

P18 秋吉石灰岩における割れ目と崩壊の関係性

Relationship between Akiyoshi limestone cracks and collapse

乾智美・辻智大

山口大学

はじめに

石灰岩の崩壊については、割れ目の有無や地下水の溶食、岩相境界などが素因となっており、(『秋吉台の鍾乳洞』吉田 2018 より)地表では鉾山の残壁の崩壊、地下においては洞窟の形成などを起こす。秋吉石灰岩は鉾物資源としても、観光資源としても開発・利用されている。そのため、崩落が起こると人命が脅かされる可能性があり、崩壊危険箇所を予測することは急務である。よって本研究では、石灰岩中の割れ目と崩壊の関係性に着目した。今回は崩壊の中でも、地下における崩壊の形態として、洞窟における割れ目と崩壊の関係性について調査を行った。

研究背景・目的

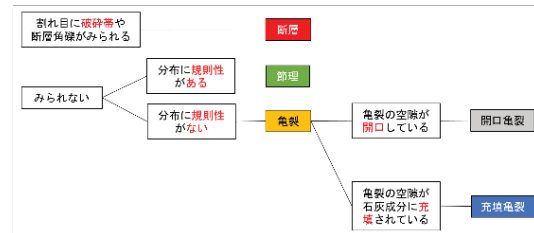
秋吉石灰岩に形成された主要な洞窟である秋芳洞に関して、崩落が形成要因であり、この崩落に断層が関与していたことがわかっている(『秋吉台の鍾乳洞』吉田 2018 より)。よって同地域にある景清洞・大正洞においても洞窟拡大時に断層等が関与していると考えた。しかし、洞窟内の全ての断層・亀裂に崩壊の可能性があるという確証はない。よって、本研究では構造地質的な観点から崩壊に関与する割れ目の特徴を明らかにすることを目的に、景清洞・大正洞における崩壊箇所と割れ目の分布把握を行った。



第1図 洞窟位置図(地理院地図に加筆)

研究手法

研究手法としては、洞窟内でクリノメーターを用いた割れ目の測量を行った後、Stereonet を用いてデータのステレオ解析を行った。また、崩落礫の礫径と分布位置や二次生成物の分布、滴下水が多い位置なども測図に記載し、これらが割れ目の位置との関係性を調査した。



第2図 割れ目の分類図(「岩盤崩壊の考え方」用語集を元に作成)

本研究では、割れ目の定義を「岩盤崩壊の考え方」用語集に則り、割れ目の分類を行った(第2図)。

研究結果

1. 景清洞

景清洞は4か所の崩落部と2か所の非崩落部に分類を行った(第3図)。

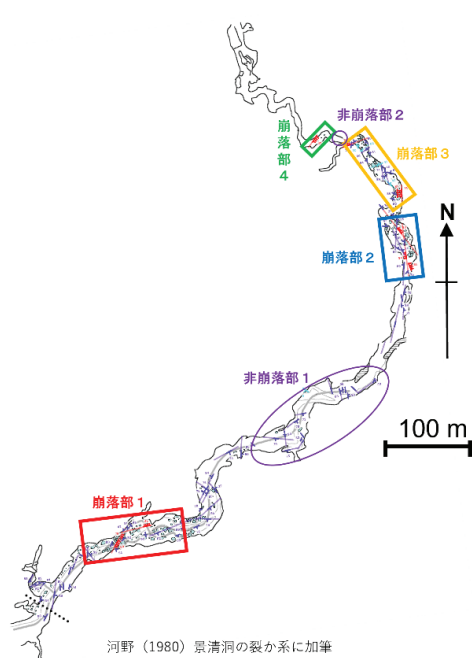
崩落部の特徴として、1本ないし2本の断層と巨大な崩落礫が観察された。崩壊礫は断層直下であるほど3mと大きく、かつ量も多い傾向にある。断層から離れると礫径は30~40cm程になる。崩落部1(Loc. 1)(第5図(a))において、断層が2本観察されているが空間の広さに対して、崩落礫が少ないことが観察された。また、崩落部4(Loc. 10)(第5図(c))において、顕著な複合面構造と幅60cmの破碎帯をもつ断層であるが、崩落礫が数10cmと小さく、ほとんど見られない。崩落部3(Loc. 8・Loc. 9)(第5図(b))において、断層は未発見である一方、多量の崩落礫が斜面を形成していた。

非崩落部の特徴として、断層が見られない傾向が強いことと巨大な崩落礫が見られないことが挙げられる。この傾向は非崩落部1(第6図(a))でよく観察される。しかし非崩落部2(Loc.

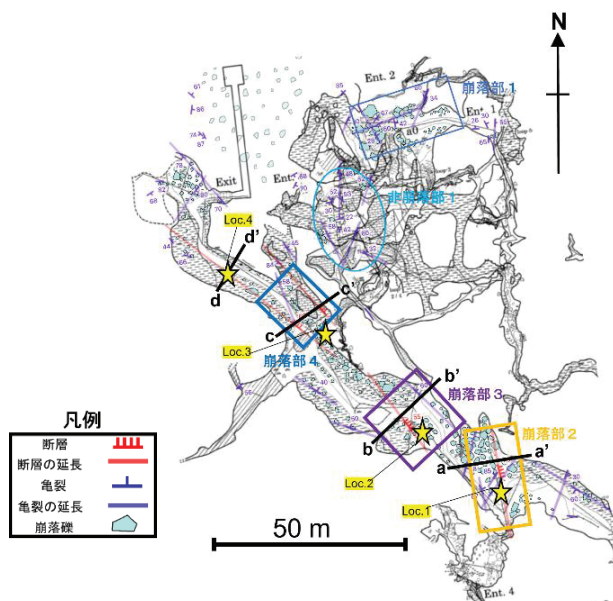
11)(第6図(b))については断層が観察されているが、巨大な崩落礫はほとんど観察されず、10 cm 程の大きさの礫が観察された。

崩落部 1(Loc. 3)(第5 図)において、円礫・土砂を含む河川堆積物が少なくとも 2 m 以上堆積し 級化構造が観察された。1~2 m の崩落礫はこの上位に堆積していた。

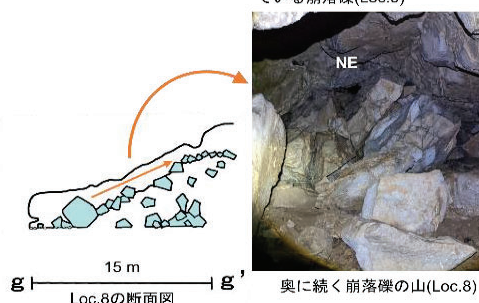
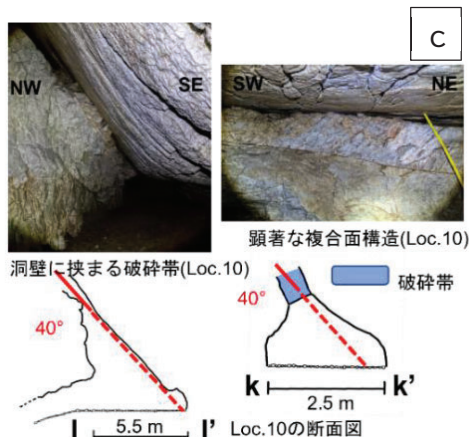
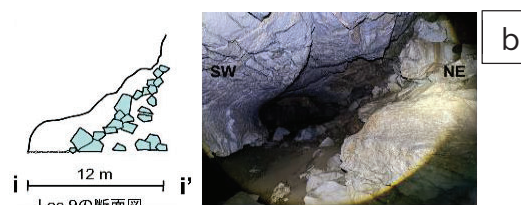
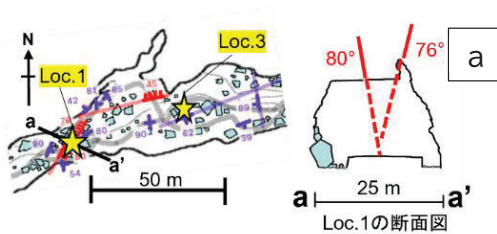
第 7 図には割れ目の走向傾斜をステレオ投影し、極の分布をコンター図で示した。赤が極の密度が高いことを示している。NW 系の高角割れ目と NE 系の高角割れ目が卓越し、断層の走向傾斜と洞窟全体の割れ目の走向傾斜は似通っていた。



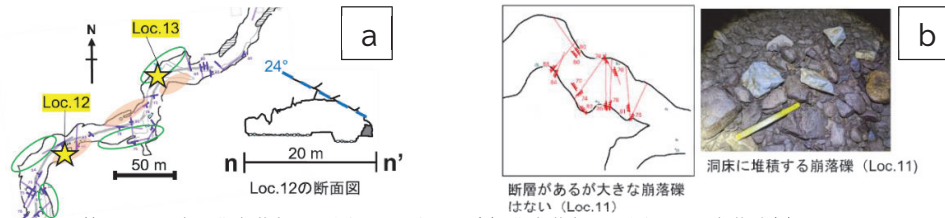
第 3 図 景清洞の測図(河野,1980)に加筆したもの



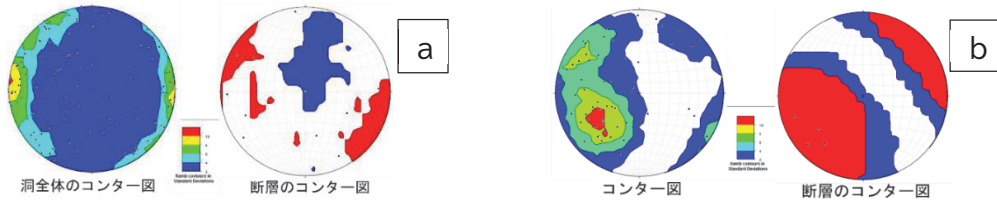
第 4 図 大正洞の測図に加筆(村上,2015)



第 5 図 景清洞崩落部 1 の拡大図と断面図(a), 景清洞崩落部 3 の斜面を形成する崩落礫(b), 景清洞崩落部 4 の断層と破碎帯、断面図(c)



第 6 図 景清洞非崩落部 1 の測量図と断面図(a)、非崩落部 2 の測量図と崩落礫(b)



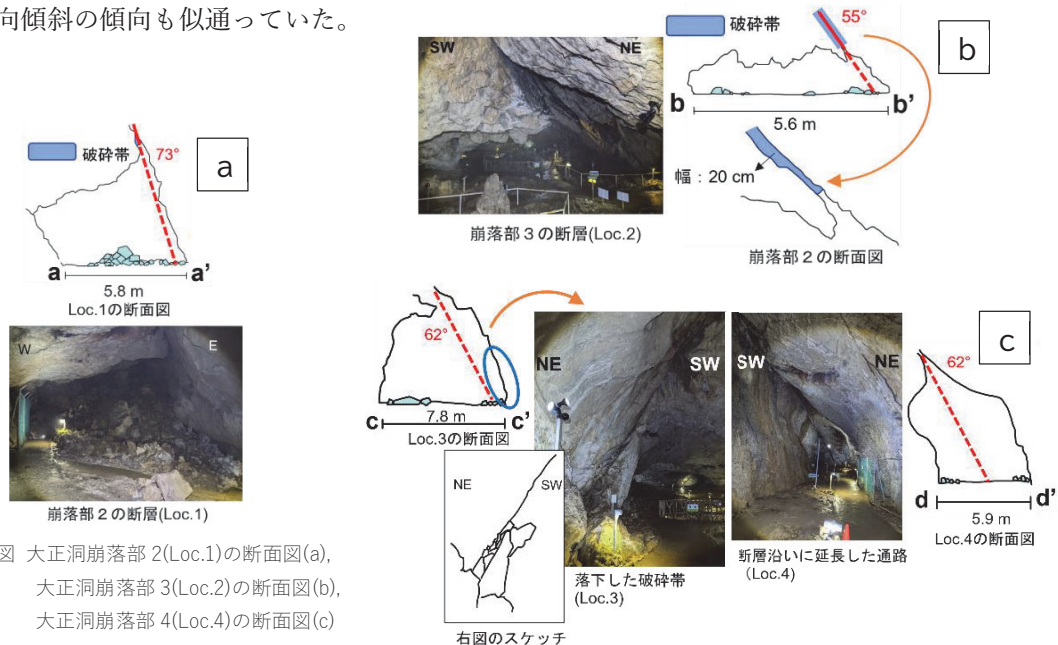
第 7 図 景清洞の測量データ(a) 大正洞の測量データ(b)

2.大正洞

大正洞は 4 か所の崩落部と 1 か所の非崩落部に分類を行った(第 4 図)。今回は十分にデータを取得することができた崩落部 2~4 を示す。

崩落部では景清洞と同様に断層が観察され、断層周縁部には数 10 cm 幅以上の破碎帯も見られた。また、断層直下ほど崩落礫の礫径は 2 m 前後と大きく、量も多い傾向にあった。断層から離れると、礫径は 20 ~30 cm 程になる。(第 8 図)。

第 7 図でコンター図を示す。NW 系中角の割れ目が卓越しており、断層と洞窟の割れ目全体の走向傾斜の傾向も似通っていた。



第 8 図 大正洞崩落部 2(Loc.1)の断面図(a)、
大正洞崩落部 3(Loc.2)の断面図(b)、
大正洞崩落部 4(Loc.4)の断面図(c)

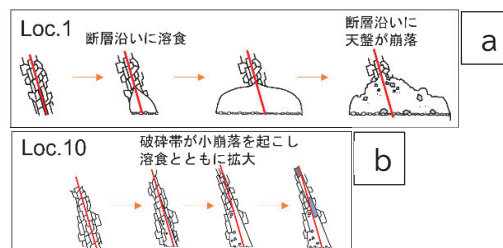
考察

1. 断層と崩壊

現状の調査結果より、断層がある場所は必ず崩壊が起きていることがわかっている。よって断層の存在が崩落を引き起こす主要因であると示唆される。しかし、景清洞非崩落部 2(Loc. 11)(第 6 図(b))では断層があるにもかかわらず崩落が起きている。これは Loc. 11 で見られる断層が小断層であることと、以下考察 3 で述べる空間の広さも関与していると考えている。

2. 割れ目と崩落礫

崩落礫は断層直下や亀裂が交差する箇所を中心に大量に、かつ礫径の大きいものが堆積する傾向にある。よって、崩落礫の分布域や礫径から大まかな断層の位置を特定できると考えた。よって、景清洞崩落部3(Loc. 8~9)(第5図(b))では洞窟の東側に断層があるのではないかと予測している。しかし、断層が確認されたにも関わらず崩落礫が少ない箇所もあった(崩落部1(Loc. 1)(第5図(a))), 崩落部4(Loc. 10)(第5図(c)))。これらは右図の模式図のように空間形成が進んだからだと考えている。

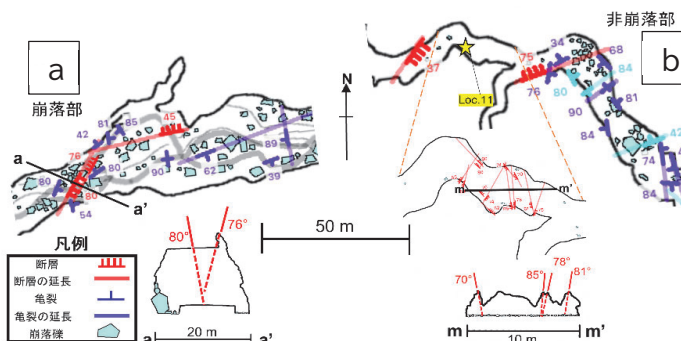


第9図 崩落礫の少ない崩落部における形成過程の模式図。

崩落部1(Loc.1)(a), 崩落部4(Loc.10)(b)

3. 崩壊と空間

第10図では断層を伴う崩落部と非崩落部を示している。非崩落部2(Loc. 11(第6図(b)))は断層があるにもかかわらず崩落を起こしていない。非崩落部の特徴は、断層に直交する方向の空間が狭いこと、小断層で

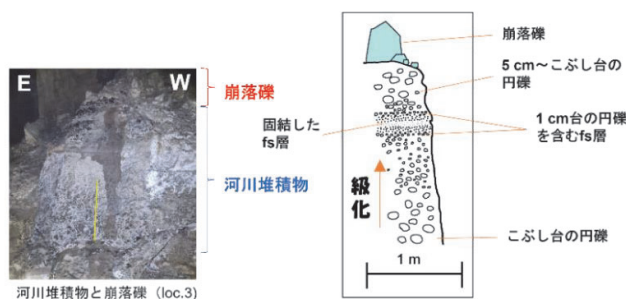


第10図 断層を伴う崩落部の断面図(a)と断層を伴う非崩落部の断面図(b)

あることが挙げられる。現状の情報から、崩落を起こす空間の幅は20m以上、崩落を起こさない空間の幅は10m以下だと仮定している。これより断層の有無とその規模以外に、水平方向の空間の広さが崩壊の起こりやすさに影響を与えていると考えた。

4. 景清洞の崩落時期

景清洞崩落部1(Loc. 3)(第5図(a))において、堆積物の層序から、天盤の崩落が土砂の堆積より後であると考えられる。



第11図 景清洞崩落部1(Loc.3)の堆積物

左図のスケッチ (loc.3)

まとめ

現段階では景清洞と大正洞においての限定的な内容になるが、断層の有無が崩落に大きな影響を与えていることを確認することができた。また、断層以外に崩落を引き起こす要因として、断層の規模と断層が確認される空間の水平方向の広さの2点を現在検討中である。

引用文献

- ・村上崇史他,2015,国指定天然記念物「大正洞」と「犬ヶ森の穴」の連結,および新たに発見された空間について,洞窟学雑誌,40巻,1-14
- ・河野通弘,1983,景清洞の形態等に関する調査,山口ケイピングクラブ会報,19号,13-16
- ・河野通弘,1980,秋吉台の鍾乳洞-石灰洞の科学-,帰水会,20-24,81-116,146-168
- ・吉田秀典他,2008,鉾山残壁の崩壊事例の調査と安定性の検討,土木学会論文集,Vol.64 No.1,57-66
- ・土木学会(2004)「岩盤崩壊の考え方」用語集(rock-jsce.org/slope/html/sec00/04/index.html)