



総合評価指標 WARの 考え方と算出方法

岡田友輔・蛭川皓平

Yusuke Okada

Kohei Hirukawa



**DELTA
CREATIVE**

はじめに

このテキストは、2013年3月に水曜社より刊行された『プロ野球を統計学と客観分析で考えるセイバーメトリクス・レポート2』掲載の「総合評価指標Wins Above Replacement (WAR) の考え方と算出方法」(岡田友輔・蛭川皓平)を電子化したものです。アメリカで注目を浴びるセイバーメトリクスの重要指標Wins Above Replacement (WAR) のコンセプトの解説と、合同会社DELTAによるWARのNPB対応についての検討内容をまとめています。

2014年4月に発売された『プロ野球を統計学と客観分析で考えるセイバーメトリクス・レポート3』(水曜社刊)では、このテキストで基礎を構築したNPB版WARの、精度向上に向けた改修について解説しています。このテキスト最後の部分で挙げている課題についても「パークファクター補正」「NPBに適した守備位置補正」「UZRの守備位置内リーグ平均値をゼロにするための補正」「走塁評価」などについては着手・検討していますので、NPB版WAR構築の最新事情について関心のある方は、ぜひ、ご購入をおすすめします。



『プロ野球を統計学と客観分析で考えるセイバーメトリクス・レポート3』

水曜社刊 岡田友輔他著 B5判並製 200頁 本体 2,000 円 + 税 978-4-88065-340-2 C0075

水曜社ウェブサイト <http://www.bookdom.net/suiyosha/1400yomim/1458saber3.html>

Amazon <http://www.amazon.co.jp/dp/4880653403>

WARの概要

本書の巻頭には「WAR (Wins Above Replacement)」という指標の数字が掲載されている。WARとは選手個人の総合的な貢献度を示す指標で、ある意味セイバーメトリクスにおける評価指標の最終到達点とも言えるものである。WARはアメリカでは既に算出・公開され親しまれているが、日本ではこれまではっきりした形で公開されたことはなかった。

しかし、WARは非常に重要な指標で、これから活躍の場面は増えていくことが予想される。これまでは紹介されることが少なかったが、この機会にコンセプトを説明してみたい。

結論から言えば、WARは打撃・走塁・守備・投球などあらゆるプレーによる貢献度を総合的に評価し、最終的に選手がどれだけ「チームの勝利を増やしたか」を評価する指標である。これまで打撃や守備に関する個別の評価基準はさまざまなものが存在していたが、WARはそれらを統合していることが最大の特徴と言える。要するに、ひとつの数字で対象の選手の貢献の総量を知ることができるのである。打撃が得意な選手と守備が得意な選手を比較することもできるし、能力が高いが出場機会の少ない選手と、能力は平凡だが出場機会が多い選手どちらの貢献度が高いかも比較できる。

Wins Above Replacement (勝利数代替水準対比) という名前が表す通り、WARの数字は同じ出場機会をその選手が故障などによって失われた場合に出て来る「代替選手」が出場する場合と比較して、どれだけチームの勝利数を増やしたかという意味になる。WARが2.0の野手なら、その選手が出場する場合と最低限のコストで確保できる野手(代替選手)が出場する場合とを比較すると、前者のほうがチームの勝利数が2つ増えるという評価を意味する。

WARは代替水準との比較という共通する考え方によって野手にも投手にも適用できる。そのため結果として、あらゆる選手をひとつの数字で比較することが可能になるというわけだ。貢献度の評価において、客観的にデータから評価できることを漏れなく考慮するように設計されており、この意味で究極の評価指標と言える(実際には、現状では課題も多く存在する)。

ここからはWARの考え方と計算構造を詳細に見ていくが、基礎的な説明や技術的な議論になる部分も多く、既にご存知の内容があるかもしれない。また指標を目安として使用する上では技術的な部分を全て理解しなければならないわけではない。必要に応じて読み飛ばしてほしい。使用にあたってのポイントについては、最後の活用方法や注意点の項に記述している。そこから読み始めるのもよいかもしれない。

選手評価の基礎

まずは野手のWARを前提に、最もわかりやすい打撃の部分を説明する。それにあって根本的な選手評価の考え方からおさらいをする。

はじめに確認しなければならないのは、選手「個人」の評価を目的とすること、そして野球の目的は勝利を目指すことという2点である。選手評価指標として当たり前の前提だと感じるかもしれないが、一般的な野球の数字はこの当たり前を反映していない。打点は打席の選手の働きもさることながら、どれだけ走者がいる状況で打席が回ってきたかに大きく左右される数字であり、個人の評価には適さない。また打率はスタンダードな評価であり、表彰の対象にもなっているが、打率の高低とチームの勝率との関連は弱い。

打席に入ったときの走者の数に左右されるなどの不公平を排除して、打者個人を評価するためには、四球、死球、単打、二塁打、三塁打、本塁打などのその選手の働きによって生じる打席の結果を用いるべきである。厳密に言えば、打席に入ったときの状況によって安打が出やすい、四球が出やすいなどの有利不利は存在するかもしれないが、打点のように直接的に左右される数字より影響は少ないし、統計を見ると走者状況による打撃結果の偏りはそれほど大きくない。また、打席数がある程度増えれば、各打者は様々な状況に遭遇し、その違いは平均化されていくことになる。このように、個人の責任範囲で生じた結果を選別することによって、まずは2つのポイントのうち個人評価を目指すという部分に対処する。

次に考えなければならないのは、野球は勝利を目指すという点である。勝利が野球にとっての成果である以上、選手の貢献度はどれだけ勝利に貢献したかによって測定されなければならない。ただ単に四球や安打の多さを見ても、それがどう勝利に関わっているかがわからなければ選手の勝利への貢献度は評価できない。

ただ、いきなりプレーと勝利を関連付けようとしても、そのままでは関係性が把握しにくいそのため、「勝利の増加」に貢献する要素を「得点の増加」と「失点の減少」に分ける。勝敗はチームの得点と失点によって決まる。勝利を増やすには得点を増やすか失点を減らすしかない。打撃や走塁であれば得点を増やすことが目的だし、守備や投球であれば失点を減らすことが目的になる。

打撃に関して言えば打撃における各プレー（結果）が得点とどう関係しているかを明らかにすればいい。ここで登場するキーワードが「得点期待値」である。得点期待値は野球の状況をアウトカウントと走者状況に基づいて24に分け、それぞれの局面についてその状況から平均的にどれだけの得点数が見込まれるかを算出したものだ。

アウトカウントは「ノーアウト」「1アウト」「2アウト」の3つの場合があり、そのアウトカウントごとに「走者なし」「一塁」「二塁」「三塁」「一二塁」「一三塁」「二三塁」「満塁」の8つの走者状況があり得る。合計すれば $3 \times 8 = 24$ の状況があるというわけである。

参考としてトム・タンゴらによる著作『THE BOOK Playing the Percentages in Baseball』から得点期待値表の例を掲載する。

■ 表 1 MLB1999-2002 の得点期待値表

走者/アウト	0アウト	1アウト	2アウト
走者なし	.555	.297	.117
一塁	.953	.573	.251
二塁	1.189	.725	.344
三塁	1.482	.983	.387
一二塁	1.573	.971	.466
一三塁	1.904	1.243	.538
二三塁	2.052	1.467	.634
満塁	2.417	1.650	.815

Tom Tango, Mitchel Lichtman, Andrew Dolphin, "THE BOOK Playing the Percentages in Baseball," Potomac Books, 2007 p.19 より

得点期待値表のノーアウトの列、走者なしの行を見ると、イニング開始の時点から終了までの間に平均してどれだけの得点が見込めるかがわかる。その状況が出現してから、無得点に終わる場合もあれば1点取れる場合もあり、場合によっては5点取れることもあるが、それら実際に起こった全てのケースについて平均すると.555点になることが表されている。

そして走者が一塁に出た状況になると、そこから平均的に見込まれる点数は.953になる。ある打者が無死走者なしから四球を選んで出塁したとして、チームの戦力や環境が平均的だった場合を仮定すると、得点の見込みが差分の約.398点 (.953-.555) だけ増えたことを意味する。

逆にアウトになってしまうと、得点の見込みは約.297点に減少する。これは、打つ前は出塁する可能性もアウトになる可能性もあり平均的には約.555点を見込んでいたがアウトになったことにより見込みが減った、すなわち平均的な打者が打つ場合と比較して得点（の見込み）を約.257点 (.555-.297) だけ減少させたことを示している。

このように得点期待値を用いると、発生した出来事の価値を、客観的に明らかな「アウト」「走者状況」という判断要素と過去の統計に基づいて評価することができる。価値が意味のある単位で客観的に決まる、ということが重要だ。プレーの価値とは結局のところ、それによって走者が出たりアウトが増えるといった形で局面が変化し、得点の見込みが変化（結果として勝利の増減に影響を与える）ことにある。プレー前後の得点期待値の変化によってそのプレーの価値を計るという原理は、WARに含まれる要素全体に共通する。

打者の具体的な評価もこの原理を応用する。前述した個人評価という考え方で考えると、使える数字は四球、死球、単打、二塁打、三塁打、本塁打という打席の結果であった。これらにどれだけの価値があるかを知るには、これらのプレーが発生する前後で得点期待値がどのように変化しているかを調べればよい。同じ四球でも1アウト一塁で発生する場合もあれば2アウト三塁で発生する場合もあり様々だが、全てのケースで生じた得点期待値の変化を集計して平均をとると、四球は平均的にチームの得点を0.323点増加させるものであることがわかる。同じ集計を対象とする項目全てについて行えば、選手のプレーがどれだけ得点を増減させるかが判明する。それがすなわち各プレーの得点の意味での価値を示す。『THE BOOK』によれば、各イベントの得点価

値は表2のようになる。

■ 表2 MLB1999-2002の主な
プレーの得点価値

イベント	得点価値
非故意四球	0.323
死球	0.352
単打	0.475
二塁打	0.776
三塁打	1.070
本塁打	1.397
凡打	-0.299
三振	-0.301

Tom Tango, Mitchel Lichtman, Andrew Dolphin, "THE BOOK Playing the Percentages in Baseball," Potomac Books, 2007 p.29 より

得点価値を使って打者を評価するには、判明した得点価値を単純に打者の成績に掛け合わせればいい。

平均に対する得点増減 = $0.323 \times \text{非故意四球} + 0.352 \times \text{死球} + 0.475 \times \text{単打} + 0.776 \times \text{二塁打} + 1.070 \times \text{三塁打} + 1.397 \times \text{本塁打} - 0.299 \times \text{凡打} - 0.301 \times \text{三振}$

上記の式が意味するのは、打者の働きによって得点の平均的な見込みがどれだけ増減したかである。打者の評価という考えに寄せて表現すれば「同じ打席数を平均的な打者が打つ場合に比べて、どれだけチームの得点を増やしたかまたは減らしたか」となる。平均的な打者ならこの数値はゼロになり、平均を上回る打者ならプラス、下回る打者ならマイナスが記録される。数値が+5なら得点の見込みを平均に比べて5点増やしたことになる。

このようにプレーに一定の得点価値を与える評価方法はLWTS (Linear Weights System) と呼ばれる。LWTSは得点期待値の観念から派生する非常に強力な評価原理である。

LWTS方式でプレーの価値を計測していくと、実際に迎えた局面による有利不利を排除して、全ての打者を平均的な環境に置いたと仮定した評価が行える。二塁打を打っても、走者がいなければ実際には点は入らない。だが、たまたま満塁だったら3点が記録される。LWTSはそうした実際の局面には左右されない、プレーによる平均的な得点増加を算出する。こうして求めた数字により、打者の責任の範囲内の成績を、勝利に繋がる意味のある単位で評価を行うことができる。

以降では走塁や守備も見ていくが、得点期待値はそこでも登場する。得点期待値は打撃に限らず野球におけるあらゆる出来事の価値を計る度量衡となるもので、分析の基礎として極めて重要な概念である。得点期待値をうまく活用していくことによって様々な指標が構築される。なお得点期待値は実際に野球を行った結果こうなるという数字であり、対象とするリーグやシーズンが異なれば数字が変わることに注意が必要だ。得点期待値が変われば、当然導き出される得点価値の数字も変わる。得点期待値や得点価値は絶対的に定まった数字ではなく、リーグごとに変化する

るものである。

打撃指標wOBA

打撃の評価はここまでの計算で済むのだが、実際のWARの算出においては一度wOBA (Weighted On-Base Average) という指標を算出して利用する。wOBAはそれ自体が打撃の評価に用いられる有用な指標であり、wOBAを理解することとWARとの関係を把握しておくことは重要なため、wOBAの成り立ちについても触れておく。

wOBAは、打者がどれだけ得点の増加に貢献する打撃をしているかという意味でのパフォーマンスを「率」の形で端的に評価するために存在する指標である。四球や安打の数に得点価値を掛け合わせて求めたLWTSの数字そのままでは貢献の「量」を表しており、打席数の違う選手同士を端的に比較することができない。

打席数をそろえたいだけならLWTSの数字を打席数で割ればいいのだが、wOBAはより簡便に扱えるようにするため「スケールを出塁率にそろえる」という工夫を施している。なじみのある数字と同じようなスケールの数値であれば、目にした数字が優秀なものかそうでないかがわかりやすい。

LWTSを出塁率のように見せるためには、まずマイナスの価値として数えられているアウト（凡打と三振）を式から除外する必要がある。といってもそのまま除外すれば評価のバランスが崩れてしまうため、プラスの価値を持つ項目をアウトと比較する形にする。例えば、+0.47の価値である単打は-0.30の価値であるアウトと比較すれば+0.77の価値であることになる。このように、アウトにマイナスを与えていない出塁率 $[(安打 + 四死球) \div 打席]$ と見かけ上の形式をそろえる。

しかし得点価値（係数）をアウトとの差に変えて打席数で割るだけでは、MLBで求める平均値は約.300になる。出塁率の平均は約.330であるためギャップが生じることになる。出塁率を基準としてよりわかりやすくするため、平均値が出塁率と同じになるように全体を1.15倍する。こうすると、一般的に使用されるwOBAの式が出てくる。

wOBA = (0.72×非故意四球 + 0.75×死球 + 0.90×単打 + 0.92×失策出塁 + 1.24×二塁打 + 1.56×三塁打 + 1.95×本塁打) ÷ 打席 ※分母の打席からは目的に応じて犠打や故意四球を除外する

こうしてできあがった指標がwOBAである。アウトをゼロにしたり全体を1.15倍したりする補正は結果として出てくる数字の見かけを変えるためだけのもので、最終的な優劣の評価には影響を及ぼさない。.330あたりを平均としたレートスタッツ（率の形で表される指標）として便利に使うことができる。.350なら打席を有効に使う打者だし.310なら平均的な打者を起用する場合に比べて少し得点を減らす打者だとわかる。

wOBAからどれだけ得点を増減したかの量を逆に求める場合には、wOBA算出過程を戻していくことになる。すなわちwOBAからリーグ平均wOBAを引くことでアウトをゼロとする数字ではなく平均をゼロとする数字に戻し、スケールを直すために1.15で割る。最後に打席数を掛ければ、LWTSでシンプルに求めた「同じ打席数を平均的な打者が打つ場合に比べてどれだけチームの得点を増やしたか又は減らしたか」の数字になる。一般的にはこの数字をwRAA (Weighted Runs Above Average) と呼ぶ。

$$\mathbf{wRAA = (wOBA - \text{リーグ平均wOBA}) \div 1.15 \times \text{打席}}$$

このwRAAがWARにおける打撃の評価である。繰り返しになるが、これは個人の打者の責任範囲の項目を絞り込み、その範囲でどれだけ得点の増加に貢献する働きをしたかを得点期待値に基づいて評価したもの。端的にはその打者がどれだけ得点を増やしたかを表す。

打者のwOBAが.360、リーグ平均が.330、打席数が500なら、その打者は $(.360 - .330) \div 1.15 \times 500 = 13.0$ という計算で平均的な打者に比べて得点を13点ほど増やしたと評価される。なお、このwOBAの式における得点価値などの数字はMLBのデータから求められたものであり、本書ではNPBのデータから計算し直したものを使用している。

$$\mathbf{wOBA (NPB版) = (0.69 \times (\text{四球} - \text{故意四球}) + 0.73 \times \text{死球} + 0.87 \times \text{単打} + 1.29 \times \text{二塁打} + 1.74 \times \text{三塁打} + 2.07 \times \text{本塁打}) \div (\text{打数} + \text{四球} - \text{故意四球} + \text{死球} + \text{犠飛})}$$

$$\mathbf{wRAA (NPB版) = (wOBA - \text{リーグ平均wOBA}) \div 1.24 \times \text{打席}}$$

走塁評価

走塁についても、関連するプレーに得点価値を掛け合わせる方法によって評価を行うことができる。走塁に関連するプレーで局面の変化として客観的に計測できるのは、盗塁の成功や失敗、さらには二塁走者としてシングルヒットで生還した回数などだ。アメリカでは走者としてヒットの間に進んだ塁の数などの詳細を評価に取り込んでいるが、本書におけるWARではまだそこまでの段階に至っておらず、盗塁だけを対象としている。盗塁の得点価値は成功が+0.18、失敗が-0.32である。成功20、失敗5の選手であれば

$$0.18 \times 20 - 0.32 \times 5 = 2.0$$

が盗塁によって増やした得点となる。

守備の評価UZR

守備はこれまで数字による客観的な評価が難しいとされてきた分野である。野手がどれだけアウトを獲得したかはわかって、その対象となる機会の数（近くに打球が飛んできた数）を推定する手段が存在しなかったことがその主な理由である。

しかし映像データを用いてどこにどれだけ打球が飛んだかを直接的に計測するZR（Zone Rating）及びその応用版としてのUZR（Ultimate Zone Rating）の登場によって、かなり筋の通った形で合理的に数値評価が行えるようになった。UZRはWARの構成要素としてだけでなく、単独でもこれまで主観的にしか語られてこなかった守備の部分に客観的な評価の光を当てる極めて有意義な指標である。

守備に関して言えば、野手個人の仕事は近くに飛んできた打球をできるだけ多くアウトにすることや、送球によって走者の進塁を防ぐことだろう。これらの働きに得点期待値をベースにした得点価値を掛け合わせることで、個人が守備でどれだけ失点を防いだかが評価できる。

ZRは守備位置の周辺に一定の責任範囲を決めて、そこに飛んできた打球のうち、どれだけをアウトにしたか、その程度で守備者を評価する指標である。例えば周辺に飛んできた打球のうち70%をアウトにする遊撃手と80%をアウトにする遊撃手とでは、後者のほうが優秀な働きをしたと評価することができる。

ZRはわかりやすい上に有効な指標だが、一定の範囲に含まれる打球を全て同じように扱うところに問題がある。近くに飛んできた打球といっても、定位置から2歩のところから緩く飛んできたゴロとある程度離れたところに鋭く飛んできたゴロとでは難易度が全く違う。ZRそのままの評価すると、たまたま簡単な打球が多かった選手が有利になってしまう。

こういった問題に対処し、より詳細な評価を行うのがUZRである。UZRは全ての打球を均一に扱うのではなく、打球の種類・位置・速度からプレーごとに理論的な価値を算出して評価する。各種のプレーに得点価値を掛け合わせて評価するのは打撃のLWTSと同様だが、守備のプレー1つひとつを細かく見てプレーごとにプラス／マイナスの評価を与える点が特徴的だ。

難易度を算出する基礎となるのはグラウンドを細かく区分したゾーンである。UZRではまずグラウンドを多数のゾーンに分割し、それぞれのゾーンにどれだけどんな打球が飛んだかを集計する。例えばFの方向に距離6だけ飛んだ速度の速いフライ、といったように打球の種類、位置、速度ごとに細かく分類されていく。

各ゾーンに対してプレーの価値を計算する材料は、その打球が「平均的にどれだけアウトになるか」と「どれだけ得点価値を持っているか」である。例えば三遊間に飛んだある種類のゴロは、リーグ全体のデータを見ると50%の割合で遊撃手に、10%の割合で三塁手によってアウトにされるとする。すなわちこの打球は通常60%の割合でいずれかの守備者によってアウトにされる。

このとき遊撃手がこの打球をアウトにしたなら、60%（アウトの期待値では0.6）だった確率を100%（アウト数1）にしたということで差分の0.4アウトをプラス評価として遊撃手に与える。先述した各プレーの得点価値を用いてヒットなら0.45点、アウトなら-0.27点の価値があると見なすと、ヒットになる打球をアウトにすることには差し引き0.72点の価値があることになる。0.72点

の価値があるアウトを0.4個稼いだのだから、遊撃手は得点の意味では0.72と0.4の積である0.288点だけこのプレーによって失点を防いだことになる。これがUZRによる当該プレーに対するプラス評価である。

元々三塁手にも10%はアウトを成立させる見込みがあったが、遊撃手がアウトを成立されたからといって三塁手がマイナス評価を受けるわけではないことに注意してほしい。これは「打球の奪い合い」による評価の歪みを少なくするための計算上の工夫で、近くを守る守備者の能力によって各人の評価が左右されないようになっている。外野への緩いフライなどを考えてもこの方式は重要である。

一方この三遊間への打球がヒットになってしまった場合、遊撃手と三塁手の両方にマイナス評価が与えられる。まずチームとして見ればこの打球で通常0.6アウトを獲得できるはずだった。それがヒットが生まれると得られるのは0アウト。0.6アウトの損となる。そして、50%が遊撃手に期待されることから0.6アウトの損失の83% ($50\% \div 60\%$) は遊撃手の責任である。残りの17% ($10\% \div 60\%$) は三塁手の責任になる。

遊撃手はアウト数では0.6に0.83を乗じた0.5のマイナスであり、これに得点価値0.72を掛け合わせた0.36が得点の単位でのマイナス評価になる。三塁手も同じように、チームとした失った0.6アウトの17%を責任として被り、0.072点のマイナス評価となる。これがUZRのマイナス評価である。

このような方式で、UZRは打球の分類ごとにアウトの見込みと得点の価値を算出しそれに基づいて選手の各守備プレーを評価するものだ。一般的にどれだけアウトが見込まれるかという平均的な水準を比較対象とする。そのため、選手ごとにプラス評価・マイナス評価を集計したUZRの値は「同じ出場機会を同じ守備位置の平均的な選手が守る場合に比べて、どれだけ失点を防いだか」という意味の数字になる。

打球の難易度を詳細に考慮していることや、被安打の損失も一般的な責任に応じてシェアしていることなど、守備の評価として説得力のある指標と言える。いくら技術論のレベルでうまいと表現される野手でも、他の守備者がアウトにできる打球をヒットにしていれば意味がない。

計算方法からわかるように、UZRはただ単にアウトを取った、ヒットを許したという結果ではなくそのプレーの価値を評価している点が大事なところだ。同じアウトの成立でも、通常95%アウトになるような打球なら、選手に与えられるプラスは非常に小さく、逆に普通10%しかアウトにならない難しい打球をアウトにすれば大きなプラスが与えられる。プレーそれぞれの価値を厳密に評価することによって、守備の価値を突き詰めて表現している。

なお、UZRは内野手を評価する際にはゴロの打球のみを対象としている。内野フライはほとんど100%アウトになるものであり、計算に含めてもたまたま誰のところかによって評価が歪む結果になるだけと判断されるためである。他方、外野手ではフライとライナーが対象になる。

また、外野手に関してはアームレーティングと呼ばれる選手の肩の強さによる「進塁抑止」効果の評価も打球の処理とは別に行っている。一般的には外野手はホームを狙う走者を送球で刺す「補殺」によって肩の力を発揮するが、肩の強い外野手の貢献はヒットで進塁を狙う走者を警

戒させて塁に留ませるという要素もある。これは決して数字に表れない要素ではなく、得点期待値の差と平均的な割合から計測可能である。

具体的には、走者一塁でライト前ヒットが出たとき、走者が右翼手の肩を警戒して二塁に留まった場合、一三塁の得点期待値になる可能性があったところを一二塁の得点期待値に抑えたことになる。この期待値の差分が失点抑止効果だ。通常一定の割合で三塁に進まれてしまうとすれば、その割合と得点価値を掛け合わせた分が進塁を抑止させた外野手の貢献値である。外野手の肩で結果が分かれる局面についての進塁抑止効果（補殺によるアウト獲得も含む）を集計したものがアームレーティングである。

捕手についてはUZRによる打球処理ベースの評価はなじまないため、盗塁阻止の数字を基礎として評価を行っている。

なお、今回のUZR評価に関しては12球団通しての評価となっている。これはリーグでの評価では同ポジションの比較対象選手の数に限られる点を考慮したためである。全体のサンプル数を優先したことでリーグ間で守備力に差のあるレフト及びライトの評価は、他のポジションより数字が極端に出ている。これは注意していただきたい点である。

守備位置補正

UZRによる守備の評価は、あくまで同じ守備位置の選手の中での比較である。異なる守備位置の選手を比較することを目的としていない。WARは最終的には異なる守備位置の選手同士の比較も目指すため、異なる守備位置のUZR同士をうまく比較するための調整が必要になる。それが守備位置補正である。

例えば遊撃手の守備は一般的に難易度が高く、能力の高い選手が集まっているため「平均的な遊撃手」の守備は「平均的な野手」が遊撃を守る場合に比べてチームの失点を減らす。貢献は大きなものとなる。その「減らしている分の失点」を「平均的な野手」と比較する場合には出場による価値として評価する必要がある。1年間の出場に対しての各守備位置の補正值は表3のようになっている。

■ 表3 各守備位置の補正值

守備位置	補正值 (点数)
捕手	12.5
一塁手	-12.5
二塁手	7.5
三塁手	2.5
遊撃手	7.5
左翼手	-7.5
中堅手	2.5
右翼手	-7.5
DH	-12.5

この数字は、守備指標の比較と集計によって求められる。仮に遊撃と三塁を両方守った選手がUZRのような数字で遊撃では-3、三塁では+3だったとするなら、同じ守備力の選手が2つの守備位置で6点の差を出していることから、遊撃手のUZR±0は三塁手のUZR±0に比べて6点分価値が高いのではないかと考える。1人の選手だけから結論を出すことはできないが、このような比較を全ての守備位置について膨大なサンプルを対象に行うと表に示したような補正值が出てくる。なお、本書のWARではMLBについて算出された数値にNPBに合わせた若干の調整（二塁手の数値を上げるなど）をして使用した。

リプレイスメント・レベル

ここまで打撃・走塁・守備・守備位置と各要素について評価を説明してきたが、これらの評価はいずれも「リーグ平均」との対比で表現されていた。しかし選手の価値を比較する基準としてリーグ平均は有効なものなのだろうか。

平均値は確かに数理的には明確で扱いやすく、指標を構築する上でのモノサシとしては大活躍する。しかし現実の野球の事情を考えると、チームはリーグ平均レベルの選手を好きなだけ用意できるわけではない。またレギュラー選手がリーグ平均と比べマイナス評価の選手だったとしても、その選手が故障し控えの選手が出てくる場合に比べれば、まだチームにとっての悪影響は小さい、というケースも多いはずである。というより、そう考えられるからこそ選手は出場機会を与えられていると言える。平均を基準にすると、平均的な能力の選手はどれだけ出場しても評価がゼロにしかならず、平均的な選手でも「出場することがチームにとって利益になる」というチーム運営の実態が反映されない。

ここで登場するのが選手を平均ではなく「リプレイスメント・レベル」と比較するというアイデアである。リプレイスメント・レベルとは出場しているレギュラーが故障などによって失われた場合、ほぼ確実に使用することができる代替手段の能力水準のことだ。一般的には「最小のコストで得られる選手に期待される働きの水準」と定義される。出場している選手がいなくなったとき、代わりに出てくるのはリーグ平均の選手ではなく控えの選手なのだから、選手の価値・貢献度を評価するにあたって評価基準をリプレイスメント・レベルにすることは現実的に即している。もちろん細かいことを言えば控えのレベルもチームによって異なる。だが控えの層の厚さで評価が変わるという不公平を避けるため、一般的なリプレイスメント・レベルを定めてそれを基準にする。

おおまかなリプレイスメント・レベルの概念で揉めることは少ないが、はっきりした答えはなく、詳細な定義となると研究者の数だけ定義が存在すると言えるほどである。本書のWARで用いるリプレイスメント・レベルはあまり議論を複雑にせず、過去のNPBについて各守備位置で最も出場が多い選手をレギュラー、残りを控えとした場合の控えの選手の成績を集計したものとしている。こうして集計すると、控えのレベルのwOBAはリーグ平均の0.88倍となる。これが数字的な意味でのリプレイスメント・レベルの定義である。やはり控えの選手の成績はリーグ平均よりも劣るものとなっている。

リーグ平均と比較してきた打撃・走塁・守備の評価をリプレイスメント・レベルと比較した評価に直すために、平均とリプレイスメント・レベルとの差を評価に加算する。

打撃における「平均的」「リプレイスメント・レベル」両選手の差 = (リーグ平均wOBA - 0.88 × リーグ平均wOBA) ÷ 1.15 × 打席

この数字は600打席では約20点になり、平均的な打者とリプレイスメント・レベルの打者との差はフルシーズンで約20点であるとわかる。

選手個別の働きの差は個別の各項目の評価で考慮されている。ここでの「20点」は、出場機会の多さに応じた「リプレイスメント・レベルの選手を出場させなかったことによる利得」だけが

カウントされている。すなわち単純に打席数に比例する数字となり、リプレイスメント・レベルを評価基準に用いるということは、実際的には出場機会の多さ（頑健さ）を積極的に評価することを意味する。なお、過去の研究からリプレイスメント・レベルの選手は守備・走塁に関しては平均的と考えられているため、計算上は打撃の部分だけを考慮する。

計算手順

以上が野手のWARの考え方と算出方法である。実際にどういった過程でWARが算出されるのか、計算方法に架空の数値例を当てはめてみよう。

まず打撃は「600打席でwOBA.350（リーグ平均.330）」であれば

$$(0.350-0.330) \div 1.15 \times 600 = 10.4$$

となる。走塁は盗塁成功20、失敗5の選手であれば

$$0.18 \times 20 - 0.32 \times 5 = 2.0$$

守備はUZRによるが、シーズンを通じて三塁と右翼を半々で出場してそれぞれのUZRが-1.0と+4.0だった場合、守備評価そのものは-3.0、補正値は三塁手の補正値である+2.5の半分（+1.25）と右翼手の補正値である-7.5の半分（-3.75）の合計で-2.5と計算される。守備の働きと補正値を合わせた利得は

$$3.0 - 2.5 = 0.5$$

である。ここまでで打撃・走塁・守備（補正値）の数値が求められ、平均的な野手が出場する場合に比べて稼いだ利得の合計は

$$10.4 + 2.0 + 0.5 = 12.9$$

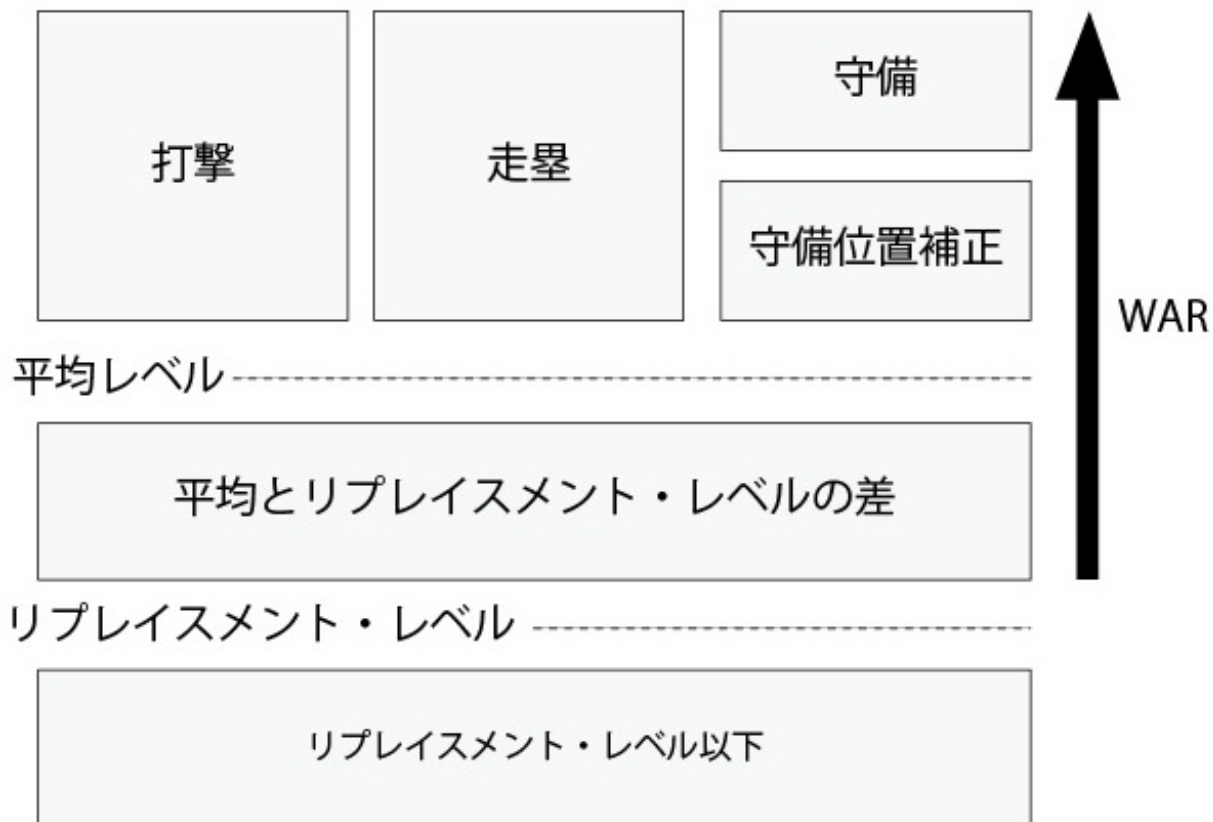
となった。そしてここにリプレイスメント・レベルの選手を出場させなかったことによる利得を加算する。リーグ平均wOBAを.330と仮定しているから

$$(.330 - 0.88 \times .330) \div 1.15 \times 600 = 20.1$$

と計算される。最後に平均に比べて上回った貢献値の12.9と平均とリプレイスメント・レベルの差である20.1を足した33.0が、この選手が「同じ出場機会をリプレイスメント・レベルの野手が出場する場合と比べ改善させたチームの得失点差」として求められる。

WARの計算上、最終的には得点数で計算されているこの数値を勝利数に計算するが、その方法は何得点で1勝が稼げるかを示すRPW（Runs Per Win）という数字で割るというもの。RPWは対象とするリーグの平均得点によって異なるが、一般的には10前後の数字である。33.0をこの10で割った3.3がWARの最終値となる。

■ 図1 野手 WAR の全体像



仮に計算例の選手のパフォーマンスが完全に平均的であった場合、平均と比較する部分の数値は全てゼロとなるため、リプレイスメント・レベルと比較した部分だけが残り、WARは2.0となる。このことから平均的な選手がフルシーズン出場した場合のWARはだいたい2.0くらいであることがわかり、WARを見るときのひとつの目安と考えることができる。

投手のWAR計算

投手に関してもLWTSの方法を応用して評価を行うが、まず問題になるのは、どこまでが投手個人の責任範囲かという問題である。

三振・四死球・本塁打の3項目に関しては守備側の野手が介入する余地がなく、守りの誰かに責任を与えるとすれば投手に与えることになる。問題は、バットに当たってグラウンド上に飛んだヒットや凡打である。

優秀な投手は被安打が少ないと一般的には考えられているが、本塁打以外のフェア打球がアウトになるか否かに関しては、統計的には投手ごとの一貫性がほとんどない。ある年奪三振率が高い投手は次の年も高い傾向があるのに対して、フェア打球がアウトになる割合に関してはそういった傾向がほぼ認められない。

これはすなわち、投手ごとに「ヒットを少なくする」能力はほとんど存在せず、被安打の多さは運や守備によるものであることを意味している。また何より、実際に打球を処理してアウトを成立させるのは野手である。計算上も、守備による安打の阻止はUZRの形で既に考慮している。ここでまた投手の被安打の少なさを評価すると、評価の体系として被安打の部分をダブルカウントすることにもなってしまう。

突き詰めれば（被本塁打以外の）被安打に関しては投手の責任と守備の責任が混在するものである。完全に明確な取り扱いはできないと考えられ、その中でどのように対処するかは議論の余地もあると思われる。だが本書のWARでは奪三振・与四死球・被本塁打の3項目によって投手を評価することとしている。このような形式はトム・タンゴが開発したFIP（Fielding Independent Pitching）という指標に倣ったものである。

実際の計算としては、投手の責任範囲を奪三振・与四死球・被本塁打の3項目と定め、打撃について行ったのと同じように、得点期待値に基づき機会あたりの失点の多さを評価する式を構築する。便宜上四球と死球はまとめている。

投球回あたりの失点の多さ（平均に対して） = $(0.30 \times \text{四死球} + 0.46 \times \text{単打} + 0.75 \times \text{二塁打} + 1.03 \times \text{三塁打} + 1.40 \times \text{本塁打} - 0.27 \times \text{アウト}) \div \text{投球回}$

プレーの得点価値の値が打撃で用いたものと異なるが、先述したように得点期待値や得点価値はリーグによって変わるものであり、こちらのほうが発表されているFIPの式に沿っているため便宜上こちらを使う。

これらの項目のうちボールインプレー（BIP）である単打・二塁打・三塁打・凡打（アウト）の結果は投手にまつわるものではない。投手の評価にあたっては、個別の結果は無視し全ての投手にそれぞれが一定の割合で生じたものと見込むことになる。この処理によって、全ての投手を「平均的な守備をバックに投げた場合」という平等な条件で評価することができる。

具体的な計算は、単打・二塁打・三塁打・凡打それぞれの得点価値を割合に応じて加重平均する。そうすると-0.04となり、BIP = 単打・二塁打・三塁打・凡打（アウト）の合計に一律でこの得点価値を乗じる。すると式は次のように書き直される。

守備から独立した投球回あたりの失点の多さ（平均に対して） = $(0.30 \times \text{四死球} + 1.40 \times \text{本塁}$

打-0.27×三振-0.04×BIP) ÷投球回

これで、守備から独立した形で投球回あたりにどれだけ失点する投手かを評価する式になる。平均的な投手ならゼロとなり、プラスなら失点の多い劣った投手、マイナスなら失点の少ない優れた投手になる。この状態でも実質的には評価として成立するのだが、数字の感覚としてはなじみがない。そこで打撃においてwOBAが数字の見た目を出塁率に合わせることでわかりやすくなったように、投手の評価も防御率に合わせる。

防御率に合わせるためにはまず、1投球回あたりになっている数字を9投球回あたりにするため全体を9倍する。そして平均をゼロとしたプラスマイナスの数字になっているため、最後に平均防御率を足すことで9回あたりの自責点の形にする。

守備から独立した防御率 = $(0.30 \times \text{四死球} + 1.40 \times \text{本塁打} - 0.27 \times \text{三振} - 0.04 \times \text{BIP}) \times 9 \div \text{投球回} + \text{リーグ平均防御率}$

9回あたりの失点が平均的な投手より0.50少ない投手がいたとして、平均防御率が4.00であれば、その投手の評価は3.50になる。

ここで評価は結局、三振・四死球・本塁打の3つだけによって決まるのだから、計算を簡便する意味でBIPの項を式から除く。BIPの得点価値-0.04をその他の項目から引いて、BIPに対する得点価値の形式にする。

守備から独立した防御率 = $(0.34 \times \text{四死球} + 1.44 \times \text{本塁打} - 0.23 \times \text{三振}) \times 9 \div \text{投球回} + \text{リーグ平均防御率}$

さらに得点価値に乗算している「×9」も、全ての選手について同じ計算をするだけである。これを得点価値に掛け合わせてしまう。

守備から独立した防御率 = $(3.06 \times \text{四死球} + 12.96 \times \text{本塁打} - 2.07 \times \text{三振}) \div \text{投球回} + \text{リーグ平均防御率}$

ところでこの計算では、投手がBIPで防げる失点をゼロとした関係上、数字が防御率より大きくなってしまいうため、最後に定数でその分を減算して調整する。この定数を-1.00、平均防御率を4.20とすれば、最終的な式は以下になる。

守備から独立した防御率 = $(3.06 \times \text{四死球} + 12.96 \times \text{本塁打} - 2.07 \times \text{三振}) \div \text{投球回} + 4.20 - 1.00$

最後に影響が少ない小数点以下の部分を四捨五入して定数の部分をまとめれば一般的に流通しているFIPの式ができあがる。

守備から独立した防御率 (FIP) = $(3 \times \text{四死球} + 13 \times \text{本塁打} - 2 \times \text{三振}) \div \text{投球回} + 3.20$

計算の手順を細かく見ていくと、やや複雑にも思えるかもしれない。だが最終的な式はシンプルな形になる。内容としても、投手個人の責任範囲を奪三振・与四球・被本塁打に絞り、それらの項目をLWTSで評価するというわかりやすいものである。結果的な選手個人のパフォーマンスがどう勝利に影響したかを評価するため、責任範囲の項目に得点価値を与えるという指標の成り立ちとしては、打者のwOBAとも共通しているので、統一的に理解することができる。

上で求めたFIPの式は防御率4.20が基準となっているが、リーグ平均防御率は年によっても異なる。実際にはその部分は調整しながら使うことになる。また、故意四球を対象外として扱う場合も多い。

本書掲載のWARの計算にあたっては、FIPの考え方をベースとして、防御率ではなく失点率のスケールで評価を行っている。

FIP (失点率スケール) = {3×(四球-故意四球+死球) + 13×本塁打-2×三振} ÷投球回 + 補正值

※補正值 (値はリーグ全体の値を用いる) = 失点率- (3×(四球-故意四球+死球) + 13×本塁打-2×三振) ÷投球回

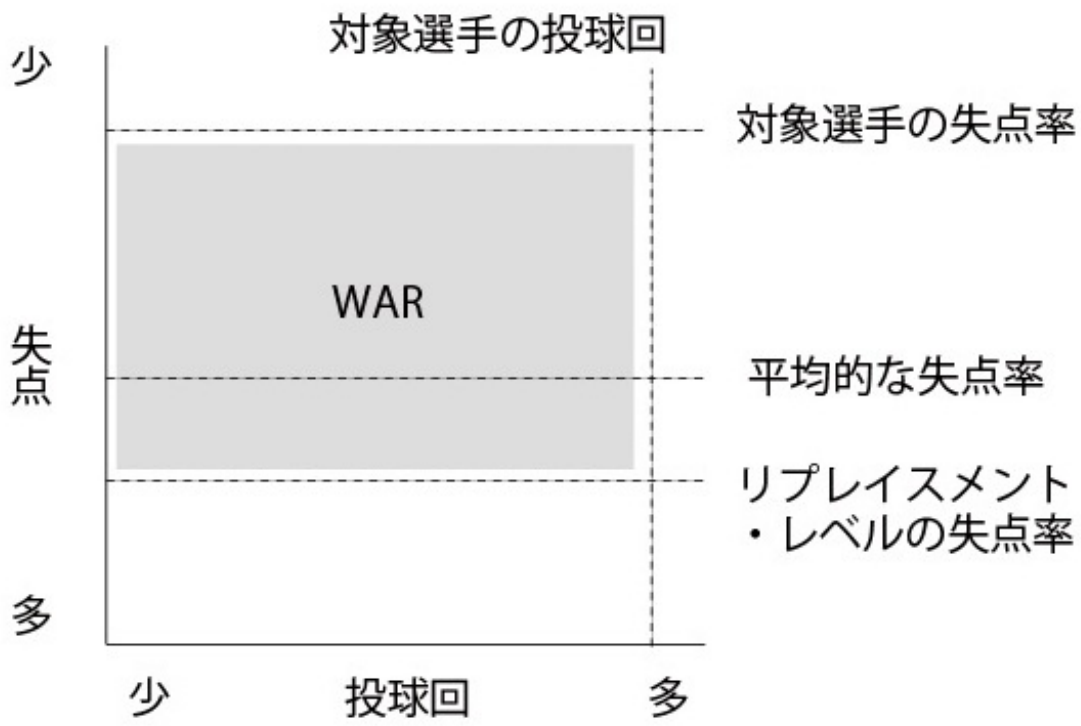
こうして計算される数字が、失点率の意味でどれだけ優秀かを表す。防御率ではなく失点率を使うのは、最終的に勝敗を決定する要素として意味のある数字は自責点ではなく失点であり、また守備の影響に関しては失策という記録とは違う形で分けて扱っているからである。

ここからWARへの変換に進む。WARがリプレイスメント・レベルとの対比によって貢献度を求める指標であることから、失点率スケールのFIPを使って同じ投球回をリプレイスメント・レベルの投手が投げる場合に比べ、どれだけ失点を防いだかを計算する。なお、この計算は先発投手と救援投手別々に行う。先発と救援でリプレイスメント・レベルの失点率が異なるからである。一般的には「短いイニングに力を集中できる」などの理由から同じ投手でも救援登板のほうが失点は少なくなる。今回は過去のデータに基づき先発投手のリプレイスメント・レベルは失点率がリーグ平均の1.39倍、救援は1.34倍と定義している。先発投手がリプレイスメント・レベルに比べて防いだ失点は次の式で計算できる。

先発投手がリプレイスメント・レベルに比べて防いだ失点 = {1.39×リーグ平均失点率-FIP (失点率スケール)} ÷9×投球回

これをRPWで割れば得点数を勝利数に変換でき、WARが計算できる。仮にリーグ平均失点率を3.50、FIPに基づく失点率を2.80、投球回を140とすれば防ぐ失点は32.1点 (WAR 3.2) となる。失点率がリーグ平均と同一なら21.2点 (WAR 2.1) である。救援投手についても、リプレイスメント・レベルを計算する係数を変えるだけで同じ計算を行う。

WARの計算構造から言えば、投手がチームに貢献する方法は「失点を少なくする」「多くの投球回を投げる」のいずれかである。さらにFIPの考え方に基づけば自身の責任範囲で失点を減らす手段は三振を奪う、四死球を与えない、本塁打を与えない、の3つとなる。



■ 図2 投手 WAR の計算構造

活用方法

WARは様々な要素を合理的に統合して、複数の選手を同じ土俵で比較したい場合に効果的である。同じ打撃力でも守備力が異なる選手は打撃指標だけを見て比較しては、正当な評価ができない。出場の多さや守備位置によってもチームにとっての価値は異なる。

場面によって様々な指標が存在するからそれで構わない—そういう考え方もあるかもしれないが、WARを用いることでデータとセイバーメトリクスの原理から見て、合理的に各種の数字を統合した場合の結果を得ることができる。異なる数字を比較・統合する道筋が根拠に基づいた手続きになるということである。

例えば、次のような2人の選手の比較を考えてみる。新聞の成績欄に載るような数字だけでは得られる情報は少ない。

A（一塁手）：打席500 打率.250 本塁打30 打点90

B（遊撃手）：打席300 打率.330 本塁打10 打点40

これを見るだけでは、どちらの選手がチームにとって貢献しているかは明確でない。四球や二塁打、盗塁の数なども考慮しないとより詳細にどれだけチームの得点に貢献しているかはわからないし、守備の評価も必要である。また、出場量も守備位置も異なる。このあたりをうまく調整して評価を行う必要があるわけだが、WARの基礎となるwOBAやUZRは合理的に攻守の働きを得点化するものであるし、出場量や守備位置の違いについてもWARは過去の統計データに基づいた客観的な補正値を与える。もちろん実際の計算では、ある程度割り切った仮定は避けられない。そのため算出されるWARの数字が全ての事情を適切に考慮した完全無欠なものとは決して言えないが、選手の総合的な価値についてのおおまかな目安とするには有効で、納得しやすい指標であると言えるだろう。

注意点

WARについては混乱が出やすい点がいくつかあるため、最後にWARに関する注意点を挙げておく。

1. 過去の貢献度を示す

WARは選手個人の過去のパフォーマンスを測定する性格の指標である。「真の能力」の類を表すことや、未来の予測をすることを目指すものではない。このため、ある年WARが飛びぬけて高くてもそれはたまたま調子が良かっただけであり次の年はWARが低いということもあり得る。これは1年間の打率が高くても、それが必ずしも将来を保証するわけではないのと同様の話である。ただし環境による有利・不利を最大限除外して各選手を平等に比較するように設計されているため、長期的にはWARの数字には選手の実力が反映されることになる。また、あるときWARが高い選手は他の期間でも高いという相関関係はある。

2. 構成要素ごとに測定の信頼度は異なる

一般的に打撃指標は選手ごとに安定している。だが、守備指標は同じ選手でも年ごとにばらつきが大きいなど測定の信頼度が劣るとされている。このように、WARを構成する評価指標は全て同じように信頼が置けるわけではない。このため、例えば同じWAR 3.0でも「打撃評価が高く守備評価が低い選手」と「打撃評価が低く守備評価が高い選手」では、前者のほうが選手のパフォーマンスが高い（あるいはパフォーマンスによって実際にチームの勝利数が増えた）ことについて強い自信が持てる。もちろん、守備指標は打撃指標に比べればやや信頼性が低いとされるだけで、設計は合理的なもので一概に不確かなものというわけではない。またリプレイメント・レベルの設定や守備位置補正など数字も、ある程度の期間をとって計算された一般的な数値である。本来「代替水準の選手は平均的な選手に比べてどれだけ劣るか」といった部分などは選手層の厚さなどリーグの事情によっても異なるはずで、WARがそれらをどれだけ反映できるかについては限界もある。

3. マイナスの数字が出る場合もある

WARは置き換えが可能な水準をゼロとして評価を行うため、マイナスのWARが記録された選手については、理論的には控えの選手と取り替えてしまったほうがよかったことになる。しかし、だからといってWARがマイナスだった選手は直ちに存在価値がないということにはならない。WARは真の能力を表すものではないから、サンプルサイズ（出場量）が少ない場合にはたまたまマイナスが出てしまう場合もあるということである。極端に言えば、リプレイメント・レベルの選手でも5打数あれば1本はヒットを打つことが見込まれるため、5打数無安打の出場をした選手はリプレイメント・レベル以下と判断される。しかし一流の打者であってもそのような試合が続くことはないとは言えず、実力があってもたまたまWARがマイナスになってしまうことはある。すなわちマイナスのWARは指標構築上の欠陥でもなければ直ちに選手の実力がリプレイメント・レベル以下であることを示すものでもない。

4. 現在のところ、WARに定まった計算方法はない

WARはリプレイメント・レベルと対比させた選手の総合的な貢献度を示す指標という意味の

一般的な用語として用いられており、アメリカでは異なる研究機関がそれぞれ独自のWARを公開している。現在のところWARに絶対的な計算方法はなく、ここでの算出は複数あるものの1つの方法であることに注意していただきたい。今後も常にアップデートの可能性のあるものである。ただし、WARである限り、それぞれの基本的な考え方や枠組みについては共通している。

今後の改修点とデータ取得

ここまでWARの考え方と算出方法について説明してきたが、ここからはWAR算出における現在の問題点と改善点についてである。

先述の通り、現在DELTAで算出したWARは、アメリカで算出されているWAR（Fangraphs）を参考にしており、今後はよりNPBの現状に即したWARに改修することが必要になる。

その中で最初にデータ取得について触れたい。主に守備評価（UZRの算出）をするために、2012年は打球のコース・距離・打球性質などを計測してきた。打球性質ではゴロ・フライ・ライナーに加え“フライナー”を採用している。これはフライの基準が余りにも広く、ポップフライとライナーに近いフライ打球でも同じ分類に区分けされるのを嫌ったためだ。

フライナーの概念は野球の守備評価手法についての考察をまとめた『Fielding Bible』でおなじみのBaseball info Solutions社も採用しているがそれに倣った形となる。今季はフライナーの分類を加えたことで、外野手のレンジ評価が実像に近づいたのは間違いないだろう。

今後さらなる守備評価の向上には、ハングタイムの計測は欠かせない。2013年シーズンからはデータの集計を検討している。打球の滞空時間を取得することで、UZRをはじめゾーン評価の精度の向上が期待できるからである。

具体的には滞空時間を計測することで、打球の強さなどの揺らぎの影響を排除することが可能になる。また、データ取得の客観性を高めることで、今回は一部手のつけられなかった走塁や併殺奪取能力に加え、外野手の肩の強さなどをより詳しく分析・評価することが可能になるだろう。現状のデータ取得は、守備評価をする初期段階であることは否めない。少しでもアメリカの評価方法に近づけるようデータ取得では改善を続けていく。

WARの改修については次のような点を課題として捉えている。「wOBA（及びFIP？）の係数を“統一球環境”で作り直すか」「パークファクター補正を行うか」「NPBに適した守備位置補正」「UZRの守備位置内リーグ平均値がゼロになるように補正するか」「救援投手のRARにレバレッジを与えるか」「NPBのリプレイスメント・レベルの定義と算出方法」「走塁評価・捕手の守備評価」

いずれもWARの精度を上げ、よりNPBとの親和性が高いものにするためには避けて通れないものだ。有識者と議論を行いながら検討していきたい。