

運転士のワークロードを予測する

澤 貢

人間科学研究部(人間工学 主任研究員)



さわ みつぐ

はじめに

運転士の勤務は、列車の運行に合わせて決められるため、毎日の出勤・退勤の時刻や勤務の長さが不規則となります。これをどのように適正にするかといった研究は長年にわたって続けられ、その成果は今日の乗組員数、深夜乗務の制限、1継続乗務時間の限度などの基準を生み出す一つの基礎となっています。

今日の多くの鉄道会社では、行路および乗務割交番作成上の各種制約、いわゆる、ダイヤ作成基準が設けられ、運転士の疲れや緊張などのワークロードに対する配慮がなされていますが、これらの基準にすべてのことが考慮されているわけではありません。新型車両の導入やダイヤ改正などによって、運転士の勤務に大きく変化が生じた場合には、実際の勤務による運転士のワークロードが適正かどうかを確かめるための調査が別途必要になります。現地調査は、実態を詳細に把握する場合に有効ですが、調査そのものに非常に時間と労力を要します。

そこで、運転士の勤務に伴うワークロードを定量的に簡便に予測する手法の開発が試みられてきました。ここでは、その取り組みについて紹介します。

ワークロードの予測手法

(1) LT値

列車の乗務によるワークロードの管理を目的として、継続乗務の距離(L)と時間(T)を概算するLT値が考案されています¹⁾。ワークロードは乗務速度のa乗($0 < a < 1$)に比例すると仮定し、継続乗務の距離と時間との積を一定の範囲に収めようとするものです。EL運転士の現地調査から、LT値は800に近く、aは0.5に近いことが確かめられています。LT値を800とした場合、乗務速度に対応する乗務距離と乗務時間の限度の目安は、表1の通りとなります。このLT値は、その後の施設設備の充実などによって、

高速運転の環境が整ってきたこともあり、結局、実用化には至りませんでした。

(2) 勤務負荷評点表と睡眠効果評点表

人間の標準的な24時間の生理的リズムをもとに、「勤務負荷評点表」(表2)と「睡眠効果評点表」が考案されています¹⁾。これは、生理的リズムの高いところは活動がしやすく睡眠がとりにくい、逆に生理的リズムの低いところでは活動がしにくく睡眠がとりやすいという特性を基礎としたものです。「勤務負荷評点表」では、昼間の9時から17時の8時間勤務による評点を100点、夜間の22時から8時間勤務が昼間の3分の1増の133点となるように、始業時刻と拘束勤務時間の組合せにおける評点を1時間単位で表しています。

「睡眠効果評点表」は、「勤務負荷評点表」と対応する形で作成され、23時から7時までの8時間の睡眠をとった場合の評点を100点としています。つまり、9時から17時の8時間勤務のワークロードは、23時から7時の8時間睡眠の休養で相殺するという考えによるものです。

(3) 勤務間隔時間の休養効果評点表

勤務と勤務の間隔時間(在宅休養時間)から算出される「休養効果評点表」と呼ばれているものがあります¹⁾。これは「勤務負荷評点表」と「睡眠効果評点表」と同じような考え方で、勤務の終業時刻と在宅休養時間の組み合わせにお

表1 乗務距離と乗務時間の限度

速度 (km/h)	距離 (km)	時間 (h)
20	126	6.32
30	155	5.16
40	179	4.47
50	200	4.00
60	219	3.65
70	237	3.38
80	253	3.16
90	268	2.98

表2 勤務負荷評点表(抜粋)

		始業時刻																							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
拘束勤務時間	1	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	17	15	
	2	27	25	24	24	24	24	24	24	24	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	35	32	29	
	3	39	37	36	36	36	36	36	36	36	36	37	38	40	41	43	44	46	47	49	51	52	50	42	
	4	51	49	48	48	48	48	48	48	48	49	50	52	54	56	58	60	62	64	67	68	67	64	54	
	5	63	61	60	60	60	60	60	60	61	62	64	66	69	71	74	76	79	82	84	83	81	77	66	
	6	76	74	73	73	73	73	73	74	75	77	79	82	85	88	91	94	98	100	100	98	95	90	79	
	7	89	87	86	86	86	86	87	88	90	92	95	98	102	105	109	113	116	116	115	112	108	103	92	
	8	103	101	100	100	100	101	102	104	106	109	112	116	120	124	129	132	133	132	130	126	122	117	106	
	9	117	115	114	114	115	116	118	120	123	126	130	134	139	144	148	149	149	147	144	140	136	131	120	
	10	131	129	128	129	130	132	134	137	140	144	148	135	159	163	165	165	164	161	158	154	150	145	134	
	11	146	144	144	145	147	149	152	155	159	163	168	174	179	181	182	181	179	176	173	169	165	160	149	
	12	161	160	160	162	164	167	170	174	178	183	189	194	197	198	198	196	194	191	188	184	180	175	164	

いて、夜間を主体とする16時間の在宅休養時間が100点、昼間を主体とする同じ16時間を4分の3の75点となるように作成したものです。

「勤務負荷評点表」、「睡眠効果評点表」および「休養効果評点表」は、勤務の内容を問題としていません。また、平均的な状態のものしか問題としていません。言い換えれば、実生活者の工夫、努力というような真の実態が反映されていないということです。これらの評点表は、勤務および休養や睡眠の効果を数量的に扱っている利点もあれば欠点もあります。欠点を克服すれば、運転士のワークロードの予測手法に活用できると考えられます。

(4) ワークロード評価スケール

池田は、交番中の運転士のワークロードを予測する「ワークロード評価スケール」を開発しました²⁾。これは、「勤務負荷評点表」と「睡眠効果評点表」をもとに、運転士の各種の作業および休憩の効果(重み)を加味して(表3)、任意の時点におけるワークロード得点を算出するものです。各種の作業および休憩の開始時刻と時間、運転士の作業の中心となる本線運転の補正要因(車種、乗務範囲など)をパソコンに入力すれば、行路単位または交番単位のワークロード曲線が表示されます。この妥当性については、18日間の勤務を対象に、運転士36名が各勤務の4つの時点で評価した疲労感とワークロード得点から検証されています。

しかし、本ソフトは、平常時の平均的なワークロードしか扱っていないこと、在宅時の休憩効果得点は在宅時間のすべてで睡眠をしたと仮定しているため、実態とかけ離れていること、ワークロード得点に評価基準が設けられていないこと、といった欠点がありました。

改良版「ワークロード評価スケール」

最近の試みとしては、「ワークロード評価スケール」の改良があります³⁾。列車運転シミュレータを用いた実験などによって、同ソフトのワークロード得点に回復運転の影響を反映できるようにしました。所定のルール内で回復運転を最大限で行った場合、ワークロード得点は通常運転の1.3倍になることがわかりました。

さらに、在宅休憩効果得点の新たな算出方法を組み込み、ワークロード得点の評価基準も追加しました。在宅時の睡眠可能時間は、帰宅した時刻によって異なります。睡眠時間をとった残りは休憩時間として、睡眠効果の40%を在宅休憩効果として計算します。この40%は、表3の「自区休憩」の値を参考にしています。

表3 各種の作業および休憩の効果

作業名	大都市圏線区	一般線区
本線乗務	1.00	1.00
入換	0.81	0.84
出入区	0.78	0.82
便乗	0.41	0.54
準備	0.36	0.65
整理	0.31	0.46
折返し	0.70	0.62
訓練	0.70	0.79
付加時間	0.61	0.69
自区個室休養	-0.70	-0.73
他区個室休養	-0.62	-0.67
自区相部屋休養	-0.44	-0.49
他区相部屋休養	-0.42	-0.44
自区休憩	-0.41	-0.39
他区休憩	-0.33	-0.33
自宅休養	-1.00	-1.00
身支度	0.00	0.00
通勤	0.60	0.67

ワークロード得点の評価基準は、疲労の伝統的な評価指標であるフリッカー値の基準を参考にして作成しました。フリッカー値の変化率は、「人間にとって好ましい限界」を作業前値から-5%以内、「生理的な可能限界」を作業前値から-10%以内としています。これをもとに、実際の勤務から得られた運転士のフリッカー値の-5%と-10%に対応するワークロード得点を求めた結果を評価基準として提案しました。

3夜続けて、21:00~00:00と05:00~08:00の時刻帯にEL旅客列車に乗務する勤務を作成して、運転士のダイヤ作成基準との関係を調べたところ、ワークロード得点は3夜目の後半乗務で後述する「要注意」領域に入っていることがわかりました。多くの鉄道会社では、深夜帯の乗務を2時間以上含む行路は、連続2夜を限度としていますので、これを概ね支持する結果が得られたことになります。

本ソフトの機能概要

図1は、以上の結果を反映させた改良版「ワークロード評価スケール」のワークロード曲線表示画面です。ワークロード曲線表示部分は、縦軸がワークロード得点(0~

250)で横軸が時間(28日分)です。背景色は、ワークロード得点の評価基準に対応して、「通常範囲」として0~110までを薄青、「境界範囲」として110~200までを黄、「要注意」として200~250までを薄桃にしています。グラフの上側には、各勤務の開始時点に対応して、行路名およびその行路のワークロード得点の最大値を表示しています。

本ソフトは、以下の5つのプログラムで構成されています。

(1) 行路・交番チェックプログラム

行路ファイルと交番ファイルの入力内容の合理性チェックを行います。エラーが確認された場合は、その内容を画面表示します。行路ファイルの入力画面は図2、交番ファイルの入力画面は図3のようになっています。これらはエクセルの標準画面です。

(2) 行路リスト出力プログラム

指定した行路の作業別の内訳時間や全体の拘束時間を見る場合に使用します。行路内容の早見表を作成するようなものです。

(3) 交番リスト出力プログラム

行路と交番を指定して、各交番の日別の行路割り当て状態を見る場合に使用します。

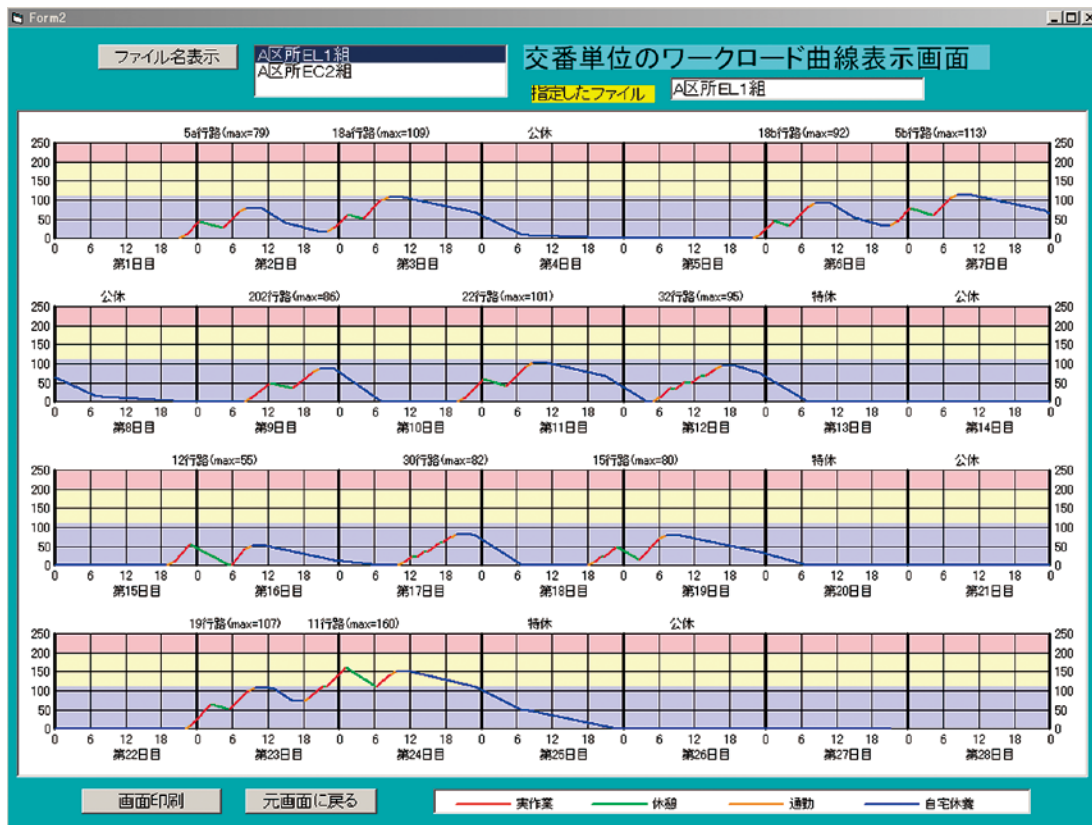


図1 交番単位のワークロード曲線表示画面の例

	A	B	C	D	E	F
1	区所名	行路名	開始時刻	作業名	補正1	補正2
2	A区所	5a行路	2200	準備205		
3		5a行路	2220	本線乗務201	EL旅客213	
4		5a行路	0020	折返し207		
5		5a行路	0025	他区休憩226		
6		5a行路	0425	折返し207		
7		5a行路	0430	本線乗務201	EL旅客213	単復混合232
8		5a行路	0700	整理206		
9		5a行路	0715	退勤133		
10	A区所	12行路	2000	準備205		
11		12行路	2020	本線乗務201	EL旅客213	
12		12行路	2250	出入区203		
13		12行路	2300	他区個室休養222		
14		12行路	0545	出入区203		
15		12行路	0600	本線乗務201	EC211	回復運転233
16		12行路	0800	整理206		
17		12行路	0815	退勤133		
18	A区所	30行路	1100	準備205		
19		30行路	1120	本線乗務201	ワンマン231	
20		30行路	1220	折返し207		

図2 行路入力画面の例

	A	B	C	D	E	F
1	区所名	交番名	当空	行路名	行路補正1	行路補正2
2	A区所	EL1組		5a行路		
3		EL1組	当日	18a行路	210km未満212	
4		EL1組		公休		
5		EL1組		18b行路	210km未満212	
6		EL1組	当日	5b行路		
7		EL1組		公休		
8		EL1組		202行路	210km以上213	
9		EL1組		22行路	210km以上213	
10		EL1組		32行路		
11		EL1組		特休		
12		EL1組		公休		
13		EL1組		12行路	210km未満212	2車種混み221
14		EL1組		30行路		
15		EL1組		15行路		
16		EL1組		特休		
17		EL1組		公休		
18		EL1組		19行路	210km以上213	
19		EL1組	当日	11行路		
20		EL1組		特休		

図3 交番入力画面の例

(4) 行路単体のワークロード計算プログラム

指定した行路について、ワークロード=0で自宅を出発したとして、出勤通勤と退勤通勤のワークロードも含めて計算し、その曲線を表示します。交番順序通りに乗務して前行路のワークロードが残っていても、その値は反映されません。

(5) 交番全体のワークロード計算プログラム

行路と交番を指定して、交番全体を乗務した場合のワークロードを計算し、その曲線を表示します。自宅休養をとっても前行路のワークロードが残っている場合は、次行路のワークロードに反映されます。

活用法の具体例

いくつかの勤務計画が考えられる場合、どれが運転士にとって適切かを評価できます。例えば、図1には、第1日目から第3日目にかけてのダブル泊勤務(連続した泊勤務)と、その勤務順序を逆にした第5日目から第7日目にかけてのダブル泊勤務を行った場合のワークロード曲線が示されています。それぞれのダブル泊勤務について、ワークロード得点の最大値の合計を求めると、前者は188点、後者は205点となります。したがって、ワークロード得点の合計値が小さい前者のダブル泊勤務の方が、運転士にとって適切であることがわかります。また、図1のように「202行路」とその乗務の開始時刻を12時間遅くした「22行路」の2つの勤務が考えられる場合は、昼間を主体とする「202行路」の勤務の方が、運転士にとって適切であることがわかります。

この他にも、ワンマン列車に乗務する場合、単線と複線区間の両方が存在する線区に乗務する場合、一つの行路内で2車種以上の列車に乗務する場合、回復運転を行った場合など、いろいろな条件の運転士のワークロードをシミュレーションできます。交番全体のワークロード曲線のアップダウンを見ながら、事故防止の重点指導列車や休養管理の重点指導行路を把握できます。

おわりに

改良版「ワークロード評価スケール」は、運転士のワークロードに配慮した勤務を作成するための支援ツールとして役立つものと考えています。ワークロードの大きさに応じた休憩の効果、運転士が乗務するタイプのATO運転や地下鉄運転などの作業への対応など、まだまだ課題が多いですが、その効用と限界を理解したうえで、本ソフトを活用して頂ければ幸いです。[RRR]

文献

- 1) 動力車乗務員の乗務行路作成に関する研究報告書：日本鉄道運転協会、1982
- 2) 池田敏久：動力車乗務員の「ワークロード評価スケール」の開発(1)、鉄道総研報告、Vol.2、No.3、pp.17-24、1988
- 3) 澤貢、佐藤清、水上直樹、鈴木綾子：運転士のワークロード予測手法の妥当性向上、鉄道総研報告、Vol.22、No.7、pp.11-16、2008