

法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター年報 2006

目 次

- ◆ 年報 2006 の発刊にあたって（センター長 武田 洋） 1
- ◆ 研究成果報告（2006 年 4 月 1 日～2007 年 3 月 31 日） 3
 - ＜研究成果概要と業績（論文、著書、紀要、口頭発表）リスト＞
 - 高機能ナノマテリアルの開発.....
 - マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究.....
 - 分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究.....
 - 生命情報と生体機能のナノバイオロジー.....
- ◆ 会議等開催記録

年報 2006 の発行にあたって

センター長 武田 洋

法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センターが、2003 年度文部科学省によるハイテクリサーチ・センター整備事業の採択を受けて発足してから 4 年が経過した。計画では本事業は 2007 年度までの 5 年間であり、当初の計画の大半の期間はすでに経過した事になる。

従来技術の限界を超える可能性のある新技術の 1 つとしてのナノテクノロジーの応用には、高機能材料の創製、極微細加工の実現、生体における 1 分子計測や 1 分子操作の実現など、種々のブレークスルー技術が考えられる。センター発足から 4 年が経過し、特に材料とナノバイオロジーの研究分野は、国による重点的な施策効果もあり、日常よく耳にする話題も多くなった。すでに一部は従来の限界を超える技術として、実用化・事業化の段階に入ったものもある。このようにナノテクノロジーの応用が、日本の科学技術や我々の生活の未来に、計り知れない影響をおよぼすことは、誰もが認めるところであろう。

本センターでは、「ナノテクノロジーを活用した全く新しい概念のデバイスの開発」を最終目標に掲げ、3 つのプロジェクト体制による 4 つの研究グループ（高機能マテリアルの開発、マイクロメカトロデバイスの研究、分散耐環境ナノ電子デバイスの研究、生命情報と生体機能のナノバイオロジー）により研究・教育が行われている。ここから生まれた数々の研究成果は、本センターが掲げる最終目標を達成するための基盤技術の確立に大きく貢献していると自負している。特に、メカトロやナノバイオロジー関連の複数の研究グループでは、文部科学省・科学研究費補助金など多くの外部資金を獲得し、活発な研究・教育活動が続いているところであり、関係各方面に感謝するしだいである。また工学部には生命機能学科という新たな学科も立ち上がり、人材教育面でのサポート体制も整いつつある。

このように、5 年間の本事業の終了を前に、本センターが今後進むべき次のステップが見えてきたようである。限られた施設と資金を使い、一定以上の成果を挙げるためには、戦略的かつ重点的な資源投資による、テーマの選択と集中が必要となる。各プロジェクトの研究者も、従来の固定的な観念や柵に囚われることなく、お互いの分野を超え、複合横断的な真の「知の融合」を成し遂げた時に初めて、新たな付加価値を有する全く新しい概念のデバイスが生み出されるものと確信している。

そして、こうした知の融合による刺激的な教育研究環境こそが、学生を含め将来のナノテクノロジーやナノバイオロジーを担う多くの若い研究者に強烈な印象を与え、そうした刺激からさらに新たなブレークスルーの創出が期待できるのである。私立大学に置かれた本センターには、こうした人材教育のインキュベーション的な役割もまた重要なのである。

この年報 2006 は、最終の 2007 年度のまとめに向かう本センターの 4 年目の成果報告書である。関連各位にご高覧いただき、種々のご助言を賜れば幸いである。

研 究 成 果 報 告

(2006 年 4 月 1 日～2007 年 3 月 31 日)

2006 年度 「高機能ナノマテリアルの開発研究」 の 概要

本研究の目的は、ナノメートルサイズのさまざまな新規ナノマテリアルあるいはナノ構造体を創製し、その特異な構造・物性に基づく新高機能の発現を達成することで、9名のメンバーの個々の研究を総合的に進展させることによって目的の達成を図っている。以下に「プロジェクトメンバー」とそれぞれの「研究テーマ」を示す。

- 西村 允（機械工学科）「MoS₂/ナノ炭素固体潤滑薄膜の開発」
- 片山 寛武（物質化学科）「ナノ物質の分離・分析技術の開発」
- 西海 英雄（物質化学科）「ナノ構造光触媒の開発」
- 守吉 佑介（物質化学科）「ダイヤモンドの液相焼結、BN ナノチューブ」
- 丸山 有成（物質化学科）「炭素系新ナノ物質、有機伝導体素子」
- 中村 暢男（物質化学科）「ナノサイズ制御による有機強磁性体構築」
- 浜中 廣見（物質化学科）「PIXE 法による雲母中の Al ナノ構造の解析」
- 緒方 啓典（物質化学科）「フラーレン・ナノチューブ新複合材料の開発」
- 高山 新司（システム制御工学科）「液晶ディスプレイ用薄膜半導体材料の開発」

研究成果

西村 允

<学会発表>

- 1) Kazuhito Sagara, Takuzo Okamoto, Shun-ichi Oikawa and Makoto Nishimura, "Effect of Heat-treatment on Wear Life of Sputtered MoS₂ Films", STLE's Annual Meeting & Exhibition Program Guide, STLE(2006) 220.
- 2) Kazuhito Sagara, Takuzo Okamoto, Shun-ichi Oikawa, Mineo Suzuki, Yoshio Aoki and Makoto Nishimura, "Wear Life Improvement of Sputtered MoS_x Films by Heat-treatment", Proc. 9th International Symposium INTERTRIBO 2006, 111-114.
- 3) Shun-ichi Oikawa, Takuzo Okamoto, Kazuhito Sagara, Mineo Suzuki and Makoto Nishimura, "Wear Life Improvement of Sputtered MoS₂ Films by Heat-Treatment", Proc. 3rd Asia International Conference on Tribology, ASISTRIB2006, JAST(2006) 321-322.

片山 寛武

<雑誌論文>

- 1) Hirokake Katayama and Masahito Miyahara, "Liquid-Liquid Phase Equilibria of (Ethanol or Methanol+Water) Containing either Dipotassium Hydrogen Phosphate or Sodium Dihydrogen Phosphate", Journal of Chemical and Engineering Data, 51, 914-918(2006)
- 2) Hirokake Katayama and Kei Kitagawa, "Liquid-Liquid Phase Equilibria of (1-propanol or 2-propanol+water) Containing Dipotassium Hydrogen Phosphate", Journal of Chemical and Engineering Data, 51, 2103-2106(2006)
- 3) Hirokake Katayama and Miyuki Hirohata, "Liquid-Liquid Equilibria of Two Ternary Systems: Cyclohexane+Benzene + N-methyl Formamide and Cyclohexene + Benzene + N-Methyl Formamide", Journal of Chemical Engineering of Japan, 39, 1223-1228(2006)

<学会発表>

- 1) 片山寛武, 菅原健太 "マイクロ蒸留塔の分離性能" 分離技術年会(東京: 2006年6月)

西海 英雄

<雑誌論文>

- 1) H. Nishiumi, K. Sato, R. Kato, "Production of Second or Third Generation Fluorine-based Refrigerants from (Photo)-Dechlorination of Fluorocarbon Wastes", Fluorine and Environment, 1, 131-164(2006)
- 2) R. Kato, H. Nishiumi, "Vapor-Liquid Equilibria and Critical Loci of Binary and Ternary Systems Composed of CH₂F₂, C₂HF₅ and C₂H₂F₄", Fluid Phase Equilibria, 249, 140-146(2006)

<学会発表>

- 1) 西海英雄, 久保田寿宣, “超臨界二酸化炭素中におけるベンゼンの拡散係数の異常挙動”, 化学工学会第 71 年会, 2006. 3. 28-30 (東京工大, 東京)
- 2) H.Nishiumi, K.Yamada, “Spinodal Curve Measurements of Pure Substances”, 4th International Symposium of Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation(MTMS' 06), May 22-25, 2006, Makuhari, Chiba, Japan
- 3) H.Nishiumi, M.Narita, F.Amano, Y.Kadoishi, “Fullerene as Visible Light Catalyst”, The 17th International Congress of Chemical and Process Engineering(Chisa2006), 27-31 August 2006, Prague, Czech Republic, Keynote Lecture.
- 4) H.Nishiumi, “Measurements of Partial Derivative Properties-Diffusion Coefficients and Spinodal”, 2006AIChE Annual Meeting, Nov. 12-17, 2006, San Francisco Hilton, San Francisco, CA, USA(招待講演)
- 5) 西海英雄, 久保田寿宣, “超臨界二酸化炭素中におけるベンゼンの拡散係数の異常挙動”, 化学工学会第 71 回年会, 東京 (2006 年 3 月)
- 6) 成田素子, 西海英雄, “可視光触媒としてのフラーレンによるフェノール分解に及ぼす超音波の影響” ナノ学会第 4 回大会, 京都 (2006 年 5 月)
- 7) 小笠原寛樹, 西海英雄, “HFC-22 の分解速度における NaOH の影響”, 化学工学会第 38 回秋季大会, 福岡 (2006 年 9 月)

守吉 祐介

<雑誌論文>

- 1) Emiko Amaoka, Eric Vedel, Satoshi Nakamura, Yusuke Moriyoshi, Jukka I. Aslenn and Kimihiro Yamashita, “Effect of Electrical Polarization on the Behavior of Bioactive Glass Containing MgO and B₂O₃ in SBF, Key Engineering Materials, 309-311, 333-336 (2006).
- 2) Takayuki Watanabe, Takahiro Notoya, Takamasa Ishigaki, Hiroyuki Kuwano, Hideki Tanaka and Yusuke Moriyoshi, “Growth mechanism for carbon nanotubes in a plasma evaporation process, Thin solid Films, 506-507, 263-267 (2006)
- 3) H. Tanaka, M. Kurihara, J. Y. Xu, N. Ohashi, S. Maruyama, Y. Moriyoshi and T. Ishigaki, “Influence of Ar-H₂-SF₆ thermal plasma treatment of MCMB powders on the anode properties of a lithium ion rechargeable battery, Thin Solid Films, 506-507, 311-315 (2006)
- 4) X. H. Wang, J. G. Li, H. Kamiyama, Y. Moriyoshi and T. Ishigaki, “Wavelength-Sensitive Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous suspension over Iron(III)-doped TiO₂ nanopowders under UV and Visible Light Irradiation”, J. Phys. Chem., B110, 6806-6809 (2006).
- 5) Shojiro Komatsu, Daisuke Kazami, Hironori Tanaka, Yusuke Moriyoshi, Masaharu Shiratani, and Katsuyuki Okada, “Fractal growth mechanism of sp³-bonded 5H-BN microcones by plasma-assisted pulsed laser chemical vapor deposition, J. Chem. Phys.,

125, 084701-084706 (2006).

- 6) Shojiro Komatsu, Daisuke Kazami, Hironori Tanaka, Yuusuke Moriyoshi, Masaharu Shiratani, and Katsuyuki Okada, "Fractal growth of sp^3 -bonded 5H-BN microcones by plasma-assisted pulsed-laser chemical vapor deposition", J. Appl. Phys., 99, 123512, 1-6 (2006)
- 7) Shojiro Komatsu, Daisuke Kazami, Hironori Tanaka, Yoshiki Shimizu, Yusuke Moriyoshi, Masaharu Shiratani, Katsuyuki Okada, "Boron nitride microfibers grow by plasma-assisted pulsed-laser chemical vapor deposition", Appl. Phys. Lett., 88, 151914, 1-3 (2006)

<著 書>

- 1) 守吉佑介, "不定形耐火物と粉体工学", 耐火物, 58, 117-123 (2006)

<学会発表>

- 1) 田中洋則, 小松正二郎, 風見大介, 守吉佑介, 岡田勝行, "sp³-結合性 5H-BN 薄膜成長速度の Photoluminescence によるその場測定", 第 67 回応用物理学会, 東京, 2006 年
- 2) 小松正二郎, 風見大介, 田中洋則, 守吉佑介, 岡田勝行, "レーザー支援プラズマ CVD による sp³-結合性 5H-BN ミクロコーン形成の光強度依存性" 第 67 回応用物理学会, 東京, 2006 年
- 3) 小松正二郎, 風見大介, 田中洋則, 守吉佑介, 岡田勝行, "レーザー支援プラズマ CVD によって合成された sp³-結合性 5H-BN ミクロコーンエミッター" 第 67 回応用物理学会, 東京, 2006 年
- 4) 川上雅子, 守吉佑介, 渡辺雄二郎, 小松優, 門間英毅, 石垣隆正, "タングステン酸カルシウムを原料とするアパタイトの合成と評価", 無機マテリアル学会第 112 回学術講演会, 東京, 2006 年 6 月
- 5) 渡辺雄二郎, 田中順三, 小松優, 守吉佑介, "ゼオライト/炭酸カルシウム複合粒子の合成", 無機マテリアル学会第 112 回学術講演会, 東京, 2006 年 6 月
- 6) 川上雅子, 守吉佑介, 渡辺雄二郎, 小松優, 門間英毅, 石垣隆正, "チタン酸カルシウムとリン酸塩の反応によるアパタイトの合成と評価", 第 16 回日本無機リン化学会学術講演会, 徳島, 2006 年 11 月
- 7) 渡辺雄二郎, 生駒俊之, 末次寧, 山田裕久, 田中順三, 小松優, 守吉佑介, "ゼオライト表面へのアパタイトの合成とその有害イオン捕獲能の評価", 第 16 回日本無機リン化学会学術講演会, 徳島, 2006 年 11 月
- 8) 守吉佑介, 浅沼文彦, 片岡洋右, 池本正, 石垣隆正, "AG 系耐火物の透過電子顕微鏡による評価", 平成 18 年度耐火物技術協会学術講演会, 岡山, 2006 年 4 月

<特許>

特許第 783057 号 小松正二郎, 守吉佑介, 清水禎樹 電界電子放射特性を利用する自己造形表

面形状を有する sp³ 結合性窒化ホウ素薄膜とその製造法及びその用途 (2006 年)

中村 暢男

<学会発表>

- 1) 西川裕平, 河合克仁, 中村暢男, “ピリジル基を有する配位子とその遷移金属錯体の合成と磁気特性”, 第 18 回基礎有機化学連合討論会 1PC66 (2006 年 10 月)
- 2) 小出泰之, 須藤啓介, 横山智和, 中村暢男, “ナフタレンを骨格とするニトロニルニトロキシドラジカルとその遷移金属錯体の構造と磁気特性”, 第 18 回基礎有機化学連合討論会 2PC65 (2006 年 10 月)
- 3) 浦口玲子, 小出泰之, 須藤啓介, 中村暢男, “trans-スチルベン骨格をもつニトロニルニトロキシドとその金属錯体の合成ならびに磁気特性”, 第 18 回基礎有機化学連合討論会 2PC65 (2006 年 10 月)

浜中 廣見

<雑誌論文>

- 1) KL.E.Zou, B.X.Chen, L.Chen, Y.F.Yuan, H.Hamanaka and M.Iso, “Fabrication of an As₂S₈ stripe waveguide with an optical stopping effect by exposure to ultraviolet irradiation”, Appl.Phys.Lett., 88,13510-1-13510-3(2006)
- 2) H.Hamanaka, F.Nagase and K.atsumi, “Mixing of container elements during the baking of clay”, Report of Research Center of Ion Beam Technology, Hosei University 24, 17-20(2006)
- 3) L.E.Zou, B.X.Chen, L.Chen, Y.F.Yuan, H.Hamanaka and M.Iso, “Optical-stopping effect of As₂S₈ channel waveguide fabricated by method of photoinduced refractive index changes”, Acta Physica Sinica, 55, 1869-1872(2006)

<学会発表>

- 1) 浜中廣見, 川端圭, 永瀬史人, 渥美功二, “PIXE 法による植物中の元素分析の試み (1)”, 第 25 回イオンビーム工学研究所シンポジウム 法政大学, 2006 年 11 月
- 2) 浜中廣見, 青木理恵, 永瀬史人, “海沢下野原遺跡出土縄文土器胎土の PIXE 分析”, 第 25 回イオンビーム工学研究所シンポジウム 法政大学, 2006 年 11 月
- 3) 伊藤進矢, 浜中廣見, “Ti イオン注入 SiO₂ 及び Ti-SiO₂ コスパッタ膜からのホトルミネッセンス”, 第 25 回イオンビーム工学研究所シンポジウム 法政大学, 2006 年 11 月
- 4) 前田邦子, 浜中廣見, 荻原清, 長谷川賢一, “結晶分光 PIXE で化学状態の深さ分布を調べる” 第 23 回 PIXE シンポジウム, 松島, 2006 年 11 月

緒方 啓典

<学会発表>

- 1) 本橋覚、緒方啓典、“紫外線照射によるポリマー化フラーレンナノウィスカーの合成” 第31回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム（三重）（2006年7月）
- 2) 緒方啓典、本橋覚、“フラーレン誘導体ナノウィスカーの合成と性質”
第31回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム（三重）（2006年7月）
- 3) 本橋覚、緒方啓典、“フラーレンおよびフラーレン誘導体ナノウィスカーの構造と分子ダイナミクス” 電気学会 E 準部門「ユビキタス社会のためのナノマテリアル・プロセス技術調査専門委員会」FNW研究会合同研究会，筑波，2006年8月，（招待講演）
- 4) 岩瀬崇行、渡邊智博、相原康貴、本橋覚、緒方啓典、“新規電荷移動型フレロイド化合物の構造と物性” 分子構造討論会（静岡）2006（2006年9月）
- 5) 何木隆史、本橋覚、緒方啓典、“新規三元系フラーレン化合物の合成と構造及び物性評価” 分子構造討論会（静岡）2006（2006年9月）
- 6) 緒方啓典、本橋覚“フラーレンナノウィスカーおよびポリマーの構造と分子ダイナミクス” 分子構造討論会（静岡）2006（2006年9月）
- 7) 本橋覚、緒方啓典、“フラーレンナノウィスカーポリマーの合成と構造” 分子構造討論会（静岡）2006（2006年9月）
- 8) 本橋覚、緒方啓典，“ポリマー化フラーレンナノウィスカーの合成”
日本物理学会 2006年秋季大会（千葉大）（2006年9月）
- 9) 緒方啓典、本橋覚” ポリマー化フラーレンナノウィスカーのNMR”
日本物理学会 2006年秋季大会（千葉大）（2006年9月）
- 10) 緒方啓典“固体NMRでみたフラーレンおよびフラーレン誘導体ナノウィスカーの局所構造と分子ダイナミクス” 日本物理学会領域7シンポジウム講演 フラーレンナノスケール低次元構造の生成とその物性—CNTとはどう違う？，日本物理学会 2006年秋季大会，千葉，2006年9月（招待講演）
- 11) 岩瀬崇行，本橋覚，相原康貴，瀬戸志穂里，緒方啓典，“電荷移動型 $C_{61}H_2$ 化合物の構造と物理的性質”，第32回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム，名古屋（2007年2月）
- 12) H. Ogata and S. Motohashi, “Structural characterization and molecular dynamics of fullerene or fullerene-derivative nanowhiskers”, 2007 APS March Meeting, Denver Colorado, USA, 2007年3月
- 13) 泉裕也，緒方啓典，“アルコール CCVD 法による単層カーボンナノチューブ合成における温度制御依存性”，日本物理学会 2007年春季大会，鹿児島，2007年3月
- 14) 緒方啓典，瀬戸志穂里，本橋覚，“液-液界面結晶析出法によるフラーレン結晶の構造と物性”，日本物理学会 2007年春季大会，鹿児島，2007年3月
- 15) 相原康貴，本橋覚，岩瀬崇行，緒方啓典，“液-液界面結晶析出法によるフラーレン誘導体結晶の構造と物性”，日本物理学会 2007年春季大会，鹿児島，2007年3月

- 16) 本橋覚, 濱田基宏, 緒方啓典, ” フラレンナノウィスカーの表面状態の AFM による評価”, 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, 2007 年 3 月
- 17) 何木隆史, 本橋覚, 緒方啓典, ” $\text{Na}_x\text{H}_y\text{C}_{60}$ 化合物の構造と電子状態”, 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, 2007 年 3 月
- 18) 岩瀬崇行, 本橋覚, 相原康貴, 緒方啓典, ” 新規電荷移動型フレロイド化合物の構造と物性”, 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島, 2007 年 3 月

高山 新司

<雑誌論文>

- 1) Y.Koike, T.Inase and S.Takayama, “Temperature dependence of internal stress and crystal growth of dilute Cu alloy films”, Solid State Phenomena, Vol.127,pp.147-152(2007)

<学会発表>

- 1) 高山新司, 田上智士, 北野智久, “ZnO 膜の特性に及ぼす基板温度の影響と後熱処理によるガス雰囲気中熱処理効果”, 2006 年度春季第 53 回応用物理学会講演会, 23p-R-10 東京, 2007 年 3 月
- 2) 石渡伸哉, 窪庭慎一郎, 高山新司, “ITO 透明導電膜の異常電気抵抗変化” 2006 年度春季第 53 回応用物理学会講演会, 23p-R-2 東京, 2007 年 3 月
- 3) S.Takayama, ” Abnormal Resistivity Change in Indium-Tin Oxide Films,” AVS 53th International Symposium, Nov.12-17,2006, USA

マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究

工学部システムデザイン学科・田中 豊

工学部機械工学科・御法川 学, Jindrich Ziegelheim

1. はじめに

2003 年度の研究環境の整備, 2004 年度のマイクロ領域における様々な駆動原理の理論的な検討および予備的な確認実験, 「積層一体化構造のマイクロメカトロデバイス」構想の立案, 2005 年度のマイクロメカトロデバイス具体化への構造や加工法, 材料の検討とモジュールの試作, 問題点の抽出を受け, 2006 年度は, 機能性流体を用いたマイクロメカトロデバイスの製作を行った.

2. 機能性流体を用いたマイクロメカトロデバイス

日本の研究グループ(横田・大坪・枝村)によって最近初めて開発された, 電界共役流体(Electro-Conjugate Fluid)と呼ばれる機能性流体の特徴的な性質を用いて, マイクロサイズのポンプおよびフルディクス形マイクロバルブ, ベローズ形およびブルドン管形マイクロアクチュエータを三次元アレイ状に配置してモジュール化したマイクロメカトロデバイスを製作し, その動作特性を明らかにした. またポンプやバルブ, アクチュエータを階層構造に組み込んだマイクロメカトロシステム統合化の問題点の抽出や設計手法の確立をめざした.

2. 1 マイクロポンプ

前年度試作した図 1 に示す構造の平面形マイクロポンプは, 大きさが大きい割には, 想定するアクチュエータを駆動する十分な出力が得られないことから, 本年度は, 円筒形マイクロポンプの構造を新たに立案し, 電極間距離や電極形状, 電極配置などがポンプの出力特性におよぼす影響を検討した.

まず電極先端に複数の細いピンをアレイ状に並べた電極を, マイクロ放電加工法を駆使して製作し, 形状と配置の違いによる出力特

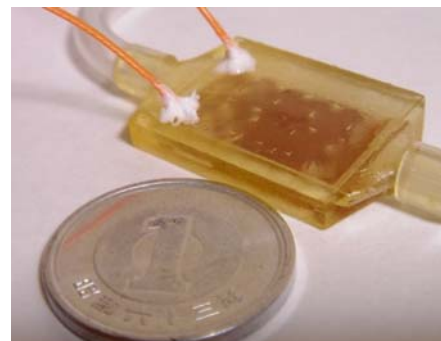


図 1 平面形マイクロポンプ

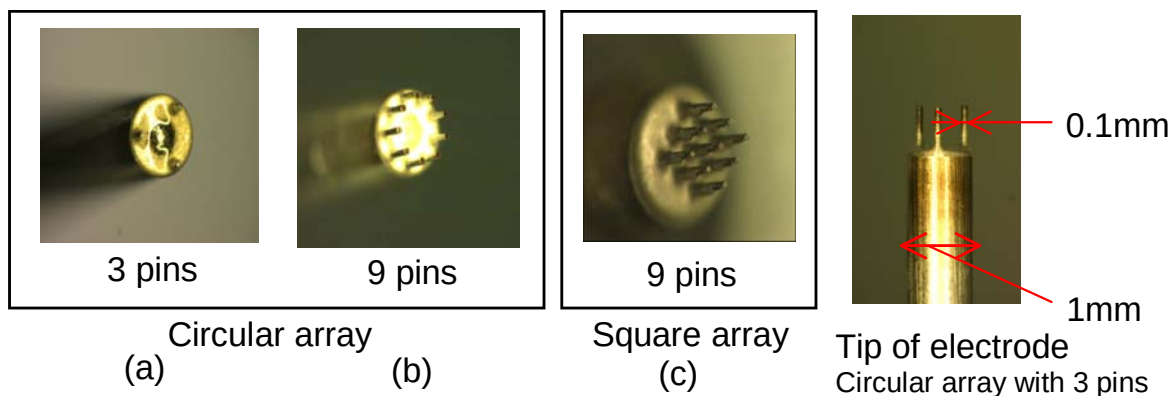


図 2 マイクロポンプの電極形状

性を測定した. 図 2 にマイクロ放電加工法により製作した電極の例を示す. 3 ピン構造の電極が最も大きな出力特性を示すことが明らかとなった. また正電極と負電極の間隔は, 狭ければ狭いほど出力は大きくなるものの, 電極間距離が $200\text{ }\mu\text{m}$ より狭くなると放電現象が起こり, 十分な出力が得られないことも明らかとなった. こうした結果を踏まえ, 図 3 に示す円筒形マイクロポンプ構造を立案した.

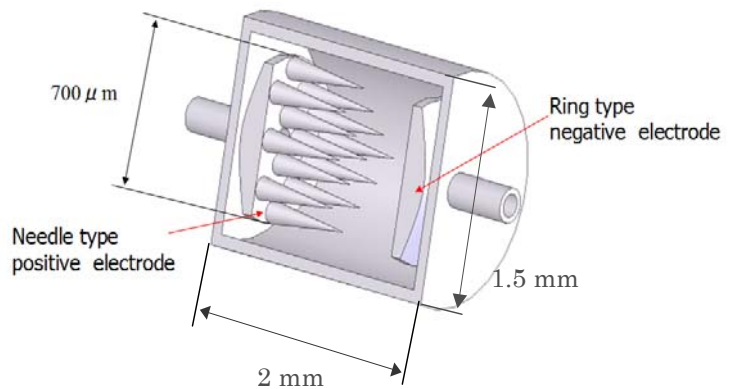
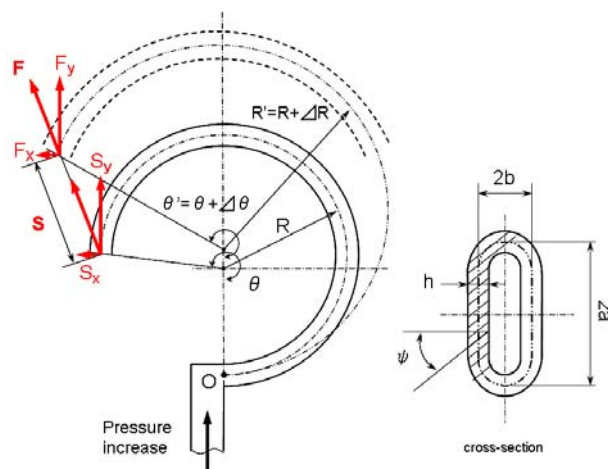


図 3 円筒形マイクロポンプの構想図

2. 2 マイクロアクチュエータ

昨年度に引き続き, マイクロ光造形法を用いて, ブルドン管形アクチュエータのプロトタイプを試作した. 図 4 に構造と寸法概略を示す. 大形の AM0-1 の場合, 100kPa の内圧変化に対して, ブルドン管先端は 2.84mm 変位した. またより小形の AM0-2, AM0-3 の場合, それぞれ $383\text{ }\mu\text{m}$, $540\text{ }\mu\text{m}$ 変位した. また出力トルクはおよそ $0.5\text{ mN}\cdot\text{m}$ であった.



Type	a [mm]	b [mm]	h [mm]	R [mm]	θ [°]
AM0-1	5.25	2.25	0.5	10	270
AM0-2	2	1	0.3	5	270
AM0-3	2	1	0.25	5	270

図 4 ブルドン管形アクチュエータ

2. 3 マイクロアクチュエータの比較

試作したマイクロアクチュエータシステムの出力特性を既存のアクチュエータと比較した結果を図 5 に示す. 本プロジェクトで試作したブルドン管形アクチュエータの体積あたりの出力は, 既存の圧電素子や電磁力, 静電力によるアクチュエータと比較して, 十分大きな出力特性を有していることがわかる.

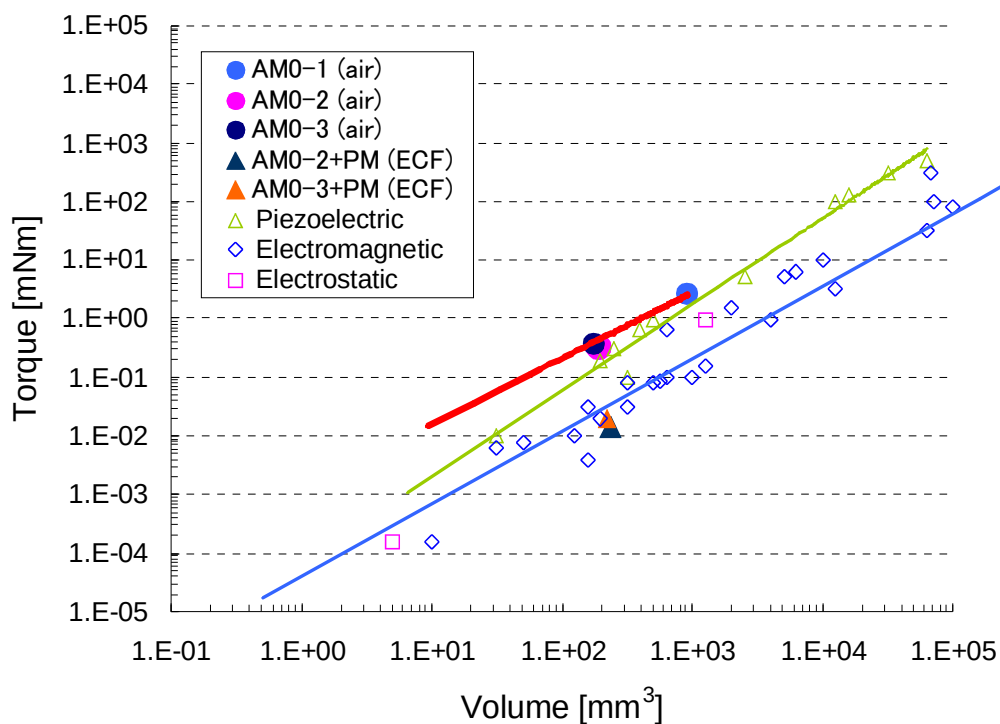


図 5 既存のアクチュエータとの比較

3. おわりに

2006 年度は機能性流体を用いたマイクロメカトロデバイスの製作の中で, 特にアクチュエータを駆動するマイクロポンプの試作を中心に研究を行い, 一定の成果を挙げることができた. 2006 年度は当初の計画の概ね 80%の内容を達成した.

2006 年度業績リスト（マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究）

田中 豊，御法川 学，Jindrich Ziegelheim

<雑誌論文>

- 1) Yutaka Tanaka, Jindrich Ziegelheim, Gaku Minorikawa, Design and Fabrication of Micro Actuation System by Stereolithgraphy, The 1st International Symposium on Next-Generation Actuators Leading Breakthroughs Proceedings, pp.63-66, 2006-4.
- 2) Yutaka Tanaka, Jindrich Ziegelheim, YOKOTA, Shinichi, Design and Fabrication of Actuation System Using Functional Fluid, Proc. The 19th International Conference on Hydraulics and Pneumatics, Prague, May 30 – 31, pp. 218-228, 2006-5.
- 3) 田中 豊，人にやさしい空気圧技術，フルードパワー（日本フルードパワー工業会誌）創立50周年記念特集号，20巻，2号，2006年5月，pp.60-61，2006-5.
- 4) Toshifumi KOBAYASHI, Yutaka TANAKA, Ryushi SUZUKI and Masami OCHIAI, Experimental and Numerical Investigation for Downsizing of Oil Reservoir by Bubble Eliminator, Proceedings 4th FPIN PhD Symposium Sarasota 2006, Vol.2, pp.397-408, 2006-6.
- 5) Jindrich Ziegelheim, Yutaka Tanaka, Tada Y., Ohsawa H., Ziegelheimova, J., Manufacturing of Miniaturized Fluidic Component, AED2006 – Advanced Engineering Design; International Conference, 2006-6.
- 6) Ziegelheimova, J.; Ziegelheim, J., Kuwabara, T.; Yutaka Tanaka; Measurement of Deformation at Tip of the Crack by Using Micro-Electro Discharging Machine, Proc. Plasticity 2006; International Conference; Halifax; Nova Scotia, Canada, pp.17-22. 2006-7.
- 7) 田中 豊，液中気泡とその除去技術，油空圧技術，45巻，8号，pp.60-63，2006-8.
- 8) 田中 豊，第4回FPNI・PhDシンポジウム会議報告，FPIC Quarterly, Vol.14, No.3, 2006-9.
- 9) Ziegelheimova, J.; Ziegelheim, J., Kuwabara, T.; Yutaka Tanaka, The Usage of 3D Microscopy and Micro-Electro Discharging Machine for Measurement of Deformation in Small Region of Thin Metal Sheets, Proc. 57th Japanese Joint Conference for the Technology of Plasticity, pp.271-272, 2006-10.
- 10) Yutaka TANAKA, Tatsuhiko OHWAKI, Singlo FKOAK, Ken ICHIRYU, Parallel Mechanism Type of Forming Machine Using Haptic Interface, ICMT2006, 2006-11.
- 11) 田中 豊，米国フルードパワー教育・研究の現状とERCについて，FPIC Quarterly, Vol.14, No.4, 2006-12.
- 12) 田中 豊，御法川学，機能性流体を用いたマイクロメカトロデバイスの開発，科研費特定領域研究「ブレークスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」第3回公開シンポジウム資料，2006-12.

<学会発表>

- 1) 田中 豊，鈴木，小林，気泡除去装置内の流れ解析（放気口モデルによる検討），日本機械学会山梨講演会講演論文集(No.060-4)，pp.193-194, 2006-10

- 2) 田中 豊，久，橋本，空気圧電動ハイブリッドアクチュエータに関する研究（直線駆動型アクチュエータの試作と評価），平成 18 年春季フルードパワーシステム講演会，pp.94-96,2006-6.
- 3) 田中 豊，久，回転駆動型空気圧電動ハイブリッドアクチュエータの試作と評価，日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集（No.06-1），Vol.2, pp.311-312, 2006.
- 4) 田中 豊，大脇，福岡，一柳，ハプティック技術を活用したパラレルリンクメカニズム型複合成形加工機に関する研究，日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集（No.06-1），Vol.4, pp.147-148, 2006.

<その他>

平成18年度科学研究費補助金・特定領域研究「ブレークスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」における公募研究「機能性流体を用いたマイクロメカトロデバイスの開発」（研究代表者：田中豊，研究分担者：御法川学）（課題番号：70179795）として採択

御法川 学

<雑誌論文>

- 1) 御法川学，伊藤，長松，鈴木，小型軸流ファンの性能と騒音に関する実験的研究（翼形状パラメータの影響），日本機械学会論文集(B編)，72 巻 715 号，pp. 110-117（2006 年 3 月）
- 2) G. Minorikawa, T. Hirano, S. Suzuki and S. Mizuki, Study on Noise Reduction in Turbofan (Effects on Performance and Noise by Improving Outlet angle of Impeller), 日本ガスタービン学会誌, Vol. 34 No. 4, pp. 33-38（2006 年 7 月）
- 3) 御法川学，伊藤，長松，鈴木，小型多翼送風機の性能と騒音に関する実験的研究（スクロールケーシング諸元の影響），日本機械学会論文集(B編)，72 巻 720 号，pp. 1-8（2006 年 8 月）

<国際会議・学会講演など>

- 1) 御法川学，岡野，岩原，長松，共鳴型サイレンサの高性能化に関する研究，日本機械学会関東支部第 12 期総会講演会講演論文集，pp. 491-492（2006 年 3 月）
- 2) G. Minorikawa, T. Hirano, S. Mizuki et al., Prototyping of Ultra Micro Multi-Stage Centrifugal Compressor, Proceedings of the Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science, pp. 7-10（2006 年 6 月）
- 3) 御法川学，平野，水木他，超小型多段圧縮機の要素試作と実験，日本ガスタービン学会弘前講演会講演予稿集，pp.（2006 年 10 月）
- 4) G. Minorikawa, Y. Maruta et al., Noise Quality Control of Small High Speed Water Pump by Reducing Separated Flow, Proceedings of 8th Asian International Fluid Machinery Conference, p. 735-743（2005 年 10 月）
- 5) G. Minorikawa, T. Hirano, S. Mizuki et al., Micro Centrifugal Compressor for Ultra Micro Gas Turbine, Proceedings of Asian Congress on Gas Turbine 2005 Seoul, AGCT2005-062 (CD-ROM)（2005 年 11 月）

- 6) G. Minorikawa, J. S. Bolton, P. Davies et al., Sound Quality Evaluations of Small Fans in Audio-Visual Equipment, Proceedings of Internoise2006, No.095 (CD-ROM) (2006 年 12 月)
- 7) G. Minorikawa, S. Yonezawa, T. Ito and A. Nagamatsu, Study on aerodynamic Noise Characteristics of Wing Sections for Small Cooling Fan Impeller, Proceedings of Internoise2006, No.096 (CD-ROM) (2006 年 12 月)
- 8) G. Minorikawa and T. Sato, Study on Noise Reduction Characteristics of Silencer Using a Small Gas Turbine as a Sound Source, Proceedings of Internoise2006, No.097 (CD-ROM) (2006 年 12 月)
- 9) G. Minorikawa, M. Nishiguchi, T. Ito et al., Improvement of Sound Quality on Small Fan Design for Information Technology Device, Proceedings of Internoise2006, No.098 (CD-ROM) (2006 年 12 月)
- 10) G. Minorikawa, T. Ito, S. Suzuki and A. Nagamatsu, Experimental Research for Performance and Noise of Small Axial Flow Fan (Influence of Parameter of Blade), Proceedings of Internoise2006, No.140 (CD-ROM) (2006 年 12 月)

2006年度論文リスト

機械工学科 御法川 学

○論文

- 1) 御法川, 伊藤, 長松, 鈴木, 小型軸流ファンの性能と騒音に関する実験的研究 (翼形状パラメータの影響), 日本機械学会論文集(B編), 72巻715号, pp.110-117 (2006年3月)
- 2) G. Minorikawa, T.Hirano, S. Suzuki and S. Mizuki, Study on Noise Reduction in Turbofan (Effects on Performance and Noise by Improving Outlet angle of Impeller), 日本ガスタービン学会誌, Vol.34 No.4, pp.33-38 (2006年7月)
- 3) 御法川, 伊藤, 長松, 鈴木, 小型多翼送風機の性能と騒音に関する実験的研究 (スクロールケーシング諸元の影響), 日本機械学会論文集(B編), 72巻720号, pp.1-8 (2006年8月)

○国際会議・学会講演など

- 1) 御法川, 岡野, 岩原, 長松, 共鳴型サイレンサの高性能化に関する研究, 日本機械学会関東支部第12期総会講演会講演論文集, pp.491-492 (2006年3月)
- 2) G. Minorikawa, T. Hirano, S. Mizuki et al., Prototyping of Ultra Micro Multi-Stage Centrifugal Compressor, Proceedings of the Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science, pp.7-10 (2006年6月)
- 3) 御法川, 平野, 水木他, 超小型多段圧縮機の要素試作と実験, 日本ガスタービン学会弘前講演会講演予稿集, pp. (2006年10月)
- 4) G. Minorikawa, Y. Maruta et al., Noise Quality Control of Small High Speed Water Pump by Reducing Separated Flow, Proceedings of 8th Asian International Fluid Machinery Conference, p.735-743 (2005年10月)
- 5) G. Minorikawa, T. Hirano, S. Mizuki et al., Micro Centrifugal Compressor for Ultra Micro Gas Turbine, Proceedings of Asian Congress on Gas Turbine 2005 Seoul, AGCT2005-062 (CD-ROM) (2005年11月)
- 6) G. Minorikawa, J. S. Bolton, P. Davies et al., Sound Quality Evaluations of Small Fans in Audio-Visual Equipment, Proceedings of Internoise2006, No.095 (CD-ROM) (2006年12月)
- 7) G. Minorikawa, S. Yonezawa, T. Ito and A. Nagamatsu, Study on aerodynamic Noise Characteristics of Wing Sections for Small Cooling Fan Impeller, Proceedings of Internoise2006, No.096 (CD-ROM) (2006年12月)
- 8) G. Minorikawa and T. Sato, Study on Noise Reduction Characteristics of Silencer

Using a Small Gas Turbine as a Sound Source, Proceedings of Internoise2006, No. 097 (CD-ROM) (2006 年 12 月)

- 9) G. Minorikawa, M. Nishiguchi, T. Ito et al., Improvement of Sound Quality on Small Fan Design for Information Technology Device, Proceedings of Internoise2006, No. 098 (CD-ROM) (2006 年 12 月)
- 10) G. Minorikawa, T. Ito, S. Suzuki and A. Nagamatsu, Experimental Research for Performance and Noise of Small Axial Flow Fan (Influence of Parameter of Blade), Proceedings of Internoise2006, No. 140 (CD-ROM) (2006 年 12 月)

分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究プロジェクトの成果

微細加工技術の進歩により単位機能当たりのコストは大幅に削減されてきたが、ナノテクノロジーの進展とともにより多くの機能を集積したチップをさらに低コストで実現することが可能となる。このような低コスト・高機能チップとナノテクノロジーを応用したMEMSチップとを一体化し複数分散使用することにより高度なシステムを実現することが可能になる。このように一体化したチップを多数個分散させて動作させる分散型ナノ電子デバイスでは、チップ間通信をいかに確立するかが重要な課題となる。近距離の通信では他チップとの干渉低減や、消費電力の点から微少電力無線通信技術の確立が重要となる。また、多数個のチップ間での通信を行うためのピアツウピア通信やアドホック通信を自律的に行う必要もある。

一方、ナノテクノロジーの進展により、より高度な機能を小さなチップに集積することが可能となるが、耐圧の低下や高温動作での特性劣化など解決すべき課題も多い。シリコン半導体材料に比べ広いバンドギャップを有する GaN および SiC 等のワイドギャップ半導体材料は、摂氏350度以上の高温動作、50GHz・100V以上の高周波・高電圧動作を可能にする耐環境電子デバイスが製造可能と期待されているが、材料の持つ高い飽和速度等から期待出来る高耐圧・高周波特性を達成するデバイスは未だ提案されていない。その原因の一つは、不純物ドーピングが結晶成長中になされる以外の方法では確立していないためである。

本研究は分散型ナノ電子デバイスを実現するための基礎技術として、1)チップを数cm程度の比較的近距离に配置した場合における通信の確立方法を検討、2)近距離微少電力無線通信に適した通信方式、回路方式、LSI構成法の研究を行う。更に高温・高周波・高電圧動作させるためにワイドギャップ半導体材料を用いて、3)イオン注入技術により、GaN および SiC 等ワイドギャップ半導体材料への不純物高濃度化技術の開発、4)高温動作用低抵抗電極の作成と評価、5)高温・高周波・高電圧動作電子デバイスの作成と動作機構の解析、を行うことを目的とする。

平成18年度において分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究プロジェクトでは次のよう研究を実施した。

A. 分散型耐環境ナノ電子デバイス回路・システム

分散近距離無線通信に適した基本機能回路ブロックを試作し、その高周波特性、通信特性の評価を行う。分散近距離無線通信に適したアナログ回路機能ブロックの高性能化（低電圧動作化、低消費電力化、高速化）を行う。ピアツウピア通信に加え分散システムにおける通信を実現する際の問題点を整理し、解決方法の検討を行う。

B. 分散型耐環境ナノ電子デバイスと半導体デバイス・プロセス

前年度までに得られた研究成果を活用するデバイス構造の最適設計を行い、電子線描画装置を用いて GaN および SiC 等の基板上に電子デバイスを試作し、その電気特性を明らかにする。これらの結果から、微細ナノ電子デバイス特性を決定するデバイス構造ならびに製作プロセスに起因する要素を解明する。

以上の研究について以下に成果を述べる。

A. 分散型耐環境ナノ電子デバイス回路・システム

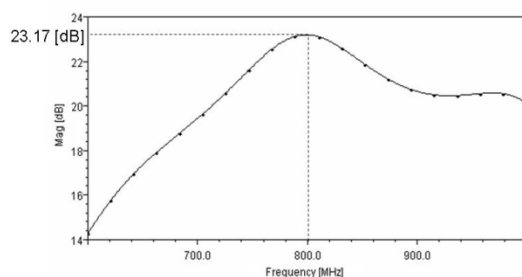
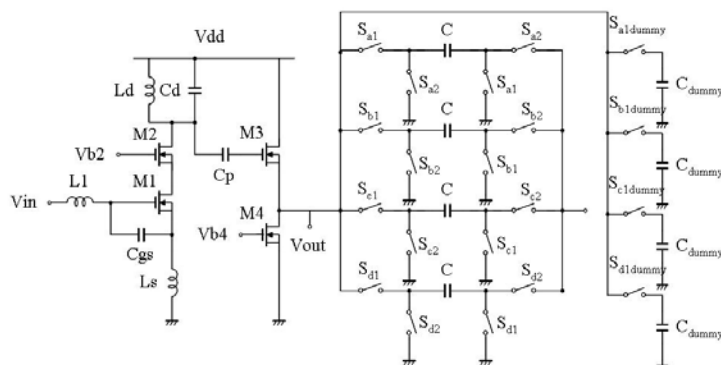
平成 18 年度計画

分散近距離無線通信に適した基本機能回路ブロックを試作し、その高周波特性、通信特性の評価を行う。分散近距離無線通信に適したアナログ回路機能ブロックの高性能化（低電圧動作化、低消費電力化、高速化）を行う。ピアツウピア通信に加え分散システムにおける通信を実現する際の問題点を整理し、解決方法の検討を行う。

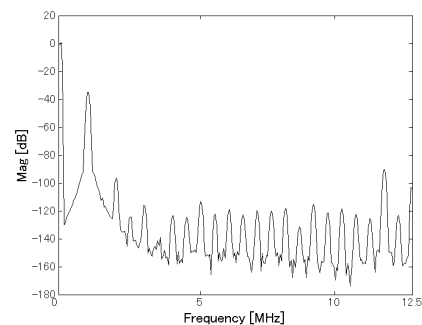
前年度までに得られた研究成果を活用するデバイス構造の最適設計を行い、電子線描画装置を用いて GaN および SiC 等の基板上に電子デバイスを試作し、その電気特性を明らかにする。これらの結果から、微細ナノ電子デバイス特性を決定するデバイス構造ならびに製作プロセスに起因する要素を解明する。

サブサンプリングミキサおよびこれに適した LNA

無線通信システムを構成する場合、周波数変換器により RF 信号をベースバンド信号に変換するが、携帯電話などの従来システムでは、ギルバート回路などの周波数変換器が用いられていた。我々は、LSI 化が容易な下図に示したダミーキャパシタを用いた利得が変動の少ないサブサンプリングミキサおよび LNA を提案した。この手法では、サブサンプリングミキサ部のスイッチングによるインピーダンスの変動をダミーキャパシタにより吸収し、この従来問題であった利得変動を低減させている。



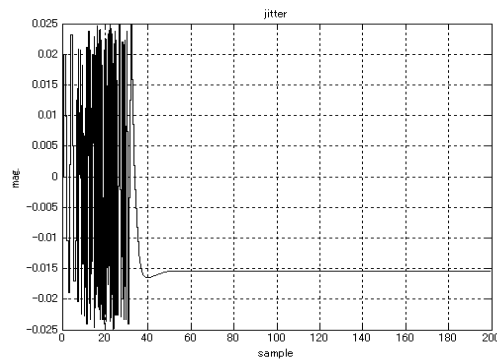
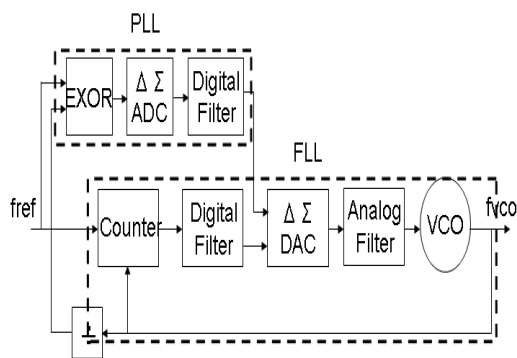
LNA の利得特性



LNA+ミキサの出力スペクトル

デジタル PLL

アナログ PLL は、ループフィルタの大きな時定数を実現するために大きなキャパシタが必要となり、これをチップ上に集積することが困難であった。我々は、VCO 以外をデジタル回路で実現した下図に示したデジタル PLL 回路を提案した。ループフィルタをデジタルフィルタ化し、時定数の大きなフィルタを集積化している。この方法では、周波数を制御するループと位相を制御するループに対し、異なったループ特性を実現することが可能で、かつまたこれを動的に変更することができる。これにより、高速ロックアップおよび低ジッタ特性を両立させることが可能である。VCO を駆動する DAC に $\Delta \Sigma$ DAC を用いることで低雑音特性を実現している。

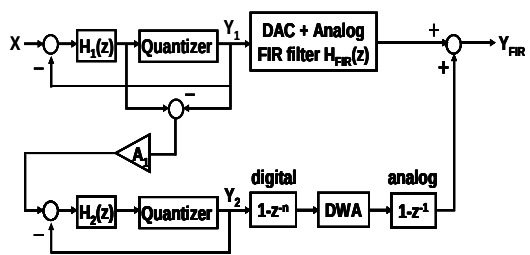


提案するデジタル PLL のブロック図

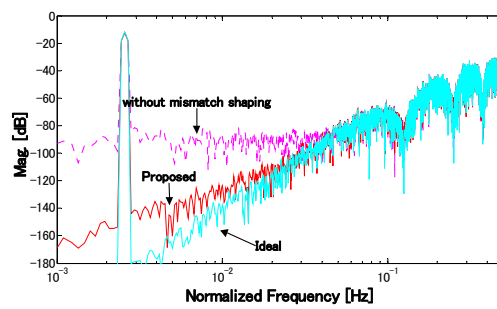
ジッタ特性

高精度 $\Delta \Sigma$ デジタル・アナログ変換器

短距離通信、アクチュエータ駆動には高精度デジタル・アナログ変換器が必要不可欠である。LSI においては、トランジスタの閾値電圧、容量値、抵抗値などの素子値ばらつきが、変換精度を決定する。今回、ばらつきの影響を数個のスイッチと DWA を組み合わせ 2 次のミスマッチシェーピングを実現出来る方法を提案した。高次のミスマッチシェーパの回路規模は、DAC のレベル数に対し指数関数的に増大するが、本提案方式では、回路規模が小さい DWA とスイッチのみで、2 次ミスマッチシェーパが構成でき、大幅に回路規模を削減できる。このため、1% のミスマッチがある場合でも、122 dB の SNR を実現することが可能である。



提案するカスケード型 $\Delta\Sigma$ DAC



出力スペクトル

B. 分散型耐環境ナノ電子デバイスと半導体デバイス・プロセス

B-1. GaNを用いたナノスケール超微細素子に関する研究

GaNへn型不純物原子Siのイオン注入を行い、活性化率の向上、および低接触抵抗が実現されたため、ナノスケールレベルの超微細素子作成の検討を行った。GaNへのイオン注入技術のデバイスへの応用の可能性を確認するため、チャンネル領域とソース・ドレイン領域の双方にイオン注入技術を応用したダブルイオン注入(Double Ion Implanted (DII) GaN MESFETを試作し、デバイスの高性能化に直接起因するオン抵抗の低減化を図った。さらに、MESFET よりも性能の優れたHEMTを試作し、直流特性を測定し、解析し検討を行った。

サファイア基板上に MOVPE で成長させた厚さ $2\mu\text{m}$ の un-GaN エピタキシャル層にチャンネル領域形成のため Si イオンを $5 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 注入した。ソース、ドレイン領域形成には同種ターゲットを $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 注入した。注入エネルギーはそれぞれ 150keV、80keV とした。また、注入時の表面保護膜として PECVD を用いて SiN_x を 50nm 堆積させた。注入後の熱処理は窒素雰囲気中にて 1200°C 、2 分間行った。オーミック電極には $\text{Ti}/\text{Al}=50/200\text{nm}$ 堆積させ、その後、窒素雰囲気中において 600°C 、3 分間の熱処理を行った。ゲート電極形成には、 $\text{Ni}/\text{Al}=50/100\text{nm}$ を用いた。今回特性評価に用いたデバイス寸法は、ゲート長 $2\mu\text{m}$ 、ゲート幅 $135\mu\text{m}$ である。図 B-1 に製作した GaN-MESFET の模式的断面構造を示す。

チャンネル領域とソース・ドレイン領域とをイオン注入で形成した DII MESFET 及びチャンネル領域のみをイオン注入で形成した Ion Implanted Channel (IIC) MESFET を試作した。DII MESFET と IIC MESFET を測定した結果(図 B-2)、それぞれ最大ドレイン電流(I_{dss}) 78 mA/mm 、 36 mA/mm ($V_{\text{g}}=0\text{ V}$ 、 $V_{\text{ds}}=15\text{ V}$)、相互コンダクタンス(gm_{MAX}) 10 mS/mm 、 3.8 mS/mm ($V_{\text{ds}}=15\text{ V}$)となり、ソース、ドレイン電極下に高濃度層を用いることで(DII MESFET)特性の向上が得られた。ドレイン電流-ドレイン電圧特性から、DII MESFET では大幅なオン抵抗の低減化が達成されていることが確認された。DII MESFET、IIC MESFET のソース、ドレイン抵抗はそれぞれ $8\ \Omega\cdot\text{mm}$ 、 $68\ \Omega\cdot\text{mm}$ となり抵抗の低減が図れた。これは、オーミック電極下のシート抵抗が大幅に低減したためである。表 B-1 に製作した CII-GaN MESFET および DII-GaN MESFET の動作抵抗を解析した結果を示す。

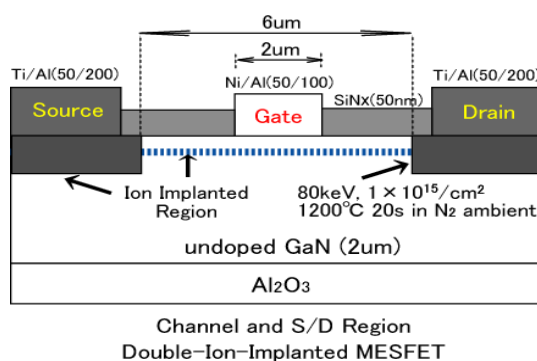


図 B-1 製作した DII-GaN MESFET 断面構造。

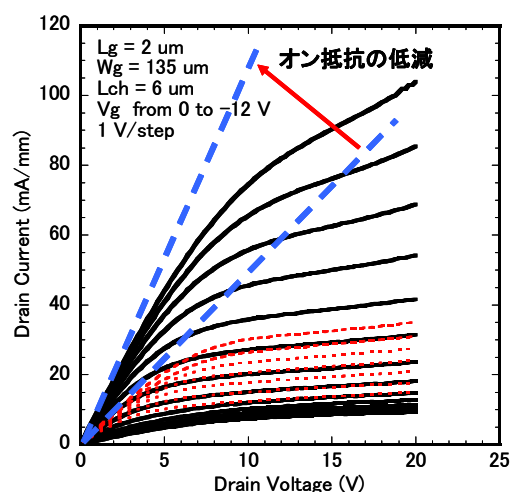


図 B-2 DII GaN-MESFET(黒線)および CII GaN-MESFET(赤線)の FET 特性。青色で示した直線の傾きの増加は、ソース、ドレイン領域への Si イオン注入によって ON 抵抗が減少していることがわかる。

表 B-1 製作した CII-および DII GaNMESFET の抵抗成分分離結果。

Ion Dose (/cm ²)		Ron (Ω・mm)	Rs,Rd (Ω・mm)	Rch (Ω・mm)
Channel	S/D			
5E+12	–	220	68	82
5E+12	1E+15	105	8	89

また、MESFET よりも性能向上が期待されるイオン注入 HEMT の試作を行った。HEMT デバイスのチャンネル領域は AlGa_{0.25}N/GaN および GaN/AlGa_{0.25}N/GaN の2種類の結晶構造を検討した。GaN/AlGa_{0.25}N/GaN は結晶構造が複雑であるが、AlGa_{0.25}N/GaN にくらべ表面に形成するゲート電極のリーク電流の低減が期待される構造である。

試料は(0001)サファイア基板の上に MOVPE 法でアンドープ GaN を 2 μm、Al_{0.25}Ga_{0.75}N を 25 nm を成長させた基板、及び、最表面にショットキー層となるアンドープ GaN を 5 nm 成長させた基板を用いた。イオン注入時の表面結晶欠陥の導入、表面汚染を防ぐため、注入時の表面保護膜として PECVD を用いて SiN_x を 25 nm 堆積させた。イオン注入は SiN_x 膜を通して注入を行った。ソース、ドレイン電極下の高濃度領域形成には Si イオンを $1.6 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 、 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 注入し、注入エネルギーはそれぞれ、30 keV、80 keV とした。イオン注入時に SiN_x 層を通して行っているため、実効注入量が $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ となるように注入プロファイルを設定した。注入後の活性化熱処理は窒素雰囲気中にて 1200℃、2 分間行った。オーミック電極には Ti/Al=30/200 nm 堆積させ、その後、窒素雰囲気中において 550℃、1 分間の熱処理を行った。このときのコンタクト抵抗はそれぞれ 0.08 Ω・mm、0.1 Ω・mm となった。ゲート電極形成には、Ni/Al=50/200 nm を使い、電極間保護膜は PECVD を用いて SiN_x を 50 nm 堆積した。デバイス寸法は、ゲート長 1 μm、ゲート幅 100 μm ゲート・ソース、ゲート・ドレイン間距離はそれぞれ 1 μm、3 μm である。アンドープ GaN を最表面層に成長させた構造を用いて電気特性の効果を明確にするため、ソース、ドレイン領域をイオン注入で形成した I/I AlGa_{0.25}N/GaN HEMT と I/I GaN/AlGa_{0.25}N/GaN HEMT を製作した。最上層にアンドープ GaN を形成することで、通常の AlGa_{0.25}N/GaN HEMT よりもコンタクト抵抗が 0.13 Ω・mm から 0.1 Ω・mm へと低減でき、さらに逆方向ゲートリーク電流が 0.1 mA/mm のときの逆方向電圧が 40 V から 280 V へとリーク電流の低減が得られた。図 B-3 に製作した I/I HEMT の模式的断面構造を示す。

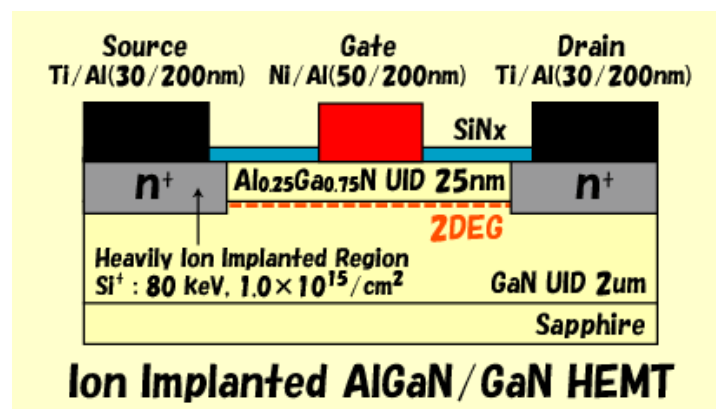


図 B-3 イオン注入 AlGa_{0.25}N/GaN HEMT の断面構造の模式図。
GaN/AlGa_{0.25}N/GaN HEMT では、エピタキシャル層の最表面に厚さが 5nm である GaN 層が追加されている。

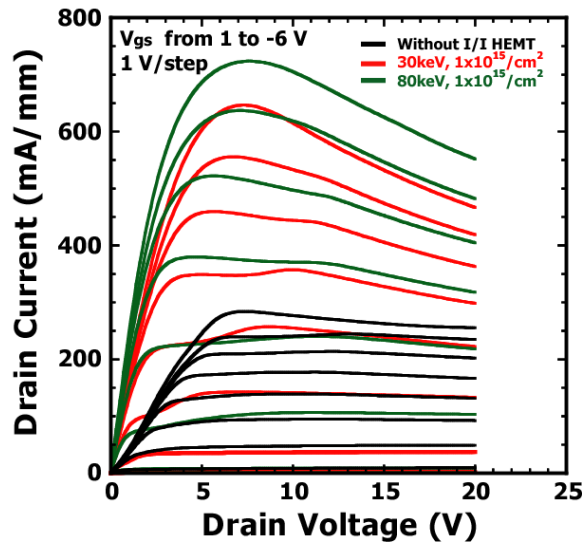


図 B-4 製作した GaN/AlGaIn/GaN HEMT の電気特性の評価例。

次に、GaN/AlGaIn/GaN に Si イオンをそれぞれ注入エネルギー 30 keV、80 keV、実効注入量 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ で注入し、TLM 法を用いて電気特性の評価を行った。80 keV のシート抵抗は $525 \Omega/\square$ から $164 \Omega/\square$ と減少したが、30 keV の時のシート抵抗は $542 \Omega/\square$ と増加した。しかし、注入エネルギーが 30 keV ときのコンタクト抵抗は $0.08 \Omega \cdot \text{mm}$ となり、80 keV よりも減少した。この原因として、シート抵抗においてはイオン注入深さが浅い場合、試料表面近傍の不純物イオン注入量が大幅に増加し、高温熱処理による結晶回復が図れなかったことに起因すると考えられる。このときの活性化率は 5 % 程度と非常に低くなっている。しかし、注入エネルギーが 30 keV ときは 80 keV ときに比べて電極進入長 L_T が $0.6 \mu\text{m}$ から $0.15 \mu\text{m}$ と減少するため、これに応じてコンタクト抵抗も減少する。また、イオン注入エネルギーを 80 keV、活性化熱処理を 1200°C 、 N_2 雰囲気中で行い、注入層のシート抵抗及びシートキャリア濃度の実効注入量依存性を評価した。実効注入量の増加に伴いシート抵抗は低減し、シートキャリア濃度は増加する。しかし、活性化率はイオン注入量の増加に伴い増加したが、 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 以降で減少した。これは注入時に導入された結晶欠陥を回復させるのに熱処置温度 1200°C では低く、回復しきれなかったと考えられる。

アンドープ GaN/AlGaIn/GaN の移動度は $1500 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ となっており、 1200°C の高温熱処理のみ行った試料では $1400 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ となるため、高温熱処理による 2DEG 層への影響は非常に少ないと言える。イオン注入を行った結果、少ない注入量であっても注入層の移動度が未注入の場合に比べ桁以上減少する。しかし、本研究に用いたデバイス構造では、選択的に高濃度のイオン注入を行うことで、ゲート電極下の未注入チャネル層は高移動度を維持したまま、ソース、ドレイン領域の高濃度層を形成できるため、オン抵抗が減少でき、デバイスの大幅な向上が実現できる。

以上の結果について、寄生ソース抵抗大部分はヘテロ界面のエネルギー障壁によるものと考えられる。本研究では、注入エネルギー 80 keV の場合がヘテロ界面に Si 濃度のピークがあるため、高温アニールによって鋭いヘテロ界面を乱し、エネルギー障壁を下げると思われる。また、イオン注入によって高濃度化することで、不純物ドーピングで形成された高濃度層よりもコンタクト抵抗が低くなることが予測される。

I/I GaN/AlGaIn/GaN HEMT と従来のイオン注入を用いていないデバイスで DC 特性の比較を行った。注入エネルギー 80 keV の時の飽和ドレイン電流はゲート電圧 $V_g = +1 \text{ V}$ で 723 mA/mm および最大相互コンダクタンスは 147 mS/mm となった。イオン注入を行っていないときの特性と比較して大幅な特性の向上がそれぞれに見られた。また、オン抵抗は $26.2 \Omega \cdot \text{mm}$ から $4.2 \Omega \cdot \text{mm}$ と減少した。以上のことからイオン注入を用いたことによって寄生ソース抵抗が低減され、デバイス特性の

向上に繋がったといえる。さらに、オン抵抗を成分分離することでよりイオン注入の効果を明確にした。イオン注入エネルギーが大きいとシート抵抗が減少することからそれに比例してイオン注入領域の抵抗(R_{imp})が減少した。また、ソース抵抗、ドレイン抵抗の減少も顕著であった。

以上のように本年度は以上、目標に対しおおむね100%以上を達成した。

B-2. SiC を用いたナノスケール超微細素子に関する研究

SiCへのイオン注入法を用いた不純物ドーピングによる伝導形の制御およびシート抵抗の低減およびSiC上に形成した金属電極の電気特性の解明が進んだことから、本年度においては、これまでに得られた知見を元に、イオン注入法によって作製した接合型ダイオードの特性とダイオード製作プロセスとの関連を明らかにしつつ、SiC電子デバイスの実現を図った。

試料基板には n 形エピタキシャル層 ($N_d=1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 、厚さ: $5 \mu\text{m}$) を成長した n 形 4H-SiC(0001)(オフ角: 4°) を用いた。p⁺層の形成には Al イオンを注入層の厚さが 350nm、不純物濃度が $3 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ となるように多段注入(エネルギー: 30~170keV)を、試料基板を 500℃に加熱しながら行った。総注入量は $7.2 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ であった。活性化アニールは電子衝撃アニール装置(EBAS)を用いて 1700~1900℃においてそれぞれ 1 分間行った。ダイオードは、CF₄+Ar を用いたドライエッチングにより深さ約 $1 \mu\text{m}$ 、直径 $100 \mu\text{m}$ の円形メサ構造に加工した。イオン注入層へのオーミック電極は、Ti/Al(20nm/100nm)を Ar 流中で 900℃において 3 分間の熱処理を行うことで形成した。裏面電極には Al(150nm)を用いた。イオン注入層の電気特性の評価にはホール効果測定、接触抵抗率の評価には TLM 測定、ダイオードの電気特性の評価には I-V 測定を行った。図 B-5に製作した Al イオン注入 pn 接合ダイオードの模式的断面構造を示す。

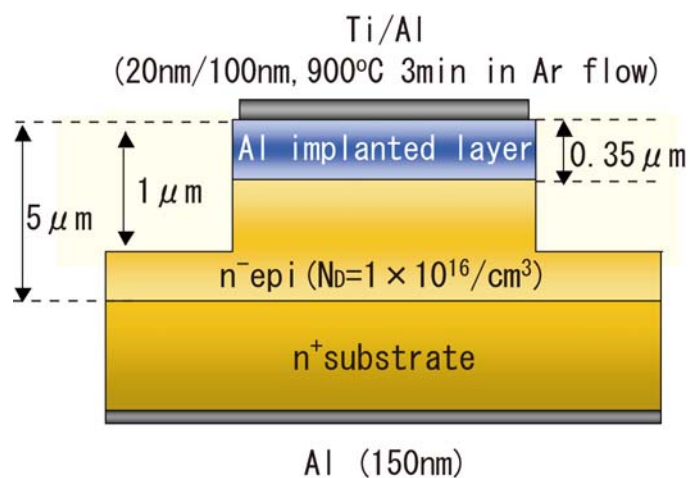
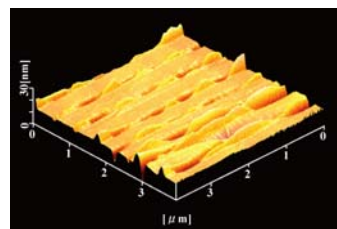
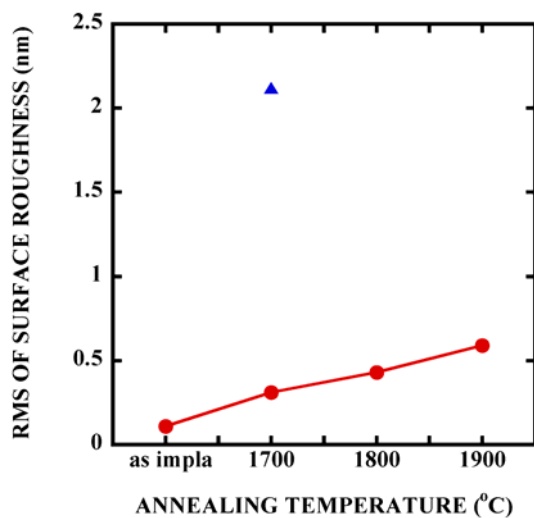


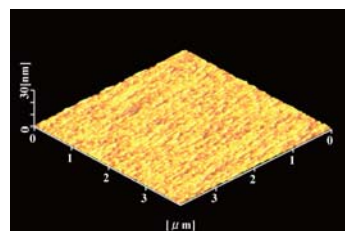
図 B-5 試作した Al イオン注入 pn 接合 4H-SiC ダイオードの断面模式図。

図 B-6 に示すように、Al イオン注入直後の SiC 表面は、その表面荒さ(RMS)は 0.11nm と非常に平坦であった。一方、アニールを行った試料ではアニール温度の増加に伴い、表面荒さは増加した。しかし、1700 および 1800℃において 1 分間のアニールを行った試料ではイオン注入直後に比べ表面状態の変化は確認されるが、表面荒さは約 0.3~0.4nm と平坦な表面状態を維持した。1900℃において 1 分間のアニールを行った試料表面には穴が観察されるが表面荒さは 0.59nm であり、平坦な表面状態を維持している。アニールに EBAS を用いることで、ステップバンチングなどの表面荒れが抑制されている。

Al イオン注入層のシート抵抗は、アニール温度の増加に伴い、Al アクセプターの活性化によって減少した。1900℃において 1 分間の熱処理を行った試料から得られたシート抵抗は $5.8 \text{ k}\Omega/\text{sq.}$ 、シートキャリア濃度は $2.3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ であった。一方、Ti/Al オーミック電極の接触抵抗率はアニー



RF炉(in Ar) 1700°C



EBAS 1700°C

図 B-6 Al イオン注入 4H-SiC の EBAS 熱処理による表面粗さの熱処理温度依存性。参考に誘導加熱(RF)炉による熱処理結果を示す。

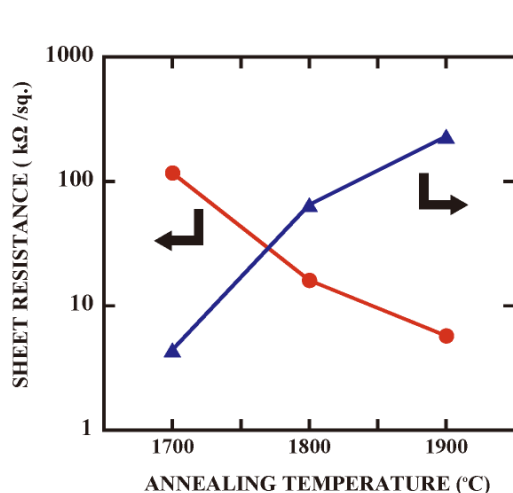


図 B-7 Al イオン注入 4H-SiC におけるシート抵抗とシートキャリア濃度の熱処理温度依存性。

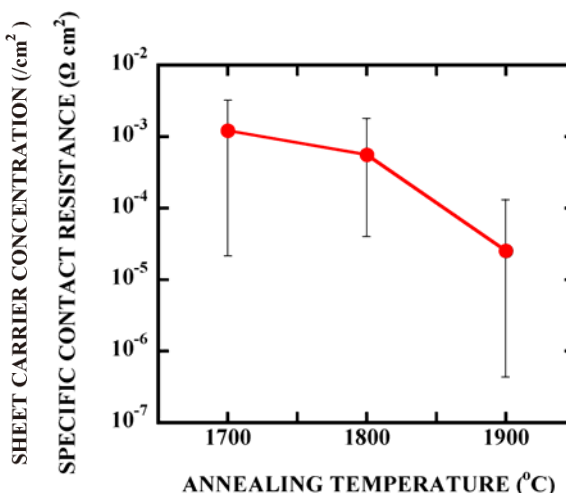


図 B-8 Ti/Al オーミック電極のイオン注入層の熱処理温度依存性。

ル温度の増加に伴い減少した(図B-7、8参照)。接触抵抗率はシート抵抗に比例することから、アニール温度の増加によるシート抵抗の減少により接触抵抗率が減少したと考えられる。1900°Cにおいて1分間のアニールを行った試料から得られた接触抵抗率は $2.5 \times 10^{-5} \Omega\text{-cm}^2$ と十分に低い値を得られた。

図B-9に示すように、1700~1900°Cにおいて1分間のアニールを行った試料から得られた電流密度-電圧特性は、整流特性を示し、注入層/基板界面においてpn接合が形成されていることが確認された。1700および1800°Cにおいて1分間のアニールを行った試料では、0~1Vの順バイアス

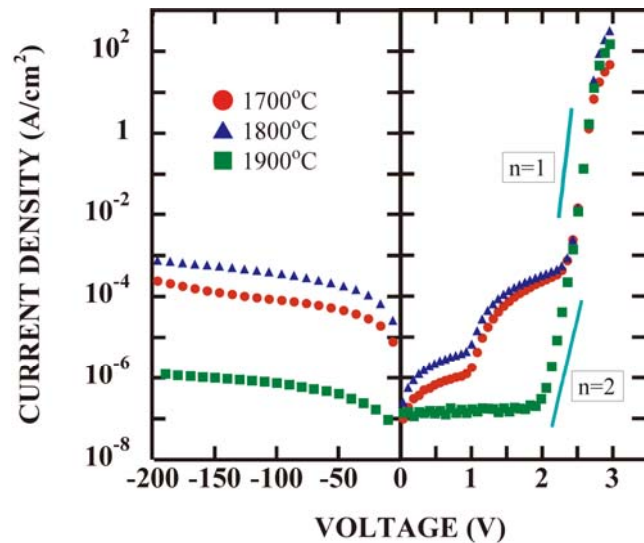


図 B-9 Al イオン注入によって製作した 4H-SiC pn 接合ダイオードの整流特性。熱処理温度の増加に伴い、リーク電流成分が減少している。図中に示した直線の傾き($n=1$ または 2)は、ダイオードを流れる電流が、それぞれ拡散電流および再結合電流にであることを示している。

範囲において抵抗成分が確認される。また、約 1V～2V において 4H-SiC とは異なるダイオード成分によると考えられる電流の増加があり、pn 接合近傍の結晶欠陥に起因すると考えられる。一方、1900°Cにおいて 1 分間のアニールを行った試料では順バイアスにおいて、欠陥に起因すると考えられる電流の増加は確認されない。また、電流密度－電圧特性の傾きから、2.0～2.5V においては電子とホールとの再結合電流が、2.5～2.7V においては拡散電流が支配的であると考えられる。逆バイアスでは-100V 印加時のリーク電流密度は $7 \times 10^{-7} \text{ A/cm}^2$ 程度であり 1700～1800°Cにおいてアニールを行った試料に比べ二桁以上の改善が確認できた。これらのことから 1800°C以下においてアニールを行った試料の pn 接合界面近傍の結晶欠陥に起因すると考えられる抵抗成分が 1900°Cにおけるアニールにより除去できていることが示唆される。

1700°Cにおいて 1 分間のアニールを行った試料から得られたオン抵抗は $3.6 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ であった。また、1800°Cにおいて 1 分間のアニールにより、オン抵抗は $1.3 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ へ減少した。これはアニール温度の増加に伴うイオン注入層のシート抵抗や Ti/Al オーミック電極の接触抵抗率の減少によるダイオードの直列抵抗の起因しているものと考えられる。しかし、1900°Cにおいて 1 分間のアニールを行った試料から得られたオン抵抗は $1.6 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ であり、シート抵抗や接触抵抗率に依存していない。このためオン抵抗は n-epi 層の抵抗が支配的であると考えられる。1700°Cにおいて 1 分間のアニールを行った試料から得られた閾値電圧は 3.2V であった。1800°C以上の温度におけるアニールにより閾値電圧は約 2.9V へ低下した。これは上述したオン抵抗の減少により、低い電圧で閾値電流密度(100 A/cm^2)が得られたことに起因している。

p+n 接合ダイオードの理想ブレイクダウン電圧は SiC の絶縁破壊電界強度 (3 MV/cm) と n 形ドリフト層の厚さ ($5 \mu\text{m}$) から 750V 程度と期待できる。それぞれの温度においてアニールを行った試料から得られた耐圧は 500～600V 程度であり理論耐圧の 69～83%の耐圧が得られた。

以上の電子デバイスの試作結果から、微細ナノ電子デバイス特性を決定するデバイス構造ならびに製作プロセスに起因する要素を解明することができ、目標をほぼ100%達成することができた。

分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究プロジェクト成果リスト

栗山一男

- 1) **K. Kuriyama**, M. Ooi, A. Onoue, K. Kushida, M. Okada, and Q. Xu,
Thermally Stimulated Current Studies on Neutron Irradiation Induced Defects in GaN,
Appl. Phys. Lett., **88**, pp.132109-1–2 (2006).
- 2) **K. Kuriyama**, Y. Mizuki, H. Sano, A. Onoue, K. Kushida, M. Okada, M. Hasegawa, I. Sakamoto,
and A. Kinomura,
Lattice Disorder in Neutron Irradiated GaN: Nuclear Reaction Analysis and Rutherford backscattering
Studies
Nuclear instruments and Methods, **B 249**, pp.132–135 (2006).
- 3) Y. Mizuki, A. Onoue, **K. Kuriyama**, M. Hasegawa, and I. Sakamoto
Characterization of the InN Conversion Layer in InP Surface by Ammonia Gas: Nuclear Reaction
Analysis, X-ray Diffraction and Raman Scattering Studies
Nuclear instruments and Methods, **B 249**, pp.136–139 (2006).
- 4) K. Kushida and **K. Kuriyama**
Band Gap of LiInO_2 Synthesized by a Sol-Gel Method
Phys. Stat. Sol. (c), **3**, pp. 2800–2083 (2006).
- 5) **K. Kuriyama**, M. Ooi, K. Matsumoto, and K. Kushida
Thermally Stimulated Current Studies on Deep Levels in Hydrothermally Grown Single Crystal ZnO
Bulk
Appl. Phys. Lett., **89**, pp.242113-1–3 (2006).

著書

- 1) 栗山一男、串田一雅
全固体二次電池の開発—高性能化と製造技術—（金村監修）サイエンス&テクノ
ロジー、「超微小リチウム電池の構成と特性」第2章、pp.92–100、2007.

口頭発表

- 1) K. Nakamura, K. Motoki, Y. Michihiro, T. Kanashiro, M. Yahagi, H. Hamanaka, and **K. Kuriyama**,
 Li^+ Ionic Diffusion and Vacancy Ordering in $\beta\text{-LiGa}$
Farady Discussion 134: Atomic Transport and Defect Phenomena in Solids, Guildford,
United Kingdom, (2006. 7).
- 2) **K. Kuriyama**, T. Ishikawa, and K. Kushida
Optical Band Gap and Bnding Character of Li_3GaN_2
28th International Conference on the Physics of Semiconductor, Vienna, Austria,
(2006.7).

- 3) **K. Kuriyama**, A. Onoue, Y. Yuasa, and K. Kushida
Atomic Force Microscopy Observation of the Jahn-Teller Instability in Spinel LiMn_2O_4
Embedded in Silicon Substrates
28th International Conference on the Physics of Semiconductor, Vienna, Austria,
(2006.7).

中村徹

学術論文

- 1) Kazuki Nomoto, Tomoyoshi Mishima, Masataka Satoh and **Tohru Nakamura**
Ion-Implanted GaN/AlGaN/GaN HEMTs with Extremely Low Gate Leakage Current
Mat. Res. Soc. Symp, 2006 Materials Research Society, (2006).
- 2) M. Satoh, T. Saitoh, K. Nomoto, and **T. Nakamura**
Investigation of electrical properties in Si ion implanted GaN layer as a function of dose and energy
Mater. Res. Soc. Sympo. Proc. **955E**, 0955-I15-31(2006).
- 3) M. Satoh, N. Itoh, K. Nomoto, **T. Nakamura**, and T. Mishima
Impact of Si^+ Implantation on Reduction of Contact Resistance in Ti/Al contact to GaN
Phys. Stat. Sol. (c) **4**, pp. 2621-2624 (2007).
- 4) K. Nomoto, T. Mishima, M. Satoh, and **T. Nakamura**
 Si^+ Implanted AlGaN/GaN HEMTs with Reduced ON-Resistance
Phys. Stat. Sol. (c) **4**, pp. 2704-2707 (2007).

口頭発表

- 1) 鈴木彬、梶原裕章¹、葛西武、佐藤政孝、**中村徹**
イオン注入された(11-00)、(112-0)GaNの結晶評価
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1287, 平成18年8月 (2006) .
- 2) 松島孝典、中嶋正裕、野本一貴、葛西武、佐藤政孝、**中村徹**
AlGaN/GaN HEMTにおける1/f雑音特性の表面保護膜依存性
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1292, 平成18年8月 (2006) .
- 3) 野本一貴、佐藤政孝、**中村徹**
Siイオン注入AlGaN/GaN HEMT特性に及ぼすソース領域の面積効果
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1297, 平成18年8月 (2006) .
- 4) 佐藤光、塚本健太、葛西武、佐藤政孝、**中村徹**
イオン注入GaN FETのソース電流分布の解析
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1298, 平成18年8月 (2006) .
- 5) 田島卓、野本一貴、葛西武、佐藤政孝、**中村徹**
サブミクロンT型ゲートAlGaN/GaN HEMTへのイオン注入効果(2)

平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1298, 平成18年8月 (2006) .

- 6) 松島 孝典、中嶋正裕、野本一貴、佐藤政孝、**中村徹**
AlGaIn/GaN HEMTにおける1/f雑音特性の表面保護膜依存性
電子情報通信学会 電子デバイス研究会、平成18年11月24日 (2006) .
- 7) 野本一貴、田島 卓、佐藤政孝、中村 徹、三島友義
低ゲートリーク電流Siイオン注入GaIn/AlGaIn/GaN HEMTの研究
電気学会研究会資料、EDD-07-39-49, pp. 35-38, 平成19年3月 (2007)
- 8) 野本一貴、田島卓、**中村徹**、佐藤政孝
ゲートリーク電流Siイオン注入GaIn/AlGaIn/GaN HEMT
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1489、平成19年3月 (2007).
- 9) 田島卓、野本一貴、**中村徹**、佐藤政孝
イオン注入T型ゲートAlGaIn/GaN HEMTの微細化
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1489、平成19年3月 (2007).
- 11) 内海悟志、竹中一将、**中村徹**、佐藤政孝
イオン注入を用いた4H-SiCのバイポーラトランジスタの作製
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 429、平成19年3月 (2007).
- 11) 塚本健太、佐藤光、**中村徹**、佐藤政孝
イオン注入4H-SiCバイポーラトランジスタのベース電流分布の考察
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1493、平成19年3月 (2007).
- 12) 川田昌和、田島卓、野本一貴、**中村徹**、佐藤政孝、葛西武
ICPによるGaInのドライエッチングと形状制御
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1488、平成19年3月 (2007).
- 13) 中嶋正裕、松島孝典、**中村徹**、佐藤政孝
イオン注入AlGaIn/GaN HEMTにおける低周波雑音解析
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1489、平成19年3月 (2007).
- 14) **T. Nakamura**
Bipolar Devices and GaN FETs
Special Lecture Program for Foreign Scholar at National Central University,
National Central University, Taiwan, Nov. 1-2, (2006)

大竹孝平

学術論文

- 1) 亀田昌志、**大竹孝平**
画像のサブバンド符号化における空間一周波数領域の最適分割
電子情報通信学会論文誌 A, **J90-A**, pp.142-156 (2007).

口頭発表

- 1) 市川剛士、**大竹孝平**、畔柳功芳

DS/CDMA 通信方式における信号部分空間法に基づく適応アンテナアレーMMSE 受信機
電子情報通信学会信学技報.106, WBS2006-2, pp.7-12 (2006).

- 2) M. Tomita, N. Kuroyanagi, **K. Ohtake**, N. Suehiro, and S. Matsufuji
A Multi-rate CDMA System with Block-Spreading Schemes for Anti-Interference and High Frequency Efficiency"
IWCMC2006 (2006).
- 3) 市川剛士、**大竹孝平**、畔柳功芳
DS/CDMA 通信方式における信号部分空間法に基づくブラインド型適応アンテナアレーMMSE 受信機
電子情報通信学会信学技報 106, WBS2006-24, pp.1-6 (2006).
- 4) 清水洋平、**大竹孝平**、畔柳功芳
ブロック拡散 CDMA (BS/CDMA) 通信方式における改良型パイロット支援 MMSE 受信機
電子情報通信学会信学技報 106, WBS2006-25, pp.7-12 (2006).
- 5) 佐田康文、**大竹孝平**
画像のブロック適応処理型加法電子透かし方式
電子情報通信学会信学技報 106, WS2006-30, pp.1-6 (2006).
- 6) 川下智司、市川剛士、**大竹孝平**、畔柳功芳
ブロック拡散 CDMA (BS/CDMA) 通信方式における適応アンテナアレーを用いた MMSE 信号検出
電子情報通信学会信学技報 106, WBS2006-86, pp.23-28 (2007).
- 6) 富田光博、畔柳功芳、**大竹孝平**、末広直樹
ブロック拡散 CDMA 方式のパスダイバーシチ効果による伝送容量の増大
電子情報通信学会信学技報 106, WBS2006-87, pp.29-34 (2007).

齋藤兆古

学術論文

- 1) K. Kimura, M. Takei, **Y. Saito**, and K. Horii
Study on Relationship between Particles and Structure of Condensation Jet using 2D Image and Discrete Wavelets Multiresolution
International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing 4, pp.227-238 (2006).
- 2) M. Takei, M. Ochi, **Y.Saito**, and K.Horii
Extraction of Particle Concentration from Plug Flow CT Images using 3D Wavelet Multiresolution
International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing 4, pp.239-251 (2006).
- 3) M. Inami, H. Iwasaki, N. Morohoshi, I. Kataoka, **Y. Saito**, H. Tsuchiya, and K. Horii,
Visualization of the Sympathy Interaction between Articles and the Readers
International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing 4,

pp.253-261 (2006).

- 4) S. Matsuyama, S. Matsuyama, and **Y. Saito**

Data Handling Methodology for Discrete Wavelets and Its Application to the Dynamic Vector Fields

International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing **4**, pp. 263-271 (2006).

- 5) H. Endo, S. Hayano, **Y. Saito**, I. Marinova, and K. Horii

Modal-Wavelet Transform as a Smart Visualizing Tool

International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing **4**, pp. 345-356 (2006).

- 6) 田中健嗣、吉田美智子、武居昌広、植村知正、**齋藤兆古**

モーダルウェーブレット換を用いた PIV 計測結果の解析における最適基底関数の選択

日本可視化情報学会論文誌 **26**, pp. 8-88 (2006 年).

- 7) M. Inami, **Y. Saito**, H. Iwasaki, and K. Horii

Love between Genji and Utsusemi in *THE TALE OF GENJI* - Discrete Wavelets Multi-resolution Analysis-

12th International Symposium on Flow Visualization September 10-14, 2006, German Aerospace Center (DLR), Göttingen, Germany

- 8) K. Tanaka, M. Takei, **Y. Saito**, and D. H. Doh

Application of Modal Wavelets to PIV Measurements by Selecting Basis Function

Journal of Visualization **9**, pp. 445-455 (2006).

- 9) 李鹿輝、加藤千恵子、**齋藤兆古**

降雪の $1/f$ ゆらぎ現象

映像情報 (専門雑誌) pp.57-62(2007.3).

口頭発表

- 1) 高翔、小杉山格、**齋藤兆古**、堀井清之

フーリエ余弦変換による動画像の特徴抽出,"

第 34 回可視化情報シンポジウム B 204(工学院大学、2006 年 7 月).

- 2) 井波真弓、**齋藤兆古**、堀井清之

ウェーブレット多重解像度解析による助詞「よ」、「ね」、「よね」から暗黙知の抽出

第 34 回可視化情報シンポジウム B 209(工学院大学、2006 年 7 月).

- 3) 井波真弓、**齋藤兆古**、堀井清之

文学作品の正規直交化解析に関する一考察

第 34 回可視化情報シンポジウム B 210(工学院大学、2006 年 7 月).

- 3) 寺西正晃、**齋藤兆古**、堀井清之

自然現象における時間領域周波数特性の可視化

第 34 回可視化情報シンポジウム B 211(工学院大学、2006 年 7 月).

- 4) 牛島央智, 李鹿輝, 齋藤兆古
円柱後流における $1/f$ 周波数成分の可視化
第 34 回可視化情報シンポジウム A305 (工学院大学、2006 年 7 月).
- 6) 黒田洪平, 齋藤兆古, 堀井清之
表皮効果の可視化による高周波用導体断面形状の最適化
第 34 回可視化情報シンポジウム A308 (工学院大学、2006 年 7 月).
- 7) 星野賢治, 齋藤兆古, 堀井清之
コンデンサー中を流れる変位電流の可視化
第 34 回可視化情報シンポジウム A309 (工学院大学、2006 年 7 月).
- 8) 田中祐司, 齋藤兆古, 堀井清之
磁性体に起因する非線形現象の可視化
第 34 回可視化情報シンポジウム A310 (工学院大学、2006 年 7 月).
- 10) 須永高志, 寺西正晃, 齋藤兆古, 堀井清之
ビッター法による可視化磁区画像から $1/f$ ゆらぎの抽出
第 34 回可視化情報シンポジウム A311 (工学院大学、2006 年 7 月).
- 11) 高翔, 青木亮一, 齋藤兆古
画像の幾何学的固有パターンを用いた手話識別
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 11) 寺西正晃, 齋藤兆古
動画像の時間領域周波数解析の応用
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 12) 黒田洪平, 齋藤兆古
表皮効果の可視化による高周波用導体断面形状の最適化
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生 日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 13) 星野賢治, 齋藤兆古
端効果の可視化によるコンデンサー形状の最適化
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生 日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 14) 須永高志, 寺西正晃, 齋藤兆古
ビッター法による可視化磁区画像から周波数特性の抽出
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生 日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 15) 井波真弓, 齋藤兆古, 堀井清之
空蟬の恋の特徴抽出 – 離散値系ウェーブレット変換 –
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生 日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 16) 加藤千恵子, 齋藤兆古, 堀井清之
因子分析, 相関分析, 離散値系ウェーブレット多重解像度解析を用いた結婚観と仕事観の関連性分析
第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生 日本 AEM 学会 (2006. 11.).
- 17) 田中祐司, 齋藤兆古

磁化特性のモデリングと電気機器可視化解析への応用

第 15 回 MAGDA コンファレンス in 桐生 日本 AEM 学会 (2006. 11.).

佐藤政孝

学術論文

- 1) M. Satoh, T. Suzuki, and S. Miyagawa
Annealing Behavior of N⁺-implantation-Induced Defects in SiC at Low Temperature
Mater. Sci. Forum **527-529**, pp. 791-794 (2006).
- 2) M. Satoh and H. Matsuo
Evaluation of Schottky Barrier height of Al, Ti, Au, and Ni Contacts to 3C-SiC
Mater. Sci. Forum **527-529**, pp. 923-926 (2006).
- 3) M. Satoh and T. Suzuki
Impurity Concentration Dependence of Recrystallization Process of Phosphorus Implanted 4H-SiC(11-20)
Mater. Sci. Forum **527-529**, pp. 799-802 (2006).
- 4) M. Shigabaki, M. Satoh, Y. Kurematsu, K. Numajiri, F. Watanabe, S. Haga, K. Miura, T. Suzuki, and S. Miyagawa
Development and Investgation on EBAS-100 of 100 mm Diameter Wafer for 4H-SiC Post Ion Implantation Annealing
Mater. Sci. Forum **527-529**, pp. 807-810 (2006).
- 5) M. Shibagaki, A. Egami, A. Kumagai, K. Numajiri, F. Watanabe, S. Haga, K. Miura, S. Miyagawa, N. Kudoh, T. Suzuki, and M. Satoh
Impact of EBAS Annealing on Sheet Resistance Reduction for Al-implanted 4H-SiC(0001)
Mater. Res. Soc. Symp Pro. **911**, 0911-B11-02 (2006).
- 6) K. Nomoto, T. Mishima, M. Satoh, and T. Nakamura
Ion-Implanted GaN/AlGa_{0.3}N/GaN HEMTs with Extremely Low Gate Leakage Current
Mat. Res. Soc. Symp, 2006 Materials Research Society, (2006).
- 7) M. Satoh, T. Saitoh, K. Nomoto, and T. Nakamura
Investigation of Electrical Properties in Si Ion Implanted GaN Layer as a Function of Dose and Energy
Mater. Res. Soc. Sympo. Proc. **955E**, 0955-I15-31(2006)
- 8) E. Taguchi, Y. Suzuki, and M. Satoh
Electrical Properties of N Ion Implanted Layer in 3C-SiC(100) Grown on Self-Standing 3C-SiC Substrate
Mater. Sci. Forum **556-557**, pp. 579-582 (2007).
- 9) S. Miyagawa, T. Suzuki, T. Kudo, and M. Satoh

- Encapsulating Annealing of N⁺ Implanted 4H-SiC by Diamond-Like-Carbon Film
Mater. Sci. Forum **556-557**, pp. 583-586 (2007).
- 10) A. Egami, M. Shibagaki, A. Kumagai, K. Numajiri, S. Miyagawa, T. Kudo, S. Uchiumi, and M. Satoh
Fabrication of pn-Junction Diode for N⁺ Implanted 4H-SiC(0001) Annealed by EBAS
Mater. Sci. Forum **556-557**, pp. 929-932 (2007).
- 11) Y. Suzuki, E. Taguchi, S. Nagata, and M. Satoh
Evaluation of Specific Contact Resistance of Al, Ti, and Ni Contacts to N Ion Implanted 3C-SiC(100)
Mater. Sci. Forum **556-557**, pp. 705-708 (2007).
- 12) M. Satoh, N. Itoh, K. Nomoto, T. Nakamura, and T. Mishima
Impact of Si⁺ Implantation on Reduction of Contact Resistance in Ti/Al contact to GaN
Phys. Stat. Sol. (c) **4**, pp. 2621-2624 (2007).
- 13) K. Nomoto, T. Mishima, M. Satoh, and T. Nakamura
Si⁺ Implanted AlGaIn/GaN HEMTs with Reduced ON-Resistance
Phys. Stat. Sol. (c) **4**, pp. 2704-2707 (2007).

口頭発表

- 1) 鈴木彬、梶原裕章、葛西武、佐藤政孝、中村徹
イオン注入された(11-00)、(112-0) GaNの結晶評価
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1287, 平成18年8月 (2006) .
- 2) 松島孝典、中嶋正裕、野本一貴、葛西武、佐藤政孝、中村徹
AlGaIn/GaN HEMTにおける1/f雑音特性の表面保護膜依存性
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1292, 平成18年8月 (2006) .
- 3) 野本一貴、佐藤政孝、中村徹
Siイオン注入AlGaIn/GaN HEMT特性に及ぼすソース領域の面積効果
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1297, 平成18年8月 (2006) .
- 4) 佐藤光、塚本健太、葛西武、佐藤政孝、中村徹
イオン注入GaN FETのソース電流分布の解析
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1298, 平成18年8月 (2006) .
- 5) 田島卓、野本一貴、葛西武、佐藤政孝、中村徹
サブミクロンT型ゲートAlGaIn/GaN HEMTへのイオン注入効果(2)
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 1298, 平成18年8月 (2006)
- 6) 田口悦司、鈴木優、永田翔平、佐藤政孝
窒素イオン注入3C-SiC(100)に形成したオーミック電極の評価
平成18年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, P. 375, 平成18年8月 (2006)
- 7) 松島 孝典, 中嶋正裕, 野本一貴, 佐藤政孝, 中村徹
AlGaIn/GaN HEMTにおける1/f雑音特性の表面保護膜依存性

電子情報通信学会 電子デバイス研究会、平成18年11月24日 (2006) .

- 8) 鈴木知之、宮川晋悟、工藤尚宏、佐藤政孝
Nイオン注入4H-SiC(0001)における欠陥の消滅と電氣的活性過程
応用物理学会 SiC及び関連ワイドギャップ半導体研究会 第15回講演会予稿、p. 82、平成18年11月 (2006)
- 9) 宮川晋悟、永田翔平、佐藤政孝、江上明宏、沼尻憲二、熊谷晃、柴垣真果
Alイオン注入により形成した4H-SiC p+n接合ダイオードのアニール特性
応用物理学会 SiC及び関連ワイドギャップ半導体研究会 第15回講演会予稿、p. 86、平成18年11月 (2006)
- 10) 松尾浩、佐藤政孝
Nイオン注入層上に形成したショットキー電極の評価
応用物理学会 SiC及び関連ワイドギャップ半導体研究会第15回講演会予稿、p. 88、平成18年11月 (2006)
- 11) 野本一貴、田島 卓、佐藤政孝、中村 徹、三島友義
低ゲートリーク電流Siイオン注入GaN/AlGaIn/GaN HEMTの研究
電気学会研究会資料、EDD-07-39-49, pp. 35-38, 平成19年3月 (2007)
- 12) 松尾浩、佐藤政孝
室温Nイオン注入4H-SiCに形成したショットキー電極の評価
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 441、平成19年3月 (2007).
- 13) 工藤尚宏、志村洋介、永田翔平、佐藤政孝
Nイオン注入4H-SiC0001の電気特性及び結晶性の評価
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 442、平成19年3月 (2007).
- 14) 野本一貴、田島卓、中村徹、佐藤政孝
ゲートリーク電流Siイオン注入GaN/AlGaIn/GaN HEMT
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1489、平成19年3月 (2007).
- 15) 田島卓、野本一貴、中村徹、佐藤政孝
イオン注入T型ゲートAlGaIn/GaN HEMTの微細化
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1489、平成19年3月 (2007).
- 16) 内海悟志、竹中一将、中村徹、佐藤政孝
イオン注入を用いた4H-SiCのバイポーラトランジスタの作製
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 429、平成19年3月 (2007).
- 17) 塚本健太、佐藤光、中村徹、佐藤政孝
イオン注入4H-SiCバイポーラトランジスタのベース電流分布の考察
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1493、平成19年3月 (2007).
- 18) 川田昌和、田島卓、野本一貴、中村徹、佐藤政孝、葛西武
ICPによるGaNのドライエッチングと形状制御
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1488、平成19年3月 (2007).
- 19) 中嶋正裕、松島孝典、中村徹、佐藤政孝

イオン注入AlGaIn/GaN HEMTにおける低周波雑音解析
第54回応用物理学関係連合講演会予稿、p. 1489、平成19年3月(2007).

三浦孝夫

学術論文

- 1) 吉原幸輝、三浦孝夫
確率過程に基づく複旋律分類
日本データベース学会 Letters (DBSJ Letters) **5**, pp. 137-140 (2006).
- 2) T. Yasuda, T. Miura, and I. Shiotani
Distributed Processes on Tree Hash
IEEE Computer Software and Application Conference (COMPSAC), 2006.
- 3) 清水一宏, 三浦孝夫
Online Analysis for Disjunctive Sequential Patterns
ADBIS Workshop on Data Mining and Knowledge Discovery (ADMKD), pp. 61-72 (2006).
- 4) 吉原幸輝, 三浦孝夫
Classifying Polyphony Music Based on Markov Model
7th Int. Conf. Intelligent Data Eng. and Automated Learning (IDEAL), 2006.
- 5) 森正輝, 三浦孝夫, 塩谷勇
Topic Detection and Tracking for News Web Pages
IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (IEEE/WIC/ACM WI-2006), 2006.
- 6) 清水一宏, 三浦孝夫
Mining Single Sequence At Once Using Disjunctive Tree Patterns
Hybrid Intelligent Systems (HIS), 2006 .
- 7) 高橋 功, 三浦孝夫, 塩谷勇
Hierarchical Summarizing and Evaluating for Web Pages
ICDT Workshop on Emerging Research Opportunities in Web Data Management (EROW), 2007.
- 8) 吉原 幸輝, 三浦 孝夫, 塩谷 勇
楽曲進行の推定による複旋律分類
第218 回データ工学ワークショップ (DEWS2007), 電子情報通信学会 (2007).
- 9) 高橋功, 三浦 孝夫, 塩谷 勇
階層的要約を用いたWeb文書集合への問合せ
第18 回データ工学ワークショップ (DEWS2007), 電子情報通信学会 (2007).
- 10) 清水一宏, 三浦孝夫
ニュースストリームからの選言パターン抽出
第18 回データ工学ワークショップ (DEWS2007), 電子情報通信学会 (2007).
- 11) 安田 匡祐, 三浦孝夫

木構造ハッシュトランザクションの同時実行制御

第18 回データ工学ワークショップ (DEWS2007), 電子情報通信学会 (2007).

12) 若林啓, 三浦孝夫

HMMを用いた文書における状況系列の推定

第18 回データ工学ワークショップ (DEWS2007), 電子情報通信学会 (2007).

口頭発表

1) 安田 匡祐, 三浦孝夫

木構造ハッシュによる分散処理

データベースシステム研究会 DBS-139-12, pp. 91-98 (平成 18 年5 月).

2) 中山 基, 三浦 孝夫

単語分布からのトピック推定

情報処理学会 第 142 回 データベースシステム研究会および情報処理学会 第 87 回 情報学基礎研究会, 情報処理学会2007-DBS-142 (1) (平成 19 年5月).

3) 大久保 幸太, 三浦 孝夫

語釈拡張に基づくテキスト項目の同定

情報処理学会 第 142 回 データベースシステム研究会および情報処理学会 第 87 回 情報学基礎研究会, 情報処理学会, 2007-DBS-142 (2) (平成19年5月).

4) 鈴木伸行, 三浦孝夫

会話文判定手法の精度,

情報処理学会第 70 回全国大会, 5ZB-8 (平成19年3月).

5) 石川能啓, 三浦孝夫

ドットプロットによるテキストの視覚的な類似性比較

情報処理学会第 70 回全国大会, 3M-1 (平成19年3月).

6) 福田拓也, 三浦孝夫

CRFに基づく領域依存分かち書きの自動化

2007 年総合大会春季, 電子情報通信学会, D-5-1 (平成19年3月).

7) 泉雅貴, 三浦孝夫

CRFを用いたBlog著者年代推定

2007 年総合大会春季, 電子情報通信学会, D-5-10 (平成19年3月).

8) 中山 基 三浦 孝夫

単語分布からのトピック推定

2007年総合大会-ISS特別企画「学生ポスターセッション」, 電子情報通信学会 (平成19年3月).

9) 大久保 幸太 三浦 孝夫

機械学習に基づくテキスト項目の同定

2007年総合大会-ISS特別企画「学生ポスターセッション」, 電子情報通信学 (平成19年3月).

安田彰

学術論文

- 1) Y. Serizawa, A. Yasuda, and J. Tayama,
A New Background Calibration Method Using Noise Shaping for Precise Mismatch Detection of a Pipeline,
IEEEJ AVL SIWS2006, ADC I, No. 2, pp. 1-5(2006).
- 2) T. Tsuchiya, K. Yanagisawa, K. Sakurai, and A. Yasuda,
A Low Noise Amplifier for a Sub-sampling Mixer,
IEEEJ AVL SIWS2006, Amplifiers, No. 25, pp. 1-5(2006).
- 3) Y. Yamanaka, M. Zen, Y. Terada, and A. Yasuda,
New Fractional-N Digital Frequency Synthesizer using Fractional Frequency Comparator
IEEEJ AVL SIWS2006, PLL and Oscillators, No. 32, pp. 1-4(2006).
- 4) M. Zen, A. Yasuda, Y. Terada, and Y. Yamanaka,
High-speed Lock-up and Low Jitter Digital PLL with a Digital Counter
IEEEJ AVL SIWS2006, PLL and Oscillators, No. 33, pp. 1-6(2006).
- 5) Y. Terada, S. Katsumi, A. Yasuda, and M. Zen
A Cascaded Delta-Sigma DAC with DWA for Decreasing Mismatch Effect
Audio Engineering Society 121st Convention, High Resolution Audio, No. 6868, ct, 2006.
- 6) H. Ueno, K. Ogata, T. Soga, and A. Yasuda
Digital-Driven Piezoelectric Speaker using Multi-Bit Delta-Sigma Modulation
Audio Engineering Society 121st Convention, Loudspeakers, No. 6943(2006)..
- 7) A Yasuda, A. Ohkubo, K. Ogata, and H. Ueno, T. Anzai, T. Kimura, K. Ochiai, and T. Hamasaki,
A Single-chip Audio System with Delta-Sigma DAC and Class-D Amplifier
IEEE ISCAS2006, pp. 5740-pp. 5743(2006).

口頭発表

- 1) 全 真生, 柴田 政範, 常見 卓也, 安田彰
ミスマッチの影響を低減したミックスモードカスケード $\Delta\Sigma$ DAC,
電子情報通信学会 回路とシステム（軽井沢）ワークショップ 2006(2006.4)

目 的

今世紀は、前世紀から得られつつあるヒトや他の生物種のゲノム情報（DNA 塩基配列）という知的財産を人類の福祉や発展のために利用する時代であるといわれている。そのためには、数万個の遺伝子から成る膨大なゲノム情報の迅速処理・探索技術などの数理工学的解析技術の飛躍的発展に加えて、遺伝子発現（蛋白質生合成）と蛋白質機能の研究を通しての遺伝子の同定が緊急の課題となっている。本プロジェクトでは、1分子計測や1分子操作などのバイオナノテクノロジーを取り入れながら、生命情報解析技術の高度化と有効利用、遺伝子の同定、生命情報の発現・伝達・攪乱メカニズムの解明、細胞機能を基盤にした個体丸ごと生体機能の理解を目指す。

2006年度は、以下の課題を中心に研究を進めた。

1. Root 効果ヘモグロビンのアロステリック特性（今井グループ）
2. 分子シミュレーションによる蛋白質の立体構造-長鎖状分子の構造と相転移（片岡グループ）
3. 生体と水、生体水の概念（大河内グループ）
4. ゴルジ膜構造体のダイナミクス制御（高月グループ）
5. ゲノム転写の包括制御機構の解明（石浜グループ）
6. ウイルス感染と細胞周期の分子基盤とした解明（本田グループ）
7. 蛋白質機能における水と水の役割（常重グループ）
8. 情報的遺伝子解析（平松・関田グループ）
9. アライメント・アルゴリズム(LAYER METHOD)（浦谷・田辺グループ）
10. 変異蛋白質の構造と機能（長井グループ）
11. 新規蛋白質分子の設計（磯貝グループ）
12. 遺伝子組み換えによる生体内情報伝達系の解析（中村・飯塚グループ）
13. マイクロビーズを利用した *in vitro* 生体分子間相互作用解析法と単一細胞解析技術の開発（原田グループ）
14. 磁気共鳴分光学による蛋白質物性（堀グループ）

成 果

【今井グループ】 Root 効果ヘモグロビンのアロステリック特性

脊椎動物のヘモグロビン分子は α 鎖と β 鎖という2種類のポリペプチド鎖が2本ずつ会合してできる四量体（ $\alpha_2\beta_2$ ）である。その中で、硬骨魚類のヘモグロビンは“Root 効果”と呼ばれる特殊な性質をもつ。この効果は、血液が酸性側に傾くと、酸素結合容量が半減して酸素を浮き袋内に分泌するもので、その量を加減することによって“中立浮力”を獲得すると考えられている。今回は、クロマグロ（*Thunnus Orientalis*）のヘモグロビンを用いて、この効果発現の分子論的機序にせまった。

クロマグロ・ヘモグロビンを α 鎖と β 鎖に分離し、それぞれの酸素解離曲線からアロステリック特性をみたところ、 α 鎖には pH 依存性、協同作用などの一切のアロステリック作用はみられなかったが、 β 鎖では協同作用はないが、著しい pH 依存性がみられた。また、紫外域微分スペクトル解析から、四量体と同様に、単離 β 鎖でも酸素化に付随する四次構造変化が起こっていることが明らかとなった。酸性 pH、有機リン酸塩存在下での NO 誘導体の電子スピン共鳴スペクトル解析により、ヒトなどの哺乳動物ヘモグロビンとは異なり、クロマグロ・ヘモグロビンの α 鎖は五配位型 T 構造をとらないことが明らかとなった。

以上の実験結果から、クロマグロ・ヘモグロビンの Root 効果発現には、 α 鎖ではなくて β 鎖が決定的な役割を演じているが、 β 鎖のみでは協同作用のようなヘモグロビン必須のア

ロステリック特性を発揮できないことが明らかとなった。

【片岡グループ】 分子シミュレーションによる蛋白質の立体構造-長鎖状分子の構造と相転移

1) 長鎖状分子における温度変化にともなう相転移のモンテカルロシミュレーション

長鎖状分子を以下のようにモデル化して、モンテカルロ法によりその構造の温度変化とエネルギーを調べた。一例として 30 個の正の電荷を持つモノマーの次に 30 個の負の電荷を持つモノマーが平衡距離からのずれの 4 次の関数で書かれたばねで直線的に結ばれている。隣り合わないモノマー間にはソフトコアポテンシャルと静電的ポテンシャルエネルギーを仮定した。モノマーの総数 N を 20 から 80 まで変えて各種のサイズでシミュレーションを繰り返し、最低エネルギー構造を調べた。

モンテカルロシミュレーションの方法は通常の方法とレプリカ交換法を使用した。十分高温で直線的に伸びきった構造から出発して、温度を下げてゆき 4 種類の安定構造を得た。ひとつは直線状の 2 重螺旋構造であり、他の一つは N が 58 以上で現れる球形に丸まった卵形の構造である。われわれのモデルでは N が 68 以下では直線状の 2 重螺旋構造の方が最安定である。

2) 階段関数型ポテンシャルに支配された 2 粒子系における負の膨張率の統計力学的研究

粒子間のポテンシャル関数として、剛体壁の外側に有限の高さをもつポテンシャルの山を階段関数で付け加えた。2 粒子だけが球形セルに存在する有限粒子系を統計力学的に調べた。低温で圧力を体積の関数として見ると、圧力に極大と極小が現れた。これはこの体積付近で相転移に相当する状態変化があると期待されることを示している。またこの球形セルに 2 個を含む系と、多数の粒子を含む系との比較のために、108 個の分子を含む周期系のモンテカルロ法シミュレーションを行って、等温圧縮率が負の領域が $N=2$, $N=108$ 両方の系で確認された。

3) 低温における秩序氷の相転移

低温の氷においては秩序氷が安定になると見られるが、実験的には必ずしも秩序氷が得られるとは限らない。液体の水の分子動力学シミュレーションで使われている水モデルを仮定して、低温における秩序氷の構造を調べた。またそれらの間の安定性の比較を行った。高温で実験的に知られている無秩序氷の間の相転移に相当するものが低温において得られた。

【大河内グループ】 生体と水、生体水の問題

これまで、電子とプロトン濃度に基づいた ORP (Oxidation-Reduction Potential)-pH による新たな水評価法を提案し、温泉水や生体水の本質的特徴は還元系にあることを明らかにし、さらに生体水に類似した水の人工的製造法を提案してきた。今回、これらの生体水に近い水が、メラニンの生成抑制に効果のあることを明らかにすると同時に、ORP-pH の手法が、魚介類の鮮度評価も可能にすることを明らかにできた。また、人工的に製造した水を、さらに高濃度炭酸水と組み合わせることにより、炭酸水による末梢血流量増加効果と皮膚の酸化抑制による老化抑制とメラニン生成抑制の効果を併せ持つ新たな人工温泉水の可能性を提案できた。なお、高濃度炭酸水の製造にも、マイクロバブルを応用する新たな方法についても提案できた。

【高月グループ】 ゴルジ膜構造体のダイナミクス制御

ゴルジ装置はダイナミックな膜構造体で、細胞分裂期には断片化して娘細胞に等分に分配され、その後に速やかに膜構造体が再構築されるが、ゴルジ装置の構築と構造維持の機

構は明らかでない。ゴルジ装置ダイナミクスに作用する薬剤は、これらの機構を解析する有用なツールとなることが期待される。しかし、ゴルジ装置ダイナミクス作用物質は非常に限られていることから、作用物質の探索を引き続き行った。

ゴルジ装置ダイナミクスは細胞周期の進行、中でも細胞分裂期への移行と密接な関係にあることから、細胞分裂期の進行において中心的な機能を担う中心体に着目してゴルジ装置ダイナミクス作用物質の作用を検討した。その結果、特定のゴルジ装置ダイナミクス作用物質が中心体の二極化を誘起することを認めた。更なる解析で、これら一群の化合物は、1つの例外を除き全て微小管に作用すること、即ち、微小管の構造を異常にすると共にチューブリン蛋白のアセチル化を昂進することが明らかになった。また、中心体の二極化に伴いゴルジ装置も二極化されることを認めた。細胞分裂期初期・中期の中心体二極化に、染色体の凝集、核膜の消失、細胞質微小管の消失と紡錘糸の形成等が伴うことが知られているが、これらの現象を伴うことなく中心体の二極化が誘起されることを明らかにした。微小管形態異常誘起剤とチューブリン蛋白アセチル化昂進剤を組み合わせた解析の結果から、両者が同時に進行する時のみに中心体の二極化が誘起されることを認めた。この知見は細胞分裂期の中心体二極化のみを切り出して解析できることを示しており、細胞周期進行のみならずゴルジ装置の核近傍係留における中心体の機能についても新たな展開ができると考えている。

【石浜グループ】 ゲノム転写の包括制御機構の解明

ゲノム全構造が解明された後の生命科学の課題のひとつは、ゲノム遺伝子全セットから、生育環境に応じて、必要な遺伝子を選択し必要な量を発現し利用する仕組みを解明することである。大腸菌をモデルに、ゲノム 4,400 遺伝子の転写の包括制御機構を解析し、以下の成果を得た。1) 大腸菌約 300 種類の転写因子それぞれの支配下遺伝子群を同定する目的で、280 種類を純化精製し、当研究室で開発した Genomic-SELEX 法を利用し、約 150 種類については、制御標的遺伝子群を同定した。2) 大腸菌プロモーター約 1,000 種類の強度測定系を構築し、転写因子遺伝子破壊株を利用し、標的遺伝子プロモーターの支配を確認し、3) DNA チップを利用し、転写因子の遺伝子破壊株のマイクロアレイ分析で、試験転写因子支配下遺伝子群の総体を同定した。4) 各転写因子による標的遺伝子の転写制御様式を試験管内転写反応で個別に解析した。まとめ： ひとつの生物のゲノム全遺伝子を対象にした転写包括制御の解明を目指した網羅的研究を継続した。大腸菌転写因子全 300 種の制御ネットワーク全体像の解明を目指した研究を展開したい。

【本田グループ】 ウイルス感染と細胞周期の分子基盤とした解明

1. インフルエンザウイルス RNA 依存 RNA ポリメラーゼと相互作用する宿主蛋白質 (Ebp1) がインフルエンザウイルス RNA ポリメラーゼの持ついくつかの機能のうち RNA 合成機能だけを阻害しウイルス増殖を阻害することを明らかにした。
2. Ebp1 遺伝子の上流域をクローニングし細胞周期特異的な発現制御に関わる領域を明らかにした。
3. インドとの共同研究で来日中の学生によりインフルエンザウイルスだけでなくマイナス鎖 RNA をゲノムとして持つウイルスの感染は Ebp1 の発現誘導されることが明らかにした。
4. 単一ウイルスを搬送し感染の成立をウイルス RNA ポリメラーゼ特異的抗体で検出できた。
5. Ebp1 と相互作用する宿主蛋白質 ErbB3 は Ebp1 発現抑制により発現誘導された。

【常重グループ】 蛋白質機能における水和の役割

1888 年にホフマイスターが見つけた中性電解質の鶏卵蛋白凝集沈殿能序列は、蛋白質分

子の水和水を、電解質イオンと自由水との網目構造に取り込むことによる蛋白質溶解度低下作用の序列であると考えられている。betaine ($(\text{CH}_3)_3\text{CNHCOOH}$) という両親媒性 kosmotrope は、蛋白質には直接影響を与えずに、溶液中に存在する水分子と強く相互作用することが知られている。本研究では、ホフマイスターシリーズの各電解質ならびに betaine が蛋白質機能、とくに、ヘモグロビンの酸素結合特性に及ぼす効果を明らかにした。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, KNO_3 , NaCl , KH_2PO_4 などの電解質の濃度を 10 mM から 1,000mM まで段階的に高めるにつれて、ヘモグロビンの酸素親和性は単調に低下し、その様子は $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ を除いて共通であった。また、酸素親和性に対する betaine 濃度の効果もこれらの中性電解質のそれらと類似していたが、中性電解質と同等の効果を及ぼす betaine の濃度は 1 M~5 M の高い値が必要とされた。これらの結果は、kosmotrope や中性電解質のヘモグロビン機能に与える効果は、アロステリック的な特異効果というよりも水和水を通した間接的な効果によることを意味している。

【平松・関田グループ】 情報的遺伝子解析

- 1) エイズウイルス HIV の V3 ループでのウィルス存続に重要なアミノ酸群の推定を特定情報量を応用して行う研究によりやく 1 つの結論を得た (その実験的裏付けを理研と協力して実行している)。
- 2) また、DNA の符号構造を探索するための符号理論についての結果もいくつか得た。例えば、円分数による duadic 符号、ストリーム暗号の構成を試みている。
- 3) 反応拡散方程式による生命現象の解析を試みている。例えば、神経の情報伝達に関する反応拡散方程式による解析。

【浦谷・田辺グループ】 アライメント・アルゴリズム (LAYER METHOD)

アライメントのアルゴリズムの中心となる新しいブロックソートアルゴリズムの開発を行った。ブロックソートアルゴリズムとは、入力文字列を一つずつ、サイクリックにずらして生成した文字列の集合 S をソートするアルゴリズムである。具体的にはオリジナルの文字列には 0 を、その他の要素には、オリジナルの文字に対して加えられたずらしの文字数をその番号として与える。ブロックソートの結果は Suffix Array と呼ばれ、 $\{0, \dots, N-1\}$ を並べ替えたものである。Suffix Array は与えられた文字列からの部分列の検索や文字列の圧縮に適したコード化に必要となる。逆に言えば、文字列からの部分列検索や文字列圧縮のために必須のプロセスがこのブロックソートであり、ブロックソートは文字列からの部分列検索や文字列圧縮の主要な時間を所要することが知られている。

我々の研究の目的は高速なブロックソートアルゴリズムとその実装の開発であり、その成果は文字列からの部分列検索や文字列圧縮技術に直接貢献するという意義を持つ。

ブロックソートのためのアルゴリズムとしては ternary partitioning, doubling algorithm, copy method などが知られている。quick sort などの汎用アルゴリズムよりも、 S に属する文字列群の特殊性を利用したアルゴリズムが有利なのは明らかである。我々はこの中でも最も高速といわれている copy method に着目し、copy method を改良したアルゴリズム「layer method」とわれわれが呼ぶ新しい方法を開発した。

実際にプログラムを開発して、layer method の有効性を確認することを試みた。速度に関する一定の感触は得られた (比較的大規模なテストデータでは copy method に比べて高速であることが確認できた) が、具体的にチューニングを行ない、既存研究と本格的に比較するには至っていない。

実装の過程において気づいた点を取り入れた新しいプログラムを開発し、DNA のゲノム列などの具体的なデータに対するパフォーマンスを見る。パフォーマンスが、アルゴリズムや実装のチューニングポイント (軸の選択、データ構造の設計) についてどのように振

舞うかを見て、既存研究との比較を行う。

【長井グループ】 変異蛋白質の構造と機能

蛋白質の構造と機能の関連を解明する目的で、我々はアロステリック蛋白として知られるヘモグロ빈を対象として研究を行っている。ヒトヘモグロ빈は α 鎖（141アミノ酸）2つと β 鎖（146アミノ酸）2つのサブユニットからなる4量体で、肺から組織に酸素を効率よく運搬する重要な役割を担っている。天然にヒトで起こった突然変異による異常ヘモグロ빈は約600種類知られている。多くは無症状であるが、中には多血症、貧血、チアノーゼ等の重い症状を示すものがある。それら臨床症状を示すアミノ酸変異部位はヘム周辺、サブユニット界面に集中しているので、それらの変異部位のアミノ酸はヘモグロ빈の構造および機能に重要であることが分かる。

今年度はそれらの中でチアノーゼを示す特異なグループ、Hb M について、何故ヘム鉄が酸化してしまうのかその原因追求のため、主として紫外共鳴ラマン分光により蛋白部分の構造変化を調べた。Hb M の内の4つはヘム周辺にアミノ酸置換を有し、ヘムに直接配位している近位ヒスチジン（His）がチロシン（Tyr）に置換したものと、酸素がつく側に位置する遠位 His が Tyr に置換したものとがある。その Tyr の状態を 244-nm 励起の紫外共鳴ラマン分光で調べると4つの内の3Hb M では、Tyr は脱プロトン化した Tyrosinate の形でヘム鉄に強く結合していたが、残りの一つの Hb M では変異 Tyr はプロトンのついた形と脱プロトン化したものの両方が混在していた。あとの Hb M はチアノーゼも若干他の Hb M に比較して弱く Tyr の状態がヘム鉄の酸化に直接寄与し、症状の強弱に関連していることが判明した。

サブユニット界面に変異を有し2量体に解離し易くなっている異常 Hb に β 37トリプトファン（Trp）がセリン（Ser）に変異したものがある。この変異 Hb は酸素結合機能も低下している。この機能変化が2量体に解離しやすいために起こっているのか、変異したアミノ酸のせいなのかを知る目的で、遺伝子工学的手法を用いて β 37Trp をロイシン（Leu）あるいは His に置換した人工変異体を大腸菌に合成させた。菌体から抽出、精製した Hb の2量体への解離傾向はゲルろ過や分析用超遠心法で調べ、酸素結合機能は今井式酸素平衡機能自動測定装置を用いて測定した。その結果、いずれの変異体も2量体へ解離傾向が見られたが、酸素結合に有意の協同性がみられた β 37His の変異体では2量体と4量体の中間に位置し2量体と4量体の早い平衡状態にあることを伺わせる結果が得られた。

【磯貝グループ】 新規蛋白質分子の設計

天然の蛋白質にとらわれない物理化学的な観点から、どのようなアミノ酸配列が天然様の構造物性を実現し、それがどの様に蛋白質機能に結びついているのかについては不明な点が多い。本研究では、デノボ設計の手法を用いて、進化による選択を受けていない人工蛋白質の合成と解析を行い、構造物性と蛋白質機能の関係の解明を目指す。本年度は、以下のような研究成果を得た。

前年度までに設計と合成を行ったデノボ Cro 蛋白質は、NMR 解析の結果、設計のターゲットとした天然 λ Cro モノマー変異体の立体構造に良く似た溶液構造にフォールドすることが分かった。このデノボ蛋白質の構造ダイナミクスの情報を得るために、15N ラベルした試料を用いて NMR 緩和の測定を行った。その結果、分子全体としては、天然 λ Cro モノマー変異体と同程度のダイナミクスを示したが、 β 構造部分に、緩和時間の小さな複数の残基が存在し、その領域に構造多様性があることが示唆された。従って、このデノボ蛋白質が、多くの天然蛋白質と異なり協同性の低い熱変性曲線を示すのは、 β 構造部分の構造多様性に原因があると考えられた。

協同的なフォールディング反応を示すデノボ蛋白質を得るために、上記デノボ Cro 蛋白

質の疎水性コア変異体の作成を行った。得られた変異体の一つは、協同的な熱転移反応を示したが、塩酸グアニジンを用いて行った変性実験では、もとの蛋白質のそれと大きな違いを示さなかった。デノボ Cro 蛋白質変異体を用いて、結晶のスクリーニング実験を行い、低分解能の X 線回折を示す単結晶を得た。

【中村・飯塚グループ】 遺伝子組み換えによる生体内情報伝達系の解析

細菌は光、酸素、栄養などの環境の変化を感知するために「二成分情報伝達系」というタンパク質ファミリーを多数発達させてきた。本研究ではリガンド結合／解離とそれに伴うタンパク質リン酸化反応の共役のメカニズムの解明に取り組む。「二成分情報伝達系」は動物には存在しないため、このような基本的メカニズムの解明は病原性細菌などに対する抗生物質の開発等に貢献すると期待される。

大腸菌で発現させたジフテリア菌ヘムセンサーのヘム依存的リン酸化

ジフテリア菌は感染時に血液中のヘムを取り込み、ヘム分解酵素で分解することで増殖に必要な鉄元素を取り出す。このヘム分解酵素の遺伝子を発現制御する遺伝子として chrSA が発見された。遺伝学的解析、DNA シークエンスの結果から chrSA 遺伝子は二成分情報伝達系に属するヘムセンサーであることが予測された。我々は昨年度までに組換え ChrS タンパク質を大腸菌細胞膜に発現させる系を確立した。今年度の研究では(1) ChrS タンパク質が 6 回膜貫通領域を持つこと、また、(2) 再現性のある、ChrS タンパク質の可溶化、精製、人工リン脂質膜（リポソーム）への再構成の条件を確立した。

【原田グループ】 マイクロビーズを利用した *in vitro* 生体分子間相互作用解析法と単一細胞解析技術の開発

我々は、生体分子を結合させたマイクロビーズをガラス基板上にアレイ化する技術と全反射蛍光顕微鏡を組み合わせ、生体分子間相互作用を高感度に解析できる顕微鏡システムの開発を行ってきた。このシステムは、微量な試料で複数の生体分子間の結合・解離過程を同時に実時間解析することができる。これまでにこのシステムを使って、抗原-抗体反応、タンパク質-DNA 間相互作用、低分子化合物-タンパク質間の相互作用解析だけでなく、抗体を利用し、生物試料抽出液中の特定タンパク質の濃度を結合速度から定量できることを示した。光ピンセットと光反応性架橋剤を使って作製するマイクロビーズアレイは、一般的な動物細胞と同程度のサイズ内に、複数の抗体や核酸をアレイ化することができ、生体分子を検出する領域を一細胞サイズに狭めることが可能になる。そこで、マイクロビーズアレイと Polydimethylsiloxane (PDMS) で作製した微小マイクロウェルを組み合わせ、一細胞中の生体分子の検出を試みている。PDMS マイクロウェル内に捉えた細胞を、界面活性剤を含む細胞溶解液を用いてウェル内で溶解し、細胞内タンパク質を抗体固定化マイクロビーズに捉え、検出することが可能となった。また、PDMS マイクロウェル内で細胞を数時間培養することで、一細胞から分泌されるタンパク質の解析に応用した。抗体サンドイッチ検出法と全反射蛍光顕微鏡を組み合わせ、マウスハイブリドーマから産生される抗体を実時間でモニタリングすることに成功した。このような手法は、単一細胞ゲノミクス・プロテオミクスの基盤技術の一つになるばかりでなく、整備が進んでいる抗体などのバイオリソースを利用することで、より強力な単一細胞スクリーニング技術に発展すると考えている。

【堀グループ】 磁気共鳴分光学による蛋白質物性

1) クロマグロHbのRoot効果はどのアミノ酸残基によるのか?

ヒト Hb は pH の変化に対して酸素親和性が変化する Bohr 効果という現象を示すが、クロマグロ Hb ではより著しい酸素親和性変化 (Root 効果) を示す事が知られている。ヒト Hb と

クロマグロ Hb とで何故このような機能の違いがあるのか、「機能の分子進化」を解明する事を目指した。ヒト Hb の α 鎖とクロマグロ Hb の α 鎖のアミノ酸配列を比較すると 66% が共通（但し、ヒト α 鎖は 141 残基、クロマグロ α 鎖は 143 残基）で、 β 鎖は 48% が共通（どちらも 146 残基）である。さらにクロマグロ Hb は、 β 鎖だけでも pH 変化による酸素親和性の変化を示すことが報告されている。

そこで本研究では、クロマグロ Hb の Root 効果がどのアミノ酸残基に由来するものであるかを特定することを目的とし、X線結晶構造から得られた情報をもとに、重要と予測されるアミノ酸を他のアミノ酸に置換した変異体 Hb を設計、作製、精製した。

β 鎖 69His、 α 鎖 98Ser、 β 鎖 C 末端 146His の 3 残基に着目し、 $\alpha_2\beta_2^{\text{Ser98}\rightarrow\text{Gly}}$ 、 $\alpha_2\beta_2^{\text{His69}\rightarrow\text{Gly}}$ と $\alpha_2\beta_2^{\text{desHis146}}$ 変異体クロマグロ Hb を作製し、これら 3 つのアミノ酸残基が Root 効果に及ぼす影響を検証した。これらクロマグロ変異体 Hb の酸素親和性を測定した結果、 $\alpha_2\beta_2^{\text{Ser98}\rightarrow\text{Gly}}$ と $\alpha_2\beta_2^{\text{His69}\rightarrow\text{Gly}}$ 変異体では生理条件下で Bohr プロトンの減少が見られ、 $\alpha_2\beta_2^{\text{desHis146}}$ においてもわずかなではあるが、Bohr プロトンの減少が見られた。

これらの結果は第 44 回日本生物物理学会で報告した。

2) 野生型プチダレドキシン (Pdx) の結晶化とX線結晶構造解析

P450cam の一原子酸素添加反応に於ける電子供与体である Pdx は不安定で、結晶化に成功していなかった。最近、Pdx を安定化する変異型での結晶化が成功し、その構造解析の結果が報告された。我々は野生型 Pdx の高純度精製を試み、安定な Pdx 標品を得、初めて野生型 Pdx の結晶化に成功した。高エネルギー加速器研究機構のビームライン 5-A を使用し、 -170°C でシンクロトロン放射光 ($\lambda=1\text{\AA}$) を照射し、酸化型 WT-Pdx で $1.75\text{\AA}$ 分解能のデータを得ることが出来た。分子置換法により位相を決定し、構造解析を行った。酸化型 Pdx をジチオナイトで還元型し、還元型 Pdx の X 線結晶構造解析を $1.70\text{\AA}$ 分解能で決定した。 $1.75\text{\AA}$ 、酸化型 WT-Pdx ではシンクロトロン放射光による光還元は起こらない事が顕微分光法で明らかとなった。長時間シンクロトロン放射光を照射すると Pdx は還元された。変異体と同様、酸化-還元に依存して Cys45 残基周辺構造の変化が確認されたが、初めから還元型の Pdx の構造とを比較する為に、還元型 Pdx の結晶化を目指している。

3) 高速混合凍結法によるシトクロムP450 反応中間体の捕捉とEPRによる検出

シトクロム P450cam は分子状酸素を活性化して基質(camphor)に一原子酸素を添加するモノオキシゲナーゼ反応を触媒するヘムタンパク質である。この反応サイクル中で P450cam は電子供与体であるプチダレドキシン (以下 Pdx) から 2 度電子を受け取る。反応サイクル中で、P450cam に酸素分子が添加された後の反応は非常に速く、中間体分子種を検出することは困難である。本研究では、高速混合凍結法を用いて、酸素添加後の反応中間体を捕捉し、EPR で検出し、反応メカニズムを解明する事を目的とする。

今回、基質非結合型 P450cam と過酸 (過酢酸) との反応 (Shunt Pathway) における反応中間体を高速混合凍結 EPR 法で検出する事を試みた。 $200\mu\text{秒}$ でポルフィリン π カチオンラジカル (Compound I) の信号が初めて観測された (Compound I の捕捉)。この信号は -65°C で 15 分間昇温するとアミノ酸 (チロシン) ラジカルに移行した (Compound II)。解析を進めている。

一方、還元型 P450cam/Pdx 複合体と酸素飽和溶液の高速混合凍結法 EPR をおこない、混合凍結後 $200\sim 500\mu\text{秒}$ の領域で O_2^- の信号が初めて観測された。詳細な解析を進めている。

4) 強磁場EPR法による $S=2$ 整数スピン系の Mn^{3+}Mb の電子状態解析

整数スピン ($S=2$) 系を持つ Mn^{3+} -ポルフィリン置換 Mb (Mn^{3+}Mb) を用いて、 $S=2$ スピン系の電子状態を解析した。 $S=2$ 高スピン状態のゼーマンエネルギー準位はスピンハミルトニアン $H = D[S_z^2 - S(S+1)/3] + E(S_x^2 - S_y^2) + \beta \mathbf{S} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{B}$ より求まる。 $\Delta S=2$ 遷移を Mn^{3+}Mb の 10GHz 単結晶 EPR で行い、 $g_z=1.93$ 、 $E^2/D=-0.032\text{cm}^{-1}$ である事を報告してきた。 D 、 E の絶対値を決めるために、 $33\text{GHz} \sim 122\text{GHz}$ 帯のマイクロ波と強磁場 ($0\sim 12\text{T}$) を用いた多周波数・強磁場 EPR をおこなった。観測された遷移を計算機によるシミュレーションを駆使して、 D

−3.79cm^{−1}、 $F=0.08\text{cm}^{-1}$ 、等方的 $g=2.00$ である事を明らかにした。現在論文作成中である。
一方、Mn³⁺Mb と同じ整数スピン (S=2) 系を持つ還元型高スピンヘム鉄 (Fe²⁺) を含むデオキシ Hb、Mb の高周波数・強磁場 EPR 測定に向けて準備を進めている。

2006 年度業績リスト

今井 清博

<論文>

- 1) Neya, S., Imai, K., Hiramatsu, Y., Kitagawa, T., Hoshino, T., Hata, M. and Funasaki, N.: "Significance of the molecular shape of iron corrphycene in a protein pocket"
Inorg. Chem. **45**, 4238-4242 (2006)
- 2) Sasagawa, K., Imai, K. and Kobayashi, M.: "Influence of allosteric effectors and temperature on oxygen binding properties and the Bohr effect of bovine hemoglobin"
Zool. Sci. **23**, 565-572 (2006)

<学会発表>

- 1) 安藝 神-弥生、長井幸史、今井清博、長井雅子: "ヘモグロビンの酸素結合解離にともなう近紫外 CD の変化: 三次構造と四次構造の寄与"
第 33 回生体分子科学討論会、名古屋工大、7 月 14-15 日 (2006)
- 2) 石田 学、安田 温、山崎伊織、太田元規、磯貝泰弘、今井清博: "祖先型ミオグロビンのアミノ酸配列および酸素結合特性"
第 33 回生体分子科学討論会、名古屋工大、7 月 14-15 日 (2006)
- 3) 石田学、安田温、山崎伊織、村上祐太、太田元規、磯貝泰弘、今井清博: "逆分子進化的手法を用いて祖先型ミオグロビンを再現する: 分子進化のメカニズム解明を目指して"
第 8 回日本進化学会年会、国立オリンピック記念青少年総合センター、8 月 29-31 日 (2006)
- 4) Y. Aki-Jin, M. Nagai, M. Aki, M. Kubo, K. Imai and T. Kitagawa: "Characterization of Tyrosine Coordination in Hemoglobins M: A 244-nm Excited UV Resonance Raman Investigation"
20th International Conference on Raman Spectroscopy, Yokohama, August 20-25 (2006).
- 5) 梶谷遼祐, J. Joe Hull, 今井清博, 松本正吾: "PBAN シグナル伝達における store-operated calcium channel の関与"
昆虫ワークショップ 06 金沢、金沢市石川県青少年総合研修センター、9 月 13-15 日 (2006)
- 6) Ayako Miyazaki, Toyofumi Nakanishi, Akira Shimizu, Miki Mizobuchi, Yasuhiro Yamada and Kiyohiro Imai: "A NEW VARIANT WITH INCREASED OXYGEN AFFINITY: Hb KOCHI [β 141 (H19) Leu→Val (g.1404 C→G); 144-146 (HC1-3) Lys-Tyr-His→O (g.1413 A→T)"]
17th International Mass Spectrometry Conference. Prague, August 26-September 1 (2006).
- 7) Hisataka Fujimoto and Kiyohiro Imai: "Analysis of quaternary structure of hemoglobin under universal solution conditions based on the global allostery model"
XIVth International conference on dioxygen binding and sensing proteins, Naples, Italy, September 3-7 (2006).
- 8) Manabu Ishida, Atsushi Yasuda, Iori Yamasaki, Yuta Murakami, Motonori Ota, Yasuhiro Isogai and Kiyohiro Imai: "Amino acid sequences and oxygen binding properties of ancestral myoglobins"
Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the

- Biophysical Society of Japan, Okinawa, November 12-16 (2006).
- 9) Masako Nagai, Yayoi Aki-Jin, Kiyohiro Imai, Fumio Arisaka, and Yukifumi Nagai: "Oxygen Binding Properties and Dimer-Tetramer Equilibrium of α -W37 Mutants of Human Hemoglobin A"
- Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Okinawa, November 12-16 (2006).
- 10) Megumi Koyanagi, Shigenori Nagatomo, Yoshihiro Fujise, Tadasu Yamada, Hajime Mita, Yasuhiko Yamamoto and Kiyohiro Imai: "Oxygen binding properties of hemoglobins from diving mammals"
- Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Okinawa, November 12-16 (2006).
- 11) Yayoi Aki-Jin, Masako Nagai, Michihiko, Aki, Minoru, Kubo, Kiyohiro Imai and Teizo Kitagawa: "Coordination states of E7- or F8-tyrosine residue and quaternary structure of five methemoglobin M variants: a 244-nm excited UVRR study"
- Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Okinawa, November 12-16 (2006).
- 12) Tomotaka Kenjo, Antonio Tsuneshige, Gentaro Miyazaki and Kiyohiro Imai: "The effect of solvation on the allosteric properties of the bluefin tuna hemoglobin"
- Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Okinawa, November 12-16 (2006).

片岡 洋右

<論文>

- 1) Kataoka, Y., and Yamada, Y.: "Negative Expansion in Two-Molecule System with the Step Function outside the Hard Sphere Wall in a Spherical Cell", *J. Comput. Chem. Jpn* **5**, 47-52 (2006)
- 2) 浅沼文彦, 片岡洋右, "アルミナ-カーボン系レンガにおけるアルミナと炭素の相互作用エネルギーの検討", 法政大学情報メディア教育研究センター報告, **19**, pp. 47-49 (2006)
- 3) 今井隆明, 片岡洋右: "分子動力学法による塩化カリウムと塩化ナトリウムの気液臨界点と拡散係数", 法政大学情報メディア教育研究センター報告, **19**, pp. 51-54 (2006)
- 4) 中村知洋, 片岡洋右: "光受容タンパク質ロドプシン中の発色団レチナールに対するアミノ酸の影響", 法政大学情報メディア教育研究センター報告, **19**, pp. 43-45 (2006)

著書

- 1) 片岡洋右, "計算化学の基礎", 化学工学における分子シミュレーションの活用, 分離技術会, pp. 15-58, (2006)

<学会発表>

- 1) 片岡洋右 "分子系の状態方程式と相転移", 2006 年春:「第 61 回年次大会」(愛媛大・松山大) 28aRH-3 招待講演
- 2) 片岡洋右, 山田祐理, "氷の加圧相転移", 日本コンピュータ化学会 2006 春季年会, 1005 (2006 年 6 月)

- 3) Kataoka, Y, and Yamada, Y.: "The phase diagram of the step-function system by molecular simulations", Progress and Future Prospects in Molecular Dynamics Simulation -In Memory of Professor Shuichi Nose-, June 6 - 8, 2006. 招待講演
- 4) 片岡洋右, 山田祐理, "氷の加圧相転移", 第 29 回溶液化学シンポジウム 0-103 (2006 年 11 月)
- 5) 片岡洋右, 山田祐理, "秩序氷の相転移," 第 20 回分子シミュレーション討論会 105S (2006 年 11 月)

大河内 正一

<論文>

- 1) M. Cheevaporanapivat, S. Okouchi, R. Takai, T. Suzuki, "Effect of rearing condition on the Oxidation-Reduction Potential(ORP) change and ATP Degradation of Live and Dead Scallop(*Pecten yessoensis*)" Food Preservation Sci. 32, 73-80 (2006).
- 2) 福島由美子、大河内正一、"熱量計による抗菌・抗かび評価" Netsu Sokutei, 33, p223-228(2006)

<学会発表>

1. 大波英幸、大河内正一、浅井邦康、大網貴夫、"マイクロバブルによる人工炭酸泉について (2)", 第 59 回日本温泉科学会大会講演要旨集、p. 13 (2006 年 9 月)
2. 福島由美子、大河内正一、相原まゆか、大波英幸、加藤尚之、高橋正好、"マイクロバブルによる浴槽水の殺菌" 第 59 回日本温泉科学会大会講演要旨集、p. 14 (2006 年 9 月)
3. 浅井邦康、大河内正一、大波英幸、大網貴夫、"電解還元系人工温泉水の美白効果" 第 59 回日本温泉科学会大会講演要旨集、p. 16 (2006 年 9 月)
4. 大河内正一、山本正隆、外山知子、Aileen Tamura、大波英幸、森本卓也、阿岸祐幸、"ヨーロッパの温泉水 (飲泉水) の ORP (Oxidation-Reduction Potential) について" 第 59 回日本温泉科学会大会講演要旨集、p. 17 (2006 年 9 月)
5. 大網貴夫、大河内正一、吉岡久美子、大波英幸、岡島敏、守吉佑介、五味常明、"岩盤浴について (1)" 第 59 回日本温泉科学会大会講演要旨集、p. 45 (2006 年 9 月)
6. 加藤尚之、大野章、山田宏治、相原まゆか、大河内正一、"*Legionella pneumophila* に対する銅殺菌効果の検討" 第 59 回日本温泉科学会大会講演要旨集、p. 53 (2006 年 9 月)
7. 浅井邦康、大河内正一、大波英幸、大網貴夫、" H_2 -Pt コロイド水溶液系によるメラニン生成抑制効果について" 第 5 回日本機能水学会学術大会講演要旨集、p. 54 (2006 年 11 月)
8. 大河内正一、大波英幸、浅井邦康、阿岸祐幸、"ヨーロッパの温泉水 (飲泉水) は中性系還元水" 第 5 回日本機能水学会学術大会講演要旨集、p. 55 (2006 年 11 月)
9. 大河内正一、渥美功二、吉田史志、石原義正、上平恒、" C_6 化合物水溶液中における水分子の動的状態" 第 29 回溶液化学シンポジウム講演要旨集、p. 75 (2006 年 11 月)
10. 大河内正一、高原優子、鈴木恵和、阿部寛史、石原義正、上平恒、渥美功二、"フェノール系化合物水溶液の誘電緩和による水の動的状態"

<講 演>

1. 横浜市立大学リベラルアーツ講座、水と物質～その世界、“生きている温泉の水とは何か”、(2006 年 1 月 28 日、横浜)
2. 第 24 回セミナー「リサイクル CO₂ を取り入れたストレスマネジメント」～新リラクゼーションでさびないカラダ作り～、“炭酸泉とアンチエイジング水(還元水)について”、(2006 年 4 月 18 日、東京大手町ビル)
3. 水科学研究会、“生体に近い水とは何か”、(2006 年 9 月 24 日、東京海洋大)
4. 日本温泉気候物理医学会、平成 18 年度温泉療法医会東北地区研修会、“生きている温泉 温泉とは何か”、(2006 年 11 月 11 日、青森、大湯温泉)
5. 野沢温泉旅館組合、“温泉水の鮮度とアンチエイジング”、(2006 年 11 月 19 日、長野、野沢温泉)

<コラム>

山本正隆著、「世界温泉紀行 66 湯」，“世界共通の特性は錆びさせない水、一ヨーロッパと日本の温泉水の化学的考察から一、p. 197-199 (2006 年 10 月、くまざさ出版)

高月 昭

<論文>

- 1) Hakamata, W., Muroi, M., Nishio, T., Oku, T., Takatsuki, A., Osada, H., Fukuhara, K., Okuda, H. and Kurihara, M.: “N-Linked oligosaccharide processing enzymes as molecular targets for drug discovery”
J. Appl. Glycosci., **53**, 149-154 (2006)

石浜 明

<論文>

- 1) Higashi, K., Kashiwagi, K., Taniguchi, S., Terui, Y., Yamamoto, K., Ishihama, A. and Igarashi, K.: “Enhancement of +1 frameshift by polyamines during translation of polypeptide release factor 2 in *Escherichia coli*”
J. Biol. Chem., **281**, 9527-9537 (2006)
- 2) Ishihama, A., Ogasawara, H., Shimada, T., Teramoto, J., Hasegawa, A., Umezawa, Y., Yabuki, K., Ishida, Y., Inaba, T., Matsui, M., Kori, A., Yamada, K., Hirao, K. and Yamamoto, K.: “Multi-scale genetics towards understanding the hierarchy of transcription factor network in genome regulation”
Micro-Nano Mechatronics and Human Science, **2006**, 35-40 (2006)
- 3) Ohniwa, R.L., Mirikawa, K., Kim, J., Ohta, T., Ishihama, A., Wada, C. and Takeyasu, K.: “The dynamic state of DNA topology is essential for genome condensation in bacteria”
EMBO J. **25**, 5591-5602 (2006)
- 5) Yamamoto, K. and Ishihama, A.: “Characterization of copper-inducible promoters regulated by CpxA/CpxR in *Escherichia coli*” *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, **70**, 1688-1695 (2006)
- 6) Chatterji, D., Ozoline, O., Ogawa, Y. Shimada, T. and Ishihama, A.: “The Role

of Omega Subunit of RNA Polymerase in Expression of the *relA* Gene in *Escherichia coli*”

FEMS Microbiol. Lett. **267**, 51-55 (2007)

- 7) Honda, A., Okamoto, T. and Ishihama, A.: “Host factor Ebpl1: Selective inhibitor of influenza virus RNA polymerase”
Genes Cells **12**, 133-142 (2007)
- 8) Okuda, K., Ichihara, H., Takahashi, H., Fujita, N., Ishihama, A. and Hakoshima, T.: “Preparation and preliminary X-ray diffraction analysis of crystals of bacterial flagellar sigma factor σ^{28} in complex with the σ^{28} -binding region of the anti-sigma factor FlgM” *Acta Crystallogr.* **F63** (3), 196-199 (2007)
- 9) Terui, Y., Higashi, K., Taniguchi, S., Shigemasa, A., Nishimura, K., Kashiwagi, K., Yamamoto, K., Ishihama, A. and Igarashi, K.: “Enhancement of the synthesis of RpoN, Cra and H-NS by polyamines at the level of translation *Escherichia coli* cultured with glucose and glutamate”
J. Bacteriol., **189**(6), 2359-2368 (2007)
- 10) 石浜 明: 原核生物の転写制御機構。
『バイオインフォマティクス事典』(日本バイオインフォマティクス学会編)、共立出版 (2006)
- 11) 石浜 明: 大腸菌細胞分化の遺伝子発現カスケード: 「細胞個性学」の幕開け。
蛋白質核酸酵素、51 巻 (8 号), 958-965 (2006)
- 12) 石浜 明: RNA ポリメラーゼ。
『タンパク質の事典』、猪飼篤ら編、朝倉書店 (2006)
- 13) 石浜 明: 原核生物 RNA ポリメラーゼ。
『タンパク質化学』、名取俊二ら編、広川書店、2006
- 14) 山本兼由、石浜 明: 大腸菌における金属ホメオスタシス。
バイオサイエンスとバイオインダストリー、64 巻 (3 号)、151-154 (2006)
- 15) 石浜 明: 代謝系を統合的に制御する包括転写因子-ひとつの生物の全ての転写因子の調節機能同定を目指して-
遺伝、別冊 21, 32-332 (2007)
- 16) 石浜 明: 大腸菌ゲノム発現カスケード-「細胞個性学」事始め-。
日本ロボット学会誌, **25**(2), 32-35 (2007)
- 17) 石浜 明: 大腸菌ゲノムの転写包括制御 - ひとつの生物の全ての転写因子の調節機能同定をめざして -。
実験医学増刊号「転写因子をモデルとしたグローバル制御へのアプローチ」、(2007)

<学会発表>

- 1) Ishihama, A.: “Systematic search for regulatory roles of *E. coli* transcription factors with unidentified functions”
2006 RNA Polymerase Workshop, (March 25-26, 2006, Birmingham, UK)
- 2) Terui, Y., Higashi, K., Taniguchi, S., Shigemasa, A., Kashiwagi, K., Ishihama, A. and Igarashi, K.: “Ribosome modulation factor (RMF), a stationary phase-specific protein, is a new member of the polyamine modulon!”
Internatl. Union Biochem. Mol. Biol. (IUBMB) Congress, (July 2006, Kyoto, Japan)
- 3) Ishihama, A., Ogasawara, H., Shimada, T., Teramoto, J., Hasegawa, A., Umezawa, Y., Yabuki, K., Ishida, Y., Inaba, T., Matsui, M., Kitai, Y., Kori, A., Yamada, K., Hirao, K. and Yamamoto, K.: “Multi-scale genetics towards understanding

the hierarchy of transcription factor network in genome regulation”

2006 Internatl. Symp. Micro-Nano Mechatronics and Human Science, (Nov. 6-8, 2006. Nagoya, Japan)

- 4) Ishihama, A.: “The bacterial nucleoid”
The 1st Symp. Nuclear Architecture: Chromosome-Chromatin Dynamics, (Dec. 11-13, 2006, Bangalore, India)
- 5) Ishihama, A.: “Systematic search for regulatory roles of putative transcription factors with unidentified functions” The 10th Transcription Assembly, (Dec. 14-16, 2006. Kolkata, India)
- 6) Shimada, S., Hirao, K., Kori, K., Yamamoto, K., Grainger, D.C., Busby, S.J.W. and Ishihama, A.: “RutR is the uracil/thymine sensing regulator of a set of genes for synthesis and degradation of pyrimidines” 2007 RNA Polymerase Workshop. (Mar 27, 2007. London, UK)
- 7) 山本兼由、大島 拓、石浜 明: “大腸菌における金属ホメオスターシス機構”
微生物ゲノム研究のフロンティア (2006 年 3 月 3-4 日、かずさ、木更津)
- 9) 石浜 明、小笠原 寛、島田友裕、寺本 潤、郡 彩子、山田佳代子、平尾貴世、長谷川明子、梅澤喜正、矢吹光史郎、成瀬みなみ、石田雄司、稲葉達也、松井 勝、鍛代悠一、田中邦貴: “大腸菌機能未知転写因子の機能解析: 制御標的遺伝子の探索”
第 6 回日本蛋白質科学会年会 (2006 年 4 月 24-26 日、京都)
- 10) 石浜 明: マルチスケール遺伝学: 大腸菌全転写因子の昨日同定。
シンポジウム『マルチスケール操作によるシステム細胞工学』、(2006 年 6 月 30 日、名古屋)
- 11) 石浜 明、小笠原 寛、島田友裕、寺本 潤、郡 彩子、山田佳代子、平尾貴世、長谷川明子、梅澤喜正、矢吹光史郎、石田雄司、稲葉達也、松井 勝、鍛代悠一、加藤大策: マルチスケール遺伝学: 大腸菌全転写因子の昨日同定。
シンポジウム『マルチスケール操作によるシステム細胞工学』、(2006 年 6 月 30 日、名古屋)
- 12) 石浜 明: RNA ポリメラーゼ: ゲノム転写の包括制御機構。
シンポジウム” The Origins of Trendy RNAs”、 (2006 年 7 月 15 日、北里大学、東京)
- 13) 小笠原 寛、長谷川明子、郡 彩子、山田 佳代子、山本 兼由、石浜 明: 大腸菌機能未知二成分制御系 RstA/RstB の機能同定。
第 3 回 21 世紀大腸菌研究会 (2006 年 10 月 3-4 日、滋賀)
- 14) 皆川 周、藺牟田結衣、山本兼由、石浜明、後藤直正: 宿主環境への適応に關与する細菌遺伝子群の新規探索法の構築。
第 59 回日本細菌学会関西支部総会、(2006 年 10 月 7 日、高槻)
- 15) 小笠原 寛、石田雄司、山田佳代子、石浜 明: ピルビン酸応答転写制御因子 PdhR の機能解析。 日本農芸化学会、(2007 年 3 月 25-27 日、東京)
- 16) 寺本 潤、長谷川明子、曲山幸生、市川明彦、Elshimy Haitham、新井史人、福田敏男、石浜 明: 大腸菌単一細胞のプロモーター強度の測定. 第 1 回日本ゲノム微生物学会、(2007 年 3 月、かずさ)
- 17) 山本兼由、大島 拓、藤田信之、小笠原直毅、石浜 明: 嫌気条件でクエン酸に応答する大腸菌センサーキナーゼ CitA の活性化機構。第 1 回日本ゲノム微生物学会 (2007 年 3 月、かずさ)

- 18) 皆川周、藺牟田結衣、澤田真嗣、山本兼由、石浜明、後藤直正： 宿主環境への細菌の適応に關与する共通遺伝子群の探索。第1回日本ゲノム微生物学（2007年3月、かずさ）

本田文江

<論文>

- 1) Ejima, M., Haraguchi, K., Yamamoto, T. and Honda, A.: "Effect of PB1c45 on influenza virus replication"
Micro-Nano Mechanics and human Science, 178-183 (2006)
- 2) Ichikawa, A., Honda, A., Ejima, M., Tanikawa, T., Atai, F. and Fukuda, T.: "In situ Formation of Gel Microbead for laser Micromanipulation of Microorganisms, DNA and Virus"
Micro-Nano Mechanics and human Science, 382-385 (2006)
- 3) Honda, A., Okamoto, T. and Ishihama, A.: "Host factor Ebp1: Selective Inhibitor of influenza virus transcriptase"
Genes Cells 12, 133-142 (2007)

<学会発表>

- 1) Akihiko Ichikawa, Ayae Honda, Miho Ejima, Tamio Tanikawa, Fumihito Arai and Toshio Fukuda: "In situ Formation of a Gel Microbead for Laser Micromanipulation of Microorganisms, DNA and Virus"
2006 International Symposium on MHS, Nagoya (2006)
- 2) Miho Ejima, Keiko Haraguchi, Tadashi Yamamoto and Ayae Honda: "Effect of PB1c45 on Influenza virus Replication"
2006 International Symposium on MHS, Nagoya (2006)
- 3) Ayae Honda and Miho Ejima: "Host factor PB1c45 is a novel inhibitor of Influenza Virus Replication"
Negative Strand RNA Virus Meeting Salamanca, Spain (2006)

常重アントニオ

<論文>

- 1) Schay, G., Smeller, L., Tsuneshige, A., Yonetani, T. & Fidy, J.:
"Allosteric Effectors Influence the Tetramer Stability of Both R- and T-states of Hemoglobin A"
J. Biol. Chem. **281**, 25972-25983 (2006)
- 2) Yokoyama, T., Neya, S., Tsuneshige, A., Yonetani, T., Park, S-Y & Tame, J.R.H.:
"R-state Haemoglobin with Low Oxygen Affinity: Crystal Structures of Deoxy Human and Carbonmonoxy Horse Haemoglobin Bound to the Effector Molecule L35"
J. Biol. Chem. **356**, 790-801 (2006)
- 3) Suganuma, K., Tsukada, K., Tsuneshige, A., Kashiba, M., Yonetani, T. & Suematsu, M.:
"T-state stabilization of hemoglobin allostery by nitric oxide: a protection against post-ischemic hepatobiliary dysfunction"
Antioxid. Redox Signaling, **8**, 1847-1855 (2006)

<学会発表>

- 1) Antonio Tsuneshige and Takehiko Haga : “Molecular Dissection and Modulation of a Native Multimeric Protein”
XIVth International Conference on Dioxygen Binding and Sensing Proteins, Naples, Italy、9 月 3-7 日 (2006)
- 2) Antonio Tsuneshige : “Papel del Agua como Solvente y Efecto en la Función de las Proteínas (Role of Water as a Solvent and Effector in the Function of Proteins)”
Mini-symposium Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Peru、10 月 19-20 日 (2006)
- 3) Antonio Tsuneshige and Takehiko Haga : ” Hydrophylic and Hydrophobic Effects on the Function of an Allosteric Protein in Solution”
Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Okinawa, Japan, 11 月 12-16 日 (2006)
- 4) Tomotaka Kenjo, Antonio Tsuneshige, Gentaro Miyazaki and Kiyohiro Imai: “The effect of solvation on the allosteric properties of the bluefin tuna hemoglobin”
Fifth East Asian Biophysics Symposium and Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Okinawa, Japan, 11 月 12-16 日 (2006)

平松 豊一

<論文>

- 1) 斎藤正顕, 松田修三, 平松豊一, グラフの Artin L-関数と符号理論, 法政大学工学部研究集報, 第 43 号, pp. 7-12 (2007. 3).
- 2) 多田秀樹, 平松豊一, HIV-1 の情報理論的解析, 法政大学工学部研究集報, 第 43 号, pp. 13-19 (2007. 3).
- 3) S. Nishimura, T. Hiramatsu: “A generalization of the Lee distance and error correcting codes”
Discrete Applied Math (in press)

<学会発表>

- 1) 平松豊一, 斎藤正顕, Ramanujan グラフと LDPC 符号, 第 17 回数学史シンポジウム (2006. 10).
- 2) 斎藤正顕, 松田修三, 平松豊一, 被覆グラフの L-関数と符号, 第 7 回代数幾何・数論及び符号・暗号研究集会, 東大数理 (2006. 12).

長井雅子

<学会発表>

- 1) Nagai, M.: “Heme Structure of Hemoglobins M Probed by Resonance Raman Spectroscopy”
20th International Conference on Raman Spectroscopy (ICORS2006) TTuA5 (2006 年 8 月、横浜)
- 2) Aki-Jin, Y., Nagai, M., Aki, M., Kubo, M., Imai, K., and Kitagawa, T.: “Characterization in Tyrosine Coordination in Hemoglobins M: 244-nm Excited UV Resonance Raman Investigation”
20th International Conference on Raman Spectroscopy (ICORS2006) 1P076 (2006 年 8 月、横浜)

月、横浜)

- 3) Mizutani, Y., Murakawa, Y., and Nagai, M.: "Structural Dynamics of Hemoproteins Initiated by Ligand Dissociation"
20th International Conference on Raman Spectroscopy (ICORS2006) TMA5 (2006 年 8 月、横浜)
- 4) Nagai, M., Aki-Jin, Y., Imai, K., Arisaka, F., and Nagai, Y.: "Oxygen Binding Properties and Dimer-Tetramer Equilibrium of β W37 Mutants of Human Hemoglobin A" Fifth East Asia Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (EABS & BSJ 2006) 1P168 (2006 年 11 月、沖縄)
- 5) Aki-Jin, Y., Nagai, M., Aki, M., Kubo, M., Imai, K., and Kitagawa, T.: "Tyrosine Coordination and Quaternary Structure in Hemoglobins M Probed by A 244-nm Excited Resonance Raman Study"
Fifth East Asia Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (EABS & BSJ 2006) 1P170 (2006 年 11 月、沖縄)

中村 寛夫

<論文>

- 1) Yamada, S., Akiyama, S., Sugimoto, H., Kumita, H., Ito, K., Fujisawa, T., Nakamura, H., and Shiro, Y.: "The signaling pathway in histidine kinase and the response regulator complex revealed by X-ray crystallography and solution scattering."
J. Mol. Biol. **362**, 123-139(2006).
- 2) Mogi, T., Mizuochi-Asai, E., Endou, S., Akimoto, S., and Nakamura, H.: "Role of a putative third subunit YhcB on the assembly and function of cytochrome *bd*-type ubiquinol oxidase from *Escherichia coli*."
Biochim Biophys Acta. **1757**, 860-864(2006).

<学会発表>

- 1) 山田 斉爾, 杉本 宏, 中村 寛夫, 城 宜嗣: "センサーヒスチジンキナーゼの活性制御メカニズム"
日本農芸化学会 2006 年度大会, 京都, 3 月 (2006)
- 2) 小林 立文, 佐藤 雅俊, 城 宜嗣, 中村 寛夫: "動物細胞におけるヘムの取り込みについて"
日本分子生物学会 2006 フォーラム (分子生物学の未来), 名古屋, 12 月 (2006)
- 3) 古角 友宏, 山口 由夏, 大柳明日香, 斉藤 正男, 城 宜嗣, 中村 寛夫: "ジフテリア菌ヘムセンサーキナーゼ ChrS のヘム結合部位の検討"
日本分子生物学会 2006 フォーラム (分子生物学の未来), 名古屋, 12 月 (2006)
- 4) 小林 美紀, 山田 斉爾, 杉本 宏, 中村 寛夫, 城 宜嗣: "ヒスチジンキナーゼ ThkA 触媒ドメインの結晶構造解析"
日本分子生物学会 2006 フォーラム (分子生物学の未来), 名古屋, 12 月 (2006)

磯貝 泰弘

<論文>

- 1) Y. Isogai, Y. Ito, T. Ikeya, Y. Shiro, M. Ota: "Design of lambda Cro fold: solution structure of a monomeric variant of the de novo protein" *J. Mol. Biol.* **354**, 801-814

(2005)

- 2) 磯貝泰弘：“望みの立体構造をもった人工タンパク質をデザインする”、バイオニクス、2月号、オーム社、68-69 (2006)

<著書>

- 1) 太田元規, 磯貝泰弘：“タンパク質の分子設計”、*生物工学ハンドブック*（日本生物工学会編）、コロナ社、pp188-191 (2005)
- 2) 磯貝泰弘、太田元規：“人工タンパク質設計”、*タンパク質科学-構造・物性・機能*（後藤祐児、谷澤克行、桑島邦博 編）、化学同人、pp 363-371 (2005)

<学会発表>

- 1) 石田学、安田温、山崎伊織、太田元規、磯貝泰弘、今井清博：“最尤法により推測した祖先型ミオグロビンのアミノ酸配列”、第43回日本生物物理学会年会、2005年11月、札幌
- 2) 磯貝泰弘：“天然蛋白質のアミノ酸配列に見るフォールディング中間体の不安定化機構”、第43回日本生物物理学会年会、2005年11月、札幌
- 3) 今村比呂志、磯貝泰弘、竹清貴浩、谷口吉弘、加藤 稔：“コイルドコイル構造をもつペプチド(GCN4-p1)の温度・圧力に対する二次構造安定性”、第43回日本生物物理学会年会、2005年11月、札幌
- 4) Isogai, Y.: “Native protein sequences are designed to destabilize the folding intermediates”, The 3rd Open Workshop for “Chemistry of Biological Processes Created by Water and Biomolecules”, 2006年1月、岡崎
- 5) Imamura, H., Isogai, Y., Takekiyo, T., Taniguchi, Y., Kato, M.: “Pressure and temperature induced conformational change of coiled coil peptide”, The 3rd Open Workshop for “Chemistry of Biological Processes Created by Water and Biomolecules”, 2006年1月、岡崎

原田 慶恵

<論文>

- 1) Han, Y-W., Tani, T., Hayashi, M., Hishida, T., Iwasaki, H., Shinagawa, H. and Harada, Y.: “Direct observation of DNA rotation during branch migration of Holliday junction DNA by Escherichia coli RuvA-RuvB protein complex”
Proc. Natl. Acad. Sci. USA **103**, 11544-11548 (2006)
- 2) Nishinaka, T., Doi, Y., Hashimoto, M., Hara, R., Shibata, T., Harada, Y., Kinoshita, K. Jr., Noji, H. and Yashima, E.: “Visualization of RecA filaments and DNA by fluorescence microscopy”
J. Biochem. **141**, 147-156 (2007)

<著書>

- 1) 原田慶恵、横田浩章：“バイオマシン・生物分子モーター”
細胞工学（秀潤社）**25**, 878-883 (2006)
- 2) 原田慶恵：“一分子観察、蛍光顕微鏡、蛍光色素、光ピンセット”
ナノバイオ大辞典（テクノシステム）56-58, 147-148, 149-151, 449-450 (2007)

<学会発表>

- 1) 貴家康尋、横田浩章、原田慶恵：“1 細胞内生体分子の定量法の開発”
第 3 回特定領域研究（生体分子群のデジタル精密計測に基づいた細胞機能解析：ライフサーベイヤをめざして）シンポジウム（2006 年 6 月、東京ガーデンパレス）
- 2) Sasuga, Y., Tani, T., Hayashi, M., Yamakawa, H., Ohara, O. and Harada, Y. :
“Development of a microscopic platform for real-time monitoring of biomolecular interactions”
Gordon Research Conference 2006 Single Molecule Approaches To Biology (2006 年 6 月、New London, USA)
- 3) 原田慶恵：“DNA 分子モーターがひきおこす十字型 DNA 分岐点移動時の DNA の回転運動の直接観察”
ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ成果報告会「ナノテクは進化する」(2006 年 7 月、東京国際フォーラム)
- 4) 原田慶恵：“バイオ分子間相互作用リアルタイム解析法”
ちばバイオクラスター交流会（2006 年 7 月、ホテルグリーンタワー幕張）
- 5) 原田慶恵：“Direct observation of DNA rotation during branch migration of Holliday junction DNA by Escherichia coli RuvA-RuvB protein complex”
特定領域研究「生態ナノシステムの制御」松島国際会議（2006 年 9 月、ホテル松島「大観荘」）
- 6) 原田慶恵：“成長円錐における神経成長因子の受容と軸索伸長制御のしくみ”
第 25 回神経組織培養研究会（2006 年 9 月、東京医科歯科大学（招待講演））
- 7) Miki, T., Sakamoto, S., Yokota, H. and Harada, Y. : “Labeling of iron-sulfur protein with a fluorescent dye to detect its conformation change in the cytochrome bclcomplex”
Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)
- 8) Kato, Y., Yokota, H., Hayashi, M., Terada, K., Sasuga, Y. and Harada, Y. : “Direct observation of T7 RNA polymerase rotation during transcription”
Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)
- 9) Hayashi, M. and Harada, Y. : “Direct observation of the twisting motion of a single DNA molecule caused by the intercalation of ethidium bromide”
Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)
- 10) Yokota, H., Han, Y-W., Allemand, J-F., Xi, X., Croquette V. , Bensimon, D. and Harada, Y. : “Novel microscopy for simultaneous single molecule measurement of DNA/protein interaction”
Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)
- 11) Nomura, M., Tani, T. And Harada, Y. : “Live imaging of growth cone regeneration after axotomy of dorsal root ganglion neurons”
Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)
- 12) Okabe, K., Harada, Y. and Funatsu, T. : “Real Time Imaging of Specific Messenger RNA in a Living Cell Using Artificial Nucleic Acids”
Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)

- 13) Sasuga, Y., Iwasawa, T., Terada, K., Sorimachi, H., Ohara, O. and Harada, Y. :
 “Development of a microscopic platform for single-cell analyses using picoliter microwell array”
 Fifth East Asian Biophysics Symposium & Forty-Fourth Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (2006 年 11 月、沖縄コンベンションセンター)
- 14) 岩澤朋之、 貴家康尋、 原田慶恵 : “一細胞中の酵素活性測定技術の開発”
 2007 年生体運動研究合同班会議 (2007 年 1 月、金沢市文化ホール)
- 15) 原田慶恵 : “新たな技術の開発—生体分子 1 個の働きを見る—”
 大阪大学産業科学研究所 21 世紀 COE プログラム「新産業創造指向インターナノサイエンス」セミナー「新産業創造指向融合型研究における男女共同参画の推進」 (2007 年 1 月、大阪大学産業科学研究所)
- 16) 原田慶恵 : “DNA モーターの機能を探る”
 第 2 回バイオナノ研究会「動くタンパク質を考える」、 (2007 年 1 月、城崎大会議館)
- 17) 貴家康尋、 横田浩章、 原田慶恵 : “1 細胞内生体分子の定量法の開発”
 第 4 回ライフサーベイヤシンポジウム・第 4 回特定領域研究全体会議 (2007 年 1 月、京都大学国際交流ホール)
- 18) Okabe, K., Harada, Y. and Funatsu, T. : 726-Pos/B570. “Real Time Imaging of Specific Messenger RNA in a Living Cell Using Artificial Nucleic Acids”
 Biophysical Society 51st Annual Meeting (2007 年 3 月、Baltimor, USA)

堀 洋

<論文>

- 1) S. Yazawa, H. Tsuchiya, **H. Hori**, and R. Makino: Functional Characterization of Two Nucleotide-binding Sites in Soluble Guanylate Cycase.
 J. Biol. Chem. **281**, 21763-21770 (2006)
- 2) Y. Takayama, Y. Kobayashi, N. Yahata, T. Saitoh, **H. Hori**, T. Ikegami, and H. Akutzu: Specific Binding of CO to Tetraheme Cytochrome c_3 .
 Biochemistry **45**, 3163-3169 (2006)
- 3) N. Nakanishi, F. Takeuchi, H. Okamoto, A. amura, **H. Hori**, and M. Tsubaki: Characterization of Heme-coordinating Histidyl Residues of Cytochrome b_5 Based on the Reactivity with Diethylpyocarbonate: A Mechanism for the Opening of Axial Imidazole Rings.
 J. Biochem. **140**, 561-571 (2006)
- 4) R. F. Abdelhamid, Y. Obara, Y. Uchida, T. Kohzuma, D. M. Dooly, D. E. Brown, and **H. Hori**: π - π interaction between aromatic ring and copper-coordinated His81 imidazole regulates the blue copper active-site structure.
 J. Biol. Inorg. Chem. **12**, 165-173 (2007)
- 5) H. Yashiro, T. Kashiwagi, M. Horitani, F. Hobo, **H. Hori**, and M. Hagiwara: Development of a multi-Frequency ESR system with High Sensitivity.
 J. Phys. Conf. Ser., **51**, 576-579 (2006)

<学会発表>

- 1) 日本物理学会 第 61 回年次 (春季) 大会 (2006) 愛媛
 整数スピン金属タンパク質 Mn^{3+} (S=2) 置換ミオグロビンの強磁場 EPR
 八代晴彦、堀谷正樹、萩原政幸、堀洋

- 2) 第 33 回生体分子科学討論会 (2006) 名古屋
野生型プチダレドキシンの安定性と X 線結晶構造解析
近藤昌幸、的場重樹、杉山佳奈子、朴三用、堀洋
- 3) 第 44 回日本生物物理学会 & 5th East Asian Biophysics Symposium (EABS) (2006) 沖縄
- 4) M. Kondo, S. Matoba, K. Sugiyama, S.-Y. Park, and H. Hori
Crystal Structure of Wild type Putidaredoxin from *Pseudomonas Putida*
- 5) Y. Obara, R. F. Abdlhamid, H. Hori, and T. Kohzuma
Spectroscopic and Electrochemical Studies of Pseudoazurin Met16X Variants
- 6) M. Horitani, H. Yashiro, M. Hagiwara, and H. Hori
Analysis of Multi-Frequency and High-Field EPR Spectra for Powder and Single-Crystal of Mn(III)Mb with Integer Spin (S=2)
- 7) H. Yashiro, T. Kashiwagi, M. Horitani, H. Hori, and M. Hagiwara
Development of a High-Sensitive, Multi-Frequency EPR System as a New Tool for Research on Metalloproteins with Integer Electron Spin
- 8) H. Mitsui, G. Miyazaki, and H. Hori
Detection of amino acid residues, which might be responsible for Root effect of tuna Hb, by site-directed mutagenesis

<解説>

- 1) 竹本浩史、井上直樹、堀洋
“高速混合凍結 EPR 法によるシトクロム P450cam の反応中間体の検出”
大阪大学低温センター研究報告書 (平成 17 年度報告書 : 平成 18 年発行) pp. 65-68

会 議 等 開 催 記 録

- ・ 運営委員会
- ・ セミナー報告書

会議等開催記録

●運営委員会（2006 年度）

2006. 4. 7 第1回運営委員会
2006. 5. 29 第2回運営委員会
2006. 6. 26 第3回運営委員会
2006. 9. 15 第4回運営委員会
2006. 10. 26 第5回運営委員会
2006. 11. 27 第6回運営委員会
2007. 1. 29 第7回運営委員会
2007. 2. 26 第8回運営委員会
2007. 3. 19 第9回運営委員会

2006年度 マイクロ・ナノテクノロジー研究センター セミナー開催一覧

	開催日	会 場	演 題	講演者	所属・職	備 考
第1回	2006.4.20(木) 17:00～19:00	小金井キャンパス 南館AV号室	T4ファージの分子集合と感染における分子認識	アリサカ フミオ 有坂 文雄	東京工業大学大学院・生命理工学研究科	ナノバイオロジー
			Composition gradient static light scattering : a new technique for rapid detection and quantitative characterization of reversible macromolecular associations in solution	Allen P. Minton	Laboratory of biochemistry and Genetics, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, National Institute of Health, USA	
第2回	2006.5.12(金) 14:00～16:00	マイクロ・ナノテクノロジー 研究センター会議室	50% PAE 20-mA Quiescent Current W-CDMA Power Amplifier with On-Chip Dynamic-Gain Lineerizer	アオキ ユウイチ 青木 雄一	日本電気株式会社 システムデバイス研究所 主任	分散電子デバイス
			マイクロ波通信用高出力Gan-HEAT技術	イノウエ カズタカ 井上 和孝	ユーディナデバイス株式会社 オフトパワープロジェクト・インフラデバイスグループ	
			超高速デバイス・回路技術調査専門委員会 活動報告	ハラ ナオキ 原 直紀	株式会社富士通研究所 基盤技術研究所 化合物デバイス研究部 主任研究員	
第3回	2006.6.5(月) 14:00～15:10	マイクロ・ナノテクノロジー 研究センター会議室	圧膜レジストを利用したリソグラフィとマイクロ流路製作への応用	ホリウチ トシユキ 堀内 敏行	東京電機大学工学部機械情報工学科 教授	メカトロ
第4回	2006.7.21(金) 14:00～	マイクロ・ナノテクノロジー 研究センター会議室	ワイヤレスアクセス用周波数リソースの国際標準化	ハシモト アキラ 橋本 明	株式会社 NTTドコモ	分散電子デバイス
			仮想オープンスタブを用いたUHF帯OFD250W級ドハティ増幅器の高効率化	ホリグチ ケンイチ 堀口 健一	三菱電機 株式会社	
			W-CDMA基地局用400W出力GaN-FETシングルエンド増幅器	ワケマ アキオ 分島 彰男	財団法人 新機能素子研究開発協会	
			1.8v動作トリプルバンドWCDMAトランシーバIC	トヤマ ヒトシ 富山 均	ソニー 株式会社	
第5回	2006.9.8(金) 13:30～15:30	小金井キャンパス 南館AV号室	プリオン病とはどんな病気か	ヤマノウチズヤ 山内 一也	東京大学名誉教授・日本生物科学研究所主任研究員	ナノバイオロジー
			Reconstruction and characterization of the pandemic 1918 influenza virus	Adolfo Garcia-Saistre	Professor,Department of Microbiology,Mount Sinai School of Medicine,New York,USA	

第6回	2006.10.23(月) 17:30～19:30	小金井キャンパス 西館第一会議室	迅速なたんぱく質検出手法の開発	アキ ミチビコ 安藝 理彦	富士通研究所 厚木地区 ナノテクノロジー研 究センター 博士研究員	ナノバイオロジー
			Switchable DNA Layers	Ulrich Rant	Walter Schottky Institute, Technical University, Munich, Germany	
第7回	2006.11.17(金) 14:00～	マイクロ・ナノテクノロジー 研究センター会議室	Improvement of Breakdown Voltage in Double- Heterojunction III-NFET with AlGaIn/AlN Buffer Layer	マツオ ヒサヨシ 松尾 尚慶	松下電器産業株式会社 半導体社 半導体デ バイス研究センター	分散電子デバイス
			5.8 GHz RF Transceiver LSI including On-chip Matching Circuits	ナガタ ミノル 永田 稔	東芝	
			60-GHz System-onpackage LTCC Module for High-speed Wireless Communication Systems	セキ トモヒロ 関 智弘	日本電信電話株式会社 NTT未来ねっと研究 所 ワイヤレスシステムイノベーション研究部 電波システム技術グループ研究主任	
			A Sub-10ps pulse Generator with a Biphasic Modulation Function in 0.13 μ m InP-HEMT	カワノ ヨウイチ 川野 陽一	富士通研究所	
第8回	2007.2.10(土) 13:00～	マイクロ・ナノテクノロジー 研究センター会議室	高周波熱プラズマを用いたナノ材料合成における 物理・化学過程	ワタナベ タカユキ 渡辺 隆行	東京工業大学	ナノマテリアル
			高周波熱プラズマによる高機能セラミックスナノ粒 子合成	イシガキ タカマサ 石垣 隆正	物質・材料研究機構 生体材料研究センター	
			触媒ナノ粒子制御による単層カーボンナノチューブ の直径制御の可能性	オガタ ヒロノリ 緒方 啓典	法政大学 工学部 物質化学科	
			B-C-N系ナノチューブの合成と評価	モリヨシ ユウスケ 守吉 佑介	法政大学 工学部 物質化学科	
第9回	2007.3.12(月) 16:00～18:00	小金井キャンパス 南館AV教室	Role of ErbB3-binding protein (Ebp 1) in the life cycle of negative sense RNA viruses	M. Gopinath	Department of Microbiology and Cell Biology, Indian Institute of Science, Bangalore, India	ナノバイオロジー
			The evaluation of the thermodynamic parameters in DNA - protein interaction at a monolayer	Dipankar Chatterji	ASTRA chair Professor, Molecular Biophysics Unit, Indian Institute of Science, Bangalore - 560012, India	