9S ジャイロを用いた武道の有効打判定システム

Effective Hit Judgment System of the Budou Using the Gyro

○ 平岡 史博 (法政大院) 穂苅 真樹 (法政大院)

正 渡辺嘉二郎 (法政大院)

Fumihiro HIRAOKA, Graduate School of Engineering, Hosei University, Kajincho3-7-2, Koganei-si, Tokyo

Masaki HOKARI, Graduate School of Engineering, Hosei University

Kajihiro WATANABE, Graduate School of Engineering, Hosei University

In budou, effective hit is chiefly judged to the opponent by umpire's eyes. The shock speed of the tool going up as athlete's skill improved and judging only by umpire's eyes became difficult. As a result, the possibility of causing the misjudgment has risen. If the judging standard can be quantified, and there is a system that can easily judge effective hit, it can use not only the misjudgment prevention but also to practice shock, and is useful for a further improvement of the skill.

The judgment method of assuming sports chanbara to be an example in the main discourse and using the gyro sensor and the system that had achieved it were constructed. Moreover, the validity of the effective hit judgment system that achieved it was verified by the experiment.

Key Words : gyro sensor, effective hit, judgment system, sports chanbara

1. はじめに

剣道やボクシングなど対戦相手への有効打の判定は、主に審判の眼で行なわれる。競技者の技術の向上に伴い、打具の打撃速度が上がり審判の眼だけで判定することが難しくなった。この結果、誤審を招く可能性が高くなってきた。カメラで撮影した映像であれば有効打をとらえることができるが、判定までに時間がかかり、競技をスムーズに進めることが出来なくなる。また、カメラ1台では死角という問題が生じる。この問題を解決するために2台以上のカメラが必要になるが撮影システムも大規模になり設置場所が限られてしまう。カメラを使用した計測法はいくつかの問題を抱えて、判定基準を定量化することができないため、実際の試合で判定の補助に使用することがない。判定基準を定量化することができ、有効打を簡単に判定できるシステムがあれば、誤審防止だけでなく、打撃の練習にも利用でき、技術の更なる向上に役立つ。

本論では、スポーツチャンバラを例としてジャイロセンサを使用した判定システムを提案する。このシステムはセンサにより回転角速度を計測するから、衝撃で発生する速度より有効打の判定を行なう。

2. 有効打と問題の記述

2-1 有効打の問題点

スポーツチャンバラの打具は、真剣と同様なので対戦相手のどの部位にどのように当てても有効打と見なされる。しかし、軽い接触は有効打とは見なさないとしている。軽い接触とは、打具の先1cm程度が当たることと、弱い力で対戦相手に打撃を加えることである。弱い力は、物理量であらわされていないため審判の主観量になり、審判によって判断が異なる。

2-2 仮定と問題の記述

打具による打撃が有効打であるかをセンサで判定するためには、有効打でない打撃のときにシステムが反応しないことが求められる。有効打以外でシステムが反応しないために、次のような仮定を設ける。

(A1)最大の力で空振りした計測値以上を有効打とする。

(A2)競技者の技術や体力の違いは考慮しない。

以上の仮定のもと本研究では、スポーツチャンバラの打

撃による回転運動の有効打を計測する。この打撃の有効打を判定する方法とシステムを考える。具体的には、以下の問題について考える。

(P1)検出センサは何が適切か

(P2)判定システムの構築

(P3)システムの妥当性の検証

3. 有効打検出センサの選択

問題(P1)について検討する。

有効打を判定するには、打具の打撃を計測できるセンサが必要である。

打具の打撃を計測するためにはレートジャイロ、加速度センサ、コンデンサマイクロフォンなどの利用が考えられる。

加速度センサを使用した場合、センサを打具に取り付けるので耐久性に問題がある。

コンデンサマイクロフォンは打撃音をとることによって容易に有効打を判定できるが打具の微妙な圧力の変化によってシステムの調整が必要になるため適していないと考える。

レートジャイロを使用した場合、打具の圧力変化に対応できるのでシステムの調整が必要ないうえ、耐久性も加速度センサよりもある。また、打具は真剣と同様の扱いをするから、ある決まった1軸以外で打撃を与えても有効打と見なさないことを考えるとレートジャイロは決まった1軸以外計測しないことから検出センサとして適している。以上のことから、今回の実験では、レートジャイロを使用する。

4. 有効打判定システム

問題(P2)について検討する。

打具にセンサを取り付けて、上下運動させることにより回転角速度を計測して、システムにより処理をして有効打の判定を行なう。実験環境をFig.1に示す。

使用するレートジャイロは(株)村田製作所ジャイロスターENC-03Jである。このセンサはサイズ15.5mm×8.0mm×4.3mm、重さ1.0g以下と小型かつ軽量なので打具に取り付けても競技に影響を与えない。打具に取り付けたレート

ジャイロセンサで打具の上下運動の回転角速度を計測する際、衝撃で発生する速度から有効打を判定する。

Fig.1 The proposed effective hit evaluation system

4-1 判定システム

製作したシステムの概略図を Fig.2 に示す。ジャイロセンサで計測した回転角速度に HPF をかける事で、空振りと有効打の波形に違いを出す。全波整流をかけ増幅器で波形を増幅させて、コンパレータで空振りと有効打の判定をする。タイマー IC を使用して LED を約 10 秒間光らし、審判が目で見て判定できるシステムにする。

Fig.2 Effective system

コンパレータの比較基準電圧を決めるため、最大の力で空振りし全波整流にかけて増幅したものを n 回計測する。各計測値の最大値を式(1)より計算する。同様に、有効打のときも計算する。空振りと有効打を比較して、コンパレータの比較基準電圧を決める。

$$\bar{x} = \bar{x} \pm t(\phi, \alpha) \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (1)$$

n : 打撃の回数

x_n : n 回目の打撃の最大値

4-1 センサの設置位置

スポーツチャンバラの打具の種類は短剣、小太刀、長剣、槍、杖の 5 種類がある。実験では、競技に一番多く用いられ、かつ審判の判定が最も難しい小太刀を使用する。実際に用いた小太刀を Photo.1 に示す。

Photo.1 Kodachi

センサの設置位置として Photo.1 に示す、A(鍔先)、B(鍔元)、C(柄の付根)、D(柄の先端)の 4 ヶ所について検討した。設置位置 A は、センサが対戦相手に当たってセンサが破損する可能性があるうえ、対戦相手にケガをさせる恐れがあるので設置位置に適していない。設置位置 D は、競技者が競技をするとき手に当たり違和感があるので適していない。競技をする際の問題がない設置位置 B, C に関してセンサを取り付け実験を進めながら決める。

5. 実験

問題(P3)について検討する。

5-1 打具の周波数解析

設置位置 B, C にレートジャイロを取り付けて、空振りしたときと軽く打撃を加えたときを計測する。Fig.2 に空振りしたグラフと軽く打撃を加えた時間応答のグラフを、Fig.3 に Fig.2 の周波数応答のグラフを示す。

Wide swing Effective hit
(1) Sensor position B

Wide swing Effective hit
(2) Sensor position C
Fig.3 Original signal

Wide swing Effective hit
(1) Sensor position B

(2) Sensor position C
Fig.4 Frequency analysis

Fig.3(A),(B)の空振りと軽く打撃を加えたときを比較すると回転角速度の違いがあるが、波形に大きな違いは見られない。Fig.4(A),(B)を比較すると周波数帯域が違うところがある。ハイパスフィルタを入れることで、空振りと軽く打撃を加えたときの波形を変化するので有効打の判定ができると考える。また、設置位置を決定するには波形違いが小さいのでここでも設置位置の決定はしない。ハイパスフィルタは、40Hz程度に設定する。

5-1 打具の打撃計測

有効打を判断できるかを見るために、Fig.4 に全波整流後に計測した設置位置 B,C の波形を示した。この結果を比較し、設置位置に適しているところにセンサを取り付ける。

(1) Sensor position B

(2) Sensor position C

Fig.5 Shape of waves after processing signal

設置位置 B は、回転角速度の変化が小さいため有効打の判定をする際に誤作動を招く可能性が高い。設置位置 C は、回転角速度の変化が大きく誤作動を招く可能性が低いので有効打を判定する設置位置として適している。

以上のことから、今後は設置位置 C にセンサを付けて有効打を判定することにした。

5-3 有効打判定評価

センサを設置位置 C に付けて空振りと有効打を計測して、式(1)の計算結果を以下に示す。

空振り : 2.37 ± 0.02 (V)

有効打 : 6.03 ± 0.04 (V)

以上より空振りと有効打のときの電圧は全く違う帯域にあるので有効打を判定するのに問題なく判定することができる。コンパレータの比較基準電圧は誤作動を防止することも考えて 2.7V に設定する。

5-4 判定システムの妥当性

設定したシステムにより最大の力で空振りしたときに誤作動しないかを実験した。この実験を 100 回以上繰り返したがシステムが誤作動することはなかった。このことからシステムの妥当性が実験的に証明できた。

6. むすび

本研究で、ジャイロセンサを使用して有効打判定をするために実現したシステムについて述べた。具体的には、検出センサとそのセンサの設置位置を決定することにより、最適で誤作動しないシステムを構築することに成功し、実験で妥当性についても検証した。実際の競技で使用することを想定し、今後は以下のことに取り組んでいる。

- (1)技術や体力の個人差を考慮したシステムの設定
- (2)システムの無線化及び小型化

参考文献

- 1)白土義男：図解アナログ IC のすべて，東京電機大学出版局(1986)
- 2)穂苅真樹 その他：スポーツフォームの運動解析と計測—ゴルフドライバースイングフォームの計測—，計測自動制御学会論文集，Vol.38, No.11, pp922-930, 2002