

衛星画像等を用いたアフガニスタン国内における農耕適地条件の把握手法の検討

環境リモートセンシング研究室 酒井 豊
指導教官 向井幸男
力丸 厚
高橋一義

1. 背景と目的

アフガニスタン国では、国民の85%が農業によって生計を立てているが1999年からの干ばつや長年に渡る内戦などの影響によって国内の農耕活動は大きな打撃を受けている。内戦や干ばつ、タリバーン政権崩壊後の国内復旧の重要課題である食糧増産に対する農耕地の拡大・確保を行うには諸外国の援助が必要不可欠である。だが、同国内の農業開発のための資料や調査が不足し有用な情報が求められているが、国内の治安の点から現地調査の実施が容易ではない。本研究では、現地における様々な問題に対し遠隔からの観測が可能で、広範囲かつ経年的なデータが取得できるなどのリモートセンシング技術の特徴を活かし、植生指標の変動傾向と降水量や土壌などの自然要因グローバルデータセットとの関係より乾燥地域であるアフガニスタン全域における農耕活動に適した地域の条件を把握する手法の構築を目的とした。

2. 対象地域

本研究の対象地域であるアフガニスタン国は、北緯29～38°、東経65～72°に位置し、国土面積65万平方キロメートルである。国土の多くは山岳地帯が広がり南西部には砂漠地帯が広がっている。国内の主産業は農業であり主に灌漑農業の手法を用いている。1998年は降水量に恵まれたことから収穫量は1992年以来の豊作であった。だが、1999、2000年は冬季の積雪量と春季の雨量が徐々に減少し干ばつとなり、その影響で収穫高は減少した⁽¹⁾。アフガニスタン国の地図を図1に示す。



図1：アフガニスタン国地図

3. 使用データ

<植生指標データ>

千葉大学環境リモートセンシング研究センターで作成された Twenty-year Global 4-minute AVHRR NDVI Dataset を、植生指標データとして用いた。このデータセットは、NOAA-AVHRR センサより取得した情報を用いて作成された1981～2000年の十日間複合全球植生指標であり、空間分解能は4分メッシュである⁽²⁾。

<降水量データ>

GPCP(Global Precipitation Climate Program：全球降水気候計画)が作成した Global Combined Precipitation Data version 2 を、降水量データとして用いた。このデータセットは、WMO(世界気象機関)等による国際プロジェクトであり、全球を対象とした1度メッシュの月降水量である⁽³⁾。本論文では、1979年1月から2001年12月までのデータを用いている。

<土壌データ>

本論文において用いた土壌データは、

UNEP/GRID により提供された Zobler の全球気候モデルのための世界土壌データセットの氷を加えた 27 カテゴリーに分類された土壌ユニットの普及版データを、土壌データとして用いた。空間分解能は 1 度メッシュであり、全球を対象としている⁽⁴⁾。

4. 乾燥地域における農耕適地について

植生の生育には、降水などの水資源や土壌、気温などの自然的要因が重要な条件となる。本研究の対象地域であるアフガニスタンを含む乾燥地域では、水資源の供給や確保は植生の生育の可能性を左右する重要な問題であり、水資源の供給・確保が行えない地域では、植生の生育は望めないとも考えられる。以上ことから、本研究における農耕適地とは、過去の植生指標の履歴と自然的要因（特に、水資源）との関係において植生の生育条件に適している地域を意味している。本研究における農耕適地条件把握手法と研究の流れを図 2 に示す。図 2 の太枠内が本研究で構築した手法である。本研究の手法では以下の 2 点を考慮していない。

斜面や標高などの地形情報

耕作地や森林、草地などの土地被覆の違い

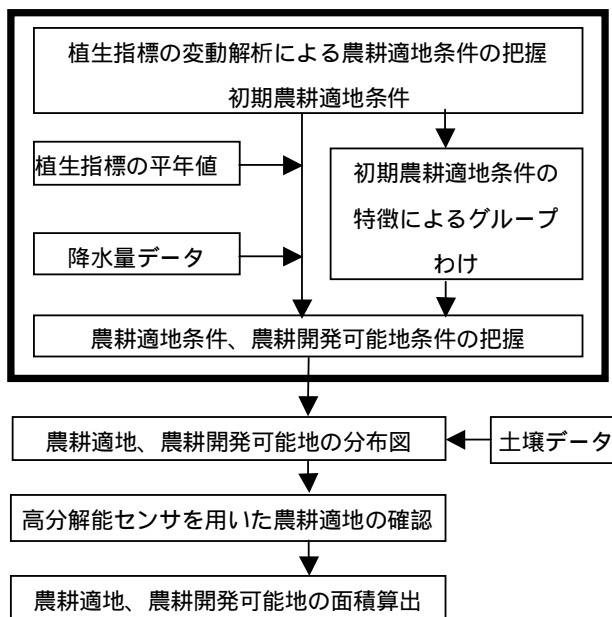


図 2：研究の流れ

5. 植生指標のみを用いた農耕適地条件の把握

アフガニスタン国内の植生指標の変動解析を行うにあたり、1998 年は降雨量に恵まれ豊作、1999,2000 年では干ばつの影響により収穫量が低下したことから、1998 年を境として 1981~97 年までを平年値とした。使用している植生指標データは、十日間の複合データであることや地表面観測時の待機の影響を考慮する必要がある。このことから、3 時期の平均値の平年値に対する回帰分析を行い、各年度における回帰直線と偏差より残差の標準偏差 を求め、植生指標の変動傾向を決定した。3 時期の各年度における平均値(P)と回帰直線から求めた平均値(y_i)の残差($DIF = P - y_i$)が正規分布に従うと考えた場合、偏差の値が全体の約 40%の情報量に相当する回帰直線 ± 0.5 の幅に含まれていれば平年値と同等の傾向、 $+0.5$ より大きい値、 -0.5 より小さい値をそれぞれ高い傾向、低い傾向とした。残差の標準偏差 を用いた平年値に対する変動傾向の判定の考え方を図 3、植生指標の変動傾向判定条件とその配色を表 1、各年度の植生指標の変動傾向を図 4~6 に示す。

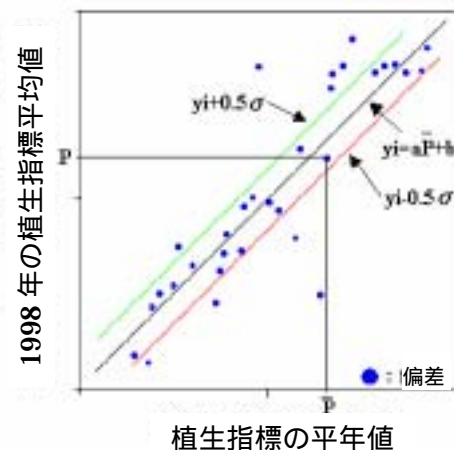


図 3：平年値に対する変動傾向の判定

表 1：植生指標変動の判定条件

配色				
条件	DIF < -0.5	-0.5	DIF > 0.5	0.5 < DIF
植生指標の変動	減少		変化なし	増加

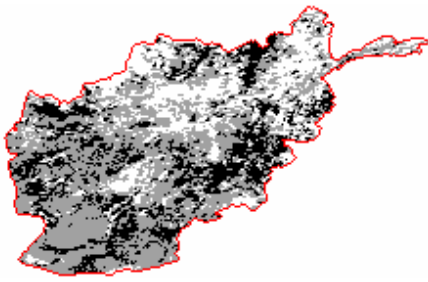


図 4：1998 年の変動傾向

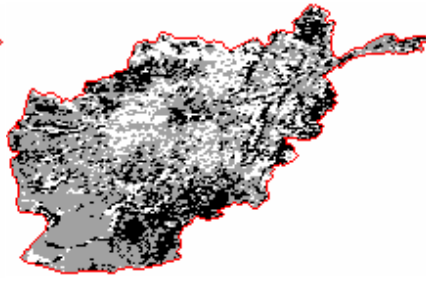


図 5：1999 年の変動傾向

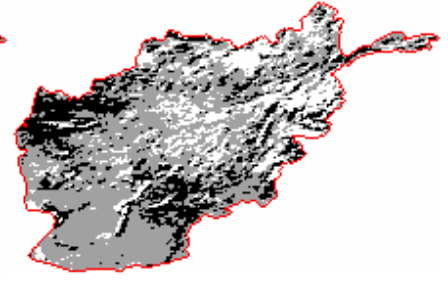


図 6：2000 年の変動傾向

図 4～6 を用いて各画素における経年的変動を把握するために、3 時期の画像を用いてカラー合成を行った。これにより、各画素の変動の組み合わせから国土内は 27 種類の配色となっている。配色の意味合いの例としては、3 時期共に平年値に対して高い傾向ならば白色、低い傾向ならば黒色となる。この 27 種類の配色が、図 2 における初期農耕適地条件である。カラー合成画像を図 7、変動傾向とカラー表示の関係を図 8 に示す。

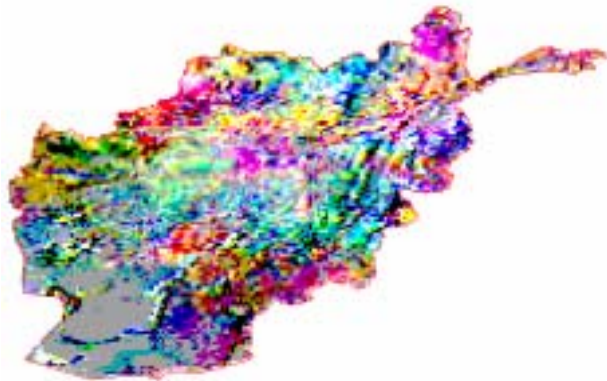


図 7：カラー合成画像

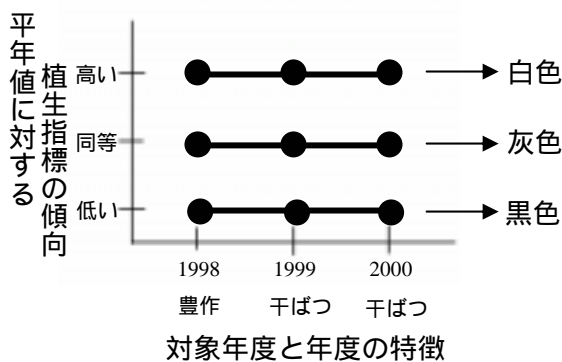


図 8：変動傾向とカラー表示の関係

27 種類の初期農耕適地条件における植生指標の変動傾向の特徴から、グループわけを行い農耕活動への可能性を決定した。グループ 1 では農耕地としての利用や収穫量増加に対する即効性、グループ 5 では農耕地として利用するためには修復や改良などが必要でありや収穫量増加には費用・労力・時間が必要と考えられる。表 2 に各グループの変動傾向の特徴と農耕活動への可能性を示す。

表 2：グループの変動傾向と農耕活動への可能性

グループ	平年値に対する三ヵ年の変動傾向の特徴	農耕活動への可能性
1	高い	最優良
2	同等以上	優良
3	同等以下	良
4	激しい	困難
5	低い、経年的に低下	極めて困難

初期農耕適地条件は、各年度の平年値に対する変動傾向から把握したものである。初期農耕適地条件と植生指標と降水量データの平年値との対応関係から、より明確に農耕適地条件と農耕適地の国土内分布を把握する。

6. 植生指標と降水量データの平年値を用いた農耕適地条件の把握

乾燥地域では降水量が少ないことから、河川や灌漑施設などによる水資源の供給・確保が行えない地域では、植生の生育は望めない。このことから、初期農耕適地条件と植生指標と降水

量データとの対応関係から、より明確な農耕適地の国土内分布とその条件を把握することが出来ると考えた。このことから、植生指標の平年値と GPCP 降水量データより作成した降水量の平年値より各々の標準偏差を求めた。標準偏差を用いて植生指標と降水量の平年値傾向を決定し、その傾向から 9 つの領域を求めた。この 9 つの領域に対する初期農耕適地条件との対応関係より、農耕適地と農耕開発可能地の候補地の分布とその条件を把握した。以上の考え方の概念図を図 9 に示す。農耕開発可能地とは、農耕適地周辺に存在し、農耕適地と同様に水資源の供給が行えるが可能性が高い地域を指す。

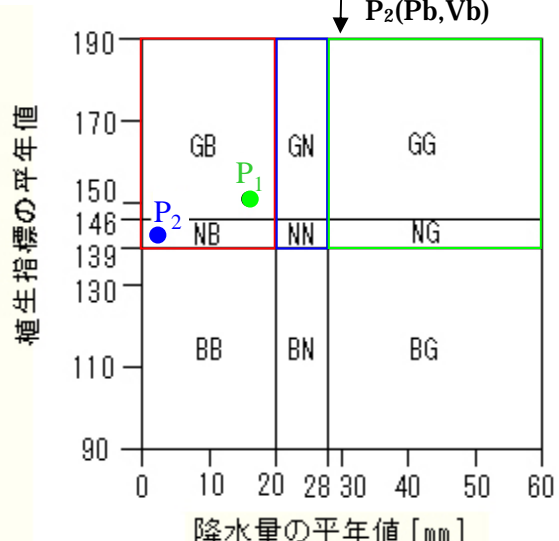
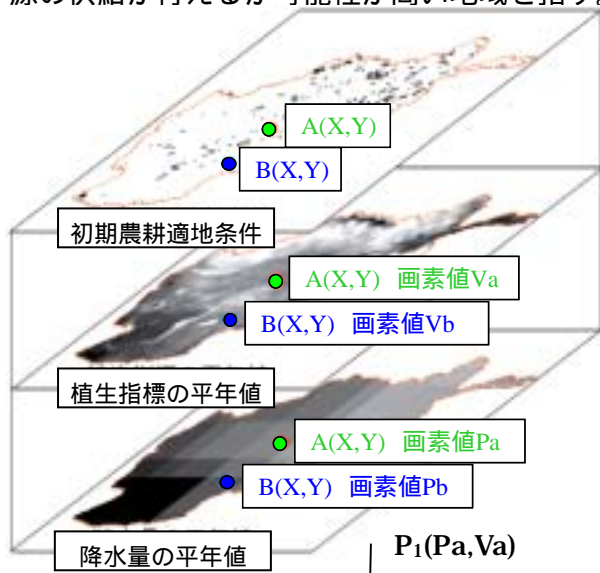


図 9：農耕適地と農耕開発可能地の候補地の把握手法

図 9 の 9 領域画像の降水量の平年値に着目すると、GG,GN,NG,NN 領域で灌漑施設と天水の併用の可能性が高く、GB,NB 領域では灌漑農業が主体であると考えられる。植生指標の平年値に着目すると、GG,GN,GB 領域は植生指標が高い傾向にあることから農耕適地であり、P₁のような国土内の対応点がこの領域に入ることが農耕適地条件となる。BB,BN,BG 領域は、植生指標の傾向が低いことから、植生の生育の可能性は低い傾向にありのて本研究の対象外とした。NG,NN,NB 領域は、植生指標の傾向が並であることから、P₂のような国土内対応点が農耕開発可能地の候補地となる。乾燥地域における農耕適地は、水資源の確保・供給が行うことが出来る地域と考えられることから、本研究における農耕開発可能地とは、農耕適地周辺に存在し農耕適地と同様に水資源の供給が行えるが可能性が高い地域を指す。

以上から農耕適地と農耕開発可能地の候補地の国土内における位置関係から農耕開発可能地を選定・把握した。手法としては、農耕適地と判断された画素に対して 3×3 の膨張フィルタを施し、膨張領域内に農耕開発可能地の候補地が重複しているか近傍探索を行った。重複している場合は、その画素を農耕開発可能地とした。農耕開発可能地の把握の概念図を図 10 に示す。

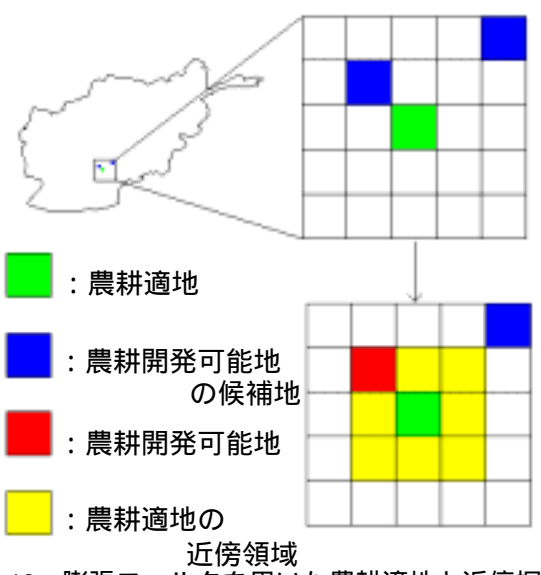


図 10：膨張フィルタを用いた農耕適地と近傍探索による農耕開発可能地の把握概念図

以上の手法を用いて把握したグループ 1 の農耕適地と農耕開発可能地の国土内分布図を図 11、12 に示す。図 11、12 における配色は図 9 の降水量の傾向に基づいている。各グループの国土内分布図を作成することによって、農業における収穫量増加など目的別の国土内調査を行う際の対象地域決定のための指標として有用である。

7. 土壌情報と農耕適地・農耕開発可能地の対応

本研究で構築した手法によって、把握した農耕適地と農耕開発可能地の国土内分布に対して土壌情報を用いることにより、各土壌性質に適した農耕システムを探ることが出来ると考えた。例として植生の生育には不向きである砂漠土壌のイエルモソル土壌と農耕適地・農耕開発可能地の国土内分布の対応を探ることによって、砂漠土壌領域に適した農耕地のサンプルケースを把握することが出来る。これにより、農耕開発可能地と判断されていない地域に対してサンプルケースの農耕システムを用いて土壌改良や灌漑施設の整備などを行うことによって農耕地の拡大や収穫量の向上、植生域の生育につながると考えられる。表 3 にアフガニスタン国土内の主要土壌とその特徴をしめす。アフガニスタン国土内土壌分布図を図 13、グループ 1 の農耕適地と農耕開発可能地と土壌の図 14、15 に示す。

表 3：アフガニスタン国土内の主要土壌とその特徴

土壌名	特徴
イエルモソル	砂漠土壌。農耕には不向き。
リソソル	放牧・遊牧等への利用に適している。
アレノソル	砂漠・砂丘土壌であるが、野菜・花卉(かき)栽培などが可能。
フルビソル	水・肥料の管理・改善により農耕が可能。

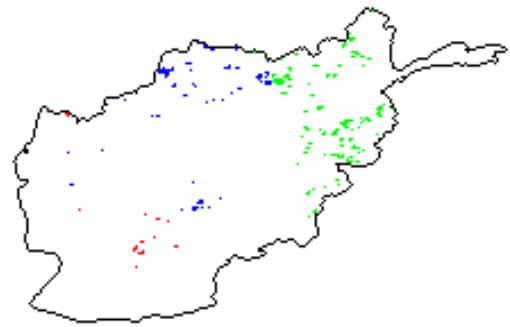


図 11：グループ 1 の農耕適地国土内分布図

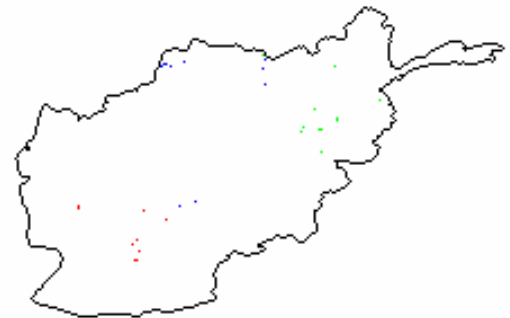


図 12：グループ 1 の農耕開発可能地国土内分布図

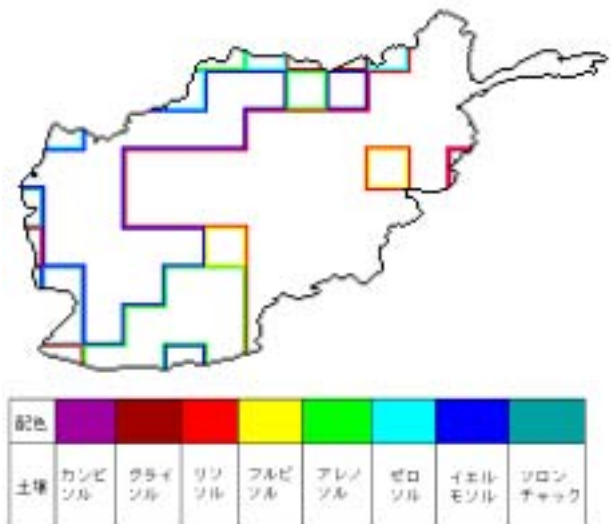


図 13：アフガニスタンア国土内土壌分布図

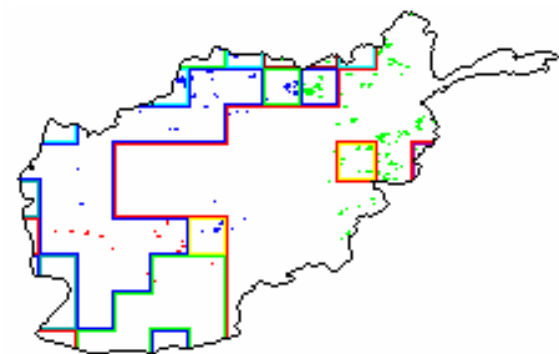


図 14：グループ 1 の農耕適地国土内分布と土壌対応

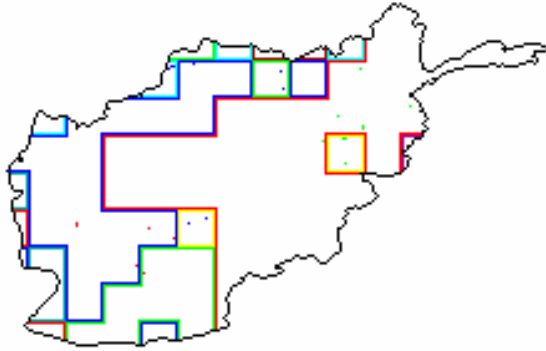


図 15：グループ 1 の
農耕開発可能地国土内分布と土壌対応

8. 高分解能センサを用いた農耕適地の確認

本手法から把握した農耕適地と農耕開発可能地の国土内分布に対して、高分解能センサ (TERRA-ASTER センサ) によって取得した画像を用いて土地被覆状態の確認を行った。高分解能センサ画像内の植生と思われる地域と、本手法で把握した農耕適地と農耕開発可能地とが形状的に良い一致を示していた。図 16 に高分解能センサ画像と農耕適地・農耕開発可能地との重ね合わせによる確認結果を示す。

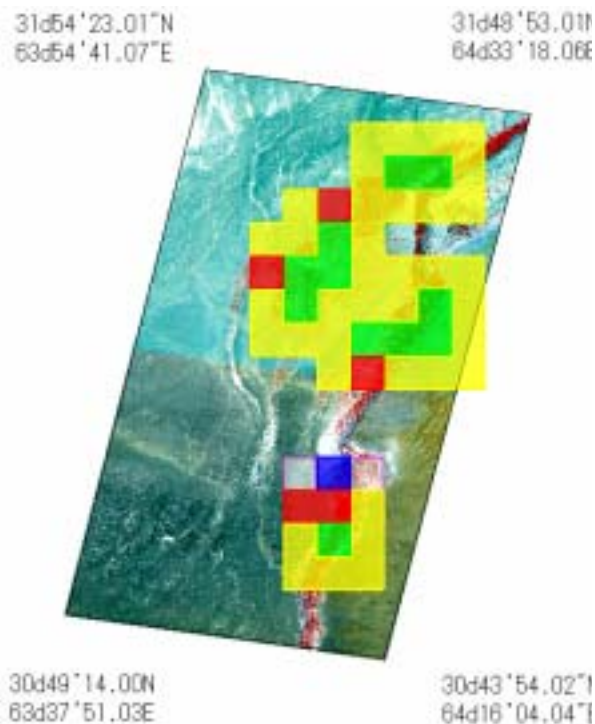


図 16：高分解能センサを用いた確認結果

9. 面積算出

本手法により把握した 5 グループの農耕適地と農耕開発可能地の総面積と、FAO の報告による耕作可能地・森林・草地の総面積を比較した結果、本手法による総面積が約 5.7 万 k m^2 広い結果となった。

10. まとめ・今後の課題

本研究では、植生指標と降水量などとの関係から農耕適地条件の把握手法を構築した。本手法によって、把握した農耕適地や農耕開発可能地を高分解能センサ情報で地表面状態の確認を行った結果、植生の存在が確認できた。よって、本手法は乾燥地域を対象とした農耕適地の把握には有効と言えるが、他の気候区分では信頼性は低い。

今後の課題として、斜面や標高などの地形情報を考慮と耕作地や森林、草地などの土地被覆の違いを考慮することによって、より明確な農耕適地条件とその国土内分布を把握することが出来ると考えられる。

参考文献

- (1) 国連食糧農業機関日本事務局：アフガニスタン農業・食糧事情：2001
- (2) Twenty-year Global 4-minute AVHRR NDVI Dataset：Ryutaro Tateishi：2001
- (3) George J. Huffman, David T. Bolvin：GPCP VERSION 2 COMBINED PRECIPITATION DATA SET DOCUMENTATION：2002
- (4) UNEP/GRID-Tsukuba：
<http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/index.html>