

道路ネットワークデータに基づく安全運転支援

森本 哲郎¹・白浜 勝太²・井村 龍哉³・上善 恒雄⁴

¹非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70)
E-mail: dt15a001@oecu.jp

²非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70)
E-mail: dt16a001@oecu.jp

³非会員 株式会社サイバーエージェント (〒 150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 12 番 1 号)
E-mail: tatsuyaimura@gmail.com

⁴非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70)
E-mail: jozen@oecu.jp

概要: 近年、バス運転者の過労運転などによる交通事故が多く発生しているため、事故防止への運転支援技術が求められている。我々は、路線バスに搭載したセンサ機器を用いて GPS プローブデータおよび運転者の生体信号を蓄積するためのシステムを構築している。また、収集したデータを分析するためにバス路線の道路環境をデータベースとして整備した。本報告では、道路・車両・生体データの分析について報告する。

Key Words : 生体情報, 車両情報, 道路ネットワーク, 相関分析

1. はじめに

近年、少子高齢化の進展に伴い、運転者の高齢化や若者の自動車保有率の低下などが問題視されている。特に、バスやトラック事業者では労働者の高齢化や人手不足が原因とされる深刻な交通事故が後を絶たない。これらの事故の一因は、長時間労働や不規則勤務による過労運転時の居眠りである。健常者の場合、眠気の原因は睡眠不足と身体の周期であり、この周期を概日リズムと言う。人間には 12 時間、24 時間の周期があり体温および眠気に変化している。また、林¹⁾の研究によると、バス運転者は一般の運転者やトラック運転者とは異なり、2 時間毎の眠気の周期があることが報告されている。眠気を無理に我慢しながら運転を行うことが事故につながるため、眠気の検出や予測、運転者へのフィードバック等の安全運転支援が喫緊の課題である。

我々は、運転者の生体情報と車両情報を蓄積・分析が可能な安全運転支援システムを構築し、神戸市周辺で路線バスを運行するバス会社の協力のもと、数十日間の実証実験を行った。大量の時系列データを処理する複雑さや、カオス的に変化する生体のゆらぎを解釈することは容易ではないが、まずは、道路環境や交通状況と生体情報との潜在的な関係を分析することを目的に、バス路線上の交差点や横断歩道などの道路構造を数値化したデータベースを整備した。本稿では、道路ネットワークデータを用いた、道路・車両・生体データの相関分析について述べる。

2. 研究概要

我々は、IoT とクラウド環境を活用した安全運転支援システムを構築している²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。今日までの安全運転支援システムは、車両や運転者の挙動⁶⁾⁷⁾⁸⁾のみに焦点を当てるものばかりであったが、本システムは、車両の走行状態に加え、運転者の生体情報を計測し、リアルタイムにクラウドと連携を行う。蓄積したセンサデータと、道路構造を組み合わせた分析を行うことで、より精細な運転時の危険を検知し、運転者にフィードバックすることを目的としている。

バス車内では、ドップラセンサを用いて非接触に運転者の心拍数、呼吸数を計測する。車両センサでは、エンジン回転数や車速、位置情報を計測し、即座に携帯回線を用いてクラウドに送信する。クラウド環境側では、スケーラブルな時系列データベースを用いてデータの蓄積および、健康状態や運転状態の分析などを行うことを目的にしている。本システムは、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) が運用する大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド JOSE 上に開発されている。

3. 解析手法

本稿の目的は、バス運転時の道路と生体データの相関関係を知ることである。まず、表 1、表 2、表 3 を道路ネットワークデータ、生体データ、車両データのデータ構造として定義する。収集したセンサデータは、地

理空間データベースに格納し、後述の相関分析手法を用いてデータ解析を行う。

(1) 道路ネットワークデータ

生体情報、車両情報、道路構造を組み合わせた分析をするために、道路の形状や構造のネットワークデータを Open Street Map 標準のデータフォーマットに準じてデータベース化した。バスの GPS データと航空写真を参考に、約 20 メートルの間隔でノードを作成し、道路の属性値 (表 1) を入力した。ただし、交差点や横断歩道付近については約 5 メートル間隔になるようにデータ入力を行った。整備した道路ネットワークデータは次の 2 路線であり、図 1 は位置関係を表したものである。また、本稿では路線 A のみを対象にデータ解析を行う。

路線 A JR 住吉駅～エクセル東の往復

路線 B 六甲アイランド～新神戸の往復



図-1 ネットワークデータ (路線 A: JR 住吉駅～エクセル東の往復と、路線 B: 六甲アイランド～新神戸の往復)

(2) 相関分析手法

一般に相関係数といえば、ピアソンの積率相関係数を指す。ピアソンの積率相関係数は 2 変数間の直線関係の指標でありパラメトリックな手法である。正規分布に従うデータであればピアソンの積率相関係数を用い、正規分布に従わないデータはノンパラメトリックな手法であるスピアマンの順位相関係数が用いられることが多い。ケンドールの順位相関係数は先の 2 手法とは異なるがスピアマンの順位相関係数とほぼ同じ特性を持つ。

心理分析の分野などでは順序尺度間の相関を分析する手法としてポリコリック相関係数やポリシリアル相

表-1 ネットワークデータの属性

ラベル	属性値	備考
node id	整数値	ノードに割り当てる一意の ID
bus stop	0:無し, 1:有り	バス停の有無
bus terminal	0:無し, 1:有り	ロータリーの有無
crossing	0:無し, 1:有り	横断歩道の有無
incline	0:無し, 1:有り	勾配の有無
junction	0:無し, 1:有り	交差点の有無
lane	0: 中央線無し 1: 中央線有り 2: 2 車線以上	車線
line state	0: 直線 1: 曲線 2: 屈曲 (直角)	車線形状
sidewalk	0: 立ち入り禁止 1: 歩道無し 2: 歩道有り	歩道の有無
stop line	0:無し, 1:有り	停車線直前区間の有無

表-2 生体データのデータ構造と実測値

日付	車両 ID	心拍数
2016-12-05 09:41:28	274	83
2016-12-05 09:41:28	3712	85
2016-12-05 09:41:29	3702	97

関係数⁹⁾ が用いられる。2 変数が順序変数同士である場合はポリコリック相関係数を、また、2 変数が順序変数と連続変数の場合はポリシリアル相関係数を用いることで、他手法より厳密な相関係数が計算できるとされている。

図 2 は横軸に心拍数を、縦軸にバス停の属性値を表したものである。つまり、本稿で扱うデータは、連続変数と順序変数であることを意味する。表 4 は各手法を用いて図 2 の 2 変数の相関係数を計算した結果であり、ポリシリアル相関係数が最も高くなっている。

次章では、ポリシリアル相関を用いた解析結果について述べる。

4. 分析結果

道路ネットワークデータと生体データに相関関係がある運転事例 1~4 を抽出した。図 3~図 6 は、各々の実験日の 6:00~24:00 間のデータから相関分析を行った結果であり、縦軸は相関係数を、横軸は時間のずれを意味する。時間のずれとは、表 3 の車両データの時間を基準に表 2 の生体データの時間をずらす処理を指す。

表-3 車両データのデータ構造と実測値

日付	車両 ID	緯度	経度	車速	ノード ID
2016-12-05 09:41:28	274	34.721531	135.253098	54.1306	1
2016-12-05 09:41:28	3712	34.733185	135.257263	0	21
2016-12-05 09:41:29	1063	34.690155	135.269638	0	400

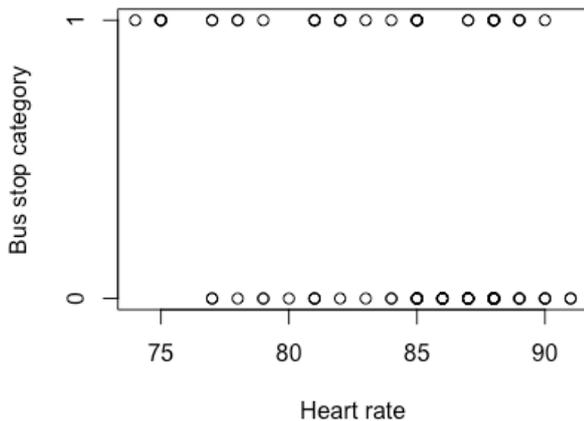


図-2 バス停 (順序変数) と心拍数 (連続変数)

表-4 相関係数の比較

相関分析手法	相関係数 (絶対値)
ピアソン	0.3415733
ケンドール	0.2405188
スピアマン	0.2811031
ポリシリアル	0.4372987

例えば、バスが時刻 t にある地点 A を通過したとすると、時間のずれ $s = -60$ は時刻 t における車両データと時刻 $t - 60$ における生体データを意味する。言い換えれば、地点 A を通過する 60 秒前の生体データを意味する。

また、心拍数で運転者の状態を (a), (b), (c) に分類し、各状態下におけるデータ分析を行った。

- (a) リラックス状態 (心拍数 ≤ 70)
- (b) 緊張状態 (心拍数 ≥ 100)
- (c) 平常状態 ($70 < \text{心拍数} < 100$)

運転事例 1 緊張状態時に相関関係がある運転事例である。図 3 では、 -60 秒と $+60$ 秒の時刻において横断歩道 (crossing) との相関係数が 0.35 を示しており、弱い相関が現れている。また、 -120 秒の時刻でバス停 (bus

stop) との相関係数に弱い相関が現れている。この日のバス運転者の身体には、横断歩道の前後とバス停到着前に相関関係があったと判断できる。

運転事例 2 リラックス状態時に相関関係がある運転事例である。図 4 では、 $0, -60, -120$ と、 $+180, +240, +300$ 秒において横断歩道 (crossing) との相関係数が $0.5 \sim 0.65$ と中程度の相関を示している。 $0, +60, +120$ 秒の時刻で車線 (lane) に相関係数が $0.5 \sim 0.6$ 、 $+180$ 秒の時刻で停止線 (stop line) に相関係数が 0.55 、 -240 秒の時刻で速度 (speed) に相関係数が 0.5 あり、いずれも中程度の相関関係を示している。

他の運転事例と比較すると山なりになる特徴が抽出されている。眠気が影響している可能性が高いと考えられる。

運転事例 3 緊張状態時に相関関係がある運転事例である。図 5 では、 -180 秒で停止線 (stop line) と相関係数 0.5 の中程度の相関関係がある。停止線と相関関係が現れた事例であり、歩行者の横断や急ブレーキ等の交通状態が影響している可能性が高い。

運転事例 4 緊張状態時に相関関係がある運転事例である。図 6 では、 $+60, +180$ で歩道 (sidewalk) との相関係数が $0.3 \sim 0.35$ と弱い相関がある。歩道と相関関係が現れた事例であり、歩道からの飛び出し等があったと推測される。

5. 総括

我々は、IoT とクラウドを活用し運転者の生体情報と車両情報を収集・分析するための安全運転支援システムを構築し、路線バスを対象に数十日間の実験を行った。さらに、生体情報と道路の関係性を分析するための道路構造を入力した道路ネットワークデータを整備した。

データ解析の結果、運転者のリラックス状態・緊張状態下において、いくつかの運転事例の抽出を行い、道路ネットワークデータと生体情報との相関関係を示した。

今回、整備したネットワークデータは簡易的なものであったため、高精度の分析や危険予測するためには、さらに高精細のネットワークデータの整備や時系列解析が必要になる。

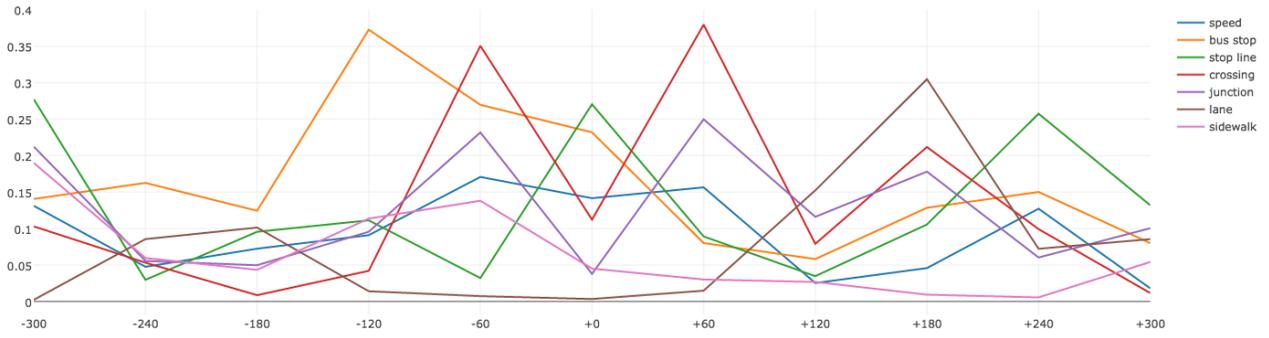


図-3 2016年12月03日の運転事例

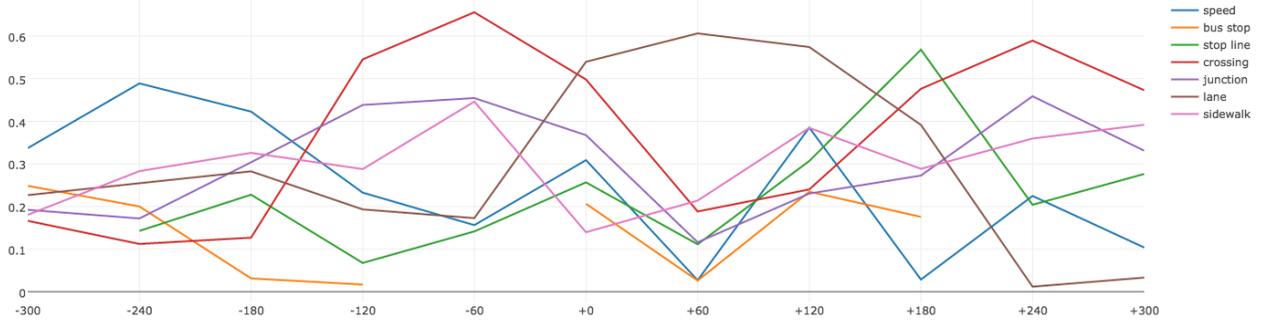


図-4 2017年01月08日の運転事例

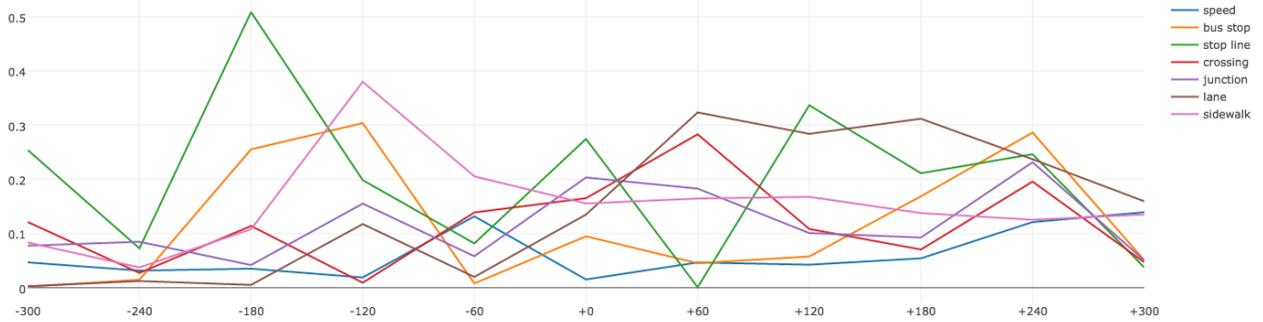


図-5 2017年01月08日の運転事例

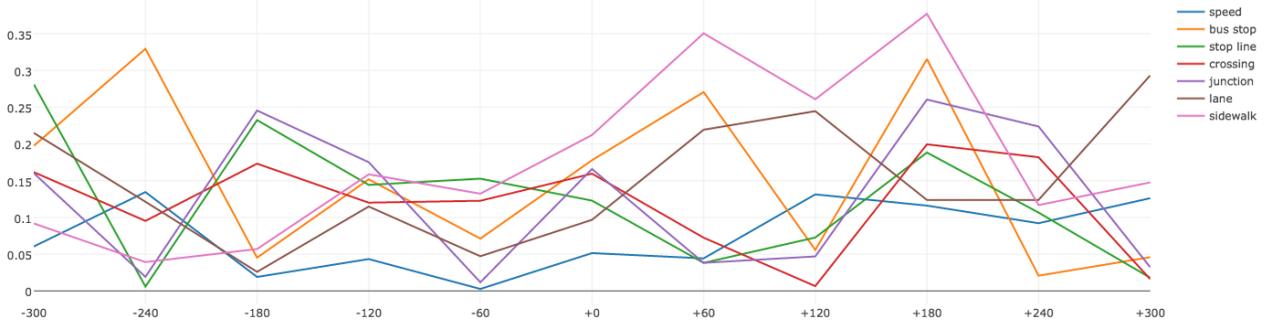


図-6 2017年01月10日の運転事例

謝辞

本研究の一部は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)」(受付番号:150201013) の支援を受けて実施された。

参考文献

- 1) 林光緒, 居眠り運転発生の生理的メカニズム; 国際交通安全学会誌 Vol.38, No.1, pp. 49-56 (2013)
- 2) 上善恒雄, 森本哲郎, 西田純二, 秋山豊和, 大規模自動車運転センシングデータ基盤の構築; 土木計画学研究発表会 Vol.53 CD-ROM (2016)
- 3) 森本哲郎, 井村龍哉, 戸田和宏, 堀翔太, 上善恒雄, 運転者の生体信号解析による安全運転支援のための状態推定; 土木計画学研究発表会 Vol.53 CD-ROM (2016)
- 4) 森本哲郎, 白浜勝太, 井村龍哉, 石井岳, 上善恒雄, 運転者の疲労度への自動車運転状態の影響を発見するための時系列データの分析; 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2016)
- 5) 井村龍哉, 森本哲郎, 白浜勝太, 秋山豊和, 西田純二, 上善恒雄, 安全運転支援のためのオープンデータ収集に向けて; 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2016)
- 6) 伊藤敏行, 中山沖彦, アーウィン・ボアー, 車載情報機器に関する自工会安全性ガイドラインの策定とステアリングエントロピー法による運転者負荷評価; 国際交通安全学会誌 Vol.26, No.4, pp.243-250 (2001)
- 7) 多田昌裕, 納谷太, 大村廉, 岡田昌也, 野間春生, 鳥山朋二, 小暮潔, 無線加速度センサを用いた運転者行動の計測・解析手法; 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J91-D, No.4, pp.1115-1129 (2008)
- 8) 松尾治夫, キアットアブデラジズ, 運転者の行動解析に基づく居眠り運転早期検出方法の開発; 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J98-D, No.4, pp.700-708 (2015)
- 9) Drasgow, F. Polychoric and polyserial correlations. In S. Kotz and N. Johnson, eds., The Encyclopedia of Statistics, Vol7. Wiley. pp. 68-74. (1986)

Safe Driving Support Based on Road Network Data

Tetsuro MORIMOTO, Shota SHIRAHAMA, Tatsuya IMURA, Tsuneo JOZEN