

陸面解析によるアラル海動態モデルの構築

○ 学生会員 峠 嘉哉
 正会員 田中賢治
 正会員 中北英一

1. はじめに

中央アジアでは、ソ連時代から行われた大規模な灌漑計画の結果としてアラル海の縮小に象徴される深刻な水不足問題が発生し、アラル海の面積はかつての10%以下にまで縮小している。持続可能な開発に向けた科学的基礎情報として、流域全体の陸面解析によってアラル海の縮小・拡大を推定することを試みた。

2. 解析手法

下図がアラル海動態モデルによる解析の流れである。

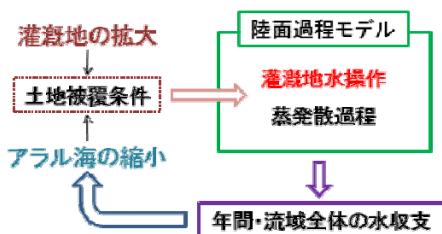


図-1 解析の流れ

解析の中心は陸面過程モデルとなり、集水域内全格子において行われた陸面解析結果からアラル海の年間貯水量変化 ΔS を求め、縮小・拡大を推定する。

(1) 陸面解析

陸面過程にはSiBUC¹⁾を用いた。SiBUCは灌漑地における人為的な水操作を取り扱える数少ない陸面過程モデルの一つであり、水体上の水・熱収支も解析が可能である。灌漑地拡大やアラル海縮小といった変化は、土地被覆条件を変更することで反映した。アラル海領域は陸面解析後に各年で推定し反映させ、灌漑面積は統計データを満たすように流域で一律に変更した。

メッシュ内水収支は式(1)のように計算される。

$$Runoff = Prec - Evap - \Delta Swe - \Delta Soilm + Win - Wout \quad (1)$$

ここに、 $Runoff$ はメッシュからの流出量、 $Prec$ は降水量、 $Evap$ は蒸発散量、 ΔSwe は積雪水当量の変化量、

$\Delta Soilm$ は土壌水分量の変化量、 $Win - Wout$ は灌漑必要水量である。SiBUCではこの各項が物理的な手法により解析され、同時に式(1)も満たすようになっている。流域全体の水収支は、式(2)のように表される。

$$Qin = \sum Runoff - \sum \frac{Win}{\gamma} + \sum Wout - \alpha \quad (2)$$

ここに、 Qin はアラル海への流入量、 γ は灌漑効率、 α はSiBUCでは解析できない流域外メッシュでの灌漑水需要量である。これより、流域内で発生した $Runoff$ の総和のうち、灌漑に使用されない水量がアラル海に流入することが表現されている。

アラル海の貯留変化量 ΔS は式(3)で計算される。

$$\Delta S = Qin + (P - E)_{Aral} \quad (3)$$

ここに、 ΔS はアラル海の水量変化、 $(P - E)_{Aral}$ はアラル海上で降水量から湖面蒸発量を引いた値である。

(2) アラル海等深線データの作成

アラル海の縮小の再現の前段階として、等深線データを作成した。SRTM標高データは2000年の地表面を観測したデータであり、アラル海縮小により露わになっている過去の海底の標高も計測されているため、本研究ではこれがかつての海底標高として使用する。

3. 解析結果と考察

(1) 過去のアラル海領域の再現

陸面解析の結果は図-2~3のようになった。

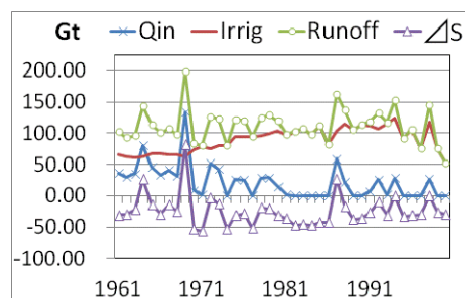


図-2 アラル海集水域の水収支

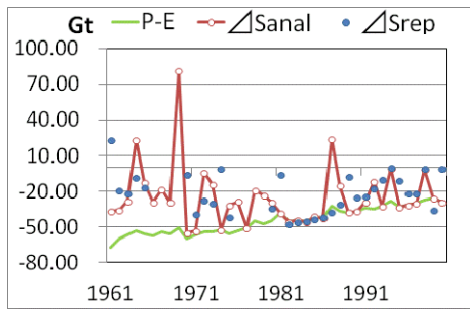


図-3 アラル海の水収支

ここに、*Irrig* は灌漑必要水量である。上図より、解析期間中に *Irrig* が著しく増加し、1980 年頃より *Runoff* を頻繁に使い尽くしていることが分かる。それに伴って *Qin* の値も度々0 となり、 ΔS の値が常に負となっている。これらの値は実際に報告されている値とも整合しており、アラル海面積経年変化の再現結果は図-4~5 のようになる。

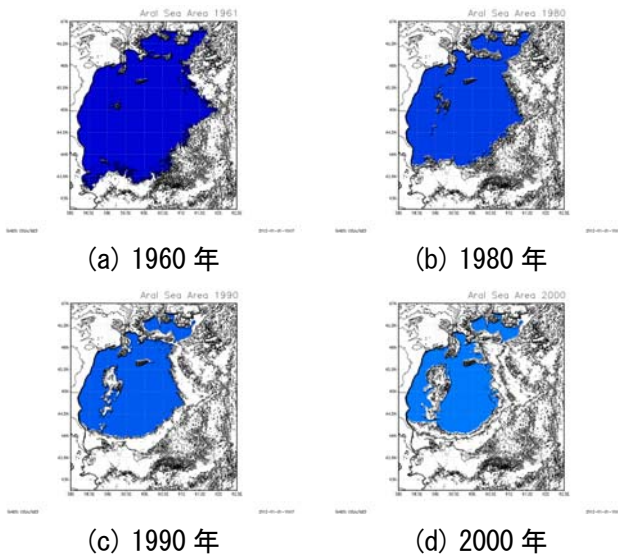


図-4 アラル海の縮小

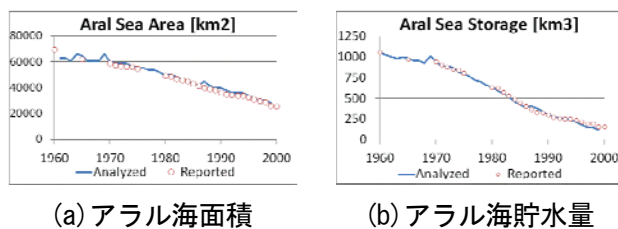


図-5 アラル海の経年変化

以上より、陸面解析は流域全体で行っているにも関わらず、アラル海の縮小を精度良く再現することができた。

(2) シナリオ分析

最後に、開発を持続可能にするための具体的な対策について考察するため、過去の灌漑面積の増加率を変更することによる仮想的なシナリオ分析を行った。下

はアラル海流域での灌漑開発シナリオの内容とその結果である。1960 年と 2000 年の灌漑面積を基準とし、この間に新規開発する灌漑面積増加量をシナリオごとに変化させる。

表-1 灌漑開発シナリオ

シナリオ	1960年からの新規開発	2000年時の灌漑面積
1	なし	4510km ² (1960年レベル)
2	現実の0.25倍	5355km ² (1970年レベル)
3	現実の0.50倍	6200km ² (1975年レベル)
4	現実の0.75倍	7045km ² (1980年レベル)

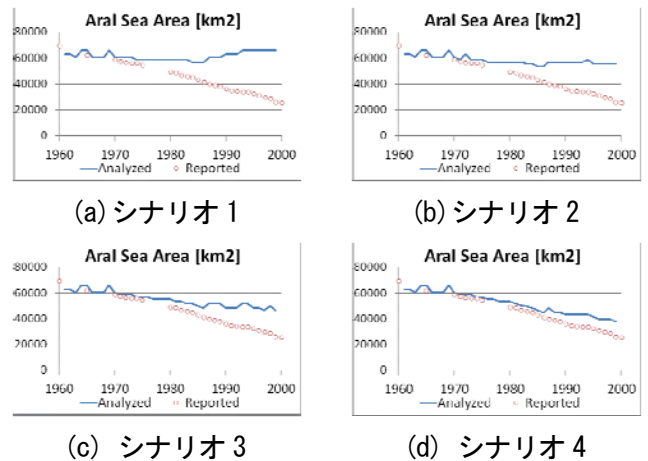


図-6 シナリオ別アラル海面積の経年変化

以上より、シナリオごとのアラル海縮小を推定することができた。シナリオ1では、アラル海は拡大に転じており、シナリオ2や3では縮小するものの安定することが分かる。一方で、シナリオ4では大幅に縮小しており、持続可能ではないことが分かった。

4. 結論

アラル海の縮小を陸面解析により再現することができた。物理的な手法を用いたため、仮想的なシナリオの分析や将来予測が可能となっている。

今後は、アラル海への流入量 *Qin* を地下水起源と河川起源で分けて解析することや、現在は入手できていないアラル海内部の水深分布データを入手することで、更に縮小する場合の推定も行う。シナリオ分析も、灌漑地拡大シナリオだけでなく、作物転換や灌漑効率に関わるシナリオも試みる予定である。

参考文献

1) Kenji Tanaka: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model doctoral dissertation, Kyoto University, 2004.