

本稿は、一般財団法人 日本機械学会 第32回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG2023) において「ポスターセッション優秀発表賞」を受賞した内容に基づくものであり、同会の許可を得て転載したものです。本論文の著作権は一般財団法人 日本機械学会に属し、無断複製・転載を禁じます。

## 要旨

二輪車の車両運動を解析する場合、必要な情報を直接計測し解析する手法が一般的であるが、センサの車載に工数を要する場合が多い。そこで、計測に工数をかけなくとも、必要最小限の情報から「走る・止まる・曲がる」の運動解析を間接的に可能とする手法を構築した。車載が容易な小型 GPS データロガーを用い、物体運動の基本である位置・速度を計測し、前後・横加速度を推定した。一例として、二輪車の操縦訓練に本手法を活用した。難易度を下げた単純な操作となる走行方法を導入した。指導員が行う技量判定の要素を明らかにする指標を設け、段階的に訓練を実施した。計測データを活用することで、被験者と指導員のコミュニケーションが充実し、訓練をより効果的にした取り組みの一事例について、紹介する。

## Abstract

When analyzing the vehicle motion of a two-wheeled vehicle, there are general methods of directly measuring and analyzing necessary information available. But, it often requires man-hours to mount sensors on the vehicle. Therefore, we have created a method that indirectly enables the motion analysis of “driving, stopping, and turning” from the minimum necessary information without the need for spending man-hours on the measurement itself. Using a small GPS data logger that can be easily mounted on a vehicle, the position and velocity, which are the basics of object motion, can be measured, and the longitudinal and lateral acceleration can be estimated. As an example, this method was applied to motorcycle riding training. A riding method that reduces the level of difficulty and makes more simpler to operate was introduced. Indicators were set to clarify the elements that instructors use to judge skill, and training was carried out in stages. This article introduces one example of an initiative in which the use of measurement data improved communication between the rider and the instructor, making training more effective.

## 1 はじめに

二輪車の車両運動を解析する場合、必要な情報を直接計測し解析する手法が一般的であるが、センサの車載に工数を要する場合が多い<sup>[1]</sup>。そこで、計測に工数をかけなくとも、必要最小限の情報から「走る・止まる・曲がる」の運動解析を間接的に可能とする手法を構築した<sup>[2]</sup>。

車載が容易な小型 GPS データロガーを用い、物体運動の基本である位置・速度を計測し、前後・横加速度を推定した。一例として、二輪車の操縦訓練に本手法を活用した。

難易度を下げた単純な操作となる走行方法を導入した。指導員が行う技量判定の要素を明らかにする指標を設け、段階的に訓練を実施した。

## 2 車両運動の簡易計測システム

小型 GPS データロガーを用い、物体運動の基本である位置・速度を計測し、前後・横加速度を推定する。二輪車やライダーの複雑な運動をひとまとめにして、図1のように俯瞰的に見た一つの点の2次元的な動きとして考える。図2に示す小型 GPS データロガーは、位置・速度が計測可能で、車載も容易であるが、加速度センサは内蔵されていない。そこで、サンプリング時間 $\Delta t$ [s]、位置  $x, y$ [m]、速度  $v$ [m/s]、位置の変化により算出される方位角  $\theta$ [rad] から、以下の式を用いて、前後加速度  $a_{\text{LON}}$ [m/s<sup>2</sup>] と横加速度  $a_{\text{LAT}}$ [m/s<sup>2</sup>] を算出した。

$$\Delta\theta = \tan^{-1} (\Delta y \div \Delta x) \quad (1)$$

$$a_{\text{LON}} = \Delta v \div \Delta t \quad (2)$$

$$a_{\text{LAT}} = \Delta\theta \div \Delta t \times v \quad (3)$$

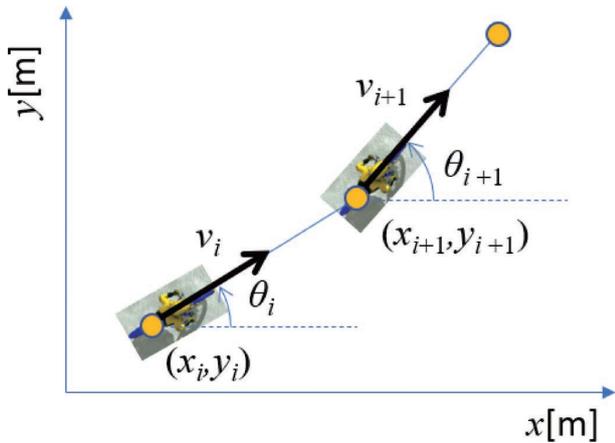


図1 GPS ロガーによる位置と速度の計測



図2 小型 GPS ロガー

### 3 二輪車の運転特性

GPS ロガーにて位置・速度を計測、前後・横加速度を推定する手法を構築した。一例として、二輪車の操縦訓練に本手法を活用し、有効性について検証する。運転特性の抽出を容易にするため、ライン取りの影響が大きい複合的なコース形状や、難易度の高い極端な小旋回は避け、走行が容易と考える巡回半径6m、直線距離30mの左回りオーバルコースを走路として工学的に設定した。車両は排気量600cm<sup>3</sup>の大型車を使用し、使用するギアは2速とした。次に、コース走行時の教示方法について検討する。1セット目は一定速度での走行とし、「曲がる」の運転特性を抽出する。2セット目は、直線路で加減速操作を行う。運転特性の差が出にくいコース設定と想定していたが、指導員と被験者の差が顕著に表れた(図3~5)。その結果、ライダー被験者の「走る・止まる・曲がる」の運転特性を、定性的に抽出できた。

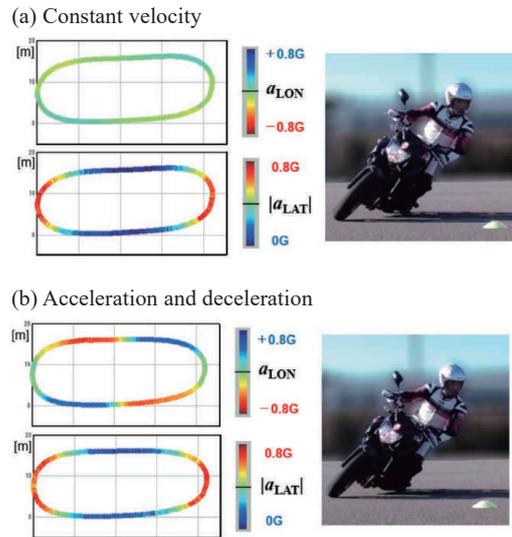


図3 指導員の運転特性

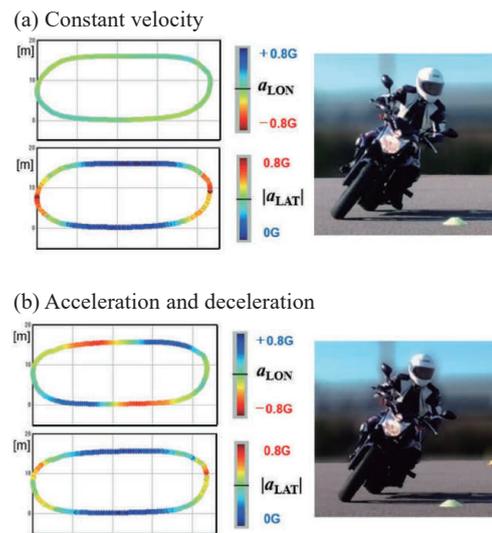


図4 被験者の運転特性(訓練前)

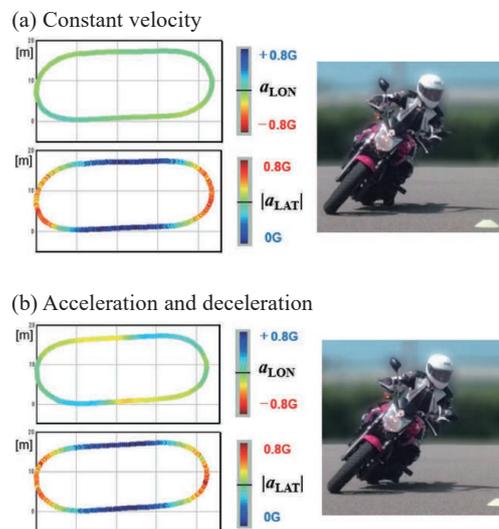


図5 被験者の運転特性(訓練後)

## 4 二輪車の運転熟練度

二輪車の実験開発業務において、確実な開発品質を導出する為には、適切な運転操作での仕様間比較試験が必須となる。従って、操作の絶対値よりも、偏差が小さいことが非常に重要な要素となる。本論文では、再現性に着目した運転技術を「運転熟練度」と称し、「熟練度＝最大値＋偏差小」と定義、指標化を試みた。特に、訓練前後での成長度をよりわかりやすく表したい。様々なライダーの乗車姿勢の画像から、車両を傾ける技術に熟練度の差の一部が現れていた。今回は、R=6m 固定のため、計測データの一つである「車速」に注目した。旋回中の最低車速を抽出(N=5)し、棒グラフで表した(図6～8)。最大値と偏差(＝最大値－最小値)、加減速有無の影響が読み取れる。これにより、「熟練度＝最大値＋偏差小」の一部を指標化できる可能性を示すことができた。

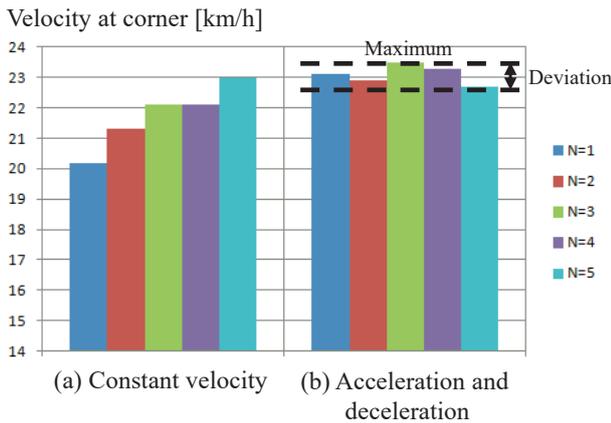


図6 指導員の運転熟練度

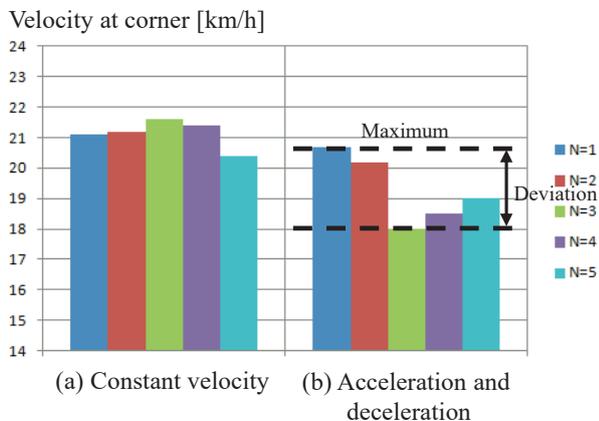


図7 被験者の運転熟練度(訓練前)

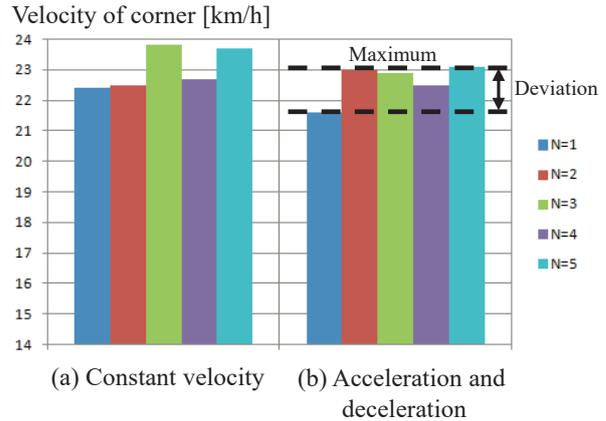


図8 被験者の運転熟練度(訓練後)

## 5 訓練方法の事例紹介

計測データから抽出した「走る・止まる・曲がる」の「運転特性」と、「旋回中の最低車速の最大値と偏差」に着目し、再現性の高い操縦技術を指標化した「運転熟練度」を用いた、訓練方法の一事例を紹介する。

### 5-1. 「運転特性」と「運転熟練度」

図4より、この被験者の「運転特性」は、一定速走行の旋回速度が低く、旋回中の乗車姿勢はリーンウイズであった。加減速操作を加えた走行では、一定速度での走行よりも旋回速度が低く、旋回中の乗車姿勢はリーンアウトになっていることがわかった。図7より、この被験者の「運転熟練度」は、一定速走行での旋回速度が低めであるものの、速度の偏差は少ない。加減速操作を加えた走行では、一定速度での走行よりも旋回速度が低くなり、速度の偏差が大きかった。

### 5-2. 訓練目標の設定

次に、被験者が自ら、抽出した現状の「運転特性」と「運転熟練度」を考察して現状を把握した。そして、自身が目指す成長の方向や訓練の目標を検討して、「旋回速度を高めたい」ことを目標として自己申告した。被験者と指導員が面談しコミュニケーションを深め、現状と目指す方向を共有した。旋回速度を高めるためには、車両を傾斜させなければならないことを相互に理解した。目標とする旋回速度に見合った車両傾斜角と乗車姿勢の両方が改善した「運転特性」と「運転熟練度」の習得を訓練目標として設定した。

### 5-3. 訓練方法の検討と実施

指導員は、被験者の自己申告と現状から訓練方法を検討した。この被験者は、車両を傾斜させることに課題を感じており、基礎訓練が必要であった。旋回半径6mの定常円旋回コースを設定し、速度と傾斜の関係を習得する訓練を行った。走行方法を教示し、走行ライン・車両傾斜角・乗車姿勢を観察して、常にコミュニケーションを取り、反復訓練で理解を深めて段階的に習得した。訓練後の傾斜角の増加に伴い乗車姿勢がリーンアウトになっていた。適切な乗車姿勢を習得するために、指導員と二名乗車で訓練を行った。被験者は後部座席で深い車両傾斜角を体験しながら、運転する指導員の乗車姿勢を見本にしてリーンウイズを学んだ。その後、被験者が自ら走行して反復訓練しリーンウイズを習得した。

### 5-4. 訓練成果

この被験者の訓練成果を、訓練後に実施したオーバルコース走行での「運転特性」と「運転熟練度」を用いて示す。図5より、「運転特性」は、一定速走行の旋回速度が高く、旋回中の乗車姿勢は美しいリーンウイズであった。加減速操作を加えた走行では、旋回速度が高く一定速度での走行と同等であった。旋回中の乗車姿勢は一定速度での走行と同様の美しいリーンウイズであることがわかった。訓練前に対し、明らかに「運転特性」が改善していた。図8より、「運転熟練度」は、一定速走行の旋回速度の最大値が向上していた。全体的な偏差はあるものの、訓練前に対し最大値が高い方向の偏差であり、N=5中N=3で偏差が極めて少なかった。加減速操作を加えた走行でも、一定速度での走行と同等に旋回速度の最大値が向上していた。全体的な偏差も少なく、N=5中N=4で偏差が少なかった。訓練前に対し、明らかに「運転熟練度」が向上していた。

### 5-5. 訓練の総括

二輪車の運転「走る・止まる・曲がる」を可視化する「運転特性」と、再現性の高い操縦技術を「運転熟練度」として指標化し、現状を明らかにすることができた。二輪車の操縦訓練に運用することで、被験者と指導員が現状と目標を具体的に共有することができた。被験者と指導員のコミュニケーションが充実し、段階的な訓練を実現した。その結果、効果的に被験者の操縦技術を向上することができた。

## 6 まとめ

計測に工数をかけなくとも、必要最小限の情報から「走る・止まる・曲がる」の運動解析を間接的に可能とする手法を構築した。車載が容易な小型GPSデータロガーを用い、物体運動の基本である位置・速度を計測し、前後・横加速度を推定した。一例として、二輪車の操縦訓練に本手法を活用した。難易度を下げた単純な操作となる走行方法を導入した。指導員が行う技量判定の要素を明らかにする指標を設け、段階的に訓練を実施した。計測データを活用することで、被験者と指導員のコミュニケーションが充実し、訓練がより効果的となる可能性を示すことができた。

### ■参考文献

- [1] 藤井茂, 塩澤総一, 品川晃徳, 岸知昭, “二輪車の操縦特性調査”, ヤマハ発動機技報, No. 45(2009), pp. 2-13.
- [2] 品川晃徳, 小林寛, 小島儀隆, “二輪車・車両運動の簡易的な計測・解析技術の開発と活用”, ヤマハ発動機技報, No. 56(2021), pp. 131-136.

### ■著者



小島 儀隆  
Yoshitaka Kojima  
技術・研究本部  
技術開発統括部  
制御システム開発部



品川 晃徳  
Akinori Shinagawa  
技術・研究本部  
技術開発統括部  
制御システム開発部