

# GIS を用いた小水力発電のための適地選定

1190107 中尾 雅人

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

近年,日本においても持続可能な社会の構築という考えから,小水力発電に注目が集まっている.作業の効率化という観点から,適地の自動抽出が行われているが手法が不明であるケースや,具体的な適地場所の選定までには至っていないケースもある.本研究では,物部川流域の河川を対象に,GISを用いた小水力発電のための適地選定を試みた.DEM(Digital Elevation Model)と河川ラインデータを用いて,物部川流域の対象河川について河川縦断面図を作成し,ノード間の鉛直角を用いて,取水口・発電場所の適地候補ポイントを抽出した.候補ポイントの評価を発電出力と水平距離から導出した評価値を用いて行い,最終適地候補ポイントを抽出した.結果,独立した河川コードが付与された河川については,具体的な取水口と発電場所の適地場所を単純・明確な手法により抽出することができた.今後は,小水力発電事業者にとって受け入れられる結果かどうか検証が必要である.

**Key Words:** 河川縦断面図, ノード間の鉛直角, 発電出力, 水平距離

## 1. はじめに

近年,国際的に持続可能な社会の構築という考え方が重要視されており,その実現に向け,再生可能エネルギーを用いた発電に注目が集まっている.しかし,日本では,経済産業省エネルギー庁の「エネルギー白書」<sup>1)</sup>によると,2016年時点で,火力発電の占める割合は,83.3%と高く,エネルギー自給率は8.4%と世界の各国と比べても低い値を示している.だが,日本は1年を通して雨量が多く,急峻な地形が多いため,水力発電に適した国である.その中でも,ダムの建設を必要とせず,環境への配慮と工事費用の削減が可能な小水力発電が注目されている.

本研究と類似した研究として,ESRI ジャパン<sup>2)</sup>やアジア航測<sup>3)</sup>が小水力発電の適地の自動抽出を行っている.しかし,ESRI ジャパンの適地自動抽出の手法は詳細なアルゴリズムが不明である.また,アジア航測の適地自動抽出は,主に地図や水文情報が乏しい海外において,衛星データを用いて行われており,具体的な河川の取水口と発電場所の適地抽出までには至っていない.

そこで本研究では,小水力発電の設置にかかる作業の効率化を目的とし,単純・明確な手法による具体的な河川の取水口と発電場所における適地の自動抽出の手法の確立を試みた.

## 2. 研究対象地・使用データ

研究対象地は,高知県香美市の白髪山を水源として,南国市,香南市,香美市をまたぐ一級河川の物部川である(図-1).また,本研究で使用したデータを表-1に示す.なお,独立した河川コードが付与された河川を本研究の対象河川とした.

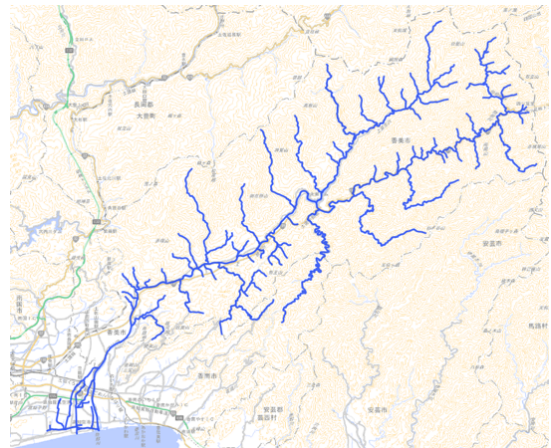


図-1 研究対象地 (物部川流域)

表-1 使用データ

データ名	属性データ	取得元	作成年
DEM (10mメッシュ)	標高(m)	国土地理院	平成20年
河川ラインデータ	座標(m)	国土数値情報	平成18年
	コード番号		

### 3. 河川縦断図の作成

各河川の河川縦断図の作成手順について、図-2 で示す。表-1 で示した、取得データの河川ラインデータとDEM(Digital Elevation Model)を用いた。取得した河川ラインデータは、ノード(点)とチェーン(点と点を結ぶ線)からなっている。地理情報システムの編集ソフトである QGIS 上で、ラインデータを位置座標を持ったノードデータに展開し、各ノードにDEMを用いて標高データを属性データとして付与した。各河川において、河川の源流のノードから各ノードまでの水平距離を計算した。源流のノードからの距離とそのノードにおける標高より河川縦断図を作成できるが、図-3 に示すように上流よりも下流のノードの標高が高く、流下しないノードが含まれる。そのため、そのノードを前後のノードの直線上に線形補間を行った(図-4)。その結果、作成した河川縦断図を図-5 に示す。

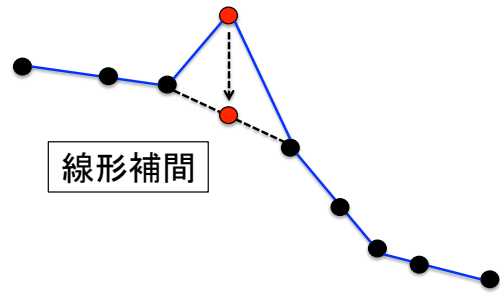


図-4 ノイズ除去・補間方法

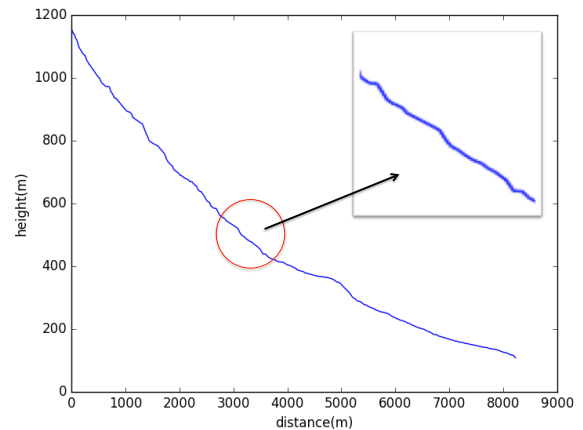


図-5 日比原川河川縦断図

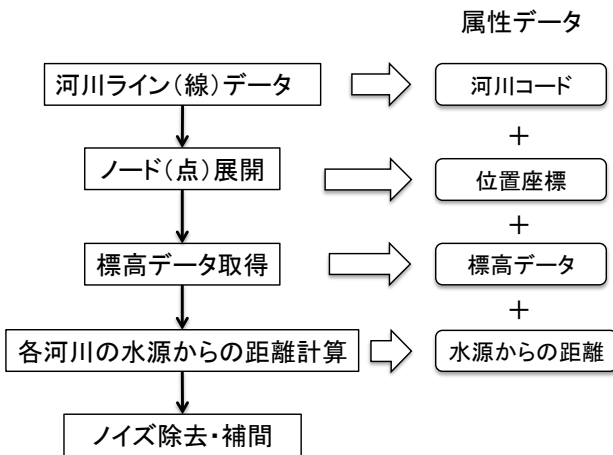


図-2 河川縦断図作成のフロー

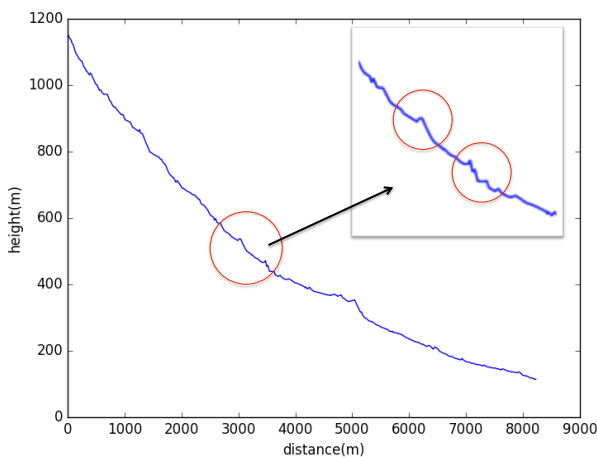


図-3 ノイズ除去・補間前

### 4. 取水口・発電場所候補ポイントの抽出

まず、各ノードに属性データとしてノード間の鉛直角(図-6)を付与した。ノード間の鉛直角は、中規模以上の適地ポイントを抽出するため、各ノードの前後 250m 間隔があるノードを用いて算出した。取水口、発電場所の適地場所としては、それぞれ河川縦断図における凸、凹部分である。凸、凹部分の判定方法は、ノード間の鉛直角が  $180^\circ$  より大きいノードを凸、 $180^\circ$  未満のノードが凹部分とした。そのうち、取水口と発電場所の適地の候補となるポイントは、ノード角の鉛直角がそれぞれ  $270^\circ$  に近い、 $90^\circ$  に近いノードである。今回は、適地候補ポイントとして 10 点ずつ抽出した(図-7)。

適地候補ポイントの抽出結果には、取水口・発電場所のそれぞれに同じような連続した候補ポイントがいくつか含まれている。そのため、ノード間の距離が 100m 以内の候補ポイントを落差が稼げるように、取水口の候補ポイントであれば上流側、発電場所での候補ポイントであれば下流側の候補ポイントを 1 つの候補ポイントとみなす。適地候補ポイントの抽出結果について図-8 に示す。

ノード間の鉛直角( $^{\circ}$ ): $\theta$   
 各点から上流側の点と下流側の点のそれぞれを結ぶ直線からできる角度のうち、下流側の点から上流側の点までの反時計回りにできる角度

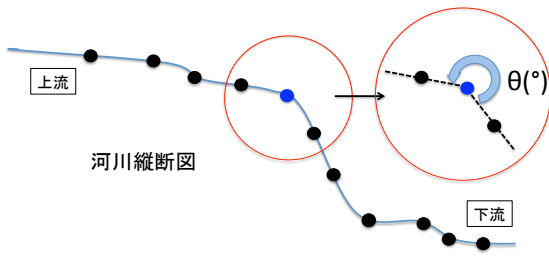


図-6 ノード間の鉛直角について

ノード間の鉛直角が $270^{\circ}$ に近い順に10点  
 →取水口の適地候補ポイント  
 ノード間の鉛直角が $90^{\circ}$ に近い順に10点  
 →発電場所の適地候補ポイント

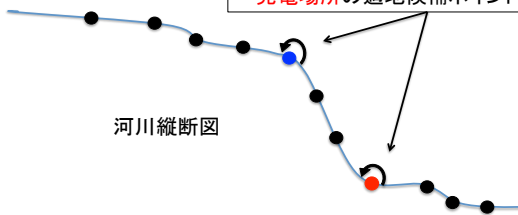


図-7 候補ポイントの抽出方法

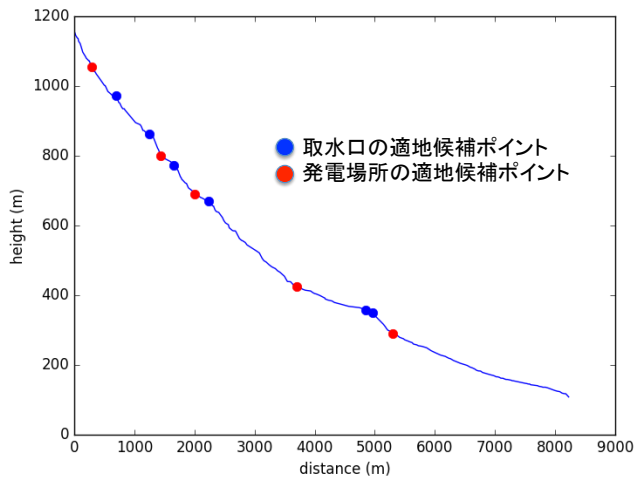


図-8 日比原川 候補ポイント抽出結果

## 5. 取水口・発電場所候補ポイントの評価

### 5.1 発電出力の推定

まず、取得データの10mメッシュサイズのDEMは、細かいすぎる情報のため、50mメッシュサイズのDEMに平滑化した。その50mメッシュのDEMには窪地が存在し、流下しない部分が発生するため、QGIS内のアプリケーションのSAGAを用いて、DEMのノイズを除去、その後50mメッシュサイズの集水面積の算出を行った。

しかし、河川ラインデータとDEMより作成した集水面

積のデータとの位置ずれが生じたため、最大値フィルターを用いて、位置合わせを行った。最大値フィルターの手法としては、50mメッシュの集水面積のデータに対して奇数サイズのグリッドを設定し、中心のグリッドの集水面積の値を、周囲の集水面積の値の最大値とした。今回の研究では、 $3 \times 3$ ピクセルと $5 \times 5$ ピクセルの2種類のグリッドサイズを比較し検討を行った。位置合わせを行ったそれぞれのサイズの場合について、河川ラインデータと位置合わせが出来ているかを目視で確認し、 $5 \times 5$ ピクセルのグリッドサイズが最適であると判断した。 $5 \times 5$ ピクセルでの最大値フィルターを行った集水面積を図-9に示す。

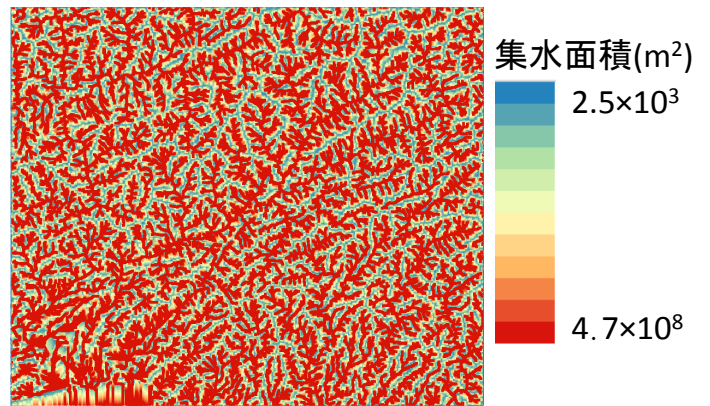


図-9 集水面積

各候補ポイントのうち、取水口と発電場所の組み合わせの優位性の評価を行った。本研究では、その評価の際に指標として用いたのが、発電出力と、取水口から発電場所までの水平距離である。発電出力の算出手順を図-10に示す。落差と集水面積においては、各取水口と発電場所の標高と集水面積の属性データより求めた。流量については、式(a)を用いて算出した。 $\alpha$ 、 $\beta$ は、それぞれ $\alpha=0.9813$ 、 $\beta=0.0144$ の値を用いた。また発電出力は、式(b)より、求めた落差と流量を用いて算出した。なお、式(b)の下線部については、9.8として計算を行なった。

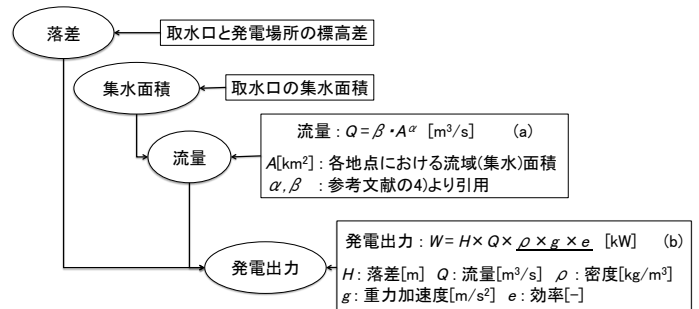


図-10 発電出力の推定方法



## 5.2 適地候補ポイントの評価手法

最終適地候補ポイントの選定方法として、その取水口と発電場所の組み合わせで発電可能な発電出力を評価として用いた。また、工事費用の面で、取水口と発電場所との水平距離を考慮することも重要である。その2項目は、それぞれ発電出力は大きい値を、水平距離は小さい値を示すほど良い条件であると言えるため、発電出力を水平距離で除した値を評価値として用いた（式c）。

$$E = \frac{P}{D} \quad (c)$$

E:評価に用いる評価値(W/m)

P:発電出力(W)

D:取水口から発電場所までの水平距離(m)

対象河川で評価に用いた水平距離・発電出力・評価値を表-2, 3 に示す。計算した評価値が各対象河川の大きい順に1位から3位まで順位づけを行った。河川縦断図における最終適地候補ポイントを図-11 に、平面図における対象河川全体について抽出した最終適地候補ポイントを図-12 に示す。

表-2 評価に用いた水平距離・発電出力・評価値

データ名	最小値	最大値	平均値
水平距離 (m)	76.7	54486.3	3021.6
発電力 (W)	31.5	5454382.0	133417.1
評価値 (W/m)	0.1	133417.1	122.3

表-3 日比原川における評価表

評価値	発電場所1	発電場所2	発電場所3	発電場所4	発電場所5
取水口1		36.2	33.5	28.4	23.1
取水口2		58.2	42.0	33.4	26.5
取水口3			81.4	59.3	46.1
取水口4				75.9	56.1
取水口5					210.0
取水口6					240.6

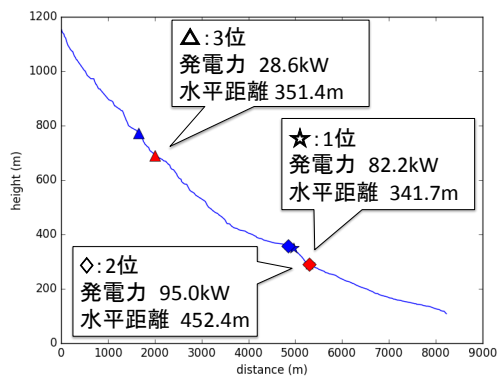


図-11 日比原川における最終適地候補ポイント

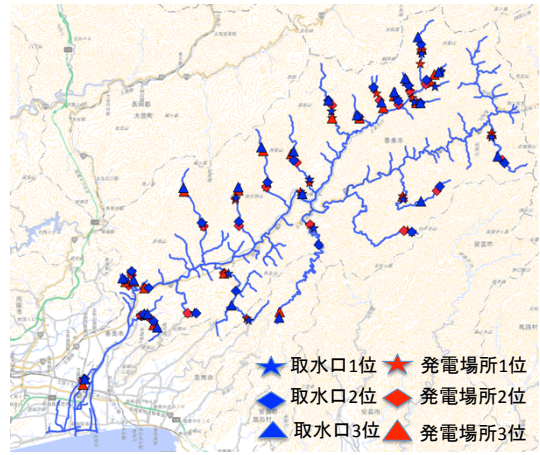


図-12 対象河川全体における最終適地候補ポイント

## 6. 考察

本研究では、DEM と河川ラインデータを用いて、小水力発電の適地選定のための河川縦断図を作成し、各河川における取水口と発電場所の候補ポイントの抽出・評価によって各河川における適地の選定を行なった。この一連の手法により、河川コードが付与された河川において、取水口と発電場所の具体的な適地場所を自動抽出することができた。今後、小水力発電事業者にとって受け入れられる結果かどうかの検証が必要である。また、本研究では水平距離と発電出力の2項目についてのみでしか評価を行っていないが、小水力発電の設置の際に、周囲の配電線の有無や道路状況について等、様々な条件が必要である。更に、流量の算出方法についても気象データや植生データ等の条件を考慮する必要がある。そのため、今後は更に必要な条件を重ね合わせた適地選定を行う必要がある。

## 参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁: エネルギー白書 2018
- 2) ESRI ジャパン株式会社: 小水力発電における適地選定シミュレーション (2018/5/10 アクセス)  
<https://www.esrij.com/industries/applications/108539/>
- 3) アジア航測株式会社: 衛星データを活用した小水力エネルギーポテンシャルの算出手法の開発 (2018/5/10 アクセス)  
<https://www.ajiko.co.jp/products/detail/?id=14435>
- 4) 国土交通省砂防部保全課: 既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン (案) , 平成 22 年 2 月, p3-2
- 5) 国土地理院: 淡色地図