

洞窟測量講習テキスト Rev.10.0 '23. 9. 10

石川 典彦

地図とは、「天体の表面または内部に関する事象のうち、一の特定できるものについて記号、文字など一定の表示法により縮尺化して平面等に表示したもの」と物の本に書いてあります。また、地図を作製することにより、その場所の地形や植生等いろいろな情報がわかります。もちろん、洞窟の地図にも同様に、洞窟の形状や、洞内の状況など、いろいろな情報が描かれています。では、そのようないろいろな情報が詰まった地図をどのようにして作るのでしょうか？ そこで、洞窟測量講習では、洞窟測量についての全般的な知識と技術を学んでいただきたいと思います。講習会という限られた時間の中ですべてを理解するのは難しいと思いますが、最低限測量というものはこんなものかというぐらいは、感じていただければと思います。

§ 1 どうして測量するのか？ —その目的—

”洞窟の地図を作る”この一言で終わりと言いたいところです。しかし、地図を作成すること以外にいくつか目的があるのです。ケイパーのほとんどが、報告書に載せるためだけに測量していると思います。そのために、測量をする意味が失われがちです。でも、よく考えてみると、洞窟を測量するということの目的には、次のような事があげられます。

洞窟を測量するということは、

- ①洞窟の形状があきらかにする。
平面図と縦断面図により、全体的延びの方向やレベルを把握することができ、未知空間探査のヒントとなる等々。
- ②洞窟内の状況をあきらかにする
洞内の地形や二次生成物の状況。
- ③測量結果により各専門分野における研究の基礎資料を提供する。
洞窟地質、水文学等々

というようなことなのです。これがすべてとは言えませんが、洞窟の測量は根気のいる作業なので、目的意識をもってやることです。

§ 2 洞窟測量の方法

洞窟測量の方法としては、次の2方法があげられます。

①平板測量

非常に正確に平面測量ができるが、測量そのものは熟練が必要。そのため、この方法ではほとんどやられていない。この測量方法で書かれた代表的な測図として、秋芳洞の図がある。

②コンパス測量

ごく一般的な方法。コンパスによって洞窟の測点間の方向を測り、メジャーによって測点間の距離、洞幅・天井高等を測って、スケッチによって洞窟の形状、状況を記載していく方法。しかし、スケッチによっては、洞窟形状が不正確になりやすい欠点がある。

以上のような方法が、洞窟測量についてとられています。平板測量については、先にあげたようにあまり使われていないので、講習では、一般的な方法であるコンパス測量についてのみ、説明したいと思います。

通常、コンパス測量においては、洞内では、コンパスにおいて方位と傾斜角を測り、メジャーで、器械高、ポイント高、天井高、洞幅、ポイント間の距離を測り、そして、それぞれのデータを記録し、洞内の形状をスケッチしていきます。スケッチは、平面図、展開縦断面図、部分的に横断面図を書きます。洞内での測量が終わると、データを整理し、スケッチを製図して測量図は完成です。

次章以降では、測量器材、各作業等について説明していきます。

§ 3. 測定の精度

洞窟の測量をするにあたって、できるだけ正確に測るとというのが大前提です。一般の測量では、正確、すなわち精度よく測るために、様々な規程があります。しかし、洞窟測量においては、そのような規程は国内においてはありません。実際、測量がどの程度の精度で行われているかの基準があると、測量の正確さがはっきりします。しかも、測図をみる上でもどの程度正確に描かれているかの目安にもなります。国外においては、英国のケイビング組織、BCRA (British Cave Research Association) やオーストラリアのケイビング組織、ASF (Australian Speleological Federation) 等が洞窟測量の基準を発表しています。

ここでは、2010年8月に正式に決定した国際洞窟学連合のUIS測量基準について説明したいと思います。(下表参照)。

表を見ればわかるように、UIS基準では測量(この場合洞内基線を測ることを意味する)、記載及び品質クラスの三つの項目からなっており、それぞれについて精度基準をランク分けしています。

表記法としては、測量グレード4、洞窟記載2、品質クラス B および C で、「UISv14-2-BC」です。バージョン数(v1)は、測量の履歴をたどるために書きます。

一般に行われている洞窟測量の精度をUIS基準にあてはめると、「UIS(v?)5-4-BF」あたりといえます。

※UIS測量基準

測量グレード

グレード	説明	基線精度	方位角精度	高低角精度	期待精度
-1	利用可能な地図はありません。	—	—	—	—
0	グレードなし	—	—	—	—
1	記憶から描写。縮尺なし	—	—	—	—
2	洞窟の地図は、洞内で予測され、描画、記載されたものから編集して作成される。使用された道具はありません。	—	—	—	—
3	方向は、コンパスによって測られ、距離は、糸、歩測、あるいは体の寸法により測られた。特に必要な傾斜は、推定による。	0.5m	5°	—	10%
4	コンパスとメジャーによる測量。慎重に選点され固定された点を使用する。傾斜は、クリノメータあるいは水平と垂直成分によって測られる。	0.1m	2°	2°	5%
5	コンパスとテープによる測量。調整された器械により方向と傾斜を測り、ファイバークラステープ、綱巻尺または視距儀により距離を測る。	0.05m	1°	1°	2%
6	方向や傾斜を測るのに、検定され、三脚に据えられた器械を使用する。検定された巻き尺、測距儀 (DistoX 型)、精度の良い視距儀により距離が測られる。	0.02m	0.25°	0.25°	1%
X	セオドライトや同等の機能の器械で測量。	特に定めない(注)			特に定めない(注1)

注) 期待精度の意味するところは、縮尺に関わらず絶対値を表し、例えばグレード6の測量では、100mの長さの洞窟の終了地点では、示される座標が1m以内であることを意味する。あるいは、グレード3の測量では、8kmの洞窟での終了地点が、半径800m以内であることを意味する。

(注1) 使用する器械の精度に依存する。

測量記載のグレード

グレード	説明
0	等級なし
1	記憶による図。スケールなし。しかし、大きさや形は、実際と近似。
2	方向と大きさの概略と予測、詳細な注釈は、洞内で描かれた。
3	洞内で描かれた詳細図。縮尺は、考慮に入れてないが、通路の方向は推定できる。重要な細部は、十分な精度で描かなければいけない。
4	詳細図は、測量ポイントを中心に重要な部分を測ることを基本に、少なくともグレード4と同等の等級で洞内で作成された。一般的な洞窟学の重要性のためのすべての項目は、測図でかなりの誤りがないように、十分な精度で示されるべきです。通路の大きさは、測定されている。

品質クラス(Qualifying suffixes)

A	精度検証のための補足的なことはやられていない。
B	測量のループは、閉じられ、調整されている。
C	器械誤差や人為的誤差について、できるかぎり点検し、補正する。
D	測量は、電磁気的な方法で点検調整された。
E	測量データは、手で書き写すものでなく、電子的にダウンロードする。
F	入り口は、正確に測られた。

※補足

グレード-1: データベースの目的の一つ。洞窟の測図は描かれていない。

グレード0 : データベースの目的の一つ。洞窟測量がグレードなしなら、品質は評価できない。これは、歴史的かあるいは、そうでなければ古い測図にとって最も普通に該当する。

グレード3 : 精密な読定ができない比較的簡単な構造であるシルバーコンパスや類似のものは、グレード3の等級にあたいする。点から測量者の点まで図を書くことは、グレード3の精度を得ます。トポフィルで測量することは、グレード3又は4を意味する。

グレード4 : Topofil での測定は、もし、測量に時間がかからず、すべてのデータを正確に読むなら、グレード4を示すかもしれません。レーザー距離計は、グレード4から5に対して使用できる。グレード4の精度を得るために、固定点や非固定点が作られなければならない。それらは、壁に必ずしも必要がない;洞床上で高さをはっきりとした三脚を据えたポイントも同様に信用される。

グレード5 : 調整された" DistoX"、"DUSI"や同様の機能を持った器械は、グレード5に値する。距離測定が調整されたものなら、それらはグレード6に値する。未調整の場合、それらは1で類別されることになっている。垂直の穴で Topofil の使用は、グレード5に値する。グレード5の精度を得るために、測量座標は計算しなければなりません(3次元座標、極座標以外の座標は、定規や分度器より描かれている。)

注) DISTX : ライカ社製ハンディレーザー測距儀 DistoA3 にデジタルコンパスとクリノメーターを組み込んだもの。Bluetoothにより、PDAとデータ通信ができる。

注) DUSI: Digital Underground Survey Instruments。洞窟測量用のデジタル機器。これらについては、以下のURL参照 <http://paperless.bheeb.ch/>

グレード X : セオドライトや他の類似した器械は、測定する技術と同様に多様である。そのため、グレード X の測量はすべて、洞穴の特徴が描かれ、器具の種類を含んでいるに違いありません。また、技術は測量の確かな精度の推定と同様に利用しました。

記載グレード4: 記載グレード3と4の間の主要な差は、グレード4を適用するため、描画には洞穴の縮尺が必要ですが、図上の距離を計算し公表するか、様々な測量をコンピューターの出力装置により描くのかのどちらです。

- SuffixC : SuffixC は、コンパス、クリノメーター、これらの器具を使用する人々は、例外的なことを点検すること明示します。コンパスの磁気異常、クリノメーターの傾斜異常および人の視準線誤差は、比較的一般的です。グレード5に達するために、すべての器具は点検調整をし、グレード5と suffix C はそれゆえ冗長です。可能な点検調整の方法の記述に関しては、<http://www.sghbern.ch/hrh.html> を参照してください。
- SuffixD : 通路の重要地点の特徴の使用はそのキーのロケーションに通知するために使用された、地表面に関しての測定の絶対的な点を確認するために電磁気の(あるいは他のもの)方法によって電波測位されました。
- SuffixE : データは、器具(Distox など)から電子的にダウンロードされて明示されることにより、考えられる転写誤差が除去される。
- SuffixF : Suffix F は、異なる洞穴(入り口が正確に測定されたことを示すこと)を表わす地図、それはグリッド上の絶対的な XYZ データを含んだ洞窟の地図のどちらかで利用されるでしょう。書かれた特徴の補足情報なしで、少なくとも洞穴の中で使用されたグレードによれば洞口の位置の測定技術が作られたことは想定されています。地図から洞口座標の決定は、グレード 1 ~ 3(高品質の図)に適する;グレード3~6の地上測量、そしてグレード3~ X における GPS 記録は、器具と使い方、衛星などの有効性に依存する。suffix F に達するために、少なくともグレード 4 の地上測量、あるいはよい GPS の場所または同様のもののどちらかによって洞口の位置が決定される。

表. 測量グレード、記載グレード、品質クラスにおけるUIS基準

§ 4 測量道具について

洞窟測量において使用する道具には、コンパス・メジャー・スケッチノートがあります。そのほかに、目標用のライトとか測量用ポール等がありますが、ここでは、最初にあげた3つについて説明したいと思います。

◆コンパス

洞窟測量に使用されるコンパスとして、代表的なものを表1にあげる。表1を見て分かるように、どのコンパスも目盛りの精度は同じであるが、測量をするときの精度は、Suunto → GLコンパス → Brunton → ポケコンの順番に精度が良くなります(ただし、GLコンパス, Brunton に関しては、三脚を使用した場合)。これは、コンパスの構造上の問題で、あまり気にすることはありませんが、実際いかに精度良く測量するかは、コンパスを扱う人の腕にかかっています。また、測量のしやすさという観点からだと、ポケコン → Brunton → GLコンパス → Suunto の順番にしやすくなります。

器具	目盛精度	扱い易さ	使い易さ
Suunto	通常 0.5°	簡単	簡単
GLコンパス (クリノコンパス)	通常 0.5°	簡単	簡単
Brunton	通常 0.5°	難しい	場合によっては難しい
ポケコン	通常 0.5°	難しい	場合によっては難しい

表1. 洞窟測量で使用するコンパスの比較表



図1. Suunto コンパス



図2. ポケットコンパス



図3. ブラントンコンパス

ここでは、GL コンパスを除く各 コンパスについての使い方について簡単に説明します。

● Suunto コンパス

Suunto コンパスは、方位角を測るコンパスと傾斜角を測るクリノメータの2種類あるが、図1. のように両方がくっついたものもある。洞窟測量では、両方使用するので、くっついたものが便利であろう。

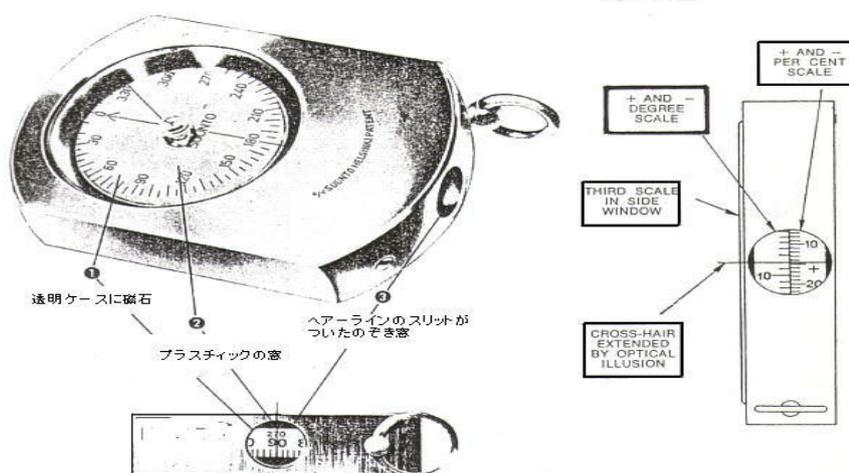


図4. コンパス(左) クリノメータ(右)

図. 4にストコンパスの説明を記す。使用法は、目の錯覚を利用し、コンパスの中心線と、目標を合わせて、その時の目盛りをのぞき窓から読みとる(図. 5)。この時注意することは、視準線(目線)とコンパスの中心線と目標が同一線上にあるということと、ポイントとコンパスの目盛板の中心が一致又はコンパスの中心線の延長線上にポイントがあるようにする。クリノメータの場合は、コンパスと同様視準線とクリノメータの中心線、目標が同一線上にあるようにする。また、ポイントとクリノメータの目盛板の中心が一致するようにする。

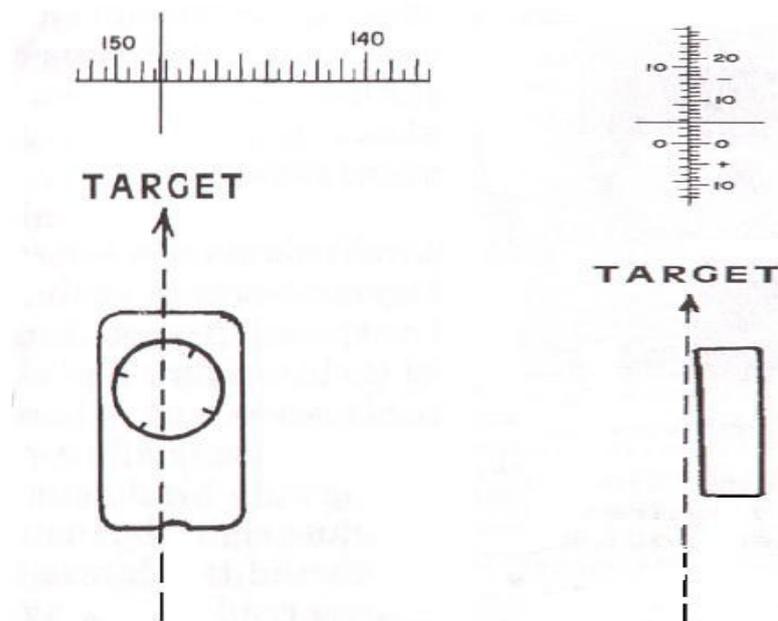


図5. ストコンパスの使用法(左コンパス、右クリノメータ)

●ブラントンコンパス

ブラントンコンパスは、コンパス、傾斜計、水準器・角度計として使用でき、通常の簡易コンパスより、精密に測れる機構を持っている。傾斜計や水準器が簡易機構化されたものに、GLコンパスがある。図6. にブラントンコンパスの説明を示す。

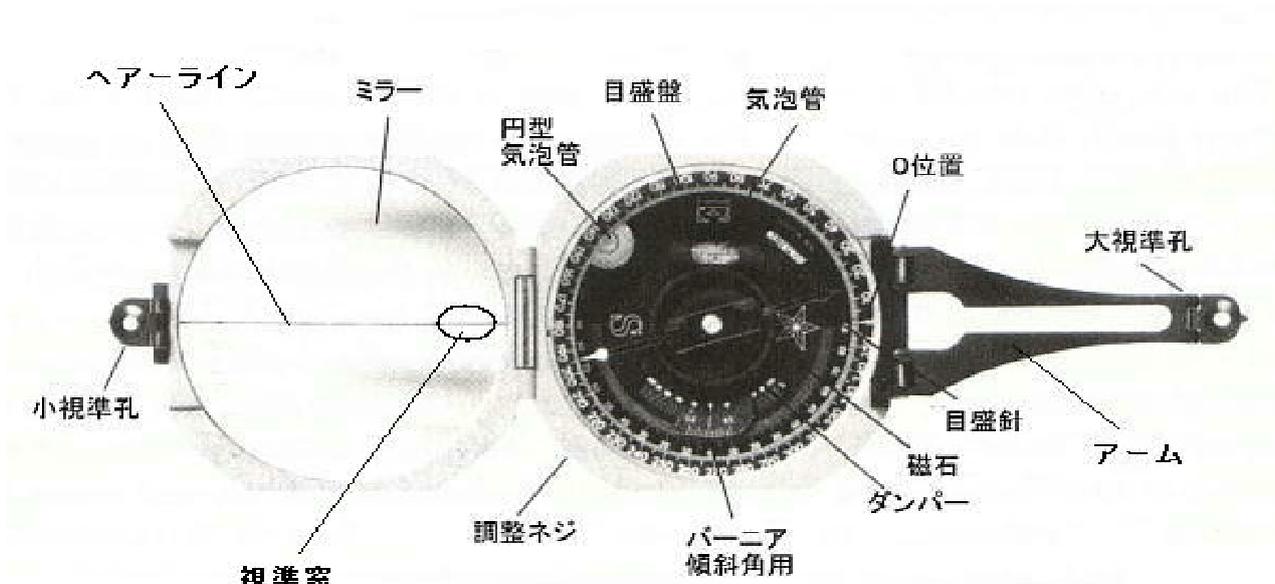


図6. ブラントンコンパスの各部の説明

使用方法は、コンパスと傾斜計についてのみ記す。また、方位、傾斜を測る時に、何通りかの方法があるので、代表的なものだけを紹介したいと思う。

* 方位計測

方位を測る時は、ブラントンコンパスを円形気泡管により水平に持ち、目標とアームをミラーに映し、目標とミラーのヘアライン、アームが重なるようにコンパスを動かす。コンパスを動かす時は、常に円形気泡管に注意して、コンパスが水平になるようにする。目標、ヘアライン、アームが重なったら、

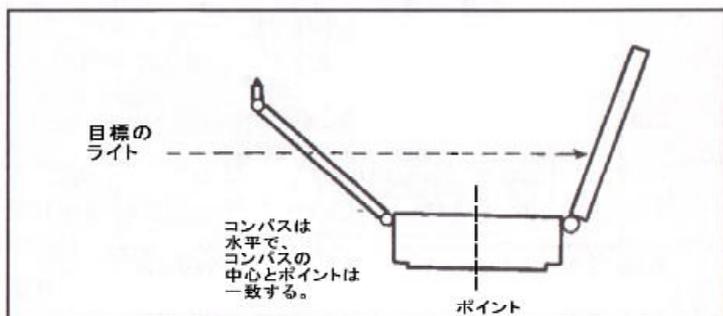


図. 7 方位の計測方法

目盛りが指し示している角度を読む。この時、コンパス中心と測るポイントが一致していなければいけない。方位計測の模式図を図. 7、8、9に示す。図. 7は、上記に説明したブラントンにおける方位の計測での最も一般的な方法の模式図である。図8、9は、応用的な測り方の一例で、目標が高角度の時の方位の測り方である。

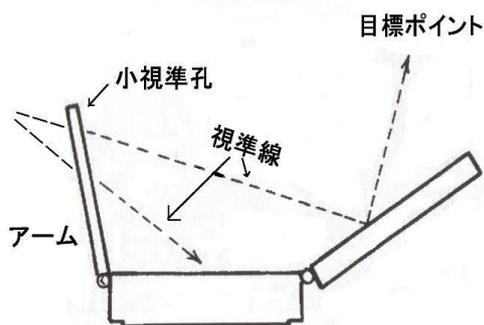


図. 8 高角度の時の方位の計測1

図. 8は、目標ポイントがコンパスポイントよりも高い位置にある場合の計測方法である。

ミラーに目標ポイントを写し、ヘアラインと一致させる。この時、コンパスを水平に保ちながら、アームの小視準孔からミラーを覗いて、ヘアラインと目標が一致しているときに、目盛りを読む。もちろん、この時もコンパスの中心とコンパスポイントが一致していなければいけない。

図9は、目標ポイントがコンパスポイントより低い位置にある場合の計測方法である。

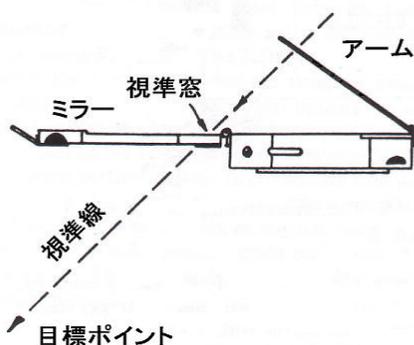


図. 9 高角度の時の方位の計測2

ミラーを水平に倒し、アームの小視準孔から、ミラーの視準窓を通して、目標ポイントが見えるようにアームの位置を調節する。コンパスが水平になった時点で、目盛りを読む。この時、コンパス中心とコンパスポイントは、一致していること。

最後に、方位を測るときの注意事項として、目盛りを読むときは、常に進行方向に対して、ミラー(またはアーム)が、常に自分の手前にあるのかそれともないのかを気にしなければいけない。なぜなら、常に手前にあるときは、そうでないときに目盛りを逆読みしなければいけないので、この注意を怠ると、方位が 180°反転してしまうので、洞窟自体がおかしくなってしまう。

* 高度角計測



図. 10 高度角測定

高度角の計測は、図10に見られるように、コンパスを二つ折りにし、アームの先端を立てて水平にして、大視準孔から視準窓を通して目標を見る。目標を捉えたら、気泡管が水平になるよう、裏側のアームを動かす。気泡管を水平にするときは、ミラー越しにやるので、なれないと難しい。

水平になったら、バーニヤを読んで傾斜角をだす。

● ポケットコンパス

ポケットコンパスは、水平角(方位角)と高度角を測る器具で、一般の測量にも使用される。性能別に4つの型(表2)があり、洞窟に使用する場合は、方位角だけでなく、トランシット機能による水平角が測れるグレードを使用すると、磁気異常がある洞窟にも利用できる。

最上位機種 LS-25 性能としては、磁針による方位角の測定、高低角の測定、トランシット機能による水平角測定、水準測定機能の4つがある。

		LS-25	S-25	S-27	S-28
望遠鏡 気泡管	高感度両面型、5'2m/2m 反射鏡付	○			
視準装置	プリズム正立望遠鏡 倍率 12 × 硝子焦点鏡、口径 18mm/m 全長 120mm/m、視準 2° 40' スタジア乗数 100、加数 15cm ピニオン合焦装置、フード内蔵	○	○	○	○
	直角副視準器、照星照門式	○	○	○	○
水平角 分度	オーバック帰零レバー付 分度径 90mm/m、分画 1° 遊標読み 5'	○	○		
高低角 分度	全円、仰俯角 52°、分画 1°	○	○	○	
	半円、仰俯角 52°、分画 1°				○
磁石盤	有効分度径 70mm/m、分角 1° インダクションダンパー チタン合金製磁針、防湿磁石盤	○	○	○	○
側角微動 装置	ピニオン式鉛直角微動装置 並列式水平角固定微動装置	○	○	○	○
調整 装置	水平、垂直、器体子午線、視準線	○	○	○	○
	両面気泡管	○			

表2 性能と構造

* 各部の名称

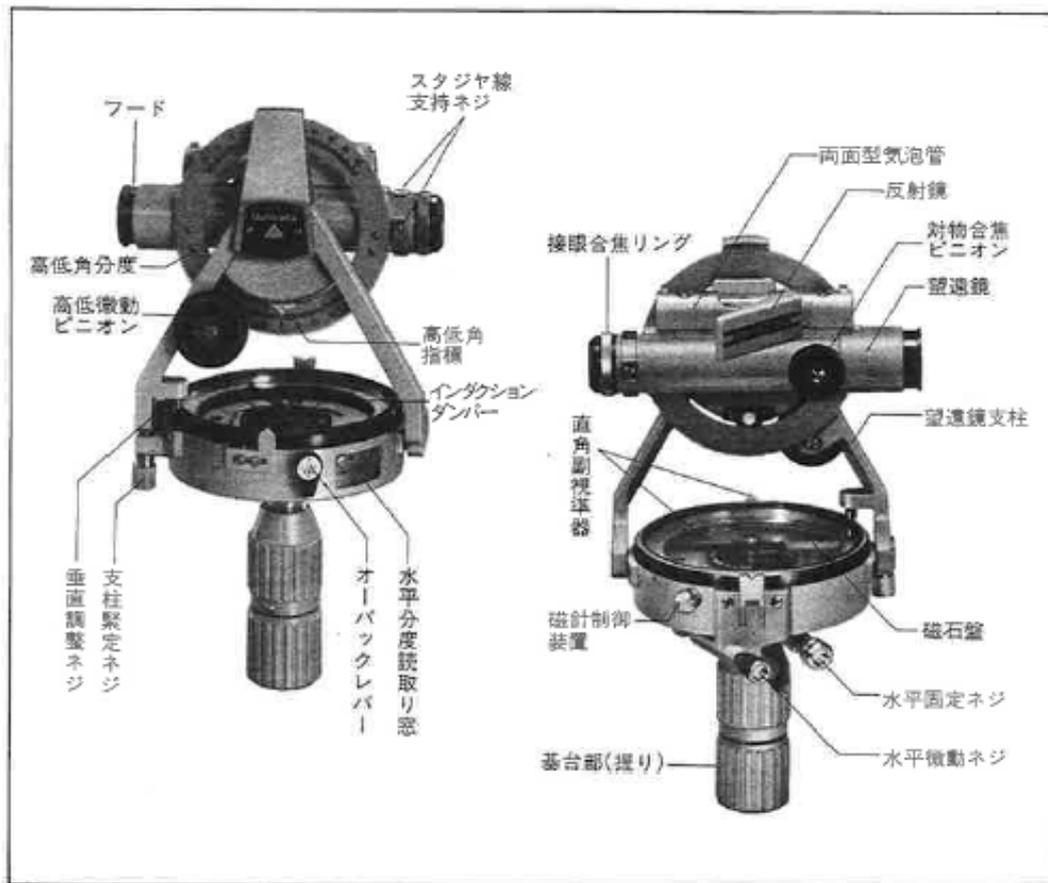
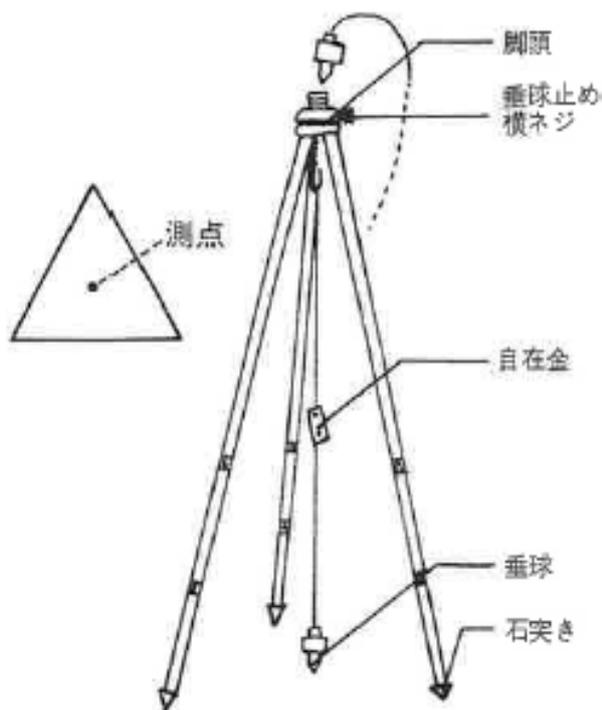


図11 ポケコンの各部名称 (LS-25)

* 使用方法



使用法

● 据付け

- 1 三脚は三つの石突きが測点を中心にしてほぼ正三角形になるように、しっかりと据えます。
- 2 垂球は、脚頭部の保護キャップをかねています。横ネジをゆるめて垂球をはずし脚頭の下フックから下げます。
- 3 望遠鏡の支柱を直角調整ネジが軽く当たるまで起し、支柱固定ネジで締めます。余り強く締め過ぎますと視準面の鉛直度に狂いを生じますので、必要以上に締めつけてはいけません。

図12 ポケコンの使用法

◆メジャー

表3に洞窟測量に使われるメジャーをまとめた。一般によく使われるのは Eslon Tape (Eslon は商品名で、それが通称名となってしまう。表では、Fiberglass Tape の項にあてはまる。)で、これは安価で、洞窟環境に強いという特徴がある。距離を測る精度としては、EDM (Electronic Distance Meter)以外はほとんどかわりはない。

器具	目盛精度	扱い易さ	洞窟への影響
Steel Tape	とても良い	とても簡単	注意すれば無し
FiberglassTape	とても良い	とても簡単	注意すれば無し
Topofil	ある型は、端数部分が読めない	とても簡単	洞内に糸を捨てる
EDM	高精度	簡単	無し

表3. 洞窟測量で使われるメジャーの比較表



← 図14. EDM (Electronic Distance Meter)光波測距儀



↑ 図13. FiberglassTape (エスロンテープ)

◆スケッチノート

洞窟測量に使用するスケッチノートは、洞窟の規模・スケッチをするときの縮尺や洞窟の環境によって選ぶ。一般によく使われているのは、普通の方眼紙であるが、Wetな洞窟では防水の紙を使用した方がよい。また、小縮尺でスケッチをするときは、外国でよく使用されている SURVEY - NOTE を使うと、ノート自体がコンパクトなので測量がやりやすい。ただ、不慣れな者が大縮尺(1/100のような細かい)測量に使用した場合、各ページ断片的なスケッチとなってしまう、コンパス読み違いを現場で指摘することが難しくなるので注意。

また、通常方眼紙を使用するときは、3枚1組で使用するとよい。1枚目に測量データ、2枚目に平面図、3枚目に縦断図という具合に使用すると、あとあと整理がしやすい。

§ 5. 測定の誤差

どんな測定でも誤差はつきものです。この章では、洞窟測量における誤差について考えていきます。

◆ 誤差の種類

一般的に、測量における観測値、真の値ではない。すなわち近似値である。この時、観測値Lと真値Xとの差を誤差Δといい、次のような関係がある。

$$\Delta = L - X$$

また、

$$C = X - L$$

を補正值という。したがって、

$$C = -\Delta$$

の関係が成り立つ。そして、誤差には避けられるものと避けられないものがあり、大別して次の3つに分類される。

① 系統的誤差

条件や状態が同じなら、いつも同じ符号・大きさの誤差が生じ、もし条件や状態が変われば、その変化量に対応しただけ誤差の量も変化するものを系統的誤差という。系統的誤差は、その原因がわかりうるので、観測の方法や計算によってそれを取り除くことができる。また、誤差の要因として次の3つがあげられる。

- (1) 気象的なよるもの
- (2) 器械的によるもの
- (3) 個人的によるもの

② 過失

観測者の不注意や不熟練から起こる誤差で、観測中または計算の際の周到な注意でこれを発見し、取り除くことができる。

③ 偶然誤差

系統的誤差や過失を取り去ってもなお残り、観測者としては誤差であることを知らない、いわゆる不規則的に観測値に伴う誤差のことをいう。

通常、洞窟測量においては、系統的誤差や過失による誤差が含まれやすく、測量時にループの箇所がない限り誤差の程度がわからないので、極力最小限に抑えるよう注意が必要です。

§ 6. 洞窟測図記号

洞窟測量においてほとんどの測図では、洞窟形状だけでなく、洞窟状況(二次生成物、溶食形態等)も書き表されています。この洞窟の状況を表すのに、測図記号が使われます。国内においては、次に示すように、過去にいくつかの測図記号が発表されています。

・横田直吉退職記念出版会 (平尾台の石灰洞 1982)

- 平面 5項目43記号
- 縦断 5項目29記号

・山口大学洞窟研究会 (石灰洞報告集 1996) [現在はUIS記号に変更]

- 平面5項目43記号
- 縦断5項目29記号

その他に、日本洞穴学研究所(石灰洞の研究1979)、地学団体研究会(洞くつの地学1971)、日本ケイビング協会(Japan Caving1969)等が発表した記号があります。

測量においては、どれを使用してもかまいません。ただし、使用した測図記号の凡例は、必ず載せるべきです。

今回の測量講習では、世界標準と言うべき、国際洞窟学連合(International Union of Speleology)の公式測図記号を使用します(資料1)。これは、洞窟測量・記号委員会も推奨し、現在委員会でも、このUIS記号をベースにした学会版の測図記号を作成中です。

学会版の記号ができれば、特に所属団体等で記号を持ってないなら、学会版記号の使用を勧めます。

§ 7. 測量の実際

7-1 基線の取り方

洞窟測量では、なるべく通路のセンターに基線を延ばしていきます(図15)。広いホールなどでは、ホールの形を正確に求めるために、図16の方法がとられます。実際、洞窟の形は複雑なので、洞窟の形状を正確に測るために、臨機応変に基線をとっていくことが大切です。

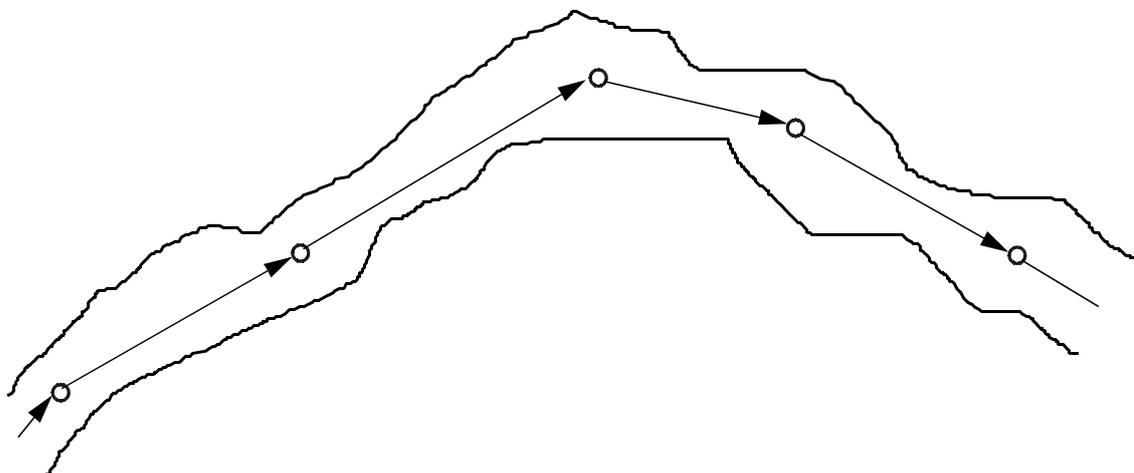


図15. 一般的な基線の取り方

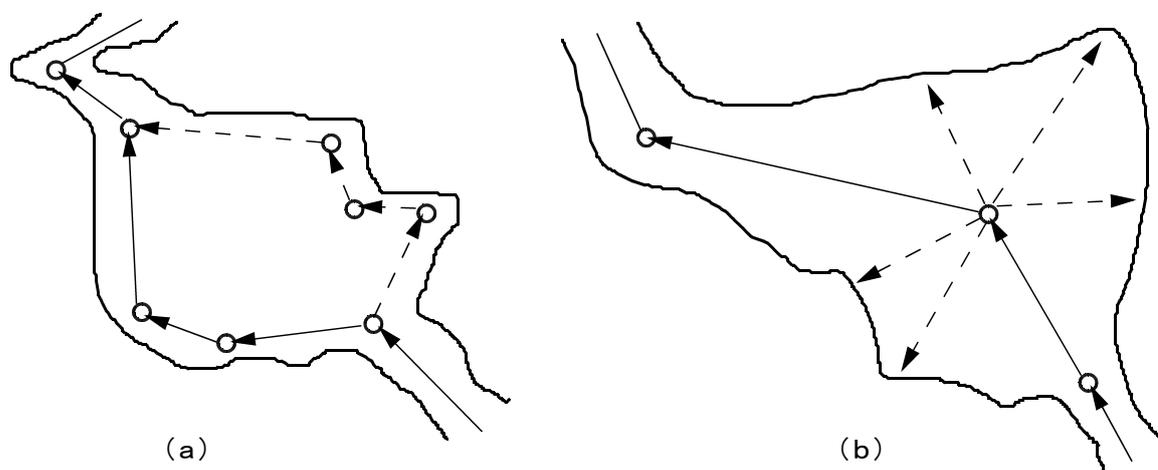


図16. ホールでの基線の取り方

7-2 データの記録

洞窟を測る上で必要な基本的データとして二つあります、一つは、測量データである、ポイント名・方位角・傾斜角・洞窟の幅(右、左)・ポイント高(洞底～ポイント)・天井高(ポイント～天井)・距離のデータです。ただし、洞窟の幅はそのポイントでの最大幅です。表4に測量データの記載例をあげます。

ポイントNo.	方位 deg	傾斜 deg	距離 m	洞幅		ポイント高	天井高
				右	左		
0				1	1.3	1.1	2
0～1	50	-2	4.3	0.5	0.8	0.8	1.5
1～2	20	+10	6	1	1.5	1.2	2
2～3	45	+8	5.4	1.2	2	1.1	2.5
3～4	105	-5	3.6	0.5	1	1.5	5
4～5	67	-1	4.3	0.8	1.1	1.0	3.5

表4. データ記載例(ポイント0が洞口で出発点)

実際測量する上で、表4で示したデータを測るのは容易ではありません。洞窟が単純な形状をしていればいいのですが、だいたいが複雑で変な形をしているのが普通です。それでは、その複雑な洞窟の形をどのように測ればいいのか、以下に例を示します。測量データは、洞窟の形状をよく見て、測量の基本に則って、ケースバイケースで測って行くしかありません。

《データの取り方》

図17. は、測量したときにコンパスで測るもの以外のデータの測り方を図に示したものです。

赤い星がポイントで、測量のしていく方向に向かって、ポイントから洞窟の幅を右、左と測ります。

ポイントから、上の部分を天井高、洞床からポイントまでをポイント高として、メジャー等で測ります。

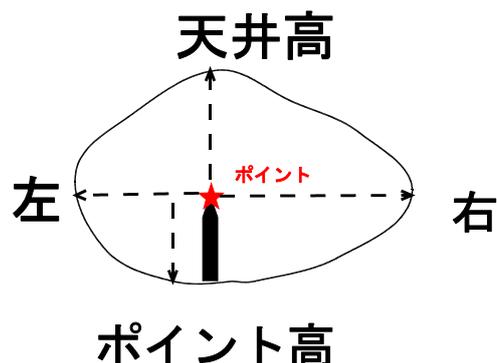


図17. データの取り方1

表4. におけるデータは、それぞれどのような洞窟情報であるのか？

それぞれ、以下のような情報である。

方位:あるポイントから他のポイントを結ぶ基線の方位角。

傾斜:あるポイントから他のポイントを結ぶ基線の傾斜角。

距離:あるポイントから他のポイントを結ぶ基線の距離(斜距離)。

洞幅右 :通常、測量の進行方向かってポイントから右壁までの長さ(最大の長さ)

洞幅左 :通常、測量の進行方向かってポイントから左壁までの長さ(最大の長さ)

ポイント高:洞床からポイントまでの高さ。

天井高:ポイントから天井までの高さ(最大の高さ)

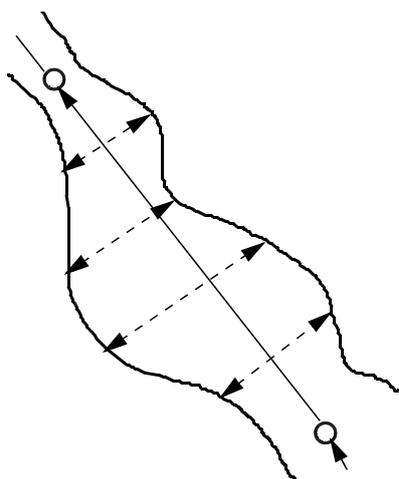


図18. 洞窟の形を正確に測る

実際、洞窟を測っていく上で、図.18のようにポイントからポイントの間で一定間隔ごとに洞幅や高さを測ると、洞窟の形状が正確に測ることができますけど、データ量が増えるので、あとの測図編集が大変になるので、洞窟の規模や測定の精度等によって、洞窟の測りかたを変える必要があります。もう一つのデータは、測図データ、いわば原図データです。

洞窟の形状や特徴、二次生成物等の情報をスケッチします。このデータが曖昧だと、あとでできあがった図が、実際の洞窟と違う図ができてしまうので、スケッチをする人は注意が必要です。また、原図データは、平面図・縦断面図と横断面図を描く必要があります。なお、横断面図は、洞窟の形が特徴的な場所のみ描きます。

井戸状の縦穴のように特殊な場合を除き、この三種類の図を描くことによって、洞窟の全体像を的確に表せると言ってもいいでしょう。

7-3 測図編集

測図編集では、洞内で得られたデータを元に、測図を完成させます。作成する図としては、平面図と展開縦断面図です。横断面図は、平面図の方に書き加えます。

編集作業の順番として、

a. 測地データの整理

$$\text{距離} \times \cos(\text{傾斜角}) = \text{平面距離}$$

$$\text{距離} \times \sin(\text{傾斜角}) = \text{高低差}$$

等の計算を行い、必要なデータをまとめる。

b. 測地データの展開

整理が終わったら、図を描く縮尺に合わせて、方眼紙等に基線の展開を行う。

c. 原図データの整理

基線の展開が終わったら、原図データを元に、洞壁、二次生成物等のデータを書き入れ、図を完成させる。

§ 8. 洞窟の長さ

洞窟測量を経験したことがある人なら、次のことに一度は悩んだことがあると思います。それは、「洞窟の長さは、平面距離で表すのか、測量基線長(測線延長)で表すのか」と。実際、どちらで表すのでしょうか？一般的に言うと、測量基線長が洞窟の長さを表しているといっているいいでしょう。図20～図22に、洞窟の長さを表すための簡単なモデルを用いて、図示しています。

図17では水平に近い洞窟で、測点5、各測点間の基線長=10m、傾斜角=2.5°となっています。この時の洞窟の距離は、

$$\begin{aligned} \text{洞窟の長さ} &= \overline{S1S2} + \overline{S2S3} + \overline{S3S4} + \overline{S4S5} = 40\text{m} \\ \text{垂直距離} &= \overline{S1S2}\sin 2.5^\circ + \overline{S2S3}\sin 2.5^\circ + \overline{S3S4}\sin 2.5^\circ + \overline{S4S5}\sin 2.5^\circ = 1.74\text{m} \\ \text{水平距離} &= \overline{S1S2}\cos 2.5^\circ + \overline{S2S3}\cos 2.5^\circ + \overline{S3S4}\cos 2.5^\circ + \overline{S4S5}\cos 2.5^\circ = 39.96\text{m} \end{aligned}$$

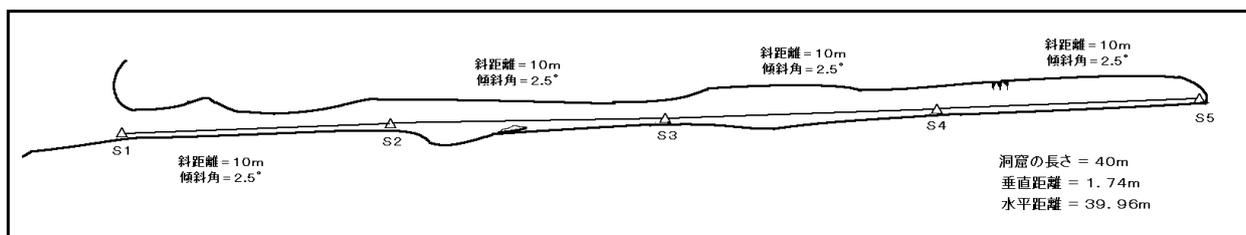


図20. 水平に近い洞窟

図18では垂直の段差がある場合で、測点6、各測点間の基線長(S3～S4を除く)=10m、S3～S4の基線長=5m、各傾斜角(S3～S4を除く)=2.5°、S3～S4傾斜角=90°。この時の洞窟の距離は、

$$\begin{aligned} \text{洞窟の長さ} &= \overline{S1S2} + \overline{S2S3} + \overline{S3S4} + \overline{S4S5} + \overline{S5S6} = 45\text{m} \\ \text{垂直距離} &= \overline{S1S2}\sin 2.5^\circ + \overline{S2S3}\sin 2.5^\circ + \overline{S3S4} + \overline{S4S5}\sin 2.5^\circ + \overline{S5S6}\sin 2.5^\circ = 6.74\text{m} \\ \text{水平距離} &= \overline{S1S2}\cos 2.5^\circ + \overline{S2S3}\cos 2.5^\circ + \overline{S4S5}\cos 2.5^\circ + \overline{S5S6}\cos 2.5^\circ = 39.96\text{m} \end{aligned}$$

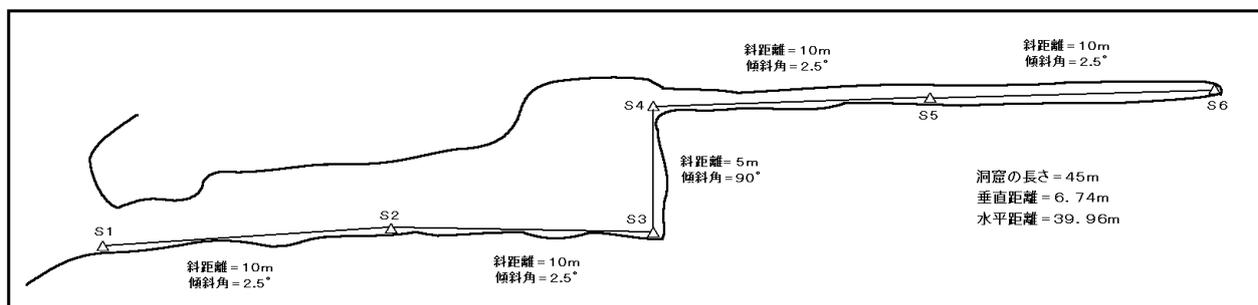


図21. 段差がある洞窟

図19では斜めの段差がある場合で、測点6、各測点間の基線長(S3～S4を除く)=10m、S3～S4の基線長=5m、各傾斜角(S3～S4を除く)=2.5°、S3～S4傾斜角=75°。この時の洞窟の距離は、

$$\begin{aligned} \text{洞窟の長さ} &= \overline{S1S2} + \overline{S2S3} + \overline{S3S4} + \overline{S4S5} + \overline{S5S6} = 45\text{m} \\ \text{垂直距離} &= \overline{S1S2}\sin 2.5^\circ + \overline{S2S3}\sin 2.5^\circ + \overline{S3S4}\sin 75^\circ + \overline{S4S5}\sin 2.5^\circ + \overline{S5S6}\sin 2.5^\circ = 6.57\text{m} \\ \text{水平距離} &= \overline{S1S2}\cos 2.5^\circ + \overline{S2S3}\cos 2.5^\circ + \overline{S3S4}\cos 75^\circ + \overline{S4S5}\cos 2.5^\circ + \overline{S5S6}\cos 2.5^\circ = 41.25\text{m} \end{aligned}$$

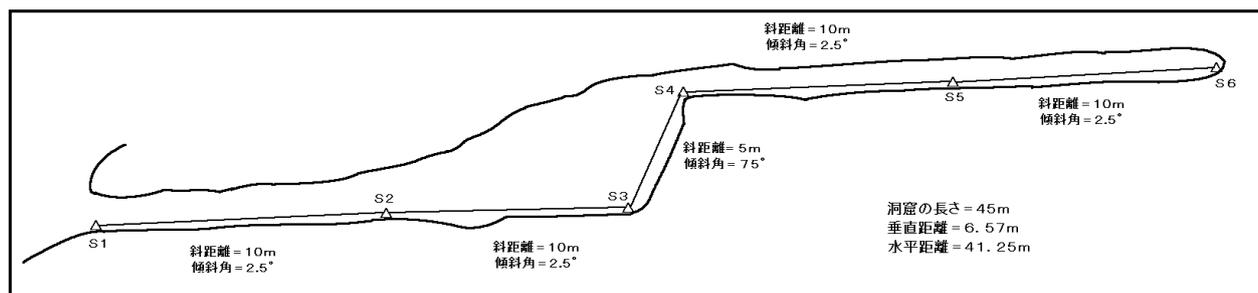


図22. 斜めの段差がある洞窟

以上ようになります。もうおわかりになったと思いますが、洞窟の長さは測量基線の総和で表します。しかし、図の洞窟は説明しやすいように簡単になっていますが、実際の洞窟はもっと複雑なので、基線のとりかたによっては、基線の総和だと実際の長さより長くなったり、短くなったりするので注意が必要です。また、ホールの測量の際にも注意が必要です。

§ 9. 洞外測量

洞外調査において洞内の測量以外にも、洞外の測量によって調査対象の洞窟の位置をはっきりさせる必要があります。通常、洞外測量は、地図上で確かな位置から、コンパス測量等によって洞窟の位置を求めますが、この講習では、GNSS測量によって洞外測量を実施することを前提に、GNSS測量における注意事項や、その概念、活用方法について述べたいと思います。

ただし、一般にGNSS測量の方法として、相対測位と単独測位の二通りがあり、前者は精密な測量に用い、カーナビや安価な受信機(携帯受信機)での測量は後者の方です。洞外測量においては、よほど特別なことがない限り、精密な測量はしないし、専用の受信機は高価なので、ここでは安価に受信機が手にいられ、簡単にできる単独測位を前提に話を進めていきます。

9-1 GNSS測量は何？

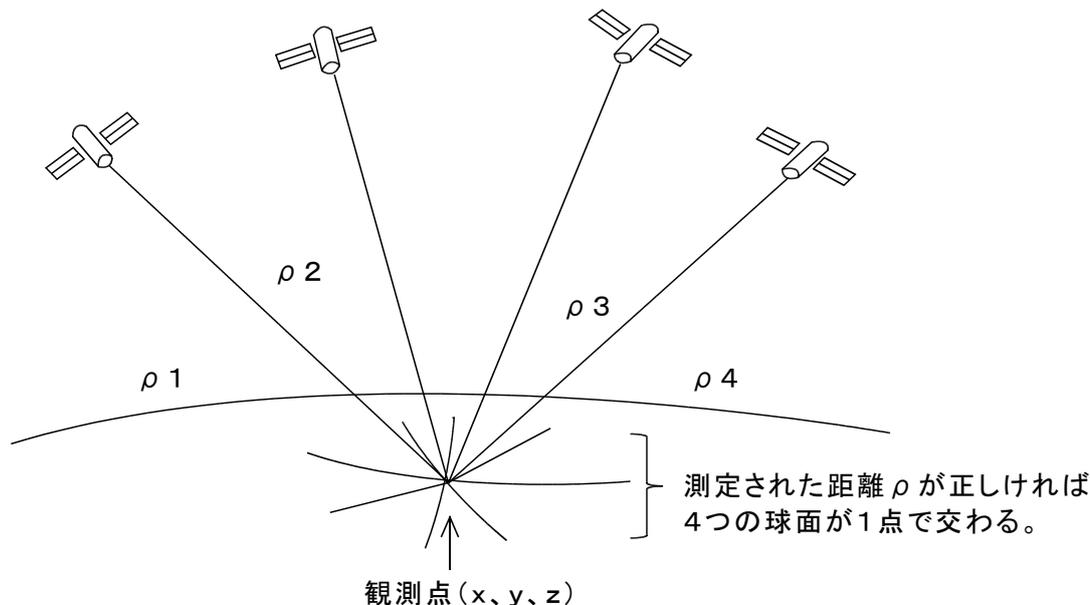
GNSS(Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)は、GPS、GLONAS、Galileo、準天頂衛星(QZSS)等の測位衛星システムの総称で、これらの衛星を利用して行う測量のことです。

GNSSは、本来船舶や航空機などが、その運航中に自分自身が今どこにいるかを知るための衛星航法システムで、その利用の副産物として測量にも利用できるということです。

9-2 GPS測量の原理と精度(ここでは便宜上GPSのみ説明)

GPS衛星は、常に二周波[L1帯(1575.42MHz)、L2帯(1227.6MHz)]の電波を出しており(最新の衛星では、L5帯(1176.45MHz)が追加されて三周波となっている)、各信号にはC/Aコード、Pコードと呼ばれる擬似雑音符号(PN符号)というデジタル信号がのっています。PN符号は、GPS衛星各々異なるパターンが割り当てられており、これによって衛星の識別ができるようになっています。

一般に精密な測量に使用する場合は、二周波又は一周波を受信できるGPS受信機を用います。通常、単独測位で用いる安価な受信機は、一周波のみの受信機です。



未知点の座標 x, y, z } 4個の未知数を
時計の誤差 Δt } 4衛星の観測で解く

図23. 単独測位の原理

GPS測量において、各々のGPS衛星の位置は軌道情報をもとに計算できます。それぞれ衛星からの距離を測定すれば、3衛星によって観測点の位置が決定できます。距離は衛星からのタイムシグナルが受信機に到達した時刻によって計算しますが、受信機の時計の誤差があるので、もう一つの衛星が必要になります。別な言い方をすると、観測点の3次元座標 x 、 y 、 z と時計誤差の4個の未知数を解くために4衛星を観測するということです。

単独測位では、SA (Selective Availability ; 選択利用性あるいは意図的精度劣化措置)の解除(2000年5月)により、数十m程度の精度で位置を決定できるようになりました。

最近の携帯GPS受信機は、ほとんどの機種がデファレンシャル対応となっており、数m程度の精度で位置が決定できるまでの性能があります。

注)デファレンシャル対応とは、位置がわかっている点の情報を、位置がわかってない場所で受け取ることによって、位置決定の精度を上げる対応方法。

9-3 GNSSと測地系

地球の表面付近に存在する点の3次元位置を表そうとする場合、緯度・経度・高さという三つの値の組を用いるのが一般的です。この緯度・経度・高さによる位置の表示がいわゆる測地基準系(測地系)と言われるものです。

測地系を設定する場合、地球は完全な球でなく回転楕円体であるため、その形にうまく適合する楕円体すなわち準拠楕円体を考え、それをもとに測地系を設定します。GPSの場合は、WGS-84楕円体が採用されています。一方、日本の場合は、明治以来測量法によりベッセル楕円体による日本測地系が採用されてきましたが、GNSS測量等の宇宙技術を使用した測量が主流になったことにより日本でもベッセル楕円体を使用し続けることには不都合がでてきたので、日本測地系から世界測地系に変更することが決まりました。(2002年4月1日施行)。

この世界測地系における準拠楕円体は、国際測地学・物理学連合(IUGG)が採用しているGRS80という楕円体になります。これにより、日本全体が約450m、緯度・経度で平均で約12秒ずれることになりました。このGRS80楕円体は、WGS-84楕円体とほとんど変わらないので、精密な測量以外では測地系を気にせずGPS測量ができます。

9-4 GNSSと高さ

GNSS測量によって計算される高さは、楕円体高と呼ばれるもので、準拠楕円体面から観測点までの高さをいう。一方、通常我々が使用している標高は、東京湾平均海面を基準としたジオイド面から観測点までの高さをいい、GNSS測量で求まる高さと、地図上で表される高さとは、高さの定義が違うことに注意してください。その関係を図24に表します。

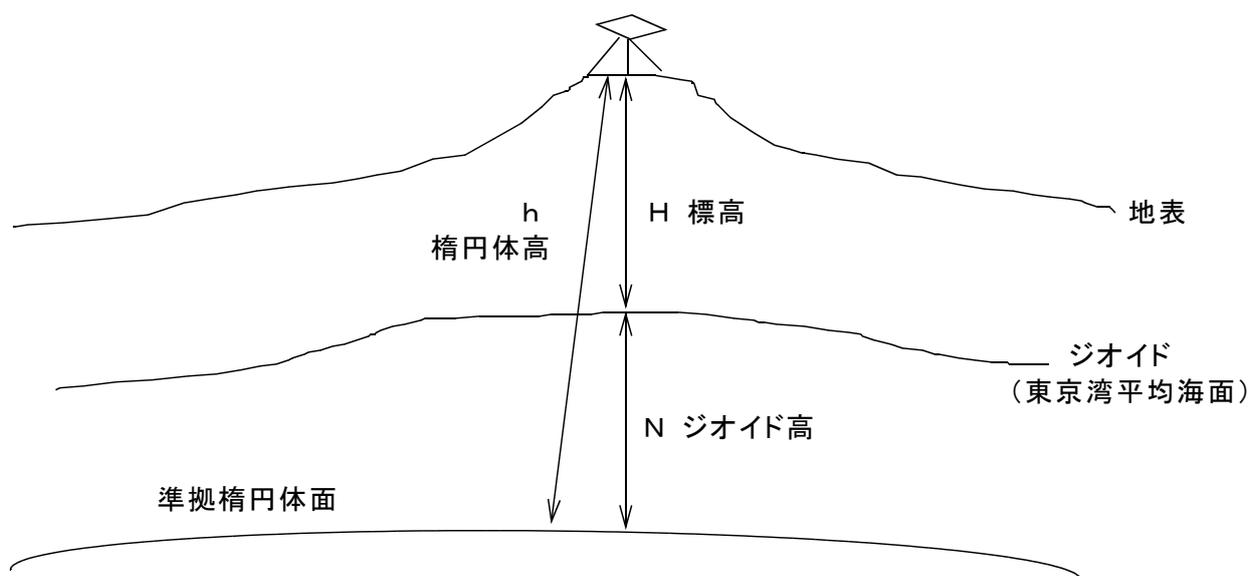


図24. 楕円体高と標高の関係

図24を見てみると明らかなように、楕円体高 h と標高 H との関係は、

$$H = h - N \quad N: \text{ジオイド高}$$

が成り立ちます。GNSS測量で求めた高さから標高を出すには、ジオイド高がわからなければいけません。このため、GNSS測量が位置精度に比べ高さの精度が悪いゆえんです。

現在、日本全国数十cmの精度で、ジオイド高が求められています。また、簡易的にGPSを使用して、ごく狭い範囲のジオイド高は数m精度で求めることができますので、さほど心配する必要はありません。

また、前章で述べましたが、世界測地系に変わることにより、高さの求め方も変わります。明治以来標高は、水準測量の結果から、地球を均一なものと考えて、正規重力値を使用して補正值を出して算出した正規正標高であった。しかし、正確な重力の実測値が算出できるようになったことから、この実測値を用いて計算された、正標高値を採用することとなった。これにより、最大で数十cm標高値が変わることとなります。

§ 10. おまけ - 3Dについて -

3Dについては、安価な3Dプリンターがでるなど今や身近な物になってはいます。3Dデータ測量に方法としては大別して次の2通りあります。

10-1 点群データにより3D

ある点から目標までの角度、高低角、距離等のデータをとるだけですが、精度をあげるためには数多くのデータを測る必要があるため、手作業でやるのは現実的ではありません。

通常は、3D測量専用の測量機器を使用するのが普通です(図25参照)。

ただ、専用の測量機器は、高価である程度の防塵防水性能を持ち合わせていますが、耐衝撃度や洞窟内での環境で使用できるかという所に不安がありますので、観光洞やある程度の広い横穴等での調査に使用出来る程度かと思います。

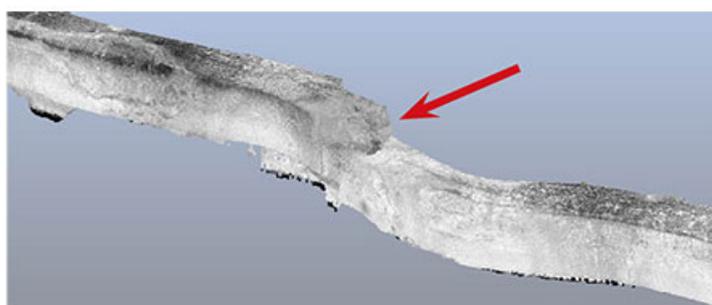


図25. 3D Laser Scannar



<世界遺産登録を目指す佐渡金山、南沢疎水坑>

図26. 佐渡金山南沢疎水坑



<南沢疎水坑の点群データ。矢印部分が下流の方が高くなっている様子が可視化>

図27. 点群データにより可視化

10-2 画像データ処理

画像処理により3Dモデルを作成することができます。

実際やるには、専用の画像解析ソフトが必要ですが、ソフトは別として、画像データだけデジタルカメラにより取得するだけなので、点群データ取得よりは安易に出来ます。

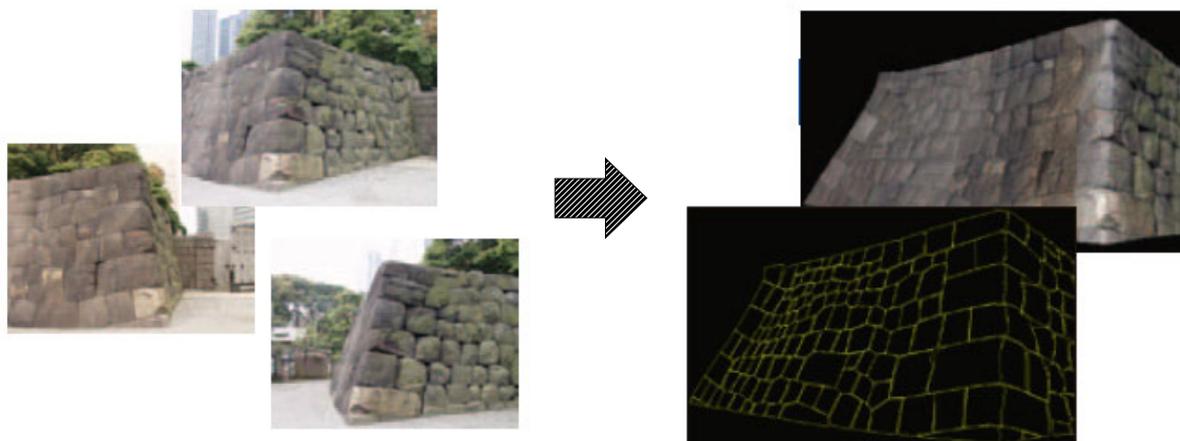


図28. 石垣の写真から、3Dモデル作成。

10-3 3D測量の方法(点群データ取得を例に)

①. 洞窟全体を測量するなら、洞口からの位置関係を明確するために基準点を設置する。(図29参照)

基準点は、点群データを取得する器械を設置することを考慮して場所を決める。

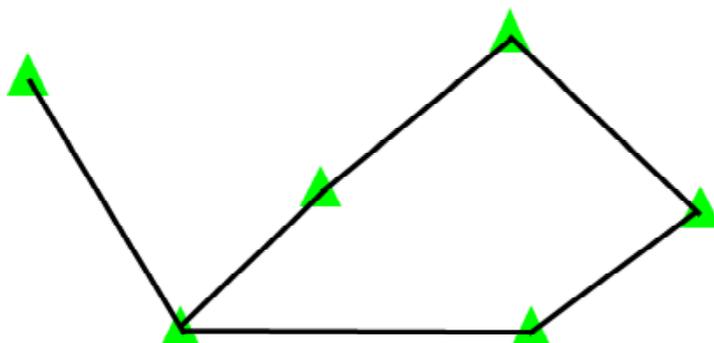


図29. 基準点設置

②. 基準点を設置したら、基準点から観測した場合、データの欠落(陰になる部分)がないかどうかを判断し、陰の部分があるなら、その部分を補完するための観測点を設置する。

また、観測したデータを処理する時に、データの接続を容易にするための点も設置する。(図30参照)

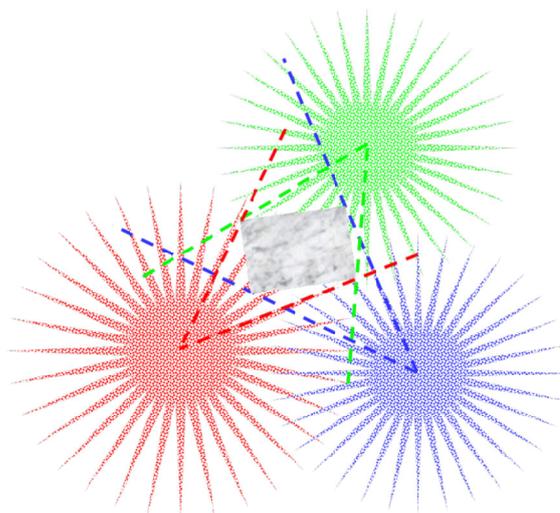


図30. 陰になる部分がないように

③. 観測

洞内での観測は、重労働かつ器械に負担をかけるので、観測し忘れないように。

④. データ編集及びモデル化

観測が終了したら、取得したデータを編集ソフトに取り込み、エラーデータを削除して、各種モデル化する。(図31参照)

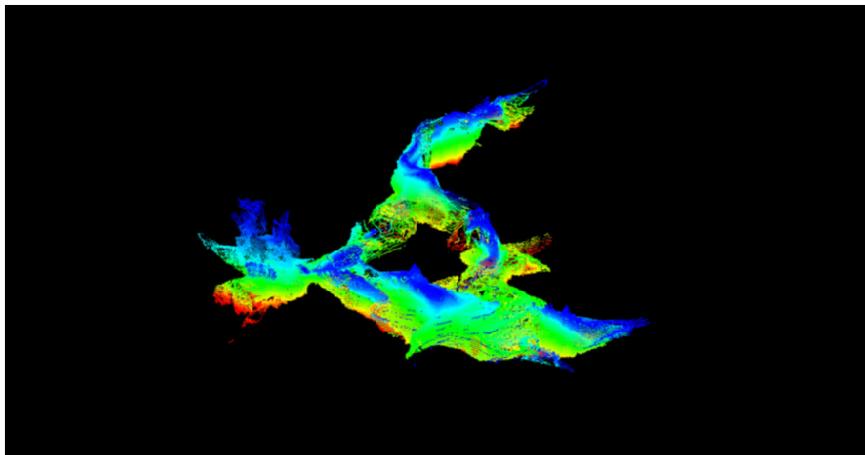
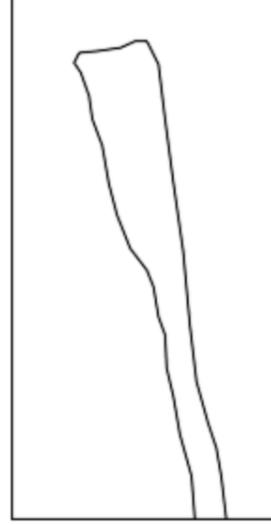


図31. 点群データからの3Dモデル

平面 Plan



縦断 Cut



説明

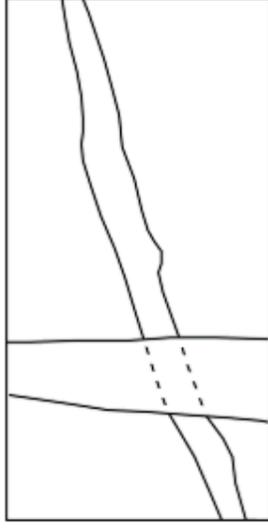
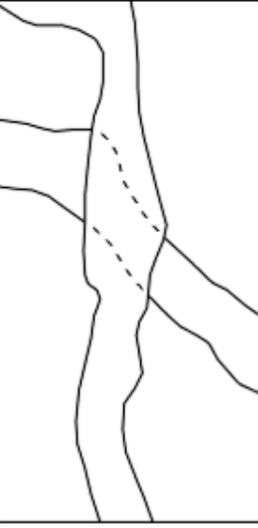
洞壁

Outline of a gallery

洞壁(Outline of passage): 洞窟通路の範囲を示す。

下層

Underlying galleries

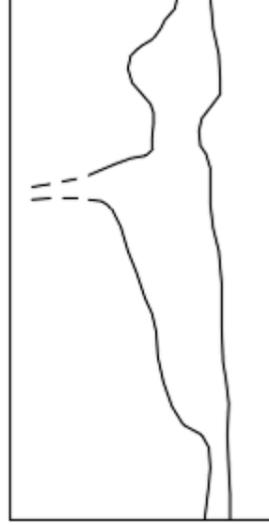
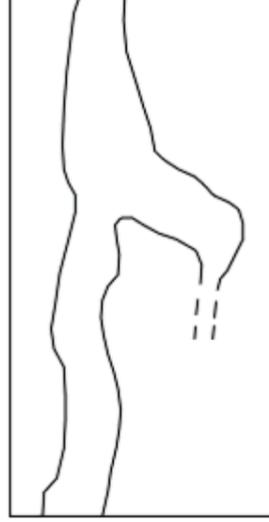


下層(Underlying passages):

上層から下部の区別をつける付加的な方法として、上層にくっつく前に下層の線を表すのをやめることを推奨する。下部が見えるとして、空間の大きさを想像する事からこの記号の分類として、破線で描くことを推奨する。

**狭洞
(入洞不能)**

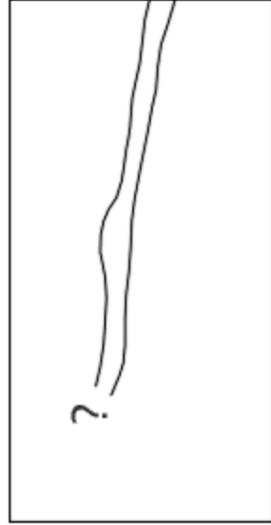
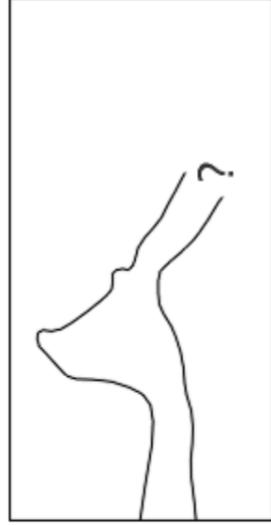
Toonarrow continuation



狭洞(入洞不能)(Too narrow continuation): 入洞不可能な通路が続く。

未測量

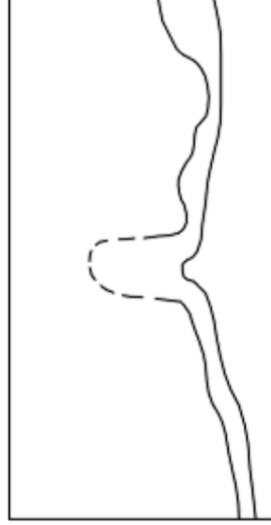
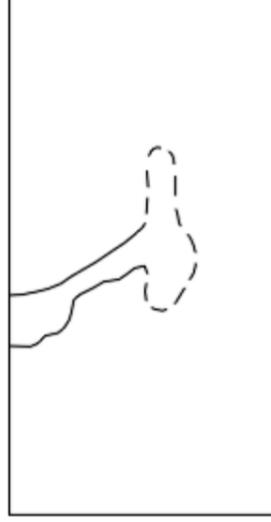
Continuation possible



未測量(Continuation possible): 洞窟が続いている可能性がある場合。

仮定洞壁

Presumed dimensions of Space

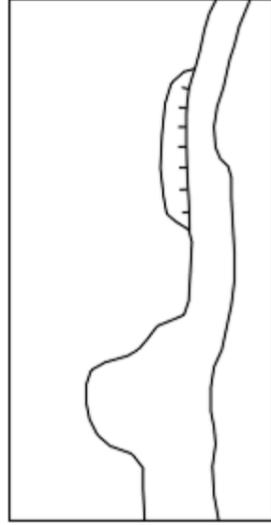


仮定洞壁(Presumed dimension of space):

空間の形状を見積もる。長く、幅の狭い空間において示される。

天井の形

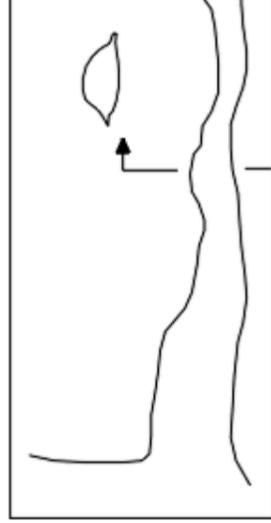
Ceiling form



天井の形(Ceiling form):
洞窟の天井の形の記号は、滴下線や煙突状のところでも使われる。

横断面(矢印方向)

Profile (arrow in line of view)

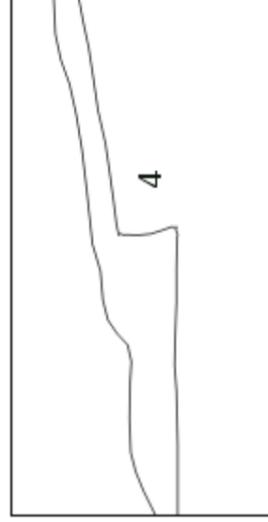
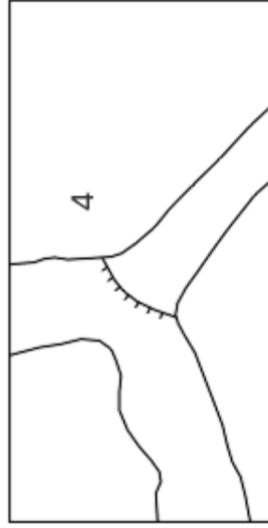


横断面(Cross-section or Profile):

横断面は、通路の状態が解るための最も重要な記号です。各地図において通路の横断面は、描かなければいけない。断面の方向を示す矢印は、区別をされなければいけない。けれども、はっきりと示すことは必要である。

床の段差

Step

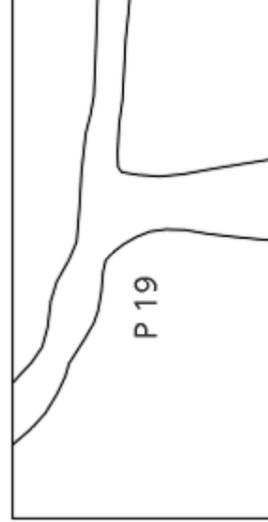
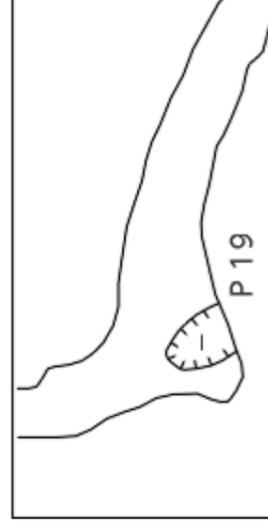


床の段差(Steps):

この記号は、よく知られている。ちようど小さな障害が、いつも下方修正されることを忘れないことのように。

洞内縦穴

Pit (depth in meters)

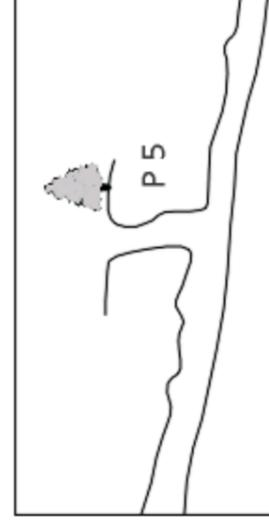
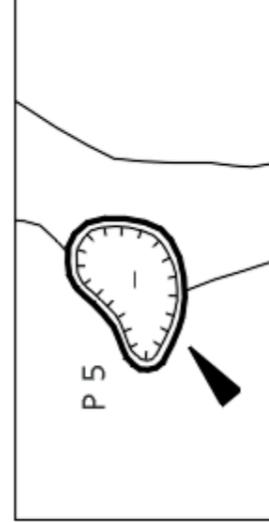


洞内縦穴(Pits):

くぼんでいる穴または落ちているたて穴は、二つの理由のために縁取りの線に替えた。一つ目の理由は、簡単に描く。二つ目として、5mや10m 窪んでいるのか、または深い段差か浅い段差を意味しているかどうか多くの製図者が一様にはっきりしてないからです。

縦穴洞口

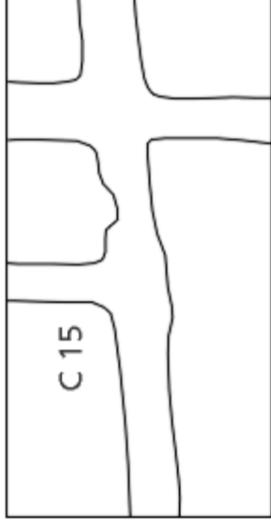
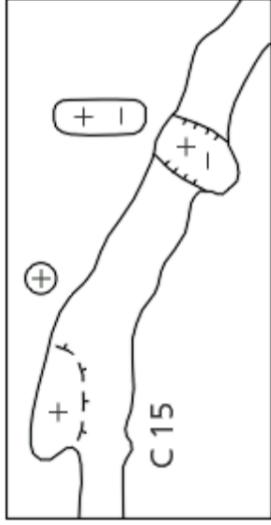
Pit opening to the surface



洞内縦穴と同じ。

上向き縦穴
下向き縦穴
(高さ・深さ)

Chimney - Chimney-pit



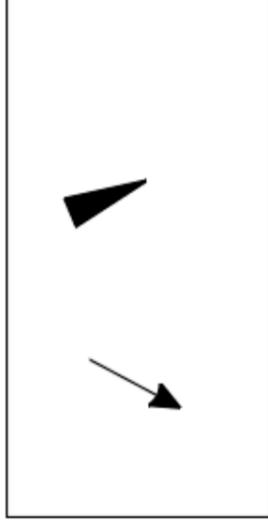
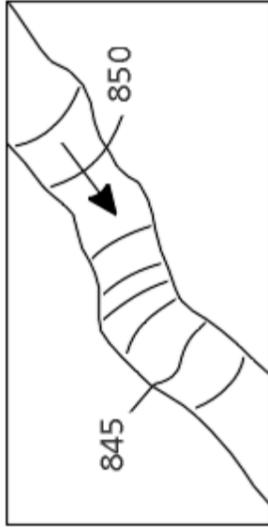
滴下線
(洞窟の始まり)

Dripline
(beginning of the cave)



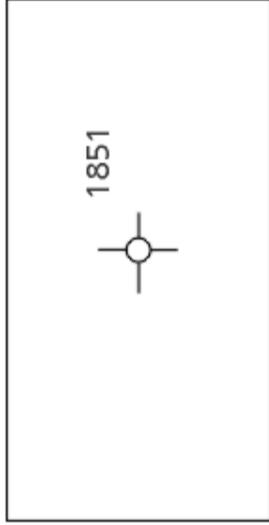
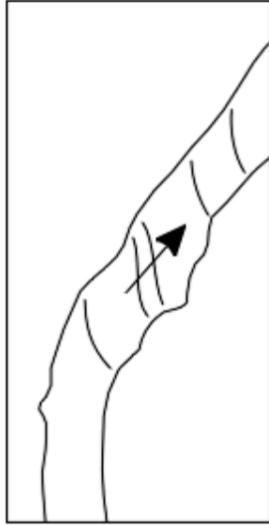
等高線・傾斜
方向
洞口の方向

Contour lines
(altitude a.s.l.)- Gradient
arrow - Arrow showing
entrance



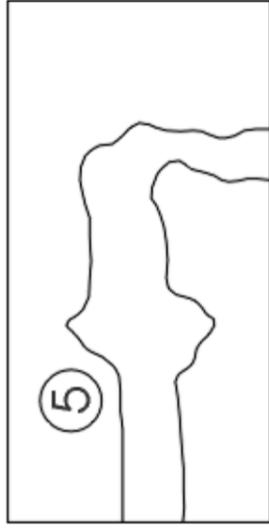
傾斜
標高

Gradient lines- Altitude
above sea level



天井高

Height of a room



上向き縦穴、下向き縦穴(Ave/Aven-pits):

上又は下の記号は、洞窟の外又は内には内に描かれる。はつきりとした理由として、記号が洞窟の外に描かれたとき取り囲むべきであるから。我々は、上向き又は下向き縦穴の深さを示すものとして、次に述べることに同意した。:もし、上向き縦穴が装備なしに上れるなら、高さを描くだけである。もし装備が必要なら、高さの前に記号を描く。この方法で、多くの国が使用することは、重視される。縦断面にロープやアンカーポイントを描くのは、オプションです。

滴下線(Dripline):

滴下線は、とても小さな洞窟やオーバーハングの箇所でもとりわけ様々な情報がわかる。さらに高い天井部分を含む洞窟の真の入り口が描かれ、それゆえ省略すべきでない。滴下線で洞窟は始まる。

等高線(Contour-Lines):

地形図に描かれているように、高度測量による等高線は、めったに使われない。正確な土地の高さは、いつも簡単に確立するものでない。また、正確に描くということは、重大な問題になりうる。傾斜線は、もっとも頻繁に使われる。

傾斜方向(Gradient arrows):

洞窟の中と外における傾斜方向の矢印の差は、省略となった。洞口を示す矢印は、リストに追加された。

傾斜(Gradient lines):

傾斜線は、洞床の状況を描くのに最も一般的な方法です。地形図のように矢印の間隔は、急勾配や広い間隔の緩傾斜を示す。

標高(Altitude above sea-level):

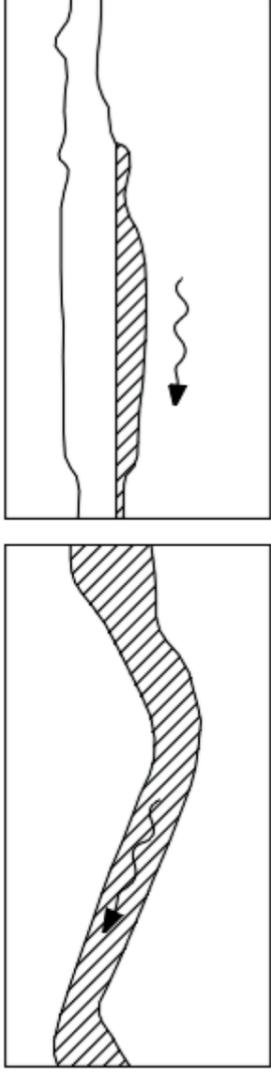
この記号もまた標高を示すことは、地図でも使われていることや一貫性のある理由でリストにある。1880 mと書くことをおおいに推奨する。ちょうど1880と書かれる代わり。一般的に地図はすべてSI単位で書かれる。

天井高(Height of a passage):

高さの指示は、縦断を描かない調査者が使用できる。しかし、このことが高く推奨されてから、この記号は、ほんのたまにしか使われない。

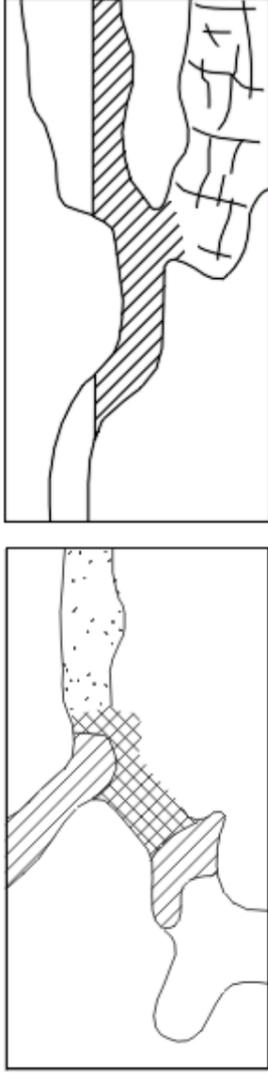
縦断 Cut

平面 Plan



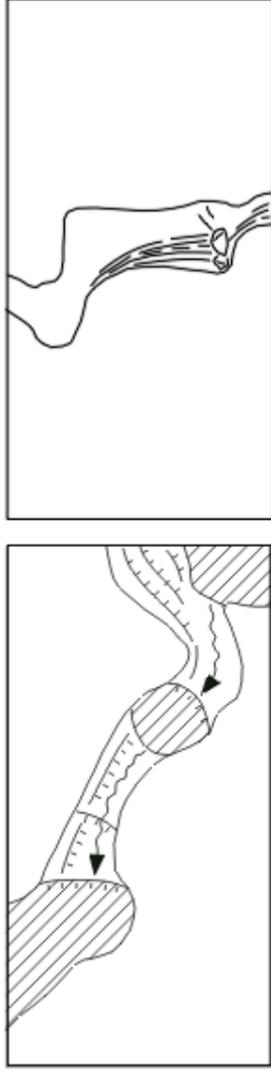
湖・水流(Lake/flowing water): 流れの方向を示す。斜線でのハッチング

水流・湖
flowing water- lake



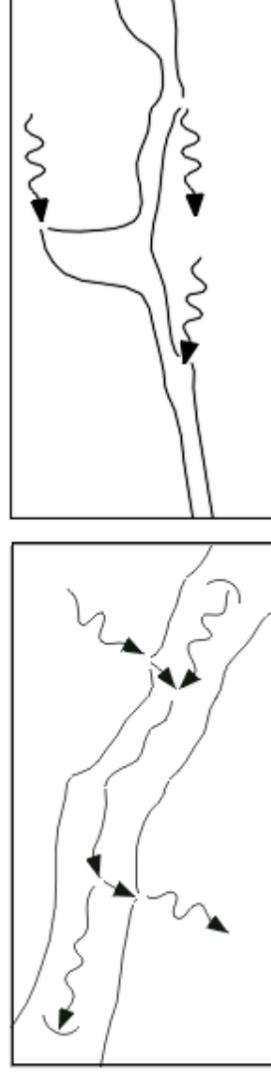
サンプ(Sump): クロスハッチングで示す。オプションとして、サンプの特有さを描くのにクロスハッチを使用しなくてもよい。このようにクロスハッチを使用しない例として、特に長いサンプでの使用が見られる。

サンプ
Sum p



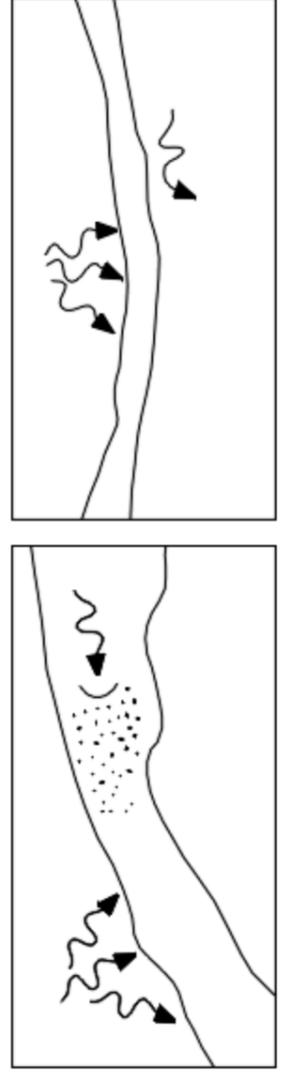
滝(Cascade/waterfall): 滝の記号は、滴の記号と同じです。水流の記号を示すためには、前か横に流れの方向を示す矢印を描くことができる。

滝
Cascade



湧水・吸い込み(Spring/sink): 地面からの湧水や吸い込みは、通常の水流とはつきりと湧水や吸い込みと区別するために半円でマークすべきだが、洞内や洞外への水流の方向である湧水や吸い込みは、特徴を描くうえで半円である必要がない。

湧水・吸い込み
Spring-ponors

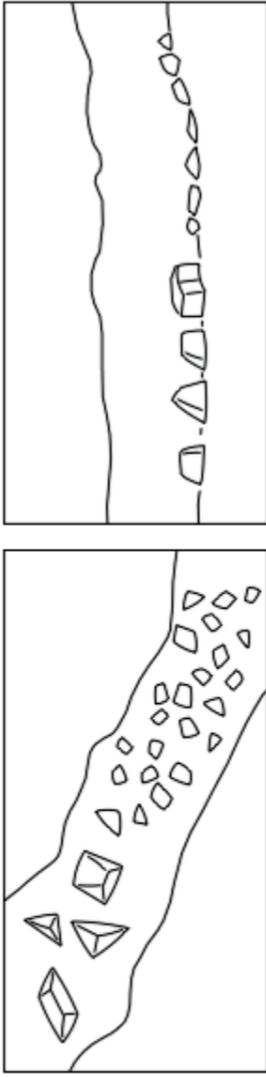


洞壁や天井からの湧水(Widespread water inlet): もはや特別な記号ではない。水流の方向を示すのに多くの同方向の矢印を描く必要がある。

洞壁や天井からの湧水・伏流水
Widespread water inlet- seeping of a water course in a sediment

縦断 Cut

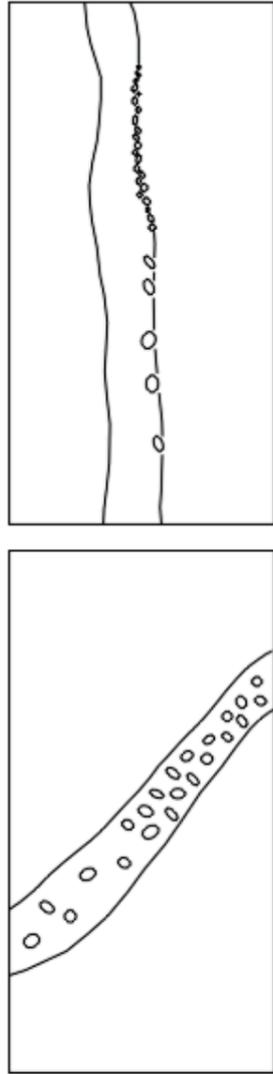
平面 Plan



岩塊・岩屑
または角礫

Blocks-debris

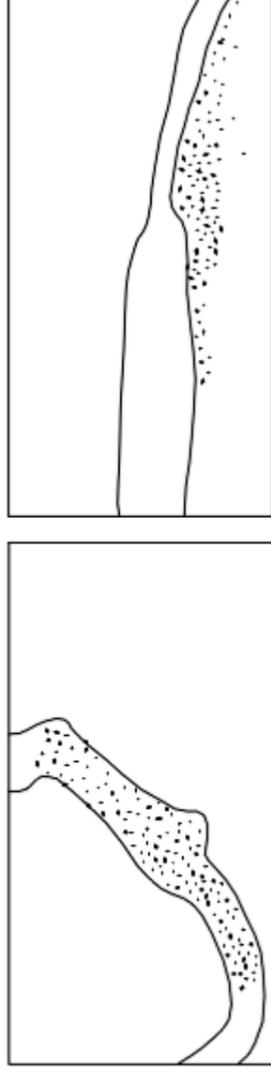
岩塊・岩屑または角礫(Blocks/debris): 崩落石、荒石
大きさは、実物をモデルにすることができる。



円礫

Pebbles

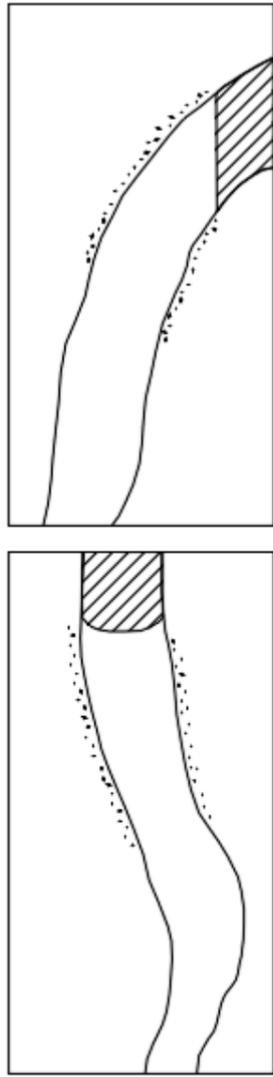
円礫(Pebbles): 玉石、丸石
大きさは、実物をモデルにすることができる。



砂・泥・粘土・
腐植土

Clastic sediments:
Sand-Silt-Clay-Humus

砂・粘土・泥・腐植土(Clastic sediments: Sand,silt,clay and humus):
腐植土を除いたこのグループは、グレインサイズの堆積物です。そして、
それゆえ名称は、水流の運搬力次第です。砂は水流で堆積するのに対し
して泥は滞水で堆積する。これに対比してフローストーンは、化学的沈殿
であるため、流速では説明できず化学的平衡で説明がつく。フロースト
ーンが全く頻繁にあるものなので、特別な記号を見いだすことが必要だ
った。小さい幾筋の堆積物は、それらもまた地面の構造を示すので、うまく
堆積したものです。不運にも様々な測量者たちは、小さい幾筋の堆積の
連続によって、粘土の特質とした。そしてそれは、ある混同を伴って。理由
としては、地質学上正しい解釈は、導き出されている。



泥壁

Clay covered walls

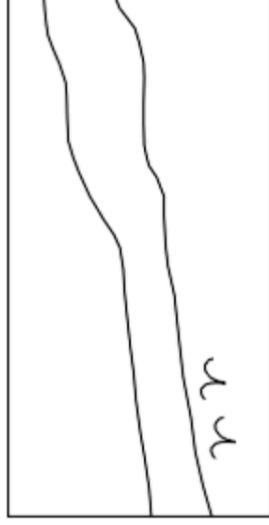
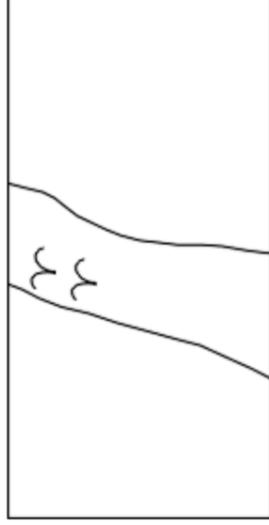
泥壁(Clay covered walls):

この記号もまた飽和水滞を示すことに使える。泥で覆われていることを
示すことは、一つの細い点線が洞窟の壁の後ろに描かれている。

平面 Plan

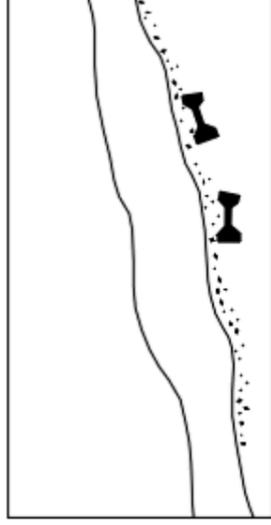
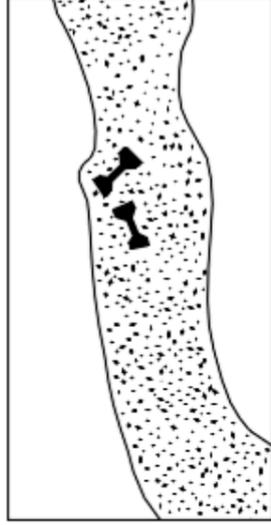
縦断 Cut

グアノ
Guano



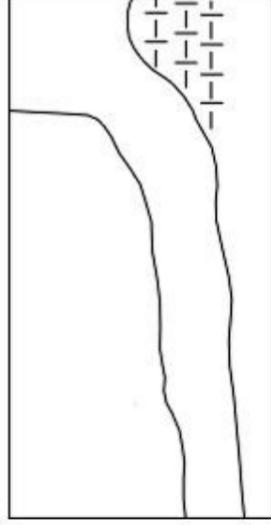
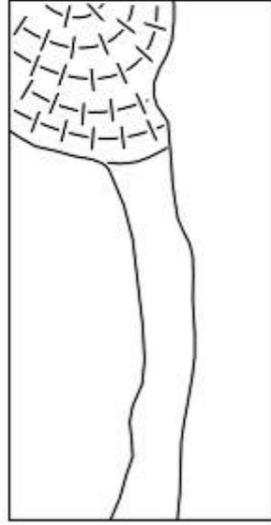
グアノ(Guano):
コウモリの糞

骨
Bones



骨(Bones): この記号は、これ以上説明の必要がない。

氷や雪
Ice-Snow-Firn



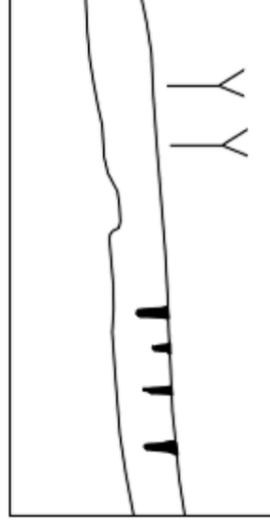
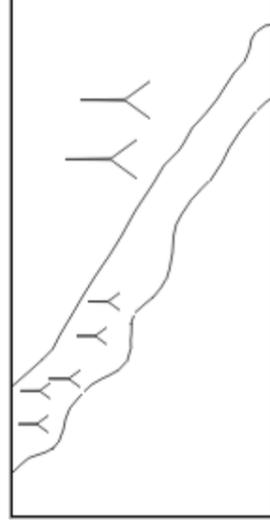
氷・雪・万年雪(Ice/snow/firn):

雪マークで使われた古いタイプの星記号は、描くことにかかなりの時間を費やし、地面の構造を表現することができないうために、かなりの間満足いくものではなかった。今回追加されたものは、鉱物記号と間違えやすい。考慮すべき問題の中にすべてをここに取り上げたことに我々は、次の解釈に同意した。雪は万年雪に形を変え、そしてその後氷へと変化する。形態学や構成物によるとすべて三つの物質は、同じものです。しかしながら、それは、同じ記号で表現されるべきだ。選択された理由としては、描くのが簡単で、地面の構造を表し、そして混乱することがない。

平面 Plan

縦断 Cut

石筍
Stalagmites

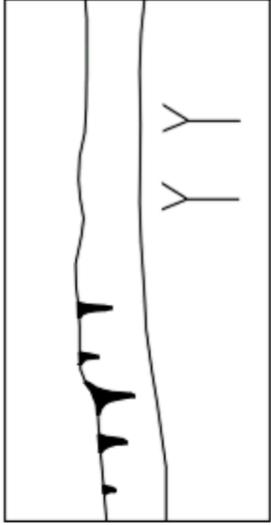
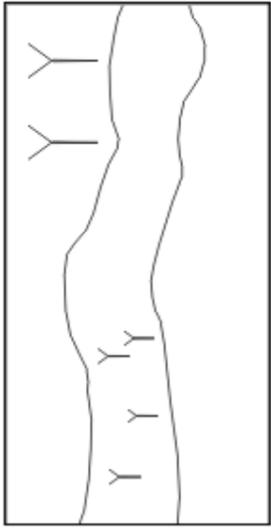


石筍(Stalagmites):
縦断の記号は、二者択一。

平面 Plan

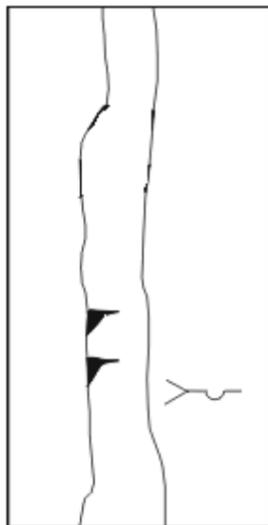
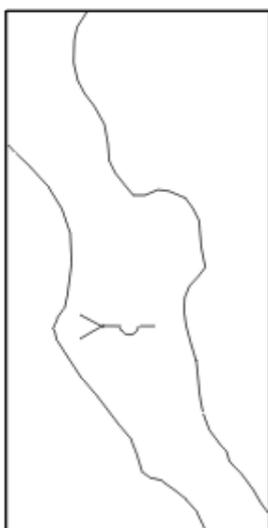
縦断 Cut

つらら石
stalaktite



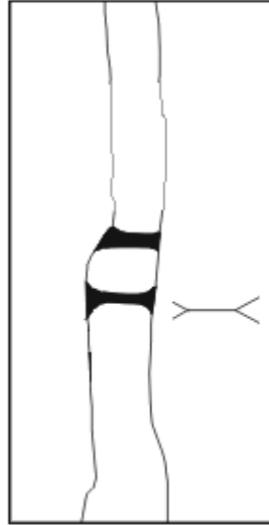
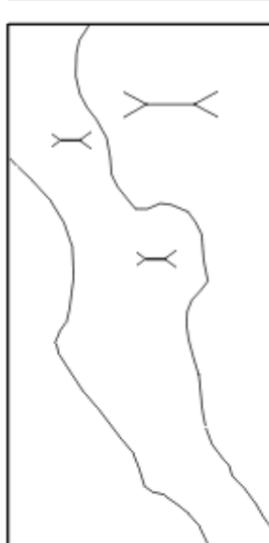
つらら石(Stalactites):
縦断の記号は二者択一

カーテン
Sinter curtains



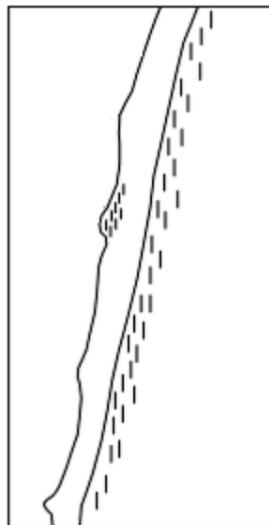
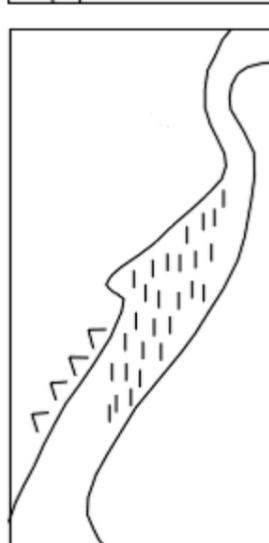
カーテン(Calcite curtains):
提出された解釈では、一見して簡単に理解できない。しかし、もともと最良と思われる。(二者択一できにあなたは地図上にカーテンを描く。)

石柱
Pillars



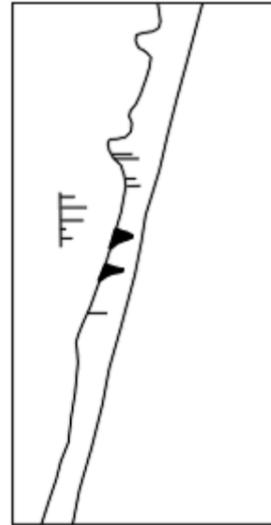
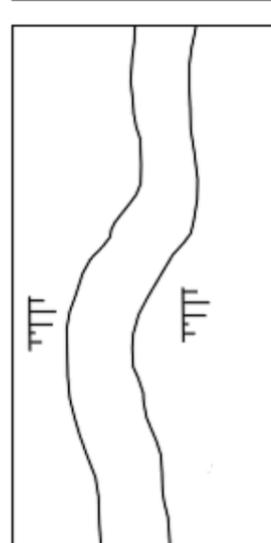
石柱(Calcite pillars):
縦断の記号は二者択一

フローストーン
(壁・床)
Floor sinter-wall sinter



フローストーン(床)(Flowstone):
しばしば、これか同様の記号はまた粘土記号として使われる。
フローストーン(壁)(Wall calcite/calcite in general):
記号は、二者択一

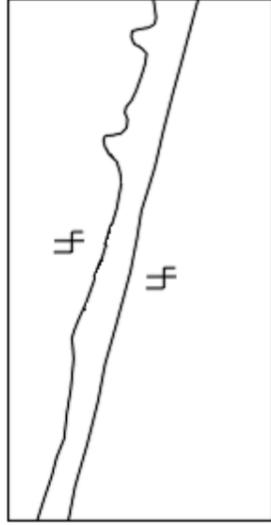
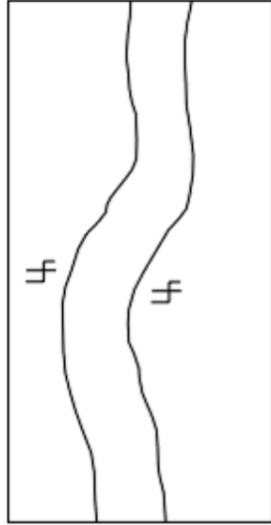
ストロー
Spaghetties



ストロー(Soda Straws):
この記号は、これ以上の説明は必要ない。

ヘリクタイト

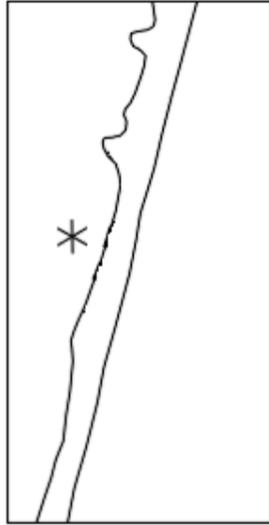
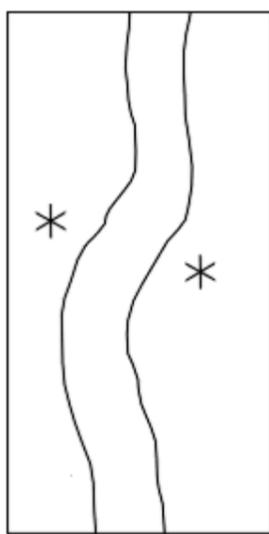
Helictites



ヘリクタイト(Helictites):
この記号は、その形態やそれゆえに理解しがたいのと同じくらい風変わりです。

鉱物

crystals

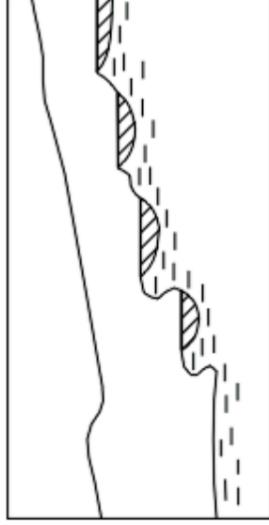
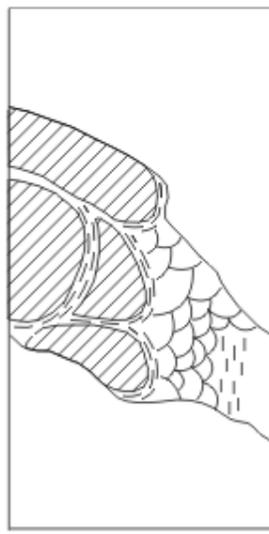


鉱物(Crystals):

国際的に理解されるためには、鉱物を示す文字の使用は避けるべきである。その第1の理由は、鉱物の正確な同定はしばしば思うほどには容易ではないことであり、第2の理由は、英語では方解石は「C」(calcite)で表すが、ドイツ語では「K」(Kalkspat)であり、中国語ではまた異なる文字を用いるからだ。一般に、我々は実際の地図にシンボルとして文字を用いることを勧めない。文字の使用は過度の混乱を招く原因となり、理解を損ねることになる。

リムストーンプール (大・中・小)

Sinter pools big-Sinter
pools small

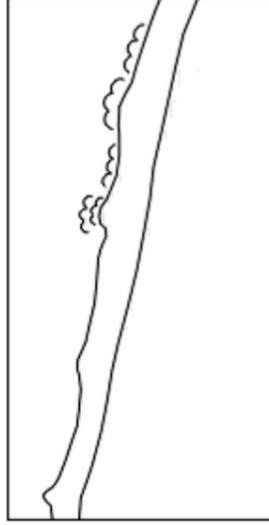
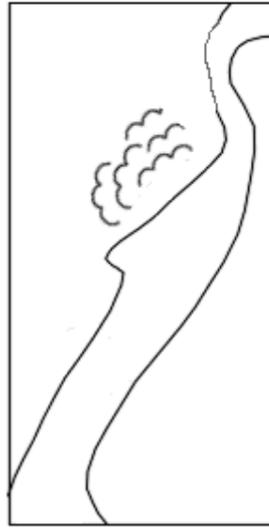


リムストーンプール(Gour pools):

大・中・小とそれぞれに表す。

ムーンミルク

Moonmilk

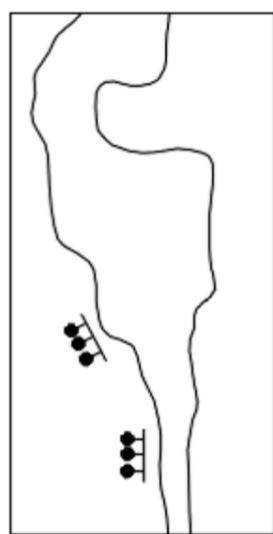


ムーンミルク(Moonmilk):

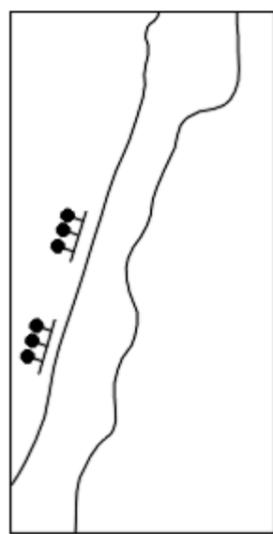
グアノ記号に追加された弓形に対してこの記号の間違いを避けるために、通常 m を加えた

洞窟サンゴ Cauliflower-Sinter

縦断 Cut

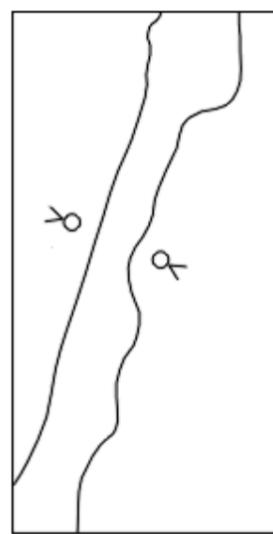
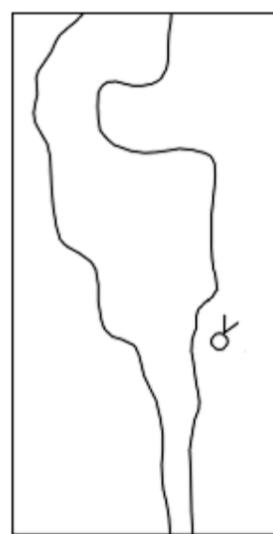


平面 Plan



洞窟サンゴ・シールド(Cauliflower-calcite/discs):
カルサイトとしてのこれら二つの記号は、重要な範囲であり、当たり前に使用できる。

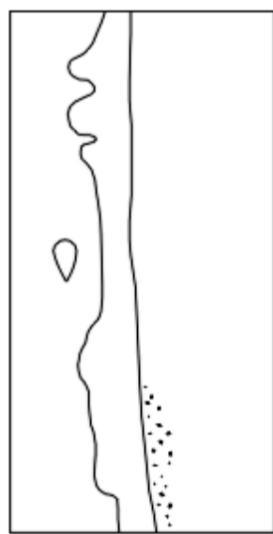
シールド Disc



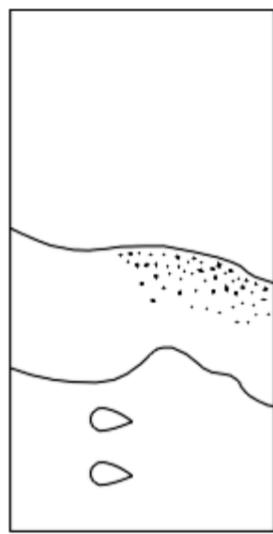
溶食形態 Speleogens

スカラップ Scallops

縦断 Cut

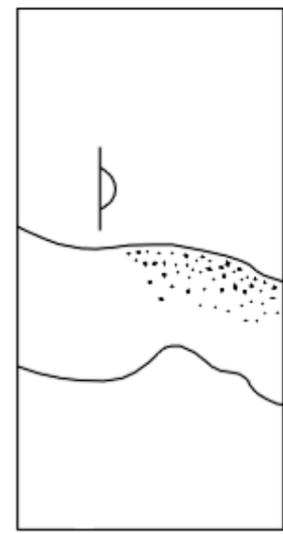
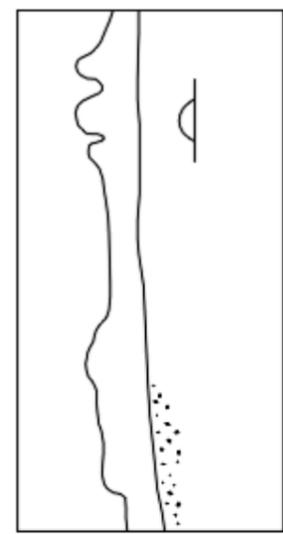


平面 Plan



スカラップ(Flow casts(Scallops)):
矢印は省略。

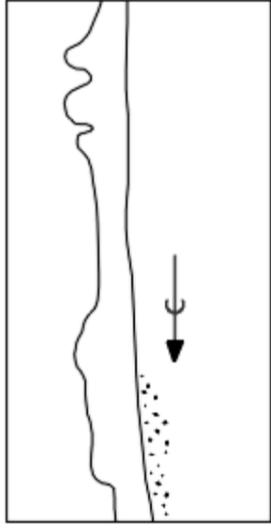
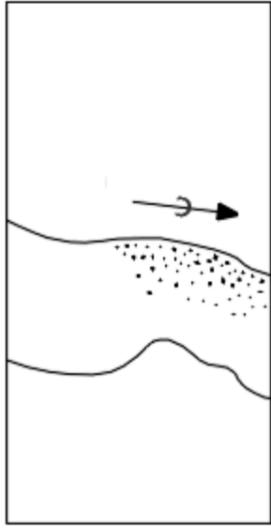
フルート flutes in general



フルート(Flute):
腐食と侵食の間において派生したフルートは、省略された。なぜなら、特に側壁にあるフルートで、いつもそれらと正しく同一視できない。新しい記号は、回転上のものである。;もし半円が頭だったら、それは天井にフルートがある等々...

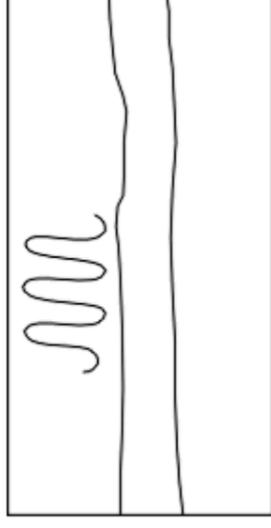
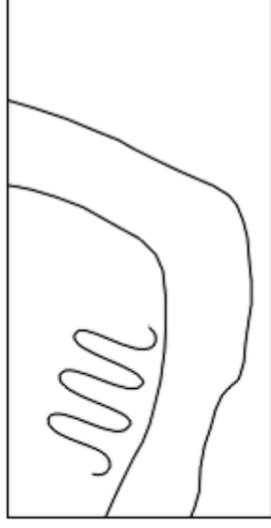
平面 Plan

縦断 Cut



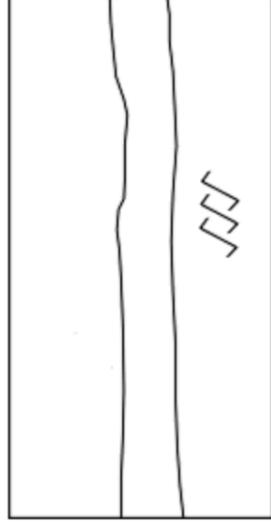
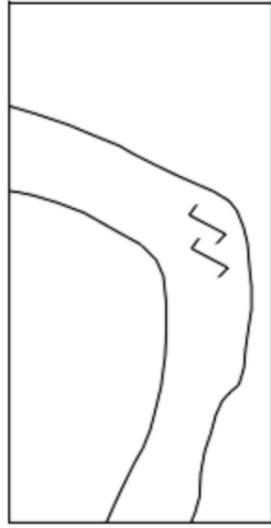
古水流の方向
direction of paleoflow

古水流の方向(Paleoflow):
このとても便利な記号は、追加された。それは、スカラップ記号と一緒に使うばかりでなく、リップルマークや、鱗形の重なり合いの溶食形態や他の特徴形態でも使う。付加的なものとして、溶岩の流れた方向を示すために、溶岩洞で使用されるかもしれない。



アナストモシス
Anastomosen

アナストモシス(Anastomosen): アナストモシス



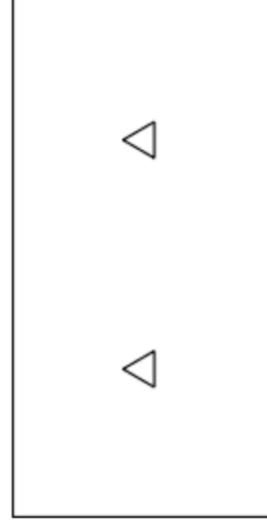
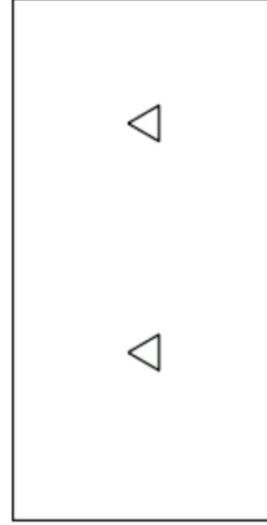
カレン
Karren

カレン(Karren): 洞内のカレン

その他 Other

平面 Plan

縦断 Cut



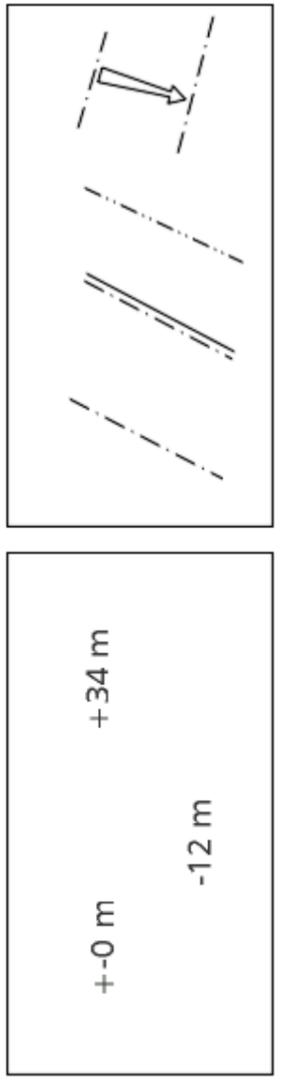
測量ポイント
Main measuring point

測量ポイント(Main survey point):

測量ポイントは、記号リストに示された。しかし、測量ポイントは、しばしば編集段階で書き表さない。下位の等級の測量ポイント記号は削除。

縦断 Cut

平面 Plan

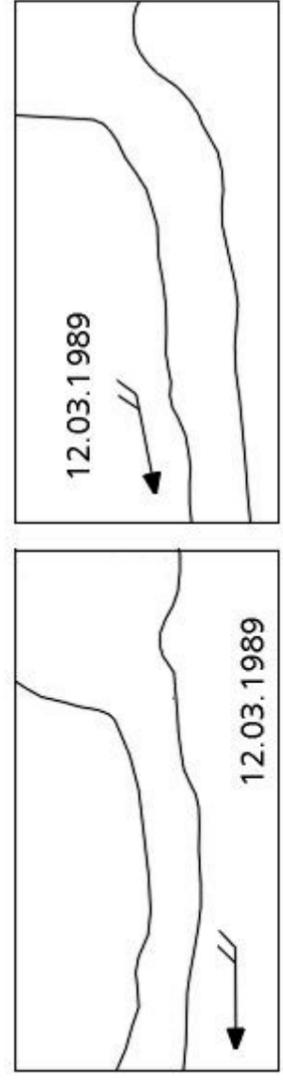


洞口からの比高
節理・断層・層理面
矢印は同じ断層を示す
Difference in elevation on -
joint- Fault-Bedding
plane-The arrow is on
the same fault

洞口からの比高(Difference in elevation in relation to the entrance):
洞内のある地点

節理・断層・層理面(Joint,fault,bedding plane):

これらの記号は、洞窟を理解する上でかなり重要である。あなたの国で、地質測量の記号で適切なものがないならここで唯一提案された記号を使用しなさい。もし地質の記号が本質について全く確かでないならいくつかの地質記号を使うことをまた推奨しない。二つの節理を関係づける矢印記号は、普通平面で使われる。洞窟は、様々な節理で縦に切断され、節理そのものの結果かどうかを示す。

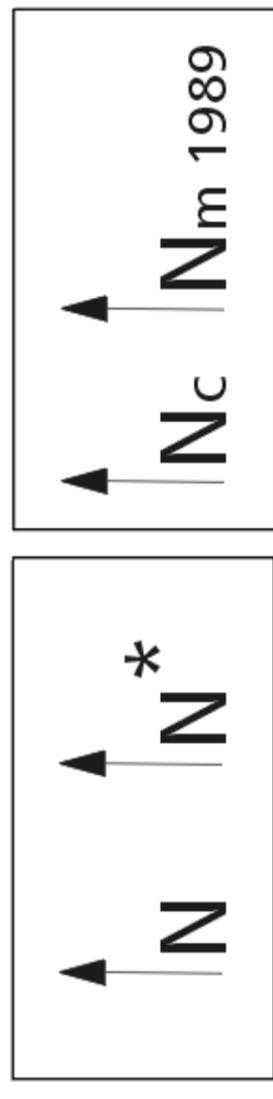


気流の方向
(日付)

Air draught

気流の方向(Air draught):

これはよく知られた記号です。いつも計測した日付を示すべきだ。記号は現在、二つの羽をつけた矢印を使う。計測した日付は、一般的に月一日一年の形式で描かれる。

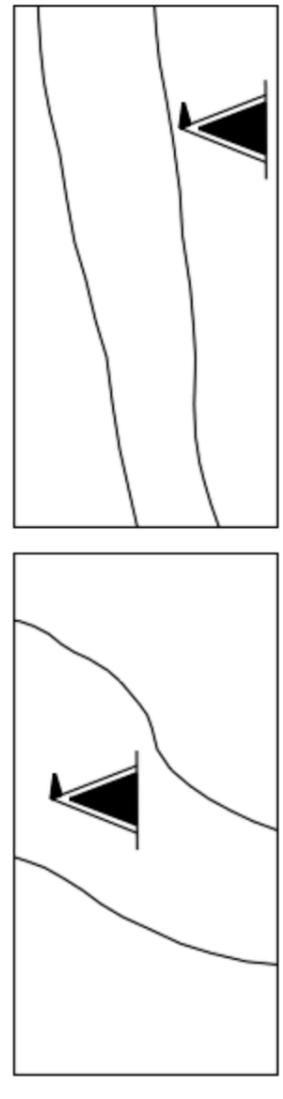


真北
地図上の北
磁北(日付け)

Geographic North-cartesian
North-magnetic North
(with date)

北(North):

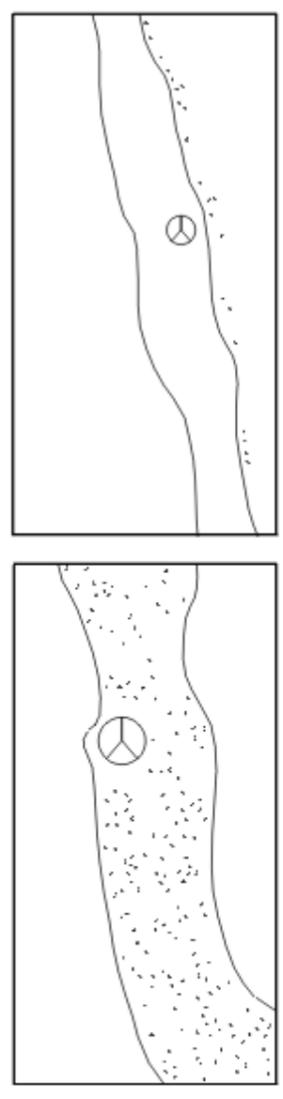
多くの地図上で偏角の情報は、間違いであるか、真北への変換計算が十分でない。普通北の矢印の横には、真北か磁北か地図上のものかの関連を明記しなければならぬ。もし、矢印が磁北に関連付けられているなら、計測した日付を必ず明記しなければならぬ。



キャンプ地

Camp

キャンプ地(Camp): 野営地



遺跡

Human Activity

遺跡(Human Activity):

この記号は、例えばアトワーク、壁画、土器類、古い採鉱跡、人骨などが含まれるが、人類の痕跡、洞窟内の生物痕として使用される。むしろ、歴史的なもの、先史時代のものに使われる。

Cave Symbols - The official UIS Symbol List

(State 1999 - voted by the national delegates)

	Plan	Section		Plan	Section
Main Measuring Points 測量ポイント					
Outline of a gallery 洞壁					
Underlying galleries 下層			Air Draught 気流の方向(日付) (with date in dd.mm.yyyy format) - Ice-Snow-Firn 氷・雪・万年雪		
Too narrow continuation 狭洞(入洞不能)			Stalagmites 石筍		
Continuation possible 未測量			Stalactites つらら石		
Presumed dimensions of Space 仮定洞壁			Sinter Curtains Pillars カーテン・石柱		
Ceiling form 天井の形			Helictites - ヘリクタイト Soda Straws - ストロー Crystals 鉱物		
Dripline 滴下線 (beginning of the cave) - Profile 横断面 (arrow in line of view)			Sinter Pools リムストーンプール		
Step 段差 (height in meters)			Flowstone - フローストーン Wall Calcite - ムーンミルク Moonmilk		
Pit 洞内縦穴 (depth in meters)			North Arrow - Geographic - Cartesic and Magnetic 真北、地図上の北、磁北(日付)		
Pit open to the surface 縦穴洞口			Blocks - 岩塊・岩屑 Debris または角礫		
Chimney - Chimney-Pit 上向き縦穴、下向き縦穴			Pebbles 円礫		
Contourlines 等高線 (altitude in meters) - Gradient arrows 傾斜方向 Entrance arrow 洞口の方向			Clastic sediments - Sand-Silt-Clay-Humus 砂・泥・粘土・腐葉土		
Gradient Lines 傾斜線 Altitude above Sealevel 標高			Claycovered Walls 泥壁		
Difference in Elevation (height in meters) - 比高 Joint - Fault - Inclined Joint 節理・断層・層理面			Guano ゲアノ		
Lake 湖 Flowing Water 流水			Camp キャンプ地		
Sump サンブ			Anostomosen - Karren アナストモシス、カレン		
Cascade 滝 Waterfall			Cauliflowercalcite - Disk 洞窟サンゴ、シールド		
Spring - 湧水・吸い込み穴 Sink			Bones 骨		
Widespread Water Inlet - Seeping 洞壁や天井からの湧水・伏流水			Human Activity (artwork, drawing, pottery, old mining sites, human bones, ...) 遺跡		
Scallops - Flutes in general - Direction of paleoflow スカラップ、フルート 古水流の方向			Height of a room (height in meters) 天井高		