

16. 情報・知能・精密機器部門

16.1 部門概要⁽¹⁾

情報・知能・精密機器部門 (IIP: Information, Intelligence and Precision Equipment Division) (図 1) は、高度情報化社会の基盤となる各種情報・知能・精密機器を対象として、そのテクノロジーの学問的基盤を確立するとともに、それらの創造と発展に寄与することを目的として 1991 年に設立され、2016 年に 25 周年を迎えた。本部門の特徴は、既存の学問分野・技術分野を融合・発展させた領域や新領域を大きくカバーしていることである。すなわち、機械工学で基本とされる材料力学、流体力学、熱力学、機械力学等を「縦糸」とすれば、本部門はいわば情報・知能・精密・医療等をキーワードとする「横糸」の位置付けと言えます。基礎的分野をカバーしつつ、より産業や社会に近い立場で創造的な活動を進めている部門である。本部門が対象とする分野には、情報機器コンピュータメカニクス、精密機器マイクロメカトロニクス、機械の知能 (AI) 化、医療福祉機器、柔軟媒体ハンドリング等がある。これらは、コンピュータの記憶装置等の情報機器にまつわる研究と開発、マイクロ/ナノ化技術とマイクロ/ナノメカトロニクス技術、機械のインテリジェント化技術、生体ハンドリング技術やヘルスケア技術を含む医療福祉技術、プリンテッドエレクトロニクスや大面積フィルム状物体等の精密ハンドリング技術等を含み、産業界で大変重要な意味を持つ分野である。また、最近では IoT (Internet of Things) も本部門で取り扱うべき重要な分野となっており、活発な議論が展開されている。さらには、これらの共通基盤技術としてのマイクロナノ理工学やトライボロジー等の基礎的学理の研究の広がり、真の先端技術開発に不可避であり、従来の枠組みでは捉えられない新現象の解明と応用は、大学人にとっても企業の研究開発者にとっても興味の尽きないネタの宝庫である。

以下、本部門の活動の概要について説明した後、各分野の動向について述べる。



図 1 情報・知能・精密機器部門シンボルマーク

16.1.1 部門講演会

毎年 3 月に開催される部門講演会は、年次大会と共に部門の活動の中で最重要に位置付けられる講演会である (3 年に一度は後述の MIPE 国際会議として開催)。この講演会では、1~2 件のキーノートスピーチ、および主要な「横糸」を機軸としたオーガナイズドセッションを設けて 80~100 件程度の研究発表を行い、情報・知能・精密機器技術に関わる産・学・官の研究者ならびに技術者の最大の交流・情報交換の場とすべく活動を行っている。

16.1.2 国際会議 (MIPE)

上述の部門講演会は、3 年に 1 度、米国機械学会 (ASME) と共催の MIPE 講演会となる (MIPE: Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment)。今やどの学会・部門でも国内での活動だけの存立はありえず、常に世界が舞台であり、これまでも増して国外研究者・技術者との交流と議論が重要となっている。当部門も米国機械学会の ISPS 部門 (Information Storage and Processing Systems Division) と協力関係を維持・発展させており、日本と米国で交互に MIPE 講演会を開

催している (MIPE2003 横浜, MIPE2006 米国サンタクララ, MIPE2009 つくば, MIPE2012 米国サンタクララ, MIPE2015 神戸) .

16.1.3 分科会

部門所属の分科会も積極的に活動を行っており, 現在下記の四つの分科会が設けられている.

- ・ 情報機器のメカニクス制御に関する分科会 (2)
- ・ 柔軟媒体ハンドリング技術及び応用プロセスに関する調査研究分科会
- ・ さまざまな分野から機械の知能化をとことん議論する分科会
- ・ 医療福祉機器の実用化研究分科会

16.1.4 講習会

講習会は, 基礎技術やタイムリーな話題に関する適切な情報を提供することにより, 受講者の方々への満足のいく情報提供サービスを目指している.

2007 年度「非常時のメカトロニクス」, 「電子写真技術のシミュレーション」

2008 年度「機械を賢くする方法」

2009 年度「メカトロ機構における基礎計測技術」

2010 年度「メカトロ機構における基礎計測技術」

2011 年度「メカトロ機構における基礎計測技術」

2012 年度「メカトロ機構における基礎計測技術」

2013 年度「機械計測技術の基礎講習会」

2014 年度「機械計測技術の基礎講習会」

2015 年度「モーションコントロール技術の基礎講習会」

2016 年度「機械と社会を変える人工知能 (AI) 基礎講座」

また, 学生を対象に若手研究者・技術者の育成を目的として, 「情報・知能・精密機器部門学生サマースクール」を 2007 年より開催している. 平均で約 67 名の参加者を得て毎年継続的に開催されており, 部門の講習会として定着している.

16.1.5 周年事業

1991 年の部門設立から 15 周年以降, 5 年ごとに市民フォーラムあるいは特別講演会を開催している. オープンな企画であり, 毎回多くの方々に聴講して頂いている. 下記にそれらの概要を示す (講師の所属は開催当時のもの) .

- ・ 15 周年記念市民フォーラム 「脳科学と機械工学」 (2007. 3. 19, 東京工業大学)
 - 小泉 英明 (日立製作所) 「脳科学による科学・技術と人文学の架橋・融合」
 - 茂木 健一郎 (ソニーコンピュータサイエンス研究所) 「脳と偶有性」
- ・ 20 周年記念特別講演会 「技術立国復活へ向けた取組み」
(2013. 3. 21, 東洋大学, 前年度 MIPE2012 開催のため 1 年遅れで開催)
 - 妹尾 堅一郎 (産学連携推進機構) 「ものづくりの次世代パラドクス～
“ロボット化” する機械による産業生態系の変容～」
 - 金 美德 (多摩大学) 「韓国企業のグローバル戦略に学ぶ」
 - 橋本 巨 (東海大学) 「オープン・イノベーションの形成を目指す
ロール・ツー・ロールプリンティッドエレクトロニクス」
- ・ 25 周年記念市民フォーラム 「IoT と AI が拓く未来」 (2017. 3. 13, 東洋大学)
 - 長野 敬 (日立製作所) 「センシング・ソリューションに向けた取組み
－『1,000 万分の 1 の世界』が拓く新領域－」
 - 松尾 豊 (東京大学) 「人工知能は人間を超えるかーディープラーニングの先にあるものー」
 - 谷口 恒 (ZMP) 「自動運転技術の応用」

16.1.6 ロードマップおよび将来構想

本部門がダイナミックな社会の変化に対応し、タイムリーな技術貢献をし続ける為に、2014年度に「ロードマップ委員会」を組織して部門独自のロードマップを策定した。活動の出口として長期的な部門のビジョン策定と体制創りへの展開を掲げ、「もっと活性化、もっと楽しく」をスローガンに第一次ロードマップを策定した。これを先端技術市民フォーラム「情報・知能・精密機器の将来技術」（2015.3.20, 東京電機大学）で公開した。さらに、2016年度から新たに「将来構想委員会」を設けた。これは、前述の「ロードマップ委員会」を拡張し、ロードマップの鮮度を維持するのみならず、部門の学術分野と運営についての中長期構想の策定を目指すことで、ダイナミックな産業界の変化に対応して部門の方向性を常に敏感に保つためのものである。特に、若手研究者・技術者の部門活動へ参画を促す足場作りとして、2017年度より将来構想委員会を若手中心の構成とし、より一層の部門の活性化を図ることとした。

[松岡 広成 鳥取大学]

参考文献

- (1) 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門ホームページ <https://www.jsme.or.jp/iip/index.html> より抜粋し引用。
(参照日 2017年3月21日)

16.2 情報機器

16.2.1 ヘッド・ディスク・インターフェイス

ハードディスク装置の記憶密度は2010年頃までは垂直磁気記録 (PMR: Perpendicular Magnetic Recording) 技術と TMR (Tunnel Magneto-Resistance) 磁気ヘッド技術の組み合わせによって年率平均 40% という高い伸びを示していた。ところが、2010年以降は、記録密度の伸びが急速に鈍化し、2010年～2015年では、年率は約 13%に低下した (図2)。ヘッドとディスク間のスペーシングも図2に示すように TFC (Thermal Flying Height Control) 技術を用いて数 nm まで低下したが、その後スペーシングの低減はあまり進んでいない。しかし、2016年に市販の 3.5 インチハードディスク装置の記憶容量は 10TB に達している。これは、ヘリウムガスを装置内に封入しディスク振動を低減し、一台当たりの磁気ディスク枚数の増加させたこと、SMR (シングル磁気記録) あるいは瓦記録と呼ばれる記録方式を採用したことによる。

記録密度の伸びが少ないのは、記録ビットが小さくなるにつれ熱減磁と呼ばれる磁化安定性の低下を抑制する技術が確立されず、記録密度の向上が困難だったことに起因する。このような状況において、熱減磁を克服する技術として熱アシスト磁気記録 (HAMR: Heat Assisted Magnetic Recording) 方式が研究・開発されている。HAMR 方式は磁気ヘッドスライダに搭載されたレーザ素子からのレーザ光を近接場光としてディスク面に照射・加熱して、ディスクの保持力を低下させ磁気ヘッドの書き込みを容易にする方式である。ヘッド・ディスク・インターフェイス (HDI) の観点から HAMR 方式の可能性が検討されている。まず、加熱による潤滑膜、カーボン保護膜の変質や減少について研究がなされたが、現時点ではレーザ加熱時間が短いことなどから重大な問題は発生しないと考えられている。その後、磁気ヘッドスライダ面のスミア堆積などが問題となっているが、現象究明を含めさらなる研究が必要とされる。

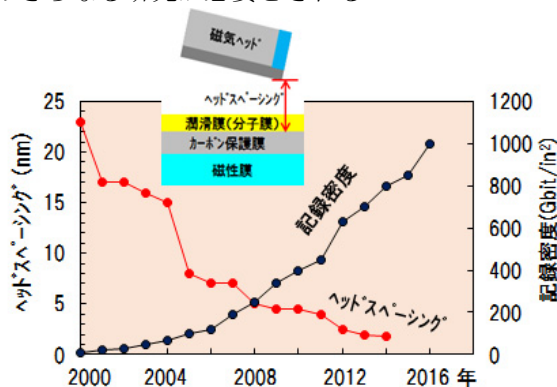


Fig.2 Areal density and head spacing of hard disk drives

[谷 弘詞 関西大学]

16.2.2 情報機器コンピュータメカニクス

2007年のiPhone3発売に端を発したスマートフォン旋風は、パソコン、カーナビ、デジタルカメラ等の機能を代替し、これらの情報機器の市場を侵食している。いずれも日本企業の得意な分野であっただけに、最近の情報機器関連企業は厳しい対応を迫られている。

情報ストレージの分野では、ストレージ自体は、情報量の飛躍的増大、クラウドの一層の進展に伴い、とくにデータセンタ向けなどを中心に大きく伸びている。しかし、ここでも半導体フラッシュメモリを用いたSSDの台頭により、HDDの市場は侵食されている。しかし、依然としてSSDと大容量HDDの価格差が大きいいため、HDD全体としてはほぼ横ばいの生産量となっている。

HDD技術に関しては、一頃の10年10倍という凄まじい記録密度向上は一段落し、成熟化しつつある。このような成熟化したHDD技術の中で、この10年間の最大のブレークスルーは、ヘリウム封入ディスクの実用化であろう。以前より、ヘリウムの封入のメリットは認識されていたものの⁽¹⁾、その密封が困難なためなかなか実用化は進まなかったが、2013年に初めての6TBのHDDが出荷された⁽²⁾⁽³⁾。HDDの高トラック密度化を妨げる最大の要因は、流体励起振動(FIV)に起因するディスク振動である。ヘリウム封入によりFIVを大幅に低減でき、トラック密度向上、若しくはディスクの薄型化によりディスク枚数を増やすことで、ドライブ容量を増やしている。2017年現在、最大容量の3.5インチHDDは、14TBに達した。

トラック密度を向上させる点では、PZTアクチュエータを用いた2段サーボ技術によるサーボの広帯域化の効果も大きく、これは2010年前後から普及し始めた⁽⁴⁾。最近では、サスペンション全体を駆動する“Milli-actuator”からスライダのみ駆動する“Co-located actuator”に進化している⁽⁵⁾。

一方で、記録密度を向上させると期待された熱アシスト記録、二次元磁気記録などの開発は低調である、言い換えれば、最近のHDDの技術進歩は、ほとんど機械技術者の成果と言って過言ではないであろう。

[有賀 敬治 ARC]

参考文献

- (1) K. Aruga et al, Study on Positioning Error caused by Flow Induced Vibration using Helium Filled Hard Disk Drives, IEEE Trans. Mag. VOL43, NO. 9, p.3750-3755, 2007
- (2) 木下尚行, ヘリウム封入HDDの開発, 日本機械学会2014年度年次大会先端技術フォーラム, 最新情報ストレージ技術, 講演論文集(2014, No14-1), F16100
- (3) Akihiko Aoyagi et al, Development of Helium Sealed High Capacity Hard Disk Drive, 日本機械学会, IIP情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, B03, 2017
- (4) 有賀敬治, 西田辰彦, ピエゾアクチュエータを用いた磁気ディスク二段サーボ系の設計に関する考察, 日本機械学会, IIP情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, No.11-9, pp.110-112, 2011
- (5) 瀧川健一, 安藤利樹, 西田辰彦, 半谷正夫, Co-located サスペンションの最適化, 日本機械学会, IIP情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, B05, 2017

16.3 情報・精密機器のサーボ・スマート制御

2007年から2017年に至る10年間、情報・精密機器とその性能を支えるサーボ・スマート制御技術は大きく発展している。例えば、年間5億台出荷されるハードディスク装置(HDD)を例にとると、HDD1台の最大容量は2007年時点では1TB(テラバイト)であったが、2017年2月時点では12TBとなっている。そこで本節では、情報・精密機器のサーボ・スマート制御の代表例として、HDDの磁気ヘッド位置決めサーボ系の最近10年の歩みについて解説する。

2007年から2017年の間、HDDの磁気記録方式は、これまでと同様の垂直磁気記録方式であったため、以前のような記録密度の劇的な向上は見られなかった。その一方、文献⁽¹⁾が示すように、ヘリウムガスをHDD内部に充填し溶接密閉する技術が確立され、従来と比べて多くの円板を搭載することが可能となった。つまりこの10年間の大容量化は、記録密度の向上のみならず円板枚数の増加により実現されたものである。

ヘリウム密閉技術の登場により、主要な位置決め誤差要因であったHDD内部に発生する流体起因振動がほとんど問題とならなくなった。その結果、磁気ヘッド位置決めサーボ系にとって、外部から伝わる振動に起

因した位置決め誤差を抑圧すること，すなわちサーボ帯域を向上することがこれまで以上に重要な技術課題となっている。

このような背景のもと，これまでの磁気ヘッド位置決めサーボ系で用いられている2段アクチュエータ制御系を3段アクチュエータ制御系に変更することで制御帯域を向上する研究が文献⁽²⁾で報告されている。この研究では，既存のボイスコイルモータ（VCM）とPZTアクチュエータに加えて，磁気ヘッド内部に設けた熱膨張を利用した素子駆動型アクチュエータ（熱アクチュエータ）を導入している。その結果，図3，表1に示すような大幅な性能向上を実現した。このように，3段アクチュエータシステムを導入した広帯域のサーボ制御系が，HDDなど情報・精密機器の次の10年を支える有望な技術候補となっている。

HDDの最新技術を紹介したが，情報・精密機器間，たとえばHDDのサーボ制御技術を光ディスク装置や複写機・プリンタの位置決め制御，速度制御に適用するといった横断的な技術貢献も進んできている。

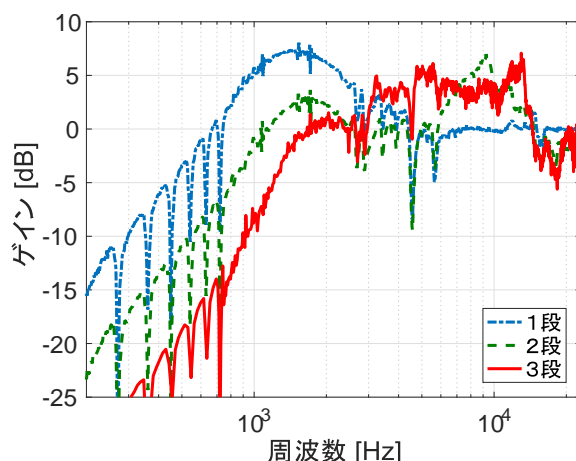


図3 感度関数の実験結果

表1 位置決め誤差 (3σ) [nm]

	1段	2段	3段
回転同期	13.94	8.75	6.21
回転非同期	9.37	4.71	2.97

[熱海 武憲 千葉工業大学]

参考文献

- (1) 中村滋男ヘリウム封入技術とマイクロアクチュエータを用いた大容量ハードディスク装置，日本機械学会誌，Vol.119，No.1169（2016），pp.223.
- (2) Atsumi, T., Nakamura, S., Odai, M., Naniwa, I., and Nosaki, S., “Experimental Evaluation of Triple-Stage-Actuator System with Thermal Actuator for Hard Disk Drives”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.7, No.4（2013），pp.722-735.

16.4 柔軟媒体ハンドリング／画像形成機器

複写機やプリンタ，ATMや各種フィルム製造装置といった装置では，2000年代半ばまでは装置の信頼性確保や開発効率向上を主たる目的として紙やフィルムを取り扱う技術開発が行われてきた。しかし2000年半ば以降はこれに加え，世の中の媒体レス化や3Dプリンタの出現などによりさまざまな媒体の取り扱い技術の開発も必要となっている。最近では印刷技術を用いて電気回路やさまざまなセンサなどを製造するプリンテッドエレクトロニクス（PE）への適用が期待されており，特にウェブと称される長尺の連続媒体を取り扱う技術は，各種センサのPEによる低コスト生産を実現するコア技術としてその重要度が高まっている。

これらの動向を踏まえ，情報知能精密機器部門では，2010年に部門所属の「柔軟媒体ハンドリング技術及び応用プロセスに関する調査研究分科会」を発足させ現在も活動を継続中である。この分科会では柔軟媒体の取り扱いに関する企業や学会での技術や研究内容の事例報告会を行なうと共に，2015年には分科会参

加者を中心に技術ロードマップを策定し報告した⁽¹⁾⁽²⁾ (図4)。また2012年には、東京大学で開催された「フレキシブル・プリンテッドエレクトロニクス国際会議 (ICFPE2012)」にて本分科会が一つのセッションを企画、開催し世界各国から約100名の研究者や技術者が聴講した。

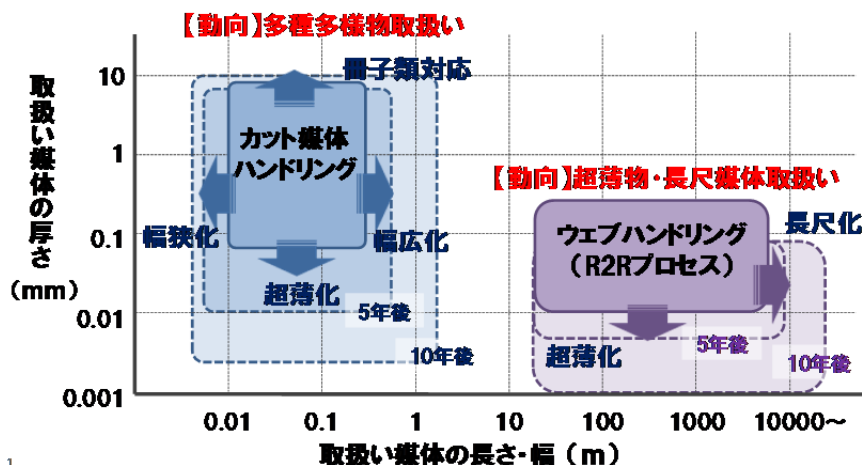


図4 柔軟媒体ハンドリング技術のロードマップ⁽²⁾

[吉田 和司 日立オムロンターミナルソリューションズ(株)]

参考文献

- (1) No.15-17 日本機械学会先端技術市民フォーラム「情報・知能・精密機器の将来技術」概要集, pp. 29-32, (2015. 3. 20)
- (2) 日本機械学会誌, Vol. 119, No. 1170, p. 87, (2016. 50)

16.5 マイクロナノメカトロニクス

マイクロナノメカトロニクスは、情報・知能・精密機器分野における基盤技術の一つと位置付けられており、マイクロナノ領域で支配的な物理現象を有効に利用する学際的領域に発展している。

機械を小型化していくと、静電力・圧電力が効果的になり、さらに面積/体積比が大きくなるため粘性力や熱膨張力などが有効に活用できる。マイクロナノメカトロニクスの研究分野では、アクチュエータとしては、これらの力の利用、さらに、力を効率良く伝える機構や構造の開発が進められており、また、センサとしては、これらの力を高感度に検出するデバイス開発などが盛んに行われている (図5)。本部門のマイクロナノメカトロニクス分野では、シリコン、圧電材料、有機材料、さらには磁性材料などの材料研究、それらを活用した環境発電デバイスやセンサ、またマイクロ TAS (Total Analysis Systems) 技術を活用したバイオセンシング応用など、多岐にわたった研究が行われている。

これらの研究の方向性は、大きく分けて、安心安全分野、医療福祉分野、環境・エネルギー分野の三つに分類でき、技術ロードマップにまとめられている⁽¹⁾。また、社会の高度情報化に伴い、世の中に存在するあらゆるモノにセンシングデバイスが装着され、インターネットに繋がる Internet of Things (IoT) が期待されており、海外においても、毎年1兆個のセンサが使われる” Trillion Sensors Universe” の実現を目指す産学連携の国際フォーラムが2013年に第1回が開催されて以降⁽²⁾、本分野に関連した基礎研究から、産学連携まで盛んに実施されている。

マイクロナノメカトロニクスは、あたかも人体を構成するかの如く、頭脳にあたる集積回路技術、筋肉や骨格にあたるメカトロニクス技術、五感にあたるセンサ技術のさらなる高性能化と、その融合に関わる研究を推進することで、これらの社会の実現が期待されている。

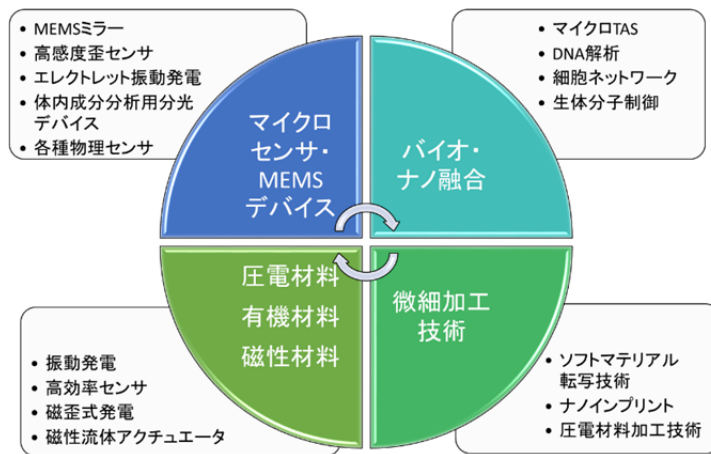


図5 技術マップ（マイクロナノメカトロニクス）

[鈴木孝明 群馬大学 ・ 橋口原 静岡大学]

参考文献

- (1) 橋口原, 神野伊策, 鈴木孝明, マイクロメカトロニクスロードマップ, 日本機械学会先端技術市民フォーラム「情報・知能・精密機器の将来技術」概要集 (2015), pp. 9-11.
- (2) TSensors Summit for Trillion Sensor Roadmap, TSensors Summit
<http://www.tsensorsummit.org/Resources/TSensors%20Roadmap%20v1.pdf> (参照日 2017年3月31日)

16.6 医療・福祉・ヘルスケアに関するテクノロジー

人口の少子高齢化が急速に進んでおり、健康であることへの要望が高まっている。健康であるためには、病気にならないことが第一であるが、病気になった場合には早期発見・治療・回復を実現し、病気である期間を短期間化することが重要である。これらの実現のために、医療機器や日常的なヘルスケアの発展が求められる。

病気の診断では、従来の医師の技量や経験に基づく視診、触診、問診などから、医師が得るような情報量を高精度かつ簡易な診断として代替できるような診断装置の開発などが求められる。治療においても、従来の外科の開腹手術から、腹腔鏡手術、内視鏡手術、マスタースレーブ型手術支援ロボット「ダヴィンチ」なども開発され利用も進んでいる。このように痛みも小さく、手術の安全性や低侵襲の向上や早期の回復が実現されてきているが、さらにロケーションフリーであることや、検査・診断・手術全てにおいて短時間化の実現も求められている。これらの要求に応える医療機器の実現へ向け、2008年にはMRI手術での穿刺などの位置決めシステムの開発から2016年には手術支援ナビゲーションシステムの開発などが報告され、医療機器の自律性を向上するための研究が行われている。また、生体情報の硬さや粘性などの力学的な特性の取得方法の開発が行われてきているが、手術器具にそれらの機能を持たせるなど高機能化に関する研究も取り組まれている。

ヘルスケアにおいては日常的な健康や運動のチェックなどが重要であり、得られるセンサ出力からの確に必要情報を抽出し、高精度や高信頼性かつ、病院から在宅だけでなくいつでもどこでも利用できるようなモビリティの高いものが求められる。これまでの研究として、無線慣性センサを用いて歩行などのさまざまな動作解析などが行われ、2014年腰部脊椎管狭窄症患者の術前・術後評価など得られた情報の病状の診断への応用や2016年には高齢者の転倒経験判別などの研究に発展している。また、五感の中でほかの感覚と比べて未開拓な触覚に関して、特性の解明やその特性を利用した機器開発への応用など、医師の経験や技で行われていたことをデジタル化することに関する研究が行われている。

[田中 真美 東北大学]

16.7 メカニカルシステムとその知能化 / 家庭・業務用電化機器

16.7.1 メカニカルシステムとその知能化

当該分野を俯瞰すると二つの新しい潮流が見えてくる。一つは、2007年本部門で開催されたフォーラム「脳科学と機械工学」以来、高次脳機能に関する知見を知能機械研究に活用しようとする潮流である。二つ目の流れは、新しい人間と機械の関係を創造する技術の潮流である。一つ目の流れでは、利根川ら⁽¹⁾が、自動車エンジン音のような機械が発する音が人間に与える印象（主に、快適性）を評価するため、光脳機能イメージング装置を用いて主観的評価モデルを検討した。また、実環境とVR（仮想現実）環境での作業者の脳活動差異をNIRS（近赤外分光法による脳活動計測）により解析し、脳科学的な視点から効果的なVR環境を設計しようとする研究⁽²⁾なども提案されている。二つ目の流れでは、インタラクティブに作用する機械系の操作パラメータを適応的に連続微小変化させ、人間が機械操作に素早く熟達できるようにする支援手法⁽³⁾や、運転中に視覚的閾下刺激を与え、特定の方向に注意を誘導する手法⁽⁴⁾などが目新しい。また、筋肉弱者の力を増幅させるパワーアシストロボットの研究において木口ら⁽⁵⁾が、ステレオカメラでパワーアシスト対象物や手先の運動ベクトルを観測し、その情報から装着者の作業意図を推定し、各作業に最適な支援を行う認知アシストなど新しい機械支援の在り方を提案している。

16.7.2 家庭・業務用電化機器

IIP部門において家庭・業務用電化機器に関する発表は、セッション「メカニカルシステムとその知能化」の中で行われてきた。2012年に米国で開催されたMIPEにおいて、独立したセッション「Consumer Electronics」が設けられ、その中で発表が行われるようになった。その後、「家庭・業務用電化機器」の単独セッション、あるいは、「メカニカルシステムとその知能化」との合同セッションにおいて、今日まで発表の機会が設けられている。セッション「家庭・業務用電化機器」では、空調機、洗濯機を対象として、強度、振動・騒音、性能を検討した発表⁽⁶⁾⁽⁷⁾、電子部品やモータなどの要素の開発と騒音問題に関する発表⁽⁸⁾があった。また、快適性やクオリティ・オブ・ライフ向上を目的として、脱臭装置⁽⁹⁾やヘッドケアロボット⁽¹⁰⁾の開発に関する発表があった。白物家電における多機能化や付加機能の追求という開発の方向から、製品の本質的な機能に絞り込んだ開発の方向への変化⁽¹¹⁾においては、上述したような、機械工学・精密工学をベースとした技術を深掘した発表が有用である。一方、洗濯物を入れれば衣類の折りたたみを全自動でやってくれるランドロイド（セブン・ドリーマーズ・ラボラトリーズ（株）製）⁽¹²⁾に見られるように、家電にAIやIoTの利用は不可避の流れであり、本セッションの中でこれらが多く議論されることが望まれる。

16.7.3 未来に向けて

さらに進んで、知能機械分野のロードマップ⁽¹³⁾に示される「私の期待を超える知能機械」といった、新しく感動する価値への道筋を作り出すための議論も本分野に求められる。

[高橋 宏 湘南工科大学, 佐藤 太一 東京電機大学]

参考文献

- (1) 利根川洋一, 綿貫啓一: 近赤外分光法を用いた音情報に対する脳賦活計測および快適性評価, 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, (2011), 81-84.
- (2) 綿貫啓一, 脳科学的アプローチを活用したものづくり, 日本機械学会 2012年度年次大会, F121002, (2012)
- (3) 五十嵐洋: サプリミナルキャリブレーションによる機械操作熟達支援, 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, (2011), 75-80.
- (4) 荒木直皓, 伴流友浩, 南部健太郎, 高橋宏: アンビエントな警報提示に関する研究, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP' 2014), (2014), G-2-1.
- (5) 木口量夫, 古瀬泰徳, 西村圭史, 林喜章: 認知アシスト付き上肢パワーアシストロボットによる作業支援, 日本機械学会 2010年度年次大会講演論文集 (7), (2010), 149-150.
- (6) たとえば, 太田裕樹, 間接法によるスクロール圧縮機加振力の同定, 日本機械学会 IIP2014 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, (2014) CD-ROM.

- (7) 矢田好宏, 五味田壽光, 細川敦志, 松井康博, 3軸高感度振動センサ搭載ドラム式洗濯乾燥機の開発, 日本機械学会 IIP2013 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, (2013), 181-182.
- (8) B. S. SEO, S. J. SUNG, K. J. KANG, J. Y. SONG and G. H. Jang, UMF and cogging torque of PM motors due to the interaction between PM magnetization and stator eccentricity, MIPE2015, (2015), USB.
- (9) 加藤光章・他5名, 放電型光触媒脱臭装置の触媒担持体の開発, 日本機械学会 IIP2014 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, (2014) CD-ROM.
- (10) 廣瀬俊典, 安藤健, 藤岡総一郎, 水野修, 頭部形状追従性能を向上した五節閉リンク機構による接触摺動型ヘッドケアロボットの開発, 日本機械学会 IIP2013 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, (2013), 192-197.
- (11) もう1つの高付加価値設計_本質機能の一点突破, 日経ものづくり, (2013), 34-51.
- (12) <https://sevendreamers.com/corporate/> (2017.2.20 アクセス)
- (13) 高橋宏, 佐藤太一, 松元明弘, 鈴木健司, 五十嵐洋: 機械の知能化分野におけるアカデミック・ロードマップ(機械の知能化), 日本機械学会先端技術フォーラム「情報・知能・精密機器の将来技術」, (2015), 18-21.

16.8 マイクロナノ理工学

1990 から 2000 年代にかけてナノテクノロジーに代表されるミクロな工学が飛躍的に進展した。当初機械工学において、マイクロナノ理工学は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) あるいはマイクロマシンに代表される微小な機械を主な対象とし、ミクロ世界特有の動作原理、材料特性あるいは加工特性に関する学理を追及する学問分野であった。そしてこの 10 年ほどの間に、走査型プローブ顕微鏡などのナノスケールの計測技術の発展・普及およびナノインプリンティングなどの精密微細加工技術の進展により、さまざまな分野において、機械システムあるいは機械デバイスとしてはマクロなものであるが、その動作の本質となる機械要素についてマイクロ・ナノスケールの現象・特性から理解し、さらにマイクロ・ナノスケールで精密設計することで画期的な性能を実現しようとする方向に発展している。そのため、材料としても当初 MEMS 作製のための主要な材料であったシリコン単結晶が中心であったが、現状ではさまざまな材料へと展開が進んでいる。

特に、トライボロジーなど表面・界面現象により機械性能が決定される機械工学の分野ではその傾向が顕著で、ナノトライボロジーと呼ばれ微小な機械要素のトライボロジー現象の理解が中心だった分野が、現在では対象は微小機械だけでなく、自動車エンジンなどマクロな機械のトライボロジー現象を、マイクロ・ナノの視点からの理解・制御しようとする方向に適用範囲を広げている。例えば、表面力測定装置や走査型プローブ顕微鏡など表面・界面科学からの計測技術や知見を導入することで、摺動面に吸着あるいは結合した分子層厚さの潤滑膜による潤滑である境界潤滑の現象理解や技術の精密化が進んだ⁽¹⁾。

しかし、科学としては理解が進んでいるが、工学としては理解が進んでいない、あるいは工学的には必須な知見が科学としても得られていない分野もまだ多くあり、未だミクロな視点からの機械工学が確立されたとは言えず、この確立を目指す学問領域であるマイクロナノ理工学のさらなる発展が期待されている。当部門でもこうした状況を鑑み、年次大会や部門講演会におけるオーガナイズドセッションの企画など、表面・界面が本質的に関与する機械工学の学理の確立に向けた研究活動を支援している。

[福澤 健二 名古屋大学]

参考文献

- (1) N. N. Gosvami, J. A. Bares, F. Mangolini, A. R. Konicek, D. G. Yablon, R. W. Carpick, Mechanisms of antiwear tribofilm growth revealed in situ by single-asperity sliding contacts, Science, Vol.348, No.6230 (2015), pp.102-106.

16.9 IoT と情報・知能・精密機器

2010 年代後半に入り、モノづくりは IoT(Internet of Things), M2M(Machine to Machine)などの新しい概念に基づく転機を迎えている。従来のように単一の製品領域で完結することなく、複数の部品や機器、ソフトウェア、サービスまで含めた統合的なシステムを踏まえた複合技術的な研究開発を行わなければ、新たな付加価値を生むことが難しくなっている。このような時代において、「材料、流体、熱、機械力学などの

『縦糸』に分かれた機械工学に、製品開発や産業化の観点から『横糸』を通す」ことをミッションとして25年前に産声を上げた⁽¹⁾IIP部門に期待される役割は、今なお一層増大していると言える。

こうした背景から、IIP部門では2016年の部門講演会より「IoTと情報・知能・精密機器」というオーガナイズドセッションを新たに設立した。新設のセッションではあったが、これまでの2回の講演会において、キーンノート講演、ポスター講演を併せて16年は7件、17年は9件とまずまずの件数を集めた。セッションの中で特に目を引いたのは振動型エネルギーハーベスタの講演である。IoT端末の重要な構成要素の一つである振動型エネルギーハーベスタは、ダウンサイジング要求の強さからMEMS技術の枠内で語られることも多いが⁽²⁾⁽³⁾、一方で発電量増大を狙った中～大型サイズのデバイスも盛んに研究されている。圧電素子⁽⁴⁾や磁歪素子⁽⁵⁾、偏芯錘回転機構⁽⁶⁾やジャイロ機構⁽⁷⁾など、使用される物理現象や機構設計は多様であり、HDDを初めとする多様な技術を複合した製品群の研究開発で培われたIIP部門の技術の応用が期待される。同セッションでは他にも、IoTシステムとユーザの間を繋ぐエージェント・ロボット⁽⁸⁾や、インフラヘルスマonitoringにおける診断技術⁽⁹⁾など、IoTの定番とも言えるアプリケーションに対する情報・知能・精密機器技術の適用のモデルケースとなるような講演が行われた。

更にIIP部門では、2017年の部門講演会に先駆けて部門25周年記念市民フォーラムを開催し、IoTやAI分野における第一線の研究者による講演を行った⁽¹⁰⁾。IoTやAIが生み出す価値については多くの場で議論されているものの、これらを強い産業に育てるためのコア技術に関する議論の場は多くはない。IIP部門ではこれからも積極的にこうした場を提供し、議論を先導していく。

〔富澤 泰 (株) 東芝〕

参考文献

- (1) 情報・知能・精密機器部門ポリシーステートメント, IIP部門ホームページ
<https://www.jsme.or.jp/iip/Japanese/Overview/policy.html> (参照日 2017年3月16日)
- (2) Adachi, M., and Suzuki, Y., Improved Model of MEMS Rotational Electret Energy Harvester, JSME Symposium on Micro-Nano Science and Technology 2016 (2016), paper No. SuP1-A-3.
- (3) Mitsuya, H., Ashizawa, H., Ishibashi, K., Homma, H., Ataka, M., Hashiguchi, G., Fujita, H., and Toshiyoshi, H., A Frequency-Independent Vibrational Energy Harvester using Symmetrically Charged Comb-Drive Electrodes with Heavily Doped Ion Electrets, Proc. of Power MEMS 2016 (2016), paper No. T1A03.
- (4) 伊藤喬, 西崇仁, 肥田博隆, 神野伊策, PZT 薄膜を用いた圧電型エネルギーハーベスタの作製と評価, IIP2017 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2017), 講演番号 I2.
- (5) 古屋泰文, 木村奈津子, 久保田健, 山浦真一, 斉藤千尋, 横山雅紀, ロバスト FeCo 合金の磁気・磁歪特性とスマートデバイスへ応用展開, IIP2016 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2016), 講演番号 I-1-1.
- (6) 大西敦郎, 共振を利用した回転型振動発電機の開発, IIP2016 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2016), 講演番号 I-1-2.
- (7) 荒井洸, 大西吉徳, 保坂寛, ジャイロ効果を用いる高出力振動発電機の研究, IIP2016 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2016), 講演番号 I-1-3.
- (8) 栗原健人, 長澤純人, マイクロ・テレグジスタンスのためのエージェント・ロボットの開発, IIP2017 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2017), 講演番号 I3.
- (9) 大森隆広, 碓井隆, 渡部一雄, ゲンミンジュン, 下山勲, MEMS AE センサを用いた AE 源の位置評定, IIP2017 日本機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2017), 講演番号 I4.
- (10) 情報・知能・精密機器部門25周年記念市民フォーラムのご案内, IIP部門ホームページ
<https://www.jsme.or.jp/iip/Japanese/Events/Data/2016/17-11.pdf> (参照日 2017年3月16日)

16.10 ワイドバンドギャップ半導体デバイスの超精密加工プロセス

<技術動向> 窒化物半導体 (GaN) をベースにした発光ダイオード (Light Emitting Diode: LED) が市場に出てから20年以上になる。図6は、論文等に報告されたGaN系LEDの外部量子効率 (EQE: External Quantum Efficiency) の進展を示している。このLEDのEQEの驚異的な増加は、装置技術・結晶成長技術・プロセス技術等の進歩と技術蓄積が支えているのであるが、2001年以降の急激な増加は、サファイアのエ

ツチング加工を使ったサファイア加工基板（PSS：Patterned Sapphire Substrate）の開発による光取り出し効率の改善が大きく貢献している。LED 市場は、GaN 系 LED と蛍光体とを組み合わせた白色 LED が携帯端末等のバックライト光源へ応用され、更に LED 照明の普及により、世界的には大きく拡大している。しかしながら、価格競争が激しくなっており、国内企業の事業を圧迫している。一方、3.11 以来、電力供給不安への対応が科学技術及び産業界に求められており、GaN や SiC 等のワイドバンドギャップ半導体を使ったパワーデバイスの重要性が益々高くなっている。

<活動状況> これらワイドバンドギャップ半導体は一般的に難加工性材料であり、ワイドバンドギャップ半導体を使ったデバイスの更なる発展のためには、基板となるサファイア基板、GaN 基板、SiC 基板等の難加工性基板の研磨加工技術、エピタキシャル成長膜の結晶品質と下地基板の表面状態との関連など、多くの重要な課題がある。本研究分科会は、難加工性基板の加工技術やワイドバンドギャップ半導体のプロセス技術に関係する研究者及び企業が研究調査と情報交換を行うことにより、当該分野の発展に資することを目標として設立し、2012 年より活動を続けている。上記目標を達成するために、①年に 3～4 回の研究会を開催し、技術の本質の理解と技術体系の構築を目指している。図 7 は研究会の風景である。毎回 70 名前後の参加者を集め、議論を深めている。また、②機械学会の年次大会にはオーガナイズセッションを企画し、本分野の研究発表の場を提供している。更に、③国際会議である MIPE2015 (Micro-mechatronics for Information and Precision Equipment) では一つのセッションを企画・運営した。

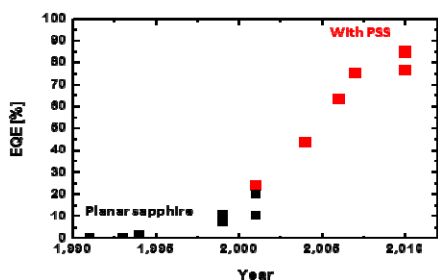


図 6 GaN 系 LED の EQE の進展



図 7 研究会の風景

[只友 一行 山口大学]