航空写真による地すべり地形の研究 (Ⅲ)

高 谷 精 二*

The Study of Landslide Topography used Aerial Photographs

by Seiji Takaya

〔焼山地すべり〕 (図-17)

相沼内川の北岸にあたり、面積は約250haに及んでいる。明瞭な滑落崖、隆起地塊またそれらにある沼など、典型的な地すべり地形を呈している。ここは鈴木(1964)によって、長崎県生月島の地すべりと同じような形態をもつことが指摘されている。

(イ) 滑落崖

滑落崖は頭部と左右にみられるが、連続しているものではなく、互いに重なっている部分、滑落崖の中ほどに生じているものなどがあることから、これらが一時的に構成されたものではないといえよう。

また図中の滑落崖の下側にみられるように、滑落崖の中に平坦面を有しているものもあり、地すべりの移動形態には大規模な移動の他に、部分的で小規模な地塊の下降移動があることを示すものであろう。相沼内川に面し

た部分には滑落崖があるが、これは川による洗掘のためである。

(ロ) 隆起地塊

頭部滑落崖の下部に大規模な隆起地塊がある。これは縦断面図からも示されるように比高も大きい。したがってこの隆起地塊は豊浜地すべりのところで述べたように、大きな地塊の下方移動が急激に生じたことを示すものであろう。ケスタ地形上の地すべりは、形態的には Sharpe (1938) に示された Rockslide にあたるものである。すなわち、運動を水平成分と垂直成分に分解して考えると、前者の方が大きい。そこに対し、焼山地すべりや豊浜地すべりのように、滑落崖の下に隆起地塊をつくるものは、垂直成分の運動量が大きいといえることができる。小規模な隆起地塊は、これらの一つ一つがブロックとなり、小規模な下降運動をしていることを示すものであろう。相沼内川に面した隆起地塊は、従来「末端隆起」として述べられてきた地塊の押し出し部である。

(ハ) リニアメント

リニアメントは、上部滑落崖と隆起地塊の間に一群があり、上部の隆起地塊の下側にもみられる。これらは連続した樹冠の欠如、シャドーマークなどである。またリニアメントの成因が地塊の移動による地表変動と、それによる植生の変化であることから、リニアメントの方向は、地塊の移動方向を推定する一つの情報といえる。

〔冷水地すべり〕 (図-18)

この特徴は、地すべり地形を呈する面積は非常に大きにもかかわらず、滑落崖は不明瞭で規模も大きくない。また水系の発達が良い。隆起地塊は地塊が下方に移動して、一時的に停止したものであるから安定したものではない。したがって、時間の経過とともに比較的にはやく侵食をうける。また滑落崖も、安息角を越えた急傾斜をしているので、同様に侵食をうけ、水系の発達が容易な条件下にある。しかし地すべり運動により、その地域が連続または断続して移動している場合は、水系の発達はさまたげられる。このことから、滑落崖や隆起地塊が侵食され、明瞭な形態をもっていないことは、それらが造りだされた後、長時間を経たものであるといえるだろう。したがって、地すべり地の水系が発達していることは、この地域が、長い期間動いていないことを示すものであろう。これは、次のように考えられる。

図-17 焼山地すべり

* 愛媛大学理学部地学教室

図-18 冷水地すべり

図-19 地すべり地の水系

滑落崖が不明瞭
隆起地塊の破壊】—長期間の経過

水系の発達地——すべり運動の停止

ここでいう「地すべり運動の停止」は、永久的な停止を意味するものではなく、少なくとも水系が作りだされるのに要する時間ということである。

これまで、航空写真による地すべり地の判読には、水系の異常が一つの指標にあげられていたが、これは地すべり地内の水系を指すものではなく、周辺部の水系のことである。ここではその一例を示した(図-19)。地すべり地内に生ずる谷の横断形は、幼年期の谷形である。

III-2 蛇紋岩地帯

対象とした蛇紋岩地帯は、北海道大学・中川地方演習林内に分布するものである(図-20)。同演習林内における蛇紋岩の分布はひろくないが、ここには多くの地すべり地形がみられる。対象とした蛇紋岩地帯は2箇所でおのおのパンケナイ沢源流部、頓別坊川左支源流部である。〔パンケナイ沢源流部〕(図-21)

図は航空写真より地すべり地の微地形と、水系を判読したものである。縦断図はおのおの縦1/2000、横1/5000のスケールで作図した後、縮小し図中に挿入したものである。

蛇紋岩地域における地すべりは、第三紀層のものと比較すると、滑落崖の傾斜はゆるくあまり明瞭ではないかまた反斜面がないことも特徴で、この地域にみられたのは、図の中央部にある(○)のみであった。それも傾斜はゆるく、第三紀層におけるような急な反斜面はみられない。これは、蛇紋岩地域における地すべりが、急激な下降を行わず、緩慢な運動をしているためであろう。このことは、同演習林内の地すべり地における、土の物理的性質について述べた新谷(1966)によれば「 I_f (流動指数) が大きいことは、塑性限界値におけるせん断抵抗が大きく、含水変化に鈍感であり、乾燥とともに抵抗が増大する割合が小さく、同時に含水大となると、せん断抵抗が減少する割合も小さいことを意味し、急激な地すべり運動はおこさないであろう」と説明している。

反斜面の形成については、前章で模式的に、物体の落下法則に従い $M/2(v^2-v_0^2)=Fh$ が考えられることを述べたが、 Fh は運動エネルギーの消費量をあらわすから、 v, v_0 の差、すなわち地塊の落下速度の変位量に決定される。したがって、蛇紋岩地域において反斜面のないことは、 v, v_0 の変位量が小さく緩慢な運動をしているといえよう。

(○)に示されたように、滑落崖が円弧状でなく、下部の水系模様が平行状のものは、地すべりによって地塊が下方へ移動堆積した後、侵食をうけ現

図-20

在のような形態を示すものであろう。図-22(頓別坊川左支流源部)に同様な形態をもつ水系の断面形を示したが、これは幼年期の谷形である。水系は必従谷で、このような形態をもつ地すべり地は、発生後長期間、少なくとも谷の開析期間は移動しなかったものといえる。

リニアメントは、溪岸に沿って多くみられるが、これらは大部分が、樹冠の欠如部が連続したものである。リ

ニアメントは、地表変動が植物社会に影響を与え、それが写真上に記録されたものであるから、溪岸にある多くのリニアメントは、小規模な地すべりが繁殖に起っていることを示すものであろう。

III-3 要 約

地すべり地の地表形態を、四つの基本型に分けて、これらをおのおの第三紀層地域と蛇紋岩地域へ適用してみた。これらをまとめみると、次のように要約できる。

1. 滑落崖

滑落崖における大きな違いは、第三紀層では明瞭な形を記録しているのに対し、蛇紋岩では不明瞭なものが多い。もちろん地すべり地形にも、形成された後の破壊の過程として、おのおの「時階」が考えられるから、一概に比較できないが、水系の発達度や植生の被覆などを考えれば、大まかな対比は可能であろう。

第三紀層では、大規模な滑落崖にかこまれた中に、小規模な滑落崖や隆起地塊がある。このことから東(1964)のいう「大移動と二次的な小移動」があることが考えられる。一方、蛇紋岩地域においては、一つの滑落崖にかこまれた地域内での、地形的変化はあまりなく、比較的単調な運動をしているといえる。

2. 隆起地塊

第三紀層においては、滑落崖の規模に対応して、多様な隆起地域がみられる。隆起地塊の形成については、地塊の運動エネルギーの消費量と考えると、模式的に $M/2(v^2 - v_0^2) = Fh$ が考えられる。 M を一定とすると、 v_0 と v との差が Fh を決定し、 Fh は隆起地塊の大きさを表現することになる。蛇紋岩地域においては、隆起地塊はほとんどみられないが、これは v と v_0 の差が小さい緩慢な下方移動をしているといえよう。

3. 平坦面

第三紀層においては、いろいろな規模のものがあ、形態も一定していない。一方蛇紋岩地域ではあまりみられない。地すべり地内の平坦面は、地すべり運動の過程で、比較的急な変化を受け普遍的なものではない。

4. リニアメント

蛇紋岩地域においては、針葉樹の樹冠欠如部が多く、場所も溪岸の山腹上方に集中していた。また第三紀層地域では、広葉樹の樹冠が連続したものであった。リニアメントは、地表変動の植物による表現形態であるから、地塊の移動方向の指標とすることができる。

図-21 パンケナイ沢源流群の地すべり地形分布

図-22 傾別坊川左支源流部

おわりに

地すべり地形の研究に、航空写真を利用することは、鳥瞰という新しい視点をえること、さらに地すべり地の面的なひろがり、人間の視野をこえているという点から非常に有効である。しかし航空写真は、あくまで間接法であって現地調査の完全な代用とはなりえない。航空写真がその有効性を発揮するのは、対象とする現象を観察する段階と、把握した現象を演繹する過程においてであろう。デカルトは「事実の真理を追求するには、方法が必要である。」と述べたが、一つの方法は、その有効性自体に限界性をも包摂しているものである。ある現象の研究において、一つの研究方法は唯一絶対視できるものではなく、常に一定の限界性を内包していることを、意識しなければならないであろう。

本文は筆者の修士論文に若干加筆したものであるが、この間、直接的間接的に御指導いただいた方は、枚挙にいとまがない。その中で特に研究史の章では、京大防災研究所教授・山口真一先生、同助教授・高田雄次先生、航空写真測量については、北大農学部森林経理学研究室

教授・谷口信一先生、また現地での適確な観察に基づいた有効な助言をいただいた砂防工学研究室助教授・東三郎先生に感謝したいと思う。そしてさらに、このような研究の機会を与えていただいた、あらゆる日本人々に感謝し、研究が単なる研究におわるのではなく、なんらかの実践的意味を見いだすべく努力してゆきたいと考えている。

参考文献

- (1)芥川真知, 他 (1965) 空中写真による地すべり地形の判読 土木試験場報告
- (2)安藤武, 他 (1963) 愛媛県上浮穴地方の地すべり調査 地質調査所月報 Vol. 14 No. 8
- (3)新谷融, 他 (1966) 中川地方地すべり地における地すべり土の物理的性質について 第77回日本林学会
- (4)Cardoso, A.E. (1959) Calculating the Area of a Traverse from areal Photographs by means of the Parallax Wedge, the Parallax Bar, and an Engineering Scale Photogrammetric Engineering Vol. 25 No. 3
- (5)Church, A (1948) Elements of Photogrammetry Syracuse University Pres.
- (6)Disshaw, H.E. (1967) Massive Land Slides Potogrammetric Engineering Vol. 33 No. 6
- (7)瀧本正隆 (1964) 航空写真判読によるリニアメントとその解析 Vol. 3 No. 2
- (8)藤原滉一郎, 他 (1965) 地すべり地の地形的特徴と空中写真判読の指標 林学会北海道支部講演集
- (9)藤原滉一郎 (1966) 航空写真による音別川流域の地すべり分布 林学会北海道支部講演集
- (10)藤原滉一郎, 他 (1963) 1962年10月乙部村に発生した地すべりについて——その附近の水みちについて—— 林学会北海道支部会講演集
- (11)船田嗣寿 (1968) 地すべり地に植栽されたトドマツ幼樹の伸長不齊 北大農学部卒論
- (12)東三郎 (1965) 年輪にきざまれた地表変動の歴史 林 (北海道林務部)
- (13)東三郎, 他 (1965) 地すべり地における針葉樹アテの形成 新砂防 No. 57
- (14)東三郎, 他 (1967) 地すべりに関する樹木年代学的考察 新砂防 No. 64
- (15)東三郎 (1968) 木古内川流域治山調査報告書 水利科学研究所

- (16)東三郎 (1968) 常呂川流域の森林構成と荒廃の特性常呂川流域保全調査報告書 (北見営林局)
- (17)平山光衛 (1965) 新潟県神谷における地すべり地形の成因 地理学評論 Vol. 38 No. 12
- (18)平山光衛 (1965) 新潟県東頸城山地および魚沼山地の地すべりの形状 地理学評論 Vol. 38 No. 7
- (19)北海道開発局函館開発建設部 (1963) 昭和37年豊浜地すべり概要書
- (20)北海道開発局土木試験所 (1963) 二級国道小樽江差線爾志郡乙部村豊浜地先道路災害調査報告書
- (21)北海道 (1967) 北海道の地すべり
- (22)本間不二夫 (1928) 山崩れおよび地すべりの特徴と其の重要性 地球 Vol. 14 No. 4
- (23)市瀬由自 (1964) 写真判読による地すべり地の地形学的研究 資源研究所彙報 No. 62
- (24)門村浩 (1968) 空中写真による軟弱地盤の体系的解析 地理学評論 Vol. 41 No. 1
- (25)門村浩 (1965) (1966) 航空写真による軟弱地盤の判読(1), (2), (3) 写真測量 Vol. 4 No. 4 Vol. 5 No.1, 2,
- (26)桂島茂, 他 (1967) 新潟県松之山地すべり地形の考察——空中写真図化による——写真測量 Vol. 6 No. 2
- (27)小出博 (1955) 日本の地すべり 東洋経済新報社
- (28)黒田和男 (1964) 能登半島基部地すべり地帯の地形発達 地すべり Vol. 1 No. 2
- (29)黒田和男, 他 (1967) 北松型地すべりの写真判読とその問題点について 写真測量 Vol. 6 No. 2
- (30)Lueder, D.R (1959) Aerial Photographic Interpretation—Principle and applications—McGraw Hill
- (31)横山次郎 (1932) 大阪府中河内郡堅上村地すべり見学案内 地球 Vol. 17 No. 5
- (32)松下勝, 他 (1963) 北海道爾志郡乙部村字豊浜に発生した「地すべり」について——豊浜地すべりの地質学的考察 北海道地下資源調査報告 No. 31
- (33)松山基範 (1932) 河内堅上地すべり運動観測の結果について 地球 Vol. 17 No. 5
- (34)Melton, F. A (1959) Aerial Photographs and Structural Geomorphology The Journal of Geology Vol. 67
- (35)望月勝海 (1928) 能登半島基部を中心とする地理および地形発達史 地理学評論 Vol. 4
- (36)中村慶三郎 (1930) 山崩の調査 地質学雑誌 Vol. 37 No. 443
- (37)中村慶三郎 (1934) 山崩 岩波書店
- (38)中村慶三郎 (1955) 崩災と国土 古今書院
- (39)中野尊正 (1961) 地形分類—その原理と応用—地質学雑誌 Vol. 70 No. 2
- (40)中野尊正 (1967) 日本の地形 築地書館
- (41)西尾元充 (1963) 航空写真の特殊な利用 地理 Vol. 8 No. 4
- (42)岡重文 (1964) 北信地すべり郡の写真判読 地すべり Vol. 1 No. 2
- (43)岡重文 (1964) 山形県新庄市西方山地の地すべり地形、について 写真測量 Vol. 3 No. 2
- (44)岡重文 (1965) 高知県北部の地すべり地形 写真測量 Vol. 4 No. 4
- (45)佐々木利雄, 他 (1964) 北海道爾志郡乙部村豊浜地先の地すべりについて(上、下)応用地質 Vol. 5 No. 23
- (46)Schulz-Cleaves (1955) Geology in Engineering
- (47)鈴木守 (1964) 北海道の地すべりについて 北方林業 Vol. 16 No. 178
- (48)高谷精二 (1967) 地すべり地の斜面形について—松山支庁爾志郡相沼内地方—林学会北海道支部報
- (49)東木竜七 (1938) 微地形論 岩波講座
- (50)荻荻珠男 (1968) 航空写真による地すべり状況の測定 地すべり Vol. 5 No. 2
- (51)脇水鉄五郎 (1912) 山地の山崩について 地学雑誌 Vol. 24 No. 282
- (52)脇水鉄五郎 (1919) 山崩の原因および種類 土木学会誌 Vol. 5 No. 1
- (53)渡辺貫 (1928) 山崩の分類 地質学雑誌 Vol. 35 No. 421
- (54)山田昌一 (1955) 微細地形解析に関する森林立地学的研究 林野共済会
- (55)山口真一 (1968) 地すべり末端部における川越現象について—(1)— 地すべり Vol. 4 No. 3
- (56)神保小虎 (1902) 本邦の山崩れ地割れおよび押し出しの調査事項および実例目録 地質学雑誌 Vol. 9 No. 102
- (57)神保小虎 (1902) 羽前国大石田地方の山崩 地質学雑誌 Vol. 9 No. 109
- (58)神保小虎 (1901) 山梨, 静岡, 石川三県下の地割れと山崩 地質学雑誌 Vol. 8 No. 93
- (59)Zernitz, R. E (1932) Drainage Pattern and Their Significance Journal of Geology Vol. 40 No. 61