

工作機械用送りネジの精度

The Accuracy of the Feeding Screw of the Machine Tool

市川 忠 男*

Tadao Ichikawa

内 容 梗 概

工作機械は高能率で高精度に加工することが最も重要な機能である。そのため工作機械の構成部品は精度がいつそう精密でしかもばらつきが少なく互換性のあるものを必要とする。このように高精度のものを加工し、また精密組立を行うために恒温室を設置した。

本稿では工作機械の送りネジについて、恒温室内外で加工されたものの精度を比較検討したこと、送りネジの測定方法、精度の表わし方などについて述べてある。

1. 結 言

工作機械はますます高速、重切削と高能率化に加えて、加工された製品の精度も著しく向上を要求されている。そのために、工作機械を構成する各種部分品は一段と高精度の安定したものが必要となつている。

送りネジはすべての工作機械に多く使用されており、その使用箇所によつては、ピッチ誤差として数ミクロン以下の精度を必要とし、あるいは1ピッチ中の循環誤差が問題となるような場合が少なくなく、工作機械性能に重要な影響を与えるものである。精度の高い送りネジを加工するには優秀な加工機械と適切な作業基準を必要とすることはもちろんであるが、そのほか、温度変化による工作機のひずみをも取り除くことがぜひ必要な条件となつてくる。

日立製作所川崎工場では、早くから送りネジを含めた各部分品の精密加工および精密組立作業は恒温恒湿の精密作業室において行われ、品質の向上を計つている。

ここには、工作機械の送りネジについて、精密作業室内で加工されたものと、それ以前のものとの精度を比較分析した結果より、恒温恒湿の効果を調査したこと、あわせてネジ精度の測定方法、精度の表わし方などについて述べてある。

2. ピッチ誤差の説明

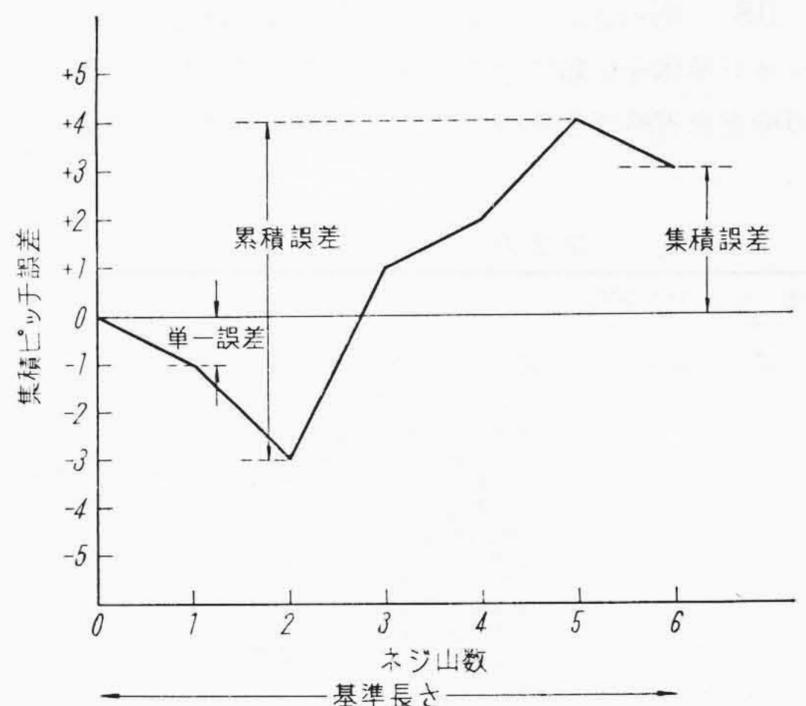
ネジ精度を表わすものとして、ピッチ誤差、有効径の誤差、ネジ山角度の誤差、外径、谷径の誤差などがあるけれども、送りネジについて最も望まれる性能である送りの一様さに直接関係するピッチ誤差は、第1表のような定義で表わされる。なおこれを図解すれば第1図および第2図のとおりである。

なお、ピッチ誤差の許容差を指定する場合は、単一ピッチ誤差、隣接ピッチ誤差の数値を示し、集積ピッチ誤差、累積ピッチ誤差は、基準測定距離を明示しなければ

* 日立製作所川崎工場

第1表 ピッチ誤差の定義

単一ピッチ誤差	任意のネジ山から、相隣れるネジ山までのピッチの実測値と理論値との差である。 (±をもつて表わす)
隣接ピッチ誤差	任意のピッチと、その相隣れるピッチの実測値の差である。
集積ピッチ誤差	連続せる単一ピッチ誤差の和である。 (±をもつて表わす)
累積ピッチ誤差	連続せる集積ピッチ誤差が等符号なるときは、集積誤差の最大値をいう。異符号なるときは集積誤差の±各側における絶対値の最大値の和をいう。

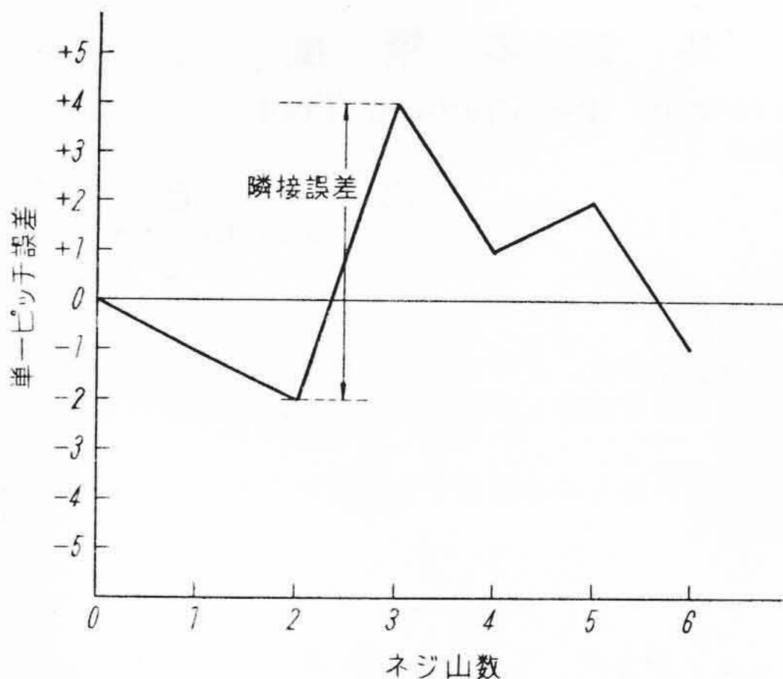


第1図 集積ピッチ誤差

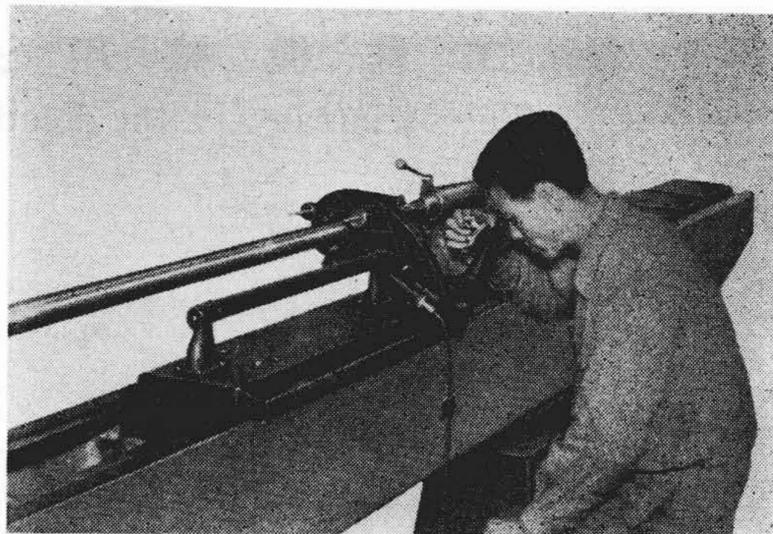
ならない。測定距離が基準よりも小さい場合には、規定許容差の数値を距離に比例して換算することがJISに決められている。

3. ピッチの測定方法

送りネジが工作機械に組付けられた場合のピッチ測定方法は、JIS B 6202「旋盤精度検査」に親ネジの測定法、また、B 6203「ヒザ形横フライ盤および万能フライス盤



第2図 単一ピッチ誤差



第3図 送りネジ測定器の外観

精度検査」にテーブル左右送りネジの測定法が示されており第2表および第3表にこれを示す。

前記せる方法は Schlesinger 規格などと同様な方法を使用しており、また Cazeneuve 式検査法として、送りネジによつて移動するベース上に標準尺を取り付け、移動量をマイクروسコープで読みとる方法もある。

JIS に明示されているように、機械に組付ける前に送りネジ単体を信頼できる方法で測定してあれば、組付後の検査を省略できるので、日立製作所川崎工場では組付

後の検査を省略し、ネジ単体の精度を次に述べる方法で測定している。

3.1 送りネジ測定器による方法

送りネジ測定器の仕様は下記のとおりであり、第3図には測定器外観の一部を示してある。

製造所名	Carl Zeiss
測定しうる最大径80 mm
測定しうる最大長さ4,000 mm
目盛尺の長さ500 mm
マイクروسコープの最小目盛0.001 mm
保証精度 $(1.5 + \frac{L}{300}) \times 0.001$ mm 以内
ただし L測定長さ

第2表 旋盤親ネジのピッチ誤差測定法

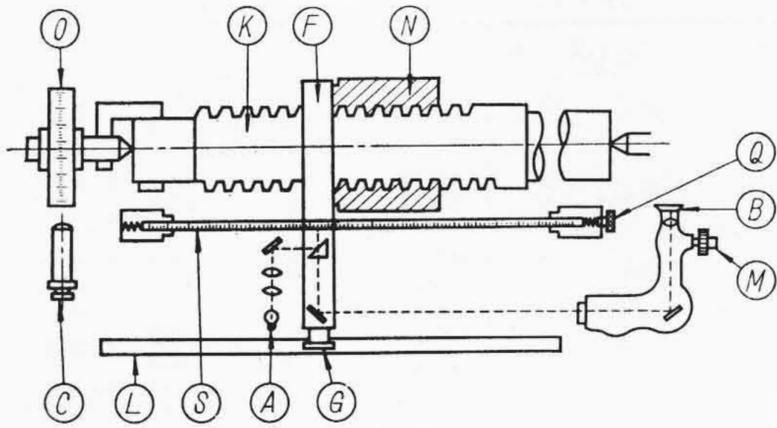
番号	検査事項	測定方法	測定方法図	許容差																				
17	親ネジのピッチ	親ネジに半割りナットをかみ合わせて回転させたとき、その回転により往復台の移動すべき距離と実際に移動した距離との差を一定の長さの端度器とテストインジケータで少なくとも親ネジの中央および両端の3箇所で測定する。 ただし機械に取り付ける前にこの測定方法と同等以上の方法で親ネジを測定したときは、この測定を省略することができる。		<table border="1"> <tr> <td colspan="4">普通旋盤の振り</td> </tr> <tr> <td>500以下</td> <td>500をこえ1,000以下</td> <td>1,000をこえ2,000以下</td> <td>2,000以下</td> </tr> <tr> <td colspan="4">300について</td> </tr> <tr> <td>0.025</td> <td>0.03</td> <td>0.05</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td colspan="4">ただしインチ式ネジの場合は測定距離304.8(12")とする。</td> </tr> </table>	普通旋盤の振り				500以下	500をこえ1,000以下	1,000をこえ2,000以下	2,000以下	300について				0.025	0.03	0.05	0.08	ただしインチ式ネジの場合は測定距離304.8(12")とする。			
普通旋盤の振り																								
500以下	500をこえ1,000以下	1,000をこえ2,000以下	2,000以下																					
300について																								
0.025	0.03	0.05	0.08																					
ただしインチ式ネジの場合は測定距離304.8(12")とする。																								

第3表 フライス盤テーブル送りネジのピッチ誤差測定法

番号	検査事項	測定方法	測定方法図	許容差		
16	テーブル左右送りネジのピッチ誤差 ⁽⁴⁾	テーブルを少なくとも中央および両端の3箇所に置き、テーブルの送りネジを回転させたときその回転によつてテーブルの移動すべき距離と実際に移動した距離との差を一定の長さの端度器とテストインジケータとで測定する。 ただし機械に取り付ける前にこの測定方法と同等以上と認める測定を行った送りネジは、この測定を省略することができる。		<table border="1"> <tr> <td>300について</td> </tr> <tr> <td>0.035</td> </tr> </table>	300について	0.035
300について						
0.035						

注：(4) この検査は万能フライス盤だけに適用する。

第4図において被測定ネジ ㊶ に測定用ナット ㊷ を噛ませナットの外周に摺動腕 ㊸ を取り付け、ネジを両センターにて支持する。測定用ナットと摺動腕は締付具により固定される。ネジが回転すると㊷ ㊸ はベッド上のレール ㊹ 上をベアリング ㊺ が回転しながら軸方向に動く。この動き量を読みとる光学系は光源 ㊻ より発した光線がプリズムにより屈折して標準尺 ㊼ の目盛を照らす。この光線はふたたび反射し顕微鏡 ㊽ により観測される。次にネジを正しく回転させるために円周分度測定器 (Circular Division tester) を利用する。左端センター軸に取り付けてあ



第4図 送りネジ測定器による測定要領図

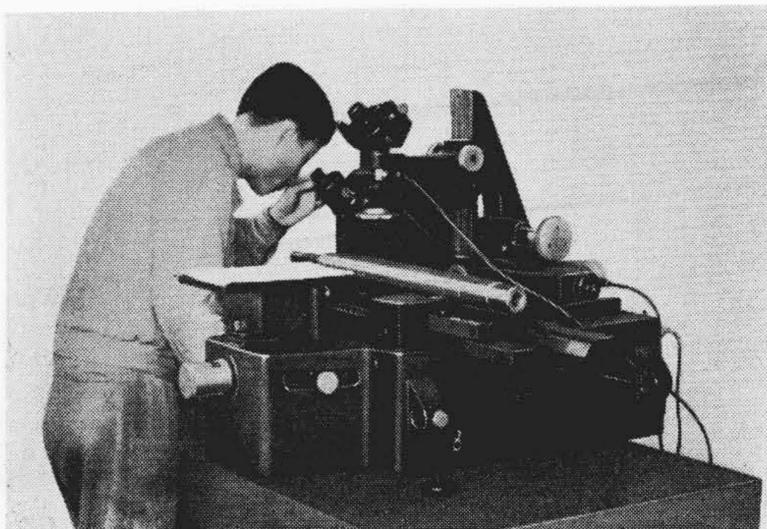
る標準円周度盛板 ① とその目盛を観測するマイクروسコープ ② とがそれである。まず測定を始めるには、標準尺 ⑤ の目盛の零点が顕微鏡 ③ で観測できる位置に ⑤ を調整しておく。この調整の微動は ④ なるネジで行う。次に円周度盛板 ① をマイクروسコープ ② で観測しながら送りネジを正しく1回転させると、噛合ついている測定用ナット ⑥ は送りネジの1ピッチに相当する距離だけ軸方向に移動したはずである。この移動量を顕微鏡 ③ で観測し測微目盛板 ⑦ の目盛によつて1ミクロン単位に測定値が得られる。以上のような操作を各ピッチごとに次々と測定することにより、集積ピッチ誤差の測定値が得られるのである。なお標準尺の長さ 500 mm 以上を測定するには、標準尺を軸方向にずらしてつぎたせばよい。

3.2 万能測定顕微鏡による方法

万能測定顕微鏡によるネジ測定はピッチ誤差はもちろん、そのほかの精度も全部測定できる。これは顕微鏡視野のネジ部の投影あるいは反射影を観測しピッチを標準尺目盛にて読みとる方法であり、標準尺の長さが 200mm と短いので、送りネジも比較的短いものに限られる。万能測定顕微鏡の仕様を次に示し、第5図にその外観を示してある。

製造所名

Carl Zeiss



第5図 万能測定顕微鏡の外観

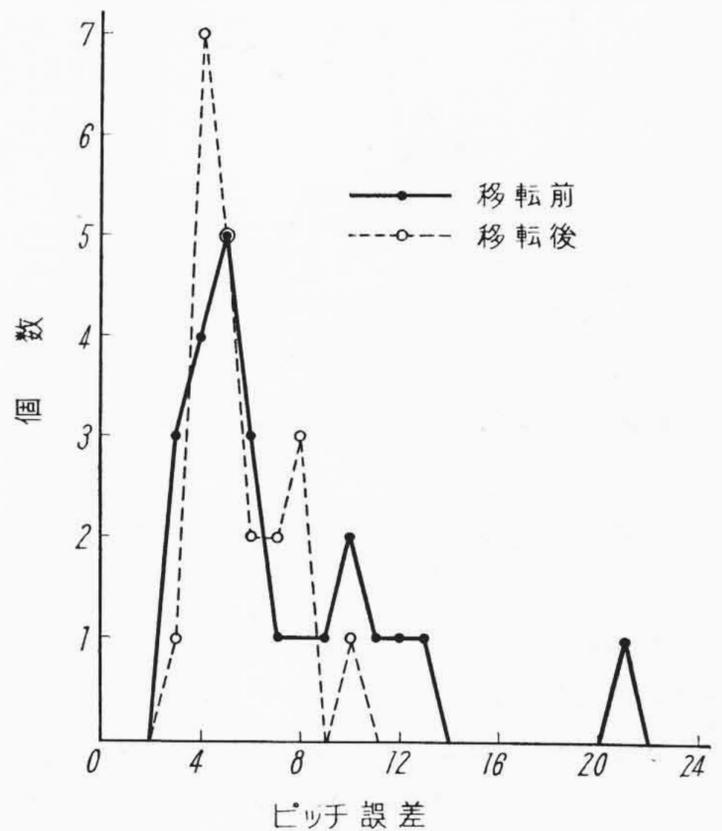
- 目盛尺の長さ..... 200 mm
- 測定しうる長さ..... 500 mm
- 測定しうる最大径..... 80 mm
- マイクروسコープの最小目盛..... 0.001 mm
- デバイディングセンターの最小目盛..... 1 分
- 顕微鏡の拡大倍率..... 10× 15× 30× 50×
- 保証精度 (ピッチ測定の場合)

$$\dots\dots\dots \left(0.5 + \frac{1.7}{\cos \theta / 2} + \frac{L}{29} \right) \times 0.001 \text{ mm}$$

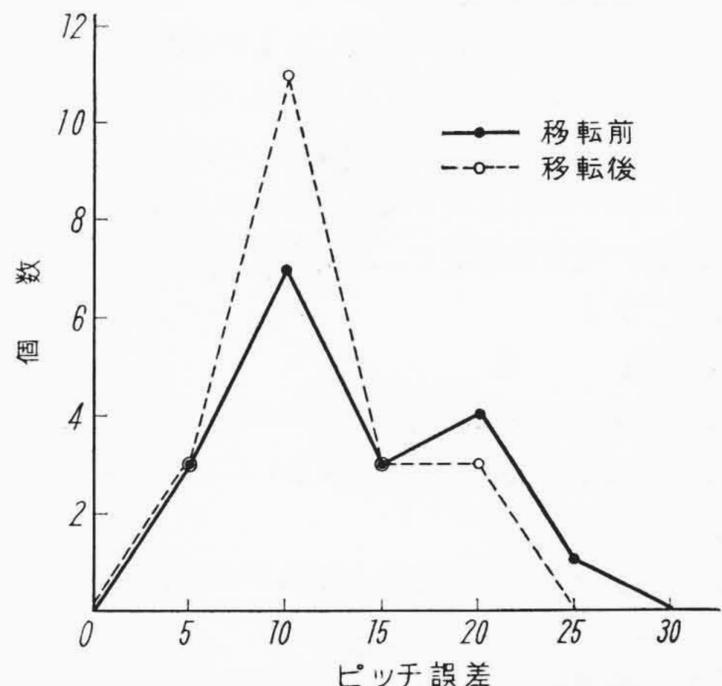
ただし L.....測定長さ θ.....ネジ山角

4. 精密作業室内外にて加工された送りネジ精度の比較

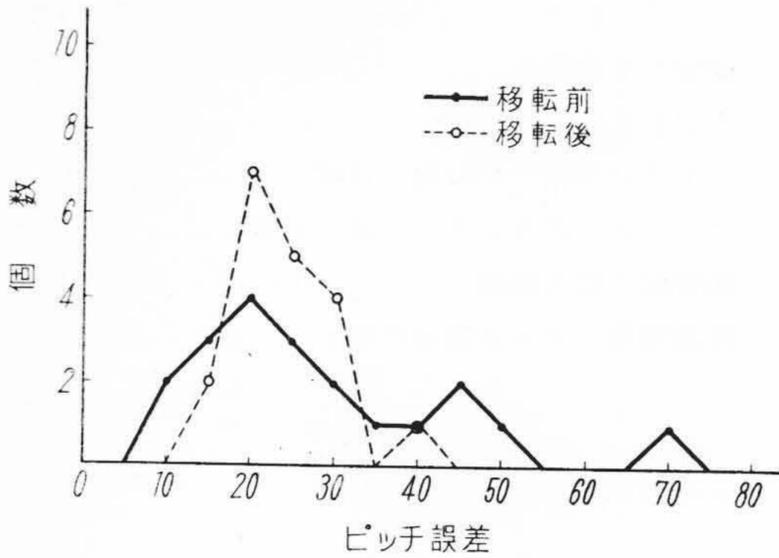
日立製作所川崎工場の送りネジ加工機として Excello 社製、Lindner 社製のネジ研磨盤および Wanderer 社、



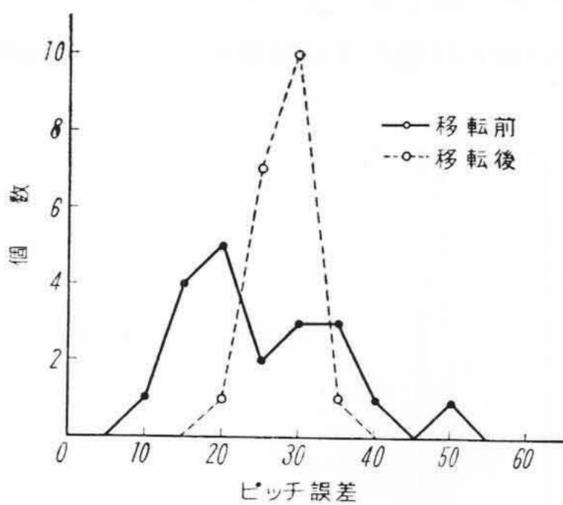
第6図 単一ピッチ誤差



第7図 隣接ピッチ誤差



第8図 集積ピッチ誤差 (基準長 300 mm)



第9図 累積ピッチ誤差 (基準長 300 mm)

Reishauer 社製ネジ切り旋盤が恒温恒湿の精密作業室に設置されている。恒温室において加工されたものが、どの程度精度向上しているかを調べるため Reishauer 社製ネジ切り旋盤で加工されたフライス盤用テーブル送りネジ (外径 40φ, 長さ 1,870 mm, ピッチ 6 mm, 右30度アクメ) について、機械を精密作業室に移転設置した前後に加工したものを比較した。

4.1 測定値の比較

各ピッチ誤差について比較したものを第6～9図に示す。精密作業室に移転前とあるのは、1月, 8月, 10月, 12月に加工されており、移転後のものは、3月, 4月, 5月に加工されたものである。もちろん測定は両者とも恒温恒湿の精密測定室で、送りネジ測定器により行われたものである。

4.2 検 定

精密作業室に移転前後のものについて、有意差の検定を行つた結果分散分析表 (第4表) に示すように、次の結果を得た。

- (1) 単一ピッチ誤差は1%以下の危険率で有意である。
- (2) 隣接ピッチ誤差は有意差がない。
- (3) 集積ピッチ誤差および累積ピッチ誤差は1%以

第4表 分散分析表

名 称	変 量	変 動	自 由 度	不偏分散	F ₀
単一ピッチ誤差	x	370.95	19	19.5	5.57**
	y	66.95	19	3.5	
隣接ピッチ誤差	x	572.2	19	30.1	1.7
	y	338.5	19	17.8	
集積ピッチ誤差	x	4475.8	19	235.5	7.27**
	y	615.2	19	32.37	
累積ピッチ誤差	x	1480.8	19	77.9	8.2**
	y	181.2	19	9.5	

ただし x……精密作業室に移転前 y……精密作業室に移転後

下の危険率で有意である。

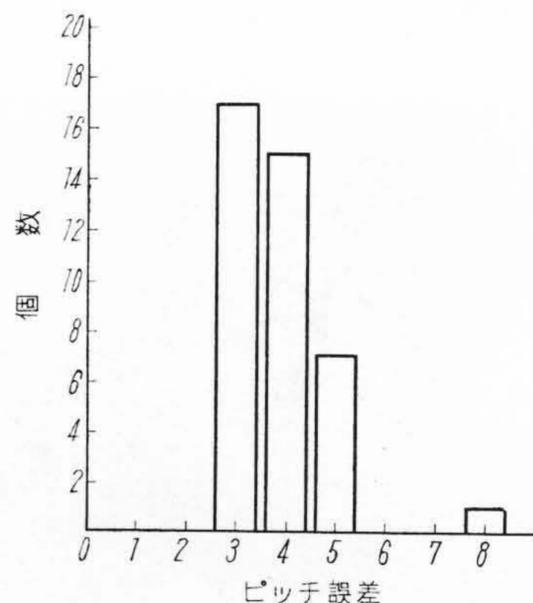
4.3 結果の検討および結論

(1) 単一, 集積, および累積誤差は精密作業室内で加工されたものが、ばらつきが非常に少なくなつており均一な精度となつている。これは工作機が恒温の下に置かれていないときには外気温度変化のため、被加工物を含めた機械の温度分布が不均一となるため、微量ではあるがひずみを生じ、それが被加工物の精度に影響しているものと考えられる。また、平均値に大なる変化が認められないのは、工作機械親ネジ自体の精度によるものであろう。

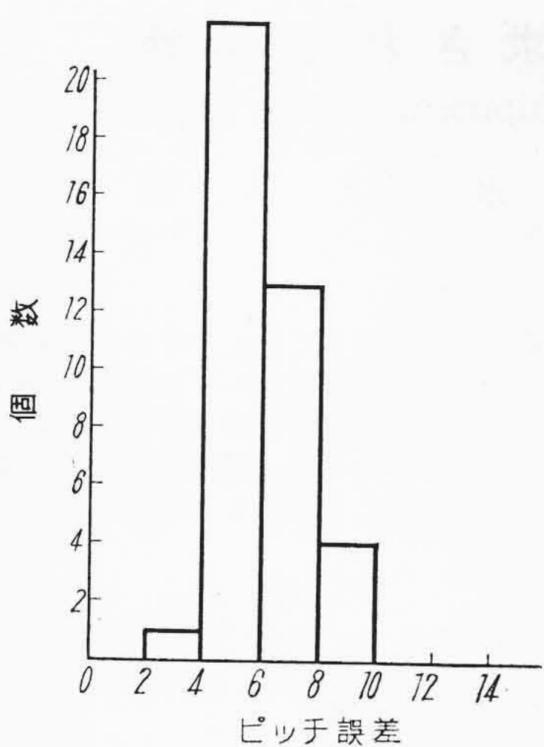
なお集積, 累積の各ピッチ誤差は Reishauer 社製ネジ切り旋盤に付いているピッチ調整装置を慎重に調節することにより、誤差の減少を期待することができる。

(2) 隣接ピッチ誤差はほとんど変化が認められないのは、親ネジ自体の振れ、またはピッチ誤差によるためと思われる。

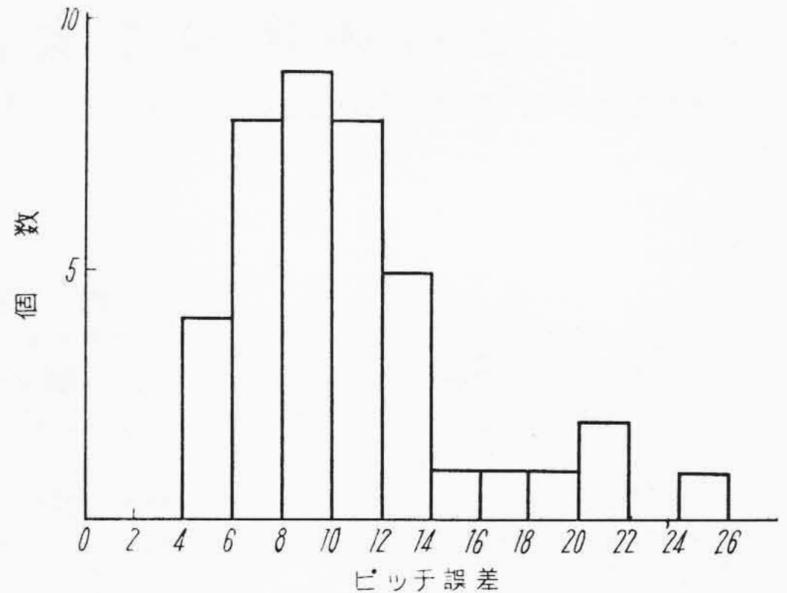
以上のように、恒温室で加工されたものの精度向上が顕著であり、われわれは誤差のばらつきが少ない均一なネジを作れるようになった。後、残されたものとして平均値をいかにして小さくするかであるが、これは現在ピッチ調整装置を慎重に調整し試験切削を実施中であり、徐々にではあるが、より誤差の少ないものを作るように



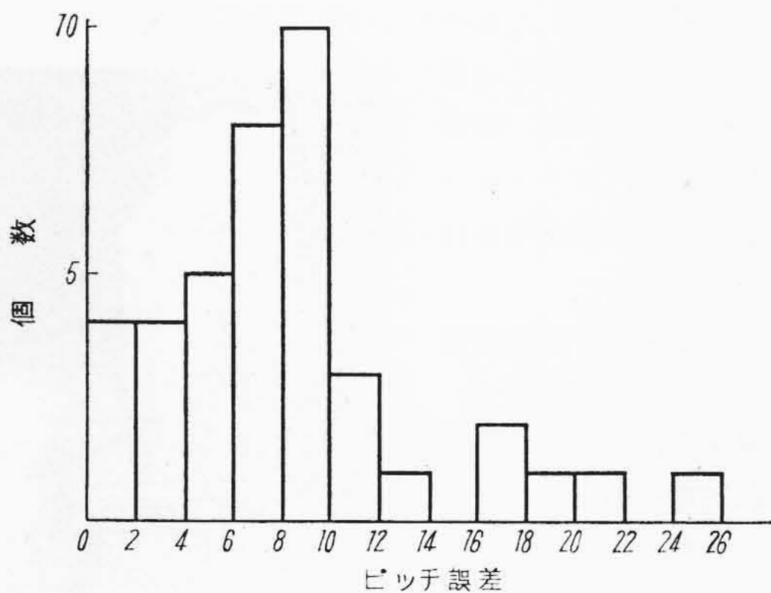
第10図 単一ピッチ誤差



第11図 隣接ピッチ誤差



第13図 累積ピッチ誤差 (基準長 300 mm)



第12図 集積ピッチ誤差 (基準長 300 mm)

た場合、どのくらいの精度のばらつきがあるかを Ex-cello ネジ研磨盤で加工されたフライス盤、立送りネジ (外径 55φ, 長さ 600 mm, ピッチ 6 mm, 30度アクメ) について調べたものを、第10～13図に柱状図として示してある。これからわかるように切削加工に比して約2倍程度精度が向上している。

6. 結 言

工作機械用送りネジについて、その測定方法および恒温室内外にて加工されたものの精度を比較した結果について記した。

高品質なる工作機械を生産してゆくために、各部分品の精度向上と品質の均一性が重要であり、これを解決していくのに高度の機械設備と豊富な経験を必要とすることはもちろん、重要部分品に対しては工場内の塵埃、外気温度の変化など、微細な現象をも取り除く恒温恒湿室内での作業がぜひ必要である。われわれは恒温恒湿の効果をも十分分析調査し、正しい作業管理を確立し、もって工作機械の精度向上と、精度の安定に鋭意努力している。

努力している。

5. ネジ研磨, 加工精度の一例

前項には切削加工精度について述べたが、研磨加工し

Vol. 20	日 立	No. 8
目 次		
◎恩恵を忘れるほど.....森田たま	◎コードの選び方と使い方	
◎火力発電所を見る	◎新しい照明施設	
◎大阪の水	◎生活と金属	
◎明日への道標	◎日立だより	
◎ショールーム (ラジオ)	◎川口のイモノ工業	
◎夏のくらしの工夫		
誌 代 1冊 ¥60 (〒16)		
発行所 日立評論社	東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地	振替口座東京 71824 番
取次店 株式会社オーム社書店	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地	振替口座東京 20018 番