

## 機械学習による循環系の複製モデルを利用した補助人工心臓運用時の大動脈弁開閉動作のリアルタイム推定

\*<sup>1</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科, \*<sup>2</sup>東北大学サイバーサイエンスセンター, \*<sup>3</sup>東北大学加齢医学研究所

鈴木 竜弥\*<sup>1</sup>, 田中 明\*<sup>1</sup>, 吉澤 誠\*<sup>2</sup>, 白石 泰之\*<sup>3</sup>, 山家 智之\*<sup>3</sup>

Tatsuya SUZUKI, Akira TANAKA, Makoto YOSHIZAWA, Yasuyuki SHIRAIISHI, Tomoyuki YAMBE

### 1. 目的

補助人工心臓運用中に大動脈弁の開閉動作をリアルタイムに把握することは、きわめて重要である。しかし、大動脈弁の差圧や流量を直接計測することは困難である。そこで本研究では、ポンプ後負荷とポンプ流量との間の動特性に着目した弁開閉動作の推定方法を提案した。

### 2. 方法

ポンプ後負荷とポンプ流量との間の動特性は、大動脈弁の開閉の有無によって異なる。したがって、あらかじめ弁の開閉動作のない状態の動特性を学習し、学習後のモデル出力を実測値と比較することにより、弁の開放で生じる動特性の変化をリアルタイムに検出することで弁の開閉を推定できる可能性がある。

本研究では図1のような、内部に自己回帰構造を持ち、動特性の学習に優れたlong short term memory (LSTM) 層に全結合層を組み合わせたニューラルネットワークによるモデルで動特性を学習した。また、全結合層部分は、個体差や循環状態の変化に対応するため、補助人工心臓運用中に弁が開鎖している拡張期のデータによって追加学習する。

### 3. 結果

ハイブリッド模擬循環系を用いた実験による検証結果では、1拍の平均推定誤差と弁通過血液量に相関がみられた。また、推定誤差に閾値を設けて弁の開放の有無の推定を行った結果、弁から1拍当たり10 ml以上の駆出があるときの推定精度は98%以上であった。

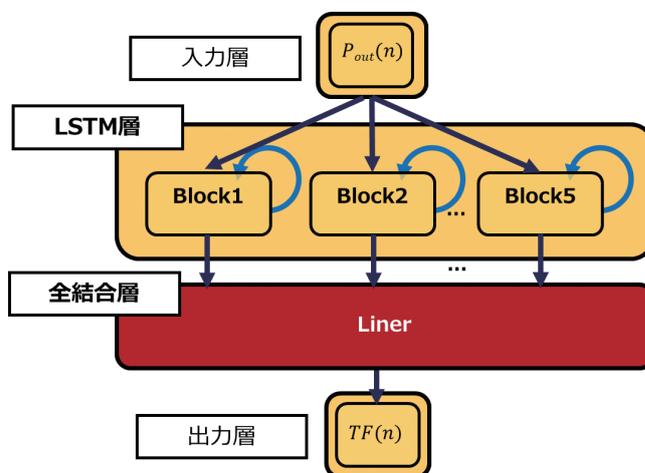


図1 提案するポンプ後負荷とポンプ流量間の動特性を表すモデル

成やぎを用いた急性動物実験データで検証を行った結果では、データ初期で推定誤差が大きかったが、全結合層の追加学習が進むにつれ、推定誤差は改善された。一方で、拡張期と比較して収縮期の推定誤差が大きくなる結果となった。

### 4. まとめ・独創性

LSTMを組み込んだモデルの推定誤差から、弁の開閉をリアルタイムに推定できる可能性が示された。さらに、モデルの全結合層は補助人工心臓運用中も追加学習が可能のため、個体差や循環状態の変化にも対応できる可能性が示唆された。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

#### ■ 著者連絡先

福島大学大学院共生システム理工学研究科  
 (〒960-1296 福島県福島市金谷川1)  
 E-mail. s2370028@ipc.fukushima-u.ac.jp