

学位論文要約

野球内野手における長時間のノックの反復練習が
生理的及びバイオメカニクスの指標の
経時的変化に及ぼす影響

森木 吾郎

第1章 緒言

第1節 研究の背景

野球の守備力向上のために最も一般的に行われている練習がノック練習である。また、野球における守備力の中でも特に、内野手の守備範囲に飛来したゴロ打球を処理する能力は、失点を抑え、勝利へと繋がる非常に重要な能力であることから、ゴロ打球の処理能力向上を目的として多数回のノックを反復して受ける練習が広く実践されている（金堀ほか，2015）。

この多数回の反復を伴うノック練習については、指導現場において長時間を費やすことが一般的となっている現状（功力，1992）及び習熟のための必要性（松永，1979）が報告される一方、反対に習熟のためには長時間の継続をするべきでないとする指摘（浅見，1987）がある。また、同様に多数回の反復を行う投手の投球については、知見の集積から投球過多を防ぐルール等の整備が進む一方、ノックの反復練習は実施プロトコルに関して一貫した科学的根拠を示すための検討が行われていない。そのため、現状は指導者の経験則のみを拠りどころに様々に行われていると言っても過言ではない。

以上のことから、長時間のノックの反復練習について科学的根拠に基づいた実施プロトコルの確立を目指すことは、スキル向上及び障害・傷害予防に効果的なトレーニング処方へとつながる有意義な取り組みであると考えられる。

第2節 先行研究の検討

これまで、各種スポーツ中の運動強度及び生理的反応については、様々な運動形態のスポーツ種目において検討がなされているが（Fox，1979；伊与田ほか，1987；国光ほか，1989；Maglischo，1982；宮下ほか，1969），ノックの反復練習と類似した運動形態を持つ運動に関する報告は見られない。また、野球の内野手の守備に関する研究（宮西ほか，2015；小倉ほか，2016；2017；鈴木，2014）は、いずれも習熟度の違いによる動作の相違を比較した研究であるため、数回の守備動作を分析対象としており、長時間の反復練習による動作の経時的変化についてはこれまで明らかにされていない。しかし、ノックの反復練習は、心臓震盪等のスポーツ傷害（興水，2012；Maron et al.，2002）及び送球過多による肩や肘のスポーツ障

害（伊藤ほか，2009）のリスクを内包していることが報告されている。

第3節 問題の所在と研究目的

本研究では，長時間のノックの反復練習について生理的及びバイオメカニクスの観点から各指標の経時的変化を検討し，スキル向上及び障害・傷害予防に適したノック練習の実施プロトコルの確立に資する知見を得ることを目的とした。

第2章 ノックの反復練習の運動強度及び生理的観点から適切な継続時間の検討（研究課題1）

第1節 研究目的

本章では，長時間のノックの反復練習継続によるパフォーマンス及び生理的反応の経時的変化を検討することにより，ノックの反復練習の運動強度及び生理的観点から適切な継続時間を明らかにすることを目的とした。

第2節 研究方法

被検者は，全日本大学野球連盟に加盟する連盟の1部リーグ所属大学の右投げの内野手7名であった。被検者にショートポジションを守らせ，17秒に1球のノック頻度で5分を1セットとし，12セットのノック練習を行った。セット間に1分間の休息を挿入した。生理的指標として，第1セットの開始30秒前から最終12セットの終了まで5秒毎に心拍数（以下，HRと略す）を連続記録した。第1セットの開始前（以下，Preと略す）及び各セットの終了後に主観的運動強度と血中乳酸濃度（以下，La_bと略す）を測定した。スキルの指標として，試技毎に捕球・送球得点を評価した。

第3節及び第4節 結果及び考察

パフォーマンス及び生理的反応の経時的変化についての検討の結果，各セットの運動時平均HRは3セット目の最高値（173±10bpm）から最終12セット目（163±10bpm）の範囲で推移した。休息期最小HRは110—120bpmの範囲で推移した（Fig.1）。平均La_bは，Preから3セット目の最高値（5.7±4.1mmol/l）までに急激に上昇し，その後12セット目

($2.2 \pm 0.8 \text{ mmol/l}$) まで徐々に低下した ($p < .05$) (Fig.2). 捕球得点は1—4セット目に対して6—12セット目において3点の試技数で有意に減少, 2点の試技数で有意に増加した (いずれも, $p < .05$) (Fig.3). 送球得点は有意な変化を示さなかった.

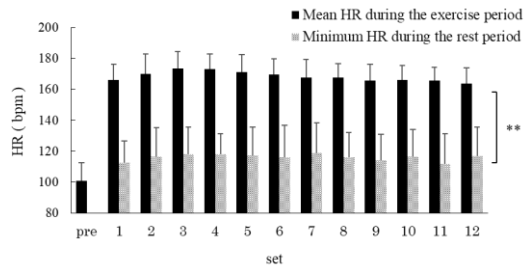


Fig.1 Mean HR during the exercise period and minimum HR during the rest period per set for all subjects

** : Significant difference in Exercise period vs Rest period at $p < .01$

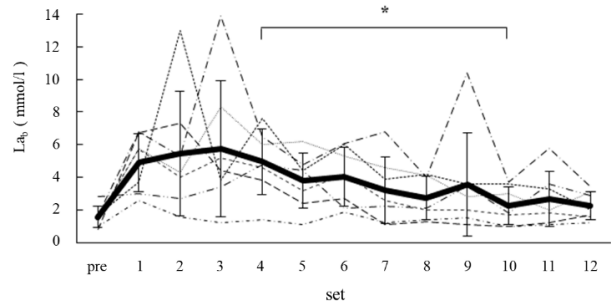


Fig.2 Changes in the mean La_b for all subjects and the La_b per subject with progressing the set

* : Significant difference in the mean La_b at $p < .05$

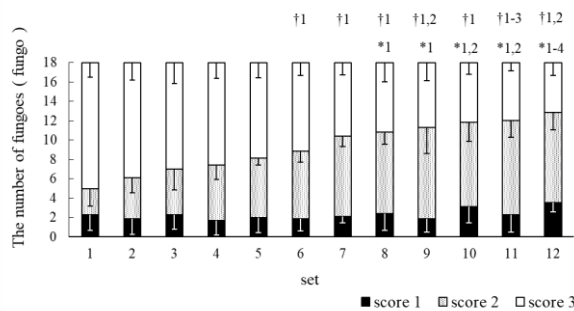


Fig.3 Changes in the mean number of fungoes in each of the catching score for all subjects with progressing the set (in study 1)

*set : Significant difference vs the set in the mean number of fungoes in score 3 at $p < .05$

†set : Significant difference vs the set in the mean number of fungoes in score 2 at $p < .05$

上記の結果から, ノックの反復練習の運動強度に関して以下のことが明らかとなった. 1) HR 変動から, 全体として5分間の高強度持久性運動と1分間の休息を繰り返す高強度間欠的運動の特性を呈した. 2) 生理的指標のうち, 特に La_b の低下から筋グリコーゲン等の枯渇が推定され, またそれに伴うパフォーマンスの有意な低下も明らかになった. また, 捕球得点の後半のセットにおける有意な低下は, 判断力の低下とともに, 筋疲労が原因していると考えられる. しかし, このような状態でのスキルの練習はかえってスキルに混乱を呼び込む (浅見, 1987) ことから, 筋グリコーゲンの低下に由来する筋疲労の抑制がスキル向上を目的とした長時間のノック練習に求められると考えられる. これらのことから,

生理的観点から適切な継続時間への示唆として、①ATP-PCr系の回復メカニズムから試技を数分程度のセットに区切り、セット間に20秒—3分程度の短期休息をとること、②筋グリコーゲンや L_{ab} の回復メカニズムから3—4セット毎（15—20分毎）に5—15分程度の長期休息をとること、③数セット間に糖質を補給すること、が挙げられた。

第3章 長時間のノックの反復練習によるパフォーマンス及び捕球・送球動作の経時的変化（研究課題2）

第1節 研究目的

本章では、これまで経時的変化について検討がなされていない内野手のパフォーマンス及び捕球・送球動作について、個人内における動作変化とその過程、及び変化の起こり得るパラメーターを明らかにするため、3次元動作解析を用いて1名の被検者による多数回の反復試技を詳細に検討することを目的とした。

第2節 研究方法

被検者は、全日本大学野球連盟に加盟する連盟の1部リーグ所属大学の内野手1名（21歳、身長178cm、体重75kg、競技歴15年、右投げ、遊撃手）であった。17秒に1球のノック頻度で1セット5分とし、セット間休息を1分間として10セットのノック練習を継続し、各セット10試技のパフォーマンス、捕球動作、及び送球動作について3次元動作解析による分析を行った。

第3節及び第4節 結果及び考察

パフォーマンスの経時的変化については、試技数の増加に伴いボール初速度の合成速度が有意に減少し、投射角が有意に増加した（Table1）。

Table1 Relationship between the number of fungoes and parameters in performance caused temporal changes

	regression formula [※]	1 st set (mean)	10 th set (mean)	increase / decrease	significance
Ball velocity :					
ball velocity(m/s)	$y = -0.008x + 31.226$	31.27	29.55	↘	**
horizontal velocity(m/s)	$y = -0.009x + 30.949$	31.04	29.17	↘	***
vertical velocity (m/s)	$y = 0.004x + 4.072$	3.73	4.68	↗	**
Release :					
angle of release (deg)	$y = 0.009x + 7.533$	6.85	8.92	↗	**
height of middle point of BGT ^{※※} (% Body height)	—	83.65	81.80	—	n.s.

** : the regression coefficient has significance at $p < .01$, *** : the regression coefficient has significance at $p < .001$

※ In regression formula, "y" indicates each the parameter, and "x" indicates the number of fungoes.

※※ BGT : both greater trochanters

捕球動作の経時的変化については、試技数の増加に伴い捕球局面両腰中点移動距離及び速度が有意に減少した。また、捕球準備期における動作局面時間が有意に増加した。そして、捕球前左足接地時（以下、LFC と略す）及び捕球前右足接地時（以下、RFC と略す）前傾・後傾角度が有意に減少し、LFC 膝関節角度（踏込脚）及び両腰中点高が有意に増加した。さらに、捕球時（以下、CAT と略す）膝関節角度（軸脚）が有意な増加、CAT 膝関節角度（踏込脚）が有意な減少を示した（Table2）。

Table2 Relationship between the number of fungoes and parameters in catching phase caused temporal changes

	regression formula [※]	1 st set (mean)	10 th set (mean)	increase / decrease	significance
instant of Left Foot Contact (LFC) :					
hip joint angle of the stride leg (deg)	$y = 0.158x + 70.788$	81.61	105.69	↗	***
trunk forward and backward tilt (deg)	$y = -0.043x + 52.269$	45.04	39.17	↘	**
height of middle point of BGT ^{※※} (% Body height)	$y = 0.017x + 41.728$	43.41	46.23	↗	**
instant of Right Foot Contact (RFC) :					
trunk forward and backward tilt (deg)	$y = -0.042x + 65.756$	62.02	56.14	↘	***
trunk rightward and leftward tilt (deg)	$y = -0.046x + 4.160$	4.68	3.75	↘	*
instant of catch (CAT) :					
knee angle of the pivot leg (deg)	$y = 0.161x + 79.594$	81.24	109.01	↗	***
knee angle of the stride leg (deg)	$y = -0.135x + 134.062$	130.64	113.87	↘	***
hip joint angle of the stride leg (deg)	$y = 0.025x + 36.180$	35.22	41.02	↗	*
stride length (% Body height)	$y = 0.016x + 59.468$	57.70	62.24	↗	*
height of head (% Body height)	$y = 0.014x + 60.223$	60.09	62.95	↗	*
during the catching phase (CP) :					
movement distance of middle point of BGT (m)	$y = -0.002x + 1.585$	1.46	1.47	↘	*
moving speed of the middle point of BGT (m/s)	$y = -0.006x + 2.290$	1.99	1.49	↘	***
time of phase :					
during catching preparatory phase (s)	$y = 0.001x + 0.326$	0.37	0.53	↗	***

* : the regression coefficient has significance at $p < 0.05$, ** : the regression coefficient has significance at $p < 0.01$,

*** : the regression coefficient has significance at $p < 0.001$

※ In regression formula, "y" indicates each the parameter, and "x" indicates the number of fungoes.

※※ BGT : both greater trochanters

送球動作の経時的変化については、試技数の増加に伴いステップ期及び投げ出し期両腰中点移動速度が有意に減少した。一方で、投球腕肩水平内外転角度及び下胴回転角度の送球局面最大後方角度が有意に減少し（後方への運動範囲の増加）、投球腕肩水平内外転角度の加速期角変化量（以下、AAVと略す）が有意に増加した。また、踏出脚接地時（以下、SFCと略す）膝関節角度（踏込脚）及び股関節角度（踏込脚）が有意に増加し、肩最大外旋時（以下、MERと略す）、リリース時（以下、RELと略す）下胴回転角度が有意に減少した。そして、SFC、MER、REL体幹ひねり角度が有意に増加した。さらに、試技数の増加に伴いSFC、MER、REL投球腕肩内外転角度及びAAV前傾・後傾角度が有意に減少した（Table3）。

Table3 Relationship between the number of fungoes and parameters in throwing phase caused temporal changes

	regression formula※	1 st set (mean)	10 th set (mean)	increase / decrease	significance
instant of Pivot Foot Contact (PFC) :					
shoulder horizontal AAA※※※ (deg)	y = -0.179x +7.653	14.23	-20.83	↘	***
instant of Stride Foot Contact (SFC) :					
knee angle of the stride leg (deg)	y = 0.049x +111.027	112.14	119.17	↗	***
hip joint angle of the stride leg (deg)	y = 0.031x +89.636	91.59	97.37	↗	***
trunk twist angle (deg)	y = 0.026x -25.626	-25.41	-18.01	↗	***
shoulder AAA (deg)	y = -0.024x +74.713	73.22	67.86	↘	*
shoulder horizontal AAA (deg)	y = -0.043x +3.285	-0.39	-4.92	↘	***
instant of Maximal shoulder external rotation of the throwing arm (MER) :					
pelvic rotation angle (deg)	y = -0.039x -20.763	-16.41	-27.49	↘	***
trunk twist angle (deg)	y = 0.030x +16.462	15.23	20.59	↗	***
shoulder AAA (deg)	y = -0.052x +87.542	89.88	79.18	↘	***
instant of release (REL) :					
pelvic rotation angle (deg)	y = -0.034x -14.973	-10.90	-19.92	↘	***
trunk twist angle (deg)	y = 0.022x +28.503	27.08	31.53	↗	***
shoulder AAA (deg)	y = -0.045x +75.515	78.06	68.26	↘	***
the maximum backward angle in the throwing phase (MBA in ThP) :					
pelvic rotation angle (deg)	y = -0.028x -84.975	-84.20	-88.75	↘	**
shoulder horizontal AAA (deg)	y = -0.217x -5.187	-8.37	-52.60	↘	***
amount of angle variation during the acceleration phase (AAV during AP) :					
trunk forward and backward tilt (deg)	y = -0.023x +12.179	13.69	4.03	↘	*
shoulder horizontal AAA (deg)	y = 0.054x +30.778	30.51	42.66	↗	***
during the step phase (SP) :					
movement distance of middle point of BGT※※※ (m)	y = -0.002x +1.389	1.35	0.98	↘	***
moving speed of the middle point of BGT (m/s)	y = -0.004x +3.450	3.19	2.83	↘	***
during the throw out phase (TOP) :					
movement distance of middle point of BGT (m)	y = -0.001x +0.931	0.97	0.76	↘	***
moving speed of the middle point of BGT (m/s)	y = -0.004x +2.719	2.63	2.17	↘	***

* : the regression coefficient has significance at p<.05, ** : the regression coefficient has significance at p<.01,

*** : the regression coefficient has significance at p<.001

※ In regression formula, "y" indicates each the parameter, and "x" indicates the number of fungoes.

※※ BGT : both greater trochanters

※※※ AAA : abduction and adduction angle

上記の結果から、長時間のノックの反復練習によるパフォーマンス及び捕球・送球動作の経時的変化として、以下の8点が明らかとなった。

- 1) ボール初速度の合成速度の有意な減少。
- 2) 捕球前右足接地を早期に終え、ボールを待つ動作への変化の可能性。
- 3) 捕球準備段階における基本的動的姿勢の乱れまたは遅れの出現。
- 4) 送球動作を先取りしたと考えられる、いわゆる体が流れた捕球姿勢への動作変化。
- 5) ステップによる助走速度を利用した送球動作から、関節の運動範囲を広げる動作への変化。
- 6) 「膝を突っ張るような動作」により下胴回転角度の減少が生じ、体幹や上肢に依存した「手投げ」と呼ばれる送球動作への変化。
- 7) ボールを斜め上方へ加速させる遠投傾向への動作変化。
- 8) 「肘下がり」及び SFC 投球腕肩水平内外転角度の有意な減少など、投球肩障害の危険因子となり得る動作変化。

また、本章はこれまで経時的変化について検討がなされていない内野手のパフォーマンス及び捕球・送球動作について、①日常的な練習継続時間内（功力，1992）に変化が生じる可能性が認められたこと、②捕球動作の経時的変化の特徴から、心臓震盪等のスポーツ傷害の危険因子となり得る動作変化が示唆されたこと、③助走速度の低下及び遠投傾向への動作変化等の内野手に特有と考えられる変化が認められたこと、④「手投げ」及び「肘下がり」等の投手と共通する障害の危険因子となり得る動作変化が認められたこと、など非常に有益な知見が得られたと考えられる。

第4章 ノックの反復練習における動作変化の特徴とバイオメカニクスの観点から適切な継続時間の検討（研究課題3）

第1節 研究目的

本章では、複数の被検者の捕球・送球動作について3次元動作解析を用いた検討を行うこ

とにより、被検者間の共通項を導き、共通する動作変化の特徴とバイオメカニクスの観点から適切な継続時間について明らかにすることを目的とした。

第2節 研究方法

被検者は、全日本大学野球連盟に加盟する連盟の1部リーグ所属大学の右投げの内野手7名であった。実験手順及び測定項目については、前章と同じであった。なお、本章では経時の変化を検討するため、各個人内で試技数と各測定項目の算出結果から単回帰分析を行い、回帰係数の有意性についての検定を行った。その後、7名中6名以上に有意な変化が認められたパラメーター及び被検者の過半数である4名以上に共通方向の有意な変化が認められたパラメーターを共通して変化の生じるパラメーターと定義し、該当するパラメーターについて経時の変化の生じる継続時間（セット）を検討するため、各個人内で一元配置分散分析を行った。分散分析の結果が有意な場合、セット間の差を検定するため、TukeyのHSD検定によって多重比較を行った。

第3節及び第4節 結果及び考察

パフォーマンスにおいては、鉛直速度、投射角、合成速度、水平速度、及び捕球得点が試技数の増加に伴い共通して経時の変化を示した。特に鉛直速度及び投射角は6名で有意な増加を示した（Table4）。合成速度及び水平速度は有意な減少を示した。また、捕球得点は、3点の試技数で有意な減少（ $p<.05$ ）、2点の試技数で有意な増加を示した（ $p<.05$ ）（Fig.4）。

Table4 Parameters in performance caused temporal changes in 6 subjects

	Subject A		Subject B		Subject C		Subject D		Subject E		Subject F		Subject G		
	SLR	ANOVA ^{***}	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	
Ball velocity :															
Vertical velocity (m/s)	↑	1 vs 9 [*]	↑↑	1-4 vs 9	↑	n.s.	↗	n.s.	↗	2 vs 9				↑↑	1,2 vs 8,10
Release :															
Angle of release (deg)	↗	1 vs 3,9,10 4 vs 9	↑↑	1-4 vs 9	↑↑	3 vs 9	↗	n.s.	↑	1,2 vs 9				↑↑	1,2 vs 10

↗ : Increase ($p<.05$) , ↑ : Increase ($p<.01$) , ↑↑ : Increase ($p<.001$) ,

↘ : Decrease ($p<.05$) , ↓ : Decrease ($p<.01$) , ↓↓ : Decrease ($p<.001$) , Blank : no significant

※ set number VS set number : significant difference at $p<.05$, n.s. : no significant

※※ SLR : Simple linear regression analysis, ANOVA : One-way analysis of variance

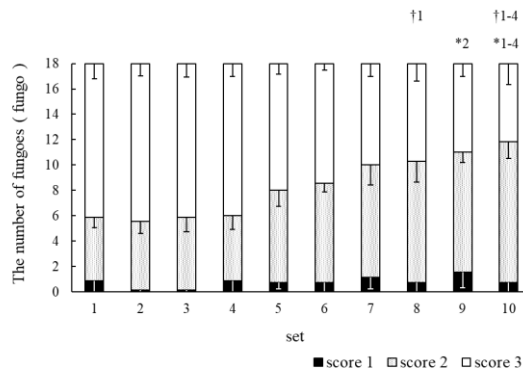


Fig.4 Changes in the mean number of fungoes in each of the catching score for all subjects with progressing the set (in study 3)

*set : Significant difference vs the set in the mean number of fungoes in score 3 at p<.05

†set : Significant difference vs the set in the mean number of fungoes in score 2 at p<.05

捕球局面においては、CAT 頭頂高、CAT 両腰中点高、LFC 両腰中点高、RFC 両腰中点高、RFC 膝関節角度（軸脚）、及びCAT 膝関節角度（軸脚）が試技数の増加に伴い共通して経時的变化を示した。特にCAT 頭頂高は6名で有意な変化を示し（Table5）、6パラメーター全てにおいて有意な増加を示した。

Table5 Parameters in catching phase caused temporal changes in 6 subjects

	Subject A		Subject B		Subject C		Subject D		Subject E		Subject F		Subject G	
	SLR	ANOVA**	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA
instant of catch(CAT) :														
height of head (% Body height)	↗	1-3 vs 6* 3 vs 4			↑	1 vs 6	↑↑	1,2,5,7 vs 9 1,2 vs 10	↘	n.s.	↑↑	1 vs 6-10 2 vs 6,7,9,10 3 vs 7,9	↑↑	1,3,4 vs 6,8-10 2 vs 5-10

↗ : Increase (p<.05) , ↑ : Increase (p<.01) , ↑↑ : Increase (p<.001) ,

↘ : Decrease (p<.05) , ↓ : Decrease (p<.01) , ↓↓ : Decrease (p<.001) , Blank : no significant

** set number VS set number : significant difference at p<.05, n.s. : no significant

** SLR : Simple linear regression analysis, ANOVA : One-way analysis of variance

送球局面においては、多数のパラメーターで共通する経時的变化が生じることが示唆されたが、その中でも、軸脚接地時（以下、PFC と略す）投球腕肩水平内外転角度、MER 股関節角度（踏込脚）、REL 投球腕肩内外旋角度、及びREL 投球腕肘関節角度は全被検者において試技数の増加に伴い共通して経時的变化を示した。PFC 投球腕肩水平内外転角度及びMER 股関節角度（踏込脚）は4名が有意な減少、3名が有意な増加を示し、変化の方向が2パターンに分かれた。REL 投球腕肘関節角度は有意な減少を示した。REL 投球腕肩内外旋角度は、有意な増加を示した（Table6）。

Table6 Parameters in throwing phase caused temporal changes in 7 subjects

	Subject A		Subject B		Subject C		Subject D		Subject E		Subject F		Subject G	
	SLR	ANOVA ^{※※}	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA	SLR	ANOVA
instant of Pivot Foot Contact (PFC) :														
shoulder horizontal AAA ^{※※※} (deg)	↓↓	1 vs 5,8-10 [※]	↑↑	2-5 vs 9 2-6 vs 10	↓	n.s.	↑	3 vs 6-9 4 vs 9	↓↓	3,4 vs 7 2-4,6 vs 9 4 vs 10	↗	n.s.	↓	1-9 vs 10
instant of Maximal shoulder external rotation of the throwing arm (MER) :														
hip joint angle of the stride leg (deg)	↑↑	1 vs 9 1,2,4,6,7 vs 10	↓↓	1-5 vs 6 1-4,8,9 vs 10	↘	2 vs 6,7	↓↓	1 vs 7 1-6 vs 8,9 1,3-5 vs 10	↗	2-7 vs 9,10 6 vs 8	↑↑	1-5 vs 7-10 1,2,5 vs 6	↓	1 vs 7-9
instant of release (REL) :														
shoulder internal and external rotation angle (deg)	↓	1 vs 8	↑↑	2,4,5 vs 9,10	↑	1 vs 7 2 vs 3,4,6-8,10	↑↑	1 vs 5,6,9,10 2 vs 6,9,10 3 vs 5-10	↑↑	1 vs 3-10 2 vs 4-8,10	↓↓	1 vs 3-10 2 vs 6,10 3,5 vs 6	↑↑	1,4 vs 5-9 2 vs 6-9 3 vs 9
elbow joint angle (deg)	↓	1 vs 2-7,9,10	↓↓	1-3 vs 9,10	↓↓	1,2 vs 4,6-9	↓↓	1-5 vs 7-10 6 vs 9	↓↓	1 vs 3-10 2 vs 4-10	↓	1 vs 7 2 vs 7-10 3 vs 7,9,10	↓	1 vs 8

↗ : Increase (p < .05) , ↑ : Increase (p < .01) , ↑↑ : Increase (p < .001) ,

↘ : Decrease (p < .05) , ↓ : Decrease (p < .01) , ↓↓ : Decrease (p < .001) , Blank : no significant

※ set number VS set number : significant difference at p < .05, n.s. : no significant

※※ SLR : Simple linear regression analysis, ANOVA : One-way analysis of variance

※※※ AAA : abduction and adduction angle

これらの結果から、長時間のノックの反復練習による共通する動作変化の特徴として、以下の9点が示唆された。

- 1) ボールを斜め上方へ加速させる遠投傾向への動作変化。
- 2) ボール初速度の合成速度及び水平速度の有意な減少。
- 3) 後半のセットにおけるハーフバウンドでの捕球の増加。
- 4) “腰を落とす” ことの出来ない捕球姿勢への動作変化。
- 5) 捕球準備段階における基本的動的姿勢の乱れまたは遅れの出現。
- 6) “関節の運動範囲” と “ステップによる助走” における相互補完的關係。
- 7) 肘伸展運動を主体とした送球動作への経時的変化。
- 8) パフォーマンスを維持しようとする上肢での「代償動作」の出現。
- 9) 体幹や上肢に依存した「手投げ」と呼ばれる送球動作への経時的変化。

また、バイオメカニクスの観点から適切な継続時間については、①パフォーマンスにおける共通した経時的変化から6セット(108球)まで、②捕球局面における共通した経時的変化から4セット(72球)まで、③送球局面における共通した経時的変化から3セット(54球)まで、がそれぞれ適切な継続時間と考えられることが示唆された。

第 5 章 総合考察

第 2 章では、長時間のノックの反復練習継続によるパフォーマンス及び生理的反応の経時的変化を検討することにより、ノックの反復練習の運動強度及び生理的観点から適切な継続時間を明らかにした。それにより、筋グリコーゲンの低下に由来する筋疲労の抑制がスキル向上を目的とした長時間のノックの反復練習に求められるという示唆を得た。したがって、高パフォーマンスの維持には、① ATP-PCr 系の回復メカニズムから試技を数分程度のセットに区切り、セット間に 20 秒—3 分程度の短期休息をとること。② 筋グリコーゲンや La_b の回復メカニズムから 3—4 セット毎 (15—20 分毎) に 5—15 分程度の長期休息をとること。③ 数セット間に糖質を補給すること。が有効であると示唆された。

第 3 章では、これまで経時的変化について検討がなされていない内野手のパフォーマンス及び捕球・送球動作について、1 名の被検者による多数回の反復試技を詳細に検討することにより、個人内における動作変化とその過程、及び変化の起こり得るパラメーターを明らかにした。検討の結果から、これまで経時的変化について検討がなされていない内野手のパフォーマンス及び捕球・送球動作について、日常的な練習継続時間内 (功力, 1992) に変化が生じる可能性が認められ、さらには内野手に特有と考えられる変化、及びスポーツ障害・傷害の危険因子となり得る動作変化が生じることが示唆された。

第 4 章では、複数の被検者の捕球・送球動作について 3 次元動作解析を用いた検討を行うことにより、被検者間の共通項を導き、共通する動作変化の特徴とバイオメカニクスの観点から適切な継続時間について明らかにした。検討の結果から、長時間のノックの反復練習継続による共通する動作変化の特徴についての示唆を得た。また、バイオメカニクスの観点から適切な継続時間について、① パフォーマンスにおける共通した経時的変化から 6 セット (108 球) まで、② 捕球局面における共通した経時的変化から 4 セット (72 球) まで、③ 送球局面における共通した経時的変化から 3 セット (54 球) まで、がそれぞれ適切な継続時間と考えられることが示唆された。

以上の本研究で得られた成果は、長時間のノックの反復練習について科学的根拠に基づ

いた実施プロトコルの確立に資する重要な知見となると考えられる。

得られた知見に基づいたトレーニング処方への示唆としては、本研究における 17 秒に 1 球の頻度でノックの反復練習を継続する場合、3—4 セット（54—72 球）程度が適切な継続時間であることが示唆された。そしてさらに継続する場合は、少なくとも 5—15 分程度の長期休息を挟むことが必要と考えられる。

長時間のノックの反復練習について科学的根拠に基づいた実施プロトコルを確立する上で今後の課題として、ノックの打ち出し頻度について複数条件で実施した結果を比較・検討すること、被検者のレベルや年齢の幅を広げた検討を行うこと、経時的変化における個人差とその要因についての検討を多数の個人内で積み重ねること、そして実施プロトコルの有効性を検証する実証研究を行うこと、などが挙げられる。

第 6 章 総括

本研究は、長時間のノックの反復練習を継続すると、どのように疲労が進行するのかを生理的及びバイオメカニクス的に定量化した初めての研究である。そして、研究の結果、スキル向上及び障害・傷害予防に適したノック練習の実施プロトコルを確立する上で基礎となる重要な知見が得られた研究と考えられる。また、大学生の熟練者を対象に 17 秒に 1 球の頻度で実施するという限定的な範囲ではあるが、ノックの反復練習を行う際の科学的根拠に基づいた実施プロトコルを提案した初めての研究と考えられる。

文献

浅見俊雄（1987）スポーツの科学．東京大学出版会：東京，pp. 128-130.

Fox, E. L. (1979) Sports Physiology. Saunders College Publishing : Philadelphia, pp. 54-61, 197-204.

伊藤博一，眞瀬垣啓，河崎尚史，小野大輔，中嶋寛之，渡會公治（2009）年代別肩・肘有痛部位と真下投げ VAS 評価の詳細：野球選手 10,957 名のフィールド調査から．日本臨床

- スポーツ医学会誌, 17 (2) : 362-372.
- 伊与田康雄, 宮下節, 武井光彦, 萩原武久, 畑誠之助, 池田一徳, 山田幸雄 (1987) ラグビー練習中の心拍数の変動と運動強度の推定. 体育科学系紀要, 10 : 91-99.
- 金堀哲也, 川村卓, 岡本嘉一, 小倉圭 (2015) 大学野球選手の内野ノック守備における動作パターン. コーチング学研究, 29 (1) : 23-29.
- 興水健治 (2012) 心臓震盪による突然死の現状と対策. 臨床スポーツ医学, 29 (2) : 169-174.
- 国光美代, 篠原豊, 野地吾希夫, 永堀造男, 河元岩男, 飯塚早苗, 野町昭三郎 (1989) 大学サッカー部員の体カー運動プログラムの検討— 理学療法のための運動生理, 4 (2) : 71-74.
- 功力靖雄 (1992) 野球の守備機会に関する研究:内野手の守備隊形を中心に. 大学体育研究, 14 : 63-73.
- Maglischo, E. W. (1982) *Swimming faster : a comprehensive guide to the science of swimming.* Mayfield Publishing Company : Mountain View CA, pp. 304-332.
- Maron, B. J., Gohman, T. E., Kyle, S. B., Estes III, N. M., Link, M. S. (2002) Clinical profile and spectrum of commotio cordis. *Jama*, 287 (9) : 1142-1146.
- 松永尚久 (1979) 野球内野手の守備 (野球の科学<特集>). 体育の科学, 29 (8) : 546-549.
- 宮西智久, 櫻井直樹, 遠藤壮 (2015) 発達レベルの異なる野球内野手の送球動作のキネマティクスの比較:体幹と上肢の動作に着目して. 体育学研究, 60 (1) : 53-69.
- 宮下充正, 松井秀治, 三浦望慶, 星川保, 亀井貞次 (1969) インターバル水泳中の休息期の違いによる心拍数及び水泳スピードの変動. 体力科学, 18 (1) : 1-8.
- 小倉圭, 島田一志, 金堀哲也, 野本堯希, 奈良隆章, 川村卓 (2016) 野球内野手における通常のゴロおよびイレギュラーバウンドに対するゴロ捕球動作に関するキネマティクスの研究:上位群と下位群間の下肢および体幹の動作の比較. 体育学研究, 61 (1) : 59-74.
- 小倉圭, 川村卓, 金堀哲也, 野本堯希, 八木快, 小野寺和也 (2017) 野球内野手のゴロ捕球

におけるステップ調節様式. 体育学研究, 62 (2) : 511-522.

鈴木健 (2014) 野球の内野手における守備動作に関する研究. 愛知教育大学保健体育講座研究紀要, 38 : 78-80.