

課題情報シート

課題名：	ボールねじ等の自動計測システムの開発		
施設名：	職業能力開発総合大学校東京校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	生産システム技術系
課題の区分：	開発課題	課題の形態：	製作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

機械：機械設計、機構設計、加工、精密測定、シーケンサ、モータ制御

電子：マイコン制御、回路設計・製作、センシング、圧電素子

情報：画像処理、データ通信、データ処理

(2) 課題に取り組む推奨段階

応用課程 2 年次

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して、以下の応用的な技術を身に付けます。

機械：自動化機器設計製作、精密測定

電子：計測制御、自動化制御

情報：画像処理、データ処理

各科共通：創造性・協調性を包含したコンセプチュアルスキル、ヒューマンスキル

(4) 課題実習の時間と人数

人 数：生産機械システム技術科 4 名

生産電子システム技術科 2 名

生産情報システム技術科 3 名

時 間：648 時間

各種機械の製造において、生産性の向上、人的負荷の軽減などが大きな課題となっており、自動計測システムの開発が重要となっています。今回計測するボールねじは、組立て時にナットとねじ軸の間にボールを組み込みますが、高精度の研削加工を行っても、ねじ軸、ナットのねじ溝の精度公差は±数 μm はあり、これに対応した径のボールを組み込まなければ、高精度のボールねじを組み立てることができません。現在このボールの最終選定は、組立作業者の熟練感覚により行われています。本開発課題は、この作業負荷を軽減し、ボールの選定を自動化することを目

的としています。

課題の成果概要

今回はボールねじに組み込むボールの選定をするために、有効径測定による方法と軸すきまの測定の2つの方法について開発を行いました。

① ねじ軸、ナットの有効径測定

a) 画像処理によるねじ軸の有効径の測定

今回の方法では分解能を上げるため、多くの部分画像を合成一体化して計測しますが、カメラの移動距離を基準に画像合成をすると、画像間にずれが生じ、高精度な計測ができません。これを解消する手段として正規化相関法による画像合成を採用しました。

手順を図1の例に示すと、重複する部分がある二枚の画像の一方を探索対象画像（以下 A）、もう一方をテンプレート元画像（以下 B）、両者の重複部分を正規化相関対象画像（以下 C、C'）とする。B から C' の部分データを取り出し、A の C 部分のデータとの正規化相関を取り、最も相関の強い点（一番類似性の高い点）で画像を合わせます。

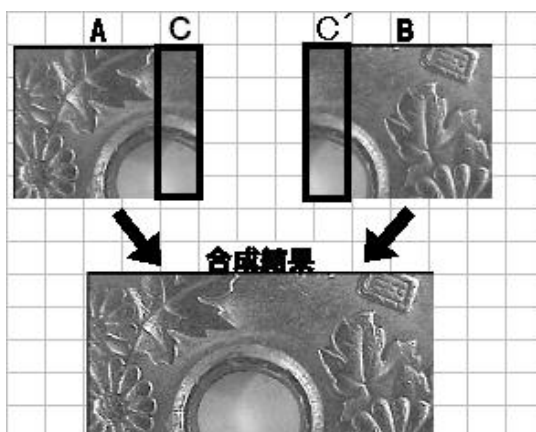


図1 正規化相関による画像合成

ボールネジの有効径（前述の有効径の説明参照）測定においては、ボールネジ軸の溝に大きさの決められた基準円をはめ、それがゴシックアーチの各円弧に一点ずつ接したとき、基準円の中心がゴシックアーチの中心点になります。これを画像処理で行った場合、まずはゴシックアーチの形状データを取得し、次にそのデータから演算処理で各円弧に二点とり、その二点間の垂直二等分線を引き、2つの線がぶつかった位置から基準円を描画する。これを画像の上下で行うことにより、有効径を導き出します。（図2参照）

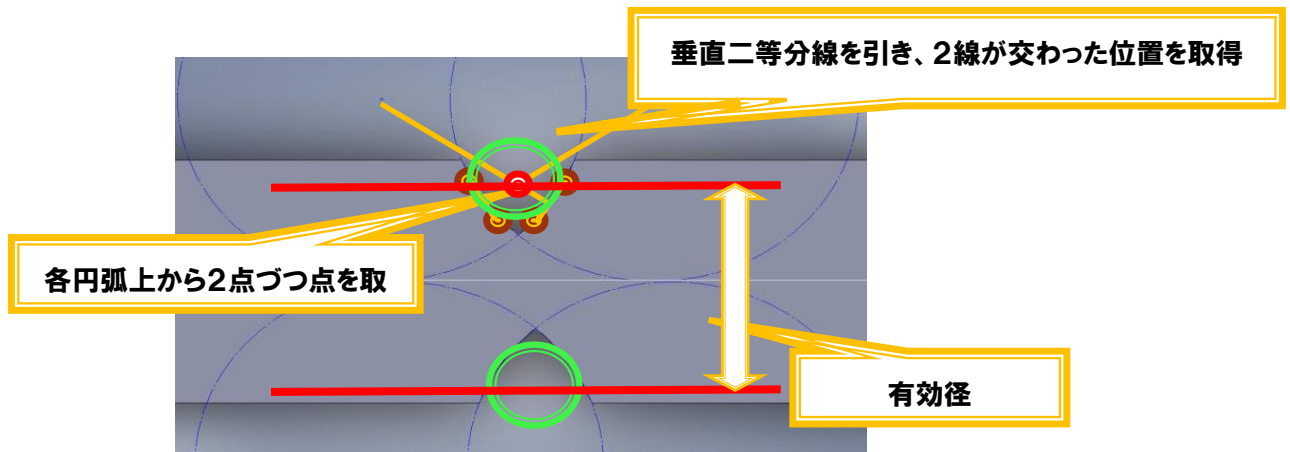


図2 画像処理 (ボールネジのねじ軸)

b) 圧電素子を使用したナットの有効径の測定

この方法は圧電素子を使用し、ナットの有効径の測定を行う方法です。圧電素子は、電圧を加えることにより長さが変化することを利用し、ナットに基準となる大きさのボールを入れ、圧電素子によりねじ溝に押し当てることにより測定を行いました。圧電素子を使用した有効径の測定では装置の機構が複雑になりました。このため設計・製作に時間がかかりましたが、数 μm の測定が可能であることがわかった。

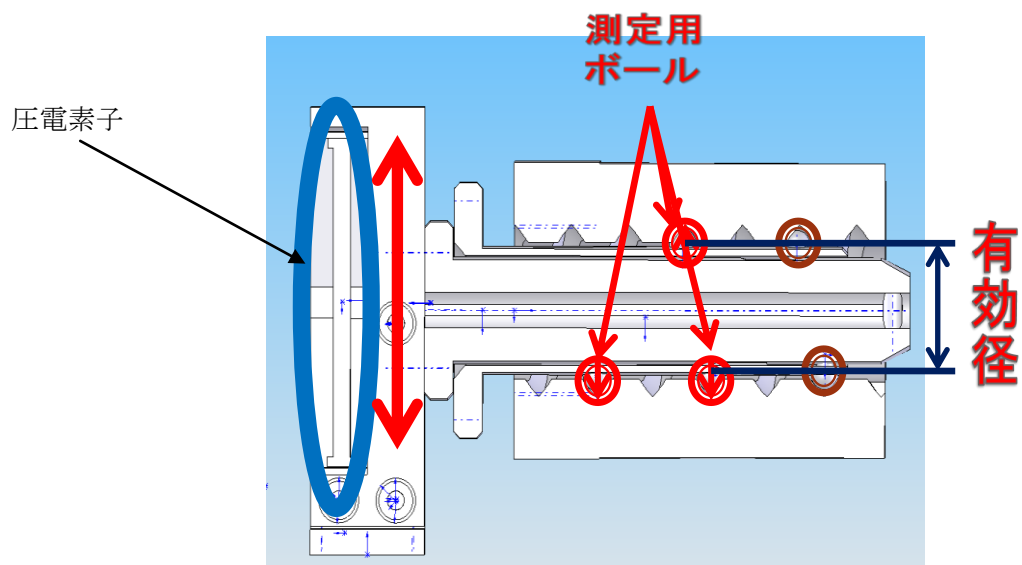


図3 圧電素子による計測装置

c) ねじ軸の有効径の測定およびナットの有効径の測定により得られた精度

ねじ軸の有効径の測定では、画像処理により画像撮影用テーブルの作成、画像合成、接点および中心点の探索など、データ処理に関する課題を進め、結果としてカメラのレンズ系のゆがみ、分解能、焦点深度などの問題がありましたが、数十 μm の精度は得られた。

両方の計測値からボールを選定すると数十 μm の精度での選定となりました。

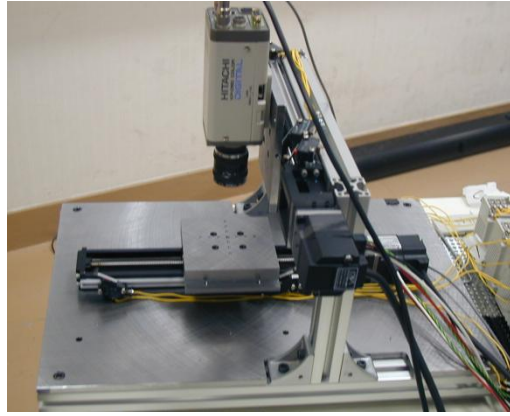


図4 画像計測装置

② 軸方向すきまの測定

ボールねじに基準のボールを入れて組み立て、その軸方向すきまを計測することにより適合するボールの径を選定する装置を製作しました(図5)。様々な径のボールにより組み立てたボールねじを用い、それぞれの軸方向すきまをロードセルと変位センサを用いて力と変位の関係を測定し、ボール径と力および変位との相関を計測しました。図6は規格のボールとそのボールより6.7 μm 小さいボールによる実験データです。横軸に力(kgf)縦軸に変位(μm)を取っています。

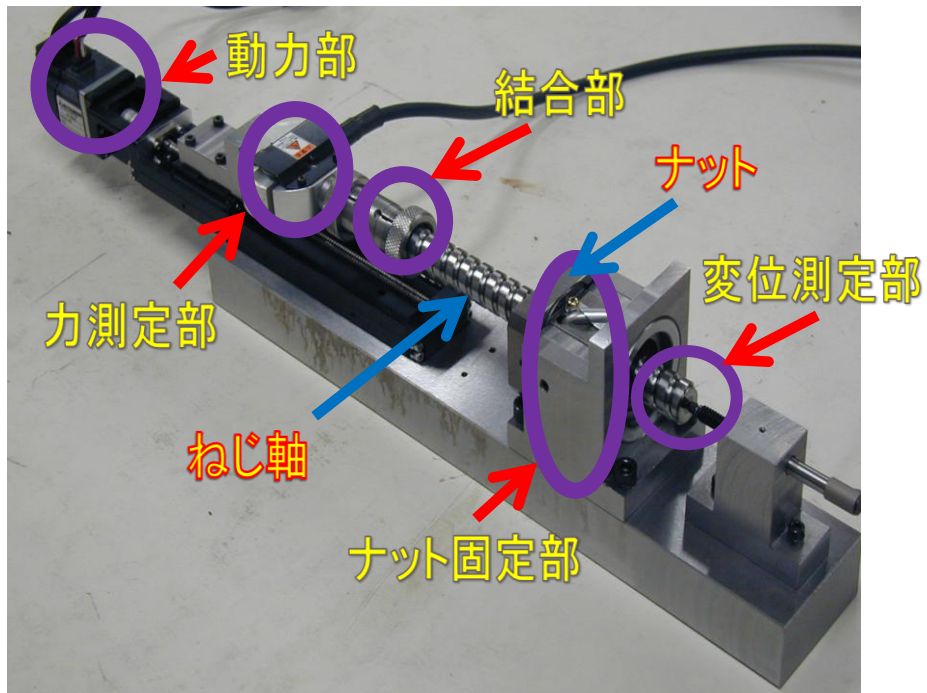


図5 ボールねじ荷重-変位曲線計測装置

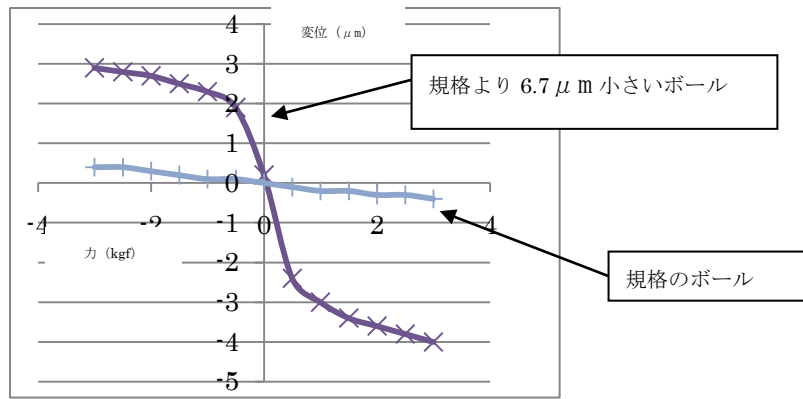
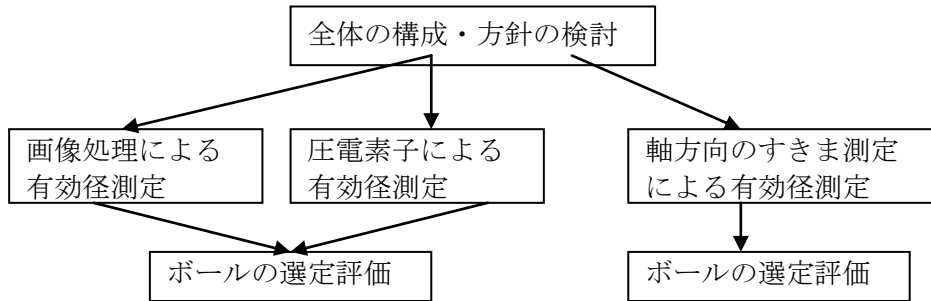


図6 ボールねじの荷重 - 変位曲線

結果として、図6より明らかに軸方向すきまに対し、荷重-変位の傾向が明らかに異なり、この手法により、ボール径選別のための計測が可能であることがわかります。

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見



養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
○計測機構の考案と設計 ○加工技術 ○アクチュエータ技術 ○センサ技術 ○画像処理技術 ○ヒューマンスキル ○コンセプチュアルスキル	◇ミクロンオーダーの精度が出る設計になっているか確認する。 ◇CAEによるたわみの計算 ◇各種工作機械の取り扱い ◇各種モータ、圧電素子の位置決め精度、ストローク、荷重(トルク)特性の妥当性 ◇センサの選定が妥当か確認する。 ◇回路設計が妥当か確認する。 ◇適切な画像ボード、レンズが選定されているか確認する。 ◇処理プログラムの妥当性	●加工精度が実現可能な精度範囲にはいつているか確認させます。 ●微調整が可能な設計になっているか確認させます。 ●常識的に妥当な計算といえるか確認させます。 ●精度のでる加工方法ができているのか確認します。 ●機構に対して適当な選定になっているか確認します。 ●計測精度がでるか確認します。 ●精度がでているか確認します。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
	◇統合したバランスのとれたシステムを創造	●質問を投げかけ、他科との問題点を自分で考えさせます。 「〇〇をすると、どうなる？」

<所見>

今回の課題は精度が要求されるため、機械、電子、情報の各仕様が妥当な精度を出すための機器選定、機構・回路設計になっているかが大事です。即ち、機械の担当する機構や加工上の精度と電子の担当する計測上の精度、情報の担当する画像処理の分解能による精度など、一つの部分の精度が悪いと全体に影響を及ぼし、システム全体の精度が一番悪い精度によって決まります。3科の精度のレベルが偏らないように連携することを指導する必要があります。

また、ボールねじという普段機械以外の学生が、あまり目にしない機械部品の計測なのでボールねじの構造、動作など電子、情報の学生によく理解させておく必要があります。

このように3科の学生が、それぞれ精度を上げ、しかも相互のインターフェースにも気を使わなければモノが出来あがりません。そのため、協調性・コミュニケーションなどのヒューマンスキルおよび、創造性・構成本力などのコンセプチュアルスキルを養成しなければなり

ません。そこで極力、学生が自分で考え、自分で回りを見て、今ここでどういうアクションをとると（逆に、ここであるアクションをとらない場合も）他人がどのように考え行動するのかを考えさせ、そうすることが全体のシステムにどのような影響が出るかを創造・予測できるような質問を投げかけるようにしました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 職業能力開発総合大学校東京校
住 所 : 〒187-0035
東京都小平市小川西町 2-3-2-1
電話番号 : 042-341-3331
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/tokyo/ptut/>