

車の加速度分布と速度時系列について

— ブラウン運動とラプラス運動 —

A Study on the Vehicle Acceleration Distribution and Velocity Time Series

— Brownian Motion and Laplace Motion —

井上健士*¹ 岸野清孝*² 竹村公一*³ 伊藤彰朗*²

(株)日立製作所 日立研究所*¹

(株)日立製作所 トータルソリューション事業部*²

(株)損害保険ジャパン*³

Abstract

近年テレマティックスの発達により、車輛の様々な物理データを取得できるようになり、この利用による交通安全指導のニーズが高まってきている。しかし現状ではデータの蓄積が十分にされていなく、交通事故を引き起こす要因となる運転挙動を示す有効な物理データを模索している段階と言える。本稿では、一般的に取得可能な加速度と速度と運転挙動の関係を得る基礎的な段階として、加速度の分布と速度時系列について考察を行なう。そして、車が高速道路を自由走行中の場合には加速度分布が正規分布で速度の時系列が反射壁のあるブラウン運動になり、一般道追従走行中の場合には、加速度分布が両側指数分布（ラプラス分布）に経験的になることから、速度の時系列が反射壁のあるラプラス運動となる仮説を提案する。

1. はじめに

従来、交通安全指導による交通事故の低減を計るために、過去の交通事故統計データを用いて交通事故を起こすドライバーの普段の運転挙動を推定し、指導を行ってきた。しかしながら、現在では更に客観的で高精度な運転挙動の推定方法が要求されてきている。近年テレマティックスの発達により、車輛の物理データを端末で採取しセンターへ収集できるようになり、オンラインの物理データを用いたより効果的な交通安全指導が行なえる可能性が出てきた。しかし現状では、物理データと運転挙動との対応の蓄積が十分でなく、交通事故を引き起こす要因となる運転挙動を示す有効な物理データを模索している段階と言える。交通事故と相関の高いと思われる運転挙動を示す物理データとしては、急加減速、横加速度、前後加速度（分散を分析することによるヒヤリハット抽出）¹⁾、角速度（エントロピーが疲労度を示す）²⁾などが挙げられてはいるが、交通事故との関係の明瞭化に今後の分析が必要である。

ここで現実のテレマティックスの形態を考えるならば、センサーの価格や通信費、通信速度を考慮すると、簡易に収集可能な物理データは速度時系列、及び速度微分による加速度時系列であ

ると言える。すなわち、運転態度の推定は、従来行なわれていたタコグラフによる診断³⁾をより定量的に行なうことが現実的であるといえる。そこで本稿では、一般的に取得可能な縦加速度を用いてタコグラフをベースとした交通安全指導の基礎検討を行うために、分散のみならず加速度の分布の傾向と幾つかのデータによる仮説を述べる。

はじめに車が高速道を自由走行中の場合（以下高速道自由走行と表現）には、加速度分布が正規分布、一般道を追従走行中の場合（以下一般道自由走行と表現）には加速度分布がラプラス分布⁴⁾になるデータについての事例を述べる。次に、速度時系列が、高速道自由走行の場合には反射壁のあるブラウン運動（以下単純に反射壁ブラウン運動と表現）、一般道追従走行については、反射壁のあるラプラス運動⁴⁾（以下単純に反射壁ラプラス運動と表現）になる仮説を立てる。

2. 車の加速度分布のデータと速度時系列

ある加速度の起こる頻度を示す加速度分布は、運転状況の様々な情報を含んでいる。本章では、この分布の状態、速度時系列と走行状態について考察を行なう。走行状態には、自由走行（前方に車が無く、ドライバーが好みの速度で走行できる状態）、追従走行（走行中の車の前方に別の車が走行しており、前方車両の速度の影響により自車の速度が決定される状態）の2つがある。更に走行環境として高速道（走行状態が他の車のみの環境）、一般道（走行状態が他の車のみならず、信号機等の影響を受ける環境）の2通りがある。このことより、走行状態として、高速道自由走行、一般道自由走行、高速道追従走行、一般道追従走行の4つのモードを考察する必要があると考えられる。現時点で高速道追従走行、一般道自由走行の状態を計測できていないため、本稿では、高速道自由走行と一般道追従走行のサンプルデータを提示する。

高速道自由走行時には、加速度分布が正規分布に近づく事例が得られている。この事例の一つを図1に示す。図1のデータは0.1秒間隔で加速度センサにより車輛から計測した加速度をプロットしたものである。図1の縦軸は頻度の対数を示している。この例では、加速度時系列の自己相関は無相関で、分布は正規分布と検定された。これは、自由走行時にはドライバーがほぼ一定のアクセルを踏んではいるが、道路から受ける減速度合いや人間特有のアクセルぶれにより、加速に正規分布のランダム性が加わったためと思われる。また、最高速度以上、最低速度以下となったときには、人間が異常速度を認知して速度を適正な値に戻すような機構が働いている、即ち速度時系列は反射壁ブラウン運動になるとの仮説を立てることができる。実際の高速道路自由走行時の速度時系列と同一の加速度標準偏差を持つ、反射壁ブラウン運動の時系列の例を図2に示す。

次に一般道追従走行時についての加速度分布について述べる。この分布は、頻度に対して対数を取ると、左右が非対称の直線状になる事例が報告されている⁵⁾。一般道追従走行時の加速度分布の一例を図3に示す。図3のデータは0.1秒間隔で加速度センサにより車輛から計測した加速度をプロットしたものである。図3の縦軸は頻度の対数を示している。実際の一般道追従走行時の速度時系列と同一の加速度標準偏差を持つ、反射壁ラプラス運動の時系列を図4に示す。

図3より追従走行時にはラプラス分布になるといえる。これは車の追従特性により、目標速

度が1次元上にランダムに配置されたときの、自車速度に最も近い目標速度と自車速度の差（即ち加速度に比例）の分布と解釈できる。このことよりドライバーは、時々刻々変化する複数の目標速度候補の中で、最も自車速度に近い目標速度を選択しているとも解釈できる。また加速度分布がラプラス分布より、加速度は殆ど0の部分に集中することになる。これは図4に示すように、車が信号機を出発し次の信号機まで車がある速度になると殆ど一定速度になるという現象を説明できる。

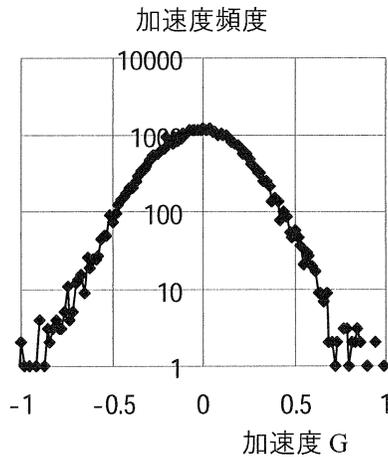


図1 高速道路自由走行時加速度分布

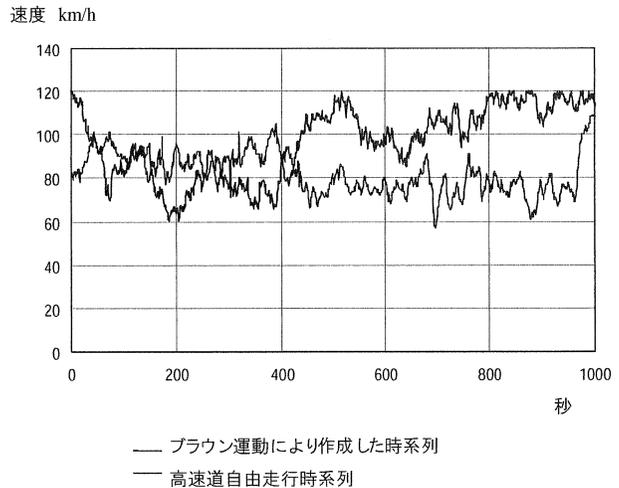


図2 高速道路自由走行速度時系列と人工データ

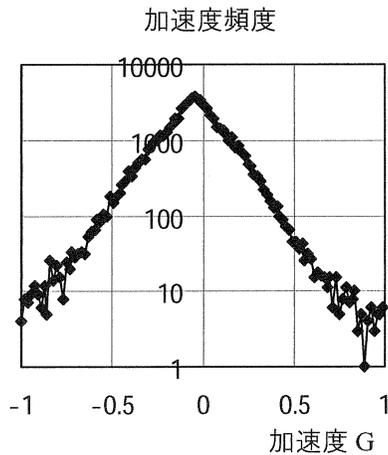


図3 一般道追従走行時加速度分布

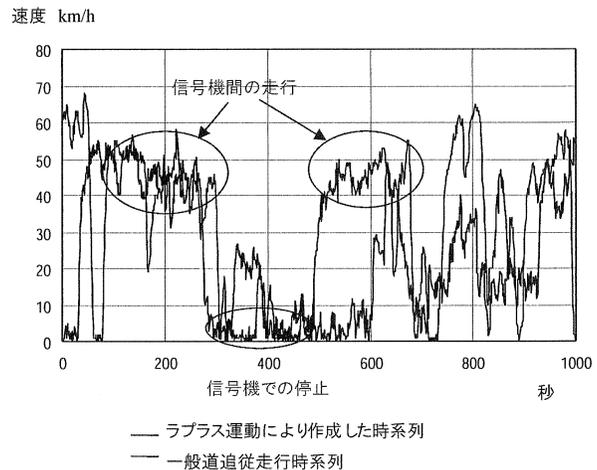


図4 一般道追従走行速度時系列と人工データ

ここで図3では、加速度の分布がほぼ左右対称であるが、実際には目視で判別できる程の左右非対称の例が多い。ラプラス分布が非対称となるのは、ドライバーと車の動力性能の組み合わせによる加速と減速の強さ度合いの癖と解釈できる。即ち、減速が急になる傾向にあるドライバーと車の組み合わせは減速側の分布の裾野が広くなり、逆に加速が急になる傾向とは加速側の分布

