

I - B 426

新 SI センサーの開発

東京ガス(株) 正会員 小金丸健一 正会員 清水善久
山武ハネウエル(株) 築田貴 古川洋之 田久保光

1. はじめに

東京ガスでは、昭和 61 年より大地震時における低圧ガス供給停止のために、3,600 箇所全ての整圧器に SI センサーを用いた感震自動遮断装置を設置し、運用している。しかしその間に安価なテレメータ装置等が開発され、様々な情報を現場から簡便に収集が可能になったが、現状の SI センサーは、外部信号出力ができず、また振り子型の機械式地震計であるため加速度・SI 値の計測は行っていない。そのため今回 SI センサーの老朽化更新に伴い、高機能・低価格な新 SI センサーを開発し平成 10 年 1 月より設置を開始した。（図. 1）

2. 加速度ピックアップ

今回の開発では最初に加速度ピックアップの選定を実施した。新 SI センサーは制御に用いるため、最も重要視したのは、温度・湿度などの耐環境性であった。最終的に採用したものは住友精密工業(株)製の静電容量式ピックアップで、耐環境性に優れており、自動車用に大量生産もされているためサーボピックアップに比べると非常に安価である。静電容量式の加速度ピックアップは、固定電極と重り付き可動電極からなり、加速度により重りが動き可動電極と固定電極間の静電容量が変化することを利用して加速度を計測する。特徴的なのは、可動電極の振動の非対称性を利用し、1 チップで 3 軸の加速度を測定できることである。その計測方法を図. 2 に示す。このことによりセンサー全体の大きさを小型化でき、また取り付け誤差が殆ど無くなるため他軸感度を向上させることができた。

3. SI 値の計算

高精度な加速度ピックアップの能力を生かすためには、SI 値も高精度に計算することが必要である。そのため新たに SI 値計算ロジックを開発し、厳密解に近い精度とリアルタイム性を確保した。

(1) 精度

SI 値は角度の依存性が大きく（図. 3 参照）、X 方向、Y 方向それぞれの SI 値を計算していると、最大 SI 値を誤る可能性がある。そこで 30 地震の波形を用いたシミュレーション結果に基づき、水平 8 方向について SI 値を計算し、常に最大の SI 値を出力するようにした。なお垂直方向は、被害に及ぼす影響は小さく、振動も水平動に比べると小さいため SI 値の計算は行わない。

(2) リアルタイム計算

SI センサーは制御に用いるため、SI 値はリアルタイムで計算する必要がある。SI 値はある時間幅で区

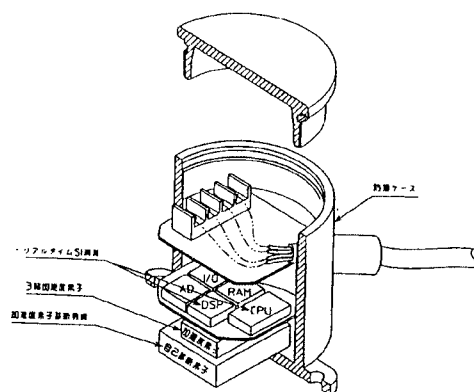


図.1 新 SI センサー概要図

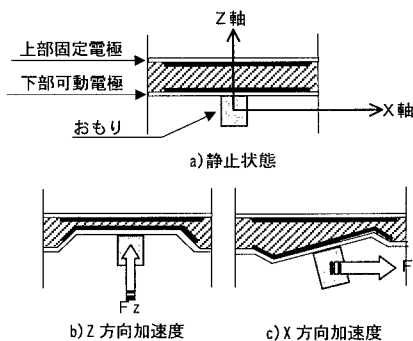


図.2 静電容量式ピックアップ計測原理（3 軸計測）

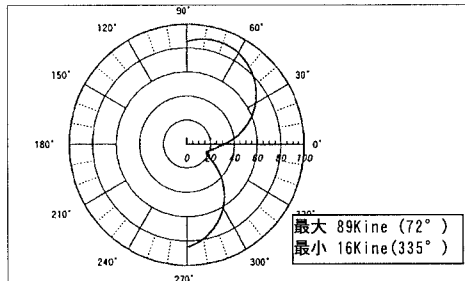


図.3 兵庫県南部地震（神戸港）でのSI値の角度特性

表.1 計算時間幅と計算精度（厳密解:1.0）の関係

計算時間[秒]	5	10	20
計算精度	0.986	0.995	0.999

切られた振動について計算されるものであるが、地震発生・終了を検知させるとCPUに余分な負荷をかけ、ロジックが複雑になる。そのため地震の有無に関わらずノトリガーで常に同じ計算を繰り返し、且つリアルタイムでSI値が計算される方法を考案した。SI値は予め設定された長さの時間データから計算されるが、60の実地震波形を用いてシミュレーションを行った結

果、20秒の時間幅をとったSI値で十分な信頼性が確保できることが明らかになった。（表.1参照）そのため新SIセンサーでは過去20秒の時間のデータを用いてSI値を計算している。

4. 高機能

新SIセンサーは従来のSIセンサーの故障分析を基に設計を行っており、耐ノイズ性、耐湿・耐水性に優れ更に様々な機能を装備している。

(1)制御・計測両機能装備、テレメータ装置対応

制御遮断用に無電圧リレー接点出力、計測用にSI値・加速度のアナログ出力を持つ。このアナログ出力については各種テレメータ装置に対応できるように4-20mAで出力しており、非常に汎用性が高い。

(2)波形保存機能

各種防災対策・研究に生かせるように波形保存機能を持つ。データは、SI値の大きい波形（XYZ3軸）から6地震分、年月日時間等のヘッダー情報と共に内部メモリに保存される。図.4.5に実際に保存された10年1月14日茨城県南部の地震の加速波形（中野区東中野および港区港南で観測）を示す。

(3)自己診断

動作信頼性を向上させるために常時自己診断機能を持つ。異常が生じた場合にはテレメータ装置に異常出力を行うことにより速やかに状況を把握することが可能である。またメンテナンス時には、センサーを設置状態から外すことなく、診断ボタンを押下するだけで必要十分な点検を実施できる。

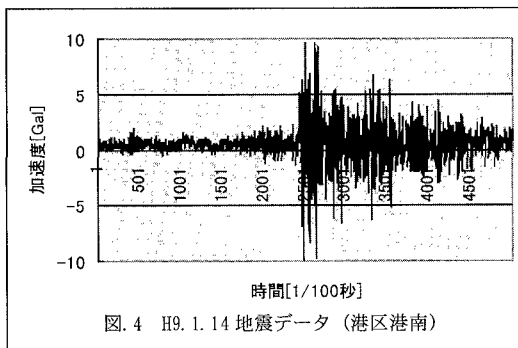


図.4 H9.1.14地震データ（港区港南）

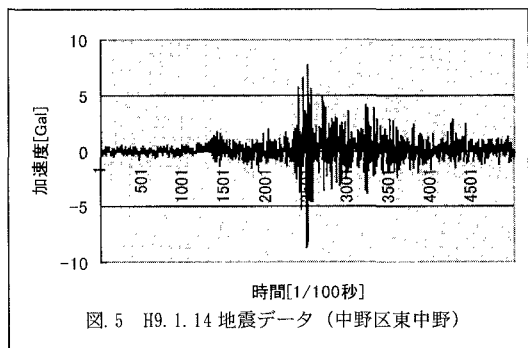


図.5 H9.1.14地震データ（中野区東中野）

5. 終わりに

今回マイクロマシンング技術を応用して小型・低価格・高機能な新SIセンサーを開発した。今後、平成13年までに、約2,000ヶ所にこの新SIセンサーが設置され（約1.5ヶ所/km²）、最終的には3,600ヶ所、約1.0ヶ所/km²という世界で最も高密度な地震計ネットワークとなる。このネットワークにより整圧器の遮断情報や、SI値・加速度などの分布等が短時間で把握できるようになるため、地震後の適切な緊急措置が可能となり、また波形保存機能を用いて中小地震の解析を行えば、地点毎の揺れ易さなどが明らかになり、非常に効果的な事前防災対策の実施が可能となる。