

微細ピンの自動測定システムの開発

機械システム科

主任研究員 小 楠 進 一

県内では、パンチピンやエジェクタピンなど微細な径を持つ円柱体（微細ピン）の生産が行われている。この微細ピンの生産では、生産工程の効率化のために、寸法測定の自動化が望まれている。しかし、粉塵の多い環境で、0.3mm以下の微細ピンを自動測定することは困難である。そこで、本研究では、この課題を解決する自動測定システムの機構を提案し、システムの試作・評価を行った。評価実験の結果、測定時間 28 秒/本、測定精度 1.22 μm の性能を有した自動測定システムを開発した。

1. 緒 言

県内では、極小の径を持つ円柱体（微細ピン）の生産が行われている。例えば、IC 等を取り付けるための穴をセラミック基板に空けるパンチピンとして、図 1 に示す微細ピンが生産されている。この微細ピンの生産では、マイクロメータを用いて微細ピンを手動測定しており、自動測定のニーズがある。しかし、加工現場のような粉塵が舞う環境で、市販されている非接触式の自動測定機¹⁾は、遮られたレーザ光の量を測定することで微細ピンの径を測定するため、粉塵が測定結果に影響を与えるとの報告がある²⁾。

一方、接触式の測定機³⁾は、粉塵などの外乱に強いので、県内企業から接触式の測定機を用いた自動測定システムの開発が望まれていた。

本研究では、接触式の測定機を用いた自動測定システムを開発し、これを評価することにした。

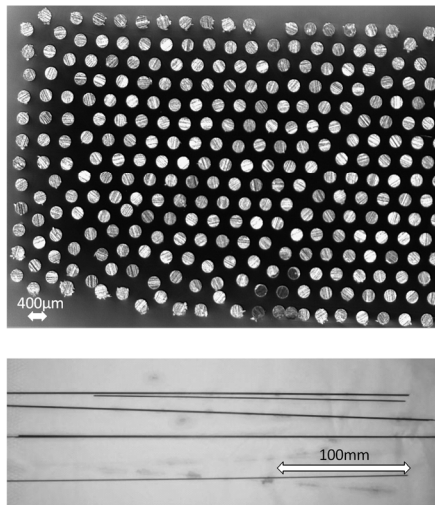


図 1 微細ピンの例

2. 開発目標

開発目標を対象とする工場の生産スピードなどから以下のとおり設定した。なお、測定時間は、現在、工場で微細ピンを 1 本測定するのに要している時間で、測定精度は、現在、工場で使用しているマイクロメータの精度から決定した。

- 1) 測定時間 30 秒/本以内
- 2) 測定精度 3.0 μm 以内

3. 開発した自動測定システム

上述する目標を達成するため、図 2 に示す自動測定システムを設計した。さらに、この設計図に基づき、図 3 に示す自動測定システムを試作した。図 3 の自動測定システムは、輸送ユニット、測定ユニット、仕分ユニットからなる。以下に各ユニットの機構と機能、および、制御アルゴリズムについて説明する。

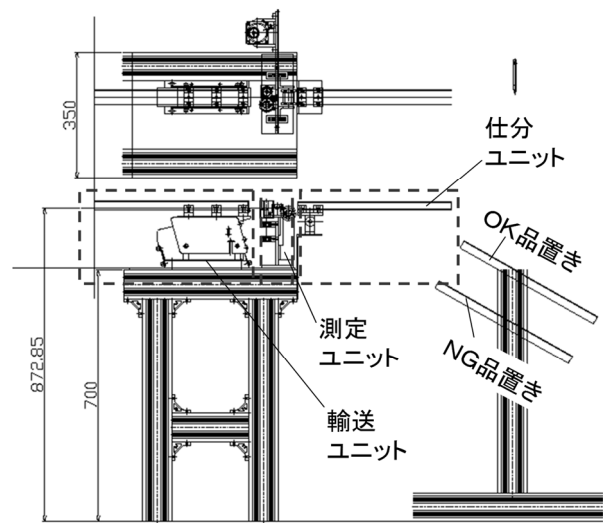


図 2 設計した自動測定システム

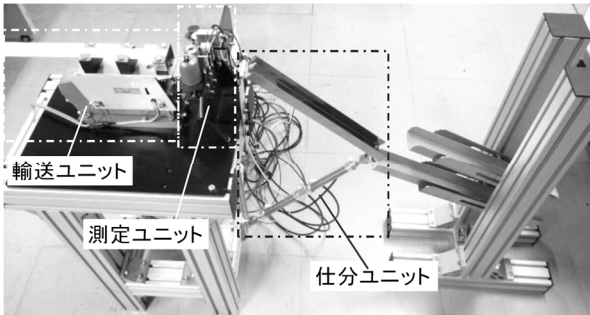


図3 試作した自動測定システム

3.1 輸送ユニットの機構と機能

図4に示すとおり、輸送ユニットは、前進フィーダーの上にL字フレームを取り付け、L字フレームの先端に図5のストッパーを取り付けたものである。

この機構により、微細ピンの軸方向への輸送を可能にし、1本ずつ微細ピンを測定ユニットへ送ることを可能にした。

また、舞っている粉塵は、非接触式の測定機の測定結果に影響を与えやすいが、接触式の測定機の測定結果に影響を与えにくい。開発したシステムは、前進フィーダーの振動を用いて微細ピンに付着した粉塵を振り払うので、さらに粉塵環境に強い測定システムとなった。

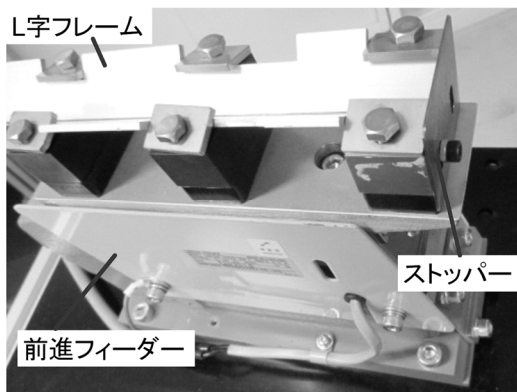


図4 輸送ユニット

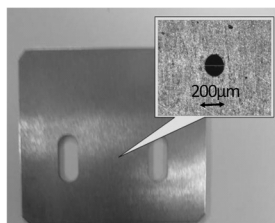


図5 ストッパー

3.2 測定ユニットの機構と機能

図6に示すとおり、測定ユニットは、モーターによって駆動するローラー、挟むことで微細ピンの直径を測定する測定部、受光量で微細ピンの有無を判別する通過センサ（遮光式）からなる。測定部の詳細を図7に示す。

測定部は、図7に示すとおり、差動トランスを用いて長さを測定する測定センサ、微細ピンが重力方向に落ちないように支えとなるガイド、微細ピンが測定センサにより押し付けられた際、基準面となるL字ブロックからなる。

測定センサの駆動に使用する力は、閉じる側をばねの力とし、開く側を空気圧とした。このような構造の差動トランスを用いることで、微細ピンの直径を測定する際、ばねの力を使うことになり、圧力を一定にすることができる。

測定ユニットの機構により、輸送ユニットから送られてきた微細ピンをローラーで受け取ることができる。また、ローラーの回転時間の変更により、微細ピンの測定位置を変更することができる。さらに、通過センサによって、微細ピンの有無を検出できる。このことによって、指定した位置にきた微細ピンは、測定部で直径を測定することができる。

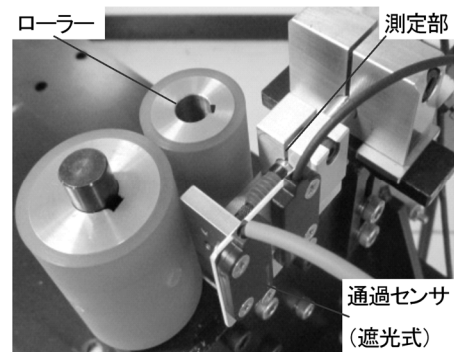


図6 測定ユニット

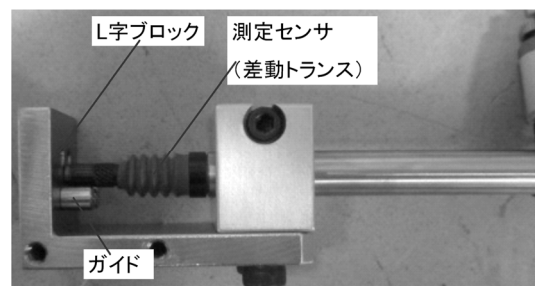


図7 測定部

3.3 仕分ユニット機構と機能

図8に示すとおり、仕分ユニットは、測定ユニットから送られてきた微細ピンを仕分台に送る製品シュート、空圧シリンダー、仕分台からなる。

製品シュートは、3つの角度を実現する必要があり、このため空圧シリンダーは、片方だけ、または、両方を伸縮できるものを選択した。

このような機構により、空圧シリンダーは伸縮し、微細ピンは製品シュートを通して、仕分台の良品台、不良品台へと仕分けられる。

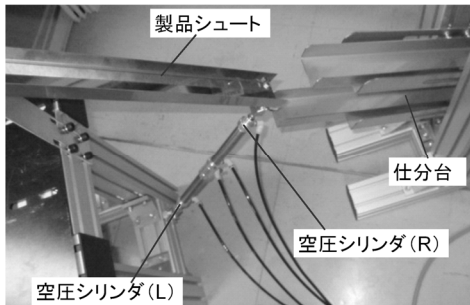


図8 仕分ユニット

3.4 制御アルゴリズム

図9の動作説明図を用いて、自動測定システムの動作を説明する。まず、①L字フレームに微細ピンは置かれ、②ストッパーを通して、微細ピンは1本ずつ③ローラーに運ばれる。次に、③ローラーは微細ピンを④の通過センサへ送り、④通過センサが微細ピンを検出すると、③ローラーと⑤測定センサは連動し、微細ピンの直径を測定する。最後に、測定結果を受けて、⑥仕分ユニットが微細ピンを良品、不良品に仕分ける。この動作を実現するため、各ユニットとプログラマブルコントローラを結線し、このプログラマブルコントローラに図10のアルゴリズムを実現するプログラムを入力した。

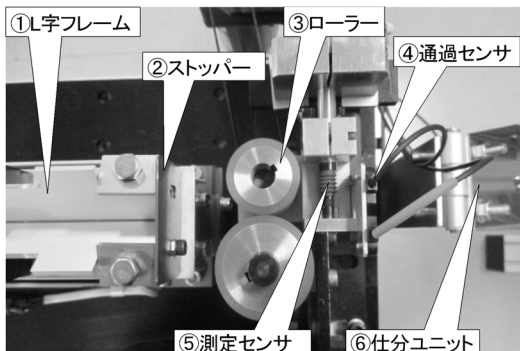


図9 動作説明図

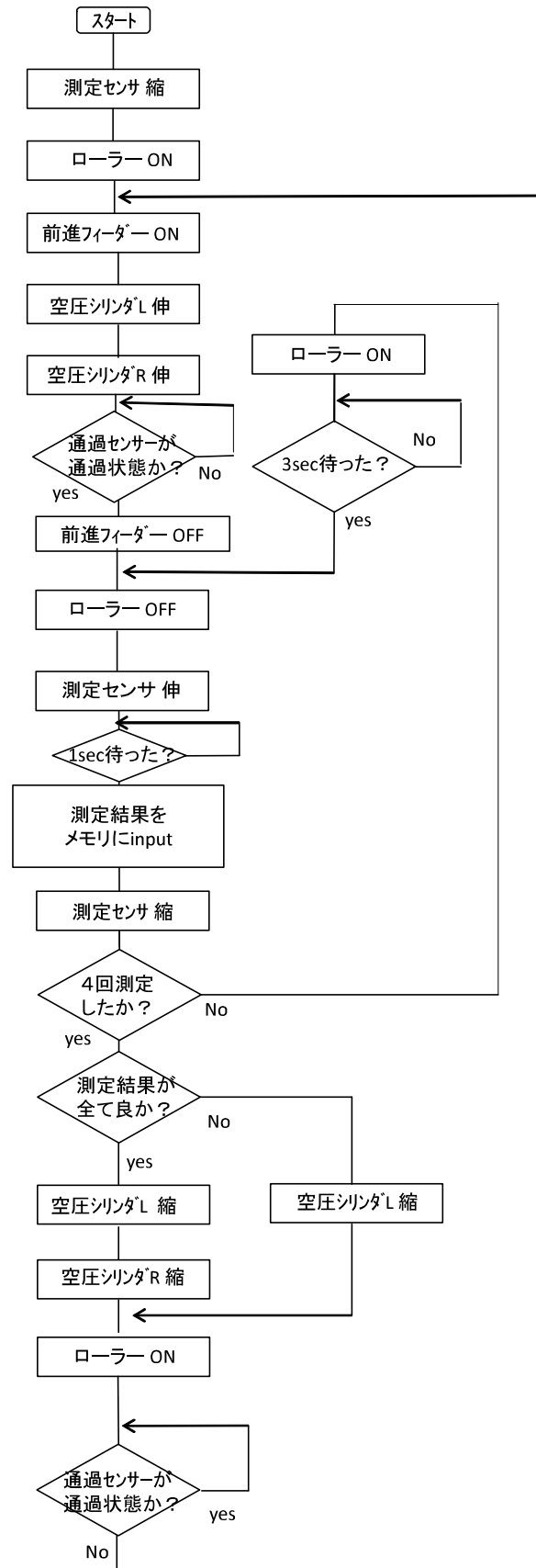


図10 アルゴリズム

4. 自動測定システムの評価実験

試作した自動測定システムを評価するために、まず、自動測定システムが微細ピンを1本測定するのに要した時間を評価した。次に、測定精度を評価した。

以下に、評価方法と評価結果の詳細を示す。

4.1 測定時間の評価方法

表1に評価条件を示す。測定対象は、 $\Phi 0.2 \times 400$ の超硬微細ピンとした。この微細ピン1本の測定位置を変えて4回測定するよう、自動測定システムのプログラムを設定した。微細ピンを20本測定し、一番多く要した時間を求め、測定時間とした。隣で研削を行っている粉塵の多い環境下で評価実験を実施した。

表1 測定時間の評価条件

項目	内容
測定対象物	超硬、 $\Phi 0.2 \times 400$
測定回数	4回/本
評価試料数	20本
測定環境	研削作業場

安定的かつ高速に測定を行うために、表2に示す項目を調整した。まず、装置を作動させるために、ストッパーと測定部の取り付け位置を調整した。次に、測定速度に大きく影響を与える前進フィーダーの振幅、周波数、ローラーの回転速度を微細ピンが想定どおり動作するように調整した。次に、安定して測定するために、測定センサと空圧シリンダーの空気圧、および、通過センサの閾値を調整した。最後に、ストッパーと測定部の取り付け位置を微調整した。

表2 調整項目

項目	調整内容
ストッパー	取り付け位置
測定部	取り付け位置
前進フィーダー	振幅
前進フィーダー	周波数
ローラー	回転速度
測定センサ	空気圧
空圧シリンダー	空気圧
通過センサ	閾値

4.2 測定時間の評価結果と考察

評価の結果、微細ピンを1本測定するのに要した時間は、ストッパーの通過の時間などがかかり、最大28秒であった。

測定時間30秒/本以内という目標は達成できたが、通過センサの閾値の設定がとても困難であるとの問題点が明らかとなった。

通過センサは、受光量で微細ピンの有無を判別するが、当初想定したとおり、粉塵の影響はなかった。しかし、通過センサの光ケーブルの曲率の変化が受光量に大きな影響を与えるため、閾値の設定を困難にさせていることが分かった。今後、光ケーブルの固定位置を詳細に検討する必要がある。

4.3 測定精度の評価方法

まず、精度について定義する。JIS 8402-1「測定方法及び測定結果の精確さ(真度及び精度) — 第一部：一般的な原理及び定義」⁴⁾によると、精度とは「定められた条件の下で繰り返された独立な測定結果の間の一致の程度」と定義されており、測定結果の標準偏差として計算される。今回は、同じ微細ピンを複数回測定し、標準偏差を求め、測定精度とした。実際には、最初に測定した結果を $0 \mu\text{m}$ とし、その後、同じ微細ピンを22回測定し、標準偏差 σ を求め、 3σ を計算した。

表3に評価条件を示す。測定対象は、公称寸法 $\Phi 0.2 \times 400$ の超硬微細ピンとした。なお、測定対象を精密測定室にてレーザースキャンマイクロメータを用いて測定した結果は、直径 0.202mm であった。また、評価実験は、隣で研削を行っている粉塵の多い環境下で実施した。

表3 測定精度の評価条件

項目	内容
測定対象物	超硬、 $\Phi 0.2 \times 400$
評価回数	22回
測定環境	研削作業場

4.4 測定精度の評価結果と考察

以上の条件で、評価した結果を図11のヒストグラムに示す。なお、このヒストグラムの間隔は $0.2 \mu\text{m}$ であり、平均値を $0.0 \mu\text{m}$ とした。測定精度は $3\sigma = 1.2 \mu\text{m}$ であり、当初設定していた測定精度 $3.0 \mu\text{m}$ 以内という目標は、達成することができた。

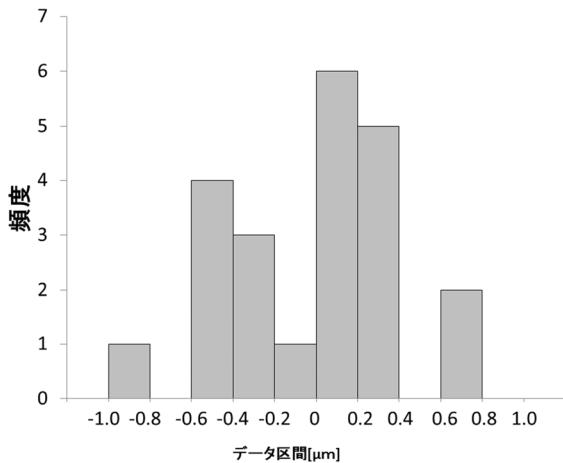


図 1 1 測定誤差のヒストグラム

5. 結 言

本研究の結果を整理すれば、以下のとおりである。

- (1) 電気マイクロメータ (差動トランス) を用いた自動測定システムを試作し、想定どおりに作動することを確認した。
- (2) 試作した自動測定システムを評価した結果、粉塵環境において、測定時間 28 秒/本であった。
- (3) 試作した自動測定システムを評価した結果、粉塵環境において、測定精度 $1.2 \mu\text{m}$ であった。
- (4) 今後、通過センサの光ケーブルを固定する方法を検討する必要がある。

以上の結果を踏まえて、今後、関連する技術を県内企業へ技術移転する予定である。

参考文献

- [1] 非接触・高精度レーザ測長システム レーザスキャンマイクロメータ LSM, (株) ミットヨカタログ 2010.
- [2] 沢辺雅二, 精密加工・計測における環境制御管理技術の課題, 精密工学会, 1137-1143, 2002(9).
- [3] マール・ジャパン(株) HP <http://www.mahr.com/index.php?NodeID=153&Language=JA>, accessed May 27 2014.
- [4] (株) オムロン HP プログラマブルコントローラ CP1E 型式一覧 <http://www.fa.omron.co.jp/products/family/2064/itemlist/>, accessed June 3 2014.
- [5] JIS 8402-1 「測定方法及び測定結果の精確さ (真