バイオメカニズム特論　第7回

1. 腕の運動

　1.1　可操作性（ロボット工学的観点）

　1.2　一次遅れモデル

　1.3　躍度最小モデル

　1.4　トルク変化最小モデル

　1.5　最小分散モデル

2. 植物の黄金比

可操作度（吉川1983）

関節ベクトル(n:自由度）　$\theta = (\theta_1, \theta_2, \cdots \theta_n)^T$

手先の位置と姿勢　$r = (r_1, r_2 \cdots r_m)^T \quad (m \leq n)$

微分表現　$\dot{r} = J(\theta)\dot{\theta}$　J:ヤコビ行列

可操作度　$w = \sqrt{\det J(\theta) J^T(\theta)}$

特にm=nの場合　$w = \left|\det J(\theta)\right|$

２自由度マニピュレータの場合

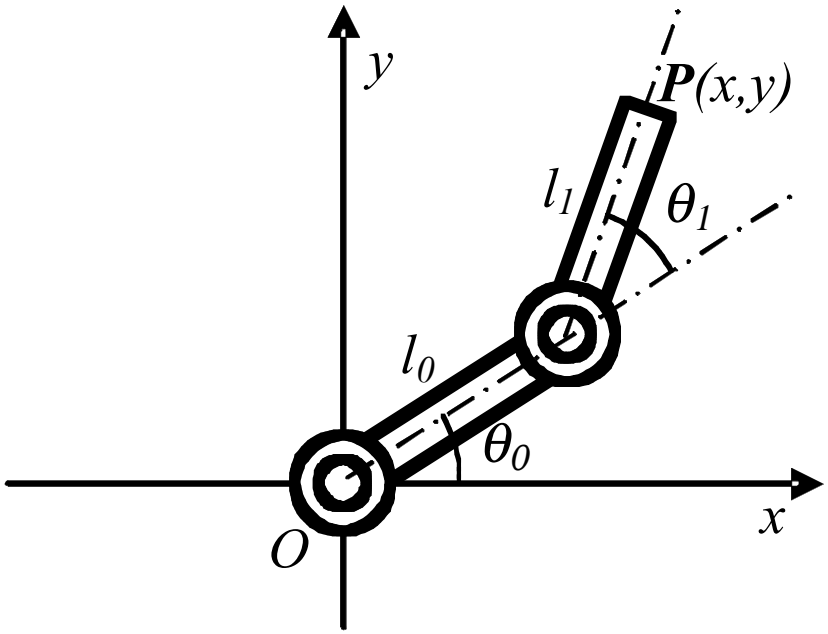
１．以下の式を満たすヤコビ行列Jを求めよ。

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = J \begin{pmatrix} \dot{\theta}_0 \\ \dot{\theta}_1 \end{pmatrix}$$

２．可操作度wを求めよ。

３．可操作度wが最大となる角度を求めよ。

４．$l_0 + l_1$ =一定ならばwが最大となるのはどんな場合か。



直線運動の実験（小川，森　1980）

一次遅れモデル

$$V(t) = k\left(\frac{t}{a}\right)^{b} \exp(-ct - dt^{2})$$

a, b, c, d, k: 実験パラメータ

躍度最小モデル　(Flash&Hogan 1985)

$$C = \int_0^{t_f} \left\{ \left(\frac{d^3 x}{dt^3} \right)^2 + \left(\frac{d^3 y}{dt^3} \right)^2 \right\} dt$$

トルク変化最小モデル
(Uno, Kawato and Suzuki 1989)

$$C_t = \frac{1}{2}\int_0^{t_f}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 dt$$

最小分散モデル Harris(1998)

Saccade:急速眼球運動に注目（最短時間で注視点に到達できる運動として知られている. ）

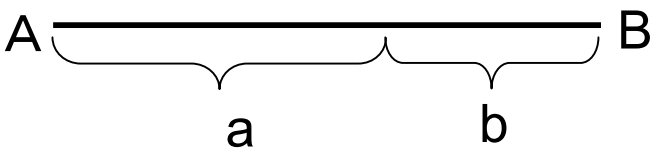
運動制御の考え方:
　運動ニューロンの発火は指令量が大きいほど筋肉は速く動くが, ノイズも大きくなるので誤差が発生する.
→最初は指令値を大きく終端に近くなったら小さくする.
+　運動終端の分散が最小になるように制御

黄金比（Golden ratio)について

１．黄金比とは
２．日常品の中の黄金比
３．葉序と黄金比

黄金比について

黄金比は，与えられた線分ABを aとbの長さで２つに分割するとき，$a^2=b(a+b)$が成り立つように分割したときのaとbの線分比（ユークリッド）



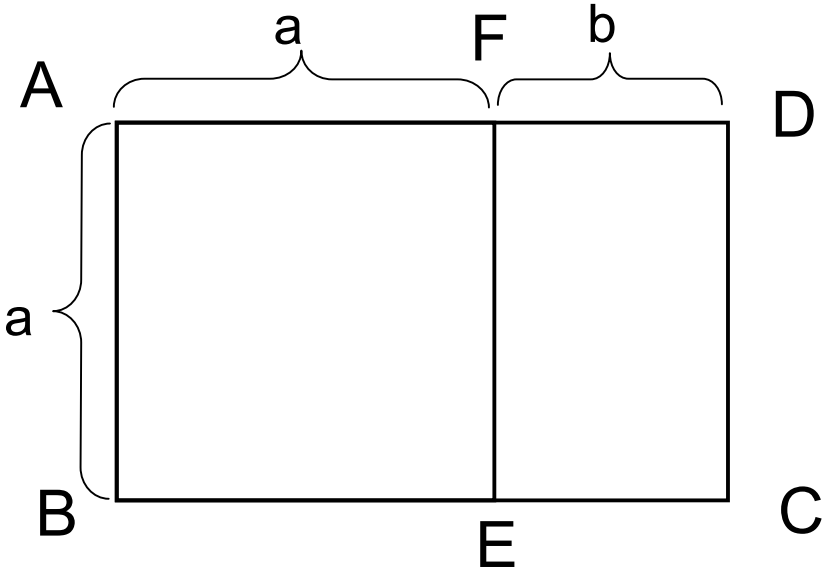
$$a/b=(1+\sqrt{5})/2$$

$$=1.618...$$

黄金比の幾何学的意味

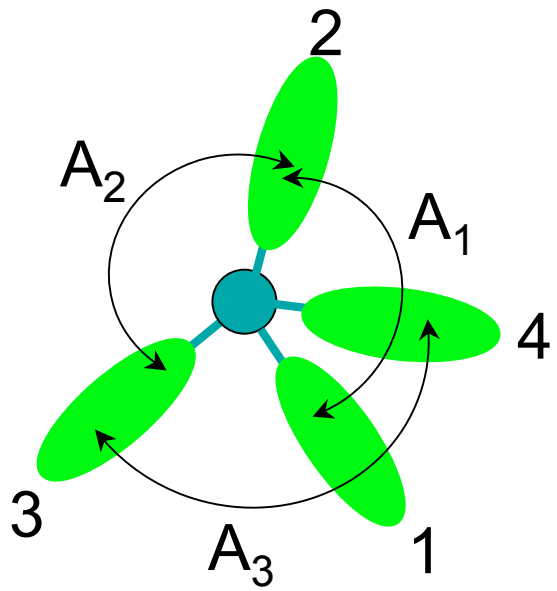
AB:BC=DF:FEより　a:(a+b) = b:a

$\therefore a^2=b\,(a+b)$



辺の長さを 1.61 倍に縮小して全体を90度回転させると小さい長方形に一致する.

互生葉序（らせん葉序）の考察



Top view

ダビンチの考え（5分の2回転毎）によれば144°となる.

黄金比で葉が茎についているならば

1/（1+1.618)x360=137.5°

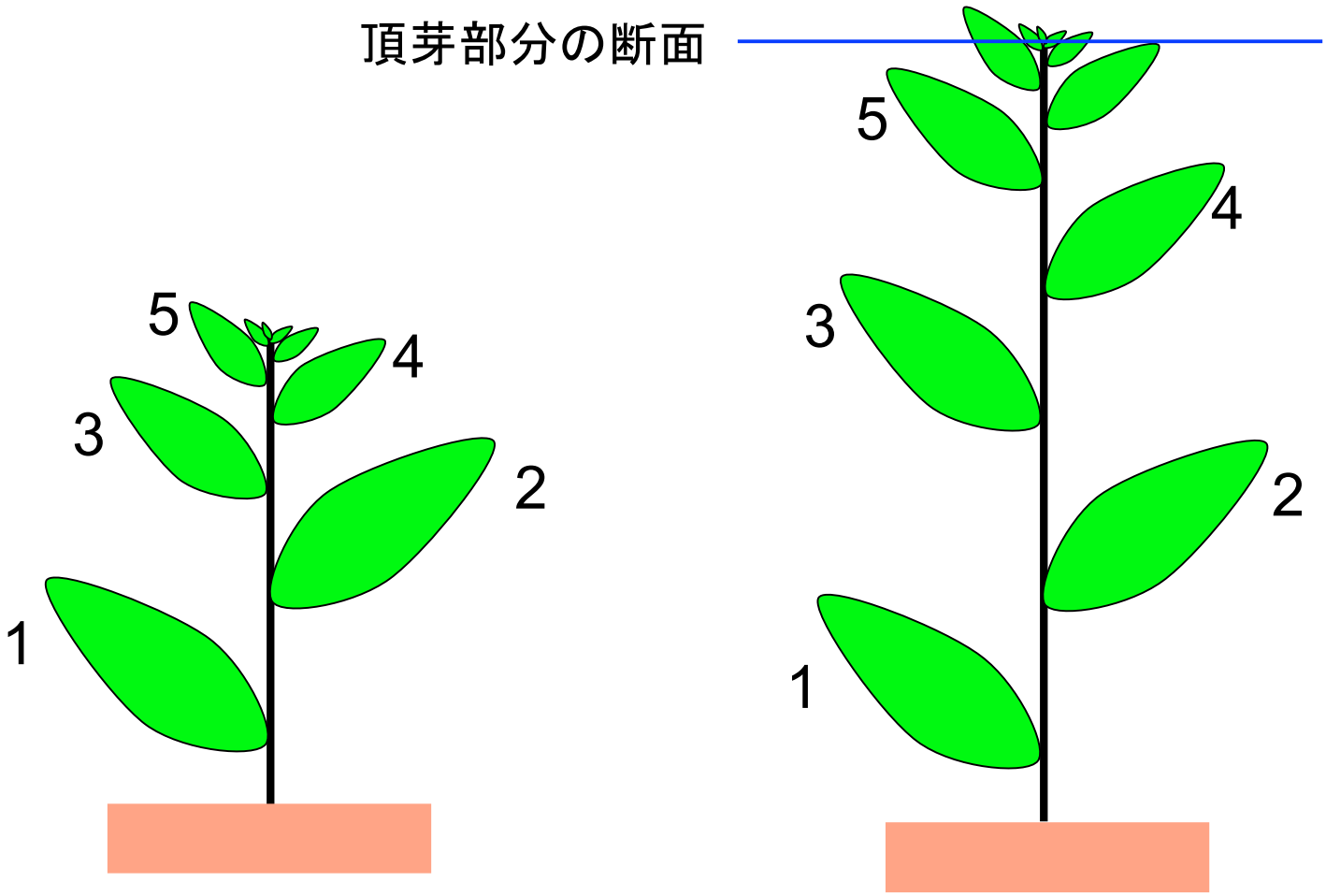
なぜ黄金比となるのか？

巷の説：日光をできるだけたくさん浴びるように配置されている．

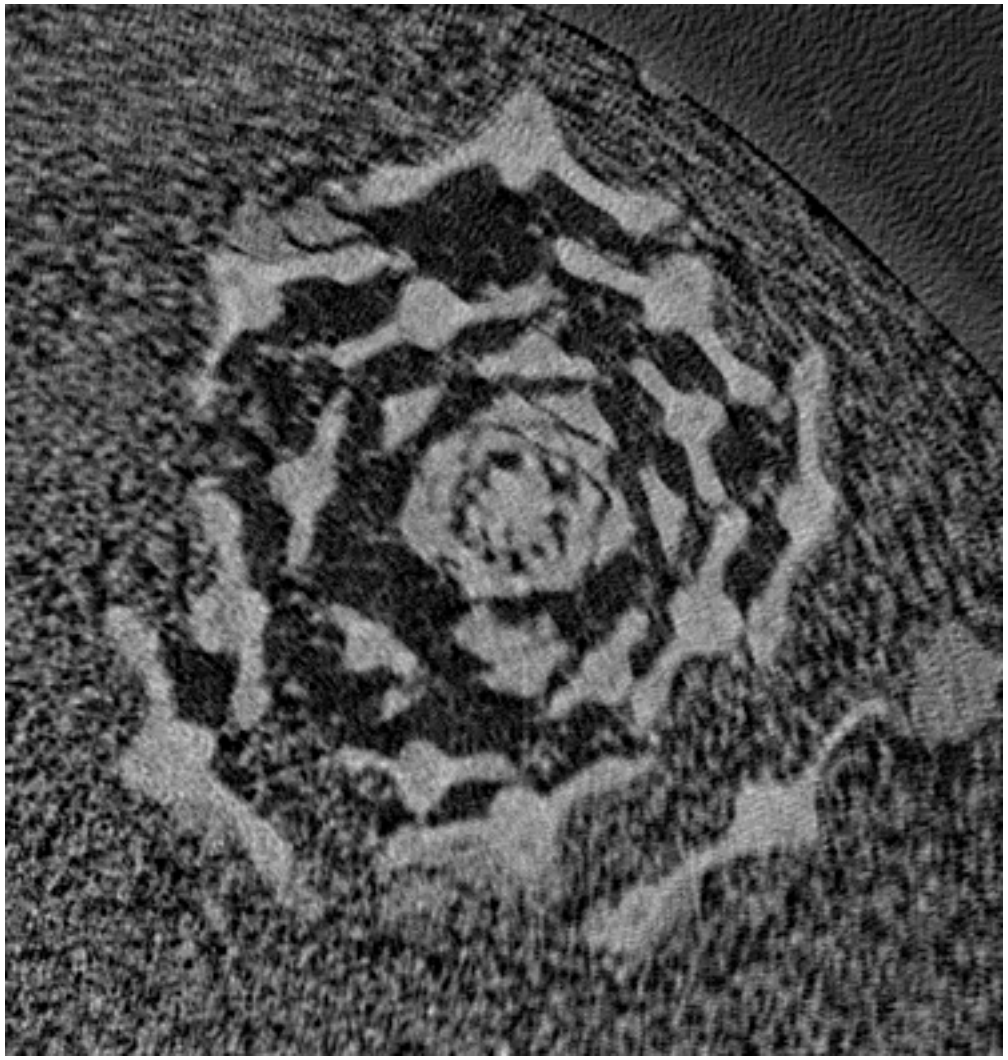
疑問点１：光合成最大化が目的とすると，光によって葉の配列が黄金比になるように変化する仕組みが必要となる．目標値となる角度差137.5°を植物が保持しているとは考えにくい．受光最大化は結果論（黄金比の附随的性質）ではないか．

疑問点２：日光は鉛直上方から照らすわけではない．詳しいシミュレーションが必要．

葉の成長



頂芽部のCT断面像



葉序の黄金比

葉序の黄金比は，あらかじめ決まっている．（フィードバックで黄金比の角度に調整されるわけではない．

葉の配列は頂芽の発生段階で決定される．この配列は充填性が関係しているようである．

新たな疑問：らせん葉序以外の植物（たとえば十字配列の葉序をもつ植物）では頂芽の配列はどうなっているのか．充填が関係しているのなら黄金比になっている？

黄金比のまとめ

黄金比は誰でも議論に入れる話題である．数学的記述もやさしい．このことは，神秘性と結びつきやすく，拡大解釈される傾向がある．時には荒唐無稽な話に発展する危険性もある．他の研究対象以上に事実と推論を吟味する必要がある．