

アルプスのティネー[TINEE]谷は南フランスのニース(NICE)から北へ約90kmの所にあります。この谷は最後の氷河期に氷河に侵食されて形成されました。

サン・エティエヌ・ド・ティネー[SAINT-ETIENNE-DE-TINEE]村のすぐ川下で斜面末端(標高1100m)から標高1,700mの間の斜面が動いており、ラ・クラピエール[LA CLAPIERE]地すべりと呼んでいます。この地すべりの中及び長さ(水平距離)は共に約1000mです。

対岸から見ると(図Iの写真)地すべり地の上部には最大40mの高さの滑落崖があり、移動している部分がはっきり識別できます。側方の境界付近では、地すべり運動に伴って生じたと思われるガリーがあり、ガリーの下方、斜面の末端で崖錐を形成している。斜面の末端に沿ってニース[NICE]から[SAINT-ETIENNE-DE-TINEE]村へ通じる道路があり、すぐ横にはティネー[TINEE]川が流れています。

[LA CLAPIERE]地すべりの発生・歴史についての詳細は不明です。1936年(昭和11年)の写真では、滑落崖と両サイドのクラックが生じ、落石によるガリー(現在は同地すべり地内での最大のガリーになっている。図Iの写真の左側に見られる)が既に認められます。1978年(昭和53年)にはガリーから斜面下の道路への落石が頻繁に起こるようになったため、この道路は1985年(昭和60年)から通行止めになり、右岸に新しく道をつけました。1985年から1986年にかけての二年間は小崩壊が続発し、ガリー下の道路は岩やレキが散らばり、道路上に1.5~2.0mの隆起が発生しました。

地すべり地の斜面は、非常に傾斜が急なので、調査ボーリングは不可能です。そのため、利用できるデータとしては土塊の運動や地質、地下水等の地表面での観測のデータしかありません。

[LA CLAPIERE]地すべり地付近はミグマタイト変成作用を受けた片麻岩からできていますが、1,400m位の標高の所にはミグマタイトの岩壁があります。その中腹の辺りは[IGLIERE]岩壁と呼ばれています。その周辺に片麻岩には葉状構造が見られ、走向は 60° ~ 80° で山の方に向かっていますが、地すべり地では、 15° ~ 30° であり、この片麻岩の地層がクリーブしていると考えられます。

アルプスでは花崗岩やミグマタイトの地層が最も古く、「アルプス基礎」と呼ばれています。実際にアルプスが形成される前はその基礎の上にはいろいろな堆積層が重なっていました。アルプス造山運動の褶曲作用が非常に強烈だったので、大規模な押しつぶせ断層(水平移動量の非常に大きな、傾斜の極めて緩い衝上断層)が現われました。

[TINEE]川の谷の場合には、左岸側の基岩が上昇したため、堆積層は現在右岸に見えますが、地すべり地の川下の2カ所には、押しつぶせ断層のために地層が逆転して石膏を含む三畳期層がアルプス基礎の下にはさまれています。図2は移動ベクトル及び斜面の地質構造を示します。地すべり地の下部は沖積層に覆われているので不明ですが、図のようにアルプス基礎の下に三畳期の地層があると思われます。地すべり地内には川や泉が一つもありません。

[LA CLAPIERE]地すべりに対して[NICE](ニース)土木工事事務局は1982年(昭和57年)から赤外光

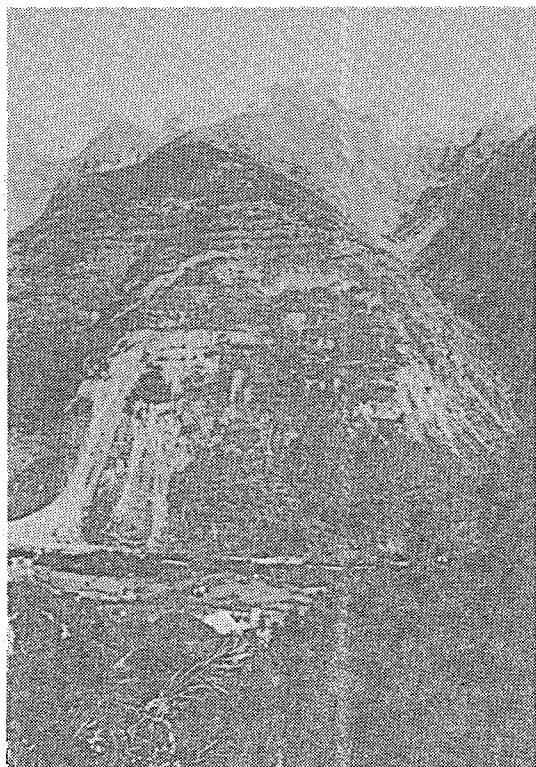


図1 対岸から見た La Clapière 地すべり(1984年9月)
滑落崖と左側の最大のガリーがはっきり見えます。

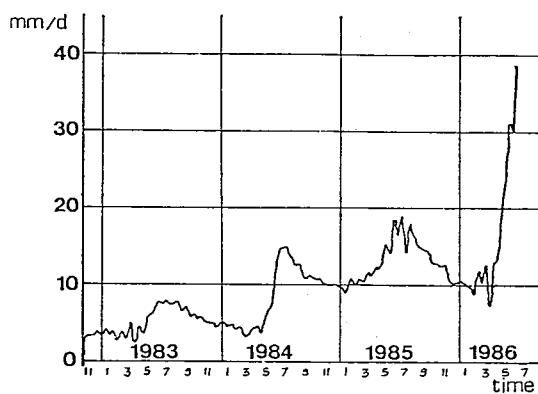


図3

1982年11月と6月の間のNo.9ターゲットの速度変化。

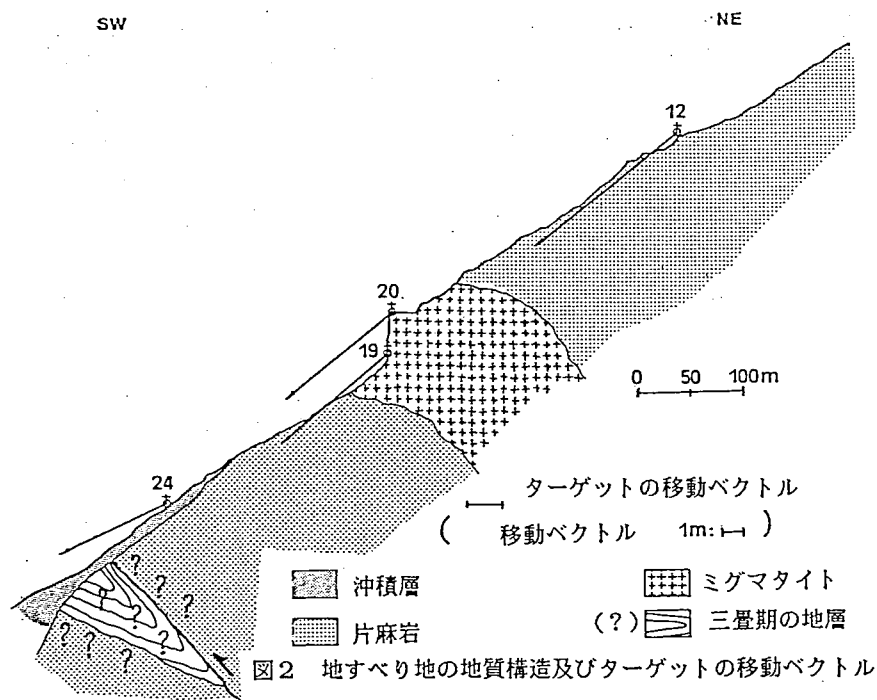


図2 地すべり地の地質構造及びターゲットの移動ベクトル

測距を実施して来ました。20個程のターゲットを地すべり地に据え(うち3個を不動点として地すべり地外に据えた)、対向斜面の2点から一週間に1, 2回ずつ測距を行なっています。距離計測の精度は5.0mm以下です。各ターゲットの移動ベクトルを見ると、大きな円弧すべりが起こっているようですが、実際にすべり面があるかどうかは不明です。また、毎年行なわれている三角測量の結果を見るとターゲットの移動方向はほとんど変わっていません。1982年11月から1986年6月までの累積移動量は数mになります。移動速度の解析からは、毎年5, 6月の融雪期に移動が加速されている事が分かります。図3はNo.9ターゲットの速度変化を示します。1986年の場合、移動速度は遅い時期には5-10mm/day、早い時期には15-35mmでした。

南フランス地方では体感地震が減多に起こらないので、偶発的な地震の影響は予知を行なう際、考慮に入れていません。しかし、移動速度の計測によって年平均移動速度が毎年増加しているらしい事が分かりました。さらに移動速度の分布と変化を見てみると、斜面の右の部分が大崩壊を起こす可能性が出て来ました。

この地すべりの将来起こり得る大崩壊に対して2つの場合が考えられます。①全斜面は崩れないが、かなり大きな落石、崩壊が起こってこの地すべりの移動速度は遅くなる、②斜面の右の大部分の崩壊、です。②の場合に対して斜面崩壊時刻の予測を試みました。まず、崩壊を起こす場合には、ほぼ雪解けの融雪時に起こると考えられます。すなわち5,6,7月位です。従って崩壊時刻の予測は崩壊年だけを予測すればよい事になります。

崩壊年の予知に関しては、3つの問題があります。第1は、解析するデータの選択で、第2には、外挿法が適用できるかの問題、第3に、崩壊の基準です。今回は、予測方法を二種類用いました。

[1] Voightの $A \cdot \exp[B \cdot t]$ 法

1986年6月2日に落ちたNo.14ターゲットの運動に基づいて検討します。No.14ターゲットは地すべり地内の一番大きな谷の横にある小さな地山の上に設置されていました。図4にはNo.14ターゲットの累積移動量を示します。これは、Voight(1966)の $A \cdot \exp[B \cdot t]$ 法に従う事が分かります。地すべり地内の全ターゲットについて $A \cdot \exp[B \cdot t]$ 法を適用し、係数を求めました。その結果は1985年4月頃の道路の隆起が始まり出した頃から適用可能で、移動量の外挿が可能になりました。そこで、崩壊の基準が必要になる訳ですが、滑落崖の高さが既に40mを越えていたので最大移動量の基準を設ける事は余り適当ではないと思われます。従って最大速度の基準を設ける事にしました。1986年に崩落したNo.14ターゲットにフィットさせた指数グラフから崩落直前の時の限界速度の値を求めました。そして、この値(約42mm/day)を用いてその地の部分の崩壊時期を予測しました。低速度で動いている左上の小さい部分では、崩壊年は1990年になりましたが、右手の高速で移動している部分は1988年、末端で1989年です。

[2] 福圓の移動速度の逆数曲線法

二番目の方法は福圓の表面移動速度の逆数曲線の解析に基づいています。しかし、福圓の結果は降雨時のように濡れた人工の小規模な斜面について得られたもので、[LA CLAPIERE]の場合には速度の逆数曲線が毎年融雪期間の前後で凹凸があり、崩壊時刻予測が正確にはできません。図5にはNo.9ターゲットの崩壊年予測を示しました。横軸は時間、縦軸は速度の逆数です。この方法ではNo.14ターゲットが1986年に落ちる事も示しており、福圓の方法が妥当である事を示しています。直線を観測による

実測データに合わせ、延長上で、横軸と交わった所が、崩壊年を表わします。

別のターゲットについて予測した結果では、右のブロックの周辺では、1988年を得て、中央では、1989年か1990年になります。しかし末端のターゲットは上部より遅く動いているので、予測はさらに難しくなります。

結論として、斜面の崩壊が起これば、その時期は、1989年か、多分1988年の融雪期、すなわち5,6,7月と思われます。この予測をおこなった時から、移動状況についての詳しい報告は受けていませんが、1987年夏現在、平均速度は60mm/dayです。

本研究を発表するにあたり、日本学術振興会には日本での研究をするにあたりいろいろと便宜をはかっていただき、京都大学防災研究所の島通保教授、佐々恭二助教授には研究上有益な御助言をいただきました。また、大学院生の福岡浩氏には日本語の校正を手伝っていただきました。併せて深甚の謝意を表します。

参考文献：1)FOLLACCI J.P.
(1984): "Surveillance des déplacements du versant de La Clapière, a Saint-Etienne-de-Tinée", C.E.T.E Méditerranée
2)FUKUZONO T.(1985): "A New Method for Predicting the Failure Time of a Slope", Proc. of the IVth I.C.F.L., TOKYO, 1985, pp. 145-150 3)VIBERT C., ARNOULD M.(1987): "An Attempt at Predicting the Failure of a Mountainous Slope: The "La Clapière" Slide at Saint-Etienne-de-Tinée (France)", Landslide News No.1, June 1987
4)VOIGHT B., KENNEDY B.A. (1979): "Slope Failure of 1967-1969, Chuquicamata Mine, Chile", in "Rock-slides and Avalanches", T.2

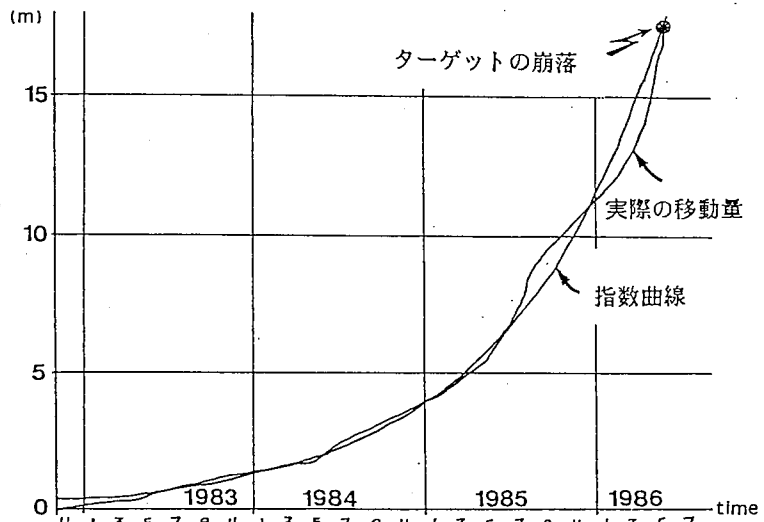


図4 No.14ターゲットの累積移動量とVoightの指数曲線

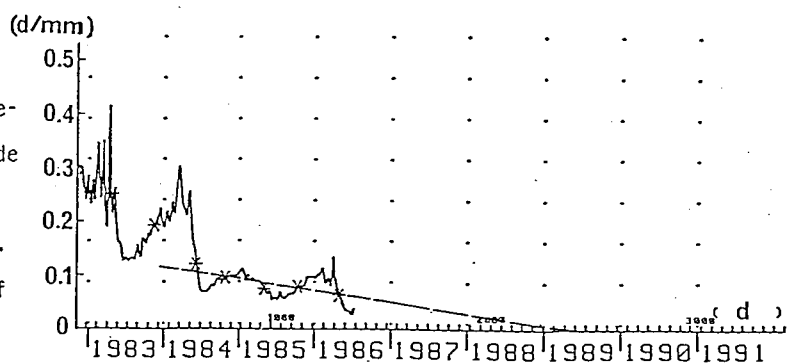


図5 No.9ターゲットの移動速度の逆数曲線からの崩壊予知