論　文

ホームラン数はポアソン分布に従っているか

セントラル・リーグの場合を考える

松　尾　精　彦

概要

この論文では、日本のプロ野球において、1 チーム 1 試合ごとの本塁打数がポアソン分布にしたがっているかを検証する。本塁打数はチームや対戦チーム、球場などの要因で変化する。そこでチーム、相手チーム、球場が同じ 10 数試合に限定して、そのホームラン数がポアソン分布に従っているかを検定する。検定の回数は各チーム対戦チームは 5 チーム、それがホームとアウェイで戦うので、毎年 1 リーグ当たり 60 回の検定作業を行なう必要がある。検定方法は、パラメータの値に影響を受けない条件付き分布を用いて行なうことにする。なお、この分析では分析対象をどちらかのチームのホーム球場に限定し、年に数回だけ行なわれる地方の球場で行われる試合は省くことにした。

キーワード： 1 試合ごとの本塁打数、ポアソン分布、条件付き検定、*Mathematica*、SAS-JMP
経済学文献季報分類番号：　16 − 10

1　はじめに

一般に希現象の大量観察数はポアソン分布に従っていると言われている。ある都市の死亡交通事故数や、ある病院で一週間の間に生まれる赤ん坊の数、1 頁当たりの誤植数などがあげられる。そこで考え着いたのが、ホームラン数である。同じ敵と同じ球場で対戦するとき、各試合のホームラン数は独立同分布に従うと考えてよい。この論文では、この分布がポアソン分布にしたがうのかどうかを検証しようと思う。観測数が 10 個前後のデータを基に、確率変数がある特定の分布に従うかどうかを検証することは一般的に困難である。しかし条件付き検定を行なえば、パラメータの値とは独立した結果を得ることができる。この論文では、観測数の少ない確率変数がポアソン分布に従っているかどうかの検定を、条件付き p−値を用いて行なうことにする。

第 2 節では、条件付き検定をデータや数式を用いて説明すると同時に、*Mathematica* コー

ドを与える。第 3 節では、過去 10 年のセントラルリーグのホームラン数を扱う。各チームが同じ対戦相手同じ球場で 1 試合毎に放つホームラン数がポアソン分布に従っているかを、条件付き分布から得られる $p-$ 値を計算し、表にまとめる。第 4 節では、第 3 節の結果を総合的に見て、1 チーム 1 試合当たりのホームラン数がポアソン分布に従っていると言ってもよいのではないかとの結論を得る。

2　ポアソン分布か否かの条件付き検定

あるチーム A が、B チームとホームゲームで対戦する場面を考えよう。正確を期すために、球場は A チームのホームグラウンドのみとする。B チームに対する A チームのあるシーズンのホームラン数は、n 試合で k 本だったとしよう。仮に 1 試合当たりのホームランの数を平均値が μ のポアソン分布であったとすれば、ホームラン数の合計 $k = k_1 + k_2 + \cdots + k_n$ は平均が $n\mu$ のポアソン分布に従う筈である。そして、μ の十分統計量 k で条件づけることにより、n 試合のホームラン数が、$k_1, k_2, \cdots, k_n$ の条件付き分布が得られる。この分布は μ に依存しないことに注目されたい。

つまり、$k_1, k_2, \cdots, k_n$ の確率関数は、

$$L(k_1, k_2, \cdots, k_n; \mu) = \prod_{i=1}^{n} \frac{\mu^{k_i}}{k_i!} e^{-\mu} = \frac{\mu^{k_1+k_2+\cdots+k_n}}{k_1! k_2! \cdots k_n!} e^{-n\mu}$$

で表されるが、$k = k_1 + k_2, + \cdots + k_n$ で条件付けることにより、

$$L(k_1, k_2, \cdots, k_n) \propto \binom{k!}{k_1! k_2! \cdots k_n!}$$

が成立する。この値を検定統計量の値とともに、条件付き確率に比例するものとして扱うことにする。

帰無仮説と対立仮説は以下のように設定する。有意水準は任意に決めて良いが、慣例にしたがい 0.05 として議論を進めてゆく。

$$\begin{cases} \text{帰無仮説：} & \text{1 チーム 1 試合のホームラン数はポアソン分布に従う} \\ \text{対立仮説：} & \text{そうとは言えない} \end{cases} \tag{1}$$

以下の作業は *Mathematika* を用いて $p-$ 値を求める手順を示したものである。小さな数を用いて説明しよう。$n = 5, k = 8$ の場合を考える。ホームラン $k = 8$ を試合数 $n = 5$ に分割するために、`IntegerPartitions` 関数を利用して、$k = 8$ をたかだか 5 つの自然数に分割する組み合わせを作らせる。

```
In:[1]=  work0=IntegerPartitions[ 8,5]
Out[1]=  {{8},{7,1},{6,2},{6,1,1},{5,3},{5,2,1},{5,1,1,1},{4,4},{4,3,1},
{4,2,2}, {4,2,1,1},{4,1,1,1,1},{3,3,2},{3,3,1,1},{3,2,2,1},{3,2,1,1,1},
{2,2,2,2},{2,2,2,1,1}}
```

このリストの要素で、長さが5に満たないものは、0を加えて、ホームランが出なかった試合を付け加えなければならない。そこで、

```
In:[1]=  Map[ Flatten[Append[#, Table[0, n - Length[#] ]]] &, work0]
Out[1]=
{{8, 0, 0, 0, 0 }, {7, 1, 0, 0, 0}, {6, 2, 0, 0, 0}, {6, 1, 1, 0, 0},
{5, 3, 0, 0, 0}, {5, 2, 1, 0, 0}, {5, 1, 1, 1, 0},{4, 4, 0, 0, 0},
{4, 3, 1, 0, 0}, {4, 2, 2, 0, 0}, {4, 2, 1, 1, 0}, {4, 1, 1, 1, 1},
{3, 3, 2, 0, 0}, {3, 3, 1, 1, 0},{3, 2, 2, 1, 0}, {3, 2, 1, 1, 1},
{2, 2, 2, 2, 0}, {2, 2, 2, 1, 1}}
```

とすることにより、ホームランの出なかった試合には0が割り当てられた。

次に、各組合せから、どれだけの順列が得られるかを計算しなければならない。このためには、いくつかの手順をふまなければならない。まず Split 関数を用いて要素中の数字がどれだけ重複するかを把握してみる。

```
In:[2]=  work2 = Map[Split[#] &, work1]
Out[2]=
{{{8},{0,0,0,0}},{{7},{1},{0,0,0}},{{6},{2},{0,0,0}},{{6},{1,1},{0,0}},
{{5},{3},{0,0,0}},{{5},{2},{1},{0,0}},{{5},{1,1,1},{0}},{{4,4},{0,0,0}},
{{4},{3},{1},{0,0}},{{4},{2,2},{0,0}},{{4},{2},{1,1},{0}},{{4},{1,1,1,1}},
{{3,3},{2},{0,0}},{{3,3},{1,1},{0}},{{3},{2,2},{1},{0}},{{3},{2},{1,1,1}},
{{2,2,2,2},{0}},{{2,2,2},{1,1}}}
```

続いて、各要素の多項係数を求めるように、つまり Multinomial 関数が適用できるように Out[2] を変形しなければならない。次の手作り関数は、あまり上手なやり方ではないが、各要素を構成する数字がどれだけあるかを計算するものである。

```
fight[work2_] := Block[{i , r1, n, work21},
   work21 = work2;
   n = Length[work21];
```

```
    r1 = {};
    For[i = 1, i <= n, i = i + 1,
    r1 = Append[r1, Map[Length[#] &, work21[[i]] ]]];
    r1
]
```

という関数を用いて、

```
In[3]:= work3 = fight[work2]
Out[3]= {{1,4},{1,1,3},{1,1,3},{1,2,2},{1,1,3},{1,1,1,2},{1,3,1},{2,3},
{1,1,1,2},{1,2,2},{1,1,2,1},{1,4},{2,1,2},{2,2,1},{1,2,1,1},{1,1,3},{4,1},{3,2}}
```

とすれば、Multinomial 関数が適用可能となり、

```
In[4]:=  work4 = Map[ Apply[Multinomial, #] & , work3]
Out[4]= {5,20,20,30,20,60,20,10,60,30,60,5,30,30,60,20,5,10}
```

により各要素の多項係数が求められた。この係数は条件付き分布に比例するものであり、係数の値が同じ要素は同じ確率に従う。

すべての要素の和と異なる多項係数を、

```
In[5]:=  total = Apply[Plus, work4]
Out[5]=   495
In[6]:=  numbers=Union[work4]
Out[6]=  {5, 10, 20, 30, 60 }
```

のようにして求める。

つぎに　work4 を昇順に並べ替え、Split 関数を用いて分類する。

```
In[7]:=  work5=Sort[work4]
Out[7]=   {5,5,5,10,10,20,20,20,20,20,30,30,30,30,60,60,60,60}
In[8]:=  work6 = Split[work5]
Out[8]=  {{5, 5, 5}, {10, 10}, {20, 20, 20, 20, 20}, {30, 30, 30, 30},
{60, 60, 60, 60}}
```

そして、各多項係数の個数の和をもとめ、累積個数を求める。

```
In[9]:=  work7 = Map[Apply[Plus, # ] &, work6]
Out[9]=    {15, 20, 100, 120, 240}
In[10]:=  work8=Accumulate[work7]
Out[10]=   {15, 35, 135, 255, 495}
```

最後に多項係数と累積確率 $p-$ 値の組み合わせが求まる。

```
In[11]:=  work9 = Transpose[numbers, N[work8/total]]
Out[11]=  {5, 0.030303}, {10, 0.0707071}, {20, 0.272727}, {30, 0.515152},
{60, 1.}}
```

もしも得られた多項係数が 10 ならば、その $p-$ 値は 0.0707 となる。以下の表では 5% 有意となったものについては右肩に $*$ 印を付けている。

ここで行っているポアソン分布の条件付き検定で問題になるのが、値が異なる多項係数の数が少ない時である。典型的な例は、一つだけが 1 でそのほかがすべて 0 である場合である。つまり、$k=1$ で $n=10$　としよう。この場合、相異なる多項係数はただ一つ 10 となる。これでは $p-$ 値が 1.0000 となってしまう。n に比べて k が大きくなければ、検出力が上がらない。プロ野球のホームランデータの場合、飛ばないボールを使っていたシーズンでは、条件付き分布の取りうる値が少なく、$p-$ 値が 1.0000 であることが顕著であった。

3　セントラルリーグ 10 年分の $p-$ 値

この節では、前節で説明した条件付き検定を行う。期間は、コロナ禍の中、予定する試合を消化できなかった 2020 年度シーズンを除き、2010 年度シーズンから 2019 年度シーズンを対象として、一試合一チームが放ったホームラン数がポアソン分布に従っているかどうかを検定するための $p-$ 値を表にまとめている。以下の表ではあるチームが同じ相手チームと同じ球場で放ったホームラン数について分析している。同じ相手と対戦していても、球場が違う場合は省略していることに注意されたい。巨人 (H) の場合は、巨人がホーム球場で、表頭のチームと一年間戦ったときの $p-$ 値を与えている。

3.1　2010 年度シーズン

以下の表では、表側がホームランを打つ球団の、(H) がホームグラウンド、(A) が相手チームのホームグラウンド、表頭が対戦チーム名を表している.

2010 年度シーズンにおけるホームラン数は、阪神が 173 本、ヤクルトが 124 本、巨人が 226 本、広島が 104 本、中日が 119 本、横浜が 117 本の合計 863 本となっている。巨人や阪神を除くと、1 試合あたりの本塁打数は平均値が 1 に満たないことに注意されたい。優勝チームは中日、2 位が阪神、3 位が巨人、4 位がヤクルト、5 位が広島、6 位が横浜である。

私たちはよほど熱心なファンでなければ、夜のニュース番組のスポーツコーナーで、各カードの試合をハイライトで見る。その時の内容は大抵ホームランであり、余程ホームランが出るのだなと誤解してしまう。しかし、対象とする 10 年間で 863 本はかなり多い方であ

り、ホームランは希な現象と言える。やはりマスコミは珍しい出来事を放送したがるものである。1年でおよそ30本の本塁打を打つ選手を獲得することは、かなりの戦力アップするということを実感できる。ましてや50本を打つ選手を手にすることは、この上ないことであり、その上守備面で問題が無ければなおさらである。

下の表1を見ると60個の $p-$ 値のうち、5% 有意となるのが、巨人 (H)vs 阪神と巨人 (H)vs 中日の2カードのみで、あとの58カードでは帰無仮説を棄却することはできない。このことは、ホームラン数の多いシーズンで、検出力が高いことが望まれる場面でありながら、帰無仮説を棄却できないシーズンであることを示している。

表1 2010年　シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	横浜	ヤクルト
巨人 (H)		0.0334*	0.3730	0.0335*	0.5318	0.4090
巨人 (A)		0.7904	0.7990	0.5318	0.1989	02095
阪神 (H)	0.3598		0.6372	0.1634	0.6429	0.2494
阪神 (A)	0.9462		0.0674	1.0000	0.8152	1.0000
広島 (H)	1.0000	1.0000		1.0000	0.7904	0.8350
広島 (A)	0.6084	0.2168		0.5165	0.3688	0.7485
中日 (H)	0.5835	1.0000	0.5645		0.6631	0.0999
中日 (A)	0.8500	0.4156	0.5433		0.8500	0.9100
横浜 (H)	1.0000	0.5100	0.0983	1.0000		0.8042
DeNA(A)	0.8445	0.1065	0.5645	1.0000		0.6113
ヤクルト (H)	0.6113	0.6758	0.3688	0.3589	0.3513	
ヤクルト (A)	0.9143	1.0000	0.0999	1.0000	0.7720	

3.2　2011年度シーズン

2011年度シーズンにおけるホームラン数は、阪神が80本、広島が52本、ヤクルトが85本、巨人が108本、横浜が78本、中日が82本の合計485本となっている。2010年度の863本と較べて激減していて、ほぼ半減している。このことは飛ぶボールではなく、飛ばないボールが試合球として使われたのが原因であると思われる。そのため異なる多項係数が数少ないため、$p-$ 値表に1.0000が数多くみられる。このシーズンの優勝チームは中日、2位がヤクルト、3位が巨人、4位が阪神、5位が広島、6位が横浜である。

確かに、従来飛ぶボールが使われ、当たりそこないの打球がフラフラとフェンスを越えるようではホームランの価値が低下してしまうとの危惧があったのだろう。プロ野球機構の英断である。しかし、拙速すぎた。ボールを遠くに飛ばす筋力の増強とともに、次第に飛ばないボールにしていった方がよかったのではないかと思われる。

$p-$ 値が 5% 以下のカードも、巨人 (H)vs 中日、阪神 (A)vs ヤクルト、広島（A)vs 巨人、中日 (A)vs 横浜、ヤクルト (H)vs 阪神の 5 カードとやや多い。

表 2 2011 年　シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	横浜	ヤクルト
巨人 (H)		0.2281	0.5645	0.0459*	1.0000	0.1559
巨人 (A)		1.0000	0.5225	1.0000	0.2047	0.1026
阪神 (H)	1.0000		0.2222	0.5645	1.0000	1.0000
阪神 (A)	0.7485		1.0000	0.1538	0.9293	0.0041*
広島 (H)	1.0000	1.0000		1.0000	1.0000	0.5165
広島 (A)	0.0454*	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000
中日 (H)	1.0000	1.0000	1.0000		0.2208	0.5165
中日 (A)	0.6113	0.6935	0.5164		0.0412*	0.8360
横浜 (H)	1.0000	1.0000	1.0000	0.6113		0.5165
横浜 (A)	0.7650	0.4643	1.0000	0.1818		0.6999
ヤクルト (H)	1.0000	0.0004*	1.0000	0.1355	0.5318	
ヤクルト (A)	1.0000	1.0000	0.1602	1.0000	1.0000	

3.3　2012 年度シーズン

2012 年度シーズンにおけるホームラン数は、巨人が 94 本、DeNA が 66 本、中日が 70 本、阪神が 58 本、ヤクルトが 90 本、広島が 110 本の合計 454 本である。2012 年度が 485 本だったことを考えると、このシーズンも飛ばないボールを使っているのか、2011 年度シーズンよりも減少している。このシーズンの優勝チームは巨人、2 位が中日、3 位がヤクルト、4 位が広島、5 位が阪神、6 位が DeNA である。

ここにホームランに対する考え方がある。ホームランは希にしか出ないもので、そのホームランを目撃したときの興奮が高まるという考え方である。しかし一方では、球場まで足を運んだのにホームランを目撃できず、残念であるという考え方もある。プロ野球は客相手の

筋書のないショーであるので、客が満足する水準を見つけ出すことが大切である。欲を言えば、セリーグの各チームの選手は飛距離を延ばす努力を怠らず、公式選使用球は次第に飛ばないボールを使うようにすればよい。言うのは簡単だが、実際に運営してゆくのは困難なことだろう。

大リーグを頂点とする野球界のなかで、セントラル・リーグは進化してゆかねばならない。そして大リーグと同じ土俵で戦うことが課題と言える。幸い日本のスポーツのレベルは、スポーツ少年団などのおかげで、ずいぶん上昇してきている。そろそろ外国人枠を広げてはどうだろうか？バスケットリーグやラグビーリーグのように、外国人が多いのにも関わらず、ファンを増やしている例もある。

$p-$ 値が 5% 未満のカードは、巨人 (H)vsDeNA、巨人 (A)vs 広島の 2 件と少ない。

表 3 2012 年　シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.5645	0.7927	1.0000	0.0277*	1.0000
巨人 (A)		0.6880	0.0194*	0.5467	1.0000	0.6464
阪神 (H)	1.0000		0.5000	1.0000	0.1090	1.0000
阪神 (A)	0.4231		1.0000	1.0000	0.5055	0.2701
広島 (H)	0.0571	0.4545		1.0000	1.0000	1.0000
広島 (A)	0.4965	1.0000		1.0000	0.2047	0.9100
中日 (H)	0.5467	0.5165	1.0000		0.5165	1.0000
中日 (A)	1.0000	1.0000	0.3654		0.3589	1.0000
DeNA(H)	0.5055	0.4163	1.0000	0.6113		0.1923
DeNA(A)	0.2208	1.0000	0.1667	0.5165		1.0000
ヤクルト (H)	0.1559	1.0000	0.5594	0.6557	1.0000	
ヤクルト (A)	0.6305	1.0000	0.1734	0.5804	0.4965	

3.4　2013 年度シーズン

2013 年度シーズンにおけるホームラン数は、巨人が 145 本、DeNA が 132 本、阪神が 82 本、ヤクルトが 134 本、広島が 110 本, 中日が 111 本の合計 714 本となっている。このシーズンの優勝チームは巨人、2 位が阪神、3 位が広島、4 位が中日、5 位が DeNA、6 位がヤクルトである。このシーズンは飛ぶボールが一部使われているのか、2012 年度シーズン

の 454 本よりもかなり増加している。選手の実力が急に伸びたとは考えにくいので、やはりボールの飛び方に依存していると考えてよいだろう。

ここでもセリーグ運営の拙さが見て取れる。せっかく飛ばないボールを導入したのに、たった 2 シーズンで方針変更をしている。少しずつ少しずつ、セリーグの人気が上がるように改革をするべきなのに、また方針変更である。以前ほどではないが、年間 400 本題から 700 本台に戻したことは一貫性が無いと言われてもしようがない。

アメリカのバスケットボールリーグ (NBA) ではルールを変更することで進化してきた。日本でも、野球がより強くなり、より人気がでるように改革することが必要だ。外国人枠をもっと広げることも一案だろう。

ホームラン数が多くなると、条件付き検定の検出力が上がるのは確かである。ホームラン数が少ないと 2011 シーズンのように、$p-$ 値が 1.0000 になったり、$p-$ 値が 0.05 以下にならない場面が出てくる。にもかかわらず、2013 シーズンの、$p-$ 値が 5% 未満のカードは皆無である。

表 4 2013 年　シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.8787	0.3628	0.9747	0.5166	1.0000
巨人 (A)		0.8350	0.5225	0.3541	0.2839	0.4909
阪神 (H)	0.5467		0.2000	1.0000	1.0000	1.0000
阪神 (A)	0.8001		0.5835	1.0000	0.6557	0.4909
広島 (H)	1.0000	0.5165		0.8428	0.4400	0.7485
広島 (A)	0.8350	1.0000		0.5249	0.6935	0.9635
中日 (H)	1.0000	1.0000	0.1818		1.0000	0.5588
中日 (A)	0.3389	0.3000	0.8350		0.7811	0.8554
DeNA(H)	0.4294	0.2642	0.5318	0.3219		0.4191
DeNA(A)	0.1599	0.5318	0.5645	1.0000		0.8458
ヤクルト (H)	0.8848	0.6429	0.0720	0.2642	1.0000	
ヤクルト (A)	1.0000	1.0000	0.1355	0.2308	0.1003	

3.5　2014 年度シーズン

2014 年度シーズンにおけるホームラン数は、ヤクルトが 139 本、広島が 153 本、阪神が 94 本、中日が 87 本、巨人が 144 本、DeNA が 121 本の合計 738 本となっている。また優勝チームは巨人、2 位が阪神、3 位が広島、4 位が中日、5 位が DeNA、6 位がヤクルトである。

この本塁打数は、2013 シーズンの 714 本とほぼ同じ数になっている。純粋に統計処理の立場から言えば、多項係数が様々な値をとるため、それに応じて $p-$ 値が多様になるので検定の検出力が上がる。言い方を変えればホームランは希現象とはいえなくなり、ポアソン分布ではなくなるかもしれない。結局はバランスの問題といえる。

$p-$ 値が 0.05 以下になるのは、阪神 (H)vs 広島、中日 (A)vs 広島、DeNA(A)vs ヤクルトの 3 つのカードのみである。

表 5　2014 年シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.6640	0.2000	0.5225	0.2021	0.3392
巨人 (A)		1.0000	0.2281	0.7511	0.3887	1.0000
阪神 (H)	1.0000		0.0469*	0.2857	1.0000	0.5055
阪神 (A)	0.8360		1.0000	0.5467	0.6769	0.7485
広島 (H)	0.2642	0.1966		0.5645	0.7485	0.4174
広島 (A)	1.0000	0.1189		0.6304	0.7354	0.3634
中日 (H)	0.3654	1.0000	1.0000		1.0000	0.7485
中日 (A)	0.3219	0.0476*	0.1734		0.3909	0.2015
DeNA(H)	0.9100	0.5000	0.3430	0.0984		0.3219
DeNA(A)	0.8260	0.1734	0.5318	0.3417		0.0131*
ヤクルト (H)	0.0898	1.0000	0.8787	0.6497	1.0000	
ヤクルト (A)	0.5185	0.1758	1.0000	1.0000	0.8787	

3.6　2015 年度シーズン

2015 年度シーズンにおけるホームラン数は、ヤクルトが 107 本、中日が 71 本、DeNa が 112 本、広島が 105 本、阪神が 78 本、巨人が 98 本の合計 571 本となっている。このシー

ズンの優勝チームはヤクルト、2 位が巨人、3 位が阪神、4 位が広島、5 位が中日、6 位がDeNA である。

このシーズンの本塁打数は、2014 年度シーズンの 738 本と較べると、かなり本数が減少している。この原因は、公式ボールの選択肢が増えて、球団が飛ぶボールを選ぶチームとあえて飛ばないボールを選んでいるのかもしれない。いずれにせよ、選手の実力がホームラン数に反映することが望ましい。中日スタジアムのように本塁打の出にくい球場と、神宮球場のように本塁打の出やすい球場があるが、それにより選手の成績が左右されるのは好ましくないと感じる。

このシーズンの優勝チームはアッと驚くほどのヤクルトである。筆者が松尾 [?] で述べたように、「非常に低い確率だけれど、どのチームにも優勝する可能性はある」と述べたことが起こったとしか思えない。マスコミは後付けでストーリーを作りたがるが、偶然に過ぎないのである。よくあるパターンは監督がシーズン中に代わり、そのあとを引き継いだ監督のもと、久しぶりの優勝をとげるというものだ。マスコミはその原因を「監督は勇気をもって、選手の自主性を引き出した」というものだが、優勝した翌年は大した活躍もしないのが普通である。少なくとも 2 回連続優勝しないと、マグレと言われる。

$p-$ 値が 0.05 以下になるのは巨人 (A)vs 阪神のただ 1 カードでしかない。

表 6　2015 年シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.5812	0.6631	0.5813	0.1634	1.0000
巨人 (A)		0.0116*	0.5318	1.0000	0.1966	1.0000
阪神 (H)	1.0000		1.0000	0.2857	1.0000	0.4891
阪神 (A)	1.0000		0.2208	0.5165	0.9116	0.8821
広島 (H)	1.0000	0.5594		0.3541	0.4844	0.6305
広島 (A)	0.7927	0.6935		1.0000	0.6800	0.5835
中日 (H)	1.0000	0.5165	1.0000		1.0000	1.0000
中日 (A)	0.3582	0.4643	0.7904		1.0000	0.1355
DeNA(H)	0.8468	0.7293	0.3219	0.3582		0.2642
DeNA(A)	1.0000	1.0000	1.0000	0.4400		0.7293
ヤクルト (H)	0.3582	0.8360	0.3541	0.6899	0.5822	
ヤクルト (A)	0.2308	0.5378	0.6800	0.5645	0.0999	

3.7　2016 年度シーズン

2016 年度シーズンにおけるホームラン数は、広島が 153 本、ヤクルトが 113 本、巨人が 128 本、DeNA が 140 本、中日が 89 本、阪神が 90 本の合計 713 本となっている。このシーズンの優勝チームは広島、2 位がヤクルト、 3 位が巨人、4 位が DeNA、5 位が中日、6 位が阪神である。

この本塁打数は、2014 年度シーズンの 571 本と較べ、かなり本数が増えている。この原因は、公式ボールの選択肢が増えて、球団が飛ぶボールを選ぶチームとあえて飛ばないボールを選んでいるのかもしれない。いずれにせよ、選手の実力がホームラン数に反映することが望ましい。中日スタジアムのように本塁打の出にくい球場と、神宮球場のように本塁打の出やすい球場があるが、それにより選手の成績が左右されるのは好ましくないと感じる。

$p-$ 値が 0.05 以下になるのは巨人 (H)vs 広島のただ 1 カードでしかない。

表 7　2016 年シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.1734	0.0449*	0.0678	0.6318	0.2855
巨人 (A)		0.3938	0.5023	01.0000	0.5768	0.2098
阪神 (H)	0.2682		1.0000	1.0000	0.4374	0.5645
阪神 (A)	0.5835		0.8408	1.0000	1.0000	0.2911
広島 (H)	0.5650	0.3228		0.2911	0.8428	1.0000
広島 (A)	0.9273	0.2698		1.0000	1.0000	0.4190
中日 (H)	1.0000	0.2819	0.2208		0.2308	1.0000
中日 (A)	0.3817	0.1189	0.5467		0.22811	0.5225
DeNA(H)	1.0000	0.1355	1.0000	0.8554		0.9538
DeNA(A)	0.4449	0.4892	0.9192	0.5588		0.6337
ヤクルト (H)	0.9100	0.8821	0.5835	0.2911	0.7720	
ヤクルト (A)	1.0000	0.5645	1.0000	1.0000	0.5818	

3.8　2017 年度シーズン

2017 年度シーズンにおけるホームラン数は、広島が 152 本、DeNA が 134 本、巨人が 113 本、、阪神が 113 本、中日が 111 本、ヤクルトが 95 本の合計 718 本となっている。こ

のシーズンの優勝チームは広島、2016 シーズンに続いて 2 年連続、2 位が DeNA、3 位が巨人、4 位が阪神、5 位が中日、6 位がヤクルトとなっている。

広島は 2016 シーズンに続いてセリーグ優勝を果たしているが、両年ともにホームラン数でもトップである。広島のような若いチームが本塁打を量産することにより優勝するのは非常に興味深いところである。

セ・パ両リーグどちらにせよ、連覇するということはマグレではなく、本当に実力があったといえる。しかし、金満球団がホームラン選手を FA で引き抜けば、次のホームランバッターを育てなければならない。

本当か嘘かは知らないが、「長打力というのは天性のもので、育てることはできない。」とも言われる。巨人がこの戦略をとるとことは、統計的に戦力を考えているのかもしれない。

山本浩二や衣笠のいた広島カープの赤ヘル旋風、古田や高津そして池山のいたヤクルトスワローズの黄金時代、広島の 3 連覇はあっても、他の時期は巨人が優勝を重ねている。巨人は、アンチ巨人も巻き込んで、とにかく関心を集めるという古典的な球団経営を行っている。

$p-$ 値が 0.05 いかになるのは。広島 (A)vs 中日、中日 (A)vs ヤクルト、DeNA(H)vs ヤクルトの 3 件のみである。

表 8　2017 年シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.2643	0.4713	0.9240	0.4120	0.6317
巨人 (A)		0.9999	0.5378	0.7446	0.5645	0.6337
阪神 (H)	1.0000		0.1818	0.4726	1.0000	0.1071
阪神 (A)	0.7446		0.5645	0.5249	0.8360	0.6678
広島 (H)	1.0000	0.6922		0.6245	0.7888	0.8667
広島 (A)	0.0634	0.4545		0.0408*	0.6130	0.3649
中日 (H)	1.0000	0.2975	1.0000		0.4400	1.0000
中日 (A)	0.1634	1.0000	1.0000		0.1885	0.0116*
DeNA(H)	0.3654	0.5318	0.9166	1.0000		0.0186*
DeNA(A)	0.5318	0.4892	1.0000	0.2281		0.0907
ヤクルト (H)	0.1129	0.6935	0.5645	1.0000	0.8821	
ヤクルト (A)	1.0000	1.0000	0.3938	1.0000	0.5812	

3.9 2018 年度シーズン

2018 年度シーズンにおけるホームラン数は、ヤクルトが 135 本、中日が 97 本、広島が 175 本、巨人が 152 本、阪神が 85 本、DeNA が 181 本の合計 825 本となっている。優勝チームは広島、2 位がヤクルト、3 位が巨人、4 位が DeNA、5 位が中日、6 位が阪神である。

このシーズンは、広島カープが 3 年連続リーグ優勝を果たした年である。これをマグレとはもはや言えない。球団の育成方針が優れていたと言える。しかしこのように優れた育成でも、優勝を達成するには時間がかかる。戦力がそろったチームにするには、じっとがまんするしかない。

しかも、金満球団がフリーエージェントになる選手を狙っている。優れた選手が金満球団に移籍することは全く自由であり、文句の付けようのないことなのである。ただし、アメリカの大リーグのように優勝チームが頻繁に変わるようなシステムを導入することが大事だと思う。

$p-$ 値が 0.05 以下になるのは。巨人（H)vsDeNA、阪神 (A)vs 広島、広島 (H)vs 中日、中日 (A)vsDeNA、DeNA(A)vs ヤクルト、ヤクルト (H)vs 中日の 6 件である。

表 9 2018 年シーズン セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.1182	0.7785	0.4884	0.0450*	0.2698
巨人 (A)		0.2169	0.6921	0.6070	0.7485	0.4552
阪神 (H)	1.0000		1.0000	1.0000	0.5467	1.0000
阪神 (A)	0.6557		0.0329*	1.0000	0.8045	0.7624
広島 (H)	0.6993	0.2536		0.0478*	1.0000	0.6305
広島 (A)	0.1823	0.6429		0.5318	0.2630	0.7068
中日 (H)	0.3956	1.0000	0.3654		0.7115	1.0000
中日 (A)	0.7624	0.1189	0.5396		0.0012*	0.1355
DeNA(H)	1.0000	0.6806	0.4174	0.5799		0.3469
DeNA(A)	0.8152	0.8601	0.3410	0.4394		0.0329*
ヤクルト (H)	1.0000	0.9273	0.3101	0.0421*	0.1876	
ヤクルト (A)	1.0000	0.6945	1.0000	0.2308	0.6935	

3.10　2019 年度シーズン

2019 年度シーズンにおけるホームラン数は、ヤクルトが 167 本、中日が 90 本、広島が 175 本、巨人が 183 本、阪神が 94 本、DeNA が 163 本の合計 837 本となっている。優勝チームは巨人、2 位が DeNA、3 位が阪神、4 位が広島、5 位が中日、6 位がヤクルトである。

このシーズンの総ホームラン数は、837 本であり、2010 シーズンの 863 本レベルにに戻ってしまった。結局改革は中途半端に終わってしまったのだろうか。日本の野球と大リーグの壁を取っ払って、選手の移動が容易になれば、野球とベースボールの壁は低くなる。また南米の選手も数多く大リーグで活躍している。外国選手の枠を広げることは、大リーグに挑戦する日本人が増加しリーグの戦力を上げることになる。

$p-$ 値が 0.05 以下になるのは DeNA(A)vs 巨人の 1 件のみである。

表 10　　2019 年シーズン　セリーグ

	巨人	阪神	広島	中日	DeNA	ヤクルト
巨人 (H)		0.9186	0.7121	0.5298	0.9575	0.2857
巨人 (A)		0.2680	1.000	0.5812	0.6640	0.6878
阪神 (H)	0.7904		0.4965	1.0000	0.5594	1.0000
阪神 (A)	0.3981		0.0999	1.0000	0.7485	0.0646
広島 (H)	0.2281	0.3628		0.5443	0.5645	0.4374
広島 (A)	0.0855	1.0000		0.8350	0.5638	0.1142
中日 (H)	0.4223	1.0000	0.3654		0.5286	0.5467
中日 (A)	0.0855	0.7984	1.0000		0.7485	0.7811
DeNA(H)	0.3017	0.4877	0.6295	0.9254		0.5812
DeNA(A)	0.0075*	1.0000	0.5318	0.2196		0.4726
ヤクルト (H)	0.6454	1.0000	1.0000	0.1740	0.9303	
ヤクルト (A)	0.8742	0.1966	0.9583	0.0999	0.5638	

4　まとめ

各年 60 回、10 年間の条件付き分布から得られる $p-$ 値を、合わせて 600 回求めてきた。そのうち 0.05 以下になったのは 24 回であり、全体の＄ 0.04 ＄にすぎない。仮説検定では帰無仮説を否定するために用いられるものであり、帰無仮説を積極的に主張するものでは

ない。

とは言え、ここで得られた結果は、分布がポアソン分布に従っていないという積極的な理由はないということであり、ポアソン分布に従っていると仮定し、さらなる分析を続ける余地があると言っていいだろう。

なお、この論文では、SAS-JMP でデータハンドリングを行い、$p-$ 値の計算は *Mathematica* で行った。

参考文献

[1] Dobson, A. J. (2002) *An Introduction to Generalized Linear Models, Second Edition*, Chapman and Hall (田中豊他訳　『一般化線形モデル入門』　共立出版)

[2] McCullagh,P. and Nelder J. A. (1989) *Generalized linear models, Second Edition*, Chapman and Hall, London.

[3] Nelder, J. A. and Wedderburn R. W. M. (1972) Generalized linear models. *Jounal of the Royal Statistical Society*, Series A, 135, 370-384.

[4] JMP PRO 15.0.0 (2019) SAS Institute Inc.

[5] *Mathematica* 10.4.0.0 (2016) Wolfram Research Inc.

[6] 松尾　精彦 (2018) プロ野球ペナントレースシミュレーション, 関西大学経済論集　第 68 巻　第 3 号 pp.15-43.

[7] 2011 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[8] 2012 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[9] 2013 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[10] 2014 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[11] 2015 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[12] 2016 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[13] 2017 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[14] 2018 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[15] 2019 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社

[16] 2020 ベースボール・レコード・ブック，ベースボール・マガジン社