論文・事例研究

公開情報を用いた日本プロ野球ベストナインの選出

上田 徹，天達 洋文

1. はじめに

日本プロ野球では記者投票によってベストナインとゴールデン・グラブ賞の受賞者が毎年選出されている．記者は全試合を見ているわけではなく，その投票では公式記録を含むさまざまなデータを参考にしていると考えられるが，残念ながら守備力から選ばれていると思われるゴールデン・グラブ賞を検討するための適切な公式記録がないのが現状である（第2節に守備力に関する考察を示す）．そこでゴールデン・グラブ賞と区別して，ほぼ打撃力から選定していると思われるベストナインについて公式に発表されたベストナインと公開情報との関係について考察する．

ベストナインについては，2011年のセ・リーグのように投手を除く全員が打率の高いものから選ばれているかと思うと，2012年にはブランコ0.248や村田0.252といった打率の低い選手が選ばれている年もある．特にブランコについてはほかの1塁手に比べても打率は高くないが，盗塁，四死球，本塁打で優れている．そこで多くの評価項目の同時評価に有効な包絡分析法（Data Envelopment Analysis，略してDEA）を用いた投手以外のベストナイン（セ・リーグではベストエイト，パ・リーグでは指名打者を含むベストナイン）選出を考えることにする．

これまでベストナインの選出には打順は考慮されていなかったため打順を考慮したベストナイン選出も考える．その場合に，犠打は4番打者ではあまり重要でないが，2番打者では重視すべき項目であろう．このように打順を考慮する場合には重視すべき項目に差が出るため，項目間比率に上下限値を設けたモデルDEA-AR (Assurance Region)を用いることにする．なお，最大効率値を1とするDEAの通常モデルでは効率値1のもの同士の順位付けができないため超効率値（最大効率値が1を超える）モデルを用いる．

項目間比率の上下限値の設定には層間分散を最小化する方法が提案されている（[1]参照）が，非線形計画問題における局所解を避けるため，線形計画問題として扱える絶対偏差和最小化を用いることとする．

分析は2011年，2012年の220打席以上（規定打席数446の約半分）の打者を対象とする（出典は[2]）．

2. 守備力に関する公式記録

日本野球機構オフィシャルサイト[2]から入手できる守備データは試合数，刺殺数，補殺数，失策数，併殺数，捕逸数，守備率である．打撃の打席数に対応するものとしては，守備では（守備機会数＝刺殺数＋補殺数＋失策数）が考えられる．この守備機会数を使って｛守備率＝(刺殺数＋補殺数)÷守備機会数｝が計算されている．刺殺数は捕球することでアウトにした数であり，補殺数は捕球後に投げて補助的にアウトにした数である．

守備率と同様に刺殺数，補殺数，併殺数，捕逸数を守備機会数で割ったものを刺殺率，補殺率，併殺率，捕逸率と呼ぶことにする．ただし，捕逸率は捕手特有のデータである．

守備率が全守備位置に関して使えると思えそうだが，実際には消極的な守備であれば高く出る傾向があるし，個々の打球の事情を無視して記録されていることや失策の判定は主観的であることが問題である．また，守備機会数が少なく，守備範囲が小さいと思われる選手でも，失策さえなければ値が最大値1になる欠点もある．そこで，ある選手が1試合平均（9イニング換算）でいくつのアウトに関与したかを示す指標として，**アウト寄与率** (RF : Range factor) ＝（刺殺＋補殺）÷

うえだ とおる
成蹊大学（非常勤講師）
〒180–8633 東京都武蔵野市吉祥寺3–3–1
あまたつ ひろふみ
IT DHARMA Ltd.
〒272–0122 市川市宝1–14–12
受付 13.10.7 採択 14.5.27

表 1　2012 年における守備尺度と各守備位置の上位 20 位までの人数

セ・リーグ	刺殺率	補殺率	守備率	併殺率	簡易 RF
捕手	0	0	3	0	8
1 塁手	1	0	4	4	6
2 塁手	0	5	3	8	5
3 塁手	0	8	0	1	0
遊撃手	0	7	1	7	1
外野手	19	0	9	0	0

パ・リーグ	刺殺率	補殺率	守備率	併殺率	簡易 RF
捕手	0	3	8	0	8
1 塁手	2	0	4	6	6
2 塁手	0	5	0	5	5
3 塁手	0	5	0	2	0
遊撃手	0	7	0	7	1
外野手	18	0	8	0	0

守備イニング数 × 9 が大リーグでは使われているが，日本では守備イニング数は公式記録として発表されていないため，簡易 RF =（刺殺＋補殺）÷ 出場試合数を使わざるをえない．

大リーグでは，同一ポジションの野手の平均的な守備の数値と比較し，個々の選手が 1 シーズンに失点を何点防いだか・招いたかを数値化した指標として UZR (Ultimate Zone Rating)，シーズンを通してどれだけ平均的野手と比べて失点を防いだか・招いたかを数値化したものして守備防御点（**D**efensive **R**uns **S**aved : DRS と略す）という指標が公表されているが，日本プロ野球では入手困難な指標である．

2011 年，2012 年に 60 試合（1 守備位置当たりの選手数を確保するため公式試合数 144 の半分よりやや少ない数とした）以上の選手の守備力を見ることにする．

表 1 は 2012 年における守備尺度と各守備位置の上位 20 位（列和 20）までの人数を示している．刺殺率は外野手が上位にきて，補殺率は 1 塁以外の内野手が高いことがわかる．

ゴールデン・グラブ賞を獲得した選手は当然，守備力の点で優れているはずであり，ゴールデン・グラブ賞受賞者と守備尺度との関連を調べてみたが，あまり関係がないことがわかった（詳細は付録 1）．

逆にベストナインの打率順位を表している表 2 からわかるようにベストナインでは打率が大きな役割を果たしていることがわかる．セ・リーグ 2011 年以外は打率の高くない選手も選ばれており，ほかの打撃成績を考慮したベストナインの選出の意味がある．

以上より公式記録だけを使って守備力を客観的に評価することは難しく，ゴールデン・グラブ賞についてはこれ以上議論せず，ベストナインを打撃力で評価する場合について論じる．

表 2　公式ベストナインの打率順位

	セ・リーグ 2011 年		セ・リーグ 2012 年	
捕手	阿部慎之助	**7 位 (1/5)**	阿部慎之助	**1 位 (1/7)**
1 塁手	栗原健太	**6 位 (1/10)**	ブランコ	36 位 (6/7)
2 塁手	平野恵一	**5 位 (1/8)**	田中浩康	13 位 (2/13)
3 塁手	宮本慎也	**3 位 (1/6)**	村田修一	30 位 (3/7)
遊撃手	鳥谷　敬	**4 位 (1/7)**	坂本勇人	**2 位 (1/4)**
外野手	長野久義	**1 位 (1/19)**	長野久義	**4 位 (2/21)**
	マートン	**2 位 (2/19)**	大島洋平	**3 位 (1/21)**
	青木宣親	**8 位 (3/19)**	バレンティン	14 位 (7/21)

	パ・リーグ 2011 年		パ・リーグ 2012 年	
捕手	細川　亨	55 位 (6/6)	鶴岡慎也	24 位 (2/4)
1 塁手	小久保裕紀	19 位 (1/11)	李　大浩	14 位 (4/11)
2 塁手	本多雄一	**7 位 (2/9)**	田中賢介	**7 位 (1/7)**
3 塁手	中村剛也	**21 位 (3/7)**	中村剛也	44 位 (7/8)
遊撃手	中島裕之	**8 位 (1/5)**	中島裕之	**2 位 (1/7)**
外野手	糸井嘉男	**2 位 (2/21)**	糸井嘉男	**4 位 (2/19)**
	内川聖一	**1 位 (1/21)**	内川聖一	**5 位 (3/19)**
	栗山　巧	**5 位 (4/21)**	角中勝也	**1 位 (1/19)**
指名打者	フェルナンデス	34 位	ペーニャ	18 位

(a/b): 220 打席以上の同じ守備位置の b 人中 a 位

3. 打撃力に基づくベストナインの選出

2011 年と 2012 年シーズン終了時の年間打席数が 220（規定打席数 446 の約半分）以上の選手を対象とし，多くの評価項目の同時評価に有効な包絡分析法 (DEA) を用いて，打撃成績に基づく投手以外のベストナイン選出を考えることにする．

DEA では出力の加重値と入力の加重値の比から効率性を評価する．入力を打席数とし，出力を打点数とか安打数とか打撃に関連する項目を用いることが考えられるが，最高打率の打者に与えられる首位打者という称号からもわかるように，打撃力の代表である打率は安打数/打数で計算され，犠打は打数にカウントされないので打席数当たりで捉えざるをえない．このように打席数当たりで捉えるべき項目と打数当たりで捉えるべき項目が混在するので，出力項目は以下の 9 項目とした．入力は全選手に値 1 を与えた．

1. 打点数/打席数
2. 安打数/打数（打率）
3. 長打数（二塁打＋三塁打)/打数
4. 盗塁数/打席数
5. (打席数 − 三振数)/打席数
6. 犠打数/打席数
7. 犠飛数/打席数
8. 四死球数/打席数

9.　本塁打数/打数

出力項目間のウェイトの比較を可能にするために，最良値が 1，最悪値が 0 になるように変換した．例えば，2012 年のパ・リーグ首位打者である角中の打率0.312，最低値である炭谷の打率 0.194 のとき，打率 x の打者の値は $(x-0.194)/(0.312-0.194)$ に変換される．

ベストナインは，次の DEA の基本モデル CCR（例えば [3] 参照）をベースにした**効率値算出モデル**を用いて選手 o ごとに効率値を算出し（この際には守備位置は考慮していない），効率値の和が最大となるように（**守備・打順割当問題：$\boldsymbol{F1}$**）を用いて決定する．なお，本節では打順は考慮しない．

ここで，n は選手数，M は出力項目数 9，G は入力項目数 1 であり，

x_{gh} (=1): 選手 h の入力項目 g の値

y_{jh}: 選手 h の出力項目 j の値

とする．

（**効率値算出モデル**）

目的：$\theta = \max \sum_{j=1}^{M} u_j y_{jo}$

制約：$\sum_{j=1}^{M} u_j y_{jh} - \sum_{g=1}^{G} v_g x_{gh} \le 0$

$(h = 1, \ldots, n\,;\, h \ne o)$

$$\sum_{g=1}^{G} v_g x_{go} = 1, \quad u_2 \ge 2u_j \ (j \ne 2)$$

$$v_g \ge 0 \ (g = 1, \ldots, G),\ u_j \ge 0 \ (j = 1, \ldots, M)$$

ただし，第 1 制約の中の $h \ne o$ は 1 よりも大きな効率値（超効率値）を得るための制約であり，第 3 制約 $(u_2 \ge 2\ u_j\ (j \ne 2))$ は第 2 項目の打率を重視するための制約であり，これがないと打席数の少ない選手が多く含まれることとなった．入力は 1 個 $(G = 1)$ で，しかも評価対象間で差がない場合なので，第 1 制約と第 4，第 5 制約は

$$\sum_{j=1}^{M} u_j y_{jh} \le 1 \ \ (h = 1, \ldots, n;\ h \ne o),$$
$$u_j \ge 0 \ (j = 1, \ldots, M)$$

となり，v_g に関する制約は無視できる．

選手 i の k 番打者としての効率値 $S(i,k)$ が効率値算出モデル（打順を考慮しない場合）あるいは DEA-AR モデル（打順を考慮する場合）を用いて求まると，それらの和 SS が最大となる打順，守備の割当問題として以下のように定式化した．ただし，

$I(i,k,j) = 1$: 選手 i が k 番打者として守備 j につくとき

0 : それ以外

ここで，6 番打者は 6 番以降の打者のいずれかを意味する．なお，セ・リーグを（セ），パ・リーグを（パ）と略す場合があり，表中では “Ce”，“Pa” と略す．

守備位置 1 : 捕手, 2 : 1 塁手, 3 : 2 塁手, 4 : 3 塁手, 5 : 遊撃手, 6 : 外野手, 7 : 指名打者（パ）

$A(i,j) = 1$: 選手 i が守備 j につけるとき

0 : それ以外

次に示す定式化では，$A(i,j)$ と $S(i,k)$ [効率値算出モデルあるいは DEA-AR モデルで得られた値] はあらかじめわかっており，未知数は $I(i,k,j)$ である．なお，本節では打順は考慮しないため打順 k は無視する．

（**守備・打順割当問題：$\boldsymbol{F1}$**）

目的：$\max \sum_{i,k,j} I(i,k,j) \times S(i,k)$

⇒ 選ばれた選手の効率値の和 SS の最大化

制約 $\sum_{i,k} I(i,k,j) \times A(i,j) = c_j;$

$c_j = 1\,(j \ne 6),\ c_6 = 3$

⇒ 外野手は 3 名とするが，ほかの守備位置は各 1 名

$$\sum_{i,k,j} I(i,k,j) = Q \ \ [Q = 8\ (\text{セ}), Q = 9\ (\text{パ})]$$

⇒ 投手以外の選手数

$$\sum_{k,j} I(i,k,j) \le 1, \quad I(i,k,j) \in \{0,1\}$$

打順を考慮する第 4 節では

$\sum_{i,j} I(i,k,j) \times A(i,j) = 1;\ k \ne 6 \Rightarrow$ 6 番以外は 1 名

$\sum_{i,j} I(i,6,j) \times A(i,j) = P\ [P = 3\ (\text{セ}), P = 4\ (\text{パ})]$

⇒ 6 番以降の打者数

の条件が追加される．

表 3 は公式発表されたベストナイン（**公式** best9）と DEA に基づく上記効率値算出モデルと守備・打順割当問題によるベストナイン (**DEA** best9) とそれらの打席数を示している．また Ce11 はセ・リーグ 2011 年を意味し，他も同様である．なお，指名打者は全員に指名打者資格ありとした．

2012 年のセ・リーグ 2 塁手で入れ替わった上本と田中のクロス効率値 θ_{hi}（h の効率値が得られたときの係数 $u_j[j = 1, \ldots, M]$ を使って計算された i の効率値）を表 4 に示す．例えば h が上本，i が田中のときの値

表 3 ベストナインの比較

Ce11	公式 best9 と打席数		DEA best9 と打席数	
捕手	阿部慎之助	437	阿部慎之助	437
1 塁手	栗原健太	596	栗原健太	596
2 塁手	平野恵一	615	平野恵一	615
3 塁手	宮本慎也	518	宮本慎也	518
遊撃手	鳥谷　敬	590	鳥谷　敬	590
外野手	長野久義	578	長野久義	578
	マートン	606	畠山和洋	583
	青木宣親	643	廣瀬　純	276

Ce12	公式 best9 と打席数		DEA best9 と打席数	
捕手	阿部慎之助	556	阿部慎之助	556
1 塁手	ブランコ	359	ブランコ	359
2 塁手	田中浩康	593	上本博紀	224
3 塁手	村田修一	575	宮本慎也	394
遊撃手	坂本勇人	619	坂本勇人	619
外野手	長野久義	653	松本哲也	229
	大島洋平	631	大島洋平	631
	バレンティン	422	赤松真人	246

Pa11	公式 best9 と打席数		DEA best9 と打席数	
捕手	細川　亨	264	里崎智也	397
1 塁手	小久保裕紀	372	浅村栄斗	498
2 塁手	本多雄一	633	本多雄一	633
2 塁手	中村剛也	622	松田宣浩	582
遊撃手	中島裕之	633	中島裕之	633
外野手	糸井嘉男	578	糸井嘉男	578
	内川聖一	463	内川聖一	463
	栗山　巧	653	松中信彦	304
指名打者	フェルナンデス	577	中村剛也	622

Pa12	公式 best9 と打席数		DEA best9 と打席数	
捕手	鶴岡慎也	328	嶋　基宏	316
1 塁手	李　大浩	601	ホワイトセル	290
2 塁手	田中賢介	505	田中賢介	505
3 塁手	中村剛也	498	松田宣浩	390
遊撃手	中島裕之	567	中島裕之	567
外野手	糸井嘉男	597	糸井嘉男	597
	内川聖一	567	内川聖一	567
	角中勝也	525	聖澤　諒	595
指名打者	ペーニャ	507	枡田慎太郎	290

$\theta_{上本,\ 田中} = 0.611$ は，上本の効率値が得られたときの係数 $u_j[j = 1, \ldots, M]$ を使って計算された田中の効率値である．もし，$\theta_{hh} < \theta_{hi}$ となっていたら選手 h にとって最も有利な評価をしても i に劣っていることになるが，$\theta_{hh} > \theta_{hi}$ となっており，h と i の優劣は断言できない．公式 best9 と DEA best9 が異なった外野手についても $\theta_{hh} > \theta_{hi}$ となっており，h と i の優劣は断言できない．表 3 から上本の打席数は 224 と少なく，公式 best9 で田中が選ばれた理由として出場機会の多さが考えられる．

表 4 クロス効率値 θ_{hi} 例（2012 年セ・リーグ）

h \ i	上本博紀	田中浩康
上本博紀	0.980	0.611
田中浩康	0.594	0.898

表 5 350 打席以上の DEA best9 とそれらの打席数 (セ・リーグ)

	Ce11		Ce12	
捕手	阿部慎之助	437	阿部慎之助	556
1 塁手	栗原健太	596	ブランコ	359
2 塁手	平野恵一	615	田中浩康	593
3 塁手	宮本慎也	518	宮本慎也	394
遊撃手	鳥谷　敬	590	坂本勇人	619
外野手	長野久義	578	長野久義	653
	畠山和洋	583	大島洋平	631
	ラミレス	515	バレンティン	422

表 6 350 打席以上の DEA best9 とそれらの打席数 (パ・リーグ)—全選手を指名打者候補とした場合—

	Pa11		Pa12	
捕手	里崎智也	397	里崎智也	439
1 塁手	浅村栄斗	498	李　大浩	601
2 塁手	本多雄一	633	田中賢介	505
3 塁手	松田宣浩	582	松田宣浩	390
遊撃手	中島裕之	633	中島裕之	567
外野手	糸井嘉男	578	糸井嘉男	597
	内川聖一	463	内川聖一	567
	栗山　巧	653	聖澤　諒	595
指名打者	中村剛也	622	根元俊一	584

このほかにも DEA best9 は打席数の少ない選手を選択している場合が見受けられる．そこで，捕手以外の公式 best9 の最小打席数 359 を意識して打席数 350 以上の選手に限定した DEA best9 を表 5（セ・リーグ），表 6（パ・リーグ）に示す．

表 7 は表 3 の公式 best9 と表 5，表 6 で異なっている捕手以外の選手の成績比較を示している．DEA の「一芸に秀でた選手を高く評価する傾向」が見えている．

2011 年のセ・リーグ公式 best9 は打率 8 位までの全 8 選手が選ばれているが，表 5 の DEA best9 は条件 ($u_2 \geq 2u_j$ $(j \neq 2)$) をつけたにも関わらず 2 選手で公式 best9 と異なる選抜となった．

表 6 の 2011 年のパ・リーグ DEA best9 では指名打者として中村を選び，3 塁手として松田を選んだの

表 7　公式 best9 と DEAbest9 が異なる場合の成績比較

		打席	打数	打点	安打	二三塁打	盗塁	三振	犠打	犠飛	四死球	本塁打	打率	守備位置
Ce11	マートン	606	579	60	180	25	6	76	1	1	25	13	0.31	6
	青木宣親	643	583	44	170	23	8	55	0	0	60	4	0.29	6
	ラミレス	515	477	73	133	13	2	72	0	5	33	23	0.28	6
	畠山和洋	583	494	85	133	25	1	94	1	4	**84**	**23**	0.27	6(62 試合)
Ce12	村田修一	575	516	58	130	27	1	85	2	6	54	12	0.25	4
	宮本慎也	394	356	23	95	5	1	**38**	**16**	1	23	3	0.27	4
Pa11	小久保裕紀	372	342	48	92	21	0	72	0	2	28	10	0.27	2
	浅村栄斗	498	437	45	117	20	7	52	**18**	3	40	9	0.27	2
	フェルナンデス	577	529	81	137	21	3	84	0	7	41	17	0.26	指名
	中村剛也	622	525	116	141	30	4	134	0	6	91	48	0.27	指名，4
	松田宣浩	582	525	83	148	38	**27**	128	3	3	51	25	0.28	4
Pa12	**中村剛也**	498	432	79	100	17	2	125	0	1	66	27	0.23	4
	松田宣浩	390	360	56	108	**35**	16	63	0	2	33	9	**0.3**	4
	角中勝也	525	477	61	149	35	8	68	1	4	43	3	0.31	6
	聖澤　諒	595	523	45	141	17	**54**	104	12	4	56	4	0.27	6
	ペーニャ	507	461	76	129	32	2	130	0	3	45	21	0.28	指名
	根元俊一	584	512	41	143	29	6	98	**40**	0	32	9	0.28	5

は面白い選抜であったと思う．一方，表 6 の 2012 年のパ・リーグ DEA best9 の指名打者として根元を選んだのは犠打の多さから（表 7 参照）だと思うが，指名打者としての出場はない．そこで指名打者については，10 打席以上の指名打者実績のある選手に絞った場合の DEA best9 を表 8 に示す．

表 6 の 2011 年パ・リーグ DEA best9 指名打者の中村にも 2011 年には指名打者経験がなく，公式発表の指名打者投票は指名打者経験のある打者に限られている．選ぶ立場となったときに経験の有無を問題にするのは当然のことと思うが，中村は 2012 年には 202 打席経験しており，最強のベストナインを選ぶという視点では，すべての選手に指名打者としての資格ありとするのも無茶な設定ではないのではと考えている．

4.　打順を考慮したベストナイン選出モデル

4.1　打順のウェイト制約と効率値の算出法

DEA では，出力ウェイト（乗数）u_j は評価対象 o にとって最も有利になるように決められる．その結果，各評価対象にとって自分の最も得意とする項目に大きいウェイト，苦手とする項目に小さいウェイト（ゼロがしばしば現れる）をつけることとなる．その結果として 220 打席以上でベストナインを選ぶと最も重要な打率は無視して盗塁など差のつきやすい項目で選ばれることとなった．そのため，打率を重視して ($u_2 \geq 2u_j$ $(j \neq 2)$) の条件を課した．しかし，2 番打者では走者を進めるために犠打がうまいことや三振をしないことが求められるであろう．また，犠打の重要な打順を意

表 8　350 打席以上の DEA best9 とそれらの打席数（パ・リーグ）―10 打席以上指名打者実績のある選手を候補とした場合―

	Pa11		Pa12	
捕手	里崎智也	397	里崎智也	439
1 塁手	浅村栄斗	498	李　大浩	601
2 塁手	本多雄一	633	田中賢介	505
3 塁手	中村剛也	622	松田宣浩	390
遊撃手	中島裕之	633	中島裕之	567
外野手	糸井嘉男	578	糸井嘉男	597
	聖澤　諒	559	聖澤　諒	595
	栗山　巧	653	内川聖一	567
指名打者	内川聖一	463	ヘルマン	583

識することで第 3 節の指名打者で感じた違和感をぬぐえるかもしれない．そこで，打順ごとに重視すべき項目の違いを意識したベストナイン選抜を試みる．

出力項目対 (a, b) に対して，ウェイトの比 u_a/u_b は下限 L_{ab}，上限 U_{ab} の間になければならないといったウェイトの上下限の制約を加えることによって打順ごとに項目間の重要性に差をつけることができる．制約が加わったことにより効率値は一般に低下する．しかし，上下限の値が適切に設定されていれば，説得性のある結論が得られる．

付録 2 の方法によって得られた打順ごとのウエイト比の下限 L_{ab}，上限 U_{ab} を用いて以下に示す DEA-AR モデルにより打順ごとの効率値を算出する．出力項目対 (a, b) 間のウェイトの比 u_a/u_b の下限 L_{ab}，上限 U_{ab} は打順ごとに異なるので，次に示す DEA-AR モデルは打順ごとに解かれる．ただし，M は出力項目数であ

り，n は評価対象の選手数である．

(DEA-AR)

目的：$\theta_o = \max \sum_{j=1}^{M} u_j y_{jo}$

制約：$\sum_{j=1}^{M} u_j y_{jh} \leq 1 \ (h = 1, \ldots, n;\, h \neq o)$

$u_k L_{jk} \leq u_j \leq u_k U_{jk} \ (j \neq k)$

$u_j \geq 0 \ (j = 1, 2, \ldots, [M = 9])$

4.2 打順と守備位置を考慮したベストナイン選出法と選出結果

第 4.1 節で求められた打順ごとの選手 o の効率値 θ_o と守備位置情報を用いて選手の選定を第 3 節に示した（守備・打順割当問題：$F1$）モデルにより行う．ただし，350 打席以上の選手を対象とし，守備位置は 60 試合以上の実績のある守備位置を守備可能とし，指名打者については 10 打席以上の指名打者実績のある選手を対象とする．

(1) 指名打者を考慮しない場合（セ・リーグ）

表 9 に，350 打席以上の選手に限定した打順考慮のセ・リーグ DEA best9 を示す．2011 年のバレンティン，畠山については，公式 best9 外野手の投票で 54 票，35 票を獲得しており，打率以外では公式 best9 の選手よりも優っている項目もあるが，藤村は 15 票しか獲得しておらず，盗塁数がセ・リーグ 1 位であるが，若干の違和感はある．

(2) 指名打者を考慮する場合（パ・リーグ）

指名打者を考慮する場合，7 番目の守備位置として指名打者を設定し，10 打席以上の指名打者経験のある選手を資格ありとした．また 6 番以降は 4 人とし，

$$c_7 = 1, \sum_{i,j} I(i, 6, j) \times A(i, j) = 4, \sum_{i,k,j} I(i, k, j) = 9$$

とする．ほかの設定はセ・リーグと同じである．セ・リーグは指名打者制を採っていないためセ・リーグについては分析しない．

表 10 に，350 打席以上の選手に限定した打順考慮のパ・リーグ DEA best9 を示す．ただし，指名打者は 10 打席以上の指名打者経験ありの選手に限定している．

2011 年については，長谷川が若干の疑問を抱かせるが，打順ごとに求めた外野手の効率値を打順に関わらず大きいものから順に並べると長谷川以上は内川，糸井，栗山だけで，内川を指名打者にすると外野手として選ばれる資格ができたわけである．

2012 年については，2 塁手の田中と銀次は甲乙つけがたいが，打率など出塁に関連する項目を重視していると思われる公式 best9 では田中が選ばれたものと思われる．3 塁手の松田は骨折による途中欠場があったため規定打席数に到達していないことが 1 つの要因となって公式 best9 に選ばれなかったものと思われる．外野手では公式 best9 に首位打者を獲得した角中が選ばれているが，盗塁王を獲得した聖澤は打率以外の項目も考慮できる超効率値が外野手で最も高く，総合的には妥当である．ヘルマンは公式 best9 の 3 塁手の投票で 54 票を獲得したが，指名打者としても 24 打席の実績があり DEA best9 では選ばれたが，指名打者での打席がほとんどのペーニャが公式 best9 に選ばれたのも納得がいく選考である．

表 9　打順を考慮した DEA best9 と公式 best9 得票数（セ・リーグ）

	2011 [243]		2012 [252]	
捕手	阿部慎之助 (3)	108	阿部慎之助 (6)	250
1 塁手	栗原健太 (6)	157	**中村紀洋 (5)***	75
2 塁手	**藤村大介 (2)***	15	田中浩康 (6)	206
3 塁手	宮本慎也 (6)	184	**宮本慎也 (6)***	68
遊撃手	鳥谷　敬 (1)	216	坂本勇人 (3)	239
外野手	長野久義 (6)	238	長野久義 (1)	248
	バレンティン (4)*	54	大島洋平 (2)	231
	畠山和洋 (5)*	35	バレンティン (4)	112

*：表 3 公式 best9 と異なる選手，
( )：打順 [ ]：有効投票数．

表 10　打順を考慮した DEA best9 と公式 best9 得票数（パ・リーグ）

	2011 [207]		2012 [204]	
捕手	**里崎智也 (6)***	3	**里崎智也 (6)***	14
1 塁手	**浅村栄斗 (3)***	26	李　大浩 (4)	135
2 塁手	本多雄一 (2)	175	**銀次 (6)***	5
3 塁手	中村剛也 (4)	142	**松田宣浩 (3)***	34
遊撃手	中島裕之 (6)	187	中島裕之 (6)	201
外野手	糸井嘉男 (6)	194	糸井嘉男 (6)	192
	長谷川勇也 (1)*	7	**内川聖一 (5)**	101
	栗山　巧 (6)	129	聖澤　諒 (2)*	27
指名打者	**内川聖一 (5)***	187+	**ヘルマン (1)***	54+

*：表 3 公式 best 9 と異なる選手，
( )：打順 [ ]：有効投票数．
+：2011 の内川は外野手，2012 のヘルマンは 3 塁手としての得票数．

5. まとめ

公式記録をもとに以下の 4 種類のベストナイン (DEA best9) を選出した．

(1) 規定打席数の約半分に相当する 220 打席以上の選手を対象とし，全選手を指名打者候補とした

表 11　best9 の効率値和 SS0 の比較

	表 3 公式	表 3 DEA	表 5, 6	表 8	表 9, 10
Ce11	8.680	8.992	8.767	—	8.611
Ce12	7.984	8.277	8.132	—	8.125
Pa11	8.858	9.336	9.280	9.198	9.154
Pa12	9.213	10.005	9.530	9.445	9.407

とき（表 3）

(2) 350 打席以上の選手を対象とし，全選手を指名打者候補としたとき（表 5，表 6）

(3) 350 打席以上の選手を対象とし，10 打席以上指名打者実績のある選手を指名打者候補とした場合（表 8）

(4) 350 打席以上の選手を対象とし，10 打席以上指名打者実績のある選手を指名打者候補とし，打順を考慮したとき（表 9，表 10）

上記 (1) はなるべく制約を控えた場合であり，(2) 以降は徐々に制約を増やしていった DEA best9 である．本事例研究は，記者投票による公式 best9 を批判しようというのではなく，記者の主観ではなく公開情報を利用するとこんなベストナインが得られるということを示すことが趣旨であり，さらに野球ファンの印象に合いつつ客観データだけでベストナインを選べないかという問題提起を狙っている．(4) を通じて，どうせベストナインを選ぶなら打順も考慮したらという提案もしたつもりである．

なお，効率値は 220 打席以上か，350 打席以上か，打順を考慮するかどうかで異なるため，各モデルで得られた効率値和 SS を単純には比較できない．そこで，比較のために 220 打席以上の選手を評価対象にした場合の効率値だけを使って得られたさまざまな best9 の効率値和 $SS0$ を表 11 に示す．4 つの場合分けのほとんどで公式 best9 の値が最も小さいことから，公式 best9 の選出には数字で表せない記者の何かが作用していると想像できる．しかし，選手の立場から考えると本研究のような公開情報に基づく客観的な評価のほうが納得がいくのではないかと考えている．

220 打席以上とか 350 打席以上とかに強い設定理由はなく，打席数の少ない打者ばかりが選ばれるのを避けたいための設定案である．なお，打席数自身を出力の 1 つとすることも考えられるが，打席数と安打数との相関係数は約 0.95 となっており，安打数で代用できると考えられることと，打席数を打撃力としたくないことから，ここでは示さなかった．

ベストナインの判断には守備力も加えるべきだとの意見もあるかもしれないが，ゴールデン・グラブ賞が別にあるため，ベストナインは，はっきり打撃力で評価と謳ったほうがよいと考えている．ゴールデン・グラブ賞についても大リーグのように UZR や DRS の指標が整備され，守備力を評価しやすくなるようにすべきだと考えている．なお，よい捕手とは打撃力，守備力のほかにリード力なども考慮すべきであるが，データの入手困難性から今回は深く掘り下げた検討はできなかった．

参考文献

[1] T. Ueda and H. Amatatsu, "Determination of bounds in DEA assurance region method: Its application to evaluation of baseball players and chemical companies," *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **52**, 453–467, 2009.

[2] http://bis.npb.or.jp/2011/stats/
http://bis.npb.or.jp/2012/stats/

[3] 刀根薫，"経営効率性の測定と改善—包絡分析法 DEA による—，"日科技連，1993.

付録 1.　ゴールデン・グラブ賞と公式記録

付表 1 はゴールデン・グラブ賞に選ばれた選手と各項目の順位および当該守備位置での順位を表している．ここで，Ce11 はセ・リーグの 2011 年，その中の谷繁の刺殺率 32 位 (5/6) は評価選手中 32 位で捕手の 6 名中では 5 位であることを示している．もし，ゴールデン・グラブ賞は守備尺度のいずれかが優れているために選ばれているとしたらゴールデン・グラブ賞受賞者に 1 位が目立つはずであるが，付表 1 ではそのような様子はない．例えば，1 塁手として 1 番重要な項目は刺殺数だと思うが，セ・リーグでは 2011 年の栗原も 2012 年の畠山も最下位に近い．簡易 RF は二人とも 1 位なので，それで見ようとすると，パ・リーグではうまくいかない．

そこで，守備尺度の総合値（加重値）でみるために，付表 1 の捕逸率以外の守備尺度を出力として第 2 節と同様のモデルにより効率値を求め，ゴールデン・グラブ賞に選ばれた選手の当該守備位置での効率値の順位を求めた．その結果，ほとんど，効率値が 1 位でない選手が選ばれていることがわかった．

以上より，ゴールデン・グラブ賞と公式記録との関係はあまりないと言える．

付録 2.　DEA-AR モデルにおけるウェイト制約の決定法

出力項目対 (a, b) に対して，設定されたウェイトの

付表 1　ゴールデン・グラブ賞に選ばれた選手と各項目の順位および当該守備位置での順位 (a/b)

	捕手	1 塁手	2 塁手	3 塁手	遊撃手	外野手		
Ce11	谷繁元信	栗原健太	平野恵一	宮本慎也	鳥谷　敬	青木宣親	長野久義	大島洋平
刺殺率	32 位 (5/6)	29 位 (7/7)	37 位 (4/6)	**45 位 (1/5)**	44 位 (5/6)	6 位 (6/20)	7 位 (7/20)	10 位 (10/20)
補殺率	19 位 (2/6)	**21 位 (1/7)**	14 位 (3/6)	3 位 (3/5)	**6 位 (1/6)**	42 位 (12/20)	45 位 (15/20)	40 位 (10/20)
守備率	11 位 (3/6)	17 位 (4/7)	32 位 (4/6)	**15 位** (1/5)	27 位 (2/6)	30 位 (12/20)	33 位 (14/20)	31 位 (13/20)
併殺率	**27 位 (1/6)**	20 位 (7/7)	9 位 (3/6)	**19 位 (1/5)**	4 位 (4/6)	39 位 (10/20)	43 位 (14/20)	42 位 (13/20)
簡易 RF	14 位 (5/6)	**1 位 (1/7)**	22 位 (6/6)	30 位 (4/5)	25 位 (6/6)	**29 位 (1/20)**	35 位 (5/20)	32 位 (2/20)
非捕逸率	(2/6)							

Ce12	谷繁元信	畠山和洋	田中浩康	宮本慎也	井端弘和	荒波　翔	長野久義	大島洋平
刺殺率	34 位 (4/9)	30 位 (6/7)	**41 位 (1/8)**	60 位 (6/8)	56 位 (7/7)	17 位 (16/24)	19 位 (18/24)	13 位 (13/24)
補殺率	28 位 (5/9)	32 位 (2/7)	23 位 (8/8)	3 位 (3/8)	**7 位 (1/7)**	47 位 (8/24)	44 位 (5/24)	51 位 (12/24)
守備率	**9 位 (1/9)**	21 位 (5/7)	14 位 (2/8)	49 位 (2/8)	**20 位 (1/7)**	42 位 (16/24)	31 位 (12/24)	36 位 (14/24)
併殺率	32 位 (2/9)	16 位 (2/7)	7 位 (2/8)	23 位 (2/8)	**1 位 (1/7)**	43 位 (5/24)	**37 位 (1/24)**	47 位 (8/24)
簡易 RF	11 位 (5/9)	**1 位 (1/7)**	**12 位 (1/8)**	35 位 (3/8)	23 位 (3/7)	**34 位 (1/24)**	45 位 (7/24)	37 位 (2/24)
非捕逸率	(6/9)							

Pa11	細川　亨	小久保裕紀	本多雄一	松田宣浩	中島裕之	岡田幸文	糸井嘉男	坂口智隆
刺殺率	**21 位 (1/9)**	18 位 (2/7)	41 位 (3/7)	55 位 (4/6)	47 位 (2/6)	6 位 (6/22)	20 位 (18/22)	9 位 (9/22)
補殺率	32 位 (8/9)	36 位 (6/7)	17 位 (5/7)	**1 位 (1/6)**	10 位 (4/6)	48 位 (13/22)	40 位 (5/22)	45 位 (10/22)
守備率	**1 位 (1/9)**	10 位 (1/7)	**22 位 (1/7)**	52 位 (2/6)	40 位 (2/6)	1 位 (1/22)	48 位 (22/22)	**1 位 (1/22)**
併殺率	40 位 (7/9)	**13 位 (1/7)**	7 位 (3/7)	**17 位 (1/6)**	**1 位 (1/6)**	49 位 (15/22)	48 位 (14/22)	34 位 (5/22)
簡易 RF	9 位 (3/9)	5 位 (5/7)	17 位 (3/7)	**30 位 (1/6)**	**21 位 (1/6)**	**31 位 (1/22)**	37 位 (3/22)	40 位 (6/22)
非捕逸率	(3/9)							

Pa12	炭谷銀仁朗	稲葉篤紀	本多雄一	小谷野栄一	中島裕之	岡田幸文	糸井嘉男	陽　岱鋼
刺殺率	34 位 (8/9)	19 位 (2/6)	**36 位 (1/5)**	50 位 (3/5)	**40 位 (1/7)**	7 位 (7/20)	16 位 (16/20)	2 位 (2/20)
補殺率	19 位 (2/9)	32 位 (5/6)	17 位 (5/5)	2 位 (2/5)	13 位 (7/7)	46 位 (14/20)	40 位 (8/20)	50 位 (18/20)
守備率	7 位 (3/9)	**5 位 (1/6)**	**22 位 (1/5)**	48 位 (2/5)	47 位 (6/7)	21 位 (9/20)	40 位 (16/20)	20 位 (8/20)
併殺率	26 位 (2/9)	**13 位 (1/6)**	9 位 (5/5)	21 位 (3/5)	4 位 (3/7)	44 位 (12/20)	46 位 (14/20)	45 位 (13/20)
簡易 RF	9 位 (3/9)	3 位 (3/6)	**13 位 (1/5)**	31 位 (3/5)	21 位 (2/7)	27 位 (2/20)	35 位 (5/20)	33 位 (4/20)
非捕逸率	(6/9)							

(a/b)：同じ守備位置を 60 試合以上守った b 人中 a 位

比 u_a/u_b の下限 L_{ab}，上限 U_{ab} の決定法について述べる．

各打順に期待される役割は各チームの方針，監督の意向などによって異なり，決まりがあるわけではない．そこで，各打順ごとに出力項目の分子に対応する評価項目の重要度をアンケートによって決定する．今回，打順を 1 番打者，2 番打者，3 番打者，4 番打者，5 番打者，6，7，8，9 番打者（6 番以降は区別しない）の 6 つに分類して分析する．

大学野球部に属する学生や野球が大好きな学生から選んだ 10 人の回答者に，次の 9 項目

1. 打点数，2. 安打数，
3. 長打数（二塁打＋三塁打），4. 盗塁数，
5. 三振数（少ないほうが良い），6. 犠打数，
7. 犠飛数，8. 四死球数，9. 本塁打数

の中から，各打順で重要だと思う順に上位 $(m=)6$ 項目を選んでもらった（すべての項目に順位を付けてもらうと，下位の項目の順位がいい加減になりがちなので 6 項目だけ選んでもらった）．

1 番打者に関する各重要度順位の項目番号を付表 2 に，それから得られる 9 項目の順位を付表 3 に示す．例えば付表 2 の回答者 1 の 1 位は項目番号 8 なので付表 3 の回答者 1 の項目番号 8 は 1 位である．付表 2 の回答者 1 では項目番号 1，3，9 がないので付表 3 の

回答者1の項目番号1，3，9は7位（順位づけなし）となっている．

アンケートの第$\boldsymbol{k}$位に得点t_k（未知数）を与えることとし，第7位には得点$t_7 = 1$を与えた．比率で評価した場合，t_kの代表値やばらつきはt_kの対数をとると平均や分散として議論できる．回答者$\boldsymbol{i}$が項目$\boldsymbol{j}$を第$\boldsymbol{k}$位と判定したときにはt_kの自然対数を取って回答者$\boldsymbol{i}$の項目$\boldsymbol{j}$の評価値を$f_{ij} = \log_e t_k \equiv \ln t_k$と置く．

これまでは，項目間をなるべく区別するため層間分散最小化を用いていた（[1]参照）．分散に基づく定式化では局所解になる可能性があるためここでは絶対偏差和最小化を用いることとする．

回答者数N，項目数Mのとき，項目jの平均μ_jと全体平均μは

$$\mu_j = \sum_{i=1}^{N} f_{ij}/N,\ \mu = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} f_{ij}/(NM)$$

である．項目間絶対偏差和をD_B，項目内絶対偏差和をD_Wとし，全絶対偏差和をD_Tと表し，

$$\text{項目間絶対偏差和：}\ D_B = \sum_{j=1}^{M} |\mu_j - \mu|/M$$

$$\text{項目内絶対偏差和：}D_W = \sum_{j=1}^{M}\{\sum_{i=1}^{N}|f_{ij} - \mu_j|/N\}/M$$

$$\text{全絶対偏差和：}\ D_T = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}|f_{ij} - \mu|/(NM)$$

と定義する．ただし，分散に関しては，全分散＝項目間分散＋項目内分散が成り立つが，絶対偏差に関しては通常，$D_B + D_W \neq D_T$である．

初期値$t_k = 10 - k$としたときの（$D_B + D_W$の値）をC_2とすると，$D_B + D_W = C_2$（一定値）のもとでD_Bが最大（項目を区別しやすくする），あるいはD_Wが最小（項目内の評価値はばらつきが小さい）となるt_kを求めることとする．

ある数vの絶対値は，

$v + (s_1 - s_2) = 0,\ s_1 \geq 0,\ s_2 \geq 0$　(A1)

$C(1-b) \geq s_1 \geq 0,\ \ C \cdot b \geq s_2 \geq 0,$
$b \in \{0,1\}$　(A2)

C: ある定数　(A3)

を満たす$(s_1 + s_2)$を$|v|$として使うことにより，線形関数として扱うことができる．なお，(A2)は$s_1 \times s_2 = 0$とするための式である．ここで，s_1，s_2，bは未知数である．

この絶対値の取り扱い方により，$D_B + D_W = C_2$（一定値）のもとでD_Bが最大となるt_kを求める問題は以下の整数線形計画問題$F2$として定式化できる．

（t_k **導出のための定式化：*F2***）

目的：$\max \sum_{j=1}^{M}(s_{1j} + s_{2j})/M$

$\Rightarrow$（項目間絶対偏差和D_Bの最大化）

制約：$\mu = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} f_{ij}/(NM),\ \mu_j = \sum_{i=1}^{N} f_{ij}/N$

$\mu_j - \mu + s_{1j} - s_{2j} = 0;\ j = 1, 2, \ldots, M$

$\Rightarrow |\mu_j - \mu| = s_{1j} + s_{2j}$[絶対値の扱い方(A1)]

$\sum_{j=1}^{M}(s_{1j} + s_{2j})/M - D_B = 0 \Rightarrow$（$D_B$の定義）

$M \cdot C_2(1 - b_j) \geq s_{1j} \geq 0,$

$M \cdot C_2 \cdot b_j \geq s_{2j} \geq 0,\ \ b_j \in \{0,1\}$

[絶対値の扱い方(A2)に対応し，$M \cdot C_2$は(A3)のCに対応]

$$f_{ij} - \mu_j + t_{ij}^{(1)} - t_{ij}^{(2)} = 0 \Rightarrow\ |f_{ij} - \mu_j| = t_{ij}^{(1)} + t_{ij}^{(2)}$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}(t_{ij}^{(1)} + t_{ij}^{(2)})/(NM) - D_W = 0$$

$\Rightarrow$（項目内絶対偏差和D_Wの定義）

$$t_{ij}^{(1)} \geq 0,\ t_{ij}^{(2)} \geq 0：\ i = 1, \ldots, N;\ j = 1, \ldots, M$$

$$D_B + D_W = C_2：\text{一定値}$$

$$\ln(t_k) - \ln(t_{k+1}) \geq C_0：\ k = 1, \ldots, m\ ;\ t_{m+1} = 1$$

ただし，未知数は

$s_{1j}, s_{2j}, t_{ij}^{(1)}, t_{ij}^{(2)} (i = 1, \ldots, N;\ j = 1, \ldots, M),$
$t_k (k = 1, \ldots, m+1),\ D_W, D_B$

である．また，今回の分析では，N =10, M =9, m =6, $C_0 = (\ln 9)/20$である．なお，$\ln t_1 = \ln 9$（初期値）から$\ln t_7$ =0（固定）までの間を均等に差をつけたいと思ったら$(\ln 9)/6$であるが，それよりも差が小さく，しかもゼロに近くはない値としてC_0を設定した．

この定式化によって得られた順位kの値t_kを付表4に，項目jの平均$\mu_j = \sum_{i=1}^{10} f_{ij}/10$の値を付表5に示す．例えば付表3の1番打者の安打に対する順位は1位(t_1)が5名，2位(t_2)が4名，3位(t_3)が1名なので，

$$\mu_2 = \{5\ln(t_1) + 4\ln(t_2) + \ln(t_3)\}/10 = 2.10$$

である． μ_j が大きいほど重要度が高いことになる．1 番打者にとって最も重要な項目（μ_j 最大）は安打，2 番目に重要な項目は四死球（表中では“四死”），2 番打者にとって最も重要な項目は犠打，2 番目に重要な項目は三振，3 番打者にとって最も重要な項目は三振，2 番目に重要な項目は安打など，順当な結果が得られた．ただし，三振をすれば 1 アウト増えるだけなので，2 番，3 番打者などでは三振をしないことを重視しているといえる．

付表 2 と付表 3 のデータを使って，1 番打者に対して，回答者 h が項目 j を第 k 位と評価したときの最適評価値 $t_k = \exp(f_{hj})$ [ただし，$\ln t_k = f_{hj}$] は付表 6 のようになる．例えば付表 3 で回答者 1 は安打（項目 2）を 2 位としたので評価値は付表 4 の $t_2 = 7.78$ となり，付表 6 の回答者 1 の項目 2 の値は 7.78 となる．

回答者ごとに項目 a と項目 b の評価値の比率 r_{ab} を求め，その最小値を L_{ab}，最大値を U_{ab} とする．1 番打者における回答者 h による項目 2 と項目 4 の評価値の比率 r_{24} は付表 7 のようになる．例えば回答者 1 では $r_{24} = 7.78$（項目 2)/6.97（項目 4）$= 1.12$ である．1 番打者においては，付表 7 での最小値から $L_{24} = 0.90$，最大値から $U_{24} = 1.55$ となる．同様に打順ごとに，項目間の組み合わせ (a, b) ごとに L_{ab}，U_{ab} を求めた．ただし，$0.4 \times (\max_k \mu_k) > \mu_j$ となるような，あまり重要でない項目 j 間の比率に関する制約は考えない．1 番打者においては

$$0.4 \times (\max_k \mu_k) = 0.4 \times 2.10 = 0.84$$

となるので，付表 5 の 1 番の 0.84 より小さい項目 1（打点），7（犠飛），9（本塁打 [表中は“本塁”]）の間の比率制約は考えない．ただし，上記の式に現れた 0.4 は変化させてもあまり影響がない．

このようにして得られた打順ごとの L_{ab}，U_{ab} を用いて DEA-AR モデルにより打順ごとの効率値を算出する．

付表 2　各回答者の，各重要度順位の項目番号例（1 番打者の場合）

回答者	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位	6 位
1	8	2	4	5	6	7
2	2	4	5	8	6	3
3	8	4	2	3	5	6
4	8	2	5	4	6	3
5	2	8	4	3	6	5
6	2	5	8	4	6	3
7	2	8	5	6	4	3
8	5	2	8	3	4	6
9	2	8	3	4	5	6
10	8	2	4	6	5	3

付表 3　各回答者の，1 番打者に関する各項目の順位

回答者	1 打点	2 安打	3 長打	4 盗塁	5 三振	6 犠打	7 犠飛	8 四死	9 本塁
1	7	2	7	3	4	5	6	1	7
2	7	1	6	2	3	5	7	4	7
3	7	3	4	2	5	6	7	1	7
4	7	2	6	4	3	5	7	1	7
5	7	1	4	3	6	5	7	2	7
6	7	1	6	4	2	5	7	3	7
7	7	1	6	5	3	4	7	2	7
8	7	2	4	5	1	6	7	3	7
9	7	1	3	4	5	6	7	2	7
10	7	2	6	3	5	4	7	1	7

7 はアンケートで順位をつけられなかった項目．

付表 4　$F2$ により得られた t_k の値

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
1 番	8.687	**7.783**	6.973	6.248	5.598	5.015
2 番	8.887	7.962	5.953	5.333	4.778	1.116
3 番	8.641	7.742	6.936	6.215	5.568	4.989
4 番	8.719	7.812	6.999	6.271	5.619	5.034
5 番	8.825	7.907	7.085	6.347	5.687	5.095
6 番	8.112	7.268	6.512	5.834	1.246	1.116

付表 5　打撃項目 j の平均値 μ_j

打順	1 打点	2 安打	3 長打	4 盗塁	5 三振	6 犠打	7 犠飛	8 四死	9 本塁
1 番	0	**2.10**	1.55	1.89	1.87	1.71	0.16	**2.05**	0
2 番	0.03	1.75	0.36	1.63	**1.78**	**2.15**	0.17	1.51	0
3 番	1.41	**1.95**	1.89	0	**1.97**	0.19	1.61	0.70	1.58
4 番	**2.14**	1.38	**1.96**	0	1.63	0	1.94	0.49	1.81
5 番	1.64	**2.01**	1.88	0	**1.93**	0.16	1.87	0.33	1.60
6 番	0.07	**1.91**	0.11	0.21	1.79	0.85	1.30	**1.82**	0

付表 6　1 番打者における回答者 h による項目 j の評価値 $\exp(f_{hj})$

回答者	1 打点	2 安打	3 長打	4 盗塁	5 三振	6 犠打	7 犠飛	8 四死	9 本塁
1	1	**7.78**	1	6.97	6.25	5.60	5.02	8.69	1
2	1	8.69	5.02	7.78	6.97	5.60	1	6.25	1
3	1	6.97	6.25	7.78	5.60	5.02	1	8.69	1
4	1	7.78	5.02	6.25	6.97	5.60	1	8.69	1
5	1	8.69	6.25	6.97	5.02	5.60	1	7.78	1
6	1	8.69	5.02	6.25	7.78	5.60	1	6.97	1
7	1	8.69	5.02	5.60	6.97	6.25	1	7.78	1
8	1	7.78	6.25	5.60	8.69	5.02	1	6.97	1
9	1	8.69	6.97	6.25	5.60	5.02	1	7.78	1
10	1	7.78	5.02	6.97	5.60	6.25	1	8.69	1

付表 7　1 番打者における回答者 h による項目 2 と項目 4 の評価値の比率 r_{24}

回答者 h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r_{24}	1.12	1.12	0.90	1.25	1.25	1.39	1.55	1.39	1.39	1.12

