

国際規格に適合した新しい新幹線用早期検知地震計の開発 Development of new EEW seismographs for Shinkansen based on international standards (IEC-61000, 62236)

佐藤 新二^{1*}, 山本 俊六¹, 川崎 邦弘¹
SATO, Shinji^{1*}, YAMAMOTO, Shunroku¹, Kunihiro Kawasaki¹

¹ 公益財団法人 鉄道総合技術研究所

¹ Railway Technical Research Institute

1. はじめに

鉄道総研では地震発生時にP波を検知して、列車を停止させる機能を持つ早期検知地震計の研究、開発を行っている。このシステムでは、地震発生時地震計への供給電源および通信回線が途絶した状況下でも新幹線を停止できるように地震計単独処理を採用しているため、一台一台が高い観測精度と信頼性を有する必要がある。地震計の信頼性向上を目的として、鉄道総研では国際規格に適合した地震計製作仕様を策定した(例えば、佐藤:日本地球惑星科学連合2010年大会)。今回、世界に先駆けて国際規格に適合した地震計を開発したので、以下その概要を報告する。

2. 国際規格に適合した地震計製作仕様

まず鉄道総研が策定した地震計製作仕様について簡単に説明する。新幹線(または鉄道全般)用に限らず地震計は電源、センサ、GPSなど多くのケーブルが接続されている。これらのケーブルは、強い電磁波を受信するアンテナの役割をもつため、設置環境によっては、地震観測に支障をきたすケースが考えられる。このような事象の発生を低減するため、国際規格IEC61000およびIEC62236シリーズに準じる地震計製作仕様を策定した。地震計製作仕様については、本仕様では、地震計に接続される全てのケーブルを対象に無線・携帯などの電波(放射電磁界)、静電気・サージなどを直接あるいは間接的に照射し動作が停止しないことを試験要件に定めている。試験はEMC試験が実施できる第3者機関で実施することとし、8つの試験項目全てに合格することを必須条件としている。高い信頼性を保つため、各試験における電磁波の限度値は、現在の新幹線の地震計動作環境より高い値を設定した。

3. 新しい新幹線用早期検知地震計の開発

次に地震計製作仕様に従って地震計を開発し、EMC試験を実施した。試験実施対象となる地震計は、標準タイプ(東北・上越・北陸、山陽、九州新幹線に導入)、キュービクルタイプ(北陸新幹線に一部導入)の2種類である。EMC試験は2回実施し、第1回EMC試験で地震計機構の課題抽出、2回目でEMC対策の実証試験を行った。第1回目のEMC試験によって、センサ等のケーブルおよびコネクタ、基板を含む全般的な絶縁処理およびグラウンドラインをEMC試験対応にすることが効果的であることが確認された。この際69MHz付近の無線周波数照射試験中に記録された波形を観察すると、断続的に全成分の波形(NS、EW、UD)が一定振幅ずれる特徴的な波形が確認された。ただし、この波形を記録している状態で、B-法によるP波検知は行われずノイズ判定となっており、ソフトウェアによるノイズ識別機構は有効に動作していることも確認された。

第1回目のEMC試験で確認された方針をうけて地震計の改修を行い、第2回目のEMC試験を実施した。その結果、現在新幹線に関係しているメーカ2社がEMC試験に合格した。更に今年2月、EMC対応地震計が鉄道総研に納品され、現在最終的な動作確認を行っている。今回実施したEMC試験は、早期検知地震計そのものに直接電磁波を照射させる試験であり、新幹線設備から一定距離離れた対震ハットと呼ばれる観測小屋に設置されている現状を考慮すると、比較的厳しい条件下での試験といえる。開発された地震計は新幹線の安全に大きく寄与すると考えている。

4. まとめ

本製作仕様書は電磁波に着目した地震観測環境を定義しており、地震観測の基盤技術を国際基準より規定したことに大きな意味を持つ。また本製作仕様書は、発注者側にとって、国際基準を満たす地震計を使用できるというメリットがある。更にメーカにとっても自社の製造技術を証明することにもなり、双方にメリットがあるといえる。昨年東北地方太平洋沖地震においては本早期検知地震計を含む新幹線地震防災システムが一定の役割を果たした。今後も新幹線が安全であるために、地震を正確に検知し、新幹線を制御する早期検知アルゴリズムの精度向上と、地震計ハードウェアのEMC試験は必要な対応と考える。開発した地震計は、できるだけ早い段階で新幹線に導入されるよう関係各所に働きかけを行いたいと考えている。

キーワード: 早期検知, 地震計, 新幹線, 国際規格, EMC 試験

Keywords: Seismograph, Shinkansen, IEC, EMC

STT59-01

会場:106

時間:5月21日 13:45-14:00



南極域のFDSN観測点における遠地地震の検知率評価 Evaluation on detectability of teleseismic events by FDSN stations in Antarctica

金尾 政紀^{1*}

KANAO, Masaki^{1*}

¹ 国立極地研究所

¹National Institute of Polar Research

Phase identifying procedure for teleseismic events at Syowa Station (69.0S, 39.6E), East Antarctica have been carried out since 1967 after the IGY period. From the development of INTELSAT telecommunication link, digital waveform data have been transmitted to NIPR for utilization of phase identification. Arrival times of teleseismic phases, P, PKP, PP, S, SKS have been reported to USGS, ISC, and published as "JARE Data Reports". In this presentation, hypocentral distribution and time variations for detected earthquakes was studied in 21 year period from 1987 to 2007. Characteristics of detected events, magnitude dependency, spatial distributions, seasonal variations, together with classification by focal depth are demonstrated. Obtained b values (Magnitude-number relation factor) for various focal depth groups took in 0.89-1.03 which was comparable with those by regional arrays and ISC data. Variations in teleseismic detectability in longer terms have possibly associated with meteorological environment and sea-ice spreading area in terms of global warming. Moreover, several kind of ice signals (sea-ice movement, tide-crack shocks, ice-berg tremor, basal sliding of ice-sheet) are demonstrating in the vicinity of the Station. Broadband array deployments, moreover, were carried out on the outcrops around the Lutzow-Holm Bay (LHB). Recorded teleseismic and local signals have sufficient quality for various analyses of dynamics and structure of the crust and mantle. Teleseismic passive seismic studies such as receiver functions and shear wave splitting were carried out; indicating heterogeneous structure along the coast in LHB. The obtained data can be applied not only to lithospheric studies but also to Earth's deep interiors, as one of the major contribution to POLENET during the IPY 2007-2008.

キーワード: 昭和基地, 遠地地震, 検知率, モニタリング観測, グローバル網

Keywords: Syowa Station, teleseismic events, detection capability, monitoring observation, global network

気象庁の一元化自動震源高度化に向けた取り組み Improvement of Automatic Hypocenter Determination in JMA

清本 真司¹, 溜淵 功史^{1*}, 長岡 優¹, 森脇 健¹, 大竹 和生¹, 中村 雅基¹

KIYOMOTO, Masashi¹, TAMARIBUCHI, Koji^{1*}, NAGAOKA, Yutaka¹, Ken Moriwaki¹, OHTAKE, Kazuo¹, NAKAMURA, Masaki¹

¹ 気象庁地震火山部

¹JMA

震源データを用いて大規模地震の余震活動の推移や余震域の広がり,あるいは群発地震活動の推移等を早期に把握することは,地震災害対策を講じるにあたり極めて有効で,その社会的要請も大きい。気象庁では職員が決定,精査した震源カタログを一元的に作成しているが,平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生後,広範囲で余震活動が極めて活発となったため,震源カタログの生成に遅れが生じている。

気象庁では昨年3月末より自動処理によって決定した震源をホームページで公開しており,震源カタログと比較すると,内陸の浅い地震ではM2.0以上でほぼ90%以上の決定率である。一方,地震が多発すると,(1)見かけ上のノイズレベル(LTA:長時間平均)の上昇によってSTA/LTA(短時間平均と長時間平均の比)によるトリガ検知がしにくくなる,(2)複数の地震の相をひとつの地震と誤認して震源計算する,などの問題があるため,決定率は10~30%程度にまで低下する。このように,大規模地震の余震活動の推移把握を的確に行うためには,広範囲で地震が多発しても処理可能な自動処理手法の開発が急務である。これについて,気象庁では様々な手法を検討しており,その検討状況について紹介する。

まず,地震多発時のトリガ検知・相検出については,STA/LTAによるトリガ検知だけでなく,常時(例えば1秒毎に)AR-AIC法による検出処理を行うことで,トリガによらない相検出を行うことにした。この手法を用いることで,地震動以外による波形の不連続点も多く検出する一方,多発時においても,比較的多くの相を正しく検出することができる。

次に,複数の地震の相が混じった状態からの適切な震源の分離については,パーティクルフィルタを用いた手法[山田(2011)],パターン認識を応用した手法[東田・大竹(2001)]が提案されている。いずれの手法も空間的に広い余震域に対しても適用可能な手法であり,東北地方太平洋沖地震の余震等への適用及び検証を行っている。

その他,群発地震など,空間的に狭い範囲で発生する地震については,スタッキング手法[酒井(1998),溜淵・他(2011)]や走査型地震検出法[中川・平田(2000)]が提案されており,特に伊豆東部の地震活動など群発的な活動が予測される領域では,スタッキング手法を用いた自動震源を既に気象庁ホームページで公開している。さらに,低周波微動の監視については,エンベロープ相関法[Obara(2002)]によるイベント検知を一部で行っており,さらに高度な処理の実現に向けて検討を進めている。

参考文献:

中川・平田,2000,日本地震学会2000年秋季大会予稿集,144.

Obara,2002,Science,296,1679-1681.

酒井,1998,日本地震学会1998年秋季大会予稿集,140.

溜淵・他,2011,連合2011年大会,STT055-P03.

東田・大竹,2001,地震2,53,273-280.

山田,2011,地震研研究集会「地震動の瞬時解析と直前予測」。

キーワード:自動処理,パーティクルフィルタ,パターン認識,走査型地震検出法,エンベロープ相関法

Keywords: automatic hypocenter determination, particle filter, pattern matching, scanning method, envelope correlation method

表層風の影響を考慮にいれた広帯域地震計システムの開発 Designing a martian broadband seismometer system under surface wind environment.

西川 泰弘^{1*}, 栗田 敬¹, 新谷 昌人¹
NISHIKAWA, yasuhiko^{1*}, KURITA, Kei¹, ARAYA, Akito¹

¹ 東京大学 地震研究所

¹Earthquake Research Institute, The university of Tokyo

火星の表層は高解像度の撮像などによって、多くのデータが集められている。一方で、火星の内部構造は平均密度、慣性モーメント、重力データといった情報から推測されている。地震計による地動観測の主な目的は惑星内部の地震波速度構造を知ることである。内部構造の情報をを用いることで惑星内部の物質の分化プロセスを含む惑星進化について新たな知見を得ることが出来る。しかしながら技術的な問題から、火星の地震解析は行われておらず、そのため現在の火星の内部構造は間接的かつ不十分な情報による推測で決定されている。日本が2020年代に打ち上げを予定している火星探査計画 MELOS project に、高感度かつ広帯域の地震計による火星の内部構造探査案が含まれている。この内部構造探査案は火星の惑星自由振動を一点で観測し、火星内部の一次元地震波速度構造を決定することを目的としている。本研究の目的は、火星の惑星自由振動が内部構造、特にコアの状態を反映しているかを確かめること、ノイズ対策として表層風影響を効率よく軽減する風よけを設計することである。いくつかの内部構造モデルを用いて火星の惑星自由振動を計算し、内部構造が火星の惑星自由振動の周期に反映されていることを確かめ、また表層風の対策として風洞試験と数値流体シミュレーションを用いることでトルクの小さい風よけを設計した。

キーワード: 火星, 広帯域地震計, 内部構造, 風よけ, 惑星自由振動, CFD

Keywords: Mars, broadband seismometer, internal structure, wind shelter, planetary free oscillations, CFD

スロー地震観測のための長周期加速度計の開発 Design of a broadband accelerometer for the observation of slow earthquakes

出口 雄大^{1*}, 新谷 昌人¹
DEGUCHI, Takehiro^{1*}, ARAYA, Akito¹

¹ 東大・地震研

¹ERI, Univ. Tokyo

低周波微動、超低周波地震、短期的・長期的スロースリップといったスロー地震には、モーメントと継続時間が比例するというスケールリング則があることが知られている (Ide et al, 2007)。このスケールリング則から予測されるスロー地震で、特徴的な継続時間が 10 秒程度のものと 10^3 から 10^4 秒程度のものは観測の報告がされていない。このうち 10 秒程度の方は脈動の影響により観測が困難であると考えられる。一方、 10^3 から 10^4 秒程度のスロー地震は、工夫することにより観測が可能ではないかと考えている。このような継続時間のスロー地震を捉えることを主な目的として、長周期加速度計の開発を検討している。スロー地震から予測される地面の加速度スペクトルや歪スペクトルを弾性体の力学の理論に基づいて計算し、観測機器のノイズや地面振動のノイズと比較することにより、観測が可能かどうか考察する。さらに、通常的手法では観測が困難であると考えられるので、スロー地震の特徴に適した観測方法を提案したいと考えている。また、そのような観測方法に特化した長周期加速度計の設計の概要を報告する。

キーワード: 加速度計, スロー地震

Keywords: accelerometer, slow earthquake