

センサ情報を用いた自転車走行環境の測定方法の提案

Proposal of measuring method for bicycle running environment

田端佑介[†] 河内雄太[‡] 金田重郎[‡]
Yusuke Tabata[†] Yuta Kawachi[‡] Shigeo Kaneda[‡]

[†]同志社大学大学院 理工学研究科

[‡]同志社大学 理工学部

[†] Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University.

[‡] Faculty of Science and Engineering, Doshisha University.

要旨

市街地を走行中の自転車は周囲の環境から大きく影響を受けている。自転車の速度・ブレーキの回数・回避行動の回数は周囲の環境の影響から変化しやすい要素であり、自転車ユーザにとって快適な走行状態に大きく影響する。しかし、市販されているサイクルコンピュータやスマートフォンアプリではこれらの要素を厳密に測定できない。本稿では光電センサを自転車のタイヤ脇に取り付ける手法で、センサの計測時間から正確な速度とブレーキの回数を算出した。また、ロータリーエンコーダをハンドル部分に装着して自転車の舵角を算出した。道幅や障害物の多さが違う道路を走行して自転車の正確な速度と舵角から自転車の走行環境をリアルタイムに取得した。その結果、空いている道路では自転車はゆったりとハンドルを切りながら走行しているが、少し混雑した道路になると速度を落とさず回避行動を増やしている。また、ある程度混雑した道路ではやむなく速度を落として回避行動を行うが、混雑した道路になると歩行者に合わせて走行することが分かった。

1. はじめに

市街地を走行中の自転車は周囲の環境から大きく影響を受けている。自転車ユーザにとって周囲環境の影響は走行する道路の快適性に大きくかかわる。その中でも交通空間におけるスペースの大きさは走行する道路の快適性に大きく影響している。快適に走行できるスペースがなくなると、自転車ユーザは快適な通常走行をやめなければならない。その場合、自転車ユーザは速度・ブレーキ・回避行動を行わなければならない。これらの要素は快適な走行状態に特に大きく影響する。

自転車の急激な速度の変化、急ブレーキ、回避行動のためのハンドル角度をセンサからリアルタイムで取得することは自転車の走行環境を測定することにつながる。しかし、市販されているサイクルコンピュータ[1]やスマートフォンアプリ[2]ではこれらの要素を厳密に測定できない。本稿では自転車の速度、ブレーキの有無、回避行動を測定するために、自転車に光電センサとロータリーエンコーダを取り付けることによって自転車の走行環境をリアルタイムに取得する新たな手法を提案する。

2. 従来の自転車センシング技術

サイクルコンピュータ[1]やスマートフォンアプリ[2]は自転車のハンドル部分に取り付けて走行距離、走行時間、走行スピード、消費カロリー、走行ルートを計測する物である。サイクルコンピュータ[1]は図1のように付属のマグネットをタイヤのスポークに装着し、電磁気センサで回転するマグネットを検知する手法でタイヤが一回転するまでの走行距離と走行時間から走行スピードを計算している。この手法ではタイヤが一回転するまでの平均速度しか取れないため、ブレーキ(急ブレーキ)を踏んだ場所や急加速を行った瞬間をとらえられない。

スマートフォンアプリ[2]はGPSの情報から走行距離を取得し、それを取得時間で割ることで走行スピードを取得している。しかし、スマートフォンのGPSでは自転車の道路の正確な位置が分からないため正確な速度は取得できない。また、スマートフォンの角速度センサではおおまかなハンドルの動きしかわからないので回避行動を知るために重要となるハンドル角を取得できない。そこで速度の変化、急ブレーキ、回避行動を正確に取得する手法を3章で説明する。



図1. サイクルコンピュータ[1]を装着した自転車

3. 走行環境測定手法

本章では走行環境を測定する新たな手法を提案する。自転車ユーザが感じる阻害要因を測定するセンサとセンサの取り付け方、阻害要因の導出方法について述べる。阻害要因の説明は4章にのせる。

3.1. 速度、ブレーキの有無の算出

自転車の走行環境の測定には急激な速度の変化を感知するためリアルタイムでの速度の算出が必要である。リアルタイムな速度の算出のために図2のように光電センサ[3]をタイヤの側面にめぐらし、スポーク間の黒テープを読み取った。

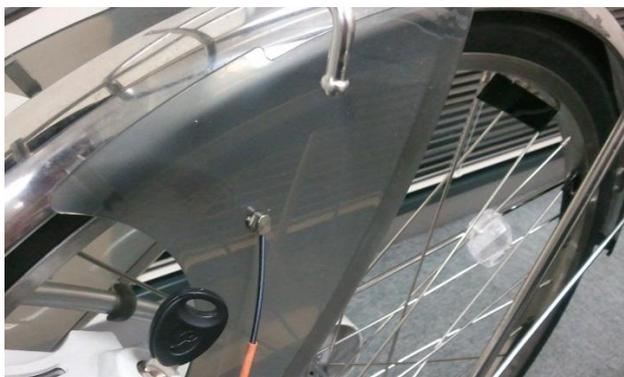


図2. 光電センサを装着した自転車

光電センサ[3]のトランジスタの制御出力信号をデータロガー[4]で取得した。制御出力信号は周波数、外れ値、黒テープ間の測定に使わないスポークが雑音として混じっているので除去する。データロガーのサンプリング周期 $T[s/div]$ 、黒テープの長さ $a[cm]$ 、タイヤの中心からセンサまで $b[cm]$ とするとヘロンの公式よりテープとスポーク間の三角形の面積 S は

$$S = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-b)} \quad (1)$$

ただし $s=(a+b+b)/2$ である。中心角 θ は

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{2S}{ab} \right) \quad (2)$$

よって黒テープ1枚につき光電センサの光路 L は

$$L = 2b\pi \left(\frac{\theta}{360} \right) \quad (3)$$

が成り立つ。N個サンプリングが取れているとするとテープを通過した時間tは

$$t = T(N - 1) \quad (4)$$

である。以上より自転車の速度vは

$$v = \frac{l}{t} \quad (5)$$

で求められる。ブレーキの有無も周囲との速度の比較から検出できる。

3.2. 操舵角の算出

自転車の回避行動を測定するためにはハンドル角の正確な角度を知る必要があり、そのためには自転車の舵角の算出を行わなければならない。自転車の舵角を知るため図3のように歯車とゴムを用いてインクリメンタル方式のロータリーエンコーダ[5]を自転車に取り付けた。ロータリーエンコーダは回転に合わせて位相がずれてA相、B相のパルスが出力される。ロータリーエンコーダのA相、B相の信号をデータロガーで取得した。周波数の雑音処理をした結果でどちら方向にどれだけ回転したのか舵角が算出できる。

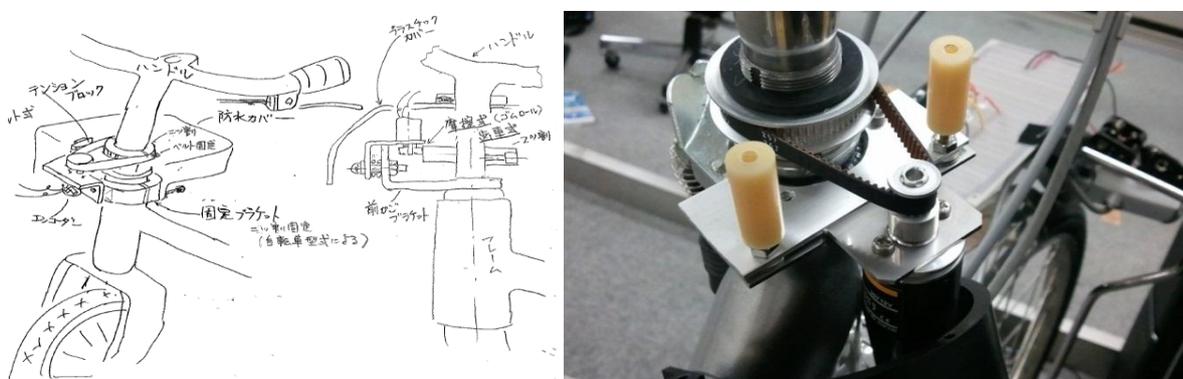


図3. ロータリーエンコーダの取り付け図(左)と写真(右)

4. 自転車にとって「快適な道路」の定義

自転車ユーザにとって「快適な道路」とは個人によって様々であり、自転車にとっての「快適な道路」を評価する上では快適性の定義を行わなければならない。そこで、自転車ユーザに対してエスノグラフィカルアプローチを用いたフィールドワークを実施し彼らがどのような状況にどのような理由で快適、不快として感じているのか聞きだした。分析結果から快適性に影響のある要因は以下の4つである。

- 障害要因

障害とは自らの通常安定走行を障害されている状況である。具体的には目の前に障害物があるため減速や回避を強いられている状況である。自らの通常走行を障害されている状況は自転車ユーザにとって不快である。

- 振動要因

道路の荒れ具合や段差によってハンドルやサドルに来る振動の大きさである。自転車を通じて来る道路との衝撃は自転車ユーザにとって不快である。

- 労力要因

坂道や道路の傾斜によって自転車ユーザが使わなければならない労力である。労力を使わなければならない道路であるほど自転車ユーザは不快である。

- 環境要因

ユーザ周囲の景色、景観や自然の多さである。天気や風力などもここに含まれる。ユーザ好みの環境要因があればあるほど自転車ユーザは快適に感じる。



図4. 人・構造物などの阻害要因のある道路（左）とスムーズな道路（右）

環境要因はユーザの好みに関係するので測定が困難であるが、阻害要因、振動要因、労力要因はセンサを用いることによって測定が可能である。阻害要因の測定には周囲の環境から影響を受けて変化する自転車の速度、ブレーキの回数、回避行動の回数の測定が重要である。自転車の速度、ブレーキの回数、回避行動の回数を測定すれば周囲環境や交通スペースの大きさが分かる。

5. 走行環境の測定結果

センサを装着した自転車を用いて実際に市街地を走行して自転車の走行環境を測定した。空いている道路、ある程度人で混雑した道路、人で混雑した道路、歩道幅の狭い道路、段差の多い道路で速度、ブレーキの有無、操舵角を測定した。

- 空いている道路(快適な道路)(図5)

目の前に障害物がなく、振動もなく、道路傾斜もゆるやかな道路である。走行した道路はカーブが一か所だけ存在する。速度は通常通りに進み、一度カーブで様子を見た後加速している(図5左)。カーブでハンドルを切った以外はハンドルをリズムカルに切っているだけで回避行動はない(図5右)。センサ情報からブレーキを一回踏んで曲がっただけのかなり快適な道路であることが判断できる。
- 少し混雑している道路(人による阻害要因のある道路)

道路自体は振動や固定の障害物もなく傾斜も緩やかであるが人の通行が多い道路である。少し道路が人で混雑していても回避できる空間があるため速度を落とさず通行する。速度を落とさない代わりに人を回避する回避行動が出てくる。回避行動よりも速度を落とさないことに快適性があるので快適に走行できる。
- ある程度混雑した道路(構造物による阻害要因のある道路)

人通りは少ないが道幅の狭い道路。固定の障害物や放置自転車、駐車等により結果的に道幅が狭められている道路もこれに入る。道路状況に気を使うためにやむなく速度を落として走行する。ただし回避しているのではないので回避行動は少ない。自転車ユーザにとって速度を出せない道路は不快である。
- 混雑した道路(人+構造物による阻害要因のある道路)(図6)

道路自体も狭く障害物もややあり、人による通行も多い道路である。回避できる空間がすくないためやむなく速度を落として通行する(図6左)。速度を落としたうえ回避行動が出てくる(図6右)。自転車ユーザにとって自分の思い通りの走行ができずかなり不快である。あまりにも不快になると車道に出るなどのその道路から逃げる行動を起こす。

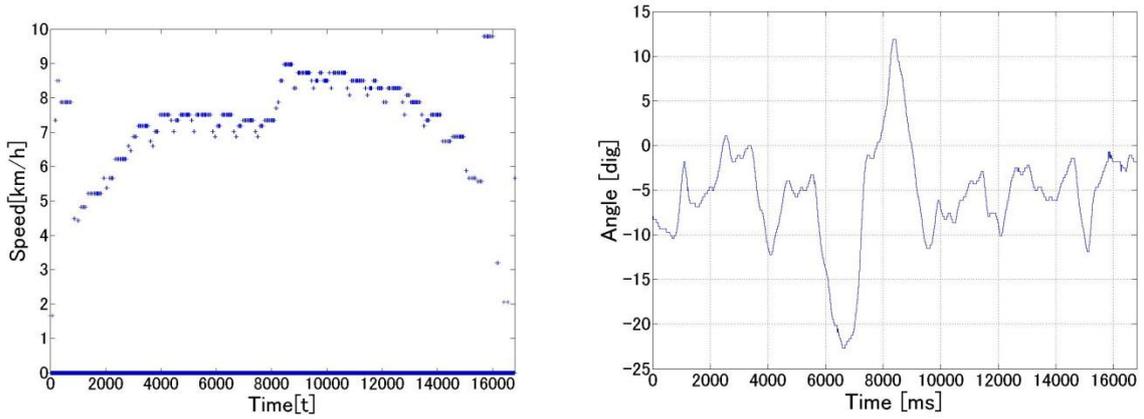


図5. 快適な道路の速度(左)と舵角(右)

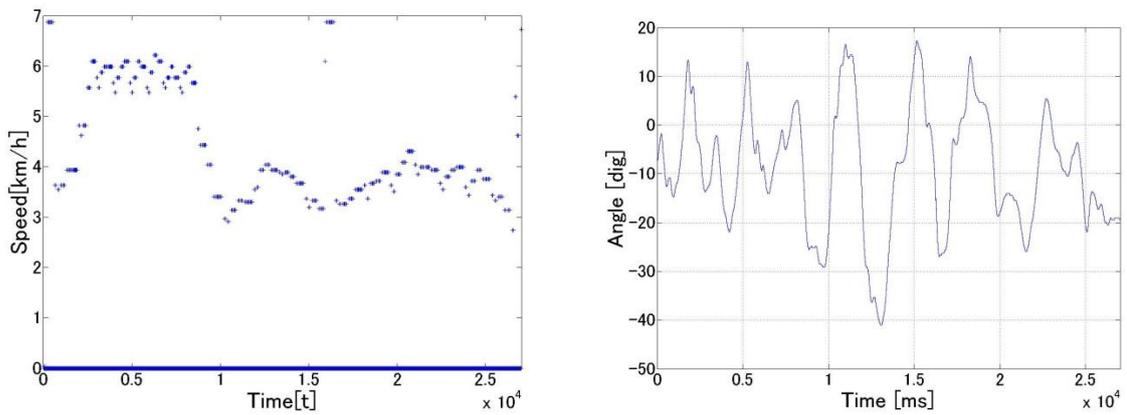


図6. 障害要因のある道路の速度(左)と舵角(右)

これらの結果をまとめると図7のようになる。(a)空いている快適な道路では自転車はゆったりとハンドルを切りながら普通の走行速度で走っている。(b)少し混雑した道路では自転車は速度を落とさないのでできるだけ普通の走行速度を保って回避行動を行っている。これらの道路は自転車にとって快適である。(c)ある程度混雑した道路では自転車はやむなく速度を落として回避行動をしながら走行する。(d)混雑した道路では自転車は歩行者に合わせて走行することになる。これらの道路は自転車にとって不快に感じる。

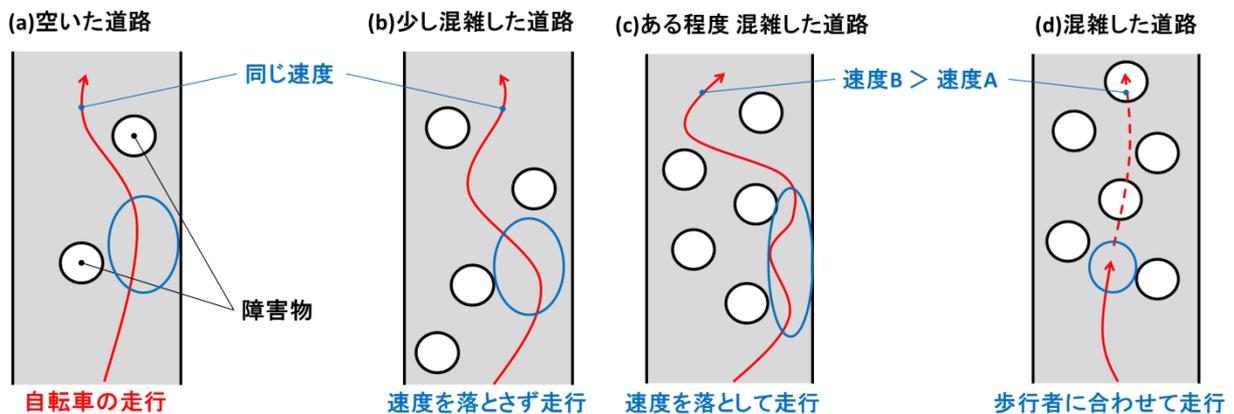


図7. 測定結果のイメージ図

6. 定性的評価

センサの測定結果と快適性の関係を実証するため京都市で実際に被験者に走行してもらい、被験者のインタビューと観察を行った。走行中の速度と回避行動が被験者の快適性に及ぼす影響を確認する。同志社大学生3名を被験者として用意し京都市内の様々な走行環境の道路で走行を行った。空いている道路として鴨川のほとりで車通りの少ない川端通り、ある程度人で混雑した道路として道幅は広いが歩行者や自転車の多い御池通り、人で混雑した道路として混雑が起きている烏丸通や田の字地区、歩道幅の狭い道路として道幅は広いが路上のポールが邪魔である五条通を選んだ。それぞれの道路を最初通常走行で走ってもらい、速度の変化、ブレーキ、回避行動が起こって走行がどのように変化するかビデオカメラで撮影した。被験者はすべての通りを約800m走行した。

走行実験後、ビデオカメラの映像を見ながら3人の被験者にインタビューを行った。インタビューの快適性やビデオカメラの解析結果は表1のようになった。川端通りや御池通りといった速度の出せる道路は被験者全員が快適だと答えた。図7のように、空いている道路やある程度空いている道路では普段通りの速度を出しており被験者へのインタビューで快適な道路だとわかった。しかし、烏丸通では速度が出せず被験者全員が快適だとは感じていなかった。五条通は回避行動がないが速度が出せないため被験者はそれほど快適とは感じていなかった。また、インタビューにより速度の出る道路は多少の障害があっても快適であり回避行動を行ってもできるだけ速度を落とさずに走行を心がけるが、どうしても速度を落とさなければならないときは不快ではあるが速度を落として走行することが分かった。

表1. 被験者の快適性と映像解析結果

道路	川端通り(空いている)			御池通り(少し混雑)			烏丸通り(かなり混雑)			五条通り(ある程度混雑)		
	快適性	速度	急ハンドル	快適性	速度	急ハンドル	快適性	速度	急ハンドル	快適性	速度	急ハンドル
被験者A	○	○	なし	○	○	なし	△	×	5回	○	○	なし
被験者B	○	○	なし	△	○	1回	×	△	2回	△	△	なし
被験者C	○	○	なし	○	○	なし	×	×	なし	△	△	なし

7. まとめ

自転車が周囲の環境から走行に影響を受ける要因として、阻害要因、振動要因、労力要因、環境要因が挙げられる。阻害要因の測定には周囲の環境から影響を受けて変化する自転車の速度、ブレーキの回数、回避行動の回数の測定が重要である。これらの要素を測定する方法として光電センサとロータリーエンコーダを用いた新たな測定手法を提案した。センサを搭載した自転車で道路を走行したところ、交通スペースによって速度や回避行動の変化が確認された。また、実際に被験者を用いて京都市を走行して速度や回避行動と快適性の関係について確認した。

参考文献

- [1] Bridgestone, サイクルコンピュータ e*meters, <https://www.emeters.jp/emeters/login/>
- [2] iTunes, MapMyRIDE+ GPS Cycling, <https://itunes.apple.com/jp/app/imapmyride-cycling-bicycling/id306561234?mt=8>
- [3] OMRON, 光電センサ E32-T11N 2M, <http://www.fa.omron.co.jp/products/family/1532/>
- [4] Keyence, モバイル型絶縁高電圧入力レコーダ NR-2000, http://www.keyence.co.jp/keisokuki/mobile/nr_2000/menu/376/
- [5] OMRON, 超小型ロータリーエンコーダ・インクリメンタル型 E6J-C, <http://www.fa.omron.co.jp/products/family/1607/>
- [6] 近藤潤也, 田端佑介, 金田重郎 “マクロ評価機能を持つユーザ中心設計手法と ITS 普及サービスへの適用”, 同志社大学 技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパー, 2012, http://www.itec.doshisha-u.jp/03_publication/01_workingpaper/2012/12-02.pdf.
- [7] 近藤潤也, 田端佑介, 金田重郎 “エスノグラフィカルアプローチを用いた自転車普及ソリューション導出の試み”, 情報処理学会・情報システムと社会環境研究会, 2012-3.
- [8] 青山貴信, 倉本一峰, 森口肇, “使える!MATLAB”, 講談社, 2003.