6X-5

自転車走行者による路面情報抽出機構の設計

多田 真之† 並木 豊‡ 戸辺義人†

東京電機大学 未来科学部情報メディア学科† 東京電機大学大学院 未来科学研究科情報メディア専攻‡

1. はじめに

近年，移動の柔軟性や健康増進の目的により，自転車を利用する人が増加している．それにともない，路面状態の悪化や未整備などで自転車同士の接触や転倒といった事故が増加している．自転車走行中の交通事故死傷者数は，1995 年から 2005 年の 10 年間で 138,509 人から 185,532 人と約 1.3 倍にまで増加しており，現在も増加傾向にある[1]．そのため，路面状態の調査および整備を早急に行う必要がある．本研究では，スマートフォンと安価な加速度センサ内蔵機器を自転車走行者に装着して，加速度信号の収集を行う．収集した加速度信号に対して独立成分分析を行い，走行中の路面状態と走行者情報に分解して路面情報を抽出する．

2. 関連研究

BikeNet[2]では自転車に，速度計，GPS センサ，傾斜計，CO_2 センサ等，複数のセンサを取り付け，走行データと環境データの収集・分析を行っている．BikeNet は環境が人間に与える影響を地図上に表示して，情報共有することを行っている．しかし，BikeNet では多くのセンサを自転車に取り付ける必要があり，膨大なコストを要する．そのため，一般的な自転車利用者による網羅的な調査を行うのが難しい．

3. 独立成分分析

今回は，自転車走行者の動作と走行中の路面状態の信号が混成されている．混成された信号を分離するのに適している独立成分分析を用いることで，これらの信号の分離を試みる．独立成分分析では，信号源が統計的に「独立」であると仮定することにより，信号源や混成過程がともに未知であっても元の信号を推定することが可能である．独立成分分析のモデルは，t を時刻または標本の番号とし，観測した加速度信号{x1(t) , x2(t)}が与えられている場合，それらが独立な成分の線形混合によって生成されると仮定すると(1) 式と表わすことができる。ここで A を未知の正方行列とする．独立成分分析は観測信号 x (t)のみを観測して行列 A と信号源 s(t)を求める問題となる．信号源 s(t)を求めるには，(2)式を用いる．ただし W は A の逆行列とする．s(t)がもっとも独立になるように復元行列 W を反復計算によって求めることで，信号源 s(t)を得ることができる．

$$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$s(t) = Wx(t) \quad (2)$$

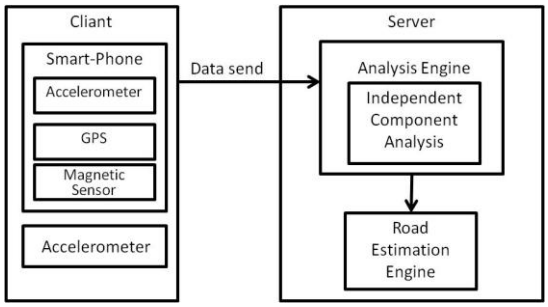

図 1. システム構成図

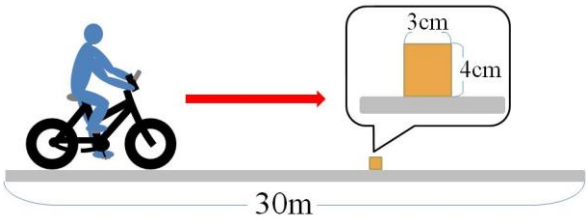

図 2. 実験用走行路図

4. システム構成

本提案システムでは，走行情報収集部，路面情報抽出・解析部の 2 部で構成されている．本章で各構成システムについて述べる．図 1. にシステム構成図を示す．

4.1. 走行情報収集

自転車走行者に装着したスマートフォンなどの加速度センサから走行情報の収集を行う．独立成分分析では，観測信号と分割信号の数を一致させる必要があるため，加速度信号を収集するデバイスは 2 つとする．

4.2. 路面情報の抽出・解析

スマートフォンから送られてきた，自転車走行者の動作と走行中の路面状態の信号が，混成された加速度信号を FastICA[3]というアルゴリズムを用いて独立成分分析を行い，分離して路面情報を抽出する．抽出された路面情報を元に段差，陥没，砂利道などの路面状態を推定して，分類を行う．

5. 検証実験

収集した加速度信号から路面情報の信号と自転車走行者の動作信号の分離が可能であるか検証実験を行う．検証実験の内容，結果，考察を以下に詳細に述べる．

Design of Road Information Extraction Mechanism Using Wearable Accelerometers

Masayuki TADA†, Yutaka NAMIKI‡, Yoshito TOBE†

†School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

‡Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

Copyright ©2012 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

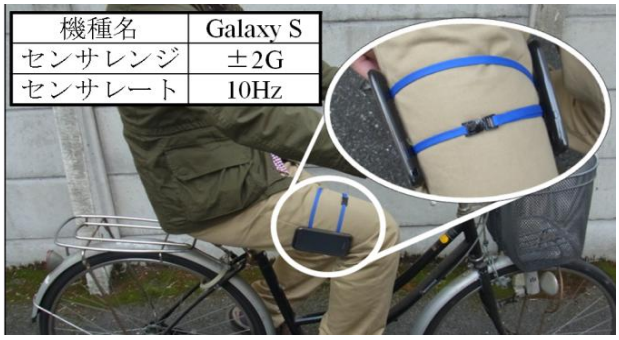

図 3. スマートフォン装着図

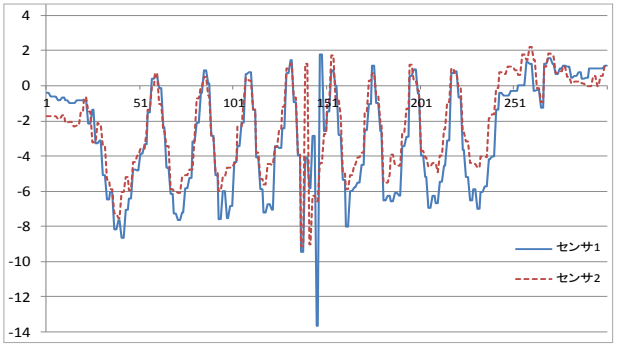

図 4. 取得した加速度信号

5.1. 実験内容

実験用走行路として直線30mの平坦な路面に，木材を使用して高さ4cmの人工的な段差を一つ作成する．実験用走行路図を図2に示す．段差に関しては，折りたたみ自転車などの耐久性の低い乗物が，段差を通過した際にパーツ破損を起こす恐れがある高さを採用した．図3のようにスマートフォンを装着した自転車走行者が実験用走行路を走行している際の加速度信号を収集する．収集した加速度信号をパソコンに移して，解析を行う．今回は，自転車走行者の自転車を漕ぐという動作と路面情報の抽出が可能であるかの検証を行う．

5.2. 実験結果

取得した加速度信号に対し独立成分分析を行った結果を図 4，図 5 に示す．図 4 は，実験用走行路を走っている際の観測信号を示しており，図 5 は観測信号を独立成分分析によって分離した信号を示している．

5.3. 実験考察

図 5 上部のグラフ内にある円の部分から，人工的に作成した路面の段差による振動が確認できる．また，図 5 下部のグラフからは，規則的な振動が現れており，走行動作であると思われる．この信号が走行動作であるか確認するため，分離した加速度信号と路面の影響を受けない状態で収集した走行動作の加速度信号に対して FFT(高速フーリエ変換)を用いて解析を行い，スペクトルによる比較を行った．FFT 解析の結果を図 6 に示す．比較した結果，類似したスペクトルを得ることができたため，自転車走行者のペダルを漕ぐ動作を検知できたといえる．したがって，自転車走行者の自転車を漕ぐ動作と路面情報が分離されていることがわかる．

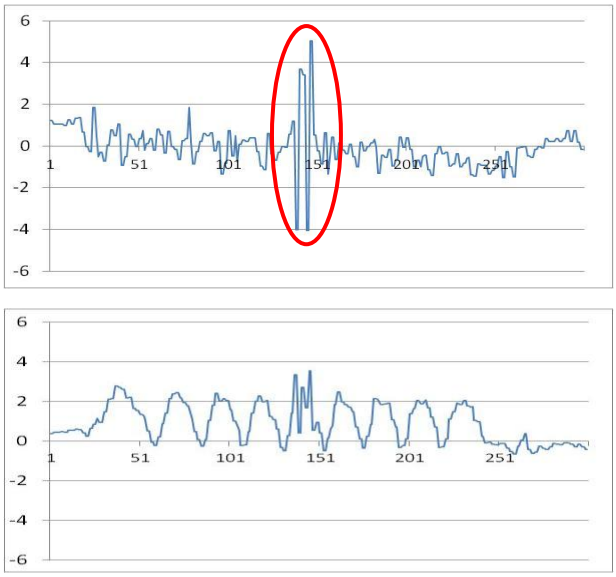

図 5. 独立成分分析により分離された信号

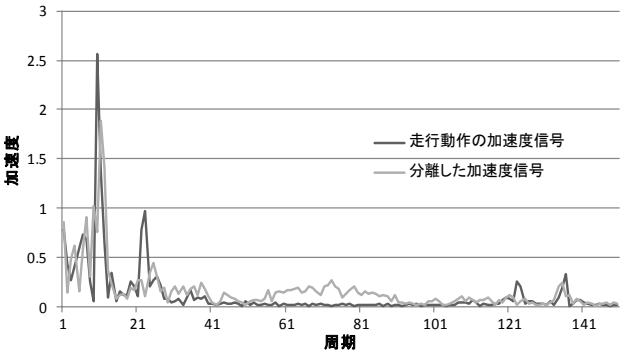

図 6. FFT を用いた走行動作信号の比較結果

6. むすび

我々は，自転車走行者に 2 台のスマートフォンを装着して加速度信号を観測し，独立成分分析を行うことにより路面情報の抽出が可能であるかの検証を行った．その結果，加速度信号から路面情報と自転車走行者の動作を分離して路面情報を抽出することが可能であることが判明した．今後は，スマートフォンで取得した加速度とともに GPS のデータをサーバ上に送信し，路面情報をマップに可視化するシステムの構築を行う．また，抽出された路面情報から段差，陥没，砂利道などの路面状態を推定し，分類を行う．

参考文献

[1] 国土交通省，”自転車をとりまく話題”，pp.23 http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle_environ/1pdf/s1.pdf

[2] S. B. Eisenman, E. Miluzzo, N. D. Lane, R. A. Peterson, G-S. Ahn, A. T. Campbell, “ The BikeNet mobile sensing system for cyclist experience mapping ”, ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (ACM SenSys 2007), pp.87-101, (2007).

[3] Hyv¨arinen, A. Karhunen, J. and Oji, E., “Independent Component Anakysis”, John Wiley & Sons, (2001).

Copyright ©2012 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.