日本アルプス・野口五郎岳付近における小崖地形の成因

清水文健*・東郷正美**・松田時彦***

I はじめに

中部山岳地域の主稜線付近には、稜線に崖面を向け、かつ、それに並走する明瞭な小崖地形がしばしば認められる。本論では、日本アルプスの野口五郎岳(標高2,924.3 m)付近に数多く発達するこの種の崖地形をとりあげ、それらの分布状態や形態・規模などに関する諸特徴について述べる。さらに、それらが、第四紀後期の隆起運動とそれに伴う急速な侵食によって、山体の側方のささえが除去され、それとともに山体自体の荷重によって山体が側方に膨み、そのために、稜線部に生じた正断層による断層崖で、いわば“重力性低断層崖”と呼ぶべき地形であることを指摘する。

高山の稜線部に発達するこの種の地形は、Penck (1894)によって初めて東アルプスで認められ、ドッペルグラデーテ(Doppelgrate)と呼ばれた。日本では二重山稜と訳されている(辻村, 1932 a)。これまで二重山稜の成因を考える場合、崖地形というよりはむしろ山稜に存在する凹地地形という認識から形成過程を論じた研究が多い(例えば、Süny, 1926; Paschinger, 1928)。日本でも、辻村(1932 a)の指摘にはじまり、小林(1955)、式(1962)、相馬(1974)、鈴木(1974, 1975)、檜垣(1978)の研究は、いずれもこの立場からのものである。

一方、地形の主体を崖地形とみなし、山体の大規模な重力による変形に関連づけて問題視する筆者らのような考え方は、外国では、1960年代にすでに示されている(Beck, 1967)が、近年、アメリカ、チェコスロバキア、オーストリア、ニュージーランドの、主として土木地質学の分野で重要視されはじめ、重力による変形に関して詳しい調査研究が行なわれつつある(例えば、Zischinsky, 1969; Tabor, 1971; Nemčok, 1972; Radbruch-Hall *et al.*, 1976)。日本では、このような見地からこの種の崖地形を論じた研究例はほとんどない¹⁾。相馬(1974)は、白馬岳～

朝日岳付近の小崖地形を“線的凹地”という認識にたって成因を検討し、この地域の線的凹地の一部は断層運動によって形成されたものと考えた。また、上本(1978)は白馬岳付近の断層を調査し、白馬岳北方鉢ヶ岳の小崖地形を活断層であるとして雪倉断層と命名し、早乙女岳断層(辻村, 1932 b)の北方延長と考えた。両者の研究は、小崖地形を断層地形と考える点では筆者らの見解と同じであるが、それらを広域的な地殻応力場に直接支配されて生じた地形とする両者とは、以下に述べるように、筆者らは意見を異にする。

本論で取扱う地域は飛騨山脈のほぼ中央に位置し、黒部川と高瀬川の上流域を分けて南北に延びる高度2,800~2,900 m 前後の稜線部にあたる。地質的には、数本のアプライト脈を伴うが、全域北葛型花崗岩と呼ばれる新期の花崗岩から成る(平林, 1971)。

II 小崖地形の形態および分布上の特徴

野口五郎岳およびそれより北へ延びる稜線沿いには、新鮮な小崖地形が数多く発達する。国土地理院林野庁撮影の縮尺2万分の1空中写真の判読と現地調査によって認められたそれらの小崖地形の分布を第1図に示す。

それらの小崖地形は、そのほとんどが長さ数100 m 前後の短い崖で、最も長いものでも1,000 m をわずかに超える程度である。これらの崖が幾つか雁行配列してかなりの長さで続く場合も多く認められるが、その場合でも、その全長は2 km を超えることはない。崖高は大部分数m ないしそれ以下である。野口五郎岳西斜面の標高2,830 m 付近の崖は約8 m の比高を有し、筆者らが空中写真の判読や現地調査で観察した崖の中では最大のものである(写真1)。

比較的崖線の短いものは、一般にきわめて新鮮で見事な眉状の崖地形をなす(写真1)。また、野口五郎岳東斜面の小崖のように、低い崖高を保ちつつかなりの距離にわたって延びる崖(写真3, 4, 5)などにおいても、崖高は崖線の両端に向かって徐々に減少しつつ消滅する傾向が認められる。

* 国立防災科学技術センター ** 法政大学・第二教養部 *** 東京大学地震研究所

第1図 野口五郎岳付近の低断層崖分布図

1. 第2図, 第5図の範囲 2. 第4図の横断面図の位置. M: 三ッ岳 N: 野口五郎岳.
国土地理院発行 2.5 万分の1 地形図「烏帽子岳」を使用.

崖線の平面形状には、直線的なものと、弧を描くものがあるが、大部分は後者のタイプである (第1図). また、第1図に示すように、直線的な崖は主に稜線近くに位置し、逆に、稜線から離れて形成されている崖は弧状を成し、稜線からの隔たりが大きいものほど、そのわん曲の度合いが強くなる様子が読みとれる. さらに、弧状の崖線を呈するものは、三ッ岳西方西斜面にみられる事例 (第1図, 第2図) が示しているように、崖が尾根を横切る場合には、その崖線は常に高度の低い側 (山麓側) に凸状の弧を成し、谷を横切る時には、逆に上流側 (稜線側) に凸状の弧を成す傾向がある.

本地域に認められる小崖地形の崖面は、ほとんどすべて主稜線側を向いており、uphill-facing scarp

である (第1図, 第3図, 写真1~5). 稀に稜線を横切るものもあるが、小崖地形の大部分は、主稜線にほぼ平行し、主稜線の両側に分布している. そこで、稜線に対する崖面の向きや崖線の平行性に注意して第1図をながめると、この地域では、東沢谷支流二の沢の谷頭部と、高瀬川支流西沢の最も北側の支谷の谷頭部を結ぶ線 (三ッ岳の南西側の鞍部を通る北西—南東方向の線) を境に、この線の南側と北側に分布する小崖群は、それぞれ別個のグループを成す. すなわち、南側のグループの小崖地形は、野口五郎岳から三ッ岳南西方の独立標高点 2,792 m を経て、そのまま北方の独立標高点 2,601 m へ延びる稜線に崖面を向けているのに対して、北側のグループの小崖地形は、三ッ岳から烏帽子小屋付近を経て、北

第2図 三ッ岳西方西斜面の低断層崖

a: 空中写真(国土地理院撮影, C B-73-8Y, 2A-9) b: 地形図(5 千分の1「北アルプス三ッ岳付近地形図」(東大地震研究所)) c: A-B 断面図。

- 写真1 野口五郎岳西斜面における典型的な稜線側を向いた低断層崖(標高2,800m 付近)
- 写真2 野口五郎岳西側の岩屑斜面に発達する低断層崖
- 写真3 野口五郎岳東側の岩屑斜面に発達する稜線側を向いた低断層崖(標高2,850m 付近)
- 写真4 野口五郎岳東斜面の標高2,850m 付近に発達するグラーパーン状の凹地地形
- 写真5 野口五郎岳北方東斜面のハイマツ帯に発達する稜線側を向いた低断層崖
- 写真6 野口五郎岳頂上三角点(標高2,924.3 m)から北方へ延びる主稜に発達する二重山稜
巨大な岩塊が散乱する地帯であるにもかかわらず、並走する2列の稜線の間は、向きあった明確な崖地形をなすグラーパーン状の凹地帯となっている。
- 写真7 三ッ岳南西・独立標高点2,792m 付近東斜面を刻む小さな谷を切断する稜線側を向いた低断層崖

第3図 低断層崖の高度分布

X—Y: 野口五郎岳から三ッ岳付近までの稜線 丸印: 各断面を横切る低断層崖の位置. 2.5万分の1地形図「烏帽子岳」を5mm間隔で東西に切った線に沿う地形断面を, 各断面の主稜線の位置をそろえて並べたもの.

第4図 野口五郎岳付近主稜の横断面図

断面の位置は第1図に示した. 矢印は断層の落ちの方向を示す.

方へ延びる稜線に崖面を向けている. それらはいずれも, その分布域が全体として山稜の形に応じて南北に長い紡錘形を成す.

小崖地形は野口五郎岳付近などのように岩塊が厚くおおむ斜面上にも発達している. 基盤岩が露出していない場合でも, 明瞭な崖地形が生じている (写真

3, 4, 6). 例えば, 野口五郎岳の頂上三角点 (標高2,924.3m) 付近では, 小崖は厚い花崗岩の巨礫でおおわれた斜面上に位置し, 岩屑のみで構成され (写真6), 基盤岩の露出はまったくみられなかった.

第1図の範囲内にある小崖地形は, 標高2,250~2,300m 付近以高の稜線部に発達し (第3図), その

1 2 3 M: Mitsu-dake

第5図 東沢谷支谷二の沢における新期堆積物の変位

a: 空中写真(国土地理院撮影, CB-73-8Y, 2A-9~10) b: 地形学図.

1. 稜線 2. 岩屑斜面および裸地 3. 低断層崖, 池および湿地.

分布域は植生の被覆の有無とは無関係である。例えば、ハイマツにおおわれた斜面上にも(写真5), 第2図-aに示すように, 明らかに森林帯内にも形成されている。したがって, 少なくとも本地域においては, 森林限界と崖の形態・規模・発達状況などとの間には特別な相関は認められない。

小崖地形が発達する斜面は, 崖によって分断されてはいるが, 斜面の形態や傾斜は小崖より上方の斜面と下方の斜面がかつては一続きのものであったことを示唆する(写真5, 7, あるいは第2図, 第4図)。また, 崖線の下流側斜面を刻む小谷が, 崖の頂部で截頭され, 風隙をつくっていること(写真7), その上流側斜面上には, その小谷の続きと思われる谷状の凹みが認められ, それが岩屑によって埋積されつつあることから, 稜線側を向いた崖の形成に伴って若い谷が分断された様子が容易にうかがえる。第5図-aは, 三ッ岳の北西二の沢の谷頭部付近の空中写真である。二の沢谷頭部には, 谷を横切り下流側に凸面を向ける眉状の高まりがある。これは角礫を主体とする堆積物で構成されており, その規模や形態の特徴からプロテラスランパート (protalus rampart) と考えられる。この高まりを斜めに横切って北北西方向に延びる明瞭な小崖地形が存在する。このような現在の谷底を横断する崖地形やそのために生じた池や湿地(例えば, 三ッ岳北北西約1 km, 二の沢左岸中腹)は, ほかにも多数認められる。

III 小崖地形の成因について

第II章で述べたように, 野口五郎岳から三ッ岳にかけての稜線近くに数多く発達する小崖地形は, 形態・規模・分布に共通性があることから, 基本的には同一の成因にもとづき形成されたものと考えられる。

本地域の地質は, 一部にアプライト脈を伴うが, 全体的にはほぼ均質な花崗岩で構成されていて, それぞれの小崖の分布に対応するような岩質の差異や地質構造は認められない。加えて, 厚い岩屑でおおわれた斜面上にも小崖が形成されている事実, しかも岩屑そのもので構成された小崖が多数存在することなどから, 差別侵食による組織地形であるとは考えられない。

小崖の両側に分布する地形(主に斜面)は, 前章で述べたように, それがかつては一続きのものであったと考えてよいこと, この小崖地形が後氷期の若い谷底や新しい堆積地形を分断しているという事実は,

それらの小崖地形が一種の断層地形であることを強く示唆している。小崖がしばしば雁行して連なることも, 断層崖とすれば十分あり得ることである。

これらの断層地形は, 小規模で分布が散在的であるばかりでなく, 第四紀後期に変位が累積している形態も認められない。とくに, それらの分布が明らかに稜線付近に限られ, しかもそれらの走向と稜線のそれとの間に明瞭な平行関係があることは, この種の小崖地形が断層地形であるとしても, 局地的な地殻応力に直接支配されて生じたものと推定される。

小崖は一般に稜線をはさんで対面するように生じていて, 崖面はほとんど常に稜線側を向いている(第1図, 第4図)。そして, 多くの崖線は, 第1図および第2図にみるように, 尾根を横切る部分では, 高度の低い側に凸状の弧を成し, 谷を横切る部分では, 逆に上流側に凸状の弧を成す傾向がある。これらの特徴から, 少なくとも弧状の断層地形をもたらした断層は, 稜線側に向かって傾斜する正断層であると考えられる²⁾。すなわち, 稜線部におけるこれらの小崖地形の発達には, 稜線部分の山体がほぼ稜線に直交する方向に伸長したことを意味している。

稜線近くに位置する小崖には, 直線的な崖線をもつものが多く, 稜線から離れるに従って弧状を成すものが多く, かつ, そのわん曲の程度も強くなる傾向がある(第1図)。このことは, 稜線近くに位置する断層ほど断層面の傾きが大きく, 楔状の正断層群の発達を意味している。すなわち, 正断層群の発達は, 山体頂部の伸長を示し, 山体が膨みつつあることを示唆している。

第1図の範囲では, 低断層崖の発達状態から考えて, このような山体の膨み現象が, 野口五郎岳から三ッ岳西方の独立標高点2,792 mを経て, その北方の独立標高点2,601 mに延びる稜線沿いと, それとは別に, 三ッ岳から烏帽子小屋付近を経て北方へ延びる稜線沿いとで, 主に生じていることを示している。このような山体の膨み現象が認められるのは, 位置的には, 西の黒部川支谷東沢谷と東の高瀬川の河谷にはさまれる南北に延びる稜線部である。

前述の二つの主稜線, すなわち, 野口五郎岳のある稜線沿いと烏帽子小屋のある稜線沿いとでは, 後述のように, 小崖地形の発達状態に著しい差異が認められる。しかし, この種の地形の分布高度の下限が両者ともほぼ同じ高度(2,250~2,300 m, 第3図)であることは, 小崖地形が形成されるためには, 第

1に、少なくともその山体が付近の大きな谷の谷底からある一定の大きさ以上の比高をもっていなければならないことを示唆している。また、前述の野口五郎岳付近の小崖地形群は、烏帽子小屋付近のそれよりも、稜線をはさむ小崖地形の分布域の幅が広く、分布密度も個々の崖の長さも大きい。このことは、この野口五郎岳のある稜線では小崖地形の分布下限高度よりも高い部分の山体の体積が、烏帽子小屋のある稜線のそれよりも大きいことと関係があることを示唆している。すなわち、その山稜の河床からの比高が大きく、しかも、ある高度以上の部分の山体の体積が大きいと、小崖地形の発達が良いという関係があるといえよう。

以上の点から、飛騨山脈地域の第四紀における急激な隆起(第四紀地殻変動研究グループ, 1969)とそれに伴う河川の急激な下刻とによって、上記の山体は過傾斜となり、側方のささえを失って、自重による山体の膨みと伸長により、稜線部に正断層を生じたと考えられる。

要するに、これらの小崖地形は、山体の膨みと伸長により局地的に形成されたものであり、その成因は広域的な地殻応力によるものではなく、重力によると考える。そのような成因の低断層崖をここでは重力性低断層崖と呼ぶ。

IV あとがき

日本アルプス・野口五郎岳付近の稜線沿いに数多く認められる稜線側を向いた崖(uphill-facing scarp)の成因について吟味して、それらが山体自体の荷重によって山体が側方に膨むことにより、山稜部に生じた正断層による断層崖であることを示した。この地域では、岩屑生産の激しい稜線付近にも、また、破壊がきわめてすみやかに行なわれるであろう若い谷の谷底においてさえ、新鮮な崖地形が保存されていることから、山体の膨みと正断層の生成は、後氷期に起こったと考えられる。

このような山体の重力による変形(gravitational deformation)は、山体の急速な隆起とそれに伴う河川の激しい下刻作用により、いわば過起伏とも言うべき状態が出現することによって引き起こされると考えられる。本調査地域はそのような現象が起こる条件をもっていると考えられる。なお、この種の“重力性低断層崖”の成因の詳細については、今後さらに具体的な検討を試みたい。

本研究をすすめるにあたって、東京都立大学理学部の貝塚爽平教授をはじめとする「活断層研究グループ」の方々および国立防災センター地表変動防災研究室長の大八木規夫氏に御指導・御批判・御援助をいただいた。とくに、東京大学地震研究所の中村一明助教授、国立防災センターの水谷武司氏ならびに大石道夫氏には、有益なご教示を受けた。これらの方々に深く感謝いたします。

本研究は、1978年度春季学術大会および1978年度砂防学会で発表したものに加筆・修正した。なお、研究費用の一部には、1977年度災害科学特別研究「活断層の分布と地震危険度」(代表者 貝塚爽平)による研究費を使用した。記して感謝の意を表す。

(投稿 1979年11月9日)

(受理 1980年5月10日)

注

- 1) 国土地理院(1976)は、これらの地形を地すべりに関係したものとする点で、筆者らの考えと相通ずるものがあるが、単なる指摘にとどまり、この点についての具体的な議論の過程は何も示されていない。
- 2) 本地域では、その断層面を直接確認できたものはないが、相馬(1974)や上本(1978)が、本地域よりさらに北の朝日岳南斜面および白馬岳北方鉢ヶ岳西斜面で、また、柳町(1976)が木曾山脈の宝剣岳付近で、松岡(1979)が赤石山脈の茶臼岳付近で、それぞれこの種の崖地形に沿ういくつかの地点で、断層露頭を見出ししており、少なくとも、これまでに報告されたこれらのものが、等しく正断層の露頭であることは注目に値する。

文 献

- 上本進二(1978): 白馬岳北方鉢ヶ岳西斜面の新期断層地形。第四紀研究, 17, 171~175。
国土地理院(1976): 『航空写真による崩壊調査法』建設省国土地理院, 372ページ。
小林国夫(1955): 『日本アルプスの自然』築地書館, 258ページ。
式 正英(1962): 赤石山地北部の地形について。辻村太郎先生古稀記念論文集, 224~238。
鈴木郁夫(1974): 赤石山脈南部の高山地形。新潟大学教育学部紀要(自然科学編), 16, 66~85。
鈴木郁夫(1975): 赤石山地南部の線状凹地。式 正英編『日本の氷期の諸問題』古今書院, 112~123。
相馬秀広(1974): 白馬岳北部におけるいわゆる“二重山稜”。地理予, 6, 104~105。
第四紀地殻変動研究グループ(1969): 第四紀地殻変動図。国立防災科学技術センター。

- 辻村太郎 (1932 a) : 『新考地形学』 古今書院, 572ページ.
- 辻村太郎 (1932 b) : 東北日本の断層盆地. 地理評, 8, 641~658, 747~760, 977~992.
- 檜垣大助 (1978) : 飯豊山地山稜部の地形について. 東北地理, 29, 212~219.
- 平林照夫 (1971) : 北安曇誌編纂委員会編「北安曇誌」, 第1巻自然, 第1編地形地質, 25~247.
- 松岡憲知 (1979) : 赤石山脈主稜線付近の線的凹地. 地理予, 16, 6~7.
- 柳町 治 (1976) : 木曾山脈宝剣岳周辺の地形. 地理予, 10, 29~30.
- Beck, A. (1967) : Gravity faulting as a mechanism of topographic adjustment. *N. Z. j. Geol. Geophys.*, 11, 191~199.
- Nemčok, A. (1972) : Gravitational slope deformation in high mountains. *Internat. Geol. Cong.*, 24th, Montreal, Canada, Sec. 13, Proc., 132~141.
- Paschinger, V. (1928) : Untersuchungen über Doppelgrate. *Zeitsch. für Geomorph.*, 3, 204~236.
- Penck, A. (1894) : *Morphologie der Erdoberfläche II*. Bd. Stuttgart, 152 S.
- Radbruch-Hall, H., Varnes, J. and Savage, Z. (1976) : Gravitational spreading of steep-sided ridges ("Sackung") in western United States. *Bull. Int. Asso. Eng. Geol.*, N° 14, 23~35.
- Stiny, J. (1926) : Zur Frage der Doppelgrate. *Zeitsch. für Geomorph.*, 1, 299~301.
- Tabor, W. (1971) : Origin of ridge-top depression by large-scale creep in the Olympic mountains, Washington. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, 1811~1822.
- Zischinsky, Ülf (1969) : Über Sackungen. *Rock Mechanics*, 1, 30~52.

ORIGIN OF SCARPLETS AROUND MT. NOGUCHIGORO-DAKE IN THE JAPAN ALPS, CENTRAL JAPAN

Fumitake SHIMIZU*, Masami TOGO** and Tokihiko MATSUDA***

In the high mountain area of the Japan Alps, there are many scarps invariably facing the ridge, namely uphill-facing scarps on tops and sides of ridges. Similar scarps found in Europe, United States and New Zealand have been ascribed to erosion, slow movement along deep-seated shear plane and tectonic movement. In the present paper the authors studied the formation mechanism of uphill-facing scarps on the slopes of Mt. Noguchigoro-dake and its vicinity mainly composed of granitic rocks.

The uphill-facing scarps of this area cut through the debris slopes and post-glacial deposits. The ridge-top is sandwiched in between the uphill-facing scarps on both sides. Each scarp on both sides of the ridge bears similarities in form, size, distribution and degree of dissection. From these facts the uphill-facing scarps on each side of the ridge are inferred to have been formed by the same mechanism in the same time (probably post-glacial period).

Distribution of the uphill-facing scarps in this area is limited only around ridges. Most of these scarps are nearly parallel to the long axis of the ridge and are incompletely arranged en echelon. The total length of the scarps arranged en echelon is 2 km or less. These facts imply that their formation processes are not controlled by regional stress but strongly

by local gravity.

The uphill-facing scarps run roughly parallel to the contours of slope forms. The scarps near the ridge-tops are short and straight, but those far distant from the tops are long and arcuate convexing upward where the scarps cross first-order valleys on the slope and convexing downward where those cross interfluvial crests. Moreover, the farther from the ridge, the more arcuate. These facts suggest that the fault planes incline to opposite sides of the ridge, namely, normal fault, and that the dips of fault planes near the ridge-tops are steeper than those far distant from the tops.

From the facts mentioned above, the formation mechanism of the uphill-facing scarps on the slopes around Mt. Noguchigoro-dake can be inferred as follows. During the Pleistocene period, rapid tectonic uplift has occurred in these mountain area, with consequent rapid erosion by streams. Therefore, rapid removal of lateral support and the accompanying release of stress has occurred. Gravitational action probably caused tensional spreading of the ridge. As a result, the tension fractures are formed parallel to the long axis of the ridge. Movement along these fractures formed uphill-facing scarps.

It appears that such faulting due to the gravitational spreading takes an important role in the dissection processes of the mountain mass.