

確保技術の研究

石岡 繁雄

1. まえがき

滑落にもとづく事故防止技術のうち、ザイルを用いる場合について、昭和30年以降微力を重ねてきたが、いくつかの問題点もまがりなりにも解決できたと思うので、中間報告をさせていただく。ご意見、ご批判をおよせいただくようお願いしたい。

なおこの後予想される作業は、まず小生の実験塔で総合的にくりかえし実験する。その結果改めるべきは改めたうえで、実際の山岳で実験する。山岳での実験は小生老齢のため出来ないので、友人にお願いすることになっている。その結果OKということになれば、本誌の続編等でご報告の機会を与えていただけるかと思う。

この技術に含まれているいくつかの用具が事故防止の中で占める位置づけを記す。滑落にもとづく事故は、滑落時に発生するザイルの張力（以下 T kgと記す）が支点の支持力（以下 F kgと記す）より大きいときに発生する。ザイルの張力はザイルの安全基準から明らかなように、滑落の状況によっては1200kgに達する。他方支点の支持力は肩確保のように20kgといったこともある。 T が F より大きいときには、制動確保の技術によって T を F より小さくする。もちろんこれには限界がある。末尾の注1“制動確保の条件”を参照されたい。

従って事故防止の向上のためには、支持力 F を大きくする研究、“制動確保の条件”に含まれる要素（とくに支持力）を登はん中に知る技術及び制動確保技術の向上が必要となる。また登はんの速度を大きくすることは、安全の向上につながるので登はんに係わる用具の簡素化と軽量化に努力することも必要である。

さて下記に含まれる用具のうちピッケルと岩登り用フックは支持力及び登はん速度の向上に、張力計は支持力を登はん中に知る技術（数多くのデータがよせられれば、その都度測定しなくてもわかるようになる）に、自動制動確保器（一般用と単独登はん用とがある）は制動確保技術の向上に、それぞれ係わるものである。またパンツ式ハーネスは、従来のハーネスの軽量化と、とくにコンテ（正式にはコンティニューアス・クライミングであるが以下コンテと略称する）方式での登はんで、自動制動確保器を支障なく動作せしめるためのものであり、ロープアジャスターは確保者がザイルをくり出すときに役立つ。

以下それらの用具の構造と使い方を説明する。

2. 自動制動確保器（以下MSAと記す。Mountaineering automatic shock absorber）

MSAには一般用と単独登はん用がある。一般用には、滑落し自動制動によって停止した後、停止したままとなるが、単独登はん用は停止後内蔵ロープの長さだけ下降できる。単独登はん用には2種

類あり、停止後の下降が自動的になされるものと手動によってなされるものとである。内蔵ロープ20mで自動降下するものは、重さ900g、手動で下降するものは500gである。以下単独登はん用については、省略し一般用のみについて記す。

(1) MSAが必要な理由

制動確保を確保者が手動で行うものは（以下従来方式と記す）、とくに岩登りの場合、下記のごとく実施不可能な場合とか困難な場合がある。また、氷雪登はんの場合でも、とくにコンテの登はんでは、下記のごとく制動確保を適切に行うことは容易でない。従って従来方式を補う技術が必要となる。私はそのためには制動確保を滑落者自身が自動的に行うことが必要であると考え、MSAの研究を始めた（以下MSA方式と記す）。

- ① 滑落のときザイルが岩の隙間などに喰いこんで急に停止するときには（ジャミングという）、従来方式では制動確保は出来ないがMSA方式では可能である。
- ② 滑落到さいしザイルが岩角で屈曲するとき、確保者へのショックがないまま切断する場合があります。従ってそういうときには、従来方式では制動確保は不能である。それに反しMSA方式ではMSAの制動力の調節をその岩角でのザイルの切断荷重（ザイルの支持力）より小さくすることによって、制動確保は正常になされる。
- ③ 制動確保のさいの制動力の調節は、ハーケン等の脱落強度（支持力）より小さくしなくてはならないが、ハーケン等の強度の判断ができるのはトップであって確保者ではない。従ってこういう場合の適切な制動確保は、従来方式ではむつかしくMSA方式では容易である（容易といっても、ハーケンの支持力を知る技術が向上しなくてはいけない）。
- ④ ランニング・ビレイのさい、ザイルがカラビナで屈曲する合計の角度が大きいときには、かりに確保者がハーケンの脱落強度を知りえたとしても、適切な制動確保には不十分である（オイラーの公式にもとづく計算がその都度必要となる）。MSA方式ではザイルの屈曲は無関係である。
- ⑤ 従来方式では、たとえば登頂し疲労して下降しているときの、コンテ時の滑落で、確保者は支点の強化と（ピッケルを打ちこむなど）制動確保を同時にしかもとっさに行なわなくてはならない。これに反しMSA方式では支点の強化にのみ専念すればよい。

(2) MSAに要求される性能

- ① 支点の支持力は千差万別であるので、制動力の調節は段階が多くできることが必要である。
- ② 制動力と時間とのグラフは長方形に近いこと、とくに最大制動力（ T_M とする）と平均制動力（ T_a とする）の比 T_M/T_a が1に近いこと。
- ③ 降雨、降雪、寒冷でも正常に動作すること。
- ④ 制動力の調節が、小さな足場の上でも容易にできること、また滑落しMSAが作用して停止した後、次の滑落にそなえ、MSAを容易に復原できること、さらに少くとも数回連続使用がで

きること。

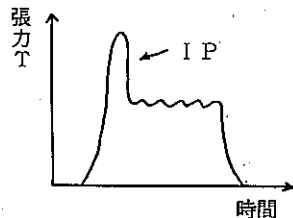
- ⑤ 軽量で頑丈かつ登はんには支障がないこと。

(3) MSA開発の経過

- ① MSA開発の動機は、昭和30年1月に発生した愚弟の遭難である。このときザイルは岩角にかかり、確保者にショックなく切断した。さらに同種の事故が続発したがこれらの事故を防ぐには、MSAの開発しかないと考え、最初ばねを使った装置つまりばね式制動装置を試作した。この装置の動作は確実であるが、1.7kgと重く実用にはならなかった(30年8月1日発行の「山と溪谷」194号に掲載、特許第24677号)。

- ② そのため金属とロープの摩擦方式に変更した。これは軽量であるが次の問題点があり、その解決に今までかかったわけである。なお、このほか制動器の機構のうえでも、解決困難な点があったが、いくたの試作を経て、昭和55年頃に解決した。

- ③ IP……ロープには制動のかかりはじめに、張力の大きなピークが発生する(1図)。これは静摩擦と動摩擦の差と思われるが、ロープの状況(表面のけばたち、硬さ、ロープの芯と外皮との間のすきま、加圧による塑性変形、防水処理等)によって、このピークが大きいときと小さいときがあり、また発生しないときもある。原因ははっきりしない。このピークを以下IP(Initial peak)と記す。



これを除去する方法には次のものがある。

1 図

ア. ロープを芯と外皮とからなる二重打とし、芯を構成するヤーンの数、ロープの端からロープと制動器とが接触する点までは、 $\frac{1}{2}$ ほどへらし、以降ヤーンを4cm間隔で増してゆく。間隔20cmで本来の数になるようにする。この方法でIPは消滅するが、欠点としてはロープを必要以上に太くしなくてはならないことと、ロープの製作が面倒なことである。

イ. 後記3図のカムの部分にカムを除いて直径20ミリの円盤を固着し、ばね付加圧軸を除いて第4図のカム軸を、回軸できるように取りつけ、かつそのカム軸に、歯数80枚の歯車を固着する。また点線の部分に回転輪を設け、これに歯数10枚の歯車を固着し前記歯数80枚の歯車とかみあわせる。制動ロープが動けば回転輪が回り、カムは定められた位置(後述の制動器の構造を参照されたい)までゆっくり回って停止する。その後回転輪と制動ロープはスリップをつづける。この方法もIP防止はほぼ完全である。

ウ. ロープが制動器と接触する箇所から少なくとも20cmの間ロープの表面を起毛する。

エ. ロープが制動器と接触する箇所から少なくとも20cmの間、減摩剤を塗布する。減摩剤は、現時点でシリコンが良好である。

最終試作品は エ を採用している。

④ くりかえし使用により制動力が低下する。とくにたとえば20kg, 250kg, 20kg……とくりかえし使用するとき、20kgはほとんど0になる。これを防止するには

ア. 3図ではね付加圧軸を除き、ネジでロープを加圧するようにし、かつそのネジにトルクリミッターを設け、指でネジを回し、ダイヤル目盛1のときロープに対し一定の圧力が加わるようにする。結果は良好であったがその都度調節しなくてはならないというわずらわしさがある。

イ. ロープに適当な起毛を発生させる。

ウ. 最終試作品では制動力の調節を20kg, 35kg, 60kg, 100kg, 150kg, 200kg, 250kgの7段階とした。各種支点の支持力の分布がはっきりしないので、制動力をどのように定めてよいかわからないがとりあえずそうした。この7段階のうち60kg以下を低域、100kg以上を高域とよんでいる。さて、くりかえし使用による制動力の低下を防止するための方法として、ロープを制動力の最大値で加圧して塑性変形させる。さらに制動力の低域だけをばねで加圧する(ばねの使用は、制動力の振動が発生しやすい。3図の渦巻ばねで解決した。渦巻ばねは低域と高域の境で層間がくっつく)。

最終試作品は ウ を採用した。

⑤ ロープのキンク

ロープ収納袋に蓄えられた制動ロープは、滑落時、制動器を通ってくり出されるが、このときロープは制動器の入口でキンクしやすい。これを解決するのにもっとも時間を要した。たとえばロープをリールに巻けばよいと考え、リールの回転軸の方向 x , y , z と3種それぞれ試作し、比較し最良のものを選んだ。これで解決したと思っていたが長さ9m, 斜度60°の傾斜板で、MSAを装着したダミーを落下させる実験をくりかえしているうち1回だけMSAが作動せずザイルが切断した。原因はリールがダミーの下敷となって変形したためである。それに耐えるリールを作るため、ダミーの下敷になったときの圧力を測定したが、それが意外に大きくそれに耐えるリールはかなりの重量となり登山活動を相当に妨げる。ロープをテープにしテープが順序よく袋から出るようにすればキンクは防げるが、テープは制動器へ90度とか180度とか回転して入りやすい。結局、後述のBL式キンク防止装置に到着した。なおこの考え方にもとづくやり方はいろいろあるので、今後さらに変更されるかもしれない。

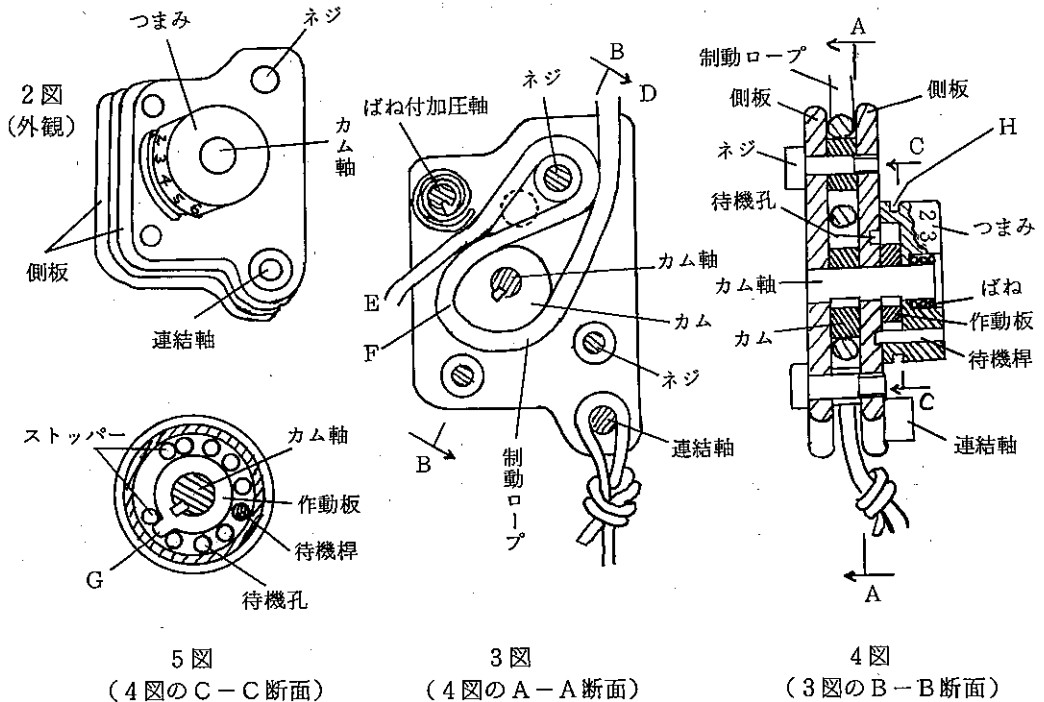
(4) 現時点で最良と思う試作品の構造と動作(旧式は特許第938705号, 改良型申請中)

MSAは制動器と制動ロープおよびMSA収納器からなる。MSA収納器は制動器収納袋とロープ収納袋とからなる。重さ360gである。

① 制動器

構造を2図ないし5図にもとずいて要点のみ記す。2枚の側板が3個のネジによって一定間隔に固定されそれにカム軸が回転可能にとりつけてある。カム軸にはカムと作動板が固着する。制

動ロープは3図のようになっており、Dの先でザイルに給合し、Eの先がロープ収納袋にいたる。側板には8個の待機孔（ダイヤル目盛0、1、2…7）があいている。登山者が制動力を調節するには、4図でつまみを5ミリほど右へ引っぱり出し、待機桿を待機孔から離れた後、つまみを回



して待機桿を任意の待機孔にはめる。さてザイルに張力が加わってロープがDの方向へ引っぱりされると、カムの突起Fのためカムは左回転し、カムとばね付加圧軸の間隔がせまくなりロープを圧迫する。また作動板も左回転するが突起Gが待機桿に衝突したとき回転はとまり、カムも停止する。カムの回転角が大きいほど制動力が大きい。ロープを制動器から前又は後へ手で引っぱり出すときには、つまみの目盛を0にあわせる。このときカムの位置は3図となり、カムとばね付加圧軸とはロープに圧力を加えない。Hの溝は、制動器を制動器収納袋に収めたとき、つまみは収納袋から外へ出るが、収納袋の穴の周辺がこの溝にはまる。待機方式のためつまみを回すときの力はきわめて小さい。また連結用ロープを着脱するための連結軸の開閉はワンタッチで行う。

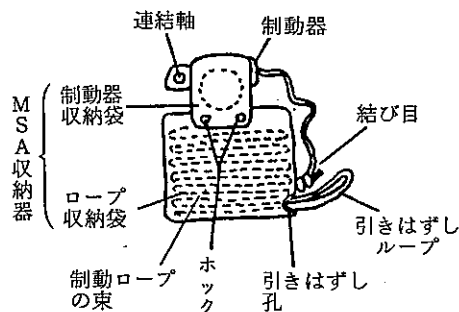
② 制動ロープ

制動ロープは有効長10mとなっている。登山者が制動ロープをロープ収納袋に収めるとき、制動ロープを束にして握るが束の長さ約18cmで、ひとつかみのロープの長さが約10mである。なお束の長さを長くすればロープも長くできるが、後述のようにパンツ式ハーネスのパンツ小袋の収納に限界がある。ロープの材質は、軽いことと強度が大きいことからポリアミド繊維製とし、2重

打、4.3ミリ引張強度1000kgを使用した。制動耐力約420kgであるので制動力調節の上限を250kgとした。使用回数は250kgで5回（限界は15回）を限度としロープを交換する。もし制動ロープに直径6ミリ、引張強度2000kgを使用すれば、制動力の上限を350kgとしてよいがロープの長さは6mほどとなる。なおポリアミド繊維は太陽光線による劣化が大きい、使用目的からして使用時間が少ないので問題にならない。ただし使用時以外はロープ収納袋（ゴムの裏打ちをなし完全遮光である）に収める。制動ロープの端が袋の外に出るが、ポリアミド2重打の引張り強度は芯の強度に等しく、また外皮が芯を遮光しかつ外皮はこの部分では制動しないので、強度上の問題はない。また、MSAは平素、パンツ小袋に収納されるので遮光に役立つ。

③ MSA収納器

MSA収納器は、制動器を収納する制動器収納袋と制動ロープを収納するロープ収納袋に分かれ、両者はホックで結合される。6図はMSAの外観で、巾20cm、高さ19cm、奥行3.5cmである。ロープ収納袋の上部は開放されているが、その両端はマジックテープで開閉できるようになっている。ロープ収納袋の底の端には制動ロープが2本通るだけの引きはずし孔があけてある。制動ロープの端は、長さ約10cmの引きはずしループとなっており、引きはずし孔を通してある。その結び目のため、連結軸を固定して引きはずしループを引っぱれば、ホックがはずれ制動器収納袋とロープ収納袋は分離する。この機構は制動ロープが制動器の入口でキンクするのを防止する。それについては後述する。

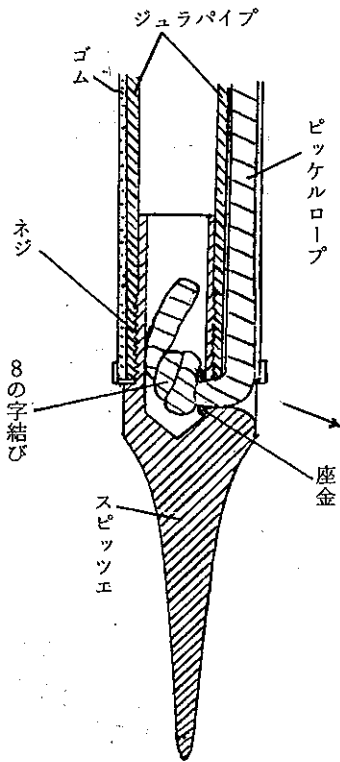


6図

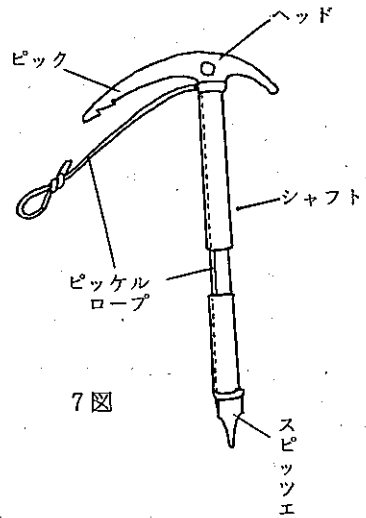
3. 新型ピッケル、自動支持力増強効果 (Supporting force automatic increasing effect, SI効果) を有するピッケル、以下S Iピッケルと記す。特許第1341502号

このピッケルは、とくにコンテのように、とっさに確保するときの支持力を高めるために考案したものである。こういう場合の従来のピッケルの支持力は意外に小さい。ピッケルのスピツエを氷雪に打ちこみ、ザイルをピッケルのシャフトに巻きつけ、ピッケルのヘッドを体重で押しつけるやり方は、スピツエの先端を中心とするモーメントのためにシャフトが倒される。又はシャフトが折れる。また滑落停止の姿勢でピッケルを雪面に打ちこみ、体重でヘッドを押しつけるやり方は、ザイルの張力が確保者の腰に作用するとき、氷が堅ければピッケルのヘッドを握る腕が伸びてしまう。またピッケルのヘッドに作用するとき、ザイルの方向とシャフトが平行になりやすく、後述のS I効果は不安定である。

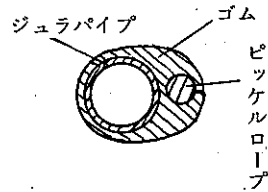
S Iピッケルは、ピッケルのスピツエにロープ（以下ピッケルロープP. R. と記す）を結合し



ピッケル下端の縦断面図
8 図

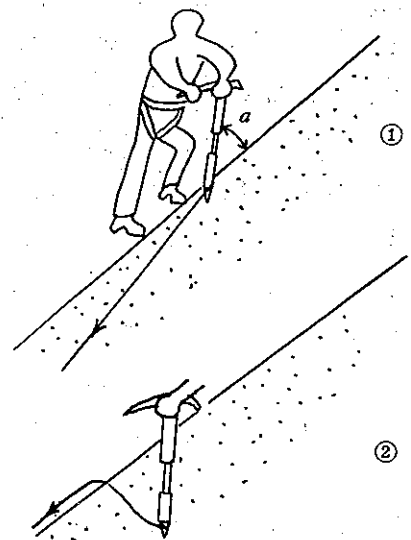


7 図

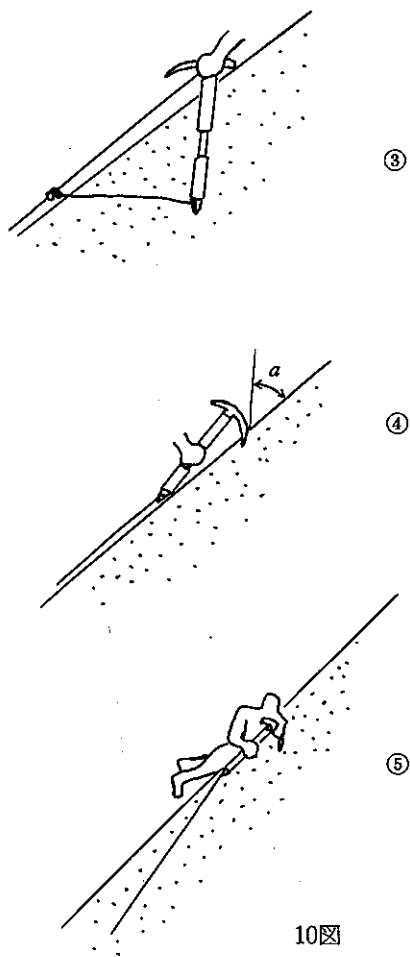


シャフト横断面図
9 図

たもので、使用にあたってはそのロープとザイルとをMSAを介して結合する。試作品は7図ないし9図の構造となっている。ピッケルロープは芯5ミリのポリアミド繊維製、外皮テトロンである。10図に使用例を示す。①の使用方法で、氷が堅くスピッツエが2cmほどしか入らなかったとする。ピッケルロープはスピッツエの先端から7cmの高さを引っぱるので、角度 a が小さいとき(45°ぐらいが適当)、ザイルの張力が大きいほどスピッツエは氷に食いこみ支持力は大きくなる。また④と⑤では、ピックの形状が錨のようになっているので、ザイルの張力が大きいほどピックは氷に食いこんで支持力を増す。すなわちこのピッケルは自動支持力増強効果(SI効果)を有する。雪面が軟いときには②又は③となり、



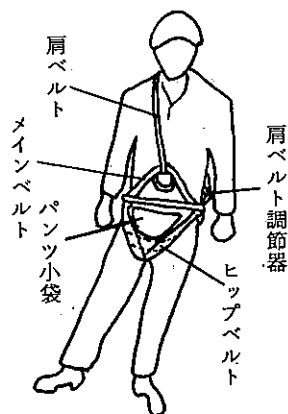
この場合にはS I効果は生じないが、かなり大きいな支持力がえられる。またこのピッケルは、スピツエとシャフトをネジで結合しているのので、スピツエはシャフトに対して回転しうる。この効果は次のようである。パートナーが滑落し確保者は10図の①のように確保したとする。このときシャフトに対し、ピッケルロープが伸びてゆく方向が8図の矢印方向つまり紙面に平行であったとする。このときにはシャフトとスピツエが固着していても、シャフトにモーメントは作用しない。しかしながらピッケルロープの伸びてゆく方向が、8図の紙面に対して垂直であったとすれば、もしシャフトとスピツエが固着しておれば、スピツエは回転力をうけ、従ってヘッドにも回転力が作用し、確保者はバランスを失うことになるかもしれない。しかしながら試作品のようにシャフトに対してスピツエが回転するようになっておれば、確保者は回転力をうけない。このときの回転力とそれが確保者に与える影響を実験したが、足場が良ければ問題にならない。傾斜が急で疲労しているようなときは、その影響がかなりあるように思う。実地の経験をつみ重ねなければ、この装置の評価は出ないと思う。



10図

4. パンツ式ハーネス（意匠登録第656599号，実用新案申請中）

登山者はMSAを装着するが、そのMSAは岩登りでも冰雪登はんでもまたスタカットでもコンテでも、正常に動作しなくてはいけない。また登山活動に支障があってはいけない。MSAをハーネスにどのように結合させるか。ハーネスそのものの役割りに配慮しつつ、試作を重ねたが結局、11図のものとなった。さてハーネスに要求されることは、軽量であること、滑落のときの衝撃が身体に苦痛を与えないこと、どのような滑落をしてもハーネスがぬけずまた停止時頭が上になることであろう。滑落のとき苦痛が少ないという点では、布製ブランコのように巾広いベルトでヒップを支えるのが良いと思う。このヒップベルトは、材質をナイロンとしたとき、7ミリのナイロンロープは1トンの強度があることを思えば薄くてよく軽量化される。しかしながらそれをそのままハーネスと

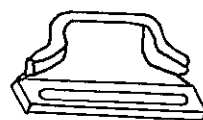


11図

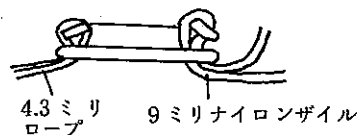
すれば、滑落のときヒップは、ヒップベルトからずりおちるであろう。また薄くて巾広いベルトはひも状となって肉体に食いこむであろう。これらを防止するにはヒップベルトとパンツとを縫合すればよい。停止時頭が上になるために、ザイルとハーネスとの結合部が、身体の重心よりも上にくるようにしました。またハーネスがぬけないために、肩ベルトとハーネスのメインベルトとが身体の重心を含んで身体を一周するようにした。またパンツの腰にあたる部分にはハーケンなどを吊り下げるための巾15ミリのベルトを設けた。またMSA等を収納するため、下腹部に相当する部分にパンツ小袋を設けた。試作品の重さは200g、強度約2トンであるが、パンツの布地を厚くした方がよいと思うので、重さ300gほどになると思う。

5. ロープアジャスター（実用新案申請中）

12図はMSAの制動ロープとザイルを結合するためのものであるが、ザイルが緊張しないときには、ザイルを前後どちらへでも容易に引き出すことが出来、ザイルが緊張すれば直ちに錠止する。またロープとの着脱は容易である。ロープのかけ方を13図に示す。なお、この技術に用いるザイルは、MSAのため伸びは必要ないので、軽量化のためたとえば芯ポリアミド、外皮ナイロン又はテトロン製の6ミリロープ（引張強度2000kgで岩角に強い）が良好であるが、遮光の問題解決が不明なので、氷雪登はんでは9ミリナイロンザイル1本、岩登りでは9ミリ2本又は11ミリ1本用いることにしたい。（注2）



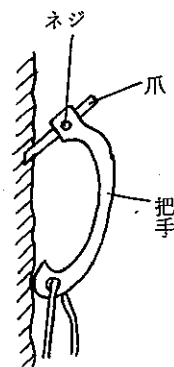
12図



13図

6. 岩登り用フック（実用新案第 1599123号）

岩登りでの確保の支点となる用具には、ハーケン、埋めこみボルト、ナッツ、フレンズなどがあるがいずれも一長一短である。14図の試作品について記す。把手はジュラルミン製、爪は焼き入れたタガネ用の鉄で把手とはネジどめする。ハンマーで爪の頭をたたけば爪の先端は岩に食いこむ。打つときの手ごたえで支持力を見当づけることができる。またザイルの張力が大きいほど爪は岩に食いこもうとする。実験では、花崗岩に3ミリほど食いこませたときの支持力は約600kgで、岩がかけてとんだ。MSAと併用すればトップの墜落をとめうる。爪を深く打てば埋めこみボルトの効果に似るが、浅いとき埋めこみボルトに比して支持力は大きい。埋めこみボルトは浅いときにはモーメントが作用する。このフックの欠点は、ザイルの張力がかかる方向によっては、不安定となることであり、従って用途が限定される。たとえば、登はんのさいの手掛りとする。かなり深く打ってあぶみの支点とする。トップがセカンドを確保するときザイルが引っぱる方向をチェックし、



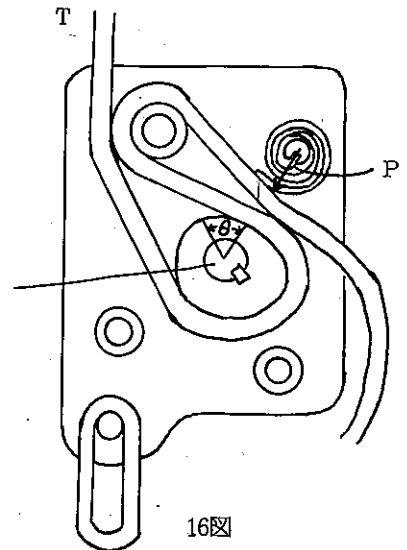
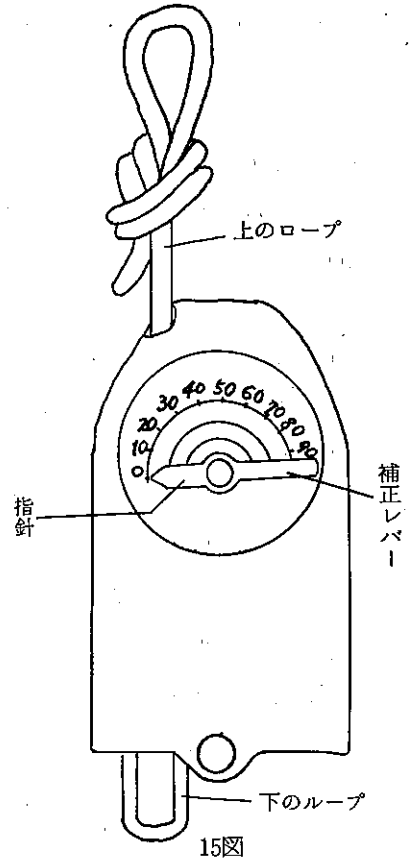
14図

フックにロープアジャスターをかけ、片方の手でフックを押えながらロープアジャスターからロープを引き出す。また同様にしてセカンドがトップを確保する。従来に比し時間節約になると思う（次回、使用状況とか長所・短所のデータをご報告したい）。

7. 張力計（特許出願中）

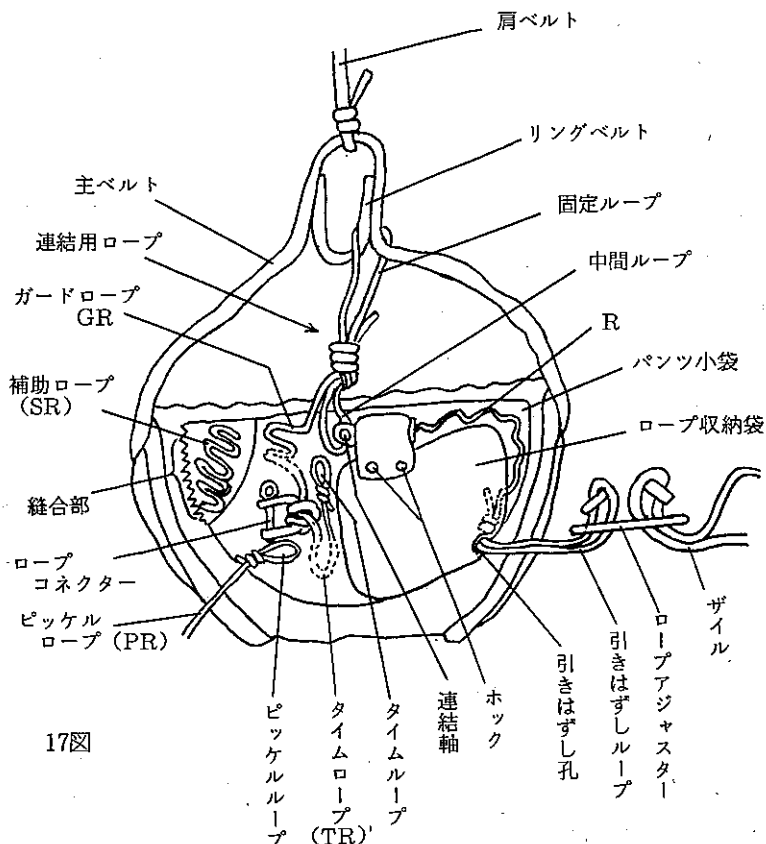
MSAの制動力の調節のためにも各種の支持力を平素から測定することが望ましい。そのため現場で手軽に測定できるような張力計（張力の最大値を示すもの）が必要となる。試作品の外観を15図に示す。使用方法は、たとえば岩壁に打たれたハーケンからロープを下げ、それに張力計から出ている上のロープのループを結合する。また下のループに荷重を結合し、荷重のある高さから落下させてハーケン及び張力計に衝撃荷重を加える。それによってハーケンがぬけたとすれば、そのときの張力計の読みがハーケンの支持力である。16図はこの張力計の構成を示すが、MSAの制動器に酷似する。16図のカム軸と15図の指針の軸は同一である。またカム軸には補正レバーが固着する。16図でカムの回転角 θ と渦巻ばねがロープを押す力 P とは一義的な関係にありまた P と上のロープの張力 T とは一義的な関係にあるので、 θ の読みから T を測定することが出来る。この装置の欠点としては

- (1) この装置には摩擦が関係するので精度は望めない。
- (2) ロープに作用する落下衝撃荷重を測定する場合、厳密には、上のロープが引き出されることによる落下距離の増加と、（8 cm以下である）他方そのとき張力計内部に発生する仕事に影響する。
- (3) この装置はロープにかかる最大張力を測定するものであり、物体の重さを計るものではない。ただし測定中、物体が停止したとき、補正レバーで指針をゆっくりもどし、ロープが動き出すときの読みが、重さとなる。同様にして滑落者の等価体重を計ることが出来る（注3）。また摩擦に伴う誤差は、各種実験から数パーセント以内と思われるので、本装置の使用目的から支障にはならないと思う（さらに実験を重ねて次回ご報告したい）。



8. BL式キンク防止装置（ロープ収納袋分離式キンク防止装置 Rope bag leaving type）

17図は主として次の項目（9. 10.）の説明用であるが、この図の必要部分のみを使って説明する。



17図

この図はパンツ式ハーネスのパンツ小袋の上蓋（布）を除いた図である。また上蓋はパンツ本体と縫合部でのみ結合し、その他はマジックテープで閉じてある。なお制動ロープは予めよじれが十分に除かれており（注4）かつ登山者が制動ロープをロープ収納袋に収納するとき、ほぼロープの端に近い束から順に押し込むので、制動ロープが制動器の入口に押しつけられない限り、制動ロープがキンクすることはない。

さてこのパンツ式ハーネスを装着した人が滑落すれば、滑落者はこの状態から下に向い、ザイルに張力が発生する。そうするとまずパンツ小袋のザイルに近い方のマジックテープが開き、MSAはパンツ小袋から外へとび出し、引きはずしループと中間ループの間に張力が発生する。前述のごとく引きはずしループとロープ収納袋とは離れないので、ホックがはずれ制動器とロープ収納袋とは急速に離れる。Rの部分のロープは十分なたるみがあるので、制動器とロープ収納袋とがある距離離れるまで制動器は制動ロープを制動しない。このときロープ収納袋の中の制動ロープは、マジックテープで小さくなった穴からくり出される。従ってロープ収納袋から出る制動ロープは軽いひっぱり状態にあ

り従って制動ロープが制動器の入口でキンクすることはない。なおパンツ小袋には連結用ロープ（GR、TR）補助ロープ等がロープ収納袋の左側に入るので、制動器収納袋とロープ収納袋とを結合するホックは、ロープ収納袋の中央より左に片よっているが、効果はかわらない。

9. 各種の確保に対応させる装置と使い方

（1）装置

登山者は、岩登りでのスタカット及びコンテ、氷雪登はんでのスタカット及びコンテのいずれかで、またトップかセカンドで登るが、そのときの確保はそれぞれに適したものでなくてはならない。また登はん中それらの間で変更があるときには、確保方法もそれに適応させなくてはならない。17図のパンツ小袋の中味のうち、MSA以外はそれに係るものである。パンツ小袋に含まれるロープは、連結用ロープ全長5mと補助ロープ（Spare rope SRと記す）2mで、材質は、ともに芯ポリアミド製繊維、外皮テトロン4.3ミリ、引張り強度1000kgである。芯がポリアミドであるが外皮のテトロンが遮光の役目をする。しかしながら使用時以外はさらに遮光が望ましい。パンツ小袋がその役目をする。連結用ロープはロープコネクターをクローブヒッチ結びで結合する。ロープコネクターは市販のネジ方式でもよいが、ワンタッチ開閉が望ましい。連結用ロープは17図のように、固定ループ、ループの長さ8cm、中間ループ同じく6cm、ガードロープ（GR）1.8m、タイムロープ（TR）2m、タイムループ4cmとなっている。またパンツ小袋には必要に応じてピッケルロープの先端のピッケルループ15cmが含まれる。

（2）使い方

確保方法がひんぱんにかわり、パンツ小袋の中のループのかけかえがひんぱんになるときは、中間ループをパンツ小袋から上へ出しておく。

① 岩登りのスタカットでトップがセカンドを確保する場合

トップについては、ロープアジャスターを、引きはずしループから離して固定ループに結合する。肩ベルトのため肩確保となる。セカンドが登ってくるにつれて、ロープアジャスターからザイルを引っぱり出す。又手もとにハーケンが打ってあれば、ロープアジャスターとハーケンを補助ロープで結合する。

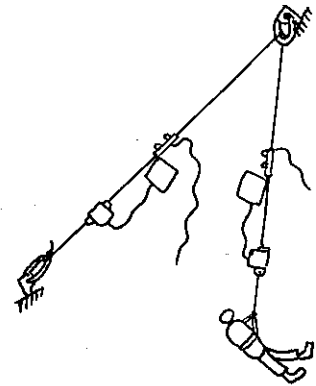
セカンドについてはトップと同じく、ロープアジャスターを固定ループに結合するが、稜線の縦走のように衝撃がかかるような滑落の可能性があるときは17図とする。

② 岩登りのスタカットでセカンドがトップを確保する場合

トップは17図のまま、セカンドは次のようになる。連結軸を中間ループからはずしMSAをパンツ小袋から離し、補助ロープを使って手もとのハーケンと連結軸を給合する。トップの動きにつれてザイルをロープアジャスターからくり出す。トップ滑落のとき18図となる。なお後記“12. MSAの安全性についての考察”をみられたい。

- ③ 氷雪登はんのスタカットでトップがセカンドを確保する場合

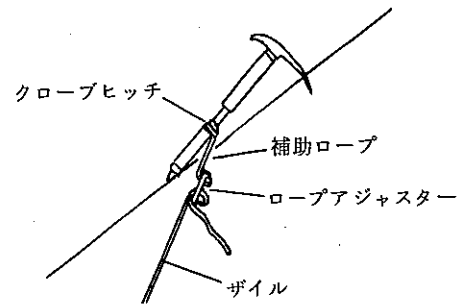
トップについては、ロープアジャスターを引きはずしループから離し、19図のように補助ロープでピッケルとロープアジャスターを給合し、セカンドが登ってくるにつれてザイルの長さを調節する。セカンドについては17図とする。



18図

- ④ 氷雪登はんのスタカットでセカンドがトップを確保する場合

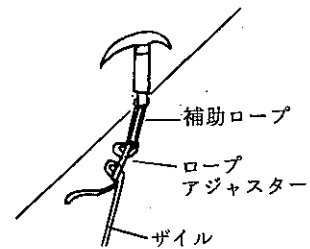
トップについては、17図そのまま、セカンドについては連結軸を中間ループから離してピッケルループに結合する。ピッケルは10図のうちの適当なものに又はスタンディング・アックス・ピレーにする。



- ⑤ コンテ……次の項目で述べる。

10. コンテ

制動確保を成功させるには“制動確保の条件”が成立してはならないが、とくにコンテの場合、登山者は移動するので、“制動確保の条件”の変化につねに留意していて、それに自信がもてなくなったとき、直ちにスタカットに移らなければならない。またコンテにはこのことその他、ザイルが緊張する以前に確保の姿勢をとること。そのためにはパートナーの滑落の瞬間を知ることが必要条件となる。さらにコンテに望ましいことは登はん両手が使え、クレパス等では停止後の処理が出来ること、トップ滑落のとき、セカンドは、後述のごとく時間の余裕があるのでザイルをたぐりよせ、滑落距離を短く出来ることであろう。



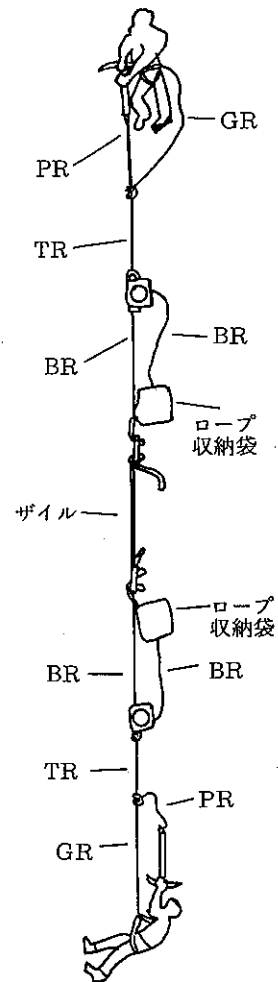
19図

またコンテは、岩登りの場合と氷雪登はんの場合とでは、安全性に対し質的な差がある。

(1) コンテによる氷雪登はん

2名のパーティがMSA、SIピッケル等を使ってコンテで登はん中、トップ又はラストが滑落したときを例にとって17図と20図にもとづいて説明する。トップ、ラストとも連結軸から中間ループを離しタイムループと結合したロープコネクターとピッケルループを結合する。さてトップ、セカンドどちらが滑落してもパンツ小袋のマジックテープが開いてロープ収納袋がとび出し、次に制動器、

タイムロープ (TR) とつづき、ロープコネクターでピッケルロープ (PR) とガードロープ (GR) に分かれる。滑落者については GR が緊張し、確保者については PR が緊張する。20図は滑落がとまったときの状態を示す。トップ、ラストどちらが滑落したときも同じ形である。またピッケルロープ (PR) 1.5m, ガードロープ (GR) 1.8m, タイムロープ (TR) 2m となっているがこの数字を導いた理由を記す。ピッケルロープ 1.5m は、足場刻みなどの場合これくらい必要かと思う。ガードロープ 1.8m については、滑落時ザイルの張力は確保者のピッケルに作用し確保者の身体に作用してはいけない。つまり、ガードロープはピッケルロープ 1.5m より長くなくてはいけない。いろいろと実験の結果 1.8m とした。次にタイムロープの 2m について述べる。前記のごとくコンテの条件として、ザイルが緊張する前に確保の姿勢をとらなくてはならない。トップの滑落に対しては、滑落者はザイルの長さの 2 倍落ちるので時間の余裕があるが、セカンドの滑落に対してはトップに時間的余裕はない。そこで時間かせぎのロープつまりタイムロープ (TR) が必要となる。10図の確保手段をとった場合についていろいろと実験した結果、垂直の場合でも 5m でよいことが分ったが安全をみて 7m とした。さてトップはセカンドの滑落を、パンツ小袋のマジックテープが開くことによって知る。パンツ小袋が開いてからザイルが緊張するまでにくり出されるロープの長さは、20図の上から確保者の PR (1.5m) と TR, 次に滑落者の TR と GR (1.8m)



20図

である。従って TR は、 $1.5 + 2 \text{ TR} + 1.8 = 7$, $\text{TR} = 1.85 \approx 2 \text{ m}$ となる。

次にこのときの必要最小制動力 T_0 を計算する (注1 参照)

なお、制動ロープ BR の長さは 10m でザイルの長さを 5m とする。

トップ滑落の場合

$$T_0 = W' \left(1 + \frac{5 \times 2 + 2 \times 2 + 1.5 + 1.8}{10 \times 2} \right) = W' (1 + 0.86) = 1.9W'$$

セカンド滑落の場合

$$T_0 = W' \left(1 + \frac{2 \times 2 + 1.5 + 1.8}{10 \times 2} \right) = 1.4W'$$

トップとセカンドとどちらが滑落するかわからないので必要最小制動力は $1.9W'$ となる。登山者の体重

をザックを含め80kgとし摩擦係数 $\mu = 0.3$, 斜度 50° とすれば $W' = 80 \times 0.57 = 46.5\text{kg}$ となり $T_0 = 46.5 \times 1.9 = 88.35 \approx 90\text{kg}$ となる。支持力は150kg必要であろう。そこでMSAの設定は100kgとなる ($F > T > T_0$)。ピッケルの支持力に200kgの自信があれば, MSAの設定は150kgとなり相当余裕をもって停止できる (トップの設定を100kg, セカンドを150kgとなしてもよい)。また

- ① セカンドがトップを確保するときトップ滑落と同時に, 10図のうち状況に適した確保姿勢を取り, あまった時間でロープアジャスターからザイルを引っぱり出して, Lを小さくする。
- ② クレバスとか雪庇から滑落するおそれがある場合には, 10図の②③④⑤のいずれかの確保をする。滑落者が停止した後, 確保者はピッケルから離れることが出来る。
- ③ 10図の確保の場合の支持力の測定を昭和55年以降, 山での氷雪とか, 市販の水を使って何回か行ったが, その結果, 氷雪の状況にもよるがおうざっぱに言って ①は200kg ②は100kg ③は150kg ④は300kgであり 従ってコンテの確保に十分な支持力を持つことが分った。しかしながら実際の山岳での実験では, 氷雪の状況がいろいろあり, この観察を無視するときには, 失敗することがあることを知った。また支持力が200kgとか300kgあれば, 空中落下する80kgの荷重をコンテで (落下するのを見てからピッケルをふり下ろす) 止めうるはずである。この実験を市販の水を使って行ったが理論どおり停止した。これらについては次回報告させていただく。

(2) コンテによる岩登り

氷雪でのコンテは, 適当なタイムロープを設ければ, セカンドの滑落でも10図の確保姿勢をまにあわすことが出来, しかもそのときの支持力は十分に大きい。また氷雪では斜面の状況がおうむね均一であるので, パートナーが滑落した場所での確保が可能である。(それが出来ないような氷雪に会ったときにはスタカットに移る)。

これに反し岩登りでは

- ① タイムロープで間にあるような確保方法は体確保しかない。また体確保は肩確保か, それとも斜面が急で3点確保の姿勢で登っているようなときは, 腹ばいでの手足の指の力となる。
- ② 斜面が氷雪のように均一でないので, 制動確保の条件のうち支持力(前記体確保)が斜面の状況によっては大きく変化する。

従って岩登りでのコンテは, MSAを所持すると否にかかわらず原則的に困難であると思う。

岩登りでのコンテの実情は

ア. リーダーは滑落しないとみなされる岩場で, さらにパートナーの滑落をとめるだけの余力

(支持力)を持っているとき(スイスアルプスのガイドの場合, 腕の力で客の滑落をとめる)。

イ. 大きな衝撃力がかからないよう, トップとセカンドを結ぶザイルを短くしかつザイルのたるみを出来るだけ少なくする。

ウ. しかしながら, たまたまりーダーの支持力を小さくさせる場所で, しかもザイルにたるみが

あるようなとき、パートナーの滑落がおきれば、リーダーともども滑落する（マッタホーンのヘルンリ稜で、私たちの仲間が外人ガイドとともに登っていて、そういう滑落が発生したが、運よく岩にひっかかって助った）。

エ. そういう場合には、リーダーはパートナーに停止を命じ、リーダーがそういう場所を通過してからパートナーが動くようにすればよい。（コンテからスタカットへ移る）しかしながら実際にはそれが守りにくく、またパートナーの不測の滑落もあり、事故が発生する。

- ③ これに対しMSAの使用による安全性の向上を考える。リーダーは腰ベルトにMSAを装着する。そのMSAは、たとえば制動器、タイムロープ3 m（17図のRを長くする）及び制動ロープ5 mを収納袋に収めたものである。リーダーはMSAの先のザイルを握って登降する。パートナーが滑落しリーダーが危いと思ったら手をはなし岩角などにしがみつ়く。又はMSAのタイムロープを除きMSAの制動力を低めにしておく。いずれにしてもMSAのため、リーダーにとって危険な当初の衝撃がさけられる。

12. MSAの安全性についての考察

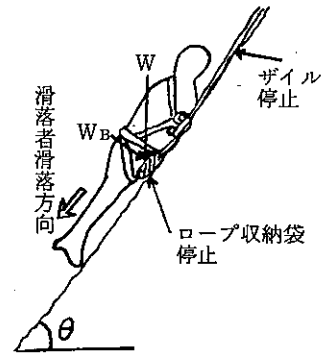
（1）トップ、セカンドとも、原則としてMSAを装着しているので、氷雪登はんなどではMSAは複数で作動し安全性を高める。しかしながら岩登りでの滑落で、ザイルがジャミングするとか、岩角に引っかかる場合、確保者のMSAは作動しない。従ってその可能性のある場合には（岩登りでは、といてよい）、制動確保の条件の T_0 の計算について、 $T_0 = W' \left(1 + \frac{L}{\ell}\right)$ の1をトップの持つ制動ロープの長さとする。たとえば $W = 80\text{kg}$ 、 $T_0 = 200\text{kg}$ 、（注5） $\ell = 10\text{m}$ とすれば $200 = 80 \left(1 + \frac{L}{10}\right)$ で $L = 15\text{m}$ となり、トップは支点（カラビナ）から上へ7 m直登できる。

（2）岩登り中の滑落では、MSAが滑落者の下敷になるなど複雑である。MSAの制動力は支点の支持力（ザイルの切断荷重も含めて）以下に調節されていて、しかもザイルに支点の支持力を越える張力が発生する可能性を考える。なお以下の考察で支点の支持力を150kgとする。まず終始空中落下という場合は除いてよいので、空中落下して岩に激突したときとか、斜度に変化したり凹凸のある斜面での滑落を考える。

- ① トップ滑落の当初、ザイルはたるんだ状態である。このときザイルが滑落者からみ、たるみがなくなるとともに、からんだザイルが離れる場合、ザイルにかかる張力はどれくらいであろうか。その力が150kgを超えるとは思えないが実験で確かめなくてはならない。
- ② ザイルのたるみがなくなり緊張を始めるとき、まず17図で引きはずしループがパンツ小袋のマジックテープを開けるが、このときたまたまロープ収納袋が滑落者の下敷になっていたという場合、ザイルにどれだけの力がかかるであろうか。21図にもとずいて記す。ザイルのたるみがなくなりザイルが緊張しはじめるとともに、ザイルは停止し17図のロープ収納袋は停止しようとする。

ところが滑落者は下へ向って動いているので、ロープ収納袋と、パンツ式ハーネスとの間の摩擦力がロープ収納袋を下へ押し下げようとする。滑落者の体重を W kg, 斜面の斜度 θ 度, ロープ収納袋とパンツの間の摩擦係数 μ_B , ザイルの張力を T kgとすれば $T = 2 \mu_B \cdot W \cos \theta$ となる。

またたまたまそのすぐ上で空中落下しロープ収納袋に体重の n 倍の力が作用したとき, ロープが緊張を始めるときとが一致したとすれば, T はその n 倍となる。さらに斜面に小さな岩の凹凸があるとき T はさらに大きくなる。このときの T の値が



21図

150kgとなるかどうか, 実験しなくてはならない。もしそれが過大のときの対策としては, 17図で, パンツ小袋の上蓋をほぼ中央で縦に切断して, 右蓋(ロープ収納袋側)と左蓋(補助ロープ側)に分け, 両者の境をマジックテープで結合する。そうすれば右蓋はパンツ式ハーネスから離れて引きはずしループとともに斜面に残る。いずれにしてもその力で引きはずしループの結び目が17図の引きはずし孔を通過してはいけないので, 引きはずしループとロープ収納袋との結合は強くなくてはならない。

- ③ ロープ収納袋がパンツ小袋から離れた後, ザイルは制動器をパンツ小袋から離すことになる。制動器が制動ロープを制動しはじめるのは, 制動器が身体からほぼ離れた位置にきたときであるので, 制動器のこの位置では, 制動器をパンツ小袋から離す力が150kgを越すかどうかを考えればよい。これも実験で確かめたい。

(3) 次に装置の破損の可能性について考察する。

- ① 滑落者が空中滑落しMSAが体重の何倍かで押しつけられたとき, MSAと制動ロープは破損するであろうか。MSAは十分に頑大でありまたロープを巻きとるリールを除いたので大丈夫と思うがこれも実験したい。またこのときつまみが破損しないよう, パンツ小袋の中で身体の方に向けてある。またつまみが身体を傷つけないようつまみの角は丸くする(2図と4図では丸くないので角を削る)。

- ② ザイルがたるんでいるとき, 滑落者は凹凸の斜面を21図の姿勢で滑落したとする。またこのときパンツ小袋の上蓋(右蓋)がはずれ, ロープ収納袋がパンツ小袋から離れた状態で滑落したとする。この場合, 安全性にとって不都合はないと思うがこれについても実験したい。

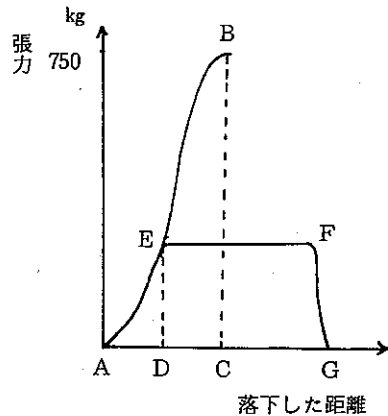
(4) 今後山岳実験ではMSAを装備したダミーを落下させる実験をくりかえし, かつそれをテレビカメラに収め, 安全性を追求したい。もしも確率は小さくても安全性に疑問が残るときには, そういう使い方をしないよう, 使用説明書に特記する。

注1 制動確保の条件

制動確保をしないときザイルに作用する張力Tが、支点の支持力Fより大きいときには制動確保によってTをFより小さくしなくてはならない（支点の支持力がTより大きい場合でも、たとえばザイルの切断荷重がTより小さいときとか、滑落者にTの力が作用したときには身体への圧迫で、滑落者が大きく傷つくなどという場合も（加速度による内臓破裂など）、制動確保によってTを小さくしなくてはならない）。他方制動確保のためにはザイル（MSAの場合制動ロープ）を制動しつつ伸ばさなくてはならないが、伸ばすべきザイルの長さには限界がある。Tをあまり小さくしすぎてその限界を越してはいけない。つまり制動確保を成功させるための条件がある。

滑落者の体重Wkg、斜面の斜度θ度、滑落者との動摩擦係数μ′、制動確保のときの制動力Tkg、制動確保に使えるザイルの長さℓm、制動確保なしに滑落した長さLmとする。斜面での体重は、摩擦などのために軽くなったとして扱うことができる。この体重を等価体重W′kgとすれば公知の $W' = W(\sin \theta - \mu' \cos \theta)$ となる（この式から傾斜が急になると、摩擦係数の影響が小さくなることがわかる。またθとかμ′を用いずに直接斜面上で実測しようというのが前記張力計である）。またエネルギーの関係から導き出せる公知の $W'(L + \ell) = T \cdot \ell$ から $T = W'(1 + \frac{L}{\ell})$ となる。このTをToとして必要最小制動力と呼ぶことにする。制動力Tは $F > T > T_0$ となり、これが制動確保の条件である。

たとえばFが小さいときにはL/ℓを小さくする。またℓ = 0つまり制動確保をしないとTは無限大になるが、ザイルの伸びのため量大でも安全基準の1200kgとなり、落下係数とかザイル係数が関係する。垂直の岩壁では、滑落のときの位置エネルギーを制動確保とザイルが吸収する。その比は、たとえばザイルにかかる張力が制動確保しないとき750kgで制動確保したとき250kgであったとすれば、22図で



22図

A B Cの面積……………ザイルだけで吸収したとき

A E F Gの面積……………制動確保で吸収したとき

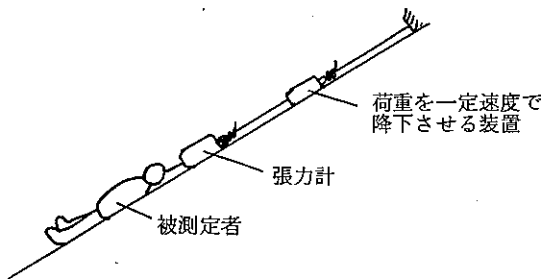
$$AED/DEFG = \frac{\text{制動確保でザイルが吸収したエネルギー}}{\text{制動確保で制動確保が吸収したエネルギー}} = \frac{1}{3}$$

となる。

注2 ヒマラヤ登山などでの頂上アタックにはとくに軽量が要求される。MSAの4.3ミリ連結用ロープをザイルとして使用し、MSAと併用するのは有利と思う（もちろんそのザイルの寿命は短い）。またコンテの登山方式が使われることが多いと思うが、その場合、ズボンのポケットを大きくして、ロープアジャスターから引き出したロープをそれへ入れる。こうすれば手にもつものはピッケルだけ

となる。

注3 張力計で滑落中の等価体重を計るには、荷重の速度を一定にしなくてはならないが、荷重を一定速度で降下させる装置（前記単独登山用の自動制動確保器）があるので、これを用いれば測定できる。23図で被測定者は降下速度が一定になったとき腕をのばし、補正レバーを動かして目盛りを読む。



23図

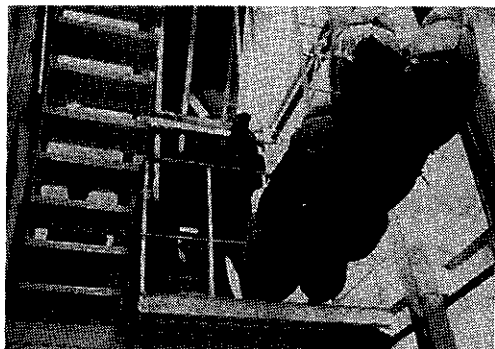
注4 ロープのよじれを除去する方法

制動ロープを収納袋に収め、1 mほど引き出し24図のように袋とロープをクリップでとめ、指でつまんでふら下げる。ぶら下ったロープをまわして回転させ、回転がとまったらロープを引き出して次々によじれを除く。

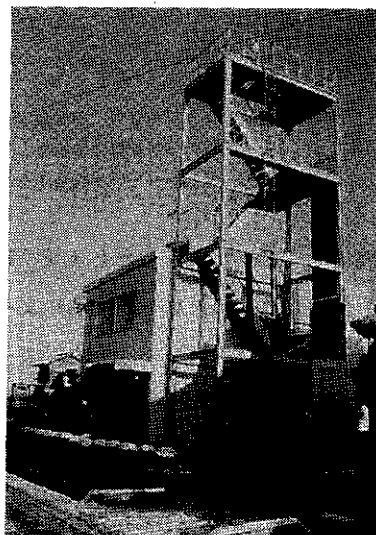


24図

注5 ナイロンザイルの切断荷重を200kgとしたことの原因を記す。安全基準は150kgであるが、現在市販されている11ミリのナイロンザイルは、安全基準のシャープエッジのテストで、切断荷重175kgから325kgまでの巾がある（通産省の資料）。ザイル毎にその数値を添付することは、登山者の安全と登山の進歩にとって重要なので、安全基準調査研究委員会はその発表を義務づけたが、現在発表されていない。やがて委員会の決定は実施されると思うので、とりあえず200kgとした。



MSAのエネルギー吸収能力を計る。
240kg 10mのテスト



石岡高所研究所の全景、塔の高さは16.5m