

# 野球映像の自動タギングのための Web 速報の更新時間の誤差補正アルゴリズム

荒澤 孔明<sup>†</sup> 服部 峻<sup>††</sup>

<sup>†,††</sup>室蘭工業大学 ウェブ知能時空間研究室 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1

E-mail: <sup>†</sup>16043005@mmm.muroran-it.ac.jp, <sup>††</sup>hattori@csse.muroran-it.ac.jp

あらまし 野球映像から視聴したいシーンのみを抽出するためには、映像を自動的にシーン毎に分割し、それらのシーンに関するタグ情報も付加する自動タギングシステムが必要となる。これまでの研究では Web 速報のコンテンツ、及び、実況音声認識を用いた自動タギング手法を提案してきたが十分なシーン分割精度は得られなかった。そこで本稿では、実況音声ではなく Web 速報の更新時間に基づくタギング手法を提案し、さらに投球結果が Web 速報に反映されるまでの時間誤差を補正するアルゴリズムを導入することで精度向上を図った。

キーワード タギング, 誤差補正, 一球速報, Web テキスト抽出, 野球映像

## Error-Corrected Update Time of Web Flash Report for Automatic Baseball Video Tagging

Komei ARASAWA<sup>†</sup> and Shun HATTORI<sup>††</sup>

<sup>†,††</sup> Web Intelligence Time-Space (WITS) Laboratory, Muroran Institute of Technology  
27-1 Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido, 050-8585, Japan

E-mail: <sup>†</sup>16043005@mmm.muroran-it.ac.jp, <sup>††</sup>hattori@csse.muroran-it.ac.jp

**Abstract** To enable us to select the only scenes that we want to watch in a baseball video, we require an Automatic Baseball Video Tagging system that divides a baseball video into multiple sub-videos per scene automatically and also appends tag information relevant to scenes. Our previous papers have proposed automatic tagging methods by using contents of Web flash report for a baseball video and voice recognition of its ball-by-ball voice, but the methods cannot get enough accuracy of scene division. Therefore, this paper proposes a novel tagging method based on not the ball-by-ball voice but the update timing of the Web flash report, and tries to increase the accuracy by introducing an algorithm which corrects a time error of a pitching-result to be reflected on the Web flash report.

**Key words** Tagging, Error Correction, Ball-by-Ball Textual Report, Web Text Extraction, Baseball Video

### 1. ま え が き

スポーツ報道番組ではハイライト映像がよく使用される。その映像の多くは番組側で制作されているため、同じ試合のハイライト映像でも番組によって異なったシーンが使用される。ハイライトシーンはその試合の見どころでもあることから、試合を全て見られなかった人達に対して、短時間で試合を楽しんでもらう事がハイライト映像を制作する目的とも言えるだろう。しかしながら、視聴者が見たいと思うシーンは個々人で異なり、それら全てのシーンをハイライト映像に含めるわけにはいかない。従って、番組側が制作するような多数の視聴者の一般的なニーズ予測に基づいたハイライト映像では、個々の視聴者のニーズに全て応えるという事は不可能である。

ここで我々が野球映像から視聴したいシーンのみを抽出し、パーソナライズされたハイライト映像を作成できるようにするためには、野球映像を自動的にシーン毎に分割し、そのシーンに関するタグ情報も付加する野球映像の自動タギングシステムが必要となる。映像をシーン毎に分割し、そのシーンに関するタグ情報を付加するためには「その映像内でどのような出来事が起こったか」、及び、「その出来事はいつ起こったか」という2つの情報が必要になる。我々はこれら2つの情報をそれぞれ Web 上の一球速報と実況音声から取得する事による野球映像の自動タギング手法 [1-3] を提案してきた。当手法では Web 速報から取得したコンテンツに基づき野球試合モデルを生成し、任意の打者が打席に入っている事を示す実況音声に従って野球映像を打席単位で分割することで、平均分割精度 (F 値) とし

て 0.468 が得られた。しかし、これらの研究では、音声認識精度が不十分である、野球モデル作成のための各パラメータ設定が難点である等の課題も指摘された。

そこで本稿では、タギングに必要な 2 つの情報のうち、「その映像内でどのような出来事が起こったか」という情報は従来と同様に Web 速報のコンテンツから取得し、一方で、「その出来事はいつ起こったか」という情報は実況音声からではなく、Web 速報の更新タイミングから取得することで、更新タイミングに従った野球映像のシーン分割手法を提案する。本提案手法は従来手法と同様に打席単位のシーン分割を可能にするだけでなく、投球単位のシーン分割も可能にするというアドバンテージを持つ。一方で、実際の試合中に起きる打席イベント、または、投球イベントに対する結果が生じてから、これらの結果が Web 速報に反映されるまでにいくらかの時間が要求されるという欠点も持つ。そこで本稿では試合中のシーンイベントに対する結果が Web 速報に反映されるまでの時間誤差を補正するアルゴリズムを複数導入することで精度向上を図る。また、それらのアルゴリズムの性能を比較するため、再現率と適合率の F 値、及び、システムが認識したシーンと実際のシーンとの誤差に関する評価実験を行う。

## 2. タギングアルゴリズム

### 2.1 一球速報とアルゴリズム概要

本章では野球映像を打席単位、及び、投球単位で自動分割するタギングアルゴリズムを提案する。ここで任意の野球映像に含まれる打席シーンを  $E_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ) とし、投球シーンを  $B_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, M$ ) とする。この時、ある打席シーン  $E_i$  が打者 A の打席シーンであった場合、打者 A の 1 球目の投球シーンの投球開始時間、及び、打者 A の最後の投球シーンの投球終了時間に従うことで打席シーン  $E_i$  の打席開始時間と打席終了時間は自動的に付加される。以上より、本章では任意の投球シーンについての投球開始時間と投球終了時間の付加手法を主要な要素として論述していく。

我々は野球映像の投球単位分割の手法として、Yahoo! JAPAN スポーツナビが提供する Web サイトである一球速報 [4] の更新時間を利用した。一球速報とは実際に行われている任意の野球の試合に並行して、その試合中の投球イベントを一球毎に速報する Web サイトである。一球速報の主なページとして大きく以下の 4 種類が存在する。

- 試合開始前を速報するページ
- 試合終了を速報するページ
- 投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページ
- 打席シーン  $E_i$  の打席開始前を速報するページ

試合開始前と試合終了を速報するページはそれぞれ、その試合に関する一球速報の最初と最後のページであるため、基本的には、投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページ、及び、打席シーン  $E_i$  の打席開始前を速報するページの更新時間を用いて、投球時間を付加する。例えば、ある投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページからは、その投球シーン  $B_j$  について、投手 A が球種スライダー、球速 140km のボールを投球し、その

ボールを打者 B が空振りし、その際、1 塁走者 C が盗塁を成功させた等の情報を取得することができる。このようなある投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページが Web 上に呈示され、一定の期間を経た後（更新までの最低期間は 30 秒）、次の投球シーン  $B_{j+1}$  の投球結果を速報するページへと切り替わる。つまり、ある試合に関する一球速報からは、その試合に含まれる投球シーン  $B_j$  の投球情報を取得する事が可能である。そこで我々は、一球速報が任意の投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページから次の投球シーン  $B_{j+1}$  の投球結果を速報するページへとシフトするタイミングに従って、投球シーン  $B_j$  の投球終了時間、及び、投球シーン  $B_{j+1}$  の投球開始時間を付加するという野球映像の自動タギング手法を提案する。但し、投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページが Web 上に呈示された後、次の投球シーン  $B_{j+1}$  の投球結果を速報するページがスキップされ、投球シーン  $B_{j+2}$  の投球結果を速報するページにシフトするというケースも稀にある。このようなケースへの対応も含め、次節よりタギングアルゴリズムの詳細を論述する。

### 2.2 Web 速報に基づくデータベース構築

まず、投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページを格納するデータベースについて論述していく。ある投球シーン  $B_j$  の投球開始時間と投球終了時間を付加するためには一球速報が任意の投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページから次の投球シーン  $B_{j+1}$  の投球結果を速報するページへとシフトするタイミングを精密に取得しなければならない。この事については、実際にある 1 試合が行われている期間、1 秒間隔でその試合の一球速報の Web ページを取得し続けることで実現した。データベースは各試合毎に生成され、レコードには 1 秒毎に取得した速報ページ  $P_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, L$ ) が格納されている。また、速報ページ  $P_k$  のフィールドには、そのページ  $P_k$  が速報する投球シーン  $B_j$  の打者名、またその打者に対する何球目の投球シーンであるか、そしてその速報ページ  $P_k$  の取得時刻等が格納される。これらの速報ページ  $P_k$  は試合開始時刻から試合終了の速報ページが呈示されるまで取得され続けるため、重複ページに関するデータクレンジングを行う必要がある。本手法では、いずれの速報ページにおいても重複ページが存在した場合は、結果がより早く速報されたページをキープ、つまり後から取得された速報ページを削除する処理を行った。以上のデータベースを用い、2.3 節によって、各投球シーンに投球開始時間と投球終了時間を付加する。但し、システムは投球シーン  $B_j$  の投球情報として、図 1 中の表を一球速報から取得しておく。

### 2.3 投球時間の付加

各投球シーン  $B_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, M$ ) の投球開始時間  $T_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, M$ )、及び、投球終了時間  $T'_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, M$ ) の付加は図 1 に示している 4 つのステップによって行われる。Step 1、及び、Step 2 は一球速報の速報ページの更新時間に基づき投球時間を付加するステップである。Step 1 では、2.1 節に示した一球速報の速報ページの 4 種類のうち、投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページの更新時間に基づき、投球終了時間  $T'_j$  を付加していき、Step 2 では、打席シーン  $E_i$  の打席開始前を速報するページの更新時間に基づき、投球開始時間  $T_j$  を

付加していく。一方, Step 3, 及び, Step 4 は一球速報の速報ページの更新時間に基づいて投球時間が付加されなかった投球シーンについて, それらの投球時間を補完するステップとなる。以降より, 各ステップの詳細を論述していく。

まず, Step 1 では, 投球結果を速報するページ  $P_k$  が存在した投球シーン  $B_j$  に関して, 投球シーン  $B_j$  の投球終了時間  $T'_j$  に, その速報ページ  $P_k$  の取得時刻  $T(P_k)$  を付加する。図 1 の表から, 投球シーン  $B_j$ , 投球シーン  $B_{j+3}$ , 投球シーン  $B_{j+4}$ , 投球シーン  $B_{j+5}$  には, それぞれの投球シーンの投球結果を速報するページが存在している事が読み取れる。従って, これらの投球終了時間にはそれぞれの投球シーンの投球結果を速報するページの取得時間を付加する。

Step 2 では, 打席シーン  $E_i$  の打席開始前を速報するページ  $P_k$  が存在した場合, その打席シーン  $E_i$  に含まれる 1 球目の投球シーン  $B_j$  の投球開始時間  $T_j$  に, その速報ページ  $P_k$  の取得時刻  $T(P_k)$  を付加する。図 1 から, 投球シーン  $B_j$ , 投球シーン  $B_{j+2}$  はそれぞれ打者 A, 打者 B に対する 1 球目の投球シーンである事が読み取れる。また, 投球シーン  $B_{j+2}$  のみ, その投球シーンの打者 B に対する打席開始前を速報するページ  $P_{k+1}$  が存在する事から, 投球シーン  $B_{j+2}$  の投球開始時間  $T_{j+2}$  には, その速報ページ  $P_{k+1}$  の取得時刻  $T(P_{k+1})$  を付加する。

Step 3 では, Step 1 で投球終了時間  $T'_j$  が付加されなかった投球シーン  $B_j$  について, その投球終了時間  $T'_j$  を付加していく。当ステップはさらに 2 つの段階に小分割される。これらを図 1 の Step 3-1, 及び, Step 3-2 で示す。

Step 3-1 は, 図 1 の投球シーン  $B_{j+1}$  のように, 投球シーン  $B_{j+1}$  の投球終了時間  $T'_{j+1}$  が未だ付加されておらず, かつ, 次の投球シーン  $B_{j+2}$  の投球開始時間  $T_{j+2}$  が既に付加されているケースへの対応となる。このようなケースでは, 投球シーン  $B_{j+1}$  の投球終了時間  $T'_{j+1}$  には, 既に付加されている次の投球シーン  $B_{j+2}$  の投球開始時間  $T_{j+2}$  を付加する。

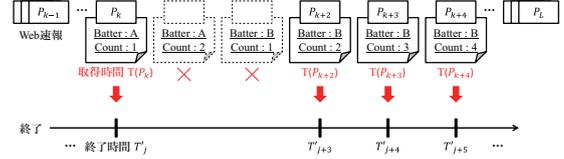
Step 3-2 は, 既に投球終了時間が付加されている 2 つの投球シーン  $B_x$ ,  $B_{x+n}$  の間に含まれる  $n-1$  個の投球シーンの投球終了時間が未だ付加されていないケースへの対応となる。このようなケースでは, 既に投球終了時間が付加されている 2 つの投球シーン  $B_x$  の投球終了時間  $T'_x$ , 及び, 投球シーン  $B_{x+n}$  の投球終了時間  $T'_{x+n}$  を  $n$  等分するように, これら 2 つの間にある  $n-1$  個の投球シーンの投球終了時間を割り当てる。例として, 図 1 の表から投球シーン  $B_{j+1}$  の投球終了時間  $T'_{j+1}$  に関しては, Step 3-2 で既に付加され, 投球シーン  $B_{j+3}$  の投球終了時間  $T'_{j+3}$  に関しては, Step 1 で既に付加されている事が読み取れる。また, これらの間にある投球シーン  $B_{j+2}$  の投球終了時間  $T'_{j+2}$  に関しては未だ付加されていない事も読み取れる。この時, 投球シーン  $B_{j+2}$  の投球終了時間  $T'_{j+2}$  は, 投球シーン  $B_{j+1}$  の投球終了時間  $T'_{j+1}$ , 及び, 投球シーン  $B_{j+3}$  の投球終了時間  $T'_{j+3}$  を 2 等分するように割り当てる。

最後に Step 4 では, 未だ投球開始時間  $T_j$  が付加されていない投球シーン  $B_j$  について, その投球開始時間  $T_j$  に直前の投球シーン  $B_{j-1}$  の投球終了時間  $T'_{j-1}$  を付加する。以上 4 つのステップにより投球開始時間  $T_j$  と投球終了時間  $T'_j$  を付加する。

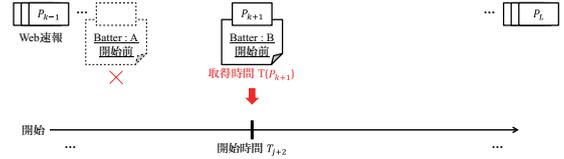
投球情報

投球シーンID	Batter	Count	投球速報ページ	開始前ページ
$B_j$	A に対する	1 球目	$P_k$	-
$B_{j+1}$	A に対する	2 球目	-	-
$B_{j+2}$	B に対する	1 球目	-	$P_{k+1}$
$B_{j+3}$	B に対する	2 球目	$P_{k+2}$	-
$B_{j+4}$	B に対する	3 球目	$P_{k+3}$	-
$B_{j+5}$	B に対する	4 球目	$P_{k+4}$	-

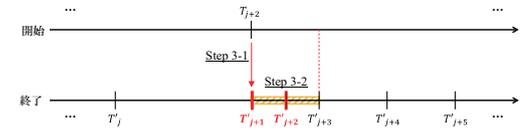
Step 1 結果速報ページ  $P_k$  の取得時間  $T(P_k)$  を投球終了時間  $T'_j$  へ



Step 2 開始前ページ  $P_k$  の取得時間  $T(P_k)$  を投球開始時間  $T_j$  へ



Step 3 未付加の投球終了時間  $T'_j$  を均等に補完



Step 4 未付加の投球開始時間  $T_j$  に直前の投球終了時間  $T'_{j-1}$  を付加

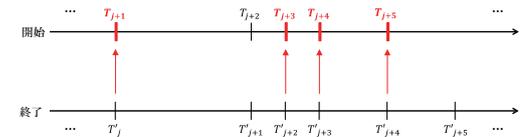


図 1 投球時間の付加プロセス

### 3. 誤差補正アルゴリズム

2 章までに提案した手法では, 投球シーン  $B_j$  の投球結果を速報するページ  $P_k$  の更新時間に基づき, 投球時間を付加してきた。しかしながら, 実際の野球映像中では, ある打者がホームランを打つ, ある投手の投球がストライクを宣告される等の投球シーン  $B_j$  に対する結果が生じてから, その結果が一球速報に反映されるまでにかかる時間を要する事を踏まえると, 一球速報の更新時間をそのまま投球時間の付加に用いる 2 章の手法のままでは, システムによって付加された投球時間には, 実際の投球シーン  $B_j$  に対する結果が生じた時間をいくらか遅延した時間が付加されてしまう。そこで以降, この誤差を補正するアルゴリズムをいくつか提案していく。

#### (i) 均一補正

本誤差補正アルゴリズム (i) は, パラメータ  $\Delta t$  (秒) を用いた以下の式に基づき, 全ての投球シーン  $B_j$  の投球開始時間  $T_j$  と投球終了時間  $T'_j$  を均一に繰り上げるといものになる。

$$T_j \leftarrow T_j - \Delta t$$

$$T'_j \leftarrow T'_j - \Delta t$$

## (ii) 投球毎補正

任意の打者の最後の投球シーンの投球結果を速報するページでは、それ以外の投球シーンの投球結果を速報するページと比較して、ページに含めなければならない情報項目が多い。例えば、ある打席シーン  $E_i$  が打者 A に対して 5 球の投球を行った打席シーンであった場合、1~4 球目の投球結果を速報するページには、一般的に、球種スライダー、球速 140km、その投球を打者 A は見逃してストライクが宣告された等のような情報を含む。一方、打者 A に対する最後の 5 球目の投球シーンについては、打者 A の打席に対する結果が生じる投球シーンであるため、この投球結果を速報するページには、前述した投球に関する情報に加え、打者 A がセンターにボールを打ち返し、野手 B がそのボールを捕球した等の情報も必要となる。また一球速報では、ある打席に対する結果が生じた際、ページ内に表示されているグラウンドのイラストにボールとその打球の行方を示すライン等も描き加えられる。このように、各打者最後の投球シーンはその投球結果を速報するページに含めなければならない情報が多いことから、一球速報では、各打者最後の投球シーンの投球結果を速報するページは、それ以外の投球シーンの投球結果を速報するページと比較して、ユーザにページが呈示されるまでの時間が長く掛かるのではないかとこの仮説を立てた。誤差補正アルゴリズム (ii) は以上の仮説に基づき、誤差補正アルゴリズム (i) のように全投球シーンを一括で繰り上げるのではなく、投球毎に繰り上げる時間を変化させていくものになる。

まず、以下の式に基づき、投球シーン  $B_j$  を各打者最後の投球シーンとそれ以外の投球シーンの 2 種類に分類し、それぞれで投球終了時間  $T'_j$  を繰り上げる時間  $\Delta t$  に重みを付加するために以下の関数  $W(B_j)$  を定義した。

$$W(B_j) = \begin{cases} w & (B_j \text{ が各打者最後の投球シーンの場合}) \\ 1.0 & (B_j \text{ がその他の投球シーンの場合}) \end{cases}$$

この関数  $W(B_j)$  を用いて、次の式により投球シーン  $B_j$  の投球終了時間  $T'_j$  を補正していく。但し、投球シーン  $B_j$  の投球開始時間  $T_j$  に関しては、誤差補正アルゴリズム (i) を用いる。

$$T'_j \leftarrow T'_j - W(B_j) \times \Delta t$$

## 4. 評価実験

### 4.1 従来手法との比較評価

表 1 には、4 試合平均として、従来手法（文献 [2] で別の 5 試合に対して最適化したパラメータを用いる）における打席単位のシーン分割精度、及び、提案手法における打席単位と投球単位のシーン分割精度が示されており、従来手法と比較して精度

表 1 従来手法と提案手法のタギング精度（4 試合平均）

	打席分割			投球分割		
	再現率	適合率	F 値	再現率	適合率	F 値
従来手法	0.476	0.353	0.400	—	—	—
誤差補正なし	0.701	0.666	0.683	0.166	0.159	0.162
誤差補正 (i)	0.911	0.867	0.888	0.757	0.719	0.736
誤差補正 (ii)	0.911	0.867	0.888	0.750	0.729	0.738

の改善が確認できる。従来手法は、ある打席シーン  $E_i$  の打者が打席に入っている事を示す実況音声が存在した場合、その実況ポイントに従って打席シーン  $E_i$  の打席開始時間を付加し、存在しなかった場合は推定アルゴリズムを用いて補完するというものである [1-3]。一方、本提案手法は、打席シーン  $E_i$  の打席開始前を速報するページ、及び、打席シーンの打席結果を速報するページ（その打者に対する最後の投球シーンの投球結果を速報するページ）が存在した場合、それぞれのページに従って、打席開始時間と打席終了時間を付加し、存在しなかった場合は図 1 の Step 3 や Step 4 のように補完するというものである。

従来手法のような、ある打者が打席に入っている事を示す実況音声に基づき付加された打席時間も、提案手法のような、ある打席の打席結果を速報するページに基づき付加された打席時間も、補完によって付加された打席時間と比較して正確にシーン分割する事を可能にするが、従来手法では、実況音声に基づき打席シーン  $E_i$  の打席開始時間の付加のみが行われ、打席終了時間に関しては全て、直後の打席シーン  $E_{i+1}$  の打席開始時間をそのまま採用するという補完が行われる。一方で本提案手法では、ページの有無に依るものの、打席シーン  $E_i$  の打席開始時間と打席終了時間の両方を補完ではない手法で付加する事を可能とする。本稿で評価した 4 試合の野球映像に含まれる全 273 打席の内、打席の開始前を速報するページと、その打席シーンの打席結果を速報するページがどちらも存在していた打席シーンの個数は 182 個であった。このことから、67%の打席シーンの打席開始時間と打席終了時間が補完ではなく、より正確な、ページの更新時間に基づき付加されている事になる。そのため、従来手法よりもシーン分割精度が向上したと考察できる。

### 4.2 誤差補正アルゴリズムの (i) に関する評価

前節では、従来手法と提案手法を比較評価したが、ここからは提案した誤差補正アルゴリズム (i) と (ii) を比較評価する。図 2 には、誤差補正アルゴリズム (i) において、投球開始時間や投球終了時間を繰り上げる補正パラメータ  $\Delta t$  (秒) の値を変化させた時の投球単位のシーン分割精度が示されている。一方、図 3 には、誤差補正アルゴリズム (i) において、補正パラメータ  $\Delta t$  の値を変化させた時の打席単位のシーン分割精度が示されている。投球単位のシーン分割については、4 試合の平均 F 値の最高値は 0.736 であり、その時の補正值  $\Delta t$  は 32 秒であった。また、各々の試合毎に F 値を最高にする補正パラメータ  $\Delta t$  の値と、4 試合の平均 F 値を最高にする 32 秒との間に大きな差は見られなかったことから、誤差補正アルゴリズム (i) における投球単位のシーン分割時の補正パラメータ  $\Delta t$  として 32 秒付近の値が適切であると考察できる。一方、打席単位のシーン分割については、4 試合の平均 F 値の最高値は 0.888 であり、その時の補正值  $\Delta t$  は 39 秒であった。また、投球単位のシーン分割精度を最高にする補正值  $\Delta t$  は 32 秒であったと前述したが、その値との間には +7 秒という誤差が生じた。しかしながら、各々の試合で F 値を最高にする補正パラメータ  $\Delta t$  の値と 39 秒との間に大きな差は見られなかったことから、誤差補正アルゴリズム (i) における打席単位のシーン分割時の補正パラメータ  $\Delta t$  として 39 秒付近の値が適切であると考察できる。

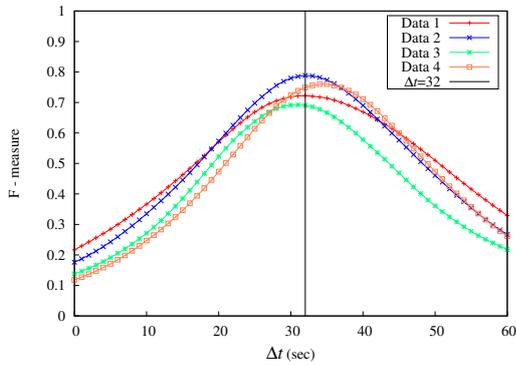


図 2 補正パラメータ  $\Delta t$  の変化に伴う F 値 (投球分割)

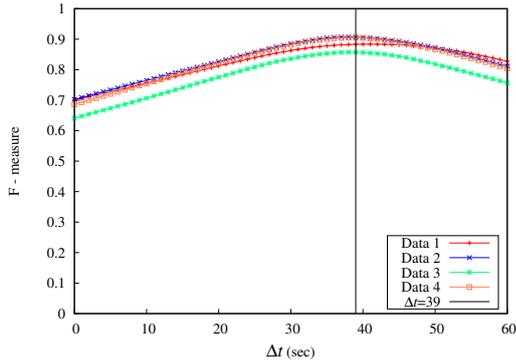


図 3 補正パラメータ  $\Delta t$  の変化に伴う F 値 (打席分割)

#### 4.3 誤差補正アルゴリズム (ii) に関する評価

表 1 より、誤差補正アルゴリズム (i) と (ii) とでシーン分割精度に大幅な改善は見られなかった。誤差補正アルゴリズム (ii) における打席単位のシーン分割精度の最高値は 0.888 であり、その時の補正值  $\Delta t$  は 39 秒、重み  $w$  は 1.00 であった。誤差補正アルゴリズム (i) とは、誤差補正アルゴリズム (ii) における重み  $w$  が 1.00 の場合を指すため、誤差補正アルゴリズム (ii) において重み  $w$  が 1.00 の場合に打席単位のシーン分割精度が最高になるという事は、重み  $w$  は打席単位のシーン分割において効果的なパラメータではなかったと言える。また、投球単位のシーン分割精度についても同様に考察でき、誤差補正アルゴリズム (ii) における投球単位のシーン分割精度の最高値は 0.738 であり、その時の補正值  $\Delta t$  は 32 秒、重み  $w$  は 1.09 であった。誤差補正アルゴリズム (i) における投球単位のシーン分割精度の最高値は 0.736 であり、誤差補正アルゴリズム (ii) によって多少改善されたものの、大幅な改善とはならなかった。

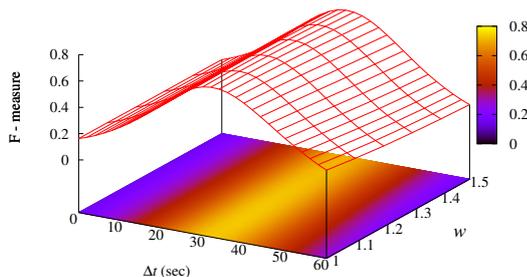


図 4 補正パラメータ  $\Delta t$  と重み  $w$  の変化に伴う F 値 (投球分割)

図 4 には、誤差補正アルゴリズム (ii) において、補正值  $\Delta t$  と重み  $w$  を変化させた時の投球単位のシーン分割精度が示されており、補正值  $\Delta t$  に関しては投球単位のシーン分割精度に大きな影響を与えているが、重み  $w$  に関しては投球単位のシーン分割精度にあまり影響を与えていないという事が確認できる。

#### 4.4 投球シーンの分類に基づく分析

前節で指摘された重み  $w$  があまり効果的なパラメータでなかった要因を特定するため、本評価実験で用いた 4 試合の野球映像について、さらに詳細な分析を行った。まず、4 試合に含まれる全投球シーン 1136 球を以下の 4 種類に分類した。但し、ある打席最初かつ最後の投球シーンとは、その打席シーンが 1 球で終了した場合における、その 1 球の投球シーンの事を指す。

分類 1 ある打席最初かつ最後の投球シーン

分類 2 ある打席最初の投球シーン

分類 3 ある打席最後の投球シーン

分類 4 その他の投球シーン

このように投球シーンを分類し、その分類毎に、投球開始時間と投球終了時間の誤差に関する分析を行った結果を表 2 に示す。誤差補正アルゴリズム (i) における投球単位のシーン分割精度を最高にする補正值  $\Delta t = 32$  (秒) に基づき、全投球シーンを補正值  $\Delta t = 32$  (秒) だけ繰り上げた時点での投球開始時間と投球終了時間の誤差に関する評価が示されている。

まず、分類毎に開始平均誤差と終了平均誤差を評価すると、開始平均誤差に関して最も誤差があったのは分類 1 で、その誤差は 16.20 秒であり、一方、終了平均誤差に関して最も誤差があったのも同じく分類 1 で、その誤差は 12.04 秒である事も確認できる。これらの誤差は他の分類の平均誤差から見てもその大きさが目立つ。分類 1 は、ある打席シーンが 1 球で終了した場合のその 1 球の投球シーンの事であり、全 1136 球の内で 27 球と 2% ほどしかないが、分類 1 に該当する投球シーンのみの F 値は 0.641 しかなく、シーン分割精度として十分であるとは言えないため改善の余地がある。分類 1 に該当する投球シーンを補正值  $\Delta t = 32$  (秒) だけ繰り上げた時点で、未だ終了時間の誤差が正の値を取る投球シーンは、27 球中 23 球と 85% を占めており、また、分類 1 の投球終了時間に関する評価において、平均誤差が 12.04 秒、その標準偏差が 10.40 秒である事を踏まえると、分類 1 に該当する投球シーンの終了時間の繰り上げ時間に関しては更に長く設定する必要があると考察できる。

次に、分類 1 を除く 3 つの分類に関して、最も 2 乗誤差があったのは分類 2 の開始 2 乗誤差で、38.55 秒である事が確認できる。また、分類 2 に該当する投球シーンを補正值  $\Delta t = 32$  (秒) だけ繰り上げた時点で、未だ開始時間の誤差が正の値を取る投球シーンは、246 球中 180 球であったにも関わらず、開始平均誤差は  $-1.27$  秒であり、負の値になっている事も確認できる。分類 2 は、ある打席最初の投球シーンの事を指すが、これらの投球シーンの開始 2 乗誤差が大きくなった要因として、分類 2 のようなある打席最初の投球シーンへの投球開始時間の付加手法の不備が挙げられる。ある打席最初の投球シーンへの投球開始時間の付加手法には 2 種類あり、1 つ目はその打席開始前を速報するページの更新時間を付加する手法、2 つ目は直

表 2 補正パラメータ  $\Delta t = 32$  (秒) で均一補正した時点での投球開始時間と投球終了時間誤差

野球映像 5 試合の全投球数 : 1136 (球)									
分類 1		分類 2		分類 3		分類 4			
27 (球)		246 (球)		246 (球)		617 (球)			
開始	誤差 (正)	22 (球)	誤差 (正)	180 (球)	誤差 (正)	113 (球)	誤差 (正)	258 (球)	
	誤差 (負)	5 (球)	誤差 (負)	66 (球)	誤差 (負)	133 (球)	誤差 (負)	359 (球)	
	平均誤差	16.20 (秒)	平均誤差	-1.27 (秒)	平均誤差	1.05 (秒)	平均誤差	0.02 (秒)	
	標準偏差	33.36 (秒)	標準偏差	38.53 (秒)	標準偏差	8.68 (秒)	標準偏差	12.04 (秒)	
	2 乗誤差	37.10 (秒)	2 乗誤差	38.55 (秒)	2 乗誤差	8.75 (秒)	2 乗誤差	12.04 (秒)	
終了	誤差 (正)	23 (球)	誤差 (正)	93 (球)	誤差 (正)	174 (球)	誤差 (正)	280 (球)	
	誤差 (負)	4 (球)	誤差 (負)	153 (球)	誤差 (負)	72 (球)	誤差 (負)	337 (球)	
	平均誤差	12.04 (秒)	平均誤差	-1.09 (秒)	平均誤差	6.06 (秒)	平均誤差	1.09 (秒)	
	標準偏差	10.40 (秒)	標準偏差	10.74 (秒)	標準偏差	10.37 (秒)	標準偏差	11.39 (秒)	
	2 乗誤差	15.91 (秒)	2 乗誤差	10.79 (秒)	2 乗誤差	12.01 (秒)	2 乗誤差	11.44 (秒)	

前の投球シーンの投球終了時間を付加する手法である。前者の手法によって付加された投球シーンの F 値は 0.626 であったのに対し、後者の手法によって付加された投球シーンの F 値は 0.433 であり、ある打席最初の投球シーンに関してのみ言及すれば、後者の手法で付加された投球シーンの F 値が、前者の手法で付加された投球シーンと比較して 0.193 も低い。また、前者の開始 2 乗誤差が 18.73 秒であったのに対し、後者の開始 2 乗誤差は 33.69 秒であった。この結果の要因を分析していく。

ある打席最初の投球シーン  $B_j$  については、前の打席シーン  $B_{j-1}$  から投球シーン  $B_j$  にシフトする際に、暫くの間（打者の交替時間等）を要する。この時、その打席の打席開始前を速報するページが存在しない場合は、直前の打席シーン  $B_{j-1}$  の投球終了時間をそのまま付加してしまうことになるため、システムとしては、本来、投球シーン  $B_{j-1}$  と投球シーン  $B_j$  の間に存在するはずである打者交替や攻守交替等の時間も投球シーン  $B_j$  として含まれてしまう恐れがある。これが要因となり、分類 2 では、適合性が下がり、開始 2 乗誤差が大きくなった。

さらに、分類 1 を除くその他 3 つの分類に関して、最も平均誤差が大きいのは分類 3 の終了平均誤差であり、6.06 秒である事が確認できる。誤差補正アルゴリズム (ii) では、ある打者の最後の投球シーンに関して、投球結果が Web に反映されるまでの時間がその他の投球シーンと比較して長くなるのではないかと仮説を論じた。また、分類 2 の終了平均誤差は -1.09 秒であり、分類 4 の終了平均誤差は 1.09 秒である事から見て、分類 3 に該当する投球シーンは誤差補正アルゴリズム (ii) のように、補正時間を長く設定する事で全体の F 値は改善される事が期待された。しかし、実際に分類 3 に該当する投球シーンのみの F 値は誤差補正アルゴリズム (i) を用いた時で 0.832、一方、誤差補正アルゴリズム (ii) を用いた時で 0.838 であり、分類 3 に該当する投球シーンのみの F 値でさえ大幅な精度改善は行われなかった。これは分類 3 の終了平均誤差は 6.06 秒であったが、その標準偏差は 10.37 秒、2 乗誤差は 12.01 秒であり、ばらつきが目立つ事が要因として挙げられる。

分類 3 に該当する投球シーンを補正值  $\Delta t = 32$  (秒) だけ繰り上げた時点で、未だ終了時間の誤差が正の値を取る球シーンに関しては、もう少し長い繰り上げの必要性があるが、補正值

$\Delta t = 32$  (秒) だけ繰り上げた時点で、既に終了時間の誤差が負の値を取る投球シーンに関しては、これ以上長い時間を繰り上げると F 値は低下してしまう。分類 3 に該当する投球シーンを補正值  $\Delta t = 32$  (秒) だけ繰り上げた時点で、未だ終了時間の誤差が正の値を取る投球シーンは 246 球のうち 174 球と 70% を占めているものの、未だ正の誤差を持つ投球シーンと既に負の誤差を持つ投球シーンが混在していた事が誤差補正アルゴリズム (ii) により大幅な精度改善が行われなかった要因である。

## 5. む す び

本稿では、Web 速報の更新時間に基づく野球映像の自動タギングアルゴリズム、及び、投球結果が Web 速報に反映されるまでの時間誤差を補正するアルゴリズムを提案した。打席単位でのシーン分割としては、従来手法と比較して、F 値で +0.488 の改善が得られ、また新しく投球単位での分割も可能とし、その分割精度として F 値 0.738 が得られた。誤差補正アルゴリズム (i) は、タギング精度を大幅に改善したが、それ以上の精度が期待された誤差補正アルゴリズム (ii) に関しては、誤差補正アルゴリズム (i) と同等のタギング精度しか得られなかった。そこで 4 章では全投球シーンを 4 分類して評価を行い、誤差補正アルゴリズム (ii) の課題を指摘した。その課題の 1 つである、分類 3 における未だ正の誤差を持つ投球シーンと既に負の誤差を持つ投球シーンの混在に関しては、他の分類でも同じ事が言えるため今後の課題として、本稿での分析に用いた 4 分類をさらに小分割して、その小分割毎に繰り上げ時間を設定する事を今後検討し、精度の向上を図る。

## 文 献

- [1] 荒澤 孔明, 服部 峻, “一球速報と実況音声認識を用いた野球映像の自動タギング,” 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 信学技報, Vol.115, No.405, pp.1-6 (2016).
- [2] 荒澤 孔明, 服部 峻, “野球映像の自動タギングのための試合モデルの精密化,” 第 43 回 知能システムシンポジウム, A1-2 (2016).
- [3] Komei Arasawa, and Shun Hattori, “Comparative Experiments on Models for Automatic Baseball Video Tagging,” Proc. of the Joint 8th Int'l Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th Int'l Symposium on advanced Intelligent Systems, Sa3-3-4, pp.678-685 (2016).
- [4] Yahoo! JAPAN スポーツナビ, 一球速報, <http://live.baseball.yahoo.co.jp/npb/game/2016090602/score> (2016).