

同一基線における GNSS 測量機及び測距儀による観測距離の比較 Evaluation of uncertainty in distance measurement by GNSS surveying instrument and EDM

吉田 茂^{1*}; 佐藤 雄大¹
YOSHIDA, Shigeru^{1*}; SATO, Yudai¹

¹ 国土交通省国土地理院
¹ GSI of Japan

国土地理院では、GNSS 測量機を用いた距離観測において、国際標準とのトレーサビリティを確立するための研究を実施している。距離（長さ）の基準は光の速さを元に定義されており、国際標準も光の速さで決められている。トレーサブルな測距をおこなうには、国際標準と関連づけられた光波測距儀（EDM）を使用すればよい。しかしながら、近年、あらゆる測量に使用されている GNSS 測量機は、観測距離に国際標準とのトレーサビリティが確保されていない。このため、今回の研究は、同一基線において GNSS 測量機と測距儀による観測を実施し、測定された距離を比較することで、GNSS 測量機における観測距離にトレーサビリティを持たせることを目標としている。

観測方法は、まず、長さの国際標準にトレーサブルな EDM を使用してトレーサビリティを持つ基線を作り、次に、その場所で GNSS 測量機を使用した観測を行い、EDM で得られた値と比較して拡張不確かさを求めることで、GNSS 測量機における観測距離にトレーサビリティを持たせることとした。研究のために、2km の基線を坂東市と常総市の境界を流れる利根川支流飯沼川の河川管理用道路に設置した。

EDM のトレーサビリティは「気象条件が変化しない屋内において 200m まで」保証されているので、できるだけその条件に近づけようと、2km の基線を分割し、それぞれの部分で気象補正を考慮した測距をおこなった。その結果から、部分ごとの最良推定値及び合成不確かさを求めたうえで、最終的に 2km 基線全体の拡張不確かさを求めた。

GNSS 測量機による観測は、各観測点で 6 時間の観測を行った。このうち、2km 基線全体に相当する基線で 3 回得られた観測距離と、EDM 観測で得られた最良推定値を元に、比較と拡張不確かさの推定をおこなった。

その結果、今回の基線の全長は、1,999.9828m、EDM による拡張不確かさは、 $1,999.9828 \pm 0.0014\text{m}$ 、GNSS 測量機による拡張不確かさは、 $1,999.9828 \pm 0.006\text{m}$ と算出、2km 基線におけるトレーサビリティの付与は問題ないと判断した。

キーワード: GNSS 測量機, 光波測距儀 (EDM), 不確かさ, トレーサビリティ
Keywords: GNSS surveying instrument, EDM, Uncertainty, Traceability

松代の石英管伸縮計で観測されている東北地方太平洋沖地震後の東西方向の伸び続ける変化について Changes of E-W observed by the Quartz-tube Extensometer in the Matsushiro extending after the 2011 Tohoku Earthquake

橋本 徹夫^{1*}; 舟越 実¹
HASHIMOTO, Tetsuo^{1*}; FUNAKOSHI, Minoru¹

¹ 気象庁精密地震観測室

¹ Matsushiro Seismic Observatory JMA

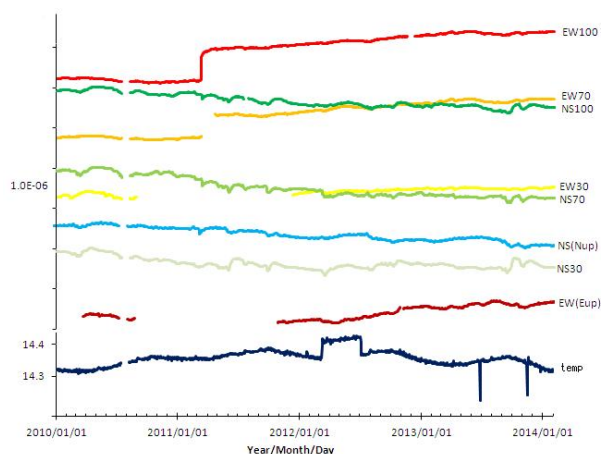
松代の伸縮計に、平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の際には、コサイスマックステップとして 5.8×10^{-7} の東西方向の伸びが観測された。その後、1 ヶ月間ほど、余効変動と見られるうえに凸の伸びの 0.4×10^{-7} の変動が観測されており、さらにその後の 2011 年 10 月ごろから、揺らぎがあるものの伸び続ける変動が観測されており、 0.5×10^{-7} の変動となっている。同様の傾向が、松代や神岡の超伝導重力計に観測されている (今西, 私信) ことを考慮すると、この伸び変動は局所的なものではなく、実際の地殻変動を観測しているものと思われる。

図に 2010 年からの伸縮計、傾斜計、坑道内の気温、および、伸縮計の補助観測点の変化を示す。気温は、この期間で、およそ 0.03°C の上昇があるが、石英管の温度感度が 5.4×10^{-7} であることを考慮すると、伸び変化に気温の影響はほとんど現れていないと思われる。また、複数観測点で伸び続ける現象が見られていることも、実際の変化を見ていることを示している。さらに、傾斜計においては、日が仕上がりの変化が続いている。伸縮計において、地震の波動 (図には表示されていない) からその後の余効変動に続く、地殻変動を一貫して統一的な計測器として捉えることができた。この伸び現象は、地質学的な隆起現象の一環を示しているのかもしれない。

謝辞: 東京大学地震研究所の今西祐一准教授から、松代と神岡の超伝導重力計の重力値が東北太平洋沖地震以後、減り続けていることをご教示いただきました。

キーワード: 伸縮計, 傾斜計, 余効変動, 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋地震

Keywords: extensometer, tiltmeter, aftereffect, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake



円環外核赤道の扁平率 Equatorial flattening of the cylindrical outer core

角田 忠一^{1*}
KAKUTA, Chuichi^{1*}

¹ なし

¹ none

Zhong et al.(2007) は Pangea 超大陸形成 (330 Ma) 間もなくアフリカ大陸の半球が出現し、低温の下降流を生じ、他方太平洋半球は高温上昇流を生じ、赤道帯に次数 1 の構造を形成したことを示した。最近の研究から CMB(core mantle boundary) 付近で OC(outer core) は mantle から軽元素が流入し、安定成層を形成し、超断熱温度勾配は $1 \times 10^{-3} \text{Km}^{-1}$ となり、また熱伝導率は $1 \times 10^{-3} \text{Wm}^{-1}$ となり、熱流束は 100mWm^{-2} 以上となる。一方 mantle の CMB 付近では高温部 (perovskite:pv) および低温部 (post-perovskite:ppv) で熱流束は 100mWm^{-2} (pv), 50mWm^{-2} (ppv) となり、低温部では OC からの熱放出が考えられる。OC うすい円環として、自転軸のまわりに回転する流体とする。流体は低周波の運動を示すとし、その水平方向の圧力変化は密度変化に影響を及ぼさないとする近似 (Subseismic Approximation; Smylie and Rochester, 1981) を適用する。OC の熱流束は CMB 付近で中心距離増加方向に指数関数として減少するモデルを考える。これからポテンシャルの 1 次変化を求める。ポテンシャルの方位方向の変化は赤道扁平率の変化を表す。その最大値は CMB における平均重力ポテンシャルに対し、CMB において 1.1×10^{-5} の変化 (扁平率) を示す。この値は Szeto and XU(1997) の求めた OC の赤道扁平率変化 6×10^{-6} と比較できる。

キーワード: うすい円環外核, 熱流束, マントル内の熱流束, ポテンシャル, ポテンシャル変化, 外核の赤道扁平率

Keywords: thin cylindrical outer core, heat flux, heat flux in the mantle, potential, variation of potential, equatorial flattening of core

A bias correction method for improving regularized solution in linear inverse ill conditioned models
A bias correction method for improving regularized solution in linear inverse ill conditioned models

SHEN, Yunzhong^{1*} ; XU, Peiliang² ; LI, Bofeng¹
SHEN, Yunzhong^{1*} ; XU, Peiliang² ; LI, Bofeng¹

¹1. College of Surveying and Geo-infomatics, Tongji University, Shanghai 200092, P.R. China, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

¹1. College of Surveying and Geo-infomatics, Tongji University, Shanghai 200092, P.R. China, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

Geodetic downward continuation and inverse problems are often ill conditioned, and regularization is used for deriving stable and better solutions. However, the regularized estimates of parameters and residuals are well known to be biased. Theoretically the biases of the estimated parameters and residuals can only be computed with the true values of parameters. Since we do not know the true values of parameters in practice, we attempt to improve the regularized estimates by using the regularized estimates themselves to replace the true parameters for estimating the biases and then removing the computed biases from the regularized estimates. Furthermore the biases are also removed from the residuals, and then the variance of unit weight of the observation noises is estimated with the bias-reduced residuals. We derive the analytical conditions for bias correction and show that the bias-corrected regularization performs better than the ordinary regularization in terms of mean squared errors. However, for estimating the variance of unit weight, the biases still need to be full removed from the residuals. We then present the numerical examples of gravity downward continuation to demonstrate the performance of our bias correction method for improving regularized solution. The results show that our bias correction method can successfully reduce the absolute biases of the regularized estimates, and improve the accuracies with more than 5 per cent. Moreover, by removing the biases from the residuals, the derived variance of unit weight is almost unbiased.

キーワード: Linear ill-conditioned model, Regularization solution, Bias correction, Gravity downward continuation, Variance of unit weight

Keywords: Linear ill-conditioned model, Regularization solution, Bias correction, Gravity downward continuation, Variance of unit weight