

安全安心な傷病者搬送を支援する救急車システムの開発

目的と概要

救急車による搬送では、傷病者は、車両の加減速による慣性力と路面の凹凸による振動を全身に受けます。これらは血圧を変動させ、患部に衝撃を与えるため危険であり、同時に不快感も与えます。

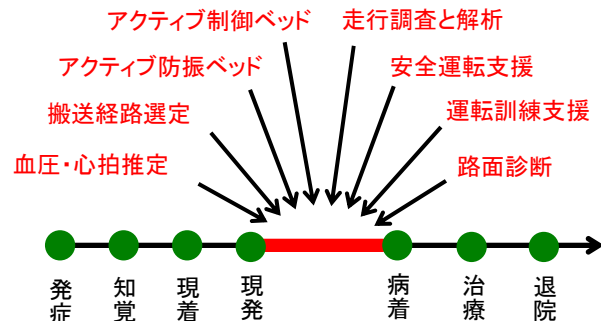
傷病者への負担を減らして安全安心に、かつ迅速スムーズに病院に搬送するための救急車向けの搬送支援システムを、ハードおよびソフトの両面から、様々な技術を複合的に活用して開発しています。

【利用している技術】

自動制御技術、モデリング、数値最適化、推定と予測、コンピュータシミュレーション、信号処理、人工知能、ビッグデータ解析、IoT、モバイルアプリプログラミング

取り組み課題例

迅速性(早期到着)と安全性(揺らさない)の向上



各テーマの紹介

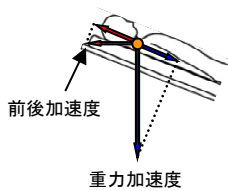
1. アクティブ制御ベッド(慣性力対策)

救急車の減速時やカーブ通過時に生じる慣性力は、脳圧上昇やストレッチャーへの身体圧迫を引き起こします。加速度情報を基に、コンピュータ制御でストレッチャーを傾斜または回転させることで、慣性力の影響を軽減します。

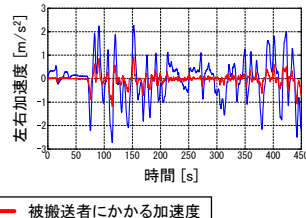
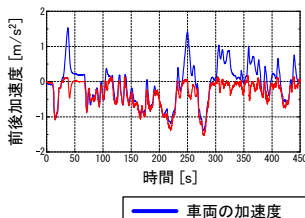
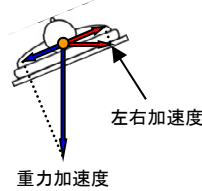


前後左右にかかる慣性力を重力で相殺します。

減速時



カーブ通過時



体にかかる加速度が減るため、乗り心地が驚くほど向上します。

期待される効果

- 脳圧上昇と身体圧迫による容態悪化の回避
- 運転手のストレス軽減と速度向上による搬送時間の短縮

2. アクティブ防振ベッド(振動対策)

路面から伝わる振動は、再出血や脳動脈瘤破裂を引き起こす危険性があります。振動発生後の対応では遅いため、振動が起きる前に振動吸収率を最大に自動設定する予測型アクティブ防振ベッドを開発しています。

ダンパの最適値テーブル

凹凸箇所	通過速度			
	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h
Spot 1	10.0	9.0	8.0	7.0
Spot 2	5.5	6.5	7.5	8.5

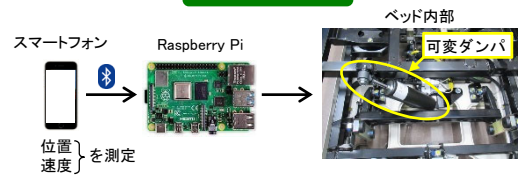
体重 ~60kg ~120kg ~180kg

ダンパ設定値
体重位置速度

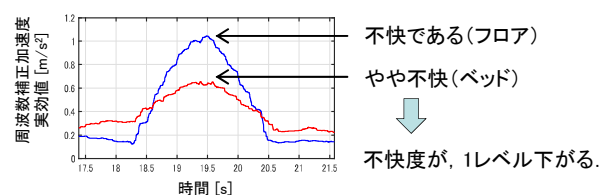
路面凹凸部



制御システム



ISO2631-1に基づく、路面凹凸部での振動乗り心地の比較



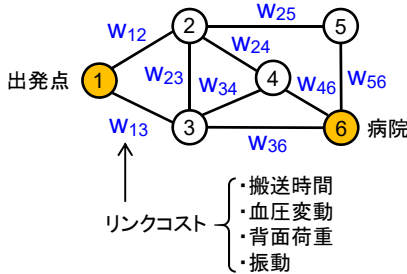
期待される効果

- 容態のより一層の安定化
- 恒常的な乗り心地の向上

3. 傷病に応じた搬送経路の最適化

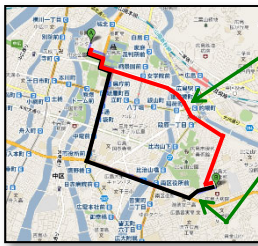
傷病ごとに、慣性力の影響や病院への早期到着に対する要求が異なることに着目し、傷病に応じた最適な搬送経路を割り出す技術を開発しています。実際の経路と比較して、提案法の有効性を検証しています。

道路ネットワークに基づいて多目的最適化により経路探索



救急車の走行モデルに従って、出発点から到着病院までの最適経路を複数の評価関数の下で探索します。評価関数の間にトレードオフがあるため、パレート解として最適経路を導出します。

探索結果



心疾患に最適なルート
(最短時間で到着できるルート)

脳血管障害に最適なルート
(血圧変動を抑えるルート)

最適ルートを瞬時に取得できるように、データベースに登録

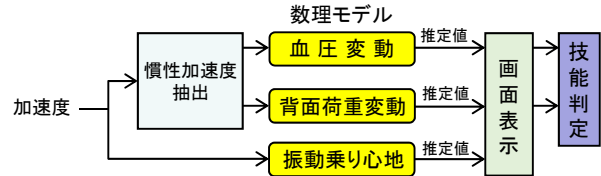
期待される効果

- 道路事情に詳しくない広域搬送での利用
- 救急隊員の経験では見出せなかった新経路の発見

4. 運転訓練支援システム

搬送中に傷病者が受ける慣性力の大きさは、運転手のアクセル・ブレーキ・ハンドル操作に依存します。慣性力の発生を抑えつつ、迅速に搬送するための運転技術の習得を支援するスマホアプリを開発しています。

客観的指標で運転技能を評価し、運転技術の向上を支援



- 救急車の加速度を数理モデルに代入して、傷病者の血圧変動、背面荷重、振動乗り心地を推定し、運転技能を客観的に評価。
- 推定値が閾値を超えた場合、運転手に報知して改善を促す。
- 自己学習能力を活用した運転訓練支援システム

スマホアプリ



- 技能判定アルゴリズムを、iPhoneに実装
- 走行経路、速度、血圧変動、背面圧迫、乗り心地のデータロガーとしても利用可能
- データロガーとして、多数の実績あり

期待される効果

- 新人隊員や予備機関員の効率的な運転訓練
- 走行データに基づく、救急搬送の実態把握および改善

5. 生体モデリング

救急車の加速減速運動が、傷病者にどのような影響を与えるか理解するために、加速度による生体反応の数理モデルの構築に取り組んでいます。モデルは、各種支援システムのモデルベース開発やコンピュータシミュレーションで活用しています。

実験車両等によるデータの取得



傾斜ベッドによる血圧測定



病院内での搬送実験



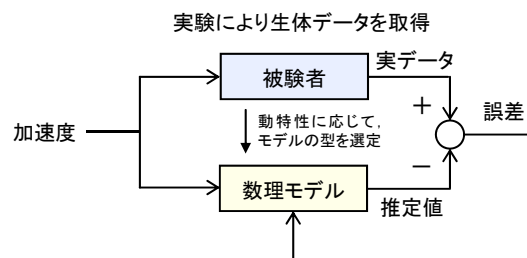
血圧、脈拍、脳血流測定実験



乗り心地の主観評価実験

加速度に対する生体反応の解析

生体モデリング



誤差を最小化するように、最適化手法でモデルパラメータを決定

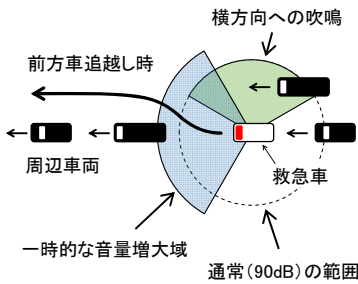
- 構築例
- 血圧変動モデル (ウィナー型非線形モデル)
 - 背面圧迫モデル (伝達関数)
 - 心拍変動モデル (ニューラルネットワーク)
 - 上腕筋電モデル (伝達関数)
 - 乗り心地モデル (回帰式)

支援システムのモデルベース開発、生体反応シミュレーションで活用

6. サイレン音の制御(安全運転支援)

迅速スムーズな搬送のためには、周囲の自動車や歩行者に対して救急車の接近をいち早く知らせ、走行路を確保する必要があります。その方策として、サイレン音の制御(音量と吹鳴方向のアクティブスイッチング)に取り組んでいます。

新サイレンシステム

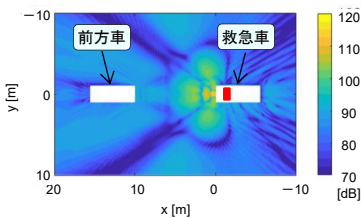


音量と吹鳴方向を切り替えることで、認知向上を図ります。



連携先企業との成果公表

音圧レベル解析



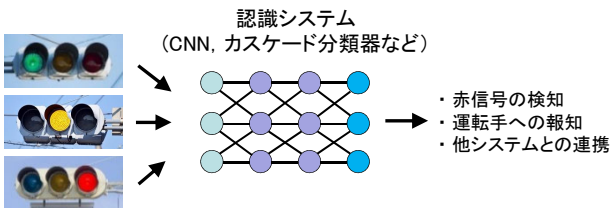
偏微分方程式をコンピュータで解き、音圧レベルを確認しながら、スピーカーの設置位置や取り付け方向を最適化します。サイレン音の届きにくい場所を明確にして、サイレン制御に反映します。

期待される効果

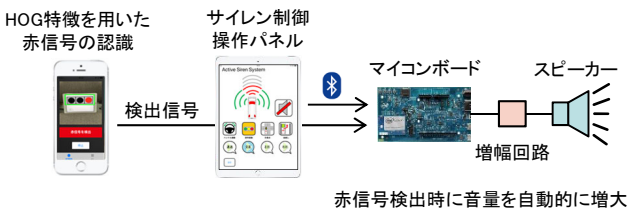
- 認知性向上によるヒヤリハットや交通事故の減少
- スムーズな走行による搬送時間の短縮

7. 赤信号の検知と報知(安全運転支援)

救急車のヒヤリハット事例の5割弱が交差点通行時に起きています。赤信号であることを確認した上で安全に通過できるように、赤信号を検出して運転手に報知するシステムを製作しています。



新サイレンシステムとの連動



期待される効果

- 赤信号の見落とし防止による安全性の向上
- 学生への人工知能に関する教育効果

8. 振動低減に向けた路面診断

救急車の振動の根本的な原因は、舗装路面の劣化(窪みやひび割れなど)です。救急車の振動データから路面の劣化箇所を特定し、救急隊員に知らせると共に、道路管理者向けに修繕箇所の優先度を決定します。



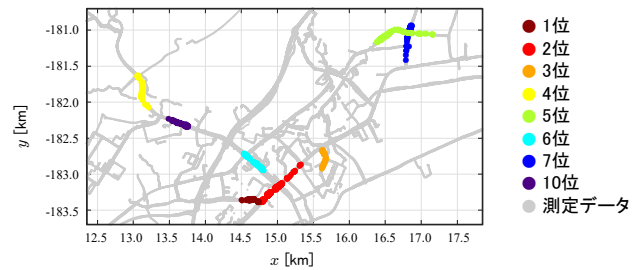
- 手順1: 救急車の加速度をスマホアプリで測定
- 手順2: ISO2631-1に基づき振動乗り心地を算出
- 手順3: クラスタリングによる路面劣化箇所の特定
- 手順4: 修繕候補箇所ごとに優先順位を決定

道路区間ごとに、評価指標 $J(N)$ を計算し、 $J(N)$ が最大となる区間を優先順位第1位とする。

$$J(N) = \frac{n}{n+c} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{a_v(i)}{v(i)} \times 100$$

N : 道路区間の番号
 n : 区間 N の測定データ数
 c : 走行回数 $\times 0.2$
 a_v : 振動強度 [m/s²]
 v : 通過速度 [km/h]

特定した損傷箇所と修繕優先順位の例



期待される効果

- 傷病者に配慮した路面の修繕
- 修繕後の振動の低減による安全性の向上

9. 走行調査と解析

救急搬送に潜在化している問題やその改善に向けて、救急車の振動、速度、加速度などのデータを収集して、走行状況を解析しています。解析結果は、データ収集に協力いただいた消防署にフィードバックしています。

振動測定



独自開発したスマホアプリを用いて、走行データを収集。消防署の協力の下、救急車に乗ってストレッチャの振動も測定します。

救急車内の3箇所の振動と乗り心地の例

