

□ 論 文 □

도로교통 운전자 주시특성분석  
 道路交通에 있어서 運轉者 注視特性分析과  
 그 適用性에 關한 研究

그 適用性에 關한 研究

김대웅 김연우

Study on Analysis of Driver's Visual Characteristics  
in Road Traffic and Its Applications

김대웅  
金大雄

(嶺南大學校 都市工學科 教授)

김연우  
林采文

(大邱大學校 土木工學科 教授)

目 次

I. 서론

- 1. 研究目的
- 2. 研究背景
- 3. 研究內容 및 方法

II. 資料調查 및 概要

III. 注視特性을 考慮한 統計의 分析

- 1. 注視點 停留時間 分布

2. 注視點 移動角度 分布

IV. 注視特性을 考慮한 交通施設 整備方向

- 1. 注視特性의 適用性 檢討
- 2. 注視特性의 適用方案

V. 結論

ABSTRACT

The Subject of this research work is to study the driver's vision and eye-movement characteristics under the different condition of road, traffic and driving. The analysis of this investigation was conducted spatially or temporally into three parts; eye-mark distribution, viewing-time percentage and fixation duration. This dissertation focuses on analysis of driver's visual characteristics to improve road circumstances. In this study, driver's visual characteristics are measured with eye-mark recorder and analyzed statistically

The main features of this study are:

1st Duration distribution of fixation point is significant in 87% at 5% of the significant level in Gamma Distribution. The average of fixation duration by road are 0.33sec on streets, 0.45sec on Roads and 0.86sec on highways. The average of fixation duration by visual objects are 0.4sec on road surface, 0.26sec on road shoulder, 0.49sec on traffic sign, 0.37sec on warning sign and 0.67sec on gwide sign.

2st Moving anglrs of a fixation point are fit in the Exponential Distribution. The average moving angle is appeared to be 3.85° on streets, 2.81° on roads, 2.73° on highways and 5° on intersecyion.

3st As a result of examining alignment of guide and warning sign in traffic signs, existing foundation methods are leas affected by lane than by aped of a vehicle.

## I. 序 論

### 1. 研究目的

道路交通은 사람과 차와 交通環境의 세가지 要素로 구성되며 교통사고도 이들의 복합적인 요인에 의하여 발생한다. 그러므로 교통사고를 방지하기 위하여 이들 요소가 사고에 어떤 영향을 미치는가를 분석하고 또 사고가 재발되지 않도록 개선연구가 중요시 되고 있는 실정이다. 交通技術者는 교통사고를 최소화하고 국민을 사고위험에서 보호시키며 經濟社會的 손실을 경감할 수 있는 방안에 대하여 많은 연구의 필요성이 절실히 요구되고 있다.

이들 세 요소를 합성처리한 운전자는 순간순간 변화하는 환경에 대해서 신속한 판단과 행동을 요구함으로써 운전자는 이것에 대처할 수 있는 능력이 있고 통행중에 눈과 귀로 받아 들이는 여러가지 자극중에서 자기운전에 관계된 것을 판단하여 운전자는 어떤 행동을 취하여 안전한 운전을 하게된다.

이와같은 복잡한 행동중에서 차량운행중에 감지는 대부분 시각적인 자극에서 출발되고, 운정중에 사고를 일으켰을 때 交通환경이 운전자의 주시에 일시적으로 많은 것을 판단하게 하거나 또 운전자의 판단에 실수를 일으키게 하기 쉬운 것이 사고의 주요원인이 되는 경우가 많다.

그러므로 운행중에 주시하는 형태에 따라서 주시범위나 주시각 혹은 인지상태 도로시거범위 등의 관계를 규명하는 것이 필요하다.

운전자가 운행중에 주시하는 환경과 상관관계를 분석하는 기계로서 Eye Mark Recorder에 의해 직접 실험하는 방법이 있다. 운전자의 주시특성분석을 실험적 방법에서 분석하였다.

교통사고는 交通條件이나 道路條件이 다양하면서 똑같은 특성이 없고 운전자의 육체적, 심리적, 정신적 상태에 따라 다르므로 연구의 범위가 다양하므로 적용하는 것은 문제가 있

다.

그동안 시각적 효과면에서 交通安全施設을 계속 설치, 보완되고 있으나 기존도로의 개선과 交通安全시설물의 부족과 관리소홀 등으로 교통사고의 주요 원인이 되고 있다. 현재 道路要件에 맞는 安全施設을 확보하기 위한 기초조건으로 합리적인 운전자 주시형태가 요구된다.

본 논문에서는 운전자가 운행중에 도로환경과의 상관관계를 한 단면위에 합성시킨 실험결과를 측정하여 주시점 특성분석과 운전자가 交通환경의 대상물을 주시한 주시율 및 운전자가 주시한 주시이동각도 등을 분석하였다.

또 交通통제시설의 설계나 설치장소의 선택에서 이와같은 시각효과를 고려하여 운행중 交通시설물을 효과적으로 이용할 수 있는 범위를 선정하였다. 또 본 실험결과를 이용하여 간단한 단면을 적용 검토하였다.

### 2. 研究背景

최근에 注視點과 視野를 합성하여 하나의 화면에서 주시점을 관찰하는 광학적 기계의 개발은 인체공학적인 면을 交通공학에 이용함으로써 운전자의 시각효과를 분석가능케 하였다.

운전자의 시각분석은 운전자 注視分布, 注視時間, 주시이동각도 등을 분석하고 있으며, 또 주시대상물의 인지를 이용하여 道路施設 및 交通安全施設에 관한 연구도 진행되고 있다.<sup>1-9)</sup> 이상의 研究論文을 고찰하여 보면 道路交通에 있어서 運轉者 注視特性分析(임채문 1990),<sup>10)</sup> 도로표지에 관한 기초적 실험(伊吹山田野:1960),<sup>11)</sup> 자동차 운전자의 주시대상에 관한 경관의 공학적 연구(村田隆裕:1962),<sup>12)</sup> 안내표지의 설치높이와 표지규모와의 관계(栗本典彦:1982),<sup>13)</sup> 시각정보 탐색과정에 대한 연구(少田博基:1980)<sup>14)</sup> 도로시설계획에 있어서 인간적 요소(村田隆裕:1972),<sup>15)</sup> 등이 있다.<sup>16-19)</sup> 그러나 운전자의 주시특성을 이용하여

교통시설물의 설계등에 운용된 사례는 아직 미소함으로 앞으로 연구가 필요한 실정이다. 현재 우리나라에서는 주시특성을 이용한 연구가 시작단계이므로 주시점에 관한 조사분석을 통하여 실제면에서 발생하는 교통안전 시설물에 대한 문제를 연구할 필요가 있다고 사료된다.

3. 研究內容 및 方法

각 주시점 측정은 道路形態別, 速度別로 구분하여 운전자의 注視點座標 및 주시점과 운전자간의 距離, 주시점에 대한 운전자의 認知狀態를 각항목별로 측정 하였다. 측정자료의 분석은 첫째로 정성적성질의 분석은 道路構造(법면, 곡선부분), 道路安全施設物(안내표시 및 가드레일), 交通現狀(대향차 및 선행차, 추월차)으로 구분하여 주시와 인지상태를 분석하였다. 둘째로 정량적 분석은 道路形態別(시가지 및 국도, 고속도로) 車線別(1~4차선) 速度別(4단계) 道路曲線半徑의 크기(21단계) 등을 운전자 주시특성에서 분석(교통학회지 8권 2호)하였다. 그 분석자료를 이용하여 道路注視의 景觀要素別로 분류하여 각주시에 대한 주시 빈도수를 구하고 분포형을 도시하여 주시에 대한 특성을 찾았다. 또 각 주시대

상에 대하여 注視停留時間分布, 注視點移動角度分布를 분포모델에 적용시켜 분포 특성치 및 평균치를 구하였다.

이상의 각 특성치를 이용하여 운전자가 도로시설물을 이용하고 있는 상태를 정량적으로 정리함으로써 차량운행 중 道路施設物의 設置範圍와 運營에 대한 考察을 하였다.

II. 資料 調査의 概要

조사용 실험기구는 Eye Mark Recorder에 대한 眼球 變位量 檢出은 眼球에 광선을 보내면 그 光線이 眼球表面에서 反射한다. 그 反射는 안구내에서 處像이 되어 光原이 축소된 像이 된다. 이 기구는 3대의 카메라로 구성되어 있으며 중심부에 있는 것은 전방화면을 촬영하고 양쪽측면에 있는 것은 좌우 눈의 초점을 촬영하여 이것을 합성광학계에 합성되어 하나의 화면에 영상시키는 장치이다.

조사지점, 피검자의 선택, 실측하는 방법 등은 대구 시내 및 인근국도, 고속도로에 대해서 실시 하였으며, 각 주시물에 대한 운전자 주시특성분석(1990.12 임채문)<sup>10</sup>을 참고토록 하였으며 각 주시에 대한 분석대상항목은 <표 1>과 같다.

<표 1> Layout of Fixztion Point Analysis

x,y Axis	Objection	Speed	Road	Factor	Lane	Lead-car	Pass-car	Grade
X좌표	01 로면	1. 저 속 도	1 직진구간	31 R50	첫째칸 :	0.50m 전	0. 추월하지	0=경사
	Y좌표	02 로건	5-30km/h	2 직진구간	32 R400	천체차선수	방에 선행	않는다.
	03 도로중심선	2. 중 속 도	(가로분리)	33 R40	둘째칸 :	차 없다.		1 : 3%
	04 선행차	30-50	3 원호청 I	34 R100	실측차선수			2 : 4%
	05 차전거	km/h	4 영대 I	35 R250			1, 추월중	3 : 4%
	오토바이	3. 보통속도	5 명덕R	36 R75		1. 선행차		4 : 5%
	06 보행차	50-70	6 계대 I	37 R45	Ex)5.2	가 있다.	2. 신 호	5 : 5%
	07 허공	km/h	11 교량	38 R150	5차선중		대기중	
	08 주위환경	4. 고 속 도	20 고속도로	39 R100	2차선			
	09 반사경	70-90	곡선부	40 R500				
	10 대향차	km/h	21 가드레일	41 R160				
	11 건물		구 간	42 R300				

x,y Axis	Objection	Speed	Road	Factor	Lane	Lead-car	Pass-car	Grade
	12 추월차	5. 초고 속도 90-110 km/h		43 R200				
	13 중앙분리대			44 R150				
	14 소렬			45 R150				
	15 신호등			46 R60				
	16 주위표시			47 R40				
	17 규제표시			48 R80				
	18 지시표시			49 R60				
	19 보조표시			50 R200				
	20 안내표시			51 R100				
	21 로면표시			52 R30				
	22 차내			53 R50				

Note-1: Intersection

R100 : radius of curve is 100m

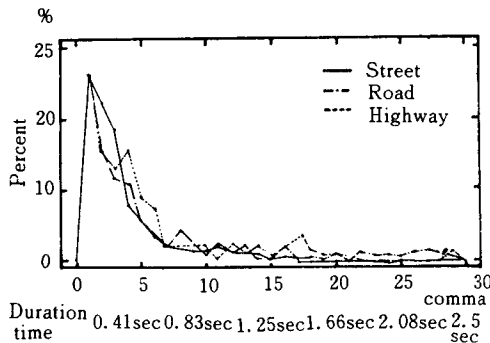
### Ⅲ. 注視特性을 考慮한 統計的 分析

#### 1. 注視點 停留時間 分布

##### 1) 분포모델 추정

운전자가 운전중에 동일대상물을 연속해서 어느정도 보고 있는가를 나타내는 注視停留時間分布를 분석하였다. Eye Mark Recorder로 撮影된 화면에서 繼續해서 주시하고 있는 注視時間別 頻度分布를 市街地街路, 國道, 高速道路別로 분류하여 가로축을 주시빈도수 Comma(1Comma=1/12sec), 세로축을 주시 Percent로 나타난 것이 <그림 1>과 같다.

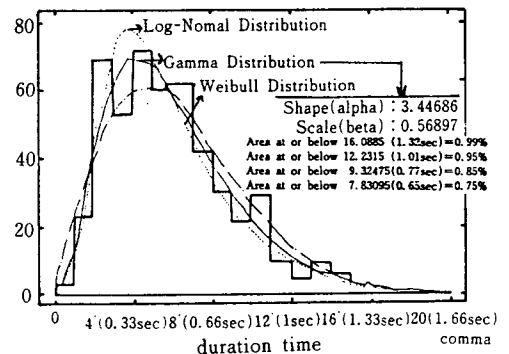
주시분포 Model의 推定은 각 대상주시물을



<그림 1> Fixation Duration of Road

로면, 도로중심선, 노면, 신호, 경계표시, 안내표지, 선형차, 차내부로 분류하여 운전자가 注視時間(t) 사이에 연속적으로 대상물을 주시하고 있는 상태가 連續形 分布로 볼수 있다. 그러므로 變動係數(k)에 의해서 이론분포 Model은 Gamma distribution, log normal distribution, Weibull distribution을 시간 t에 대해서 적용하였으며 適合度의 檢定은  $\chi^2$ -Test와 Kolomogorov-Smirnov-Test를 사용하였다.<sup>20-21)</sup>

각 대상물중에서 안내표지에 대한 결과는 <그림 2>와 같고 각 분포모델에 대한 전체 檢정결과는 <表 2>와 같다.



<그림 2> Comparison of Theoretical and Practical Value by Guide Sign

〈表 2〉 Distribution of Fixation Duration for Observed and Theoretical Value

Visual Point	Observe Number	Statistics		Gamma Distribution					check-test				
		Mean	S.D	parameter			$\chi^2$ -Test		K-S				
				$\alpha$	$\beta$	df	$\Sigma \chi^2$	L	DN	L	P	M	
Road face	753	5.390 0.45sec	4.535	1.559	0.289	12	**23.612	0.023	*0.119	2.013-3	0.119	0.087	
Center Line	130	2.963 0.25sec	2.196	2.448	0.825	4	*4.637	0.326	*0.169	1.133-3	0.169	0.113	
Shoulder	125	3.140 0.26sec	2.489	2.281	0.733	4	*8.823	0.065	*0.174	1.022-3	1.174	0.114	
Signal	421	4.613 0.49sec	2.794	2.766	0.599	12	*8.591	0.743	*0.023	1.000	0.023	0.019	
Warning sign	545	4.415 0.37sec	3.702	2.332	0.542	10	*11.943	0.288	*0.128	0.999	0.019	0.280	
Guide sign	501	6.058 0.67sec	3.288	3.447	0.568	12	23.988	0.020	*0.025	0.999	0.025	0.017	
Lead Car	558	6.172 0.51sec	5.293	2.090	0.344	10	*6.144	0.803	*0.091	0.145	0.091	0.075	
In-Car	597	2.954 0.24sec	2.479	2.019	0.683	3	*0.087	0.107	*0.219	2.518-4	0.219	0.145	

\* Note : D=Estimated KOLOMOGOROV statistic Dplus M=Estimated KOLOMOGOROV statistic Dminus  
DN=Estimated overall statistic DN L=Approximate significance Level

(表 2) Distribution of Fixation Duration for Observed and Theoretical Value

	Weibull Distribution										Log Normal distribution									
	parameter					check-test					parameter					check-test				
	$\alpha$	$\beta$	df	$\chi^2$ -Test			K-S			$\epsilon$	n	df	$\chi^2$ -Test			K-S				
				$\Sigma \chi^2$	L	DN	L	P	M				$\Sigma \chi^2$	L	DN	L	P	M		
Visual point	1.2597	5.828	12	25.7725	0.0115577	0.108523	6.53523-3	0.108523	0.102886	5.5580	5.977	12	71.101	1.99-10	*0.124	10.26-3	0.124	0.088		
Road face	1.54909	3.32024	5	13.4211	0.0197364	*0.16457	1.7493-3	0.16457	0.144299	2.96355	2.1963	4	51.0186	2.2123-10	*0.174328	7.40375-4	0.174328	0.126839		
Center Line	1.54003	3.48219	5	17.7798	3.235-3	*0.157298	4.11756-3	0.157298	0.13185	3.14039	2.48997	5	56.2506	2.79244-11	*0.189358	2.558-4	0.189358	0.140671		
Shoulder	1.96059	7.15573	13	**21.7187	0.0598757	*0.0431504	0.30951	0.0431504	0.050734	6.42729	4.08222	14	24.2613	0.0425985	*0.0539918	0.108378	0.0295033	0.0539918		
Signal	3	0.37665	12	*14.9583	0.184254	*0.038881	0.43575	0.21326	0.038628	4.4450	3.7020	12	41.826	3.567	*0.061	0.032	0.042	0.061		
Warning sign	1.93885	9.01839	16	**27.0338	0.041109	*0.052341	0.129149	0.0523418	0.0402422	8.0490	4.9480	16	*17.4522	0.356936	*0.035	0.998	0.020	0.035		
Guide sign	1.4253	6.72103	10	*10.3959	0.406472	*0.106061	0.0571805	0.106061	0.0942613	6.17254	5.2934	10	*9.14081	0.518794	*0.11817	0.024245	0.0698544	0.1187		
Lead Car	1.430651	3.27515	4	*17.6783	1.42167-3	*0.193788	1.8513-3	0.193788	0.71803	2.95447	2.47985	4	47.0231	1.5082-9	*0.23368	7.6248-5	0.23368	0.131711		

Note : Level of significance is 10%\*\* Level of significance is 5%\*

(1) 각 분포 Model의 檢定結果(표 3)는  $\chi^2$ -Test에 의하면 Gamma분포는 有意性 10%에서 75% 적합하였으며 K-S test에서는 5% 有意水準에 모든 분포가 적합하므로 注視停留時間에 적합한 Model은 Gamma분포로 추정하였다.

(2) K-S Test는 測定確率과 理論確率의 차의 最大值만이 檢定에 관계되므로 有意水準에 의한 적합도는 높았다.

〈表 3〉 The Number of Observation at Accepted Various Levels for Three Statistical Distribution.

Distribution Type	$\chi^2$ -Test		K-S Test
	Level of signification 10%	Level of signification 5%	Level of signification 5%
Gamma distribution	6(75%)	1(12%)	8(100%)
Weibull distribution	3(37%)	2(25%)	8(100%)
Log-Normal distribution	2(25%)	0	8(100%)

2) 平均 注視時間(m)에 대한 檢討

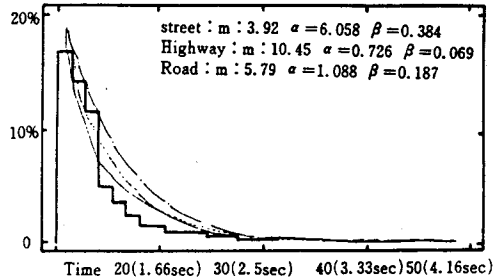
注視時間分布Model은 Gamma분포에 類似하고 平均주시시간을 市街地街路, 國道, 高速道路로 구분하여 분석한 결과 Gamma분포의 매개변수와 平均값은 〈그림 3〉과 같다. 또 각 주시대상물별로 平均정류시간을 Gamma분포에 적용한 平均값과 檢證結果는 〈표 2〉와 같고 요약하면 다음과 같다.

(1) 平均정류주시시간은 市街地街路 0.32 sec, 高速道路 0.87sec, 國道 0.48sec로서 고속도로의 경우가 市街地街路보다 2.5배 길다. (주시야를 확인하는 최소시간은 0.15~0.33 sec로보고 있다.)<sup>21)</sup>

(2) 案内標識의 平均주시시간은 0.50sec이며 注意標識는 0.37sec로서 案内標識경우보다 2배정도 길다.

(3) 路肩, 道路中心線, 車內部的의 平均주시시간은 0.25sec로서 근소하게 차이가 없다.

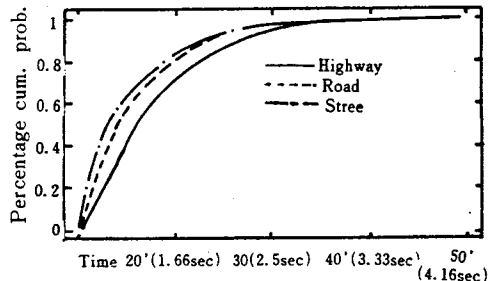
(4) 운전중에 주시시간이 큰 대상물을 순서대로 정리하면 案内標識, 先行車, 信號燈, 路面, 道路中心線, 路肩, 車內部이다.



〈그림 3〉 Distributions of Average Fixation Duration of Street, Road and Highway

3) 注視點 停留時間(t)의 累積 分布에 대한 檢討

Gamma분포의 Parameter를 구하여 주시점 平均정류시간(m)과 分散( $\sigma$ )를 이용하여 累積確率을 각 주시대상별로 구하였다. 또 國道, 市街地街路, 高速道路별로 구한 결과는 〈표 4〉와 같고 累積確率을 75%, 85%, 95%, 99%인 경우 그 결과는 〈그림 4〉와 같다.



〈그림 4〉 Accumulate Probability Curve (Road Factor)

〈表 4〉 Accumulate Probability Distribution for Fixation Duration on Preceding Vehicle

Type \ Distribution	75%	85%	95%	99%
Street(sec)	0.44	0.58	0.85	1.23
Highway(sec)	1.22	1.74	1.99	2.51
Road(sec)	0.67	0.90	1.40	2.12

(1) 고속도로의 注視點停留時間이 3sec 이상으로 특수한 경우도 있으나 시가지가로 및 국도에서는 1sec 내외로서 동일대상물을 계속 주시하는 傾向이 적다.

(2) 路肩, 中央分離帶, 車內部的 累積注視時間의 차이는 0.1sec 이하이다.

(3) 注意標識와 안내표지의 누적정류시간은 0.5sec내외이다.

이상의 결과에서 주시점정류시간은 운전중에 끊임없이 情報認知를 하여야 하며, 그 내용을 판단하여 행동에 옮기기 위하여 필요하다. 즉 운전은 이러한 知覺, 豫測, 決定, 遂行의 과정들이 연속된다. 연속적인 시간의 제약속에서 同一對象物을 주시하는 것은 운전에 필요한 情報를 얻는데 있다. 그러나 注視對象을 보다 正確하게 知覺하려면 그 대상의 의미를 해석하여야 하는데 운전자는 情報를 매우 빠르게 처리하면서 중요하지 않거나 自己走行에 크게 영향이 없는 注意對象은 잊게 된다. 즉 운전중에 대처하게 되는 여러가지 對象들에 대한 情報의 量을 分配하는 것은 중요도에 따라서 다르게 나타나고 있다. 注視時間 停留比率에 따른 대상물을 검토한 바 주시시간이 긴 경우는 正確한 情報를 얻는데 있다고 볼 수 있다.

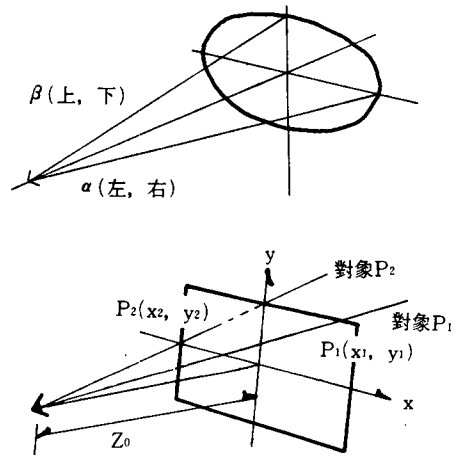
注視點停留時間 분포를 각 주시대상물별로 理論值 및 實測值, 累積曲線確率函數 등에 의해서 분석한 결과 累積分布의 85%까지는 直線變化를 하고 있으나 85%이상은 급격히 변하는 변환점이므로 사물의 精確한 認知時間은 P85%로 하는것이 타당할 것으로 사료된다. 앞으로 운행중 운전자가 표지를 주시하고 인지확인 여부에 대한 실측검정이 필요한 것으로 사료된다.

2. 注視點 移動角度 分布

視野上的 주시점은 어떤 물체에서 一定時間 停留한 다음 빠른 속도로 이동하고 있다. 注視點 이동각도는 어떤 注視點부터 다음 注

視點까지 상하, 좌우로 이동할 때 시선의 이동 각도를 말한다. <그림 5>는 사진 I의 화면에서 대상물 P<sub>1</sub>(X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>)의 주시점과 연속사진 II의 화면에서 대상물 P<sub>2</sub>(X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>)를 합성한 것이다.

視準點에서 시준물체까지의 거리를 安全距離로 하여 Z<sub>0</sub>, 視準點에서 P<sub>2</sub>까지의 거리를 l<sub>2</sub>, 시준점에서 P<sub>1</sub>까지의 거리를 l<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>과 P<sub>2</sub>점 사이의 거리를 l<sub>3</sub>라 하면 다음과 같이 계산할 수 있다.



<그림 5> Focal-Point Object and Moving Angle

$$l_1^2 = Z_0^2 + x_1^2 + y_1^2$$

$$l_2^2 = Z_0^2 + x_2^2 + y_2^2$$

여기서  $l_3^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$

P<sub>1</sub>점에서 P<sub>2</sub>점까지의 이동각도는

$$\theta = (\frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_1 l_2}) \dots \dots (1) \text{과 같다.}$$

Z<sub>0</sub>: 안전거리 M

l<sub>1</sub>: P<sub>1</sub>점까지의 거리

l<sub>2</sub>: P<sub>2</sub>점까지의 거리

l<sub>3</sub>: P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>점 사이의 거리

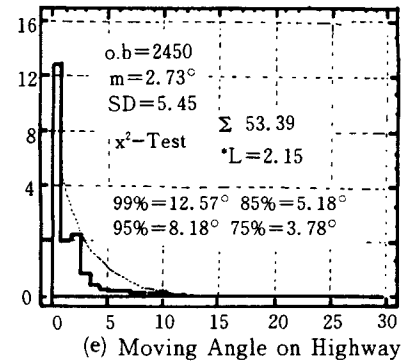
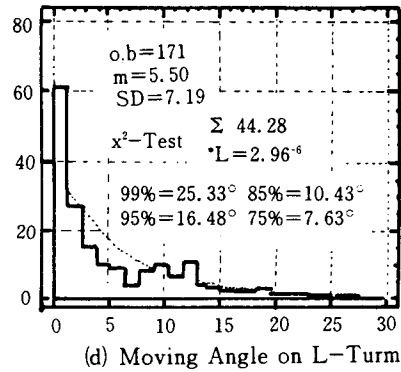
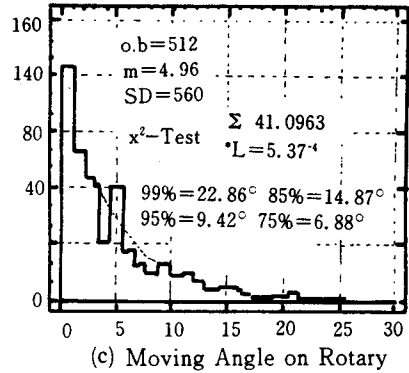
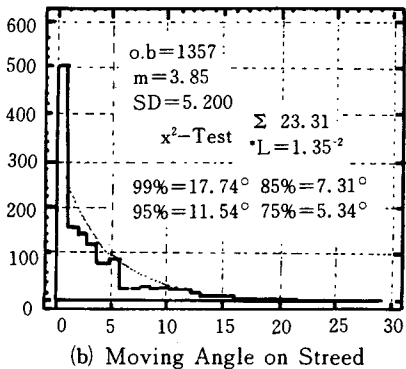
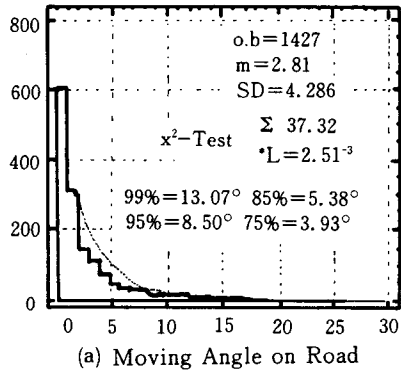
$\theta$ : P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 물체사이의 이동각도

1) 移動角度에 대한 確率密度 函數

주시이동각도( $\theta$ )의 크기를 어느정도 이동 각도로 정하느냐 하는 문제는 人間工學에서 제기되어 왔으나 醫學에서는 다음과 같이 정



의하고 있다. 하나의 대상물을 주시하고 있는 사이 눈의 이동은 Tremer(떨림), drift(표류), flick(깜박꺼림) 등의 微少한 이동을 하고 있지만 본질적으로 같은 物體를 주시하고 있음으로 같은 성질로 보아 이것을 微少移動(Micro Saccade)이라 하며 Micro Saccade 한량의 크기를 최대 26°으로 보고 있다.<sup>23)</sup> 본 논문에서도 동일대상물 注視停留時間은 30'이내 되는 주시이동각도( $\theta$ )를 微少移動으로 보고 그 이상의 이동을 통계적 주시이동각도로 하여 분석을 하였다. 市街地街路, 國道, 高速道路의 全體觀測回數中에 Micro Saccade의 현상이 발생하는 분포는 전체관측 회수에서 다음과 같다. 그 분포는 市街地街路 28%, 國道 17%, 高速道路 8.5%로서 운전자가 주행중 30' 이상 이동하는 頻度率의 결과는 <表 5>와 같다. 이동각도를 식 (1)에 의하여 구하고 그때 발생하는 頻度率을 累積度數로 하여 이동각도



<그림 6> Distribution of Moving Angle by road Factor

( $\theta$ )의 분포는 일정시간에 발생하는 분포이므로 確率函數  $F(\theta)$ 는 指數分布을 이루고 분포함수는 식 (2)를 사용하였다.<sup>24)</sup>

$\theta$ 는 指數分布이고 P.D.F는  $\alpha=1, \beta=1/\lambda$ 라 하면

$\mu = \alpha \beta \quad \lambda = 1/\mu$  일 때 표본에 적용시키면.  
 $\lambda = 1/\theta$

分布函數  $F(\theta)$ 는

$$F(\theta) = \int_0^\theta \frac{\theta}{1} e^{-(\theta/1)x} dx = 1 - e^{-\theta/\theta} \quad \theta > 0$$

$$F(\theta) = 0 \quad \theta < 0 \dots\dots\dots(2)$$

〈表 5〉 Micro Saccade Numbers

Road Factor	Observed number	Microsaccade number	Total percentage (%)
Street	1357	972	28%
Road	1427	1172	17%
Highway	2450	2244	8.5%

2) 結果 分析

주시점 이동각도에 대한 指數分布의 적용은  $\chi^2$ -Test에서 有意水準 25%에 有意하였으므로 주시점이동각도는 指數散分布라고 할 수 있다. 國道, 高速道路, 市街地街路, Rotary, 좌회전인 경우에 實測値와 理論値의 비교, 平均率, 累價確率密度曲線은 〈표 6〉에 표시하였으며 그 분포 결과는 다음과 같다.

(1) 평균주시이동각도는 市街地 3.85°, 國道 2.81°, 高速道路 2.73°로서 4° 미만의 移動角度를 형성하고 있다.

(2) Rotary, 좌우회전시의 이동각도는 5°로서 크게 나타나고 있다.

(3) 전체주시중 確率 85%범위에서 주시 이동각도의 크기는 高速道路는 5.18°이고 市街地街路는 7.31°, Rotary는 9.42°로서 確率密度 函數를 크게 할수록 이동각도의 차이는 크게 일어나고 있다.

IV. 運轉者의 注視特性을 考慮한 交通施設 整備 方向

1. 注視特性의 適用性 檢討

市街地街路 및 國道, 高速道路의 곡선부와

교차점은 추행중 운전자의 危險負擔이 되는 구간으로서 운전자의 주시점이동을 검토하였다.

1) 도로환경과 주시점이동 Graph에 의한 도로의 위험구간 추출

운전자 주시특성의 적용성 검토는 도로환경과 운전자의 주시점이동을 동일단면에서 도식화하여 운전자의 주시점 이동과 도로환경과 연관성을 분석하고 주시점 분포특성을 종합분석하여 위험구간 추출방법을 제시하였다. 〈그림 7〉은 조사자료중에서 N1의 피험자가 국도 구간에 주시점 기록내용중 AB, EF구간만을 나타내었다.

〈그림 7〉의 (a)는 AB구간 단면도이며 축척 1/2100 거리=650M이고 (b)는 주시점 수평이동분포 (c)는 수직축 이동분포로서 종축은 1/12sec 간격으로 출발점으로부터 시간분포이고 횡축은 주시이동각의 분포이다. (d)는 주시대상물 분포로서 종축은 시간(1/12sec)분포이고 횡축은 〈표 1〉의 주시대상물 번호이다. 이상의 도면을 이용하여 문제구간을 추출하는 방법은 다음과 같은 단계로 하였다.

(1) 수평축의 중심은 직선을 중심선으로 하고 곡선반경은 주시점이동각도에 의한 회귀곡선식에 의해서 중심점을 이동시킨다. ( $Y = e^{6.14301R^{-1.36259}}$ )

(2) 수직축의 중심은 도로경사에 의해 주시점을 이동시킨다. ( $y=x$ )

(3) 주시내의 폐쇄공간 및 위험구간(마을, 학교, 교차점, 횡단보도)을 도식화 한다.

(4) 교통안전 시설물설치에 따른 시인거리 구간을 도식화 한다. ( $S=376h$ )

(5) 주시점 평균이동각도 〈그림 6〉를 기저이동 범위로 도식화 한다.

(6) 주시대상물의 NO 5번 이상은 목적주시에 해당되므로 NO 5번 까지를 기저주시수단으로 표시한다.

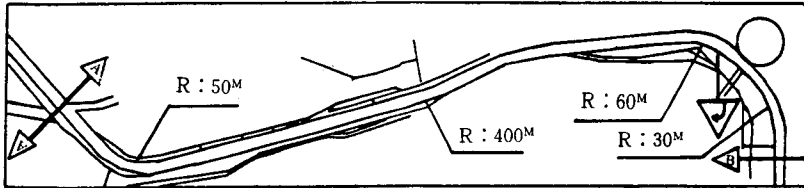
(7) 주시대상물 중 목적주시에 해당하는 주의표지, 안내표지는 시인인지 여부를 확인

한다.

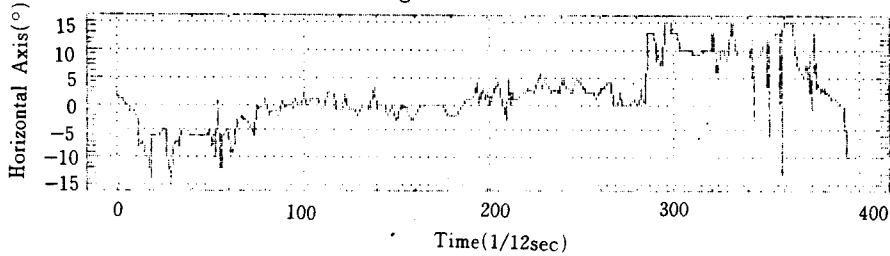
(8) 이상의 단계를 1-7까지 행하였을 경우 정상이 되지 않는 부분은 주시분포에 의

한 결함으로 보고 경관에 대한 원인분석과 Monitor상에서 운전행위 및 교통현상과 연관하여 분석한다.

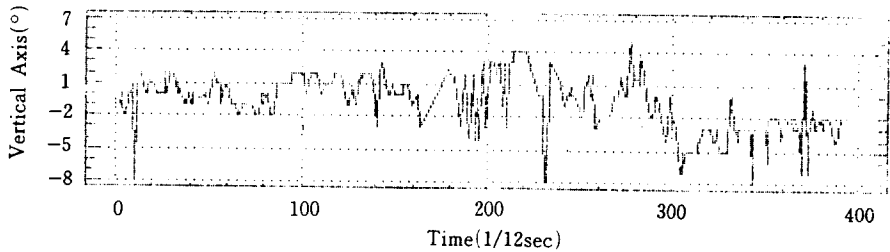
(a) AB Cross-Sectional View. Scale=1/2100 Distance=650M



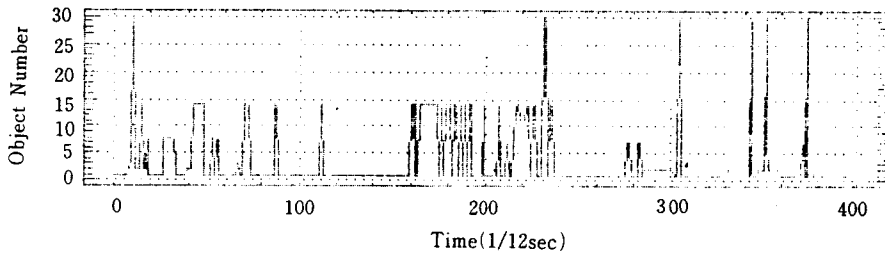
(b) Coordinates of Moving Focal on Horizontal Axis



(c) Coordinates of Moving Focal on Vertical point

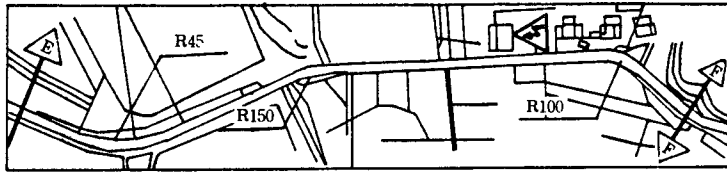


(d) Visual Searching Point

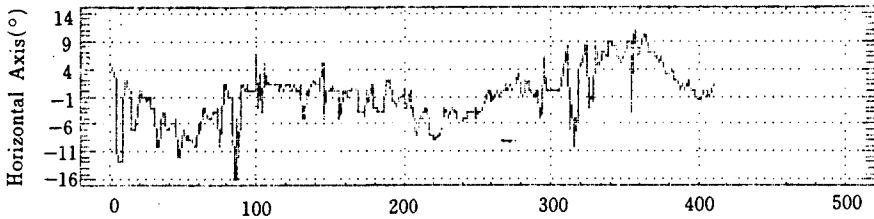


(그림 7) The Graph for Visual point and circumstance of Road(AB)

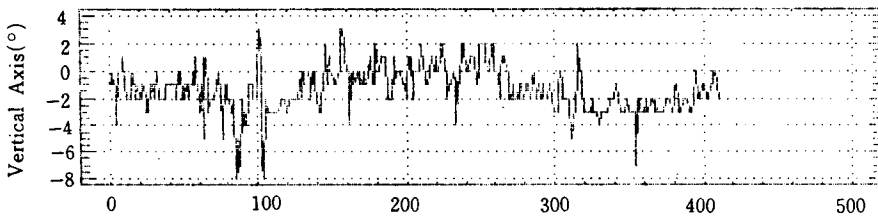
(a) EF Cross-Sectional View.



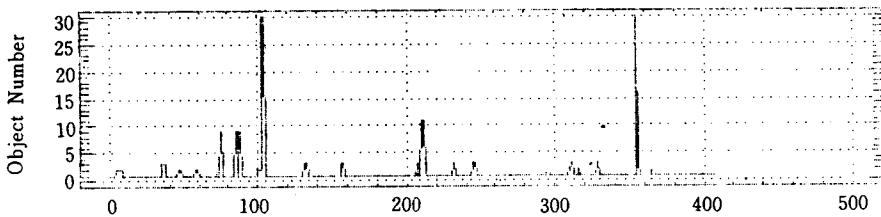
(b) Coordinates of Moving Focal- on Horizontal Axis



(c) Coordinates of Moving Focal- on Vertical point



(d) Visual Searching Point on Horizontal Axis



〈그림 7〉 The Graph for Visual Point and Circumstance of Road(EF)

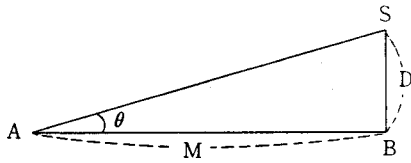
이상의 결과를 비교검토한 후 결함이 있다면 교통사고와 연관시켜 도로 구조개선 및 교통안전시설에 대한 위험구간으로 제시할 수 있으며 앞으로 도로 기하구조설계 및 운전자의 설문 등에 의하여 연구가 더 필요한 것으로 사료된다.

2) 注視角度

운전자의 주시각도는 交通安全設施의 설

치 등에 이용되고 있는 방법으로 운전주행중 어떤 A점에서 道路施設物(S)까지의 사이각도를 주시각도( $\theta$ ), 走行車線(B)에서 도로시설물까지의 수직거리를 D라 할때 주행점 A부터 B까지의 거리를 判斷可能距離(M)라고 할 수 있으며 식 (3)과 같다.

$$M = D / \tan \theta \dots\dots\dots(3)$$

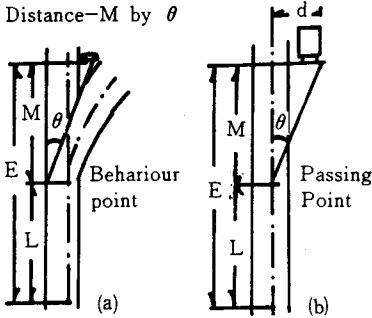


Distance Possible Judgement

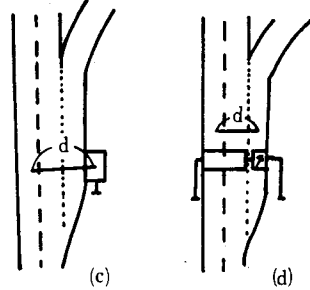
식 (3)에 의하여 주시각도의 영향에 의한 交

通安全施設物의 설치거리 및 설치방향은 (그림 8)과 같이 검토하였다. 운전자의 注視角度範圍는 도로교통에 있어서 운전자의 주시특성<sup>10)</sup>에서 분석한 결과중 전체범위 85%를 포함하는 주시각도로 정리하면 (表 6)과 같다. 이상의 결과를 이용하여 판단 가능거리를 구할 수 있다.

Reading Distance-M by  $\theta$



Reading distance-M by d



(그림 8) Method setting up Traffic Facilities (Distance Possible Judgement)

(表 6) Focal Point Angle in Accumulation 85% at Road Factor

Focal angle point		Range of Accumulation 85%		Focal angle point		Range of Accumulation 85%	
		X : left Y : under	X : right Y : on			X : left Y : under	X : right Y : on
Type				Type			
Street	X	6.5	3.5	Rotary	X	19.8	7.3
	Y	1.4	3.7		Y	3.3	3.4
Road	X	7.1	7.8	Right-hand crossing	X	12.5	0.5
	Y	2.9	3.3		Y	1.4	4.4
Highway	X	3.3	3.7	Left-hand crossing	X	0.5	12.0
	Y	4.6	4.8		Y	3.0	4.4

3) 注視範圍

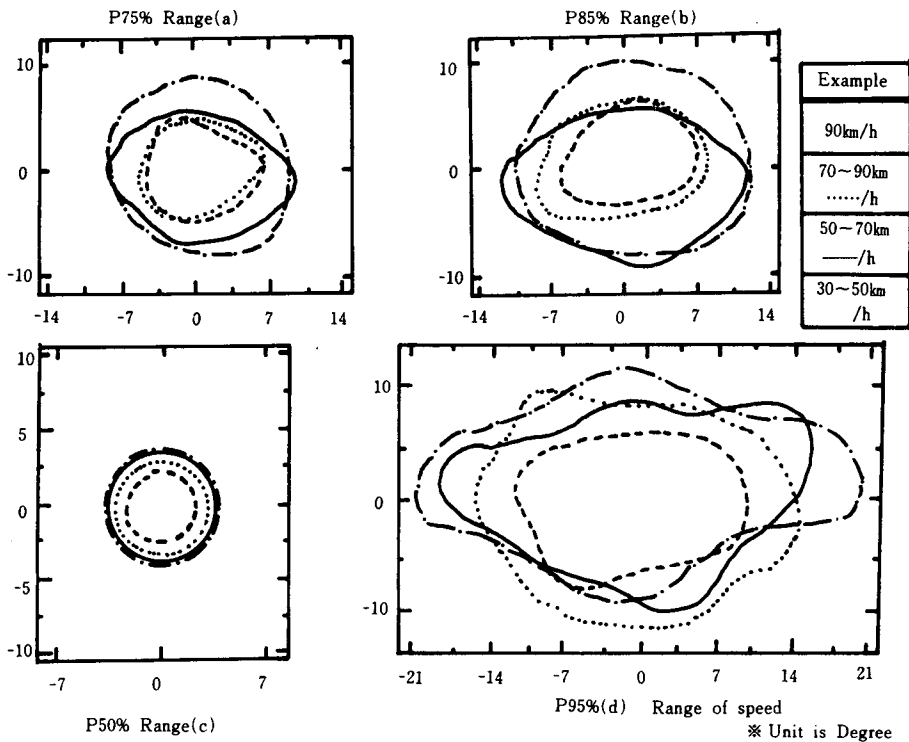
交通標識의 설치범위를 결정하는 경우는 車道部 및 歩道 등의 建築限界를 침해하지 않고 視認性이 방해하지 않는 곳에 설치할 필요가 있으므로 주시점 분석결과를 이용하여 운전자가 주변의 공간을 잘 활용하도록 설치범위를 결정할 수 있다.

속도에 의한 注視點 분포범위는 전체범위 중 포함하는 범위가 50%, 75%, 85%, 95%일 때 도면화 한 것은 (그림 9)와 같다. 도로서

설물의 설치는 전체 주시 중 50%이내에 설치하면 이상적이나 실현성이 어렵고 85%까지는 圖形分布를 하고 있으므로 85%이내에 있도록 설치할 필요가 있다고 사료된다.

2. 注視特性의 適用方案

交通標識 설치장소에 있어서는 標識의 注認性을 確保하는 것은 말할 것도 없고 그의 도로의 구조, 교통의 상황, 연도의 상황을 검토하고 운전자가 標識의 指示로 안전하게 주행



〈그림 9〉 Fixation point Range by speed

할 수 있도록 交通標識를 적당한 위치에 설치할 필요가 있다.

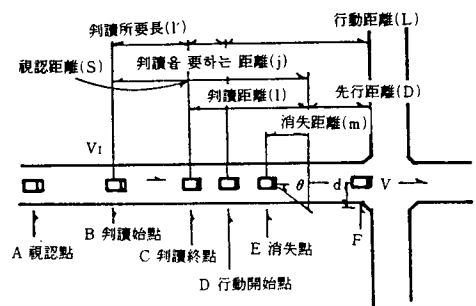
道路標識의 설치하는 도로이용자의 行動特性을 考慮할 필요가 있으며 視認距離, 判斷距離, 운전자의 주시각도등을 충분히 검토하여 적절한 위치를 선정하여야 한다. 本 논문에서는 交通標識의 注意標識(Waring Sign), 規制標識(Prohibitory sign), 指示標識(Indicatory Sign), 案内標識(Guide Sign)중에서 주시점선 정결과를 이용하여 案内標識 및 注意標識의 설치위치에 관해서 交通安全시설물 규준령(건설부 1989)<sup>25)</sup> 및 交通安全시설 설치기준 및 관리요령(韓國道路公社 1968)<sup>26)</sup>에 준한 운전자의 시각특성을 考慮하여 적용방안을 검토하고자 한다.

1) 案内標識

주행중에 운전자는 〈그림 10〉과 같이 標識

에 대한 운전자 행동을 보면 시준 A에 있어서 표시점 S가 있는 것을 알고 B지점에 와서 標識內容을 읽기 시작한다. 그 내용을 완전히 읽은 완료점이 C점이고 그 내용에 대해서 자신의 행동을 판단하기 위한 약간의 시간이 경과한 후 행동을 시작한다.

행동개시점 D부터 交叉點端(危險場所) F까



〈그림 10〉 Driver Behavior For Traffic Sign

지의 거리를 행동거리 L라하고 운전자는 그 거리내에서 車線變更, 혹은 減速(停止, 方向變更)을 안전하게 할 수 있도록 하여야 한다.

B점부터 標識까지의 거리를 是認距離(S), C점부터 標識點까지의 거리를 判斷反應距離(1)라 부르고 그 判斷反應距離는 소멸점부터 표지까지의 거리(M)를 길게하면 운전자는 標識의 내용을 충분히 판독한다.

標識를 보기 시작한 점 B에서 보기 끝점 C까지를 判讀所要길이 I'이고 標識內容 보기끝에서 행동개시점 D까지의 거리를 行動判斷距離(j)라 할 때 先行距離 D는 식 (4)로 나타낼 수 있다.<sup>27)</sup>

$$D=L+I'+J-S \dots\dots\dots (4)$$

(1) 文字의 크기(h)와 視認距離(s)와의 關係

문자의 형상을 縱, 橫 같은 크기로 하고 그 크기를 높이(h)로 대표해서 나타내고 하나의 문자의 거리를 h의 倍數로 나타낸다.

즉, h=30cm일때 是認距離(S)=400h라면 S=120M의 시인거리가 필요하다.

日本 土木學會에 의하면 정지시 일반적으로 시인거리의 概略値는 晝間에 사전 知識이 없을 때 S=200h-300h로 보고 있으며 豫備認識이 있을때 S=400h로 하고 있다.

本 연구는 문자의 크기 h일때 시각  $\theta$ 는 식 (5)에서 구할 수 있고  $\theta=5.15'$ 이면 시력은 1이다.

$$\theta = h/D \dots\dots\dots (5)$$

構造令에서 운전시력 0.7로 하였을 때 시력의 산출방법은 식(6)과 같다. 시력이 0.7이고 문자의 크기 h라면 視認距離 S는 식(6)과 같다.

$$S=h \times 60 \times 180 / 7.31 \pi = 470h \dots\dots\dots (6)$$

식 (6)에 의한 값은 停止視認距離이므로 動體視力과 속도관계에서 운행중의 視認距離를

보정하여야 한다.

일반적으로 보정값은 정지시력의 80%일때 (日本 構造令 80%)<sup>28)</sup> 식(7)와 같다.

$$S=376h \dots\dots\dots (7)$$

\* 獨逸의 國道案内標識 設置基本令<sup>29)</sup>에서 는 S=370h

(2) 判讀距離(I')

本 연구의 제 3 장 1절에서 주행중 案内標識에 대한 注視 停留時間의 분석결과 <그림 3>에서 구한 값을 판독시간으로 하여 평균값은 0.67sec이고 누적확률 85%일때 0.77sec, 95%일때 1.01sec, 99%일때 1.32sec로서 식(7)에서 구한다.<sup>30)</sup>

$$I' = vt_i / 3.6 \dots\dots\dots (8)$$

v=주행속도(km/h)

t<sub>i</sub>=판독시간(Sec)

I'=판독거리(m)

(3) 判讀을 要하는 距離(j)

$$j = vt_j \dots\dots\dots (9)$$

여기서 v<sub>j</sub>: 접근속도(주행속도의 85%)

t<sub>j</sub>: 2.5sec

(4) 行動距離(L)

행동거리는 감속 및 차선변경의 거리로서 식(10, 11)과 같다.

① 감속인 경우

$$L_1 = v_i^2 - v_f^2 \dots\dots\dots (10)$$

여기서  $\alpha$ : 감속도(0.75-1.5m/sec)

v<sub>i</sub>: 접근속도(85% 주행속도)

v<sub>f</sub>: 교차점(위험부문)끝 부분에서 주행속도

② 車線變更인 境遇

차선변경인 경우 도로조건에 따라 접근속도를 주행속도의 85%로 가정할 때 다음과 같은 식을 얻는다.<sup>31)</sup>

$$L_2 = v_1 t_3 + 39.6nw/v \dots\dots\dots (11)$$

여기서

n: 차선수(n>3일때 n=(n-2))

$n < 3$ 일때  $n=0$

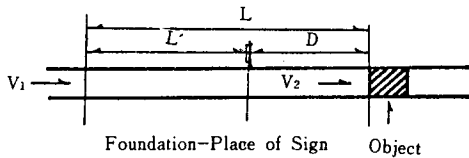
w : 차선평(m)

$v_1$  : 주행속도(km/h)의 80%

$t_b$  : 차선변을 요하는 시간(10sec)

2) 注意標識

注意標識는 운전자 주의를 경고할 필요가 있을때 사용하는 標識로서 <그림 11>과 같이 標識의 설치위치 D의 거리는 운전자가 標識을 보고 감속할 수 있는 거리(L)에서 판독 할 수 있는 거리(L')를 제외하면 식(12)로 구할 수 있다.



<그림 11> Position of Warning Sign

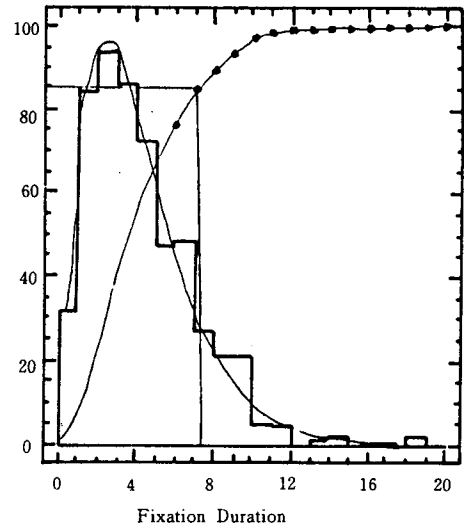
$D = L - L' \dots\dots\dots(12)$

減速 距離(L) : 식(10)의 방법에서 구한다.

判讀 距離(L') : 제 3 장 1절(그림 12)에 의하여 평균시간( $m=0.37sec$ )과  $P_{99}\%=1.11sec$ ,  $P_{95}\%=0.81sec$ ,  $P_{85}\%=0.58sec$ ,  $P_{75}\%=0.47sec$

3) 선행거리에 대한 감도

안내표지는 식 (4)에 의하여 차선평로 구분



Shape(alpha) : 2.332 Scale(beta) : 0.542  
 Area at or below 13.3779(1.11sec) = 0.99%  
 Area at or below 9.82938(0.81sec) = 0.95%  
 Area at or below 7.06664(0.58sec) = 0.85%  
 Area at or below 5.7318(0.47sec) = 0.75%

4(0.33sec) 8(0.66sec) 12(1.00sec) 16(1.33sec) 20(1.66sec)

<그림 12> Characteristics of Theoretical and Observed Gamma Distribution Fitted to Warning Signs

하여 글자높이 25cm일때 선행거리를 구한 결과는 <표 7>과 같다. 주의표지는 폭의 두께가

<표 7> Leading Distance by Lane or Speed : For Guide Sign in 26cm High

Design speed		50km/h	60km/h	70km/h	80km/h	90km/h	100km/h
		Leading distance					
on setting up guide sign	2 Lane of onside	117. <sup>16</sup> m	166. <sup>99</sup> m	220. <sup>66</sup> m	278. <sup>04</sup> m	339. <sup>14</sup> m	398. <sup>06</sup> m
	3 Lane of onside	124. <sup>83</sup>	175. <sup>37</sup>	227. <sup>86</sup>	284. <sup>33</sup>	344. <sup>73</sup>	403. <sup>09</sup>
	4 Lane of onside	134. <sup>76</sup>	183. <sup>76</sup>	235. <sup>03</sup>	290. <sup>62</sup>	350. <sup>32</sup>	408. <sup>09</sup>
	5 Lane of onside	144. <sup>83</sup>	192. <sup>16</sup>	242. <sup>21</sup>	305. <sup>04</sup>	355. <sup>91</sup>	414. <sup>19</sup>

Note : Leading distance using present Street 150m  
 Road 300m  
 Highway 500m



6cm일때 선행거리는 식(12)에서 구하고 그 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> Leading Distance by Speed : For Warning Sign in 6cm Width

Design speed	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h	90km/h	100km/h
Leading distance						
Leading Dislance	35. 21m	53. 40m	75. 31m	100. 93m	130. 27m	163. 33m

Note : Leading distance using present appear design speed 100km/h=100m

안내표지는 속도 및 차선에 의한 선행거리를 표 7에서 검토하였으나 차선에 의한 영향은 적으나 속도에 의한 영향이 크게 나타나고 있다. 주의표지의 선행거리는 저속도인 경우는 선행거리에 차이가 없으나 고속도인 경우는 차이가 크다. 특히 경계표지의 폭의 크기 및 선행거리를 결정할 때 앞으로 더욱 연구가 사료된다.

V. 結 論

도로환경에 대한 注視點特性 분석은 實驗的 방법에 대하여 高速道路, 國道, 市街地街路에 대하여 조사한 것을 통계적 방법으로 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 注視點 停留時間 分布는 Gamma Distribution에서 유의하였으며 노면, 도로중심선, 로건, 신호등, 경계표지, 안내표지, 선행차등의 平均注視時間을 산정하였다.

2. 평균 주시시간은 市街地街路 0.32sec, 高速道路 0.87sec, 國道 0.48sec로서 고속도로의 경우가 市街地街路보다 2.5배 길다. (주시야를 확인하는 최소시간은 0.15~0.33sec로 보고 있다.) 案内標識의 평균주시시간은 0.50sec이며 注意標識는 0.37sec로서 案内標識 경우보다 2배정도 짧다.

3. 주시점이동각도는 指數形分布에 적합하였으며 평균이동각도(m)는 시가지 3.85°, 국도 2.81°, 고속도로 2.73°, 교차점 5° 나타났다

으며 확률밀도함수 85%이상이면 고속도로와 국도와의 주시점이동각도는 차이가 있다.

4. 交通標識에 대한 검토를 注視點移動角度를 이용하여 설치위치를 검토하는 방안과 속도에 의한 注視範圍로 交通安全시설물의 설치범위를 검토하는 방안을 제시하였다.

5. 주시점 분석에 의한 景觀分析은 道路構造 및 안전시설물의 문제점과 施設整備에 필요한 基礎資料를 얻어 要因別 분석하는 방법을 제시하였다.

6. 안내표지, 주의표지의 선행거리를 검토한 결과 차선에 의한 영향은 적으나 속도에 대한 영향은 크므로 현재 일률적으로 사용하는 것은 불합리 하므로 도로조건에 따라서 보정할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구는 대구시와 인근 국도, 고속도로를 대상으로 실험측정 하였으며, 1990년 교육부 학술진흥재단 연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

<參 考 文 獻>

1. Dodge, R., "Five Types of Eye Movements in the Horizontal Meridian Plane of Filed of Regrad", Amer. J. Physiol., Vol. 8. pp. 307~329, 1903
2. Dodge, R. and T. S. Cline, "The Angle Velocity of Eye Movements", psychol.

- Rev., Vol. 8, pp. 145~157, 1901
3. Load, M.P. and W.d. Wright, "Eye Movement During Monocular Fixation" Nature, Lond., Vol. 162, pp. 25~76, 1948
  4. Hartridge, H. and L.C. Thomson, "Method of Investigating Eye Movements", Brit. J. Ophthal., Vol. 32, pp. 581~591, 1948
  5. Ratiff, F. and L.A. Riggs, "Involuntary Motions of the Eye During Monocular Fixation", Journal of Experimental Psychology, Vol. 40, No. 6, pp. 687~701, 1950
  6. Riggs, L.A., J.C. Armington and F. Ratliff, "Motions of the Retinal Image During Fixation", J.O.S.A., Vol. 44, pp. 315~321, 1954.
  7. Barlow, H.B., "Eye Movements During Fixation", J. Physiol., Vol. 116, pp. 290~306. 1952.
  8. 石裕富和, 三浦次夫, "自動車運転中の注視点", 交通工学, Vol. 3, No. 4, 1967.
  9. 小林 實, 村田隆裕, 卷上安爾 "高速道路工学区間での注視点調査", 交通工学, Vol. 7, 増刊號, pp. 17~26, 1972.
  10. 김대용, 임채문, "도로교통에 있어서 운전자의 주시특성" 대한교통학회지, Vol. 1.8, No. 2, pp. 7~25, 1990.12
  11. 伊次山四郎, "道路標識關する基礎 實驗研究", 道路, 1960. 6.
  12. 村田隆裕, "自動車運轉者の注視對象に關する景觀學研究", 東京大學土木工學科學位論文, 1969.
  13. 栗本典彦, "案内標識の設置位置と標識規模との關聯", 交通工学, Vol. 15, No. 1, 1982.
  14. 育藤複夫, 小田博基, 林弘造, 番斷谷隆, "視學情報の採索過程につくて", 近畿日本鐵道技術研究所技報, 第12號, 1980.
  16. 吉次保雄, 山下義之, "案内標識の大きさ等について一研究", 交通工学, Vol. 16. No. 2, 1970.
  17. 洪野藤武, "路面標識による交通流の案内, 誘導管理 ちよび管理に關する考察", 交通工学, Vol. 11, No. 6, pp. 19~29, 1976.
  18. 標本典彦, "道路標識の現状ちよび改良の視點", 道路, 1979. 2.
  19. 蘇原浩, "道路標識設置の現況と問題點について", 交通工学, Vol. 13, pp. 22~27, 1967.
  20. 朴聖炫, "現代實驗計劃法", 大英社, 1982.
  21. 朴俊烈, "土木計劃學" 嶺大出版部, pp. 140~144, 1984.
  22. Cantilli Edmund J., John C. Falcocchio, Kenneth W. Crowley, Roger P. Roess, Bumjung Lee, "Traffic Engineering" Prentice-Hill Inc., pp. 11~15, 1973.
  23. Cornsweet, T.N., "Determination of the Stimuli for Involuntary Drifts and Saccadic Eye Movements", J.O.S.A., Vol. 49, pp. 287~292, 1959.
  24. 村田隆裕, "注視行動通計的性質", 日本土木學會論文集, Vol. 213, No. 5, 1973.
  25. 이경진, "道路安全施設 設置便覽" 建設部, 1989.
  26. 윤필용, "道路安全施設 設置基準 및 管理要領", 韓國道路工事, 1983. 6.
  27. 金大雄, "交通安全施設의 維持管理를 위한 效率化 方案" 88道路交通安全 심포지움, 道路交通安全協會, 1988.
  28. 日本道路協會, "道路構造令の解説と運用", 丸善株式會社, pp. 432~435, 1975.
  29. 獨逸, "西ドイツの一般道路の案内標識設置基準(2)", 交通工学, Vol. 19, No. 5, 1984.
  30. 都哲雄, "交通工学原論(上)", 清文閣.

pp. 46~52. 1989.

31. 大藏泉, 宇留野藏雄, 內海正和, “案内標識の情報量に関する日分析”, 交通工學,

Vol. 16, No. 3, 1981.

32. 李鍾達, “街路交通流 特性에 關한 基礎的研究”, 嶺南大學院論文, pp. 74, 1989.