

ダッシュボード上に携帯電話を置くだけで路面段差を観測する簡易調査方法

○八木浩一¹⁾

1) 非会員 災害時交通流監視システム研究会, 名古屋市天白区向が丘3-1306-101, yagi@k.email.ne.jp

1. はじめに

地震などの広域災害時に被災地周辺の交通状況を迅速に把握, 共有することで復旧復興活動を支援する新たな社会システムを提案, 研究している. 平成16年新潟県中越沖地震においては, デジタル万歩計を乗用車に取り付け走行することで, 道路にできた亀裂や段差の簡易観測方法を試み, その結果を2007年日本地震工学会大会で報告した. 従来の目視による確認や, 機械式接触型や光学式非接触型などのプロフィールメータを使用した路面の寸法形状測定では人手や手間, 高額な装置が必要であった. これに対し100円ショップで購入したデジタル万歩計を改造して信号を取り出し, 秋葉原で購入した名刺サイズのワンボードマイコンに取り付け段差を記録した. さらにハンディGPSで記録した位置情報を加え, エクセルのグラフ機能により地図上にプロットした. 非常に安価な方法でも地震被害の分布を示すことができた. しかし万歩計の改造やマイコンのプログラミングには専門知識が必要であり, 誰もが容易にできる方法ではなかった. これを改善すべく自動車のダッシュボード上に携帯電話を置いて走行するだけで段差の観測が可能な簡易調査方法を開発した. 本稿ではその結果について述べる.

2. 携帯電話の活用

携帯電話は, 緊急通報位置通知のため2007年4月以降GPSの搭載が急速に進んでいる. また携帯電話の姿勢によって縦向き, 横向き表示を自動的に切り替えたり, ゲームなどで利用するために加速度計も一般的に搭載されつつある. さらにApple社のiPhone3Gの登場以降, アプリの開発と提供が容易なスマートフォンの普及も進んできた. そこで路面段差を観測するアプリを開発することとした. 本稿ではiPhone 3G用のアプリを開発したが, 3次元の傾きが感知できる加速度センサとGPSを搭載した携帯電話であれば他の携帯電話端末でも同様の開発は可能である.

3. 基礎実験

まず携帯電話の加速度センサから得られるデータ特性を把握するため基礎実験を行った. 観測条件は次の通りである. GPSで位置を観測するためには空が見えている必要があり, 携帯電話の設置位置は助手席手前のダッシュボード上とした. 取り付け具などは用いず, 滑り止めシートを敷いた上に水平に置くだけとした. 設置の向きはiPhone 3G の表示面を上にしてボタンが右側になる向きに置いた. これは加速度センサのX軸が前後, Y軸が左右, Z軸が上下となる向きに相

当する. 次に加速度の観測周期は50[Hz] (1秒間に50回) とした. iPhone 3Gでの加速度の観測は100[Hz]程度まで可能であるが, リアルタイムで観測データから段差を判定するための計算時間を考慮し余裕を持った設定とした. 一定間隔で断続的に観測 (サンプリング) する場合, エリアシングと呼ばれるノイズが発生するため, 観測周期の半分すなわち25[Hz]までの加速度変化が観測限界となり, この間にある複数の段差は1つの段差として観測される. これは60[km/h]で走行した場合, 進行方向67[cm]に相当する.

路面段差を模擬するため, 直径20[mm], 長さ90[cm]の木の丸棒に木の角などに取り付ける安全用のクッション材 (厚さ16[mm]のL字型) を上面に取り付けたものをアスファルト路に置いた. そしてその上を乗用車の左側の車輪で踏むように通過した. 15[km/h]~30[km/h]に加速した後, ニュートラル状態で通過した. 走行時に段差を体感したが, 危険を感じるような段差ではなかった. 観測データの一例を図1に示す.

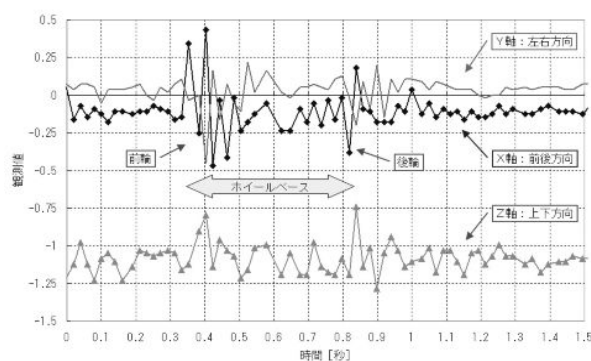


図1 加速度計の観測値

X Y Zの3軸とも観測値が大きくなった部分が2箇所見られ, その間隔は約0.5[秒]であった. これはそれぞれ前輪, 後輪が丸棒を踏みつけたときの加速度と考えられる. 使用した乗用車のホイールベース (前後輪の間隔) は240[cm]で, 通過速度は前後のGPSの記録から17[km/h]と計算された. これより前後輪の時間間隔は0.51[秒]と計算され, 観測データに符合する.

段差を乗り越える際には段差とタイヤの接点Aとタイヤの中心Cを結ぶ方向に反力を受ける. 接点Aは中心Cより前方にあるため, 上下方向だけでなく前後方向にも加速度が生じると予測される. 図1の観測例でもZ方向だけでなくX方向の加速度も観測されている. Y方向にも変化が見られるが, これは左側のみに丸棒を置いたため左右への傾きが生じた結果で, 左右の段差の違いが影響したと考えられる.

3. 路面段差抽出ロジック

基礎実験結果をもとに観測データの中から次の条件を満たす部分を段差として抽出する。①前後方向と上下方向の変化量がともに大きい、②その様な部分がホイールベース分の時間間隔をおいて2回観測される。これを以下の式で指標化する。始めに*i*番目の各軸の観測値を*X(i)*, *Y(i)*, *Z(i)*とする。前後方向と上下方向の変化*dX(i)*, *dZ(i)*を

$$dX(i) = X(i) - X(i-1) \quad \dots \text{(式1)}$$

$$dZ(i) = Z(i) - Z(i-1) \quad \dots \text{(式2)}$$

で定義する。またこの両方がともに大きいことを示す加速度指標*dXZ(i)*を

$$dXZ(i) = dX(i) \times dZ(i) \quad \dots \text{(式3)}$$

で定義する。ホイールベース分の時間間隔に相当する観測周期数を*n*とすると、*i*番目より*n*番前の加速度指標がともに大きいときに大きな値を与えるよう段差指標*Dansa(i)*を

$$Dansa(i) = |dXZ(i) \times dXZ(i-n)| \quad \dots \text{(式4)}$$

で定義する。ホイールベース分の観測周期数*n*は車速により変化する。観測周期を*H*[Hz]、ホイールベースを*Lw*[m]、車速を*V*[m/s]とし、速度誤差を±5[km/h]=±1.4[m/s]分考慮すると*n*は

$$n = \frac{H \times Lw}{V + 1.4} \sim \max\left(\frac{H \times Lw}{V - 1.4}, 1\right) \quad \dots \text{(式5)}$$

の幅を持つ。*Dansa(i)*が最大となる*n*を採用し段差指標とする。観測周期*H*[Hz]は今回作成したiPhone用アプリでは*H*=50[Hz]、ホイールベース*Lw*[m]は今回使用した車両では*Lw*=240[cm]であった。

4. ロジック適用結果

基礎実験での観測データに対して、路面段差抽出ロジックを適用し段差指標を求めた。実験は1周280[m]の長方形の周回コースを左回りに11周した。図2に前後方向(X軸)の観測値を、図3に段差指標を地図上にプロットしたものを示す。円の大きさは値の大きさを示す。図2の観測値では段差の位置がはっきりしない。これに対し図3の段差指標では図下側中央のやや右寄りに大きな丸が集中しているのが分かる。この位置は丸棒の設置位置に符合する。それ以外にも小さな丸が左上のコーナー部分などにも見られるが、いずれの場所も集中しており一定以上の再現性があることがわかる。

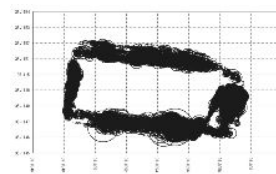


図2 前後方向観測値

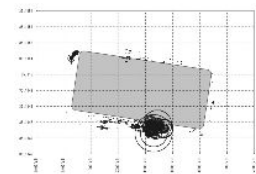


図3 段差指標

一般道での観測実験も行った。愛知県西加茂郡三好町を東西に走る国道153号線 豊田西バイパスの西新町交差点から三好前田交差点までの3[km]の区間を東から西に3回走行したときの観測結果を図4に示す。3回の走行の差を見やすくするために、走行ごとに上下にずらしてプロットしている。段差指標の大きさを示す円が縦に並んでいるのが見て取れ、段差の位置再現性の良さが確認できた。

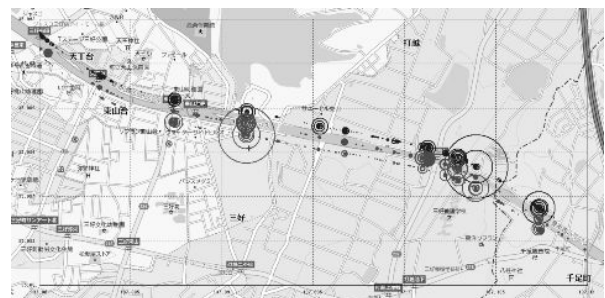


図4 国道153号線での段差指標 (観測: 2009/9/7~9)

5. まとめ

携帯電話を自動車のダッシュボード上に置いて走行するだけで路面段差が観測できる携帯電話アプリを開発した。車種によってショックアブソーバの硬さ、ボディー剛性、タイヤの空気圧などが異なるが、今回の方法ではそれらの補正は行っておらず、絶対的な指標として用いることには疑問が残る。しかし非常に簡単な方法で路面段差を良い位置再現性で観測できた。これが地震被害把握の迅速性向上に寄与できればと願っている。

参考文献

- 1) 八木浩一: 万歩計を利用した簡易な方法による路面段差の面的調査の試み, 日本地震工学会大会, 2007梗概集P.384, 2007
- 2) 藤野陽三: 巡回車による舗装・伸縮装置の高頻度簡易診断に関する研究開発, 建設技術研究開発平成17年度成果発表会, <http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h18giken/seika/program/>
- 3) 福原敏彦ほか: IRI を用いた廉価な道路維持管理手法の為の測定器開発, 第27回日本道路会議, <http://www.surftechno.jp/pdf/20068.pdf>, 2007