

## 3.2.3. 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

## (1) 業務の内容

## (a) 業務題目

「広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発」

## (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人防災科学技術研究所	室長	小原一成	obara@bosai.go.jp
防災研究情報センター	研究員	功刀卓	kunugi@bosai.go.jp

## (c) 業務の目的

海溝型地震発生の理解推進を目的として、海溝型地震の特徴を考慮した地震計の開発を行うため。

## (d) 5カ年の年次実施計画

- 1) 研究計画 1 年目：新型地震計試作機作成
- 2) 研究計画 2 年目：新型地震計試作機作成・評価
- 3) 研究計画 3 年目：新型地震計試作機作成・評価
- 4) 研究計画 4 年目：新型地震計試作機作成・評価
- 5) 研究計画 5 年目：総合評価

## (e) 平成 16 年度業務目的

既存の高感度加速度計および強震計に改良を加える。高感度加速度計については電子回路を、強震計については電子回路のほか、メカ部分（バネ・振り子系）にも改良を加える。地震計の改良による基本的な定数（固有周期等）を決定し、電子回路変更による性能向上等について検討する。

## (2) 平成 16 年度の成果

## (a) 業務の要約

基盤地震観測網で用いられている、高感度加速度計、低感度加速度計（強震計）をベースに広帯域高ダイナミックレンジ化をはかるための改良を行った。地震計が実現すべき特性について検討を行い、3 種類の試作機を製作した。新型高感度加速度計については、現行の高感度加速度計を元に短周期で振り切れを押さえる対策をおこなった。この結果として、短周期では地震計の出力が地動速度に比例する（速度平坦の特性をもつ）。強震計についても高感度加速度計と同じ改良を行った。温度変化の激しい地表では、温度変化に起因する長周期のノイズ（直流成分ドリフト）が大きくなるおそれがあるため、直流成分を安定化させる回路を組み込んだものも試作した。

**(b) 業務の成果**

海溝型巨大地震の地震動は広帯域かつ大振幅である。また、スロースリップ、プレスリップ、余効変動といった、超長周期の地震波をとまなう可能性が高い。これらの現象を高精度観測することができれば、海溝型地震の発生プロセスの解明や、長大構造物に被害をもたらす長周期地震動に関する研究が大きく進展することが期待される。本業務では、既存の地震計をベースに広帯域・高ダイナミックレンジ化を図りかつ安定運用が可能な新型地震計を開発した。

まず、改良のベースとなる地震計の選定を行うため、既存地震計の方式や性能の調査を行った。その結果、環境の安定した孔井内で稼動することが実証されている、高感度地震観測網（Hi-net）の地震計をベースとして開発することがもっとも実現性が高いと結論した。このため、これらの地震計（高感度上下動加速度計、高感度水平動地震計、加速度型強震計）をベースとなる地震計として、広帯域・高ダイナミックレンジ化のための改良を行った。

高感度加速度計については、数十秒以下の短周期地震波の入力により、振り子の制動が利かなくなる（帰還回路の飽和）ことが、広帯域・高ダイナミックレンジ化を妨げる原因であることが知られていた。これを避けるために、電子回路を改良して、短周期帯域での帰還（制動）を強くすることをを行った。これにより短周期地震波の入力時でも飽和せず記録できるダイナミックレンジの高い高感度地震計が実現した。この新しい高感度加速度計は、ある周期より短周期側では地動速度に比例した信号を出力する地震計となり、長周期側では地面の傾斜の観測が可能（直流成分まで地動加速度に対し平坦な特性を持つ）という、広帯域な特性を実現した地震計である。高感度加速度計の上下動に関しては機構部分の大幅な改良を行わなかったが、水平動に関しては、これまで一つの振り子で水平二成分を計測していたものを、独立な二つの振り子で水平二成分を計測するという大規模な変更を行った。これは、一つの振り子を用いる方式では可動域が十分でないために高ダイナミックレンジ化が難しいことが、本業務の途中で判明したからである。

強震計についても同様の方式で電子回路を改良した（地中タイプ）。これにより短周期地震波の入力時に飽和しにくくなるため感度を上げることが可能となった。この結果、通常の加速度型強震計にくらべるとダイナミックレンジの高い強震計が実現できた。地中タイプ強震計に加え、地表近くの温度変化が激しい場所でのドリフトをおさえるための回路を付け加えた地震計を試作した（地表タイプ）。地表タイプ強震計は、STS型地震計などと同じ型の特性をもつものである。強震計については、振り子の固有周期が短いと温度特性が悪化する傾向があることがわかったため、通常のHi-net観測点で用いられている強震計のバネ・振り子系ではなく、新たに設計したより固有周期の長いバネ・振り子系を採用した。

試作した3種の地震計について、キャリブレーション信号による試験を行い、本業務において行った改良により期待される特性を持つことを確認した。以下に試験によって確認された性能を示す。

表 1 高感度加速度計

出力感度 : DC域で  $7000\text{V}/\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$   
 振動数特性 : DC ~ 0.01Hz 出力は加速度に比例 (加速度平坦)  
                   0.01Hz ~ 5Hz 出力は速度に比例 (速度平坦)  
 最大測定範囲 : DC域  $\pm 2 \times 10^{-3}$  radian

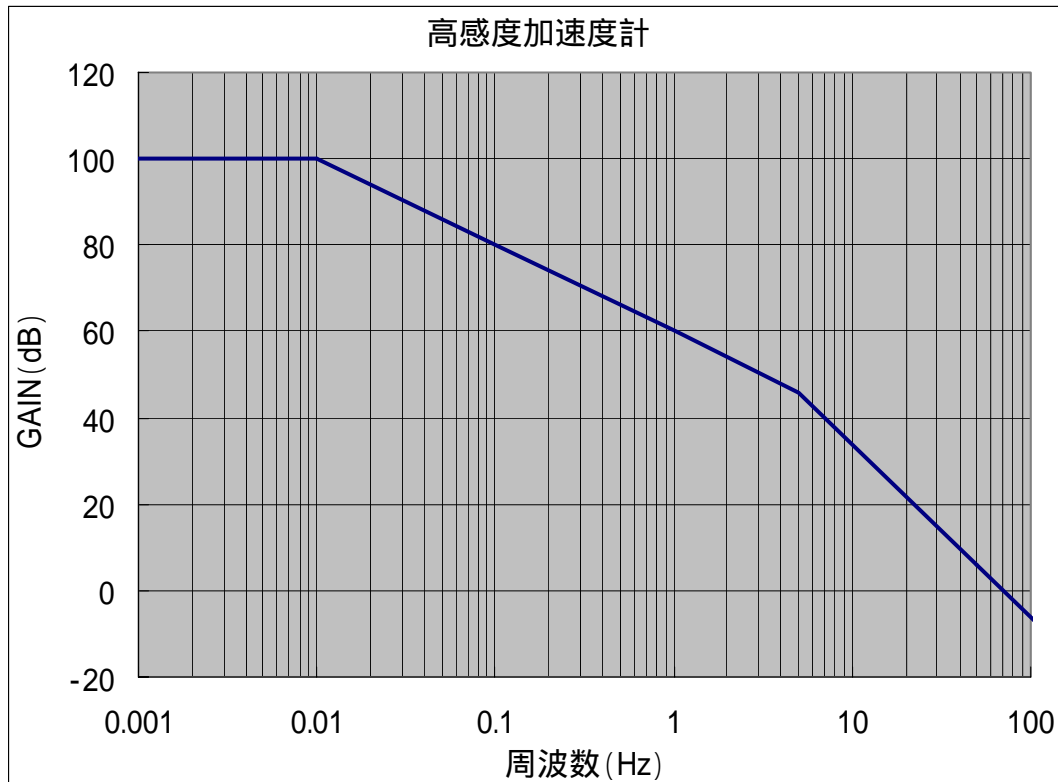


表2 速度型強震計・地中タイプ

出力感度 : 50mV/kine  
 振動数特性 : DC ~ 0.02Hz 出力は加速度に比例 (加速度平坦)  
 0.02Hz ~ 100Hz 出力は速度に比例 (速度平坦)  
 測定範囲 : ±200kine

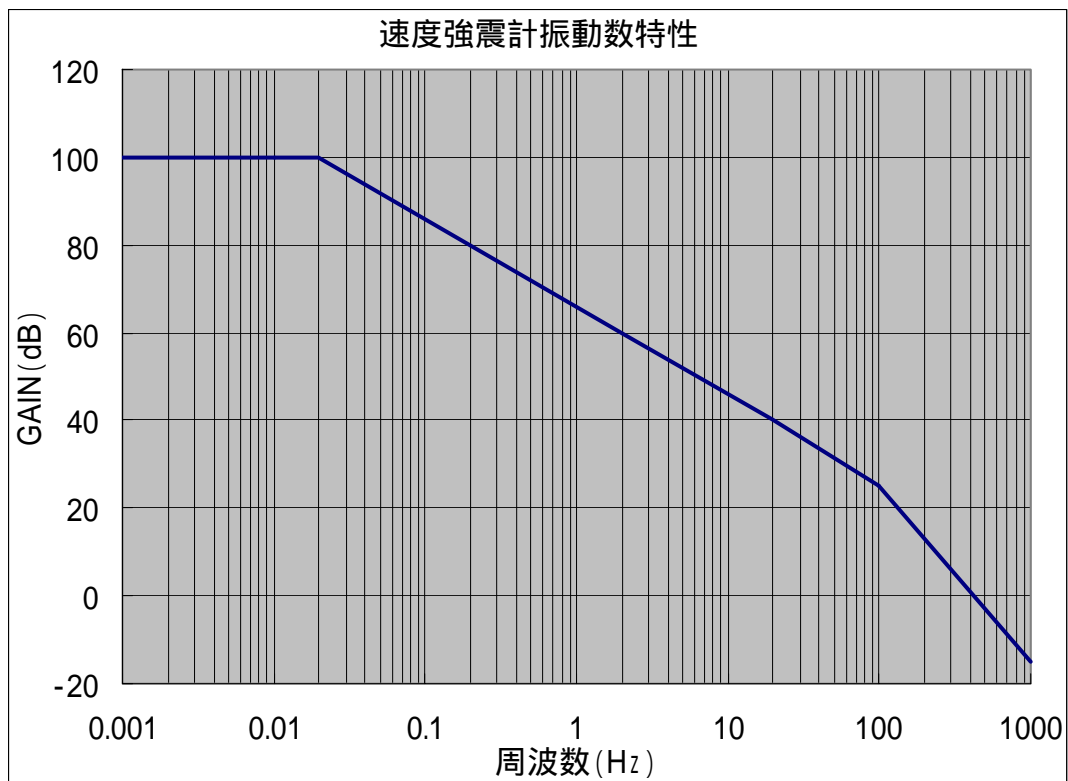
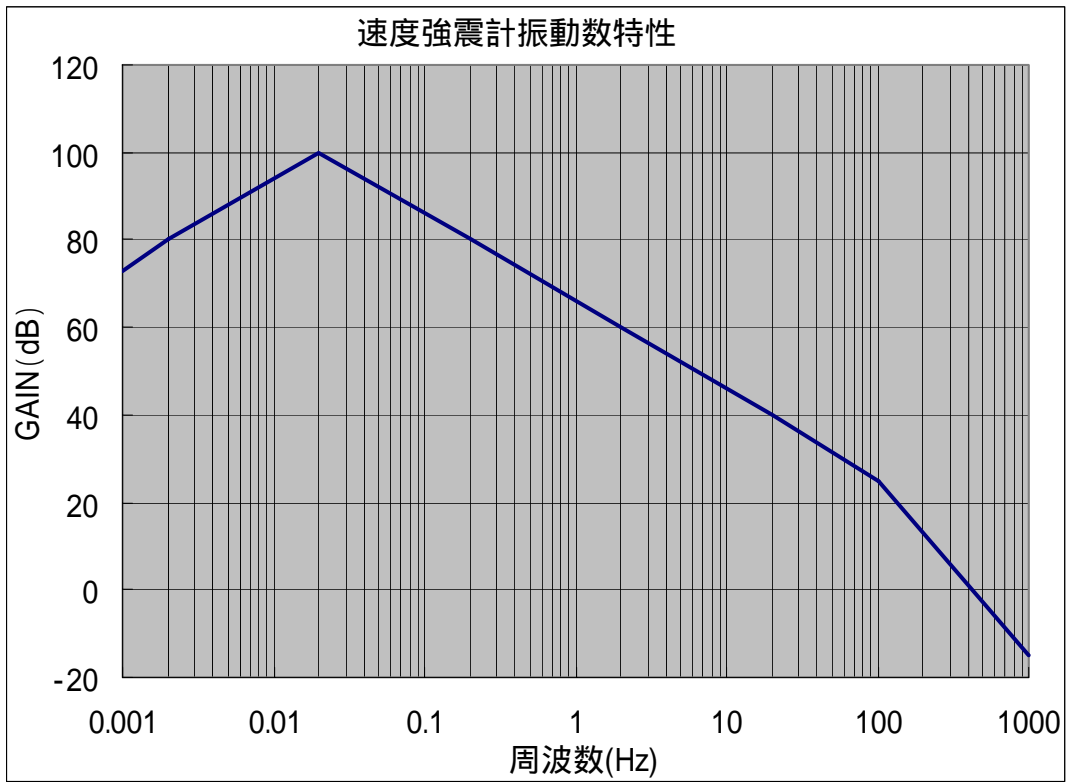


表3 速度型強震計・地表タイプ

出力感度 : 50mV/kine  
 振動数特性 : 0.02Hz ~ 100Hz 出力は速度に比例 (速度平坦)  
 測定範囲 : ±200kine



3.2.3. 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

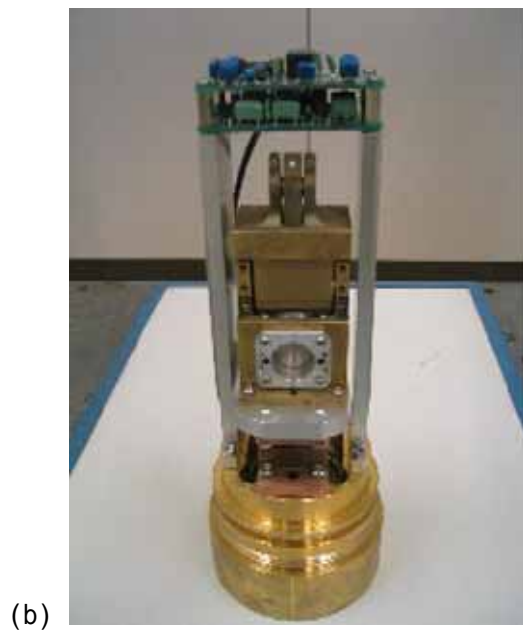
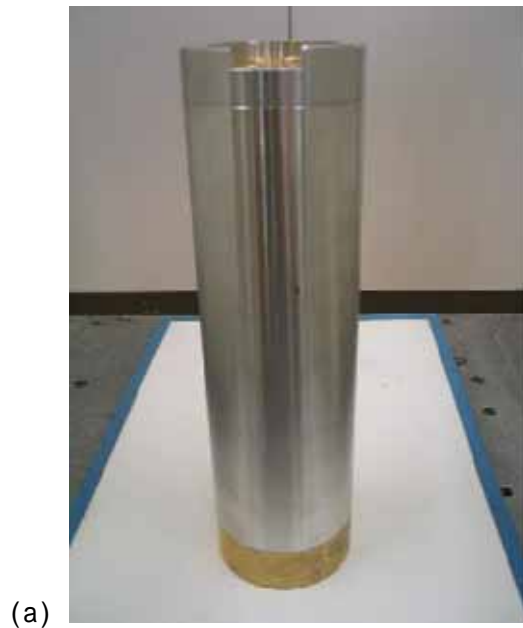


写真 1 試作した地震計の写真 高感度加速度計（水平動）  
(a) 外観 (b) 内部

3.2.3. 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発



写真2 試作した地震計の写真 高感度加速度計（上下動）

(a) 外観 (b) 内部

### 3.2.3. 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発

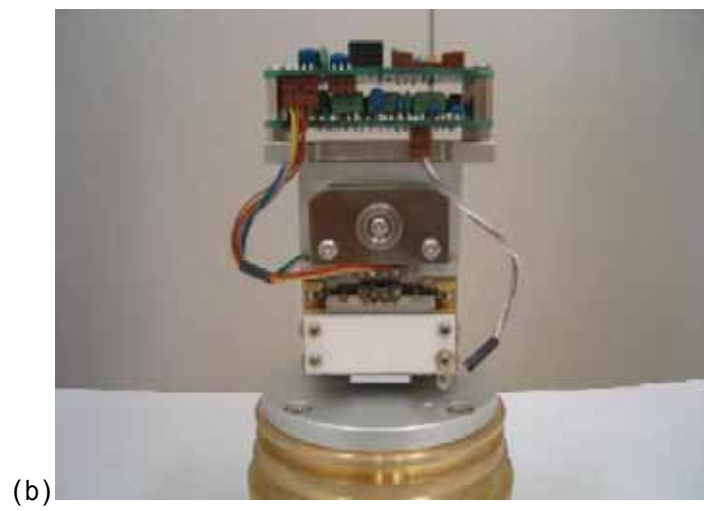


写真3 強震計（水平動） 地中タイプと地表タイプは同一形状  
(a) 外観 (b) 内部



3.2.3. 広帯域高ダイナミックレンジ孔井式地震計の開発



写真4 強震計（上下動） 地中タイプと地表タイプは同一形状  
(a) 外観 (b) 内部（正面）

(c) 結論ならびに今後の課題

今年度の試作地震計の完成により、短周期帯域での帰還（制動）を強くし振り切れを押しえたうえで高感度化を行うという、本業務で採用した高ダイナミックレンジ化方式が、実際に動作する地震計として実装可能であることが確認された。これにより地震計の帰還回路部分は方式として確立したといえる。今後は観測目的に応じた最適性能を得るために、試験観測を重ねて回路定数を決定する作業が必要になる。一方、メカ部分（バネ・振り子系）に関しては、高感度水平動加速度計で、一成分に対し一つの振り子を用いる方式に変更する改良を行った。地震計の長期安定度はメカ部分の安定性によるところが大きいため、継続して試作地震計の連続観測を行い、安定性の確認を行うことが必要である。強震計においては、直流加速度まで計測可能なもの（地中タイプ）と、直流成分を安定化させたもの（地表タイプ）を試作した。今後は、どのような目的・環境において、どちらのタイプが有利になるかを、実際の観測を通じて見極める必要がある。さらに、より安定性の高い材料と方式を用いてメカ部分を製作することも、地震計の性能を飛躍的に向上させる可能性があるため、今後の課題としてとりくむべきである。

(d) 引用文献

無し。

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

現在はまだ無し。

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

無し。

(3) 平成 17 年度業務計画案

初年度に実施した既存の高感度加速度計および強震計の改良に対して評価を行う。つまり、高感度加速度計については電子回路、強震計については電子回路のほか、メカ部分（バネ・振り子系）に対して改良が加えられたことに対する性能向上を明らかにする。平成 16 年度は数値上の比較検討を行ったが、平成 17 年度は振動台による加振試験を行うことで、実験的に性能の向上を評価する。その結果をもとに、更なる性能向上を図るための再改良を行い、横坑を利用した比較試験観測を実施する。