

中国大陸における水文気象データの作成と初歩的な解析

水文気象研究室 14331782 時田 政輝

指導教員 陸 旻皎

1.はじめに

現在、世界各地で異常気象による自然災害が多発している。その影響で中国では経済的損失が約3兆円にも上るとされている。中でも被害が大きいのは気候区分が異なる地点である。被害を抑制するためにはその地域の気候特性を知ることが重要である。本研究では中国本土における気候区分の傾向を、降水量、蒸発量、流出量のデータを用いた水文気象データの作成と初歩的な解析を行うことで明らかにする。

2.水文気象データの作成

水文気象データの作成には、(株)日本工営が水文解析業務に利用するために開発した、水文解析に特化したGIS (Geographic Information System) ソフトであるNK-GIASを使用する。使用するデータは中国本土の等流出高線を示した画像から等高線をなぞり地理情報を入力しデータ化した。蒸発計という皿に水を入れて、1日に減る水の量から求められるパン蒸発量は、年平均値にして集計し、対応するデータに経度緯度を入力したcsvファイルをNK-GIASで読み込みグリッドデータを作成した。作成する際に設定する空間補間処理は、空間内において最も近距離にあるデータを採用する最短距離法。推定したい地点から観測データがある全ての地点までのデータまでの距離を計測し、現地点からより近距離のデータに重みを付けた平均値を採用するクリギング補間。この2種類の空間補間処理を用いてグリッドデータを作成した。

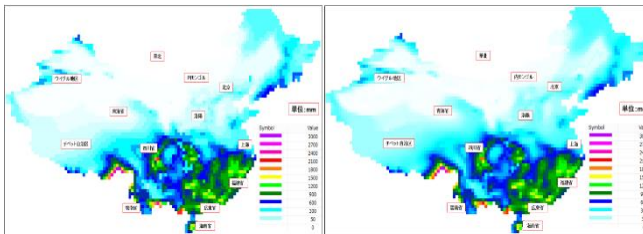


図-1 年間流出高 R (mm)
最短距離法(左)とクリギング補間(右)

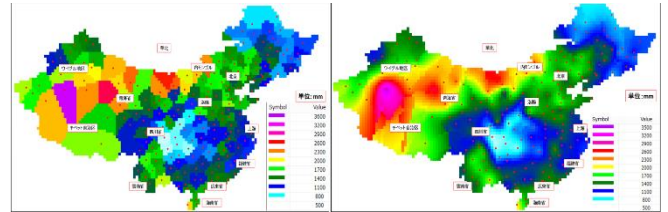


図-2 年間パン蒸発量 E_{pan} (mm)
最短距離法(左)とクリギング補間(右)

図-1, 図-2の最短距離法で作成したグリッドデータは広範囲に同一の値が入力されている。対してクリギング補間で作成したグリッドデータは全ての観測データをもとに値を採用するので、広範囲に同じ値が入ることがなく、地域ごとの水文データの傾向が把握することが可能である。

降水量は東経 $72^{\circ} \sim 136^{\circ}$ 、北緯 $18^{\circ} \sim 54^{\circ}$ まで 0.5° 刻みの地点での降水量を年平均データとして集計しグリッドデータを作成した。

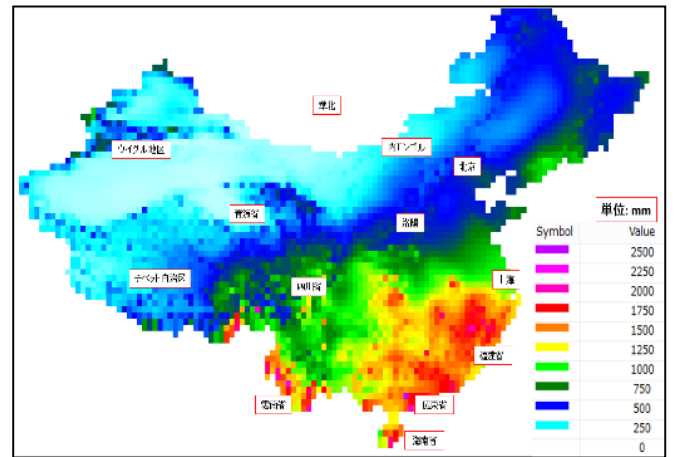


図-3 年間降水量 P (mm)

流出高、パン蒸発量、降水量のデータを使用して実蒸発量、流出率を求める。これらは以下の式によって求められる。

$$\text{実蒸発量 } E = P - R$$

$$\text{流出率} = P/R$$

E: 実蒸発量 (mm) P: 降水量 (mm)

R: 流出高(mm)

求めた実蒸発量と流出率をNK-GIASで読み込みグリッドデータを作成した。

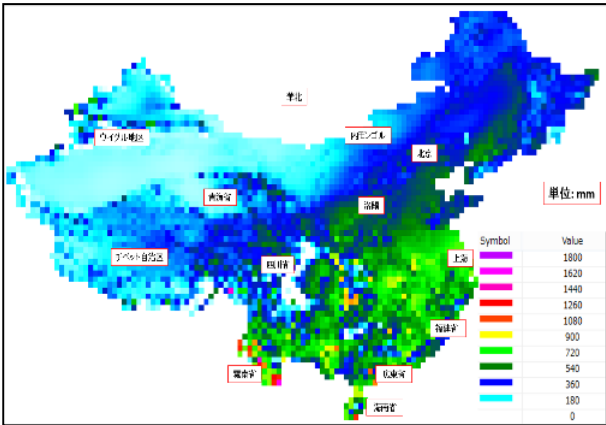


図-4 実蒸発量 E (mm) (降水量 P-流出高 R)

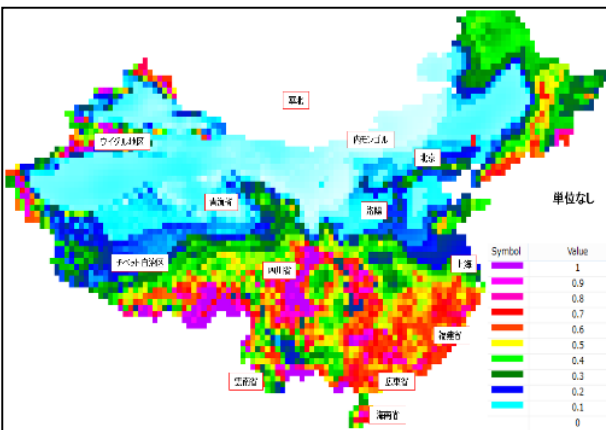


図-5 流出率 (流出高 R/降水量 P)

中国北西部では、砂漠地帯が広がっており、降水があっても土壤に吸収されて流出量がほとんど発生しない。また年降水量そのものも少なく、実蒸発量、流出率ともに非常に小さいことが分かる。南東部に向かって年降水量も徐々に増え、流出量、実蒸発量も増えていくが、実蒸発量が大きく影響するこの地域では、流出量、流出率の増加につながっている。これらのことから、北西部では実蒸発量は降水量に影響され、南東部では日射量などの気象要因で決まるポテンシャル蒸発量によって制約されていることを示している。また、北東部では、降水量が500-700mmで多くはないが、流出率が高くなっていることは、日射量の減少によるポテンシャル蒸発量の減少が要因だと思われる。

従って、中国大陸の蒸発量と流出高の分布特性を理解するためには、ポテンシャル蒸発量が重要である。しかし、ポテンシャル蒸発量の計算には多くの気象観測データが必要であり、困難である。そこで本研究では、パン蒸発量に変

換係数をかけてポテンシャル蒸発量を推定することとする。パン蒸発量は、ポテンシャル蒸発量と高い相関があることが知られており、蒸発パンの種類にもよるが、ポテンシャル蒸発量より大きい値を示すことが多い。この変換係数を推定するために、広く検証されているBudyko フレームワークの式を利用して推定することにした。

3.パン蒸発量からポテンシャル蒸発量への変換係数

降水量(P)、パン蒸発量(E_{pan})、流出高(R)の実データを使用しパン蒸発量からポテンシャル蒸発量への変換係数 C を、以下に示した水収支式²⁾³⁾を用いて求める。ポテンシャル蒸発量は、気象条件のみが作用される際の蒸発量の事を指す。下に示す(1.1)式と(2.1)式は、以下の公式を用いて整理することで(1.2)式と(2.2)式へそれぞれ誘導出来る。

$$\frac{E}{P} = 1 - e^{-\phi} \quad (1.1)$$

$$\frac{E}{P} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\phi}\right)^2}} \quad (2.1)$$

$$P - R = E, \quad \phi = \frac{E_0}{P}, \quad E_0 = CE_{pan}$$

ϕ : 乾燥指数 C: 変換係数

$$C = -\frac{P}{E_{pan}} \ln\left(\frac{R}{P}\right) \quad (1.2)$$

$$C = \frac{P(P - R)}{E_{pan}\sqrt{R(2P - R)}} \quad (2.2)$$

上記の2式以外はCについての式へと誘導することが出来ないので最適化分析によって変換係数Cを導出した。以下にその式を示す。

$$\frac{E}{P} = [\phi \tanh\left(\frac{1}{\phi}\right) (1 - e^{-\phi})]^{1/2} \quad (3)$$

$$\frac{E}{P} = \phi \tanh\left(\frac{1}{\phi}\right) \quad (4) \quad \frac{E}{P} = \frac{1 + \phi}{1 + \phi + \frac{1}{\phi}} \quad (5)$$

$$E = \frac{E_0 P}{(P^n + E_0^n)^{1/n}} \quad (6)$$

最適化分析は、ある目的値が最小または最大になるパラメータを選択する分析である。ここで、最適化する変数値は変換係数 C とし、最適化する際に最小化される関数である目的関数には、式の計算値と実測値との差の最小二乗法の総和、式の計算値と実測値との差の絶対値の総和をそれぞれ使用した。最小二乗法では、左辺と右辺の差が大きい場合最適化の際に影響が大きい。絶対値ではこのような影響を受けにくい為 2 つの目的関数で比較を行う。目的関数が最小値となるような変数をエクセルのソルバーの機能で求めた。

表-1 変換係数 C の一覧

式番号	最小二乗法の場合	絶対値の場合
(1)	0.5121	0.5121
(2)	0.4581	0.4581
(3)	0.4382	0.5223
(4)	0.3818	0.4471
(5)	0.4659	0.5577
(6)	0.8002	0.9795
平均	0.5094	0.5795

表-1 は、C についての誘導式と最適化分析で求めた C の値の一覧である。今回パン蒸発量からポテンシャル蒸発量への変換係数は半分程度の 0.5~0.6 となった。

この変換係数 C をパン蒸発量にかけ、再度 Budyko フレームワーク式で計算し、実蒸発量との差を取った水収支誤差を求めた。水収支誤差は以下の式で求められる。

$$\text{水収支誤差} = P - R - E$$

計算した水収支誤差を NK-GIAS で読み込みグリッドデータを作成した。

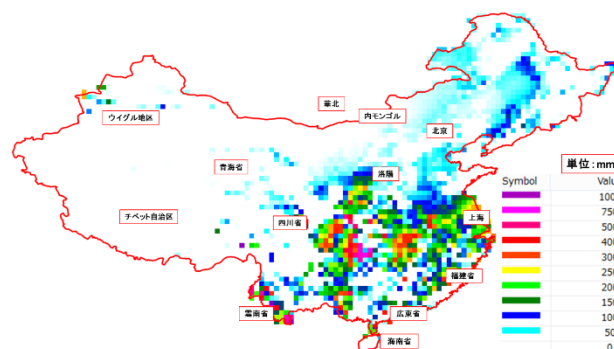


図-6 水収支誤差 (P-R-E) (4)式

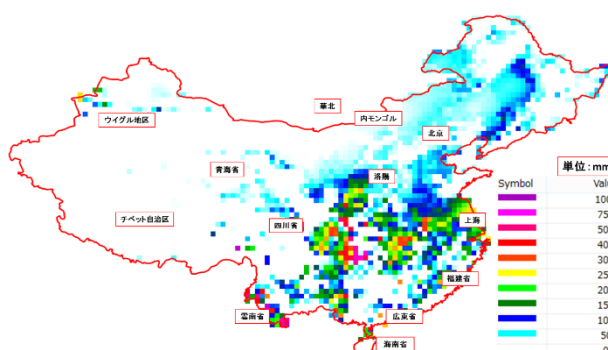


図-7 水収支誤差(P-R-E) (5)式

図-6 は Budyko フレームワーク式の合計 6 式の中で誤差が最も大きかったもの、図-7 は合計 6 式の中で誤差が最も小さかったものの水収支誤差を示したものである。表-2 は小型パン蒸発計を用いて、中国各地でのパン蒸発量からポテンシャル蒸発量への変換係数を求めたものである⁴⁾。

南部で実測値との誤差が大きく出ている。ポテンシャル蒸発量に上限がある為実測値との誤差が出てしまうとみられる。このことからポテンシャル蒸発量による影響がこの地域では大きいことが分かる。また、水収支誤差が最も小さかった変換係数 C=0.5577 は表-2 と比較すると近似した値をとることが見られるが、今回は中国全域での変換係数を平均二乗誤差や

絶対値による最適化分析を行っているために誤差が見られる。地域毎に変換係数を算出することが理想であるが、各地域の気象傾向を見るという目的ならば今回の変換係数 C はおよそ全域に適用できる値である。

4.結論

中国の水文気象データを用いて、中国本土の気候傾向を示したグリッドデータの作成が出来た。現在中国の流出高を示した画像は少ない為、それを今回作成したことによって詳細な水文データの作成が期待出来る。ポテンシャル蒸発量は明確な式での定義が難しいため、パン蒸発量からポテンシャル蒸発量への変換係数 C で求めることが可能である。一般的に中国での変換係数 C は 0.7~0.8 とされており、本研究

での変換係数は同程度の値を示すことが見られた。

参考文献

- 1) 国家地质总局水文地质工程地质研究所出版：中華人民共和國水文地质图集(1979.6)
- 2) Vivel K. Arora(2002) : The use of the aridity index to assess climate change effect on annual runoff
- 3) Dawen Yang, Weiwei Shao, Pat J.-F. Yeh, Hanbo Yang, Shinjiro Kanae, and Taikan Oki(2009) : Impact of vegetation coverage on regional water balance in the nonhumid regions of China
- 4) 任芝花, 黎明琴, 张纬敏(2002) : 「小型蒸发器对 E 2601B 蒸发器的折算系数」

表-2 小型パン蒸発計からの変換係数⁴⁾

	月平均												年平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
海南	0.73	0.70	0.68	0.70	0.67	0.69	0.69	0.70	0.70	0.69	0.73	0.75	0.70
貴州	0.74	0.65	0.61	0.58	0.63	0.60	0.60	0.67	0.69	0.72	0.76	0.77	0.67
福建	0.75	0.67	0.67	0.62	0.63	0.61	0.65	0.66	0.67	0.68	0.70	0.73	0.67
广东	0.72	0.66	0.63	0.60	0.60	0.62	0.62	0.63	0.66	0.66	0.68	0.71	0.65
广西	0.75	0.66	0.64	0.57	0.61	0.60	0.60	0.64	0.67	0.66	0.69	0.72	0.65
湖北	0.72	0.64	0.63	0.57	0.60	0.60	0.61	0.65	0.68	0.71	0.74	0.73	0.66
西藏			0.62	0.63	0.61	0.63	0.66	0.66	0.67	0.67	0.61		0.64
江西	0.82	0.62	0.57	0.54	0.59	0.54	0.58	0.66	0.65	0.69	0.72	0.70	0.64
云南	0.60	0.59	0.58	0.59	0.62	0.63	0.64	0.67	0.65	0.67	0.65	0.66	0.63
四川	0.65	0.60	0.60	0.58	0.63	0.60	0.61	0.65	0.62	0.68	0.68	0.71	0.63
重庆	0.70	0.59	0.58	0.54	0.59	0.55	0.55	0.59	0.60	0.74	0.76	0.76	0.63
浙江	0.72	0.64	0.63	0.57	0.59	0.56	0.57	0.60	0.64	0.66	0.69	0.74	0.63
山东		0.61	0.62	0.60	0.62	0.60	0.63	0.65	0.65	0.66	0.63		0.63
宁夏			0.58	0.60	0.61	0.61	0.63	0.66	0.65	0.71	0.64		0.63
湖南	0.72	0.60	0.59	0.54	0.58	0.56	0.57	0.63	0.64	0.69	0.71	0.68	0.63
上海	0.69	0.62	0.64	0.58	0.59	0.58	0.55	0.59	0.63	0.64	0.68	0.71	0.63
山西				0.58	0.60	0.61	0.62	0.65	0.63	0.62	0.60		0.61
陕西	0.65	0.64	0.63	0.56	0.59	0.57	0.61	0.64	0.64	0.68	0.70	0.69	0.63
河南	0.62	0.60	0.60	0.58	0.60	0.57	0.60	0.65	0.66	0.66	0.68	0.67	0.62
安徽	0.61	0.60	0.60	0.55	0.58	0.58	0.57	0.62	0.64	0.65	0.65	0.67	0.61
青海			0.58	0.56	0.59	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64	0.61		0.60
江苏	0.61	0.61	0.62	0.56	0.57	0.56	0.56	0.59	0.62	0.64	0.64	0.64	0.60
河北			0.58	0.56	0.57	0.57	0.58	0.62	0.63	0.61	0.51		0.58
甘肃			0.63	0.56	0.57	0.57	0.58	0.61	0.60	0.66	0.63		0.60
天津				0.54	0.57	0.55	0.57	0.60	0.58	0.63			0.58
北京				0.52	0.56	0.54	0.54	0.61	0.64	0.62			0.58
新疆			0.60	0.52	0.55	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61			0.58
辽宁				0.51	0.55	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59			0.55
吉林					0.51	0.51	0.56	0.57	0.58				0.55
黑龙江				0.48	0.51	0.53	0.56	0.59	0.59	0.59			0.55
内蒙古				0.52	0.53	0.54	0.54	0.57	0.57	0.58			0.55
全国平均	0.69	0.63	0.61	0.57	0.59	0.58	0.59	0.63	0.63	0.66	0.67	0.71	0.63