

6. 細胞運動

6-1. アクチン細胞骨格を基盤とした細胞運動

①

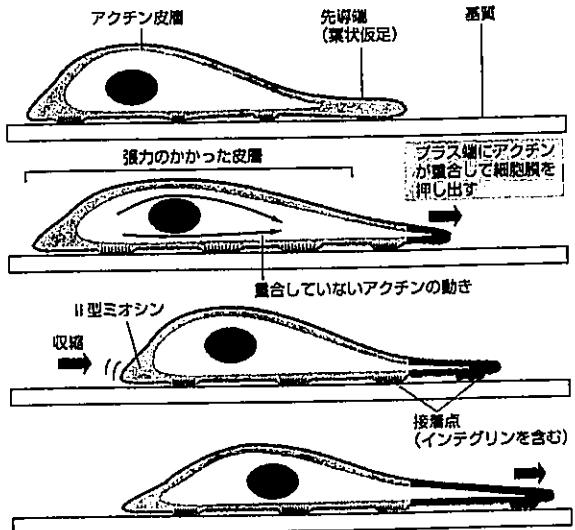


図 17-33 アクチンに富む皮層で生じた力が細胞を前進させる。このモデルでは、細胞の先導端で重合したアクチンが細胞膜を前方に押し出し、アクチン皮層領域を新しくつくる(図の赤色部分)。アクチンフィラメントは細胞が進んでいく面(基質)との間に新しい接着点をつくる。やがて細胞の後方部分が収縮して、細胞本体は前方に引き寄せられる。細胞前方で新しい接着点が確立され、後方では古い接着点が離れて、細胞ははい進む。このサイクルが何度も繰り返されて、細胞はじりじりと前方に動く。

②

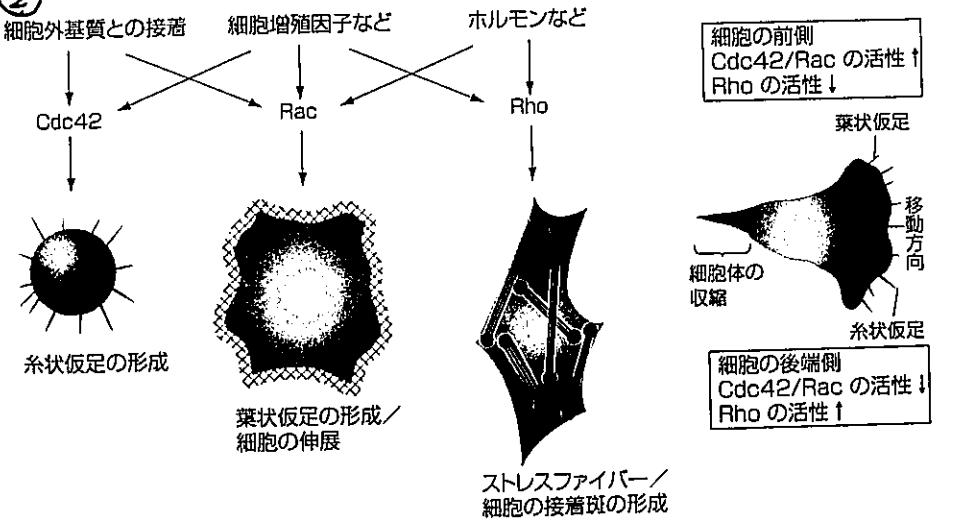


図 6-2: アクチン細胞骨格を制御する仕組み

③

図 17-36 アクチンの粗い網目構造がつくられて葉状仮足の先導端を前に押し出す。網目構造の前面での新しいアクチンフィラメント(赤色)の重合核形成には、ARP複合体(橙色)が関与している。図 17-35 にあるように、新たにできたフィラメントは ARP複合体によって、すでににあるフィラメントの脇に付着する。これらのフィラメントは伸長するにつれて細胞膜を前方に押し出していく。アクチンフィラメントのプラス端はキャップタンパク(青色)に保護され、フィラメント網の前面にあるプラス端でさらなる重合や解離が起こらないようにしている。重合したアクチン構成単位に結合している ATP が加水分解されると、脱重合化タンパク(緑色)によるアクチン複合体の後端部での脱重合が促進される。重合と解離を空間的に分けることで、アクチンフィラメント網全体が一定速度で前進できる。

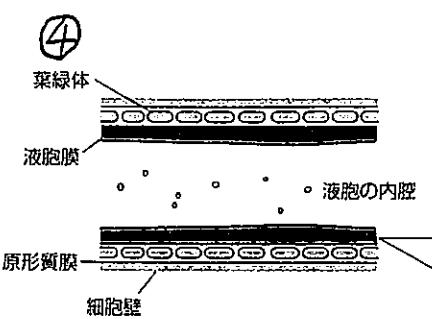
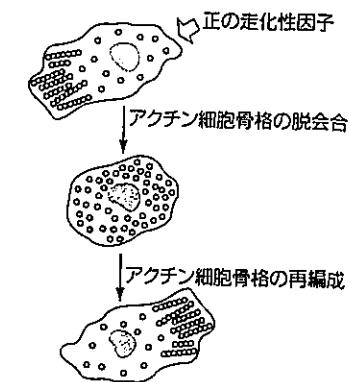
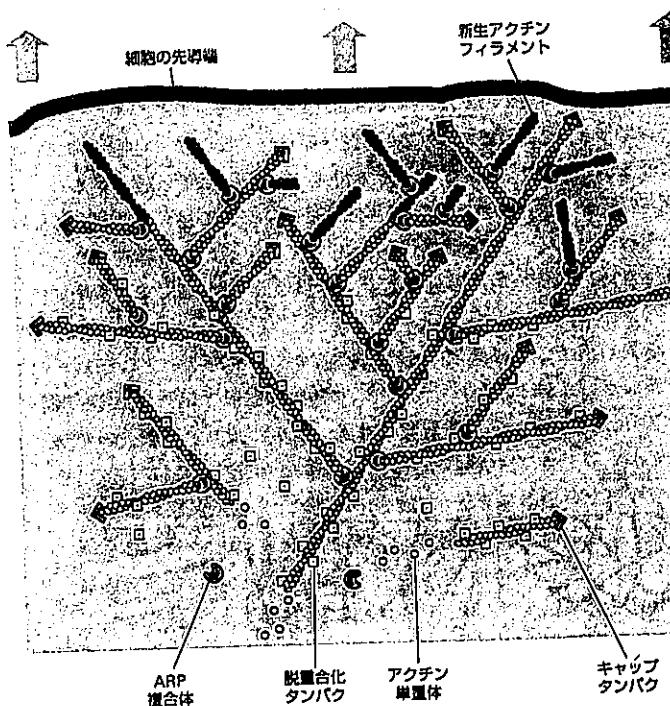


図 6-5: 植物細胞とアクチン細胞骨格

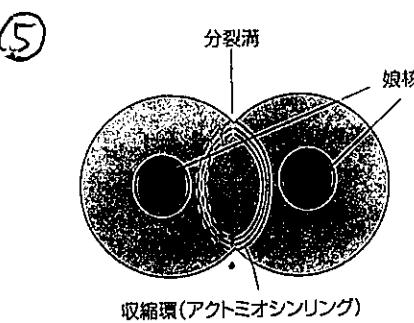


図 6-4: 細胞質分裂とアクチン細胞骨格

6-2. 繊毛運動と鞭毛運動

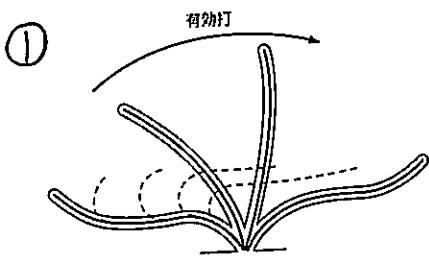
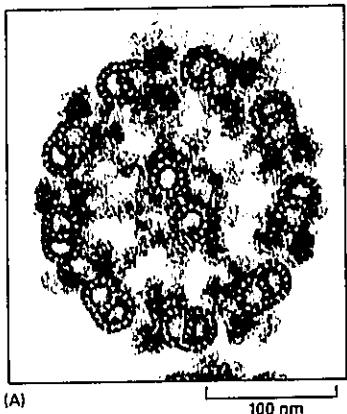


図 17-25 繊毛の運動は、有効打と回復打を交互に繰り返す。速い有効打では纖毛は全部伸びて細胞表面の液体をかき流す。ゆっくりした回復打では、液体をなるべく乱さないように纖毛が巻きながら戻る。1回のサイクルには普通0.1~0.2秒かかり、纖毛の軸に直角方向の力を発生する。



100 nm

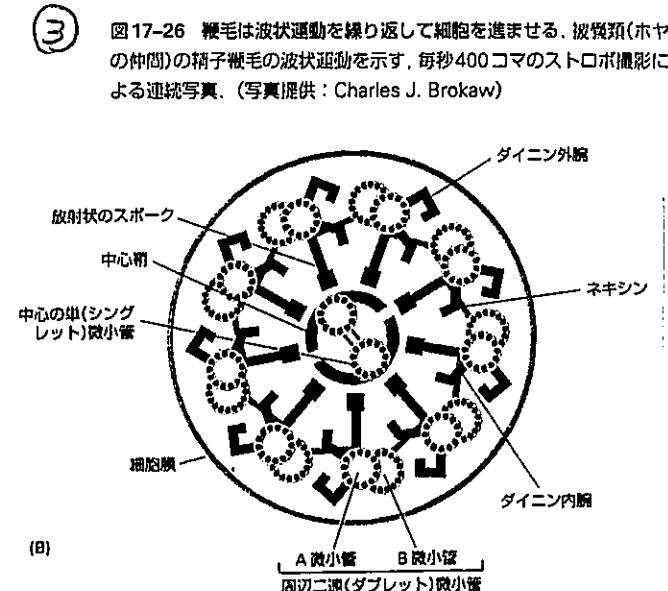


図 17-26 鞭毛は波状運動を繰り返して細胞を進ませる。被覆類(ホヤの仲間)の精子鞭毛の波状運動を示す、毎秒400コマのストロボ撮影による連続写真。(写真提供: Charles J. Brokaw)

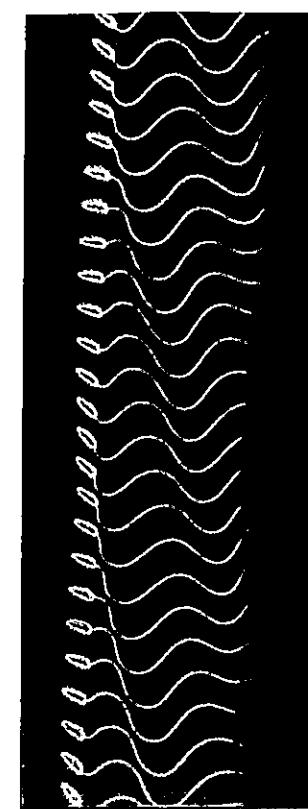
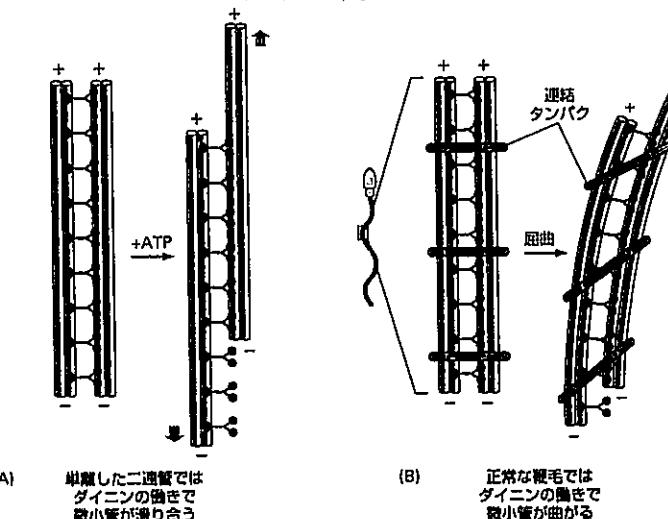


図 17-27 鞭毛や纖毛の微小管は「9 + 2」配列をとる。(A) クラミドモナスの鞭毛横断面の電子顕微鏡写真。微小管の特徴的な「9 + 2」配列がよくわかる。(B) 鞭毛横断面の模式図。9個の周辺微小管(それぞれは特殊な対構造)には2列のダイニン分子がついている。図では、ダイニンの頭部は隣の微小管に伸びた2本の腕のように見えている。生きている状態の纖毛では、ダイニンの頭部は周期的に隣の微小管に接してその上を動き、纖毛運動を起こしている。図にあるさまざまな連絡や突起は、微小管網を保持し、ダイニンが起こした滑り運動を屈曲に変換する働きに関与している。これについては図 17-28 に描く。(A. 写真提供: Lewis Tilney)

図 17-28 ダイニンの運動により纖毛が曲がるしくみ。(A) 精子鞭毛において、周辺二連微小管とその付随ダイニン分子からほかの構成成分を取り除き ATP を加えると、付随ダイニン分子が何度も作動するため、二連管は望遠鏡の筒のように滑り合う。(B) 正常な纖毛では、二連管が柔軟なタンパク質でたがいに連結されているため、全体の動きが滑りではなく屈曲になる。

④



正常な纖毛では
ダイニンの働きで
微小管が曲がる

(5)

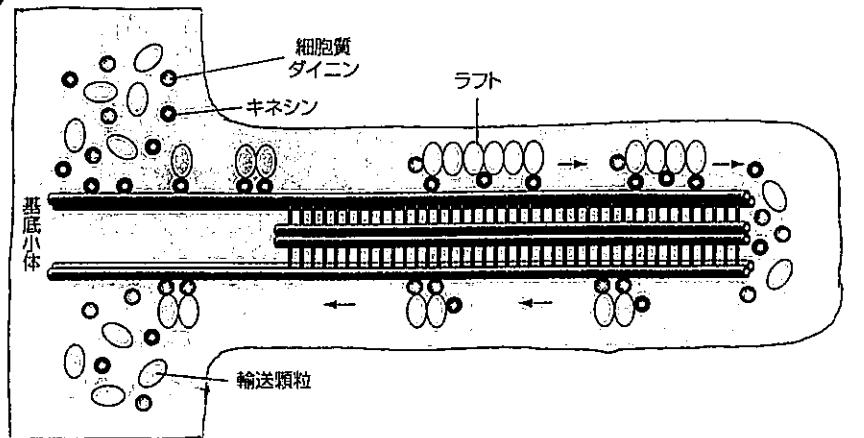


図 6-9：纖毛の形成におけるIFT
9+2構造の一部を示す。纖毛形成に必要な物質を搭載したラフトが運動方向の異なるモータータンパク質の働きにより、狭い纖毛内を効率よく行き来することができる。

6-3. 細胞内物質輸送

(1)

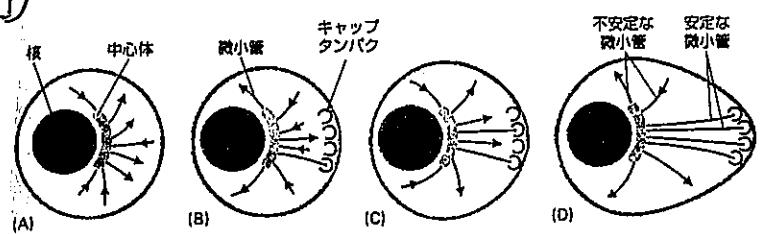


図 17-14 微小管を選択的に安定化すると細胞に極性が生じる。新しくできた微小管は、両端がともに脱離合から守られているときだけ存続する。細胞では、微小管のマイナス端は普通、伸長の起点となる形成中心によって保護されている。プラス端は最初自由だが、ほかのタンパク質によって安定化されることもある。たとえばここでは、(A)に示す極性がない細胞では中心体から微小管をあちこちに伸ばしては引き戻している。微小管のどれかがたまたま細胞皮層の特定領域にあるタンパク質(キャップタンパク)に出会ってそれと結合すると、プラス端が安定になると(B)。この選択的安定化によって微小管群は急速に整列を開始し(C)、細胞は強い極性を示すようになる(D)。

(2)

図 17-15 微小管は神経細胞の軸索内輸送に働く。神経細胞では、軸索内の微小管がみな同じ方向を向く。プラス端が軸索末端側にある。これらの同一方向を向いた微小管は、細胞内で合成されて軸索末端で必要とされる物質(軸索伸長に必要な膜タンパクなど)を末端に向けて運ぶ輸送路となっている。この軸索経由の“旅”だとヒトの脳髄から肩の筋肉まで2日かかる。1組のモーターテンパク(赤丸)により動かされるこうした外向きの輸送のほかに、別のモーターテンパク(青丸)による内向きの輸送もある。内向き輸送は、軸索先端で取り込まれた物質やタンパク質などの分解でできた物質を、細胞体に送り戻している。

