

# 死蔵スマートフォンを活用した簡易地震計の普及に関する基礎的研究\*

秋田工業高等専門学校 寺本尚史  
秋田県分析化学センター 星 颯杜

## 1. 背景及び目的

現在地震計は、地動加速度を観測するだけでなく、ビルや土木構造物などを対象に地震被害や経年劣化などによる損傷分析(ヘルスマニタリング)にも活用されている<sup>[1][2]</sup>。そのため、より多くの地震計が建物に設置され、地震時の構造物の挙動の詳細が明らかになることで、耐震性の向上や地震被害を軽減することに繋がると思われる。しかし、地震計の設置には多額のコストがかかる事や、建物の所有者が設置のメリットを実感する事が難しいことなどから、特に住宅への設置はほとんど行われていないのが現状である。

一方、スマートフォンには、位置検出に利用される Micro Electro Mechanical Systems (以下 MEMS) 加速度センサーが装備されており、この加速度センサーを用い、橋梁などの構造物の振動モニタリングが行われている事例がある<sup>[3]</sup>。さらにスマートフォンには、地震計と同様のバッテリー機能や GPS 機能を備えていることや、通信機能を有効に利用することによって、より安価で機能が充実した地震計として利用が期待されている。

これらの背景を踏まえ、本研究では機種変更で使用されなくなった死蔵スマートフォンを再利用することで、安価かつ簡便な地震計として住宅への設置を大幅に増やす手法を構築することを最終的な目的としている。本論ではその基礎的検討として、スマートフォンを活用した地震計の精度の確認、およびアンケート調査により地震計の普及に何が必要とされ、何が普及の壁になるかなどについての分析を行った結果について報告する。

## 2. アンケート調査および分析結果

地震計の設置方法および使用方法のイメージを図 1 に示す。まず地震計用アプリを古いスマートフォンにインストールし、家の壁に固定する。測定中は、充電切れ防止のために電源コードを繋げ、地震時は加速度を測定し、端末内に記録すると同時に、地震の揺れの大きさ(震度階)をディスプレイや音声により提供する。

地震計の普及に関する問題点の把握のため、アンケート調査を行った。アンケートは秋田工業高等専門学校の学校祭の来場者を対象として行った。有効回答数は 80 名である。アンケートの質問内容を表 1 に、回答結果を表 2 にそれぞれ示す。

まず「地震計を設置したいと思うか」の質問では、「地震計を設置したい」が 35%程度であったが、「設置したいと思わない」という回答者のうち、「無料であれば設置したい」と回答した人が 6 割に上り、「地震計を設置したいと思う」人と、合わせて 75%の人が無料であれば地

\*Basic study of widespread use of simple seismographs for wooden houses by using old smartphone by Naofumi Teramoto and Hayato Hoshi

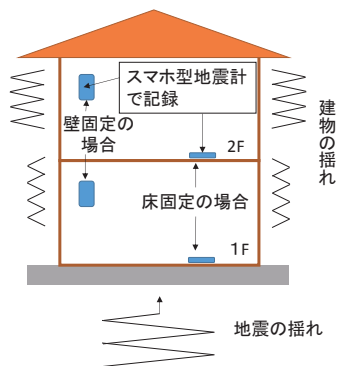


図1 地震計の設置イメージ

震計を設置する可能性がある事が分かった。また、「古いスマートフォンを利用した地震計を設置したいか」という質問では約8割の人が「設置したい」と回答しており、本方法が普及に有効である可能性が示された。一方、地震計を設置したくない理由としては「必要性が分からない」という回答が多く、地震計を設置することの利点や意義を明確に説明し理解してもらう必要があるといえる。

また、どの機能が必要とされているかについて、数量化Ⅱ類による分析を行った。目的変数を「古いスマートフォンを設置したいか」の回答、説明変数を「欲しい機能」とし、レンジによる影響度を調べた結果、望まれている機能は、「音声や音での警告機能」、「建物の損傷分析」、「自動撮影機能」の順となった。

### 3. 振動台実験による簡易地震計の精度確認

スマートフォンを用いた地震計の精度の確認のため、地震波及び正弦波での振動台実験を行った。使用した入力波を表3に、実験の様子を図3に示す。

地震計には、Android OS 端末(Huawei Ascend G6205-L02)2台、iOS 端末(iPod touch 6)2台を用い、加速度計の結果と比較を行った。なお地震計用アプリとして iOS 端末には”i地震”<sup>[4]</sup>、Android OS 端末には筆者が開発したアプリ<sup>[5]</sup>を用いた。

例として JMA 神戸 NS 方向(50%)の地震波入力時における、加速度-時刻歴関係の測定結果を図4に示す。ここで、図中の細線は Android 端末で計測した加速度、太線は振動台の加速度を示すが、両者に殆ど差は見られなかった。これは、iOS 端末と振動台の加速度の測定結果の比較においても同様の結果となった。

表1 アンケート内容

アンケート内容
・スマートフォン所持の有無
・スマートフォンは何台目か
・以前使用していた物はどうしたか
・地震計を設置したいか
・どのくらいの価格なら地震計を購入したいか
・地震計に欲しい機能
・いらないと思う理由
・無料であれば設置したいか
・古いスマートフォンを利用した地震計を設置したいか
・住まいの種類、構造

表2 主なアンケートの回答結果

		はい	いいえ	
・スマートフォン所持の有無		91%	9%	
・地震計を設置したいか		35%	65%	
・無料であれば設置したいか		62%	38%	
・古いスマートフォンを利用した地震計を設置したいか		82%	18%	
・設置したくない理由	お金が掛かる			必要性が不明 その他
	設置の手間	27%	22%	
・地震計に欲しい機能	音声での警告	63%	6%	損傷診断
	自動撮影	22%	46%	
				5%

表 3 振動台実験に使用した入力波

入力波	周期	最大加速度	入力波	観測地点	倍率
正弦波	0.3秒	800Gal	阪神淡路 大震災	JMA神戸 NS方向	50%
		600Gal			20%
		200Gal			10%
		100Gal		JMA神戸 3方向	50%
		50Gal			20%
	0.8秒	500Gal	東日本大 震災	築館NS方 向	40%
		200Gal			20%
		100Gal			10%
		50Gal		築館3方向	2%
		20Gal			40%
					20%
					10%
					2%

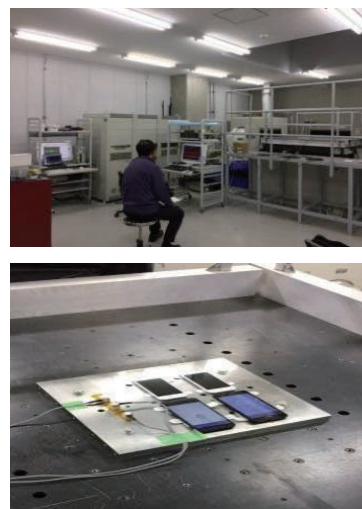


図 3 実験の様子

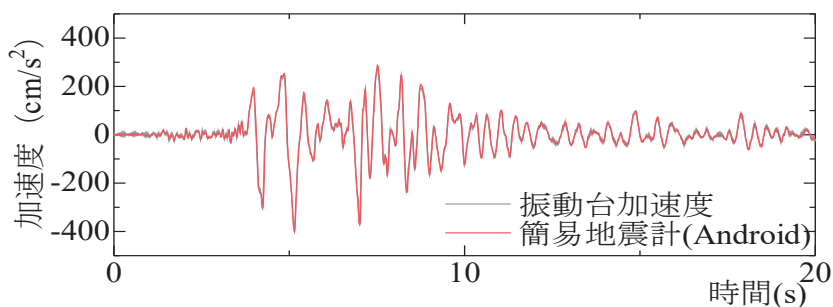


図 4 加速度波形の比較(JMA 神戸 NS 方向(50%))

次に、誤差率と最大加速度の分布図を図 5 に示す。ここで、誤差率は振動台に設置した加速度計の値を正解とし、地震計との誤差を最大加速度で除した値とした。誤差と最大加速度の関係で見た場合では最大加速度が大きくなるにつれて誤差も大きくなる傾向が見られたが、誤差率で見た場合は、最大加速度が 155Gal より大きい点では誤差は 9%以内にとまっていることが分かる。また iOS 端末と Android 端末の誤差率を比較した場合、iOS 端末は Android 端末に比べ最大加速度が約 400Gal の場合は誤差率が大きくなるが、約 1000gal の場合は誤差率が小さくなる結果となった。

表 4 に今回行った実験で得られた加速度データから算出した計測震度の比較を示す。今回使用した端末は、いずれも 3 年以上前に販売されていた機種であり、現行機種と比べ MEMS センサーの精度は劣ると考えられるが、今回の実験では加速度計と Android OS 端末、iOS 端末で大きな震度の差はなく、震度 3 以上の震度で計測震度の誤差が最大 0.2 となった。これを気象庁震度階で見た場合、Android OS 端末、iOS 端末共に振動台加速度の気象庁震度階と全て同じ値となった。以上の結果から、特に筆者が開発したアプリを用いた Android 端末を用いた簡易地

震計の場合、最大加速度が大きくなるのに比例して誤差が拡大する傾向があったものの、Android OS 端末、iOS 端末ともに 155Gal 以上では誤差率は 9%以内に収まり、震度が 3 以上の揺れに対して既存の地震計と遜色無く計測可能であると言える。

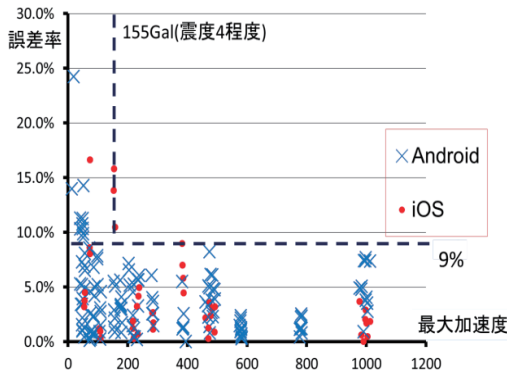


図 5 誤差率と最大加速度の関係

表 4 地震波毎の震度比較

	気象庁震度階		
	振動台 加速度	Android 端末	iOS端末
築館 40%	6弱(5.9)	6弱(5.8)	6弱(5.9)
築館 20%	5強(5.2)	5強(5.1)	5強(5.2)
築館 10%	5弱(4.5)	5弱(4.5)	5弱(4.6)
築館 2%	3(3.1)	3(2.9)	
神戸 50%	6弱(5.7)	6弱(5.7)	6弱(5.8)
神戸 20%	5弱(4.9)	5弱(4.9)	5弱(4.9)
神戸 10%	4(4.2)	4(4.2)	4(4.3)

#### 4. まとめ

本研究では、死蔵スマートフォンを、木造住宅用地震計として活用することを目的に、精度の確認および地震計の普及に関するアンケート調査・分析を行った。

その結果、死蔵スマートフォンを地震計として活用する方法が、地震計設置に有効であることが分かった。また、最大加速度 155Gal 以上では誤差率は 9%以内に収まり、計測された地震波を気象庁震度階で表示する場合、震度が 3 以上の揺れに対しては既存の地震計と遜色無く計測可能であることが分かった。

#### 参考文献

- [1] 中村充 “建築構造物のヘルスマonitoring” 計測と制御,第 41 巻,第 11 号,2002 年 11 月号 pp819-824 3)
- [2] 古川愛子,大塚久哲,梅林福太郎,”構造物の損傷に伴う振動特性の変化に関する実験的考察”,土木学会地震工学論文集, 2005 Volume 28 , pp.19
- [3] 藤原広行 “地震災害軽減のための強震観測の役割と期待” 日本地震工学会誌 第 32 号 ,pp2-7,2017 年 10 月
- [4] Shohei Naito,Hiroki Azuma,Shigeki Senma Mutsuhiro Yoshizawa,Hiromitsu Nakamura,Ken Xiansheng Hao, Hiroyuki Fujiwara,Yoshiharu Hirayama,Noboru Yuki,and Minoru Yoshida” Development and Testing of a Mobile Application for Recording and Analyzing Seismic Data” Journal of Disaster Research,Vol.8 N0.5,pp990-1000,2013
- [5] 寺本尚史: スマートフォンの加速度センサーを利用した地震計アプリの開発, 日本建築学会年次大会学術講演梗概集, 構造 II, pp.1117-1118, 2017.8