



## 微小循環系や消化器系の計算生体流体力学

研究者所属・職名： 大学院工学研究科・教授

ふりがな いまい ようすけ

氏名：今井 陽介

主な採択課題：

- [若手研究 \(A\)「計算生体力学による微小循環系の細胞の機能と環境の相互作用の解明」\(2012-2014\)](#)
- [基盤研究 \(B\)「計算力学と電気生理学の統合的解析による消化器系バイオメカニクスの開拓」\(2017-2020\)](#)

分野：流体力学、生体医工学

キーワード：計算生体流体力学、計算バイオメカニクス、数値流体力学、微小循環系、消化器系

### 課題

- なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

血液の流れや食物の消化など、生体の機能は生体内で生じる流れと密接に関係しており、流れの変化が病気の原因であることも少なくない。しかしながら、生体内の流れを実験的に観察することは困難である。我々の研究課題は、生命現象を力学法則に基づいて数理モデル化し、コンピュータシミュレーションによって、生体の機能や病気のメカニズムを解明することである。

- 研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

生体内の流れは複雑である。例えば、血液は赤血球を始めとする血球細胞の懸濁液であり、胃や腸を輸送されるものは固体・気体・液体全てからなる食物である。そのため、流体力学、固体力学、生化学反応の支配方程式を連立し、統合的な力学場として解析する必要がある。我々は、最先端の流体構造生化学連成計算の手法や大規模計算の手法を駆使して、微小循環系や消化器系の計算モデルを開発してきた（図1）。

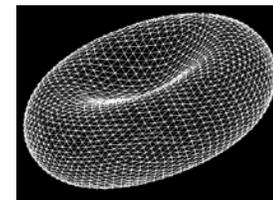


図1 赤血球の計算モデル。

## 微小循環系や消化器系の計算生体流体力学

## 研究成果

## ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

微小循環系に対しては、細胞膜と細胞骨格の固体力学、血漿と細胞質の流体力学、接着タンパクの生化学反応を連成する血球細胞の計算モデルを開発した。このモデルによって、大規模な赤血球流動やマラリア感染、がん細胞の血管壁への接着など、微小循環系の様々な問題に対するコンピュータシミュレーションを実現した（図2）。消化器系に対しては、ヒト実形状の胃における食物流動の数値流体力学シミュレータを開発した（図3）。これを用いて、胃壁の蠕動運動と幽門の開閉運動の協調が、胃から十二指腸への食物排出に与える影響を定量化し、排出遅延や胆汁逆流のメカニズムを明らかにした。

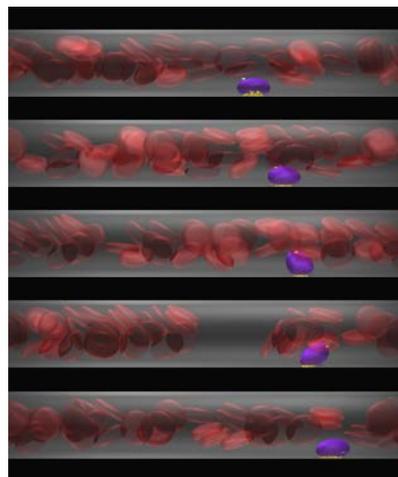


図2 マラリア感染の計算モデル。紫色の細胞がマラリアに感染した赤血球であり、血管壁上をローリングしている。

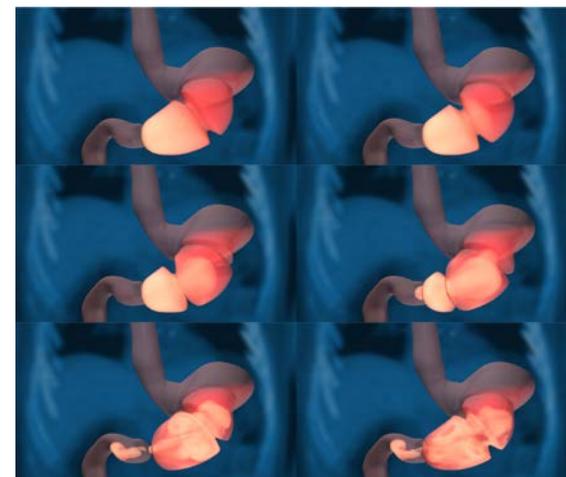


図3 胃から十二指腸への排出過程のコンピュータシミュレーション。

## 今後の展望

## ●今後の展望・期待される効果

流れの中で受動的に変形する赤血球については、力学の枠組みの中でその挙動を再現できるようになった。次のステップは細胞の能動的な運動を再現することである。細胞実験と協働し、がん細胞（図4）や神経細胞の運動に対する計算モデルを開発している。消化器系では、電気生理学や臨床医学と協働し、消化器病の背景にある力学を解明することに挑戦している。生体はこれまで人類が開発してきた材料や機械にはない特徴を多く有している。生命現象のメカニズムを解明することは、病気の診断や治療のための方法だけでなく、工学技術のための材料構造や動作原理の創出にもつながると考えている。

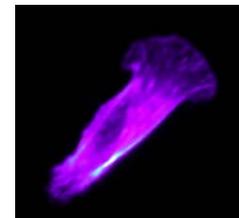


図4 がん細胞挙動の実験的観察。