平成２６年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「超音波プレス加工を用いた医療機器の実用化」

研究開発成果等報告書

平成２７年　３月

委託者　関東経済産業局

委託先　公益財団法人長野県テクノ財団

目次

第１章　研究開発の概要

１－１　研究開発の背景・研究目的及び目標・・・・・・・・・・・・・・・・・2
１－２　研究体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）
１－３　成果概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9
１－４　当該研究開発の連絡窓口・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０

第２章　本論

２－１　音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発・・・・・・１１
２－２　金型の設計手法の確立・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１３
２－３　金型の微細加工に関する開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・１５
２－４　金型の摩耗対策に関する開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・１８
２－５　加工条件の最適化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２０
２－６　超音波プレス装置プラットフォーム及びワークの供給機構の開発・２１

最終章　全体総括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２

第１章　研究開発の概要

１－１　研究開発の背景・研究目的及び目標

１－１－１　背景

医療機器業界では手術用具、注射器、眼科手術用の微細なパイプ、手術用カテーテルなどの治療機器は感染防止等の観点からディスポーザブル化が普及しており、その市場は拡大傾向にある。さらに近年の動向として、手術用具やカテーテルなどの治療機器に用いる金属部品は低侵襲治療のための微細化や各種センサや電極を先端に内蔵して診断・治療を行うなどの高機能・多機能化を図る為の複雑形状化が求められている。

川下企業である医療機器メーカーは手術用具やカテーテルに用いられる微細な尖塔形状や微細なパイプ形状部品を求めている。縫合針は細いものではφ0.1mm以下、尖塔形状の先端径は10μmなどが要求される。また、眼科手術用パイプでは複雑な段付き形状や異型断面を有するものも多い。川下企業の一つである医療機器メーカーが製造している眼科手術用の微細パイプは3年後には100万症例もの規模が見込まれている。グローバルな市場競争を勝ち抜くには、低コストで信頼性・安全性の高い製品を供給する必要がある。

現状は除去加工（切削、研削加工等）あるいは接合を重ねて作成する複雑で多工程に渡る工法で、コストと信頼性・安全性共に限界がある。この様に現在の微細加工部品の工法は医療機器の高コスト化や信頼性・安全性を低下する要因となっている。低コストでありながら信頼性や安全性を保証した微細な尖塔形状や微細なパイプ形状の製作技術の高度化と部品の提供が求められている。

低コストで高信頼性・高安全性の部品を得る方法として除去加工（切削・研削加工等）から塑性加工に工法転換することが有効である。しかし、現在の塑性加工は金属プレス加工の場合、最小径でφ0.5mm程度、スウェージング加工の場合は最小径でφ0.3mm程度が加工限界とされている。また特殊な丸め加工技術が開発され実用化されているが注射針に特化した技術で複雑な形状には適用できない。

金属プレス加工において素材体積に対する表面積比率の増大により摩擦抵抗が増大して加工が進まないことが知られている。超音波を援用する技術として、超音波を金型にかけて摩擦抵抗を減少する技術が研究され、一部引き抜き加工等に実用化されているが超音波そのもので加工する技術は見当たらない。また金型に素材を挟んで超音波を付加した時は2つの金型の振動の同期が乱れ、金型のかみ合わせ精度が満足されない事が知られている。

このようなことから川下医療機器業界の求める直径0.1mm以下、先端径10μmの微細形状や複雑な段付き形状を有する微細パイプなどの金属プレス工法は実現されていない。

我々は、医療機器製造業者の求める直径φ0.1ｍｍ以下、尖塔形状の先端径φ10μmの医療機器部品を、塑性加工により低コスト、信頼性・安全性を保証して製造するために、音叉型共振金型を用いた超音波振動エネルギーそのもので塑性加工を行う超音波プレス方法の開発に取り組んできた。

平成20年から研究開発に着手し、翌年には可能性評価研究を実施し、実現の可能性を確認している。

１－１－２　研究開発目的

川下医療機器メーカーの要求する微細尖塔形状を持つ針や複雑形状を持つ微細パイプを、低コストで信頼性・安全性の高い製品として提供する為に、超音波プレス工程と超音波プレス装置を開発し、従来はφ300μｍが加工限界であったプレス加工を高度化して川下医療機器メーカーの要求する最小加工径φ10μｍという、従来技術 1/30 の微細な領域での塑性加工や微細中空部品の加工を実現する。これにより医療機器メーカーの求める微細な縫合針、尖塔形状中空針、カテーテル用微細中空部品等を低コストでありながら信頼性や安全性を保証した製品として提供することを実現する。

１－１－３　目標

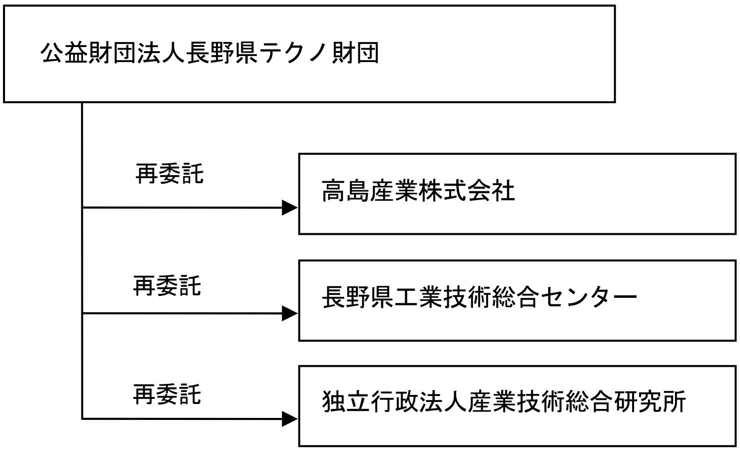
尖塔形状では円錐先端直径において従来のプレス加工の加工限界（直径 500μｍ程度）、スェージング加工の加工限界（直径 300μｍ程度）を直径φ10μｍまでの塑性加工を可能とし、縫合針、尖塔形状中空針等を提供する。

中空部品形状では除去加工（切削、研削加工等）、あるいは接合を重ねて作成していた物を一体で塑性加工を可能とし､最小直径 150μｍで段付きやテーパー部を持つ微細パイプ加工を可能とし、眼科手術用微細パイプやカテーテル用高機能部品を提供する。

１－２　研究体制

１－２－１　研究組織

１）研究組織（全体）



総括研究代表者（ＰＬ）
高島産業株式会社
常務取締役
　遠藤　千昭

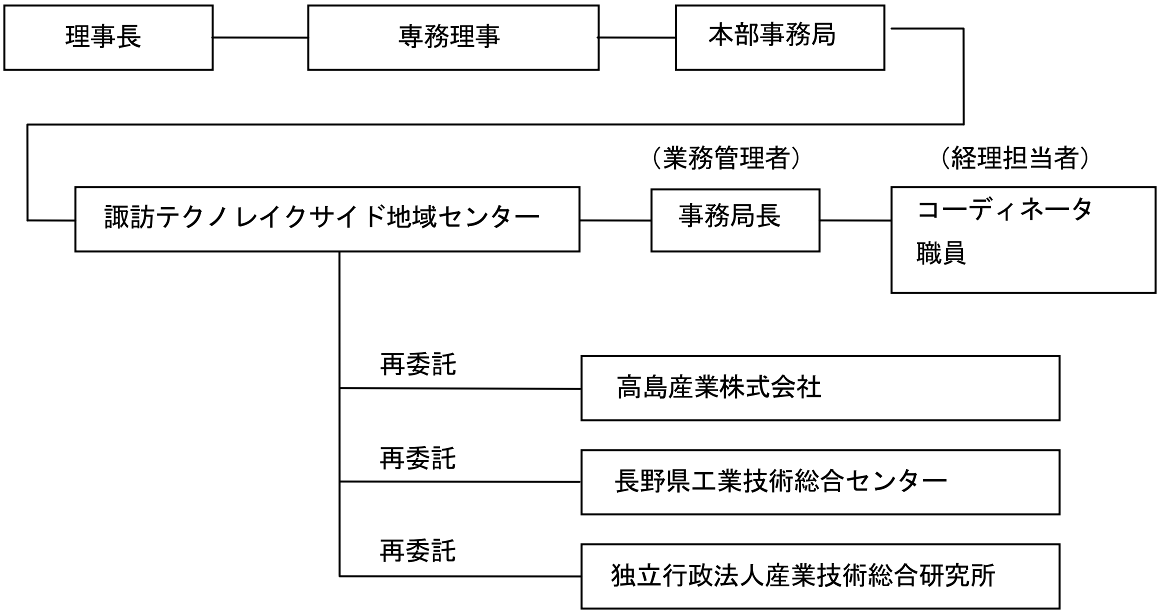
副総括研究代表者（ＳＬ）
長野県工業技術総合センター
精密・電子技術部門　加工部
部長
　小口　京吾

１－２－２　管理体制

１）管理体制

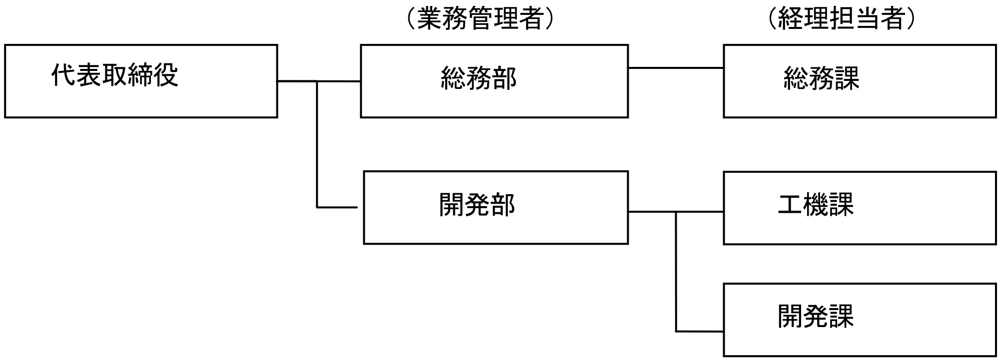
①事業管理機関

［公益財団法人長野県テクノ財団］

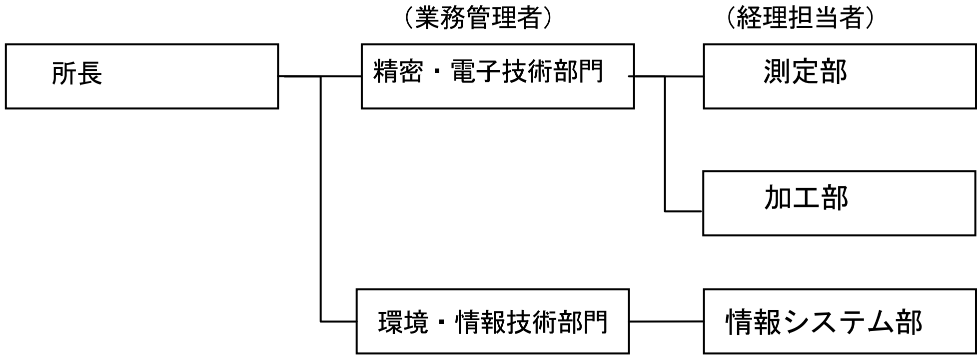


②再委託先

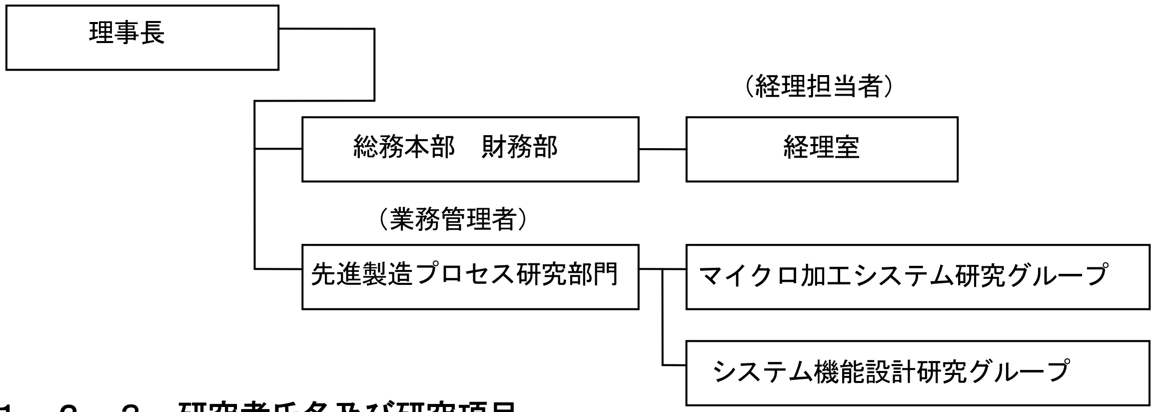
［高島産業株式会社］



［長野県工業技術総合センター］



［独立行政法人産業技術総合研究所］



１－２－３　研究者氏名及び研究項目

１）管理員及び研究員

【事業管理機関】公益財団法人長野県テクノ財団

管理員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
小林　高広	諏訪テクノレイクサイド地域センター事務局長	・プロジェクトの管理運営（再委託先管理含む） ・研究開発推進委員会の設置
西川　光貴	諏訪テクノレイクサイド地域センターコーディネータ	

【再委託先】高島産業株式会社

研究員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
遠藤　千昭	常務取締役	【ＰＬ】全体統括
伊藤　忠彦	開発部開発課　課長	・音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発 ・金型の設計手法の確立 ・金型の微細加工に関する開発 ・金型の摩耗対策に関する開発 ・加工条件の最適化 ・超音波プレス装置プラットフォームならびにワークの供給機構の開発
島津　進	開発部開発課　主査	
大和　淳司	開発部開発課　主査	
笠原　賢一	開発部開発課　主任	
土沼　利彰	開発部開発課　課員	
中島　直之	開発部開発課　課員	
花岡　和則	開発部工機課　課長	
鈴木　秀峰	開発部工機課　課長	
内山　一秀	開発部工機課　主任	
田桐　英敏	開発部工機課　課員	
根津　尚功	開発部工機課　課員	
仲　健太郎	開発部工機課　課員	
大島　英美	開発部工機課　主任	
土屋　淳	開発部工機課　主任	
近江　孝敏	開発部工機課　課員	

【再委託先】長野県工業技術総合センター
研究員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
小口　京吾	精密・電子技術部門　加工部部長	【ＳＬ】副統括
西田　崇	精密・電子技術部門　測定部主任研究員	・音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発 ・金型の設計手法の確立 ・金型の微細加工に関する開発
豊川　良平	精密・電子技術部門　測定部技師	
米久保 荘	精密・電子技術部門　加工部主任研究員	
山岸　光	精密・電子技術部門　加工部主任研究員	
上条　和之	精密・電子技術部門　加工部研究員	
新井　亮一	精密・電子技術部門　加工部研究員	
濱　　淳	精密・電子技術部門　情報システム部研究員	
油科　賢	精密・電子技術部門　情報システム部研究員	

【再委託先】独立行政法人産業技術総合研究所
研究員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
芦田　極	先進製造プロセス研究部門 マイクロ加工システム研究グループ 研究グループ長	・金型の設計手法の確立 ・加工プロセスの検証
栗田　恒雄	先進製造プロセス研究部門 マイクロ加工システム研究グループ主任研究員	
増井　慶次郎	先進製造プロセス研究部門 システム機能設計研究グループ研究グループ長	
澤田　有弘	先進製造プロセス研究部門 システム機能設計研究グループ研究員	・音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発
梶野　智史	先進製造プロセス研究部門 基盤的加工研究グループ主任研究員	・加工プロセスの検証

１－２－４　指導協力者

（1）　アドバイザー（２名）

氏　名	所属・役職	指導・協力内容
大金　薫	マニー株式会社 眼科開発課　課長	・装置全体の開発に係る指導 ・医療機器部品に関する指導 ・超音波加工に関する技術指導 ・制御技術に係る指導
神　雅彦	学校法人日本工業大学 工学部機械工学科　教授	
黒田　雅治	兵庫県立大学機械系工学専攻 機械知能工学部門 知能計測工学研究グループ　教授	

（2）研究開発推進委員会　委員

氏名	所属・役職	備考
遠藤　千昭	高島産業株式会社　常務取締役	委 PL
小口　京吾	長野県工業技術総合センター 精密・電子技術部門　加工部部長	SL
西田　崇	長野県工業技術総合センター 精密・電子技術部門　測定部主任研究員	
芦田　極	独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門マイクロ加工システム 研究グループ長	
増井　慶次郎	独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門システム機能設計 研究グループ長	
伊藤　忠彦	高島産業株式会社　開発部開発課　課長	委
島津　進	高島産業株式会社　開発部開発課　主査	委
大和　淳司	高島産業株式会社　開発部開発課　主査	委
花岡　和則	高島産業株式会社　開発部工機課　課長	委
鈴木　秀峰	高島産業株式会社　開発部工機課　課長	委
仲　健太郎	高島産業株式会社　開発部工機課　課員	委
小林　高広	公益財団法人長野県テクノ財団 諏訪テクノレイクサイド地域センター事務局長	
西川　光貴	公益財団法人長野県テクノ財団 諏訪テクノレイクサイド地域センター コーディネータ	
小林　俊二	公益財団法人長野県テクノ財団 諏訪テクノレイクサイド地域センター テクノコーディネータ	
大金　薫	マニー株式会社　眼科開発課　課長	アドバイザー
神　雅彦	学校法人日本工業大学　工学部機械工学科　教授	アドバイザー
黒田　雅治	兵庫県立大学機械系工学専攻　機械知能工学部門 知能計測工学研究グループ　教授	アドバイザー

１－２－５　研究実施場所

場　所	住　　所	主な研究内容
高島産業株式会社	長野県茅野市金沢 5695-6	・音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発 ・金型の設計手法の確立 ・金型の微細加工に関する開発 ・金型の摩耗対策に関する開発 ・加工条件の最適化 ・超音波プレス装置プラットフォームならびにワークの供給機構の開発
長野県工業技術総合センター	長野県岡谷市長地片間町 １－３－１	・音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発 ・金型の設計手法の確立 ・金型の微細加工に関する開発
独立行政法人 産業技術総合研究所	茨城県つくば市並木 １－２－１	・音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発 ・金型の設計手法の確立 ・加工プロセスの検証

１－３　成果概要

１－３－１　音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発

音叉型金型の超音波共振の最適化に関する研究では、同期性が高く異常振動が少ない金型・位置再現性の高い金型・楕円振動軌跡を発生する金型を実現させるため、シミュレーションで得られた形状で金型を作成し、共振状態を測定して振動軌跡の検証を行い、音叉型金型の超音波共振の最適化を行って、長軸と短軸の比 5:1 の楕円振動を発生する音叉型金型を開発した。さらに長軸と短軸の比 1:1 の楕円振動を発生する角柱型楕円振動発生機構を開発した。

１－３－２　金型の設計手法の確立

シミュレーションを用いて共振周波数 20kHz 且つ楕円振動が得られる音叉型金型の設計を行い、音叉型金型の形状により楕円振動の正転および逆転の制御（素材を引き込む回転・はき出す回転）を行う手法を確立した。

１－３－３　金型の微細加工に関する開発

精密 NC 加工機とマイクロ電着工具を用いて金型稜線部のエッジに対して面取り加工を行い、その後に研磨工具を用いてラップ加工を行う事で、金型稜線部の微細 R の成形を可能にした。

１－３－４　金型の摩耗対策に関する開発

平成２４年度事業で製作した超音波プレス加工装置プラットフォームに供給できる潤滑油塗布装置を開発し、超音波プレス加工装置プラットホームに設置した。油温度を室温～２００℃まで設定でき、被加工材料と金型の接触部分に加工用潤滑油を塗布することを可能とした。

１－３－５　加工条件の最適化

川下企業のニーズに基づいた、２種類の製品について加工条件の最適化を行い、細管材料の段付き形状と細管材料の尖塔形状の加工を可能にした。

１－３－６　超音波プレス装置プラットフォーム及びワークの供給機構の開発

高島産業の卓上加工装置製造技術を用いて平成２５年度事業で製作した超音波プレス装置プラットフォームに、本年度事業で製作した潤滑油塗布装置と、超音波プレス加工中に発生するオイルミストの回収装置を加え、材料の供給から超音波プレス加工までの一貫加工が可能な卓上型の超音波プレス装置プラットフォームを開発した。

１－４　当該プロジェクト連絡窓口

事業管理者　　公益財団法人長野県テクノ財団

代 表 者　　　理事長　市川浩一郎

住　　所　　　長野県長野市若里１－１８－１（長野県工業技術総合センター３Ｆ）

担 当 者　　　諏訪テクノレイクサイド地域センター

　　　　　　　　　事務局長　小林高弘

連 絡 先　　　電話：0266-53-6000

　　　　　　　Fax：0266-57-0281

　　　　　　　e-mail：ta-kobayashi@tech.or.jp

第２章　本論

２－１　音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発

２－１－１　研究開発の内容

音叉型金型の超音波共振の最適化に関する研究では、①同期性が高く異常振動が少ない金型、②位置再現性の高い金型、③楕円振動軌跡を発生する金型、これら３つの条件を満たす金型を実現させるため、シミュレーションで得られた形状で金型を作成し、音叉型金型の共振状態を測定して振動軌跡の検証を行い、音叉型金型の超音波共振の最適化を行った。

２－１－２　研究成果

（１）楕円振動軌跡を発生する音叉型金型の設計・製作

ブースタと組み合わせて 20.0kHz で共振し、且つ楕円振動軌跡を得るために、音叉型金型の超音波共振の最適化を行った。（本研究では 20.0kHz にて共振するランジュバン振動子を使用する為、ブースタ、ホルダを組み合わせた状態において 20.0kHz で共振させる超音波共振の最適化を行う必要がある。）

その結果 19.9～20.2kHz の共振周波数において、同期性が高く、異常振動が少なく、位置再現性の高い楕円振動軌跡を発生させる音叉型金型を得ることが出来た。超音波共振の最適化後の音叉型金型形状を図２－１－１に示す。

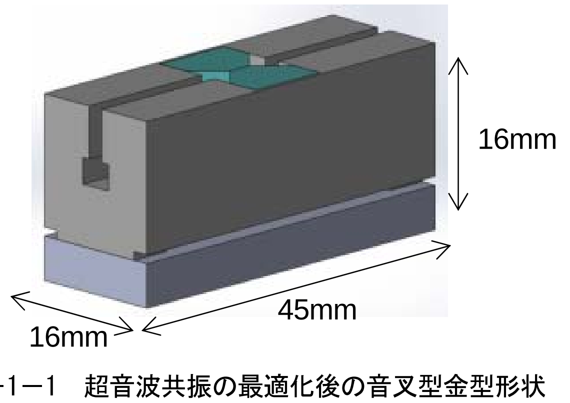


図２－1－1　超音波共振の最適化後の音叉型金型形状

（２）音叉型金型の振動測定及び評価

図２－１－１で示す音叉型金型とブースタと組み合わせて、振動測定を行った結果を図２－１－２、図２－１－３に示す。図２－１－２は音叉型金型の 17.0kHz～23.0kHz の各振動周波数に対する振動振幅、図２－１－３は超音波共振時（19.9kHz）のｘｚ平面での振動軌跡を示す。

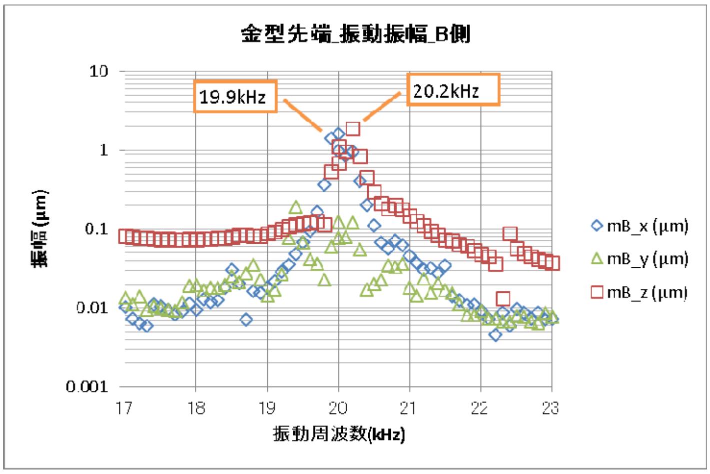


図２－1－２　各振動周波数に対する振動振幅

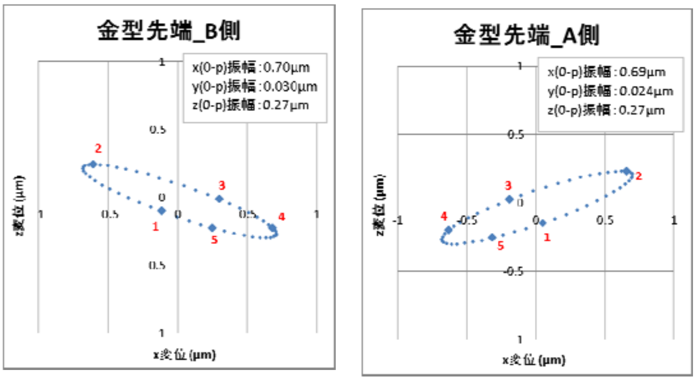


図２－1－３　ｘｚ平面での振動軌跡

これらの結果から狙い通りの 20.0kHz で、同期性が高く、異常振動が少なく、位置再現性の高い楕円振動軌跡を発生させる音叉型金型を得ることが出来たといえる。

（３）結論

20.0kHz で、同期性が高く、異常振動が少なく、位置再現性の高い楕円振動軌跡を発生させる音叉型金型を得ることが出来た。

２－１－３　技術課題と今後の取り組み

20.0kHz で、同期性が高く、異常振動が少なく、位置再現性の高い楕円振動軌跡を発生させる音叉型金型を得ることが出来たが、長軸と短軸の比 5:1 であり、超音波プレス加工時により材料を軸方向に塑性変形させる事が求められることから、長軸と短軸の比 1:1 となる音叉型金型の開発を行なう。

２－２　金型の設計手法の確立

２－２－１　研究開発の内容

前年度設計の音叉型金型では加工面に対して直角に単振動する音叉型金型であり、超音波プレス加工時に軸方向へ塑性変形させる力が得られなかったため、本年度はシミュレーションを用いて共振周波数 20kHz 且つ楕円振動が得られる音叉型金型の設計を行い、音叉型金型の形状により楕円振動の正転・逆転制御（素材を引き込む回転・はき出す回転）を行う手法を確立した。

２－２－２　研究成果

（１）機構の設計・製作

図２－２－１に示す前年度設計の音叉型金型では共振時に、図２－２－２の単振動軌跡となり、超音波プレス加工時に軸方向へ塑性変形力が発生しないため、加工に貢献していない事が判明した。

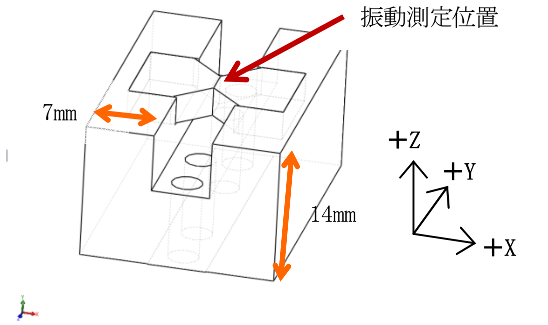


図２－２－１　本年度設計の音叉型金型

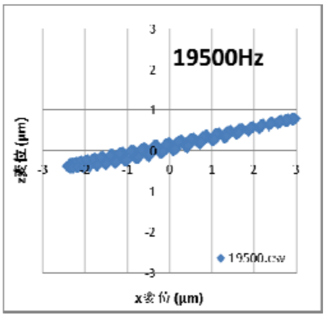
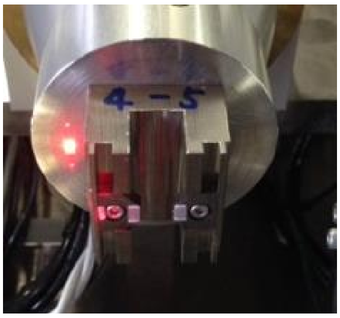


図２－２－２　振動軌跡

本年度は音叉型金型のＸ方向（高さ方向）の長さに注目し、この寸法を変えて楕円振動の正転・逆転制御（素材を引き込む回転・はき出す回転）を行う手法を検討した。

（２）性能評価

Ｘ値により引き込む方向の楕円振動なった音叉型金型を写真２－２－１に示す。先端部のＺ方向振動に対するＸ方向振動の位相ずれの状態を図２－２－３に示す。加振源から与えられるエネルギーに依り弾性変形が生じ、この変形によってＸ方向振動の位相が変化する。図２－２－３に示すホルダでは、結果的にＺ方向振動に対してＸ方向振動の位相が遅れ、引き込む方向の楕円振動が実現する。



ホルダ：型式：1ud-004 種５
ブースタ：φ50-M6、L142.4mm
加振電圧：2.0V(Sin 波、Offset0V)
加振周波数範囲：18.3kHz

写真２－２－１　楕円振動を実現した音叉型金型

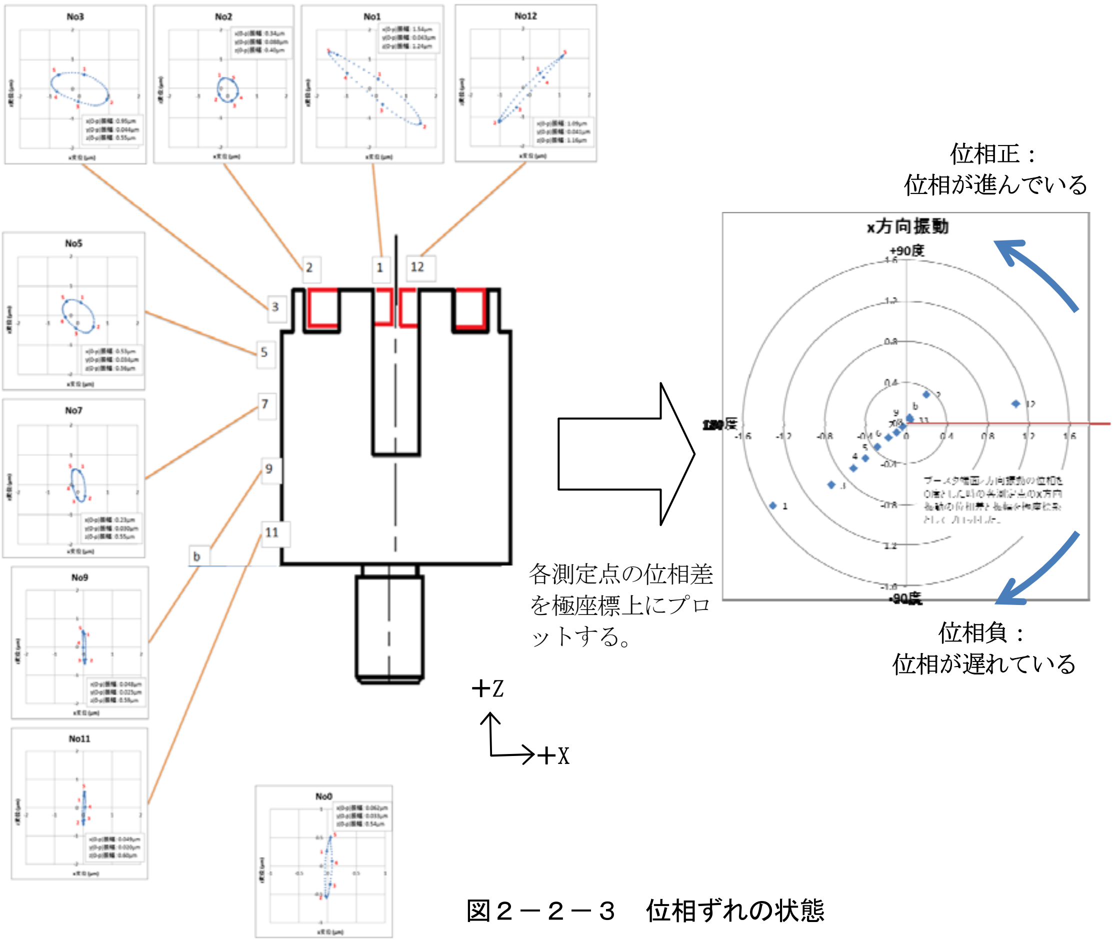
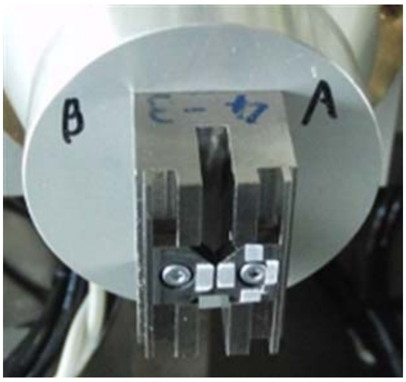


図２－２－３　位相ずれの状態

また、Ｘ値によりはき出す方向の楕円振動なった音叉型金型を写真２－２－２に示す。先端部のＺ方向の振動に対するＸ方向の振動の位相ずれの状態を図２－２－４に示す。加振源から与えられるエネルギーに依り弾性変形が生じ、この変形によってＸ方向振動の位相遅れが出現し、吐き出す方向の楕円振動が実現する。図２－２－４に示すホルダでは、結果的にＺ方向振動に対してＸ方向振動の位相が進み、吐き出す方向の楕円振動が実現する。



ホルダ：型式：1ud-004 種 3
ブースタ：φ50-M6、L119mm
加振電圧：2.0V　（正弦波、オフセット 0V）
加振周波数範囲：10.0kHz～30.0kHz

写真２－２－２　楕円振動を実現した音叉型金型

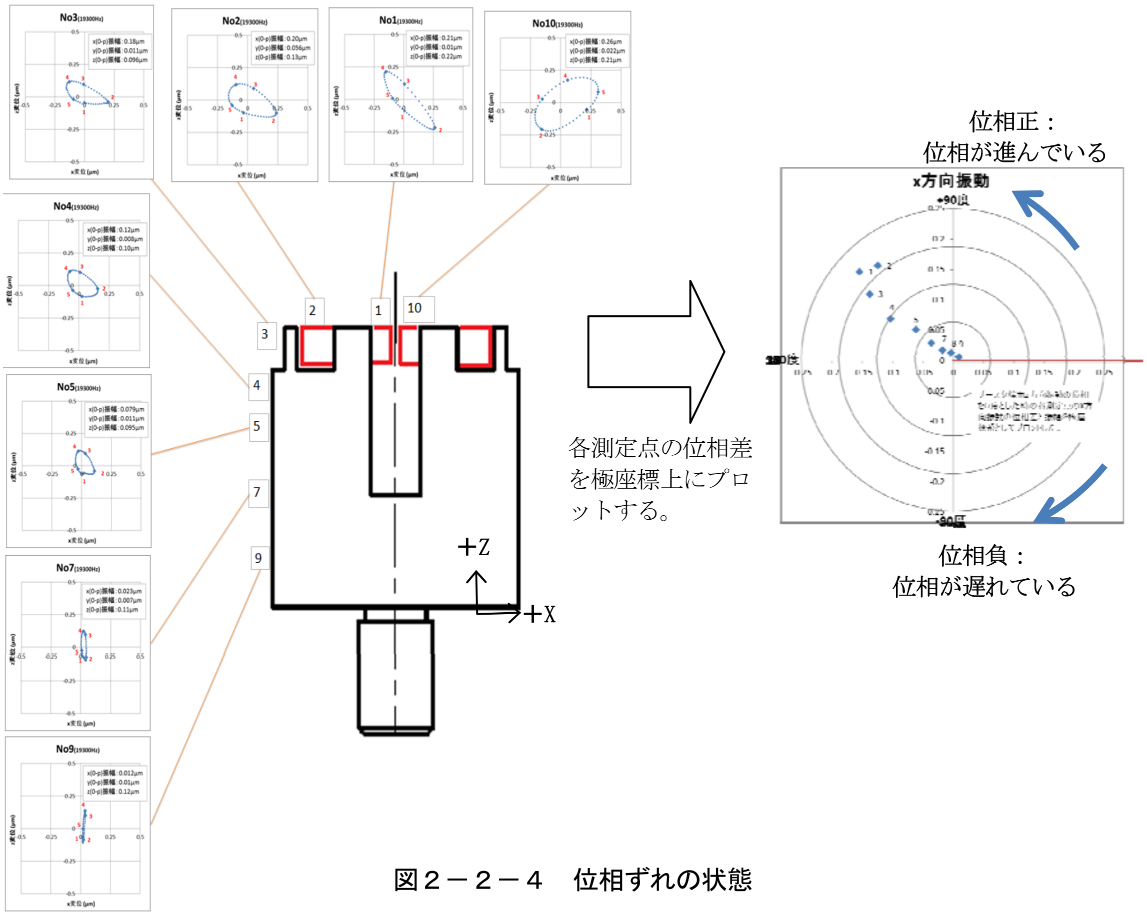


図２－２－４　位相ずれの状態

（３）結論

１、振動の観察・解析から 20kHz 近辺(18.3kHz,19.3kHz）の楕円振動の生成メカニズムが解明できた。

２、音叉型金型のＸ方向（高さ方向）の長さを変えて楕円振動の正転・逆転制御（素材を引き込む回転・はき出す回転）を行う手法を確立した。

２－２－３　技術課題と今後の取り組み

楕円振動の生成メカニズムを解明し、楕円振動の正転・逆転制御を行う手法を確立するに至っている。今後は楕円振動軌跡を制御し、より効率の良い超音波プレス加工の実現を目指す。

２－３　金型の微細加工に関する開発

２－３－１　研究開発の内容

金型の稜線部分がエッジになっていると、超音波プレス加工時に金型の隙間に入り込んだ被加工材料を削り取る現象が発生し、その金属の削り粉が金型内部に入り込み、金型表

面に凝着し被加工材料に傷をつける等の悪影響が生じる。

そこで精密 NC 加工機とマイクロ電着工具を用いて金型稜線部のエッジに対して面取り加工を行い、その後に研磨工具を用いてラップ加工を実施して、金型稜線部の微細 R の成形を可能にし、微細で高品位な金型加工を実現した。

２－３－２　研究成果

金型稜線部分に微細な R を成形するために、精密 NC 加工機とマイクロ電着工具を用いて面取り加工を行った。精密 NC 加工機は写真２－３－１に示す。マイクロ電着工具は加工部の先端角度が９０度で、粒度＃１０００のダイヤモンドを電着して使用した。
回転させた電着工具を、金型稜線部の軌跡に合わせて移動させ、金型稜線部の微細面取りを可能にした。さらに面取り後の角部の除去と金型加工面の面粗さを向上させるためにダイヤモンドペーストを用いて研磨仕上げを行い、超音波プレス加工に適した金型の製作を可能にした。

写真２－３－１　面取り加工に使用した精密 NC 加工機

ダイヤモンドペーストを用いて研磨加工した後の金型稜線部のＲの状態を写真２－３－２に示す。

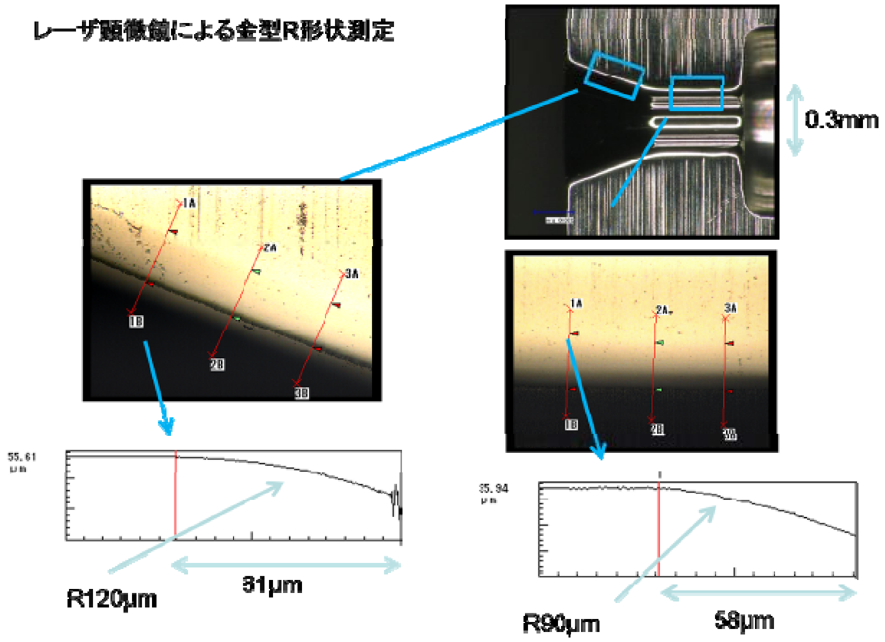


写真２－３－２

写真２－３－３は研磨後の金型ストレート部分の表面の状態を示す。

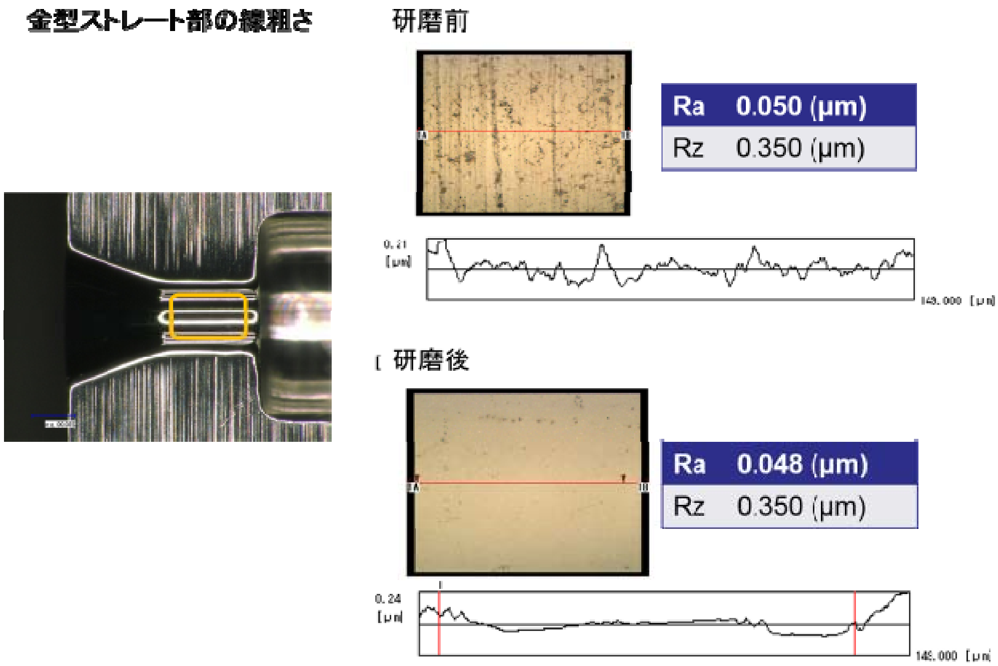


写真２－３－３

写真２－３－４は研磨後の金型テーパ部分の表面の状態を示す。

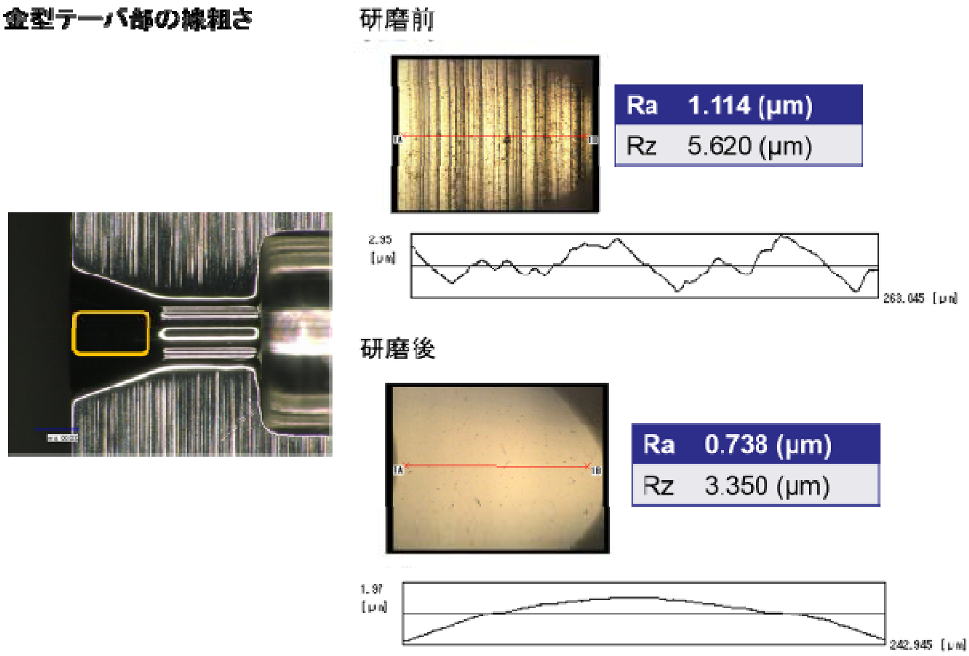


写真２－３－４

２－２－３　技術課題と今後の取り組み

事業化に向けた課題として金型稜線部分のＲを滑らかに金型成形面につなげる加工の検討を行い、技術確立する必要である。さらに川下ニーズに沿った金型の成形を可能にして微細な金型への最適なＲ加工を実現することが課題である。

２－４　金型の摩耗対策に関する開発

２－４－１　研究開発の内容

平成２４年度事業で製作した超音波プレス加工装置プラットフォームに供給できる潤滑油塗布装置を開発し、超音波プレス加工装置プラットホームに設置した。油温度を室温～２００℃まで設定でき、被加工材料と金型の接触部分に加工用潤滑油を塗布することを可能にした。

２－４－２　研究成果

写真２－４－１に製作した潤滑油塗布装置を示す。

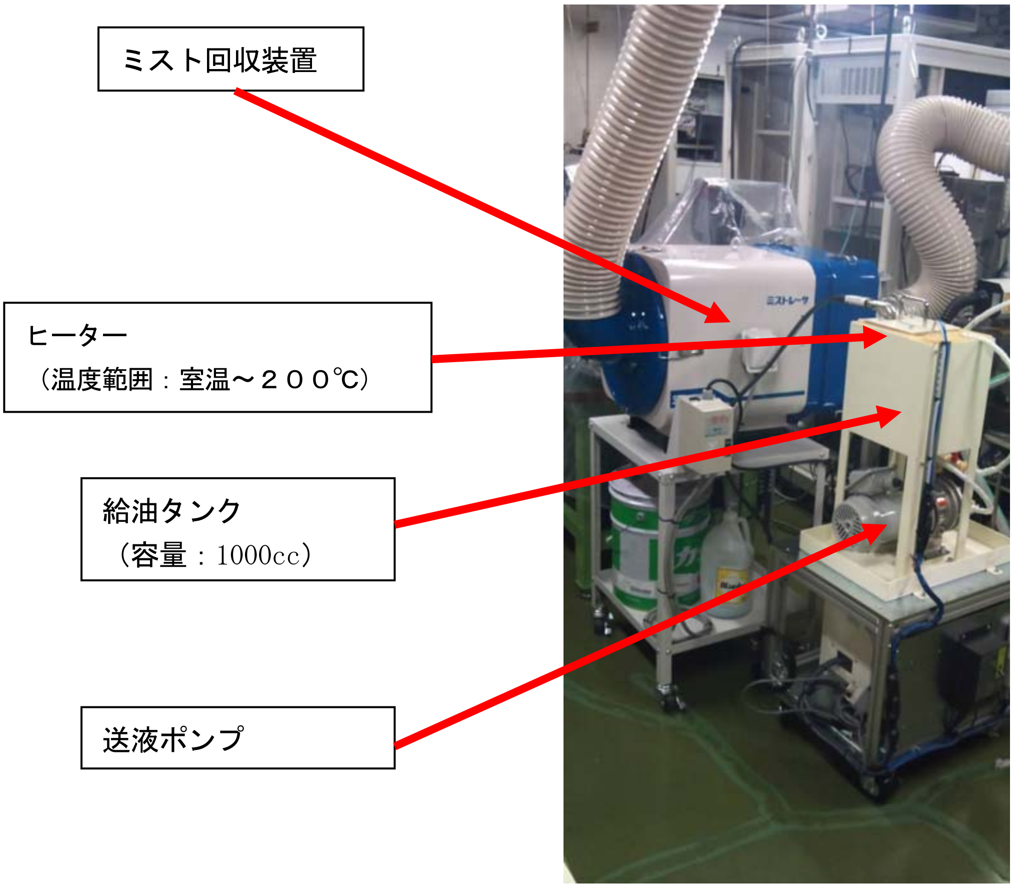


写真２－４－１　製作した潤滑油塗布装置

加工用潤滑油の温度調節範囲を室温～２００℃とし、それに耐えうる送液ポンプと配管部品を選定して設計製作した。また、超音波により潤滑油がミスト状になるためミスト回収装置を装備した。塗布方法は金型部分への滴下式とし、手動ボールバルブにより滴下液量を調整できるようにした。滴下点により近い場所の加工液温を確認できるようにパイプに取り付けられる熱電対を用意した。給油タンク及び配管部分は高温になるため断熱材で覆い、安全に配慮した構造となっている。

２－４－３　技術課題と今後の取り組み

給油タンク内で加工油の温度調節をしているので、給油タンクから滴下点までのチューブ内の加工油は温度調節されていない。そのためチューブ内の加工液を出してから加工を行う必要があり、滴下液量が少ないと滴下するまでに液温が低下してしまう。量産時にはバイパス回路等を作り高温の加工液が安定して供給できるように改良する必要がある。

２－５　加工条件の最適化

２－５－１　研究開発の内容

川下企業のニーズに基づいた、２種類の製品について加工条件の最適化を行い、細管材料の段付き形状加工と細管材料の尖塔形状加工を可能にした。

２種類の形状は、いずれも SUS304 の管材を使用して次の寸法を目標とした。

①外径φ0.５㎜（内径φ0.４㎜）を外径φ0.26 ㎜の段付き形状。
②外径φ0.５㎜（内径φ0.４㎜）をテーパ角８度の尖塔形状。
③外径φ0.２㎜（内径φ0.１㎜）をテーパ角９度の尖塔形状。

２－５－２　研究成果

外径φ0.５㎜（内径φ0.４㎜）を外径φ0.26 ㎜の段付き形状を写真２－５－１に示す。
（被加工材料の回転数 500rpm、送り速度 0.１㎜/ｓ）

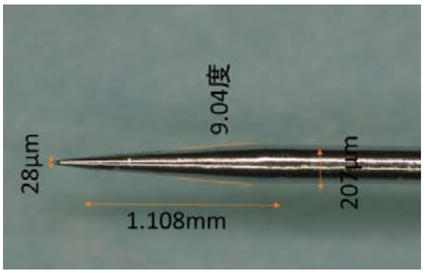
写真２－５－１

外径φ0.５㎜（内径φ0.４㎜）をテーパ角８度の尖塔形状を写真２－５－２に示す。

（被加工材料の回転数 500rpm、送り速度は 0.１㎜/ｓで加工）
直径φ0.５㎜をテーパ角８度で加工。
先端部の直径はφ0.２㎜。

写真２－５－２

外径φ0.２㎜（内径φ0.１㎜）をテーパ角９度の尖塔形状を写真２－５－３に示す。



（被加工材料の回転数 500rpm、送り速度は 0.１㎜/ｓで加工）
直径φ0.２㎜をテーパ角９度で加工。
先端部の直径はφ28μｍ。

写真２－５－３

２－６　超音波プレス装置プラットフォーム及びワークの供給機構の開発

２－６－１　研究開発の内容

高島産業の卓上加工装置製造技術を用いて平成２５年度事業で製作した超音波プレス装置プラットフォームに、本年度事業で製作した潤滑油塗布装置と、超音波プレス加工中に発生するオイルミストの回収装置を加え、材料の供給から超音波プレス加工までの一貫加工が可能な卓上型の超音波プレス装置プラットフォームを開発した。

２－６－２　研究成果

写真２－６－１に開発した超音波プレス装置プラットフォームを示す。

写真２－６－１

本年度事業で製作した潤滑油塗布装置は超音波プレス加工装置プラットフォーム横に設置し、超音波プレス加工する際に金型と被加工材料の隙間に潤滑剤を必要量だけ供給することを可能にし、超音波プレス加工に最適な加工条件を確立した。さらに加工中に発生するオイルミストはミスト回収装置で除去して環境負荷も考慮して完成させた。

最終章　全体総括

音叉型の超音波楕円振動を行う金型を用いて、医療用微細部品の塑性加工を行う研究を行った。研究体制について、産業技術総合研究所は超音波楕円振動発生原理、塑性加工原理等の基礎現象解明及びそれらに基づく指導を分担し、長野県工業技術総合センターは金型設計シミュレーション・基本設計及び加工製品の評価を分担し、高島産業は加工システム製作と金型製作及び加工実験を担当した。その結果、アドバイザーとして参加頂いた川下企業の要望する複数のサンプル製作行えるまで研究開発が進み、研究目標を達成する事が出来た。それぞれの機関が明確な役割分担の上で、責任有る研究活動を行い、更にその枠を超えて目標達成観向けた努力を行っていただけたことは感謝に堪えない。更に超音波塑性加工を熟知したアドバイザー、川下企業のアドバイザーの製品化に必要な助言等、真摯な助言を頂けた事も大きな力となった。

本研究成果は概ね次の通りとなった。

１、　「音叉型超音波楕円振動金型の開発」については超音波楕円振動の発生メカニズムの解析を行い、楕円振動の軌跡、振幅、振動の同期生等を得る手法を確立し、金型設計手法を得た。この設計に基づいた微細高品位金型を作成した。

２、　「超音波発振ユニットの開発」については超音波発振回路、フィードバック回路を研究開発し、振幅・振動数を制御しかつ負荷に追従し安定な振動を維持する超音波発振ユニットを研究開発した。

３、　「加工条件の最適化」についてはシミュレーション技術で製品形状に適合した金型を開発し、結果の評価を行って加工条件の最適化を行った。川下企業の複数の要望に対応したサンプル製作を行い、医療器として使用する為の製品評価を行った。

４、　「超音波プレス装置の開発」についてはコイル状の素材を原料とし、伸線工程、切断工程、熱処理工程、超音波プレス工程を経て加工し、更に金型の振動測定装置や加工油供給装置を搭載した試作システムを作成し、研究及び試作加工を行った。

事業化については川下企業アドバイザーである眼科手術器具のサンプル作成を行っているので、まずこれを先行し、１年後最終製品作成、２年後薬事通過を経て３年後の事業化を図る。川下企業アドバイザーの好意で他企業への供給の同意を得ているので、続いてその１年後を目途にその他の医療機器部品として、例えばカテーテル用微細部品等に適用して事業化を図る。その他民生部品等への拡大も順次図る予定である。

最後に管理法人としてご尽力頂いた長野県テクノ財団を始めとする関係機関に感謝すると共に、研究に携わった各研究機関の研究員諸氏の努力に感謝申し上げる。