

自転車用バッテリーレス・スピードレコーダを開発 ～ハブ発電機の出力から速度と加速度評価が可能に～

立命館大学
理工学部電子情報工学科
道関 隆国

【背景】

近年、自転車事故が多発しています。自転車は道路交通法では「軽車両」と位置づけられているため、自転車ドライバーが事故を起こすと、民事上の責任として、被害者に対する損害賠償金の支払いの義務が生じます。損害賠償金額も、近年、急激に上昇しており、最近では、1億円近い賠償金支払いの判決がでました。事故時の加害者、被害者の正当性を裁判で主張するためにも、事故時の状況を正確に再現できるレコーダが必要となります。自動車用のレコーダとしては、車両の総重量が7～8トンの大型トラックには、運転時の速度、加速度を記録するデジタルタコメータを装着することが義務づけられており、また、タクシー等の営業車にはドライブレコーダの装着が推奨されています。現状、自転車にはレコーダの装着義務はありませんが、今後、上記の状況を勘案すると自転車にもレコーダを搭載することが有用です。自転車に自動車用のドライブレコーダを搭載しようとする、盗難防止の観点からレコーダを車体内部に組み込むことが必要ですが、そのためには、レコーダの電池交換を不要にすることが必須となります。今回、自転車に組み込まれているハブ発電機の出力から自転車の速度、加速度を計測・記録できるバッテリーレス・スピードレコーダを開発することに成功しました。

【ハブ発電機の電気特性】

ハブ発電機は、図1に示すように自転車前輪のハブ中央に組み込まれた発電機であり、発電機は、車輪が1回転する毎に10～20サイクルの交流電圧を出力しています。自転車の車輪サイズ(r)と車輪1回転当りの発電機の交流サイクル($n_{ACcycle}$)は、自転車毎に決まるので、発電機の交流周期(T_{AC})がわかれば自転車速度(v)は、次式から得られます。

$$v = \frac{2\pi r}{n_{ACcycle} T_{AC}} \quad (1)$$

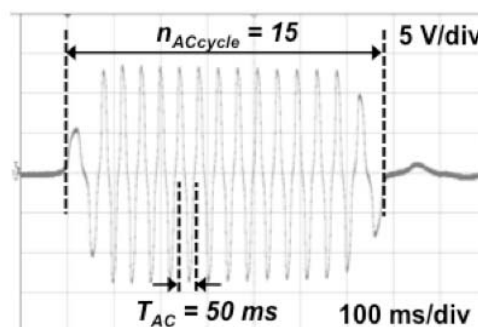


図1 ハブ発電機 図2 車輪1回転当りの発電機の交流出力電圧特性

発電機の交流サイクル数($n_{ACcycle}$)が自転車の速度、加速度評価に及ぼす影響を図3に示します。車輪の1箇所に速度評価用の速度センサを取り付けた従来のスピードメータ($n_{ACcycle} = 1$ に相当)では、離散的に速度が計測されるので、特に、速度が遅い時には、速度の差分間隔が大きくなり、速度の差分から加速度を求めようとすると、加速度精度が落ちるのに対して、ハブ発電機による速度評価では、連続的に速度が計測されるので、加速度も正確に計測できます。

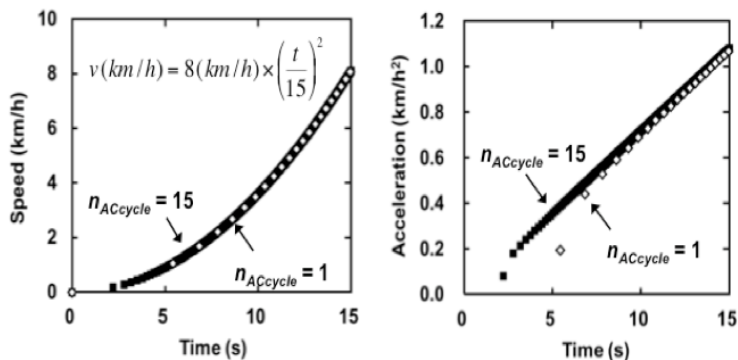


図3 発電機の交流サイクル数が自転車速度、加速度計測に及ぼす影響

【バッテリーレス・スピードレコーダ】

ハブ発電機を発電及び速度計として利用するバッテリーレス・スピードレコーダの試作モジュールを図4に、モジュールのブロック構成を図5に示します。ハブ発電機の交流出力周期は、交流波形をデジタルのパルス波形に整形しCPUでパルス波形の周期を計測することで自転車の速度計算を行いました。得られた速度データは、移動平均することで不揮発メモリ(STT-MRAM)に記録させるようにしました。速度計測及び記録に必要なCPU周りの電力は、ハブ発電機からの電力で供給することでバッテリーレス化を可能にしました。不揮発メモリは、ハブ発電機からの電源供給が無くとも速度データを保存でき、自転車の走行時の状況を再現したい場合には、ノートパソコンをスピードレコーダに接続し、不揮発メモリからデータを読み出すことで、運転時の速度、加速度を再現できるようにしました。

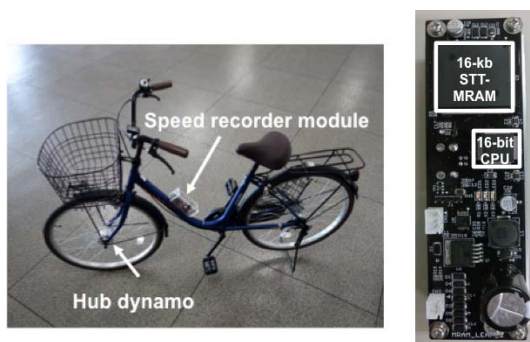


図4 試作したバッテリーレス・スピードレコーダ

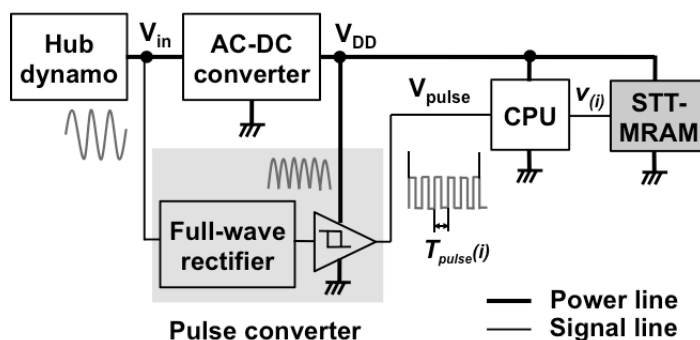


図5 スピードレコーダ・モジュールのブロック図

【路上実験】

試作したスピードレコーダを実際の路上で試験した様子を図6に示します。実験は、(1)自転車のスタート時から自転車を加速し、(2)自転車速度が時速15km になったら等速度運転を行った後、(3)急ブレーキをかけて止まる手順で評価を行いました。レコーダから得られた速度、加速度データを図7に示します。比較のために従来のスピードメータから得られた結果も示しました。本レコーダでは、自転車の初期加速、等速度運転、及び、その後の急ブレーキの状況を再現できるのに対して、従来のスピードメータで速度を計測した場合には自転車の運転状況が再現できないことがわかります。



図6 路上試験

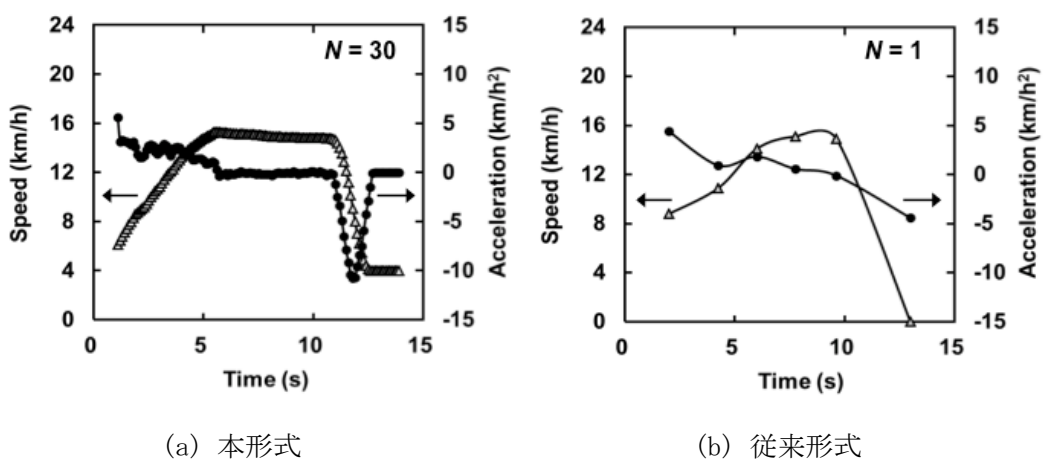


図7 スピードレコーダを用いた自転車の速度、加速度の再現

【国際会議での成果】

本研究で得られた成果は、本年11月に韓国で開催されたセンサに関する国際会議、IEEE SENSORS 2015 で発表しました。

【今後の展開】

今後、試作したレコーダモジュールを自転車の車体内部に組み込み、様々な自転車事故を想定したフィールド試験を通して、本レコーダの有用性を実証していきます。