

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

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

目 次

1. はじめに.....	1
1-1. 本研究の背景と目的.....	1
1-2. 疲れ度合いを予測するための基礎理論.....	2
2. 方法.....	3
2-1. 調査対象.....	3
2-2. 測定項目.....	4
2-3. データ収集期間と手続き.....	7
3. 結果と考察.....	8
3-1. データセットの作成.....	8
3-2. 運行の概要とドライバー情報の概要.....	11
3-3. モデルの作成.....	13
3-4. 疲れ度合いと予測値のマトリクスによる分析.....	17
3-5. 個人差の分析.....	18
4. まとめと展望.....	30
引用文献.....	31

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（国土交通省2019年）¹⁾。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、大原記念労働科学研究所は、健康・過労起因事故の効果的な防止とプロドライバーの労働生活向上を目的とした業種横断的組織である「安全運行サポーター協議会」を立ち上げ、対策に取り組んできた。現在力を入れている活動は、ドライバーの疲れ度合いを事前に予測するシステム「体調予報」の開発と普及である。このシステムは、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。さらに、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る。

安全運行サポーター協議会では、2014年度から運輸事業者およびドライバーの協力を得て現場のデータを多数収集し（これまで通算のべ740名のドライバーの協力を得ている）、疲れ度合い予測アルゴリズムの作成を続けている。2016年度には、実用に近い状態で運輸事業者およびドライバーに試用していただく実証実験を実施して、上記の効果を確認している²⁾。また2017年度³⁾には活動量や脈波データなどバイタルデータの収集を主目的としてデータを収集し、2018年度にかけて予測アルゴリズムの研鑽を続けている。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が確認された。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。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。IoTを活用した事業車およびドライバーの各種データ収集の仕組みは、これまでの活動の中でほぼ完成しており、本研究でもそれを活用する。

尚、本研究は大原記念労働科学研究所の倫理委員会の承認（通知番号19-009）を得て実施している。

1-2. 疲れ度合いを予測するための基礎理論

本研究では、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検討を目指しているが、この基礎となる「負荷—負担—疲労モデル」⁴⁾を図1に示す。

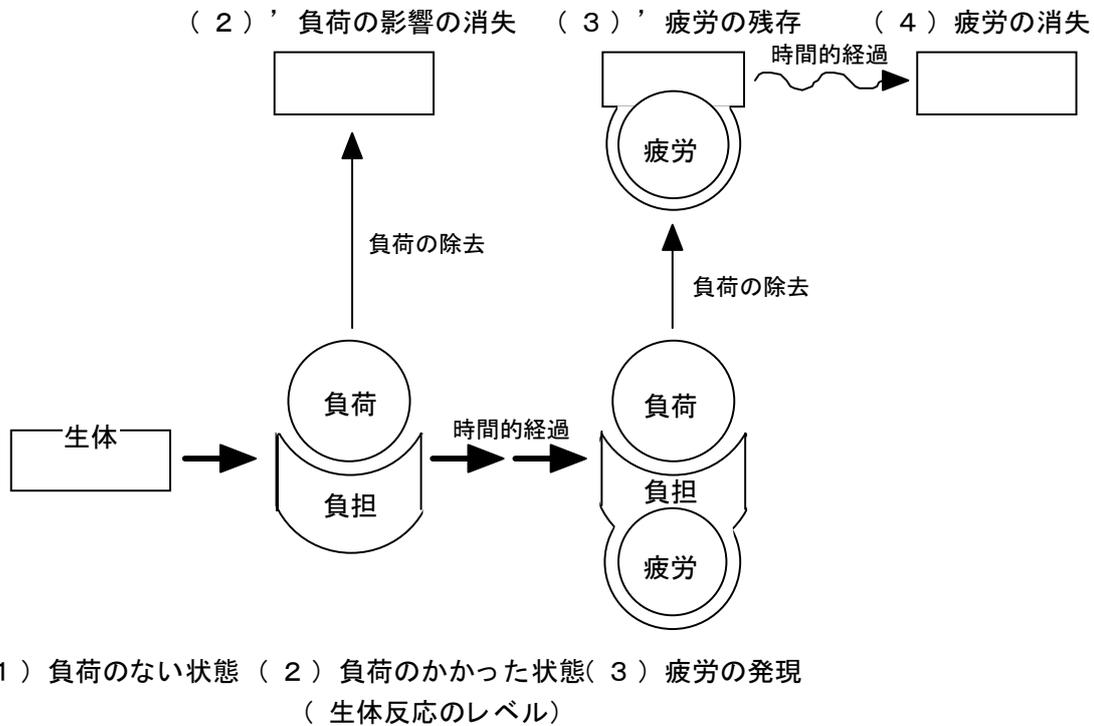


図1 「負荷—負担—疲労」モデル¹⁾

負荷のない状態では生体にたわみは無い（図中（1））。生体に負荷がかかると生体に負担が生じるが、これは生体のたわみと表現できる（図中（2））。負担は負荷の直接的な影響で、負荷が除去されれば負担は消失する（図中の（2）'）。負荷がかかり負担の生じた状態が持続すると生体内には疲労という現象が生じる（図中（3））。負担は時間が経過した後でも負荷が除かれれば消失するが（図中（3）'の長方形部分）、疲労はすぐには解消せず、生体内に残存する（図中（3）'の円部分）。負荷のかからない状態の時間的経過（休息）により疲労は解消し、生体はゆがみのない長方形に戻る（図中（4））。このモデルでは、個人差についても考察することができる。例えば、同じ運転作業（同じ負荷）をしても、負担の程度（たわみ）は個人で異なり、疲労を感じるドライバーもいれば、感じないドライバーもいる。運転者の経験や運転への適性、年齢等の要因により、同じ負荷であっても負担の程度が異なり、疲労の現れ方も異なることが理解できる。

このモデルに基づき、負荷や負荷のかかった時間、疲労回復の時間等を正確にデータ化し、また負担の個人差を評価することで、「疲労」を予測することが可能と考えることができる。運転労働の負荷（物理的特性）を記述するデータは、勤務時間や走行時間、走行距離などの運行データである。デジタコではデータがデジタル化されており、運転労働の「運転時間」や「荷積時間」、「荷卸時間」、「勤務間隔時間」等の様々な変数を算出することが可能になっており、負荷や負荷時、「疲労回復の時間」を評価することが出来る。

2. 方法

2-1. 調査対象

本調査では、クラウド型のデジタコ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名のドライバーが調査対象となった。表1に対象ドライバー33名（D01～D33）のプロフィールを示す。

表1 対象ドライバーのプロフィール

ドライバー No.	性別	年齢	身長	体重	BMI	今の会社 運転年数	総運転年数
D01	男性	62	165.0	77.0	28.3	35	45
D02	男性	59	168.0	68.5	24.3	28	32
D03	男性	57	179.0	74.0	23.1	26	30
D04	男性	60	164.8	70.5	26.0	24	42
D05	男性	58	176.0	92.0	29.7	19	34
D06	男性	46	162.8	96.5	36.4	15	23
D07	男性	55	167.0	83.0	29.8	11	36
D08	男性	46	168.2	73.2	25.9	13	20
D09	男性	55	161.0	51.1	19.7	8	29
D10	男性	62	170.5	65.0	22.4	10	31
D11	男性	48	167.0	70.0	25.1	9	30
D12	男性	54	168.5	63.0	22.2	7	17
D13	男性	52	160.0	53.0	20.7	6	30
D14	男性	69	161.0	62.5	24.1	35	46
D15	男性	67	164.0	64.0	23.8	32	50
D16	男性	54	175.0	82.0	26.8	5	27
D17	男性	33	162.0	56.0	21.3	4	15
D18	男性	67	175.3	83.0	27.0	7	40
D19	男性	58	170.0	75.0	26.0	3	40
D20	男性	47	179.0	76.0	23.7	2	24
D21	男性	51	170.0	70.0	24.2	2	2
D22	男性	44	173.0	78.0	26.1	2	16
D23	男性	54	166.0	73.0	26.5	2	20
D24	男性	50	168.0	68.5	24.3	1	32
D25	男性	52	172.0	82.0	27.7	2	34
D26	男性	55	174.0	75.0	24.8	1	42
D27	男性	52	167.5	51.0	18.2	1	33
D28	男性	39	150.0	60.0	26.7	1	22
D29	男性	49	172.8	60.0	20.1	1	29
D30	男性	47	163.5	55.0	20.6	1	27
D31	男性	47	175.7	71.8	23.3	1	15
D32	男性	47	174.3	90.5	29.8	1	29
D33	男性	43	180.0	76.0	23.5	0	0
平均		52.7	168.8	71.1	24.9	9.5	28.5
標準偏差 (SD)		8.0	6.5	11.5	3.6	10.9	11.5

2-2. 測定項目

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（トランスストロン社製 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) (2)の測定の仕組みの概念図を図2に示す。「疲れ度合い」データはデジタコ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）に収集できる。

• デジタコ



• デジタコを通じた「疲れ度合い」の入力

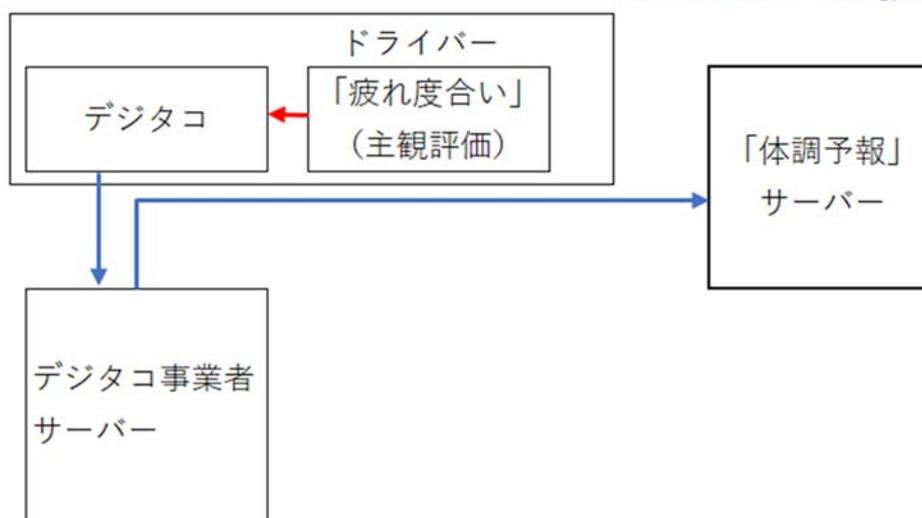


図2 運行データと「疲れ度合い」の収集

(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。質問項目は、2016年度²⁾、2017年度³⁾に実施した先行研究における検討を基に「疲れ度合い」の予測に必要なと思われるものを選定した。

質問項目の概要は以下のとおりである。

1) 基本プロフィール

(氏名、性別、年齢、身長、体重、ドライバー歴、現在所属会社での勤続年数など)

2) 通勤時間と主な交通手段

(通勤時間、自動車か電車か徒歩か など)

3) 業務内容

(運行・業態、主に運んでいる物、荷役など)

4) 家族構成、同居の有無

5) 睡眠

(睡眠時間の不足、自宅でぐっすり眠れているか、平日(勤務日)と休日の平均的な睡眠時間、いびきの有無、寝るための飲酒があるか など)

6) 勤務時間内の仮眠の有無

7) 喫煙の有無・喫煙の場合の本数

8) 市販薬・処方薬・サプリメント利用

9) 現在治療(通院)中の病気

10) 休日の主な過ごし方

(寝て過ごすことが多いか、運動することが多いか など)

11) 眠気を感じる場面、工作中疲れを感じる主な場面

(運転中のどんな時に眠気を感じるか、工作中、どんな時に疲れを感じるか)

12) 始業時の平均的な疲れ度合い

(始業時に感じている平均的な疲れ度合い(5段階))

13) 疲れや眠気の予防法

(疲労防止や、運転中の眠気を防止するためにどんなことをしているか、自由記述)

質問紙のイメージを図3に示す。

ドライバーそれぞれに記入してもらい、個人ごとに封筒に封入するように教示した。個人毎に封入した質問は事業所担当者が集約し、大原記念労働科学研究所へ郵送するように依頼した。

2-3. データ収集期間と手続き

データ収集期間は、2019年9月9日～11月30日であった。以下の手続きで調査を実施した。

(1) 2019年8月23日 バス会社訪問（デジタコ担当者同行）

常務取締役・運輸統括本部本部長に正式に実証研究協力を依頼した。

実施日程、基本情報データ質問紙、ドライバー操作（疲れ度合い入力）、謝礼等について打ち合わせをして、調査協力の承諾をいただいた。

(2) 2019年9月5日 運輸統括本部本部長との調整（電話等）

測定開始を9月9日、終了を11月30日でお願いし、了承された。ドライバーへの1日6～7回の入力促進を依頼した。また、記入いただいたドライバーの基本情報データ質問紙を、個人情報に留意して取りまとめ、大原記念労働科学研究所へ送付することを依頼した。

(3) 2019年9月13日 常務取締役との調整（電話等）

データは順調に取得されていることを報告し、ドライバーの疲れ度合い入力をさらに促進してもらうことを依頼した。ドライバーに記入してもらう基本情報データ質問紙は9月16日の週で揃いそうとのことで取りまとめと送付を依頼した。

(4) 2019年9月24日 基本情報シート回収

取りまとめられた基本情報データ質問紙が研究所に到着し、入力処理等を開始した。

(5) 2019年9月27日 入力促進1

運輸統括本部本部長へ電話連絡し、データ収集の状況を報告し、ドライバーへの「疲れ度合い」入力促進をお願いした。

(6) 2019年10月16日 入力促進2

協議会メンバーがバス会社を訪問し、データ収集の最新状況を報告し、あらためて「疲れ度合い」の入力促進をお願いした。

(7) 2019年11月30日 測定終了

当初打合せ通り、11月30日に測定を終了し、バス会社にもその旨を連絡した。

3. 結果と考察

3-1. データセットの作成

(1) 「疲れ度合い」データに基づく、データの選定

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。表 2 にデジタコデータのイベントと「疲れ度合い」評価データ（主観入力）を対応させたの 1 次処理データの例を示す。あるドライバーの出庫から帰庫までの 1 運行のデータである。主観入力欄の「値」がドライバーが自己評価した疲れ度合い（1～5 の 5 段階）である。作業時間はそのイベントの開始から終了までの時間（分）である。

表 2 運行データ、主観評価データの例

イベント	イベント開始時間	イベント終了時間	値	作業時間 (分)
出庫	2019/10/23 8:34:26			
その他作業	2019/10/23 8:34:26	2019/10/23 8:36:02		2
主観入力	2019/10/23 8:34:38		1	
運転	2019/10/23 8:34:41	2019/10/23 9:48:19		74
主観入力	2019/10/23 9:48:22		1	
待機	2019/10/23 9:48:30	2019/10/23 9:51:46		3
運転	2019/10/23 9:51:49	2019/10/23 10:00:41		9
待機	2019/10/23 10:00:44	2019/10/23 10:22:55		22
運転	2019/10/23 10:22:58	2019/10/23 11:18:38		56
待機	2019/10/23 11:18:41	2019/10/23 11:43:12		25
その他作業	2019/10/23 11:43:12	2019/10/23 11:43:32		0
主観入力	2019/10/23 11:43:21		1	
待機	2019/10/23 11:43:32	2019/10/23 12:22:24		39
運転	2019/10/23 12:22:27	2019/10/23 12:51:21		29
待機	2019/10/23 12:51:24	2019/10/23 13:55:30		64
運転	2019/10/23 13:55:33	2019/10/23 14:06:51		11
待機	2019/10/23 14:06:54	2019/10/23 14:56:09		49
運転	2019/10/23 14:56:12	2019/10/23 15:10:14		14
待機	2019/10/23 15:10:17	2019/10/23 15:32:33		22
その他作業	2019/10/23 15:32:33	2019/10/23 15:33:11		1
主観入力	2019/10/23 15:32:44		1	
主観入力	2019/10/23 15:33:00		1	
待機	2019/10/23 15:33:11	2019/10/23 15:59:43		27
運転	2019/10/23 15:59:46	2019/10/23 16:46:10		46
荷積	2019/10/23 16:46:13	2019/10/23 16:49:34		3
運転	2019/10/23 16:49:37	2019/10/23 16:52:41		3
停車	2019/10/23 16:52:44	2019/10/23 16:59:01		6
運転	2019/10/23 16:59:04	2019/10/23 17:04:33		5
その他作業	2019/10/23 17:04:36	2019/10/23 17:05:00		0
主観入力	2019/10/23 17:04:48		1	
帰庫	2019/10/23 17:05:00		157	

(2) 説明変数の算出・整理

(1) で選定した「疲れ度合い」データに対応させて、デジタコデータから算出した変数、ドライバー基本情報に基づく変数、ドライバーの評価（当該時点の1回前の疲れ度合い、2回前の疲れ度合い）を一覧にした。変数の候補は、2016年度²⁾、2017年度³⁾の先行研究、およびその後の検討から導き出されている。26の説明変数の定義を表3に示す。

表3 説明変数の定義

変数のカテゴリ	変数名	定義
デジタコデータから算出する変数	運転時間	出庫もしくは、前回主観入力から今回主観入力の前までの運転時間（分）を合算した値
	休憩時間	出庫もしくは、前回主観入力から今回主観入力の前までの休憩時間（分）を合算した値
	待機時間	出庫もしくは、前回主観入力から今回主観入力の前までの待機時間（分）を合算した値
	荷積時間	出庫もしくは、前回主観入力から今回主観入力の前までの荷積時間（分）を合算した値
	荷卸時間	出庫もしくは、前回主観入力から今回主観入力の前までの荷卸時間（分）を合算した値
	運転累積時間	運転時間の累積時間
	休憩累積時間	休憩時間の累積時間
	待機累積時間	待機時間の累積時間
	荷積累積時間	荷積時間の累積時間
	荷卸累積時間	荷卸時間の累積時間
	勤務間隔時間	前回の帰庫から今回出庫までの時間（分）の値
	拘束時間	出庫から今回主観入力時刻までの累積時間
	前回拘束時間	前回の運行の拘束時間
	連続勤務日数	連続して勤務している日数。出庫から24時間以上経過している帰庫がない場合は、24時間毎に1日日数を加算する
	前回距離	前回の走行した総距離。今回出庫から今回帰庫までの全部の主観入力に対して説明変数として値
	出勤時間帯0	出勤時間帯0時～6時未満の場合1とし、そうでない場合を0とする
	出勤時間帯6	出勤時間が6時～12時未満の場合1とし、そうでない場合を0とする
出勤時間帯12	出勤時間が12時～18時未満の場合1とし、そうでない場合を0とする	
出勤時間帯18	出勤時間が18時～24時未満の場合1とし、そうでない場合を0とする	
ドライバー基本情報に基づく変数	年齢	記載された年齢
	BMI (Body Mass Index)	体重 (kg) / 身長 (m) ² の算出式による値
	いびき有無	いびき有りを1、無しを0とした
	平日睡眠不完全	平日（勤務日）「ぐっすり眠れている」の選択があった場合0、それ以外の選択があった場合を1とする
休日と相違有	平日（勤務日）と休日の睡眠時間について、差が無しを0、差がありを1とする	
ドライバーの評価	前回主観	当該時点の1回前の「疲れ度合い」
	前々回主観	当該時点の2回前の「疲れ度合い」

「疲れ度合い」と説明変数により作成されたデータセットの例を図4に示す。1列目の主観評価値が回帰分析における目的変数である、それ以降の変数が説明変数の候補である。1行がデータ1件であり、このようなデータが総数3,840件となった。

主観入力日時	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
	主観評価	運転	休憩	待機	荷積み	荷卸	運転累積	休憩累積	待機累積	荷積累積	荷卸累積	勤務時間	拘束時間	前回拘束	連続勤務	前回距離	前回主観	出勤時間	出勤時間	出勤時間	出勤時間	年齢	BMI
2019/10/17 12:05	1	1.36667	0	1.18333	0	0	2.66667	0	1.26667	0	0	12.55	3.93333	12.26667	2	455	1	0	0	0	0	62	28.28283
2019/10/17 12:17	1	0.88333	0	0.1	0	0	2.75	0	1.36667	0	0	17.55	4.11667	12.26667	2	455	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/18 8:22	1	0	0	2.41667	0	0	0	0	0	0	0	17.65	0.4	6.53333	3	112	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/18 8:47	1	0.38333	0	0.01667	0	0	0.38333	0	0.01667	0	0	17.65	0.4	6.53333	3	112	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/18 9:59	1	0.8	0	0.36667	0	0	1.18333	0	0.38333	0	0	17.65	1.56667	6.53333	3	112	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/18 13:39	1	0	0	3.65	0	0	1.18333	0	0.38333	0	0	17.65	5.21667	6.53333	3	112	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/18 15:00	1	0.76667	0	0.56667	0	0	1.95	0	4.63	0	0	17.65	6.55	6.53333	3	112	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/18 15:18	1	0.28333	0	0	0	0	2.23333	0	4.6	0	0	17.65	6.83333	6.53333	3	112	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/19 11:49	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.5	0	6.83333	4	60	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/19 12:06	1	0.25	0	0.01667	0	0	0.25	0	0.01667	0	0	20.5	0.26667	6.83333	4	60	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/19 13:51	2	1.4	0	0.33333	0	0	1.65	0	0.35	0	0	20.5	2	6.83333	4	60	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/19 14:57	1	1.08333	0	0	0	0	2.73333	0	0.35	0	0	20.5	3.08333	6.83333	4	60	2	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/21 7:34	1	0	0	0.78333	0	0	0	0	0	0	0	39.81667	0	3.86667	1	106	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/21 7:48	1	0.2	0	0.01667	0	0	0.2	0	0.01667	0	0	39.81667	0.21667	3.86667	1	106	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/21 11:55	2	2.76667	0	0.13	0	0	2.96667	0	1.21667	0	0	39.81667	4.28333	3.86667	1	106	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/21 12:57	1	0.13333	0	0.86667	0	0	3.1	0	2.18333	0	0	39.81667	5.28333	3.86667	1	106	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/21 14:40	1	1.01667	0	0.66667	0	0	4.11667	0	2.85	0	0	39.81667	6.96667	3.86667	1	106	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/21 17:21	2	2.15	0	0.45	0	0	6.26667	0	3.3	0	0	39.81667	9.56667	3.86667	1	106	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/22 8:07	1	0	0	0.18333	0	0	0	0	0	0	0	14.56667	0	9.75	2	420	2	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/22 11:10	1	1.7	0	0	0	0	1.7	0	1.28333	0	0	14.56667	2.98333	9.75	2	420	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/22 11:37	1	0.11667	0	0.3	0	0	1.81667	0	1.28333	0	0	14.56667	3.4	9.75	2	420	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/22 13:15	1	0.68333	0	0.09	0	0	2.5	0	2.48333	0	0	14.56667	4.98333	9.75	2	420	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/22 15:44	2	1.53333	0	0.88333	0	0	4.03333	0	3.36667	0	0	14.56667	7.4	9.75	2	420	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/23 6:50	1	0	0	0.18333	0	0	0	0	0	0	0	14.88333	0	7.98333	3	231	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/23 9:48	1	1.08333	0	1.86667	0	0	1.08333	0	1.86667	0	0	14.88333	2.95	7.98333	3	231	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/23 12:47	1	2.23333	0	0.68333	0	0	3.31667	0	2.55	0	0	14.88333	5.86667	7.98333	3	231	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/23 16:46	2	2.93333	0	1	0	0	6.25	0	3.55	0	0	14.88333	9.81	7.98333	3	231	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/23 17:14	2	0.3	0	0.11667	0	0	6.55	0	3.66667	0	0	14.88333	10.21667	7.98333	3	231	2	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/24 14:19	1	0	0	0.68333	0	0	0	0	0	0	0	20.38333	0	10.9	4	452	2	0	0	1	0	62	28.28283
2019/10/24 14:32	1	0.18333	0	0.01667	0	0	0.18333	0	0.01667	0	0	20.38333	0.2	10.9	4	452	1	0	0	1	0	62	28.28283
2019/10/24 16:45	1	1.15	0	0.96667	0	0	1.33333	0	0.98333	0	0	20.38333	2.31667	10.9	4	452	1	0	0	1	0	62	28.28283
2019/10/25 6:54	1	0.23333	0	0.58333	0	0	0	0	0	0	0	13.3	0	3.13333	5	33	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/25 8:04	1	0.81667	0	0.31667	0	0	0.81667	0	0.31667	0	0	13.3	1.13333	3.13333	5	33	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/25 16:52	1	0.95	0	0.781667	0	0	1.76667	0	0.813333	0	0	13.3	9.9	3.13333	5	33	1	0	1	0	0	62	28.28283
2019/10/26 8:38	1	0.31667	0	0.48333	0	0	0	0	0	0	0	14.93333	0	10.7	6	65	1	0	1	0	0	62	28.28283

図4 データセット (教師データ) の例 (一部)

3-2. 運行の概要とドライバー情報の概要

予測モデルの検討にあたり、まずは得られたデータから、運行の実態や、ドライバーの特性について概要を考察する。

(1) 運行の概要

表 2 に示したようなデジタコデータ（1 次処理）に基づき、月当たりの走行距離、運転時間、休日日数、深夜勤務日数、早朝勤務日数を算出し、それぞれ平均値、標準偏差を計算した。最小値、最大値とあわせて表 4 に示す。

表 4 運行の概要

	走行距離 (km) / 月	運転時間 (時間) / 月	休日日数 (日) / 月	深夜勤務日数 (日) / 月	早朝勤務日数 (日) / 月
平均値	4337.1	86.2	9.8	0.0	9.9
標準偏差	1442.7	25.7	4.8	0.0	5.0
最小値	339.2	6.7	5.8	0.0	1.0
最大値	6057.5	117.7	27.5	0.0	20.0

22時～1時の間に 2時～7時の間に
出庫、あるいは2 出庫した勤務
時～5時の間に帰
庫した4時間以上
の勤務

対象となったドライバーの月当たりの、平均的な走行距離は 4337.1km、運転時間は 86.2 時間であった。最小値は 339.2km、最大値は 6057.5km であった。

月当たりの休日日数の平均は 9.8 日であった。最小値は 5.8 日、最大値は 27.5 日であった。嘱託で勤務日が少ないドライバーが 3 名いたために、休日日数の平均は高めとなっていると思われる。

今回の測定期間中には、深夜勤務（22 時～1 時の間に出庫、あるいは 2 時～5 時に帰庫した 4 時間以上の勤務と定義）は発生していなかった。

早朝勤務日数の平均は 9.9 日であった。最小値は 1.0 日であったが、20.0 日と月の殆どが早朝勤務のドライバーがいた。

(2) ドライバー情報の概要

ドライバの基本情報データに基づく概要を示す。運行の特徴、睡眠状況、出庫時の平均的な疲れ、服薬・治療、運転中の眠気や仕事での疲れの原因について、表 5 に示す。

表5 ドライバー情報の概要

運行の特徴

ワンマン	ツーマン	日帰り(日勤)	2日運行	3日運行	4日以上運行	貸切	送迎	ルート決まっていない	荷役あり	荷役方法手積み手卸し	運賃対応(接客)	清掃	その他(洗車が3名)
33	21	32	26	26	29	33	7	33	29	29	18	31	5
複数回答		複数回答				複数回答		(人)	(人)		複数回答		

睡眠状況

睡眠	ぐっすり眠れる	なかなか寝付けない	途中で目が覚める	睡眠が足りない	酒飲まないと眠れない	いびきをかくと言われる	その他	平均的な睡眠時間
勤務日	26	9	6	4	3	6	1	6時間38分
休日	29	7	3	1	3	5	0	7時間9分
複数回答								

出庫時の平均的疲れ

平均的な疲れ度合
12

服薬・治療

服薬	市販薬	処方薬	サプリメント
服薬なし	17		
服薬あり	16	0	14
複数回答			

治療	高血圧症	糖尿病	脂質異常症	その他
治療なし	17			
治療あり	16	10	4	4
複数回答				

運転中の眠気
仕事上の疲れの原因
喫煙

運転中の眠気	飲食後	早朝	深夜	渋滞	その他
眠気なし	12				
眠気あり	21	20	4	4	3
複数回答					

仕事上の疲れ					
長時間運転	荷扱作業	顧客対応	深夜運転	清掃	その他
24	7	6	6	22	3
複数回答					

喫煙		
吸わない	15	平均本数
吸う	18	22.5
(人) (本/日)		

ドライバー33名の内、21名はツーマン運行をしていた。4日以上運行も29名が該当しており、長距離の運行がなされている。

貸切バスの特性として、運行ルートは決まっておらず、荷役(お客様の荷物)も29名が行っており、その方法は手積みであった。

睡眠状況に関しては、勤務日に「ぐっすり眠れている」が26名であり、休日は29名である。休日の方が睡眠の状態が良いと推測されるものの、勤務日でも26名がぐっすり眠れているのは相対的には良い状態と推測できる。平均的な睡眠時間の平均値は勤務日では6時間38分、休日は7時間9分であった。一般的に休日が勤務日より1時間程度長いのは健全な範囲であり、睡眠についてはよい状況であることが推察される。

服薬の有無と治療の有無の分布が同じであり、基本的に治療している方が服薬していると思われる。治療中の病名は、高血圧が10名と最多で、糖尿病、脂質異常が4名であった。

仕事上の疲れの原因としては、長時間運転の回答が24名と最も多く、清掃が22名と続いていた。長時間運転については、複数日運行、長距離運行が多いと思われる運行の実態と対応していると思われる。清掃の負荷・負担については今後、疲れ度合い予測モデルを進化させてゆく上での検討点と思われる。

3-3. 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⁵⁾と交差検証法⁵⁾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⁵⁾によるモデル検討

以下に結果を示す。

(1) 重回帰分析と交差検証法による検討

3,840件のデータをランダムに3群に分け、2つの群を教師データとし「疲れ度合い」を目的変数、表1の変数を説明変数とした重回帰分析(関数:lm)のステップワイズ法によって予測式算出した。算出した予測式により残りの1群を評価した。変数選択の基準は係数1としたBICとした。また2つの説明変数を乗じた変数(2次変数)を含めるモデルとした。目的変数(疲れ度合い)と予測値が完全に一致した場合を完全一致、±1の範囲も一致とみなした場合を±1一致とする。完全一致と±1一致のイメージを図5に示す。

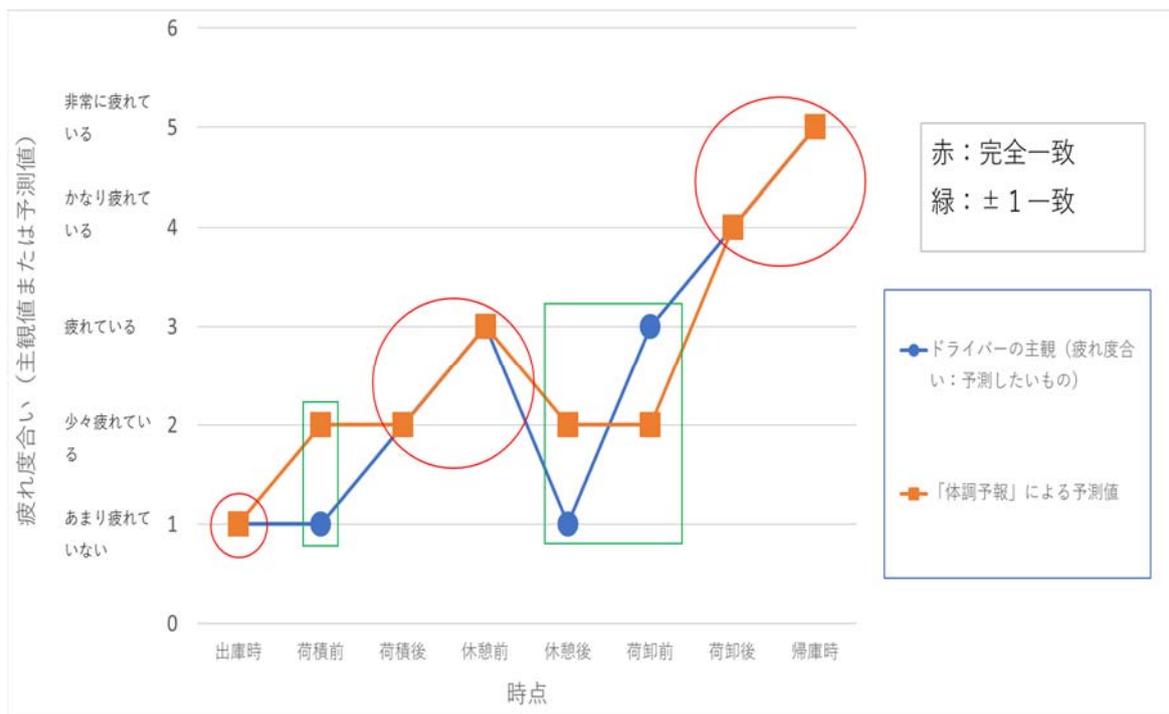


図5 ドライバーの疲れ度合いと予測値の完全一致および±1一致の概念図

それぞれの組み合わせにおいて、完全一致率と±1一致率を算出した。交差検証法の結果を表6に示す。

表 6 3群に分けた交差検証法の結果

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
重回帰分析 2次変数モデル 変数選択はBIC	交差検証 (係数1 BIC)	1群	1265	2575	65.9%	97.5%	64
		2群	1270	2570	65.2%	98.1%	64
		2群	1305	2535	66.7%	97.6%	60

2群と3群を教師データとして、1群を評価した場合、目的変数（疲れ度合い）と予測値が完全に一致した場合の率（完全一致率）は65.9%、±1の範囲を一致とみなした率（±1一致率）は97.5%であった。

また、その場合の変数数は64であった。残りの2つの組み合わせでも、完全一致率、±1一致率、変数数もほぼ同等であり、3群のデータにはばらつきが少なく、モデルの安定性が確認された。

(2) 最適BICペナルティ係数の検討

データとモデルの安定性が確認できたので、全データを教師データとして全データを評価することとして、最適なBIC係数を検討するために、係数が1の場合、3の場合、4の場合についてモデルを作成した。結果を表7に示す。BIC係数は、変数を採用するための基準値で、値が大きいほど、基準が厳しくなり変数数が削減される。

表 7 最適BICペナルティ係数の検討

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
重回帰分析 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	68.2%	98.4%	66
		係数3	3840	3840	65.2%	98.2%	32
		係数4	3840	3840	64.1%	98.1%	27

係数1の場合は、完全一致率は68.2%、±1一致率98.4%、変数数は66であった。係数3の場合では、完全一致率は65.2%、±1一致率98.2%、変数数は32であった。係数4の場合は、完全一致率64.1%、±1一致率98.1%、変数数は27であった。

完全一致率、±1一致率はほぼ同等であり、変数数が27と削減できている係数4が最も適切と考えられる。

(3) ロジット分析によるモデル検討

「疲れ度合い」は順序尺度とみなすことが出来るので、重回帰分析ではなく、ロジット分析（関数:logit）による検討を試みた。

変数選択には重回帰分析と同様BICを用いて、係数は1、3、4、5の場合について作成した。結果を表8に示す。

表8 ロジット分析による結果

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

係数1の場合は、完全一致率71%、±1一致率97.7%と最も高いが、変数数は72と大きな値であった。変数5の場合は完全一致率66.3%、±1一致率96.6%、変数数17であった。変数数が係数1の場合から激減したが、減少しすぎとも考えられる。係数3の場合は、完全一致率67.9%、±1一致率96.8%、変数数24であった。係数4の場合は、完全一致率67.7%、±1一致率96.4%、変数数22であった。

重回帰分析の結果も含めて、一致率と変数数のバランスから、係数4が最も適切な条件と思われる。

以上の検討の過程をまとめると表9のようになる。

表9 モデル作成の経緯と結果一覧

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
重回帰分析2次変数モデル 変数選択はBIC	交差検証(係数1BIC)	1群	1265	2575	65.9%	97.5%	64
		2群	1270	2570	65.2%	98.1%	64
		2群	1305	2535	66.7%	97.6%	60
	最適ペナルティ係数	係数1	3840	3840	68.2%	98.4%	66
		係数3	3840	3840	65.2%	98.2%	32
		係数4	3840	3840	64.1%	98.1%	27
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

以上の検討から、本研究の結論として、ロジット分析によるBIC係数4のモデルを採択することとした。ロジット分析によるBIC係数4のモデルの結果を表10に示す。

表10 ロジット分析BIC係数4モデルにおける採用変数と係数の一覧

変数名	係数	標準偏差	
休憩累積時間	-0.650	0.067	***
待機累積時間	-0.492	0.054	***
荷積累積時間	1.322	0.221	***
拘束時間	51.237	2.788	***
連続勤務日数	-0.086	0.032	**
前回主観	0.928	0.114	***
年齢	56.409	5.950	***
BMI	117.726	12.401	***
前々回主観評価	0.985	0.081	***
いびき有無	0.376	0.190	*
平日睡眠不完全	-10.144	0.845	***
休日と相違有	10.557	1.235	***
休憩累積時間×前回主観	0.180	0.025	***
待機累積時間×前回主観	0.115	0.020	***
荷積累積時間×拘束時間	-15.845	2.455	***
拘束時間×休日と相違有	15.386	1.899	***
連続勤務日数×前回主観	0.078	0.013	***
前回主観×前々回主観	-0.208	0.033	***
年齢×BMI	-235.046	25.125	***
年齢×休日と相違有	-24.145	2.383	***
BMI×平日睡眠不完全	52.743	3.562	***
いびき有無×平日睡眠不完全	-2.351	0.271	***

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, . $p < 0.1$

採用された変数のうち、統計的に有意性が高い $p < 0.001$ のものに注目すると、デジタコデータに基づく変数では、荷積累積時間、拘束時間、ドライバー基本情報では、年齢、BMI、休日と相違有（睡眠時間）、および前回主観、前々回主観が正の値でこれらの値が多いと疲れ度合いが強いことが推測できる。これらの点は、貸切バス業務の特性や、一般的な個人要因の特性と矛盾しないものと思われ、モデルの妥当性を示す点と考えられる。

3-4. 疲れ度合いと予測値のマトリクスによる分析

ロジット分析 BIC4 によるモデルについて、疲れ度合い毎の予測精度を検討した。行に疲れ度合い、列に予測値を記したマトリクスを図 6 に示す。

(BIC係数 4、変数数22)

		予測値					
		1	2	3	4	5	
疲れ度 合 い	1	1374	234	16	0	1	
		84.6	14.4	1.0	0.0	0.1	
	2	354	639	127	0	2	
		31.6	57.0	11.3	0.0	0.2	
	3	25	244	489	8	36	
	3.1	30.4	61.0	1.0	4.5		
4	1	8	116	4	15		
	0.7	5.6	80.6	2.8	10.4		
5	0	2	47	4	94		
	0.0	1.4	32.0	2.7	63.9	総件数	
						3840	
						上段 (件数)	
						下段 (%)	

	件数	率
完全一致	2600	67.7
±1一致	3702	96.4

図 6 疲れ度合いと予測値のマトリクス (ロジット分析、BIC4 モデル)

疲れ度合い「1」の場合、予測値も「1」である完全一致は1,374件で、完全一致率は84.6%であった。同様に疲れ度合い「2」の場合の一致率は57.0%、「3」の場合は61.0%、「4」の場合は2.8%、「5」の場合は63.9%であった。「4」に対しての予測値は、「3」が116件(80.6%)であり、過小評価の傾向であった。「4」以外の一貫率はまずまずであった。「4」の完全一致率が低かった原因としては、データセットにおいて「4」のデータが少なかったことが考えられる。運行中の疲れ度合いの予測という「体調予報」の観点からは、疲れ度合い「4」、「5」の予測精度が重要と考えられ、今後の改善点である。改善の方法の1つは、疲れ度合い「4」のデータを増やすことであり、今後更なるデータ収集を進めたい。

以上は、完全一致率のみに注目した評価であるが、一般的に2名の評価の一貫率を評価する指標としてコーエンの κ 係数⁶⁾が用いられている。本研究では「1~5」の疲れ度合いに対する「1~5」の予測値を求めているので、コーエンの重み付き κ 係数(κ_w)を算出した。3,840データについての κ_w は0.972であった。Landis & Koch(1977)⁷⁾による κ 係数の評価基準は以下の通りであり、これに従えば、0.97は非常に高く、データ全体としては精度が高いと評価できる。

Landis & Koch(1977)⁷⁾ による κ 係数の評価基準

- < 0.00 : Poor
- 0.00-0.20 : Slight
- 0.21-0.40 : Fair
- 0.41-0.60 : Moderate
- 0.61-0.80 : Substantial
- 0.81-1.00 : Almost Perfect

3-5. 個人差の分析

個人差を検討するために、ロジット分析 BIC4 によるモデルによって、個人毎の予測値を算出した。疲れ度合いを縦、予測値を横としたマトリクスおよび一致率（完全一致、±1一致）を図 7-1 ~5 に示す。

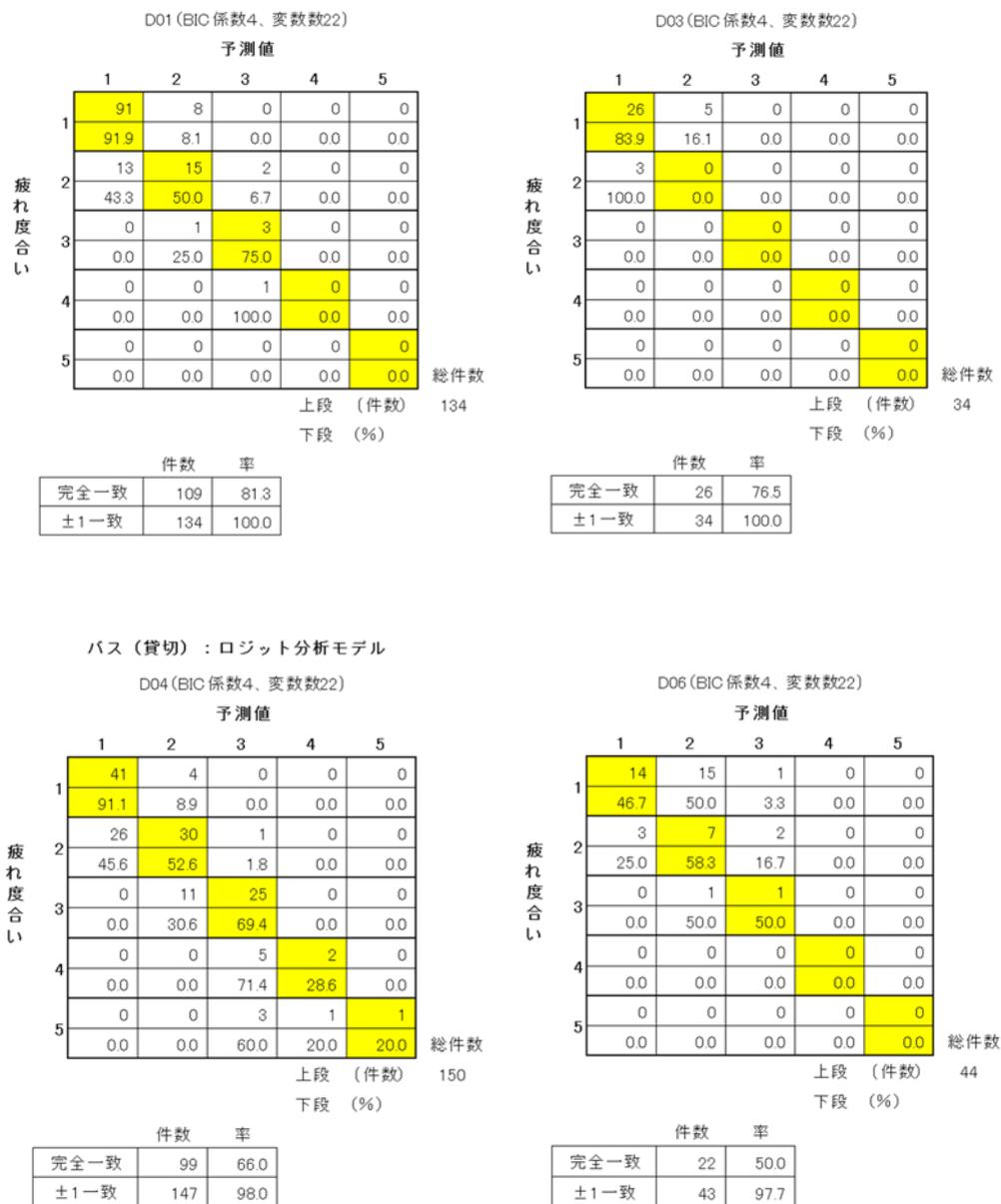


図 7-1 個人別、疲れ度合いと予測値のマトリクスおよび一致率（その 1）

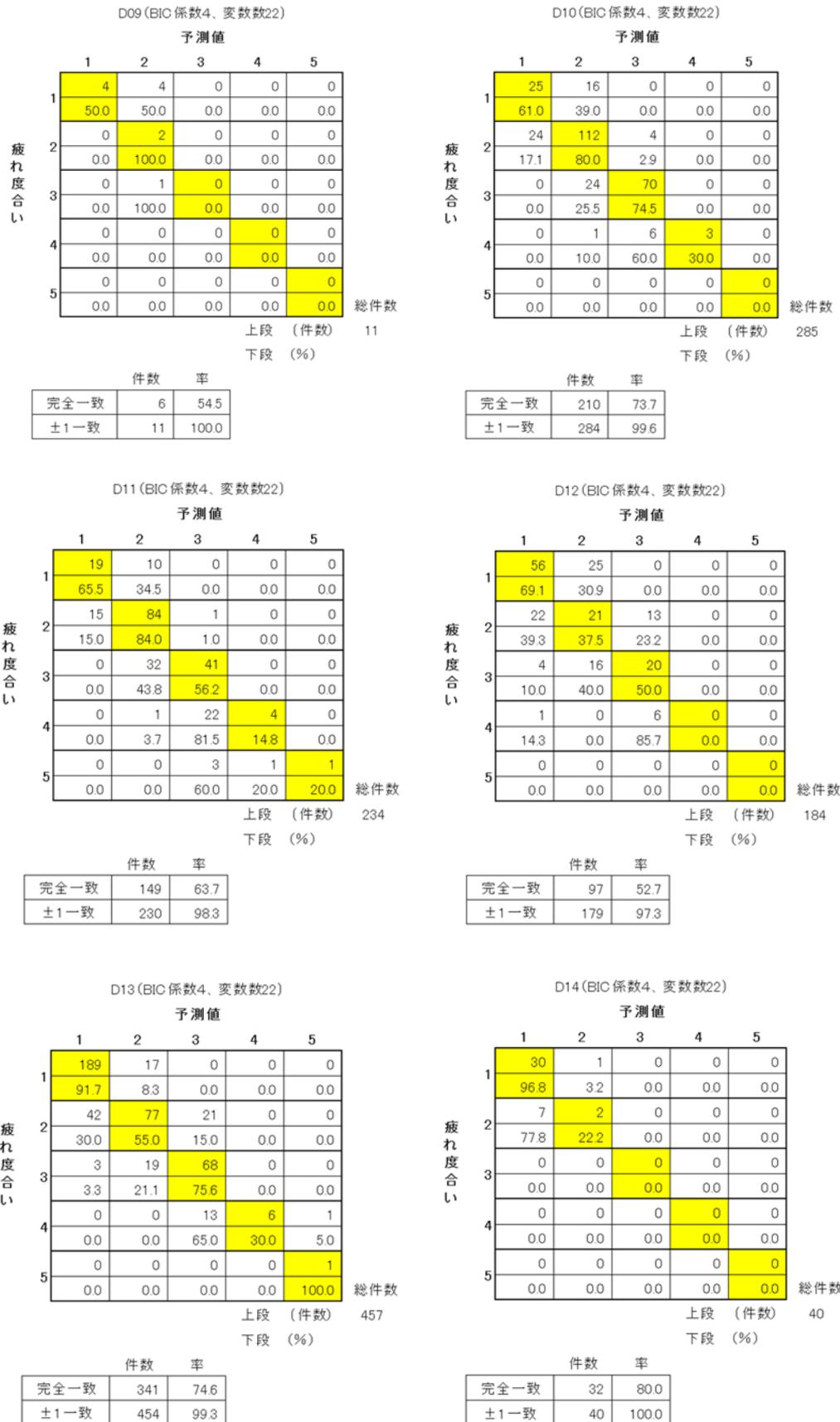


図7-2 個人別、疲れ度合いと予測値のマトリクスおよび一致率 (その2)

D16(BIC係数4、変数数22)

予測値

	1	2	3	4	5
1	103 64.4	54 33.8	3 1.9	0 0.0	0 0.0
2	35 44.3	42 53.2	2 2.5	0 0.0	0 0.0
3	0 0.0	10 62.5	6 37.5	0 0.0	0 0.0
4	0 0.0	0 0.0	1 100.0	0 0.0	0 0.0
5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

総件数 256

上段 (件数) 256
下段 (%)

	件数	率
完全一致	151	59.0
±1一致	253	98.8

D17(BIC係数4、変数数22)

予測値

	1	2	3	4	5
1	5 22.7	15 68.2	2 9.1	0 0.0	0 0.0
2	5 20.8	17 70.8	2 8.3	0 0.0	0 0.0
3	2 10.5	10 52.6	7 36.8	0 0.0	0 0.0
4	0 0.0	2 28.6	4 57.1	1 14.3	0 0.0
5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 100.0	0 0.0

総件数 73

上段 (件数) 73
下段 (%)

	件数	率
完全一致	30	41.1
±1一致	67	91.8

D18(BIC係数4、変数数22)

予測値

	1	2	3	4	5
1	80 92.0	7 8.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
2	21 72.4	6 20.7	2 6.9	0 0.0	0 0.0
3	1 100.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
4	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

総件数 117

上段 (件数) 117
下段 (%)

	件数	率
完全一致	86	73.5
±1一致	116	99.1

D19(BIC係数4、変数数22)

予測値

	1	2	3	4	5
1	81 93.1	6 6.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0
2	17 36.2	25 53.2	5 10.6	0 0.0	0 0.0
3	0 0.0	0 0.0	1 100.0	0 0.0	0 0.0
4	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

総件数 135

上段 (件数) 135
下段 (%)

	件数	率
完全一致	107	79.3
±1一致	135	100.0

D20(BIC係数4、変数数22)

予測値

	1	2	3	4	5
1	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
2	0 0.0	22 66.7	8 24.2	2 6.1	1 3.0
3	0 0.0	21 29.6	37 52.1	9 12.7	4 5.6
4	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

総件数 104

上段 (件数) 104
下段 (%)

	件数	率
完全一致	59	56.7
±1一致	97	93.3

(SS) 係数変換 (A) 係数 (B) SS

前断干

	ε	η	ζ	τ
ε	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
η	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
ζ	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
τ	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

係数 (件数) 総計 (件数)

率 係数

	率	係数
完全一致	56.7	59
±1一致	93.3	97

図7-3 個人別、疲れ度合いと予測値のマトリクスおよび一致率 (その3)

D24 (BIC係数4、変数数22)

		予測値				
		1	2	3	4	5
疲れ度合い	1	44	25	0	0	0
		63.8	36.2	0.0	0.0	0.0
	2	17	79	15	0	0
		15.3	71.2	13.5	0.0	0.0
	3	0	32	58	4	0
	0.0	34.0	61.7	4.3	0.0	
4	0	0	16	6	2	
	0.0	0.0	66.7	25.0	8.3	
5	0	0	2	1	1	
	0.0	0.0	50.0	25.0	25.0	
		総件数				
		上段 (件数) 302				
		下段 (%)				

	件数	率
完全一致	188	62.3
±1一致	300	99.3

D25 (BIC係数4、変数数22)

		予測値				
		1	2	3	4	5
疲れ度合い	1	16	7	0	0	0
		69.6	30.4	0.0	0.0	0.0
	2	5	3	0	0	0
		62.5	37.5	0.0	0.0	0.0
	3	2	8	3	0	0
	15.4	61.5	23.1	0.0	0.0	
4	0	1	1	0	0	
	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	
5	0	1	0	1	0	
	0.0	50.0	0.0	50.0	0.0	
		総件数				
		上段 (件数) 48				
		下段 (%)				

	件数	率
完全一致	22	45.8
±1一致	44	91.7

D26 (BIC係数4、変数数22)

		予測値				
		1	2	3	4	5
疲れ度合い	1	48	12	0	0	0
		80.0	20.0	0.0	0.0	0.0
	2	1	32	7	0	0
		2.5	80.0	17.5	0.0	0.0
	3	0	8	20	5	1
	0.0	23.5	58.8	14.7	2.9	
4	0	0	0	2	0	
	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
5	0	0	0	0	0	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		総件数				
		上段 (件数) 136				
		下段 (%)				

	件数	率
完全一致	102	75.0
±1一致	135	99.3

D27 (BIC係数4、変数数22)

		予測値				
		1	2	3	4	5
疲れ度合い	1	138	7	0	0	0
		95.2	4.8	0.0	0.0	0.0
	2	8	12	2	0	0
		36.4	54.5	9.1	0.0	0.0
	3	0	0	1	0	0
	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
4	0	0	0	0	0	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	0	0	0	0	0	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		総件数				
		上段 (件数) 168				
		下段 (%)				

	件数	率
完全一致	151	89.9
±1一致	168	100.0

D28 (BIC係数4、変数数22)

		予測値				
		1	2	3	4	5
疲れ度合い	1	0	0	8	1	1
		0.0	0.0	80.0	10.0	10.0
	2	0	0	15	0	0
		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
	3	0	0	9	16	7
	0.0	0.0	28.1	50.0	21.9	
4	0	0	0	0	0	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	0	0	18	23	75	
	0.0	0.0	15.5	19.8	64.7	
		総件数				
		上段 (件数) 173				
		下段 (%)				

	件数	率
完全一致	84	48.6
±1一致	138	79.8

D29 (BIC係数4、変数数22)

		予測値				
		1	2	3	4	5
疲れ度合い	1	5	1	0	0	0
		83.3	16.7	0.0	0.0	0.0
	2	7	9	1	0	0
		41.2	52.9	5.9	0.0	0.0
	3	3	9	3	0	1
	18.8	56.3	18.8	0.0	6.3	
4	0	3	10	2	3	
	0.0	16.7	55.6	11.1	16.7	
5	0	1	3	1	0	
	0.0	20.0	60.0	20.0	0.0	
		総件数				
		上段 (件数) 62				
		下段 (%)				

	件数	率
完全一致	19	30.6
±1一致	51	82.3

図7-4 個人別、疲れ度合いと予測値のマトリクスおよび一致率 (その4)

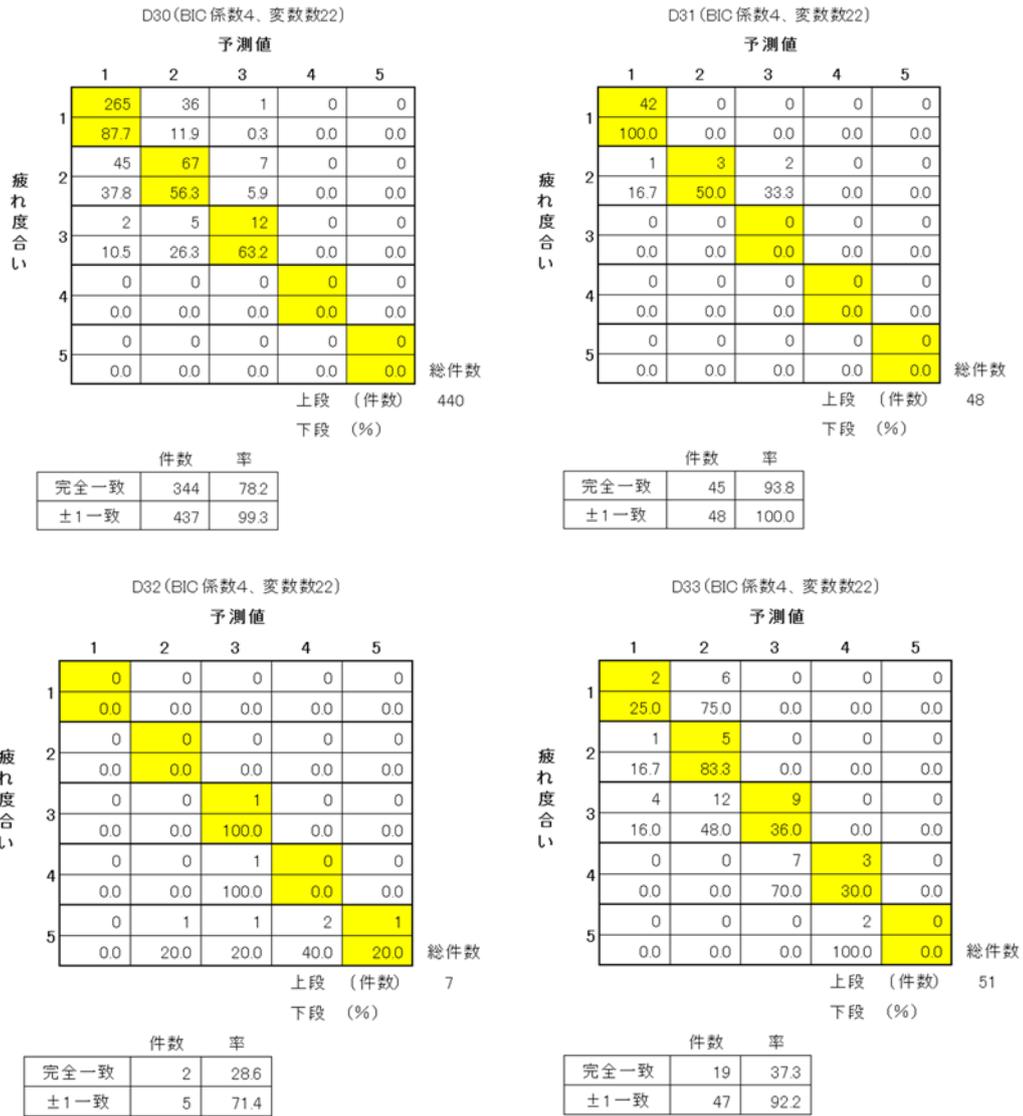


図7-5 個人別、疲れ度合いと予測値のマトリクスおよび一致率 (その5)

「疲れ度合い」が「4」、「5」の例が個人的にみても少ないことが分かる。今後、モデルの精度を高めるためには、データ数を増やして「4」、「5」の事例を増やすことが必要であると考えられる。

以上に基づき、個人毎のデータ件数、完全一致率、±1一致率をまとめ表 11 に示す。ドライバー個人毎に求めたコーエンの κ_w 係数も合わせて示す。

表 11 ロジット分析 BIC4 による個人毎の分析

ドライ バー No.	デー タ 件 数	完全一致率	±一致率	コーエンの κw係数
D01	134	81.3	100.0	0.988
D03	34	76.5	100.0	0.985
D04	150	66.0	98.0	0.975
D06	44	50.0	97.7	0.964
D09	11	54.5	100.0	0.972
D10	285	73.7	99.6	0.983
D11	234	63.7	98.3	0.971
D12	184	52.7	97.3	0.964
D13	457	74.6	99.3	0.983
D14	40	80.0	100.0	0.988
D16	256	59.0	98.8	0.972
D17	73	41.1	91.8	0.948
D18	117	73.5	99.1	0.982
D19	135	79.3	100.0	0.987
D20	104	56.7	93.3	0.957
D22	147	48.3	97.3	0.963
D24	302	62.3	99.3	0.975
D25	48	45.8	91.7	0.944
D26	136	75.0	99.3	0.983
D27	168	89.9	100.0	0.994
D28	173	48.6	79.8	0.924
D29	62	30.6	82.3	0.918
D30	440	78.2	99.3	0.985
D31	48	93.8	100.0	0.996
D32	7	28.6	71.4	0.857
D33	51	37.3	92.2	0.946
総数	3840			

データの洗練の時点で採択されなかったドライバーデータもあるために、ドライバー番号が飛んでいる箇所がある。採択されているデータ件数も最大が 457 件、最小が 7 件とドライバーによって差がある。データ件数に関わらず、一致率の高低があり、今後は、どのようなドライバー要因が一致率に影響するのかを分析することが重要と考えられる。コーエンの κw 係数はどのドライバーも高く、総体的には高い一致率であることが示唆される。

完全一致率の高低に基づき、群分けを行いソートしたものを表 12 に示す。完全一致率 50%以下を「低」群、50%以上 75%未満を「中」群、75%以上を「高」群とした。

表12 完全一致率に基づく、群分け

完全一致率による群分け	ドライバー No.	データ件数	完全一致率	±一致率	コーエンの K W 係数
低 (50%未満)	D32	7	28.6	71.4	0.857
	D29	62	30.6	82.3	0.918
	D33	51	37.3	92.2	0.946
	D17	73	41.1	91.8	0.948
	D25	48	45.8	91.7	0.944
	D22	147	48.3	97.3	0.963
	D28	173	48.6	79.8	0.924
中 (50%以上、 75%未満)	D06	44	50.0	97.7	0.964
	D12	184	52.7	97.3	0.964
	D09	11	54.5	100.0	0.972
	D20	104	56.7	93.3	0.957
	D16	256	59.0	98.8	0.972
	D24	302	62.3	99.3	0.975
	D11	234	63.7	98.3	0.971
	D04	150	66.0	98.0	0.975
	D18	117	73.5	99.1	0.982
	D10	285	73.7	99.6	0.983
	D13	457	74.6	99.3	0.983
高 (75%以上)	D26	136	75.0	99.3	0.983
	D03	34	76.5	100.0	0.985
	D30	440	78.2	99.3	0.985
	D19	135	79.3	100.0	0.987
	D14	40	80.0	100.0	0.988
	D01	134	81.3	100.0	0.988
	D27	168	89.9	100.0	0.994
	D31	48	93.8	100.0	0.996
総数		3840			

データが少なくても「高」群のドライバーもいるため決定的な条件ではないが、「低」群では、全体的にデータ数が少ないドライバーが多い。特に、完全一致率が30%を下回っていると、±1一致率も相対的に低い値であるが、D28のように、48.6%と「低」群では高い方の値であっても、±1一致率が低い例もある。

「中」群では、±1一致率は93%を超えている。「高」群では±1一致率はほぼ100%に近い値である。

「低」「中」「高」群別に、ドライバープロフィールの一部を分析した。表13に示す。

表 13 完全一致率に基づく群分けによるプロフィールの分析

完全一致率に基づく群	人数	平均年齢 (歳)	平均BMI	今の会社 運転年数の 平均(年)	総運転年数 の平均(年)	平均平日 睡眠時間 (時間)	平均休日 睡眠時間 (時間)
低	7	43.9	25.0	1.6	20.7	6.3	7.0
中	11	54.1	24.9	8.5	29.5	6.6	7.5
高	8	55.9	23.5	12.9	34.8	6.8	7.2

「低」群は7名、「中」群は11名、「高」群は8名であり、正規分布的な割合であった。

平均年齢は「低」群では43.9歳、「中」群では54.1歳、「高」群では55.9歳であった。「低」群は他の2群に比べて年齢が若い傾向があった。

BMIの平均は、「低」群では25.0、「中」群では24.9、「高」群では23.5であり、わずかな傾向であるが、「低」群から「高」群にむけて減少している。日本肥満学会によるBMIの評価基準によれば、25.0以上が「肥満(1度)」である。「中」群はギリギリの値であるが、「中」群、「高」群は「標準」と判断される。

今の会社での運転年数の平均は、「低」群では1.6年、「中」群では8.5年、「高」群では12.9年であった。「低」群は他の群と比較してかなり短い。総運転年数の平均は、「低」群では20.7年、「中」群では29.5年、「高」群では34.8年であった。今の会社歴が1.6年とかなり短い「低」群でも、総運転歴は20.7年であり、ドライバーとしてはベテランの領域であると思われる。

平日(勤務日)の平均的な睡眠時間の平均は、「低」群で6.3時間、「中」群で6.6時間、「高」群で6.8時間であった。相対的な若年者は睡眠時間が短く、高年齢者は睡眠時間がやや長めの傾向がある。休日の平均的な睡眠時間の平均は、「低」群が7.0時間、「中」群が7.5時間、「高」群が7.2時間であった。

以上を考察すると、年齢が高く運転歴が長いドライバーでは、本モデルの適合度が高く、相対的に若く、今の会社における運転年数が短いドライバーでは完全一致率が低い傾向があると推察される。このような傾向の原因については、本研究への協力のモチベーションの差なども考えられるが、年齢と関連する働き方の差や、会社に対するロイヤリティの差など 様々な要因が考えられる。多くのデータに基づくさらなる検討が必要である。

3-6. 治療の有無による分析

日常的な健康状態と疲れ度合いに関連があるか否かを調べるために、現在なんらかの治療を受けているドライバーと治療は受けていないドライバーを比較した。

(1) 治療の有無による群分けとドライバー個人要因

まずは、治療の有無による個人要因について検討する。治療の有無によるドライバーを群分けした年齢やBMIを表14に示す。

表 14 治療の有無によるドライバー群と個人要因

治療の有無による群分け	ドライバー No.	年齢	BMI	平均的 疲れ度合	平日平均 睡眠時間	休日平均 睡眠時間
治療なし群	D03	57.0	23.1	1	7.0	7.0
	D04	60.0	26.0	1	6.0	7.0
	D05	58.0	29.7	1	7.0	7.0
	D09	55.0	19.7	1	8.0	9.0
	D11	48.0	25.1	2	7.0	7.0
	D17	33.0	21.3	1	5.0	5.0
	D19	58.0	26.0	1	5.0	6.0
	D20	47.0	23.7	1	7.0	8.0
	D21	51.0	24.2	1	6.0	6.0
	D23	54.0	26.5	1	7.0	7.0
	D24	50.0	24.3	1	6.0	9.0
	D25	52.0	27.7	1	6.0	8.0
	D26	55.0	24.8	2	8.0	8.0
	D28	39.0	26.7	2	5.0	5.0
	D30	47.0	20.6	1	6.5	6.5
	D31	47.0	23.3	1	6.0	7.5
D33	43.0	23.5	2	7.0	7.0	
治療あり群	D01	62.0	28.3	1	7.0	7.0
	D02	59.0	24.3	1	8.0	6.0
	D06	46.0	36.4	1	6.0	8.0
	D07	55.0	29.8	1	7.0	8.0
	D08	46.0	25.9	1	6.0	6.0
	D10	62.0	22.4	1	7.5	8.0
	D12	54.0	22.2	1	5.0	5.0
	D13	52.0	20.7	1	6.0	6.0
	D14	69.0	24.1	1	7.5	7.5
	D15	67.0	23.8	1	7.5	8.0
	D16	54.0	26.8	1	7.5	7.5
	D18	67.0	27.0	1	不規則	不規則
	D22	44.0	26.1	2	8.0	8.0
	D27	52.0	18.2	1	7.0	8.0
	D29	49.0	20.1	1	7.0	8.0
D32	47.0	29.8	1	6.0	8.0	

群ごとの平均、標準偏差 (SD) を表 15 に示す。

表 15 治療の有無による群毎の年齢、BMI、平均的疲れ度合い、平日および休日の平均睡眠時間

	人数	年齢		BMI		平均的疲れ度合い		平日平均睡眠時間		休日平均睡眠時間	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
治療なし群	17	50.2	7.23	24.5	2.6	1.2	0.4	6.4	0.9	7.1	1.2
治療あり群	16	55.3	8.16	25.4	4.5	1.1	0.3	6.9	0.9	7.3	1.0

「治療なし」群は17名、「治療あり」群は16名でほぼ同数であった。

平均年齢は治療なし群が50.2歳、「治療あり」群が55.3歳であり、「治療あり」群が高い。

BMIは、「治療なし」群が24.5、「治療あり」群が25.4であり、「治療あり」群がやや高い。「治療あり」群のSDが4.5と「治療なし」群よりやや高く、ばらつきが多い。表14をみると36.4（日本肥満学会基準では「肥満（3度）」）と平均値よりもかなり高い例もあった。

平均的疲れ度合いは、「治療なし」群で1.2、「治療あり」群で1.1であった。SDもほぼ同値であり、差はないと思われる。

平日（勤務日）の平均的な睡眠時間の平均は、「治療なし」群で6.4時間、「治療あり」群で6.9時間であり、「治療あり」群でやや長い。

休日の平均的な睡眠時間の平均は、「治療なし」群で7.1時間、「治療あり」群で7.3時間で殆ど差はないと思われる。

以上の比較から、治療の有無は、年齢の要因が高く、年齢が高いドライバーは何らかの治療を受けている可能性が高いと推定される。また治療の有無には、年齢とも関連する可能性があるが、BMIが高めであることが影響している可能性があると考えられる。

(2) 治療の有無による群分けと「疲れ度合い」の予測精度

次に、治療の有無と「疲れ度合い」の予測値との関係を検討する。治療の有無によるドライバー群毎の、データ件数、完全一致率、±1一致率、コーエンのκw係数を表16に示す。前述したとおり、モデルの作成において、データとして除外されたドライバーがいるために、人数は表15の人数とは異なっている。

表16 治療の有無によるドライバー群毎の「疲れ度合い」予測モデルの精度

治療の有無による群分け	ドライバーNo.	データ件数	完全一致率	±1一致率	コーエンのκw係数
治療なし群	D03	34	76.5	100.0	0.985
	D04	150	66.0	98.0	0.975
	D09	11	54.5	100.0	0.972
	D11	234	63.7	98.3	0.971
	D17	73	41.1	91.8	0.948
	D19	135	79.3	100.0	0.987
	D20	104	56.7	93.3	0.957
	D24	302	62.3	99.3	0.975
	D25	48	45.8	91.7	0.944
	D26	136	75.0	99.3	0.983
	D28	173	48.6	79.8	0.924
	D30	440	78.2	99.3	0.985
	D31	48	93.8	100.0	0.996
	D33	51	37.3	92.2	0.946
治療あり群	D01	134	81.3	100.0	0.988
	D06	44	50.0	97.7	0.964
	D10	285	73.7	99.6	0.983
	D12	184	52.7	97.3	0.964
	D13	457	74.6	99.3	0.983
	D14	40	80.0	100.0	0.988
	D16	256	59.0	98.8	0.972
	D18	117	73.5	99.1	0.982
	D22	147	48.3	97.3	0.963
	D27	168	89.9	100.0	0.994
	D29	62	30.6	82.3	0.918
	D32	7	28.6	71.4	0.857

治療の有無による群毎の平均値、SDを表17に示す。

表 17 治療の有無によるドライバー群毎の「疲れ度合い」予測モデルの精度の平均値

	人数	データ件数		完全一致率		±1一致率		コーエンのκw係数	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
治療なし群	14	139	119.22	62.8	16.49	95.93	5.73	0.97	0.021
治療あり群	12	158	126.93	61.9	20.07	95.23	8.95	0.96	0.039

「治療なし」群の人数は14名で、データ件数の平均値は138.5件であった。「治療あり」群の人数は12名で、データ件数の平均値は158.4件であった。

完全一致率の平均は、「治療なし」群で62.77%、「治療あり」群で61.85%であり、ほぼ差はないと考えられる。

±1一致率の平均は「治療あり」群で95.93、「治療なし」群で95.23であり、同じくほぼ差はないと考えられる。

コーエンのκw係数は、「治療なし」群で0.97、「治療あり」群で0.96で差はないと考えられる。

以上の結果からは、完全一致率、±1一致率、コーエンのκw係数いずれにおいても、治療の有無による差は認められない。治療の有無は健康状態の重要な指標の1つであるが、健康状態の影響を検討するためには、その他の指標も用いた検討が必要であると考えられる。

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。実質2カ月の測定期間を確保し、集まったデータを厳選し、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) 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、さらに検討が必要である。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。

謝辞

本研究への研究助成を賜りました自動車安全運転センターに深く感謝いたします。また、中間報告会において、貴重なご助言を賜りました自動車安全運転センターの関係者様に御礼申し上げます。さらに、研究のフィールドとして多大なご協力をいただきましたバス会社の関係者の皆様に深謝いたします。

引用・参考文献

- 1) 国土交通省、自動車運送事業に係る交通事故対策検討会報告書（平成30年度）[第2分冊]、2019年、
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/subcontents/data/statistics60.pdf>
- 2) 大原記念労働科学研究所、平成28年度 ビッグデータ活用による事故防止対策推進事業についての調査、平成28年度国土交通省委託事業報告書、<http://www.mlit.go.jp/common/001189066.pdf>
- 3) 大原記念労働科学研究所、平成29年度 ビッグデータ活用による事故防止対策推進事業についての調査、平成29年度国土交通省委託事業報告書、<http://www.mlit.go.jp/common/001256985.pdf>
- 4) 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.
- 5) 豊田秀樹（編）、回帰分析入門—Rで学ぶ最新データ解析—、東京、東京図書、2012
- 6) Roger B & John MG, Observing Interaction: An Introduction to Sequential Analysis Second Edition, Cambridge, 1997:66-67.
- 7) Landis JR & Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977; 33(1):159-174.