



# 헬스 웨어러블을 이용한 올바른 운동자세 예측

2023. 04. 12.  
양진모

# INDEX

기존 운동에 대한 인식

사전 준비

데이터 분석

머신러닝 모델링

모델링 결과 분석

고찰 및 향후 목표



기존 운동에 대한 인식

# 기존 운동에 대한 인식

## 스마트 웨어러블



<https://i.ytimg.com/vi/UUsA3qUHW2M/maxresdefault.jpg>

### 샤오미 미밴드

수면, 심박수, 칼로리,...  
고중강도 활동



### 애플워치

운동 종목 설정, 시간  
설정, 목표 설정, 운  
동량

# 기존 운동에 대한 인식

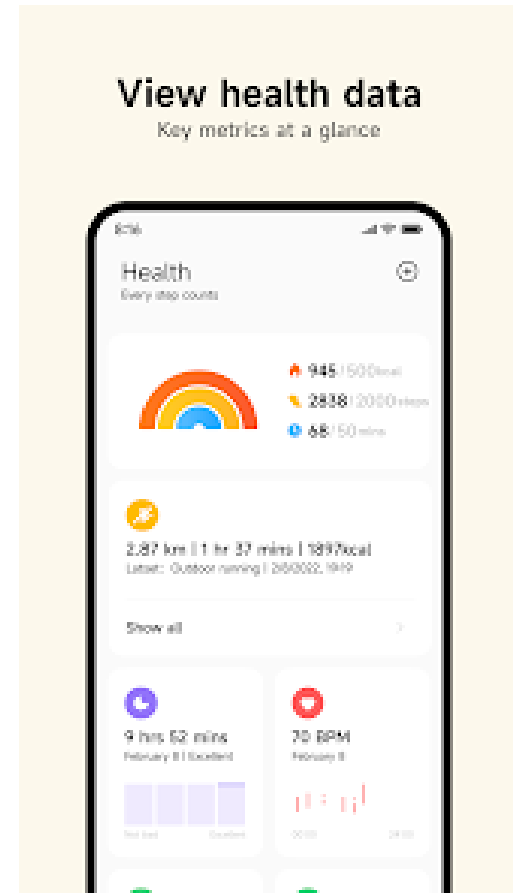
## 스마트 웨어러블



<https://i.ytimg.com/vi/UUsA3qUHW2M/maxresdefault.jpg>

## 샤오미 미밴드

수면, 심박수, 칼로리,...  
고중강도 활동



[https://play.googleusercontent.com/wTJNE7ayUfN8PEU5uNGP\\_hpxT0HkKp888umkgT2Y3UkVFT3MYTQ4Q0GUAUQ2AP8hw526-h296-cw](https://play.googleusercontent.com/wTJNE7ayUfN8PEU5uNGP_hpxT0HkKp888umkgT2Y3UkVFT3MYTQ4Q0GUAUQ2AP8hw526-h296-cw)

# 기존 운동에 대한 인식

## 스마트 웨어러블



<https://i.ytimg.com/vi/UUsA3qUHW2M/maxresdefault.jpg>

### 샤오미 미밴드

수면, 심박수, 칼로리,...  
고중강도 활동



### 애플워치

운동 종목 설정, 시간  
설정, 목표 설정, 운  
동량

# 기존 운동에 대한 인식

## 스마트 웨어러블



<https://i.ytimg.com/vi/UUsA3qUHW2M/maxresdefault.jpg>

### 샤오미 미밴드

수면, 심박수, 칼로리,...  
고중강도 활동



### 애플워치

운동 종목 설정, 시간  
설정, 목표 설정, 운  
동량

# 운동 자세에 대한 고려 안 함

# 기존 운동에 대한 인식

## 홈트레이닝과 퍼스널 트레이닝



올바른 자세 확인/지도를 위한  
홈트레이닝 및 퍼스널 트레이닝

- 홈트레이닝
  - 골격의 차이 고려 안함
  - 피드백 없음
- 퍼스널 트레이닝
  - 비용
  - 신체 접촉



<https://hana1qm.com/?p=11960>



# 기존 운동에 대한 인식 변화



개인의 운동 자세에 대한  
정보 제공

---



홈트레이닝, 퍼스널 트레이닝  
문제점과 단점 해결

---

# 사전 준비

# 사전준비

## 데이터셋 – 덤벨 컬

	user_name		accel_forearm_z	magnet_forearm_x	magnet_forearm_y	magnet_forearm_z	classe
0	eurico		184	-1160.0	1400.0	-876.0	E
1	eurico		182	-1150.0	1410.0	-871.0	E
2	eurico	...	185	-1130.0	1400.0	-863.0	E
3	eurico		188	-1120.0	1400.0	-855.0	E
4	eurico		188	-1100.0	1400.0	-843.0	E

- 5개의 자세: A – E
  - 자세 별 10번 반복
- 6명의 피실험자
  - Adelmo, Carlitos, Charles, Eurico, Jeremy, Pedro
- 4개의 센서
  - 팔, 전완, 허리, 덤벨
- 159개의 센서 측정 수치
  - 자력계, 가속도, 회전수치

# 사전준비

## 데이터셋 – 덤벨 컬

	user_name		accel_forearm_z	magnet_forearm_x	magnet_forearm_y	magnet_forearm_z	classe
0	eurico		184	-1160.0	1400.0	-876.0	E
1	eurico		182	-1150.0	1410.0	-871.0	E
2	eurico	...	185	-1130.0	1400.0	-863.0	E
3	eurico		188	-1120.0	1400.0	-855.0	E
4	eurico		188	-1100.0	1400.0	-843.0	E

- 5개의 자세: A – E
    - 자세 별 10번 반복
  - 6명의 피실험자
    - Adelmo, Carlitos, Charles, Eurico, Jeremy, Pedro
  - 4개의 센서
    - 팔, 전완, 허리, 덤벨
  - 159개의 센서 측정 수치
    - 자력계, 가속도, 회전수치
- A.정자세  
B.팔꿈치를 내밀면서 들기  
C.절반만 들기 (완전히 이완한 상태에서 90도까지만 들기)  
D.절반만 내리기 (완전히 수축한 상태에서 90도까지만 내리기)  
E.골반을 내밀면서 들기

# 사전준비

## 데이터셋 – 덤벨 컬

	user_name		accel_forearm_z	magnet_forearm_x	magnet_forearm_y	magnet_forearm_z	classe
0	eurico		184	-1160.0	1400.0	-876.0	E
1	eurico		182	-1150.0	1410.0	-871.0	E
2	eurico	...	185	-1130.0	1400.0	-863.0	E
3	eurico		188	-1120.0	1400.0	-855.0	E
4	eurico		188	-1100.0	1400.0	-843.0	E

- 5개의 자세: A – E
  - 자세 별 10번 반복
- 6명의 피실험자
  - Adelmo, Carlitos, Charles, Eurico, Jeremy, Pedro
- 4개의 센서
  - 팔, 전완, 허리, 덤벨
- 159개의 센서 측정 수치
  - 자력계, 가속도, 회전수치

# 사전준비

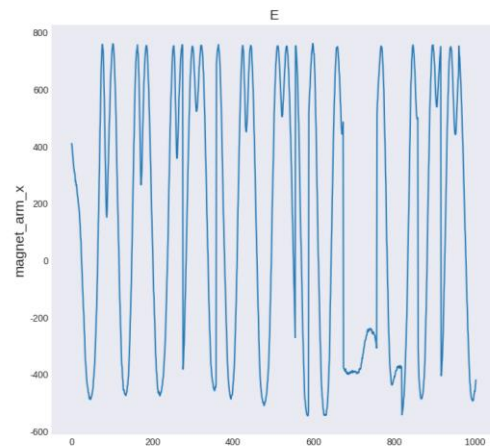
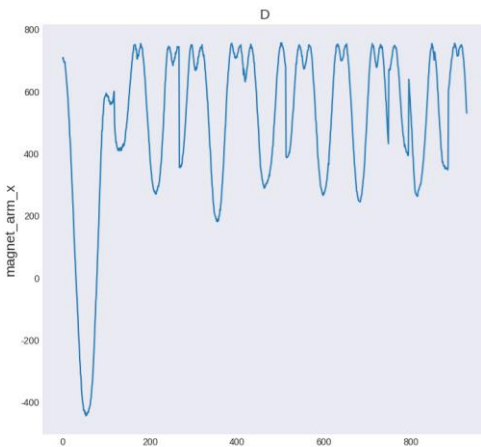
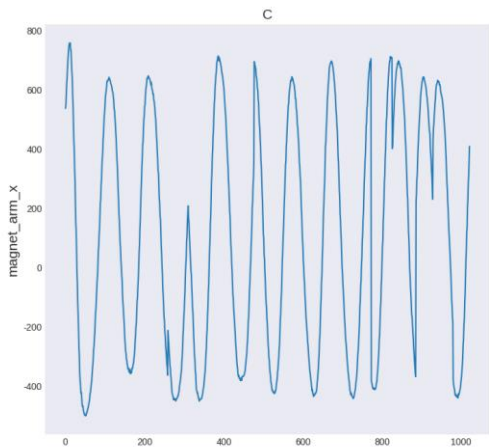
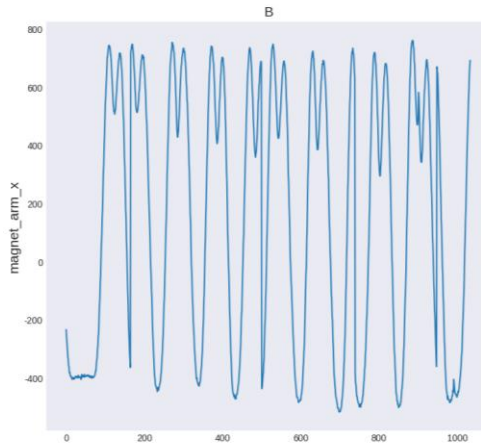
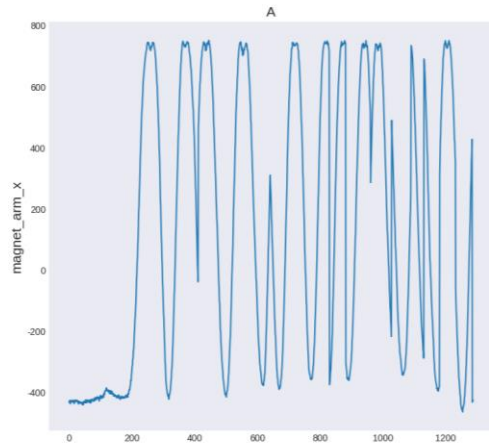
## 가설

- A.정자세
- B.팔꿈치를 내밀면서 들기
- C.절반만 들기
- D.절반만 내리기
- E.골반을 내밀면서 들기

- 자세 구분
  - 골반 움직임: 허리 센서 감지로 E 구분 가능할 것
  - C와 D는 A, B, E의 일부 수치가 절반으로 감소 예상
  - 팔꿈치를 조금 밀어내는 B는 A와 구분하기 어려움 예상
    - 센서 보완 필요성
- 센서 미작동/오작동
  - 상관관계가 큰 센서 수치들로 인해 학습에 문제 없을 것

# 사전준비

## 개별 특성 확인 - 10개 움직임 포착



# 사전준비

## 센서 자체적 통계 수치 삭제

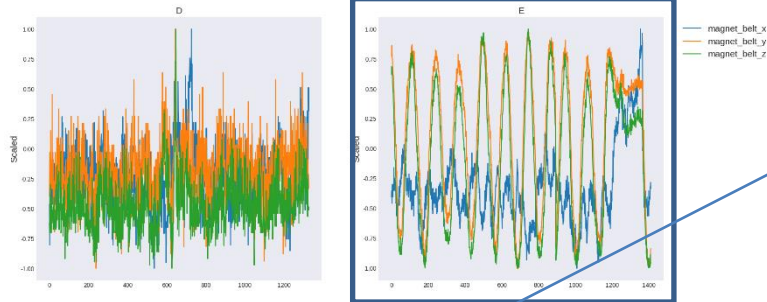
kurtosis_pitch_belt	kurtosis_yaw_belt	skewness_roll_belt	skewness_roll_belt.1	skewness_yaw_belt	max_roll_belt
3.572235	#DIV/0!	-0.995221	1.482099	#DIV/0!	-80.8
1.299859	#DIV/0!	-0.224472	-0.910566	#DIV/0!	-92.2
4.000000	#DIV/0!	2.0	-2.000000	#DIV/0!	-88.3
-0.435104	#DIV/0!	-0.42819	0.510016	#DIV/0!	137.0
-0.378581	#DIV/0!	1.37255	-0.930231	#DIV/0!	132.0



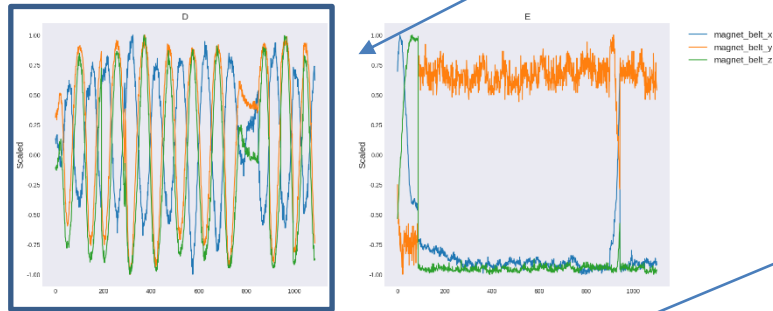
# 사전준비

## 이상치 확인

Charles



Eurico

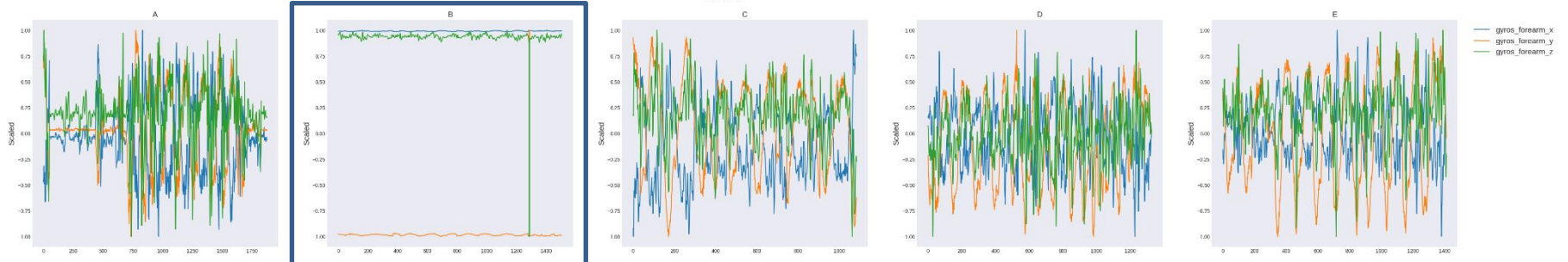


E 자세를 D에서 운동

- A. 정자세
- B. 팔꿈치를 내밀면서 들기
- C. 절반만 들기
- D. 절반만 내리기
- E. 골반을 내밀면서 들기

센서 작동 오류

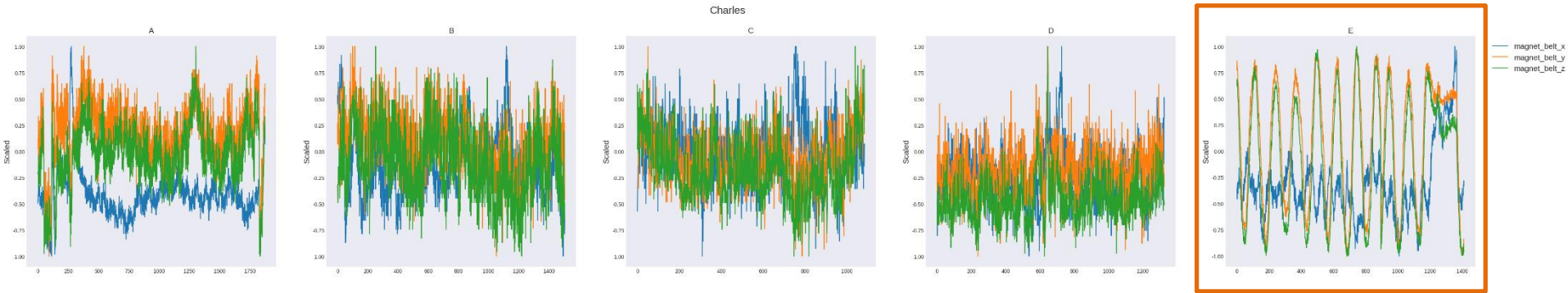
Charles



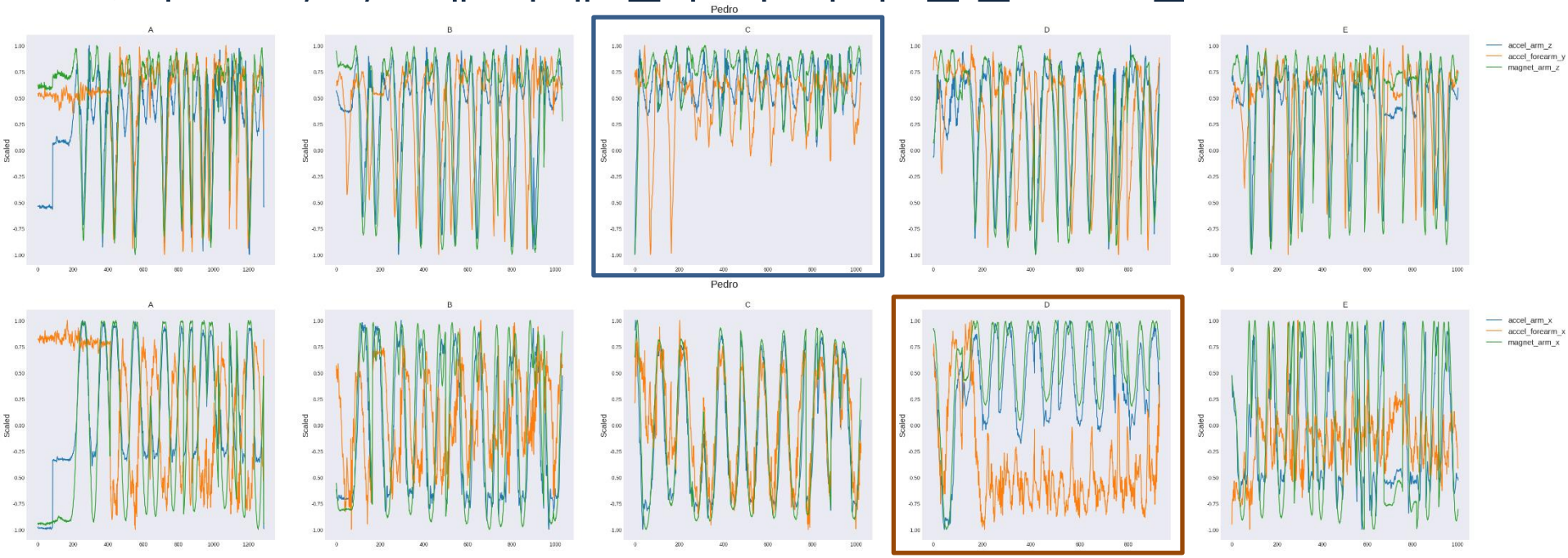
# 데이터 분석

- A. 정자세
- B. 팔꿈치를 내밀면서 들기
- C. 절반만 들기
- D. 절반만 내리기
- E. 골반을 내밀면서 들기

골반 움직임: 허리 센서 감지로 E 구분 가능할 것



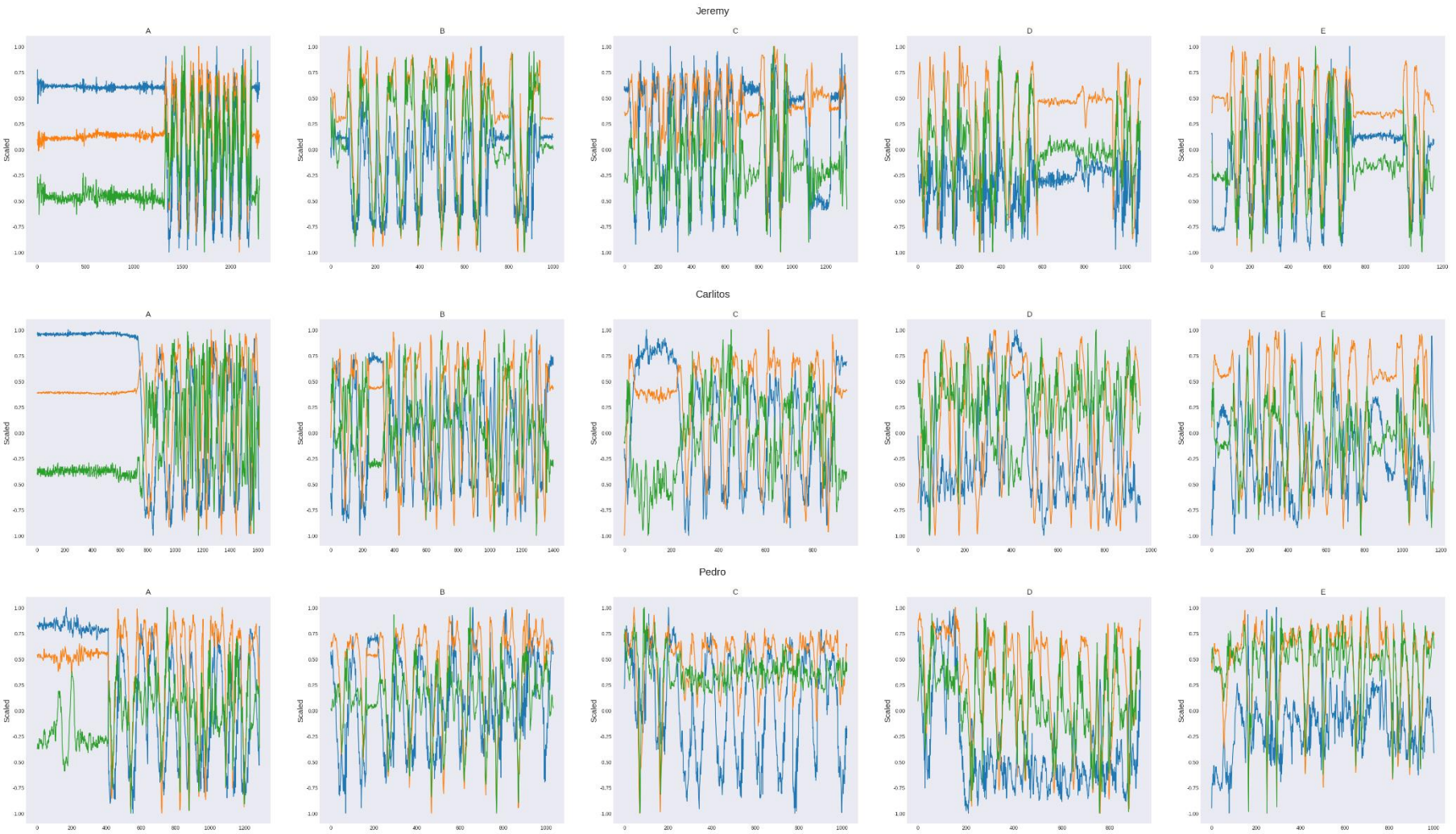
C와 D: A, B, E에 비해 일부 수치가 절반으로 감소



# 데이터 분석

- A. 정자세
- B. 팔꿈치를 내밀면서 들기
- C. 절반만 들기
- D. 절반만 내리기
- E. 골반을 내밀면서 들기

A와 B: 팔꿈치를 조금 밀어내는 B는 A와 구분하기 어려움 예상  
전완

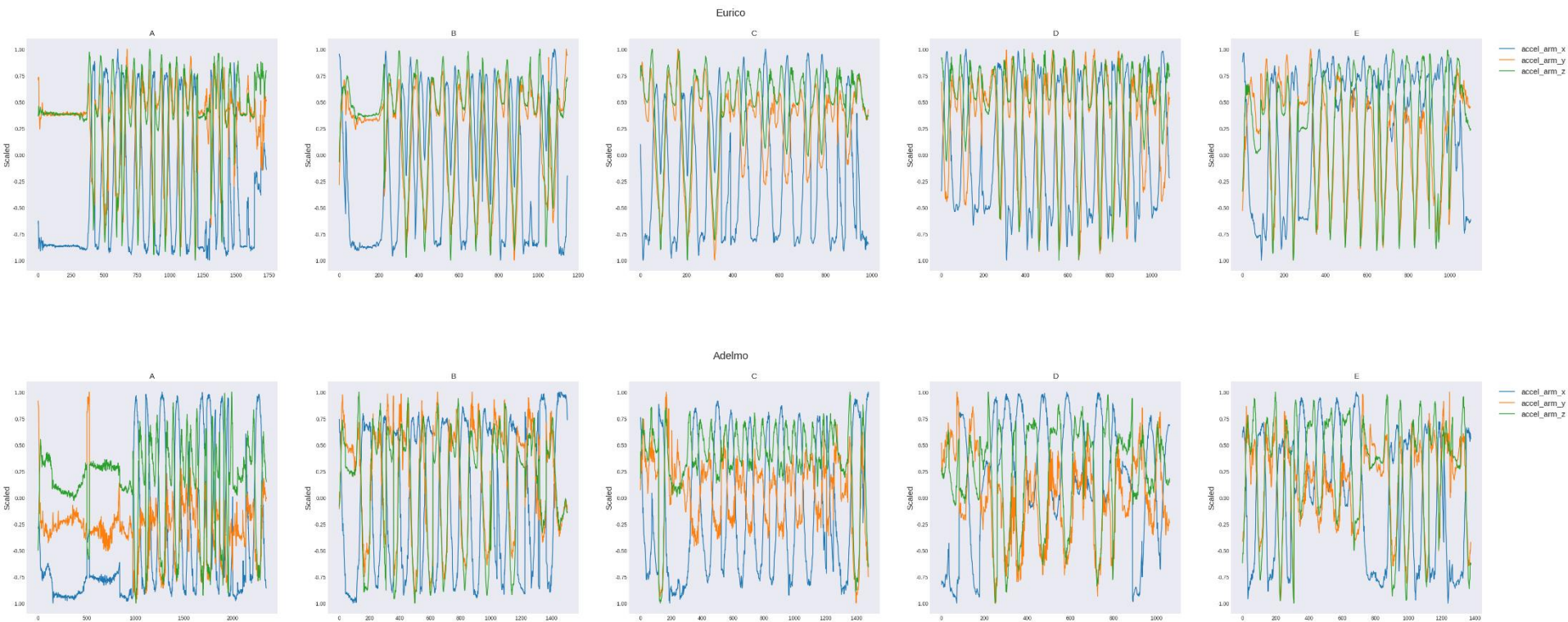




# 데이터 분석

- A. 정자세
- B. 팔꿈치를 내밀면서 들기
- C. 절반만 들기
- D. 절반만 내리기
- E. 골반을 내밀면서 들기

A와 B: 팔꿈치를 조금 밀어내는 B는 A와 구분하기 어려움 예상  
팔



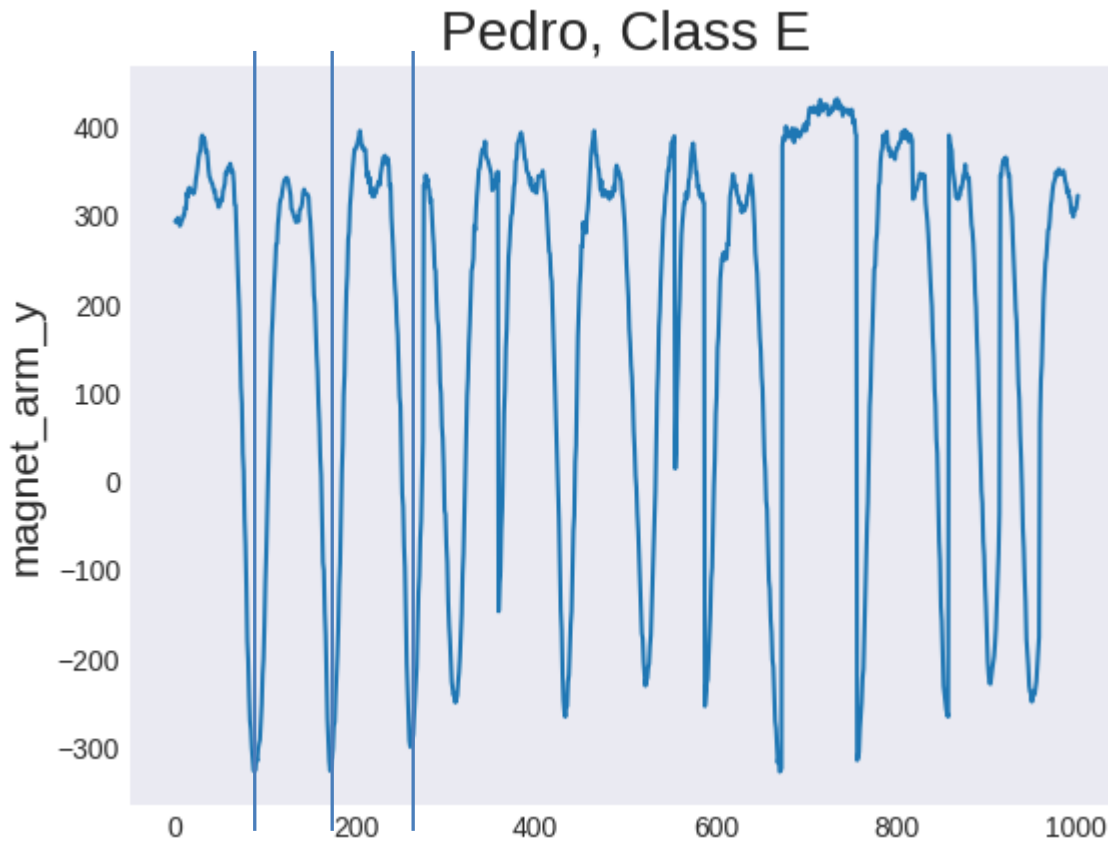
# 머신러닝 모델링

# 머신러닝 모델링



# 머신러닝 모델링

개별 움직임 구분



# 머신러닝 모델링

## 기준모델

Decision Tree Classifier

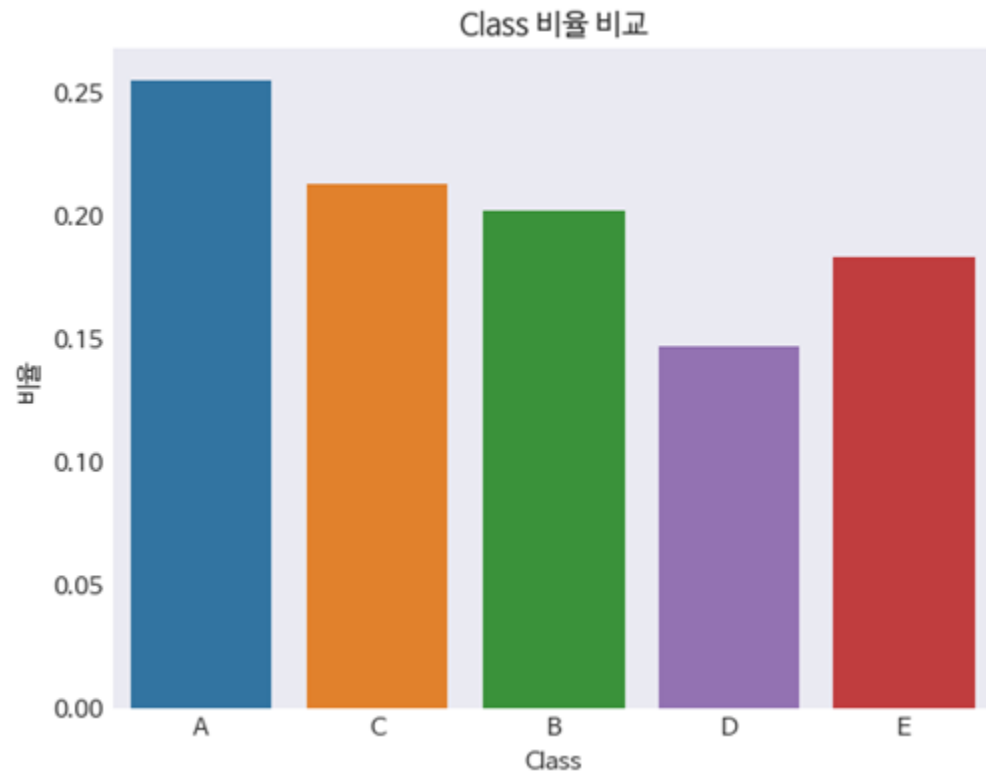
## 평가지표

micro F1 점수, micro AP 점수



# 머신러닝 모델링

평가지표: micro F1 점수, micro AP 점수



# 머신러닝 모델링

micro F1 점수

<div>F1</div>		실제 정답	
		True	False
분류 결과	True	True Positive	False Positive
	False	False Negative	True Negative

<https://sumniya.tistory.com/26>

# 머신러닝 모델링

micro F1 점수

		실제 정답	
		True	False
분류 결과	True	True Positive	False Positive
	False	False Negative	True Negative

F1

정밀도  
(precision)

<https://sumniya.tistory.com/26>

# 머신러닝 모델링

micro F1 점수

		실제 정답	
		True	False
분류 결과	True	True Positive	False Positive
	False	False Negative	True Negative

<https://sumyaeistory.com/26>  
재현율  
(recall)

# 머신러닝 모델링

## micro F1 점수

$$F1 = 2 \times \frac{\text{정밀도} \times \text{재현율}}{\text{정밀도} + \text{재현율}}$$

		실제 정답	
		True	False
분류 결과	True	True Positive	False Positive
	False	False Negative	True Negative

정밀도  
(precision)

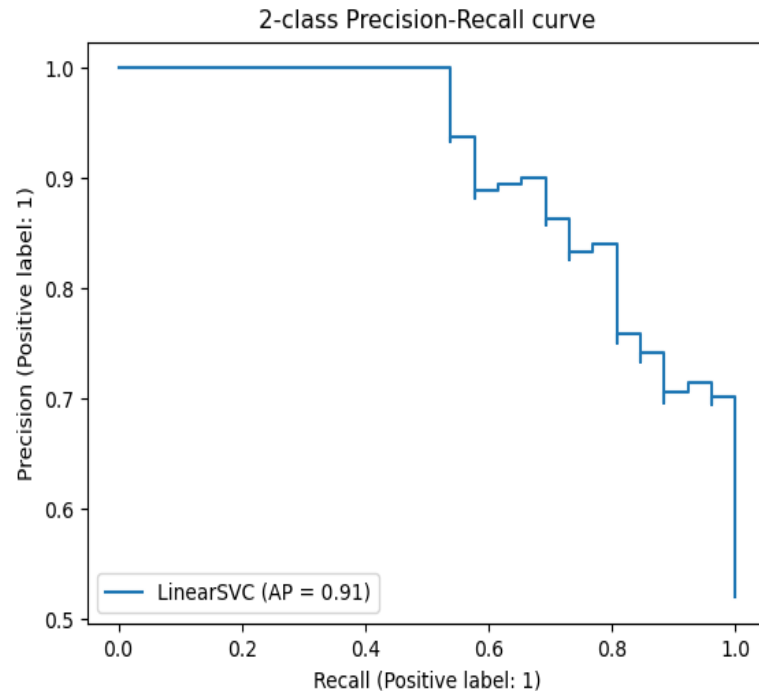
재현율  
(recall)

<https://summaistory.com/26>

# 머신러닝 모델링

micro Average Precision 점수

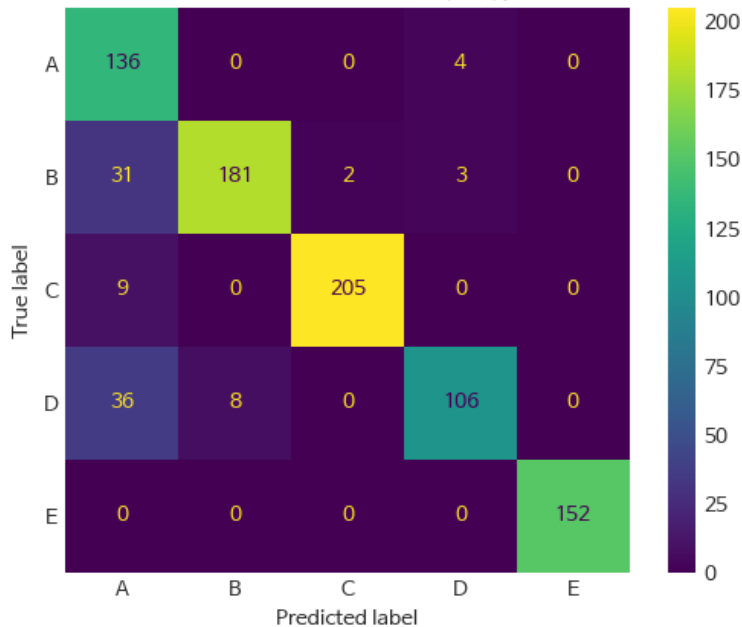
AP (Average Precision)



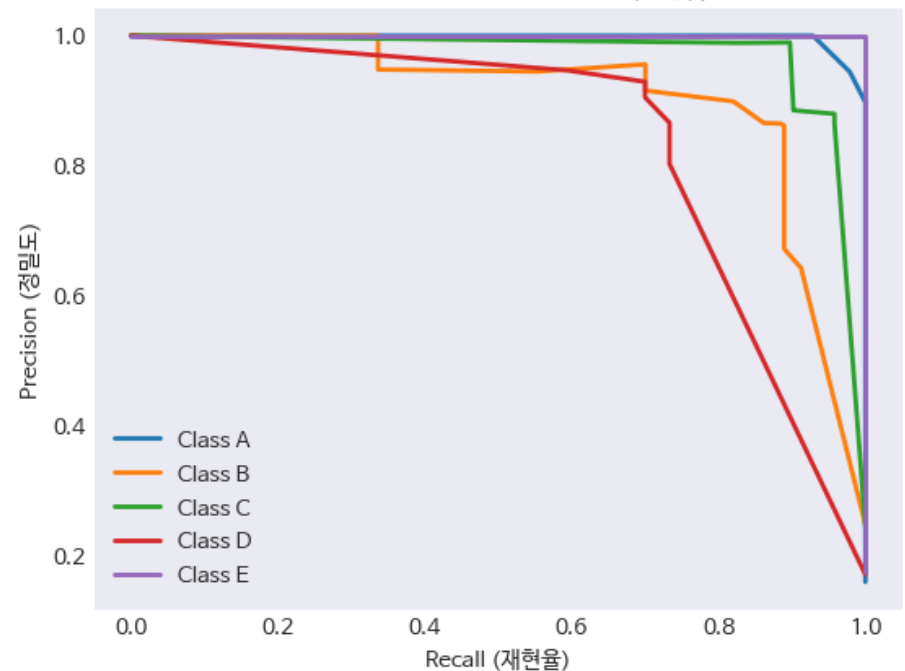
# 머신러닝 모델링

## 기준모델: Decision Tree Classifier

DecisionTreeClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.893



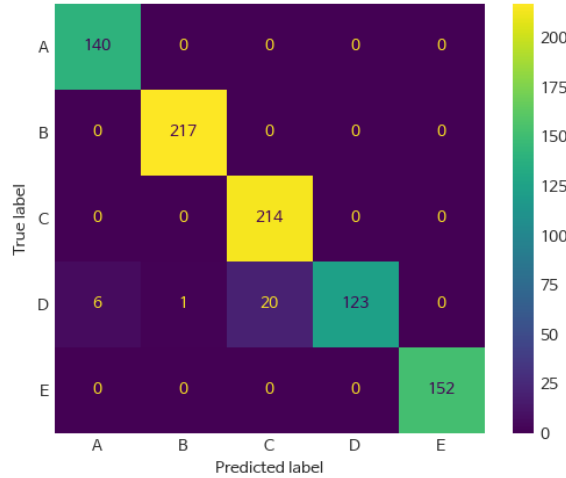
DecisionTreeClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), Micro AP 점수: 0.919



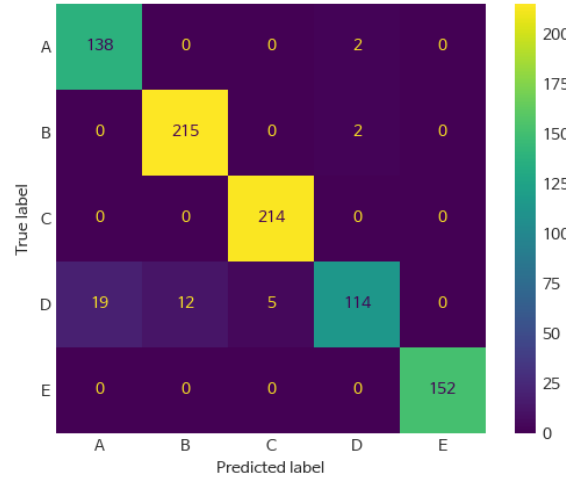
# 머신러닝 모델링

## 모델 선정:

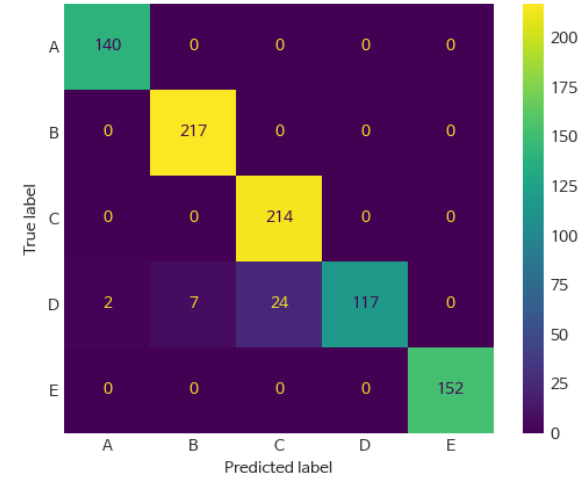
RandomForestClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.969



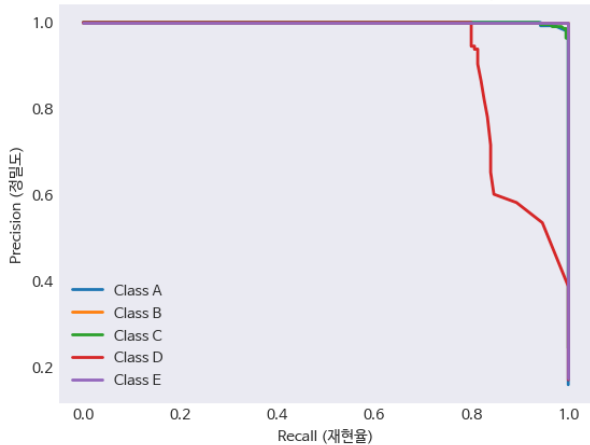
LGBMClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.954



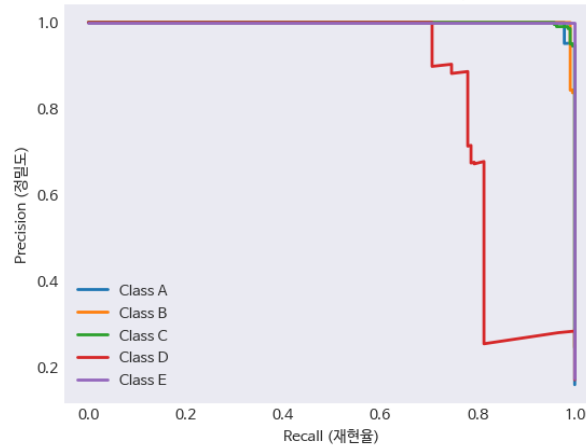
LGBMClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.962



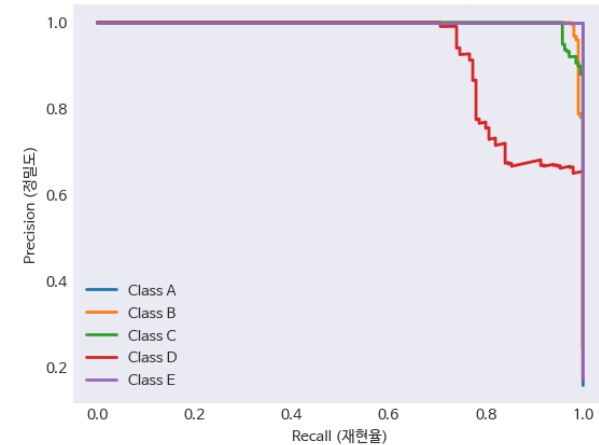
RandomForestClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), AP 점수: 0.981



LGBMClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), AP 점수: 0.971



LGBMClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), AP 점수: 0.983

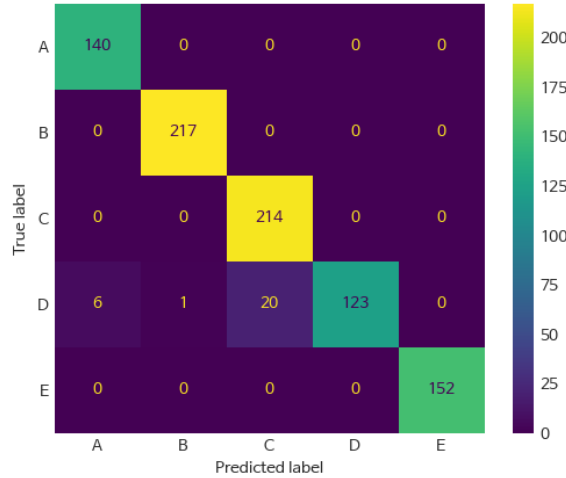




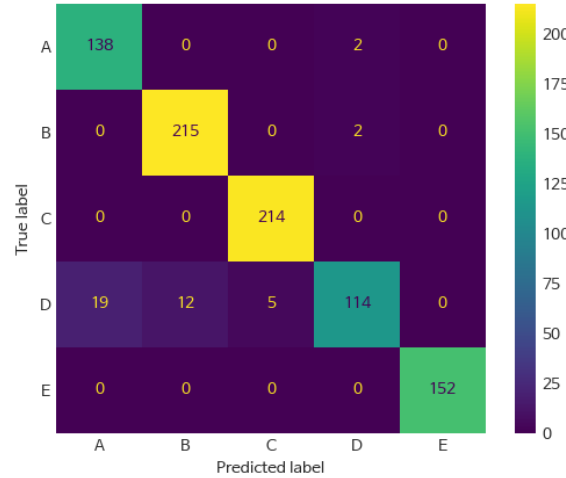
# 머신러닝 모델링

## 모델 선정: Light GBM Classifier

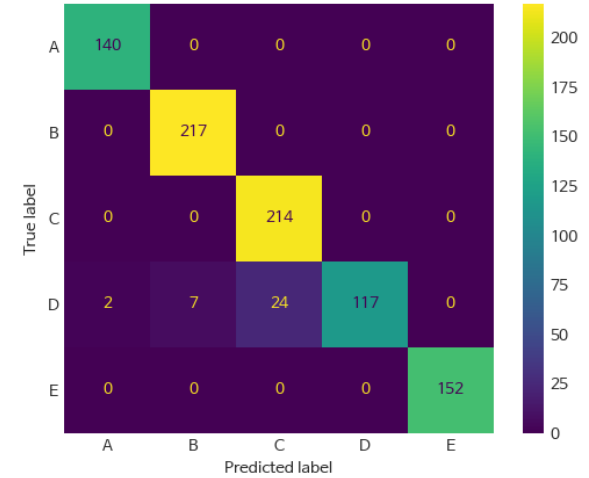
RandomForestClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.969



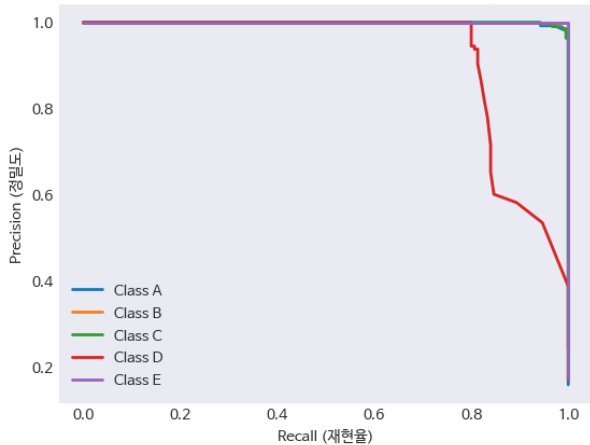
LGBMClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.954



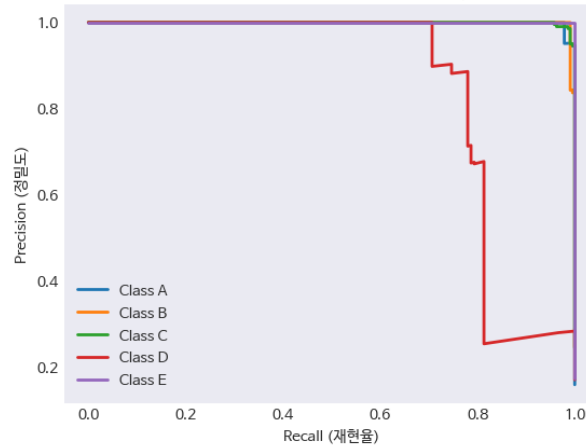
LGBMClassifier Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.962



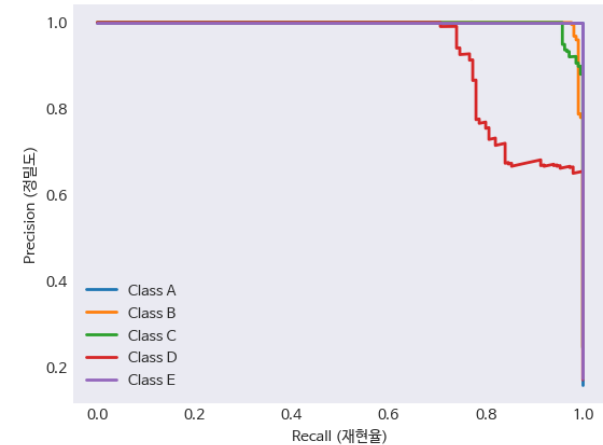
RandomForestClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), AP 점수: 0.981



LGBMClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), AP 점수: 0.971

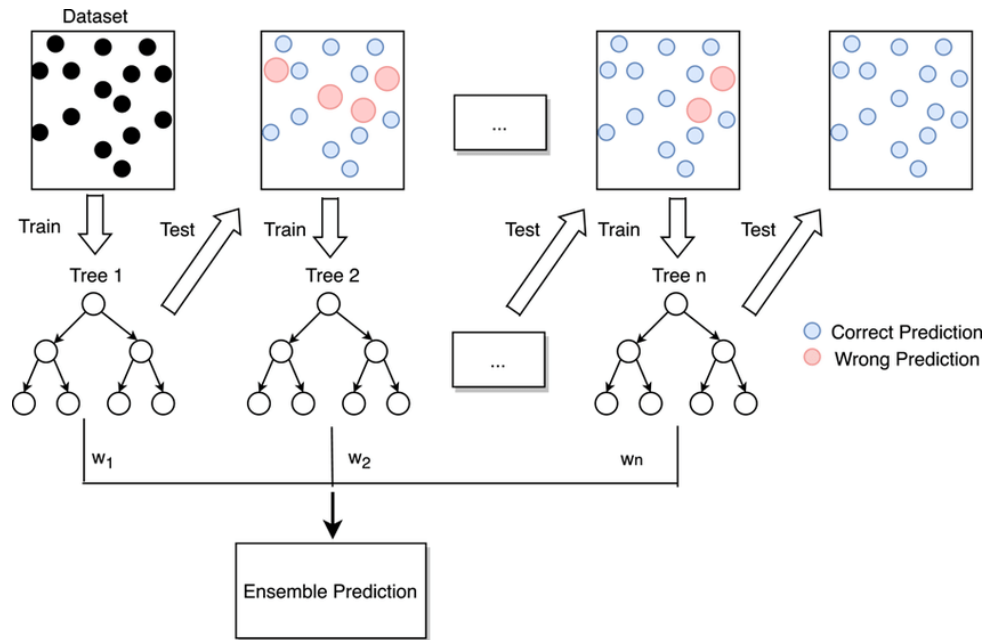


LGBMClassifier Precision vs. Recall Curve (검증), AP 점수: 0.983



# 머신러닝 모델링

# Gradient Boosting



# 머신러닝 모델링

## Light GBM Classifier 튜닝

Learning Rate: 한 번에 학습하는 양  
max\_depth: 분기를 어느 만큼  
min\_child\_samples: 최종 분기 필요 개수  
subsample: 측정치 일부  
colsample\_bytree: 특성(센서) 일부

# 머신러닝 모델링

## Light GBM Classifier 튜닝

Learning Rate: 한 번에 학습하는 양 - 0.2

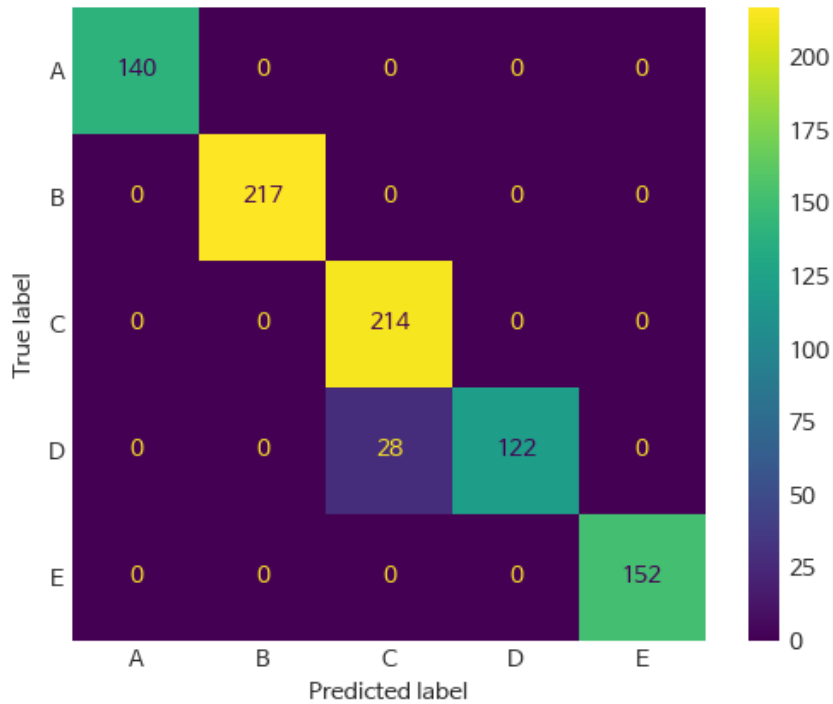
max\_depth: 분기를 어느 만큼 - 7

min\_child\_samples: 최종 분기 필요 개수

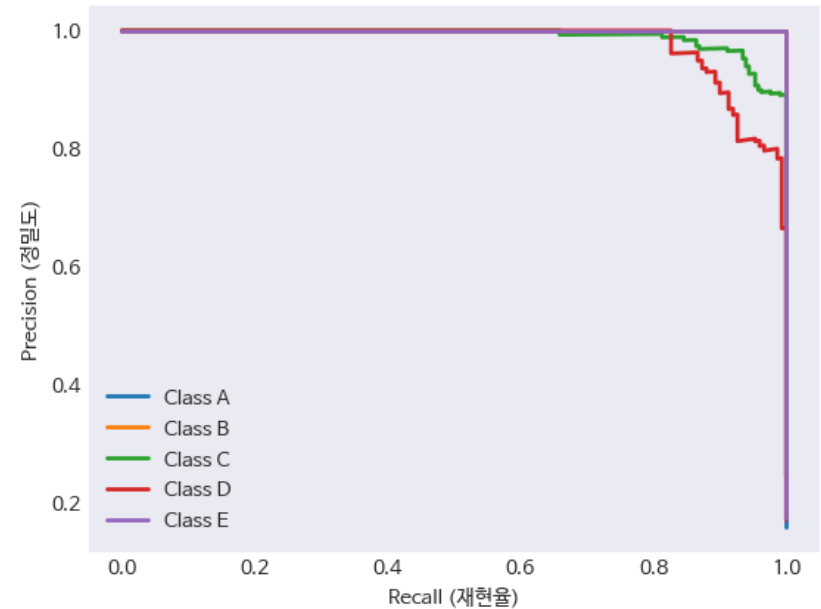
subsample: 측정치 일부

colsample\_bytree: 특성(센서) 일부

튜닝된 LGBM Confusion Matrix (검증), Micro F1: 0.968



Precision vs. Recall Curve (검증), Micro AP: 0.991



# 머신러닝 모델링

## Light GBM Classifier 튜닝

Learning Rate: 한 번에 학습하는 양 - 0.2

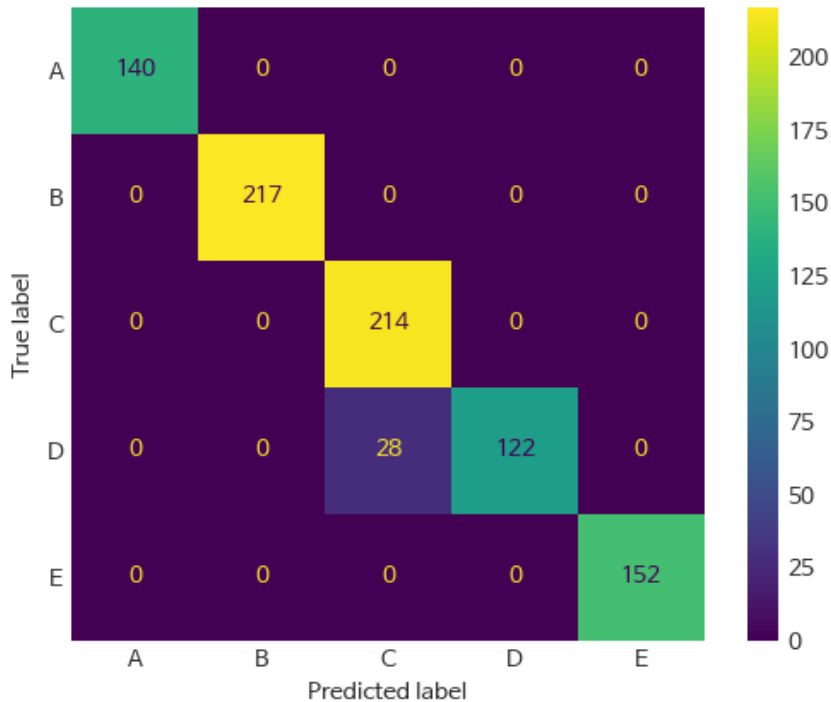
max\_depth: 분기를 어느 만큼 - 8

min\_child\_samples: 최종 분기 필요 개수

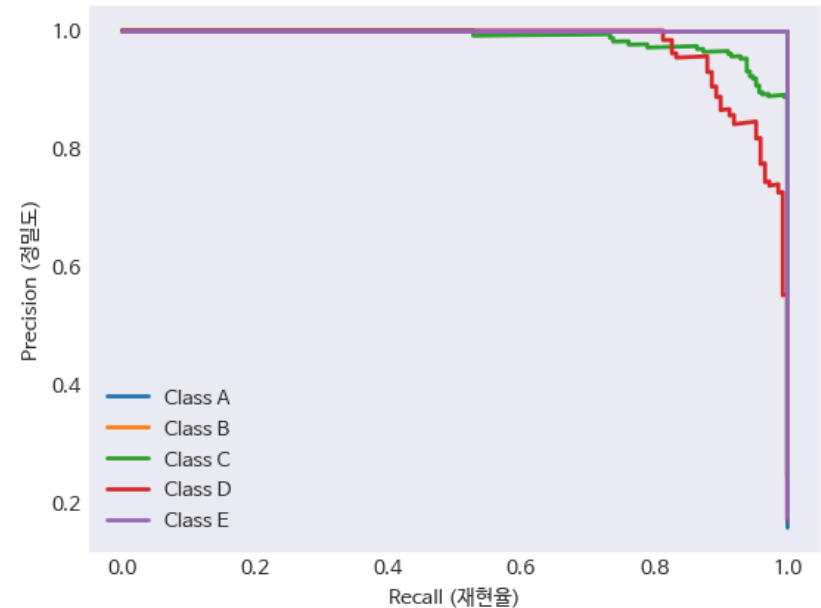
subsample: 측정치 일부

colsample\_bytree: 특성(센서) 일부

튜닝된 LGBM Confusion Matrix (검증), 평균 Micro F1: 0.968



Precision vs. Recall Curve (검증), 평균 Micro AP: 0.99

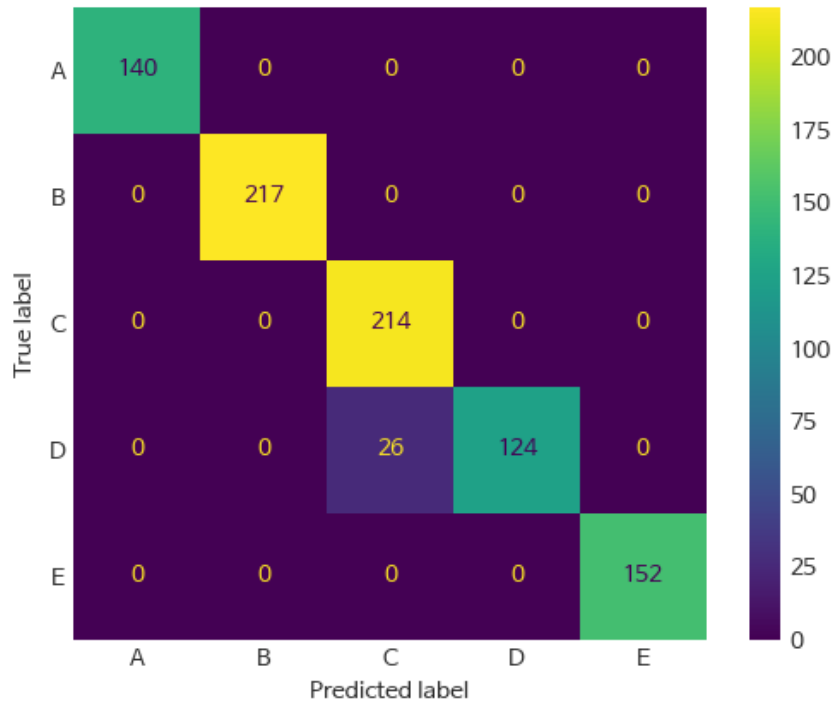


# 머신러닝 모델링

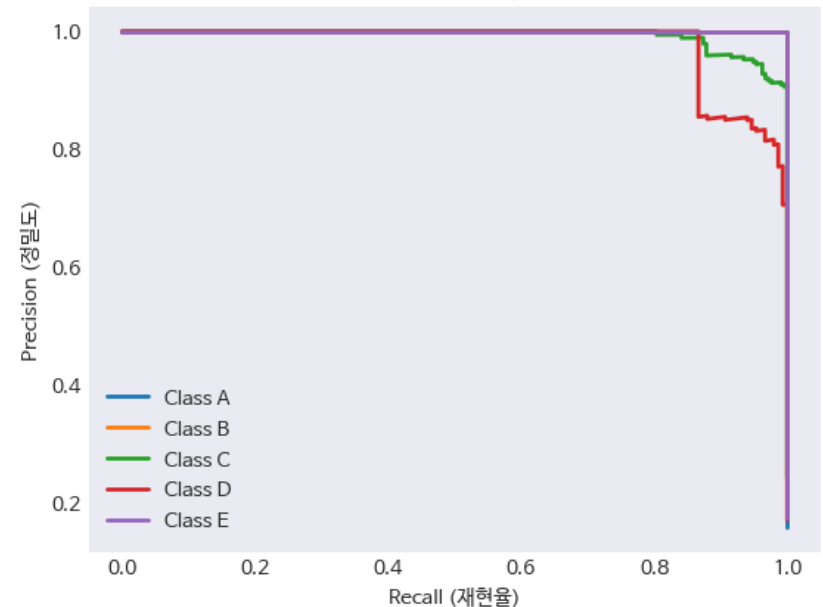
## Light GBM Classifier 튜닝

Learning Rate: 한 번에 학습하는 양 - 0.2  
max\_depth: 분기를 어느 만큼 - 8  
min\_child\_samples: 최종 분기 필요 개수 - 70  
subsample: 측정치 일부 - 0.9  
colsample\_bytree: 특성(센서) 일부 - 0.9

튜닝된 LGBM Confusion Matrix (검증), 평균 Micro F1: 0.97



Precision vs. Recall Curve (검증), 평균 Micro AP: 0.995

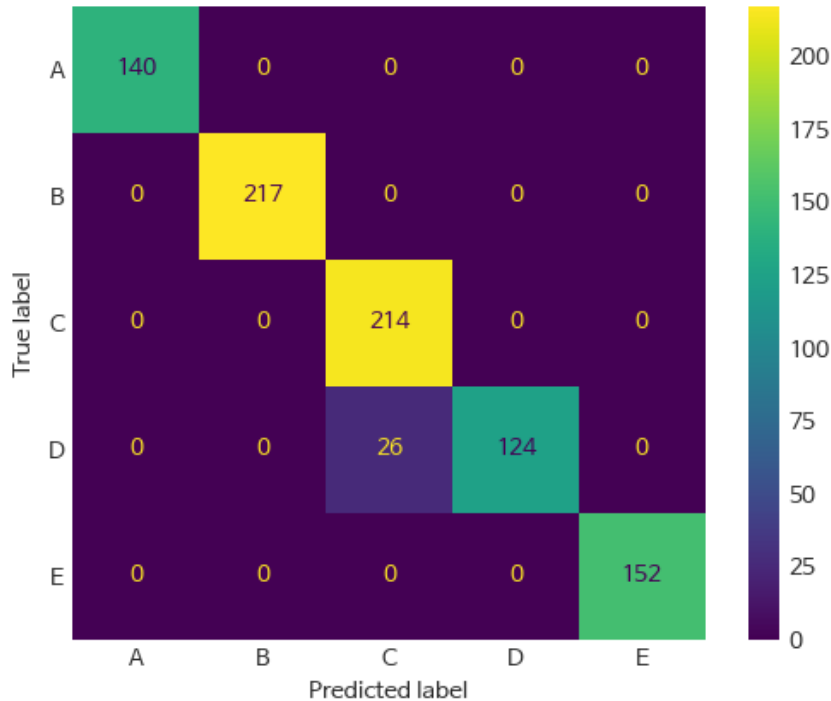


# 머신러닝 모델링

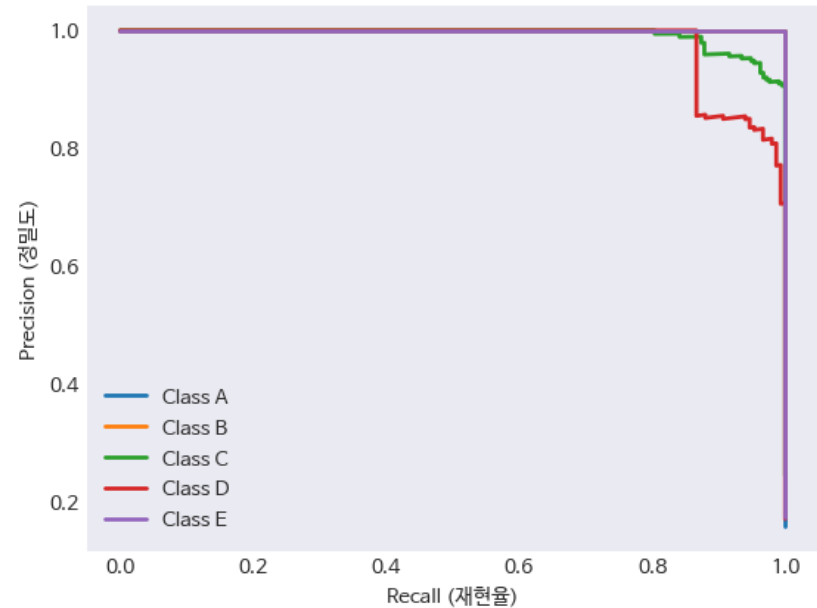
## Light GBM Classifier 튜닝

Learning Rate: 한 번에 학습하는 양 - 0.2  
max\_depth: 분기를 어느 만큼 - 8  
min\_child\_samples: 최종 분기 필요 개수 - 70  
subsample: 측정치 일부 - 0.9  
colsample\_bytree: 특성(센서) 일부 - 0.1

튜닝된 LGBM Confusion Matrix (검증), 평균 Micro F1: 0.97



Precision vs. Recall Curve (검증), 평균 Micro AP: 0.995

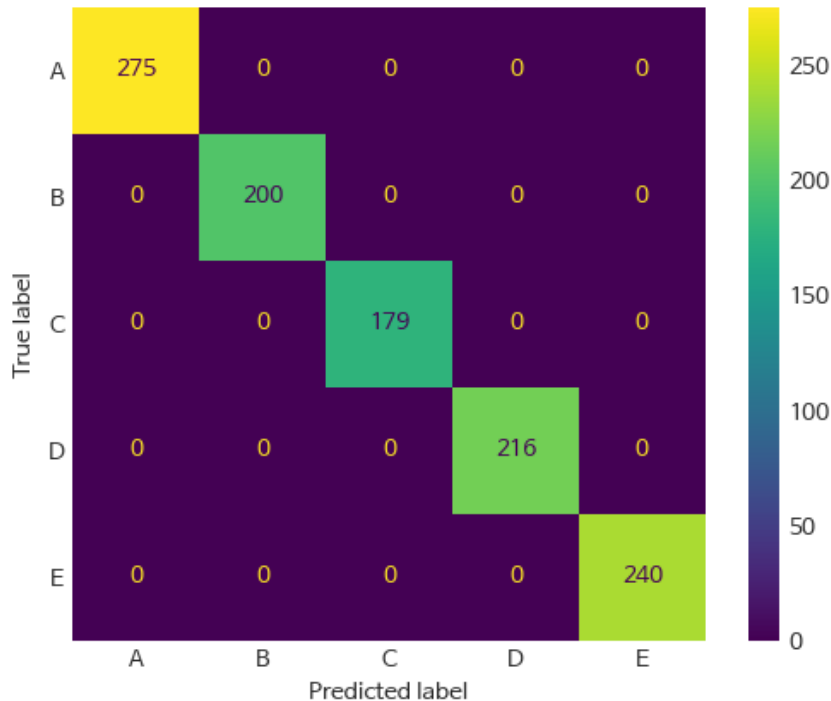


# 머신러닝 모델링

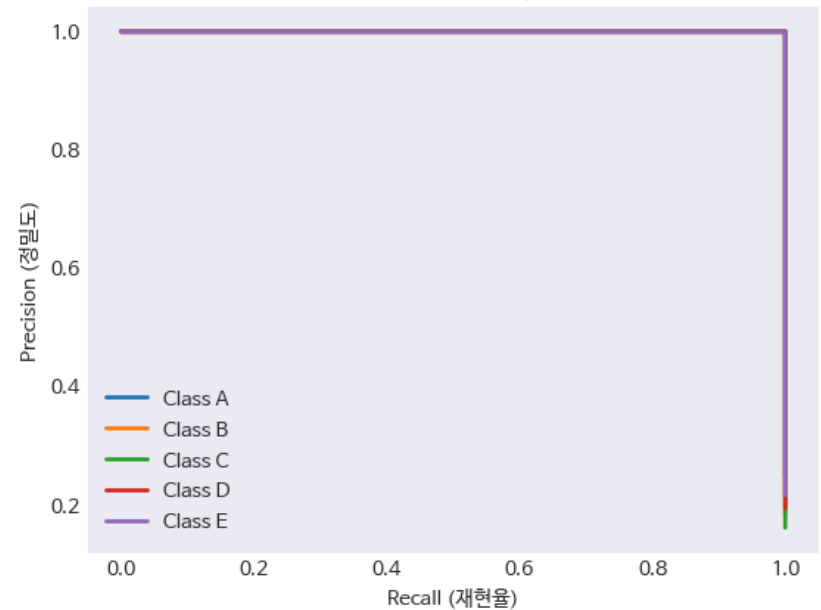
## Light GBM Classifier 평가

Learning Rate: 한 번에 학습하는 양 - 0.2  
max\_depth: 분기를 어느 만큼 - 8  
min\_child\_samples: 최종 분기 필요 개수 - 70  
subsample: 측정치 일부 - 0.9  
colsample\_bytree: 특성(센서) 일부 - 0.1

튜닝된 LGBM Confusion Matrix (평가), 평균 Micro F1: 1.0



Precision vs. Recall Curve (평가), 평균 Micro AP: 1.0

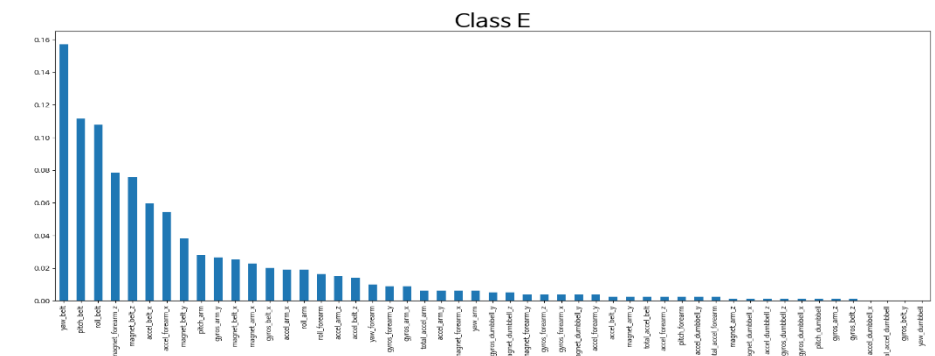
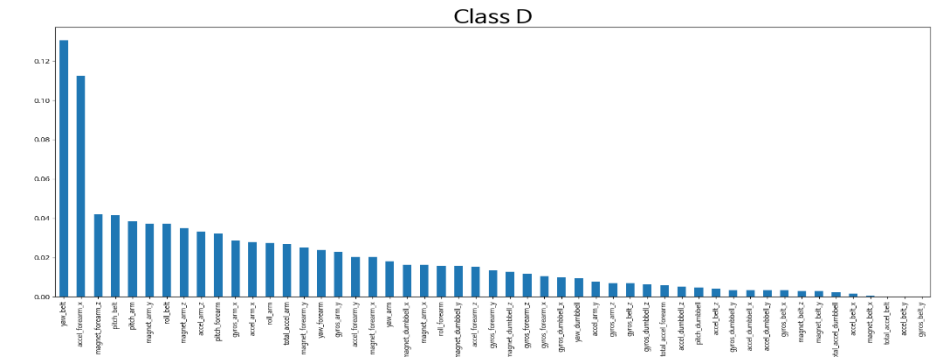
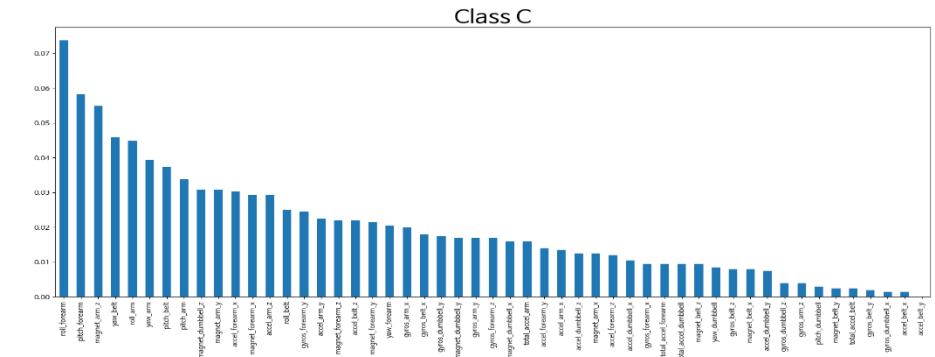
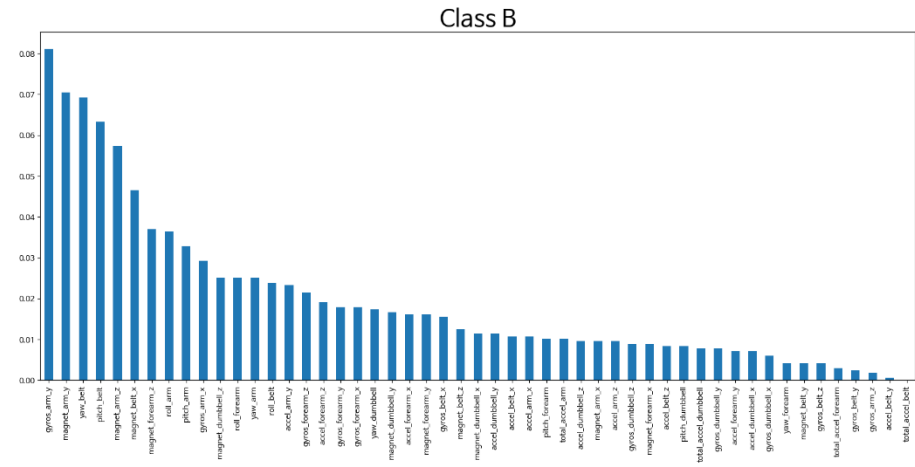
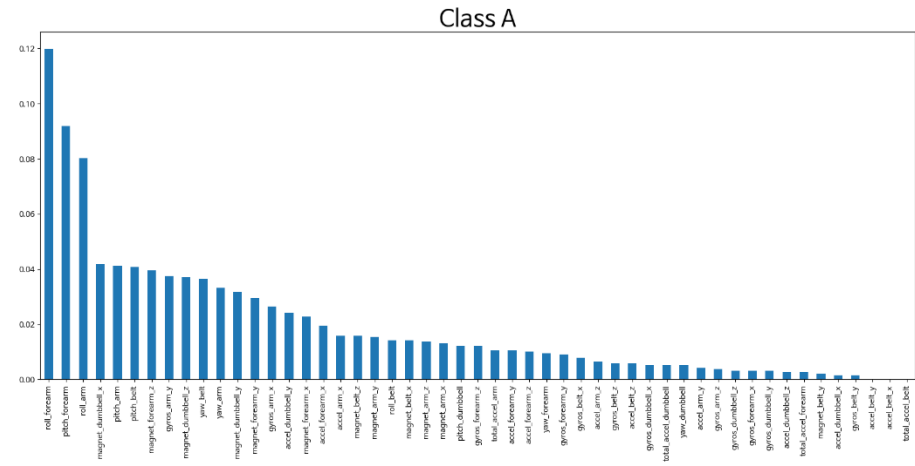




# 모델링 결과 분석

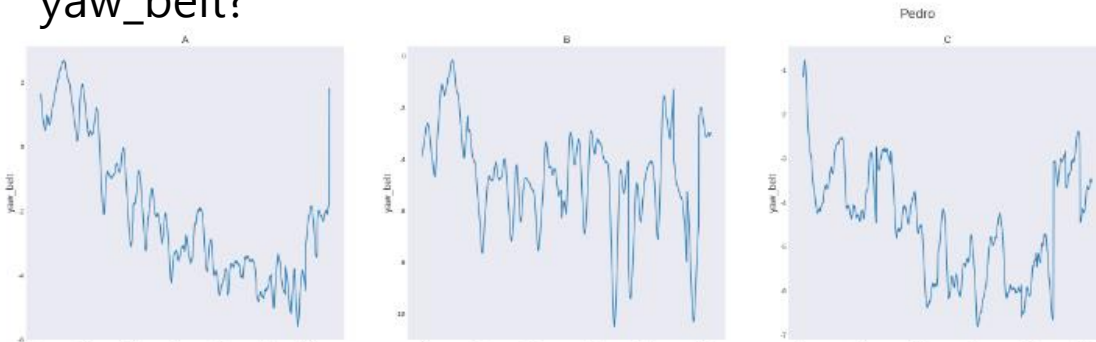
# 모델링 결과 분석

## 특성 중요도 (Feature Importance)

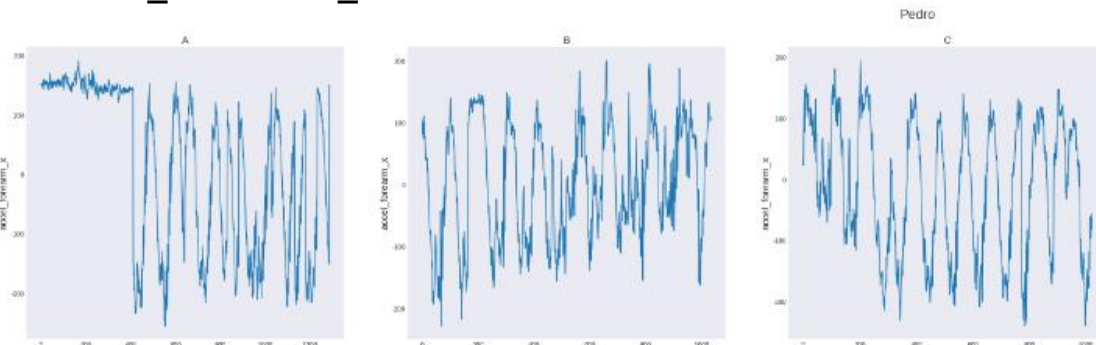


# 모델링 결과 분석

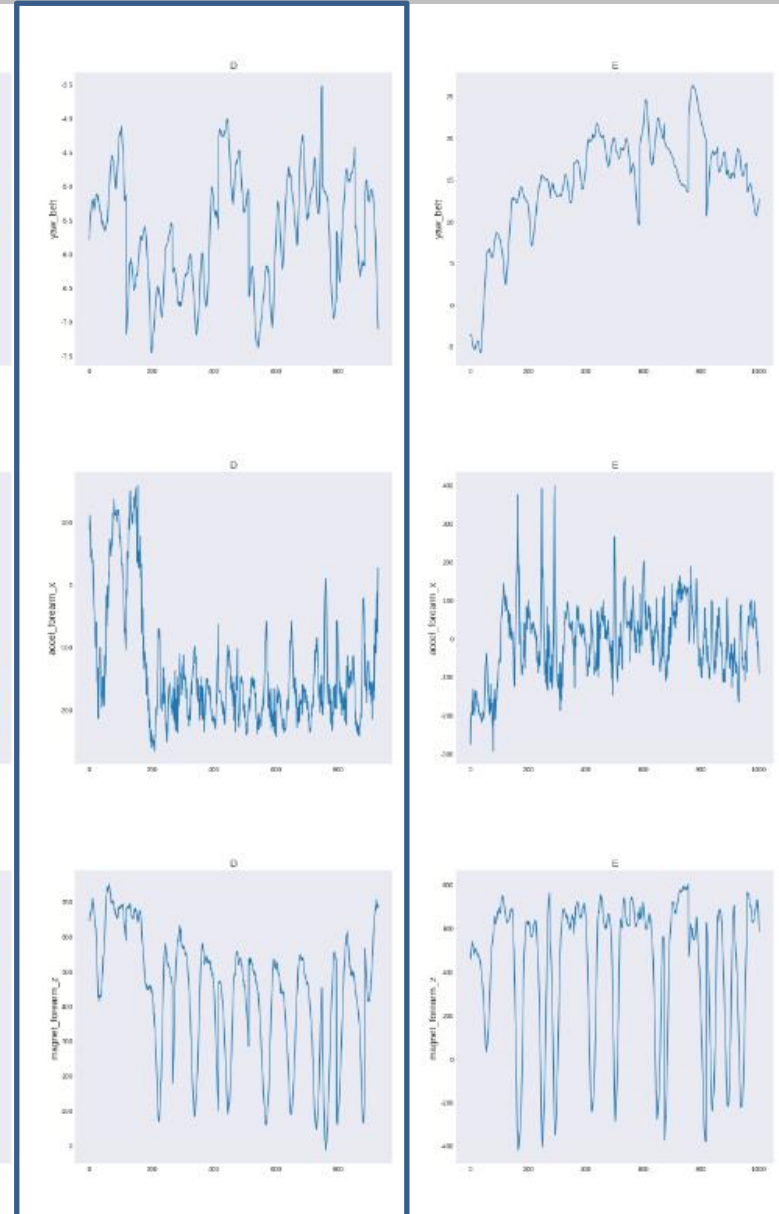
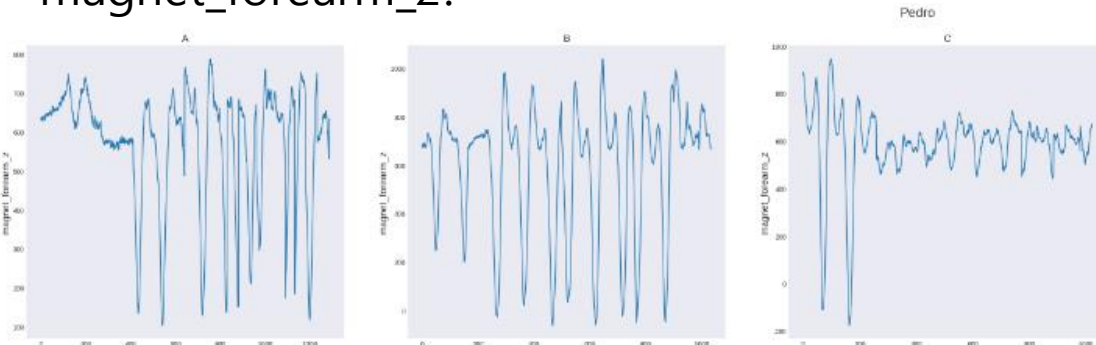
yaw\_belt?



accel\_forearm\_x

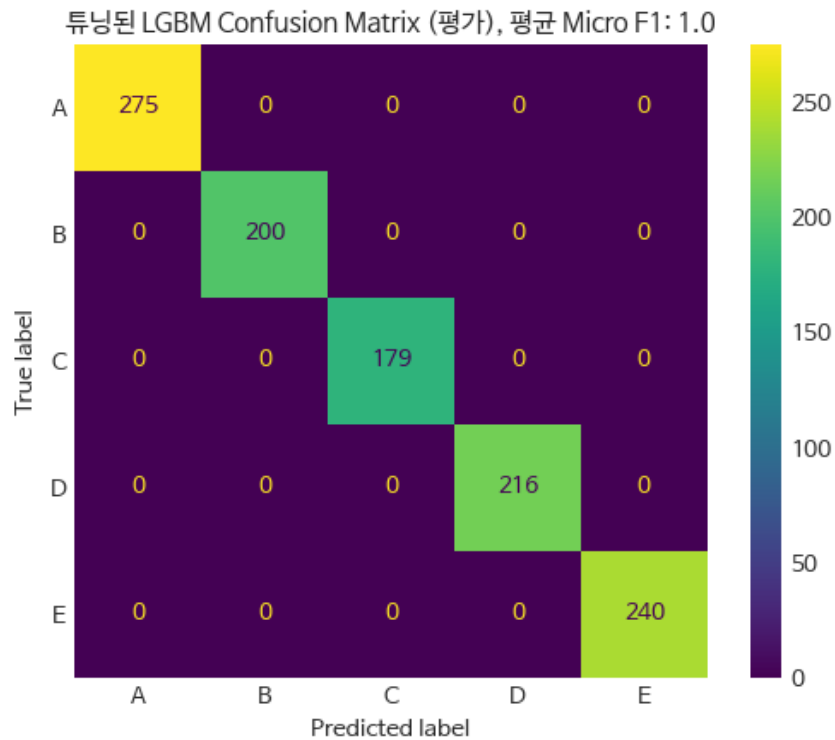


magnet\_forearm\_z?



# 모델링 결과 분석

팔꿈치를 조금 밀어내는 B는 A와 구분하기 어려움 예상

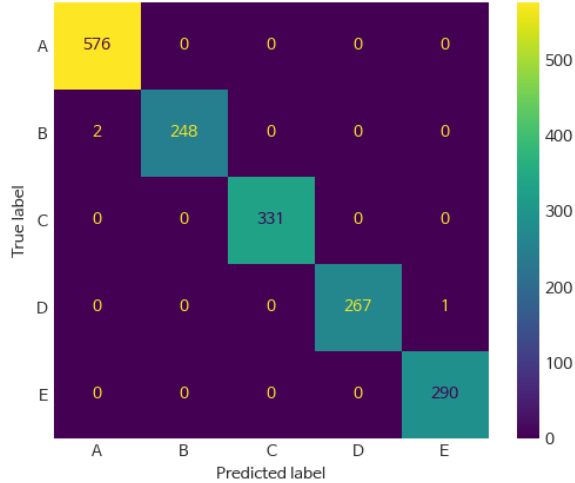


알고리즘은 눈이 잡아내  
지 못한 특성 학습

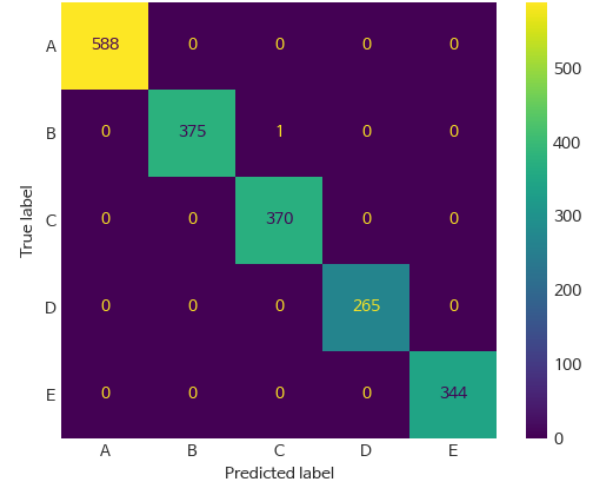
# (추가) 모델링 결과 분석

상관관계가 큰 센서 수치들로 인해 학습에 문제 없을 것

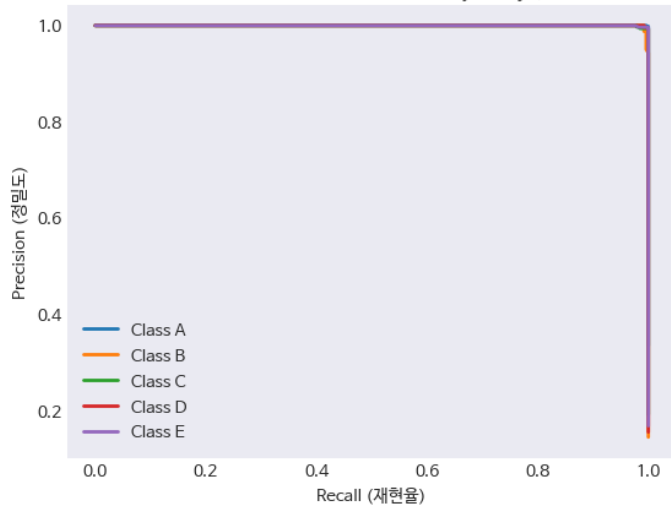
RandomForestClassifier Confusion Matrix (jeremy), 평균 Micro F1: 0.998



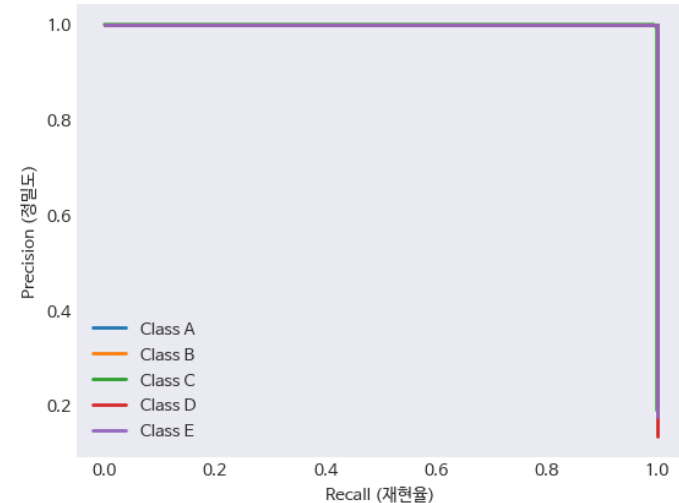
RandomForestClassifier Confusion Matrix (adelmo), 평균 Micro F1: 0.999



RandomForestClassifier Precision vs. Recall Curve (jeremy), 평균 Micro AP 점수: 1.0



RandomForestClassifier Precision vs. Recall Curve (adelmo), 평균 Micro AP 점수: 1.0



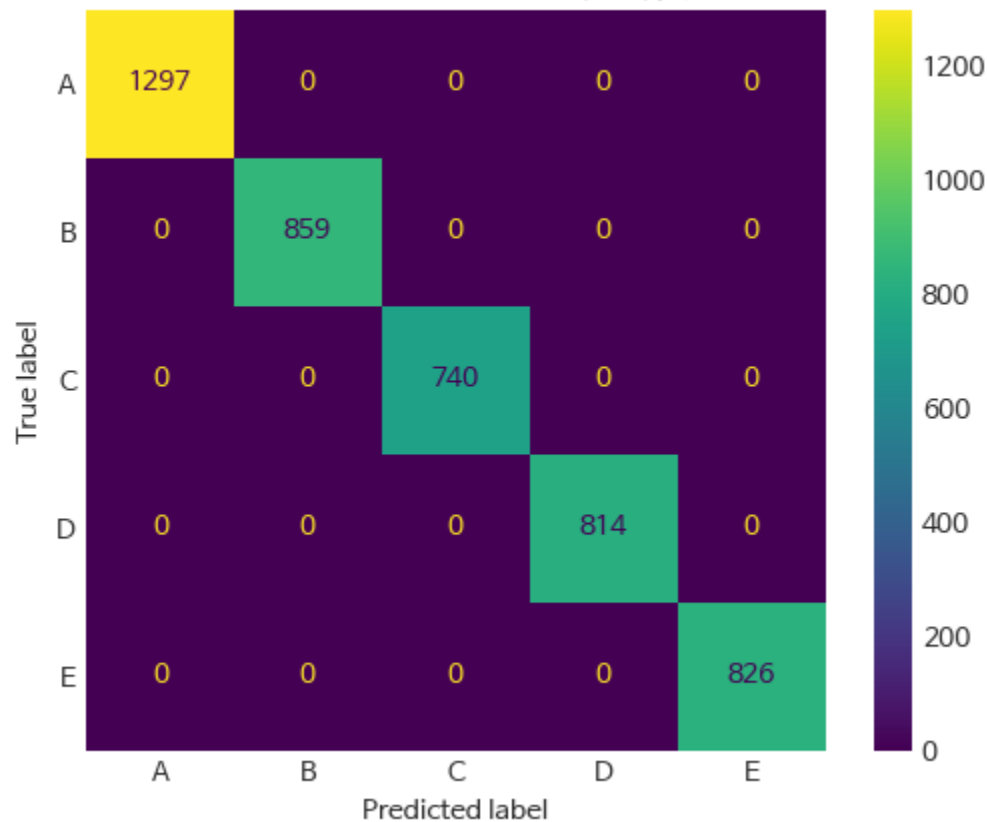
# 고찰점 및 향후 목표

# 고찰 및 향후 목표

자체적으로 자세가 올바른지 그렇지 않은지 구분할 수 없음

Eurico

RandomForestClassifier Confusion Matrix (훈련), 평균 Micro F1: 1.0



# 고찰 및 향후 목표

자체적으로 자세가 올바른지 그렇지 않은지 구분할 수 없음

- 단기간 전문가/트레이너 감독 아래 모델 학습
- 이후 혼자 운동
- 특정기간 이후 전문가와 함께 다시 학습



# 고찰 및 향후 목표

## 센서 문제점

- 노이즈 및 비정상 수치: 모델 결과는 좋음
  - 센서 민감도 / 개발 비용 비교
  - 올바른 자세/잘못된 자세 구분을 위해 적정선 찾기
- 운동에 따른 센서 위치 변경

# 고찰 및 향후 목표

## 측정 단위 조정

- 반복적인 특징 학습으로 개별 움직임 단위 자체 구분
- 움직임 단위/세트 단위로 자세 유지/이탈여부, 심박수, 열량 소모 등의 수치 제공

THANK YOU

---

