南極昭和基地超伝導重力計の遠隔地監視

池田 博[†], 土井 浩一郎^{*1}, 松島 洋輔^{*2},
岸田 太^{*2}, 飯村 憲^{*2}, 渋谷 和雄^{*1}

Monitoring System for the Superconducting Gravimeter at the Syowa Station, Antarctica

Hiroshi IKEDA[†], Koichiro DOI^{*1}, Yosuke MATUSHIMA^{*2}, Futoshi KISHIDA^{*2},
Ken IIMURA^{*2} and Kazuo SHIBUYA^{*1}

Synopsis: A communications satellite (INTELSAT) data receiving system with a 7.6m-diameter parabolic antenna was installed at Syowa Station in February 2004. We have carried out communications with the Antarctica station using a virtual private network (VPN) employing a S-Box. We began operation of a real-time monitoring system from Japan on August 26, 2004. The earthquake that recently occurred in Sumatra, Indonesia was observed from Japan using the superconducting gravimeter at Syowa Station.

Keywords: superconducting gravimeter, Intelsat, monitoring system, Antarctica

1. はじめに

南極昭和基地では1993年3月から世界に先駆けて超伝導重力計による重力変化の連続観測を開始し2005年4月現在も南極大陸で唯一の超伝導重力計として観測を継続している¹⁾。第44次南極地域観測隊地学担当が設置した4K-GM冷凍機付き超伝導重力計(CT043)は2003年2月から立上げを開始し3月18日に初期レベiterションに成功し、4月18日よりデータの収録を開始した。11月まで初代の10K-GM冷凍機付き超伝導重力計との並行観測を行い、2003年11月6日よりCT043単独での観測がスタートした。第45次隊が到着してから設置場所の移設とフレームの改良を行い、第45次隊夏隊の持込んだ絶対重力計によって重力値の絶対値校正を行った²⁾。その後、新超伝導重力計は現在まで順調に稼動しており、2005年1月には4K-GM冷

凍機の交換作業を行い第45次越冬隊隊員から第46次越冬隊員に引継ぎ現在も順調に稼動している。

本報告では、南極昭和基地で稼動している新超伝導重力計の運転状況をリアルタイムで監視できるシステムの構築に成功したので報告する。本稿では南極昭和基地に設置してある超伝導重力計のデータとWebカメラにより装置および冷凍機・圧縮機運転音を人工衛星とインターネットを利用して日本から直接監視するシステムの開発について報告する。

2. 南極昭和基地との通信方法

南極昭和基地という設置場所の特異性から、著者が越冬していた第44次観測隊までは国内と南極昭和基地の通信はインマルサット衛星による通信で64 kbpsの速度のため3時間に1度の通信のみ可能であった。また、電子メールのサービスのみにインターネットへの接続はできなかった。しかし、第45次観測隊によりインテルサット衛星に送受信出来るレドームに入った直径7.6 mのアンテナが設置されたことによりFig. 1にあるように昭和基地のアンテナから発信された通信電波はインド洋上のインテルサット衛星を介して日本の山口にある地球局で受信され、さらに極地研究所へ配信され、さらにインターネットによって筑波大学で送受信できるようになった。通信速度は今までよりも飛躍的に改善され1 Mbpsの通信速度が可能となり常時接続も可能となった。

そこでFig. 2に示すように昭和基地に設置してある超伝

Received May 2, 2005

筑波大学研究基盤総合センター低温部門

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

Cryogenic Division Research Facility Center University of

Tsukuba, 1-1-1 Tenoudai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8577, Japan

^{*1} 国立極地研究所

〒173-8515 東京都板橋区加賀 1 丁目 9-10

National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome,

Itabashi-ku, Tokyo 173-8515, Japan

^{*2} 太陽酸素株式会社

〒142-8558 東京都品川区小山 1-3-26 東洋 Bldg.

Taiyo Nippon Sanso Corporation, Toyo Bldg. 1-3-26 Koyama

Shinagawa-ku, Tokyo 142-8558, Japan

[†] E-mail: ikeda@bk.tsukuba.ac.jp

導重力計の運転状態や観測データを日本から直接監視できるようなネットワークコンピュータを著者が越冬した第44次越冬隊で昭和基地に持ち込み、新超伝導重力計装置立上げ時に通信可能のように組み込んだ²⁾。越冬終了後、帰国してから筑波大学からIP (Internet protocol) 申請した。極地研究所を介して南極昭和基地重力計室の計測用パソコンとコントローラに対してそれぞれ専用IPを取得し、筑波大学においてもモニター用のパソコンの専用IPを取得した。また、極地研究所から指定されたS-Box (チェック・ポイント社が中小規模のネットワーク向けに提供する本格的なファイアウォール専用機) を利用してVPN (Virtual Private Network) による通信によってデータは暗号化されセキュリティ対策を行った。その結果、我々が開発したコントローラのEzMPICS³⁾を介して日本から南極昭和基地の重力計室で稼動している新超伝導重力計に2004年8月26日に直接アクセス出来るようになった。また、2004年9月からはWebカメラ(パナソニックBB-HCM310)によって装置および冷凍機・圧縮機の運転状況や運転音が直接遠方監視出来るようになった。

3. EzMPICS および性能緒言

EzMPICS はヘリウム液化・冷凍機用に開発されたコントローラで制御速度は100~1000 msec の設定が可能である。EzMPICS のCPUはインテル社製 Strong ARM を使用し32ビット RISC マイクロプロセッサで低コスト、高性能、低消費電力である。OS(オペレーティングシステム)はリアルタイム OS で実績のある VxWorks を採用している。VxWorks は1987年に米国 Wind River Systems がリリースしたもので TCP/IP ネットワーキング機能を搭載したリアルタイム OS である。システムの仕様としてはオープンシステムを採用し、入出力点数はアナログ入力32点アナログ出力16点デジタル入力24点デジタル出力24点を取り扱うことが可能である。制御方法として ON/OFF 制御、PID 制御、カスケード制御などを組み合わせることにより自動化プログラムを構築する事ができる。EzMPICS が持つ内部データはネットワークを介して運転操作パソコンで表示する。

つまり、ネットワーク接続による遠隔地からの低温機器制御監視およびユーザー作成プログラムによる低温機器の制御系構築に最適である。ソフトウェア構成図を Fig. 3 に示すが制御器の寸法は 90×150×180 mm とコンパクトであるが、機能としては低温機器のコントロール機能を凝縮しており、例えば低温用温度計の出力電圧から変換演算ユニットを利用して温度表示などが手軽にできる。

Fig. 1 Monitoring system at Syowa Station, Antarctica.

Fig. 2 EzMPICS controller system and remote computer operation.

Fig. 3 EzMPICS controller software component.

Fig. 4 Real-time remote monitoring system from Japan. Earthquake that recently occurred in Sumatra, Indonesia.

4. 昭和基地からのリアルタイムモニター図

Fig. 4に示したのは筑波大学において南極昭和基地の新重力計の観測データをリアルタイムに監視しているグラフである。2004年12月26日にインドネシアのスマトラ沖に発生した巨大地震を南極昭和基地で観測した新超伝導重力計の観測データである。Tideは潮汐を示しており、GGP1はGGP (Global Geodynamics Project) の定めたフルタータを使用し測定間隔が1秒間でサンプリングしたデータである。この地震は巨大地震でありマグニチュード (Mw=9.0) と発表されたが、重力計の信号としてはTideとGGP1信号が周期的に大きく振幅しており地球自由振動という地球物理学的な現象が時系列的に直接観測されるほど大きな地震であったことが読み取れる。この他に観測データだけではなく4K-GM冷凍機によるヘリウム容器内の温度分布も監視することができる。そのため日本から南極で越冬している隊員に冷凍機の状態を日本で専門化が監視して異常があった場合は知らせることも可能である。2005年1月には4K-GM冷凍機の交換作業を遠隔監視とWebカメラを利用して第45次越冬隊員から第46次越冬隊員への引継ぎ作業が日本にいる越冬経験者も交えて南極昭和基地と日本直接交信しながらスムーズに行うことが出来た。今後は長期的な信頼性を調査する予定である。

5. まとめ

南極昭和基地重力計室で立ち上げた超伝導重力計の運転状況を日本からの直接監視するためにセキュリティの申請と専用IPを取得後、超伝導重力計に取付けたEzMPICS

を介してインド洋上のインテルサット衛星を利用してインターネット経由で南極と日本を直接接続することが出来た。これにより日本からリアルタイムで超伝導重力計の運転状況の把握ができ、収録データや冷凍機の温度分布などが監視でき日本から南極で越冬している隊員に適切なアドバイスを可能となり担当隊員の負担が軽減されている。

最後に本報告は第44次南極地域観測隊皆様に協力を得て行われました。ここに改めて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) H. Ikeda, K. doi, Y. Fukuda, T. Noguchi, Y. Tamura, T. Nakashima, K. Iimura and K. Shibuya: "Installation of the superconducting gravimeter in the Syowa Station, Antarctica," Abstract of CSJ Conference 70 (2004) 141 (in Japanese)
池田 博、土井浩一郎、福田洋一、野口隆志、田村良明、中嶋俊哉、飯村 憲、渋谷和雄:「南極昭和基地における超伝導重力計の設置」、第70回2004年度春季低温工学・超伝導学会講演概要集 (2004) 141
- 2) H. Ikeda, K. doi, Y. Fukuda, T. Noguchi, Y. Tamura, T. Nakashima, K. Iimura and K. Shibuya: "Installation of superconducting gravimeter in Antarctica and development of its vibration-isolating mechanism and remote monitoring system," TEION KOGAKU 39 (2004) 348-353 (in Japanese)
池田 博、土井浩一郎、福田洋一、野口隆志、中嶋俊哉、飯村 憲、渋谷 和:「南極における超伝導重力計の設置とその除震及び監視技術の開発」、低温工学 39 (2004) 348-353
- 3) K. Iimura and T. Nakashima: "Development of process control system by Windows/PC and VME," IEEJ. IIC-99-43 (1999) 69-73.

池田 博 1953年6月生。1976年千葉工業大学電気工学科卒業。1992年筑波大学院理工学研究科修士課程修了。1977年より筑波大学低温センター技官を経て、1994年より物理工学系講師、2002年から第44次南極地域観測隊員。現在、筑波大学大学院数理物理研究科講師。主に高温超伝導体の低温物性、酸化物蓄冷材の開発、低温技術の開発に従事。低温工学协会会员。工学博士。

土井 浩一郎 1960年6月生。1984年京都大学理学部卒業。1991年京都大学大学院理学研究科博士課程修了。1991年科学技術庁科学技術特別研究員。1995年より国立極地研究所に勤務。主に超伝導重力計を利用した南極域における重力の時間変化の研究に従事。日本測地学会会員。理学博士。

松島 洋輔 1977年11月生。2000年広島大学理学部卒業、2000年広島大学理学研究科修士課程修了。2002年日本酸素株式会社開発・エンジニアリング本部計測・制御センター勤務。主にプラント制御システム開発に従事。リアルタイムシミュレーション技術を応用したプラント傾向監視を担当。

岸田 太 1965年12月生。1988年長崎総合科学大学工学部卒業。1988年(株)日酸エドワーズ勤務。1990年日本酸素株式会社開発・エンジニアリング本部計測・制御センター勤務。主にプラント制御システム開発に従事。ネットワーク技術を利用した制御システムの開発およびシステム構築を担当。

飯村 憲 1950年5月生。1974年上智大学理工学部機械工学科卒業。1976年上智大学大学院理工学研究科機械工学修士課程修了。1976年（株）三菱TRW勤務、1990年日本酸素株式会社開発・エンジニアリング本部計測・制御センター勤務。主にプラント制御システム開発に従事。計測自動制御学会員。

渋谷 和雄 1948年5月生。1972年東京大学理学部地球物理学科卒業。1978年東京大学理系大学院地球物理学専攻博士課程修了。1978年国立極地研究所助手。1994年より同研究所・教授、現在に至る。一貫して南極地学研究に従事。日本測地学会、日本地震学会会員。理学博士。