

드론을 이용한 교차로 딜레마구간 안전개선에 관한 연구

A Study on Dilemma Zone Safety Improvement using Drone Videos

이 시 북*

* 주저자 및 교신저자 : 영산대학교 드론교통공학과 교수

Si-Bok Lee*

* Dept. of Drone and Transportation Eng., Youngsan Univ.

† Corresponding author : Si-Bok Lee, transport@ysu.ac.kr

Vol.16 No.4(2017)

August, 2017

pp.122~131

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits>

2017.16.4.122

Received 4 July 2017

Revised 20 July 2017

Accepted 22 July 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

본 연구는 최근 활용도가 주목받고 있는 드론을 활용하면 기존 현장조사장비로는 불가능했던 수준의 정밀한 영상자료 수집이 가능하다는 점에 착안하여 진행된 “드론활용 사례연구”의 하나로써, 접근로에서 황색신호 점등시 운전자의 의사결정 패턴을 분석하기 위해 드론 촬영 영상을 활용하였다. 본 연구에서는 먼저 접근로상의 딜레마구간을 파악하고, 황색신호점등시 실제 운전자들이 정지 혹은 통과하는 의사결정 기준선을 파악하고, 이를 적정 황색신호 셋팅값에 의한 기준선과 비교하여 차이가 있는 구간을 “위험통과구간”으로 정의하고자 하였다. 또한, 이를 개선하기 위한 방법으로 황색시간 재설정 및 특정한 가이드 노면표시를 도입하여 운전자들이 안전하게 정지 혹은 통과 결정을 할 수 있도록 돕는 방안을 제안하였다.

핵심어 : 드론, 딜레마존, 황색신호, 운전자의사결정, 교차로접근로

ABSTRACT

This study was a drone-utilized case study motivated by that drones can obtain sophisticated video image data previously not feasible. The dilemma zones on selected intersection approaches were identified and locations of drivers' decision making to stop or go at the onset of yellow were determined by analyzing drone video images. The gap between the drivers' decision making location and invisible stop/go border line provided by the yellow time interval was defined as "risky passing zone". To improve the dilemma zone safety problems, re-optimization of yellow time intervals and introduction of new pavement marking that can help drivers decision making on yellow indication are suggested.

Key words : Drone, Dilemma Zone, Yellow Time Interval, Drivers' Decision Making, Intersection Approaches

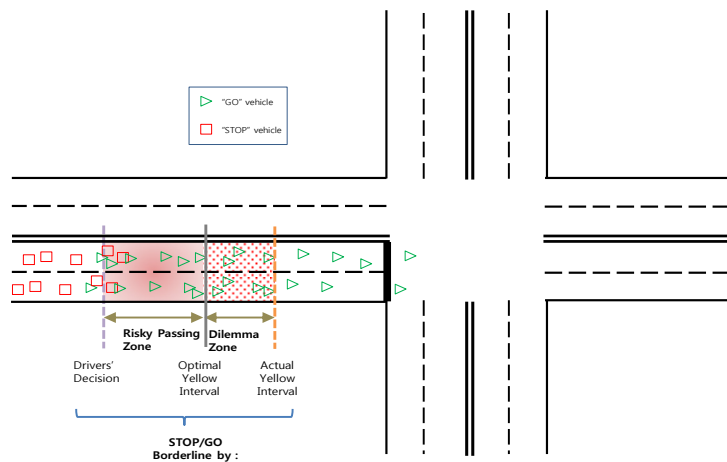
I. 연구의 배경 및 목적

교차로 접근로의 황색신호는 녹색신호와 적색신호사이에 점등되어 교차로에 접근하는 차량의 운전자로 하여금 교차로를 안전하게 통과하거나, 여의치 않은 경우 정지할 수 있도록 하는 역할을 한다. 일반적으로, 황색신호 시간의 길이는 제한속도 기준 안전정지거리에 교차로 횡단폭과 차량의 평균길이를 합한 거리를 주파하는데 필요한 시간으로 설정되는데, 접근로상에 이 거리에 해당되는 보이지 않는 통과기준선이 존재하는 것이라고 할 수 있다. 황색시간의 길이가 잘못 설정되어 부족할 경우, 이 기준선이 적정한 위치보다 정지선 쪽에 가깝게 위치하게 되어 그 위치에서 적정위치 사이 구간에서는 운전자가 통과하기에는 시간이 부족하고 정지하기에는 거리가 모자란 상황이 되는 이른바 딜레마구간이 발생하게 된다.

또한, 이 가상의 기준선은 실제로 교차로 접근시 황색신호가 점등되었을 때 운전자가 볼 수 없기 때문에 자신이 통과해야하는 위치에 있는지 혹은 정지해야하는 위치에 있는지 순간 망설이게 되는 “심리적 딜레마”를 경험하게 되는데, 이 때문에 정지해야 하는 위치임에도 불구하고 통과를 감행하는 위험한 상황이 발생한다. 이는 앞서 언급된 교차로운영자 측면에서의 딜레마구간과는 성격을 달리한다. 이러한 두가지 형태의 딜레마는 교차로 차량통과시 안전에 상시적으로 부정적 영향을 주게 되고, 나아가 교통사고 발생가능성도 높아지게 되는 것이라 할 수 있다.

본 연구에서는 먼저 현장의 황색신호 셋팅값이 적정하지 않은 경우 발생하는 딜레마구간을 파악하고, 이어 황색신호를 받았을 때 통과하거나 정지한 차량의 점등순간의 원 위치조사를 통해 실제 운전자들이 반응하는 기준선(통과한 차량과 정지한 차량의 경계선)을 찾아낸 후, 이를 적정 황색신호 셋팅값에 의한 기준선과 비교하여 차이가 있는 구간을 위험통과구간(정지하여야 하는 위치에서 통과)으로 정의하고자 하였다. 아래 <Fig. 1>은 딜레마구간과 위험통과구간의 개념을 표현한 것이다.

이를 개선하기 위한 방법으로 본 연구에서는 황색시간을 적정한 값으로 재설정하는 것과 더불어, 적정 황색시간에 부합하는 기준위치에 특정한 가이드 노면표시를 도입하여 운전자들로 하여금 통과 또는 정지 가능 여부를 쉽게 판단할 수 있도록 하는 방안을 제안하고자 하였다. 운전자들이 적정 황색시간에 의한 “가시적”인 기준선에 반응하게 되면 앞서 정의한 위험통과구간은 존재하지 않게 될 것이다.



<Fig.1> Concept of the Dilemma Zone and Risky Passing Zone

II. 선행연구 고찰

딜레마존과 관련된 연구는 대체로 교차로 기하구조, 신호기 또는 검지기 설치방식, 교통량, 운행속도, 차종 등 여러 교통조건하에서 딜레마존의 유형과 크기, 위험도 등을 평가하고자 하는 연구가 대부분을 차지하고 있다. 최근 들어 딜레마존 연구는 발전된 교통센서기술을 활용하여 보다 정교한 분석결과를 도출하고 있는 추세이다. 또한, 일부 연구는 딜레마존을 사전에 경고하는 시스템 도입을 위한 센서의 배치전략을 제시하기도 하였다.

Lee et al.(2014)은 교차로의 안전성을 제고를 위해, 교차로 접근로의 차량 접근속도분포에 기초하여 차량이 통과할 때 경험할 것으로 기대되는 딜레마 구간 길이를 산정하여 이를 위험도 평가수치로 활용하고자 하였다. 현장 교차로에 모형 적용 결과 많은 접근로에서 딜레마 구간이 발생하고 있었으며 이는 황색시간이 적정하게 적용되지 못했기 때문인 것으로 분석되었으며 황색시간을 적절히 채산정하여 모형에 적용한 결과 위험도가 개선된다는 결론을 도출하였다.

Lee(2007)은 다기능 단속교차로에서 딜레마 존 최소화 방안으로 황색시간 재조정 방안과 루프검지기의 위치 재조정 등 두가지 유형을 제시하였으며, 이 방안들은 동시에 병행 사용하는 해야 효과를 거둘 수 있다고 강조하고 있다. 또한 여러 가지 교통환경을 고려한 자기 감응식 루프검지기의 설치기준에 대한 재고가 필요하다고 제시하였다.

Ryu(2008)은 신호기 위치에 따른 딜레마존 안전 분석을 수행하였으며, 신호기 위치가 정지선에서부터 멀어지면 황색신호 등화시 운전자가 안전하게 정지할 수 있는 영역이 줄어들게 된다는 사실을 발견했다. 또한 잠재적으로 자동차와 보행자 간, 자동차와 자동차 간의 상충발생빈도를 높이는 원인이 될 수 있다고 제시하고 있다.

Lim(2013)은 통계적 검증, 상관분석, Speed Profile 구축을 통해 교차로 신호기 위치 조정과 딜레마 존 특성 분석을 수행하였으며, Speed Profile 분석을 통해 접근속도가 감속시작점, 즉 딜레마 시작점의 변화를 주어 딜레마 존 크기 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석하고 있다.

Jang et al.(2014)은 다수의 USN기반의 교통센서를 교차로 접근로에 설치하여 운전자 안전서비스를 제공하고자 할 때, 딜레마구간 검지를 위한 센서의 배치방법을 제시하고 있다. 시뮬레이션 모형을 이용하여 지점검지기를 다수 개 모델링하여 유입교통량의 변화, 설계속도의 변화, 운전자 인지반응시간의 변화를 수행한 결과, 지점교통센서는 20-27m의 간격으로 설치하되 도로의 설계속도에 따라 초기 센서의 위치를 변화하여 설치할 필요성이 있다는 결론을 제시하고 있다.

Wei et al.(2009)는 영상캡처 장비를 활용하여 시간기반의 황색점등 주행궤적을 구축하고 이를 통해 3가지 유형의 딜레마존 모형을 제시하였다. 본 연구는 딜레마존과 옵션존은 속도에 따라 달라지며, 차량종류에 따라 운전자들의 반응이 다르게 나타남을 관찰하였다.

Savolainen et al.(2016)은 레이더센서를 이용해서 미국 전역의 87개 교차로를 대상으로 황색시간, 전적시간 길이, 교차로접근안내 점멸등, 단속카메라 등이 운전자의 결정에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구는 프로빔 모형을 사용하여 운전자의 의사결정 패턴을 설명하고자 하였는데, 모형 적용결과 운전자들은 단속카메라가 설치된 곳, 제한속도가 낮은 곳, 횡단거리가 긴 곳, 횡단보도가 있는 곳에서는 대체로 정지할 확률이 높은 것으로 분석 결과를 제시하고 있다.

이상에서 살펴본 딜레마존 현장 실측에 관한 일부 연구에서 영상캡처장치나 레이더센서 등을 활용함으로써 이전보다는 향상된 분석이 가능해졌으나, 여전히 황색신호점등시 개별차량 한대 한대를 운행하는 운전자의 의사결정 특성을 현장에서 정교하게 파악하는 데에는 한계가 따르고 있다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 현장조사 방법론으로 드론을 활용하고자 했다는 점에 이전 연구와의 차별성을 두고 있다.

III. 연구방법론

1. 연구방법의 착안점과 의의

전 절에서 살펴본 바와 같이 과거에 딜레마구간 관련 연구는 상당수 있었으나, 접근로에서 황색 점등순간을 만난 차량의 통과 혹은 정지 여부, 그리고 황색신호 점등순간의 차량위치를 정밀하게 측정할 수 있는 현장 조사장비의 한계로 인해 딜레마구간과 관련된 실증적 연구에는 상당한 어려움이 있었던 것이 사실이다.

본 연구는 드론을 사용하면 기존 현장조사장비의 한계를 뛰어넘어 정밀한 차량의 행태 실측이 가능하다는 점에 착안하여 시작되었으며, 특별히 의미를 두고자하는 것은 그간 공공부문 특히 군사목적으로만 사용되던 드론이 최근 민수시장에 등장하여 본격적으로 활용되기 시작하였는데, 교통분야에서 드론을 개념적인 수준을 넘어서 현장에서 직접 활용한 최초의 사례연구의 성격으로서 드론의 교통분야 활용가능성을 함께 제시하고자 한 점이다.

2. 연구수행 과정

본 연구에서는 교차로 접근로에서 실제 운전자들이 통과하고 정지하는 패턴을 조사하기 위해 시중의 상용 드론을 활용하였으며, 실제 신호교차로의 신호점등 상황은 드론영상장비와 동기화된(synchronized)된 별도의 촬영장비(휴대폰, 캠코더 등)를 이용하여 수집하였다. 저고도 무인기 비행가능 지역에 포함되는 제한속도가 각각 60, 70, 80km/h인 교차로 3개소를 대상으로 1시간 가량의 영상자료를 수집하였다.

드론으로부터 수집된 영상자료를 분석하기 위해 비디오 분석툴이 필요한데, 본 연구에서는 인터넷상에서 손쉽게 내려 받을 수 있는 프리웨어 동영상 플레이어를 사용하였다. 이를 통해 교차로별 실제 딜레마 구간 및 위험통과 구간을 파악하고 안전문제를 도출하였다.

이어서, 도출된 안전문제를 보완하는 방안으로서 황색신호시 운전자로 하여금 통과가능한지 혹은 정지해야 하는지를 안전하게 판단할 수 있도록 하는 새로운 형태의 안내 노면표시 방식을 제시하고자 하였다.

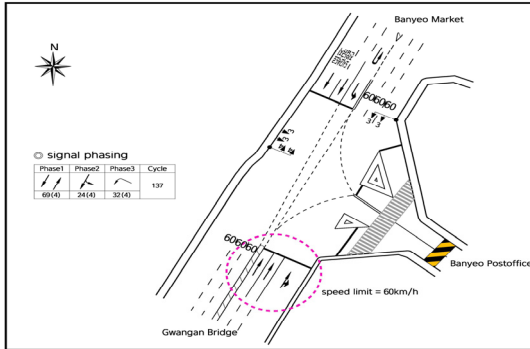
IV. 딜레마구간 분석

1. 교차로 선정 및 현장조사

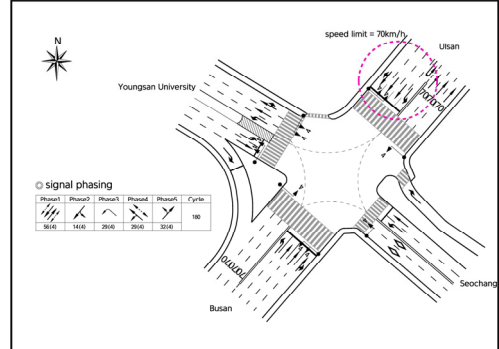
본 연구에서는 부산과 양산시의 교차로 3개소를 선정하여 조사분석을 시행하였다. 이들 3개 교차로의 기하구조와 신호현시체계는 <Fig. 2>에 보인 바와 같다. 교차로 3개소 모두 저고도 무인기 비행가능 지역에 포함되며 제한속도는 각각 장산중 교차로 60km/h, 삼호사거리 70km/h, 노포동교차로 80km/h이며 신호주기는 137~180초로 조사되었다. 조사시간대 설정을 위해 사전조사를 시행한 결과, 정체가 인해 접근속도가 떨어지는 첨두시간은 적절치 않았으며, 차량이 적은 시간대는 차량수 확보를 위해 조사시간이 장시간 필요하게 되어 드론비행시간의 제약이 발생하였다. 이에 따라, 조사시간대는 정체가 없으면서도 황색점등 신호를 만나는 차량의 수량을 확보가 용이한 오후 3~4시경으로 설정하였다.

동영상 촬영에는 현재 상용 드론중 하나인 d사의 P모델이 사용되었으며, 4k 화질의 동영상을 교차로별로 촬영하였다. 드론을 교차로 직상공 120m 고도에서 그대로 채공(호버링)시켜 한차례 비행당 15~20분간 촬영하였다. 이런 방식으로 황색신호를 받는 차량수가 충분히 확보되도록 여러 차례 반복 비행을 시행하였다. 이렇게 촬영된 교차로별 영상(캡처화면)은 <Fig. 3>에 보인바와 같다.

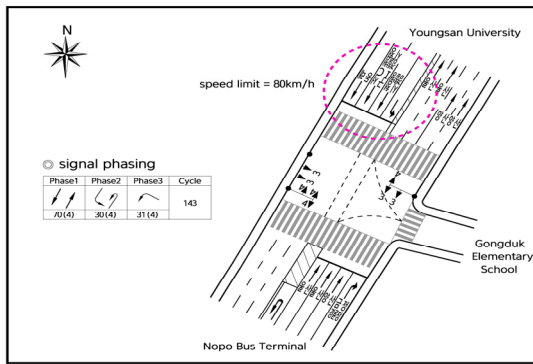
• Jangsan Middle school Intersection



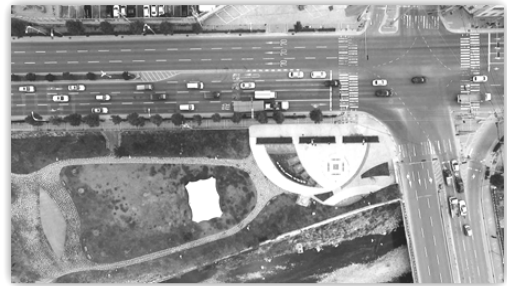
• Sanho Intersection



• Nopodong Intersection



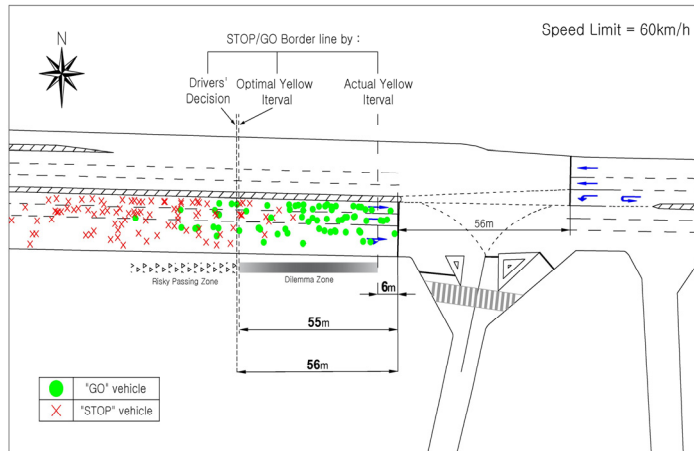
〈Fig. 2〉 Intersection Approaches for Study



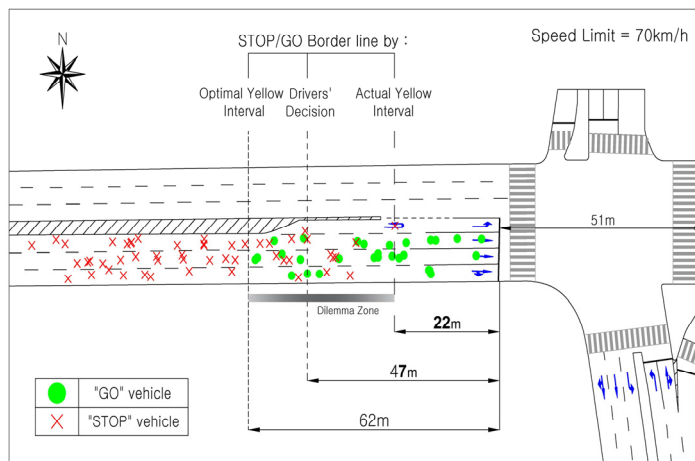
〈Fig. 3〉 Capture Images of the Approaches by Drone Camera

2. 조사결과 분석

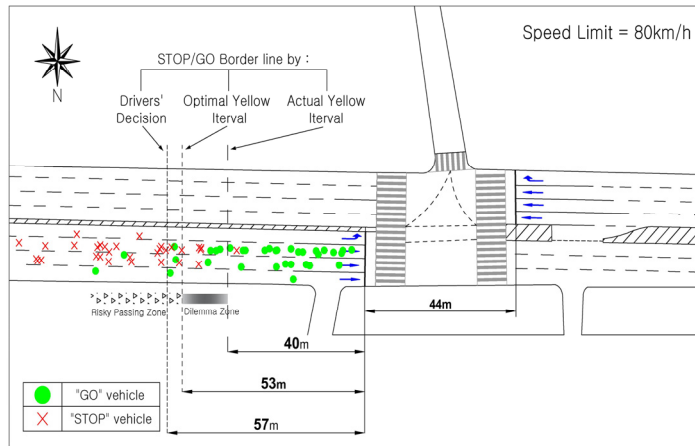
본 연구의 대상인 3개 교차로의 분석결과는 <Fig. 4> ~ <Fig.6>에 보인 바와 같다. 그림에서 정지한 차량은 “x”로, 통과한 차량은 “o”로 표시 하였다.



<Fig. 4> Analysis Results Showing the Dilemma Zone and the Risky Passing Zone for Jangsan Middle School Intersection



<Fig. 5> Analysis Results Showing the Dilemma Zone and the Risky Passing Zone for Samho Intersection



〈Fig. 6〉 Analysis Results Showing the Dilemma Zone and the Risky Passing Zone for Nopodong Intersection

그림상의 기준선은 크게 3가지 종류로서, 첫째 현장의 황색시간 셋팅값 그대로를 기준으로 하였을 때의 기준선, 둘째 적정 황색시간에 의한 기준선, 마지막으로 운전자들이 실제로 반응한 기준선으로 구성된다. 운전자들이 반응하는 기준선은 통과차량과 정지차량이 혼재하여 있는 구간의 중심선으로 정의하였다. 적정 황색시간은 다음의 식(1)에 의해 산출되었다.

$$Y = t + \frac{V}{2a} + \frac{W+L}{V} \tag{1}$$

- 여기서, Y = 적정황색시간(초)
- t = 운전자 반응시간(초)
- V = 차량의 접근속도(m/s)
- a = 차량 감속도(m/s²)
- W = 교차로 횡단폭(m)
- L = 차량의 길이(m)

현장의 황색신호 셋팅값은 본 연구의 대상교차로와 마찬가지로 4초로 되어 있는 경우가 대부분으로 이 4초가 적절한 길이가 아닐 경우(적정값보다 짧은 경우), 딜레마구간이 발생하고 있는 것으로 분석되었다.

교차로 모두 공통적으로 적정황색 시간에 따른 기준선과 운전자들의 실제 반응 기준선이 큰 차이를 보이지 않고 있었다. 운전자 반응 기준선은 제한속도와 무관하게 대체로 정지선으로부터 50m 정도로 나타났는데, 이는 제한속도가 높을수록 반응기준선이 정지선으로부터 더 멀리 위치할 것이라는 예상을 벗어나는 결과로써, 정지하거나 통과하거나 하는 선택은 제한속도보다는 황색점등시의 차량의 위치와 관련성이 깊은 것으로 판단된다. 또한, 운전자들은 정지선까지 남은 거리만을 통과나 정지의 판단기준으로 삼으며, 교차로 횡단폭은 감안하지 않는 것으로 보인다.

혼재구간의 중심선으로써 설정한 반응기준선은 적정황색기준선과 대체로 일치하나 정지/통과차량 혼재구간 중심선의 상류쪽은 여전히 위험통과존으로 볼 수 있다. 이 구역에서 교차로를 통과한 차량은 적정 황색시

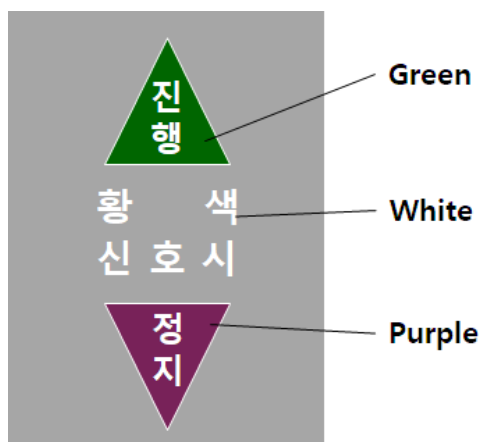
간이 부여되었다 하더라도 통과에 필요한 시간이 부족한 경우에 해당되며, 본 연구의 대상 교차로들처럼 황색시간이 적절한 값이 아닌 경우, 더욱 위험을 무릅쓴 통과를 감행한 것이라 할 수 있다. 과속단속시스템이 있는 삼호사거리를 제외한 장산중교차로와 노포동교차로에서 위험통과구간이 관찰되었으며, 그 길이는 20여 m인 것으로 분석되었다.

무인과속단속카메라가 설치되어 있는 삼호사거리 접근로의 경우, 운전자 반응 기준선이 적정황색기준선 보다 정지선에 가까운 것으로 파악되었는데, 이는 운전자들이 단속카메라에 방어적으로 반응하여 운행하였기 때문인 것으로 보인다. 이 경우, 위험통과구역은 없으나 적정황색 기준선의 안쪽구역, 즉 통과해야 하는 구역에서 통과하지 않고 무리한 정지를 한 상황으로, 정지선 안쪽에 정지하기 위해서 평균값 이상의 높은 감속도를 사용해야 함에 따른 추돌사고의 위험이 있으므로 이 구간은 “정지주의구역”에 해당된다고 할 수 있다. 단속카메라가 안전을 위해 순기능만 하는 것은 아닐 수도 있는 것이다.

V. 교차로 딜레마구간 안전개선 방안

앞서 살펴본 바와 같이, 본 연구의 대상이 된 모든 교차로에서 황색시간은 적정 황색이 아닌 일괄적으로 4초에 맞추어져 있었던 상황으로 우선 황색신호를 적절한 값으로 다시 세팅하는 것이 필요하다. 하지만 적절한 값이라 할지라도 이 값이 지나치게 길어지게 되면 운전자들에게 녹색시간의 연장처럼 받아들여질 수 있으므로 전적시간(all red)을 함께 활용하는 방안이 적절할 것으로 판단된다.

운전자는 황색신호를 인지했을 때 통과 또는 정지 결정을 망설이게 되는 심리적 딜레마를 경험하게 되는데 이를 방지하기 위한 새로운 노면표시를 도입하는 방안도 검토할 만 하다. 이 노면표시는 적정 황색신호시간에 해당되는 기준선 위치에 정지 또는 통과 가능 여부를 문자와 도형으로 표현하는 방식이 될 것인데, 규제나 지시 표시가 아닌 안내표시의 성격으로 규정하고 색상을 녹색과 보라(또는 핑크)색을 사용하여 “가이드라인”으로 인식될 수 있도록 설치하는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 아래 <Fig. 7>는 이러한 노면표시 도안의 한 예를 나타낸 것이다.



<Fig. 7> Example of Pavement Makings to Assist Drivers' Decision to STOP or GO on Amber Signal

이 노면표시는 운전자 편의뿐 아니라 신호운영자 관점에서 황색신호시 무리한 교차로 진입단속의 명확한 기준을 제공한다는 점에서도 의미가 있을 것으로 보인다. 그러나 교통정체로 인해 운행속도가 지나치게 낮아지면 위의 노면표시는 기준선의 역할을 하기 부적절하므로, 교통량이 적고 운행속도 편차가 적은 접근로에만 적용하는 것이 바람직할 것이다.

VI. 결론 및 향후 과제

본 연구의 조사결과에 따르면 대다수의 교차로의 황색시간이 접근로별 특성을 반영하지 못한 채 동일한 값으로 설정되어 있었다. 이로 인해 상당수의 교차로에서 딜레마구간이 발생하고 있으며 결과적으로 교차로 교통사고의 잠재적 위험요소가 되고 있다.

드론을 통한 현장조사 결과 운전자들이 실제로 반응하는 기준선은 적정황색 기준선과 대체로 일치한다. 이러한 사실로 미루어보아 황색점등시 안전문제는 운전자의 운전행태보다는 적정황색 시간이 제대로 설정되어 있지 않은 것이 문제가 되고 있다는 결론을 얻을 수 있었다. 또한, 운전자 반응선의 위치는 모든 교차로에서 대체로 비슷한데, 이는 운전자들은 운행속도보다는 정지선까지 남은 거리에 따라 통과 또는 정지 결정을 한다는 추측이 가능하다.

사고빈도가 높고 운행속도 편차가 적은 접근로에서는 적절한 형태의 노면표시를 도입하여 운전자의 판단을 보조해 줄 필요성이 있을 것이다.

본 연구는 드론을 교통부문 연구에 활용한 선도적 사례로서, 드론이라는 새로운 자료수집 수단이 있음으로써 가능하였던 연구라고 할 수 있다. 드론은 황색점등시 실제 운전자들의 반응 행태를 정밀하게 관측하는 훌륭한 영상자료 수집수단의 역할을 하였으며, 이를 통해 이와 유사한 목적으로 드론의 활용이 가능하다는 사실이 본 연구를 통해 검증되었다 하겠다. 그밖에도 교통부문에서 교통량, 속도, 밀도 등의 교통정보수집이나 교통사고 분석, 기하구조설계, 교통단속, 교통현황 파악 등 다양한 분야에서 드론은 매우 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 주된 테마인 딜레마구간과 관련하여 향후과제로는 다음의 몇 가지를 들 수가 있다. 본 연구는 3개 교차로만을 대상으로 하였기에 일반적 결론을 내리기 어려운 한계가 있으므로 향후 더 많은 교차로에서 다양한 시간대, 운행속도에서 광범위한 자료수집과 분석이 필요할 것으로 판단된다. 특히, 접근로별로 다양한 접근속도 편차 값을 가질 수 있으므로, 이에 따른 딜레마존의 특성분석도 여기에 포함되는 것이 바람직할 것이다. 또한, 황색시간이 점등되었을 때 운전자 반응 행태에 대한 심도있는 연구가 필요하며, 위에서 제안된 황색점등시 안내 노면표시 도입을 위해서는 다양한 환경조건하에서 효과와 부작용 등에 대한 종합적인 실험이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 영산대학교 교내연구비 지원에 의하여 진행된 연구의 결과물입니다.

REFERENCES

- Lee S. G. and Lee S. B.(2014), “A Study on Developing Intersection Dilemma Zone Evaluation Model,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 13, no. 1, pp.26-34.
- Lee J. U., Park Y. J., Ryu S. G. and Lim S. H.(2007), “The Minimize of Dilemma Zone at the Intersections Controlled by Automatic Traffic Enforcement,” *Proceedings of the 56th Meeting of the Korean Society of Transportation*, pp.300-309.
- Ryu C. N., Kim O. C., Jang T. Y. and Lim S. J.(2008), “Analysis of Dilemma Zone Safety Considering Signal Location,” *Journal of the Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 1, pp.7-14.
- Lim S. J., Lee Y. I. and Kim K. H.(2013), “Analysison Intersection Traffic Signal Locations Changeand Characteristics of Dilemma Zone,” *Journal of the Korean Society of Transportation*, vol. 31, no. 1, pp.3-13.
- Jang J. A., Choi K. C. and Lee S. S.(2014), “A Study on Point Traffic Sensors’ Placement for Detecting the Dilemma Zone Problem,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 8, no. 5, pp.26-37.
- Wei H., Li Z. and Ai Q.(2009), “Onservation-Based Study of Intersection Dilemma Zone Natures,” *Journal of Transportation Safety & Security*, vol. 1, no. 4, pp.282-295.
- Savolainen P. T., Sharma A. and Gates T. J.(2016), “Driver decision -making in the dilemma zone-Examining the influences of clearance intervals, enforcement cameras and the provision of advance warning through a panel data random parameters probit model,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 96, pp.350-360.
- Moon Y. J. and Lee J. I.(2003), “In-vehicle Dilemma Zone Warning System at Signalized Intersections,” *Journal of the Korean Society of Transportation*, vol. 2, no. 1, pp.53-62.
- Lee S. H., Lee S. H. and Park J. N.(2003), “A Study on Driver Behavior and Dilemma Zone during Yellow Interval at Signalized Intersections,” *Journal of the Korean Society of Transportation*, vol. 21, no. 4, pp.7-16.
- Mccoys P. and Pesti G.(2003), “Dilemma Zone Protection with Advance Detection and Active Warning Signs,” Nebraska Dept. of Roads, Research Project no. SPR-PL-1.(35).
- Panagiotis P.(2004), “Driver Behavior, Dilemma Zone and Safety Effects at Urban Signalized Intersections in Greece,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 39, pp.147-158.
- Tim J. G., David A. N., Luis L. and Erik V. N.(2007), “Analysis of Driver Behavior in Dilemma Zones at Signalized Intersections,” *Transportation Research Record*, no. 2030, pp.29-39.