

グローバルな河道網構築のためのアップスケーリング手法の比較

東京大学大学院工学系研究科 ○山崎 大

東京大学生産技術研究所 沖 大幹 鼎信次郎

1. はじめに

グローバルスケールの河川モデルは、地球温暖化実験といった気候シミュレーション、気候モデルのとりわけ陸面過程のバリデーション、全球規模の水資源アセスメント等に用いられている。河川モデルは、全球を数 10km のグリッドに区切り各グリッドの流下方向を定めることで主要な河川を表現する「河道網」と、Linear Reservoir モデルやマニング式を用いて河川流量を計算する「流下ルーチン」によって構成される。前者の河道網の構築には、DEM などのより高解像度の地形情報から各グリッドの大まかな流下方法を推定する「アップスケール」と呼ばれる過程の後、地図帳などと比較しながら現実の河川をよく表現するように流下方向を手作業で修正する必要がある。手作業による修正には膨大な時間と労力が掛かるため、様々なアップスケール手法の改良が試みられてきた。本研究では、既往手法の比較によりアップスケール手法の要点を議論し、より効率のよい手法を新たに提案する。

2. 既往手法のレビュー

最も基本的な河道網の構築手法は最急勾配法(図 1a)である。最急勾配法では、グリッドの平均標高に基づき、周囲 8 グリッドで勾配が最も急になる方向へ流下方向を決定する。しかし、数 10km スケールのグリッドを用いた場合、グリッド平均標高が必ずしも河川の流れをよく表現するとは限らない。そのため、図1a のグリッド B2 に見られるような河道網の途切れが多々見られる。

最急勾配法で生じる河川の途切れを解決するため、Fekete[2001]はグリッド平均標高の代わりに、上流域面積を用いて河道網を構築した(NSA:図 1b)。超高解像度の河川データ(図1赤線)の内、各グリッド内で最大の上流域面積を持つセルをグリッド代表セルとして定義した(図 1b 緑色の四角)。流下方向はグリッド代表セルの上流域面積の差が最も大きくなる方向に定められる。超高解像度河川データの上流域面積を基準とすることで、不都合な途切れのない河道網の構築を実現した。しかし、上流域面積が大きいグリッドに流下方向が集まるため、構築される河道網は流域界を上手く表現することができていない。

Doell[2002]は、高解像度の河川データを辿る手法で、流域界の表現を改善させた(図 1c)。Doell の手法では、まず対象とするグリッドを 9 つのサブグリッドに分割し、Fekete と同様の手法を用いて中解像度の河道網を作成する(図 1c 黒線)。次に、中解像度河道網セルの内、各グリッドにおいて最大の上流域面積を持つものをグリッド代表セルと定める(図 1c 緑色四角)。最後に、グリッド代表セルから中解像度河道網を下流へ辿っていき、隣接するグリッドに入った時点で流下方向を決定した。河川データを下流に辿ることで、Doell の手法はより現実的な流域界を表現している。

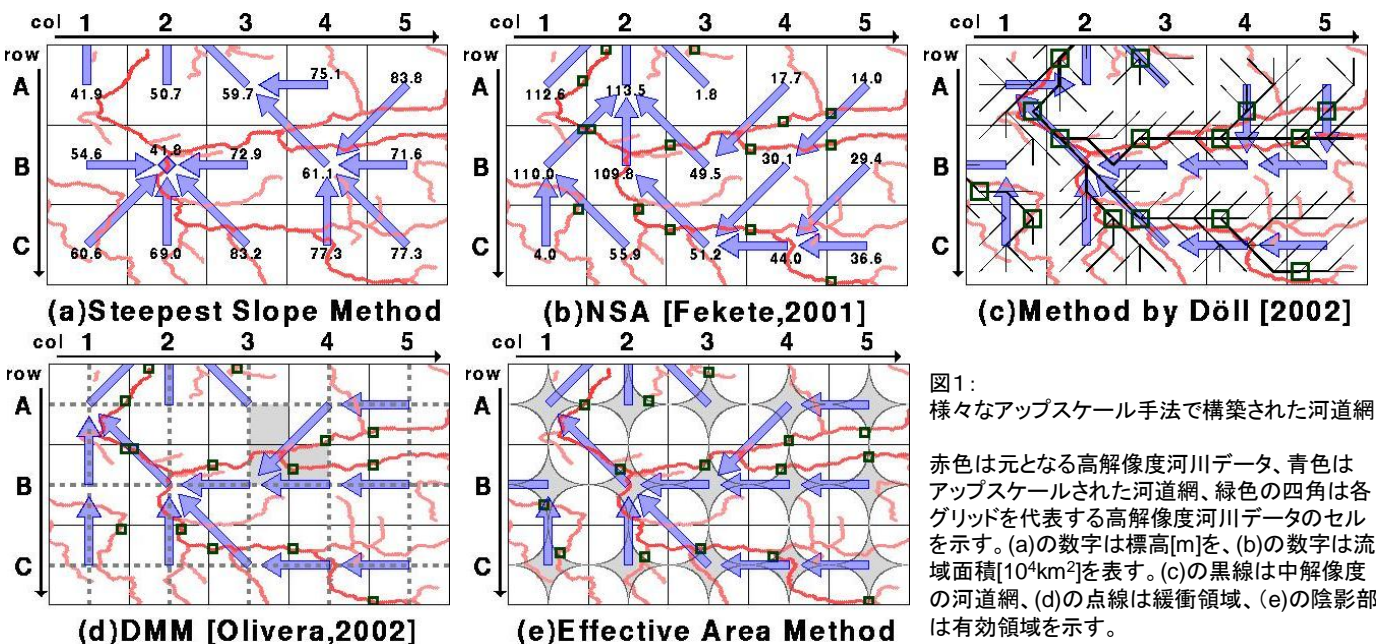


図1: 様々なアップスケール手法で構築された河道網
赤色は元となる高解像度河川データ、青色はアップスケールされた河道網、緑色の四角は各グリッドを代表する高解像度河川データのセルを示す。(a)の数字は標高[m]を、(b)の数字は流域面積[10⁴km²]を表す。(c)の黒線は中解像度の河道網、(d)の点線は緩衝領域、(e)の陰影部は有効領域を示す。

Doell の手法は、河川データを辿ることで流域界の再現性を向上させたが、斜め方向への流下が選択されにくいため、生成される流下方向の分布に偏りが生じるという問題を含んでいる。流下方向の偏りを回避するために、Olivera[2002]は河川データを辿る際に緩衝領域を設定した (DMM: 図 1d)。まず、高解像度の河川データの内、各グリッドで最大の流域面積を持つものをグリッド代表セルとする (図 1d 緑色四角)。次に、グリッド代表セルから河川データを下流へ辿っていき、緩衝領域 (図 1d 点線) を超えた時点で流下方向を決定する。緩衝領域の導入により、斜め方向への流下が増え生成される流下方向の分布が均一に近づく。

3. 既存の手法の問題点と改善された手法の提案

Olivera の手法は、流域界の再現性向上と流下方法の均一な分布を実現するものであったが、1 グリッド内に 2 つ以上の河川があった場合に、これらが合流してしまうという問題を抱えている (図 1d グリッド A2)。本研究では、各グリッド内に有効領域を設けることで、2 つ以上河川が存在するグリッドの処理を改善した (有効領域法 EAM: 図 1e)。まず、各グリッドに有効領域を設定する (図 1e 陰影部)。次に、高解像度河川データの内有効領域内で最大のの上流流域面積を持つものをグリッド代表セルと定義する (図 1e 緑色四角)。最後に、グリッド代表セルから下流へと辿っていき、隣接するグリッドの有効領域に入った時点で流下方向を決定する。有効領域の導入により、グリッドの端に僅かに入るだけの河川が無視されるので、不必要な河川の合流を回避することができる。

4. アップスケール効率の統計的な検証

最急勾配法(SSM)・Doell[2002](Doell)・Olivera[2002](DMM)・有効領域法(EAM)によりアップスケールされた河道網の流下方向別の河川長の合計を図2に示した。地形が均質に分布していれば、各流下方向の河川長の合計は等しい値を取るべきである。図2によると、Doell の手法は斜め方向への流下が極端に少なく、偏った河道網を生成していることが分かる。他の3つの手法では河川長の合計はほぼ等しく分布しており、流下方向に偏りの少ない河道網を生成していることが分かる。緩衝領域または有効領域の設定が、流下方向の均質性を向上させているといえる。

Doell[2002](図 3a)・Olivera[2002](図 3b)・有効領域法(図 3c)によりアップスケールされた河道網と、高解像度の河川データとの上流流域面積を各グリッドで比較した。流域界が正しく表現されていない場合、また予期せぬ河川の合流が起こっている場合は、元の高解像度河川データとアップスケールされた河道網の上流流域面積が一致しなくなる。図3によると、有効領域法が最も1対1の線に沿った分布を示しており、流域を正しく表現していることが分かる。有効領域を用いてグリッド内に複数存在する河川の分離を試みたことが、構築される河道網の精度を向上させているといえる。

5. まとめ

グローバルスケールの河道網を構築するためのアップスケール手法の比較を行った。アップスケールの効率を向上させるには、(1)河道網が流域界をよく表現していること、(2)流下方向が均質に分布していること、(3)グリッド内に複数存在する河川を適切に分離できることに着目すべきであることが分かった。本研究で開発した有効領域法は、上記の点において既存のアップスケール手法より優れているといえる。

参考文献:

- Fekete et al. (2001) Scaling gridded river networks for macroscale hydrology: Development, analysis, and control of error. *Water Resource Research*, **37**: 1955-1967.
 Doell et al. (2002) Validation of a new global 20-min drainage direction map. *Journal of Hydrology* **258**: 214-231.
 Olivera et al. (2002) Extracting low-resolution river networks from high-resolution digital elevation models. *Water Resource Research* **38**: 1231, doi:10.1029/2001WR000726.

キーワード: 河道網、DEM、アップスケール

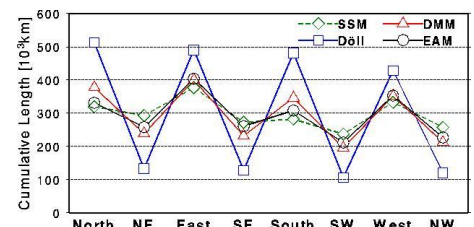


図2: アップスケールされた河道網の流下方向別の河川長の合計

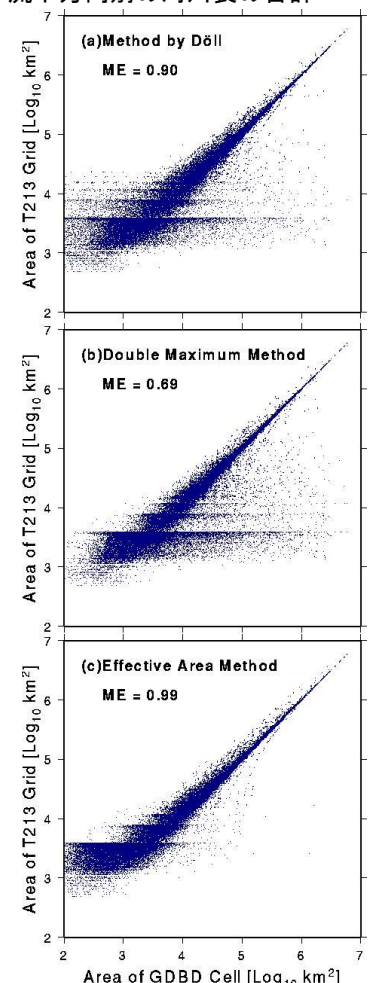


図3: 元の高解像度河川データとアップスケールされた河道網の上流流域面積の比較