

II-368

全球河道網のスケラブルな作成法の開発

地球フロンティア研究システム 正員 陸 旻皎
JR 東日本 本田 諭
長岡技術科学大学 正員 早川典生

1. はじめに

長期的な水資源管理を行う上で、気候システム解明に基づく気候変動の予測・モニタリングは不可欠である。現在、気候システム解明に向けて大気循環モデル (GCM: General Circulation Model) を用いた研究が精力的に進められているが、ほとんどの GCM では陸域における表面流出の河道内の集中が考慮されていない。本研究では、分布型流出モデリングの技術を大陸スケール大流域に適用し、流出の河道における集中を物理的に表現することを目的としている。既往の研究例や使用する気象データの分解能を考慮し、全球を経度緯度1度でカバーする数値河道網を作成するが、スケラブルなアルゴリズムを開発する。

2. 全球河道網の算出

本研究における河道網とは、各メッシュの流出方向に流路を想定し、全メッシュを理想化した河道でつないだ、海域までの流出の集中経路を示すものである。

本研究では水域の位置を経度緯度のベクターデータとして記録した DCW (Digital Chart of the World) と全球陸域の標高を約 30 秒間隔で表現した GLOBE (Global Land One-km Base Elevation) を用いて、各メッシュの流出方向を算出するアルゴリズムを新たに開発した。

(1) 実河道データの作成

DCW に含まれる水域のデジタイジングデータは陸域の河川および水体を非常に高密度で表現しているが、数値河道網算出に使用するには、種々の問題がある。本研究では、まず作業の効率をも考え、河道データから大流域（陸域の約 7 割をカバー）のみを抽出するとともに、以下の 3 段階の処理を施すことで河道位置情報（以下、実河道データ）を作成した。

1. 微小な支流と孤立した湖沼の削除：DCW データから、水域位置を表す線データの接続状況、長さなどの情報を抽出し、自作プログラムにより微小な支流と孤立した湖沼を削除した。
2. 手作業による編集：地理情報システム Arc/Info を使用し、流入のある湖沼や川幅の大きな河道の水際線を、地図を確認しながら、手入力で、点あるいは一本の河道になるように編集した。

3. 流れ方向の付加：上記の処理により湖沼や水際線が削除され、すべての線データは河道の中心座標を表した状態となる。次に、線データの流れ方向を付加する必要があるが、ここでは GLOBE データセットを利用し全河道点に標高値を与えた。流れ方向を決定するためにはこの標高値を利用するのが自然であるが、GLOBE で付加した標高では下流側の座標ほど低い標高を持つことが保証されていない。そこで、本研究では標高データを重視しつつ、流れ方向を衝突が起きないように決定するアルゴリズムを考案した。これにより、各最上流から海までの経路が算出され、上流から下流への流れ方向が決定される。

(2) 実河道データからのメッシュ流れ方向の決定

以下のアルゴリズムにより、実河道データから各メッシュの流出方向を算出する（図 1 参照）。まず、当該メッシュに含まれる河道データを抽出し、メッシュ外へ流出するものについてはメッシュ境界線との交点（流出点座標）を求め、メッシュ中心から各流出点座標への単位ベクトル ($\vec{n}_i$) を算出する。この単位ベクトルに流出点座標へ集まる河道の合計長さ (L_i) とメッシュ内の河道位置による重み (w_i) の 2 つを用いて重み付き平均単位ベクトル ($\vec{n}$) を算出する。具体的には、

$$\vec{n} = \frac{\sum \vec{n}_i \times L_i \times w_i}{\sum L_i \times w_i} \quad (1)$$

$$w_i = \exp\left(-3 \times \frac{Ls_i}{L_c}\right) \quad (2)$$

ただし、 Ls_i は河道のメッシュ中心点からの最短距離、 L_c はメッシュ上方と中心との距離である。

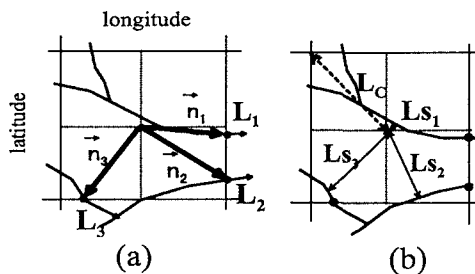


図-1 メッシュ流出方向の算出

次に、周囲 3×3 メッシュのうち当該メッシュからの流出経路が通過するメッシュをチェックし (通過メッシュを定義)、上記の平均ベクトル ($\bar{v}$) の向きに最も近いものを流出方向として決定する。

(3) 標高データセットの作成と河道網の補完

上記アルゴリズムによるメッシュ流れ方向の決定は、実河道データが整備されていることを前提にしている。実際には実河道データ作成の段階で大流域のみを抽出したために、全球陸域の全メッシュをカバーすることが出来ていない。そこで、流出方向が決まっていなかったメッシュについては、陸・渡辺によって提案された手法²⁾を適用することで河道網を補完した。

まず、全球を5分間隔でカバーする標高データ ETOPO5 を用いて、 1×1 度のメッシュ内に 12×12 個の標高値の中央値を当該メッシュの代表値として、メッシュ間隔1度の標高データセットを作成する。メッシュの流出方向は、周囲8メッシュとの標高差と球面を考慮した距離から最急勾配方向を計算し決定する。最後に、流れ方向の決定できない窪地の処理を行い河道網とした。

3. 全球河道網の検証

図2, 図3はそれぞれ大陸スケール大流域を全球河道網から抽出し流域面積, 河道長について、理科年表の公称値と比較した結果である。流域面積については計算値が公称値を僅かに上回る傾向があるが、ほぼ等しくなっている。また、河道長については全体的に計算値が公称値を十数%下回っている。これは、計算値がメッシュが直線で結んでいるためである。全体的に流域面積と河道長が表現されていると考えられる。

また、本研究で提案した河道網算出は、実河道データが整備されれば、1度以下のメッシュサイズでの河道網算出にも適用できるスケラブルなものである。その一例として、レナ流域を対象として、2種類のメッシュサイズで擬河道網を作成した。図4がその結果で。上段がメッシュサイズ1度、下段が0.5度の数値河道網である。両者とも地図との比較により再現性が確認されている。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

1. 数値地理情報を基に、河道の位置情報である実河道データが作成された。
2. 実河道データから河道網を算出する手法が開発された。
3. メッシュサイズ1度の全球河道網が作成された。また、このアルゴリズムが1度以下のメッシュサイズにも適用できることも確認された。

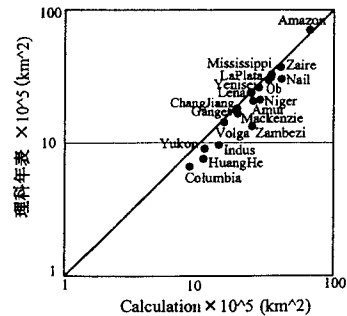


図-2 主要河川を対象とした流域面積の検証

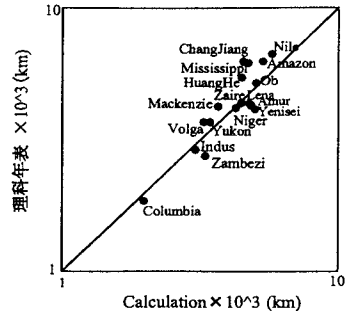


図-3 主要河川を対象とした河道長の検証

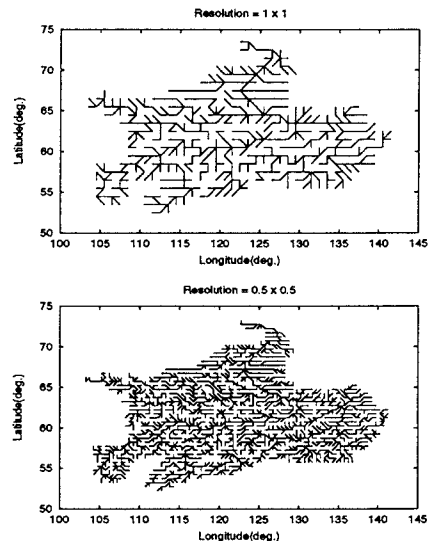


図-4 メッシュサイズの違いに対する河道網作成結果 (レナ河)
左: 1° , 右: 0.5°

参考文献

- 1) 陸 受蛟, 小池俊雄, 早川典生: 分布型水文情報に対応する流出モデルの開発, 土木学会論文集, No.411/II-12, pp.135-142, 1989.
- 2) 渡辺浩匡: 数値地理情報に基づく全球河道網作成手法の開発と分布型流出モデルの適用, 長岡技術科学大学修士論文, 1997.