

# セルフレスキュー作業における遭難者引き上げ方法 に関する定量的考察

雲海@岳樺クラブ

2003年9月5日

**概要**— セルフレスキューにおいて遭難者を引き上げる必要がある場合、いわゆる、三分ノー・五分ノー・七分ノー等々の引き上げ方法を使用するが、これらは経験でも分かるようにその数字通りに力を軽減できるわけではない。これはカラビナ（またはプーリー）の摩擦によるわけであるが、テキスト等においてもこの点を詳細に解説したものは見当たらない。本書ではこれらの引き上げ方法の力の軽減効果について定量的考察をおこない、実際に必要な力はどれだけか、さらに、カラビナとプーリーとでどの程度の違いがあるのかを明確にする。

## 1. 序章

セルフレスキューにおいて使用される遭難者引き上げ方法は、いわゆる、二分ノー・三分ノー・五分ノー・七分ノー等がテキストなどで紹介されている。しかし、実際に体験してみると分かることだが、この「何分ノー」という数字どおりに遭難者の重量が軽減されるわけではない。これはロープとカラビナの間の摩擦（あるいは、プーリーの軸部の摩擦）が原因である。本書では、この摩擦の効果を正確に計算することで各方法の現実的な重量軽減効果を算出する。実際の遭難現場では、遭難者と斜面（岩・草付・雪・氷等）との摩擦も大きく影響するが、これは本書では扱わない。ここでは、引き上げ方法それ自体の効果だけを明確にすることを目的とする。本考察結果と、実際の経験や現場での状況（斜面の条件や引き上げメンバーの数など）を考慮したうえで、どの方法を選択するか判断されたい。

以下、次のような流れで説明を行う。

- ・ 第2章 基本の整理 ; 摩擦の作用や重量軽減の基本的原理の理解
- ・ 第3章 基本的な引き上げ方法 ; 引き上げ方法の原型の理解
- ・ 第4章 各引き上げ方式の詳細検討 ; 三分ノー・五分ノー方式について詳細に検討
- ・ 第5章 逆行防止方法に関する注意点
- ・ 第6章 まとめ

なお、本書では読者が高校の物理（力学）程度の知識を持っていることを前提としている。しかし、そうでない読者においても、数式を読み飛ばして計算結果だけを追いかけても趣旨は理解できるであろう。

## 第2章 基本の整理

本論に入る前に、基本を整理しておこう。

まず、カラビナに加わる力を理解しておく。図 2.1 に単純な引き上げ方法を示す。質量  $M$  の重りがロープで吊上げられている。ロープはカラビナで折り返されて、下向きの力  $F1$  で引かれている。重り側のロープには重りの重量  $M \cdot g$  と等しい力  $F2$  が加わっている ( $g$  ; 重力加速度)。ロープがカラビナを通過するとき、引く力  $F1$  に比例した摩擦力  $\mu \cdot F1$  がカラビナの表面に沿ってロープに加わる (これは重りが引き上げられる場合である。常に摩擦はロープが動こうとするのを邪魔する方向に働く)。  $\mu$  は摩擦係数で、0 から 1 の間の値をとり、物体により値が異なる。引き上げ作業のようなゆっくりとしたロープの動きの場合で、カラビナとロープの組み合わせでは摩擦係数  $\mu$  は約 0.5 である。

$F1$  は、摩擦力  $\mu \cdot F1$  と  $F2$  の和と等しいので、

$$F1 = \mu \cdot F1 + F2 \quad \text{-----}(2.1)$$

この式を変形し整理していくと、

$$F1 - \mu \cdot F1 = F2$$

$$F1 \cdot (1 - \mu) = F2$$

$$F1 = \frac{1}{1 - \mu} \cdot F2 \quad \text{-----}(2.2)$$

ここで、係数  $K$  を以下のように定義する。

$$K \equiv \frac{1}{1 - \mu} \quad \text{-----}(2.3)$$

この表現を用いると(2.2)式は、

$$\begin{aligned} F1 &= K \cdot F2 \\ &= K \cdot M \cdot g \end{aligned} \quad \text{-----}(2.4)$$

こうして、 $F1$  は  $F2$  の  $K$  倍の力で引いていることになる。もちろん、摩擦がなければ  $\mu = 0$ 、 $K = 1$  なので  $F1$  と  $F2$  は等しい。カラビナの場合、 $\mu$  は 0.5 なので、 $K$  は 2 になる (ロープの動きが低速の場合)。すなわち、図 2.1 のようにして重りを持ち上げるためには重りの重量の倍の力が必要になるわけである。以下では基本的にこの係数  $K$  を用いて議論する。また、カラビナを例にとったが、プーリーでも同様で、プーリー固有の係数  $K$  値を与えればよい。これ以降はカラビナとプーリーをまとめて「滑車」とよぶことにする (本来は滑車とプーリーは同じであるが便宜的処置)。

次に、簡単な引き上げ方法である二分ノ方式をみておこう (図 2.2)。ロープの一端が天井に固定されていて、

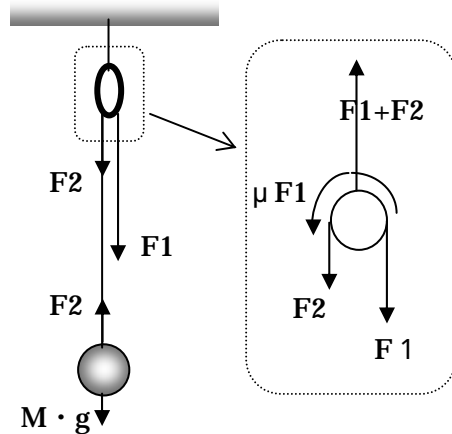


図 2.1 カラビナに加わる力

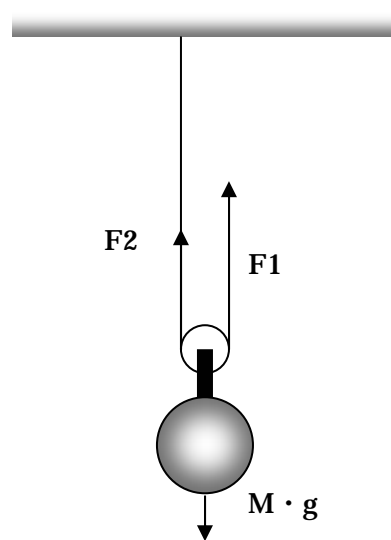


図 2.2 二分ノ方式

滑車を経て他端が引っ張られる。重りは滑車にぶら下がっている。この場合、 $F_1$  と  $F_2$  の和が重りの重量  $M \cdot g$  に等しい（厳密にいうと、 $F_1$  と  $F_2$  の和が重りの重量  $M \cdot g$  越えると重りが上昇する）。よって、

$$F_1 + F_2 = M \cdot g \quad \text{-----(2.5)}$$

ここで、

$$F_1 = K \cdot F_2 \quad \text{-----(2.6)}$$

であるので、(2.5)式は、

$$F_1 + \frac{1}{K} \cdot F_1 = M \cdot g \quad \text{-----(2.7)}$$

これより、

$$F_1 = \frac{K}{K+1} \cdot M \cdot g \quad \text{-----(2.8)}$$

摩擦がなければ  $K=1$  なので、 $F_1=0.5 \cdot M \cdot g$  となり、重りの重量の半分の力でよいが、カラビナの場合は  $K=2$  なので、 $F_1=0.67 \cdot M \cdot g$  となり、重量軽減効果が  $0.5$  より悪くなる。このように、摩擦によって「二分ノー方式」の名前通りにはならないのである。

### 第3章 引き上げ方法の基本

セルフレスキューのテキスト等には最初から実践的な引き上げ方法が紹介されているが、ここではまず基本的な構成を理解しておこう。すでに二分ノー方式は説明したので、三分ノー方式から五分ノー方式について説明する。

図 3.1 にそれぞれの原型を示す。滑車の摩擦がないものとする。各方式において重りの重量のそれぞれ  $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{5}$  の力で引き上げられるが、そのかわりに引き側のロープを引く長さはそれぞれ  $3$  倍・ $4$  倍・ $5$  倍になる。そして、ロープの全長を  $L$  とすると重りを引き上げることができる最大距離はそれぞれ、 $L/3$ ・ $L/4$ ・ $L/5$  となる。50 m ロープであれば、五分ノー方式では 10 m しか引き上げられない（ただし、この点は後に述べるように補助手段を用いることで解決される）。また、四分ノー方式のように偶数分ノー方式ではロープの一端が重りではなく上部の支点到固定される。現実の遭難者の引き上げでは遭難者の体にロープの一端が結ばれているのが普通なので、偶数分ノー方式よりも奇数分ノー方式の方が实际的であろう。

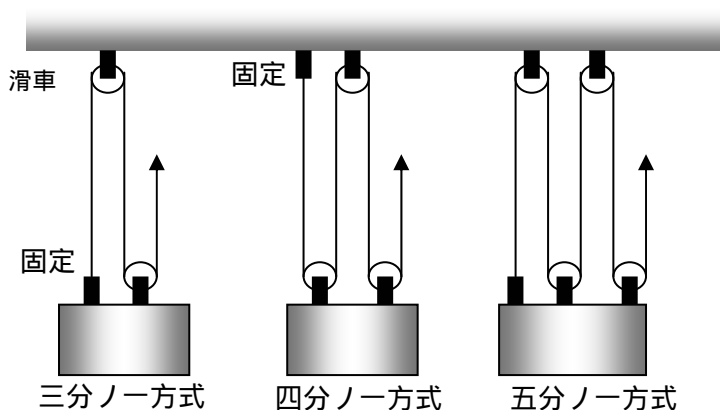


図 3.1 各引き上げ方式の原型

## 第4章 引き上げ方法の詳細検討

前述のように、実際の引き上げ方式としては通常は奇数分ノー方式が用いられ、三分ノー・五分ノー・七分ノー方式等がセルフレスキューのテキスト等に紹介されている。ここでは例として三分ノー・五分ノー方式の二つについて詳細に検討し、七分ノー方式については読者の練習問題として残すことにしよう。

### 4.1 三分ノー方式

図4.1.1にセルフレスキューのテキストで紹介されている実戦的な三分ノー方式の構成を示す。(a)がセットアップ完了時の状態である。重りに滑車が直接接続されるのではなく、ロープの途中にプルジック等で結合されている。こうすることによって、引き上げ者が重りのところまで下って行ってカラビナを接続する必要がなくなるのと、ほぼロープの長さ分だけ引き上げ距離を得ることができるようにするためである(滑車を直接遭難者に接続できるのは、引き上げ距離がロープの長さの3分の1以下の場合である)。

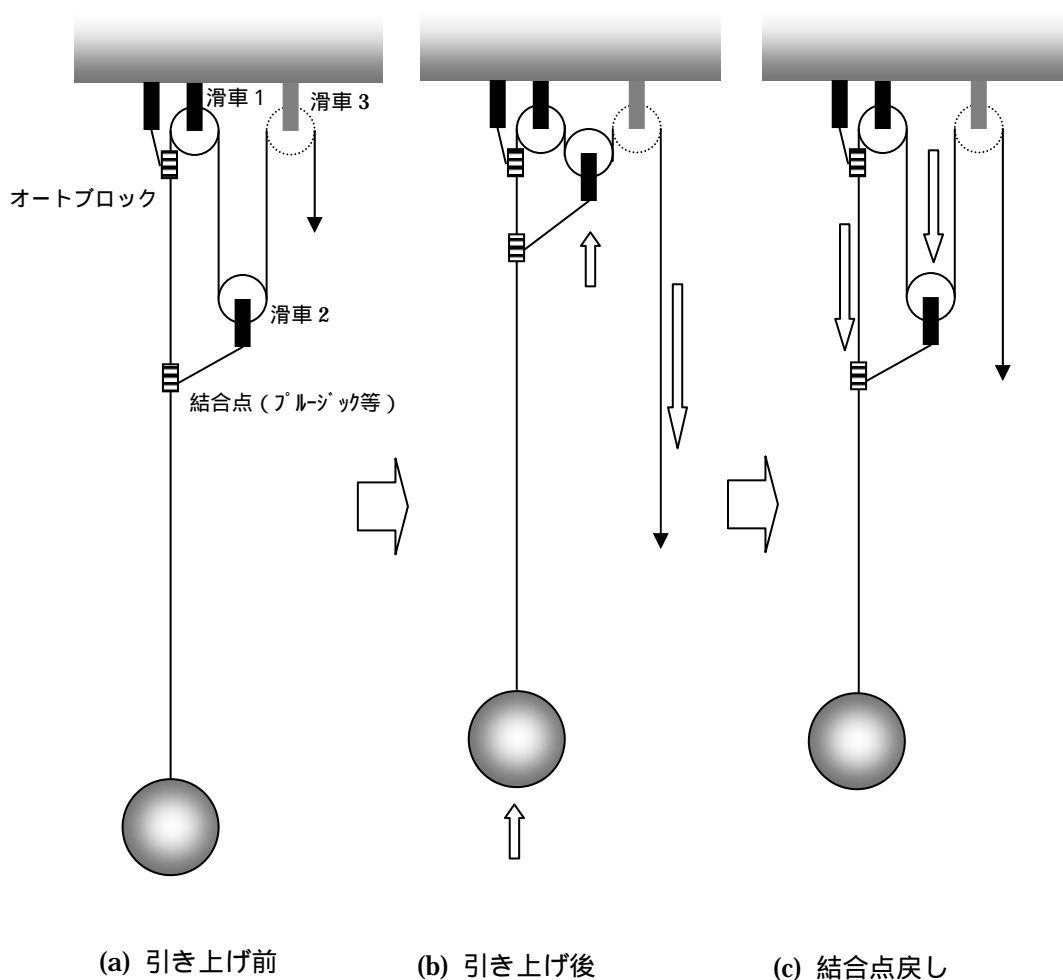


図4.1.1 三分ノー方式

三番目の滑車はロープの方向を下向きに変えるためだけの目的で設けたもので、遭難者の重量を軽減する効果はないが、こうすることにより引き上げ者の体重を有効に利用できるようにする。状況によって使い分ければよい。

一回の引き上げ距離は、二番目の滑車の結合点と一番目の滑車の間の距離に等しい。この距離を大きくするよう結合点をできるだけ下におろす。

引き上げを行った直後の状態が**(b)**である。引き上げ側のロープを弛めて一番目の滑車に設けたオートブロックに遭難者側のロープがぶら下がった状態にある。次に、**(c)**のように、二番目の滑車の結合点を再び下方に移動させ、次の引き上げを行う。以上の繰り返しを行って遭難者を引き上げる。

三分ノ一方式の構成と動作を理解したところで、重量軽減効果の検討に入ろう。

図 4.1.2 は三分ノ一方式の引き上げ時に各部に加わる力を示したものである。K1 ~ K3 はそれぞれ滑車 1 から滑車 3 の係数 K である。各部の力の関係は、

$$\begin{aligned} F1 &= M \cdot g \\ F1 &= F2 + F3 \\ F3 &= F4 + F5 \\ F4 &= K1 \cdot F2 \end{aligned} \quad \text{-----(4.1-1)}$$

$$\begin{aligned} F5 &= K2 \cdot F4 \\ F6 &= K3 \cdot F5 \end{aligned}$$

これらの関係から、

$$F5 = \frac{K1 \cdot K2}{K1 \cdot (1 + K2) + 1} \cdot M \cdot g \quad \text{-----(4.1-2)}$$

$$F6 = \frac{K1 \cdot K2 \cdot K3}{K1 \cdot (1 + K2) + 1} \cdot M \cdot g \quad \text{-----(4.1-3)}$$

となる。F5 は滑車 3 を使わずにロープを上方へ引く場合の力、F6 は滑車 3 によりロープを下方へ折り返して引く場合の力である。

以上で遭難者の重量と引き上げの力の関係式が得られたので、滑車の係数 K に実際の値を入れて引き上げの力がどれだけ必要なのかを計算してみよう。

まず、理想的な滑車で摩擦がない場合、K=1 である。全ての滑車がこれである場合は、

$$F5 = 0.33 \cdot M \cdot g$$

$$F6 = 0.33 \cdot M \cdot g$$

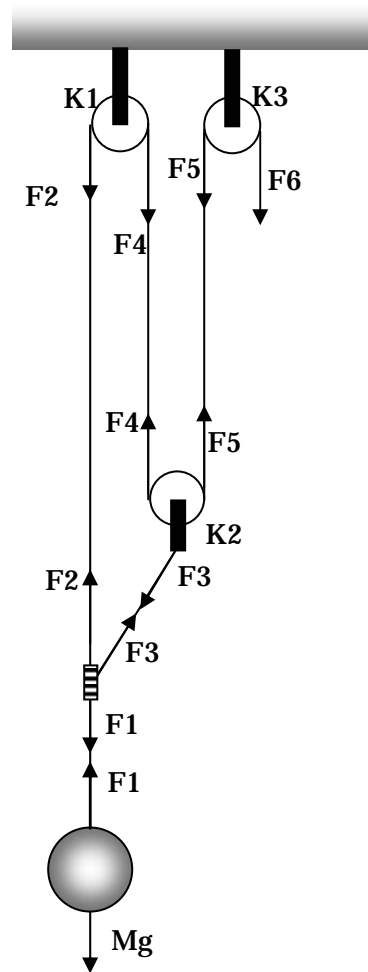


図 4.1.2 三分ノ一方式；各部の力

となり、「三分ノー方式」の名前通り、引き上げに必要な力は重りの重量の3分の1になる。

次に、全てカラビナの場合、 $K=2$ なので、

$$F5 = 0.57 \cdot M \cdot g$$

$$F6 = 1.14 \cdot M \cdot g$$

となり、F5では重りの重量の半分よりも大きい力、F6では重りの重量よりも大きな力が必要になる。

さて、次にプーリーを使った場合を考えてみよう。図 4.1.3 にクライミング用プーリーの例を示す。いずれもベツル社製で、型番(カッコ内)・係数  $K$ ・重さを以下に示す。係数  $K$  は取扱説明書に記載されていた値である。

左側(P02) :  $K=1.4$     55g

中央(P59) :  $K=1.1$     80g

右側(P00) :  $K=?$       10g



図 4.1.3 プーリーの例

P00 については、カラビナとの相性により係数  $K$  が異なるためであろうが、値が提示

されていない。また、P00 はカラビナの形状が変 D 形だとプーリーが傾いてしまうので、O 形等のカラビナと組み合わせて使う必要がある。

表 4.1.1 はカラビナとプーリーの組み合わせ方を変えたとき、重量軽減効果がどのように違うかを比較したものである。プーリーは軽量で使いやすい P02 を使用するものとした。

表4.1.1 三分ノー方式の構成方法と重量軽減効果の比較

No.	構成	K1	K2	K3	F5/Mg	F5(80kgf)	F6/Mg	F6(80kgf)
1	摩擦がない理想の滑車	1.0	1.0	1.0	0.33	27	0.33	27
2	全てカラビナを使用	2.0	2.0	2.0	0.57	46	1.14	91
3	1番目のみプーリー	1.4	2.0	2.0	0.54	43	1.08	86
4	2番目のみプーリー	2.0	1.4	2.0	0.48	39	0.97	77
5	3番目のみプーリー	2.0	2.0	1.4	-	-	0.80	64
6	1番目と2番目がプーリー	1.4	1.4	2.0	0.45	36	0.90	72
7	2番目と3番目がプーリー	2.0	1.4	1.4	-	-	0.68	54
8	1番目と3番目がプーリー	1.4	2.0	1.4	-	-	0.75	60
9	全てがプーリー	1.4	1.4	1.4	-	-	0.63	50

F5/Mg の欄は 3 番目の滑車を使わずに 2 番目の滑車から出てくるロープを直接引き上げる場合の重量軽減率、F6/Mg は 3 番目の滑車を使う場合の重量軽減率である。F5(80kgf) および F6(80kgf) は重りの重量が 80kgf の場合の引き上げ力(単位: kgf) である。表から分かるように、プーリーが一個または二個のいずれの場合であっても、なるべく引き上げ

者側に近いカラビナをプーリーに替えることがより効果的である。直感的には、遭難者側のカラビナをプーリーにするのが効果的と思いがちだが、表で見るとおり、これは改善効果が少ない。間違えないように理解しておこう。

#### 4.2 五分ノー方式

図 4.2.1 に実戦的な五分ノー方式の構成を示す。(a)がセットアップ完了時の状態である。三分ノー方式で説明したのと同様に、重りに滑車が直接接続されるのではなく、ロープの途中にプルジック等で結合されている。こうすることによって、引き上げ者が遭難者(図では重り)のところまで下って行ってカラビナを接続する必要がなくなるのと、ほぼロープの長さ分だけ引き上げ距離を得ることができるようにするためである(滑車を直接遭難者に接続できるのは、引き上げ距離がロープの長さの5分の1以下の場合である)。

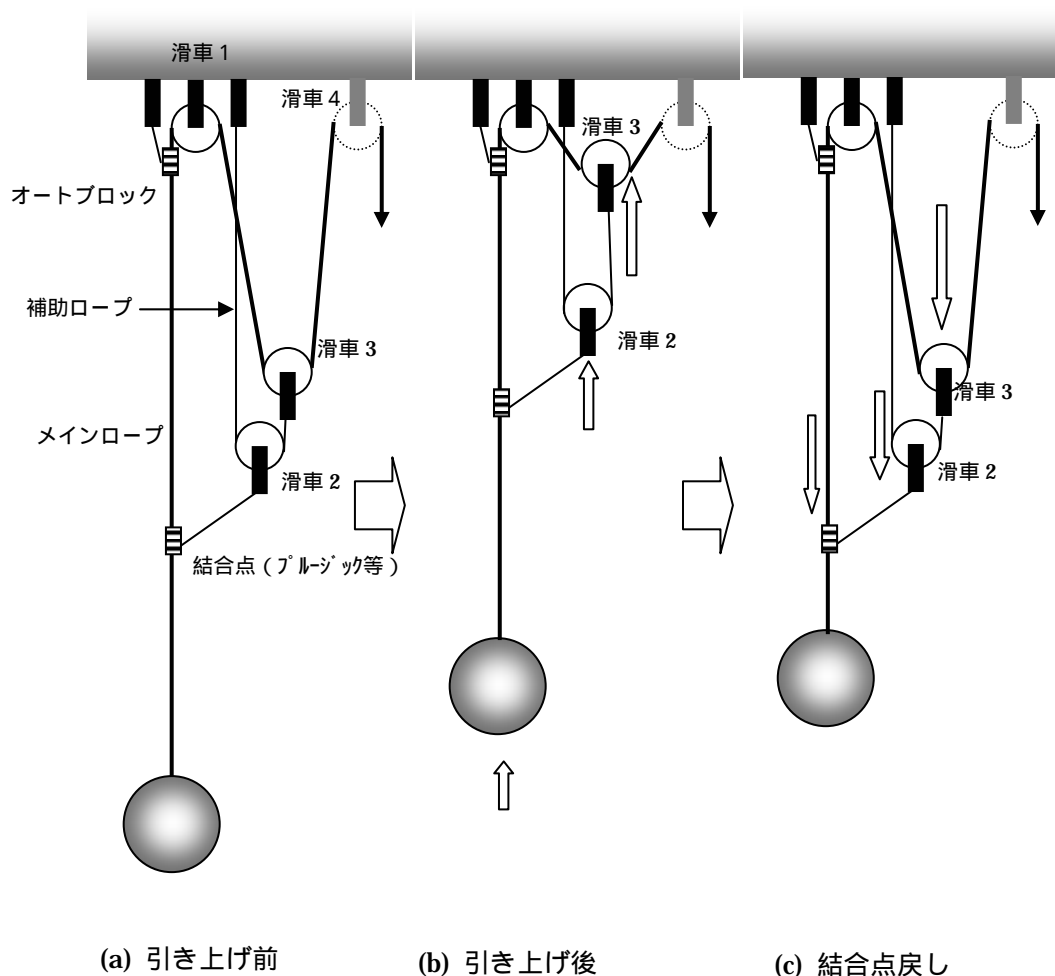


図 4.2.1 五分ノー方式

五分ノー方式では補助ロープを使用する。補助ロープの一端は上部支점에固定され、他端は滑車2を経由して滑車3に接続されている。引き上げ前の段階ではこの滑車2と滑車3は補助ロープの長さいっぱいの位置まで引き下ろされた状態にある。この状態から一回の引き上げで遭難者が上昇する距離は補助ロープの長さの半分である（滑車1・滑車4および補助ロープの上部支点の高さが同じ場合）。

引き上げを行った直後の状態が(b)である。引き上げ側のロープを弛め、一番目の滑車に設けたオートブロックに遭難者側のロープがぶら下がった状態にある。滑車3は滑車1と同じ高さまで上がり、滑車2は補助ロープの中間部にある。次に、(c)のように、滑車2・滑車3と、滑車2の結合点を再び下方に移動させ、次の引き上げを行う。以上の繰り返しを行って遭難者を引き上げる。

次に各部の力の働き方を考察する（図4.2.2）。

$$\begin{aligned}
 F1 &= M \cdot g \\
 F1 &= F2 + F3 \\
 F3 &= F5 + F6 \\
 F4 &= K1 \cdot F2 \\
 F6 &= F4 + F7 \\
 F6 &= K2 \cdot F5 \\
 F7 &= K3 \cdot F4 \\
 F8 &= K4 \cdot F7
 \end{aligned}
 \tag{4.2-1}$$

これらの関係から、

$$F7 = \frac{K1 \cdot K2 \cdot K3}{K1 \cdot (1 + K2) \cdot (1 + K3) + K2} \cdot M \cdot g \tag{4.2-2}$$

$$F8 = \frac{K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4}{K1 \cdot (1 + K2) \cdot (1 + K3) + K2} \cdot M \cdot g \tag{4.2-3}$$

となる。F7は滑車4を使わずにロープを上方へ引く場合の力、F8は滑車4によりロープを下方へ折り返して引く場合の力である。

以上で五分ノー方式における遭難者の重量と引き上げの力の関係式が得られたので、滑車（またはカラビナ）の係数 K に実際の値を入れ、引き上げの力がどれだけ必要なのかを計算してみよう。表4.2.1に結果をまとめる。前章と同様に、プーリーはP02を使用するものとする。

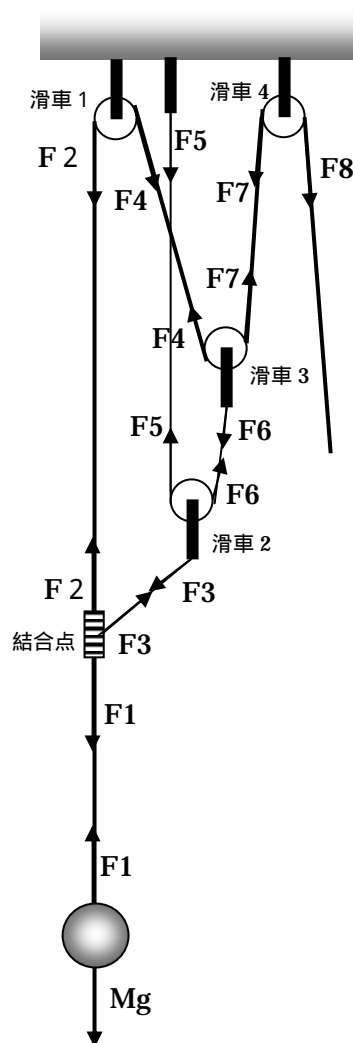


図4.2.2 五分ノー方式：各部の力



表4.2.1 五分ノー方式の構成方法と重量軽減効果の比較

No.	構成	K1	K2	K3	K4	F7/Mg	F7(80kgf)	F8/Mg	F8(80kgf)
1	摩擦がない理想のシステム	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20	16	0.20	16
2	全てカラビナを使用	2.0	2.0	2.0	2.0	0.40	32	0.80	64
3	1番目のみプーリー	1.4	2.0	2.0	2.0	0.38	31	0.77	61
4	2番目のみプーリー	2.0	1.4	2.0	2.0	0.35	28	0.71	57
5	3番目のみプーリー	2.0	2.0	1.4	2.0	0.34	27	0.68	55
6	4番目のみプーリー	2.0	2.0	2.0	1.4	-	-	0.56	45
7	1番目と2番目がプーリー	1.4	1.4	2.0	2.0	0.34	27	0.68	55
8	2番目と3番目がプーリー	2.0	1.4	1.4	2.0	0.30	24	0.61	49
9	3番目と4番目がプーリー	2.0	2.0	1.4	1.4	-	-	0.48	38
10	1,2,3番目がプーリー	1.4	1.4	1.4	2.0	0.29	23	0.58	46
11	2,3,4番目がプーリー	2.0	1.4	1.4	1.4	-	-	0.42	34
12	全てがプーリー	1.4	1.4	1.4	1.4	-	-	0.41	32

F7/Mg の欄は4番目の滑車を使わずに3番目の滑車から出てくるロープを直接引き上げる場合の重量軽減率、F8/Mg は4番目の滑車を使う場合の重量軽減率である。F7(80kgf) および F8(80kgf)は重りの重量が80kgfの場合の引き上げ力(単位: kgf)である。表から、三分ノー方式と同様に、プーリーはなるべく引き上げ者側に用いることが効果的なことが分かる。

#### 第5章 逆行防止方法に関する注意点

三分ノー方式・五分ノー方式の各構成で説明したように、一番目の滑車直前にオートブロックやブルージック等の逆行防止措置をとる。この方法にはいくつも種類があるが、まず大切なことは、逆行時の戻りが少なくなるよう設置することである(図5.1)。

例えば、五分ノー方式では、引き上げ者が2m引いても遭難者の上昇距離はたったの40cmである。もし、オートブロックの戻りが10cmあったら労力の25%が無駄になることになる。さらに七分ノー方式などのような高い重量軽減率の方式を用いる場合はもっと無駄が多くなる。長い引き上げではこうした労力の消耗は無視できないであろう。

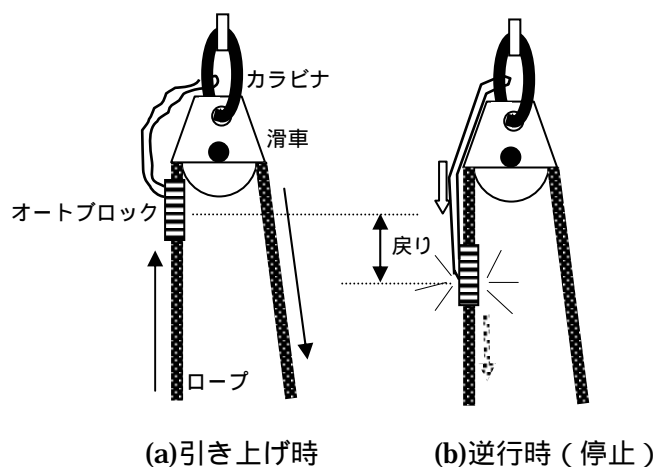


図5.1 オートブロックの戻り

一方、こうした戻りが小さくなる方法として、一番目の滑車の部分に GIGI 等のオートロック式確保器具や Garda Hitch(GIGI と同様にオートロックする結び方)を用いる方法を紹介している書物もあるが、これについても注意しなければならない点がある。このような方法であれば戻りの問題は解決するものの、係数 K1 (三分ノー方式・五分ノー方式等、いずれでも同じ)が無限大になったのと等価になる。例として、三分ノー方式を考えてみよう(図 5.2)。GIGI の遭難者側のロープに荷重が加わるとオートロックされるので GIGI の反対側のロープを引いても GIGI を通過できないはずである。しかし、実際には滑車 2 が結合点を持ち上げるので、これによ

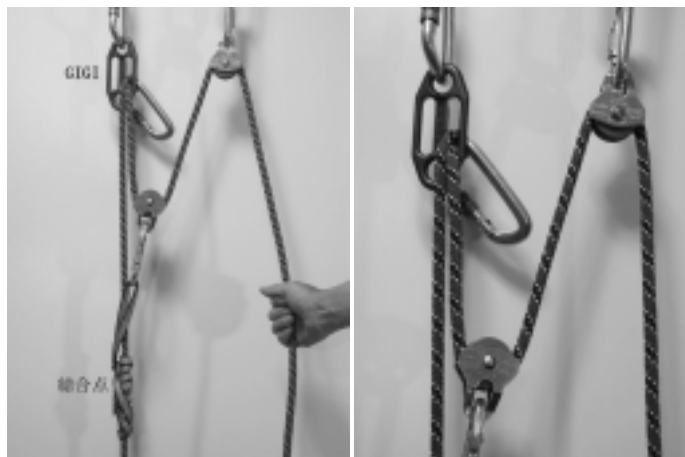


図 5.2 GIGI を用いた三分ノー方式

って GIGI に向かってロープが引き上げられ GIGI を通過する。すなわち、結合点から GIGI 側に伸びるロープは結合点に持ち上げてもらうだけで引き上げに寄与していない。実際にこの部分のロープをさわってみれば殆ど張力が掛かっていないことが確認できる。これは、力の軽減効果の面では三分ノー方式から二分ノー方式に変わったのと同じである。ただし、遭難者を 1 m 引き上げるのに 3 m 引張らなければならないという点は三分ノー方式のままである。同様に、五分ノー方式においても遭難者の引き上げ距離の 5 倍の長さを引張らなければならないという点はそのままで、力の軽減効果だけが四分の一方式に変わったのと同じになる。オートロック式器具の採用においては以上のような点を考慮する必要がある。表 5.1、表 5.2 にオートロック式器具を用いた場合の各方式の重量軽減効果を示す。表中、K1 の値を 10000 とし摩擦が大きいことを模擬した。また、プーリーは P02 を使用するものとした。

表5.1 三分ノー方式におけるオートロック器具採用時の重量軽減効果の比較

No.	構成	K1	K2	K3	F5/Mg	F5(80kgf)	F6/Mg	F6(80kgf)
1	摩擦がない理想のシステム	1.0	1.0	1.0	0.33	27	0.33	27
2	" 滑車1をオートロック器具に	10000	1.0	1.0	0.50	40	0.50	40
3	全部がカラビナ	2.0	2.0	2.0	0.57	46	1.14	91
4	" 滑車1をオートロック器具に	10000	2.0	2.0	0.67	53	1.33	107
5	3番目のみプーリー	2.0	2.0	1.4	-	-	0.80	64
6	" 滑車1をオートロック器具に	10000	2.0	1.4	-	-	0.93	75
7	全部がプーリー	1.4	1.4	1.4	-	-	0.63	50
8	" 滑車1をオートロック器具に	10000	1.4	1.4	-	-	0.82	65

表5.2 五分ノー方式におけるオートロック器具採用時の重量軽減効果の比較

No.	構成	K1	K2	K3	K4	F7/Mg	F7(80kgf)	F8/Mg	F8(80kgf)
1	摩擦がない理想のシステム	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20	16	0.20	16
2	" 滑車1をオートロック器具に	10000	1.0	1.0	1.0	0.25	20	0.25	20
3	全部がカラビナ	2.0	2.0	2.0	2.0	0.40	32	0.80	64
4	" 滑車1をオートロック器具に	10000	2.0	2.0	2.0	0.44	36	0.89	71
5	4番目のみプーリー	2.0	2.0	2.0	1.4	-	-	0.56	45
6	" 滑車1をオートロック器具に	10000	2.0	2.0	1.4	-	-	0.62	50
7	全てがプーリー	1.4	1.4	1.4	1.4	-	-	0.41	32
8	" 滑車1をオートロック器具に	10000	1.4	1.4	1.4	-	-	0.48	38

なお、見方を変えれば、一番目の滑車はかなり摩擦が大きくても重量軽減率への影響はあまり小さくなく、やはり、引き上げ者に近い滑車の摩擦の影響が大きいことがこのことから理解できよう。

## 第6章 まとめ

以上の考察をまとめる。

- ・ 実際の重量軽減効果は名前通りではない。
- ・ 各引き上げ方式の原型（第3章）を理解しよう。状況によってはこの方が適当な場合もある。
- ・ プーリーの使用は重量軽減効果を高めるので少なくとも1人1個は携行しよう。
- ・ プーリーは引き上げ者側に近い方から使用する。逆は改善効果が著しく低いので注意。
- ・ 三分ノー方式では、結合点と滑車1の間の距離が一回の引き上げ距離になる。
- ・ 五分ノー方式では補助ロープの長さの半分が一回の引き上げ距離になるので、なるべく長い補助ロープを携行しよう。
- ・ 逆行防止のオートブロックは戻りが小さくなるように設置すること。
- ・ 滑車1に逆行防止の目的でオートロック式器具を用いるのは重量軽減効果を悪くするので、現場での方法検討の際はこの点を考慮すること。

補足；

- (1) これまでの議論で求めた引き上げ力をより厳密に表現すると、本書の計算値は釣り合い状態を保つために必要な力であり、また、一定速度で重りを引き上げるために必要な力である。ところが、重りは最初は静止した状態にあるので、本書で求めた引き上げ力を上回る力を加えてはじめて重りが上昇し始める（加速し始める）。このため、引き上げ者の持つ能力に対して余裕が持てる引き上げ方式を採用すること。
- (2) 一般に、プーリーの係数Kは重りの重量によって値が変化する。本書で紹介した

例では、重りの重量が 80kgf の場合の値（メーカー提示値）を用いた。もし、軽量な重りで実験等を行う場合は、その重りの重量でプーリーの係数 K を実測しておく必要がある。

- ( 3 ) P02 タイプのようなプーリーは簡易構造のため、砂・ホコリが内部に入り込みやすく、そうした場合には摩擦が大きくなって性能が劣化する。適宜、注油等を行い性能を維持するよう注意のこと。
- ( 4 ) 現実の引き上げ作業においては、力だけでなく、ロープの伸びによる労力（エネルギー）のロスも重要な要因である。これは、引き始めの際に徐々に力を入れていくわけであるが、重りが上昇する力に達するまでの引きがロープの伸びに吸収されてしまうのである。すなわち、ロープの伸びという形でエネルギーが蓄えられ、ロープを弛めたときにそのエネルギーは無駄に解放される。このため、特に、五分ノー方式のように補助ロープ（大抵は細いロープ）を用いる方法では、伸びの少ないものを使用することが望ましい。注意すべき点として、ロープの伸びのためより多くの労力が必要になるが、だからといって、より大きな引き上げ力が必要になるという訳ではない。本書で計算した重量軽減率はロープの伸びに関わらず有効である。

#### 【練習問題】

- ( 1 ) プーリー P59(K=1.1)を用いた場合の各方式の重量軽減率はどのようになるか計算せよ。
- ( 2 ) 七分ノー方式がどのような方式か説明せよ。その際に、動作手順や、一回の引き上げ距離が何によって制限されるのかを説明に入れること。
- ( 3 ) 七分ノー方式について、これまでの例にならって重量軽減率の式を導出せよ。  
( 検算方法 ; K=1 の場合に重量軽減率が 7 分の 1 になるか確かめること。 )
- ( 4 ) 前問で求めた重量軽減率の式を用いて、七分ノー方式についてもプーリーの効果がどの程度か、さまざまな組み合わせについて検討せよ。