

# スマートフォンを活用した路面段差観測手法と 東北地方太平洋沖地震後の路面段差分布の調査

八木 浩一（スマートドライブメーター製作委員会）

**概要** 地震などの広域災害時に道路状況を即座に把握、共有することは迅速な復旧復興活動にとって重要である。路面段差の発生状況は被害状況やそのひとつに挙げられる。しかしこれまでその検出には、人手と手間のかかる目視による確認、または特別な機器を使用し行われてきた。筆者らは GPS と加速度センサが搭載されたスマートフォンを自動車に搭載し、通常通り走行するだけで路面段差が観測できる手法を開発している。本稿ではその手法を紹介するとともに、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震後の現地調査で得たデータに適用し作成した東日本における路面段差の分布状況を報告する。

## 1. はじめに

地震などの広域災害時に道路状況を即座に把握、共有することは迅速な復旧復興活動にとって重要である。路面段差の発生状況は被害状況やそのひとつに挙げられる。しかしこれまで路面段差の観測は道路の進行方向の形状を機械的あるいは光学的な測定機器を搭載したプロファイルメータと呼ばれる専用車両を用いるか、工数を要する目視確認により行われてきた。より簡便な方法として、加速度センサを自動車のショックアブソーバの上下に設置する方法[1,2,3]などが提案されているが、その設置には専門の知識と技能が必要である。災害時の被災状況確認のため、発災後速やかに被災地全域を調査することは容易ではない。そこで筆者らは、2007 年の新潟県中越沖地震において秋葉原などで容易に入手できるセンサ素子とボードコンピュータ、GPS を組み合わせた測定装置を製作し、車両のダッシュボード面の上下動を観測することで路面の段差発生状況を観測する方法を試み、観測が可能であることを明らかにした[4]。しかしこのような専用機器を普及させることは難しく、災害後の迅速な観測に課題が残されていた。このような課題に対し、近年のスマートフォンの普及は解決への大きな可能性を秘めていると考えている。スマートフォンには通信機能に加え、加速度センサ、GPS、ストレージが搭載され、プログラムも自由に提供することができる。そこで筆者らはスマートフォンを自動車に搭載し通常通り走行するだけで路面段差を検出する手法の技術開発[5,6]と、アプリケーションの開発を進めている。本稿ではこの測定技術と開発における取り組みを紹介する。

## 2. 段差位置検出手法

### 2.1 基礎実験

多くのスマートフォンに標準的に搭載されている 3 次元加速度センサと GPS のみを用い路面段差を検出するロジックを実験結果とともに述べる。

藤野らの報告[3,4]によると、路面の平坦性の指標である IRI (International Roughness Index, 国際ラフネス指数) と、1 秒間に観測された上下方向の動加速度の RMS (二乗平均平方根 Root Mean Square) の間には相関がみられる。そこでまずこの原理により段差の計測が可能かどうかを実験により確かめた。

実験条件は次の通りである。GPS 測位には空が広く見える位置が有利であるためスマートフォンを助手席手前のダッシュボード上に設置した。設置の向きはスマートフォンの表示面を上にしてホームボタンが車両後方になる向きに置いた。これは加速度センサの X 軸が幅方向、Y 軸が進行方向、Z 軸が上下方向となる向きである。加速度の観測周期は 100[Hz]とした。このとき 1 周期の間の車の移動距離は一般道の制限速度である 60[km/h]の場合 0.17[m]となり、車両進行方向に十分な観測分解能を持っていると考えられる。GPS の観測周期は 1 秒とした。路面段差を模擬するため、直径 24[mm]、長さ 900[mm]の木の丸棒をアスファルト路に置き、その上を助手席側の車輪で踏み、速度 30[km/h]で通過した。運転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。実験にはトヨタ自動車のプリウスを用いた。プリウスのホイールベースは 2700[mm]、長さ 4460[mm]、トレッド幅 1520[mm]、高さ 1490[mm]、車両重量 1350[kg]である。車を 1 周 620[m]の長方形の周回コースを右回りに 5 周走

らせた。図1は地図上に実験結果を示したものである。上下方向(Z軸)の動加速度の1秒ごとのRMS, すなわち静加速度を含んだ観測値の標準偏差を円の直径で示している。丸棒は左下矢印部分にあるが、この図から見つけ出すのは難しい。

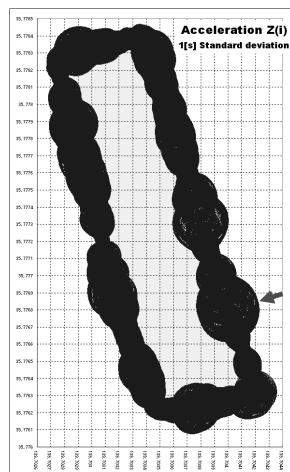


図1. 上下方向加速度の1秒間標準偏差

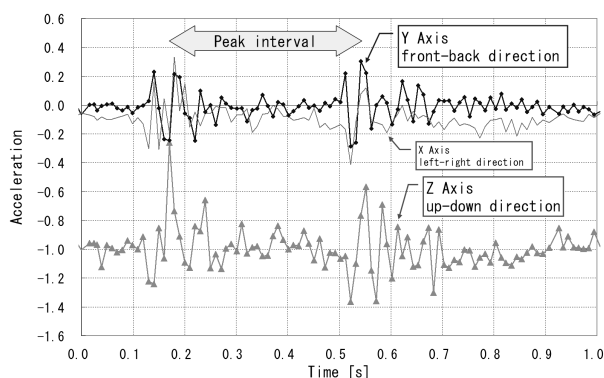


図2. 加速度の観測値

そこで加速度データを詳細に検討した。図2に車が丸棒を乗り越えたときの加速度データの例を示す。各軸で振幅が大きくなった部分が2箇所見られる。その間隔は約0.38[秒]であった。このときの通過速度をGPSの記録から求めると27.4[km/h] (7.6[m/s])であり、前輪から後輪までのホイールベース2.7[m]に相当する時間間隔は0.36[秒]で、加速度の振幅が大きくなった部分の時間間隔と一致し、これが段差通過時の特徴といえる。このような短い時間内の特徴を抽出するため、1秒ごとの標準偏差ではなく50[ms] (100[Hz]の場合5周期に相当) ごとの標準偏差を用いることとした。50[ms]とした理由は次の通りである。法定制限速度の100[km/h]で走行するとホイールベース分2.7[m]の所要時間は97[ms]となる。ここで段差検出のために前輪と後輪の特徴を分離する必要があるため、半分の49[ms]を用いることとし、観測周期

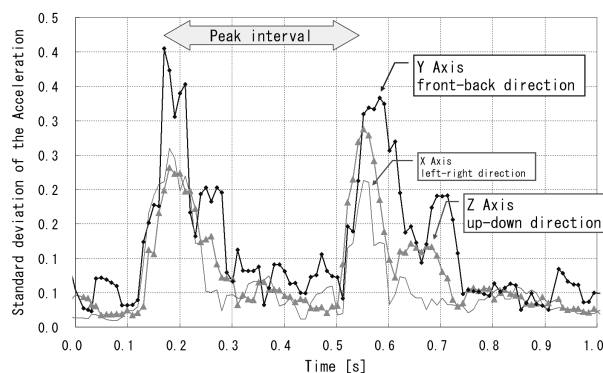


図3. 加速度の50[ms]ごとの標準偏差

100[Hz]で5周期とした。これによる結果を図3に示す。

上下方向(Z軸)だけでなく、それ以外の方向でも振幅が大きくなっている。図4は車輪が丸棒を乗り越える際の模式図である。

丸棒を乗り越えるときタイヤは丸棒とタイヤの中心を結ぶ方向に反力を受け、これにより上下方向(Z軸)だけでなく前後方向(Y軸)にも加速度が生じる。このときの実験では、助手席側の車輪のみで丸棒を乗り越えたためローリング方向へ力が加わり、左右方向(X軸)にも加速度が生じている。まとめると、段差の特徴が常に現れるのは上下方向(Z軸)と前後方向(Y軸)である。

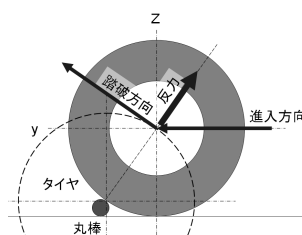


図4. 車輪が丸棒を乗り越える際の模式図

## 2.2 路面段差検出ロジック

基礎実験の結果から路面段差検出ロジックを次のように定めた。

条件1: 上下方向(Z軸)と前後方向(Y軸)の50[ms]ごとの標準偏差が同時に大きくなる。

条件2: その様な部分がホイールベースの時間間隔で現れる。

定式化のため、次のように変数を定義する。i番目に観測された各軸の加速度を $X(i)$ ,  $Y(i)$ ,  $Z(i)$ 。前後方向(Y軸)と上下方向(Z軸)の50[ms]ごとの標準偏差を $SD_y(i)$ ,  $SD_z(i)$ 。条件1を示す同時性指標を $SD_{yz}(i)$ で表し、式1で定義する。

$$SD_{yz}(i) = SD_y(i) \cdot SD_z(i) \quad \dots (式1)$$

条件2を示す段差指標を $B_{yz}(i)$ で表し、ホイールベース

時間の周期数を  $N_w$  として、式2で定義する.

$$B_{yz}(i) = SD_{yz}(i) \cdot SD_{yz}(i + N_w) \quad \dots (式2)$$

$N_w$  は車速により変化し、車速を  $V[m/s]$ 、ホイールベースを  $L_w[m]$ 、観測周期を  $H[Hz]$  とすると式3で与えられる.

$$N_w = \frac{L_w}{V} \cdot H \quad \dots (式3)$$

## 2.3 ロジック適用結果

このロジックを図1のデータに適用した. 上下方向(Z軸)の加速度の50[ms]ごとの標準偏差  $SD_z(i)$  を図5, 段差指標  $B_{yz}(i)$  を図6に示す.

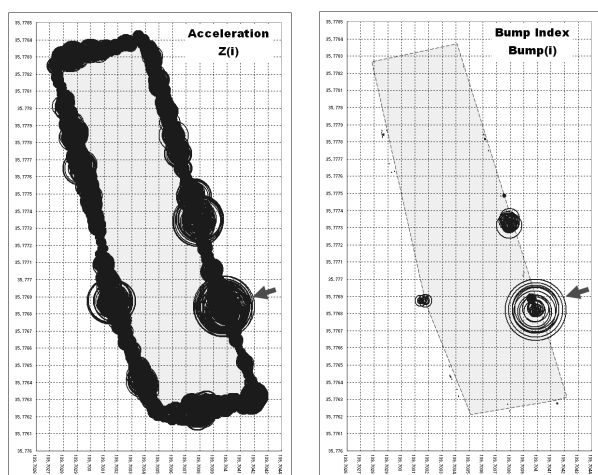


図5. 50[ms]標準偏差  $SD_z(i)$  図6. 段差指標  $B_{yz}(i)$

図5の50[ms]ごとの標準偏差は図1の1秒ごとの標準偏差に比べると改善している. しかしまだ段差位置ははっきりしない. これに対し図6の段差指標では図中右下に集中した. この位置は模擬段差の位置と一致する. とここで、この左と上にも段差指標の大きな部分が見られるが、実験後にこの場所を目視で確認したところアスファルト舗装の継ぎ目に他にはない割れが見つかった. この結果は、この路面段差検出ロジックの能力が良いことを示している.

続いて東京都足立区鹿浜にある長さ約500[m]の鹿浜橋で観測実験を行った.

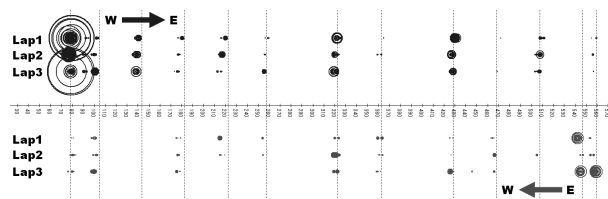


図7. 鹿浜橋における段差指標  
(観測日: 2010年7月6日)

図7に鹿浜橋を3回走行したときの段差指標を示す.

この図の上段は西から東向きの走行, 下段は東から西向きの走行を示す. 横軸は走行距離で、段差指標の値を円の直径で示している. 図中の縦の点線は橋のジョイント部分を示している. すべての段差が橋のジョイント付近で観測されていることがわかる. この結果から、実環境においても段差指標の位置再現性がよいことが見て取れる. 東向き走行と西向き走行で段差の観測結果が異なるのは車線が異なるためである.

## 3. 被災地の観測で見つかった問題

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の被害の全体像を調査するため、地震発生3週間後から同手法を用いた現地調査を開始した. しかし調査開始まもなく以下の2つの問題が見つかった.

問題点1: 路面に割れが生じ、そこが段差となるような小さな階段状の形状を想定してロジックが設計されていた点. このような段差は検出できたが、それらは速やかに補修が行われ車両への衝撃が和らぐようにスロープ状の路面形状になっていた. これにより特に前後方向の加速度の変化が小さくなることで段差指標の値が小さくなり、体感で大きな段差と感じた場合でも検出できないケースが散見された.

問題点2: 段差指標が段差形状の何を示しているかが不明な点. 段差指標の計算には上下方向と前後方向の加速度の積を用いているが、段差形状の違いによりこれらの加速度の比が変わっても、段差指標が同じ値となることがある. また同じ段差形状でも車速の違いにより加速度の大きさが変わり、段差指標が違う値になることがある. このため段差の存在とその位置は確認できても、地震被害の調査に有益な段差の大きさや形状についての情報が得られなかった.

## 4. 段差高と段差長の測定手法

スロープ状に変化する段差も検出しつつ、段差の特徴を示すため、段差の高さ(路面の凹と凸の鉛直方向の変位量)と段差の長さ(路面の凹凸部分の水平方向の進行方向距離)を推定するロジックに改良した. 基本的な原理は次の通りである. 車両の上下方向加速度を二階積分し上下方向変位量を推定し、隣接する極大点と極小点の変位量の差を段差高として定義し推定する. さらにその間の進行方向の移動距離を段差長として定義し、これをGPSの測位データから推定する.

加速度を二階積分すると距離になるのは原理上は正しい. しかし重力や登坂時の車両の傾きなどに起因する静

加速度の存在や、センサのヒステリシス特性、計算上の丸め誤差などにより、累積誤差が大きくそのままでは二階積分した値が発散し実用に耐えない。そこでそれぞれの積分の前に補正をかけることとした。

まず加速度→速度の積分時の補正について述べる。上下方向加速度  $Z(i)[m/s^2]$  から静加速度成分を除去する。 $Z(i)$  には重力加速度などの静加速度成分が含まれているが、これは上下変位量に影響しない。またスマートフォンの加速度センサの精度の問題などから観測される静加速度の値は重力加速度の  $9.8[m/s^2]$  とはならない。そこで直前直後の 1 秒ずつ（計 2 秒間）の上下方向加速度の平均を静加速度成分とみなして減じ、動加速度成分  $dZ(i)[m/s^2]$  を式 4 で求める。ここで  $H$  は観測周期  $[Hz]$  である。そして  $dZ(i)$  を式 5 で和分することで上下方向速度  $V_z(i)[m/s]$  を求める。

$$dZ(i) = Z(i) - \frac{\sum_{j=i-H+1}^{i+H} Z(j)}{2H} \quad \cdots (式 4)$$

$$V_z(i) = V_z(i-1) + \frac{dZ(i)}{H} \quad \cdots (式 5)$$

次に速度→変位量の積分時の補正について述べる。 $V_z(i)$  から登坂時の上昇速度のような段差に起因しない速度成分を除去する。直前直後の 1 秒ずつ（計 2 秒間）の上下方向速度の平均を静的な速度成分とみなし、段差に起因する動的な上下方向速度  $dV_z(i)$  を式 6 で求める。そして  $dV_z(i)$  を式 7 で和分することで、上下変位量  $L_z(i)[m]$  を求める。

$$dV_z(i) = V_z(i) - \frac{\sum_{j=i-H+1}^{i+H} V_z(j)}{2H} \quad \cdots (式 6)$$

$$L_z(i) = L_z(i-1) + \frac{dV_z(i)}{H} \quad \cdots (式 7)$$

次に段差高  $H_{bump}[m]$  と段差長  $L_{bump}[m]$  を求める。上下変位量  $L_z(i)$  が  $i=i_1$  で極値となり、その直後の  $i=i_2$  で再び極値となったとき、段差高  $H_{bump}(i_2)$  を式 8 で定義する。

$$H_{bump}(i_2) = L_z(i_2) - L_z(i_1) \quad \cdots (式 8)$$

段差長  $L_{bump}[m]$  は、極大と極小の間に移動した距離を GPS の測位データから求める。

## 5. スマートフォンの傾き補正手法

この手法により路面段差の観測を行ったが、交差点付近で体感よりも大きな段差が観測された。これを補正する前処理方法を次に述べる。

スマートフォンは道路と平行になるように設置したが、

若干の傾きを持つことがある。その結果、車両の加減速や右左折によって生じる前後方向（Y 軸）、左右方向（X 軸）の加速度が、Z 軸上に見かけの上下方向加速度として現れる。二階積分を行う測定手法ではこの誤差が累積し結果に影響を与えたと考えられる。そこでこの傾きの補正を行うこととした。ちなみにこの傾きは通常小さく、見かけの加速度は小さいため、前後方向（Y 軸）と上下方向（Z 軸）の加速度の  $50[ms]$  の標準偏差に同じ程度のピークが現れることを期待した当初の手法では問題とならなかった。

図 8 をもとに見かけ上の加速度を検討する。横軸は前後方向（Y 軸）と左右方向（X 軸）の加速度、縦軸は上下方向（Z 軸）の加速度を示す。スマートフォンが道路と平行に設置されていれば、X 軸、Y 軸と Z 軸の間に相関は見られないはずである。しかし若干の相関が見られ、スマートフォンが傾いていることがわかる。最小二乗法によりこの傾きを求め、これをもとに傾きがゼロとなるように座標を回転させ加速度を補正する。ここで  $i$  番目に観測された加速度を  $x(i)$ ,  $y(i)$ ,  $z(i)$  とする。X-Z 平面に対して式 9、Y-Z 平面に対して式 10 の回帰直線を求める。

$$z = A_x \cdot x + B_x \quad \cdots (式 9)$$

$$z = A_y \cdot y + B_y \quad \cdots (式 10)$$

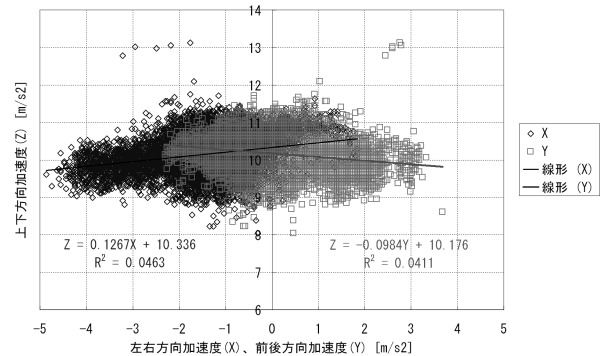


図 8. Z 軸への見かけ上の加速度観測量

傾き  $A_x$  と  $A_y$  はスマートフォンの傾きの正接と見ることが出来る。そして Y-Z 平面に対して式 11 により正弦と余弦を求め、式 12 により傾きを補正する。

$$\begin{pmatrix} \sin y \\ \cos y \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{A_y^2 + 1}} \begin{pmatrix} A_y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \cdots (式 11)$$

$$\begin{pmatrix} Y(i) \\ Z_{imp}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos y & \sin y \\ -\sin y & \cos y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y(i) \\ z(i) \end{pmatrix} \quad \cdots (式 12)$$

さらに X-Z 平面に対して式 13 により正弦と余弦を求め、式 14 により傾きを補正する。

$$\begin{pmatrix} \sin x \\ \cos x \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{A_x^2 + 1}} \begin{pmatrix} A_x \\ 1 \end{pmatrix} \quad \cdots \text{(式 13)}$$

$$\begin{pmatrix} X(i) \\ Z(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos x & \sin x \\ -\sin x & \cos x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(i) \\ Z_{imp}(i) \end{pmatrix} \quad \cdots \text{(式 14)}$$

このようにして求めた  $X(i)$ ,  $Y(i)$ ,  $Z(i)$  を傾き補正後の加速度とし、この値を段差高・段差長測定手法により二階積分し上下方向変位量を求める。

傾き補正のもととなる直線回帰に停止時のデータを含めるとその値に回帰直線が誘導されすぎる。また、段差通過時のデータを含めると正しく判断できない。このため、上下方向 ( $Z$  軸) 加速度の 50[ms] 標準偏差が  $0.002 \sim 0.135[\text{m/s}^2]$  のデータをもとに直線回帰を行った。これは下限値をゼロより大きくやや余裕を持たせた値、上限値を一般道を 10 分間走行した際に観測された標準偏差の 85% タイルの値として実験的に得た値である。

検証実験により補正効果を確認した。図 9 に交差点での前後方向 ( $Y$  軸)、左右方向 ( $X$  軸) の加速度観測値を示す。ここで  $X$  軸で若干、 $Y$  軸で  $1[\text{m/s}^2]$  強の原点からのずれが見られるが、これはスマートフォンが水平から傾いていることと、スマートフォンに搭載された加速度センサの原点がずれていることに起因する。このとき、停止線手前で減速停止し、続いて発進加速、右折、横断歩道前での停止、再発進加速を行っている。図 10 にこのときの傾き補正前の  $Z$  軸 (上下方向) の加速度を、図 11 に傾き補正後の加速度を示す。図 10、図 11 に示した太線は直前 1 秒間の移動平均である。図 10 では移動平均が大きく変化しているが、図 11 ではそれが抑制されている。次に二階積分により上下変位量を求めた結果を図 12 に示す。傾き補正前では右折時と加減速時に  $\pm 3[\text{cm}]$  程度の変位量が見られるが、目視確認ではこの地点にそのような段差はなかった。これに対し、傾き補正後ではそれが  $\pm 1[\text{cm}]$  程度に抑制され、傾き補正の効果が確認された。

## 6. 実験結果

傾き補正を行ったうえで段差高・段差長測定手法を用い一般道での走行実験を行った。図 13 に加速度  $dZ(i)$  と、速度  $V_z(i)$ 、上下変位量  $L_z(i)$ 、段差高  $H_{bump}$ 、段差長  $L_{bump}$  の例を示す。この道路はほぼ東西を向いていたため、横軸は経度とした。図 14 にここを 5 回走行したときの結果を示す。これを見ると 5 回とも上下変位量  $L_z(i)$  が同様のプロファイルで得られており、段差高  $H_{bump}$ 、段差長  $L_{bump}$  に一定の信頼性があることが分かった。段差位置には

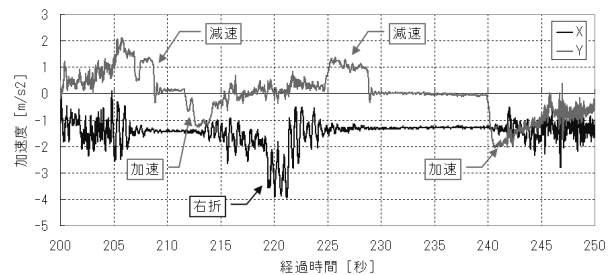


図 9. 前後方向(Y), 左右方向(X)の加速度観測値

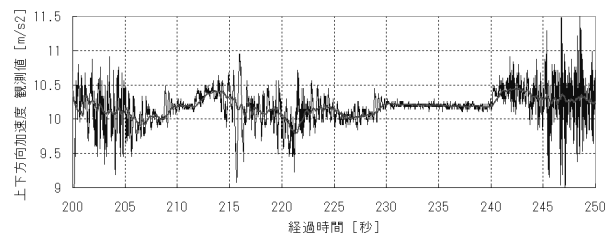


図 10. 傾き補正前の Z 軸加速度

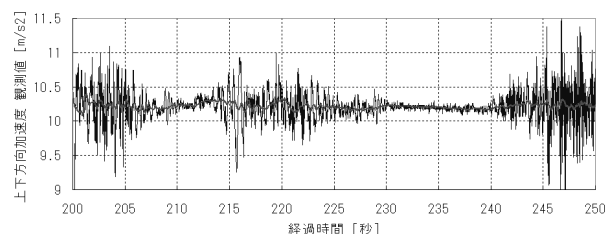


図 11. 傾き補正後の Z 軸加速度

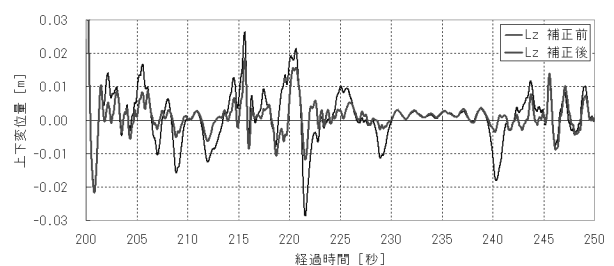


図 12. 補正前後の上下変位量

$\pm 0.00003$  度 ( $\pm 3[\text{m}]$ ) 程度のずれが見られるが、この要因としては GPS の測定誤差などが考えられる。

## 7. 東北地方太平洋沖地震後の観測データへの適用

まず改良した手法で観測された段差高と、目視・体感との関連を見る。常陸太田周辺での段差高分布を図 15 に示す。この地点の観測は 2011 年 4 月 17 日に行った。この図では濃い丸の直径で段差高を示し、薄い丸で目視・体感での段差位置を示している。目視で確認したのは位置のみだったため、薄い丸はすべて同じ直径で描い

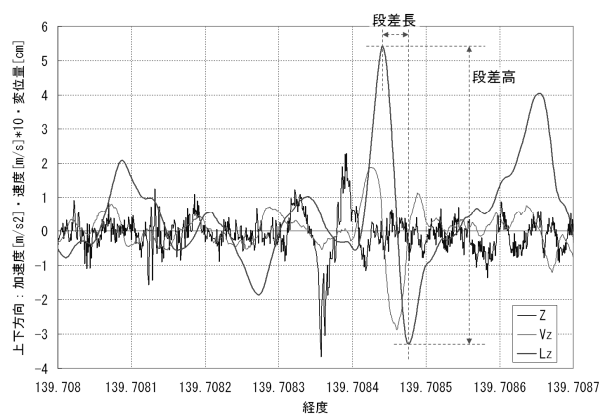


図 13. 上下方向加速度，速度，上下変位量

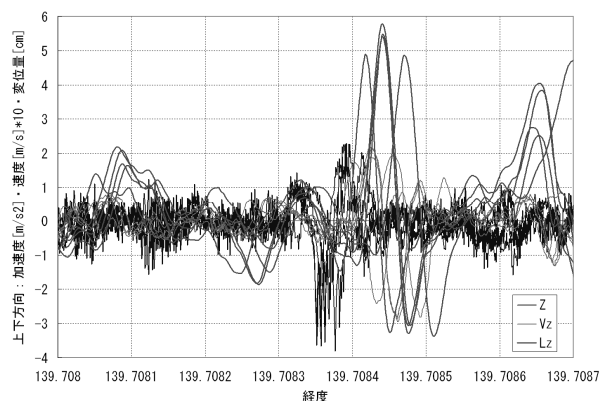


図 14. 5 回走行時の測定結果

ている。

薄い丸と重なるように周囲より大きな濃い丸が描かれており、一定の確からしさで観測できていることが確認された。東北地方太平洋沖地震による被害の全体像を把握するため、2011 年 4 月 2 日～4 日（岩手），4 月 9 日～10 日（宮城，福島），4 月 17 日（茨城），5 月 6 日～8 日（山形，秋田）の 4 回に分けて計 9 日間の現地調査を行った。調査地域は、北は青森県八戸市，南は茨城県水戸市，西は国道 13 号線，国道 121 号線の沿線，東は沿岸部までで、南北 450km，東西 120km にわたる範囲である。延べ走行距離は約 4600km である。このときの観測データをもとに今回提案の手法を用いて東北地方全体の段差高分布を作成した。その結果を図 16 に示す。仙台沖合いの丸印は 2011 年 3 月 11 日の本震時の震央を示している。図中の丸の直径は走行 1km ごとに 2cm 以上の段差高の平方和を示し、周辺に大きな段差が多く存在したときに大きな丸となり、区間ごとの段差の大きさと頻度を示している。これを見ると震央より南側に多くの段差が存在し、特にいわき市を中心に郡山，白河，水戸にかけて多くの段差が発生していることが見て取れる。

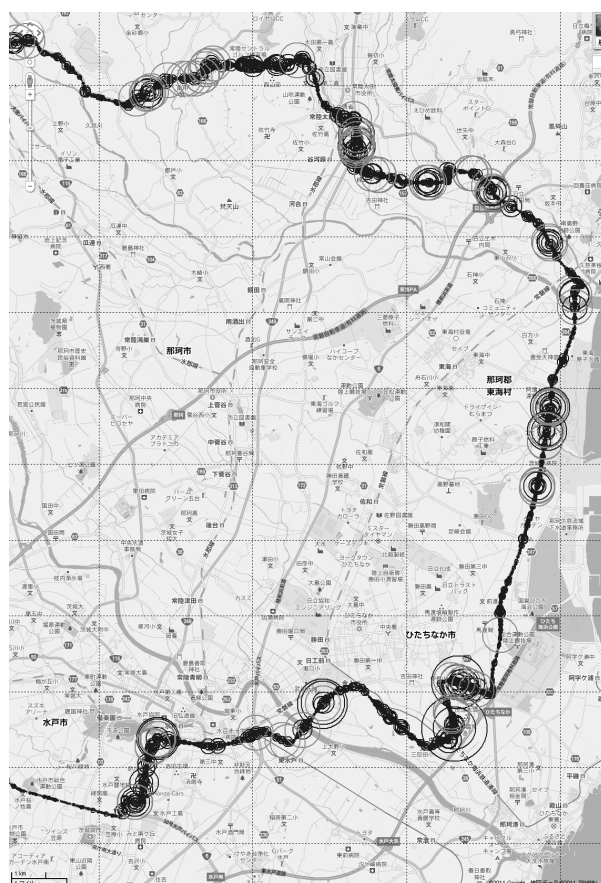


図 15. 常陸太田市周辺の段差高分布と目視確認の関係

開発中の技術であったことから、今回の観測は発災後 3 週間以上経過した後となってしまった。この観測が発災直後に実施できていたならば、地震被害の面的な広がりを迅速に定量的に把握することができ、救援救助，復旧復興を計画立案するために重要な情報となる。東北地方の道路では地震により段差，つまり路面の割れや隆起，陥没が生じており，応急的な復旧工事により車両の走行は可能となっているが，安全な走行に対して懸念事項となっている。たとえば震災後の東北自動車道における積荷の落下事故は震災前の 3.5 倍になっている。どこにどのくらいの大きさの段差があるかを地図で提供していくことで積荷の落下事故の軽減が期待される。またこれは運搬している商品の破損を防ぎ，経済的被害の軽減にもつながっていく。加えて段差の面的な広がりの経時変化を追うことで，道路インフラ復旧の進捗状況を定量的に示すことも出来る。

## 8. おわりに

スマートフォンには通信機能だけでなく各種センサと CPU，ストレージが搭載され，観測機器としても大きく期待の持てるデバイスだと言える。本稿ではこの特徴

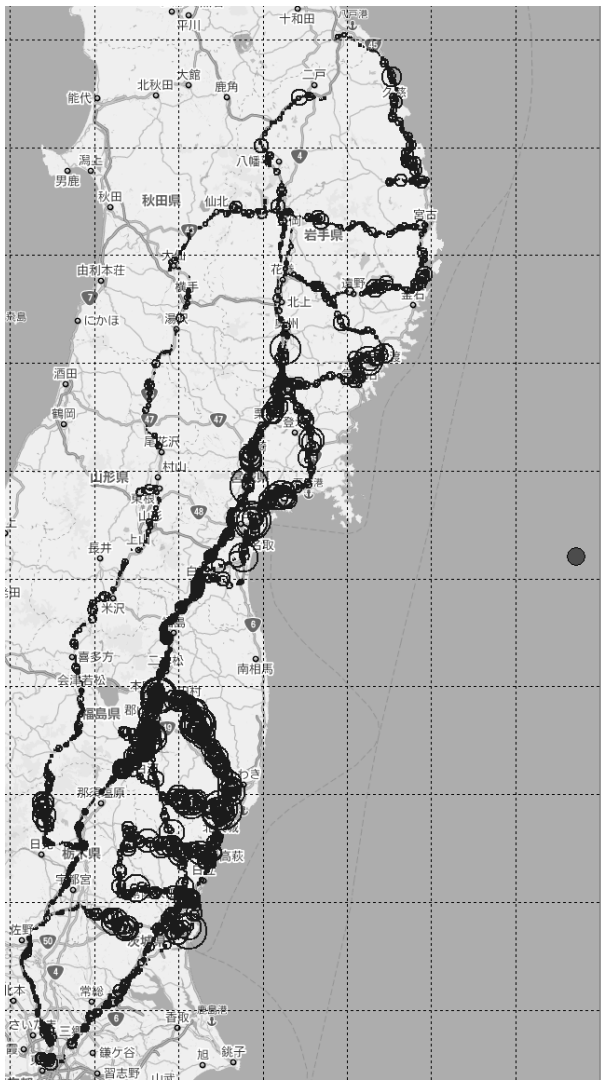


図 16. 1 km 区間ごとの段差高平方和の分布

を活かした災害対応アプリケーションとして道路段差の測定方法を紹介した。従来はこのような測定は十分な測定精度が確保できる専用機器を用いて行われてきた。これらは高価であったり、工数がかかったりするため、災害後の迅速な観測や、日常からの定常的な観測は現実には難しいものがあつた。スマートフォンのような汎用機器でこれらを実現できれば課題の解決に近づくことが出来る。本稿で紹介した技術は従来技術を組み合わせた応用技術、実装技術であるが、このような応用方法、組み合わせはこれまでに見られず、第 31 回交通工学研究発表会において研究奨励賞を受賞するなど道路交通分野の専門家の方々からも評価をいただいている。これは従来からの“如何に正確に測るか”に加えて、“如何に測りたいときに測れるようにするか”が時代のニーズとなってきたと考えている。

実際の災害現場への適用を考えてみると、東日本大震災以降、東北地方の高速道路では積荷の落下事故が震災前に比べて 3.5 倍に増加している。これらは危険である

ばかりか新たな経済的被害を招いてしまう。そこで筆者らは開発した技術をもとに Android スマートフォン向けアプリケーション「BumpRecorder」を開発し、公開した。このアプリケーションはスマートフォンで路面の段差状況を観測するだけでなく、それをサーバにアップロードしてみんなで共有し、パソコン上の大きな画面で段差の位置と大きさを確認できるものとなっている。この BumpRecorder は、2011 年秋に日経 BP 社が開催した復興支援をテーマとしたスマートフォンアプリケーションコンテスト Android Application Award (A3 : エーキューブ) Together で、復興支援に向けたコンセプトとアプリケーションの完成度の高さを評価いただき、大賞とシリコンバレー特別賞を受賞した。その後も開発を進め、現在は共有した情報をスマートフォンに取り込み、前方の段差の有無と大きさを知らせるナビ機能も実装した。これにより積荷の落下や破損の防止に寄与できればと願っている。

残念ながら BumpRecorder のユーザ数はまだ 1100 人 (2012 年 5 月現在) に過ぎず、さらに多くの方々に使っていただけるよう取り組みを進めている。ユーザの内訳を見ると日本のユーザが全体の 40%、アメリカが 35%、インドが 5%と意外にも海外のユーザが多い。これは災害対応だけでなく、平常時の活用ニーズも高いことを示しており、これらの取り組みも強化しつつある。

今回紹介したようなアプリケーションの開発にはソフトウェア技術だけでなく、物理学や機械工学など別の分野の知識も必要となる。さらには製品の仕様検討、設計、製作などの技術も必要となる。かつて複数の機器に分散していた機能がスマートフォンの中で融合されているように、スマートフォンを活用する技術者も、複数の分野にまたがり融合することが求められていると考えている。このような融合が進み、災害対応力が向上するとともに新たな産業が生まれて来ることも期待している。

## 参考文献

- 1) 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
- 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/pdf/seika\\_1.pdf](http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h18giken/seika/program/pdf/seika_1.pdf)
- 3) 河野整ほか：道路高速診察システム(VIMS)の実用化に向けた研究，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，2003.9.  
<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00035/2003/58-cs/58-cs-0002.pdf>
- 4) 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

5) YAGI koichi, Road Bump Detection Method by Using Smartphone and Measurement Result on TOHOKU Earthquake, 11th Asia-Pacific ITS Forum 2011, CD-ROM

6) 八木 浩一, スマートフォンの加速度センサを用いた路面段差検出手法と東北地方太平洋沖地震における適用 第31回交通工学研究発表会, CD-ROM

八木 浩一 (非会員)

E-mail: yagi@k.email.ne.jp

1990 年, 長岡技術大学大学院機械系創造設計工学専攻修士課程修了. 2004 年 10 月の新潟県中越地震を契機に災害時の交通情報の課題を考える災害時交通流監視システム研究会を設立. 2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震を契機に道路に発生した段差情報を収集するしくみを開発するスマートドライブメーター製作委員会を設立.

投稿受付 : 2012 年 3 月 25 日

採録決定 : 2012 年 5 月 28 日

編集担当 : 谷口倫一郎 (九州大学)