

選手の特徴と希望ポジションを考慮した サッカーにおける選手起用法最適化

飯島晴希^{*1}, 染谷博司^{*2}

Optimization of Player Deployment in Football Considering Players Characteristics and Preferred Positions

by

Haruki Iijima, Hiroshi Someya

(received & accepted)

Abstract

Player selection in football is often influenced by tradition, coaching preferences, and interpersonal factors, which may lead to biased lineups and excessive workloads for key players. This study formulates player deployment (selection and positioning) as a multi-objective combinatorial optimization problem considering only player characteristics and preferred positions. An island-model multi-objective genetic algorithm is proposed with two objectives: (1) a request score measuring how well assignments match players' preferred positions and (2) a team score computed from position-specific ability values. Pareto-optimal solutions represent trade-offs between these objectives. Simulation experiments using data from 25 FC Barcelona first-team players from the 2024–2025 season identified lineups whose evaluation scores exceeded the existing lineup. An application experiment with a youth football team tested optimized lineups in practice matches. Questionnaire responses suggested improved motivation, increased awareness of teammates, and interest in unconventional lineups, while also revealing formation-balance issues in some solutions. These findings suggest the potential utility of the proposed approach for supporting coaching decisions.

Keywords: Multi-objective optimization, Island model genetic algorithm, Football

1. はじめに

サッカーでは、誰がどこのポジションで出場するかといった選手起用に関して、そのクラブの伝統や、人間関係、とりわけクラブ幹部や監督との人間関係が大きく影響している。さらに、一度先発選手が定着すると、怪我や移籍を除いてシーズンを通して先発メンバーは大きく変化しにくい。主力選手へ依存するケースが多く、酷使による怪我の発生や、移籍した選手をチーム戦力として生かしきれないケースが少なくない[1]。

そこで本研究では現在選手起用に大きな影響を持つ伝統や人間関係といった選手のサッカー技術や希望以外の要素を排除した選手起用を試みる。どの選手をどこのポジションに就かせるか決める問題を選手起用決定問題とし、各選手の適性と希望ポジションを考慮した多目的組合せ最適化問題として定式化する。選手の身体能力、サッカースキルを能力値として数値化し、それに基づく選手の適性とポジションの希望のみを考慮した選手起用法の多目的最適化を行い、新たな起用法の発見と提案手法の有用性を確かめる。

本研究は、多目的最適化を用いて選手起用決定問題を解くことで、新たな起用法を発見し、提案する手法を実チームに適用する際の有用性を確かめることを目的とする。ここで言う「有用性」とは、以下に示す2つの観点から評価する。1つ目は、発見した起用法に対する評価関数による評価である。多目的最適化によって発見した起用法と実際にチームが試合で最も採用している起用法（既存チーム）を本研究で使用する評価関数で比較した際に、発見した起用法の評価値が既存チームの評価値を上回ることを目標とする。なお、両者の陣形や起用選手の相違点についても着目することで、発見した起用法の新規性も評価

する。2つ目は、適用実験での選手、監督からのフィードバックによる評価である。これは、実際に現場の意見を参考にすることで、提案手法の導入がチームに有意義である可能性を持つかを評価する。具体例として、人間関係の改善を挙げる。従来の選手起用法に大きく影響を与えている人間関係の問題は、監督と選手、または選手同士がお互いを深く理解し、協調することができていないことに起因すると考える。本研究における選手起用法では前述した通り人間関係については考慮しないが、結果として、本研究がチームメイトや監督との人間関係構築のための橋渡しとしての立場を担うことができれば、選手起用の問題そのものの解決に寄与すると考える。

2. 関連研究

Sérgio らは、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm ; GA) を組み合わせた多重選択法によるサッカーチーム編成手法を提案した[2]。この研究では、2017年にブラジルサッカー1部リーグに所属する322名の選手について、選手の試合での記録をもとに、選手が持つプレーの特徴を表1に示す18の能力値として数値化し、GAを用いて選手同士の補完性について単目的最適化を行った。ここにおける補完性とは、ある能力Aが苦手でも、他の得意な能力を活かすことでその苦手を補完する関係を指し、この値は専門家50人へのアンケートによって決定された。補完性は0以上1以下で表され、値が1に近づくほど補完性が高く、能力値間の相関が低いことを示す。表2に各能力値の補完性(抜粋)を示した。なお、この研究ではゴールキーパー (GK) の選出、最適化は実施されていない。

GAによる最適化により、登録ポジションの制限の有無で二つの結果が得られた。無制限の場合、およそ1000世代で補完率が安定し、その値は43.04%となった。フォーメーション (3.1に

*1 学部生, 東海大学情報理工学部情報科学科

*2 准教授, 東海大学情報理工学部情報科学科

て後述)は3-6-1が採用された。フォワード(FW)登録の選手は1人選出され、ディフェンダー(DF)登録の選手は1人も選出されなかった。DF登録の選手が選出されなかった理由として、起用が限定的であり、他方、ミッドフィルダー(MF)登録の選手は攻守両面で活躍でき、補完性が向上するためであると考えられる。次にポジションごとに2人ずつ選出する制限を設けた場合は、およそ1600世代で補完率が最大となり、その値は40.21%であった。フォーメーションは4-4-2が採用され、制限なしの場合から4人が変更された。変更がなかった6名については非常に強い補完性があると考えられる。

表1 能力値とその説明 [2]

Acronym	Criterion	Description
C1	Disarms	Balls recovered from opposing team possession
C2	Interceptions	Balls intercepted from the opposing team
C3	Fouls suffered	Fouls suffered by the player
C4	Fouls committed	Infractions committed by the player
C5	Yellow cards	Infractions with yellow card received
C6	Red cards	Infractions with red card received
C7	Clearance	Clear the ball from the defense in opponents' attack situations
C8	Shots on target	Shots on target, but not converted into goals
C9	Goals inside the area	Goals made inside the opponent's great area
C10	Goals outside the area	Goals scored from outside the opponent's great area
C11	Dribbling	Overtaking an opponent keeping possession of the ball
C12	Possession lost	Number of times the athlete lost the ball to the opponent
C13	Aerial duel won	Winning a header in a contest with the opponent
C14	Long passes	Certain passes made greater than 22 meters
C15	Short passes	Certain passes made less than 22 meters
C16	Long key passes	Long passes resulting in shots
C17	Short key passes	Short passes resulting in shots
C18	Assistance	Passes that resulted in goals

表2 各能力値同士の補完性(抜粋) [2]

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1		0.15	0.19	0.32	0.35	0.4	0.24	0.89	0.90
C2	0.15		0.55	0.31	0.25	0.34	0.34	0.91	0.92
C3	0.19	0.55		0.44	0.54	0.55	0.34	0.51	0.49
C4	0.32	0.31	0.44		0.32	0.33	0.46	0.88	0.95
C5	0.35	0.25	0.54	0.32		0.15	0.97	0.99	0.96
C6	0.40	0.34	0.55	0.23	0.15		0.98	1.00	0.98
C7	0.24	0.34	0.34	0.46	0.97	0.98		0.88	0.90
C8	0.89	0.91	0.51	0.88	0.99	1.00	0.88		0.25
C9	0.90	0.92	0.49	0.95	0.96	0.98	0.90	0.25	
C10	0.85	0.94	0.62	0.97	0.97	0.98	0.87	0.25	0.36
C11	0.97	0.92	0.72	0.91	0.99	1.00	0.87	0.52	0.61
C12	0.87	0.84	0.72	0.86	0.98	0.99	0.9	0.58	0.46
C13	0.34	0.32	0.88	0.55	0.89	0.90	0.44	0.57	0.68

3. 提案手法

3.1 選手データセット

まず準備段階として、選手の名前、背番号、各種能力値、希望ポジションをまとめたデータセットを作成する。各データは株式会社コナミデジタルエンタテインメントが運営するサッカーゲーム『eFootball™』のデータを用いた。eFootball™では、各選手に対して、「通常選手」「ハイライト選手」「エピック選手」など複数のバージョンが存在し、バージョンによって能力値が異なる仕様になっている。本研究で参考にする能力値は全て「通常選手」の能力値を用いることとした。能力値は表3に従って決定する。表3では、本研究で使用する能力値を「能力値名」、使用する能力値を算出するために参照したeFootball™の能力値を「参考にする値」として示している。ただし、「GK能力」のように、複数のeFootball™の値を参考にする能力値は、参考にする値の平均値とした。なお、各能力値は40以上99以下の整数値をとり、値が大きいほどその能力に長けていることを示す。

表3 各能力値と参考にする値

能力値名	参考にする値
GK能力	GKセンス, キャッチング, クリアリング, コラプシング, ディフレクティング
守備時サポート	ディフェンスセンス, 守備意識
ボール奪取	ボール奪取, アグレッシブネス
スピード	スピード
スタミナ	スタミナ
攻撃時サポート	オフenseセンス
シュート精度	決定力
パス精度	グラウンダーパス, フライパス
コントロール	ボールコントロール, ドリブル, ボールキープ

希望ポジションについては、eFootball™で登録されているポジションと、実際に選手が所属クラブでプレーするポジションを参考に第1希望から第3希望までを決定した。ただし、選手が希望するポジションは3つとは限らず、複数のポジションを同じ希望度に登録できるようにした。

サッカーでポジションを表す際、「フォーメーション」と「システム」という2つの用語があるが、度々解釈が混同されることがあるため、本研究では、それぞれ次のように定義する。フォーメーションとは、ポジションをDF, MF, FWの三つに括った際のそれぞれの配置人数とし、DFに4人, MFに4人, FWに2人配置する際は「4-4-2」と表記する。対してシステムとは、4-4-2のフォーメーションを形成する際のそれぞれのより詳細な役割を表すものとする。一口に4-4-2と言っても詳細な役割を見ていくと複数の配置方法が存在する。サッカーでは多くのポジションが存在するが、例えば、DFというポジションはセンターバック(CB)とサイドバック(SB)に細分化される。同様にMFはディフェンシブミッドフィルダー(DMF), センtralミッドフィルダー(CMF), オフェンシブミッドフィルダー(OMF), サイドハーフ(SH)に細分化され、FWはウィング(WG), セカンドトップ(ST) センターフォワード(CF)に細分化される。本研究では、これらにGKを加えた10の詳細なポジションを「システム」と呼び、GK:1, CB:2, SB:2...のようにポジション名と配置人数を対で表現する。これにより、フォーメーション表記では表現できない、より詳細なポジション配置を表現できる。

3.2 評価関数

評価関数として希望反映度、チーム評価値の2つを設定して最適化を行う。1つ目の評価関数である希望反映度とは、選手が希望するポジションに就いてプレーすることができているかを評価する値である。データセットを参照し、その選手が第何希望のポジションでプレーするかを判定し、式(1)で算出される。この値を最大化することで、より多くの選手がより高い希望のポジションでサッカーができるような選手起用を試みる。希望反映度は0以上11以下の実数を取り、出場する選手全員が第1希望のポジションについているとき、希望反映度は最大値となる。

$$request = num_{1st} + 0.8 * num_{2nd} + 0.5 * num_{3rd} \dots (1)$$

request : 希望反映度
num_{1st} : 第1希望のポジションについている選手の人数
num_{2nd} : 第2希望のポジションについている選手の人数
num_{3rd} : 第3希望のポジションについている選手の人数

2つ目の評価関数であるチーム評価値は、各ポジションで重要視される能力値に着目した評価値であり、表3の各評価値と配置された選手の人数を用いて式(2)で表される。この評価値はGK, DF, MF, FWのフォーメーションごとに加えて、システム単位で見たときにそのポジションが攻撃的か守備的か、さらにサイドのポジションも加えた7つのポジションまたは役割ごとに小さな評価値(ポジション適性度評価値)を計算し、これを元に算出される。なお、ポジション適性度評価値は次のように求められる。まず、各ポジション、役割に応じて重要視する能力値を2つ設定する。そのポジションに配置された選手の該当する2つの能力値の平均(個人平均)を算出し、これを該当する選手全員分行う。その後、算出した個人平均からその平均を算出し、これを小さな評価値とする。以上の過程で各ポジション、役割ごとにポジション適性度評価値を算出する。最後に、算出された7つのポジション適性度評価値の平均をチーム評価値とし、これを最大化する。なお、能力値を参照する選手は、人数を参照したポジションについている選手であり、式(2)に示される $(df + ta)_i$ は選手 i の df 値と ta 値の和である。

$$team = \frac{1}{7} \left[gk + \frac{1}{N_{DF}} \sum_{i=1}^{N_{DF}} \left\{ \frac{(df + ta)_i}{2} \right\} + \frac{1}{N_{MF}} \sum_{i=1}^{N_{MF}} \left\{ \frac{(ps + co)_i}{2} \right\} + \frac{1}{N_{FW}} \sum_{i=1}^{N_{FW}} \left\{ \frac{(at + sh)_i}{2} \right\} + \frac{1}{N_{DEF}} \sum_{i=1}^{N_{DEF}} \left\{ \frac{(df + ta)_i}{2} \right\} + \frac{1}{N_{OFF}} \sum_{i=1}^{N_{OFF}} \left\{ \frac{(ps + at)_i}{2} \right\} + \frac{1}{N_{SIDE}} \sum_{i=1}^{N_{SIDE}} \left\{ \frac{(sp + st)_i}{2} \right\} \right] \dots (2)$$

$team$: チーム評価値
 N_{DF} : DF の人数
 N_{MF} : MF の人数
 N_{FW} : FW の人数
 N_{DEF} : DF, DMF の人数
 N_{OFF} : OMF, FW の人数
 N_{SIDE} : SB, SH, WG の人数
 gk : GK の能力値「GK 能力」
 df : 能力値「守備時サポート」
 ta : 能力値「ボール奪取」
 sp : 能力値「スピード」
 st : 能力値「スタミナ」
 at : 能力値「攻撃時サポート」
 sh : 能力値「シュート精度」
 ps : 能力値「パス精度」
 co : 能力値「コントロール」

3.3 最適化プログラム

本研究では、単目的最適化を用いた関連研究に対し、島モデル

を用いた多目的最適化(島モデル GA)を適用する [3][4]。島モデル GA では、評価関数を1つもつ単目的最適化を1つの島とみなし、用いる評価関数の数だけ単目的最適化の島を用意する。島同士は独立して進化計算を進め、一定世代経過した時点で各島の任意の個体を他の島へ移住させる。移住後、再び一定世代計算を進める。この過程を繰り返す。これにより、各島での独立した進化に、他の島で生成された個体の特徴が混ざり、どの評価関数で評価しても、ある程度高い評価値を有する解を見つけることができる。島モデル GA を用いることで、複数ある評価に重み付けせず、0以上11以下の値をとる希望反映度と、40以上99以下の値をとるチーム評価値というスケールの異なる2つの評価に対し、それぞれ評価することが可能である。

多目的最適化では、一般に最適解は1つに定まらない。各評価がトレードオフの関係にある場合、ある評価は最大だが、他の評価を見ると他の解候補の方が良い、といったことが起こり得るからである。そのため多目的最適化を行う際はパレート解集合という考え方を用いて最適解を定義する。パレート解集合とは、他のどの解にも劣らない解の集合を指す(付録A)。

4. シミュレーション実験

4.1 実験設定

本実験ではスペインの強豪、FC バルセロナ(バルサ)のトップチームに2024-2025年シーズンに在籍した選手25名を対象とした。バルサはこの年に国内タイトル3冠を果たしており、発見した解を評価するのに適している。

個体生成の流れを図1に示す。最適化プログラムではまず、ランダム関数を用いて採用するシステムを作成する。システム作成における制約として、11人用意すること、GKを必ず1名、DFを3名以上、MFを2名以上、FWを1名以上おくこととした。また、配置人数は図3に示すPOSITION_LIMITSに従い、GKから順に各ポジションに設定された配置人数の下限、上限の範囲内でランダムに指定した。システムを生成する過程で制約を満たさないシステムが生成された場合、その時点でシステム生成を中止し、再生成を行う。制約を満たすシステムが生成されるまで繰り返し、生成に成功した時点で、そのシステムを採用システムとした。その後、選手データセットに登録されている選手から重複のないように、先発する11名をランダムに選出し、先発選手リストに格納し、リストの先頭から採用するシステムに当てはめていく。

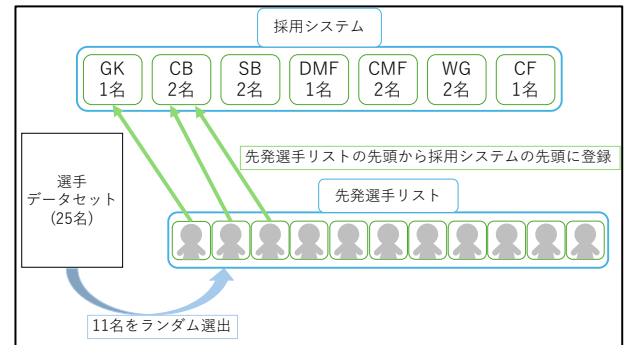


図1 個体生成の流れ

遺伝子表現については、図2に示すように、選手一人一人を遺伝子とし、先発選手11人がどうポジションにつくかの組み合わせで個体を形成する。この個体を各島で複数生成して個体集団を形成する。個体集団からランダムに選ばれた2個体から

Order Crossover (OX) によって子個体を生成する。交叉率は 100% である。なお、OX は遺伝子の順序を保ち、また、遺伝子の重複を避けるため、致死遺伝子を生成しない交叉が可能である。前述の通り、個体は決められた採用システムに対し、先発選手リストの先頭から順にポジションに割り当てられる。交叉は図 1 に示した先発選手リストに対して行われるため、子個体生成によるシステムの変化は起こらない。

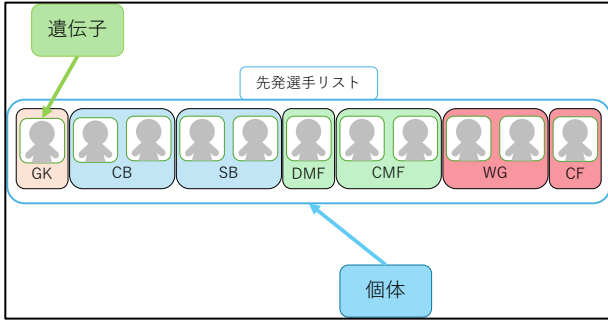


図 2 遺伝子と個体

本実験での GA の設定を図 3 に示す。各システムにつき総探索数を 50,000 回として、5,000 探索ごとに移住を行い、パレート解を探索する。これを重複の無いように 100 システム分行い、100 システム探索後にパレート解を得る。この際の移住方法については、エリート移住とランダム移住という二つの方法で実験を行う。エリート移住とは、移住フェーズ時点で、各島の最優良個体同士を移住させる方式である。他方、ランダム移住では、各島でランダムに選ばれた個体同士を移住させる。本実験ではこの 2 通りの移住方法を検証し、結果を比較する。

NUM_SAMPLES	= 50000	# 総探索数
GEN	= 10	# 移住回数 NUM_SAMPLES / GEN 回探索する毎
POP_SIZE	= 100	# 個体集団の大きさ
FAMILY_SIZE	= 2	# 子個体の生成数
TEAMS	= 100	# 何個システムを最適化するか
PLAYERS	= 11	
TEAM_NAME	= 'Barcelona'	
GK	= ['GK']	
DF	= ['CB', 'SB']	
MF	= ['DMF', 'CMF', 'SH', 'OMF']	
FW	= ['WG', 'ST', 'CF']	
DEFENSIVE	= ['CB', 'SB', 'DMF']	
OFFENSIVE	= ['OMF', 'WG', 'ST', 'CF']	
SIDE	= ['SB', 'SH', 'WG']	
POSITION_LIMITS	= { 'GK': (1, 1), 'CB': (0, 3), 'SB': (0, 2), # 0 or 2 'DMF': (0, 3), 'CMF': (0, 3), 'SH': (0, 2), # 0 or 2 'OMF': (0, 3), 'ST': (0, 2), 'WG': (0, 2), # 0 or 2 'CF': (0, 3) }	

図 3 GA の詳細設定 (シミュレーション実験)

突然変異の発生確率は、式 (3) を用いて決定することとし、ここでは 22% となる。突然変異では、ランダムに選ばれる遺伝子一つについて、選手リストの選手を他遺伝子と重複の無いようにランダム交換を行う。

$$p [\%] = 2 * L \cdots (3)$$

p : 突然変異発生確率
 L : 個体長

4.2 結果と考察

図 4 に実験結果を示す。グラフの横軸は希望反映度、縦軸はチーム評価値である。エリート移住、ランダム移住ともに既存チームを上回る評価を持つ解の発見に成功した。エリート移住、ランダム移住で比較すると、全体的にはランダム移住の方がチーム評価値が高く、ただし、希望反映度が 10 を超えると、エリート移住の方が好ましい結果となった。なお、本実験は Apple M1 チップを搭載した MacBook Air13 で実行され、実行時間は、エリート移住が 31 分 03 秒であったのに対し、ランダム移住は 32 分 18 秒であった。

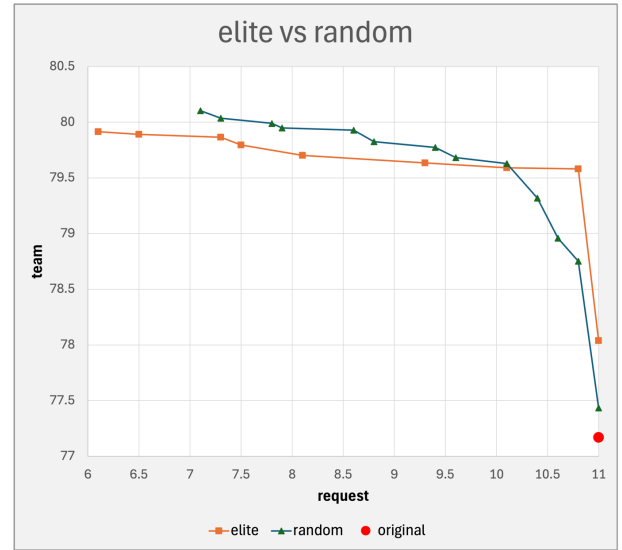


図 4 シミュレーション実験のパレート曲線

次に具体的に解を見ていく。図 5 は既存チームの選手起用法であり、図 6 は本実験で発見した選手起用法である。選手の配置はポジション名と背番号で表記し、各起用法の評価値が図の左上に表示されており、図 6 では、既存チームでは選出されていない選手を黄色く示している。図 6 に示す 2 つの選手起用法は左から、パレート解の中で最もチーム評価値が高い解 (図 6 左) と、最も希望反映度が高い解 (図 6 右) である。既存チームと本実験で新たに発見した解を比較すると、図 6 に示す解のチーム評価値はいずれも既存チームを上回っており、計算上は既存チームのパフォーマンスを超えるシステムと言える。採用システムは、いずれも既存チームと異なるシステムが採用されている。バルサは従来、4-3-3 を伝統とし、ショートパスでボールを保持し、試合を支配するスタイルを続けている。チームが不調の時期もこのスタイルは崩すことなく、今までは監督の変更などで復調を図ってきた。しかし新たなシステムの発見により、採用システムを相手やチーム事情によって使い分けることが期待できる。

図 6 左で試合を行う場合、MF が 6 人いるため、攻撃の組み立ては安定すると予想されるが、DF3 人が中央寄りのため、守備時にサイドを使われる可能性が高く、SH の選手の守備意識が重要となる。図 6 右は示した起用法の中では最も守備的であると言え、守備時には DF5 人がラインを形成してスペースを埋めるため安定した守備が期待できる。しかし攻撃時には陣形が後ろ重心のため、少ない人数で攻撃をやり切る、攻撃陣の決定力が重要となる。

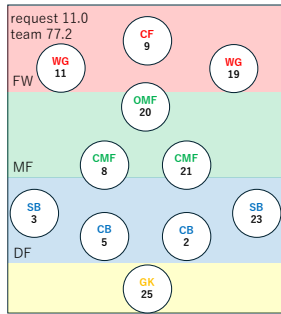


図 5 既存チーム（パルサ）

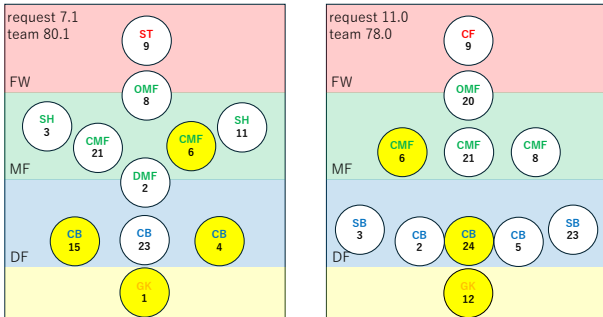


図 6 新たに発見した選手起用法（パルサ）

5. 適用事例

5.1 実験設定

シミュレーション実験の結果を踏まえ、実チームへの適用実験を行なった。長野県佐久市を中心に活動するチームである、野沢 FC スポーツ少年団（野沢 FC）を対象に適用実験を行なった。所属メンバーは、2025 年度時点で 5 年生 12 名、6 年生 9 名である。発見した解のうち、いくつかの起用法について、実際にミニゲームで採用し、練習試合を行なった。本実験の目的は実際のチームを用いて実験を行うことで、試合中の動きの確認、また、実際にプレーした選手、監督からの生の意見を得ることである。なお、データセットについては、実際に選手に希望や、チームメイトの長所についてのアンケートをとって作成した。

野沢 FC への適用実験で用いた GA の設定を図 7 に示す。個体、遺伝子の持つ情報や、GA の基本の設定はシミュレーション実験と概ね同じだが、8 人制サッカーであるため、個体長、採用するポジション、探索システム数について変更を加えている。希望反映度の最大値も 8 となる。制約条件は、GK を 1 名おくこと、DF、MF、FW にはそれぞれ少なくとも 1 名おくこととした。生殖についても、OX はシミュレーション実験と同じだが、突然変異の発生確率については式 (3) より 16% となる。移住方法に関してはランダム移住を採用した。まだサッカー理解が十分とは言えない小学生へのアンケートのみで選手の能力値を決定している今回の場合、評価値依存の移住方法では結果に大きな影響を与えかねないと判断したため、ランダム移住を採用した。以上の設定で島モデル GA を用いた計算を行い、パレート解として導かれた解候補の中からいくつかのシステムを実際に取り入れて練習試合を行なった。その後、選手、監督に感想をもらい、実際にサッカーを行う上で有用性があるか評価した。

NUM_SAMPLES	= 50000	# 総探索数
GEN	= 10	# 移住回数 NUM_SAMPLES / GEN 探索毎
POP_SIZE	= 100	# 個体集団の大きさ
FAMILY_SIZE	= 2	# 子個体の生成数
TEAMS	= 50	# 何個システムを最適化するか
PLAYERS	= 8	
TEAM_NAME	= 'Nozawa'	
GK	= ['GK']	
DF	= ['CB', 'SB']	
MF	= ['CMF', 'SH', 'OMF']	
FW	= ['CF']	
SIDE	= ['SB', 'SH']	
DEFENSIVE	= ['CB', 'SB']	
OFFENSIVE	= ['OMF', 'CF']	
POSITION_LIMITS	= {'GK': (1, 1), 'CB': (0, 3), 'SB': (0, 2), # 0 or 2 'CMF': (0, 3), 'SH': (0, 2), # 0 or 2 'OMF': (0, 3), 'CF': (0, 3)}	

図 7 GA の詳細設定（適用実験）

5.2 結果と考察

野沢 FC がリーグ戦などで使用している起用法を図 8、新たに発見した起用法を図 9 に示す。図 9 は左から、パレート解の中で最もチーム評価値が高い解（図 9 左）と、最も希望反映度が高い解（図 9 右）である。なお、選手については選手のインシタルで表記している。

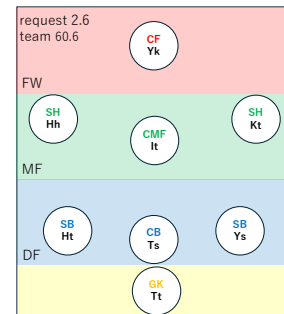


図 8 既存チーム（野沢 FC）

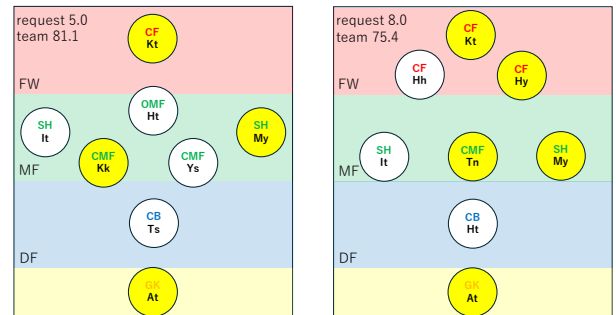


図 9 新たに発見した選手起用法（野沢 FC）

既存チームでは、陣形のバランスは良いものの、希望反映度が大きく損なわれているのに比べて、図 9 の起用法を見ると、希望反映度が改善され、チーム評価値についても既存チームを上回る結果となった。数値では成功と言える一方で、陣形を見ると DF が 1 人となっており、守備時に不安を残す陣形となっている。実際に図 8、9 で示した 3 つの起用法を用いて 10 分間の練習試合を行うと、図 9 に示す 2 つの起用法では攻撃時には良い連携を見せる場面が見受けられたが、守備時には SH の後ろの空いたスペースを相手に使われ、サイドからピンチを招く

シーンが多く見られた。守備時には SH が SB の位置まで下がることで攻撃時とは異なる陣形を構える、可変システムとしての SH 起用が見られた。また、希望が強く反映された起用法ほど、動きがよくなる傾向が見られた。これは子供であるが故にやりたいことをやりたいという意思の表れであり、サッカーをやりたいという純粋な感情でプレーする育成年代独自の傾向と考えられる。

試合後に選手、監督にアンケートをとると、選手からは「アンケートを通じて、改めて仲間について考える機会ができて良かった」、「普段やらないポジションでプレーすることで、そのポジションでプレーする選手の気持ちがあった」、「やりたいところでやれて良かった」という肯定的な意見があった。一方で、「普段いる場所に仲間がいなくて難しかった」、「普段と違うメンバーで少し困惑した」といった意見も出た。監督へのアンケートでは、陣形に関わらずサイドの選手の動きの重要性、サッカーではよく語られる三角形を作る動きなど、選手自身のサッカー理解度の必要性が挙げられた。また、試合中の動きや内容に関しては陣形を踏まえた練習によって改善が見られるのではないかという意見が出た。なお、島モデル GA による選手起用法に関して、人が持つ固定観念や常識から逸脱した新しい起用法の提案について興味が示された。

6. まとめ

本研究は新たな選手起用法の発見および、選手起用法推薦システムを実チームへ適用する際の有用性の検証を目的として進められた。シミュレーション実験、適用実験を通して、既存チームと同等かそれ以上のパフォーマンスを有する可能性を持ち、なおかつ選手の希望がより反映された選手起用法の発見に成功した。特定の選手が選ばれやすい傾向はあるが、既存チームにはない新たな陣形、人選の推薦に成功した。また、適用事例では実際に選手から意見を聞くことで有用性を評価した。結果として、アンケートの実施や普段と異なるポジションでのプレーを通じて、チームメイトと個性や考えを共有する機会が得られた。

今後の課題として、制約条件の見直しと選手配置の明確化、新たな評価値計算の検討が挙げられる。今回の実験では DF が 1 人のみに対して FW が 4 人以上いる陣形など極端すぎる起用法の生成も見られた。本研究ではプレー人数によって選手配置の制約条件を一律に設定したが、人数以外にも選手や監督の希望を考慮した制約条件の設定を施すことでよりチーム事情に寄り添った解の発見が期待される。

また、今回は詳細な選手配置に関しては考慮されていない。誰を左に、誰を右に置くかや、選手同士の距離感などは出場する選手、監督の判断に委ねている。ここに関して、推薦システム側で明確化する必要の是非を検証したい。

なお、本研究では、選手の持つ能力と希望についてのみ着目していたが、選手のプレースタイルについては考慮されていない。計算上は高い評価値を持つ個体でも、陣形や配置によってはコンビネーションの面でうまくいかない可能性がある。そのため、シミュレーターなどを用いた評価関数を導入し、より選手の得意とする動きについても考慮した選手起用法の最適化についても検証したい。

謝辞

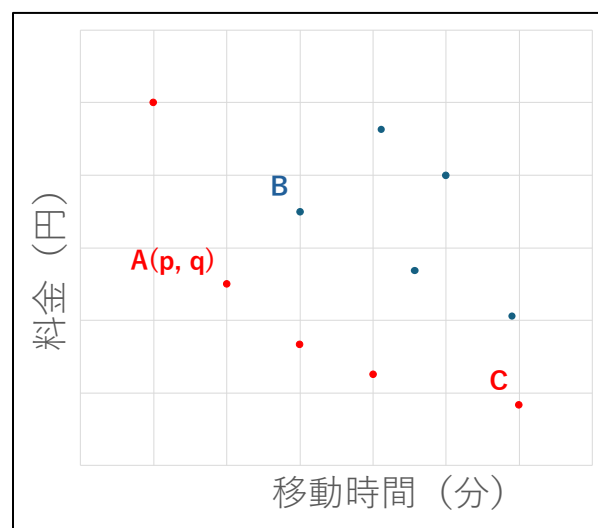
年末の多忙な中、適用実験の実施に快くご協力いただいた、野沢 FC スポーツ少年団の監督、コーチ、選手ほか関係者の皆さまに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] サッカーキング編集部. 昨季の欧州 5 大リーグの負傷件数は 4123 件…92 分間に 1 人が負傷、若手選手の重傷も増加. サッカーキング. <https://www.soccerking.jp/news/world/20241016/1945671.html>. (2025-10-05)
- [2] Sérgio Salles, et al. MULTIPLE CHOICE METHOD WITH GENETIC ALGORITHM FOR THE FORMATION OF SOCCER TEAMS. Pesquisa Operacional. 2022, Vol. 42:e243537. pp.1-21
- [3] 濱崎雅弘, et al. 島モデル GA における移住モデルについて. 同志社大学理工学部インテリジェント情報工学科知的システムデザイン研究室. 月例発表会 Vol 22, 1999 年 9 月
- [4] Quixue Meng, et al. Dynamic Island Model based on Spectral Clustering in Genetic Algorithm. 2017 International Joint Conference on Neural Networks, pp.1724-1731, 2017. DOI:10.1109/IJCNN.2017.7966059

付録 A パレート解

パレート解の具体例として付図 1 を示す。ここではある地点 a から地点 b まで移動する際の移動方法を各個体とし、付図 1 は個体ごとの移動時間と料金の関係を示している。例えば、個体 A の移動方法で移動する場合、移動時間は p 分、料金は q 円となる。なお、いずれの評価に関しても最小化を目指すものとする。点 A と点 B を見ると、点 A は点 B より安い料金で早く移動できることがわかる。点 B は点 A に対していずれの評価でも劣るので点 A の劣解となり、点 A は点 B を優越しているといえ、点 A の方が点 B より優良な解となる。次に点 A と点 C を見ると、点 A は点 C より料金は高いが移動時間は短くなっている。この場合、どちらが最適かは個人の価値観で変わってしまうため、どちらの解が最適かは断定できない。このようにして全ての点を見ると、青で示された各点は劣解となる。一方、赤で示された各点はどの解と比較しても自身を優越する解候補がないため、パレート解となる。



付図 1 移動時間と料金の関係