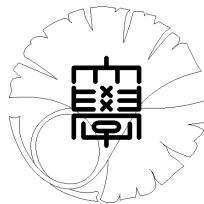


数理科学実践研究レター 2019–2 November 28, 2019

カーレースデータの類似度合いを調べる指標の提案

by

柳 圭祐



UNIVERSITY OF TOKYO
GRADUATE SCHOOL OF MATHEMATICAL SCIENCES
KOMABA, TOKYO, JAPAN

カーレースデータの類似度合いを調べる指標の提案

柳圭祐¹ (東京大学大学院理学系研究科)

Keisuke Yanagi (School of Science, The University of Tokyo)

概要

カーレースのデータからレースタイムに決定的な影響を及ぼしている測定量を見つけることを試みた。解析では各測定量をコース一周に渡るベクトル値とみなし、ベクトル同士の向きの揃い方によって類似度合いを定義した。そして、コース上の各位置の通過時刻のデータと関連する測定量を抽出した。

1 はじめに

本研究のために提供されたカーレースのデータは非常に多くの測定量からなっている。我々の目的はカーレースのタイムを向上させることである。そのためもっとも重要なのはコース上のある地点をどれくらいのタイム、もしくはどれくらいのスピードで通過したかを表すデータである。これらの値はレーサーの走行テクニックや、レースカーの状態に応じて変化すると考えられ、良い走行/悪い走行をした場合はこれらの値に影響が現れるはずである。

ではこのタイムやスピードに影響を及ぼす要素は具体的には何であろうか。例えばアクセルの踏み込みが原因の場合は、良い走りをした場合にはそれに応じてアクセル関係のデータが変動するであろう。逆に走りに無関係のデータは、コース一周を通して、タイムやスピードとはほとんど関係の無い変化の仕方をするはずである。このような測定量間の連動性を調べるには、もしデータの種類が少なければ一つ一つをグラフにプロットして比べてみれば良いかもしれない。しかし今回提供されたデータは測定量の種類が多く、そのような方法では大きな手間や計算リソースが必要になるだろう。そこで我々は測定量同士の類似度合いを効率的に調べる指標を提案する。まず提供されたデータの中からもっともタイムの良い走行を抜き出す。すると他の走行では良い走行に比べてタイムのロスが発生する地点が存在する。そのロスの発生と連動して変化している測定量を捉えるために、コース一周の各測定地点における測定値を成分にもつベクトルを考える。そして、異なる測定量同士のベクトルの向きの揃い具合によって類似度を定義する。

我々はこの手法を実際のデータに適用し、その類似度合いの指標が望ましい性質を持っていることを示した。そして実際の走行の良し悪しに関係していると考えられる測定量を抜き出すことに成功した。

2 カーレースの概要

本節ではまず、扱うカーレースの概要について説明する。本研究で提供されたデータは、一台のレーシングカーが同じコースを単独で 15 周した際の、各種測定値の値である。

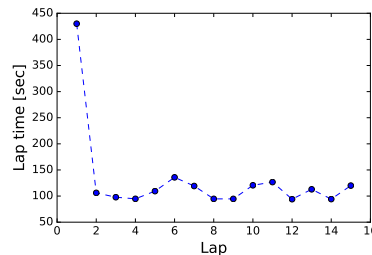


図 1: 周回数と走行時間。横軸は周回数 (ラップ)、縦軸は一周に要した時間 (ラップタイム)。

¹yanagi@hep-th.phys.s.u-tokyo.ac.jp

まず図 1 に、周回数（ラップ）ごとの、周回に要した時間（ラップタイム）を示した。全てのラップで同様の走りをしている訳ではなく、ラップ 1 はならし運転をしており、その他のラップでも全力で最速タイムを狙っているラップと、そうでないラップが見られる。我々の目的は、カーレースにおけるタイムを縮めることであり、この全てのラップを同等に扱うのは望ましくない。そこで本研究では、他に比べて速く走行していると思われる 5 つのラップにのみ着目することにする。着目するラップとそれぞれのラップタイムを表 1 に示した。

ラップ	タイム（秒）	順位
4	94.697	5
8	94.629	4
9	94.573	3
12	94.024	1
14	94.192	2

表 1: 本研究で着目するラップ。

以降の節ではこのラップ 4, 8, 9, 12, 14 のデータを用いて、タイムに影響を与えるパラメータを探索していく。

3 解析

本節では、解析の方針を説明する。我々はもっとも速かったラップ 12 が理想の走り方をしていると仮定する。そして他のラップ 4, 8, 9, 14 がラップ 12 に比べてわずかにタイムが落ちた原因を探っていく。

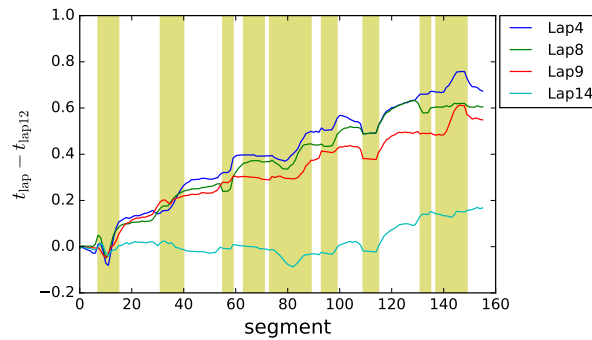


図 2: 最速ラップとそれ以外のラップのタイム差の推移。横軸はコース上の位置を表す数値であり、縦軸は最速ラップのラップ 12 とのタイム差を表す。またオレンジで塗られた領域はカーブを、白い領域はストレートのコースを表す。

図 2 はコース上の各位置において、各ラップと最速ラップ（ラップ 12）との通過時刻の差をプロットしたものである。線が水平なところではタイム差がつかず、そうでないところで差が生じている。これより、タイムが落ちる要因はコース上のある区画で、最速ラップに比べて悪い走りをしたからではないかと予想できる。そこでこのタイム差のデータと同様の変化の仕方をする測定量を探す方法を提案することにする。

各測定量のデータはコース上に対して記録されている。すなわちラップ ℓ における測定量 A のデータはベクトル $\vec{a}^{(\ell)} = (a_1^{(\ell)}, a_2^{(\ell)}, \dots, a_N^{(\ell)})$ という形で与えられている（下付き添え字がコース上の離散化された区間における位置に対応し、 N はその全区間数である）。

我々はある量 A と B が一周のコースに渡って似ているかどうかを定義したい。そこでまず次のよう

に正規化されたベクトルを用意する

$$\tilde{a}_i^{(\ell)} \equiv \frac{a_i^{(\ell)}}{a_i^{(\ell_{\text{best}})}} - \frac{1}{N} \sum_j \frac{a_j^{(\ell)}}{a_j^{(\ell_{\text{best}})}}, \quad (1)$$

$$\hat{a}^{(\ell)} \equiv \frac{\vec{\tilde{a}}^{(\ell)}}{\|\vec{\tilde{a}}^{(\ell)}\|}, \quad (2)$$

ここで ℓ_{best} は最速ラップ（ここでは $\ell_{\text{best}} = 12$ ）を表し、 $\vec{\tilde{a}}^{(\ell)}$ は最速ラップとの比を取り平均が 0 になるようにした量を、 $\hat{a}^{(\ell)}$ はそれをさらにノルムが 1 になるように正規化したベクトル量を表す。ただし $\ell = \ell_{\text{best}}$ の場合は $\vec{\tilde{a}}^{(\ell_{\text{best}})} = 0$ なので、 $\hat{a}^{(\ell_{\text{best}})} = 0$ と定義する。これによって各ラップにおける測定量を単位球面上に来るようにしている。

そしてある測定量 A と B の類似度合いを次の内積で定義する:

$$D(A, B) \equiv |\hat{a}^{(\ell)} \cdot \hat{b}^{(\ell)}|. \quad (3)$$

二つの量に特に関係がない場合は内積をとると各要素がランダムに出現し、平均して 0 になると期待され、逆に関係がある場合は $D = 1$ に近くなるのではないかと期待される。これを用いて提供された各データの類似度合いを計算した。

4 結果

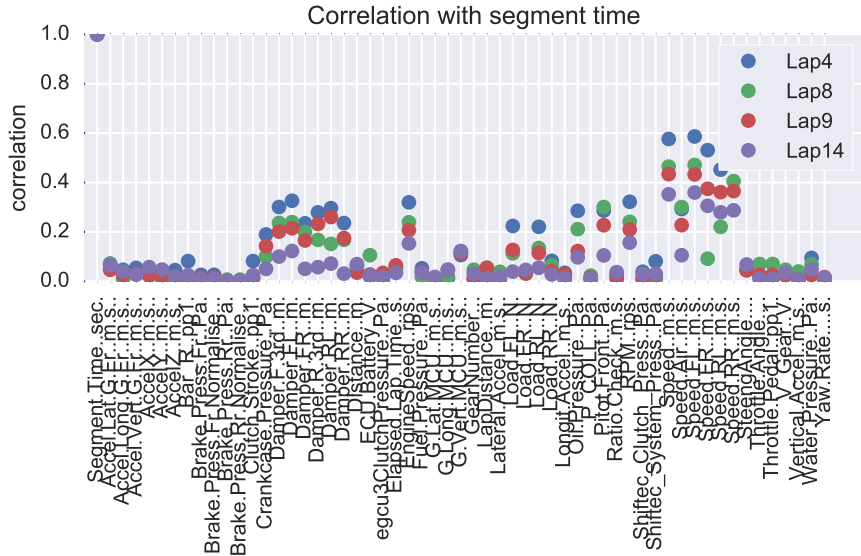


図 3: 横軸はそれぞれ異なる測定量を表し、縦軸はそれを A 、コース上の各位置を通過する時刻のデータを B とした時の $D(A, B)$ の値を表す。 $D = 1$ に近いほど両データが類似していると考えられる。

図 3 にコース上の各位置での通過時刻（図 2 に対応）に対して計算したそのほかの測定量の類似度合いを示す。まず当然だが、“Speed”と名のついた測定量が通過時刻のデータと類似していることが読み取れる。これは期待していた通りの結果であり、ここで導入した D という指標が有効であることを示唆する。それ以外の測定量を見ると、“Damper”と名のついた量が他に比べて大きい D を与えていることがわかる。この“Damper”が実際にどのような量を表しているかは確認できなかったが、もし通過時刻との関係が非自明であれば興味深い。

5 終わりに

本研究では、測定量同士の、コース一周に渡る類似度合いとして $D(A, B)$ という量を提案した。これは少なくとも自明な、走行タイムと走行スピードデータの連動を捉えることに成功している。この手法が測定量同士の非自明な関連を捉えることができているかどうかは、各データが実際に何を表しているかを詳しく検討しなければならない、将来の課題である。

また解析では、1. データを速いラップとそうでないラップに分けられる, 2. タイムと連動して変化するデータが走行の良し悪しにとって重要である、という二つの大きな仮定を設けた。この仮定が妥当かどうかは自明ではなく、確かめるには実際にレースに関係している方々と議論することが必要である。

謝辞

本研究の課題とデータを提供して下さったアビームコンサルティング株式会社の皆様に感謝申し上げます。また議論を通して研究の方向性にアドバイスをくださった田中様、カーレース班の皆様にも感謝致します。