

보행데이터 기반 파킨슨 질환 예측

Taehyeong Kim

Department of Mathematics,
Pusan National University

Nov. 16, 2022



CONTENTS

01

Goal

02

Data

03

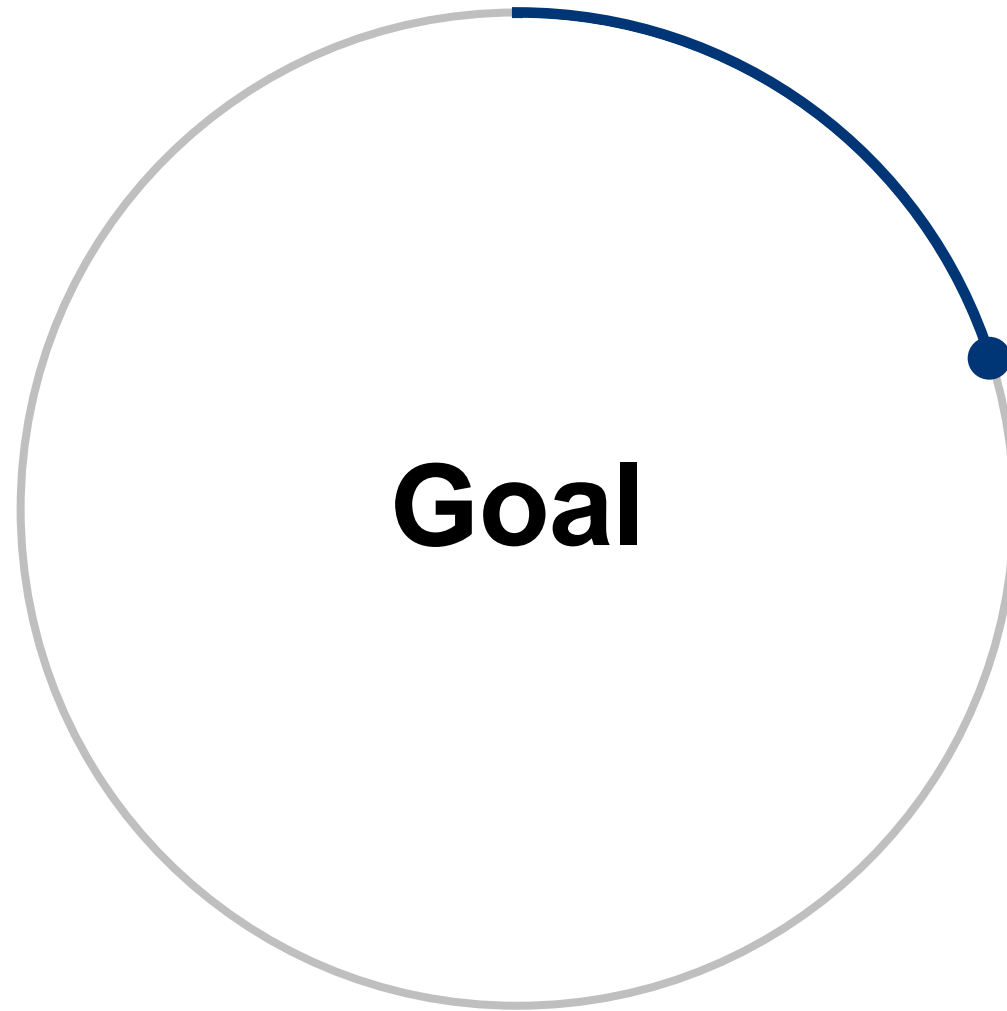
**Data
Preprocess**

04

Method

05

Result



Goal

- 파킨슨 병의 증상

- 운동 증상

- 떨림 (진전)
 - 경직
 - 자세 불안정
 - 구부정한 자세
 - 보행 동결

- 비운동 증상

- 신경 정신 증상
 - 인지 기능 저하
 - 자율신경계 이상
 - 수면 장애
 - 배뇨 장애
 - 기타

Goal

- 파킨슨 병의 증상

- 운동 증상

- 떨림 (진전)
 - 경직
 - 자세 불안정
 - 구부정한 자세
 - 보행 동결

- 비운동 증상

- 신경 정신 증상
 - 인지 기능 저하
 - 자율신경계 이상
 - 수면 장애
 - 배뇨 장애
 - 기타

Goal

보행 데이터를 통해 파킨슨 질환 유무 예측



Data

Data

- 대상자특성
 - 실험자의 나이, 성별, 보행동결 유무, 질병 기간 등의 정보
- Controls, PD 데이터
 - PD : 424개 (FW : 222개, BW : 202개)
 - Controls : 132개 (FW : 66개, BW : 66개)
 - 단위 시간당 각 마커 센서의 위치(x, y, z), 속도(x, y, z), 가속도(x, y, z) 데이터

Data - 대상자특성

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Group	Fno	FOG	Initial	Age	Sex	Ht	Wt	Domside	Sxdur(질병기간)	Txdur(치료기간)
2	4	1	1	<div> 1 : F (보행동결) 2 : NF (보행동결 아님) 3 : CON (정상) </div> <div>비 식 별 화</div>							
3	2	2	1								
4	1	3	1								
5	4	4	1								
6	3	5	1								
7	1	6	1								
8	2	7	1								
9	4	8	1								
10	3	9	1								
11	4	10	1								
12	3	11	1								
13	4	12	1								
14	1	13	1								
15	1	14	1								

...

⋮

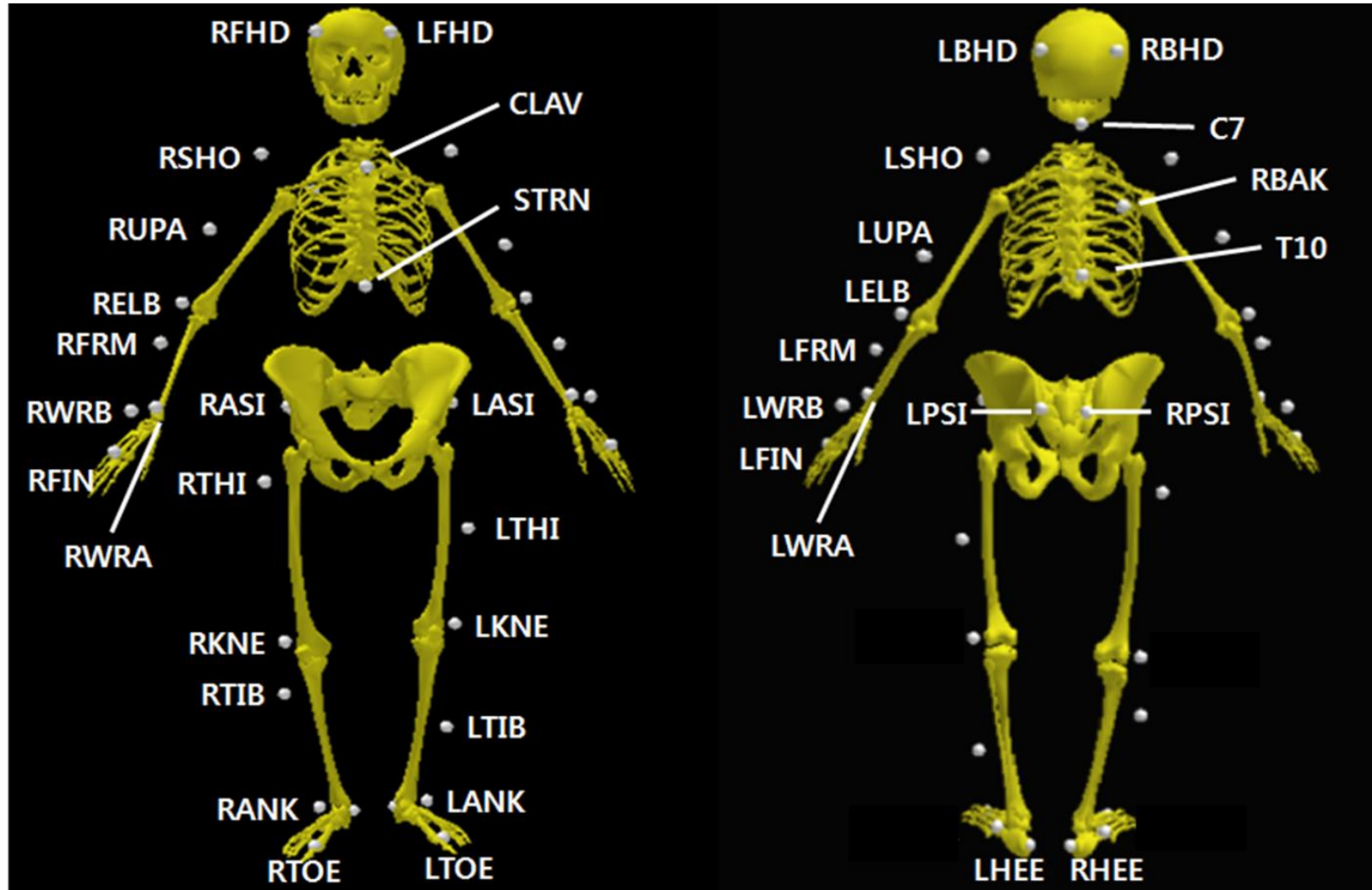
Data - Controls, PD 데이터

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Trajectories																
2	100																
3			AMJ:LFHD			AMJ:RFHD			AMJ:LBHD			AMJ:RBHD			AMJ:C7		
4	Frame	Sub Frame	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
5			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6	1159	0	-59.6907	1275.143	1366.143	57.83682	1269.576	1365.543	-74.3492	1111.961	1357.626	47.48616	1109.349	1351.934	-23.1009	1097.458	1240.244
7	1160	0	-59.8781	1272.476	1366.247	57.89148	1266.793	1365.573	-74.5252	1109.321	1357.607	47.79973	1106.187	1351.955	-23.8533	1094.668	1240.147
8	1161	0	-60.4384	1269.662	1366.369	57.13322	1263.986	1365.579	-73.8909	1106.759	1357.416	47.18043	1103.206	1351.93	-23.8262	1091.87	1239.986
9	1162	0	-61.0229	1266.837	1366.488	56.62731	1261.116	1365.582	-74.8793	1103.909	1357.298	46.05477	1100.857	1351.619	-24.1494	1089.287	1239.877
10	1163	0	-61.6818	1264.144	1366.48	56.13927	1258.467	1365.597	-75.9681	1101.15	1357.255	45.74035	1098.228	1351.579	-25.0401	1086.643	1239.599
11	1164	0	-62.2243	1261.418	1366.47	55.41092	1255.823	1365.542	-77.3443	1098.266	1357.263	45.23861	1095.406	1350.872	-26.1696	1084.018	1239.599
12	1165	0	-63.1148	1258.778	1366.438	54.69273	1253.069	1365.577	-77.8258	1095.601	1357.104	44.06237	1092.769	1351.318	-27.7373	1081.536	1239.537
13	1166	0	-64.009	1256.151	1366.447	53.70674	1250.607	1365.603	-78.5226	1093.03	1357.101	43.60276	1090.33	1351.393	-28.1898	1079.055	1239.455
14	1167	0	-64.9626	1253.528	1366.457	52.95564	1248.065	1365.644	-79.7959	1090.434	1357.074	42.5743	1087.745	1351.292	-29.1741	1076.492	1239.371
15	1168	0	-65.9957	1250.974	1366.477	51.81068	1245.493	1365.655	-80.4927	1087.944	1357.018	41.58708	1085.147	1351.096	-30.1882	1074.036	1239.404
16	1169	0	-67.2344	1248.4	1366.463	50.50556	1243.02	1365.674	-80.7567	1085.441	1356.596	39.79927	1082.917	1350.589	-30.8523	1071.72	1239.229
17	1170	0	-68.4149	1245.818	1366.384	49.31966	1240.689	1365.665	-82.2232	1082.822	1356.828	38.79696	1080.752	1350.707	-31.9951	1069.263	1239.09
18	1171	0	-69.5582	1243.387	1366.253	48.15219	1238.298	1365.569	-83.6853	1080.226	1356.784	38.28871	1077.911	1350.698	-33.0404	1066.569	1239.088
19	1172	0	-70.9396	1240.914	1366.089	46.85505	1235.812	1365.419	-85.2637	1077.718	1356.803	37.54921	1075.245	1350.706	-33.7396	1064.114	1238.752
20	1173	0	-72.4832	1238.421	1365.972	45.25184	1233.377	1365.225	-86.4933	1075.25	1356.649	36.21508	1072.943	1350.688	-34.7689	1061.789	1238.432
21	1174	0	-73.7362	1235.941	1365.949	43.77605	1231.076	1365.072	-87.9196	1072.817	1356.576	34.9017	1070.543	1350.588	-36.5315	1059.28	1238.183
22	1175	0	-75.2333	1233.563	1365.806	42.46381	1228.798	1364.962	-89.2513	1070.44	1356.447	32.8494	1068.154	1350.483	-37.8683	1056.744	1238.187
23	1176	0	-76.7106	1231.235	1365.677	40.97893	1226.337	1364.822	-90.5016	1068.095	1356.348	31.53842	1065.947	1350.462	-39.9521	1054.514	1238.284
24	1177	0	-78.3345	1228.896	1365.448	39.19457	1223.871	1364.632	-92.4163	1065.666	1356.345	29.6373	1063.691	1350.546	-41.2041	1052.085	1238.241
25	1178	0	-80.166	1226.496	1365.238	37.44593	1221.508	1364.439	-93.656	1063.329	1356.181	28.19607	1061.243	1350.492	-43.1923	1049.618	1238.041
26	1179	0	-81.9777	1224.005	1365.07	35.84364	1219.27	1364.344	-95.4597	1060.961	1355.981	26.44993	1058.635	1350.39	-44.8313	1047.231	1237.88
27	1180	0	-83.6834	1221.695	1364.894	34.23331	1216.998	1364.181	-97.1288	1058.608	1355.566	25.02457	1056.304	1350.249	-46.5846	1044.999	1237.696
28	1181	0	-85.4695	1219.329	1364.582	32.33804	1214.52	1363.947	-99.2602	1056.206	1355.416	22.94592	1053.999	1349.969	-48.1569	1042.579	1237.639
29	1182	0	-87.1828	1216.893	1364.097	30.51971	1211.903	1363.515	-101.014	1053.828	1355.193	21.23789	1051.541	1349.7	-49.6442	1040.159	1237.435
30	1183	0	-88.9813	1214.391	1363.636	28.7804	1209.283	1363.045	-102.995	1051.274	1354.748	19.20591	1048.953	1349.257	-51.5923	1037.8	1236.93

...

⋮

Data - Controls, PD 데이터



Data - Controls, PD 데이터

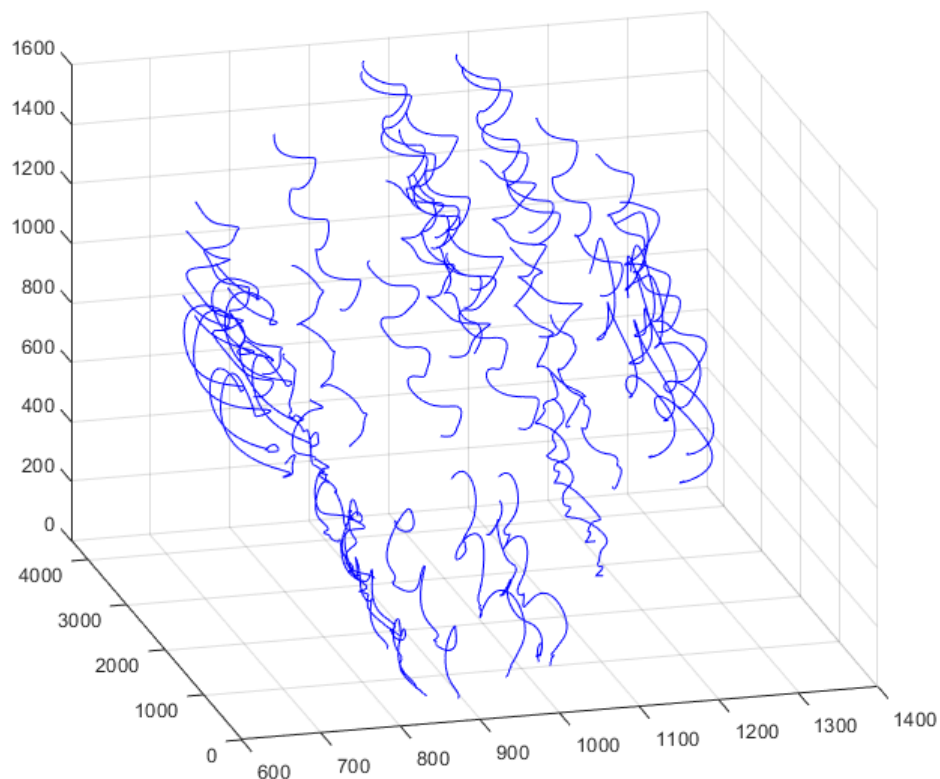
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Trajectories																
2	100																
3			AMJ:LFHD						AMJ:LBHD			AMJ:RBHD			AMJ:C7		
4	Frame	Sub Frame	X	Y	Z				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
5			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6	1159	0	-59.6907	1275.143	1366.143	57.83682	1269.576	1365.543	-74.3492	1111.961	1357.626	47.48616	1109.349	1351.934	-23.1009	1097.458	1240.244
7	1160	0	-59.8781	1272.476	1366.247	57.89148	1266.793	1365.573	-74.5252	1109.321	1357.607	47.79973	1106.187	1351.955	-23.8533	1094.668	1240.147
8	1161	0	-60.4384	1269.662	1366.369	57.13322	1263.986	1365.579	-73.8909	1106.759	1357.416	47.18043	1103.206	1351.93	-23.8262	1091.87	1239.986
9	1162	0	-61.0229	1266.837	1366.488	56.62731	1261.116	1365.582	-74.8793	1103.909	1357.298	46.05477	1100.857	1351.619	-24.1494	1089.287	1239.877
10	1163	0	-61.6818	1264.144	1366.48	56.13927	1258.467	1365.597	-75.9681	1101.15	1357.255	45.74035	1098.228	1351.579	-25.0401	1086.643	1239.599
11	1164	0	-62.2243	1261.418	1366.47	55.41092	1255.823	1365.542	-77.3443	1098.266	1357.263	45.23861	1095.406	1350.872	-26.1696	1084.018	1239.599
12	1165	0	-63.1148	1258.778	1366.438	54.69273	1253.069	1365.577	-77.8258	1095.601	1357.104	44.06237	1092.769	1351.318	-27.7373	1081.536	1239.537
13	1166	0	-64.009	1256.151	1366.447	53.70674	1250.607	1365.603	-78.5226	1093.03	1357.101	43.60276	1090.71	1350.872	-28.4696	1078.999	1239.475
14	1167	0	-64.96	1253.524	1366.456	52.95564	1248.065	1365.644	-79.7959	1090.434	1357.074	42.5743	1088.587	1350.872	-29.2023	1076.476	1239.413
15	1168	0	-65.93	1250.997	1366.465	51.81068	1245.493	1365.655	-80.4927	1087.944	1357.018	41.58708	1086.099	1350.872	-30.005	1073.953	1239.351
16	1169	0	-67.2344	1248.57	1366.475	50.50556	1243.02	1365.674	-80.7567	1085.441	1356.596	40.79927	1083.622	1350.872	-30.79927	1071.43	1239.289
17	1170	0	-68.4149	1245.818	1366.384	49.31966	1240.689	1365.665	-82.2232	1082.822	1356.828	38.79696	1080.808	1350.872	-31.59927	1068.909	1239.227
18	1171	0	-69.5582	1243.387	1366.253	48.15219	1238.298	1365.569	-83.6853	1080.226	1356.784	38.28871	1077.911	1350.698	-33.0404	1066.569	1239.088
19	1172	0	-70.9396	1240.914	1366.089	46.85505	1235.812	1365.419	-85.2637	1077.718	1356.803	37.54921	1075.245	1350.706	-33.7396	1064.114	1238.752
20	1173	0	-72.4832	1238.421	1365.972	45.25184	1233.377	1365.229	-86.4933	1075.25	1356.649	36.21508	1072.943	1350.688	-34.7689	1061.789	1238.432
21	1174	0	-73.7362	1235.941	1365.949	43.77605	1231.076	1365.072	-87.9196	1072.817	1356.576	34.9017	1070.543	1350.588	-36.5315	1059.28	1238.183
22	1175	0	-75.2333	1233.563	1365.806	42.46381	1228.798	1364.962	-89.2513	1070.44	1356.447	32.8494	1068.154	1350.483	-37.8683	1056.744	1238.187
23	1176	0	-76.7106	1231.235	1365.677	40.97893	1226.337	1364.822	-90.5016	1068.095	1356.348	31.53842	1065.947	1350.462	-39.9521	1054.514	1238.284
24	1177	0	-78.3345	1228.896	1365.448	39.19457	1223.871	1364.632	-92.4163	1065.666	1356.345	29.6373	1063.691	1350.546	-41.2041	1052.085	1238.241
25	1178	0	-80.166	1226.496	1365.238	37.44593	1221.508	1364.439	-93.656	1063.329	1356.181	28.19607	1061.243	1350.492	-43.1923	1049.618	1238.041
26	1179	0	-81.9777	1224.005	1365.07	35.84364	1219.27	1364.344	-95.4597	1060.961	1355.981	26.44993	1058.635	1350.39	-44.8313	1047.231	1237.88
27	1180	0	-83.6834	1221.695	1364.894	34.23331	1216.998	1364.181	-97.1288	1058.608	1355.566	25.02457	1056.304	1350.249	-46.5846	1044.999	1237.696
28	1181	0	-85.4695	1219.329	1364.582	32.33804	1214.52	1363.947	-99.2602	1056.206	1355.416	22.94592	1053.999	1349.969	-48.1569	1042.579	1237.639
29	1182	0	-87.1828	1216.893	1364.097	30.51971	1211.903	1363.515	-101.014	1053.828	1355.193	21.23789	1051.541	1349.7	-49.6442	1040.159	1237.435
30	1183	0	-88.9813	1214.391	1363.636	28.7804	1209.283	1363.045	-102.995	1051.274	1354.748	19.20591	1048.953	1349.257	-51.5923	1037.8	1236.93

센서 이름

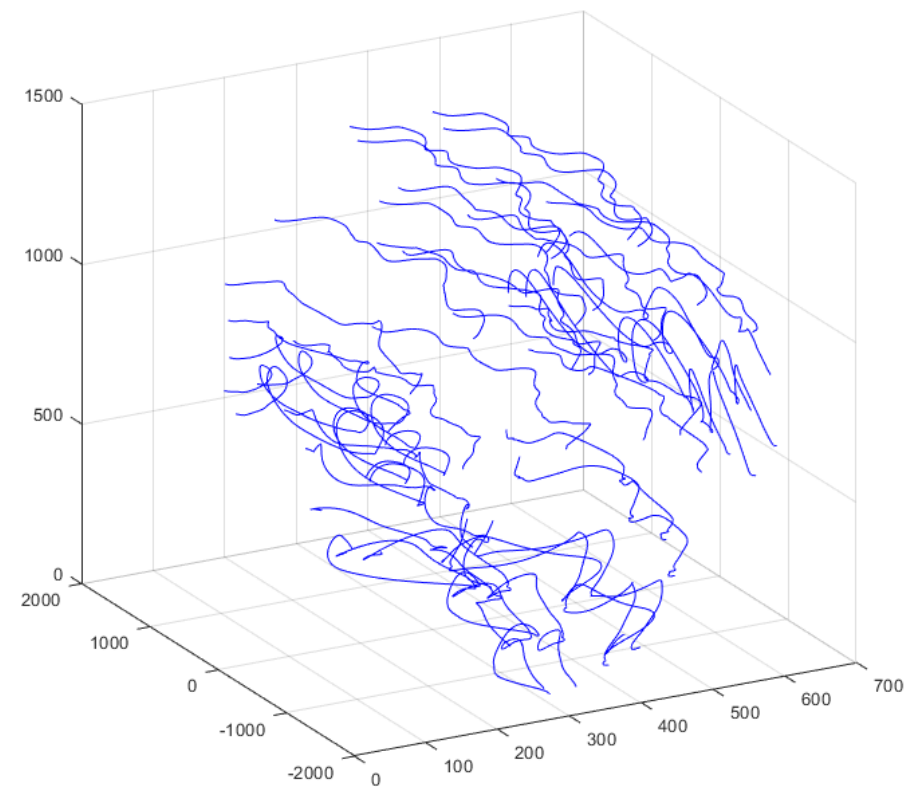
시간 구분

매 시간, 각 센서마다
(x, y, z) 3개의 값을 가짐

Exploratory Data Analysis(EDA)

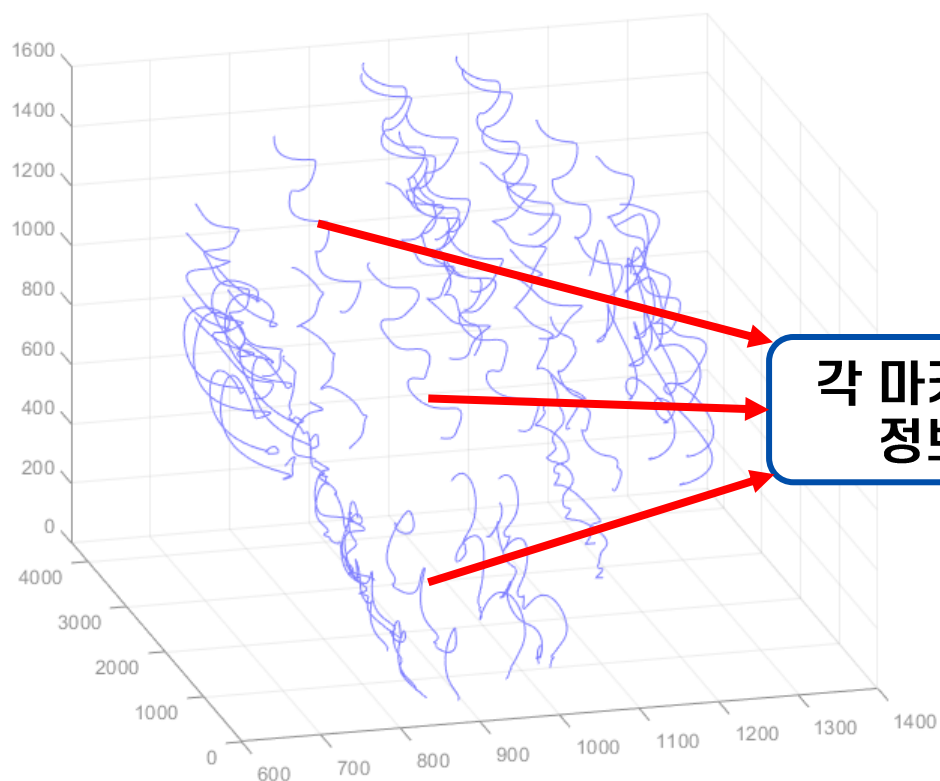


Control

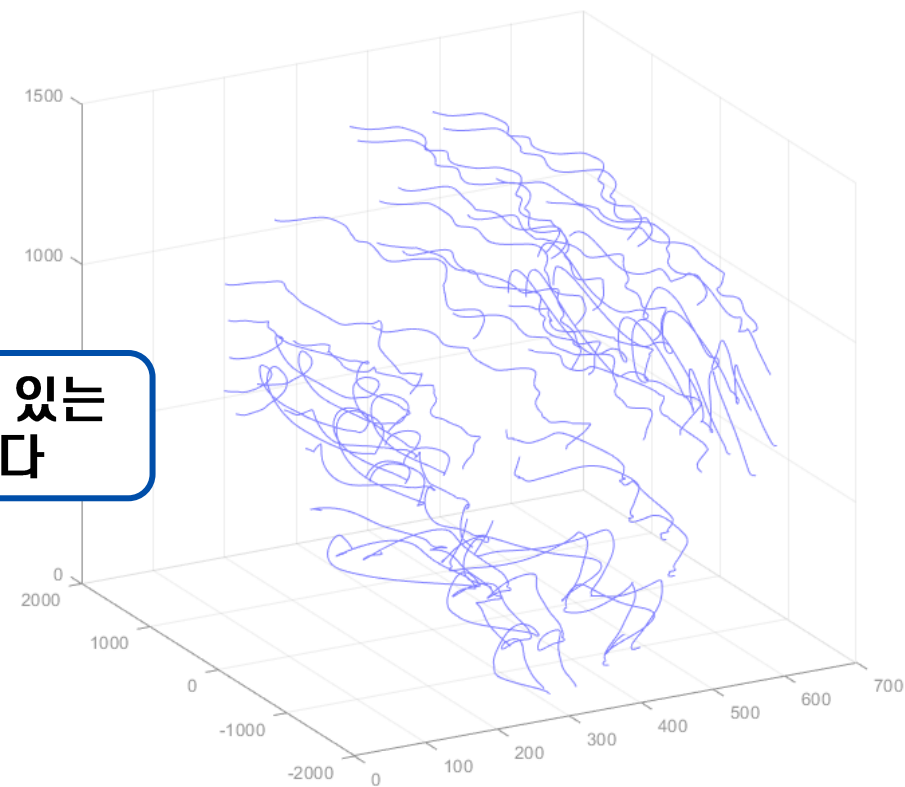


PD

Exploratory Data Analysis(EDA)



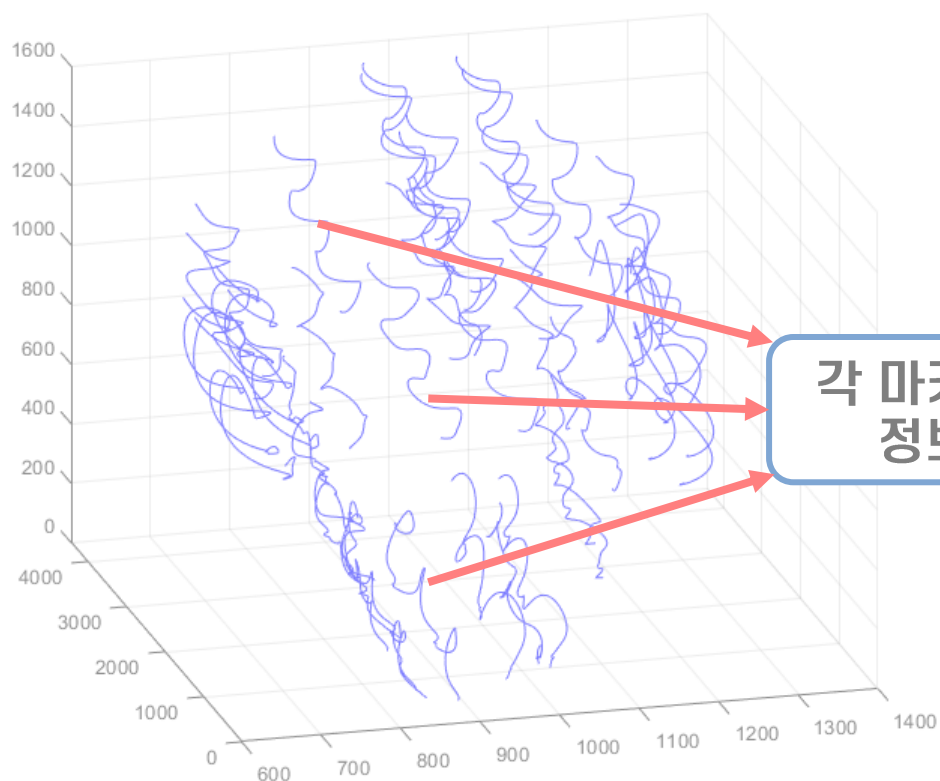
Control



PD

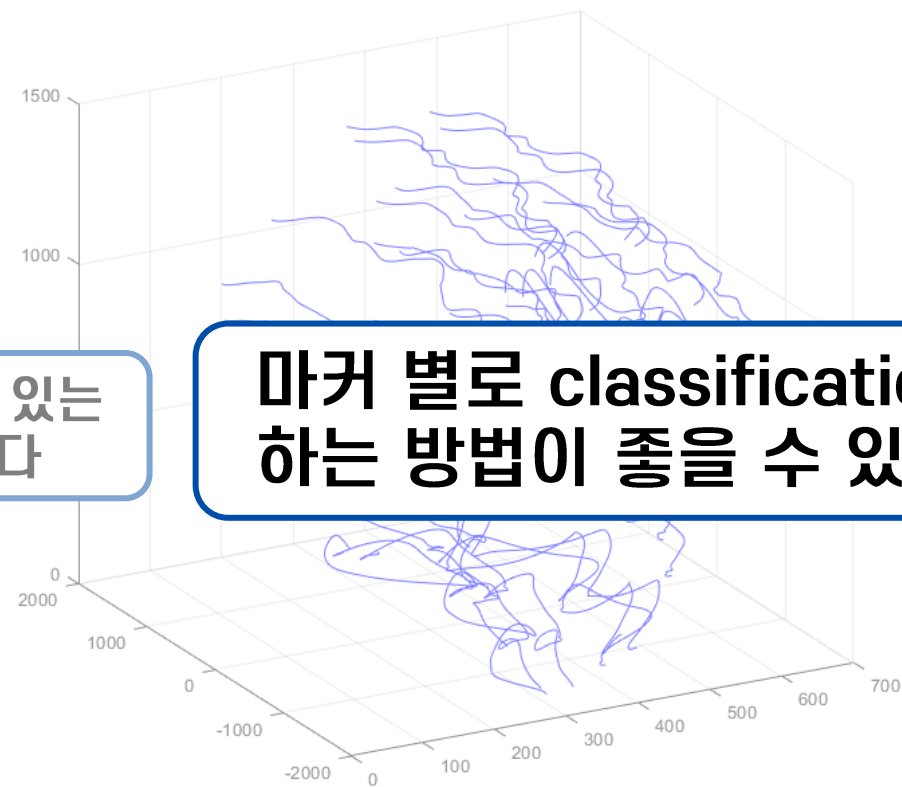
각 마커당 담고 있는
정보가 다르다

Exploratory Data Analysis(EDA)



Control

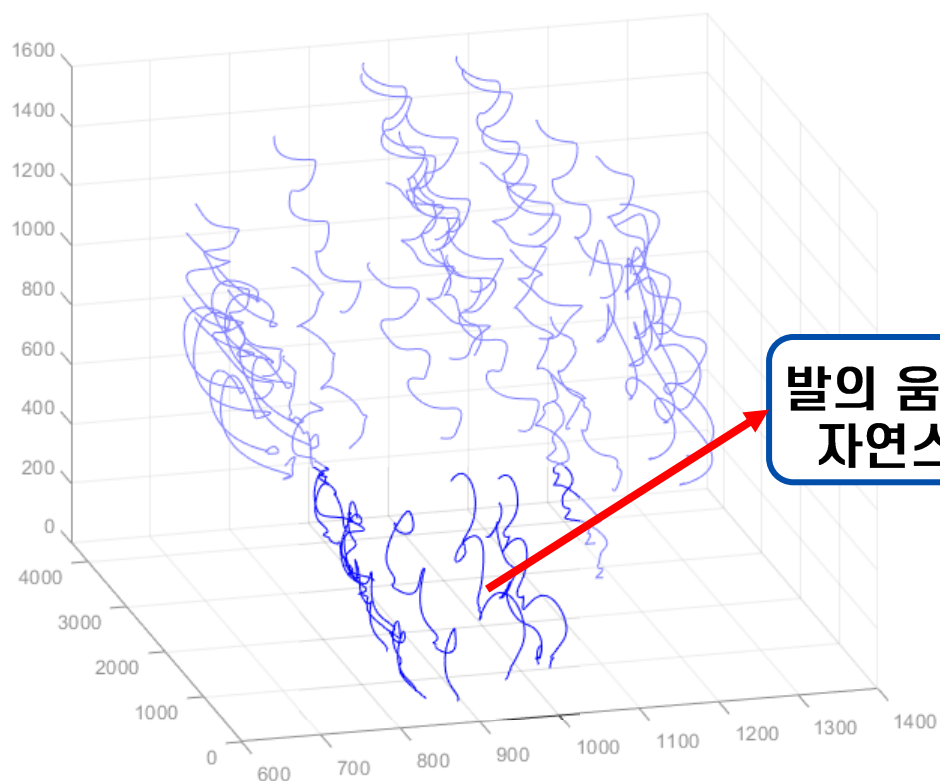
각 마커당 담고 있는
정보가 다르다



마커 별로 classification
하는 방법이 좋을 수 있음

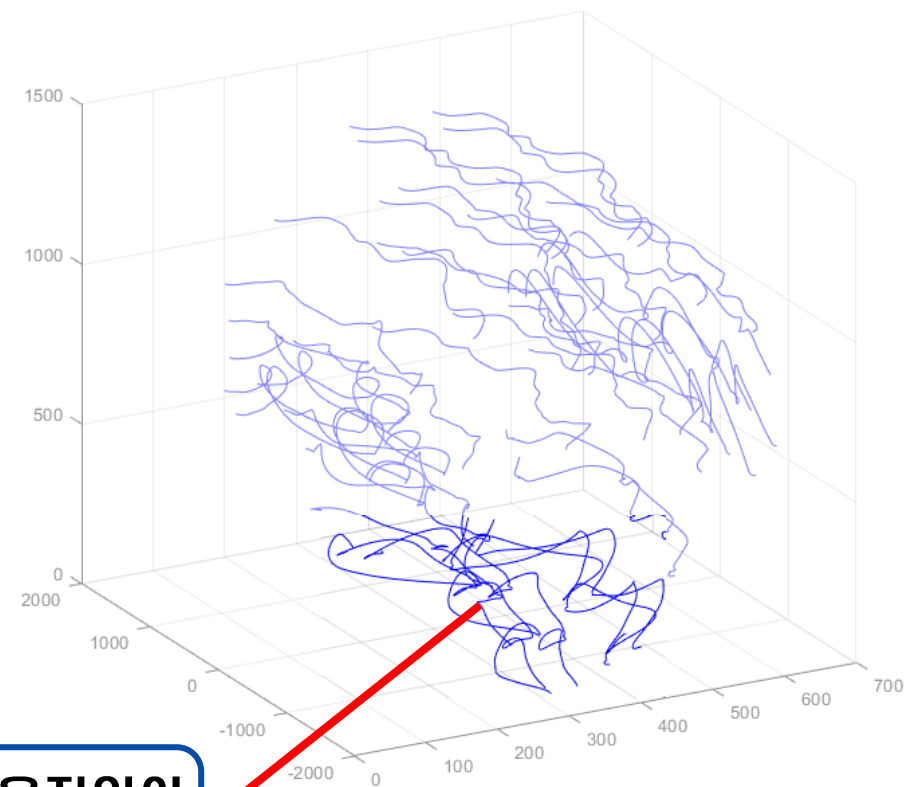
PD

Exploratory Data Analysis(EDA)



Control

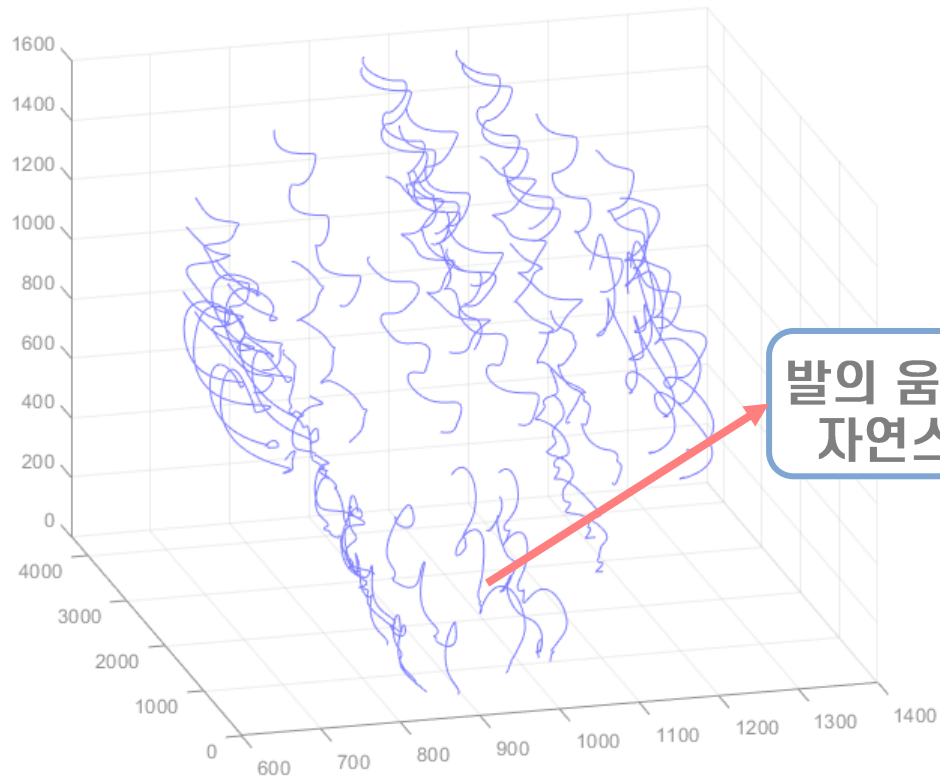
발의 움직임이
자연스러움



PD

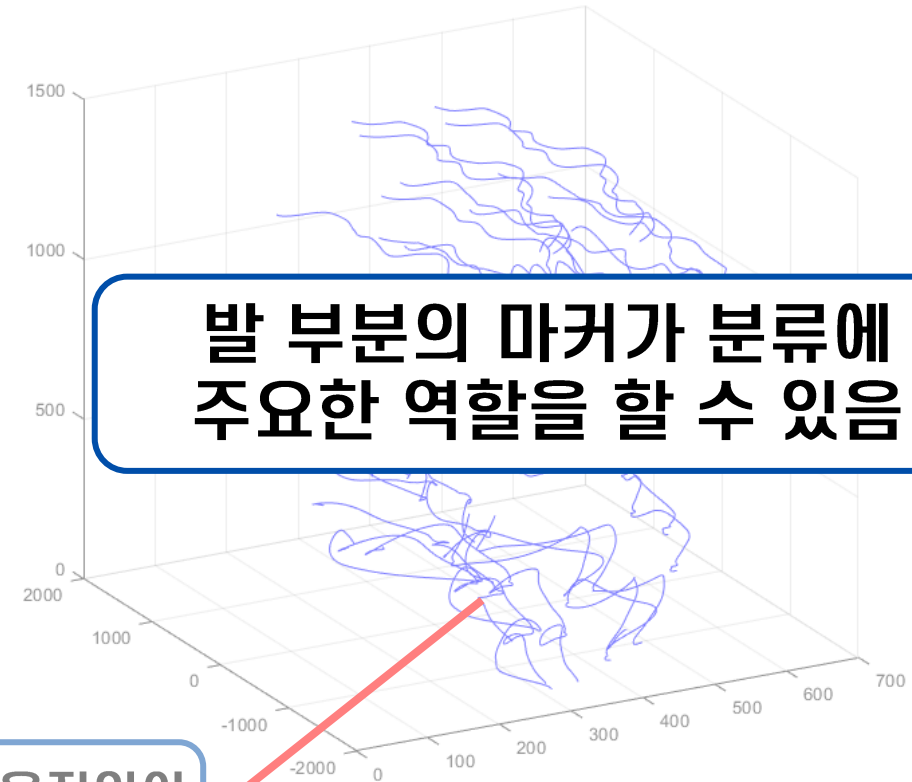
발의 움직임이
부자연스러움

Exploratory Data Analysis(EDA)



발의 움직임이
자연스러움

Control

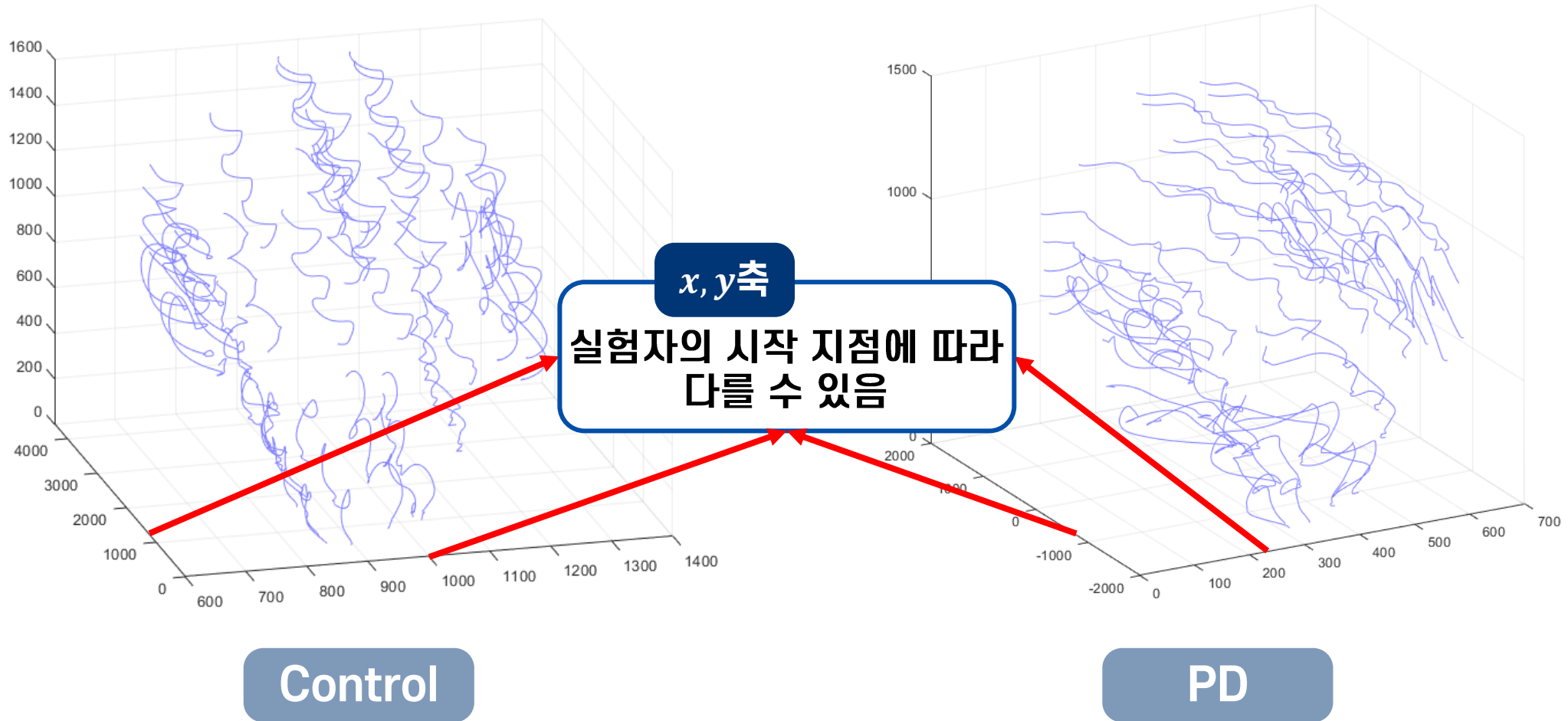


발 부분의 마커가 분류에
주요한 역할을 할 수 있음

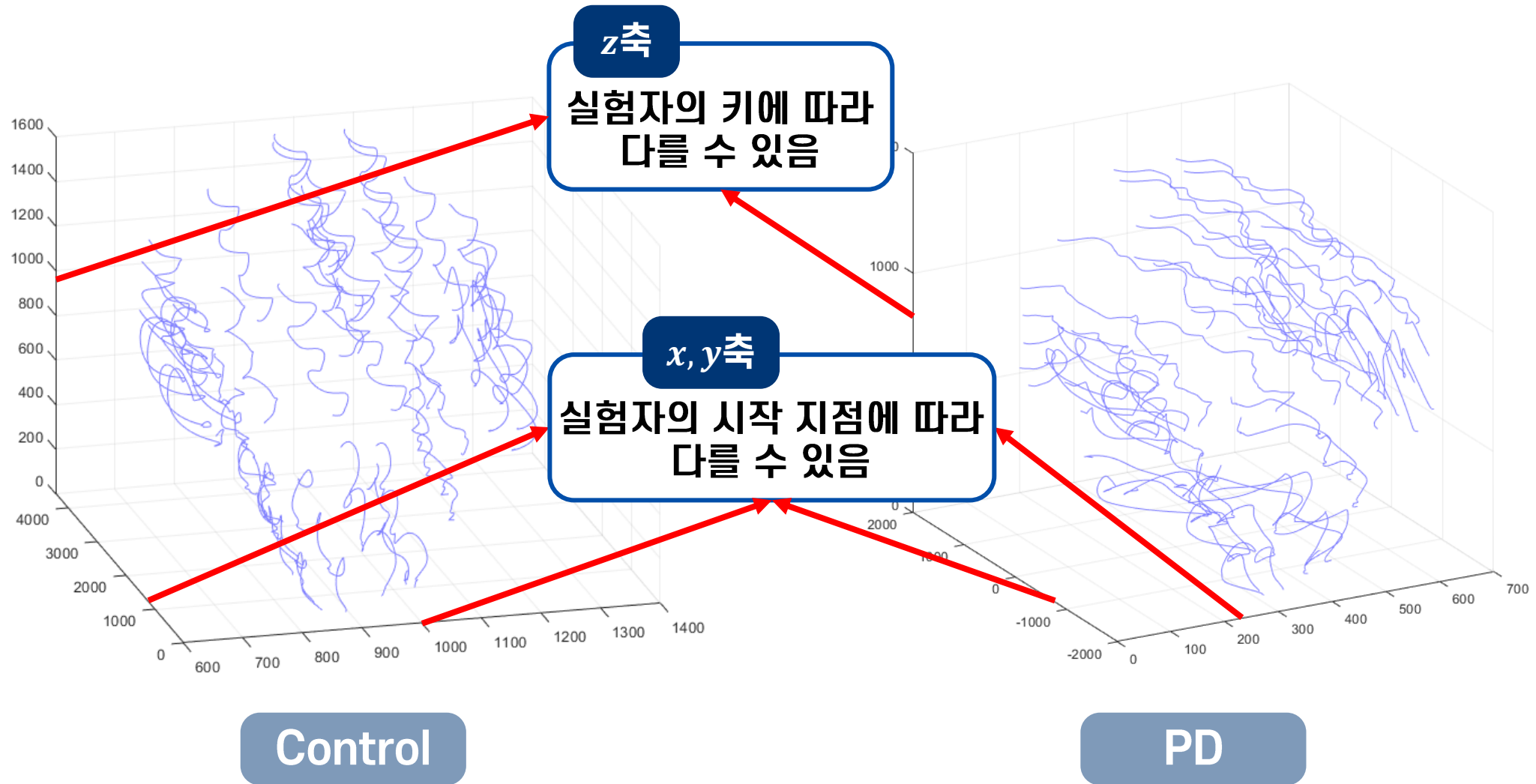
발의 움직임이
부자연스러움

PD

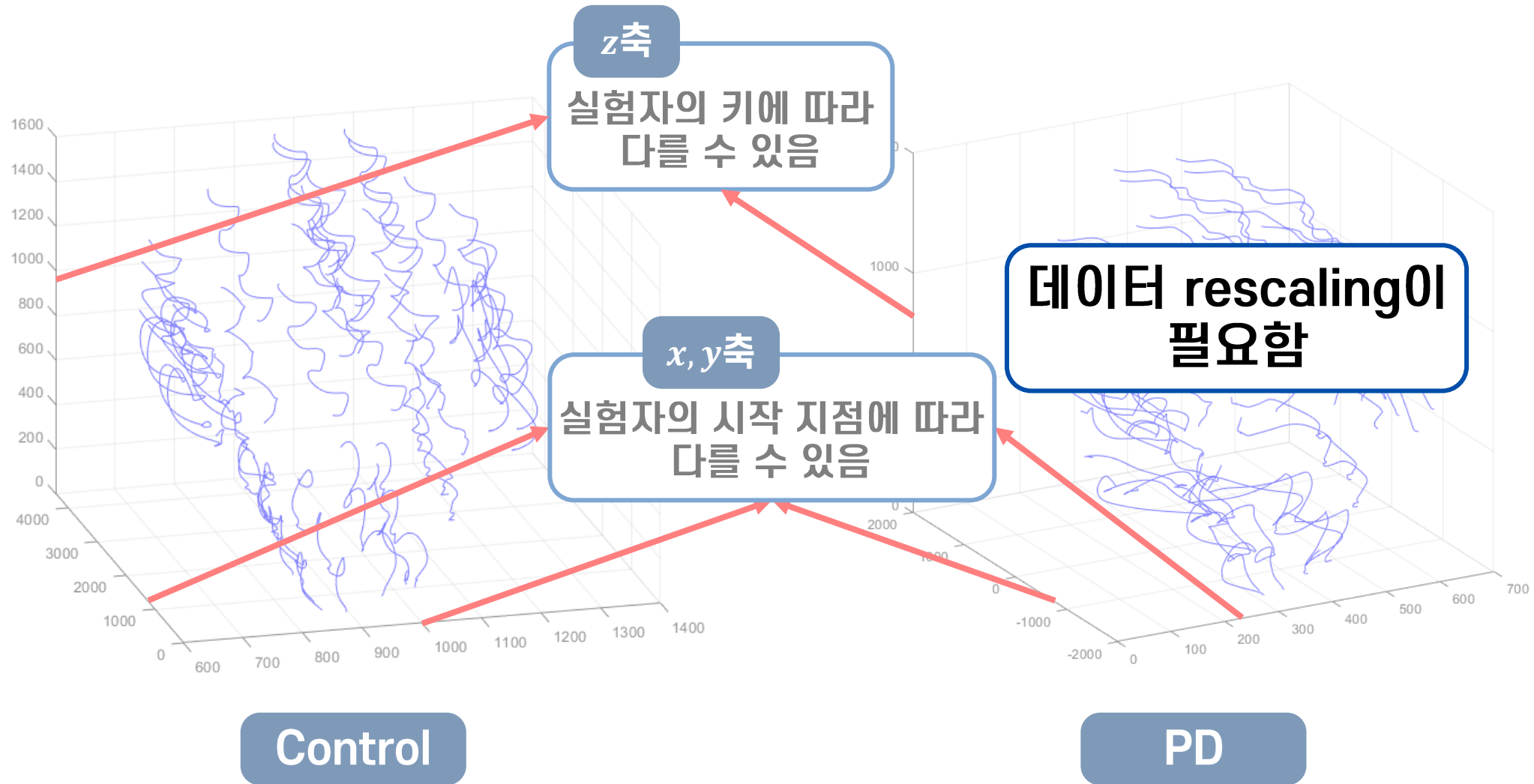
Exploratory Data Analysis(EDA)



Exploratory Data Analysis(EDA)



Exploratory Data Analysis(EDA)

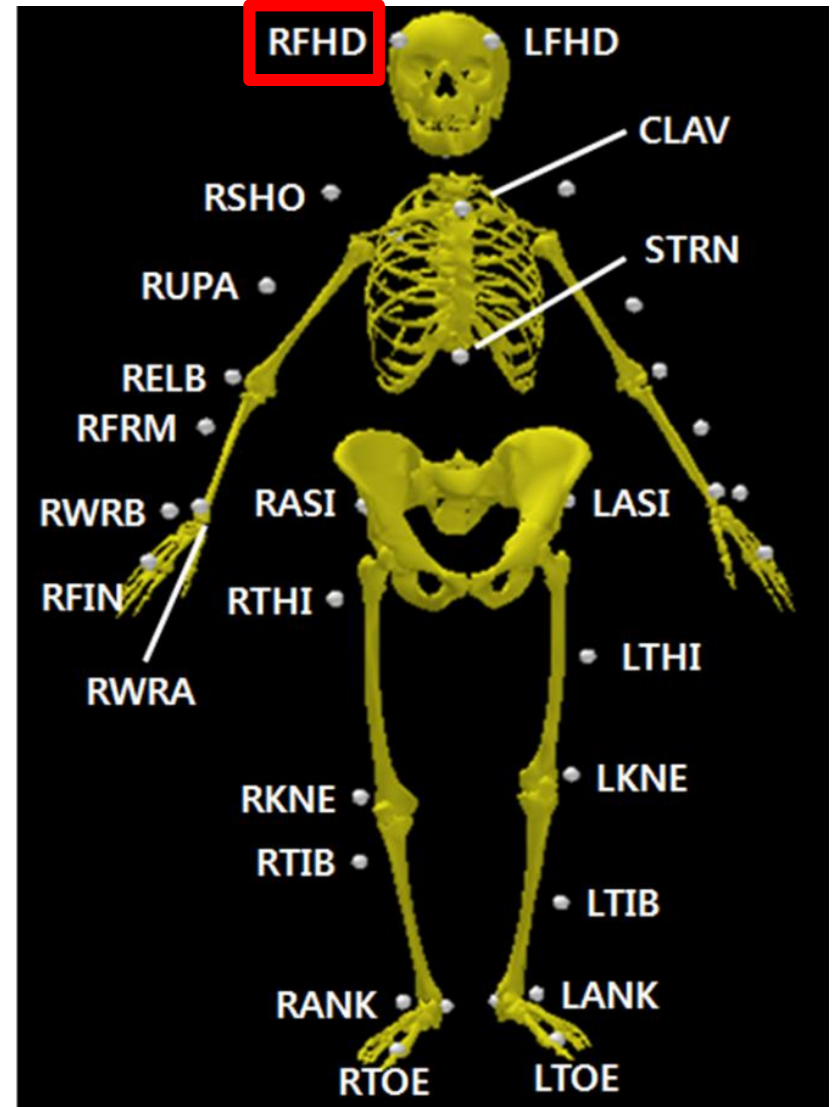




Data Preprocess

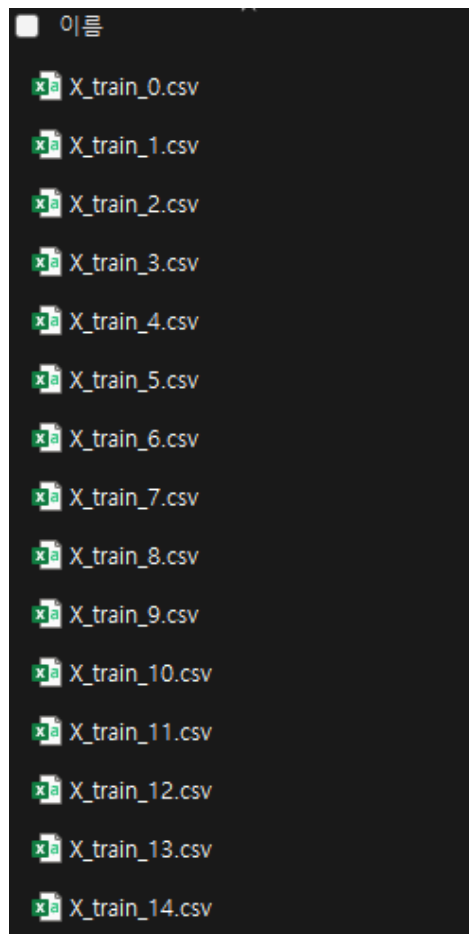
Data Preprocess

- FW, BW 중 FW 데이터만 사용
- 위치, 속도, 가속도 중 위치 데이터만 사용
- PD, Control 마커의 개수가 다른 데이터 존재
 - 모든 데이터가 공통적으로 가지고 있는 마커만 사용
 - RFHD 제외됨
- 초반에 데이터가 없는 파일이 존재
 - 각 마커 데이터를 10번째 값부터 128개씩 사용
- 각 마커별로 데이터 분리

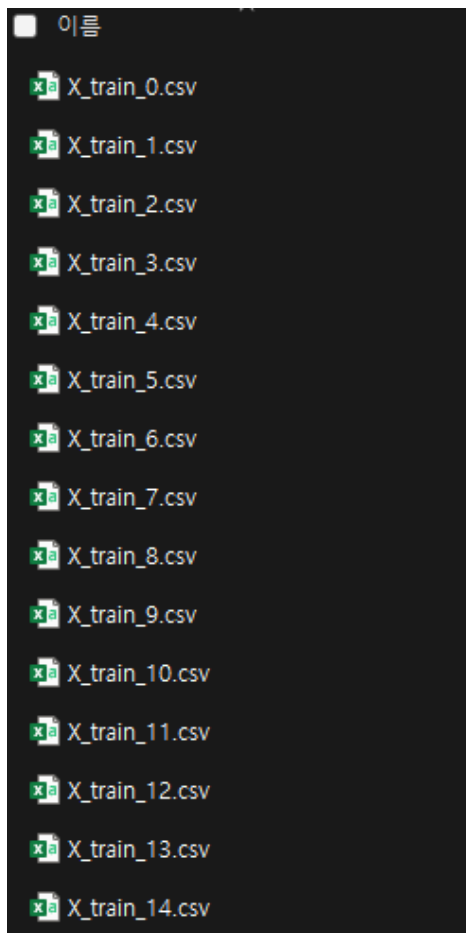


Data Preprocess

- 마커별로 데이터 분리
 - $(128 \times 114) \rightarrow (128 \times 3) \times 38 : (\text{시간} \times \text{축}) \times \text{마커}$
 - Column Normalization
- 각 마커당
 - Training data : 170개
 - Test data : 72개



Data Preprocess



⋮

- $X_{\text{train}}(n)$
 - n : 마커 구분 (0~37)

Data Preprocess

	A	B	C	D	E	F
1	row_id	series_id	measure	x	y	z
2	0_0	0	0	0.00781	-0.5911	0.000171
3	0_1	0	1	0.006022	-0.58282	0.000266
4	0_2	0	2	0.004254	-0.57475	0.000469
5	0_3	0	3	0.002507	-0.56686	0.000773
6	0_4	0	4	0.000784	-0.55916	0.00117
7	0_5	0	5	-0.00091	-0.55165	0.001652
8	0_6	0	6	-0.00258	-0.54432	0.002207
9	0_7	0	7	-0.00422	-0.53717	0.002825
10	0_8	0	8	-0.00582	-0.53018	0.003495
11	0_9	0	9	-0.00739	-0.52335	0.004203
12	0_10	0	10	-0.00892	-0.51668	0.004937
13	0_11	0	11	-0.01041	-0.51014	0.005686
14	0_12	0	12	-0.01186	-0.50372	0.006435
15	0_13	0	13	-0.01326	-0.49742	0.007171
16	0_14	0	14	-0.01461	-0.49122	0.007883
17	0_15	0	15	-0.01592	-0.4851	0.008555
18	0_16	0	16	-0.01717	-0.47904	0.009176
19	0_17	0	17	-0.01836	-0.47303	0.009732
20	0_18	0	18	-0.01949	-0.46704	0.010211
21	0_19	0	19	-0.02055	-0.46105	0.010599
22	0_20	0	20	-0.02155	-0.45505	0.010887
23	0_21	0	21	-0.02246	-0.44901	0.011062
24	0_22	0	22	-0.0233	-0.4429	0.011115
25	0_23	0	23	-0.02405	-0.43672	0.011038

⋮

- row_id : (series_id)_(measure)
- series_id : 데이터 셋 구분 (0~167)
- measure : 시간 구분 (0~119)

Data Preprocess

	A	B	C	D	E	F
1	row_id	series_id	measure	x	y	z
2	0_0	0	0	0.00781	-0.5911	0.000171
3	0_1	0	1	0.006022	-0.58282	0.000266
4	0_2	0	2	0.004254	-0.57475	0.000469
5	0_3	0	3	0.002507	-0.56686	0.000773
6	0_4	0	4	0.000784	-0.55916	0.00117
7	0_5	0	5	-0.00091	-0.55165	0.001652
8	0_6	0	6	-0.00258	-0.54432	0.002207
9	0_7	0	7	-0.00422	-0.53717	0.002825
10	0_8	0	8	-0.00582	-0.53018	0.003495
11	0_9	0	9	-0.00739	-0.52335	0.004203
12	0_10	0	10	-0.00892	-0.51668	0.004937
13	0_11	0	11	-0.01041	-0.51014	0.005686
14	0_12	0	12	-0.01186	-0.50372	0.006435
15	0_13	0	13	-0.01326	-0.49742	0.007171
16	0_14	0	14	-0.01461	-0.49122	0.007883
17	0_15	0	15	-0.01592	-0.4851	0.008555
18	0_16	0	16	-0.01717	-0.47904	0.009176
19	0_17	0	17	-0.01836	-0.47303	0.009732
20	0_18	0	18	-0.01949	-0.46704	0.010211
21	0_19	0	19	-0.02055	-0.46105	0.010599
22	0_20	0	20	-0.02155	-0.45505	0.010887
23	0_21	0	21	-0.02246	-0.44901	0.011062
24	0_22	0	22	-0.0233	-0.4429	0.011115
25	0_23	0	23	-0.02405	-0.43672	0.011038

⋮

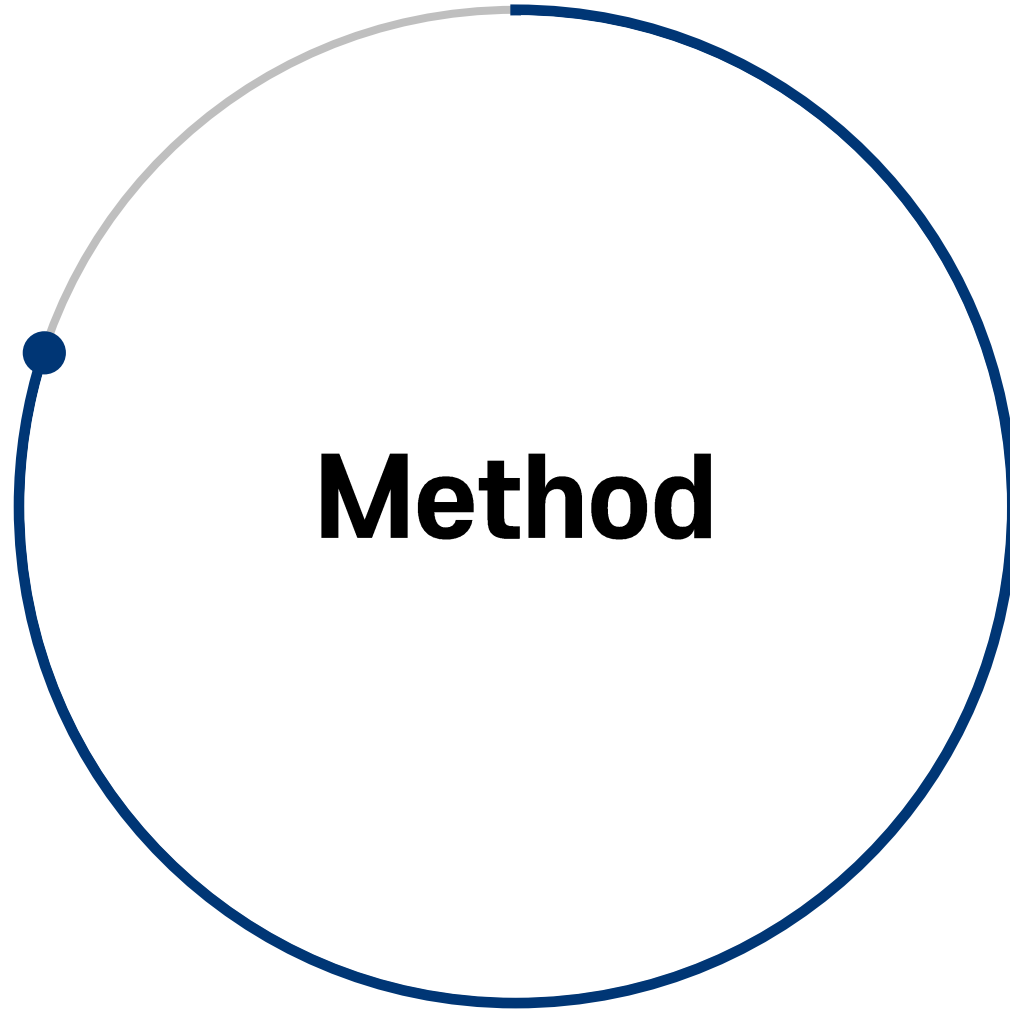
- row_id : (series_id)_(measure)
- series_id : 데이터 셋 구분 (0~167)
- measure : 시간 구분 (0~119)
- 예)
Train_X_4의 row_id 0_12의 의미 :
4번째 마커의 0번째 실험자의
12번째 데이터

Data Preprocess

	A	B	C
1	series_id	group_id	surface
2	0	3	3
3	1	2	2
4	2	1	1
5	3	1	1
6	4	2	2
7	5	2	2
8	6	2	2
9	7	2	2
10	8	1	1
11	9	2	2
12	10	2	2
13	11	2	2
14	12	1	1
15	13	1	1
16	14	2	2
17	15	2	2
18	16	1	1
19	17	2	2
20	18	1	1

⋮

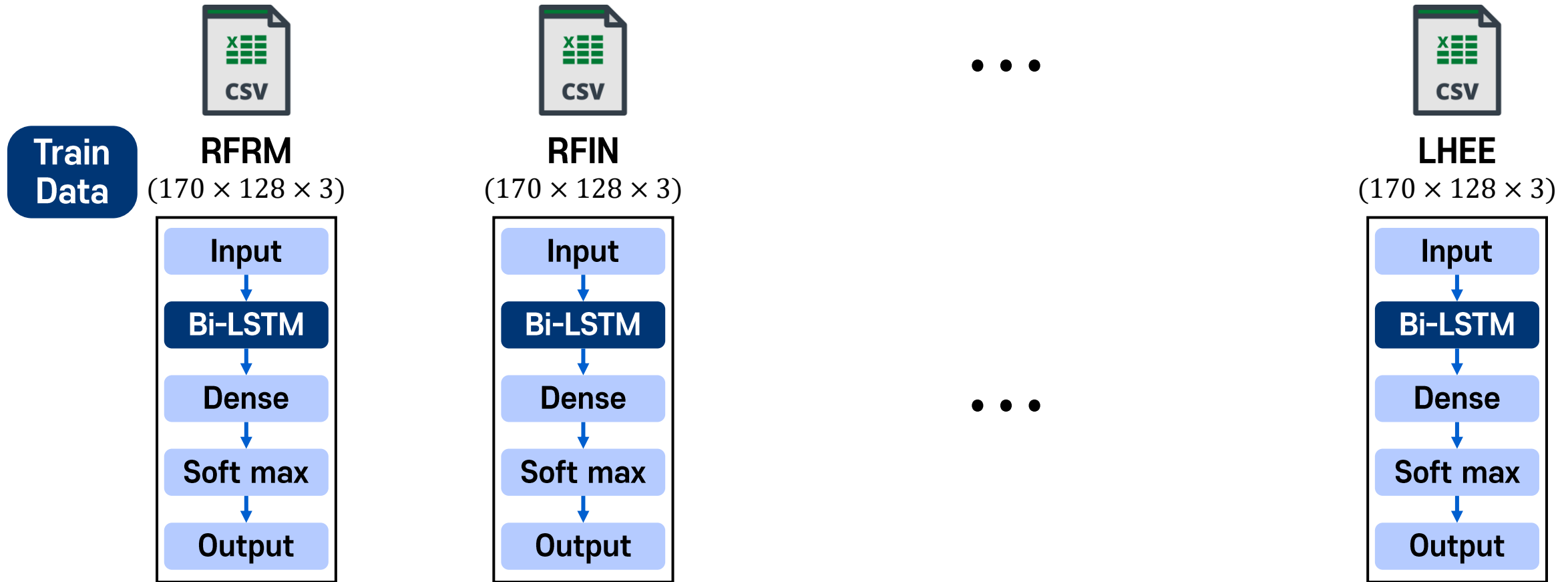
- series_id : 데이터 셋(실험) 구분
- group_id : FOG 구분
 - 1 : F (보행동결)
 - 2 : NF (보행동결 아님)
 - 3 : CON (정상)
- surface : group_id와 같음



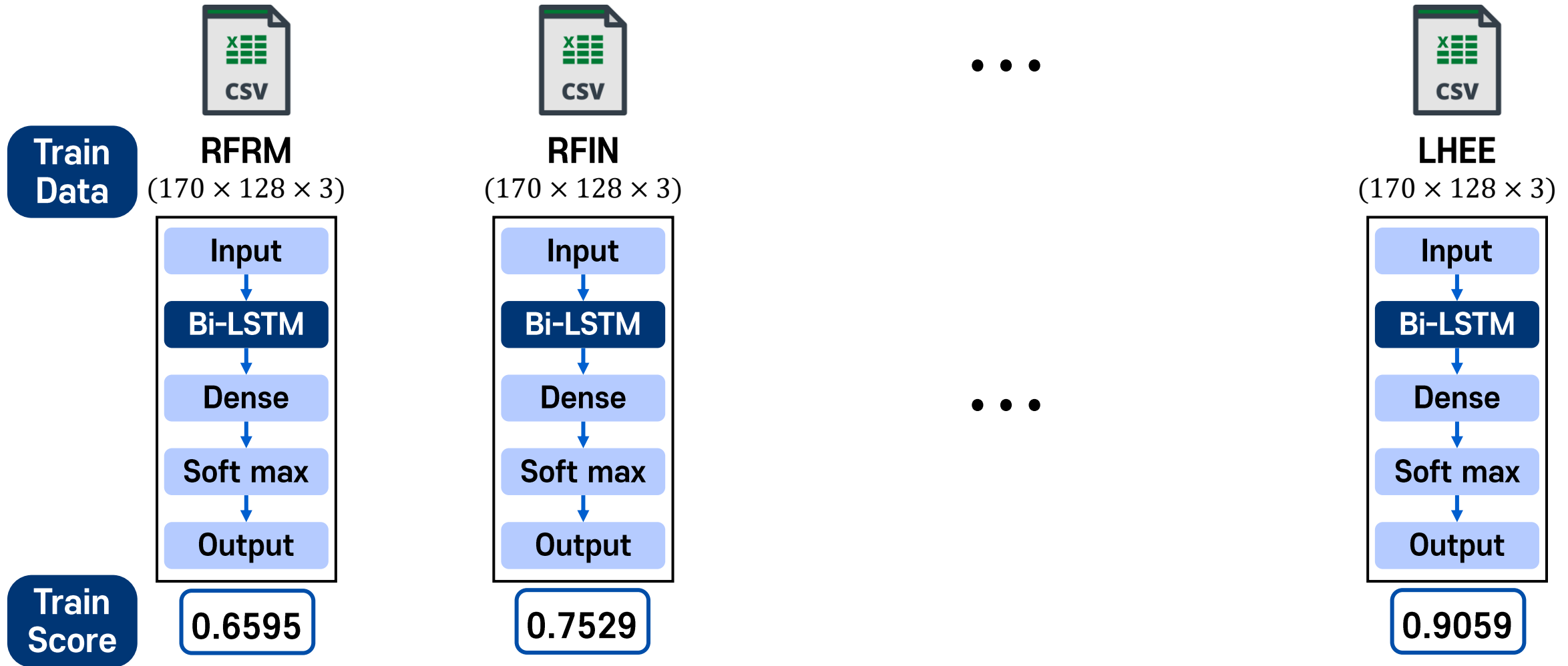
Method

1. 각 마커별로 LSTM based Classifier 훈련
2. 각 Classifier에 대해서 Train Score 측정
3. Train Score를 weight로 사용하여 Test data에 적용
4. Weight에 Threshold를 적용하여 최종 accuracy 계산

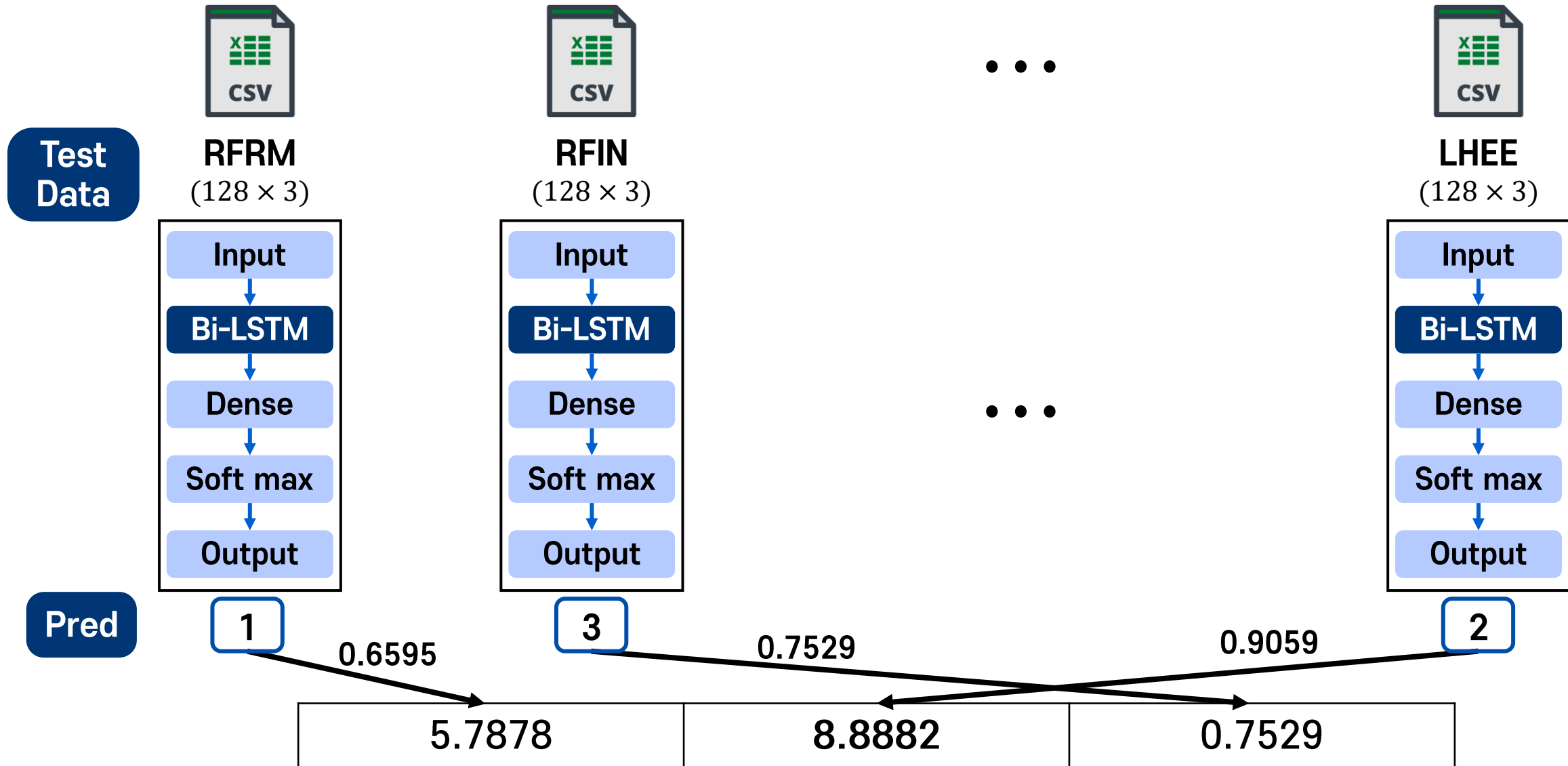
Method - 1. 각 마커별로 LSTM based Classifier 훈련



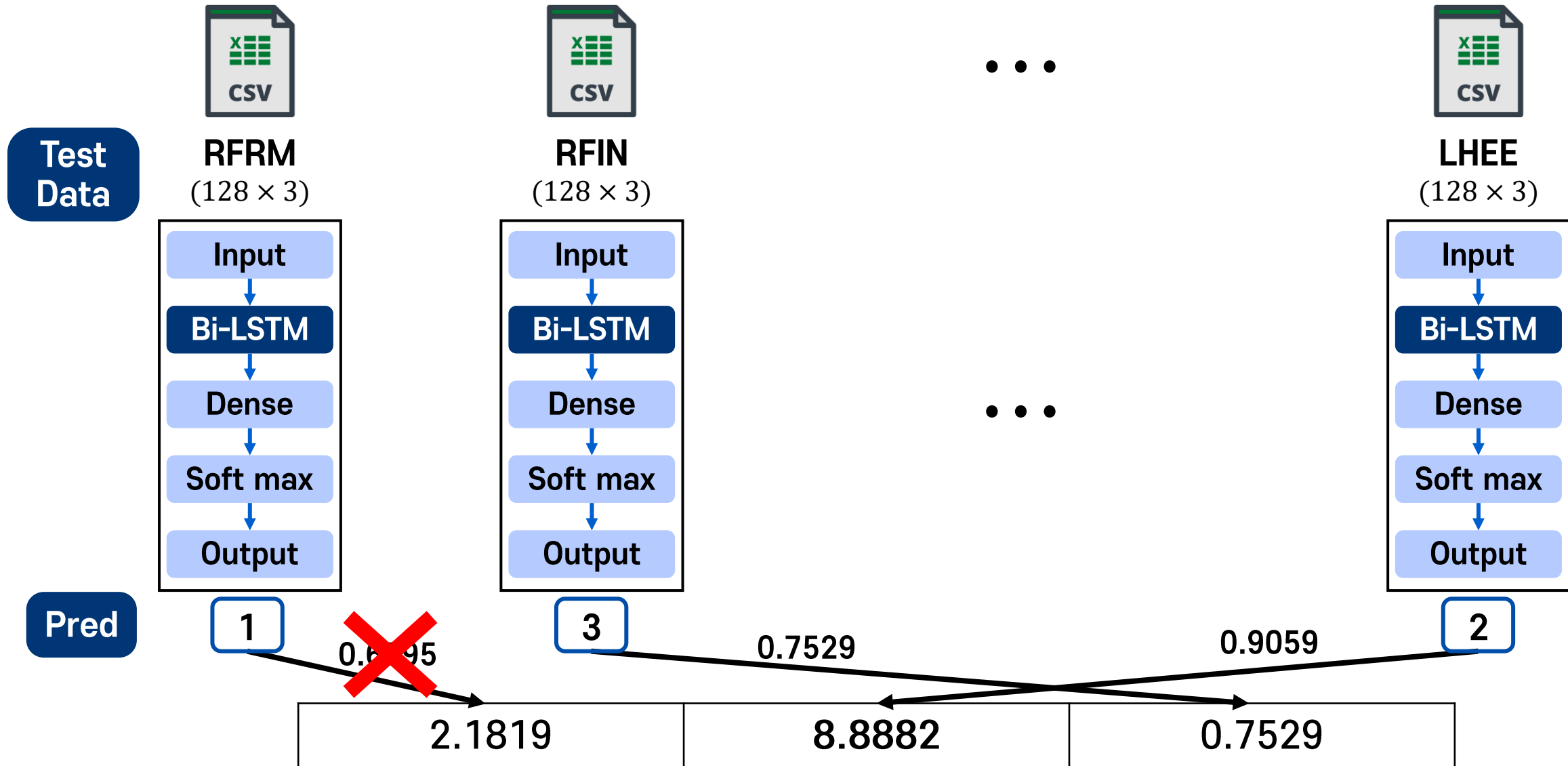
Method - 2. 각 Classifier에 대해서 Train Score 측정



Method - 3. Train Score를 weight로 사용하여 Test data에 적용



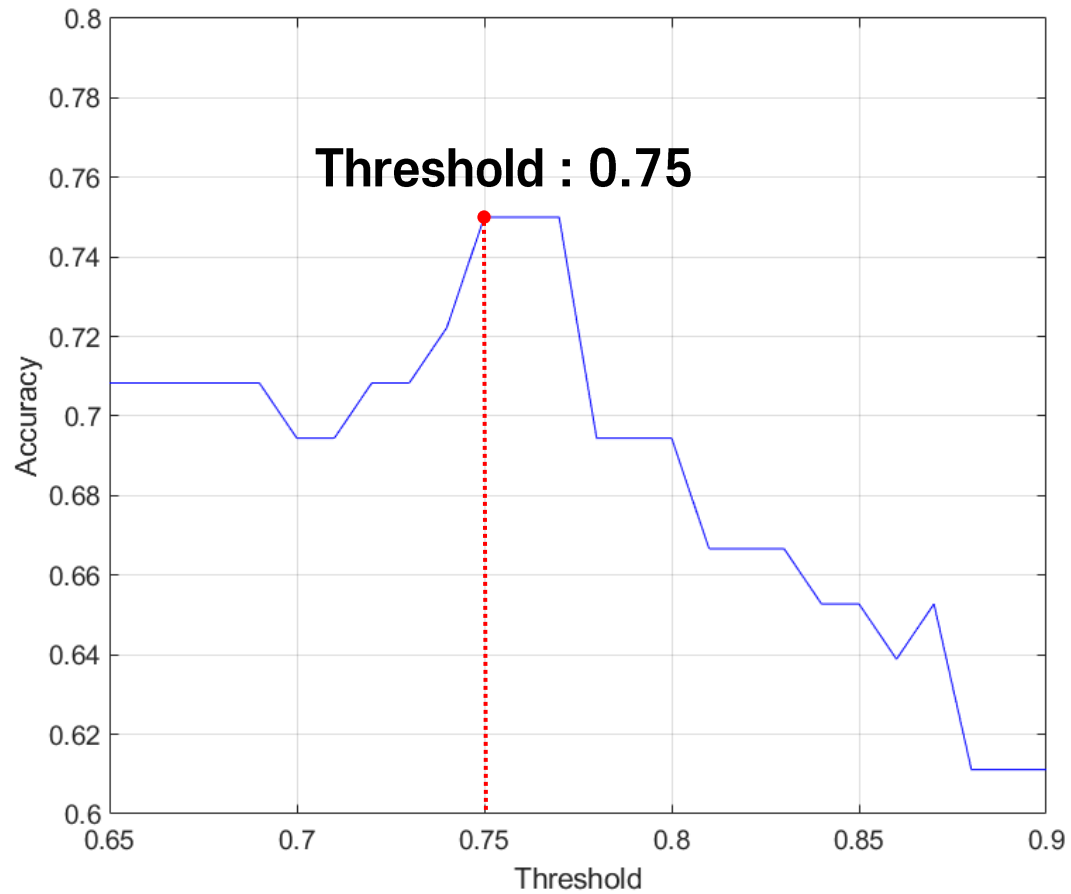
Method - 4. Weight에 Threshold를 적용하여 최종 accuracy 계산





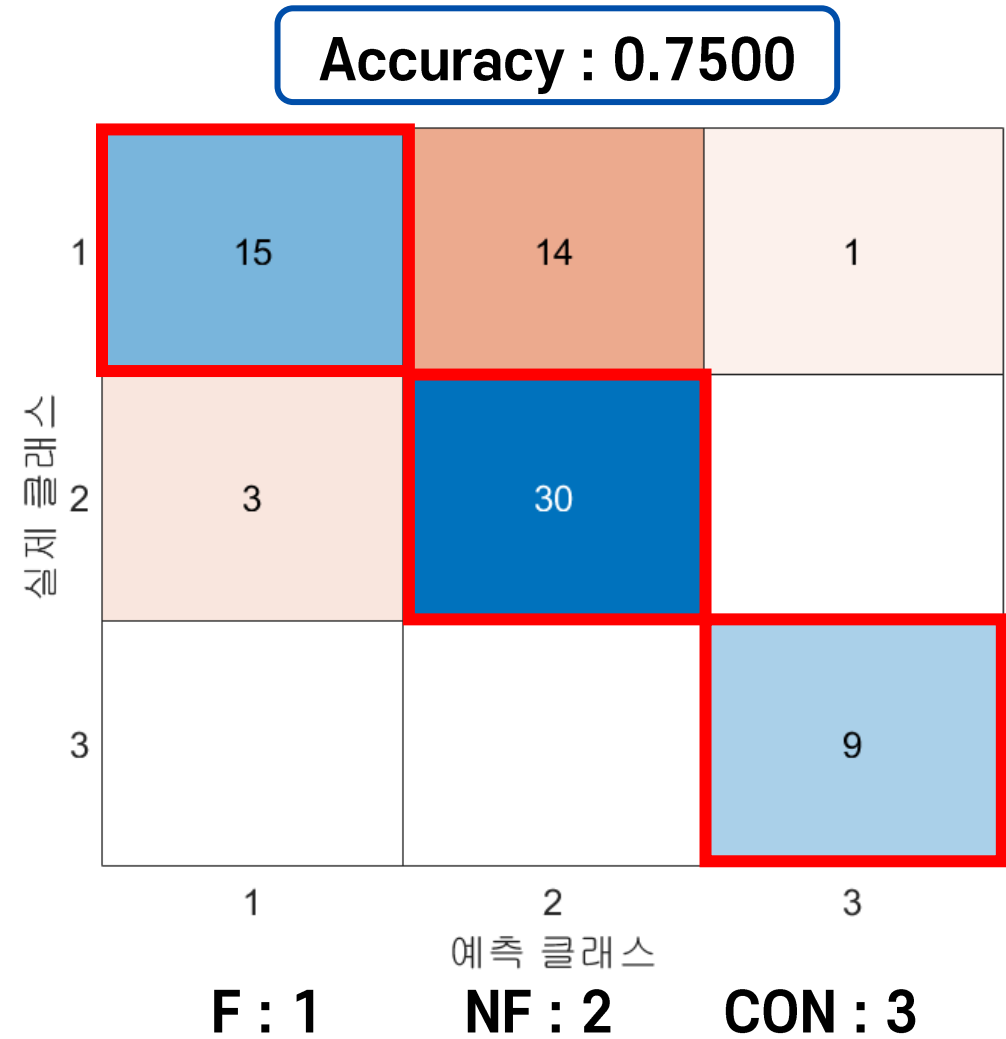
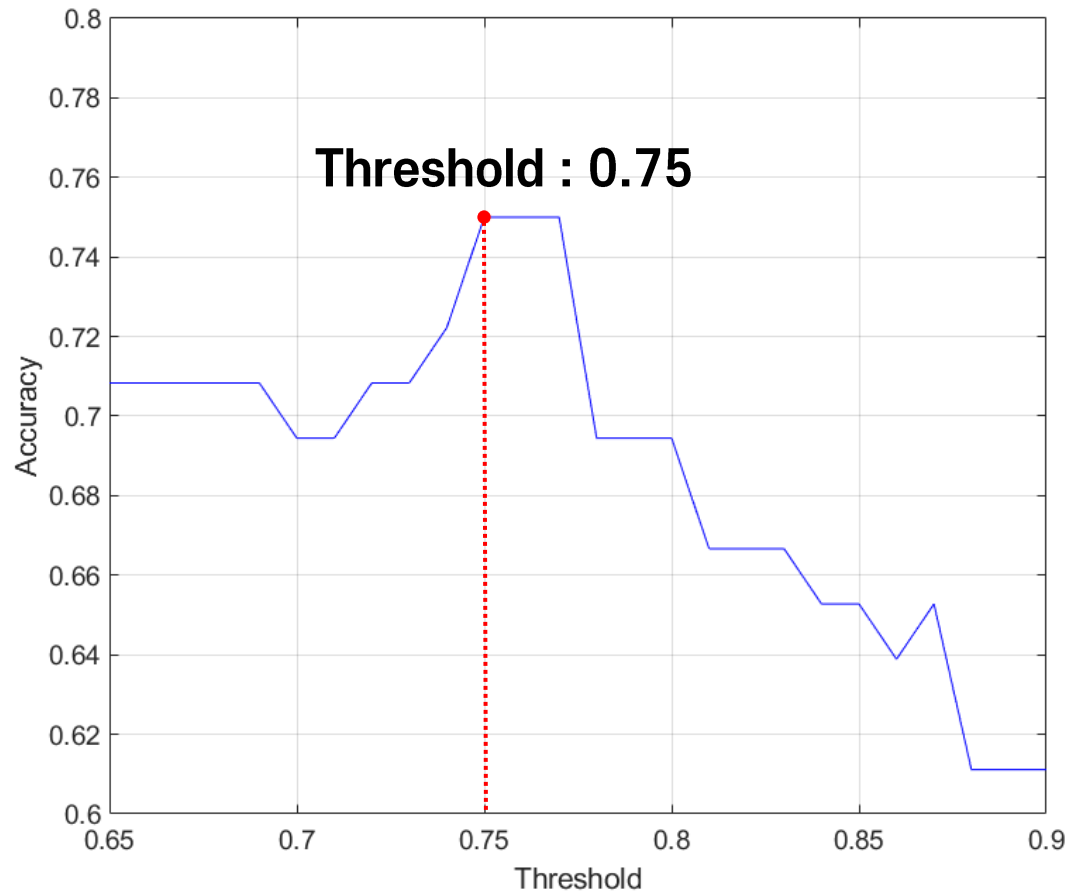
Result

Result

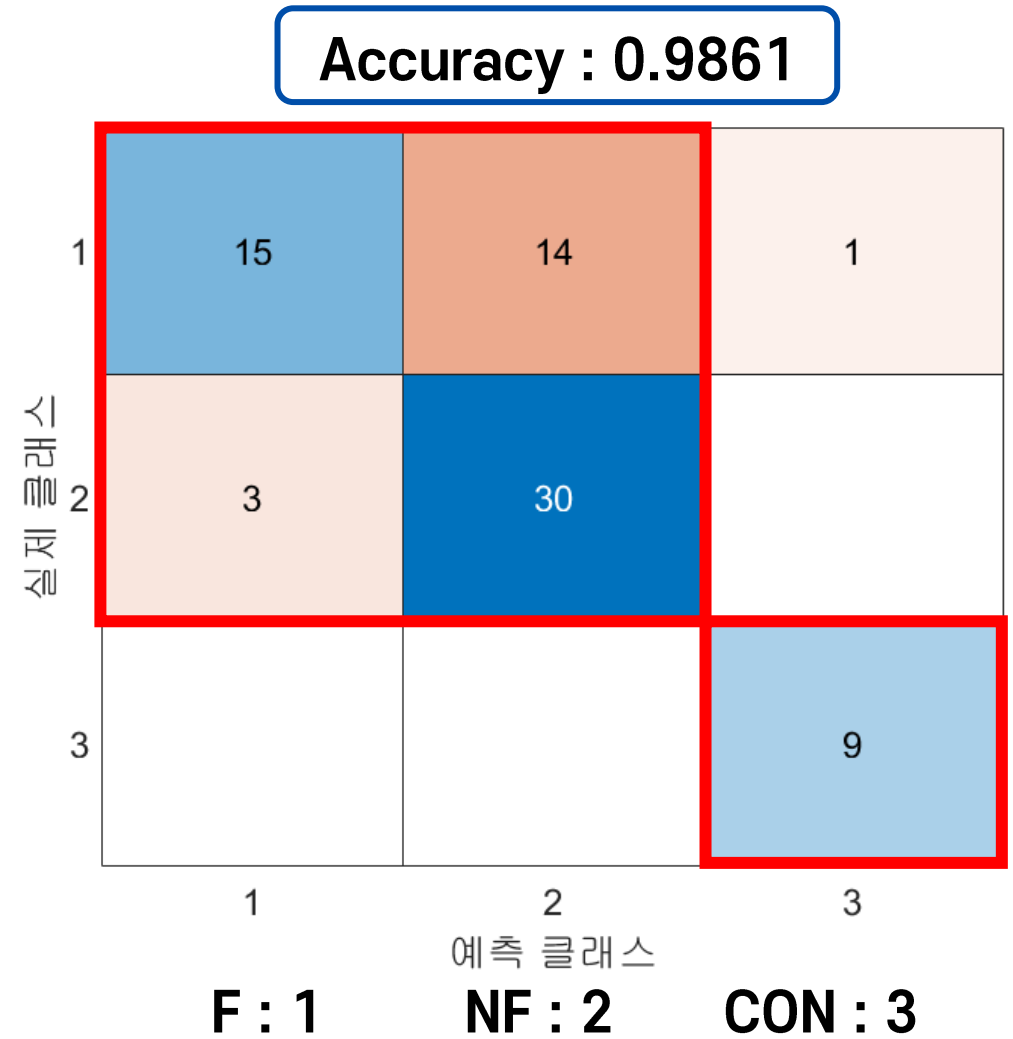
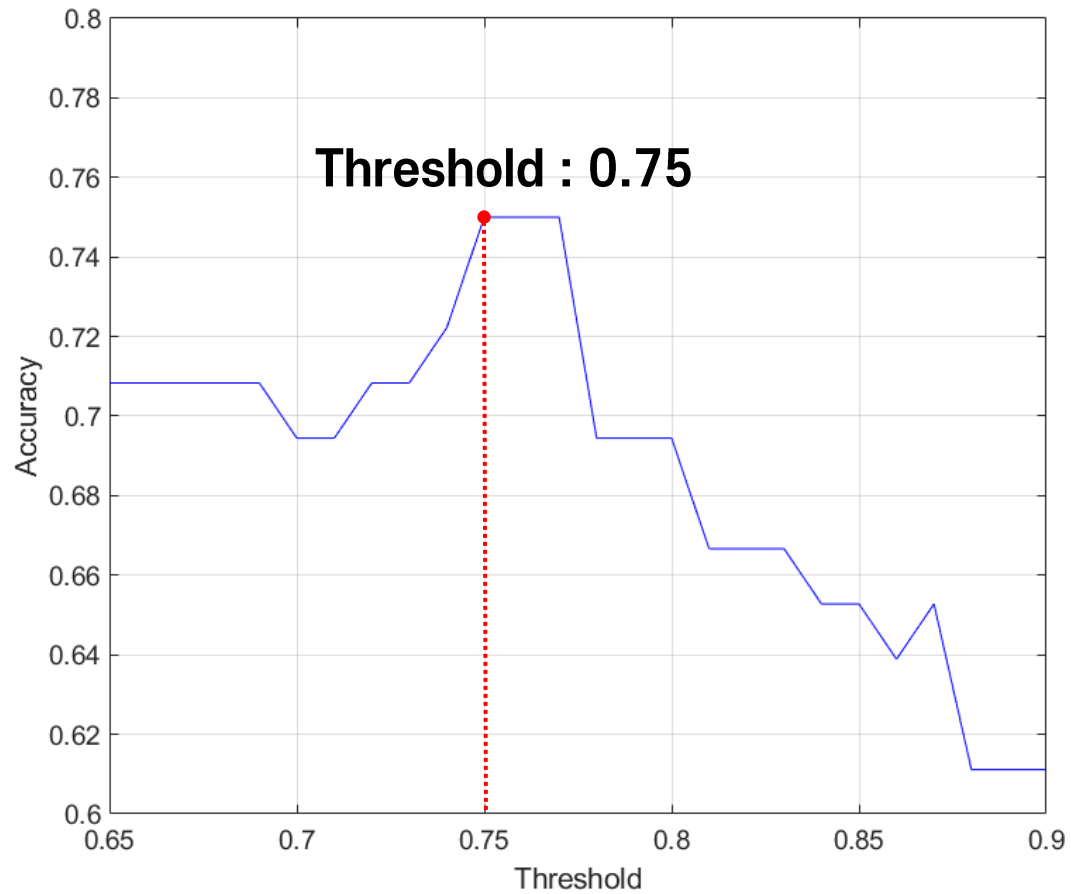


실제 클래스	1	15	14	1
	2	3	30	
	3			9
	1	2	3	
	F : 1	NF : 2	CON : 3	

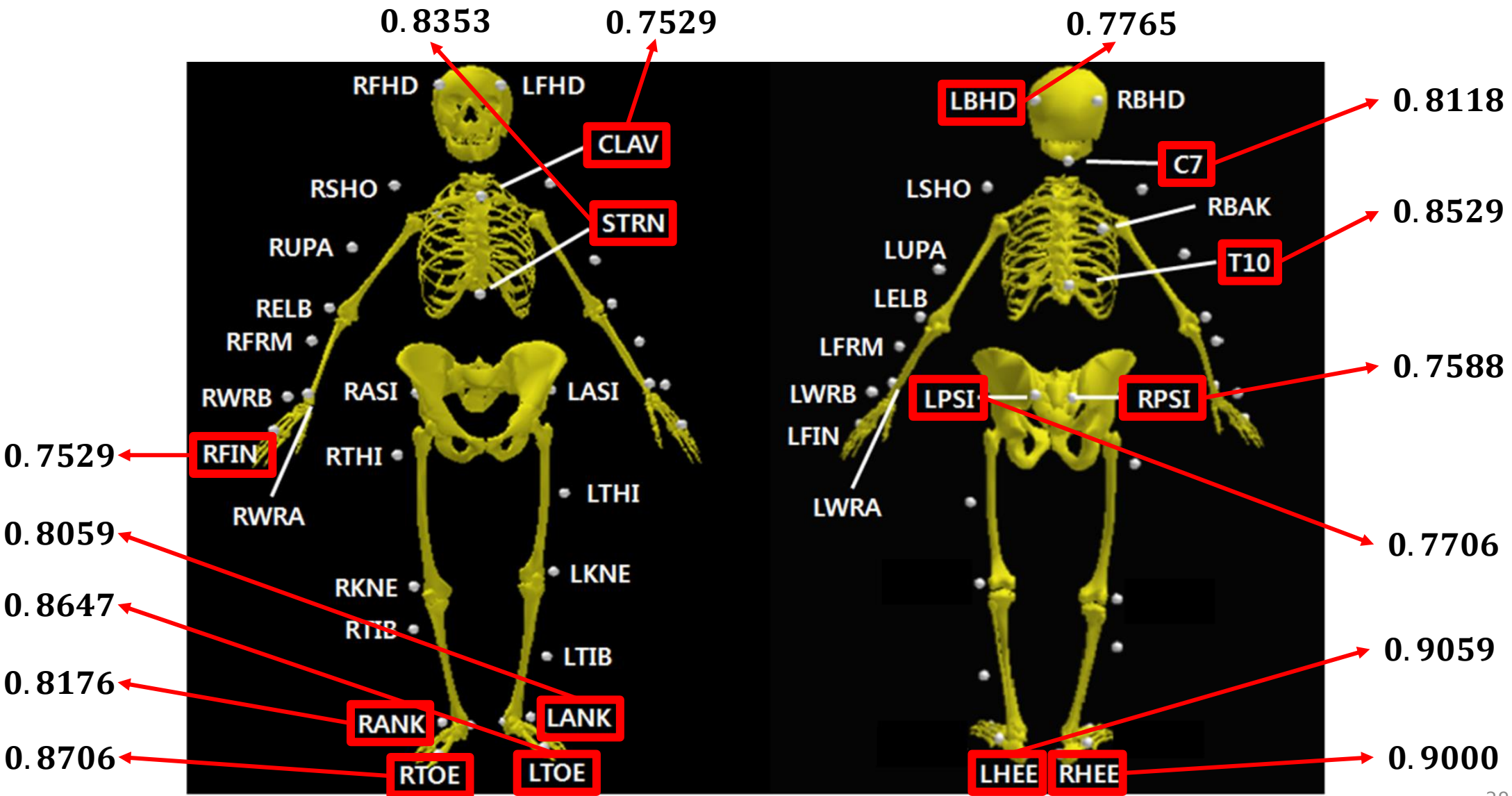
Result



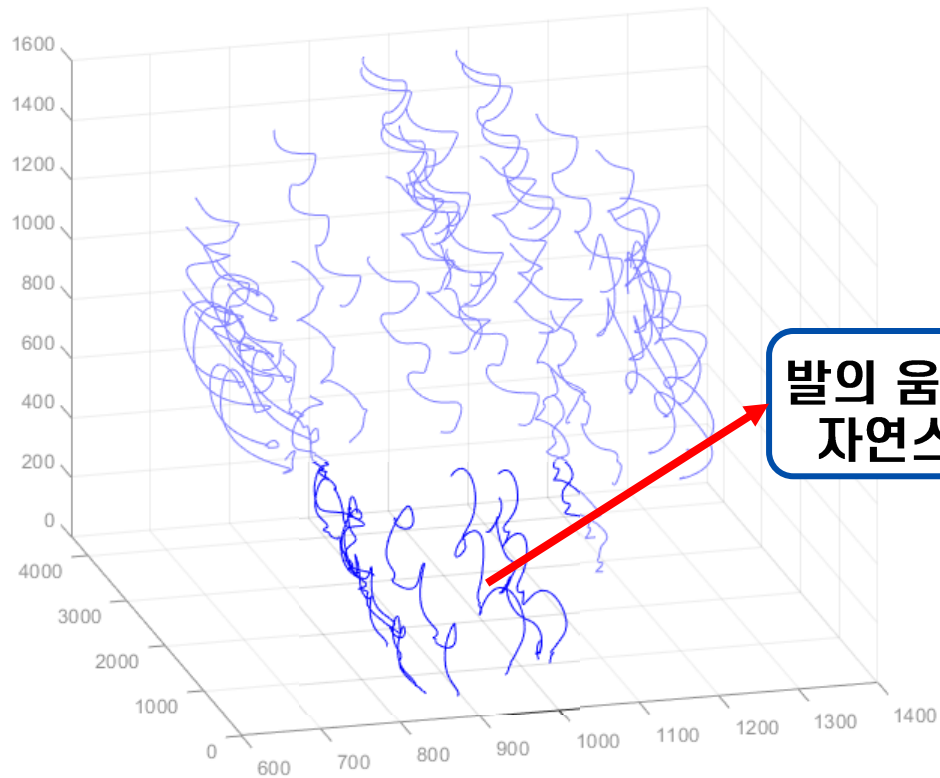
Result



Result

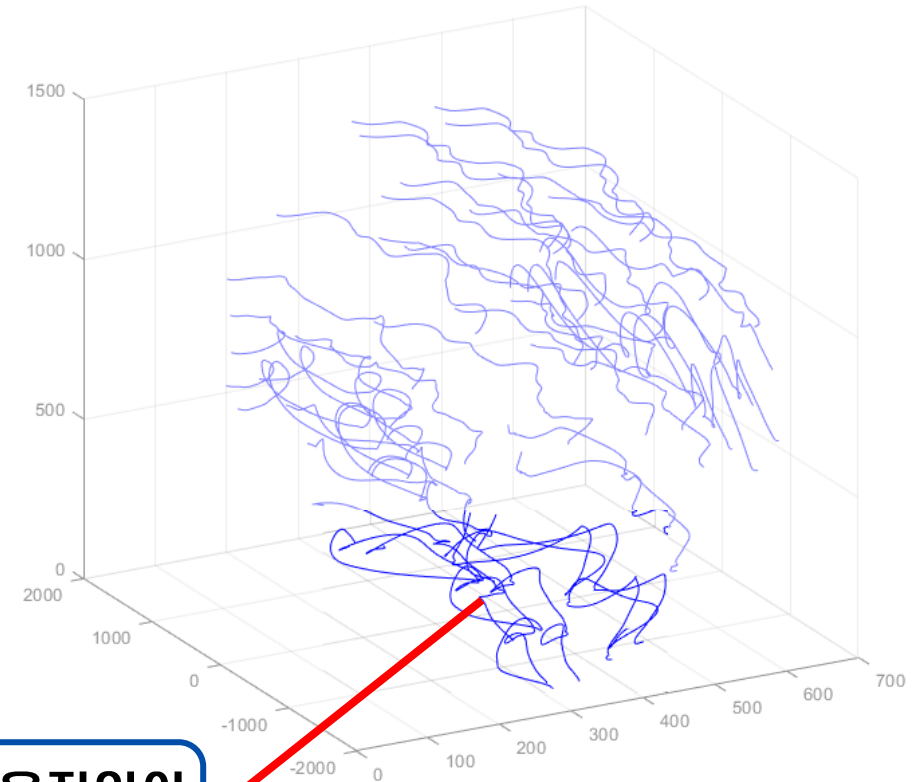


Exploratory Data Analysis(EDA)



Control

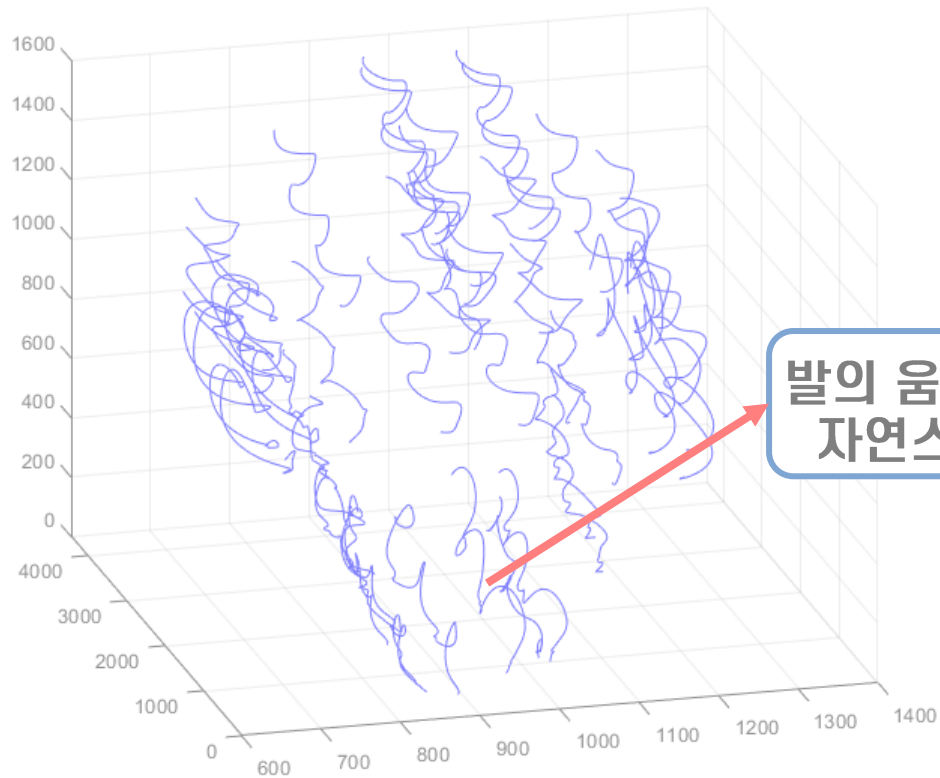
발의 움직임이
자연스러움



PD

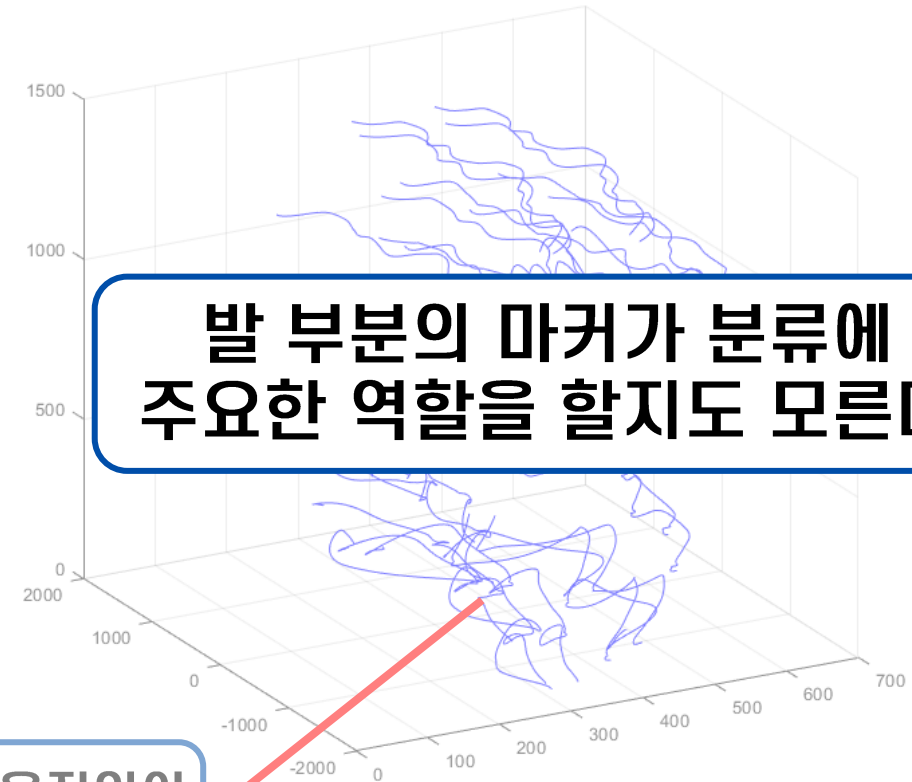
발의 움직임이
부자연스러움

Exploratory Data Analysis(EDA)



발의 움직임이
자연스러움

Control



발 부분의 마커가 분류에
주요한 역할을 할지도 모른다

발의 움직임이
부자연스러움

PD

Limitation

- 데이터 quantity 부족
 - 실험자가 마커를 붙이고 직접 이동해야 하기 때문에 방대한 양의 데이터 수집이 어렵다.
- 데이터 quality 부족
 - 실험 환경에 따라 실험자의 걸음걸이가 부자연스러울 수 있다.
 - 실험자 평균 연령이 69세로 매우 높은 편이기 때문에 노환인지 파킨슨 병의 증상인지 구분하기 어렵다.
- Imbalanced 데이터
 - 본 실험에서는 PD : 424개 (FW : 222개, BW : 202개) Controls : 132개 (FW : 66개, BW : 66개)를 사용하였는데 Control 군 데이터의 비율이 낮다.
 - 모든 데이터를 PD라고 판단해도 정확도가 0.7626이 된다.

Limitation

- 데이터 quantity 부족
 - 실험자가 마커를 붙이고 직접 이동해야 하기 때문에 방대한 양의 데이터 수집이 어렵다.
- 데이터 quality 부족 **데이터 자체의 특성일 수 있음**
 - 실험 환경에 따라 실험자의 걸음걸이가 부자연스러울 수 있다.
 - 실험자 평균 연령이 69세로 매우 높은 편이기 때문에 노환인지 파킨슨 병의 증상인지 구분하기 어렵다.
- Imbalanced 데이터
 - 본 실험에서는 PD : 424개 (FW : 222개, BW : 202개) Controls : 132개 (FW : 66개, BW : 66개)를 사용하였는데 Control 군 데이터의 비율이 낮다.
 - 모든 데이터를 PD라고 판단해도 정확도가 0.7626이 된다.

Limitation

- 데이터 quantity 부족
 - 실험자가 마커를 붙이고 직접 이동해야 하기 때문에 방대한 양의 데이터 수집이 어렵다.

Limitation

- 데이터 quantity 부족
 - 실험자가 마커를 붙이고 직접 이동해야 하기 때문에 방대한 양의 데이터 수집이 어렵다.
- Data argumentation
 - 잡음(Noise) 추가하기
 - Scaling : magnitude 변화
 - Magnitude Warping
 - Time Warping
- Generative Adversarial Network(GAN)
 - 일반적으로 센서 데이터는 1000개 이상 필요

Um, Terry T., et al. "Data augmentation of wearable sensor data for parkinson's disease monitoring using convolutional neural networks." *Proceedings of the 19th ACM international conference on multimodal interaction*. 2017.

Limitation

- Imbalanced 데이터
 - 본 실험에서는 PD : 424개 (FW : 222개, BW : 202개) Controls : 132개 (FW : 66개, BW : 66개)를 사용하였는데 Control 군 데이터의 비율이 낮다.
 - 모든 데이터를 PD라고 판단해도 정확도가 0.76260이 된다.

Limitation

- Imbalanced 데이터
 - 본 실험에서는 PD : 424개 (FW : 222개, BW : 202개) Controls : 132개 (FW : 66개, BW : 66개)를 사용하였는데 Control 군 데이터의 비율이 낮다.
 - 모든 데이터를 PD라고 판단해도 정확도가 0.7626이 된다.
- Up-sampling, Down-sampling
- Cost-sensitive learning
- Algorithm Over Sampling
 - Synthetic Minority Over-sampling Technique(SMOTE)
 - Adaptive Synthetic Sampling(ADASYN)

**Thank you for
attention**

