

統計学で野球は進化できるのか

「マネーボール」の光と影

鳥越規央（東海大学）

鳥越規央（とりごえのりお）

2

- 大分県中津市生まれ。
- 1997年筑波大学大学院理学研究科修了。
- 現在は、東海大学理学部情報数理学科准教授。
- 専門は数理統計学。
- 2007年にスタンフォード大学の訪問研究員として、スポーツ統計学に着手。
- 同年アメリカ野球学会の会員となる。
- 主にセイバーメトリクスをはじめとするスポーツ統計学に関する研究を行っている。

セイバーメトリクス

3



- ビル・ジェームズが提唱
- 統計学で野球を
より理解するためのアプローチ
- 『野球抄1977－知られざる18種類のデータ情報』
- マイケル・ルイス 『マネーボール』（1997）
オークランド・アスレティックスのGMビリー・ビーンが
セイバーメトリクスを重視したチーム経営戦略を導入。

打者の評価

4

- 得点能力 = 打点 ?
- 打率よりも出塁率
- 出塁率よりも長打率
- OPS = (出塁率) + (長打率)

2012 OPS ランキング(規定打席1／2以上)

5

| セ・リーグ | チーム | OPS | パ・リーグ | チーム | OPS |
|--------|------|-------|--------|--------|-------|
| 阿部慎之助 | 巨人 | 0.994 | ホワイトセル | ロッテ | 0.886 |
| バレンティン | ヤクルト | 0.958 | 李 大浩 | オリックス | 0.846 |
| ミレッジ | ヤクルト | 0.865 | 松田 宣浩 | ソフトバンク | 0.840 |
| ブランコ | 中日 | 0.851 | 中島 裕之 | 西武 | 0.833 |
| 坂本 勇人 | 巨人 | 0.815 | ペーニャ | ソフトバンク | 0.829 |
| 長野 久義 | 巨人 | 0.815 | 糸井 嘉男 | 日本ハム | 0.813 |
| ラミレス | DeNA | 0.806 | 中村 剛也 | 西武 | 0.792 |
| 新井 良太 | 阪神 | 0.803 | 柘田 慎太郎 | 楽天 | 0.783 |
| 和田 一浩 | 中日 | 0.780 | 角中 勝也 | ロッテ | 0.782 |

RC (Runs Created)

6

$$RC = \frac{(A + 2.4C)(B + 3C)}{9C} - 0.9C$$

A = 安打 + 四球 + 死球 - 盜壘死 - 併殺打

B = 壘打 + 0.26 × (四球 + 死球) + 0.53 × (犧飛 + 犧打)
+ 0.64 × 盜壘 - 0.03 × 三振

C = 打数 + 四球 + 死球 + 犧飛 + 犧打

RC27：1番から9番までを1人で打席に入ったときの、 1試合あたりに期待できる得点

7

| セ・リーグ | チーム | OPS | パ・リーグ | チーム | OPS |
|--------|------|------|--------|--------|------|
| 阿部慎之助 | 巨人 | 9.00 | ホワイテセル | ロッテ | 7.37 |
| バレンティン | ヤクルト | 7.34 | 糸井 嘉男 | 日本ハム | 6.47 |
| ミレッジ | ヤクルト | 6.46 | 中島 裕之 | 西武 | 6.29 |
| 長野 久義 | 巨人 | 6.45 | 李 大浩 | オリックス | 5.99 |
| 坂本 勇人 | 巨人 | 6.29 | 松田 宣浩 | ソフトバンク | 5.87 |
| ブランコ | 中日 | 6.06 | ペーニャ | ソフトバンク | 5.80 |
| 新井 良太 | 阪神 | 5.77 | 角中 勝也 | ロッテ | 5.67 |
| 和田 一浩 | 中日 | 5.57 | スケールズ | オリックス | 5.60 |

投手の評価

8

□ 投手の評価 = 防御率 ?



明確に投手の責任と分類
(DIPSの誕生)

DIPS : Defense Independent Pitching Statistics

$$\text{DIPS} = ((\text{四球} - \text{敬遠} + \text{死球}) \times 3 + \text{HR} \times 13 - \text{奪三振} \times 2) / \text{IP} + 3.12$$

DIPS :

$$((\text{四球} - \text{敬遠} + \text{死球}) \times 3 + \text{HR} \times 13 - \text{奪三振} \times 2) / \text{IP} + 3.12$$

9

| セ・リーグ | チーム | DIPS | パ・リーグ | チーム | DIPS |
|-------|------|------|-------|--------|------|
| 山口 鉄也 | 巨人 | 1.81 | 田中 将大 | 楽天 | 1.87 |
| 杉内 俊哉 | 巨人 | 2.33 | 平野 佳寿 | オリックス | 1.99 |
| 今村 猛 | 広島 | 2.35 | 森福 允彦 | ソフトバンク | 2.33 |
| 山口 俊 | DeNA | 2.44 | マエストリ | オリックス | 2.48 |
| ソーサ | 中日 | 2.50 | 武田 翔太 | ソフトバンク | 2.52 |
| 田島 慎二 | 中日 | 2.57 | 金子 千尋 | ソフトバンク | 2.52 |
| 前田 健太 | 広島 | 2.60 | 増井 浩俊 | 日本ハム | 2.52 |
| 山井 大介 | 中日 | 2.63 | 吉川 光夫 | 日本ハム | 2.58 |

規定投球回 1 / 3 以上の投手を対象

WHIP : 1 イニングあたりの被出塁数
(被安打 + 与四球) / 投球回数

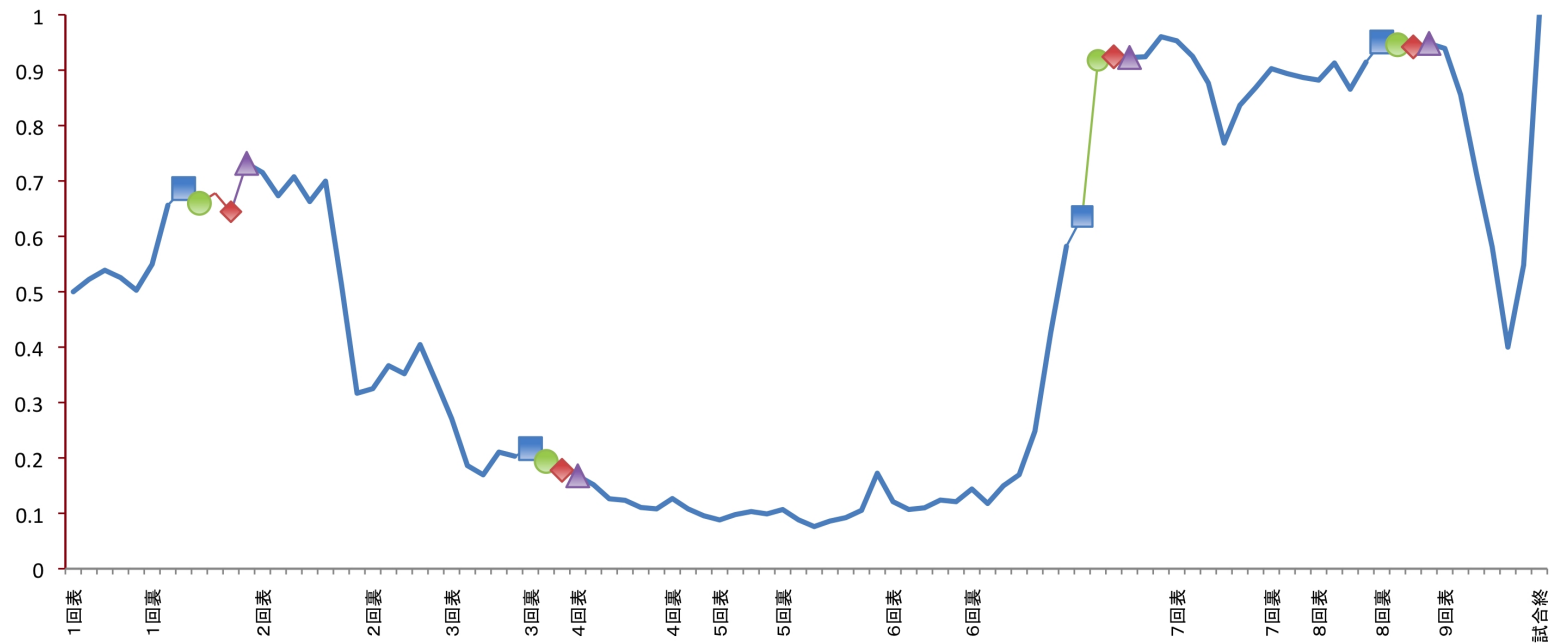
10

| セ・リーグ | チーム | WHIP | パ・リーグ | チーム | WHIP |
|-------|-----|------|---------|--------|------|
| 山口 鉄也 | 巨人 | 0.72 | 平野 佳寿 | オリックス | 0.88 |
| 西村健太郎 | 巨人 | 0.88 | 吉川 光夫 | 日本ハム | 0.88 |
| 山井 大介 | 中日 | 0.93 | 岸 孝之 | 西武 | 0.96 |
| 福田 聡志 | 巨人 | 0.94 | 森福 允彦 | ソフトバンク | 0.98 |
| 田島 慎二 | 中日 | 0.95 | 武田 翔太 | ソフトバンク | 0.99 |
| 吉見 一起 | 中日 | 0.97 | グライシンガー | ロッテ | 1.00 |
| ミコライオ | 広島 | 0.97 | 田中 将大 | 楽天 | 1.03 |
| 杉内 俊哉 | 巨人 | 0.98 | 武田 勝 | 日本ハム | 1.03 |

規定投球回 1 / 3 以上の投手を対象

プロ野球の試合におけるWin Probability

2009年8月23日 楽天ーオリックス戦における勝利確率の推移



| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 1回 | 2回 | 3回 | 4回 | 5回 | 6回 | 7回 | 8回 | 9回 |
| 2-0 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 3-6 | 10-6 | 10-8 | 10-8 | 10-9 |

この試合の楽天のクリーンアップの成績と貢献度評価

| | | 第1打席(1回裏) | 第2打席(3回裏) | 第3打席(5回裏) | 第4打席(6回裏) | 第5打席(8回裏) | 試合WPA合計 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 鉄平 | 4打数1安打3打点 | ライトフライ | サードライナー | 四球 | ホームラン | ファーストゴロ | |
| | WPA | -0.027 | -0.023 | 0.013 | 0.282 | -0.005 | 0.240 |
| 山崎武 | 5打数2安打1打点 | キャッチャーフライ | レフトフライ | ヒット | ヒット | ファーストゴロ | |
| | WPA | -0.034 | -0.016 | 0.067 | 0.006 | -0.004 | 0.020 |
| 草野大 | 5打数2安打1打点 | ヒット | レフトフライ | 三振 | 三振 | 2塁打 | |
| | WPA | 0.087 | -0.010 | -0.051 | -0.001 | 0.006 | 0.031 |

- 鉄平打席前勝利確率
- 鉄平打席後勝利確率
- ◆ 山崎打席後勝利確率
- ▲ 草野打席後勝利確率

WPA (Win Probability Added)

12

- 野球の試合での各シチュエーションごと
(イニング, 点差, アウトカウント, 塁状況, ボールカウント)
における勝利確率をデータから算出
- 打者, 投手, 走者が行うプレーによって,
どのくらい勝利確率を上昇(下落)させたかによって
その選手の試合の貢献度を数値化する

イニング別アウト確率

r.v. Y : 1 イニングで3アウトになる前に出塁する打者数

$$\phi(y; p_k) = P(Y = y) = \binom{y+2}{y} p_k^3 (1-p_k)^y$$

$$p_k = 1 - \frac{(\text{Hits})+(\text{Walks})+(\text{Hit by Pitch})+(\text{Error})-(\text{GIDP})}{(\text{At Bats})}$$

第 k イニングにおける打者がアウトになる確率

| k | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 08-10 | .672 | .701 | .692 | .687 | .687 | .683 | .690 | .694 | .703 |
| 2011 | .700 | .723 | .715 | .710 | .707 | .693 | .718 | .712 | .731 |

イニング終了時における得点差別の勝率

- X_k : 先攻チームの第 k イニングの得点
- Y_k : 後攻チームの第 k イニングの得点
- p_k : 第 k イニングにおける打者がアウトになる確率
- $FT_k(x)$: 第 k イニング表終了時、 x 点差がついたときの後攻チームの勝率
- $FB_k(x)$: 第 k イニング裏終了時、 x 点差がついたときの後攻チームの勝率

イニング終了時における得点差別の勝率

$$k \geq 9 \quad FB_k(x) = \begin{cases} 1 & (x \geq 1) \\ 0.5 & (x = 0) \\ 0 & (x \leq -1) \end{cases}$$
$$FT_9(x) = \begin{cases} 1 & (x \geq 1) \\ 1 - \sum_{i=0}^{-x} f_9(i) + 0.5f_9(-x) & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$k \leq 8 \quad FB_k(x) = \sum_{j=0}^{\infty} P(X_{k+1} = j) FT_{k+1}(x + j) = \sum_{j=0}^{\infty} f_{k+1}(j) FT_{k+1}(x + j)$$

$$FT_k(x) = \sum_{j=0}^{\infty} P(Y_k = j) FB_k(x + j) = \sum_{j=0}^{\infty} f_k(j) FB_k(x + j)$$

イニング終了時における得点差別の勝率

1点差

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 08-10 | .615 | .623 | .636 | .653 | .678 | .717 | .774 | .864 |
| 2011 | .630 | .640 | .654 | .673 | .700 | .746 | .800 | .888 |

3点差

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 08-10 | .800 | .815 | .834 | .857 | .883 | .913 | .945 | .976 |
| 2011 | .827 | .842 | .859 | .880 | .904 | .934 | .958 | .983 |

アウトカウント，塁状況別の勝利確率

| | 0アウト | 1アウト | 2アウト |
|-------------|--------------|--------------|--------------|
| ランナーなし | OUT=0, R=0 | OUT=1, R=0 | OUT=2, R=0 |
| ランナー 1 塁 | OUT=0, R=1 | OUT=1, R=1 | OUT=2, R=1 |
| ランナー 2 塁 | OUT=0, R=2 | OUT=1, R=2 | OUT=2, R=2 |
| ランナー 3 塁 | OUT=0, R=3 | OUT=1, R=3 | OUT=2, R=3 |
| ランナー 1, 2 塁 | OUT=0, R=12 | OUT=1, R=12 | OUT=2, R=12 |
| ランナー 1, 3 塁 | OUT=0, R=13 | OUT=1, R=13 | OUT=2, R=13 |
| ランナー 2, 3 塁 | OUT=0, R=23 | OUT=1, R=23 | OUT=2, R=23 |
| 満塁 | OUT=0, R=123 | OUT=1, R=123 | OUT=2, R=123 |

ヒット時のランナー進塁状況を以下の記号で示す.

- 1 塁ランナーが本塁生還: R1→4 2 塁ランナーが本塁生還: R2→4
- 1 塁ランナーが3 塁進塁: R1→3 2 塁ランナーが3 塁進塁: R2→3
- 1 塁ランナーが2 塁進塁: R1→2 2 塁ランナーが本塁憤死: R2→0
- 1 塁ランナーが本塁憤死: R1→0

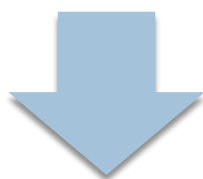
9回裏同点 2アウト満塁でのWP

2アウト
ランナー満塁

ヒット, 四死球, 失策出塁 0.303



勝利

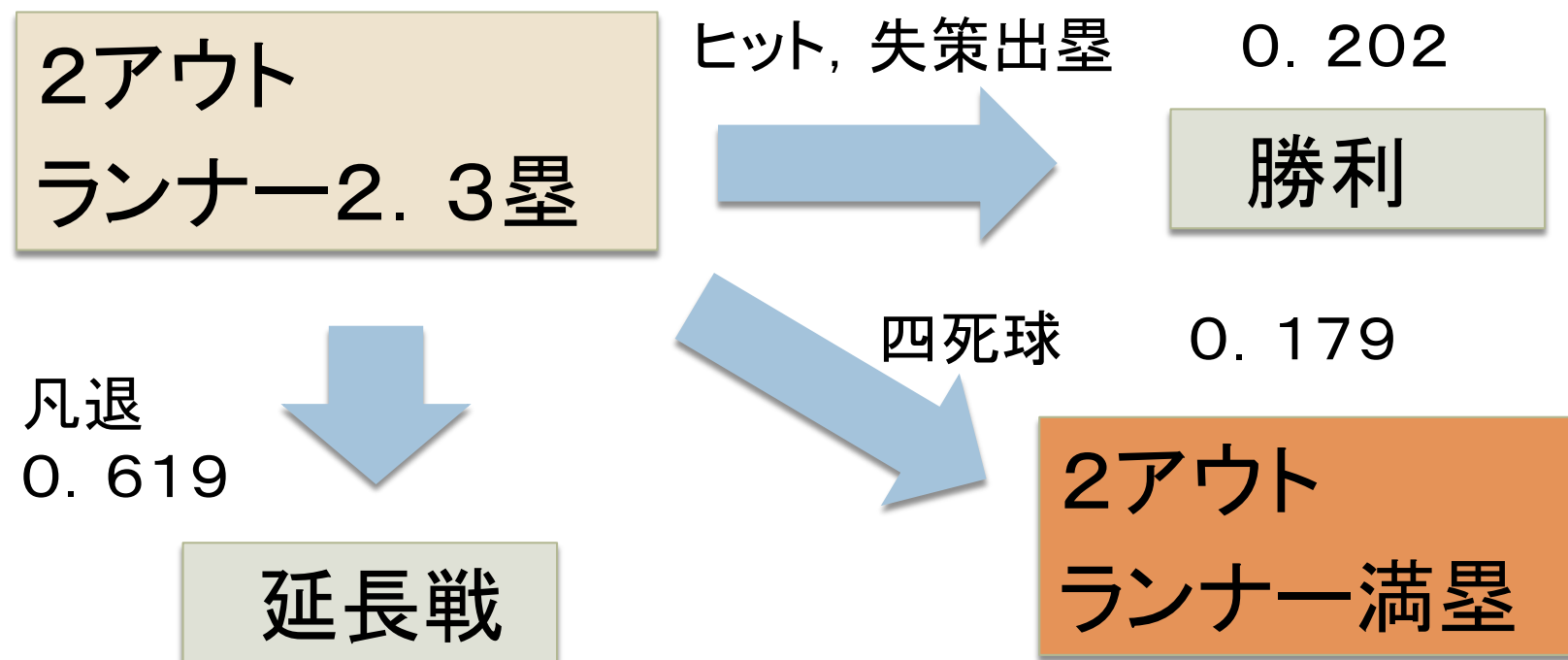


凡退 0.697

延長戦

$$\begin{aligned} WP &= 0.303 \times 1 + 0.697 \times 0.5 \\ &= 0.652 \end{aligned}$$

9回裏同点 2アウト2, 3塁でのWP



$$\begin{aligned} WP &= 0.202 \times 1 + 0.619 \times 0.5 + 0.179 \times 0.652 \\ &= 0.628 \end{aligned}$$

2アウト満塁におけるWP算出アルゴリズム

D: 点差を示す確率変数

$$\begin{aligned} & P_k(D=x, \text{OUT}=2, R=123) \\ &= P(\text{本塁打} | \text{OUT}=2, R=123)P_k(D=x+4, \text{OUT}=2, R=0) \\ &+ P(\text{三塁打} | \text{OUT}=2, R=123)P_k(D=x+3, \text{OUT}=2, R=3) \\ &+ P(\text{二塁打} | \text{OUT}=2, R=123)\{P(R1 \rightarrow 4)P_k(D=x+3, \text{OUT}=2, R=2) \\ &\quad + P(R1 \rightarrow 3)P_k(D=x+2, \text{OUT}=2, R=2,3) + P(R1 \rightarrow o)FB_k(x+2)\} \\ &+ P(\text{単打, 失策出塁} | \text{OUT}=2, R=123)[P(R2 \rightarrow 4) \\ &\quad \{P(R1 \rightarrow 4)P_k(D=x+3, \text{OUT}=2, R=1) \\ &\quad + \{P(R1 \rightarrow 3)P_k(D=x+2, \text{OUT}=2, R=13) \\ &\quad + P(R1 \rightarrow 2)P_k(D=x+2, \text{OUT}=2, R=12) + \{P(R1 \rightarrow o)FB_k(x+2)\} \\ &\quad + P(R2 \rightarrow 3)P_k(D=x+1, \text{OUT}=2, R=123) + P(R2 \rightarrow o)FB_k(x+1)\} \\ &+ P(\text{四死球} | \text{OUT}=2, R=123)P_k(D=x+1, \text{OUT}=2, R=123) \\ &+ P(\text{凡打} | \text{OUT}=2, R=123)FB_k(x) \end{aligned}$$

0アウトランナーなしにおけるWP算出アルゴリズム

D: 点差を示す確率変数

$$\begin{aligned} & P_k(D=x, \text{OUT}=0, R=0) \\ &= P(\text{本塁打} | \text{OUT}=0, R=0) P_k(D=x+1, \text{OUT}=0, R=0) \\ &+ P(\text{三塁打} | \text{OUT}=0, R=0) P_k(D=x, \text{OUT}=0, R=3) \\ &+ P(\text{二塁打} | \text{OUT}=0, R=0) P_k(D=x, \text{OUT}=0, R=2) \\ &+ P(\text{単打, 失策出塁, 四死球} | \text{OUT}=0, R=0) P_k(D=x, \text{OUT}=0, R=1) \\ &+ P(\text{凡打} | \text{OUT}=0, R=0) P_k(D=x, \text{OUT}=1, R=0) \end{aligned}$$

1アウト1,3塁における勝利確率

$$\begin{aligned} & P_k(D=x, \text{OUT}=1, R=13) \\ &= P(\text{本塁打} | \text{OUT}=1, R=13) P_k(D=x+3, \text{OUT}=1, R=0) \\ &+ P(\text{三塁打} | \text{OUT}=1, R=13) P_k(D=x+2, \text{OUT}=1, R=3) \\ &+ P(\text{二塁打} | \text{OUT}=1, R=13) \{ P(R1 \rightarrow 4 | \text{OUT}=1) P_k(D=x+2, \text{OUT}=1, R=2) \\ &\quad + P(R1 \rightarrow 3 | \text{OUT}=1) P_k(D=x+1, \text{OUT}=1, R=2,3) \\ &\quad + P(R1 \rightarrow o | \text{OUT}=1) P_k(D=x+1, \text{OUT}=2, R=2) \} \\ &+ P(\text{単打, 失策出塁} | \text{OUT}=1, R=13) \\ &\quad \{ P(R1 \rightarrow 4 | \text{OUT}=1) P_k(D=x+2, \text{OUT}=1, R=1) \\ &\quad \quad + P(R1 \rightarrow 3 | \text{OUT}=1) P_k(D=x+1, \text{OUT}=1, R=13) \\ &\quad \quad + P(R1 \rightarrow 2 | \text{OUT}=1) P_k(D=x+1, \text{OUT}=1, R=12) \\ &\quad \quad + P(R1 \rightarrow o | \text{OUT}=1) P_k(D=x+1, \text{OUT}=2, R=2) \} \\ &+ P(\text{四死球} | \text{OUT}=1, R=13) P_k(D=x, \text{OUT}=1, R=123) \\ &+ P(\text{併殺打} | \text{OUT}=1, R=13) F B_k(x) \\ &+ P(\text{犠打} | \text{OUT}=1, R=13) P_k(D=x+1, \text{OUT}=2, R=2) \\ &+ P(\text{犠飛} | \text{OUT}=1, R=13) P_k(D=x+1, \text{OUT}=2, R=1) \\ &+ P(\text{凡打} | \text{OUT}=1, R=13) \{ P(\text{OUT}1 \rightarrow 2, R13 \rightarrow 12) P_k(D=x, \text{OUT}=2, R=12) \\ &\quad + P(\text{OUT}1 \rightarrow 2, R13 \rightarrow 13) P_k(D=x, \text{OUT}=2, R=13) \\ &\quad + P(\text{OUT}1 \rightarrow 2, R13 \rightarrow 23) P_k(D=x, \text{OUT}=2, R=23) \} \end{aligned}$$

同点時における状況別勝利確率

| | アウト | 塁 | 9回裏 | 8回裏 | 7回裏 | 6回裏 | 5回裏 | 4回裏 | 3回裏 | 2回裏 | 1回裏 |
|--|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 123 | 0.653 | 0.634 | 0.619 | 0.606 | 0.596 | 0.588 | 0.582 | 0.577 | 0.573 |
| | 2 | 23 | 0.630 | 0.612 | 0.598 | 0.587 | 0.578 | 0.571 | 0.566 | 0.561 | 0.558 |
| | 2 | 13 | 0.628 | 0.606 | 0.589 | 0.576 | 0.567 | 0.560 | 0.555 | 0.552 | 0.549 |
| | 2 | 12 | 0.615 | 0.597 | 0.582 | 0.571 | 0.563 | 0.557 | 0.552 | 0.548 | 0.546 |
| | 2 | 3 | 0.636 | 0.597 | 0.578 | 0.565 | 0.555 | 0.549 | 0.544 | 0.541 | 0.538 |
| | 2 | 2 | 0.612 | 0.592 | 0.574 | 0.562 | 0.553 | 0.547 | 0.543 | 0.540 | 0.537 |
| | 2 | 1 | 0.567 | 0.549 | 0.542 | 0.536 | 0.532 | 0.528 | 0.526 | 0.524 | 0.523 |
| | 2 | 0 | 0.533 | 0.525 | 0.520 | 0.517 | 0.515 | 0.513 | 0.512 | 0.511 | 0.510 |
| | 1 | 123 | 0.802 | 0.762 | 0.731 | 0.707 | 0.687 | 0.673 | 0.661 | 0.651 | 0.644 |
| | 1 | 23 | 0.797 | 0.746 | 0.713 | 0.688 | 0.668 | 0.653 | 0.642 | 0.633 | 0.626 |
| | 1 | 13 | 0.788 | 0.732 | 0.695 | 0.669 | 0.649 | 0.635 | 0.624 | 0.616 | 0.610 |
| | 1 | 12 | 0.720 | 0.667 | 0.645 | 0.628 | 0.615 | 0.605 | 0.597 | 0.591 | 0.587 |
| | 1 | 3 | 0.758 | 0.727 | 0.683 | 0.653 | 0.632 | 0.617 | 0.606 | 0.598 | 0.592 |
| | 1 | 2 | 0.698 | 0.661 | 0.633 | 0.613 | 0.599 | 0.589 | 0.581 | 0.575 | 0.571 |
| | 1 | 1 | 0.647 | 0.607 | 0.591 | 0.579 | 0.570 | 0.563 | 0.558 | 0.554 | 0.551 |
| | 1 | 0 | 0.580 | 0.560 | 0.549 | 0.542 | 0.536 | 0.533 | 0.530 | 0.528 | 0.526 |
| | 0 | 123 | 0.885 | 0.840 | 0.805 | 0.777 | 0.754 | 0.736 | 0.721 | 0.710 | 0.701 |
| | 0 | 23 | 0.881 | 0.816 | 0.777 | 0.747 | 0.723 | 0.705 | 0.691 | 0.679 | 0.671 |
| | 0 | 13 | 0.875 | 0.833 | 0.784 | 0.748 | 0.721 | 0.702 | 0.686 | 0.675 | 0.666 |
| | 0 | 12 | 0.798 | 0.737 | 0.708 | 0.685 | 0.667 | 0.654 | 0.643 | 0.635 | 0.628 |
| | 0 | 3 | 0.872 | 0.803 | 0.749 | 0.712 | 0.684 | 0.665 | 0.651 | 0.640 | 0.632 |
| | 0 | 2 | 0.775 | 0.737 | 0.697 | 0.668 | 0.647 | 0.633 | 0.621 | 0.613 | 0.607 |
| | 0 | 1 | 0.730 | 0.670 | 0.645 | 0.626 | 0.612 | 0.601 | 0.593 | 0.587 | 0.582 |
| | 0 | 0 | 0.612 | 0.597 | 0.583 | 0.575 | 0.564 | 0.558 | 0.551 | 0.544 | 0.552 |

同点時における状況別勝利確率

2008–2010

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 1塁 | .582 | .587 | .593 | .601 | .612 | .626 | .645 | .670 | .730 |
| 1アウト 2塁 | .571 | .575 | .581 | .589 | .599 | .613 | .633 | .661 | .698 |

2011

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 1塁 | .580 | .585 | .591 | .598 | .609 | .624 | .641 | .665 | .716 |
| 1アウト 2塁 | .569 | .573 | .579 | .586 | .596 | .612 | .629 | .655 | .676 |

-1点差における状況別勝利確率

2008-2010

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 1塁 | .474 | .471 | .467 | .461 | .452 | .437 | .414 | .375 | .343 |
| 1アウト 2塁 | .460 | .459 | .452 | .445 | .434 | .416 | .390 | .347 | .282 |

2011

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 1塁 | .457 | .453 | .447 | .439 | .428 | .407 | .382 | .340 | .304 |
| 1アウト 2塁 | .443 | .439 | .432 | .423 | .409 | .386 | .357 | .311 | .243 |

同点時における状況別勝利確率

2008–2010

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 2塁 | .607 | .613 | .622 | .633 | .647 | .668 | .697 | .737 | .775 |
| 1アウト 3塁 | .592 | .598 | .606 | .617 | .632 | .653 | .683 | .727 | .758 |

2011

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 2塁 | .607 | .613 | .622 | .633 | .648 | .671 | .698 | .737 | .764 |
| 1アウト 3塁 | .595 | .601 | .609 | .620 | .635 | .660 | .688 | .732 | .748 |

同点時における状況別勝利確率

2008-2010

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 1, 2塁 | .628 | .635 | .643 | .654 | .667 | .685 | .708 | .737 | .798 |
| 1アウト 2, 3塁 | .626 | .633 | .642 | .653 | .668 | .688 | .713 | .746 | .797 |

2011

| | 1回裏 | 2回裏 | 3回裏 | 4回裏 | 5回裏 | 6回裏 | 7回裏 | 8回裏 | 9回裏 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0アウト 1, 2塁 | .632 | .639 | .647 | .658 | .672 | .692 | .713 | .742 | .786 |
| 1アウト 2, 3塁 | .633 | .641 | .650 | .662 | .678 | .701 | .725 | .759 | .796 |

統一球の影響

シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2011
(2011.10-11.31-2,京都)

統一球と日米硬式野球ボールの空力特性

Wind tunnel testing of new ball, U.S and Japanese baseball balls

○坂本誠馬 (福岡工業大学) 長谷川淳哉 (福岡工業大学大学院) 田多輝洋 (福岡工業大学)
正 鳴尾丈司 (ミズノ株式会社) 正 溝田武人 (福岡工業大学)

Seima Sakamoto. Fukuoka Institute Technology

Junya Hasegawa. Fukuoka Institute Technology

Teruhiro Tada. Fukuoka Institute Technology

Takeshi Naruo. Mizuno Corporation

Takeo Mizota. Fukuoka Institute Technology

The new NPB Ball was adapted to the Japanese NPB from this year. Compared with the old NPB ball and new one, seam height and width became 0.2[mm] lower and 1.0[mm] wider respectively. In this report, aerodynamics characteristics are measured by using wind tunnel tests. Some calculations of flight trajectory for pitcher's throwing ball and batter's hitting one are conducted.

Key words: wind tunnel experiment, baseball ball, new NPB ball, orbital calculation

1. はじめに

今年、日本プロ野球に新しい統一球が導入され、一般的には飛ばなくなったと言われている。実際には、今年のホームランの本数は昨年と比べて減少傾向にある。このような飛ばない統一球が開発された背景には、WBCで縫い目の高さや幅、手触りの違うボールに対して選手が戸惑いを持っていたことや、昨年まで日本国内の各球団内で使用するボールが違っていたために公平性が失われる点が疑問視されていたことが挙げられる。

野球ボールは公認野球規則により、重量(141.7-148.8[g])、円周長さ(22.9-23.5[cm])、反発係数(0.41-0.44)が決められている。縫い目の高さや幅の違いでそれぞれのボールの空力特性は変化する。今年から導入された統一球は、縫い目の高さが1.1[mm]から0.9[mm]に低くなり、縫い目の幅が7.0[mm]から8.0[mm]に広がった。

この研究では、統一球・旧硬式球・メジャーリーグ硬式球についての空力特性を風洞実験により求めた。

実験では、4シーム直球の場合を想定して風洞装置を用いて空力の測定をした。また、求めた空力特性から投球時及びホームランボールの軌道計算を行い、軌道の違いについても検討した。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験に使用する無次元量と使用したボール
風洞気流方向に対するボールの縫い目と回転軸方向の関係が決まれば空気力はレイノルズ数 Re とスピンプラメータ Sp で表すことが出来る。回転するボールに加わる空気力を抗力 $D[N]$ 、揚力 $L[N]$ 、横力 $S[N]$ 、空力トルク $M[Nm]$ で表す。抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L 、横力係数 C_S 、空力トルク係数 C_m 、無次元量のレイノルズ数 Re とスピンプラメータ Sp を次式に示す。

$$C_D = \frac{2D}{\rho U^2 A} \quad C_L = \frac{2L}{\rho U^2 A} \quad C_S = \frac{2S}{\rho U^2 A}$$
$$C_m = \frac{2M}{\rho U^2 Ad} \quad R_e = \frac{Ud}{\nu} \quad S_p = \frac{\pi dN}{U}$$

U:流速[m/s] ρ:空気密度[kg/m³]
d:ボール直径[m] A:ボールの直径断面積[m²]
ν:動粘度係数[m²/s] N:ボールの回転速度[rps]

研究では、以下の3種類のボールを使用した。

- ・日本プロ野球硬式球 (ミズノ社製):統一球と称する。Photo.1に統一球の写真を示す。
- ・旧日本プロ野球硬式球 (ミズノ社製):旧硬式球と称する。Photo.2に旧硬式球の写真を示す。
- ・メジャーリーグ硬式球 (ローリングス社製):メジャーリーグ硬式球と称する。Photo.3にメジャーリーグ硬式球の写真を示す。

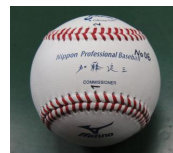


Photo.1 New NPB ball

福岡工業大学 溝田武人研究室と ミズノによる共同研究

坂本 他 (2011)

統一球と日米硬式野球ボールの 空力特性

スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナ ミクス 2011

チーム打撃成績

| セ・リーグ | 打率 | OPS | IsoP | 平均 得点 | 平均 安打 | 平均 本塁打 | 平均 四球 | 平均 犠打 |
|----------|------|-------|------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 2010 平均 | .267 | 0.742 | .143 | 4.31 | 9.05 | 0.999 | 2.88 | 0.868 |
| 2010 MIN | .255 | 0.649 | .121 | 3.62 | 8.53 | 0.813 | | |
| 2011 MAX | .255 | 0.663 | .111 | 3.36 | 8.38 | 0.750 | | |
| 2011 平均 | .242 | 0.644 | .098 | 3.15 | 7.84 | 0.561 | 2.52 | 1.05 |
| 2012 MAX | .260 | 0.693 | .111 | 3.71 | 8.46 | 0.652 | | |
| 2012 平均 | .244 | 0.648 | .094 | 3.14 | 7.95 | 0.525 | 2.85 | 0.971 |
| パ・リーグ | 打率 | OPS | IsoP | 平均 得点 | 平均 安打 | 平均 本塁打 | 平均 四球 | 平均 犠打 |
| 2010 平均 | .271 | 0.741 | .133 | 4.47 | 9.18 | 0.859 | 3.04 | 0.862 |
| 2010 MIN | .265 | 0.709 | .112 | 4.00 | 8.96 | 0.632 | | |
| 2011 MAX | .267 | 0.709 | .117 | 3.97 | 8.83 | 0.715 | | |
| 2011 平均 | .251 | 0.658 | .097 | 3.41 | 8.25 | 0.523 | 2.41 | 0.999 |
| 2012 MAX | .257 | 0.678 | .107 | 3.58 | 8.47 | 0.625 | | |
| 2012 平均 | .252 | 0.658 | .096 | 3.37 | 8.25 | 0.494 | 2.56 | 0.991 |

選手の市場価値を算出する指標

□ WAR (Win Above Replacement)

それぞれのポジションの控え選手を基準に各選手の活躍に応じてチームの勝利を分割した指標

2012 MLB

| | | | | | |
|----|-----|--------|-----|----------|-----|
| 黒田 | 5.2 | ダルビッシュ | 4.0 | チェン | 2.5 |
| 青木 | 3.3 | イチロー | 1.6 | (ESPN調べ) | |

NPBのチーム年俸ランキング(2012)

1. 阪神 37億3570万

2. 読売 35億8140万

3. 中日 33億5510万

4. ソフトバンク 31億1090万

5. 日本ハム 25億3220万

6. 埼玉西武 25億 600万

7. 東京ヤクルト 24億9560万

8. オリックス 22億9760万

9. 東北楽天 22億1780万

10. 千葉ロッテ 21億8320万

11. 広島 19億3740万

12. DeNA 19億 180万

MLBのチーム年俵 (2011)

| チーム名 | 年俵総額 | チーム名 | 年俵総額 |
|-------------|-------------|---------------|------------|
| NY ヤンキース | 216,044,956 | MIL ブルワーズ | 93,234,011 |
| BOS レッドソックス | 174,116,280 | ATL ブレーブス | 88,128,545 |
| PHI フィリーズ | 165,313,989 | BAL オリオールズ | 86,856,480 |
| LOS エンゼルス | 143,099,729 | CIN レッズ | 81,621,587 |
| NY メッツ | 142,244,744 | HOU アストロズ | 81,139,621 |
| CH カブス | 140,608,942 | TOR ブルージェイズ | 75,851,382 |
| CH ホワイトソックス | 125,814,762 | WSH ナショナルズ | 72,022,999 |
| SF ジャイアンツ | 125,111,390 | OAK アスレチックス | 70,476,206 |
| MIN ツインズ | 115,419,106 | AZ ダイヤモンドバックス | 65,603,602 |
| DET タイガース | 113,230,923 | MIA マーリンズ | 61,940,280 |
| STL カーディナルズ | 113,156,467 | CLE インディアンズ | 53,533,393 |
| LOS ドジャーズ | 109,865,640 | PIT パイレーツ | 51,784,810 |
| TEX レンジャーズ | 103,967,140 | SD パドレス | 45,620,873 |
| SEA マリナーズ | 98,067,684 | TB レイズ | 44,969,740 |
| COL ロッキーズ | 96,145,529 | KC ロイヤルズ | 44,566,470 |