

# 「デジタル水準器による保有設備の精度管理」

## 機械加工の現場で活躍するワイラー社精密デジタル水準器

### 1. 工作機械における高精度管理の課題

部品加工を担う工作機械の高精度化に伴い、機械精度を維持管理する重要性は高まっている。所定の加工精度を維持するために、使用年数や設置環境の変化に応じて生じる工作機械の変位を簡単・短時間に診断し、機械の精度変化をいち早く発見することが求められている。

今日工作機械の精度管理において、レーザ干渉計やオートコリメータと比べ、より手軽に短時間に測定ができる気泡式水準器が現場で広く利用される。気泡式水準器は事前の段取り不要で、直ちに評価ができるが、気泡が安定するまで時間を要し、作業者間の読み取り差異も生じる。また、測定結果を管理する場合は手書きでメモを残し、データをパソコンに打ち込む作業が必要となる。誰がいつ測定したかの記録を残すトレーサビリティの要求に応えるのは容易ではない。

本稿では機械の予知保全で活躍するスイス・ワイラー社の精密デジタル水準器 BlueLEVEL (ブルーレベル、図 1) の特長と事例を紹介する。

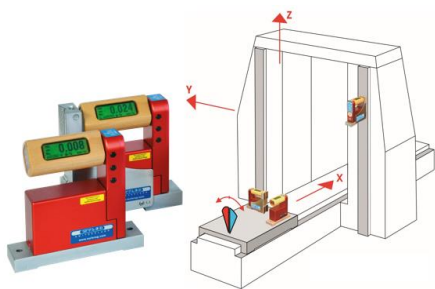


図 1 工作機械の精度管理で活躍する BlueLEVEL

### 2. ワイラー社 (WYLER AG) について

ワイラー社はスイス北部の都市ヴィンタートゥールで水準器を 90 年以上生産し続ける水準器の専門メーカーである。国際 MRA 対応認定事業

者でもあるワイラー社は、角度測量を対象にした認定校正ラボを備え、校正機関の品質・能力を証明する国際規格 ISO/IEC 17025 に適合している。同社で製造した水準器には国際的な基準に適合したスイス校正サービス認定の校正証明書の発行が可能だ。同社の水準器は気泡式・デジタル式を問わず、世界中の自動車や航空機、工作機械、測定、土木、建築と幅広い産業で活躍している。日本でもその信頼性が高く評価され、定盤の平面度測定、半導体製造装置の精密エアベアリングや工作機械ガイドウェイ垂直方向の真直度・平行度・平面度測定、加速器用蓄積リング装置の高精度アライメント、そして校正機関での委託サービスに広く採用されている。

### 3. 精度と使い勝手を両立したワイラー社精密デジタル水準器

ワイラー社精密デジタル水準器は、業界最高峰の精度を持ちながら、現場で利用しやすい耐衝撃性に優れた独自のセンサを搭載し、温度自動補正機能による測定値が高い信頼性を得ている。様々な用途に対応した豊富なアタッチメントと、測定項目に応じた専用ソフトウェアのトータルソリューションにより、工作機械の精度管理の用途で利用されている。また、測定したデータはソフトウェアに自動記録され、トレーサビリティに対応することができる。

#### 3.1. 独自センサの高い信頼性と耐久性

一般的なデジタル水準器は振り子式センサ (図 2 左) を採用しているが、その構造上輸送中・測定中の衝撃に弱い。水準器を大きく揺らしただけで内部の振り子が故障し、メーカーへ修理・校正に

出さなければならないことがある。また、出張先への輸送による故障を避けるため、ハンドキャリーが必要なこともある。これに対しワイラー社は独自の静電容量センサを採用することで優れた耐衝撃性を実現し、外部からの磁氣的・電氣的な影響を軽減する(図2右)。作業者は精密デジタル水準器を収納した専用ケースを出張先へ事前に宅配便で発送し、現地で受け取り作業することが可能だ。



図2 左：振り子式センサのイメージ  
右：静電容量式センサ

### 3.2. 差分測定による外的影響を排除した精密測定

一般的に水準器は1台で利用するが、精密な測定では2台の水準器を利用した差分測定が不可欠である。フォークリフトやクレーンに起因する被測定機への影響だけでなく、被測定機が動くことによる姿勢変化により、水準器の測定結果も少なからず影響を受ける。また定盤の設置方法によっては、水準器を定盤上で動かすだけで数十 $\mu\text{m}/\text{m}$ 程度傾くことがある。水準器1台の測定では、これらの影響を排除できない。

こうした要因を測定結果に反映させないためには、参照用の水準器(仮にAとする)を基準とし、測定用水準器(仮にBとする)との差をとる差分測定が必要となる。差分測定の方法はまず、参照用水準器を機械ベースなど測定に干渉しない場所に置き、測定用水準器と平行の向きになる。次に参照用水準器はそのままの状態、測定用水準器を最初の測定点へ置き、測定値AとBの差分(B-

A)を記録する。そして次の測定点へ移動させて再び測定値B-Aを記録し、これを繰り返す。水準器2台の差分測定により、測定中の振動や姿勢変化などが発生しても、常にB-Aを基準とした適切な測定値をソフトウェアに記録でき、精密な測定を実現する(図3)。



図3 水準器2台による差分測定

### 3.3. Bluetoothによる作業性の向上

ワイラーのハイエンドデジタル水準器BlueLEVELは感度0.2秒、測定範囲 $\pm 20\text{mm}/\text{m}$ で、ワイヤレス測定が可能である。Bluetoothによるデータ転送・表示機能が標準で搭載され、最大通信距離は約30mに及ぶ。水準器とPCをケーブルで接続した測定では、ねじれや摩擦による経年劣化や、取り回しの悪さという側面がある。特に大型定盤の場合、作業者が測定中に移動することが多くケーブルの取り回しに苦慮する。BlueLEVELであれば、ワイヤレス測定により作業性が大きく改善される。

### 3.4. 測定データ自動記録によるトレーサビリティの確保

本器の測定はBluetooth検出器をPCに接続した状態で実施され、作業者が測定データをモニター上で確認し、リモコンのボタンを押してソフトウェアに記録する(図4)。これにより現場での手書きによる記入ミスや、Excelへ入力する手間もな

く測定データを管理することができる。先述の差分測定でも、水準器 A、B 両方の測定値を同時に PC へ取り込み、B-A を自動で計算しソフトウェアへ記録できる。蓄積した測定データを分析することで、機械誤差の傾向が見え、事前の対策が可能である。



図 4 ワイラー社精密傾斜測定システム

### 3.5.多様な測定に応える定盤・機械精度評価用ソフトウェア

水準器専門のワイラー社は精密デジタル水準器で取得できる測定データを活用し、多様なアプリケーションに応えるソフトウェア wylerSPEC をリリースしている。測定できる測定項目は平面度、直角度、ピッチング・ローリング、ガイドウェイ垂直方向の真直度・平行度、立形主軸とテーブルの直角度など、多岐にわたる。測定結果はグラフ表示、色調として傾斜の変化を分かりやすく表示することや、評価方法を ISO1101/エンドポイント/最小二乗法と、用途に応じて切り替えることができる (図 5)。

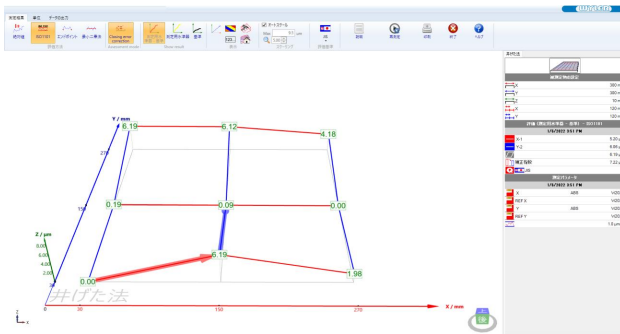


図 5 ソフトウェア wylerSPEC

また、測定結果は CSV ファイルの他、測定レポートを Word/Excel/PDF 形式で出力方法を選べる。ワイラー標準の測定レポートを社内・社外向け資料として活用できるほか、測定結果など必要な情

報のみをコピー & ペーストし、ユーザー独自のレポート書式に応用することもできる。

### 4. BlueLEVEL による保有設備の精度管理事例

定期的に保有設備の精度確認を実施することで精度変化をいち早く発見し、必要なメンテナンスや定期校正のタイミングを判断することができる。以下ワイラー器を用いた機械テーブルのピッチング・ローリング測定、ガイドウェイ垂直方向の真直度測定、そして機械テーブル・定盤の平面度測定について紹介する。

#### 4.1.機械テーブルのピッチング・ローリング測定

機械テーブルのピッチング・ローリング測定では BlueLEVEL を X 軸方向に 1 台、もう 1 台を Y 軸方向へテーブルに載せ (図 6)、精密なセッティング不要でピッチング・ローリングを短時間に測定できる。

ピッチングとローリング測定は、特別な治具製作を必要としない。機械の加工ヘッドやテーブルに水準器を置き、一定の間隔で移動させることで、機械の状態を短時間に評価することができる。機械テーブルのピッチングとローリングを定期的に診断することで、校正サービスやメンテナンスが必要かどうかの指標にすることができる。

また、水準器では垂直軸方向の回転誤差を同定できない。ワイラーのソフトウェア wylerSPEC では、レーザ干渉計やオートコリメータで測定したヨーイングのデータを、ピッチング・ローリングのデータと合わせて入力する機能があり、一元管理にも対応している (図 6)。



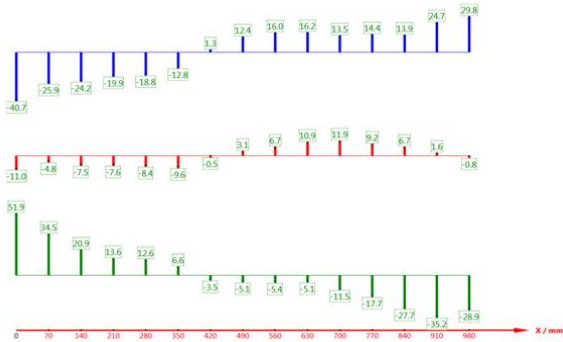
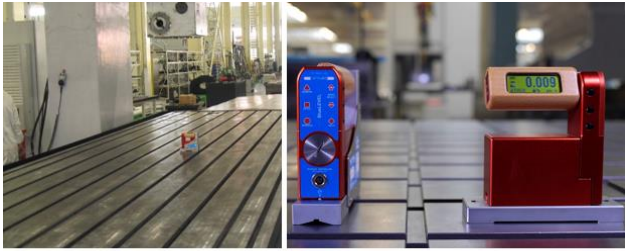


図6 機械テーブルのピッチング・ローリング・ヨーイング測定例

#### 4.2.ガイドウェイ垂直方向の真直度測定

工作機械や半導体製造装置では正確な直線動作を生むガイドウェイの精密測定が重要である。ワイラー製品を活用し、1本だけでなく複数ガイドウェイの評価ができる。2本の場合、ストレートエッジの上に水準器を設置し測定することで、片方のガイドウェイ基準の平行度や、2本のガイドウェイを1つの仮想面とした平面度の評価も可能だ(図7)。

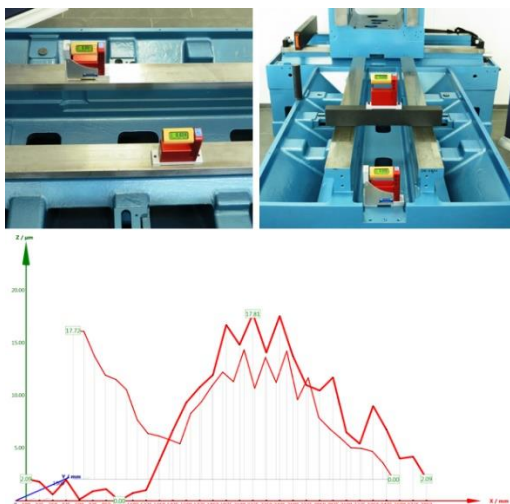


図7 ガイドウェイの真直度・平行度・平面度測定例

#### 4.3.定盤の精度管理

機械加工や組立現場では定盤が現場の測定に広く利用され、ワイラーの精密デジタル水準器は著名な定盤メーカーや定盤ユーザー、校正機関に多く採用されている。定盤面は特定のエリアで集中的に活用されることで、部分的に摩耗が発生し平面度が悪化する。XY方向が同じ長さの測定ピッチの評価しかできないソフトウェアがある中、ワイラーであれば縦横方向異なる測定ピッチの測定に柔軟に対応し、測定不要箇所を部分的に除外する中抜きも可能であり、一般的な長方形の定盤のみならず、丸形や直角、異形定盤の平面度・直角度測定にも対応する(図8)。またISO規格に従い、予め検査や試験の結果に対する信頼性を確保することが求められており、定盤の定期的な精度管理が必要である。社内で多数の定盤を保有しているユーザーでは、多様なサイズの定盤測定のテーマにワイラーのBlueLEVELが応えている。

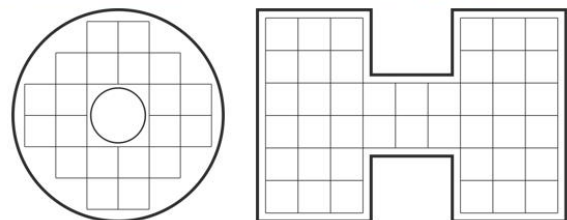


図8 定盤・機械テーブルの平面度測定例

## 5.まとめ

気泡式水準器は工作機械の精度管理や調整に広く利用されているが、水平出し等の限定された検査の利用にとどまっている。BlueLEVELは耐久性に優れる高い独自のセンサを採用し、デジタル表示で作業者ごとの読み取り差異がなく、差分測定により精密な測定を実現する。また、現場作業の負荷を軽減するワイヤレス機能と、ペーパーレスな測定データの自動記録機能を兼ね備える。さらに、工作機械や定盤の精度管理に有効な専用ソフトウェアと組み合わせることで、多様な精度検査の要望に応える。弊社ではBlueLEVELのデモンストラーションを積極的に実施し、工作機械や定盤の精度管理に適した機能を紹介することで、保有設備の精度維持に貢献していきたい。

以上