

自動車安全運転センター

平成 31 年度交通安全等に関する公募による委託調査研究

貸切バスにおけるプロドライバーの疲れ度合いを  
予測する『体調予報』アルゴリズムの検討  
報告書（要旨）

公益財団法人大原記念労働科学研究所  
北島洋樹・酒井一博

東京海洋大学  
兵藤哲朗

公益社団法人日本バス協会  
船戸裕司

2020 年 3 月 31 日

# 1. はじめに

## 1-1. 本研究の背景と目的

我々の生活を支える運輸業では人手不足、高齢化などが具体的な問題となっている。このような厳しい状況における勤務によるプロドライバーへの健康影響が懸念される。実際、プロドライバーは過労死の発生件数が最も多い業種である。また、健康起因事故とされる事業用車の事故は、2017年度のデータで293件であり、増加傾向が指摘されている。プロドライバーの健康対策は安全対策に直結しており、事業用自動車の事故を予防するためには、日常の業務の中での安全管理と健康管理が一体となった取り組みが重要である。

このような現状に対して、ドライバーの疲れ度合いを事前に予測する仕組みである「体調予報」の開発と普及を進めている。「体調予報」は、IoTを活用し、クラウド型のデジタル式運行記録計（以下、デジタコと記す）から取得される運行データ（運転時間、待機時間、走行距離など）とドライバー個人の情報（年齢、BMI等）および運行計画から、個々のドライバーの今後の運行の節目（例えば、出庫時、休憩直前、休憩後、帰庫時など）の疲れ度合いを予測することで、運行管理者による適切な運行計画の策定や修正を支援し、運行時のドライバーへの注意点等の情報を提供するものである。結果として運行管理者とドライバーのコミュニケーションを促進し、「点呼」の質を向上させることが可能である。更に、ドライバー、運行管理者の健康意識の向上や、ドライバー家族の安心感の向上、荷主への安全を配慮した適正価格の訴求等、安全運行社会の実現にも繋がることが期待されている。

ここまでの検討では、業態の違い（勤務や運行の特性）がドライバーの疲れ度合いの現われ方と関連していることを確認している。このため現時点では、業態別のアルゴリズムを作成しており、トラック（長距離）、トラック（地場）、バス（高速乗合）において、一定の予測精度を実現しつつある。しかし、その他の業態についてはアルゴリズム開発のためのデータが不足しており、上記3業態程の精度が確保できていない。

そこで、本研究ではバス（貸切）に焦点をあてて、運行データやドライバー情報等を収集し分析することでアルゴリズムを研鑽し、予測精度を向上させることを目指して、バス（貸切）モデルを作成することを目的とする。

## 1-2. 疲れ度合いを予測するための基礎理論

デジタコから取得される運行データ（運転時間、待機時間、走行距離など）とドライバー個人の情報（年齢、BMI等）を用いて未来の疲れ度合いを予測するアルゴリズムの基礎となるのは「負荷—負担—疲労モデル」<sup>1)</sup>（図1）である。

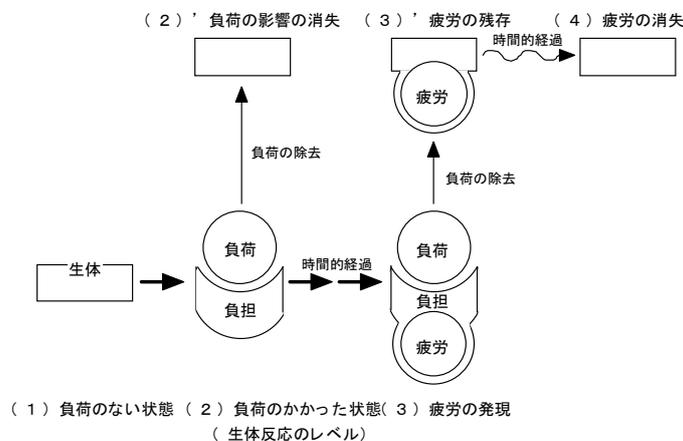


図1 「負荷—負担—疲労」モデル<sup>1)</sup>

このモデルに基づき、「負荷（働き方、走行の仕方等）」や負荷のかかった時間（走行時間、勤務時間等）、疲労回復の時間（休息时间、勤務間隔等）等を正確にデータ化し、また負担の個人差（年齢やBMI など）を評価することで、「疲労」を予測することが可能である。

## 2. 方法

### 2-1. 調査対象と測定項目

本調査では、クラウド型のデジタル式運行記録計（以下デジタコと記す）を用いて運行データを収集する。データ収集システムに適合したデジタコを使用しているバス事業者に調査の協力を依頼した。研究参加に同意した札幌市のバス事業者に所属する 33 名のドライバーを調査対象として以下のデータを収集した。

(1) 各ドライバーの運行データ：クラウド型のデジタコ（トランスロン社製 DTS-D1D など）により、日々の業務における運行データをインターネットを介して研究用サーバー（体調予報サーバー）に収集した。

(2) 各ドライバーの勤務中の「疲れ度合い」：各ドライバーは業務として、「出庫時」、「休憩開始時」、「休憩終了時」、「帰庫時」などにおいてデジタコのイベントボタンを押している。そのタイミングに合わせて「疲れ度合い」を以下の 5 段階尺度に従い、デジタコのボタン操作により数字で入力するように依頼した。

1：あまり疲れていない、2：少々疲れている、3：疲れている、  
4：かなり疲れている、5：非常に疲れている

(1) のデジタコ運行データと合わせてインターネットを介して研究用サーバー（体調予報サーバー）に収集した。

### (3) ドライバの基本情報データ

各ドライバーの個人要因を考慮する目的で、各ドライバーの基本情報データを質問紙によって取得した。基本情報データの例は、性別、年齢、ドライバー歴、睡眠の状況、通院の有無などであった。

### 2-3. データ収集期間

データ収集期間は、2019 年 9 月 9 日～11 月 30 日であった。

## 3. 結果

### 3-1. データセットの作成

データ収集期間に収集されたデジタコデータは 49,074 件、 「疲れ度合い」データは 7,835 件であった。デジタコデータのイベントと結びつかない「疲れ度合い」データの削除、「1～5」以外の入力で正しい値が全く推定できなデータの削除、「すべて 1」などの不合理なデータ削除により、最終的なデータ件数は 3,840 件となった。

### 3-2. モデルの作成

以下の手順でモデルを作成した。モデルの作成にはフリーの統計ソフト「R3.5.1」を使用した。

- (1) 重回帰分析と交差検証法による検討
- (2) 最適 BIC ペナルティ係数の検討
- (3) ロジット分析によるモデル検討

モデルの精度の指標としては、ドライバーが申告した「疲れ度合い」（目的変数）とモデルによる予測値が完全に一致した例数の割合（完全一致率）と±1 の範囲を一致とみなした例数の割合（±1 一致率）を採用した。図 2 に完全一致と±1 一致のイメージを示す。

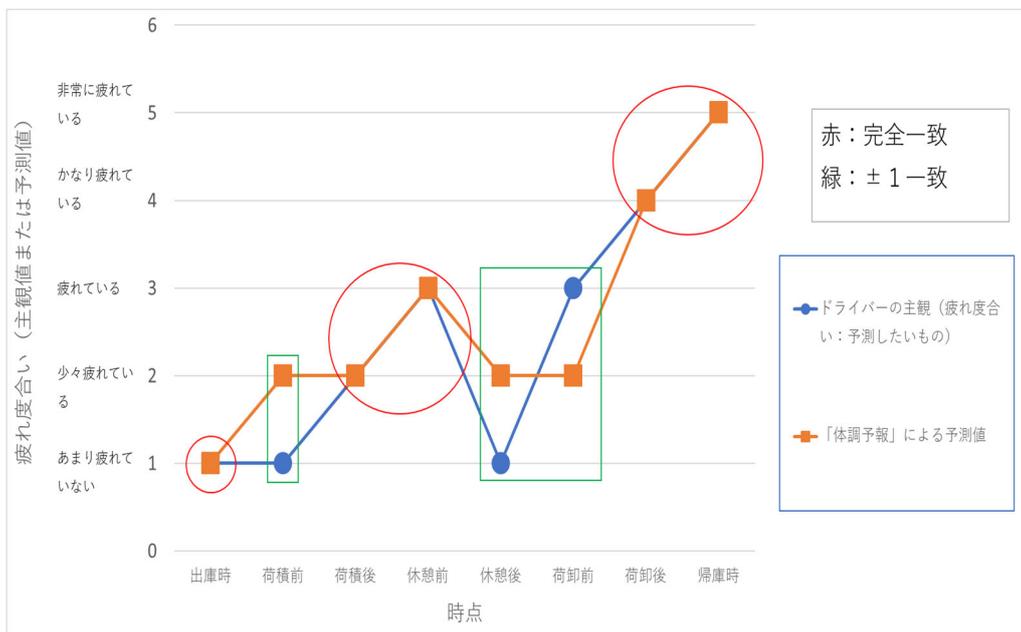


図 2 ドライバーの疲れ度合いと予測値の完全一致および±1 一致の概念図

データセットを 3 群に分けて、重回帰分析によって交差検証を実施した。2 群を教師データとしてモデルを作成し残りの 1 群を評価した。組み合わせを変えて 3 ケース実施したが、結果（完全一致率、±1 一致率）は差が無く、以後は全データを教師データとすることとした。

更に、重回帰分析とロジット分析を比較して、ロジット分析を採用することとした。ロジット分析において、変数選択のための BIC のペナルティ変数を 1、3、4、5 と設定し結果を比較した。ロジット分析の結果を表 1 に示す。

表 1 ペナルティ係数毎のロジット分析結果

モデル作成方法	検証内容	評価群	評価数	教師数	完全一致率	±1 一致率	変数数
ロジット分析 2 次変数モデル 変数選択は BIC	最適ペナルティ係数	係数 1	3840	3840	71.0%	97.7%	72
		係数 3	3840	3840	67.9%	96.8%	24
		係数 4	3840	3840	67.7%	96.4%	22
		係数 5	3840	3840	66.3%	96.6%	17

完全一致率、±1 一致率、採用された変数数を総合的に判断して、本研究の結論として、ロジット分析 2 次変数モデル（BIC ペナルティ係数 4）のモデルを採択することとした。完全一致率 67.7%、±1 一致率 96.4% と高い精度であり、変数数は 22 であった。

#### 4. まとめと展望

本研究では、貸切バス業態を対象として、デジタコデータを主として用い、ドライバーの未来の疲れ度合いを予測する方法を検討した。デジタコデータと運行中のドライバーの「疲れ度合い」および各ドライバーの個人特性に関する情報を収集した。集まった多数のデータを厳選し、信頼性の高いデータのみを分析に用いた。分析の過程では、交差検証法や、回帰モデルにおける変数選択基準の検討、回帰モデルの検討を行った。その結果、ロジット分析 2 次変数モデル (BIC 係数 4) で予測式を算出した。結果として 24 説明変数が採用されたモデルが作成された。このモデルによる完全一致率は 67.7%、±1 一致率は 96.4% という高い精度であった。

今後の検討点としては、以下の点を挙げる事が出来る。

(1) 本研究の理論的基盤である、負荷－負担－疲労モデルからも、産業疲労に関する知見からも、またこれまでの検討からも、働き方、運行の仕方が疲れ度合いに影響すると考えられる。そのため、多くのデータに基づき、モデルを差作成することが重要であると思われる。

本研究のデータは、札幌所在のバス会社の協力によるものであり、北海道を中心とした運行データであった。交通状況や気象状況に特定の特徴があったと考えられる。モデルの精度・安定性を高めるにはデータの多様性が重要であり。今後は、地域の異なる貸切バス事業者でのデータを収集し、バス(貸切)モデルをより洗練させてゆきたい。

(2) 本研究の範囲では、予測精度が高いドライバーと低いドライバーが何故生じるのかについては、十分な検討が出来なかった。ドライバー数を増やすことで、この点についても将来さらに検討できる可能性がある。

(3) 同様に、本研究の範囲では、ドライバー特性や「疲れ度合い」の予測精度に対しては、ドライバーの健康状態はあまり影響していないと考察されているが、今後ドライバー数を増やすことでより深い分析ができる可能性がある。

#### 引用・参考文献

- 1) 小野雄一郎、疲労と負担、ストレスとの関連性、日本産業衛生学会・産業疲労研究会編、産業疲労ハンドブック、第 1 章第 5 節 5、東京、労働基準調査会、1998 : 110-115.