

懸垂下降器具の制動力についてⅡ

文部科学省登山研修所

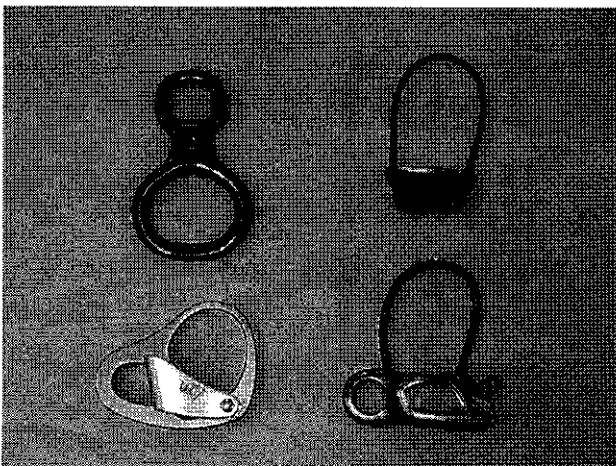
実験の背景と目的

登山研修VOL.21では、6種類の懸垂下降器具について、一人が懸垂下降する場合と、要救助者等別の1人を伴った荷重の大きな懸垂下降を行う場合に、通常の使い方では制動手がどれだけの力でロープを支えなければならないかを調べた。垂壁、あるいは空中を懸垂下降する条件下では、一人で懸垂下降することはできるが、二人分の荷重を通常の器具の使い方では支えることは困難な場合があることが判った。

今回は、懸垂下降による救助において、器具の通常の使い方の一工夫してブレーキを追加し、二人分の荷重をコントロールしやすい制動力を得る方法とその制動力の目安を探った。

実験方法ならびに条件

図1に用いた器具の写真を示す。一般的によく使われていると考えられるもの4種類と、参考に



上段左：エイト環，右：ATC
下段左：ルベルソ，右：ATCガイド

図1

ムンターヒッチ及びダブルムンターヒッチ(図2)も実験した。器具および制動力測定用のばね秤のセット状況を図3に示す。VOL.21での実験と同様に、最も単純で負荷の大きな場合として垂壁、または空中懸垂の場合を想定した。錘の取り付けられている位置等が実際の懸垂下降とは違って、吊り降ろし救助のような設定になっているが、この実験では下降器具の制動力がどれほどかという基本的な点に絞って調べるため、この方法とした。

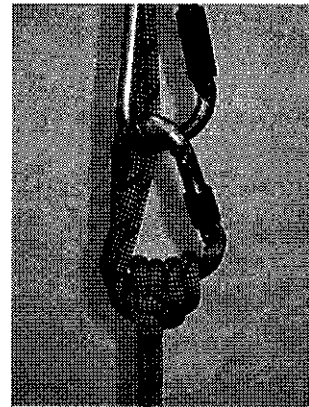


図2

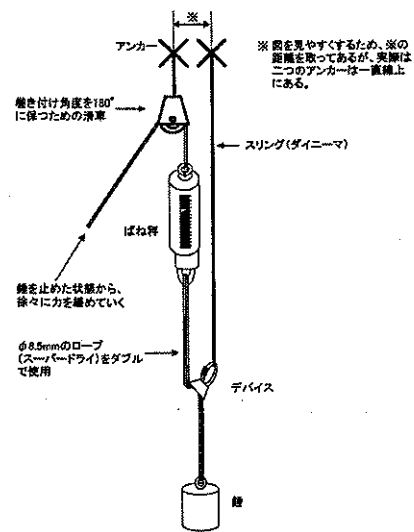


図3

1. 登山技術に関する調査研究

ロープはφ8.5mm（スーパードライ加工）をダブルで使用した。使用器具の、ハーネスに連結する側に160kgの錘を下げることにより160kgfの荷重を負荷した。制動している側に取付けたばね秤の支えを次第に緩めていき、ロープが器具を通して動き始めた時（下降を開始した時）の張力、すなわち支持力を測定した。支持力が大きくないと錘が下がり始めてしまうということは、制動力が弱いということであり、逆に支持力が小さくなるまで錘が下がり始めなかったということは制動力が強いということである。

実際の懸垂下降ではロープの末端に近づくにつれて下側（制動している側）のロープの自重による支持力の補助が減り、より強くロープを握らなければブレーキをかけられない。実験で使用したロープ長は約2mで支持力の補助にならない程度なので、ロープの自重は無視した。試験は各3回行い、それらの平均値をとった。

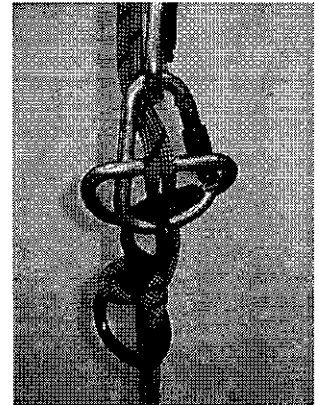
制動力を大きくする方法は、通常の使い方と同じ数の器具で可能、あるいはカラビナ1～2枚を追加すれば可能な、比較的シンプルなものとした。器具に連結されているカラビナにロープを一巻きする方法（図4）、カラビナブレーキを追加する方法（図5）、ATC、ATCガイドとルベルソにつ

いては、使用するカラビナを増やす方法（図6、図7）、エイト環については本体に二重に巻き付ける方法を実験した。

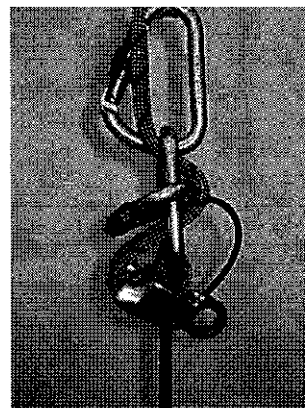
実験結果

実験にあたっては制動手側ロープの角度に注意し、滑車を利用して角度を一定に保って実験したため、一回ごとの数値のばらつきはほとんどなかった。

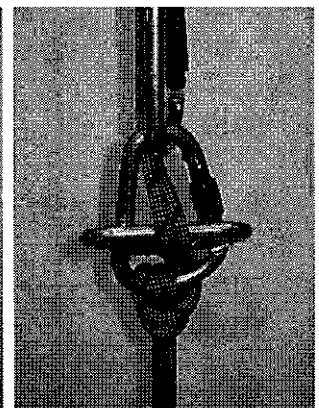
表1に160kgの錘が下がり始める時に必要な支持力と張力増幅率をまとめた。張力増幅率は錘による160kgfを支持力で割って求めた



エイト環

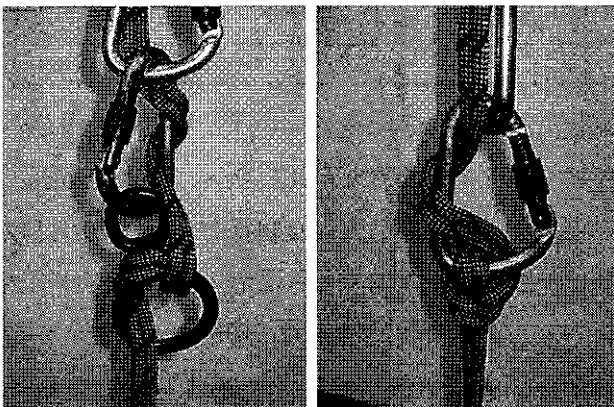


ATCガイド



ムンターヒッチ

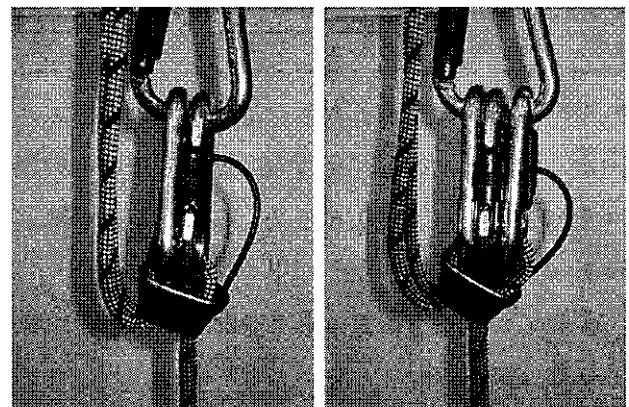
図5



エイト環

ムンターヒッチ

図4



カラビナ2個

カラビナ3個

図6

図7

表1 160kgの錘が下降開始する時の支持力

器 具	回 数 使 い 方	1	2	3	平均 (kgf)	通常の使い方 の何%で支え られるか	荷重に 対する 張 力 増幅率 (α)
エイト環	通常の使い方(巻き付け角度180度)	22	27	27	25.3	100%	6.3
	エイト環二重巻き	6	6	8	6.7	26%	24.0
	カラビナに一巻き追加	3	3	3	3.0	12%	53.3
	カラビナブレーキ追加	6	6	6	6.0	24%	26.7
ATC	通常の使い方(巻き付け角度180度)	25	26	26	25.7	100%	6.2
	カラビナに一巻き追加	4	2	4	3.3	13%	48.0
	カラビナブレーキ追加	6	7	7	6.7	26%	24.0
	カラビナ2個使用	22	22	22	22.0	86%	7.3
	カラビナ3個使用	18	18	18	18.0	70%	8.9
ルベルソ (新型)	通常の使い方(巻き付け角度180度)	22	24	25	23.7	100%	6.8
	カラビナに一巻き追加	3	3	3	3.0	13%	53.3
	カラビナブレーキ追加	5	5	6	5.3	23%	30.0
	カラビナ2個使用	15	15	16	15.3	65%	10.4
	カラビナ3個使用	12	12	12	12.0	51%	13.3
ATCガイド (HFM)	通常の使い方(巻き付け角度180度)	12	13	14	13.0	100%	12.3
	カラビナに一巻き追加	0.5	1	0.5	0.7	5%	240.0
	カラビナブレーキ追加	0.5	1	0.5	0.7	5%	240.0
	カラビナ2個使用	4	6	7	5.7	44%	28.2
	カラビナ3個使用	5	5	5	5.0	38%	32.0
ATCガイド (RFM)	通常の使い方(巻き付け角度180度)	31	32	32	31.7	100%	5.1
	カラビナに一巻き追加	8	7	7	7.3	56%	21.8
	カラビナブレーキ追加	10	9	10	9.7	74%	16.6
	カラビナ2個使用	30	29	30	29.7	228%	5.4
	カラビナ3個使用	23	22	22	22.3	172%	7.2
ムンター	通常の使い方(巻き付け角度180度)	19	24	27	23.3	100%	6.9
	一巻き追加	5	8	8	7.0	30%	22.9
	カラビナブレーキ追加	8	10	8	8.7	37%	18.5
	ダブルムンター	2	1	1	1.3	6%	120.0

ものである。この値が大きいほど、制動力が大きいということである。支持力は器具と使い方の組み合わせによって、0.67~28.7kgfと大きな違いがあった。

各器具の支持力の違いをグラフ1で示した。棒グラフの棒が長いほど強い力で支えなければならないということである。

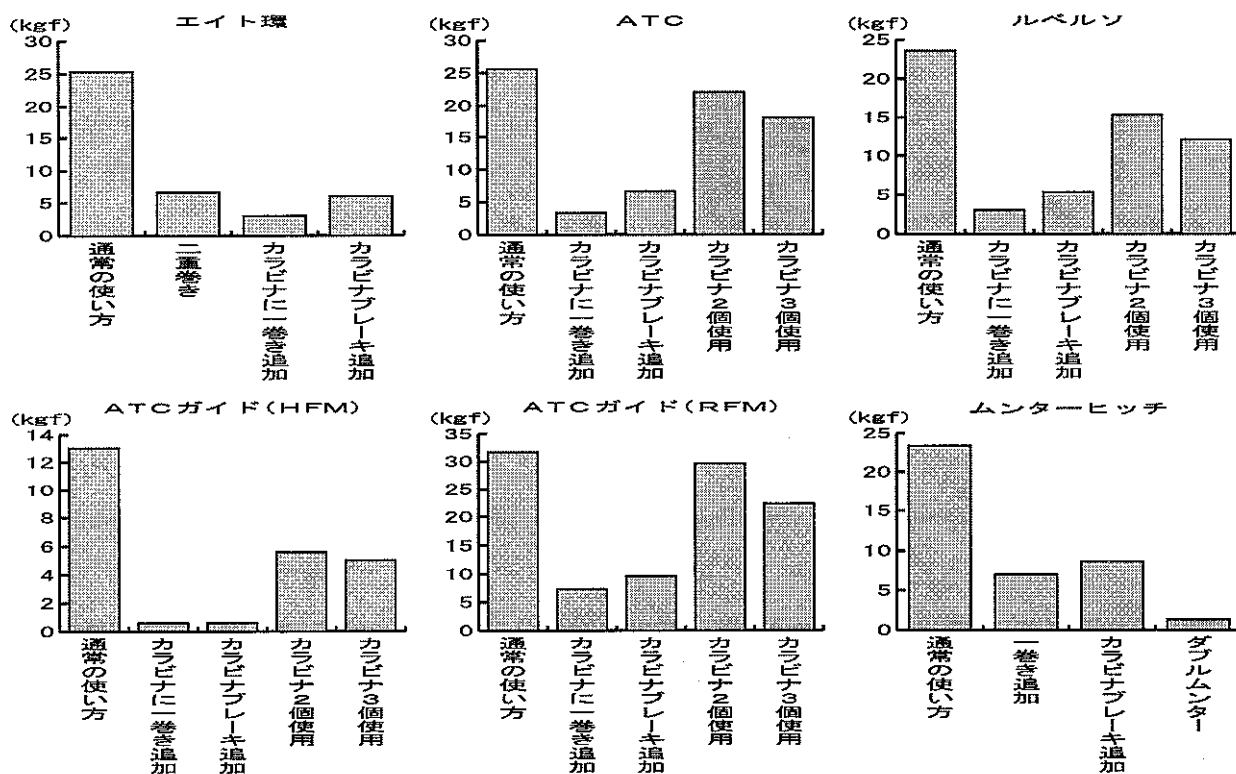
また、各器具の張力増幅率の違いをグラフ2で

示した。棒グラフの棒が長いほど制動力が大きい、つまり小さな力で支えられるということである。

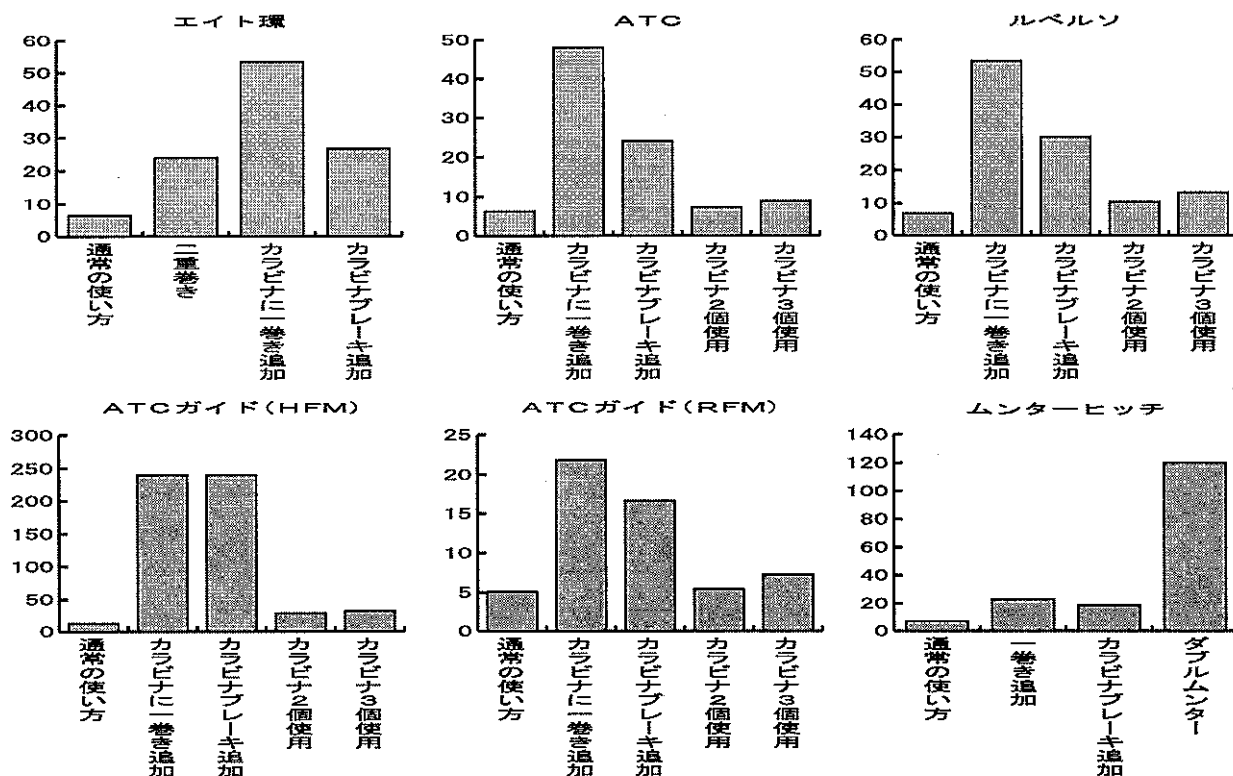
各器具とも、最も大きな制動力を示したのはカラビナに一巻き追加する方法で、次がカラビナブレーキを追加する方法であった。ATCガイドをハイフリクションモード(HFM)で使用した場合はどちらの方法も同じ制動力であった。これは、追加したブレーキよりも、ブレーキを追加したこ

1. 登山技術に関する調査研究

グラフ1 支持力 (平均)



グラフ2 張力増幅率



とでロープが導かれ、器具の下部にあるV字の溝（図5-1）により多く巻き付いたことの方が、制動力の増幅に大きく影響しているためと考えられる。図4、5でもV字の溝の部分にロープがしっかり巻き付いている様子がわかる。



図5-1 ATCガイド
下部に2本のV字の溝がある。

ガイドにカラビナを1個、あるいは2個追加する方法は、ATCガイドをハイフリクションモード（HFM）で使用した場合だけが大きく、ルベルソ、ATCガイドをレギュラーフリクションモード（RFM）で使用した場合については小さな制動力を示した。

今回の実験の想定である垂壁、または空中懸垂の場合には、どれほどの制動力があればコントロールしやすいのか、ロープ操作の感触に注目して表2にまとめた。感触はほぼ4段階にわかれた。

ATC、ルベルソ、ATC

表2 ロープ操作の感触

器具	使い方	平均支持力 (kgf)	ロープ操作の感触
エイト環	通常使い方(巻き付け角度180度)	25.33	止めておくこと自体が困難
	エイト環二重巻き	6.67	降りるにつれて変化する
	カラビナに一巻き追加	3.00	ロープを弛めて待っていると降りていく
	カラビナブレーキ追加	6.00	ロープを楽に握って、弛めると下って行く
ATC	通常使い方(巻き付け角度180度)	25.67	止めておくこと自体が困難
	カラビナに一巻き追加	3.33	ロープを弛めて待っていると降りていく
	カラビナブレーキ追加	6.67	ロープを楽に握って、弛めると下って行く
	カラビナ2個使用	22.00	止めておくこと自体が困難
	カラビナ3個使用	18.00	ロープを強く握って支え、弛めると下って行く
ルベルソ (新型)	通常使い方(巻き付け角度180度)	23.67	止めておくこと自体が困難
	カラビナに一巻き追加	3.00	ロープを弛めて待っていると降りていく
	カラビナブレーキ追加	5.33	ロープを楽に握って、弛めると下って行く
	カラビナ2個使用	15.33	ロープを強く握って支え、弛めると下って行く
	カラビナ3個使用	12.00	
ATCガイド (HFM)	通常使い方(巻き付け角度180度)	13.00	ロープを強く握って支え、弛めると下って行く
	カラビナに一巻き追加	0.67	ロープを弛めて待っていると降りていく
	カラビナブレーキ追加	0.67	
	カラビナ2個使用	5.67	ロープを強く握って支え、弛めると下って行く
	カラビナ3個使用	5.00	
ATCガイド (RFM)	通常使い方(巻き付け角度180度)	31.67	止めておくこと自体が困難
	カラビナに一巻き追加	7.33	ロープを楽に握って、弛めると下って行く
	カラビナブレーキ追加	9.67	ロープを強く握って支え、弛めると下って行く
	カラビナ2個使用	29.67	止めておくこと自体が困難
	カラビナ3個使用	22.33	
ムンター	通常使い方(巻き付け角度180度)	23.33	止めておくこと自体が困難
	一巻き追加	7.00	ロープを強く握って支え、弛めると下って行く
	カラビナブレーキ追加	8.67	
	ダブルムンター	1.33	ロープを楽に握って、弛めると下って行く

1. 登山技術に関する調査研究

平均支持力と感触を見比べると、支持力が20kgfより大きい場合は制動力が弱く、錘を止めておくこと自体が困難であった。支持力が7～18kgfあたりの場合はしっかりとがんばってロープを握る必要があった。支持力が5～8kgfとなる場合は軽くリラックスした状態で支えられ、快適にコントロールすることができた。支持力が3kgf以下になる場合は、器具に送り込むロープをたるませて待っていると下り始めるという感触であり、下りたくても下れないような状態から、急に滑り出す感覚である。

エイト環に2重巻きにした場合については、支持力自体は6.67kgfで快適なコントロールができる領域にある。しかし、2mほどの距離を下る間に、送り込むロープがエイト環の中で徐々に重なり合って（図8-1）最後にはロックされた状態となり（図8-2）、ロープを緩めて待っていると急に滑り出すことを繰り返す。その時のロープの様子と支持力の変化をグラフ3で示した。実験では制動手側のロープの方向を一定に保っているため、ロープが重なり合っていくことを防ぐことはできない。実際の懸垂下降では制動手の位置を調節することで、ロープが重なり合っていくようにすることは可能かもしれない。しかし、制動手に下方へ垂れ下がっているロープの荷重を受

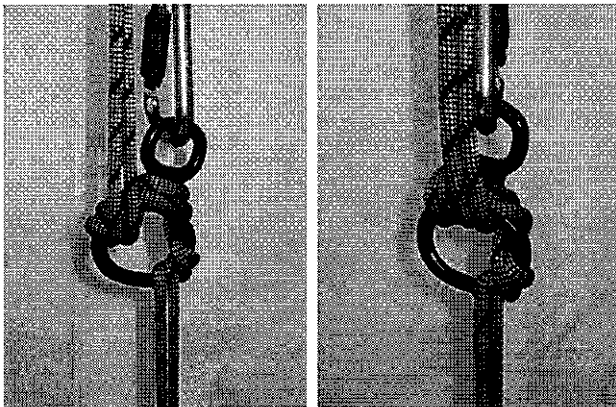
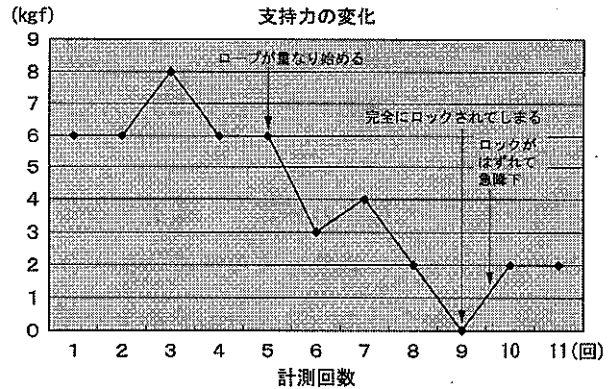


図8-1

図8-2



グラフ3

けながら、要救助者の介助など他にも注意すべきことがある時には、ロープの繰り出しだけに意識を集中することが難しく、やはりロックの状態が起きてしまうと思われる。ロックが解けて急に下り出しても、止められないほどの負荷となることはなかったが、不随意に止まってしまうので、スムーズな操作は望めない。

今回実験した方法以外の制動力を増す方法として、ハーネスと器具にかけたカラビナを使ってロープをおりかえず図9の方法が知られている。これは、下降態勢に入った後で、より強い制動が必要になった場合でも追加

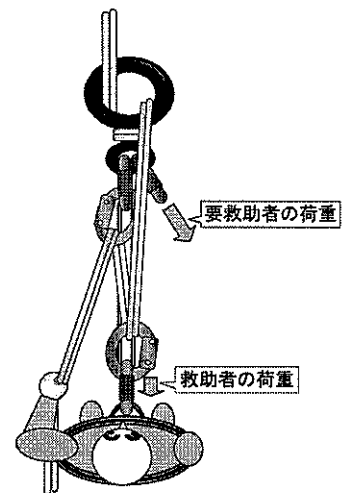


図9

することができるという点で優れている。しかし下降器に2本のスリング等を装着して、救助者と要救助者に二股に振り分けて連結した場合には、救助者側だけに制動力が増し、要救助者に対しては効果がない。訓練においても、下降の体勢に入る際に要救助者だけが滑り出し、救助者は下降できないというトラブルがしばしば起きている。制

動力は、できるだけ下降器具本体か、救助者と要救助者の両方の荷重がかかるカラビナよりも上（アンカー側）で調節することが望ましい。

まとめ

今回の実験で、器具の種類と、追加するブレーキの方法によって、必要とする支持力が大きく変化することがわかった。2人分の荷重を無理なくコントロールできる支持力は5～8kgであった。今回の実験は最も負荷の大きい空中、あるいは垂直の懸垂下降を想定しているの、なかなか下って行かないほど制動力の強い方法は、実用的ではないと考えられる。ただし、何らかの要因でロープがすべりやすい状態の時には有効な方法となる可能性がある。一方、今回は制動力不足で、コントロールが困難であった方法でも、下降ルートの傾斜が緩いなど、制動力の大きな増幅を必要としない場合には有効な方法と考えられる。

今回試した方法では、いったんセットして下降を始めると、途中で制動力が適切でないことがわかって、調節することは難しい。現在一般的に入手できる器具を使うならば、制動力がわずかに不足気味の方法でセットし、制動手を順手から逆手に持ち替えるなど、制動手の手元で調節を加えるのが現実的ではないかと考えられる。

今後、より適切な方法を見つけるためには、今回のような実験に加えて、何度も実際に試してみ、勘を磨くという実践からのアプローチもあわせて行う必要がある。今回の実験をもとに、実際の場面を想定し、十分な安全策をとった中で、下降ルートの傾斜の違い、さらにはロープの濡れ、汚れ、摩耗等のコンディションの違いによってどう変わるのかをいくつかの典型的な場合に整理して検証したい。