1.　トラス構造の基礎

演習問題 1.1
図 1.1 に示すように,「○」で示された 1 つのヒンジを挟んで 2 つのばねがある．ヒンジに作用する力を考えながら，ヒンジのつりあい条件を導け.

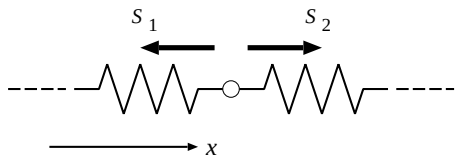

図 1.1　2 つのばねに挟まれたヒンジのつりあい

[**解答**] 2 つのばねに発生している力（以下，引張力を正とする）をそれぞれ S_1, S_2 とする．ヒンジが他の物体に作用する力はではなく，ヒンジに作用する力を考えると，それらのベクトルは図のような向きになる．これは，ばねに引張力が生じていると仮定した結果である．したがって，ヒンジが静止するためにはこれらの力の和が 0 でなくてはならない．式で書けば

$$S_2 - S_1 = 0 \tag{1.1}$$

となる．これは，作用する力の合計を x 軸方向（右方向）に測った場合に合力が 0 になることを示す．もし $-x$ 軸方向に力のつりあいを考えれば，上式は

$$-S_2 + S_1 = 0 \tag{1.2}$$

と書かれる．数式として見れば両者は同等であるが，力学的には上記のように少し意味が異なる.

演習問題 1. 2
図 1.2 に示すように，1 つのヒンジを挟んで 2 つのばねがある．同様にして 2 つのばねに発生している部材力をそれぞれ S_1, S_2 とする．ヒンジのつりあい式を書け.

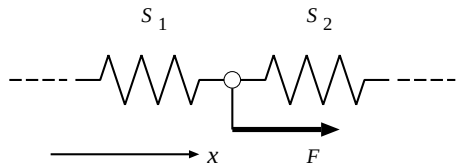

図 1.2 外力を受けるヒンジのつりあい

[**解答**] 先の問題と異なるのは，右方向に F なる外力がヒンジに作用していることである．したがって

$$S_2 - S_1 + F = 0 \tag{1.3}$$

となる．この式は

$$S_1 - S_2 = F \tag{1.4}$$

とも書ける．これは，ばねからヒンジに作用する左向きの力の総和が，右向きの外力に等しいことを意味する．この形のつりあい式を用いることが多い．

演習問題 1. 3

図 1.3 に示すように，2 つのヒンジ 1，2 を挟んで 3 つのばねがある．2 つのヒンジには座標方向にそれぞれ F_1, F_2 なる外力が作用しているとする．3 つのばねに発生している部材力を順に S_1, S_2, S_3 としてヒンジ 1，2 のつりあい式を書け．

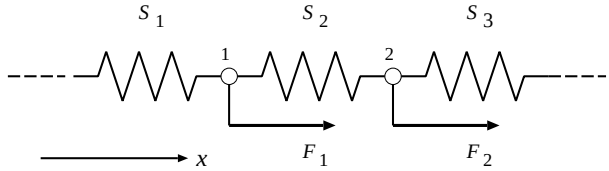

図 1.3 2 つのヒンジのつりあい

[**解答**] 前の問題が 2 つあると思えばよいので

$$\begin{cases} S_2 - S_1 + F_1 = 0 \\ S_3 - S_2 + F_2 = 0 \end{cases} \tag{1.5}$$

となる．これも式 (1.4) のような表現をすれば

$$\begin{cases} S_1 - S_2 = F_1 \\ S_2 - S_3 = F_2 \end{cases} \tag{1.6}$$

となる．さらにここで行列を用いれば

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \tag{1.7}$$

となる．

演習問題 1. 4

図 1.4(a) に示すように天井からばねを介して重量 W の重りがぶら下がっている．このとき，ばねに発生している引張力 S を求めよ．

直観的に引張力 S は W であることがわかるが，重りをヒンジと思ってこれに対するつりあい式から求めてみよう．

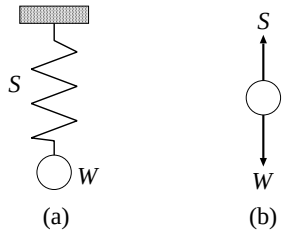

図 1.4　重りによる引張力（1）

[**解答**] 図 1.4(b) には重りに作用する力，すなわち，重力 W とばねからの力 S がベクトルとして描かれている．これを代数的に（下向きの成分として）和をとれば

$$W - S = 0 \tag{1.8}$$

となり，これから引張力 S が定まる．

演習問題 1. 5

図 1.5(a) に示すように床からばねを介して重量 W の重りが支持されている．このとき，ばねに発生している「引張力 S」を求めよ．

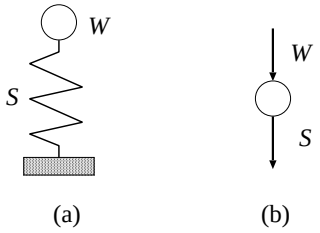

図 1.5　重りによる引張力（2）

[**解答**] ばねには圧縮力が発生するはずであるが，あえて引張力を求める．図 1.5(b) には重りに作用する力，すなわち，重力 W とばねからの力 S がベクトルとして描かれている．これを代数的に（下向きの成分として）和をとれば

$$W + S = 0 \tag{1.9}$$

となり，これから引張力 S が

$$S = -W \tag{1.10}$$

として定まる．すなわち，引張力として計算した量 S が負になったのだから，実際は圧縮力が発生していることを意味する．