

東京農工大学博士論文

生涯スポーツとしてのボクシング指導
のための体幹機能に着目した
ストレートパンチ動作の解析

2017.9

東京農工大学大学院

生物システム応用科学府

生物システム応用科学専攻

岩本 直也

目次

第1章 序論	1
1.1 日本における少子高齢化対策と運動の効果	1
1.1.1 日本における少子高齢化社会と健康寿命の延伸	1
1.1.2 運動習慣および運動が身体に与える効果	3
1.2 生涯スポーツへの取り組みとボクシング競技	3
1.2.1 生涯スポーツおよび生涯スポーツとしてのボクシング運動	4
1.2.2 ボクシング競技の特性	5
1.2.3 ボクシング競技の成り立ちと発展	5
1.2.4 近年におけるボクシングの傾向と今後の課題	6
1.3 ストレートパンチの概要と動作分析に基づいた従来研究	8
1.4 本論文の目的	8
1.5 論文構成	9
第2章 ボクシングと他スポーツ種目の動作分析を主とした従来研究	12
2.1 ボクシングを主としたパンチ動作等の従来研究	13
2.1.1 ストレートパンチ以外を含んだパンチ種類動作の従来研究	14
2.1.2 ストレートパンチ力とパンチ力関連を数値化した従来研究	15
2.1.3 ストレートパンチ等のバイオメカニクス的な従来研究	16
2.1.4 パンチ動作に関する生涯スポーツに貢献する従来研究	17
2.2 ゴルフスイングを主としたスポーツ動作の従来研究	18
2.2.1 ゴルフスイングを主とした体幹と骨盤の運動学的な従来研究	20
2.2.2 ゴルフスイングを主とした床反力計を用いた従来研究	21
2.2.3 ゴルフスイングを主とした体幹と骨盤の筋電図学的な従来研究	21
2.3 ピッチング動作の筋電図学的分析を主とした従来研究	23
2.3.1 動作分析におけるピッチングの期間分類	23
2.3.2 ピッチング動作の体幹周囲筋に着目した筋活動	24
2.4 バッティング動作の体幹回旋および動作指導の従来研究	25
2.5 スポーツ動作に起因する股関節疾患に関する従来研究	26
2.5.1 他競技動作における股関節疾患に着目した従来研究	27
第3章 三次元動作分析に基づく経験者・未経験者の差異の抽出と考察	29

3.1	本研究の背景と目的	29
3.2	実験対象者	30
3.3	実験方法	30
3.3.1	測定機器と測定方法	30
3.3.2	分析方法と測定要素, 各測定項目, および統計処理	35
3.4	結果	37
3.5	考察	40
3.5.1	骨盤の回旋角度の特徴量 (角度変位・角度変位時間)	40
3.5.2	骨盤の回旋角速度の特徴量 (最大角速度)	41
3.5.3	骨盤の回旋動作が引き起こす股関節疾患の可能性	41
3.5.4	骨盤の回旋角速度の特徴量 (平均角速度)	42
3.6	3章のまとめ, ならびに4章と5章への展望	43
3.6.1	3章のまとめ	44
3.6.2	4章・5章への展望	44
第4章 筋電図計と床反力計に基づく経験による差異の抽出と考察		45
4.1	本研究の背景と目的	45
4.2	実験対象者	46
4.3	実験方法	46
4.3.1	測定機器と測定筋	47
4.3.2	分析方法および各測定項目	49
4.3.3	対象者データと統計処理	52
4.4	結果	52
4.5	考察	59
4.5.1	期間時間	59
4.5.2	COP 変位量	60
4.5.3	筋活動の各測定項目の選定と特徴	61
4.5.4	筋活動時間 (3筋) と筋活動開始時点における右大胸筋	62
4.5.5	%MVC (2筋) と筋活動開始時点における右三角筋	62
4.6	まとめ	63
第5章 未経験者への教示後変化の差異抽出と考察		64
5.1	本研究の背景と目的	64
5.2	実験対象者	65
5.3	実験方法	65
5.3.1	測定機器, 測定筋, 分析方法, および各測定項目	67

5.3.2	対象者データ	67
5.3.3	統計処理	67
5.4	結果	67
5.5	考察	75
5.5.1	期間時間と COP 変位量の経験群への接近, 離隔, および変化なし	77
5.5.2	期間時間と COP 変位量の教示を与えた短時間練習後の動作変化	77
5.5.3	筋活動の特徴量における経験群への接近, 離隔, および変化なし	78
5.5.4	筋活動の特徴量における教示を与えた短時間練習後の変化	79
5.6	まとめ	80
第 6 章	結論	82
6.1	本論文で行った 3 実験	83
6.2	本論文の新規性と有効性	84
6.3	本研究の限界点と今後の課題と展望	85
	謝辞	86
	参考文献	89
付録	生涯スポーツとして取り組んでいるボクシング愛好者への調査	103
A-1	調査の目的	103
A-2	対象者, およびアンケート調査方法	104
A-3	調査内容	104
A-4	結果	107
研究業績		115
1	研究論文	115
2	国際会議	115
3	国内学会	115

目次

1.1	平均寿命の実績と推計の値	2
1.2	健康寿命と不健康な期間	2
2.1	ボクシング等におけるパンチ動作の従来研究	14
2.2	ゴルフスイング動作等における従来研究	19
3.1	三次元動作分析システムにおける計測システムの概要	32
3.2	骨盤の解剖学的モデル	33
(a)	右側骨盤部の前額面前方	33
(b)	矢状面右側方	33
3.3	解剖学的肢位の骨盤軸の設定	33
(a)	前額面前方	33
(b)	矢状面左側方	33
(c)	水平面上方	33
3.4	解剖学的肢位の各姿勢	33
(a)	前額面前方	33
(b)	矢状面左側方	33
(c)	前額面後方	33
3.5	オンガードポジションの構え	34
(a)	前額面前方	34
(b)	矢状面左側方	34
(c)	前額面後方	34
3.6	ストレートパンチ動作	34
(a)	前額面前方	34
(b)	矢状面左側方	34
(c)	前額面後方	34
3.7	ストレートパンチ動作を矢状面左側方からみた骨盤軸変位の分析方法	35
(a)	解剖学的肢位骨盤角度	35
(b)	基準骨盤角度	35
(c)	最大回旋角度	35
3.8	骨盤の回旋角度を特徴量とした各測定要素	36

3.9	骨盤の回旋角速度を特徴量とした各測定項目	36
3.10	骨盤角度変位	38
3.11	骨盤角度変位時間	38
3.12	骨盤最大角速度	39
3.13	骨盤平均角速度	39
4.1	4章の実験手順の概要	48
4.2	筋電図計と床反力計における計測システムの概要	48
4.3	筋電図計測の各測定筋（7筋）	49
4.4	ストレートパンチ動作の各期間分類と COP 変位量の代表例の各測定項目	51
(a)	対象者の各期間分類	51
(b)	COP 変位量の各測定項目	51
4.5	ストレートパンチ中の筋活動の各測定項目	51
4.6	各群における期間時間の測定結果	53
4.7	各群における COP 軌跡変位量の測定結果	54
4.8	各群における筋活動開始時点の測定結果	55
4.9	各群における最大筋活動発揮時点の測定結果	56
4.10	各群における筋活動時間の測定結果	57
4.11	各群における%MVC の測定結果	58
5.1	5章の実験手順の概要（4章との繋がりを含む）	66
5.2	3群における期間時間の測定結果	69
5.3	3群における COP 変位量の測定結果	70
5.4	3群における筋活動開始時点の測定結果	71
5.5	3群における最大筋活動発揮時点の測定結果	72
5.6	3群における筋活動時間の測定結果	73
5.7	3群における%MVC の測定結果	74
5.8	筋活動の分析例, 「変化なし (a)」, 「離隔 (b)」, 「接近 (c)」	76
A.1	ジム入会にあたって優先した項目	108
A.2	ジム通いを継続させるために重要と考えられる動機の項目	109
A.3	ジム通いの継続が健康におよぼす具体的な効果の項目	110
A.4	ジム練習における好きな練習内容の項目	111
A.5	現在の得意なパンチ種類	111
A.6	初心者の段階にフォームを確立したいパンチ種類	112
A.7	現在, パンチスキルを向上させたいパンチ種類	112

A.8	ストレートフォームの確立で身体における主観的な貢献度	113
A.9	スパーリング競技に参加する不安要素	114

表目次

3.1	骨盤の回旋角度と回旋角速度を特徴量とした測定結果と群間の有意差検定結果	37
4.1	各測定筋の作用	49
4.2	各群における期間時間の測定結果	53
4.3	各群における COP 変位量の測定結果	54
4.4	各群における筋活動開始時点の測定結果	55
4.5	各群における最大筋活動発揮時点の測定結果	56
4.6	各群における筋活動時間の測定結果	57
4.7	各群における%MVC の測定結果	58
5.1	3群における期間時間の測定結果	69
5.2	3群における COP 変位量の測定結果	70
5.3	3群における筋活動開始時点の測定結果	71
5.4	3群における最大筋活動発揮時点の測定結果	72
5.5	3群における筋活動時間の測定結果	73
5.6	3群における%MVC の測定結果	74
A.1	個人調査（運動と健康状態）の項目	107
A.2	ジム通いの実態に関する項目	108
A.3	ジム入会にあたって優先した項目	108
A.4	ジム通いを継続させるために重要と考えられる動機の項目	109
A.5	ジム通いの継続が健康におよぼす具体的な効果の項目	109
A.6	ジム練習における好きな練習内容の項目	111
A.7	現在の得意なパンチ種類	111
A.8	初心者の段階にフォームを確立したいパンチ種類	112
A.9	現在、パンチスキルを向上させたいパンチ種類	112
A.10	ストレートフォームの確立で身体における主観的な貢献度	113
A.11	スパーリングやエアーパーボクシングの競技への参加経験と今後の希望	114
A.12	スパーリング大会に参加する不安要素	114

第1章

序論

1.1 日本における少子高齢化対策と運動の効果

ヒトと動物との違いは、移動方法、コミュニケーション手段、および火や道具の使用等多岐にわたるが、ヒトは文明を発達させたことで生活が便利になった。これは労働や生活に費やす時間の効率化につながり、生活の過ごし方を多様化させた。さらに、ヒトは長きにわたる年月をかけ、生き延びるための創意工夫を行った結果、平均寿命を延伸させ、生活の質を向上させた。しかし、それら文明の発達が発達不足の引き金となり、平均寿命の延伸は、生活習慣病 (lifestyle related diseases) 等の新たな問題を引き起こした。

このような状況で、精神的な充足および体力と健康を増進させ、生活習慣を整える目的において、生涯スポーツとしての長い期間にわたるスポーツ活動や生活における歩行等の運動習慣の増加を継続させることが推奨されている。特に、生涯スポーツとしての長い期間にわたるスポーツ活動は、ヒトが発達させた文化的特徴の一つとされ、健康寿命の延伸に貢献するが、スポーツ活動の継続には困難性が報告されている。従来の生涯スポーツ研究から、スポーツ活動を継続させるには、個人の技能レベルに応じた知識や知的好奇心を深めさせる情報を与え、自己採点や自己評価から技能の向上が実感できること、ならびに身体的な負担を抑え健康に貢献されることが有用とされる。

1.1.1 日本における少子高齢化社会と健康寿命の延伸

2015年の日本の平均寿命は、男性が80.75歳、女性が86.99歳であり、今後も延伸する可能性が示されている[1]、(図1.1)。日本は世界一の長寿国となったが、その一方で出生数は減少し続け、世界の中でも希に見る超少子高齢化社会を迎えている[2]、[3]。具体的には、65歳以上の人々は2010年には23.1%と4人に1人に達していないが、2035年には3人に1人に達するとされる。また近年は、人口の減少がすでに始まっており2046年の日本の総人口は、1億人を下回ると予測されている[3]。さらに、高齢化による医療や介護に係わる社会保障の負担の増加が予想される一方で、これまでのような高い経済成長が望めない可能性がある。このような状況下では、「元気な高齢者が人口減少社会を支える」構想が示さ

れている[3]が、この構想の実現には、健康面に支障がなく日常生活を送れる期間、いわゆる「健康寿命」をいかに延伸させるかが重要といえる。

2011年における日本の健康寿命の平均値は、男性が70.42歳、女性が73.62歳で、この当時の平均寿命と比べ男性で約9年、女性で約12年の差異を生じさせていることが述べられている[2]、[3]、(図1.2)。また、このような健康状態を崩した状態で過ごす期間は、医療や介護に係わる社会保障の負担の増加だけでなく、本人および周囲の人々にとっては、不安やストレスから、実際よりも長く感じる辛い期間と想像できる。これらからも今後の日本にとって、健康寿命を延伸させる方略に対し、どのように対処していくべきかを慎重に検討する必要がある。

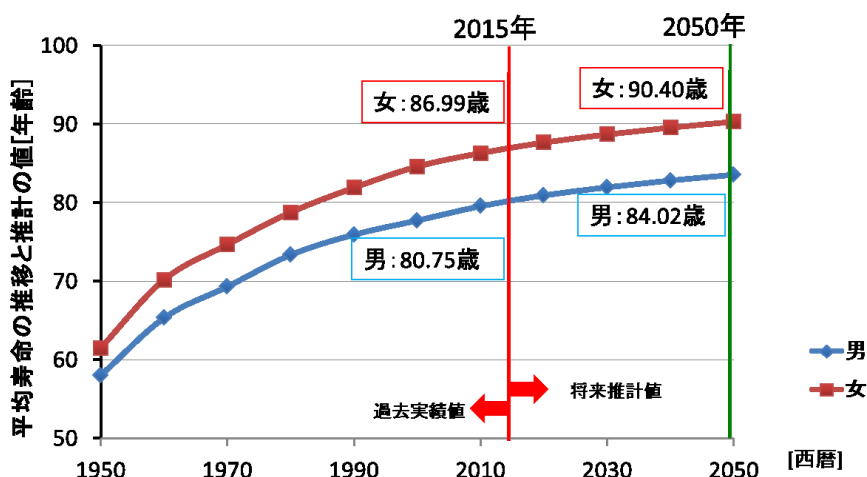


図 1.1 : 平均寿命の実績と推計の値, [1]

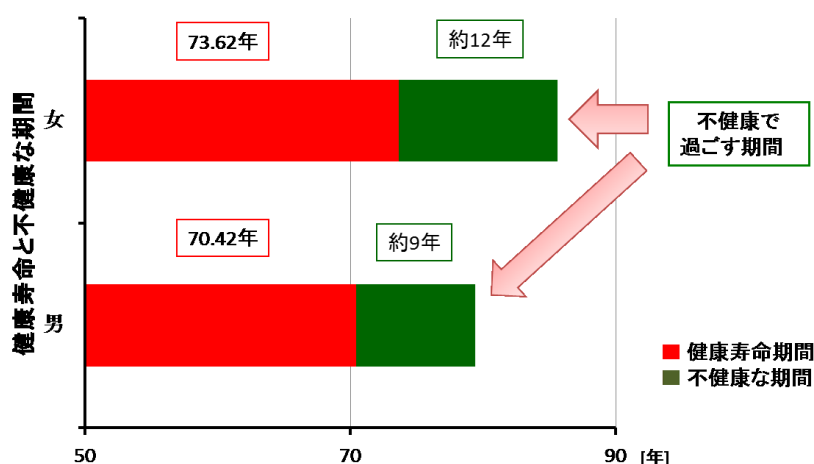


図 1.2 : 健康寿命と不健康な期間, [2], [3]

1.1.2 運動習慣および運動が身体に与える効果

日本では従来、「成人病」と呼ばれていた2型糖尿病，肥満，高血圧症，高脂血症等の発症には，遺伝的因子に加えて，生活習慣の深い関与が明らかとされ，生活習慣病（lifestyle related diseases）の概念が導入された[4]．生活習慣病の予防には，その名称の由来通りに生活習慣が深く影響しているとされる[5]．特に，現代の生活習慣病の中で，非感染性疾患であり若い時からの生活習慣に起因する，がん，循環器疾患，糖尿病，および慢性閉塞性肺疾患（COPD）の4項目は，食生活と運動の習慣の改善による発症や重症化の予防に対し，取り組むべき対策が検討[3]されている．

また，ロコモティブシンドローム（運動器症候群）と呼ばれる運動期疾患は，50歳代以降に急増し，中高年で顕在化する[6]と述べられているが，ロコモティブシンドロームおよび生活習慣病は，それぞれのライフステージにおいて適切に運動を行うことで予防効果が高まる[2]，[3]とされている．さらに，現代社会はストレス社会といわれ，様々なストレスを抱えている[7]と報告されている．習慣的な運動には，メタボリックシンドロームを含む循環器疾患やロコモティブシンドローム等，様々な身体健康の増進効果が示される[8]とともに，気分転換やストレス解消等の精神的な安定効果[9]も報告されている．

その一方で，山本ら[10]は，運動を行うことで，心筋虚血発作や不整脈，骨格筋損傷等のリスクの存在を提示し，運動を行うことの利点とリスクを考え合わせたうえで，運動の種類，強度，持続時間，頻度等の進め方を決める重要性を述べている．また，Garberら[11]は，心肺機能運動，抵抗運動，柔軟性向上運動，神経筋適合運動において，運動を行うリスクも存在するが，ほとんどの成人にとってはリスクよりも利点の有益性が勝るとして適切な運動を検討している．

これらからも，個人に合わせた適切な質と量を考慮した習慣的な運動の実施が，健康寿命の延伸に貢献しながら，平均寿命と健康寿命との差を短縮させ，個人の生活の質の低下を防ぐとともに，国の社会保障の負担軽減に繋がる[2]として期待されている．

1.2 生涯スポーツへの取り組みとボクシング競技

近年の日本では，スポーツを行う意味が多様化し人々の生活の中に浸透している．スポーツは人生をより豊かにし，充実させるとともに，人間の身体的・精神的な欲求にこたえる世界共通の人類の文化の一つ[12]とされている．また，ヒトが生涯にわたってスポーツを楽しむ生涯スポーツの活動は，大きな意味を含む．スポーツは，「身体を動かすという人間の本源的な欲求にこたえとともに，爽快感，達成感，他者との連帯感等の精神的充足や楽しさ，喜びをもたらすだけでなく，さらに体力の向上や，精神的なストレスの発散，生

活習慣病の予防等，心身の両面にわたる健康の保持増進に資するもの」[12]とされている。これらからもスポーツは，競技者，健康増進の手段，余暇の楽しみの一つ等，様々な年代において関わり方を変化させ，生涯にわたりスポーツと親しみながら過ごす生涯スポーツの構築は，これからの日本にとって有意義であると考えられる。

1.2.1 生涯スポーツおよび生涯スポーツとしてのボクシング運動

スポーツは勝敗にかかわる競技選手として競技に参加するだけでなく，健康増進の目的や趣味の一環として，スポーツ活動を長期間にわたり，継続することが注目されている。しかしながら，身体活動量を増加させ健康的な生活をおくる目的で，長期間にわたる運動を継続することは困難とされている。Dishman ら[13]は，運動を開始した人々が 3-6 ヶ月後には約半数の人々が運動をやめてしまうと報告している。長い期間にわたり運動を継続するためには，運動に対するモチベーションを維持させることが重要[14]である。そのためには，個人の技能レベルに応じた知識や知的好奇心を深めさせる情報を与え，自己採点や自己評価から技能の向上が実感できることが有用[15]とされる。また，運動を継続する者は，興味を抱いていることに関連した新しい情報に興味をもつ[15]と述べられている。

これまで生涯スポーツというと，高齢者を対象としたゲートボールやグランドゴルフ，ウォーキング等の運動強度の弱い運動種目や，勝敗にこだわらない参加型のレクリエーションスポーツと解釈されやすかったが，ヒト，時間，自然かは別として勝ち負けの競い合いを欠くスポーツなど基本的には存在しない[16]とされている。つまり，年齢・体力および技術レベルに応じた競争やイベントの設定が，スポーツ経験者をもう一度スポーツ活動に呼び戻し，未経験者への参加意欲に繋がる[16]と述べられている。さらに川西ら[16]は，「エリートスポーツと生涯スポーツとの違いは，スポーツの質的特性というよりも出場資格が緩いか厳しいかである。言い換えると，エリートスポーツは参加者をあらゆる方法で排除して，一握りの人数に絞り込む排除の論理といえる。これに対して，生涯スポーツはあらゆる参加者に門戸を開放する需要の論理」と報告している。

日本におけるアンケート調査を用いた生涯スポーツの研究について，大場ら[17]は，世代別の運動習慣や運動の種類を報告し，中高年の健康・体力づくりに関する運動の実施様態を明らかにした。小高ら[18]は，長きにわたりスポーツを継続するためには，場所，仲間などの要因が関係していることを示唆した。久川ら[19]は，生涯教育の側面から大学生のスポーツ意識の調査，ならびに従来調査を基にした社会人の意識との間に生じる差異を抽出した。また，ボクシング運動を対象にした健康に関連した従来研究報告として，熊原ら[20]は，ボクシング運動のパンチ動作を行うことで心理的な側面に与える有効性を示した。さらにGuら[21]は，安定期の慢性閉塞性肺疾患（COPD）の罹患者に，対戦相手を仮想したシャドーボクシングと呼ばれる運動を行わせることで，運動耐久性および生活の質が改善したことを報告した。しかしながら，ボクシング運動を生涯スポーツの種目として取り扱

い、初心者に運動を継続させる目的で行った、アンケート調査の報告、指導方法の考察、および運動動作の分析等の報告は極めて少ない。

1.2.2 ボクシング競技の特性

ボクシング競技は、相手選手の急所に打撃を加え、ダメージを与えることが勝敗を決する競技性から、事故に繋がる事例が発生している。それらの報告として、2003年のボクシング競技の事故に関する報告[22]では、特定地域のプロボクシング競技者を対象に、過去16年間の外傷や障害の調査報告を行った。また2006年の報告[23]では、アマチュアとプロのボクシング競技者を対象とし、2年間の練習と試合を合わせた1000時間の外傷・障害の発生頻度を調査し、この結果から71%が頭部に発生していることが報告された。さらに、日本でも競技上の事故を予防するためのルール改正が行われ[24]、対戦相手から受けるパンチダメージの低減を図っている。

近年のプロボクシング世界タイトルマッチの有名な事故としては、試合中で意識不明の重体に陥る事故（2000年）が挙げられる。その事故を契機に、ボクシング競技の存続における是非および危険性が指摘された。結果として、選手の容態が快方に向かったことや、事故の原因が試合前の急激な減量に起因していたとして、イギリスボクシング協会は、試合前の健康管理をいっそう厳しくし、存続させることで決着している[25]。この事例のように、ボクシング競技のルールは他競技と比較し、過酷な一面を有していると考えられる。特に、プロボクシングの世界戦では、1ラウンド3分で休息时间1分として、12ラウンドという長い時間にわたって試合が行われる（アマチュアボクシングの国際大会は3分、3ラウンドと競技時間が短い）。また、試合の勝敗は、最終ラウンドまで継続すれば、ジャッジによる優劣の判定で決められる。しかしながら、試合途中で有効なパンチのダメージを受け、10秒間で試合の続行が困難な状態と判断されることで勝敗が決する競技ルールである。プロボクシング競技のようにダメージを与え続ける競技ルールは、他競技にはない特殊性があるといえる。

1.2.3 ボクシング競技の成り立ちと発展

ボクシングはレスリングとともに最も古くから存在し、紀元前800年頃には古代ギリシャの青年を中心に、獣から身を守る護衛術および心身を鍛える目的で始まった[26]とされる。しかし、ボクシングは各国間の支配関係の中で、支配国の者がボクシングを鑑賞する目的で強制的なボクシングの試合（決闘）が行われた。これらのことが要因となり、西暦400年代には、ボクシング鑑賞およびボクシングに関係するほとんどを有害として世界から排除された[27]ことが記述されている。

現代のグローブを着用したボクシングの形式は、1800年台のイギリスで発生した。これ

は、通称クインズベリー・ルール（1867年）と呼ばれ、現代ボクシングの原型[26] - [28]とされている。イギリスでのクインズベリー・ルール以降のボクシング活動は、ボクシングを自己防衛技術の習得と健康増進のための運動として発展した[28]とされる。またボクシング競技のテクニクに関して、はじめて多種類のパンチを組み合わせたコンビネーションブローをみせたのは、1910-1920年台の試合[29]とされている。そのパンチの組み合わせは、ジャブにストレートを繋げたもので、現在では最も基本的な攻撃技術の一つ[29]である。つまり、イギリスでクインズベリー・ルールが成立してから、コンビネーションブローが開発されるまで、実に約50年もの年月を費やしている。これらからも、現在のボクシング競技は、競技者、ルール、安全管理の概念、およびパンチのテクニクが、時々刻々と変化する時代背景の中で、変容してきたといえる。今後も様々な新しい、指導法、テクニク、ルール、ならびに競技の形式が見直され変容していくと考えられる。

現在、プロのボクシング競技は、日本をはじめ世界各国で大きな試合が行われている。またアマチュアのボクシング競技は男女ともに、世界の中で最も歴史が長く、かつ大きな大会として知られるオリンピックの種目の一つとされている。これらからもボクシング競技は、今後においてもプロ・アマチュアの競技ともに、大きな注目を集めるメジャーなスポーツ競技として存続していくと考えられる。さらに、これまでのボクシングに関する歴史が示しているように、自己防衛の技術および健康を増進させる課題運動として興味深く、有用であるといえる。

1.2.4 近年におけるボクシングの傾向と今後の課題

米国におけるボクシングは、従来ではプロやアマチュアの競技選手を育てる目的で、ジムの運営が行われていた。しかしながら、1980年代に「ホワイトカラーボクシング」といわれるボクシング動作を用いたレクリエーション目的のエクササイズが浸透した[30]。ホワイトカラーとは、金融機関に勤務する労働者を指している。ホワイトカラーボクシングは、ニューヨークのウォール街の金融機関に勤務する人々を対象に、昼の休憩時間や勤務終了後の時間を利用し、近隣のボクシングジムに通って練習を行ったことから名付けられている。その練習は、忙しい勤務時間の中で短時間のダイエット効果、ストレス発散効果、および闘争心を掻き立てることを目的として行われた運動プログラムである[30]。これらが、ボクシングジムの経営者に新たなマーケットとして認識され、今ではプロおよびアマチュア競技への参加を目指した選手のみでなく、レクリエーションおよび健康増進目的として女性を含めた様々な人々のボクシング練習への参加[30]が報告されている。

アメリカと同様に、日本における従来のボクシングジムへの入門者は、プロやアマチュアの競技選手を目的とした入門者が大半であったが、近年では健康増進目的でボクシングを始める練習生が増加している。それに伴うボクシング競技の新しい取り組みの一つに、2009年からプロやアマチュア競技以外の大会として、対戦相手への打撃を実際には与えな

いエアークボクシング競技の大会が行われるようになった[31]. エアークボクシング競技の時間は、1分30秒を2回で、途中で30秒のインターバルを挟む。なお、12歳以下および50歳以上の参加枠では、1分を2回で、途中で20秒のインターバルを挟む形式で競技が行われる[31]. また、エアークボクシング競技のジャッジにおける勝敗判定の評価基準の4項目[31]を下記に示す。

1. クリーン・エフェクティブ・ヒット：
明らかに的確なパンチをヒットさせている（仮想）。
2. ディフェンス：
相手の攻撃に対して的確な対処をし、攻撃に繋げている（仮想）。
3. リング・ゼネラルシップ：
試合態度が堂々とし、戦術、戦法的に相手より優れ、巧みな試合運びをしている。
4. パフォーマンス：
スピードやスタミナが明らかに上回り、挨拶ができる。また、ゴング後にフィニッシュブローを保持し、3秒間の静止ができる。

これら4項目を評価基準とし、実際に身体の一部が接触すると、両選手から減点されるルール[31]である。このような、老若男女が参加しやすいルール設定に伴って、生涯スポーツとしてのボクシング運動を利用し、健康の増進効果を図る人々が増加すると予測される。

本論文の付録研究の資料として、生涯スポーツとしてボクシング運動を継続しているボクシング愛好者へのアンケート調査を行った。アンケート内容は、「入会」や「継続」をしやすい要因に関する設問を取り入れている[調査12]–[調査16]。アンケート結果から「入会」に関し[調査13]、上位3位においては、ボクシングが好き、通いやすさ、他練習生やジムの雰囲気（表A-3、図A-1）が挙げられた。また「継続」に関し[調査14]、上位3位においては、楽しさの実感、健康増進の実感、技術向上の実感の項目（表A-4、図A-2）が挙げられていた。今後、これらのボクシングジムに通う人々において、楽しさおよび健康増進を目的に生涯スポーツとして継続させるためには、ボクシング指導の内容や方法も変容していく必要がある。例えば、エアークボクシング競技への参加を目的とし、練習を行っている場合では、実戦形式の練習でもパンチを当てないことが多いことから、実戦を想定した有効なパンチ動作の実感を得ることは困難といえる。

以上からも、実戦的なプロやアマチュア競技のボクシング練習を行っている人々のパンチ動作を定量的に分析し、初心者から各レベルに合わせたパンチ動作の指導ができれば、実際にパンチを打ち合うことなく、安全に技術向上の実感を与えられる可能性がある。これらは、エアークボクシング競技への参加および生涯スポーツとしてボクシング運動を行うボクシング愛好者の人々への運動継続に貢献できると考えられる。

1.3 ストレートパンチの概要と動作分析に基づいた従来研究

ボクシングで用いられるパンチは主にジャブ、ストレート、フック、およびアッパーの4種類である。その中でもストレートパンチは、ジャブとともに初心者の段階から指導されるパンチである。一般的な右利きの者が放つストレートパンチ（オーソドックススタイル）は、身体右側を後方に引いた半身の状態に構える（オンガードポジション）[29]、[32]。ストレートパンチ動作は、オンガードポジションの状態から身体の前方向並進運動、ならびに体幹長軸や骨盤に生じる水平面における左回転（以下、水平左回旋）の運動エネルギーを活用し[32]、[33]、右腕を前方に伸ばす動作を遂行している[34]。この水平左回旋に関して、本論文の付録研究の資料におけるアンケート調査[調査 21]からは、ストレートパンチ動作フォームへの確立に、身体と骨盤の捻りを最も重要視している（表 A-10、図 A-8）ことが示された。また Filimonov ら[33]が行ったアンケート調査およびパンチ力計測器を用いた従来研究からも、下肢の伸展、体幹の回旋、腕の動作からストレートパンチ動作が構成されていると述べられている。この従来研究[33]では、プロ群とアマチュア群で、それら三つの身体動作が貢献するパンチへの割合を示し、両群ともに体幹回旋動作がストレートパンチに高く貢献していることが報告されている。さらに、健康増進目的でボクシングを始める人々が参考とする一般的な教則本では、基本的なストレートパンチにおける体幹および骨盤の水平左回旋を活用した打ち方が、写真とともに記述されている[29]、[35]–[38]が多く見受けられる。

しかしながら、それらストレートパンチ動作でエアーボクシングを想定した詳細、および生涯スポーツとして取り組む人々への指導方法の理論的背景は、十分に示されていない。実際、ボクシング等のパンチ動作を分析する目的において、動作分析を基にした従来研究[32]–[34]、[39]–[48]の報告自体が、極めて少ないといえる。特に、エアーボクシング競技では、パンチを当てないルール設定であり、パンチ力測定器や固定された目標物をパンチングしない実験条件で、パンチ後における動作の分析実験条件の設定が必要と考えられる。

1.4 本論文の目的

昨今の日本では、過去から現在、および未来にかけて、深刻な少子高齢化が到来し、医療・介護に関わる社会保障費用の拡大を含めた、様々な問題を抱えている。そのような状況から、日常生活における歩行等の活動量の増加や、生涯にわたりスポーツを行うことによる健康寿命の延伸効果が注目されている。生涯スポーツの推進を目的とした従来研究の報告では、年齢・体力および技術レベルに応じた競争（イベント）の設定が、スポーツ経

験者では運動の再開（継続）に貢献し、未経験者では参加動機に繋がるとされる。近年、ボクシングに関連する新しいイベントとして、対戦相手にパンチを当てないエアークロッシング競技が開催されている。エアークロッシング競技は、パンチの被弾に関わる外傷の危険性がないこと、ならびに老若男女が参加可能なルール設定から、生涯スポーツとして適用していく可能性があると考えられる。また、長きにわたりスポーツ活動を継続させるためには、個人の技能レベルに応じた知識や知的好奇心を深めさせる情報を与え、技能向上が実感できれば運動を継続するモチベーションに繋がるとされている。

これらから本論文では、経験の違いや指導教示を与える前・後において、統計学的に抽出された動作の差異は、経験や教示がおよぼす技能や動作の変化箇所と捉え、エアークロッシング競技者および生涯スポーツとして行うボクシング愛好者への初心者指導のポイントとして考察することを目的とした。考察では、技能の向上を実感させやすい指導上の説明、ならびにスポーツ傷害の予防等、運動の継続を助長させる観点に着目した。

具体的な実験としては、ボクシング運動で主要なパンチ種類であるストレートパンチ動作における統計学的解析実験を行った。ストレートパンチ動作の経験群と未経験群における比較の2実験（3・4章の実験）、ならびに未経験群に教示を与える前・後の比較実験データに、経験群データを加えた3群の比較実験（5章の実験）の合計3実験である。これら各実験では、骨盤の運動学的解析（3章の実験）、ならびに体幹の筋電図計測と床反力計測の解析実験（4・5章の実験）の結果から、骨盤の動き、ならびに体幹筋活動と床反力作用点の軌跡（center of pressure, 以下 COP）変位量を考察した。また付録資料として添付しているアンケート調査では、健康への増進に貢献する従来研究を基に作成し、ボクシング愛好者における生涯スポーツおよびボクシングパンチに関連した項目を調査した。本論文は以下で構成されている。

1.5 論文構成

第2章では、本論文の背景を構成する従来研究として、ボクシング等におけるストレートパンチの動作分析を主とした従来研究とともに、他競技の動作分析の従来研究を述べた。他競技の従来研究としては、ストレートパンチ動作と骨盤や体幹の水平左回旋の動きで類似点がある、野球のピッチングとバッティング、およびゴルフスイングにおける動作を主として記述した。これら他競技の従来研究と比べ、ボクシングのパンチ動作の従来研究報告数は極めて少ないといえる。また、スポーツ運動を通じて繰り返される骨盤や体幹の回旋動作が、股関節疾患を助長させる報告を述べた。

第3章では、エアークロッシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者へのストレートパンチ動作における初心者指導のポイントおよび股関節疾患のリスクに着目

した考察を行うことを目的とした。実験では、ボクシングの運動経験（経験群・未経験群）が異なる群間に、三次元動作分析システムを用いた計測を行い、ストレートパンチ動作中の骨盤の動きの差異を、統計学的解析から抽出した。運動学的分析では、骨盤の最大回旋角度を基準とし、前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期に分割し分析した。結果から、経験群で最大回旋角度の増加、ならびに両期間の最大角速度と、後方骨盤復元期の平均角速度の拡大が確認された。結果考察では、他競技の骨盤回旋動作が将来におよぼす股関節疾患のリスクを考察するとともに、エアボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者への指導では、すかさずオンガードポジションに戻れるように意識する必要性を考察した。さらに、4章および5章の実験設定を構築するために、ストレートパンチ動作と他競技動作の従来研究を交えて考察した。

第4章では、3章の実験結果から得た考察を基に、筋電図計と床反力計を用いた実験を行った。4章では、実戦経験者の動きを指標とした、ストレートパンチ動作におけるエアボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者への初心者の指導ポイントの抽出、および考察を行うことを目的とした。実験では、ボクシングの運動経験（経験群・未経験群）が異なる群間において、ストレートパンチ動作のバイオメカニクスの各測定項目の差異を統計学的解析から抽出し考察した。対象者には、光刺激を合図にすばやくターゲットを打つことを要求した。また、ストレートパンチ動作の特徴量を基準に、動作を4期間に分割した。測定指標は、期間時間、COP変位量、および筋活動（7筋）の各特徴量とした。結果から経験群で、パンチモーション期間の短縮、COP変位量で準備期後方向の減少と減速期前方向の増加、筋活動開始時点で右三角筋の早期化と右大胸筋の遅延、3筋の筋活動時間の短縮、および%MVCで右三角筋の増加と右広背筋の減少が確認された。この変化について従来研究を交えて考察した。

第5章では、3章の結果から得た考察を基に、4章に参加した未経験者へストレートパンチ動作に関する2教示を与え、短時間の練習後に動作分析実験を行った。本章の目的としては、エアボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者に対し、教示を用いた初心者指導への貢献とした。対象者は、4章実験に参加した未経験者とした。対象者に2教示を与えた後の短期間（20分）の練習を行った教示後群とし、実験を行った。実験方法は4章と同様とした。解析データは、4章の未経験群データ（5章では教示前群データ）と経験群データを交え、教示前群・教示後群・経験群のデータを用い、3群間の統計学的解析を行った。これらの結果考察では、教示後群の統計学的差異に着目し、経験群と比べ、統計学的に近づいた「接近」か、離れた「離隔」かを主に分析した。結果では、パンチモーション期間が離隔、COP変位量から準備期後方向が接近、筋活動開始時点が右三角筋で接近および右僧帽筋で離隔、最大筋活動発揮時点が右前鋸筋で離隔、筋活動時間が右前鋸筋で離隔、および%MVCが右三角筋で接近していた。これらの結果考察では、未経験者や初心者に与える教示によって、短時間練習後でも、動作を変化させることが明らかにされた。

6章では、本論文で明らかにされた新規性と有効性、ならびに限界点と今後の課題と展望を述べた。特に5章の実験から、教示後の短時間練習後における変化の所見は、ストレートパンチ動作の短期的な指導に関する新規の知見と考えられる。

第2章

ボクシングと他スポーツ種目の動作分析を主とした従来研究

本章では、ボクシング競技のパンチ関連動作（一部空手パンチを含む）とメジャーな他競技種目の動作分析，ならびにスポーツ動作に関連する股関節疾患における従来研究を記述する．ボクシングパンチの動作分析に基づいた従来研究は，メジャーな他競技種目の動作分析研究に比べて報告数が少ないといえる．またボクシング動作の従来研究では，ボクシング競技に関連するパンチ力を中心とした報告であるために，ボクシング愛好者が健康増進の観点で行う研究およびエアボクシング競技を想定したパンチ動作研究は，ほとんど存在しない．

まず本章では，本論文の実験で対象となるストレートパンチ動作研究が，どのように行われてきたのかを記述する．また，ストレートパンチ動作同様に，骨盤および体幹の水平左回旋を行うメジャーな他競技種目の従来研究について調査した．

具体的な他種目動作の従来研究としては，ゴルフスイング動作，ならびに野球のバッティングとピッチングの動作を主に記述した．その選定では，石井ら[49]の，体幹および骨盤の水平左回旋（右利き）に着目した運動学的研究を参考にした．石井ら[49]が体幹および骨盤の水平左回旋に着目した理由として，ピッチング動作は最終的な動作を片側上肢で行っているが，バッティングやゴルフスイングは両側上肢を用いて動作を終了することから，上肢よりも体幹および骨盤に多くの類似性があると述べている．これらからも，ゴルフスイング動作，ならびに野球のバッティングとピッチングの動作は，ボクシングのストレートパンチ動作と，体幹および骨盤の水平左回旋の動きにおいて類似点があると考えられる．

上記の報告[49]を，ボクシングのストレートパンチ動作を交えて，類似点と相違点を検討すると，まずはストレートパンチとピッチングの動作類似点は片側上肢で最終的な動作を終了する点で，相違点はピッチング側上肢と対側となる下肢の拳上動作が含まれる点が挙げられる．また，本研究におけるストレートパンチとバッティングおよびゴルフスイングの動作類似点は，両下肢が動作中を通し接地していることで，相違点はバットやクラブという比較的重量の重い道具を両手で把持することが挙げられる．すなわち，ストレートパンチ動作の利き手上肢（および上部体幹）の運動は，ピッチング運動と類似点が存在し，また，下肢が関連する重心移動等ではバッティングおよびゴルフスイングに類似点が多い

と考えられる。

さらに、骨盤の反復した水平左回旋を行うスポーツ動作の分析研究、ならびに関節疾病の従来研究から、スポーツ運動の骨盤水平左回旋動作が、股関節疾病を引き起こす可能性を述べられていることから、これらにおいても記述する。

2.1 ボクシングを主としたパンチ動作等の従来研究

ストレートパンチを課題とした従来研究は、パンチ動作研究の中では比較的多く報告されているが、ボクシング競技のパンチ動作を対象にした研究は、メジャーな他競技種目の動作分析研究に比べると少数といえる。本節では、ボクシングに関する基本的な 4 種類のパンチ動作、特にストレートパンチ動作の従来研究を主として記述する。

パンチ動作の従来研究から熟練競技者を対象とした実験として、ジャブとフックの筋電図学的研究[40]、ストレートとアッパーの三次元動作分析システムを用いた運動学的研究[41]、およびストレートパンチ動作のみを課題とした研究[32]、[34]、[42]、[46]、[47]が報告されている。一方、競技経験群と未経験群（および低レベル群）を対象者としたストレートパンチ動作の課題では、Filimonov ら[33]、smith ら[43]、泉[44]の研究が報告され、ジャブの課題では西山ら[45]の研究が存在する。また Stanley ら[48]は、経験者を二群に分割し、ジャブおよびストレートの各パンチを対象に、トレーニング手法の違いがおよぼすパンチ力の差異を報告している。これらの研究の中で、ストレートパンチを課題とした体幹や骨盤の動作分析に基づいた研究としては、豊嶋ら[32]、Filimonov ら[33]、Cheraghi ら[34]、Cesari ら[39]、および泉[44]の研究と極めて少ない。ボクシング等におけるパンチ動作の従来研究を図 2.1 に示す。

さらに、ボクシング競技上で重要となるパンチ力を測定するために、パンチ力の計測装置（固定された目標物含む）をパンチングさせている実験[32]–[34]、[39]–[43]、[46]–[48]がほとんどである。しかしながら、エアーボクシング競技は、実際に身体の一部が接触すると両選手から減点されるルール[31]であることから、パンチを固定および半固定された目標物等に当てない実験設定が必要といえる。パンチ動作に関する従来研究を整理し、本研究の位置づけを明確にする目的で、次の項を記述する。

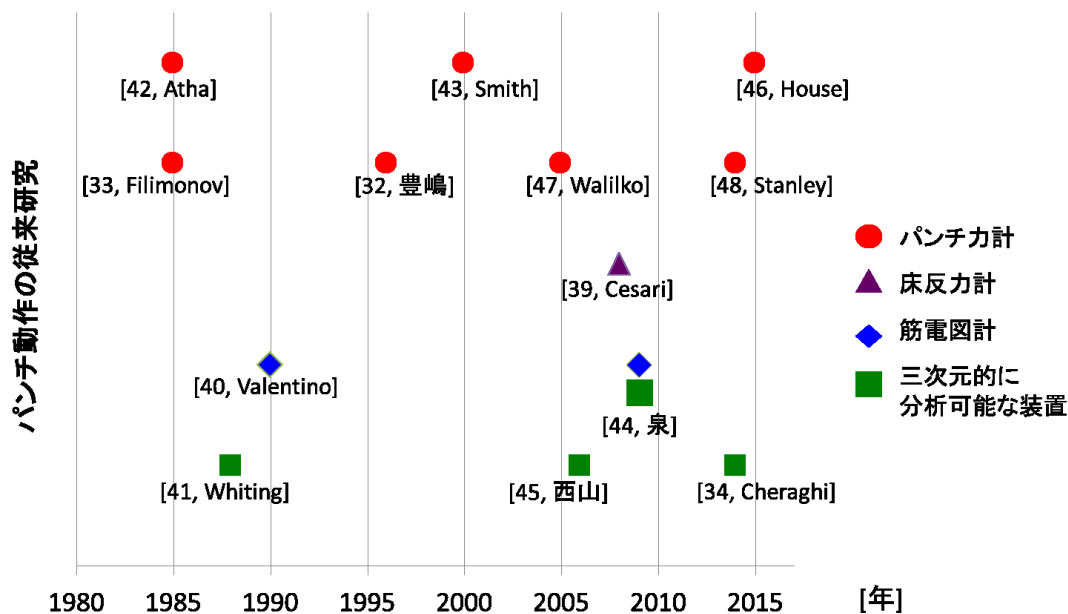


図 2.1 : ボクシング等におけるパンチ動作の従来研究

パンチ動作の従来研究において主に用いた計測装置と報告された年を表している。この表から、パンチ力計を用いた実験が比較的に数多く行われていることがわかる。

2.1.1 ストレートパンチ以外を含んだパンチ種類動作の従来研究

本論文の付録研究のアンケート調査の結果から、ボクシング愛好者にとって、[調査 19]、「初心者段階にフォームを確立したいパンチ種類」、(表 A-8)、(図 A-6) と、[調査 20]、「現在、パンチスキルを向上させたいパンチ種類」、(表 A-9)、(図 A-7) でジャブが 1 位と示された。ジャブを含んだ動作分析研究としては、西山ら[45]が、競技経験者 1 名とボクシング未経験者 2 名を対象者として、初心者指導を行う際の観測方法の確立を目的として、連続したジャブの三次元動作分析システムを用いた分析を行っている。この運動学的な実験では、実験対象者自身における動作の言語化を促進させるツールを使用した上で、ジャブにおける手の動きの軌跡と体幹部の前後方向の動揺におけるピークの協調関係を視察している。しかしながら、対象者である競技経験者が 1 人であり、個人のパフォーマンス特性の影響が大きいことから、一般化が困難と考えられる。また、ジャブとフック [40]、およびストレートとアッパー[41]のパンチ種類の報告がある。

Valentino ら[40]らは、ボクシングパンチに作用する筋肉トレーニングを検討するために、オリンピックメダリストを含む 10 名のプロボクサーを対象者として、ジャブ、顔面へのフック、腹部へのフックにおける各パンチの筋電図学的分析を行った。この実験では、測定筋として前鋸筋、僧帽筋、三角筋、および上腕三頭筋を選定し、3 種類の全てのパンチの 4 筋中において、僧帽筋の筋出力が強いことを明らかにした。

Whiting ら[41]は、安全性の高いヘッドガードやグローブの改良、およびボクシング競技の安全性を高めるために客観的データの提示を目的として、頭部外傷の危険性とパンチの衝撃との関連性を検討した。実験では、プロボクサー4名を対象者として、素手とグローブを着用した2条件において、練習用バックに対してストレートパンチと2種類(顔と腹部)のアップパーのパンチを打たせた。測定装置は、高速度カメラを使用し、三次元的な解析を行えるDLT (direct linear transformation) 法を用いた。各種のパンチが相手選手にダメージを与える有効な箇所を予測するとともに、練習用バックへのパンチヒット直前における上肢の各関節のピーク速度と、パンチヒット前における各関節ピーク速度に達する時間を各測定項目とし、統計学的解析を行っている。結果からは、経験群の拳の速度は、6.6 m/s-12.5 m/s, 全てのパンチの打ち始めから元のポジションへ戻る動作の平均時間は1.39 secであることが示された。

2.1.2 ストレートパンチ力とパンチ力関連を数値化した従来研究

ボクシング等のストレートパンチ動作の分析研究を調査すると、重要な特性としてパンチ力に着目[32], [33], [42], [43], [46]-[48]されていることが多い。

Atha ら[42]は、パンチングダメージを検証するためにグローブを装着し、熟練者1名を対象者とし、動画撮影と可変式のパンチ力測定器に対してストレートパンチをさせた。Smith ら[43]は、競技経験年数の異なる対象者を分類した研究は、熟練者(7名)、中間(8名)、初心者(8名)の3グループに対して、オンガードポジションから放たれる左・右の各拳単発パンチにおいてパンチ力測定器を用い測定している。Walilko ら[47]は、経験者のパンチ力と拳の速度について、体重で4分類された7人のオリンピック参加選手の対象者に、動画の分析および内部にパンチ計測器を設置したダミー人形に対し、ストレートパンチを打たせている。上記の実験結果から、水平左回旋動作を加えるストレートパンチのパンチ力としては、平均値で熟練者が3427 N-4800 N[42], [43], [47]で、初心者が2381 N[43]であった。世界ランカーで、後のヘビー級世界王者を対象者とした実験[42]から得られたパンチ力は4096 Nで、可変式パンチ力測定器からフォロースルーを想定した、顔面を押し出す力は6320 Nであった。また、骨盤における水平左回旋動作を低減させたストレートのパンチ力は、1604 N-2847 N[43]と報告されている。

これらのパンチ力測定実験から、オンガードポジションから骨盤の水平左回旋動作を加えながら、後方の拳を前方に放つストレートパンチの方でパンチ力が強く、かつ経験によってパンチ力が強化されること[43]や、パンチによる頭部への重傷度の関連性[42], [47]が述べられている。

また House ら[46]は、ストレートパンチ力の大きさに貢献する身体的要素を検討するために、22名(経験者2名、未経験者20名)の対象者を対象者として、パンチ力の測定実験を行った。独立変数を、腕の長さ、体重、拳の速度、ケーブルプッシュの最大挙上重量

(repetition maximum, 以下 1RM) とした重回帰分析から、拳の速度および 1RM のパンチ力への強い貢献が報告されている。House ら[46]の研究では、体重とパンチ力に強い関連が示されなかったが、Walilko ら[47]の報告では、体重とパンチ力との関連性が述べられている。さらに従来報告の中で、パンチ力との関連が指摘[32], [46]されている拳の速さの報告としては、拳の最大速度が、7.9 m/s[34], 8.9 m/s–9.14 m/s[47], 8.9 m/s[42]であった。また、拳のピーク加速度は 90 m/s^2 と報告されている。

さらに近年、新しいパンチ力の測定装置を用いた研究として、Stanley ら[48]は、Herman Digital Trainer という、ワイヤレス、小型タイプ、安価 (5 万円程度) なパンチ力測定器を用い、スクワットおよびベンチプレスを用いた、2 種類 (各群 10 名) のトレーニング効果を、パンチ力の統計学的差異として解析している。しかし、他の従来報告のようなニュートン表示でないため、現時点では他の従来研究における比較には、補正を行う必要がある、しかし今後のパンチ力測定の主流になる可能性がある。

上記に挙げた従来研究からも競技ボクシングにおけるパンチ力およびパンチ力に関連した各測定項目の数値化は重要な特徴であり、多角的に分析されていることがわかる。

2.1.3 ストレートパンチ等のバイオメカニクス的な従来研究

運動学的研究としては、Cheraghi ら[34]は、肘、肩、股関節周り、拳、頭部と幅広い範囲の運動学的な測定および分析を行っている。この報告は、ストレートパンチのパフォーマンスと打撃が与える傷害のメカニズムの検討を目的として、8 名のアマチュアボクサーを対象に、光刺激を合図に木製の目標物 (30・50・5 cm) にストレートパンチを打ち込ませた。また、体幹や骨盤の動きに着目した研究としては、ボクシング競技では、豊嶋ら[32]、泉[44]が、空手では Cesari ら[39]の従来研究が存在する。

ストレートパンチ動作[32]および空手の縦突き動作 (以下、空手パンチ) [39]において、両肩や体幹の角度 (水平と右肩の引いた 2 姿勢) が違う各フォームの動作を比較することで、骨盤水平左回旋がおよぼすバイオメカニクス的な差異を抽出している。豊嶋ら[32]は、熟練した対象者 4 名とし、パンチ力測定器と腰部に取り付けたゴニオメーターを用い、実験を行っている。Cesari ら[39]は、空手の熟練者と初心者の各 6 人を対象者とし、25 kg の目標物をパンチングさせた。分析では、前腕の速度、パンチが目標物に与える衝撃度、COP 変位量を比較している。

泉[44]は、ストレートパンチ中の身体各部位の動作および筋活動から腰痛を考察する目的において、経験者 (8 人) と未経験者 (7 人) の群間に、筋電図学的分析、ならびに画像分析 (DLT 法) と胸椎、腰椎、仙椎の部位に三次元位置センサーを用いた分析の測定部位として、体幹上部 (以下、上胴) と骨盤周囲の動き統計学的分析を行っている。

上記に挙げた運動学的分析結果から、利き腕上肢では、Cheraghi ら[34]は、利き腕上肢の熟練者における拳の空間的な移動軌跡平均値として、前方への移動は 0.655 m で、最初

の動作から拳が目標物をパンチするまでに 0.31 sec の時間を要している。上下軌跡では上方向に 0.125 m, 内外側の軌跡では内側に 0.056 m の拳の軌道で、肘の最大角速度が 2363 deg/sec と高い移動スピードであることを明らかにした。これらの結果考察から、0.31 sec の動作時間については、単位時間における筋力の立ち上がりの最大値の指標 (rate of force development, 以下 RFD) を考慮しトレーニングを行う必要性を述べ、0.056 m における内側への拳の変位移動では、体幹水平左回旋の運動が寄与されることを述べた。また、肘に生じる高速移動の負荷は、スポーツ外傷を引き起こす可能性に言及している[34]。

空手パンチ動作[39]からは、未経験者と比べ経験者の方で、前腕のスピードが速いことが述べられているが、泉[44]の報告では、ストレートパンチ動作の、肘および手の部位における移動最高速度は、経験者と未経験者間で、有意差は確認されなかったと報告されている。

Cheraghi ら[34]は、骨盤や体幹の運動に関連した運動学的研究として、骨盤のランドマークで前方への 28 cm の移動軌跡が確認された。この骨盤の前方移動軌跡は、身体前方への重心移動の指標として、ゴルフスイングの従来研究[50], [51]を交えて考察した上で、ストレートパンチ動作でも身体前方への重心移動がパフォーマンスの向上に有用[34]と述べている。

また、両肩や体幹の角度が違うフォームとすることで、骨盤の水平左回旋を抽出したパンチ動作の分析実験[32], [39]では、経験者で腰部の捻りが大きい条件において、パンチ力[32]およびパンチ衝撃度[39]が増加したと報告されている。豊嶋ら[32]は、ストレートパンチ動作の基本的なスタンスならびに骨盤の動きを制限したスタンスに、口頭による骨盤の動きの指示を合わせて、骨盤の一部である腸骨稜を骨盤移動量の指標とした実験を行った。結果から、骨盤の前方と回旋を合算した移動距離が大きい条件設定の方が、パンチ力、骨盤の最大移動速度、肘の最大伸展速度が増加していることが示された。また Cesari ら[39]は、基本的なスタンスの両肩や体幹の角度が違う (水平 : SA・右肩を引く : SF) 2種類の条件設定の実験を行った。経験者の SF 条件の方が SA 条件と比べ、パンチの衝撃度が大きい結果を報告している。この考察では、パンチ動作中の前鋸筋および小胸筋の関与を増加させ、肩甲骨を胸郭に押し付けてパンチ目標物からの反力に対応させたと考察した上で、今後の課題としては、実際に筋電図学的分析から実証する必要性を述べている。

2.1.4 パンチ動作に関する生涯スポーツに貢献する従来研究

上記に挙げたボクシングにおける従来動作分析研究の中で、泉[44], 西山ら[45]の研究は、反復したストレートパンチ動作に関する腰痛[44], ならびに初心者指導における基礎研究[45]であり、ボクシング動作を用いた生涯スポーツに貢献する研究といえる。特に泉[44]の研究は、スポーツ外傷の予防等への貢献する可能性がある基礎研究であり、体幹および骨盤に関する内容の要約を次に記述する。

泉[44]は、運動学的分析の測定部位として、上脛と骨盤周囲の動きに着目している。測定

項目は、肩峰、骨盤のランドマークである上前腸骨棘（ASIS）および大転子であり、各部位の左右両側を結んだ線を各測定項目として、肩峰線、骨盤線、および大転子線とした。肩峰線の回旋角度量は、経験者で 85.2 deg, 未経験者で 66.8 deg で両群間に有意差が確認されなかった。骨盤線の回旋角度量は、経験者で 77.9 deg, 未経験者で 48.7 deg で両群間に有意差が確認された。大転子線の回旋角度量は、経験者で 69.1 deg, 未経験者で 38.5 deg で両群間に有意差が確認された。また、肩峰線と骨盤線および肩峰線と大転子線の各差分から、肩峰線と骨盤線に有意な傾向を認め、未経験者は経験者と比べ、胸腰椎全体を回旋させてパンチングしていることが示された。筋電図学的分析[44]では、肘の動きから、予備動作、パンチ行、パンチ戻の 3 期間に分類し、画像分析から予備動作の肘動作の開始を 0 sec と定義した。被験筋としては、主に体幹周囲のローカル筋（インナーマッスル）である両側の内腹斜筋-腹横筋、多裂筋、およびグローバル筋（アウターマッスル）である利き手側の腹直筋、外腹斜筋、ならびに肩と下肢の筋である利き手側の三角筋、大腿直筋の 8 筋としている。各測定項目は、各期間における各筋の%MVC、それぞれの筋における反応順序としている。筋電図学的分析は、立位での上肢挙上等の単純な運動では、腰痛罹患者においてローカル筋の筋活動開始タイミングに遅延が生じる従来研究を引用した上で、複雑な運動であるストレートパンチ動作に適用する前段階とした実験である。その実験結果からは、両群ともにローカル筋である非利き手側の内腹斜筋-腹横筋が最初に活動することを明らかにしている。しかし、この実験の目的が腰痛要因の究明の基礎的研究であるため、実験における各測定筋は、腰痛および脊椎の安定性に関連した筋を中心に選定していることから、ストレート動作の特性は十分に反映されていないといえる。

今後、ボクシング運動を用いた生涯スポーツとしてのエアーボクシング競技の発展、または更に変容した新たなる競技として、生涯スポーツに適応し、人々の健康増進に貢献していく可能性がある。そのためには、競技ボクシングとは別の側面からの研究アプローチが重要といえる。

2.2 ゴルフスイングを主としたスポーツ動作の従来研究

従来、ゴルフのスイング動作を対象とした骨盤や体幹動作の分析研究として、運動の動きに着目した運動学的研究と、運動が引き起こす力に着目した運動力学的研究がある。運動学的研究として Hume ら[50]は、ゴルフスイングのバイオメカニクスから技術とパフォーマンスを改善していくためには、ボールに力を伝達するために、脊柱の角度、両腕の振り出し等における運動の繋がりが重要とされ、ボールにおける飛距離の延長には、大きな床反力を生成する必要性を報告している。また、身体的なコンディショニングへの影響として、正しい筋活動順序で、最適で効果的な各筋のパターンを知ることが重要と述べてい

る。それらを明らかにするための動作分析における計測装置として，‘two and three dimensional videography’，‘force plate analysis’，‘electromyography techniques’等が必要 [50]と記述されている。ゴルフスイング動作等における従来研究を図 2.2 に示す，この図において筋電図計および三次元的な動作を分析する装置を用いた従来研究は，体幹機能に特化した報告を主としているが，図 2.1 のパンチ動作の従来研究と比較すると，ボクシングのパンチ動作の従来研究数がわずかであることがわかる。

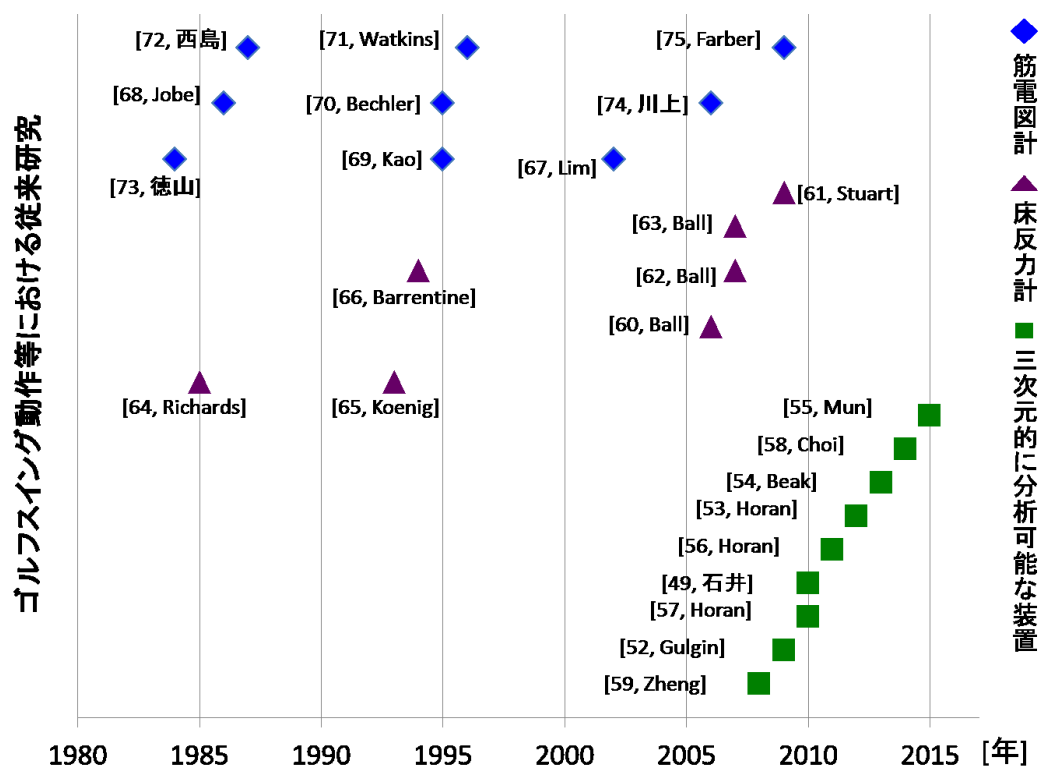


図 2.2 : ゴルフスイング動作等における従来研究

スイング動作等の従来研究で主に用いた計測装置と報告された年を表している。この図と図 2.1 : 「ボクシング等におけるパンチ動作の従来研究」を比較すると，パンチ動作の従来研究数がわずかであることがわかる。

2.2.1 ゴルフスイングを主とした体幹と骨盤の運動学的な従来研究

運動学的研究としては、古くは写真やビデオ撮影の映像を使用した研究から成り立ってきた。近年では、ゴルフスイング動作を三次元的に分析した研究が多く報告されている。三次元的な動作分析研究の体幹や骨盤を対象とした具体的な対象部位としては、股関節と大腿長軸[52]、頭部、胸郭、および骨盤[53]、上半身および骨盤[54]、股関節および腰椎[55]等がある。これらの研究は、レクリエーションレベルおよび熟練競技者のみを対象とした実験である。

一方、いくつかの群間や条件間を比較した実験としては、胸郭・骨盤・手に着目し、男女間における運動戦略の差異を抽出し、動作を比較した研究[56]、胸郭・骨盤に着目し、男女の動作間の差異を抽出した研究[57]がある。また、熟練者と非熟練者の動作の比較研究[58]や、ハンディキャップ等のレベルによって4群に分割した運動学的研究[59]、同一の対象者に、野球のピッチングとバッティング、およびゴルフスイングの動作を行わせ、体幹回旋における類似性の抽出から、指導を考察した研究[49]も存在する。これらの従来研究では、各群間等に分類した動作の差異を抽出し、その差異を考察することで、技能の向上や適切な指導への貢献を目的としている。

上記から、具体的に群間の差異から指導に活用した研究内容として、Horanら[57]は、ダウンスイングにおける男女の動作の差異の検討を行うために、三次元動作分析システムを用い、男・女、各19名の熟練ゴルファーを対象者とした比較研究を行っている。結果から、男性のボールコンタクト時点は女性より、胸郭と骨盤の前後移動および骨盤の最大角速度が大きく、水平左回旋の動作が低減していた。考察では、ゴルフクラブを振り回すスキルを効果的に引き出す男性のフォームを、女性にも一部取り入れる試みが述べられている。

また、Choiら[58]は、三次元動作分析システムを用い、ジャークコストを用いた身体各セグメントの動作、ならびにクラブヘッド軌道の円滑性を算出した。プロ20名と、アマチュア19名のゴルファーを対象者とした比較研究結果から、熟練者の方で、ダウンスイング時の滑らかな下半身の動きが、クラブヘッドの円滑性に作用していることを確認した。これらから、上肢よりも下肢の円滑性を確保する指導が考察されている。

石井ら[49]は、野球のピッチングとバッティング、およびゴルフスイングの体幹回旋における類似性の検討を報告している。この研究は、体幹部の水平左回転に着目しているが、その理由として、これら3種類の競技は、上肢よりも体幹部に多くの類似性があると予測し、各競技動作に共通する基本的なスキルの分析、トレーニング方法の示唆、ならびに初心者やジュニアへの習得する練習課題の体系化を促進することと述べられている。実験では23名の対象者が3種類の動作実験（同一被験者が3種類の動作を実施：対象者は体育学部大学生で3種類の各運動経験を有す）に参加した。高速度カメラと三次元動作分析システムを同期させて使用し、測定は、上腕、骨盤角度、体幹捻転角度とした。分析の開始と終了は、上腕角度の最大値とリリースおよびインパクトまでを指標とし、各測定項目を測定・

分析した。また体幹捻転角度は、骨盤角度に対する上胴角度の差分角度とした。統計学的解析は、ピッチングの速度とバッティングおよびゴルフスイングのヘッドスピードとの関係、上胴と骨盤回転および体幹捻転における最大角速度等の関連性は、Pearson の積率相関係数を用いて分析し、ピッチング、バッティング、ゴルフスイングの比較には、一元配置分散分析と多重比較を用いた。この結果から、総運動時間ではバッティングとゴルフスイングと比べてピッチングの方が短く、最大角速度では、上胴、骨盤、および体幹捻転の全てにおいて、ピッチングが他と比べ、大きいことが明らかにされた。またバッティングとゴルフスイングでは有意な正の相関関係が認められたが、ピッチングにおいてはバッティングとゴルフスイングともに相関関係は確認されなかった。これは、バッティングとゴルフスイングにおいて骨盤を水平左回転させる能力や、下肢によって骨盤を回転させるタイミングに、共通した技術要因や体力要因が存在する可能性を述べている。

これらの従来研究からも、動作分析研究が比較的多く行われているゴルフスイングでは、三次元的に動作を分析するシステムを活用し、いくつかの群間や条件間を比較した差異抽出を行うことで指導に貢献していることがわかる。

2.2.2 ゴルフスイングを主とした床反力計を用いた従来研究

上記で述べた、石井ら[49]の研究からは、ゴルフスイング動作とボクシングのストレートパンチ動作の類似点として、両下肢が動作中を通して接地し、骨盤および体幹の水平左回旋が生じる点では共通といえる。この考えから、ゴルフスイング動作の従来研究として、重心移動の指標となる床反力計測を用いた従来研究を次に記述する。

ゴルフスイングの一連動作において、重心移動の指標である床反力計を用いた研究が行われている。これらの指標としてCOPにおける変位量の測定項目が存在する[60]。COPは、力のベクトルとして水平面の重心移動を示す[60]と述べられている。Stuart[61]は、様々なレベルのゴルファー7名を被験者として、ゴルフのドライバーと8番アイアンのクラブを用い、スイング中のCOP変位量を分析した。この結果は、7名の各個人における前額面方向のCOP変位量を比較しているが、COP変位量においてハンディキャップの違いからは、一貫性のない結果が示された。しかしながら、ゴルフスイングでは、フロントフットスタイル[62]と逆スイング方式[62]、[63]の2種類におけるスイングスタイルの存在[61]が要因と述べている。上記のような様々な従来研究からも、床反力計を用いた分析により、ゴルフスイング動作の特徴抽出[62]–[66]が可能なことがわかる。

2.2.3 ゴルフスイングを主とした体幹と骨盤の筋電図学的な従来研究

一方、運動力学的研究の一つとして筋電図学的研究がある。ゴルフスイングの筋電図計を用いた研究では、体幹筋[67]、両側の肩周囲筋と体幹筋[68]、体幹と膝の周囲筋[70]、体

幹と臀部の筋[71]、および上肢、体幹、下肢の筋[72]を対象部位とした従来研究がある。これらの実験では、熟練者を被験者として実験を行っている。また比較研究としては、熟練者と比較するために、初心者、および熟練者と比べ競技レベルで劣る被験者を参加させている比較研究[73]、[74]、[75]や、ゴルフクラブの違いに着目した筋電図学的な比較研究が存在する[76]。これらからも、メジャーなスポーツの一つであるゴルフ競技のスイング動作分析における研究では、様々な身体部位や関節角度に着目し、熟練競技者を対象とした実験ならびに競技レベルや道具の異なる群間における比較実験が行われていることがわかる。

上記、従来研究では、傷害予防[67]–[70]、[75]、パフォーマンスの向上[71]–[73]、動作機序の解明（説明）等[70]、[72]–[76]を目的とした研究があるが、これらの従来研究の中で具体的な指導法を記述した報告について、下記に述べる。

Lim ら[67]は、ゴルフスイングにおける腰痛を検討する目的にて筋電図学的実験を行った。この実験では、ハイレベル（平均ハンディキャップ 1.4）の男性ゴルファー 5 名を対象者とし、ドライバーのスイング動作を行わせた。腹部と背部の 8 筋に対し、筋電図測定を行い、腰痛を引き起こす可能性がある背腰部の高い緊張を確認した。これらから飛距離を犠牲にしても、筋緊張を低くしたスイングでスポーツ傷害を防ぐ有効性が示された。

西島ら[72]は、インパクト前後における上肢と下肢の動きが、体幹を軸にしてどのように協応させるのかにおいて、筋電図計、床反力計、動画撮影を用いて分析している。国内トッププロ 1 名に対し、両側における、上腕二頭筋、上腕三頭筋、脊柱起立筋、ならびに手の筋、下肢の筋の各 2 筋（合計 10 筋）に筋電図計測を行った。結果から、ダウンスイング時の右上腕三頭筋の放電から右上腕を身体の正中軸に強く引きつけ、右肘動作における鋭いインパクトへの貢献を示した。また、アドレスからインパクトに掛けての左上腕三頭筋の放電から上腕を終止体軸方向に引きつけ、左腋を締めつけが体幹軸回旋をフォローし、正確性への関与を見出している。

徳山ら[73]は、方向が正確で、出来る限り遠く飛ばすための効果的な筋活動の解明を目的として、熟練ゴルファー 10 名と初心者 6 名を対象者として、筋電計を両側の三角筋、胸鎖乳突筋、左広背筋、腹直筋、両側の脊柱起立筋、および下肢の 2 筋に装着し、床反力計と併用し測定した。結果から、初心者と比べ熟練者は、テークバック局面における左三角筋前部の持続放電が確認され、左腋をせばめるようにテークバックを行う重要性が示された。また、熟練者の方で、体重を左下肢側に移行した後にインパクトを行うことが示され、指導への活用を考察した。

Farber ら[75]は、プロおよびアマチュアのゴルファー各 10 名を対象者として、両側の前腕 4 筋に対して筋電図学的分析を行っている。この実験の考察では、プロの方がアマチュアゴルファーと比べ、円回内筋で筋出力が大きい結果から、この筋のトレーニングとストレッチの必要性を述べている。上記のように、筋電図学的結果から指導法やゴルフスイングの際の注意喚起を行う研究が行われている。

2.3 ピッチング動作の筋電図学的分析を主とした従来研究

近年、スポーツ等の動作分析手法では三次元的な分析が主流であるが、運動中の筋活動を直接計測する手法は、筋電図法以外には見当らず、運動学的・力学的情報を補足する筋活動情報を提供する意義は大きい[77]とされている。

「筋電図」という用語は、「筋活動電位」の同意語としても使われる。つまり、微妙な筋収縮の協調作用を制御している神経系の活動を表している。神経系による運動の制御機構を知る手段は二つある。一つが大脳皮質からの脳波や運動野錐体路ニューロンのインパルス等における上位中枢現象、もう一つが筋収縮をおこす際に筋が発生する活動電位（筋活動電位）等の末梢における現象、これらの追求に大別される。したがって、筋活動電位（筋電図）からは、末梢の筋活動のみならず、その背後にある神経系の活動状態も同時に推測することが出来る[78]とされている。また、本論文で用いた表面筋電図は体表に貼付した比較的大きな電極によって筋活動電位を一つの電場として記録したものである。使用に関する利点は、疼痛を伴わないこと、筋の活動をグループとして捉えることができることから、身体運動の解析に適している[78]とされる。ボクシングのストレートパンチ動作と野球のピッチング動作においては、体幹および骨盤の水平左回旋の動き、および片側上肢で最終的な動作を終了する点が類似点といえる。これらからも、ピッチング動作の筋電図学的分析に示される筋作用を主として下記に述べる。

2.3.1 動作分析におけるピッチングの期間分類

野球におけるオーバーヘッドモーションのピッチング動作は、四肢および体幹に関わる筋活動が調整され、上肢に蓄積された大きな力を解放しボールを投げることで終了する。ピッチング動作は、肘や肩に大きな負担が掛かるために、スポーツ傷害の観点から数多くの従来研究が存在する。例えば、Oyama[79]および Whiteley[80]は、野球のピッチング動作に関して、バイオメカニクス的な研究を中心としてまとめたレビューを報告している。ともにスポーツ傷害の観点から構成されたレビューで 100 編以上の従来研究から成り立っている。これらからもピッチング動作における分析手法や傷害予防に有益な指導方法は、過去の様々な研究から構築されてきたといえる。また Whiteley[80]のレビューでは、これまでのピッチング動作の分析は 3-6 期間に分割されていることが示されている。様々な分類手法の中でも、運動学的な側面から 6 期間に分類した動作分析研究[81], [82]が多く見受けられる。それら 6 期間分類の各期間の名称と期間を分類する運動学的特性[83]を下記に示す。

- ① **Windup** (ワインドアップ)
投球方向の下肢 (**Lead Foot**, 以下 リード下肢) を挙上する動きから開始され, ボールを把持した手部 (以下, ボール把持手) が対側手のグローブから離れた時点までの期間.
- ② **Early Cocking / Stride** (アーリーコッキング/ストライド)
ボール把持手がグローブから離れた時点の開始で, リード下肢の接地時点までの期間.
- ③ **Late Cocking** (レイトコッキング)
リード下肢の接地から開始され, ピッチング側の肩の最大外旋までの期間.
- ④ **Acceleration** (加速期)
ピッチング側の肩の最大外旋から開始され, ボールがリリースされるまでの期間.
- ⑤ **Deceleration** (減速期)
ボールリリースから開始され, 上腕骨の内部回転および肘の伸展の最大化までの期間.
- ⑥ **Follow-Through** (フォロースルー)
上腕骨の内部回転および肘の伸展の最大化から, 身体の動作の停止までの期間.

これら 6 期間分類における運動連鎖 (**kinetic chain**) の詳細を示し, ピッチングに関与する各筋の順序 (**sequence**) を明確にすることは, 予防的なリハビリテーション, パフォーマンスの向上, 傷害の防止に貢献する重要な情報[83]と述べられている. ピッチング動作は, リード下肢を挙上し, 骨盤部の右水平回転と, それに続く上脛の右水平回転および伸展の力を蓄積していく. リード下肢の振り下ろしの時期に, 骨盤部の左水平回転と, それに続く上脛の左水平回転および屈曲の力を連動させながら, ボールをリリースするための力を上肢に伝達させていく[84]. また, リード下肢の接地とボールのリリースの時間的差異は 0.14 sec[85]でバリスティックな動作とされている.

これらバリスティックな上腕の動きが, ピッチング側の肩および肘のスポーツ傷害を引き起こす要因[86], [87]とされるが, その一方で, パフォーマンスの向上に大きな関与[84], [88]が示されている. これらからピッチング動作では, 肩関節および肩甲骨周囲の筋肉, ならびに上肢への力を伝達する体幹筋の **sequence** に着目した報告が行われている. 次節では, 各期間の特徴と, 体幹筋活動の作用が多く報告されている, アーリーコッキング/ストライドから加速期における主な活動筋および筋作用について述べる.

2.3.2 ピッチング動作の体幹周囲筋に着目した筋活動

アーリーコッキング/ストライド期間は, 三角筋が活動し肩の運動を早期から開始させる[81]. また, 肩甲骨を前外方に位置させる作用 (**protraction**, 以下 プロトラクション) がある前鋸筋と, 肩甲骨を内側に位置させる作用 (**retraction**, 以下 リトラクション) がある僧帽筋 (中部), 菱形筋, 肩甲挙筋が拮抗しながら, 肩甲骨の位置を調整し, 上腕骨の円滑な動きに貢献する[83], [84]と述べられている.

レイトコッキング期間では、骨盤は最大の左水平回転速度が確認される局面[87], [88]である。骨盤および体幹の回旋角速度の向上が、上肢の負担軽減に繋がり、パフォーマンスを向上させる[89]と報告されている。骨盤の水平左回旋に引き続き、上胴の水平左回旋と前方への屈曲の初期動作が確認される局面では、前鋸筋、大胸筋が活動を強め、肩関節の水平内転を行っていく[90]。また、肩は外転位で外旋位、肘は屈曲位であり、肩甲骨は回旋筋腱盤の強い力で引っ張られ、軽度上側に位置させる[82], [91]が、肩の最大外旋時に、肩甲下筋、大胸筋、広背筋が伸縮性に収縮し、肩甲上腕関節を保護する[90]-[92]と述べられている。肩甲骨はリトラクション作用で固定されるが、前鋸筋は加速期期間で開始される肩甲骨のプロトラクションの働きを準備していく[82]。

加速期期間では、腹直筋および外腹斜筋が筋活動を活性化[93]させ、上胴の左水平回転と前方傾斜に貢献するが、この体幹のパワーは上肢へのエネルギーに変換され伝達されていく[83]。さらにボールのリリース前には、体幹の前傾角度を増加[88]させることによって、肩関節内部の回転速度が高い値で推移し力を蓄積する[94], [95]。その高い肩関節の内部回転を支え、肩を水平内転させるために、大胸筋と広背筋が最大筋活動値を示し、肩甲骨を安定化させる。また同時期に、前鋸筋は肩甲骨をプロトラクションさせるために、最大筋活動値を示している[90], [96]。これら上記に示した筋電図学的分析は、ピッチング動作中の体幹、および肩から肩甲帯および体幹周囲における筋活動の測定を行っている。

2章の始めに石井ら[49]の研究を引用し、ストレートパンチ動作の利き手上肢（および上部体幹）の運動は、ピッチング動作と類似点が存在する可能性を述べた。したがって上記の筋活動および筋の選定は、ボクシングのストレートパンチ動作における筋電図計測の指標になると考えられる。

2.4 バッティング動作の体幹回旋および動作指導の従来研究

バッティング動作の従来研究として、体幹および骨盤の左水平回旋（右利き打者の場合）の角度変位や最大角速度の知見ならびに動作指導に関する従来研究を記述する。バッティングやゴルフスイングでは、体幹部の長軸回りの回転動作が打具速度を向上させる[97]ことから、上胴の回旋角速度[98]と骨盤と上胴の回旋の差異である体幹捻転角度[97], [99]、および角速度[97]に着目した研究が報告されている。これら研究の目的に対する骨盤回旋、上胴回旋、および体幹捻転の役割としては、異なるボール速度のスイング動作における特徴を抽出するための測定項目[97]、若年者と成人（ともに経験者）の比較実験における若年者のための適切なバッティング指導の測定項目[98]、および先行研究との角度変位量の比較を行い実戦に近いバッティング練習方法を検討する評価項目[99]として用いられている。これら報告では、競技レベルが高い群で角速度が大きく[98]、上胴の方が骨盤よりも回旋の角度

[97], [99]や、角速度[97]が大きいことが示されている。また Escamilla ら[98]の報告では、上腕回旋角速度が成人で 752 deg/sec, 若年者で 598 deg/sec であり、競技レベルの高い群で高い角速度が確認されている。

さらに四肢を含めた報告では、下肢・骨盤・体幹・上肢と順序良く運動が伝達し、最終的にバットを加速させている報告[100]が述べられている。Welch ら[100]は、プロ野球選手のバッティング動作で骨盤と肩の最大回旋速度等を報告し、最大回旋角速度の平均値が、骨盤で 714 deg/sec, 肩で 937 deg/sec, 腕で 1160 deg/sec, バットで 1558 deg/sec であったことが示されている。また石井ら[49]の研究では、本格的には野球を行っていない体育学部大学生のバッティング動作において、骨盤最大回旋角速度の平均値が 551.9 deg/sec と報告されている。

バッティングの指導に関して、川村ら[101]は、客観的情報として適正な角度に加え、動作の強弱、タイミングを合わせる必要があると述べた。この研究は、指導現場で用いられている言葉かけが、身体の動きとどのような関係があるか明らかにし、経験的に行われてきたバッティングの指導に根拠を与えることを目的としている。実験に関しては、上肢の動画解析 (DLT 法) からバットのヘッドスピードを指標とし、high 群 (高レベル) および low 群 (低レベル) の各 8 名に分別した。バッティングにおける手の把持の位置でトップとボトムに分類し、上肢の統計学的解析から low 群でボトム側上肢の内転・水平内転が「腋があく」角度で確認された。腋を締める作用として、上腕の筋群、および三角筋や大胸筋等の緊張から腕全体を固定させることで、効果的な内転や水平内転における動作への参加が述べられている。具体的なバッティングの指導では「腋をしめる」ための言葉かけとして「腋を絞るように」が有効と考察されている。

また中島ら[102]は、三次元動作分析装置および床反力計を用い、1 名に対して行った動作分析実験から、身体の回転中心からバットの重心までのモーメントアームが長い距離でのスイングでは、素早いスイングの阻害作用を述べている。そのために、バットの重心が身体の回転軸に近付ける構えに変化させた。また、バッティングの際の重心移動として、投手側に「突っ込む動作」、「泳ぐ動作」等の、失敗動作を防ぐための練習を行わせ、後方から前方への重心移動を効率的に引き出した。これらを含む練習を行った後 (1 年 3 ヶ月の期間) の実戦結果から、良好な成果に繋がった報告を行っている。

2.5 スポーツ動作に起因する股関節疾患に関する従来研究

本章で述べた従来 of 動作分析研究は、運動動作を分析することで、パフォーマンスの向上、トレーニング方法の示唆、力学的な筋や関節への負荷による怪我の予防等の目的で研究されていることが多い。その中でも、長くスポーツ活動を行っていく上で、上肢、腰部、

股関節等、特定の関節疾患へ関する研究が報告されている。特に体幹や骨盤の回旋動作を伴う運動では、股関節疾患等が着目されている。

2.5.1 他競技動作における股関節疾患に着目した従来研究

Groh ら[103]の報告では、股関節の周囲に存在する組織の弛緩、ならびに股関節の可動域の過度な拡張およびスポーツ運動動作時に生じる体幹や骨盤の回転における反復動作は、腸骨大腿靭帯や関節唇への負担が増加し、股関節関節周辺組織の損傷に繋がることが述べられている。股関節に影響をおよぼす特徴的な競技としては、大きく股関節の関節可動域が拡大されるサッカー競技の蹴り動作[104]–[106]、ランニング運動動作[107]、[108]、野球のピッチングとテニス競技の動作研究[109]が報告されている。Ellenbecker ら[109]は、野球のピッチング動作では、上肢の動作分析に比べ下肢や骨盤部の動作に着目する報告は少ないと記述した上で、股関節疾患を引き起こす可能性を示唆している。この報告[109]は、エリートテニス競技者群とプロ野球選手群を対象に、安静時の両股関節の可動域を測定した。両群間に有意な差異は確認されなかったが、ピッチングの上肢（肩・肘）と同じように高い負荷が股関節に悪影響を与える可能性を示唆している。

これらの競技動作は、片側の下肢（足底）が地面に接していない状態の動作である。片方の足底が接地せずに自由に動く状態であることに対し、その一方で、野球のバッティング動作およびゴルフスイング動作は両下肢が床に接地した状態の動作であるが、これらの運動動作においても、股関節への負担および股関節疾患の可能性[110]が示されている。

ゴルフスイング動作における股関節疾患の可能性は、Bharam ら[111]、Gulgin ら[52]によって報告されている。また多種類の競技中で、ゴルファーを含めた股関節疾患に関する研究では、ホッケー、野球、フットボール、テニス、およびゴルフ等の動作研究[112]、サッカー、スケート、ホッケー、テニス、およびゴルフ等の動作研究[113]、野球、ゴルフ、サッカー、およびスケート等の動作研究[114]のように、様々な競技動作を混在させ考察した報告も存在する。

さらにハンドボール動作[115]を対象とした股関節疾患の研究では、骨盤や体幹を回転させる動作が股関節に与える影響を検証する報告が行われている。この報告は、15年以上選手活動を行った元エリート選手 20 名に対して股関節疾患のレントゲン撮影、臨床的検査、股関節機能測定を行った。この結果から、対象群（39 名）と比べると股関節疾患と診断された者は、対象群 13%に対して元エリートハンドボール選手 60%であった。他のスポーツ競技の結果では、フェンシングが 35%、ラグビーとテニスが 16%というように、ハンドボールは現役引退後の股関節疾患を引き起こす可能性が高い知見が示されている。この考察からも、繰り返し行われる特定の動作（骨盤回旋）の反復が要因と述べられている。

これらの従来研究の中で、反復した骨盤および腰部の回旋動作が股関節疾患に関与するバイオメカニクス的な要因として、オーバーヘッドスポーツの上肢同様に角速度[116]、

[109]が股関節周囲の軟部組織にストレスを発生させることが取り上げられ、骨盤回旋の速度および角速度から股関節疾患の危険性が検討[52], [103]されている。また、可動域を増加させることで股関節周囲にかかる力を分散[117]させ、リスクを低減させる。さらに、症状によっては関節鏡検査および早期の関節鏡手術を行った方が、予後が良好な場合もある[103]ことが述べられている。

第3章

三次元動作分析に基づく経験者・未経験者の差異の抽出と考察

3.1 本研究の背景と目的

骨盤および体幹を回旋させるスポーツ動作は、下肢からの力を体幹に伝達し、体幹の力は近位から遠位へ力を増加させながら、上肢の末端へと伝えられることがゴルフスイング動作[50]、ピッチング動作[84]、バッティング動作[100]から報告されている。これらからも、下肢の力を上肢へ伝達する中間の分節とする骨盤と体幹の回旋動作は、重要な役割を担っていると考えられている。

実際、ボクシングのストレートパンチを課題とした研究において、Filimonov ら[33]は、120名のボクサーを対象としてプロ群とアマ群に分類し、①下肢の伸展、②体幹の回旋、③腕の動作におけるパンチへの貢献度を割り出している。その結果から、プロ群で、①38.5%、②37.4%、③24.1%であり、アマ群で、①16.5%、②45.5%、③38.0%と報告されている。この従来研究[33]からも、体幹回旋の動作がストレートパンチ動作に大きく貢献していることがわかる。しかしながら、ストレートパンチを課題とした、体幹や骨盤の動作分析に基づいた従来研究はわずか[32]-[34]、[44]である。特に、固定された目標物をパンチさせるパンチ力の解析実験が主流とされ、パンチを実際に当てないエアボクシング競技および健康増進目的でボクシング運動を行う人々に貢献するストレートパンチ動作の分析報告は、ほとんど行われていないといえる。

さらに、ゴルフスイングにおける、三次元的な動作を分析するシステムを用いた従来研究からは、男女間の相違[56]、[57]や、競技レベル[58]、[59]における骨盤および体幹の回旋動作に関わる測定項目から群間における差異を抽出し、競技レベルおよび体格の劣っている人々への指導への活用が検討されている。その一方で、スポーツ運動動作時に生じる骨盤や体幹の水平左回転の反復動作等は、腸骨大腿靭帯や関節包等の股関節の組織に負担が増加し、股関節疾患に繋がるということが述べられている[103]。また、ハンドボール動作[115]を対象とした研究では、繰り返し行われる骨盤や体幹の回旋動作が要因となり、現役引退後に股関節疾患を引き起こす可能性を示した知見が報告されている。

これらから本章研究では、競技の経験群と未経験群間のストレートパンチにおける骨盤動作の差異を抽出し、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者へのストレートパンチ動作の初心者指導のポイントおよび股関節疾患のリスクに着目した考察を行うことを目的とした。

具体的な実験としては、競技経験年数の異なる対象者に、三次元動作分析システムを使用し、骨盤の動きに着目する。ストレートパンチ動作に関与する骨盤の動きの特徴を明らかにするために、両群間の統計学的解析を行った。考察に関しては、報告数が数少ないボクシング動作の従来研究のみでなく、野球競技のピッチングとバッティングの動作、ならびにゴルフ競技のスイング動作等の従来研究を交え考察する。

3.2 実験対象者

ボクシング歴における平均値 ± 標準偏差が 6 ± 2 年の右利きの男性ボクサー 5 名 (以下, 経験群) と右利きの健常成人男性 7 名 (以下, 未経験群) を対象とした。対象者の年齢, 体重, および身長の前平均値 ± 標準偏差は, 経験群が年齢 27.3 ± 4.5 歳, 体重 72.2 ± 10.1 kg, 身長 171.9 ± 5.7 cm, 未経験群がそれぞれ 22.3 ± 1.2 歳, 64.1 ± 4.6 kg, 173.3 ± 5.8 cm であった。また, 対象者の選出において経験群はアマチュアボクシング競技経験者とし, 未経験群は打撃系格闘技のスポーツ経験がない者とした。なお事前に研究の趣旨, 方法, およびリスクを口頭にて説明し同意を得られた者を対象とした。

3.3 実験方法

ストレートパンチ動作を運動学的に分析するために、三次元動作分析システムを使用し、骨盤の水平左回旋の動きに着目した実験を行った。

3.3.1 測定機器と測定方法

測定装置には、三次元動作分析システム VICON 612 (VICON 社製) と赤外線カメラ 8 台を使用した。赤外線カメラは身体運動を感知するために、直径 25 mm の赤外線反射マーカを臨床歩行分析研究会が勧めるマーカを取り付け方を参考に、骨盤の 4 箇所貼付した。

図 3.1 に、実験室内に設置した「三次元動作分析システムにおける計測システムの概要」を示した。具体的には、天井に 8 台の赤外線カメラを設置し、三次元座標の計測可能空間は、

課題動作の範囲を十分満たすように配置を確認した。8台の赤外線カメラは、平均誤差 1.5 mm 以内で、赤外線反射マーカ位置を計測することが可能であった。赤外線反射マーカ位置の座標データは、赤外線カメラからサンプリング周波数 120 Hz で VICON DATA STATION (VICON MOTION SYSTEM 社) に取り込まれる。取り込まれたデータは、三次元動作分析システム計測用ソフト VICON WORK STATION (VICON MOTION SYSTEM 社) で三次元化され、マーカ位置を三次元的に表示することができる。次に、表示されたマーカに対してラベリングを行う。ラベリングとは、測定されたマーカと実験の参加対象者の関節点位置とを対応づける作業である。ラベリングした各マーカはリンクしたスティックピクチャーとして表示される。コンピューター上におけるスティックピクチャーは C3D 形式のグラフィックファイルとして表示される。三次元座標位置データのローパスフィルタは、コンピューター内でデジタル化[118]して行った。

分析は、対象者の骨盤部に着目した。骨盤は寛骨臼で下肢の骨である大腿骨と連結され構成されている。図 3.2 に「骨盤部の解剖学的モデル」を示す。具体的には、左右の上前腸骨棘(anterior superior iliac spine, 以下 ASIS)と上後腸骨棘(posterior superior iliac spines, 以下 PSIS)に赤外線反射マーカを貼付している。身体の左右同側の ASIS と PSIS を繋げた直線を計測し、その直線の中心点を繋げた軸(以下、骨盤軸)を算出した。これらの計算には、三次元動作分析データ解析ソフト VICON body builder (VICON MOTION SYSTEM 社)を用いて分析し、パーソナルコンピューターに取り込んで解析を行った。また、図 3.3 に骨盤軸における設定の概要を示した。

三次元動作分析システムを用いた測定の手順は、まず初回測定として解剖学的肢位(図 3.4)を測定した。次に、実験に先立って一般的な教則本[29]を提示し、オンガードポジションと一連のストレートフォームを再現させた。なお、この教則本にはパンチを打ち込む期間のフォームが、パンチ動作の写真とともに記述されていた。そのオンガードポジション(図 3.5)から、口頭でのスタート合図後に任意のリズムで、両下肢が床から離れないようにストレートパンチを打たせた(図 3.6)。一回の測定は 10 秒間とし、ストレートパンチ動作を 5 回計測した。分析には正確に赤外線センサーが認識している計測データ 3 回分を使用した。

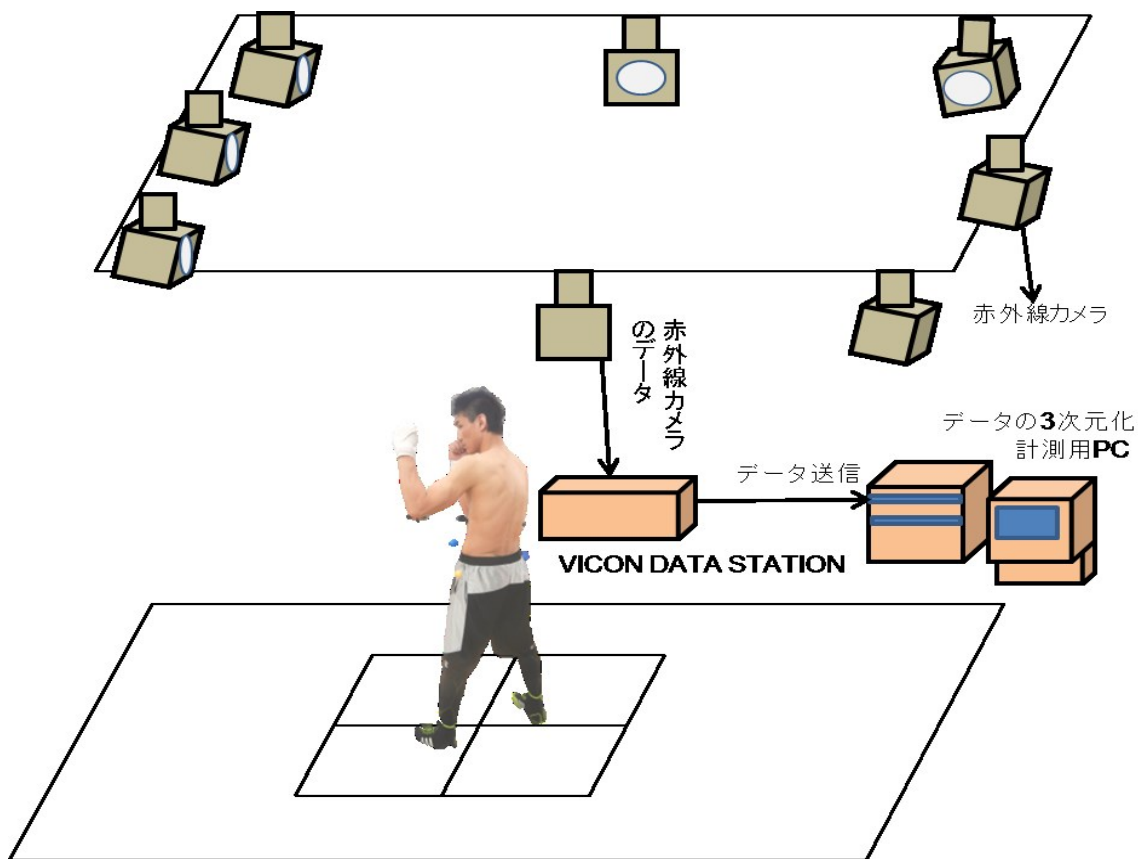


図 3.1 : 三次元動作分析システムにおける計測システムの概要, [118]

注) モデルには了承を得た上で, 顔等のモザイクを行っていない.

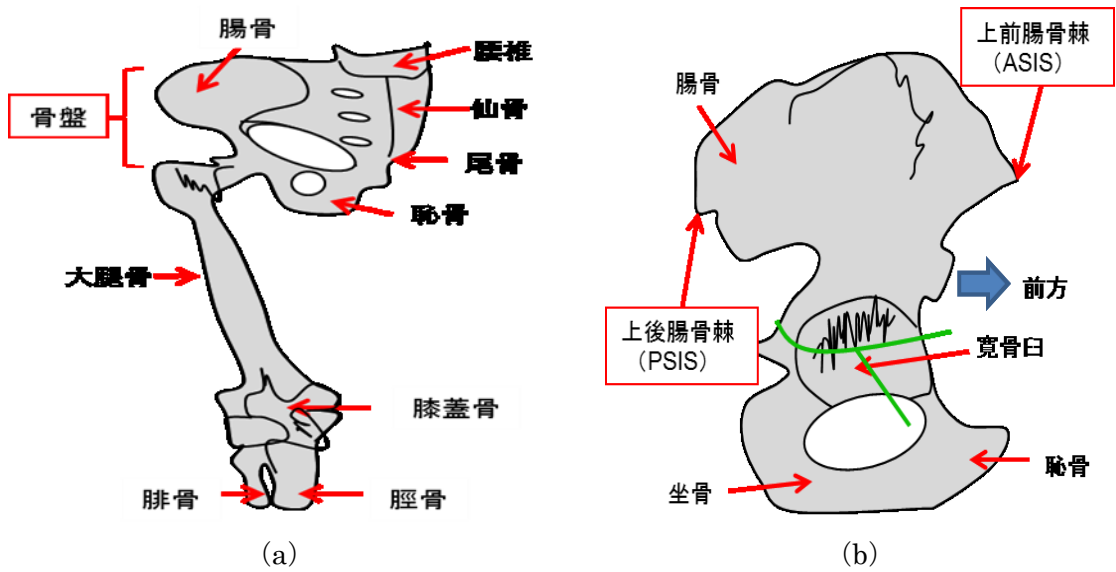


図 3.2：骨盤の解剖学的モデル．右側骨盤部の前額面前方 (a) と矢状面右側方 (b)

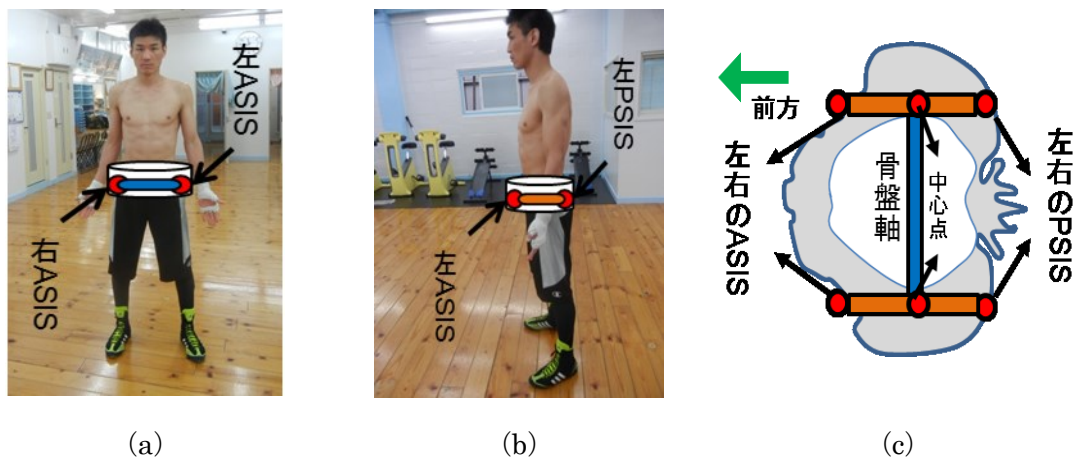


図 3.3：解剖学的肢位の骨盤軸の設定．前額面前方 (a)，矢状面左側方 (b)，水平面上方 (c)．骨盤軸は，三次元動作分析データ解析ソフト VICON body builder で骨盤のランドマークである同側の ASIS と PSIS を結び，その両中心点を合わせた軸を作成し，分析に用いた．



(a)



(b)



(c)

図 3.4 : 解剖学的肢位の各姿勢. 前額面前方 (a), 矢状面左側方 (b), 前額面後方 (c).



(a)

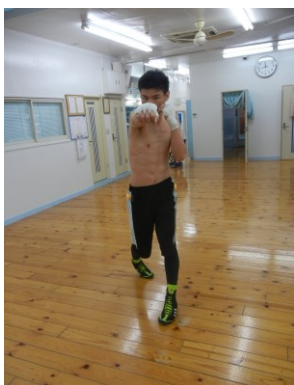


(b)

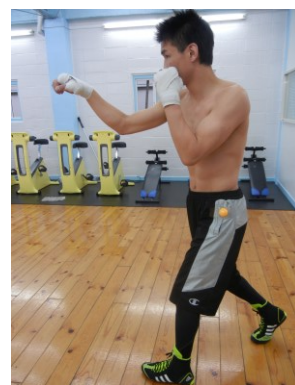


(c)

図 3.5 : オンガードポジションの構え. 前額面前方 (a), 矢状面左側方 (b), 前額面後方 (c)



(a)



(b)



(c)

図 3.6 : ストレートパンチ動作. 前額面前方 (a), 矢状面左側方 (b), 前額面後方 (c)

3.3.2 分析方法と測定要素、各測定項目、および統計処理

分析は、ストレートパンチ動作を前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期の2期間に分割して行った。開始肢位であるオンガードポジションの骨盤軸角度は、解剖学的肢位の骨盤軸角度（以下、解剖学的肢位骨盤角度）を基準に分析するために、右回旋位をとっていた（以下、基準骨盤角度）。前方骨盤回旋期は、まずオンガードポジションから口頭によるスタート合図を受けて、わずかに骨盤軸が右側に回旋する。この角度のピーク値（以下、始点角度）から骨盤軸が左回旋するが、最大回旋角度までを前方骨盤回旋期とした。一方、後方骨盤復元期は最大回旋角度から骨盤軸が右回旋し、オンガードポジションの基準骨盤角度に戻るまでと定義した。図 3.7 に、解剖学的肢位骨盤角度、基準骨盤角度、および最大回旋角度の各フォームを示した。

分析に用いる特徴量は骨盤軸の動きを指標として、回旋角度および回旋角速度を選択した。各特徴量の測定要素は、回旋角度では角度変位と角度変位時間とし、回旋角速度では最大角速度と平均角速度とした。

これら測定要素の各測定項目は、骨盤の回旋角度（図 3.8）および回旋角速度（図 3.9）の特徴量から選択した。骨盤軸の回旋角度を特徴量にした各測定項目では、角度変位量で、基準骨盤角度、始点角度、および骨盤最大角度とし、角度変位に掛かった時間として、前方骨盤回旋期時間と後方骨盤復元期時間、および両期間の時間を合わせた骨盤回旋時間とした。一方、骨盤軸の回旋角速度の各測定項目では、前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期における最大角速度と平均角速度とした。

統計処理は、各測定項目におけるパンチ動作3回の平均値を要約統計量とした。統計計算ソフトには Statcel 4 を使用し、両群間の比較は Mann-Whitney の U 検定を用いた。有意水準は 5% とした。



図 3.7：ストレートパンチ動作を矢状面左側方からみた骨盤軸変位の分析方法
解剖学的肢位骨盤角度 (a)、基準骨盤角度 (b)、最大回旋角度 (c)。

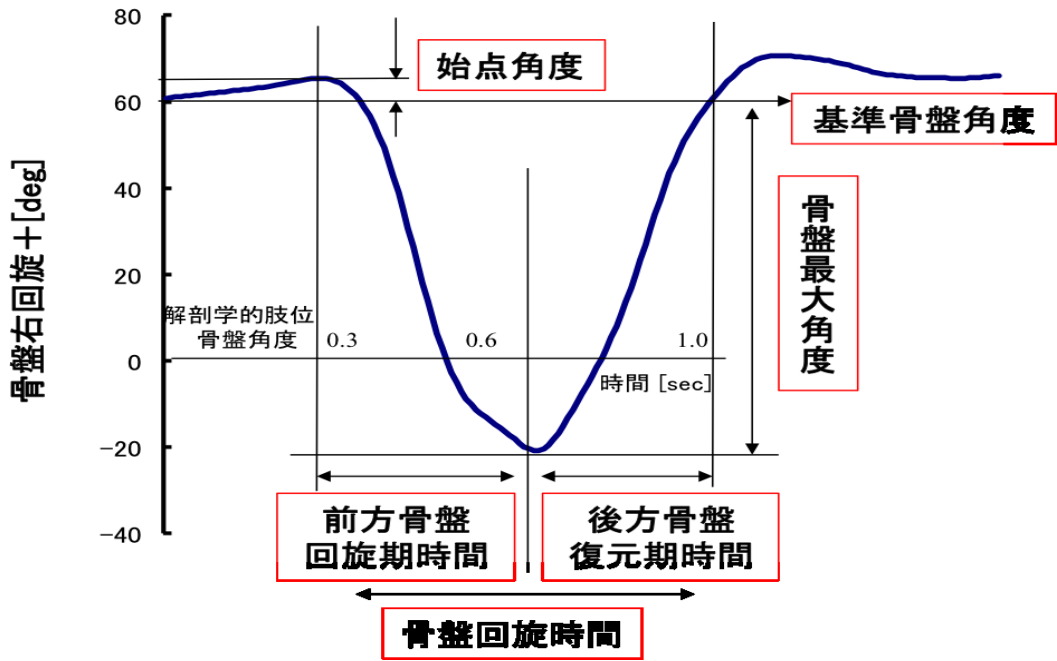


図 3.8 : 骨盤の回旋角度を特徴量とした各測定項目

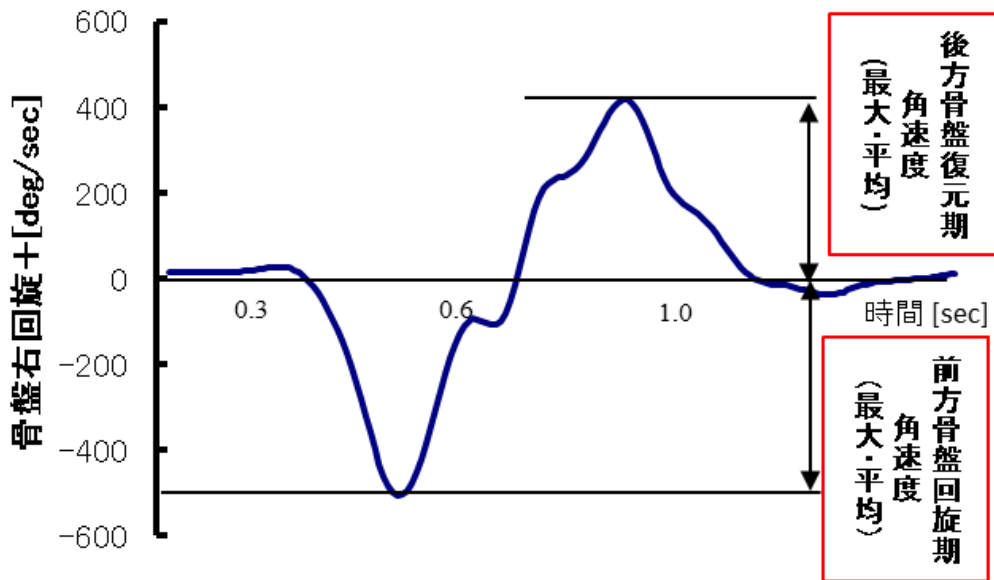


図 3.9 : 骨盤の回旋角速度を特徴量とした各測定項目

3.4 結果

各測定項目の両群間における有意差検定結果は、表 3.1 に示した。骨盤の角度変位では、基準骨盤角度と始点角度に有意差は認められなかった。最大回旋角度は、経験群で有意に増加している結果が確認された ($p < 0.05$)、(図 3.10)。角度変位時間では、前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期、および骨盤回旋時間に有意差は認められなかった (図 3.11)。最大角速度では、前方骨盤回旋期中と後方骨盤復元期中ともに、経験群が有意に大きい結果が確認された ($p < 0.05$)、(図 3.12)。平均角速度では、前方骨盤回旋期中に有意差は認めなかったが、後方骨盤復元期中では経験群において有意に大きい結果が確認された ($p < 0.05$)、(図 3.13)。

表 3.1: 骨盤の回旋角度と回旋角速度を特徴量とした測定結果と群間の有意差検定結果

測定要素	角度変位 (deg)			角度変位時間 (sec)			最大角速度 (deg/sec)		平均角速度 (deg/sec)		
	基準骨盤角度	始点角度	最大回旋角度	前方骨盤回旋期時間	後方骨盤復元期時間	骨盤回旋時間	前方骨盤回旋期最大角速度	後方骨盤復元期最大角速度	前方骨盤回旋期平均角速度	後方骨盤復元期平均角速度	
経験群 ($n=9$)	最大値	58.9	6.64	82.4	0.78	0.53	1.29	525.7	373.0	247.2	180.7
	75%値	49.1	5.99	76.5	0.46	0.51	0.92	496.4	348.3	206.1	173.5
	中央値	46.7	2.56	73.7	0.41	0.49	0.84	483.1	322.8	181.9	154.3
	25%値	44.4	1.71	69.4	0.33	0.45	0.83	475.1	312.2	160.5	140.3
	最小値	35.8	0.82	67.0	0.29	0.39	0.80	454.9	256.8	98.4	129.0
			**				*	*		*	
未経験群 ($n=9$)	最大値	65.8	15.91	65.9	0.42	0.72	0.96	514.1	298.7	277.7	181.8
	75%値	39.2	11.75	60.5	0.41	0.57	0.93	442.8	269.3	189.2	113.5
	中央値	36.5	1.50	56.7	0.34	0.54	0.89	262.4	179.3	136.8	89.1
	25%値	28.2	0.73	28.3	0.31	0.37	0.77	202.2	158.8	92.7	64.1
	最小値	21.8	0.57	20.3	0.23	0.31	0.72	171.0	149.3	50.0	39.1

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

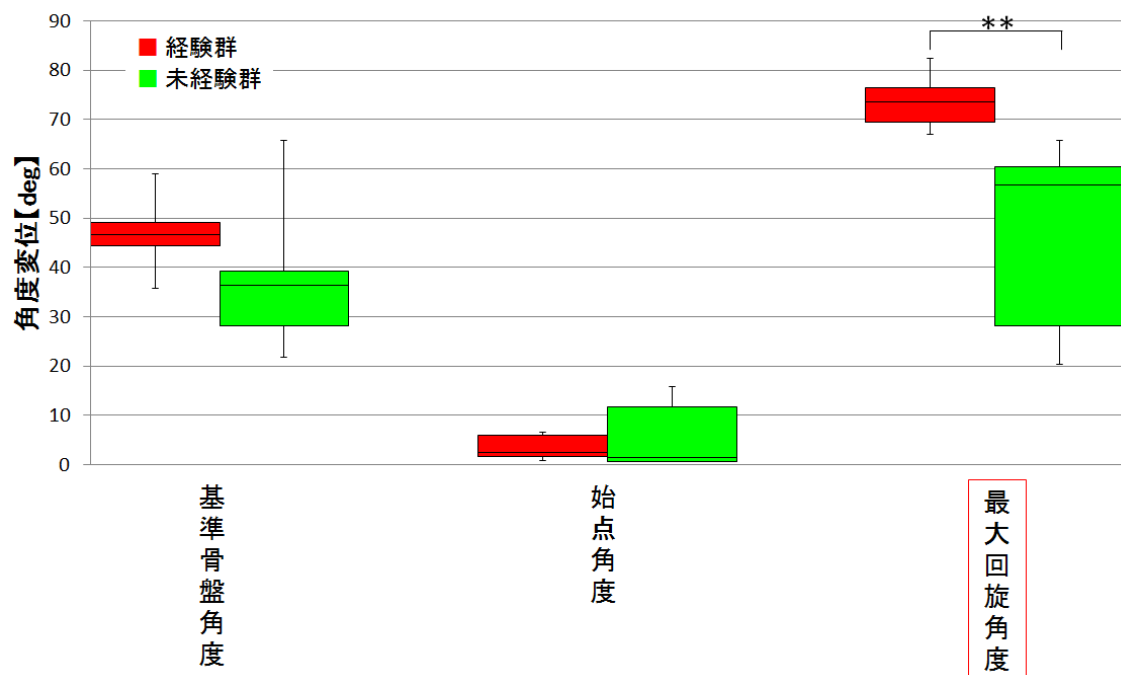


図 3.10 : 骨盤角度変位 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

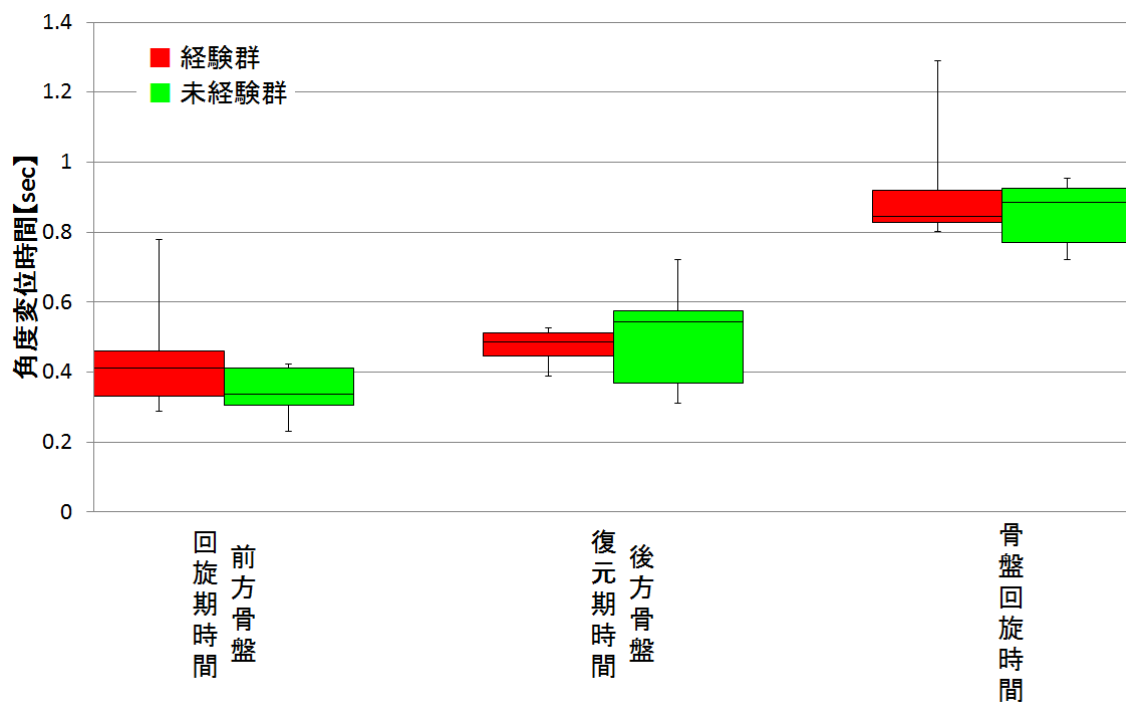


図 3.11 : 骨盤角度変位時間 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

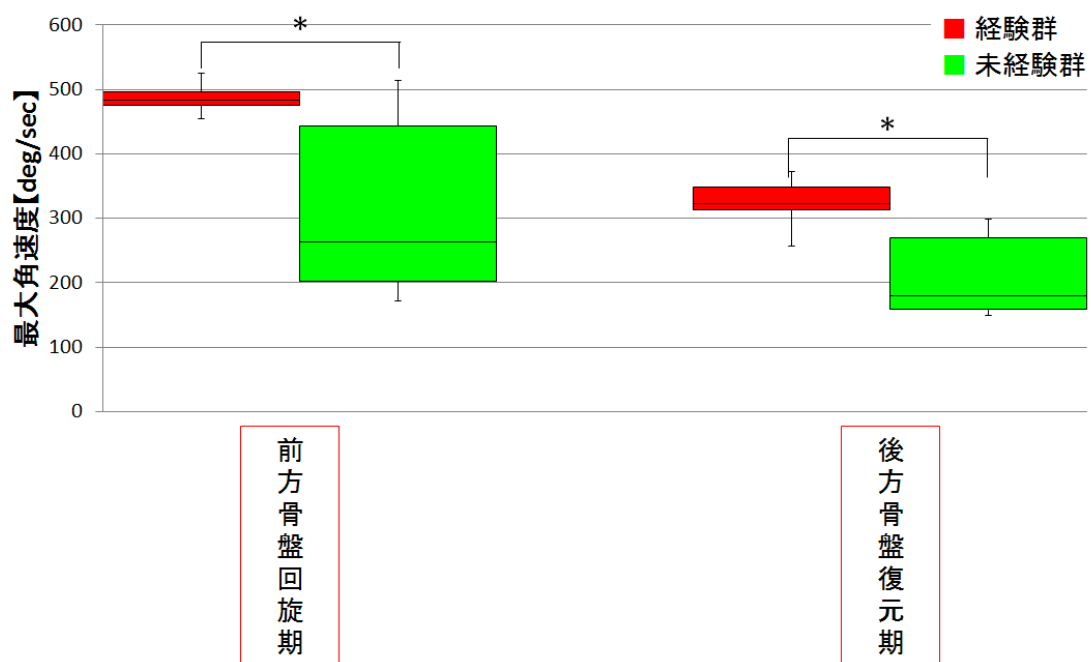


図 3.12 : 骨盤最大角速度 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

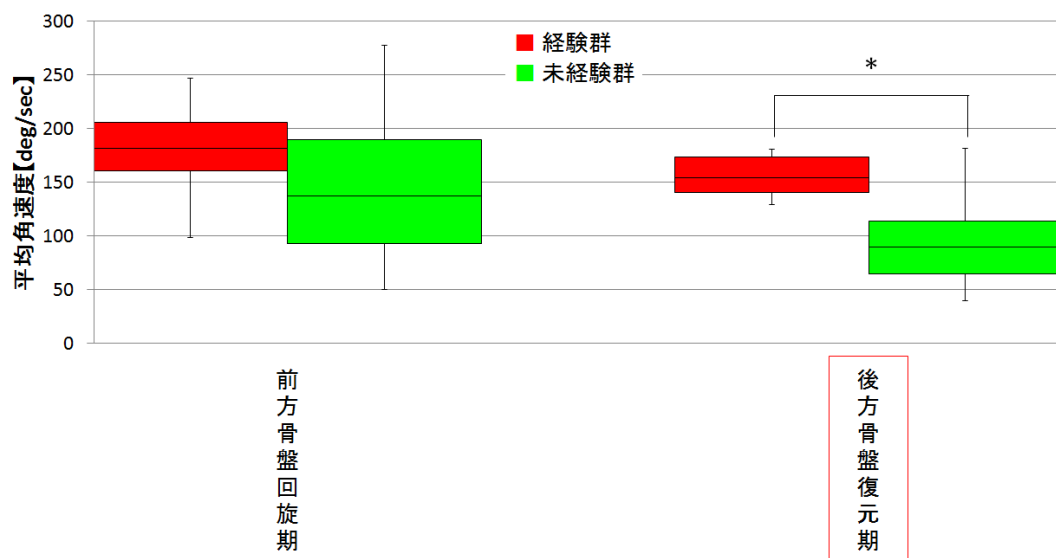


図 3.13 : 骨盤平均角速度 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

3.5 考察

本章の実験は、ボクシング経験群と未経験群に対して、ストレートパンチ動作の骨盤部の動きに着目した。両群間における各測定項目の差異の抽出には、統計学的解析を行った。本章実験の各測定項目結果から、最大回旋角度、前方骨盤回旋期の最大角速度、後方骨盤復元期の最大角速度、および後方骨盤復元期の平均角速度に統計学的な差異を確認した。

骨盤は、左右の寛骨が後方で仙骨と接した仙腸関節から構成され、仙骨は脊柱の底部に位置することで腰椎を支持されている。その構造上「脊柱からの力を側方の骨盤に伝え、さらに両下肢へ力を伝達することが可能となる。逆に、下肢からの力は骨盤を通して仙骨に伝わり、そこから脊柱に伝わる」[119]とされるが、これら骨盤の動きについて、骨盤を動かす目的の筋や靭帯は存在せず、下肢の筋活動や、体幹の動きの影響を受けて骨盤部の動きが始まる[119]とされる。

これら骨盤特性から、ストレートパンチを打つためには、様々な骨盤周囲の組織から与えられる運動力学的エネルギーが作用し、パフォーマンスの高・低に影響を与える。また、繰り返し出現する体幹や骨盤の回転動作は、股関節のスポーツ傷害[103]を引き起こす可能性が示されている。下記に、本章実験から両群間に抽出された骨盤の運動学的差異を考察する。

3.5.1 骨盤の回旋角度の特徴量（角度変位・角度変位時間）

骨盤の回旋角度の各測定項目からは、最大回旋角度において、経験群の方が、有意に増加している結果が確認された。この最大回旋角度に関連したボクシングの従来研究として、泉[44]のストレートパンチ動作に対して行った、経験群と未経験群の骨盤周囲の動きに関する動作分析研究がある。この実験の測定項目は、骨盤のランドマークである ASIS および大転子の左右の両側を結んだ線を各測定項目として、骨盤線および大転子線とした。本章の実験における骨盤水平左回旋の測定設定条件は、泉の研究[44]の骨盤線と似た条件といえる。泉[44]の行った実験で、骨盤線における回旋角度量の平均値は、経験者が 77.9 deg、未経験者が 48.7 deg で両群間に有意差が確認されている。また、豊嶋ら[32]は、骨盤の角度変位を大・小とした条件設定での実験からは、骨盤角度変位量が大きい条件設定の方が、骨盤の最大移動速度、肘の最大伸展速度、およびパンチ力の増加が述べられている。これら先行研究を交え考察すると、ストレート動作中の骨盤の回旋角度変位量は経験に伴い増加し、パフォーマンスに寄与する可能性があることが示唆された。

また、本実験の分析では、最大回旋角度を基準として前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期に分割している。すなわち、経験群で最大回旋角度が増加した結果は、未経験群と比べ経験群の方で前方骨盤回旋期・後方骨盤復元期ともに角度変位量の増加を示している。しかしながら、各期間の角度変位時間において、両群間に有意差は認めなかった。特に後方骨盤復元期

時間は、中央値を指標とすると、経験群では角度変位量が増加したにもかかわらず、角度変位時間は短縮していた。これらは、次節から考察する回旋角速度の測定要素（特に平均角速度）の増加が影響したことに起因すると考えられる。

3.5.2 骨盤の回旋角速度の特徴量（最大角速度）

骨盤の最大角速度の各測定項目からは、前方骨盤回旋期および後方骨盤復元期において、未経験群と比べ経験群で有意に大きいことが明らかとされた。後方骨盤復元期の動作局面は、従来のボクシングのパンチ動作研究において、測定自体が行われていないため新規の知見といえる。また後方骨盤復元期の動作局面の考察については、3章5節4項の「骨盤の回旋角速度の特徴量（平均角速度）」で後述する。

ボクシング等のパンチング動作において、本章実験と同様の装置や実験設定における骨盤の回旋角速度に着目した研究報告は見受けられないが、他競技従来研究では、骨盤の回旋角速度に着目した研究報告が存在する。石井ら[49]は、一般の体育学部大学生に三次元動作分析システムを用いて、野球のピッチングとバッティング、およびゴルフのドライバーショットの動作における骨盤回旋の最大角速度の平均値を測定している。最大角速度は、ピッチングで 638.3 deg/sec、バッティングで 551.9 deg/sec、およびドライバーショットで 424.3 deg/sec であり、ピッチング、バッティング、ドライバーショットの順で高値を示した。また、Welchら[100]は、プロ野球選手のバッティング動作で骨盤の最大角速度の平均値は、714 deg/sec と報告されている。これら二つのバッティング動作の研究報告における測定値の高[100]、低[49]の測定値の差は、対象者の競技レベルの高（プロ）[100]、低（体育学部大学生）[49]に起因しているとも考えられる。本研究においても未経験群と比べて経験群の方で、統計学的な差異を確認し、前方骨盤回旋期における最大角速度の増加を認めたが、レベル向上やストレートパンチ動作の経験によって、さらに前方骨盤回旋期の最大角速度が増加する可能性がある。

本研究の前方骨盤回旋期の最大角速度の中央値は、経験群で 483.1 deg/sec、未経験群で 262.4 deg/sec であった。経験群の結果は、石井ら[49]の研究における3種類の競技動作中で、バッティングとドライバーショットの中間の値であった。バッティング動作とゴルフスイング動作の従来研究報告では、股関節疾患を引き起こす可能性が述べられ[52]、[110]-[113]、その起因する測定項目として角速度の特徴量が着目されている[103]。これらからも次項は、「骨盤の回旋動作が引き起こす股関節疾患の可能性」として考察する。

3.5.3 骨盤の回旋動作が引き起こす股関節疾患の可能性

ゴルフスイング等の骨盤を反復して回旋させるスポーツ動作は、股関節周囲の組織にストレスを与える可能性が報告されている[52]、[103]、[110]。従来研究では、捻転等を含

む股関節の動きが関節のストレスを引き起こす可能性があるとして、股関節内の大腿骨長軸における水平面の回転速度を算出[52], [110]した実験も存在する。しかしながら、本研究ではストレートパンチ動作の初心者への指導等を目的とした骨盤動作の特徴抽出が主であることから、骨盤回旋の動きから、他競技の従来研究を交えて考察し、股関節疾患の可能性について述べる。Huffman[113]は、サッカー、スケート、ホッケー、テニス、およびゴルフ等における、繰り返し行われる股関節の回旋の動きは、股関節唇の損傷を与える可能性が報告されている。また、Ellenbeckerら[109]は、野球のピッチング動作において、肘や肩の最大角速度の分析に比べ、下肢や骨盤部の最大角速度に着目した報告が少ないと記述した上で、野球肘（および肩）と同様に股関節疾患を引き起こす可能性を述べている。本章実験のストレートパンチ動作の骨盤回旋角速度の経験者の値（483.1 deg/sec）は、3章5節2項に記述した、石井ら[49]の研究における3種類の競技動作中で、バッティング（551.9 deg/sec）とドライバーショット（424.3 deg/sec）の中間に位置する値であった。ゴルフスイングが股関節疾患を罹患させる可能性の報告からも、ストレートパンチ動作の反復練習も同様の危険性があるといえる。

さらに、ハンドボール選手では股関節に生じる高い負荷から、現役引退15年経った後に、股関節疾患を引き起こす可能性が示されている[115]。股関節疾患の罹患の要因としては繰り返し行われる骨盤回旋の反復運動が指摘されている。上記から、ボクシング運動を長きにわたり行くと、運動を行っている期間だけでなく、長い年月が経ったあとにストレートパンチ動作等に起因した、股関節疾患を引き起こす可能性がある。

これら従来研究では、股関節疾患の予防として、股関節の可動域を維持・拡大させることで股関節周囲にかかる力を分散させる[117]と述べられているために、運動前後のストレッチを行うことが、股関節疾患の予防に役立つ[117]とされる。また、これら股関節疾患の中では、関節鏡の検査および手術を早期に行うことで、治療期間が短縮され予後が良好となる可能性が述べられ、異変を感じた後の早期受診が推奨[103]されている。さらに、ストレートパンチ動作運動を経験していくことで、前方骨盤回旋期最大角速度が増加する可能性があることから、ボクシング運動の継続には、運動前後のストレッチを入念に行うこと、ならびに股関節の痛みや異変を感じた際には、スポーツクリニック等の適切な機関への早期の受診が重要である。

3.5.4 骨盤の回旋角速度の特徴量（平均角速度）

骨盤の平均角速度の各測定項目からは、後方骨盤復元期の平均角速度が、未経験群と比べ経験群で、有意に大きいことが明らかとなった。後方骨盤復元期の局面は、従来のボクシングのパンチ動作研究だけでなく、ゴルフスイング、野球のピッチングとバッティングの従来動作分析研究においても測定自体が行われていないため新規の知見といえる。ストレートパンチ動作の後方骨盤復元期は、前方骨盤回旋期中の骨盤における前方並進運動と水平左回

旋運動から生じる前向きの運動エネルギー[32]を制御し、元のポジションに戻る局面である。

最大回旋角度において有意差を認めて経験群が大きい結果に関して、最大回旋角度を基準として前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期に分割していることから、未経験群と比べ、経験群の方で前方骨盤回旋期・後方骨盤復元期ともに角度変位量の増加を示している。特に、後方骨盤復元期時間は両群間に有意差は認めなかったが、中央値を指標とした時間の短縮は、平均角速度の増加が影響したといえる。具体的なエアーボクシング競技の特性を交え、後方骨盤復元期平均角速度の増加が動作に与える影響と指導について、下記に述べる。エアーボクシング競技は、ジャッジによる採点の中で、相手選手のパンチを避けるディフェンステクニックの項目がある[31]。ストレートパンチを繰り返している局面では、対戦相手の放つパンチに対し、自分の腕を用いて身体の急所を守る役割が果たせなくなる。そのため、素早くオンガードポジションに戻さなければ、相手選手のパンチが被弾したと判定される可能性があるため、エアーボクシング競技において重要な局面といえる。すなわち指導者は、初心者段階から後方骨盤復元期の動作を意識させ、すかさずオンガードポジションに戻れる指導をすることが推奨される。

さらに、ゴルフや野球の動作研究報告では、本研究の後方骨盤復元期に相当する期間の分析を行っていない報告[49]、[64]がある。その理由として、打撃インパクトおよびボールリリース後は、バットやゴルフクラブのヘッドスピードや投球速度に影響しないと考えた[49]ことが述べられている。また、プロやアマのボクシング競技の研究では、パンチ力を含めた実験設定が有効であると考えるが、エアーボクシング競技を対象とした実験設定では、パンチを当てない競技性[31]から、前方骨盤回旋期から後方骨盤復元期へと変化する際の動作およびオンガードポジションに戻る動作が重要と考えられる。したがって、ストレートパンチ動作における後方骨盤復元期の期間に着目した条件設定が必要といえる。

3.6 3章のまとめ、ならびに4章と5章への展望

本章実験ではストレートパンチ動作において、骨盤部の動きに着目した経験群と未経験群に対する比較実験を行なった。統計学的解析結果から、骨盤における最大回旋角度は、経験群で有意に増加している結果が確認された。最大角速度では前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期に、平均角速度では後方骨盤復元期に、経験群で有意に大きい結果が確認された。これらから本章の目的である、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者へのストレートパンチ動作の初心者指導のポイントおよび股関節疾患のリスクに着目した考察から、運動の継続に関する着目ポイントを下記にまとめる。また、本章の結果考察から生じた疑問点を解決するために、5章および6章への展望を記述する。

3.6.1 3章のまとめ

最大回旋角度および前方骨盤回旋期の最大角速度における経験群の増加は、下肢、骨盤と体幹、肩、手への力の伝達に関与し、パフォーマンスを向上させる可能性がある。後方骨盤復元期の経験群の増加は、ストレートパンチ動作の後方骨盤復元期を意識させ、すかさずオンガードポジションに戻る局面は、エアボクシング競技の判定において有利になるといえる。これらは、指導者や競技者自身で気付く技能向上のポイントといえる。

また、前方骨盤回旋期の最大角速度における運動経験による増加は、股関節周囲に生じる高い負荷が予測されるために、長きにわたりボクシング運動を継続すると、股関節疾患に罹患する可能性がある。股関節疾患を予防する観点では、運動前後に股関節周囲のストレッチを行い、柔軟性を確保させることや、痛みや異変を感じた際には、適正機関における早期受診の必要性を認識することが、運動継続の重要なポイントといえる。

3.6.2 4章・5章への展望

本章の解析から、ストレートパンチ動作の経験群と未経験群に生じた統計学的な骨盤の動きの差異が示された。これらから、ストレートパンチ動作中の特定の動作時間、重心の移動、およびその上部で連結されている体幹筋活動においても相違が生じ、経験による特徴が存在すると予測される。したがって、筋電図計と床反力計を用いた経験群および未経験群を比較する統計学的解析実験を4章として行う。

また、ストレートパンチ動作と類似性があると考えられる他競技の従来研究では、骨盤および体幹の水平左回旋の動きを上手く引き出すために、「腋を締める」[72], [73], [101]および「前方へ泳がない」[102]の動作の考察や指導の検証が示されている。これらを参考にした教示を未経験者に与え、ストレートパンチ動作に変化が現れるか、否か。さらに現れるなら、どこに、どのような変化が現れるのか。これら統計学的解析実験を5章で行う。

第4章

筋電図計と床反力計に基づく経験による差異の抽出と考察

4.1 本研究の背景と目的

従来のボクシングジムは、プロやアマチュア競技への参加者および参加希望者がほとんどであったが、近年では、ボクシングの運動を活用し、健康増進目的で通う人々に対して門戸を開く傾向が増加してきている。長きにわたりスポーツ活動を継続して行うことは、健康増進に効果的といえる。しかしながら、プロやアマチュアのボクシング競技は、相手が放つパンチを被弾すること、ならびに身体を酷使するスポーツ競技であるため、健康増進に対して悪影響が蓄積される可能性がある。それらからも近年（2009年）、相手にパンチを当てないエアーボクシング競技が開催され[31]、現在も継続した活動が行われている。

従来において、プロやアマチュアへの競技参加を見据えた人々への指導の仕方は、経験とともにスパーリング等の実戦から、攻防技術およびパンチの繰り出し方を習得することが多かった。しかしながら、健康目的でエアーボクシング競技に参加する人々において、競技自体がパンチを当てないルール設定であることから、練習においてもパンチ被弾による外傷等を考慮し、実際にパンチを当てるスパーリング練習を行わない傾向があると考えられる。実際、エアーボクシングの判定評価基準である、クリーンエフェクティブ・ヒット（明らかに的確なパンチの仮想ヒット）やディフェンス（相手の攻撃に対して的確な対処が行われ、攻撃に繋がっていない）の技術[31]は、スパーリング練習なしに習得していくことは困難といえる。また、エアーボクシング競技の実戦では、様々な動きの中でパンチを繰り出す、まずは単発の基本的なパンチ動作を実践的に打つことが要求される。

一方、3章の実験では経験群と未経験群に対し、骨盤回旋動作に着目した運動学的研究を行い、最大回旋角度、両期間の前方骨盤回旋期最大角速度、後方骨盤復元期平均角速度に、統計学的差異が確認されている。泉[44]のストレートパンチ動作に関する従来研究からは、骨盤の動きと上胴の動きの各左水平回転の角度差分（体幹捻転）で、経験者群と未経験者群の動作に統計学的差異が抽出した。結果考察からは、経験群と比べて未経験群では、骨盤等の回旋が少ない分、上胴の動きでストレートパンチ動作を行っていることを明らかに

した。これらからも、3章の実験結果における両群間の統計学的差異は、骨盤回旋の動きだけでなく、ストレートパンチ動作中の特定期間の時間、重心の移動、および骨盤の上部で連結された体幹の筋活動においても相違を生じさせ、特徴が存在すると考えた。

そこで本章研究では、競技経験年数の違いがストレートパンチ動作へ与えるバイオメカニクス的な差異は、実戦経験者の動きにおける特徴の指標と考えた。本章研究の目的は、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてボクシングに取り組む初心者への指導ポイントの抽出および考察を行うことである。具体的な実験として、経験年数の異なる対象者（経験群・未経験群）に対し、動作分析を基にした各測定項目を用い、統計学的解析から差異を抽出した。なお、本章研究ではエアーボクシング競技の参加者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者への人々に対する研究であるため、パンチ力に関連した実験設定と考察は極力除外した。また、パンチの打ち終わりの期間であるフォロースルーおよびパンチ後にオンガードポジションへ動作が復元する期間において、分析可能な実験条件を設定した。

4.2 実験対象者

ボクシング歴が平均値 \pm 標準偏差が 5 ± 2 年の右利きの男性ボクサー5名（以下、経験群）と、右利きの健常成人男性 5 名（以下、未経験群）を対象とした。対象者の年齢、体重、肩峰から第II MP 関節までの距離（以下、リーチ）の平均値 \pm 標準偏差は、経験群が 26.2 ± 6.1 歳, 62.0 ± 9.2 kg, 66.3 ± 0.8 cm, 未経験群がそれぞれ 31.3 ± 1.2 歳, 66.2 ± 10.1 kg, 67.6 ± 1.9 cm であった。また、対象者の選出において経験群はプロ・アマチュアのボクシング競技経験者とし、未経験者は打撃系格闘技のスポーツ経験がない者とした。なお事前に研究の趣旨、方法、およびリスクを口頭にて説明し、同意を得られた者を対象とした。

4.3 実験方法

両群の対象者に対して教則本[29]を提示し、オンガードポジションと一連のストレートパンチフォームを自分で確認させ、10分の自己練習後に計測を行った。パンチ計測実験は、経験者および未経験者ともに各10回行い、最後に正規化のための最大筋力を測定している（図 4.1）。実験では光刺激を合図とし、ストレートで素早くターゲットをパンチングすることを課題とした。実験に先立って、対象者は裸足にショートパンツを着用し、体重、身

長、およびリーチを計測した。スタート合図である光刺激装置は、対象者がオンガードポジションで無理なく視野に入る位置に設置した。

4.3.1 測定機器と測定筋

図 4.2 に実験室内に設置した計測システムの概要を示した。ストレートパンチ動作の測定は、光刺激装置、床反力計、および表面筋電図計を同期して行った。床反力計（アニマ社製 MG-1090）は 2 枚を用意し、対象者には床反力計上で 1 足 1 枚になるよう肩幅で起立させた。それぞれの対象者ごとに、オンガードポジションにおける両側足部の内側位置を再現させるため、足底内側をテープでマーキングした。2 枚の床反力計から得られたデータより、前後・左右における COP 変位量をサンプリング周波数 1,000 Hz で記録し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。床反力計測では、例えば、床反力計上に立ち前後にゆっくりと身体を揺らすと、立位を制御するための「ゆらぎ」が生じ、プロットした波形には高周波成分が多く含む[122]とされる。そのためにフィルタリング処理が必要な場合があるが、本実験の素早いストレート動作をプロットした波形の視察から、高周波成分が大きな解析誤差をおよぼす可能性が低いと考え、平滑化を行わず解析した。

表面筋電図は、右三角筋の前部線維（以下、右三角筋）、右広背筋、右前鋸筋、右僧帽筋の中部線維（以下、右僧帽筋）、右外腹斜筋、および左右の大胸筋の胸肋部（以下、大胸筋）の 7 筋を測定筋とした。図 4.3 に筋電図計測の各測定筋 7 筋の部位を、表 4.1 に各測定筋の作用[123], [124]を示した。さらに、2 章 3 節 2 項では、本章実験の測定筋 7 筋を主とした野球ピッチング動作中の筋作用を記述した。また表面筋電における電極の一つは、パンチヒット時点の信号を取得する目的でパンチターゲットとして使用した。パンチターゲットの位置は対象者がオンガードポジションでリーチの 150%前方に設定した。筋電計測では測定筋の筋腹上で清拭により皮膚抵抗を十分に落とした後、ディスポーザブル電極を 3 cm 間隔で貼付後にテープ固定し、アースとなる電極を身体に貼付した。測定により得られた筋電信号は増幅器（オペアンプ）を介し、筋電計（Neuropack Σ , 日本光電社製）にて記録した。解析には波形解析システム（Power Lab systemTM, AD Instruments 社製）を用いて、サンプリング周波数 1,000 Hz で記録し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。筋電値は全波整流後に 10 msec の移動平均値を算出することで平滑化し解析した。

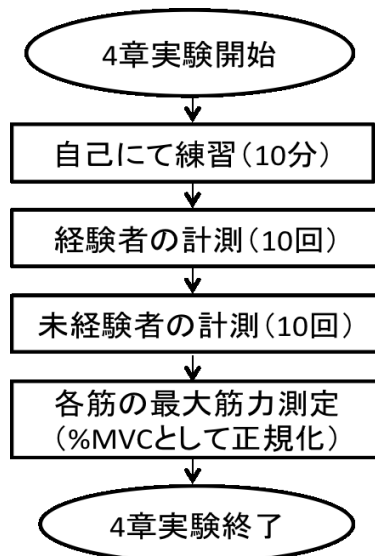


図4.1：4章の実験手順の概要

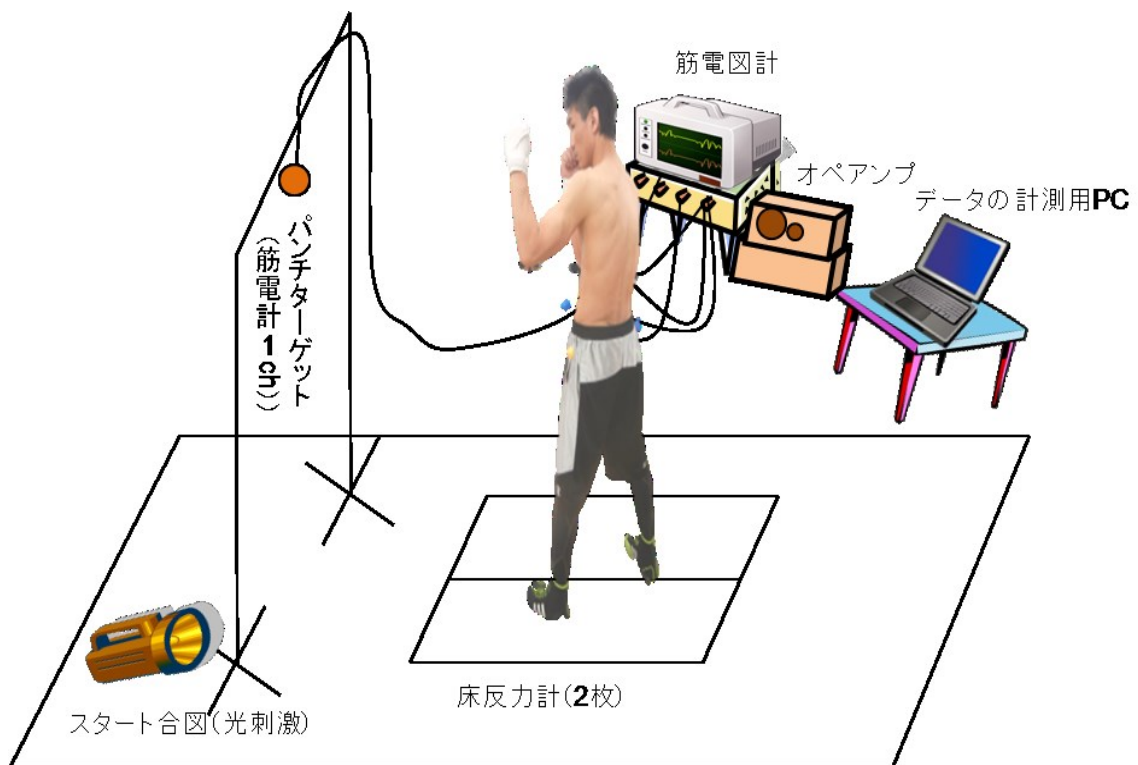


図 4.2：筋電図計と床反力計における計測システムの概要

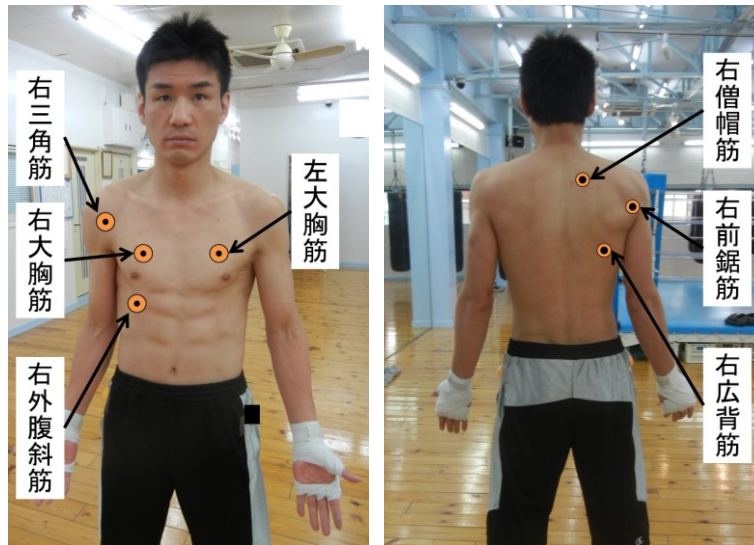


図4.3：筋電図計測の各測定筋（7筋）

表4.1：各測定筋の作用[123], [124]

各測定筋	筋の作用等
三角筋 (前部線維)	上腕の屈曲（前方拳上），内旋.
広背筋	前腕の内転，さらに後内方に引く内旋. 肩甲骨を下向きに回転させる.
大胸筋 (胸肋部)	上腕骨の前方拳上（屈曲），内転（水平内転），および内旋の作用がある.
前鋸筋	肩甲骨を前外方に引く（肩甲骨が突き出るのを防ぐ）. 肩甲骨下角を前に引く.
僧帽筋 (中部線維)	肩甲骨を内側に引く（肩甲骨の内転）.
外腹斜筋	脊柱を側屈，回旋させる. 対側の内腹斜筋と協働して作用する.

4.3.2 分析方法および各測定項目

本実験前に予備的に行った実験結果から，光刺激時点，パンチヒット時点，および COP 変位量を用いてパンチを打ち込み，元のオンガードポジションに戻るまでの一連のストレートパンチ動作について 4 期間（準備期・加速期・減速期・復元期）に分割し分析することを採用した．具体的には光刺激から COP が後方ピークに移動するまでを準備期，パンチターゲットへパンチがヒットするまでを加速期，パンチヒット後に COP が前方ピークに移動するまでを減速期，オンガードポジションの COP 値に戻るまでを復元期として各期間を

定義した。またストレートパンチ動作の測定指標は、期間時間、COP 変位量、ならびに筋活動の各特微量とした。

期間時間の各測定項目は準備期、加速期、減速期、復元期、ならびに準備期開始時点から加速期終了時点（パンチヒット）までをパンチスピード期間、および準備期開始時点から復元期終了時点までをパンチモーション期間とし、これら 6 期間の時間を計測した（図 4.4.a）。

COP 変位量の各測定項目は、ストレートパンチ動作の分析上で、重要と考えた準備期の右方向と後方向、加速期の左方向と前方向、および減速期の前方向における各期間終期の COP 値とした。また COP 変位量の計測は、準備期、加速期、減速期（前方のみ）における COP の前後と左右の各方向変位量は、光刺激前 0.5 秒間の各平均 COP 値を基準値（ゼロ）として変位量を計測した（図 4.4.b）。

筋活動の各特微量の詳細は、時間的タイミングと筋活動量の各測定項目に分けられる。時間的タイミングと筋活動量の各測定項目の関係として、時間的タイミングにおける両群間の差異が示されたとしても、初心者指導等に筋活動の時間的タイミングを適応することは困難と考えられる。したがって、筋活動量の各測定項目を構成する指標として時間的タイミングの各測定項目を分析している。

時間的タイミングの各測定項目では、光刺激前 0.5 秒間の平均筋活動量に、その期間の標準偏差を 3 倍した値を加算した時点（以下、筋活動開始時点）と最大筋活動発揮時点を各測定項目とした。次に、筋活動量の各測定項目では、最大筋活動発揮時点から筋活動開始時点の時間差分（以下、筋活動時間）、および徒手抵抗にて各測定筋の最大随意収縮量（maximum voluntary contraction : 以下、MVC）を計測し、MVC に対する最大筋活動発揮時点の筋活動量（以下、%MVC）を各測定項目とした（図 4.5）。%MVC の計算方法は、実験後 Daniels ら[124]の測定方法で、各測定筋に 5 秒間の徒手抵抗を用い MVC 計測し正規化を行った。

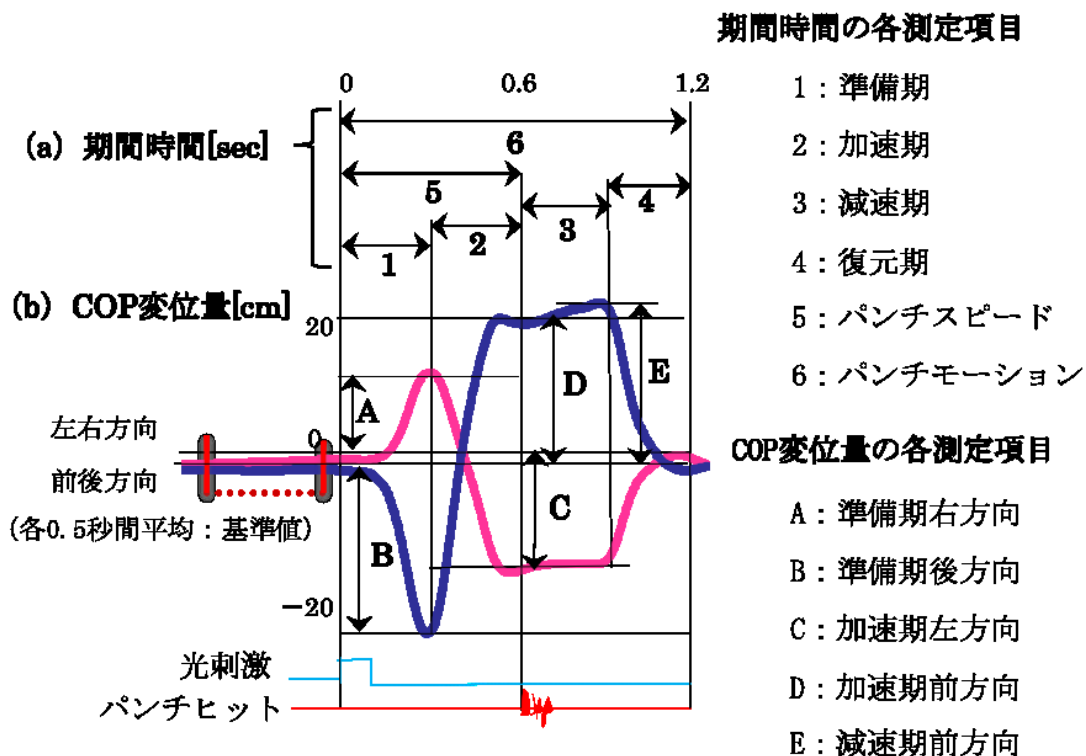


図 4.4 : ストレートパンチ動作の各期間分類と COP 軌跡変位量の代表例の各測定項目
 データ代表例を用いた対象者の各期間分類 (a) および COP 変位量 (b) における各測定項目を示した。ストレートパンチ動作は、光刺激、COP 後方向ピーク、パンチヒット、COP 前方向ピーク、および COP 前後方向が基準値に戻るまでの各時点から各期間に分割した。

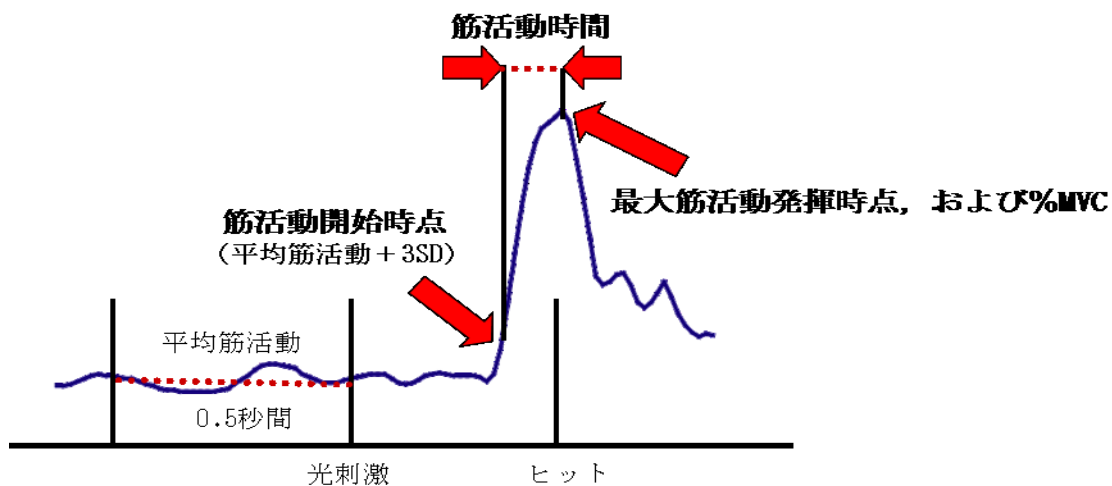


図 4.5 : ストレートパンチ中の筋活動の各測定項目
 典型的な筋活動の模式図に各測定項目を示した。7 筋におけるストレートパンチ動作中の筋活動の各測定項目を用い、両群間の統計学的解析を行った。

4.3.3 対象者データと統計処理

ストレートパンチ動作実験は、両群対象者に対して 10 回（5 人で計 50 回）行った。実験の解析データについては、経験群は 10 回中、前・後の各 2 回を除いた 6 回の計測データを用いた。また未経験群では各対象者の計測データ中に、動作終了時の COP 値が明確に初期のオンガードポジションの値まで戻らないデータが含まれていた。このデータは、本研究で定義した期間分類が行えないため除いた、その結果として各 3 人が 6 回、1 人が 5 回、および 1 人が 7 回の計測データを用いた。各群実験データ合計 30 回の各測定項目において、統計学的検定により両実験間の比較分析を行った。

統計処理には各対象者のパンチ動作測定値に対し両群間の比較にはマン・ホイットニーの U 検定を用いた。統計計算には統計ソフト Statcel 4 を使用し、有意水準は 5% とした。

4.4 結果

期間時間の各測定項目では、4 期間分類の各時間とパンチスピード期間の時間において両群間に有意差は認めなかったが、未経験群と比べ経験群でパンチモーション期間に有意な短縮が確認された ($p < 0.05$)、(表 4.2)、(図 4.6)。COP 変位量の各測定項目では、経験群で準備期の後方向に有意な減少が、減速期の前方向では有意な増加が確認された ($p < 0.05$)、(表 4.3)、(図 4.7)。

筋活動の各特徴量における時間的タイミングの各測定筋では、筋活動開始時点における経験群の右三角筋では有意に早い時点で、右大胸筋では有意に遅い時点で筋活動を開始させた ($p < 0.05$)、(表 4.4)、(図 4.8)。最大筋活動発揮時点は両群間で有意差は確認されなかった ($p < 0.05$)、(表 4.5)、(図 4.9)。

筋活動量の各測定筋において筋活動時間では、右僧帽筋と左・右大胸筋の 3 筋において経験群で有意な短縮が確認された ($p < 0.05$)、(表 4.6)、(図 4.10)。また%MVC では、右三角筋では経験群で有意な増加が確認され、右広背筋では経験群で有意な減少が確認された。 ($p < 0.05$)、(表 4.7)、(図 4.11)。

表 4.2 : 各群における期間時間の測定結果

各測定項目		準備期	加速期	減速期	復元期	パンチスピード	パンチモーション
経験群	最大値	0.46	0.37	0.36	0.86	0.81	1.48
	75%値	0.30	0.30	0.25	0.56	0.59	1.25
	中央値	0.28	0.26	0.19	0.36	0.52	1.16
	25%値	0.26	0.21	0.16	0.27	0.48	1.07
	最小値	0.19	0.18	0.07	0.14	0.43	0.98
未経験群	最大値	0.49	0.38	0.57	0.88	0.77	1.52
	75%値	0.35	0.32	0.32	0.54	0.65	1.42
	中央値	0.31	0.24	0.19	0.47	0.57	1.28
	25%値	0.27	0.21	0.16	0.36	0.48	1.18
	最小値	0.21	0.11	0.11	0.08	0.42	0.92

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・未経験群ともに $n=5$.

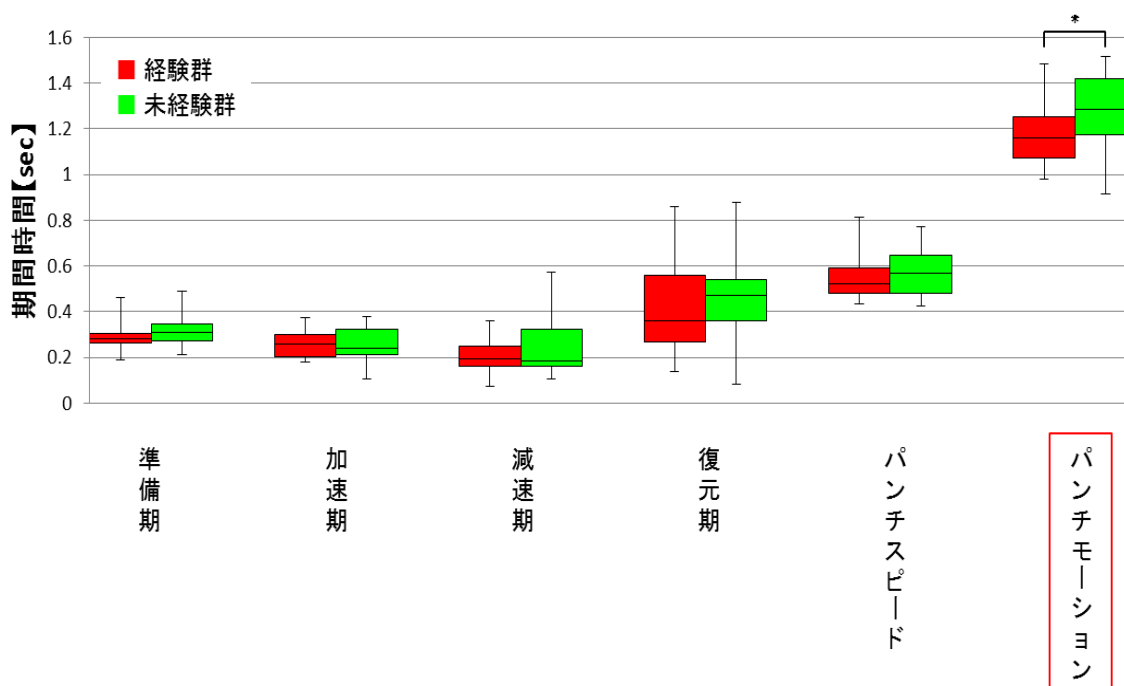


図 4.6 : 各群における期間時間の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 4.3 : 各群における COP 変位量の測定結果

各測定項目		準備期 右方向	加速期 後方向	加速期 左方向	加速期 前方向	減速期 前方向
経験群	最大値	17.1	27.8	19.3	29.1	36.1
	75%値	13.4	25.4	15.5	24.7	30.4
	中央値	11.8	22.8	11.1	21.1	28.2
	25%値	7.3	16.0	8.1	15.0	27.0
	最小値	3.2	9.6	3.6	7.5	19.3
未経験群	最大値	16.7	33.4	23.5	34.6	30.9
	75%値	14.6	28.2	12.7	24.5	26.0
	中央値	12.6	25.9	11.4	17.3	22.3
	25%値	10.3	23.1	9.3	13.1	18.9
	最小値	3.9	7.9	4.2	8.8	6.0

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・未経験群ともに $n=5$.

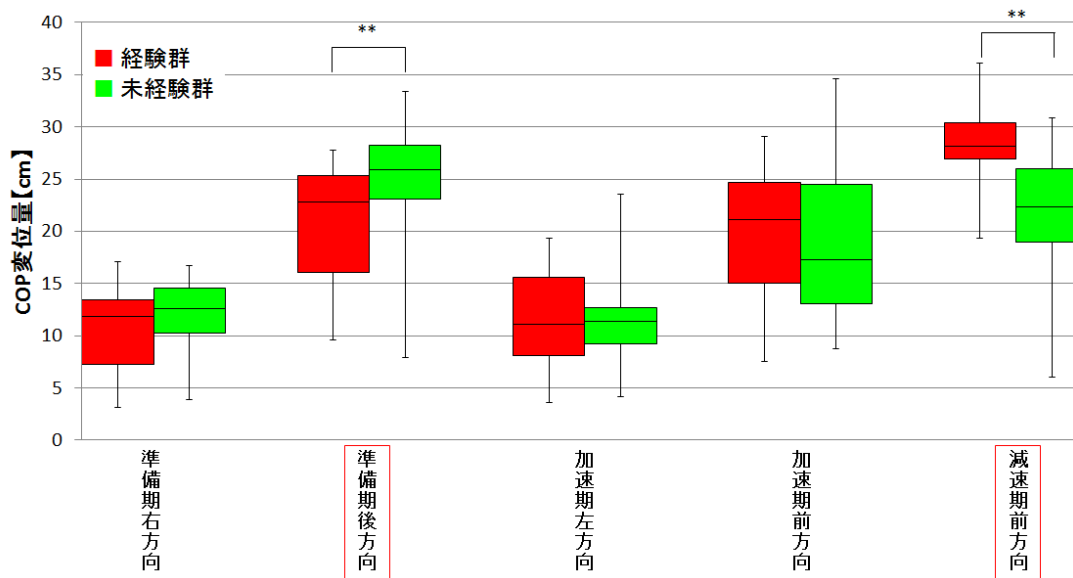


図 4.7 : 各群における COP 変位量の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 4.4 : 各群における筋活動開始時点の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
経験群	最大値	0.58	0.57	0.45	0.46	0.43	0.67	0.41
	75%値	0.29	0.37	0.34	0.34	0.29	0.47	0.23
	中央値	0.23	0.3	0.32	0.29	0.25	0.4	0.19
	25%値	0.2	0.28	0.27	0.26	0.22	0.35	0.16
	最小値	0.17	0.15	0.2	0.14	0.18	0.29	0.13
		*		**				
未経験群	最大値	0.57	0.61	0.39	0.49	0.39	0.57	0.36
	75%値	0.4	0.4	0.27	0.36	0.31	0.44	0.26
	中央値	0.32	0.32	0.23	0.25	0.25	0.37	0.17
	25%値	0.24	0.22	0.15	0.22	0.22	0.22	0.15
	最小値	0.14	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.11

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・未経験群ともに $n=5$.

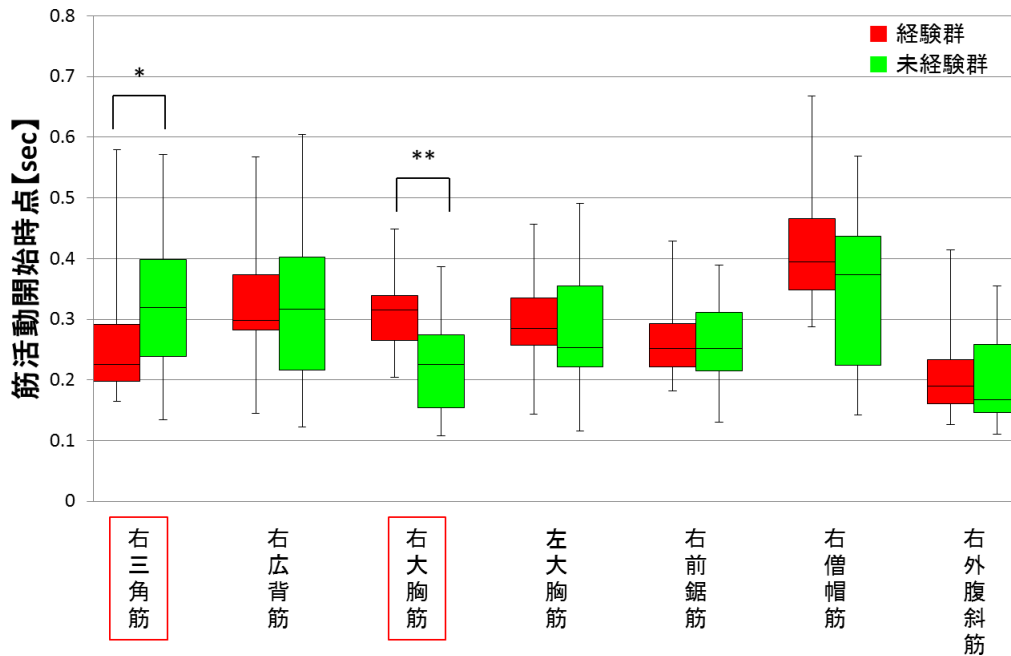


図 4.8 : 各群における筋活動開始時点の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 4.5：各群における最大筋活動発揮時点の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
経験群	最大値	0.68	0.79	0.97	0.74	0.78	0.91	0.73
	75%値	0.51	0.60	0.64	0.59	0.61	0.60	0.51
	中央値	0.46	0.56	0.54	0.47	0.49	0.55	0.42
	25%値	0.40	0.48	0.40	0.40	0.45	0.48	0.36
	最小値	0.29	0.41	0.25	0.31	0.26	0.40	0.16
未経験群	最大値	0.69	0.83	0.97	0.90	0.90	0.79	0.71
	75%値	0.57	0.67	0.68	0.67	0.67	0.66	0.59
	中央値	0.47	0.54	0.61	0.58	0.58	0.56	0.46
	25%値	0.38	0.47	0.49	0.38	0.43	0.48	0.36
	最小値	0.30	0.25	0.29	0.32	0.28	0.40	0.28

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・未経験群ともに $n=5$.

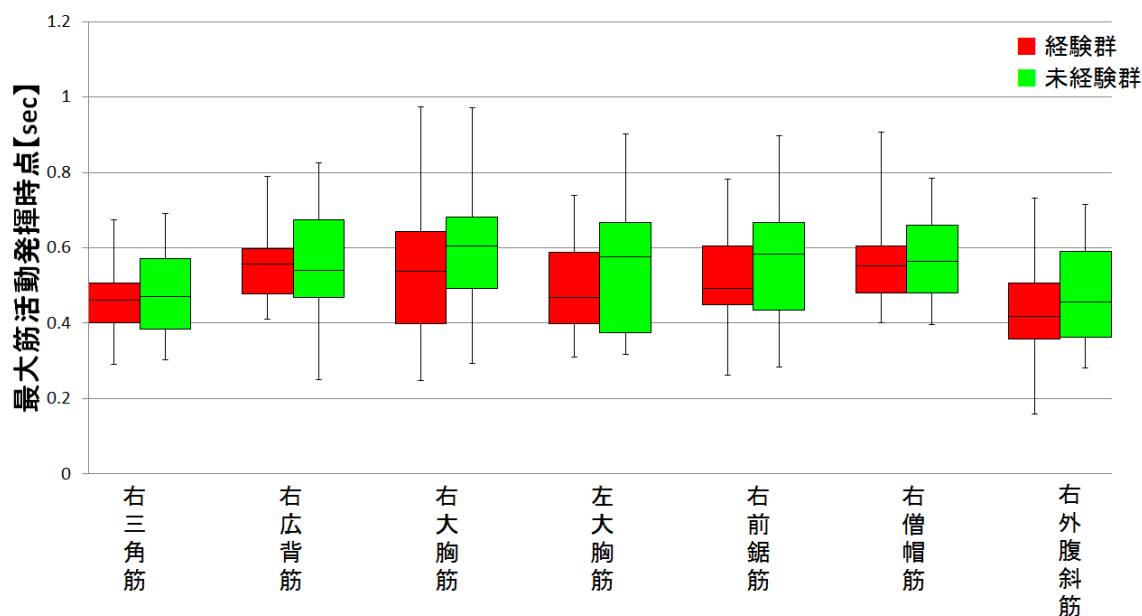


図 4.9：各群における最大筋活動発揮時点の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 4.6 : 各群における筋活動時間の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
経験群	最大値	0.39	0.43	0.53	0.48	0.40	0.35	0.57
	75%値	0.25	0.28	0.37	0.26	0.30	0.19	0.26
	中央値	0.20	0.20	0.24	0.17	0.25	0.15	0.22
	25%値	0.13	0.16	0.07	0.11	0.19	0.05	0.15
	最小値	0.09	0.07	0.04	0.07	0.08	0.01	0.02
			*	*		*		
未経験群	最大値	0.35	0.61	0.75	0.73	0.68	0.49	0.49
	75%値	0.22	0.34	0.47	0.37	0.41	0.32	0.39
	中央値	0.15	0.21	0.35	0.25	0.27	0.21	0.24
	25%値	0.11	0.13	0.17	0.15	0.18	0.14	0.21
	最小値	0.03	0.01	0.03	0.05	0.09	0.01	0.06

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・未経験群ともに $n=5$.

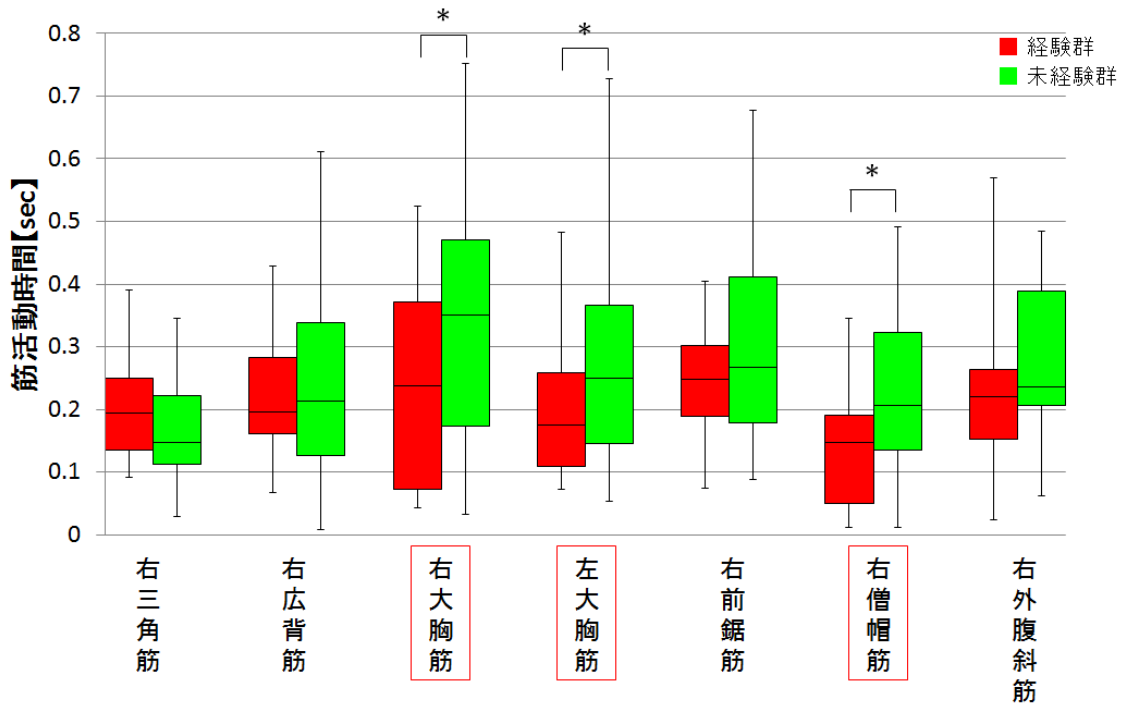


図 4.10 : 各群における筋活動時間の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 4.7 : 各群における%MVC の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
経験群	最大値	107.1	73.6	108.1	154.7	171.2	181.9	149.5
	75%値	81.8	63.0	70.5	63.1	72.8	112.8	84.5
	中央値	68.6	35.2	33.9	43.1	52.6	82.0	63.5
	25%値	58.3	20.9	25.7	27.6	44.9	39.0	41.5
	最小値	43.1	9.6	3.6	7.4	31.0	20.7	7.9
		**	*					
未経験群	最大値	179.8	200.4	148.4	148.2	119.0	124.5	167.5
	75%値	55.2	96.9	48.6	38.1	88.5	105.9	83.2
	中央値	42.4	53.6	32.9	28.2	55.1	95.3	53.3
	25%値	21.3	26.4	19.7	20.5	43.0	78.8	33.0
	最小値	12.8	19.7	6.1	14.5	31.4	42.0	26.2

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: %, 経験群・未経験群ともに $n=5$.

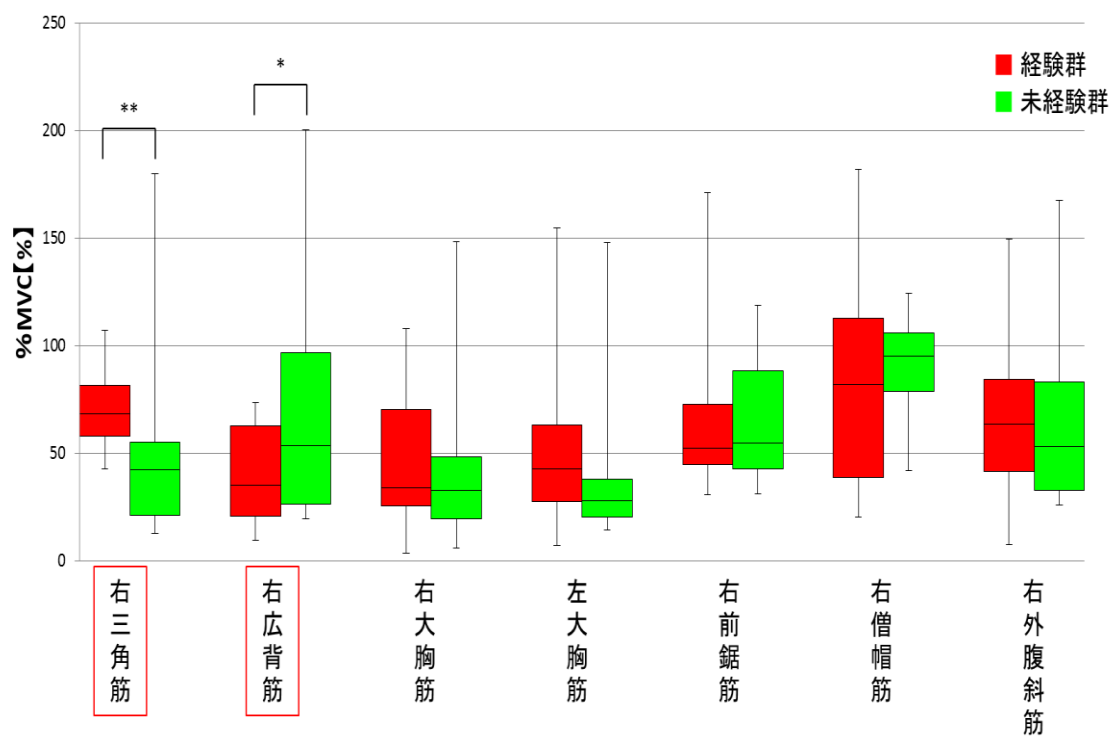


図 4.11 : 各群における%MVC の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

4.5 考察

本章実験の経験群の動作は未経験群に比べて、今まで培ってきたストレートパンチの動作経験が反映されているといえる。特に、スパーリング等で得た技能の習得から、実戦的なストレートパンチ動作を実行していると考えられる。また、本実験に参加した経験者は、プロやアマチュアの上級レベルでない対象者を選定している。これは本研究の目的が、エアボクシング競技への参加を含め、生涯スポーツとして健康増進を目的とする者が対象であることから、初心者等が次のステップへ向上しやすいように、中級レベルの競技者を選定した。これらからも、両群間に有意差が確認された各測定項目は、経験群の測定結果を、実戦的な経験から得たストレートパンチ動作の教師的モデルとして定義し考察する。

4.5.1 期間時間

期間時間の各測定項目は、準備期・加速期・減速期・復元期・パンチスピード期間の 5 期間には統計学的差異が確認されなかったが、パンチモーション期間には統計学的差異が確認され、経験群で短縮していた。特に、統計学的な差異を確認されなかった基本的なストレートパンチ動作を構成する 4 期間（準備期・加速期・減速期・復元期）の中央値に着目すると、準備期は比較的短時間に関わらず両群間で時間的な差が生じ、経験群で短縮していた。また従来のボクシングパンチ動作は、パンチ後の動作測定が行われていない報告が多いが、本実験では軽量の筋電計の電極（吊り下げた状態）をパンチングの目標物としているため、パンチのヒット後の動作時間（減速期・復元期）の計測が可能であった。特に復元期の期間時間は、両群間で有意差は確認されなかったが、中央値において経験群で短縮していた。これら基本的な 4 期間中の準備期および復元期の中央値時間を主とした時間短縮が、経験群のパンチモーション期間の有意な短縮に貢献したといえる。

Cheraghi ら[34]は、ストレートパンチ動作における身体の運動学的な計測を行い、最初に動作が始まる足部の動きを開始時点として、拳が目標物をパンチングするまでの時間計測を行い 0.31 sec であったことを報告している。本研究の光刺激の開始からターゲットをパンチングするまでの測定項目であるパンチスピード時間は、経験群が 0.52 sec, 未経験群が 0.57 sec であった。この Cheraghi ら[34]の実験報告と本研究との差異は、刺激から反応までの潜時の遅延と筋活動から力発生までの遅延[125]が影響していると考えられる。また Whiting[41]らによって、素手のストレートパンチの打ち始めから元のポジションへ戻る動作の平均時間は 1.37 sec と報告されている。本章実験のストレートパンチ動作のスタート刺激から元のポジションまでを表すパンチモーション期間の中央値は、経験群が 1.16 sec, 未経験群が 1.28 sec であり、ストレートパンチ動作は、目標物をパンチングするまでの期

間およびスタート刺激から元のポジションまでの期間は、比較的短い時間で遂行させることが示された。

4.5.2 COP 変位量

COP 変位量の各測定項目では、経験群において準備期後方向で有意な減少が、減速期前方向では有意な増加が確認された。本実験で測定に用いた COP 変位量は、2枚の床反力計に加わるすべての力を合成し、逆向きに床がおよぼす前後・左右方向への床反力作用点位置の軌跡変位量である。COP と誤解される用語として質量中心(center of mass, 以下 COM)があり、COM から降ろした垂線が床と交わる点を見ることで、COM と COP の両軌跡を比較できる[126]。これら二つの軌跡は実質的に同じ位相であるが、COP は COM よりもわずかに先立って動き、ヒトの運動方向における転換時の振幅は COP の方で大きく、COP が COM を誘導し減速させながら、身体の運動方向を転換させる[126]。ストレートパンチのような素早い動作では、身体の前方への加速度、および矢状面における身体の慣性モーメントが大きくなるため COM の軌跡に対して COP の軌跡は、より大きな「ゆらぎ」が生じると予測される。これらから本実験の COP 変位量は、身体重心の変化を正確に表しているとはいえないが、両群ともに同様の実験条件において行う統計学的解析結果は、身体重心の移動の指標として有益な情報と考えられる。

ゴルフスイング動作の従来研究から、床反力計を用いた COP 変位量の分析において、動作の特徴抽出が可能なが示されている[62]-[66]。これらからも本実験結果である経験群の準備期後方向の有意な減少、および減速期前方向の有意な増加は、ストレートパンチ動作の特徴を表しているといえる。また、ボクシングのストレートパンチ動作の従来研究においては重心移動の報告は存在するが、COP 変位量を測定した報告は見当たらない。したがって、他競技の従来研究およびボクシングのストレートパンチ動作の重心移動における従来研究を交え、下記に考察を述べる。

経験群で減少した準備期後方向は、ストレートパンチ動作の打ち始めの期間といえる。ストレートパンチ動作に貢献する重要な身体部位として、右下肢の伸展動作が挙げられている[33]が、右下肢の伸展動作をストレートパンチに有効活用させるために、準備期段階における右下肢後方への重心移動を円滑化させたといえる。

減速期前方向においては、COP 変位量ではないが、Cheraghi ら[34]によって、ストレートパンチ動作の骨盤前方移動距離（重心移動）は、28 cm であったことが報告されている。この報告の結果考察として、ゴルフスイングの床反力計を用いた動作分析報告[50]を引用し、COP 等の動作分析上の必要性を記述した上で、ストレートパンチ動作中の骨盤における前方重心移動の重要性を述べている。本研究の COP 変位量と Cheraghi ら[34]の骨盤の前方重心移動測定値では計測機器等の相違から、値を比較した考察は行えないが、ストレートパンチ動作中の前方への重心移動を示す知見としては、共通性があるといえる。

また Cesari ら[39]の空手パンチの研究は、熟練者群と初心者群に対して、25kg の目標物をパンチする動作分析研究で、COP 変位量を比較している。COP 変位量の各測定項目は、目標物をパンチするまでの期間の前方 COP 変位量を測定している。この報告の結果から、目標物をパンチするまでの前方 COP 変位量には、両群間に有意差を認めなかった。Cesari ら[39]の実験における前方 COP 変位量の期間は、本章実験では加速期前方向と同様期間と考えられるが、パンチヒット後の前方 COP 変位量の測定は、目標物をパンチしていることから測定されていない。本章実験では、重量がわずかな筋電の電極をパンチターゲットとしているために、パンチヒット後の重心移動の指標である減速期前方向を測定することが可能となり、経験群で有意な増加を認めることがわかった。本章の実験では、固定された目標物をパンチターゲットとしていないために、エアボクシング競技の動作で頻繁に活用される、実際のストレートパンチ動作に近い状況といえる。これらからもエアボクシング競技者の指導では、準備期後方向および減速期前方向の重心移動に着目する必要性が示された。

4.5.3 筋活動の各測定項目の選定と特徴

筋活動の特徴量における各測定項目では、筋活動開始時点、最大筋活動発揮時点、筋活動時間、および%MVC を各測定項目とした。本実験では、最大筋活動発揮時点を除いた、筋活動開始時点、筋活動時間、%MVC において、各群間に統計学的差異が確認された。

筋力の比較では、一般的に最大筋力 (peak force) を用いることが多く、医学の分野で用いられている徒手的な測定では、Daniels らの方法がある[124]が、徒手による順序尺度による客観的な精度の問題や、身体位置が決定された姿勢での測定規定から、スポーツ動作中の筋力測定には不向き[127]とされている。また、スポーツの傷害等が生じる負荷も、筋力の強さと一致するものでなく、最大筋力での評価のみでは不十分とされる[128]。これらからも、一般的にスポーツ動作における筋の活動の評価や分析には、古くから筋電図計測が用いられる[77]ことが述べられている。

一方、筋電図計測に関する所見としては、最大筋力の発揮までには、中枢の運動神経の働きを除外しても、運動神経の興奮が筋細胞に伝導されてから収縮が開始するまでの時間 (motor delay time, 以下 MDT), および運動が開始してから最大筋力の発揮までの時間 (time to peak force, 以下 TPF) 等[125]が測定項目として必要[127]とされる。また、最大筋出力までの時間の長短、または最大筋力を TPF で除した値 (rate of force development, 以下 RFD) から筋力の出力特性を求めた報告[127]がある。

本章実験では、2章3節2項の野球ピッチングの従来研究から、ストレートパンチ動作に貢献する筋活動を予測し、ストレートパンチ動作に関係が深いと考えられる体幹周囲の7筋を測定筋とした。また、MDT, TPF, RFD の各測定項目を参考にして、対象筋における筋活動開始と最大筋活動発揮の時間的順序、各筋の筋活動開始から最大筋活動発揮までの

筋活動時間、および筋活動の強さとして最大筋活動発揮時点における%MVCを筋活動の各特徴量として分析した。

また、時間的タイミング（筋活動開始時点・最大筋活動発揮時点）と筋活動量（筋活動時間・%MVC）の各測定項目の関係として、筋活動量の各測定項目を主として考察する。これは、時間的タイミングに両群間で差異が示されたとしても、初心者指導等への適応が困難と考えられるからである。時間的タイミングの各測定項目は、筋活動量の各測定項目を構成する指標として考察する。

4.5.4 筋活動時間（3筋）と筋活動開始時点における右大胸筋

筋活動時間では、未経験群と比べて経験群の方が、右僧帽筋、右大胸筋、および左大胸筋に有意な短縮が確認された。

Gowanら[90]は、野球ピッチャーのプロとアマチュアにおける2群間の肩甲骨周囲（12筋）の筋電図学的分析から、プロの対象者では早期に筋活動を低減させたが、アマチュアでは、筋の活動を継続し続けたことを報告した。考察からは、プロの方が効果的に、筋を活動させたと述べられている。また川上らの報告[74]からは、ゴルフスイング動作において、プロ競技者と、プロと比べ競技レベルで劣るアマチュアを対象者とした筋電図学的研究から、大胸筋においてアマチュアの方が、早い活動時点であるテークバックの段階から激しい筋活動が確認され、無駄に筋を活動させていることが考察されている。これらからも、本章実験の筋活動時間で統計学的に経験群が短縮していた3筋では、無駄なく、効果的に筋を活動させたといえる。

また、筋活動時間で統計学的に経験群が短縮した3筋中で、筋活動開始時点および最大筋活動発揮時点に有意差が確認された筋としては、筋活動開始時点の右大胸筋のみであった。経験群の右大胸筋では、有意に遅い時点で筋活動を開始させ、筋活動時間を短縮させていたことがわかった。

4.5.5 %MVC（2筋）と筋活動開始時点における右三角筋

%MVCでは、右三角筋と右広背筋において有意差が確認された。経験群では、右三角筋で有意な増加が確認され、右広背筋で有意な減少が確認された。

経験群で有意な増加が確認された右三角筋では、筋活動開始時点でも有意差が確認され、経験群において早期から活動が開始していた。これは、経験群が右三角筋の筋活動を未経験群と比べ、早い期間で開始させた結果である。本章研究で、定義した経験群をストレートパンチ動作の教師的モデルとしていることから、%MVCの右三角筋は未経験群と比較し、経験群ではストレートパンチ動作中の右三角筋の最大筋活動発揮時点(%MVCの測定時点)で筋出力を大きく、筋活動開始を早期から参加させた結果が示された。

経験群で有意な減少が確認された右広背筋について、投球動作の従来研究から、広背筋は上肢の前方推進の制御[92]への貢献を考察している。さらに川上らの報告[74]では、ゴルフスイングの筋電図学的分析の広背筋の結果考察から、姿勢の制御への関与が報告されている。これらから経験群では右広背筋の筋出力が減少していても、ストレートパンチ動作中の姿勢および上肢の前方推進力の制御が可能な身体バランスを保っていたことから、%MVCが減少したと考察できる。

4.6 まとめ

本章では、競技経験年数が異なる対象者に対し、実戦経験者の動きを教師モデルと定義した統計学的解析実験から、ストレートパンチ動作のバイオメカニクス的な差異を抽出し考察した。本章研究の目的は、実戦経験者の動きの特徴を指標としたエアークロッシング競技者および生涯スポーツとしてボクシングに取り組む初心者への指導ポイントの抽出、および考察を行うことである。結果からは、経験群でパンチモーション期間の短縮、COP変位量で準備期の減少と減速期の増加、筋活動開始時点で右三角筋の早期化と右大胸筋の遅延、および右僧帽筋と左・右の大胸筋に筋活動時間の短縮が確認された。また%MVCでは、右三角筋で増加し、右広背筋で減少していた。これらの結果考察として、経験群ではストレートパンチ動作の打ち始めから打ち終わりまでの期間であるパンチモーション期間を短縮させていた。また、ストレートパンチ動作の重心移動における特徴の指標とされるCOP変位量が、経験群において準備期後方向の有意な減少、および減速期前方向の有意な増加が確認されたことは、ストレートパンチ動作の右下肢への重心移動で右下肢に力をためる局面を円滑化し、目標物をパンチングした後の局面で重心移動を大きくしたといえる。さらに、筋活動量（筋活動時間・%MVC）の各測定項目からは、実戦を経験することで得られる筋の活動の特徴がわかった。これらは競技経験から体得したストレートパンチ動作の長期的練習の変化といえる。

上記の考察を、エアークロッシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者に説明し練習させていく中で、様々な動作変化の理解を助け、パンチ被弾からの怪我の危険性があるスパーリングを行うことなく、実戦経験者の動作に導く知見と考えられる。例えば、経験群で筋活動時間が短縮した考察を活用した指導説明から、力みがない円滑なパンチを打つ意識に繋げることができる可能性がある。しかしながら、4章のみの考察からは具体的な指導に繋がる知見とはいえない。したがって、具体的な指導への貢献には、次章の「未経験者への教示後変化の差異抽出と考察」を行うことで、達成できると考えられた。

第5章

未経験者への教示後変化の差異抽出と考察

5.1 本研究の背景と目的

ボクシングの教則本では、ストレートパンチ動作の指導において、初心者に与えられる基礎的な教示が数多く紹介されている[29], [35]–[38]が、曖昧な表現が使用されている。さらにボクシング動作の従来研究において、初心者指導の現場で与えられる教示に対して、ストレートパンチの動作変化に関する従来研究は見当たらない。これらからも、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者への初心者指導方法は未確立な状況といえる。

一方、運動発達、身体適応教育、神経科学、およびリハビリテーション分野等に幅広く活用されている指導方略に運動学習がある[132]。運動学習の定義として、「技能的行動を行い得る能力の比較的永続的な変化を引き起こす練習や経験に基づく一連の過程」[133], [134]とされている。また、運動学習の言語的な教示においては、実験対象者の身体内部への注意である **Internal focus of attention** (以下, **IFA**) と、環境や実験装置等における身体外部への注意である **External focus of attention** (以下, **EFA**) がある[135]。その効果は、**IFA**[136]・**EFA**[137]ともに見受けられるが、全体的には、**EFA** の方で学習効果が高いとされている[137], [138], [139]。また鈴木ら[140]は、身体機能評価の一つであり、片側上肢を前方に伸ばすファンクショナルリーチテストにおける **IFA** と **EFA** の2種類の教示順序を変えた運動学習効果を報告し、**EFA** 介入後の **IFA** 介入で、個人差が少なく統計学的解析からもパフォーマンスの向上が報告されている。

これら、運動学習における教示の与え方の観点からみると、本論文中の4章における実験課題である「ストレートパンチ動作で素早くターゲットをパンチングする」は、**EFA** を与えた動作実験を行っているといえる。4章で **EFA** を与え実験を行った未経験群に対し、さらに **IFA** の教示を加えた後では、ストレートパンチ動作に変化が生じるのか否か、また、変化が生じるのであれば、どの測定項目に、どのような変化が生じるのかを考察することで、教示に関するストレートパンチ動作指導のポイントに繋がると考えられる。

これらから本章研究の目的は、エアークロッシング競技者および生涯スポーツとしてのクロッシング愛好者に対し、教示に関して初心者指導へ貢献することである。特に、教示における短時間練習後の動作の変化を考察できれば、初心者指導の際の動作変化を実感させる説明に繋げることができる。これはクロッシング運動継続のモチベーションの維持や向上にも寄与される新規の知見といえる。

具体的には、未経験者に2教示を与えた後に短時間(20分)の練習を行わせた教示後群と、4章実験における未経験群(本章実験では教示前群)および経験群の3群間におけるデータの統計学的解析を行った。これらの結果考察では、教示後群がストレートパンチ動作の各測定項目において、統計学的観点から経験群に「接近」したか「離隔」したかに着目した。

なお、運動学習の見地では、「比較的永続的な変化」を検証する必要があるが、本章実験では行っていない。本章実験では、運動学習を交えた教示設定を記述しているが、運動学習への科学的な貢献を目的とはしていない。

5.2 実験対象者

第4章に参加した未経験群の対象者である健常成人男性5名とした。また事前に研究の趣旨、方法、およびリスクを口頭にて説明し、同意を得られた者を対象とした。

5.3 実験方法

4章の実験に参加した未経験群である対象者は、4章の実験として、教則本[29]を提示しオンガードポジションと一連のストレートパンチ動作を自分で確認させ、10分の自己練習を行った上で4章実験を終了している。次に30分間の休息後、指導者が二つの教示を与え、20分間の練習を行わせた上で、教示後群として再び実験を行った。図5.1に、4章実験との繋がりを含めた、5章実験の手順を示す。

教示後群に与えた教示は、他競技の従来研究を参考にして選定した。他競技では、動作に関するバイオメカニクスの側面から指導ポイントが考察されている。具体的には、西島ら[72]のゴルフスイングにおける筋電図学的研究では、ダウンスイング時の左右の肘の上腕三頭筋の放電から、上腕内側を身体の正中軸に強く引きつけることや、腋を締めることで体幹の軸回旋をフォローしていることを見出している。川村ら[101]における野球のバッティングの報告では、レベルの違う競技者の運動学的分析の群間比較から「腋を締める」

バッティングフォームの有効性を考察している。また中島ら[102]は、野球のバッティングの際の重心移動として、投手側に「突っ込む動作」、「泳ぐ動作」等、失敗動作を防ぐ練習を行わせ、良好な実践成果に繋がった報告を行っている。以上の従来研究を基に、対象者に与えた2教示は、「右腕を締める」および「パンチングの際に前のめりにならない」とした。

2教示情報の説明としては、「右腕を締める」教示では、オンガードポジションで右上腕内側と右体幹前外側の密着を意識させた。また、「パンチングの際に前のめりにならない」教示では、パンチの打ち終わりの局面で体幹のみが前方、もしくは前方の左・右に大きく傾斜しないこととした。2教示の指導方法としては、口頭およびデモンストレーションを交え、ボクシング競技指導経験者が個別に20分間、対象者の疲労を考慮し、ゆっくりとストレートフォーム中の教示内容の動作正確性に着目し指導した。

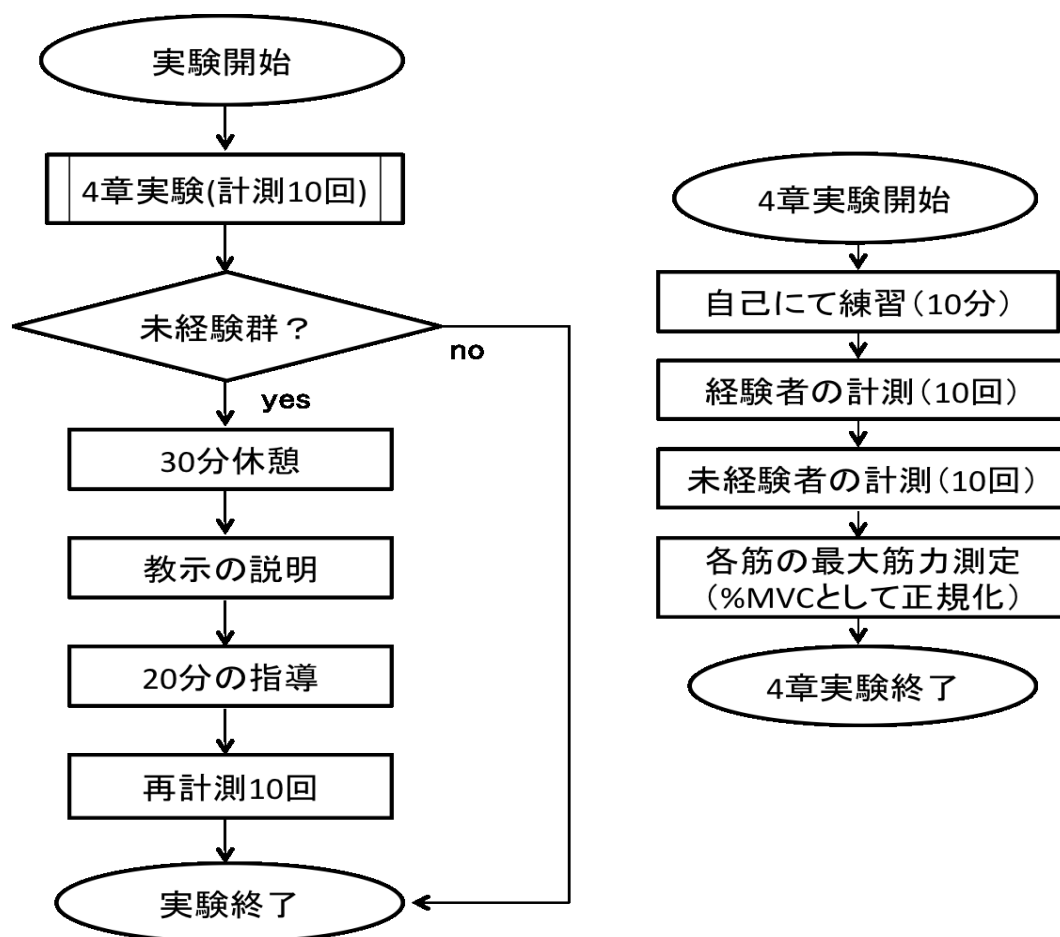


図 5.1 : 5 章の実験手順の概要 (4 章との繋がりを含む)

5.3.1 測定機器, 測定筋, 分析方法, および各測定項目

4章と同様の測定機器とその説明, 測定筋, 分析方法, および分析に用いる各測定項目を採用した.

5.3.2 対象者データ

本章研究で解析するデータは, 経験群, 教示前群, および教示後群の3データである. 4章のデータである経験群と未経験群のデータを5章でも用いているが, 未経験群データを5章では教示前群データと名付けた. さらに, 本章実験から得られたデータは, 教示後群データとして用いている. 教示後群のパンチ動作は, 各対象者に対して10回(5名で計50回)行った. 対象者のパンチ計測データの中には, 動作終了時のCOPの値が明確に初期のオンガードポジションの値まで戻らないデータが含まれていた. その実験データを省いた(3名が6回, 1名が5回, 1名が7回), 各実験動作における合計30回の各測定項目の計測データを用いた. 統計学的な比較分析は, 教示前群, 教示後群, および経験群の3群のデータに対して行った.

5.3.3 統計処理

統計処理には, 各対象者のパンチ動作測定値に対して, 3群間の比較にはKruskal-Wallis検定を用い, 事後検定としてはSteel-Dwass法を用いた. 統計計算には統計ソフトStatcel 4を使用, 有意水準は5%とした.

5.4 結果

期間時間の各測定項目において, 減速期時間および復元期時間では, 教示前群と比べて, 教示後群の方が有意に短縮していた. パンチモーション期間では, 経験群および教示前群と比べて, 教示後群の方が, ともに有意に短縮していた($p < 0.05$), (表 5.1), (図 5.2).

COP変位量の各測定項目において, 準備期後方向では, 教示前群と比べて, 教示後群および経験群の方が, ともに有意に減少していた. 減速期前方向では, 教示前群および教示後群と比べて, 経験群の方が, ともに有意に増加していた($p < 0.05$), (表 5.2), (図 5.3).

筋活動の各特徴量の各測定項目から, 筋活動開始時点において, 右三角筋では, 教示前群と比べて, 経験群の方が, 有意に早期化していた. 右大胸筋では, 教示前群および教示後群と比べて, 経験群の方が, ともに有意に遅延していた. 右僧帽筋では, 教示後群と比

べて、経験群の方が有意に遅延していた ($p < 0.05$)、(表 5.3)、(図 5.4)。

最大筋活動発揮時点において、右前鋸筋では、教示後群と比べて、経験群の方が有意に早期化していた ($p < 0.05$)、(表 5.4)、(図 5.5)。

筋活動時間において、右前鋸筋では、教示後群と比べて、経験群の方が有意に短縮していた。右僧帽筋では、教示後群および教示前群と比べて、経験群の方が、ともに有意に短縮していた ($p < 0.05$)、(表 5.5)、(図 5.6)。

%MVC において、右三角筋では、教示前群と比べて、教示後群および経験群の方が、ともに有意に増加していた ($p < 0.05$)、(表 5.6)、(図 5.7)。

表 5.1 : 3 群における期間時間の測定結果

各測定項目		準備期	加速期	減速期	復元期	スピード パンチ	モー ション パンチ
a) 経験群	最大値	0.46	0.37	0.36	0.86	0.81	1.48
	75%値	0.30	0.30	0.25	0.56	0.59	1.25
	中央値	0.28	0.26	0.19	0.36	0.52	1.16
	25%値	0.26	0.21	0.16	0.27	0.48	1.07
	最小値	0.19	0.18	0.07	0.14	0.43	0.98
b) 教示後群	最大値	0.42	0.46	0.33	0.73	0.74	1.41
	75%値	0.32	0.30	0.22	0.41	0.63	1.16
	中央値	0.30	0.26	0.15	0.33	0.57	1.08
	25%値	0.26	0.21	0.09	0.25	0.48	1.00
	最小値	0.22	0.17	0.01	0.14	0.43	0.74
c) 教示前群	最大値	0.49	0.38	0.57	0.88	0.77	1.52
	75%値	0.35	0.32	0.32	0.54	0.65	1.42
	中央値	0.31	0.24	0.19	0.47	0.57	1.28
	25%値	0.27	0.21	0.16	0.36	0.48	1.18
	最小値	0.21	0.11	0.11	0.08	0.42	0.92

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・教示後群・教示前群ともに $n=5$.

a): 経験群と教示後群, b): 教示後群と教示前群, c): 教示前群と経験群

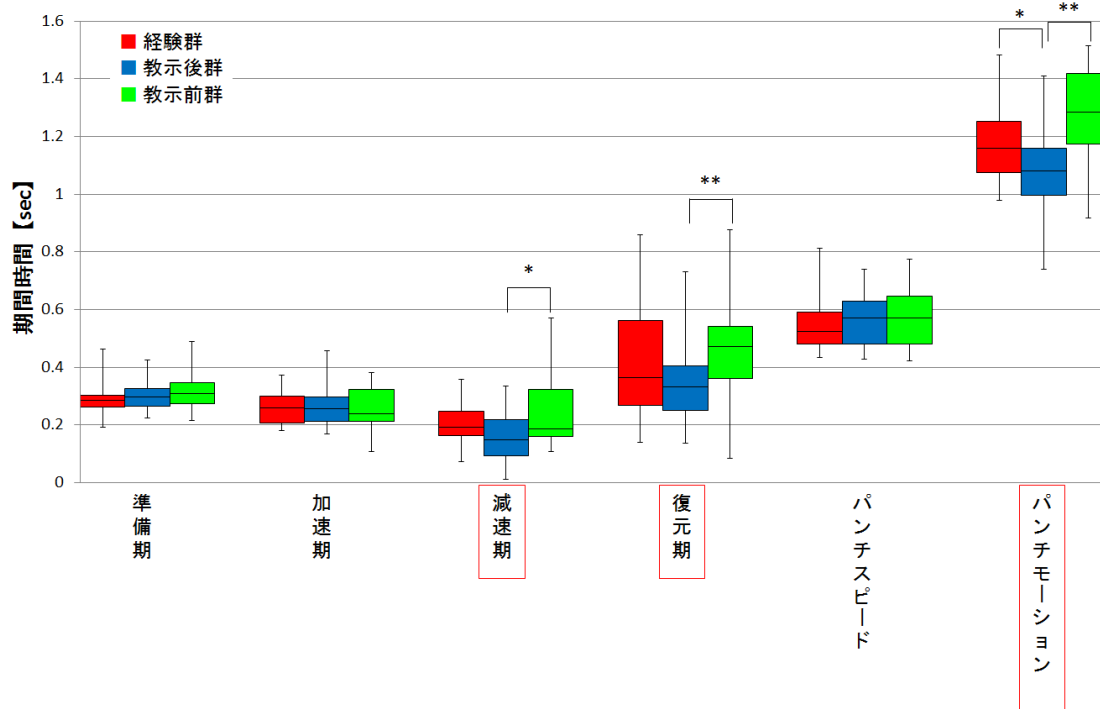


図 5.2 : 3 群における期間時間の測定結果(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 5.2 : 3 群における COP 変位量の測定結果

各測定項目		準備期右方向	準備期後方向	加速期左方向	加速期前方向	減速期前方向
経験群	最大値	17.1	27.8	19.3	29.1	36.1
	75%値	13.4	25.4	15.6	24.7	30.4
	中央値	11.8	22.8	11.1	21.1	28.2
	25%値	7.3	16.0	8.1	15.0	27.0
	最小値	3.2	9.6	3.6	7.5	19.3
a)						**
教示後群	最大値	16.7	33.5	23.2	25.3	31.6
	75%値	14.4	25.1	14.4	20.3	21.7
	中央値	9.5	21.0	9.6	16.5	19.5
	25%値	7.0	16.0	6.9	13.0	15.7
	最小値	2.9	11.3	4.4	7.7	9.8
b)			*			
教示前群	最大値	16.7	33.4	23.5	34.6	30.9
	75%値	14.6	28.2	12.7	24.5	26.0
	中央値	12.6	25.9	11.4	17.3	22.3
	25%値	10.3	23.1	9.3	13.1	19.0
	最小値	3.9	7.9	4.2	8.8	6.0
c)			*			**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: cm, 経験群・教示後群・教示前群ともに $n=5$.

a): 経験群と教示後群, b): 教示後群と教示前群, c): 教示前群と経験群

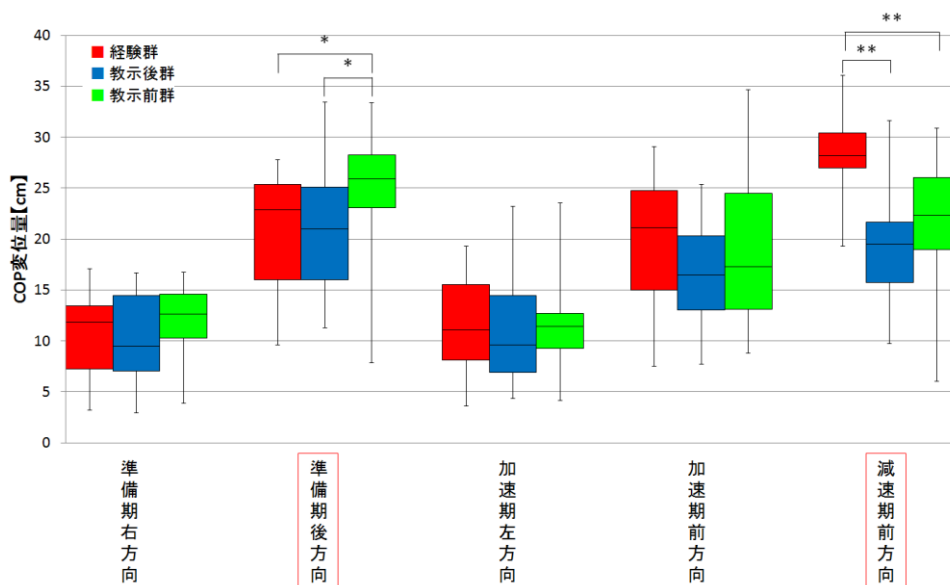


図 5.3 : 3 群における COP 変位量の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 5.3 : 3 群における筋活動開始時点の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
a) 経験群	最大値	0.58	0.57	0.45	0.46	0.43	0.67	0.41
	75%値	0.29	0.37	0.34	0.34	0.29	0.47	0.23
	中央値	0.23	0.30	0.32	0.29	0.25	0.40	0.19
	25%値	0.20	0.28	0.27	0.26	0.22	0.35	0.16
	最小値	0.17	0.15	0.20	0.14	0.18	0.29	0.13
b) 教示後群	最大値	0.52	0.62	0.45	0.53	0.45	0.57	0.49
	75%値	0.35	0.38	0.28	0.35	0.28	0.41	0.28
	中央値	0.28	0.27	0.25	0.26	0.23	0.36	0.21
	25%値	0.24	0.24	0.21	0.22	0.19	0.26	0.16
	最小値	0.15	0.20	0.14	0.14	0.14	0.15	0.11
c) 教示前群	最大値	0.57	0.61	0.39	0.49	0.39	0.57	0.36
	75%値	0.40	0.40	0.27	0.36	0.31	0.44	0.26
	中央値	0.32	0.32	0.23	0.25	0.25	0.37	0.17
	25%値	0.24	0.22	0.15	0.22	0.22	0.22	0.15
	最小値	0.14	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.11

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・教示後群・教示前群ともに $n=5$.

a): 経験群と教示後群, b): 教示後群と教示前群, c): 教示前群と経験群

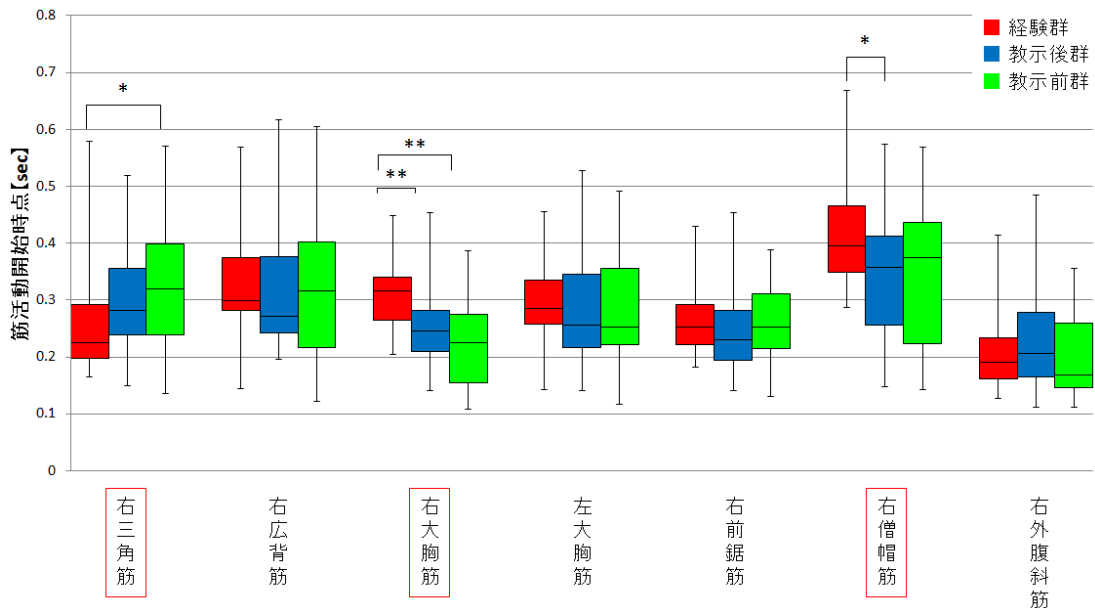


図 5.4 : 3 群における筋活動開始時点の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 5.4 : 3 群における最大筋活動発揮時点の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
経験群	最大値	0.68	0.79	0.97	0.74	0.78	0.91	0.73
	75%値	0.51	0.60	0.64	0.59	0.61	0.60	0.51
	中央値	0.46	0.56	0.54	0.47	0.49	0.55	0.42
	25%値	0.40	0.48	0.40	0.40	0.45	0.48	0.36
	最小値	0.29	0.41	0.25	0.31	0.26	0.40	0.16
a)						*		
教示後群	最大値	0.82	0.95	0.87	0.96	0.99	0.77	0.73
	75%値	0.52	0.67	0.66	0.57	0.69	0.63	0.56
	中央値	0.47	0.60	0.57	0.49	0.65	0.56	0.45
	25%値	0.34	0.46	0.50	0.38	0.57	0.47	0.36
	最小値	0.28	0.40	0.29	0.33	0.28	0.40	0.26
b)								
教示前群	最大値	0.69	0.83	0.97	0.90	0.90	0.79	0.71
	75%値	0.57	0.67	0.68	0.67	0.67	0.66	0.59
	中央値	0.47	0.54	0.61	0.58	0.58	0.56	0.46
	25%値	0.38	0.47	0.49	0.38	0.43	0.48	0.36
	最小値	0.30	0.25	0.29	0.32	0.28	0.40	0.28
c)								

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・教示後群・教示前群ともに $n=5$.

a): 経験群と教示後群, b): 教示後群と教示前群, c): 教示前群と経験群

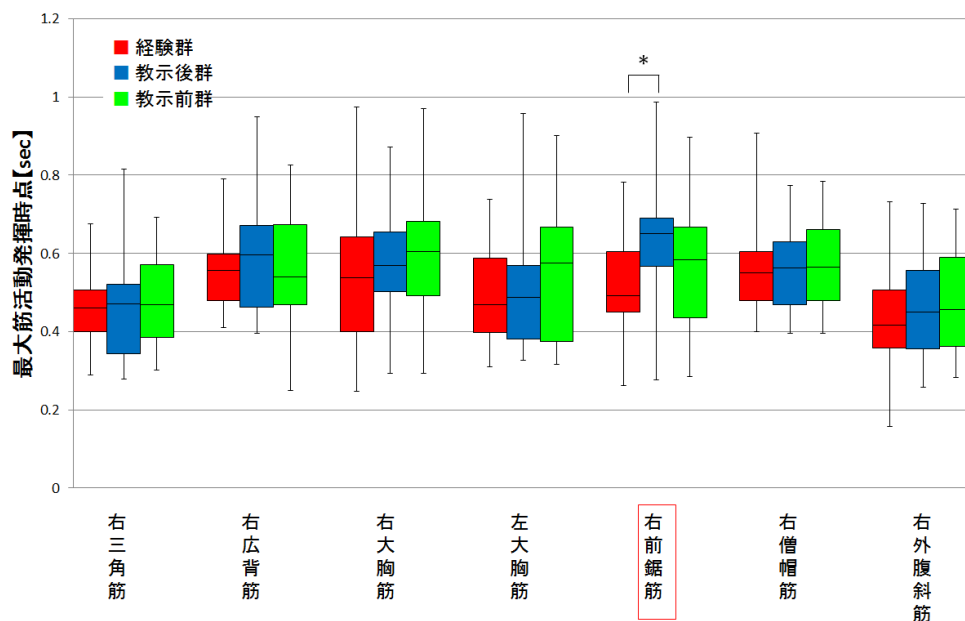


図 5.5 : 3 群における最大筋活動発揮時点の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 5.5 : 3 群における筋活動時間の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
a) 経験群	最大値	0.39	0.43	0.53	0.48	0.40	0.35	0.57
	75%値	0.25	0.28	0.37	0.26	0.30	0.19	0.26
	中央値	0.20	0.20	0.24	0.17	0.25	0.15	0.22
	25%値	0.13	0.16	0.07	0.11	0.19	0.05	0.15
	最小値	0.09	0.07	0.04	0.07	0.08	0.01	0.02
b) 教示後群	最大値	0.47	0.60	0.59	0.72	0.68	0.43	0.54
	75%値	0.21	0.37	0.43	0.28	0.48	0.31	0.29
	中央値	0.14	0.23	0.30	0.23	0.40	0.23	0.23
	25%値	0.08	0.18	0.25	0.12	0.27	0.12	0.14
	最小値	0.04	0.04	0.06	0.07	0.10	0.02	0.09
c) 教示前群	最大値	0.35	0.61	0.75	0.73	0.68	0.49	0.49
	75%値	0.22	0.34	0.47	0.37	0.41	0.32	0.39
	中央値	0.15	0.21	0.35	0.25	0.27	0.21	0.24
	25%値	0.11	0.13	0.17	0.15	0.18	0.14	0.21
	最小値	0.03	0.01	0.03	0.05	0.09	0.01	0.06

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位: sec, 経験群・教示後群・教示前群ともに $n=5$.

a): 経験群と教示後群, b): 教示後群と教示前群, c): 教示前群と経験群

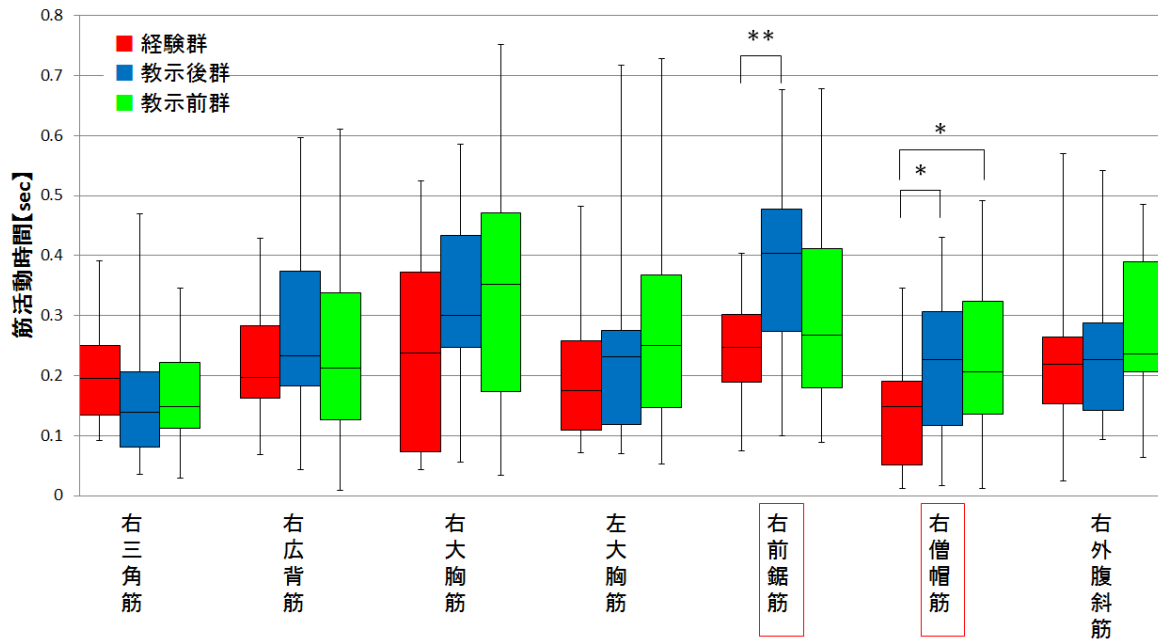


図 5.6 : 3 群における筋活動時間の測定結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

表 5.6 : 3 群における%MVC の測定結果

各測定項目		右三角筋	右広背筋	右大胸筋	左大胸筋	右前鋸筋	右僧帽筋	右外腹斜筋
経験群	最大値	107.1	73.6	108.1	154.7	171.2	181.9	149.5
	75%値	81.8	63.0	70.5	63.1	72.8	112.8	84.5
	中央値	68.6	35.2	33.9	43.1	52.6	82.0	63.5
	25%値	58.3	20.9	25.7	27.6	44.9	39.0	41.5
	最小値	43.1	9.6	3.6	7.4	31.0	20.7	7.9
a)								
教示後群	最大値	207.9	200.2	183.0	150.5	167.1	158.7	192.7
	75%値	85.9	76.4	69.8	82.9	107.5	108.9	106.2
	中央値	70.7	49.3	44.3	41.7	58.6	91.3	79.7
	25%値	48.2	28.1	23.9	27.4	47.8	76.5	47.1
	最小値	31.3	19.9	12.5	16.7	38.2	49.7	15.3
b)		**						
教示前群	最大値	179.8	200.4	148.4	148.2	119.0	124.5	167.5
	75%値	55.2	96.9	48.6	38.1	88.5	105.9	83.2
	中央値	42.4	53.6	32.9	28.2	55.1	95.3	53.3
	25%値	21.3	26.4	19.7	20.5	43.0	78.8	33.0
	最小値	12.8	19.7	6.1	14.5	31.4	42.0	26.2
c)		**						

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 単位:%, 経験群・教示後群・教示前群ともに $n=5$.

a): 経験群と教示後群, b): 教示後群と教示前群, c): 教示前群と経験群

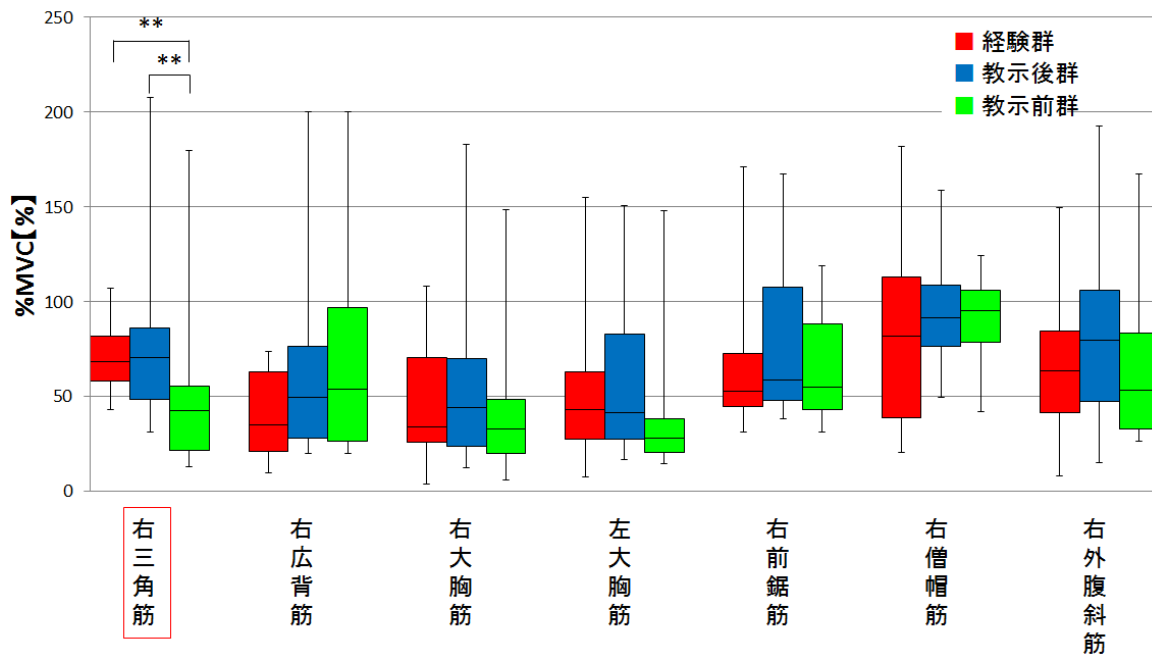


図 5.7 : 3 群における%MVC の測定結果(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

5.5 考察

本実験で用いた 2 教示の動作変化の予測として、「右腕を締める」は、体幹周囲の筋活動をパンチ動作に参加させるとし、「パンチングの際に前のめりにならない」は、パンチの打ち終わりの動作局面で身体に生じる前方並進運動の制御を容易にすると予測した。具体的な動作変化として「右腕を締める」では、いずれかの筋で%MVCに変化が生じるとし、「パンチングの際に前のめりにならない」では、COP 変位量における減速期前方向に変化が生じると予測した。

これら 3 群間のデータを比較する統計学的解析を用いて差異を抽出し、教示後群のストレートパンチ動作が、経験群のストレートパンチ動作に、変化が生じなかったのか、離隔したのか、接近したのかに着目し、その中でも変化を伴う結果である「離隔」と「接近」を主に考察を行う。図 5.8 に「変化なし」、「離隔」、「接近」を表した模式図を記す。

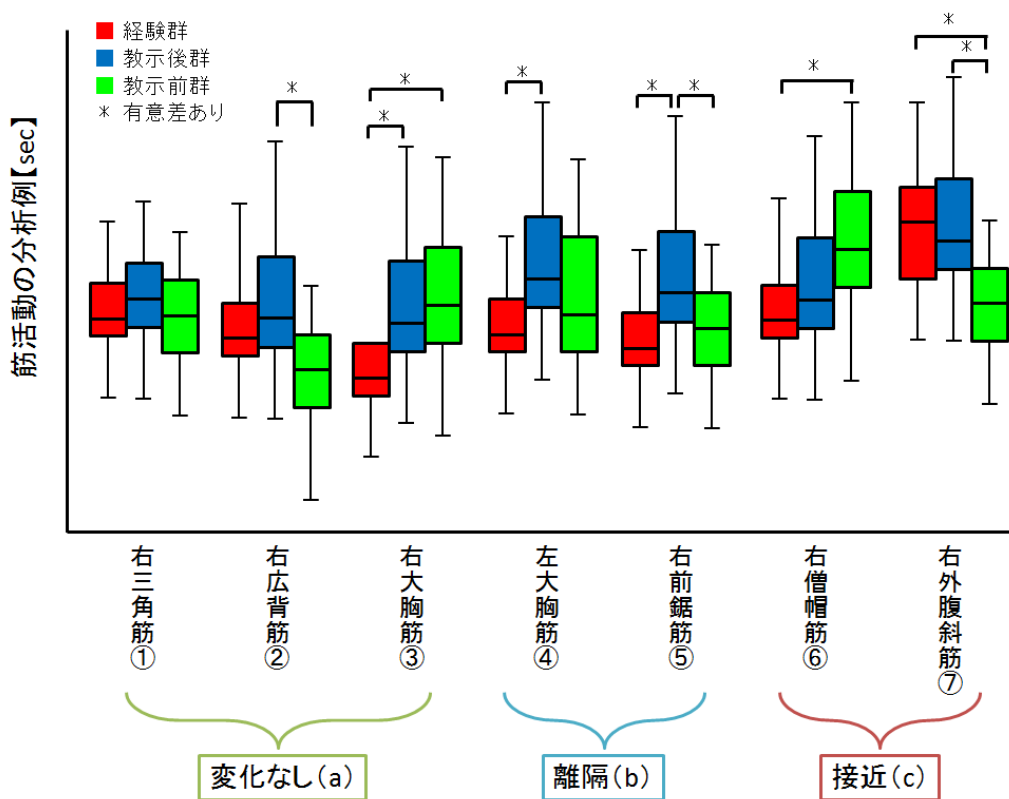


図 5.8：筋活動の分析例，「変化なし (a)」，「離隔 (b)」，「接近 (c)」

下記の「→」には，有意差を認めた結果の各測定項目を示す。

「変化なし (a)」

- ① 3群ともに有意差なし
- ② 教示前群と比べて，教示後群の方が有意差あり
→ (期間時間の減速期および復元期)
- ③ 教示前群および教示後群と比べて，経験群の方が，ともに有意差あり
→ (COP 変位量の減速期前方向，筋活動開始時点の右大胸筋，筋活動時間の右僧帽筋)

「離隔 (b)」

- ④ 教示後群と比べて，経験群の方が有意差あり
→ (筋活動開始時点の右僧帽筋，最大筋活動発揮時点と筋活動時間の右前鋸筋)
- ⑤ 経験群および教示前群と比べて，教示後群の方が，ともに有意差あり
→ (期間時間のパンチモーション期間)

「接近 (c)」

- ⑥ 教示前群と比べて，経験群の方が，有意差あり
→ (筋活動開始時点の右三角筋)
- ⑦ 教示前群と比べて，教示後群および経験群の方が，ともに有意差あり
→ (COP 変位量の準備期後方向，%MVC の右三角筋)

5.5.1 期間時間と COP 変位量の経験群への接近, 離隔, および変化なし

期間時間は, スタート合図, パンチターゲットである筋電の電極へのヒット, および COP 変位量の前・後の値を指標として, 基本の 4 期間に分類している. 有意差が確認された COP 変位量の準備期後方向と減速期前方向も, 期間分類の分割指標として設定されている. 具体的には, 準備期後方向ピークは準備期の終了と加速期の開始として, 減速期前方向ピークは減速期の終了と復元期の開始として, 期間の分割に用いている. これらからも COP 変位量に対する期間時間は関連した指標で構成されるために, 有意差を認めた各測定項目は, 本項内で図 5.8 の「筋活動の分析例」を合わせて, 経験群への「変化なし」, 「離隔」, 「接近」の側面で考察を述べる.

準備期時間において 3 群間に有意差は確認されなかったが, COP 変位量の準備期後方向では, 教示前群と比べて教示後群および経験群の方が, ともに有意に減少していた. また, 教示後群と経験群には有意差を認めなかったことから, 2 教示を与えた動作変化として, COP 変位量の準備期後方向が関与している準備期時間に変化が生じることなく, 経験群に接近「図 5.8 : (c), ⑦」したといえる.

ターゲットへのパンチヒット後の期間である減速期時間および復元期時間では, 教示前群と比べて, 教示後群の方が, 有意に短縮していた. これは, 2 教示による短期的変化といえるが, 教示前群および教示後群が経験群に対して有意差が認めなかったことから, 経験群に対し接近したか, 否かについては減速期時間および復元期時間ともに言及できず統計学的には変化なし「図 5.8 : (a), ②」といえる. また, 減速期終了の分割指標である COP 変位量の減速期前方向からは, 教示前群および教示後群と比べて, 経験群の方が, ともに有意に増加していた. しかしながら, 教示前群と教示後群に有意差が確認されなかったことから, 2 教示を与えた動作において変化なし「図 5.8 : (a), ③」といえる.

ストレートパンチ動作全体の時間であるパンチモーションでは, 教示前群および経験群と比べて, 教示後群の方が, ともに有意に短縮していた. また教示前群と経験群に, 有意差は確認されなかったことから, パンチモーションの期間時間で教示後群が短縮した結果は, 経験群より統計学的に離隔「図 5.8 : (b), ⑤」したといえる.

5.5.2 期間時間と COP 変位量の教示を与えた短時間練習後の動作変化

上記, 5 章 5 節 1 項の考察では, 教示前群に 2 教示を与えた短時間練習後の動作変化である教示後群が, 経験群の動作へと統計学的に接近したか, 離隔したか, 変化なしかに着目した. 本項考察では, 統計学的に経験群への接近および経験群から離隔した各測定項目, ならびに 5 章 5 節で述べた動作変化予測に着目して考察する.

期間時間は, パンチモーション期間で経験群から離隔した. また COP 変位量は, 準備期

後方向で経験群に接近した。この二つの短期的変化を時系列でみると、スタート合図である光刺激から右・後方へ COP が変位するが、この後方への COP 変位量の最大値が準備期期間の終期と設定しているため、統計学的に準備期の時間を変化させることなく COP 変位量の準備期後方向が経験群に接近した。また、準備期の後の加速期である左側と前方への COP 変位量、およびターゲットのパンチヒットまでの期間である加速期時間にも群間に有意差は確認されなかった。しかしながら、パンチヒット後の減速期前方向における COP 変位量では、教示による変化は認めなかったが、COP 変位量における減速期前方向の最大値を終期とした減速期時間および復元期時間では、ともに教示前群と教示後群の群間で教示後群が短縮していた。この減速期時間および復元期時間の教示後群の短縮が、ストレートパンチ動作の基本的な 4 期間を合算したパンチモーション期間時間を経験群から離隔するほど短縮させることが示された。

5 章 5 節において、教示による短時間練習後の動作変化予測としては、「パンチの打ち終わりの動作局面で身体に生じる前方並進運動の制御を容易にする」と述べた。本章実験からは、予測していたパンチヒット後の COP 変位量における減速期前方向を変化させることはなかった。しかしながら、打ち始めの準備期後方向の動きで、経験群に接近することが明らかとなった。4 章 5 節 2 項の経験群で有意に減少した COP 変位量の準備期後方向の考察では、「右下肢の伸展動作をストレートパンチに有効活用させるために、準備期段階において右下肢後方への重心移動を円滑化させた」と述べた。本章の COP 変位量の準備期後方向における教示後群の結果は、短時間練習後の教示による動作変化として、準備期段階の右下肢後方への重心移動を円滑化させ、経験群に接近させることが示された。

5.5.3 筋活動の特徴量における経験群への接近、離隔、および変化なし

筋活動の各測定項目として、筋活動開始時点から最大筋活動発揮時点までを筋活動時間としている。また、最大筋活動発揮時点をも MVC の測定指標としていることから、統計学的差異が生じた各筋に対して、筋活動開始時点、最大筋活動発揮時点、筋活動時間、および MVC の各測定項目における経験群への「変化なし」、「離隔」、「接近」について本項で述べる。

右三角筋では筋活動開始時点において、教示前群と比べて経験群の方が、有意に早期化していた。教示前群および経験群と、教示後群の各群間の比較では、ともに統計学的差異を認めなかった。これは、教示後群が 2 教示を与えた短期的変化として、経験群と統計学的に同様の筋活動開始時点までの短縮を示すことから、統計学的に接近「図 5.8 : (c), ⑥」したといえる。また、右三角筋の MVC においては、教示前群と比べて、教示後群および経験群の方が、ともに有意に増加していた。さらに、教示後群と経験群には、有意差は認めなかったことから、2 教示による変化は、経験群と比べ、統計学的に接近「図 5.8 : (c), ⑦」したといえる。

右大胸筋では筋活動開始時点において、教示前群および教示後群と比べて、経験群の方が、ともに有意に遅延していた。また、教示前群と教示後群で有意差を認めなかったことから、2 教示による短期的変化は生じず、変化なし「図 5.8 : (a), ③」といえる。

右前鋸筋では筋活動開始時点において、3 群間で有意差は認めなかった。最大筋活動発揮時点と筋活動時間は、教示後群と比べて、経験群の方が、有意に早期化および短縮していた。しかしながら、教示前群と比べて、教示後群および経験群との各群間には、ともに有意差を認めなかった。これは、最大筋活動発揮時点と筋活動時間における 2 教示による変化は、経験群と比べ、統計学的に離隔「図 5.8 : (b), ④」した結果といえる。

右僧帽筋では筋活動開始時点において、教示後群と比べて、経験群の方が、有意に遅延していた。しかしながら、教示前群と比べた、教示後群および経験群との群間には、ともに有意差を認めなかった。これは、2 教示による変化は、経験群と比べ、統計学的に離隔「図 5.8 : (b), ④」した結果といえる。また、最大筋活動発揮時点は、3 群間で有意差は確認されなかったが、筋活動時間は、教示後群および教示前群と比べて、経験群の方が、ともに有意に短縮していた。さらに、教示前群と比べて、教示後群の群間には有意差は認めなかった。これは、2 教示による短期的変化は生じず、変化なし「図 5.8 : (a), ③」といえる。

5.5.4 筋活動の特徴量における教示を与えた短期間練習後の変化

上記、5 章 5 節 3 項の考察では、教示前群に 2 教示を与えた短時間練習後の筋活動変化である教示後群が、経験群の筋活動へと統計学的に接近したか、離隔したか、変化なしかに着目した。本項考察では、統計学的に経験群への接近および経験群から離隔した各測定項目、ならびに 5 章 5 節で述べた変化予測に着目して考察する。

接近および離隔した各測定項目について、右三角筋は、筋活動開始時点と%MVC で経験群に接近した。右僧帽筋は、筋活動開始時点で経験群から離隔した。右前鋸筋は、最大筋活動発揮時点と筋活動時間で経験群から離隔していた。

右三角筋は、筋活動開始時点と%MVC で経験群に接近した。4 章 5 節 5 項の統計学的結果の考察で、経験群では、ストレートパンチ動作中の「右三角筋の最大筋活動発揮時点で筋出力を大きく、筋活動開始を早期から参加させた」と述べた。本章実験から 2 教示を与えた短時間練習後の筋活動開始時点と%MVC の右三角筋では、経験群との群間で統計学的有意差が解消されたことから、経験群に接近したといえる。これは 5 章 5 節において記述した、教示による短時間練習後の変化予測として、「いずれかの筋で%MVC に変化が生じる」と述べたが、右三角筋に変化が生じ、経験群への接近が示された。

僧帽筋と前鋸筋においては、互いに拮抗しながらの活動が報告[97]されていることから、右僧帽筋と右前鋸筋を交えて考察する。右僧帽筋中部線維の活動は肩甲骨のリトラクションに、右前鋸筋の活動は肩甲骨のプロトラクションに貢献する[123], [124]。2 章 3 節 2 項に述べた投球の従来研究からも、肩甲骨をリトラクションさせる僧帽筋は、菱形筋、肩甲

拳筋と協働するが、肩甲骨のプロトラクション作用がある右前鋸筋と互いに拮抗し、肩甲骨の位置を調整しながら[83], [90]上腕骨の円滑な動きに貢献すると述べられている。右僧帽筋は、筋活動開始時点で教示後群が教示前群よりも早期化し、経験群から離隔した。右前鋸筋は、最大筋活動発揮時点および筋活動時間において、教示後群が教示前群よりも延長し、経験群から離隔した。この 2 筋のデータ中央値から時系列として観ると、まずは右前鋸筋活動が開始されプロトラクション作用が働き肩甲骨を前外側に活動させる。その後右僧帽筋活動が開始されリトラクション作用が働き、肩甲骨の動きを制動方向に調整する。この右僧帽筋活動のリトラクション作用が早期化され、経験群から離隔していることが示された。続いて、右前鋸筋および右僧帽筋が最大筋活動発揮時点に到達するが、右前鋸筋では経験群から離隔するほど最大筋活動発揮時点が延長されている。この離隔が要因となり、筋活動時間が経験群よりも延長され経験群からの離隔が示されている。これらから、肩甲骨の位置調整を行う筋活動時間が延長されたと考察できる。

以上から、教示を与えた短期的練習後の変化として、ストレートパンチ動作中の肩甲骨の位置調整には時間を延長させることが示唆され、経験群から離隔させていた。一方、右三角筋の活動は、筋活動開始時点と%MVC で経験群の筋活動への接近が示された。

5.6 まとめ

本章研究は、ボクシング競技未経験者を対象に、教則本を用いた最低限の自習をさせた上で、ストレートパンチ動作における教示を与えた短時間練習後の変化を抽出した。実験では、EFA 介入後に IFA 介入を加えた実験であり、教示前群、教示後群、および経験群における動作の統計学的解析を行った。本章実験の目的は、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者に対し、教示を用いた初心者指導への貢献である。

結果考察から、教示を与えた短時間練習後のストレートパンチ動作における経験群への接近と離隔を示した各測定項目として、期間時間では、ストレートパンチ動作の基本的な 4 期間を合算したパンチモーション期間時間を経験群から離隔するほどの短縮が示された。また COP 変位量では、準備期後方向が経験群に接近した。これは、ストレートパンチ動作で重要とされる、右下肢の伸展動作[33]を活用するために、準備期期間における右下肢後方への重心移動を円滑化させたといえる。

筋活動の各測定項目からは、肩甲骨の位置調整に関与する右僧帽筋と右前鋸筋では、右僧帽筋が筋活動開始時点で、右前鋸筋が最大筋活動発揮時点と筋活動時間において、経験群から離隔した。これらから 2 教示による変化として、肩甲骨の位置調整に円滑さを欠く動きとなった可能性がある。一方、右三角筋の活動は、筋活動開始時点と%MVC で経験群に接近していることが明らかとなった。これらからも、エアーボクシング競技者および生

涯スポーツとしてのボクシング愛好者の初心者指導において、教示を与えた短時間の練習後でも動作変化が生じることを考慮し、指導する必要性が示された。

第6章

結論

昨今の日本では、日常生活の歩行等における活動量の増加や、継続したスポーツ活動を行うことで、健康寿命を延伸する効果が注目されている。その中でも、若い時からの生活習慣に起因する、がん、循環器疾患、糖尿病、および慢性閉塞性肺疾患（COPD）の生活習慣病[2]、[3]、ならびにロコモティブシンドロームに起因した障害の増加[6]が問題視されている。これらロコモティブシンドロームや生活習慣病は、それぞれのライフステージに沿った、適切な運動の継続で予防効果が高まる[6]とされている。さらに、現代社会はストレス社会といわれ、様々なストレスを抱えている[7]が、習慣的な運動には、気分転換やストレス解消などの精神的な安定効果[9]も報告されている。

本研究の対象競技であるボクシング運動の健康に貢献する従来報告として、Guら[21]は、シャドーボクシングの運動が、安定期の慢性閉塞性肺疾患（COPD）の運動耐久性の向上および生活の質の改善を認めたことを報告した。また熊原ら[20]によって、ボクシング競技のパンチング運動が与える心理的な側面の有効性を示している。

しかしながら、身体活動量を増加させ健康的な生活を送る目的で、長期間にわたる運動を継続することは困難とされている[13]。長い期間にわたり運動を継続するためには、運動に対するモチベーションを維持させることが重要[14]である。そのためには、個人の技能レベルに応じた知識や知的好奇心を深めさせる情報を与え、自己採点や自己評価から技能の向上を実感させることが有用[15]とされる。さらに、年齢・体力および技術レベルに応じた競争やイベントの設定が、スポーツ経験者をもう一度スポーツ活動に呼び戻し、未経験者への参加意欲に繋げる[16]と述べられている。実際に、ボクシングの新しい大会として、エアーボクシング競技が2009年から開催されている[31]。

これらからも本論文では、経験の違いや指導教示を与える前・後において、統計学的に抽出された動作の差異は、経験や教示がおよぼす技能や動作の変化箇所と捉え、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者への指導のポイント、特に初心者指導のポイントとして考察することを目的とした。考察では、技能の向上を実感させやすい指導上の説明、ならびに健康的に運動継続を行うための注意点等に繋がることに着目した。

以上から、エアーボクシング競技やボクシング運動の主要なパンチであるストレートパンチを課題として、バイオメカニクスに基づいた分析を行った。具体的には経験者と未経験

験者を比較する統計学的解析実験（3章・4章），および未経験者に特定の2教示を与える前（教示前群）・後（教示後群），および経験群の3群間を比較する統計学的解析実験（5章）である．本論文では，これらストレートパンチ動作の3実験を解析した．

6.1 本論文で行った3実験

まず第3章では，エアークロッシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者へのストレートパンチ動作の初心者指導のポイントおよび股関節疾患のリスクに着目した考察を行うことを目的とした．実験では，経験群と未経験群を対象者とし，三次元動作分析システムを用いた．統計学的解析の各測定項目としては，骨盤における，回旋時間，回旋角度，および回旋角速度（最大・平均）に関連した項目とした．分析では，ストレートパンチ動作中の骨盤における最大回旋角度を基準とし，前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期の2期間に分割した．

結果からは，最大回旋角度，前方骨盤回旋期と後方骨盤復元期の最大角速度，および後方骨盤復元期の平均角速度に有意差を確認した．これら実験の結果考察から，前方骨盤回旋期の反復した大きな角速度を含んだ骨盤の動きは，股関節疾患に罹患する可能性がある．特に，経験によって骨盤の回旋角速度も大きくなることから，長きにわたりボクシング運動を継続するためには，股関節疾患の予防にも心掛ける必要性が示された．また骨盤の平均角速度からは，後方骨盤復元期において経験群で有意に大きい結果が確認されたことに着目し，エアークロッシング競技の初心者段階から後方骨盤復元期の動作を意識させることが，技能の向上として重要と考えられた．さらに，3章の実験の考察から，4章および5章の実験設定を検討した．

次に第4章では，実戦経験者の動きを指標とした，ストレートパンチ動作におけるエアークロッシング競技者および生涯スポーツとしてボクシングに取り組む初心者への指導ポイントの抽出および考察を行うことを目的とした．ボクシング経験群と未経験群を対象とし，実験では光刺激を合図に，右ストレートパンチですばやくターゲットをヒットすることを要求した．測定装置は筋電計と床反力計を用い，定量化した特徴量を基準に動作を4期間に分割した．測定指標は，期間時間，COP変位量，および筋活動の各特徴量とし，両群間において統計学的解析を行った．

特に重要な結果考察として，経験群において準備期後方向の有意な減少，および減速期前方向に有意な増加が確認された．これらは，ストレートパンチ動作の打ち始めの重心移動を円滑化し，目標物をパンチングした後の重心移動を大きくしたといえる．さらに，筋活動量（筋活動時間・%MVC）の各測定項目からは，実戦を経験することで得られる筋活動の変化がわかった．これらは競技経験から体得したストレートパンチ動作の長期的な変化といえるが，具体的な指導に繋がる知見とはいえない．具体的な指導に繋がるためには，

5章の実験を行う必要があると考えた。

最後に第5章では、エアーボクシング競技者および生涯スポーツとしてのボクシング愛好者に対し、教示を用いた初心者指導への貢献を目的とした。初心者への教示における短期間練習後の動作変化を抽出するために、「右腕を締める」と「パンチングの際に前のめりにならない」の2教示を与え、教示前群、教示後群、および経験群の3群間の動作を統計学的観点から比較した。対象者は、4章に参加したボクシング未経験者とした。実験における測定装置、分析方法、および各測定項目は4章と同様の動作分析手法を用いて行った。

結果考察では、教示前群に2教示を与えた教示後群が、経験群への「接近」および「離隔」の観点から考察した。特に重要なポイントとして、経験群と比べ2教示を与えた短期間練習後変化における「離隔」した動作的な考察では、肩甲骨の位置調整に円滑さを欠き、全体のストレートパンチ動作が速くなりすぎる傾向が示された。一方、「接近」した動作等の考察では、ストレートパンチ動作で重要とされる、右下肢後方への重心移動を円滑化させ、さらに、右三角筋の活動を経験群に近づけたことが明らかとなった。

6.2 本論文の新規性と有効性

第3章からは、骨盤の角速度（最大・平均）の各測定自体が、ボクシングのパンチ動作の従来研究において行われていない。特に、後方骨盤復元期の局面は、従来のボクシングのパンチ動作研究における他の測定項目においても着目されていない。さらに、骨盤や体幹を回旋させるスポーツ動作であるゴルフスイング、野球のバッティングやピッチングでは、骨盤回旋に着目した研究が行われ、経験とともに角度変位量および角速度が増加する報告が行われている。ボクシングのストレートパンチの骨盤回旋の動きに関しても、経験によって、動作中の角度変位量および角速度の各測定項目で増加することが明らかになった。これら上記の項目が新規の知見といえる。

また有効性については、前方骨盤回旋期の最大角速度が股関節疾患を引き起こす可能性、ならびに予防対策における考察を述べた。さらに、後方骨盤復元期の平均角速度の経験による増加において、エアーボクシング競技ではすばやくオンガードポジションに戻るディフェンスの考察を述べた。

第4章からは、COP変位量の各測定項目では、経験群において準備期後方向で有意な減少が確認された。ボクシングの従来研究においてストレートパンチ動作等の準備期後方向に相当する期間の分析は行われていないために、新規の知見といえる。

有効性については、準備期段階において右下肢後方への重心移動の円滑化を指摘したことは、エアーボクシング競技の初心者指導における情報の提供、ならびに指導ポイントとして有用である。また、経験群における3筋の筋活動時間の短縮は、考察を活用した指導説明から力みがない円滑なパンチを打つ意識の変化に繋げることができる可能性がある。

第 5 章からは、未経験者に「右腕を締める」および「パンチングの際に前のめりにならない」教示を与え、短時間練習後の変化として、統計学的解析から、接近と離隔に着目したことは新規の知見といえる。有効性については、右三角筋の活動で、筋活動開始時点と%MVC で経験群の筋活動に接近したことは、具体的な教示を与えた際の着目ポイントとして指導説明することが可能となった。

6.3 本研究の限界点と今後の課題と展望

本論文内で行った実験の限界点と今後における課題について述べる。本研究の限界点として、第一に対象者人数が少ないことが挙げられる。また、骨盤回旋に影響を与える要素、および COP 特徴量の結果を反映する測定として、下肢の筋活動等の各測定項目が含まれていないことから、それらを交えた考察が出来ないことが挙げられる。今後の課題としては、被験者数の増加、上記に挙げた測定指標を含めた条件を設定した実験、ならびに本研究で提案した初心者指導法の検証実験を縦断的に追試していく必要がある。これらを行うことで、さらなるエアークロッシング競技者およびクロッシング愛好者の初心者指導が確立され、クロッシング運動の継続に貢献されると考えられる。

また、5 章で与えた「右腕を締める」と「パンチングの際に前のめりにならない」の二つの教示は、各々の教示を与える間の動作分析実験を行っていないために、各教示を与えた変化の区別を計れない。これらに関する今後の課題としては、各々の教示間で動作分析実験を行うことや、教示前群の対象者数を増加した上で、教示前群を 2 群に分類し、教示を与える教示後群と教示を与えない（もしくは従来の練習群）コントロール群として実験を行うことや、時間を掛けた練習後に動作分析実験を行うことによって、中期や長期間の練習後の教示変化もしくは教示効果を検証できると考えられる。さらに 5 章実験では、教示が動作の学習効果として保持されているか、否かの保持テストを実験デザインに取り入れることで、初心者の技能的上達を推進し、運動の継続に寄与するだけでなく、運動学習の科学的な見地に貢献する可能性がある。これらは本研究の今後の課題であり、本研究の限界点である。

最後に、近年増加しているエアークロッシング競技参加希望者および生涯スポーツとしてのクロッシング愛好者の人々には、スポーツ外傷を予防し、初心者段階からのパンチ動作における実戦的変化の実感から運動の継続に繋がれば、その人々における心身の健康の増進に貢献できると考えられる。現在、クロッシング運動を継続することで得られる健康関連の従来研究は、Gu らの慢性閉塞性肺疾患の改善報告[21]、および熊原ら[20]の心理的な側面に与える有効性とわずかであるが、さらなる今後の研究で健康への関与が明らかにされると考えている。以上、上述を以って本論文の結言とする。

謝辞

本研究を進めるにあたって、多くの方々にご指導、ご協力を頂いた。

指導教員である、東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 斎藤 隆文 教授には、研究内容、研究方針や論文の執筆に関して、あらゆる面でご指導、ご協力を頂いた。筆者が研究をすすめる上で、きわめて重要な経験をさせて頂いた。斎藤 教授のおかげで本論文を完成させることができた。ここに深く感謝の意を表す。

慶應義塾大学 理工学部 満倉 靖恵 准教授には、長くお世話になり、さらに共著者としてご助言やご指導をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 岩井 俊昭 教授には、本論文の審査で副査を務めていただき本論文の品質向上に大変有用なご助言やご助力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 秋澤 淳 教授には、本論文の審査で副査を務めていただき本論文の品質向上に大変有用なご助言やご助力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 西舘 泉 准教授には、本論文の審査で副査を務めていただき本論文の品質向上に大変有用なご助言やご助力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

東京農工大学 大学院 工学研究員 先端健康科学部門 人間行動システム分野 田中 秀幸 准教授には、身体運動の科学に関する研究方法、および生涯スポーツにおけるアンケート調査等の重要な指摘をいただいた。また、本論文の審査で副査を務めていただき本論文の品質向上に大変有用なご助言やご助力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

国際医療福祉大学 丸山 仁司 教授には、実験の設定や、学会においてたくさんのご助言をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

新潟医療福祉大学 勝平 純司 准教授には、実験に関して多大なご協力とご助力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

慶應義塾大学病院 リハビリテーション科 今井 覚志 氏には、共著者として学会発表の内容について、たくさんのアドバイスを頂いた。また、古くからの友人として、多くの激励を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

ボクシングジム (BOXφ) の会長である飯田 覚士 氏には、ボクシング元世界王者の見地からボクシング実験に対して、貴重なご助言を頂いた。さらに、ジムの会員の中から被験者を選定し、実験への参加を促してくれた。また、BOXφのジムの会員の方々においては、快くボクシングパンチ動作実験等を引き受けて下さった。ここに深く感謝の意を表する。

イマオカ ボクシングジムの会長である今岡 武雄 氏には、ジムの会員に対して行ったアンケート調査およびインタビューの実施を快く引き受けて頂いた。また元イマオカ ボクシングジムの所属プロボクシング選手であった大村 朋之 氏は、本論文の質の向上に貢献して下さいました。さらにイマオカ ボクシングジムの会員の方々においては、アンケート調査等を快く引き受けて下さった。ここに深く感謝の意を表する。

東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 斎藤研究室の博士後期課程の先輩である首都大学東京の今間 俊博 教授には研究に関するご助言を頂いた。また、博士後期課程の西井 美佐子 氏および Mohammad Mardani 氏には、本研究に対し、貴重なご意見を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 斎藤研究室 博士前期課程 1年, 2年および東京農工大学 工学部 情報工学科 4年生の方々には、本研究に関して相談に乗って頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

東京農工大学 大学院 工学府 産業技術専攻 卒業生の越智 優斗 氏には、本研究に関して相談に乗って頂き、また学校生活において、あらゆる面で支えて頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

また、博士後期課程の在学中に結婚し、支えてくれた妻 貴子および博士後期課程の在学中に授かった長男 一希、ならびに貴子の両親および姉妹には、精神的なよりどころになって頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

筆者の家族である両親、兄には諸事激励を頂き、また私生活や奨学金関連の手続き等多

大な協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

最後に、実験の被験者を引き受けて頂いた方、本研究に関わって頂いた全ての方々に心から感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 「平成 29 年版高齢社会白書（概要版）（PDF 版）」，内閣府.
- [2] 「超高齢化社会における運動器の健康-健康寿命延伸に向けて-」，平成 26 年 9 月 1 日
日本学術会議臨床医学委員会運動器分学会.
- [3] 「健康日本 21(第 2 次)の推進に関する参考資料」，平成 24 年 7 月厚生科学審議会地域
保健健康増進栄養部会次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会.
- [4] 佐藤祐造, 田中宏暁:「生活習慣病の予防と運動」, 体力科学, vol.53, no.1, p.25, 2004.
- [5] 高久史磨:「生活習慣病と健康日本 21」, 総合健診, vol.31, no.3, pp.476-481, 2004.
- [6] 中村耕三:「ロコモティブシンドローム(運動期症候群)」, 日本老年医学会雑誌, vol.49,
no.4, pp.393-401, 2012.
- [7] 百々雅子:「「リラクセーション」の社会的な位置づけ: ストレス社会の背後にあるもの」,
紀要= Bulletin of Yamanashi Junior College of Nursing, vol.8, no.1, pp.27-36, 2003.
- [8] 須藤英彦:「スポーツクラブにおける中高年女性の運動継続の規定要因に関する研究」,
スポーツ科学研究, vol.5, pp.96-107, 2008.
- [9] 運動基準・運動指針の改定に関する検討会 報告書」，平成 25 年 3 月厚生労働省.
- [10] 山本哲史, 山崎元:「運動処方最近の考え方」, 慶應義塾大学スポーツ医学研究セン
ター紀要, pp.33-39, 1999.

- [11] C E Garbar, B Blissmer, M R Deschenes, B A Franklin, M J Lamonte, I M Lee, D C Nieman, D P Swain, “American college of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise,” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol.43, no.7, pp.1334-1359, 2011.
- [12] 「文部科学省スポーツ振興基本計画」,平成12年9月13日文部省告示第151号,総論.
- [13] R K Dishman, “Exercise adherence: its impact on public health,” *Human Kinetics*, 1988.
- [14] L R Brawley, W J Rejeski, A C King, “Promoting physical activity for older adults the challenges for changing behavior,” *American Journal of Preventive Medicine*, vol.25, no.3, pp.172-183, 2003.
- [15] 鹿毛雅治:「内発的動機づけ研究の展望」,教育心理学研究,vol.42, no.3, pp.345-359, 1994.
- [16] 川西正志, 野川春夫(編集):「生涯スポーツ実戦論:生涯スポーツを学ぶ人たちに 改訂2版」,市村出版,2006.
- [17] 大場瑞穂, 水野昌享, 小峰譲二, 重本英生, 中村徳男, 日浦幹夫(研究アドバイザー):「中高年の運動習慣と健康状況に関する研究」,体育センターレポート, vol.34, 2006.
- [18] 小高みどり:「大学体育受講生に観る体育, スポーツ, ダンスへのスタンス」,法政大学体育研究センター紀要, pp.54-64, 2000.
- [19] 久川太郎:「学生のスポーツ意識と生涯教育」,法政大学体育・スポーツ研究センター紀要, vol.22, pp.27-32, 2000.
- [20] 熊原秀晃, 西田順一, 坂井洋子, 金平真由美, 金平桂一郎, 進藤宗洋, 田中宏暁:「ボクシングの運動様式を応用した一過性運動が壮・中年者の感情に及ぼす影響」,体育学研究, vol.59, no.1, pp.251-261, 2014.

- [21] G Gu, Y M Zhou, D L Wang, L Chen, N S Zhong, P X Ran, "Effects of shadow boxing training on exercise endurance and quality of life of patients with chronic obstructive pulmonary disease," *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, vol.92, no.14, pp.952-955, 2012.
- [22] T R Zazryn, C F Finch, P McCrory, "A 16 year study of injuries to professional boxers in the state of Victoria, Australia," *British Journal of Sports Medicine*, vol.37, pp.321-324, 2003.
- [23] T Zazryn, P Cameron, P McCrory, "A prospective cohort study of injury in amateur and professional boxing," *British Journal of Sports Medicine*, vol.40, pp.670-674, 2006.
- [24] 大橋元一郎, 谷諭, 阿部俊昭, 大槻穰治:「プロボクシング競技における事故予防のためのルール改正の効果について」, *神経外傷*, vol.27, no.1, pp.120-123, 2004.
- [25] 松井良明:「ボクシングはなぜ合法化されたか:英国スポーツの近代史」, 平凡社, 2007.
- [26] ノルベルト・エリアス, エリック・ダニング (大平章 訳):「スポーツと文明化:興奮の探求」, 法政大学出版局, 1995.
- [27] 増田靖夫:「格闘技スポーツの起源とその発達について」, 明治大学和泉校舎研究室紀要・人文科学研究, vol.17, pp.49-68, 1960.
- [28] 松井良明:「19世紀イギリスのボクシング史におけるスパーリングの果たした歴史的意義について」, *スポーツ史研究*, vol.2, pp.11-22, 1989.
- [29] セレス小林 (監修):ボクシング上達 BOOK. 成美堂出版, 2004.
- [30] G Blower, "Boxing training, skills and techniques," The Crowood Press, 2012.
- [31] 日本エアボクシング協会「エアボクシング AIR BOXING」, <http://www.airboxing.org/>, 最終アクセス 平成 29 年 3 月 20 日.
- [32] 豊嶋建広, 永見邦篤:「腰部の動きと力の発現:ボクシングのパンチ力と腰部の移動距離及び速度との関係」, *麗澤学際ジャーナル*, vol.4, no.2, pp.15-23, 1996.

- [33] V I Filimonov, K N Koptsev, Z M Husyanov, S S Nazarov, "Boxing: means of increasing strength of the punch," *Strength and Conditioning Journal*, vol.7, iss.6, pp.65-66, 1985.
- [34] M Cheraghi, H A Alinejad, A R Arshi, E Shirzad, "Kinematics of straight right punch in boxing," *Annals of Applied Sport Science*, vol.2, no.2, pp.39-50, 2014.
- [35] 野木丈司：「まったく新しいボクシングの教科書」，ベースボールマガジン社，2010.
- [36] 野木丈司：「もっとも新しいボクシングの教科書」，ベースボールマガジン社，2013.
- [37] 飯田覚士：「ボクシングパーフェクトマスター」，新星出版社，2007.
- [38] 谷本道哉，(荒川裕志 共著)：「力学でひもとく格闘技」，ベースボールマガジン社，2009.
- [39] P Cesari, M Bertucco, "Coupling between punch efficacy and body stability for elite karate," *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol.11, iss.3, pp.353-356, 2008.
- [40] B Valentino, L C Esposito, A Fabozzo, "Electromyographic activity of a muscular group in movements specific to boxing," *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 30, no.2, pp.160-162, 1990.
- [41] W C Whiting, R J Gregor, G A Finerman, "Kinematic analysis of human upper extremity movements in boxing," *The Journal of Sports Medicine*, vol.16, no.2, pp.130-136, 1988.
- [42] J Atha, M R Yeadon, J Sandover, K C Parsons, "The damaging punch," *British Medical Journal*, vol.291, no.6511, pp.1756-1757, 1985.
- [43] M S Smith, R J Dyson, T Hale, L Janaway, "Development of a boxing dynamometer and its punch force discrimination efficacy," *Journal of sports Sciences*, vol.18, iss.6, pp.445-450, 2000.
- [44] 泉重樹：「体幹動作および体幹筋機能に着目したボクシング選手の腰痛に関する研究」，博士論文，筑波大学，2009.

- [45] 西山武繁, 古川康一, 金城啓太:「ボクシングにおけるスキル習熟過程について」, The 20th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2D2-2, 2006.
- [46] P D House, J L Cowan, “Predicting straight punch force of impact,” Journal of the Oklahoma Association for Health, Physical Education, Recreation, and Dance, vol.53, no.1, 2015.
- [47] T J Walilko, D C Viano, C A Bir, “Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face,” British Journal of Sports Medicine, vol.39, iss.10, pp.710-719, 2005.
- [48] E Stanley, “The effects of 4 weeks of contrast training versus maximal strength training on punch force in 20-30 year old male amateur boxers,” PhD Thesis, University of Chester, 2014.
- [49] 石井泰光, 山本正嘉, 関子浩二:「体幹部の鉛直軸回りの回転運動から見た野球の投球とバッティングおよびゴルフのドライバーショットの類似性」, 体育学研究, vol.55, no1, pp.63-79, 2010.
- [50] P A Hume, J Keogh, D Reid, “The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots,” Sports Medicine, vol.35, iss.5, pp.429-449, 2005.
- [51] K Kawashima, T Meshizuka, S Takeshita, “A kinematic analysis of foot force exerted on the soles during the golf swing among skilled and unskilled golfers,” Science and Golf III: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, Human Kinetics, pp.40-45, 1998.
- [52] H Gulgin, C Armstrong, P Gribble, “Hip rotational velocities during the full golf swing,” Journal of Sports Science and Medicine, vol.8, iss.2, pp.296-299, 2009.
- [53] S A Horan, J J Kavanagh, “The control of upper body segment speed and velocity during the golf swing,” Sports Biomechanics, vol.11, iss.2, pp.165-174. 2012.

- [54] S H Beak, A Choi, S W Choi, S E Oh, J H Mun, H Yang, T Sim, H R Song, "Upper torso and pelvis linear velocity during the downswing of elite golfers," *Biomedical Engineering Online*, vol.12, iss.1, p.13, 2013.
- [55] F Mun, S W Suh, H J Park, A Choi, "Kinematic relationship between rotation of lumbar spine and hip joints during golf swing in professional golfers," *Biomedical Engineering Online*, vol.14, no.1, 2015.
- [56] S A Horan, K Evans, J J Kavanagh, "Movement variability in the golf swing of male and female skilled golfers," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol.43, no.8, pp.1474-1483, 2011.
- [57] S A Horan, K Evans, N R Morris, J J Kavanagh, "Thorax and pelvis kinematics during the downswing of male and female skilled golfers," *Journal of Biomechanics*, vol.43, iss.8, pp.1456-1462, 2010.
- [58] A Choi, S B Joo, E Oh, J H Mun, "Kinematic evaluation of movement smoothness in golf: relationship between the normalized jerk cost of body joints and the clubhead," *Biomedical Engineering Online*, vol.13, no.1, 2014.
- [59] N Zheng, S W Barrentine, G S Fleisig, J R Andrews, "Kinematic analysis of swing in pro and amateur golfers," *International Journal of Sports Medicine*, vol.29, no.6, pp.487-493, 2008.
- [60] K Ball, "Weight transfer styles in the golf swing: individual and group analysis," *Doctoral Dissertation*, Victoria University, 2006.
- [61] S Stuart, "Ground reaction force analysis of golf swings using force plate data," *Doctoral Dissertation*, University of Sunderland, 2009.
- [62] K A Ball, R J Best, "Different centre of pressure patterns within the golf stroke I: Cluster analysis," *Journal of Sports Sciences*, vol.25, iss.7, pp.757-770, 2007.
- [63] K Ball, R Best, S Dowlan, "Non-linear analysis of centre of pressure patterns in the golf swing - poincare plots," *ISBS-Conference Proceedings Archive*, vol.1, no.1, 2007.

- [64] J Richards, M Farrell, J Kent, R Kraft, "Weight transfer patterns during the golf swing," *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol.56, iss.4, pp.361-365, 1985.
- [65] G Koenig, M Tamres, R W Mann, "An analysis of the kinetics and kinematics of the golf swing," In *ISBS-Conference Proceedings Archive*, vol.1, no.1, 1993.
- [66] S W Barrentine, G S Fleisig, H Johnson, T W Woolley, "Ground reaction forces and torques of professional and amateur golfers," A J Cochran, M R Farrally, *Science and Golf II*, E & FN Spon, pp.33-39, 1994.
- [67] Y T Lim, I S Shin, S Y Woo, "Electromyographical analysis of trunk muscle activities during a golf swing," *ISBS-Conference Proceedings Archive*, vol.1, no.1, 2002.
- [68] F W Jobe, D R Moynes, D J Antonelli, "Rotator cuff function during a golf swing," *The American Journal of Sports Medicine*, vol.14, no.5, pp.388-392, 1986.
- [69] J T Kao, M Pink, F W Jobe, J Perry, "Electromyographic analysis of the scapular muscles during a golf swing," *The American Journal of Sports Medicine*, vol.23, no.1, pp.19-23, 1995.
- [70] J R Bechler, F W Jobe, M Pink, J Perry, P A Ruwe, "Electromyographic analysis of the hip and knee during the golf swing," *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol.5, iss.3, pp.162-166, 1995.
- [71] R G Watkins, G S Uppal, J Perry, M Pink, J M Dinsay, "Dynamic electromyographic analysis of trunk musculature in professional golfers," *The American Journal of Sports Medicine*, vol.24, no.4, pp.535-538, 1996.
- [72] 西島吉典, 提実, 中雄勇, 徳山廣:「青木 功のドライバーショットのバイオメカニクスー筋電図からみたインパクト前後における動作特徴ー」, 第8回日本バイオメカニクス学会大会論集 動きのコツを探る, pp.169-172, 1987.
- [73] 徳山廣, 西島吉典, 川島俊明, 鈴木武光, 中雄勇:「ゴルフスウィング(ドライバーショット)の筋電図からみた動作特性」, 第7回日本バイオメカニクス学会大会論集 走・跳・投・打・泳運動における"よい動き"とは, pp.142-146, 1984.

- [74] 川上泰雄, 井出敦夫, 野澤むつこ, 永吉俊彦, 小林海, 小田俊明, 千野謙太郎, 栗原俊之, 加藤えみか, 福永哲夫:「ゴルフスイング中の筋活動およびキネティクス:プロゴルファーの事例研究」, スポーツ科学研究, vol.3, pp.18-29, 2006.
- [75] A J Farber, J S Smith, R S Kvitne, K J Mohr, S S Shin, “Electromyographic analysis of forearm muscles in professional and amateur golfers,” *The American Journal of Sports Medicine*, vol.37, no.2, pp.396-401, 2009.
- [76] S Marta, L Silva, J Vaz, P Bruno, P Pezarat-Correia, “Electromyographic analysis of trunk muscles during the golf swing performed with two different clubs,” *International Journal of Sports Science and Coaching*, vol.8, no.4, pp.779-787, 2013.
- [77] 斎藤健治, 松尾知之, 宮崎光次:「野球オーバーハンド投球における上肢・上肢帯筋活動の表面筋電図分析」, 体育学研究, vol.51, no.3, pp.351-365, 2006.
- [78] 三田勝己:「特集:運動計測 筋電図計測」, 日本生体医工学会, vol.5, no.1, pp.33-40, 1991.
- [79] Sakiko Oyama, “Baseball pitching kinematics, joint loads, and injury prevention,” *Journal of Sport and Health Science-Special Issue on Sports Injuries, Prevention and Rehabilitation*, vol.1, iss.2, pp.65-128, 2012.
- [80] R Whiteley, “Baseball throwing mechanics as they relate to pathology and performance –A review,” *Journal of Sports Science & Medicine*, vol.6, no.1, pp.1-20, 2007.
- [81] F W Jobe, J E Tibone, J Perry, D Moynes, “An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching a preliminary report,” *The American Journal of Sports Medicine*, vol.11, iss.1, pp.3-5, 1983.
- [82] K Meister, “Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one: biomechanics/ pathophysiology/ classification of injury,” *The American Journal of Sports Medicine*, vol.28, iss.2, pp.265-275, 2000.

- [83] S T Seroyer, S J Nho, B R Bach, C A Bush-Joseph, G P Nicholson, A A Romeo, "The kinetic chain in overhand pitching: its potential role for performance enhancement and injury prevention," *Sports Health*, vol.2, no.2, pp.135-146, 2010.
- [84] W B Kibler, "The role of the scapula in athletic shoulder function," *The American Journal of Sports Medicine*, vol.26, iss.2, pp.325-337, 1998.
- [85] D F Stodden, B M Campbell, T M Moyer, "Comparison of trunk kinematics in trunk training exercises and throwing," *The Journal of strength and Conditioning Research*, vol.22, iss.1, pp.112-118, 2008.
- [86] G S Fleisig, J R Andrews, C J Dillman, R F Escamilla, "Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms," *The American Journal of Sports Medicine*, vol.23, iss.2, pp.233-239, 1995.
- [87] T Matsuo, R Escamilla, G S Fleisig, S W Barrentine, J R Andrews, "Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups," *Journal of Applied Biomechanics*, vol.17, iss.1, pp.1-13, 2001.
- [88] D F Stodden, G S Fleisig, S P McLean, J R Andrews, "Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: within pitcher variation," *Journal of Applied Biomechanics*, vol.21, iss.1, pp.44-56, 2005.
- [89] D F Stodden, G S Fleisig, S P McLean, S L Lyman, J R Andrews, "Relationship of pelvis and upper torso kinematics to pitched baseball velocity," *Journal of Applied Biomechanics*, vol.17, iss.2, pp.164-172, 2001.
- [90] I D Gowan, F W Jobe, J E Tibone, J Perry, D R Moynes, "A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching professional versus amateur pitchers," *The American Journal of Sports Medicine*, vol.15, iss.6, pp.586-590, 1987.
- [91] N M DiGiovine, F W Jobe, M Pink, J Perry, "An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching," *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, vol.1, iss.1, pp.15-25, 1992.

- [92] A M Pappas, R M Zawacki, C F Mccarthy, "Rehabilitation of the pitching shoulder," The American Journal of Sports Medicine, vol.13, iss.4, pp.223-235, 1985.
- [93] R G Watkins, S Dennis, W H Dillin, B Schnebel, G Schneiderman, F Jobe, M Pink, "Dynamic EMG analysis of torque transfer in professional baseball pitchers," Spine, vol.14, iss.4, pp.404-408, 1989.
- [94] C J Dillman, G S Fleisig, J R Andrews, "Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics," Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, vol.18, iss.2, pp.402-408, 1993.
- [95] A M Pappas, R M Zawacki, T J Sullivan, "Biomechanics of baseball pitching: a preliminary report," The American Journal of Sports Medicine, vol.13, iss.4, pp.216-222, 1985.
- [96] F W Jobe, D R Moynes, J E Tibone, J Perry, "An EMG analysis of the shoulder in pitching: a second report," The American Journal of Sports Medicine, vol.12, iss.3, pp.218-220, 1984.
- [97] 高木斗希夫, 藤井範久, 小池関也, 阿江通良: 「異なる投球速度に対する野球の打撃動作に関するキネマティクスの研究」, バイオメカニクス学会誌, vol.32, no.3, pp.158-166, 2008.
- [98] R F Escamilla, G S Fleisig, C DeRenne, M K Taylor "A comparison of age level on baseball hitting kinematics," J Appl Biomech, vol.25, no.3, pp.210-218, 2009.
- [99] 川村卓, 島田一志, 下山優, 奈良隆章, 小池関也: 「野球のトス打撃における投球角度の違いがスイング動作に及ぼす影響-腰・肩およびバットの回転角度に着目して-」, 筑波大学体育科学系紀要, vol.35, pp.59-66, 2012.
- [100] C M Welch, S A Banks, F F Cook, P Draovitch, "Hitting a baseball: A biomechanical description," Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, vol.22, iss.5, pp.193-201, 1995.

- [101] 川村卓, 島田一志, 高橋佳三, 森本吉謙, 小池関也, 阿江通良:「野球の打撃における上肢の動作に関するキネマティクスの研究:ヘッドスピード上位群と下位群のスイング局面の比較」, 体育学研究, vol.53, no.2, pp.423-438, 2008.
- [102] 中島一, 関子浩二, 鹿屋体育大学:「野球のバッティングパフォーマンスを高めるためのスイング動作習得法」, スポーツパフォーマンス研究, vol.1, pp.202-21, 2009.
- [103] M M Groh, J Herrera, “A comprehensive review of hip labral tears,” *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, vol.2, iss.2, pp.105-117, 2009.
- [104] S Bharam, “Labral tears, extra-articular injuries, and hip arthroscopy in the athlete,” *Clinics in Sports Medicine*, vol.25, iss.2, pp.279-292, 2006.
- [105] D Binningsley, “Tear of the acetabular labrum in an elite athlete,” *British Journal of Sports Medicine*, vol.37, iss.1, pp.84-88, 2003.
- [106] J B Mason, “Acetabular labral tears in the athlete,” *Clinics in Sports Medicine*, vol.20, no.4, pp.779-790, 2001.
- [107] R H Jr Fitzgerald, “Acetabular labrum tears: diagnosis and treatment,” vol.311, pp.60-68, 1995.
- [108] F De Paulis, A Cacchio, O Michelini, A Damiani, R Saggini, “Sports injuries in the pelvis and hip: diagnostic imaging,” *European Journal of Radiology*, vol.27, supplement 1, pp.S49-S59, 1998.
- [109] T S Ellenbecker, G A Ellenbecker, E P Roetert, R T Silva, G Keuter, F Sperling, “Descriptive profile of hip rotation range of motion in elite tennis players and professional baseball pitchers,” *The American Journal of Sports Medicine*, vol.35, no.8, pp.1371-1375, 2007.
- [110] N Karandikar, O O Vargas, “Kinetic chains: a review of the concept and its clinical applications,” *The American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol.3, iss.8, pp.739-745, 2011.

- [111] S Bharam, F H Fu, M J Philippon, "Hip arthroscopy in golfers: characteristic lesions," Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, New Orleans, 2003.
- [112] J McCarroll, W Barsoum, L Puri, J A Lee, S Murphy, P Cooke, "The role of hip arthroscopy in the elite athlete," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol.406, iss.1, pp.71-74, 2003.
- [113] G R Huffman, M R Safran, "Arthroscopic treatment of labratears," *Operative Techniques in Sports Medicine*, vol.10, iss.4, pp.205-214, 2002.
- [114] M. J. Philippon, "The role of arthroscopic thermal capsulorrhaphy in the hip," *Clinics in Sports Medicine*, vol.20, iss.4, pp.817-830, 2001.
- [115] M L Hermette, G Polle, C Tourny Chollet, F Dujardin, "Hip passive range of motion and frequency of radiographic hip osteoarthritis in former elite handball players," *British Journal of Sports Medicine*, vol.40, iss.1, pp.45-49, 2006.
- [116] H Gulgin, A Armstrong, P Gribble, "Passive hip rotation range of motion in LPGA golfers," *Clinical Kinesiology*, vol.62, iss.2, pp.9-15, 2008.
- [117] M Schmerl, H Pollard, W Hoskins, "Labral injuries of the hip: a review of diagnosis and management," *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, vol.28, iss.8, pp.632.e1-632.e8, 2005.
- [118] 勝平純司:「昇降動作における腰部負担の分析:高齢者の在宅生活を対象として」, 国際医療福祉大学博士論文, 2004.
- [119] 斎藤昭彦(監訳):「腰椎・骨盤領域の臨床解剖学」, エルゼビア・ジャパン, 2008.
- [120] W B Young, C J Wilson, C Byrne, "A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance," *International Journal of Sports Medicine*, vol.20, iss.5, pp.295-303, 1999.

- [121] K Häkkinen, P V Komi, M Alen, “Effect of explosive type strength training on isometric force - and relaxation - time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles,” *Acta Physiologica*, vol.125, iss.4, pp.587-600, 1985.
- [122] D A Winter, (長野明紀, 吉岡伸輔 訳) : 「バイオメカニクス : 人体運動の力学と制御 (原著第 4 版)」, 有限会社ラウンドフラット, 2011.
- [123] 肥田岳彦, 山田敬喜 (監修), 鈴木泰子 (執筆) : 「ぜんぶわかる筋肉の名前としくみ事典」, 成美堂出版, 2013.
- [124] L Daniels, C Worthingham, (津山直一, 東野修治 訳) : 「徒手筋力検査法, 改訂第 5 版」, 協同医書, 1993.
- [125] 長崎浩 : 「急速な力発生のタイミング: 筋活動の開始から力のピークまで」, *リハビリテーション医学: 日本リハビリテーション医学会誌*, vol.30, no.6, pp.413-419, 1993.
- [126] B Foran, (中村千秋, 有賀雅史, 山口英裕 監訳) : 「スポーツコンディショニング : パフォーマンスを高めるために」, 大修館書店, 2010.
- [127] 山本洋之, 柳田泰義 : 「筋力発揮曲線の傾きに注目した新しい筋力評価法の試み」, *理学療法科学*, vol.26, no.2, pp.171-174, 2011.
- [128] 加賀谷善教 : 「関節運動における筋の臨床的評価について (スポーツ)」, *理学療法科学*, vol.24, no.3, pp.169-173, 1997.
- [129] 井上純爾, 大重努, 向井陵一郎, 小栢進也, 岩田晃, 淵岡聡 : 「下肢筋の筋力発生率と外乱刺激時の立位保持との関係」, *日本理学療法学会大会*, 48101480-48101480, 2012.
- [130] 越田専太郎 : 「安定性の異なる環境で実施したレジスタンストレーニング動作時の筋パフォーマンスの変化および動作開始前後の水平面加速度変化との関連」, 博士論文, 広島大学, 2008.
- [131] 上村孝司, 村松憲 : 「等尺性収縮における筋活動電位の立ち上がりによる神経要因の検討」, *日本理学療法学会大会*, Ab1065-Ab1065, 2011.

- [132] C H Shea, G Wulf, "Schema theory: a critical appraisal and reevaluation," *Journal of motor Behavior*, vol.37, iss.2, pp.85-102, 2005.
- [133] 秋月千典：「運動学習にとって最適な課題難易度に関する研究」，博士論文，茨城県立医療大学大学院，2015.
- [134] M Čoh, D Jovanović-Golubović, M Bratić, "Motor learning in sport," *Journal of Physical Education and Sport*, vol.2, no.1, pp.45-99, 2004.
- [135] G Wulf, M Höß, W Prinz, "Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention," *Journal of Motor Behavior*, vol.30, iss.2, pp.169-179, 1998.
- [136] 藤澤宏幸，武田涼子，村上賢一，鈴木誠，吉田忠義，梁川和也：「ファンクショナル・リーチを用いた姿勢最適化トレーニングにおける internal focus of attention と external focus of attention の教示効果の差異について」，*理学療法の歩み*, vol.21, no.1, pp.23-31, 2010.
- [137] G Wulf, M Weigelt, D Poulter, N McNevin, "Attentional focus on suprapostural tasks affects balance learning," *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, vol.56, iss.7, pp.1191-1211, 2003.
- [138] G Wulf, B Lauterbach, T Toole, "The learning advantages of an external focus of attention in golf," *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol.70, iss.2, pp.120-126, 1999.
- [139] C H Shea, G Wulf, "Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback," *Human Movement Science*, vol.18, iss.4, pp.553-571, 1999.
- [140] 鈴木博人，藤澤宏幸：「ファンクショナルリーチを用いた姿勢最適化トレーニング—2種類の教示を提示する順序が運動学習に与える影響—」，*理学療法科学*, vol.28, no.2, pp.261-268, 2013.

付録

生涯スポーツとして取り組んでいるボクシング愛好者への調査

A-1 調査の目的

近年ボクシングジムには、プロ・アマチュアの競技に参加する目的だけでなく、健康を増進させる目的で入門する人々が増加している。第1章で述べたが、生涯スポーツとしてスポーツ活動を長きにわたり継続する要点は、参加型レクリエーションスポーツの要素よりも、年齢・体力および技術レベルに応じた競争や、イベントの要素を設定することが有効と報告されている[16]。また、生涯教育におけるスポーツの定着には、自由な時間、掛けられる金銭、身近な施設、および一緒に行く仲間の存在が挙げられている[19]。一方、長い期間にわたりスポーツを継続するためには、スポーツに対するモチベーションを維持させることが重要であり、そのためには、個人の技能レベルに応じた知識や知的好奇心を深めさせる情報を与え、自己採点や自己評価から技能の向上が実感できることが有用[15]とされる。さらに、生涯スポーツにおける2000年の研究報告[19]としては、ボクシング競技は、競技の迫力や疑似体験として楽しむ傾向が示唆されているが、近年エアーボクシング競技の普及等を含め、健康増進の目的でボクシング運動を行う人々が増加する傾向がみられる。

そこで補足研究として、ボクシング練習の取り組みに関する意識と実態における情報の収集、およびボクシング競技が生涯スポーツとして貢献する要素、および課題点を明らかにすることを目的にアンケート調査を行った。このアンケート調査は、ボクシングジムでのボクシング練習を健康増進目的で、継続して行っている人々に対し行った。

アンケート項目は、① 対象者の基本属性と健康状態における項目、② 対象者の個人調査（運動および関節痛の出現の有無）の項目、③ ボクシングジム通いの実態に関する項目、④ ボクシング練習の良さ、ジムへの入会動機、および継続している魅力の項目、⑤ ジム通いの継続が健康におよぼす効果の有無と具体的な効果の項目、⑥ ボクシングジムでの練習および各種パンチに関する項目、⑦ 実戦（スパーリング）およびエアーボクシングの競技に関する7項目である。

A-2 対象者、およびアンケート調査方法

対象者は、プロおよびアマチュア競技への参加を目的とせずにボクシングジムに入会し、継続している人々とした。具体的には、日本の民間ボクシングジムで3年以上継続的に週2回以上の練習を行っている者とした。対象者における基本的な属性については、調査内容である「① 対象者の基本属性と健康状態における項目」の中に記述した。対象者の抽出は、ボクシングジムの会長とマネージャーに了解を得たうえで、上記における抽出条件を満たしたボクシングジム会員に回答を依頼した。したがって、対象者の選定においては無作為抽出を行っていない。また対象者の中で、一人はジム練習生からジムスタッフとなったが、ジムスタッフはジムでの練習回数が制限されるシステムであったため、[調査 10]の「週におけるジム通いの頻度」は、ジムスタッフになるまでの期間とした。またもう一人は、海外留学（2年）のために日本を離れている期間があった。この期間は[調査 8]の「ボクシングジム通いの継続年数」に含まないこととした。

対象者は健常成人の10名であった。アンケート調査は、対象者全員に行った。アンケート調査項目である、[調査 13]、[調査 14]、[調査 16]–[調査 21]、[調査 24]では、各調査項目の順位（5項目および4項目の順位）を記述する方式を選択した。この順位は、5および4の順位を高く設定した逆順位として記述させた。また順位の結果は、それぞれの項目ごとに各対象者の順位を合計した平均値 ± 標準偏差を算出し、平均値を指標とし判断した。

アンケートによる調査の参加者は、事前に研究の趣旨、方法、および個人情報の保護等を文書にて説明し、同意を得られた者を対象とした。

A-3 調査内容

具体的な調査項目（内容）を、下記に示す。

① 対象者の基本属性と健康状態における項目

[調査 1] 性別

[調査 2] 年齢（代）、（29歳～55歳までの5年間隔）

[調査 3] ボクシングスタイル（オーソドックス・サウスポー・スイッチ）

[調査 4] 現在の健康状態（健康・健康でない）

② 対象者の個人調査（運動および関節痛の出現の有無）の項目

[調査 5] 過去の主のスポーツ歴

[調査 6] ジム以外の運動習慣と頻度

運動習慣（あり：運動種目 ・なし），ありの場合の頻度（あり：週 回）

[調査 7] ボクシング動作練習による関節痛の出現（あり：部位 ・なし）

③ ボクシングジム通いの実態に関する項目

[調査 8] ボクシングジム通いの継続年数（ 年）

[調査 9] 1 回の平均運動時間（ 分）

[調査 10] 週におけるジム通いの頻度（週 回），

[調査 11] 本来，ジムに通いたい頻度（週 回：理由 ）

④ ボクシング練習の良さ，ジムへの入会動機，および継続している魅力の項目

[調査 12] 以前に行っていたスポーツ種目と比べ，ボクシング練習の良さ
（ ）

[調査 13] ジム入会にあたって優先した項目（5 選択）

順位

- ・（ ） 通いやすさ（時間等）
- ・（ ） 運動時間が適切
- ・（ ） 費用の面
- ・（ ） 他の練習生やジムの雰囲気
- ・（ ） ボクシング競技が好き

[調査 14] ボクシングジム通いを継続させるために重要と考えられる動機（5 選択）

順位

- ・（ ） 技術向上の実感
- ・（ ） 体力向上の実感
- ・（ ） ダイエット効果の実感
- ・（ ） 健康増進の実感
- ・（ ） 楽しさの実感

（その他： ）

⑤ ジム通いの継続が健康におよぼす効果の有無と具体的な効果の項目

[調査 15] ジム通いの継続が健康におよぼす効果の有無（効果：あり・なし）

[調査 16] ジム通いの継続が健康におよぼす具体的な効果の項目（5 選択）

順位

- ・（ ） ダイエット効果
- ・（ ） ストレス解消効果

- ・ () 身体の凝りの軽減効果
- ・ () 柔軟性向上効果
- ・ () 筋力向上効果

⑥ ボクシングジムでの練習および各種パンチに関する項目

[調査 17] ジム練習における好きな練習内容 (5 選択)

順位

- ・ () 体操・筋トレ・ストレッチ
- ・ () シャドーボクシング
- ・ () サンドバックへの打ち
- ・ () ミットへの打ち込み
- ・ () マスボクシング (疑似実戦)

[調査 18] 現在における得意なパンチ種類 (4 種類における順位)

- ・ ジャブ () ・ ストレート () ・ フック () ・ アッパー ()

[調査 19] 初心者の段階にフォームを確立したいパンチ種類 (4 種類における順位)

- ・ ジャブ () ・ ストレート () ・ フック () ・ アッパー ()

[調査 20] 現在, パンチスキルを向上させたいパンチ種類 (4 種類における順位)

- ・ ジャブ () ・ ストレート () ・ フック () ・ アッパー ()

[調査 21] ストレートフォームの確立で身体部位の主観的貢献度 (5 選択)

(順位)

- ・ () 拳と腕
- ・ () 肩
- ・ () 身体の捻りと骨盤回旋
- ・ () 膝と足首
- ・ () 全身のバランス

⑦ 実戦 (スパーリング) およびエアーボクシングの競技に関する項目

[調査 22] スパーリングとエアーボクシングへの競技参加経験 (スパー 回, エアー 回)

[調査 23] スパーリングおよびエアーボクシングの競技への参加の希望 (スパー, エアー)

[調査 24] スパーリング競技に参加する不安要素 (5 選択)

順位

- ・ () 対戦者レベル
- ・ () ラウンドの時間
- ・ () 怪我
- ・ () 練習時間の確保
- ・ () 適正な判定 (公平性)

A-4 結果

① 対象者の基本属性と健康状態における項目

[調査 1] 対象者のうち、男性は 9 名、女性は 1 名であった。

[調査 2] 年齢では、29 歳から 34 歳で 2 名、35 歳～39 歳が 3 名、40 歳から 44 歳で 4 名、45 歳～49 歳は該当者なし、50 歳から 55 歳が 1 名であった。

[調査 3] ボクシングスタイルは、対象者全員がオーソドックススタイル(右構え)であった。

[調査 4] 現在の健康状態については対象者全てが、「健康」との回答が得られた。

② 対象者の個人調査（運動と健康状態）の項目

[調査 5] 過去のスポーツ歴、[調査 6] ジム以外の運動習慣、[調査 7] ボクシング動作練習による関節痛の出現において、表 A-1 に示す。

表 A-1：個人調査（運動と健康状態）の項目(n=10).

対象者	過去の主の スポーツ歴	ジム以外の運動習慣 と頻度		練習で関節痛の出現	
		運動習慣	運動頻度	あり・なし	あり：部位
対象者 1	スカッシュ	なし	—	なし	—
対象者 2	野球	ランニング	週 5 回	なし	—
対象者 3	テニス	ゴルフ	月 1 回	あり	足首・肩
対象者 4	野球	ランニング	週 3 回	なし	—
対象者 5	バレーボール	なし	—	なし	—
対象者 6	野球	ランニング	週 1 回	あり	膝
対象者 7	テニス	なし	—	なし	—
対象者 8	バスケット	なし	—	なし	—
対象者 9	野球	ランニング	週 2 回	なし	—
対象者 10	陸上	なし	—	あり	肩

③ ボクシングジム通いの実態に関する項目

[調査 8] ボクシングジム通いの継続年数、[調査 9] 1 回の平均運動時間、[調査 10] 週におけるジム通いの頻度、[調査 11] 本来、ジムに通いたい頻度において、表 A-2 に示す。

表 A-2：ジム通いの実態に関する項目(n=10).

	ジム継続の 年数 (年)	1回の平均 運動時間	ジム通いの 頻度 (週回数)	ジム通いたい 頻度 (週回数)
平均値	7.1	1.4	3.6	4.7
標準偏差	2.7	0.4	1.4	1.1

① ボクシング練習の良さ、ジムへの入会動機、および継続している魅力の項目
 [調査 12] 以前に行っていたスポーツ種目と比べボクシング練習の良さでは、楽しくストレス解消できるが3名、運動場所を確保する必要がないが2名、筋力と体力の向上が1名、集中力がつくが1名、個人で通え練習できるが1名、未経験者が入会しやすい雰囲気が1名、および上達が実感できるが1名であった。

[調査 13] ジム入会にあたって優先した項目 (5項目における順位) では、1位においてはボクシング競技が好き、他練習生やジムの雰囲気および通いやすさがともに2-3位、適切な運動時間が4位、および費用の面が5位であった。表 A-3、図 A-1 に示す。

[調査 14] ボクシングジム通いを継続させるために重要と考えられる動機としては、1-2位が同得点であり、楽しさの実感、および健康増進の実感であった。技術向上の実感が3位、技術向上の実感が4位、ダイエット効果が5位であった。表 A-4、図 A-2 に示す。

表 A-3：ジム入会にあたって優先した項目(n=10).

	通いやすさ (時間等)	運動時間 が適切	費用の 面	他練習生や ジムの雰囲気	ボクシング競技 が好き
平均値	3.5	2.6	1.7	3.5	3.7
標準偏差	1.3	1.1	1.1	1	1.4

優先した順位 5→4→3→2→1

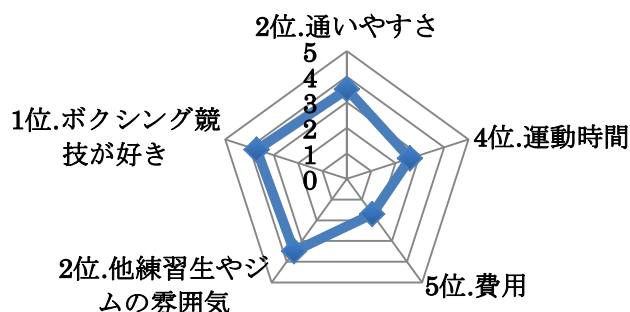


図 A-1：ジム入会にあたって優先した項目(n=10)

表 A-4：ジム通いを継続させるために重要と考えられる動機の項目(n=10).

	技術向上の 実感	体力向上の 実感	ダイエット の効果	健康増進 の実感	楽しさの 実感
平均値	3.1	3	2.5	3.2	3.2
標準偏差	1.6	1.3	1.3	1.5	1.1

動機の順位 5→4→3→2→1

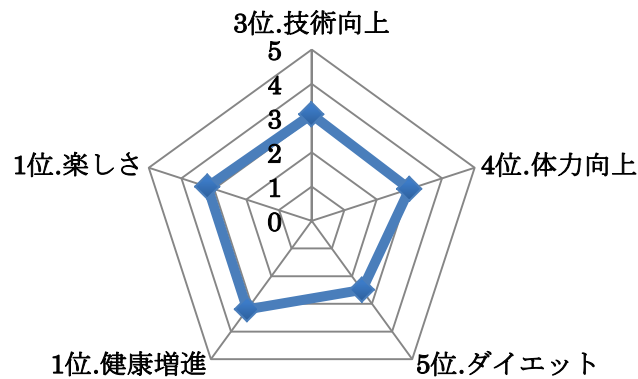


図 A-2：ジム通いを継続させるために重要と考えられる動機の項目(n=10)

⑤ ジム通いの継続が健康におよぼす効果の有無と具体的な効果の項目

[調査 15] ボクシングジム通いの継続が健康におよぼす効果の有無においては、全ての人々が「効果あり」との回答であった。

[調査 16] ボクシングジム通いの継続が健康におよぼす具体的な効果(5項目における順位)では、1位がストレス解消効果、筋力向上効果が2位、ダイエット効果が3位、柔軟性の向上効果が4位、身体の凝りの軽減効果が5位であった。表 A-5、図 A-3 に示す。

表 A-5：ジム通いの継続が健康におよぼす具体的な効果の項目(n=10)

	ダイエット 効果	ストレス解消 効果	身体の凝り の軽減効果	柔軟性向上 効果	筋力向上 効果
平均値	3.7	4.1	1.5	1.9	3.8
標準偏差	1.3	0.8	0.9	0.5	0.9

効果の順位 5→4→3→2→1

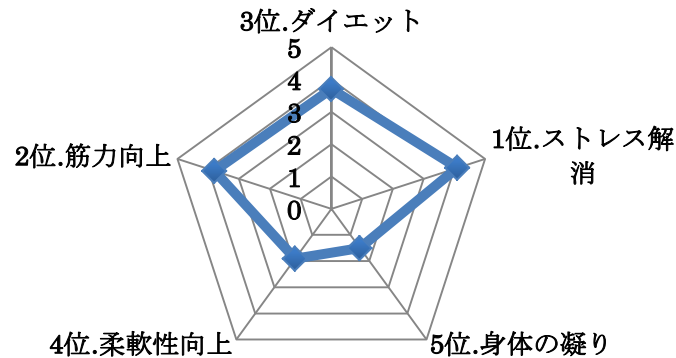


図 A-3：ジム通いの継続が健康におよぼす具体的な効果の項目(n=10)

⑥ ボクシングジムでの練習および各種パンチに関する項目

[調査 17] ジム練習における好きな練習内容では（5 項目における順位）では，1 位がミット打ち，マสบクシングが 2 位，サンドバックが 3 位，シャドーボクシングが 4 位，および体操・ストレッチ筋トレが 5 位であった．表 A-6，図 A-4 に示す．

次に，ジャブ・ストレート・フック・アッパーの 4 種類のパンチにおける質問としては，[調査 18] 現在における得意なパンチ種類は，1 位がストレート，ジャブが 2 位，フックが 3 位，およびアッパーが 4 位であった．表 A-7，図 A-5 に示す．

[調査 19] 初心者の段階にとフォームを確立したいパンチ種類は，1 位がジャブ，ストレートが 2 位，フックが 3 位，およびアッパーが 4 位であった．表 A-8，図 A-6 に示す．

[調査 20] 現在，パンチスキルを向上させたいパンチ種類では，1 位がジャブ，ストレートが 2 位，フックが 3 位，およびアッパーが 4 位であった．表 A-9，図 A-7 に示す．

[調査 21] ストレートフォームの確立で身体における主観的な貢献度では，1 位が身体と骨盤の捻り，全身のバランスが 2 位，膝と足部が 3 位，肩が 4 位，および拳と腕が 5 位であった．表 A-10，図 A-8 に示す．

表 A-6 : ジム練習における好きな練習内容の項目(n=10)

	体操・筋トレ ストレッチ	シャドー ボクシング	サンドバック 打ち	ミット 打ち	マスボクシング (疑似実践)
平均値	1.3	1.8	3.4	4.6	3.9
標準偏差	0.6	0.4	0.5	0.5	1

好きな練習内容の順位 5→4→3→2→1

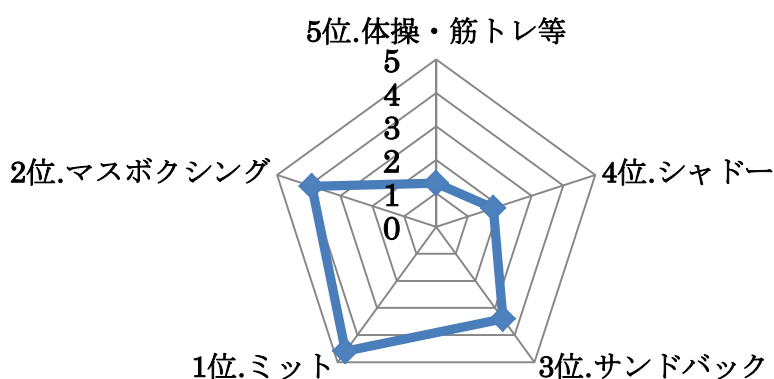


図 A-4 : ジム練習における好きな練習内容の項目(n=10)

表 A-7 : 現在の得意なパンチ種類(n=10)

	ジャブ	ストレート	フック	アッパー
平均値	3.2	3.3	2	1.5
標準偏差	0.7	0.9	0.9	0.7

得意なパンチ種類の順位 4→3→2→1

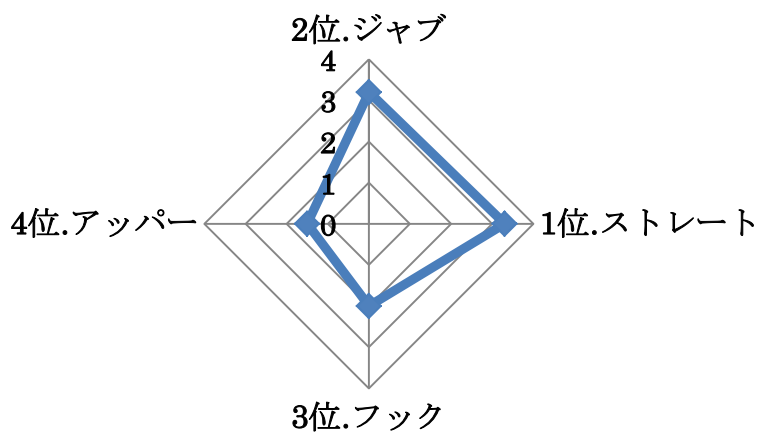


図 A-5 : 現在の得意なパンチ種類(n=10)

表 A-8：初心者の段階にフォームを確立したいパンチ種類(n=10)

	ジャブ	ストレート	フック	アッパー
平均値	3.8	2.8	2.2	1.2
標準偏差	0.6	0.6	0.6	0.6

確立させたい順位 4→3→2→1

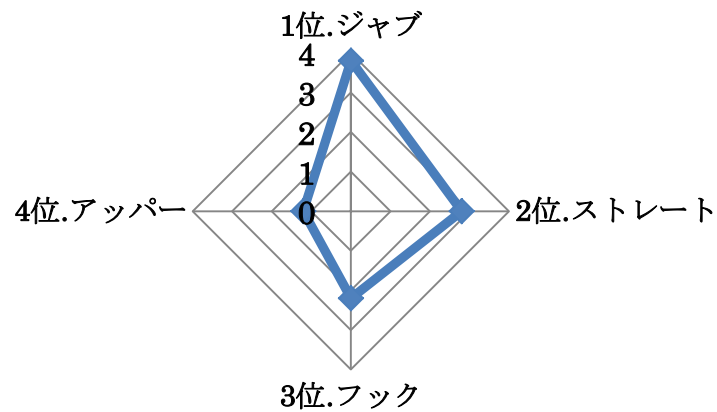


図 A-6：初心者の段階にフォームを確立したいパンチ種類(n=10)

表 A-9：現在，パンチスキルを向上させたいパンチ種類(n=10)

	ジャブ	ストレート	フック	アッパー
平均値	3.1	2.9	2.4	1.5
標準偏差	0.9	0.8	1	1

向上させたい順位 4→3→2→1の順序

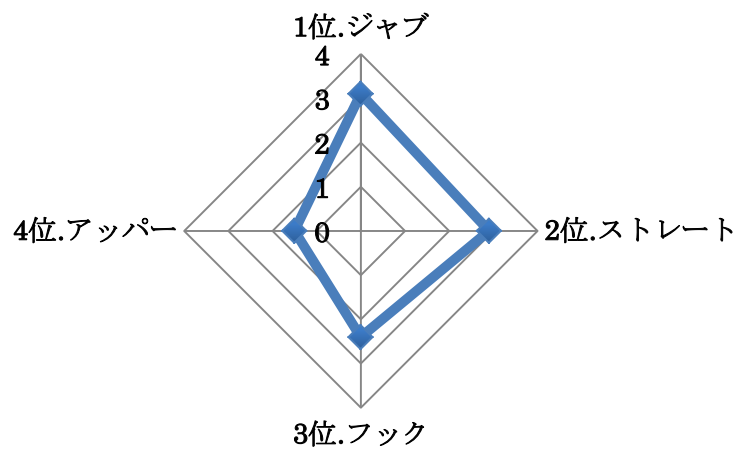


図 A-7：現在，パンチスキルを向上させたいパンチ種類(n=10)

表 A-10：ストレートフォームの確立で身体における主観的な貢献度(n=10)

	拳および腕	肩	身体と骨盤の捻り	膝と足首	全身バランス
平均値	1.2	2.3	4.3	3.1	4.1
標準偏差	0.6	0.5	0.8	1.2	0.8
貢献度の順位	5→4→3→2→1				

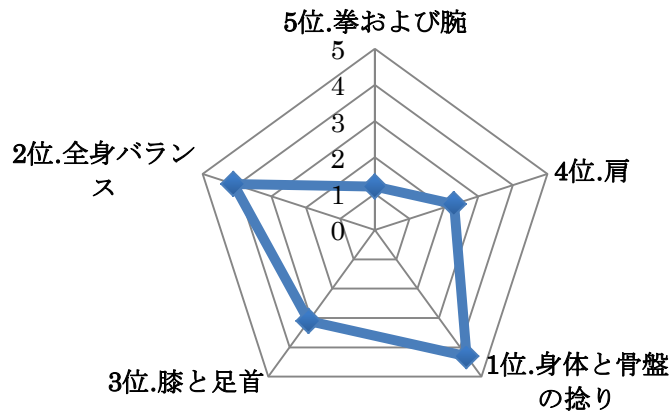


図 A-8：ストレートフォームの確立で身体における主観的な貢献度(n=10)

⑦ 実戦（スパarring）およびエアボクシングの競技に関する項目

[調査 22] 対象者のエアボクシングおよびスパarringの競技への出場回数は、エアボクシング競技に参加した経験ある者は 2 名、スパarring競技に参加した経験のある者は 4 名、エアボクシング競技（ライセンス取得審査を含む）とスパarring競技ともに参加した経験のある者は 2 名、エアボクシング競技とスパarring競技ともに参加経験がない者が 2 名であった。

[調査 23] スパarringおよびエアボクシングの競技への参加の希望に関しては、6 名がスパarring競技のみへの参加を望み、エアボクシング競技への参加希望者は、2 名であった。スパarring競技とエアボクシング競技ともに参加したい希望者は 1 名であり、1 名がどちらとも言えないとの回答であった。

[調査 24] 今後スパarring競技に参加する不安要素としては、1 位が試合に向けた練習時間の確保、対戦時間が 2 位、怪我が 3 位、相手の競技レベルが 4 位、および適正な判定（公平性）が 5 位であった。

表 A-11：スパーリングやエアークロッシングの競技への参加経験と今後の希望(n=10)

対象者	今までの参加経験 (回数)		参加希望 (あり○, なし×)	
	スパーリング	エアークロッシング	スパーリング	エアークロッシング
対象者 1	0	7	○	○
対象者 2	3	0	○	×
対象者 3	1	0	○	×
対象者 4	0	0	×	×
対象者 5	0	0	○	×
対象者 6	1	5	○	×
対象者 7	0	8	×	○
対象者 8	1	1	○	×
対象者 9	5	0	○	×
対象者 10	1	0	○	×

表 A-12：スパーリング競技に参加する不安要素(n=10)

	対戦者 レベル	対戦の 時間	怪我	適切な 判定	練習時間の 確保
平均値	3.1	3.7	3.2	1.3	3.7
標準偏差	0.9	1.3	1.2	0.5	1.3

不安な順位 5→4→3→2→1 の順序

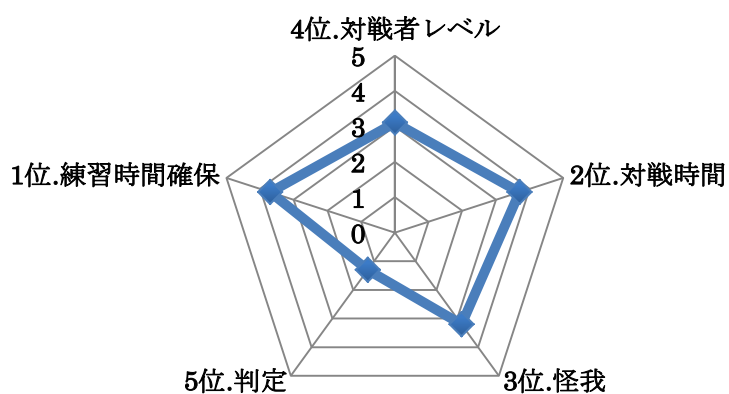


図 A-9：スパーリング競技に参加する不安要素(n=10)

研究業績

1. 研究論文

1. 岩本直也, 藤大樹, 勝平純司, 丸山仁司, 満倉靖恵:「ボクシング・ストレートパンチの動作分析:三次元動作分析システムを用いて」, 理学療法科学, vol.27, no.3, pp.341-344, 2012年6月.
2. 岩本直也, 今井覚志, 斎藤隆文:「筋電計と床反力計を用いたストレートパンチにおける教示効果の検討」, 理学療法科学, vol.29, no.4, pp.577-582, 2014年8月.
3. 岩本直也, 今井覚志, 斎藤隆文:「筋電計と床反力計を用いた競技経験の違いによるストレートにおける差異の検討」, 理学療法科学, vol.29, no.6, pp.849-856, 2014年12月.

2. 国際会議

1. N. Iwamoto, S. Imai, and T. Saito, “Kinematic analysis of straight-punching in boxing,” Proc. of the 12th International Meeting of Physical Therapy Science, p.13, Korea (2013).
2. N. Iwamoto, S. Imai, and T. Saito, “Examination of differences by experience of the straight punch motion in boxing”, Proc. of the 13th International Meeting of Physical Therapy Science, p.18, China (2014).

3. 国内学会

1. 岩本直也, 丸山仁司, 勝平純司, 満倉靖恵:「ボクシングパンチにおける動作分析」, 第26回理学療法科学学会, vol.26, no.2, p.8, 2011年(6月).

2. 岩本直也, 満倉靖恵, 今井覚志, 斎藤隆文:「筋電計・床反力計を用いた経験の違いによるボクシングパンチ動作の差異抽出」, 第 64 回理学療法科学学会, vol.28, no.4, p.4, 2013 年 (6 月).