

운전자 개인 맞춤형 부정적 감정 조기 판별 모형 개발

- 2017 ESK 추계 학회 발표 -

오건희¹, 정기효², 이승훈¹, 유희천¹

¹포항공과대학교 산업경영공학과

²울산대학교 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

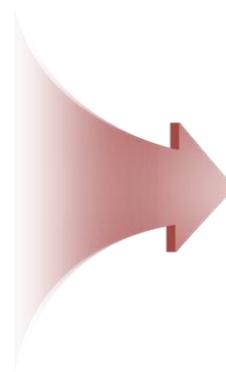
운전자 감정 판별 기술 개발의 필요성 (1/2)

- 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

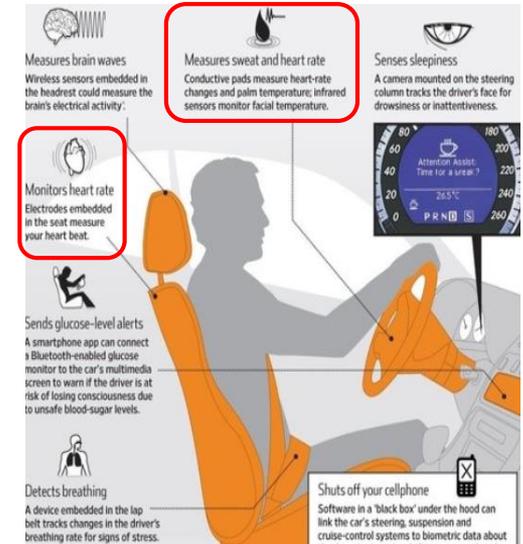
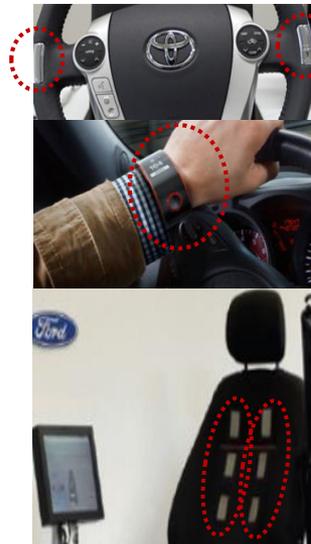
- ❑ 심박은 자극에 민감하고 신속하게 반응 (Choi and Noh, 2004; Part et al., 2015)
 - ❑ ECG 및 SC 기반 운전자 감정 판별 성능 ↑ (> 85 %) (Jing et al., 2009; Wagner et al., 2005)
 - ❑ Steering wheel (Hong et al., 2014), seat (Lee et al., 2012; Tsuji et al., 2014) 등 차량 내 다양한 부품에서 심박 및 피부 전도도를 측정하는 기술 개발
- ⇒ ECG 및 SC 기반 운전자 감정 판별 기술의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

	S-TAI Form Y-1			
	1	2	3	4
1. I feel calm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. I feel secure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. I am tense	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. I feel strained	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. I feel at ease	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. I feel upset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. I am presently worrying over possible misfortunes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. I feel satisfied	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. I feel frightened	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. I feel comfortable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

운전자 감정 판별 실험

실험 준비 (1 ~ 2 min)

Session #1: Baseline (3 min)

Session #2: Driving (3 min)

Session #3: Driving + Emotion Recall (3 min)

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

ECG Ground

ECG 신호 측정 구간

판별 모형 개발 및 성능 검증

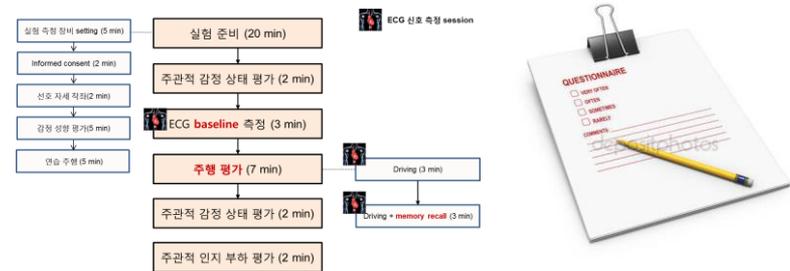
Subject No.	Anger	Anxiety	Average accuracy
S01			<ul style="list-style-type: none"> Anger: 100% Anxiety: 90.3%
S02			<ul style="list-style-type: none"> Anger: 100% Anxiety: 78%
S03			<ul style="list-style-type: none"> Anger: 100% Anxiety: 100%

감정 유발 여부 판별 (normal vs. emotion)

연구 목표

운전자 개인 맞춤형 부정적 감정 조기 판별 모형 개발

1. 운전자 감정 판별 실험 설계

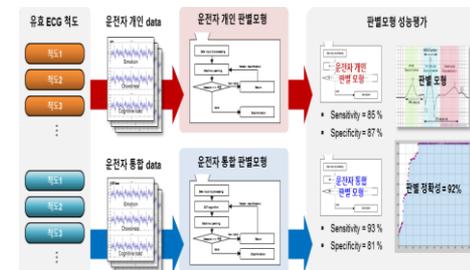


2. 개인별 유효 감정 척도 선정 방법 개발

(※ 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

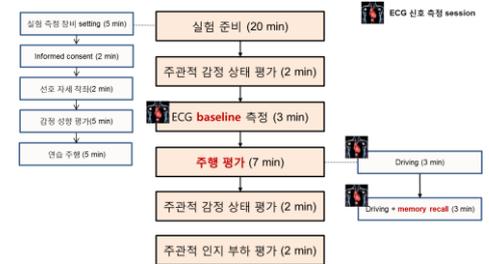
S1. Literature review

- 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

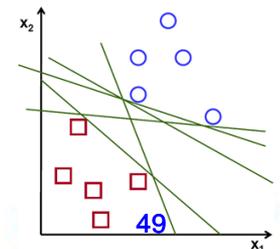


S3. 운전자 감정 판별 실험



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

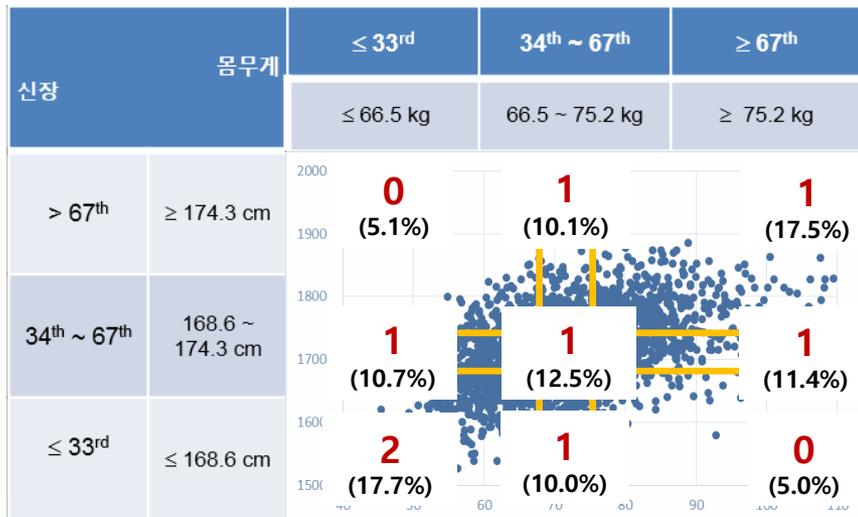
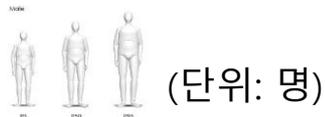
실험 참여자

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

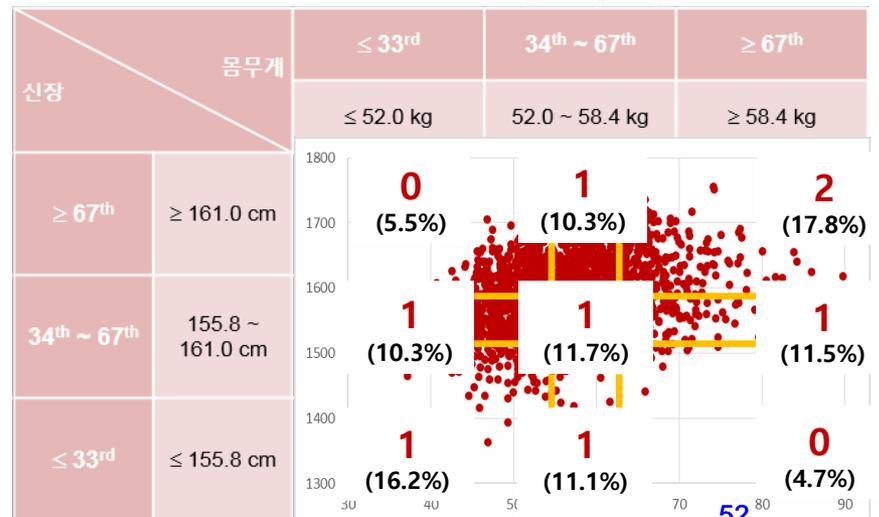
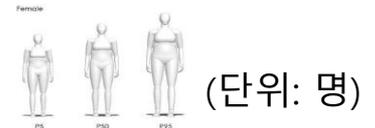
□ 실험 참여자 조건

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

Male (n = 8)

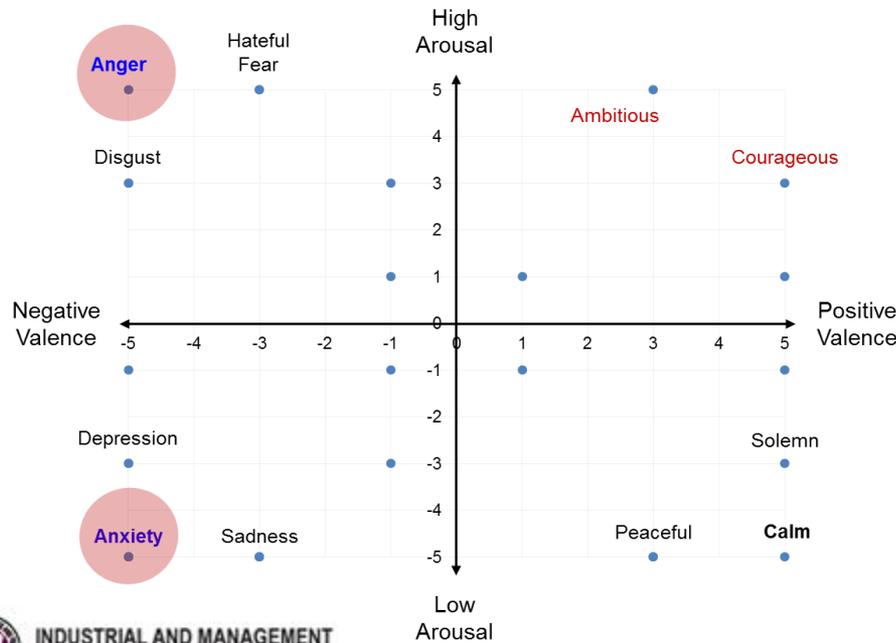


Female (n = 8)



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

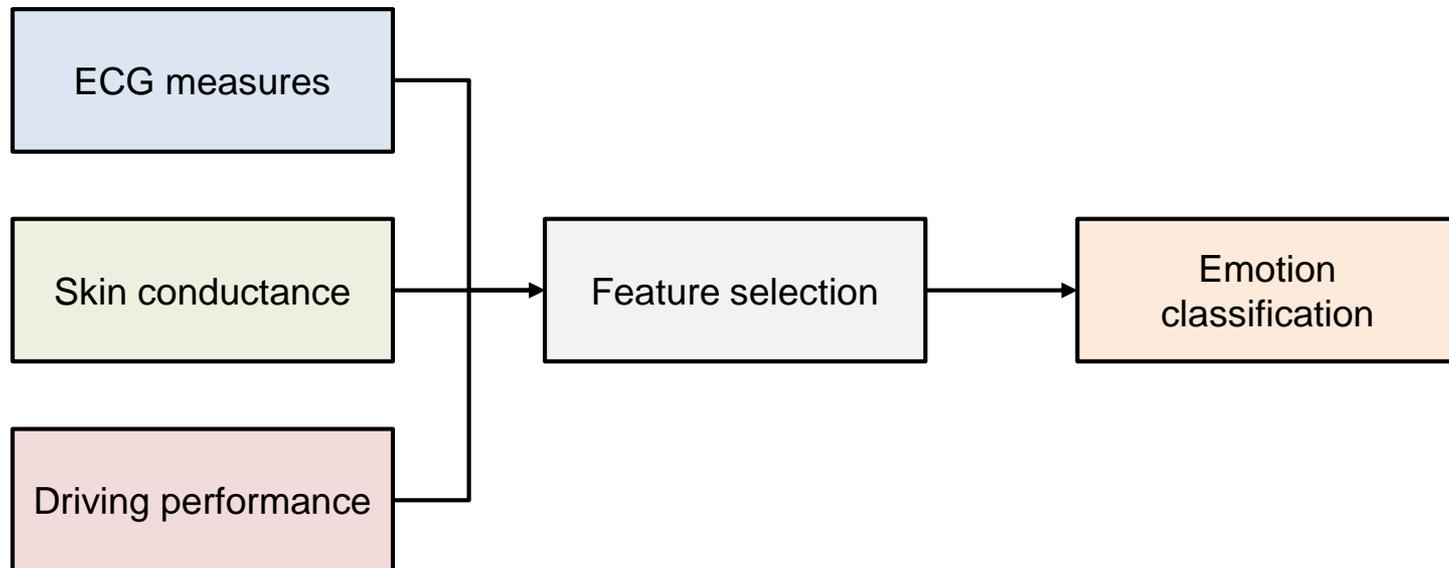
주행 시뮬레이터 화면

지난 달 영화관에서 친구와
다투었던 기억

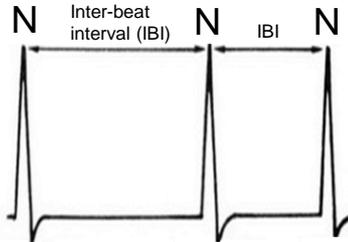
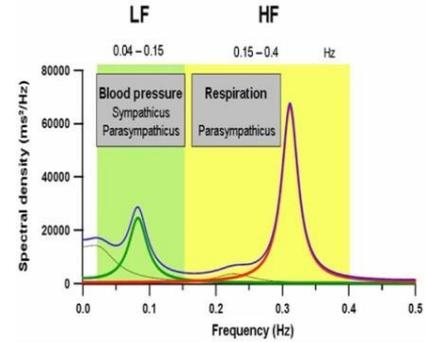
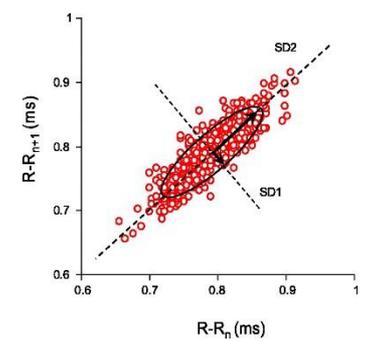


독립 및 종속 변수

- 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 ²	낮은 주파수 대역(0.04~0.15Hz)의 power
	HF		ms ²	높은 주파수 대역(0.15~0.4Hz)의 power
	LF/HF		-	LF와 HF의 비율
Non-linear	SD1		ms	SD of the Poincare plot perpendicular to the line of identity ($y=x$) ⇒ Short-term heart rate variability (HRV)
	SD2		ms	SD of the Poincare 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	muS
	CDA.SCR	Average phasic driver within response window	muS
	CDA.ISCR	Area (= time integral) of phasic driver within response window	muS*s
	CDA.PhasicMax	Maximum value of phasic activity within response window	muS
	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

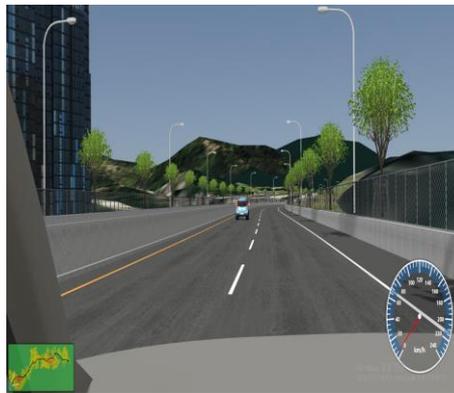
- 주행 시뮬레이터 차량: EQ 900 (Hyundai Motor Inc., Korea)
- 주행 시뮬레이터 S/W: UC-win/Road 11 (Forum 8 Inc., Japan)
- ECG 측정 장비: Noraxon Telemetry DTS (Noraxon Inc., USA)
- SC 측정 장비: SA 9309M (Thought technology Inc., Canada)

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

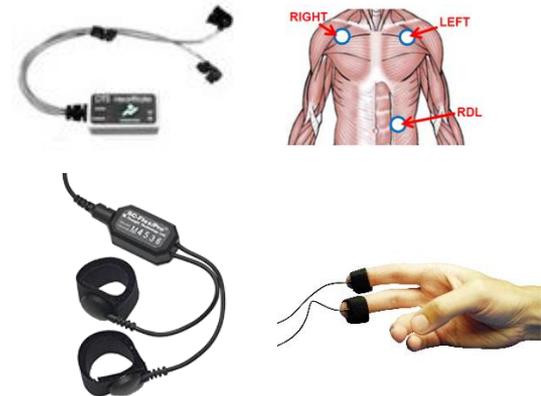
주행 시뮬레이터



주행 시뮬레이터 화면



ECG 및 SC 측정 장비



주관적 감정 평가 설문지

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

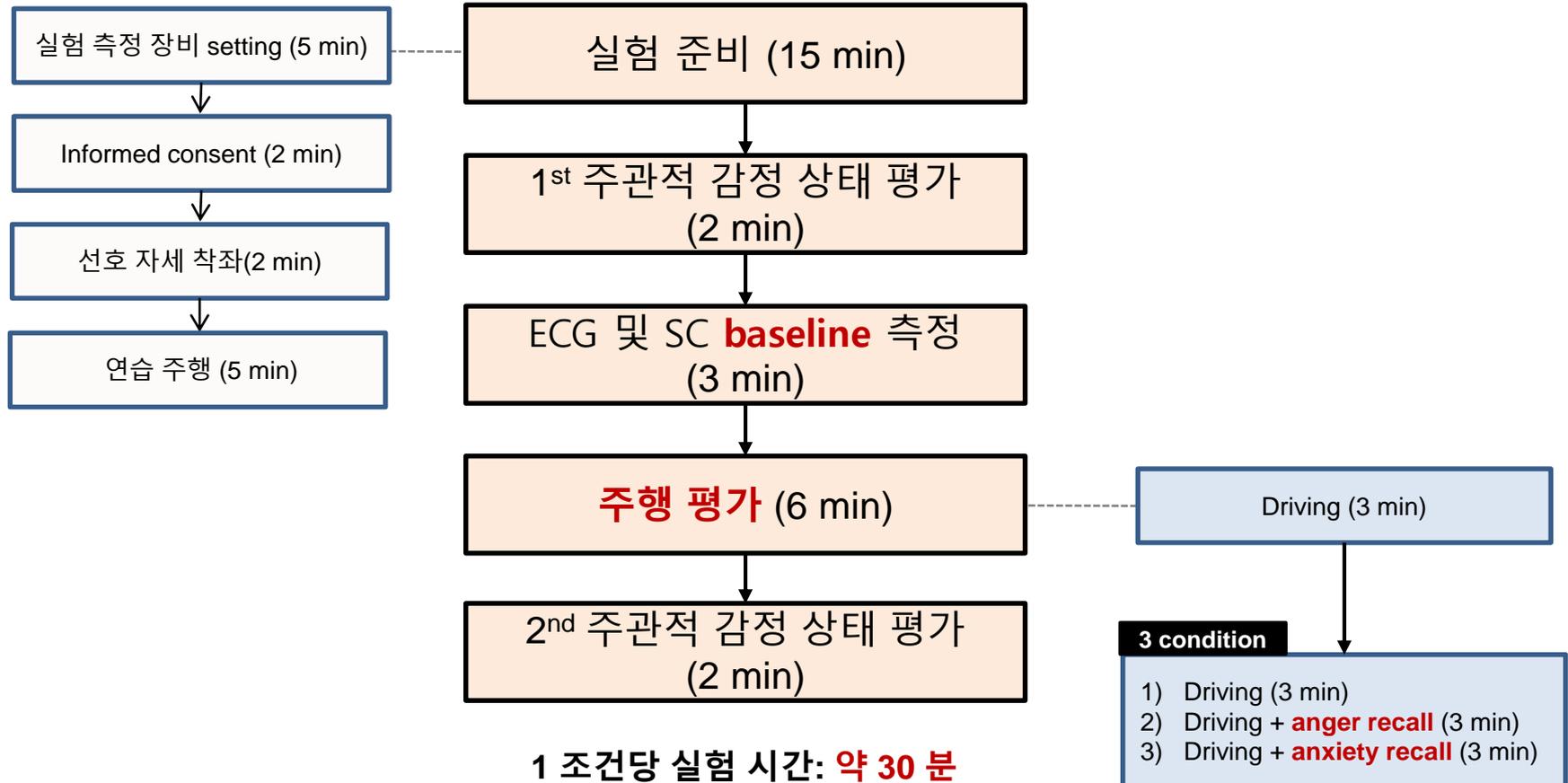
실험 Protocol

1. **주행 실험 전:** 실험 동의서 작성, 인체 측정, 주행 연습, 주관적 감정 평가 (1st), 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 (2nd)



실험 Procedure

※ Repetition/감정 = 2회

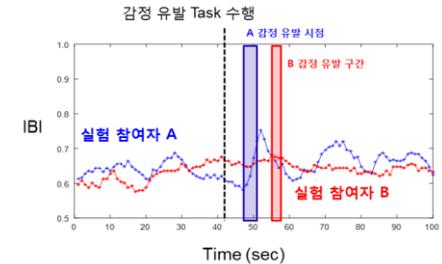


↓
피험자 1명당 총 예상 소요 시간: 약 3시간 ← 3 (condition) × 30 분 × 2 (repetition)

분석 절차

S1. 개인차 보정 (ECG 및 SC 신호)

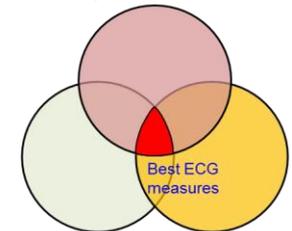
- S1.1. 분석 범위 지정: 개인차에 따른 감정 유발 구간 선정
- S1.2. 척도 정량화
- S1.3. 측정값 표준화: 실험 참여자별 데이터의 scale 차이 보정



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: ≤ 0.05)
- 3) 실험 반복성: coefficient of variation (CV) $\leq 30\%$ (Wang et al., 2011)
- 4) 통계적 변수 기법: sequential forward/backward selection

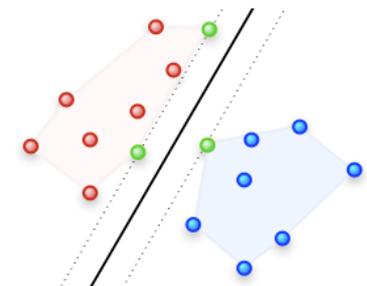
(1) Trend analysis



(2) Statistical significance

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)

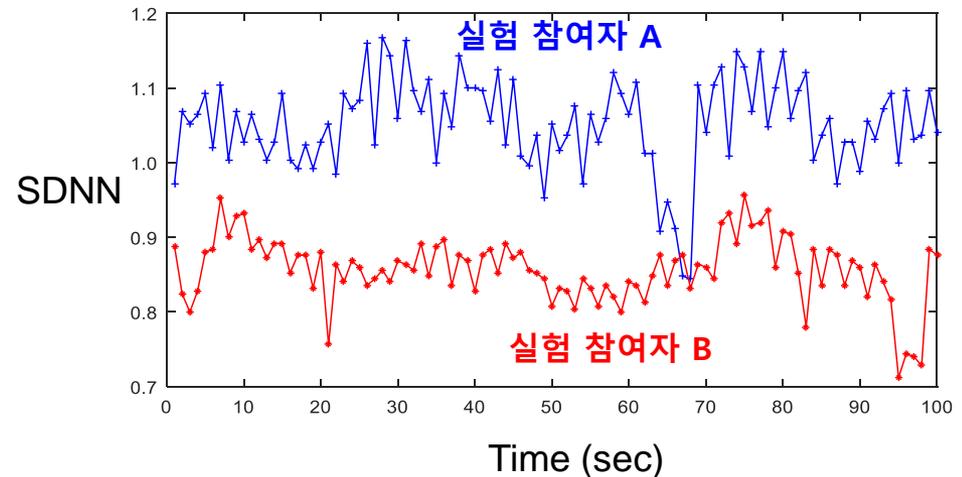
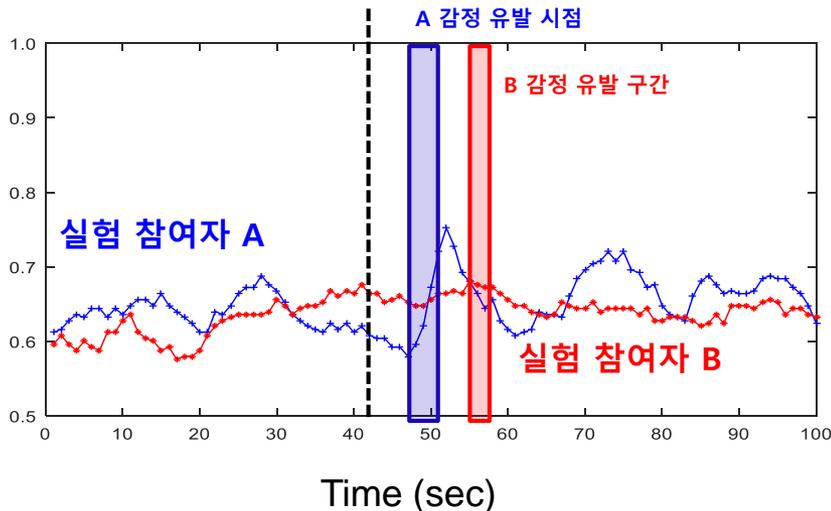


S1. 척도 개인차 보정 (1/2)

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

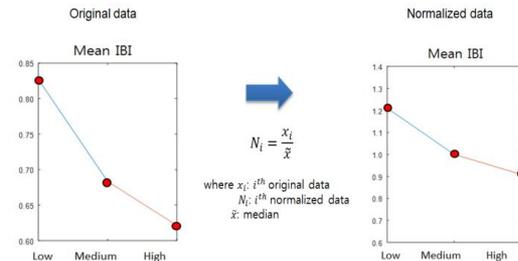
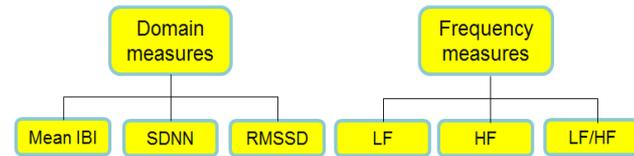
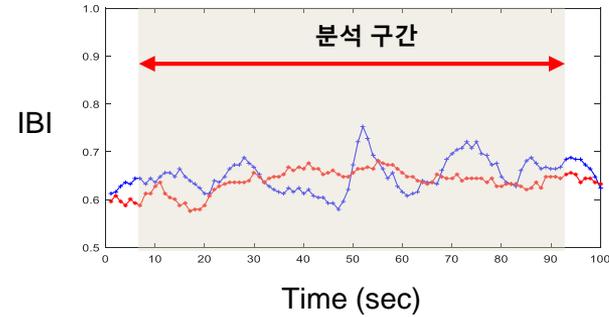
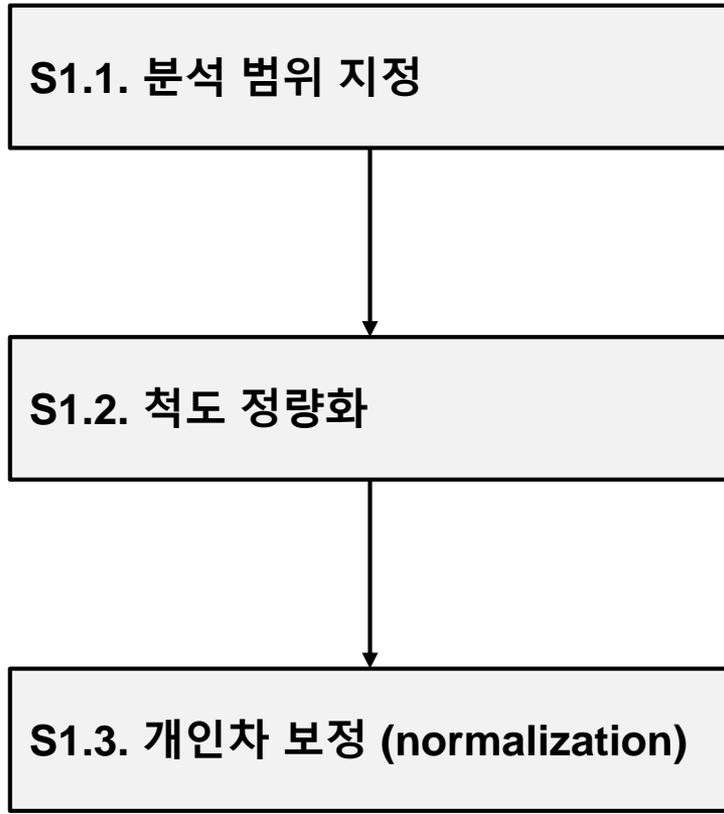
1. 척도 민감도: 실험 참여자 마다 감정에 민감한 ECG 및 SC 척도가 상이함
2. 감정 유발 task 민감도: 실험 참여자 마다 감정 유발 task 수행 후 ECG 및 SC 신호가 반응하는 시점이 상이함
3. 척도 scale 차이: 실험 참여자 마다 ECG 및 SC 척도 값 상이

감정 유발 Task 수행



S1. 척도 개인차 보정 (2/2)

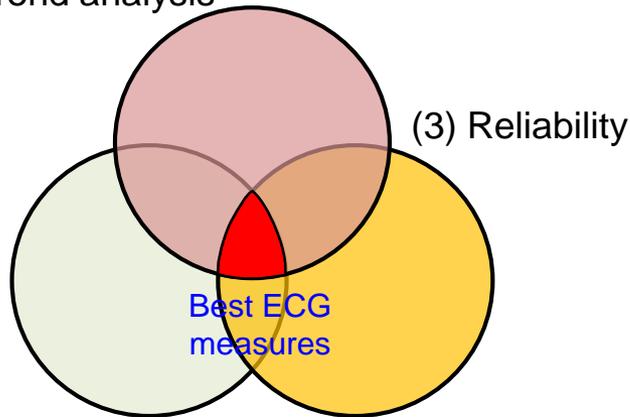
□ 3단계 절차를 통해 척도의 개인차 보정



S2. Feature Selection

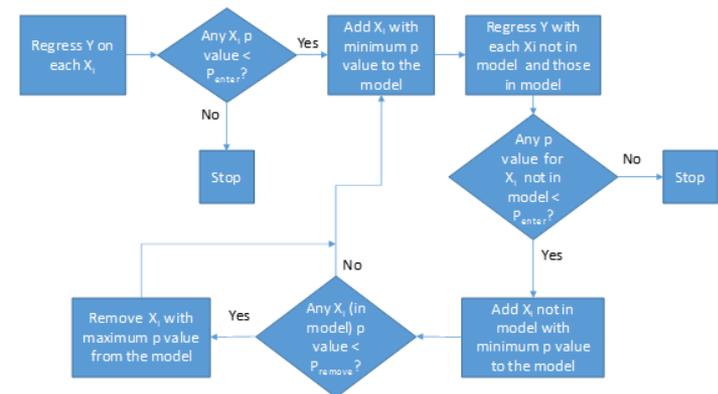
- 실험참여자간 감정에 민감하게 반응하는 유효 ECG 및 SC 척도가 상이함
- 4가지 기준을 종합적으로 고려하여 실험참여자별 최적 ECG 및 SC 척도 파악
 - 1) 감정 유발 후 데이터 변화 경향 (기존 연구 경향과 부합 여부)
 - 2) Task 간 차이 통계적 유의성 (relaxed vs. driving vs. “driving + emotion recall”)
 - 3) 실험의 재현성 (감정별 3회 반복 실험)
 - 4) Stepwise feature selection 기법 결과

(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)				▲	▲	▲	

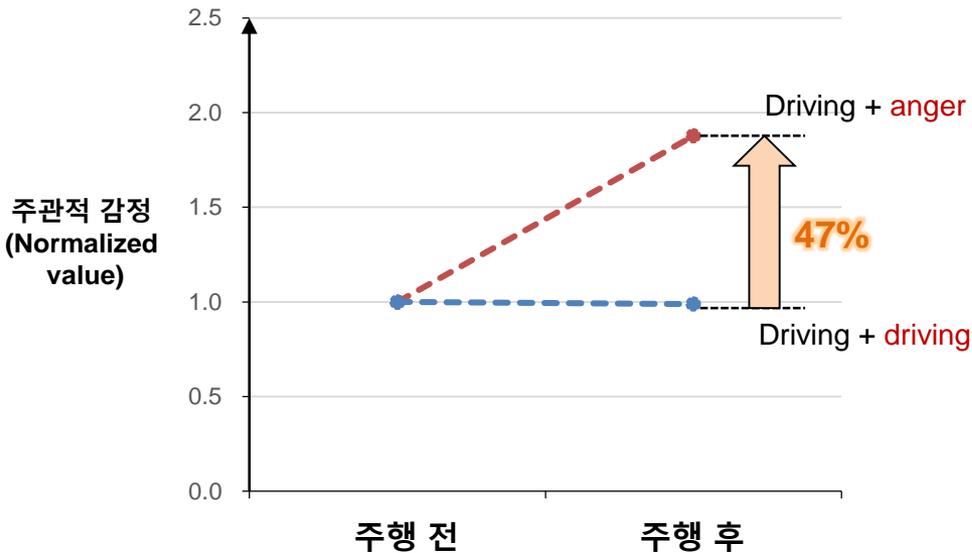
경향 불일치 ⇒ 검토 필요

주관적 감정 평가

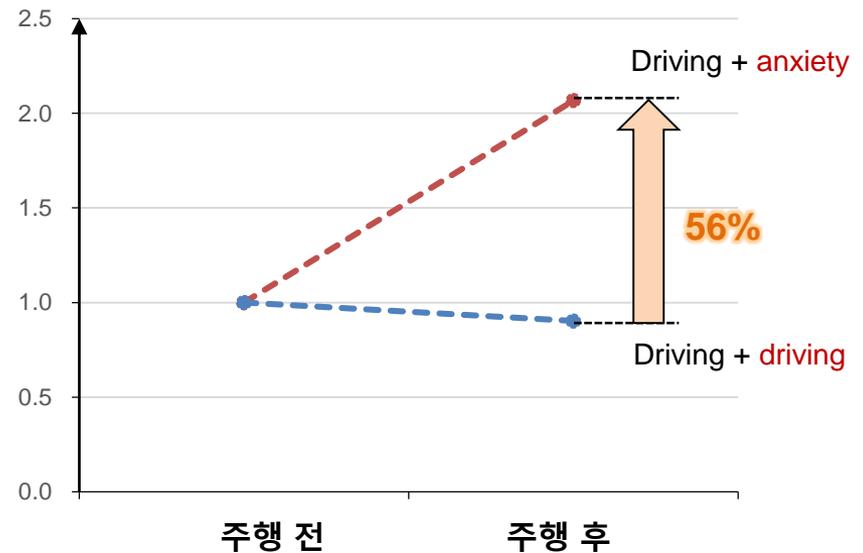
□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 분노 (anger) 47%, 불안 (anxiety) 56% 증가

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

Anger



Anxiety

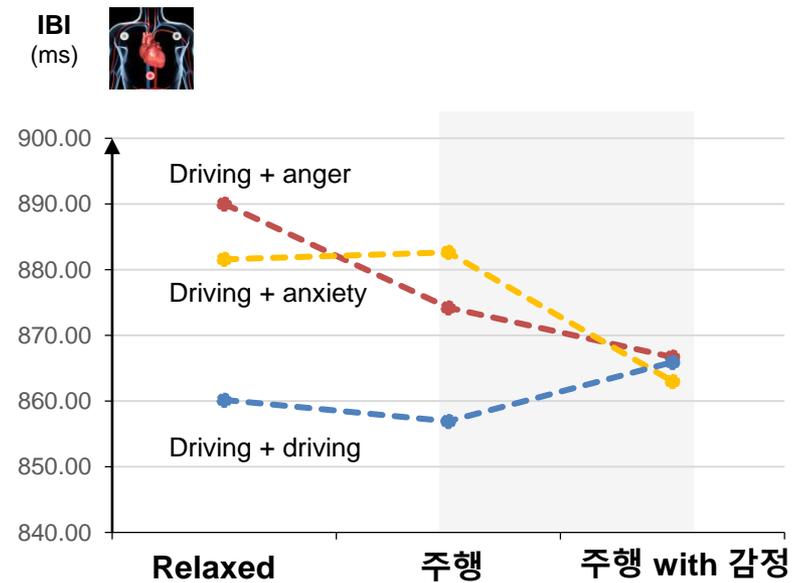
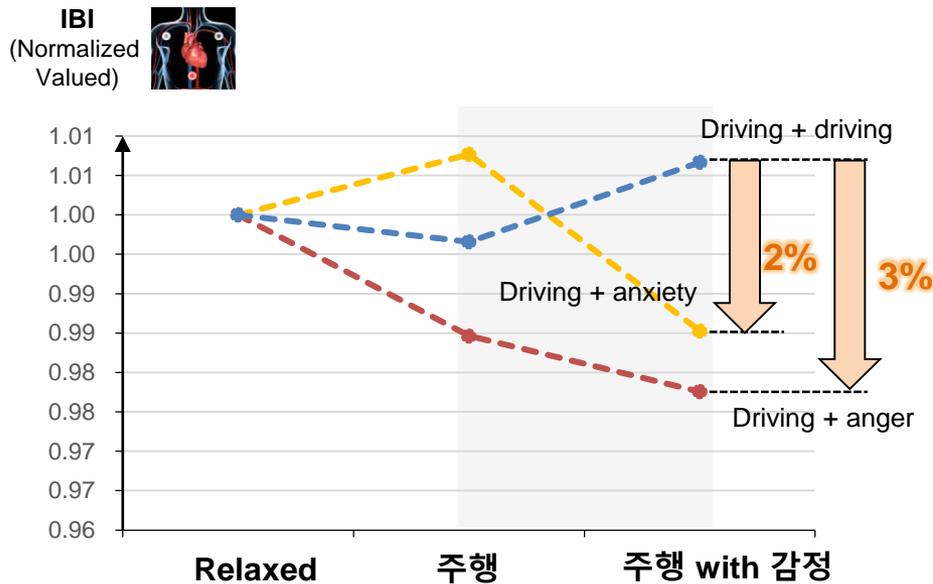


ECG: IBI (Inter-Beat Interval)

□ 감정 ↑ ⇒ IBI ↓

□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 IBI

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



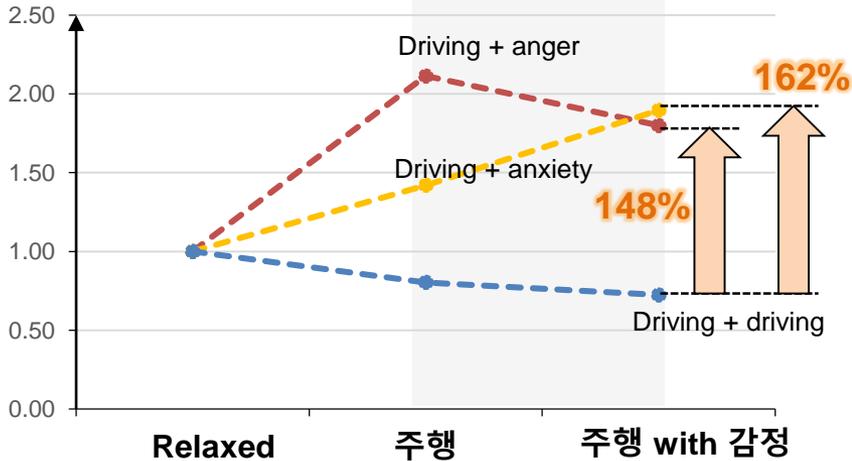
ECG: LF/HF

□ 감정 ↑ ⇒ LF/HF ↑

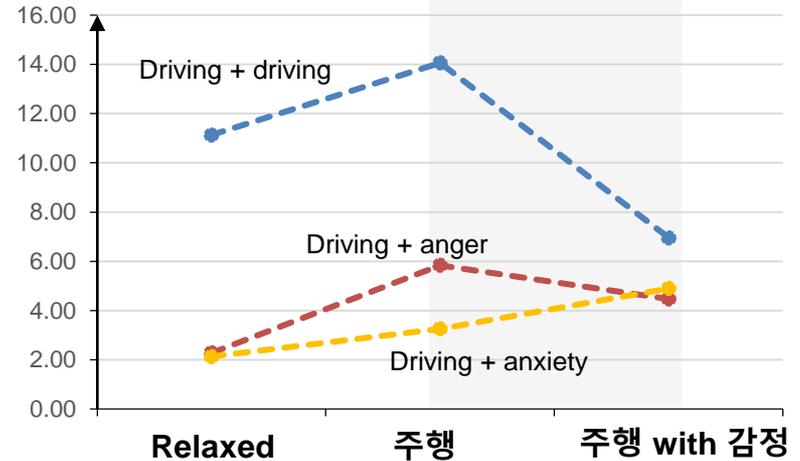
□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 LF/HF

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

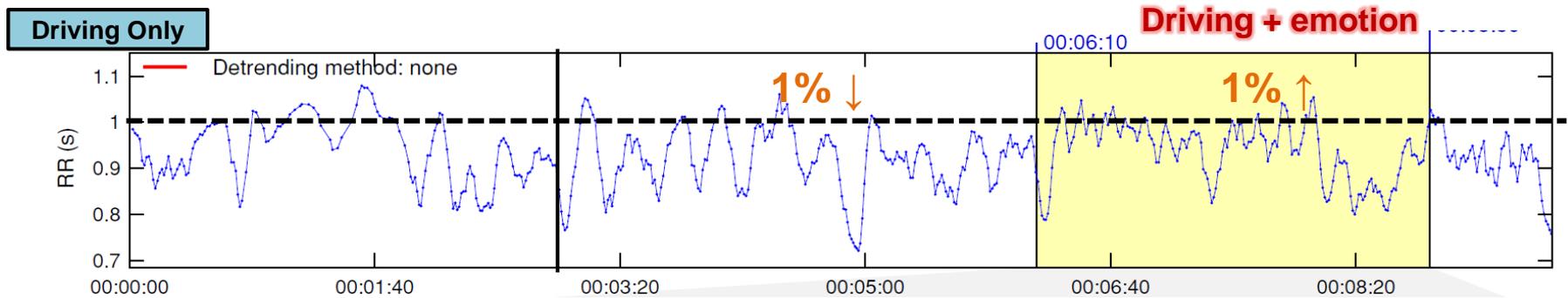
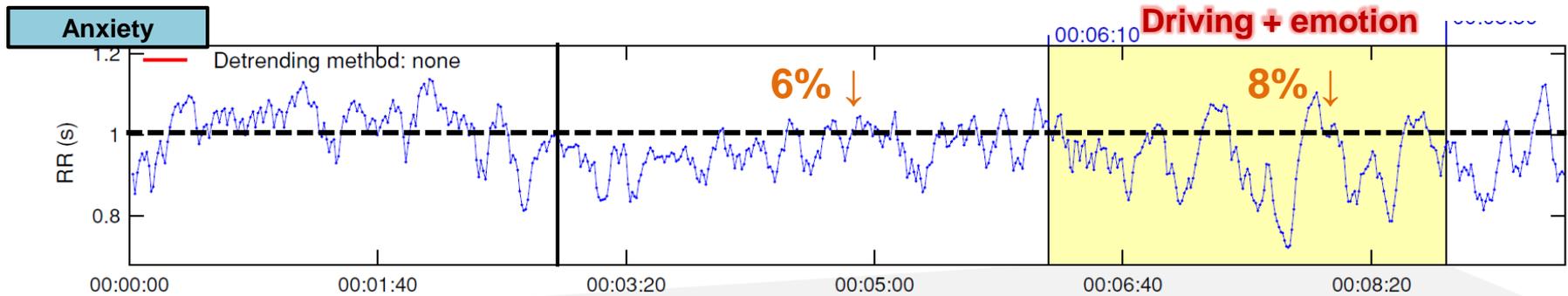
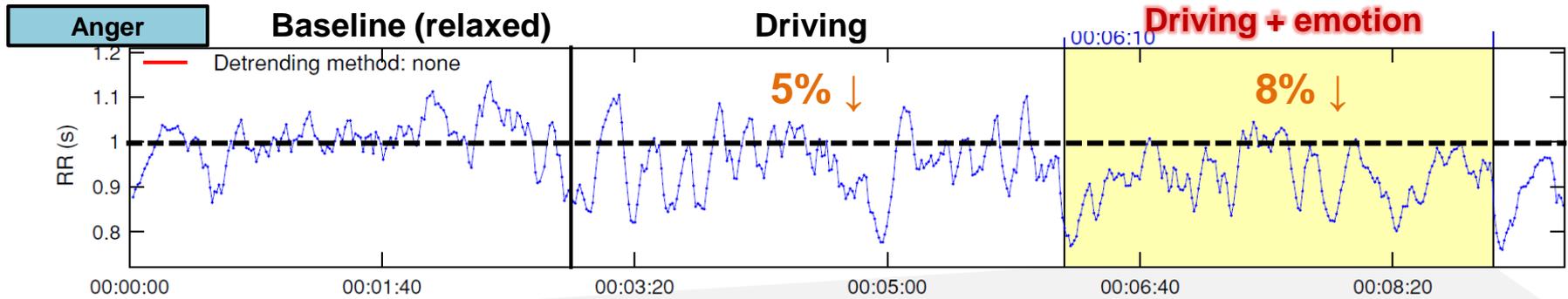
LF/HF
(Normalized Valued)



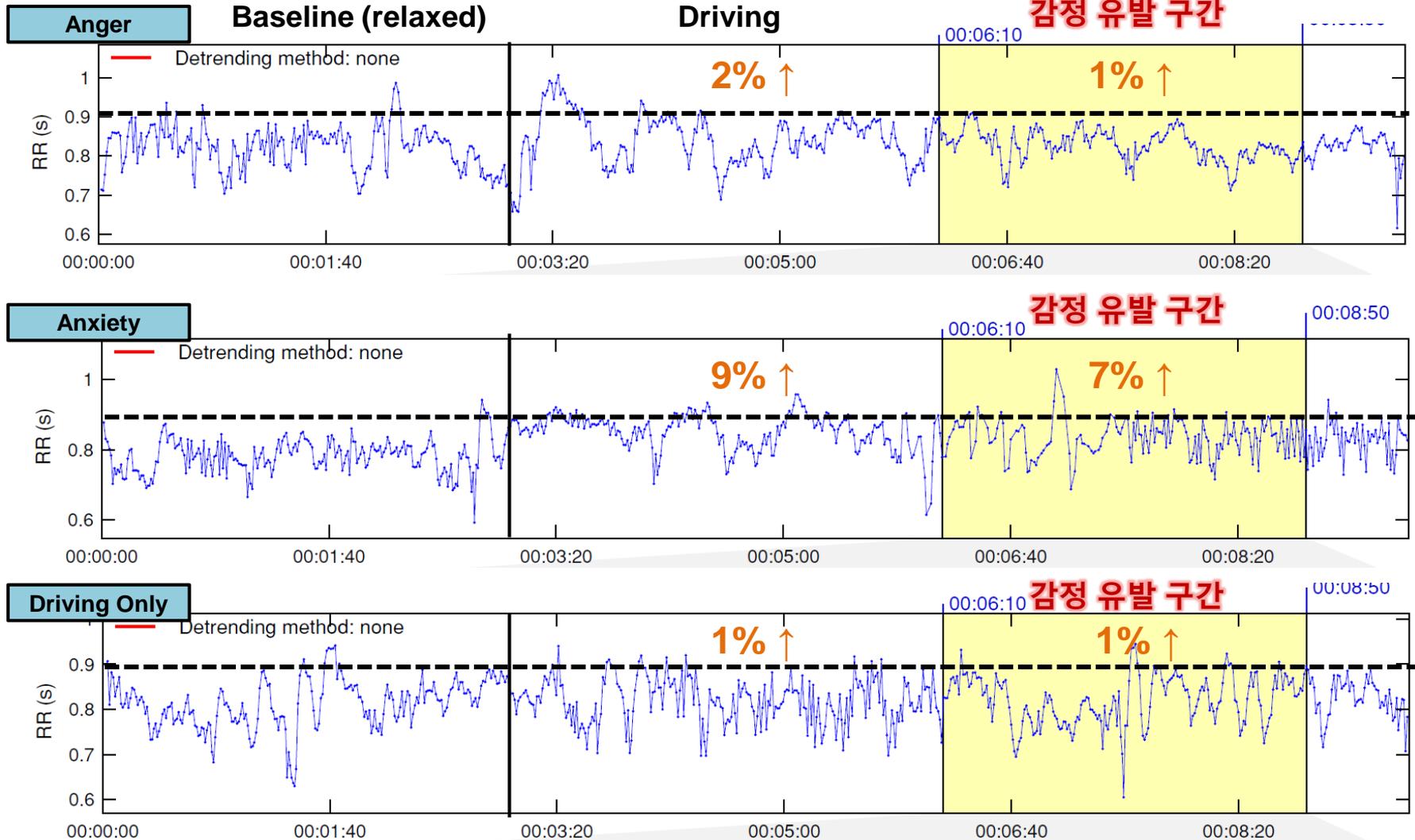
LF/HF
(%)



ECG: 감정 몰입 strong 형 (실험참여자 #1)



ECG: 감정 몰입 weak 형 (실험참여자 #3)



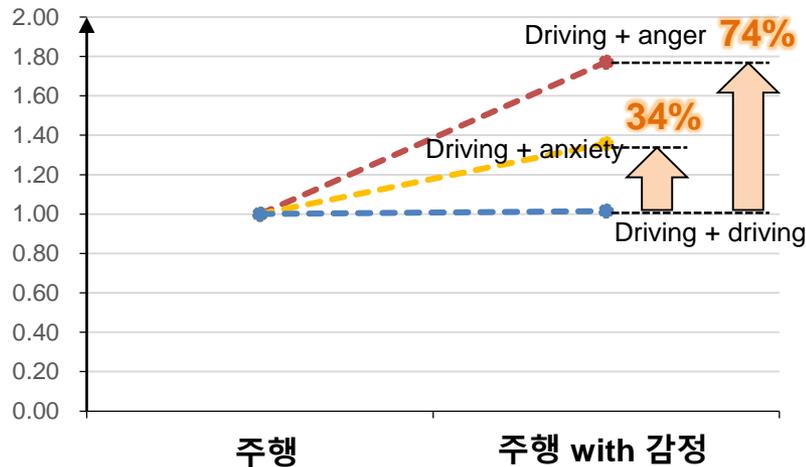
Driving Performance: *SD* of Speed

□ 감정 ↑ ⇒ *SD* of speed ↑

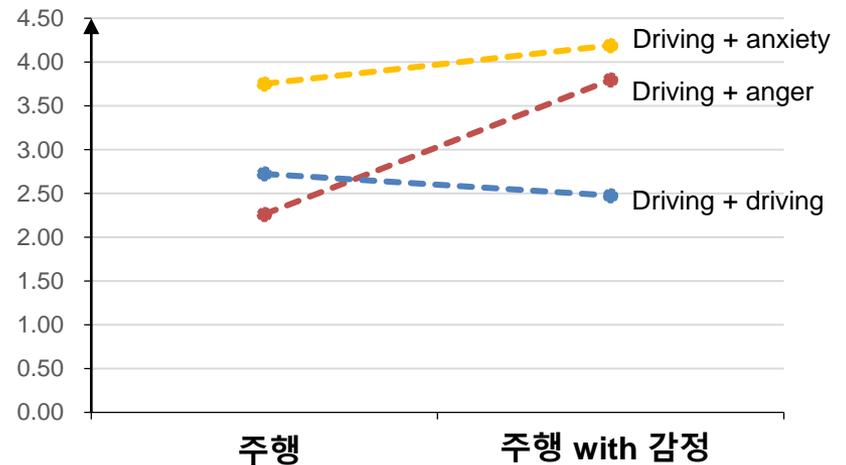
□ 주행 대비 주행 with 감정 회상 시 주행속도 편차

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

SD of speed
(Normalized value)



SD of speed
(km/h)



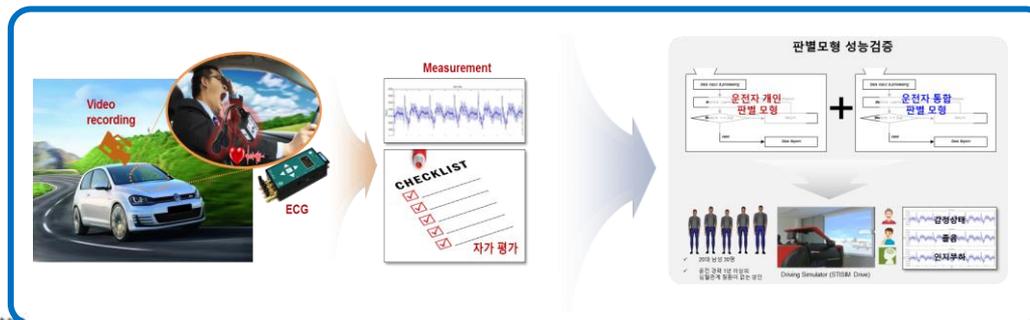
토의

□ 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!

