

신호교차로 황색현시에서의 운전자 형태 및 딜레마 구간 연구방안

The Study on Driver Behavior and Dilemma Zone during Yellow Interval
at Signalized Intersections

이 승 환
(아주대, 교수)

이 성 호
(아주대, 박사과정)

목 차

I. 서론	IV. 분석 결과
1. 연구의 배경 및 목적	1. 자료 수집
2. 연구의 내용 및 범위	2. 속도 및 가감속
II. 이론적 고찰	3. 운전자인지반응시간
1. 감속도	4. 정지율
2. 운전자 인지반응시간	V. 결론 및 향후 연구 과제
3. 정지율과 딜레마구간	
III. 자료 수집 및 분석	참고문헌
1. speed zone 설정	
2. 조사장소선정	

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

신호교차로에서 황색신호가 등화한 이후 운전자가 정지할 것인지 혹은 교차로를 통과할 것인지에 대해 결정하게 되는 것은 매우 어려운 의사결정 요소로서, 이러한 상황을 유발하게 되는 구간을 "딜레마구간(Dilemma Zone)"이라고 한다. 이러한 딜레마구간에서의 다양한 운전자 행태로 인한 교통사고의 가능성이 항상 잠재하고 있다고 할 수 있다. 따라서 이러한 딜레마 구간의 제거를 목적으로 하는 연구가 한창 진행중에 있으며, 주로 검지기 설계 및 신호제어 전략, 교통정보 제공분야의 기술개발에 초점을 맞추고 있다. 본 연구는 이러한 딜레마구간 제거를 위한 기초연구로서, 황색신호 등화시 교차로에 접근하는 차량들의 운전자 행태 분석을 위한 교차로 정지 감속률, 운전자 인지 반응시간 및 딜레마 구간과 정지율의 관계를 고찰하고, 이를 바탕으로 신호교차로의 정지율과 이에 따른 딜레마 구간의 범위를 도출하는 것을 목적으로 한다.

II. 이론적 고찰

1. 감속도

ITE에서 제시하고 있는 정지감속률 $3.05 m/sec^2$ 는 차량의 "최대 감속률"로서 긴급상황에서의 최소 정지 거리를 산출하기 위해 사용되며, "정상감속률(normal deceleration rates)"은 신호등에 의한 정지에 요구되는 필요한 감속도로 정지에 필요한 시간이나 도로길이를 추정할 때 사용된다.

2. 운전자 인지반응시간

우리나라의 건설교통부에서 발간한 "도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2000.3)"에서의 인지반응시간은 미국의 AASHTO(1990)와 같이 2.5초로 규정하여 도로설계시 사용되고 있다. 또한 최근 수행된 국내 연구에서는 도시부에서의 운전자 반응시간은 1.3초에서 2.5초의 범위가 도출되었으며 인지반응시간은 일반적으로 lognormal 분포를 따른다고 발표

되었다.

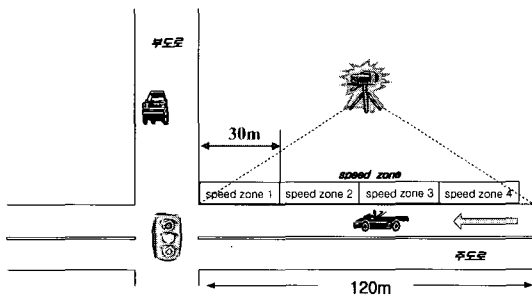
3. 정지율과 딜레마 구간

“정지율”은 교차로로 진입하는 운전자가 황색신호를 보고 교차로 정지선에 정지, 혹은 교차로를 통과할 확률을 나타내는 것으로, 일반적으로 정지율에 대한 모델로 Log-linear Model을 제시하고 있다. “딜레마구간”에 대한 연구로서 Sheffi는 정지율의 50% 영역을 운전자가 의사결정을 내리기 힘든 구간(indecision zone)으로 정의하고 있으며, ITE에서는 10%의 운전자가 정지(즉, 90% 운전자가 통과)하는 지점과 90%의 운전자가 정지(즉, 10% 운전자가 통과)하는 지점 사이를 딜레마구간으로 보고 있다. 이에 반해 Parsonson (1978)18)은 정지율과 딜레마구간의 범위를 ITE의 기준보다는 약간 작은 범위 값들을 보이고 있다.

III. 자료수집 및 분석

1. speed zone 설정

본 연구에서는 조사범위로서 80km/h의 접근속도의 구간에서 99%의 운전자가 안전하게 정지할 수 있는 거리인 120m를 조사범위 상한선으로 설정하고, 신호교차로 진입차량의 위치별 속도변화를 위한 존의 구분을 위해 정지선으로부터 10m간격으로 기준점(19)을 정하고, 차량의 위치별(존별)속도 및 가감속률, 존별 속도변화 행태의 분석을 위하여 speed zone을 임의로 각 30m씩 4개로 구분하여 존별 특성을 나타내었다.



〈그림 1〉 조사 개념도

2. 조사장소 선정

다음의 〈표1〉은 본 연구에서 선정한 조사지역에 대한 특성을 요약정리한 것이다.

〈표 1〉 조사지점별 기능별 특성

구분	지방부 (용인삼가삼거리)	도시부1 (송탄송북초교사거리)	도시부2 (영통사거리)
주기능	지역간 연결	지역간 연결	도시내 주 구간을 연결
교차로간격 (m)	약 1,500	350	450~500
차로수	3 좌:1, 직:2	4 좌:1, 직:2, 공:1	7 좌:1, 직:5, 우:1
평면교차	허용	허용	허용
중앙분리대	x	x	x

IV. 분석결과

1. 자료수집

추출자료는 비디오 실내분석의 특성상 신호등의 브레이크 등화를 화면을 통해 확인해야 하므로 야간에 촬영된 비디오를 통해 자료를 수집하는 것을 원칙으로 하였다. 최소자료수는 유의수준 5% 오차한계 2.5km/h에 필요한 자료수에 기반하여 산출되었다.

〈표 2〉 자료수집

구분	샘플 크기	
	정지차량(최소자료수)	통과차량(최소자료수)
지방부(용인)	80대(54대)	171대(92대)
도시부1(송탄)	148대(68대)	116대(81대)
도시부2(영통)	80대(72대)	57대(54대)
전체	308대(83대)	344대(108대)

2. 속도 및 가감속

1) 정지차량

차량이 등감속의 형태로 정지선에 정지한다고 가정했을 때의 정지감속률은 다음의 〈표3〉와 같은 결과가 나왔다.

〈표 3〉 정지차량에 대한 정지감속률

	정지 감속률(m/s ²)		
	평균	85 percentile	95 percentile
지방부(용인)	1.21	1.61	1.85
도시부1(송탄)	1.75	2.34	2.56
도시부2(영통)	1.70	2.22	2.47
전체	1.61	2.22	2.47

2) 통과차량

〈표4〉는 통과차량에 대한 정지감속률을 도출한 결과로서, 황색신호 등화를 확인한 운전자가 정지선으로부터 교차로를 통과할 수 있는 적당한 거리에 위치한 차량들이 대부분이다. 이를 정지차량의 속도와 비교해 보면 더 높은 값을 가지는 것을 알 수 있다.

〈표 4〉 조사지역별 통과차량 감속률

		Zone1&2	Zone2&3	Zone3&4
지방부 (용인)	평균(m/s ²)	0.26	0.04	0.14
	표준편차	0.57	0.44	0.50
도시부 (송탄)	평균(m/s ²)	0.42	0.14	0.41
	표준편차	0.68	0.51	0.58
도시부 (영통)	평균(m/s ²)	0.82	0.45	0.71
	표준편차	0.67	0.82	0.51
전 체	평균(m/s ²)	0.41	0.14	0.33
	표준편차	0.65	0.56	0.57

3. 운전자 인지반응시간

1) PRT 도출

다음의 〈표5〉는 각 조사지역별 운전자 인지반응시간(PRT)의 평균, 최빈값, 중앙값과 85 percentile값을 나타낸 것이며, 〈표6〉은 운전자 인지 반응시간에 대한 카이제곱 검정법을 이용한 정규성 검정결과로서 log normal 분포를 따른다고 볼 수 있다.

〈표 5〉 운전자 인지반응시간(PRT) 도출값

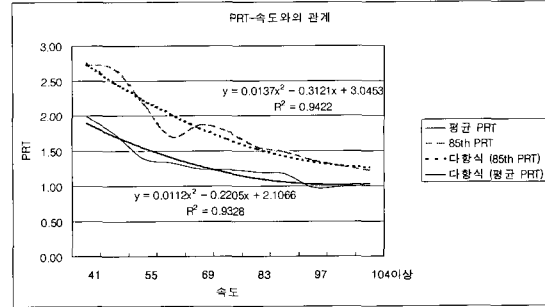
	평균(sec)	최빈값	중앙값	85th
지방부(용인)	1.16	0.67	1.07	1.73
도시부(송탄)	1.11	0.77	1.00	1.50
도시부(영통)	1.48	0.80	1.30	2.10
전 체	1.27	0.9	1.13	1.83

〈표 6〉 LN(PRT) 정규성 검정

	χ^2 계산치	χ^2 임계치	정규분포
지방부(용인)	5.92	9.49	Yes
도시부(송탄)	7.20	7.81	Yes
도시부(영통)	6.59	9.49	Yes
전 체	13.89	15.51	Yes

2) 운전자 인지반응시간과 속도와의 관계

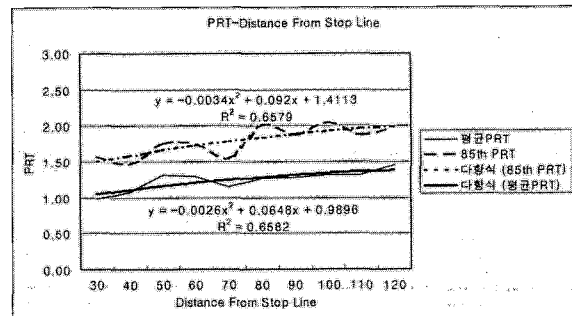
다음의 〈그림2〉에서 볼 수 있듯이, 고속의 접근차량은 작은 운전자 인지반응시간 값을 보이고 있으며, 저속의 접근차량은 고속차량의 운전자 인지반응시간보다 큰 값을 보이고 있음을 알 수 있다.



〈그림 2〉 운전자 인지반응시간-속도와의 관계

3) 운전자 인지반응시간과 거리(Distance from Stop line)와의 관계

다음의 〈그림3〉에서 볼 수 있듯이, 차량이 교차로 정지선으로부터 멀리 떨어져 있으면 운전자 반응시간이 크고, 정지선과 가까이 있을수록 운전자 반응시간이 작은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 정지선으로부터 먼 거리와 가까운 거리 사이 중간에 위치한 차량들의 운전자 반응시간을 보면 다양한 결과를 보이고 있는데 이는 운전자가 황색신호로의 변경에 반응하여 교차로를 통과 혹은 정지에 대한 의사결정이 어려운 딜레마구간 내에 위치하기 때문에 나타나는 현상이라 볼 수 있다.



〈그림 3〉 운전자 인지반응시간-거리와의 관계

4. 정지율

1) 정지율에 따른 딜레마구간의 범위

시간과 공간에 대한 정지율과의 관계(〈표7〉,〈표8〉 참조)를 도출하기 위해 로그선형방정식을 산출하였으며, 이를 통해 정지선으로부터의 위치 x에 대한 교차로 통과율과 정지율, 그리고 교차로까지 도달하는데 걸리는 시간에 대한 교차로 통과율과 정지율을 도출하였다.

〈표 7〉 정지율에 따른 딜레마 구간의 범위(거리)

	정지율	지방부 (용인)	도시부 (송탄)	도시부 (영통)	전 체
딜레마 구간 (거리)	20%~80%	56~87m	57.5~91m	42~80m	55~88.5m
	15%~85%	52~91m	53~95.5m	37~85m	50.5~93m
	10%~90%	47~96m	48~101.5m	31~91m	45.5~98m
	50%	71.2m	74.5m	61m	72m

〈표 8〉 정지율에 따른 딜레마 구간의 범위(시간)

	정지율	지방부 (용인)	도시부 (송탄)	도시부 (영통)	전 체
딜레마 구간	20%~80%	3.3~6.5초	3.1~4.61초	2.05~4.35초	2.94~5.35초
	15%~85%	2.9~6.9초	2.9~4.8초	1.75~4.65초	2.65~5.65초
	10%~90%	2.3~7.4초	2.65~5.1초	1.3~5초	2.2~6.1초
	50%	4.87초	3.85초	3.2초	4.15초

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구를 통해 운전자 행태 즉, 정지감속률과 운전자 인지반응시간, 정지율에 따른 딜레마구간의 범위를 도출하여 제시하였다.

- 정지감속률 : 약 1.61 m/sec^2 , 85 percentile 정지감속률은 약 2.22 m/sec^2 (건교부 제시 1.47 m/sec^2 보다는 큰 값을 사용하는 것이 적절할 것으로 판단됨)
- 운전자 인지반응시간 : 평균 1.27초, 85 percentile은 1.83초 (ITE에서 제시한 1초보다 큰 값)

향후 연구과제로는 본 연구에서 제시된 자료를 토대로 하여 신호교차로의 딜레마 구간 제거를 위한 시스템 개발시 딜레마구간에 존재하는 차량들의 공간적인 위치와 시간적인 범위를 고려한 시스템의 설계를 위한 설계자의 적절한 판단과 충분한 검토가 있어야 할 것으로 보인다. 본 연구의 결과가 신호교차로 딜레마구간 차내 경고 시스템과 같은 교차로 안전에 관한 연구개발사업에 충분히 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 또한 보다 일반적인 운전자 행태의 도출을 위해서는 향후 조사 대상 범위를 전국으로 확대하여 다양한 운전자 행태에 대한 자료의 분석 및 축적을 통한 신호교차로 안전시스템 개발에 적극 나서야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000
2. 오동섭, 운전자행태 도출을 위한 신호교차로 황색신호시 인지반응시간 연구, 이주대석사학위논문, 2001
3. 국토연구원, 국가 ITS아키텍처 확립을 위한 연구(II), 1999.12
4. 염준근, 선형회귀분석, 자유아카데미, 1992
5. Jay L. Devore, Probability and Statistics for Engineering and the Sciences third edition, Brooks/Cole, 1991
6. ITE, Traffic Detector Handbook second edition,

- 1994
7. Adolf D. May, Traffic Flow Fundamentals, 1990
8. TRB, Traffic Flow Theory, A State of the Art-Report, 1992
9. AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1990
10. Young J. Moon and Fred Coleman III, "Driver's Speed Reduction Behavior at Highway-Rail Intersections," Transportation Research Record 1692, 1999
11. Sheffi, Y. et al., "A Model of Driver Behavior at High Speed Signalized Intersections," Transportation Science, Vol 15, No 1, pp: 50~61, 1981
12. Chang, et al., "Timing Traffic Signal Change Interval Based on Driver Behavior," Transportation Research Record No. 1027, Washington, D.C: Transportation Research Board, National Research Council, 1985
13. Triggs, T., "Reaction Time of Drivers to Road Stimuli," Human Factors Reports HFR-12, 1982
14. ITE, Small-area Detection at Intersection Approaches, Technical Committee 18 Southern Section, pp 13, 1974
15. Hanson Demirarslan et al., "Visual Information Processing Perception, Decision, Response Triplet," Transportation Research Record No. 1631, Washington, D.C: Transportation Research Board, National Research Council, pp. 35~41, 1998
16. Olson, P.L and Rothery, R.W., "Driver Response to Amber Phase of Traffic Signals," Traffic Engineering, Vol. 32, No 5, pp 17~21, 1962
17. Bissell, H. H and Warren, D. L., "The Yellow Signal is not a Clearance Signal," ITE Journal, Vol 51, No 2, pp 14~17, 1981
18. Parsonson, P. S. and Santiago, A., "Design Standards for Timing the Traffic-Signal Clearance Period must be Improved to Avoid Liability," In Compendium of Technical Paper, ITE, pp 67~71, 1980
19. FHWA, "Engineering Factors Affecting Traffic Signal Yellow Time-Data Collection Manual-," Report No. FHWA/RD-85/005, 1984
20. Young J. Moon, "Speed Estimation measurement error analysis," Technical-report, Department of Civil Engineering University of Illinois, 1998
21. James A. Bonneson, et al., "Traffic Data Collection Using Video-Based Systems," Transportation Research Board, No. pp 2~4, 1995