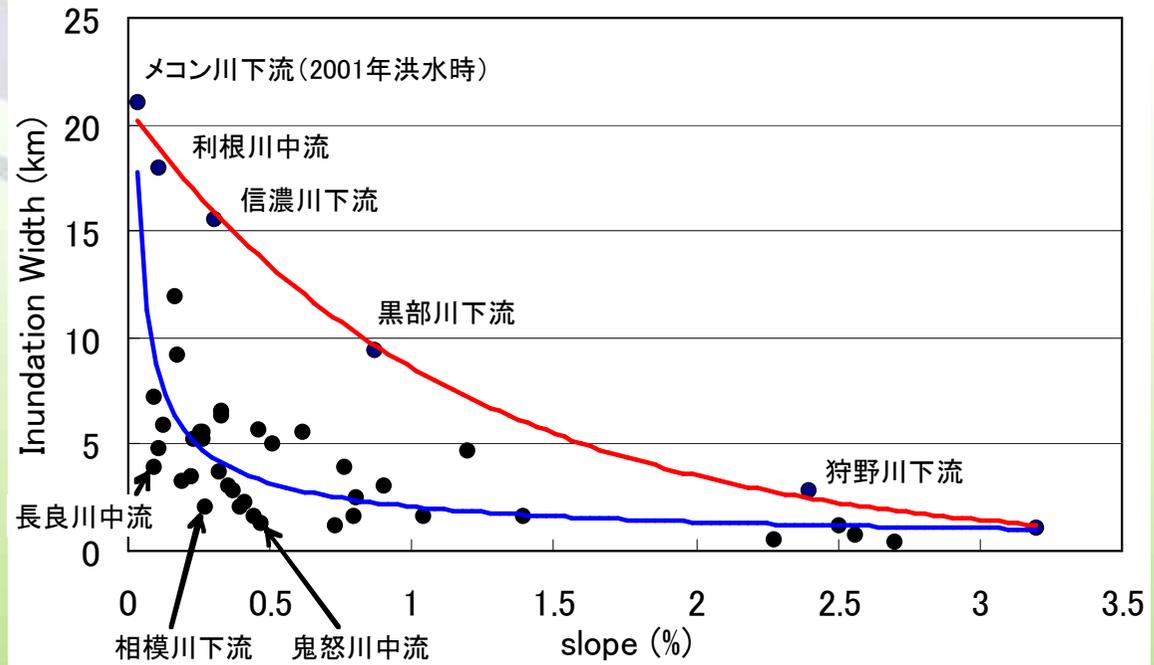
$$W = 20.7 \times e^{-0.88 \times S}$$

青線：累乗近似曲線

$$W = 2.1 \times S^{-0.61}$$

W: Inundation width

S: Slope



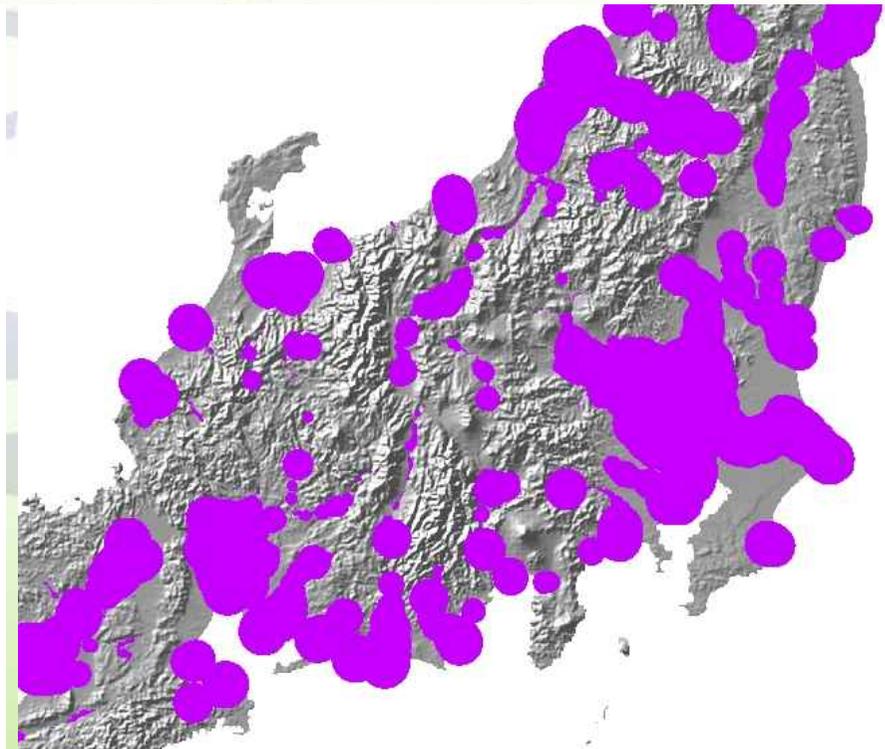
氾濫リスクエリア抽出

- 氾濫想定エリアの抽出 -

前スライドの式を用いて、各河道単位毎に**氾濫想定幅**を計算し、GIS上に**氾濫想定エリア**として表示



累乗近似曲線を用いて算出した
氾濫想定エリア

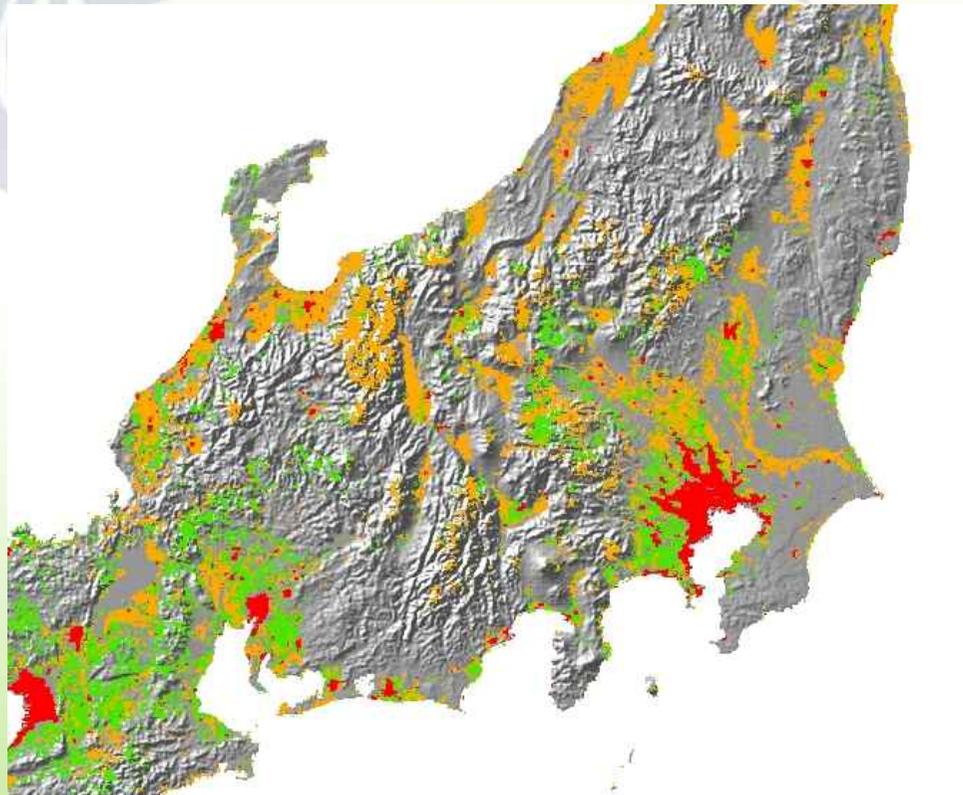


包絡線を用いて算出した
氾濫想定エリア

氾濫リスクエリア抽出

- 人工開発エリアの抽出-

Global Land Cover Characteristics Database, USGS（無料で入手可能な土地利用データ）から、「市街化エリア」、「農業関係エリア」、「混成エリア」を人工開発エリアとして抽出

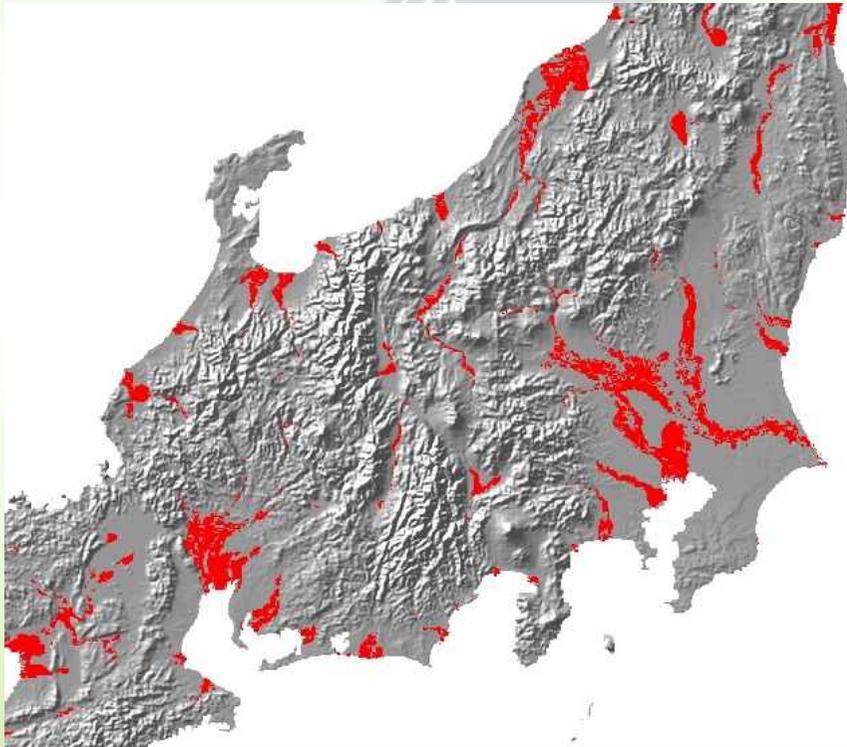


人工開発エリアの抽出

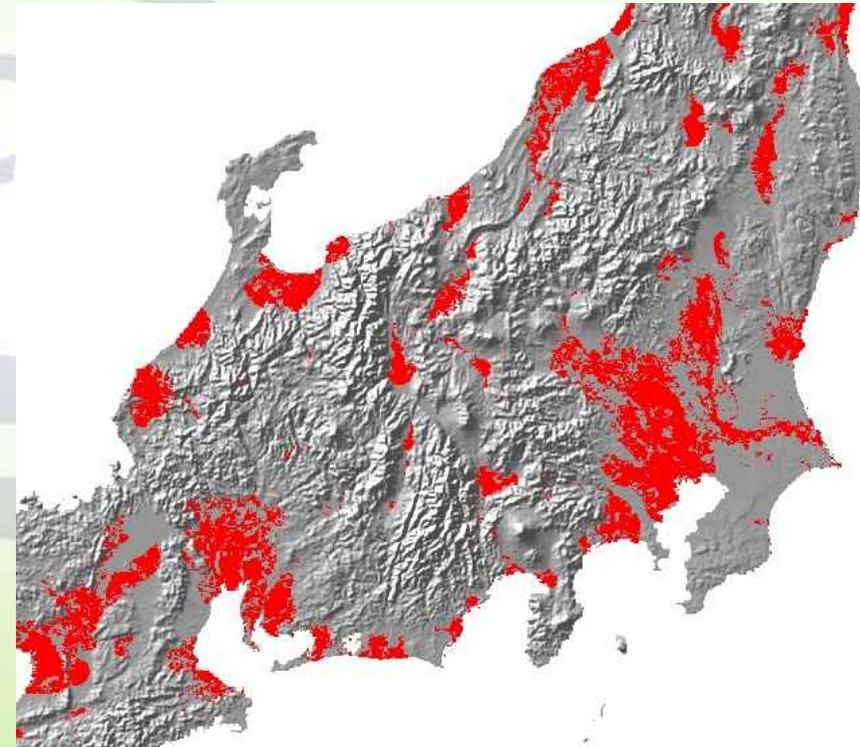
氾濫リスクエリア抽出

- 氾濫リスクエリアの抽出 -

氾濫想定エリアと人工開発エリアの両方が重ねあっている
エリアを、氾濫リスクエリアとして抽出



氾濫リスクエリア
(累乗近似曲線から求めたもの)



氾濫リスクエリア
(包絡線から求めたもの)

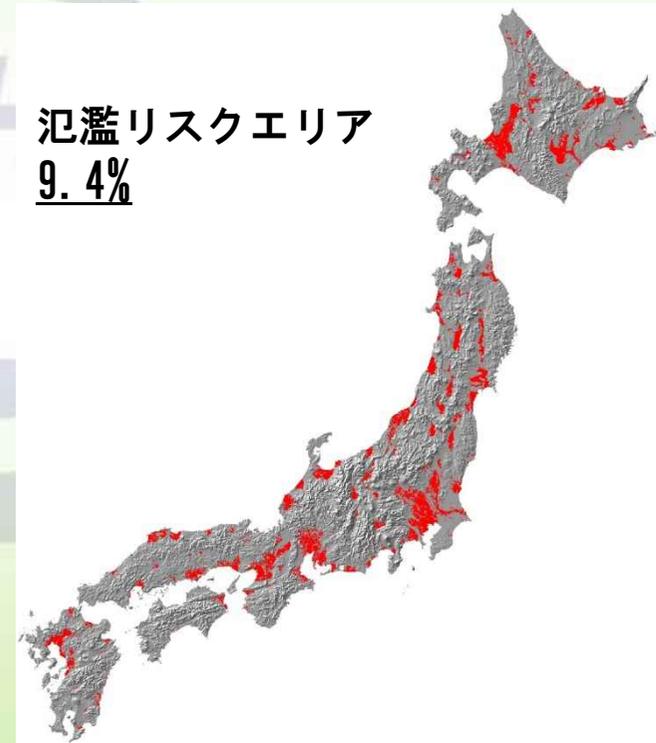
氾濫リスクエリア抽出

- 氾濫リスクエリアの抽出-

氾濫想定エリアと人工開発エリアの両方が重ねあっている
エリアを、**氾濫リスクエリア**として抽出



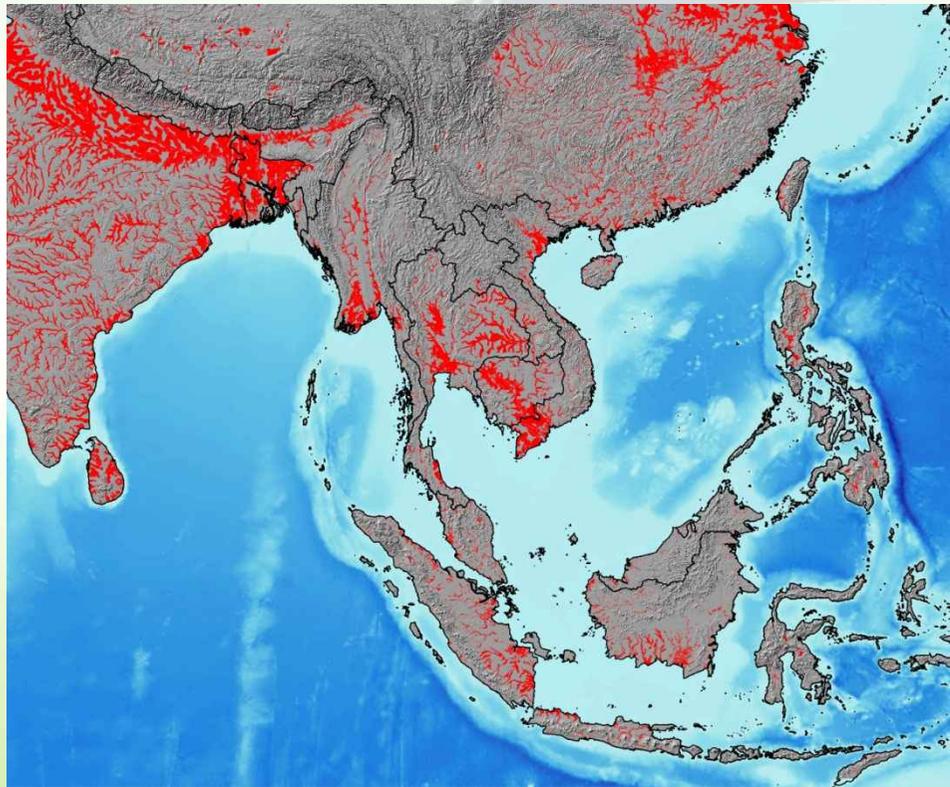
氾濫リスクエリア
(累乗近似曲線から求めたもの)



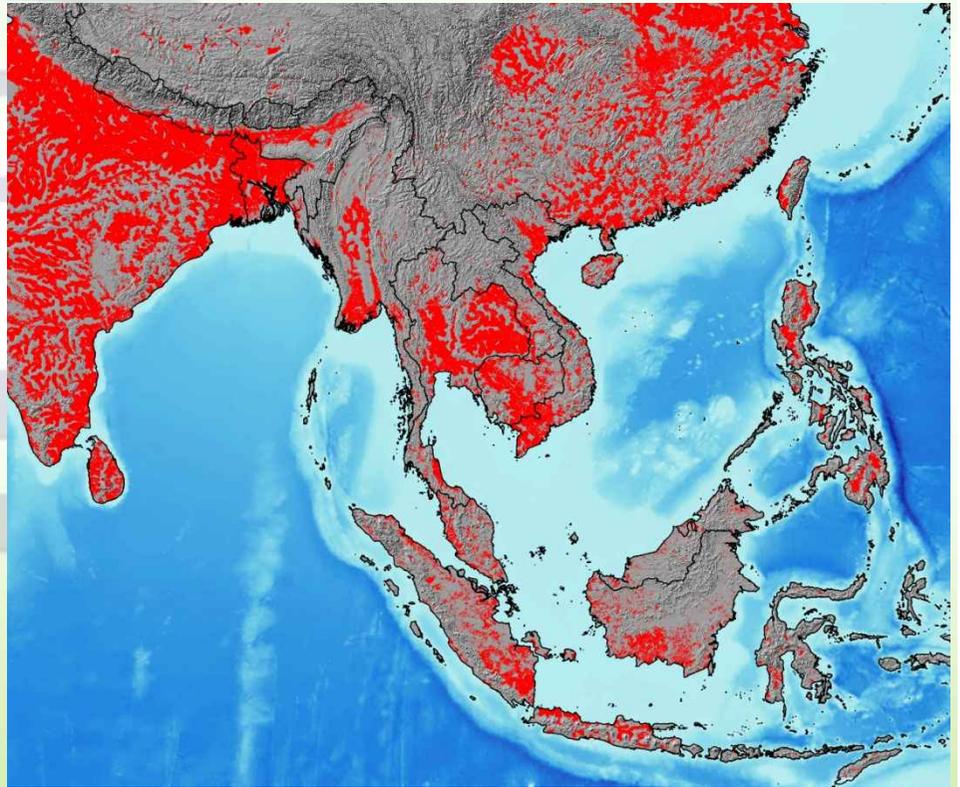
氾濫リスクエリア
(包絡線から求めたもの)

世界規模への拡張

アジア地域において氾濫リスクエリアを抽出



累乗近似曲線から求めたもの

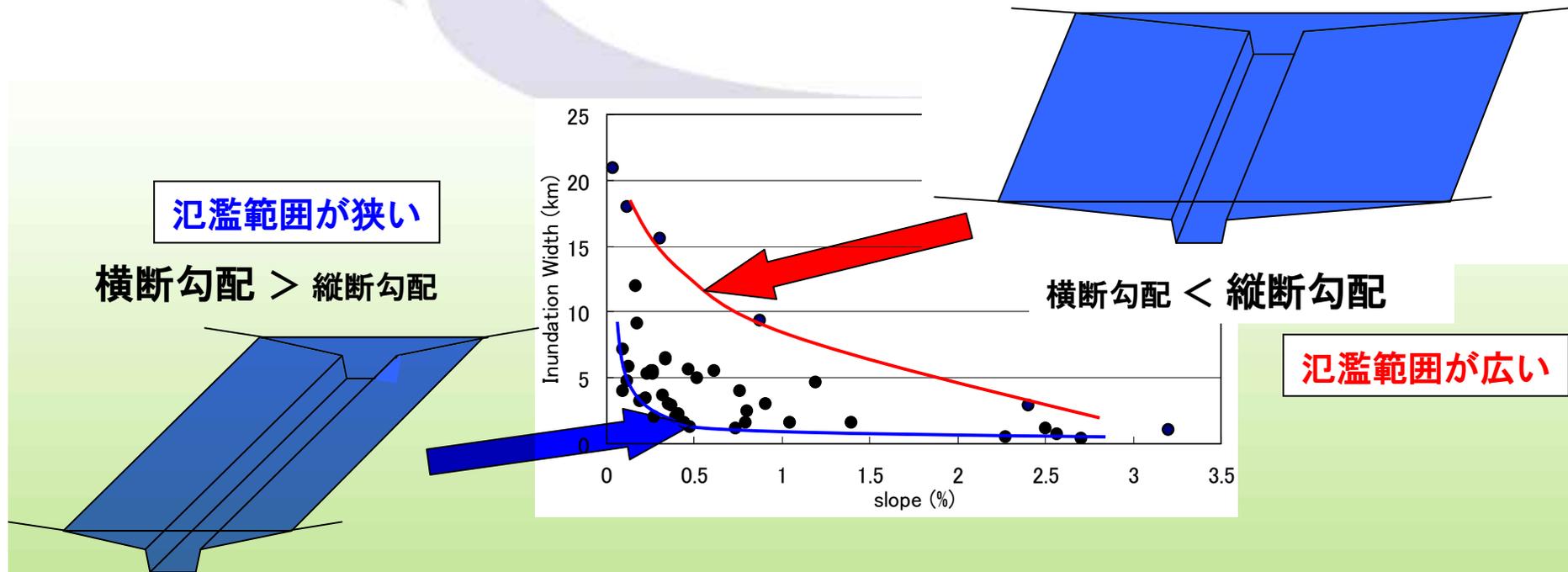


包絡線から求めたもの

今後の課題

(1) 氾濫範囲幅と河道付近氾濫原勾配の関係の改善

GIS上で地形データから地表勾配を算出する際、各グリッドのx方向とy方向の勾配の2乗平均から算出している。そのため、ある河道とその氾濫原に注目した場合、下図のように地表勾配が同じでも河道横断・縦断方向の傾きの割合によって氾濫エリアが大きく変わってしまう。前述のプロットがバラつくのは、主にこの現象が原因であると考えられる。



洪水リスク指標の開発 $R=H \times V \times E / C$

「災害リスク(Disaster Risk)」

- (HD) 人的被害(死者、被害者、避難者)、
- (EecD) 経済的被害
- (Gd) 動産(家財、商品、生産財、農林水産物、エネルギー・食糧等備蓄、文化財)、
- (Prp) 不動産(建築物、公共インフラ、景観)、
- (Liv) 生活・生産活動(営業、交通、ライフライン等サービス)
- (EnvD) 環境破壊、汚染
- (Dta) 被害期間、被害地域

「自然の猛威(Natural Hazard)」

- (MID) 規模、強度、継続時間、
- (F) 頻度、
- (Htp) 発生地点、発生時期、
- (HI) 人工的増幅要因(森林伐採、斜面開発等)
- (HM) 緩和手段: 人工降雨、

「社会の災害脆弱性(Societal Vulnerability)」(社会の基礎体力の弱さ)

- (Pov) 貧困(GDP, EVI(経済脆弱性指標))
- (G) ガバナンス(説明責任、政情の安定、行政効率、規則順守、法規制、賄賂統制)
- (Hel) 健康(栄養状態、身障者・病人割合)
- (Dem) 年齢構成(幼児、妊婦、後期高齢者割合)

- (Ed) 教育水準(非識字率、IT文盲率)
- (W) 日常的弱者支援・救済体制、不法居住者支援体制
- (SC) 近隣コミュニティの相互扶助能力(Social Capacity)

「暴露(Exposure)」

- (RA) 危険地域(活断層帯、噴火影響地帯、洪水氾濫原、急傾斜地、地滑り地帯、ゼロメートル地帯、埋立地等)の危険度別面積、
- (P&A) 危険地域の居住人口、人口密度、経済活動集中度、
- (LUC) 土地利用計画(産業配置、湛水許容地区)、規制、誘導策(税制、補助金、)

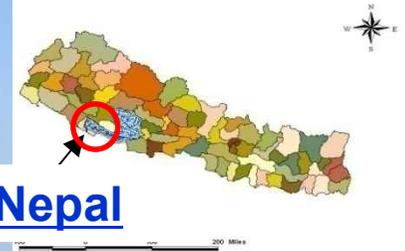
「防災能力(Coping Capacity)」

- (St) 構造物型インフラ: 免震設計、ダム、堤防、放水路、砂防工事、貯留浸透施設、ピロティー式家屋
- (NSt) 非構造物型インフラ:
- (Prep) 準備体制(危険度評価、ハザードマップ・利用体制、
- (EW) 予警報(観測網、データ伝送・処理体制、予測技術、伝達メディア)、予警報研究、
- (ER) 避難体制、避難生活支援、復旧、救援ボランティア
- (I) 制度・組織インフラ: 中央防災体制、地域防災体制、緊急対応自治組織(水防団、消防団)、
- (F) 予算: 防災予算、緊急対応予算、復旧予算、海外援助資金、防災科学予算
- (CET) 防災文化・教育・訓練: 社会的防災伝承、小・中学防災教育、地学教育、マルチハザード防災訓練

特定脆弱地域の災害リスク評価

Holiya Village, Banke: 26-30 July 2007 Flood
(Rabindra Osti)

Banke, Nepal



Road/levee Breached



Indian afflux bund and Laxmanpur Barrage



Completely destroyed houses



Bank Cutting



2007.9.19

Consultation meeting at Local level on Research Needs

- Broader participation
 - NGOs
 - INGOs
 - GOs
 - Political Representatives
 - Representatives from flood affected communities
- 38 Participants

Consultation meeting at National level on Research Needs

- Broader participation
 - Concerned Ministry
 - Donor agencies
 - INGOs
 - Universities and Research Institutes
- 30 Participants



2007.9.21