

最もレベル差の大きい地点は 15m 地点で $33\mu\text{m}$ となり、40m 地点でも $26\mu\text{m}$ の差であった。AT-401 の内蔵水準レベル性能 $\pm 1\text{arc sec } 2\sigma$ 内に入る、良好な結果であると思われる。

AT401 は設置時にヘッドの傾きを水平に調整してから使用するのに対し T3 では $\pm 2^\circ$ (ごく最近 $\pm 0.2^\circ$ に変更) 以内であればそのまま測定できるとのことなので設置時の傾きが大きければこのように 40m で 0.3mm あるいはもっと大きくなった。実際に T3 のヘッドに Wyler の水準器を図 8 のように固定し T3 内部の水準器の値と比較した。図 9 上段に Wyler の値の変化を示す。また二つの水準器の軸の向きを補正するため Wyler の方をわずかに回転 (今回は 0.28 度) し、内部の水準器の値を 0.23% ほど大きくした値との差も示している。下段は内部の水準器の値の増大率を $0, 0.23, 0.46\%$ と変化させたときの Wyler の値との差で、 0.23% で良くあっている。Wyler の水準器は長さ 500mm の水準器検査器 (大菱計器製) でダイヤルゲージを用いエラーは 0.1% 以下であることをチェックした。 0.23% を考慮するとこの時のデジタルレベルの測定結果との差 40m で 0.7mm がよく説明できた。

このような結果から、T3 のヘッドに小さな水準器を固定し、内部の水準器を使用する場合は設置時に三脚の床に接するところのねじで調整することにした。

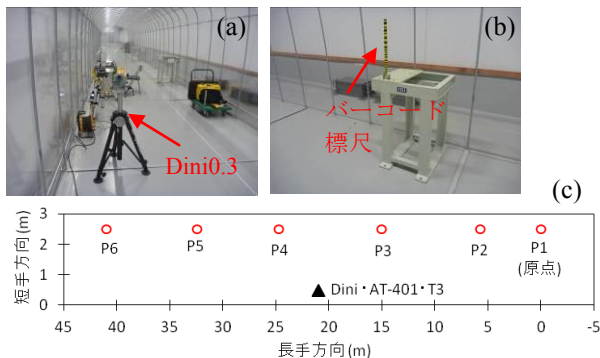


図 6. (a) (b):Dini 設置位置 (c):測定位置

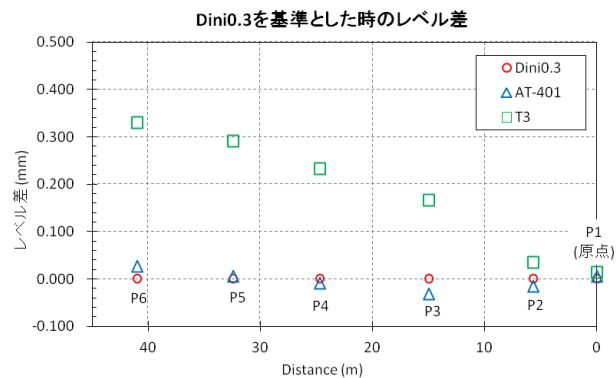


図 7. 直線レベル差比較結果



図 8. Wyler 水準器設置位置

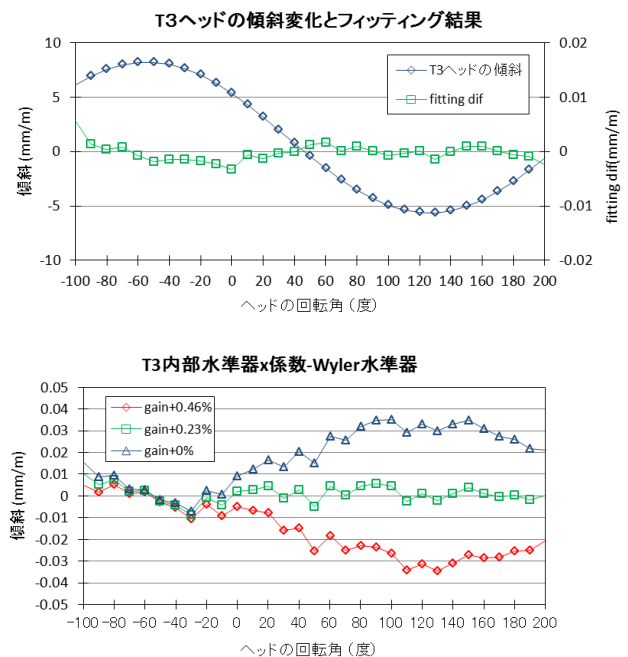


図 9. T3 ヘッド回転角と Wyler 水準器の比較

2.4 Dini0.3 との平面のレベル精度比較

AT-401 はホームポジションが無く、全方位の測定が可能である。しかし、本体を設置する向きを常に一定にするのは困難であるため、全方位でのレベル差比較を行い再現性の確認をした。まず、 $6\text{m} \times 6\text{m}$ の平面に 1m 間隔で計 49 点の測点を作成した。次に、測点を Dini0.3 と AT-401 で測定し Dini0.3 とのレベル差を算出した。Dini0.3 と比較し全体的にレベルが下る傾向にあり、本体から一番近い距離 (2m) で約 $60\mu\text{m}$ 程度下がったが、全方位測定においても本体の向きにより水準レベルが著しく変化する箇所はないと思われる。(図 10.図 11)

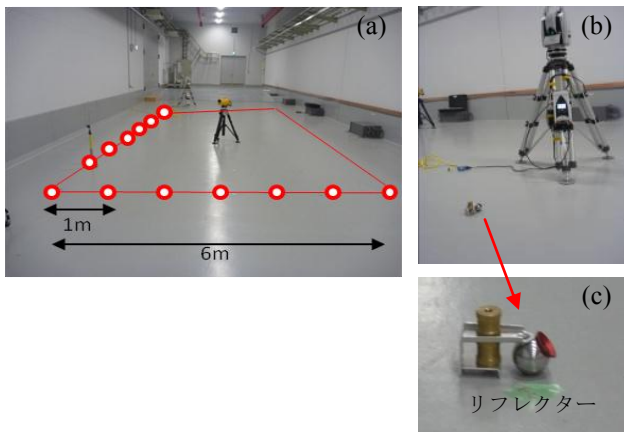


図 10. (a)平面測定位置 (b)(c):AT-401 測定状況

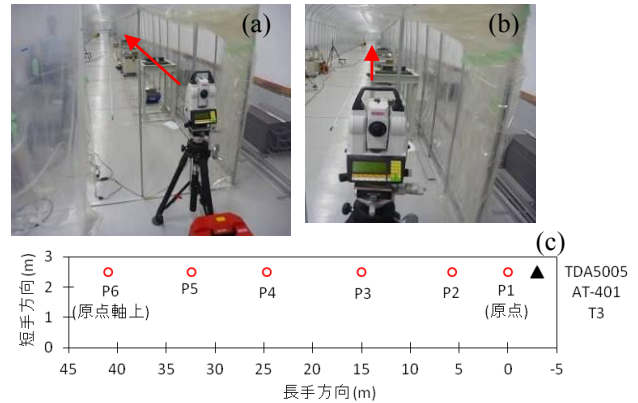


図 12. トラック設置位置と測点

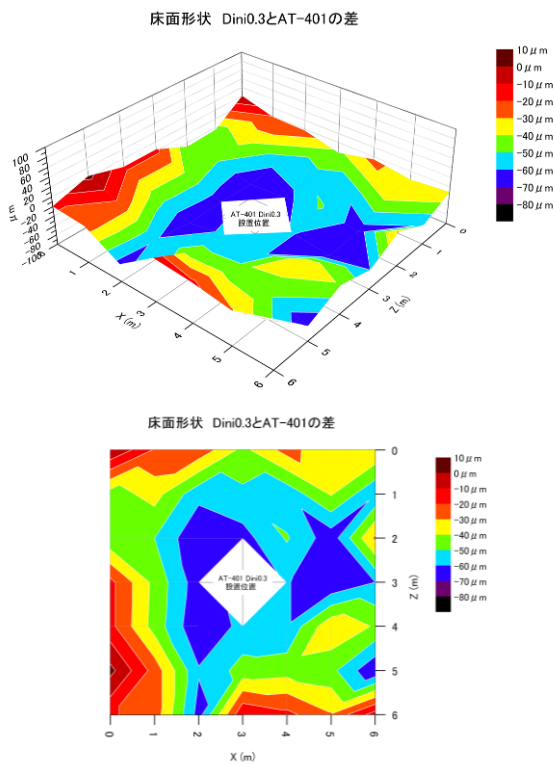


図 11. 平面レベル差比較結果

TDA5005を基準とした時のAT-401とT3方位比較

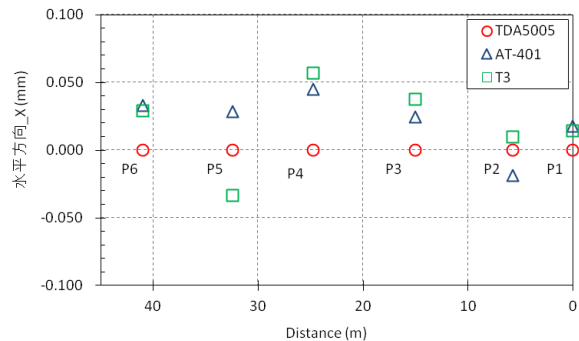


図 13. TDA5005 との水平方向比較

2.5 TDA5005 との水平角の精度比較

AT-401 の水平角の性能比較には、Leica 社製 TDA5005 を使用した。まず、装置を架台直線上に設置し架台 P1 を原点に、架台 P6 を原点軸上の点とした。(図 12)各測点にてそれぞれ 5 回の測定を行い、再現性の確認を行った後、結果を平均化した。TDA5005 を基準とし AT-401 と T3 の水平レベルの差を算出した。(図 13)

25m 地点で約 $40 \mu\text{m}$ の変位量となったが、全体的にズレ量は僅かであり、TDA5005 との水平角の相違は小さいと思われる。

3. T3 との性能比較

3.1 T3 との距離の精度比較

現在、SACLA 光源棟ではモニュメントの定期測量として T3 を使用した網測量を行なっている。細長い領域での測量網ではミクロンオーダーの距離の精度が必要とされ、これまで干渉計を搭載した T3 で行ってきた。同様のことが AT-401 で可能か、距離測定精度を調査した。

架台の直線上に T3 を設置し、次に AT-401 を T3 の真横に設置した。ミクロンオーダーでの比較を行うには、極力人的な誤差を減らす必要があるため、測定時にリフレクターに触れること無く双方が測定可能な状態を作った。まず、T3 にて測定を行い、終了後レーザーを遮断する。T3 はホームポジションに戻るため、続いて AT-401 のレーザーをリフレクターにロックさせ測定を行った。この方法により、同じリフレクターを使用し、且つリフレクターを動かすこと無く精度の良い測定を行うことが出来た。

この測定は架台 P1 側に設置した時と架台 P6 側に設置した時の 2 箇所にて行い、測定値が再現するかの確認も行った。(図 14)

15m 付近の変位量が特に大きくなったが、40m 以上離れた測点においても T3 との誤差は $10 \mu\text{m}$ 以内に入っており、P1 側・P6 側の設置位置の違いにおいても同等な結果となっている。(図 15)

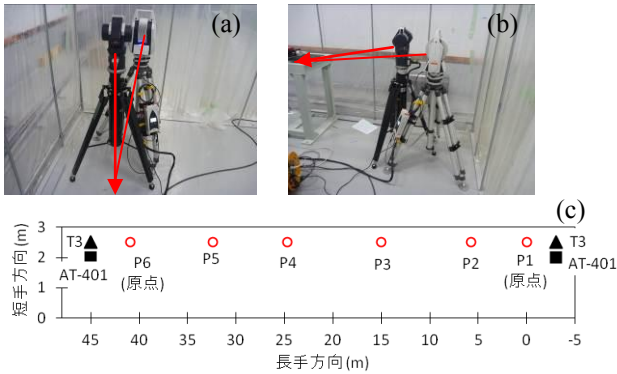


図 14. (a) (b):AT-401・T3 設置位置 (c):測定位置

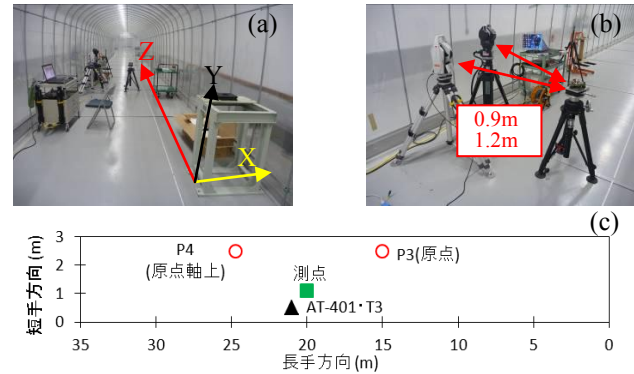


図 16. (a):左手系作成位置 (b):AT-401・T3 設置位置 (c):測定位置

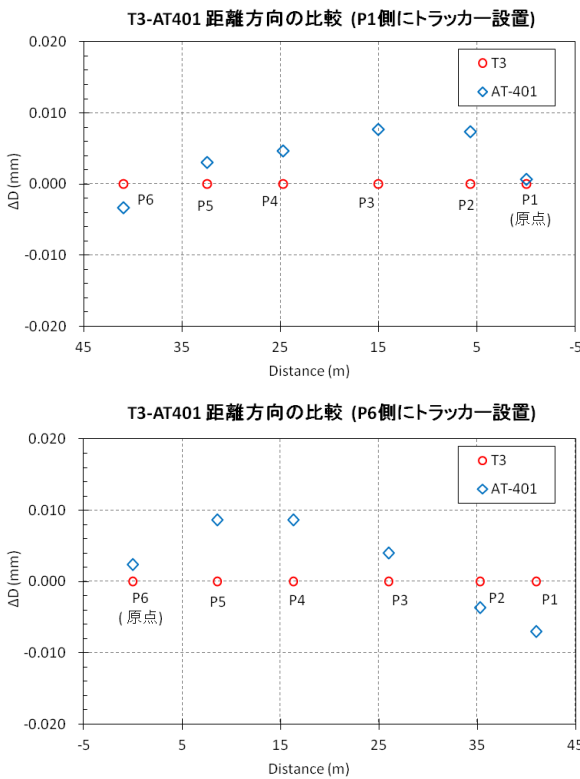


図 15. T3 との距離方向比較

3.2 T3 との近距離の精度比較

AT-401 の最短距離測定のメーカー保証は 1.5m であるが、実際にどこまで計測できるのかを T3 と比較した。測定には SACLA のアライメント環境と同様の状況で行った。SACLA ではアライメントに 2 つのモニュメントを使用し、左手系を作成している。まず、架台 P3 と架台 P4 を使用し、左手系を作成した。次にトラックからの距離 1.2m 地点と 0.9m 地点をそれぞれ 20 回測定し、測定値の差を算出した。(図 16)

1.2m 地点・0.9m 地点ともに測定値は T3 の結果とほぼ同じになり、測定自体は可能であると思われる。しかし、0.9m よりリフレクター近づけるとトラッキングせず測定自体が出来なくなった。

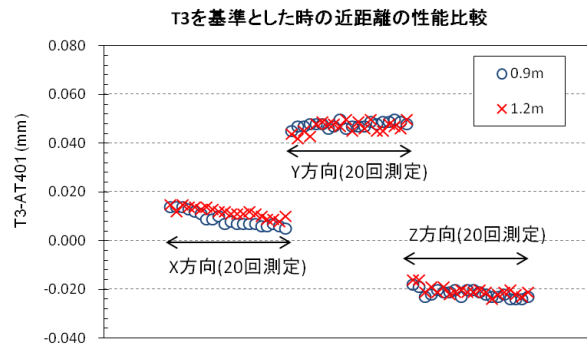


図 17. 近距離の性能比較

4. おわりに

今回新たに導入した AT-401 は絶対距離計による測定のため途中でレーザーが途切れても、再度トラッキングを行えば測定可能なので、現場での作業が容易になり、作業効率の向上が出来ると思われる。さらに、本体内部にバッテリーとワイヤレス LAN を搭載していることから、完全ケーブルレスでの測定も可能となった。今回の調査で SACLA での本格的な使用を前に AT-401 の基本性能を知ることが出来たと考える。電源投入から機器が安定するまでにかかなりの時間を要するが、常に電源を入れた安定状態で使用すれば、絶対距離計の精度も T3 と概ね同等であると思われる。今後は、実際の定期測量を AT-401 で行い、T3 とのさらなる比較を行いたいと考えている。

[1] M. Yamashita, et al. “XFEL加速管・Q電磁石BPM用架台のアライメント”, 本学会2010年
 [2] Y. Maeda, et al., “API社製レーザートラックの性能調査”, 本学会2011年