

平成 21 年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「多面拘束型ピン方式による高精度位置決め技術の開発」

成 果 報 告 書 概 要 版

平成 22 年 3 月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人岐阜県産業経済振興センター

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究の目的・概要及び目標値	1
1-2 研究体制（研究組織・管理体制）	4
1-3 成果概要	6
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	7
第2章 ピンの形状課題への対応（予備実験）	8
2-1 研究課題の目的及び目標	8
2-2 実施内容	8
第3章 「ピン」及び「ブッシュ」の形状課題への対応	11
3-1 研究課題の目的及び目標	11
3-2 実施内容	13
第4章 製品寿命課題への対応	14
4-1 研究課題の目的及び目標	14
4-2 実施内容	14
第5章 本年度のまとめと今後の課題等について	20
5-1 「ピン」および「ブッシュ」の形状課題への対応	20
5-2 製品寿命課題への対応（摩耗試験及び疲労試験の実施）	20
5-3 今後の課題	20

第1章 研究開発の概要

1-1 研究の目的・概要及び目標値

(1) 研究の目的

近年、部品加工をはじめとする製造業において国際競争の激化により、「欲しい物を」「欲しい時に」「欲しいだけ」納品するジャストインタイム方式が進んでいる。これに対応するため、生産方式は“多品種少量”生産から受注生産に近い“変種変量”生産へと移行している。一方、わが国では、変種加工にも対応できる熟練技術者の数が団塊世代の退職により大幅に不足している状況にある。

このような社会的変化を受けて、工作機械業界は工作機械のスピード・アップやナノ制御と言った“高精度化”の開発を進め熟練技術者不足に対応している。しかしながら、製造業においては工作機械の精度向上だけでなく、加工物や加工治具を繰り返し精度良く、容易に工作機械に取り付けを行うことも要求されている。このようなニーズに応えるため、本研究では、位置決めを使用されるピン／ブッシュに関し弾性変形を活用することにより密着性を高めた、多面拘束型ピン方式による高精度位置決め技術を確立し、もって種々の部品加工などの高精度化に対応できるようにすることを目指す。

(2) 研究の概要

部品加工など製造業で一般的に用いられる加工物や加工治具のピン方式位置決め方法を図1-1(2)aに示す。この方法の基本構成は、2個のピンと2個のブッシュから成り、下面のブロックBのピンに上面のブロックAのブッシュを重ね合わせ、上面ブロックAが下面ブロックB上で常に同じ位置に決まるようにする方法である。ブッシュをピンにはめ易くするため、2箇所のピン形状は、一方は円筒状、他方はダイヤ状とするのが一般的ではある。この方式は安価であるが“ガタ”が生じやすく、高精度な位置決めは向いていない。

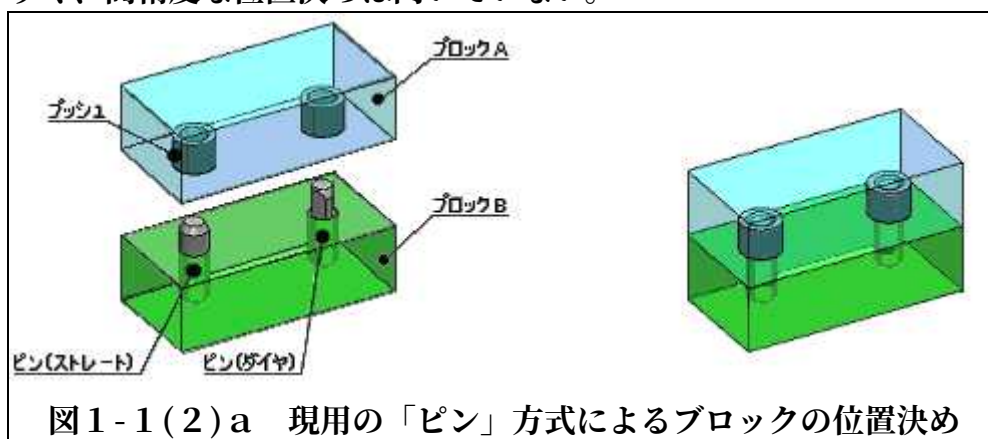
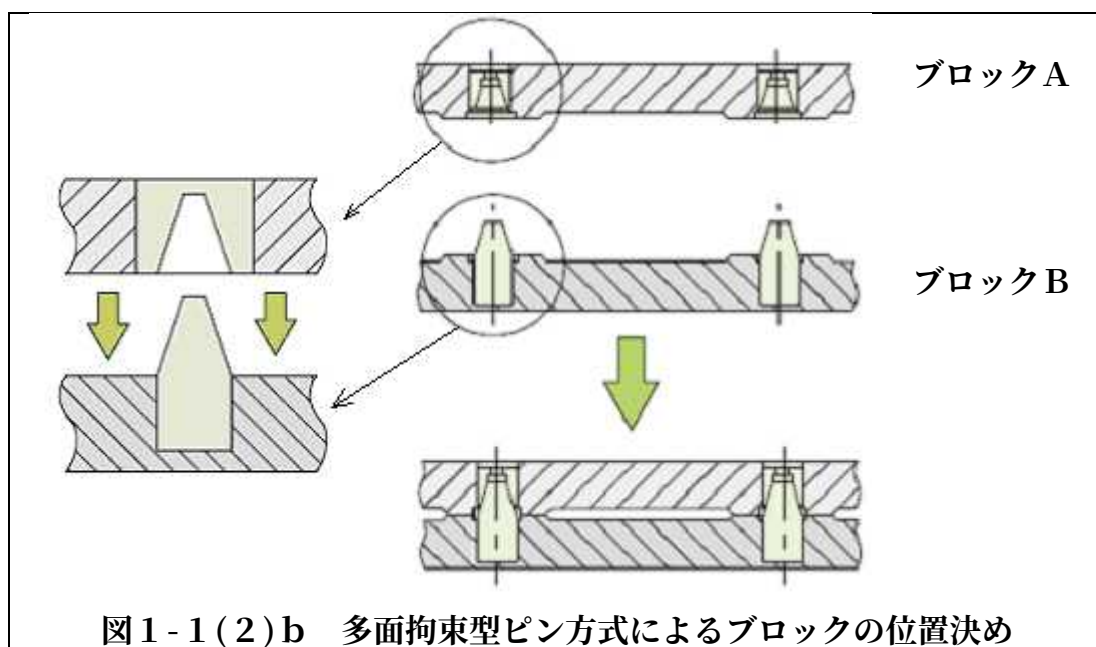


図1-1(2)a 現用の「ピン」方式によるブロックの位置決め

一方、精度の高い位置決めが求められる場合、高価であるが多面拘束型ピン方式が用いられる。同方式は、図1-1(2)bに示すように、下面ブロックBにテーパピンを2箇所、上面ブロックAにテーパブッシュを2箇所に組み込み、上面ブロックAを下面ブロックBの上に置くだけで、未熟練者でも簡単に高精度で位置決めができるものである。



しかしながら、多面拘束型ピン方式においても、ピンとブッシュのはめ合いにわずかながらの“ガタ”が生じるため、精度の確保に限界があるのが実情である。

本研究では、ピン／ブッシュの各材料の弾性変形を活用し、最適なテーパ角度を研究することにより、従来以上の高精度な位置決め技術を開発するものである。多面拘束型ピン方式において、従来技術と本研究で開発する技術の比較を図1-1(2)cに示す。

従来技術	本研究で開発する技術
ブッシュ ピン $\theta_A \geq \theta_{B1}$ ピンとブッシュに隙間の発生	ブッシュ ピン 弾性変形 $\theta_A < \theta_{B2}$ ピンとブッシュが密着
図1-1(2)c 多面拘束型ピン方式における 従来技術と本研究で開発する技術の比較	

図1-1(2)cのように、従来技術のピン／ブッシュのはめ合い方式では、はめ合い公差によりピン／ブッシュのテーパ角度は $\theta_A \geq \theta_{B1}$ の関係となり、ピンとブッシュにわずかな隙間が生じ、“ガタ”が発生する。一方、本研究で開発する技術では、ピン／ブッシュのテーパ角度の関係を $\theta_A < \theta_{B2}$ にし、弾性変形を利用した形状変形によるはめ合いにより、ピンとブッシュを密着させ、位置決め精度の高精度化を図る。

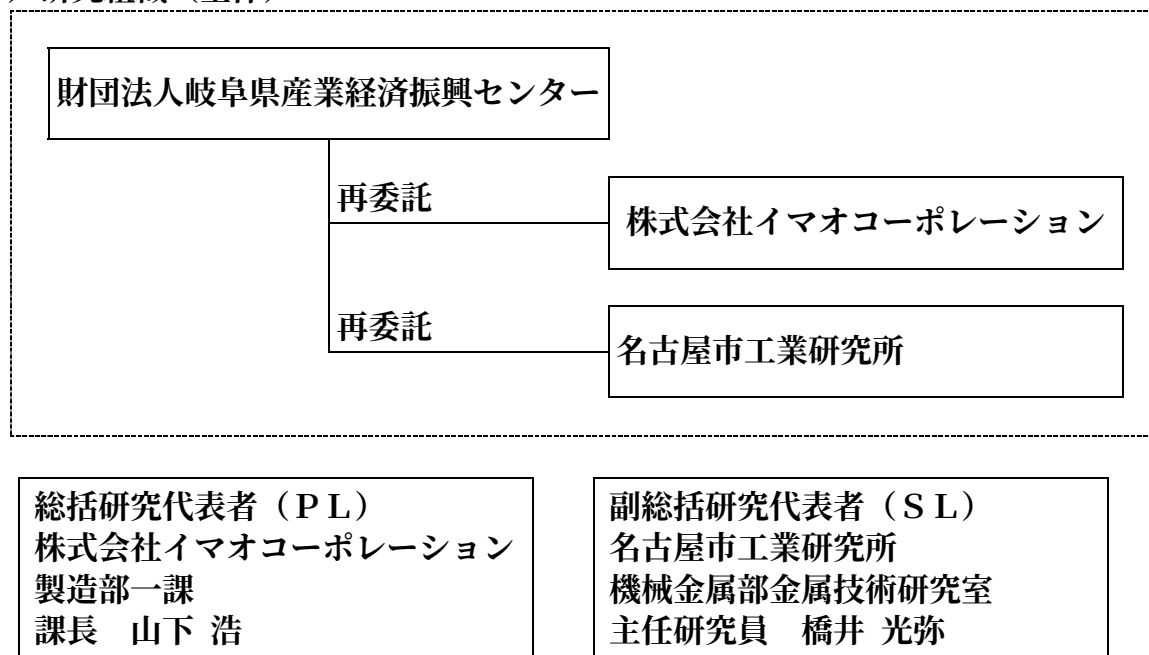
本研究の概要は、弾性変形によるはめ合い方式に最適な材料及びテーパ角度を検討し、ピン／ブッシュを試作して密着度や繰返し精度を検証する。併せて、摩耗試験や疲労試験を実施し、長期間の繰返し使用が可能な、はめ合い方式による高精度位置決め技術を確立する。なお、本研究における目標値は以下のとおりである。

(3) 目標値

- ・位置決め繰返し精度：10 μm 以下（最終目標は1 μm 以下）
- ・使用可能回数：10万回以上

1-2 研究体制（研究組織・管理体制）

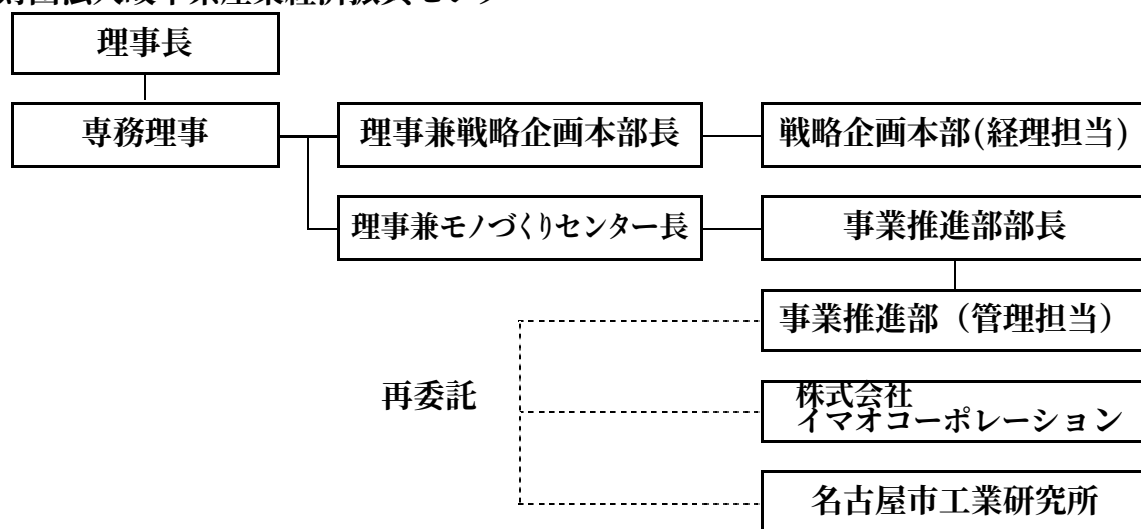
（１）研究組織（全体）



（２）管理体制

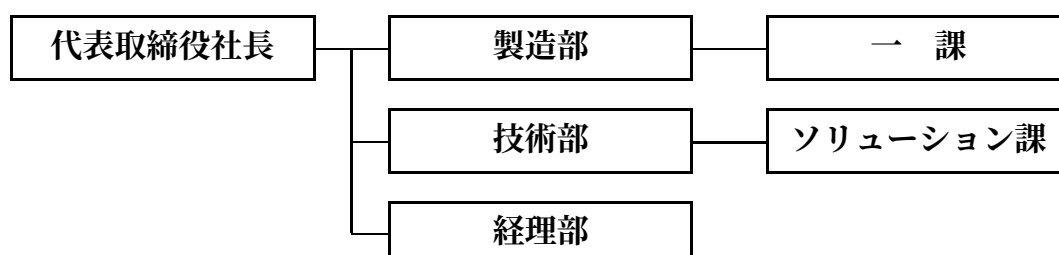
１）事業管理者

財団法人岐阜県産業経済振興センター

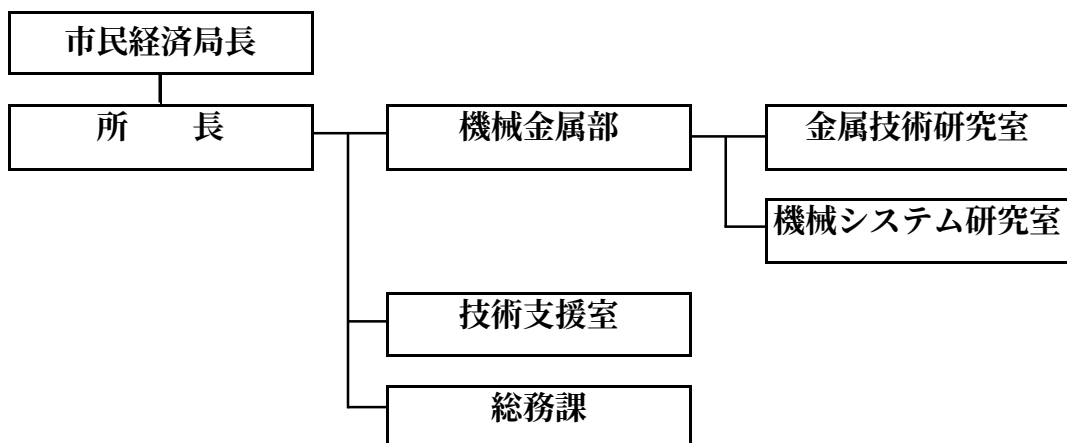


２）再委託先

株式会社イマオコーポレーション



名古屋市工業研究所



3) 管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人岐阜県産業経済振興センター
管理員

氏 名	所属・役職
砂田 博	モノづくりセンター長
服部 清	事業推進部 部長
繁田 栄司	事業推進部 参事
朝原 力	事業推進部 主任調査役
小川 誠	事業推進部 主査
野村 貴徳	事業推進部 主査
黒木 泰宏	事業推進部 業務管理員
大堀 明雄	戦略企画本部 主任

【再委託先】

研究員

株式会社イマオコーポレーション

氏 名	所属・役職
山下 浩	製造部一課 課長
小椋 浩一	製造部一課 リーダー
筑摩 勝	製造部一課 リーダー
村井 正司	技術部ソリューション課 主幹

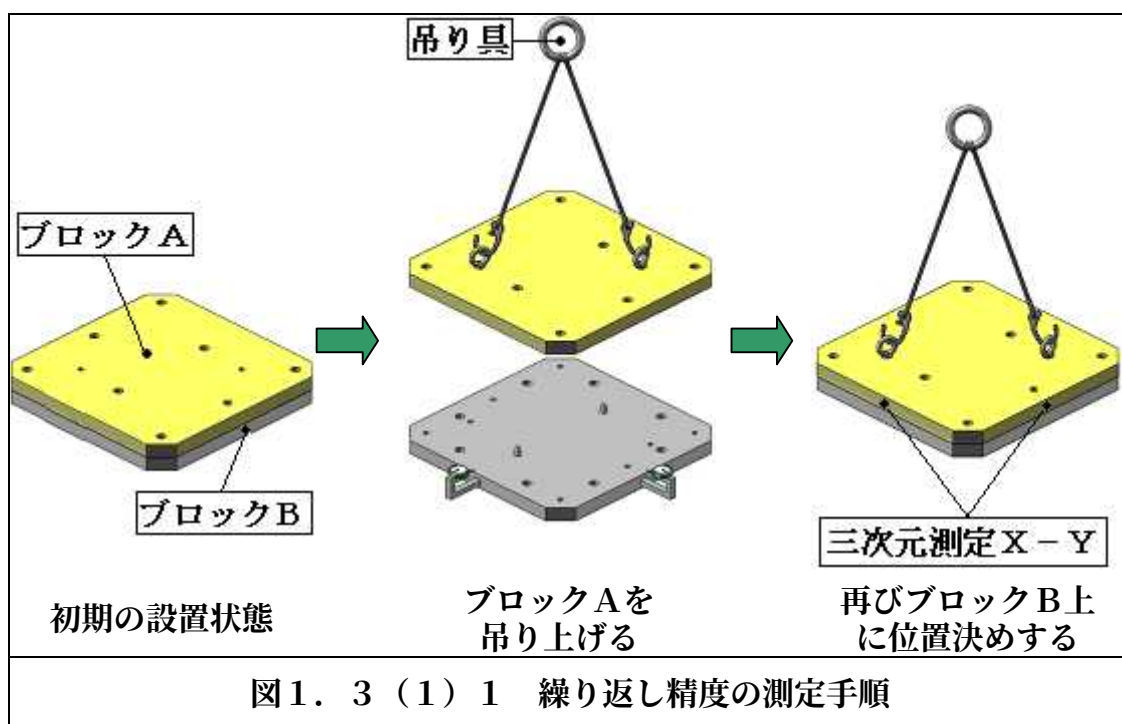
名古屋市工業研究所

氏 名	所属・役職
橋井 光弥	機械金属部金属技術研究室 主任研究員
山田 博行	機械金属部金属技術研究室 研究員
本田 直子	機械金属部機械システム研究室 研究員

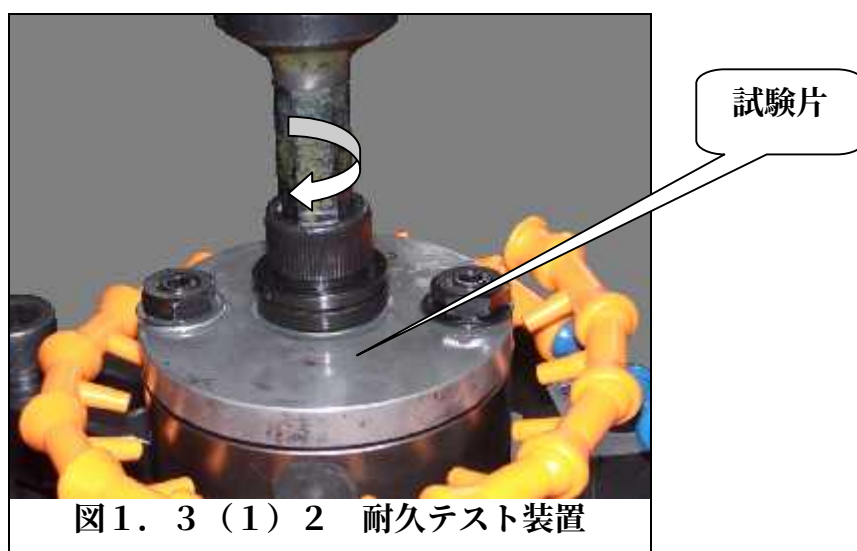
1-3 成果概要

(1) 多面拘束型ピン方式による高精度位置決め技術が確立できた。

1) 位置決め繰り返し精度：3 μm



2) 使用可能回数：10万回以上



(2) ピン側を弾性変形させる機構で多面拘束型ピン方式の密着度が確認できた。

(3) 表面処理の違いによる耐久度の検証を行う必要がある。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

会 社 名：株式会社イマオコーポレーション 美濃第1工場

担 当 者：製造部一課 課長 山下 浩

住 所：岐阜県美濃市須原大須賀 605

電話番号：0575-32-2231

FAX 番号：0575-32-001

第2章 ピンの形状課題への対応（予備実験）

2-1 研究課題の目的及び目標

＜ピンの最適なテーパ角度の解析及び弾性変形機能を有したピンの設計＞

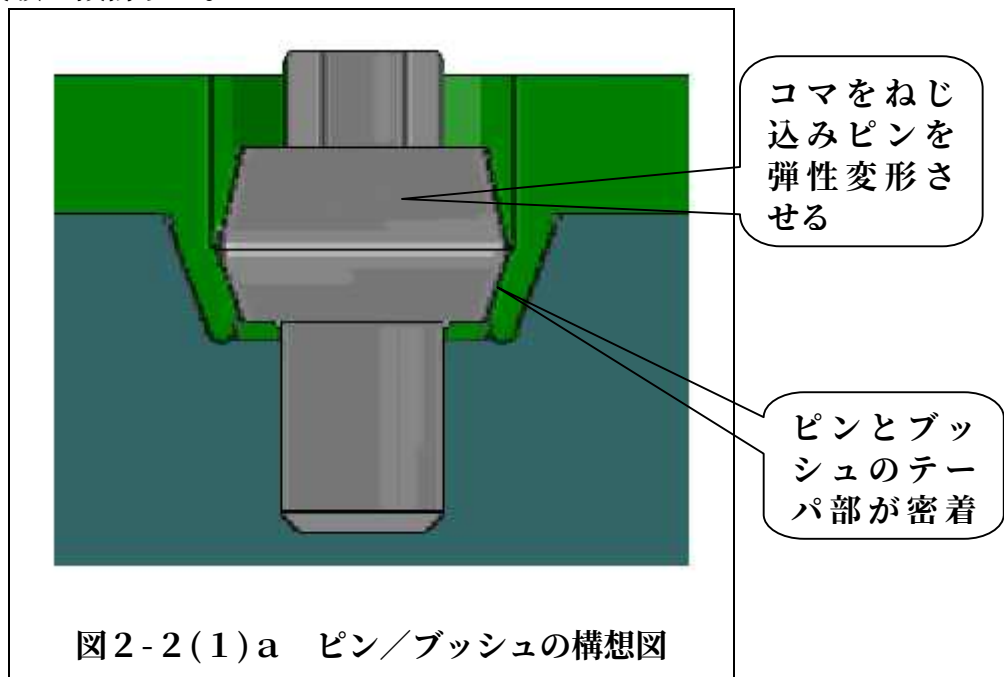
ピンのテーパ角度を解析し、弾性変形によるはめ合い方式のピンを M16 ねじで設計する。

テーパピンの弾性変形機能を実証する。

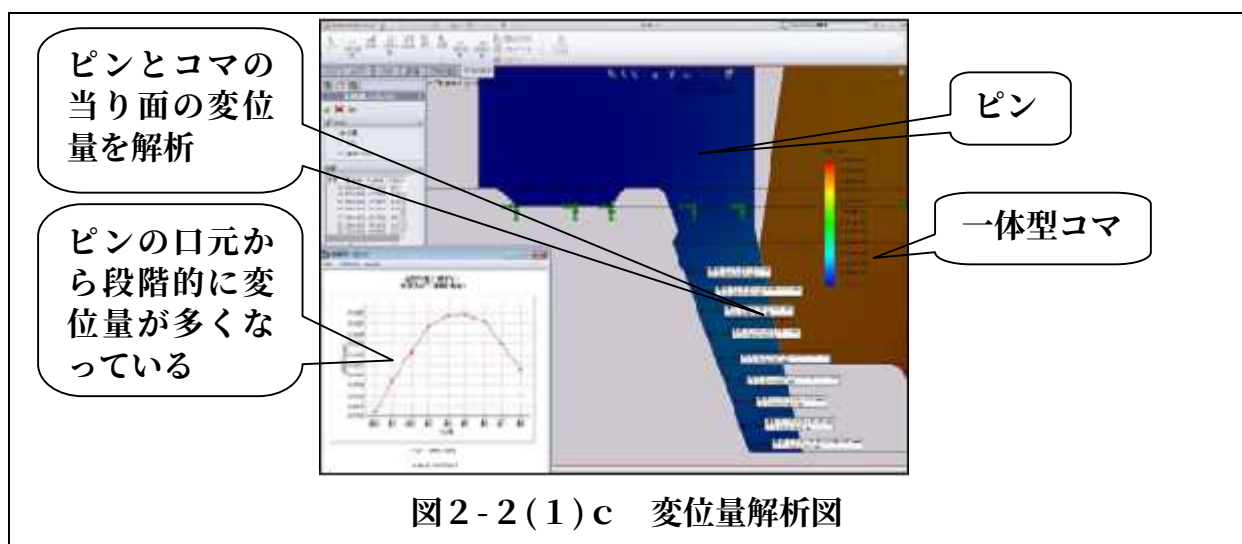
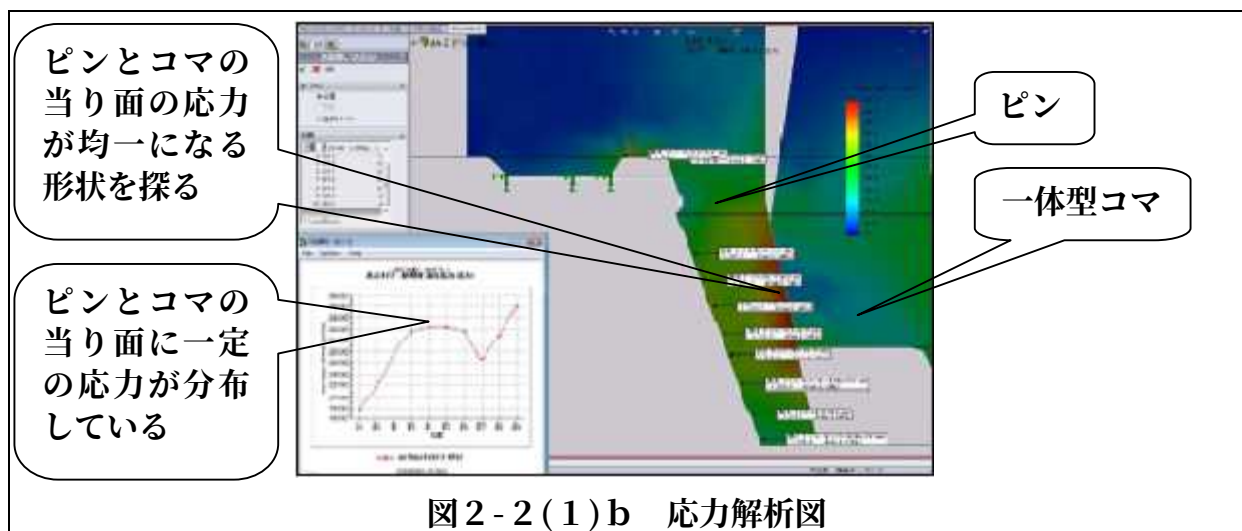
2-2 実施内容

＜ピンの最適なテーパ角度の解析及び弾性変形機能を有したピンの設計＞

（1）弾性機能を有したピンの機構を次の様に構想設計した。なお、ブッシュの詳細設計は、本実験で設計する。



- ・ ピンの内部から、ねじと一体になったコマ（以下、一体型コマという）を、ブッシュにねじ込み、ピンのテーパ部を弾性変形させ膨張させる。膨張したピンのテーパは、ブッシュのテーパ部に密着する。
 - ・ 使用方法は、上面のブロックにピンを組込み、下面のブロックにブッシュを組込み、上面ブロック側からコマをねじ込み、位置決めする。
- （※ 本研究で開発する技術で照会したピン／ブッシュとは上下の関係が逆になる。）



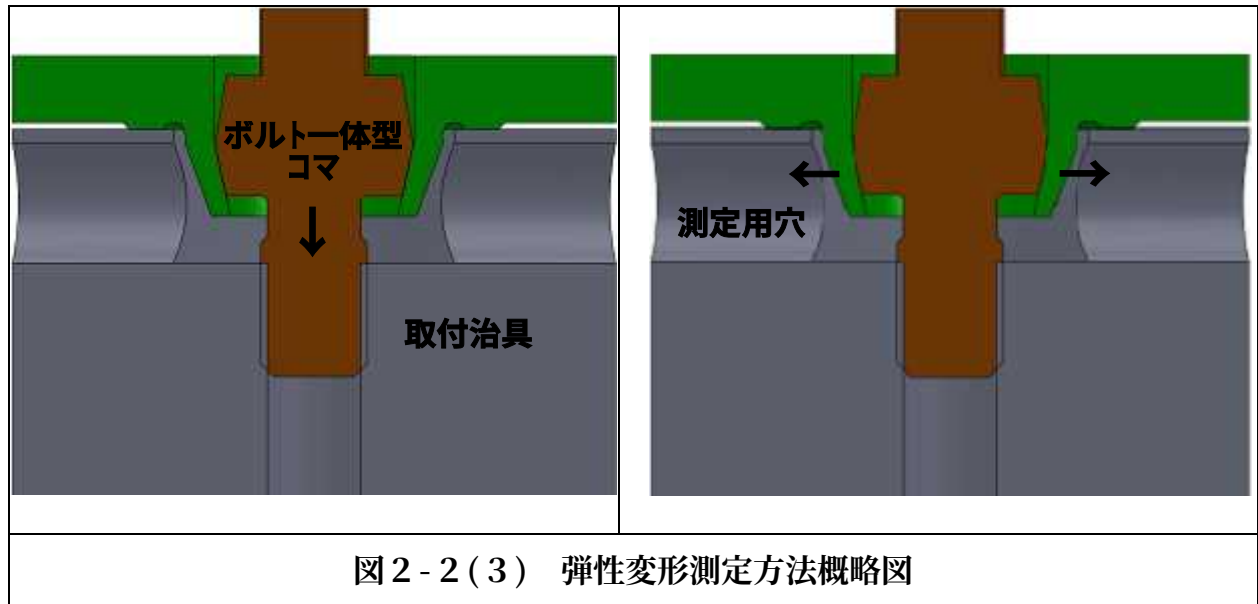
・予備実験では、ピンの弾性変形機能を確認する為の取付治具を設計した。

(2) ピン試験片の基礎データ

機械加工（NC旋盤）で熱処理の歪を取り、試験片を仕上げ加工した。ピンの外径及び内径を三次元測定機で、ピンの外径と内径を測定した。

(3) 検証方法の概要

テーパピンの弾性変形限界値（荷重）について、解析ソフトで算出した値との比較を行う。下図の様にピンをボルト一体型コマ（M16）で取付治具に締付け、取付治具の測定用穴（左右2箇所）から弾性変形量を測定し、検証する。



第3章 「ピン」及び「ブッシュ」の形状課題への対応

3-1 研究課題の目的及び目標

(1) ピン／ブッシュの最適なテーパ角度の解析及び弾性変形機能を有したピン／ブッシュの設計

予備実験をもとに、弾性変形機能を有したピン／ブッシュを設計する。

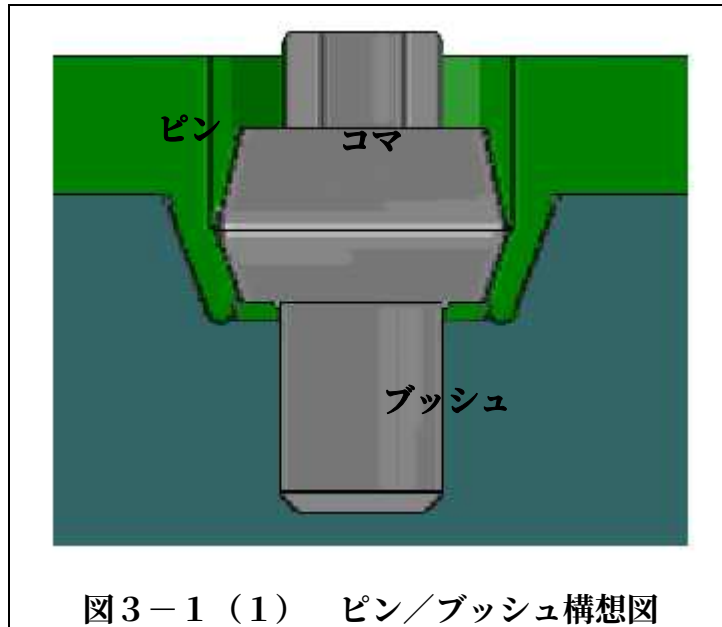


図3－1（1） ピン／ブッシュ構想図

- ・ピン、コマ、ブッシュの部品図の設計をもとに、弾性変形機能を有したピン／ブッシュを製作し、三次元測定機で加工精度を検証する。

(2) ピン／ブッシュの密着度の検証

ピンとブッシュの密着面に判定剤を塗布し、ピンの密着面に付着した判定剤を肉眼にて判定する。

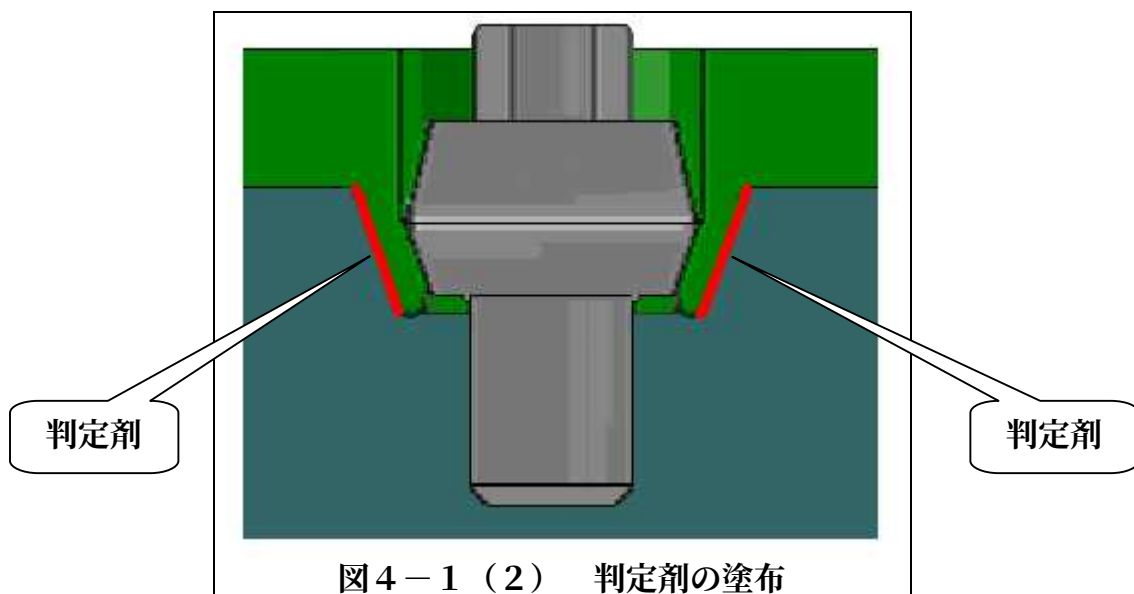


図4－1（2） 判定剤の塗布

(3) ピン／ブッシュの繰り返し精度の検証

既存のプレートにピン、ブッシュを組付け、三次元測定機で繰り返し精度を測定する。

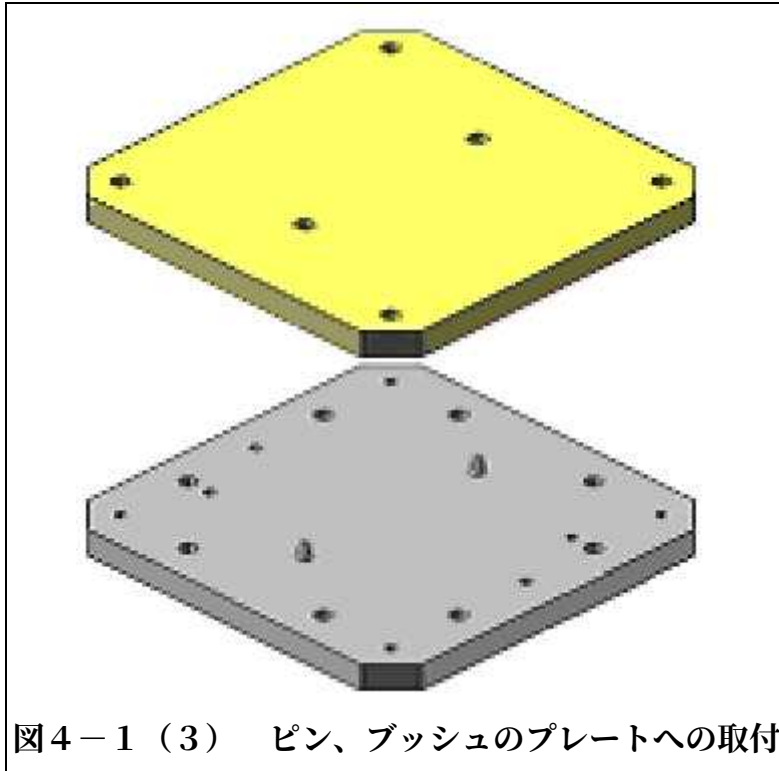


図4－1（3） ピン、ブッシュのプレートへの取付

3-2 実施内容

(1) ピン／ブッシュの最適なテーパ角度の解析及び弾性変形機能を有したピン／ブッシュの設計

弾性変形機能を有したピン／ブッシュを設計し、検証した。

(2) ピン／ブッシュの密着度の検証

ピン／ブッシュ判定剤を塗布し、当たり面の面積を検証した。



・ピン全体に塗布剤が残って、ピンとブッシュが密着している。

(3) ピン／ブッシュの繰返し精度の検証

三次元測定機でプレートに取付けたピン／ブッシュの繰返し精度を確認した。

第4章 製品寿命課題への対応

4-1 研究課題の目的及び目標

摩耗試験及び疲労試験の実施

4-2 実施内容

(1) 繰り返し荷重負荷試験機による10万回耐久試験

所定の条件下で、試験片を用い、10万回耐久試験を実施した。図4-2(1)の様に使用する試験片の密着度に問題はなかった。



図4-2(1) aピンの当り面確認

- ・10万回耐久試験後、塗布剤でピンとブッシュの密着度を確認



図4-2(1) b 耐久試験後の当り面確認

- ・基準面の密着度の問題はなかった。ピン上面がブッシュと密着しており、位置決め機能に問題はなかった。

(2) 金属疲労の確認

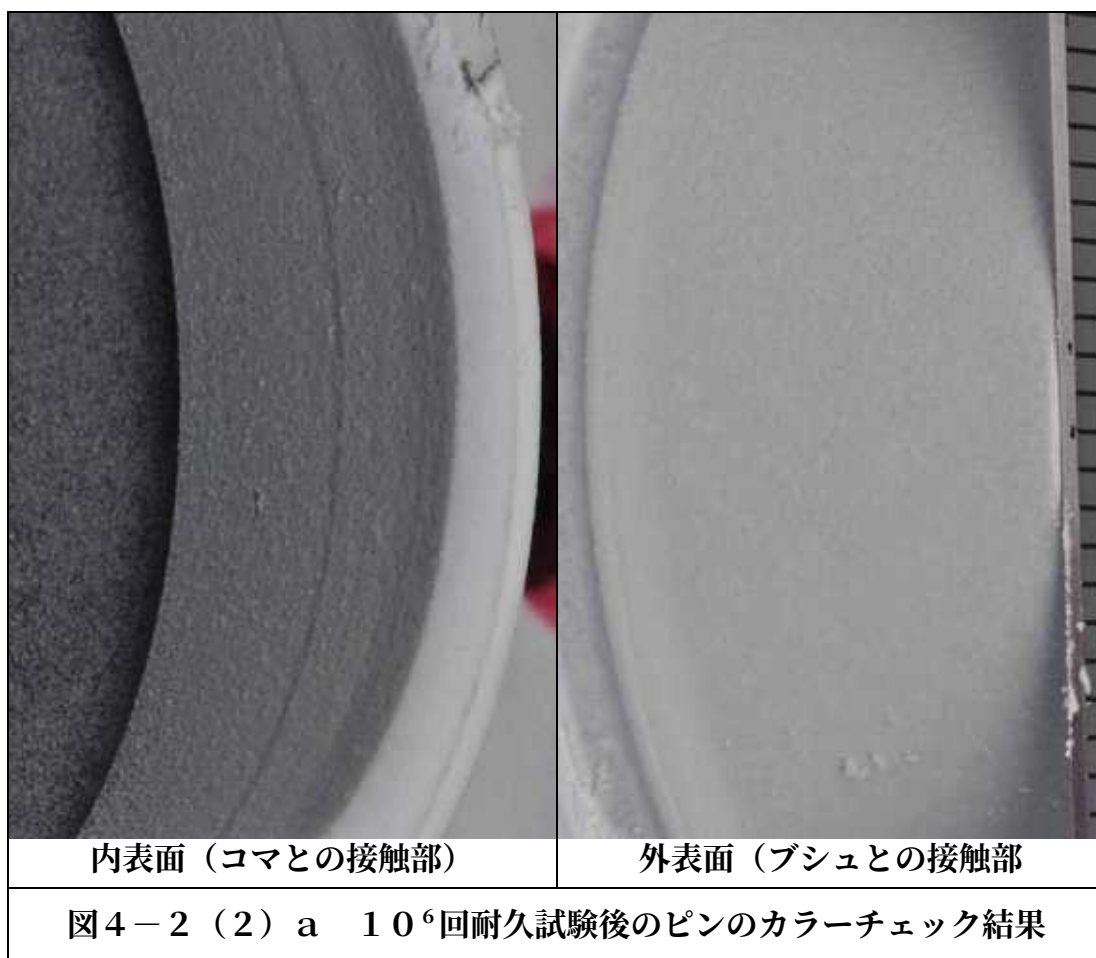
耐久試験（ 10^6 回）を行った後のピンおよびブシュについて、外観観察およびカラーチェックによるクラックの有無を確認した。

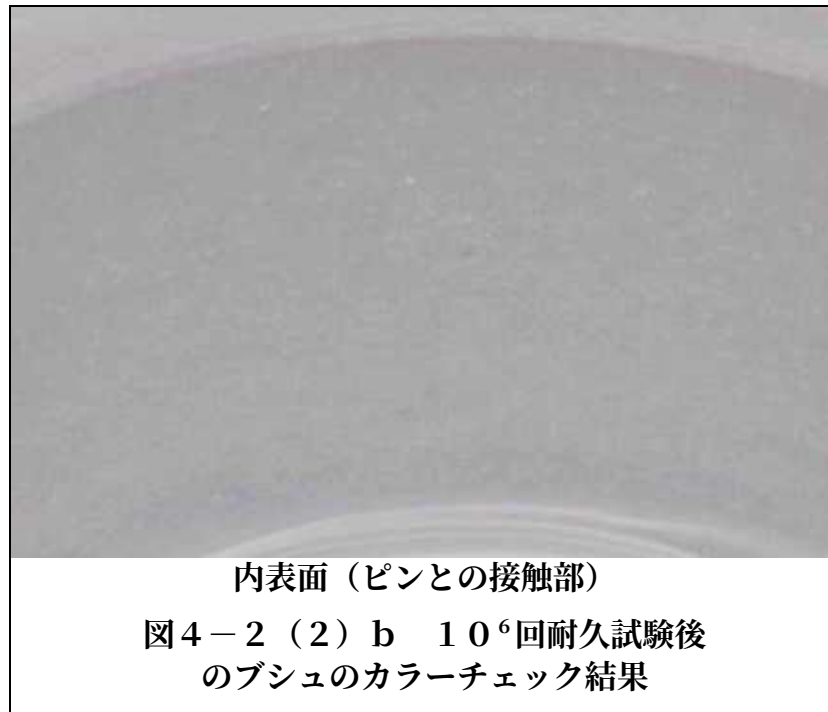
ピンの内表面（コマと接触部）・ピンの外表面（ブシュとの接触部）・ブシュの内表面（ピンとの接触部）の3箇所を重点的に、ピンおよびブシュの表面全体をチェックした。

その結果、何れの箇所にもクラックは観察されなかった。

本製品の使用条件では、繰り返し使用によって、表面部よりも先に内部からクラックが発生する可能性は低い。

したがって、本サンプル（「厚型ピン／低温焼戻し材」および「ブシュ／低温焼戻し材」）は、（前節の疲労試験条件における） 10^6 回繰り返し使用では破損が認められなかったと結論付けられる。





（3）表面粗さの確認

耐久試験（10⁶回）前後の表面粗さの変化を確認した。ピンおよびブシュについて、耐久試験前（仕上げ研削直後）と耐久試験（10⁶回）後のサンプルの表面を比較した。

図4-3（3）aにピンの、図4-3（3）bにブシュの、粗さ測定結果をそれぞれ示す。

ピンにおける対象サンプルおよび測定箇所は、下記の3箇所とした。

- ・未使用 : 耐久試験前（仕上げ研削直後）
- ・耐久試験後／先端付近 : 内表面のコマが最も強く接触する箇所
- ・耐久試験後／中央部 : 内表面の高さ方向における中央部

ブシュにおける対象サンプルおよび測定箇所は、下記の3箇所とした。

- ・未使用 : 耐久試験前（仕上げ研削直後）
- ・耐久試験後／先端付近 : 内表面のピンが最も強く接触する箇所
- ・耐久試験後／中央部 : 内表面の高さ方向における中央部

耐久試験（繰り返し使用）における摩擦摩耗により、使用前よりも表面が滑らかになることが、図よりわかる。算術平均粗さ・十点平均粗さ・二乗平均粗さの、3種類全ての粗さにおいて、使用による平坦化が見られた。

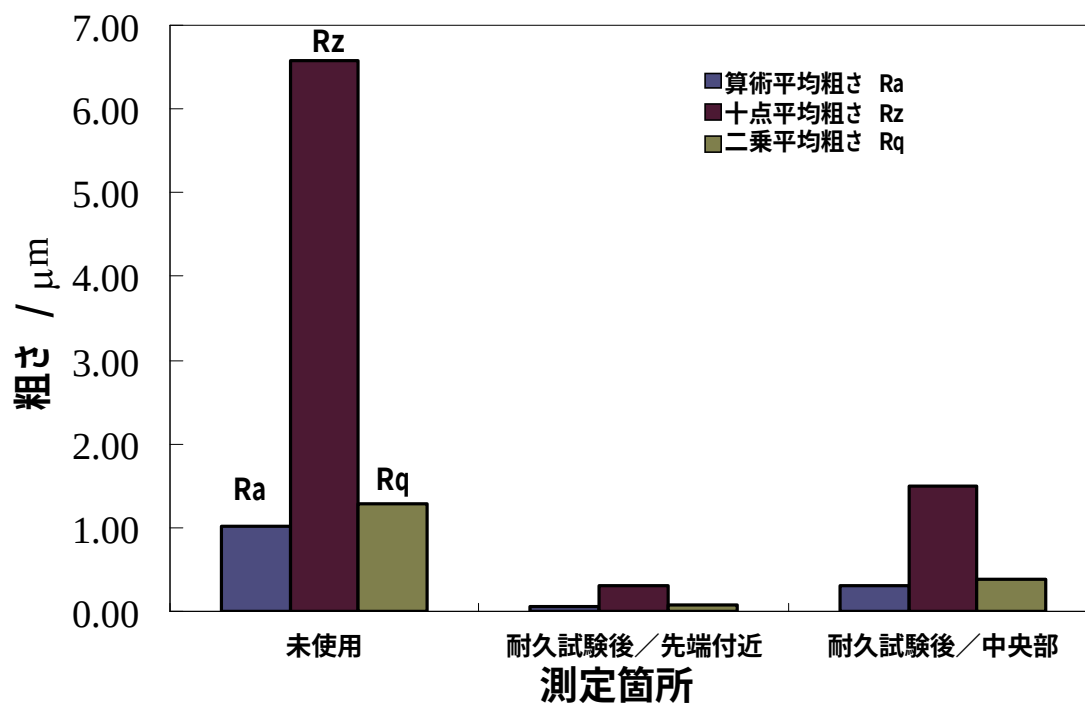


図４－３（３）a 10^6 回耐久試験前後のピンの粗さ測定結果

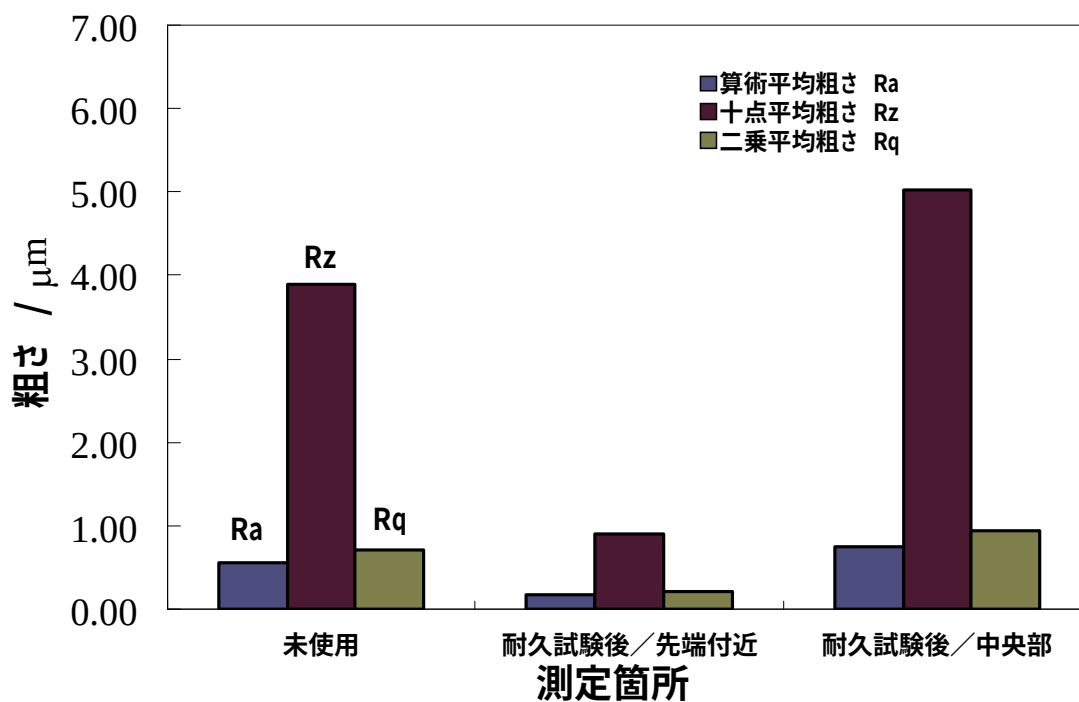


図４－３（３）b 10^6 回耐久試験前後のブシュの粗さ測定結果

図4－3（3）cおよび図4－3（3）dに、 10^6 回耐久試験前後のピン内表面および外表面の外観写真を示す。

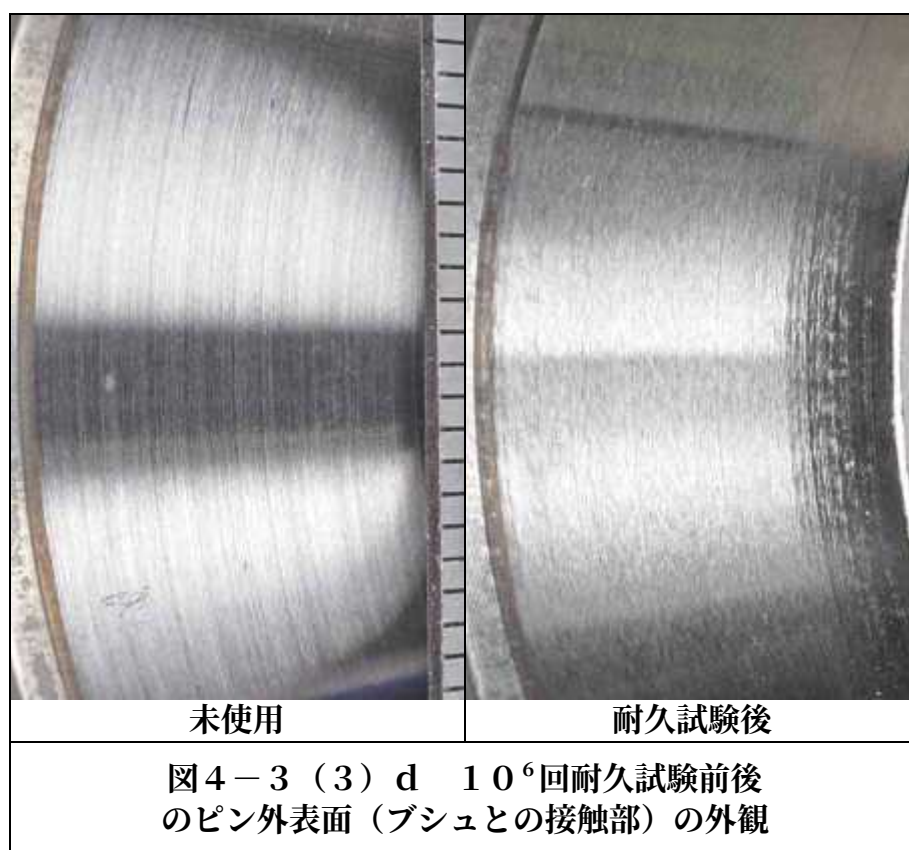
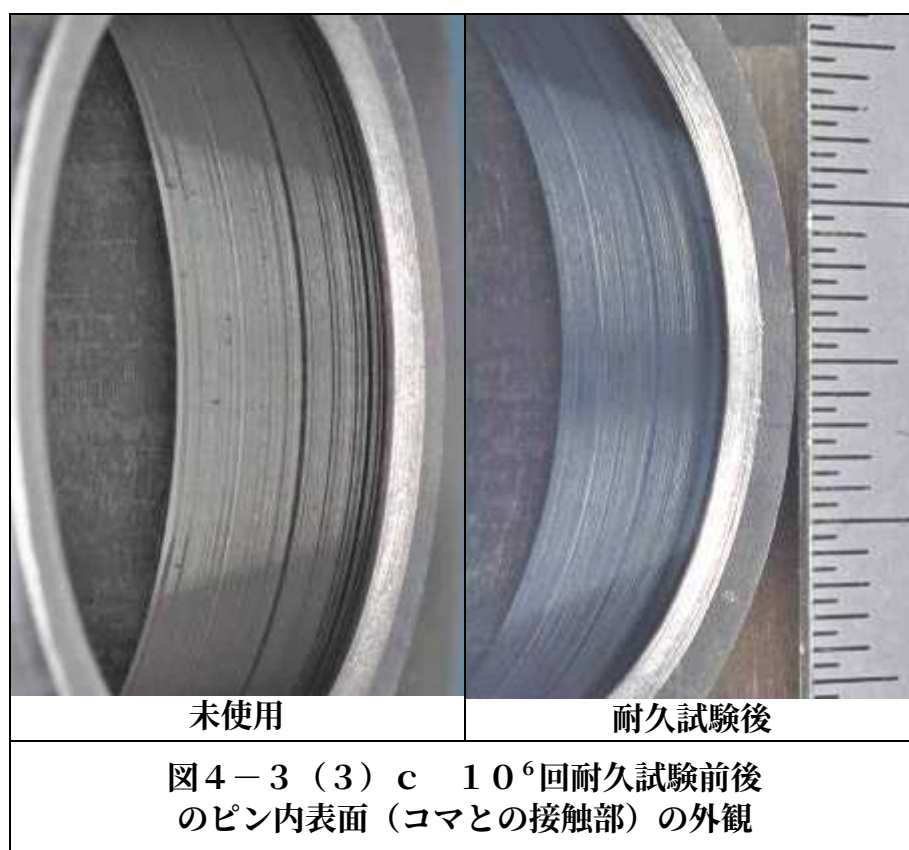
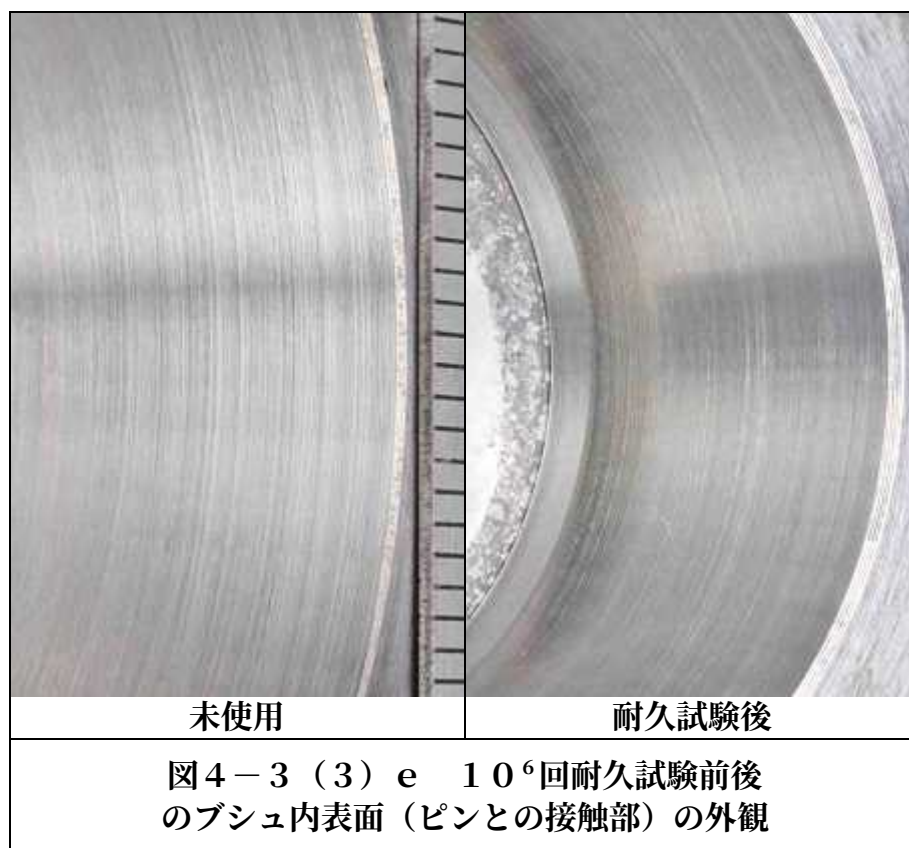


図4－3（3）eに、 10^6 回耐久試験前後のブシュ内表面の外観写真を示す。



粗さ測定結果と同様に、ピン・ブシュの何れにおいても、耐久試験後に使用前よりも表面が滑らかになっていることが写真よりわかる。

第5章 本年度のまとめと今後の課題等について

5-1 「ピン」および「ブッシュ」の形状課題への対応

- (1) ピン／ブッシュの最適なテーパ角度の解析及び弾性変形機能を有したピン／ブッシュの設計
 - ・ピン／ブッシュの密着度の検証、ピン／ブッシュの繰返し精度の検証結果により、弾性変形によるピンとブッシュの密着面を多くするには、加工精度と加工図面に改善が必要である。製品精度には問題がないと判断する。
- (2) ピン／ブッシュの密着度の検証
 - ・所定の荷重では問題無し。
 - ・研磨精度の見直しが必要である。
- (3) ピン／ブッシュの繰返し精度の検証
 - ・ピン／ブッシュの繰返し精度は、当初の目標より精度の良い結果が得られた。

5-2 製品寿命課題への対応（摩耗試験及び疲労試験の実施）

10万回の繰返し使用の出来るピン／ブッシュの製品化は、可能であることが立証できた。

5-3 今後の課題

「焼入れ＋焼戻し」熱処理のみでは、摩擦摩耗にかかわる耐久性および耐疲労性の点が不十分な可能性が懸念される。そこで、浸炭および窒化による表面硬化処理品を用いた疲労試験・耐摩耗試験を実施し、検討を加える必要がある。