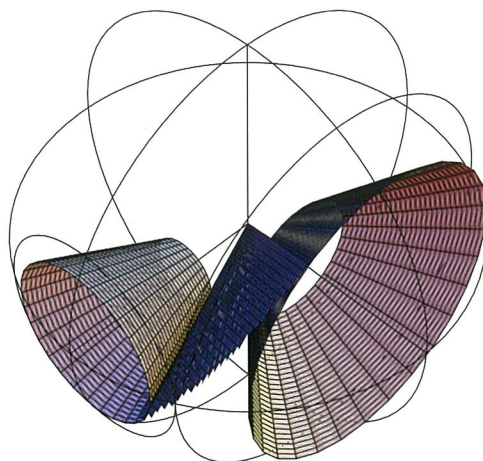


公益財団法人 応用科学研究所

機械基盤研究施設の概要



機械基盤研究施設の概要

設立目的、背景と経緯

機械産業は間違いなく経済的に日本を支えているのですが（*P9コラム参照）、古臭く先端技術でもうやることはないとかと言われ、技術の維持・向上の手は抜かれ、人的投資もなされていない実情があります。例えば、機械の設計もコンピューターで前例のコピーペーストでなされる場合がほとんどで、設計者が自分の頭で基礎的なことから考え、それに経験を加えてもっとも確からしいものを提案して行くことも少なくなりました。鉄鋼材料の品質においてもコスト削減の圧力の悪影響が多く見られるようになりました。その結果として機械のトラブルの件数はどんどん増えており、その対策も打てない状況が増えています。機械産業を取りまく技術環境は、医療の分野に例えるならば、無医村の状態に近づいているのです。このような状況をなんとか改善し、日本の将来に益するために、公益財団法人である応用科学研究所では、一隅を照らす程度の事であっても、何かをすべきであると考えました。

そこで、総合的機械技術の端的な例である機械式動力伝達装置を取りまく機械要素の製造、品質検査に関わる技術を取り上げ、その問題点を改善する技術の開発と人材の育成を目指します。これが日本の機械産業の発展になにかの寄与が出来ることを望んでいます。

この研究開発活動を可能とするために、振動を遮断した恒温室に加工機、検査装置を設置し、CADによる設計、そのCADデータによる歯車の直接加工と、同じデータによる直接形状精度測定、加工された表面の冶金学的な検査が出来る設備を整えた機械基盤研究施設を、今回、公益財団法人 応用科学研究所に完成することが出来ました。



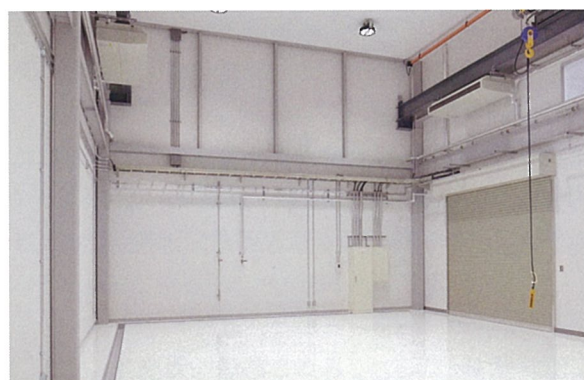
応用科学研究所 正門

施設概要

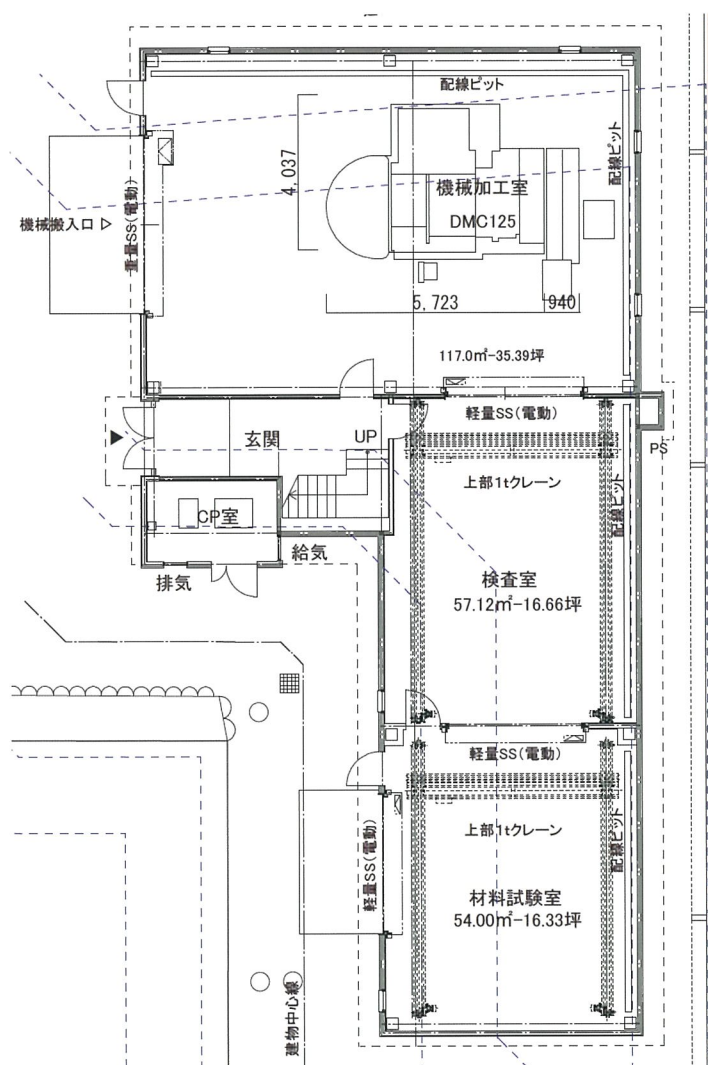
機械基盤研究施設は本研究所敷地内の北西部分にあります。施設の1階には、機械加工室、検査室、材料試験室があり、各部屋は分割された超厚のコンクリートブロックの基礎の上に建ち、機械加工室、検査室は $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ に空調されて、超精密加工ならびに測定が可能になっています。2階には研究員室と会議室などがあります。



施設外観



機械加工室



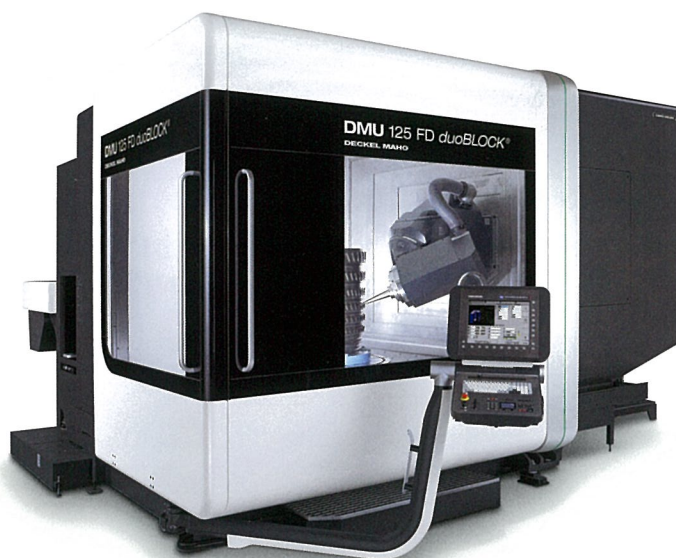
1階平面図

設備概要

1階平面図の機械加工室にはDMG MORI製のDMU 125 FD duoBLOCK® 18,000 rpm超高速スピンドル付き高精度仕様、最新改良版NC付の5軸マシニングセンターが設置されます。

この5軸加工機は、通常のメーカー指定のソフトウェアによる歯車加工のほか、歯底から歯面に繋がる3Dマイクロ形状修整をも与えた歯表面の空間座標値のデータをCADで作り、そのIGESファイルから、直接、歯の加工が可能なシステムにしています。もっともこのようにして作られる歯車がまともにかみ合うものかどうかは本加工機のシステムとは無関係に、歯車設計者が自己責任で設計・検証していなくてはなりません。これが、通常のメーカー指定の歯車加工ソフトウェアによるものとの根本的な差です。

工具は円筒形のミルやボールエンドミル、パーミルのほか、スピンドル軸を約90度変えた円盤形刃具や通常砥石・電着砥石・特殊砥石による研削加工も可能になっています。



5軸マシニングセンター



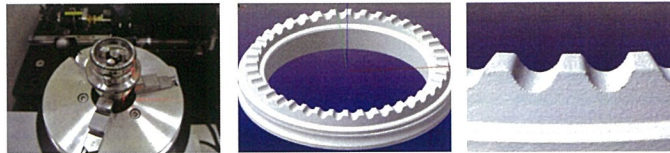
3次元形状測定機

検査室には、歯車加工時に用いたのと同じCADデータで加工された歯車歯面の形状精度を計測出来るソフトウェアを備えたCarl Zeiss Prismo navigator 9/12/7 SACC VAST 3次元形状測定機が設置されます。すなわち、このシステムにより、同じひとつのCADデータで歯車の加工とその加工されたものの形状精度を直接超高精度測定して、任意に設計された歯車を試作することが可能となります。



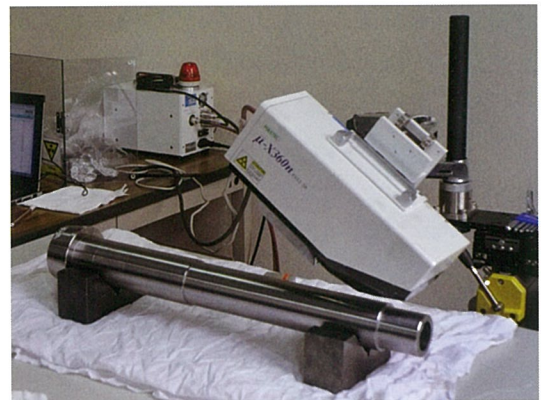
ニコン HN-C3030P

被検物の表面の3次元座標値を、極めて細かいメッシュ点として、ミクロンの精度で、短時間で非接触測定で得ることの出来るニコン HN-C3030Pも設置されます。機械加工された、あるいは、各種表面処理などを施された試験部品の3D形状精度を実測し、その解析を行う作業が大幅に効率化され、リバースエンジニアリングも容易となります。



材料試験室には、現在すでに活躍しているパルステック製X線残留応力測定装置 μ -X360nが設置され、鉄鋼表面のフェライトの歪を計測することが出来ます。この装置では1点の測定が5分程度で可能であり、多点を連続的に測定することが比較的容易に出来ます。この測定結果の分析により、鋼材の問題点等をかなりの確率で推定する技術の開発も現在行っている研究の一部です。

また検査室には、現在、東京精密機械で開発中の白色光干渉面性状評価システムも設置する予定です。この機械はレゾリューション0.65 nmという超高分解能の表面微細3次元形状測定機で、表面3D形状の詳細な情報のほか、刃物の切れ刃とそれに続く刃の側面なども正しく見ることが出来るものです。



X線残留応力測定装置

なお、本施設に設置されるこれらの5軸制御加工機、CMM、白色光干渉面性状評価システム、X線残留応力測定装置などの設備は、高性能の新型が出たり、ソフトウェアのアップデートがあれば、常に最新のものに交換されて、いつでも最新の設備を使用して研究開発が出来る状態を実現します。

また材料検査室には、硬さ計、金属組織観察装置、機械部品作動表面撮影装置なども設置され、別室にあるSEMやEDMとも連携して、加工された鉄鋼表面のSurface integrityの評価が行える施設になっています。

本研究所は日本における高周波焼入れや機械材料への高周波利用技術の発祥の地であり、現在でも高周波焼入れに高度な技術が要求される機械部品の処理や、特別な品質が要求されるプラズマ窒化処理等も請け負っています。また、機械部品用の鉄鋼材の特性改質の研究開発も行っています^{**}。当然ながらこれらの処理品の確性試験は従来より通常業務として、日常的に行っております。これらにより蓄積されている経験・知見は本研究施設でこれから行われる研究開発に生かされて行きます。また、本施設に新たに設置される評価設備は、鉄鋼材料の品質評価、事故品や耐久運転された歯車などの評価にも使われる予定です。

^{**} 結晶粒微細化制御焼入れ技術、S45CでHv700、S25CでHv500を実現出来る高周波焼入れ技術、窒素・炭素拡散・特殊Surface Integrity構築による鉄鋼摺動面の特性の改善加工法の開発等

本施設で実行可能な研究開発

機械技術の領域は極めて広く、そのすべてを本施設のような小規模の施設で取り扱うことはもとより不可能です。この施設設立の発案者が歯車技術関係で今まで仕事をしてきたことと、現在、歯車の製造に関する技術が特に大きな問題を持っていること、歯車に関する技術は他の多くの機械技術に広く転用出来ること等から、歯車装置関連の技術を取り上げやすい設備になっています。

歯車技術に加え、本研究所の高度な高周波熱処理技術やプラズマ窒化技術を利用し、また、長年の機械部品に対してこれらの処理を適用してきた実績で得た鉄鋼材料の特性に関する知見の上に立ち、新たに得られた本施設での研究能力と通常業務として行っている材料確性評価とも組み合わせ、向後、機械産業が必要としている様々な研究開発を行ってゆきます。公募でテーマと参加企業を募る研究開発も多くあります。本施設の研究開発取り扱い能力の点から考えて、採択の可能性のある公募プロジェクトには、以下の様な範疇に属するテーマが予想されます。

- ① ミル加工された歯車歯面のSurface Integrity向上に関する研究
- ② 新直行軸歯車の開発
 - 2-1 ミル加工向け歯車の開発
 - 2-2 ゼロ推力歯車の開発
- ③ 新インボリュート円筒歯車（ゼロ推力歯車、特殊エッジ・特殊歯底形状歯車）の開発
- ④ 機械加工と表面処理の一体複合技術の開発
- ⑤ 鉄鋼材料品質迅速評価法の開発

また、この施設で行われる研究・開発活動に研修員を受け入れ、OJTを行います。

本施設の運用

この施設では以下の事業を実施します。

1. 公募研究開発プロジェクト（*rias_X*）***

この施設の運用において中核を占めるのがこの公募型の研究開発プロジェクトです。

機械産業が必要としている研究開発テーマにつき、その研究開発プロジェクトの遂行資金を広く公募により集め、また、参加者を募り、参加（Participating）メンバー（以下、P-メンバー）が施設運営委員会ならびにアドバイザリーグループと共同して実施する研究開発です。

rias_X プロジェクトでは、全てのP-メンバーの意見を当該プロジェクト遂行に反映させるため、原則として2か月に1回の割合で研究開発会議を開いて*rias_X* プロジェクトの進捗状況を報告し、プロジェクトの適切な遂行に務めます。すなわち研究開発は、世話役である公益財団法人 応用科学研究所 担当常務理事とP-メンバーが相談して、研究開発テーマの詳細、開発計画を決め、互選で選ばれたプロジェクトリーダーのもとで本研究所の施設を利用して行うことになります。

P-メンバーの参加費は1年1口1,000,000円とし、何口の参加も歓迎いたします。

P-メンバーは本*rias_X* 研究開発活動の結果得られる知見、権利等をその参加口数などによって決まってくる重みポイントに比例的な配分として受ける権利を有します。

施設運営委員会が認めた場合には、*rias_X* プロジェクトに関心のある会社等はプロジェクト遂行のための研究員・作業員を、当該研究開発プロジェクトに参加させることが出来ます。それにより研修員の派遣会社等は*rias_X* プロジェクトのP-メンバーの資格を得ることが出来ます。すでにP-メンバーであるところが研究員・作業員を派遣した場合には、重みポイントに加算されます。本研究所はこれら作業員をOJT研修員として取り扱い、当該研究開発を通じて、また、従来から本研究所が専門としてきた、材料検査、材料熱処理、表面処理などの実務を通じて、機械基盤技術の教育を無償で行います。

P-メンバーは本施設の試用が可能です。しかし*rias_X* プロジェクトへの重みポイントに応じ、試用のスケジュール調整でより高いプライオリティを得られるとかの差別が生じます。本施設の試用は実費有償です。

*** この施設で行う公募研究開発テーマに*rias_X1*等の識別を与えることにします。Realize the Idea as X1 project の短絡形であり、公益財団法人 応用科学研究所RIAS (Research Institute for Applied Sciences)の短絡形との掛詞的表現になっています

2. 公益財団法人 応用科学研究所の独自技術開発研究

中長期的に機械産業が必要とするであろう研究開発テーマにつき、本研究所自身でパイロット的に実施する研究開発です。

3. 共同研究

大学や公共機関等と共同して行う研究開発です。

4. 受託研究

企業などから研究開発の委託を受け、本研究所が実施する研究開発です。

5. 試作受注

外部からの試作注文を有償で受けるものです。本施設の最先端的設備と本研究所の高度な高周波熱処理技術やプラズマ窒化技術、材料評価能力を利用し、また、長年の機械部品に対してこれらの処理を適用してきた実績で得た鉄鋼材料の特性に関する知見の上に立ち、他には出来ない機械部品の試作を行います。

6. 見学者へのデモ

本施設が保有する最先端的設備の能力を実際に示して、日本企業発展のための情報を発信します。

施設運営体制

この施設の運営に関する全ては、施設運営委員会の決定に基づき行われます。

施設運営委員会は公益財団法人 応用科学研究所の担当常務理事（2015年施設発足時点では、久保愛三 京都大学名誉教授、歯車のトラブル 対策が専門）と、**rias_X** プロジェクトを遂行する主体であるP-メンバーの代表若干名、設備のオペレーターの代表、アドバイザリーグループの代表若干名により構成されます。

技術内容の決定や修整、研究開発時に発生する課題の解決などについては、世界トップクラスの日本人技術サポーター（アドバイザー）が支援する体制をとります。

アドバイザリーグループ構成は以下の通りです：（2015年施設発足時点）



常務理事 久保愛三
（京都大学名誉教授）

機械基盤研究施設 運営委員会
公益財団法人 応用科学研究所

アドバイザリーグループ構成



有浦 泰常
（九州大学名誉教授）：
歯車等機械要素の製造技術



松本 将
（早稲田大学教授、元三菱重工業）：
歯車、軸受のトライボロジー問題、
損傷対策



上田 昭夫
（AMTEC）：
歯車の設計、幾何学的解析



森川 邦彦
（日産自動車）：
歯車の設計、トラブル対策



秋山 雅義
（京都工芸繊維大学教授、元住友金属）：
鉄鋼材料の解析



山路 伊和夫
（京都大学）：
超精密加工、難削材の切削加工

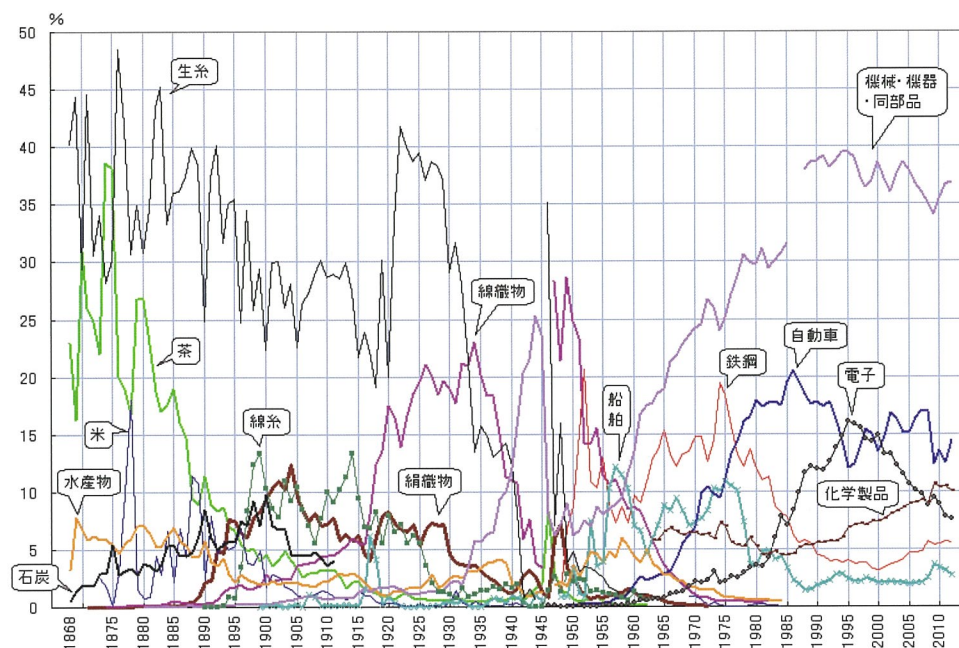


松岡 裕明
（公益財団法人 応用科学研究所）：
高周波熱処理、プラズマ窒化、
鉄鋼材料の解析

施設運用は2015年度（2015.04）から開始の予定です。

*設立の背景

主要輸出品の長期推移－輸出総額に占める構成比の推移(1868～2012年)



(注) 機械・機器・同部品は「機械類及び輸送用機器類」(1965年以前)又は「一般機械」「電気機器」「輸送用機器」の計(1968年以降)から電子、自動車、船舶を除いたもの。電子＝事務用機器(コンピューターを含む)＋半導体等電子部品(ICなど)、水産物(1908-45年)＝塩蔵・乾燥魚介類＋缶・罐詰魚介類、水産物(1947年以降)＝生鮮魚介類＋魚介類調整品

(資料) 財務省貿易統計、日本長期統計総覧、日本の長期統計系列(HP)、外国貿易概況平成5年6月号、明治以降本邦主要経済統計

図1 日本の輸出統計の品目別割合 <http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/4750.html>

上図は日本の輸出統計の推移です。これからも見られるように、機械製品は戦後(太平洋戦争日本敗戦1945年以降)の日本の経済復興を支え、現在においても日本の豊かさを支えています。しかしながら、平和が長く続いて平和ボケになって来た現在、日本中の大学の工学部で、最先端の流行をやらねば世中から取り残されるとマスコミ恐怖症になって、研究予算がつかなくなるのを恐れ、有力国の英語で評価されるペーパーを書かねば出世が出来なくなることを恐れ、歴史が持つ他に対する優位性なんぞに気づくことはなく、過去から築き上げられてきたものを簡単にほかにして、先端先端とゼロから始めようとしてします。技術が人の役に立つためには、先端と基盤とのバランスが必要なのですが、このことをどれほどの人が本当に理解しているのでしょうか。人間の豊かな生を保つためには取り返しのつかない間違いを犯しつつあるようです。まあ、バランスなんてものは、取れているのかいないのかを認識すること自体が非常に難しいものであるのは人間の歴史が示していることでもあります。大昔から知られているような構造の歯車装置が、新しい特許として申請され、それが通っているような例もあるようですし、私のオリジナルな独創の論文だと言って学術論文集に掲載されているが、その内容は実は50年も昔に発表されていたものと本質的には同じであるのに、著者も論文のレフェリーもそんな昔のことは知りもしないことがあるのです。ともあれ、近頃は忘れられてきている箴言なのかもしれませんが「温故知新(古きものを大切に持っていることにより新しきことを知ることが出来る)」は人間が歴史的に学んできた大いなる知見です。日本は技術立国であるとマスコミから政治家まで言っていますが、その骨であり筋肉である部分の劣化退化が顕著に進んでいるのです。スポーツ選手に例えるなら、頭はあるが骨や筋肉の虚弱な選手です。これではオリンピックに勝てるはずがありません。

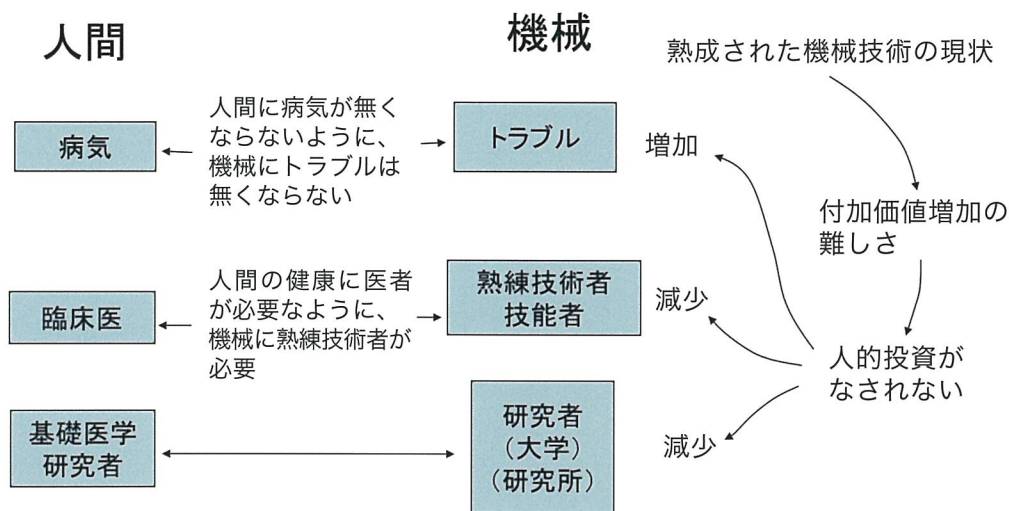


図2 人間の病気と医者、機械のトラブルと技術者のアナロジー
(現在の日本の機械技術を取りまく現状)

すなわち、日本を支えてきた機械技術はその骨・筋肉・頭脳バランスの上で成り立つ総合技術であることが忘れられ、「機能不全」の技術になってきているのです。技術が人の役に立つために必要不可欠であるバランスの重要性がよく認識されない状況の中で、グローバル化が進展してしまいました。自然の成り行きなのか世界の頭の良い人の謀略なのかわかりませんが、それに乗せられ、あるいは乗らざるを得なくなった結果、多くの日本人が日本にとっての機械の重要性を忘れ、その結果として、国を支える機械技術が腐ってきているのではないかと危惧しています。

人間は自分の動作の信頼性を例えば健康と言う形で日々認識し、問題があれば何とか対策を講じています。そんなに気を使っているにも関わらず、人間は相変わらず病気にかかり、健康を失い、死んでゆきます。機械やその構成部品である歯車も同様で、健康上のトラブルが起こっても何等不思議ではありません、と言うより、健康上のトラブルと言うのは、人間であっても機械であっても、永久に不可避の事なのでしょう。

人間が病気になった時、臨床医が必要でし、難しい病気を治すためには基礎研究が必要で、そのための研究者の努力が不可欠です。人間が病気をすると同様に、機械装置もトラブルを避け得ません。それに対処する臨床医が熟練技能者・技術者です。そのトラブルの原因を基本的に明らかにするには基礎研究が必要です。そのための研究者が必要なのは、病理の分野において基礎医学研究者が必要とされるのと同じことです。ところが、現実には多くの難しい点があります。すでに成熟された技術であると世の中が認識している機械技術では、例えば歯車技術で商品に付加価値を大きくつけることが難しくなっています。成熟された技術が持つ必然的状況です。利益追求形の経済構造のもとで、この状況では、現状を乗り切るための人的投資はなされません。あまりに投資効率が悪いのです。その結果として、大学や研究機関における研究者や、企業における熟練技能者・技術者の数は激減し続けて行くのです。機械産業を取りまく技術環境は、医療の分野に例えるならば、無医村の状態に近づいているのです。その結果として機械のトラブルの件数はどんどん増えており、その対策も打てない状況が増えていきます。日本の将来を考えると、このような状況をなんとか改善し、一隅を照らす程度の事であっても、何かをしなくてはなりません。

(文責 久保愛三 aizokubo@hera.eonet.ne.jp)

公益財団法人 応用科学研究所
機械基盤研究施設の概要

公益財団法人 応用科学研究所ならびに施設へのアクセスについては、ホームページでご確認ください。

公益財団法人 応用科学研究所 〒606-8202 京都市左京区田中大堰町49 URL: <http://www.rias.or.jp/>
〈研究部・総務部〉 Tel: 075-701-3164 Fax: 075-701-1217 e-mail: secretariat1@rias.or.jp
〈加工研究部〉 Tel: 075-701-3161 Fax: 075-701-3283 e-mail: shimizu@rias.or.jp

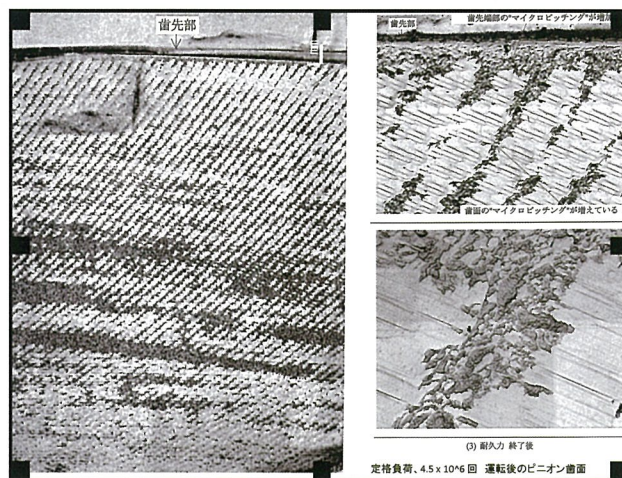
研究テーマ *rias_X1* 「焼入れ後仕上げ加工歯面性状向上法の開発」

主旨

焼入れ歯車の歯面を 5 軸制御マシニングセンターで仕上げ加工し、その歯面の表面性状全般 Surface integrity、すなわち、歯面粗さやうねり、歯面材の結晶組織状態、不純物や析出物の状態、残留応力状態など歯面の接触疲労強度に関係を持つ諸特性を、現在の伝統的研削法に依る仕上がり歯面のものと同等にする技術の開発

背景と経緯

5 軸制御のマシニングセンターによる大形スパイラルベベルギヤや大モジュールの円筒歯車の加工は、世界の先進工業国ですでに始まっている。しかしながら、浸炭焼入れ後にこの方法で仕上げ歯切りされた大形スパイラルベベルギヤの運転の実績では、マイクロピッチングの発生等のトラブルが若干経験され問題となることもある。似たことは、今から 40 年以上も昔に、浸炭焼入れのインボリュート歯車を負のすくい角を持った超硬ホブで仕上げ加工（当時はスカイピングと呼ばれていた技術）する製造法開発の際に経験されている。この経験を照らし合わせてみると、大きな相関性がありそうである。本研究は、浸炭焼入れされた歯車歯面を超硬工具で切削加工した場合に表面性状全般 Surface integrity がどのように変化するかを究明し、その加工面強度の劣化の原因を総合的にとらえて、対策を立案せんとするものである。



マイクロピッチング歯面の一例

研究対象

この研究開発では加工対象サンプルとして大形スパイラルギヤを採用する予定であるが、研究開発テーマは単に大形歯車の製造にかかわるものではなく、浸炭焼入れをされた歯車歯面を超鋼工具で切削仕上げ加工した場合に、その加工された面の性能がどうなるかを究明対象にしている。したがって、この研究の成果は、近年、小形歯車の新たな加工法としてピニオンカッターを斜交軸歯車形の工具として被削歯車とかみ合わせて歯を創成歯切りあるいは歯面仕上げをする方法（これも今ではパワースカイピングと呼ばれている）で、製造された歯車が必ず持つであろう歯面耐久力の問題の解決法にもつながるものでもある。

すなわち、基本的に今回の研究で明らかにされる加工方法は、我が国オリジナルの低コスト高精度加工法であり、成功の暁にはグローバル競争力のある低コスト加工の道を開くものである。

研究組織

この研究開発は、世話役である公益財団法人 応用科学研究所 担当常務理事 久保愛三（京都大学名誉教授）とプロジェクトを遂行する主体である P-メンバーが相談して研究開発テーマの詳細、開発計画を決め、応用科学研究所の施設を利用するものである。技術内容や開発課題の解決などについては、世界トップクラスの日本人技術サポーター（アドバイザー）が支援する体制をとる。機械基盤研究施設の概要 施設運営体制 参照。

研究期間

2015 年 4 月 1 日より、2017 年 3 月 30 日までの 2 年間

研究内容

- ① Klingelnberg あるいは Gleason 歯切り歯車歯面と 5 軸制御マシニングセンターによるミリング歯切り歯車歯面の Surface integrity の相異の解明
- ② 浸炭焼入れ後、ミリングにより仕上げ加工される歯車歯面の表面改質の可能性の検討
- ③ 新歯面仕上げ法の提案とその効果の実証例の作成