

令和4年度 研究成果発表会

AIを用いた監視装置の開発（経常研究）	1
機械学習を用いたロボット関連製品の制御技術の開発（経常研究）	2
生体組成の非侵襲計測技術の開発（経常研究）	3
海水魚用展示蓄養水槽の開発（経常研究）	4
微細気泡を活用した浄化・洗浄システムに関する研究（経常研究）	5
航空宇宙産業に向けた耐熱合金の切削加工技術の開発（経常研究）	6
航空宇宙関連産業の市場獲得に向けた切削加工技術の高度化 （戦略プロジェクト研究）	7

令和4年11月25日（金）

AI を用いた監視装置の開発

(AI 技術を用いた IoT 機器の開発)

研究企画課 兼 機械システム科 田口喜祥
 基盤技術部 機械システム科 久保田慎一

1. 目的

工場内で稼働している IoT 機能が搭載されていない従来型の機械装置を監視するためには、それぞれの機械装置に対応した IoT 機器を開発し取り付ける必要がある。

本研究開発では、従来型の機械装置を対象として、機械装置本体に改造を加えずに機械装置の稼働状況や故障予兆予測を行うことができる AI を用いた監視装置を開発することを目的とした。AI 演算を高速に実行できるボードコンピュータを用いることで、カメラ画像から AI を用いて情報を認識し監視する装置の開発が可能となった。

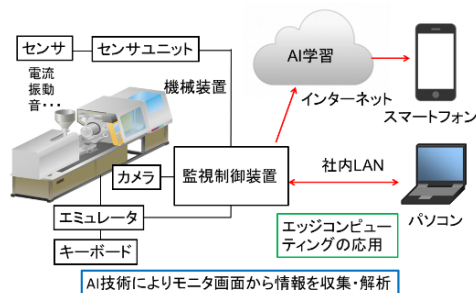


図1 システム構成図

2. 内容

開発した装置のシステム構成を図1に示す。機械装置に取り付けて電流、振動、光、音などのデータを収集するセンサユニット部、センサユニット部からのデータをデータベースに記録すると共に、カメラで制御装置の映像を撮影し、必要な情報を AI 技術で認識する監視制御装置部、監視制御装置部からの指令で機械装置のキーボードの操作を行うエミュレータ部から構成されている。また、監視制御装置部は、センサユニット部やカメラで取得した情報を AI 技術で解析し、稼働状況や故障予兆予測に関する監視結果を Web 画面で提供する。監視制御装置部は、違うボードコンピュータを用いて 3 種類試作した。AI 処理を GPU で実施できる NVIDIA 社の Jetson nano を用いて開発した監視制御装置の写真を図2に示す。



図2 監視制御装置

3. 結果

動画像から物体認識を行う YOLO (You Only Look Once) という AI 処理ライブラリを用いて、TV カメラの映像から数字を認識する監視ソフトを開発した。図3に示すように数字の種類と位置を取得して 2000 種類のデータセットを作成し、AI の再学習を実施した。学習を行った AI を用いて性能評価実験を行ったところ、1 秒間に約 15 フレームの処理速度で TV カメラ映像から 98%以上の精度で数字を認識できることを確認した。さらにこの AI を用いて映像に表示されている計器の数字部分を認識し、Web 画面で表示するとともに、異常を通知する監視装置を開発した (図4)。

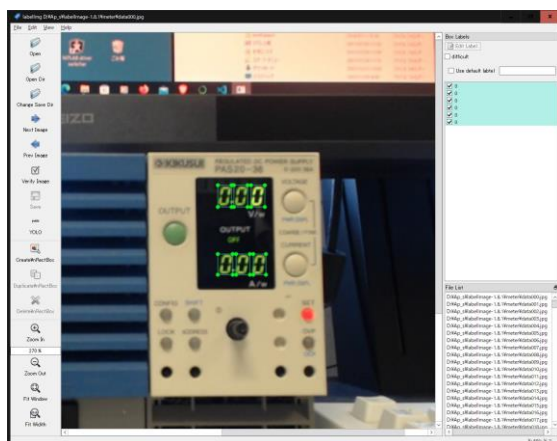


図3 データセットの作成

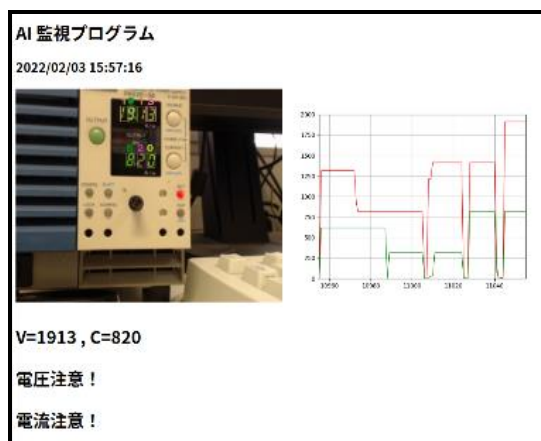


図4 AI 監視装置 Web 監視画面

機械学習を用いたロボット関連製品の制御技術の開発

(オープンソースを活用したディープラーニング導入手法の確立と技術支援)

基盤技術部 機械システム科 堀江貴雄

1. 目的

近年、ディープラーニングによる画像判別や機械制御の事例も多く報告されるようになった。特に、各種データから特徴量を自動的に抽出できることから、これまで人による設計が困難であった高度な認識システムの実現に期待がかけられている。本研究ではロボット関連製品への適用を念頭に、制御則をディープラーニングによって獲得する手法の確立を目的とした。

2. 内容

まず制御対象として、前輪 2 輪をサブフレームに固定し、サブフレームが本体フレームに対してロール方向に動くメカナム移動ロボットを作成した(図 1)。このロボットは4輪の回転方向と速度を個別に制御することで全方向移動が可能となっている。このロボットを市販のゲームコントローラで自在に操縦できるよう、インタフェースプログラムおよび制御装置を作成した。

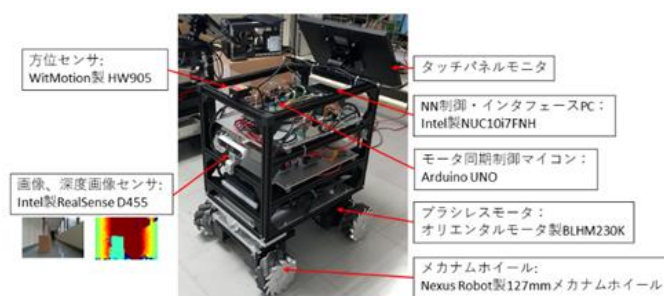


図1 全方向移動ロボット

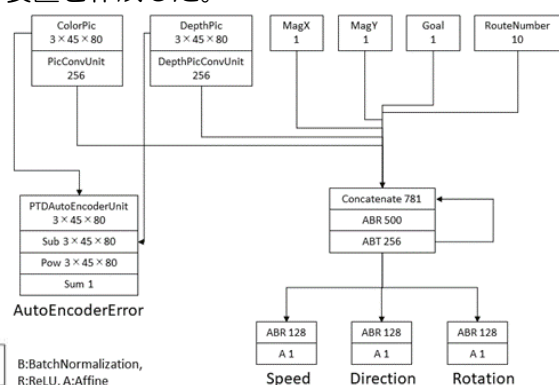


図2 ニューラルネット概要

教師データセット収集は、ゲームパッド操作による手動操縦で行う。ロボットカメラ画像、深度画像、方位センサ値 (X および Y) をそれぞれ5時刻分、および目的地番号、ルート番号を入力値とし、移動ロボットの速度、平行移動方向、回転速度に割り当てられたゲームパッド操作量を出力とするデータセットを10万個収集した。この推論を実行可能なように、CNN、RNN、ResNet、Autoencoder等の各種アーキテクチャを参考に、SONY 製 NeuralNetworkConsole を用いてニューラルネットを設計した(図2)。

次にGPU (NVIDIA製TITAN RTX) を搭載したデスクトップPCを用いて、800epoch (20時間) 学習し、学習済みモデルをロボット搭載のIntel製NUC10i7FNHにpython言語による推論サーバーとして実装した。インタフェースプログラムはUDP通信でサーバから推論結果を受け取り、ゲームパッド指令の代わりにモータコントローラに指令を出すことで自動制御可能とした。

3. 結果

5時刻の入力データから、ゲームパッド操作量を5Hzの速度で推論することで、工業技術センター2階での移動制御を実現した。また Autoencoder による異常検出を並行して行うことで、未学習環境を検出し自動停止できることを確認した。従来のプログラミングで必要とされた、フィルター設計やロジック設計を一切行わず、データからの End-to-End の模倣学習のみで制御機器を自動化可能な一例を実証できた。

生体組成の非侵襲計測技術の開発

(長崎県発の非侵襲計測手法“TFDRS”を活用したリンパ浮腫の早期診断装置)

基盤技術部 電子情報科 下村義昭
 基盤技術部 電子情報科 田尻健志

1. 目的

がん患者のリンパ節切除で主に発症するリンパ浮腫では、皮下にたんぱく質の濃い体液が異常に蓄積される。むくみ等の兆候がない早期ほど症状の進行を最小限に抑えて予後を改善できるが、従来の触診やむくみ測定では早期発見は難しい。

そこで、本開発では、体外から光を当てるだけで皮下の体液量とたんぱく濃度を測定する非侵襲計測手法の提案と、リンパ浮腫の早期診断を実現するヘルスケア機器の開発を目的とした。

2. 内容

本開発では、図1に示した果実糖度の非破壊計測手法TFDRS (Three - Fiber - Based Diffuse Reflectance Spectroscopy) を応用した生体のたんぱく質や水分の非侵襲計測手法を検討した。TFDRSでは、被検体の1箇所から光を照射し、異なる距離2箇所で反射光を受光して反射率 $R = i_{sig} / i_{ref}$ を測定する。

3波長の反射率 R で定義した相対吸光度比 γ は被検体による散乱の影響を受けない新しい物理量で被検体の組成とも高い直線相関がある。複数の相対吸光度比 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ を用いることにより、生体内での散乱や夾雑物による吸収の影響を排除して目的とする生体組成を高い精度で測定することができる。

3. 結果

図2はTFDRSを用いたリンパ浮腫患者による臨床実験結果を示す。リンパ浮腫を発症した右前腕側で、水とたんぱく質の顕著な増加を検出することに成功した。

また、図3はTFDRSをベースに試作した診断装置の外観を示す。小型・軽量化に伴う幾つかの課題も抽出されたが、片手で操作が可能な重量約180gでリモコンサイズを実現した。

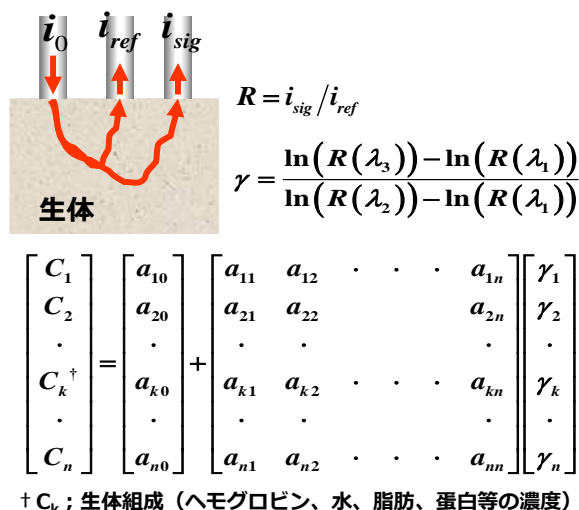


図1 TFDRSによる生体組成の非侵襲計測手法

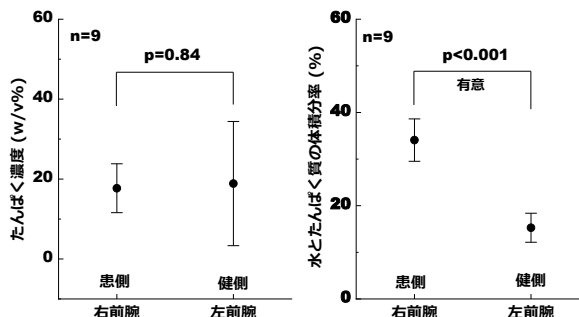


図2 リンパ浮腫患者による臨床実験結果

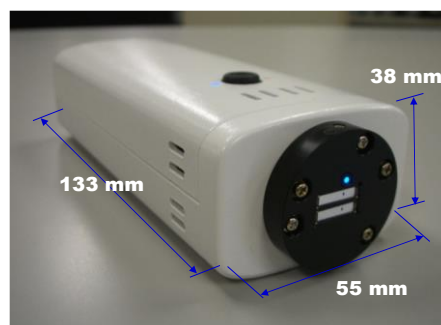


図3 リンパ浮腫の早期診断装置の外観

海水魚用展示蓄養水槽の開発

(食用活魚展示・蓄養のためのコンパクト水槽システムの開発)

基盤技術部 大脇博樹

1. 目的

これまで漁獲地でしか食べられなかった新鮮な活魚を都市部でも食べられるようにするためには、「漁獲地での蓄養」「高密度・長時間の輸送」「消費地での展示蓄養」を実現する必要がある(図1)、当センターではこれまでに「漁獲地での蓄養」と「高密度・長時間の輸送」に取り組み、実現してきた。

本研究開発では、最後のステップである「消費地での展示蓄養」を実現するために、当センターが保有する海水浄化技術により、水換えやメンテナンス頻度が低く、かつ飼育水に着色や悪臭が生じない展示・蓄養水槽システムを開発する。

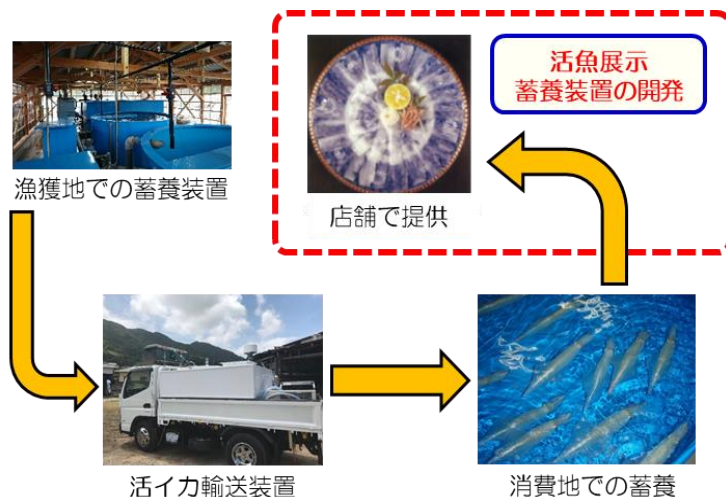


図1 活魚のサプライチェーン構築

2. 内容

海水を電気分解して生成した次亜臭素酸等のオキシダントと飼育魚が排出するアンモニアとを効率よく反応させるための泡沫電解槽(図2)を開発した。今回利用する海水浄化システムでは、アンモニアは海水電解によって生成した次亜臭素酸と反応して窒素へと変換・除去され、飼育水に窒素成分が蓄積しない。また、生成した次亜臭素酸が残存している電解槽から飼育水槽までの海水は次亜臭素酸によって殺菌されるため、配管壁へのバイオフィーム生成による流量低下や、微生物が生育することに伴う着色成分や臭気成分の生成等の問題を防止することができる。泡沫電解槽内は強い流れが生じているため、海水電解時の陰極へのスケール析出抑制も期待できる。

飼育水槽は透明アクリル製とした。外気温と湿度が高い気象条件の際、水槽表面が結露して外から飼育魚が確認できないことがあったため、飼育水槽の前面を二重化して断熱し、結露を防止した。

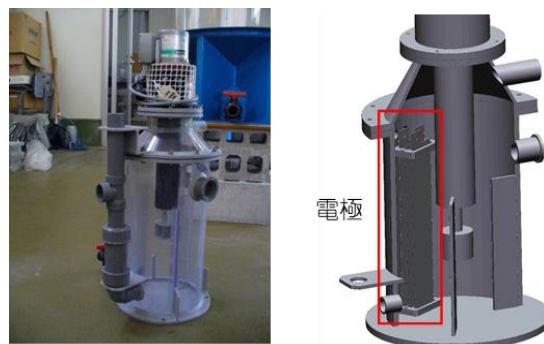


図2 開発した泡沫電解槽

3. 結果

本研究で開発した泡沫電解槽を組み込んだ展示蓄養水槽を試作して性能評価を行った結果、①飼育水中に窒素成分の蓄積が起らないこと、②泡沫電解槽から飼育水槽までにバイオフィームが生成しないこと、③飼育水への着色が起らず飼育水に臭いがつかないこと、④陰極表面へのスケール析出が無いこと、が確認された。

飼育水を浄化するための浄化槽容量は、従来の生物ろ過を利用した海水浄化システムの場合は飼育水槽容量の40%~50%が必要であった。当センターで開発した海水電解を利用したシステムでは、飼育水槽容量の10%まで下げることが可能となっていた。本研究で新たに組み込んだシステムでは、泡沫電解槽等による効率的な処理によって、飼育水槽容量の5%と更なる小容量化を達成した。

微細気泡を活用した浄化・洗浄システムに関する研究

応用技術部 機械加工科 三木伸一

1. 目的

ナノ（10億分の1）からマイクロ（100万分の1）メートルサイズの微細な泡はファインバブルと呼ばれ、従来の泡の概念を変える吸着、溶解、分解、生理活性など様々な効果があることから、応用分野の広がりが大きいプロセス技術として期待されている。例えば工業分野では、洗浄、剥離や排水処理の応用が挙げられる。しかしながら、種々の効果のメカニズムや相互関係は、徐々に解明されつつあるも十分とはいえず、また、洗浄案件ごとに洗浄条件が異なる。そこで、本研究では、実証試験の環境を整備し、洗浄データの蓄積を行った。また、ナノメートルサイズの気泡は、肉眼では観察できず、性状も不安定である。工業現場では気泡数の適正な管理も課題になるため、簡易的に気泡数（個数密度）を計測する方法の開発も実施した。

2. 内容

(1) 気泡の個数密度の簡易計測

気泡の個数密度を管理するための簡易計測手法の開発に取り組んだ。微細気泡及びポリスチレン粒子の散乱シミュレーションを実施し、標準試料として性状が安定なポリスチレン粒子が適用できるか理論計算を行った。また、この際得られた標準試料の調整条件を用いて、レーザー光照射による散乱光の観察を行い、実際に微細気泡水との比較による定量性を検証した。

(2) 洗浄試験

種々の洗浄評価用試験片を作製し、微細気泡による洗浄データの蓄積を行った。この際、汚れ成分については、企業ニーズに基づき機械油等を用いた。

3. 結果

(1) 気泡の個数密度の簡易計測

微細気泡の散乱シミュレーションを実施し、性状が安定なポリスチレン粒子と微細気泡の散乱性がおよそ一致する条件を見出した。この条件に基づき、100 nm の微細気泡の個数密度相当のポリスチレン粒子の標準試料を調整し、比較定量を実施した。この結果、1億個/ml以上の個数密度の高い微細気泡については、市販のレーザーポインターによる目視の判別も可能であり、簡易定量が可能であることがわかった。なお、個数密度が低い気泡の測定にも適用するため、現在、粒子径の情報を考慮した簡易計測について取り組んでいる。

(2) 洗浄試験

金属に付着した油污などの洗浄データを蓄積した。グリースのような軟質の油は、攪拌による微細気泡の流れ場の形成により洗浄され、一方、硬質の油は、比較的低温下の超音波を用いたキャビテーション効果と微細気泡の剥離効果による洗浄が効果的であることがわかった。製造現場における洗浄条件は様々なので、実際には個別の検証は必要になるが、こうした知見を得ることで洗浄設計が容易になり、微細気泡活用の正しい理解が進む。また、洗浄剤の完全な代替ではなく、洗浄工程の一部に微細気泡を活用し洗浄薬品を削減するなど、コストミニマムな手法の選択も可能となる。

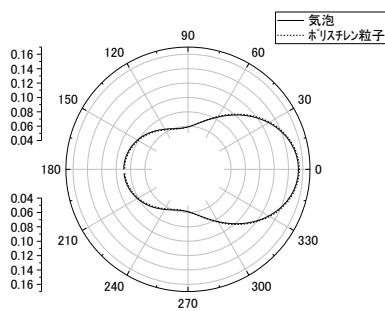


図1 散乱シミュレーション及び散乱の様子

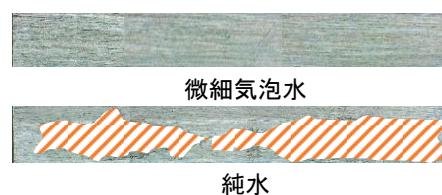
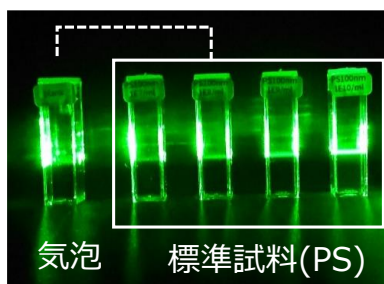


図2 微細気泡による汚れの除去
(洗浄後の汚れ残りは網掛けで表示)

航空宇宙産業に向けた耐熱合金の切削加工技術の開発

応用技術部 機械加工科 梅木宣明

1. 目的

本研究では、県内企業からのニーズがあるモリブデン合金の最適な切削加工技術の開発に取り組むことによって、県内機械金属加工業の高度化を図る。

2. 内容

モリブデン合金の切削加工に最適な切削工具材種、刃先形状、切削加工条件について検討を行った。その結果について報告する。

3. 結果

モリブデン合金の切削加工において、表面粗さ $Rz3.2 \mu\text{m}$ 以下を得ることを目標として、最適な切削加工条件を確立するために、切削工具材種、刃先形状、切削加工条件の検討を行った。被削材は $\phi 68 \text{ mm}$ 、内径 20 mm の中空円筒状のモリブデン合金を用いた。

モリブデン合金の表面粗さについては、端面を2回切削後、4方向より外側から内側に向けて測定を行った。なお、同一切削加工条件で3回切削加工実験を行った。切削加工条件は切削速度： 200 m/min 、送り速度： 0.1 mm/rev 、切込み量： 0.2 mm 、切削液：水溶性クーラントである。切削工具材種は、超硬合金、PVD、サーメット、PVDサーメット、セラミックを使用した。

3.1 切削工具材種の検討

5種類の切削工具材種について、上記の同一の切削加工条件で切削加工実験を行った。その結果、切削工具材種の中で超硬合金を使用した場合、モリブデン合金の表面粗さ Rz 値が最も低い値を示し、良好な結果を得ることができた。切削工具材種の中でセラミック工具は欠損した結果となった。図1はセラミック工具の結果、図2は超硬合金工具の結果である。

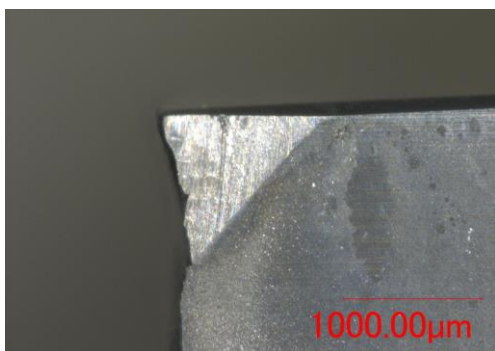


図1 セラミック工具

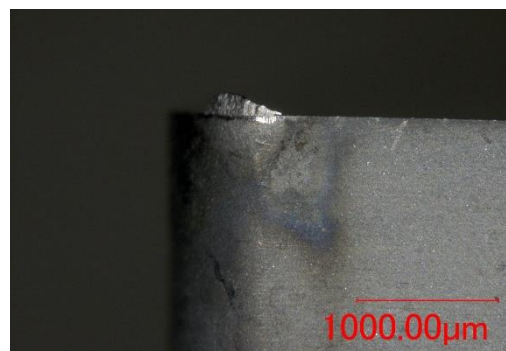


図2 超硬合金工具

3.2 刃先形状の検討

刃先形状の刃先角、ノーズR、逃げ角等について検討した。表1は刃先形状の条件である。工具は超硬合金を使用した。

表1 刃先形状の条件

刃先角	80° 、 55° 、 35°
ノーズR	0.8、0.4
逃げ角	ネガティブ、ポジティブ

刃先形状の条件において、刃先角： 55° 、ノーズR：0.8、逃げ角：ポジティブの条件が最も良好な表面粗さ ($Rz3.5$) を得ることができた。図3は上記の最適な条件での超硬合金工具の結果である。

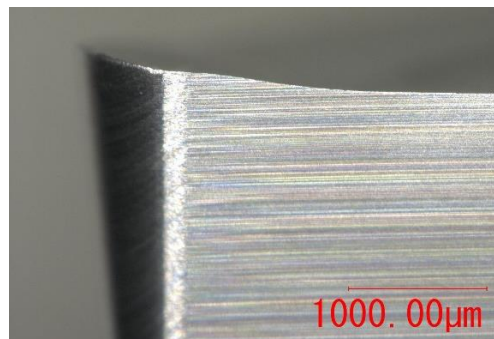


図3 超硬合金工具

3.3 切削加工条件の検討

切削加工条件の検討については、上記の最適な超硬合金工具の刃先形状において、送り速度を 0.07 mm/rev とした結果、モリブデン合金は最も良好な表面粗さ ($Rz2.5 \mu\text{m}$) を得ることが可能となった。

航空宇宙関連産業の市場獲得に向けた切削加工技術の高度化

(航空宇宙機器用材料の切削加工における加工時間の短縮、加工トラブルの予測および脱脂技術の確立)

応用技術部 機械加工科 福田洋平
 応用技術部 瀧内直祐
 応用技術部 機械加工科 三木伸一

1. 目的

本県の基幹産業である造船業の先行きが不透明な中、県内において、造船に代わる新産業の創出・育成が県政の重要課題となっている。航空宇宙関連産業は大きな成長産業として注目されており、長崎県では重点政策として、県内企業の航空宇宙関連産業への新規参入支援および取引拡大支援に取り組んでいる。県内企業が長年蓄積してきた造船および発電プラント向け部品の切削加工技術は航空宇宙機器用部品の切削加工においても活用することができ、本研究は県内企業の航空宇宙機器産業への進出を技術面から後押しするものである。

2. 内容

航空宇宙機器の部品は複雑形状のものが多く、その部品に使用する金属材料の多くは難削材と呼ばれる切削加工が困難な材料である。本研究は、航空宇宙機器用材料の切削加工に関する県内企業の技術力向上を図るため、①切削加工解析による高能率加工技術の開発、②加工トラブルを予測する知能化ワーク固定ジグの開発、および③切削加工後の脱脂技術（洗浄技術）の三つの技術開発に取り組んだ。

3. 結果

高能率加工技術の開発に関して、断続切削による空転時の工具冷却作用とクーラントによる工具冷却作用を考慮したチタン合金の切削加工解析を実施した。解析の結果、径方向切込みは工具温度に与える影響が小さいことが分かり、工具寿命と加工能率を両立させる切削条件として「低速・高切込条件」の有効性を見いだした。図1に工具刃先状態の比較を示す。

加工トラブル予測技術の開発に関して、正常状態の各種信号情報を教示データとするオートエンコーダによる異常検知を用いて、工具異常の見える化の検討を行った。解析に用いた実験データは、観察した刃先状態を基に、「正常」、「遷移」、「異常」の3種類にラベル付けした。マイクロホン信号により取得した音圧信号と、その音圧信号に対してオートエンコーダによる異常検知を用いた結果を図2に示す。「遷移」とラベル付けした加工時において、音圧信号では信号の乱れなどは確認されないが、オートエンコーダによる解析結果では異常度の増加が確認できた。




	380cc 除去後
基準条件	
切削速度 4倍	
径切込み 4倍	

図1 工具刃先状態

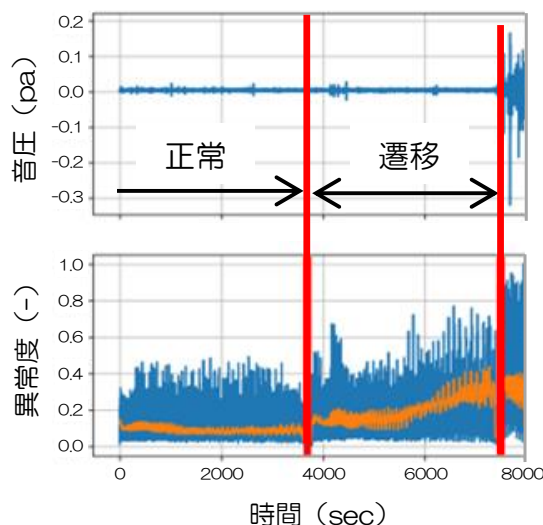


図2 工具異常度の解析結果



長崎県工業技術センター



各年度の研究成果発表会の要旨集



長崎県工業技術センター

〒856-0026 長崎県大村市池田 2-1303-8

TEL 0957-52-1133 FAX 0957-52-1136

<https://www.pref.nagasaki.jp/section/kogyo-c/index.html>