

スケートボード走行時における走行状態認識とLED発光パターンへの適用

小手川誠也^{1,a)} 菊川裕也^{1,b)} 馬場 哲晃^{1,c)} Paul Haimes^{1,d)}

概要：路上においてパフォーミングやスポーツを楽しむ中で生じた文化を「ストリート文化」と本稿では呼ぶ。ストリート文化にはペイントや音楽、ダンス等のパフォーミングがある中で、本研究では特にスケートボードに着眼した。近年のストリート文化において人気スポーツの一つであり、2020年オリンピック追加種目の一次選考をスケートボードが通過したことで、現在注目を集めている。一方で、スケートボードはその走行速度や制御の難しさから、路上での走行に対し危険な印象を持つ人が少なくない。そこで本研究ではスケートボードに複数のセンサとLED光を付け加えることでスケートボードが持つパフォーミング性をLEDを光で拡張しつつ、安全面を配慮した機能を付加する。つまり、スケートボードの速度や加速度、傾きを加速度センサと非接触光学センサで検知し、ユーザの状態に応じた光を提示する

TOMOYA KOTEGAWA^{1,a)} YUYA KIKUKAWA^{1,b)} TETSUAKI BABA^{1,c)} PAUL HAIMES^{1,d)}

1. はじめに

路上においてパフォーミングやスポーツを楽しむ中で生じた文化を「ストリート文化」と本稿では呼ぶ。ストリート文化にはペイントや音楽、ダンス等のパフォーミングがある中で、本研究では特にスケートボードに着眼した。

スケートボードは一般に樹脂ボード又は合板に車輪が4つ備わっており、ユーザはこれに乗り、路上の走行やトリック等を楽しむ。近年のストリート文化において人気スポーツの一つであり、2020年オリンピック追加種目の一次選考をスケートボードが通過したことで、現在注目を集めている。

一方で、スケートボードはその走行速度や制御の難しさから、路上での走行に対し危険な印象を持つ人が少なくない。そこで本研究ではスケートボードに複数のセンサとLED光を付け加えることでスケートボードが持つパフォーミング性をLEDを光で拡張しつつ、安全面を配慮した機能を付加する。つまり、スケートボードの速度や加速度、傾きを加速度センサと非接触光学センサで検知し、ユーザ



図1 制作したスケートボード

の状態に応じた光を提示する。具体的には加速、減速、右・左折等のユーザの姿勢や走行状態を検知し、LED光を用いて周囲に可視化をする、本稿では加速、減速、右・左折、定速度状態の検知手法及び、対応する発光パターンについて報告する。

2. 関連研究

スケートボードのパフォーマンス性の拡張を図っているものとして Interactive video mapping for SK8[1]がある。これはハーフパイプと呼ばれる半円状の構造物の中でブランコのように左右に移動しながらトリックを決めていくスケートボードの一種目に、プロジェクションマッピングを

¹ 首都大学東京
Tokyo Metropolitan University
a) tomatoex1218@gmail.com
b) kiku@no-new-folk.com
c) baba@tmu.ac.jp
d) Haimes@tmu.ac.jp

取り入れた、スケートボードの座標に合わせて映像を変化させるインタラクティブ作品である。また、八谷和彦らによる Light/Depth[2] はスケートボードを利用したインタラクティブな映像表現としてよく知られている。このような作品は映像を扱うために場所や天候、環境光の制限が生じるだけでなく、PC を利用するため、設置が大掛かりになってしまう。本研究ではセンサで得た値をデバイス内のマイコンで処理することで、幾つかの姿勢や走行状態を検出し、光を利用したスケートボードの安全性やパフォーマンス性の拡張を目指す。PC やスマートフォンを利用せず、マイコンで状態識別や LED 制御を行うことで携帯性や簡易性に優れたデバイスを目指す。

Reynell らは [4] スケートボードに Bluetooth 及び 9 軸センサを搭載し、スケートボードの状態や GPS を利用してのスケートボード体験の向上を狙ったシステムを提案している。Pijnappel[3] らは視聴覚、触覚フィードバックをスケートボード演者に対して提供することで、インタラクティブ技術によるスケートボード支援の可能性を議論している。

LED 光を使ったインタラクティブなメディアデバイスとして我々は「Orphe (LuminouStep)」[5] を開発している。靴に取り付けられた 9 軸センサデータを Bluetooth LE を利用して PC やスマートフォンに送信し、その情報を靴の発光にフィードバックさせ、足の振る舞いに合わせたスピード感のある LED 発光パターンを可能としている。この作品はユーザの動きをセンサで読み取りその速度に対応した光り方をさせると言った点で本研究の重要な先行事例である。また藤本ら [6] による発光を有するウェアラブルスーツは PC からの一括制御により、多くの LED 衣装を同時に制御することに成功している。

3. 実験

本節では加速、減速、右折、左折を識別するために必要な基礎実験に関して報告する。

3.1 右折・左折の識別

右折、左折の識別に関しては加速度センサを利用する。停止状態でスケートボードを傾けた時の加速度変化を観察するために、3 軸加速度の加速度情報を記録するアプリケーションを入れたスマートフォンをスケートボードに図 2 のように取りつけ、走行時の右折と左折と同様に右と左にスケートボードを傾け加速度の変化を見た。なおアプリケーションは Openframeworks によって作成し、得られた加速度データは csv 形式にてスマートフォン内部に保存される。

図 3 が停止状態で左右に傾けた時の X 軸の加速度の変化のグラフである。実際にスケートボードに乗り、左、右、左、右で連続的に傾けた。左に傾けると X 軸がマイナス、



図 2 スマートフォンの取り付け方と X,Y,Z 軸の方向

右に傾けると X 軸がプラスになる様子を図 3 に示す。

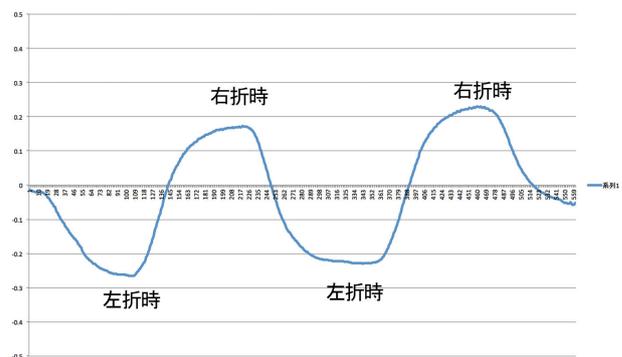


図 3 停止状態で左右に傾けた時の X 軸の加速度の変化。横軸は時間、縦軸は重力加速度 $g(1g = 9.8m/s^2)$ を指す

次に走行時の右折、左折の加速度変化を見るために先程と同様にスマートフォンを取り付け実験をした。図 4 はそのグラフである。グラフにして観察したところ、スケートボードが地面の影響を受け揺れるためにプラスマイナスどちら側にもグラフが激しく振れている。

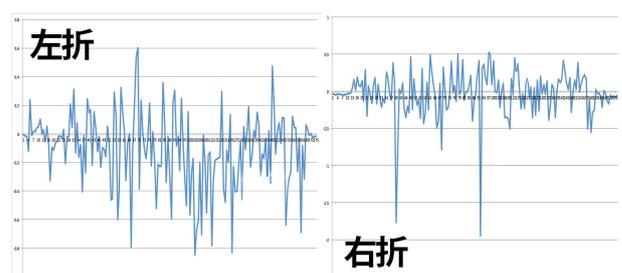


図 4 走行時の右折、左折時の加速度変化。横軸は時間、縦軸は重力加速度 $g(1g = 9.8m/s^2)$ を指す

そこでスケートボードの揺れによる加速度センサへの影響を減らすためにクッション (NR スポンジゴム NRS-02 天然ゴム系) をセンサとスケートボードの間に挟み込み再度右折、左折、そして通常の右左折を約 20° の曲がりとし、約 90° の急な右左折 (図 5, 6 の右左折 1 が約 20° , 2 が約 90° の右左折を示す) の 4 つのパターンに分け加速度を計測した。(図 5 を参照)

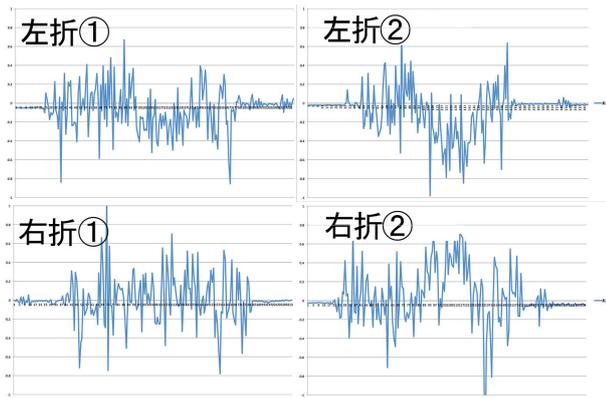


図 5 クッション付きでの各々の状態での加速度データ．横軸は時間，縦軸は重力加速度 $g(1g = 9.8m/s^2)$ を指す

先のクッション無しのグラフ（図 4）と比較すると，左折時にはマイナス，右折時にはプラスの特徴が若干明瞭になった．しかし，上下の振れが依然として激しく触れているため，値の変化を緩やかにするために，ソフトウェア側での処理を追加した．任意時間 t の加速度値 A_t ，新たに算出した加速度値を A'_t とし， k を定数とした．計算式を下記に示す．

$$A'_t = \frac{(A_t - A'_{t-1})}{k} + A'_{t-1}, s.t. A'_0 = 0 \quad (1)$$

縦軸 A'_t ，横軸を時間として図 5 を計算し直したグラフが図 6 である．ただしこの場合 $k = 20$ としている．定数 k を調整することで振動ノイズに対する感度を調整できるが，今後のこの値を動的に求める様な仕組みも必要であると考えている．上下のブレがなく比較的処理のしやすいグラフとなった．本手法を利用し，右折，左折の判別には閾値を設けることで右折，左折を識別処理することとした．

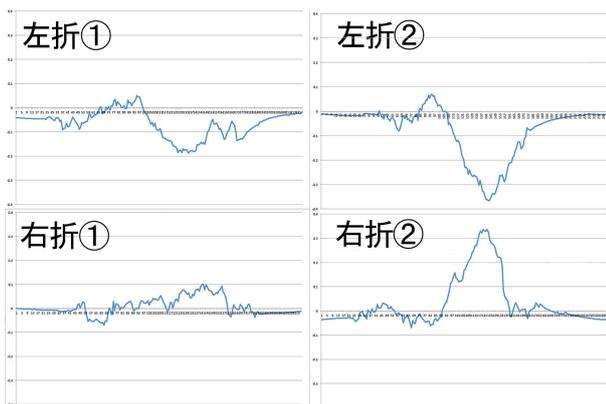


図 6 アルゴリズムを通したグラフ．横軸は時間，縦軸は重力加速度 $g(1g = 9.8m/s^2)$ を指す

3.2 加速・減速の識別

前述のように加速度センサを利用するとシステムがより簡易になるが，本稿ではスピード表現を反応良く，精確に検出したい．そこで加速・減速識別には直接ホイールの回

転数を参照することにした．図 7 のようにトラックに非接触反射型赤外線フォトリフレクタを取り付け，ホイール裏側に回転検出用に黒いテープをとりつけ白黒にする（黒いホイールの場合は白い回転検出治具を使用）．ホイールの回転で得られる白黒による電圧変化周期を計測し距離を時間で割ることで速度を算出する．



図 7 非接触反射型フォトリフレクタと回転検出治具

4. システム概要

4.1 デバイスの構成

デバイスの構成として，スケートボードの速度計測にフォトリフレクタ (RPR-220)，また，デバイス内でセンサの値を処理し出力するためのマイコン (ATmega328)，左右その他の状態を検知するために 3 軸加速度センサー (KXSC7-2050)，フルカラー LED (WS2812B) テープ，電力供給のためにリチウムポリマー電池を使用する．市販のスケートボードの底にフルカラー LED テープを取り付ける．フレーム部に非接触反射型赤外線フォトリフレクタを取り付け，ホイール裏側には白と黒からなる，回転検出治具を取り付ける．フォトリフレクタによって速度を算出する．



図 8 デバイスの構成

4.2 発光パターン

右折・左折・加速・減速に適切な発光パターンを検討した．フルカラー LED を使用し，それぞれの状態を色と発光タイミングの遷移で表現する．

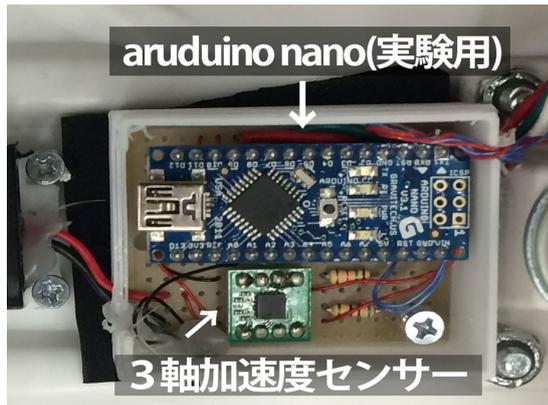


図 9 加速度センサー及びデバイス

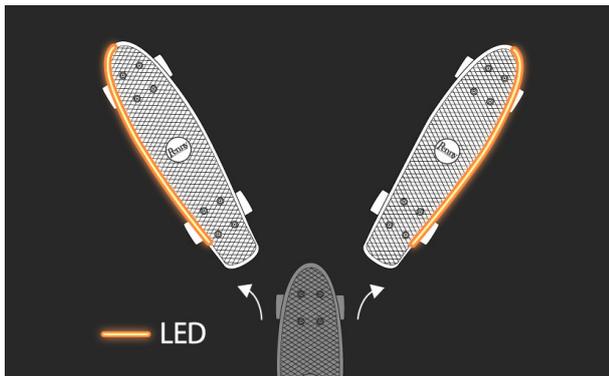


図 10 右折・左折時の発光パターン例

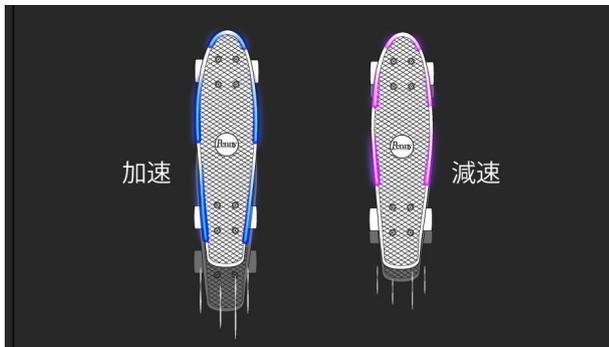


図 11 加速・減速の発光パターン例

4.2.1 右折, 左折

右折時はスケートボードの右側, 左折時はスケートボードの左側を発光させる. 図 10 に示すように, 左に曲がる際はスケートボードの左側面, 右折は右側面を点滅させる.

4.2.2 加速・減速

スケートボードの加速・減速と先端から末端に流れていく光のスピードを対応させる. また, 図 11 に示すように, 加速時には青色, 減速時には紫色, 停止時には赤色と段階的に変化させることでスピードを落としていく過程を視認しやすくする.

5. まとめと展望

スケートボードの安全性及びパフォーマンス性向上の



図 12 停止の発光パターン例

為, 加速度センサ, 光学センサを利用してスケートボードの加速, 減速, 右折, 左折を識別するアプリケーションを作成した. またそれらに対応した発光パターンを同時に検討した. 今後はより周りが認識しやすい配色パターン, 発光パターンを検証していく. スケートボードの状態をより高い精度で認識するためのデータ処理手法を検討する他, 本システムをより手軽に取り付け可能とするため, フォトリフレクタを利用せず, 加速度センサのみで加速, 減速も正確にとれるシステムを現在検討している. スケートボードは人により立ち方, 走り方, 曲がり方, が違うので, 人による癖の影響を受けないユニバーサルなデバイス作りやプログラミングを検証していくだけでなく, ここでの知見を利用し, 初学者の為のスケートボード練習支援システムへの発展を視野にいれている.

参考文献

- [1] 外山貴彦 Interactive mapping for sk8, 2014 <http://www.nzu.ac.jp/blog/digital/archives/12134>
- [2] 八谷和彦, 松尾晴之, Light/Depth, 1993
- [3] Sebastiaan Pijnappel and Florian 'Floyd' Mueller. 2014. Designing interactive technology for skateboarding. In Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '14). ACM, New York, NY, USA, 141-148. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2540930.2540950>
- [4] Edward Reynell and Hannah Thinyane. 2012. Hardware and software for skateboard trick visualisation on a mobile phone. In Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference (SAICSIT '12). ACM, New York, NY, USA, 253-261. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2389836.2389866>
- [5] 菊川 裕也, 馬場 哲晃, 串山 久美子, LuminouStep 踏み込みを可聴化するシステムの研究と開発, Entertainment Computing 2014, 2014
- [6] 藤本実, 藤田直生, 寺田努, 塚本昌彦, "Lighting Choreographer: ウェアラブル LED パフォーマンスシステムの設計と実装," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 517-525 (Sep. 2011).
- [7] 非接触主軸回転表示器の作成, http://homepage2.nifty.com/takeland/Sub_11i.html, (last accessed 2015年5月20日), 2013