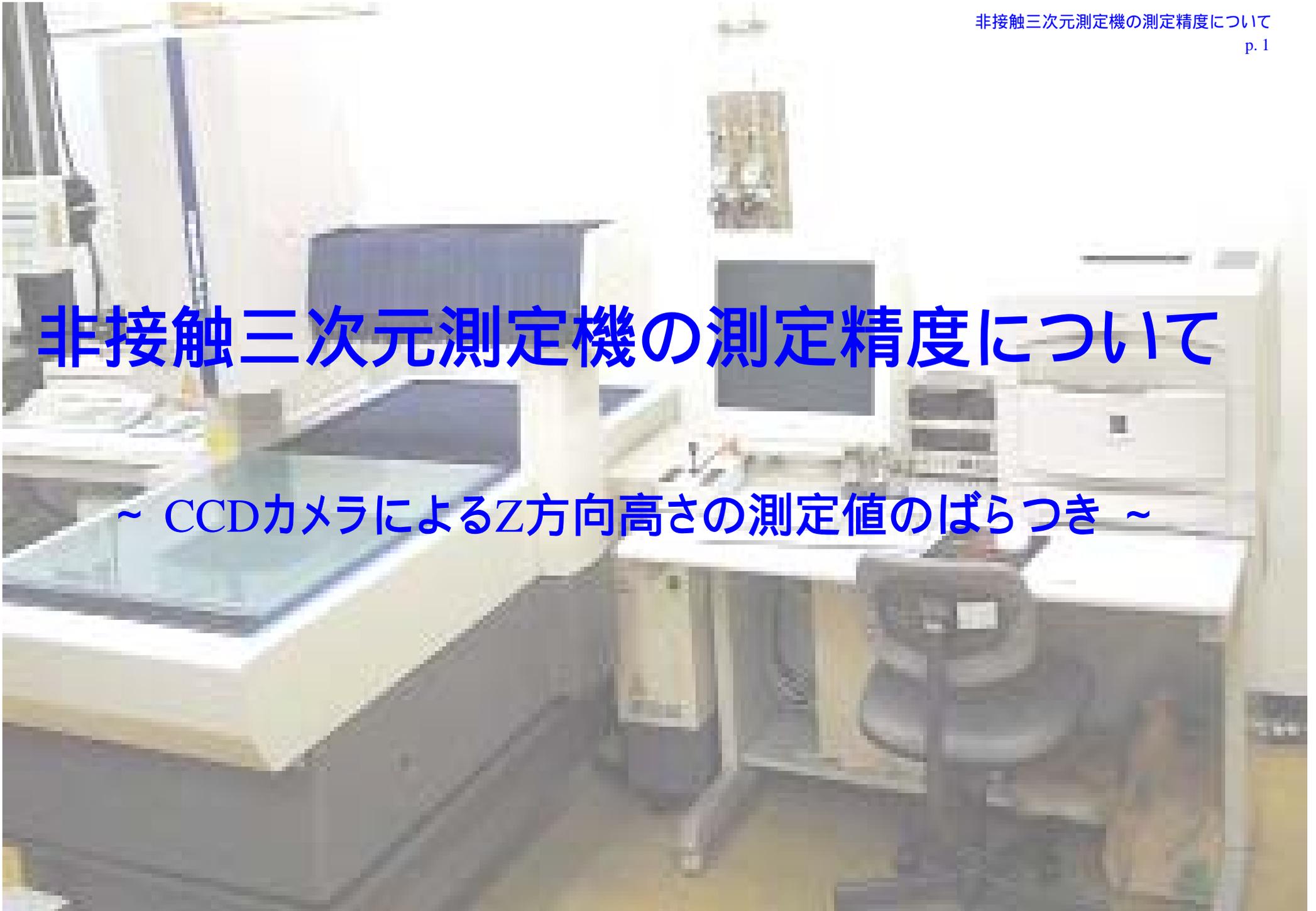


# 非接触三次元測定機の測定精度について

～ CCDカメラによるZ方向高さの測定値のばらつき ～



## 手動測定と自動測定の違いによるばらつき

### 測定方法

ブロックゲージで基準面と2mmと10mmの段差をつかってZ方向の高さを測定

### 測定条件

- ・使用レンズ                   x1
- ・ターレット倍率           x6
- ・フォーカス方法           パターンフォーカス
- ・フォーカススピード      低速

### 手動測定No.1

file:030325\_man01.txt

| No.        | 基準面     | 2mm     | 10mm    |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | -0.0049 | 1.9965  | 9.9972  |
| 2          | -0.0016 | 2.0014  | 10.0019 |
| 3          | -0.0015 | 1.998   | 10.0067 |
| 4          | -0.0009 | 1.9983  | 9.998   |
| 5          | -0.0013 | 2.001   | 10.0027 |
| 6          | 0.002   | 2.0045  | 10.0033 |
| 7          | -0.0011 | 1.9986  | 9.9969  |
| 8          | 0.0017  | 1.9921  | 9.9974  |
| 9          | 0.0036  | 2.0022  | 10.0124 |
| max        | 0.0036  | 2.0045  | 10.0124 |
| min        | -0.0049 | 1.9921  | 9.9969  |
| difference | 0.0085  | 0.0124  | 0.0155  |
| average    | -0.0004 | 1.99918 | 10.0018 |

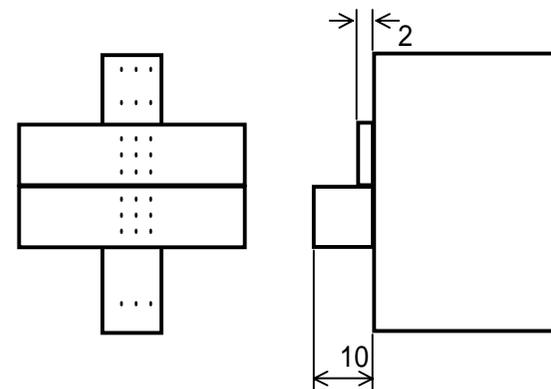


図 測定方法の模式図(各点が測定点)

### 手動測定No.2

file:030325\_man02.txt

| No.        | 基準面     | 2mm    | 10mm    |
|------------|---------|--------|---------|
| 1          | 0.0032  | 2.0053 | 9.9884  |
| 2          | 0.007   | 1.9907 | 10.0076 |
| 3          | 0.0099  | 2.0018 | 10.0082 |
| 4          | 0.0007  | 2.0031 | 10.0064 |
| 5          | -0.0021 | 2.0047 | 10.0085 |
| 6          | 0.0018  | 2.004  | 10.0083 |
| 7          | -0.0015 | 2.0036 | 9.9997  |
| 8          | -0.0027 | 2.0031 | 10.0009 |
| 9          | -0.0007 | 2.0035 | 10.0033 |
| max        | 0.0099  | 2.0053 | 10.0085 |
| min        | -0.0027 | 1.9907 | 9.9884  |
| difference | 0.0126  | 0.0146 | 0.0201  |
| average    | 0.00173 | 2.0022 | 10.0035 |

## 自動測定No.1

file: 030325\_aut01.txt

| No.        | 基準面     | 2mm     | 10mm    |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0.0072  | 2.0064  | 9.9913  |
| 2          | 0.0089  | 2.0063  | 10.0091 |
| 3          | 0.0087  | 2.0057  | 10.009  |
| 4          | 0.0012  | 2.0043  | 10.0083 |
| 5          | 0.0012  | 2.0055  | 10.007  |
| 6          | 0.0023  | 2.0062  | 10      |
| 7          | -0.0016 | 2.004   | 10.0016 |
| 8          | -0.0013 | 2.0047  | 10.0032 |
| 9          | 0.0003  | 2.0048  | 10.0057 |
| max        | 0.0089  | 2.0064  | 10.0091 |
| min        | -0.0016 | 2.004   | 9.9913  |
| difference | 0.0105  | 0.0024  | 0.0178  |
| average    | 0.00299 | 2.00532 | 10.0039 |

## 自動測定No.2

file: 030325\_aut02.txt

| No.        | 基準面     | 2mm     | 10mm    |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0.0055  | 2.0061  | 9.9923  |
| 2          | 0.0099  | 2.0069  | 10.008  |
| 3          | 0.0073  | 2.0063  | 10.008  |
| 4          | 0.0019  | 2.0043  | 10.0087 |
| 5          | 0.0017  | 2.0054  | 10.0068 |
| 6          | 0.0031  | 2.0057  | 10      |
| 7          | 0       | 2.0038  | 10.0014 |
| 8          | 0.0003  | 2.0042  | 10.0043 |
| 9          | -0.0006 | 2.0039  | 10.0064 |
| max        | 0.0099  | 2.0069  | 10.0087 |
| min        | -0.0006 | 2.0038  | 9.9923  |
| difference | 0.0105  | 0.0031  | 0.0164  |
| average    | 0.00323 | 2.00518 | 10.004  |

## 自動測定No.3

file: 030325\_aut03.txt

| No.        | 基準面     | 2mm     | 10mm    |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0.0046  | 2.0511  | 9.9831  |
| 2          | 0.0063  | 2.0037  | 10.0086 |
| 3          | 0.0113  | 2.0049  | 10.0094 |
| 4          | 0.0011  | 2.0039  | 10.0064 |
| 5          | 0.002   | 2.006   | 10.0098 |
| 6          | 0.0001  | 2.0063  | 10      |
| 7          | -0.0019 | 2.0042  | 10.0023 |
| 8          | -0.0021 | 2.0045  | 10.0041 |
| 9          | 0.0002  | 2.0022  | 10.0061 |
| max        | 0.0113  | 2.0511  | 10.0098 |
| min        | -0.0021 | 2.0022  | 9.9831  |
| difference | 0.0134  | 0.0489  | 0.0267  |
| average    | 0.0024  | 2.00964 | 10.0033 |

## まとめ

## 自動測定と手動測定の測定値のばらつき

|         | 手動1    | 手動2    | 自動1    | 自動2    | 自動3    |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 基準面     | 0.0085 | 0.0126 | 0.0105 | 0.0105 | 0.0134 |
| 2mm     | 0.0124 | 0.0146 | 0.0024 | 0.0031 | 0.0489 |
| 10mm    | 0.0155 | 0.0201 | 0.0178 | 0.0164 | 0.0267 |
| average | 0.0140 |        | 0.0166 |        |        |

・自動測定と手動測定でばらつきの大きさに違いはなかった。  
(ほぼ20 μm以下, 若干手動のほうがよい)

## 倍率とフォーカス方法の違いによるばらつき 1

### 測定方法

ブロックゲージの6mm x6mmの範囲を9点測定し、**平面度**を求める

### 測定条件

- ・使用レンズ                    x1
- ・手動測定
- ・フォーカススピード      低速

### パターンフォーカス

| 倍率 | No. | 測定点 | 平面度    | Average |
|----|-----|-----|--------|---------|
| 1  | 1   | 9   | 0.0012 | 0.00123 |
| 1  | 7   | 9   | 0.001  |         |
| 1  | 9   | 9   | 0.0015 |         |
| 2  | 2   | 9   | 0.0016 | 0.0015  |
| 2  | 6   | 9   | 0.001  |         |
| 2  | 10  | 9   | 0.0019 |         |
| 6  | 3   | 9   | 0.0113 | 0.01205 |
| 6  | 4   | 9   | 0.0114 |         |
| 6  | 5   | 9   | 0.012  |         |
| 6  | 8   | 9   | 0.0135 |         |



図 測定方法の模式図(各点が測定点)

### サーフェスフォーカス

| 倍率 | No. | 測定点 | 平面度    | Average |
|----|-----|-----|--------|---------|
| 1  | 1   | 9   | 0.0185 | 0.01483 |
| 1  | 5   | 9   | 0.0166 |         |
| 1  | 7   | 9   | 0.0094 |         |
| 2  | 2   | 9   | 0.0144 | 0.01353 |
| 2  | 4   | 9   | 0.018  |         |
| 2  | 8   | 9   | 0.0082 |         |
| 6  | 3   | 6   | 0.0459 | 0.04078 |
| 6  | 6   | 5   | 0.028  |         |
| 6  | 9   | 7   | 0.0436 |         |
| 6  | 10  | 9   | 0.0456 |         |

#### まとめ

- ・パターンフォーカスのほうが精度のよい測定が可能。
- ・フォーカス方法によらず、ターゲット倍率が6倍になると精度がかなり悪くなる。
- ・倍率が1倍, 2倍の場合は, ほとんどばらつきに違いはなかった。



**パターンフォーカス**を使用し, ターレット倍率は**低倍**で測定するのがよい。

## 倍率とフォーカス方法の違いによるばらつき 1

## 測定方法

1, 1.1, 1.2, 1.5, 2mmのブロックゲージで段差をつくり、各高さで点測定し、Z方向高さを求める

## 測定条件

- ・使用レンズ x1
- ・手動測定
- ・フォーカススピード 低速
- ・基準面は下のブロック
- ・横ピッチ5mm、縦ピッチ4.5mm

## サーフェイス x1

| ゲージ        | 1       | 1.1     | 1.2     | 1.5     | 2       |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 1.0031  | 1.0714  | 1.2046  | 1.5014  | 2.0059  |
| 2          | 1.0057  | 1.106   | 1.1989  | 1.4966  | 1.9932  |
| 3          | 1.006   | 1.1008  | 1.2068  | 1.4999  | 1.993   |
| 4          | 0.9879  | 1.0994  | 1.2068  | 1.501   | 1.9859  |
| 5          | 1.0114  | 1.0977  | 1.2     | 1.4991  | 2.0042  |
| 6          | 1.007   | 1.1216  | 1.1993  | 1.5052  | 1.9913  |
| 7          | 1.0086  | 1.1097  | 1.18    | 1.4937  | 1.9998  |
| 8          | 1.0023  | 1.1078  | 1.2023  | 1.4939  | 1.9912  |
| 9          | 1.0054  | 1.0992  | 1.1568  | 1.5005  | 2.0012  |
| 10         | 1.0119  | 1.1009  | 1.1916  | 1.4991  | 2.0038  |
| max        | 1.0119  | 1.1216  | 1.2068  | 1.5052  | 2.0059  |
| min        | 0.9879  | 1.0714  | 1.1568  | 1.4937  | 1.9859  |
| difference | 0.024   | 0.0502  | 0.05    | 0.0115  | 0.02    |
| average    | 1.00493 | 1.10145 | 1.19471 | 1.49904 | 1.99695 |

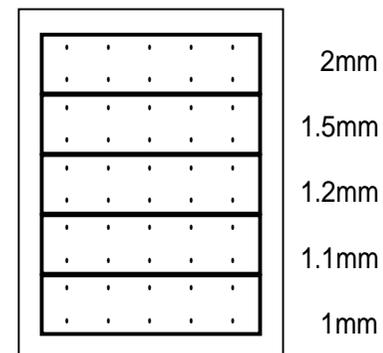


図 測定方法の模式図(各点が測定点)

## サーフェイス x2

| ゲージ        | 1       | 1.1     | 1.2     | 1.5     | 2       |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 1.0312  | 1.1342  | 1.2284  | 1.5205  | 2.0152  |
| 2          | 1.0253  | 1.1278  | 1.2241  | 1.5355  | 2.0213  |
| 3          | 1.0346  | 1.1199  | 1.234   | 1.5256  | 2.0226  |
| 4          | 1.0239  | 1.1266  | 1.2312  | 1.5303  | 2.0243  |
| 5          | 1.0302  | 1.1286  | 1.2209  | 1.5355  | 2.0247  |
| 6          | 1.0318  | 1.124   | 1.2209  | 1.5318  | 2.0252  |
| 7          | 1.0325  | 1.1255  | 1.2123  | 1.5265  | 2.024   |
| 8          | 1.0257  | 1.1202  | 1.2232  | 1.5264  | 2.0197  |
| 9          | 1.0309  | 1.1234  | 1.198   | 1.5239  | 2.0217  |
| 10         | 1.0335  | 1.1284  | 1.2291  | 1.5347  | 2.02    |
| max        | 1.0346  | 1.1342  | 1.234   | 1.5355  | 2.0252  |
| min        | 1.0239  | 1.1199  | 1.198   | 1.5205  | 2.0152  |
| difference | 0.0107  | 0.0143  | 0.036   | 0.015   | 0.01    |
| average    | 1.02996 | 1.12586 | 1.22221 | 1.52907 | 2.02187 |

## サーフェイス x6

測定不可(エラー多発のため)

パターン x1

| ゲージ        | 1       | 1.1     | 1.2     | 1.5     | 2       |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 0.9744  | 1.0765  | 1.1674  | 1.4677  | 1.9618  |
| 2          | 0.9746  | 1.0762  | 1.1677  | 1.4673  | 1.9615  |
| 3          | 0.9769  | 1.0756  | 1.1677  | 1.4675  | 1.9609  |
| 4          | 0.978   | 1.0742  | 1.1686  | 1.4665  | 1.9607  |
| 5          | 0.9796  | 1.0748  | 1.1688  | 1.4673  | 1.9612  |
| 6          | 0.9726  | 1.0717  | 1.1662  | 1.4671  | 1.9598  |
| 7          | 0.9743  | 1.0722  | 1.1665  | 1.466   | 1.9588  |
| 8          | 0.9756  | 1.0704  | 1.1662  | 1.4658  | 1.9585  |
| 9          | 0.976   | 1.0698  | 1.1672  | 1.466   | 1.958   |
| 10         | 0.9822  | 1.0698  | 1.1674  | 1.4656  | 1.958   |
| max        | 0.9822  | 1.0765  | 1.1688  | 1.4677  | 1.9618  |
| min        | 0.9726  | 1.0698  | 1.1662  | 1.4656  | 1.958   |
| difference | 0.0096  | 0.0067  | 0.0026  | 0.0021  | 0.0038  |
| average    | 0.97642 | 1.07312 | 1.16737 | 1.46668 | 1.95992 |

パターン x2

| ゲージ        | 1       | 1.1     | 1.2     | 1.5     | 2       |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 1.0193  | 1.1222  | 1.2131  | 1.5126  | 2.0076  |
| 2          | 1.0206  | 1.1209  | 1.213   | 1.5135  | 2.0068  |
| 3          | 1.0217  | 1.1201  | 1.2127  | 1.5131  | 2.0056  |
| 4          | 1.0234  | 1.1195  | 1.2134  | 1.5119  | 2.0058  |
| 5          | 1.026   | 1.1192  | 1.215   | 1.5126  | 2.0055  |
| 6          | 1.0176  | 1.1175  | 1.2108  | 1.5122  | 2.0051  |
| 7          | 1.0194  | 1.1158  | 1.2118  | 1.5122  | 2.0047  |
| 8          | 1.0201  | 1.1153  | 1.2114  | 1.5116  | 2.0035  |
| 9          | 1.0217  | 1.1146  | 1.2131  | 1.5117  | 2.0034  |
| 10         | 1.0273  | 1.1153  | 1.2129  | 1.5117  | 2.0038  |
| max        | 1.0273  | 1.1222  | 1.215   | 1.5135  | 2.0076  |
| min        | 1.0176  | 1.1146  | 1.2108  | 1.5116  | 2.0034  |
| difference | 0.0097  | 0.0076  | 0.0042  | 0.0019  | 0.0042  |
| average    | 1.02171 | 1.11804 | 1.21272 | 1.51231 | 2.00518 |

パターン x6

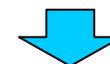
| ゲージ        | 1       | 1.1     | 1.2    | 1.5     | 2       |
|------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 1          | 1.064   | 1.1721  | 1.2671 | 1.5709  | 2.0721  |
| 2          | 1.0673  | 1.1693  | 1.2684 | 1.5715  | 2.0729  |
| 3          | 1.048   | 1.1625  | 1.2704 | 1.5701  | 2.0721  |
| 4          | 1.0708  | 1.1752  | 1.2722 | 1.5686  | 2.075   |
| 5          | 1.0763  | 1.1759  | 1.2746 | 1.5769  | 2.0764  |
| 6          | 1.0613  | 1.1712  | 1.2681 | 1.5716  | 2.0724  |
| 7          | 1.0568  | 1.1719  | 1.2629 | 1.5739  | 2.0733  |
| 8          | 1.0673  | 1.1718  | 1.2717 | 1.5754  | 2.0743  |
| 9          | 1.067   | 1.1726  | 1.2738 | 1.5759  | 2.0756  |
| 10         | 1.0276  | 1.1748  | 1.2738 | 1.5758  | 2.0763  |
| max        | 1.0763  | 1.1759  | 1.2746 | 1.5769  | 2.0764  |
| min        | 1.0276  | 1.1625  | 1.2629 | 1.5686  | 2.0721  |
| difference | 0.0487  | 0.0134  | 0.0117 | 0.0083  | 0.0043  |
| average    | 1.06064 | 1.17173 | 1.2703 | 1.57306 | 2.07404 |

## まとめ

フォーカス方法の違いによる測定値のばらつき

| ゲージ     | サーフェイス  |        | パターン    |         |         |
|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|         | x1      | x2     | x1      | x2      | x6      |
| 1       | 0.024   | 0.0107 | 0.0096  | 0.0097  | 0.0487  |
| 1.1     | 0.0502  | 0.0143 | 0.0067  | 0.0076  | 0.0134  |
| 1.2     | 0.05    | 0.036  | 0.0026  | 0.0042  | 0.0117  |
| 1.5     | 0.0115  | 0.015  | 0.0021  | 0.0019  | 0.0083  |
| 2       | 0.02    | 0.01   | 0.0038  | 0.0042  | 0.0013  |
| Average | 0.03114 | 0.0172 | 0.00496 | 0.00552 | 0.01668 |

- ・サーフェイスフォーカスの場合，高倍率になるほどばらつきは小さくなる。
- ・パターンフォーカスの場合，倍率があがっても，ばらつきが小さくなるとは限らない。
- ・パターンフォーカスのほうが測定値のばらつきが小さい。



パターンフォーカスを使用し，ターゲット倍率は**低倍**で測定するのがよい。

# 表面粗さとフォーカス速度の影響

## 測定方法

フライス加工した表面粗さ基準片を使用し、高さ方向の値を求める

## 測定手順

- ・測定面を9点で面測定し、角度と平面度を求める
- ・先ほどの面を基準面に設定
- ・横4mmピッチ, 縦3mmピッチで面を30点点測定しZ方向の値を求める

| Rough No.  | パターンフォーカス |         |         |         |         |         | サーフェイスフォーカス |         |         |         |         |         | レーザープローブ |         |         |
|------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
|            | 高速        |         |         | 低速      |         |         | 高速          |         |         | 低速      |         |         | 0.4      | 0.8     | 1.6     |
|            | 0.4       | 0.8     | 1.6     | 0.4     | 0.8     | 1.6     | 0.4         | 0.8     | 1.6     | 0.4     | 0.8     | 1.6     |          |         |         |
|            | 1         | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7           | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13       | 14      | 15      |
| 1          | -0.0179   | -0.0163 | -0.0002 | -0.002  | 0.0064  | -0.0007 | -0.0847     | -0.0581 | 0.0088  | 0.0006  | 0       | -0.0002 | 0.4603   | 0.4606  | 0.4549  |
| 2          | 0.0468    | -0.0065 | 0.0538  | 0.0048  | 0.0129  | 0.0383  | 0.0633      | -0.0932 | 0.0214  | 0.0201  | -0.0018 | 0.0423  | 0.4782   | 0.4948  | 0.452   |
| 3          | 0.0619    | -0.0407 | 0.0526  | 0.0015  | -0.017  | 0.0368  | 0.0378      | -0.1181 | 0.0148  | 0.016   | -0.006  | 0.0433  | 0.4845   | 0.5148  | 0.4899  |
| 4          | 0.0449    | 0.038   | 0.07733 | -0.0044 | 0.0124  | 0.0488  | 0.0163      | -0.0462 | 0.0636  | 0.0138  | 0.0139  | 0.0417  | 0.4879   | 0.5341  | 0.4978  |
| 5          | 0.0151    | -0.0383 | 0.0705  | -0.0284 | 0.0128  | 0.0606  | -0.0289     | -0.0407 | 0.0671  | -0.0284 | 0.0019  | 0.0494  | 0.4928   | 0.546   | 0.5063  |
| 6          | 0.0184    | -0.0398 | 0.0953  | -0.0056 | -0.0082 | 0.0677  | 0.0627      | -0.0747 | 0.0726  | 0.0172  | 0       | 0.0571  | 0.4957   | 0.5591  | 0.5486  |
| 7          | 0.0509    | -0.0384 | 0.0623  | 0.0094  | -0.0047 | 0.0191  | 0.0262      | -0.0788 | 0.0443  | 0.0429  | -0.0134 | 0.0321  | 0.4198   | 0.4514  | 0.451   |
| 8          | 0.0193    | -0.0169 | 0.053   | 0.0027  | 0.0022  | 0.041   | 0.0632      | -0.0693 | 0.073   | 0.0454  | 0.0116  | 0.0483  | 0.4412   | 0.4546  | 0.5083  |
| 9          | 0.0195    | -0.0553 | 0.07    | -0.0106 | -0.006  | 0.0532  | -0.0186     | -0.1205 | 0.0737  | 0.0136  | 0.0031  | 0.059   | 0.4405   | 0.4584  | 0.5194  |
| 10         | 0.0742    | -0.0347 | 0.0678  | 0.0016  | -0.0116 | 0.0515  | 0.0687      | -0.0932 | 0.0906  | 0.0285  | -0.0205 | 0.0533  | 0.4391   | 0.522   | 0.5278  |
| 11         | 0.0233    | -0.0065 | 0.0489  | 0.0075  | -0.0035 | 0.0567  | 0.0412      | -0.0867 | 0.074   | 0.0539  | 0.0032  | 0.0539  | 0.4324   | 0.5046  | 0.5361  |
| 12         | 0.0529    | -0.0115 | 0.0709  | 0.0152  | 0.0038  | 0.0602  | 0.0731      | -0.1119 | 0.0764  | 0.0627  | -0.0007 | 0.0422  | 0.4407   | 0.5368  | 0.5376  |
| 13         | 0.032     | 0.0102  | 0.0446  | 0.0216  | 0.0106  | 0.0284  | 0.0965      | -0.0265 | 0.049   | 0.0658  | -0.0071 | 0.0238  | 0.4444   | 0.44    | 0.5135  |
| 14         | 0.0504    | 0.0214  | 0.0555  | -0.0082 | -0.0104 | 0.0375  | 0.0139      | -0.073  | 0.069   | -0.005  | -0.0413 | 0.018   | 0.4473   | 0.4533  | 0.5086  |
| 15         | 0.009     | -0.0437 | 0.052   | -0.0245 | -0.0206 | 0.0388  | -0.0172     | -0.1081 | 0.0953  | -0.0052 | -0.0285 | 0.0433  | 0.4338   | 0.4578  | 0.5032  |
| 16         | 0.0148    | -0.0471 | 0.071   | -0.0211 | -0.0267 | 0.0332  | 0.0273      | -0.1092 | 0.111   | 0.0121  | -0.0434 | 0.0385  | 0.444    | 0.4876  | 0.4745  |
| 17         | 0.0281    | 0.0019  | 0.0439  | 0.0015  | -0.0053 | 0.0298  | 0.0505      | -0.1064 | 0.079   | 0.0213  | -0.0267 | 0.0277  | 0.4122   | 0.5262  | 0.5037  |
| 18         | 0.0616    | -0.0052 | 0.0413  | 0.0187  | 0.0047  | 0.0261  | 0.0225      | -0.0979 | 0.0392  | 0.0532  | 0.0045  | 0.0283  | 0.4364   | 0.5368  | 0.5366  |
| 19         | 0.0514    | -0.0188 | 0.0676  | 0.0214  | 0.0065  | 0.0605  | 0.0548      | -0.0765 | 0.0774  | 0.0599  | -0.0114 | 0.07    | 0.4195   | 0.3967  | 0.4931  |
| 20         | 0.0524    | -0.0106 | 0.1025  | -0.0022 | -0.0002 | 0.0587  | 0.0666      | -0.0643 | 0.1057  | 0.0089  | 0.0078  | 0.0623  | 0.4282   | 0.4012  | 0.4857  |
| 21         | 0.0071    | -0.0349 | 0.0626  | -0.0237 | -0.0109 | 0.0539  | -0.0367     | -0.1061 | 0.0829  | -0.0227 | -0.0294 | 0.0641  | 0.4349   | 0.4666  | 0.4781  |
| 22         | 0.0177    | -0.0596 | 0.0489  | -0.018  | -0.0081 | 0.0375  | 0.0102      | -0.1298 | 0.0557  | 0.0142  | -0.0207 | 0.0501  | 0.4311   | 0.4692  | 0.5139  |
| 23         | 0.0422    | -0.0355 | 0.0332  | -0.0017 | 0.0039  | 0.0331  | 0.0463      | -0.1146 | 0.0654  | 0.0335  | -0.0048 | 0.0417  | 0.4515   | 0.4761  | 0.5171  |
| 24         | 0.0641    | -0.0119 | 0.0297  | 0.0218  | 0.013   | 0.0223  | 0.066       | -0.0815 | 0.02    | 0.0499  | -0.0102 | 0.0248  | 0.472    | 0.5311  | 0.5083  |
| 25         | 0.0366    | -0.0565 | 0.0782  | 0.0031  | -0.0075 | 0.06    | 0.0772      | -0.0651 | 0.0925  | 0.0285  | 0.0039  | 0.0521  | 0.4238   | 0.4162  | 0.529   |
| 26         | 0.0161    | -0.0233 | 0.0728  | -0.0073 | 0.0006  | 0.067   | 0.0299      | -0.0564 | 0.0667  | 0.0093  | 0.0266  | 0.0641  | 0.3915   | 0.3912  | 0.5202  |
| 27         | -0.004    | -0.041  | 0.072   | -0.0278 | -0.0161 | 0.0624  | 0.0335      | -0.0673 | 0.068   | -0.0223 | -0.0002 | 0.0565  | 0.4162   | 0.4154  | 0.4904  |
| 28         | 0.0371    | -0.0408 | 0.0754  | -0.021  | 0.0126  | 0.043   | 0.0359      | -0.0722 | 0.0654  | -0.0025 | 0.0191  | 0.0393  | 0.3938   | 0.4527  | 0.5036  |
| 29         | 0.0219    | -0.0227 | 0.0412  | 0.0089  | 0.0104  | 0.0355  | 0.0189      | -0.0585 | 0.0524  | 0.0029  | 0.0214  | 0.0339  | 0.3921   | 0.4499  | 0.4957  |
| 30         | 0.0246    | -0.0256 | 0.0191  | 0.0052  | 0.0226  | 0.0041  | 0.0328      | -0.0494 | 0.0058  | 0.0205  | 0.0052  | -0.0041 | 0.4368   | 0.5161  | 0.4465  |
| max        | 0.0742    | 0.038   | 0.1025  | 0.0218  | 0.0226  | 0.0677  | 0.0965      | -0.0265 | 0.111   | 0.0658  | 0.0266  | 0.07    | 0.4957   | 0.5591  | 0.5486  |
| min        | -0.0179   | -0.0596 | -0.0002 | -0.0284 | -0.0267 | -0.0007 | -0.0847     | -0.1298 | 0.0058  | -0.0284 | -0.0434 | -0.0041 | 0.3915   | 0.3912  | 0.4465  |
| Difference | 0.0921    | 0.0976  | 0.1027  | 0.0502  | 0.0493  | 0.0684  | 0.1812      | 0.1033  | 0.1052  | 0.0942  | 0.07    | 0.0741  | 0.1042   | 0.1679  | 0.1021  |
| Average    | 0.03241   | -0.0237 | 0.05779 | -0.0021 | -0.0007 | 0.04217 | 0.03164     | -0.0818 | 0.06269 | 0.02029 | -0.0048 | 0.04189 | 0.44075  | 0.47738 | 0.50171 |

|            | パターンフォーカス |         | サーフェスフォーカス |         | レーザープローブ |
|------------|-----------|---------|------------|---------|----------|
|            | 高速        | 低速      | 高速         | 低速      |          |
| Difference | 0.09747   | 0.05597 | 0.12990    | 0.07943 | 0.12473  |

### まとめ

- ・低速と高速では低速のほうが、ばらつきが小さい。
- ・パターンフォーカスとサーフェスフォーカスではパターンフォーカスのほうがばらつきが小さい。
- ・測定物の粗さが大きいほうがばらつきが大きくなる傾向にある。
- ・測定物の粗さが大きいとレーザー測定でもばらつきが大きくなる。

- ・パターンフォーカスを使用し、低速で測定するのがもっともばらつきが小さい。
- ・ブロックゲージで測定した結果(サーフェス 0.03114, パターン 0.00496, 測定スピード 低速)と比較して,粗さが大きい。(サーフェス 0.07943, パターン 0.05596, 測定スピード 低速)とばらつきが大きくなる



**パターンフォーカス**を使用し,ターレット倍率は**低倍**で測定するのがよい。  
(ただし, サンプルの表面が粗い場合, 測定データのばらつきはかなり大きくなる)

### 最終的に...

Z方向の高さをCCDカメラで測定する場合  
もっともよい条件での測定値のばらつきは約 **0.005** mm

ごくありそうな条件での測定値のばらつきは約 **0.05** mm