

平成17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	D2	船本 健一
講師	白井 敦		M2	柴田 光
技術職員	井上 浩介		M2	増田 直
			M2	山縣 貴幸
			M2	劉 磊
			M1	朝比奈 翔
			M1	今川 健太郎
			M1	神取 孝司
			M1	鳴海 賢太郎
			M1	村上 洋紀

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。

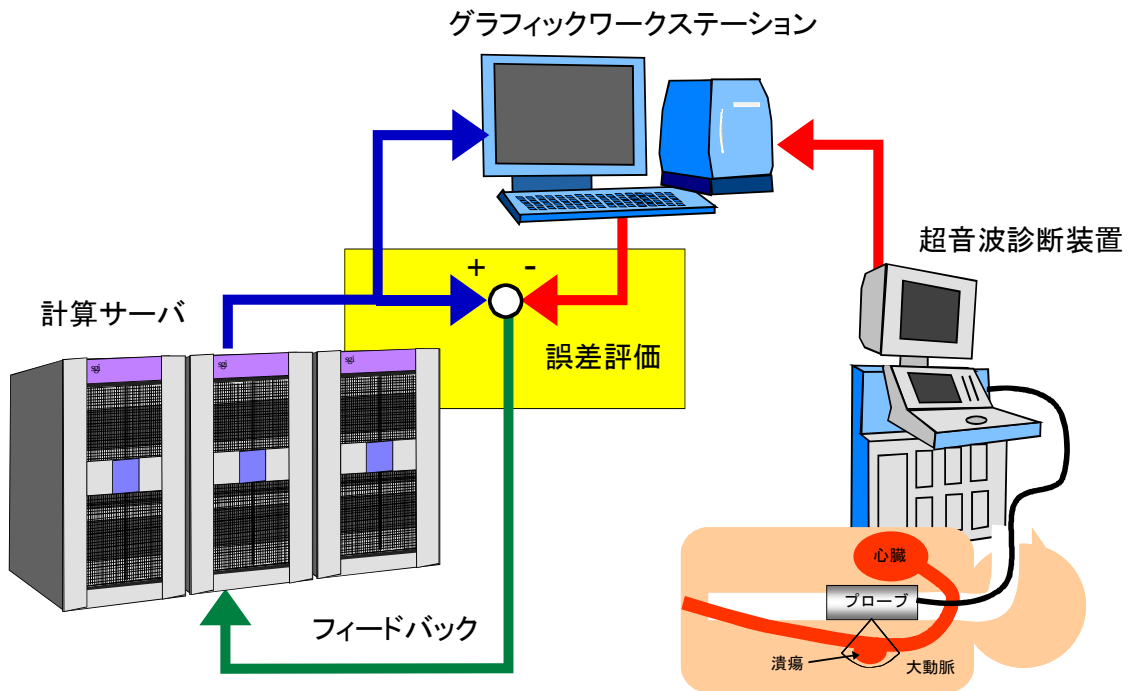
以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

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

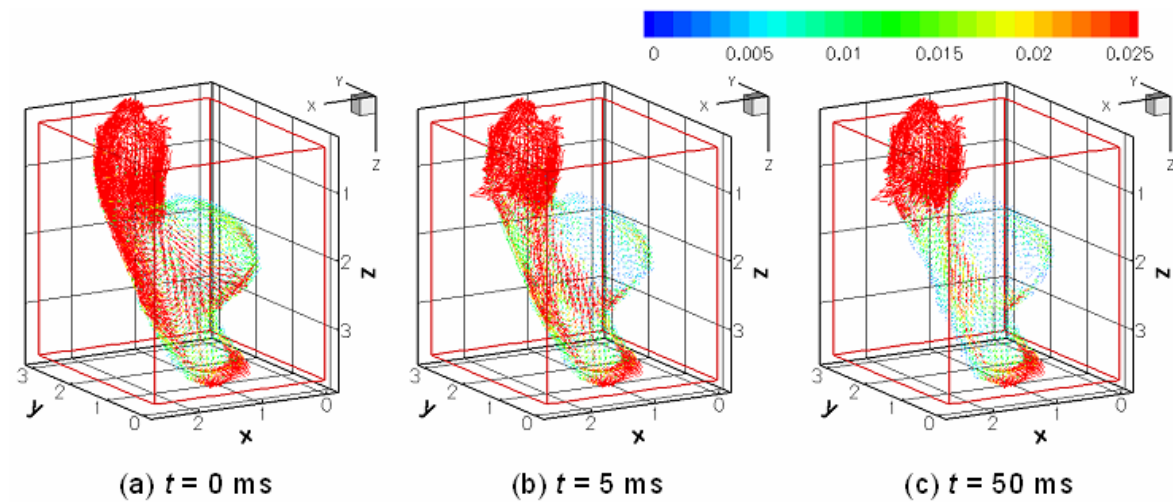
大動脈瘤と血行力学との関連性の解明や、その診療計画を目的に、大動脈瘤内部の複雑な3次元血流場に対して超音波計測と数値シミュレーションを融合した超音波計測融合シミュレーションにより、従来の診断装置では得られなかった血流構造、壁せん断応力や圧力分布などを正確に再現する研究を行っている。また、超音波診断装置とスーパーコンピュータを高速ネットワークで接続した、超音波計測融合シミュレーションシステムの開発を行っている（図参照）。

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

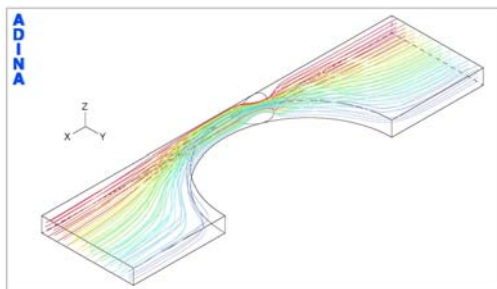
白血球は、炎症から発せられる刺激因子によって炎症部位に凝集し、時には血流を阻害することもあると考えられている。本研究では、コンピュータを用いた疾患の進展予測や投薬シミュレーションを目的とし、刺激因子による刺激が血球の通過に与える影響解明を、実験、数値計算の両面から目指している。特に、白血球に特異な流動様式の解明のために、微小流路を作成し、血球の変形および流動の様子を実験的に観察するとともに、各種条件がその流動に与える影響を数値的に解析している（図参照）。



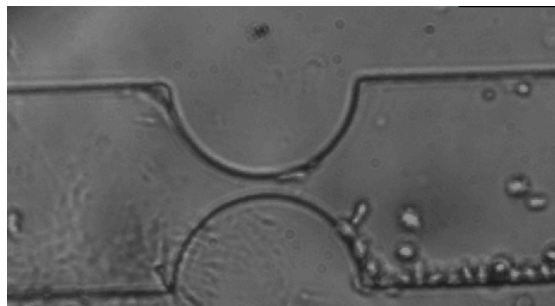
超音波計測融合シミュレーションシステム



フィードバックにより動脈瘤内の速度誤差ベクトルが減少する過程



微小流路における白血球周囲の流れ場



マイクロチャネル内の赤血球の顕微鏡写真

超実時間医療工学研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Atsushi Shirai, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Fundamental Study of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Real Blood Flow in the Aorta, *Annals of Biomedical Engineering*, Vol. 33 No. 4, (2005), 415-428.
2. 早瀬 敏幸：複雑な流れをリアルタイムで再現する計測融合シミュレーション技術, *原子力 eye*, Vol. 51 No. 8, (2005), 66-69.
3. Atsushi Shirai, Ryo Fujita, and Toshiyuki Hayase : Simulation Model for Flow of Neutrophils in Pulmonary Capillary Network, *Technology and Health Care*, Vol. 13 No. 4, (2005), 301-311.
4. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Detection and Correction of Aliasing in Ultrasonic Measurement of Blood Flows with Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation, *Technology and Health Care*, Vol. 13 No. 4, (2005), 331-344.
5. Ryuhei Yamaguchi, Takeshi Mashima, Hideaki Amagai, Hisashi Fujii, Toshiyuki Hayase, and Kazuo Tanishita : Variation of Wall Shear Stress and Periodic Oscillation Induced in Right-Angle Branch During Laminar Steady Flow, *Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME*, Vol. 127 No. 5, (2005), 1013-1020.
6. 山口隆平, 島根丈二, 斉藤修一, 平岡紀通, 藤井亀, 早瀬敏幸：直角分岐管内に流体振動を誘起するはく離高せん断流, *日本機械学会論文集*, Vol. 72 No. 713, (2006), 75-80.
7. 早瀬敏幸：複雑な流れの圧力・速度のリアルタイム再現技術, *検査技術*, Vol. 11 No. 2, (2006), 12-16.
8. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Numerical Study on Variation of Feedback Methods in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Blood Flow in the Aneurysmal Aorta, *JSME International Journal Series C*, Vol. 49 No. 1, (2006), 掲載予定.
9. 早瀬敏幸：計測とシミュレーションの融合による流れの実現象の再現, *日本応用数理学会誌*, Vol. 16 No. 1, (2006), 掲載予定.

国際学会

10. Toshiyuki Hayase, Hidekatsu Sugiyama, Takayuki Yamagata, Kosuke Inoue, Atsushi Shirai, Motohiro Takeda : Inclined Centrifuge Microscope For Measuring Frictional Characteristics Of Red Blood Cells Moving On Glass Plate In Plasma, *Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference*, CD-ROM (2005), 1-2.
11. Atsushi Shirai, Sunao Masuda, Toshiyuki Hayase : Three-Dimensional Numerical Analysis Of Plasma Flow Around A Neutrophil In A Microchannel, *Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference*, CD-ROM (2005), 1-2.
12. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation For Reproduction Of Three-Dimensional Blood Flow

- Field In The Aorta With Aneurysm, Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference, CD-ROM (2005), 1-2.
13. Toshiyuki Hayase and Kentaro Imagawa : Reproduction of Exact Turbulent Flow Structure Using Measurement-integrated Simulation, Conference Proceedings of 8th U.S. National Congress on Computational Mechanics, CD-ROM (2005), 1.
 14. Toshiyuki Hayase and Kentaro Imagawa : Reproduction of Instantaneous Distributions of Turbulent Flow by Simulation Integrated with Measurement, Proceedings of Mechanical Engineering Congress, 2005, Japan (MECJ-05), Vol. 8 (2005), 277.
 15. Lei Liu, Kosuke Inoue, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta : Experimental Validation of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation for Blood Flow in Aorta, Proceedings of Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, (2005), 37.
 16. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Effect of Feedback Domain in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation on Reproduction of Blood Flow Field in an Aneurysmal Aorta, Proceedings of the 6th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology, (2005), 62-63.
 17. Atsushi Shirai and Toshiyuki Hayase : Numerical Simulation for Spatial Distribution of Neutrophils in a Capillary Network, Proceedings of the 6th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology, (2005), 60-61.
 18. Sunao Masuda, Atsushi Shirai and Toshiyuki Hayase : Numerical Analysis of Effect of Cross-section of Microchannel on Transit Characteristics of a Neutrophil, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid Information, AFI-2005, (2005), 64-65.
 19. Yuriko Takeshima, Hikaru Shibata, Shigeo Takahashi, Issei Fujishiro, Toshiyuki Hayase : Adaptive Visualization of Measurement-Integrated Simulation of Karman Vortex Street Based on Critical Points, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid information, AFI-2005, (2005), 94-95.
 20. Makoto Ohta, Daniel A. Ruefenacht, Pedro Lylyk, Toshiyuki Hayase, Akira Takahashi : Development of Fundamental Technologies with Use of In-Vitro and In-Silico Models for Endovascular Treatments, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid information, AFI-2005, (2005), 32-35.
 21. Toshiyuki Hayase, Kenichi Funamoto, Takayuki Yamagata, Lei Liu, Atsushi Shirai, Makoto Ohta, Kosuke Inoue, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Transdisciplinary Methodology Integrating Measurement and Simulation in Application of Complex Biomedical Flows, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid information, AFI-2005, (2005), 36-39.
 22. Takayuki Yamagata, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Development of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation System for Complex Blood flows, Proceedings of the Fifth International Symposium of Advanced Fluid Information, (2005), 61-62.

23. Atsushi Shirai, Ryo Fujita and Toshiyuki Hayase : Moderate Constriction Model for Neutrophils Flow in Pulmonary Capillaries, Proceedings of The 7th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology (21st Century COE Program) in The 12th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME2005), (2005), 60-61.
 24. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Effect of Ultrasound Probe Placement in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Blood Flows, Proceedings of the 12th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME 2005), CD-ROM, (2005), 1-4.
- 国内学会、研究会等
25. 船本健一, 早瀬敏幸, 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開発, 第 1 回 21 世紀 COE8 大学拠点合同シンポジウム成果報告書, (2005), 49.
 26. 山縣 貴幸, 早瀬敏幸 : 超音波計測血流シミュレーションシステムの開発 (パラメータの自動調整), 日本機械学会 2005 年度年次大会講演資料集, Vol. 5, (2005), 91-92.
 27. 増田 直, 白井 敦, 早瀬敏幸 : 微小流路の断面形状が好中球の流動特性に与える影響の数値解析, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演論文集, Vol. 6 No. 05-1, (2005), 141-142.
 28. 柴田 光, 早瀬敏幸 : ハイブリッド風洞によるカルマン渦の実時間解析, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演資料集, Vol. 7, (2005), 11-12.
 29. 白井敦, 早瀬敏幸 : 毛細血管ネットワークにおける好中球の濃度分布に関する数値解析, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-022.
 30. 神取孝司, 井上浩介, 早瀬敏幸, 高木敏行 : 血漿中で傾斜遠心力を受けて DLC 皮膜上を移動する赤血球の摩擦特性, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-012.
 31. 劉磊, 井上浩介, 早瀬敏幸, 太田信 : 超音波計測融合シミュレーション検証のための大動脈内血流模擬実験装置, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-011.
 32. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之 : 3 次元超音波計測融合血流シミュレーションにおけるフィードバック点配置の影響, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-010.
 33. 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 4 報 : 血行力学解析の高精度化, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演論文集, Vol. 5 No. 05-1, (2005), 89-90.
 34. 早瀬敏幸 : 計測とシミュレーションの融合による流れの実現象の再現, 日本応用数理学会 2005 年度年会講演予稿集, (2005), 248-255.
 35. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之 : 3 次元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方式に関する検討, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, CD-ROM, (2005), 1-4.
 36. 山縣貴幸, 早瀬敏幸 : 超音波計測融合血流シミュレーションシステムにおける血流量の自動調整, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, No. 05-32, CD-ROM, (2005), 1-4.
 37. 早瀬敏幸 : 血球摩擦特性の計測と数値シミュレーションの融合による毛細血管内血流の解明,

第9回オーガナイズド混相流フォーラム講演論文集, (2005), 73-82.

38. 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, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, No. 05-32, CD-ROM, (2005), 1-4.
39. 柴田光, 早瀬敏幸, 佐藤豊: ハイブリッド風洞によるカルマン渦解析における圧力の再現性の検証, 日本機械学会第83期流体工学部門講演会講演論文集, No. 05-32, CD-ROM, (2005), 1-4.
40. 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5報: 3次元非定常血流場の再現, 日本機械学会第16回バイオフィロンティア講演会講演論文集, No. 05-53, (2005), 137-138.
41. 白井敦, 早瀬敏幸: 毛細血管ネットワークにおける好中球濃度の上昇に関する数値解析, 日本機械学会第16回バイオフィロンティア講演会講演論文集, No. 05-53, (2005), 147-148.
42. 早瀬敏幸: 血流の超音波計測と数値シミュレーションの融合解析可視化技術, 可視化情報学会講習会「生体・医療における可視化計測技術」, (2005), 53-71.
43. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 3次元超音波計測融合シミュレーションにおけるフィードバック点の異方的配置の影響, 日本機械学会第18回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 05-66, (2006), 105-106.

5. 参考資料

テレビ放映

平成18年1月25日(水) 8:00 東北放送「ウオッチンミヤギ」

ハイブリッド風洞を用いたカルマン渦の計測融合シミュレーションの実験の様子と可視化結果が放映された。

新聞記事・専門誌記事

平成17年4月12日	河北新報 東北大流体研電通研スパコン開発原研と連携
平成17年9月7日	河北新報 東北大流体研新型スパコン導入
平成17年9月23日	科学新聞 次世代融合研究システム
平成17年12月14日	ITmedia 東北大の次世代融合研究システムが本格稼働ー計算と実験の融合が進む