

精密科学専攻(精密工学科)の歩み

— 大阪大学・超精密加工研究拠点(COE)の形成に至るまで —



森 勇 藏*

Progress of Precision Science and Technology (Precision Engineering)

— COE : Osaka University • Ultra-precision Machining Research Center —

Key Words : Precision Engineering, Precision Science and Technology, Ultra-precision Machining, Center of Excellence

<精密工学科の沿革>

はじめに、現在の精密科学専攻に到った経緯を理解して戴くために、これまでの歴史的な背景を紹介したいと思う。

昭和4年 大阪高等工業学校の共通学科教室を大阪工業大学理科教室とする。

昭和8年 大阪帝国大学工学部応用理学教室と改称。

昭和14年 大阪帝国大学工学部に精密工学科を創設。(創設者 田中晋輔教授, 昭和21年 工学部長)

当時、応用物理学科と称したかったが、時代の背景があり(東大では、現在の精密機械工学科は、造兵工学科であった)、認可を得るために精密工学(Precision Engineering)としたということである。精密工学という名称は世界で最も古く、英語にも precision Machine や precision Mechanism はあっても、Precision

Engineering はなく、造語であった。また、初代の明治生れの各講座の教授の出身を見ると、我が精密工学科のユニークさと創設の意図を伺い知ることができる(表1)。

このような先達方は、大いに奮闘され、精密工学科を隆盛に導き、学部において昭和24年精密機械コースと応用物理コースを、大学院においては、昭和28年精密機械学専攻と応用物理学専攻をおき、さらなる発展の素地をつくられたのである。また、学外においては、精密工学会(当時、精機学会)や応用物理学会の発展に大いに貢献され、精密工学会は世界に認知される学会となり、各国に Society of Precision Engineering が設けられるようになった。

さらに、精密工学科は、昭和38年(筆者の卒業の年)から改組拡充され、「精密工学科」と「応用物理学科」の二学科に発展し、現在の礎となった。表1の第4, 5, 6講座および共通講座が精密工学科に、第1, 2, 3講座が応用物理学科に属することになった。さらに、精密工学科では、三つの講座が新設され、精密機械用材料、精密工作、科学機器、精密測定学、特殊加工、計算機制御、材料力学の7講座体制が出来上がった。その頃から、初代の教授から2代目(大正生れ)の教授への世代の交代が始まり、その先生方も、今では名誉教授になられている。その間、二学科で活躍された方々は、精密工学科では、築添 正、中川憲治、津和秀夫、牧之

* Yuzo MORI

1940年3月31日生

1963年(昭38)大阪大学工学部精密工学科卒業

現在、大阪大学工学部研究科精密科学専攻、教授、工学博士、超精密加工、物理化学加工、表面計測

TEL 06-879-7284

FAX 06-879-7286

E-Mail mori@prec.eng.

osaka-u.ac.jp

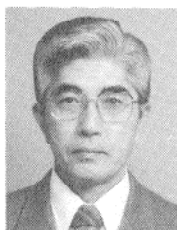


表1 精密工学科 初代の教授陣

第1講座	応用数学	城 憲三	京都大学理学部 数 学 科 卒業
第2講座	応用光学	吉永 弘	京都大学理学部 物 理 学 科 卒業
第3講座	応用物性学	篠田 軍治	京都大学理学部 物 理 学 科 卒業
第4講座	精密機械用材料	上田 太郎	京都大学工学部機械工学科 卒業
第5講座	精密工作	田中 義信	東京大学工学部造兵工学科 卒業
第6講座	科学機器	田中 晋輔	京都大学理学部 物 理 学 科 卒業
	〃	副島 吉雄	京都大学理学部 物 理 学 科 卒業
共通講座	材料力学	千田 香苗	京都大学理学部 物 理 学 科 卒業

内三郎, 山田朝治, 川辺秀昭, 井川直哉, 応用物理学科では, 鈴木達朗, 庄司一朗, 藤田 茂, 橋本初次郎, 杉山 博, 三石明善, 西田俊夫, 池田和義, 南 茂夫, 山本 稔の先生方である。

第2世代の先生方の大きな仕事は, 昭和44年, 大阪市内の東野田から現在の吹田地区への工学部の移転と, それにともなう, 精密工学科のあり方であったと推察できる。旧精密工学科時代には講座の壁は厚く, 創設時の理想を十二分に活かしきれているとは言い難かったようで, 移転に際して, 苦慮の上, 兄弟学科である応用物理学科とは別の建物に移ったようである。しかるに, この移転を機に, 精密工学科の将来を大きく左右する決断もなされていた。それは, 講座間の壁を薄くし, 精密工学科が一丸となって研究と教育に邁進できるように, 各講座から均等に床面積を拠出し, 共同研究棟を作ったことである。今から25年以上も前に, 現在議論されている「大学のあるべき姿」を先見し, 実行された英断は, 賞賛に値するものと確信している。とは言え, 共同研究棟を作ったからといっても, すぐに共同研究が出来たとは言い難かったが, 共通の大型装置を各講座の研究費を出し合って購入したり, 人事も講座を乗り越えて行なうなど, 徐々に精密工学科が一体となる努力が積み重ねられ, 現在では, 各研究室の研究テーマの半分以上を, 共同研究に当てられるようになってきている。(当然, 共同研究がすべてではなく, 半分の勢力は各研究領域で独創性を発揮す

るために使われるべきであると考えている。)

このようにして, 精密工学科は, 第3世代(昭和ダブル生れ)へと進展してきたのであるが, 平成7年度に大変革を余儀なくされた。それは, かねがね議論されてきた「日本の大学のあり方」に関するもので, 大学審議会の答申にもとづく, 「大学院重点化」のための改革である。(この件を述べると長くなるので省略するが), 一口で言えば, 学部を大学科とし, 大学院を系として大きく括り, 教育の多様性, 独創性と研究の高度化を促進しようとするものである。ここで, 精密工学科にとってその将来を左右する決断が必要となったのである。工学部の中で, どのグループに入り, その独自性を如何に発揮できかの決断である。結論として, 創設時の理想に思いを馳せ, 精密工学を精密科学とし, 兄弟学科である応用物理と同じグループに属し, 物理(化学), 数学に基礎を置いた世界に類を見ない「精密生産科学・工学」ともいえるべき精密科学(Precision Science and Technology)へと改称したのである(表2, 3)。また, 精密科学専攻は, 一つの大講座であり, その研究領域や人事も精密科学にふさわしいものとなるよう精進している(表4)。精密工学が造語であったように, 精密科学も造語である。今後, 何十年か経って, 世界中に Society of Precision Science and Technology が出来, 後輩から良い名前をつけたと言われることを祈るのみである。

表2 学部組織

応用自然科学科
応用化学コース
応用生物コース
精密科学コース
応用物理コース

表3 大学院組織

応用自然科学系
物資・生命工学専攻
分子化学専攻
物質化学専攻
応用生物学専攻
精密科学専攻
応用物理学専攻

表4 精密科学専攻(精密科学講座)

(研究領域)	(教授)
機能材料領域	芳井 熊安
先端機器システム領域	(併) 森 勇藏
量子計測領域	片岡 俊彦
原子制御プロセス領域	青野 正和
超精密加工領域	森 勇藏
計算物理領域	広瀬喜久治
応用力学領域	岸田 敬三
表面科学講座 (物質・生命工学専攻)	梅野 正隆

＜大阪大学 超精密加工研究拠点(COE)の形成＞

文部省は平成7年度から学術研究の卓越した拠点(センター・オブ・エクセレンス, COE)の形成プログラムを開始した。その中で, 中核的研究拠点形成プログラムには, 全国から人文社会系, 理工系, 生物系の領域から200件におよぶ応募があり, 学術審議会の審査により平成7年度に6件(表5), 平成8年度に7件(表6)が選定された。はからずも, 平成8年度から我々精密科学専攻に「完全表面の創成」をテーマとして, 「大阪大学・超精密加工研究拠点」を形成するよう文部省から通知を受け, これから5年間で, 学術的に世界に発信でき, 先端技術や基礎科学に貢献できる超精密加工研究拠点を樹立する責務をになう立場になり, 身の引き締まる思いである。

「超精密加工」という言葉は, 昭和38年(1963年)頃, 米国においてUltra-Precision Machiningとして, 人工衛星に関係した加工の論文で使われたのが初めである。故津和秀夫先生が昭和39年にミシガン大学留学中(その時, 教授に昇進, 44歳), その論文に刺激され, 帰国後, 精密工学会に超精密加工分科会(専門委員会)を作られ, 我が国で初めて超精密加工という言葉が使われたのである。津和先生が主査, 山田朝治先生(当時助教授)が幹事で, 筆者がその下働きを仰せつかったのである。その時, 24歳。そこから原子単位の加工への挑戦が始まったのである。当時, 精度の高い加工と言えば機械加工であり, 超精密加工といっても形状精度 $0.1\mu\text{m}$, 表面あらさ $0.01\mu\text{m}$ 程度であった。しかれば, 加工の極限はという問いに

表5 平成7年度のCOE

研究拠点の名称	研究リーダー	研究テーマ
一橋大学 経済研究所	尾高煌之助 (一橋大学・経済研究所・教授)	汎アジア圏経済統計データベースの作成
東京大学 初期宇宙研究センター	佐藤 勝彦 (東京大学・大学院理学系研究科・教授)	初期宇宙の探求
東京工業大学 超並列光プロジェクト	伊賀 健一 (東京工業大学・精密工学研究所・教授)	超並列光エレクトロニクス
名古屋大学 分子不斉研究ユニット	野依 良治 (名古屋大学・大学院理学研究所・教授)	分子不斉の基礎と応用に関する研究
京都大学 高次生体システム機構	中西 重忠 (京都大学・医学部・教授)	高次生体システムの機能制御の研究
大阪大学 細胞内シグナル伝達研究ユニット	祖父江憲治 (大阪大学・医学部・教授)	細胞の増殖・分化・死のシグナル伝達機構

表6 平成8年度のCOE

研究拠点の名称	研究リーダー	研究テーマ
神田外語大学 言語科学研究科	井上和子(神田外語大学・学 長・言語科学研究科・教授)	先端的言語理論の構築とその多角的な実証 (ヒトの言葉を組み立て演算する能力を語 彙の意味概念から探る)
東京大学 複合微生物系利用高度水処理 技術国際研究プロジェクト	松尾友矩(東京大学・大学院 工学系研究科・教授)	複合微生物系の機能を利用した高度水処理 技術の体系化とその評価
東京大学 SCP 相制御プロジェクト	宮野健次郎(東京大学・大学 院工学系研究科・教授)	スピノー電荷ー光・結合系の相制御
大阪大学 超精密加工研究拠点	森 勇藏(大阪大学・工学部・ 教授)	完全表面の創成
九州大学 人工分子集合組織体研究拠点	岩村 秀(九州大学・有機化 学基礎研究センター・教授)	分子の集積・組織化の精密設計と機能制御
慶應義塾大学 環境情報学部附属環境情報研究所・ デジタルメディア基盤・応用研究 センター	相磯秀夫(慶應義塾大学・環 境情報学部・教授)	創造的デジタルメディアの基礎と応用に 関する研究
東京大学 医学部・細胞骨格・分子細胞生物 学・分子遺伝学研究プロジェクト	廣川信隆(東京大学・医学部・ 教授)	細胞骨格の分子細胞生物学及び分子遺伝学 的研究；細胞内物質輸送、情報伝達及び細胞 の形作りの機構

対して、明確に言えるのは、原子の大きさ、 $0.0002\ \mu\text{m}$ (0.2nm , $2\text{\AA}$) であり、原子単位の加工を機械加工で出来るのか、それ以外に新しい加工法があるのかというのが研究テーマとなった。

当時、我が国は大量生産が至上命令の時代、原子単位の加工ができたとしても何の役に立つのかも見えず、時代が過ぎても、自分の生きている間に役に立つとも思えなかったものである。しかし、世の中の進歩は目覚しく、30年経った、原子レベルの加工が必要となってきたのである。

ここで、「大阪大学超精密加工研究拠点」において〈完全表面の創成〉をテーマとした研究計画について述べる。

これからの日本の将来を支える産業における先端技術の開発や、自然科学の根源を明らかにするような基礎的な研究を行う場合、原子のオーダーで表面構造が制御された完全表面が要求されることが数多くある。たとえば、先端技術の分野では、半導体デバイスの基板となるシリコ

ンウェーハの表面に対して、わずかな表面粗さがデバイス特性に影響を及ぼすことから次世代の超高集積化半導体デバイスでは物理的に限界である原子サイズの粗さしか許されない完全表面が必要であると予測されている。さらに、こういった半導体デバイスの製造には、リソグラフィ技術のためのエキシマーレーザーやシンクロトロン放射光等の短波長光源が利用されるが、これらの光源に適したレンズやミラー等の光学素子の開発が必要となる。紫外領域のエキシマーレーザーの場合は、表面粗さを極度に小さくした非球面レンズの開発が、また軟X線領域の放射光の場合は、原子サイズで平坦であり、超高精度の形状を有するトロイダルミラーの開発が望まれている。

また、基礎科学の分野では、宇宙の成り立ちを探索するための種々の天体望遠鏡のミラーや、最近注目されている重力波天文学において重力波検出に利用される従来よりさらに高い形状精度を有する共振器ミラー等、完全表面を創成する超精密加工技術が重要となってきている。

この研究では、任意形状に対して極度に高い形状精度と原子レベルで平坦な表面を作成する超精密加工技術を確立するとともに、創成した表面を原子・電子レベルで評価する技術を開発することである。石器時代の昔から行われてきた機械加工では、そのような高精度を実現することは不可能であり、新しい原理に基づく超精密加工技術が求められている。

現在、精密科学専攻では、筆者の考案によるEEMやプラズマCVMといった原子制御プロセスに基づく超平坦面創成技術の開発を進めている。EEMは微細粉末粒子を用い、その表面と加工物表面間の化学反応により除去加工を行うものであり、今日最も平坦な表面の創成が可能な加工法である。また、プラズマCVMは気相中のラジカルと加工物表面原子との反応により除去加工を行うものであり、高精度な表面が得られるとともに、大気圧プラズマを用いることにより極めて高能率な加工を実現している。特に、EEMでは、H₂型ロケットの姿勢制御に用いられるリング・レーザージャイロスコープの加工、プラズマCVMではウランの同位体分離に用いられるレーザー光整形用ミラーの加工を実現させた実績がある。今後、これらの研究

を推進するとともに、このような超精密加工技術を科学的根拠に基づく学問領域として体系化することを目指している。

この目標を達成するためには、図1に示すように完全表面創成を目的とした超精密加工装置の開発を中核として次の4つの課題を有機的に結合して推進する研究拠点の形成を図る。

- (1) 新しい加工プロセスの開発
- (2) 加工現象の理論的な解明
- (3) 加工プロセスの計測と制御技術の開発
- (4) 加工表面の評価と新しい加工表面評価技術の開発

(1) は前記のEEMやプラズマCVMが中心となるが、さらに、超純水による電気化学加工の可能性についても検討を始めている。さらに、新しいプラズマCVDによる高速成膜の研究も行っており、高品質の膜を現状の100～1000倍の速度で作製可能になりつつある。(2)にはこれら新しい加工プロセスに対応して、量子力学の第一原理に基づく分子動力学シミュレーションプログラムを開発し、大規模計算を実行していく。(3)では主として高圧力プラズマの構造解析を行っており、その結果を用いてプラズマを制御しようとしている。(4)は従来技術とし

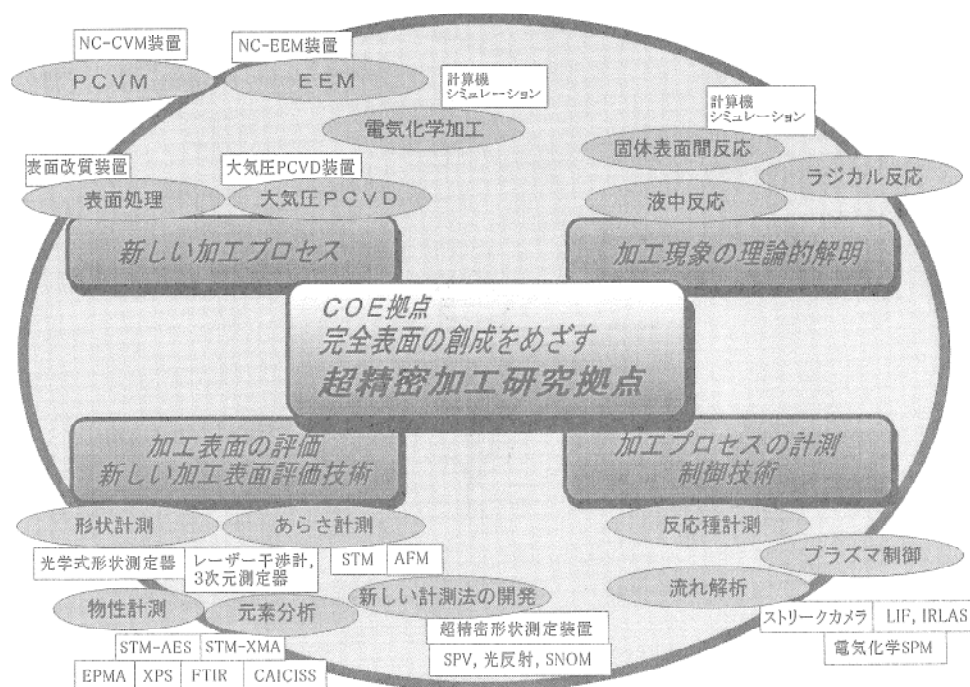


図1 大阪大学・超精密加工研究拠点における研究課題

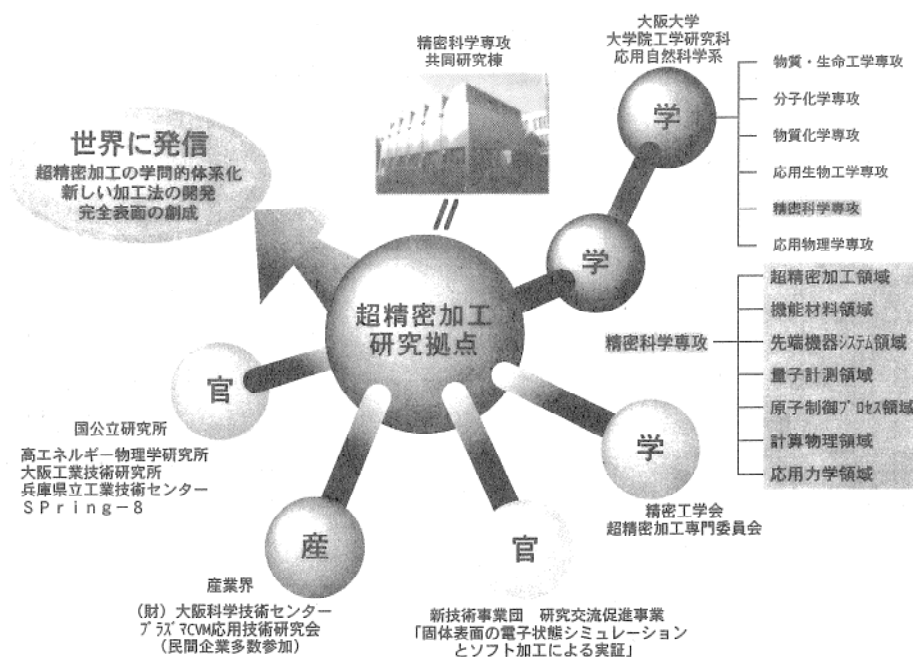


図2 大阪大学・超精密加工研究拠点の研究体制

ての光学的形状計測やSTM/STSによる表面評価を行うとともに、新しい計測法としてSTMにオージェ電子分光やX線分光を組み合わせた方法の開発や、近年盛んになった近接場光学顕微鏡の開発にも着手している。

以上の研究を推進するためには、図2に示すように超精密加工研究拠点を構築するとともに、

他の研究機関の支援のもと、新しい加工法の開発や超精密加工の学問的体系化を目指してCOEとして世界に発信したいと考えている。精密科学専攻にとって、まさに、「夢はバラ色」である。しかし、実現のためには多くの課題が山積しており、関係各位の御指導、御支援をお願いする次第である。

