

津軽十二湖における地すべり性大規模崩壊について

Date and trigger of sliding for Tsugaru-Juniko Landslide

猪股 豪*・松倉 公憲**

Goh INOMATA and Yukinori MATSUKURA

I はじめに

津軽十二湖周辺の地形の形成については二つの考え方がある。一つは荒川(1933)によるものであり、彼は十二湖一帯を特徴づける高度230-300 mの緩斜面は、低位氷河のU次谷によって形成されたと考えた。一方、今村(1935)は地元に残る古文書(津軽藩日記)をもとに1704年(宝永元年)の大地震によって大規模崩壊が発生し、それにより十二湖が形成されたと考えた。その後、古谷ほか(1987)も地震による崩壊が十二湖をつくったという説を支持し、その崩壊(十二湖崩れ)の規模および崩壊岩屑の移動・拡散過程を推測した。しかし、地震による崩壊説にも確たる証拠はまだ得られていないし、その崩壊メカニズムに関する研究もなされていない。そこで、本研究では以下の二つを研究の主目的にした。一つは、十二湖の湖中と湖岸で採取した埋木から崩壊発生年代を特定することであり、もう一つは、斜面安定解析を行うことにより大規模崩壊を引き起こしたメカニズムを明らかにすることである。

II 研究対象地域

研究対象地域は青森県の南西部に位置しており、

国土地理院発行1:25,000地形図では、「十二湖」および「白神岳」の図幅に含まれる範囲である(第1図)。

古谷ほか(1987)によれば、十二湖崩れは白神山地西端に位置する崩山(海拔高度940 m)の西斜面に滑落崖が存在する。滑落崖の頂部は大崩山(694 m)と呼ばれている。滑落崖は比較的明瞭な馬蹄形の急崖をなしている。崩壊は西向きに起こり、崩壊土砂は日本海に向かって流れた。その結果、滑落崖の前面には、多数の小丘群(流れ山)を伴った緩斜面と津軽十二湖の湖沼群が、幅約2.5 km、長さ約2 km、総面積約 $4.37 \times 10^7 \text{ m}^2$ にわたり形成されている。

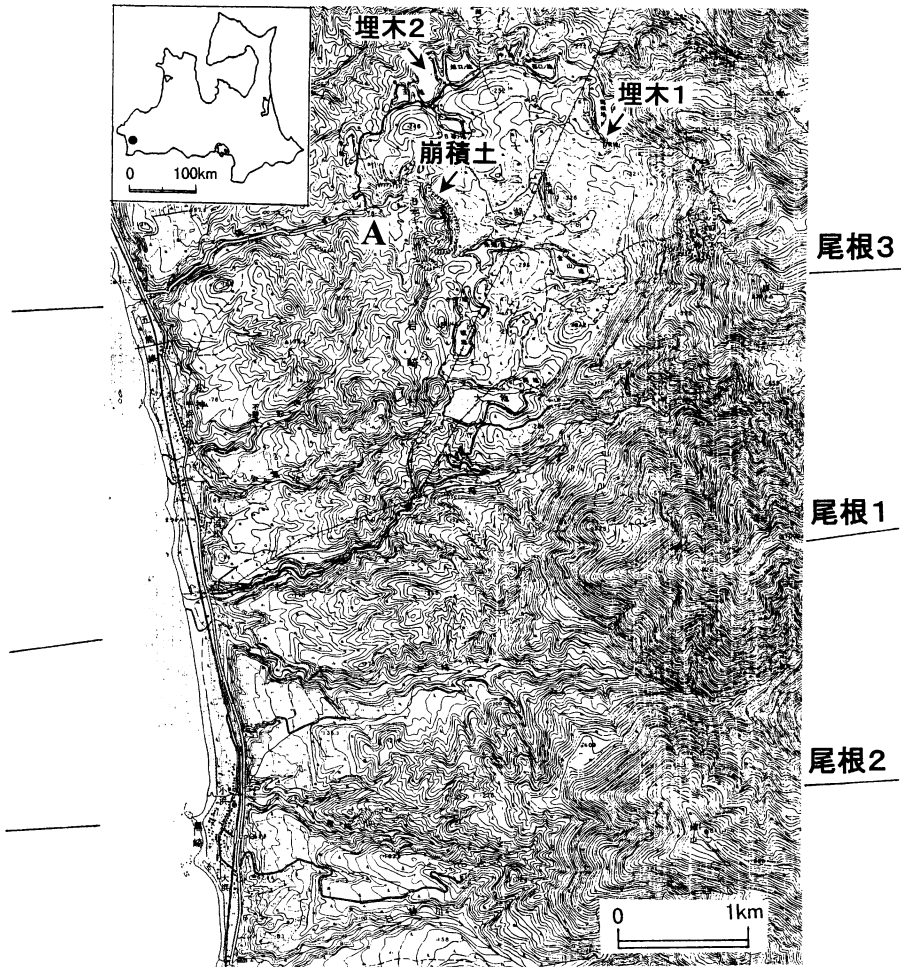
大崩山は中新世の大戸瀬層下部層の安山岩質凝灰角礫岩や緑色凝灰岩などで構成されている。また十二湖周辺の緩斜面の基盤は、中新世の大童子層・十二湖凝灰岩の流紋岩質凝灰岩からなっている。

十二湖一帯の崩積土の厚さは、ボーリング資料が無いので詳細は不明である。古谷ほか(1987)は崩積土の厚さを平均30 mと仮定し、崩積土の総量を $1.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ と計算した。緩斜面の西端には、最大比高150 mに達する日本キャニオンと呼ばれる灰白色の十二湖凝灰岩からなる断崖が存在する。

2.5万分の1地形図「十二湖」を見ると、十二湖に南接する小峰川と大峰川の間には、東西方向に1本の

* 第一学群自然科学類(現在、筑波大学大学院教育研究科)

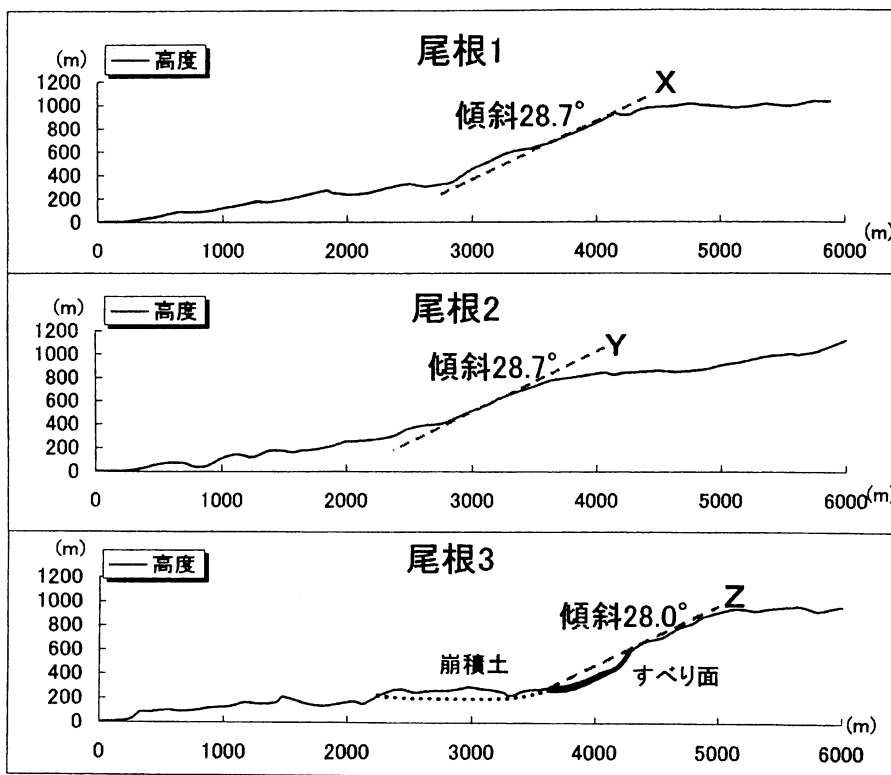
** 地球科学系



第1図 調査地域，投影断面図作成ラインおよびサンプル採取地点

長い尾根（尾根1とする）が存在する（第1図）。同様に、さらに南の大峰川と白神川の間にも東西方向の1本の長い尾根が存在する（尾根2とする）。十二湖付近を見ても、現在の濁川の源流は日本キャニオン付近に存在しているが、崩壊発生前の濁川の源流はさらに東にあったと推測される。なぜならば、日本キャニオンを出てすぐの標高78 m地点付近（第1図中のA地点）から、川による側刻により河谷幅は広がっており、背後の流域面積を考慮すると日本キャニオンが濁川の源流とは考えにくいためである。したがって十二湖の崩壊前の尾根も、尾根1・尾根2

同様、尾根を挟んで両側に川が流れていて、濁川の源流は大崩山付近にあり、東西方向にもっと長かったものと考えられる。そこで、尾根1、尾根2および十二湖付近（尾根3と呼ぶことにする）の投影断面図（第2図）を作成した。この図は第1図に示した左右のラインを中心に、幅1 kmの部分を投影したものである。それらを比較することで、十二湖崩れが発生する前の原地形を推定した。第2図のZの破線が推定される崩壊前の地形であり、それと現地形（図では「すべり面」としてある）とに囲まれた部分が崩壊したことになる。この図から、崩壊前の斜



第2図 尾根の投影断面図

面勾配は約 28° 、崩壊面は原地形とほぼ平行であり、崩壊の鉛直深は 136 m と見積もられる。

III 崩壊発生年代

崩壊が発生した時期を検討するために、崩壊時に崩積土中に取り込まれたと考えられる埋木の年代を、 ^{14}C 年代測定法により決定した。

試料は、青池の湖岸にある崩積土の露頭に埋もれていた木材片（埋木1）、および王池の水中に枯死していた埋木（埋木2）である。試料採取地点は、第1図に示されている。 ^{14}C 年代測定は、クルーガー社（アメリカ）に依頼した。得られた年代値は以下のとおりである。

測定値：埋木1 A.D.1693・A.D.1724

埋木2 A.D.1667・A.D.1696

測定者：クルーガー社

測定試料：炭化樹幹

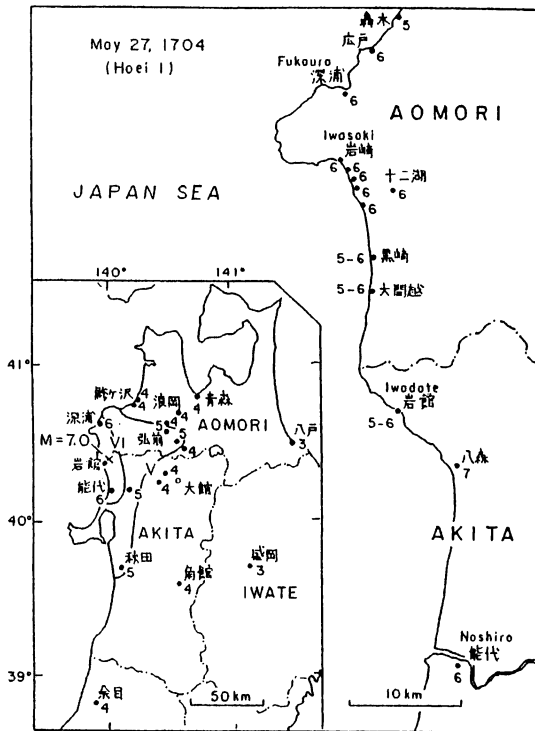
採取者：猪股豪

採取地：青森県西津軽郡岩崎村（国土地理院1：25000地形図「十二湖」）

埋木1は1693～1724年、埋木2は1667～1696年という結果が得られた。これは八森町・岩館を震源とするマグニチュード7.0の岩館地震（羽鳥，1987：第3図参照）が発生した年代（1704年）とほぼ一致している。すなわち、十二湖崩壊は岩館地震が引き金になった可能性が極めて高い。

IV 斜面構成物質の岩石物性

崩積土の諸物性を測定した。測定対象試料は第1図に示したように、日本キャニオンの露頭から採取した。自然含水比状態の単位体積重量（ γ ）を求めするため、土壌サンプラーにより崩積土を採取し、そ

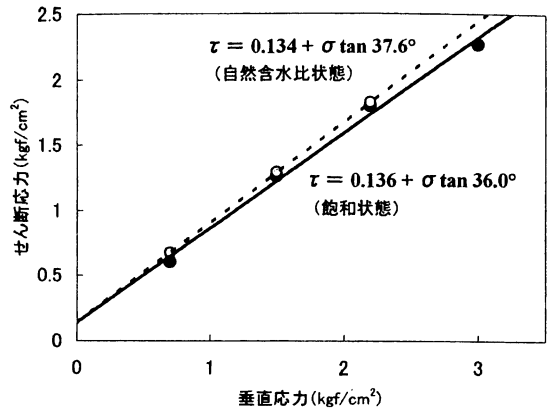


第3図 岩館地震の震源地および震度分布 (羽鳥, 1987)

の湿潤重量から、湿潤密度を求めた。その結果、湿潤密度は 1.74 g/cm^3 、自然含水比は27.2%という結果を得た。

また、崩積土の鉱物学的性質をX線粉末回折分析(XRD)により調べた。その結果、灰長石、曹長石、石英、濁沸石およびスメクタイト、雲母粘土鉱物、カオリン鉱物などが含まれていることがわかった。

さらに、力学的性質として、崩積土の粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ を求めるため一面せん断試験を行った。試験は、飽和状態(含水比34%)と自然含水比状態(7%)で行った。せん断速度は 1 mm/min とし、10分間せん断を行った。垂直応力としては $0.7 - 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲を採用した。試験結果を第4図に示した。粘着力 c は、飽和状態のとき $c = 0.1365 \text{ kgf/cm}^2$ 、自然含水比状態のとき $c = 0.1344 \text{ kgf/cm}^2$ 、また、内部摩擦角 ϕ は、飽和状態のとき 36.0° 、自然含水比状態のとき 37.6° という結果が得られた。



第4図 崩積土の強度特性

V 斜面安定解析

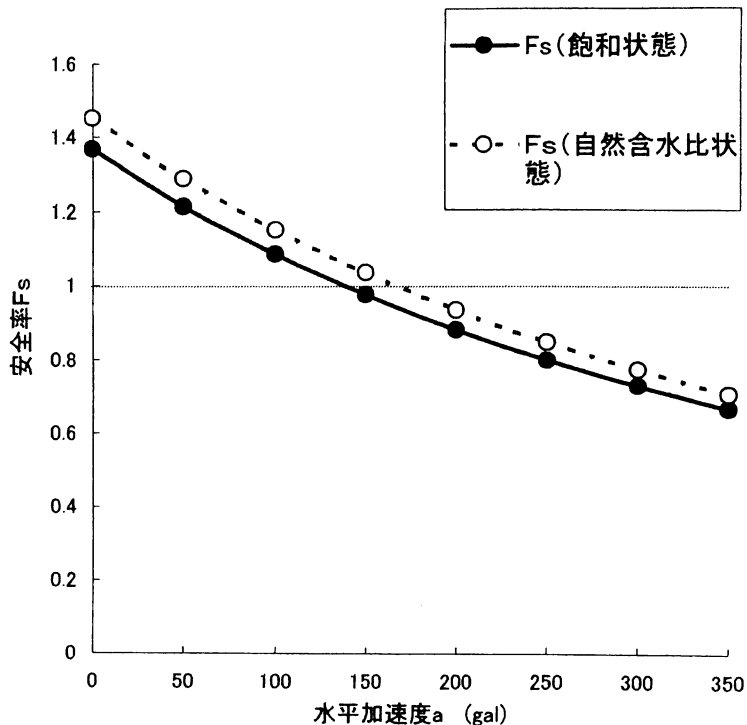
得られた土の物理学的、力学的諸数値を用い、斜面の安定解析を試みた。十二湖崩れは斜面縦断面がほぼ直線に近似でき、かつ崩壊面はもとの斜面とほぼ平行であったと考えられるので、Skempton and Delory(1957)の無限長斜面の安定解析を用いることにする。安全率 F_s は次式で与えられる。

$$F_s = \frac{\tau}{s} = \frac{c + \gamma Z \cos^2 \beta \tan \phi}{\gamma Z \cos \beta \sin \beta} \quad (1)$$

ここで、 τ ：せん断面(崩壊面)でのせん断強度、 s ：せん断面(崩壊面)でのせん断応力、 c ：斜面物質の粘着力、 ϕ ：斜面物質の内部摩擦角、 γ ：斜面物質の単位体積重量、 Z ：すべり面までの鉛直厚さ、 β ：斜面勾配である。

この式は、地震による水平加速度を考慮すると以下のように変形できる(Matsukura and Maekado, 1984)。

$$F_s = \frac{c + \gamma Z \cos \beta \left(\cos \beta - \frac{a}{g} \sin \beta \right) \tan \phi}{\gamma Z \cos \beta \left(\sin \beta + \frac{a}{g} \cos \beta \right)} \quad (2)$$



第5図 水平加速度と安全率

ここで、 a ：地震の水平振動による水平加速度、 g ：重力加速度（980 gal）である。

(2)式に、地すべり地形の斜面勾配（28.0°）と崩壊の鉛直深（136 m）の値と、崩積土の物性値を代入し、斜面の安定解析を行った。解析結果を第5図に示す。地震動の無い場合の、自然含水比状態の安全率は1.45であり、地震動の水平加速度が大きくなるに従い安全率は徐々に減少し、水平加速度が165 galのときその値が1となり臨界点に達する。すなわち、十二湖崩れは水平加速度が165 gal以上の地震が発生したときに起こったということになる。また、飽和状態の安全率は1.37であり、水平加速度が138 galに達したときに安全率が1となる。

安全率が1となるときの水平加速度165 galおよび138 galという値は、気象庁旧震度階の震度と水平加速度の関係をを用いると、震度5に相当する。このことから、震度5以上の地震が十二湖で起こり、十二湖崩れを引き起こしたと考えられる。

VI まとめ

以上の¹⁴C年代測定と斜面安定解析の結果から、十二湖崩れは、1704年の岩館地震により、十二湖地域において震度5以上の地震が発生したことにより引き起こされたものと考えられる。

謝辞

鉱物の分析に際しては、農林水産省国際農林水産業研究センターの八田珠郎博士と筑波大学地球科学系の小口千明博士には多大なご協力をいただいた。せん断試験等に際しては筑波大学大学院地球科学研究科の若月 強氏の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

引用文献

- 荒川謙治(1933)：津軽十二湖付近の氷河遺跡に就て，岩鉱，**10**，221-231, 270-277.
- 今村明恒（1935）：西津軽十二湖の成因，地質学雑誌，**42**，820-821.
- 羽鳥徳太郎（1987）：西津軽・男鹿間における歴史地震（1694～1810）の震度・津波調査，東京大学地震研究所彙報，第**62**号，第2冊，133-147.
- 古谷尊彦・町田 洋・水野 裕（1987）：津軽十二湖を形成した大崩壊について，文部省科学研究費自然災害特別研究報告書，183-188.
- Matsukura, Y. and Maekado, A. (1984) : Slope stability analysis for "Murose" debris-slide triggered by the 1949 Imaichi earthquake, *Annual Report of Geoscience, University of Tsukuba*, **10**, 63-65.
- Skempton, A. W. and Delory, F. A. (1957): Stability of natural slopes in London Clay, *Proc. 4th Int. Conf. Mech. Found. Engng.*, London, **2**, 378-381.