

## 2013年度 公益財団法人 ミズノスポーツ振興財団 研究助成報告書

## 対人競技における競合ダイナミクスの解明

三浦哲都

名古屋大学総合保健体育科学センター

日本学術振興会

## 1. はじめに

## 1.1 リズム感

スポーツの現場では「リズム感」と呼ばれる能力が重要視される。バスケットボールやサッカーなどでは、自ら巧みなリズムを作りだし、相手を自分のリズムに引き込んでフェイントにかける。またボクシングなどの対人競技では、反撃できないくらい攻め込まれてしまうことを「相手のリズムに飲まれる」と言ったりする。これらの表現は、対人スポーツにおける「リズム感」という能力が、ダイナミックに動く対戦相手との駆け引きを左右する、知覚—運動系の能力であるということを示唆する。バスケットボールやサッカーで相手をドリブルで抜くとき、またはボクシングなどで相手の攻撃をかわし、相手に打撃を与えるとき、どのようなリズムが有効だろうか。これらの対人競技の熟練者とは、あらかじめ決まったリズムを繰り返しているわけでは決してなく、対戦相手に応じて様々なリズムを作り出していると考えられる。

これまでの運動科学では、人間がリズムカルな運動を生み出す能力は主にメトロノーム音や光の点滅に対してリズムカルな指の運動を同期させる知覚—運動同期課題で調べられてきた(B. Repp, 2006; B. H. Repp & Su, 2013)。これらの研究では、音や光の刺激と指の運動との時間的な誤差を算出し、運動の熟達につれその誤差が減少することを明らかにした。例えばピアニスト(Aoki, Furuya, & Kinoshita, 2005)やドラマー(S. Fujii, Kudo, Ohtsuki, & Oda, 2010; S Fujii, Kudo, Shinya, Ohtsuki, & Oda, 2009; Shinya Fujii & Oda, 2009a, 2009b)などの音楽家は正確にリズムカルな運動を遂行できる。またダンサーは音に対して、正確に運動を合わせることができる(Miura, Kudo, & Nakazawa, 2013; Miura, Kudo, Ohtsuki, & Kanehisa, 2011; Miura, Kudo, Ohtsuki, Kanehisa, & Nakazawa, 2012)。しかしながらスポーツでは単に一定のリズムを正確に刻んでいれば勝てるというわけではない。むしろ単調なリズムしかつくりだせない選手は、相手にそのリズムを読まれてしまい簡単に負けてしまう。リズム感とは、筋力やスピード、正確性といったこれまでの運動科学で定量化されてきた能力では説明できない知覚—運動系の能力であると考えられる。このリズム感という能力を科学的に定量化することは、対人スポーツにおける効果的な練習方法の開発につながり、我が国のスポーツ振興に大きく貢献するものであると考える。

著者が国際大会レベルのボクサーを対象に行った聞き取り調査では、ボクシングはリズムカルな駆け引きが重要視される対人競技であって、勝つためには相手のリズムを読み、そして相手に自分のリズムを読まれないことが重要であるらしい。また国際大会レベルのボクサーの中には、ダンスを練習に取り入れることで、国際試合で勝利することができるようになった選手もいる。

そこで本研究では、リズムが重要とされるボクシング競技を題材とした。

## 1.2 競合ダイナミクス

リズム感という能力がどのようなものを定量化するためには、実際の対戦においてどのようなリズムカルな駆け引きが行われているのかをまず定量化する必要がある。上述したように、ボクシングの熟練者は常に一定のリズムを正確に遂行しているわけではない。相手に応じて攻撃のリズムや戦略が変化する。このことは、単に1人のボクサーの動きを計測するだけでは、対人競技におけるリズムの本質に迫ることができないことを意味する。近年、競合する複数の人間を1つのシステムとして捉え、その時間発展を記述する力学系理論を対人競技に応用した研究が報告されている(A. Kijima et al., 2012; Akifumi Kijima, Yokoyama, Shima, & Yamamoto, 2014; Okumura et al., 2012; Y. Yamamoto & Yokoyama, 2011; Yuji Yamamoto et al., 2013; Yokoyama & Yamamoto, 2011)。例えば、Okumuraら(2012)は力学系理論を応用し、対戦する剣道家の二者間の距離に潜む規則を明らかにした。剣道家は二者間の距離が十分に離れているところでは、同位相で動き（一方が前に出ると他方も前にでて、一方が下がると他方も下がる）、二者間の距離が近いところでは逆位相で動く（一方が前にでると他方は下がり、一方が下がると他方は前に出る）ことが報告された。Yamamotoら(2013)も、剣道に力学系理論を応用し、二者間の攻防のパターンが6種類のパターンの切り替えによって成り立っていることを明らかにした。さらに、その攻防が熟練度により異なり、剣道の熟練者は二者間の距離が遠いところでの素早い攻防を繰り返すことに対し、剣道の非熟練者は二者間の距離が近いところでゆっくりとした攻防を繰り返すことを明らかにした。Kijimaら(2012)は、腰につけたタグを取り合う鬼ごっこの対戦を解析し、鬼ごっこの回数を重ねるごとに二者間の同期パターンが逆位相になっていくことを報告した。力学系理論を対人競技に応用したこれらの研究は、2人が織りなすリズムカルな駆け引き（競合ダイナミクス）における規則を明らかにした。

本研究は、対人スポーツにおけるリズム感という能力を明らかにするために、実際のボクシング競技におけるリズムカルな駆け引き（競合ダイナミクス）がどのようなものであるかを、力学系理論を用いて記述することを目的とした。ボクシングにおける競合ダイナミクスの解明を目指した研究はこれまでに前例がないため、2人の競合ダイナミクスを記述しうる変数を探索的に検討する。

## 2. 研究方法

### 2.1 参加者

参加者は、公式戦への参加を目的としてボクシング部に所属している高校生27人、大学生18人であった。参加者には事前に口頭および書面により実験内容を説明し、書面による実験参加への同意を得た。本研究は、名古屋大学総合保健体育科学センターにおけるヒトを対象とした研究審査委員会の承諾を得たものである。

## 2.2 実験手続き

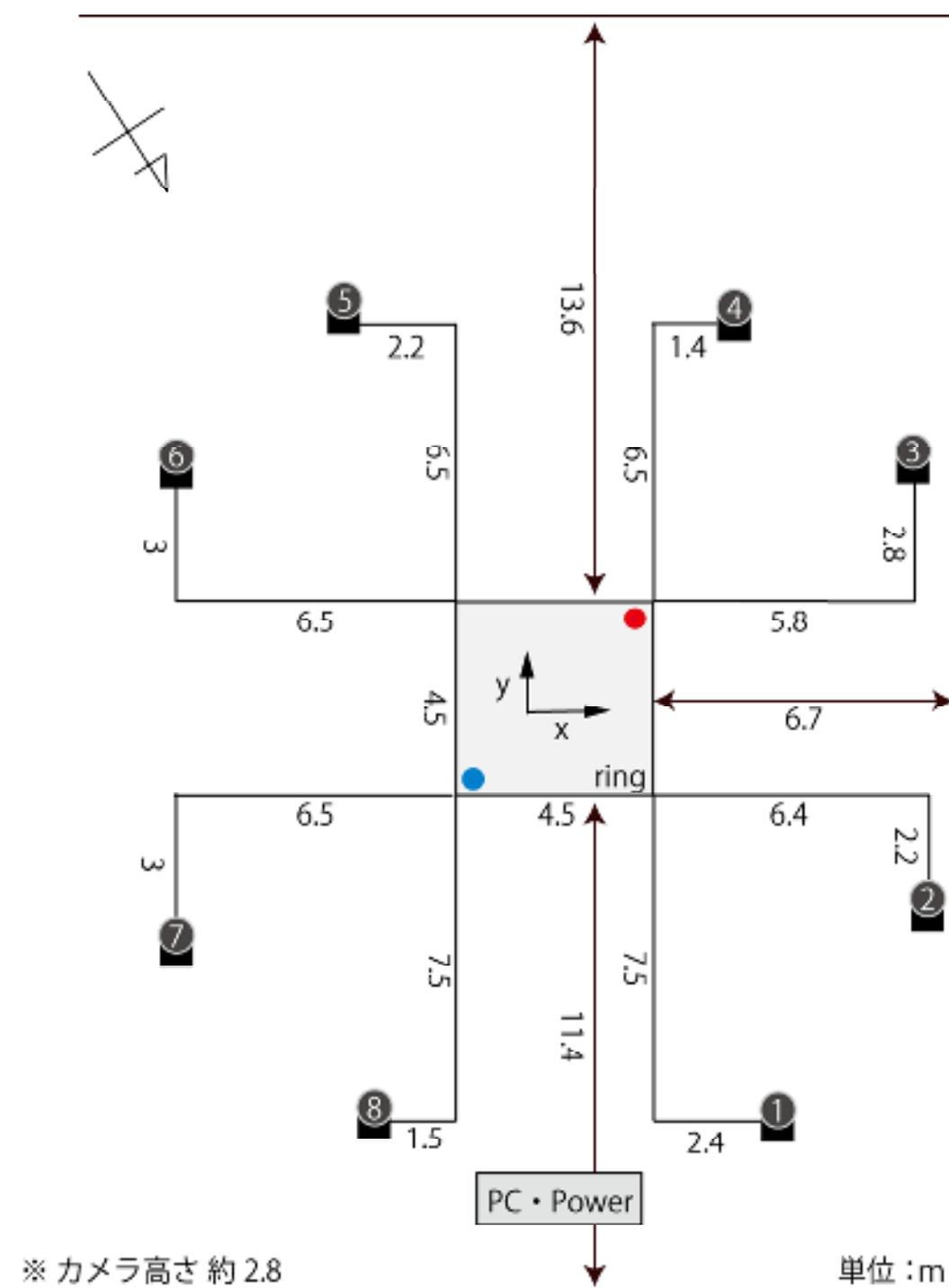
参加者は公式戦のルールに従い、高校生は2分×3ラウンド、大学生は3分×3ラウンドの試合を行い、ラウンド間の休憩は1分とした。安全面を考慮し、実力が同程度の者同士が対戦を行い、審判員1名、医師1名の立会のもと行われ、1人1日最大2試合とした。実験は2日に渡り行われ、1日目に12試合、2日目に19試合を行い、合計で31試合を行った。

## 2.3 実験設備およびデータ取得方法

4.5m×4.5mのリングをゴム紐で作成し、その中で対戦を行った(図1)。リングの中で対戦する2人の全身動作を計測するために、参加者は黒のスパッツ、ヘッドギア、グローブ、ファールカップサポーターを着用し、その上から全身17か所に反射マーカを装着し、その座標を光学式モーションキャプチャシステム(200 Hz, OQUS300, Qualysis, Inc.) 8台を用いて計測した。モーションキャプチャシステムは図2のように配置された。モーションキャプチャシステムに映り込む光の反射を抑えるために、南側の窓をすべて覆い隠し、リングの下および周辺にはマットを敷いた。



図1 リングおよび実験風景



名古屋大学大幸キャンパス体育館

図 2 実験設定図

## 2.4 データ解析

対戦中の打撃により、特に上半身のマーカがはがれてしまうことがあった。腰のマーカは 2 人以外剥がれてしまうことはなく、その他すべての人のデータを得ることができた。そこで腰のマーカの位置 (x 座標、y 座標) を個人の代表値として用い、以下の指標の算出に用いた。

### 2.4.1 ボクサーのリング内での運動軌道

ボクシングの対戦中、2 人のボクサーはリング内でどのように動いているのかを定量化するために、腰のマーカのリング内での運動の軌跡を図示した。またリングの x 軸、y 軸にそってヒストグラムを作成し、2 人のボクサーがリング内のどこにどの程度の時間滞留しているのかを定量化した。

### 2.4.2 二者間距離 (Interpersonal distance: IPD)

2 人の位置座標ベクトル  $(x_1(t), y_1(t))$ 、 $(x_2(t), y_2(t))$  に、遮断周波数 6Hz のローパスフィルターをかけた。その後、二者間のユークリッド距離 (interpersonal distance: IPD) を以下の通りに算出した。

$$\text{IPD}(t) = \sqrt{(x_1(t) - x_2(t))^2 + (y_1(t) - y_2(t))^2}$$

### 2.4.3 詰引速度 (Step toward-away velocity: SV)

相手方向へ向かい前に出ているのか、後ろに下がっているのかを調べるために、Okumura ら(2012)と同じ方法により、詰引速度 (Step toward-away velocity: SV) を算出した (図 3)。まず両者をむすぶベクトル (Linked vector:  $L_1(t) = (x_2(t) - x_1(t), y_2(t) - y_1(t))$ ,  $L_2(t) = (x_1(t) - x_2(t), y_1(t) - y_2(t))$ ) を定義した。SV は位置座標ベクトルから算出した速度ベクトルの、 $L(t)$  への正射影ベクトルとした。

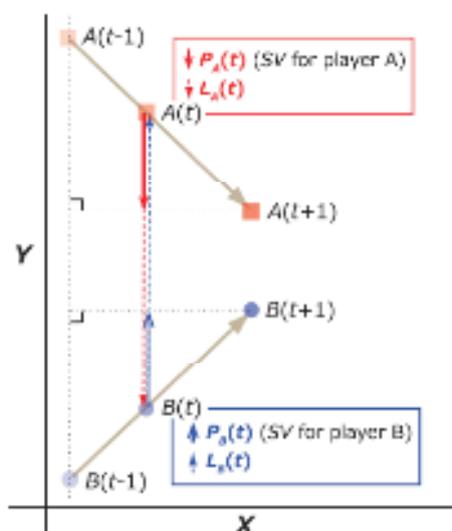


図 3 SV 算出方法 (Okumura ら, 2012)

#### 2.4.4 直交速度 (Orthogonal velocity: OV)

Okumura ら(2012)、Yamamoto ら(2013)は剣道の二者間の攻防を二者間距離と詰引速度により記述した。ボクシングは剣道と異なり、前後だけではなく左右の動きも重要になると考えられる。例えば対戦相手との距離を詰めたいボクサーは、相手を追い詰めるために、左右に逃げるボクサーを逃げられないように自分も同じ方向に動く必要がある。このようにボクシングでは左右方向の駆け引きも重要になると考えられるため、相手方向と直交する方向の速度を算出した。直交速度は位置座標ベクトルから算出した速度ベクトルを、 $L(t)$ と直交するベクトルへの正射影ベクトルとした。

#### 2.4.5 状態ベクトル (State vector: s)

対戦する 2 人の攻防を高次の状態空間内に埋め込むことによって、時系列からは推定できない 2 人の競合ダイナミクスについて調べることができる。ボクシングにおける競合ダイナミクスはどのような状態ベクトルにより規定することができるか。Yamamoto ら(2013)は、剣道の二者間の競合ダイナミクスを IPD およびその変化率によって規定した。ボクシングでは詰引だけではなく、左右の動きも重要になると考えられるため、ボクシングの競合ダイナミクスを規定する状態ベクトル ( $\mathbf{s}(t)$ ) は IPD、およびそれぞれの ボクサー1 の  $SV_1$ 、 $OV_1$ 、ボクサー2 の  $SV_2$ 、 $OV_2$  の 5 変数を平均: 0、標準偏差: 1 の  $z$  値に変換し、以下のように定義した。

$$\mathbf{s}(t) = [\text{IPD}(t), SV_1(t), OV_1(t), SV_2(t), OV_2(t)]$$

これによって、2 人の攻防を 5 次元状態空間内での点の運動として記述することができる。

この 5 次元空間内での点の運動がどのような特性を持つのかを調べるために、距離プロット (Distance plot) を作成した。距離プロットは 2 人の運動の軌道を高次元の状態空間内に再構成し、そのシステムの時刻  $i$  と時刻  $j$  における状態の距離 (Distance:  $D$ ) を図示するものである (Kudo, Park, Kay, & Turvey, 2006; Marwan, Romano, Thiel, & Kurths, 2007; Pellecchia, Shockley, & Turvey, 2005; Webber Jr & Zbilut, 1994)。 $D$  は以下のように定義される。

$$D(i, j) = | \mathbf{s}(i) - \mathbf{s}(j) |$$

$||$  はベクトルのユークリッドノルムを示す。 $D$  の値が小さい場合距離プロットは青く、 $D$  の値が大きい場合赤くなるように作成した。ボクシングのようなリズムカルな対人競技では、状態ベクトルはある規則を持ってある状態へと再帰している可能性があり、その再帰パターンに熟達度や、戦略などが反映されている可能性がある。つまり距離プロットにおける色のパターンに規則性がある可能性がある。

### 3. 結果および考察

### 3.1 ボクサーの運動軌道

図4はリング内でのボクサーの運動軌道を示したものである。対戦する2人の運動軌道は大別して2つのパターンに分けることができた。1つは対戦する2人の軌道がリングの内側と外側に2分されるパターンである(図4a)。左側が実際の運動軌道、中央がy軸方向の運動軌道のヒストグラム、右側がx軸方向の運動軌道のヒストグラムを示している。それぞれ赤、青コーナーの2人のデータを重ね合わせたもので、ヒストグラムの紫の部分には両分布が重なっていることを示す。上から3列並んでいるが、1から3ラウンドに対応している。この対戦では青コーナーのボクサーがリングの外側を主に動いているのに対し、赤コーナーのボクサーはリングの中央を主に動いている。ヒストグラムを確認すると、x軸、y軸の両軸において、赤の分布が中央によっていることがわかる。またこのパターンが3ラウンドともに変化なく同じようなパターンを示している。もう1つのパターンは、両者の軌道が同じような分布を示し、両者ともリング内で同じような軌道をとっているパターンである(図4b)。この対戦におけるヒストグラムを確認すると、両者の分布の大部分が重なっていることがわかる。このパターンも、1から3ラウンドまで変わることなく、継続している。

このほかの対戦の運動軌道は、この2つのパターンが混ざりあったような軌道を示した。1試合を除いてすべての試合では、3ラウンドにわたり、同じような運動軌道のパターンを示した。図4cは2ラウンド目と3ラウンド目でリングの内側と外側にいるボクサーが入れ替わっていた試合である。この試合では1ラウンド目の途中で腰のマークがはずれてしまったため、2と3ラウンド目だけのデータを示す。

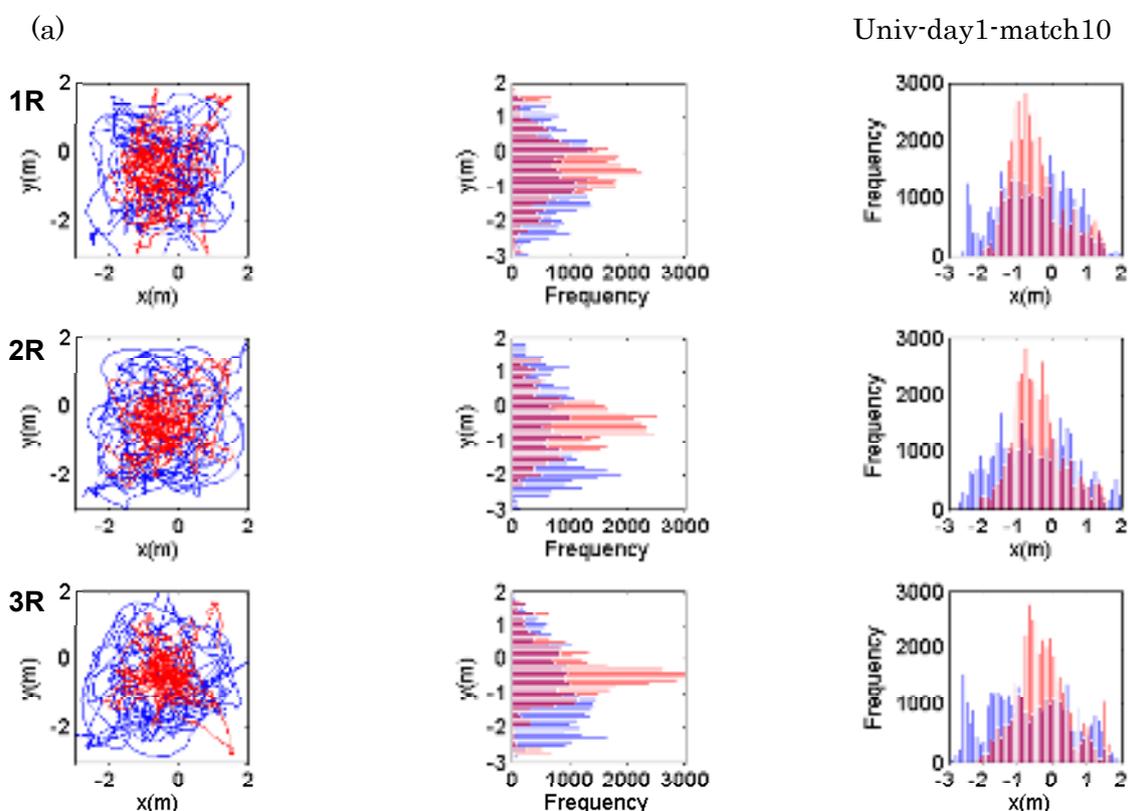


図4 リング内でのボクサーの運動軌道

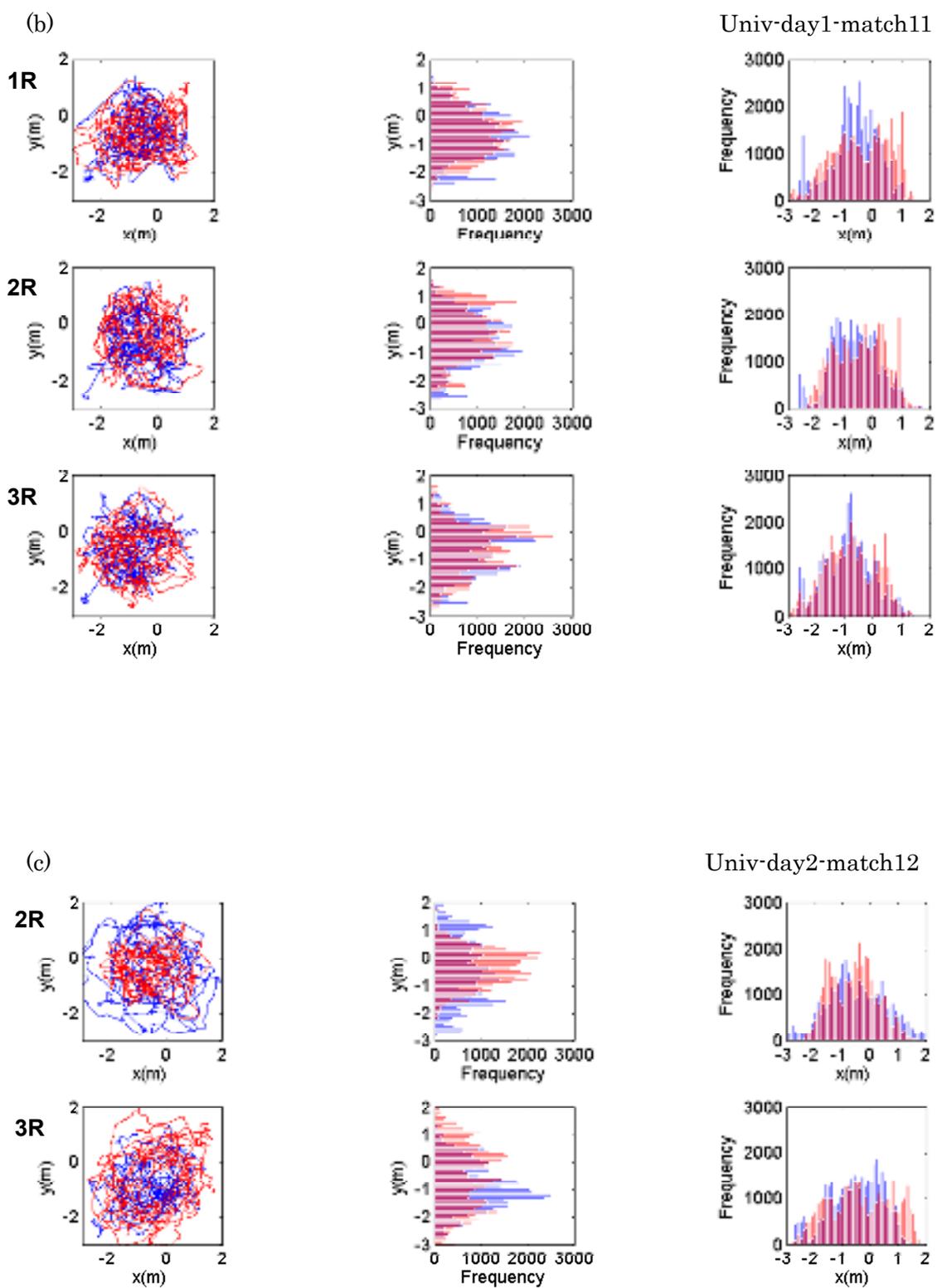


図4 リング内でのボクサーの運動軌道

### 3.2 詰引速度 (SV)、直交速度 (OV)、二者間距離 (IPD)

二者間距離の分布に大別して2つのパターンが見られた。図5、図6はIPDのそれぞれ異なる分布パターン(単峰性、二峰性)の典型例を示す。図5a、図6aはSV、OV、IPDの時系列データを示す。図5b、図6bはこれらのデータのヒストグラムを示す。SV、OVの赤と青のデータはそれぞれ赤コーナー、青コーナーのボクサーのデータを示す。

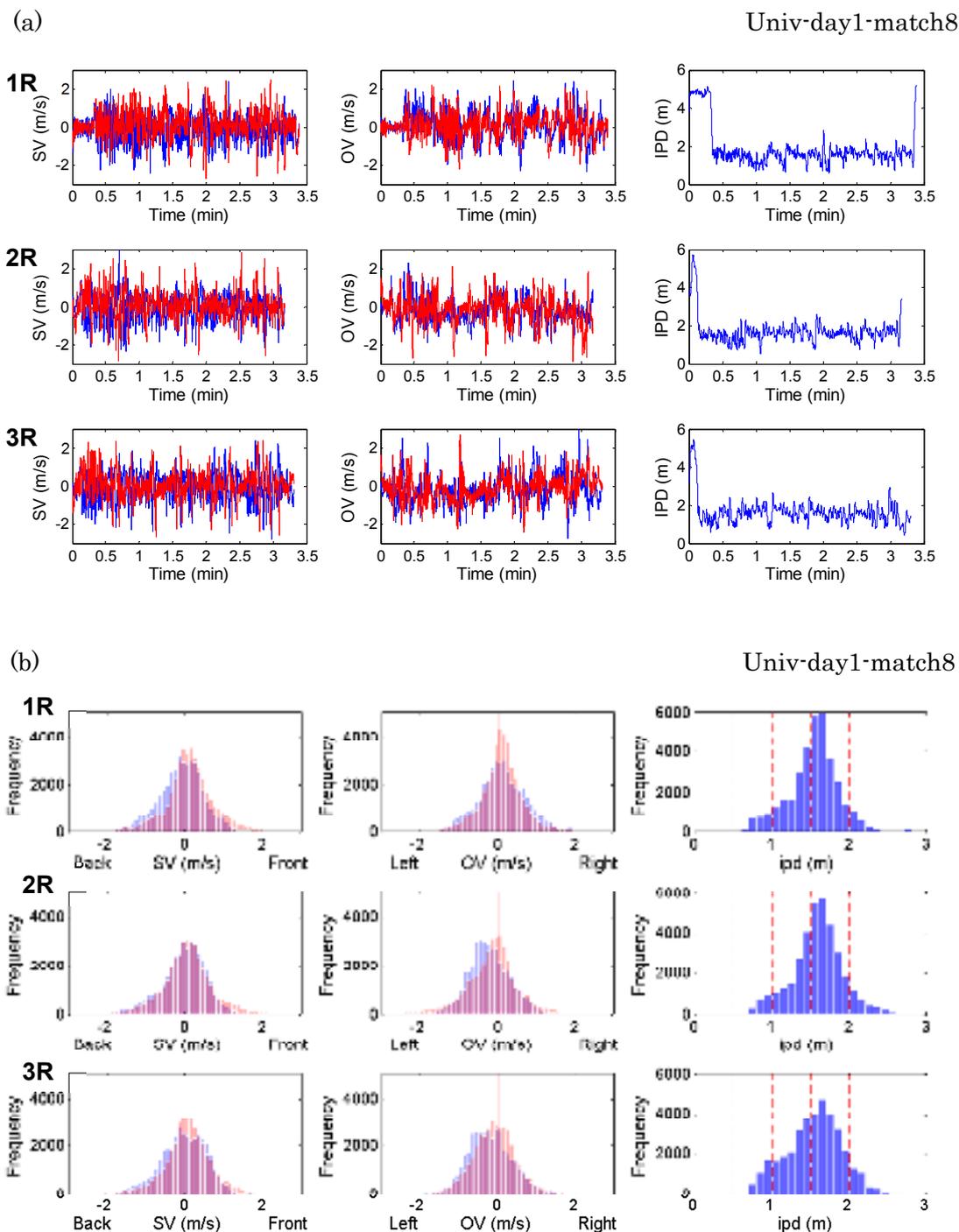
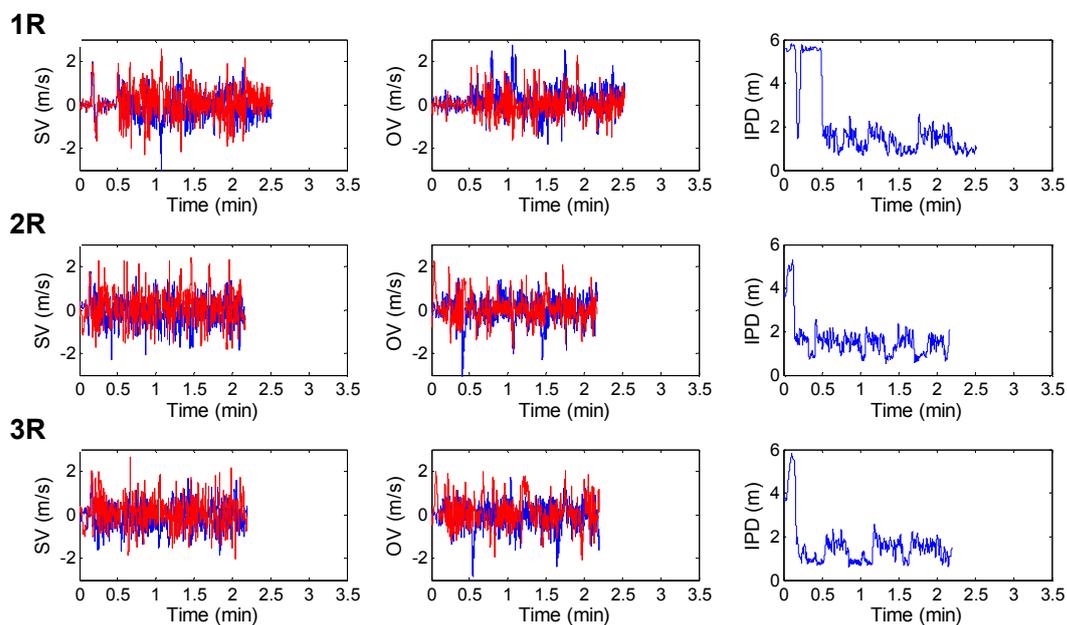


図5 SV, OV, IPDの時系列データ(a)とヒストグラム(b)

(a) High-day1-match3



(b) High-day1-match3

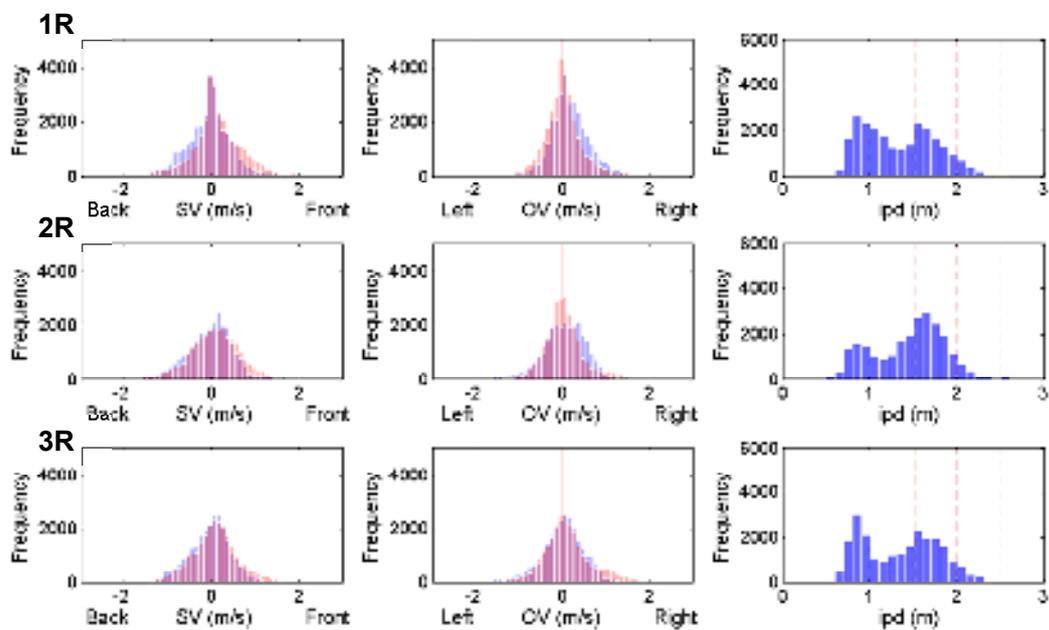


図 6 SV, OV, IPD の時系列データ(a) とヒストグラム(b)

図 5a、図 6a の右側の IPD の時系列データを見ると、図 5a では 1.7m 付近で変動しているのがわかる。一方図 6a では 0.8m と 1.6m 付近を交互に行ったり来たりしている。よって IPD のヒストグラムを見ると、図 5b では単峰性の分布、図 6b では二峰性の分布が観察された。これらの分布の二つのパターンは、ボクサーの運動軌道の 2 パターンとは無関係であった。つまり、リング内の運動軌道が、内側と外側に分かれるパターンの対戦であっても、IPD は単峰性と二峰性のどちらも観察された。

参加者の中には 2 日間の試合で、複数試合したボクサーもいる。彼らの IPD は対戦相手によって変化しているのか、それとも同じような分布を示すのかを調べるために、以下複数試合をした参加者の試合の IPD のヒストグラムを示す。ボクサー U-3 は 2 日間で 4 試合を行った。ボクサー U-3 の全試合の IPD のヒストグラムを図 7 に示す。左から 1 列目はボクサー U-9 との試合、2 列目はボクサー H-21 との試合、3 列目はボクサー U-13 との試合、4 列目はボクサー H-22 との試合を示す。まずボクサー U-9 との試合における IPD は、他の試合の分布とは異なり、歪度が正となり左に偏った分布を示している。ボクサー H-21 とボクサー U-13 との試合は、歪度が負となり、分布が右に偏っている。またボクサー H-22 との試合の分布は、二峰性になっている。

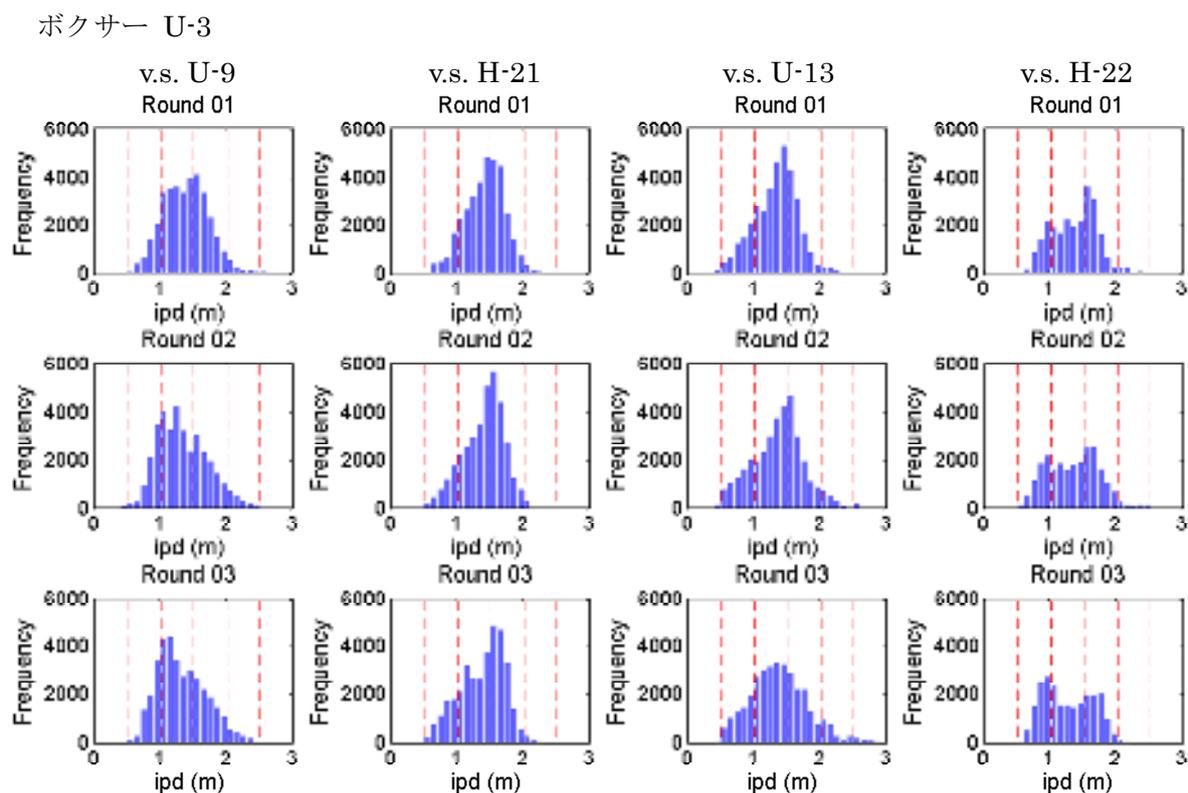


図 7 ボクサーU-3の複数の試合の IPD ヒストグラム

図 8 にボクサーU-1 の複数の試合の IPD のヒストグラムを示した。ボクサーH-26 とボクサーU-4 との試合では 2 ラウンド目で、ボクサーU-1 が K.O.勝利しているため、3 ラウンド目のデータがない。この選手は特に分布の尖度が試合により異なっている。例えばボクサーU-11 とボクサーH-18 の試合の分布を比較すると、尖度が大きく異なっている。

#### ボクサー U-1

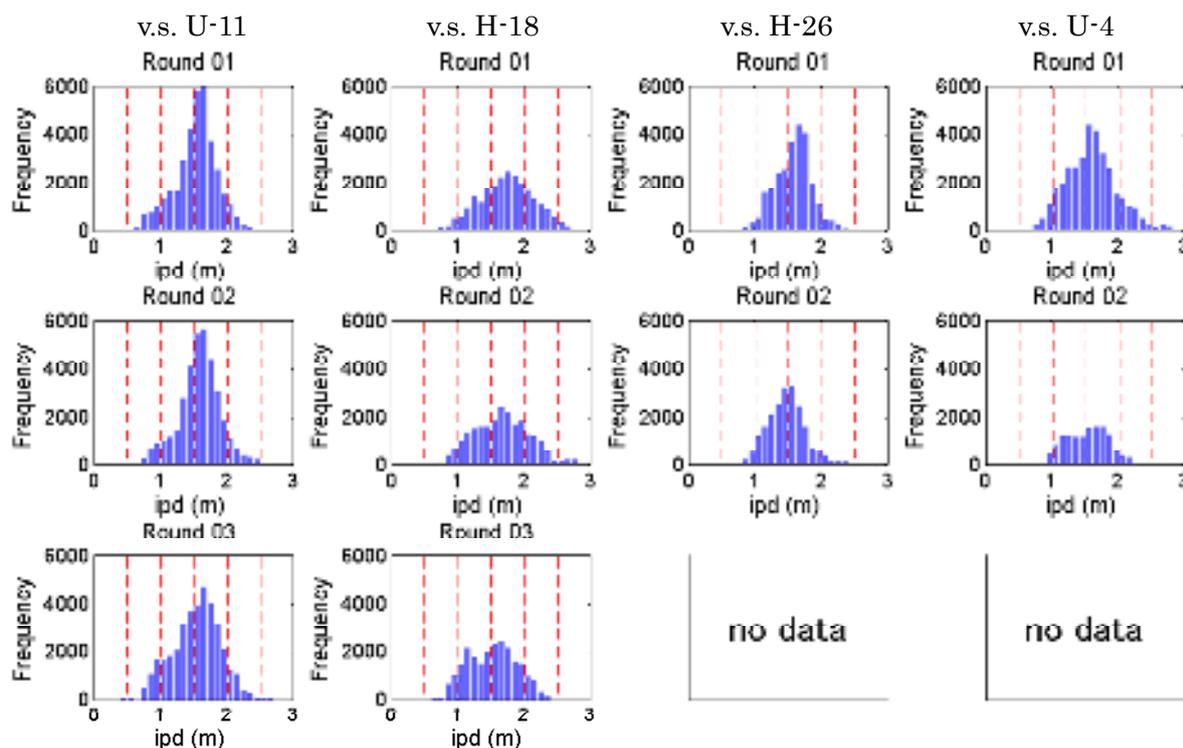


図 8 ボクサーU-1 の複数の試合の IPD ヒストグラム

図 9 はボクサーH-21 とボクサーU-3、ボクサーU-5 との試合の IPD のヒストグラムを示したものである。ボクサーU-3 との試合では単峰性の分布を示しているのに対し、ボクサーU-5 との試合では、二峰性の分布を示している。ボクサーU-3 は図 7 で示した選手であるが、ボクサーU-3 は対戦相手に関係なく単峰性の分布を示しているわけではない。またボクサーH-22 も常に単峰性の分布を示しているわけではない。これらの結果は、IPD 分布が個人に特有のものではなく、対戦相手との関係性によって変化しうる変数であることを意味する。

実際の試合では、「自分の試合ができた」や「相手のリズムに飲まれた」といった表現がよく用いられる。この IPD の分布の結果は、これらの現場の感覚と一致した結果である。IPD に関しては、最も得意とする間合いやリズムを各選手が有するである。しかしながらそれが各選手によって異なるため、お互いが自分の得意な間合いやリズムになろうとし、その結果試合ごとに異なる IPD 分布が生じていると考えられる。「自分の試合ができた」といった表現は、自分の得意とする間合いや駆け引きで試合を進められたことを意味し、「相手のリズムに飲まれた」という

表現は、自分の得意とする間合いと相手の得意とする間合いが異なり、相手の間合いによって試合が進んだことを意味する表現であると考えられる。

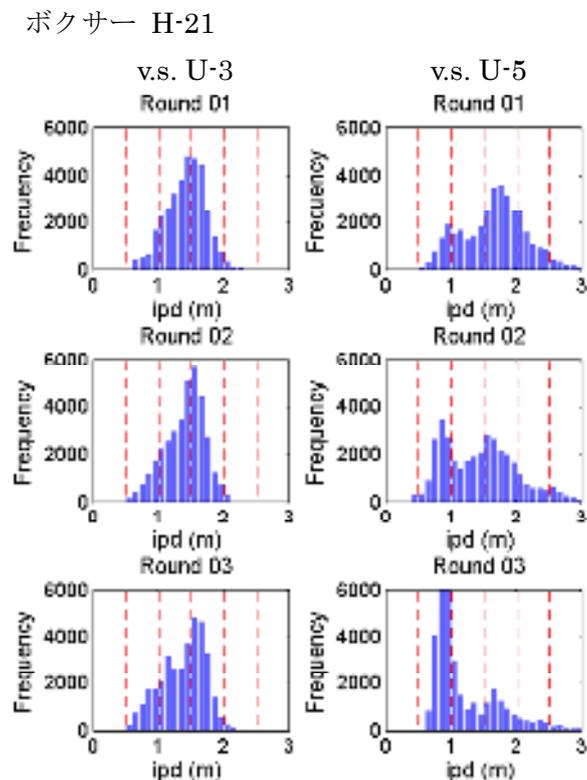


図9 ボクサーH-21の複数の試合のIPDヒストグラム

### 3.3 状態ベクトル、距離プロット

IPDの分布の結果から、ボクシングにおける競合ダイナミクスは、対戦相手と相互作用により創発する特性を持つことが示唆された。競合ダイナミクスの創発特性を詳しく調べるために、状態ベクトルを定義し、システムの振る舞いを記述した。一般にシステムの振る舞いは、位置と速度によって記述する。IPDの分布の結果から、IPDはボクシングにおける創発特性を記述するための重要な変数であることが示唆された。そこでIPD、2人のボクサー詰り速度、直交速度の5変数の $z$ 値によって、状態ベクトルを定義した。これによって2人の対戦は5次元の状態空間内での点の運動として表現できる。

この状態空間内で、どのような規則に従って点が運動しているのかを調べるために、距離プロットを作成した。図10は図9の試合と同じ試合の距離プロットの例を示した。上から1ラウンド、2ラウンド、3ラウンド目を示している。横軸を時刻 $i$ 、縦軸を時刻 $j$ とし、時刻 $i$ と時刻 $j$ の状態(5次元状態空間内での点の場所)が近い場合青、遠い場合は赤で表現した。両試合において、距離プロットの模様がラウンドごとに異なっている。青と薄い青が格子のようになっているが、これはシステムの状態がある状態から一度離れて、一定時間後にまた同じ状態戻ってくるということを繰り返していることを意味する。この再帰特性に潜む規則性を見つけることで、ボ

クシングにおけるリズムカルな駆け引き、つまり競合ダイナミクスを明らかにすることができる  
と考えられる。

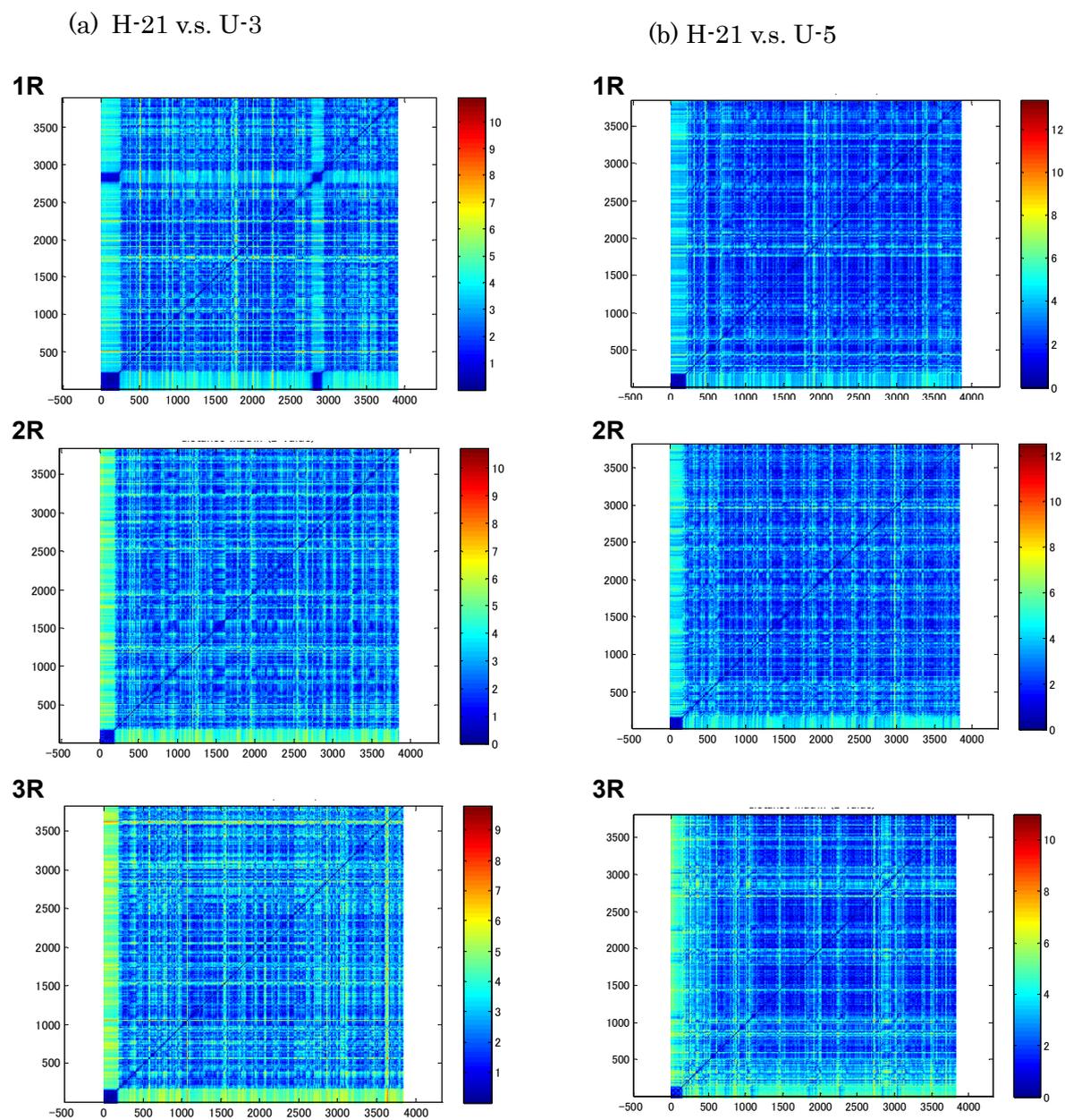


図 10 距離プロット

#### 4. まとめ

本研究は、実際のボクシング対戦を記録し、競合ダイナミクスの解明を試みた。IPD の分布の結果は、同じボクサーであっても対戦相手によって異なることが確認された。これは対戦のパターン(競合ダイナミクス)が各ボクサーの固有のものではなく、対戦相手との相互作用によって創発することを示唆している。対人競技では一般に自分の戦いやすい相手、戦いにくい相手がいる。また相手のペースではなく、「自分の試合をする」ということが重要視される。競合ダイナミクスが相手との関係性によって創発する特性があるからこそ、「自分のリズムやペースで試合を進める」ということが難しくなると考えられる。

距離プロットの解析では、高次空間内で再構成された 2 人の運動の軌道が、ある状態に一定時間留まったり、そこから離れてまた戻ったりするということを繰り返していることがわかった。しかしながら、その状態が実際の試合の中でどのようなパターンであるのかということはまだ明らかになっていない。今後の研究では、高次空間内での再帰する運動軌道が、実際の試合でどのような状況を反映しているのかを詳細に検討することで、実際のトレーニングに応用可能な知見が明らかになると考えられ、リズム感といわれる能力の解明につながると考えられる。

#### 謝辞

公益財団法人ミズノスポーツ振興財団の皆様には多大なご支援を頂戴いたしました。感謝申し上げます。この実験は多くの方にご協力いただきました。実験の計画から実施、解析に至るまで名古屋大学総合保健体育科学センター山本裕二教授にご指導賜りました。誠にありがとうございました。ボクシング未経験者の私にいろいろとボクシングについて教えてくださいました、ボクシング部顧問の先生方、実験をお手伝いくださいました山本研究室の皆様、データ解析をご指導くださいました東京大学大学院総合文化研究科進矢正宏助教、実験に参加くださったボクシング部の皆様、誠にありがとうございました。ここに記して感謝申し上げます。

#### 引用文献

- Aoki, T., Furuya, S., & Kinoshita, H. (2005). Finger-tapping ability in male and female pianists and nonmusician controls. *Motor Control*, 9(1), 23-39.
- Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Oda, S. (2010). Intrinsic constraint of asymmetry acting as a control parameter on rapid, rhythmic bimanual coordination: A study of professional drummers and non-drummers. *Journal of Neurophysiology*, 104(4), 2178-2186.
- Fujii, S., Kudo, K., Shinya, M., Ohtsuki, T., & Oda, S. (2009). Wrist muscle activity during rapid unimanual tapping with a drumstick in drummers and nondrummers. *Motor Control*, 13(3), 237-250.
- Fujii, S., & Oda, S. (2009a). Effects of stick use on bimanual coordination performance during rapid alternate tapping in drummers. *Motor Control*, 13(3), 331-341.
- Fujii, S., & Oda, S. (2009b). Effects of stick use on rapid unimanual tapping in drummers. *Perceptual and Motor Skills*, 108(3), 962-970.
- Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Okumura, M., Suzuki, H., Schmidt, R., & Yamamoto, Y. (2012).

- Switching Dynamics in an Interpersonal Competition Brings about “Deadlock” Synchronization of Players. *PLoS ONE*, *7*(11), e47911.
- Kijima, A., Yokoyama, K., Shima, H., & Yamamoto, Y. (2014). Emergence of self-similarity in football dynamics. *The European Physical Journal B*, *87*(2), 1-6.
- Kudo, K., Park, H., Kay, B. A., & Turvey, M. T. (2006). Environmental coupling modulates the attractors of rhythmic coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*(3), 599-609.
- Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M., & Kurths, J. (2007). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports-Review Section of Physics Letters*, *438*, 237-329. doi: 10.1016/j.physrep.2006.11.001
- Miura, A., Kudo, K., & Nakazawa, K. (2013). Action-perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: A comparison study of street dancers and non-dancers. *Neuroscience Letters*, *544*, 157-162.
- Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Kanehisa, H. (2011). Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: A study of street dancers and non-dancers. *Human Movement Science*, *30*(6), 1260-1271.
- Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., Kanehisa, H., & Nakazawa, K. (2012). Relationship between muscle cocontraction and proficiency in whole-body sensorimotor synchronization: A comparison study of street dancers and non-dancers. *Motor Control*, *17*(1), 18-33.
- Okumura, M., Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Suzuki, H., & Yamamoto, Y. (2012). A Critical Interpersonal Distance Switches between Two Coordination Modes in Kendo Matches. *PLoS ONE*, *7*(12), e51877.
- Pellecchia, G. L., Shockley, K., & Turvey, M. T. (2005). Concurrent cognitive task modulates coordination dynamics. *Cognitive Science*, *29*(4), 531-557.
- Repp, B. (2006). Rate limits of sensorimotor synchronization. *Advances in Cognitive Psychology*, *2*(2), 163-181.
- Repp, B. H., & Su, Y.-H. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic bulletin & review*, 1-50.
- Webber Jr, C. L., & Zbilut, J. P. (1994). Dynamical assessment of physiological systems and states using recurrence plot strategies. *Journal of Applied Physiology*, *76*(2), 965.
- Yamamoto, Y., & Yokoyama, K. (2011). Common and Unique Network Dynamics in Football Games. *PLoS ONE*, *6*(12), e29638.
- Yamamoto, Y., Yokoyama, K., Okumura, M., Kijima, A., Kadota, K., & Gohara, K. (2013). Joint action syntax in Japanese martial arts. *PLoS ONE*, *8*(9), e72436.
- Yokoyama, K., & Yamamoto, Y. (2011). Three people can synchronize as coupled oscillators during sports activities. *PLoS Computational Biology*, *7*(10), e1002181.