

ゴール型球技における  
VRフィードバックシステムの開発に向けた  
人流解析AIの利用

瀬戸崎研究室  
草野 佑輔

## 第3期スポーツ計画

令和4年度～8年度におけるスポーツに関する施策を**総合的・計画的に推進**するための指針  
(政策目標)

**スポーツにおける「する」「みる」「ささえる」の実効性を高めること**

- ・「みる」「する」観点にVR/AR技術等を導入  
→**技術開発や普及啓発の推進**
- ・「ささえる」観点にデータ分析等を導入  
→**技術面・健康面等の支援を期待**

(文部科学省 2022)

ゴール型球技に着目すると・・・

- ・W杯(2022)におけるVRの活用

URL : <https://digitalhub.fifa.com/transform/0f2bd810-32bf-4062-826d-dbe6c40a13d4/Semi-automated-offside-technology-to-be-used-at-FIFA-World-Cup-2022?io=transform:fill,width:1024&quality=75>



▲半自動オフサイド技術

- ・選手の移動軌跡に関するデータを読み込ませ、バーチャル環境に試合展開を再現
- ・バーチャル環境上で**選手視点**と**俯瞰視点**から試合を視聴できる

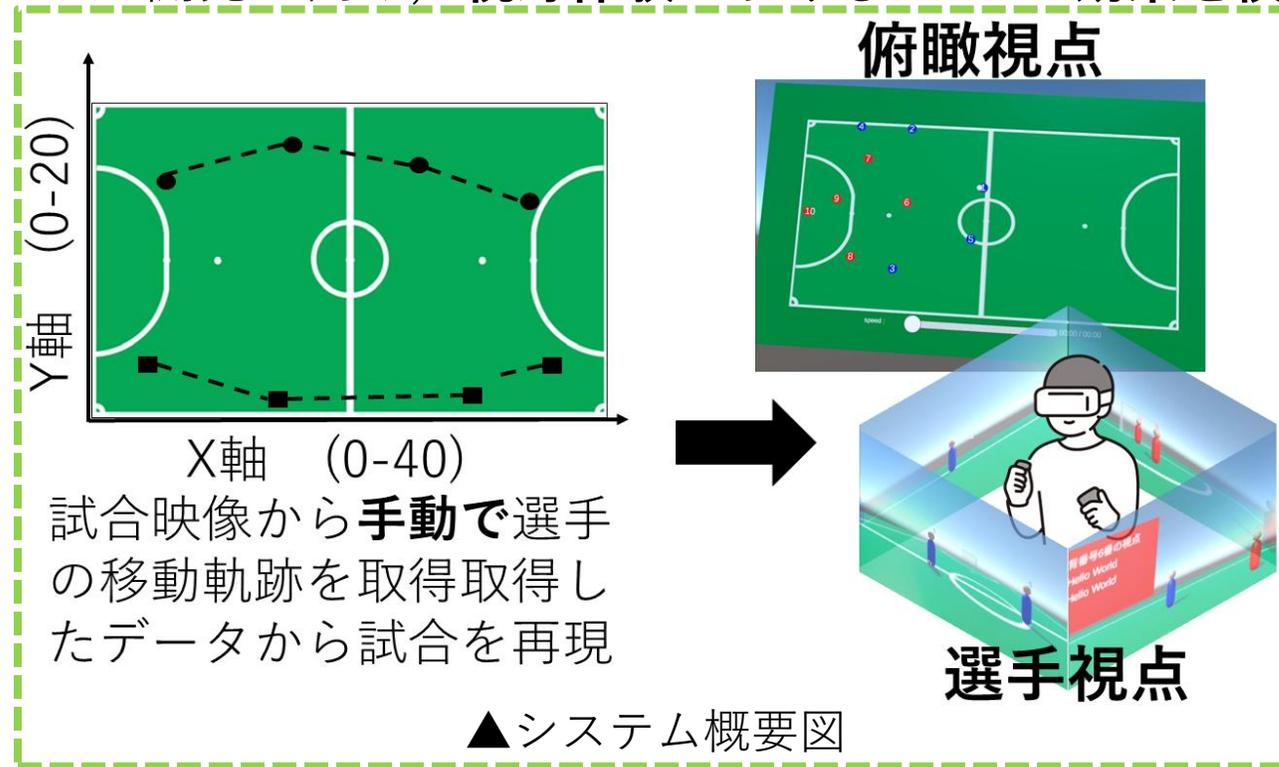


**プレイイメージの獲得**を支援し、**戦術会議**に有用  
(権藤ほか 2014)

選手視点がディスプレイに表示されており、  
**臨場感・没入感が不足している**

草野ほか (2022) は,

- ・ 試合映像から選手の移動軌跡を取得しバーチャル環境に再現するVRフィードバックシステムを構想
- ・ VRフィードバックシステムの開発に向け, 視野体験におけるHMDの効果を検証



(結果) HMDによるリアリティのある視点体験により,  
自身の動きと追体験した他者の動きとの比較・分析を促すことが示唆

(課題) 試合映像から選手の移動軌跡を自動で取得すること

### ゴール型球技における選手の移動軌跡の取得方法

- ・ 選手がセンサを装着して取得する方法  
例) Catpult社のGNSSを内蔵したセンサ  
例) Knows社のGPSを内蔵したセンサ

#### プロチームや部活動の指導でも活用

相手チームが**取得したデータの入手が困難**



バーチャル環境への試合展開の再現  
**人流解析を用いた手法が適している**

- ・ 人流解析を用いて試合映像から取得する方法  
例) ChyronHego社の「Tracab」  
→Jリーグに導入されている  
例) 4地点から撮影した試合映像から選手の移動軌跡を取得する手法の提案  
(田中ほか 2020)

既存の人流解析：複数台のカメラを用いて  
複数方向から撮影している



大掛かりな設備が必要であり、費用が掛かる



1台のカメラで撮影した試合映像から選手の移動軌跡を取得できればより活用可能性が高まる

- ・ 単眼カメラで撮影した試合映像から選手の移動軌跡を取得する
- ・ 取得した移動軌跡をグラウンド上の移動軌跡に変換し、俯瞰画像へ選手的位置を表示
- ・ 戦術解析への活用

- ・ 試合映像から選手やボールの移動軌跡を自動で取得してバーチャル環境に再現する多視点型VRフィードバックシステムの開発に向けて、**人流解析AIを活用して選手の移動軌跡を取得すること**
- ・ 人流解析AIを活用して取得した移動軌跡を多視点型VRフィードバックシステムに読み込ませ、**バーチャル環境に試合展開を再現すること**

## 1) 予備調査

**目的**：選手の移動軌跡の取得に向け、**人流解析AIの利用に関する課題**を明らかにする

例) **選手の検出が途絶える要因**



## 2) 選手の移動軌跡取得に向けた人流解析AIの利用

**目的**：

- ・予備調査の結果を踏まえて撮影方法を検討
- ・バーチャル環境への試合展開の再現に向け、選手の移動軌跡を取得する



## 3) 選手の検出番号を紐づけるアルゴリズムの開発・改善



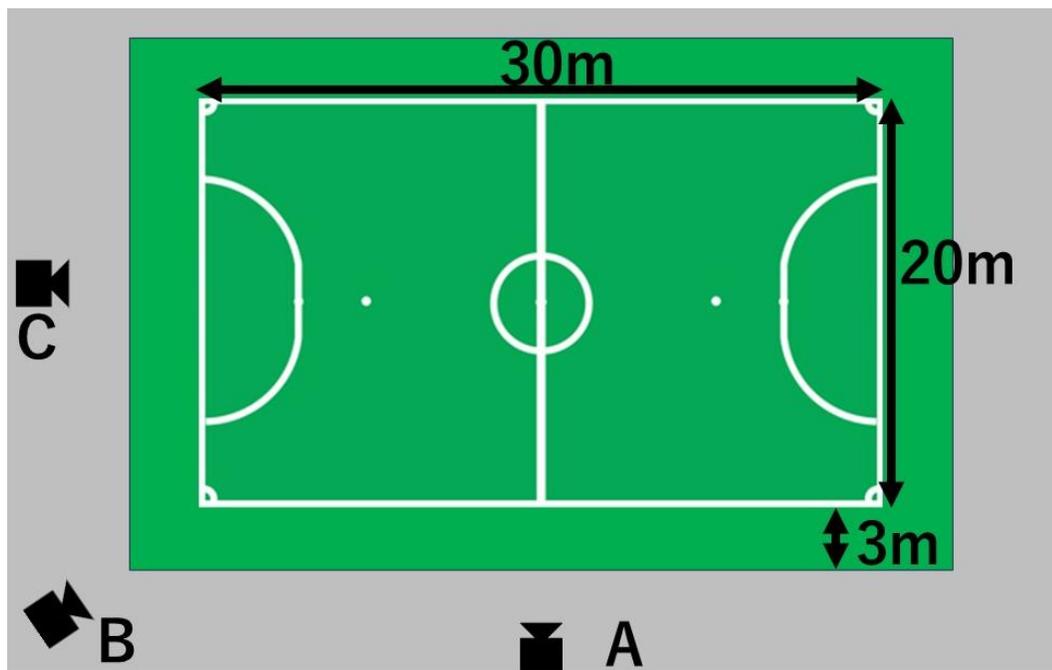
## 4) バーチャル環境における試合展開の再現

大学フットサル部に協力してもらい試合形式の練習をサンプル映像として撮影

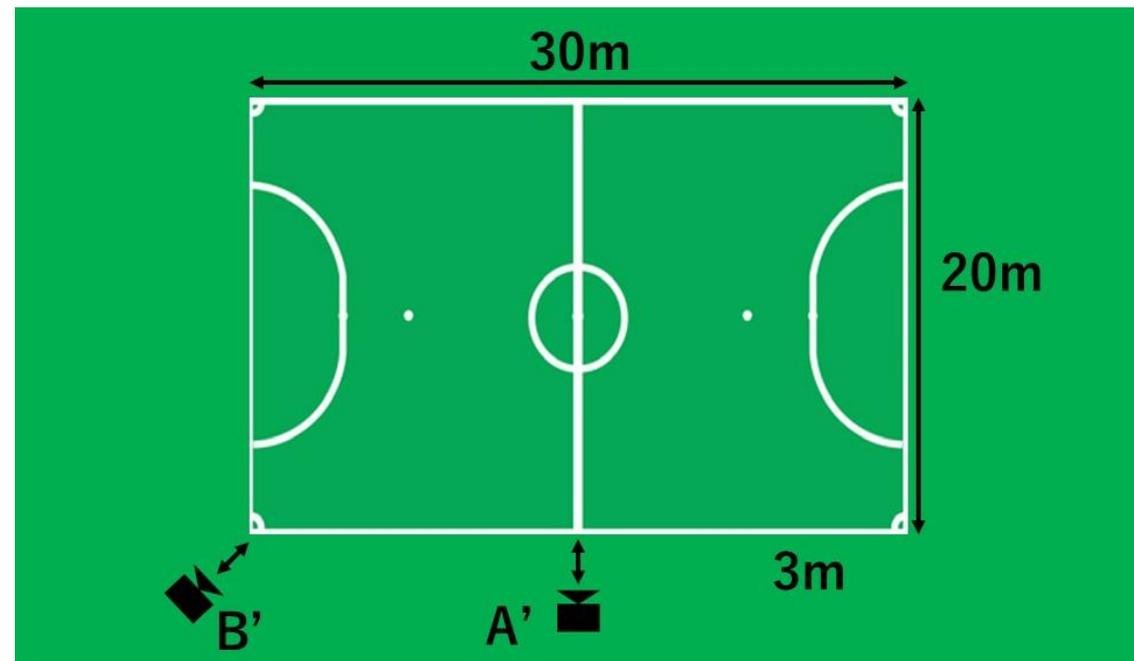
### ▼カメラ (GoPro10) の撮影条件

⇐	カメラ位置⇐	対角視野角⇐	フレームレート⇐	解像度⇐
撮影条件 1 ⇐	A⇐	148° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐
撮影条件 2 ⇐	B⇐	148° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐
撮影条件 3 ⇐	C⇐	148° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐
撮影条件 4 ⇐	A⇐	100° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐

⇐	カメラ位置⇐	対角視野角⇐	フレームレート⇐	解像度⇐
撮影条件 5 ⇐	B⇐	100° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐
撮影条件 6 ⇐	C⇐	100° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐
撮影条件 7 ⇐	A'⇐	148° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐
撮影条件 8 ⇐	B'⇐	148° ⇐	30fps⇐	1280×720⇐



▲ギャラリーにおけるカメラの設置位置



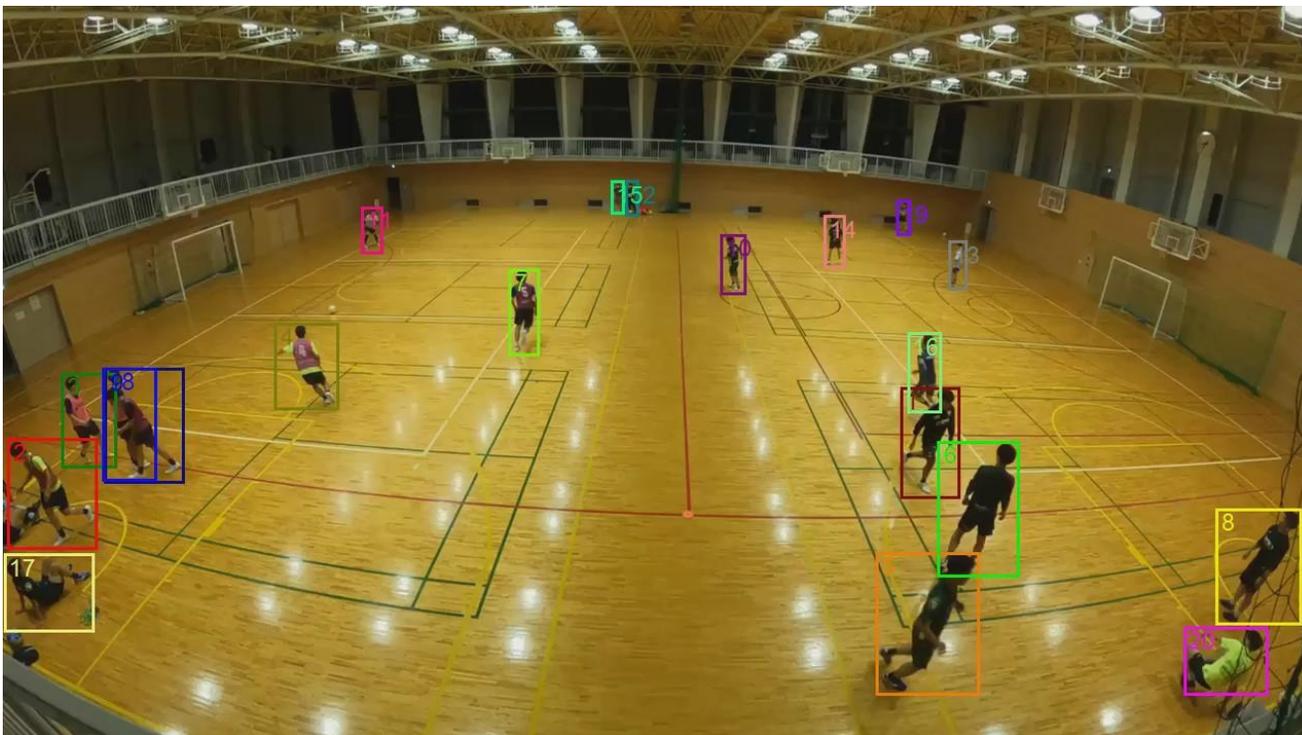
▲体育館の床におけるカメラの設置位置

撮影条件 1 ~ 6 で撮影した 6 つの各試合映像から 60 秒間を切り取り、株式会社シーエーシーの人流解析AIを活用して選手の移動軌跡を取得



解析結果として 2 つのファイルが出力

- アノテーション付きの試合映像
- 選手の移動軌跡を示す 2 次元座標の時系列データ (.csv形式)



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	frameInde	personId	left	top	width	height	confidence	
2	0	1	831.2627	413.9704	31.07941	71.17151	0.920523	
3	0	2	553.2503	323.0023	28.7002	61.86639	0.90641	
4	0	3	498.5004	287.942	27.50461	50.56421	0.899954	
5	0	4	694.0109	341.6166	20.52966	62.19019	0.872631	
6	0	5	645.1254	254.0855	18.94641	46.06937	0.872492	
7	0	6	713.3932	238.9053	18.29852	43.17067	0.869684	
8	0	7	708.5536	299.5862	22.55255	49.26712	0.867948	
9	0	8	1009.231	319.758	22.50787	54.24164	0.855245	
10	0	9	1254.639	323.4431	27.63416	47.92001	0.716297	
11	0	10	304.5212	136.9743	10.46167	24.09671	0.710591	
12	0	11	174.4714	322.219	23.06361	51.58969	0.710401	
13	0	12	292.6321	138.6452	11.04825	25.47543	0.501825	
14	1	1	831.9545	413.9143	30.94639	70.91119	0.916538	
15	1	2	553.2848	322.9785	28.66621	61.79696	0.906778	
16	1	3	498.6917	287.961	27.48235	50.5327	0.900008	
17	1	4	694.2311	341.83	20.45829	61.98257	0.872802	
18	1	5	645.0441	254.1995	18.86396	45.85252	0.865375	
19	1	6	713.4627	238.8443	18.42236	43.46644	0.866887	
20	1	7	708.482	299.6226	22.39174	48.91769	0.877416	
21	1	8	1008.835	319.6422	22.63421	54.53917	0.860259	
22	1	9	1254.449	323.2825	27.64907	47.94816	0.693866	

人流解析AI：映像内の物体の特徴量から人物を検出

フットサルでは**人の検出が途絶えるケースが多数ある**ことが想定される

例) 選手同士の交錯



- ・ 撮影条件 1 ~ 3 の試合映像 3 本 (180秒) を視聴し、選手の検出が途絶えるケースをすべて挙げる
- ・ **選手の検出が途絶える原因ごと**にカテゴリ分類

## (結果)

- ・ 選手の検出が途絶えるケースが確認できた

撮影条件 1 : 27件

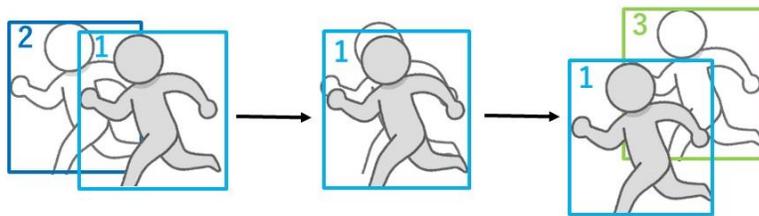
撮影条件 2 : 62件

撮影条件 3 : 41件

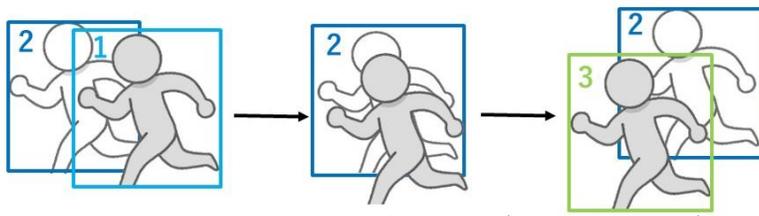
- ・ 選手の検出が途絶える原因として大きく3つ

1. 選手同士の重なり
2. 体制の変化
3. カメラからの距離

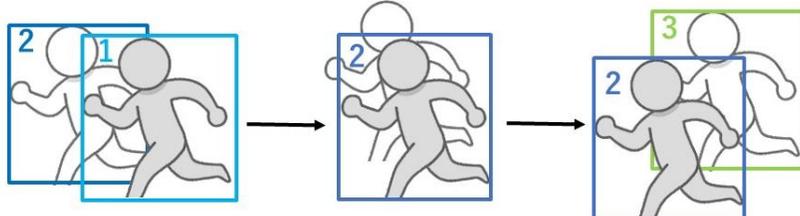
選手同士の重なり (奥)



選手同士の重なり (手前)



選手同士の重なり (入れ替わり)



体勢の変化



カメラからの距離



## (開発)

選手の検出が途絶えてから**1秒以内**に、新たな検出番号が付与されることが判明



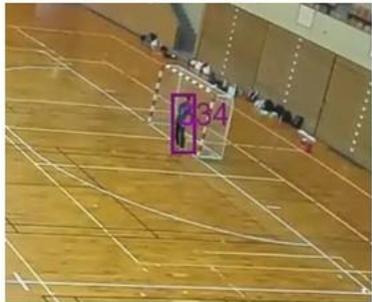
◇選手の検出が途絶えて以降を探索

◇選手の検出が途絶えた位置から**最も近い位置**で新しく検出されたケースを**同一選手とみなす**

プログラムを作成

## (改善)

同一選手が二重で検出されるケース



選手に検出番号334が付与

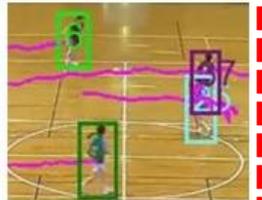
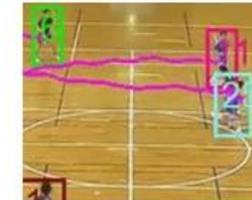


同一選手に  
検出番号334と430が付与



選手の検出が途絶える以前のフレームも  
探索範囲に含める機能

選手の検出番号が入れ替わるケース



検出番号32と検出番号25が交錯  
その後、検出番号32の選手に検出番号32が付与される  
また、検出番号25の選手に新しい検出番号37が付与される



検出番号が入れ替わる可能性があるケース  
を検出する機能

## (評価の流れ)

1. 対角視野角を $148^\circ$  , フレームレートを30fpsに設定しカメラ位置A'からフットサルの試合を撮影
2. 株式会社シーエーシーさんの人流解析AIを活用して選手の移動軌跡を取得
3. 取得した2次元座標の時系列データ (csv形式) をアルゴリズムに読み込ませる
4. 選手の検出が途絶える件数の内, 紐づけ可能な件数の割合を求める

## (結果)

- ・ 試合映像において,  
選手の検出が途絶え, 新しい検出番号が付与される件数 : **155件**



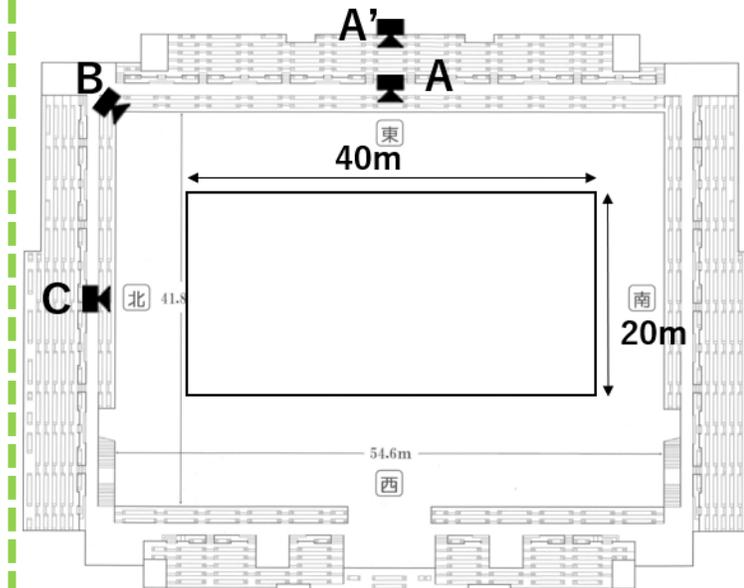
当該選手に検出番号の紐づけができた件数 : **99件 (約63.8%)**

- ・ 紐づけができなかったケース56件の内**40件 (約71.4%)** は,  
選手の検出番号が入れ替わるケース  
◇ 検出番号が入れ替わる可能性があるケースを検出する機能を追加

選手の検出番号が入れ替わるケース**20件すべてを検出可能**



当該選手に検出番号の紐づけができた件数 : **139件 (約89.6%)**



▲カメラの設置位置

# 多視点型VRフィードバックシステムとの連動 (11/13)

バーチャル環境への試合展開の再現において、  
選手の移動軌跡に関する座標：画像内における座標→コートに面した2次元座標へ変換



透視変換を用いて座標変換

透視変換行列： $\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix}$ とする、

$$\text{式1) } s = x * g + y * h + 1 * 1$$

$$\text{式2) } x' = (x * a + y * b + 1 * c) / s$$

$$\text{式3) } y' = (x * d + y * e + 1 * f) / s$$

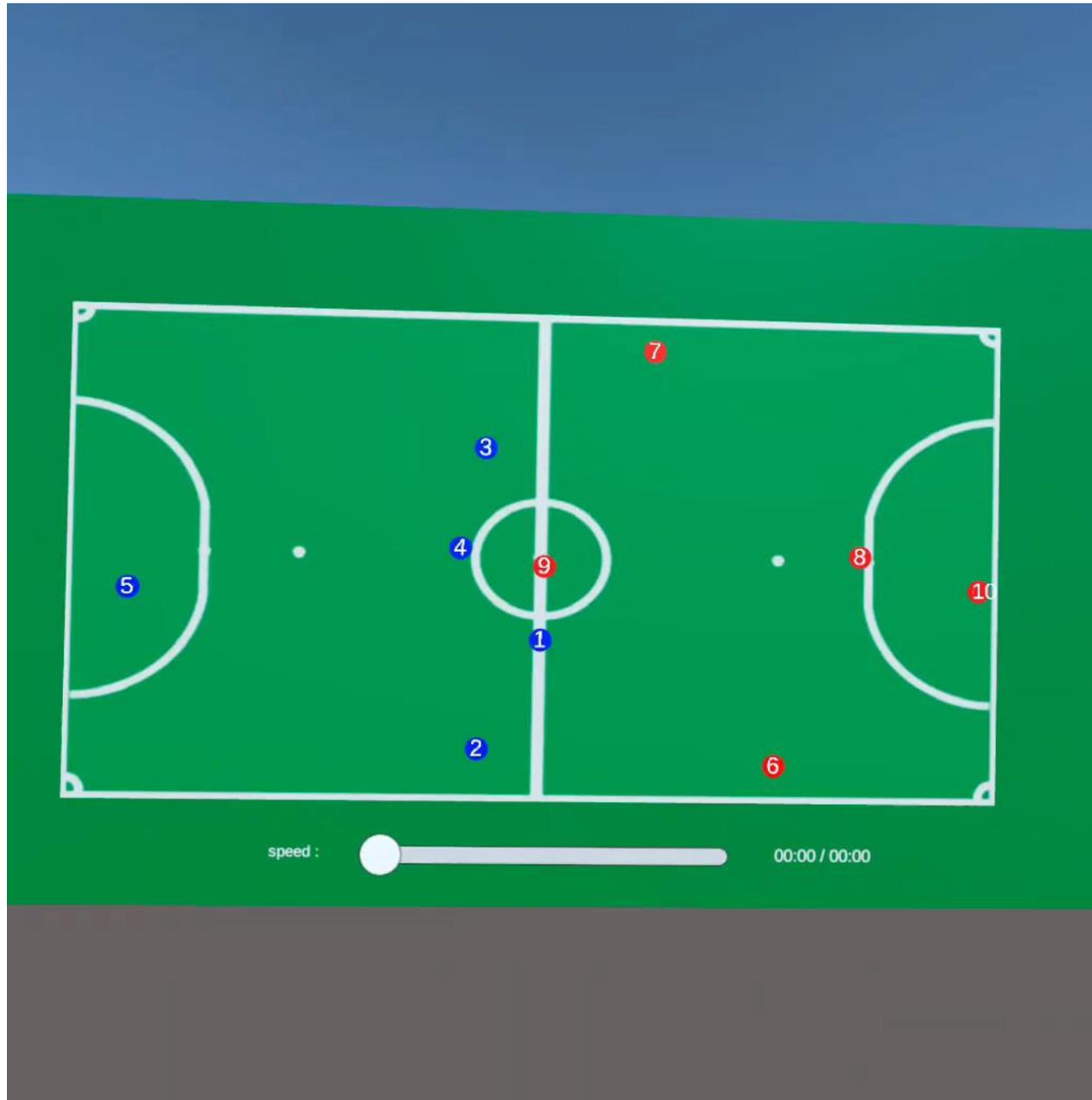
上記の式を使って座標 $(x, y)$ からコートに面した2次元座標 $(x', y')$ を求める



バーチャル環境への試合展開の再現

# バーチャル環境における試合展開の再現

(12/13)



## (研究目的)

- ・ 試合映像から選手やボールの移動軌跡を自動で取得してバーチャル環境に再現する多視点型VRフィードバックシステムの開発に向けて、**人流解析AIを活用して選手の移動軌跡を取得すること**
- ・ 人流解析AIを活用して取得した移動軌跡を多視点型VRフィードバックシステムに読み込ませ、**バーチャル環境に試合展開を再現すること**

## (システムの評価)

今回読み込ませた選手の移動軌跡において、  
選手の検出が途絶え新しく検出番号が付与されるケース155件の内  
**139件(約89.6%)**において、選手の検出番号を当該選手に紐づけ可能

## (今後の課題)

- ・ ほかのテストデータを読み込ませ、選手の検出番号を紐づけるアルゴリズムの**再現性**を検証



**より汎用的なアルゴリズムを目指す**

- ・ 試合映像から取得した移動軌跡を読み込ませた多視点型VRフィードバックシステムをゴール型球技の経験者に実践的に評価してもらうこと