

第2話 遠くに作用する力は物体の変形に影響しないのだろうか

2007年9月10日 作成

萩原芳彦

図1のように棒の4箇所A、B、C、Dに外力 $P_A=1100\text{N}$ 、 $P_B=600\text{N}$ 、 $P_C=400\text{N}$ 、 $P_D=900\text{N}$ をそれぞれ作用させる。棒はつりあい状態にあり、静止している。すなわち、左向きの力（ $1100\text{N}+400\text{N}$ ）、右向きの力（ $600\text{N}+900\text{N}$ ）であり、棒に作用する左向きと右向きの力は等しくなっている。

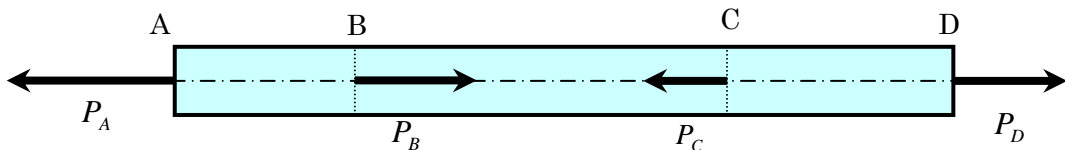


図1

この問題において、たとえばBC間の応力や伸縮量を求めるとき、**遠くに作用している力 P_A や P_D を無視し、近くに作用している P_B や P_C だけを用いて答えを出そうとする学生が初学者ではかなりいる。**例えば、 $P_B + P_C$ 、 $P_B - P_C$ などの値である 1000N や 200N を使って計算し、遠くに作用している P_A や P_D の力 1100N や 900N を無視してしまうのである。これは間違いである。

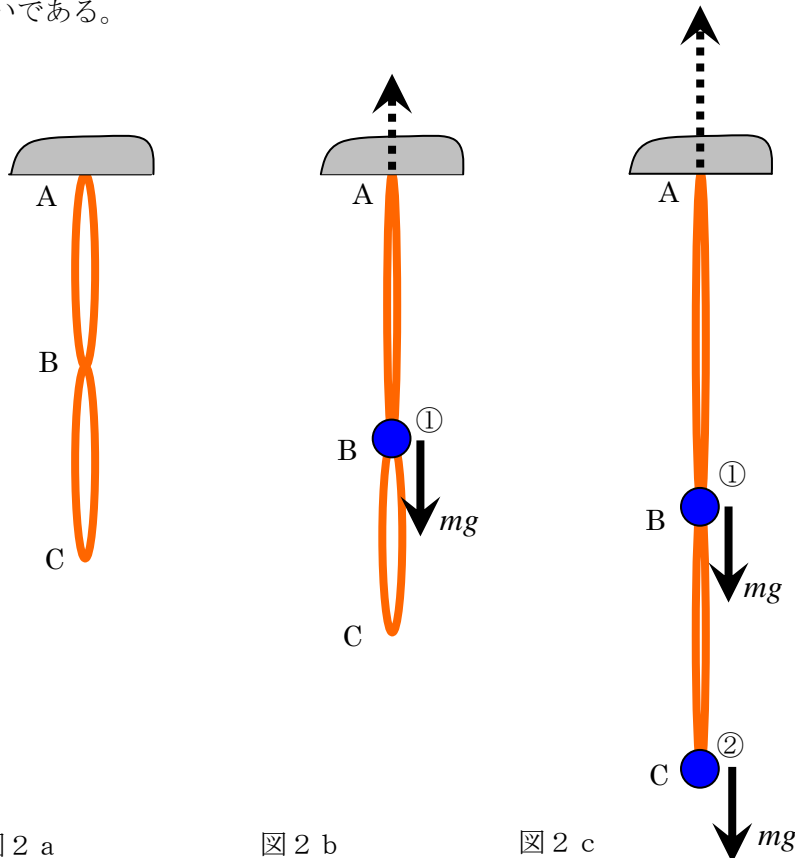


図2 a

図2 b

図2 c

遠くで作用している力も影響することは図 2 に示すような輪ゴムの実験で簡単に確かめることができる。

図 2a のように 2 本の輪ゴムを直列につないで吊るす。次に図 2b のように輪ゴムをつないだ B の箇所に質量 m のおもり①を吊るすと重力 mg なる力によって上の輪ゴム (AB 部分) は伸びる。さらに、図 2c のように下端 C にもう一つ質量 m のおもりを吊るすと、このおもりの重力 mg によって下の輪ゴム (BC 部分) が伸びるが、同時に上の輪ゴム (AB 部分) も伸びるであろう。C 点のように離れたところに作用する力によっても AB 部分は**変形**するのである。当然のこと、AB 間の**応力**にも影響するのである。ここではおもりの質量はゴムの質量に比べて十分大きいと考え、ゴムに作用する重力は無視している。

図 1 においても同じであり、BC 部分の伸び縮みには力 P_A や P_D も関係するのである。図 2 のような実験は実際に行わなくても頭の中で想像するだけでも正解はわかるであろう。このような実験を行ったり、日常的な現象を頭の中で思い浮かべながら学ぶことは重要である。

なお、図 2b の場合、下の輪ゴム (BC 部) は伸びも縮みもしない。これは図 2b の BC 間のどこにおいても、その片側 (例えば下側) には力が作用していない (おもりがない) ためである。上側の片側ではおもりの重力 mg が B 点に下向きに作用しており、零ではないように見えるが、A 点に支点反力として mg なる上向きの力が存在し、B 点の mg と打ち消しあい、BC 間の上側としての力の総和は零となっている。

これらのことから、ある場所が**変形することに影響を与えているのは、力の作用している場所の遠近に関わらず、変形を考える場所のいずれか片側部分に作用するすべての力であることが理解できるであろう**。同様に、図 1 の BC 間の応力や変形を考えるときは、力 P_A と P_B または P_C と P_D のいずれかを使うわけである (「よくわかる材料力学」、1 章例題 1, 2, 5 参照)。決して、 P_B と P_C のように応力や変形を考える場所の**両側に作用している力を混合してはいけない**のである。

図 3 は実際に輪ゴムを伸ばした実験の例である。輪ゴム、クリップ、35mm 写真フィルム容器、つり金具、100 円玉数十枚を用いたものである。同じ長さの部分は同じ数字①、②、③で示してある。二つのフィルム容器に入れた 100 円玉の数は同じである。

