

Lv4+ 자율주행 테스트 시나리오 개발을 위한 자율주행차량 위험 사례 분석 : 인지 음영을 중심으로

Seung min Oh*. Jae hee Choi*. Ki tae Jang*. Jin won Yoon**

SCH Univ.
Dept. of AI and Bigdata
Yoonji Lee

배경지식

자율주행 기술 단계별 분류

SAE [미국 자동차 공학회] 자동화 레벨 정의 [2016.09]

단계	LEVEL 0 비자동화 No Automation	LEVEL 1 운전자보조 Driver Assistance	LEVEL 2 부분자동화 Partial Automation	LEVEL 3 조건부 자율주행 Conditional Automation	LEVEL 4 고등 자율주행 High Automation	LEVEL 5 완전 자율주행 Full Automation
제어 주체	인간	인간+시스템	인간+시스템	시스템	시스템	시스템
주행 책임	인간	인간	인간	시스템	시스템	시스템
	운전자 항상 운행	시스템이 차간거리 조향등 보조	특정 조건에서 시스템이 보조 주행	특정 조건에서 자율주행 위험 시 운전자 개입	운전자 개입 불필요	운전자 불필요

EVPOST
전기차의 시작 EV 포스트

Contents

1. 서론
2. 관련 연구 고찰
3. 연구 방법
4. 분석 결과
5. 결론
6. How To Apply

1. 서론

1. 서론

1-1. 연구의 필요성

급격한 세계적인 고령화와 도시 집중화 → AV 기술 급격한 고도화, 상용화 예상.

→ 전 세계적으로 **Lv4+ 자율주행을 상용화**하기 위한 준비가 활발히 진행 중.

(etc. 규제, 인프라 개선, 기술 개발 및 실증 연구).

1. 서론

1-1. 연구의 필요성

-특히, 그 중 안전사고의 예방 및 최소화를 위해 **AV 안전성 테스트** 필수적.

→ 안전성 평가를 위해 **AV 테스트 시나리오**를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행 중.

ex)

독일 – PEGASUS 프로젝트 : AV 평가 시나리오의 개념과 유형을 새롭게 정의(2023)

싱가포르 – CETRAN 프로젝트 : 67개의 구체적인 시나리오 범주를 도출(2020)

국내 선행 연구 – 고속도로 교통사고 데이터를 기반으로 토픽 모델링,

텍스트 가중치 분석 등의 방법을 활용하여 AV 테스트 시나리오 개발

1. 서론

1-1. 연구의 필요성

-특히, 그 중 안전사고의 예방 및 최소화를 위해 **AV 안전성 테스트**를 필수적으로 거침.

→ 안전성 평가를 위해 **AV 테스트 시나리오**를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행 중.

But 최근 AV의 실도로 주행이 증가함에 따라 **AV 관련 안전사고가 잇따라 발생**

1. 서론

1-2. 기존 연구 한계와 극복 방법

(기존연구 - AV 테스트 시나리오)

1. 일반 차량의 사고데이터를 기반으로 AV 테스트 시나리오 요소를 도출하여 위험 시나리오 개발

→ AV와 일반차량은 **주행 특성에 차이**가 있기에 AV가 일반차량과 혼재하여 주행할 경우,

일반차량의 사고 형태와 **다른 사고 유형이 나타날 것으로 예상.**

2. 대부분의 선행 AV 테스트 시나리오가 **인지능력(기능적 요소)에 초점**

→ **인지 음영**을 충분히 고려하고 있지 않음.

1. 서론

1-2. 기존 연구 한계와 극복 방법

(기존연구)

1. 일반 차량의 사고데이터를 기반으로 AV 테스트 시나리오 요소를 도출하여 위험 시나리오 개발

⇒ AV와 일반차량이 혼합된 도로에서 발생한 **실제 AV사고 데이터를 활용**하는 방안 제시

1. 서론

1-2. 기존 연구 한계와 극복 방법

(기존연구)

2. 대부분의 선행 AV 테스트 시나리오를 **인지능력(기능적 요소)에 초점을 맞춰** 테스트 진행

⇒ **인지 음영**의 상황 반드시 고려

2. 관련 연구 고찰

2-1. 기존 연구

AV 테스트 시나리오 개발 1. AV 사고특성 분석

2. AV 운행 시 발생하는 제어권 전환 분석

1 → 사고의 형태와 원인을 파악하는 데에 초점/ 일반 차량 사고데이터 기반

대부분의 연구가 충돌 부위, 충돌 전 움직임 항목 기반 사고유형 분류 / 일반 차량 사고데이터 기반

2 → 제어권 전환 상황 내 AV 한계점을 도출

대부분의 연구가 제어권 전환 유형을 분류하고

제조업체와 도로 유형 등의 특정 기준으로 제어권 전환 빈도를 비교하는데 중점

2-2. 기존 연구 **한계점**

AV 테스트 시나리오 개발 1. AV 사고특성 분석

2. AV 운행 시 발생하는 제어권 전환 분석

1 → 사고의 형태와 원인을 파악하는 데에 초점 / 일반 차량 사고데이터 기반

대부분의 연구가 충돌 부위, 충돌 전 움직임 항목 기반 사고유형 분류 / 일반 차량 사고데이터 기반

한계 : 충돌 부위나 충돌 전 움직임 항목과 일반 차량 데이터 만으로는 AV 행동을 명확하게 이해하기 어렵다.

2-2. 기존 연구 한계점

AV 테스트 시나리오 개발 1. AV 사고특성 분석

2. AV 운행 시 발생하는 제어권 전환 분석

2 → 제어권 전환 상황 내 AV 한계점을 도출

대부분의 연구가 제어권 전환 유형을 분류하고 제조업체와 도로 유형 등의 특정 기준으로 제어권 전환 빈도를 비교하는데 중점

한계 : 복잡한 도심부 주행 포함 X → 불가피한 인지 음영 분류하거나 시나리오를 파악하고 대비하지 X

2-3. 본 연구의 차별성

AV 테스트 시나리오 개발 1. AV 사고특성 분석

2. AV 운행 시 발생하는 제어권 전환 분석

1 → 사고의 형태와 원인을 파악하는 데에 초점 / 일반 차량 사고데이터 기반

대부분의 연구가 충돌 부위, 충돌 전 움직임 항목 기반 사고유형 분류 / 일반 차량 사고데이터 기반

⇒ 다양한 정보를 종합하여 (충돌 부위, 충돌 직전의 움직임, 사고 설명 등)
교통상황을 구체적으로 분석

⇒ 사고 발생 유형 새롭게 분류

→ 사고 특성을 비교하여 AV 의 차별적인 사고 특성을 분석

2-3. 본 연구의 차별성

AV 테스트 시나리오 개발 1. AV 사고특성 분석

2. AV 운행 시 발생하는 제어권 전환 분석

2 → 제어권 전환 상황 내 AV 한계점을 도출

대부분의 연구가 제어권 전환 유형을 분류하고 제조업체와 도로 유형 등의 특정 기준으로 제어권 전환 빈도를 비교하는데 중점

⇒ 제어권 전환 유형을 분류 + 인지 관련 제어권 전환 사례 중 세부 설명을 검토

→ 인지 음영의 유형과 구체적인 시나리오를 도출

2-3. 본 연구의 차별성

AV 테스트 시나리오 개발 1. AV 사고특성 분석

2. AV 운행 시 발생하는 제어권 전환 분석

**AV 주행 특성을 고려한 AV 사고 유형 분석과
제어권 전환 데이터 기반 인지 음영의 유형 정의 및 사례 조사**

3. 연구 방법

3-1. 데이터 소개

DMV AV 충돌 리포트 (미국 캘리포니아 주 / 2014년부터 일반도로에서 운영)

-AV 운행 교통사고 발생 시 10일 이내로 자율주행 차량 충돌 리포트 제출 필수

-업체별로 매년 1월1일 AV 평가 데이터를 종합

→ DMV 에 '**제어권 전환 데이터**' 보고

'주행거리 데이터' + 'AV 제어권 전환 상세정보'
(차량 기본 정보, 등록 및 운행 대수, 주행거리)

3-1. 데이터 소개

DMV AV 충돌 리포트 (미국 캘리포니아 주 / 2014년부터 일반도로에서 운영)


1. AV 교통사고 데이터 → **AV 사고 형태 분석**

2. DMV 제어권 전환 리포트 → **제어권 전환 원인 유형 분류 / 인지 음영 사례 분석**

**AV 주행 특성을 고려한 AV 사고 유형 분석과
제어권 전환 데이터 기반 인지 음영의 유형 정의 및 사례 조사
가능**

3-1. 데이터 소개

1. AV 교통사고 데이터 - Collision Report



DMV USE ONLY

AVT NUMBER _____

NAME _____

REPORT OF TRAFFIC COLLISION INVOLVING AN AUTONOMOUS VEHICLE

Instructions: Please print within the spaces and boxes on this form. If you need to provide additional information on a separate piece of paper(s) or you include a copy of any law enforcement agency report, please check the box to indicate "Additional Information Attached."

- Write **unk** (for unknown) or **none** in any space or box when you do not have the information on the other party involved.
- Give insurance information that is complete and which correctly and fully identifies the company that issued the insurance policy or surety bond, or whether there is a certificate of self-insurance.
- Place the National Association of Insurance Commissioners (NAIC) number for your Insurance or Surety Company in the boxes provided. The NAIC number should be located on the proof of insurance provided by you company or you can contact your insurer for that information.
- Identify any person involved in the accident (driver, passenger, bicyclist, pedestrian, etc) that you saw was injured or complained of bodily injury or know to be deceased.
- Record in the PROPERTY DAMAGE line any damage to telephone poles, fences, street signs, guard post, trees, livestock, dogs, buildings, parked vehicles, etc., including a description of the damage.
- Once you have completed this report, please mail to: Department of Motor Vehicles, Occupational Licensing Branch, P.O. Box 932342, MS: L224, Sacramento, CA 94232-3420

SECTION 1 — MANUFACTURER'S INFORMATION

MANUFACTURER'S NAME: Cruise LLC AVT NUMBER: _____

BUSINESS NAME: Cruise TELEPHONE NUMBER: _____

STREET ADDRESS: _____ CITY: _____ STATE: _____ ZIP CODE: _____

SECTION 2 — ACCIDENT INFORMATION/VEHICLE 1

DATE OF ACCIDENT: 01/29/2020 TIME OF ACCIDENT: 10:10 AM VEHICLE YEAR: 2020 MAKE: Chevrolet MODEL: Bolt

LICENSE PLATE NUMBER: _____ VEHICLE IDENTIFICATION NUMBER: _____ STATE VEHICLE IS REGISTERED IN: CA

ADDRESS/LOCATION OF ACCIDENT: 1170 Columbus Av, San Francisco, CA 94133

Vehicle was: Moving Stopped in Traffic Involved in the Accident: Pedestrian Bicyclist Other

DRIVER'S FULL NAME (FIRST, MIDDLE, LAST): _____ DRIVER LICENSE NUMBER: _____ STATE: CA DATE OF BIRTH: _____

INSURANCE COMPANY NAME OR SURETY COMPANY AT TIME OF ACCIDENT: _____ POLICY NUMBER: _____


COMPANY NAIC NUMBER: _____ POLICY PERIOD: FROM _____ TO _____

Describe Vehicle Damage

UNK NONE MINOR

MOD MAJOR

Shade in Damaged Area



Go to Page 2



SECTION 3 — OTHER PARTY'S INFORMATION/VEHICLE 2

VEHICLE YEAR: 2015 MODEL: Honda STATE VEHICLE IS REGISTERED IN: CA

LICENSE PLATE NUMBER: _____ VEHICLE IDENTIFICATION NUMBER: _____

Vehicle was: Moving Stopped in Traffic Involved in the Accident: Pedestrian Bicyclist Other

DRIVER'S FULL NAME (FIRST, MIDDLE, LAST): _____ DRIVER LICENSE NUMBER: _____ STATE: CA DATE OF BIRTH: _____

INSURANCE COMPANY NAME OR SURETY COMPANY AT TIME OF ACCIDENT: _____ POLICY NUMBER: _____

COMPANY NAIC NUMBER: _____ POLICY PERIOD: FROM _____ TO _____

Additional information attached.

SECTION 4 — INJURY/DEATH, PROPERTY DAMAGE

NAME (FIRST, MIDDLE, LAST): _____

ADDRESS: _____ CITY: _____ STATE: CA ZIP CODE: _____

CHECK ALL THAT APPLY Injured Deceased Driver Passenger Bicyclist Property

NAME (FIRST, MIDDLE, LAST): _____

ADDRESS: _____ CITY: _____ STATE: CA ZIP CODE: _____

CHECK ALL THAT APPLY Injured Deceased Driver Passenger Bicyclist Property

PROPERTY DAMAGE: _____

PROPERTY OWNER'S NAME: _____ TELEPHONE NUMBER: _____

STREET ADDRESS: _____ CITY: _____ STATE: _____ ZIP CODE: _____

WITNESS NAME: _____ TELEPHONE NUMBER: _____

STREET ADDRESS: _____ CITY: _____ STATE: _____ ZIP CODE: _____

WITNESS NAME: _____ TELEPHONE NUMBER: _____

STREET ADDRESS: _____ CITY: _____ STATE: _____ ZIP CODE: _____

Additional information attached.

SECTION 5 — ACCIDENT DETAILS - DESCRIPTION

Autonomous Mode Conventional Mode

A Cruise autonomous vehicle ("Cruise AV"), operating in autonomous mode, was traveling northwest bound on Columbus Street approaching the intersection with Jones Street when the Cruise AV slowed down. The driver of the Cruise AV disengaged from autonomous mode and, shortly thereafter, another vehicle, changing into the Cruise AV's lane from the left adjacent lane, made contact with the rear bumper of the Cruise AV. There were no injuries reported at the scene by either party and police were not called. Both of the Cruise AV test operators later mentioned neck and shoulder pain.

Additional information attached.

Go to Page 3

CL 316 (REV. 2007) WWW

ITEMS MARKED BELOW FOLLOWED BY AN ASTERISK (*) SHOULD BE EXPLAINED IN THE NARRATIVE							
WEATHER (MARK 1 TO 2 ITEMS)	VEH 1	VEH 2	MOVEMENT PRECEDING COLLISION	VEH 1	VEH 2	OTHER ASSOCIATED FACTOR(s) (MARK ALL APPLICABLE)	
A. CLEAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A. STOPPED			A. CVC SECTIONS VIOLATED	
B. CLOUDY			B. PROCEEDING STRAIGHT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CITED <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	
C. RAINING			C. RAN OFF ROAD				
D. SNOWING			D. MAKING RIGHT TURN			B. VISION OBSCUREMENT <input type="checkbox"/>	
E. FOG/VISIBILITY			E. MAKING LEFT TURN			C. INATTENTION* <input type="checkbox"/>	
F. OTHER			F. MAKING U TURN			D. STOP & GO TRAFFIC <input type="checkbox"/>	
G. WIND			G. BACKING			E. ENTERING/LEAVING RAMP <input type="checkbox"/>	
LIGHTING			H. SLOWING/STOPPING			F. PREVIOUS COLLISION <input type="checkbox"/>	
A. DAYLIGHT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	I. PASSING OTHER VEHICLE			G. UNFAMILIAR WITH ROAD <input type="checkbox"/>	
B. DUSK - DAWN			J. CHANGING LANES			H. DEFECTIVE WEH EQUIP <input type="checkbox"/>	
C. DARK - STREET LIGHTS			K. PARKING MANUEVER			CITED <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	
D. DARK - NO STREET LIGHTS			L. ENTERING TRAFFIC				
E. DARK - STREET LIGHTS NOT FUNCTIONING*			M. OTHER UNSAFE TURNING				
ROADWAY SURFACE			N. KING INTO OPPOSING LANE				
A. DRY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	O. PARKED			I. UNINVOLVED VEHICLE <input type="checkbox"/>	
B. WET			P. MERGING			J. OTHER* <input type="checkbox"/>	
C. SNOWY - ICY			Q. TRAVELING WRONG WAY			K. NONE APPARENT <input type="checkbox"/>	
D. SLIPPERY (MUDDY, OILY, ETC.)			R. OTHER*			L. RUNAWAY VEHICLE <input type="checkbox"/>	
ROADWAY CONDITIONS (MARK 1 TO 2 ITEMS)			TYPE OF COLLISION				
A. HOLES, DEEP RUT*			A. HEAD-ON				
B. LOOSE MATERIAL ON ROADWAY			B. SIDE SWIPE				
C. OBSTRUCTION ON ROADWAY*			C. REAR END	<input checked="" type="checkbox"/>			
D. CONSTRUCTION - REPAIR ZONE			D. BROADSIDE				
E. REDUCED ROADWAY WIDTH			E. HIT OBJECT				
F. FLOODED*			F. OVERTURNED				
G. OTHER*			G. VEHICLE/PEDESTRIAN				
H. NO UNUSUAL CONDITIONS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H. OTHER*				

SECTION 6 — CERTIFICATION

I certify (or declare) under penalty of perjury under the laws of the State of California that the foregoing is true and correct.

I further certify that I am the authorized Administrator of the program for the above named employer.

PROGRAM DIRECTOR/AUTHORIZED REPRESENTATIVE: PRINTED NAME AND TITLE
Kevin Chu, Director AV Robotics

SIGNATURE: _____ TELEPHONE NUMBER: _____

X DATE SIGNED: 02/06/2020

Print

Clear Form

CL 316 (REV. 2007) WWW

3. 연구 방법

3-1. 데이터 소개

1. AV 교통사고 데이터 – Collision Report (2019~2023 / 총 518건)

-포함 정보(변수)

:사고 발생 날짜 / 차량 제조사 / 사고에 관계된 대상 / 충돌 부위 / 충돌 직전의 주행 상태 / 자율주행 모드 활성화 여부 / 사고상세설명 (비정형D, 조사관 작성)

3-1. 데이터 소개

2. AV 제어권 데이터 – Disengagement Report

<Table 1> Example of DMV Disengagement Reports

Category	Contents
Manufacturer	AIMOTIVE INC.
Permit Number	AVT036
Date	2021.12.06. 10:39:23
Vin Number	4T1B21HK6KU514747
Vehicle Is Capable of Operating Without A Driver	No (Yes or No)
Driver Present	Yes (Yes or No)
Disengagement Initiated By	Test driver (AV System, Remote Operator, or Passenger)
Disengagement Location	Freeway (Interstate, Highway, Rural Road, Street, or Parking Facility)
Description of Facts Causing Disengagement	During the lane change, the test vehicle could have got too close to another vehicle in the target lane. Root cause: object detection issue. Conditions: Non-inclement weather, dry roads, no other factors involved.

3-1. 데이터 소개

2. AV 제어권 데이터 – Disengagement Report

-제어권 전환

: 시스템에 오류가 발견 / 차량의 안전한 제어를 목적으로 운전자가 즉시 개입하여 차량 제어권을 가져가기 위해 자율주행 모드를 해제시키는 것

-포함 정보(변수)

:제어권 전환 발생 도로 유형 / 제어권 전환 발생 원인 / 제어권을 양도받을 운전자 여부 / 제어권 전환 주체 (시스템, 백업 운전자, 원격 오퍼레이터 or 탑승자)

3-2. 연구의 범위 및 절차

범위

공간적 범위 → AV가 주행할 수 있는 모든 유형의 도로

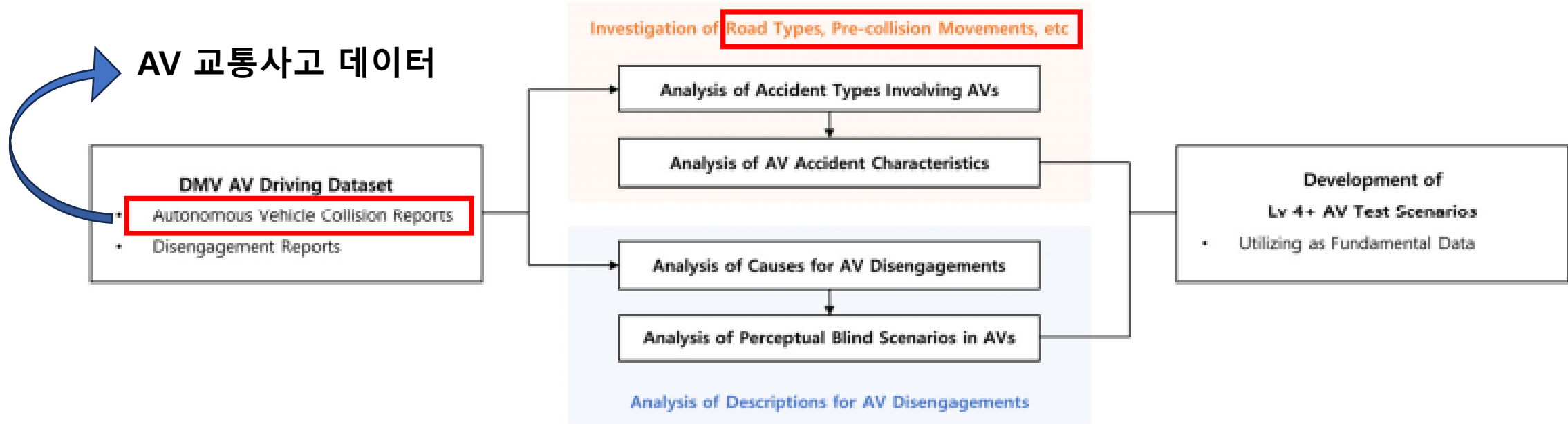
(etc. 고속도로, 도심부 도로, 생활권 도로 ..)

시간적 범위 - AV 교통사고 데이터 (2019년 1월 ~ 2023년 8월)

- 제어권 전환 데이터 (2019 1월 ~ 2022년 11월)

3. 연구 방법

3-2. 연구의 범위 및 절차



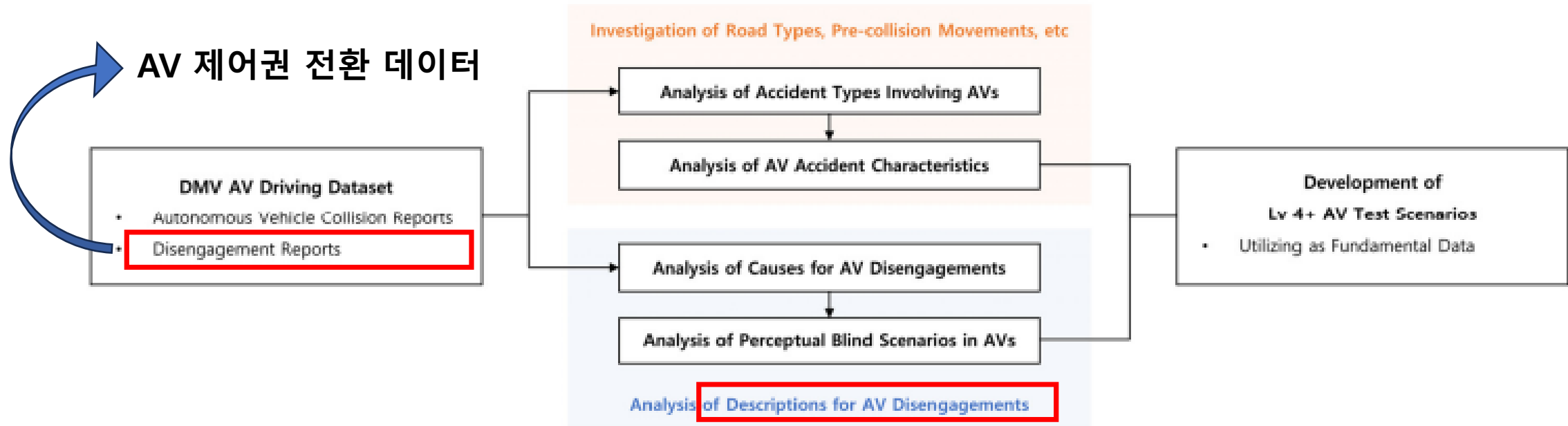
<Fig. 1> Research Framework

충돌 대상 → 사고 유형 분류 (1차)

그 중 차 대 차 사고유형 선정 → 도로 유형, 충돌 전 움직임 등 → 구체적 사고 유형 분류 (2차)

자율주행 모드 활성화 여부 → AV와 일반 차량 사고 빈도 및 특성 비교

3-2. 연구의 범위 및 절차



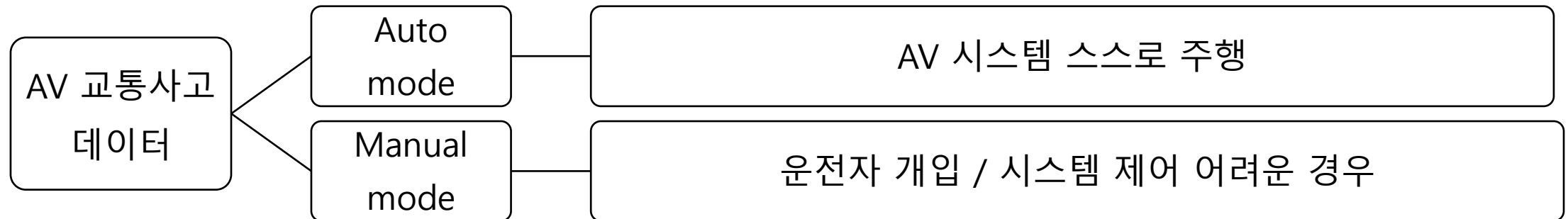
<Fig. 1> Research Framework

AV 제어권 전환 데이터를 제어권 전환 발생 원인 대표 키워드로 분류 (1차 분류)
그 중 인지 유형의 제어권 전환으로 분석범위를 좁혀
인지 음영에 대한 구체적인 사례 도출 및 분류 (2차 분류)

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

1) 데이터 수집 및 전처리

AV 교통사고 데이터 - 자율주행 활성화 모드에 따라 분류



3. 연구 방법

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

1) 데이터 수집 및 전처리

AV 제어권 전환 데이터 – 데이터 전처리 작업

각 AV 제조업체별 오류코드 / 방식 자체 정의 하여 제어권 전환 원인 기록
동일한 상황 / 원인 발생 시 → **일관된 문장**으로 기록 가능하다는 특징

⇒ 중복되는 사례 **하나로 통합** → **1414개의 제어권 전환 원인 유형 식별, 각 유형 발생 빈도 조사**

3. 연구 방법

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

2) AV 교통사고 형태 분석 방법

충돌대상에 따라 차대차사고, 차대이륜차사고, 차대 사람사고, 단독사고로 분류 (1차 분류)

*차대차사고 = AV와 일반차량간의 충돌을 나타내며, AV간 충돌은 보고 X



Vehicle-to-Vehicle



Vehicle-to-Cycle



Vehicle-to-Person



Vehicle-Alone

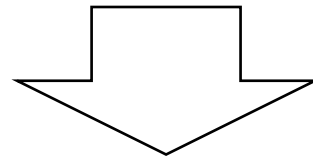
3. 연구 방법

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

2) AV 교통사고 형태 분석 방법

충돌대상에 따라 차대차사고, 차대이륜차사고, 차대 사람사고, 단독사고로 분류 (1차 분류)

*차대차사고 = AV와 일반차량간의 충돌을 나타내며, AV간 충돌은 보고 X

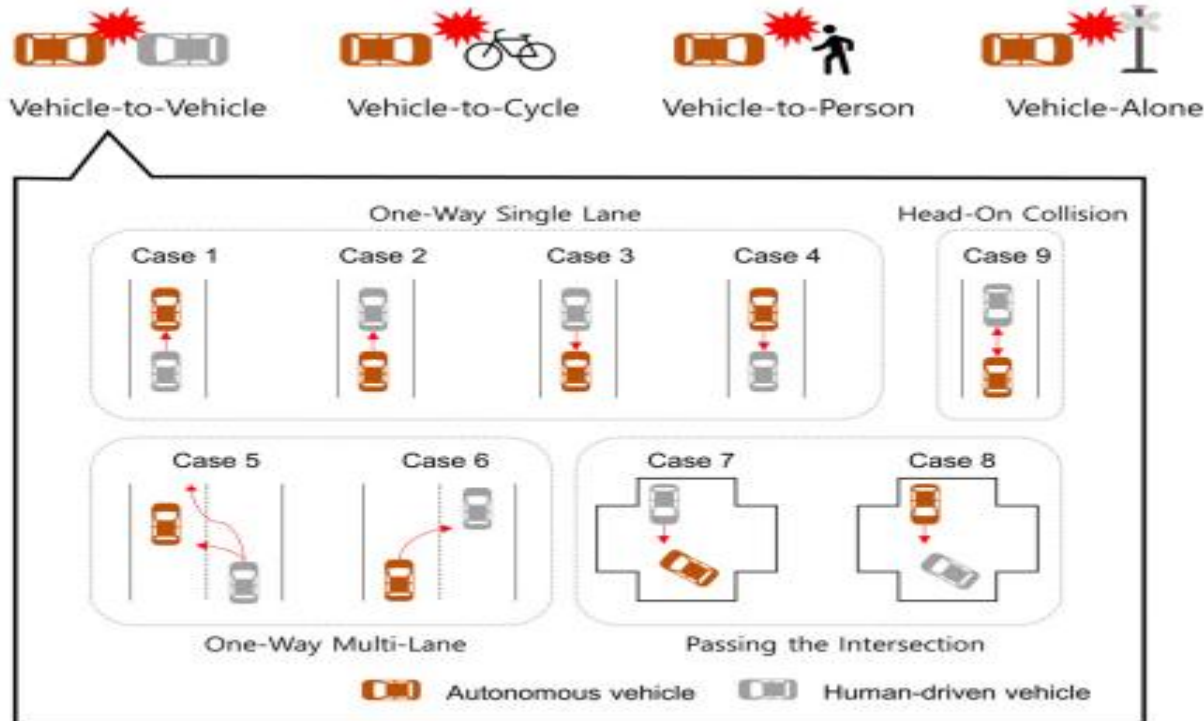


주행 도로의 형태, 충돌 전 움직임에 따라 AV 교통사고 형태 분류 (2차 분류)

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

2) AV 교통사고 형태 분석 방법

주행 도로의 형태, 충돌 전 움직임에 따라 AV 교통사고 형태 분류 (2차 분류)



단방향 단일차로

'Case 1' : 일반차량이 AV를 추돌

'Case 2' : AV가 일반차량을 추돌

'Case 3' : 일반차량이 후진하여 AV를 추돌

'Case 4' : AV가 후진하여 일반차량을 추돌

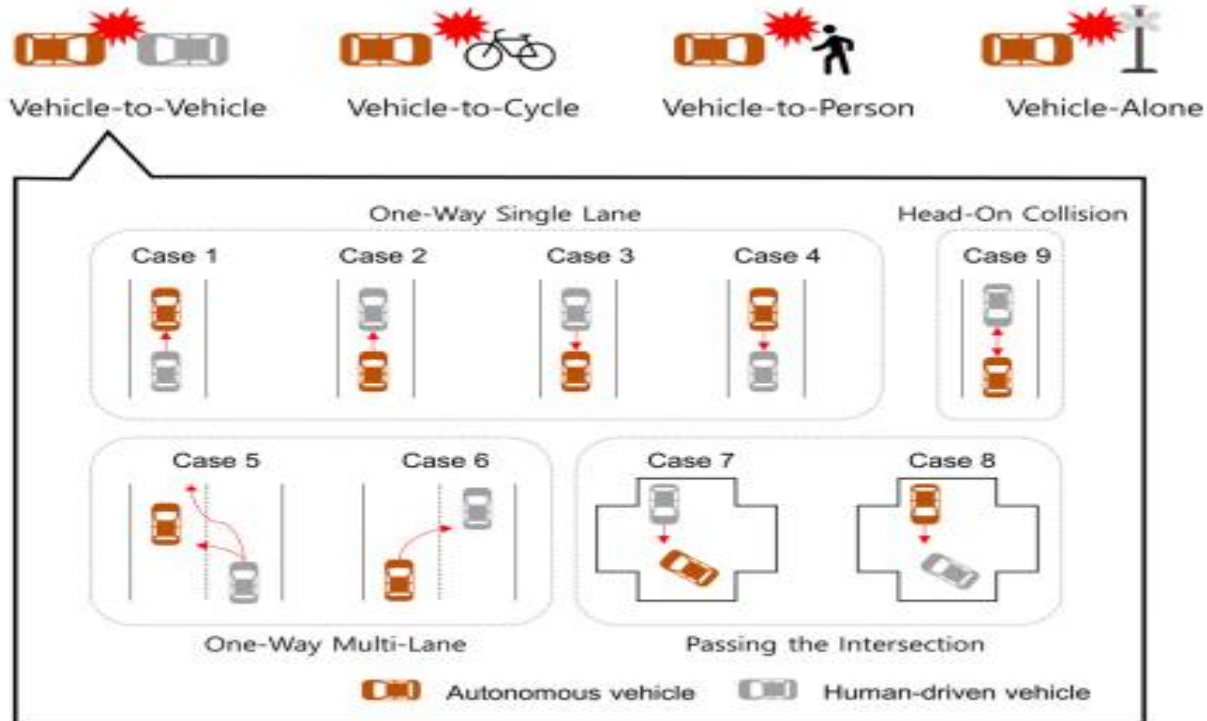
<Fig. 2> Categories of AV Accident Types

3. 연구 방법

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

2) AV 교통사고 형태 분석 방법

주행 도로의 형태, 충돌 전 움직임에 따라 AV 교통사고 형태 분류 (2차 분류)



단방향 다중차로

'Case 5' : 일반차량이 AV가 있는 차로로 차로 변경 중 추돌

'Case 6' : AV가 일반차량이 있는 차로로 차로 변경 중 추돌

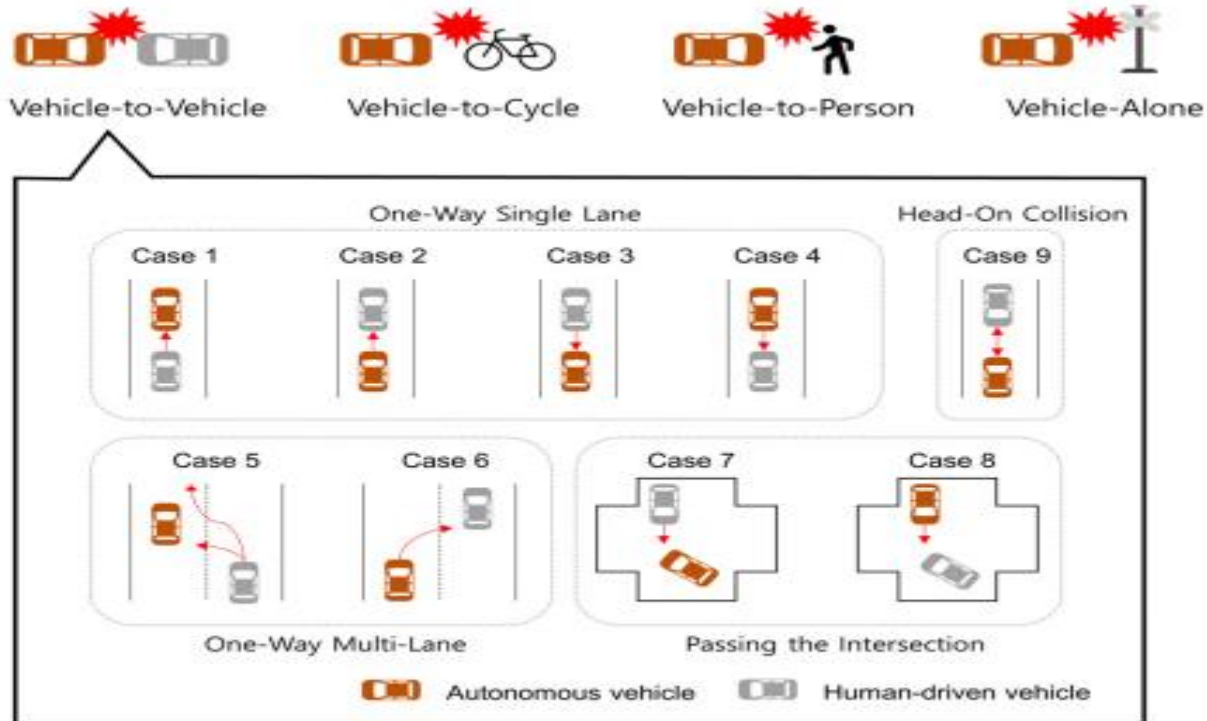
<Fig. 2> Categories of AV Accident Types

3. 연구 방법

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

2) AV 교통사고 형태 분석 방법

주행 도로의 형태, 충돌 전 움직임에 따라 AV 교통사고 형태 분류 (2차 분류)



<Fig. 2> Categories of AV Accident Types

교차로

'Case 7' : 일반차량이 교차로 통행 중인 AV 충돌

'Case 8' : AV가 교차로 통행 중인 일반차량 충돌

'Case 9' : AV와 일반차량이 마주보고 충돌

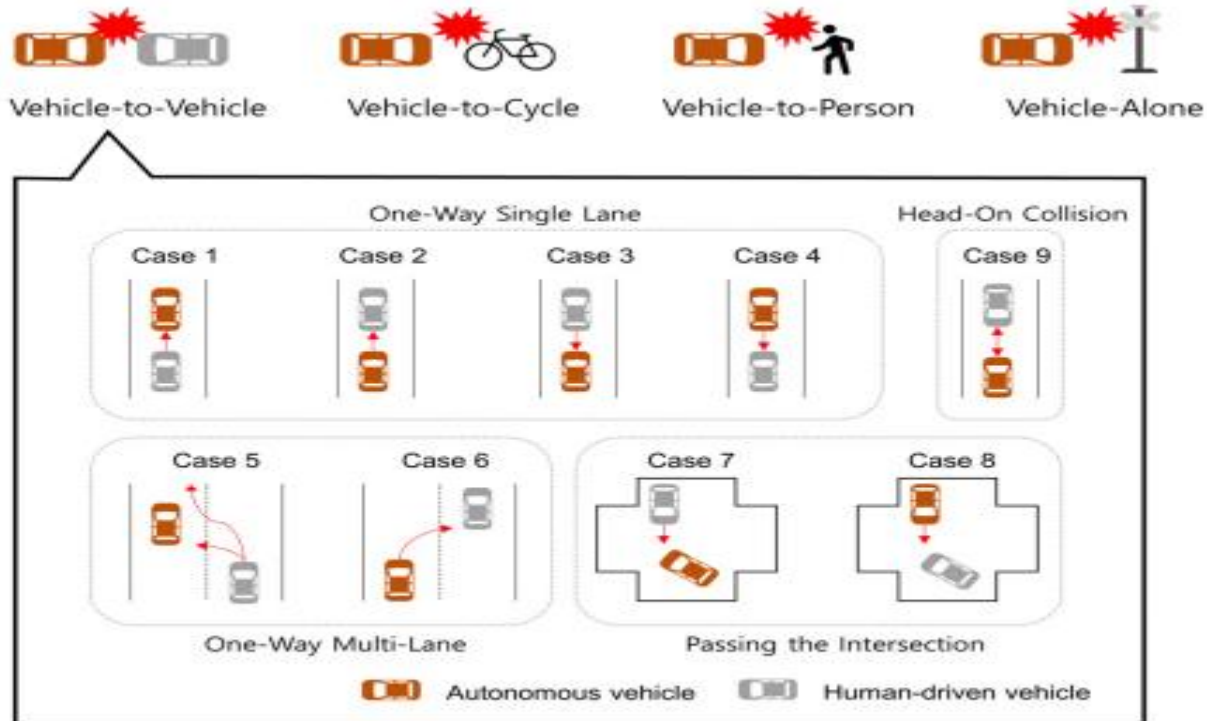
'Case 10' : 기타 유형

3. 연구 방법

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

2) AV 교통사고 형태 분석 방법

주행 도로의 형태, 충돌 전 움직임에 따라 AV 교통사고 형태 분류 (2차 분류)



기존 체계보다 더욱 구체적인 사고 상황과 사고 발생 시 AV의 행동에 대한 정보를 제시 가능

⇒ AV 사고 형태 분석에 용이

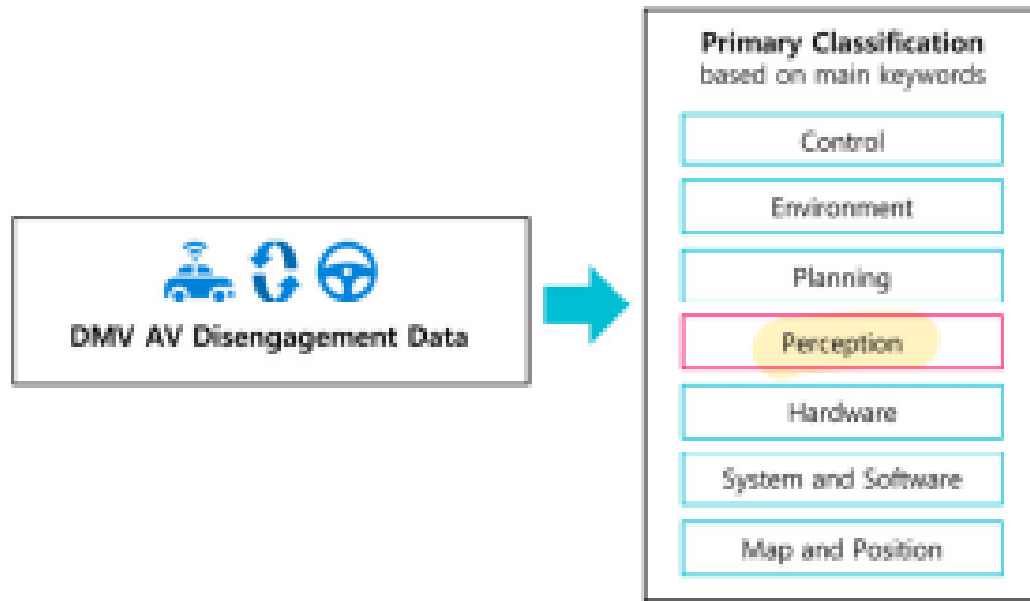
<Fig. 2> Categories of AV Accident Types

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

3) AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 방법

제어권 전환 원인을 구별할 수 있는 대표적인 키워드

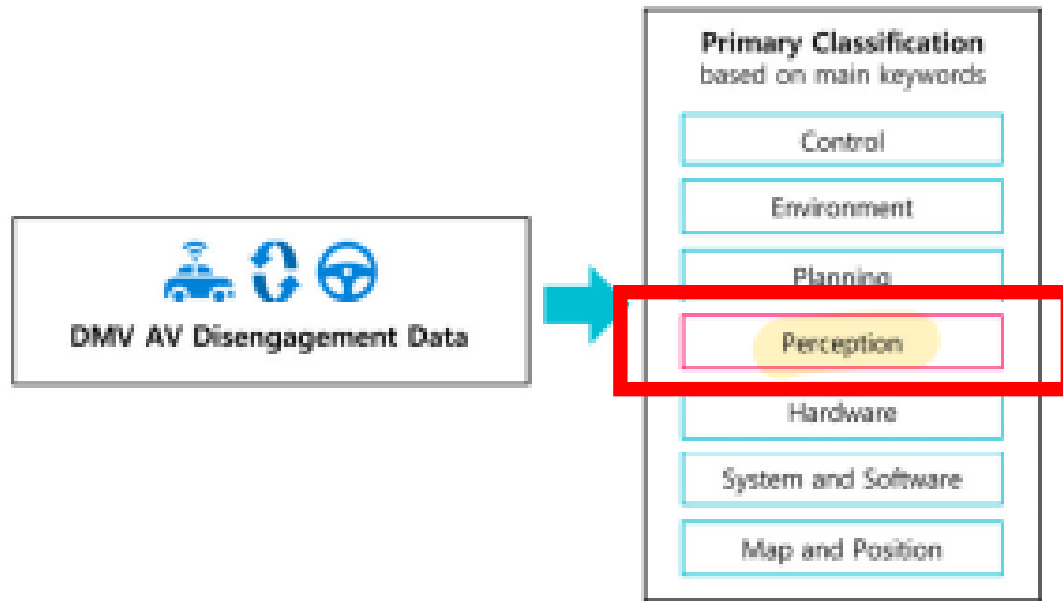
(제어, 환경, 계획, 인지, 하드웨어, 시스템 및 소프트웨어, 지도 및 위치 로 분류 (1차분류))



3-3. 연구의 구체적 분석 방법

3) AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 방법

제어권 전환 원인을 구별할 수 있는 대표적인 키워드
(제어, 환경, 계획, 인지, 하드웨어, 시스템 및 소프트웨어, 지도 및 위치) 로 분류 (1차분류)

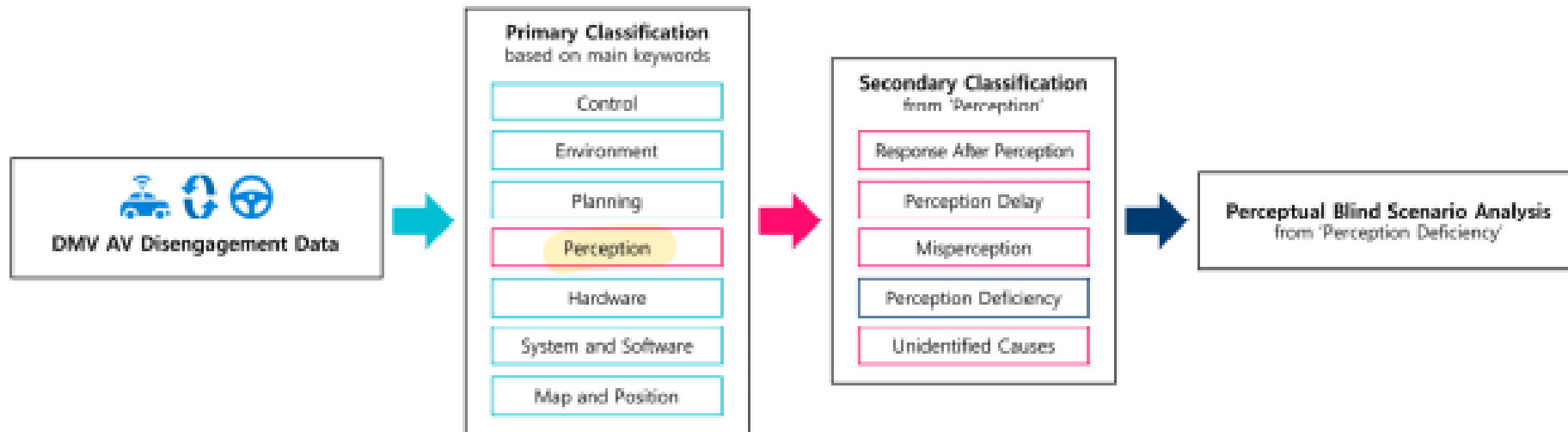


→ '인지' 유형의 제어권 전환 원인으로
범위 좁혀 분석 수행

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

3) AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 방법

'인지' 유형에 해당하는 제어권 전환 원인을
(인지 후 대처, 인지 지연, 오인지, 인지 부족, 원인불명) 으로 분류 (2차분류)

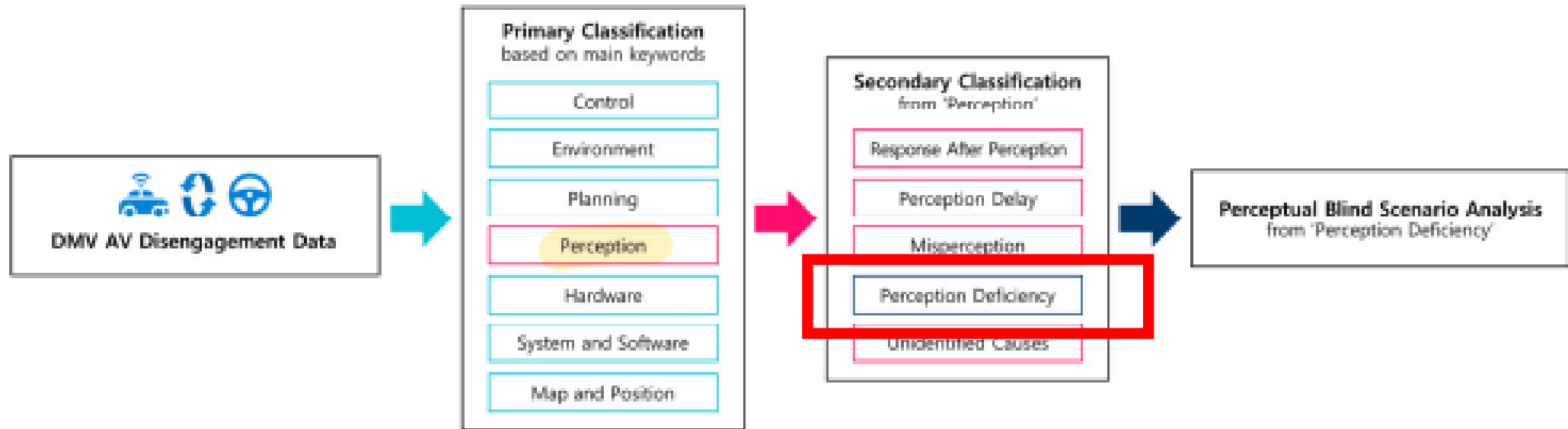


<Fig. 3> Classification of AV Disengagement Causes and Analysis of Blind Area Scenarios

3-3. 연구의 구체적 분석 방법

3) AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 방법

'인지 부족' 유형에 해당하는 제어권 전환 원인 세부분석
→ 인지 음영의 유형과 구체적 사례 도출



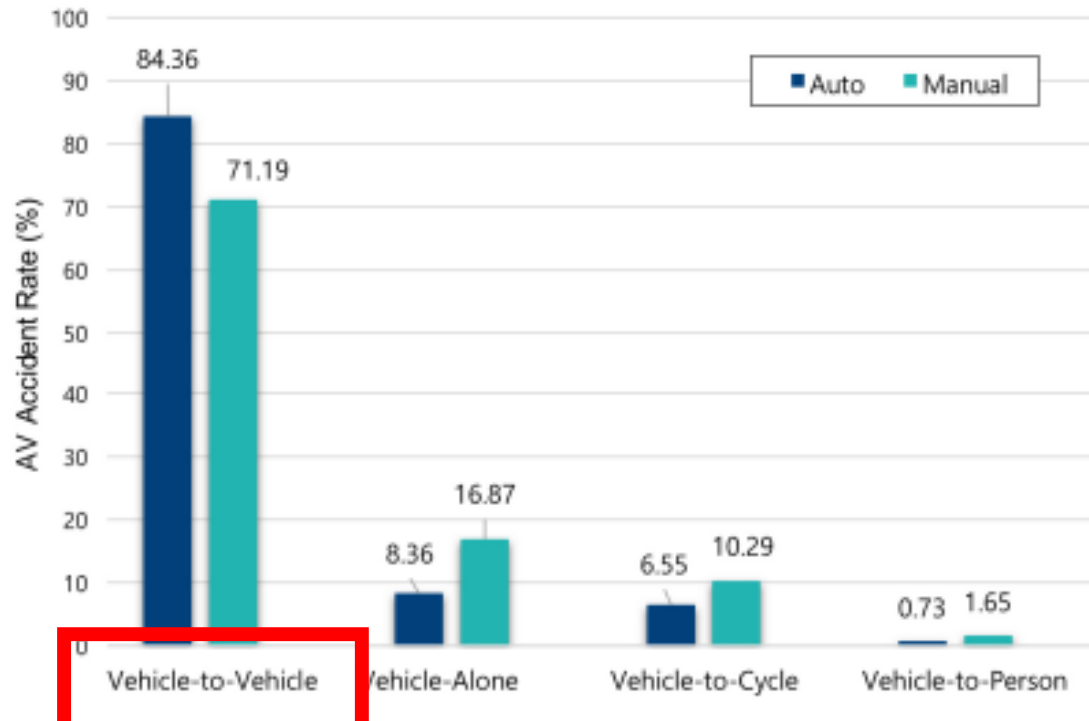
<Fig. 3> Classification of AV Disengagement Causes and Analysis of Blind Area Scenarios

4. 분석 결과

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

사고에 관계된 객체를 기준으로 1차 분류된 사고유형 AUTO(275건) / MANUAL(243건) 모드로 나누어 비교



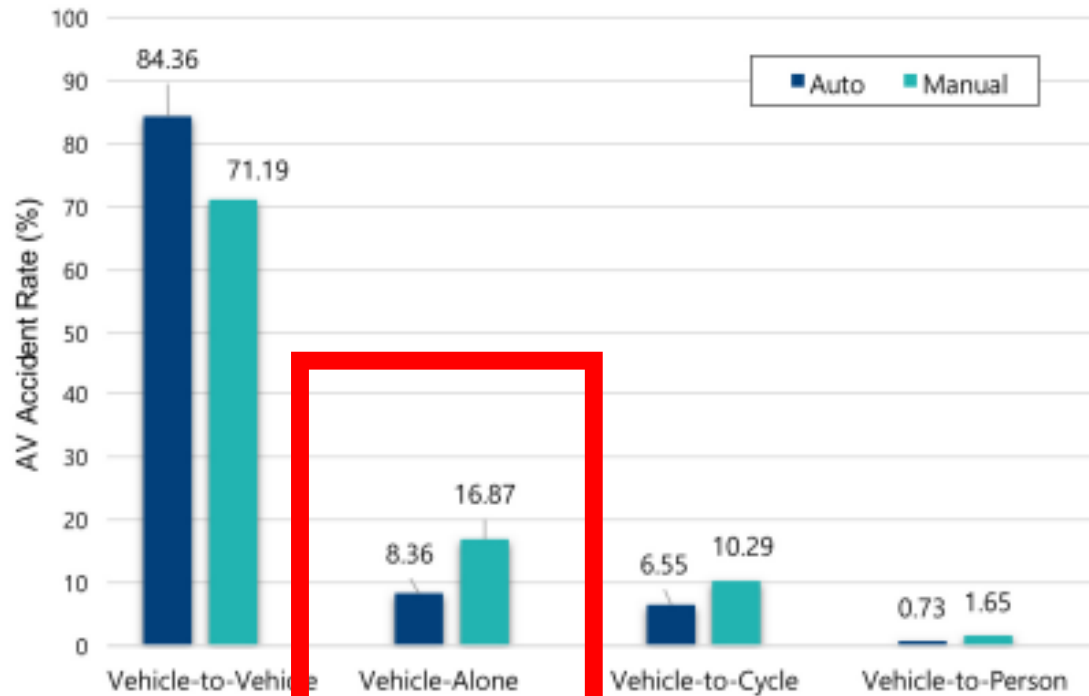
차대차사고 >>>>
단독사고 > 차대이륜차사고 > 차대사람사고 순

<Fig. 4> Rates for Different Types of AV Accidents (Primary Classification)

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

사고에 관계된 객체를 기준으로 1차 분류된 사고유형 AUTO(275건) / MANUAL(243건) 모드로 나누어 비교



차대차사고 >>>>

단독사고 > 차대이륜차사고 > 차대사람사고 순

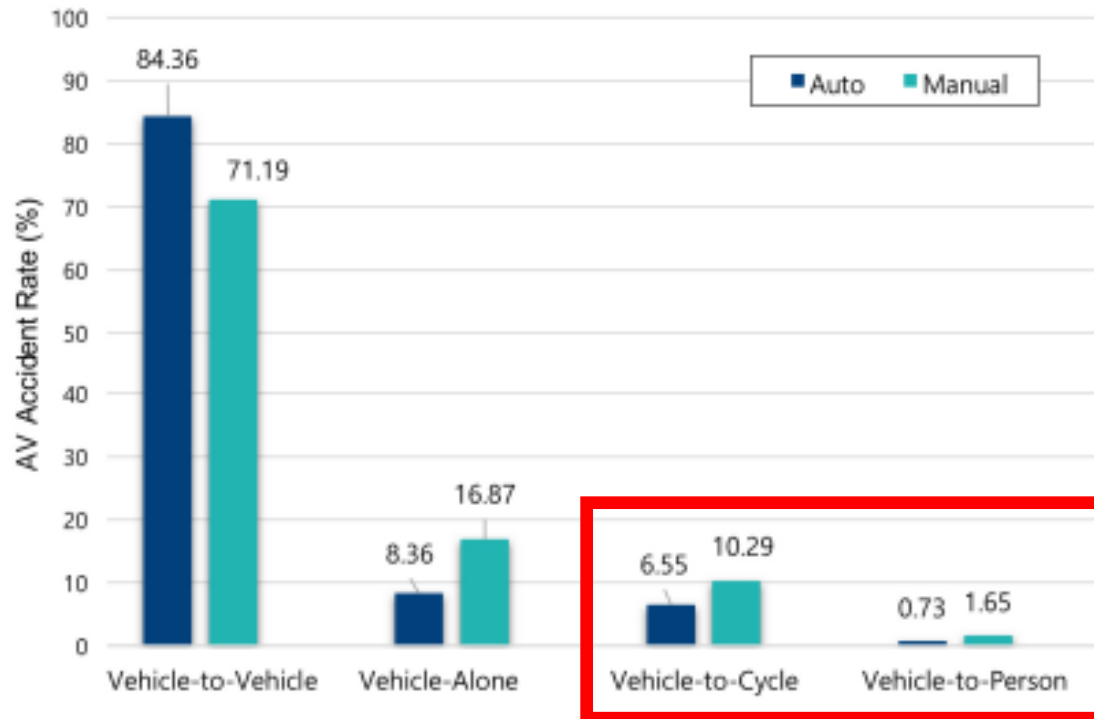
→ 정적 객체와의 충돌 회피가 효과적으로 이루어진 결과

<Fig. 4> Rates for Different Types of AV Accidents (Primary Classification)

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

사고에 관계된 객체를 기준으로 1차 분류된 사고유형 AUTO(275건) / MANUAL(243건) 모드로 나누어 비교



<Fig. 4> Rates for Different Types of AV Accidents (Primary Classification)

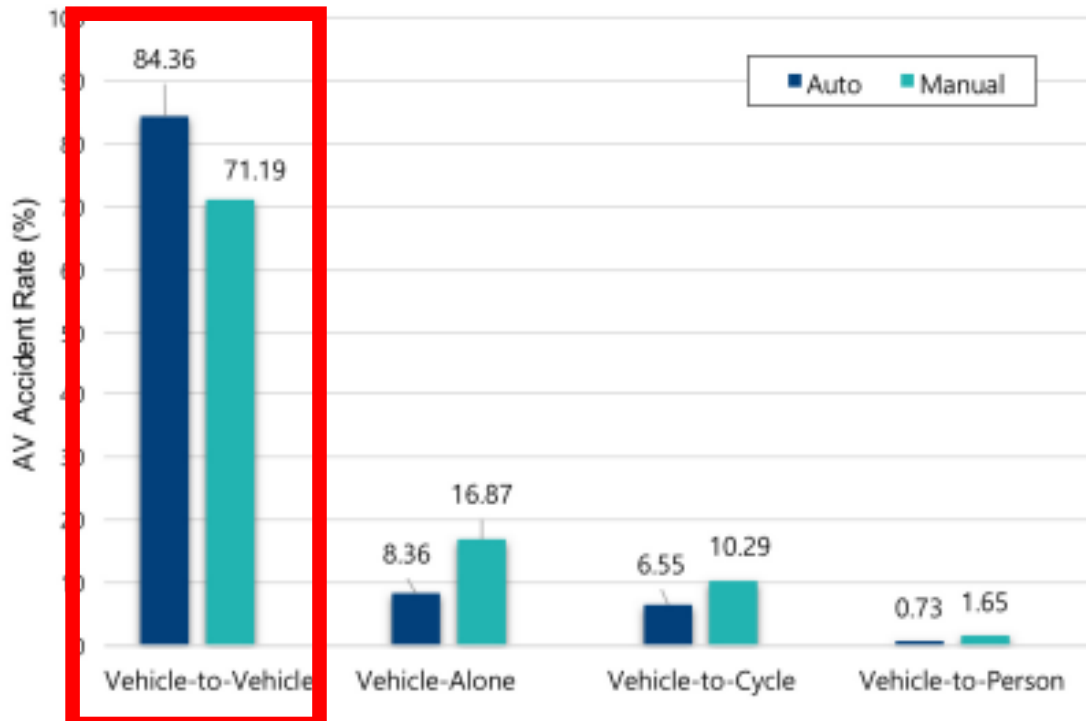
차대차사고 >>>>
단독사고 > 차대이륜차사고 > 차대사람사고 순

→ 안전 운전 의무 엄격히 준수, 보수적인 판단으로 주행하도록 설계된 AV 주행 알고리즘의 특성

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

사고에 관계된 객체를 기준으로 1차 분류된 사고유형 AUTO(275건) / MANUAL(243건) 모드로 나누어 비교



<Fig. 4> Rates for Different Types of AV Accidents (Primary Classification)

차대차사고 >>>>
단독사고 > 차대이륜차사고 > 차대사람사고 순

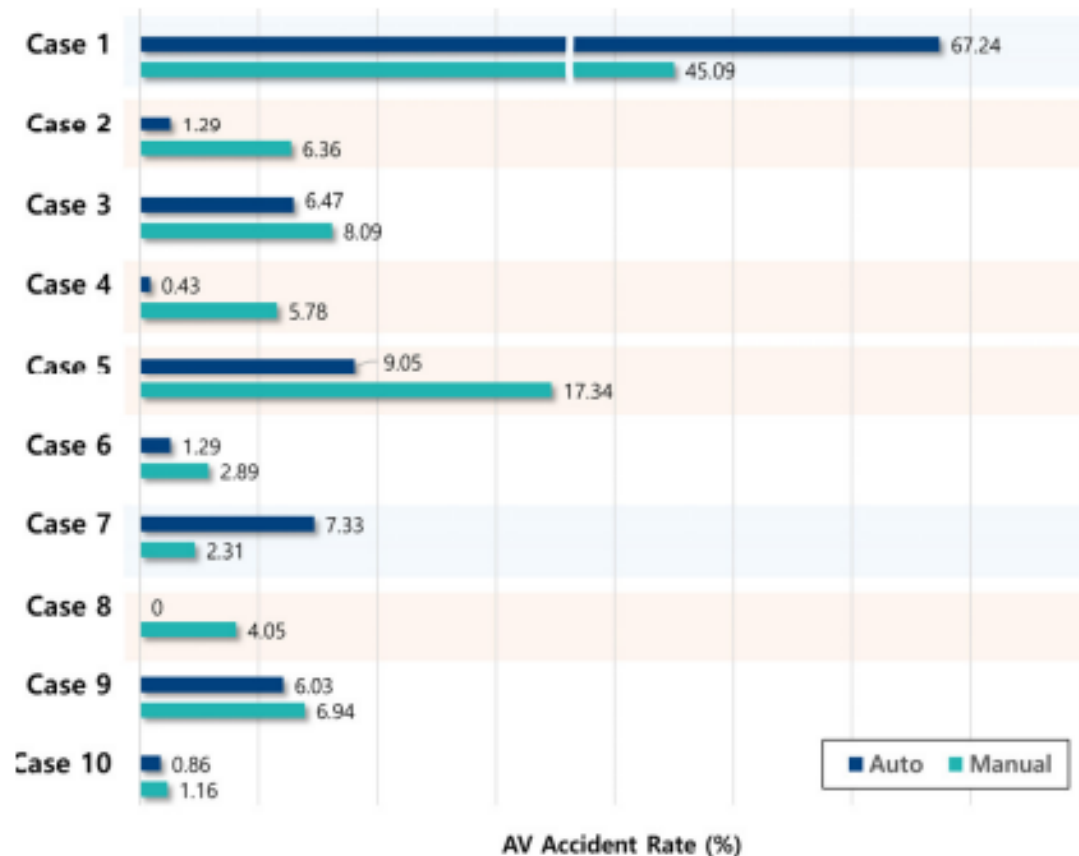
→ 안전 운전 의무 엄격히 준수, 보수적인 판단으로 주행하도록 설계된 AV 주행 알고리즘의 특성

→ BUT 차대차 사고의 비율은 높게 나타남
⇒ 차대차사고의 세부 유형 분석

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

AV와 일반차량의 차대차사고에 대한 세부 사고 유형 분석 (AUTO / MANUAL)



각 모드 별 사고 비율 간의 독립성 테스트(유의성 테스트)

피어슨 파이제곱 검정 (Pearson Chi-Square Test)

피셔 정확 검정 (Fisher's Exact Test) (표본 수 5 이하의 경우)

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

AV와 일반차량의 차대차사고에 대한 세부 사고 유형 분석

AV V2V Accident	Auto mode		Manual Mode		p-value
	Case #	Rate (%)	Case #	Rate (%)	
Case 1	156	67.24	70	45.09	0.000
Case 2	3	1.29	11	6.36	0.010
<i>Case 3</i>	<i>15</i>	<i>6.466</i>	<i>14</i>	<i>8.09</i>	<i>0.530</i>
Case 4	1	0.43	10	5.70	0.001
Case 5	21	9.05	30	17.34	0.013
<i>Case 6</i>	<i>3</i>	<i>1.29</i>	<i>5</i>	<i>2.89</i>	<i>0.295</i>
Case 7	17	7.33	4	2.31	0.025
Case 8	0	0.00	7	4.05	0.002
<i>Case 9</i>	<i>14</i>	<i>6.03</i>	<i>12</i>	<i>6.94</i>	<i>0.714</i>
<i>Case 10</i>	<i>2</i>	<i>0.86</i>	<i>2</i>	<i>1.16</i>	<i>1.000</i>
Total	232	100.00	173	100.00	-

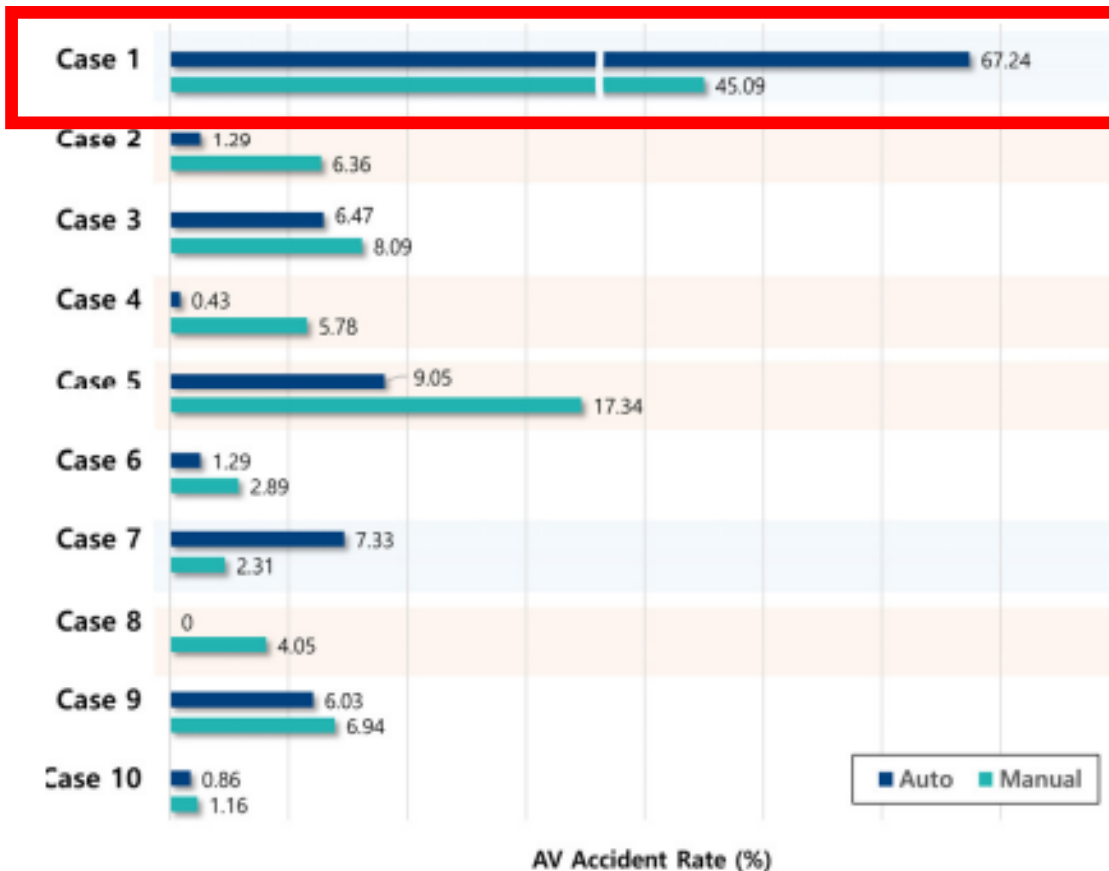
'Case1', 'Case2', 'Case4', 'Case5', 'Case7', 'Case8'
자율주행 모드에 따른 사고 빈도가 통계적으로
유의미한 차이가 있음 ($p < 0.05$)

4. 분석 결과

'Case1', 'Case2', 'Case4', 'Case5', 'Case7', 'Case8'

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

AV와 일반차량의 차대차사고에 대한 세부 사고 유형 분석



'Case 1' : 일반차량이 AV를 추돌

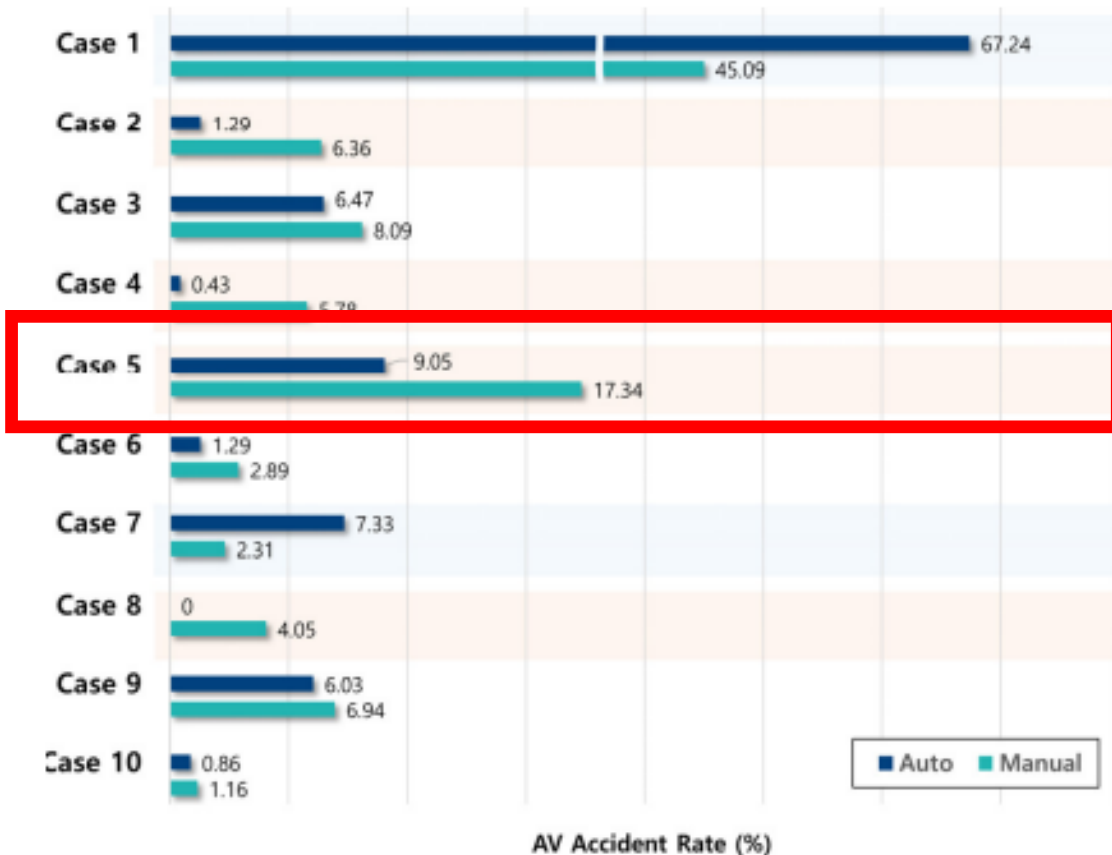
→ 모드 간 비율차이가 극명한 것을 보임
AV가 AUTO모드에서 주변 교통 흐름보다 낮은 속도로 주행하거나, 약간의 돌발 상황에도 급하게 정지하거나 속도를 줄임으로써 후행 일반차량이 AV의 주행 특성으로 인한 거동을 예측하지 못해 발생한 것으로 판단

4. 분석 결과

'Case1', 'Case2', 'Case4', '**Case5**', 'Case7', 'Case8'

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

AV와 일반차량의 차대차사고에 대한 세부 사고 유형 분석



'Case 5' : 일반차량이 AV가 있는 차로로
차로 변경 중 추돌

→ 모드 간 비율차이가 극명한 것을 보임

Case1 과 마찬가지로

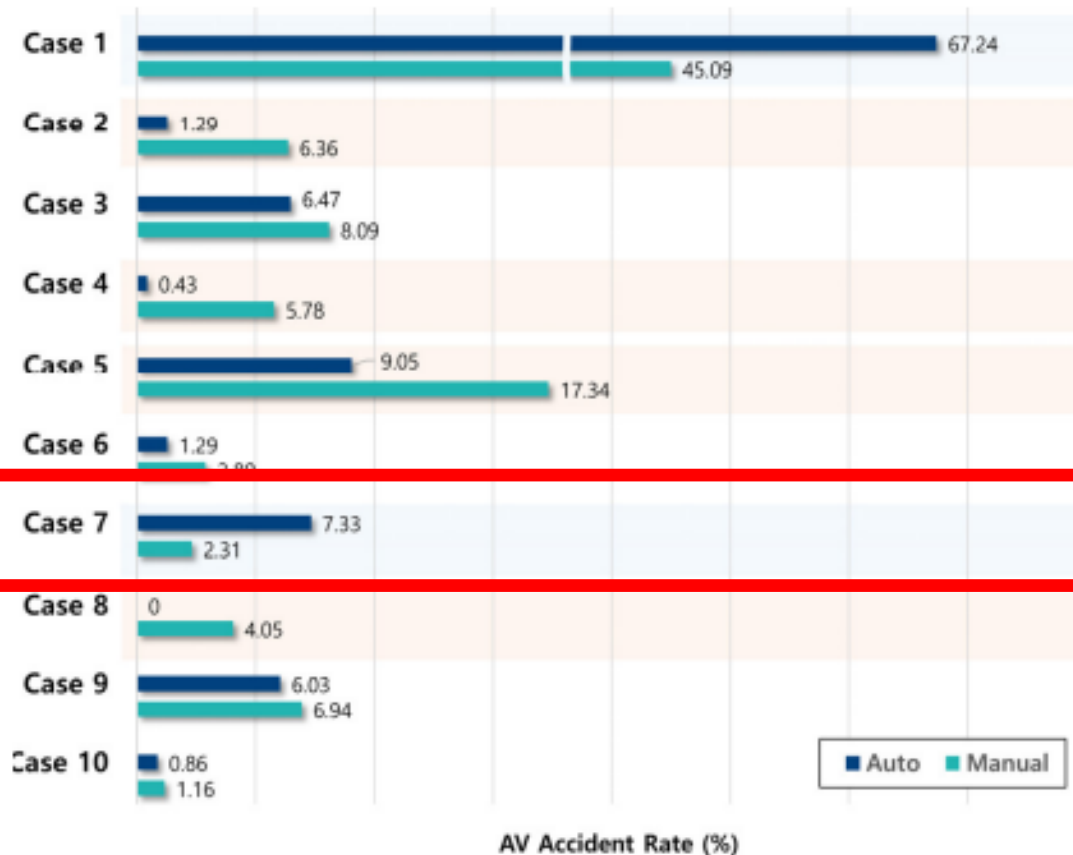
저속으로 주행하는 AV를 추월하거나 피하기 위해
차로 변경하는 일반차량이 AV의 돌발 행동을
예측하지 못하고 충돌을 일으킨 것으로 판단

4. 분석 결과

'Case1', 'Case2', 'Case4', 'Case5', '**Case7**', 'Case8'

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

AV와 일반차량의 차대차사고에 대한 세부 사고 유형 분석



'Case 7' : 일반차량이 교차로 통행 중인 AV 충돌

→Case 7에서 AUTO > MANUAL (사고비율)

"AV가 교차로를 통행할 때 신호 위반 차량을 인지하지 못하고 그대로 주행하여 충돌한 사고가 많은 것으로 확인
이는 AV가 주변 객체의 움직임을 빠르게 인지하지 못하거나 예측하지 못해 발생한 사고에 해당한다"

4. 분석 결과

'Case1', 'Case2', 'Case4', 'Case5', 'Case7', 'Case8'

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

AV와 일반차량의 차대차사고에 대한 세부 사고 유형 분석



통계적으로 manual 모드가

유의미하게 높은 사고 비율을 차지하는 Case

→ 모두 AV가 사고의 주체 가해차량

AV가 안전 운전 의무를 반드시 준수하도록 설계
사고 발생 이전 제어권이 전환되는 경우가 많다고 판단

4. 분석 결과

4-1. AV 교통사고 형태 분석 결과

종합적 분석 결과

1. AV는 일반차량과는 다른 사고 형태를 보이고 있다
AV는 주변 환경의 변화나 돌발 상황에 민감하게 대응하여 충돌을 최대한 회피하려는 경향이 있다
2. 따라서 AV가 사고의 주체가 되는 경우는 드물며 충돌이 발생하기 전에 제어권이 전환되는 것을 확인
3. 그러나 AV의 보수적인 운전 행태가(급정거, 감속) 주변 일반차량에게 예측되지 않아 AV와 일반차량 간의 충돌이 빈번히 발생하는 것으로 판단

**AV의 보수적인 주행 거동과
주변 일반차량과의 상호작용을 종합적으로 고려**
→ AV 자율주행 테스트 시나리오 개발 권장

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

중복을 제외한 1414개의 제어권 전환 원인 7가지 키워드로 분류 (1차 분류)

<Table 2> Results of Primary Classification for Disengagement Causes

Category	Number of Types	Total Cases	Rate (%)	Description
Planning	526	8,784	36.31	inappropriate route planning, incorrect predictions
System and software	98	3,224	13.33	sensor data errors, algorithmic flaws
Control	161	3,159	13.06	motion control issues, controller mismatch
Map and position	88	2,844	11.76	onboard map inconsistencies, GPS location inaccuracies
Environment	225	2,647	10.94	interference from surrounding vehicles, unexpected traffic situations
Perception	285	1,890	7.81	recognition errors, perception mismatches
Hardware	31	1,642	6.79	hardware performance issues, component loss
Total	1,414	24,190	100.00	-

4. 분석 결과

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

중복을 제외한 1414개의 제어권 전환 원인 7가지 키워드로 분류 (1차 분류)

<Table 2> Results of Primary Classification for Disengagement Causes

Category	Number of Types	Total Cases	Rate (%)	Description
Planning	526	8,784	36.31	inappropriate route planning, incorrect predictions
System and software	98	3,224	13.33	sensor data errors, algorithmic flaws
Control	161	3,159	13.06	motion control issues, controller mismatch
Map and position	88	2,844	11.76	onboard map inconsistencies, GPS location inaccuracies
Environment	225	2,647	10.94	interference from surrounding vehicles, unexpected traffic situations
Perception	285	1,890	7.81	recognition errors, perception mismatches
Hardware	51	1,042	4.79	hardware performance issues, component loss
Total	1,414	24,190	100.00	-

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

‘인지’ 유형의 제어권 전환 사례를 세부 유형으로 분류 (2차 분류)

<Table 3> Results of Secondary Classification for Perception-Related Disengagement Causes

Category		Number of Types	Total Cases	Rate (%)
Perception Success	Response After Perception	16	261	13.81
	Perception Delay	13	14	0.74
	Misperception	63	236	12.49
Perception Failure	Perception Deficiency	58	143	7.57
Unidentified Causes		135	1,236	65.40
Total (Perception-related)		285	1,890	100.00

AV가 인지를 성공한 경우 → 인지 후 대처 / 인지 지연 / 오인지
 AV가 인지에 실패 한 경우는 → 인지 부족
 원인 불명 → 분석 대상에서 제외

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

‘인지’ 유형의 제어권 전환 사례를 세부 유형으로 분류 (2차 분류)

<Table 3> Results of Secondary Classification for Perception-Related Disengagement Causes

Category		Number of Types	Total Cases	Rate (%)
Perception Success	Response After Perception	16	261	13.81
	Perception Delay	13	14	0.74
	Misperception	62	226	12.40
Perception Failure	Perception Deficiency	58	143	7.57
Undenied Causes		133	1,236	65.40
Total (Perception-related)		285	1,890	100.00

인지 부족 유형의 제어권 전환 → AV가 장애물 등을 다양한 이유로 인지하지 못해 위험 상황이 예상되는 경우를 나타내며, 대부분 인지 음영과 관련

⇒ 본 연구에서는 인지 부족으로 분류된 제어권 전환 사례의 상세 설명을 분석
AV가 주행 중 겪은 인지 음영의 발생 사례를 도출하고자 하였다

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

'인지 부족' 음영 사례 분석 결과

<Table 4> Results of Types and Specific Cases for Blind Areas

Types of Perception Shades	Specific Case Description
Object beyond sensor or detection range	Disengagement after failing to detect a construction site outside the perception range, including warning signs and traffic cones
	Disengagement after failing to detect a vehicle rapidly entering the intersection from outside the sensor's field of view, violating the traffic signal
	Disengagement when a pedestrian or bicycle suddenly entered the sensor's field of view while making a right turn at an intersection

- 센서 시야 또는 AV가 인지할 수 있는 범위 외 영역의 물체를 인지하지 못한 경우

4. 분석 결과

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

‘인지 부족’ 음영 사례 분석 결과

Types of Perception Shades	Specific Case Description
Field of view occlusions	Disengagement due to failure to detect vehicles in the blind spots created by traffic congestion
	Disengagement when pedestrians or other objects were not detected due to the field of view being obstructed by parked vehicles
	Disengagement upon failure to detect an oncoming speeding vehicle from an occlusion
	Disengagement when a large truck passing through an intersection obscured all traffic lights at once, preventing the AV from detecting the signals
Camera or sensor impairments due to direct impacts	Disengagement due to the camera failing to detect the traffic lights because of accumulated dust
	Disengagement when a tree shadow blocked the view of the forward-facing camera
	Disengagement due to a perception error caused by the sun obstructing the camera's view

- 장애물이 AV 시야를 차단하여 폐색 (occlusion) 이 발생한 경우
- 카메라 또는 센서에 직접적인 영향으로 인지 능력이 저하된 경우

4. 분석 결과

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

'인지' 음영 사례 분석 결과

종합적 분석 결과

AV가 주행 중 겪을 수 있는 인지 음영은 주로 도심부에서 많이 발생하며
지형 또는 특정 장애물로 인해 인지 범위가 제한 또는 저하되는 경우가 많음

동적 환경 변화로 인한 인지 음영 사례가 존재
(교통 체증으로 생긴 주변 차량으로 인한 음영
/ 지역 발생 교차로 내 큰 화물차로 시야가 가려져 신호등을 인지하지 못하는 등)

→ AV가 인지하지 못한 장애물 또는 상황 → 자율주행을 지속할 수 없는 인지 음영이 발생하였음을 시사

4-2. AV 제어권 전환 원인 분류 및 인지 음영 사례 분석 결과

'인지' 음영 사례 분석 결과

종합적 분석 결과

-AV자율주행 테스트 시나리오 개발 시

도심부 및 다양한 지형에서 발생할 수 있는 인지 음영 상황을 고려

→ 효과적인 대응 및 안전한 판단이 이루어질 수 있도록 AV 테스트 시나리오 **구체적으로** 개발

-**동적인 교통 상황에서의 AV의 인지 능력을 향상하기 위한 다양한 인지 음영 해소 전략을**

(추가적인 센서 기술 및 주변 차량 인프라의 통신 활용)

5. 결론

5. 결론 - 목적

AV의 실도로 주행을 위한 **테스트 시나리오를 개발**하기 위해

인지 음영을 고려한 자율주행을 위한 **테스트 시나리오 개발**의 첫 단계로서
AV 교통사고 형태를 분석하고 인지 음영으로 발생하는 위험 상황 유형을 조사

5. 결론 - 과정

미국 캘리포니아에서 제공한

AV 충돌 리포트 / 제어권 전환 리포트로부터 데이터를 수집하여 분석에 활용

(1) **AV 교통사고 데이터**를 차대차사고의 구체적인 세부 유형으로 분류하고 자율주행 모드를 고려하여 사고 유형별 AV 사고의 특성과 일반차량 사고와의 차별점을 파악

(2) **제어권 전환 원인 데이터**를 7가지 키워드로 **1차 분류**

이 중 AV의 인지 능력과 관련된 인지 유형의 제어권 전환 원인을 **2차 분류**

그 중 인지 부족에 해당하는 제어권 전환 사례를 분석 → 인지음영을 3가지 유형으로 분류

⇒ 각 유형별 구체적인 사례를 도출하였다

5. 결론 - 결과

(1) **AV의 보수적인 주행 거동과**

주변 일반차량과의 상호작용을 종합적으로 고려

→ AV 자율주행 테스트 시나리오 개발 권장

(2) AV자율주행 테스트 시나리오 개발 시

도심부 및 다양한 지형에서 발생할 수 있는 인지 음영 상황을 고려

→ 효과적인 대응 및 안전한 판단이 이루어질 수 있도록 AV 테스트 시나리오 **구체적으로** 개발

-동적인 교통 상황에서의 AV의 인지 능력을 향상하기 위한 다양한 인지 음영 해소 전략을 생성

(추가적인 센서 기술 및 주변 차량 인프라의 통신 활용)

5. 결론 - 의의

1. 기존 연구와의 **차별점** :

AV 구체적인 사고 유형 분류 → 일반차량과 차이가 나는 AV 의 사고 특성을 도출하고 인지 음영 관점에서 제어권 전환 원인을 해석하고 인지 음영의 유형과 사례를 분석한 첫 번째 시도

2. 향후 AV 자율주행의 도입을 위한 테스트 시나리오 구축에 중요한 참고자료
(보수적인 운전 행태로 인한 위험 상황을 고려하여 테스트 시나리오를 개발)

3. 구체적 테스트 시나리오 구축을 도와 상황 별 인지 음영을 해소하는 새로운 전략을 마련의 기초

5. 결론 – AV 테스트 시나리오 개발 연구 프레임워크



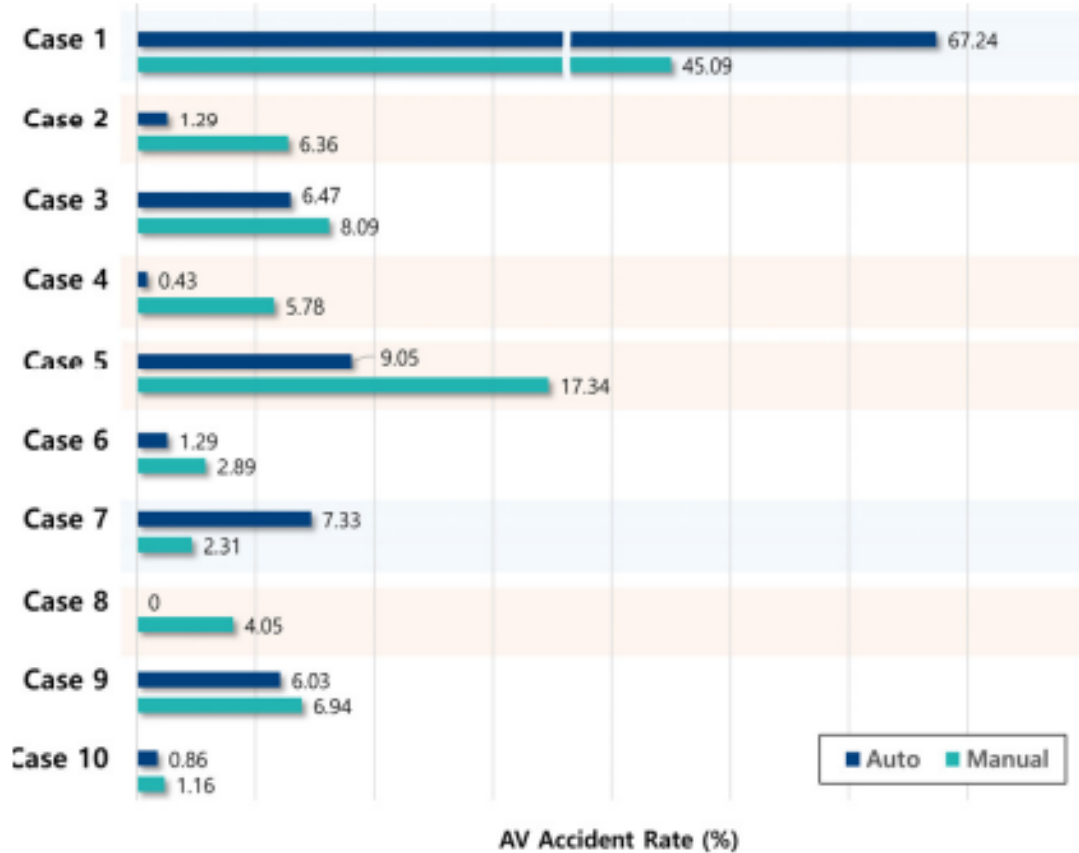
<Fig. 6> Contributions and Future Research Framework

본 연구의 결과를 토대로 AV 사고 특성과 인지 음영이 충분히 고려된 AV 자율주행의 테스트 시나리오 개발을 진행할 계획이다

6. How To Apply

6. How To Apply

6. How To Apply



AV 운행에서 가장 주목할 점은 안전이므로

-충돌 유형 case 별로

해당 mode별로

차량 상태 / 사고 시 다른 차량 상태, 차량 손상 정도를
분석하여 가장 데미지가 큰 충돌 유형을 추출하고 어디
가 손상되는지 추출하고

Auto 와 manual의 차이가 있는 원인을 분석하고 싶다.

+ 충돌 횟수가 가장 많은 충돌 유형에 따라

Thank You

