

平成 18 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
講師 白井 敦
技術職員 井上 浩介

大学院生	D3	船本 健一
	D3	永井 弘人（平成 18 年 11 月～）
	D1	山縣 貴幸
	D1	劉 磊
	M2	朝比奈 翔
	M2	今川 健太郎
	M2	神取 孝司
	M2	鳴海 賢太郎
	M2	村上 洋紀
	M2	伊藤 匠（平成 18 年 11 月～）
	M1	奥山 由希
	M1	菅家 裕輔
	M1	竹内 公祐
	M1	芳賀沼 智美

超実時間医療工学研究分野

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）技術などにより、生体内の複雑な血流現象を解明し、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。

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

大動脈瘤の血行力学との関連性の解明や、その診断方法の確立を目的に、超音波計測と数値シミュレーションを融合した超音波計測融合シミュレーションを構築し（図 1 参照）、従来の診断装置では得られなかった、瘤内部の複雑な 3 次元非定常の血流場や、壁せん断応力や圧力分布などの血行力学の情報を、詳細かつ正確に再現する研究を数値実験などにより行っている（図 2 参照）。また、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、超音波計測融合シミュレーションの実システムの開発を行っている。

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解明を、実験、数値計算の両面から目指している。特に、白血球に特異な流動様式の解明のために、微小流路を作成し、血球の変形および流動の様子を実験的に観察するとともに、各種条件がその流動に与える影響を数値的に解析している（図 3、図 4 参照）。

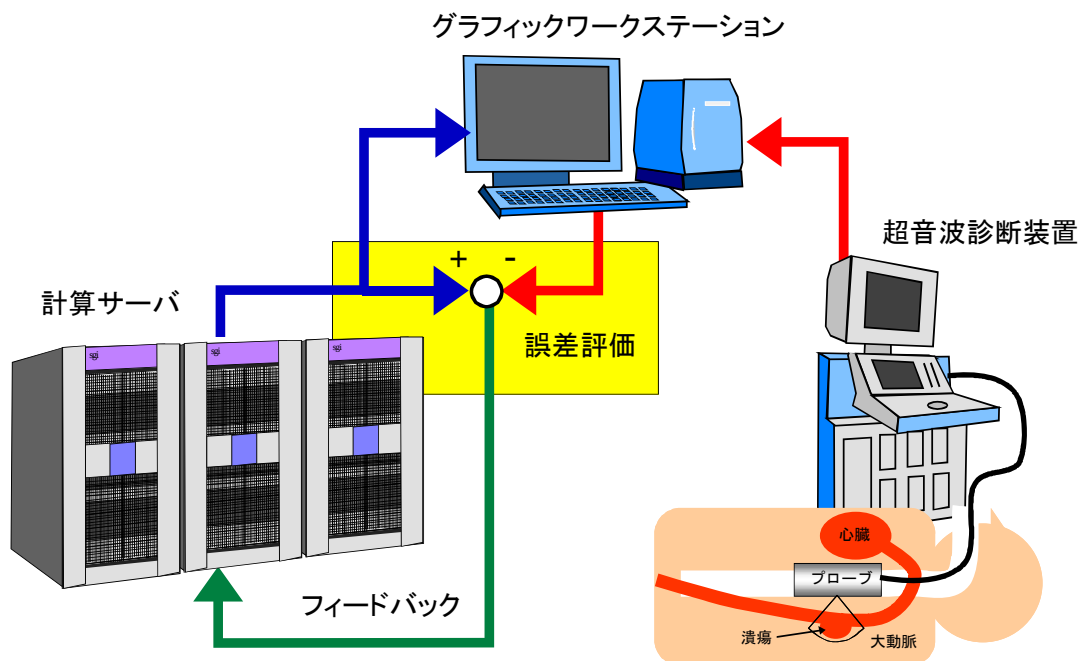
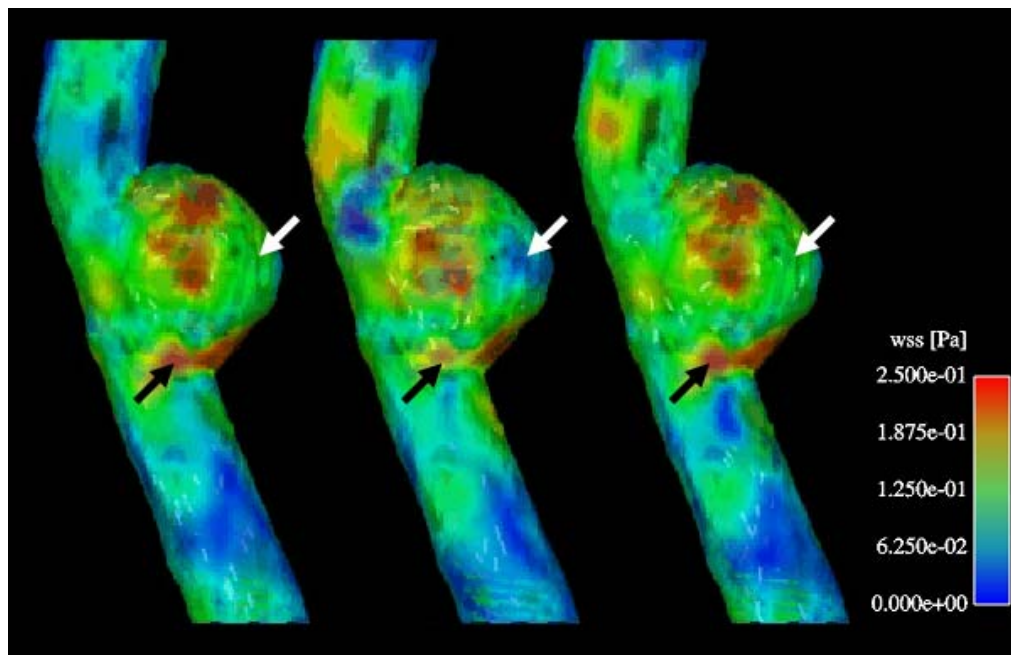


図1 超音波計測融合シミュレーションシステム



(a) 基準解 (b) 通常のシミュレーション (c) 超音波計測融合シミュレーション

図2 下行大動脈に発症した動脈瘤の心拡張期における壁せん断応力分布の数値実験による比較

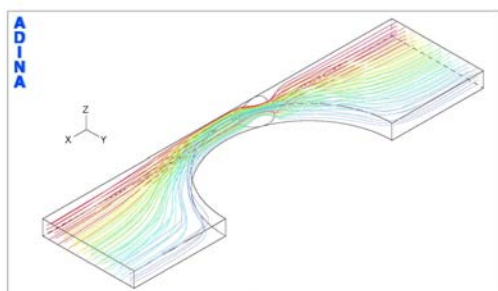


図3 微小流路における白血球周囲の流れ場

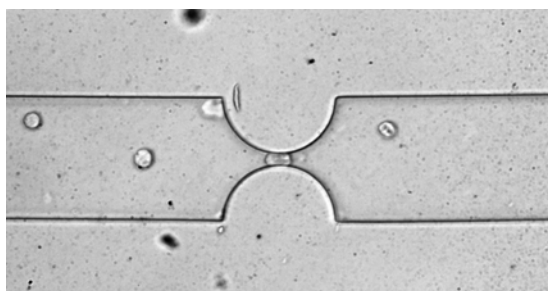


図4 微小流路を流動する白血球の顕微鏡写真

超実時間医療工学研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. 早瀬敏幸：超音波計測融合血流シミュレーション，フルードパワーシステム，Vol. 37 No. 5, (2006), 302-305.
2. Satoru Hayashi, Toshiyuki Hayase, Atsushi Shirai, and Masaru Maruyama : Numerical Simulation of Noninvasive Blood Pressure Measurement, Journal of Biomechanical Engineering, Transactions of the ASME, Vol. 128 No. 5, (2006), 680-687.
3. 仁杉圭延，早瀬敏幸：自動車周りの気流制御，フルードパワーシステム，Vol. 38 No. 1, (2007), 52-55.
4. Atsushi Shirai, Ryo Fujita and Toshiyuki Hayase, Numerical simulation of flow of viscoelastic neutrophil models in a rectangular capillary network: Effects of capillary shape and cell stiffness on transit time, Technology and Health Care, (2007). (in Printing)
5. Satoyuki Kawano, Atsushi Shirai and Shohei Nagasaka: Deformations of Thin Liquid Spherical Shells in Liquid-Liquid-Gas Systems, Physics of Fluids, Vol.19 No. 1(2007).

著書

6. 早瀬敏幸：生体内の流れ，機械工学便覧 基礎編 α 4 流体工学, (2006), 189-190.
7. Toshiyuki Hayase, Kenichi Funamoto, Takayuki Yamagata, Lei Liu, Atsushi, Makoto Ohta, Kosuke Inoue, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Numerical Realization of Blood Flow in Aneurysmal Aorta by Integrating Measurement and Simulation, Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology, Eds. Esashi, M., Ishii, K., Ohuchi, N., Osumi, N., Sato, M., and Yamaguchi, T. (2007), 857-868.
8. Lei Liu, Kosuke Inoue, Toshiyuki Hayase, and Makoto Ohta : Experimental Validation of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation for Blood Flow in Aorta, Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology, Eds. Esashi, M., Ishii, K., Ohuchi, N., Osumi, N., Sato, M., and Yamaguchi, T. (2007), 981-986.
9. Takayuki Yamagata and Toshiyuki Hayase : Development of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation System for Complex Blood Flows, Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology, Eds. Esashi, M., Ishii, K., Ohuchi, N., Osumi, N., Sato, M., and Yamaguchi, T. (2007), 1045-1051.

国際学会

10. Takayuki Yamagata, Hikaru Shibata, Toshiyuki Hayase, Atsushi Shirai, Yuriko Takeshima, Issei Fujishiro : Real-Time Analysis and Visualization of Karman Vortex Street Using Hybrid Wind Tunnel, Proceedings of The Third International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, (2006), 47-48.
11. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Fundamental study of transient characteristics of ultrasonic-measurement-integrated simulaiton toward reproduction of

- unsteady blood flows, Proceedings of ASME 2006 Summer Bioengineering Conference(CD-ROM), (2006), CD-ROM.
12. Atsushi Shirai, Sunao Masuda, Toshiyuki Hayase : 3-D Numerical Simulation of Flow of a Neutrophil for the Retention Time in a Moderate Constriction of a Rectangular Microchannel, Proceedings of ASME 2006 Summer Bioengineering Conference, (2006), CD-ROM.
 13. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Improvement of accuracy of blood flow simulation by integrating measurement using ultrasonic Doppler method, Journal of Biomechanics (Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics), Vol. 39 No. S1, (2006), S612.
 14. Atsushi Shirai, Sunao Masuda, Toshiyuki Hayase : Numerical simulation of 3-D deformation of a neutrophil in a rectangular microchannel, Journal of Biomechanics (Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics), Vol. 39 No. S1, (2006), S333, CD-ROM.
 15. Toshiyuki Hayase : Ultrasonic-measurement-integrated simulation of blood flows (Invited lecture), 3rd International Intracranial Stent Meeting, (2006).
 16. Lei Liu, Kosuke Inoue, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta : Fundamental Study of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation: Numerical Experiment and Experimental Application with PVA Straight Pipe Model, Proceedings of the Sixth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2006), 53-54.
 17. Toshiyuki Hayase and Kenichi Funamoto : Blood Flow Simulation Coupled with Ultrasonic Measurement (Invited lecture), The 1st Japan Korea Student Workshop, (2006), 2.
 18. Toshiyuki Hayase : Integration of Measurement and Simulation in Complex Blood Flow Researches in Super-Real-Time Medical Engineering Laboratory, Proceedings of 3rd International Conference on Flow Dynamics, (2006), 87-88.
 19. Lei Liu, Kosuke Inoue, Toshiyuki Hayase, and Makoto Ohta : Application of Ultrasonic Measurement to PVA-H Tissue-mimicking phantom, The 2nd Tohoku-NUS Joint Symposium on the Future Nano-medicine and Bioengineering in the East Asian Region, (2006), 97-98.
 20. Takayuki Yamagata, Toshiyuki Hayase : Method of Determining Unsteady Blood Flow Rate Condition in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation, The 2nd Tohoku-NUS Joint Symposium on the Future Nano-medicine and Bioengineering in the East Asian Region, (2006), 45-46.
 21. Kentaro Narumi, Tsutomu Nakanishi, Atsushi Shirai, Toshiyuki Hayase : Development of Mathematical Model for Acquisition of Information in Pulse Diagnosis, The 9th International Symposium on Future Medical Engineering Based on Bio-nanotechnology (Tohoku University 21st Century COE Programme), (2007), 158.
 22. Hironori Murakami, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta, Takuma Kato, Takashi Kosugi, Haruo Isoda : Quantitative Analysis of Blood Flow in Cerebral Aneurysm Using three Dimensional PIV Data, The 9th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology, (2007), 157.

23. Takashi Kandori, Kousuke Inoue, Toshiyuki Takagi, Makoto Ohta, Motohiro Takeda, Toshiyuki Hayase : Measurement of Frictional Characteristics of Red Blood Cells Moving on the Plates Coated with DLC or MPC Polymer Using Inclined Centrifuge Microscope, The 9th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology, (2007), 158.
 24. Lei Liu, Toshiyuki Hayase : Fundamental Study of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation: Numerical Experiment with an Axisymmetric Cylinder Model, The 9th International Symposium on Future Medical Engineering Based on Bio-nanotechnology, (2007), 88-89.
 25. Takayuki Yamagata, Toshiyuki Hayase : Development of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation System for Real Time Analysis of Complex Blood Flow, Proceedings of The 9th International Symposium on Future Medical Engineering Based on Bio-nanotechnology, (2007), 42-43.
 26. Tsutomu Nakanishi, Kentaro Narumi, Lei Liu, Atsushi Shirai, and Toshiyuki Hayase : Development of a Chinese traditional pulse diagnosis sensor using PVDF film, Lyon-Tohoku Teaming for the Future, (2007).
- 国内学会, 研究会等
27. 早瀬敏幸 : 計測と計算の融合による流れの実現象のリアルタイム再現技術 (基調講演) , JSAE シンポジウム, (2006), 18-23.
 28. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之 : 超音波ドプラ計測を融合した 3 次元血流解析に関する基礎的研究, 計測自動制御学会東北支部第 228 回研究集会講演資料, (2006), 1-8.
 29. 早瀬敏幸, 神取孝司, 芳賀沼智美, 井上浩介 : 傾斜遠心力場の血漿中でガラス板および内皮細胞上を移動する赤血球の摩擦特性 (招待講演) , 第 29 回日本バイオレオロジー学会年会, (2006), 47.
 30. 早瀬敏幸 : 計測融合シミュレーションによる流れ解析と医療への応用 (招待講演) , 第 2 回 REDEEM シンポジウム 医療工学の最前線, (2006), 15-18.
 31. 白井敦, 増田直, 早瀬敏幸 : 矩形流路における好中球の流動に関する数値解析 (流路断面形状が通過時間に与える影響) , 日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集 Vol. 5, Vol. 5 No. 06-1, (2006), 189-190.
 32. 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 6 報 : 3 次元非定常血流解析, 日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集 Vol. 5, Vol. 5 No. 06-1, (2006), 195-196.
 33. 早瀬敏幸 : 大動脈瘤内血流の超音波計測融合シミュレーション (招待講演) , EnSight フォーラム (http://www.kgt.co.jp/avs_conso/event/vc12/timet2.html), (2006), .
 34. 山縣貴幸, 柴田光, Kasper Smit, 早瀬敏幸 : ハイブリッド風洞によるカルマン渦列のリアルタイム解析の検証, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, (2006), CD-ROM.
 35. 今川健太郎, 早瀬敏幸 : 計測融合シミュレーションによる正方形管路内乱流の再現に関する数値実験 (フィードバックの影響領域の考察に基づくフィードバック点数の低減について),

日本機械学会流体力学部門講演会講演論文集, (2006), CD-ROM.

36. 劉 磊, 井上 浩介, 早瀬 敏幸, 太田 信: PVA 円管モデルを用いた超音波計測融合シミュレーションの数値実験および実システムへの応用, 日本機械学会流体力学部門講演会講演概要集, Vol. 06 No. 21, (2006), 157.
37. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 3 次元非定常血流の超音波計測融合シミュレーションに関する数値実験, 日本機械学会第 84 期流体力学部門講演会講演論文集 CD-ROM, (2006), 1-4.
38. 神取孝司, 芳賀沼智美, 井上浩介, 早瀬敏幸, 武田元博: 傾斜遠心顕微鏡により計測された種々の基板上を移動する赤血球の摩擦特性の比較, 日本機械学会第 17 回バイオフィロントニア講演会講演論文集, No. 06-46, (2006), 57-58.
39. 朝比奈翔, 白井敦, 早瀬敏幸: 微小流路における好中球の観察システムの改良, 日本機械学会第 17 回バイオフィロントニア講演会講演論文集, (2006), 59-60.
40. 村上 洋紀, 早瀬 敏幸, 太田 信, 加藤 琢真, 小杉 隆司, 磯田 治夫: 3 次元 PIV による脳動脈瘤内速度分布の定量的解析, 第 22 回脳神経血管内治療学会総会, (2006).
41. 鳴海賢太郎, 中西勉, 劉磊, 井上浩介, 白井敦, 早瀬敏幸, 太田信, 金野敏, 川田浩, 丸山満也, 白石泰之, 仁田新一: 脈診における脈波情報の取得に関する数学モデルの構築と実験による検証, 日本機械学会第 17 回バイオフィロントニア講演会講演論文集, No. 06-46, (2006), 55-56.
42. 山縣貴幸, 柴田光, Kasper Smit, 早瀬敏幸: 壁面圧力計測と流れのシミュレーションの融合による実流れの圧力場の再現, 計測自動制御学会東北支部第 232 回研究集会講演資料, (2006), .
43. 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 7 報: 計測の時間分解能の影響, 日本機械学会第 19 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 06-65, (2007), 68-69.
44. 山縣貴幸, 早瀬敏幸: 超音波計測融合シミュレーションにおける血流の非定常流量条件の決定法, 日本機械学会第 19 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 06-65, (2007), 70-71.

5. 参考資料

テレビ放映

平成 18 年 6 月 26 日 18:30 FNN 仙台放送スーパーニュース「シリーズ東北大学 100 年物語」第 3 回「世界唯一のスパコンで動脈瘤を解明へ」が放映された。