

# 平成 16 年度研究活動報告書

## 流体融合研究センター

### 超実時間医療工学研究分野

教授	早瀬 敏幸	大学院生	D1	船本 健一
助手	白井 敦		M2	齋藤 琴美
技術職員	井上 浩介		M2	半澤 徹
			M1	柴田 光
			M1	増田 直
			M1	山縣 貴幸
			M1	劉 磊

本研究室では、計測と計算を一体化した次世代融合研究手法により、刻々変化する生体内の血流の高精度超高速計算（超実時間計算）を実現する計測融合シミュレーションなどにより、生体内の複雑な血流を解明し、高度医療を実現するための研究を行っている。

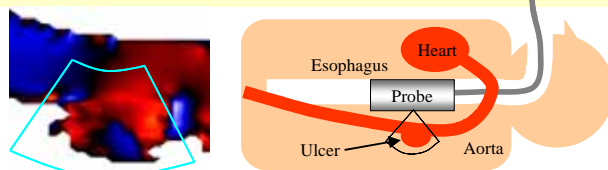
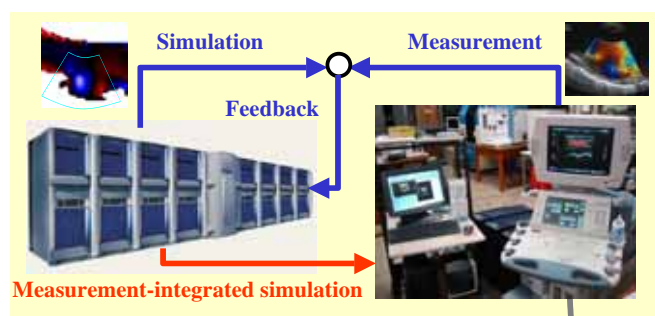
以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

### 医療工学における生体計測とシミュレーションの融合

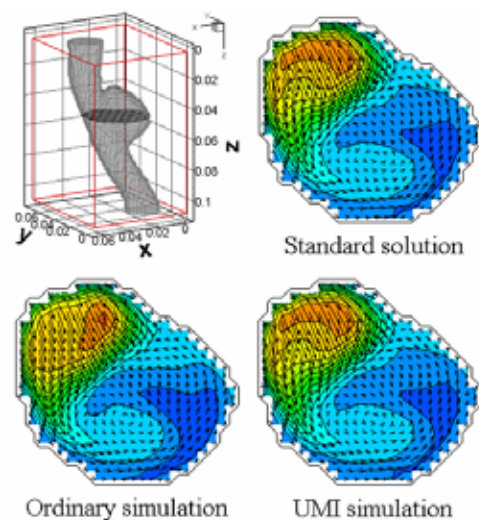
超音波診断装置とスーパーコンピュータを高速ネットワークで接続し、超音波計測により得られた血流情報と計算結果との誤差を計算にフィードバックする超音波計測融合シミュレーションにより、実際の血流をリアルタイムかつ正確に再現するシステムを開発している（左図参照）。

### 超音波計測融合シミュレーションによる大動脈瘤内の 3 次元血流解析

大動脈瘤と血行力学との関連性の解明や、その診療計画を目的に、大動脈瘤内部の複雑な 3 次



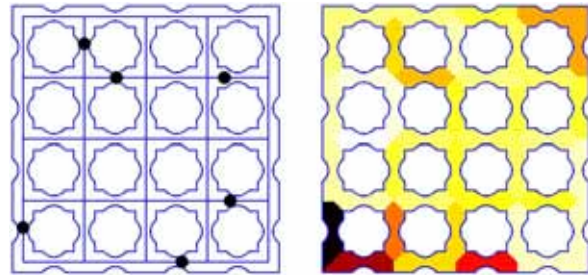
計測融合シミュレーション



大動脈瘤内の血流構造の比較

元血流場に対して超音波計測融合シミュレーションを実行し、従来の診断装置では得られなかった血流構造、壁せん断応力や圧力分布などを正確に再現する研究を行っている（右図参照）。  
毛細血管内において化学刺激因子が白血球の通過に与える影響

白血球は、炎症から発せられる刺激因子によって炎症部位に凝集し、時には血流を阻害することもあると考えられている。本研究では、コンピュータを用いた疾患の進展予測や投薬シミュレーションを目的とし、刺激因子による刺激が血球の通過に与える影響を顕微鏡観察するとともに数値解析を行う。（右下図参照）



肺毛細血管内の白血球(左)と圧力分布(右)

#### 学術雑誌（解説等を含む）

1. Keisuke Nisugi, Toshiyuki Hayase, and Atsushi Shirai : Fundamental Study of Aerodynamic Drag Reduction for Vehicle with Feedback Flow Control, JSME International Journal, Ser. B, Vol. 47 No. 3, (2004), 584-592.
2. Keisuke Nisugi, Toshiyuki Hayase, and Atsushi Shirai : Fundamental Study of Hybrid Wind Tunnel Integrating Numerical Simulation and Experiment in Analysis of Flow Field, JSME International Journal, Ser. B, Vol. 47 No. 3, (2004), 593-604.
3. Jinhao Qiu, Toshiyuki Hayase, and Takashi Okutani : Active Control of Laminar Boundary Layer Using Various Wall Motions, Computers, Materials, and Continua, Vol. 1 No. 4, (2004), 301-308.
4. 山家智之, 堀 義生, 白石泰之, 井口篤志, 田林暁一, 芳賀洋一, 江刺正喜, 吉澤 誠, 田中明, 松木英敏, 佐藤文博, 川野恭之, 羅 雲, 高木敏行, 早瀬敏幸, 圓山重直, 王 慶田, 段旭東, 仁田新一, 佐々田比呂志, 佐藤英明, 岡本栄治, 久保 豊, 大坂元久, 梅津光生, 本間大, 前田 剛 : ナノテクノロジーを応用した人工臓器開発ーナノテク人工食道とナノテク人工心筋ー, ナノ学会会報, Vol. 2 No. 2, (2004), 104-112.
5. Toshiyuki Hayase, Keisuke Nisugi, and Atsushi Shirai : Numerical Realization for Analysis of Real Flows by Integrating Computation and Measurement, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 47, (2005), 543-559.

#### 国際学会

6. Joshua H. Smith, Joseph A. C. Humphrey, and Toshiyuki Hayase : Numerical Calculation of Species Transport in Poroelastic Media with Application to Perfusion in Brain Tissue, Frontiers of Medical Informatics, The 4th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology(21st Century COE Program), (2004), 76-77.

7. Sunao Masuda, Atsushi Shirai and Toshiyuki Hayase : Development of Measurement System of Blood Cell Velocities in Microchannels, *Frontiers of Medical Infomatics, The 4th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology(21st Century COE Program)*, (2004), 88-89.
8. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Atsushi Shirai, Yoshifumi Saijo and Tomoyuki Yambe : Application of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation to Blood Flow, *Frontiers of Medical Infomatics, The 4th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology(21st Century COE Program)*, (2004), 78-79.
9. Atsushi Shirai, Ryou Fujita, and Toshiyuki Hayase : Flow Simulation of Neutrophils in Pulmonary Capillary Network, *Frontiers of Medical Infomatics, The 4th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology(21st Century COE Program)*, (2004), 28-29.
10. Kotomi Saito, Takayuki Yamagata, Toshiyuki Hayase, Atsushi Shirai, Kosuke Inoue and Motohiro Takeda : Microscopic Observation of Red Blood Cells Moving on Glass Plate under Inclined Centrifugal Force, *Frontiers of Medical Infomatics, The 4th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology(21st Century COE Program)*, (2004), 86-87.
11. Toshiyuki Hayase, Kenichi Funamoto, and Atsushi Shirai : Numerical Realization of Complex Flows by Measurement-Integrated Simulation, *2004 ASME International Mechanical Engineering Congress*, (2004), .
12. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo and Tomoyuki Yambe : Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Blood Flow in the Aorta with an Aneurysm, *Proceedings of The Fourth International Symposium on Advanced Fluid Information and The First International Symposium on Transdisciplinary Fluid Intergration AFI/TFI2004*, (2004), 16-21.
13. Atsushi Shirai, Ryo Fujita and Toshiyuki Hayase : Effect of Cell Stiffness on Transit Through Pulmonary Capillary Network, *Proceedings of The Fourth International Symposium on Advanced Fluid Information and The First International Symposium on Transdisciplinary Fluid Intergration AFI/TFI2004*, (2004), 26-29.
14. Toshiyuki Hayase and Hikaru Shibata : Numerical Realization of Flow with Karman Vortex Street Behind a Square Cylinder, *Proceedings of The Fourth International Symposium on Advanced Fluid Information and The First International Symposium on Transdisciplinary Fluid Intergration AFI/TFI2004*, (2004), 356-357.
15. Toshiyuki Hayase, Kenichi Funamoto, and Atsushi Shirai : Measurement-Integrated Simulation for Numerical Realization of Complex Bio-Fluid Systems, *The Second International Symposium on Intelligent Artifacts and Bio-systems, 2nd INABIO*, (2005), 65.
16. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Effect of Density of Monitoring Points for Feedback in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Blood Flow in the Aorta with Aneurysm, *Proceedings of the Third IASTED International Conference on Biomedical*

Engineering (BioMED 2005), (2005), 118-123.

17. Atsushi Shirai, Ryo Fujita, and Toshiyuki Hayase : Flow Simulation of Neutrophils in Capillary Network (Effect of Capillary Geometry on Transit Time of Cells Through Network), Proceedings of the Third IASTED International Conference on Biomedical Engineering (BioMED 2005), (2005), 284-289.

#### 国内学会、研究会等

18. 早瀬敏幸：計測とシミュレーションを融合した超高速・高精度シミュレーション技術，第3回メディカルインフォマティクスシンポジウム，(2004)，43-50.
19. 早瀬敏幸，斎藤琴美，山縣貴幸，武田元博，白井 敦，井上浩介：傾斜遠心顕微鏡による細胞の摩擦特性の計測，第1回東北大学バイオサイエンスシンポジウム講演要旨集－生命分子ネットワーク研究最前線－，(2004)，41.
20. 早瀬敏幸：計測と融合した流体シミュレーションの新展開，平成16年春季フル－ドパワ－システム講演会講演論文集，(2004)，27.
21. 早瀬敏幸，斎藤琴美，山縣貴幸，井上 浩介，白井敦：傾斜遠心顕微鏡による細胞の摩擦特性の計測，日本流体力学会年会2004講演論文集，(2004)，534-535.
22. 船本健一，早瀬敏幸，白井敦，西條芳文，山家智之：超音波計測融合血流シミュレーションのフィードバック則に関する検討，日本流体力学会年会2004講演論文集，(2004)，538-539.
23. 白井敦，藤田亮，早瀬敏幸：毛細血管ネットワークにおける好中球の流動シミュレーション，日本流体力学会年会2004講演論文集，(2004)，536-537.
24. 早瀬敏幸：計算と計測の融合による実現象のシミュレーション，第36回流体力学講演会講演集，(2004)，37-39.
25. 山縣貴幸，船本健一，早瀬敏幸：超音波計測融合シミュレーション装置に関する基礎的研究，日本機械学会2004年度年次大会講演論文集 Vol.5, Vol. 5 No. 04-1, (2004)，57-58.
26. 早瀬敏幸：数値リアライゼーションによるCFDとEFDの融合，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集 Vol. 8 No. 04-1, (2004)，75-76.
27. 船本健一，早瀬敏幸，西條芳文，山家智之：超音波計測融合シミュレーションによる大動脈血流解析，日本機械学会2004年度年次大会講演論文集 Vol. 7 No. 04-1, (2004)，39-40.
28. 島根丈二，工藤 奨，早瀬敏幸，山口隆平：直角分岐管内に発生する振動メカニズムの解明，日本機械学会2004年度年次大会講演論文集 Vol. 7, No. 04-1, (2004)，79-80.
29. 白井敦，藤田亮，早瀬敏幸：毛細血管ネットワークにおける好中球の流動シミュレーション，日本機械学会2004年度年次大会講演論文集 Vol. 5, No. 04-1, (2004)，45-45.
30. 増田直，白井敦，早瀬敏幸：微小流路における血球の流動特性観察システムの開発，日本機械学会2004年度年次大会講演論文集 Vol.5, No. 04-1, (2004)，49-50.
31. 斎藤琴美，早瀬敏幸，白井敦：傾斜遠心顕微鏡による赤血球の摩擦特性計測における赤血球の回転の影響，日本機械学会2004年度年次大会講演論文集 Vol.5, No. 04-1, (2004)，51-52.
32. 半澤徹，早瀬敏幸：心室補助装置の最新設計に関する基礎的研究，日本機械学会2004年度年

次大会講演論文集 Vol.5, No. 04-1, (2004), 55-56.

33. 早瀬敏幸, 船本健一: 流体シミュレーションと融合した高度流体計測法の開発, 第 21 回センシングフォーラム資料, (2004), 3-6.
34. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 血流の超音波計測融合シミュレーションに関する研究 (第 3 報: 3 次元血流場の再現), 日本機械学会バイオエンジニアリング部門バイオフロンティア講演会講演論文集, (2004), .
35. 早瀬敏幸, 船本健一: バイオ流体, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, No. 04-25, (2004), 201.
36. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 血流の超音波計測融合シミュレーションにおけるエイリアジングの除去, 計測自動制御学会東北支部 40 周年記念講演会講演論文集, (2004), 73-76.
37. 増田直, 白井敦, 早瀬敏幸: 微小流路における血球流動観察システムの流路の改良, 第 17 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 04-48, (2005), 59-60.
38. 白井敦, 藤田亮, 早瀬敏幸: 毛細血管ネットワークにおける好中球の流動シミュレーション (血管形状がネットワーク通過時間に与える影響), 第 17 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 04-48, (2005), 61-62.
39. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 超音波計測融合シミュレーションの 3 次元フィードバック則に関する検討, 第 17 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 04-48, (2005), 151-152.
40. 山崎彩, 仙道雅彦, 石山和志, 早瀬敏幸, 荒井賢一: 3 次元泳動特性解析法を用いたらせん型磁気マイクロマシンの形状設計, 第 17 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 04-48, (2005), 337-338.

#### 新聞記事・専門誌記事

平成 16 年 7 月 27 日 河北新報夕刊 スパコンの能力探訪

平成 16 年 9 月 14 日 日刊工業新聞 非観血式血圧測定計精度向上の新技術

平成 17 年 3 月 16 日 日刊工業新聞 流れの圧力・速度リアルタイムに再現