

長大斜面における GPS 変位計測に対する大気遅延補正法の適用事例

山口大学大学院 学 ○平林 憲 于 萌萌
 山口大学大学院 正 清水則一
 国際航業(株) 正 岩崎智治 佐藤 渉

1. 目的

構造物の施工管理や維持管理, また防災のための安全監視において, 現場計測に関する技術開発は重要な課題である. 本研究では, GPS 変位計測システムを利用して地盤の 3 次元長期変位計測を実施し, 多くの現場で実務に活用している. 一方, 高精度化が実現されるにつれ, GPS 固有の誤差要因(上空障害物による電波の乱れ, マルチパス, 気象条件による伝搬遅延, 電離層による伝搬遅延)に対して対処する必要が生じてきた. 本研究は, 上記の誤差要因のうち「気象条件による伝搬遅延(以下, 大気遅延と呼ぶ)」を対象にその補正方法を長大岩盤斜面の変位計測へ適用するものである.

2. GPS 変位計測システム

GPS 変位計測システムの一例を図-1 に示す. 図-1 に示すように基準点と各計測点にアンテナと受信機をそれぞれ設置し, それらをケーブルによって連結し, 通信集約ユニットに接続している. 各受信機で得られた計測データを用いて基線解析を行い, 得られた結果を平滑化し, 真の変位を推定する¹⁾.

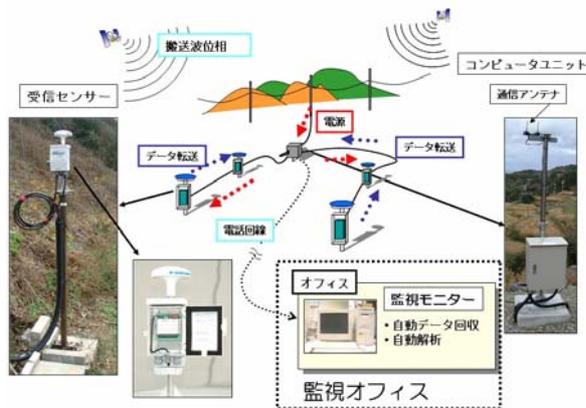


図-1 GPS 変位計測システム

3. 気象の影響の補正方法²⁾

(1) 大気遅延補正の概要

GPS の電波は, 大気圏を通過するとき屈折し, 電波の伝搬遅延が生じる. 大気圏中の気象は日々, または季節ごとに大きく変化するので, 高精度計測ではその影響を無視できないことがある.

一般に, 短基線(10km 以下)の計測においては GPS の電波が同じ気象条件の大気の中を伝搬すると考えられるため, 気象影響は相殺される. しかし, 短基線の場合でも受信機の間を図-2 のような標高差がある場合には, 伝搬経路差に違いが生じ, 経路差

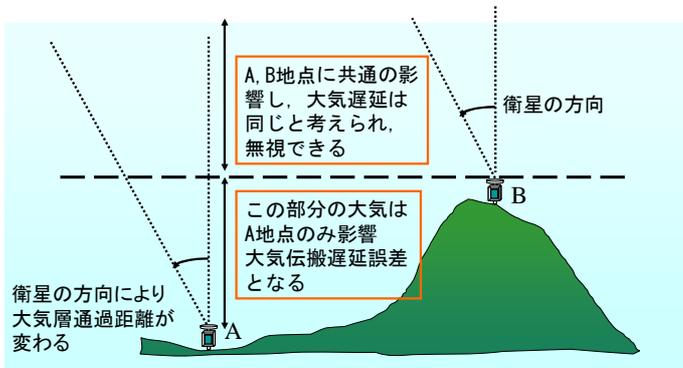


図-2 標高差がある場合の大気の影響

の気象の影響(位相の遅延量の差)は相殺されず, 特に上下方向の変位計測結果には誤差が生じる. したがって, 基線解析において気象条件を適正に考慮しなければ誤差が生じてしまう.

(2) 大気圏モデル²⁾

大気遅延 ΔR^{Trop} は伝搬経路に沿って屈折率 n の積分として, $\Delta R^{Trop} = 10^{-6} \int N^{Trop} ds$ で示される. ここで, N^{Trop} は屈折性である. 大気圏は地上十数 km までの空気層と地上 2~3km までの水蒸気層との与圧に分離でき, それぞれを dry 項と wet 項として電波伝搬に与える影響をモデル化できる.

本研究では, 高温多湿の夏季と低温乾燥の冬季と変化が著しい日本の気候の影響を知るために dry 項と wet 項に分離できる大気圏モデルとして, Modified Hopfield のモデル式を採用する.

キーワード GPS 変位計測, GPS 固有の誤差要因, 伝搬経路差, 大気遅延, 大気圏モデル

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL (0836) 85-9011

4. 計測点間の高低差が大きい現場における変位計測

ある現場において、9箇所の各計測点の変位を2006年11月から連続的に計測している。計測点のうち、高低差が一番大きい計測点 G-3 を含む断面（図-3）の高さ方向の変位図を図-4の左側に示す。この断面の計測点 G-1～3 の各基線長と基準点からの高低差は表-1 に示す。

気象による大気遅延の誤差は基準点と計測点との高低差に起因し、地上に近い層の影響であるので、地上の気象で計測誤差が補正できると考え、Modified Hopfield のモデル式によって大気遅延補正を行った。なお、気象データは計測現場に最寄りの測候所の観測データを用いた。

図-4の左側の気象補正なしの結果を見ると、年周期的な変動が高低差に比例して大きくなっていることが分かる。しかし、図-4の右側の補正（Dry項+Wet項）後の結果は、補正前に比べ年周期的な変動が減少している。G-3の冬場（2007年1月）と夏場（2007年8月）のそれぞれ一ヶ月分のデータを用いて、フーリエスペクトルを求めた（図-5）。図-5より、夏場は気象条件の変動が大きく全般的にスペクトルが大きいですが、補正後は周期的な変動をおおむね除去することができている。

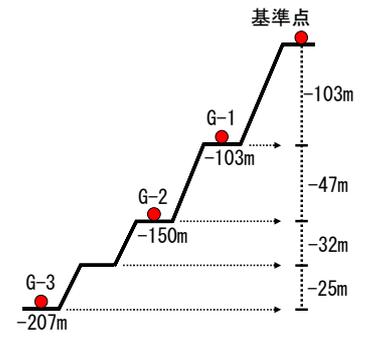


図-3 計測現場斜面断面図

表-1 各基線長と高低差

	基線長 (m)	高低差 (m)
G-1	252	103
G-2	334	150
G-3	470	207

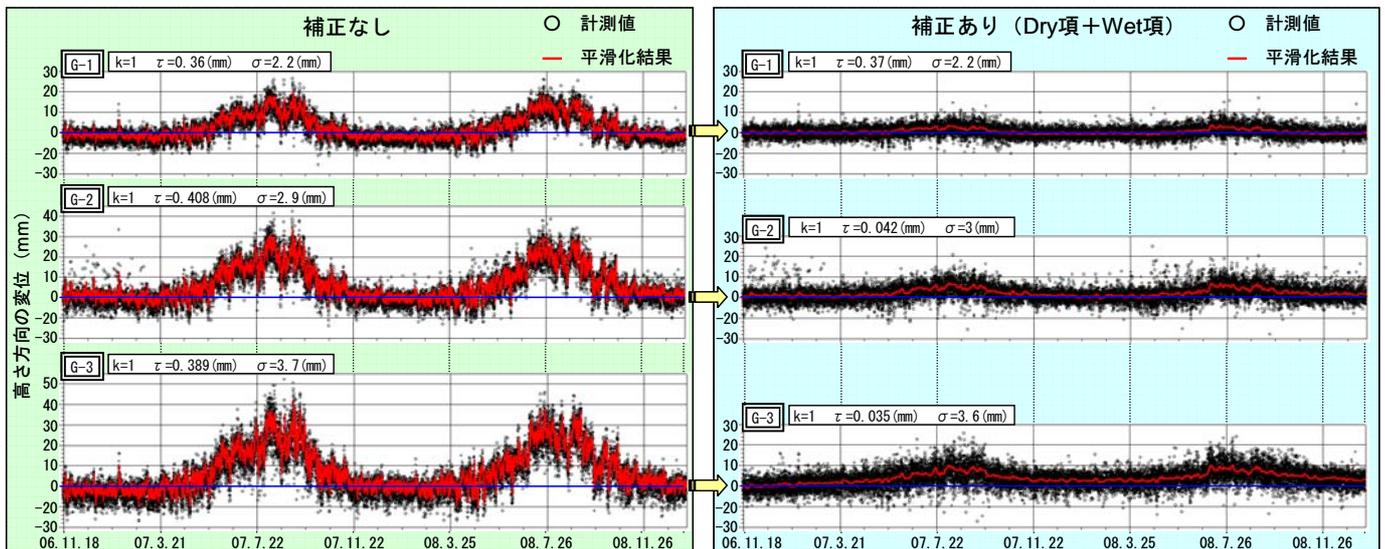


図-4 G-1～3における高さ方向の変位（左）とそれぞれの気象補正（Dry項+Wet項）結果（右）

5. 結論

GPS 計測で生じた年周期的な誤差が大気遅延補正によって改善された。気象条件による大気遅延補正について補正方法を検討し、実際の計測結果に適用しその妥当性を検証した。

謝辞

本研究の一部は石灰石鉱業協会奨励研究の一環として実施した。また、現場計測においては関係者各位に多大な協力を得た。ここに謝辞を表す。

参考文献

- 1) 松田浩朗, 安立 寛, 西村好恵, 清水則一: GPS による斜面変位計測結果の平滑化処理法と変位計測予測手法の実用性の検証, 土木学会論文集, No. 715/III-60, pp. 333-343, 2002. 9
- 2) 増成友宏, 清水則一: GPS による地盤変位計測における気象影響の補正方法の検討, 土木学会論文集 F, vol. 63, No. 4, PP. 437-447, 2007

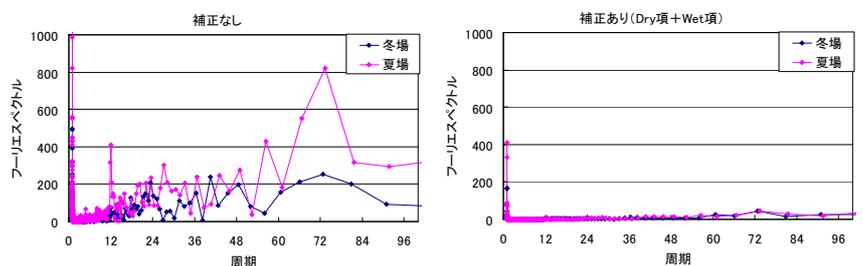


図-5 G-3の高さ方向変位平滑化結果のスペクトル