

# サッカー選手の DEA の視点からの評価

廣津 信義, 秋山 大輔, 上田 徹

## 1. はじめに

DEA (Data Envelopment Analysis) によるスポーツ選手の評価としては、野球に関する事例が主であり [eg. 1~6], サッカーについては、選手や監督への報酬を入力とし観客数や歳入などを出力としてチームを評価した事例はあるものの [7], 個々の選手の評価は試みられていないようである。これは、野球の場合、古くから打席数, 安打数, 盗塁数など, プレーに関する細かいデータが取得され公表されているのに対し, サッカーの場合, 選手に関するデータとしては試合出場数や得点数などが主であり, パスやドリブルなどのプレーに関して公表されたデータが少ないことによると思われる。

ところが, 近年サッカーでも, 細かいゲームの分析がなされるようになり, オプティマックスという選手の評価指標が公開されている (<http://www.jsgoal.jp/opta/>)。これは 1996 年に元イングランド代表コーチであるドンハウ氏らによって開発され, 翌 1997 年からはイングランド・プレミアリーグの公式記録データとして採用されている指標である。現在では各欧州リーグや, チャンピオンズリーグなどでも利用されており, 日本でも 2001 年の J リーグ戦から導入されている。

具体的には, 試合中のパス・アシスト・シュートなどのボールに絡む動きを約 300 項目に分解して集計し, 詳細なプレー毎に独自のポイントを付けて積算することで選手のプレーを数値化し「オプタポイント」を算出している [8]。これにより, 試合毎の選手の調子や一定期間のチームの状態の判断, 選手の相互比較や総

合評価などが行われている。

本研究では, このオプタポイントの算出のために取得されたデータの内, 基本となる 10 項目のデータを活用してサッカー選手の DEA 評価を試みる。まずは, 最も一般的な CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) モデルでの評価をした後, 領域限定を行いポジション毎で選手の評価をする。また, 効率的な選手の相対評価をするため, クロス効率値を利用した総合評価も試みる。これらの試みにより, 従来は得点数に偏りがちであった選手評価を DEA の視点から総合的かつ多角的に評価する。またオプタポイントなど他の指標と本手法で得られた結果を比較することで, 他の指標の特徴などについて考察する。

## 2. DEA による評価

DEA とは比率尺度によって評価対象の効率性を相対的に評価する方法である。入出力の各データにウェイトをかけて加えた仮想的入出力により表される比率尺度 (= 仮想的出力/仮想的入力) を最大化するように評価対象の最適ウェイトを決定する。

この比率尺度の値が 1 でスラック変数の値が 0 の評価対象を効率的であるという。また, そうでない評価対象を非効率的であるという。

### 2.1 サッカー選手の評価への適用

本研究では, 2004 年の J リーグ・ディビジョン 1 で 900 分 (10 試合相当) 以上出場した選手を分析の対象とした [9]。10 試合というのは, 2004 年の各チームの試合数の 1/3 に当たる。これを満たす選手は 203 名おり, ポジション別にはフォワード (FW) 37 名, ミッドフィルダー (MF) 98 名, ディフェンダー (DF) 68 名であった。ただし, 試合毎に異なるポジションで出場した選手は, 最も試合数の多かったポジションをその選手のポジションとした。入出力項目は, 次のように設定した。

[入力項目] 全選手等入力 1 とした。

[出力項目] 各選手について以下の 10 項目の年間総数

ひろつ のぶよし

順天堂大学 スポーツ健康科学部

〒270-1695 印旛郡印旛村平賀学園台 1-1

あきやま だいすけ, うえだ とおる

成蹊大学 工学部

〒180-8633 武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1

受付 05.12.5 採択 06.9.21

をその出場時間で割って90分当たり(1試合相当)に換算した。

得点, アシスト, クロス, パス, ドリブル, タックル, インターセプト, クリア, ブロック, ファウル

(注) パス=(パスで)ボール保持した数-相手ボールとなった数

ドリブル=(ドリブルで)ボール保持した数-相手ボールとなった数

クロス=(クロスパスないしはコーナーキックして)味方ボールとなった数

タックル=(タックルして)ボール奪取した数-しなかった数

これらの出力項目は(ゴールキーパー(GK)を除く)サッカー選手を評価する際の基本的な指標であり, オブタポイントによる選手評価においても基本となる項目である。今回はJ-STATS Optaにて取得されたこれらのデータ[10]を用いて分析した。

参考までに, 今回対象となった選手の各出力項目における上位・下位それぞれ10名を表1に列挙する。

表1より, 得点については, 上位がすべてFWに占められているのに対し, クリアについてはすべてDFに占められている。また, 得点やアシストについては, シーズン中一度もなかった選手が60名以上いる。これより, ポジションの特性の影響や出力項目間のばらつきの違いなどを考慮して如何に選手個々を評価していくかという点での難しさがあるといえる。

そこで, まずは各出力項目の値を0~1の間の値になるように下式によって出力項目*i*の選手*j*に関する標準化された値 $y_{ij}$ を求め, 各出力項目の値の違いを規格化した上での相対的な順位づけを行った。

$$y_{ij} = \frac{Y_{ij} - \min_j(Y_{ij})}{\max_j(Y_{ij}) - \min_j(Y_{ij})} \quad (1)$$

ここで,  $Y_{ij}$ は出力項目*i*の選手*j*に関する値,  $\max_j(Y_{ij})$ と $\min_j(Y_{ij})$ はそれぞれ全選手における出力項目*i*の最高値と最小値を示す。この標準化を行う事により, 各項目の全選手間の最高値は1になり, 最小値は0になる。ただし, 出力項目で「ファウル」については数が小さいほど良いので, 標準化にあたっては(1)式の分子を $\max_j(Y_{ij}) - Y_{ij}$ とした。

以上をまとめると, 今回の問題は, 出力項目*i*のウェイト $u_i$ と選手 $j_0$ の標準化された出力 $y_{ij_0}$ との積和(2)を制約式(3)(4)の下で最大化するという線形計画問題となり, これを解くことにより最適ウェイトを決定す

ることとなる。

$$\text{目的関数 } \text{Max} \sum_{i=1}^{10} u_i y_{ij_0} \quad (2)$$

$$\text{制約式 } \sum_{i=1}^{10} u_i y_{ij} \leq 1 \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$u_i \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, 10) \quad (4)$$

なお,  $n$ は対象となる選手数を表す。

## 2.2 領域限定法の適用

まずはじめに, DEA分析として全対象選手203名を上記のCCRモデルにて評価してみた。その結果48名もの選手が効率値1となった。これは, ウェイト $u_i$ を決める際に, 自分にとって都合の悪い項目を0とすることで, その項目を無視することにより効率値1を達成していることに起因している。そこで, ウェイト間に適切な関係を設定する領域限定法により評価することとした[eg. 11]。すなわち, 評価項目の対( $i_1, i_2$ )に対して, ウェイトの比 $u_{i_1}/u_{i_2}$ は上下限 $L_{i_1 i_2} U_{i_1 i_2}$ の間になければならないという

$$L_{i_1 i_2} \leq u_{i_1}/u_{i_2} \leq U_{i_1 i_2} \quad (5)$$

にて表される制約を加えることによって都合の悪い項目を無視できないようにした。領域限定するという制約が加わったことにより, 効率値は一般に低下し, 上下限の値が適切に設定されていれば, より説得力のある結論が得られる。

## 2.3 アンケートによる領域設定

今回は, 適切な上下限の範囲を設定するために, J-STATS Optaの専門家を含むサッカー経験者11人に対しアンケート調査を行い, 選手の成績に対する多様な意見を反映させることで, ウェイトの領域を決めた。

具体的には, アンケート回答者全員に, ポジションの違いを考慮した上で各出力項目の重要度を比較した一対比較行列を作成してもらった。次いで一対比較行列を基に, AHP(階層化意思決定法)を用いて, アンケート回答者 $k(=1, \dots, 11)$ の項目 $i(=1, \dots, 10)$ に対する重要度( $W_{ki}$ )を求めた[12]。

今回はアンケート回答者の各出力項目に対する意見を広く取り入れることとし, “得点”のウェイトに対する他の出力項目のウェイトの比が回答者の中で最小となるものを下限に, 最大となるものを上限に設定した。すなわち,

$$L_{i_1 i_2} = \min_k \frac{W_{ki_1}}{W_{ki_2}}, U_{i_1 i_2} = \max_k \frac{W_{ki_1}}{W_{ki_2}} \quad (6)$$

にて $i_2$ ="得点"とすることで上下限値を設定した。

なお, 上下限値は最初にポジション別に設定し, 各ポジションでの上下限値を含むように, 全体の上下限

表1 各出力項目における上位下位選手の一覧

選手	ポジション	得点	選手	ポジション	アシスト	選手	ポジション	パス	選手	ポジション	ドリブル	選手	ポジション	クロス
エメルソン	FW	1.09	小笠原 満男	MF	0.44	名波 浩	MF	41.91	石川 直宏	MF	5.78	藤本 主税	MF	4.51
マルキーニョス	FW	0.94	澤登 正朗	MF	0.38	林 健太郎	MF	36.72	三浦 淳宏	DF	4.92	石川 直宏	MF	3.34
大黒 将志	FW	0.75	二川 孝広	MF	0.37	中田 浩二	MF	34.89	村井 慎二	MF	4.74	ドゥトラ	MF	3.00
大久保 嘉人	FW	0.72	中村 直志	MF	0.37	三浦 淳宏	DF	34.32	クライトン	MF	4.32	ホルヴィ	MF	2.64
グラウ	FW	0.69	遠藤 保仁	MF	0.36	遠藤 保仁	MF	33.99	西 紀寛	MF	4.17	遠藤 保仁	MF	2.60
播戸 竜二	FW	0.65	古橋 遼弥	MF	0.36	小林 大悟	MF	31.62	ケリー	MF	3.99	鈴木 慎吾	MF	2.52
チョ ジェジン	FW	0.63	三都主 アレサンドロ	MF	0.35	小林 慶行	MF	31.30	山田 暢久	MF	3.63	三都主 アレサン	MF	2.35
マルクス	FW	0.61	鈴木 慎吾	MF	0.35	福田 崇史	MF	31.15	田中 隼磨	MF	3.51	小笠原 満男	MF	2.13
エジミウソン	FW	0.56	谷澤 達也	MF	0.34	藤田 俊哉	MF	30.78	ゼ ホベルト	MF	3.41	村井 慎二	MF	2.08
安 貞桓	FW	0.54	西澤 明訓	FW	0.34	服部 年宏	MF	30.28	永井 雄一郎	FW	3.36	太田 圭輔	MF	1.91
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
實好 礼忠	DF	0.00	實好 礼忠	DF	0.00	巻 誠一郎	FW	5.14	實好 礼忠	DF	0.31	實好 礼忠	DF	0.00
鈴木 啓太	MF	0.00	鈴木 隆行	FW	0.00	寺川 能人	MF	4.99	布部 陽功	MF	0.30	茂庭 照幸	DF	0.00
有村 光史	DF	0.00	有村 光史	DF	0.00	上野 優作	FW	4.69	丸山 良明	DF	0.28	北本 久仁衛	DF	0.00
柳本 啓成	DF	0.00	柳本 啓成	DF	0.00	戸田 光洋	FW	4.69	戸川 健太	DF	0.24	内館 秀樹	MF	0.00
柳 想鐵	MF	0.00	茂庭 照幸	DF	0.00	エメルソン	FW	4.56	巻 誠一郎	FW	0.22	渡辺 毅	DF	0.00
朴 康造	MF	0.00	明神 智和	MF	0.00	茂庭 照幸	DF	4.47	李 漢宰	MF	0.20	坪井 慶介	DF	0.00
服部 年宏	MF	0.00	北本 久仁衛	DF	0.00	大黒 将志	FW	4.33	瀬戸 春樹	MF	0.20	大岩 剛	DF	0.00
布部 陽功	MF	0.00	布部 陽功	MF	0.00	瀬戸 春樹	MF	3.65	高木 和道	DF	0.16	千葉 貴仁	DF	0.00
梅田 高志	MF	0.00	内館 秀樹	DF	0.00	播戸 竜二	FW	3.58	小村 徳男	DF	0.08	瀬戸 春樹	MF	0.00
内田 潤	DF	0.00	藤山 竜仁	DF	0.00	鈴木 規郎	MF	-1.09	岩政 大樹	DF	0.00	菅原 智	MF	0.00
他50名			他54名									他15名		

選手	ポジション	タックル	選手	ポジション	インターセプト	選手	ポジション	クリア	選手	ポジション	ブロック	選手	ポジション	ファール
橋本 英郎	MF	3.11	松尾 直人	DF	0.67	斉藤 俊秀	DF	4.42	村井 慎二	MF	1.11	高松 大樹	FW	4.61
菊地 直哉	MF	3.04	古賀 正敏	DF	0.59	喜多 靖	DF	4.21	桑原 裕義	MF	1.04	鈴木 隆行	FW	4.20
藤山 竜仁	DF	2.94	松田 直樹	DF	0.56	田中 マルクス	DF	4.00	鈴木 秀人	DF	0.97	マルキーニョス	FW	3.53
パトリック	DF	2.93	林 健太郎	MF	0.41	上村 健一	DF	3.87	リカルド	DF	0.84	ウエズレイ	FW	3.11
鈴木 秀人	DF	2.84	鈴木 啓太	MF	0.41	パトリック	DF	3.84	上村 健一	DF	0.93	数田 光教	MF	3.06
三浦 文文	MF	2.81	秋葉 忠宏	MF	0.41	サンドロ-O	DF	3.75	平川 忠亮	MF	0.93	リカルジーニョ	MF	2.99
安 英学	DF	2.58	森島 寛晃	MF	0.40	シジクレイ	DF	3.66	秋田 豊	DF	0.87	チョ ジェジン	FW	2.88
杉山 浩太	MF	2.58	ジャーン	DF	0.38	リカルド	DF	3.62	實好 礼忠	DF	0.87	谷澤 達也	MF	2.84
鶴見 智美	DF	2.56	土屋 征夫	DF	0.38	ジャーン	DF	3.58	喜多 靖	DF	0.84	吉村 圭司	MF	2.80
三上 和良	DF	2.53	佐藤 悠介	MF	0.38	ミリンビッチ	DF	3.58	ミリンビッチ	DF	0.81	角田 誠	DF	2.74
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
高松 大樹	FW	0.26	鈴木 隆行	FW	0.00	鈴木 規郎	MF	0.00	数田 光教	MF	0.00	ミリンビッチ	DF	0.69
大黒 将志	FW	0.26	鈴木 規郎	MF	0.00	平本 一樹	FW	0.00	平本 一樹	FW	0.00	石川 直宏	MF	0.68
ルーカス	FW	0.24	数田 光教	MF	0.00	播戸 竜二	FW	0.00	播戸 竜二	FW	0.00	羽生 直剛	MF	0.64
エメルソン	FW	0.24	柳 想鐵	MF	0.00	大木 勉	FW	0.00	田中 達也	FW	0.00	秋葉 忠宏	MF	0.57
上野 優作	FW	0.24	北嶋 秀朗	FW	0.00	大久保 嘉人	FW	0.00	大黒 将志	FW	0.00	根本 裕一	MF	0.54
播戸 竜二	FW	0.23	服部 公太	DF	0.00	森崎 浩司	MF	0.00	石川 直宏	MF	0.00	柳本 啓成	DF	0.53
ウエズレイ	FW	0.20	渡辺 光輝	MF	0.00	桜井 直人	FW	0.00	三浦 知良	FW	0.00	坪井 慶介	DF	0.52
西澤 明訓	FW	0.19	大黒 将志	FW	0.00	玉田 圭司	FW	0.00	坂田 大輔	FW	0.00	鈴木 慎吾	MF	0.52
巻 誠一郎	FW	0.17	上野 優作	FW	0.00	吉原 宏太	FW	0.00	玉田 圭司	FW	0.00	シジクレイ	DF	0.38
サンドロ-O	FW	0.16	三浦 文文	MF	0.00	阿部 吉朗	FW	0.00	吉原 宏太	FW	0.00	丸山 良明	DF	0.22
...	...	...	他19名	...	...	他6名	...	...	...	...	...	他13名	...	...

値を設定した。各ポジションならびに全体の上下限値を表2に示す。

まず、全203選手を全体の上下限値(表2で“ALL”の欄の値)にて領域限定することで評価したところ、効率値1の選手が4名減って44名となった。

さらに、FW、MF、DFの3つのポジションで出力項目の重要度が異なることを反映するため、上下限値をポジション毎に設定して領域限定して各ポジション別に選手を評価した。その結果、効率値になった選手は、FW2名、MF26名、DF25名であった。各ポ

表2 アンケートの結果にAHPを適用して求めた上下限値

評価項目の対	下限				上限			
	ALL	FW	MF	DF	ALL	FW	MF	DF
アシスト/得点	0.20	0.38	0.20	0.37	7.42	1.00	5.64	7.42
クロス/得点	0.06	0.16	0.06	0.22	12.39	0.52	12.39	11.33
パス/得点	0.28	0.28	0.28	0.31	13.92	0.69	13.92	13.56
ドリブル/得点	0.20	0.24	0.20	0.44	12.39	0.75	12.39	2.91
タックル/得点	0.05	0.05	0.06	0.08	14.53	0.19	14.53	11.60
インターセプト/得点	0.06	0.06	0.09	0.11	22.19	0.15	14.53	22.19
クリア/得点	0.04	0.04	0.04	0.05	20.07	0.11	9.72	20.07
ブロック/得点	0.04	0.04	0.04	0.05	19.28	0.11	9.72	19.28
ファール/得点	0.06	0.06	0.07	0.15	9.70	0.20	3.58	9.70

表3 上位選手の出力項目の値 (90分当たりの評価値) と DEA 効率値およびオプタレートの値

選手	チーム	領域限定法 での効率値	出場時間 (分)	得点	アシスト	パス	ドリブル	クロス	タックル	インター セプト	クリア	ブロック	ファール	ポジション別		全ポジション		オプタレート	
														総合効率値	順位	総合効率値	順位	値	順位
<FW>																			
エメルソン	浦和	1.00	2,232	1.09	0.12	4.56	2.70	0.60	0.24	0.08	0.00	0.00	1.37	1.000	1	0.688	104	1340	1
マルキーニョス	市原	1.00	1,147	0.94	0.31	5.81	1.41	0.16	0.31	0.00	0.00	0.00	3.53	0.979	2	0.472	196	1090	2
吉原 宏太	G大阪	0.98	968	0.46	0.28	15.15	1.67	1.30	0.93	0.19	0.00	0.00	1.58	0.925	3	0.731	80	817	14
マルクス	名古屋	0.96	2,508	0.61	0.22	9.98	2.80	1.04	0.39	0.00	0.00	0.04	1.69	0.904	4	0.641	136	881	10
田中 達也	浦和	0.89	1,689	0.53	0.27	11.08	1.60	0.37	0.75	0.11	0.05	0.00	1.71	0.850	5	0.660	126	913	6
玉田 圭司*	柏	0.90	2,385	0.38	0.26	9.02	2.60	1.17	0.38	0.15	0.00	0.00	1.85	0.824	6	0.631	144	972	4
アラウージョ	清水	0.86	2,012	0.40	0.22	11.27	1.34	1.61	1.03	0.04	0.04	0.00	0.98	0.802	7	0.707	92	1041	3
ファビーニョ	新潟	0.85	2,001	0.40	0.22	5.94	3.24	0.45	0.58	0.13	0.36	0.13	2.07	0.785	8	0.629	145	781	32
エジミウソン	新潟	0.81	2,413	0.56	0.19	5.86	2.54	0.37	0.86	0.07	0.07	0.00	2.28	0.775	9	0.579	163	853	13
永井 雄一郎	浦和	0.85	1,901	0.28	0.24	5.35	3.36	0.57	0.95	0.19	0.33	0.19	1.66	0.768	10	0.701	99	775	19
大黒 将志	G大阪	0.80	2,411	0.75	0.19	4.33	0.67	0.22	0.26	0.00	0.04	0.00	1.12	0.756	11	0.599	155	1018	6
マグノ アウベス	大分	0.79	2,423	0.41	0.22	9.66	2.08	0.22	0.37	0.07	0.22	0.00	1.04	0.750	12	0.663	121	860	11
グラウ	磐田	0.78	2,101	0.69	0.13	11.82	0.90	0.30	0.64	0.00	0.00	0.09	2.18	0.741	13	0.538	177	900	8
西澤 明訓	C大阪	0.79	2,395	0.30	0.34	8.91	0.79	0.11	0.19	0.11	0.64	0.08	1.73	0.718	14	0.599	156	645	29
ウヰズレイ	名古屋	0.76	2,230	0.40	0.12	7.83	3.07	1.49	0.20	0.00	0.97	0.08	3.11	0.693	15	0.459	197	919	5
<MF>																			
村井 慎二	市原	1.00	2,602	0.03	0.21	20.72	4.74	2.08	1.76	0.24	0.45	1.11	1.07	1.000	1	1.000	1	967	8
遠藤 保仁*	G大阪	1.00	2,489	0.33	0.36	33.99	1.92	2.60	1.74	0.18	0.47	0.22	1.48	0.929	2	0.957	2	1211	1
朴 康造	神戸	1.00	2,015	0.00	0.18	13.04	2.81	0.85	1.88	0.27	1.25	0.58	0.76	0.890	3	0.903	11	718	45
阿部 勇樹	市原	1.00	2,147	0.21	0.21	23.60	0.67	0.71	1.34	0.29	2.56	0.38	1.43	0.889	4	0.869	21	829	27
鈴木 慎吾	新潟	1.00	2,604	0.17	0.35	5.60	2.32	2.52	0.79	0.24	0.86	0.62	0.52	0.885	5	0.898	14	829	26
平野 孝	東京V	1.00	1,776	0.20	0.30	22.15	2.84	1.32	1.22	0.25	0.56	0.30	1.11	0.879	6	0.896	15	889	15
ドットラ	横浜FM	1.00	1,888	0.00	0.33	13.40	2.29	3.00	2.34	0.29	0.91	0.14	1.57	0.877	7	0.883	18	890	2
平川 忠亮	浦和	1.00	1,652	0.05	0.16	13.13	2.07	0.98	2.34	0.05	1.58	0.93	0.82	0.875	8	0.905	9	698	48
林 健太郎	東京V	1.00	2,610	0.03	0.03	36.72	0.76	0.17	1.62	0.41	1.69	0.41	1.14	0.874	9	0.880	19	856	17
名波 浩	磐田	1.00	2,362	0.11	0.15	41.91	1.45	1.68	1.33	0.23	0.65	0.15	0.72	0.862	10	0.912	6	1027	5
橋本 英郎	G大阪	1.00	2,054	0.04	0.13	21.86	1.58	0.61	3.11	0.26	1.31	0.44	1.84	0.855	11	0.866	23	856	18
西 紀寛*	磐田	1.00	1,294	0.28	0.21	18.92	4.17	1.60	2.23	0.21	0.14	0.14	1.74	0.852	12	0.868	22	1093	3
石川 直宏*	F東京	1.00	1,184	0.00	0.30	7.22	5.78	3.34	0.53	0.15	0.15	0.00	0.68	0.809	13	0.826	35	768	35
服部 年宏	磐田	1.00	2,565	0.00	0.04	30.28	1.02	0.63	2.35	0.18	1.47	0.63	1.44	0.805	14	0.832	31	814	28
上野 良治	横浜FM	0.99	1,630	0.17	0.28	26.39	1.38	0.55	0.94	0.22	0.88	0.17	0.94	0.802	15	0.836	29	898	13
福西 崇史*	磐田	1.00	2,190	0.25	0.29	31.15	1.68	0.16	1.07	0.16	1.03	0.33	1.73	0.802	16	0.817	39	920	10
小笠原 満男*	鹿島	1.00	2,451	0.26	0.44	27.43	1.51	2.13	2.20	0.11	0.22	0.15	2.50	0.801	17	0.826	34	1204	2
長谷部 誠	浦和	1.00	2,104	0.21	0.17	14.42	1.75	0.13	2.18	0.21	0.38	0.56	1.24	0.791	18	0.829	33	789	29
藤田 俊哉*	磐田	1.00	2,485	0.25	0.18	30.78	2.03	0.62	1.45	0.22	0.18	0.29	1.45	0.788	19	0.825	36	1005	7
濱田 武	C大阪	1.00	1,019	0.09	0.09	18.81	2.21	0.97	1.50	0.35	0.53	0.18	0.97	0.779	20	0.804	40	751	41
<DF>																			
田中マルクス	浦和	1.00	1,890	0.14	0.14	15.71	1.05	0.10	1.81	0.19	4.00	0.71	1.00	1.000	1	0.932	4	723	7
鈴木 秀人	磐田	1.00	2,503	0.04	0.11	20.82	1.29	0.22	2.84	0.14	2.52	0.97	1.65	0.996	2	0.900	12	649	14
シジクレイ	G大阪	1.00	2,604	0.10	0.07	27.65	1.42	0.07	1.35	0.03	3.66	0.76	0.38	0.994	3	0.942	3	776	4
パトリック	大分	1.00	984	0.00	0.09	13.26	1.01	0.00	2.93	0.27	3.84	0.55	1.37	0.985	4	0.920	5	555	27
三浦 淳宏*	東京V	1.00	1,791	0.20	0.00	34.32	4.92	1.56	1.36	0.00	1.11	0.75	1.06	0.983	5	0.911	7	1225	1
リカルド	広島	1.00	2,310	0.00	0.00	16.75	0.97	0.04	2.49	0.19	3.62	0.94	1.09	0.980	6	0.904	10	489	38
米山 篤志	東京V	1.00	2,610	0.10	0.03	25.34	2.17	0.31	1.79	0.31	3.14	0.52	1.34	0.975	7	0.909	8	788	3
松尾 直人	新潟	1.00	939	0.10	0.00	13.61	1.73	0.29	2.01	0.67	2.68	0.67	1.92	0.969	8	0.878	20	508	32
ミリノピッチ	市原	1.00	2,340	0.00	0.12	24.58	1.50	0.04	1.31	0.04	3.58	0.81	0.69	0.965	9	0.898	13	557	26
内田 潤	鹿島	1.00	1,345	0.00	0.13	26.16	0.74	0.74	2.07	0.13	2.61	0.40	0.94	0.958	10	0.884	17	775	5
秋葉 忠宏	新潟	1.00	1,105	0.00	0.00	25.17	0.57	0.00	1.38	0.41	2.36	0.73	0.57	0.956	11	0.892	16	525	83
斎藤 大輔	市原	1.00	2,140	0.04	0.04	24.01	0.84	0.13	2.14	0.29	1.85	0.76	1.47	0.913	12	0.838	26	656	11
ホーゼル	神戸	1.00	2,494	0.11	0.25	8.52	2.92	0.83	2.17	0.29	1.15	0.47	1.77	0.911	13	0.844	24	761	6
喜多 靖	新潟	1.00	1,283	0.00	0.00	8.00	1.26	0.28	1.26	0.28	4.21	0.84	1.05	0.899	14	0.824	37	625	17
アンデルソン	新潟	1.00	1,020	0.00	0.09	8.21	2.38	0.18	1.59	0.18	3.26	0.79	1.15	0.894	15	0.837	27	468	42
中澤 佑二*	横浜FM	0.97	2,332	0.04	0.04	20.22	0.93	0.15	2.12	0.19	2.66	0.35	1.00	0.864	16	0.832	30	656	10
三上 和良	大分	1.00	1,387	0.00	0.00	14.15	2.40	0.13	2.53	0.19	3.37	0.26	1.30	0.864	17	0.843	25	499	33
鶴見 智美	清水	0.94	1,755	0.05	0.05	8.31	0.82	0.10	2.56	0.36	2.92	0.56	1.85	0.864	18	0.802	42	653	59
山西 尊裕	磐田	0.92	1,587	0.00	0.00	20.30	0.68	0.17	1.87	0.23	2.33	0.68	1.13	0.859	19	0.801	43	557	25
菊地 直哉	磐田	1.00	1,243	0.07	0.00	18.10	1.30	0.07	3.04	0.07	2.10	0.51	1.16	0.856	20	0.836	28	588	70

\* 2004年の国際Aマッチに日本代表で出場した選手

表4 参照集合出現回数 (FW)

エメルソン	3 3
マルキーニョス	2 5

ポジションでの効率値の上位選手を表3に示す。同表では、紙幅の都合でFW 15名 MF 20名 DF 20名のみを列挙しているが、後で述べる総合効率値での順となっているため、MFとDFについては、領域限定法で効率値1であるのに表示されていない選手がいる点に注意されたい。

参考までに、FWについて効率値1となった2選手の参照集合出現回数を表4にまとめた。FWでは得点数の最も高いエメルソンが非効率であると評価された多くの選手の参照集合となっている。

なお、MFとDFについては、FWと比較してより多くの選手が効率的になっているが、これは出力項目で攻撃的な項目の重要度を高くするか、守備的な項目の重要度を高くするかという点で、回答者の意見が分かれば領域限定の上下限の範囲がFWの場合と比べて広がったためであると考えられる。

#### 2.4 総合効率値による評価

以上述べたように、領域限定をしてもやはり多数の選手の効率値が1であった。そこで、総合評価にあたっては、さらなる選手間の相対評価を進めるべく、橋本[1]を参考にしながら、クロス効率値を利用する方法を試みることにした。すなわち、選手*i*に対して最も有利なウェイトづけの下での選手*j*の効率値をクロス効率値 $d_{ij}$ とする。次いで $d_{ij}$ を(*i, j*)要素とするクロス効率性行列Dを作成する。 $i=j$ の値 $d_{ii}$ がいわゆるDEA効率値に相当する。

橋本[1]は、この行列の列の平均値により選手を相互評価しているが、ここでは、少し視点を変え、以下に説明するような最大固有値に対応した固有ベクトルを利用するという方法を試みる。

まず、領域限定したモデルで、出力に関する制約式(3)を

$$\sum_{i=1}^{10} u_i y_{ij} \leq 1 \quad (j=1, 2, \dots, j_0-1, j_0+1, \dots, n) \quad (7)$$

とすることで、評価する選手 $j_0$ 自身の効率値が1以下であるという制約を外した超効率のモデルにより、ウェイト $u_i$ を求めて、クロス効率値を計算した。これは、(3)の制約でクロス効率値を求めると、必ずしも解が一意に決まらない可能性があるが、超効率を用い

ればその可能性が極めて少なくなるためである。

次に、求めたクロス効率性行列Dを転置した行列 $D^T$ から、最大固有値を算出し、この最大固有値に対する $n \times 1$ の固有ベクトルを求めた。この固有ベクトルの要素中の最大値で他の要素を割って正規化したものをここでは「総合効率値」と定義する。このようにして求めた総合効率値を表3に示している。表3ではポジション別に選手を分け、それぞれのポジションでの上下限值にて領域限定して求めた総合効率値の上位選手を“ポジション別”の欄に順に列挙している。すなわち、例えばFWの選手については表2にあるFWの上下限值を用いて領域限定した条件で、(2)(4)(7)からなる線形計画問題を解き、クロス効率値を計算して総合効率値を算出し順位づけしている。MF、DFについても同様である。

さらに全203選手を全体の上下限值(表2でallの上下限值)で領域限定して総合評価した際の総合効率値とその順位も表3の“全ポジション”の欄に併記している。この全203選手の総合評価では、MFが1・2位を占め、3・4位はDFであった。FWで最も高い選手(吉原宏太(G大阪)は80位であり、表2で示した“FWの上下限值にて領域限定”して求めた総合効率値で最も効率的なエメルソンでさえ、“Allの上下限值にて領域限定”した総合効率値での順位は104位となった。

### 3. オプタレートによる評価との比較

今回のDEAによる評価結果を2004年の年間オプタポイントによる選手評価と比較してみた。オプタポイントは試合中のすべてのボールタッチに評価係数を設定し選手毎に集計されており、基本的には得点につながるプレーの評価係数は高く設定され、失点につながるプレーの評価係数は低く、負値となる場合もある。例えば、“ペナルティエリア内からの得点”には550点が与えられ、“イエローカード”は-160点となる。一般には、得失点に関わるプレーの多いFWとGKのポイントに、高低が大きく現れる傾向があると言われている。

年間オプタポイントはポイントの年間での積算結果であり、一般には試合出場時間が長くなるほどポイントが高くなることが知られている。そこで、年間オプタポイントを出場試合時間で除した値を、ここでは「オプタレート」と名づけ、その順位とDEA効率値の順位とを比較した。

まず、選手をポジション別に分け、表2に示した“各ポジションの上下限値にて領域限定”した場合との比較を行った。表3右欄にオプタレートの値とポジション別でのその順位を記している。まずFWをみると、エメルソンが“ポジション別”で総合効率値ならびにオプタレートが共に1位となるなど、これらで評価した順位は大まかには一致しているようである。ポジション別に“各ポジションの上下限値にて領域限定”した際の総合効率値とオプタレートの両順位間のスピアマンの順位相関係数を求めたところ、FWの0.80に対し、MFが0.61、DFが0.65となり、各ポジションごとに選手を分けて順位づけした場合、総合効率値とオプタレートの順位の一一致の度合いはFWが最も高かった。

次に、全203選手を対象として、選手の実ポジションに関係なく一律に、表2の“各ポジションの上下限値で領域限定”して計算上求めた総合効率値と、その選手のオプタレートとの比較を行った。各々の評価における上位選手20名を表5に示す。表5より、オプタレートではエメルソンが1位となっていることに象徴されるように、多数のFW選手が上位に位置されているが、“Allの上下限値で領域限定”した場合、FWで上位に入っている選手はいない。“FWの上下

限値で領域限定”した場合は、エメルソンが2位にマルキーニョスが5位に入るなど、FWの選手が上位にランクされるようになる。“MFの上下限値で領域限定”した場合ならびに“DFの上下限値で領域限定”も参考までに列挙しているが、領域の範囲が広いため、“All”の場合と似た結果になっている。オプタレートの順位との相関は、“FWの上下限値で領域限定”した場合が0.87であるのに対し、他の領域で限定した場合は0.2以下となり、このことからオプタレートでの評価は、“FWの上下限値で領域限定”した結果と近く、FWの選手に有利な条件で評価されていると言えそうである。

さらに、日本代表に選抜されるか否かという視点での評価とも比較してみた。その結果、2004年の国際Aマッチに日本代表で出場した選手については、FWでは3名中0名、MFでは11名中8名、DFでは9名中3名が領域限定法で効率値1となっていた。必ずしも、効率の良い選手のみが代表に選ばれている訳ではないようである。

参考までに、表3・表5で示した総合効率値の上位選手で2004年の国際Aマッチに出場した選手は\*印で示している。両表よりオプタレートならびに総合効率値で上位に位置する日本人選手の多くが代表として

表5 全203選手を対象とした総合効率値とオプタレートによる評価との比較（上位20選手）

順位	オプタレート				総合効率値											
					Allの上下限値で領域限定		FWの上下限値で領域限定		MFの上下限値で領域限定		DFの上下限値で領域限定					
1	エメルソン	浦和	FW	1340	村井 慎二	MF	1.000	遠藤 保仁*	MF	1.000	村井 慎二	MF	1.000	村井 慎二	MF	1.000
2	三浦 淳宏*	東京V	DF	1225	遠藤 保仁	MF	0.957	エメルソン	FW	0.970	遠藤 保仁*	MF	0.968	遠藤 保仁*	MF	0.957
3	遠藤 保仁*	G大阪	MF	1211	シジクレイ	DF	0.942	小笠原 満男*	MF	0.910	シジクレイ	DF	0.936	シジクレイ	DF	0.932
4	小笠原 満男*	鹿島	MF	1204	田中マルクス	DF	0.932	ホルヴィ	MF	0.887	田中マルクス	DF	0.934	田中マルクス	DF	0.923
5	西 紀寛*	磐田	MF	1093	パトリック	DF	0.920	マルキーニョス	FW	0.887	パトリック	DF	0.920	パトリック	DF	0.913
6	マルキーニョス	市原	FW	1090	名波 浩	MF	0.912	西 紀寛*	MF	0.868	三浦 淳宏*	DF	0.916	名波 浩	MF	0.911
7	ホルヴィ	神戸	MF	1061	三浦 淳宏*	DF	0.911	村井 慎二	MF	0.851	米山 篤志	DF	0.915	鈴木 慎吾	MF	0.905
8	アラウージョ	清水	FW	1041	米山 篤志	DF	0.909	三浦 淳宏*	DF	0.844	名波 浩	MF	0.907	朴 康造	MF	0.904
9	名波 浩	磐田	MF	1027	平川 忠亮	MF	0.905	平野 孝	MF	0.837	鈴木 秀人	DF	0.902	三浦 淳宏*	DF	0.902
10	大黒 将志	G大阪	FW	1018	リカルド	DF	0.904	マルケス	FW	0.821	リカルド	DF	0.901	米山 篤志	DF	0.901
11	藤田 俊哉*	磐田	MF	1005	朴 康造	MF	0.903	石川 直宏*	MF	0.811	平野 孝	MF	0.898	平川 忠亮	MF	0.900
12	玉田 圭司*	柏	FW	972	鈴木 秀人	DF	0.900	吉原 宏太	FW	0.800	平川 忠亮	MF	0.896	平野 孝	MF	0.896
13	村井 慎二	市原	MF	967	ミリノビッチ	DF	0.898	福西 崇史*	MF	0.792	朴 康造	MF	0.895	ドットラ	MF	0.895
14	古橋 達弥	C大阪	MF	931	鈴木 慎吾	MF	0.898	奥 大介*	MF	0.788	鈴木 慎吾	MF	0.890	リカルド	DF	0.894
15	福西 崇史*	磐田	MF	920	平野 孝	MF	0.896	小林 大悟	MF	0.765	松尾 直人	DF	0.890	ミリノビッチ	DF	0.891
16	ウエズレイ	名古屋	FW	919	秋葉 忠宏	DF	0.892	藤田 俊哉*	MF	0.763	ミリノビッチ	DF	0.890	鈴木 秀人	DF	0.889
17	田中 達也	浦和	FW	913	内田 潤	DF	0.884	鈴木 慎吾	MF	0.761	秋葉 忠宏	DF	0.884	秋葉 忠宏	DF	0.885
18	チョ ジェジン	清水	FW	904	ドットラ	MF	0.883	名波 浩	MF	0.756	ドットラ	MF	0.881	内田 潤	DF	0.881
19	グラウ	磐田	FW	900	林 健太郎	MF	0.880	古橋 達弥	MF	0.755	林 健太郎	MF	0.879	林 健太郎	MF	0.873
20	奥 大介*	横浜FM	MF	899	松尾 直人	DF	0.878	田中 達也	FW	0.754	西 紀寛*	MF	0.879	松尾 直人	DF	0.870
オプタレートとのスピアマンの順位相関係数					0.20		0.87		0.20		0.18					

\*2004年の国際Aマッチに日本代表で出場した選手

選抜されている。しかしながら、鈴木隆行（鹿島）はオプタレートならびに総合効率値で100位にも入っていないが代表入りしている。このことから、試合中のボールタッチに絡んだプレーを基に数値評価する方法では測れないような要素も残っていると言える。

#### 4. おわりに

以上、Jリーグ選手を、DEAを用いて評価した結果について述べた。従来は、選手の評価が得点数に偏りがちであったが、今回、アシスト数、パス成功数、ドリブル成功数など、他の項目のデータも取り入れ、総合的に評価した。その際、アンケートにより出力項目のウェイトの比の領域を限定して評価すると共に、ポジション別に選手を評価した。また、クロス効率値を利用した総合効率値による評価も行い、オプタレートと比較した。オプタレートでは、FWの観点での評価に近いことが言えた。

DEAを利用した順位づけに関する研究はこれから益々発展していくと思われる。今後もスポーツ選手・チームの評価などについてのDEAの応用を進めていきたいと考えている。

**謝辞** 本研究にあたり、アンケートに協力していただきと共に貴重な助言をくださったJ-STATS Opta事務局の武田信厳・内藤悠両氏に感謝いたします。

#### 参考文献

[1] 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.

- [2] T. R. Anderson and G. P. Sharp (1997) : A new measure of baseball batters using DEA, *Annals of OR*, 73: 141-155.
- [3] Y. Sueyoshi, K. Ohnishi and Y. Kinase (1999) : A Benchmark Approach for Baseball Evaluation, *EJOR*, 115: 429-448.
- [4] 刀根薫・上田徹監訳 (2000) : 経営効率評価ハンドブック, 第19章 野球選手の相対的効率性の評価: 朝倉書店.
- [5] 上田徹・住倉俊宏 (2002) : どの野球選手の攻撃力が優れているだろうか, *オペレーションズ・リサーチ* 47: 137-141.
- [6] E. H. DeOliveira and R. Callum (2004) : Who's the Best? Data Envelopment Analysis and Ranking Players in the National Football League, In Butenko, Gil-Lafuente & Pardalos (eds.). *Economics, Management, and Optimization in Sports*. Springer-Verlag: Berlin, 15-30.
- [7] D. J. Haas (2003) : Technical Efficiency in the Major League Soccer, *Journal of Sports Economics*, 4: 203-215.
- [8] 飛鳥新社データ・フットボール・プロジェクト編: Jリーガー白書 2002. 飛鳥新社: 東京 (2002).
- [9] Jリーグ編: J. LEAGUE YEARBOOK 2005. コナミメディアエンタテインメント: 東京 (2005).
- [10] J-STATS Opta事務局 (2005) : J. League Stats Report 2004. (内部資料)
- [11] 刀根薫 (1993) : 経営効率性の測定と改善—包絡分析法DEAによる—, 日科技連: 東京.
- [12] 木下栄蔵 (2000) : 入門AHP—決断と合意形成のテクニック. 日科技連: 東京 (2000).