

グローバルデータセットを用いた同規模河川流域における水資源特性の比較検討

環境リモートセンシング工学研究室 新垣 博之
指導教官 向井 幸男 力丸 厚 高橋 一義

1. はじめに

我々の生活において、水資源は必須なものである。しかし、現在あらゆる国で人間活動による森林伐採や土地開発等の影響で、水資源量の季節格差や洪水被害の問題が多数発生しているのが現状である。水資源の利用・配分というものはそれぞれの地域社会に大きく依存しており、その判断材料は流域によって大きく異なる。そういった事からも客観的でなおかつ信頼性のある流域別水資源特性を探る事が望まれる。

本研究では複数の同規模河川流域に着目し、その流域内においてグローバルデータセットを用いる事で、各流域の持つ水資源特性を数値化して比較を容易にし、それを基にランク付けを行った。

2. 使用データ

- ・ TRMM/PR3A25G2 プロダクト
(199712月～2001年12月、緯経度0.5度)
- ・ IIASA 月間平均降水量
(1930年～1960年、緯経度0.5度)
- ・ 蒸発散量データ
(1920年～1980年、緯経度0.5度)
- ・ 植生量データ
(1982年1月～2000年12月、緯経度4分)
- ・ 流域界データ
(緯経度0.5度)
- ・ 河川地形データ
- ・ 流域界データ (DDM30)

3. 対象流域

表1に挙げる河川を対象流域とした。選定理由は以下の通りである。

- 1)TRMM/PRの観測範囲(北緯37°～南緯37°)に入っている事
- 2)比較的大規模で流域面積が同程度である事

表1 対象流域概要

河川名	流域面積 (10 ³ km ²)	流域面積 順位	長さ (km)	河口の所在 (国名)
ガンジス・ブラマプトラ	1730	17	5350	バングラデシュ
ザンベジ	1330	21	2650	モザンビーク
ニジール	1200	23	4030	ナイジェリア
長江	1175	24	6380	中国
オゾン	1020	26	1860	南アフリカ
インダス	960	28	3180	パキスタン
オリゴ	945	29	2500	ベネズエラ
マーレーダーリング	910	30	3750	オーストラリア
メコン	810	33	4425	ベトナム

4. 水資源特性の流域比較

4.1 降雨と蒸発散による流域比較

流域におけるインプットを降雨、アウトプットを蒸発散と仮定し、4つのパラメータから『水資源量』『降雨・蒸発散変動量』『降雨定常性』をみた。

1.水資源相対量 (W)

降雨と蒸発散の相対的な比を求めるパラメータである。

$$W = (pre_{year} - eva_{year}) / (pre_{year} + eva_{year})$$

2.水資源絶対量 (A)

水資源絶対量として年平均降雨を設定した。

$$A = pre_{year}$$

3.水資源変動量 (R)

月別の最大値と最小値の差をとったものである。

$$R_{pre} = pre_{max} - pre_{min}$$

$$R_{eva} = eva_{max} - eva_{min}$$

4. 降雨定常性 (A')

IIASA 降水データを理想値とし、TRMM/PR 降雨データとのズレをみた。

$$A' = pre_{ideal} - pre_{year}$$

(水資源量)

縦軸に水資源相対量、横軸に水資源絶対量をとっており、グラフの右上にあるほど水資源が多く、左下にあるほど水資源が少ないとした。

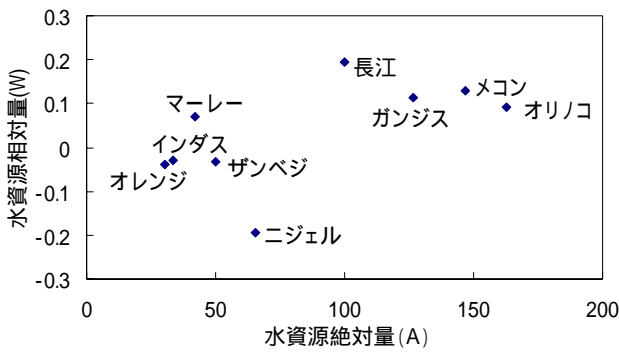


図1 各流域における年水資源量

また図 1 から主成分分析を行い、ランク付けを行った。その結果は以下ようになった。

表2 水資源量ランク付け

流域名	水資源量
オリノコ	1.440
メコン	1.429
長江	1.177
ガンジス	1.067
マーレー	-0.363
ザンベジ	-0.865
インダス	-1.085
オレンジ	-1.174
ニジェル	-1.627

(水資源変動量)

降雨量と蒸発散量の変動が大きいほど季節

を通じて水資源量が変動する。

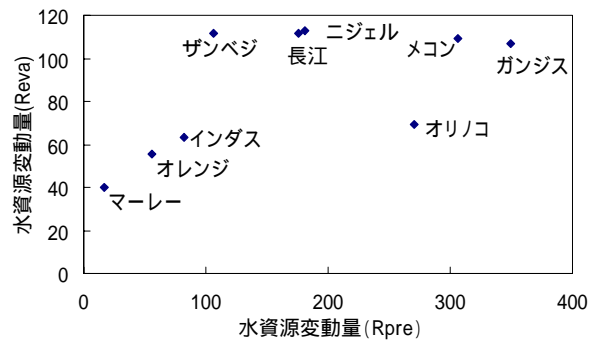


図2 水資源変動量

(降雨定常性)

IIASA 降水量の値を理想値とし、そこからどれだけ縦方向にどれだけ残差があるかをみた。この値が大きいほど TRMM/PR では捉えられない不安定な降雨だといえる。

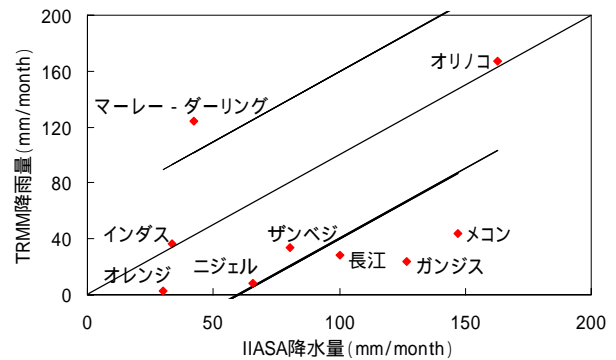


図3 降雨定常性

4.2 植生情報による流域比較

流域内の植生は水なしでは存在できない。よって正規化植生指標 (NDVI) を用いて流域内の植生の季節変化から『植生量』と『水資源保持力』を推定した。

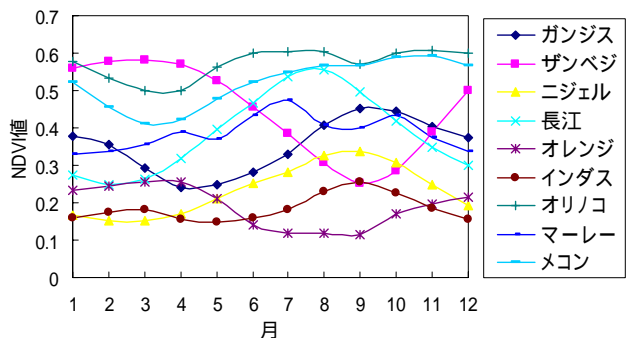


図4 植生季節変化

図 4より各流域について平均値と標準偏差をとったものを次の図 5に示す。平均値が植生量、標準偏差が水資源保持力を表す。

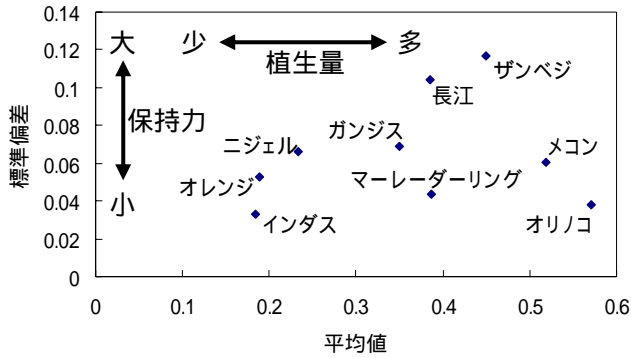


図5 季節変化の平均値・標準偏差

次に降雨と植生の関係を見るために、それぞれの月変化を表したグラフを以下に示す。

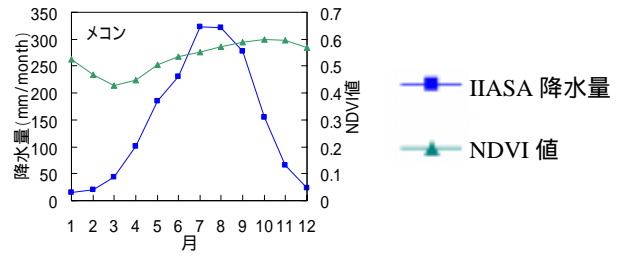
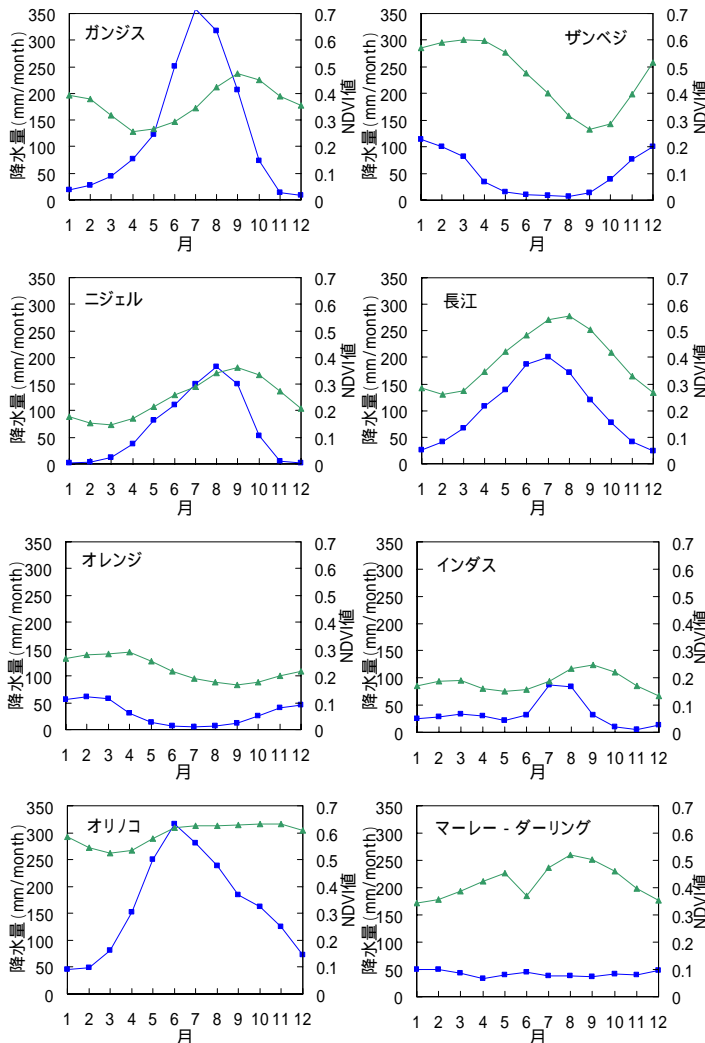


図6 降雨と植生の季節変化

図 5・図 6よりメコンやオリノコといった流域では年間を通して植生量が多く、水資源が保持されている流域であるといえる。またザンベジや長江といった流域は降雨の変動に伴い植生も変化している流域であり、水資源保持力が低い流域であるといえる。よって図 5から植生量を年平均値、水資源保持力を標準偏差としてランク付けした。

4.3 河川地形データを用いた比較

河川地形というもの長い年月侵食・堆積を繰り返し形成されるもので、その流域の基本的性格をよく表していると考えられる。本節では最長支川に着目し、標高・勾配・河川長から『流出速度』と『勾配分布』をパラメータとして求め、水資源の使いやすさについて検討した。なおマーレー-ダーリングの地形データが入手不可能であったため、本節では8河川を対象とした。

(流出速度)

各流域の最長支川における勾配の最大値、最小値、平均値、最長支川長をまとめた表が以下の表である。

表3 最長支川における代表値

勾配	ガンジス	ザンベジ	ニジェール	長江
最大値	1.44E-03	6.39E-04	1.04E-04	9.17E-04
最小値	1.55E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
平均値	5.13E-04	3.75E-04	6.03E-05	3.07E-04
支川長(km)	2871.13	2948.49	3568.16	5409.84
	オレンジ	インダス	オリノコ	メコン
	1.40E-03	1.54E-03	3.35E-04	1.02E-03
	2.00E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	8.74E-04	4.02E-04	3.79E-05	2.13E-04
	2124.95	3141.39	2446.15	4534.32

表 3における勾配平均値と支川長から流域毎の流出速度が模式的に把握できる。

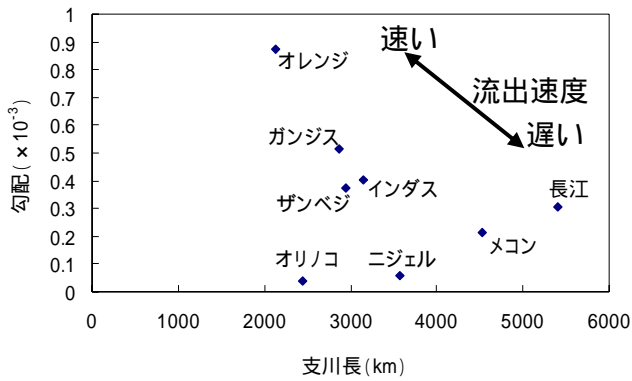


図7 最長支川における流出速度

支川長が長く勾配が小さいほど流出速度が遅いと考えられる。長江やメコンといった流域はオレンジに比べ流出速度が遅く、河口までに水資源を確保しやすい流域であるといえる。

(勾配分布)

最長支川の勾配に対してヒストグラムを作成し、勾配の分布をみた。勾配は10km 区間毎の標高の平均値と河口からの距離から求めた。

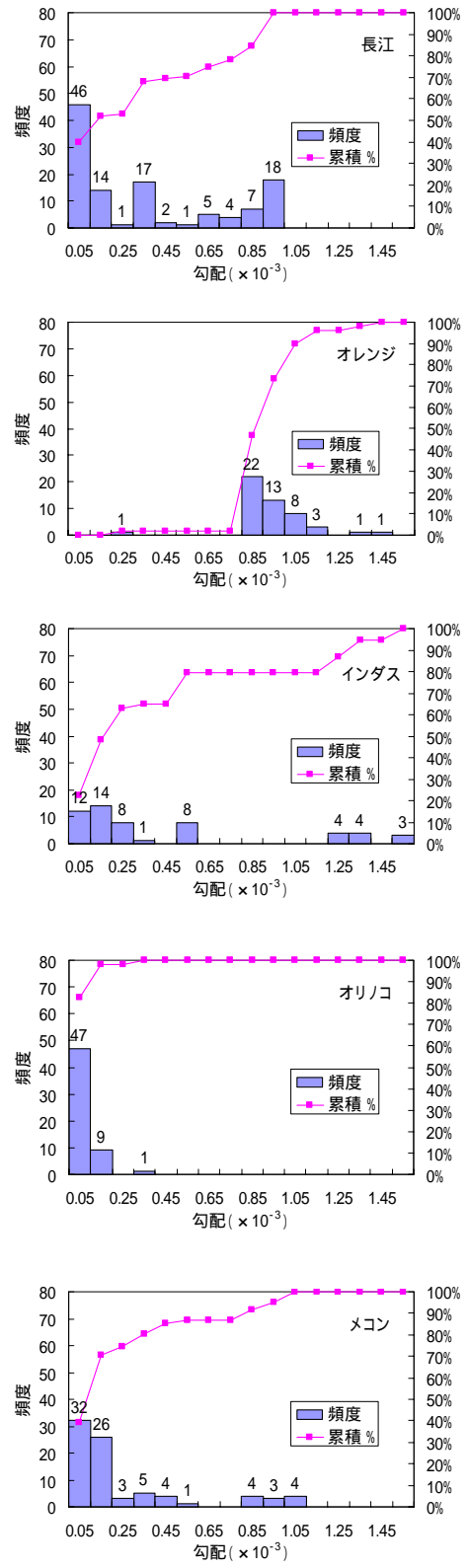
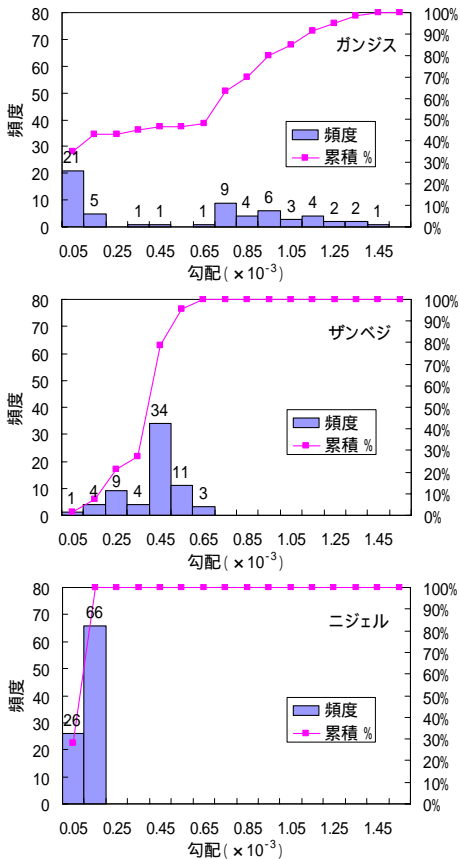


図8 勾配分布ヒストグラム

図 8の勾配分布ヒストグラムから、各流域における水資源の使いやすさの検討をする。勾配分布は大きく 3 種類に分けられる。

ニジェルやオリノコといった流域は全体的に勾配が緩やかであり、水資源を確保しやすい流域である。

アジア地域の河川は下流の勾配の緩やかな部分と上流の急勾配な部分が混在している。アジア流域では頻りに洪水が発生していることから、急勾配部分からの流出が下流平坦部分に浸水被害をもたらすと考えられる。

ザンベジやオレンジといった流域は他の流域に比べ勾配が緩やかな部分が少ない流域である。よって水資源を保持しにくい流域であるといえる。これらは水資源量も少ない流域であり、ダムや貯水池等の水資源保持施設の整備が望まれる流域である。

5 まとめ

水文・植生の条件でからみた水資源特性ランク付けの結果を次頁図 9に示す。各項目の単位はランク付けの結果から 1 位に 9 点、2 位に 8 点...というふうにつけた点数であり、全て同次元である。

なおこの結果には 4.3 で述べた河川地形データを用いた比較の結果は、マーレー ダーリングの情報不足から考慮に入れていない。

6 項目の総合得点は以下ようになる。

表4 水資源特性まとめ

ランク	流域名	総合得点
1	オリノコ	43
2	マーレー	39
3	インダス	36
4	オレンジ	33
5	メコン	29
6	長江	26
7	ザンベジ	24
8	ガンジス	20
9	ニジェル	19

総合的に評価するとオリノコが最も水資源があり季節を通じた利用ができる流域であるといえる。またオリノコは河川地形的にも水資源を確保しやすいという結果がでた。

長江・ガンジス・メコンは水資源は豊富に得られる流域であるが、季節を通じて水資源量が変動する。よって雨季における水資源の確保のための貯水施設、洪水災害対策のための施設が望まれる。

アフリカの 3 河川やインダスは年中を通して水資源量が少ないと考えられる流域であり、前述の流域と同様に雨季の水資源の確保、また他流域からの水の補充が望まれる。

以上本研究のまとめとして、様々なパラメータから対象流域間で水資源特性の比較を行うことが出来た、ということが挙げられる。

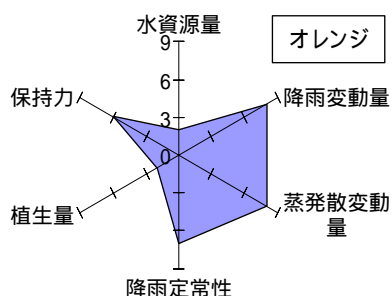
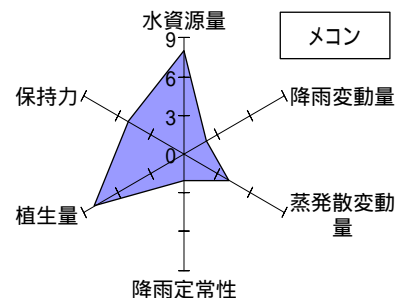
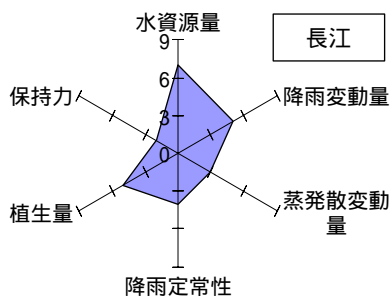
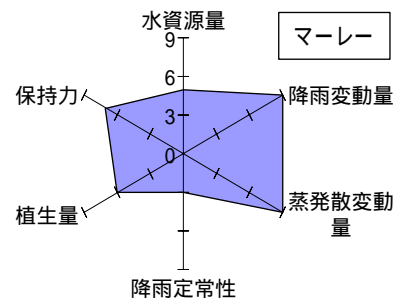
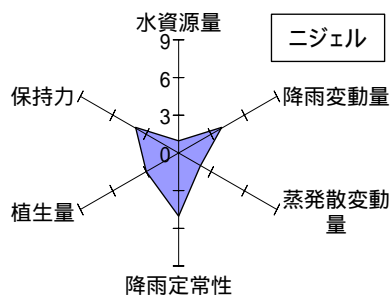
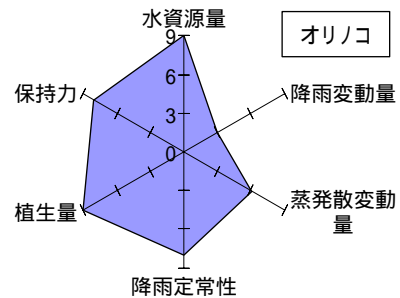
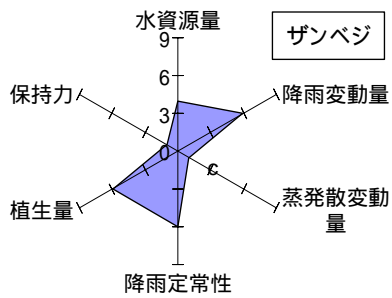
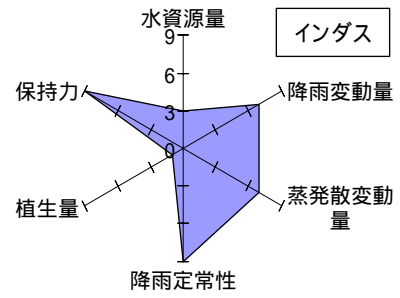
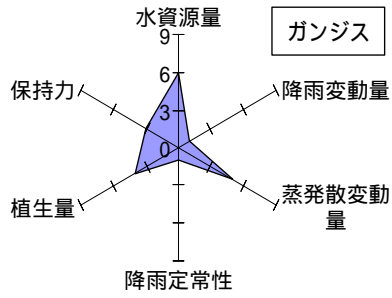


図9 水資源特性まとめ

謝辞

本研究の解析には以下のデータを使用させて頂きました。関係各位に感謝を表します。

- ・ TRMM レベル 3 降水量サブセット (NASA および宇宙開発事業団作成)
- ・ Twenty-year Global 4-minute AVHRR NDVI Dataset (千葉大学環境リモートセンシングセンター作成)
- ・ 月別蒸発散量 (千葉大学の安忠鉉氏・建石隆太郎教授により作成、GRID つくばより提供)
- ・ IIASA 月間降水量 (Rik Leemans、Wolfgang P.Cramerにより作成、GRID つくばより提供)
- ・ DDM30 データ (Kassel 大学 Petra Doll 博士より提供)