

GNSS 連続観測ネットワーク GEONET の稼働状況

三宅 千華[†] 坂井 丈泰[†] 麻生 貴広[†]

[†] 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所
182-0012 東京都調布市深大寺東町 7-42-23
E-mail: [†] {c-miyake, sakai, aso}@mpat.go.jp

あらまし 衛星航法システム GNSS の観測ネットワークとしては、日本においては国土地理院が運用している GEONET を利用できる。準天頂衛星システムの CLAS サービスも基準点として利用するなど各種 GNSS アプリケーションの GEONET に対する依存度は高まってきているが、その稼働状況に関する報告例はない。当所では、GEONET のメンテナンス情報等を利用して各基準点及び GEONET 全体の運用状況を調査したので、その結果を報告する。保守作業の予告ベースでは、11 ヶ月間の調査期間中の全点平均の稼働率は 98.8%、また MTBF は 26.7 日程度であった。

キーワード GPS, GNSS, GEONET, CORS, 可用性

Availability of GNSS Observation Network GEONET

Chika MIYAKE[†] Takeyasu SAKAI[†] and Takahiro ASO[†]

[†] Electronic Navigation Research Institute, National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology
7-42-23 Jindaiji-Higashi, Chofu-Shi, Tokyo 182-0012 Japan
E-mail: [†] {c-miyake, sakai, aso}@mpat.go.jp

Abstract The GEONET has been operated as a GNSS CORS (continuously operating reference station) network by Japanese surveying authority. While Various GNSS applications including QZSS CLAS (centimeter-level augmentation service) depend upon GEONET more and more, however, there is no report on the availability of the GEONET. The authors have investigated operational status of the GEONET based on its maintenance information. Regarding forecasts of maintenance, average availability is 98.8% and the MTBF is 26.7 days for the period of 11 months.

Keywords GPS, GNSS, GEONET, CORS, availability

1. はじめに

GPS に代表される衛星航法システム GNSS の利用においては、GNSS 衛星が送信している信号のみによっても一定の性能を得ることができるが、アプリケーションによっては地上に設置された基準局を使用する必要がある。そのようなアプリケーションの一つは測量用途であって、既存基準点に対する相対位置を測定する性質上、GNSS による基準点ネットワークが有用である。

こうした GNSS 基準点は一般に CORS (continuously operating reference station) と呼ばれて各国とも整備を進めており、我が国では国土地理院が電子基準点ネットワーク GEONET (GNSS Earth observation network system, GNSS 連続観測システム) を整備・運用している[1]-[4]。1993 年に構築が開始された GEONET の基準局数はすでに約 1,300 点に達しており、おおむね 20km 程度の基準点間隔による世界にも類を見ない高密度の観測網を構成している。GEONET の観測データは通信回線を経由してリアルタイムで提供されるほか、

国土地理院が蓄積している電子ファイルについては無料で利用できる。

GEONET の本来の目的は測量用途であるが、自前で基準局を設置しなくとも GNSS 基準局データがリアルタイムに得られる点は多くのアプリケーションのメリットとなる。地殻変動監視や情報化施工、精密農業といった測量に近い用途のほかにも、準天頂衛星システムのセンチメートル級測位 (CLAS) サービス[5]も基準点として使用していることから、今後は GEONET に対する社会の依存度が高まるものと予想される。

ところで、GEONET は基本的には連続観測を目的としたシステムであるが、個々の電子基準点についてバックアップがあるわけではなく、メンテナンスや停電等により停止することがある。GEONET の稼働状況に関する報告例が今までにないことから、当所では GEONET のメンテナンス情報を利用して各基準点及び GEONET 全体の運用状況を調査したので、その結果を報告する。



電子基準点(芽室)



測地観測センター
(茨城県つくば市)

GEONET中央局

図1 GEONETの構成要素 (国土地理院 HP より[1])

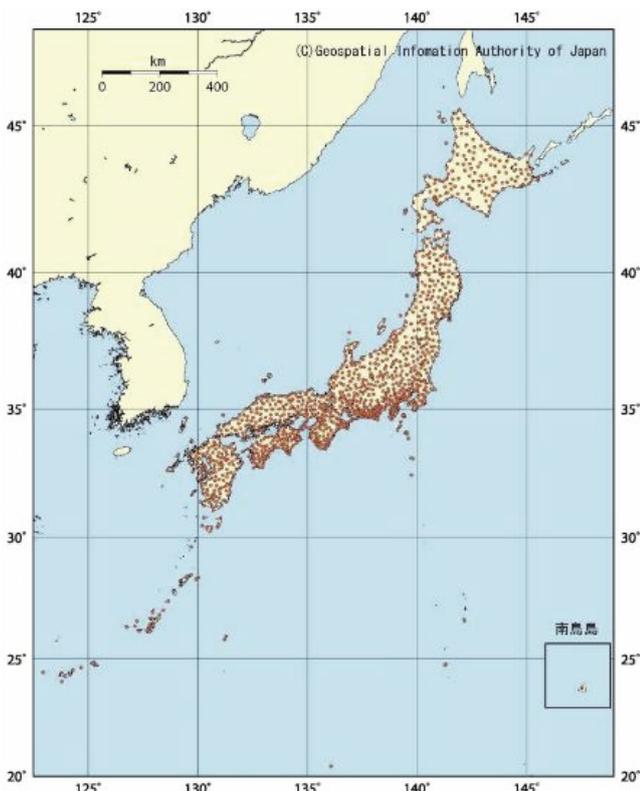


図2 電子基準点の配置 (国土地理院 HP より[1])

2. GEONETの運用情報

GEONETは個々の電子基準点及び中央局により構成されており、それらの間は通信回線により接続されている(図1)。図2のとおり各地に設置されている電子基準点は、年代による違いはあるがおおむね図1のような形状をしており、高さ5mの金属製ピラーの内部にはGNSSアンテナ・GNSS受信機・通信機器・無停電電源装置等が收容されている。GEONETのリアルタイム観測データについては、国土地理院が使用するほかに、配信機関である日本測量協会を通じて位置情報サービス事業者へ提供・配信されている[1]。

さて、今回の調査の目的は、各点及び全点についての稼働率及び平均故障間隔(MTBF: mean time between

表1 保守情報の内訳

項目		件数
データ停止	観測停止	4,270
	停電	111
	回線断	131
	通信断	8
変更(延長・延期・中止・その他の変更)		55
その他		12
合計		4,587

failure)や平均復旧時間(MTTR: mean time to recovery)、保守作業については予告から作業開始までの時間、予定変更の有無や頻度、予定されていた作業時間と実際に停止していた時間の相違の有無、予告のない停止については後刻に通知されるまでの時間など、GEONETの利用にあたり有意と思われる情報を得ることである。

GEONETの運用状況については国土地理院HPにて告知されるが、基本的にネットワーク全体に関わる情報が中心であり、個々の電子基準点の稼働状況を知ることにはできない。一方、電子航法研究所は位置情報サービス事業者である日本GPSデータサービス(NGDS)よりリアルタイム配信サービスを受けており、本サービスに付随して電子メールにより保守情報が通知される。本調査では、この保守情報を分析することで電子基準点の運用状況を調査することとした。

3. 保守情報の分析

調査期間は、2018年1月1日から同年11月30日までとした。この間に位置情報サービス事業者から通知された保守情報の件数を表1に示す。観測データの配信が停止するケースの大部分は「観測停止」に含まれるが、「停電」「回線断」「通信断」のように要因が明示されている場合もある。「変更」には、保守予定の延長・延期・中止・その他の変更が含まれる。この期間中の基準点数は平均で1,287であり、各点あたりの月平均

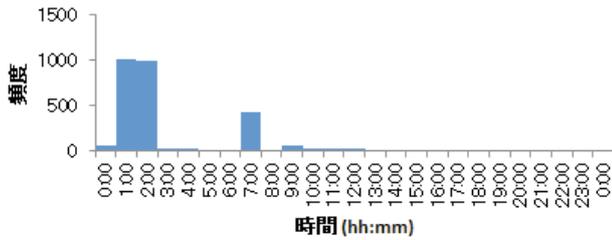
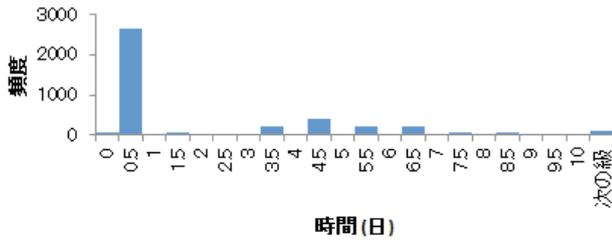


図3 保守情報のリードタイム

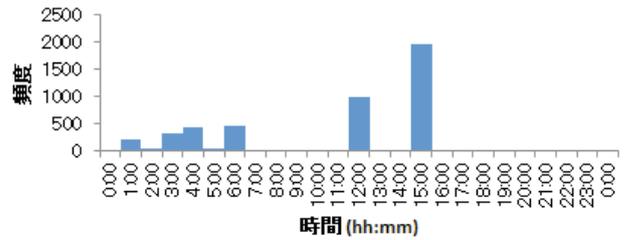
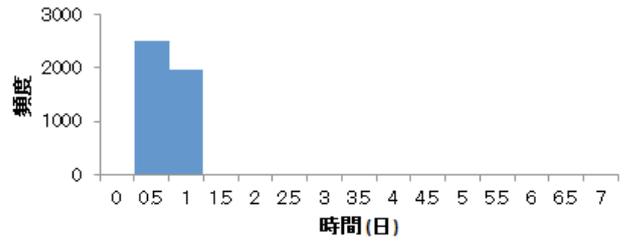


図4 保守作業の予定作業時間

の通知件数は 0.324 件／点／月であった。

3.1. 保守作業によるデータ停止

最初に、保守作業によるデータ停止の状況をまとめる（観測停止・停電・回線断・通信断の全てを含む）。保守作業の予告から作業開始予定時刻までの時間（リードタイム）の分布は、図3のとおりであった。作業の1日前以内に予告されるケースが多く、最頻値は23分前、最短では2分前に停電が予告される例もあった（950287 加茂白川，6月11日）。逆に最長は49日16分前に通知されており（131194 中伊豆，8月29日），次に長い事例は20日47分前であった（31107 三重熊野，1月18日）。作業の内容としては、受信機ファームウェア更新は作業開始までに5～6日程度の余裕があることが多いが、受信機のリセットが予告される場合は1日前以内であることが多い。受信機ファームウェア更新はあらかじめ計画されるのに対して、受信機のリセットは必要時に随時実施するためと思われる。

保守作業で予定された作業時間の分布は図4のとおりであった。半日以内に終わるものが多い一方、15時間とされているケースが比較的多くある。これは、3月23日に984件の受信機リセットが実施されており、その全てで作業時間が15時間とされていたことによるものとみられる。また、予告作業時間の最短は1分であり、11件の全てが停電によるものであった。逆に最長は122日9時間であったが、これも停電による影響であった（93068 箱根，8月24日）。次に長い事例は152時間30分であり、これは引込柱の交換のためと報告されている（970798 鹿角2）。工事の内容により、必要な作業時間を見積もっていることがわかる。

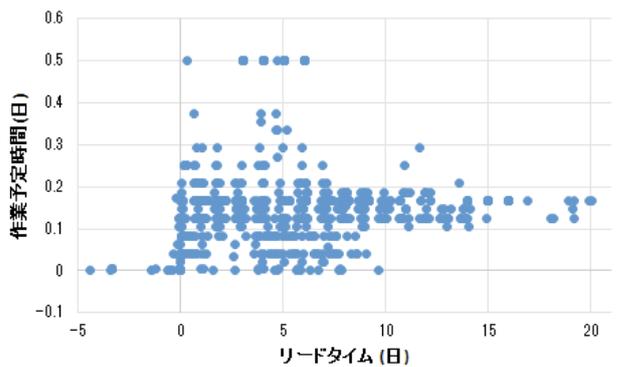
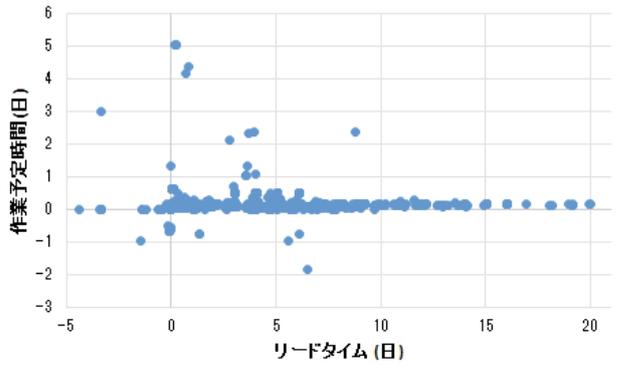


図5 保守情報のリードタイムと予定作業時間

保守情報のリードタイムと予定作業時間の関係を図5に示す。リードタイムが短い場合は作業予定時間との相関は大きくないが、リードタイムがおおむね10日以上の場合には作業予定時間が2時間以上となる傾向にある。

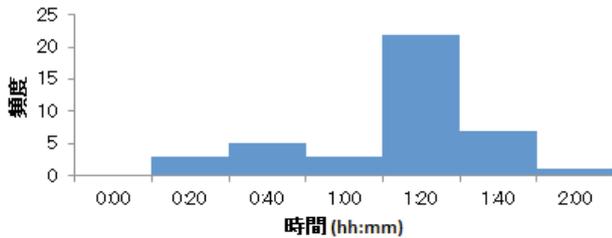
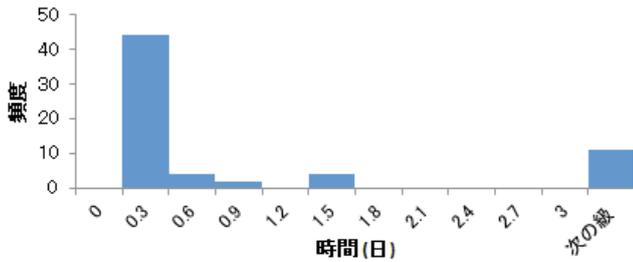


図 6 障害の発生から通知までの時間

3.2. 障害によるデータ停止

保守作業に伴うデータ停止については基本的に事前に予告されるが、設備障害等により予告なく停止する事例もある。調査期間中には、北海道胆振東部地震による影響や台風による停電など自然災害が原因の観測停止が事後報告される例があった。このような事後報告は 65 件あり、そのうち作業がすでに終了しているものが 34 件、終了していないものが 12 件、作業終了時間が不明なものが 19 件であった。これらのうちには、通信回線の損傷などの設備障害のため事象の発生時刻が把握されていないものもある。

事後報告のうち、発生時刻が特定されているものについて、データ停止から報告されるまでの時間を集計した結果を図 6 に示す。多くの場合は発生から 1 時間程度以内に報告されるが、3 日以上となっている例が 11 件あった。最大では発生から 105 時間 36 分後に報告されている事例もあり (93066 秦野, 1 月 10 日)、これは通信回線の損傷による回線断とのことであった。

3.3. 変更(延長・延期・中止・その他の変更)

保守作業の予定が変更される事例は 55 件あった(延長・延期・中止・その他の変更の全てを含む)。

これらの変更の通知について、作業開始の予定時刻に対する余裕時間を図 7 に示す(図 7 では、正数は予定時刻を過ぎていることを意味する)。最も多いのは開始時刻に対して 0.5~1 日後の間であったが、これは 6 月 4 日に予告された受信機ファームウェア更新による観測停止の一部(19 件)が延期されたことによるものであった。また、10 月 25 日に通知された例では、予定されていた一連の作業の一つに問題が起きて中止し

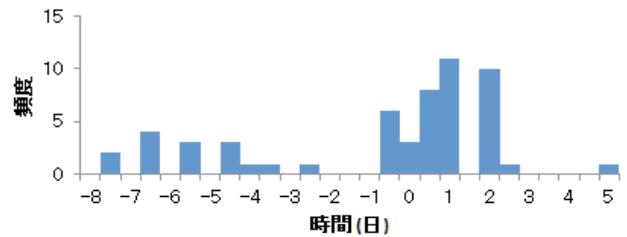


図 7 作業予定が変更された時刻
(基準：作業開始予定時刻)

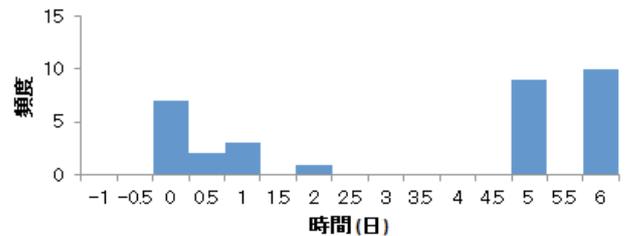


図 8 作業開始予定時刻の変更量

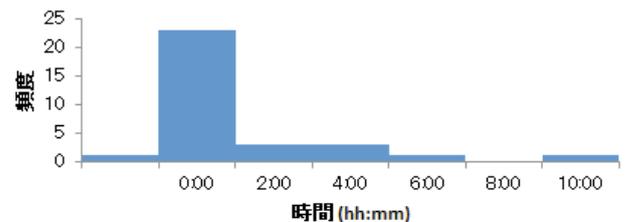


図 9 作業時間の増減量

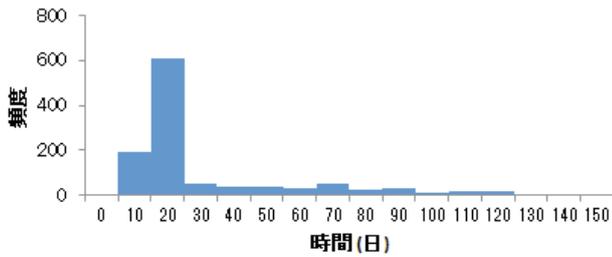
たためそれ以降の作業が全て延期になっていた。

作業予定の変更による開始時刻の変更量を、図 8 に示す(図 8 では、正数は開始時刻の繰下げを意味する)。開始時刻が繰り上げられたのは、開始時刻が記載されている 32 件中の 7 件であった。このうち変更量が最大だった事例では、4 時間 30 分の繰上げとなっていた。逆に最も大きく延期された事例では、144 時間の繰下げとなっていた。図 5 で 4.5~5 日と 5.5~6 日に件数が多くなっているのは、いずれもファームウェア更新の作業が一斉に延期されたものであった。

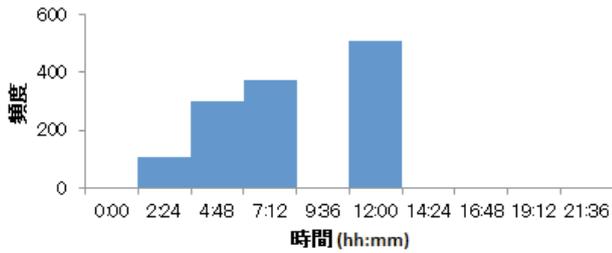
作業予定の変更による作業時間の増減を、図 9 に示す。変更前後の作業時間がわかる 32 件中、作業時間が減少したのは 1 件のみであり、2 時間の減少であった。一方、8 件については作業時間が増加しており、最大の増加幅は 9 時間であった。作業時間が変更されない例は 23 件であった。

3.4. MTBF 及び MTTR と稼働率

保守作業及び障害によるデータ停止の状況から、



(a) MTBF



(b) MTTR

図 10 MTBF 及び MTTR の算出結果

表 2 GEONET 全体の稼働率

項目	MTBF	MTTR	稼働率
平均値	26.7 日	0.319 日	98.8 %
標本数	1,146	1,301	—

MTBF 及び MTTR を算出した結果を図 10 に示す。一度停止してから次に停止するまでの平均時間を意味する MTBF はばらつきが大きく、最小値は 12 時間 30 分、最大値は 180 日 14 時間であった。平均値は 26.7 日程度であり、時間あたりの停止回数に換算すると $1.56 \times 10^{-3}/h$ に相当する。一方、作業時間をあらかず MTTR は 0.1 日から 0.5 日の間に分布しており、分散も大きくない。0.3~0.4 日について頻度が少なくなっているのは、6 時間を超える作業については切り良く 0.5 日に設定しているためと思われる。

なお、この計算では保守作業の変更については反映していない(変更前の情報による)。また、開始時刻及び終了時刻のいずれも判明している情報のみを用いている。終了予定時刻が記載されていないケースでは作業時間が長い傾向にあるから、実際にはここで算出した値よりも MTBF は小さく、MTTR は大きくなっているものと考えられる。

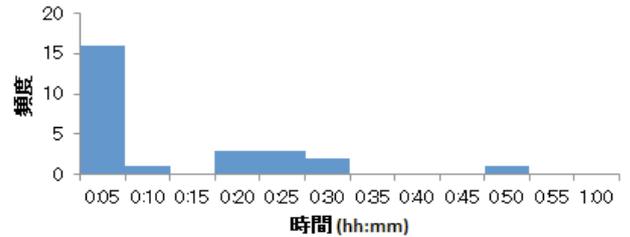
GEONET 全体での平均値は、表 2 のとおりであった。これより、平均の稼働率は 98.8% と計算できる。

4. リアルタイム配信データとの比較

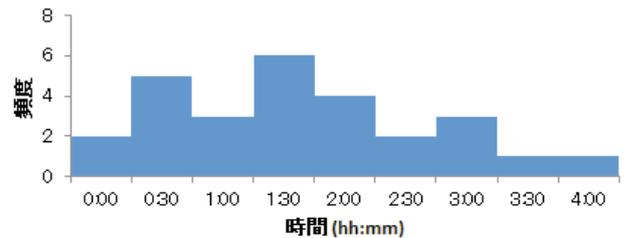
保守作業の予定に対して、実際の作業時間がどのような傾向にあるかを知るため、位置情報サービス事業

表 3 抽出調査の対象とした電子基準点

基準点番号	名称	所在地
940001	稚内	北海道
950214	北茨城	茨城県
93011	川越	埼玉県
940058	高山	岐阜県
950356	神戸中央	兵庫県
940087	古賀	福岡県
960745	知念	沖縄県



(a) 実際の作業時間



(b) 予定作業時間と実際の作業時間の差

図 11 実際の作業時間との比較

者が提供しているリアルタイム配信データの品質情報を用いた分析を試みた。全点について分析を行うことは作業量の点で困難であるため、表 3 の電子基準点を対象とする抽出調査とした。調査期間は、利用可能な品質情報の制約から 2018 年 2 月 10 日から同年 11 月 30 日までとした。

調査期間中に保守作業の予告は 35 件あり、そのうち実際にデータが欠測しており作業時間を確認できたのは 32 件であった。予告作業時間内に複数の欠測があった場合は、最初の欠測から最後の欠測までを作業時間とする。

集計結果を図 11 に示す。実際の作業時間は 1 分が最も多く、予告作業時間については図 4 のとおり 16 時間が最頻値だったことに照らすとたいへんに短い。予告された作業開始時刻に対して、実際の作業開始時刻は 1 時間半程度遅れることが多かった。また、予定より早く作業が開始された例は 2 件あり、うち 1 件は予定時刻の 1 分前であったが、もう 1 件は 3 時間 14 分前に

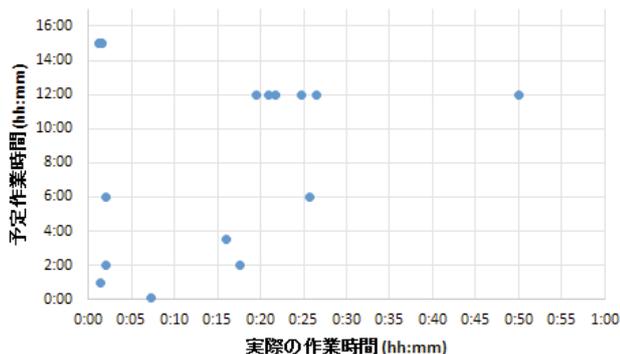


図 12 予定及び実際の作業時間

作業が開始されていた。後者の作業（960745 知念，3月26日）は予定より82時間21分も長く実施されており，作業が大幅に延長されることを見込んだうえで開始時刻が前倒しされたものと想像する。なお，本件について作業予定の変更の情報は通知されていない。

予定及び実際の作業時間間の関係を，図12に示す。予定作業時間が15時間に設定されていたファームウェア更新作業が1分で終わっているケースを除くと，作業時間の予定と実績の間には比較的相関があるものと思われる。しかしながら，そうした関係以前に予告されている作業時間に比べて実際の作業時間は相当に短く，保守作業が予定されているにもかかわらず実際には利用できるケースが多くあるものと思われる。これは，多数の電子基準点の保守作業を行う際に作業全体に必要な時間が長めに見積もられているため，あるいは実際に作業を実施する時間帯がはっきりしておらず長めに予告しているため，といった理由が考えられる。

5. むすび

多くのアプリケーションが利用しているGNSS連続観測システムGEONETについて，稼働状況を調査した結果を報告した。11ヶ月の調査期間中の保守情報は4,587件あり，各点あたりの月平均は0.321件/点/月であった。

保守作業の予告ベースでは，調査期間中の全点平均の稼働率は98.8%，またMTBFは26.7日程度であった。一方，保守作業の実際の所要時間を調べると，予告された作業時間との間に大きな開きがあり，保守作業が予定されているにもかかわらず実際には利用できるケースが多くあるものと思われる。

文 献

- [1] 国土地理院 HP (<http://www.gsi.go.jp/index.html>)
- [2] 青木和夫，“電子基準点の整備状況と配信サービス概要，”GPS/GNSSシンポジウム，pp.43-47，Nov. 2004.

- [3] 辻宏道，山口和典，古屋智秋，万所求，酒井和紀，“電子基準点のマルチGNSS化，”GPS/GNSSシンポジウム，pp.39-40，Oct. 2012.
- [4] 辻宏道，“高精度測位社会を支える位置情報の基盤：電子基準点，”GPS/GNSSシンポジウム，pp.183-186，Oct. 2016.
- [5] 瀧口純一，“センチメートル級測位補強サービスの紹介，”GPS/GNSSシンポジウム，pp.52-57，Oct. 2016.