

## GPS によるフィルダム堤体変位計測の対流圏遅延補正に用いる気象データについて

山口大学大学院 正会員 ○中島伸一郎, 清水則一  
山口大学大学院 学生会員 常峰紫乃, 大和健大朗  
(独)水資源機構 正会員 佐藤信光, 久保田貴史

## 1. はじめに

GPS 変位計測システムは、地表面の 3 次元変位を自動連続計測する手法として、様々な構造物の安全監視に利用されている<sup>1)</sup>。長大斜面のように計測エリアの高低差が大きい場合には、電波の対流圏遅延による誤差の影響が大きくなるが、現地気象データを用いて対流圏遅延を考慮した基線解析を行うことで誤差を軽減することが可能である<sup>2)</sup>。ただし、補正に必要な気象 3 要素（気温・水蒸気圧・大気圧）が現場で観測されているとは限らず、多くの場合は最寄りの気象官署のデータを用いる<sup>3)</sup>ことになる。本研究では徳山ダムを事例として、ダムから 39 km 離れた岐阜地方気象台の気象データとダム現場の実測気象データを分析し、対流圏遅延誤差の補正への適用性を検討した。

## 2. 徳山ダムの GPS 変位計測および気象データ

徳山ダム（岐阜県揖斐川町）は堤高 161 m の中央土質遮水壁型ロックフィルダムである。図 1 に示すように、天端と下流側斜面に GPS センサが配置され、2006 年より長期的に GPS 変位観測が行われている<sup>3), 4)</sup>。気象観測は 2006 年より右岸の気象観測ステーションで行われているものの、対流圏遅延補正に必要な 3 要素のうち大気圧は観測されていない。そのため 2018 年 8 月よりダム管理所内に大気圧センサを設置し記録を開始した。

一方、気温・水蒸気圧・大気圧の 3 要素が毎時観測されている最寄りの気象官署は岐阜地方気象台で、徳山ダムからは約 39 km 離れ、標高差は 393 m である。図 2 の雨温図からわかるとおり、徳山ダム地点は岐阜地方気象台よりも平均気温が 4.4 °C 低く、年間降水量は約 1000 mm 多いなど、気象条件的に差があることが想定される。岐阜地方気象台の気象データを用いて徳山ダムの GPS 計測結果を対流圏遅延補正することの妥当性の検証が必要となった。

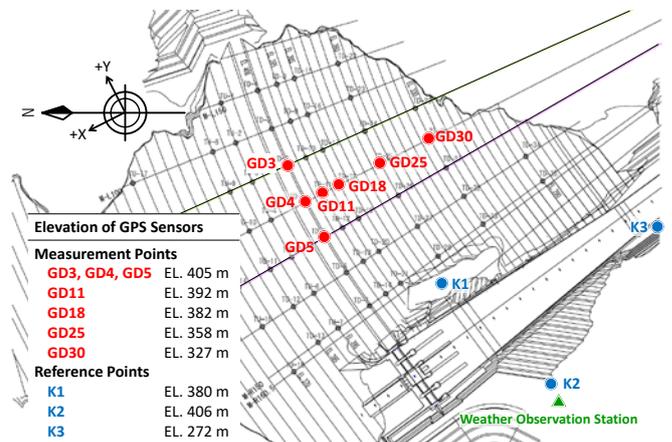


図 1 徳山ダム堤体の GPS センサ配置図

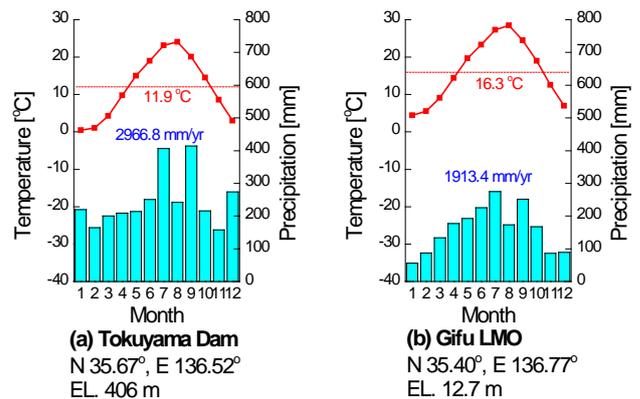


図 2 徳山ダム地点および岐阜地方気象台の気温と降水量（データ期間：2006 年～2018 年）

図 3 は、徳山ダム地点で大気圧の観測を開始した 2018 年 8 月 28 日～2019 年 2 月 22 日の気温、相対湿度、大気圧、水蒸気圧について、岐阜地方気象台のデータとの相関を調べたものである。ここで、気温および大気圧については、ダム標高での値に換算した。

図より、対流圏遅延補正に直接影響を与える気温、大気圧、水蒸気圧のいずれも決定係数  $R^2$  は 0.96 を超えており、徳山ダム地点と岐阜地方気象台では気象的に極めて高い相関がある。

キーワード GPS 変位計測システム, フィルダム, 堤体変位, 対流圏遅延補正,

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL : 0836-85-9334

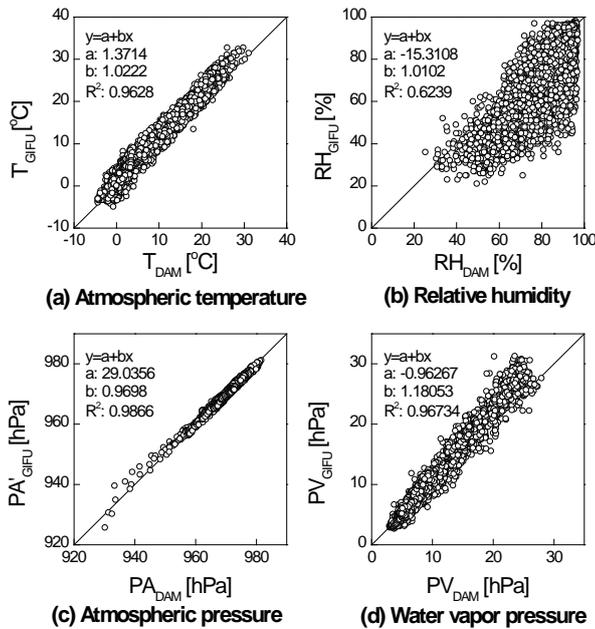


図3 徳山ダム地点の気象実測値と岐阜地方気象台の観測値から推定したダム標高での気象との相関（データ期間：2018年8月28日～2019年2月22日）

図4(a)～(c)は両地点の気象データを時系列で表示したもので（岐阜気象台の気温と大気圧はダム標高に補正済み）、図4(d), (e)はそれぞれ、気象データを用いてHopfieldモデルにより推定した<sup>1), 2)</sup>天頂方向の対流圏遅延量差（高低差100 mあたり）と、両者の差を表している。図より、気温、水蒸気圧、大気圧の3要素は、徳山ダムと岐阜地方気象台で大きさも変動状況も一致しており、そこから算出される対流圏遅延量差（高低差100 mあたり）も±2 mm以内で一致している。すなわち、徳山ダムと岐阜地方気象台は、39 kmの水平距離と393 mの標高差がありながら気象条件は共有していると言え、岐阜地方気象台の気象データを用いて徳山ダムのGPS計測結果を対流圏遅延補正に用いても問題ないことが明らかとなった。

### 3. 徳山ダム GPS 変位の対流圏遅延補正結果

図5は、岐阜地方気象台の気象データを用いて修正Hopfieldモデル<sup>1), 2)</sup>により2012年4月～10月の徳山ダムGPS計測結果（高さ方向変位）の対流圏遅延補正を行ったものである。図より、補正前には、夏期に上下に膨らむような対流圏遅延誤差に特有の変位変動を示していたのに対し、補正によってこの誤差が軽減されて平坦化していることがわかる。徳山ダムのGPS変位について、岐阜気象台の気象データを用いた対流圏遅延補正が有効であることが確認された。

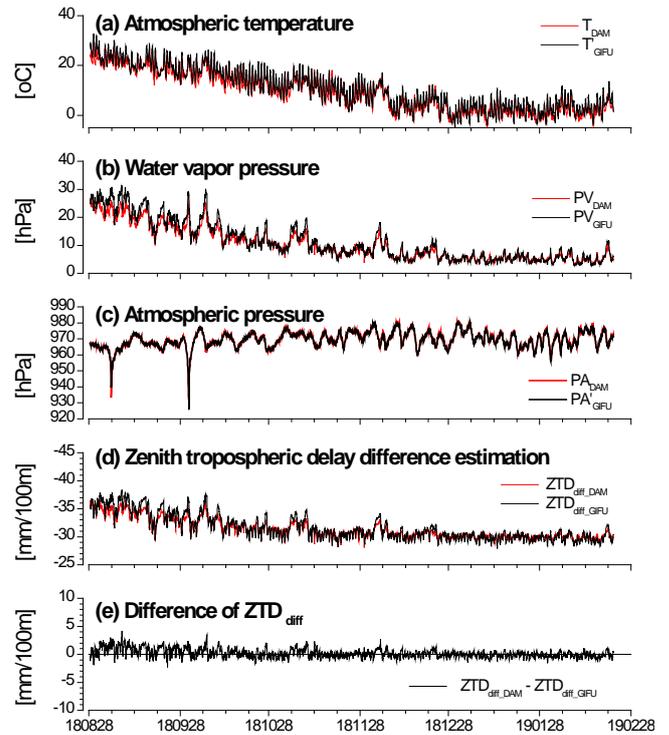


図4 徳山ダム地点および岐阜地方気象台の気象観測値からHopfieldモデルにより推定した天頂方向の対流圏遅延量（高低差100 mあたり）と両者の差（データ期間：2018年8月28日～2019年2月22日）

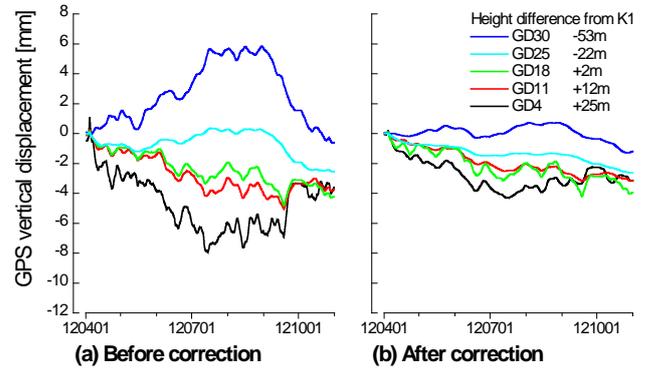


図5 修正Hopfieldモデルによる対流圏遅延補正前後のGPS高さ方向変位（基準点はK1、データ期間：2012年4月1日～10月30日、気象データは岐阜地方気象台）

### 4. まとめ

徳山ダムと岐阜地方気象台の気象データを分析した結果、対流圏遅延を支配する気象3要素は両地点で一致しており、気象条件を共有していることが明らかとなった。岐阜地方気象台の気象データを用いて徳山ダム地点のGPS計測結果の対流圏遅延補正を行うことは妥当であるといえる。

#### 参考文献

- 1) 清水：電力土木, (366), 3-9, 2013.
- 2) Shimizu et al.: Rock Mech. Rock Eng., (47), 313-328, 2014.
- 3) 曾田ほか：ダム技術, (281), 4-16, 2010.
- 4) 大和ほか：土木学会第73回年次学術講演会, III-091, 2018.