

機関番号：13701

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20404008

研究課題名（和文） 中国黄土高原浸食の広域・詳細観測と環境共生型防護工に関する調査研究

研究課題名（英文） Wide and detailed investigation of erosion and its research of Natural symbiosis measurement in Ocher Plateau in China

研究代表者

沢田 和秀 (SAWADA KAZUHIDE)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授

研究者番号：30273121

研究成果の概要（和文）：日本においても多大な環境負荷を与えている中国黄土高原における土地利用を促進し、浸食によりもたらされる環境負荷を低減するために、ジオシンセティクスと現地発生土を使用した環境共生型斜面防護工を提案した。また、その変状をモニタリングするために、陸域観測技術衛星だいち（ALOS）が具備するPRISMのステレオ3方向視データから、3次元情報を持つGISの基図データを蓄積する手法を構築した。さらに、地形の変状を高頻度に計測するため、合成開口レーダPALSARのデータを用いて干渉解析技術を高度化した。

研究成果の概要（英文）：By the desertification of Ocher Plateau in China, it has been a problem that the yellow dust is carried and affect air environment of Japan. In order to reduce the environmental impact, a new type natural symbiosis protective wall using geo-synthetics and local geo-material is also proposed. Moreover, Advanced Land Observation Satellite (ALOS named Daichi) is utilized for making the three dimensional ground shape by PRISM sensor. Furthermore, in order to detect the accurate movement of the target ground, the Synthetic Aperture Radar: PALSAR sensor is used. Finally, a scheme to make a 3D ground data and to store and use for the database on GIS is proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2010年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：黄土高原・GIS・衛星観測・環境共生型斜面防護工

1. 研究開始当初の背景

中国黄土高原において植樹活動を継続しているNPO法人「緑の地球ネットワーク」に

よると、黄土高原の定義は、「第四紀黄土が連続して覆っているところ」、「標高が高く高原の形態を備えているところ」、「黄土の

地貌が発達し水土流失の深刻なところ」と定義している。この定義で黄土高原をとらえると、そのなかには山西省の全部と陝西省の北中部、甘粛省の中部と東南部の大部分、寧夏回族自治区の南部、青海省の東北部、河南省の西北部、さらに内蒙古自治区の南部と河北省の西北部の少数県が含まれることになる。つまり、8つの省と自治区にまたがり、合計264の県と市が属することになる。属している行政区画をもとに計算すると、黄土高原の面積は約50万平方kmになり、全中国の面積の約5%を占め、そこに生活する人口は1億人程度である。定義からも理解できるように、裸地化している表土は、雨期において浸食が進行しガリを形成する。また浸食された黄土は周辺河川に流入するだけでなく、砂漠化のもたらす細粒分は空気中に飛散し、中国のみならず日本においても黄砂被害として多大な環境負荷を与えている。

中国黄土高原における土地利用を促進し、また浸食によりもたらされる甚大な環境負荷を低減するための工学的調査研究として、以下の2項目に焦点を絞って研究を実施する。

1) 黄土高原の雨期における浸食拡大は長年にわたって報告されているものの、広域的かつ詳細に、高頻度(定期的)に、そのデータが公表されているものはない。本研究では、申請者らのグループが開発中の陸域観測技術衛星だいち(ALOS)取得データを用いた動的GIS技術を用いて、黄土高原の浸食状況を広域的かつ高精度に、しかも定期的に取得し、GIS上でデータベース管理するシステムを構築する。

2) 黄土高原の浸食・砂漠化抑制のためにNGOなどにより長年実施されている植樹行動に加えて、申請者らが提案している環境共生型斜面防護工の技術を、浸食抑止技術として技術移転することを目途として、技術移転に関する問題点の整理、工法選定フローの確立を現地調査および検討会を通じて実施する。

2. 研究の目的

中国黄土高原においては、雨期において浸食が進行しガリを形成する。また浸食された黄土は周辺河川に流入するだけでなく、砂漠化のもたらす細粒分が空気中に飛散し、日本においても黄砂被害として多大な環境負荷を与えている。中国黄土高原における土地利用を促進し、また浸食によりもたらされる甚大な環境負荷を低減するための工学的調査研究を実施する。

(1) 中国黄土高原の広域的な地形変動を、数cm精度で高頻度(年5回以上)に計測し、その結果を公開できるシステムを構築する。広域的な情報として陸域観測技術衛星だいち(ALOS)が具備する光学センサPRISMのステレオ三方向視データと二時期の合成開口レーダPALSARデータを干渉処理したも

のを用いて地表標高データを解析する。この技術については、申請者らと研究協力者との間で共同研究が進行している。また、局所的な地形変動の獲得には、申請者らが独自に開発した写真測量技術を用いる。これらのデータをGIS上で管理できるシステムを構築する。研究期間の3年間で常にGIS基図データが自動更新される技術を確立する。これにより、黄土高原開発を目指す中国の公的機関および長年にわたって黄土高原の植樹を推進している各国NGOに定期的な地形変動情報を伝達できる。

(2)(1)で得られたデータベースから、浸食活動の活発な地域、植生が減退している地域を抽出し、中国側研究協力者とともに現地確認し、浸食抑止の試行場所を絞り込む。

(3) 申請者らが提案する環境共生型斜面防護工の主要構成材は、生分解性ジオシンセティクス、現地発生土もしくは現地岩石である。また提案する環境共生型斜面防護工のほとんどは、施工に際して大型重機を必要としない構造体である。本研究では、浸食・砂漠化進行表土の地形・地質環境および周辺において入手できる現地発生土・岩石情報に基づいて、どのタイプの環境共生型防護工が適用されるべきかについて選択フローを提案する。

3. 研究の方法

中国黄土高原は広範囲に分布しているので、現地調査対象を絞り込む必要がある。したがって、まず地盤変動管理GISを構築する。初期バージョンとして用意された岐阜大学で構築したGISに基づいて、現地調査および対策工試行地点を選定し、各年度とも同済大学および中国科学院水利水电研究所水土保持研究所における協議後、現地調査を実施した。

(1) 陸域観測技術衛星だいち(ALOS)は46日毎に黄土高原をカバーしてデータを取得する。黄土高原全体をカバーするデータを定期的に購入し、まず光学センサPRISMのステレオ三方向視データから数値地表データ(Digital Surface Model; DSM)を準備し、GISの基図データとする。PRISMセンサは、DSMと地上分解能2.5mの画像を同時に取得でき、地表高さだけでなく土地被覆等の地表面の様子を把握することができる。観測幅は35kmで、一度の観測で広範の地表面情報を効率良く取得できる特徴を有している。この特徴を利用して、効率的、経済的な地図基盤情報の整備が可能である。取得した画像は、地図情報を補間する地図背景画像として利用する。地表に浸食や地盤沈下に伴っての変動が生じた際には、変動後のステレオペアによりDSMの更新を行う。なお、46日毎の更新が可能である。

(2) ALOSの観測では、二時期の合成開口レーダPALSARデータを干渉処理し、地表高さを解析できる。この手法により算出される地表高

さは、植生以外の構造物の高さを含む数値標高モデル (Digital Elevation Model; DEM) となる。また、干渉処理結果と既存の標高情報との差分による差分干渉解析により、浸食や地盤沈下等の地盤変動を面的に把握できる利点がある。差分干渉解析による地盤変動の抽出精度は最高2~3cm程度であり、対象地域で発生するような数十cm~数m単位の地盤変動を十分計測できる。PALSAR センサは、全天候型のセンサのため安定的な観測・監視できる特徴を有している。この特徴を利用して、46日毎の差分干渉解析による地盤変動の監視を行う。

4. 研究成果

黄土高原の浸食および植生の後退に対する対策については、中国側の現状を把握することが重要である。中国水土保持研究所がこれまでに実施してきた、対策の方法およびその効果を把握し、本研究で提案している防護工について、中国側の意見を聴取した。これについては、黄土高原の浸食問題に詳しい中国水土保持研究所の協力により、浸食および植生の後退している場所について、規模・進行速度・現状行われている対策などを把握した。研究対象領域をとして、陝西省延安市安塞地区を研究対象エリアとした。

中国水土保持研究所に出向き、本研究の目的および方法と、中国側の問題点および解決方法の方向性が一致することを確認した。また、中国側の研究協力者に、研究対象地区である延安市安塞地区に同行いただき、対象領域の詳細な視察を行った。対象領域について、夏期と冬季の現地調査を実施し、対象領域の季節による変化を把握した。地形の変状を把握するには、対象地域の詳細な地形図が必要であるが、いまのところ対象地域の詳細地形図は存在しない。そこで、冬季の現地調査では、対象地区の検証データとして、調査領域をGPS計測した。計測データは、ALOS計測データから解析される3D地形データに反映され、詳細地形図作成に使用できる。

植生を繁茂させるには、土中の水分特性を把握することが重要である。第1段階として、砂漠化地域の代表的な土壌を採取し、岐阜大学において物性試験を実施した。防護対象箇所を分析することにより、対象箇所に最適な植生種別と栽培方法を検討した。次に中国水土保持研究所がこれまでに実施してきた対策の方法およびその効果を把握し、本研究で提案している防護工について、中国側の意見を聴取した。これについては、黄土高原の浸食問題に詳しい中国水土保持研究所の協力により、浸食および植生の後退している場所について、規模・進行速度・現在行われている対策などを把握した。研究対象領域としては、陝西省延安市安塞地区、烏魯木齊

地区などの現地調査を実施した。

中国水土保持研究所に出向き、本研究の目的および方法と、中国側の問題点および解決方法の方向性が一致することを再確認した。上記研究対象地区のGPS情報および陸域観測衛星ALOSの計測データを基に、3D地形データの作成を実施した。また、それらのデータをGISのデータベースデータとして蓄積する手法について検討した。3D地形データの作成手法の検討と検証には、検証データのある岐阜市を対象として活用した。岐阜県の保有する2mメッシュのDEMと比較した結果、ALOSデータを用いて作成したDSMは、現地の地形をよく再現できることがわかった。広域な中国の高原のGISデータとしての3D地形の作成手法として、十分な精度を有することが確認できた。効率的かつ視覚的に対策すべき砂漠化地域を網羅するのに適切に利用できる手法が開発された。

図1は、ALOSのPRISMから得られたDSM、図2は岐阜県の保有する2mメッシュのDEMによって表現されたDEMである。表面モデルと標高モデルという性質の違いはあるが、地形の特徴を十分表現できるスキームを得ることができた。

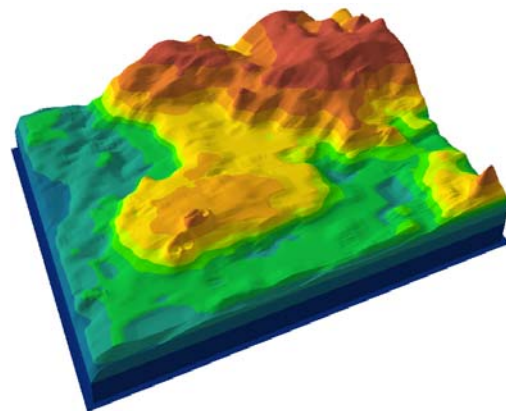


図1 PRISMから得られた地表モデル

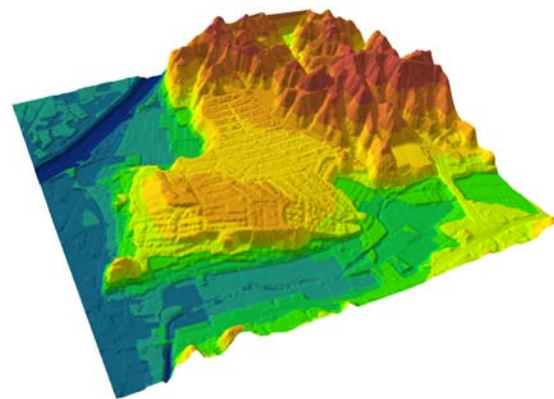


図2 岐阜県所有2mメッシュDEMによる地形

時系列の地形変状解析手法として、ALOS の PALSAR によってレーダー波干渉解析を実施した。遼寧省阜新市での鉱石の露天掘り工事現場の変状を解析対象として、2 時期の地形変状を捉えた。この成果は、阜新市で開催された国際会議でも発表し、高い解析精度を持った結果について好評を得た。図 3 は、PALSAR によって得られたデータを用いた地形変化の解析結果であり、地表の鉛直変化を色分けで示したものである。工事現場の担当者との議論の結果、解析結果は良い精度で地形の変状を捉えているとの評価を得た。

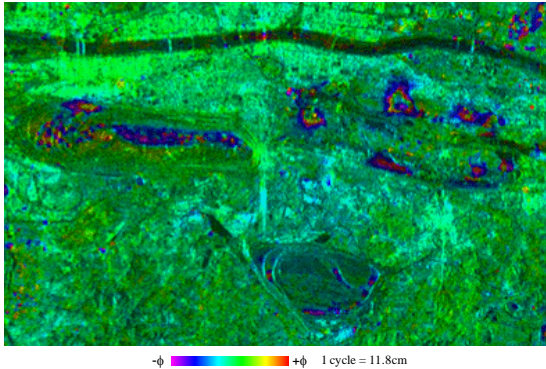


図 3 鉱山露天掘りによる地盤変状

環境共生型のジオシンセティクスを利用した斜面对策工については、土砂を止めるだけでなく、落石防護工としても活用できることを提案し、モデル実験と数値解析によってその性能を確認した。

本研究では、黄土高原の浸食を防ぐための環境共生型の防護工を提案し、その効果による地形変状を陸域観測技術衛星だいちのデータを利用して、モニタリングすることを目的とした。

結果として、中国水利水電研究院水土保持研究所主導のもと、最適な植生の育成と黄土の浸食に対する対策が継続して実施されており、本研究で提案した対策工は、費用の面で現行の手法に変わるにはいたらなかった。しかしながら、土砂や落石に対する対策工としては、水利水電研究所および同済大学で高い評価を得た。これについては、日本国内でのモデル実験および数値解析を通じ、実務での採用を目指している。

陸域観測技術衛星だいちのセンサを用いた、PRISM による DSM の作成および PALSAR による変状解析は、特に災害時の地形変状把握に効果を発揮することが、昨今の地震災害などで証明された。研究期間中に、解析スキームは確立できたが、解析のアプリケーションソフトを作成するにはいたらなかった。現在、継続して研究を実施し、アプリケーションソフトを作成している。

特に、広域災害に対しては、詳細な新鮮な

地形情報をもつ GIS が機能的に活用できる。今後は、次期観測衛星によってセンサの精度が向上するため、本研究の成果が活用されることが期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Hara, T., Tsuji, S., Yashima, A., Sawada, K. And Tatta, N., Independent reinforced soil structure with pile foundation -piled geo-wall: An experimental study on the application to seismic measure for embankment-. Soils and Foundations; Vol.50, pp.565-571, 2010. 査読有
- ② 藤田雅也, 沢田和秀, 八嶋厚, 新井新一, 須崎竜太, 瀧澤嘉男, GPS 座標情報を利用した落石予防施設の効率的な維持点検手法の提案, 地盤工学ジャーナル, Vol. 4, No. 2, pp. 215-224, 2009. 査読有
- ③ 沢田和秀, 八嶋厚, 森口周二, 前田英史, 横田善弘, 西村淳, 松本七保子, 間昭徳, 黄雨, 自然共生型補強土河川護岸工法の開発, 土木学会論文集 C, Vol. 64, No. 3, pp. 440-455, 2008. 査読有

[学会発表] (計 13 件)

- ① Yashima, A., Hara, T., Tsuji, S., Sawada, K. and Yoshida, M., Upgrading of existing stone guard fence by use of high-energy absorption net, Proc. of the 9th International Conference on Geosynthetics, pp.1359-1362, May, 24, 2010.
- ② Hara, T., Tsuji, S., Yashima, A., Sawada, K. and Tatta, N., New application of pile foundation to reinforced soil structure, Proc. of the 9th International Conference on Geosynthetics, pp.1953-1956, May, 24, 2010.
- ③ Tsuji, S., Hara, T., Yashima, A., Sawada, K. and Yokota, Y., Additional reinforced embankment with vertical bearing piles, Proc. of the 9th International Conference on Geosynthetics, pp.1957-1960, May, 26, 2010
- ④ Wan, L. J., Sawada, K., Yashima, A. and Furuta, R., Study on residential embankments extraction method based on satellite data, Proc. of the 9th Japan/Korea Joint Seminar on Geotechnical Engineering, pp.77-84, Osaka, Oct., 28, 2010.
- ⑤ 草谷恭行, 谷田俊也, 古田竜一, 沢田和秀, 八嶋厚, 衛星データを利用した

宅地造成地判読に関する研究, 第 45 回地盤工学研究発表会発表講演集, No. 42, pp. 83-84, 8 月 18 日, 2010.

- ⑥ 谷田俊也, 沢田和秀, 八嶋厚, 草谷恭行, 宅地造成地を DEM に基づく地表面標高と傾斜角度から抽出する試み, 平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, I-53, pp. 105-106, 3 月 1 日, 2011.
- ⑦ 草谷恭行, 沢田和秀, 古田竜一, 八嶋厚, 衛星データを利用した地形の把握および造成地抽出への応用, 平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, I-55, pp. 109-110, 3 月 1 日, 2011.
- ⑧ Hara, T., Tsuji, S., Yashima, A., Sawada, K. and Tatta, N., Dynamic interaction between pile and reinforced soil structure - Piled Geo-wall -, Proc. of International Symposium on Prediction and simulation Method for Geohazard Mitigation (IS-Kyoto 2009, pp.457-463, May. 26, 2009.
- ⑨ 沢田和秀, 八嶋厚, 浅野憲雄, 小原到, 小野貴稔, 航空レーザー計測データを用いた現地調査の効率化, 第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集, No. 99, pp. 197-198, 8 月 19 日, 2009.
- ⑩ 関野真登, 檜尾正也, 八嶋厚, 沢田和秀, 佐藤雅宏, 補強土壁の安全性に及ぼす補強材配置の影響, 第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集, No. 669, pp. 1337-1338, 8 月 19 日, 2009.
- ⑪ 谷田俊也, 八嶋厚, 沢田和秀, 草谷恭行, 空間データを用いた宅地造成地抽出法に関する研究, 第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集, No. 826, pp. 1651-1652, 8 月 19 日, 2009.
- ⑫ Sawada, K., Furuta, R., Yashima, A. and Ma, G., Utilization of SAR Differential Interferometry for deformation detection caused by natural resource mining, Proc. of The 3rd International Symposium on Modern Mining & Safety Technology, pp.1047-1049, Aug. 6, 2008.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

<http://www.cive.gifu-u.ac.jp/lab/gm3/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沢田 和秀 (SAWADA KAZUHIDE)
岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授
研究者番号 : 30273121

(2) 研究分担者

森口 周二 (MORIGUCHI SHUJI)
岐阜大学・工学部・助教
研究者番号 : 20447527

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :