

鳥取観測所での全磁力連続観測データに対する 外部人工擾乱の影響の補正について

矢部 征・大志万直人・中尾節郎

要 旨

鳥取観測所の全磁力観測点の北側地点で、1999年にはNTT DoCoMoのアンテナ鉄塔を含む携帯電話北園基地局、また、2000年には中国セルラーの円護寺基地局の建設が行われた。基地局の建物およびアンテナ鉄塔建設に伴う人工擾乱の影響を調べ正確な補正量を算出するため、鳥取観測所(TOT)から北へ約6 kmに位置する鳥取大学乾燥地研究センター農場敷地内の一角に全磁力連続観測のための臨時観測点(TOS)を設置し、全磁力の並行観測を実施した。基地局建設の影響は1999年と2000年の両結果とも、TOTのTOSに対する地点差の0.5~1 nTの増加という結果になった。したがってこれを補正するために、全磁力補正値を、1999年では、5月12日-6月10日の期間と8月1日-9月30日の期間のそれぞれにおける地点差平均値の差から、また、2000年では、4月28日-6月10日の期間と9月20日-11月30日の期間のそれぞれにおける地点差平均値の差から算出した。その結果、それぞれの工事に伴う擾乱の補正量は、-0.61 nTと-0.93 nTであった。

キーワード: 全磁力値, 全磁力連続観測, 地点差, プロトン磁力計, 地磁気永年変化, 鳥取観測所

1. はじめに

地震や火山噴火などの地殻活動に伴う局所的な地磁気変化を検出する目的でプロトン磁力計を用いた地磁気全磁力連続観測が行われている。鳥取観測所でも地震予知研究計画に基づきプロトン磁力計を用いた地磁気全磁力連続観測を1967年7月から開始し、現在まで観測所の旧本館(現在は円護寺分室)で継続している。地震予知研究計画に基づくプロトン磁力計による全磁力連続観測の開始に関しては、地震予知研究計画・地磁気研究グループ(1973)で述べられている。当時は全国で11観測点での全磁力連続観測であった。1970年代の後半までの鳥取観測所での永年変化についての報告は、住友(1970)、住友・矢部(1974, 1978)などに見られる。また、最近の永年変化についての言及は坂中他(1996, 1998)に見られる。

観測開始当初は全国11観測点での地殻活動に伴う永年変化異常の検出そのものが重要な目的であったが、その後の研究により予想される変化は活動域に局在化されることがわかり(例えば, Sasai, 1991), こういった観測点は全国基準観測点としての役割が重視され、日本全体のスケールでの永年変化モデルの把握といった点に重点が移ってきた。まず、日本での永年変化の標準モデルを構築し、局所的な地磁気変化をその標準モデルからのずれとして定義しなおそうとする試みである。すでに、藤原他(1998), Burdelnaya *et al.*(1999)や角村他(1998)により、永年変化標準モデル、いわゆる、JGRF(Japan Geomagnetic Reference Field)の構築の試みが始まっている。

一方、地殻活動に伴う局所的な地磁気変化の検出の試みは全国で十数点という密度ではなく、一地域に集中的に観測点を設けるといった観測体制をとり、

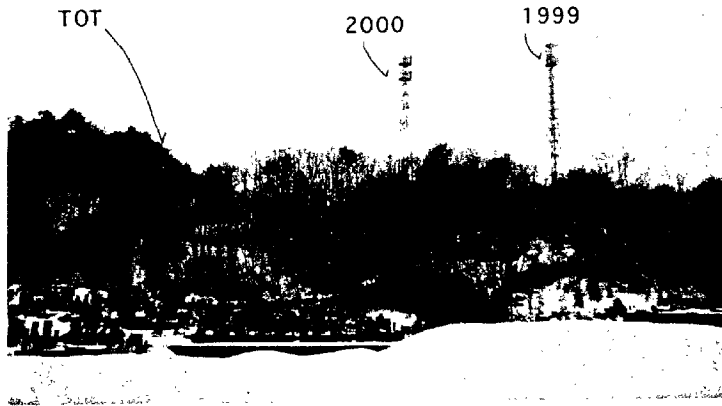


Fig. 1 Photograph showing localities of the antenna towers for two mobile phone companies, constructed in 1999 and 2000, respectively, and the geomagnetic observation site at TOT.

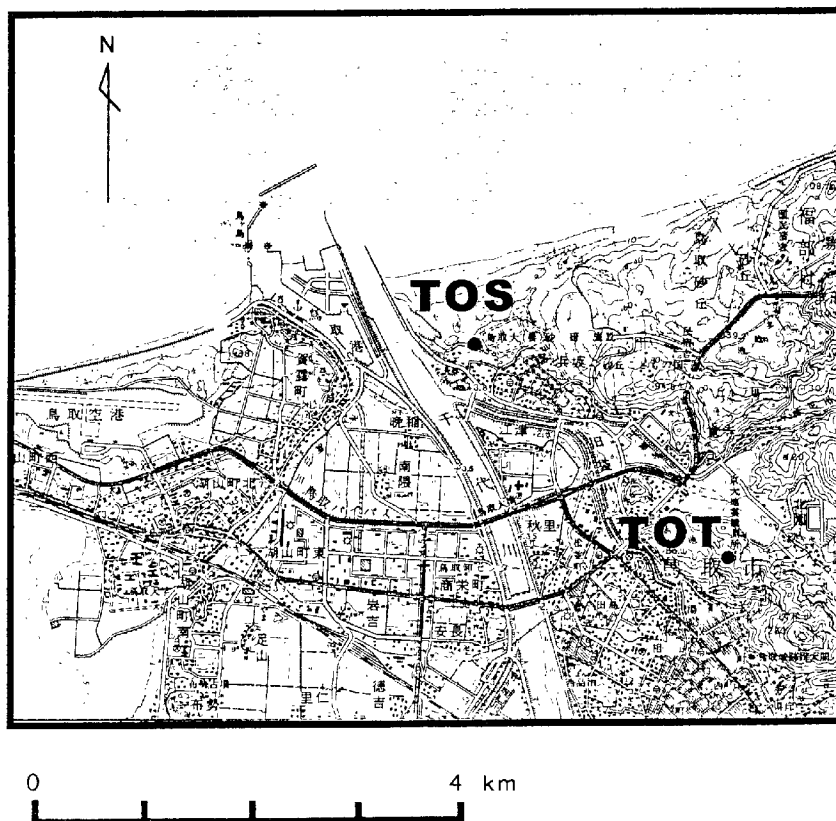


Fig. 2 Localities of the geomagnetic observation sites, TOT and TOS. TOT: the Tottori Observatory. TOS: the temporal observation site set up during the constructions. The topographical map, "Tottori-hokubu", on a scale of 1:50,000 published by the Geographical Survey Institute is used in the figure.

実施されるようになってきている。特に1980年代後半から低価格の連続観測用のプロトン磁力計が開発されたこともあり、一度に多くの台数のプロトン磁力計を投入した群列観測が実施され、地震群発活動や火山活動に伴う局所的な地磁気変化が数多く報告されている（例えば、Tanaka, 1993; Sasai et al., 1997; Oshiman et al., 1997, 2001等）。

永年変化のモニターや地殻活動に伴う地殻起源の局所的な地磁気変化を検出する際に問題となるのが、観測点近傍での人工擾乱の影響である。その中でも観測点近傍での建設工事の場合は、近傍での平行観測を実施しないと工事期間に全磁力値が徐々に影響を受け明瞭なオフセットの形で計測値の跳びを認識できず、その補正量を正確に算出することができない場合が多い。今回は幸いにも、事前に工事期間とその位置が判明していたため、観測点近くに補助観測点を設け、全磁力値の並行観測を実施することができ、工事期間中の擾乱の様子、およびその補正量を算出することができた。ここでは、実施した並行観測の概要と結果を報告する。

2. 全磁力値の比較観測

鳥取観測所での全磁力連続観測では、1967-1997年の期間は丸文社製のプロトン磁力計M778を、また、1997年4月以降は国際電子工業社製のプロトン磁力計PMP-246を用い、PC98 noteを用いた収録システムにより毎分計測のデータがフロッピーディスクに記録されるようになってきている（大志万, 1995）。プロトン磁力計センサーは日本館建物から南へ約50 mほど山に入った場所に設置されている。

この全磁力観測点の北側地点で、1999年にはNTT DoCoMoのアンテナ鉄塔を含む携帯電話北園基地局、また、2000年には中国セルラーの円護寺基地局の建設が行われた。これらNTT DoCoMoと中国セルラーの基地局の位置とプロトン磁力計のセンサーの位置との距離は、それぞれ約150 mと110 mである。そして、工事期間は、NTT DoCoMoの北園基地局が1999年6月2日から10月18日であり、中国セルラーの円護寺基地局が2000年5月21日から10月23日であった。第1図に円護寺分室、NTT DoCoMoのアンテナ鉄塔、および、中国セルラーのアンテナ鉄塔の位置関係を示す。

基地局の建物およびアンテナ鉄塔建設に伴う人工擾乱の影響を調べ正確な補正量を算出するため、鳥取観測所（TOT）から北へ約6 kmに位置する鳥取大学乾燥地研究センター農場敷地内の一角に全磁

力連続観測のための臨時観測点（TOS）を設置した。第2図に、鳥取観測所（TOT）および臨時観測点（TOS）の位置を示す。臨時観測点での全磁力観測には国際電子工業社製プロトン磁力計PMP-202Sを使用し、記録にはEP-ROM形式のメモリーカードを使用した。観測は両観測点とも毎正分時に計測する1分間隔の計測である。

TOSでの観測値を基準としてTOTでの全磁力地点差を計算し、その時間変化を調べ、TOTでの全磁力値の補正値を算出する。ただし、観測期間を通して、観測点TOSでは、TOTで同じ変化量として観測される日変化や磁気嵐などの外部磁場変化以外の全磁力変化は無かったものと仮定する。第3図に静穏日のTOTとTOSでの日変化のようすを示す。縦軸は相対スケールである。さらに、第4図に鳥取観測所での1980年-2000年の期間の全磁力永年変化を示す。これは1月ごとの全磁力観測値の平均値をプロットしたものである。20年間で約450 nTの変化が見られ、80年代以降増加傾向であったものが、90年代後半以降停滞気味になり、現在は減少傾向を示し始めている。

TOTでの臨時観測期間は、1999年5月7日-10月18日と2000年4月26日-12月1日であった。

1999年の8月24日から9月13日の期間は、記録用メモリーカードのトラブルのためデータが欠測した。TOTでの工事の影響を見るために、日変化のない夜間0:00~4:00の時間帯の全磁力値を基に算出した2観測点の全磁力単純地点差 ΔF （TOT-TOS）を第5図と第6図に示す。第5図が1999年のNTT DoCoMoの携帯電話北園基地局工事に伴う全磁力変化を、また、第6図が2000年の中国セルラーの円護寺基地局工事に伴う全磁力変化を示している。

第5図を見ると6月10日頃から徐々にTOSでの全磁力値が増加し、6月29日に最大になり、その後7月20日ごろまで今度は逆にわずかではあるが全磁力値が減少していることが分かる。この全磁力変化が観測された期間は基地局の基礎工事と局舎建物の鉄筋の組立工事が行われていた期間に対応している。全磁力値に大きな影響を与えると予想されたアンテナ鉄塔の組立工事は7月19日から22日の期間に行われたが、この期間の全磁力値の変化はほとんど無かった。そして、建設の実質的な工事は8月上旬には完了した。

一方、中国セルラーの円護寺基地局工事に伴う全磁力変化を示す第6図を見ると、全般的な変化のようすは1999年の工事の際に観測されたものとほぼ同様な傾向であるが、8月中の工事に伴って非常に

00/08/27

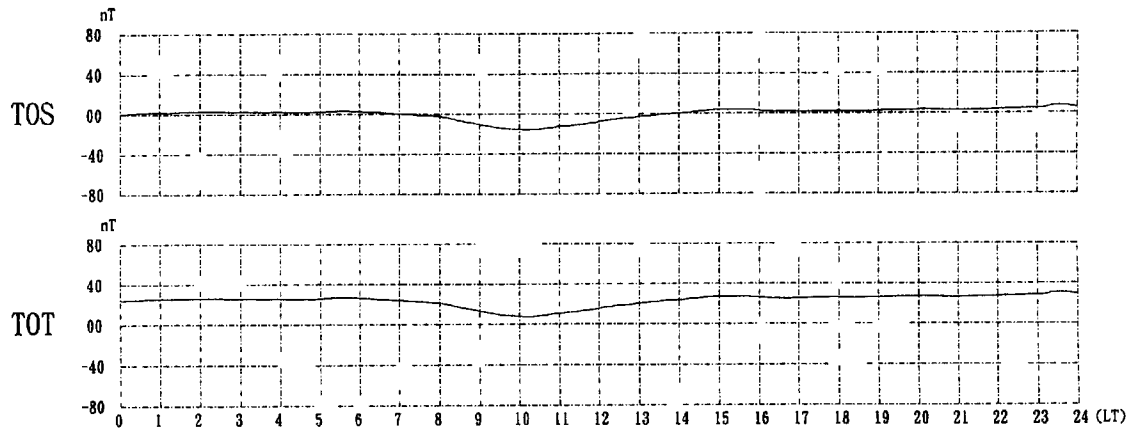


Fig. 3 Daily variations of the geomagnetic total intensity observed at TOT and TOS. Vertical scale in the figure is relative one in unit of nT.

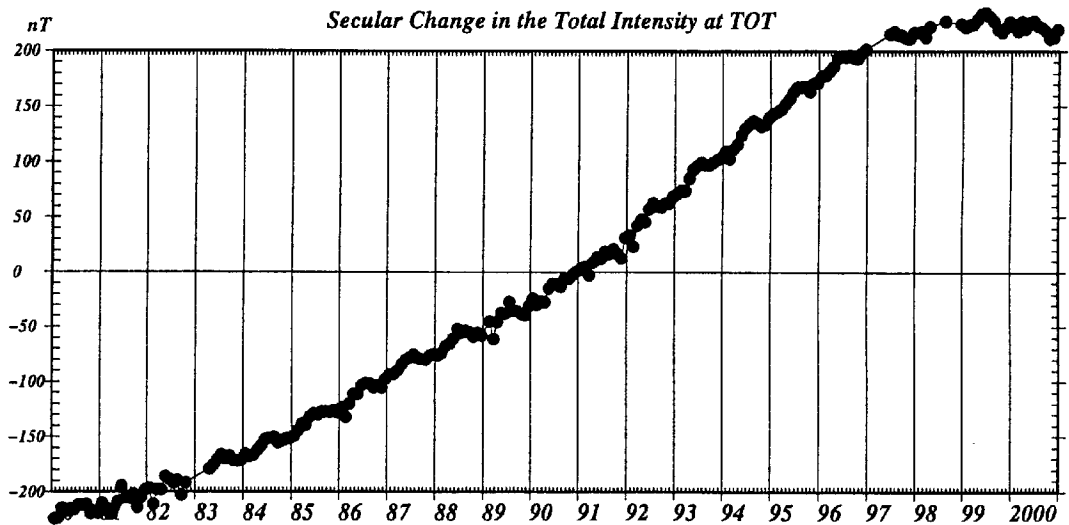


Fig. 4 Secular changes in the geomagnetic total intensity observed at TOT during the period from 1980 to 2000. One-month averages are plotted in the figure.

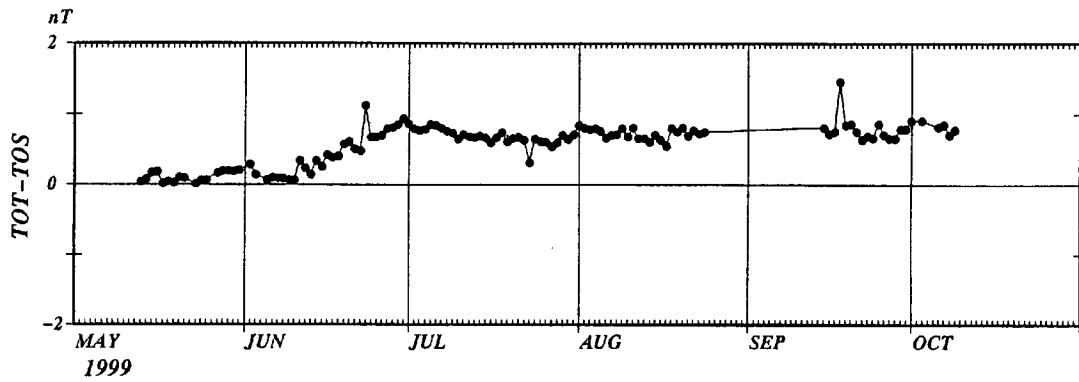


Fig. 5 Temporal changes in the simple differences at TOT relative to TOS during the period from May to October 1999. Averages of night-time (0:00-4:00LT) differences are shown.

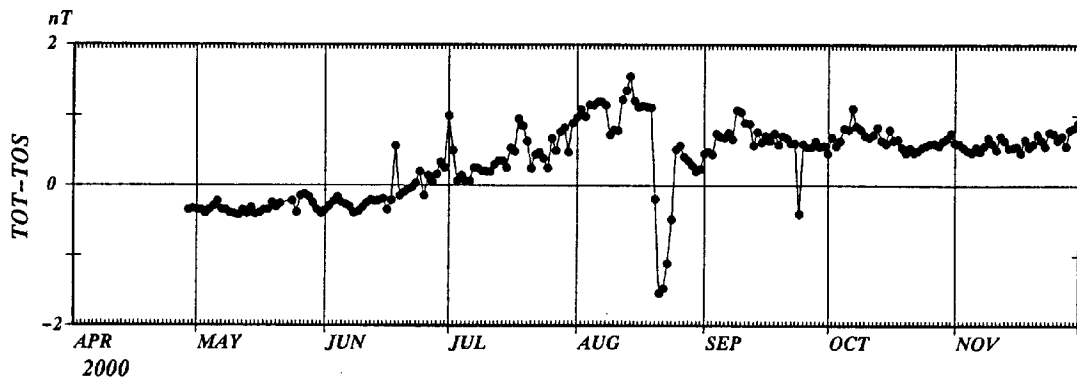


Fig. 6 Temporal changes in the simple differences at TOT relative to TOS during the period from April to November 2000. Averages of night-time (0:00-4:00LT) differences are shown.

Period	$\Delta F_{TOT-TOS}(Average)$	Correction
12 May - 10 June, 1999	-49.37 nT	-0.61 nT
1 August - 30 September, 1999	-48.76 nT	
28 April - 10 June, 2000	-52.31 nT	-0.93 nT
20 September - 30 November, 2000	-51.38 nT	

Table 1 Differences in the geomagnetic total intensity at TOT relative to TOS before and after the construction in 1999 and 2000 and estimated values for data correction.

大きな全磁力変化が見られる。これは、この工事の位置が1999年のものより約10 mセンサーの位置に近いことも関係している。中国セルラーの工事は、実質的な工程の開始日は6月19日で、この日から敷地を整備するため山の一角を切り取って土盛が始まった。これに伴いTOTのTOSに対する地点差が増加し始めている。さらに、7月18日から7月下旬まで鉄塔部の基礎工事が行われ、8月18日-27日に鉄塔の組立工事が行われた。この鉄塔の組立工事が完了するまで地点差の変動が非常に大きい。8月28日から9月6日の期間には局舎部分の建設工事が行われた。ほぼこの工事の終了に伴い地点差の大きな変動は見られなくなっている。

3. 補正值の算出

第5図と第6図に見られるように、工事の開始前と終了後では、1999年と2000年の両結果とも、TOTのTOSに対する地点差の0.5~1 nTの増加という結果になっている。したがって建設の最終的な影響はこのオフセットとして残ることになる。これを補正するために、1999年では、5月12日-6月10日の期間と8月1日-9月30日の期間のそれぞれにおける地点差平均値の差から算出し、2000年では、4月28日-6月10日の期間と9月20日-11月30日の期間のそれぞれにおける地点差平均値の差から算出した。これを表1に示す。表に示されるように、それぞれの工事に伴う擾乱の補正量は、-0.61 nTと-0.93 nTであった。これらの全磁力変化量から、磁気モーメントの量を推定してみる。工事地点がセンサー位置の北東に当たり、工事によりTOTでの全磁力の増加が観

測されていることから、工事地点で現在の地球磁場方向の磁気モーメントが出現したと考えることができる。センサー位置との距離は北園基地局(1999年建設)が150 m、また、円護寺基地局(2000年建設)が110 mであるから、磁気モーメントの量はSI慣用単位系で1999年の場合 $10.0 \times 10^8 [Am^3]$ となり、2000年の場合が $6.0 \times 10^8 [Am^3]$ となる。推定した磁気モーメントの量で比較すると1999年の工事のほうが大きな値になっている。

4. まとめ

今回は、2つの工事とも基地局の建設によるTOTでの全磁力値への影響が時間的に変化しないという仮定のもとに補正量を算出したが、影響そのものが時間変化する可能性も考えられる。したがって、今後、時々平行観測を実施し、TOTのTOSに対する地点差の時間変化をモニターする必要があると考えられる。

謝 辞

鳥取大学乾燥地研究センターの神近牧男教授、坂根賢信氏には、乾燥地研究センター内での全磁力平行観測の実施にあたり観測場所等に関してさまざまな便宜をはかっていただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

大志万直人(1995): 時刻自動校正型プロトン磁力計コントローラの製作, 平成6年度文部省科学研究補助金研究成果報告書「不均質磁化構造を考慮し

- た地震地磁気効果とその検出限界」, 56pp., 1995.
- 坂中 伸也・住友 則彦・大志万 直人 (1996): 北陸・近畿・中国における全磁力変化について, 京都大学防災研究所年報, 第39号, B-1, pp.273-285.
- 坂中伸也・住友則彦・大志万直人 (1998): 北陸・近畿・中国における全磁力永年変化(2), 京都大学防災研究所年報, 第41号, B-1, pp.119-131.
- 地震予知研究計画・地磁気研究グループ (1973): 地震予知研究計画にもとづく地磁気全磁力観測, 地震予知連絡会会報, 9, pp.109-126.
- 住友則彦 (1970): 中国地方における全磁力の連続観測(1) - 鳥取での経年変化について -, 測地学会誌, 第16巻, 第4号, pp.232-238.
- 住友則彦・矢部征 (1974): 鳥取における全磁力経年変化について, 京都大学防災研究所年報, 第17号, B-1, pp.83-89.
- 住友則彦・矢部征 (1978): 鳥取における全磁力経年変化について (II), 京都大学防災研究所年報, 第21号, B-1, pp.79-86.
- 角村悟・石井美樹・栗原隆治・山本哲也・笹井洋一・住友則彦 (1998): 地磁気全磁力夜間値の永年変化, 1998年 Conductivity Anomaly 研究会論文集, pp.1-8.
- 藤原智・田辺正・西修二郎・松坂茂・V.P. Golovkov・S.V. Filippov (1998): 日本および極東地域における全磁力変化モデルの作成, 1998年 Conductivity Anomaly 研究会論文集, pp.9-16.
- Burdelnaya, I.A., S. V. Filippov, V.P. Golovkov, S. Fujiwara, T. Tanabe, S. Nishi, M. Kaidzu, and S. Mastuzaka (1999): Regional orthogonal models of the geomagnetic field changes over the Far East, *Earth, Planets and Space*, 51, pp.287-296.
- Oshiman, N., Y. Sasai, Y. Honkura, Y. Ishikawa, and Y. Tanaka (1997): Geomagnetic changes correlated with crustal movement in the northeastern part of the Izu Peninsula, Japan, *Annali di Geofisica*, 60, N.2, pp.479-494.
- Oshiman, N., Y. Sasai, Y. Ishikawa, and Y. Honkura (2001): Long-term Geomagnetic Changes Observed in Association with Earthquake Swarm Activities in the Izu Peninsula, Japan, *Annali di Geofisica* (in press).
- Sasai, Y. (1991): Tectonomagnetic Modeling on the basis of the linear piezomagnetic effect, 東京大学地震研究所彙報, 66, pp.585-722.
- Sasai, Y. and Y. Ishikawa (1997): Seismomagnetic models for earthquakes in the eastern part of Izu Peninsula, Central Japan, *Annali di Geofisica*, 60, N.2, pp.463-478.
- Tanaka, Y. (1993): Eruption mechanism as inferred from geomagnetic changes with special attention to the 1989-1990 activity of Aso volcano, *J. Volcan. Geotherm. Res.*, 56, pp.319-338.

On the Data Correction of the Geomagnetic Total Intensity Against Artificial Disturbances at the Tottori Observatory

Sei YABE, Naoto OSHIMAN and Setsuro NAKAO

Synopsis

The geomagnetic total intensity has been observed at the Tottori Observatory (TOT) since 1967. Two antenna towers and relay stations for mobile phone companies constructed at places in distances of about 100 m located at the northeast of TOT in 1999 and 2000, successively. We made temporal continuous observations of the total intensity at a place in a distance of about 3 km in order to estimate correction values in the total intensity observed at TOT, because observed data would be affected by the constructions. Changes in the total intensity differences between TOT and TOS observed in 1999 and 2000 are estimated as about 0.5 and 1.0 nT, respectively.

Keywords: geomagnetic secular variation, the geomagnetic total intensity, Tottori Observatory, Simple difference, proton magnetometer