

診療に活かす！MATLAB/Simulinkを用いた循環シミュレーション

西川拓也 国立循環器病研究センター

医療従事者の悩み



循環動態って複雑！ 血圧とか血流ってどうやって決まってるのか分からない(# ° Δ °) ゴルアアア

循環を紐解くために、パズルと思って要素から組み立て見たら？ コンピュータで循環が再現できるよ

なるほど！ そうするとどのパラメータがどれほど寄与しているのか分かる！

さらに治療によるパラメータ変化を組み込むと、シミュレーション上で仮想治療できる

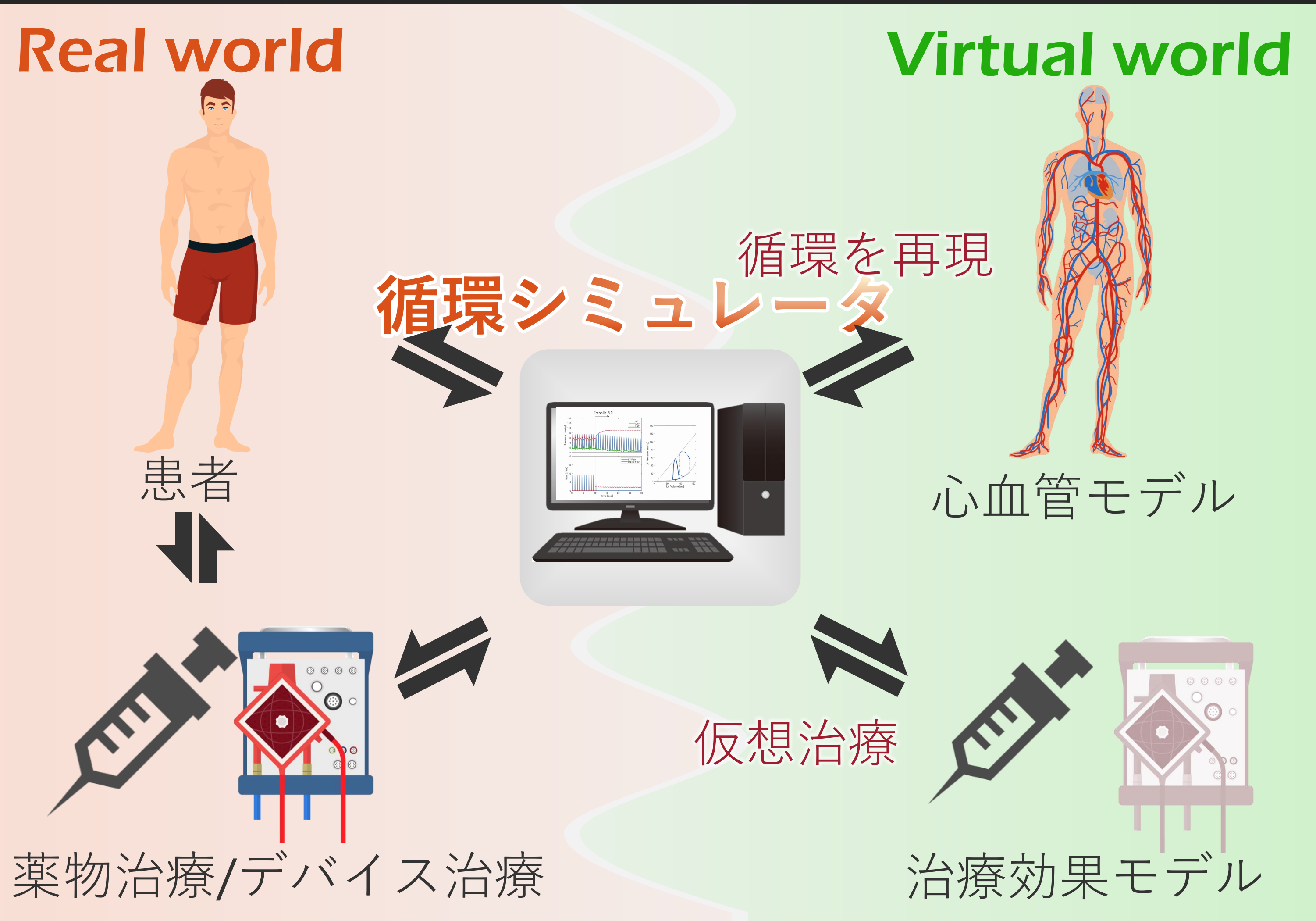
循環シミュレータ最強説！



目的

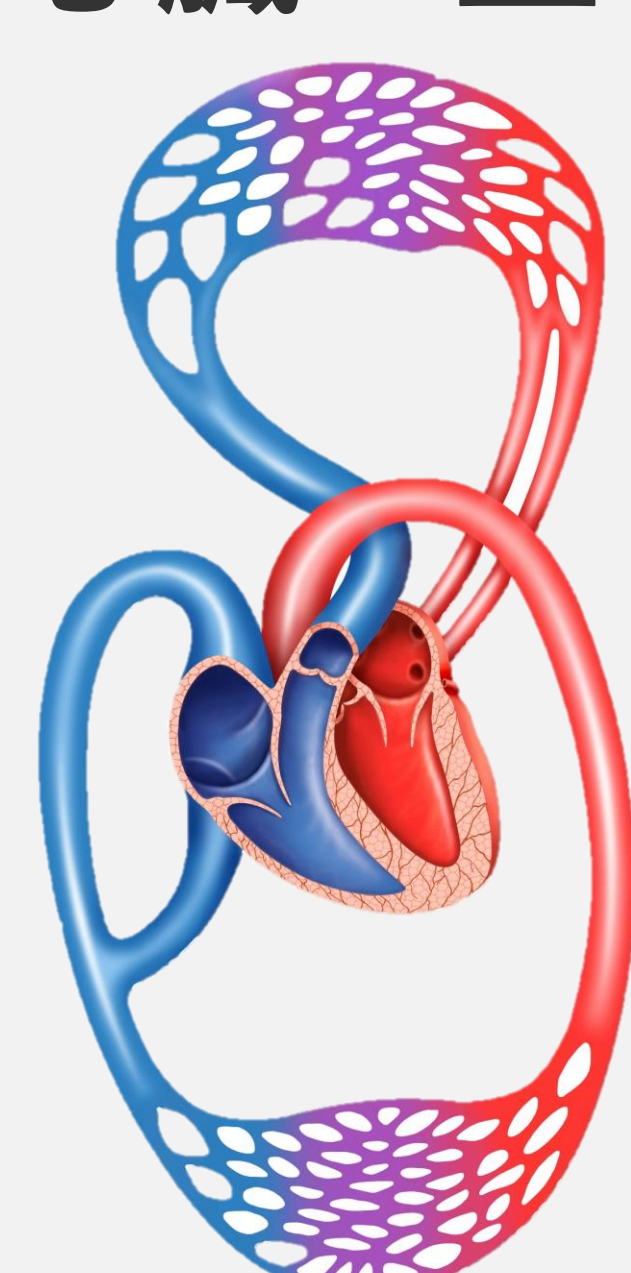
個別の循環動態をコンピュータ上に再現し、循環動態の理解、仮想治療による診療支援につなげる

循環シミュレータが拓く新たな医療のカタチ



循環の基本法則

全身循環 = 心臓 + 血管



心臓

収縮/弛緩 弁

$$e_u(t_h) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(\sin\left(\frac{t_h}{T_{max}} - \frac{\pi}{2}\right) + 1 \right) & t_h \leq \frac{3}{4} T_{max} \\ \frac{3}{4} \exp\left(-\frac{t_h - \frac{3}{4} T_{max}}{\tau}\right) & t_h > \frac{3}{4} T_{max} \end{cases}$$
$$F = \begin{cases} F, F > 0 \\ 0, F \leq 0 \end{cases}$$

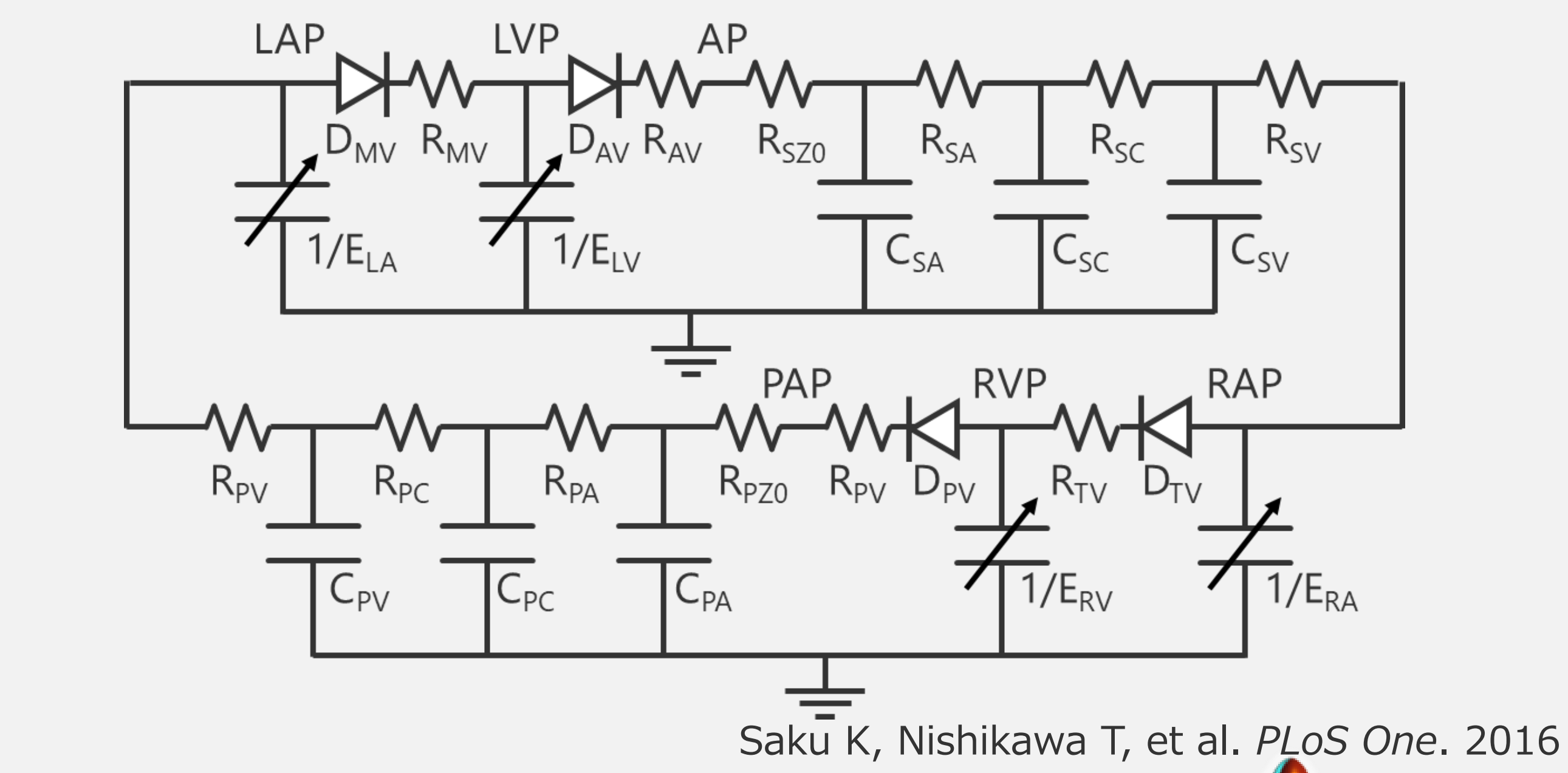
時変エラスタンス ダイオード

血管

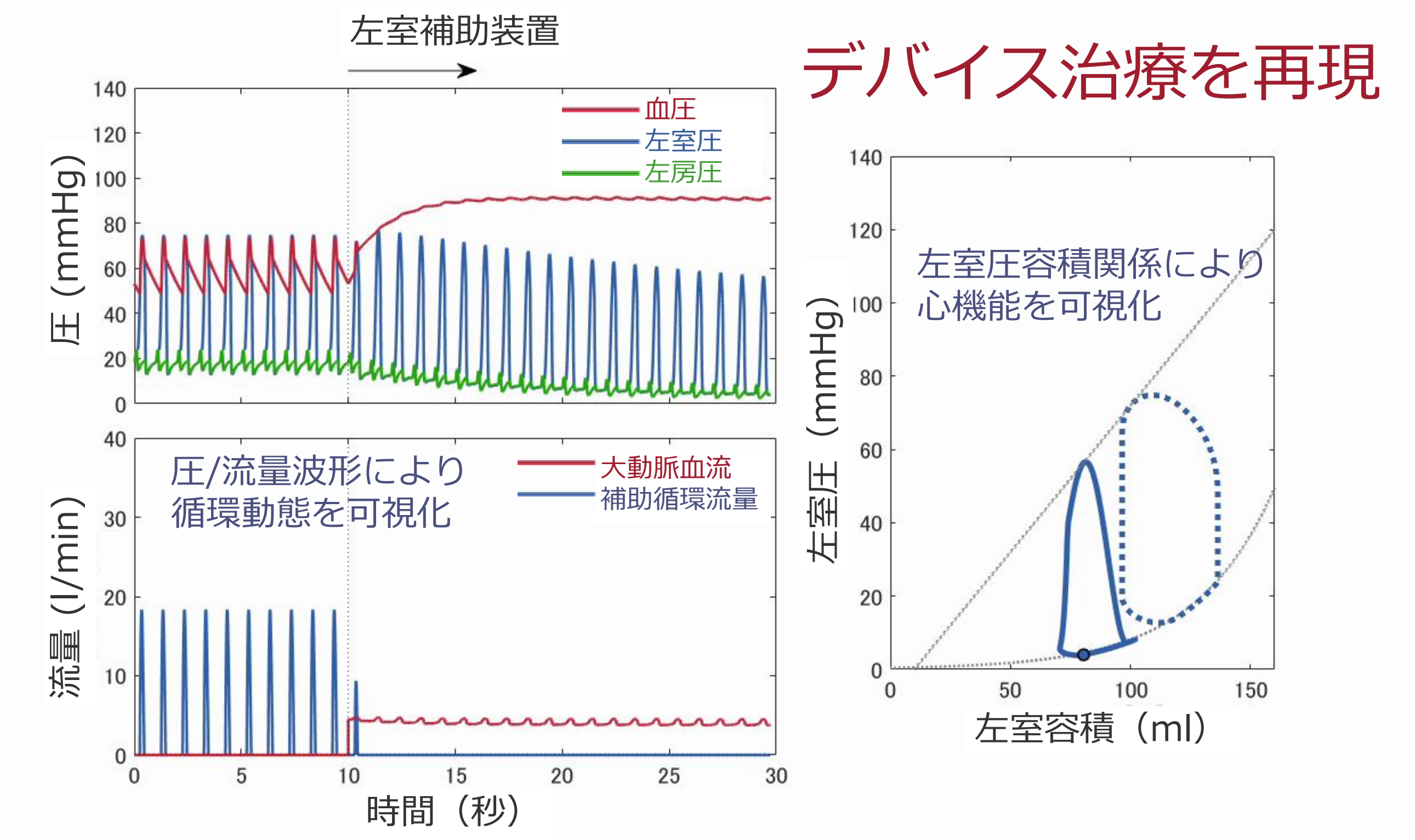
コンプライアンス (C) 抵抗 (R)

$$C = \frac{V}{P}$$
$$R = \frac{P}{F} \left(\propto \frac{L}{r^4} \right)$$

要素を組み立て全身循環を構築



循環の再現 + 仮想治療



活用例

医学教育

年40回以上の講演でシミュレーションを用いて循環動態を説明 Youtubeで様々な病態の循環シミュレーションを公開 https://www.youtube.com/playlist?list=PL7S_UwNKnSFvzpj8IO7NQ3HwXizbOS8WF

複雑病態の理解

重症患者の循環をシミュレーションで再現することにより、病態整理 実際の治療や別の治療をシミュレーションし、症例検討

研究活動

稀な循環病態の患者をシミュレーションで病態機序を明確化し論文報告 Hiraoka A, Nishikawa T, et al. EHJ Case Reports. In press

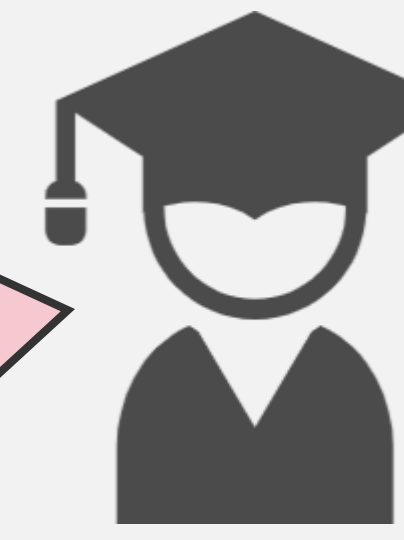
臨床特化型循環シミュレータアプリの開発



病態は分かりやすくなったけど、パラメータ決めるのが大変(TΔT)

循環の本質のみを単純化すると、現場の実測データから一義的にパラメータ推定が可能になる

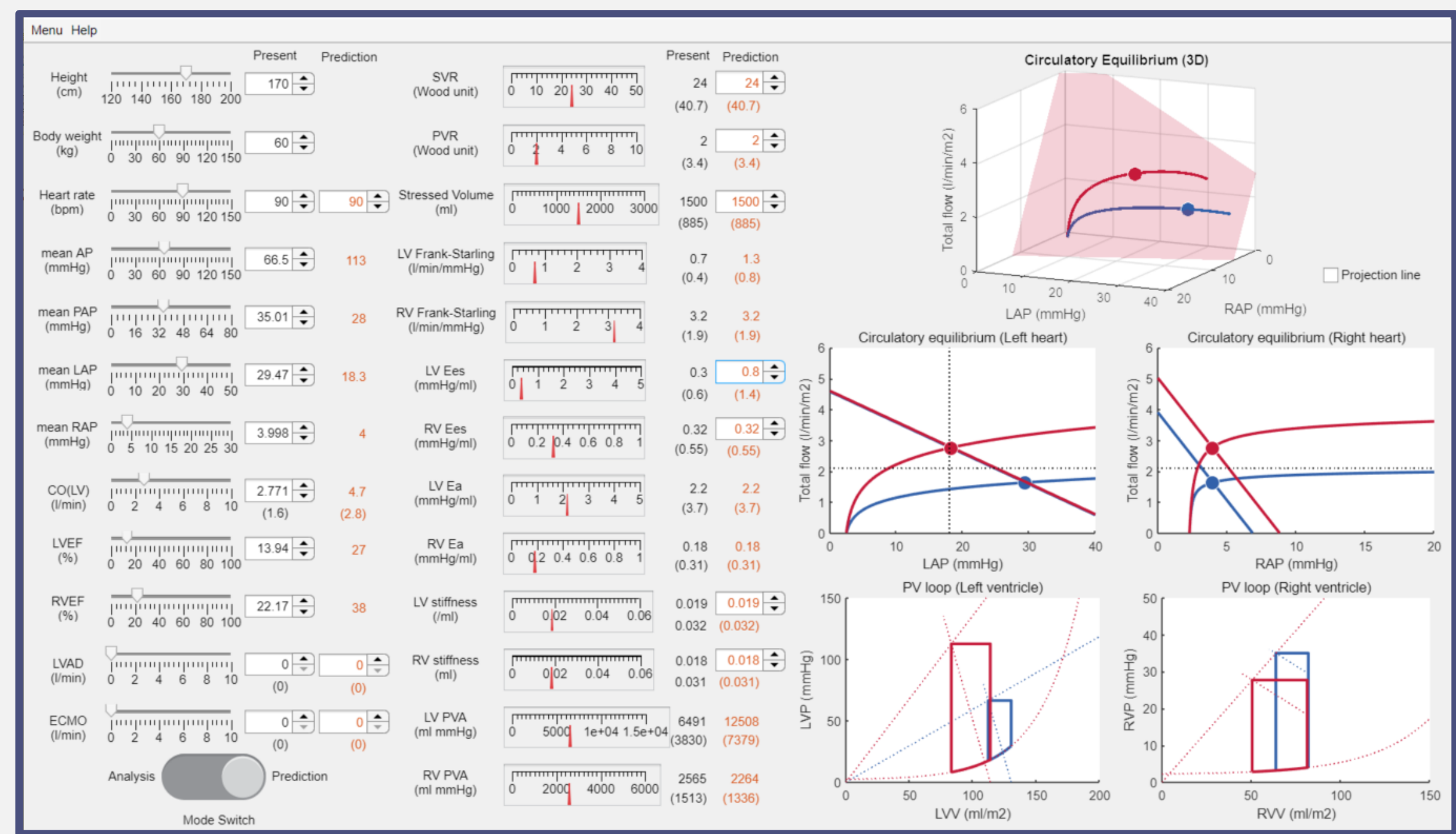
誰でも現場で簡単に循環シミュレーションできる！



$$CO = S_L(\log(LAP - F_L) + H_L)$$
$$CO = S_R(\log(RAP - F_R) + H_R)$$
$$CO = \frac{V}{W} - (G_S RAP + G_P LAP)$$

定数パラメータ
循環機能パラメータ
循環動態 (測定可)

- 心機能、血管機能、血液量で循環を記述
- 臨床取得するデータのみで自動パラメータ決定
- 基盤理論は論文10編以上で実証済



App Designer+MATLAB Compilerで医療従事者に配布