

加速度センサを用いた二輪車向けスマートフォン操作 UI の検討

伊藤篤志^{†1} 山辺教智^{†2} 清原良三^{†1}

近年、スマートフォンが広く普及し、カーナビとして利用することが増えている。スマートフォンには各種センサや GPS、通信機能が搭載されており、それらを生かした高性能な二輪車向けナビアプリも提供されている。そのため、我々は将来的にスマートフォンが主な二輪車向け車載器として利用されるようになっていくと考えている。しかしながら、本来手に持って利用することを想定されている端末であるため、従来のカーナビに比べ画面が小さく見づらい。また、タッチ操作を用いるために操作の際には視線を集中する必要がある、操作数も増加する可能性がある。そのため、信号待ちなどの少しの停車の際に操作を完了し、運転体制に戻ることが難しいという問題がある。これらの問題に対応するべく、二輪車では Head Up Display を利用したヘルメットが注目され解決が図られているが、もともと高価なヘルメットにこれらの機器を搭載した機器は価格が非常に高くなることが想定される。そのため本論文では、音声を中心とした情報出力を主とした機器としてスマートフォンを用いることを想定し、動作による周囲への注意散漫になりにくい操作インターフェースを提案する。

1. はじめに

近年、高品質な GPS やセンサ、通信機能を備えたスマートフォンが広く普及している。それらを利用したナビゲーションサービスが充実し、備え付けのカーナビを搭載していない二輪車で利用されるようになりつつある。

それに対応するように本田技研工業株式会社からは Honda Moto LINC[1]、ヤマハ発動機からはつながるバイクアプリ[2]と言った、二輪ユーザ向けスマートフォンアプリが提供されている。これらのアプリでは、通常のナビゲーション機能の他に、二輪車ユーザ向けに、二輪車駐車場検索機能や、進行ルート上の降雨情報を音声で知らせる機能を搭載している。

しかし、スマートフォンは本来手に持って利用することを想定されている端末であるため、従来のカーナビゲーション端末に比べ画面が小さく、視認性が悪い。また、タッチ操作を採用しているため、画面を見なければ操作ができず、グローブ越しの操作にも適していないという課題がある。

そこで視認性という課題に対する解決策として Display Audio (以下 DA と示す) や Head Up Display (以下 HUD と示す) が四輪車では注目されている。

DA とはスマートフォンとの連携によりスマートフォンのナビゲーションサービスやオーディオファイルを、大きな画面や車載スピーカーで利用することができる端末である。屋根と広いスペースが用意されている四輪車では問題がないが、二輪車では取り付けスペースや防水、盗難対策が必要であり、大型の端末の利用は難しい。

また、HUD とは利用者の視界と重なるように情報を表示する端末であり、四輪車向けには、スピードメーターやナビを表示する製品が登場している。二輪車向けでは、現在は未販売であるが、ヘルメットのシールドに情報を映す端末が開発されている[3]。

しかし、二輪車向けの HUD 一体型ヘルメットは、運転中の情報確認の方法としては優れているものの、非常に高コストである。例として、現在発表されている一体型 AR ヘルメット Live Map[3]の予定価格は USD2,000(20 万円強)、既存のヘルメットにマウントする AR デバイス NUVIZ Ride : HUD[4]の予定価格は 8 万円前後と非常に高額になっている。

車載器としてスマートフォンが利用される理由として、コストも大きな要因となっている。ナビゲーション車載器の運用方法としては、固定具や、透過素材を用いたタンクバッグ等を用いる方法があるが(図 1)。最も低コストに運用する場合、既に所持しているスマートフォンを、ポケットや靴に入れたまま運用することになる。この方法では視覚的なサービスを受けることはできないが、ヘルメットに装着するスピーカーのコストのみでナビゲーションアプリの恩恵を得ることが出来る。

そのため、そのような利用方法を取っているユーザを対象とする場合、スマートフォンを二輪車で快適に運用するための端末も低コストである事が望ましいと考えている。

また、二輪車でのスマートフォンサービスは運転者一人を対象にしているため、映像や文字のコンテンツを表示する必要は無く、現在スマートフォンのナビゲーションサービスを利用する際は、ポケット等に入れるか、ハンドル



図 1 ステーを用いた運用方法 (SYGN HOUSE 製 マウントシステム[5])

^{†1} 神奈川工科大学 情報学部情報工学科
Kanagawa Institute of Technology

^{†2} 神奈川工科大学 大学院工学研究科 情報工学専攻
Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

やタンク、ミラーなどにステアを使いスマートフォンを取り付け、イヤホンや Bluetooth 接続のオーディオ機器を通して音声案内やオーディオ機能を利用する形が一般的であり、視覚的な情報表示の必要性は薄いといえる。

そのため、二輪車を利用している際のスマートフォンサービスでは、音声ナビゲーションとオーディオ機能、通話等の聴覚を使った機能があれば十分であると考え、運転中の利用サービスは音声を用いた物に絞ることで、視認性の問題はないといえる。

しかし、現状のスマートフォンでは音声を主体としてサービスを利用している場合、操作を行う上で体勢の変化や、注視が必要となる。

そこで、本論文では残る操作性の面に着目し、利用者が音声サービスを利用していることを前提とした、操作時に手元を注視する必要のない操作デバイスとして、加速度センサを用いた操作インターフェースを提案する。

第2章では二輪車向けスマートフォン操作 UI の要求について述べる。第3章では関連研究について述べる。第4章では第2章で述べた要求を踏まえた提案手法について述べる。第5章では、まとめと今後の方針について述べる。

2. 二輪車向けスマートフォン UI の要求

運転中に操作を行うための UI の要求は通常の快適性、正確性の2点に加え、運転中であることを踏まえ、安全性を加えた3点で表すことができる。

- (1) 安全性
- (2) 快適性
- (3) 正確性

2.1 状態定義

二輪乗車中の状態として、走行中、一時停止中、停止中という3つの状態が考えられる。そのうち、目的地までの移動中の状態である走行中、一時停止中を合わせた状態として、走行中という表現を用いる。本節ではそれぞれの状態の定義について述べる。また、それぞれの関係性を図1に示す。

2.1.1 運転中

運転者が乗車し、出発地点から目的地に移動している間の走行中、一時停止中の双方を含めた状態を運転中と定義する。

(1) 走行中

車両が移動している状態を走行中と定義する。走行中では、運転者の視界は周囲への注意に向ける必要があり、両手両足も車両の操作に用いる必要があるため、車載器を操作するには適さない状態である。



図2 状態の種類イメージ

(2) 一時停止中

車両が、信号等の周囲の状況により、エンジンをかけたままの停止をしている状態を一時停止中と定義する。本論文でのジェスチャによる操作は、主にこの状態での操作を対象としている。

2.1.2 停止中

車両が駐車場のような安全な場所で、ギヤをニュートラルに入れるか、エンジンを切って停止している状態を停止中と定義する。この状態では、乗車していない状態と同じように操作を行うことができる。

2.2 安全性

カーナビや携帯電話が多機能になることで、運転中に操作を行うことにより注意が薄れ、事故が起きるケースがある。そのような事態を避けるために、道路交通法第71条五の五[5]では、車両の運転者は、停止中を除き、携帯電話やカーナビの注視や手に持った操作を禁止している。

また、業界側でも自主規制を行っており、四輪車向け車載器では、日本自動車工業会が発行する「画像表示装置の取り扱いについて 改訂版 3.0 版」[7]では停止中を除いた操作以外にも、表示する内容についても注視を誘発する物を禁止している。

一方、二輪車では、CAN から車体情報を受け取る機能が無い独立した端末が使用されているため、自主的な規制は行われていない。

本論文で提案する手法では、操作端末を注視する必要も、手に持つ必要も無いが、走行中の操作は好ましくないため、操作を行う際は停止中、もしくは一時停止中が望ましい。

しかし、スマートフォンは、ポータブルナビと同様に、独立した機器であるため、車体から直接情報を得る以外の方法で、現在の車両状態が走行中であるか、停止中であることを判断できることが望ましい。

2.3 快適性

操作 UI における快適性を高めるためには、最小限の動作で目的の操作が行えることが望ましい。動作が最小限で済むことにより、操作にかかる注意も減り、安全性も高まる。

また、操作デバイスを付けることによる違和感が無く、装着による違和感が極力少ないことが望ましい。そのため、通常運転をする上で身につける物にデバイスが付属し、無

線方式で独立していることが要求される。そのため、快適性を考慮した操作 UI の要求は以下に示す点であると考えられる。

- (1) 操作端末と無線方式で接続され、独立していること。
- (2) 操作を完了するまでの動作が極力少ないこと。
- (3) デバイス装着による違和感のないこと。
- (4) 操作のために無理な体勢にならないこと。

2.4 正確性

操作 UI における正確性とは、意図しない動作を起こさないことである。

例として、チャタリングに反応してしまうことにより、意図せず複数回入力されてしまうような状態になったマウスやキーボードは正確性が低い状態と言える。このような誤動作を起こしてしまうことは、快適性のみならず、安全性の低下にも繋がると考えられるため、誤認識を起こしてしまう確率は極力低いことが要求される。

3. 関連研究

これまでに、加速度センサを用いた装着型デバイスによるジェスチャ入力については様々な研究が行われている。

6軸センサを用いたスマートフォン向けカーナビUIの検討[9]では、DAを用いることを想定し、スマートフォン通常の操作に近いタップジェスチャーによる操作方法を提案しており、加速度のみでなく角速度を利用することで上下左右の4方向へのタップ及びダブルタップの計8種類のジェスチャを認識する、グローブ型デバイスを用いた4輪車向けスマートフォン操作UIを提案している。文献[9]ではDAを搭載した4輪車を想定しているため、CANによる車体情報を受け取ることが可能である点や、DAに表示された選択式メニューを想定している点が異なる。そのためこの手法をそのまま利用することは出来ない。

ウェアラブルコンピューティングのための手足を使った状況依存コマンド入力手法[9]では、HMDの装着を前提とした、あらゆる環境でのジェスチャ入力を可能にするため、両手両足の計4か所に取り付けた加速度センサデバイスを状況に応じて使い分けることで、物を持っていて手が使えない場合や、電車内等の足でジェスチャをするスペースが無い場合にも対応した操作デバイスを提案している。文献[8]では、HUDの装着を前提とした、日常生活を想定しているため、こちらも選択式メニューを見ながら操作を行う事を前提としている。しかし、通常の二輪走行時にセンサデバイスを4か所につけることは通常は想定できない。

ユーザの直観的な入力をとらえるための3軸加速度センサによるジェスチャ認識の研究[10]では、加速度センサの三軸をy-z, z-x, x-yの3つの平面に分解し、各ベクトルから11種類、総計33種類の定義された特徴量を用いた、パターンマッチングにより判別する方式を提案しており、

事前にパーソナライズを行い、ジェスチャの速度や角度が再現しやすい平面的なジェスチャに絞ることで、非常に高い認識率を得られることを示している。文献[9]では、ジェスチャ認識の手法についてのみ述べられており、特定の使用目的を想定した実験が行われていない。

4. 提案手法

4.1 想定する操作

本論文では、二輪車を運転中に、操作したいスマートフォン端末をポケットや鞆に仕舞っている状態で、スマートフォンの音声によるサービスを利用することを想定しているため、選択式のメニュー等を利用することができない。

そのため、各操作のジェスチャを別々に用意する必要があるが、ジェスチャの種類が増え、操作が煩雑になることは好ましくない。

そこで、ナビアプリへの目的地の入力などの複雑な操作は停止中に行う事を想定し、運転中に行いたいと想定される機能に絞った。

利用機能の想定にあたって、前述のLive Map[3]やNUVIZ Ride: HUD[4]にて想定されている利用機能を参考にし、操作を想定される機能として以下の3種類を挙げる。

- (1) 通話機能
- (2) 音楽再生機能
- (3) ナビゲーション機能

4.1.1 通話機能

通話機能の利用については、運転中に受けた着信への対応が想定される。

しかし、走行中に、受けた着信を受けるための操作を行うことは危険が伴うため、停車中に折り返し掛けかえす必要がある。

そのため、通話機能を利用するためには、最低限の操作として、直前の着信履歴の呼び出しと発信、通話切断の3種類のジェスチャが必要であると考えられる。

4.1.2 音楽再生機能

音楽再生機能の利用については、運転中の再生ファイルの変更や、再生の開始及び停止や、音量の調節などが想定される。再生の開始と停止はお互いが競合しないため、1つの操作にまとめることができる。そのため、5種類のジェスチャが必要であると考えられる。

4.1.3 ナビゲーション機能

ナビゲーション機能の利用については、目的地の入力という複雑な入力操作が必要となるため、停止中を除いた状態での操作は好ましくない。そのため、ナビゲーション機能の操作は想定しない。

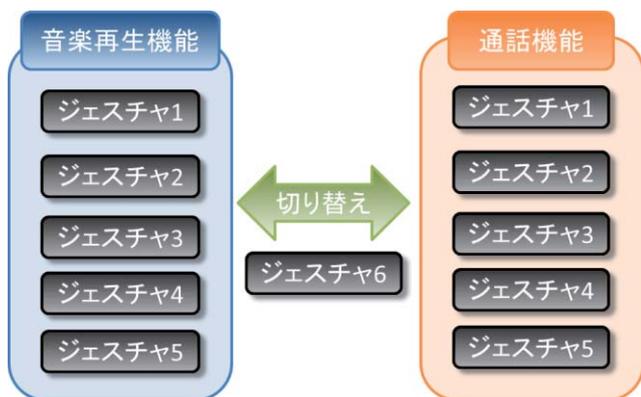


図3 ジェスチャ割り当てのイメージ



図4 想定する各端末の構成

4.1.4 必要なジェスチャの種類

通話及び音楽再生機能は競合しないため、最低限の数として、必要ジェスチャ数の多い音楽再生機能の操作に必要な5種類に加え、操作対象の機能の切り替えを加えた6種類のジェスチャが必要となると考えられる。(図3)。

4.2 提案手法

3.2節で述べた要求の解決案として、加速度センサを搭載し、Bluetooth等の無線方式でスマートフォンと連携するグローブ型操作デバイスを用いた、ジェスチャによる操作を提案する。想定している各端末の構成を図4に示す。

4.3 ジェスチャ認識

加速度センサでジェスチャを認識するためには、加速度センサから得られる、 x 、 y 、 z 軸方向の3つの加速度値からジェスチャを認識する必要がある。

しかし、センサから得られる加速度値は、微細な動きの違いで大きく変動してしまうため、加速度値をそのまま利用するのは高い認識率は得ることが出来ない。

また、上下左右の3次元的な動きを正確に認識するためには、角速度センサや重力加速度フィルタを用いて、現在のセンサの状態を認識する必要がある。

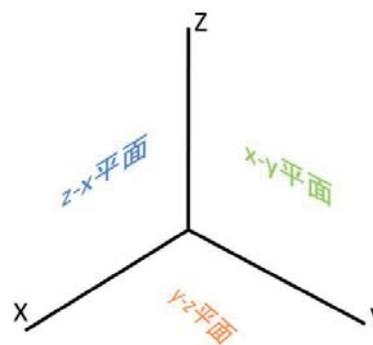


図5 xyz軸と3平面の関係

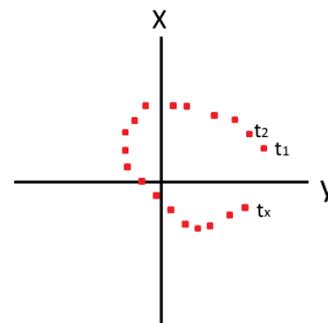


図6 x-y平面に射影された2次元ベクトルの例

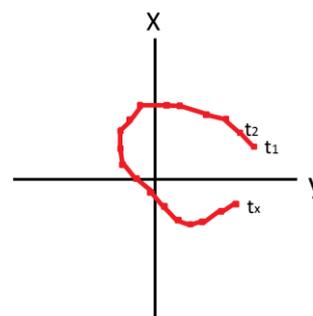


図7 z-y平面における特徴量Pの例

しかし、ジェスチャ認識によるUIを実現するために必要となるのは、正確な動きを認識することではなく、ジェスチャ入力による操作を実現することである。

そこで、本論文では、加速度センサのみによるジェスチャ認識のアルゴリズムとして、3節で紹介した文献[9]に記載された3つの加速度データから求めた、大域的な特徴量を用いたパターンマッチング方式を用いる方式を利用する。

4.3.1 特徴

本論文でジェスチャ認識に使用する特徴は、加速度センサから得られた値を、 x - y 、 y - z 、 z - x の3つの平面(図5)に基づいて抽出し、サンプリングされた加速度値を射影した、2次元加速度ベクトル(図6)を用いて求める。

求められる特徴量の例として、各平面上におけるベクトル差分の長さの総和である特徴量P(図7)は、ジェスチャにかかる時間が長い、ジェスチャを行う際の運動量が激しい時に大きくなる。

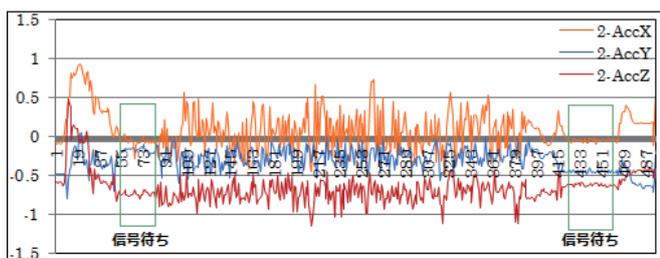


図7 左手にデバイスを装着した際の走行時の加速度

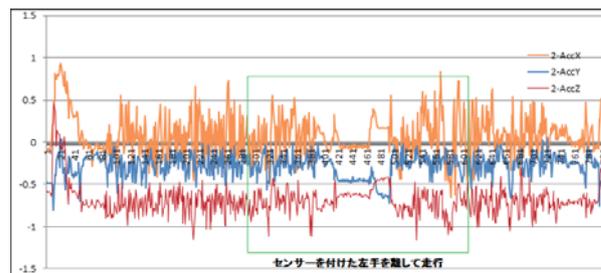


図8 デバイスを装着した手を離した走行時の加速度

4.3.2 パターンマッチング

ジェスチャ認識の際は、事前に複数回ジェスチャを行い、登録された全ての特微量平均と、入力されたジェスチャの特微量を用いて求めた、相違度 e を用いて判別を行う。

相違度 e は、ある入力ジェスチャに対する、ある登録ジェスチャ g との相違度を e_g とした場合の、特微量 α 毎に計算された重み付き誤差 ε の総和であり、重み付き誤差 ε は入力データ V と登録データ E との二乗誤差を登録データの特微量標準偏差 μ の二乗(分散値)で割ったものであり、次式(1)で求めることができる。

$$e_g = \sum \alpha \varepsilon_\alpha^g = \sum \alpha \frac{(V_\alpha^1 - E_\alpha^g)^2}{(\mu_\alpha^g)^2} \quad (1)$$

V^1 : 入力された加速度から求められた特微量

E^g : 登録された特微量平均

入力ジェスチャに対して、最も相違度 e の小さい登録ジェスチャが、入力ジェスチャに一番近いジェスチャと判定し、操作を行う。

4.4 運転中のジェスチャ認識

実際に左手にデバイスを装着し、加速度を計測した(図7)ところ、走行時には全ての軸に大きなノイズが発生している。

しかし、信号待ちで停車している際には大きなノイズは発生していないため、停止中に手を離すことで、エンジンによる微細な振動はセンサの値に大きな影響を与えず、使用者が静止した状態と同じ条件でのジェスチャ認識が可能であると考えられる。

4.5 走行及び停止認識

5.4 節でも述べた通り、車体と密着した手にデバイスを装着している関係上、走行時は全てのベクトルに大きくノイズが発生する。そのため、発生しているノイズによる入力によって得られる特微量を用いることで、走行中の操作を制限することができると考えられる。

しかし、センサを装着した左手をハンドルから離した場合に、停止中とほぼ同様に、ノイズが入らなくなる場合がある(図8)。そのため、デバイスを装着した手を離して走行し

た場合に誤動作が起きる可能性が考えられる。そのため、停止中と、走行中に片手を離した場合の特微量の違いを見分けるか、走行中に離すことの少ない右手に装着する前提とする必要があると考えられる。

5. まとめと今後の方針

5.1 まとめ

本論文では、二輪車を運転中に車載器としてスマートフォンを利用する際の操作を、より安全で快適に行うことが出来るローコストなデバイスとして、加速度センサを用いた手法を提案した。

これまでの調査では、二輪車を運転中に行いたい操作は限られているということに着目することでジェスチャの種類を絞る事で、加速度センサのみでも、高い認識率を得られることがわかった。加速度センサのみの実装であれば、デバイスは非常にローコストになると考えられる。

また、実際の走行から得られたデータから、二輪乗車中でも、停止中の微細なノイズ程度であれば、ジェスチャ認識に影響を与えないことがわかった。そのため、走行中のノイズを用いることで、これまで二輪車向けのポータブルナビで行っていなかった走行中の操作制限を行うことで、快適性および、安全性の高い方式として提案できると考える。

5.2 今後の方針

今後は、入力された加速度値を特微量に変換して保存できる環境を作成し、実際の走行データやジェスチャからどのような特微量が得られるかを収集し、比較、検討を重ね、競合の起きにくいジェスチャを選択し、利用するジェスチャの決定や、走行時の判定を行うためのアルゴリズムの検討を行い、実際の運転中に操作が行えるか評価を行っていく予定である。

更にジェスチャ認識による操作 UI の実装後は、多人数でのツーリングなどを対象とした、非視覚型インターフェースの意思疎通手段として、Bluetooth による無線通話や、メールアプリと文章読み上げアプリを連携させた運転中ショートメッセージ送信手法など、スマートフォンの機能を生かした機能を実装し、二輪車ユーザ支援システムとして開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) Honda Moto LINC, <http://www.honda.co.jp/MotoLINC/>
- 2) つながるバイクアプリ,
<http://www.yamaha-motor.co.jp/tsunagaru/app/> Live Map,
- 3) Live Map, <https://livemap.info/>
- 4) NUVIZ Ride : HUD, <http://www.ridenuviz.com/#intro>
- 5) 法庫, <http://www.houko.com/index.shtml>
- 6) SYGN HOUSE マウントシステム,
http://www.bolt.co.jp/bike-mount-system/sygnhouse_mount-system_top.asp
- 7) 画像表示装置の取り扱いについて 改定第 3.0 版, 日本自動車工業会, 2004
- 8) 池上 翔太, 6 軸センサを用いたスマートフォン向けカーナビ UI の検討, 神奈川工科大学卒業論文, 2013
- 9) 山本 哲也, 庄司 武, 寺田 努, 塚本 晶彦, ウェアラブルコンピューティングのための手足を使った状況依存コマンド入力手法, 情報処理学会 インタラクション, 2011
- 10) 坂本 翔, ユーザの直観的な入力をとらえるための 3 軸加速度センサによるジェスチャ認識の研究, 公立はこだて未来大学卒業論文, 2010