

2009年度第6回テクニカルフォーラム 議事録

- テーマ名：建築物の点検・モニタリングのための無線3軸加速度センサーの開発
- 講師： 大久保孝昭氏（広島大学 教授）
- 日時： 3月18日（火）16:00～18:00
- 場所： トリトンスクエアZ棟 4階フォーラム室
- 参加者： 23名+事務局

資料 「建築物の点検・モニタリングのための無線3軸加速度センサーの開発」

講演 16:00～17:00

「ユビキタスセンサーネットワークに関する調査研究会」が指摘しているように、小型センサー技術を建設分野で活用することの効果と期待は高く、近年、多くの研究開発が実施されている。発表者は、医療分野のセンシング技術者と共同で建築用のMEMS加速度センサーおよび無線計測・解析システムを開発し、これまで、建築物の維持管理や地震応答分析に活用するためのFSを実施してきた。本フォーラムでは開発した計測システムのデモンストレーションを行うと共に、建築分野における無線センサーの活用方法について意見交換を行った。

自由討議 17:10～18:20

コーディネータを学会会員で前事務局長の松谷輝雄氏にお願いし、自由討議が進められた。

- Q. センサーの値段はいくらか。また、そのシステムはいくらか。
- A. ベンチャー企業が無報酬で開発を行ってくれており、その企業が値段を決めることになるが、データ通信の仕組みを含んだ1基のおよその値段が50～70万円である。この中に波形データとFFTソフトが含まれるが、個々で説明した解析ソフトのシステムは別途である。
- Q. 建物の劣化を調べるのが開発の目標と聞いたが、センサーに温度と湿度計を付けて結露を調べるのか。
- A. 温湿度の計測センサーは既往のものがあるので、それをわざわざ開発する気持ちはなかった。今回開発のセンサーは、温湿度計はオプションのようなもので、本質は加速度センサーをつけ、モニタリングできる部材のたわみやボルトのゆるみとか木の腐れとかを測定したいために加速度センサーの開発を行った。温度と湿度を取り出すことは当然できる。
- Q. 人力加振の説明の中で、このセンサーと通常使われている計測器用のセンサーと比較されていたが、振動数の特性の中で、長周期側の精度がどれ位あるのか。超高層建物

の上部の動きを測定したいが、資料では0.6秒以上の長周期側ではあまり良くないように見えるが、どうか。

- A. このセンサーはDCから取れるので基本的にゆっくりした動きにも対応できる。これが特徴である。実際に遊びで測定したが、新幹線の加速やブレーキによる減速も測定できている。また共振周波数が300kHzの高いところも取れるようにするのが大変だった。
- C. ミクロセンサーで1Hz以下が測定できるセンサーはあまりない。もし、10秒の周期が取れば画期的である。
- Q. JIS規格を満足するための条件はハードルが高いが、開発においてこれを視野に入れているか。
- A. 将来的には規格を取ることもあるかもしれないが、今の所は振動、騒音相当レベルという表現でお茶を濁し、早急に認定を受けることは考えていない。簡単に取り扱えるので、補助的な計測器ということで考えている。
- Q. 取りにいくとしたときに十分に取れる精度があるかが問題である。分解能で0.001は10dBから20dB位でかなり小さい振動なので、それだけの精度があると、常時微動が十分取れるはずであるが、データを見ると他の計器との間で誤差がある。なぜか。自己ノイズが入っているのか。その辺がどれ位なのかを明らかにしていただければありがたい。また、共振周波数が300kHzと言われたが、実際はケーシングに入ると、ケーシングの共振周波数が出てくる。この辺をどう考えているか。
- A. 常時微動の測定は特にターゲットにしていないので自己ノイズの検討はしていない。建築物の中で、実際の部材に付ける事を想定している。新幹線での測定も両面テープを付けて計測した。付け方に付いてはまだ検討していないが、今後付け方まで含めて検討したい。なお、現在のケーシングの共振周波数帯は300Hz以上の高いところに持って行っている。
- Q. 床振動や音等の加速度が簡易なもので測定でき、またアプリケーションが整っている。この方面の従来の測定技術とコラボレーションすることを考えているのか。
- A. 専門が違うので、この方面の方との知り合いがなく、とりあえずコンソーシアムで考えている。まず、簡単に持ち運びが出来、簡単に取り付けて計測できる基盤が出来た段階で、今後構造分野の人たちと一緒に考えていきたいと思っている。
- Q. 設計行為のプロポーザルの中で、このような項目が盛り込めると良いと考えるが、展望として、病院や学校で居ながらでないとしても出来ない建物に適用できれば良いと考えるが、さらに追求したいところがあるのか。
- A. サイディング材に使うとかの思いつくところは既に行ってきた。今後は質問のあったJISの規格を満足するとか、精度はどうかとかを一つ一つ掘り下げていかなければならないと考えている。
- Q. センサーは単4電池が2本ということだが、何年位持つのか、メンテナンスはどうするのか。

- A. 今使っている単4電池はエネルーブで、振動を計測して6時間から7時間位である。実際の建物で2~3年計測する場合は、USBから100Vの電源を取って使っている。また、蓄電機能も持っている。
- Q. 劣化に対する研究をするということだが、加速度のデータから劣化の方にどのように適用するのか。
- A. 推測であるが、例えば大きなひび割れが生じて、周波数がゆっくりとなり、振動が大きく揺れるので、何か障害があると周波数と揺れが変わるのをモニタリングしたい。また、倒れや歪みの角度変化をかなり正確に測定できるようにした。角度が正確に出ると建て方にも使えるのではないかと考えている。劣化もモデル化した試験体を作って、減衰特性や振動数等劣化の指標を今からやろうとしている。現段階では相対評価であり、絶対評価は無理である。すなわちここが研究対象である。
- Q. 長期的に測定する場合の電源はどうするのか。また、加速度を取るにはセンサー独自の特性があるので、ものによってはドリフトしている現象が見える。自動補正をしているのか。特に角度を取るには必要かなと思う。SDカード等に記録するとデータの大きさが問題になるが、どのように処理するのか。
- A. 強震観測は1セット2分の地震を取るとすれば、6000データ、2ギガをAC成分とBC成分を入れて、2分\*6000データでかなりのデータが取れると思っている。ドリフトの話は開発当初より色々調査して、温度制御によるドリフト等はクリアしている。開発段階で多くの方から意見を頂いたが、その範囲しか行っていないので取りこぼしはあるかもしれない。今後も指摘を受けて改良していきたい。最初に測りたいと思っていたのはひずみや変位、また、コンクリートのpHである。水の状況も測りたいので、今後そのようなセンサーも開発していきたい。
- Q. 共同研究の中でpH測定のセンサーの開発以外にどのようなものを考えているか、またその開発期間はどれぐらいか。
- A. 振動計測を行っている人は必ず常時微動の測定の精度を言われる。常時微動は数ヶ月の内に完成したいと思う。他にはICタグをコンクリートに埋め込む研究を別途しており、コンクリートの中のICタグを探すセンサーの開発を目論んでいる。まず、行いたいのはpHの測定で、簡単に差し込んで、点検の時に水を入れて測れる状態にしてpHを測る。予算が旨くつけば秋位までにと考えている。
- Q. 角度のセンシングは加速度センサーで行うのか。また、超高層ビルの屋上と地下に設置する場合はおそらく電波は届かない。その場合は地下と屋上共にそれぞれパソコン1台を置くのか。
- A. 角度を測るのが一番苦労したところで、重力方向を測定して、精度を高めるには数百回測定して、その平均値を取って精度を高めている。回数が多いと時間がかかるので、今回見せたのは10回の平均値で求めている。センサーはスタンドアロンで地震が来れば自動的に起動し、SDカードに記録することになる。データを回収するときはその

場所に行ってパソコンに繋がればよい（計測のデモを実施）。

- Q. 無線の場合は 5km 位離れたところからモニタリングできるとありがたい。長期のモニタリングは重要である。
- A. インターネットの無線 LAN がある所は、自動的に SD カードとデータベースに書き込んで、可能となる。本当に長期に測定し続けるのは地震である。それはそれに特化すれば良い。劣化の場合は 1 年毎に持って行き、付けて、何らかの方法で点検すれば良く、長期に計測するというより、簡単に行って、簡単に測定できれば良い。ただ、10 年毎にセンサーの取替えが必要かもしれない。

最後に、研究会、共同研究の立ち上げに向け、議論された。興味があり、是非参加の希望があれば先生の方にメールを頂きたいとのコメントがあった。