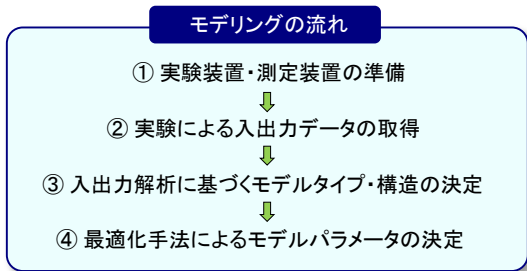


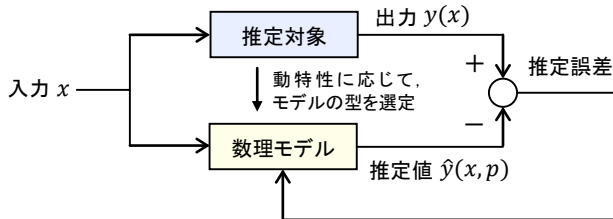
設計・解析・予測で役立つモデリング技術

概要

物理現象，社会現象，生体反応などのモデリング(数式化)は，そのメカニズムの解明や実態予測，将来的な動向を予測する上で役立ちます。外部からの入力に対して動的に反応するシステムを中心に，実験またはフィールド調査で得たデータに基づいて，最適化手法を用いてモデルを構築しています。



活用先 { コンピュータシミュレーションによる実態予測
リアルタイムシミュレータ(スマホアプリ)
各種支援システムのモデルベース開発



推定誤差を最小化するようにモデルパラメータ p を決定

最適モデルパラメータ ($p_{optimal}$) の求解問題

$$p_{optimal} = \arg \min_{p \in P} \|y(x) - \hat{y}(x, p)\| \text{ s.t. } f(x, p) \leq 0$$

モデリング事例

1. 救急搬送患者の循環動態モデリング

救急車による搬送中，傷病者は様々な方向から加速度(慣性，振動，重力による加速度)を受け，その結果，血圧，心拍数，脳血流量が変動します。これらの現象をモデリングすることで，変動メカニズムの解明や救急搬送の安全性評価などに役立ちます。



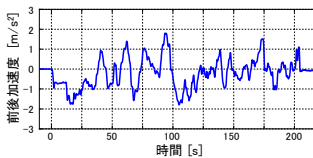
傾斜ベッドによる実験



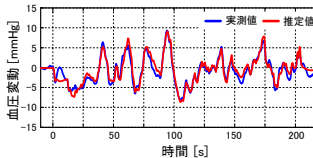
路上での実験

室内と路上での実験を通じて，身体にかかる加速を変化させながら，血圧，脈拍数，脳血流量を測定し，必要なデータを確保します。

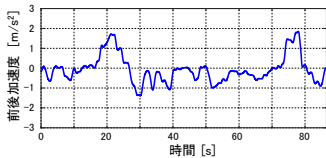
血圧変動のモデリング



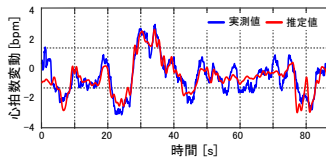
ウィナー型非線形モデル



心拍変動のモデリング



ニューラルネットワークモデル

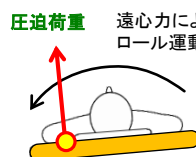


2. 救急搬送患者の背面圧迫モデリング

救急車がカーブを通過すると，遠心力の影響で傷病者の体は左右に振られ，その結果，ストレッチャーマットに後背面が押しつけられます。外傷や骨折・脱臼の場合，痛みの要因になります。この背面圧迫をモデリングすることで，安全安心対策に役立ちます。

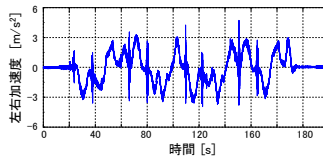


実験車両による実験

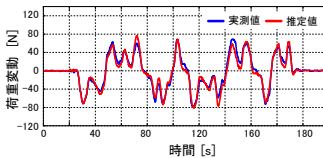


実験車両に被験者を乗せて，左右に旋回しながら，肩甲骨にかかる圧迫荷重をセンサで測定します。

背面圧迫のモデリング



伝達関数モデル



静力学に基づく理論モデルでは，遠心加速度 a_y に対して，圧迫荷重の変動量は， a_y の3次式で表現できます。

a_y を加速度センサで取得する場合，ローパスフィルタに通過させて，遠心加速度成分を抽出します。

3次式は，1次式で近似可能。その結果，ローパスフィルタを含めて，伝達関数でモデル化しています。

モデルの活用例

モデルを利用すると，車両の加速度から血圧変動や背面圧迫が推定できます。この推定方法は，独自技術として特許を取得しています。

- 運転訓練システム(特許第4985098号) ... 血圧変動の推定
- 荷重測定装置(特許第5967758号) ... 背面圧迫の推定

3. 仰臥位搬送時の乗り心地モデル

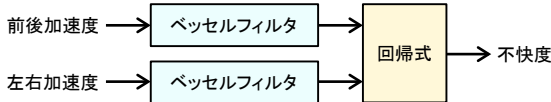
救急車や寝台付福祉車のように、ストレッチャーに仰向けに寝た状態で移動する場合、前後左右の慣性力の影響で不快感を抱きます。この不快感を再現するモデルを構築し、運転技能評価や運転訓練で役立てます。



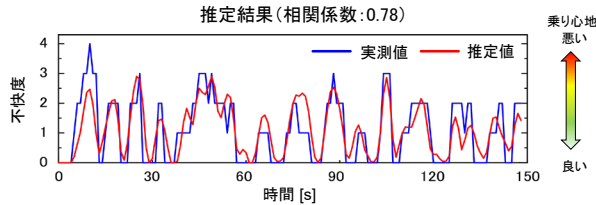
主観評価実験

福祉車に被験者を仰向けで寝かせて、1秒間隔で不快感を5段階評価します。同時に前後左右の加速度も測定します。加速度を入力(独立変数)、不快感を出力(従属変数)とする回帰式を実験データから構築しました。

不快感のモデリング



(※) ベッセルフィルタは、慣性加速度の抽出、遅延操作、計算量低減のために使用。



4. 路線バスの振動乗り心地モデル

道路修繕は、IRI(国際ラフネス指標)などに基づいて計画を立てます。従来指標以外に、バス利用者の視点も加えて、より多角的かつ合理的に計画を立案するために、IRIと速度からバスの振動乗り心地を推定するモデルを作成しました。

路線バスの車内にiPhoneを設置して、速度と振動乗り心地を専用アプリで測定。これとは別に、IRIも測定。



測定車1(広島電鉄バス)



測定車2(芸陽バス)

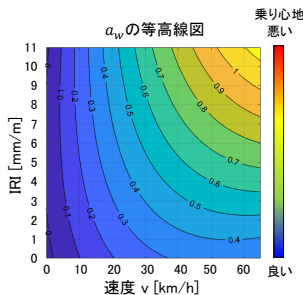


測定器(iPhone)

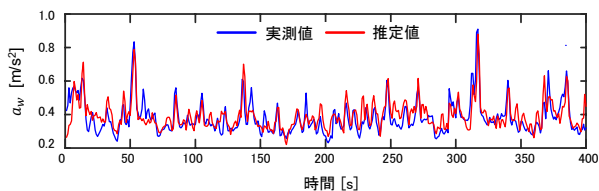
振動乗り心地 a_w のモデル

$$a_w = f(v, IRI) \quad [m/s^2]$$

- 振動乗り心地とは、ISO2631-1で規定されている周波数補正加速度実効値を指します。
- 関数 f の係数は、最小二乗法を利用して決定しています。



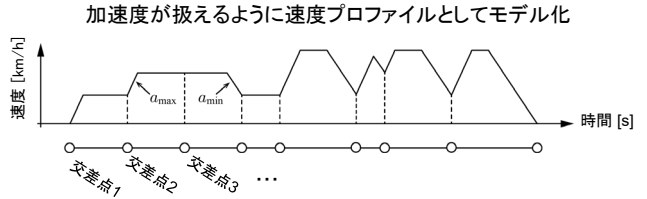
測定車2の推定結果(相関係数:0.79)



5. 救急車の走行モデル

救急車の搬送経路の探索では、病院への早期到着のみならず、加速度による悪影響も考慮する必要があります。そこで、到着時間、血圧変動、背面圧迫を模擬する走行モデルを構築し、経路探索で活用しています。

到着時間、血圧変動、背面圧迫を考慮したモデリング



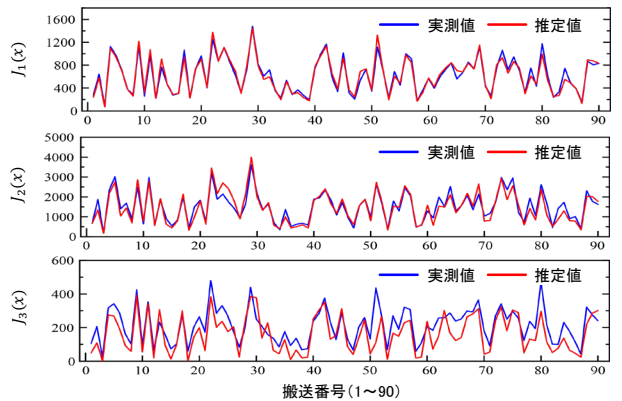
多目的最適化によるモデルパラメータの決定

モデルパラメータ: $x \in R^8$... 速度プロファイルを決める変数

$$\text{評価関数: } \begin{cases} J_1(x) \cdots \text{到着時間に関する評価量} \\ J_2(x) \cdots \text{血圧変動} \quad \text{"} \\ J_3(x) \cdots \text{背面圧迫} \quad \text{"} \end{cases}$$

評価関数の間にトレードオフがあるため、遺伝的アルゴリズムを用いて、パレート解として x の最適値を決定します。

90搬送分の $J_1(x) \sim J_3(x)$ の再現結果



6. 機械システムのモデリング

アクティブ制御ベッドなどの機械システムの制御系設計では、システムのモデルを用いてコンピュータ上でコントローラを構築します。開発過程の一部として機械システムのモデリングにも取り組んでいます。



回転式アクティブ制御ベッドの例

遠心加速度に応じて、ベッドを回転させることで、カーブ通過時の横揺れを防止するベッドです。回転範囲が水平状態から±17度の場合、横揺れをほとんど感じません。非常に優れたベッドでした。下記のブロック線図に基づいてコントローラを構築しました。

