

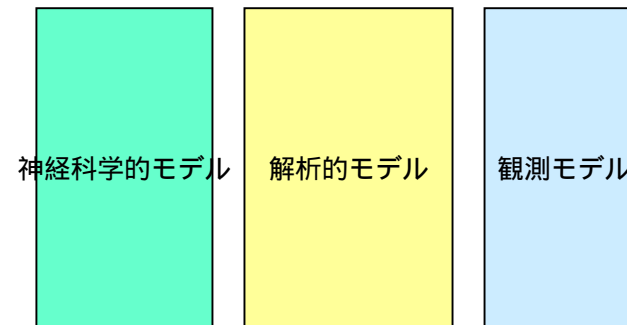
# どの様なモデルで考えるか

## 神経科学的モデル

- ・ 交感神経と筋疲労との関係をモデル化する .
- ・ 筋交感神経系の働きは筋疲労を増大させる .
- ・ 自律神経の働きは環境でコントロールできるか？
- ・ 運動時の神経筋制御系からの解析 .
- ・ 経験的に獲得された脳内での空間モデルと運動制御モデルとのバランスが，運動機能の変化によって崩れてくる？

## 観測モデル

- ・ 実際の場面で観測できる生体信号は何か .
- ・ 多変量生体信号時系列としての取り扱い .



# 解析を進める上での戦略

## 1 . 現実的環境と仮想的環境

- ・脳内での空間モデルを検証する .
- ・自律神経系へ影響を与えている環境要因を探る .

## 2 . 計測のプロトコルを考える

- ・疲労や自律神経系の要因を考慮する .
- ・運動による疲労を引き出すことで , 自律神経系へ影響を与えている要因をしぼる .

## 3 . 解析方法

- ・運動と休息時の概周期的な変化を時系列解析でとらえる .
- ・一時的な運動に対する生体制御系の反射 .
- ・加速度による衝撃が心拍の変化にどのような影響を与えているのか .
- ・時間のずれや位相遅れのある同期現象をさぐる .

# どの方向から解析するか

- **従来の生理学的アプローチでは**
  - 筋活動様式の時間変化を探る．
  - 心拍変動と筋疲労との関係をさぐる．
  - 交感神経が筋疲労に影響を与えているのか，筋疲労が交感神経に影響を与えるのか？
- **従来のバイオメカニクスのアプローチでは**
  - 力，変位，関節角度などから運動を解釈する．
  - 複数の筋肉を対象とする．
  - システム関数としての筋運動制御系．
- **信号処理では**
  - スペクトル解析
    - システム関数の推定ではバイスpekトルによる解析．
    - 心拍変動や筋活動の解析に時間周波数解析は必要か？
  - 多変量時系列解析
    - 多次元筋活動評価指標を入力とし，R-R間隔時系列を出力とするシステムを解析するか？

# シミュレーションからのアプローチ

## ・メカニカルな装置

- ・ HMDとバーチャルPAS自転車  
でシミュレーション。  
自律神経系へ与える影響を極力取り除くため  
バーチャルなイメージからどのように特徴量を取り出すか。
- ・ 自転車エルゴメータの負荷制御でシミュレーション。

## ・コンピュータシミュレーション

- ・ SIMLINKで筋骨格系の制御をシミュレートする

# 制御系

- 運動ニューロンの活動に対する実際の筋活動と，その際の筋紡錘活動の変化．
- 疲労につれて筋紡錘の働きはどの様に変化するのか
- 疲労につれてフィードバック系がどの様に変化するかを解析し，シミュレートする．
  - 多変量評価指標の時系列を取り扱う．
  - 大局的な影響と局所的な影響とを探る
- 機械インピーダンス，筋音，筋電図のうち，どれが最も制御系の時間的变化を表しているか？
  - 計測できるか否か，安定に推定できるか否か
- 運動と筋の発達との関連性
- 運動動作に対してどの位置に筋肉が発達し，筋紡錘が必要となるのか．
  - 側頭筋では前腹に筋紡錘が多い．
- ニューラルネットワークの活用
  - 表面筋電図だけでその機能の変化を探ることはできるのか．
  - 筋紡錘の活動は考慮する必要があるのか．
  - 筋活動と筋紡錘活動とを入力とし，トルクを推定する系を作り上げる．
    - 筋紡錘活動を加えたことが重要であり，筋紡錘活動がトルクの決定に必要であることを示す．
    - 入力する評価量は生データでも評価指標でも良い．
    - 運動に關与する複数の筋活動を考慮するには最適である．
    - 実用上は，すべての筋活動が利用できなくとも一部の筋活動でどこまで推定できるかを探る必要がある．
    - これは，運動を限定すればどの筋肉が不用であるかを議論する冗長性の問題に置き換えられる．

# システム関数としての解析

## • ARXモデルでのシステム同定

- トライアル数の増加につれて、0.6 ~ 1.4Hz帯域での振幅特性が他の帯域よりも相対的に大きな値を示した。
  - この帯域では、HRVの周波数特性をコントロールし易いのか？
  - この帯域の低い部分では、HRVの呼吸関連成分のピークがあり、高い部分ではHRV、ARVともにピークがみられた。
- 0.4Hz以下の帯域では同様に振幅特性が増加し、位相特性の直線位相による時間遅れが0.6 ~ 1.4Hz帯域よりも短くなった。
  - これは、筋活動と心拍変動との同期状態を反映したものか？

## • ARXモデルの必然性

- AR項で表現されている周波数ピークと、システム関数の入出力で表されている周波数成分とを比較できる。
  - 少ないサンプル数から入出力関係を推定でき、時変性の信号解析に向いている。
  - オーバーラップさせたセグメントでシステム関数の時変特性を解析できる。

## • Wavelet 解析との比較

- Wavelet 解析は低周波数領域の特徴を表しやすい。
- ARモデルはより高い周波数（Nyquist周波数に近い）のピークを表現しやすい。
- 周波数ピークはWavelet 解析とARモデルとを比較する必要がある。