

# 운전자 개인 맞춤형 부정적 감정 조기 판별 모형 개발

- 2017 ESK 추계 학회 발표 -

오건희<sup>1</sup>, 정기효<sup>2</sup>, 이승훈<sup>1</sup>, 유희천<sup>1</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 산업경영공학과

<sup>2</sup>울산대학교 산업경영공학부

# AGENDA

- 서론
- 본론
  - 운전자 감정 판별 실험
    - ✓ 실험 protocol
    - ✓ 분석 protocol
  - 운전자 감정 평가
    - ✓ 생리학적 평가
    - ✓ 운전자 주행 정보
    - ✓ 주관적 감정 설문 평가
  - 운전자 감정 판별 모형 개발
    - ✓ 유효 감정 척도 선정 (Feature Selection)
    - ✓ 감정 판별 모형 개발 및 검증
- 토의

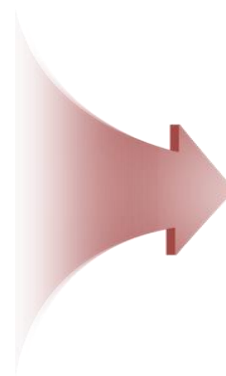
# 운전자 감정 판별 기술 개발의 필요성 (1/2)

- 교통 사고는 (1) 차량, (2) 도로 환경, (3) 운전자 행동의 상호 작용으로 발생하며 이 중 최근 운전자의 행동이 강조되고 있음 (Lee, 2000)
- 감정은 운전자 행동의 주요 결정 요인으로 작용함 (Pecher et al., 2009; Trick et al., 2012)



# 운전자 감정 판별 기술 개발의 필요성 (2/2)

- 부정적 감정이 긍정적 감정보다 위험한 운전 행동 및 교통사고 위험과 높은 상관관계를 보임 (Hu et al., 2013; Kwon & Oh, 2013)
- 운전자 부정적 감정 ↑ ⇒ 난폭 운전 및 법규 위반 빈도 급증 (Kwon & Oh, 2013)
- 다양한 종류의 부정적 감정이 운전자 행동에 악영향을 미침
  - 운전자의 분노 성향은 주행 속도 및 steering wheel 사용 빈도를 증가시킴 (Stephens & Sullman, 2014)
  - 높은 수준의 불안감은 운전자의 주행 의지를 저하시킴 (Taylor et al., 2011)
  - 운전자의 우울함은 교통 안전에 부정적 영향을 미침 (Hill et al., 2017)



# ECG 및 SC 기반 감정 판별

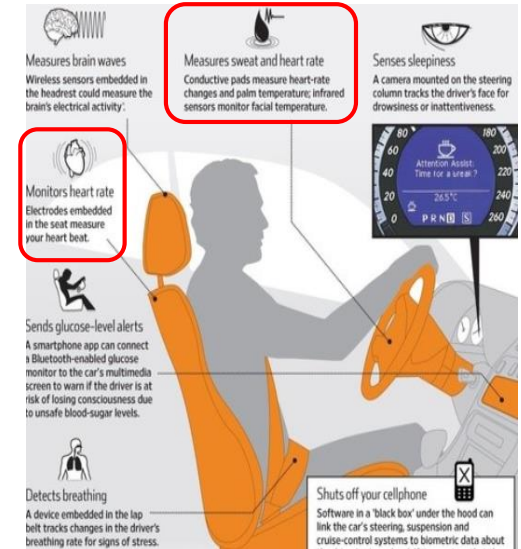
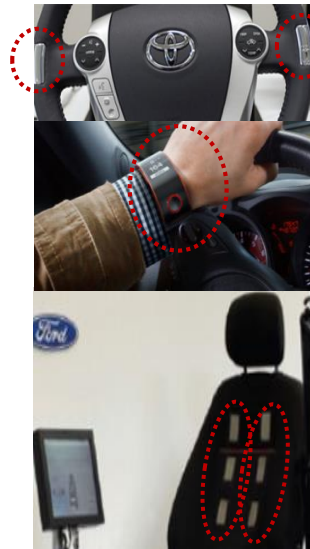
- ❑ 심박은 자극에 민감하고 신속하게 반응 (Choi and Noh, 2004; Part et al., 2015)
  - ❑ ECG 및 SC 기반 운전자 감정 판별 성능 ↑ (> 85 %) (Jing et al., 2009; Wagner et al., 2005)
  - ❑ Steering wheel (Hong et al., 2014), seat (Lee et al., 2012; Tsuji et al., 2014) 등 차량 내 다양한 부품에서 심박 및 피부 전도도를 측정하는 기술 개발
- ⇒ ECG 및 SC 기반 운전자 감정 판별 기술의 상용화 가능성 높음

**ECG 기반 감정 판별 정확도 ↑**  
(Average recognition rate = 85.78%)

TABLE III. THE RECOGNITION OF TWO EMOTIONS USING ECG SIGNAL

Classifier	KNN	Fisher-KNN
Features/Recognition Rate		
original feature subset	79	79
optimal feature subset	23	12
highest recognition rate	83.68% <	94.59%
lowest recognition rate	62.19% <	73.71%
average recognition rate	75.85% <	85.78%

Jing et al., 2009





# 기존 연구 Summary: 실험 Protocol

- 운전자 대상의 감정 판별 연구 미흡
- 감정 유발 시 주로 동일한 시각 및 청각적 자극을 사용하는 passive 방법 사용
- 주관적 감정 평가 시 다양한 감정 평가가 가능한 범용적 방법 활용

	Author (year)	Method		인지 부하 발생 확인	Driving consideration
		감정 유발 방법	주관적 감정 평가		
7 papers (감정 판별)	Zhu et al. (2016; proceeding)	Passive	7-point Likert scale		○
	Katis et al. (2008)	-	-		○
	Agrafioti et al. (2011)	Active	SAM		-
	Jing et al. (2009)	Passive	TAS 20		
	Kim & Andre (2008)	Passive	-		
	Wagner et al. (2005)				
	Lee et al. (2005)				
8 papers (감정 분석)	Nadai et al. (2016)				○
	Riener et al. (2009)				○
	Seok & Kim (2015)				○
	...	...	...		...
	Brosschot & Thayer (2003)	-	-		-

- 감정 유발 방법 (판별 연구):  
Passive 86% (6/7)
- 주관적 감정 평가:  
범용적 방법 (7/7)

- 운전자 감정 판별 연구: 13% (2/15)

# 기존 연구 Summary: 감정 판별

- 운전자 대상의 감정 판별 연구 미흡
- 감정 유발 여부 판별 (normal vs. emotion)이 아닌 감정 간 판별 연구 수행
- 유효 감정 변인 (감정에 민감하게 반응하는 변수) 선정 시 개인차 고려 미흡
- 개인의 감정 성향 (trait)에 따른 생체신호 및 주행 능력 차이를 분석한 연구 부재

	Author (year)	판별 모형		Driving consideration
		감정 판별 종류	ECG 신호 개인차 보정	
7 papers (감정 판별)	Zhu et al. (2016; proceeding)	N.A.	-	○
	Katis et al. (2008)	Between emotion	-	○
	Agrafioti et al. (2011)	Between emotion	○	-
	Jing et al. (2009)	Between emotion	-	-
	Kim & Andre (2008)	Between emotion	-	-
	Wagner et al. (2005)			
	Lee et al. (2005)			
8 papers (감정 분석)	Nadai et al. (2016)			○
	Riener et al. (2009)			○
	Seok & Kim (2015)			○
	***	***	***	***
	Brosschot & Thayer (2003)	-	-	-

- 감정 판별 종류:  
감정 간 판별 100% (7/7)
- 개인 차 고려: 1건

- 운전자 감정 판별 연구: 13% (2/15)

# 기존 연구 한계점

## LIMITATION



1. 다양한 감정 간 차이를 판별 가능한 모형 개발 ⇒ 감정 유발 여부(normal vs. emotion) 판별 관련 연구 미흡
2. 생체 신호 및 운전자 주행 능력의 개인차 고려 미흡 ⇒ 판별 모형 신뢰성 ↓
3. Passive 감정 유발 방법 ⇒ 모든 실험 참여자에게 동일한 감정을 유발하기 어려움
4. 다양한 감정 평가에 활용되는 범용적 주관적 감정 평가 ⇒ 특정 감정(e.g., anger, anxiety)의 다양한 측면을 종합적으로 평가하기 어려움



# 본 연구 필요성

## □ Relaxed 상태 대비 감정 유발 상태를 조기 선별 가능한 판별 모형 개발

1. 개인차에 따른 데이터 보정 필요 ⇒ 개인 맞춤형 판별 모형 개발 가능
2. Active 감정 유발 방법 사용 ⇒ 모든 실험참여자를 대상으로 동일하게 평가 대상 감정이 유발될 가능성 ↑
3. 특정 감정 (e.g, anger, anxiety) 평가에 특화된 방법 사용 필요 ⇒ 감정 유발 여부 확인 정확성 ↑

### 실험 설계

지난 달 영화관에서 친구와 다투었던 기억

**감정 유발**

**Emotion**

	STAI Form Y-1			
	1	2	3	4
1. I feel calm	○	○	○	○
2. I feel nervous	○	○	○	○
3. I am tense	○	○	○	○
4. I feel strained	○	○	○	○
5. I feel at ease	○	○	○	○
6. I feel relaxed	○	○	○	○
7. I am presently worrying over possible misfortunes	○	○	○	○
8. I feel satisfied	○	○	○	○
9. I feel frightened	○	○	○	○
10. I feel comfortable	○	○	○	○

### 운전자 감정 판별 실험

실험 준비 (1 ~ 2 min)

	Session #1: Baseline	Session #2: Driving	Session #3: Driving + Emotion Recall
3 min	3 min	3 min	3 min

1. 실험 참여 동의  
2. 실험 설명  
3. 연습 주행  
4. ECG 전극 부착

ECG ECG Ground

ECG 신호 측정 구간

### 판별 모형 개발 및 성능 검증

Subject No.	Anger	Anxiety	Average accuracy
S01			<ul style="list-style-type: none"> <li>Anger: 100%</li> <li>Anxiety: 90.3%</li> </ul>
S02			<ul style="list-style-type: none"> <li>Anger: 100%</li> <li>Anxiety: 78%</li> </ul>
S03			<ul style="list-style-type: none"> <li>Anger: 100%</li> <li>Anxiety: 100%</li> </ul>

**감정 유발 여부 판별 (normal vs. emotion)**

# 연구 목표

## 운전자 개인 맞춤형 부정적 감정 조기 판별 모형 개발

### 1. 운전자 감정 판별 실험 설계



### 2. 개인별 유효 감정 척도 선정 방법 개발

(※ 유효 감정 척도: 개인별로 감정 변화에 민감하게 반응하는 생리학적 및 주행 능력 척도)



### 3. 개인 맞춤형 운전자 감정 판별 모형 개발 및 검증



# 연구 Big Picture

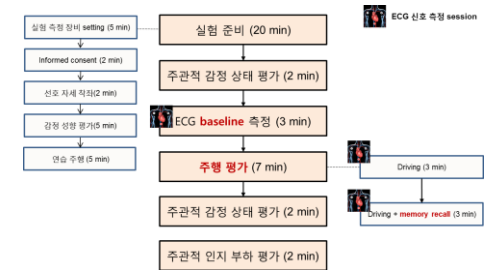
## S1. Literature review

- 감정에 따른 ECG,SC,주행 능력 변화 경향
- 감정 분류 체계 및 유발 방법
- 감정 판별 기법 및 성능
- 주관적 감정 평가 방법



## S2. 운전자 감정 판별 실험 설계

- 감정 유발 방법
- 주관적 감정 평가
- 인지 부하 평가

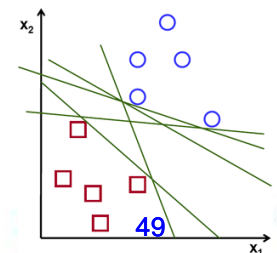


## S3. 운전자 감정 판별 실험



## S4. 판별 모형 개발 및 검증

- 실험 참여자별 유효 ECG 척도 선정
- 판별 모형 개발 및 성능 비교 평가



# 운전자 감정 판별 실험

# 실험 개요

## □ 실험 목적: 운전자 감정 판별 시스템 개발

1. 실험 참여자별 감정 유효 척도 파악
2. 감정 판별 모형 개발 및 성능 비교 평가

### 운전자 감정 판별 실험



Data  
preprocessing  
(개인차 보정)

실험 참여자별  
유효 척도 선정

판별 모형 개발 및 검증

### ※ 감정 유발 여부 확인 방법

1. 감정 유발 전/후 주관적 감정 평가 결과 비교 분석
2. 감정 유발 전/후 ECG & SC 신호 비교 분석
3. 감정 유발 전/후 driving performance measure 비교 분석

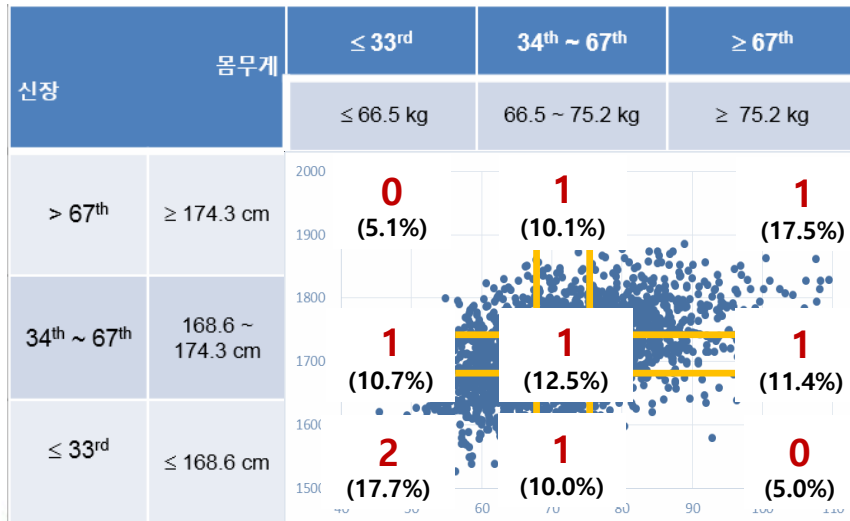
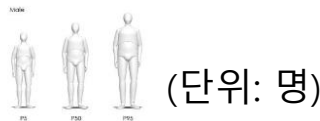
# 실험 참여자

□ 모집 인원: 한국인 키와 몸무게 분포를 대표하는 20 ~ 50대 16명 (남: 8명, 여: 8명; Size Korea, 2010)

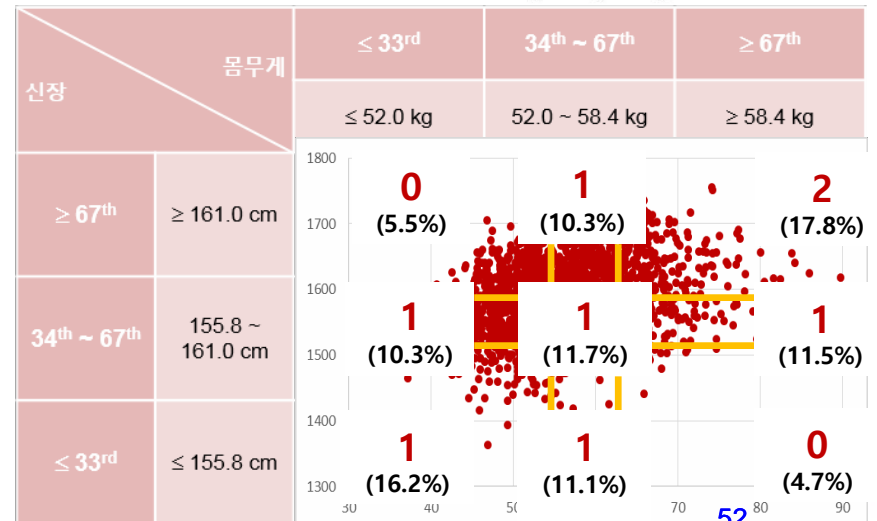
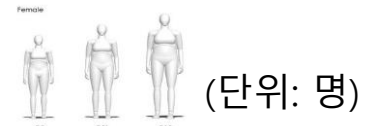
## □ 실험 참여자 조건

- 운전 경력 2년 이상
- 심혈관계 질환이 없는 자
- 실험 전 술, 커피, 담배 음용 x

### Male (n = 8)



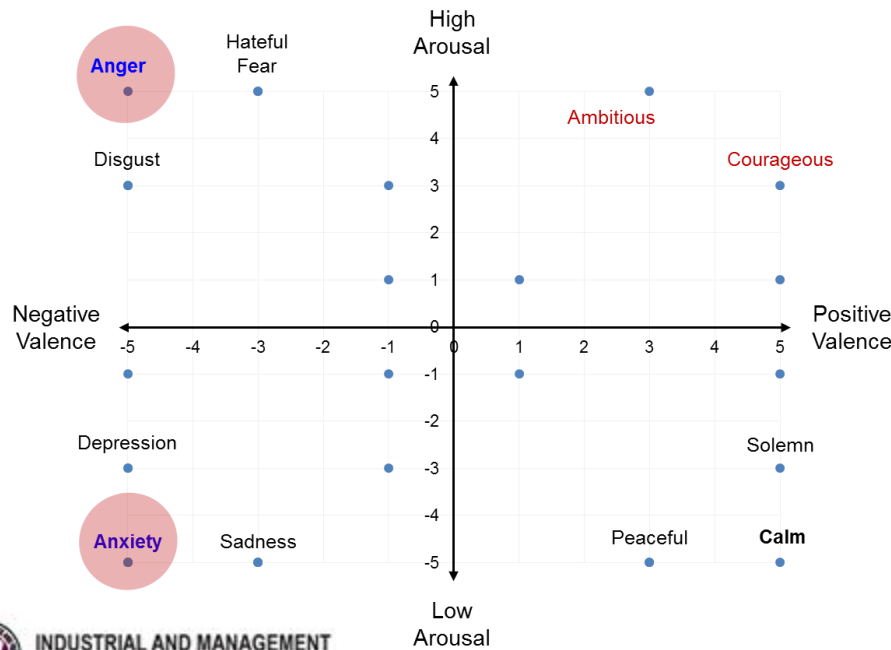
### Female (n = 8)





# 평가 대상 감정

- Arousal과 valence 측면에서 25개의 감정을 11-point bipolar scale을 사용하여 정량적으로 분류(예: depression의 경우 arousal -3점, valence -5점) 후 선정
- 평가 대상 감정 선정 기준: (1) Valence -5점 (부정적 성향 ↑), (2) Arousal (-5 & 5)  
⇒ 부정적 감정 중 몰입 정도 (arousal)에 따른 판별 모형 성능 비교 평가
- 평가 대상 감정: (1) Anger, (2) Anxiety



## 감정 scoring 방법

- 선행 연구(Russell et al., 1983; Scherer, 2005)의 감정 분류 결과 종합
- 선행 연구를 통해 정량화 되지 않은 감정  
⇒ 연구자 3인의 자체 평가 수행

# 감정 유발 방법

- 실험 참여자가 특정 행동 또는 task를 수행하여 감정을 유발하는 active 방법 사용  
⇒ 본 연구에서는 실험 전날 최근 3개월 이내의 평가 대상 감정과 관련된 경험의 script 작성 후, 주행 평가 중 script의 key sentence를 screen에 제시하여 감정 유발

평가 감정 관련 경험 script 작성



Driving task

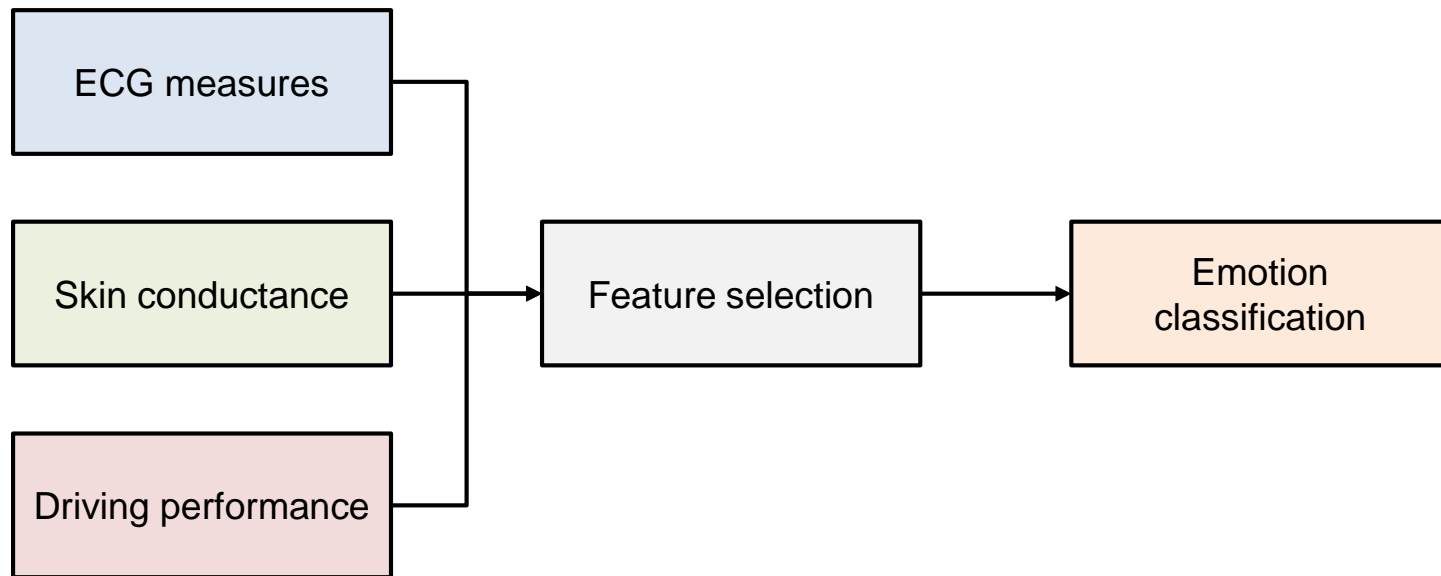
주행 시뮬레이터 화면

지난 달 영화관에서 친구와  
다투었던 기억

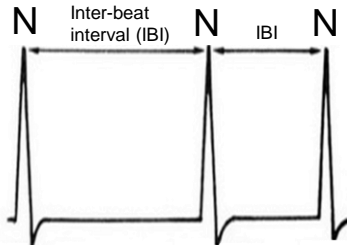
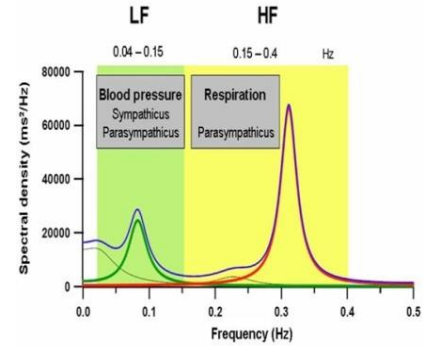
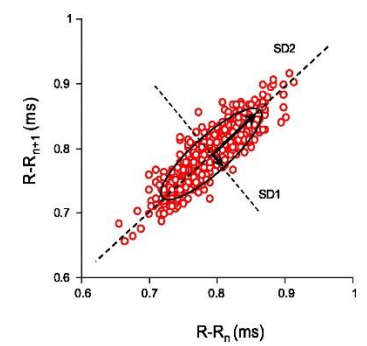


# 독립 및 종속 변수

- 독립 변수: **Task** (3 level; driving, “driving + anger recall”, “driving + anxiety recall”)
- 종속변수
  - **Bio-signal**
    - ✓ **ECG**: (1) **Time**, (2) **Frequency**, (3) **Non-linear** domain ECG measures
    - ✓ **Skin conductance**: (1) tonic level, (2) phasic level
  - **Driving performance**: (1) mean speed, (2) *SD* of lateral position, (3) steering velocity



# ECG 정량화 척도

Domain	척도	예시	단위	설명
Time	Mean IBI		ms	IBI의 평균값
	SDNN		ms	IBI의 표준편차
	RMSSD		ms	인접 IBI 간의 표준편차
Frequency	LF		ms <sup>2</sup>	낮은 주파수 대역(0.04~0.15Hz)의 power
	HF		ms <sup>2</sup>	높은 주파수 대역(0.15~0.4Hz)의 power
	LF/HF		-	LF와 HF의 비율
Non-linear	SD1		ms	SD of the Poincaré plot perpendicular to the line of identity ( $y=x$ ) ⇒ Short-term heart rate variability (HRV)
	SD2		ms	SD of the Poincaré plot along the line of identity ( $y=x$ ) ⇒ Long-term heart rate variability (HRV)



# Skin Conductance 정량화 척도

- **LeadLAB** (Matlab-based software for the analysis for skin conductance data)를 통하여 **SC** (skin conductance) **관련 feature 추출** 가능

구분	명칭	설명	단위
Continuous decomposition analysis (CDA)	CDA.Nscr	Number of significant (= above threshold) SCRs within response window	-
	Cda.Latency	Response latency of first significant SCR within response window	Second
	CDA.AmpSum	Sum of SCR-amplitudes of significant SCRs within response window	μS
	CDA.SCR	Average phasic driver within response window	μS
	CDA.ISCR	Area (= time integral) of phasic driver within response window	μS*s
	CDA.PhasicMax	Maximum value of phasic activity within response window	μS
	CDA.Tonic	Mean tonic activity within response window	-
Global Measures	Global.Mean	Mean SC value within response window	
	Global.MaxDeflection	Maximum positive deflection within response window	

# 실험 장비 및 주행 Task

## □ 실험 장비

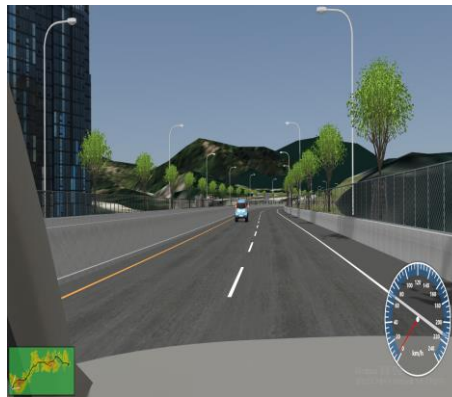
- 주행 시뮬레이터 차량: EQ 900 (Hyundai Motor Inc., Korea)
- 주행 시뮬레이터 S/W: UC-win/Road 11 (Forum 8 Inc., Japan)
- ECG 측정 장비: Noraxon Telemetry DTS (Noraxon Inc., USA)
- SC 측정 장비: SA 9309M (Thought technology Inc., Canada)

## □ 주행 Task: 편도 3차 고속 도로 주행 (80 ~ 120 km/h)

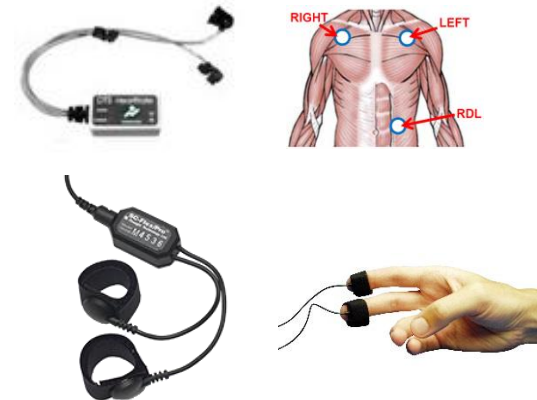
주행 시뮬레이터



주행 시뮬레이터 화면



ECG 및 SC 측정 장비



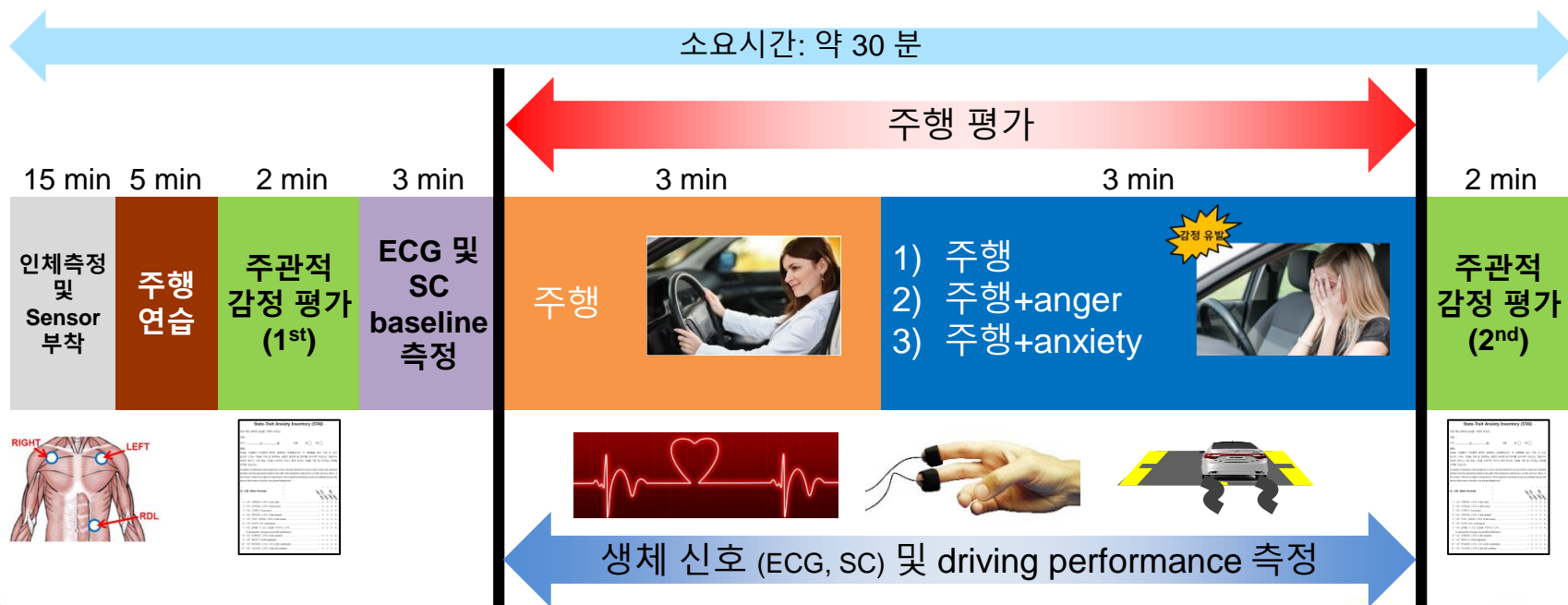


# 주관적 감정 평가 설문지

종류	구분	Descriptions
State-Trait <b>Anxiety</b> Inventory (STAI)	State-Anxiety (S-Anxiety)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 현재 불안한 감정의 강도(intensity) 측정</li> <li>✓ 점수 ↑ ⇒ 긴장감(tension) &amp; 불안감(anxiety) ↑</li> </ul>
	Trait-Anxiety (T-Anxiety)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 불안 성향의 개인차(individual difference) 측정</li> <li>✓ 점수 ↑ ⇒ (1) 위험 또는 위협으로 인식되는 상황, (2) 부적당한 대인관계에서 더 자주, 더 강하게 S-Anxiety 경험</li> </ul>
State-Trait <b>Anger</b> Expression Inventory-2 (STAXI-2)	State-Anger (S-Anger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 평가 당시 화나는 감정의 강도 측정</li> <li>✓ 말이나 신체적으로 화를 표현하는 정도 측정</li> </ul>
	Trait-Anger (T-Anger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 화나는 감정을 경험하는 빈도에 대한 개인차 측정</li> </ul>
	Anger Expression Index (AX Index)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Anger 표현(Expression &amp; Control)에 대한 대표적 지표</li> <li>✓ <math>AX\ Index = AX/Out + AX/In - (AX/Con-Out + AX/Con-In) + 48</math></li> </ul>

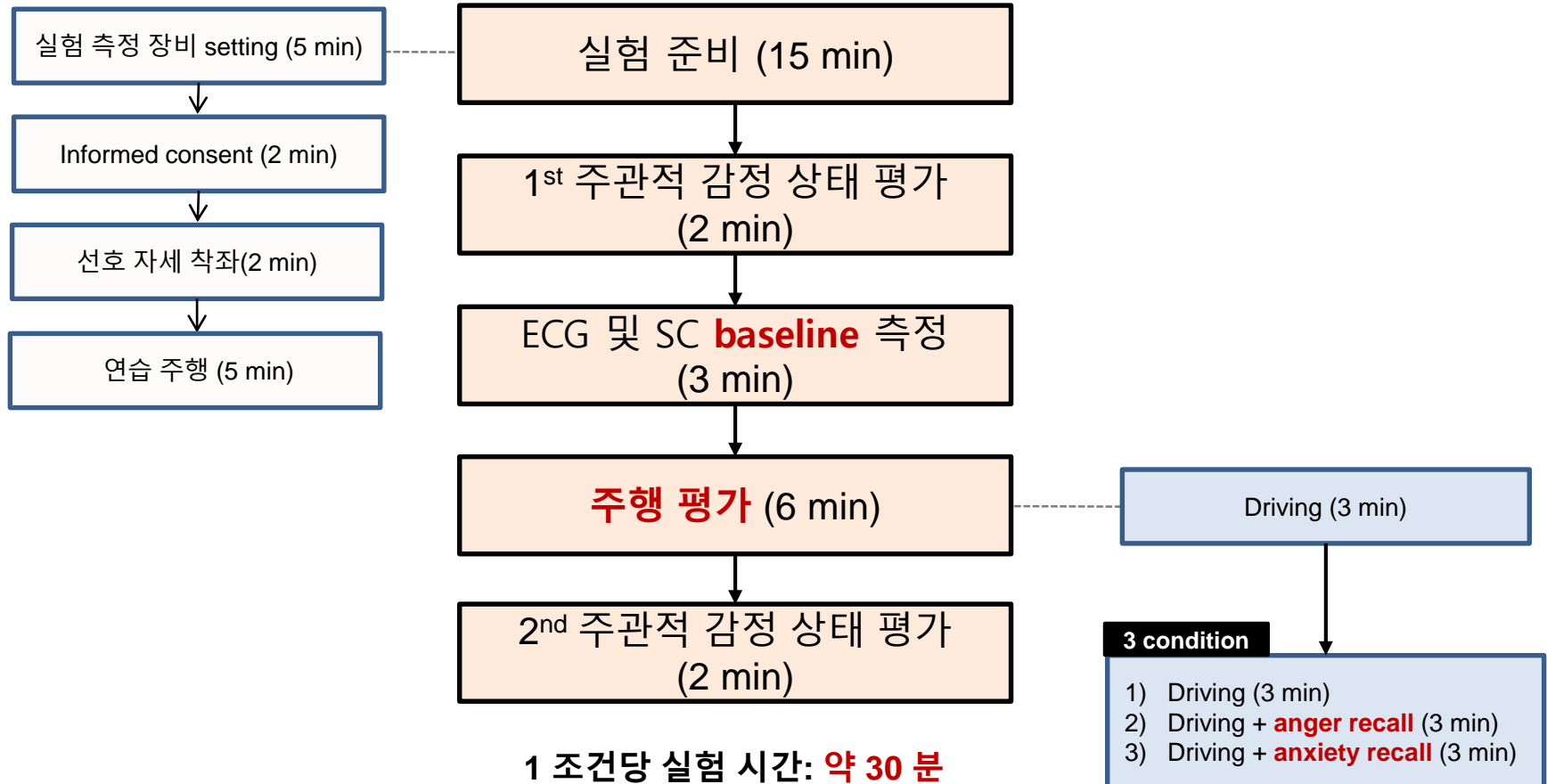
# 실험 Protocol

1. **주행 실험 전:** 실험 동의서 작성, 인체 측정, 주행 연습, 주관적 감정 평가 (1<sup>st</sup>), 생체 신호 baseline 측정
2. **주행 중:** 90분 주행 평가 (전반 45분: 주행 only; 후반 45분: 주행 or 주행 중 감정 회상), 생체 신호 및 driving performance measure 측정
3. **주행 실험 후:** 주관적 감정 평가 (2<sup>nd</sup>)



# 실험 Procedure

※ Repetition/감정 = 2회

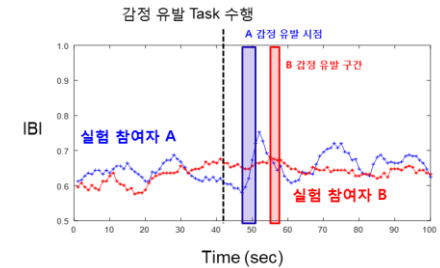


↓  
피험자 1명당 총 예상 소요 시간: 약 3시간 ← 3 (condition) × 30 분 × 2 (repetition)

# 분석 절차

## S1. 개인차 보정 (ECG 및 SC 신호)

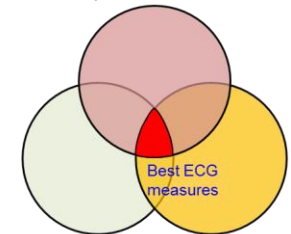
- S1.1. 분석 범위 지정: 개인차에 따른 감정 유발 구간 선정
- S1.2. 척도 정량화
- S1.3. 측정값 표준화: 실험 참여자별 데이터의 scale 차이 보정



## S2. Feature selection (감정 변화에 민감한 척도 선별)

- 1) Trend agreement: 기존 문헌에서의 감정 변화에 따른 ECG 신호 및 SC 변화 경향과 부합성
- 2) 통계적 유의성: ANOVA 분석을 통한 task간(Relaxed, Dr, Dr+ER) 차이 ( $p$ -value:  $\leq 0.05$ )
- 3) 실험 반복성: coefficient of variation (CV)  $\leq 30\%$  (Wang et al., 2011)
- 4) 통계적 변수 기법: sequential forward/backward selection

(1) Trend analysis

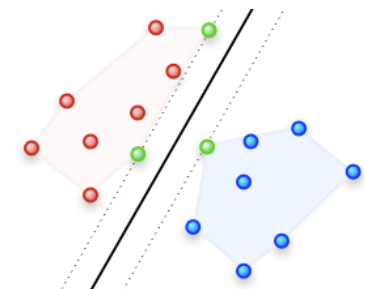


(2) Statistical significance

(3) Reliability

## S3. 판별 모델 개발(linear support vector machine) 및 성능 검증

- 판별 기법
  - 1. Support vector machine (SVM)
  - 2. Artificial neural network (ANN)
  - 3. Random forest
- 검증 방법: stratified 10-fold cross validation (CV)

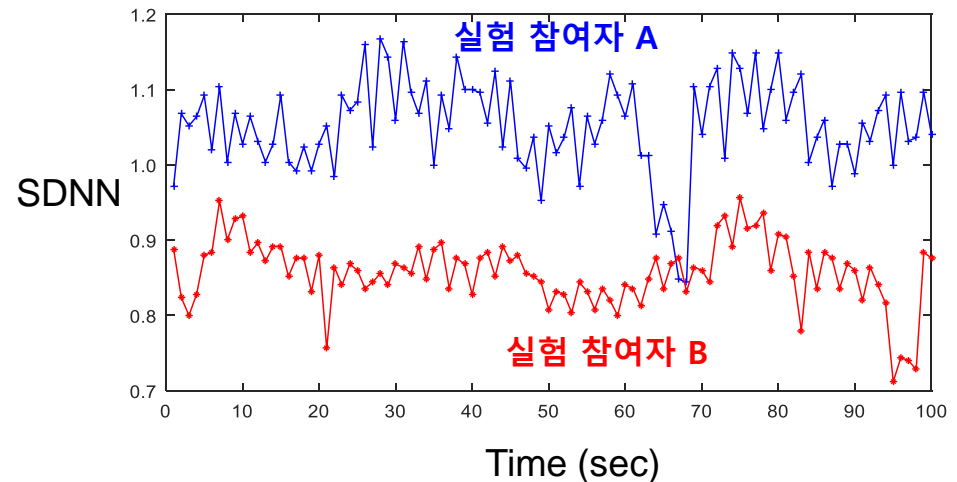
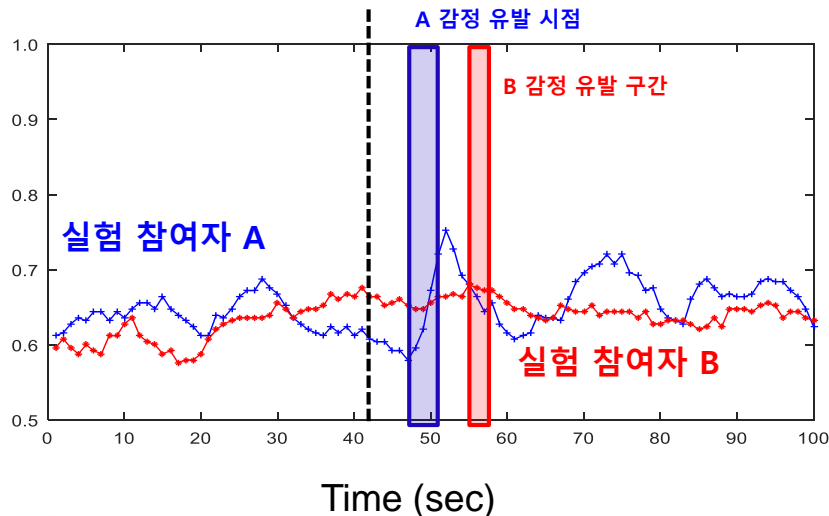


# S1. 척도 개인차 보정 (1/2)

□ ECG 및 SC 다음과 같이 3가지 측면에서 개인차가 발생할 수 있으며 보정이 필요함

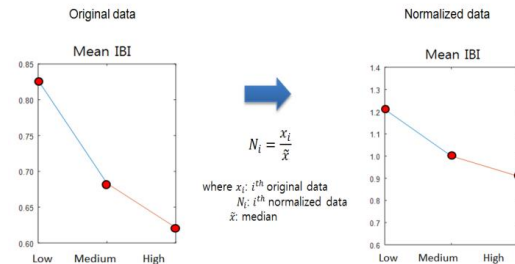
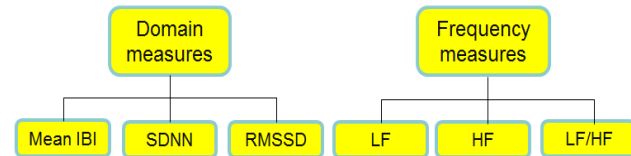
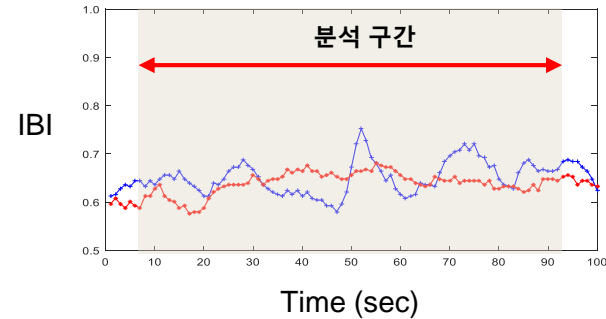
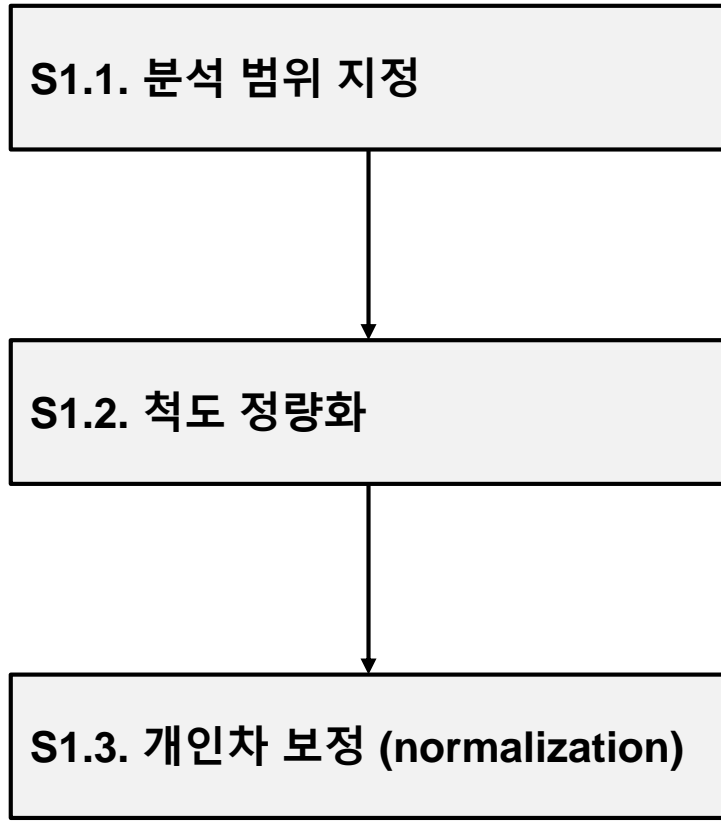
1. 척도 민감도: 실험 참여자 마다 감정에 민감한 ECG 및 SC 척도가 상이함
2. 감정 유발 task 민감도: 실험 참여자 마다 감정 유발 task 수행 후 ECG 및 SC 신호가 반응하는 시점이 상이함
3. 척도 scale 차이: 실험 참여자 마다 ECG 및 SC 척도 값 상이

감정 유발 Task 수행



# S1. 척도 개인차 보정 (2/2)

□ 3단계 절차를 통해 척도의 개인차 보정

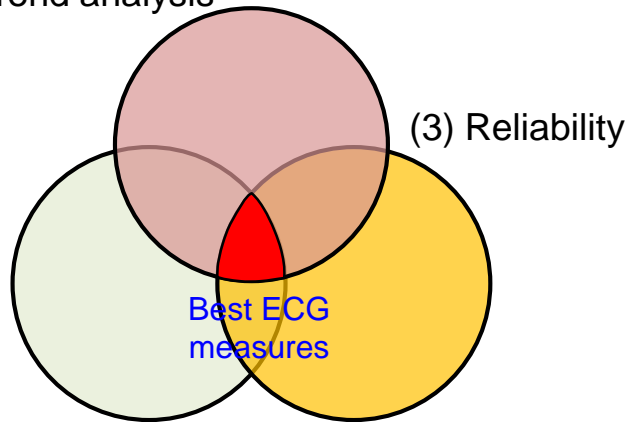




# S2. Feature Selection

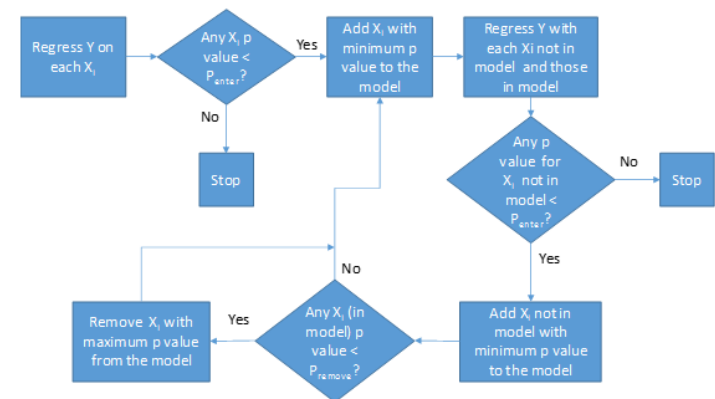
- 실험참여자간 감정에 민감하게 반응하는 유효 ECG 및 SC 척도가 상이함
- 4가지 기준을 종합적으로 고려하여 실험참여자별 최적 ECG 및 SC 척도 파악
  - 1) 감정 유발 후 데이터 변화 경향 (기존 연구 경향과 부합 여부)
  - 2) Task 간 차이 통계적 유의성 (relaxed vs. driving vs. “driving + emotion recall”)
  - 3) 실험의 재현성 (감정별 3회 반복 실험)
  - 4) Stepwise feature selection 기법 결과

(1) Trend analysis



(2) Statistical significance

(4) Stepwise feature selection



# S3. 판별 모형 개발 및 성능 검증

## □ Input variable

1. 선별된 ECG 척도
2. 선별된 skin conductance 척도
3. Driving performance measure: (1) mean speed, (2) SDLP (SD of lateral position), (3) steering velocity

## □ Output variable: (1) driving, (2) driving + emotion recall (anger or anxiety)

## □ 판별 모형

- 판별 유형: (1) Anger (driving vs. “driving+anger”), (2) Anxiety (driving vs. “driving+anxiety”)
- 판별 기법: (1) SVM, (2) Multi-layer perceptron (MLP), (3) random forest

## □ 검증 방법: stratified 10-fold cross validation

- 실험 전체 참여자: train (12) + test (4)
- 실험 참여자별: train (repetition 2회) + test (repetition 1회)

# 감정에 따른 평가 척도 변화 분석: Summary

	Measure			Trend (선행 연구)	Pilot test result (vs. control)		
					Anger	Anxiety	
객관적 평가 척도	Physiological measure	Heart rate variability	IBI	▼	▼	▼	
			LF/HF	▲	▲	▲	
		Skin conductance response (SCR)			▲		
	Driving performance	SD of speed			▲	▲	▲
		Steering wheel rate			▲	▼	▼
주관적 감정 평가 (STAI, STAXI-2)				▲	▲	▲	

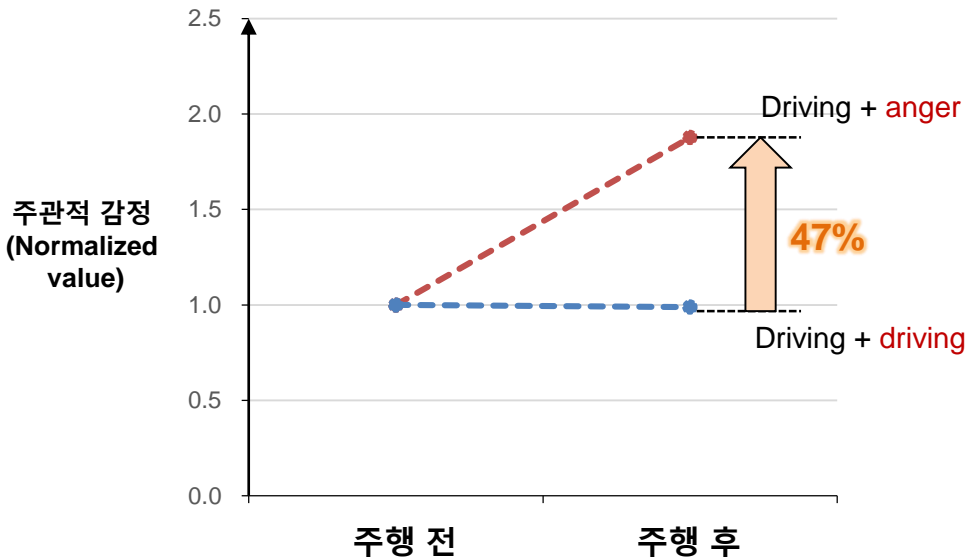
경향 불일치 ⇒ 검토 필요

# 주관적 감정 평가

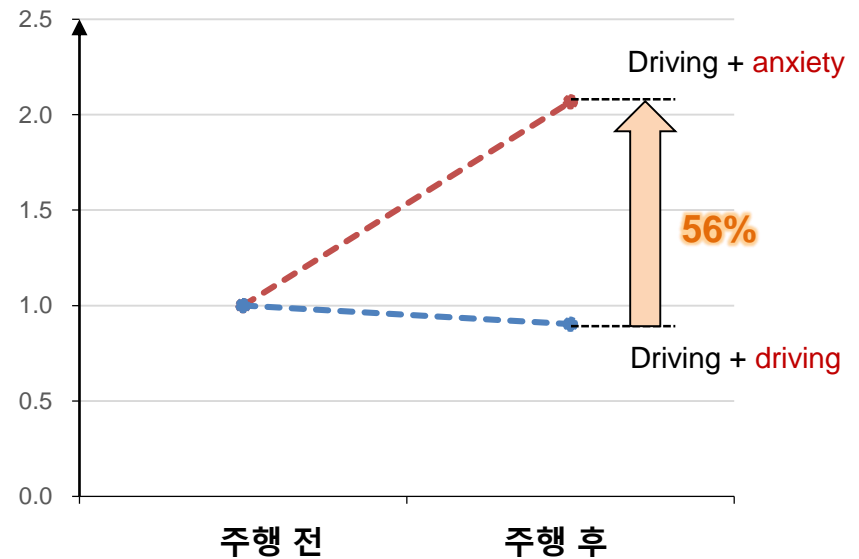
□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 분노 (anger) 47%, 불안 (anxiety) 56% 증가

- 분노  $\Delta$  : - 1% (driving only) < 88% (driving + anger)
- 불안  $\Delta$  : -10% (driving only) < 107% (driving + anxiety)

### Anger



### Anxiety

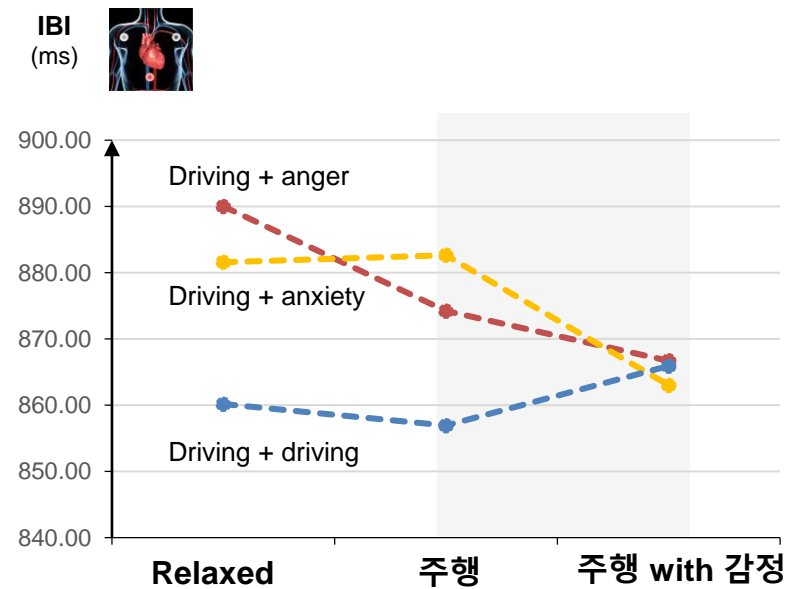
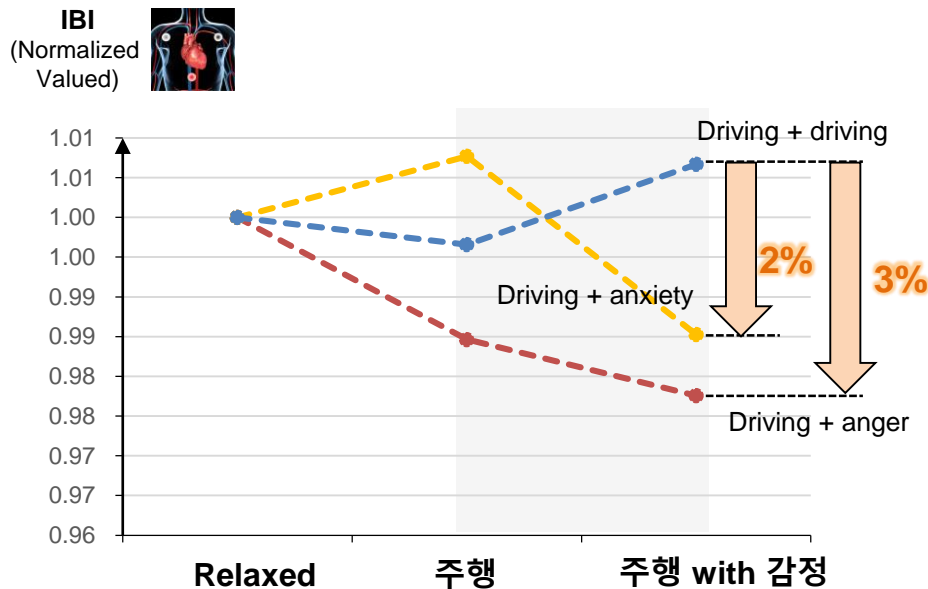


# ECG: IBI (Inter-Beat Interval)

□ 감정 ↑ ⇒ IBI ↓

□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 IBI

- 분노:  $874.20 \pm 38.87$  (driving) >  $866.70 \pm 27.87$  (driving + emotion)
- 불안:  $882.64 \pm 37.03$  (driving) >  $863.01 \pm 36.49$  (driving + emotion)
- **Control** (감정 부재):  $856.91 \pm 31.45$  (driving) <  $865.89 \pm 35.40$  (driving + emotion)



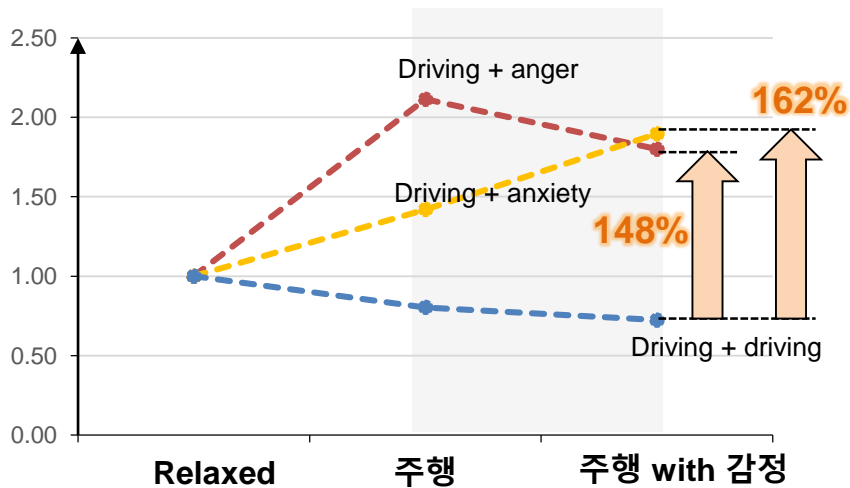
# ECG: LF/HF

□ 감정 ↑ ⇒ LF/HF ↑

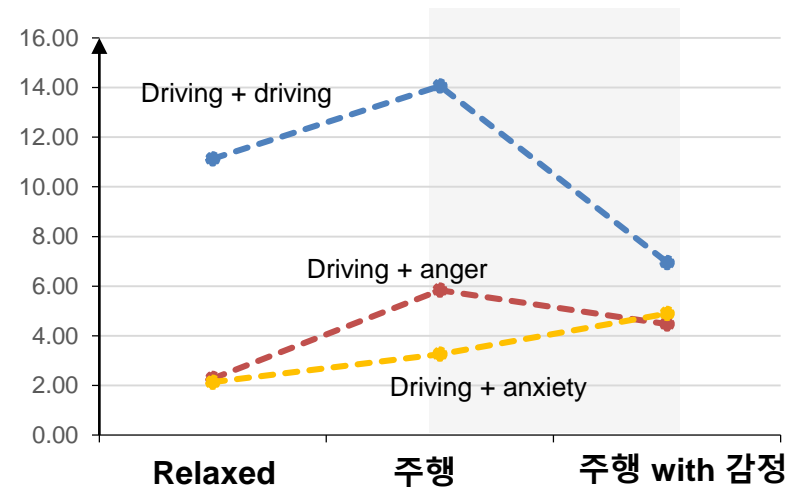
□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 LF/HF

- 분노:  $5.84 \pm 2.75$  (driving) >  $4.47 \pm 2.46$  (driving + emotion)
- 불안:  $3.26 \pm 1.35$  (driving) >  $4.90 \pm 2.87$  (driving + emotion)
- **Control** (감정 부재):  $14.06 \pm 12.86$  (driving) <  $6.95 \pm 3.20$  (driving + emotion)

LF/HF  
(Normalized Valued)

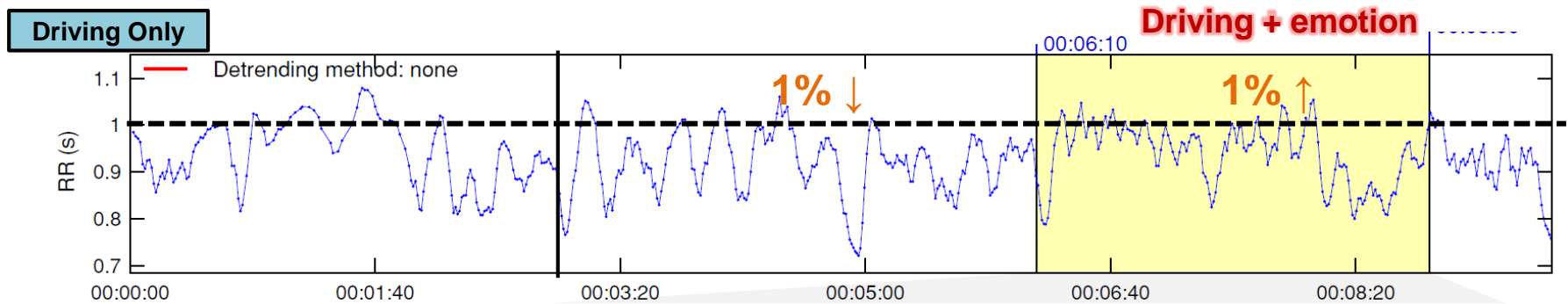
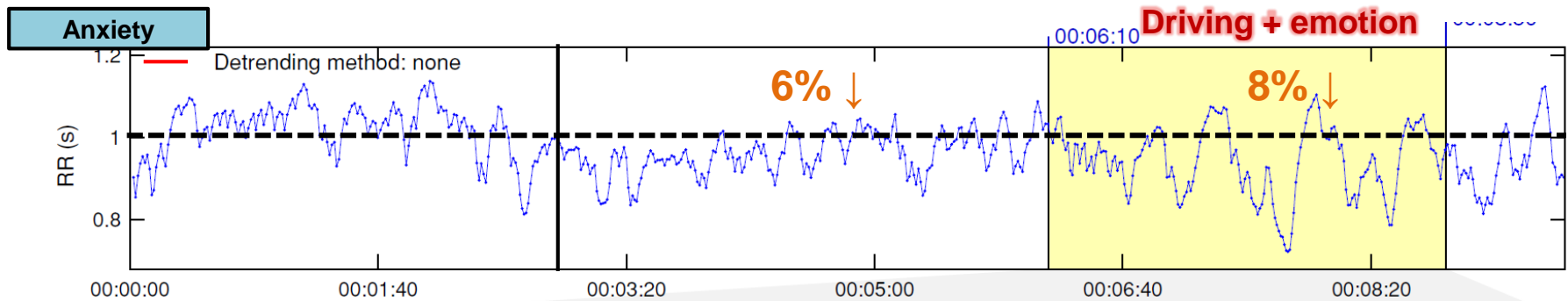
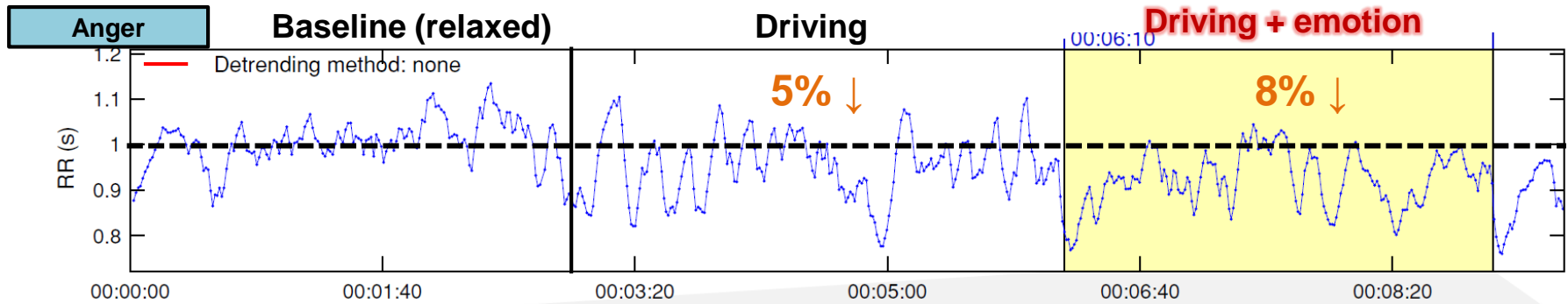


LF/HF  
(%)

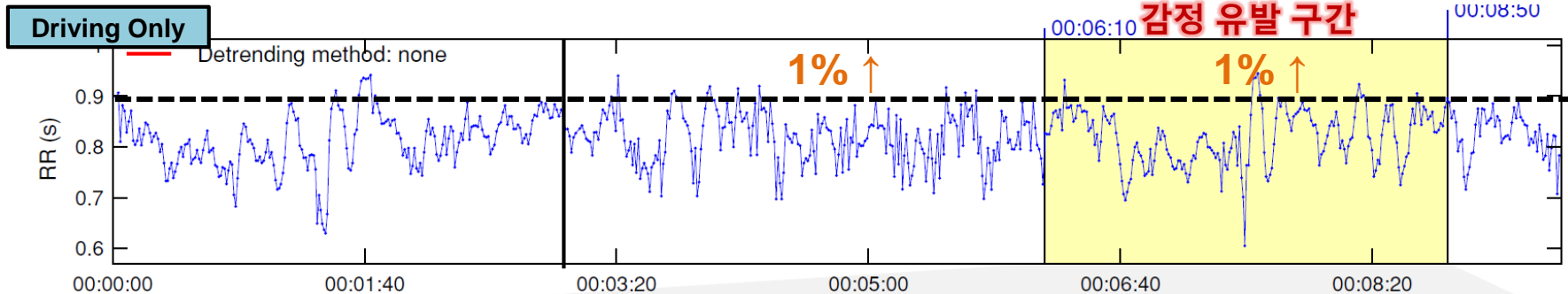
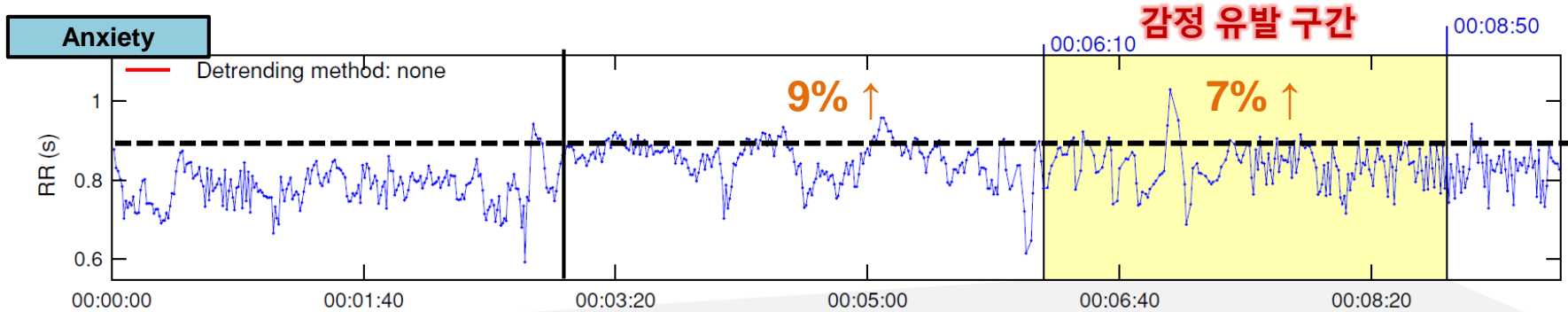
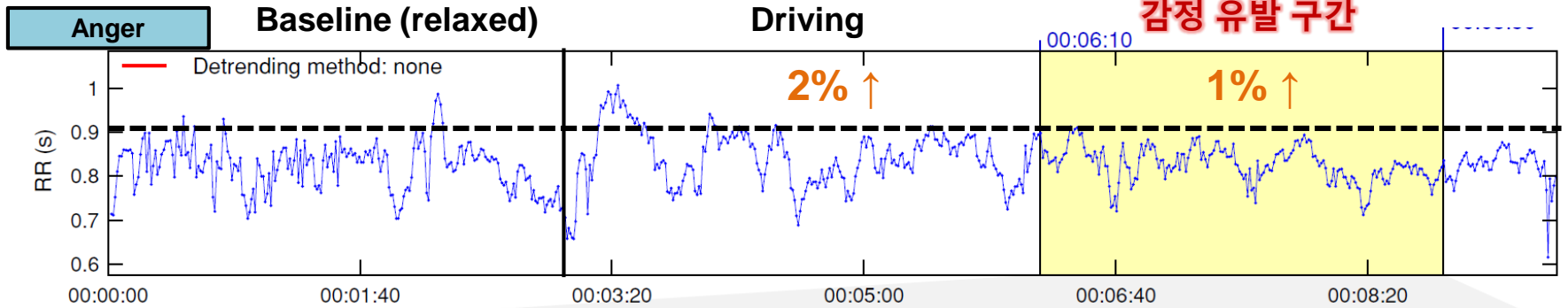




# ECG: 감정 몰입 strong 형 (실험참여자자 #1)



# ECG: 감정 몰입 weak 형 (실험참여자 #3)



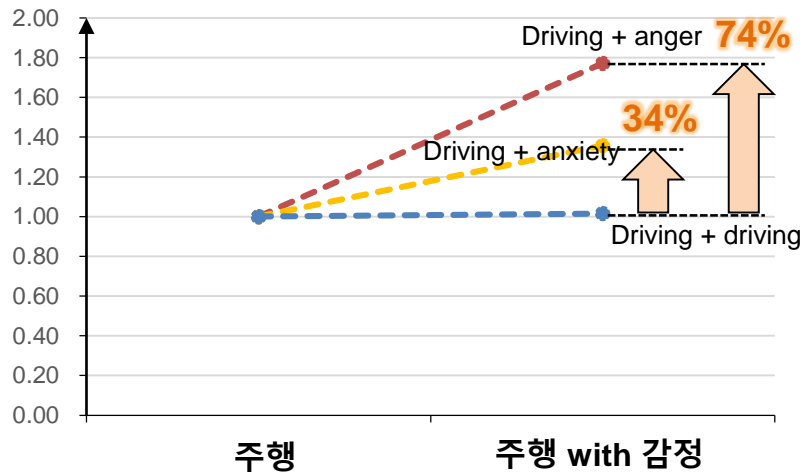
# Driving Performance: *SD* of Speed

□ 감정 ↑ ⇒ *SD* of speed ↑

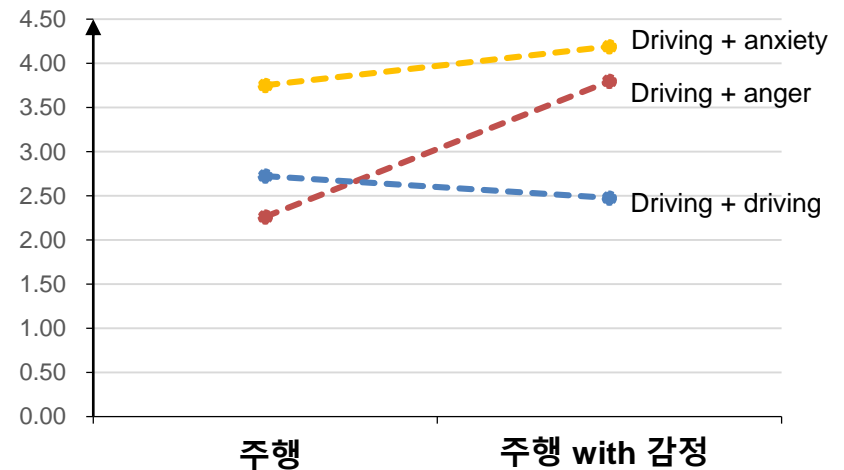
□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 주행속도 편차

- 분노:  $2.26 \pm 0.70$  (driving) <  $3.80 \pm 0.81$  (driving + anger)
- 불안:  $3.75 \pm 1.65$  (driving) <  $4.19 \pm 0.93$  (driving + anxiety)
- **Control**:  $2.72 \pm 0.99$  (driving) <  $2.48 \pm 0.55$  (driving + driving)

*SD* of speed  
(Normalized value)



*SD* of speed  
(km/h)

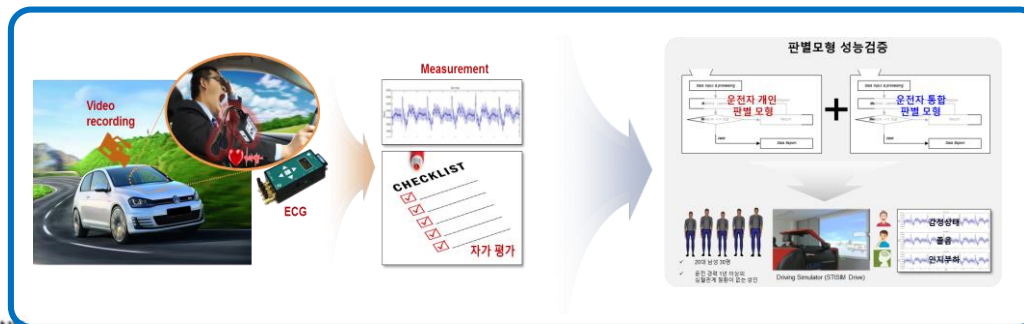


## □ Contributions

- 개인차를 고려한 실험 참여자별 유효 감정 척도 선정
- 유효 감정 척도 기반 개인 맞춤형 판별 모형 개발 및 성능 평가
- 본 연구에서 제안된 운전자 감정 판별 모형은 운전자 감정 변화를 감지하여 교통사고의 발생 위험을 저감시킬 수 있음

## □ 연구 한계점 및 추후 연구

- Driving simulator 기반의 실험이 수행됨  
⇒ 실험 참여자 확대 후 실차 주행 기반 판별 모형 개발 및 성능 검증



# Q & A

**Thank you for your attention!**

