

ぶよぶよ DX-「ぶよぶよ」における土台と連鎖の可視化システム

藤田海渡、平井一史、一桝喬也

秋葉礁、吉田直樹、西川哲夫

武蔵野大学工学部数理工学科

〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

TEL: 03-5530-7333, Email: te_nishi@musashino-u.ac.jp

1. はじめに

E-sports は、競技としての進化に伴い、専門的知識や技術の必要性が高まっている。2018 年に「ぶよぶよ E-sports」がリリースされ、今ではプロの大会が実施されている。ぶよぶよは、ルール上難しいゲームでありプロの大会では、視聴者に戦術や技術を理解できない人が多くいると考えられる。これはぶよぶよの普及にとり望ましくない。ぶよぶよの分かり難さを解消するため、我々は昨年度の本コンペにおいてゲーム状況の可視化を試みた。ゲーム中の連鎖数やおじゃま数が勝利確率に強く影響することを見だし、ゲーム中の連鎖状況や勝利確率を可視化する方法を提案した[1]。今回は、昨年使用しなかった盤面の映像情報を加えることで、土台が及ぼす連鎖や勝利への影響を明らかにすることを目指した。また有効な可視化方法の開発を行った。

2. 方法

2.1 使用データ（提供データ）

大会、試合ごとの対戦情報を格納した json ファイル。連鎖数、連鎖時間、スコア、勝敗が格納されている。ぶよぶよのプロ戦における試合の動画（全 449 試合）の URL が格納されたファイル。

2.2 json ファイルからの情報抽出

（1）選手のゲーム勝率及び試合勝率と、各種特微量との間の相関分析

目的変数として、31 人の選手のゲーム勝率、及び試合勝率を考え、説明変数として、表 1 に示す各種特微量[2]をとって、相関分析を行った。ゲーム勝率・試合勝率と、説明変数間の相関係数のグラフを作成した。

表 1 解析に用いた選手の特微量

説明変数(jsonファイル)	説明変数(選手名鑑)
試合数	最大火力
平均連鎖数	見切り力
平均試合時間	早期決着力
平均色数	本線発火率
1回目連鎖までの平均時間	セカンド効率
最終回連鎖までの平均時間	
1回目平均連鎖数	
最終積算連鎖数(平均)	

（2）連鎖と土台の時系列の可視化

各選手の積算連鎖数と土台の生成している時間推移を時系列グラフで表現した(図 1)。土台は、「2.3 動画ファイルからの情報抽出」で同定されたものが、一定の高さの半透明の矩形で表示され、矩形中に土台名称が表示される。このグラフから、どのような土台がどの連鎖に関わっているかを推定することができる。



図 1 連鎖と土台の時系列の可視化

2.3 動画ファイルからの情報抽出

動画ファイルから、ぶよを同定しその配置を決定し、さらにその中の各種土台を同定する。データ処理には python を用い、画像処理には OpenCV を用いた。

（1）ぶよの同定

動画ファイルから、ぶよの盤面配置情報を取得し、その中の各種土台を同定する。

1) ぶよ同定のためのテンプレート画像の作成方法

ぶよぶよ e-sports の画面は、図 2 A) のように対戦する 2 人のプレイヤーのフィールドが配置されている。画面の座標(x,y)は、画面左上の角を原点(0,0)として、原点からの水平右方向と垂直下方向への画素数 x,y で定義される。実際のフィールドについて、2 つのフィールドの角の座標と、フィールド内のぶよが現れる場所の座標(図 2 B)を求め、その座標におけるすべてのタイプの画像をテンプレート画像として取得する。

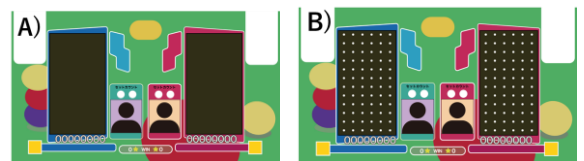


図 2 ぶよぶよ e-sports の画面

1] フィールドの 4 つの角の座標の決定

2 つのフィールドの 4 つの角の座標を、フィールドの角を含む領域の画像を鋳型としたテンプレートマッチングによって決定した。

2] ぶよが現れる場所の座標の決定

4 つの角の座標から、ぶよぶよが現れる場所の座標を、フィールドを 72 等分した領域の中心座標として求めた(図 2 B)。

3] ぶよの同定に用いるテンプレート画像の抽出

テンプレート画像を、以下のように抽出した。ぶよぶよが現れる場所の座標を中心に、40×40 ピクセルの矩形を切り取り、その中心まわりの半径 20 ピクセルの円の外側を黒くマスク処理した。

4] テンプレート画像の種類(図 3)

すべてのタイプの画像について、抽出操作を行った。

①色のついたぶよ(色ぶよと呼ぶ)は、5 種類の色(青、紫、赤、黄、緑)があり、それぞれに、目の向きが 5 種類(中央、右、左、上、下)ある。これらを全て抽出して、テンプレートを作成した(図 3 A))。

②おじゃまぶよの種類は 1 種類だが、5 か所から抽出し、テンプレートを作成した(図 3 B))。

③ぶよの位置にぶよがない場合は、背景画像を抽出しテンプレートを作成した。背景色は、ゲームごとに選手の選択によって変わり、ここでは、5種類の色について、それぞれ4か所から抽出を行った(図3B))。



図3 フィールドからのぶよテンプレート画像の取得

2) テンプレート画像を用いたぶよの同定方法

図4に、ぶよのHSVヒストグラムのルールに基づく、ぶよの同定方法を示す。テンプレート画像の画素値のHSVヒストグラムを用いて、H値、S値、V値の最頻値(Hm、Sm、Vm)を同定し、それらの値によって、ぶよの色やおじゃまぶよ、背景を識別可能なルールRmを決定する。実際のぶよ画像の抽出では、フィールドから得たSm、Hm、Vmに対して、ルールRmを適用してぶよを同定する。最頻値は、最頻区間(0-10、-、250-255)の番号(0,1,-、25)で指定する。

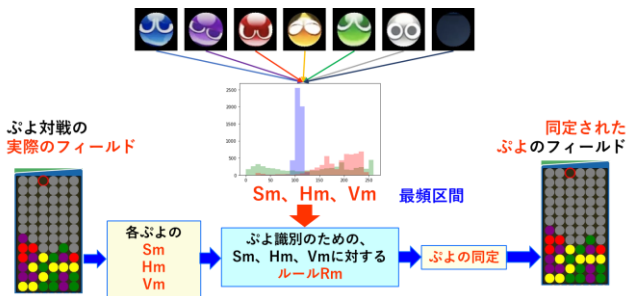


図4 HSVヒストグラムのルールに基づくぶよ同定方法

1] ぶよ同定のための、Sm、Hm、Vmに対するルールRmの決定方法

①ぶよの色の判別

図3A)に示したように、ぶよには5種類の色があり(これらを色ぶよと呼ぶ)、それぞれの色に対して、5種類の目の向きがある。さらに、図3B)に示したように、おじゃまぶよと様々な色の背景がある。

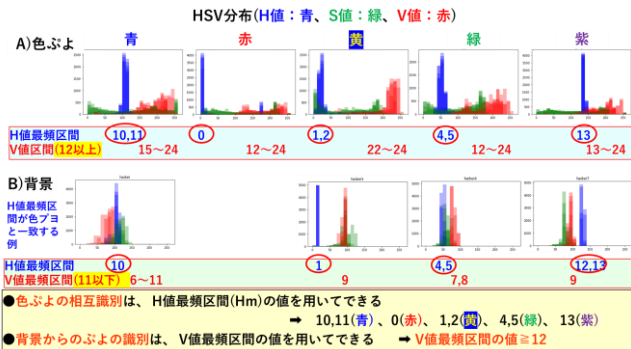


図5 ぶよ同定のための、Sm、Hm、Vmに対するルールRmの決定

それぞれの色のぶよに対して、HSV分布のヒストグ

ラムを、目の向きを変えたぶよに対して重ね合わせたものを作成した(図5A)色ぶよ)。それぞれのヒストグラムで、Hmを取得したところ、青(10,11)、赤(0)、黄(1,2)、緑(4,5)、紫(13)となり、5色の色の最頻区間は、それぞれ異なることが分かった。従って、Hmの値によって、ぶよの色が同定可能である。

②色ぶよの背景及びおじゃまぶよからの識別

背景との識別に関しては、図3B)に示した背景を色ごとに重ね合わせたヒストグラムを作成したところ、図5B)背景に示すように、青、黄、緑、紫の色ぶよのHmと、Hmが重なる背景ヒストグラムが存在した。このようにHmでは、背景からの識別が不可能であったので、Vmを用いることとした。背景のVmは、図5B)背景に示すように、11以下であったが、色ぶよのVmは、A)色ぶよに示すように、12以上であった。従って、Vm ≥ 12という条件により、色ぶよを背景から識別することが可能となる。

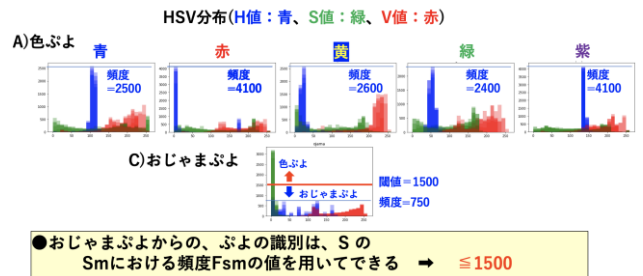


図6 色ぶよのおじゃまぶよからの識別

おじゃまぶよとの識別に関しては、図3B)に示した5つのおじゃまぶよのヒストグラムを重ね合わせたところ、図6C)おじゃまぶよに示すように、HmやVmによる識別は困難であったため、Smにおける頻度Fsmを利用した。おじゃまぶよのFsmは約3200であり、色ぶよの場合は、1000以下の値であるため、Fsm ≤ 1500の条件で、色ぶよのおじゃまぶよからの識別が可能となる。

2] ルールRmを用いた動画からのぶよ同定

決定されたルールRmのフローチャートを図7に示す。Hm、Vm、Fsmの3つの値に対する条件から、画像を背景とおじゃまぶよから識別でき、ぶよの色の同定も可能になる。

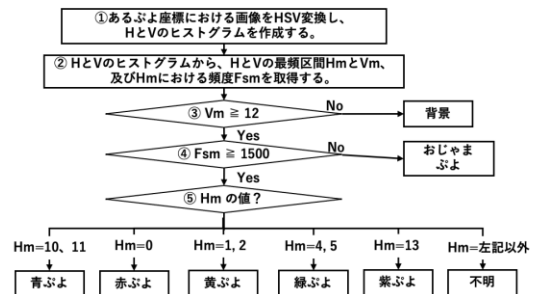


図7 ルールRmのフローチャート

動画のフレームレートは、30fpsである。ぶよが落ちた後次のぶよが出るまでの時間は、6フレームであった。そこで、ぶよの状態をモニターする時間間隔は、6フレームごと、すなわち、1秒間に5回のモニタリングを行うこととした。

(2) 土台の同定

1) ぶよの配置中に、土台を検出する方法

各フレーム上のぶよの配置中に土台を検出する方法を示す。図8に、土台として最も高頻度で用いられるGTRを検出する方法を示す。フィールド中のぶよの位置 (i) における色を C(i) とする。



図8 土台を検出する方法

1] GTRの枠を、図8の黄色で囲まれた部分に設定

①以下の条件が成り立つとき GTR であると認識。
 $C(10)=C(11)=C(23)$, $C(22)=C(35)=C(24)=C(12)$
 $C(10) \neq C(22)$

2] GTRの枠を、右に1つずらして、GTR判定を2回繰り返す、さらに左右反転して、繰り返す。

2) ぶよの配置中に、GTRとだぁ積みを検出した例

図9に、ぶよ配置中にGTRとだぁ積みを検出した例を示す。土台を、異なる色の閉じた枠で囲んで表示している。



図9 土台を検出した例

3) 今回検出した土台

ぶよぶよ土台ランキング [3] で、Sランク、Aランクに含まれている12の土台についても検出のアルゴリズムを構築した (図10)。[3]によると、Sランクは、使用率が高い土台で、Aランクは、使用率がある程度高い土台である。どちらも初級者～上級者まで使われる。



図10 今回検出した土台

2.4 統合化ぶよぶよ可視化システムの構築

試合動画 (フィールドビュー) が連鎖と土台の時系列可視化ツール (時系列ビュー) と同期しており、時系列に沿って2つのビューの同時確認を可能にする、新しい分析方法を提案する (図11)。多くの対戦の分析結果をデータベース化し、その結果をクエリーとして検索可能な統合データベースシステムの構築も可能であると考えられる。



図11 フィールドビューと時系列ビューの統合化

3. 分析結果と考察

3.1 選手の勝率と各種特微量との間の相関分析

ゲーム勝率・試合

勝率と説明変数間の相関係数の折れ線グラフを図12に示す。ゲーム勝率

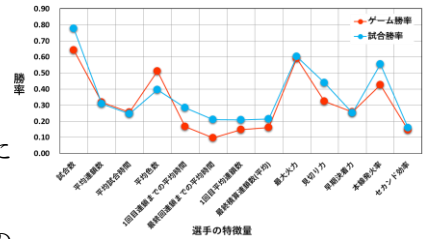


図12 選手の勝率と特微量間の相関係数

で、0.4以上あるのは試合数、平均色数、最大

火力と本線発火率の4つであった。試合数の相関はトーナメント形式に関係して

おり、平均色数の相関は多くの色があると連鎖による展開の可能性が高くなるからであろうと考えられる。

3.2 土台の使用率と勝率の相性

全ての試合動画から土台を検出し、使用率と勝率及び母比率50%の比率の検定によるP値を求めた (表2)。GTR,くま積み、deltaGTRを使用したゲームの勝率は52%を超えている程度であるが、P値は0.01を下回り、十分有意であると考えられる。

表2 土台の使用率と勝率の相性

土台	ぶよ数	勝率	使用率	使用回数	使用回数(勝)	使用回数(負)	P値
弥生時代	12	0.54	0.01	68	37	31	0.233
なし	0	0.50	0.22	2396	1209	1187	0.327
GTR	7	0.52	0.33	3687	1919	1768	0.006
くま積み	4	0.52	0.30	3388	1770	1618	0.005
fron積み	7	0.52	0.02	206	107	99	0.289
不機嫌	7	0.47	0.02	215	101	114	0.812
GTR	8	0.55	0.05	591	327	264	0.005
だぁ積み	15	0.38	0.00	21	8	13	0.862
座布団L字	7	0.50	0.02	273	136	137	0.524
新GTR	8	0.48	0.03	286	136	150	0.796
横螺旋	23	0.00	0.00	1	0	1	0.841

3.3 土台の各位置における勝率とP値

各土台の場所が20回以上使用された土台を抽出し、ゲーム勝率とP値、使用回数を図13に示した。

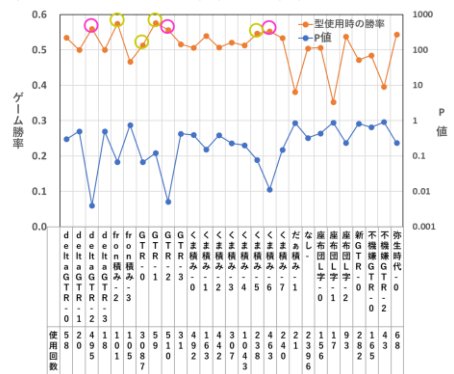


図13 土台の各位置における勝率とP値

deltaGTR02,GTR02,くま積み 06の勝率が0.55を超えており、P値も0.01以下であることから十分有意であることが分かった。

Fron積み 02,GTR00,GTR01,くま積み 05についても勝率は5割以上でありP値は0.1程度であることから、ある程度有意であることが分かる。

3.4 土台間の相性

1ゲームに1つの型のみ判定できた試合(25試合以上)を抽出し、一方が土台1,相手が土台2を使用時の勝

率、およびP値を表3に示した。P値より、GTRの相手が、なし、およびくま積みのときの勝率0.55、0.46は、ある程度有意であり、座布団L字の時の勝率0.32は有意であることが分かる。

表3 土台間の相性

土台1	土台2	1が2に勝つ確率	1勝利数	2勝利数	試合数	P値
GTR	なし	0.55	119	99	218	0.09
GTR	くま積み	0.46	77	92	169	0.12
くま積み	なし	0.52	58	53	111	0.68
GTR	新GTR	0.43	17	23	40	0.17
不機嫌GTR	GTR	0.45	18	22	40	0.26
GTR	座布団L字	0.32	8	17	25	0.04
新GTR	なし	0.56	14	11	25	0.73

3.5 くま積みとGTRの使用率の相関関係

11試合以上試合を行っている30人の選手のくま積みとGTRの使用率の散布図を図14に示した。R²(決定係数)は、0.31で負の相関があった。くま積みとGTRで土台の形が異なっている傾向にある為、このような関係にあるのではないかと考えられる。

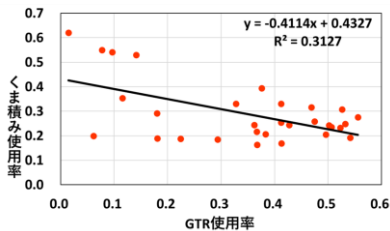


図14 くま積みとGTRの使用率の散布図

3.6 土台使用率と選手勝率の相関マトリックス

選手30人(11試合以上)の全ゲームでの全土台の使用率を求め、全土台の使用率と勝率の総当たりの相関関係を表4に示した。負の相関はGTRとなしが-0.62で最も大きかった。GTRと他の土台との相関では、全体的に負の相関があった。正の相関では不機嫌GTRとなしが0.60で最も高かった。

表4 土台の使用率と勝率の相関係数マトリックス

ゲーム勝率	試合勝率	勝率相対	なし	GTR	くま積み	From積み	不機嫌GTR	newGTR	だま積み	座布団L字	新GTR	機嫌直
試合勝率	0.54	0.52										
勝率相対	0.15	0.10	(0.05)									
なし	(0.33)	(0.33)	0.60	(0.43)								
GTR	0.06	0.03	(0.03)	0.08	(0.07)							
くま積み	0.20	0.28	(0.08)	0.05	0.20	1.00						
From積み	0.16	0.12	(0.04)	0.00	(0.04)	(0.24)	1.00					
不機嫌GTR	(0.00)	0.12	0.41	0.02	(0.23)	(0.50)	(0.30)	1.00				
newGTR	(0.33)	(0.40)	(0.33)	0.24	(0.21)	(0.00)	0.40	0.13	1.00			
だま積み	0.18	0.26	0.14	0.20	(0.07)	0.11	0.13	0.17	0.24	1.00		
座布団L字	0.10	0.08	(0.01)	(0.02)	(0.01)	0.10	0.08	0.03	0.08	0.10	1.00	
新GTR	(0.33)	(0.34)	(0.34)	(0.33)	0.04	0.14	(0.30)	(0.30)	0.14	(0.34)	(0.34)	1.00
機嫌直	(0.33)	(0.34)	(0.34)	(0.33)	0.04	0.14	(0.30)	(0.30)	0.14	(0.34)	(0.34)	1.00

3.7 土台場所使用率と選手勝率の関係

選手30人(11試合以上データが存在する選手)の全ゲームでの勝率と、GTRとくま積みの土台場所別の使用率を求め、ゲーム勝率順にソートした(表5)。ゲーム勝率が高い、もしくは低い選手はGTR00を高い頻度で使用していることが分かった。ゲーム勝率が中程度(約4割5分~5割)の選手は多くの種類の土台を使う傾向にあった。

表5 各選手の勝率と土台場所毎の使用率

選手名	ゲーム勝率	試合勝率	GTR00	GTR01	GTR02	GTR03	くま積み	From積み	不機嫌GTR	newGTR	だま積み	座布団L字	新GTR	機嫌直	
実況師	0.60	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.09	0.02	0.04	0.00
delin	0.56	0.47	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.02	0.01
まよふ	0.57	0.51	0.08	0.00	0.01	0.00	0.06	0.01	0.01	0.06	0.06	0.08	0.03	0.12	0.06
マツキ	0.55	0.48	0.47	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.13	0.02	0.02	0.01	
Yuu	0.54	0.57	0.38	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.12	0.02	0.04	0.01	
Reza	0.53	0.50	0.14	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.02	0.01	0.01
おっちゃん	0.52	0.50	0.37	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.09	0.01	0.03	0.01
NAKA	0.52	0.48	0.01	0.04	0.15	0.01	0.07	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01
Taru	0.51	0.49	0.18	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01
レイシ	0.51	0.58	0.49	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.15	0.01	0.01	0.01	0.01
Haruru	0.51	0.43	0.05	0.01	0.11	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.05	0.02	0.04	0.01	
Haruru	0.51	0.39	0.08	0.00	0.02	0.00	0.09	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.02	0.04	0.03
くまよむ	0.50	0.54	0.02	0.01	0.04	0.01	0.22	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.03	
SAKI	0.50	0.58	0.09	0.00	0.33	0.01	0.08	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	
delin	0.50	0.52	0.32	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.12	0.02	0.07	0.03	
まよふ	0.49	0.50	0.48	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	
Yuzufu	0.48	0.37	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.08	0.08	0.30	0.07	0.06	0.07	0.10	
real	0.48	0.50	0.36	0.00	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06	0.01	0.01	0.00
おん	0.47	0.42	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.14	0.00	0.02	0.02
おん	0.47	0.47	0.00	0.01	0.36	0.01	0.14	0.01	0.03	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	
タイタン	0.46	0.35	0.52	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.18	0.02	0.01	0.01	
SHOYUKI	0.45	0.39	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.08	0.02	0.02	0.01
meia	0.45	0.45	0.33	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.08	0.02	0.03	0.00	
へーまほ	0.43	0.36	0.45	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.04	0.14	0.06	0.03	0.01	
おん	0.43	0.35	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.11	0.01	0.03	0.01	
あみみ	0.42	0.33	0.42	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.13	0.02	0.01	0.01	
おん	0.40	0.24	0.41	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.14	0.01	0.05	0.07	
いさな	0.39	0.27	0.55	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.12	0.03	0.04	0.01	
おん	0.36	0.20	0.36	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.13	0.07	0.08	0.07	
Yuu	0.32	0.20	0.20	0.00	0.30	0.02	0.08	0.00	0.08	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	

表5中の土台場所の配置を図15に示した。

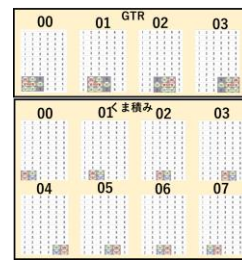


図15 土台場所の定義

4. 結論と今後の課題

4.1 結論

「ぷよぷよ」の449試合のデータからぷよの同定と土台の抽出、及びそれらの分析を行った結果、以下のことが分かった。

- 1) ゲーム動画から6フレームおきに、ぷよ位置のHSV値分布を取得し、ぷよ識別ルールRmを構築することで、ぷよの同定が可能になった。またこれによって使用された土台の判定が可能となった。
- 2) 今回収集したデータを用いて、フィールドビュー、及び連鎖と土台の時系列ビューを構築し、これらが互いに同期された可視化システムを提案した。これを実現することで新たな分析が可能になると考える。
- 3) 土台の場所ごとや、相手の選手ごとの、土台の使用率や勝率の分析によって、土台は場所ごと相手ごとに勝率が異なり、最大0.58程度の有意な勝率が観察された。また、選手ごとに土台の使用率や勝率が異なることが分かった。

4.2 今後の課題

- 1) 連鎖中のぷよの同定ができなかったため、それを可能とする方法を検討する。
- 2) 盤面から取得した情報のうち、土台情報のみの分析となったため、今後は戦略のパターンとその効果の分析や盤面情報の分析を行いたい。
- 3) 可視化システムをブラッシュアップし、統合化データベースシステムを構築する。
- 4) 土台の定義を明確にし高精度な研究を行うこと。

5. 謝辞

本研究で用いたデータは、『情報・システム研究機構 統計数理研究所 医療健康データ科学研究センター』及び『株式会社SEGA』より提供していただきました。深く感謝いたします。

6. 参考文献

- 1) 判別分析と時系列可視化による、「ぷよぷよ」における勝敗要因の特徴付け、中西連、他、第11回スポーツデータ解析コンペティション
- 2) ぷよぷよeスポーツ 特設サイト【セガ公式】
<https://esports.sega.jp/puyo/player/>
- 3) 『ぷよブロ!ぷよぷよ土台ランキング』
<https://puyo-euphonic.com/puyo-dodai-ranking-2021>