

〈原 著〉

サッカー選手のパフォーマンスを評価する DEA を活用した 簡易指標の開発

廣津 信義*・井口 祐貴*・吉村 雅文*

Development of Simple Indicators to Evaluate Performance of Soccer Player by Use of Data Envelopment Analysis

Nobuyoshi HIROTSU*, Yuki IGUCHI* and Masafumi YOSHIMURA*

Abstract

In this paper, we developed evaluation indicators for individual soccer players with the help of data envelopment analysis (DEA) to identify the characteristics of the player's performance. The evaluation indicators were expressed by simple formulae with basic arithmetic operations. In the development of the indicators, we used weight values obtained in the process of DEA. In the DEA model, time played was used as the input and data from ten basic plays such as goals, passes and dribbles, were used as the outputs. The performance of field players was analyzed, regardless of players' positions, using annual data based on the super efficiency formulation of CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) model. With the help of DEA, we can obtain the weight values of basic plays, which characterize the player's performance during the game. The simple evaluation indicators, which consist of product sum of the weight values and the frequencies of the plays per time, can be used for quantifying the direction of the characteristics of players. We demonstrate this method using data of the J-league, and show how the evaluation indicators can be developed. We also illustrate the speciality of some players and quantify the performance of players according to the direction of their characteristics.

Key words: Evaluation Indicator, Data Envelopment Analysis, Soccer player

1. 緒 言

近年、野球やサッカー、バレーボールなどの競技においてデータを駆使した戦術分析や選手評価などが行われている⁴⁾⁵⁾¹¹⁾。競技現場でも、アナリストが試合中に起こった事象の頻度データと映像とをリンクさせて、戦術を決定するための有用な分析を行っている¹⁶⁾。

また、チームは試合で取得されたデータを、選手

の年棒査定やトレードなどにも利用している¹⁰⁾。特に野球では、セイバーメトリクスと呼ばれる指標を考案し、チーム・選手の評価に活用している。これは、四則演算やべき乗計算などの代数計算で求められる指標により、チーム・選手を簡易的に評価できる点で特色があり、ピタゴラス勝率(得失点の平均と年間勝率の換算式)やOPS(On-base plus slugging: 打者の得点能力を表す指標)など多数の評価指標が競技現場にも定着しつつある⁴⁾¹⁵⁾。

他方、スポーツ選手の評価の方法として、近年、包絡分析法(DEA: Data Envelopment Analysis)を用いた研究もなされている。DEAとは、入力に対

* 順天堂大学 大学院スポーツ健康科学研究科
Graduate School of Health and Sports Science,
Juntendo University

する出力の比(=出力/入力)を用いて評価対象の効率を相対的に評価する方法であり¹⁾²⁾¹⁴⁾, 企業など事業体の効率性の分析などに用いられるが, スポーツへの適用例もみられ, チームや選手の特徴などを把握することに利用できる⁶⁾⁻⁹⁾.

DEAによるサッカー選手の評価の研究動向を概観すると以下ようになる. 廣津ら(2006)⁷⁾はJリーグ・ディビジョン1(J1)の2004年のデータを用いて選手の評価を試みている. 彼らは, 1試合当たり換算したゴール数, パス数, ドリブル数などの主要なプレー数を出力とし, DEAモデルの中でも基本的なCCR(Charnes-Cooper-Rhodes)モデルを用い, アンケート結果によりウェイトの範囲も考慮することで, 選手の総合的な評価を試みている. Tiedemann et al.(2011)¹³⁾は出場時間に対するゴール数やアシスト数, パス成功率, タックル成功率という観点からポジション別に選手の効率性を評価している. Santin(2014)¹⁴⁾は, レアルマドリッドにて1946-7年~2009-10年のシーズンでプレーした77選手について, 出場試合数やゴール数などの観点で効率性を求め順位付けしている. Hirotsu et al.(2012)⁸⁾は, 選手を順位付けするのではなく, 選手個々の特徴を見出すことを目的として, J1の年間成績のデータを用いて選手の評価を試みている. 彼らは, 出場時間を入力, ゴール数, パス数, ドリブル数などの主要なプレー数を出力とし, CCRモデルを用いて選手の特徴と改善目標値などを提示している. Hirotsu et al.(2016)⁹⁾は, BCC(Banker-Charnes-Cooper)モデルや超効率の考え方を用いて分析することで, 年間出場時間について規模の効率性の観点から考察すると共に, 選手の特徴の度合いについても分析している. Hirotsu et al.(2012, 2016)⁸⁾⁹⁾の研究は, DEAを用いることで複数の項目を合わせた形で選手の特徴を見出す点で有用といえる. すなわち, 選手をプレーの頻度に基づいて評価する際に, 例えばゴールとクロスの頻度を個別に見て, 単に頻度の多い選手はその項目で特徴があると判断するのみではなく, ゴールとクロスのそれぞれの頻度にウェイトを付けることで重みづけするこ

とで特徴を見出し, DEAにより算出される効率値を特徴の度合いとみなして0~1の数値で一律に評価している.

このように, DEAを用いたサッカー選手の評価に関する先行研究がある中, 本研究では, DEAによる選手評価法を活かしつつ, セイバーメトリクスのような簡単に計算できる評価指標を開発する方法を提案する. 具体的には, 試合における個々の選手のプレーに関し集計された頻度データを基に, DEAを利用してそれらのプレーについての個々の選手の特徴を表すウェイトを見出し, ウェイトと頻度との積和で選手を評価する指標を提示する. サッカーについては, セイバーメトリクスのような評価指標は確立しているとはいえないが, 本研究の取り組みは, 収集されたデータを基に, 監督・コーチ・アナリストが簡易的な計算により, 選手のタイプを数値で把握することができる点で, 有用であると言える.

2. 方 法

2.1 DEAモデル

本稿では, 次節で示すように, Hirotsu et al.(2016)⁹⁾と同じ1入力10出力のDEAモデルを考える. このモデルを数式で表すと以下ようになる. 入力項目が1個, 出力項目が10個あったとき, 対象選手 j_0 の入力項目1に関するデータ x_{1j_0} に重み v_1 を掛けることにより得られた仮想的入力 $v_1 x_{1j_0}$ と, 出力項目 r ($=1, 2, \dots, 10$)に関するデータ y_{rj_0} に重み u_r を掛けて加えることにより得られた仮想的出力 $\sum_{r=1}^{10} u_r y_{rj_0}$ からなる

$$\text{比率} = \frac{\text{仮想的出力}}{\text{仮想的入力}} = \frac{\sum_{r=1}^{10} u_r y_{rj_0}}{v_1 x_{1j_0}} \quad (1)$$

が1入力10出力のモデルでの比率となる. この比率は, 多くのセイバーメトリクスの指標と同様に, 四則演算の形式で表されている. DEAでは, (1)式を非負条件などの制約条件下で最大化するように対象選手の最適なウェイト v_1, u_r を決定し効率値を算出する. 算出式については付録を参照されたい. 付録で示したように, 制約条件のため通常のDEAモデ

ルでは、効率値は0~1の値をとるが、評価対象となる選手 j_0 を除いて、他の選手から選手 j_0 の効率値を求めると、1を超える効率値を許容して評価することが可能となり、その時の効率値を超効率値と呼ぶ。

1入力10出力の場合は、図を用いて説明することが困難であるため、入力項目を出場時間の1入力、出力項目をゴール数、パス数の2出力とした場合について具体的に説明する。この2出力の場合、入力=“ $v_1 \times$ 出場時間”，出力=“ $u_1 \times$ ゴール数+ $u_2 \times$ パス数”，という形で

$$\begin{aligned} \text{比率} = \text{出力}/\text{入力} &= \frac{u_1 \times \text{ゴール数} + u_2 \times \text{パス数}}{v_1 \times \text{出場時間}} \\ &= (u_1/v_1) \times \text{ゴール率} \\ &\quad + (u_2/v_1) \times \text{パス率} \end{aligned} \tag{2}$$

と定義でき、変数 v_1, u_1, u_2 はそれぞれ出場時間、ゴール数、パス数のウェイトとなっている。こゝでもし、ある評価者がウェイトを、例えば出場時間当たりのゴール数はパス数の10倍重要であると考えて、 $u_1/v_1 = 10, u_2/v_1 = 1$ と決めてしまうと、その評価者のウェイトのつけ方に依存した評価尺度となってしまう。DEAではこのような評価者の違いによる影響を排除するため、 v_1, u_1, u_2 を個々の選手が自分の比率が最大となる、すなわち自分の評価が最も高くなるように、その値を選ぶという考え方をしている。このようにすると評価者による偏りはなくなり、どの選手も自分に最も有利な重みで評価されるという意味で公平な評価がなされることになる。DEAではこの比率が最大となる選手を基準(=1)として、個々の選手を効率値0~1で評価する。自

分に最も有利な重みで評価しても、効率値1とならない選手は、何らかの意味で効率値1となる選手に劣っていると言える。このような比率で対象を評価するモデルが、DEAで基本となるCCRモデルであり、廣津ら(2006)⁷⁾やHirotsu et al.(2012, 2016)⁸⁾⁹⁾でも用いられている。

本研究では、1を超える効率値も許容する超効率の考え方をを用いて選手の特徴を表すようなウェイトを提示する。これは、詳述しないが、CCRモデルではウェイトが一意に決まらない場合があり、それを避けるためである。ちなみに、Santin(2014)¹²⁾やHirotsu et al.(2016)⁹⁾も超効率の考え方をを用いて、選手の分析を行っている。

さて、1入力2出力の場合を、表1に示す5選手のデータを用いて例示する。

表1の5選手を横軸にゴール率(1分当たりのゴール数)、縦軸にパス率(1分当たりのパス数)とする散布図で表したものが図1である。図1で、レナト(点A)と大久保(点B)がつくる線分ABと、大久保と川又(点C)がつくる線分BCにより形成されるABCのラインが効率的フロンティアとなり、玉田(点E)、田中(点D)は効率的フロンティアにゴール率とパス率という点で至っておらず非効率と判断される。すなわち、田中でいえば、大久保とレナトにより形成されるフロンティア(線分AB)にとどかず、ODのOD'に対する比率(=OD/OD')が0.831と1未満となっており、これが田中の効率値となる。逆に言えば、非効率的な選手には、その選手のプレーの頻度を増した方向に位置する、より頻度の多いという点で特徴のある(効率的な)選手群が存在しており、このような選手群を優

表1 1入力2出力の例での5選手のデータと効率値

選手名	ポジション	出場時間	ゴール数	パス数	ゴール率	パス率	効率値	超効率値
大久保 嘉人	FW	2967	26	842	0.0088	0.284	1.000	1.153
川又 堅基	FW	2503	23	321	0.0092	0.128	1.000	1.049
玉田 圭司	FW	2419	9	857	0.0037	0.354	0.887	0.887
レナト	FW	2168	12	866	0.0055	0.399	1.000	1.174
田中 順也	FW	2022	11	610	0.0054	0.302	0.831	0.831

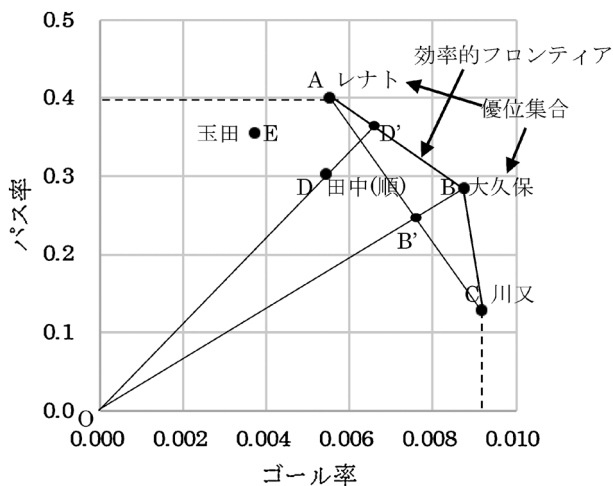


図1 2出力の例での5選手のゴール率とパス率の関係

位集合と呼ぶ。ここでは、レナトと大久保が田中の優位集合となっている。

前述したように、超効率値は、評価対象となる選手個人を除いて、他の選手が形成する効率的フロンティアとの位置関係により求められる。図1を用いて説明すると、例えば、大久保の超効率値は大久保を除き、大久保以外の選手がつくる効率的フロンティア(線分AC)において、原点Oから線分AC上の点B'までの長さOB'に対するOBの長さの比率(=OB/OB')が大久保の超効率値1.153となる。

選手にとっては、自分の有利なウェイトの下での、フロンティアとの位置関係により、効率的か否か(ここでは特徴の度合い)が求められる。超効率の考え方の下では、効率的な選手は、自分に有利なウェイトの下で、自分以外の他の効率的な選手群がつくるフロンティアを超えるだけの際立った特徴があり、非効率的な選手は、フロンティアに至らずに目立った特徴を持たないこととなる。

2.2 データ

今回の分析では、Hirotsu et al. (2016)⁹⁾に準じてデータの選定を行った。入出力項目は、表1に示すように、出場時間を入力とし、ゴール数、パス数など10項目の主要なプレーの頻度を出力とした。

ファール数は出力項目として導入しているが、ゴール数などの他の指標と異なり、少ないほどよい

表2 DEAによる分析での入出力項目

入力項目 (1項目): 出場時間
出力項目 (10項目): ゴール数, アシスト数, パス数, クロス数, ドリブル数, タックル数, インターセプト数, クリア数, ブロック数, ファール数

(注) パス数: 味方へのパス数, クロス: 味方へのクロス数, ドリブル数: ドリブル成功数(ドリブルにより相手を抜き去り, ボールをキープしたままであったプレー数), ファール数: 対象選手の出場時間に換算した際のファールの最大数との差(ファール点として評価)

と解釈できるので、ファール数をファール点に換算して評価している。

上記の11入出力項目について、データスタジアム(株)から提供された2013年のJ1データに基づき、90分以上出場した選手を評価した。該当する選手は238名で、ポジション別にはFW(フォワード)57名、MF(ミッドフィルダー)95名、DF(ディフェンダー)86名であった。表3に今回使用したデータの一部を示している。

なお、今回のDEAに関する計算では、DEA計算用ソフトウェアであるSEITECH社のDEA-Solver-PRO²⁾を利用した。

3. 結果

表4にDEAによる分析の結果を示した。超効率値としては、レナトが1.466で最上位でミキッチが1.404で2位となっている。小林祐三の超効率値が1.001であり、効率的な選手の中では最下位の69位となっている。70位の福田健介が1未満の0.9998で、わずかにフロンティアに至らず非効率となっており、それ以下の選手も非効率となる。

表4では各選手の各プレーに関するウェイトの比率を“ウェイト比”の欄に列挙している。例えば、出場時間のウェイト v_1 でゴールのウェイト u_1 を除いた値(ウェイト比 u_1/v_1)は、レナトの場合55.0となることが示されており、レナトの他のプレーに関するウェイト比もその行に記載されている。これらの10個のウェイト比はレナトの超効率値を最大化

表3 対象とした238選手の11入出力項目に関する2013年の年間データ

No.	選手名	ポジション	出場時間	プレー頻度									
				ゴール	アシスト	パス	クロス	ドリブル	タックル	クリア	ブロック	インターセプト	ファウル点
1	レナト	FW	2168	12	11	866	29	81	27	3	33	2	49.3
2	ミキッチ	MF	2256	2	2	501	44	105	40	15	44	6	78.9
3	田中 隼磨	DF	3003	1	3	1071	58	20	73	48	51	23	75.7
4	川又 堅基	FW	2503	23	5	321	12	22	8	42	15	1	69.1
5	森崎 和幸	MF	2970	0	0	2910	1	2	65	38	58	21	95.3
6	田中 順也	FW	2022	11	11	610	19	23	13	24	30	5	68.3
7	ダニエル	DF	1006	1	0	442	0	3	21	81	29	1	23.4
8	那須 大亮	DF	2646	9	0	1865	0	1	65	106	63	11	80.0
9	扇原 貴宏	DF	2704	2	7	1776	4	3	45	81	67	27	68.4
10	阿部 翔平	DF	2700	0	1	1106	37	10	96	91	44	10	86.2
...
67	橋本 和	DF	1608	0	2	573	25	13	25	47	33	5	48.2
68	木村 祐志	MF	1874	1	6	591	7	7	25	27	46	3	51.2
69	小林 祐三	DF	2839	0	3	956	31	26	62	44	64	7	98.9
70	福田 健介	DF	2695	2	1	997	12	4	29	69	31	15	99.0
71	小林 久晃	DF	910	0	0	187	0	0	20	61	19	0	26.5
72	登里 享平	MF	2517	0	2	1273	18	27	45	37	62	12	85.7
...
87	前野 貴徳	DF	1233	0	1	567	5	10	26	46	34	9	31.8
...
229	エジノ	FW	1835	5	1	486	3	29	14	17	15	3	32.6
230	池田 圭	FW	2466	6	3	486	2	9	32	34	31	4	46.6
231	前田 遼一	FW	2587	9	1	486	1	15	15	35	28	5	50.5
232	ウーゴ	FW	1152	5	0	232	0	5	4	19	5	1	19.4
233	興梠 慎三	FW	2904	13	5	607	6	19	10	14	11	1	44.6
234	ズラタン	FW	2110	6	1	552	14	27	17	10	18	3	34.9
235	ハレー	FW	1436	4	1	171	9	22	10	16	9	0	25.1
236	河本 明人	FW	1171	1	0	262	4	11	16	9	19	2	12.2
237	高松 大樹	FW	2047	5	1	331	4	6	10	38	22	3	39.3
238	赤嶺 真吾	FW	2017	3	4	424	5	7	13	32	16	1	38.1
平均			2087.9	3.3	2.3	780.6	8.2	13.8	35.6	47.9	40.1	7.3	56.9
標準偏差			679.6	4.4	2.4	452.1	9.6	16.6	21.7	35.7	19.3	5.9	24.7
最大			3060	26	12	2910	58	105	130	164	90	33	113.3
最小			902	0	0	162	0	0	4	0	5	0	0.0

するウェイトから求められている。すなわち、レナトはこのウェイトでみた方向で最も特徴を見出せると解釈できる。

レナトのウェイト比を各選手の入出力項目に掛け合わせて求めた計算値と順位を“レナト基準”の欄に表示している。これらは、レナトの特徴を最大化するように評価するようなウェイトで他の選手を序列化したこととなり、レナトの特徴を基準として各選手の特徴を定量化したものと考えられる。(詳述

しないが、これはクロス効率性行列と呼ばれる行列を用いて効率性を表現した際の行の評価と一致する。) 参考までに、表4では川又の特徴を基準とした“川又基準”の計算値と順位についても併記している。

このようにして求めたウェイト比の数値を丸めて、簡易ウェイト比とすることで簡易的な選手評価の指標とした。例として、表5にレナト・ミキッチ・川又ら6選手に関しての簡易ウェイト比の値を

表4 DEAを利用した計算結果

No.	選手名	ポジション	超効 率値	ウ ェ イ ト 比										レナト基準		川又基準	
				u_1/v_1	u_2/v_1	u_3/v_1	u_4/v_1	u_5/v_1	u_6/v_1	u_7/v_1	u_8/v_1	u_9/v_1	u_{10}/v_1	計算値	順位	計算値	順位
1	レナト	FW	1.466	55.0	68.2	0.5	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.466	1	1.000	3
2	ミキッチ	MF	1.404	0.0	0.0	0.0	9.8	13.1	11.0	0.0	0.0	28.1	9.6	1.000	5	0.760	33
3	田中 隼磨	DF	1.345	0.0	0.0	0.6	36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	53.6	0.0	0.361	139	0.801	24
4	川又 堅碁	FW	1.291	104.3	0.0	0.0	30.5	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.849	11	1.291	1
5	森崎 和幸	MF	1.255	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	20.2	0.0	0.456	95	0.153	235
6	田中 順也	FW	1.250	35.9	99.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	12.6	1.000	2	0.986	5
7	ダニエル	DF	1.237	0.0	0.0	0.8	0.0	15.9	0.0	10.1	0.4	0.0	0.0	0.305	168	1.000	4
8	那須 大亮	DF	1.236	86.8	0.0	0.6	0.0	0.0	10.2	4.8	1.4	9.3	0.0	0.513	74	0.801	25
9	扇原 貴宏	DF	1.227	47.7	77.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	64.6	0.0	0.534	64	0.456	152
10	阿部 翔平	DF	1.195	0.0	0.0	0.0	19.2	0.0	17.2	3.9	0.0	0.0	5.9	0.274	184	0.792	29
...
67	橋本 和	DF	1.007	0.0	26.9	0.6	31.2	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.384	127	0.799	26
68	木村 祐志	MF	1.005	0.0	97.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	26.4	0.0	1.4	0.454	96	0.330	203
69	小林 祐三	DF	1.001	0.0	3.0	0.1	4.5	0.0	4.2	0.0	2.7	0.5	21.5	0.380	128	0.505	126
70	福田 健介	DF	0.9998	22.3	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	1.7	0.0	25.0	20.8	0.259	195	0.498	132
71	小林 久晃	DF	0.998	0.0	0.0	0.0	10.1	0.0	4.0	7.0	0.0	0.0	15.1	0.093	238	0.746	36
72	登里 享平	MF	0.997	0.0	20.8	0.3	6.9	2.1	0.0	0.0	11.4	16.0	12.1	0.466	89	0.381	185
...
87	前野 貴徳	DF	0.983	0.0	20.3	0.4	0.0	8.6	5.9	4.1	6.9	13.7	5.3	0.402	117	0.539	111
...
229	エジノ	FW	0.631	49.3	0.0	0.3	0.0	9.2	0.0	4.1	0.0	35.9	9.6	0.575	48	0.437	162
230	池田 圭	FW	0.627	58.8	23.3	0.0	0.0	0.0	13.1	0.0	5.5	0.0	11.5	0.368	135	0.432	164
231	前田 遼一	FW	0.625	56.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	12.9	15.7	12.2	0.401	118	0.525	114
232	ウーゴ	FW	0.623	80.6	0.0	0.6	0.0	5.7	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0	0.404	115	0.636	67
233	興梠 慎三	FW	0.623	79.4	47.7	0.8	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.569	53	0.583	90
234	ブラタン	FW	0.610	49.6	0.0	0.4	16.3	0.0	5.4	0.0	0.0	13.0	11.3	0.525	70	0.551	106
235	バレー	FW	0.597	56.7	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0	9.0	0.0	0.0	7.6	0.515	73	0.605	76
236	河本 明人	FW	0.583	17.9	0.0	0.6	0.0	9.3	2.4	0.2	19.6	0.0	0.0	0.308	164	0.279	222
237	高松 大樹	FW	0.570	48.7	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	4.1	5.0	14.0	14.8	0.291	173	0.521	118
238	赤嶺 真吾	FW	0.564	0.0	69.8	0.4	0.0	0.0	1.1	6.3	0.0	0.0	12.3	0.371	134	0.407	175

示している。簡易ウェイト比でも選手の特徴を概観でき、例えばレナトはFWであるがゴールだけでなくアシストやドリブルにも特徴が見られる選手であること、川又はゴール、クロス、クリアの面で特徴がある選手であることがわかる。

これら簡易ウェイト比の値を用いて計算した各選手の簡易評価値を表6に示している。たとえば、レナト自身は、表5よりゴール、アシスト、パス、ドリブルに関する簡易ウェイト比が50、70、0.5、15であり、表2のレナトの出場時間やプレーの頻度から、ここでの簡易評価値は、これらの簡易ウェイトと、レナトの単位時間当たりの各プレー頻度との積和

$$\begin{aligned}
 & 50 \times 12/2168 + 70 \times 11/2168 + 0.5 \times 866/2168 + 0 \times \\
 & 29/2168 + 15 \times 81/2168 + 0 \times 27/2168 + 0 \times 3/2168 + 0 \\
 & \times 33/2168 + 0 \times 2/2168 + 0 \times 49.3/2168 \\
 & = 3018/2168 \\
 & = 1.392
 \end{aligned}$$

として求めることができる。

このようにして、レナトの簡易ウェイト比を用いて求めた各選手の簡易評価値を表6の“レナトタイプ”の欄に降順に並べている。この簡易評価値は各選手のもつレナトの特徴の度合いを数値化しているといえるので、ここでは“レナトタイプ”と表記した。“レナトタイプ”ではレナト自身が1位であり、レナトのもつ特徴の方向で、2・3位に位置する選

表5 選手のタイプに関する各プレーの簡易ウェイト比の値(6選手での例)

プレー	ウェイト比	レナトタイプ	ミキッチタイプ	川又タイプ	那須タイプ	小林タイプ	前野タイプ
ゴール	u_1/v_1	50		100	90		
アシスト	u_2/v_1	70				3.012	20
パス	u_3/v_1	0.5			0.5	0.137	0.5
クロス	u_4/v_1		10	30		4.454	
ドリブル	u_5/v_1	15	15				9
タックル	u_6/v_1		10		10	4.22	6
クリア	u_7/v_1			10	5		4
ブロック	u_8/v_1				1	2.675	7
インターセプト	u_9/v_1		30		10	0.516	14
ファウル	u_{10}/v_1		10			21.486	5

手として田中順也, 中村俊輔が挙げられている. また, 一般的にFWの選手が上位に位置しているが, 中村俊輔やミキッチなどMFも上位に位置しており, レナトと似た特徴をもつMFも少なくないことがわかる.

簡易ウェイト比を用いると, ウェイト比との差異があるため表4で示した超効率値との差異が若干でてくるが, 簡易評価値と超効率値での各選手を順位付けした際の順位相関係数は0.99以上であり, この序列はほとんど変わらない.

4. 考 察

レナトを例に, 計算結果とその解釈について述べてきたが, レナト以外の5選手の簡易評価値の計算結果も表6に示しており, それらの選手に関する結果も示しつつ考察してみる. まずFWの川又については, “川又タイプ”として5位や10位にDFのダニエルやジェシが入っている. これは前述したように川又はゴールとクロスだけでなくクリアにも特徴がみられることを受け, DFで“川又タイプ”として簡易評価値が高くなっている選手が見出されていると思われる. このように, ポジションは異なっても, その簡易ウェイト比でみたときの特徴の方向で選手を評価することができるといえる.

他の選手についてもいくつか個別にみていくと, 例えばミキッチは, “レナトタイプ”として5位にはいるが, “小林タイプ”として小林祐三の

特徴もカバーしていることがわかる. ミキッチ自身の簡易ウェイト比は表5に示したようにクロス, ドリブル, タックル, インターセプト, ファウルが, それぞれ10, 15, 10, 30, 10となっており, これらのプレーに特徴があると言えるが, ミキッチのゴール数, アシスト数, クロス数, ドリブル数, タックル数, インターセプト数, ファウル点は表3で示したように2, 2, 501, 44, 105, 40, 15, 44, 6, 78.9と幅広く分布しており, レナトや小林の特徴の方向性もカバーできているような選手であることがわかる.

また, 前述したように小林祐三の超効率値は1.001で, 1を超える効率値をもつ選手の中で最下位である. 表5より, 小林の簡易ウェイト比をみると, 10項目中7項目もの値を用いて, 他選手と差別化できるような特徴が見出されていることがわかる. 小林はレナトやミキッチなどの他の超効率値の高い選手と比べると, 特に際立った選手とはいえないかもしれないが, 何らかの特徴をもつという点で見出されている点は興味深い. なお, 簡易評価値としては小林を含めた7選手が並ぶなど, 小林の特徴を見出せる方向で多くの選手が僅差でひしめいており, それら選手との違いを示すためには, 簡易ウェイト比の桁数を多くとる必要があることもみてとれる.

表5では, 非効率と判定された選手についてのタイプを例示するために, 前野(効率値0.983)の簡

表6 簡易ウェイト比を用いて計算した簡易評価値と順位(6選手での例)

順位	レナトタイプ		ミキッチタイプ		川又タイプ	
1	1.392	FW レナト	1.500	MF ミキッチ	1.231	FW 川又 堅基
2	0.974	FW 田中 順也	1.075	MF 山岸 智	0.969	FW レナト
3	0.966	MF 中村 俊輔	1.074	FW レナト	0.957	FW 大久保 嘉人
4	0.937	FW 大久保 嘉人	1.032	FW 齋藤 学	0.945	FW 田中 順也
5	0.916	MF ミキッチ	1.032	FW ジュニーニョ	0.905	DF ダニエル
6	0.898	MF 遠藤 康	1.025	DF 駒野 友一	0.885	FW 大迫 勇也
7	0.856	MF 梅崎 司	1.024	DF 蜂須賀 孝治	0.879	FW 豊田 陽平
8	0.843	FW 齋藤 学	1.021	DF 亀川 諒史	0.822	MF 柿谷 曜一朗
9	0.831	MF 中村 憲剛	1.018	DF 田中 隼磨	0.819	FW ノヴァコヴィッチ
10	0.823	FW 高木 俊幸	0.999	FW 高木 俊幸	0.819	DF ジェシ
11	0.805	FW ジュニーニョ	0.999	DF 金 珍洙	0.814	DF 太田 宏介
12	0.795	FW 川又 堅基	0.985	DF 丹羽 竜平	0.809	MF 遠藤 康
13	0.795	FW 大迫 勇也	0.978	DF 阿部 翔平	0.801	DF 平岡 康裕
14	0.793	MF 柿谷 曜一朗	0.978	MF 梅崎 司	0.800	MF 藤田 征也
15	0.789	FW 原口 元気	0.976	FW チェ ジョンハン	0.794	FW 工藤 壮人
16	0.777	FW 大前 元紀	0.967	MF 遠藤 康	0.780	FW ラドンチッチ
17	0.751	FW 野田 隆之介	0.952	MF 中村 俊輔	0.774	DF 高木 和道
18	0.742	DF ファン ソッコ	0.932	MF ダニルソン	0.773	DF 田中 隼磨
19	0.725	FW 杉本 健勇	0.926	MF レオ シルバ	0.772	FW 渡邊 千真
20	0.718	MF 柏木 陽介	0.924	MF 米本 拓司	0.770	FW ルーカス
順位相関	0.997		0.996		0.998	

順位	那須タイプ		小林タイプ		前野タイプ	
1	1.170	DF 那須 大亮	1.000	DF 小林 祐三	1.075	MF 森崎 和幸
2	1.017	FW 川又 堅基	1.000	MF ミキッチ	1.049	DF 扇原 貴宏
3	0.995	FW 大久保 嘉人	1.000	MF 平川 忠亮	1.048	MF チョン ウヨン
4	0.968	DF ジェシ	1.000	DF 渡部 大輔	1.046	MF レオ シルバ
5	0.959	DF ダニエル	1.000	DF 宮崎 智彦	1.041	MF ダニルソン
6	0.958	DF 角田 誠	1.000	DF 石川 直樹	1.039	DF 那須 大亮
7	0.949	FW 大迫 勇也	1.000	DF 阿部 翔平	1.034	DF 鈴木 大輔
8	0.937	MF レオ シルバ	0.999	DF 千葉 和彦	1.030	MF 米本 拓司
9	0.927	DF 山村 和也	0.988	MF 羽生 直剛	1.029	MF ミキッチ
10	0.921	MF 阿部 勇樹	0.986	DF 駒野 友一	1.028	DF 塩谷 司
11	0.889	DF 田中 マルクス闘莉王	0.983	DF 塩谷 司	1.028	DF 金 珍洙
12	0.886	MF 青山 敏弘	0.978	MF 登里 享平	1.026	DF ダニエル
13	0.882	DF 榎野 智章	0.976	MF マルキーニョス パラナ	1.019	DF 前野 貴徳
14	0.879	DF 渡部 博文	0.975	DF 鎌田 翔雅	1.006	MF 青山 敏弘
15	0.874	DF 遠藤 航	0.975	MF 梁 勇基	1.003	MF ハン グギョン
16	0.871	MF ハン グギョン	0.973	MF 森崎 和幸	0.992	DF 田中 マルクス闘莉王
17	0.868	DF 平岡 康裕	0.972	DF 中澤 佑二	0.986	DF 丹羽 竜平
18	0.863	MF 森崎 和幸	0.971	MF 山口 螢	0.983	DF 千葉 和彦
19	0.861	MF 柿谷 曜一朗	0.957	MF 菊地 直哉	0.973	MF 稲本 潤一
20	0.854	FW レナト	0.951	DF 太田 宏介	0.970	DF 森脇 良太
順位相関	0.993		0.998		0.998	

易ウェイト比を示している。非効率な選手についても、その選手の特徴の方向で簡易評価値を求めることができる。表6に示すように、前野の簡易評価値としては、前野自身は13位であり本人より高い値をもつ選手が、森崎ら12選手もいる。すなわち、前野の優位集合に入る選手をはじめとして前野の特徴をカバーできるような選手が多数見出されていることがわかる。

以上のように、データを基に選手個別の特徴の関係性が把握できることを示した。本研究で示した方法は、DEAによって求められたウェイト比の数値を丸めた簡易ウェイト比を用いて、選手の特徴を評価する手法である。この手法を用いることによって、現場指導者による選手評価の作業自体が簡易化できるというよりも、一旦作成した簡易ウェイト比を用いると、セイバーメトリクスのように四則演算(今回は積和の計算)だけで、選手のタイプを数値化できるので、新たな視点で頻度データを活用できる。すなわち、作成された簡易ウェイト比を用いて、特定の選手の特徴の方向をタイプとして表現でき、他の選手についてそのタイプとしての度合いをExcelなどの表計算により容易に定量化できる点で有用であるといえる。作成した簡易ウェイト比は、作成するために用いた集団(今回の場合には2013年のJ1リーグの選手)以外の選手に対しても適用でき、例えば、“レナトタイプ”としての簡易ウェイト比は“2013年のJ1リーグでのレナトが持つの特徴”の方向を示しており、これにより他のリーグの選手も評価することができると考えている。通常サッカーでは役割分担があるので、ポジションごとに評価する事例が多いが、この簡易評価指標ではポジションの役割も含めたうえでの実プレー頻度を基に計算しているので、ポジション別とするのではなく、異なるポジション間でのタイプの違いを評価できることも有意義な点であると考えている。

5. 結 言

本稿では、サッカー選手の評価に関して、DEAによる選手の特徴評価の方法を活かしつつ、簡易的

に計算できるセイバーメトリクスのような評価指標の開発について述べた。選手のプレーに関する頻度データから、DEAを利用して各プレーのウェイトを算出し、そのウェイトを簡易化した簡易ウェイト比を用いて、選手のタイプを定量化する評価指標を提示した。具体的には、超効率の考え方をを用いて、2013年度の年間成績を基に、1入力10出力のCCRモデルでウェイト比を求め、それらを簡易化することで、簡易評価指標を作成した。これによりその特徴を持つ選手を定量化して序列化し、そのようなタイプの選手を列挙してみた。

今回提示した方法では登録されたポジションなどにはかかわらず、選手を一律に評価でき、選手の特徴をデータに基づく簡易的な計算により見出すことができたといえる。

なお、入出力項目については、分析者の意図により自由に変更することができるので、別の入出力項目を用いることで、別の特徴を見出すことができる。今後、さらに検討を進めていくことで、サッカー選手の評価指標についての研究を深めていきたいと考えている。

謝 辞

貴重な助言を下された2名の査読者に感謝いたします。本研究は、文科省科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号26350434の助成を受け実施した。本研究で使用したJ1選手に関するデータはデータスタジアム^株より提供された。

引用文献

- 1) Cook, W. D. & Zhu, J. (2013) Data envelopment analysis: Balanced benchmarking. ISBN 978-1492974796. データ包絡分析法DEA(2014) 森田浩訳, 東京, 静岡, 静岡学術出版.
- 2) Cooper, W. W., Seiford, L. M & Tone, K (2007) Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software 2nd ed. New York: Springer.
- 3) データスタジアム(編)(2008) 野球の見方が180度

- 変わるセイバーメトリクス, 東京, 宝島社.
- 4) データスタジアム(株) (2015) 野球×統計は最強のバッテリーである. 東京, 中央公論新社.
 - 5) Football Lab: Retrieved from <http://www.football-lab.jp/>
 - 6) 橋本昭洋 (1993) DEAによる野球打者の評価. オペレーションズ・リサーチ, 38, 146-153.
 - 7) 廣津信義, 秋山大輔, 上田 徹 (2006) サッカー選手のDEAの視点からの評価. オペレーションズ・リサーチ, 51, 655-661.
 - 8) Hirotsu, N., Yoshii, H., Aoba, Y. & Yoshimura, M. (2012) An evaluation of characteristics of J-league players using data envelopment analysis, *Football Science*, 9, 1-13.
 - 9) Hirotsu, N, Osawa, K, Aoba, Y & Yoshimura, M (2016) A DEA approach to evaluating characteristics of J-league players in terms of time played and player similarity. *Football Science*, 13, 9-25.
 - 10) マイケル・ルイス (著), 中山宥 (翻訳) (2006) マネー・ボール, 東京, ランダムハウス講談社.
 - 11) 森本美行 (2011). 本田にパスの36%を集中せよ. 東京, 文藝春秋.
 - 12) Santin, D. (2014) Measuring the technical efficiency of football legends: who were Real Madrid's all-time most efficient players? *International Transactions in Operational Research*, 21, 439-452.
 - 13) Tiedemann, T., Francksen, T. & Latacz-Lohmann, U. (2011) Assessing the performance of German Bundesliga football players: a non-parametric metafrontier approach, *Central European Journal of Operations Research*, 19, 571-587.
 - 14) 刀根 薫 (1993) 経営効率性の測定と改善～包絡分析法 DEAによる～. 東京, 日科 技連出版社.
 - 15) 鳥越規央 (2014) 勝てる野球の統計学～セイバーメトリクス～. 東京, 岩波書店.

- 16) 渡辺啓太 (2014) 伸びる人のデータの読み方, 強い組織のデータの使い方. 東京, 日本文芸社.

付 録

1入力10出力の(出力指向の)CCRモデルは, 計算上は(1)式で表される比率の分母と分子を入れ替えた式

$$\frac{v_1 x_{1j_0}}{\sum_{r=1}^{10} u_r y_{rj_0}} \quad (3)$$

を制約式

$$\frac{v_1 x_{1j_0}}{\sum_{r=1}^{10} u_r y_{rj_0}} \geq 1 \quad (j=1, \dots, 238) \quad (4)$$

$$u_r \geq 0 \quad (r=1, \dots, 10) \quad (5)$$

$$v_1 \geq 0 \quad (6)$$

の下で最小化するという分数計画問題として定式化されており, 得られた最小値の逆数が選手 j_0 の効率値となる¹⁾²⁾¹⁴⁾.

超効率の考え方は, 上記の分数計画問題の制約式で評価対象に関する制約式を除くことで定式化できる. すなわち, 選手 j_0 の超効率値を求めるためには, 制約式として(4)式の j の対象範囲を, $j_0=1$ のときは $j=2, \dots, 238$ に, $2 \leq j_0 \leq 237$ のときは $j=1, 2, \dots, j_0-1, j_0+1, \dots, 238$ に, $j_0=238$ のときは $j=1, \dots, 237$ に置き換えることで j_0 に関する制約式を外して分数計画問題を解くこととなる. これにより, 選手 j_0 の効率値を1以下とする制約式が外れるため, 効率値が1を超えることが許容されることとなる.

(平成29年12月5日 受付)
(平成30年3月7日 受理)