

平成 21 年 6 月 17 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18700683  
 研究課題名（和文） 乾燥・半乾燥地域における歴史地震の人間活動への影響評価に関わる基礎的研究  
 研究課題名（英文） Fundamental study for assessment of historical earthquake impact on human activity in the arid and semi arid region.  
 研究代表者  
 渡邊 三津子 (WATANABE Mitsuko)  
 総合地球環境学研究所・研究部・プロジェクト研究員  
 研究者番号：10423245

## 研究成果の概要：

本研究は、中国新疆ウイグル自治区天山山脈最高峰の托木尔(Tomur)峰から、タリム盆地に南流する台蘭(Tailan)河の河谷を対象として、氷河変動との関わりに着目して河成段丘の大まかな編年を試みるとともに、それに基づいて当該地域における活断層の活動度推定を行った。その結果、開析扇状地中の段丘に着目することで、乾燥地における活断層の活動度の定性的な推測がある程度可能であるという結論を得た。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,500,000	0	1,500,000
2007 年度	1,000,000	0	1,000,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：断層変位，天山山脈，台蘭河，河成段丘，氷河変動

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 研究の全体構想

乾燥・半乾燥地域における人々の生活の場であるオアシス地域は、周囲の環境変化に対して最も影響を受けやすい地域のひとつである。また、オアシスの成立、変化、衰退に影響を与える要素は、多種多様であり、それらが密接に関連しあっている。このため、オアシス地域における人間活動と環境変化を

論じるためには、地域の自然・人文・社会的な背景をふまえ、多角的視点から議論することが必要である。

本研究では、オアシス地域の人間活動に影響を与える自然的要素のひとつとして、活断層・活構造を取り扱う。断層運動は、山地と盆地を分化させることから、大きな意味でオアシスの立地を決めている。また、同時に地震災害という形で、人間活動に直接的にも影

響を及ぼしてきた。地震が人間活動に与えた影響を評価するためには、従来の活断層研究や地震被害状態についてだけでなく、氷河変動・気候変動、地殻変動などの自然科学的研究と、人間活動の変遷を明らかにする歴史学的・考古学的研究など、従来個別分野で深化してきた研究の成果を学際的な視点からリンクさせて、歴史地震がオアシス地域に環境や人間活動に与えた影響を総合的に評価することが重要である。

近年、様々なテーマについて文理融合の学際的なアプローチに基づいた研究が行われているが、この全体構想もそのように位置づけることができる。

## (2) 既往研究とその問題点

以下、既往研究とその問題点を述べる。

中国新疆ウイグル自治区の天山山脈南麓地域においては、活発な地殻変動が現在も進行中であることが地質学的・測地学的に明らかにされている（たとえば、Molnar and Tapponnier, 1975; Wang, Q. *et al*, 2000 など）。近年、高解像度衛星画像・衛星写真が利用可能になったことにより、地形面の変位に基づいた活断層・活構造の変動地形学的研究も行われるようになった（たとえば、渡邊, 2003 ; Hubert-Ferrari, *et al*, 2005 など）。

第四紀後期の地殻変動を定量的に検討するためには、河成段丘面などの変位基準地形の形成年代に基づいた編年が必要である。湿润地域に属し、火山も多く分布する日本では、段丘堆積物中に含まれる有機物の<sup>14</sup>C年代測定値や広域火山灰を用いて、全国的に段丘編年が行われている。しかし、極度に乾燥した気候下にある本地域では、植物遺体などの入手が極めて難しく、加えて降下火山灰層も期待できないことから、広域的にも局地的にも段丘面の編年が難しく、これまで十分な研究

が行われてこなかった。

つまり、現状としては、基礎的データの整備が必ずしも十分とは言えず、第一に乾燥地域における変位基準地形の編年について検討する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、乾燥地域における変位基準地形の形成年代について明らかにし、そのうえで、当該地域の活断層分布と活動度の定量的な把握を行うことを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 河成段丘の編年について

既述のように、乾燥地域においては有機物による年代測定ができないために、本地域における河成段丘編年は進んでいない。この問題を解決するために、本研究においては盆地周辺に分布する氷河変動に着目する。

タリム盆地縁辺部では、周囲の山脈から流下する河川が形成した扇状地が広がっている。これらの扇状地や河成段丘面の中には上流側でモレーンに連続するものもある（渡辺, 1994）。タリム盆地では、山陰効果により盆地内に降水量がほとんどないことから、河川流量に占める氷河からの融氷水量が占める割合が大きい。このため、河成段丘の形成にも氷河変動が大きく影響していると考えられる。

そこで、本研究では天山山脈内のモレーンとタリム盆地の扇状地との連続性が確認可能であり、同時に既往研究において断層の存在や、段丘形成年代が報告されている中国新疆ウイグル自治区の台蘭河流域をメインの対象地として、氷河前進期と対比させながら、段丘形成時期についての検討を行った。段丘形成時期の検討にあたっては、既往研究による年代データや、研究代表者による他河川に

おける研究結果も利用した。

## (2) 活断層の認定と活動度推定

衛星データ (CORONA, ALOS, QuickBird) などの衛星写真・データを用い、日本国内における活断層認定基準に準拠して認定するとともに、現地調査により変動崖の比高や露頭などについても確認作業を行った。さらに、これらに基づいて、活動度の定量的な推定を試みた。

## 4. 研究成果

### (1) 河成段丘の編年

図1は、既往研究と本研究の調査に基づいて、タリム盆地に流入する諸河川の段丘堆積物の年代測定値や、天山山脈のモレーン前進期などをまとめたものである。



図1 タリム盆地に流入する河川の段丘形成年代

ベシケレム河や、カプクス河においては、写真判読と現地調査によって明らかになった河成段丘面の広がりや、形成年代が明確になった段丘の相対的な新旧関係を比較検討した結果、おおよそ14~15kaよりも後に形成された河成段丘は、扇状地を下刻した谷の中に形成されている。

既往研究や研究代表者の未公表データも含めて比較検討を行った結果、タリム盆地に

流入する諸河川についても共通して観察される事象であることが分かった。

これは、最終氷期最盛期 (LGM) 以降、天山山脈から流下する河川流量が次第に減少する過程で、扇頂部付近で河道の固定と開析が起こったためと推測される。さらに、ネオグラシエーションや小氷期などの寒冷期・温暖期のサイクルの中での一時的・短期的な河川流量の減少・増加が、開析扇状地中の段丘形成に寄与していると考えられる。

### (2) 活断層の認定と活動度推定

#### ① 台蘭河南断層の変位速度

台蘭河扇状地の扇頂付近から台蘭河の扇頂付近から約15kmにわたって、山麓ターミナルモレーンを切り、舌状に扇状地を覆う堆積層が分布している。この堆積層の層厚は扇頂付近で約5~6m(場所によっては10m程度)で、堆積の末端から上流側約1.5km付近で2~3mである。層相は、淘汰の悪い角礫~亜円礫で、礫径が1mを超える巨礫も含まれる(図2)。マトリックスはシルト~砂である。部分的に層理のようなものも認められるが、ほとんど無層理といってもよいぐらい判然としない。堆積物表面には、直径が7mもある巨大な礫や、固結したマウンド状の高まりが点在する(図3)。



図2 段丘堆積物を覆う土石流堆積物



図3 土石流堆積物表面の変形(低断層崖): 写真右側が上流(北側)。低断層崖の上晩側と下盤側に、融氷性堆積物の上に取り残された堆積岩が認められる。

現地調査と写真判読により、土石流堆積物を変位させた低断層崖を確認した(図3)。この低断層崖について簡易地形測量を実施した結果、鉛直変位量は約3.5mであった(図4)。

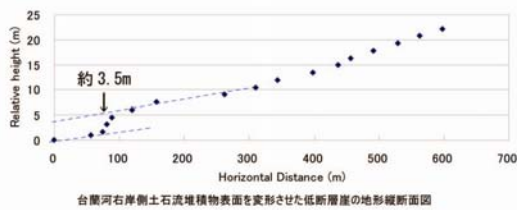


図4 台蘭河右岸側土石流堆積物表面を変形させた低断層崖の地形縦断面図

Hubert-Ferrari., *et al.* (2005) が、 $^{10}\text{Be}$  分析で推定した年代値 ( $5.0 \pm 0.3\text{ka}$ ) を参考にして計算すると、平均鉛直変位速度は約  $0.7\text{m/ka}$  と推定される。

② 台蘭河断層の平均変位速度: Hubert-Ferrari., *et al.* (2005) の “Irregular earthquake cycle”に関する議論

Hubert-Ferrari., *et al.* (2005)は、台蘭河断層の活動性を評価する際、 $T_0$  の変位量を約  $5.1\text{m} \sim 7.1\text{m}$  と見積り、台蘭河断層の活動を “Irregular earthquake cycle” としている。写真判読と現地踏査を行った結果、これは撓曲帯の

幅を短く見積もった結果として、変位量が実際よりも小さく見積もられていることが判明した。同地点の測量を実施したところ、急崖部の比高は約  $5\text{m}$  程度であるが、実際の撓曲帯の幅はもう少し広く、鉛直方向の変位量は約  $13\text{m}$  であった(図5)。したがって、段丘の形成年代値を Hubert-Ferrari., *et al.* (2005) に準拠して再計算すると、 $T_0$  ( $12.5 \pm 0.7\text{ka}$ ) の鉛直平均変位速度は  $1.0 \sim 1.1\text{m/ka}$  となり、 $T_{0-1} \sim T_{0-3}$  の鉛直方向の平均変位速度 ( $T_{0-1}; 1.2 \sim 1.3\text{m/ka}$ ,  $T_{0-2}/T_{0-3}; 0.9 \sim 1.1\text{m/ka}$ ) と調和的である(図6)。

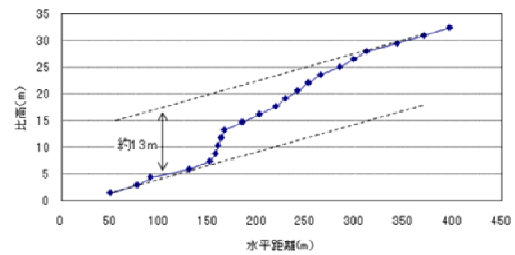


図5 台蘭河断層の地形縦断面図

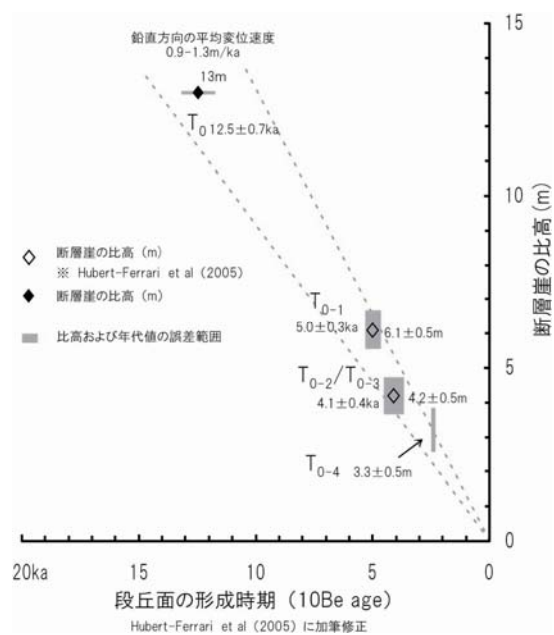


図6 台蘭河断層の平均変位速度

③ 台蘭河断層の活動度と最近の活動

台蘭河断層は、土石流堆積物 ( $T_{0-1}$ ;  $5.0 \pm 0.3\text{ka}$ ) とその開析谷に形成された複数の段丘を累積的に変位させていることから、

$T_{0.1}$ 以降少なくとも2回ないしは3回以上のイベントがあったと推測される。

台蘭河断層の鉛直方向の平均変位速度は0.9~1.3m/kaであると見積もられるが、断層面の傾きを考慮に入れると変位量が大きくなる可能性が高い。また、形成年代的が極めて新しい基準面であるため、段丘形成時期とイベント発生時期との関係によっても変位速度が上方に変わる可能性も否定できない。したがって、台蘭河断層の活動度はA級もしくはそれに極めて近いものと考えられる。

また、 $T_{0.1}$  ( $6.1 \pm 0.5$ m),  $T_{0.2}/T_{0.3}$  ( $4.2 \pm 0.5$ m),  $T_{0.4}$  ( $3.3 \pm 0.5$ m) から1回の鉛直変位量をおよそ1mと仮定すると、およそ1,000年に1度の割合で地震を発生させていることになり、最近の活動は歴史時代に発生した可能性が高い。

### (3) タリム盆地における段丘形成時期と活断層の活動度推定

本研究から、開析扇状地中の段丘に着目することで、きわめて定性的ではあるが、乾燥地における活断層の活動度の推測が、ある程度可能であるという結論に達した。

第一に、現在タリム盆地において面的広がり大きい扇状地はLGMおよびそれ以前の氷期に形成されたものであり、扇状地を解析した谷の中の段丘は極めて新しい時期に形成されたものである。

したがって、開析扇状地内の河成段丘に累積変位が見られる場合には、少なくともLGM以降に複数回の活動があったと判断できる。

台蘭河断層の場合には、谷口から扇状地に張り出したターミナルモレーン ( $16.7 \pm 1.6$ ka) を切る土石流堆積物 ( $T_{0.1}$ ;  $5.0 \pm 0.3$ ka) と、その開析谷に形成された複数の段丘を変位させていることから、およそ5ka以降複数の活動を繰り返している。

### (4) 対象地域の歴史地震について

1716年から1985年までの新疆ウイグル自治区で発生した地震に関する文献記載をまとめた新疆ウイグル自治区地震局編(1985)によると、この間に周辺で発生した地震に関する記録は、1892年5月7日(阿克苏県西部)と、1893年12月24日~26日(家屋の倒壊と人と家畜が死傷)の2件が認められる。いずれも詳細な地震発生箇所は不明である。

1985年以降の地震に関しては、National geophysical database centerのSignificant Earthquake Databaseによれば、台蘭河断層沿いには2005年4月(M4.7)、1999年3月(M4.4)などの地震が発生しているものの、周辺と比較すると地震の数が少ない空白域となっている。

本研究で推定されたように、地震サイクルがおよそ1,000年に1度とすると、歴史時代における地震がいつ起こったかという点が、防災上の観点から重要となる。この点について、今後緊急に明らかにする必要がある。

### (5) 研究成果のインパクトと今後の展望

#### ① 研究成果のインパクト

これまで地震に対して非常に脆弱な地域であるにも関わらず、乾燥・半乾燥地域における活断層研究がこれまで立ち遅れていた理由のひとつとして、変位基準面の編年が難しかったことがあげられる。本研究において、非常に定性的ではあるものの、乾燥地域における広域段丘編年に向けた方法論を提示することができた。この方法論の改善を重ねることで、今後の乾燥・半乾燥地域における活断層研究および地震防災に向けた基礎データ作りの進展が期待できる。

#### ② 今後の展望と課題

既述のとおり、活断層認定で最も重視すべき開析扇状地およびその開析谷内の河成段丘の年代が、研究開始当初の見込みよりも大幅に新しくなったことで課題が残った。LGM以降の氷河変動に関して、これに対応する細かいデータは得られておらず、今後は年輪データや天山山脈周辺の湖底堆積物など、様々なプロキシから復元される、より短いタイムスケールでの気候変動との関連について検討していくことで、方法論の改善をはかる必要がある。

#### 【文献】

- 遠藤邦彦・相馬秀廣・渡辺満久・印牧もところ・藤川格司・浜田誠一・夏訓誠・曹瓊英・穆桂金・趙元杰・閻順・李元芳・朱衛東(1992)：タクラマカン沙漠克里雅河流域の地形・堆積物と古環境。科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成3年度成果報告書，43-56.
- 遠藤邦彦・閻順・印牧もところ・相馬秀廣・穆桂金(1997)：タリム盆地の環境変遷ータクラマカン沙漠を中心にー。地学雑誌，106-2,145-155.
- 小野有五・劉大力・趙木杰(1997)：西クンルン山脈北麓の氷河変動からみたチベット高原の古環境。地学雑誌，106-2, 187-198.
- 渡辺満久(1994)：タクラマカン沙漠南西縁，ゲズ河流域の段丘地形と氷河地形ー衛星写真による地形判読ー。東洋大学文学部紀要，21，63-73.
- 渡邊三津子(2003)：中国新疆ウイグル自治区タリム盆地北西部の活断層分布，活断層研究，23，109-115.
- Hubert-Ferrari, A., J. Suppe, J. Van Der Woerd, X., Wang, and H. Lu (2005): Irregular

earthquake cycle along the southern Tianshan front, Aksu area, China. Journal of Geophysical Research, 110-B6, B06402.

Molnar, P. and Tapponnier, P. (1975) : Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a Continental collision. Science, 189-4201, 419-426.

Wang, Q., Ding, G., Qiao, X., Wang, X. and You, X. (2000) : Recent rapid shortening of crust across the Tianshan Mts. And relative motion of tectonic blocks in the north and south. Chinese Science Bulletin, 45-21, 1,995-1,999.

新疆ウイグル自治区地震局編(1985)：『新疆ウイグル自治区地震資料彙編』地震出版社，260p.

#### 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1件)

渡邊三津子(2007)：シルクロード周辺地域におけるオアシスの立地と活断層。オアシス地域研究会報，6-1，5-9.(査読無)

〔学会発表〕(計1件)

渡邊三津子，「天山山脈南麓台蘭河沿いの段丘発達と断層変位地形」，日本第四紀学会，2007年8月31日，9月1日，神戸大学百年記念館。

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

渡邊三津子(WATANABE Mitsuko) 総合地球環境学研究所・研究部・プロジェクト研究員。

研究者番号：10423245