

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：医療・創薬のためのマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレータの開発

2. 研究代表者名：久田 俊明（東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授）

3. 研究概要

本研究は計算機内にマイクロからマクロまでの多階層の生命現象を統合した仮想のヒト心臓を再現することにより、新たな医学を創出し医療や創薬に役立てることを目的とする。既に細胞イオンチャンネルや収縮タンパクの数理モデルから出発し有限要素法でモデル化された心室の収縮、血液の拍出に至る心臓モデルを完成しつつある。また有限要素法に基づく心筋細胞も開発され、今後これを組み込むことで世界でも前例の無いシームレスなマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレータを完成する。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究の心臓マクロシミュレータは、イオンチャンネルの振る舞いから、心筋収縮、血液拍出までを一貫して扱える。更に心筋細胞の3次元数値モデルを構築し、それを心臓マクロシミュレータに組み入れる計画を進めており、多くの技術的困難を着実に克服して、緻密な計画のもとに心臓のモデルを構築していく作業は素晴らしい。

また心臓シミュレータの開発は、計算科学の課題として困難な課題であるが、一方でそのシミュレータの正当性を判断する必要がある、また、シミュレータの適用の検討もされなければならない。東京大学と国立循環器病センターの計算機と臨床の両方の専門家が少数精鋭で取り組む効率的な体制をとっており、モデル・シミュレーションの構築とその実証という連携体制を確立して対応している。

致死不整脈に対する電気ショック療法の改善への適用、あるいは複合薬物投与の効果のシミュレーションなど、応用への展開も図られており高く評価できる。

4-2. 研究成果の現状と今後の見込み

現在の心臓マクロシミュレータでも、既に素晴らしい成果である。また、心筋細胞の3次元数値モデルも、次の飛躍的ステップを予想させるものである。さらにシミュレーションが困難な心臓弁の扱いにも成功している。数値的解析における困難も着実に解決しており、それらの技術的な面での成果も挙がっている。

血液と心臓収縮の流体構造達成問題とのシミュレーションは本プロジェクト特有の成果であり、また、シームレスなマルチスケールシミュレーションの理論の提案という本プロジェクトの目標が達成できればインパクトが大きい。緻密な心臓シミュレータの構築を通して、計算科学的技術向上、医療や創薬への貢献など多方面において高く評価できる。

4-3. 今後の研究に向けて

非常に優れた心臓シミュレータが完成されると期待できる。このことは、生命体のシミュレータ構築の一つの雛形であり、今後のこの方面の研究に強い示唆を与える。また、医療や創薬への貢献も期待できる。

4-4. 戦略目標に向けての展望

心臓疾患における心筋細胞イオンチャンネル・収縮タンパクレベルの現象に基づく高度治療実現のための心

臓シミュレーション技術を確立することで、心臓疾患治療における新薬の効果評価、除細動装置開発、合理的手術計画などの実例を通じて「社会経済上の要請」に応えることが出来ると期待できる。

また本シミュレータ開発の過程で進められた計算技術は、マルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術の典型例であり、計算科学としての意義が大きいとともに、社会的意義も非常に大きい。

4-5. 総合的評価

国際的に計算科学をリードし且つ本当に医療に役立つマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレータの開発を推進している。本研究はアプローチの独創性と目標の高さにおいて優れ、ほぼ計画通りの着実な進捗を示していることを極めて高く評価する。

また、本研究を通じて心臓に関して重要であるにもかかわらず未解明の現象がなお存在することも明らかとなっている。このように得られた知見は医学・生理学の研究分野にフィードバックされて行くと考えられる。

心臓全体のシミュレーションは膨大な計算時間を要しているため、今後は計算時間の短縮に向けた工夫が必要である。また本心臓シミュレータの枠組みは今後我が国で開発が求められる汎用生体シミュレータに応用可能であり、本研究成果の還元を期待する。