

## P-12. タケの傾きから地すべり変動を読む

Tilting bamboos indicate moving directions of the unstable landslide at Ichihara, Kobe City

○村井政徳（高知大院・黒潮圏海洋）  
齋藤華苗（高知大・理）  
横山俊治（高知大・理）  
廣田清治（愛媛大院・理工）

### 1. はじめに

地すべり地内に生育する樹木は、地すべり運動によってさまざまな損傷を受けている可能性がある。損傷を受けて何らかの異常を示す樹木は、地すべり変動を解析するセンサーに利用できる<sup>1)</sup>。たとえば、従来から良く知られている損傷に樹幹の屈曲（いわゆる根曲がり）がある。これは、地表部の変動に伴う樹幹の傾動によって生じた異常で、年輪幅の乱れ・損傷・偏心・アテと呼ばれる赤褐色をする異常組織を樹幹の内部に生じる。

現在も、地すべり移動体の推定に樹幹の屈曲が広く利用されており、針葉樹のアテを解析して地すべり移動体の移動方向やその時期を推定することも試みられている<sup>2), 3), 4)</sup>。しかし、長期にわたって緩慢に動く地すべりの地すべり変動を解析するには上述の樹幹の屈曲などの利用は有効であるが、突発的で短期間に発生した地すべりの変動を読み解くことは不可能である。発生して間もない地すべりの地すべり変動を読み解くには、傾動した樹木が有効である。樹木が生育している地盤が不動であるならば、樹木は傾斜することなく直立しているはずである。一方、地すべり移動体内では地すべり運動によって地盤が変動し、その結果そこに生育する樹木は傾動することになる。ただし、広葉樹や針葉樹といった樹木は、地すべり変動以外の要因によっても屈曲していることがあることと樹幹表面に凹凸があることから、これらの樹木の傾動方向を正確に知ることは困難である。しかし、タケは樹幹の表面に凹凸がなく円柱状をしていて、しかも天頂に向かってまっすぐ成長する性質があるので、他の樹木に比べて容易に傾動方向を知ることができる。また、タケは地面の傾動によって傾いた後にも、広葉樹や針葉樹のように天頂に向かって根曲がりを起こすことはない。したがって、タケは地すべり地の変動を読む地盤傾斜計として有効に利用することができるといえる。

本論は、古第三紀の神戸層群が分布する神戸市北区大沢町市原地区で発生した地すべり地において、地すべり地内に分布するタケの傾動方向を計測することによって地すべり地内の地盤がどのように傾動しているかを明らかにすることを目的としている。

### 2. 神戸市北区大沢町市原地区で発生した地すべりの概要

研究対象地域は、三田盆地のほぼ中央部の神戸市北区大沢町市原地区である（図-1）。今回調査対象としているのは、幅約 70m、長さ約 200m の活動停止中である中規模地すべりの頭部に当たる部分で、近年再滑動した部分である（図-2）。今回調査対象としている地すべりの規模は幅約 32m、長さは約 24m であり、北東-南西方向に長い楕円形型を呈する。地すべり移動体背後の斜面は高さ約 6m で急崖をなしていて、現在活動停止中の中規模地すべりの滑落崖に相当する。

再滑動した地すべりの頭部には落差 60cm~80cm の段差を生じているほか、幅 50cm 程

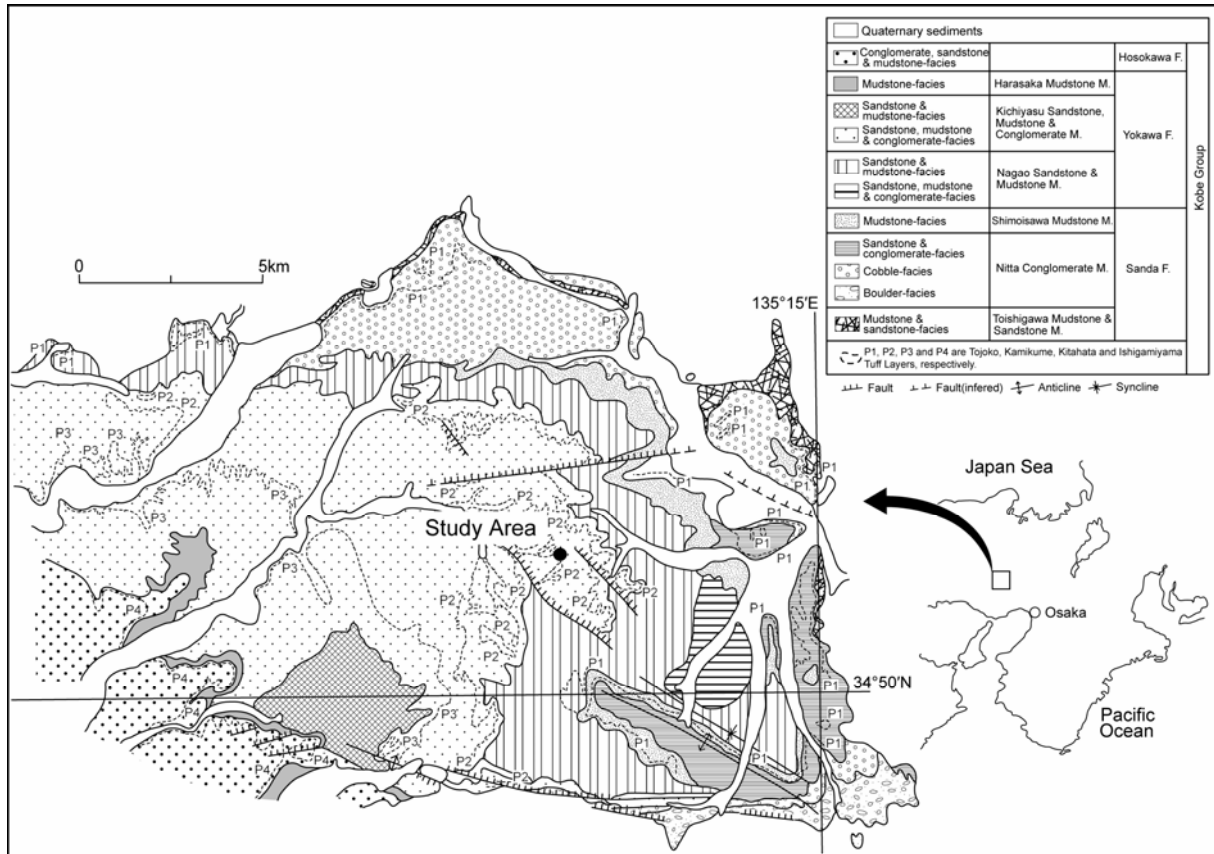


図-1 調査対象地を含む広域地質図<sup>5)</sup>

度の開口クラックが形成されている。この段差や開口クラックには、クラックを跨いでまるで弦を張りつめたように緊張した樹根がみられる。このような樹根は地すべり変動によって地表に変状が現れた結果、緊張したと考えられる<sup>1)</sup>。しかも緊張した樹根が存在するということは、段差や開口クラックは比較的最近に形成されたことを示唆している。

地すべり移動体周辺には、上位に礫岩層、下位に粘土化した軟質な凝灰岩層が分布していて、いわゆる‘キャップロック構造’をなしている。走向はほぼ東西方向で、南に3~6°傾斜している(図-3)。礫岩層と凝灰岩層との境界は、移動体背後の崖で標高にして195~198mの範囲で確認することができる。しかし、地すべり移動体内では、礫岩層と凝灰岩層との境界よりも標高が低く、層序的に凝灰岩層が分布するはずの位置にも礫岩層が分布している。

地すべり移動体内には、多くの開口クラック

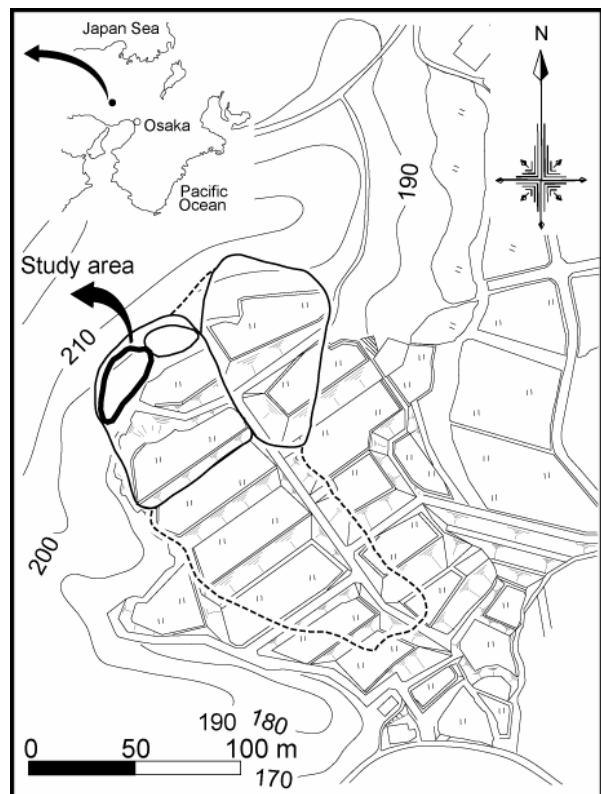


図-2 調査位置図(太実線で囲んだ範囲が調査対象地すべり)

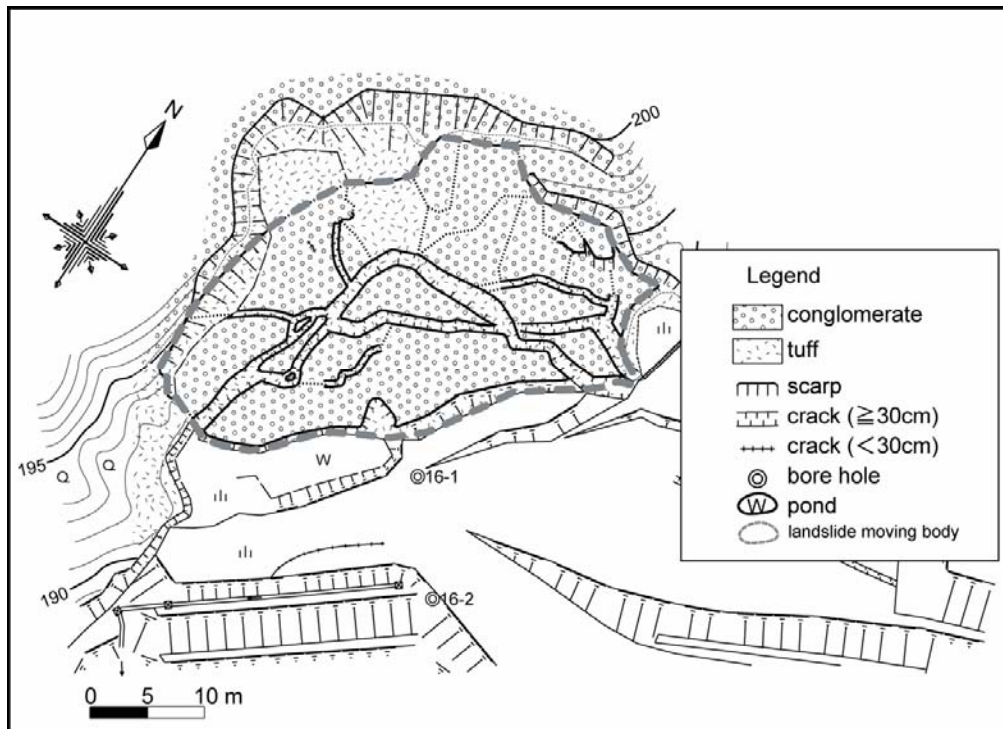


図-3 調査地周辺の地質図

クが発達している。そのクラックの側面には礫岩が露出しているのに対し、クラックの底面にみられる地質は軟質粘土化した凝灰岩層である。このことから、地すべり移動体内には、軟質粘土化した凝灰岩層中に過去の地すべり運動によって斜面上方から分離・移動・ブロック化した礫岩が沈み込むように分布していると考えられる。移動体背後の崖の直下には、節理面に沿って1辺の長さが2~4mの立方体状に分離・ブロック化した礫岩が分布しており、おそらく移動体内に沈み込んでいる礫岩の大きさもその程度であると考えられる。

#### 4. 地すべり移動体内のブロック区分

地すべり移動体内には、開口幅30~200cmの3つの大きなクラック（F1~F3）が走っている（図-4）。それぞれのクラックの方向は、F1~F3の順にN15°E、N65°E、EWである。また、移動体内には開口幅50cm未満のクラックが多数存在し、これらはF1~F3のいずれかとほぼ同じ方向に伸びている。

地すべり移動体は、上述のクラックによって分断されてブロック化している。分断されたブロックは、滑落崖とF1、F3に挟まれた範囲をAブロック、F1~F3の亀裂に囲まれた範囲をBブロック、F1とF3に挟まれ、F2より谷側の範囲をCブロック、と大きくは3つのブロックに区分することができる。それぞれのブロックはさらに、開口幅の小さなクラックや移動体内に繁茂するタケの傾動パターンからみて、いくつかのサブブロックに区分することができる。

今回の調査では、地すべり移動体内に繁茂する210本のタケの傾動方向と傾斜角を計測し、地形図上にプロットした（写真-1）。タケの傾動方向は地層の線構造を測定する方法と同じように、タケの最大傾斜方向にコンパスを当てて測定した（写真-2）。その結果、Aブロックに生育するタケは山側に向かって傾動、Bブロックに生育するタケは傾動する

ことなくほぼ直立，Cブロックに生育するタケは谷側に向かって傾動しているということが明らかとなった。

さらに，各ブロックは開口幅の小さなクラックによって分断されるほか，地表部には現れていない潜在的なクラックによっても分断されている可能性がある。地表部でクラックを検出できない場合でも，ブロック内に生えるタケの傾動方向はある領域ごとに一定の方向を示していて，そのまとまりがそれぞれ異なった方向を示すことから，異なる傾動方向を示すタケのまとまりの境界には，潜在的なクラックがあると考えられる。

以上に示したような地表部の変状やタケの傾動方向から判断して，Aブロックは16個のサブブロックに，Cブロックは2個のサブブロックに区分することができた（図-5）。

Aブロック西部のA-a～-dブロックではNW50～70°方向に，Aブロック中央部のA-e～-iブロックではNW20～35°方向に，Aブロック東部のA-1～-pブロックではNE5°とNW15°のふたつの方向に，タケは傾動している。これらの異なるタケの傾動方向は，各ブロックにおける斜面の最大傾斜方向とほぼ一致している。

Cブロックでは，開口クラックの存在により2つのサブブロックに区分しているが，C-aブロックにはタケが生えていない。しかし，C-aブロックの周囲のクラックには緊張した樹根がみられ，その引張方向はSE20～30°であった。C-bブロックのタケ傾動方向はSE25°であり，C-aブロック周囲のクラックにみられる樹根の引張方向とは調和的であった。また，C-bブロックのタケの傾動方向はAブロック中央部のタケの傾動方向と方向的には同方向（NW-SE25°）に傾動する。

## 5. 地すべり移動体の運動特性

Aブロックでは，タケの先端は山側に向かって傾動している。これは，Aブロックの地

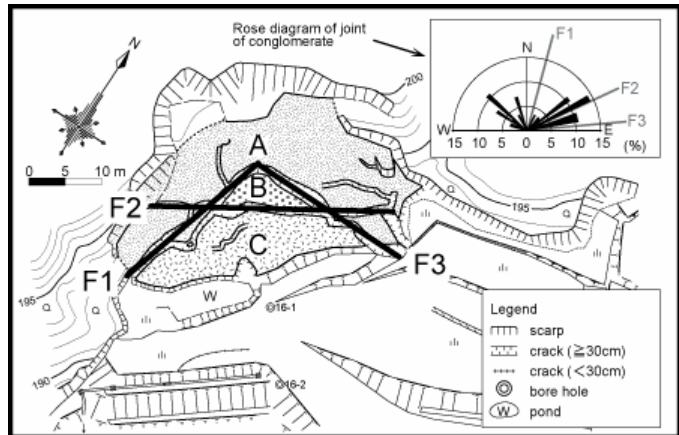


図-4 地すべり移動体にみられるクラックとブロックの分布状況



写真-1 地すべり移動体内の傾動したタケ



写真-2 タケの傾動方向を測定している様子



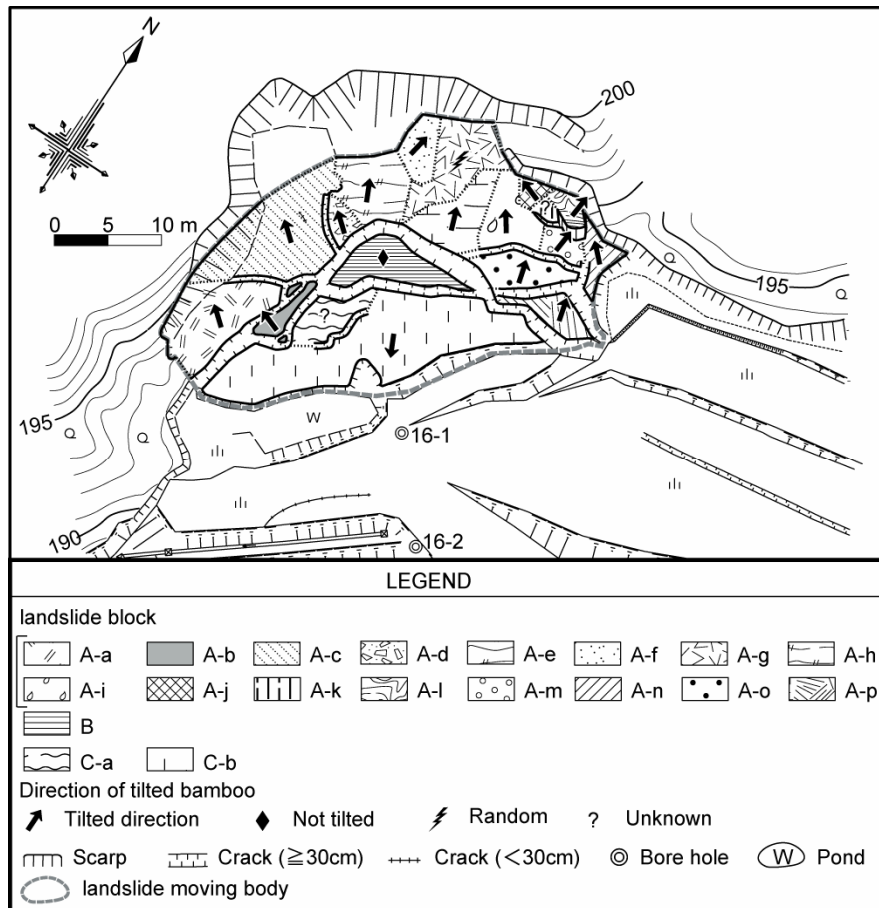


図-5 地すべり移動体のブロック区分図

盤は山側が沈降し、谷側が隆起していることを表している。したがって、Aブロックの地すべり移動体は谷側に向かって回転するような運動をしていると考えられる。

それに対しCブロックでは、タケの先端が谷側に向かって傾動している。これはAブロックとは逆で、Cブロックの地盤は山側が隆起し、谷側が沈降していることを表していて、Cブロックの移動体は谷側に向かって押し出され、転倒するような運動をしていると考えられる。実際、地すべり末端の竹林と圃場の境界部の畦畔では、凝灰岩層の押し出しが認められる。この押し出しは、明瞭なすべり面に沿って変形しているものではなく、ある程度の厚みを持った領域が変形しており、すべり面深度は浅いと考えられる。

AブロックとCブロックに囲まれたBブロックでは、タケは直立したままである。このことだけに注目すると、Bブロックは不動地であると考えることができる。しかし、Bブロックを取り囲むF1～F3の開口クラックには、クラックを跨ぐように緊張した樹根が認められることから、クラックを挟む地盤は分離・移動しつつあることを示唆している。したがって、Bブロックの地すべり移動体は、回転運動や転倒運動をすることなく、そのままの姿勢を保ったままの状態と並進運動していると考えられる。

市原地区で発生した地すべりは、凝灰岩層中に沈み込んだ礫岩ブロックが凝灰岩の塑性流動によって移動しており、スプレッドタイプの運動様式と一致する。軟質粘土化凝灰岩は明瞭なせん断面に沿って滑動するのではなく、ある程度の厚みを伴った層が塑性的な動きをしている。これにより上位の礫岩層は高角度の節理面に沿って分離、ブロック化し、礫岩は荷重の偏圧を伴って軟質な凝灰岩層中に傾動・沈降していると考えられる。地すべ

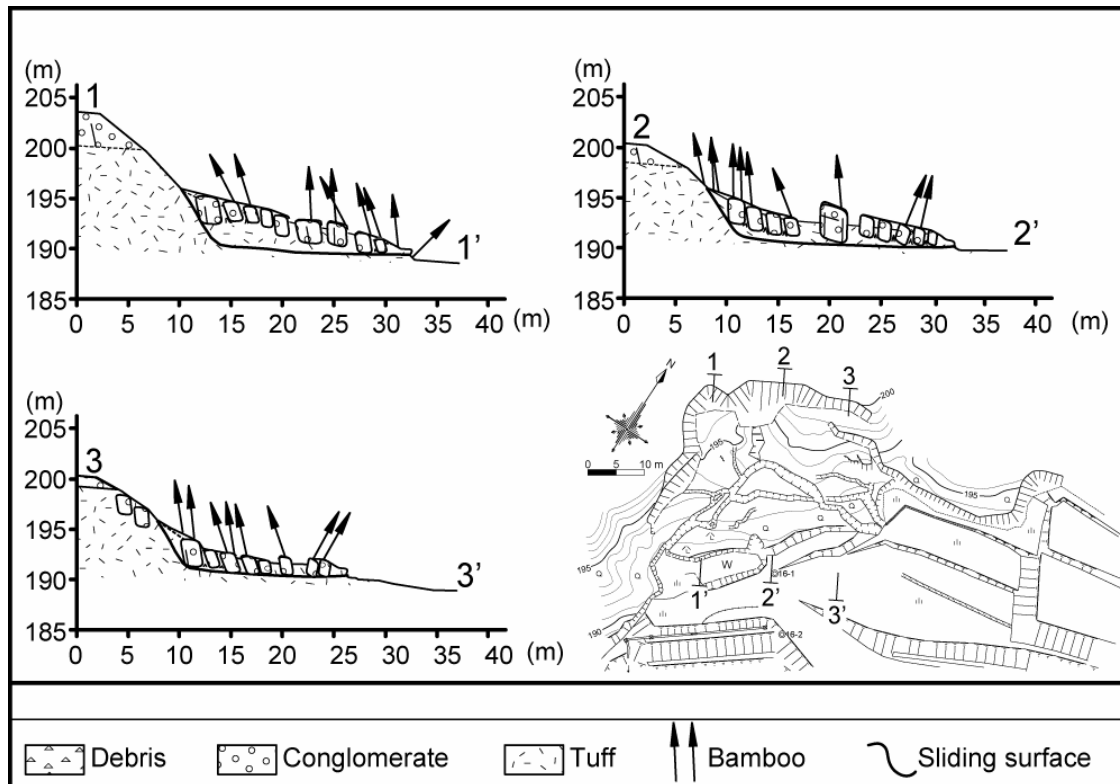


図-6 地質断面図

り移動体はひとつの塊りとして一方向に移動するのではなく、大小さまざまなクラックによって分断されたブロックがそれぞれ異なった移動方向を示して移動している（図-6）。

## 6. おわりに

1998年9月の高知豪雨では、都市を取り巻く山地の山麓部で多くの地すべり災害が発生し、その災害発生箇所の1/3は竹林であったと報告されている<sup>6)</sup>。竹林と地すべり現象の因果関係の解明は不明であるが、今後、竹林の地すべりが都市域で発生する地すべり災害の典型となることも懸念されている<sup>6)</sup>。傾動したタケは、こういった場所で発生する地すべりの地盤の傾動を的確に知るための有効な樹木センサーとなるものである。

## 引用文献

- 1) 横山賢治・横山俊治（2004）：異常現象を示す樹木センサーとする地すべり性開口クラックの検出と解析．地すべり，Vol.41，No.3，217-224.
- 2) 東 三郎（1979）：地表変動論－植生判別による環境把握－．北海道大学図書刊行会，札幌，280p.
- 3) 上中博之・岡 正範・佐藤 進・小貫義男（1979）：岩手県二戸郡安代町赤川地すべり地の樹木年代学的研究．地すべり，Vol.16，No.1，21-28.
- 4) 菊池俊一・新谷 融・清水 収・中村太士（1992）：造林木におけるアテ材の形成と地すべり変動履歴．地すべり，Vol.29，No.3，1-9.
- 5) 尾崎正紀・松浦浩久（1988）：三田地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，89p.
- 6) 日浦啓全・有川 崇・ドゥラ ドゥルガ バハドゥール（2004）：都市周辺山麓部の放置竹林の拡大にともなう土砂災害危険性．地すべり，Vol.41，No.4，323-334.