

移動床室内水路における近接写真測量と地上レーザ測量による水面形状の面的計測比較

～ 動的水面の計測値は標高値ではなく時間支持幅を持つ代表値：SfM準瞬時面とTLS逐次走査面は時間幅が近くても同じ面ではない～

安田晃昭¹・萬矢敦啓²・西山典志¹（¹：株式会社 安田測量 ²：国立研究開発法人 土木研究所）

1. 研究の意義

水面形は、流れ、河床形状、土砂移動、流れの抵抗を反映する。水面形の計測は、**見えない流れ場と河床変動を「見える三次元形状」として表現する**ことである。

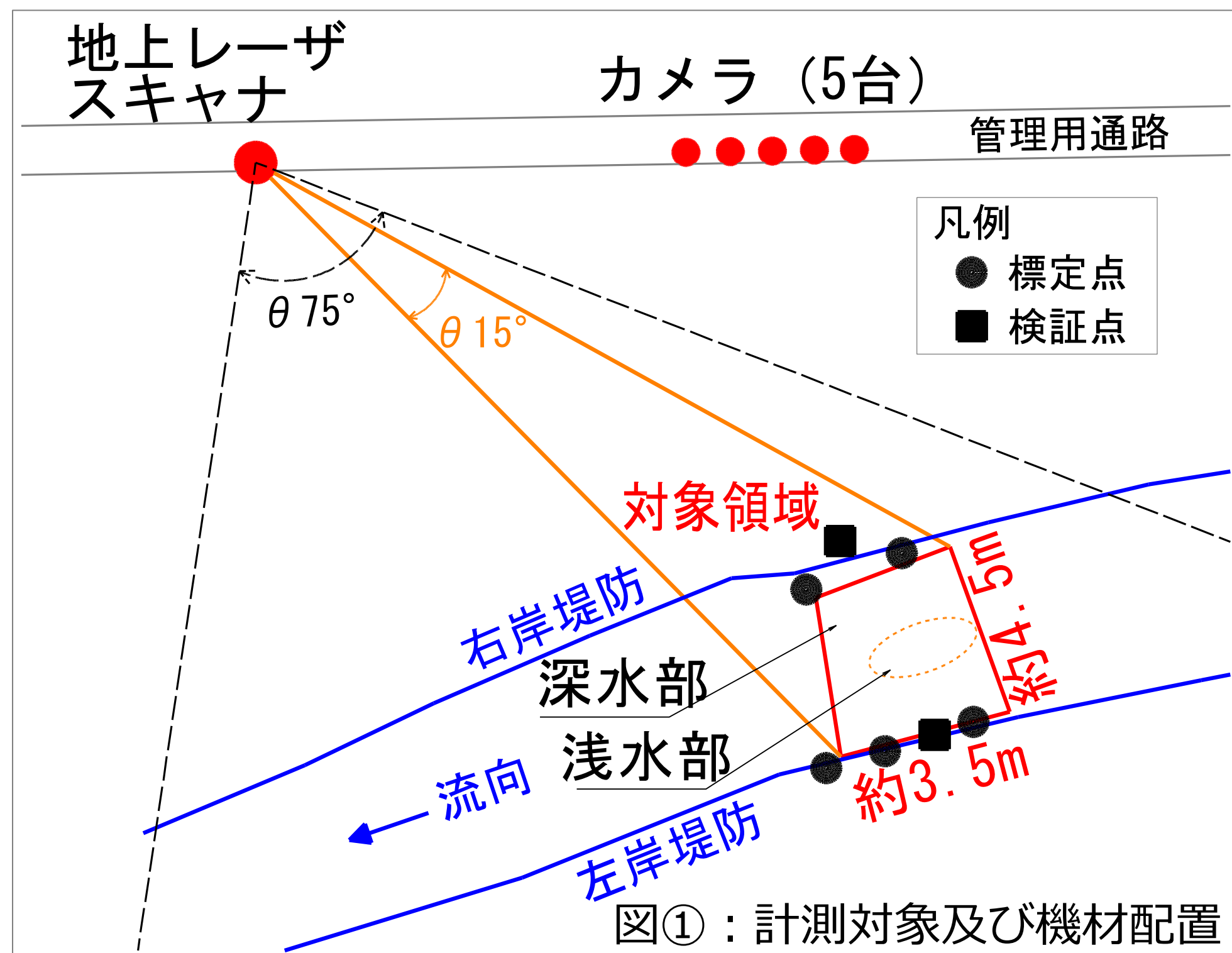
2. 背景・目的

河床波を伴う移動床流れでは、河床と水面が相互に変動するため、**水面形状の面的・時系列把握が重要**である。しかし、近接写真測量と近赤外レーザ測量による水面計測を同一条件下で比較した事例は少ない。

本研究では、河床波上の自由水面を対象に、**SfM準瞬時面**と**TLS区間走査面**を比較し、**時間支持幅・観測幾何・水面光学応答が差分に与える影響**を整理する。

計測値が代表する時間範囲

3. 実験条件



【実験条件】・通水流量：約40L/s
・対象面積：13.2m²

【使用機材】

・カメラ：Sony α7Ⅲ × 5台
+ 同期装置(FA-WRC1M / FA-WRR1)
・TLS：Topcon GLS-2200

【計測条件】

・SfM用画像：10 s間隔で連続撮影
・TLS：約75°を約2分で逐次走査
→対象範囲約15°に対して、**実質窓幅約24 s**

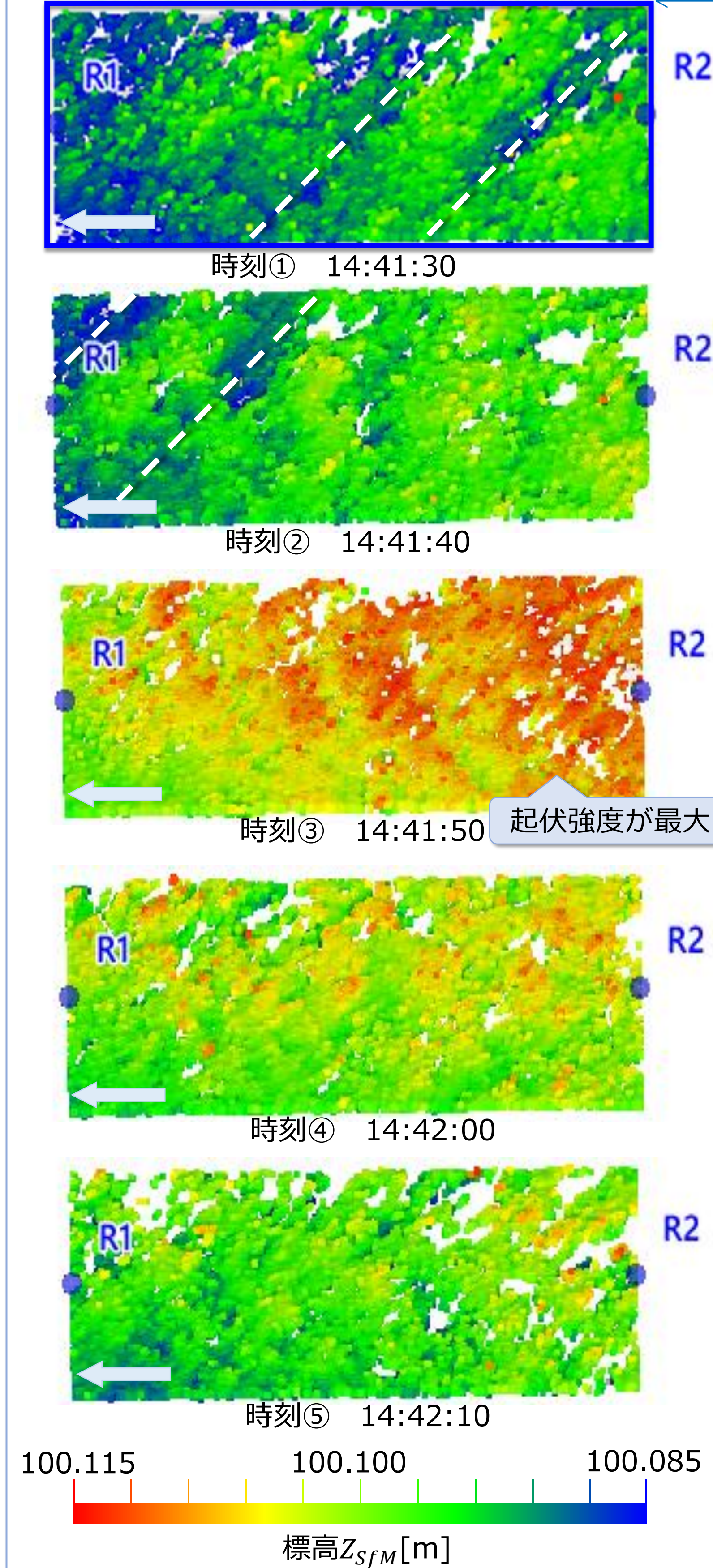
5台同期カメラとTLSを用いて、**同一水面を面的に計測・比較した**

4. 比較方法

TLS点群：条件付き参照面として差分を評価、SfM点群を比較対象とする。

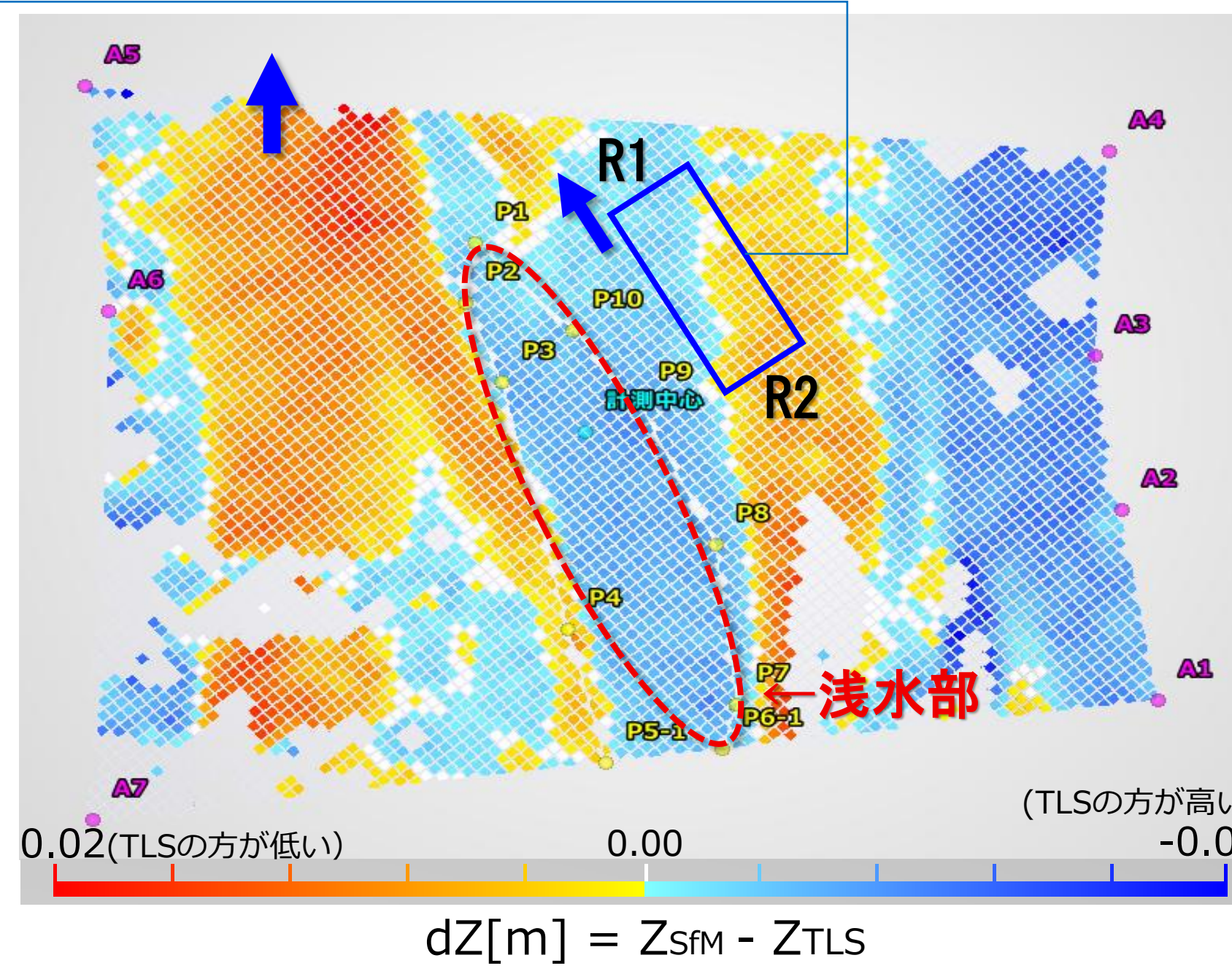


5. 主な計測結果



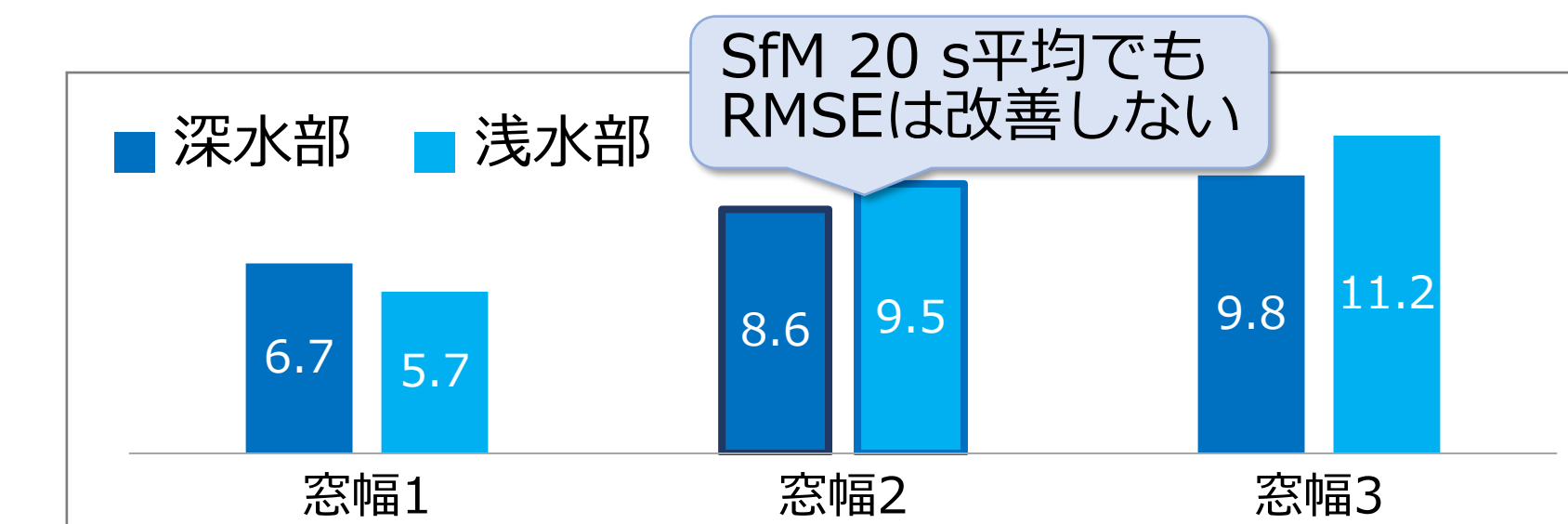
図②：SfMが捉えた自由水面の時系列構造

SfMは、流下方向に**斜行する帯状の水面起伏を時系列で可視化**した。位置関係は概ね保持されるが、強度は数十秒スケールで変化した。**河床波に応答した、時系列的な自由水面構造**の可能性がある。



図③：2つの手法の標高差のヒートマップ

dZは、**一様な精度差ではなく、時間支持幅・観測幾何・水面光学応答が重なった差分構造**を示している。



図④：深水部・浅水部のRMSE比較結果[mm]

TLSの実質窓幅に最も近い条件は、SfMの窓幅2（20 s・3時刻平均）だが、深水部・浅水部のいずれでも、**窓幅1より小さいRMSEは得られなかった。**

【結果の解釈】

SfMの20 s平均面は、複数時刻の面的形状を同一格子上で**平均した面**である。一方、TLSの約24 s走査面は、点ごとの取得時刻が異なる**逐次走査面**である。したがって、両者は**「時間の長さ」が近くても、サンプリング構造が異なる**。また、TLS特有の誤差要因があるため、無条件に真値とせず**条件付きの参照面**として扱う必要がある。

6. SfMとTLSの使い分け

観点	SfM	TLS	使い分け：実務上の示唆
動的水面	準瞬時・高頻度	区間代表面	水面変動追跡はSfM
固定物・端部	高密度だが形状忠実度に注意	端部・境界形状に有利	基準形状はTLS
手法比較	平均化で変動を平滑化	走査時間を内包	時間支持幅を明示

- 数値解析や実河川観測で水面計測する際は、**瞬時面と代表面を区別すべき**。**非定常流況や水面起伏を評価する場合は**、SfMのような**短い時間支持幅**の面的データが有効である。
- 固定物や端部形状、基準形状の取得にはTLSが有効である。
- 両者は競合ではなく、**水面変動の把握と基準形状取得を分担する補完的手法**。

7. まとめ

- SfMは、河床波上の**自由水面に現れる帯状起伏を面的・時系列的に可視化**した。
- TLSの実質窓幅に近い20 s平均でもRMSEは改善せず、**時間支持幅の近似と単純平均化は同義ではなかった**。
- dZの差分は、手法間の単純な**精度差ではなく、時間支持幅・観測幾何・水面光学応答が重なった結果として解釈する**必要がある。
- 動的水面の計測値は、単なる標高値ではなく、時間支持幅を持つ代表値**として評価すべきである。
- SfMとTLSは競合ではなく**水面変動把握と基準形状取得を分担する補完的手法**。

8. Discussion Points

- Q1, 20 s平均がTLSの24 s走査面に近づかなかったのは何故か？
→仮説：時間幅が近くても、SfM平均面とTLS逐次走査面はサンプリング構造が異なる
- Q2, 実河川で「時間支持幅」をどう定義すべきか？
→仮説：開始・終了・代表時刻、点ごとの取得時刻、平均化方法、対象現象の時間スケールを定義
- Q3, TLS水面点は、どの条件なら参照面として扱えるか？
→仮説：戻り信号、欠測、死角、外れ値、独立水位で検証済みの場合に限る
- Q4, 数値解析の検証データに使う場合、瞬時面と代表面をどう分けるべきか？
→仮説：非定常解析は瞬時面、平均場・準定常解析は代表面で比較する

実河川観測・数値解析検証での時間支持幅の定義について、ご意見お願いします

謝辞：本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室の皆様、施設をご提供いただくとともに、実験の諸条件についてご教示いただくなど、多大なるご協力を賜りました。ここに記して深く謝意を表します。