

# 全身血管モデルを用いた他部位血流動態の推定に関する研究

情報科学科 佐々木 元春

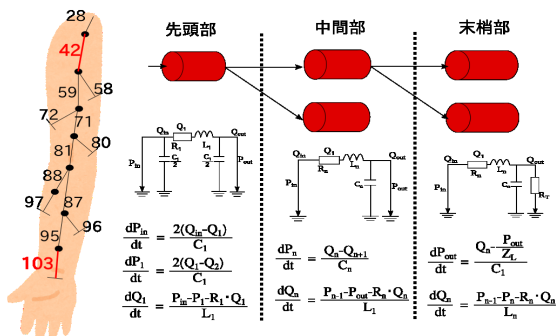
指導教員：神山 斉己

## 1 はじめに

心疾患や脳梗塞などの循環器系疾患は、日本人死因の大きな割合を占めている [1]. それらの原因に動脈硬化がある. 動脈硬化とは、心臓から全身に酸素と栄養分を送り込む重要な役割を担っている動脈の硬化現象である. 基本的に加齢によって動脈硬化が進行するが、進行速度は肥満や運動不足、喫煙などの生活習慣も大きく関係するため、早期に動脈硬化の進行状態を把握し生活習慣を改善することで動脈硬化の進行を遅らせることが期待される. そのため、これまで動脈硬化の早期発見を目的とした研究が行われ、様々な動脈硬化検査器具や診断手法が開発されてきた. 動脈硬化の検査方法の1つとしてCAVI(Cardio-Ankle Vascular Index)がある. CAVIは、左右上腕と左右足首での血圧波形と心臓での心音の計5箇所計測により動脈硬化を診断するものである. しかしながら、上述のように、左右上腕と左右足首での血圧波形の計測にはカフでの圧迫が必要であり、計測箇所が多く、被験者への負担が大きい. そこで、本研究では、手首の動脈である橈骨動脈の血圧波形を用いて、上腕での血圧波形の推定を行う. 推定には時系列データの予測に適しているLSTM(Long Short Term Memory)を用いる. LSTMへの入力する学習データはAvolioのモデルを用いて収集する.

## 2 モデルの構成

Avolioのモデルは、全身の血流動態をシミュレーションするモデルである [2]. このモデルは、ヒトの大動脈から中動脈までの動脈を128個のセグメントに分割し、それぞれのセグメントで血管径、長さ、ヤング率、血管壁の厚さを定義し、解剖学的な知見に基づいて接続したマルチブランチ型モデルであり、常微分方程式で記述されている. 各セグメントにおいて血流波形と血圧波形をシミュレーションすることができるため、全身の動脈系の血流及び血圧の基本的な特性を再現できる.

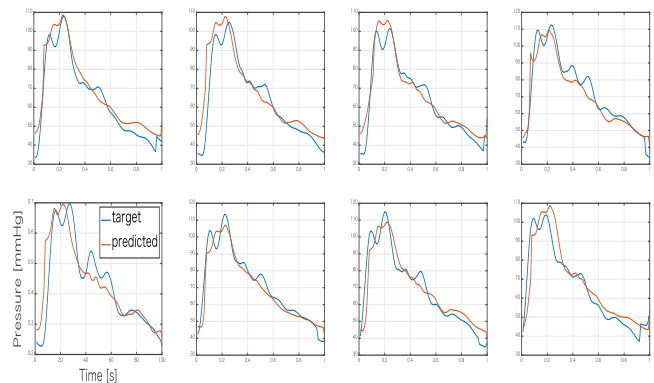


上腕動脈の血圧波形から橈骨動脈の血圧波形の推定には、機械学習を用いる. 機械学習に使用する学習データをこのモデルで収集する. 学習データの収集にこのモデルを採用した理由は2つある. 1つ目の理由は、今回血圧波形を収集したい部位である上腕(セグメント42)と橈骨動脈(セグメント103)の血圧波形を収集できる点であり、2つ目の理由は、学習データの収集の際、シミュレーション毎に血管径を変化させ、異なる人を想定して行える点である. 学習データの収集では、メルセンヌ・ツイスタ法で作成した乱数を用いて血管径を変化させ、100人分に相当するデータを収集するシミュレーションを行った. しかし、収集したデータは全体的に血圧が高く、上腕での最高血

圧が130[mmHg]～170[mmHg]の範囲に分布した. そこで、モデルへの入力刺激を元の刺激の0.85倍にすることで、上腕での最高血圧が110[mmHg]～150[mmHg]の範囲に分布する生理学的知見に基づいたデータを再収集した. このモデルは、C言語で実装し、10[s]のシミュレーションを行い、10[ms]毎に上腕動脈と橈骨動脈の血圧を出力した.

## 3 他部位血流動態の推定

血圧波形の推定にはLSTMを使い、入出力はそれぞれAvolioのモデルで収集した橈骨動脈と上腕動脈の血圧波形データを用いた. LSTMは、input gate, output gateをもつニューラルネットワークであるRNN(Recurrent Neural Network)に、forget gateを追加したユニットをもつニューラルネットワークである. 本研究では、LSTMの条件である最適化法はAdam、学習率は0.001、バッチサイズは10、隠れ層の次元は200、各層は全結合のニューラルネットワークとした. 収集した100人分のデータのうち90人分を学習データ、10人分をテストデータとした. 90人分の学習を行う際、橈骨動脈の血圧波形から推定した上腕動脈の血圧波形と学習データで与えた上腕での血圧波形の平均絶対誤差が5.394[mmHg]程で収束したため、エポック数200で学習を終了した. 学習を終えた後、テストデータの橈骨動脈の血圧波形を入力とし、推定精度の調査を行った. 評価データを用いた推定の8人分の結果をグラフに示す. 最高血圧値と最低血圧値に注目すると、評価データでは、最高血圧の平均絶対誤差は0.6248[mmHg]、最低血圧の平均絶対誤差は0.7377[mmHg]であり、精度良く推定できている. 血圧波形の形に注目すると、血圧値の上昇の際には追従しているが波形が振動する際にはうまく追従できていないことがあった.



## 4 まとめ

本研究では、全身血管モデルから収集したデータを用いて、橈骨動脈の血圧波形から上腕動脈の血圧波形を推定した. 今後は、推定の精度を高めるとともに、実際の実験データを用いた妥当性の評価を行っていく.

## 参考文献

- [1] 厚生労働省, “平成30年(2018)人口動態統計(確定数)の概況”  
[https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei18/dl/11\\_h7.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei18/dl/11_h7.pdf)
- [2] A.P.Avolio(1980), Medical & Biological Engineering & Computing, 18, 709-718, 1980.