

シミュレーション演習 狙い

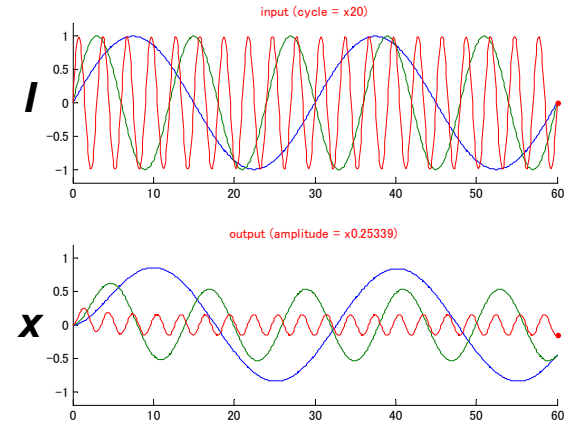
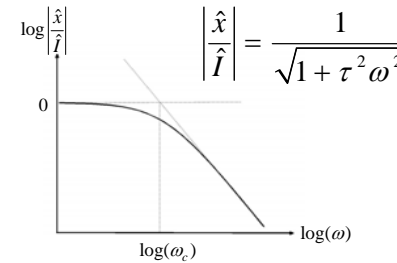
- 初日 イン트로
- 2日目 プローブと信号
- 3日目 実験結果からの数理モデル作成
- 4日目 時間パターンに対する選択的応答
- 5日目 スイッチ応答とメモリ
- 6日目 **振動現象**

フィードフォワードとフィードバック 周波数応答の違い

1. フィードフォワード
(低周波フィルタ、1次遅れ)



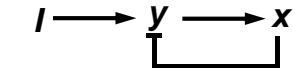
$$\tau \dot{x} + x = I$$



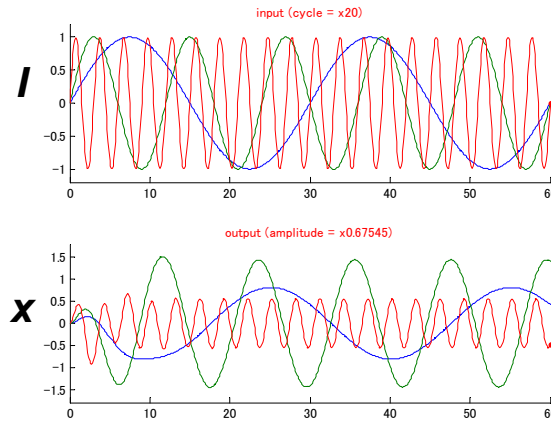
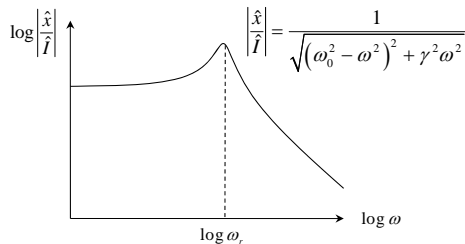
DEMO Lowpass

フィードフォワードとフィードバック 周波数応答の違い

2. フィードバック
(バンドパスフィルタ、2次遅れ)



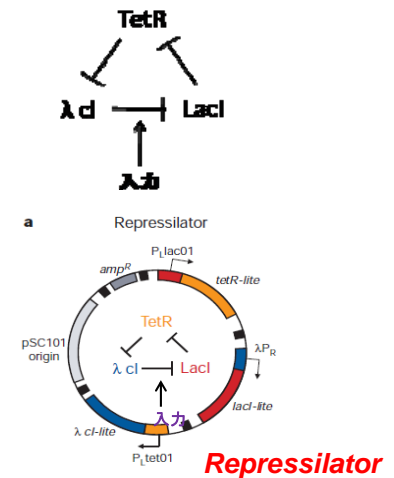
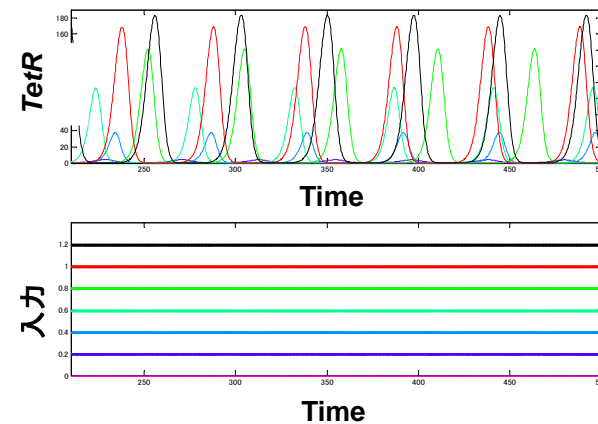
$$\ddot{x} + \gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = I$$



DEMO bandpass

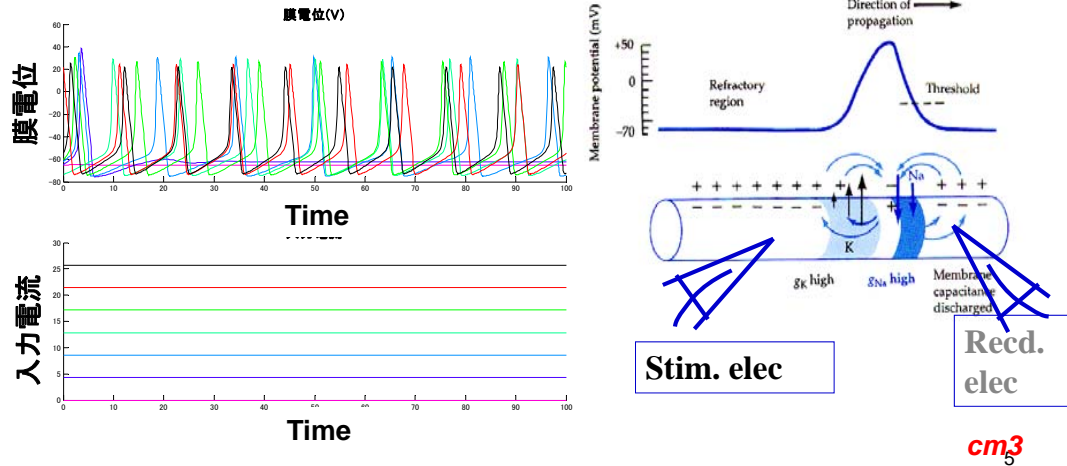
ネガティブフィードバックのみ

Repressilator



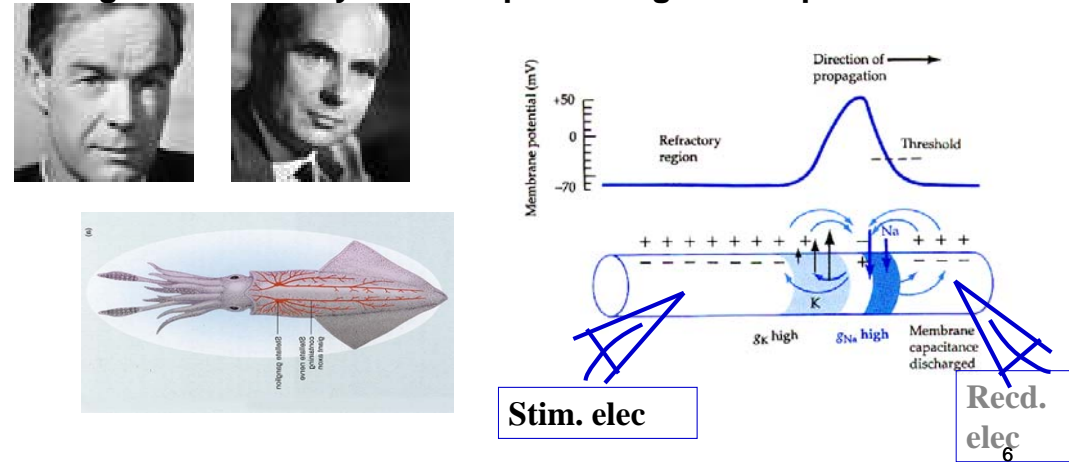
ポジティブ+ネガティブフィードバック

Action potential (活動電位)



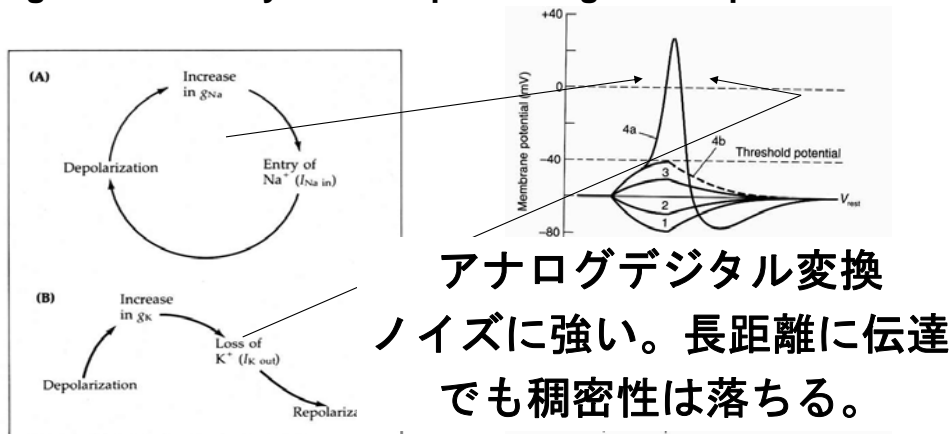
Positive and negative feedback loops

Positive and negative feedback loopの組み合わせ (1) Hodgkin and Huxley model: Spike/Firing: Action potential



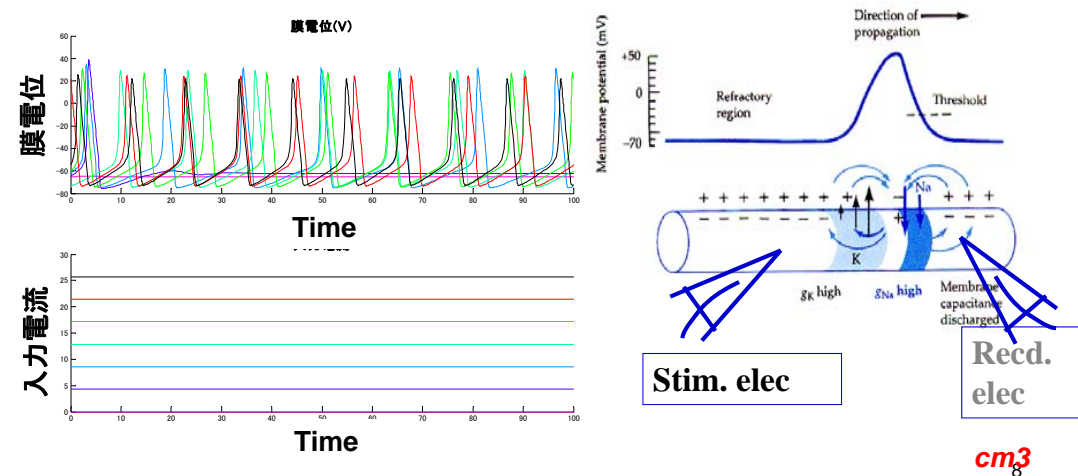
Positive and negative feedback loops Impulse入力に対する一過性の応答

Positive and negative feedback loopの組み合わせ (1) Hodgkin and Huxley model: Spike/Firing: Action potential



ポジティブ+ネガティブフィードバック

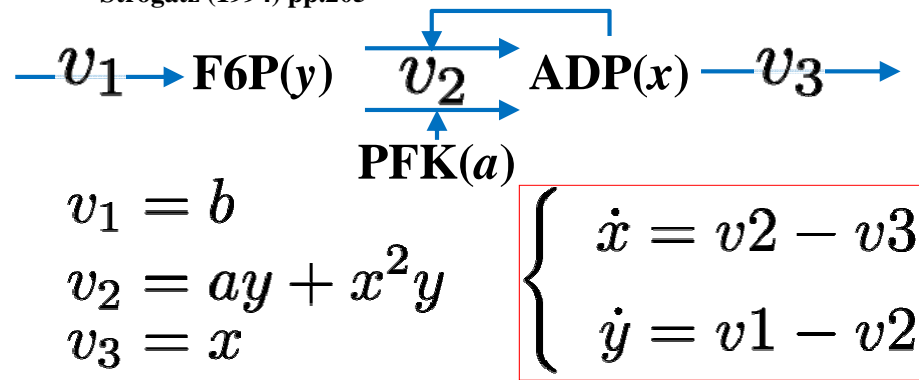
Action potential (活動電位)



生体内での振動現象

例1. 解糖系の振動モデル (Sel'kov model)

Strogatz (1994) pp.205

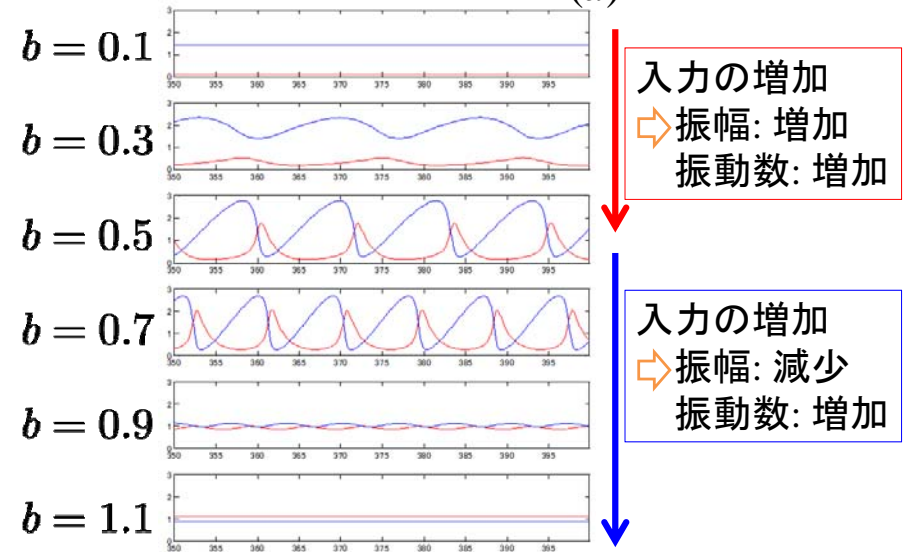
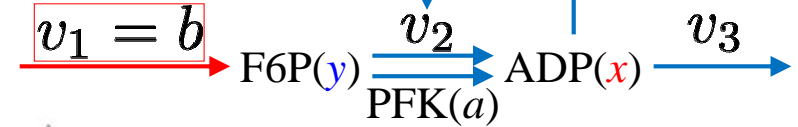


課題1-1: シミュレーションで振動を確認しよう

パラメータ $a = 0.06, b = 0.6$ 横軸: 時間

初期値: $x(0) = 1, y(0) = 1$ 縦軸: 濃度

振動解のパラメータ依存性



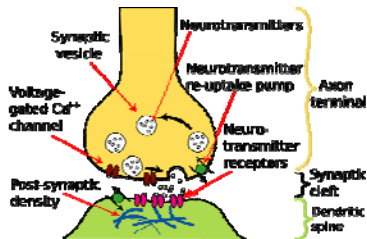
生体内での振動現象2

神経発火の(簡略化)モデル (FitzHugh-Nagumo model)

FitzHugh, Biophys. J (1961)

Nagumo et al., Proc. IRE (1962)

(Hodgkin-Huxleyと同様の振る舞いを示す2変数モデル)



イカの神経軸索を用いた神経発火

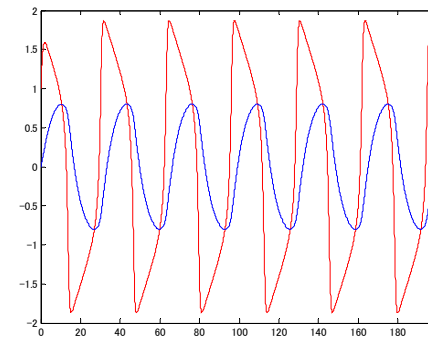
⇨ Hodgkin-Huxleyモデル (4変数、複雑)

数学的に上手く再現

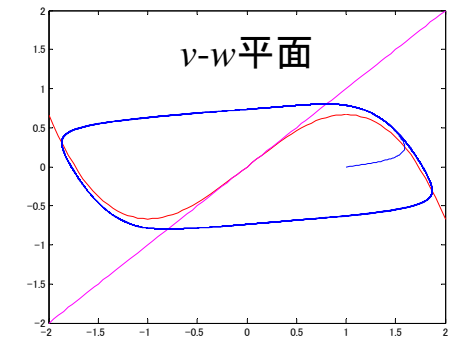
FitzHugh-Nagumoモデル

⇨ van der Pol方程式をベース (2変数、簡単)

課題2-1 シミュレーション結果



振動する!



周期解を持つ!

解答例 (課題 2-1)

```

function dsdt = ODE(t, s, param)
(略)
dsdt(1, :) = v - v.^3./3 - w + I;
dsdt(2, :) = 1 ./ tau .* (v - a - b .* w);
end
  
```

```

function plot_nullcline(param)
(略)
w1 = v - v.^3./3 + I;
w2 = 1./b .* (v - a);
plot(v, w1, 'r', v, w2, 'm');
end
  
```