

IV-16

運転中の視線のパターンについて

北海道大学工学部 学生員 野内 宏

" 正 員 萩原 亨

" 正 員 加来照俊

1. はじめに

運転者は、運転に必要な情報の90%を視覚から得ている。このため、運転者の見方を分析することは、交通事故の主因が”見込み違い”であることも考え合わせると、運転者側と道路管理者側の両者にとって非常に重要であると言える。

本研究では、運転者の眼球運動を種々の走行条件において測定した結果について解析する。このとき、運転者が注視を行っている時間、及び視点の位置と走行条件の関係について検討する。次に、画像の情報量の算定法から、運転者が注視により得ている単位時間あたりの情報量を求める。

これらの結果から、運転者の見方に走行条件がどのように影響しているのかについて明らかにする。

2. 視点の解析手法について

運転者の視点の測定は、ビジョン・アナライザを用いた視点測定システムにより行った。運転者の視界、及び装着感を改良することにより、かなり危険と思える場面においても通常の運転に近い感覚で運転可能である。

また、測定した結果は、著者らの開発した視点と視野映像との関係を明確に分析するシステムにより三次元データに変換し解析を行った。データ処理の効率性・正確性等において従来の視点解析システムに比べて優れた点が多い。この解析手法については既に発表^{1) 2)}しているのでここでは簡単にその特徴について示す。

図1に視点の測定から出力までのフローチャートを示す。運転者の三次元的な視点位置は、運転者の眼球運動と頭部運動を測定し、眼球運動測定装置から出力される視点の方向に頭部運動の方向を加えて拡大し、設定した道路空間(図2)と交差する点から求めた。三次元的に求められた視点の軌跡及び道路空間は、ワイヤーフレーム・モデルにより二次元の映像に変換し計算機によりリアルタイム表示され、VTR映像と合成表示される。

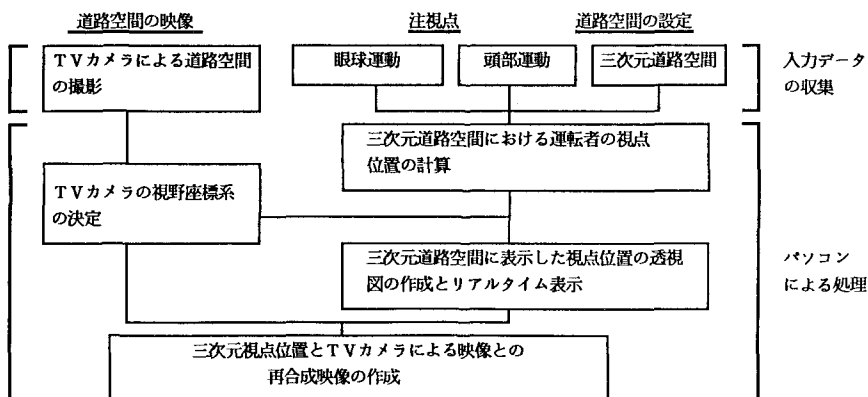


図-1 視点解析システムのフローチャート

A STUDY OF DRIVER'S SCANNING PATTERN

By Hiroshi NOUCHI, Toru HAGIWARA and Terutoshi KAKU

これまで、視点の測定実験時にしか行えなかった視点と映像の合成が、種々の測定結果を計算機に入力することにより、測定実験後において視点と映像の合成が可能となった。この特徴により、従来困難であった視覚対象物と視点の関係が明確に定義できるようになり、種々の条件における運転者の視覚探索パタンの比較が飛躍的に容易になったと言える。

3. 注視点の定義について

実験により得られた視点は、眼球運動を0.1sec毎にサンプリングした点である。運転者の視覚的な挙動を定量的に評価するために、運動指標の情報を良くとらえるための眼球運動を考え、注視点を定義する必要がある。

眼球運動は運動の大きさにより大まかに固視微動・随従運動・跳躍運動の三つに大別される。一点を凝視しているときに、激しく細かく動く運動が固視微動である。固視微動は外界から情報を入手するための大切な動きである。

図3に示すように、振り子のような正弦波状に速度の変わる指標を追ったときの視線の動きによく現れるのが随従運動である。自動車の運転時のように動く視対象を見るときに多く生じる目の動きである。静止画を見たときに注目している視対象を移動する際に生じるような眼球運動が、跳躍運動である。

注視の定義の中に固視微動の速度成分を含めるのは当然のことであるが、ここではある範囲内の随従運動成分も含めることとした。これは、随従運動が運動中に視覚特性の低下する跳躍運動と異なり、運動指標の情報をよくとらえるための眼球運動と考えられるからである。

従って、随従運動を含む眼球運動速度を基準に考え、その所定の速度より遅いものの中から注視成分と想定されるものを求め注視点を定義することにした。その所定の眼球運動のしきい値としては、ビジョン・アナライザを用いた眼球運動の研究³⁾から示された値であると、5deg/secを用いた。図4に、

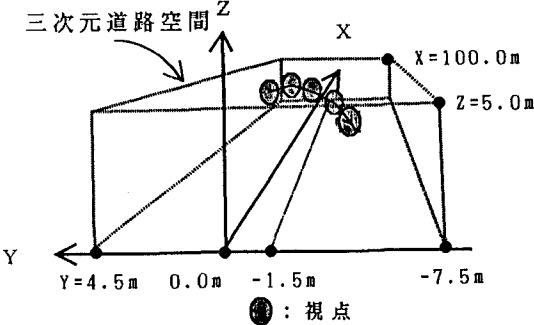


図-2 視点と道路空間の三次元表示

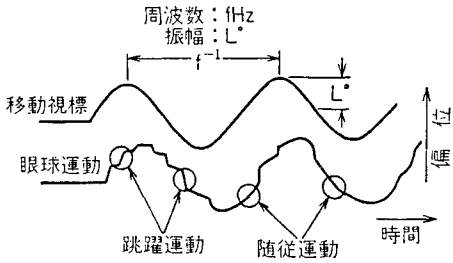


図-3 運動指標に対する眼球運動

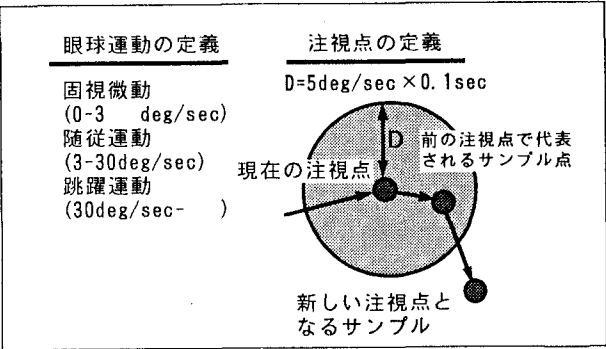


図-4 注視点の定義

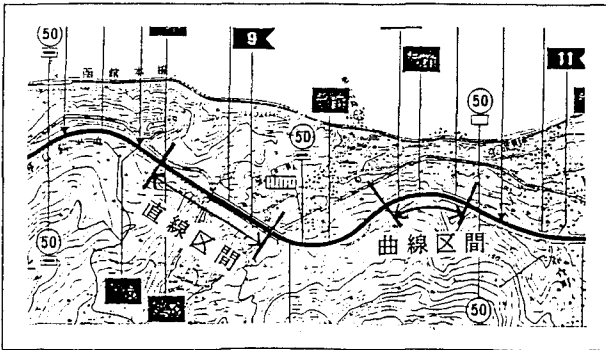


図-5 測定区間

表-1 走行条件

条 件	項 目
速度の設定	(1)100km (2)50km
昼夜	(1)昼間 (2)夜間
先行車	(1)あり (2)なし
道路線形	(1)直線 (2)曲線

この様子を示す。この定義により測定した視点データを解析し、注視点を求めた。

4. 視点の測定実験について

運転者の視点の測定を、札幌自動車道路の銭函-朝里間において1989年11月4日から一週間行った。図5に実験区間と解析区間を示す。カーブ区間は、左カーブの曲線を走行している区間のみを対象とした。

被験者は4名である。表1に示す種々の走行条件を設定し、視点の測定を行った。走行条件は、8ボタンある。各々の実験を、4名の被験者により数回繰り返して行った。測定実験には、ジープタイプの4WD車を用いた。

5. 運転者の視点と走行条件について

解析区間において、眼球運動の定義から注視点と、その三次元的位置を視点測定システムから求めた。これらの視点データと走行条件について比較検討を行った結果について示す。

5. 1. 眼球運動に占める注視時間の割合について

解析区間において注視に費やされた時間の合計を昼夜別に比較した結果を図6に示す。図6に示す比率は、各区間の走行時間内において注視時間が占める割合である。他の走行条件は一定である。被験者により注視量は異なるが、昼間よりも夜間の方が注視の比率が高くなっている。

このように、注視時間の構成率に各走行条件がどのように影響しているかを被験者を含めて調べた。数量化一類により注視時間の割合を目的関数とし解析した結果を表2に示す。

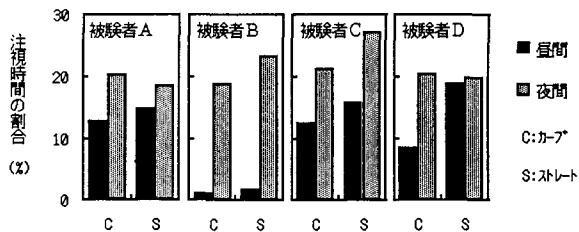


図-6 先行車有り 100km/h

表-2 注視時間の占める割合

Item	Cat.	Freq	Cat. score	Range	Partial cor.
昼夜	昼間	32	-3.303	6.084	0.478
	夜間	38	2.781		
先行車	あり	36	1.134	2.334	0.205
	なし	34	-1.200		
速度	50km	34	1.405	2.732	0.239
	100km	36	-1.327		
区間	曲線	36	-1.898	3.907	0.333
	直線	34	2.009		
被験者	A	18	1.649	9.290	0.576
	B	22	-5.748		
	C	12	3.542		
	D	18	3.015		

Multiple correlation coefficient = 0.732

表-3 随従運動の占める割合

Item	Cat.	Freq	Cat. score	Range	Partial cor.
昼夜	昼間	32	-3.179	5.857	0.344
	夜間	38	2.677		
先行車	あり	36	-1.546	3.182	0.196
	なし	34	1.637		
速度	50km	34	-1.545	3.004	0.185
	100km	36	1.459		
区間	曲線	36	0.017	0.034	0.002
	直線	34	-0.018		
被験者	A	18	3.757	6.946	0.355
	B	22	-2.112		
	C	12	3.019		
	D	18	-3.188		

Multiple correlation coefficient = 0.515

走行条件の中で注視時間に対する影響は、昼夜の違いの影響が最も大きくなった。先行車がある場合、速度が遅い場合、直線区間の場合、注視の割合は高くなった。これらの結果は、常識として考えても受け入れられると考えられる。

一方、動く物体を捉えるときに使われる眼球運動である随従運動の構成率についても数量化一類により同様に解析した。その結果を表3に示す。注視運動とは異なり、速度が速い場合と先行車がない場合に随従運動の比率は、高くなった。

また、これらの結果は、被験者別に求めても同じ結果を示した。

5. 2. 視点位置の分布について

視点位置の分布と走行条件の関係について解析した結果について示す。先行車がある場合、本視点測定システムでは現在のところ視点位置を正しく求めることはできないので、ここでは先行車がない場合について検討する。

図7は、被験者Dの昼夜、速度、区間の8パタンの二次元的な視点分布を示した結果である。直線区間と曲線区間では、視点の分布とその位置はまったく異なっている。速度が速い場合は、視点の分布全体が進行方向にシフトし、視点が集中する傾向がみられる。左カーブ区間では、左側に視点が集中するが、夜間においては特に路側線付近に視点が集まった。

次に、進行方向と左右方向の視点の分散を目的関数として走行条件の影響を数量化一類により解析した結果を表4と表5に示す。昼間よりも夜間、直線区間よりも曲線区間で視点が集中する結果となった。また、速度の要因は進行方向と左右方向の分散に異なる影響を示した。速度が速くなったとき、左右方向の分散が小さくなり、進行方向の分散が大きくなる結果となった。一方、運転者の要因の影響は、眼の運動そのものを目的関数とした5.1.節の結果よりも小さい。

6. 運転者の情報処理速度について

人間の情報処理速度は、通常50bit/sec程度と言われている⁹⁾。これは、例えば人間が1秒間に読み取ることのできる文字の数に、1文字あたりの情報量を掛けて求めた値である。1文字当たりの情報量というのは、日本語や英語などの各言語について、文字間の遷移確

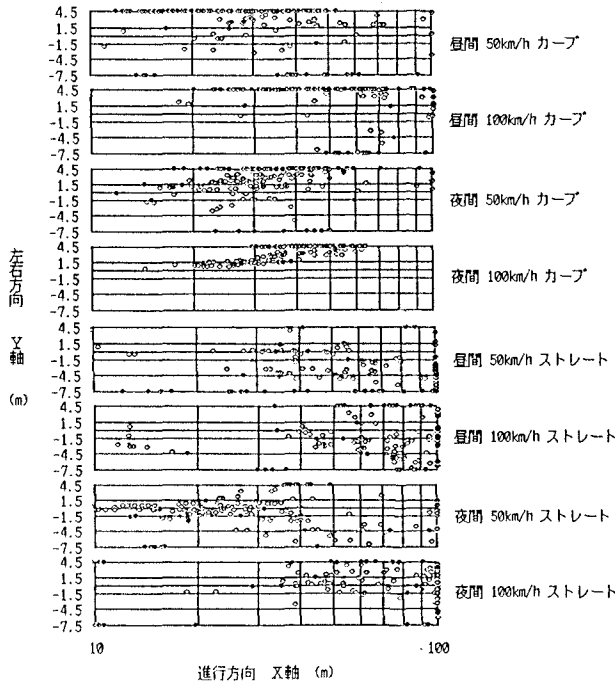


図-7 二次元的な視点分布 被験者D

表-4 前後方向

Item	Cat.	Freq	Cat. score	Range	Partial cor.
昼夜	昼間	18	1.668	3.336	0.346
	夜間	18	-1.668		
速度	50km	20	-0.223	0.501	0.056
	100km	16	0.278		
区間	曲線	18	-6.070	12.140	0.808
	直線	18	6.070		
被験者	A	12	1.649	3.130	0.276
	B	12	-5.748		
	C	4	3.542		
	D	8	3.015		

Multiple correlation coefficient = 0.821

率から情報理論に基づいて計算されている。

運転者が見ている空間には、標識、道路、先行車、対向車、歩行者等の種々の物体がある。これらを統一的に情報量 (bit) により定量化するため画像情報量を換算文字数から求める手法を適用する。視点と視野の合成映像から注視対象物を求め、運転者が単位時間に得ている情報量の計算を行った。

6. 1. 画像情報量の定義について

画像情報を記号的画像情報・情景的画像情報・情緒的画像情報の三種類に分類し、換算文字数により情報量を求める手法が提案されている⁴⁾。

記号的画像情報は画像の情報が記号の形で表される。情景的画像情報は、言語情報にその内容を置き換えれるものとする。情緒的画像情報は、主観性が強い画像情報を示す。

記号的画像情報では、仮名文字を基準にとり何文字の仮名に相当するか換算し、情報量を求める。また、情景的画像情報についてもその持つ内容を項目により表現し、情報量を求める。ただし、この換算法は情報理論に立脚したもので、人間の特性は考慮に入られていない。

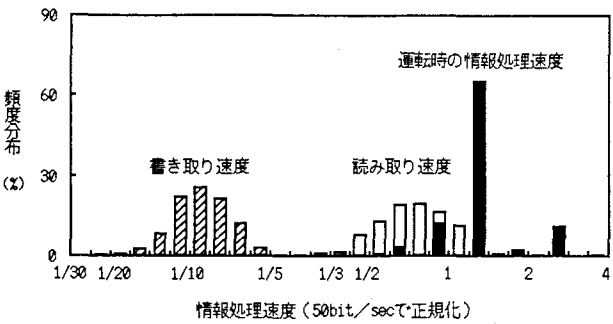
運転者が主に見ている情報は、情景的画像情報に相当する。この情報量を記号的画像情報量と統一的に扱うため以下の方法で定量化する。まず、画像の情景的な内容を名詞、動詞、形容詞等の単語（項目）で表現し、その画像に含まれる項目数を数える。この項目数に定数2.3(14/6)を掛けた値を換算字数とし、図や写真の画像情報量と定義する。さらに説明等の文字を含む場合は、文字部分の換算字数を加える。

以上の数値は、換算字数1字当たり6bit、1項目当たり14bitの情報量を仮定して導かれる。これらの情報量の数値的な根拠についてはここでは詳しく示さないが、心理学や生理学を含めた総合的な研究により求められている値である⁵⁾。

表－5 左右方向

Item	Cat.	Freq	Cat. score	Range	Partial cor.
昼夜	昼間	18	0.428	0.857	0.664
	夜間	18	-0.428		
速度	50km	20	0.276	0.620	0.546
	100km	16	-0.345		
区間	曲線	18	-0.232	0.464	0.440
	直線	18	0.232		
被験者	A	12	-0.034	0.667	0.461
	B	12	-0.279		
	C	4	0.163		
	D	8	0.388		

Multiple correlation coefficient = 0.781



図－8 情報処理速度の分布

表－6 情報処理速度(bit/sec)

Item	Cat.	Freq	Cat. score	Range	Partial cor.
昼夜	昼間	32	3.920	7.220	0.240
	夜間	38	-3.301		
先行車	あり	34	-5.020	9.761	0.316
	なし	36	4.741		
速度	50km	34	-1.378	2.680	0.091
	100km	36	1.302		
区間	曲線	36	10.062	20.125	0.572
	直線	34	-10.062		
被験者	A	18	-1.629	3.380	0.092
	B	22	1.751		
	C	12	0.302		
	D	18	-0.712		

Multiple correlation coefficient = 0.638

6. 2. 運転者の情報処理速度と走行条件

以上のような手法により、運転者が注視点から得ている画像情報量を換算字数から算定した。例として、運転者が「先行車」を注視時間0.2secで見た場合を示す。「先行車」は情景的画像情報に相当し、その画像の情報は1項目14bitとなり、運転者の情報処理速度は、 $14\text{bit}/0.2\text{sec}=70\text{bit/sec}$ と計算される。

図8は、上記のような手法で求めた情報処理速度の分布を、 50bit/sec で正規化して示した結果である。全ての運転者の全ての走行条件を入れた構成率で示したものである。他の研究で求められた文字テロップの読み取り速度および書き取り速度と比較した⁴⁾。運転者の情報処理速度は、読み取り速度より約1.5倍程度速い結果を示した。

また、実験の結果から求めた運転者の情報処理速度の分布が、離散的にしかも集中した原因は、項目の数が限られていることと視点の測定間隔が0.1sec単位であるためである。

次に、各走行条件における平均情報処理速度を目的関数として、数量化一類により走行条件が情報処理速度に与える影響を求めた結果を表6に示す。昼間、先行車なし、 100km/h 、曲線区間の各条件は、情報処理速度を速くする要因であると推定された。走行区間の影響が最も大きく、運転者の影響は低くなった。

7. まとめ

以上のような解析により得られた結果をまとめる。

- 1) 注視の割合が高くなる要因は、夜間、先行車の存在、速度が遅い場合、直線区間となった。また、個人差が非常に大きかった。
- 2) 昼間よりも夜間、直線区間よりも曲線区間が、視点を集中させる要因として推定された。また、速度の要因は、左右方向と進行方向の視点の分布において反対に作用した。
- 3) 運転者の情報処理速度は、過去の研究により求められている人間の通常の情報処理速度である 50bit/sec よりも1.5倍程度速かった。また、走行区間の影響が最も大きかった。

このように、運転者は走行条件によりその視覚的な挙動を的確に変え、外的な条件に合わせて走行していることが示された。眼球運動そのものについては、運転者が最も大きい要因であったが、視点の位置や対象物の選択に関しては道路線形が大きな要因となっていた。

今後の課題として、より広い運転レベルの被験者の測定実験を行うことが必要であろう。それにより、運転者が必要な情報が何であるのか、また運転者に伝達できる情報量がどの程度であるのかをより明確にし、安全で高度なレベルの道路環境の整備のための基礎的な資料としたい。

なお、本研究の実験に多大な御協力をいただいた日本道路公団札幌建設局、北海道警察交通部の関係各位に感謝の意を表する次第です。

参考文献

- (1) 萩原、加来：ビジュアル・シミュレーション・システムによる運転者の視線解析手法について、土木計画学論文集, Vol. 7, 1989
- (2) 萩原、加来：吹雪時における運転者の視覚挙動について、土木計画学論文集, Vol. 8, 1990
- (3) 山田、福田：視線情報を用いた画像の客観分析、NHK技研R&D, No. 2, 1988
- (4) 難波：画像情報量と提示時間、NHK技術研究, Vol. 35, 1983
- (5) ノーメルハート：人間の情報処理、サイエンス社、1979
- (6) H. Marko: Information Theory and Cybernetics, IEEE Spectrum, Vol. 4, 1967