

貨物列車運転士の眠気の発生要因

澤 貢* 山内 香奈* 鈴木 綾子*
村越 暁子* 鈴木 大輔*

Occurrence Factors of Sleepiness of Freight Train Drivers

Mitsugu SAWA Kana YAMAUCHI Ayako SUZUKI
Akiko MURAKOSHI Daisuke SUZUKI

In order to prevent accidents caused by sleepiness of freight train drivers, we investigated the occurrence factors of sleepiness. We selected 1,810 drivers with questionnaire investigation and 8 drivers with psycho-physiological load investigation for this study. Consequently, the importance of four factors namely: “duty condition,” “physical condition,” “lapse of time and time of day” and “operational condition” was pointed out as the occurrence factors of sleepiness. The present study has confirmed that 62% of the causes of duty for driver or train of sleepiness were two items of the “midnight and early morning” and “shortness of rest time,” and that the grade of the fall of a flicker value for drivers of an outward trip was the same as operation of the midnight of a return trip, etc. by low-speed operation.

キーワード：貨物列車，運転士，眠気，アンケート，因子分析，フリッカー値

1. はじめに

今日の鉄道は、ATS (Automatic Train Stop)、EB (Emergency Brake) 等の保安装置の整備によって、運転士の眠気が重大な事故に直結する可能性は大幅に軽減されている。しかし、徐行や災害時の運転規制、駅停車等では、運転士の注意力に頼っている場合が少なくない。眠気は、注意力を低下させる原因の一つであり、鉄道の安定した安全輸送において軽視できない問題である。特に貨物列車の運転士は、夜間の走行が多い等の種々の要因のため、運転中に眠気を生じやすく、特段の配慮が必要であると考えられる。

眠気予防対策を検討する上で、眠気がどのような状況で発生しているか、すなわち、眠気の発生要因を明らかにすることが重要である。貨物列車運転の運転士のフリッカー値を測定した調査結果がある^{1), 2)}。フリッカー値は、大脳の覚醒水準に対応して変化していると考えられ、眠気や疲労を調べる指標として広く用いられている。この調査によると、時刻、運転開始からの経過時間、行先地の睡眠時間、途中駅での列車退避時間がフリッカー値の低下に関係していることが確かめられている。しかし、これらの要因は、体系的に抽出したものではない。また、貨物列車運転士の眠気に関するアンケー

ト調査も行われているが、ガム咀嚼による覚醒効果の研究の一環としたものであり、眠気発生の時刻、運転開始からの経過時間についての検討に留まっている³⁾。

そこで、本研究では、貨物列車運転士の眠気の発生要因を体系的に整理、検討を行うために、アンケート調査とフリッカー値等を測定する現地調査を実施した。これにより、貨物列車運転士の眠気予防対策を検討するための知見を得ることができる。

2. アンケート調査

2.1 調査方法

2.1.1 対象

日本貨物鉄道株式会社の34運転区所の運転士1810名を対象とした。

2.1.2 時期

調査は、2008年2月～同年3月にかけての1ヶ月間で行った。

2.1.3 内容

調査票は、年齢、運転士の経験年数等の個人プロフィール、運転していて眠くなりやすい運転区間・仕業・列車、眠気の発生頻度、眠気の発生要因、直近の勤務(本調査票を記入する前の勤務)における眠気の発生と睡眠の状況、実践している眠気予防対策等の質問内容で構成し、無記名式とした。

* 人間科学研究部 人間工学研究室

特集：人間科学

2.2 調査結果

2.2.1 対象者の属性

運転士の年齢を「20歳以上30歳未満」「30歳以上40歳未満」「40歳以上50歳未満」「50歳以上60歳未満」「60歳以上」の5つのカテゴリーに分けて、年齢構成を調べた（有効回答1640データ）。その結果、「30歳以上40歳未満（37%）」が最も多く、次に「50歳以上60歳未満（22%）」「40歳以上50歳未満（18%）」の順となっていた。

運転士の経験年数については、15年未満の運転士が全体の52%を占めていた。

2.2.2 眠気の発生頻度

図1は、運転中に眠気を催している頻度を示したものである。有効回答は1752データであり、その内、61%の運転士は「1週間に1回程度以上」、27%の運転士は「1仕業に1回程度以上」の眠気を催しているという回答であった。

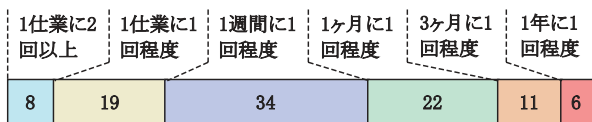


図1 眠気の発生頻度 (%)

2.2.3 眠気の発生要因

運転中の眠気の発生要因を明らかにするための38質問項目の回答について、「全く関係がない：1点」「あまり関係がない：2点」「どちらともいえない：3点」「やや関係がある：4点」「非常に関係がある：5点」と点数化し、類似質問項目の縮約を目的とした因子分析にかけた。有効回答1142データの因子分析の結果をもとに、表1に示す因子が存在するというモデルを立てた。このモデルがデータにどの程度あてはまっているかを検討した結果、モデルとデータとの適合度は十分な値であった（GFI（注1）=0.913, AGFI（注2）=0.893, RMSEA（注3）=0.057）。

表1の因子負荷量は、絶対値が大きいほど質問項目と因子の関係性が強いといえる。因子名は、各因子に含まれる質問項目の内容と因子負荷量から判断して名付けた。

一方、各因子に含まれる各質問項目の回答平均値の平均値が高いほど、眠気発生と関係があると回答されたことになる。これを回答平均値が大きい順にグラフ化したものが図2である。眠気発生に最も関係があると回答された因子は、労働時間、休憩時間等からなる「勤務条件」であり、次に体調、出勤前睡眠等からなる「体調」、勤務開始からの経過時間、時刻等からなる「経過時間・時刻」、運転速度、運転時分余裕等からなる「運転条件」の順に関係していることが明らかになった。これらの4つの因子の評定値は、いずれも3.0以上であり、眠気予防対策としての優先順位の高い因子であることも示している。

表1 因子分析の結果

因子	質問項目	因子負荷量	回答の平均値
保安装置	保安装置の違い (ATS-SF, ATS-PF, ATC)	0.75	2.48
	踏切有無 (無し, 多い)	0.70	2.61
	椅子座り心地 (良い, 悪い)	0.66	2.89
	機関車種別 (EL, DL等)	0.62	2.36
性格・年齢	性格 (活発, 安全意識, 責任感等)	0.73	2.91
	年齢 (若年, 中年, 老年)	0.69	3.10
体調	体調 (疾病, 疲労, 風邪薬服薬時等)	0.64	4.21
	出勤前家庭状況 (レジャー, 家業等)	0.63	3.41
	出勤前睡眠 (熟睡, 寝不足等)	0.62	4.24
	勤務スケジュール (休日明け, 休日前等)	0.55	3.84
	室内温度・通気状態 (暖冷房, 通風機構の有無等)	0.52	3.60
勤務条件	食事 (食前, 食後)	0.51	3.80
	仕業労働時間 (短い, 普通, 長い)	0.94	4.32
	仕業拘束時間 (短い, 普通, 長い)	0.91	4.24
	1継続運転時間 (短い, 長い)	0.58	4.01
線路条件	勤務途中休憩 (短い, 長い)	0.48	4.47
	線路条件② (見通しのよい直線の有無)	0.81	3.03
	線路条件① (連続上り・下り勾配)	0.78	3.00
	線路条件③ (トンネル区間)	0.71	2.93
車内騒音・振動	車内騒音 (大小, リズム等)	0.93	2.56
	車内振動 (大小, リズム等)	0.85	2.74
経過時間・時刻	勤務開始後の経過時間 (初期, 中期, 後期)	0.76	3.49
	乗務開始後の経過時間 (直後, 中間, 終了前等)	0.65	3.53
	往復別 (往路, 復路)	0.62	3.26
	時刻 (朝, 昼, 夜, 深夜, 早朝等)	0.44	4.34
運転条件	操縦条件 (力行, 惰行, ブレーキ)	0.69	3.19
	運転速度 (高速・低速列車)	0.69	3.48
	運転時分余裕 (余裕の大小)	0.67	3.63
緊張度	要注意箇所通過 (通過後, 通過中, 通過前)	0.67	2.98
	天気 (晴れ, 雨, 雪等)	0.67	2.89
	乗務形態 (本線運転, 入換運転)	0.66	2.82
	添乗有無 (指導員, 保線作業員等)	0.63	2.98
	季節 (春, 夏, 秋, 冬)	-	3.20
	家庭内心配事	-	3.09
	無停車運転時間 (短い, 長い)	-	3.51
	途中駅停車時間 (短い, 長い)	-	3.55
	作業への慣れ (不慣れ, 熟練)	-	3.25
	貨物線 (主として貨物列車しか走らない線区か否か)	-	2.23

なお、因子にまとめられなかった項目の中では、無停車運転時間、途中駅停車時間等が眠気発生とやや関係があるものとして挙げられていた。

図3は、運転していて眠くなりやすい仕業または列車の原因について、回答が1%以上であった項目を大きい順に示したものである（有効回答1416データ）。計9項目の内訳を見ると、「勤務条件」に係わる「休養時間が短い（36%）」「長時間勤務（8%）」「ダブル泊（二夜連続勤務）（3%）」「休養のタイミングが悪い（2%）」の4項目、「体調」に係わる「食後（3%）」の1項目、「経過時間・時刻」に係わる「深夜早朝帯（26%）」の1項目、「運転条件」に係わる「運転時分に余裕がある（6%）」「低速運

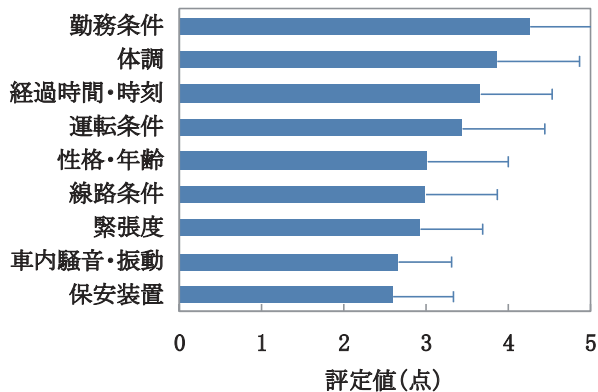


図2 各因子に含まれる質問項目の回答平均値の平均値と標準偏差

転(3%)」の2項目が挙げられ、「長時間停車(6%)」が入っている他は、「勤務条件」「体調」「経過時間・時刻」「運転条件」の4つの因子の重要性を概ね支持するものであった。

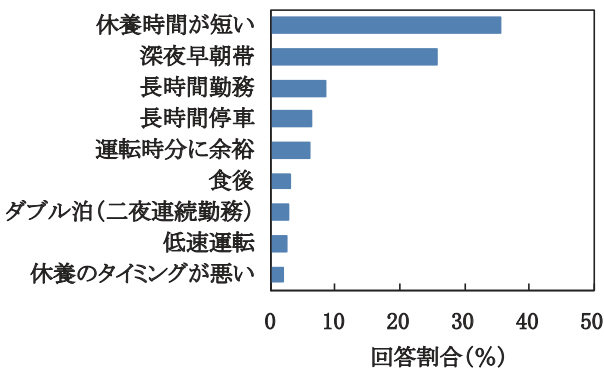


図3 眠くなりやすい仕業または列車の原因

2.2.4 休養時間の長さや深夜早朝運転の眠気

運転していて眠くなりやすい仕業または列車の主要な原因では、「勤務条件」に係わる「休養時間が短い」と「経過時間・時刻」に係わる「深夜早朝帯」の2項目で全体の62%を占めていた。そこで、休養時間の長さや深夜早朝運転の眠気との関係の検討を試みた。なお、休養時間とは、行先地(勤務の中間において乗務のため他の列車を待ち合わせる箇所)において乗務した列車の到着時刻から次に乗務する列車の発車時刻までの時間の内、看視時間、入換時間、出入区時間、折返し準備時間を除いた時間と定義する。

分析方法は次の通りである。「休養時間が短く眠くなりやすい」という回答が10%以上あった列車を「眠い列車」、10%未満であった列車を「眠くない列車」と分類した。10%以上、未満の基準は、データ数を確保するために暫定的に決めたものである。後述する眠気の発生時刻を参考に1時から7時35分の間に完全に入る列車に限定

すると、「眠い列車」は6運転区所の10列車であり、この10列車と同じ運転区所で「眠くない列車」は49列車あった。今回、これらのデータを分析対象とした。

独立変数に「休養時間」と「運転時間」、従属変数に「眠い列車かどうか」を投入して、発生確率を予測するロジスティック回帰分析を行った。「休養時間」は、5%水準で統計的に有意であったが、「運転時間」は統計的に有意でなかった。この結果は、眠い列車かどうかに影響を与えるのは「休養時間」のみであり、「運転時間」は影響を与えないことを示す。そこで、独立変数に「休養時間」のみを投入して再度ロジスティック回帰分析にかけた結果、そのモデルの予測精度はROC(Receiver Operating Characteristic)曲線下面積=0.76となり、概ね良好であった。このモデルをグラフ化したものが図4である。例えば、「休養時間」が120分、240分の場合の眠気の発生確率を予測してみると、各々、23%、8%となる。本モデルは、深夜早朝運転のための休養時間の策定に役立つと考えられる。

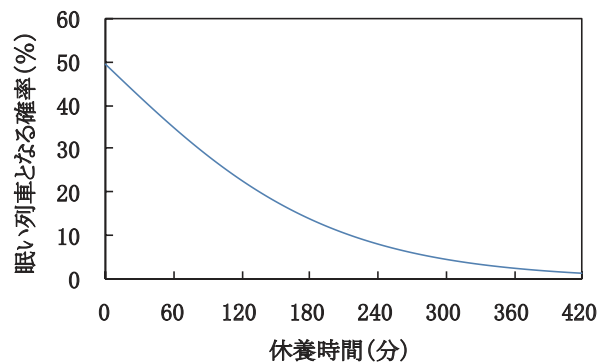


図4 眠い列車となる確率の予測値

2.2.5 体調と眠気

眠気予防対策の優先順位の高い因子として、「体調」が得られた。「体調」と眠気との関係は次の通りである。

図5は、最近の健康状態の自覚感と眠気の発生頻度との関係を示したものである。健康状態を「調子がいい」「普通だと思う」「不調気味」の3つのカテゴリーに分けて調べた結果、「調子がいい」と感じている運転士の方が「不調気味」と感じている者よりも、眠気の発生頻度として「1仕業に2回以上」または「1仕業に1回程度」を選択する割合が低くなっている傾向が示された。身体持久力の維持・向上が、生活習慣病予防等の健康のためのみならず、覚醒水準低下に起因する事故の防止の観点からも重要であることを指摘している報告もあり^{4)~6)}、眠気を事前に防ぐためには普段の自己管理が重要であるといえる。

出勤前の自宅睡眠と眠気との関係は次の通りである。直近の勤務が日勤の場合の自宅での平均睡眠時間は6時間35分であった(有効回答1663データ)。自宅睡眠の程

特集：人間科学

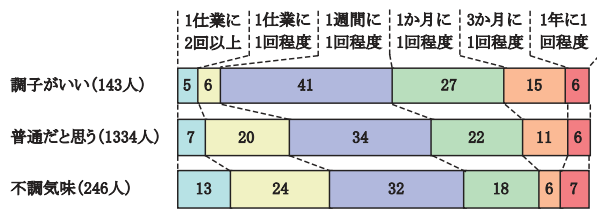


図5 健康状態の自覚感と眠気の発生頻度 (%)

度について、「とてもよく眠れた」～「ほとんど眠れなかった」の5段階評価で回答を求めたところ、「とてもよく眠れた」「よく眠れた」「普通に眠れた」の合計で88%を占めていた。「あまり眠れなかった」または「ほとんど眠れなかった」と回答した運転士(有効回答198データ)の睡眠を妨げた原因では、「神経が興奮して(22%)」が最も多く、次に「明るさ・暗さが不快(17%)」「騒音が不快(15%)」が多くなっていた。

図6は、日勤の場合の自宅睡眠の程度と4時～7時の運転中の眠気との関係を示したものである。自宅でもとてもよく眠れた運転士ほど、運転中に「眠気が全然なかった」と回答する運転士が多く、逆にほとんど眠れなかった運転士ほど「非常に眠気が強かった」または「眠気がかなり強かった」と回答する運転士の割合が高くなっている傾向が示された。また、自宅睡眠の程度が良好なほど運転中の眠気の程度が低いという関係は、他の時刻帯においても見られるが、1時～7時の深夜早朝帯が最も顕著であった。

一方、直近の勤務が泊勤務の場合の自宅での平均睡眠時間は日勤に比べて長く、7時間42分であった。泊勤務の宿泊所での平均睡眠時間は4時間4分であり、「とてもよく眠れた」「よく眠れた」「普通に眠れた」の合計は60%であった。日勤の自宅睡眠の程度に比べて低い値となっているが、これは就寝時刻や睡眠時間が一定でないことによる影響も含まれていると考えられる。宿泊所で「あまり眠れなかった」または「ほとんど眠れなかった」と回答した運転士(有効回答488データ)の原因については、「神経が興奮して(24%)」が最も多く、次に「騒音が不快(18%)」「室温が不快(15%)」「寝具が不快(11%)」が多くなっているという実態が明らかになった。

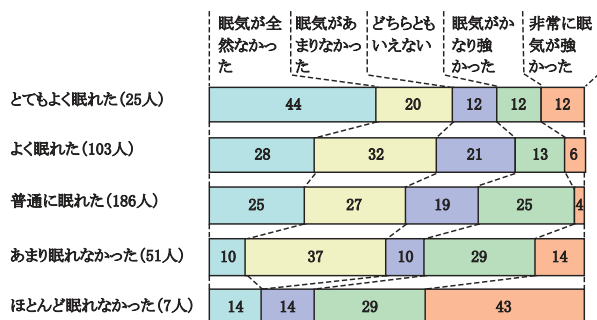


図6 自宅睡眠の程度と4時～7時の眠気の程度 (%)

2.2.6 経過時間・時刻と眠気

「経過時間・時刻」と眠気との関係は次の通りである。図7は、これまでの体験から運転中に眠気を催している時刻帯について、3時間毎に区切った6つのカテゴリーの中から、2つ選択された回答結果を示したものである。また、図中には民鉄・地下鉄9社の旅客列車運転士422名の調査結果を加えている⁷⁾。貨物全体(1779名)の選択割合を見ると、1時～4時と4時～7時の深夜早朝帯は他の時刻帯に比べて高く、過半数の運転士が選択していた。次いで、13時～16時、22時～1時の時刻帯の選択割合が高くなっていた。これらの傾向は、年齢別に見ても同様であった。一方、旅客列車運転士の場合は、午後の13時～16時を選択する割合が最も高く、貨物列車運転士の結果と異なっていた。そこに、貨物列車運転の特色がよく表れている。

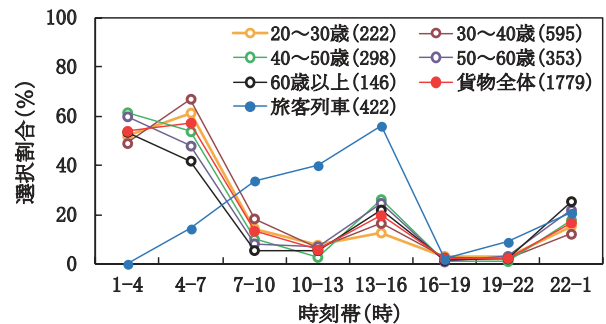


図7 眠気の発生時刻帯

図8は、運転開始からどの程度時間が経過したところで眠気を強く感じているかの回答結果を示したものである(有効回答1751データ)。選択割合を見ると、「30～60分」「60～90分」の合計で68%を占めていた。この傾向は、年齢別にみてもほぼ同様であった。一方、1継続運転時間の平均値について、3運転区所の仕業、計79列車を代表として求めると、134.4±67.0時間であった。すなわち、本結果の少なくとも一部は、乗務途中の「中だるみ」による影響であると考えられる。

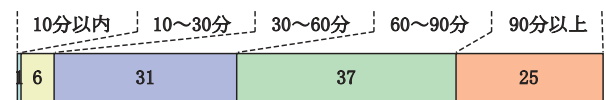


図8 眠気を強く感じる運転開始からの時間の分類 (%)

2.2.7 運転条件と眠気

「運転条件」の因子には、「操縦条件(力行、惰行、ブレーキ)」の質問項目が含まれていた。貨物列車運転士が運転する全国の路線について、運転していて眠くなりやすい運転区間の原因を求めた結果、眠気の訴えが見られたすべての運転区間に共通して、操縦条件に係わる「ノッチ等の運転操作が少ない」という項目が挙げられ

ていた。また、「トンネル内」「景色単調」「高架区間」等のように状況の変化が乏しい区間、「セクション通過後」「勾配区間通過後」のように緊張の途切れに関係する区間で眠気の訴えが多く見られるという実態が明らかになった（表2）。

表2 眠気の発生原因一覧

ノッチ等の操作が少ない	見通し良好
抑速ブレーキ使用	貨物専用線
補助機関車使用	閉塞区間が長い
トンネル内	駅間が長い
踏切が少ない	制限が少ない
高架区間	セクション通過後
景色単調	勾配区間通過後
景色良好	

3. 現地調査

3.1 調査方法

アンケート調査から得られた結果を客観的に調べるために、眠気の訴えが見られた運転区間を対象とした現地調査を行った。

3.1.1 調査の対象仕業・時期

E運転区所のI仕業を選定し、運転士6名（平均年齢：32.5歳）を対象に2010年8月2日～8月10日にかけて調査を行った。なお、事前調査として、測定項目等の調査内容を設定するために、E運転区所のII仕業およびF運転区所のIII仕業を選定し、各仕業の運転士1名を対象とした調査を2010年1月19日と2月18日に行った。対象仕業は図9の通りである。

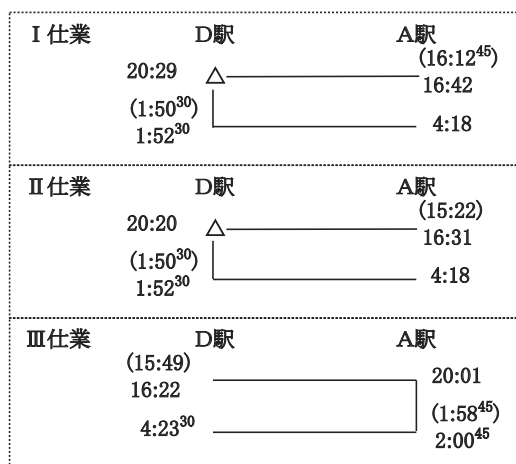


図9 対象仕業の行路

3.1.2 測定項目

生理評価指標として、フリッカー値および自律神経系の緊張度を表すとされている心拍数を用いた。フリッ

カー値測定は、明興社製の橋本式フリッカーテスターを用い、調査者が運転士とともに行動して乗務前後、停車駅等で行った。心拍数測定は、ヴァイン社製の携帯型HRメモリーマックを用い、勤務中に連続記録した。また、行先地での睡眠時間を調べるため、米国A.M.I社製のアクチグラフを用いた。心理評価指標では、日本産業衛生学会産業疲労研究会編の疲労自覚症状しらべを用いた。

3.2 調査結果

図10は、I仕業の運転士5名平均のフリッカー値およびII仕業とIII仕業の各運転士1名のフリッカー値について、各仕業の出勤時の安静値を基準に示したものである。なお、I仕業において踏切等の沿線で発生した異常を伝える特殊信号発光機の点灯を受けて緊急停止した事象のデータは分析から除外した。

I仕業を見ると、往路の最初の停車駅（19時11分）でのフリッカー値は、出発駅からの149分間の無停車運転と、平均速度60.8km/hの低速運転によって、復路の深夜帯の運転と同じ程度低くなっていた。また、復路では、行先地で平均2.2時間（アクチグラフによる推定値）の睡眠をとっているが、フリッカー値および疲労自覚症状（図11）が回復しないまま低レベルの覚醒状態で推移していた。2つの事前調査の結果についても、フリッカー値のレベルは異なるものの、時間経過に伴う変化パターンはI仕業と類似している傾向が示された。

図12は、I仕業の運転士5名平均の心拍数の推移を駅

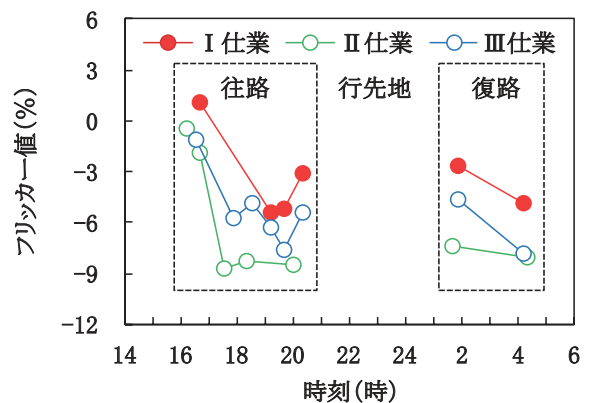


図10 フリッカー値の推移

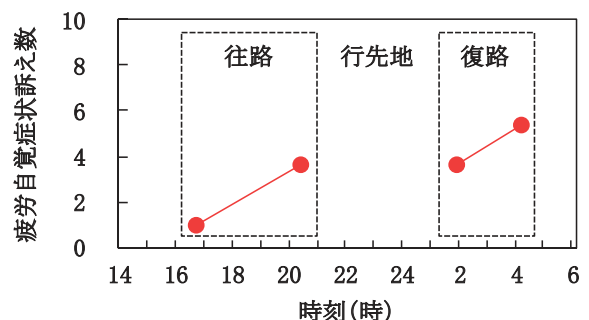


図11 I仕業の疲労自覚症状の推移

特集：人間科学

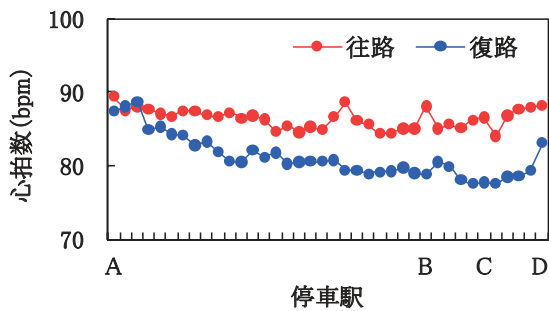


図 12 I 仕業の心拍数の推移

間(通過駅含む)毎に示したものである。復路は往路に比べて、運転経過時間に伴う心拍数低下の度合いが大きく、自律神経機能が弛緩状態に移行している傾向が示された。その少なくとも一部は、状況の変化の乏しさによる影響であるが、深夜帯の時刻の影響によるところが大きいと考えられた。

本結果は、休憩時間からなる「勤務条件」、経過時間および深夜の時刻帯からなる「経過時間・時刻」、運転速度からなる「運転条件」が眠気発生に関係していることを支持するものである。

4. まとめ

貨物列車運転士の眠気の発生要因を明らかにし、眠気予防対策を検討するための知見を得るために、アンケート調査と現地調査を行った。その結果ををもとに眠気の発生確率を予測するモデルを作成し、その妥当性を検証した。以下に、まとめる。

- (1) 眠気発生に大きく関係している要因として、「勤務条件」「体調」「経過時間・時刻」「運転条件」の4つの要因の重要性を指摘した。
- (2) 眠気が生じやすい仕事または列車の原因として、「勤務条件」に係わる「休養時間が短い」と「経過時間・時刻」に係わる“深夜早朝帯”の2項目で62%を占めていた。1時～7時の深夜早朝帯では、過半数の運転士が眠気を生じている実態が示された。
- (3) 「体調」に係わる健康状態の自覚感として、「調子がいい」と感じている運転士の方が「不調気味」と感じている者よりも眠気の発生頻度が低い傾向が示された。また、自宅睡眠の程度が良好なほど運転中の眠気の程度が低いという関係が示された。
- (4) 現地調査において、往路のフリッカー値は低速運転および長時間の無停車運転によって、復路の深夜帯の運転と同じ程度低くなっていることを確認した。
- (5) 休養時間から深夜早朝運転の眠気の発生確率を予測するモデルを作成した。

5. おわりに

本結果をもとに、貨物列車運転士の眠気予防のための基礎知識と実践方法を解説した小冊子を取りまとめた。また、全国の鉄道やバス・トラック路線でも同様な調査を行うことが可能であり、各事業者の特性を考慮した眠気予防対策が提案できる。

最後に、アンケート調査ならびに現地調査において、日本貨物鉄道株式会社の関係者に多大なご協力を賜った。ここに深謝の意を表す。

注1) GFI (Goodness of Fit Index) とは、モデルがデータのもつ分散共分散をどの程度説明するかの割合をいう。

注2) AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) とは、GFI を自由度で調整した指標である。

注3) RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) とは、モデルの分布と真の分布(実際のデータの分布)の乖離を1自由度当たりの量として表現した指標である。

文 献

- 1) 橋本邦衛, 白井薫, 深野重次郎: 電気機関車乗務の生理負担に関する研究 - 米原機関区乗務員による貨物列車の長距離運転の疲労について -, 鉄道労働科学, Vol.16, pp.75-99, 1964
- 2) 貨物列車乗務員の運転時の生理的負担に関する研究: 佐藤清, 池田守利, 倉又哲夫, 塚本博康, 柏村進一郎, 澤貢, 鉄道総研報告, Vol.6, No.2, pp.43-49, 1992
- 3) 倉又哲夫, 水上直樹, 宇賀神博, 池田守利, 佐藤清, 佐藤吉永, 滝口俊男, 鈴木義久, 工藤照三: 運転士の覚醒レベル保持対策の研究(II) - 鉄道運転士を対象とした特製ガムの眠気防止効果に関するアンケート調査結果 -, 日本咀嚼学会雑誌, Vol.6, No.2, pp.9-16, 1996
- 4) 澤貢, 倉又哲夫, 佐藤清, 水上直樹, 藤枝賢春: 列車運転士の持久性体力と健康および疲労との関連性, 鉄道総研報告, Vol.16, No.1, pp.19-22, 2002
- 5) 水上直樹, 佐藤清, 倉又哲夫, 澤貢: 長時間拘束条件下の単調作業遂行時の覚醒レベルと身体持久力との関係についての検討: 交通医学, Vol.57, No.3・4, pp.83-89, 2003
- 6) 澤貢, 倉又哲夫, 佐藤清, 水上直樹, 大久保堯夫: 長時間拘束条件下の単調作業時に対する体力の影響: 交通医学, Vol.57, No.3・4, pp.90-96, 2003
- 7) 井上貴文: 列車運転士の覚醒レベルについての質問紙調査: 鉄道総研報告, Vol.16, No.1, pp.27-32, 2002