

IV-18

アイマークレコーダによる運転者の視点挙動解析方法について

室蘭工業大学工学部 学生員 高 桑 英 司

室蘭工業大学工学部 正会員 斎 藤 和 夫

苫小牧高専 正会員 樹 谷 有 三

1. はじめに

我々の日常生活において自動車はその利便さから欠くべからざる交通手段の1つとなった。その反面、自動車交通事故はその防止対策の上で未だにその根本的な決定打を見いだせず、事故原因に潜む極めて複雑なメカニズムの解明が急がれるところである。事故原因のうち運転者側のファクターとして挙げられるのが注意ミスである。この種のミスのなかで見逃すことのできないものに道路環境により引き起こされるものがある。そこで本研究においては様々な道路環境を実際に走行し、アイマークレコーダにより運転者の視点挙動を記録、解析し、道路環境と運転者の視点挙動の関係を明かにしようとするものである。特に本研究の特徴は、従来頭部固定により測定されていたアイマークレコーダによる視点挙動を、頭部回転を許容した測定により解析する方法を開発して、視点挙動の解析を行ったことである。

2. 実験方法

視点の測定方法に機械的方法、光学的方法、電気的方法などあるが、本研究では光学的方法に属する角膜反射法によるアイマークレコーダV型を用いた。対象とした区間は、高速道路直線部(区間1)、一般道路の比較的交通量の少ない交差点部(区間2)、比較的交通量の多い交差点部(区間3)と高速道路事故原票(昭和60年、61年)を基に、事故の少ない区間(区間4)、事故の多い区間(区間5)を選定した。これらの結果をVTRにより撮影記録したのちコンピュータによる解析を行った。得られたデータから0.099sec以上同一点上に止まった場合、この点を「停留点」とみなした。

3. 頭部運動の解析方法

本来、アイマークレコーダV型は視野撮影ユニットの画面上の中心を原点とした眼球回転角を与えるもので、頭部運動によって視野撮影ユニットの画面が移動した場合、実際の視線方向とは異なった数値となる。そこで以下に示す簡易な解析方法を行った。視線方向は眼球回転角に頭部回転角を加えたものである。図-1のX-Y座標系は車のフロントガラス沿いに仮設したもので、原点Oは被験者が水平前方視した方向であり、O'は視野撮影ユニットの画面の中心である。又、図-2は視野撮影ユニットより写しだされた図で、これよりX'、Y'が求まる。フロントガラス沿いに仮設した座標系は鉛直方向に対して角度θをもっているため以下のような式になる。

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{X'}{L - Y' \sin \theta} \quad \text{----- (1a)}$$

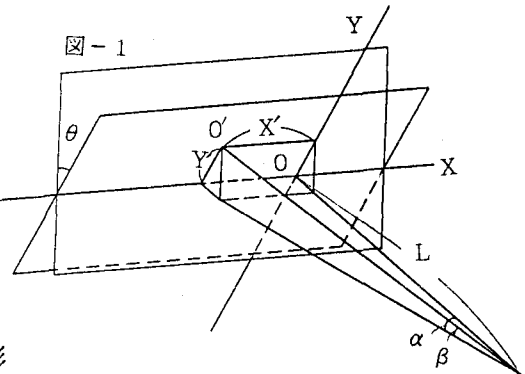
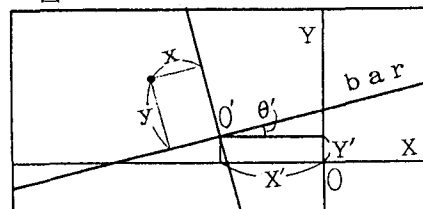


図-2



$$\beta = \tan^{-1} \frac{Y' \cos \theta}{\sqrt{(L - Y' \sin \theta)^2 + X'^2}} \quad \text{----- (1 b)}$$

ここで L：運転者の頭部から原点0までの距離

更に、図-2のように運転者の頭部が傾く場合も考慮し以下の式も付け加える

$$\begin{aligned} X \text{ 方向: } \sqrt{(x^2 + y^2)} \cos \left(\theta' + \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) & \quad Y \text{ 方向: } \sqrt{(x^2 + y^2)} \sin \left(\theta' + \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) \\ \text{----- (2 a)} & \quad \text{----- (2 b)} \end{aligned}$$

ここで x、y：barに対する視点の座標

θ' ：X-Y座標に対するbarの回転角

故に、頭部回転角は

$$X \text{ 方向の頭部回転角} = \tan^{-1} \frac{X'}{L - Y' \sin \theta} + \sqrt{(x^2 + y^2)} \cos \left(\theta' + \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) \quad \text{----- (3 a)}$$

$$Y \text{ 方向の頭部回転角} = \tan^{-1} \frac{Y' \cos \theta}{\sqrt{(L - Y' \sin \theta)^2 + X'^2}} + \sqrt{(x^2 + y^2)} \sin \left(\theta' + \tan^{-1} \frac{y}{x} \right) \quad \text{----- (3 b)}$$

4. 注視分布の評価

本研究では、「不確かさ、あいまいさ」の尺度であるエントロピーの概念を導入し、注視点分布の評価を行った。エントロピーHは以下の式で定義される。

$$H = - \sum_{k=1}^n p_k \log_2 \frac{1}{p_k} \quad \text{----- (4)}$$

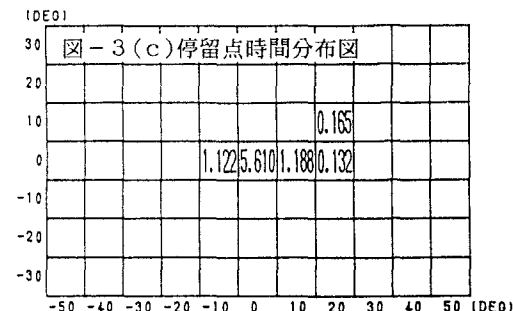
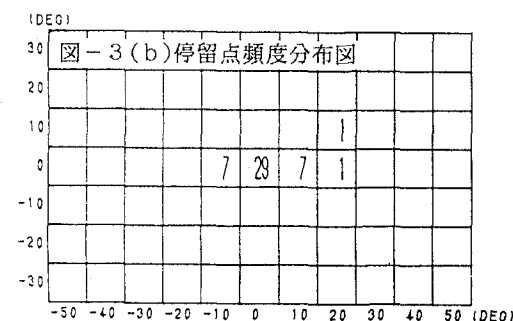
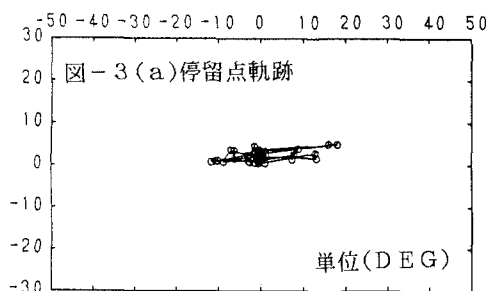
$$\text{ただし} \quad \sum_{k=1}^n p_k = 1$$

ここで、 p_k ：n個の事象の起こる確率

各事象の生起確率が等しければエントロピーは最大ということがいえる。エントロピーは不確かさを表し、不確かさがげんがはなはだしいほどエントロピーは大きくなる。この不確かさはまた、不規則さ、無秩序さなどをも意味している。

そこで、本研究では座標全体を縦10°、横10°のメッシュに分割し、各メッシュ内の停留点の個数および時間を度数と考え、停留点総数および総時間に対する比をそれぞれの生起確率として、各メッシュ内について求め(4)式に代入し、エントロピーを計算した。このエントロピーは注視点のバラツキの程度を示す。

図-3(a)は区間3における停留点の軌跡である。図-3(b)は座標を縦10°、横10°のメッシュに分割し、軌跡を基に作成した停留点頻度分布図であり、図-3(c)は同様にして得られた停留点時間分布図である。各メッシュ内の数値はそれぞれ停留点の個数、時間を



示している。これらの図を用いて生起確率を求めた。また、更に以下に述べるエントロピーの計算を試みた。

1個のメッシュ内において停留頻度が少なくても注視時間が長い場合があり、また数個のメッシュ内を等頻度で注視しても同じ時間だけ注視しているとは限らない。そこで、各メッシュ内の停留点頻度の生起確率と停留時間の生起確率との平均化を試みた。得られたエントロピーは時間と頻度を同時に評価するものである。

エントロピーの小さい場合の視点挙動は1個のメッシュ内に停留点が集中し、バラツキが小さい場合である。エントロピーの大きい場合は数多くのメッシュ内に停留点が存在し停留点のバラツキが大きい場合である。

5. 道路環境における統計量とエントロピー

区間1から区間5までの統計量とエントロピーを表-1に示す。区間1から区間3はサンプルタイムを10secとし、区間4、5は60secとした。

1) 区間1、区間2および区間3

3名の被験者とも沿道環境の複雑さに伴い平均停留時間や累積停留時間比率が類似した減少傾向を示している。停留点の個数については、複雑な環境ほど多くなっている。これらは、交通量の増加及び沿道環境の複雑さに伴い運転者が認知しなければならない情報量も増加するためと考えられる。また、エントロピーの結果についても3名の被験者とも同じ傾向がみられる。区間1の高速道路直線部では非常に低い値を示しており、一般道路についても交差点の規模の違いからそれぞれの値に大きな差がみられる。これは、高速道路では注視しなければならない対象物が少ないため停留点の個数が少なくかつ停留点为中心部に集中し、区間3の交通量の多い交差点では多くの注視しなければならない対象物が広い範囲に点在しているためと考えられる。

2) 区間4と区間5

昭和60年と61年の高速道路事故原票を基に交通事故の少ない区間を下り30キロポストから35キロポストまでを選定し、特に事故の少ない32

表-1 区間1から区間5の統計量

	区間	平均停留時間 (SEC)	累積停留時間 比率 (%)	個数
被 験 者 T	1	0.351/0.598	98.34/89.76	28/ 15
	2	0.226/0.314	85.80/91.08	38/ 29
	3	0.204/0.183	81.51/82.17	40/ 45
	4	0.318/0.473	93.67/97.02	177/123
	5	0.265/0.315	92.02/91.41	208/174
被 験 者 O	1	1.329/0.986	93.06/88.77	7/ 9
	2	0.309/0.211	83.49/82.17	27/ 39
	3	0.191/0.192	76.56/74.91	40/ 39
	4	0.998/0.712	94.77/96.09	57/ 81
	5	0.363/0.281	95.81/94.77	97/193
被 験 者 S	1	0.462/0.486	92.40/92.40	22/ 19
	2	0.515/0.389	92.73/89.43	18/ 23
	3	0.196/0.211	88.11/84.48	45/ 40
	4	0.409/0.255	93.50/83.22	137/196
	5	0.344/0.350	88.06/92.18	158/158

表-2 区間1から区間5のエントロピー

	区間	エ ン ト ロ ピ ー		
		頻度 (bit)	時間 (bit)	平均 (bit)
被 験 者 T	1	0.371/0.000	0.288/0.000	0.331/0.000
	2	0.571/0.575	0.533/0.430	0.555/0.508
	3	1.095/1.488	0.921/1.381	1.013/1.436
	4	0.395/0.349	0.254/0.201	0.327/0.279
	5	0.518/1.433	0.337/1.120	0.431/1.282
被 験 者 O	1	0.000/0.503	0.000/0.174	0.000/0.361
	2	0.455/0.898	0.278/0.773	0.371/0.838
	3	2.216/1.806	2.019/1.797	2.124/1.806
	4	0.764/0.584	0.254/0.222	0.532/0.416
	5	1.017/1.570	0.622/1.417	0.831/1.450
被 験 者 S	1	0.803/1.149	0.386/1.265	0.616/1.210
	2	1.115/1.864	1.209/1.604	1.174/1.748
	3	0.530/0.880	0.258/0.633	0.404/0.769
	4	1.376/1.379	0.941/1.107	1.172/1.250
	5	1.255/2.097	0.887/1.705	1.086/1.936

一回目/二回目

キロポストから34キロポスト間を区間4とした。また、事故の多い区間を上り29キロポストから34キロポストまでを選定し、特に事故の多い31キロポストから33キロポスト間を区間5とした。表-2に各キロポストにおける事故類型とその件数を示す。この表より、単独事故の分離帯・安全島への衝突が非常に多く、次いで防護柵への衝突が多いことがわかる。このことは道央自動車道全体にも言え、分離帯・安全島への衝突が一番多く全事故件数の約40%を占め、次に防護柵への衝突が約25%となっている。これらは安全施設物との事故であり、この安全施設物は運転者の注視対象物となるもので、これへの衝突は運転者の視点挙動と何らかの関係があると思われる。また、道路線形は区間4、5ともに平坦直線である。

表-3 事故の多い区間と事故の多い区間における事故類型とその件数

路線	K P	相 互 事 故		単 独 事 故			
		駐停車に 追突	その他の 相互事故	分離帯・ 安全島	防護柵等	路外逸脱	転倒
事故の 少ない 区間／ 下り	30		1	3			
	31			1		1	
	32				1		
	33						
	34			1	1		
	35			1	1	1	
事故の 多い 区間／ 上り	29	2		1	1		
	30			3		3	
	31			7	1		1
	32		1	5	2		
	33			2			
	34			2	1		

表-3の統計量とエントロピーをみると区間4の事故の少ない区間は区間5の事故の多い区間に比べ3名の被験者とも平均停留時間が長く、累積停留時間比率が高くなっており、またエントロピーは小さくなっている。これらは運転者側の注意ミスの減少に大きく寄与し、事故の減少を生むと考えられる。

6. まとめ

本研究の結果をまとめると次のようになる。

1) 頭部運動の簡易な解析方法を開発し、頭部回転を許容した場合の解析を行った。しかし、この解析方法は実験後、ビデオ再生し数値を読み取るため膨大な時間を費やすという点に問題がある。

2) 様々な道路環境について、運転者の注視行動をエントロピーの概念を導入し評価を行った。このエントロピーは注視点のバラツキ度、集中度を示し、道路環境の複雑さに伴いこの値は高くなっていくものと考えられる。また、高速道路事故原票を基に事故の多い区間・事故の少ない区間を選定し、平均停留時間、累積停留時間比率、エントロピーの面より比較・検討を行い、その差を明らかにした。しかし、事故類型との具体的な関係について明かにするまでに至っていない。

今後の課題として上記の問題を解消することと、新たな道路環境として冬道を取り上げその注視行動の解析を行っていきたい。

参考文献

1. 村田隆裕：「注視行動の統計的性質」－土木学会論文報告集第213号
2. 斎藤、榎谷、小林：「アイマークレコダによる運転者の視点解析」－土木学会第42回年次学術講演概要集
3. 斎藤、榎谷、小林：「運転者の視点分布に関する研究」－土木学会北海道支部論文報告集第44号
4. 加来、萩原、米田：「運転者の視覚探索パターンについて」－土木学会北海道支部論文報告集第44号
5. 田中幸吉：「情報工学」－朝倉書店
6. 松本嘉司、伯野元彦：「土木解析法2」－技報堂