

# 大森素形材工学研究室

## Materials Fabrication Laboratory

主任研究員 大森 整  
OHMORI, Hitoshi

ナノプレジジョン領域において、各種素材に様々な形状・機能を高精度、高能率に付与する新しい加工プロセスの創出に関わる研究開発を行っている。除去加工を始め、成形/変形、表面改質プロセスなど幅広い分野での研究を進めている。加工対象物はマイクロオーダーからメートル級まで、付与する形状はナノメートルオーダーの表面やミクロンオーダーの構造からメートルオーダーの複雑形状まで極めて多岐に亘る。一方、究極な加工の研究と共に、正確な測定法や確実な解析法の研究を並行させ、シミュレーション、CAD、CAM、CATなどを統合したものづくり統合加工システムの基本構成プロセスの創出を目指している。特に、設計〜加工〜計測の融合化を実現する新たなものづくりコンセプトの具現化にかかる基礎研究を推進している。

実用面においても多くの企業と委託研究や共同研究を実施し、ELID研究会、マイクロ加工研究会など、当研究室から発足した研究会を通してオンリーワン技術を発進し、それぞれの産業技術をリードする活発な活動を続けている。また、理研ベンチャー制度の中で、当研究室から加工、シミュレーション、生体分析などの分野を対象とする「新世代加工システム(株)」、「(株)先端力学シミュレーション研究所」および「(株)フェューエンス」の3つの理研ベンチャーが発足し、それぞれの分野で活動している。

### 1. マイクロ構造/機能素子のためのナノメカニカルファブリケーション研究

(1) ELID 加工法の研究 (大森, 片平, 郭\*2, 小野\*2, 小茂鳥\*5, 栗木\*5, 丸山\*5, 山本\*5, 小川\*5, 貝瀬\*5, 陳\*5, 出口\*5, 金(敬)\*5, 小松\*5, 康\*5, 吉川\*5, 大森(宮)\*5, 松岡\*5, 松澤\*5, 宮澤\*5, 三好\*5, 中川\*5, 八須\*6, 野口\*5, 鈴木(和)\*5, 高田\*5, 横山\*5, 吉川\*5, 上野\*5, 浅見\*5, 清水\*5, 進藤\*5, 島崎\*5, 梅津\*5, 亀山\*7, 春日\*7, 山本\*7, 秋濃\*7, 齋藤\*7, 赤羽\*7, 根本\*7, 米山\*7, 井上(浩); 加工応用チーム 上原, 林(偉), 渡邊, 森田, 惠藤; 支援展開チーム 水谷)

超精密 ELID 研削加工法の制御、および同手法の適用範囲の拡充、ナノプレジジョン ELID 研削のための装置開発などについて系統的な研究を進めた。具体的研究成果として、CVD-SiC ミラー、宇宙 X 線用大型ミラー母型、シュミットレンズ、中性子物質レンズ(長尺楕円ミラー、フレネル形状、プリズム)、結晶化ガラスなど様々な難削・脆性材料に対して、微細な表面加工を延性モードで実現するための諸条件を検討し、良好な高精度鏡面加工を実現した。また、マイクロ光学素子材料として期待される屈折率傾斜(GRIN)媒質の高品位加工も行った。さらに、ELID 効果を狙ったマイクロハードディスク基板加工システムの開発も行った。一方、ELID ホーニング工法を富士重工(株)と合同で開発し、エンジンブロック内面の仕上げ加工に適用し、量産化に成功している。

また、ELID 法の応用展開として、加工と同時に被加工物表面に微細な非晶質酸化膜を形成、および物質置換現象に基づく改質効果を付加する複合プロセスを実現している。超硬合金や成形用ステンレス鋼といった金型用素材に対し、種々の金属元素を浸透拡散させることに成功しており、その物質置換現象をより一層促進させるため、クロムおよびチタンをボンド材として混合させた砥石を新たに開発し、その基本的な加工特性、表面改質特性の評価を着実にやっている。さらに、砥粒成分元素を種々調整することにより、表面電位や濡れ性等の表面機能が大きく変化するという全く新しい知見を得ており、離型性との関係まで掘り下げて検討を試みている。金属系生体材料であるチタン合金や Co-Cr 合金へ適用した場合も、生体親和性、細胞毒性が向上することが確認されている。

一方、要素技術開発として、放電プラズマ焼結 (SPS) 法を用いて ELID 研削用メタルボンド砥石 (アルミニウム、チタン) の開発を行うと共に、環境に配慮した加工システムへの要求に応えるため、水草カーボンを用いた環境調和型砥石、微細 RB セラミックスボンド砥石も開発し、基本加工特性を確認した。一連の ELID プロセスの研究活動は、ELID 研究会およびナノプレジジョン研究委員会を中心とした体制により推進され、特にナノプレジジョン領域での技術情報発信と議論を目的としたセミナーやシンポジウム、見学会などを積極的に主催するとともに、ELID システムの標準化に向けた事例構築に取り組んでいる。

さらに、中国や独国の研究機関から研究者を招くなど研究交流の強化を図ると共に、米国や韓国との国際シンポジウムの企画を通じて、コア技術の積極的アピールに努めるなど、ELID 研究コミュニティの一層のグローバル化を推し進めた。

(2) 超平滑加工の研究 (大森, 片平, 小野\*2, 上野\*2, 河西\*5, 池野\*5, 土肥\*5, 長谷川\*5, 堀尾\*5, 伊藤(伸)\*5, 小仲\*5, 増田\*5, 松澤\*5, 村上\*5, 八須\*6, 永倉\*5, 大前\*5, 井上(孝); 加工応用チーム 林(偉), 渡邊, 上原)

超平滑加工を必要とする半導体材料、光学素子材料、生体材料、機構部品に対して、ナノレベルからサブナノレベルの極限平滑面を創成するメカニカル/ケミカル加工法の継続研究とこれに高い形状精度を付加させるスーパーポリシング手法の検討を行った。ELID 法を援用した半導体デバイス加工を目指し、導電性ラバーボンド砥石による実証試験を行い、さらなる高品位化手法の検討を進めた。また、前年度に引き続き、ナノダイヤモンドコロイドによる高品位ポリシング実験を行い、「トライボファブリケーション」の観点から、ナノダイヤモンドコロイドによる金属材料、機能材料の研磨およびトライボロジー特性を調べ、コスト効果の高いナノダイヤモンドの応用手法・実用化について調査を行った。

また、前年度に引き続き ELID 研削法と遊離砥粒による研磨や磁性流体研磨(MRF)法を連携させた加工プロセス技術の研究を行い、ガラス成形用非球面レンズ金型や非球面レンズなどの加工検証を行い、高精度化、高効率化を進めた。さらに、X-FEL ミラーの加工プロセスの検討を行い、EEM(Elastic Emission Machining)との連携にかかる基礎試験を大阪大学と進めた。

(3) 超微細加工の研究 (大森, 片平, 成瀬\*1, 武安\*5, 安藤\*5, 陳\*5, 藤井\*5, 部谷\*5, 吹春\*5, 船田\*5, 古林\*5, 後藤\*5, 石井\*5, 石坂\*5, 伊藤\*5, Jabri\*5, 上村\*5, 加藤\*5, 近藤\*5, 松下\*5, 増田(忠)\*5, 三浦\*5, 白滝\*5, 武安\*5, 鳥居\*5, 常木\*5, 袁\*5, 鈴木\*7, 佐々木\*7, 安藤(文)\*7, 北村\*7, 菊池\*7, 田部\*7, 渡辺\*7; 加工応用チーム 上原, 森田, 林(偉))

マイクロメカニカルファブリケーションの加工手法の研究において、微細な形状創成加工には、ツール先端を数ミクロン以

下のシャープネスに創成するツーリング手法が不可欠となる。プラズマ放電と ELID 研削を複合した手法と、画像処理方法を採用した机上計測装置によりシャープエッジと鏡面的な表面性状を持つ超精密ツールを創成し、また、高精度な寸法精度を実現した。そして、赤外域の回折や中性子ビーム集光、リフレクターとしての光学機能を持つものや、細胞セル、微細ノズルなどのマイクロプレス法を含む各種材料に対する微細加工プロセスの構築を進めた。

まず、ナノオーダーの超微細溝加工を効率的に実現することを目的として、全空気静圧型非接触駆動装置により、鋸歯形状で深さ 200 ナノメートルの超微細溝加工、いげた状の超微細溝加工、曲面超微細溝を持つレンズ加工を実現した。また、Ni-P 材質において Ra0.5 ナノメートルの表面粗さを実現した。さらに、全空気静圧型非接触駆動装置にリニアモータ駆動方式を採用した装置を開発し、超精度な机上計測システムの構築を行っている。

また、デスクトップマシン開発として、ELID 機能を搭載し、必要な加工自由度、軸構成、ソフトウェア技術により、非球面凸型石英レンズやマイクロアキュエータ、インクジェットノズル、マイクロレンズ、レンズアレイ、そして、人工股関節骨頭等の微細加工に対応できるシステム構築を進めた。また、微細な形状に対する研削加工に適したクーラントノズル部に電極を内蔵し、ノズル内で電解した研削液を供給することにより ELID と同様の効果を得ることのできる新しいマイクロ加工システムの開発を進めている。さらに、高精度化を目的として、エア静圧ガイド駆動の超精密デスクトップマシンツールの開発を行い、高精度な NC 動作経路の追従性を実現し、ガラス材の溝加工や超硬合金材のマイクロレンズ金型の検討を行い、卓上加工機においてもサブミクロンレベルの形状精度を実現した。そして、ワークハンドリング手法、計測手法の研究、データ収集手法の研究、およびこれらの統合化に必要なプラットフォームシステムの構築を引き続き進めている。

また、マイクロツールの加工能率を考慮した机上計測搭載型超精密円筒研削盤の開発にも着手した。数ミクロンものシャープな先端寸法を有し、六角形、八角形などの異形状のマイクロツールを開発し、ソリッドイマージョンレンズの加工、プレス金型加工、マイクロギア加工を実現した。マイクロツールの表面性状がツール寿命に大きな影響を与えることを確認し、机上ツーリングを行うことにより更なる振れ精度を実現し、これらの効果を確認した。

さらに、超微細加工のためのインプロセス計測の研究を進め、微細溝形状の測定を可能とする机上計測、特にマイクロ/ナノ構造物の計測に対応した AFM による机上計測手法の研究を進めた。一連の研究ニーズの意見交換を含め、マイクロ加工研究会とともに交流を推進している。

## 2. 超精緻成形加工の応用とコンピュータシミュレーション研究

材料の変形理論と変形用兼造形用有限要素法 (FEM) シミュレーション・コードの開発 (大森, 杉本\*5, 高橋\*5, 城寶\*5, 浅原\*5, 小野(徳)\*5, 長谷川(太)\*5, 金井\*5, 殷\*5, 青野\*5, 藤本\*5, 吉田\*7, ;加工応用チーム 林(偉), 惠藤)

材料成形加工に関するシミュレーションプロセスの実用化、および VCAD モデルを実体化する Volume ファブリケーション手法の開発を目指して研究を進めている。多くの実験データの取得や現場のノウハウを集約すると共に、これまでの成果・ノウハウを統合した高精度・高速なシミュレーションソフトウェアを具現化するべく、(株)先端力学シミュレーション研究所との共同研究を通して、計算時間が非常に長い板材成形やハイドロフォーミング・シミュレーションソフトの開発・改良を行った。計算時間の短縮やスプリングバック現象の解析精度向上、VCAD モデルにつながる微細加工プロセス開発において一定の成果を得ている。また、マイクロコンポーネントの量産化を想定して開発したマイクロ金型を用いたマイクロ射出成形手法により、微細溝形状を有する高精度成形品の研究開発を進めた。そして、細密光学素子等を対象とした新しい熱圧縮成形手法の研究にも着手した。これらのプロセスシミュレーション手法の検討とともに実証研究を進めている。さらに、マイクロ成形研究委員会とも交流を図り、研究の推進ニーズ収集に努めた。

## 3. マイクロファブリケーションの応用研究

(1) マイクロファブリケーションの生体計測機器への応用 (山形, 劉\*9, 最上\*5, 青木\*5, 原\*5, 野中\*5, 加瀬\*5, 朱\*7)

前年度に続き、(株)フューエンスとの共同研究を中心とした活動を進めている。厚膜フォトレジストによるマイクロファブリケーションプロセスに基づき、タンパク質-リガンドの結合を高感度で検出可能な新しい原理による分析システムの開発を進めており、またエレクトロスプレーデポジション法 (ESD法) を利用した微細流路内での生化学分析手法の検討を引き続き行っている。連携理事長ファンドにより実験動物感染症検査への適応を理研バイオリソースセンターと協力しつつ進めている。更に、ESD法の次世代技術として表面弾性波振動子を用いた微細パターン形成法の研究開発も行っている。

(2) デバイス開発のための計測手法・支援技術の研究 (大森, 守安, PETER\*5, QIAN\*5; 加工応用チーム 上原, 渡邊, 林(偉), 森田; 先端技術開発支援センター 安藤, 支援展開チーム 水谷, 谷田貝, ラピッドエンジニアリングチーム 浦井, アドバンストエンジニアリングチーム 安齋)

先進光学素子開発などを狙い、オンマシン測定法の構築のために高分解能接触式小型計測プローブおよび非接触レーザー測定プローブの小型化に成功し、本年度は主にこれらの測定性能の検証および計測ソフトの開発研究を行った。また、測定データによるフィードバックシステムの検証を行い、加工計測システムの高度化を図った。構築したモジュール・システムをベースとして 400mmXFEL 用ミラーの開発研究への適用を狙い、大阪大学、石川 X 線干渉光学研究室との連携による ELID-MRF-EEM-計測のプロセス化を通してナノレベルの精度達成を目指している。

また上記の活動とも関連し、先端技術開発支援センター、支援展開チーム、ラピッドエンジニアリングチーム、アドバンストエンジニアリングチームと連携して、各種測定技術・支援技術の検討、特殊加工の検討、加工工程のテンプレート化のための基本的検討を行った。特にバイオ情報の測定、生きた細胞などの測定や、かかる機器開発や部品工作プロセスの合理化、特殊加工に関連し、所内外の専門家と連携して検討を進めた。

## 4. マイクロからナノ領域におけるフォーミング/トライボロジー研究

塑性加工による微細構造体の加工とトライボロジー (池)

塑性加工の生産性の高さを微細加工に応用し、さらに機能的な用途へのマイクロ加工の応用をはかるため、2次元バーコードを構成する微細表面窪み列の成形および情報としての伝達性能の研究を試みている。これは紙媒体の2次元バーコードに比べて耐久性や耐熱性にすぐれ、金属部品に直接加工することによる誤情報の発生を防ぐ。各種部品の管理・廃棄・リサイクルなど適用が見込まれる。本年度は小型部品への応用を想定してピッチ 30 $\mu$ m(800DPI)までの微細加工とそれによる情報伝達(読み取り)が高速に可能であることを示し、さらに微細化の限界因子を検討した。

また鋼板等の表面仕上げの手段として用いられる調質圧延においては適当な凹凸を付与することにより板材成形時の潤滑性や塗膜の密着性が期待されている。調質圧延は延性の低下をふせぐため圧延率 1%程度の非常に加工度の低い圧延であり、そ

ここで所定の表面粗さを付与する高度な技術を要求する。接触面圧一定のもとでロールに付与した微細凹凸形状が圧印的なプロセスにより転写される過程を3次元弾塑性有限要素解析により検討した。特にロール面に付与する微細凹凸形状の性質と転写された面の表面粗さの関係およびそれに及ぼす潤滑の影響を検討し、接触面圧によって評価結果が変わってくることを明らかにした。

---

\*<sup>1</sup>テクニカルサイエンティスト, \*<sup>2</sup>協力研究員, \*<sup>3</sup>研究嘱託, \*<sup>4</sup>基礎科学特別研究員, \*<sup>5</sup>共同研究員, \*<sup>6</sup>委託研究生, \*<sup>7</sup>研修生, \*<sup>8</sup>ジュニア・リサーチ・アソシエイト, \*<sup>9</sup>訪問研究員

The main objective of our research is the development of revolutionary and new material processing technologies in grinding, lapping, polishing, cutting and forming for an extensive range of materials. Through advanced research activities on ultraprecision, ultrafine, nanoprecision and ultra-smooth machining processes, required for the fabrication of advanced functional devices such as optical and electronic components, we launched the research of a new field of micro-mechanical fabrication technologies in addition to surface functional modification, transcription, measurement and evaluation techniques, aiming at a wide variety of materials, precision, mechanics and scale ranging from micrometer to nanometer level, to meet practical and applied industrial needs.

#### Research Subjects and Members of Materials Fabrication Laboratory

1. Nanoprecision mechanical fabrication processes for micro-structural/functional devices
2. Ultrafine transcription and computational mechanics assisted processes
3. Applications on micro-fabrication processes
4. Forming processes/tribological investigations from micro to nano-scale

#### *Staff*

##### *Head*

Dr. Hitoshi OHMORI

##### *Members*

Dr. Hiroshi IKE

Dr. Yutaka YAMAGATA

Dr. Sei MORIYASU

Dr. Kazutoshi KATAHIRA

Dr. Jianqiang GUO\*<sup>2</sup>

Dr. Teruko KATO (ONO) \*<sup>2</sup>

Mr. Tetsuya NARUSE\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Special Postdoctoral Researcher

\*<sup>2</sup> Contract Researcher

\*<sup>3</sup> Technical Scientist

##### *Collaboration with*

Dr. Weimin LIN (VCAD applied fabrication Team)

Mr. Yoshihiro UEHARA (VCAD applied fabrication Team)

Mr. Shinya MORITA (VCAD applied fabrication Team)

Dr. Hiroyuki ETO (VCAD applied fabrication Team)

Dr. Yutaka WATANABE (VCAD applied fabrication Team)

Dr. Fumio YATAGAI (Planning and Promotion Team)

Dr. Masayoshi MIZUTANI (Planning and Promotion Team)

Mr. Teruo URAI (Rapid Engineering Team)

Dr. Masahiro ANZAI (Advanced Engineering Team)

Ms. Kazu ANDO (Advanced Development and Supporting Center)

##### *Visiting Members and Postdoctoral Fellows*

Dr. Tomoaki ANDO (Astom R&D)

Dr. Hiroyoshi AOKI (Fuence Co. Ltd)

Mr. Masahiro AONO (Astom R&D)

Mr. Hiroshi ASAHARA (Astom R&D)

Mr. Muneaki ASAMI (The Nexsys Corp.)

Dr. Hisamitsu AWAKI (Ehime Univ.)

Dr. Masanobu AZUMA (TOKUYAMA Corp.)

Dr. Decheng CHEN (FineTec Co.)

Mr. Takahisa DEGUCHI (Saitama Pref. industrial Technology Center)

Mr. Akira FUJII (Astom R&D)

Mr. Hiroshi FUJIMOTO (Astom R&D)

Mr. Hiroshi FUKIBARU (Astom R&D)

Mr. Hiroyoshi FUNATA (Astom R&D)  
Dr. Tadashi FURUBAYASHI (Astom R&D)  
Mr. Shinichiro GOTO (Astom R&D)  
Mr. Tsutomu HARA (Fuence Co. Ltd)  
Mr. Yuji HASEKAWA (Ibaraki National Col. of Tech.)  
Mr. Taisuke HASEGAWA (Astom R&D)  
Dr. Manabu HEYA (Osaka Univ.)  
Dr. Kenichiro HORIO (Fac. Eng., Saitama Univ.)  
Dr. Junichi IKENO (Saitama Univ.)  
Dr. Kozo INOUE (S. T. Research)  
Dr. Masaru ISHII (Astom R&D)  
Mr. Seiji ISHIKAWA (Nippon Pillar Packing Co.)  
Mr. Koichiro ISHISAKA (Astom R&D)  
Dr. Nobuhide ITOH (Fac. Eng., Ibaraki Univ.)  
Mr. Tohru ITOH (Astom R&D)  
Dr. Khaled JABRI (FineTec Co.)  
Mr. Teruaki JYUBOU (Astom R&D)  
Mr. Mituo KAISE (Fuji Heavy Industries Ltd.)  
Mr. Yoshizumi KAMIMURA (Astom R&D)  
Mr. Shigeru KANAI (Astom R&D)  
Dr. Jae-hoon KANG (KIMM. Korea)  
Dr. Toshiroh KARAKI DOY (Fac. Ed., Saitama Univ.)  
Dr. Toshio KASAI (Fac. Eng., Tokyo Denki Univ.)  
Mr. Kunio KATO (Astom R&D)  
Dr. Gyung-Nyun KIM (Dept. Mech. Eng., Kyoje College, Korea)  
Mr. Ho-young KIM (G&P Technology)  
Mr. Joon-wan KIM (Univ. Tokyo)  
Mr. Toshiyasu KOMATSU (Yamanashi Pref. industrial Technology Center)  
Dr. Jyun KOMOTORI (Keio Univ.)  
Mr. Masao KONAKA (Nippon Pillar Packing Co.)  
Mr. Kazuhiko KONDO (Nagoya Univ.)  
Dr. Bumhwan LEE (Fuence Co. Ltd)  
Dr. Youngchul LEE (Yonam Inst. of Digital Tech.)  
Mr. Jirou MARUYAMA (Fuji Heavy Industries Ltd.)  
Mr. Shigeki MASUDA (Nippon Pillar Packing Co.)  
Mr. Tadashi MASUDA (Nagoya Univ.)  
Dr. Toshitaka MATSUOKA (Matsuoka Consultant Office Co.)  
Mr. Kohji MATSUSHITA (Nagoya Univ.)  
Mr. Takashi MATSUZAWA (Ikegami Mold Engineering Co.)  
Mr. Takahiro MIURA (Ikegami Precision Tooling Engineering Co.)  
Mr. Tetsuji MIYAZAWA (Fuji Die Co.)  
Mr. Yuji MIYOSHI (Astom R &D)  
Dr. Hiroshi MISHINA (Chiba Univ.)  
Mr. Norihide MITSUISHI (The Nexsys Corp.)  
Dr. Kaname MOGAMI (Fuence Co. Ltd.)  
Mr. Yukiono MURAKAMI (Astom R&D)  
Ms. Maki NAGAKURA (Astom R&D)  
Mr. Asahiko NAKAGAWA (Astom R&D)  
Mr. Kiyotaka NOGUCHI (Saitama Pref. industrial Technology Center)  
Dr. Hiromi NONAKA (Fuence Co. Ltd)  
Mr. Tokumitsu ONO (Astom R&D)  
Mr. Masao OGAWA (Fuji Heavy Industries Ltd.)  
Mr. Masaru OHMAE (Nippon Pillar Packing Co.)  
Dr. Miyajiro OHMORI (The Nexsys Corp.)  
Dr. Takacs PETER (Brookhaven National Lab.)  
Dr. Shinan QIAN (Brookhaven National Lab.)  
Dr. Jianyun SHEN (Huaqiao Univ.)  
Mr. Kagemasa SHIMAZAKI (Saitama Pref. Casting & Mach. Res. Inst.)  
Mr. Tomoyuki SHIMIZU (The Nexsys Corp.)  
Mr. Hisayoshi SHINDO (Saitama Pref. industrial Technology Center)  
Mr. Yukihiko SIRATAKI (Astom R&D)  
Dr. Takashi SUGIMOTO (Kanagawa Univ.)  
Dr. Zhigang SUN (Astom R&D)  
Mr. Katsushi SUZUKI (Nagoya Univ.)  
Dr. Toshinori TAKAHASHI (Saitama Inst. Tech. Univ.)  
Dr. Yoshiharu TAKATA (Yamazaki Mazak Corp.)

Mr. Hatsuichi TAKEYASU (The Nexsys Corp.)  
Dr. Mariko TOJYOU (Fuence Co. Ltd)  
Mr. Tatsuharu TORII (Nagoya Univ.)  
Dr. Kunio TSUJI (Fac. Eng., Science Univ. Tokyo)  
Mr. Masakatsu TSUNEKI (Astom R&D)  
Mr. Harumi TSUTA (Fuence Co. Ltd)  
Mr. Yoshiyuki UENO  
Mr. Yasutachi YAMAMOTO (Fuji Heavy Industries Ltd.)  
Mr. Kazuhiro YAMANE (TOKUYAMA Corp.)  
Dr. Jun YIN (Astom R&D)  
Dr. Shaohui YIN (The Nexsys Corp.)  
Mr. Kenzo YOKOYAMA (Yushiro Chemical Co.)  
Mr. Kenichi YOSHIKAWA (The Nexsys Corp.)  
Dr. Xi YUAN (Astom R&D)

*Trainees*

Mr. Tatsuya EHARA (Fac. Eng., Science Univ. Tokyo)  
Mr. Takayoshi TABELI (Nippon Inst. Technology)  
Mr. Hirotohi INOUE (Nippon Inst. Technology)  
Mr. Takashi INOUE (Nippon Inst. Technology)  
Mr. Yousuke HACHISU (San Seimitsu Kako Lab., Ltd)  
Mr. Satoshi HARA (Tokyo Insitute of Technology)  
Mr. Yutaka KAMEYAMA (Keio University)  
Mr. Tomoyuki SAITO (Keio University)  
Mr. Naoshi MIZUMOTO (Fac. Eng., Science Univ. Tokyo)  
Mr. Hiroshi KASUGA (Saitama Univ.)  
Mr. Atsushi MURAKAMI (Institute of Technologist)  
Mr. Yusuke NAKANO (Fac. Eng., Science Univ. Tokyo)  
Mr. Akihiko NEMOTO (Nippon Inst. Technology)  
Ms. Yukako AKINO (Keio University)