

水収支式の空間表現による流域特性の把握に関する試み

明星大学理工学部土木工学科 学生会員 ○金谷 隆平
明星大学理工学部建築学科 正会員 藤村 和正

1. はじめに

水収支式は流域の水循環を考える場合の基本式である。流域の水収支は気候や植生、地形、地質、その他多数の自然要因に影響されるが、水収支式は降水量、蒸発散、流出量、貯留量の4つの要因に集約している。本研究では、早明浦ダム流域を対象として、8地点の降水量とダム流入量から流域としての降水量と流出量の関係について水収支式を空間表現することにより表し、流域特性を表現する一つの手法を示すことを目的とする。

2. 水収支式について

(1) 水収支式における流域平均降水量と地点降水量

水収支は流域を対象とした水循環を考える場合の基本式であり、一般に①式で表され、1年間を単位として用いられる。

$$P - Q - E - S = 0 \quad \dots\dots\dots ①$$

ここに、P：年降水量、E：年蒸発散量、
Q：年流出量、S：年貯留量。

本研究でも1年間を単位とし基本的な流域の水収支について検討しようとするため、水収支式の蒸発散量Eと貯留量Sを合わせて改めて流域損失量Eと見なす。流出量Qは降水量Pと損失量Eの関数と考えると①式は②式で表される。

$$Q = P - E \quad \dots\dots\dots ②$$

水収支式は流域を対象として成立するが、観測地点を基準とすると、ある観測地点*i*の年降水量を p_i としたとき、 p_i の流域年平均降水量Pの補正係数を α とし、また、観測地点*i*の年損失量を e_i としたとき、 e_i の流域年損失量Eとの補正係数を β とすると、 $p_i = \alpha \cdot P$ 、 $e_i = \beta \cdot E$ となり②式は③式で表される。

$$Q = \alpha \cdot P - \beta \cdot E \quad \dots\dots\dots ③$$

(2) 水収支式の空間表現

年降水量Pと年流出量Eの関係あるいは年降水量Pと年損失量Eの関係は、これまで最小二乗法などを用い2次元の関係として表していたが、本研究で

は3次元的に統一して表現する。つまり、年流出量Qを縦軸、年降水量Pと年損失量Eを平面の横軸の座標として3次元に配置する。空間的な特性を表す方法の一つとして空間直線があり、座標軸をp、e、q、とすると、空間直線は方向ベクトル $u(1, m, n)$ と1つの通過点 (p_0, e_0, q_0) により決定される。空間直線の式を次に表す。

$$\frac{p - p_0}{l} = \frac{e - e_0}{m} = \frac{q - q_0}{n}, \quad \vec{u} = \begin{pmatrix} l \\ m \\ n \end{pmatrix}$$

$$\frac{q - q_0}{n} = \frac{p - p_0}{l}, \quad q - q_0 = \frac{n}{l}(p - p_0) \dots ④$$

$$\frac{q - q_0}{n} = \frac{e - e_0}{m}, \quad q - q_0 = \frac{n}{m}(e - e_0) \dots ⑤$$

$$2q - 2q_0 = \frac{n}{l}(p - p_0) + \frac{n}{m}(e - e_0)$$

$$2q = \frac{n}{l}p + \frac{n}{m}e + 2q_0 - \frac{n}{l}p_0 - \frac{n}{m}e_0$$

$$q = \frac{n}{2l}p + \frac{n}{2m}e + q_0 - \frac{n}{2l}p_0 - \frac{n}{2m}e_0 \dots ⑥$$

ここで④式と⑤式を加算する。

つまり、⑥式は①式に相当し、③式の降水量と損失量の係数は α 、 β および①式の損失量Sは⑦式で

$$\alpha = \frac{n}{2l}, \quad \beta = -\frac{n}{2m}, \quad S = q_0 - \frac{n}{2l}p_0 - \frac{n}{2m}e_0 \dots ⑦$$

表現できる。

3. 対象流域の概要

早明浦ダム流域は四国中部を東に流れる吉野川の上流に位置し、その流域面積は472km²である(図1)。流域の地質は古生層の三波帯が多く、地すべり地帯

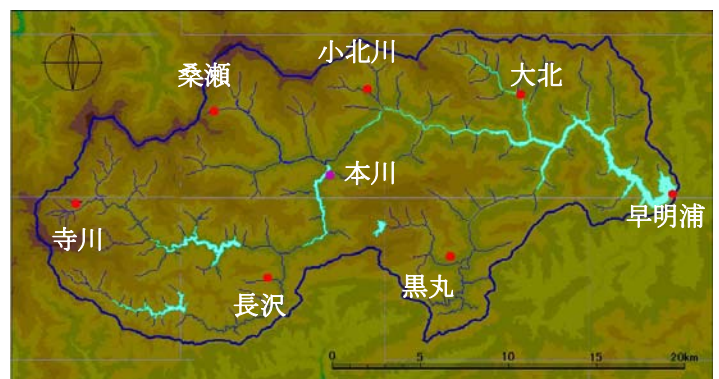


図1 早明浦ダム流域の概要図と雨量観測点

キーワード：水収支式、流域特性、空間表現

連絡先：東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部土木工学科 TEL042-591-5111

であり、保水性は低い。水文資料は主として Web サイトから入手し、国土交通省水文水質データベースから小北川地点雨量および早明浦ダム流入量、水資源機構池田総合管理所より 6 地点の雨量、気象庁気象観測（電子閲覧室）より本川地点の雨量と気温を得て、1 時間単位のデータを整理した。さらにダム地点の日の出入り時間を国立天文台暦計算室こよみの計算から得て可照時間を計算した。雨量観測点は全部で 8 地点である。

4. 平面直線近似と空間直線近似

データ期間は 1991 年から 2006 年までの 16 年間である。まず、年降水量と年流出量の関係について、各雨量観測地点および流域平均値を最小二乗法により直線近似した。図2は降水量を流域平均値とした場合の直線近似であり、傾きは予め1とした。この図より流域平均の損失量が近似式の切片より求まり 964mm となった。また、各雨量観測点における年降水量と年流出量の関係についても直線近似を行い、表1左部に降水量および損失量の流域平均値に対する補正係数を表した。これは③式における α と β であり、 β の値は流域平均損失量 964mm を用い算出した。ここでは各雨量観測点の年降水量データから年流域平均降水量を推定する方法を示した。

次に、年降水量、年流出量および年損失量の関係を空間的に表現し、直線近似する方法について述べる。近藤は、機械製造業の3次元化が進む中で、2次元計測データに比べ膨大となる3次元計測のデータを抽象化する手法をいくつか提案した¹⁾。その中の直線抽出法を用い空間直線近似を行う。各雨量観測点を基準とした場合と全雨量観測点をまとめた場合について、年降水量、年流出量および年損失量の関係を直線近似して、直線方向ベクトルおよび直線の通過点を求めた。図3には全雨量観測点のデータをまとめて空間表現した場合を示し、表1右部に方向ベクトルおよび直線の通過点の数値を示す。方向ベクトルの l と m については全て正の値で 0.7 前後となっているが n の値には正負がありバラツキがある。これは損失量 E は降水量 P および流出量 Q との間に相関が現れていないことが言える。なお、本研究では損失量 E は降水量 P と流出量 Q の差により表しており、独立した変数ではない。

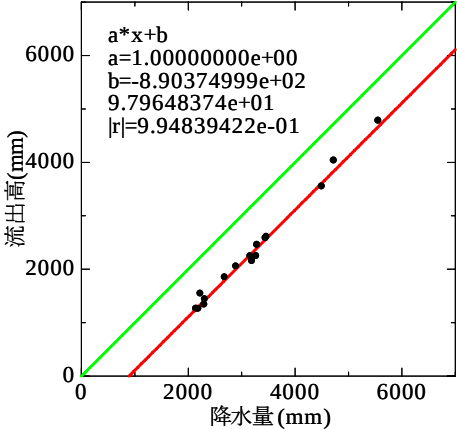


図2 年流域平均降水量と年流出高の相関関係

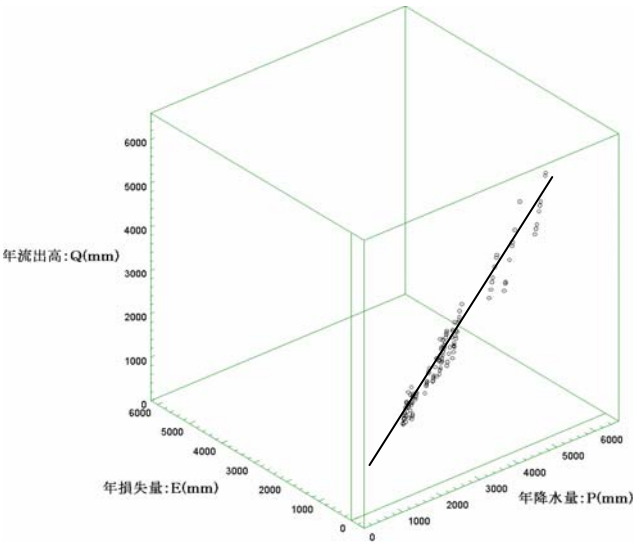


図3 各雨量観測所の1年毎のデータ空間表現

5. おわりに

本研究では水収支式を空間表現し、流域特性を示すことを試みたが、まだ途中段階である。本研究の手法の有効性、評価、さらなる考察については今後の課題としたい。

【参考文献】

1) 近藤幸治: 新ラピッドプロトタイピング法の開発(第5報)、製品試作の迅速・容易化技術に関する研究、環境対応型機械技術の開発(福井県工業技術センターHPよりダウンロード)

表1 水収支式の平面近似直線と空間近似直線の係数

No.	地点	α	β Ei	$\beta =$ Ei/890	直線の通過点			軸の方向ベクトル		
					p_0	e_0	q_0	l	m	n
1	寺川	1.04396	1369	1.5375	3500.6	2328.4	1172.2	0.681510	0.728999	-0.064065
2	長沢	0.81137	1005	1.1292	3790.4	2328.4	1461.9	0.766187	0.629570	0.128836
3	桑瀬	1.04227	943	1.0594	2877.3	2328.4	548.8	0.655168	0.742339	-0.140312
4	小北川	1.02272	849	0.9540	3085.6	2328.4	757.2	0.695508	0.717936	-0.028915
5	黒丸	0.85410	840	0.9433	3537.2	2328.4	1208.8	0.754782	0.647670	0.104056
6	大北	1.12772	951	1.0682	2893.1	2328.4	564.6	0.644180	0.753630	-0.130668
7	早明浦	1.15750	842	0.9455	2784.6	2328.4	456.2	0.640477	0.757153	-0.128485
8	本川	0.96943	910	1.0223	3281.4	2328.4	952.9	0.715745	0.698241	0.012975
	平均	1.00363	964	1.0824	3218.8	2328.4	890.3	0.694195	0.709442	-0.030822
	グラフ	1.00000	890	1.0000	3218.8	2328.4	890.3	0.727662	0.685433	-0.026258