

運転外部環境（スモッグ）がドライバーの運転疲労に与える影響 に関する研究

日大生産工(院) ○李海宇 日大生産工 景山 一郎

1 まえがき

近年の中国の環境汚染問題は厳しいが、スモッグは運転疲労、交通安全、ドライバーの健康と輸送の効率に直接関係しており¹⁾、霧霾の特徴に対して、スモッグが運転疲労に与える影響の研究は重要である。したがって、本研究はスモッグ天気で、専門運転士の自覚症状を通して、運転疲労の総合評定を行う。同時に、伝統的な感官評定方法を用いて、交通環境影響要因を測定する。自動車運転疲労の定義、スモッグの定義、スモッグは人間に影響、アンケートの設計、調査試験、データ処理などの過程を融合させた総合的な官能評価方法を提出した。これによって、運転疲労の総合判定と自動車の外部環境要因は運転疲労に影響を検討することを実現する。スモッグ濃度の増加に伴って、運転疲労の程度が増加するかどうかの確認と様々な要因の中で、スモッグと他の環境要因は運転疲労に影響の大小と比重に関することを了解するために、中国運転士の運転疲労の実証研究を通して、この方法の有効性と可行性を検査した。それによって、今後のスモッグと運転疲労研究に関して、理論根拠を提供された。本報告では、以下の測定結果について報告する。

2 実験方法および測定方法

2.1 運転疲労の測定方法の選択

スモッグの特徴²⁾を考慮して、実験環境は室内で行うことができないと考え、評価性測定法の長所を結合して、最後に、改善及び完備した調査表の方法を選択した。

2.2 転疲労総合評定アンケートの開発の原因

調査表は感官の評定、疲労調査などに不可欠な測定用表であり、提出した総合評定方法について、現在既存の調査表が利用できない。一方、これらの調査表は、スモッグまたは交通環境と人間などに影響³⁾が含まれていない。その一方

で、運転疲労が精神的疲労⁴⁾に移行している。したがって、自動車の疲労自覚症状のテスト項目について再考察する必要がある。そのため、スモッグの条件で、新しい自動車運転疲労総合調査表の開発は必要である。

2.3 調査用紙の設計方法とステップをFig. 1に示す

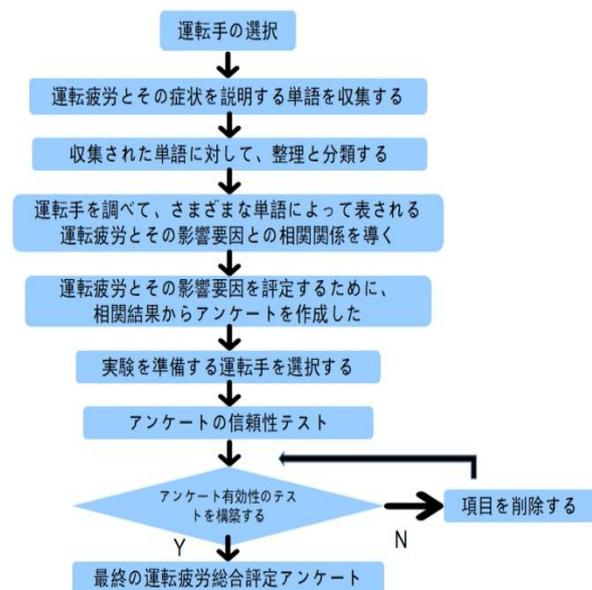


図1 調査用紙の設計方法とステップ

2.4 具体的な運転疲労総合評定アンケート

上の方法で開発された運転疲労総合評定アンケートは、5つの要素、合計41個項目がある。5つの要素はAドライバーの情報、B運転任務、C身体と精神的状態、D環境条件、E疲労状況である。このアンケートはLikert 10点の調査表を採用する。アンケートの評定尺度の左側に近づくほど、疲労が少なくなる。アンケートの評定尺度の右側に近づくほど、疲労が多くなる。表1に示す。

Study on the Influence of Environmental Situation on Driver's Fatigue

Haiyu LI, Ichiro KAGEYAMA

表1 運転疲労総合評価アンケート

A ドライバー情報		B 運転任務										固定勤務時間8時間			
1	年齢	歳	5	運転距離	km										
2	身長	cm	6	途中休息	回										
3	体重	kg	C	身体と精神の状態											
4	運転経験	年	7	睡眠時間	時間										
			8	既往症(風邪、熱)	など										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9	気分	Good											Bad		
10	運転前の疲労	No											Yes		
11	道路熟知度合い	Yes											No		
D 道路環境条件															
D 道路環境条件			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
12	迂回路	多い											なし		
13	上り、下り坂	多い											なし		
14	歩行者数	多い											なし		
15	道路標識見やすさ	Good											Bad		
16	前の視野	Good											Bad		
17	交通混雑状況	Bad											Good		
18	道路幅	広い											狭い		
19	車内臭み、匂	なし											濃い		
20	塵	なし											多い		
21	車室内温度	快適											不快		
22	気圧	快適											不快		
23	天気	Good											Bad		
24 (PM2.5)															
25 (AQI)															
E 疲労状況			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
26	尻が痺れる (ass is numb)	No											Very		
27	呼吸が支える (breathing is not smooth)	No											Very		
28	胸が塞ぐ (chest tightness)	No											Very		
29	目眩がする (to be dizzy)	No											Very		
30	頭の痛み (the pain of the head)	No											Very		
31	吐き気 (to be sick)	No											Very		
32	咳 (cough)	No											Very		
33	くしゃみ (sneeze)	No											Very		
34	手足がぐったりする (hands and feet are weak)	No											Very		
35	いろいろ易い (easily irritated)	No											Very		
36	注意力 (attention)	集中											散漫		
37	眠り、臥したい (want to sleep and lie)	No											Very		
38	肩の痛み (the pain of the shoulder)	No											Very		
39	目の乾き (dryness of eye)	No											Very		
40	腰の痛み (the pain of the waist)	No											Very		
41	疲れた (tired)	No											Very		
名前		性別	日付	運転時間	時から	時まで									

2.5 実験条件の限定

- ①同じな職業：運転士 40人 30日間
- ②同じな勤務時間：毎日8時間（ご飯を食べる時間30分ほど）
- ③場所の選択：中国遼寧省本溪市
（中国遼寧省本溪市は中国の重要な工業基地であり、環境問題はとても厳しい。）

2.6 調査手順

実験の実施期間は2018年8月10日から2018年9月10日まで、回収時に対象者のプライバシー保護のため、記入者自身がアンケートを封筒に入れて回収した。回収日付は2018年9月12日である。

2.7 中国Air Quality Index (空気品質指標) の計測器をFig. 2に示す



図2 空気品質指標計測器上の計測器、AQIとPM2.5を計測できる。AQIとPM2.5の統計結果を表2に示す。

表2 実験期間の汚染状況統計

日付	AQI	質量等級	PM2.5
2018-08-10	169	中程度汚染	127
2018-08-13	129	軽度汚染	98
2018-08-14	82	良	60
2018-08-15	70	良	51
2018-08-16	144	軽度汚染	120
2018-08-17	294	深刻な汚染	244
2018-08-20	45	優	23
2018-08-21	122	軽度汚染	92
2018-08-22	61	良	28
2018-08-23	111	軽度汚染	84
2018-08-24	86	良	64
2018-08-27	194	中程度汚染	146
2018-08-28	133	軽度汚染	100
2018-08-29	54	良	36
2018-08-30	103	軽度汚染	78
2018-08-31	76	良	58
2018-09-03	152	中程度汚染	116
2018-09-04	92	良	58
2018-09-05	64	良	46
2018-09-06	117	軽度汚染	94
2018-09-07	66	良	46
2018-09-10	35	優	17

3 実験検討および結果 (SPSSで)

3.1 アンケートのコンフィデンスの検査

アンケート全体のCronbach's係数は0.735であり、各項目のCronbach's係数は0.600~0.800。全て信頼できる範囲。したがって、この調査実験は信用できる。

3.2 アンケートの有効性の検査

①KMO値の検定

まず、各項目間 (影響要素) の相関検査を行う。得たKMO値は0.788であり、各項目間の相関性が弱いことを説明できた。

②Bartlettの球面性検定

Bartlettの球面性検定結果から見ると、 X^2 統計値の確率は0.000 ($P<0.01$)。関連係数の行列が非単位行列を説明した。だから、実験データの相関性は持っているが、アンケートの有効性を検証するための因子分析に適している。注意が必要なのは、因子分析が独立変数だけに分析される。

③因子分析

因子抽出は「主成分法」で、特徴値 >1 を標準とする。結果は：

- a. 25個独立変数に関して、「途中休息」と「道路標識見やすさ」と「前の視野」の共同度は60%~70%であり、他の独立変数の共同度は全部 $>70%$ 。独立変数の情報の損失は少ない。
- b. 4つの因子を抽出して、この4つ因子の累積分散は74.343。

aとbを通して、この4つの因子は、アンケートの独立変数の特性を解釈、概括できた。

3.3影響要素は「疲労感」と「居眠り」に寄与度

①目的 :疲労感はドライバーの総合的な反映であり、各影響要因は疲労感に寄与度を通して、各影響要素の役割の大きさを了解できる。それによって、ドライバーの疲労問題を解決する方法や対策を探し出すことができる。

②計算方法： 各影響要因はドライバー影響の役割が互いに独立しないので、ここでは、重回帰分析方法を採用した。多変数の数学統計理論に基づいて、独立変数の相関性は大きくない場合（相関係数 <0.3 ）、互いに独立の変数と同じように処理することができて、高い信頼性を持っている。独立変数の他の独立変数との相関係数が0.4を超える場合、この研究は、まず、相関分析を通して、相関性が大きい独立変数を探し出して、それを1組に合併して、最後に、それらの疲労感に連合寄与度を求める。（相関係数はSPSSで計算できる）

具体的な計算式は：

- a. 独立変数の他の独立変数との相関係数が <0.3 の場合：

$$R^2_i = R^2 - R^2_{.i} \quad (1)$$

- b. 独立変数の他の独立変数との相関係数が >0.4 の場合：

$$R^2_{ijk} = R^2 - R^2_{.ijk} \quad (2)$$

③計算式の説明 :Rはドライバーの疲労感と全部の影響要因との重相関係数 ; R^2_i は第i影響要因が疲労感に寄与度 ; $R_{.i}$ は疲労感と第i影響要因以外のすべての影響要因との重相関係数 ; R^2_{ijk} は第i、j、k影響要因が疲労感に連合寄与

度 ; $R_{.ijk}$ は疲労感と第i、j、k影響要因以外のすべての影響要因との重相関係数。

④計算結果：

表3 影響要因は「疲労感」に寄与度

影響要素	寄与度%
A 1 + A 4 年齢と運転経験	1.6
A 2 + A 3 身長と体重	1.1
B 5 運転距離	5.3
B 6 途中休息	11.0
C 7 睡眠時間	2.7
C 8 + C 9 既往症と気分	5.3
C 1 0 運転前の疲労	1.3
C 1 1 道路熟知度合い	2.6
D 1 2 + D 1 3 迂回路と上り、下り坂	6.1
D 1 4 + D 1 7 歩行者数と交通混雑状況	1.8
D 1 5 道路標識見やすさ	0.8
D 1 6 + D 2 0 前の視野と塵	0.5
D 1 8 道路幅	0.3
D 1 9 車内臭み、匂	1.7
D 2 1 + D 2 2 車室内温度と気圧	1.4
D 2 3 天気	1.3
D 2 4 + D 2 5 PM2.5 と AQI	3.9

表4 影響要因は「居眠り」に寄与度

影響要素	寄与度%
A 1 + A 4 年齢と運転経験	4.1
A 2 + A 3 身長と体重	0.8
B 5 運転距離	2.8
B 6 途中休息	2.6
C 7 睡眠時間	3.1
C 8 + C 9 既往症と気分	1.7
C 1 0 運転前の疲労	1.9
C 1 1 道路熟知度合い	0.6
D 1 2 + D 1 3 迂回路と上り、下り坂	2.5
D 1 4 + D 1 7 歩行者数と交通混雑状況	1.9
D 1 5 道路標識見やすさ	0.2
D 1 6 + D 2 0 前の視野と塵	2.1
D 1 8 道路幅	4.1
D 1 9 車内臭み、匂	0.2
D 2 1 + D 2 2 車室内温度と気圧	0.4
D 2 3 天気	1.1
D 2 4 + D 2 5 PM2.5 と AQI	0.4

3.4直観的なトレンドをFig. 3に示す



図3 トレンド図

説明：

- ①日付は、PM2.5に従って、低から高に並べられる。
 - ②青い線はPM2.5の日平均値の変化である。
 - ③赤い線は毎日アンケートE部分の疲労状況の総点の平均値の変化である。(満点は160点)
- ### 3.5分析とアドバイス

橋本邦衛さんの分析⁵⁾を通じて、30%の深刻な交通事故はドライバー運転中の運転疲労と居眠りによって引き起こされている。したがって、環境変化はドライバーの運転疲労と居眠りに影響要因や影響程度を明らかにすることが現実的な意味がある。

- ①表3から見ると、「途中休息」、「既往症と気分」、「運転距離」、「迂回路と上り、下り坂」は「疲労感」に寄与度が大きい。これは橋本邦衛さんの自動車交通事故調査の統計結果と一致している。
- ②表3から見ると、「PM2.5とAQI」は「疲労感」に寄与度が3.9であり、様々な要因の中に、著しい影響度があるので、無視することができない。これは交通管理のため、有力な方法と根拠を提供することができた。
- ③表4から見ると、寄与度一番大きいのは「年齢と運転経験」だ。つまり、ドライバーの年齢が大きくなり、運転経験が長くなり、ドライバーが運転中に居眠りをしにくくなった。これも自動車交通事故調査の統計結果と一致している。
- ④「PM2.5とAQI」は「疲労感」に寄与度が大きいであり、影響も大きい。「PM2.5とAQI」は「居眠り」に寄与度が小さいであり、影響はとても小さい。各影響要因は「疲労感」と「居眠り」に寄与度も違う。これから見ると、現代

自動車の運転疲労研究では、疲労感と居眠りが二つの異なる概念を明確するべきだ。

⑤トレンド図3から見ると、スモッグの日平均値の増加につれて、疲労状況の整体趨勢も増加した。スモッグは運転疲労に重要な悪い影響を与えることが分かった。これは予想と一致している。

⑥「途中休息と運転距離」は「疲労感と居眠り」にいずれも明らかな影響があり、「迂回路と上り、下り坂」は「疲労感」に寄与度も大きい。こちらの要因はドライバーの仕事の量に大きな影響がある；「道路幅」は「居眠り」に寄与度が大きい。この要因はドライバーの神経緊張に著しい影響がある。したがって、自動車交通管理において、これらの要因を総合的に考えるべき、途中で休憩の回数と時間を合理的に手配する。

⑦運転前の「PM2.5とAQI」などの環境汚染の監視は交通管理にも重要である。例えば、スモッグの値が高い場合、ドライバーは運転任務を合理的に分配し、運転の取り消す権利もある。安全のために、仕事の量も合理的に減少するべきだ。

4 まとめ

本稿で完成した調査試験の分析結果は予測結果と自動車交通事故統計結果と一致している。本調査試験結果の信頼性を示し、この運転疲労総合評価方法は有効である。

運転疲労の研究は非常に複雑な人間-車-環境システムの問題であり、ドライバー運転疲労の生理測定と各影響要素の物理測定と本文の調査表と結合するのはさらに大量の研究活動が必要である。

「参考文献」

- 1) 長町三生, 自動車の感性科学のアプローチ [J], 日本自動車技術, 1989, 43 (1) p. 51-52.
- 2) Sun Di, Wang Dongmei, Harm of haze to human body and its nursing countermeasure. Heilongjiang University of Chinese Medicine Heilongjiang 150040 China .
- 3) 楊卓森, 霧霾污染致人体健康效応的研究進展 [J], 職業与健康, 2014,30,(17) p.2517-2520.
- 4) ISO6385-1981,Ergonomics Principles in the Design of Work Systems [S] .
- 5) 橋本邦衛, 自動車事故原因の調査分析 [J], 人間工学, 1989,25(20) p.10-21.