

腎血流補助用カテーテル式血液ポンプの多目的最適化 —目的関数に関する検討—

*¹東京電機大学大学院理工学研究科電子・機械工学専攻, *²桐蔭横浜大学医用工学部生命医工学科,
*³東京女子医科大学病院集中治療科, *⁴国立循環器病研究センター研究所人工臓器部, *⁵東京電機大学理工学部

荒居 誠一*¹, 住倉 博仁*¹, 大沼 健太郎*², 太田 圭*³, 築谷 朋典*⁴, 水野 敏秀*⁴, 武輪 能明*⁴,
巽 英介*⁴, 福井 康裕*⁵, 本間 章彦*¹

Seiichi ARAI, Hirohito SUMIKURA, Kentaro OHNUMA, Kei OTA, Tomonori TSUKIYA, Toshihide MIZUNO,
Yoshiaki TAKEWA, Eisuke TATSUMI, Yasuhiro FUKUI, Akihiko HOMMA

1. 目的

本研究では、急性心腎症候群における急性虚血性腎障害に対し、早期に低侵襲にて腎血流補助を可能とするカテーテル式血管内留置型血液ポンプを開発中である。現在までに、血液ポンプの性能向上を目的とし、computational fluid dynamics (CFD) と最適化アルゴリズムを用いた自動最適化システムによる多目的最適化に関して検討を行ってきた。今回、自動最適化システムにおける目的関数について検討を行った。

2. 方法

自動最適化システムは、3D computer-aided design (CAD), CFD ソフトウェア, および設計探索ツールから構成した。本システムは、3DCAD にて解析モデルの生成・変更, CFD にて解析を行い, 解析結果より探索ツールが目的関数の優劣性を判断しながら探索を繰り返すことで、血液ポンプ形状の最適化を自動で行う。目的関数については、ポンプ性能と溶血性能の向上を目的とし、従来の最適化では、「揚程の最大化」と「ポンプ全体における平均壁面せん断応力の最小化」と設定していた。今回は、溶血に対しインペラ部における壁面せん断応力の低減が必要と考え、目的関数の設定を「揚程の最大化」と「インペラ部における 300 Pa 以上の壁面せん断応力領域の最小化」へと変更し、多目的最適化を行った。

■ 著者連絡先

東京電機大学大学院理工学研究科電子・機械工学専攻
(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)
E-mail. 19rmt05@ms.dendai.ac.jp

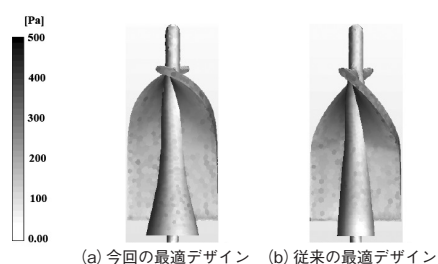


図1 壁面せん断応力分布図

3. 結果および考察

今回得られた最適デザイン(図1a)と従来の最適デザイン(図1b)を比較すると、揚程はそれぞれ25 mmHg, 26 mmHgと同等の値を示したが、今回得られた最適デザインのインペラ形状に関しては、流入角とともに流出側半径の増加が確認された。これは、今回設定した目的関数が高い揚程を維持しつつ、300 Pa以上の壁面せん断応力領域を減少するように働いたためと考えられた。

4. まとめ・独創性

本研究では、血液ポンプ形状の多目的最適化における目的関数について検討を行った。その結果、一方の目的関数の設定によりインペラ形状に変化が生じることが確認され、ポンプ性能を維持しつつ、溶血性能に対して有効なデザインを生成可能なことが示唆された。

本最適化システムを確立することができれば、ポンプ性能や溶血性能といった複数の性能を兼ね備えたポンプ形状を自動で生成可能になると考えられる。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。