

## 76 Condon Creek 地すべり（米国、オレゴン州）の季節的な移動と 降水量、地下水位との関係について

科学技術庁 防災科学技術研究所 森脇 寛  
米国農務省 森林科学研究所 F.J.Swanson

### 1. はじめに

アメリカ合衆国西北部のオレゴン州では雨期が毎年10月から始まり、翌年の3月末まで続く。この半年にわたる雨期に年間降水量のおよそ80%がもたらされている。従って、地すべり、土石流もこの雨期に発生することが多い。しかしながら、わが国とは異なり、国土の広いアメリカ合衆国ではほとんどの場合、住家が近くにないため災害をひき起こすまでにはいたらず、対策工事などが施工されることはない。従って、人為的な手が加えられず自然の状態のままで観測研究を継続できるという利点がある。ここで報告するCondon Creek地すべりもそのひとつであり、降雨に伴って移動を繰り返す典型的な降雨型地すべりである。本報告では約6年間にわたる観測データから当地すべりの季節的な移動特性を明らかにするとともに降水量ならびに地下水位の変動が地すべり移動に及ぼす影響について検討を行った。以下にその概要を述べる。

### 2. Condon Creek 地すべり試験地の概要

本試験地はオレゴン州西部を南北に走るWest Coast山脈の中西部に位置したSiuslaw国有林地内にあり、太平洋沿岸に面するFlorence市から北東へ約18km離れた標高160~280mの南西斜面の地すべりである（図1）。地すべり地は約5.5ha、平均勾配は約5°である。地すべり斜面の長さは約140mである。斜面表面は主に60~80年生のDouglas Fir（モミの木）、Western Hemlock（メツガ）に被われていたが樹木の存否が地すべり運動に与える影響を調べるために観測期間の中間にあたる1987年3月に皆伐が行われた。地すべりの形態は堆積層と平行に滑る、いわゆる層すべりで末端は河川による洗掘崩壊により急勾配地形を形成している。地質は始新世の砂岩から構成されており、間に泥岩が挟在している。地すべり土塊の中央部の厚さは約5mで泥岩と砂岩との境界層で滑っているものと考えられている<sup>1), 2)</sup>。

観測項目は地表面移動量、降水量、地下水位の3点である。地すべり地の滑落崖に設置したワイヤー式移動計と斜面中部に設置した雨量計とピエゾメータ（トランスデューサー式、深さ5.1m）を使用した。但し、後者の2つは1988年6月に設置されたものである。それまでの降水量については主に地すべり地より南東に約13km離れたMapleton観測点の降水量計（WY 1989年は約8km東部のThompson観測点）のデータを用いた。降水量、移動量、地下水位とも現地ではアナログで観測しているが、データを解析する際にはデジタル



図1 地すべり試験地の位置

化した数値(日単位)を用いている。解析に用いたデータは1984年10月から1990年3月までの6年間である。

### 3. 長期的、季節的な地すべり移動と降水量

図2(下図)は過去6年間の月間降水量と累積移動量の関係を示す。図からも明らかのように毎年10月から3月末までの雨期において顕著な地すべり移動を示す。乾期である夏季にはほとんど変動は生じない。図2における数字は雨期(10月から翌年3月まで)の降水量を示す。( )内の数字は年間降水量(10月から翌年9月まで)を表す。数字が示すように雨期にもたらされる雨は年間降水量の約80%を占める。雨期の月間の降水量は60mmに達することもあるが乾期の月間降水量は極めて少なく最大でも200mmを越えない。1年間の地すべり移動量は各年度により異なり、2.3~22.1cmと幅がある。地

すべり地の樹木を伐採した1987年3月以降と伐採前の移動量についてはそれほど顕著な差異はない。観測期間6年間のうち伐採前後に各々1回づつ大幅に移動した年(1985年2月, 1990年2月)が見られるが、いづれもその月の降水量は600mmを越える豪雨であった。図3(右上)は地すべり移動を示す雨

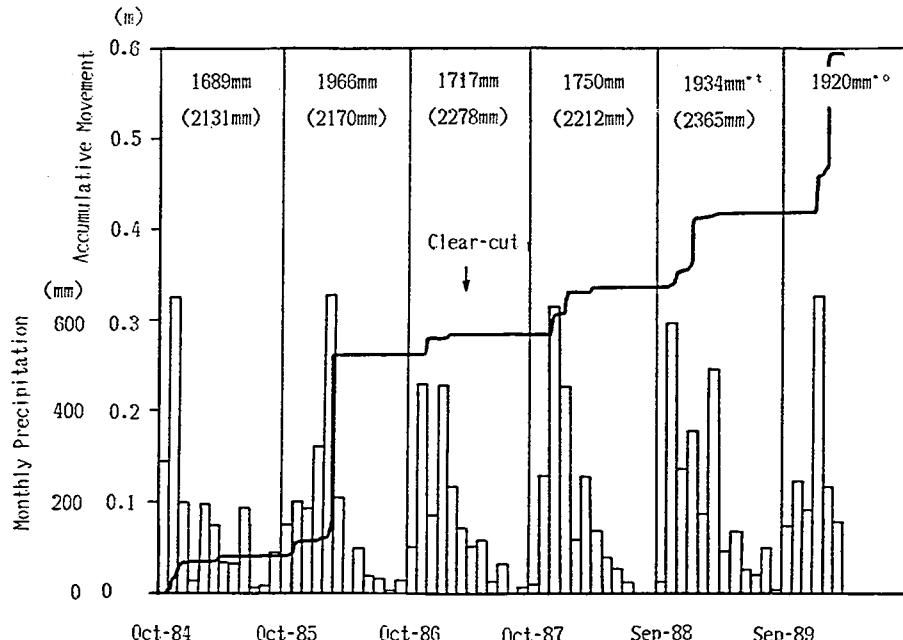


Figure shows half a year precipitation (Oct.-Mar.) and ( ) indicates annual total precipitation. \*:Thompson data, °:on-site data, others:Manleton data

図2 累積移動量変化と月降水量



図3 雨期の降水量と累積移動量  
(10月1日~3月31日)

期の総降水量と累積移動量の関係を示したものである。総降水量が増えれば増えるほど累積移動量は増える傾向を示しており、地すべり移動は雨期の降水量約1600mmを敷居値として始まるようである。また、1900mmを越えると急激に累積移動量は増加する傾向を示す。

#### 4. 短期降水量と地すべり移動の関係

図4は連続3日間降水量と同じく3日間累積移動量の関係を調べたものである。但し、移動量は降水開始後2日遅れの3日間移動量である。これは観測期間中の移動が2、3日間降水を受けた後、移動し始めることから考察したもので、降水期間を3日間にしたのはひと雨がおよそ3日間続くことが多いことによる。図4によれば3日間降水量で約50mmを越えると移動を開始するようである。これは後述する限界安定地下水位を越え、移動を開始するのに必要な降水量を意味している。つまり、ある程度の強度でしかも継続して降ることが必要である。3日間降水量が多いほど移動量は直線的に増加するが、3日間降水量が200mmを越えると飛躍的に移動するようである。図中には50mm以下で発生しているものもあるが、これはその前にも連続して降水があり、地下水位がある程度高まっていたことによるものと考えられる。

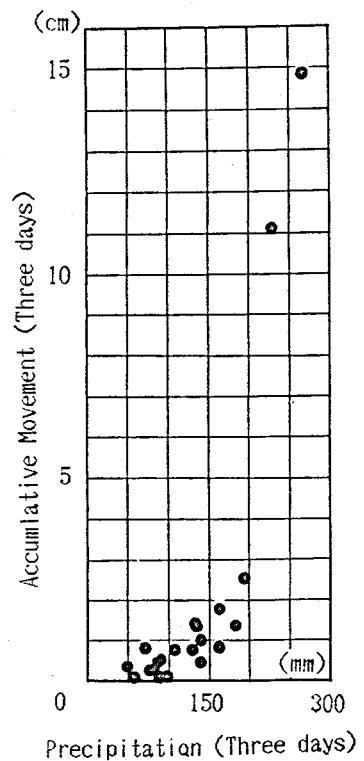


図4 3日間降水量と3日間累積移動量

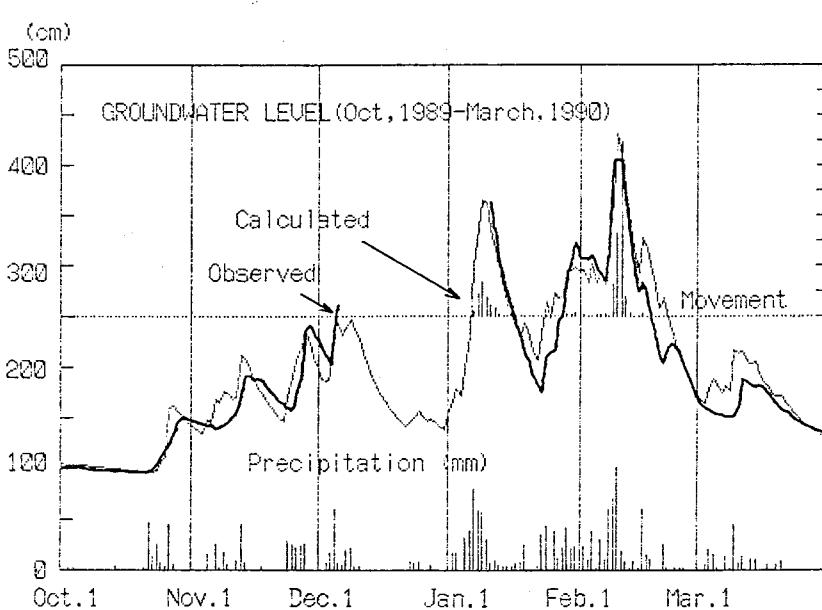


図5.a 地下水位変化と日降水量、日移動量の関係

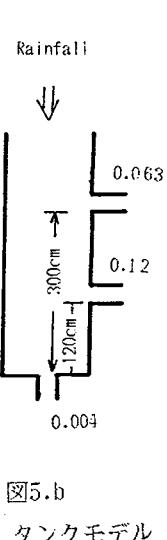


図5.b  
タンクモデル

## 5. 地下水位変化と降水量、地すべり移動の関係

図5.a(前頁下図)は観測期間1989年10月から1990年3月までの降水量、地下水位ならびに移動量の関係を示したものである。そのうち地下水位は1989年11月6日～1990年1月9日までの間 機器の故障により欠測しているため、タンクモデルを持ちいてシミュレーションを試みた<sup>3), 4)</sup>。図5.bに計算に用いたモデルを示す。計算では10月初期の降水量90mm分は乾期の状態で土層が乾燥しており、湿潤状態になるために消費されるものとした。その他、乾燥状態ならびに湿潤状態の土層有効空隙率をそれぞれ 0.102、0.08、初期地下水位は1m、土層厚さは5.1mとして計算した。その結果、図5.aに示すようにほぼ観測値に近い曲線が得られた。地すべり移動は地下水位が地すべり境界面からおよそ2.5mを越えた場合に見られる。地下水位欠測期間にも地すべり移動を生じているが計算値から判断するとやはり上述の地下水位を越えている。第4章で述べた3日間降水量50mmはこの限界地下水位の高さ2.5mを越え、ある程度の移動量を生じるのに必要な量と思われる。図6は2.5m以上の地下水位と移動速度(cm/day)の関係を調べたものである。ここでも移動速度は地下水位に比例して増加するが、ある値を越えると移動速度が急激に増加する傾向を示している。

## 6. おわりに

本報告では日降水量、日移動量データをもとに季節的地すべり移動の特徴を述べ、短期間の降雨量に対する移動量の概略予測、また、タンクモデルを用いた斜面内の地下水位の推定や地下水位から移動の可能性を吟味することが可能であることを示した。一方、移動量が降水量や地下水位に比例して非直線形で増加することを述べるにとどましたが、次の機会には上述の諸傾向の物理的解釈と降雨を関数とする地すべり運動のモデル化を検討したい。

地すべり地のデータ解析・現地調査にあたってオレゴン州立大学大学院生 Bernard Wong 氏には多大な援助をしていただいた。ここに記して感謝します。

### <参考文献>

- 1) J.D.Graham(1986): Mass Movement Dynamics, Geomorphology and Their Relationship to Geology in the North Fork Siuslaw Drainage Basin, Oregon coast Range. Master's Thesis, Oregon State University, 100pp.
- 2) Bernard Wong(1991): Controls on Movement of Selected Landslides in the Coast Range and Western Cascade, Oregon. Master's Thesis, Oregon University.(Unpublished)
- 3) 奥西一夫・中川鮮(1977):高知県繁藤地区の大規模崩壊について(その2) -崩壊に対する地下水の効果-. 京大防災研究所年報 第20号B-1, 223-236.
- 4) 菅原正巳(1972): 流出解析法.共立出版社, 121-140.

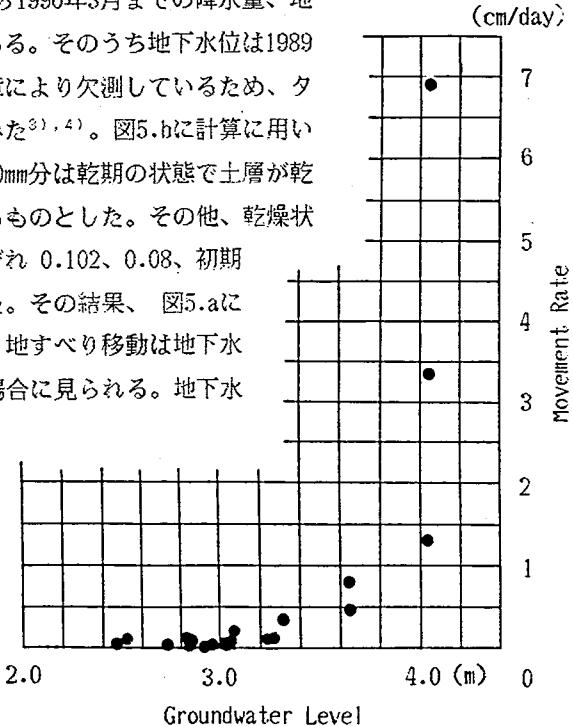


図6 移動速度と地下水位の関係