

ボリビア Tuni 湖周辺の降水・流出特性

東北大学工学部 学生会員 ○石垣康之

東北大学大学院工学研究科 正会員 朝岡良浩

東北大学大学院工学研究科 正会員 有働恵子

東北大学大学院工学研究科 正会員 真野 明

1. はじめに

近年，地球温暖化によりアンデス山脈にある熱帯氷河の融解が加速してきており，この融解水を重要な水資源とするボリビアの首都ラパス，隣接都市エルアルトでは将来深刻な水不足が生じると懸念されている．本研究では，両都市の主要水源である Tuni 湖の集水域を対象として，現地データから降水・融解・流出の現象を解明することを目的とする．なおこの流域では観測地が限られており，これを補完するために気象庁の全球数値予報モデル (Global Scale Model: GSM) の利用可能性について検討を行った．

2. 対象地点

ボリビアは南米大陸に位置する内陸国である．Tuni 湖に流入する河川は大きく 3 つあり，それぞれの流域に氷河が存在している．Tuni 氷河流域からは直接河川が流入しているが，Condoriri 氷河流域と Huayna Potosi 氷河流域からは人工的な導水路を経由して流入している¹⁾．降水量と流出量のデータ分析を行う上で，図-1 に示す 4 地点で観測されているデータを用いた．Condoriri (標高 4525m)，Tuni 湖付近に位置する Tuni Alto (標高 4446m)，Tuni Bajo (標高 4497m)，そして Huayna Potosi (標高 5026m) である．なお流域面積は Condoriri が 15km²，Huayna Potosi が 35km²，Tuni Bajo が 10km² である．

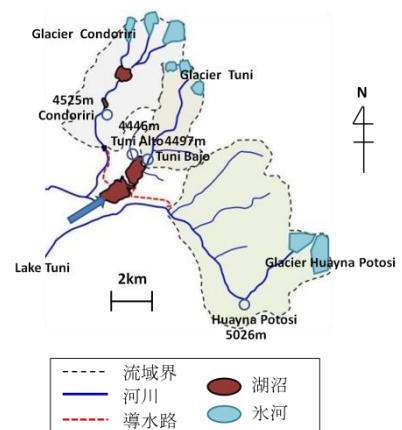


図-1 対象地点

3. 研究方法

3.1 現地データの分析

まず，各地点で 30 分毎に計測されている降水量，流出量を積算して年間降水量，年間流出量を算出し，各地点の差異を把握した．それと同時に 1 年間の推移を解析する年を決定した．次に，月間降水量，月間流出量を算出し，各地点における季節性の変化と傾向（雨季・乾季）を分析した．本研究では，雨季を 11 月から 3 月，乾季を 6 月から 8 月と設定して解析した．流域面積が既知の 3 地点 (Condoriri, Huayna Potosi, Tuni Bajo) については流出量の単位を mm に変換し，月間降水量と月間流出量を比較した．

3.2 全球数値予報モデルの出力分析

GSM の出力分析を行う際，気象庁が提供する格子点データのアーカイブ（東京大学生産技術研究所喜連川研究室²⁾，京都大学生存圏研究所³⁾）を利用した．GSM は 2002 年 5 月 1 日から配信が開始され，2007 年 11 月 21 日にモデルが改良された．旧モデルは初期値が 2 回の 12 時間予報，新モデルは初期値が 4 回の 6 時間予報であり，格子系は等緯度等経度で 1.25 度から 0.5 度に変更されている．使用した予報データは，Tuni 湖の観測所（南緯 16.24 度，西経 68.25 度）が含まれる格子の積算降水量，鉛直・東西流の平均風速である．統計的ダウンスケーリングには後述するニューラルネットワークを用いた．降水量に関して，Tuni 湖の観測値は月間値であり，観測値と予報値を比較するために予報値を積算して月間降水量を算出した．また Tuni 湖の予報値は，格子点 4 点の予報値を距離の逆数に基づく重み平均で加重平均することによって推定した．

キーワード 氷河融解，Tuni 湖，水収支，GSM，ANN，月間降水量

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字 6-6-11-1110 E-mail : ishigaki337@potential1.civil.tohoku.ac.jp

3.3 Artificial Neural Network (ANN) の適用

Artificial Neural Network とは人工神経網のことで、脳機能に見られるいくつかの特性を計算機上のシミュレーションによって再現することを目指した数学モデルである。今回は Tuni 湖の観測値を教師信号として入力することで、出力データが最適化される教師あり学習を行っている。ANN の概要は図-2 のとおりである。入力データとして、月間降水量、500hPa・700hPa における鉛直流と東西流の月間平均風速を使用し、降水量に関して Tuni 湖の観測値に近似するように予報値の補正を行った。

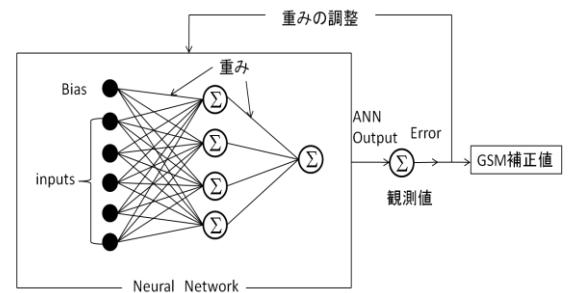


図-2 ANN

4. 結果と考察

4.1 水収支

本研究では、次の水収支式を仮定して解析を行った。

$$P + SGM = Q + E + \Delta S$$

P : 降水量, SGM : 融雪量と氷河融解量, Q : 流出量, E : 可能蒸発散量, ΔS : 貯留量

図-3 に 2001 年の SGM と ΔS の差の推移を示す。 P と Q は観測値であり、 E は Thornthwaite 法を用いて算出した。雨季には 3 地点ともおよそ負の値をとっており、貯留量が多いことが分かる。これは雨季の降水量が多いためと考えられる。乾季には Condoriri で正の値をとっており、貯留より氷河融解水の方が大きくなっていることが分かる。これは乾季の少ない降水量に対して、相対的に流出量が多いためと考えられる。可能蒸発散量を用いて蒸発散量を多めに見積もっているため、今後は実蒸発散量を算定して解析する必要がある。

4.2 ダウンスケーリング

図-4 に 2009 年の月間降水量について Tuni 湖観測値と GSM 補正值を比較したものを示す。 ANN を適用すると、雨季の降水量が観測値に近似するように補正された。相関係数は 0.97 となり、相関が強かった。以上より、ANN を適用することで Tuni 湖における月間降水量の算定が可能であることが確かめられた。

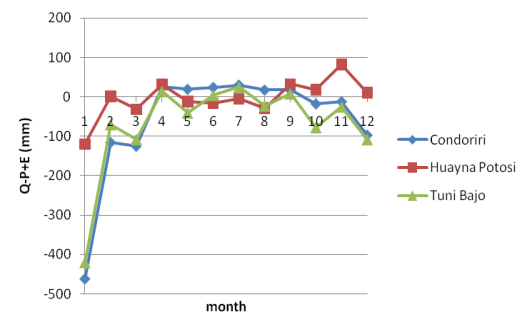


図-3 $SGM - \Delta S$ (2001) の推定

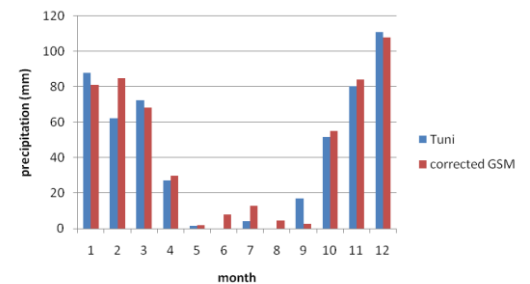


図-4 観測値と補正值の比較 (2009)

5. 結論

現地データの分析から、雨季には貯留量が多く、乾季には氷河融解水の寄与が大きいことが推察できた。GSM の出力分析から、ANN を適用することで補正值は Tuni 湖観測値とほぼ一致し、Tuni 湖における月間降水量の算定が可能であることが確かめられた。

謝辞：本研究は JST/JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発」の成果の一部である。ここに記して関係各位に謝意を表する。

6. 参考文献

- 1) 梅田 信, 朝岡良浩, ボリビア Tuni 湖流域の水環境調査, 東北地域災害科学研究, 第 46 巻, pp.167-172
- 2) 気象庁提供の GPV (格子点データ) アーカイブ, <http://dias.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/gpv/>
- 3) 気象庁データ, <http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/>