

本講義資料のご利用にあたって

本講義資料内には、東京大学が第三者より許諾を得て利用している画像等や、各種ライセンスによって提供されている画像等が含まれています。個々の画像等の利用については、それぞれの権利者の定めるところに従ってください。

著作権が東京大学の教員等に帰属する著作物については、非営利かつ教育的な目的に限り複製および再配布することができます。

ご利用にあたっては、以下のクレジットを明記してください。

クレジット：

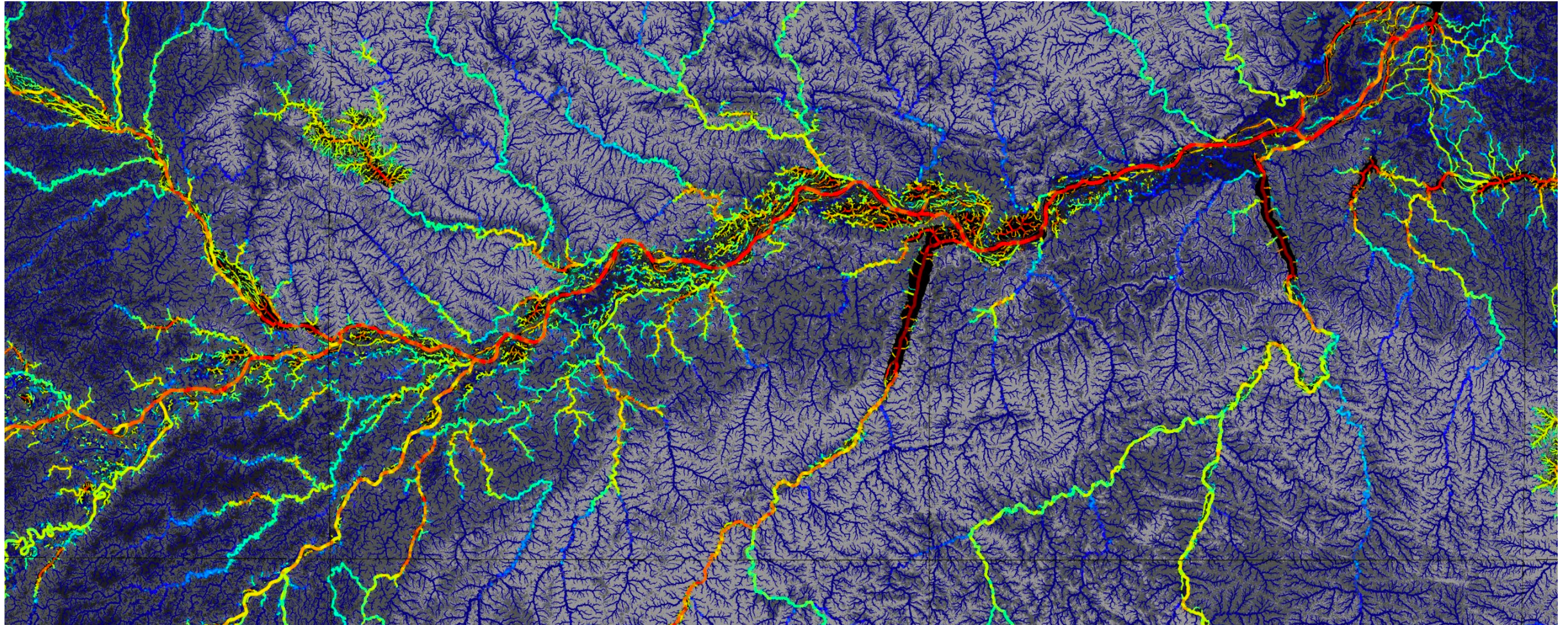
UTokyo Online Education 学術フロンティア講義 2025S 山崎 大



宇宙から河川の流れを測る



東京大学
生産技術研究所
Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo



2025年10月15日

山崎 大
東京大学 生産技術研究所
グローバル水文予測センター

東京大学 グローバル水文学研究グループ

ローカルからグローバルまでの多様な時空間スケールで
「水文学」の幅広い要素を扱う、東京大学の先端的研究基盤。
 (生研/社会基盤学/新領域/大気海洋研/GPES/空間情報センターなど広く連携)



芳村圭 教授

生産技術研究所 (柏)

[WebSite +](#)



山崎大 准教授

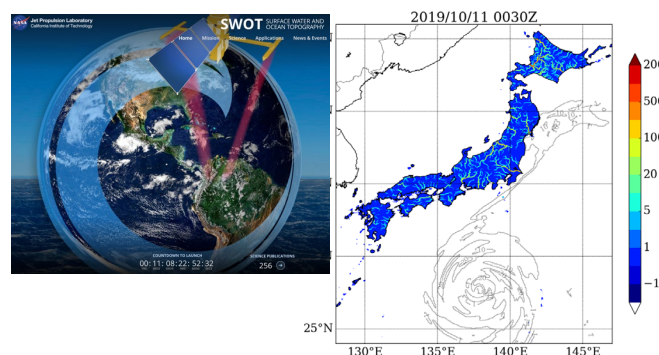
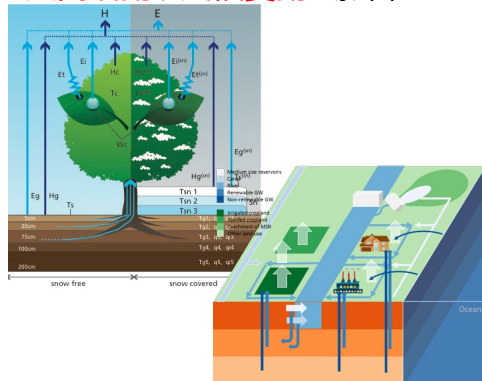
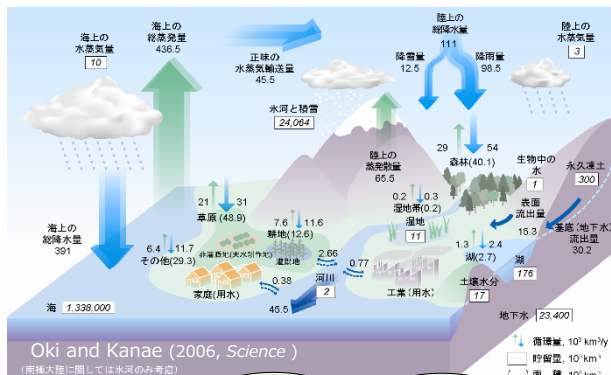
生産技術研究所 (駒場)

[WebSite +](#)

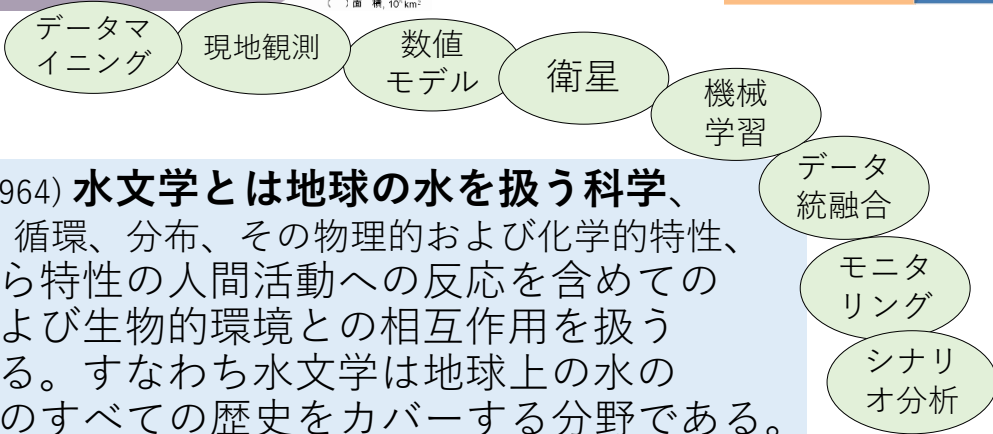
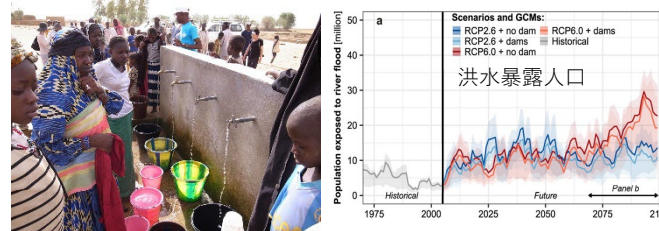
地球上のどこにどのくらいの水が**どういう形態**で存在し、
 それらが**季節的・長期的**にどう変動しているのか？

その変化/変動を**支配するプロセス**は？
人間活動や**気候変動**の影響は？

地球水循環の変動を**モニタリング**できるか？
過去を復元し、将来を予測できるか？



水循環と**気候システム**や**人間との関わり**は？
 どのように**持続可能な社会**を構築できるか？



(UNESCO 1964) **水文学とは地球の水を扱う科学**、
 その発生、循環、分布、その物理的および化学的特性、
 またそれら特性の人間活動への反応を含めての
 物理的および生物的環境との相互作用を扱う
 科学である。すなわち水文学は地球上の水の
 サイクルのすべての歴史をカバーする分野である。



花崎直太 客員教授

工学系・社会基盤学専攻 (本郷)

[WebSite +](#)



新田友子 特任講師

生産技術研究所 (柏)

[WebSite +](#)

略歴

0. 新潟県立新潟高校 理数科 2003卒 ←陸上部 長距離
1. 東京大学 工学系研究科社会基盤学専攻 ←土木 / 社会基盤
2007学部卒・2009修士・2012博士(工)
2. 米国オハイオ州立大学 Bird Polar Research Center ←地球科学 / 衛星観測
訪問研究員 2010.6 – 2010.12
NASAの次世代河川観測衛星SWOTの予備研究
3. 英国ブリストル大学 地理科学研究科 ←地理 / 洪水リスク
JSPS海外特別研究員 2012.6 – 2014.3
全球河川モデルと領域洪水氾濫モデルの横断的研究
4. 海洋研究開発機構JAMSTEC 研究員 2014.4 – 2017.3 ←地球科学 / 温暖化予測
地球システムモデルにおける陸域の水・炭素循環
5. 東京大学 生産技術研究所
2017.4 – 2018.4 助教, 2018.4- 准教授



山崎研究室の研究（全球陸水動態学）

□グローバル水文学のうち「陸域の水の動き」が得意分野

科学研究の最先端を楽しく極めつつ、社会実装まで実現しよう

- 全球河川地下水モデル開発, リアルタイム洪水予測、洪水リスク評価

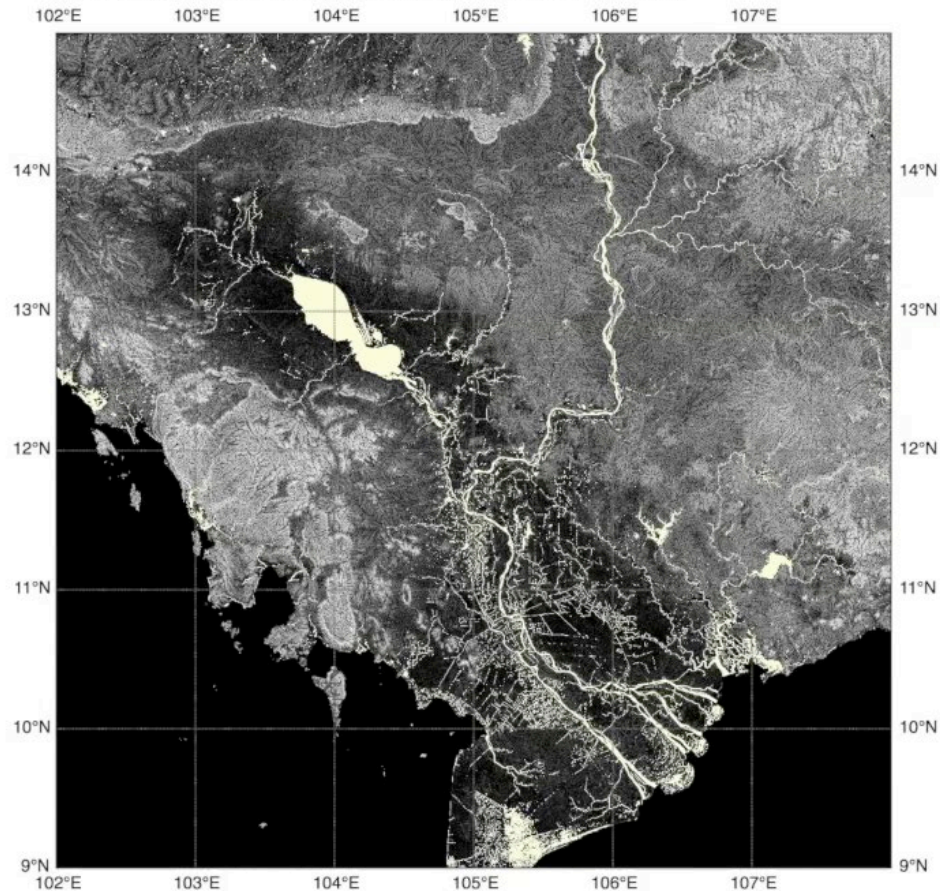
□地理学や空間情報学と連携, **衛星データ解析**

膨大なデータから、有用な情報を抽出。

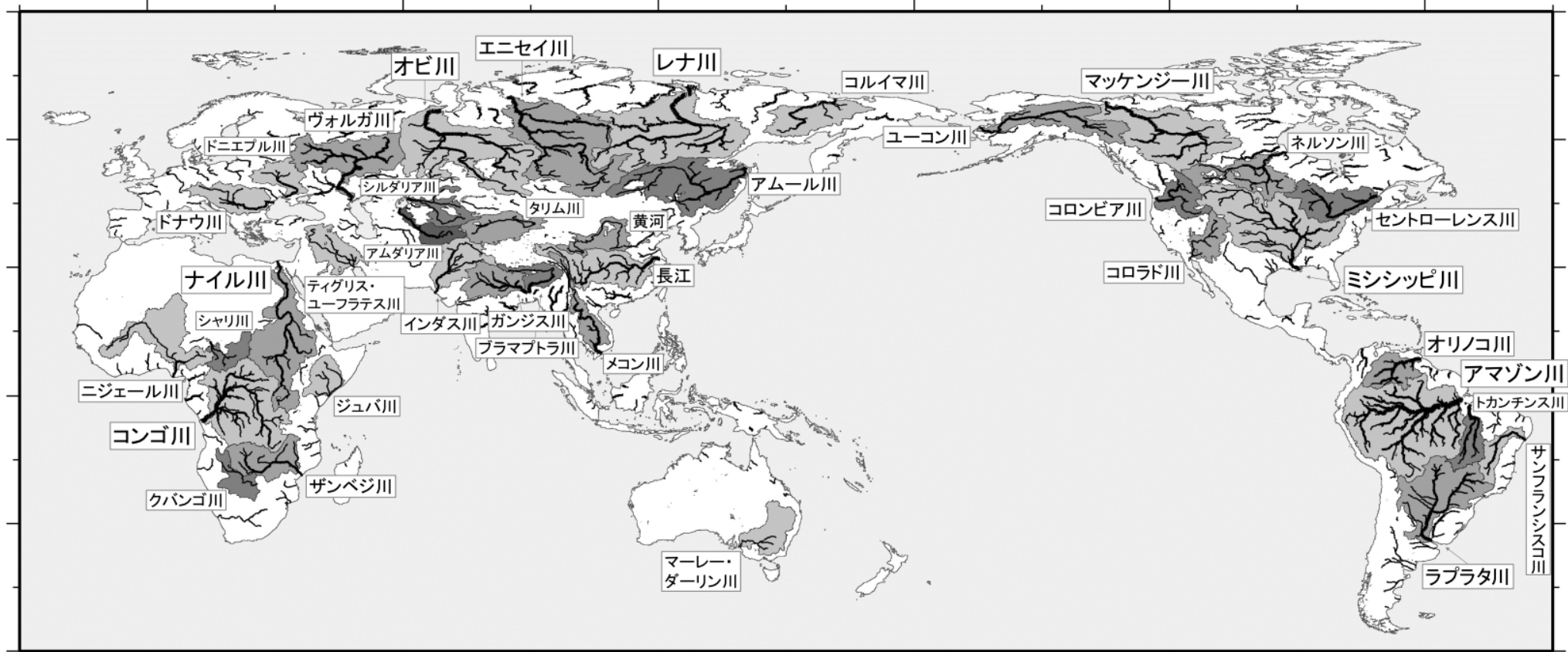
- 世界中の研究者に使われる基盤データを整備



CaMa-Flood v3.9 Floodplain Water Depth [20060601]

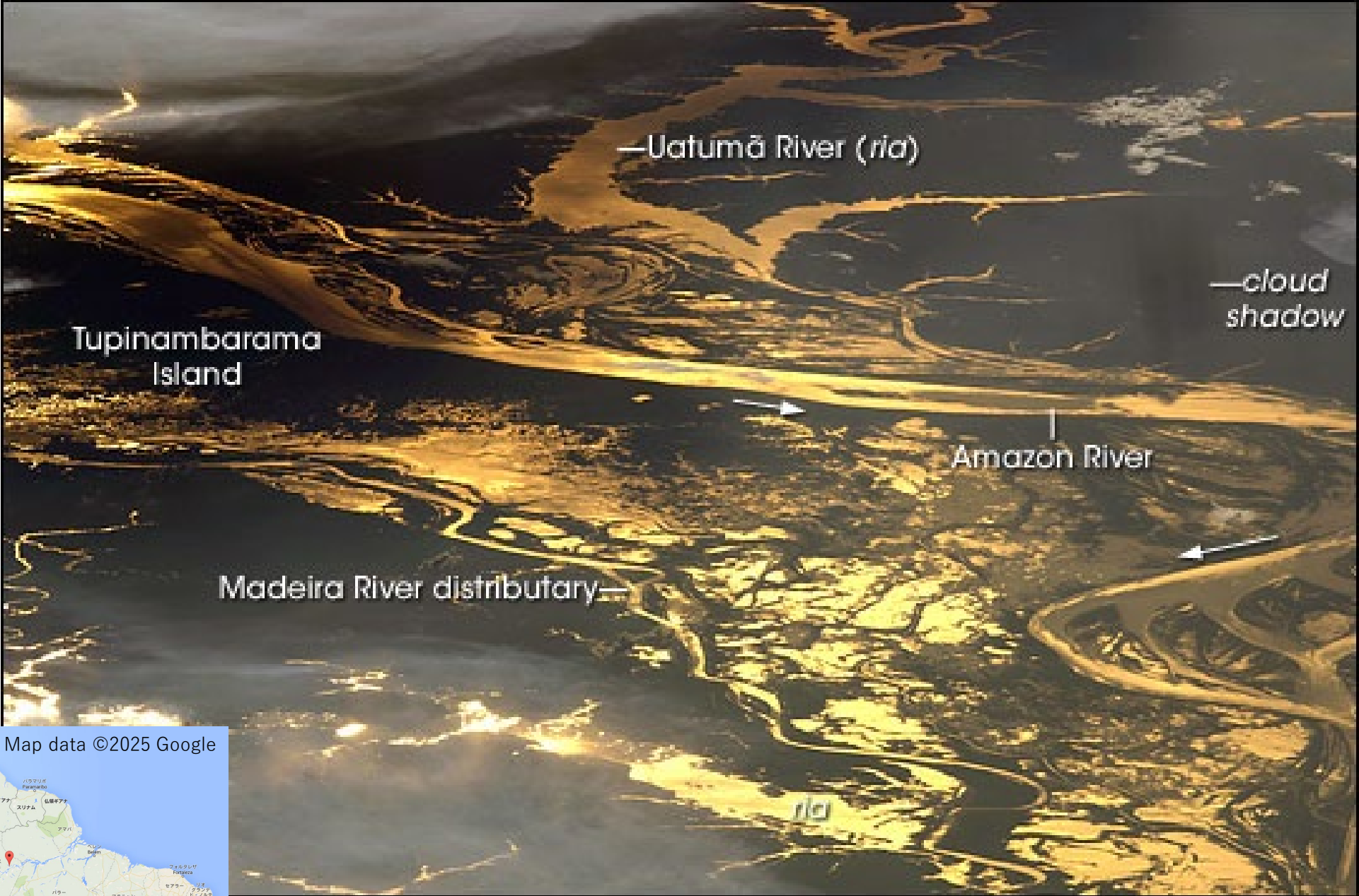


グローバル水文学における河川の研究



山崎研究室は、世界中のありとあらゆる河川を研究対象にしています

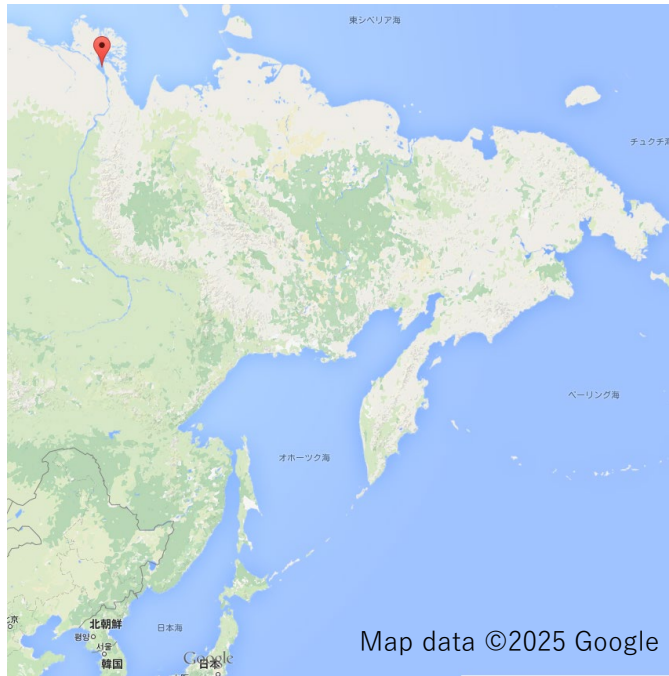
河川	流域面積 [km ²]	河川	流域面積 [km ²]
1 アマゾン川	7,050,000	1 利根川	16,842
2 コンゴ川	3,680,000	2 石狩川	14,330
3 ミシシッピ川	3,250,000	3 信濃川	11,900
4 ラプラタ川	3,100,000	4 北上川	10,150
5 ナイル川	2,870,000	5 木曾川	9,100
6 エニセイ川	2,700,000	6 十勝川	9,010
7 オビ川	2,430,000	7 淀川	8,240
8 レナ川	2,420,000	8 阿賀野川	7,710
9 アムール川	1,855,000	9 最上川	7,040
10 マッケンジー川	1,805,200	10 天塩川	5,590



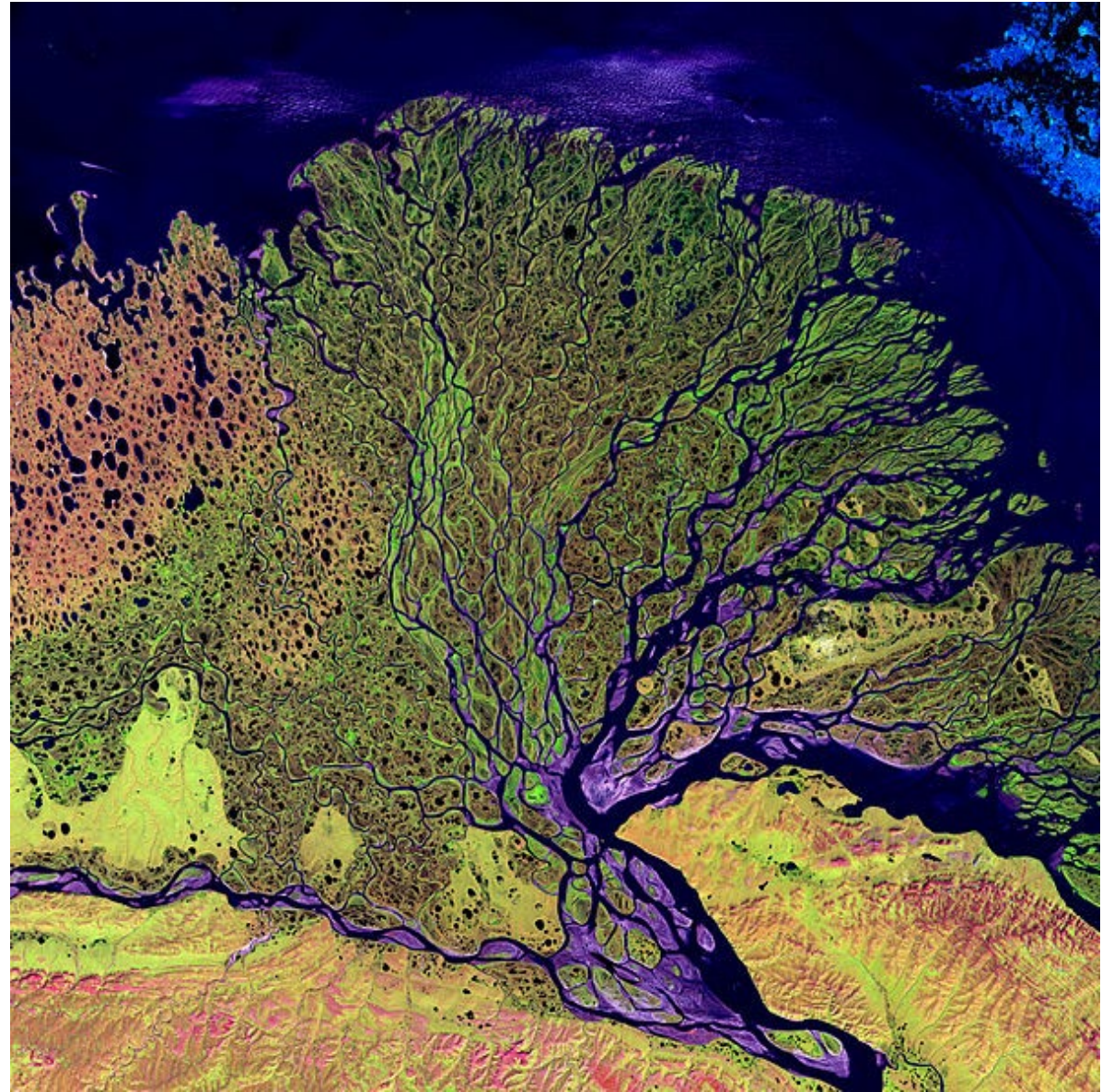
国際宇宙ステーションから撮影した夕日に映えるアマゾン川
写真：NASA



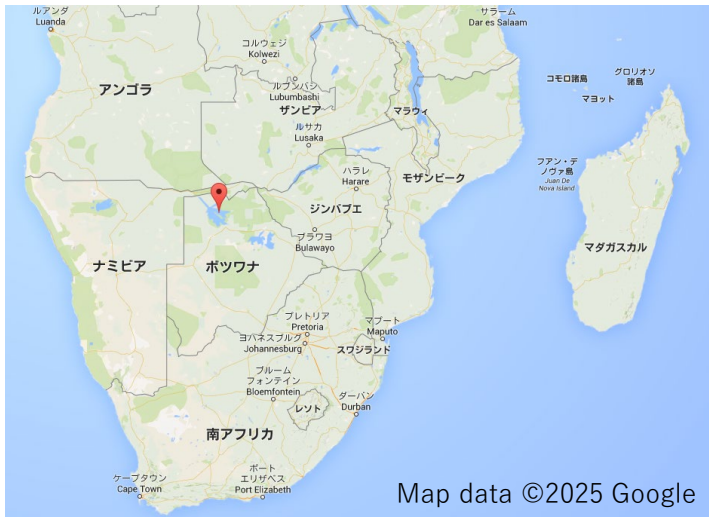
Peter Prokosch
GRID-Arendal <https://www.grida.no/resources/1797>



Map data ©2025 Google



レナ川河口デルタの分岐する河道
Landsat衛星画像 NASA



Map data ©2025 Google

砂漠に消える河川 オカバンゴ・デルタ
USGS/Landsat



Map data ©2025 Google



メコン川の洪水

どうしてグローバルに（＝地球全体を対象に）
河川の研究をするのか？

世界の河川には、どれだけの水がどのように流れているのか？



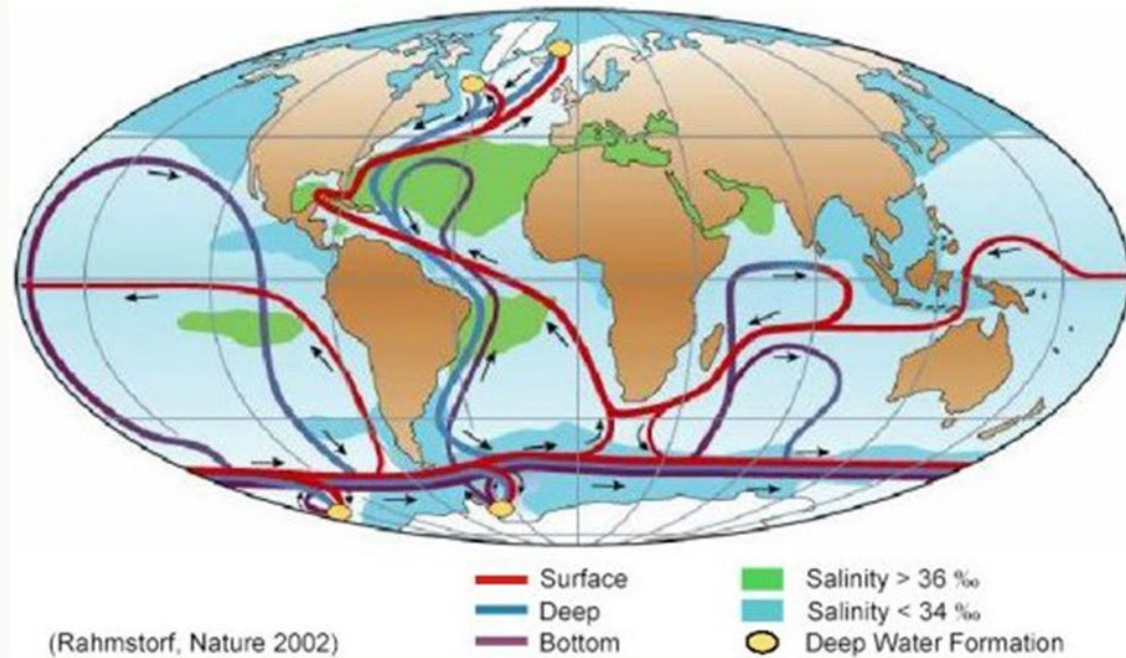
河川は、
大気・海洋・陸域をめぐる
地球水循環システムの一部

河川の流れを把握すると
降水や蒸発など水循環の
各要素の理解が進む

出典： USGS (United States Geological Survey)

河川から海洋への淡水流出は、海洋熱塩循環を通して気候システムに影響

Thermohaline Circulation



LETTERS TO NATURE

Simulation of abrupt climate change induced by freshwater input to the North Atlantic Ocean

Syukuro Manabe & Ronald J. Stouffer

<https://www.nature.com/articles/378165a0.pdf>



Bengt Nyman,
CC BY 2.0,
via Wikimedia Commons

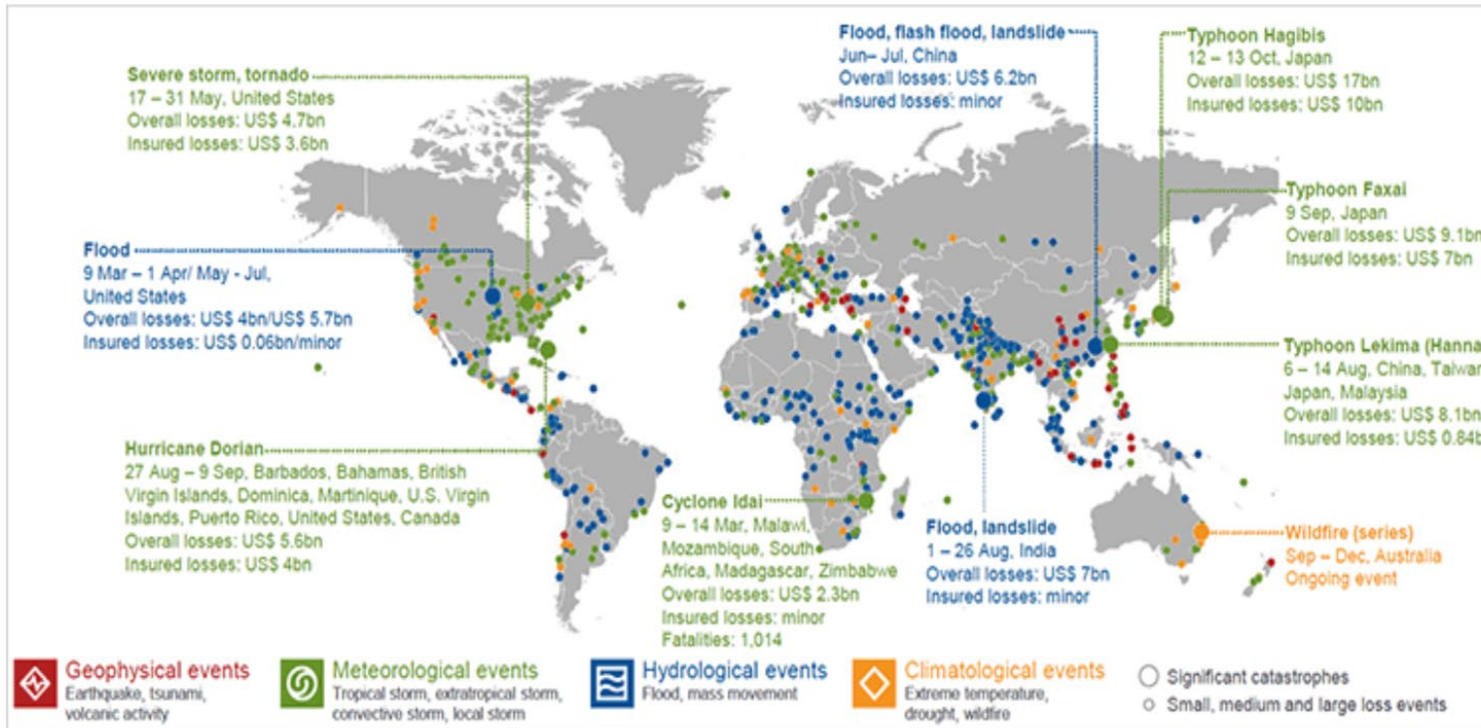
海洋熱塩循環: 密度(=温度と塩分) で駆動

→地球全体の気候形成の議論をするには、地球上の主要河川全てを扱う必要がある

→Answers from engineering viewpoints:

洪水や渇水などの河川流れに関連する気象災害は世界各地で起きている

World Natural Catastrophes, 2019



Source: © 2020 Munich Re, Geo Risks Research, NatCatSERVICE. As of January 2020.

Figure 4
Number of people affected per disaster type 1998-20173

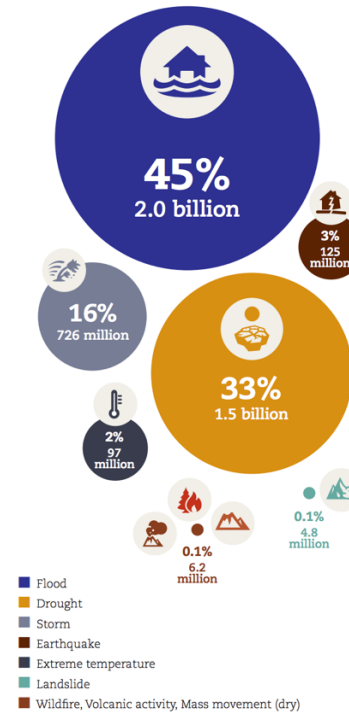
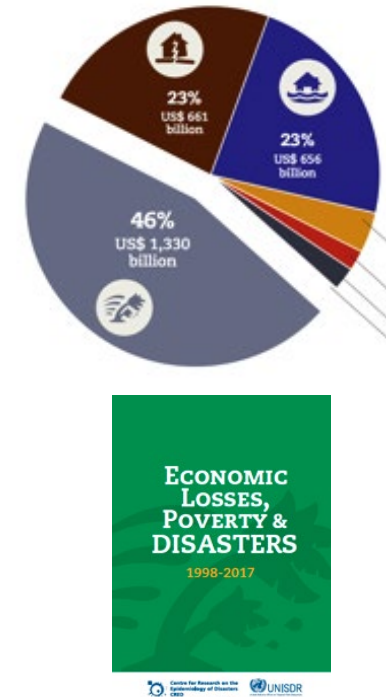


Figure 6
Breakdown of recorded economic losses (US\$) per disaster type 1998-2017



Economic losses, poverty & disasters: 1998-2017
UNDRR (IUNISDR)

United Nations Office for Disaster Risk Reduction

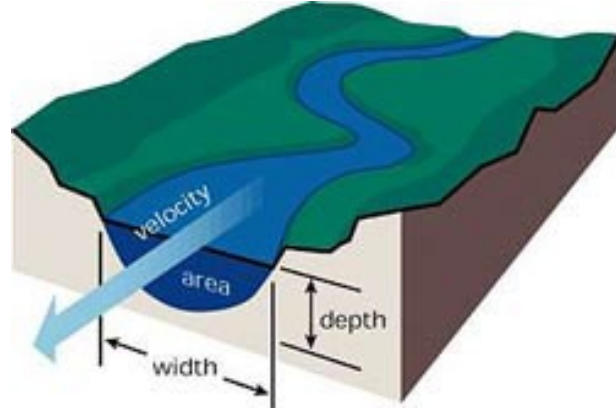
https://www.preventionweb.net/files/61119_credeconomiclosses.pdf?startDownload=true

いつどこで発生するかわからない洪水や渇水に備えるには、特定地点を研究するのではなく
モニタリングや予測を広域を対象に実施することが必要

河川流れのモニタリングってどうやるの？

河川流量はどうやって測定する？

流量 =
断面積 × 流速



Subramaniam Nachimuthu Deepa, Narayanan Natarajan & Mohanadhas Berlin,
'Enhanced variational mode decomposition with deep learning SVM kernels for river streamflow forecasting',
Environmental Earth Sciences, (2023) Springer Nature

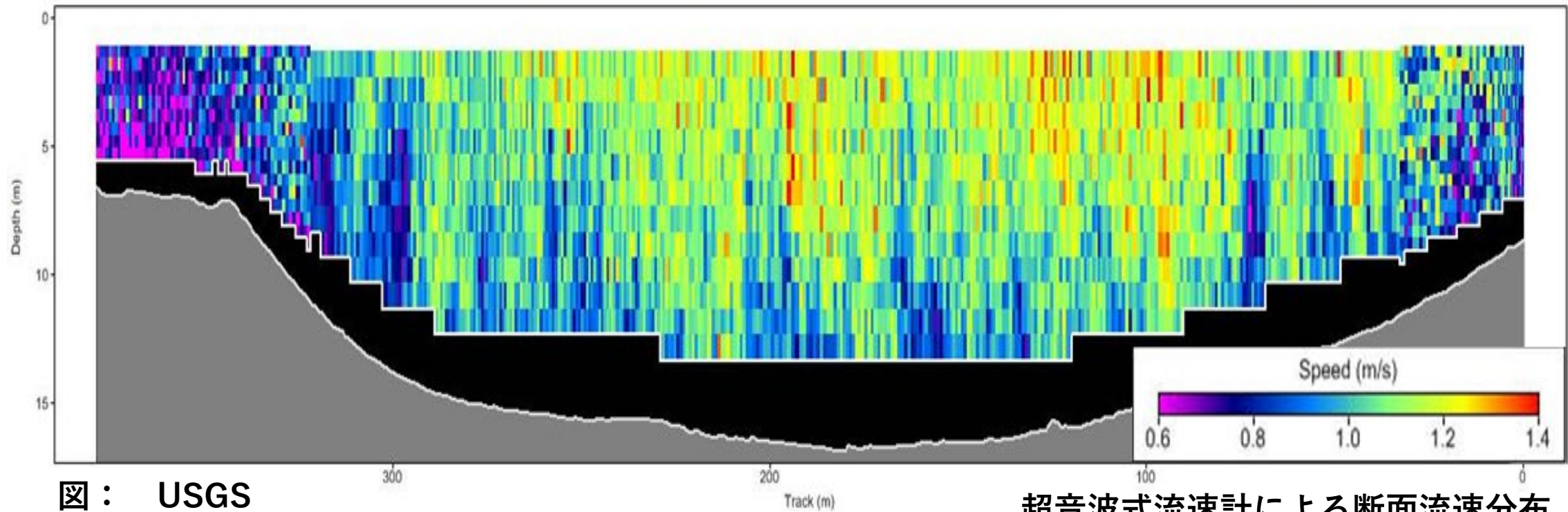


定点式流速計



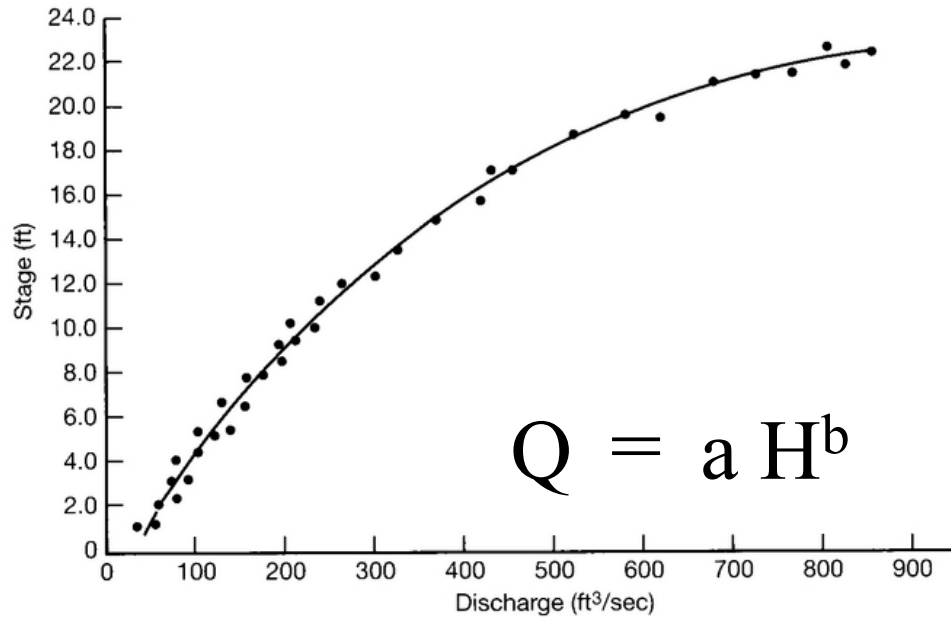
超音波式流速計

河川流量はどうやって測定する？



流速分布は河道断面内で一様でない
⇒流速は現場で計測しないと分からない
でも、手間がかかる。毎日にはできない。

河川流量はどうやって測定する？



水位-流量曲線

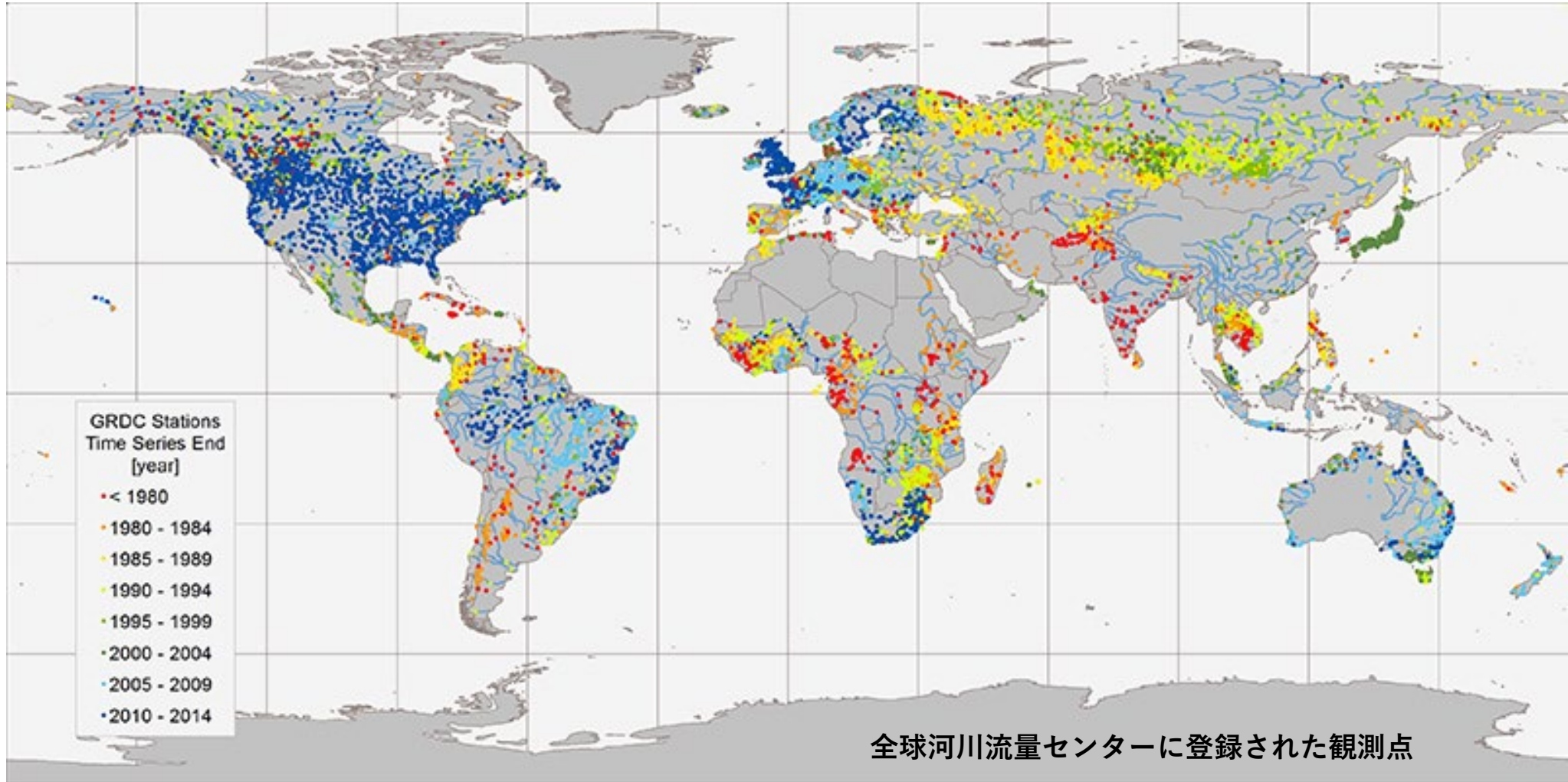


電波式水位計

何回か断面流速観測を繰り返して
水位と流量の関係式を求める。

⇒ 水位だったら自動計測できる。
常時観測が可能になる。

世界の河川流量観測ネットワーク

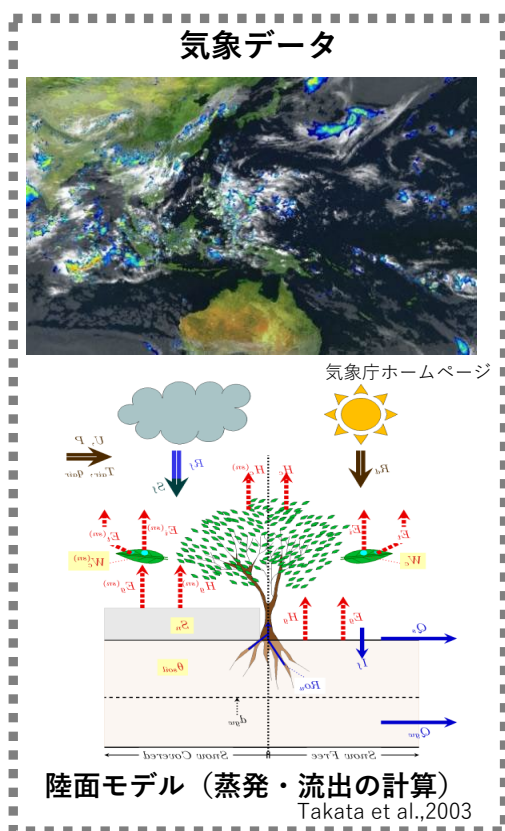


9011 GRDC stations with monthly data, incl. data derived from daily data (Status: 18 Dec 2014)
Koblenz: Global Runoff Data Centre, 2014.

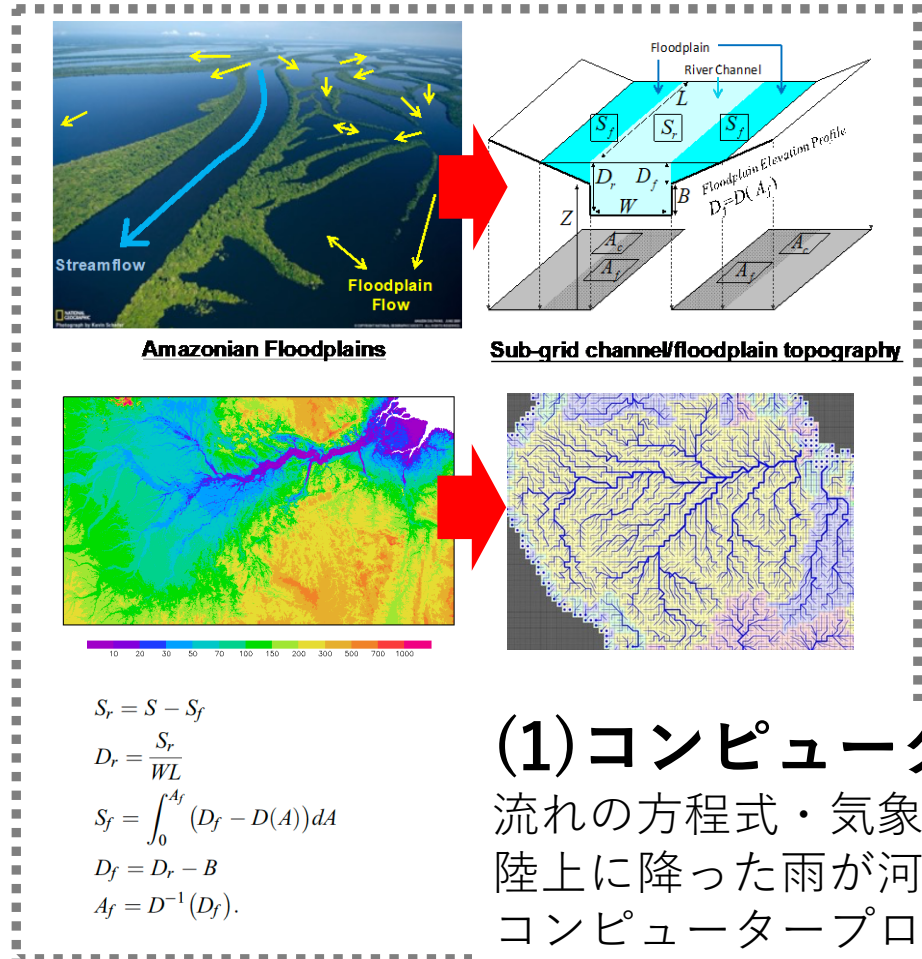


先進国に偏っている、観測データの継続性が不十分、公開されないデータも多数
⇒ 流量の現地観測は大切だが、それだけでは地球規模の水循環を捉えられない

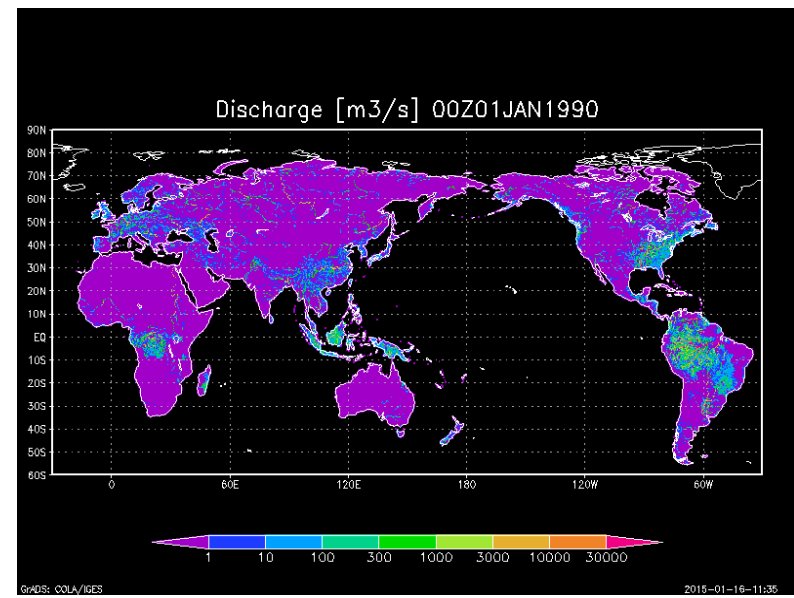
現地観測では分からない 世界の河川の流れを捉えるには？



入力: 河道への流出量



出力: 流量・浸水域など



(1) コンピューターシミュレーション

流れの方程式・気象データ・地形データなどを組み合わせて、陸上に降った雨が河川を流れて海に流出する間のプロセスをコンピュータープログラムで表現。
現地観測がない地点の河川の様子を計算によって推定できる。

現地観測では分からない世界の河川の流れを捉えるには？

(2) 衛星リモートセンシング

人工衛星による宇宙からの観測で、地球上全ての河川を俯瞰的に捉える



JAXA, NASA, ESAなどが
さまざまな地球観測衛星を
開発・運用している

「河川を測ること」に特化した
衛星ミッションはないが、
河川の研究でも活用できる？

Image credit: NASA

衛星から河川を観測するとは？ どこに難しさがある？



(1)ほとんどの河川は細くて小さい
都市・森林・農地など面で広がるものと比べ
上流から下流を線でつなぐ河川は扱いが難しい

一部の大河川は衛星からでもはっきり見えるが
中小河川は高解像度画像をズームアップして
ようやく見えることがある程度

→地球上には「どこにどのような河川があるか」
漏れなくマッピングすることは可能か？

(2) 衛星からは河川の表面しか見えない
河川の研究で知りたいのは、水面下の情報
どのくらいの水量が流れているのか？水深は？
水と一緒にどんな物質が流れているのか？

→衛星リモートセンシングで「河川の流れ」
を観測することは可能か？

地球上にはどこに、どのような河川があるのか？

基礎知識: まずは高解像度衛星データから、水面がどこにあるかを特定しよう！

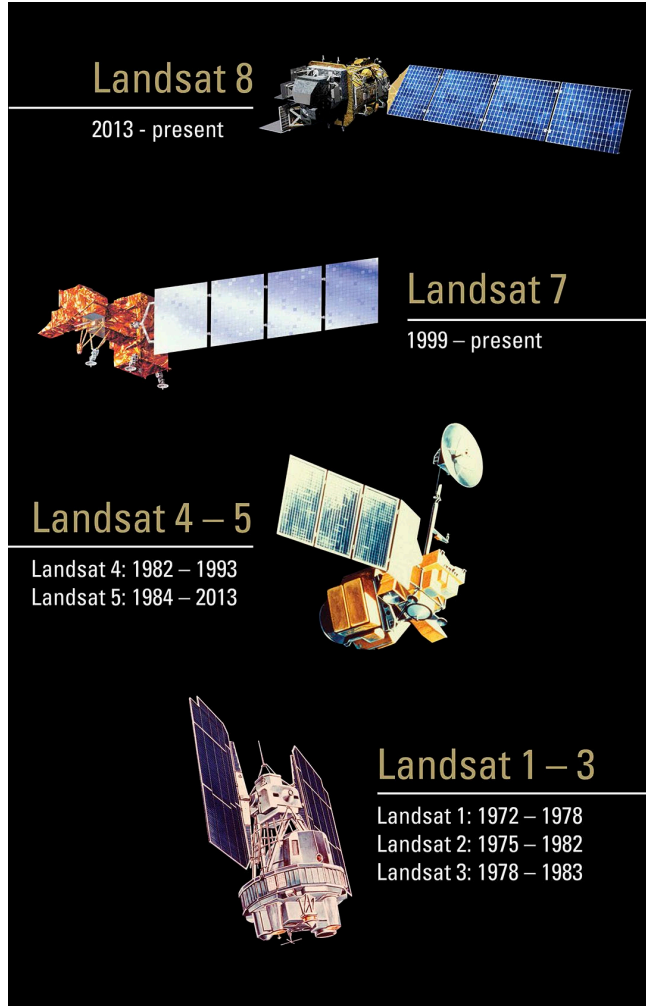


Image: USGS

光学センサー（可視・近赤外）
地物が反射した光(=太陽光)を
波長ごとに観測する
いわゆる「衛星写真」

○高解像度・高頻度
×雲や夜間に観測できない

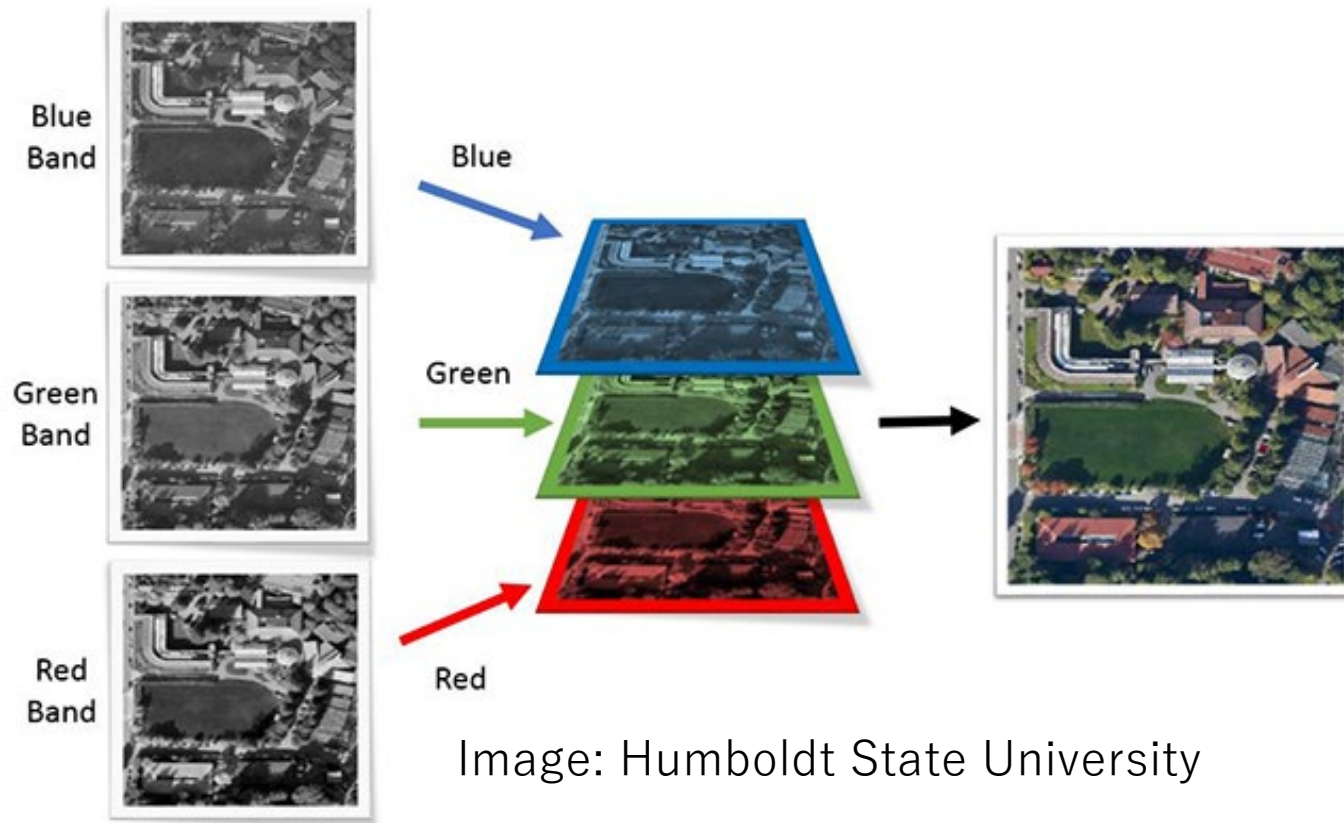


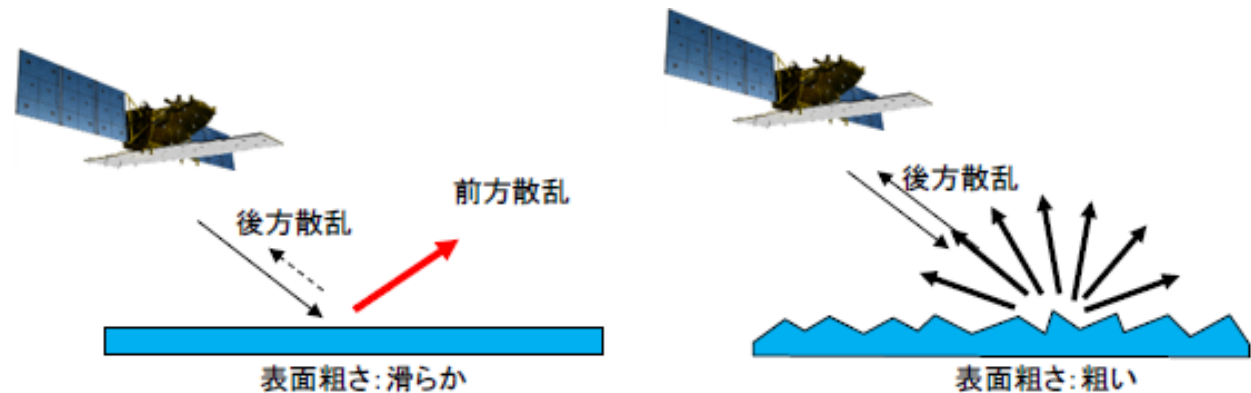
Image: Humboldt State University

地球上にはどこに、どのような河川があるのか？

基礎知識: まずは高解像度衛星データから、水面がどこにあるかを特定しよう！

もう一つの高解像度水面検出手法：レーダーによる地表面観測

反射強度が地表面の粗さと関連
○高解像度・全天候昼夜観測可
×観測頻度が低い、
入射角や波長ごとに特性が異なる



図：JAXA/EORC

レーダー反射強度
Mason et al., 2008

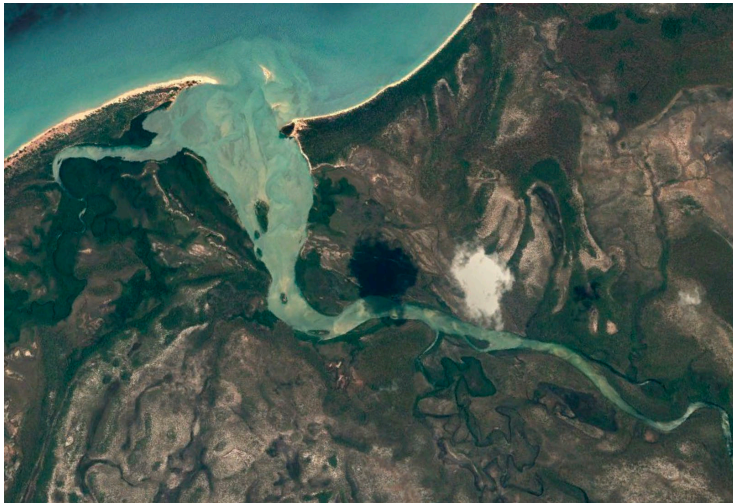
(今日は時間が限られているので
可視/近赤外の最新研究だけ紹介します)

研究テーマ(1)

地球上にはどこに、どのような河川があるのか？

基礎知識: まずは高解像度衛星データから、水面がどこにあるかを特定しよう！

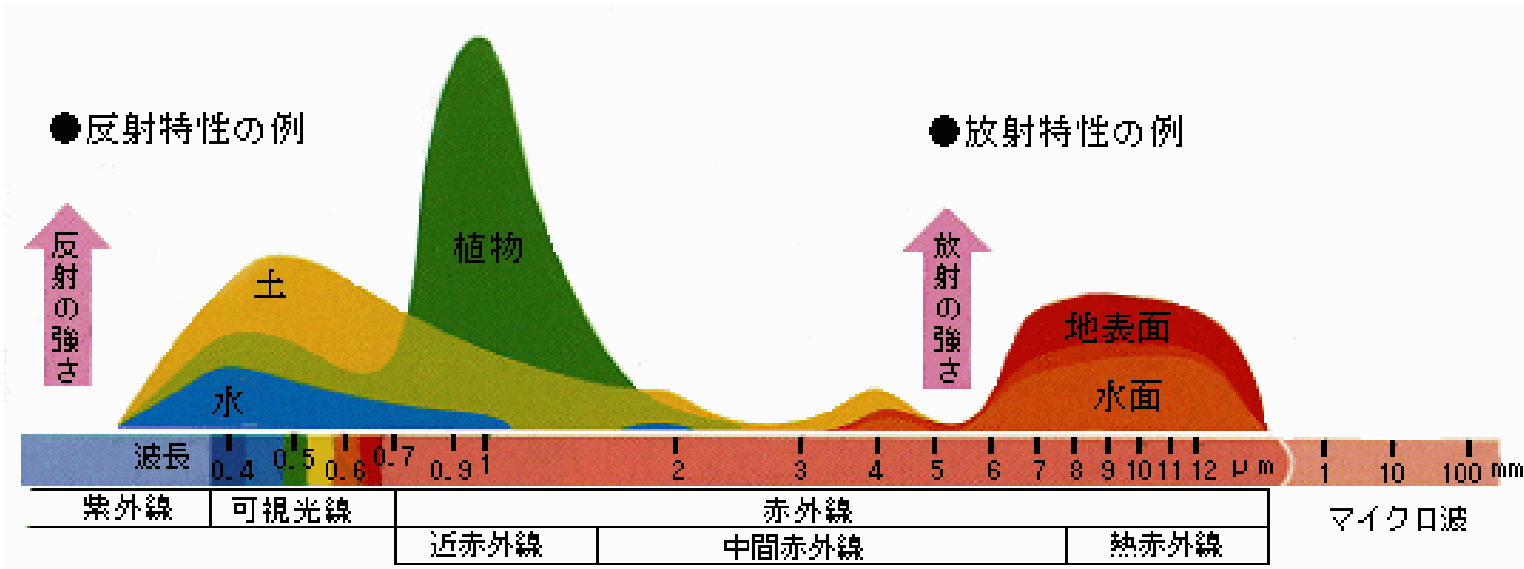
Google Earth Engine



「水面」といっても、可視光での見え方はさまざま。水深や混濁物で大きく色が変わる

リモセンの基礎：可視/近赤外による地表面観測

図：JAXA/EORC



False Color:
 R : Band4 (近赤外領域)
 G : Band3 (可視赤領域)
 B : Band2 (可視緑～黄領域)

Normalized Water Index (NDWI)

$$NDWI = \frac{(X_{green} - X_{nir})}{(X_{green} + X_{nir})}$$

False image

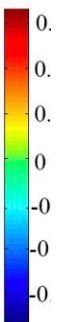
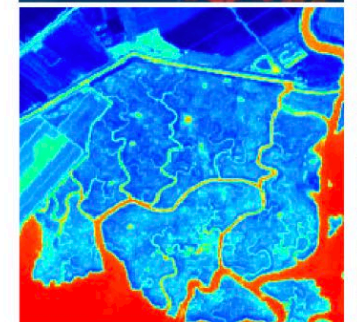
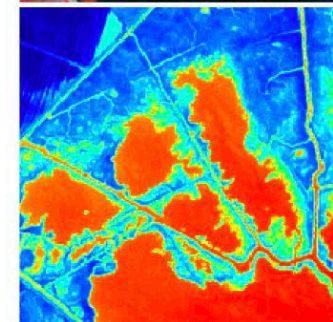
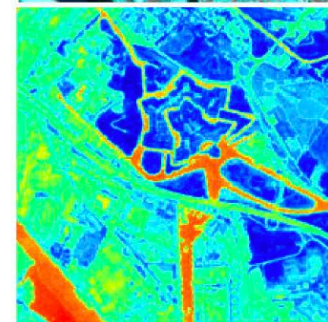
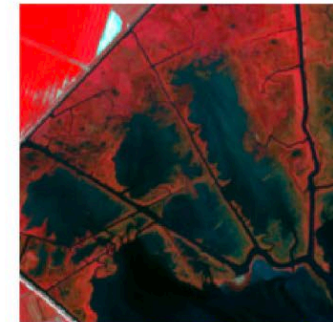
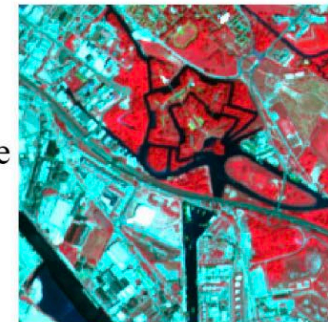
NDWI_{10m}

Yun et al., 2016

Subarea A

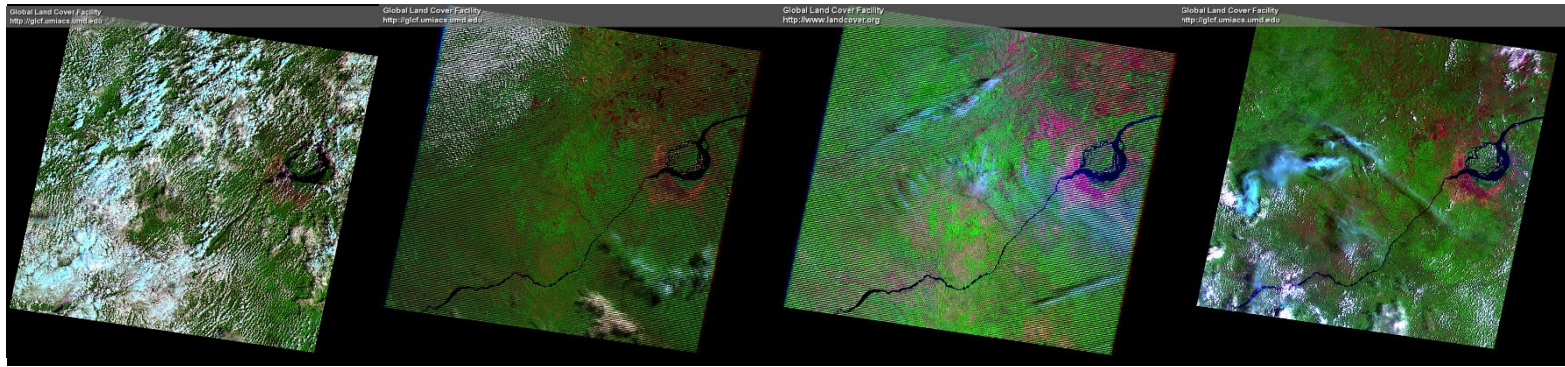
Subarea B

Subarea C



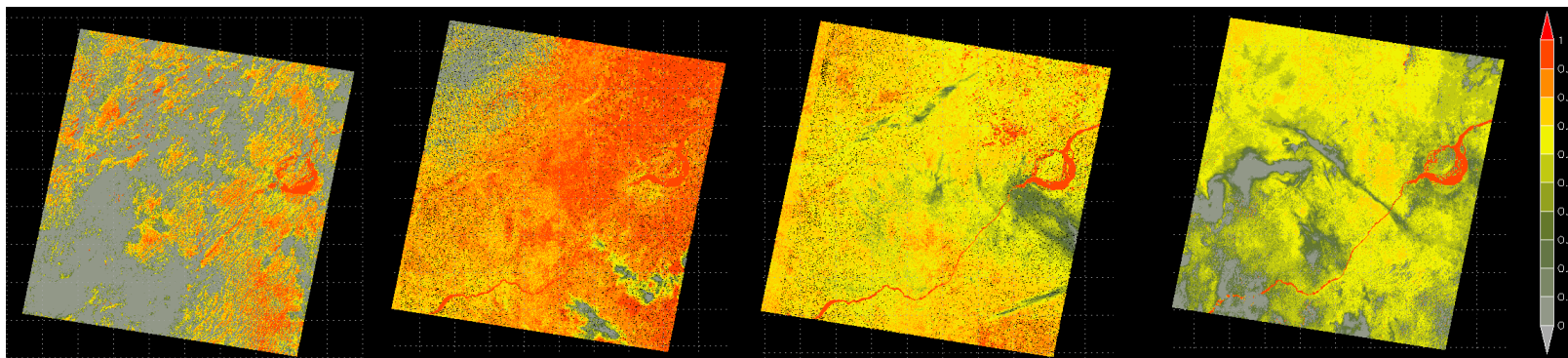
近年の研究動向 (2015年ごろから)

ただし地球全体で解析するには、アルゴリズム自動化が必須

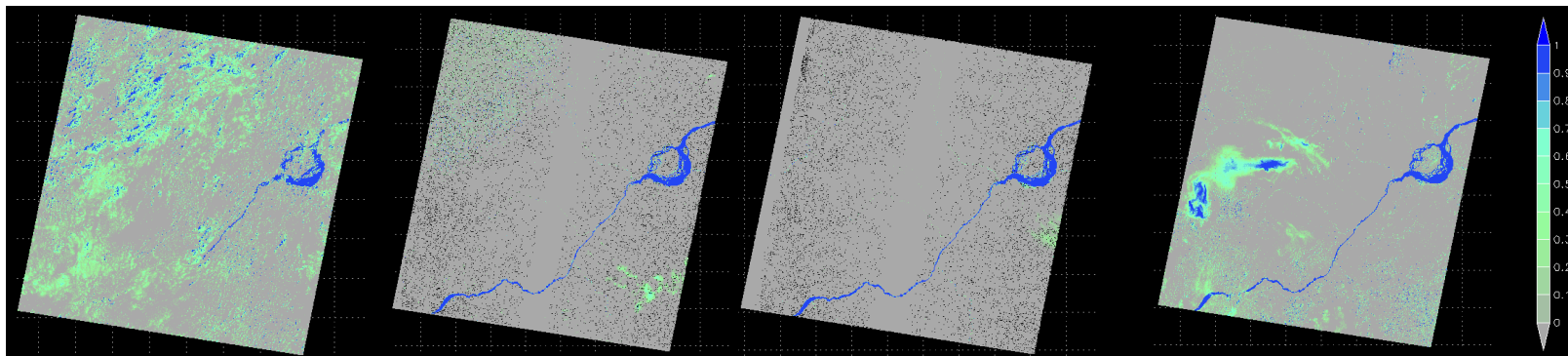


例：雲を自動検出して解析から除外する

GLS 742画像
p182 / r063



観測確度

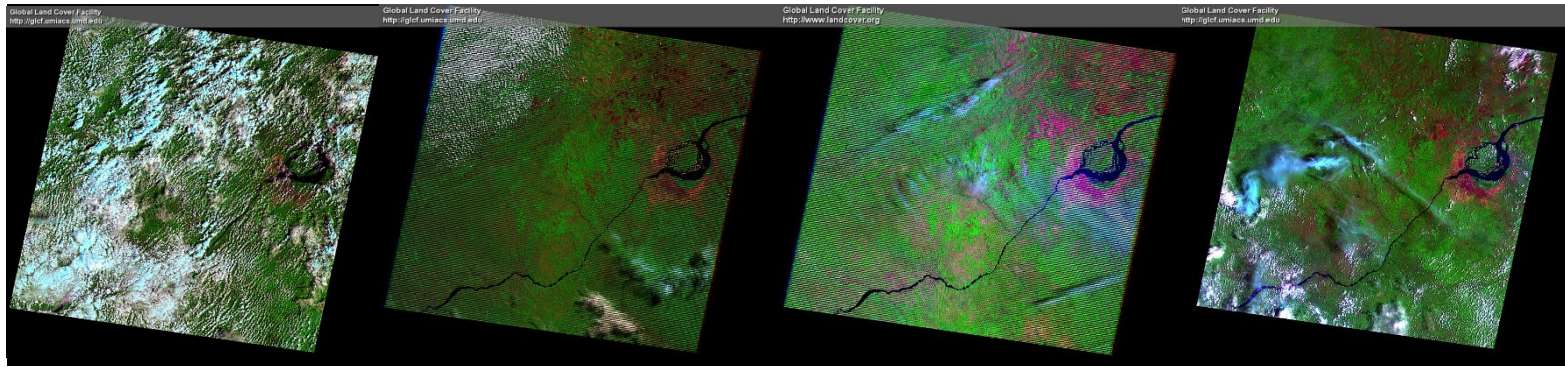


水面確率

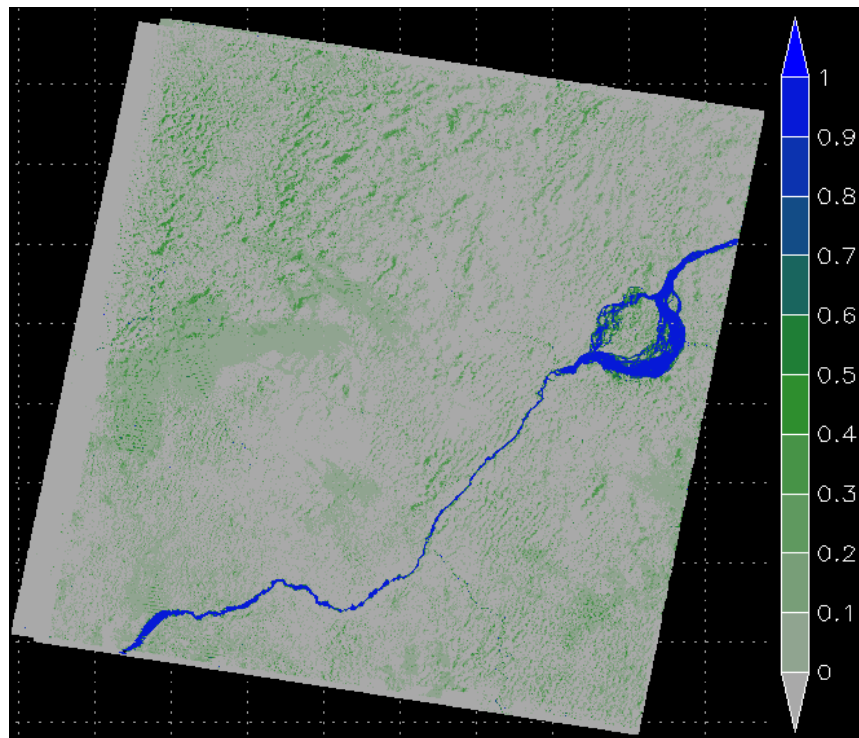
近年の研究動向 (2015年ごろから)

ただし地球全体で解析するには、アルゴリズム自動化が必須

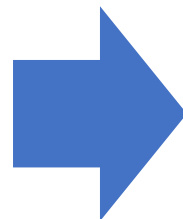
例：雲を自動検出して解析から除外する



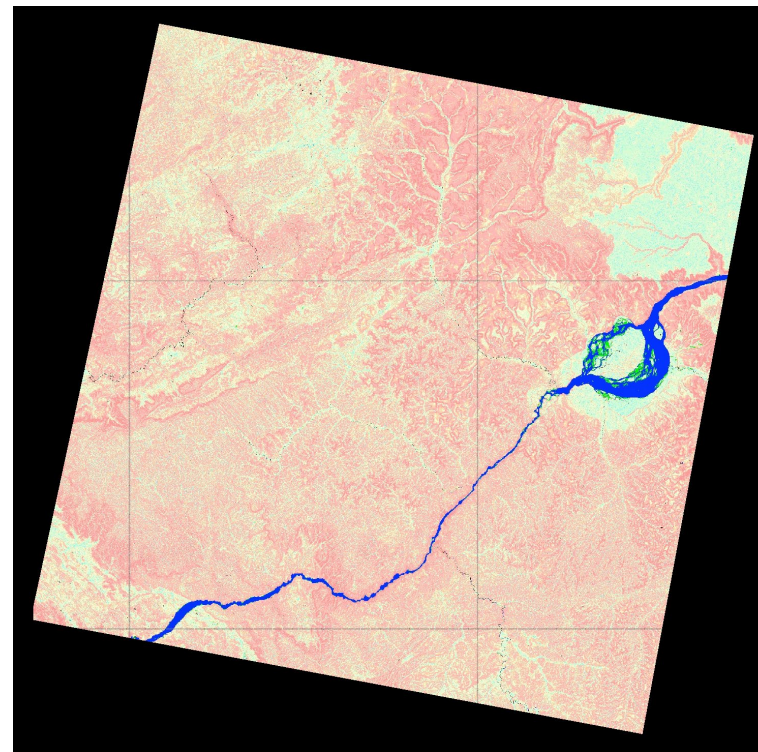
GLS 742画像
p182 / r063



水面存在頻度



水面分類
NDWI
NDVI
温度
地形



水面マスク

近年の研究動向 (2015年ごろから)

ただし地球全体で解析するには、アルゴリズム自動化が必須

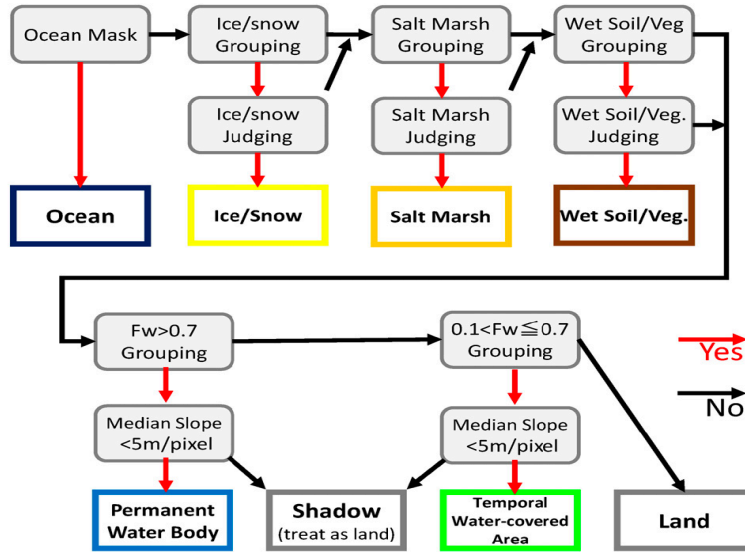
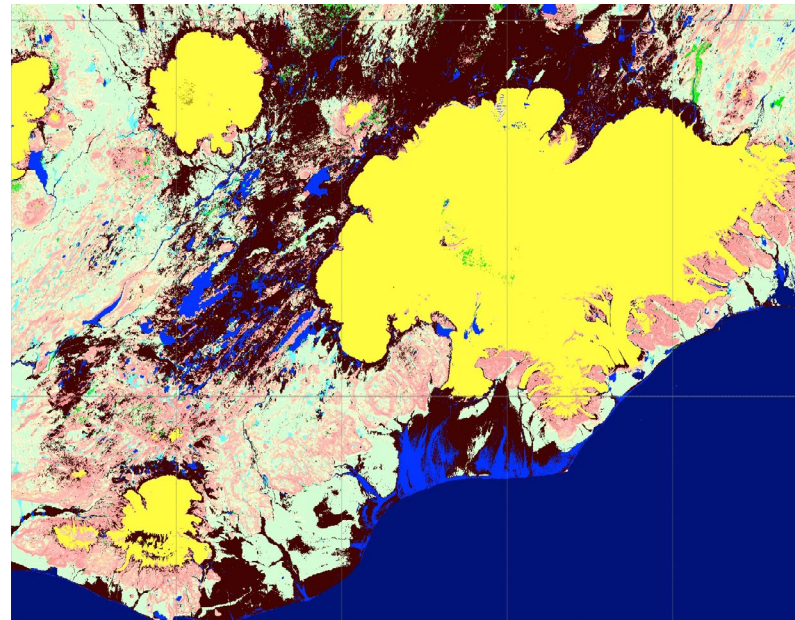


Fig. 2. Flowchart of classification steps.

実際には「水のように見えるけど水ではないもの」が多数あり、NDWIだけでは判定できない。地道な閾値調整と精度確認の繰り返し

Step	Water Type	Classification Conditions
0	Ocean	Follow External Land Sea Mask
1	Ice/Snow	$F_w > 0.1$, $NDWI > 0.4$, $NDVI > -0.2$, $Ref > 0.1$, $T_b < 0$
2	Salt Marsh	$F_w > 0$, $NDWI > 0.4$, $NDVI > -0.2$, $Ref > 0.35$, $T_b > 0$
3	Lava, Wet Soil/Vegetation	$F_w > 0$, $0.05 < NDWI < 0.4$, $-0.1 < NDWI < 0.3$, $Ref < 0.15$, $Slope < 0.05$
4	Shadow	$(F_w > 0, Slope > 0.05)$ or $(0 < F_w < 0.7, NDWI < 0.5, NDVI > 0.1)$
5	Permanent Water	$F_w \geq 0.7$, $Slope < 0.05$
6	Temporarily Flooded Area	$0.1 < F_w < 0.7$, $Slope < 0.05$
7	Land	Remaining Pixels



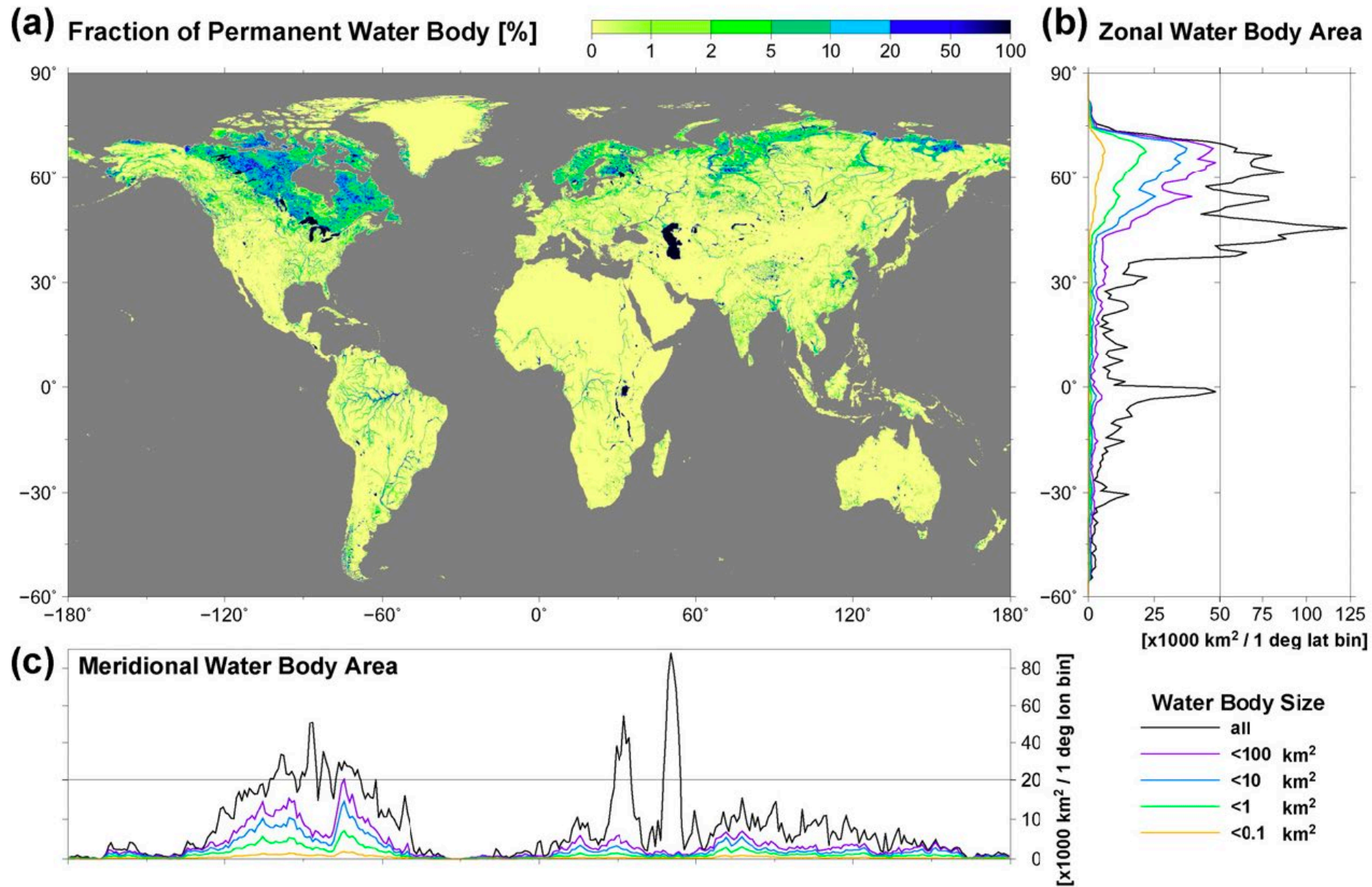
開発したG3WBM水面マスク

青：恒久的な水面

緑：一時的な浸水域

茶：溶岩や泥など湿った地面

黄：雪氷

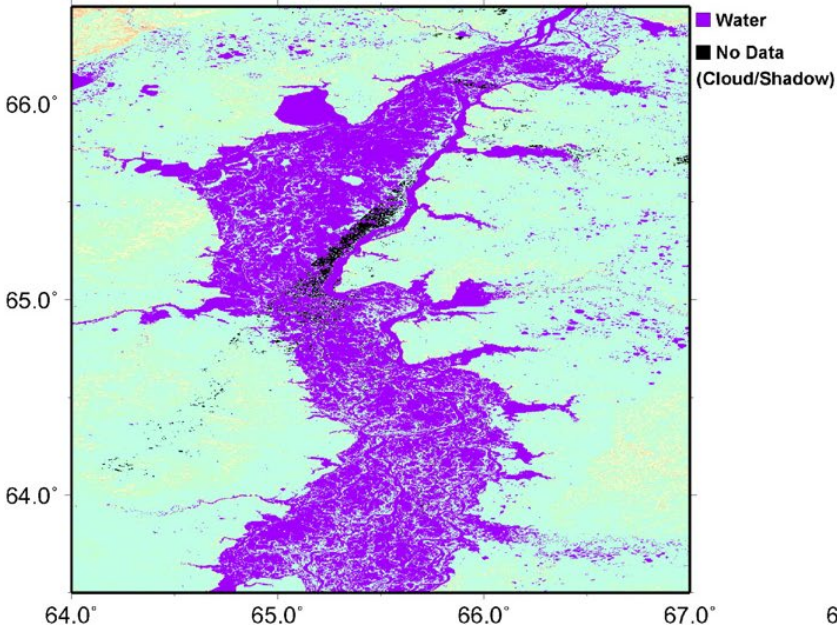


Yamazaki et al., 2015, Remote Sensing of Environment
<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/G3WBM/>

近年の研究動向 (2015年ごろから)

地球全域を対象にした衛星データ解析は、近年急速に進歩

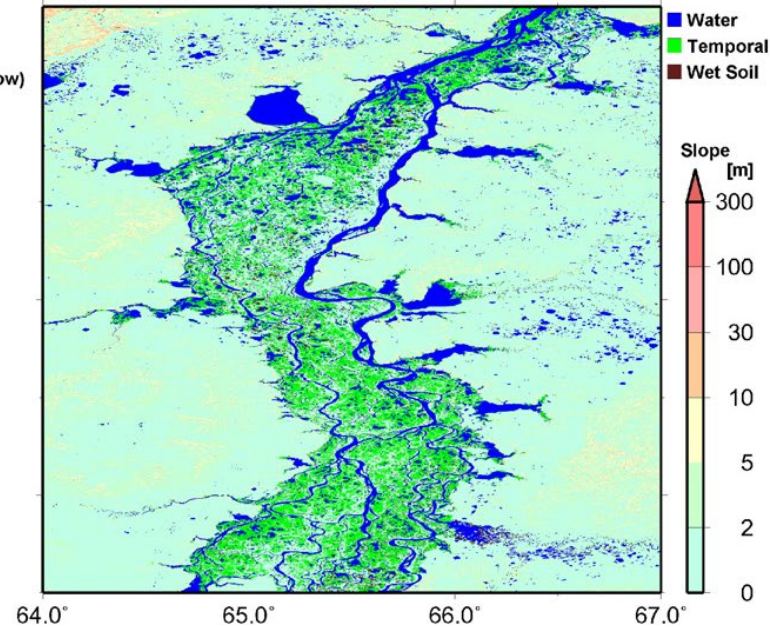
(c) GLCF GIW [Ob River]



Min et al., 2015 (Apr)

Landsat画像8000枚を合成し、
地球全域で水面をマップした
(水頻度は考慮せず)

(d) G3WBM (this study)

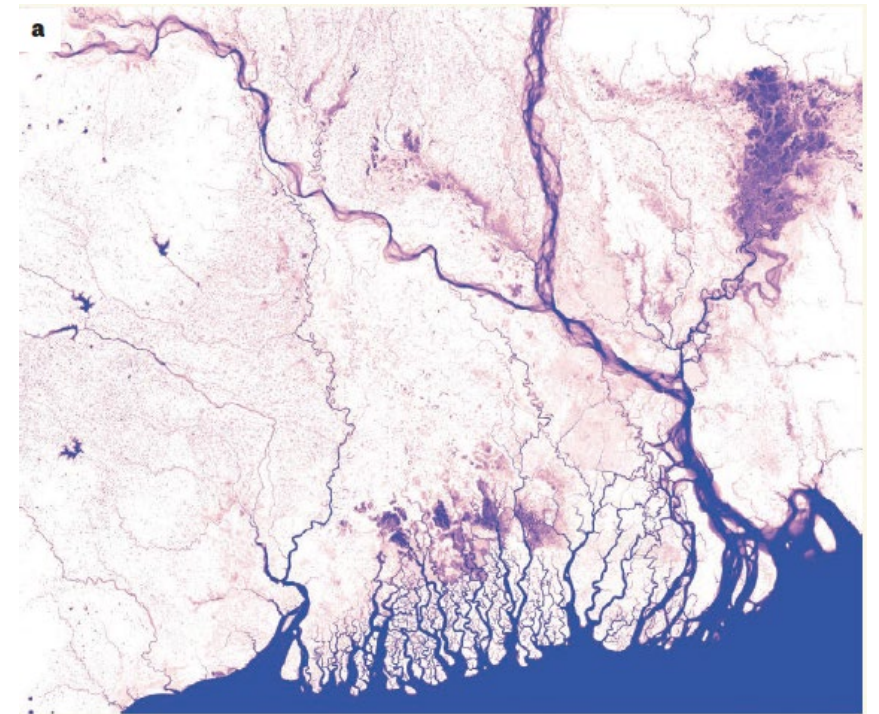


Pekel et al, 2016 Nature

EC-JRCとGoogleが共同研究
Landsat 300万枚を用いた同様の解析
水面の過去30年の変化が明らかに

Yamazaki et al., 2015 (Nov)

Landsat画像34000枚を合成し、
河道と氾濫原を区別したマップ
(グローバルな水面地図で初めて水頻度を考慮)



近年の研究動向 (2015年ごろから)

「水面の地図」から「河川の地図」をつくるには？

今日のテーマは「宇宙から河川を測る」。
河川の研究としては、どこに水面があるかだけでなく、
どのように河川が源流から河口までを結ぶネットワークを形成し、
どこからどこに水が流れているか？を知りたい

問題：衛星画像だけからでは、水がどちらに流れているかを推定し
河川のネットワーク情報を抽出することが難しい

解決策→衛星水面データに、標高データや地理データを組み合わせて、
水が流れる方向を自動計算するアルゴリズムをつくることで
高精度な「世界の河川の地図」を作成する

詳しくは：

MERIT Hydro: A high-resolution global hydrography map based on latest topography datasets

Yamazaki, D., D. Ikeshima, J. Sosa, P.D. Bates, G.H. Allen, T.M. Pavelsky

Water Resources Research, vol.55, pp.5053-5073, 2019, DOI 10.1029/2019WR024873

日本全域高解像度の表面流向データ整備 High-resolution flow direction map of Japan

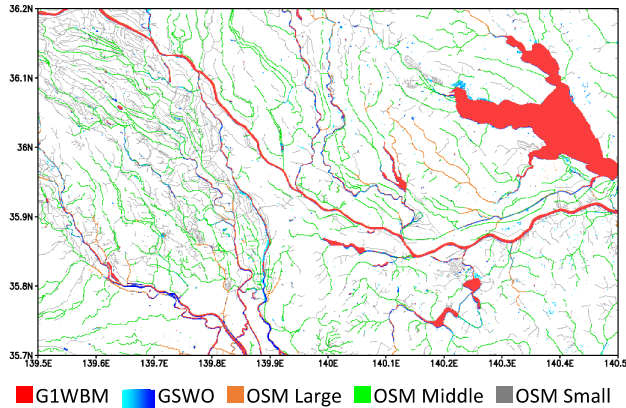
山崎大, 富樫冨佳, 竹島彰, 佐山敬洋

土木学会論文集B1(水工学), Vol.74(5), I_163-I_168, 2018

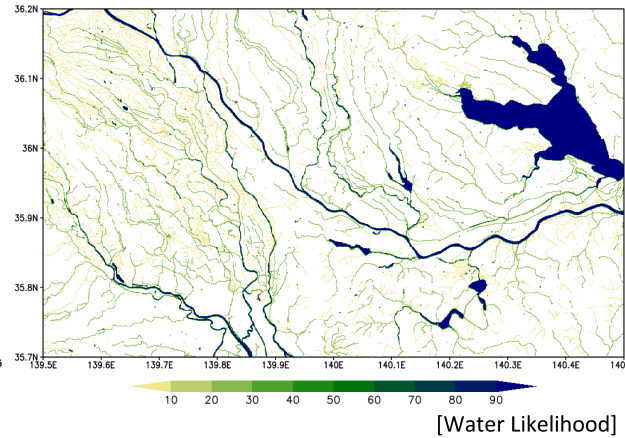
近年の研究動向 (2015年ごろから)

「水面の地図」から「河川の地図」をつくるには？

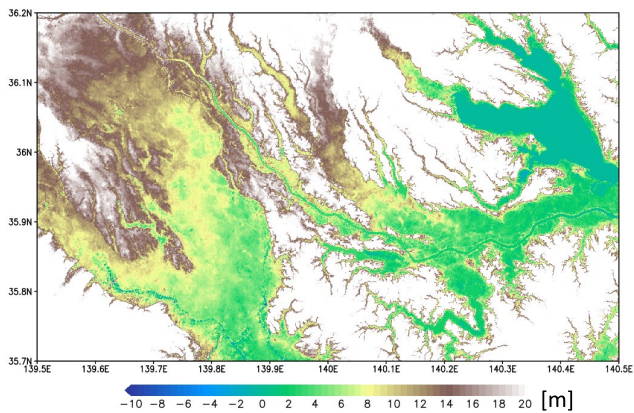
(a) Input Water Maps



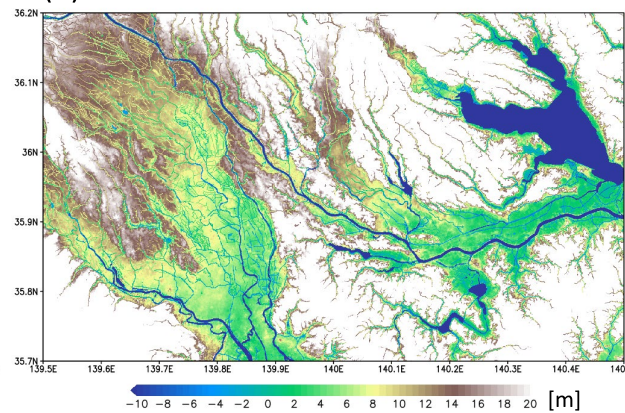
(b) Synthetic Water Map



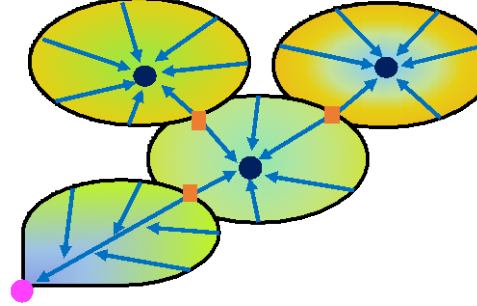
(c) Original MERIT DEM



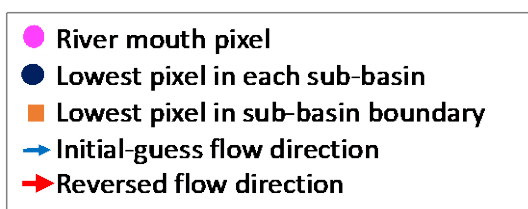
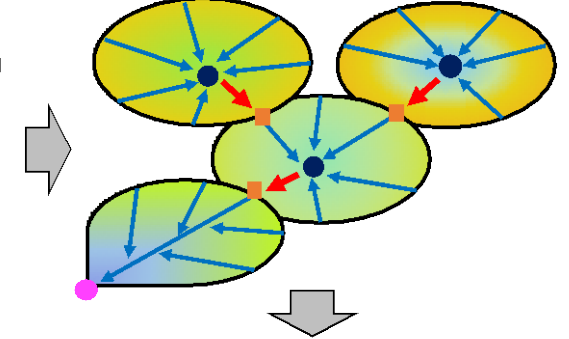
(d) Conditioned DEM



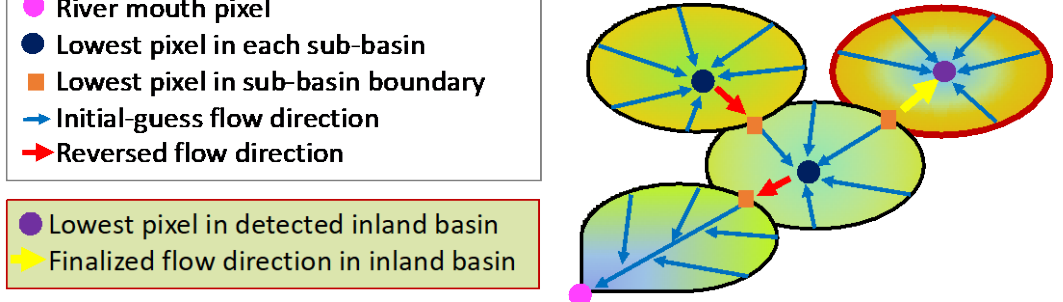
(a) Initial Flow Direction



(b) Connected flow direction



(c) Finalized Flow Direction



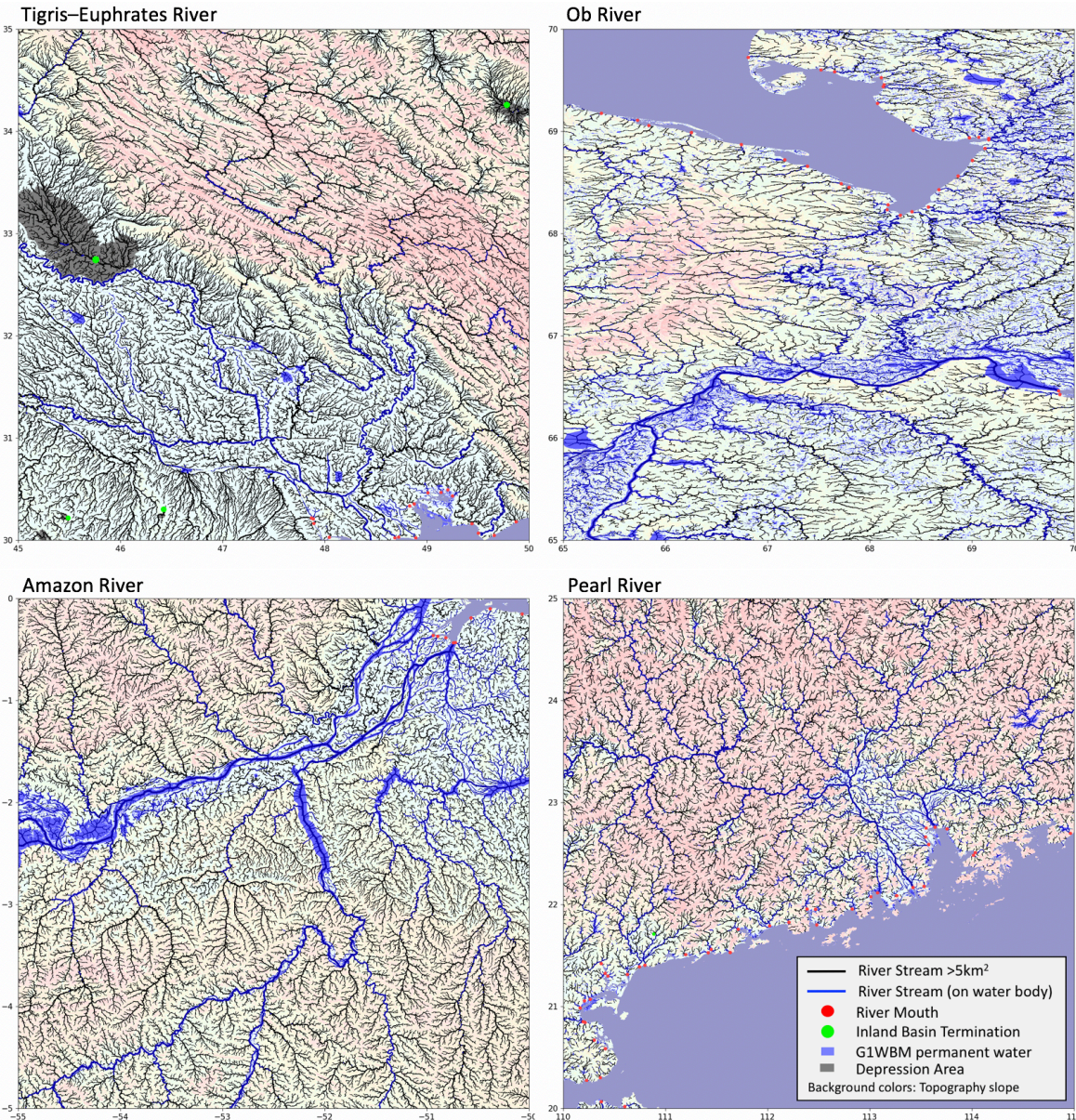
①衛星水面データ、GIS水面データ(OpenStreetMap)を合成して、河川ネットワークの計算のために標高データを修正

②修正した標高データを用いて、勾配から流下方向を計算さらに標高エラーも考慮して結果を自動修正

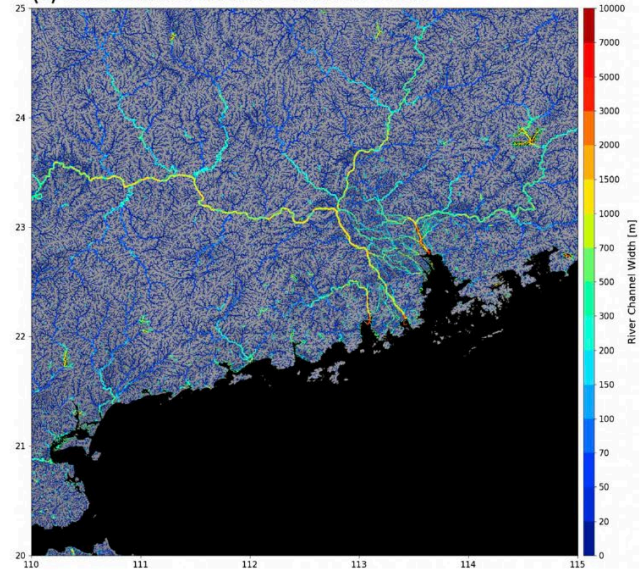
③計算された河道ネットワークを何度も目視確認+修正して最終プロダクトの精度を確保！

近年の研究動向 (2015年ごろから)

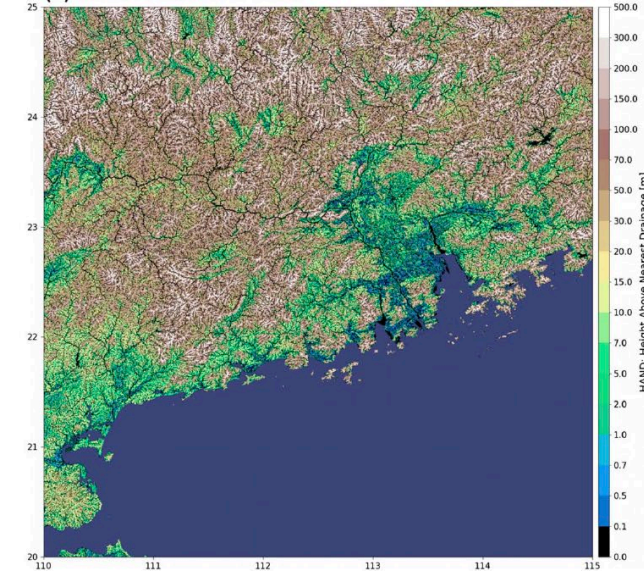
「水面の地図」から「河川の地図」をつくるには？



(a) River Channel Width: Pearl River Basin



(b) HAND: Pearl River Basin



MERIT Hydro:

山崎研究所で開発した世界最先端のグローバルな河川地形データ。2019年に公開。

http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_Hydro/

RIVER NETWORK

Global extent of rivers and streams

George H. Allen and Tamin M. Pavelsky

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aat0636>

The turbulent surfaces of rivers and streams are natural hotspots of biogeochemical exchange with the atmosphere. At the global scale, the total river-atmosphere flux of trace gasses such as carbon dioxide depends on the proportion of Earth's surface that is covered by the fluvial network, yet the total surface area of rivers and streams is poorly constrained. We used a global database of planform river hydromorphology and a statistical approach to show that global river and stream surface area at mean annual discharge is $773,000 \pm 79,000$ square

Landsatデータから丁寧に「河川の水面」のみを抽出
川幅を計算した上でm小河川の水面面積を統計的に推定
河川水面は773,000km²で、陸地面積の0.58%に相当する
ことを突き止めた。

密度は一様ではなく、アマゾン・ヒマラヤ・北極域に多い

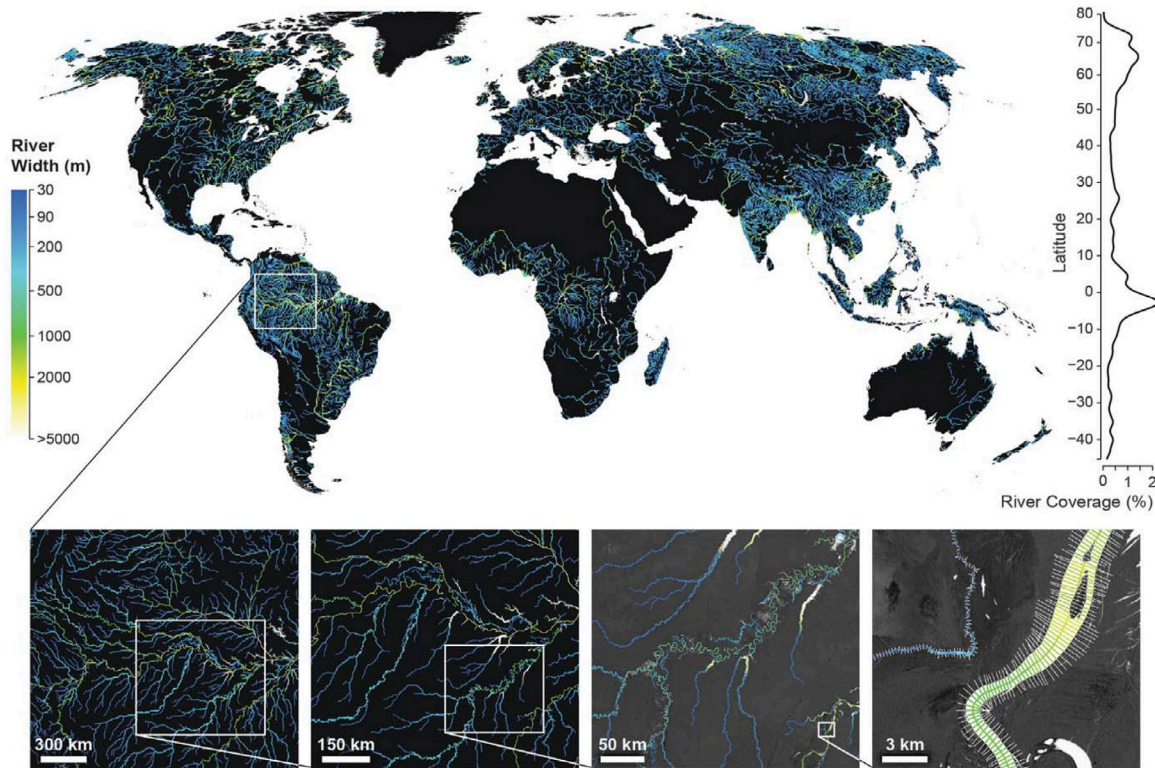


Fig. 1. The Global River Widths from Landsat (GRWL) Database contains more than 58 million measurements of planform river geometry. The line plot on the right shows observed river

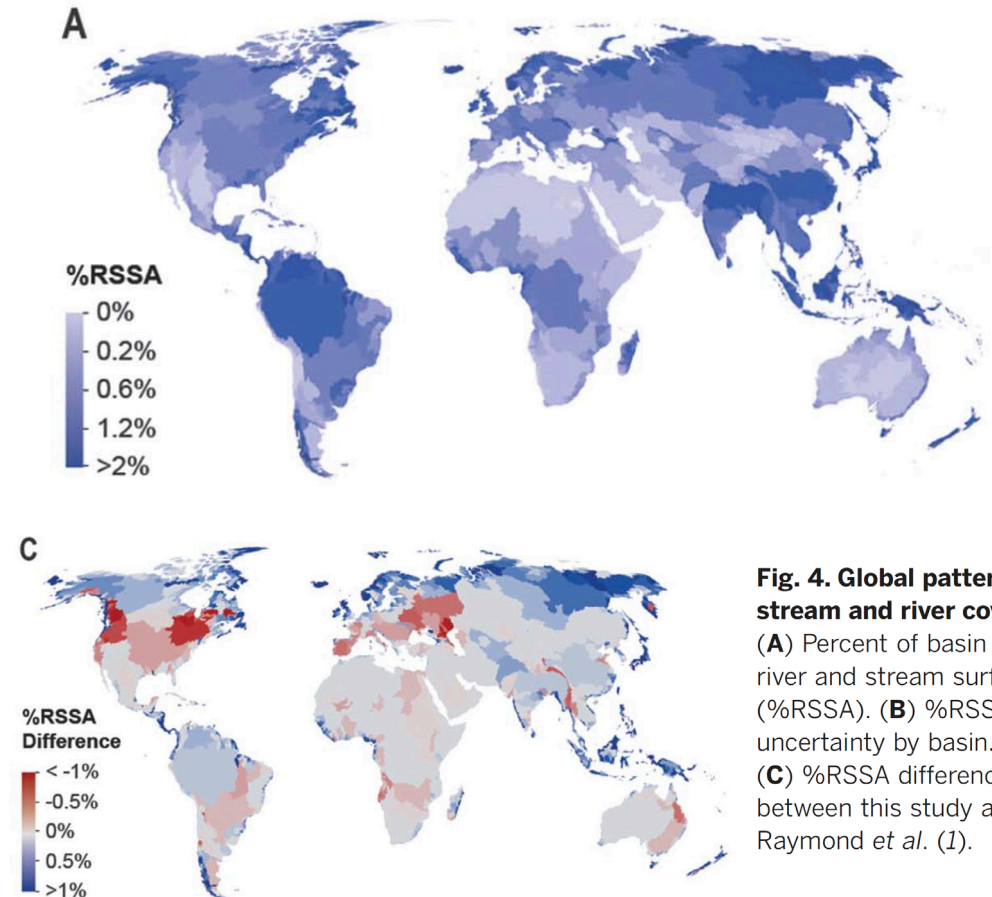


Fig. 4. Global patterns of stream and river coverage. (A) Percent of basin covered by river and stream surface area (%RSSA). (B) %RSSA uncertainty by basin. (C) %RSSA difference between this study and Raymond *et al.* (1).

衛星から河川を観測するとは？ どこに難しさがある？



(1)ほとんどの河川は細くて小さい
都市・森林・農地など面で広がるものと比べ
上流から下流を線でつなぐ河川は扱いが難しい

一部の大河川は衛星からでもはっきり見えるが
中小河川は高解像度画像をズームアップして
ようやく見えることがある程度

→地球上には「どこにどのような河川があるか」
漏れなくマッピングすることは可能か？

(2) 衛星からは河川の表面しか見えない
河川の研究で知りたいのは、水面下の情報
どのくらいの水量が流れているのか？水深は？
水と一緒にどんな物質が流れているのか？

→衛星リモートセンシングで「河川の流れ」
を観測することは可能か？

水面だけでなく、河川の流を衛星から測ることは可能か？

流量 Q は断面積($A \sim wd$) \times 流速(v)で与えられるが
どちらも衛星では直接観測できない

$$Q = wdv$$

衛星から測れるものは表面
つまり 川幅や氾濫面積 + 水面の標高

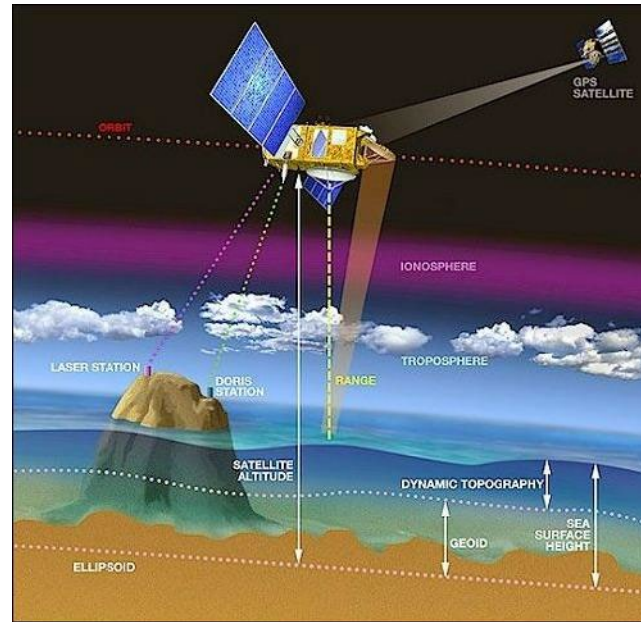
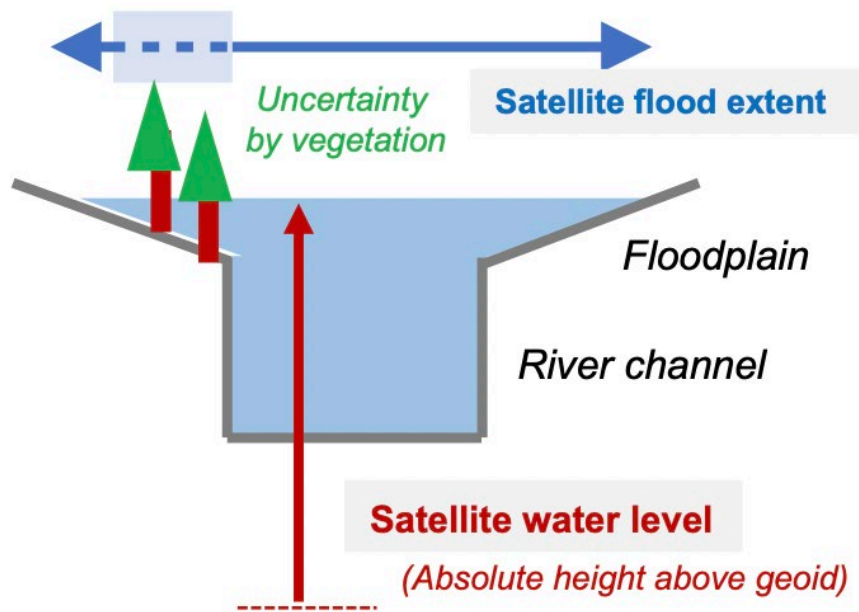
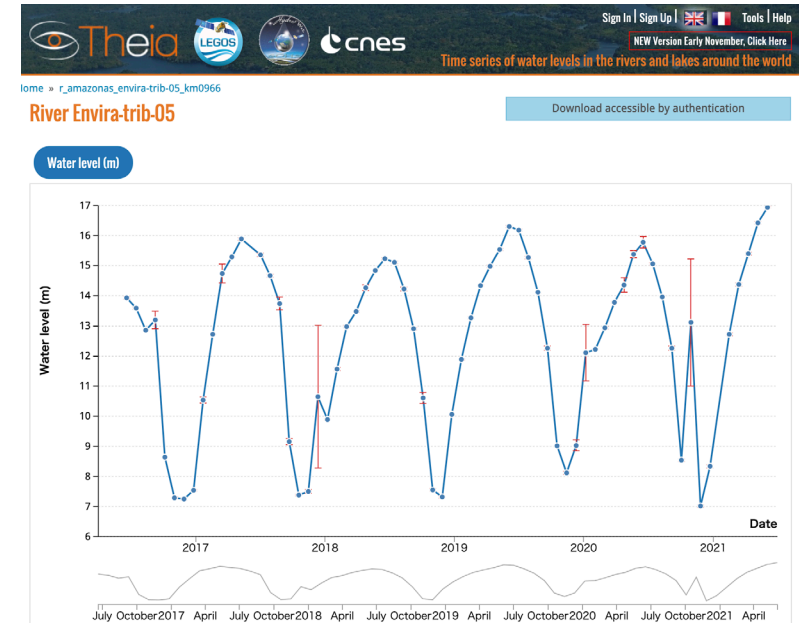


Figure: ESA

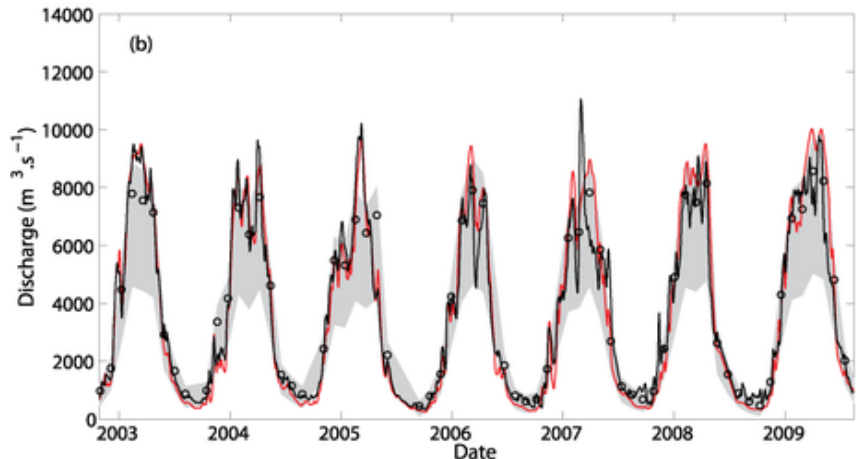
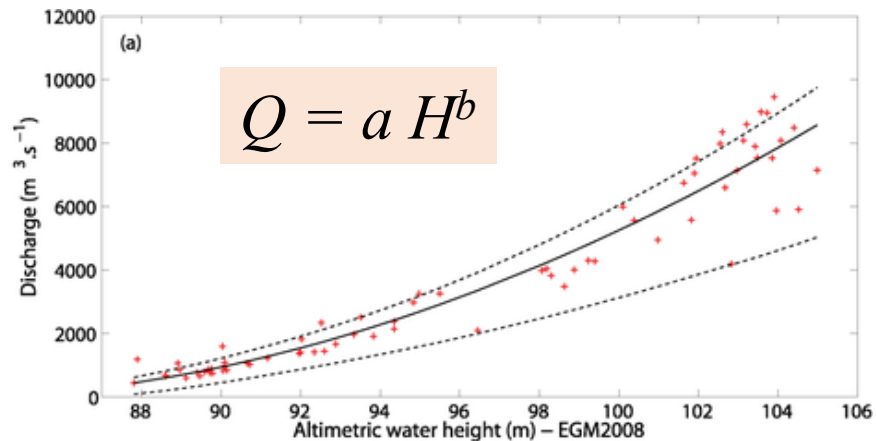


HydroWeb

<https://www.theia-land.fr/en/hydroweb/>

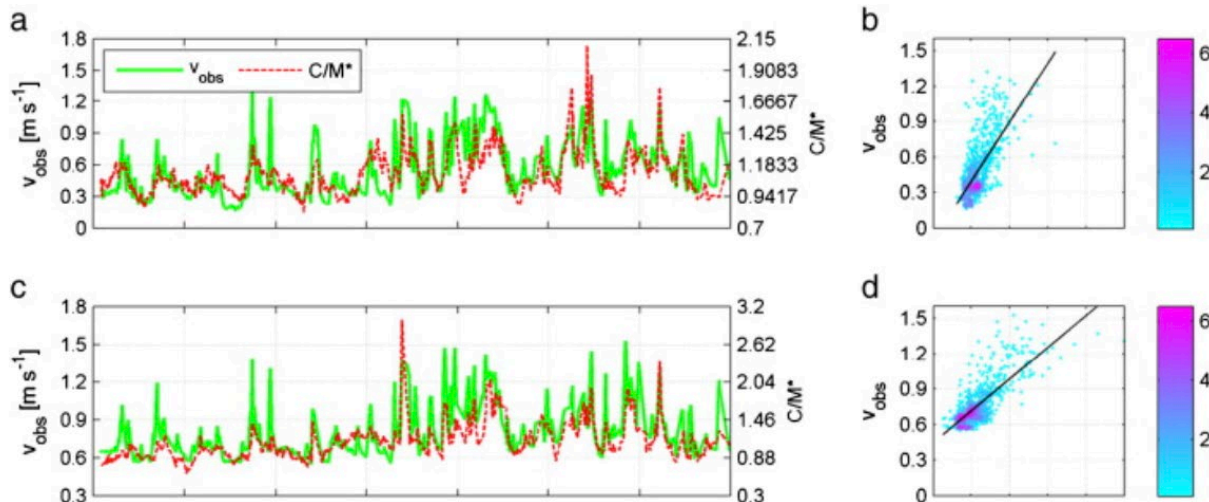
衛星高度計：衛星から直下にレーダーパルスを射出
エコーが戻るまでの時間を計測して
水面や陸面の高度を推定する

水面だけでなく、河川の流を衛星から測ることは可能か？



Paris et al. 2016

衛星高度計水位と河川流量観測から
回帰式を作成。衛星水位から流量を推定



Tarpanelli et al. 2013

増水時は水面が広くなることを利用して
MODIS反射率の変化から流量を復元

$$Q = a W^b$$

Rating Curve手法（流量を観測可能変数の関数とする）
を用いれば衛星から河川の流を推定することは可能。

ただし、現地観測河川流量でのカリブレーションが必要
→リアルタイムでのモニタリングなどには使えるが
現地観測データがない地点での流量推計は不可能

最新研究紹介

衛星観測だけから河川流量を推計できるか？

流量 Q は断面積($A \sim wd$) \times 流速(v)で与えられるが
衛星ではどちらも直接観測できない

$$Q = wdv$$

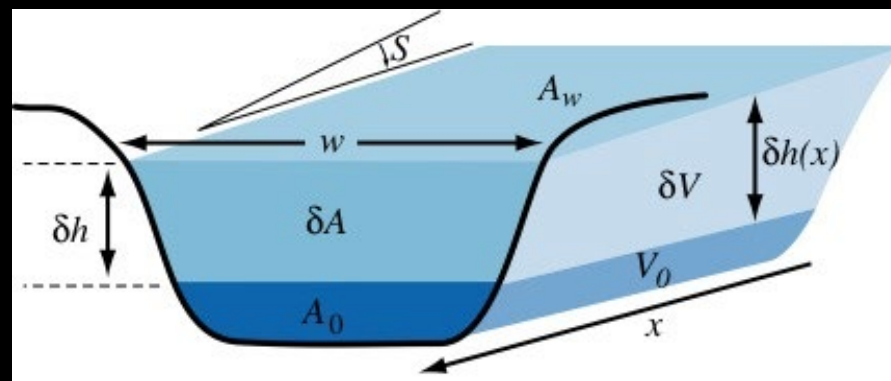
断面積を低水+偏差成分に分解、流速を Manning 式で近似する。
Unknown は低水断面積(A_0) + 粗度係数(n)のみになる

$$Q \approx \frac{(\delta A + A_0)^{5/3} w^{-2/3} S^{1/2}}{n}$$

Durand et al., *WRR*, 2016

Durand et al., *J. Hydrology*, 2014

Durand et al., *J. Hydrology*, 2010



A_0 : Unobserved low-flow cross section

δA : Observed cross section change

w : Observed cross section

A_w : Observed inundation area

H : Observed water surface elevation

V_0 : Unobserved low-flow storage

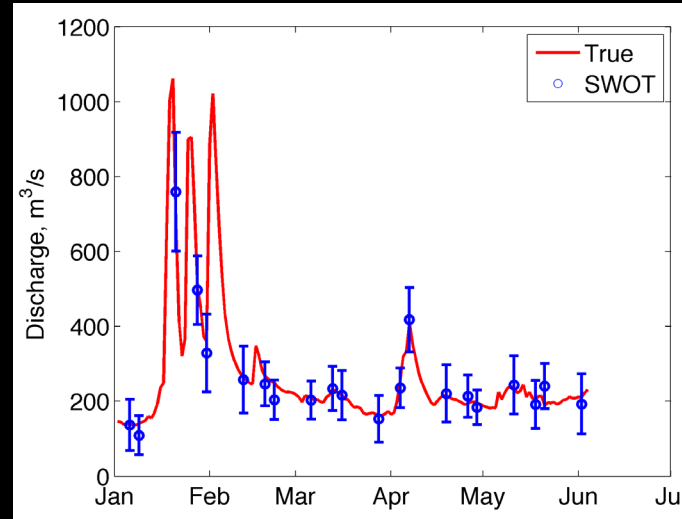
δh : Observed elevation change

S : Observed slope

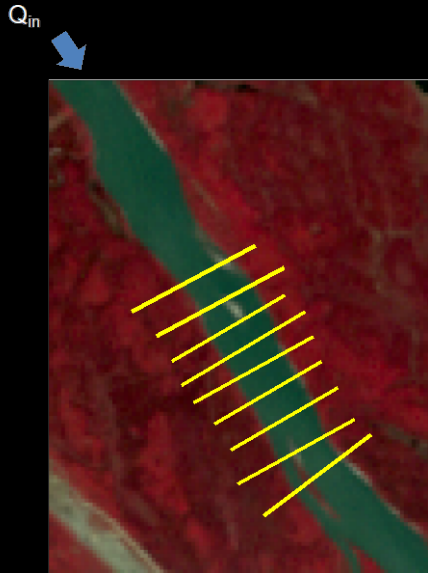
δV : Observed storage change

McFLI: Mass-conserved Flow Law Inversion

1 断面での現地観測と異なり、
面的な水面標高観測では
複数断面に方程式を適用できる
→以下の仮定で流量計算が可能に
隣接断面で流量は等しい
低水断面と粗度係数は時間変化なし



True runoff for Sacramento River: 8.5 km³/yr
Estimated runoff: 8.1 km³/yr (error = -5.6%)



Simultaneous
consideration of space
and time

For every p cross
sections there is a single
conserved Q at each time

Reduces Q unknowns
from p to 1 at each time

時間変化しない未知数: 区間数x2
時間変化する未知数: 全区間共通x1

for any p cross sections, we can write e.g.

$$Q(t) = \frac{1}{n_1} (A_{0_1} + \delta A_1(t))^{5/3} W_1(t)^{-2/3} S_1(t)^{1/2}$$

$$Q(t) = \frac{1}{n_2} (A_{0_2} + \delta A_2(t))^{5/3} W_2(t)^{-2/3} S_2(t)^{1/2}$$

$$Q(t) = \frac{1}{n_3} (A_{0_3} + \delta A_3(t))^{5/3} W_3(t)^{-2/3} S_3(t)^{1/2}$$

...

$$Q(t) = \frac{1}{n_p} (A_{0_p} + \delta A_p(t))^{5/3} W_p(t)^{-2/3} S_p(t)^{1/2}$$

1回の観測

得られる関係式: 区間数 p 本
未知変数の数: $2p + 1$ 個

N 回の観測

得られる関係式: 区間数*回数 = pN 本
未知変数の数: $2p + N$ 個
→ $2p + N < pN$ 、
つまり $N > 3$ で解が求まる

Which has $2p + 1$ unknowns for every p cross sections

Estimated discharge shows a decreasing trend along heavily irrigated areas

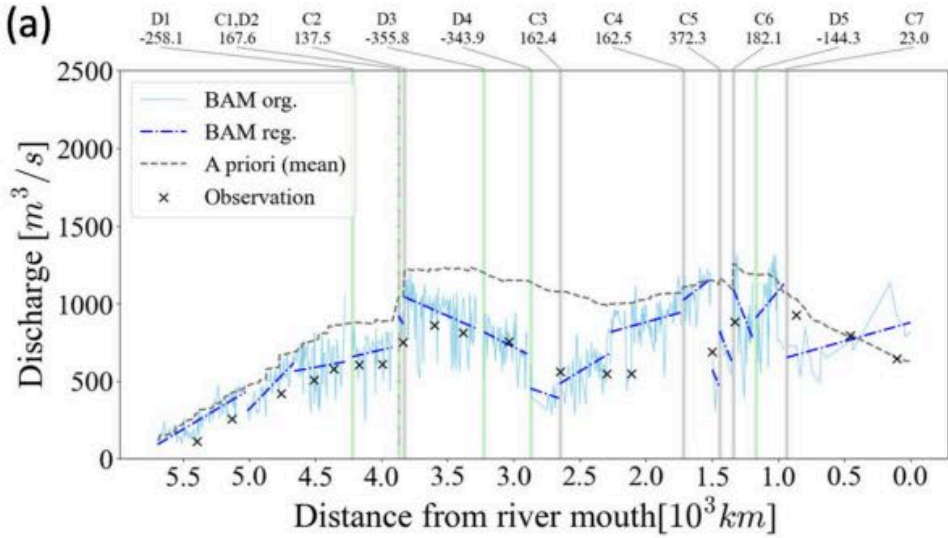
Evaluation of a Width-Based Satellite Discharge Algorithm for Detecting Longitudinal Flow Changes in a Human-Regulated Continental River Basin

Y. Ishikawa, D. Yamazaki, Y. Yang

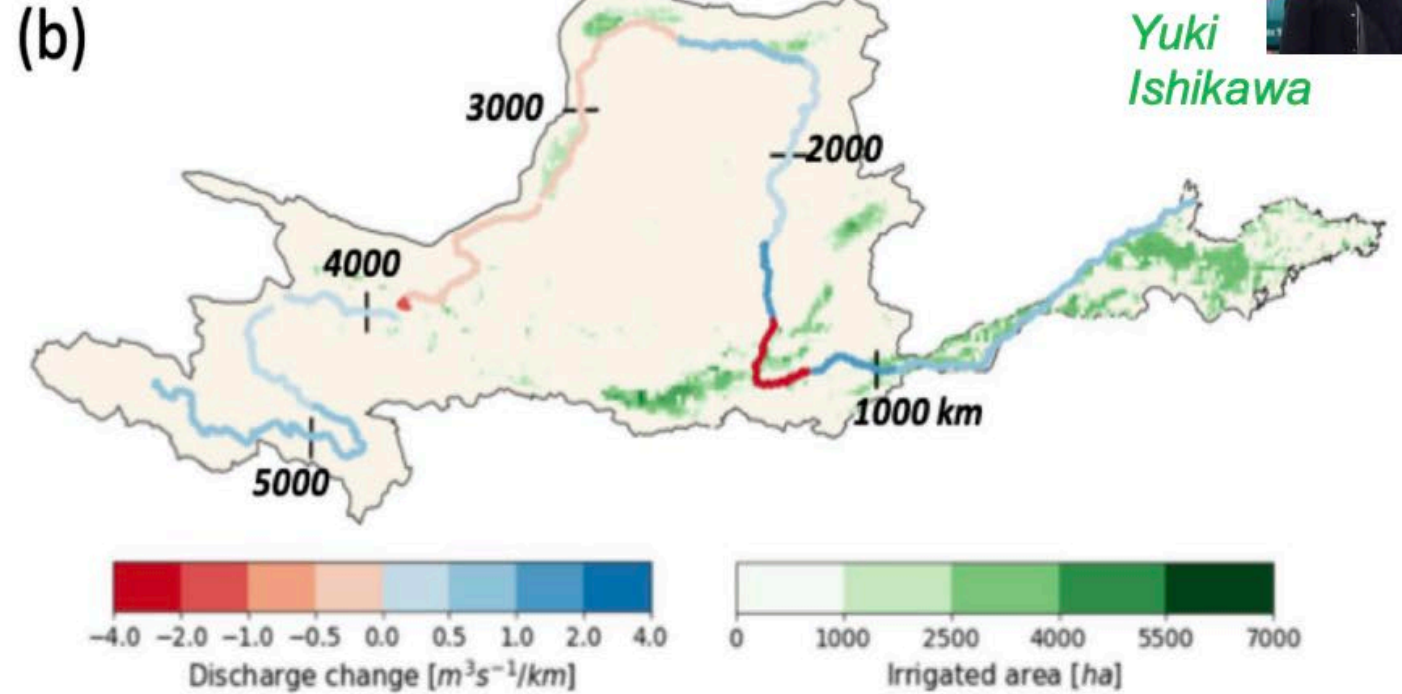
First published: 26 September 2025 | <https://doi.org/10.1029/2024GL114191>



Yuki Ishikawa



BAM regression



- BAM regression shows a similar trend of Q changes to in-situ data
- Q declined along irrigated sections
→ Evaluation of human impacts on rivers

2025.09.29 プレスリリース

【記者発表】河川への人間活動の影響を宇宙から捕捉——衛星データを用いて黄河の上流から下流までの河川流量を連続的に推定——

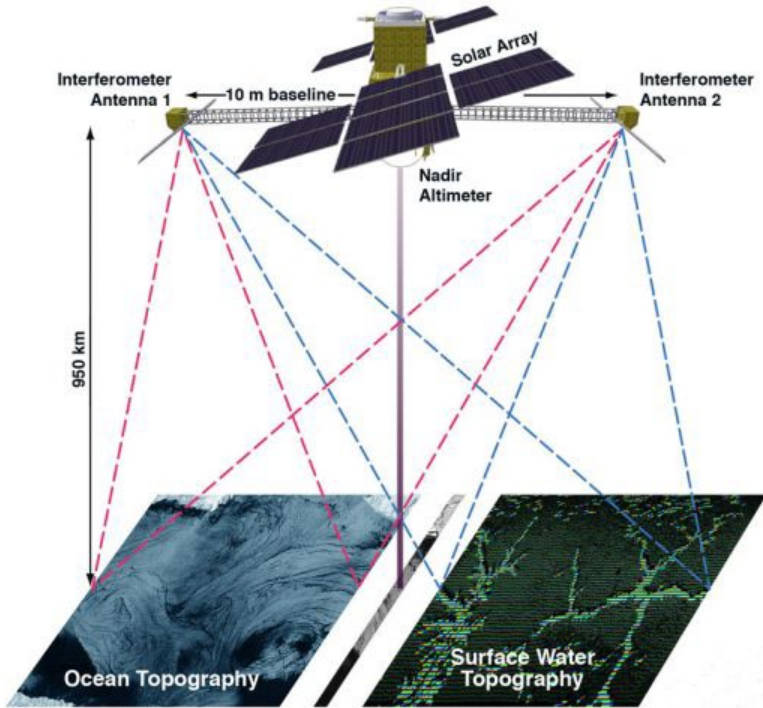
○発表のポイント:

◆本研究では、衛星観測データをもとに黄河流域の河川流量を推定し、灌漑用の水利用により河川流量が減少している可能性を発見しました。

近年の状況

河川の衛星観測は新しい分野だが、過去10年で急速に発展した

2020年代は衛星による河川研究の“Golden Age”



K. Wiedman for NASA-JPL

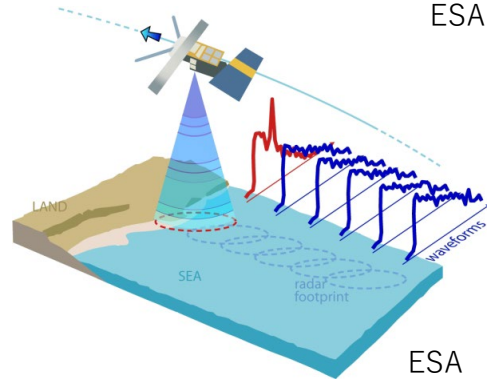
SWOT [Launch 2022 Dec]

2D water surface elevations from Ka-band SAR
(= level, width, slope, extent of surface waters)

Fist satellite mission designed to measure river-related variables (including discharge).



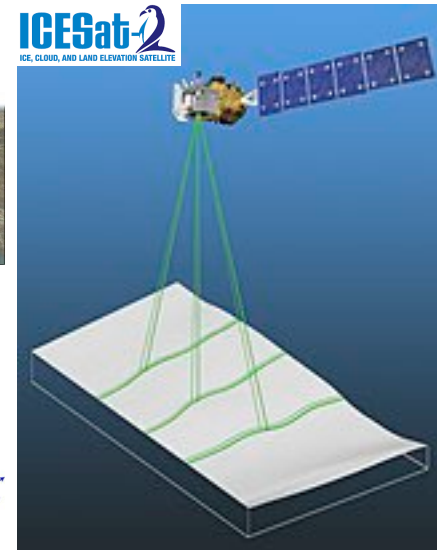
ESA



Sentinel-3 [2016-] SAR altimeter

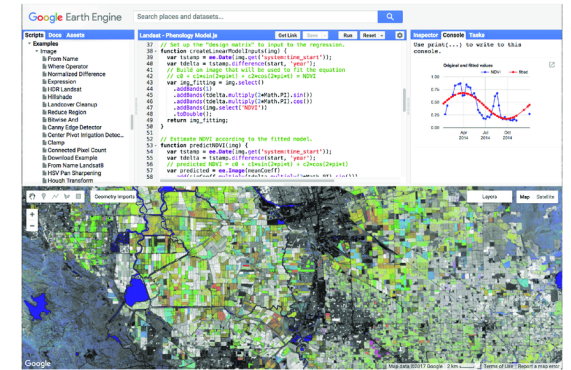
ESA

Precise water surface elevations from latest altimetry technologies.



ICESat-2 [2018-] Green laser altimeter

NASA



Google Earth Engine Revaluing satellite big data from 1980s to now.



Sentinel-1 [2011-]

ESA

NISAR [2022-]



NASA/JPL-Caltech

Publicly available SAR data with global coverage.

A First Look at River Discharge Estimation From SWOT Satellite Observations

<https://doi.org/10.1029/2024GL114185>

Konstantinos M. Andreadis , Steve P. Coss, Michael Durand, Colin J. Gleason, Travis T. Simmons, Nikki Tebaldi, David M. Bjerklie, Craig Brinkerhoff, Robert W. Dudley, Igor Gejadze, Kevin Larnier, Pierre-Olivier Malaterre, Hind Oubanas, George H. Allen, Paul D. Bates, Cédric H. David, Alessio Domeneghetti, Omid Elmi, Luciana Fenoglio Marc, Renato Prata de Moraes Frasson, Elisa Friedmann, Pierre-André Garambois, Jaclyn Gehring, Augusto Getirana, Marissa Hughes, Jonghyun Lee, Pascal Matte, J. Toby Minear, Jérôme Monnier, Aggrey Muhebwa, Mohammad J. Tourian, Tamlin M. Pavelsky, Ryan M. Riggs, Ernesto Rodríguez, Md Safat Sikder, Laurence C. Smith, Cassie Stuurman, Jay Taneja, Angelica Tarpanelli, Jida Wang, Brent A. Williams, Bidhyananda Yadav

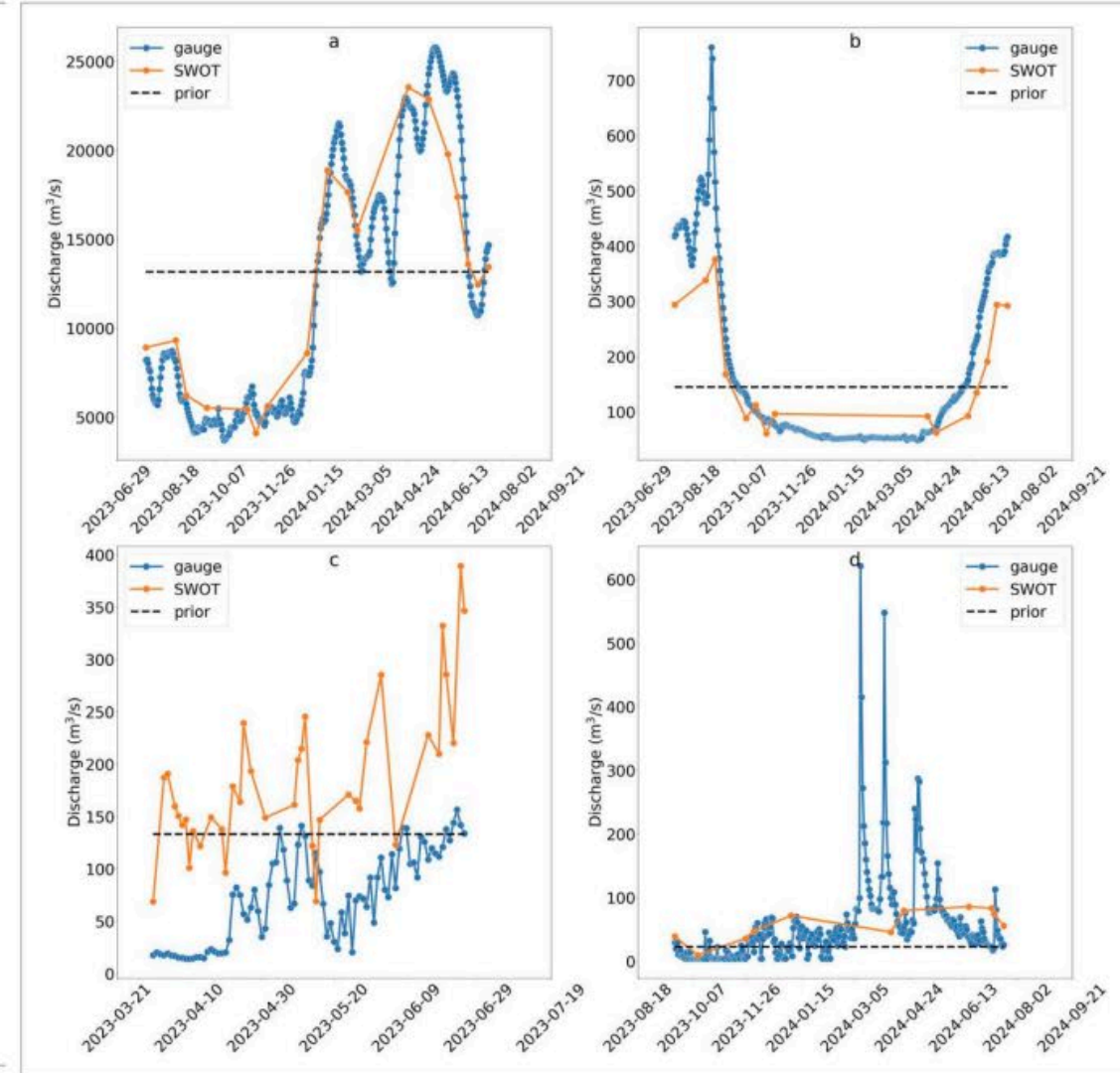
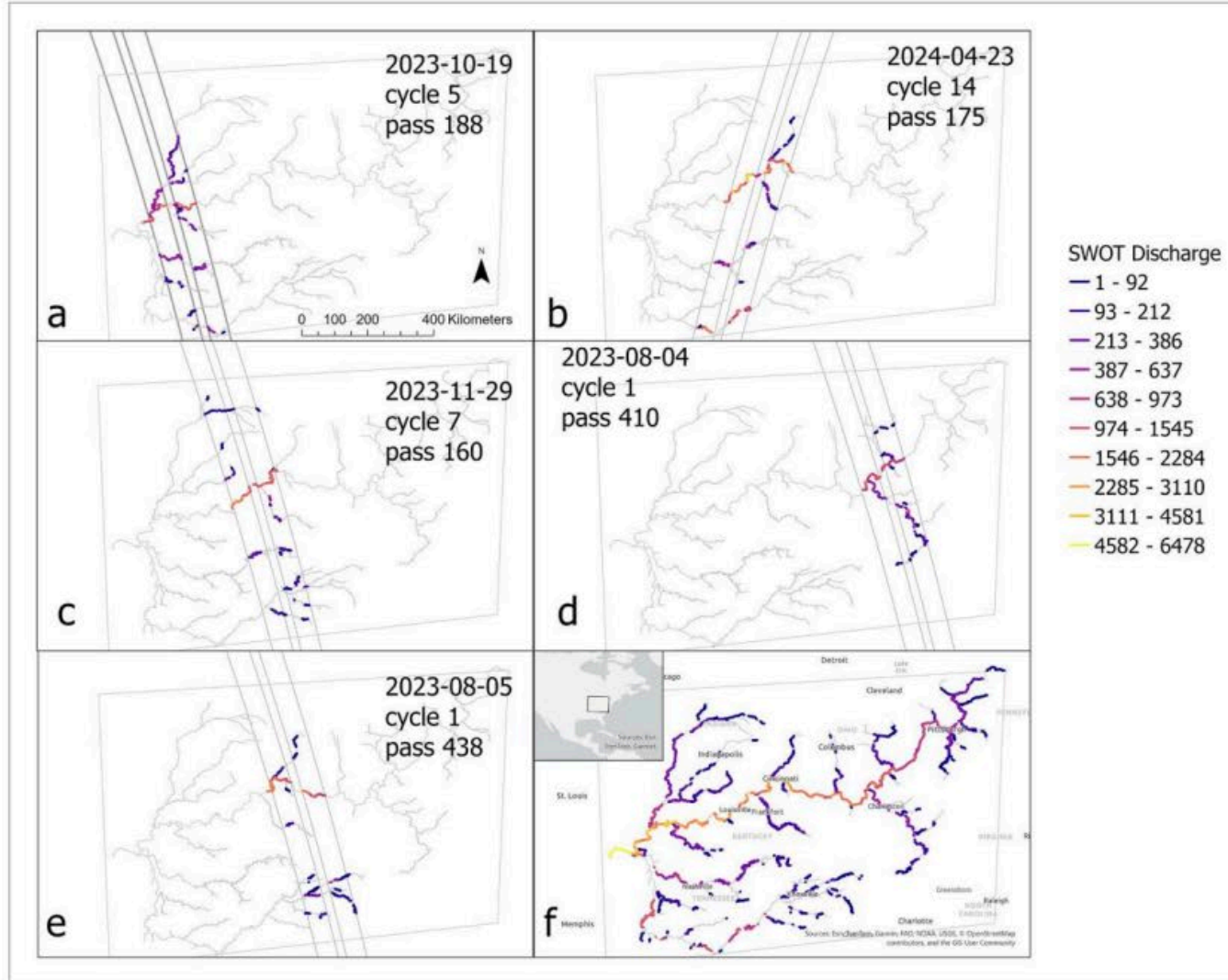
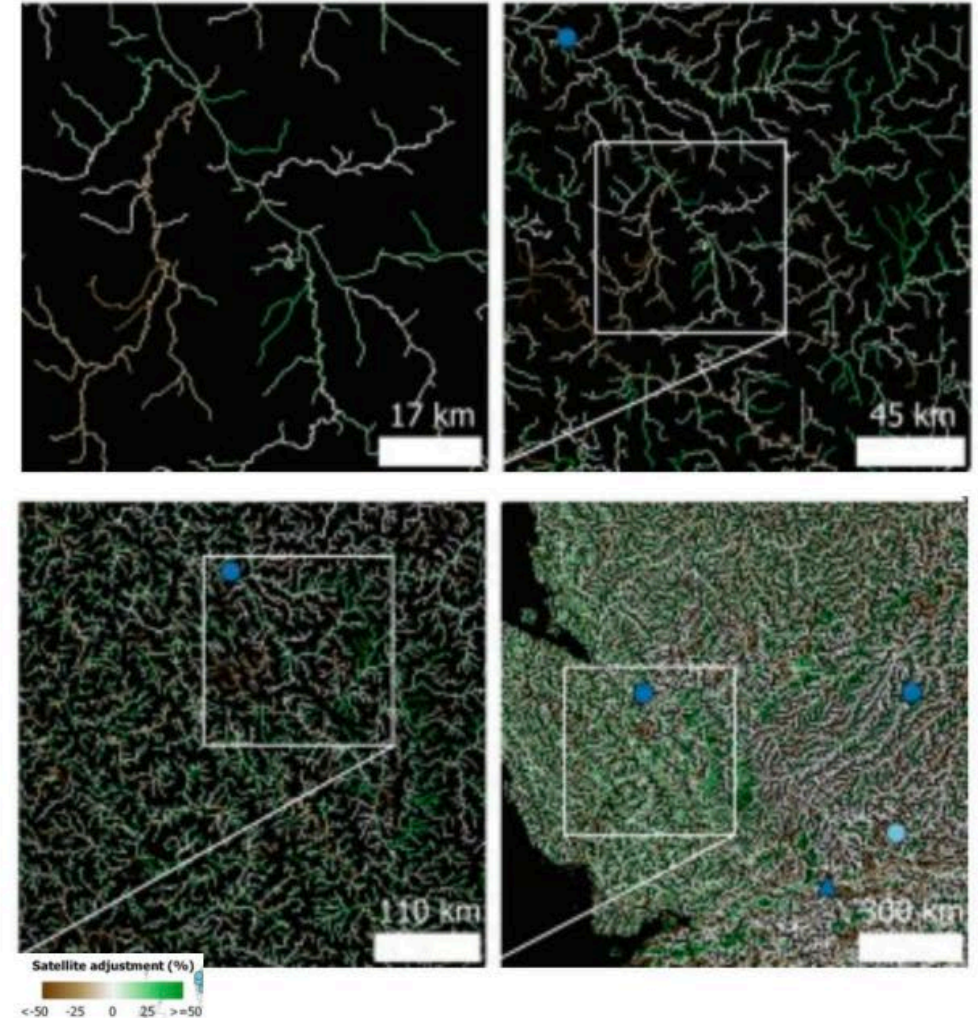
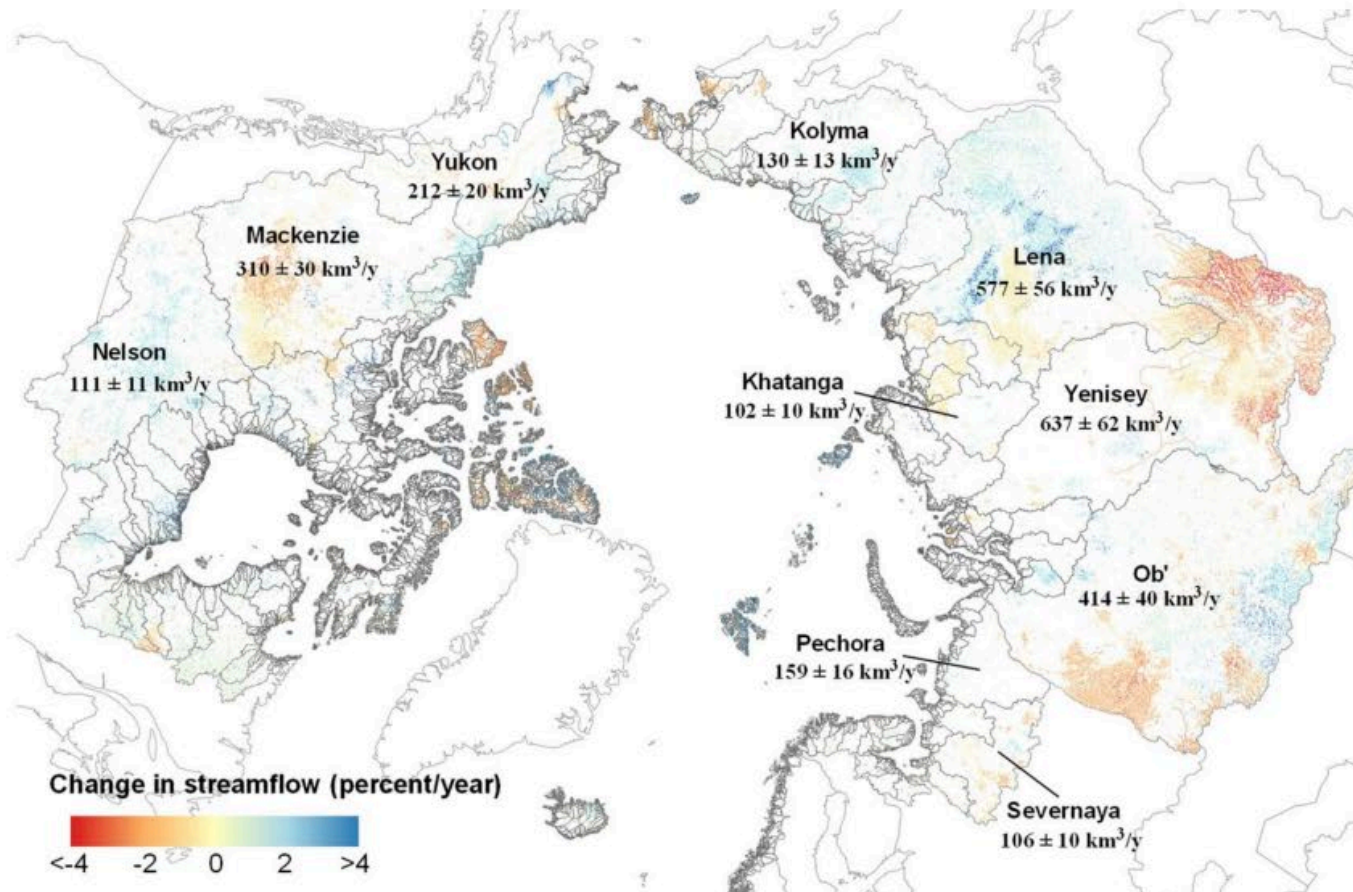


Fig. 2: Temporal trends in river discharge during 1984–2018.

From: [Recent changes to Arctic river discharge](#)

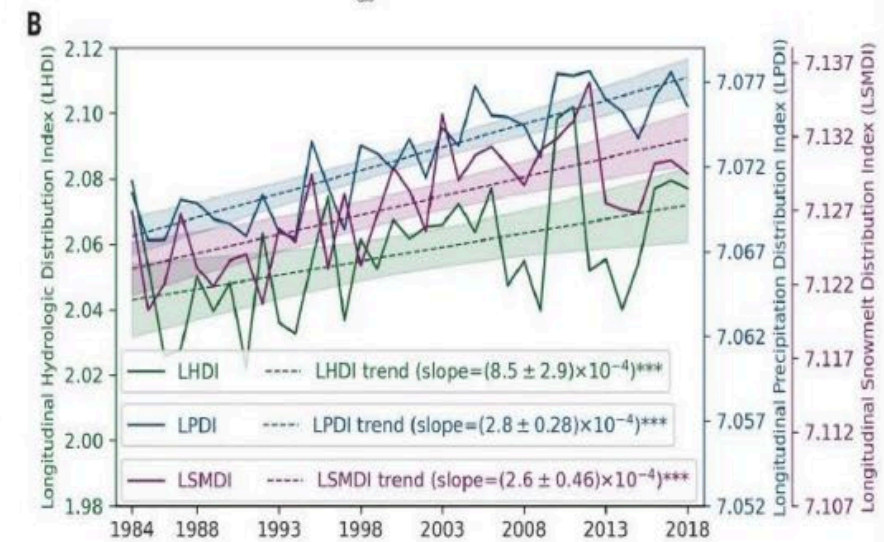
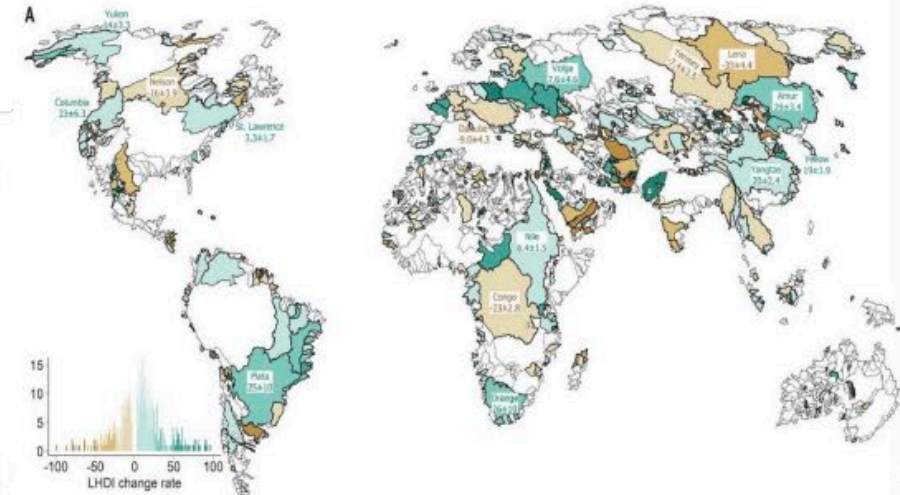
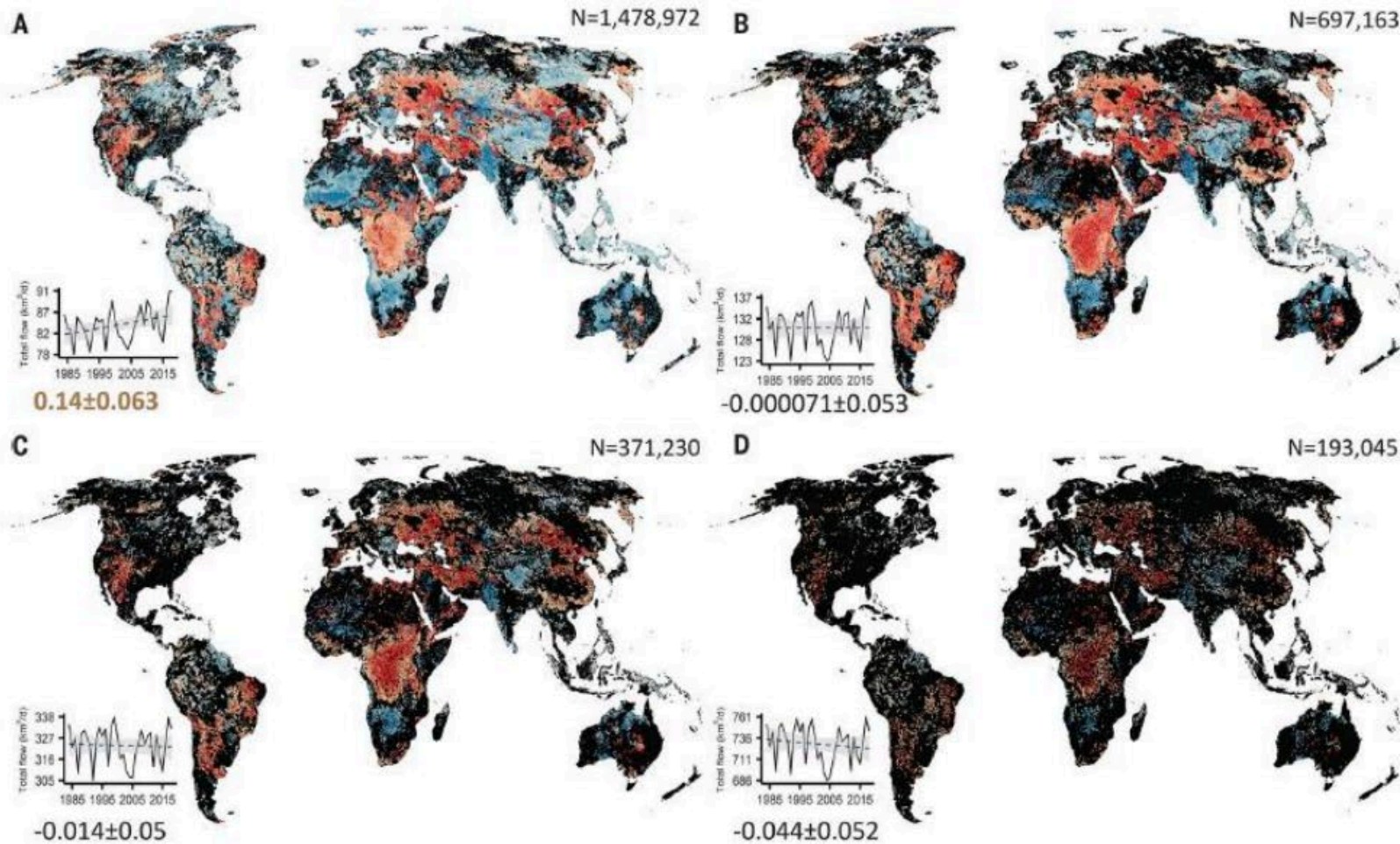


More flow upstream and less flow downstream: The changing form and function of global rivers

Dongmei Feng and Colin J. Gleason

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adl5728>

RESEARCH | RESEARCH ARTICLE



「宇宙から河川を測る研究」の難しさと面白さ

現地観測と違って、衛星観測は地球上すべての河川を俯瞰的に捉えることができる

→気候変動や広域災害予測など、グローバル研究ならではの応用につながる

ただし、空間スケールが小さく、衛星は表面の情報しか得られないため、**河川の衛星観測研究は難しい**

研究課題①：地球上のどこにどれだけの河川があるか？

→計算機能力の大幅な向上により、**高解像度衛星データのグローバルな解析が近年可能になった**

といっても、水面の検出や分類は一筋縄ではいかない。

地味なアルゴリズム改良と丁寧な精度検証作業でグローバルな水面や河川の地図が作れるように

研究課題②：水面だけでなく、河川の流れも衛星から測ることは可能か？

→これまでは現地観測が必要だったが、McFLI手法（複数河川断面で流量一定と仮定して水理式を解く）

によって**衛星データだけから河川流量を推計することが可能になりつつある。**

次世代衛星高度計SWOTをはじめとして、2020年代は河川観測に適した衛星が多数利用可能になる。

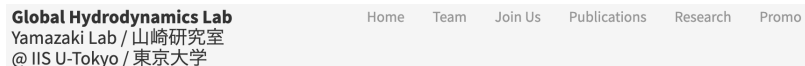
モデルと衛星観測の融合も進み、地球規模での河川のモニタリングは一気に進展する見込み

→2020年代は衛星河川研究の黄金時代！ぜひ一緒にExcitingに研究/学問しましょう！

おまけ

数値シミュレーションによる陸域水動態研究も学んでみたい方へ

(1) 研究室WebPageにYouTube公開講義やインタビュー記事が載っています。



Promotion

Yamazaki's Lecture Talk in AOGS2021 (Aug 2021)

Lab PI Yamazaki received AOGS Kamide Lecture Award (Hydrology Section), and made a lecture talk in AOGS2021 (Virtual, Online). The topic is about the review on recent advanced in global surface water hydrodynamics. The recorded talk (in English) is available on "YouTube"

AOGS2021にてHydrology SectionのKamide Lecture Awardをいただき記念講演を行いました。



Recent advances in global-scale surface water hydrodynamics modelling



Yamazaki's interview on Top Researchers (Jul 2019)

Top Researchersという最先端研究を紹介するWebメディアに、山崎のインタビューが掲載されました。山崎研究室の研究内容や、その面白さや応用可能性について、インタビュー形式でまとめられています。



TOP-RESEARCHERS.COM
地球規模で河川の流れを予測し、災害を防ぐ～山崎 大・東京大学生産技術研究所准教授

(2) 雨が降ってから河川に水が流出するまでのシミュレーションをゲーム感覚で学べるWebAppを作成しました。楽しみながら地球水循環を勉強しましょう！

Rainfall-runoff modelling game on Scratch

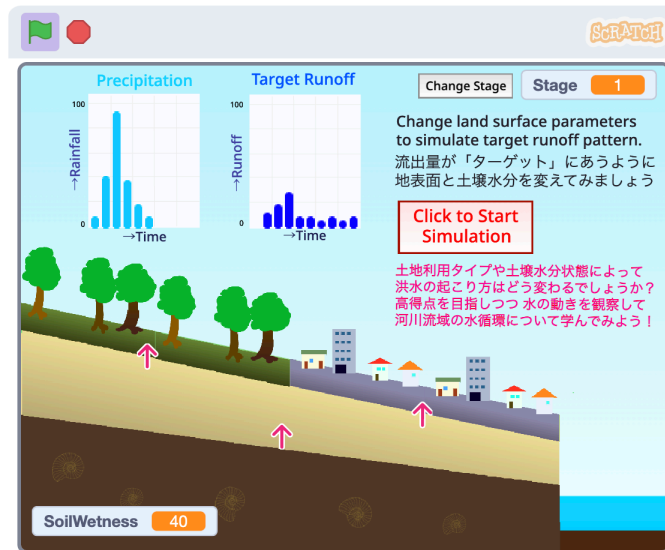
[English version is here](#)

降雨-流出プロセスをゲームで学ぼう！

雨が降ってから河川に水が流れ出るまでの仕組みを「降雨-流出プロセス」と言います。その仕組みをシミュレーションで楽しく学べる降雨-流出モデリングゲームを作りました。

降雨-流出モデルの地表面状態を変えて、シミュレーションされる流出パターンを「ターゲット」に合わせるゲームです。

ゲームを遊びながら、降雨-流出プロセスを学んでみましょう。緑旗のボタンを押すとゲームがスタートします。(注：音が出ます)



Scratch で公開しているソースコードにアクセスする。

- 最新版v2.0 (<https://scratch.mit.edu/projects/1011671300>)
- シンプル版v1.1 (<https://scratch.mit.edu/projects/864115525/>)