

加速度センサを応用したスポーツ能力測定装置の開発

黒 田 正治郎

抄録

3軸の加速度センサとマイクロコンピュータをパソコンに組み合わせることにより、ボクシングに特化したウェアラブルな打撃測定装置と計測結果の数量化システムを開発した。

本システムを用いた3方向の加速度の測定から、選手の体力、打撃の種類、打撃の平均値、打撃リズムなどを計測することができた。

キーワード

ウェアラブル、スポーツ能力測定装置、プログラミング、ボクシング、小型軽量

The Development of the Wearable System for Boxing Using the Acceleration Sensor

Kuroda, Shoziro

Abstract

Using a three-axis acceleration sensor, a micro-computer together with a PC, I experimentally devised a wearable system specialized in boxing.

This system is characterized by high portability and high-cost-performance. By measuring acceleration in 3 axial directions using this system, it is possible to measure hitting rhythm, a boxer's physical strength and an average of blows and a kind of blows in boxing.

Key Words

wearable system, boxing, acceleration, micro-computer, programming, high portability

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. システム設計
- § 3. システム概略
- § 4. 分析方法
- § 5. 打撃波形の計測
- § 6. 打撃加速度の測定
- § 7. まとめ

§ 1. はじめに

スポーツを科学的に分析し、個人の運動量や走行速度、敏捷性を計測し、選手の特徴や欠点、さらにはその改善方法を検討する方法が考案されている。また、作戦やフォーメーションなど総合的なチーム力の向上に活用されようとしている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

しかし、ボクシングに特化した小型軽量な装置は未開発であることから、加速度センサと小型のCPUを組み合わせたウェアラブルデバイスを試作した。さらに、ボクシング選手の打撃における加速度の計測から、打撃数、打撃力、左右の打撃バランス、打撃の種類等を分析し、選手の特徴や欠点の視覚化および数値化を試みた。この結果をもとに、統計的な解析が可能なスポーツ能力測定装置の開発を目指した。

§ 2. システム設計

ボクシングにおける有効打には、打撃加速度と打撃回数、踏み込み速度などが大きな要素であることから、加速度センサと小型のCPUを組み合わせたウェアラブルデバイスを開発し、リアルタイムでの分析システムを行った。さらに、集計とデータ化のためのデータベースシステムを考案した。

2-1. アプリケーション開発環境

一般的なプログラミング環境と通信環境が整っていれば、通常仕様のPCでシステム構築が可能であることから、本稿では、上記分析システムとデータベースシステムの開発を、Windows8.1+VisualStudioで行った。デスクトップPC(以降PC)で開発した後、リングサイドでの計測が可能のように、可搬なWindowsTablet(以降Tablet)に移植した。また、システム開発時間を短縮するために、PCとTabletの分解能を統一し1,920×1,080とした。

2-2. ウェアラブルデバイスの開発

前後/左右/上下の3方向の加速度を計測するために、3軸加速度センサ(KXR94-2050:測定レンジ±2G:Kionix社製)を使用した。なお、心拍数計測を可能とするためのPulse Sensor(SEN-11574:SparkFun Electronics)用のポートを1基を設けた。

本稿で使用した加速度センサの回路及び加速度算出用コードは、Kionix社のdatasheetを参考にした⁽⁴⁾。また、PulseSensorの仕様は、SparkFun社のdatasheetを参考にした⁽⁵⁾。

2-3. 計測用小型μPの選別

現在、Edison、RaspberryPi、Arduinoなどの小型マイコンが多く開発されているが、試作を繰り返した結果、PCやTabletとの接続の容易さ、センサやモジュールの種類豊富さ、通信設定の容易さ、小型、軽量、安価という条件からTWE-Lite Dip⁽⁶⁾とした。また、センサは駆動電圧の関係で、Analogセンサを使用した。

2-4. 通信方法

計測した加速度のデータは、TWE-Lite Dip(東京コスモス電機株式会社製)によりUARTでPC or Tabletに転送した。PC or Tablet側での受信は、USBポートに装着したTOCOS WirelessEngine(以降:ToCoStick⁽⁷⁾)で行った。

TWE-Lite DipおよびToCoStickのモードは次のように設定した。

- 1 : TWE-Lite Dip : 連続受信モード
- 2 : ToCoStick : UART通信におけるシリアルポートの設定
 - Boud Rate : 115,200 bps
 - Data : 8 bit
 - Parity : none
 - Stop : 1 bit
 - Flow : none
 - 改行コード : CR + LF

§ 3. システム概略

3-1. システム概略図

全システムの概要を、以下に示す。測定レンジ拡大と TWE-LiteDip の入力許容範囲を考慮し、加速度センサからの出力を 1/5 電圧に分割し、TWE-LiteDip に入力した。

また、ウェアラブル使用を目的としていることから 3V 電池駆動とし、センサを含む TWE-LiteDip の実装サイズを 55×40×15 (mm) とした。これにより、手のひらに握って使用する形状となった。

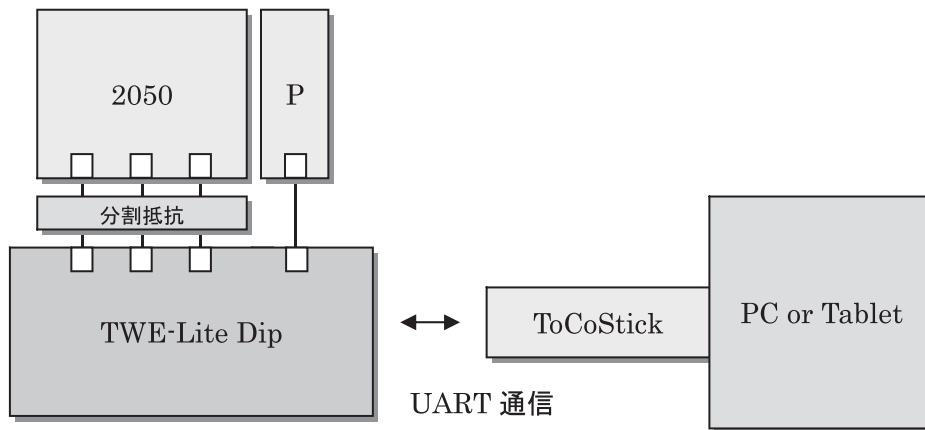


Fig. 1 システム概略図

3-2. 計測系のシステムフローチャート

Fig. 2 に、左右の腕から打ち出された打撃に伴う前後/左右/上下方向の加速度の時間的変化を計測し、PC or Tablet へのデータ送信、さらに PC or

Tablet で受信した測定値と分析結果をリアルタイムで表示するまでのフローチャートを示した。測定値と分析結果は HDD へ出力しデータベース化した。

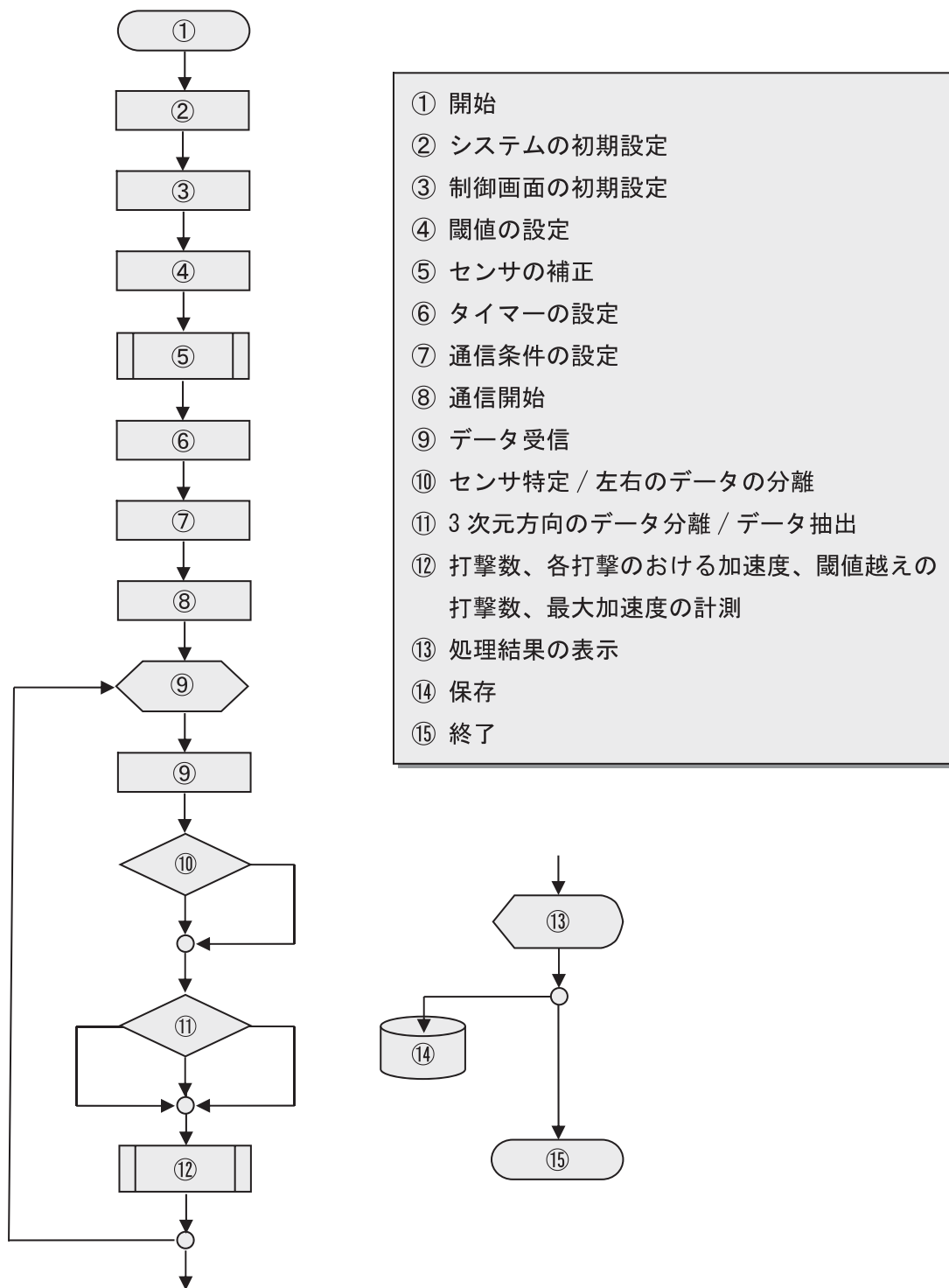


Fig. 2 計測計のシステムフローチャート

3-3. 分析系のシステムフローチャート

Fig. 3 に、①打撃数の計測、②打撃力の視覚化、

③打撃の種類分類、④打撃抽出システム、
⑤データベース化機能などの処理過程を示す。

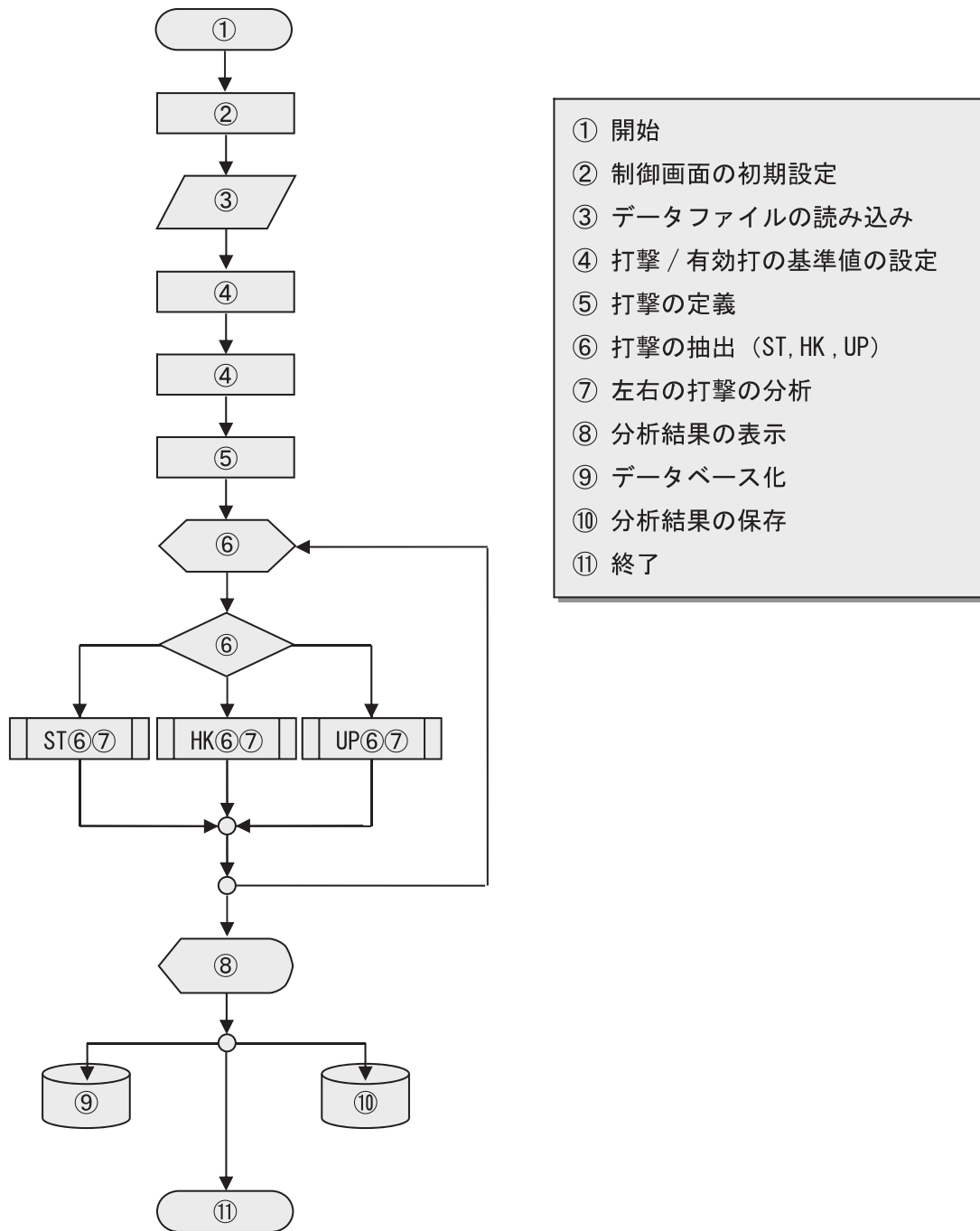


Fig. 3 分析計のシステムフローチャート

§ 4. 分析方法

計測した加速度から選手の特性を検出するには、加速度の時系列変化から有効打や打撃の種類を抽出する必要がある。そこで、次のような条件を設定し、本システムの可能性を検討した。

1. 計測された加速度には、腕から繰り出される打撃の要素と体の移動や上体のひねり、足の踏み込みなどに伴う加速度の変化が重畳される。しかし、本稿では極小のウェアラブルシステムの可能性を見極めることを最優先としたので、搭載する加速度センサを1基としたことにより、異なる部位から生じる加速度の違いを分離できない。そのため、加速度センサから出力されるX/Y/Zの3軸方向の要素をその方向の加速度とした。

2. 多くの選手は、打撃を繰り出すまでの一連の動作として、拳を前後/左右/上下方向にリズムカルに動かしたり、体全体で細かいステップを踏む。これらの動きも、加速度の変化として計測されるので、有効打となる打撃を繰り出すまでの一連の動作とを分離する必要がある。そこで、開発したシステムを使用した予備実験を行ったところ、リズムカルな動作で計測された加速度の変化は、平均±5程度と小さいことから、打撃を抽出する基準値として加速度値を5とした。

§ 5. 打撃波形の計測

ボクシング経験者が繰り出す打撃には一連の動作が観測される。例えば、フックを打つ場合、拳が小さい円を描きながら後方に引き上げられた後、拳を捻りながら前方やや内よりに腕を出す。正確な分析には、このような一連の動作をパターン化

し、打撃の種類を特定する必要がある。

そこで、ボクシング経験者に、ストレート：Straight、フック：Hook、アッパー：Upperを3分間打ち続ける実験を3回行い、本システムで、3方向の加速度変化から各打撃の波形を測定した。計測された各打撃数は、ストレート：185、フック：169、アッパー：75であった。なお、各打撃の正確な出力波形を記録するために、打ち出した腕は戻さず、打ち出した状態で約0.5秒間静止してもらった。

Fig. 4は、実験で得られた打撃波形を積算し各種打撃の出力波形としたものである。なお、縦軸は加速度： α 、横軸は時間を示している。

ストレートは、X方向の加速度変化が顕著で、Y/Z方向の変化は少ない。また、フックは、腕が円弧を描く時のY方向の加速度変化が、 $-+$ と特徴的な変化として観測された。アッパーは、Z方向の加速度が大きく変化した。この打撃波形を基本的な打撃波形とし、打撃の種類を特定するために用いた。

打撃の検出は、計測した加速度の時系列変化から、加速度0から始まり再び加速度0になるまでの一連の加速度変化を1つの打撃と仮定し、その打撃動作の中での最大加速度を打撃値とした。また、その時間を打撃を打ち出した時間とした。

表1に、全打撃を対象として、3種類の基本的な打撃波形を用いたストレート、フック、アッパーの検出を行った。打撃数の分子は検出数、分母は実打撃数である。

現在のシステムでは、抽出可能な打撃の種類は限定されるものの、表1に示した打撃波形による3種類の打撃の検出率の高さから、打撃の種類の特定が可能であることが認められた。

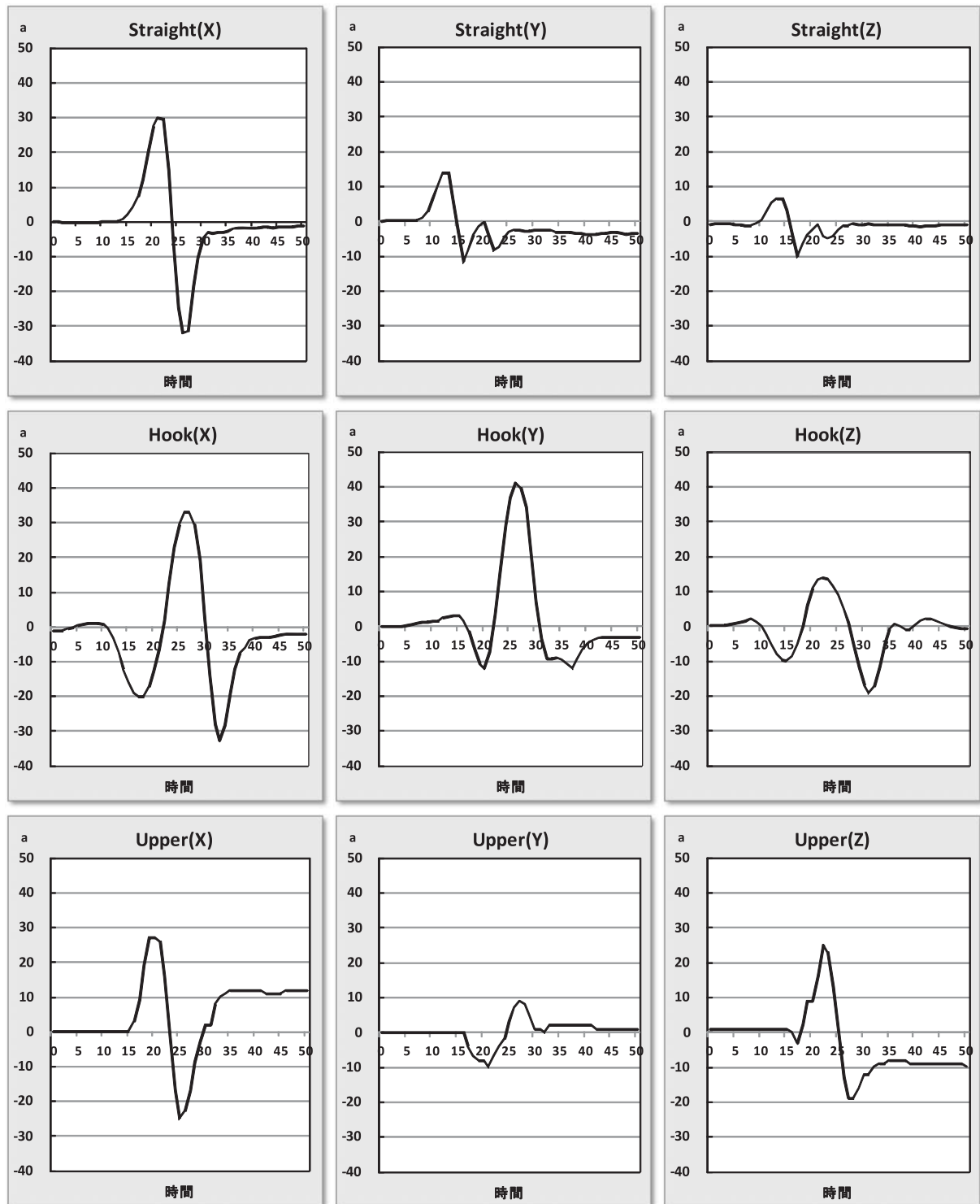


Fig. 4 打撃波形

表1 解析した打撃波形からの打撃検出率

	Straight	Hook	Upper
検出率	96.2%	91.1%	97.6%
打撃数	180/185	154/169	73/75

§ 6. 打撃加速度の測定

試作したプロトタイプウェアラブルシステムを用いて、実用化に向けた実証テストを行った。測定に協力していただいた被験者は男9名/女7名の合計16名であった。なお、ボクシング経験者：男性5名/女性3名、ボクシング未経験者：男性4名/女性4名であった。この中から、総打撃数が最も多かった4名の被験者を選択し、開発した

システムの有効性を検証するための分析を行った。

計測は、被験者がウェアラブルシステムのセンサ部分の X 方向が前方に向くように握った状態で、4分間のシャドーボクシングを行い、左打と右打、一打ごとの前後/左右/上下方向の加速度を計測した。また、打撃の分類などの処理は、加速度の計測後に行った。

下図は、計測時のデータ収集画面である。

表 2 被験者の属性

被験者	経験の有無	性別	利き腕	得意打撃
No 1	○	男性	右	右ストレート
No 2	○	男性	右	右ストレート/左フック
No 3	×	女性	左	×
No 4	×	女性	左	×

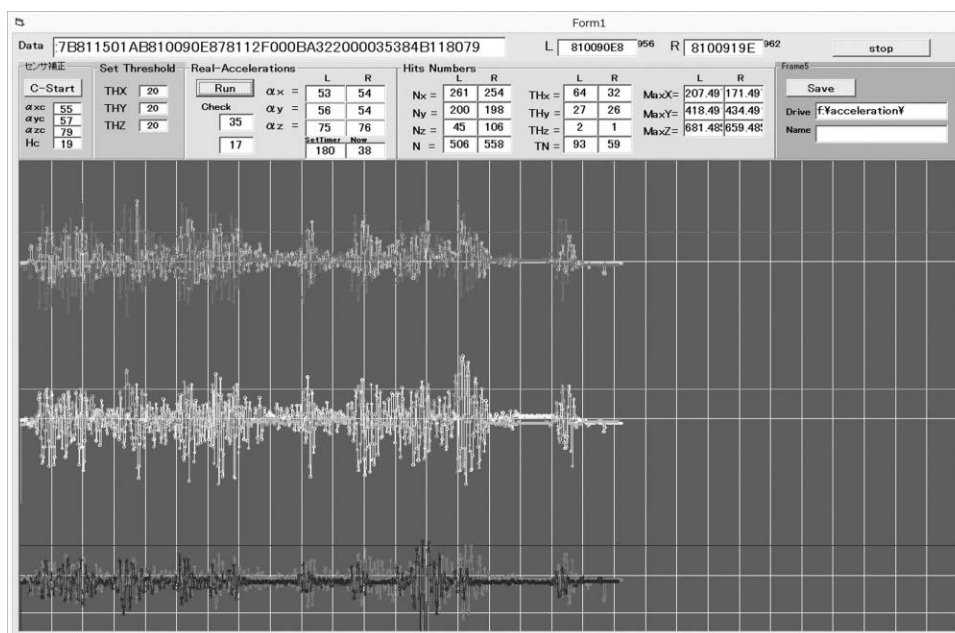


Fig. 5 制御画面

6-1. 打撃加速度の時系列測定

被験者の測定結果を示す。Fig. 6-Fig. 9は、4分間のシャドーボクシングの結果であり、グラフの横軸は計測時間(秒)で、縦軸は左腕/右腕ごとの、前方/左右方向/上方の加速度を示している。左右の加速度の測定方向は、右腕では右側から左側へ、左腕では左側から右側へとした。

なお、加速度は、外部抵抗などで測定範囲を拡充したために、正確な補正が困難であったことから、重力加速度を基準にしたものではなく、センサからの出力を相対値として用いた。さらに、§ 5で示した打撃波形の解析により、一連の打撃動作の中から検出した打撃が最大加速度を示した時間を打撃ポイントとし、その時の+側への加速度

を打撃時の加速度値とした。

左右方向：Y、上方：Zで示すことにする。また、

以降、打撃数：N、左腕：L、右腕：R、前方：X、

加速度の最大値を max とした。

〈被験者1：ボクシング経験者—男性—右利き（No1）〉

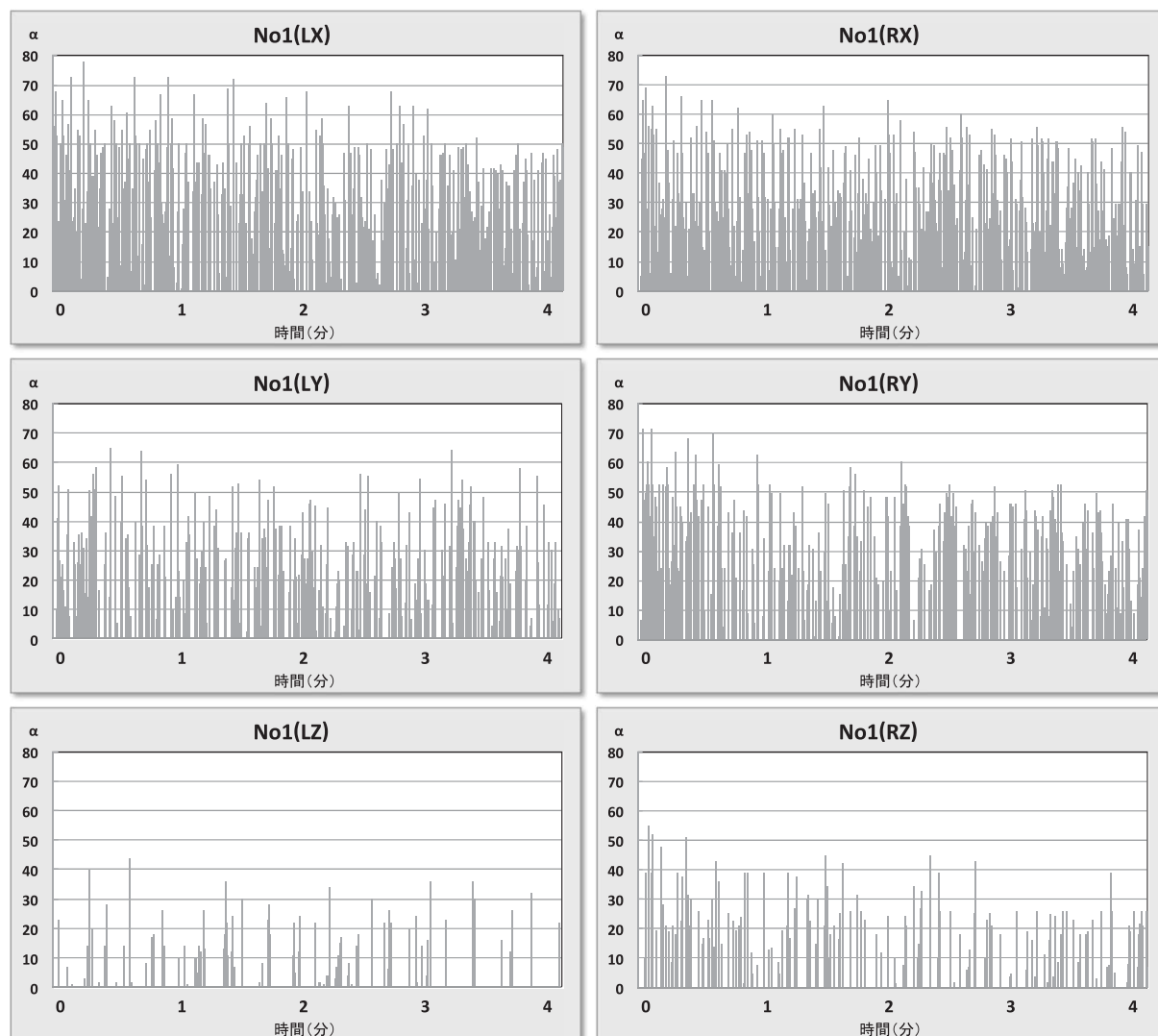


Fig. 6 打撃出力（No 1）

〈結果〉

- RXmax : 78 > LXmax : 72
- RYmax : 71 > LYmax : 63
- RZmax : 55 > LZmax : 42
- N(X) : 1171 > N(Y) : 695 > N(Z) : 278
- N(RX) : 588 ≒ N(LX) : 583
- N(RY) : 369 > N(LY) : 326
- N(RZ) : 173 > N(LZ) : 105

〈特色〉

- 実験の後半1分ほどで加速度が低下する傾向があった。
- N(RX/Y) ≒ N(LX/Y)より、左右の打撃数がほぼ同じであった。
- N(X) > N(Y) > N(Z)より、前方への打撃が中心で、上下方向の打撃が少なかった。
- 約10秒間隔の打撃リズムがあった。
- 上下方向の打撃は、右打撃が多かった。

〈被験者 2 : ボクシング経験者—女性—右利き (No 2)〉

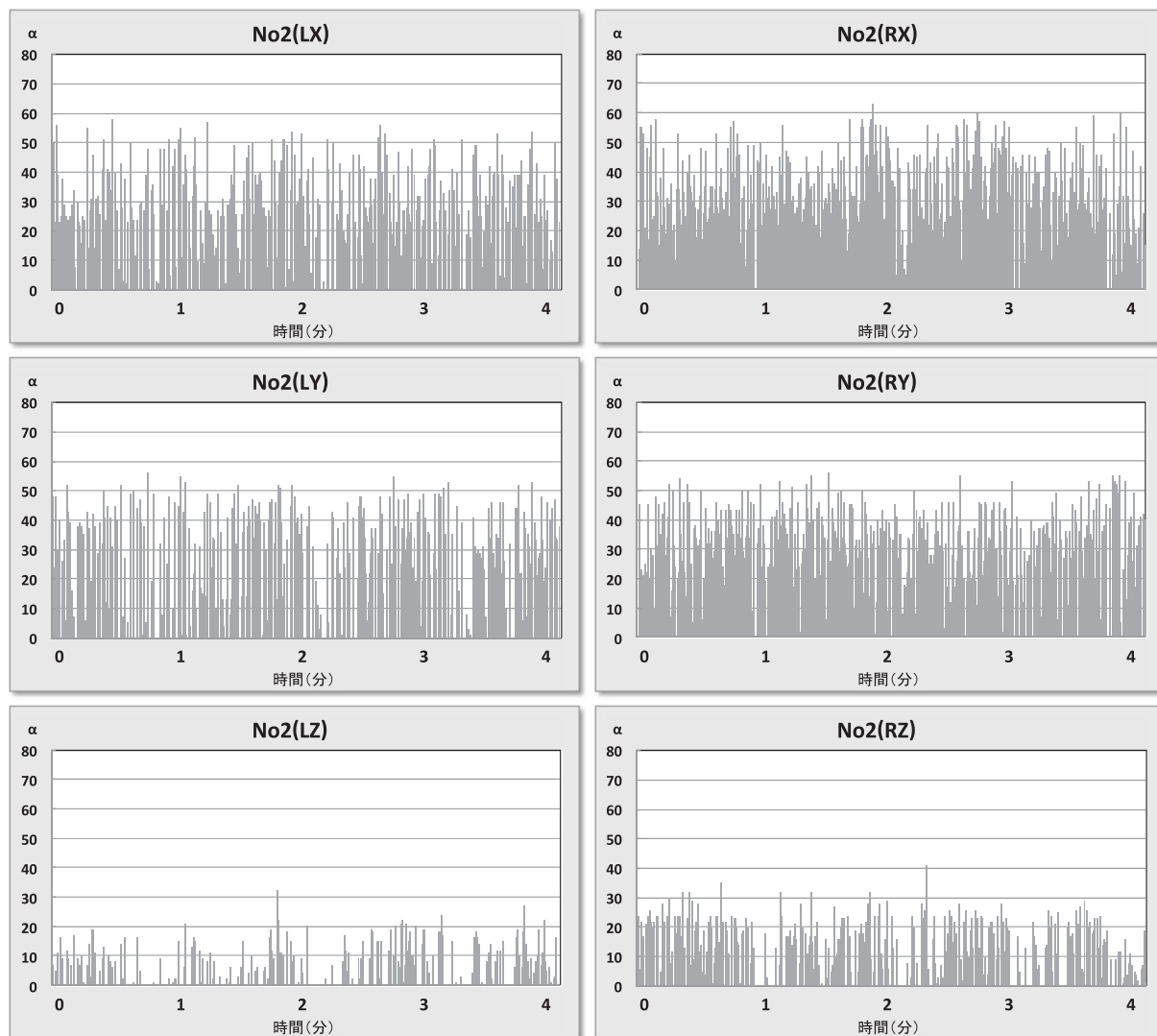


Fig. 7 打撃出力 (No 2)

〈結果〉

- RXmax : 62 > LXmax : 58
- RYmax : 55 = LYmax : 55
- RZmax : 40 > LZmax : 32
- N(X) : 1135 > N(Y) : 967 > N(Z) : 598
- N(RX) : 714 > N(LX) : 421
- N(RY) : 597 > N(LY) : 370
- N(RZ) : 386 > N(LZ) : 212

〈特色〉

- 平均的に連続した打撃であるが、実験の後半 30秒に打撃数が減少した。
- N(X) > N(Y) > N(Z)から、前方への打撃が多い。
- N(RX/Y/Z) > N(LX/Y/Z)から右利きの傾向が打撃数に認められた。
- No 1 より、RXmax、RYmax、RZmax が共に小さく、男女差が認められた。

〈被験者3：ボクシング未経験者—男子—左利き（No3）〉

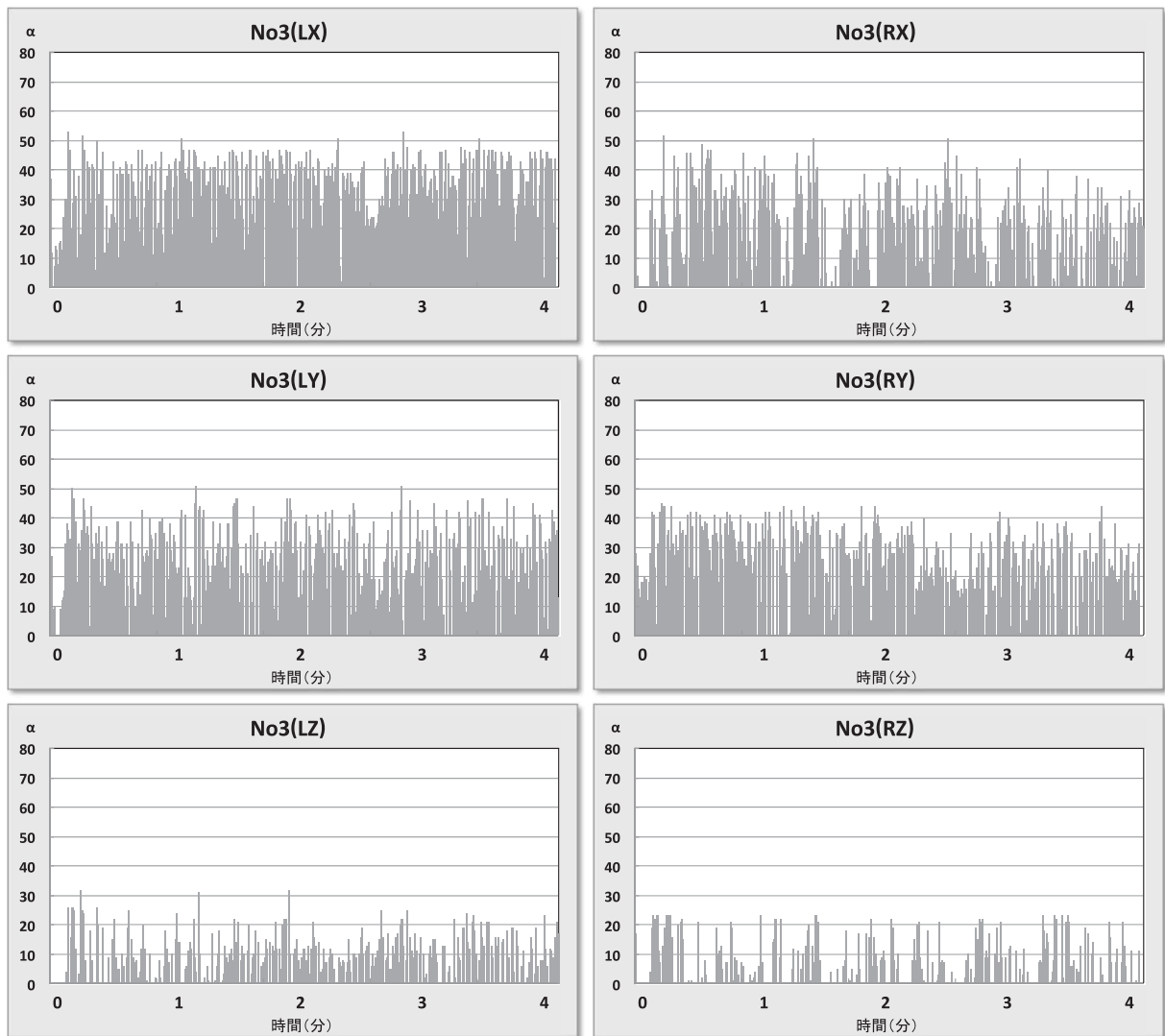


Fig. 8 打撃出力（No3）

〈結果〉

- RXmax : 50 = LXmax : 50
- RYmax : 43 ≒ LYmax : 46
- RZmax : 26 ≒ LZmax : 22
- N(X) : 1098 ≒ N(Y) : 1106 > N(Z) : 591
- N(LX) : 647 > N(RX) : 451
- N(LY) : 574 > N(RY) : 532
- N(LZ) : 342 > N(RZ) : 249

〈特色〉

- N(L) > N(R)より、打撃数に左利きの傾向が顕著に認められた。
- シャドーボクシングではなく、単純に腕の前後運動のような打ち方であった。（観察）

〈被験者 4 : ボクシング未経験者—女性—左利き (No 4)〉

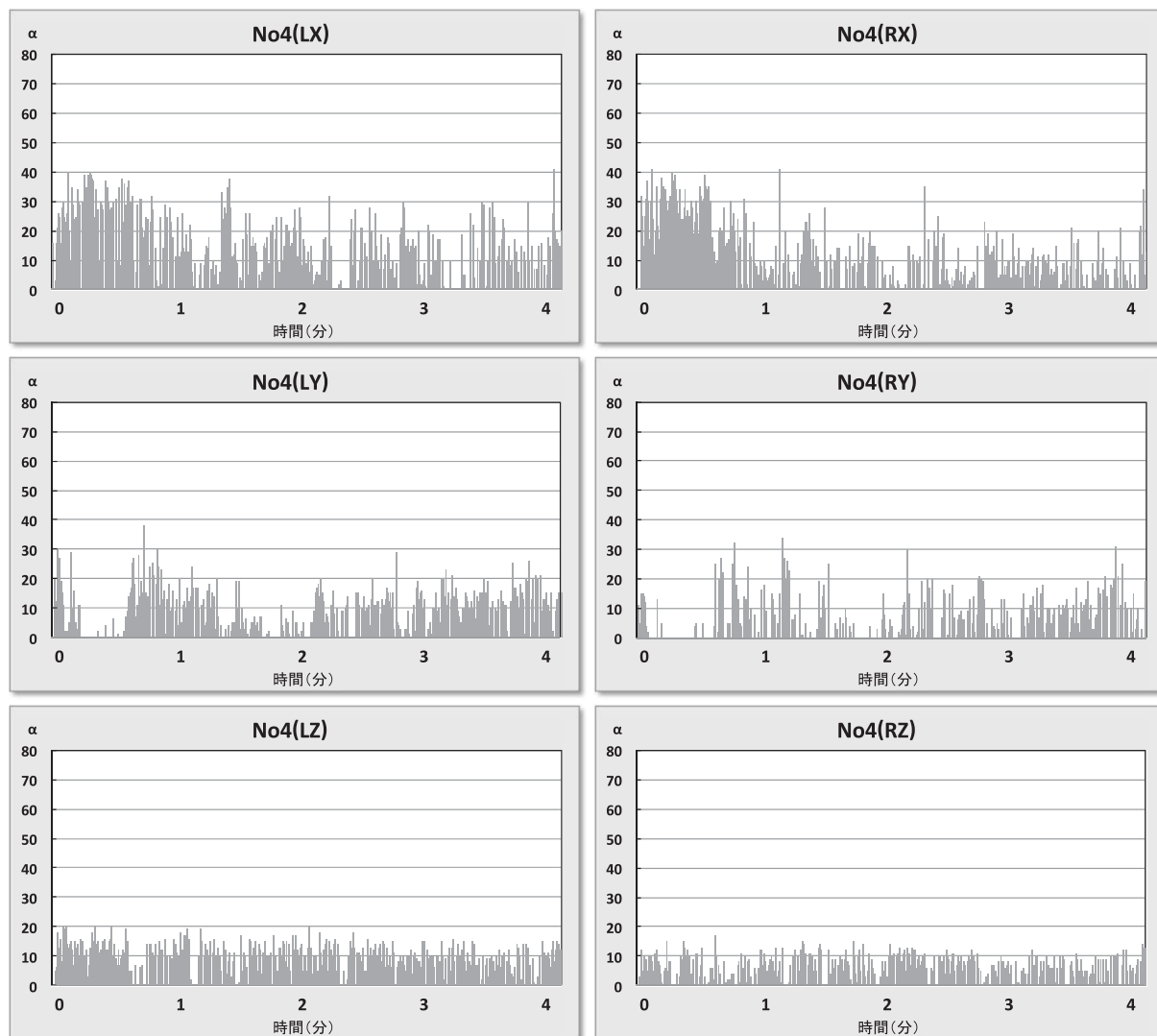


Fig. 9 打撃出力 (No 4)

〈結果〉

- RXmax : 49 < LXmax : 50
- RYmax : 41 < LYmax : 46
- RZmax : 21 < LZmax : 25
- N(Z) : 969 > N(X) : 826 > N(Y) : 784
- N(LX) : 424 ≒ N(RX) : 402
- N(LY) : 466 > N(RY) : 318
- N(LZ) : 536 > N(RZ) : 433

〈特色〉

- 実験開始 1 分間は前方への打撃数の多いが、実験の後半では実験開始時と比べて加速度は約50%に低下した。

- 実験後半では、左右方向の打撃数が多くなった。
= 疲労により、前後の打撃が打てなくなり、腕を左右に振っていた。(観察)
- N(LX/Y/Z) > N(RX/Y/Z) から左利きの傾向が読み取れた。
- 前方向の打撃と左右方向の打撃が分離していた。
= 上下方向に連打しているデータであるが、正確な前方への打撃が出せず、腕が上下に動いているだけであった。(観察)

6-2. 打撃数の時系列測定

Fig. 10 は、加速度値30以上を有効打とし、有

効打を30秒間隔で集計した結果である。縦軸は有

効打撃数N、横軸は時間(分) である。

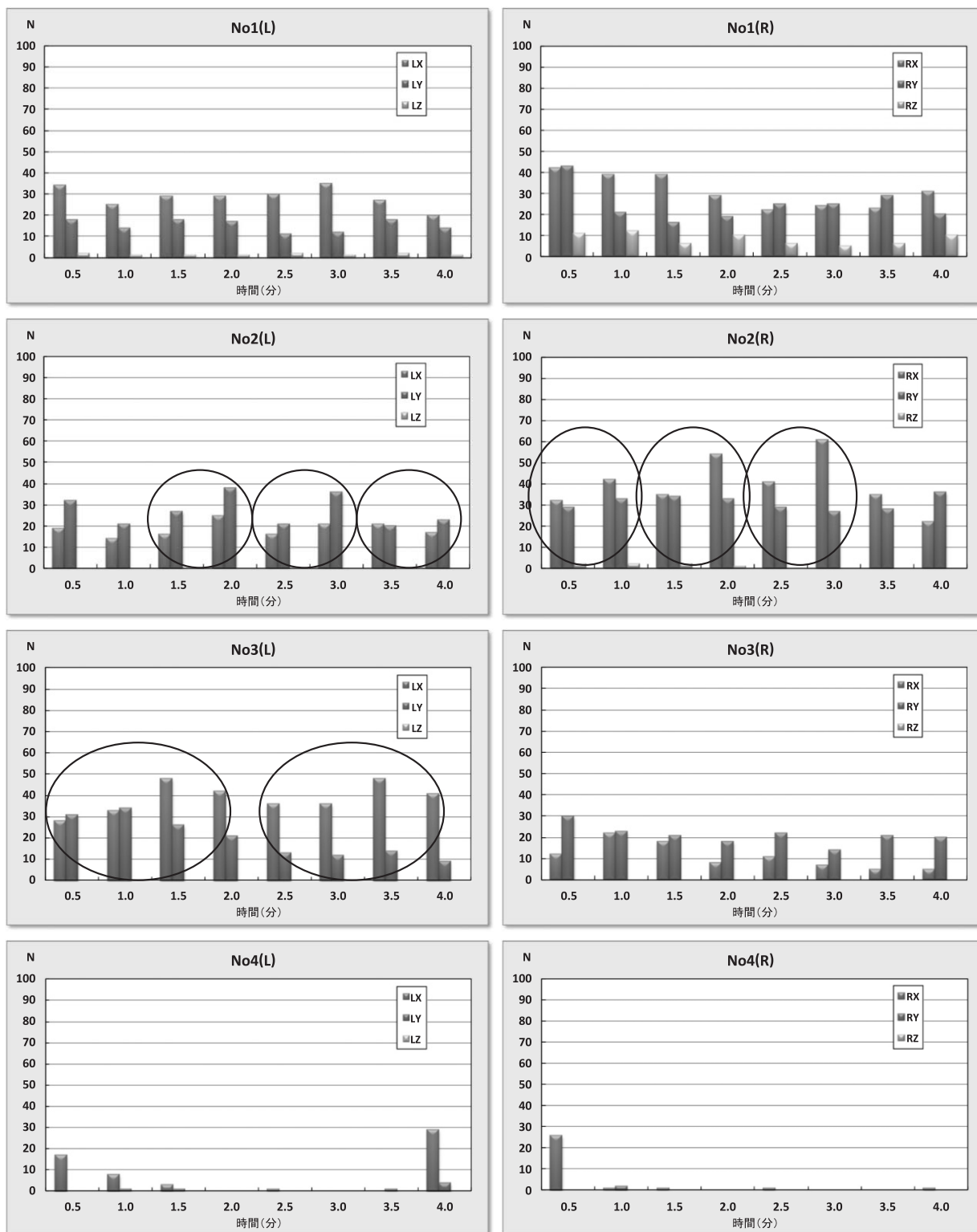


Fig. 10 打撃数の時系列変化

• 1分間隔、2分間隔で増減する打撃リズムが認められた。

• ボクシング未経験者は、打撃数は多いが有効打は少なかった。

Fig. 11 と Fig. 12 に、30秒ごとに区切った時間範囲での最大加速度 α_{Max} と加速度の平均値

α_{Avg} を示した。縦軸は、最大加速度 α_{Max} と加速度の平均値 α_{Avg} 、横軸は時間(分) である。

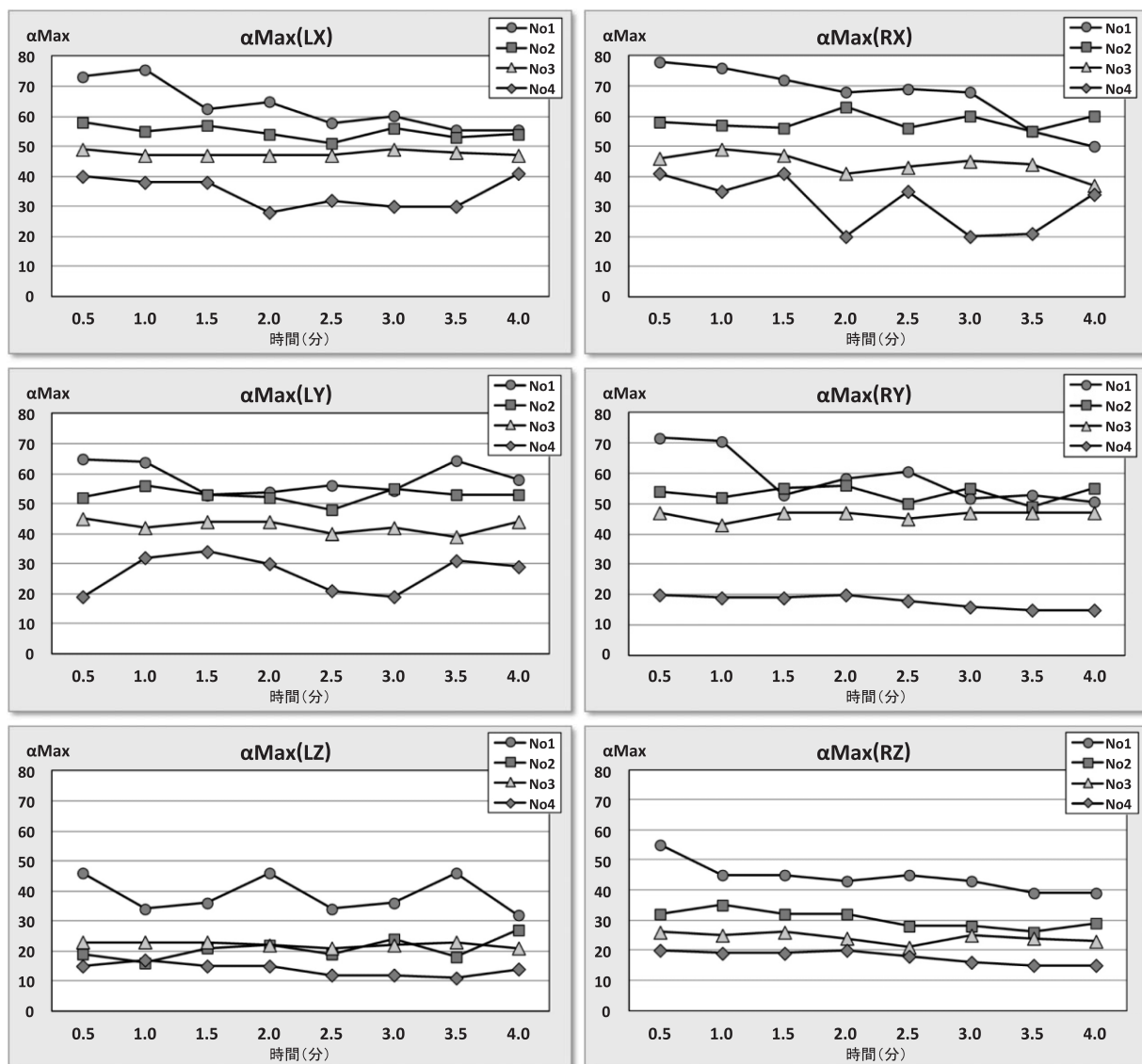


Fig. 11 最大加速度の時系列変化

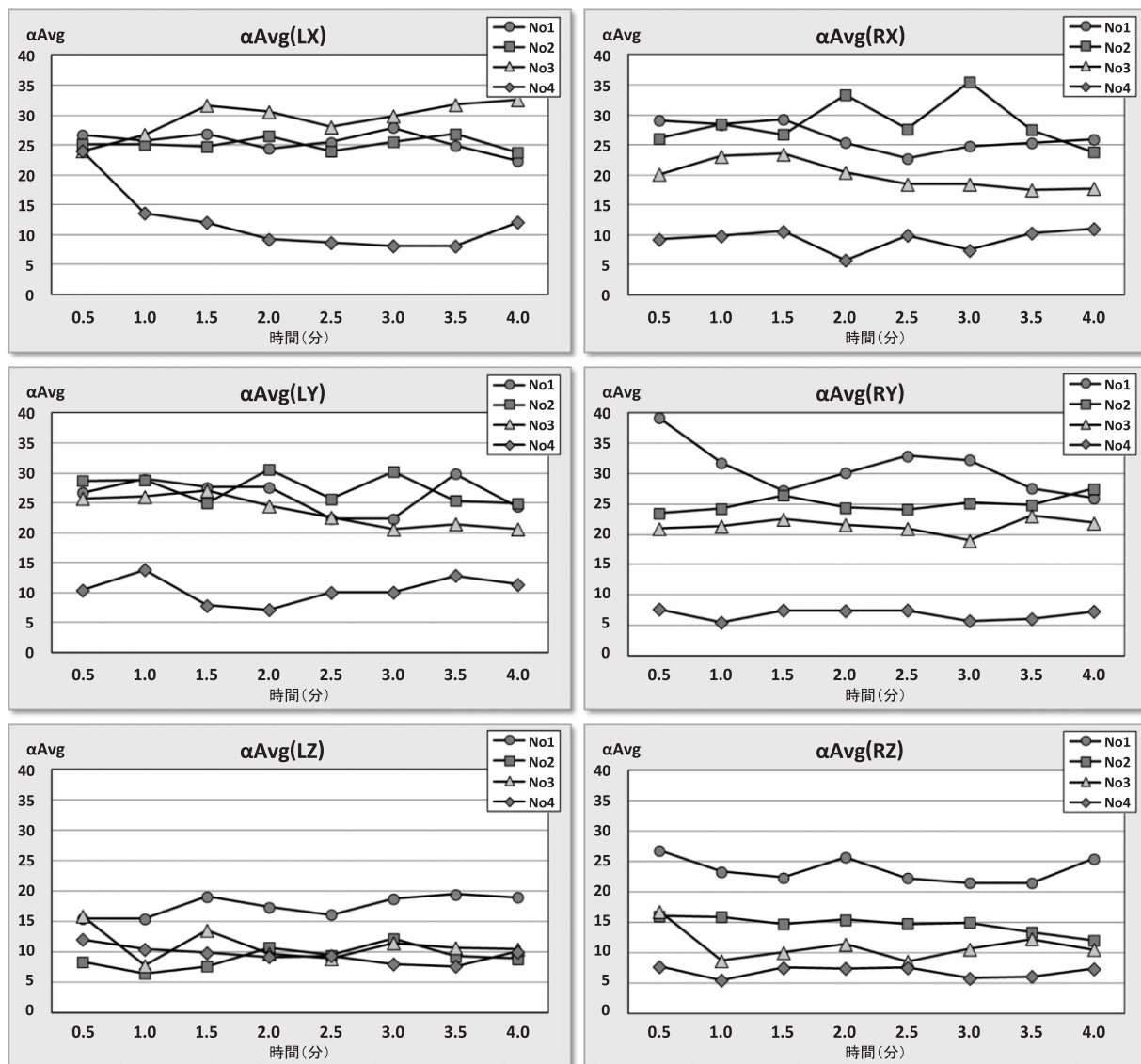


Fig. 12 打撃加速度の時系列変化

α_{Max} と α_{Avg} の時系列変化より、次のようなことが分かった。

- 3方向の最大加速度 α_{Max} は、ボクシング経験者/未経験者、男性/女性のいずれの場合も $\alpha_{Max}(X) > \alpha_{Max}(Y) > \alpha_{Max}(Z)$ であり、ボクシング経験者の最大加速度は未経験者に比べて、男性で約1.5~2.1倍、女性で1.2~2.7倍大きかった。
- 最大加速度は時間とともに低下する傾向が見受けられ、実験の範囲の開始時と終了時では、平均で約80%~90%の低下が認められた。 α_{Avg} も、時間とともにやや減少する傾向が見受けられたが、終盤に向けての頑張りが出

たケースもあった。

- ボクシング経験者の最大加速度には左右の差は少ないが、ボクシング未経験者の場合、利き腕の方が大きな値になった。

表3に、最大加速度 α_{Max} と平均加速度 α_{Avg} のボクシング経験者/未経験者の比を示した。経験者/未経験者の α_{Max} 比は、男性で約1.5~2.1倍、女性で1.3~2.7倍であった。また、 α_{Avg} 比は、男性で約1.0~2.7倍、女性で1.0~3.0倍となり、いずれもボクシング経験者が未経験者に比べ、男女共に強い打撃を打っていることが分かった。

以上の結果より、本システムを使用した加速度の時系列の測定から、次のようなことが数量化で

きることが分かった。

- 利き腕の違いによる打撃数と加速度の差。
- 男女差に見る加速度の差。
- ボクシング経験者/未経験者の体力差。
- 打撃面での技術差。
- 打撃の種類個人差。
- 体力の持続時間。
- 打撃リズムがあること。
- 一般的傾向として、前方への打撃が多いこと。

6-3. 有効打数の計測

ボクシング未経験者は打撃数は多いが、そのすべてが有効打につながらない。有効打に繋がる打撃の要素として、打撃速度、打撃の角度や対戦相手までの距離、対戦相手の反応など多くの要素が

組み合わせられるため、いかに強い打撃を打ち出しても、有効打に繋がらないことも多い。そのため、有効打に繋がる打撃を数値により定義することは困難である。本報では、有効打につながる1つの要素として、加速度の大きさに着目し、打撃の加速度値が30以上を有効打①、50以上を有効打②とし、4名の被験者の有効打を計測した。表4は、最大加速度を記録したNo1の加速度を基準にした結果である。

No1とNo2を比較すると、加速度値が30以上の有効打数はNo2の方が多く、加速度値50以上の有効打②は、30~40%ほどNo1が多くなった。これは、No1の平均打撃が加速度値50以上にシフトしているため、加速度値30前後の有効打数が少なくなったと考えられる。また、経験者に比べて、

表3 ボクシング経験者/未経験者の最大加速度の比較

	α Max (経験/未経験)		α Avg (経験/未経験)	
	男性	女性	男性	女性
RX	1.7	1.4	1.4	2.8
RY	1.6	2.7	1.9	3.0
RZ	2.1	1.6	2.7	2.9
AVG	1.8	1.9	2.0	2.9
LX	1.6	1.4	1.1	1.1
LY	1.5	1.8	1.0	2.8
LZ	2.0	1.3	2.0	1.0
AVG	1.7	1.5	1.4	1.6

表4 有効打数の比較 (カッコ内は、有効打数)

30	RX	RY	RZ	LX	LY	LZ	Total
No 1	1.00(184)	1.00(154)	1.00(28)	1.00(171)	1.00(96)	1.00(10)	1.00(853)
No 2	1.41(259)	1.43(223)	0.29(8)	0.76(130)	1.84(177)	0.10(1)	1.08(920)
No 3	0.52(96)	1.13(176)	0.00	1.88(322)	1.88(180)	0.30(3)	0.93(790)
No 4	0.32(58)	0.09(14)	0.00	0.53(90)	0.13(12)	0.00	0.21(177)

50	RX	RY	RZ	LX	LY	LZ	Total
No 1	1.00(75)	1.00(42)	1.00(3)	1.00(63)	1.00(25)	—	1.00(208)
No 2	0.69(52)	0.60(25)	0.00	0.44(28)	0.68(17)	—	0.59(122)
No 3	0.04(3)	0.00	0.00	0.11(7)	0.12(3)	—	—
No 4	0.03(2)	0.00	0.00	0.02(1)	0.00	—	0.01(3)

未経験者の有効打①は30～50%程度、有効打②では数%程度であった。

表5は、有効打①と有効打②の左右の比を比較したものである。No1とNo2の右利きの場合、右打撃が左打撃に比べ40～80%程度多く、利き腕の方からの有効打が多いことが分かった。また、左利きのNo4の結果はやや不明瞭な部分もあるが、No3には左利きの傾向が認められた。これらの結果より、打撃の強さも数値化が可能であると判断でき、一般的に考えられている経験者>未経験者、男性>女性という打撃力の強さを数値的に示すことができ、本システムの有効性を示すことができた。

6-4. 打撃の分類

本システムで、前後/左右/上下方向の加速度30以上の有効打①+②の分類を行った。現在のところ、打撃を数値化した定義がないことから、打撃を分類するための基準として前述の打撃波形を用

いた。しかし、自由なシャドーボクシングでは、基本となる3種類の打撃が組み合わされた打撃が多く、打撃波形だけでは高い検出率が期待できないので、X/Y/Z方向の加速度の値を打撃の分類条件に加えた。

Straight系： $\alpha X > \alpha Y, \alpha Z$

Hook系： $\alpha Y > \alpha X, \alpha Z$

Upper系： $\alpha Z > \alpha X, \alpha Y$

表6に、4分間のシャドーボクシングの結果を用いた打撃の検出結果である。全打撃の平均が55.2%であったことから、3種類の打撃波形を用いた打撃解析の手法は、比較的良好と思われる。

一方、Upper系の検出率が92.2%となったものの、Straight系/Hook系の平均は41.2%、32.2%とであり、動きの単純なUpper系の検出率は高く、複雑な動きを伴うHook系の検出率は低い結果であった。また、ボクシング経験者No1の

表5 有効打の左右の比率

	30			50		
	RX/LX	RY/LY	RZ/LZ	RX/LX	RY/LY	RZ/LZ
No1	1.08	1.63	2.80	1.19	1.68	—
No2	1.99	1.26	8.00	1.86	1.47	—
No3	0.30	0.98	0.00	0.43	0.00	—
No4	0.64	1.17	—	2.00	—	—

表6 打撃の検出率

		Straight系	Hook系	Upper系	AVG
No1	L	50.8%	36.5%	96.2%	61.2%
	R	73.6%	37.7%	97.1%	69.5%
No2	L	46.1%	25.7%	84.0%	51.9%
	R	36.0%	31.0%	88.6%	51.9%
No3	L	47.1%	20.4%	93.3%	53.6%
	R	39.9%	41.7%	98.4%	60.0%
No4	L	23.6%	25.8%	68.7%	39.3%
	R	12.7%	39.0%	111.3%	54.3%
AVG		41.2%	32.2%	92.2%	55.2%

Straight 系/Hook 系/Upper 系の平均が、62.2%、37.1%、96.7%、さらに全平均 AVG が65.3%であることから、正確な打撃を打ち出せる場合には検出率が向上することが予想される。そのため、打撃波形の解析を進め、複雑な動きにも対応することができれば、検出精度の向上が期待できる。

表 7 に、全打撃に含まれる加速度30以上の有効打①+②の割合を示した。有効打を検出し打撃を分類することにより、被験者の打撃の特徴が読み取れる。

No 1 : 右/左の打撃の平均が1.4、右/左 Straight 系が1.2、右/左 Hook 系が1.4、Hook 系/Straight 系が2.0以上、右/左 Upper 系が1.9であったことから、利き腕の右腕からの Upper 系を多用する Hook 系中心の打撃である。

No 2 : 右/左 Straight 系が約1.4、右/左 Hook 系が0.85、Hook 系/Straight 系が2.5以上であることから、右 Straight 系と左 Hook 系を得意とする打撃である。

No 3 : 左/右打撃が1.4~2.3であり、利き腕を中心とした打撃である。

No 4 : 有効打は、利き腕の左 Straight 系のみであり、多彩な動きができない。

また、次のような情報も読み取れた。

- ボクシング経験者は、未経験者に比べ有効打数が多い。
- ボクシング経験者の Straight 系の (利き腕) / (利き腕ではない腕) が約1.4、ボクシング未経験者では1.6~3.8であり、ボクシング未経験者は、利き腕からのストレートを多用している。
- Straight 系は、利き腕が多い (1.4~3.8)。
- Hook 系には、個人差がある。
- Upper 系は、利き腕からが多い (1.8~3.8)。
- ボクシング未経験者は、Upper 系が少ない。

このように、本システムで得られた加速度のデータに、特定の基準を設けることにより、被験者の打撃に関する特色を示すことができ、打撃の分類方法、抽出方法に問題点は残るものの、打撃の特色が数量化できたと考えている。

§ 7. ま と め

ボクシングに特化したウェアラブルなスポーツ能力測定装置と計測結果を数量化するシステムを開発し、いくつかの数量化情報の可能性を検討した。その結果、本システムを用いた X/Y/Z 方向の加速度の時系列測定から、選手の体力の持続性、打撃力の時間的変化、打撃の種類、打撃の平均値、選手特有の打撃リズムや打撃の癖を計測することができ、選手の打撃における特色や欠点を数量化

表 7 有効打の比率

		Straight 系	Hook 系	Upper 系	AVG
No 1	L	25.0%	52.1%	9.9%	29.0%
	R	29.6%	73.4%	18.5%	40.5%
No 2	L	20.1%	66.3%	0.6%	29.0%
	R	27.2%	56.2%	2.3%	28.6%
No 3	L	29.8%	53.0%	0.9%	27.9%
	R	18.3%	37.8%	0.4%	18.9%
No 4	L	30.0%	3.3%	0.0%	11.1%
	R	7.8%	5.6%	0.0%	4.5%
AVG		23.5%	43.5%	4.1%	23.7%

できることを示せたと考えている。また、打撃の種類を分類できることを確認した。

しかし、現在のところ、計測数が僅かであり、3つの打撃波形のみで処理を行ったので、打撃中に打撃の方向を変える、ヒット直前で拳を捻る、打ち下ろしなど数種の打撃要素が加わった打撃には対応せず、ボクシング経験者の一般的特色を検出したとはいえない。

また、サンプル数が少ないため、一般的な傾向といいにくい部分もあるが、本システムを選手の能力改善システムに発展させるために、多くの被験者によるデータを収集し、システムの測定範囲の限界を見極め、ボクシングに特化したパラメタを導出する必要がある。そのためには、センサ部のサイズのさらなる最小化、試合形式でも装着できる形状への変更、加速度の測定範囲の拡充、計測から分析結果までの完全自動化、打撃の分類/抽出用アルゴリズムの改良、打撃波形や打撃の定義、多くの選手の打撃波形を分析したデータベースの構築など、数多くの改良を行う予定である。

謝 辞

ウェアラブルスポーツ能力測定装置の実用性を検証するために、多くのご理解とご協力をいただいた近畿大学運動部ボクシング部総監督の赤井英和氏、同総監督代行の澤谷廣典氏、ヘッドコーチの名城信男氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1：ラグビー向けウェアラブルセンシングテクノロジー
<http://www.goldwin.co.jp/corporate/info/page-12676>
- 2：ウェアラブルセンサーが起こすスポーツ革命 (NHK：2015年3月22日放送)
<http://www.nhk.or.jp/zero/contents/dsp499.html>
- 3：ウェアラブルセンサー—あなたのすべてが記録される
<http://president.jp/articles/-/12773>
- 4：KXR94-2050
<http://akizukidenshi.com/download/ds/kionix/KXR94-2050.pdf>
- 5：SEN-11574
<https://www.sparkfun.com/products/11574>
- 6：TWE-Lite Dip
<http://tocos-wireless.com/jp/products/TWE-Lite-DIP/>
- 7：TOCOS WirelessEngine
<http://tocos-wireless.com/jp/products/TWE-Lite-DIP/TWE-Lite-DIP-step3.html>