

3-2 関節可動域, 筋タイトネス, 関節弛緩性, 下肢アライメント

対象者 13 名に対し, 関節可動域, 筋タイトネス, 関節弛緩性, 下肢アライメントの測定を実施した。

関節可動域については, 股関節 (屈曲, 伸展, 外転, 内転, 外旋, 内旋), 膝関節 (屈曲, 伸展), 足関節 (背屈, 底屈) を測定した。測定は, 2 名で実施し 1 名が被験者の関節を他動的に動かし, もう 1 名がゴニオメーターで測り, 参考可動域に達しなかった場合には角度を記録用紙に記入した。

筋タイトネス評価については, 筋腱の緊張度を評価するため, 中嶋の方法によるハムストリングス (下肢伸展挙上 SLR における股関節の可動域), 腸腰筋 (トーマステスト肢位による床膝窩間距離), 大腿四頭筋 (殿踵間距離), 傍脊柱筋 (指先床間距離: FFD) の体幹と下肢の計 4 項目を測定した。

関節弛緩性については, 全身の 6 大関節 (手関節, 肘関節, 肩関節, 股関節, 膝関節, 足関節), 脊柱の合計 7 箇所の弛緩性を評価した。これらが基準の可動域以上に達した場合を陽性とし, 各関節につきプラス 1 点 (左右の関節の場合は左右それぞれ 0.5 点ずつ), 計 7 点満点で合計点を算出した。各関節の基準点として, 手関節: 拇指が前腕につけば陽性, 肘関節: 15° 以上の過伸展で陽性, 肩関節: 左右の指先が背部で握れるのであれば陽性, 膝関節: 10° 以上の過伸展で陽性, 足関節: 膝関節屈曲位で, 45° 以上の背屈で陽性, 脊柱: 前屈時に手のひら全体が床につけば陽性, 股関節: 立位膝関節伸展位での外旋で, 足先が 180° 以上開けば陽性とした。

下肢アライメント評価については, 静的

なアライメント評価項目である O/X 脚, アーチ高率, 大腿周径囲 (膝蓋骨 10cm 上), 下腿周径囲 (最大部) の測定を行った。アーチ高率, 大腿周径囲, 下腿周径囲については左右差の比較のため, 対応のある t 検定を用いて, 左右差を検討した。

【各項目の結果】

a. 下肢の関節可動域

股関節の関節可動域において, 参考可動域に満たない人数は, 内旋で右 7 名, 左 7 名であった。屈曲では右 2 名, 左 1 名, 外旋で左 1 名であった。伸展, 外転, 内転, 外旋の右については全ての被験者において参考可動域内であった。膝関節に関しては, 参考可動域に満たない人数が伸展で右 3 名, 左 5 名であった。また, 過伸展が右 2 名, 左 2 名であった。足関節は, 全ての被験者が背屈, 底屈ともに参考可動域を満たした。

b. 筋タイトネス

指床間距離は平均 -7.1 ± 11.4 cm であり, 床に届かなかった被験者は 3 名であった。踵臀距離は右 4.8 ± 5.6 cm, 左 5.2 ± 5.0 cm となった。SLR 右は $81.2 \pm 11.6^\circ$, SLR 左は $81.3 \pm 9.6^\circ$ であり, トーマステスト肢位による床膝窩間距離は右 3.7 ± 1.9 cm, 左 4.4 ± 2.7 cm であった。

c. 関節弛緩性

平均は 1.7 ± 0.7 点であり, 全員 4 点未満であった。

d. 下肢アライメント

O脚であったものは 11 名であり, 平均膝間距離は 3.0 ± 1.8 cm であった。アーチ高率は右 $15.5 \pm 3.1\%$, 左 $15.6 \pm 3.9\%$ であったが, 有意な差は認めなかった。大腿周径囲は右 47.9 ± 2.8 cm, 左 47.0 ± 2.8 cm となり有意に右側が高値を示した ($p < 0.05$)。下腿周径囲

は右 37.3 ± 2.5 cm, 左 37.1 ± 2.5 cm であったが有意な差は認めなかった。

【考察】

a. 下肢の関節可動域

股関節の関節可動域について、前年度の報告では外旋可動域が参考可動域に満たない被験者がいたものの、今回の測定では外旋については該当者 1 名のみであった。しかし、内旋で右 7 名, 左 7 名, 屈曲では右 2 名, 左 1 名が参考可動域に満たない選手がいたことから今後も改善のための介入が継続される必要があると考えられる。膝関節に関しては、参考可動域に満たない被験者、過伸展をする被験者がいることから個人にあった参考可動域への改善を目的とした介入が必要であると考えられる。また、足関節は、全ての被験者が底屈背屈ともに参考可動域を満たしたことから、定期的なメディカルチェックにより現在の状況を維持できるように管理していくことが重要である。

b. 筋タイトネス

筋タイトネスについては、以下の状態であれば要注意といわれている。①傍脊柱筋では指床間距離 FFD が+ (指先が床につかない)、②腸腰筋はトーマステスト肢位による床膝窩間距離が 5 cm 以上、③ハムストリングスは SLR が 70° 未満、④大腿四頭筋は踵部殿部間距離が+ (踵が殿部につかない) また、ハムストリングス、大腿四頭筋の緊張が強く可動域制限があると、これらの筋群の筋挫傷になるリスクが高くなることが明らかになっている。FFD については 3 名が+となった。また SLR 70° 未満が 3 名 4 脚であった。また、床膝窩間距離が 5cm 以上の被験者は右 4 名, 左 6 名であった。踵部殿部間距離が+となった被験者は右 7 名,

左 8 名であったため傍脊柱筋、腸腰筋、ハムストリングス、大腿四頭筋に対して静的ストレッチなどの柔軟性を上げるためのエクササイズを行い、コンディションをよくしたうえでスポーツに取り組ませるように促し、下肢の慢性障害を予防していく必要がある。

c. 関節弛緩性

関節弛緩性については、全身の 6 大関節の合計点が 4 点以上で全身関節弛緩性有りとされるが、全身関節弛緩性を有する被験者はいなかったと考えられる。

d. 下肢アライメント

O脚であったものは 11 名であり、平均膝間距離は 3.0 ± 1.8 cm であった。福井らの報告では軽度なものを含めると 61 名中 44 名の大学サッカー選手においてO脚を有しており、サッカーの競技特性とO脚との間に何らかの関係性が有すると考えられる。アーチ高率に左右差は認めなかった。藤高らの報告では大学サッカー選手 15 名のアーチ高率は $15.9 \pm 2.1\%$ であったことから、本被験者らもこれらの先行研究と同等なアーチ高率であったと考えられる。大腿周径囲は右脚が左脚に比べて有意に高値を示したが、競技特性としてボールでの蹴り足が右足の選手が多いことが要因となった可能性がある。

3-3 呼気ガス分析

運動負荷試験には cycle ergometer (コンビウエルネス AERO BIKE75XL II) を使用した。

【負荷プロトコール】

負荷プロトコールは、直線的漸増負荷 (ramp 負荷) 試験にて酸素摂取量 (V_{O2}) を直線的に増加させ、最大負荷 (オールア

ウト)まで以下の順序にて実施した。①2分間以上の座位安静, ②1分間の warm-up (20W), ③連続的な負荷量の増加。負荷量は無段階に 20W/min で増加させた。ペダルの回転数はメトロノームを用い 60 回転に保持するよう指示した。

【呼気ガス分析】

呼気ガス分析は, 呼気ガス分析装置 (ミナト医科学 AE-300SRC) を使用した。計測は呼吸数 (RR), V_{O_2} , 分時換気量 (VE), 二酸化炭素排出量 (V_{CO_2}) などを連続的行なった。AT Point は, V_{O_2} - V_{CO_2} 平面での V_{O_2} に対する V_{CO_2} の増加開始点 (V slope method), または呼気終末二酸化炭素濃度が減少せずに呼気終末酸素濃度が増加する点とし, 2名の reviewer によりグラフから決定した。また, 最大酸素摂取量 ($V_{O_{2max}}$) は客観的指標として, 1. レベリングオフ, 2. RPE (自覚的運動強度) 19~20, の2つを満たしたものを最大酸素摂取量とした。

【データ解析】

競技クラスでの AT Point および $V_{O_{2max}}$ の比較を, 対応のない t 検定を用い, 有意水準を 5%として実施した。

【AT Point】

V slope 法での AT Point を表 3-2 に示す。B1 クラスと B2/3 クラスの間に有意差は認められなかった ($p=0.455$)。

【 $V_{O_{2max}}$ 】

$V_{O_{2max}}$ を表 3-3 に示す。B1 クラスと B2/3 クラスの間に有意差は認められなかった ($p=0.973$)。

【考察】

1992 年に日本循環器学会が報告した 20 歳代男性では, AT Point : 10.4 ± 3.6 ml/min/kg, $V_{O_{2max}}$: 33.5 ± 6.7 ml/min/kg,

30 歳代男性では AT : 16.1 ± 3.1 ml/min/kg, $V_{O_{2max}}$: 29.7 ± 6.8 ml/min/kg であった。

今回の結果から, 視覚障害者サッカー日本代表選手は一般的な日本人男性より, AT および $V_{O_{2max}}$ は高い傾向を示していたといえる。このことから, 視覚障害者サッカーの日本代表選手は一般人と比較し持久力があるといえる。また, 一流サッカー選手に必要なとされる $V_{O_{2max}}$ は 60 ml/min/kg と報告されていることから, 視覚障害者サッカー選手は一流サッカー選手ほどの持久力がないことが明らかとなった。このことから, 視覚障害者サッカーの競技特性として, 距離を長く走る持久力よりも, 足下のボールをコントロールする技術の方が重要であると推察される。

B2/3 クラスでは B1 クラスに比べて体力トレーニングなどが容易であるため, 個々の持久力に違いが出てくると考えられる。しかし, 今回クラス比較では, AT Point および $V_{O_{2max}}$ に有意差が認められなかった。このことから, B2/3 代表においては, B1 よりも持久力を向上させるトレーニングを行なうことで, 競技力向上が望める可能性があるかと推察される。

サッカーではインターバルトレーニングにより $V_{O_{2max}}$ を向上させることで, パフォーマンスも向上するといわれている。また, $V_{O_{2max}}$ が高いと休息時の回復が亢進し運動パフォーマンスが優れるとも報告されている。このことから, 視覚障害者サッカーにおいても競技特性に合わせた持久力向上のトレーニングをおこなうことで, パフォーマンスの向上につながると推察される。今後, ブラインドサッカー選手のパフォーマンスと持久力の関係を調査し, 持久力の向

上が視覚障害者サッカーのパフォーマンス 要がある。
 向上に影響を及ぼすか明らかにしていく必

表 3-2 視覚障害者サッカー選手 AT Point

クラス	AT Point (ml/min/kg)	
日本代表 (B1, B2/B3)	19.0±4.0	
B1クラス	19.7±4.3	N. S
B2/3クラス	17.9±3.6	

表 3-3 視覚障害者サッカー選手 V02 max

クラス	V02max (ml/min/kg)	
日本代表 (B1, B2/B3)	40.7±7.2	
B1クラス	40.8±9.1	N. S
B2/3クラス	40.6±3.7	

4. 動作解析

対象は B1 クラスの選手が 7 名 (身長 168.0±3.7cm, 体重 68.4±11.4kg), B2/3 クラスの選手が 6 名 (身長 169.8±5.1cm, 体重 69.0±5.7kg) であった。

実験試技は B1 クラスの第一 PK と同様の条件で, ゴールから 6 m の距離からのキック動作とした。被験者にはゴールに向かい強くシュートを蹴るように指示し, ボールがゴールインしたキックを成功試技とした。B1 クラスでは, 検査者がゴール裏で発声することで選手にゴール位置を伝えた。シュートコースや助走距離など細かい制限はしなかった。ボールはブラインドサッカー用

ボールを用いた。キック動作を 6 台の DV カメラ (CASIO 社製) を用いて 120Hz で撮影した。実験に先立ち 1 辺が 2m のキャリブレーションフレームを撮影した。

撮影した連続画像からキック動作について身体分析点およびボールをビデオ式動作解析システム (東総システム社製, ToMoCo-VM) を用いてデジタイズし, 左右方向を X 方向, 前後方向を Y 方向, 鉛直方向を Z 方向とし, DLT 法で各分析点の 3 次元座標値を算出した。得られた 3 次元座標値は, 残差分析法により最適遮断周波数を決定し, Butterworth digital filter により各分析点に対して 5 から 15Hz の遮断周波数で平滑化した。平滑化したデータから, 阿

江ら（1996）の身体部分慣性係数を用いて部分の重心の座標を算出し、これらを数値微分することで重心の速度を算出した。

助走ステップ数は静止立位からキックまでの歩数とした。蹴り脚の足部重心におけるボールインパクト直前の Y 方向速度を算出した（以下、足部スピード）。ボールスピードは、ボールインパクトから 0.08sec 後の Y 方向速度とした。また、キック動作の成功の指標としてボールスピードと足部スピードの比である Ball/foot speed ratio を算出した。B1 群と B2/3 群の間で、対応のない t 検定を用いて、有意水準を 5%として実施した。

表 4-1 は全ての被験者の身体情報およびキック動作の結果を、表 4-2 は B1 群と B2/3 群の平均値および標準偏差を示した。B1 群は足部スピードおよびボールスピードが B2/3 群と比べて有意に小さかったが、Ball/foot speed ratio に違いはなかった。助走ステップ数は B2/3 群が有意に大きく、B1 群では 0 または 1 歩のみであった。

【考察】

前年度の調査で行ったキック動作におけるキネマティクスの研究では、B1 群と B2/3 群を比較すると、B1 群の助走ステップ数は 0 または 1 歩のみであること、足部スピードとボールスピードでは B2/3 群が有意に大きいこと、さらにボールインパクトの正確性の指標である Ball/Foot speed ratio の有意差はないことから、B1 群では

蹴り脚のスイング速度を高めることよりもボールインパクトの正確性を高める傾向にあることが明らかとなった。しかし昨年度の被験者群は日本代表経験のある選手から初心者までが混在しており、個人の競技力にも差があったと考えられる。

本研究では、B1 群と B2/3 群の比較を行った。その結果、B1 群のいずれの選手においても助走ステップ数は、0 または 1 歩のみであった。また足部スピードとボールスピードでは B1 群が B2/3 群より有意に小さいが、Ball/Foot speed ratio に違いはなかった。これらの B1 群と B2/3 群の違いは昨年度と同様の傾向であった。さらに、被験者数が少ないために統計学的解析は困難であるが、B1 群のなかで助走ステップ数が 0 歩と 1 歩の選手を比較すると、助走ステップ数 0 歩の選手では、1 歩の選手より Ball/Foot speed ratio が大きいため足部スピードは小さいが、ボールスピードは大きかった。これらのことから、日本代表クラスの B1 選手のキック動作において、ボールインパクトの正確性を得るために助走が短くなり、その結果、蹴り脚のスイング速度が小さくなり、ボールに強い力を加えることが出来なかったと考えられた。

Ball/Foot speed ratio の違いが、キック動作におけるインステップキック、トーキックなど蹴り方の違いに関連するかは不明であり、今後、検討する必要があると考える。

表 4-1 全被験者のキック動作の結果

Subject	Class	Height (cm)	Weight (kg)	Foot speed (m/s)	Ball speed (m/s)	Ball/foot speed ratio	Steps
1	B1	172.2	73.9	6.9	9.8	1.4	0
2	B1	168.9	60.9	5.8	8.8	1.5	0
3	B1	164.5	57.8	7.2	9.9	1.4	1
4	B1	170.2	90.5	5.0	7.5	1.5	0
5	B1	162.2	62.9	6.3	7.3	1.2	1
6	B1	166.6	60.9	6.9	7.7	1.1	1
7	B1	171.7	72.0	6.8	7.7	1.1	1
8	B2/3	167.5	65.1	7.4	10.4	1.4	3
9	B2/3	168.4	76.0	8.5	11.8	1.4	3
10	B2/3	174.3	66.9	7.0	11.1	1.6	2
11	B2/3	178.1	76.6	8.2	12.6	1.5	3
12	B2/3	165.9	65.3	7.5	9.0	1.2	4
13	B2/3	165.1	64.2	6.9	10.0	1.4	1

表 4-2 B1 群と B2/3 群の平均値および標準偏差

Class		Height (cm)	Weight (kg)	Foot speed (m/s)	Ball speed (m/s)	Ball/foot speed ratio	Steps
B1	Mean	168.0	68.4	6.4	8.4	1.3	0.6
	SD	3.8	11.5	0.8	1.1	0.2	0.5
B2/3	Mean	169.9	69.0	7.6	10.8	1.4	2.7
	SD	5.2	5.7	0.6	1.3	0.1	1.0
* p < 0.05				*	*		*

5. フィールドテスト

被験者は、13名で、B1クラス選手8名（日本代表選手7名、クラブチーム所属選手1名）、B2/3クラス選手5名（日本代表選手4名、クラブチーム所属選手1名）であった。B1クラスのクラブチーム所属選手は、視覚障害クラス分けでは、B2/3クラスであるが、国内リーグでは、アイマスクをしてB1クラスでプレーしていたため、フィールドテストもB1クラスとして測定した。2013年7月13日（土）13:00～16:00に測定を行った。日差しは強くなく、運動に適した環境であった。

ゲームの中で必要な技術、能力を測り、個々の強化ポイントを探るため、測定項目は5項目を設定した。測定の項目と手順は以下の通りである。

【測定項目】

- a. 30mダッシュ
- b. 30mドリブルダッシュ
- c. 30mスラロームドリブル
(以下、スラローム)
- d. 足裏ボールタッチ
- e. ドリブルシュート

【測定手順】

- a. 30mダッシュ
 - 30mを全力で走るのに要した時間を、2回測定した。
 - B1選手にはゴールライン後方5mでガイドが声をかけ、被験者はゴールラインを駆け抜けた。
- b. 30mドリブルダッシュ
 - 30mをドリブルで走るのに要した時間を2回測定した。
 - ドリブル中、ボールに足で触れた回数

を数えた。

- 被験者の走り方は、30mダッシュと同様に行った。
- c. スラローム
 - 5つのコーンを一直線上に配置し、各々にガイドを配置した。スタートラインから第1コーンまでの距離は6m、コーン間は4m、最後のコーンからゴールラインまでは8mであった。
 - コーンに配置されたガイドは、被験者が前のコーンをクリアした時から、自分のコーンがクリアされるまで声をかけた。
 - 被験者がB1選手の時は、各コーンとゴールラインでガイドが声をかけた。被験者がB2/3選手の時、ガイドは声をかけなかった。
 - 被験者がゴールラインを駆け抜けるまで、スラローム中のタイムとドリブル中のボールへのタッチ数を数え、2回測定した。
- d. 足裏ボールタッチ
 - 被験者は、ボールを足の前に置いて、ボールを動かさずに、片足の足裏をボールの上へのせ、交互に足をすばやく乗せ替える動作を1分間行い、足裏がボールタッチした回数を2回測定した。
 - 途中で選手からボールが離れても、続けて数えた。
- e. ドリブルシュート
 - ハーフウェイライン中央(20m)から、ドリブルを開始して、ペナルティエリアあたり(6m)でシュートした。シュートする足は左右どちらでも可とした。
 - B1選手にはコーラーをつけた。B2/3選

手に対して、ゴールラインから 8 m の位置にダミーの守備者として一人配置した。

- ・ ドリブル開始からシュートまでのタイム、シュート結果を記録し、10 回測定した
- ・ シュート結果は、ゴールの成否とゴールの内容（シュートのコースと威力）を日本代表コーチが判定し点数化した。

【測定値から個人別得点への換算方法】

下記の 10 項目の各測定値を最低点から最高点まで 10 段階に分け、各項目 1～10 点として合計し、100 点満点で合計得点を集計した。

- ① 30mダッシュのタイム
- ② 30mドリブルダッシュのタイム
- ③ ①と②のタイム差
- ④ ドリブルダッシュ中のボールタッチ数
- ⑤ スラロームのタイム
- ⑥ スラローム中のボールタッチ数
- ⑦ 足裏ボールタッチの回数
- ⑧ ドリブルシュートの結果
- ⑨ ドリブルシュートの最速タイム
- ⑩ ドリブルシュートの平均タイム

【測定結果】

B1 クラスと B2/3 クラスでは、測定手順が異なったため、クラス別に結果を示した（表 5-1）。

a. B1 クラス（A～H選手 8 名）

合計得点の平均は、 56.3 ± 9.9 (Mean \pm SD, 以下同様)であり、最高 71 点、最低 40 点であった。日本代表選手 7 名、クラブチーム所属選手 1 名（H選手）の合計得点を比較すると、日本代表選手 58.6 ± 9.0 点、クラブチーム所属選手 40.0 点であった。被験者数が少ないため、有意差は認められな

かったが、クラブチーム所属選手の合計得点が少なかった。

b. B2/3 クラス（L～P選手 5 名）

合計得点の平均は、 61.2 ± 1.4 (Mean \pm SD)であり、最高 65 点、最低 57 点であった。日本代表選手 3 名、とクラブチーム所属選手 1 名（P選手）の合計得点を比較すると、代表選手 61.3 ± 3.9 点、クラブチーム所属選手 61 点であった。

【考察】

平成 24 年度の調査（第 1 報）においてもフィールドテストを行ったが、測定時間が長いなどの問題点があったため、今回の調査では、短距離走、ボールを扱う基本技術、シュート技術に関して、B1 クラス、B2/3 クラスとも日本代表選手を中心に測定を行った。B1 クラス、B2/3 クラスともに、1 名ずつクラブチーム所属選手がいた。B1 クラスのクラブチーム所属選手の合計得点は低かったが、B2/3 クラスのクラブチーム所属選手の合計得点は日本代表選手の平均点と同等の得点であった。クラブチーム所属選手である B1 クラスの H 選手、B2/3 クラスの P 選手は、いずれも競技年数 3 年であった。B2/3 クラスは弱視であり、選手のみで技術練習が可能である。一方、B1 クラスは、練習時にアイマスクを着用し、ガイドなどのサポートが必要であり、選手自身のみで技術練習を行うことが出来ない。B1 クラスの H 選手の合計得点が日本代表選手の合計得点に及ばなかった原因として、B1 クラスでは技術習得に時間を要することが一因であると考えられた。

今後、被験者数を増やして競技経験、ゲーム中の技術などとの相関を調べる必要があるが、シュートの質などコーチの主観に

頼る評価があり，より客観的な指標が必要 と考えられた．

表 5-1 フィールドテスト結果

クラス	選手	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	合計 得点
B1	A	9	1	3	10	8	2	9	4	5	3	54
	B	9	9	7	6	10	5	10	3	6	4	69
	C	5	7	7	8	7	4	7	5	6	4	60
	D	8	9	8	7	9	8	8	5	5	4	71
	E	4	5	6	7	6	4	10	5	4	4	55
	F	4	8	8	6	9	2	9	3	5	2	56
	G	8	1	3	7	1	2	8	5	7	3	45
	H	8	1	2	10	4	2	5	4	2	2	40
B2/3	L	5	6	10	8	7	9	6	5	2	1	59
	M	5	7	10	4	8	6	7	6	7	5	65
	N	5	7	10	2	10	6	5	7	7	5	64
	O	8	5	6	5	6	4	7	5	6	5	57
	P	6	5	7	10	8	3	7	5	5	5	61

測定項目

- | | |
|---------------------|------------------|
| ① 30mダッシュのタイム | ⑥ スラローム中のボールタッチ数 |
| ② 30mドリブルダッシュのタイム | ⑦ 足裏ボールタッチの回数 |
| ③ ①と②のタイム差 | ⑧ ドリブルシュートの結果 |
| ④ ドリブルダッシュ中のボールタッチ数 | ⑨ ドリブルシュートの最速タイム |
| ⑤ スラロームのタイム | ⑩ ドリブルシュートの平均タイム |

D. 総合考察

1) 安全確保

平成 24 年度の本調査（第 1 報）は、視覚障害者サッカーのクラブチームを中心として行ったスポーツ傷害調査であり、頭部・顔面部の外傷の割合が高かったが、今回の視覚障害者サッカー日本代表選手を中心とした調査でも、全盲の B1 クラス（ブラインドサッカー）では健常者サッカーに多い下肢に加えて、頭頸部や上肢の外傷の割合が高かった。また、メディカルチェックにおいて、スポーツ脳震盪評価テスト（SCAT2）を行ったところ、視覚障害者特有の配慮が必要であることも明らかとなった。

ブラインドサッカーでは競技力が向上して、相手を上手にかわすことにより、選手間の接触による頭部外傷が減り、ヘッドギアなどの外傷予防装具の装着が不要となると考えられる。一方、競技力が低い段階、または若手育成の段階では、安全確保やスポーツ傷害予防が必要であり、外傷予防のための用具の改良・開発を行う必要があると考えられた。

2) タレント発掘

日本ブラインドサッカー協会によれば、視覚障害者 5 人制サッカー（ブラインドサッカー、ロービジョンフットサル）の国内クラブチームは約 20 チームある。パラリンピックに出場できるのは、B1 クラス（全盲）のみであるが、国内リーグや全日本選手権には、全盲者、弱視者に加えて、一定条件の下に晴眼者も出場することができる。視覚障害者サッカーの競技人口が少なく、全盲者や弱視者のみでは成立しないクラブチームが多いため、特例として行って

いる。このため、正確な視覚障害者サッカーの競技人口を把握することは困難であるが、100 名～150 名程度と推察されている。

ゴールキーパー（晴眼者が大部分）を除くフィールドプレイヤー（視覚障害者）で、日本代表として活動している選手は、B1 クラスで約 12 名、B2/3 クラスで約 15 名である。2001 年に初めて日本にブラインドサッカーが紹介された際に大学生であった選手が現在も中心メンバーで、高齢化が進んでいる（平均年齢は約 30 歳）。視覚障害者サッカーは怪我の危険を伴う競技であるため、視覚特別支援学校などで教員が指導を避ける傾向にあり、体育の授業でもほとんど実施されていない。このため、大学入学後に競技を始める選手がほとんどで、大学卒業後も競技を続ける選手が日本代表選手に成長していく状況である。サッカー経験があり、かつ視覚障害を有する選手はまれである。

このように若年視覚障害者サッカー選手の育成は困難であり、現状のままでは、東京オリンピック・パラリンピックが開催される 2020 年には日本代表チームの高齢化がさらに進み、現在よりも国際競技力が低下すると予想される。これまでブラインドサッカー日本代表チームは、1 度もパラリンピック・アジア予選を突破出来ず、パラリンピック本大会の出場を果たしていない。2020 年東京パラリンピックでは、開催国枠で出場する予定であるが、現在の競技力ではブラジル、スペインなどブラインドサッカー強豪国に惨敗し、競技の普及、推進に支障を来すと考える。このため、競技の安全性を確保しつつ、タレントを発掘し、若手選手の育成を図ることが喫緊の課題で

ある。

平成 24 年度の本調査（第 1 報）で調査対象となったのは、大部分がクラブチームに所属する選手であった。今回は、B1 クラス、B2/3 クラスにおける日本代表レベルの選手を中心に調査を行った。被験者数は少ないが、日本代表レベルの選手の特性の傾向を把握できたと考える。今後は、将来の日本代表候補となるようなタレント発掘を目的として、視覚障害者サッカーの経験が少ない視覚障害者を対象とした調査が必要と考える。

3) 競技力向上

平成 24 年度に引き続き、本年度もフィールドテストを行ったが、短時間で客観的に実践的能力を測定する事が困難であった。今後、全国盲学校体育連盟で実施されている全国盲学校新体力テスト等を参考とし、タレント発掘に重点を置き、より客観的な指標を導入する必要があると考えられる。

障害者アスリートの競技力向上を医・科学的に支援し、また、2020 年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、国際競争力を高めるためには、障害者スポーツ専用の競技環境を整備し、選手、専属コーチ、医科学サポートスタッフなどの人材を集中することが重要である。また、タレント発掘、選手育成、日本代表チームなどの強化を行うためのエリート選手アカデミーやナショナルトレーニングセンターの機能を担う拠点を整備する必要がある。さらに、障害者アスリートが競技に集中できるような生活環境を整えるために、奨学金や助成金などによる生活保障を行い、選手引退後のセカンドキャリアのための高等教育・資格取得を推進する必要がある。

視覚障害者スポーツに関しては、国立障害者リハビリテーションセンター、国立大学法人筑波大学附属視覚特別支援学校、国立大学法人筑波技術大学等が支援を行っており、これらの施設に障害者スポーツ専用の競技施設を整備し、専属コーチ、メディカルスタッフ、サポートスタッフ等を配置することができれば、視覚障害者アスリートのための寄宿舎付きのエリートアカデミー、ナショナルトレーニングセンターの機能を担うことが可能となる。また、選手引退後のセカンドキャリアのための高等教育・資格取得も可能であり、さらに奨学金や助成金などによる生活保障を行いながら、一貫した選手強化を行うことができると考える。

E. 結論

平成 24 年度の調査を継続して、視覚障害者スポーツである視覚障害者サッカー選手の実態調査として、今回は、視覚障害者サッカー日本代表選手を中心として、アンケート調査、メディカルチェック、運動機能測定、動作解析、フィールドテストを行った。

その結果、選手のスポーツ競技歴が短く、競技環境が不十分であり、今後、医科学サポートによって、スポーツ傷害の予防を行いながら、安全性を確保し、競技環境を整備する必要があると考えられた。また、メディカルチェックの結果、眼疾患以外は健康である選手が多かった。しかしながら、比較的年齢の高い選手については、代謝症候群の疑いがあり、経過観察や食事指導など行う必要があると考えられた。また、運

動機能面については、下肢筋力や最大酸素摂取量などトップアスリートのレベルに達していない選手が多かった。

障害者スポーツの普及、推進を行い、国際競技力を高めるためには、効果的な体力評価方法を導入し、タレント発掘を含む選手育成・強化システムを構築する必要がある。そのためには、今後とも本調査を継続的に行う必要があると考えられた。

F. 参考文献

- 1) 木下裕光ほか：視覚障害者スポーツ選手における安全確保と競技向上に関する実態調査。厚生労働科学研究助成費「障害者のスポーツにおける障害と種目特性に関連した競技力向上等に関する研究」(平成24年度分担研究報告書)：pp41-71, 2013.
- 2) 徳井亜加根ほか：障害者スポーツ選手(肢体不自由・視覚障害)におけるスポーツ傷害と予防の実態調査。厚生労働科学研究助成費「障害者のスポーツにおける障害と種目特性に関連した競技力向上等に関する研究」(平成24年度分担研究報告書)：pp25-39, 2013.
- 3) 木下裕光ほか：視覚障害者サッカーにおけるスポーツ傷害発生(1年間の前向き調査)。日本障害者スポーツ学会誌 21: 25-28, 2012.
- 4) 川又達朗ほか：脳振盪とは。臨床スポーツ医学 27: 253-261, 2010.
- 5) Brocherie F et al. : Pre-season Anaerobic Performance of Elite Japanese Soccer Players. Science and Football V: 145-154, 2003.
- 6) 宮森 隆ほか：大学サッカー選手のポジション別体力特性に関する研究：試合中の移動距離・移動スピードからみた生理学的特徴との関連性について。理学療法科学 23(2)：189-195, 2008.
- 7) 中島寛之：スポーツ整形外科的メディカルチェック。臨床スポーツ医学 2, 735-740, 1985.
- 8) 藤高紘平ほか：大学サッカー選手の足部・足関節傷害に対する足部アーチ保持筋力トレーニングの効果。理学療法科学 Vol. 27 No. 3 p. 263-267, 2012.
- 9) Be WL et al. : A New Method for Detecting Anaerobic Threshold by Gas Exchange. Journal of applied physiology 60: 2020-7, 2013.
- 10) Helgerud J et al. : Aerobic Endurance Training Improves Soccer Performance. Medicine and science in sports and exercise 33: 1925-31, 2013.
- 11) Londeree BR et al. : %VO₂max versus %HRmax Regressions for Six Modes of Exercise. Medicine and science in sports and exercise 27: 458-61, 2013.
- 12) Reilly T : An Ergonomics Model of the Soccer Training Process. Journal of sports sciences 23: 561-72, 2013.
- 13) Tomlin, DL et al. : Relationship between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. Sports Medicine 31: 1-11, 2001.
- 14) Whipp BJ et al. : A Test to Determine Parameters of Aerobic Function

- during Exercise. Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology 50: 217-21, 2013.
- 15) 大宮一人：心肺運動負荷テストと運動療法. 南江堂（東京），pp178-183, 2004.
- 16) 山地啓司：改訂最大酸素摂取量の科学. 改訂第2版. 杏林書院（東京），2001.
- 17) 日本循環器学会・運動に関する診療基準委員会：日本人の運動時呼吸循環指標の標準値. Japanese Circulation Journal 56: 1514~1523, 1992.
- 18) Winter DA: Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley and Sons (New York), pp41 - 43, 2005.
- 19) 阿江通良：日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. Japanese J Sports Sciences 15(3):155 - 162, 1996.
- 20) Giagazoglou P et al. : Difference in soccer kick kinematics between blind players and control. Adapted physiological activity quarterly 28 : 251-266, 2011.
- 21) 清徳史雄ほか：サッカー・インサイドキックに関するキネマティクス的研究—軸足踏み込み時の歩幅がボールスピードに与える影響について—. 日本体育学会大会号 55 : 322, 2004.
- 22) 戸荻晴彦：サッカーのキネシオロジー的研究(I). 体育学研究 16 : 259-264, 1972.
- 23) 金子公宥ほか：バイオメカニクス 身体運動の科学的基礎. 杏林書院（東京），pp318, 2004.
- 24) 阿江通良ほか：スポーツバイオメカニクス 20 講. 朝倉書店（東京），pp12, 2002.
- 25) 文部省：新体力テスト—有意義な活用のために—. ぎょうせい（東京），2000.

G. 研究発表

1. 論文発表

特記事項なし.

2. 学会発表

- 1) 木下裕光ほか：視覚障害者サッカー選手のスポーツ脳震盪評価. 第23回日本障害者スポーツ学会, 2014. 3. 30 (福岡県久留米市).
- 2) 福永克己ほか：視覚障害者スポーツ選手における安全確保と競技向上に関する実態調査. 第23回日本障害者スポーツ学会, 2014. 3. 30 (福岡県久留米市).
- 3) 渡邊昌宏, 木下裕光ほか：ブラインドサッカー代表選手の呼気ガス分析に関する研究. 第23回日本障害者スポーツ学会, 2014. 3. 30 (福岡県久留米市).
- 4) 佐久間亨, 木下裕光ほか：ブラインドサッカー選手のインステップキックに関するキネマティクスの研究. 第23回日本障害者スポーツ学会, 2014. 3. 30 (福岡県久留米市).

H. 知的財産権の出願・登録状況

特記事項なし.

Ⅲ-3 ゴールボール専用プロテクターの開発に関する研究

研究分担者 徳井亜加根 (国立障害者リハビリテーションセンター研究所)
研究協力者 梅崎 多美 (国立障害者リハビリテーションセンター学院)
北村 弥生 (国立障害者リハビリテーションセンター研究所)
江黒 直樹 (国立障害者リハビリテーションセンター自立支援局)
中村 好男 (早稲田大学スポーツ科学学術院)
塩田 琴美 (早稲田大学スポーツ科学学術院)

研究要旨

ゴールボール専用プロテクターの開発を目的とし、日本代表女子ゴールボール選手に対するプロテクター装着の実態調査から専用プロテクターの開発コンセプトを決定し、試作、評価を行った。ゴールボール専用プロテクターに求められる機能は①安全性(衝撃吸収性)、②動作性、③快適性、④低反発性であり、それら機能を実現するために適した衝撃吸収材はスチレンビーズであることが明らかとなったため、スチレンビーズを用いて試作プロテクターを製作し、力学的、生理学的、主観的評価を実施した。その結果、力学的、生理学的評価では選手が現在使用しているプロテクターに比べ、衝撃吸収性、低反発性に優れていることが明らかとなり、快適性についても優れていることが示唆された。しかし主観的評価では、選手が現在使用しているプロテクターと試作プロテクターに差はなく、全盲の選手では、操作性に課題があり、試作プロテクターを装着できなかった。視覚障害選手が使用するプロテクターでは、機能とともに装着しやすいデザインが重要であり、今後デザインについても検討する必要があると考えられる。

A. 研究目的

2011年6月、スポーツ基本法が制定され、障害者スポーツにおける安全性の確保や競技力の向上について、初めて法律に明記され、翌年4月に策定されたスポーツ基本計画では、競技性の高い障害者スポーツについて、競技用具等の開発、調査研究等の推進が具体的施策として挙げられた。しかし、これらの課題に十分に対応できる知見及び推進体制は整っておらず、2012年に開催されたロンドンパラリンピックで団体種目初の金メダルに輝いたゴールボールにおいても例外ではない。

ゴールボールは視覚障害者スポーツであ

る。ディフェンス時には、アイシェードを装着した選手が重量1.25kgのボールを全身でブロックすることから、スポーツ外傷予防のため、ルール上ではプロテクターの装着が認められているが、ゴールボールのために開発されたプロテクターは国内外に存在しない。パラリンピックの金メダリストでさえ、野球やラクロスなど他競技のプロテクターを流用せざるを得ず、安全性の確保や競技力の向上が図られているとは言い難い。

本研究の目的は、ゴールボール日本代表選手におけるプロテクター装着の実態調査から、ゴールボール専用プロテクターに必

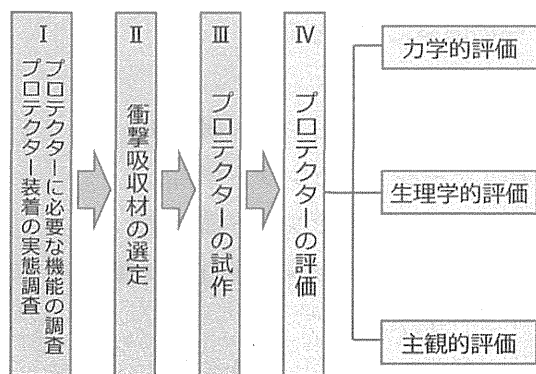


図 1 研究の流れ

要な機能を明らかにし、専用プロテクターの開発によって、競技中の安全確保と競技力の向上に寄与することとする。

B. 方法ならびに結果及び考察

本研究ではまず、選手が現在使用するプロテクターの問題点と新たに開発するプロテクターに求める機能を抽出するために実態調査を行い、プロテクター開発のコンセプトを決定した。次いで、プロテクターの機能に最も影響を及ぼす衝撃吸収材を選定し、プロテクターを試作した。試作したプロテクターについては、力学的、生理学的、主観的評価を実施した。これら研究の流れを図 1 に示した。

1. プロテクター装着の実態調査及びプロテクターに必要な機能の調査

1-1. 対象と方法

対象者はロンドンパラリンピック日本代表女子ゴールボール選手 5 名とした。選手の性別を女子に限定した理由は、日本代表チームでは女性の方がプロテクターの装着率が高く、プロテクターに求める機能についてのレベルが高い点を重視したためである。

調査項目は、競技年数、日本代表経験年数、現在使用中のプロテクターの種類・使用理由、スポーツ傷害歴、現在使用中のプロテクターの不満点、プロテクターに求める機能と優先度、プロテクターの必要度と理由、の 8 項目とし、半構造化インタビュー調査を行った。調査の実施に際し、女子チームのヘッドコーチを通じ、選手あてにワープロソフト (Word, Microsoft 社) を用いて作成した研究協力依頼書をメールで送付し、同意を得た選手から調査日当日に研究に対する同意書に署名を得た。なお、研究協力依頼書については、メール送付前に実際に音声読み上げソフトを用いて内容の確認を行った。メールにより研究協力依頼書を確認していない選手には、調査当日、口頭で研究概要に関する説明を行った。署名は調査に参加した選手全員が可能であった。

倫理的配慮として、対象者および競技団体には協力依頼文書を配布の上、本研究への参加を同意した後、いかなる場合にも同意を撤回できること、同意を撤回した場合にもいかなる不利益を受けないこと、回答したくない質問には回答しなくてもよいこと、個人を特定できるような集計は行わないこと等について説明を行い、同意書を得た。なお、本研究は国立障害者リハビリテーションセンター倫理審査委員会の承認 (24-64) を受けて行った。

1-2. 結果

1-2-1. 対象者の属性

平均年齢は 28.0 (SE 3.8) 歳、最高年齢は 37 歳、最低年齢は 17 歳であった。平均

表 1 選手が現在使用しているプロテクターの種類と使用目的

	使用 選手数	プロテクターの競技種類 ()内は使用選手数	プロテクターの使用目的 ()内は回答選手数
チェストプロテクター	4	野球(3) ラクロス(1)	衝撃吸収(4)
ヒッププロテクター	4	インラインスケート(2) アイスホッケー(1) アメリカンフットボール(1)	衝撃吸収(4)
シンガード	2	サッカー(1) バレーボール用膝サポーター(1)	衝撃吸収(2)
エルボーサポーター	5	バレーボール(5)	衝撃吸収(5)
リストサポーター	5	特に種類なし	外傷予防(1), 摩擦軽減(5)
ニーサポーター	5	バレーボール(5)	衝撃吸収(5)
アングルサポーター	1	特に種類なし	外傷予防(1)

表 2 傷害発生部位と傷害発生機序

	体 幹			上 肢			下 肢			合計 件(%)
	頸部	肋骨	腰部	肩関節	肘関節	手指	大転子	膝関節	足関節	
急性外傷	1	1			1	2	1		2	8(57.1%)
オーバーユース		1	1	3				1		6(42.9%)

競技年数は 7.4(SE 1.5)年, 最高競技年数は 11 年, 最低競技年数は 2 年で, 平均日本代表経験年数は 6.8(SE 1.5)年, 最高経験年数は 11 年, 最低経験年数は 1 年であった。

1-2-2. プロテクターの使用状況

プロテクターの使用状況を表 1 に示した。エルボーサポーター, ニーサポーター, リストサポーターはすべての選手が装着しており, チェストプロテクター, ヒッププロテクターは 5 名中 4 名の選手が装着していた。また, ゴールボール専用プロテクターが存在しないため, 野球やバレーボール等のプロテクターを使用している選手もいた。野球のプロテクターを使用している選手は投球時に股関節屈曲がしやすいようにプロテクターの長さを短くし, また,

バレーボール用の膝サポーターをシンガードとして使用している選手もいた。プロテクターやサポーターの装着目的については, コート床面やボールに対する衝撃吸収が最も多く, リストサポーターでは全選手がコート床面との摩擦の緩和を挙げた。

1-2-3. スポーツ傷害歴

ゴールボール競技を始めてからのスポーツ傷害歴は 5 名中 4 名で, 上肢に 6 件 (42.9%), 体幹に 4 件 (25.0%), 下肢に 4 件 (25.0%), 計 14 件であった。発生機序は, 急性外傷が 8 件 (57.1%), オーバーユース 6 件 (42.9%) であった (表 2)。プロテクターやサポーターをしていたにもかかわらず受傷した件数は 8 件中 3 件だった。また, プロテクター装着は可能な部位だが, 受傷時は非装着だった受傷例が 2

表 3 専用プロテクターに求める機能
(単位:点)

	安全性	動作性	快適性	反発性
選手①	2	4	3	1
選手②	3	4	2	1
選手③	1	2	3	4
選手④	2	3	1	4
選手⑤	1	4	3	2
合計	9	17	12	12

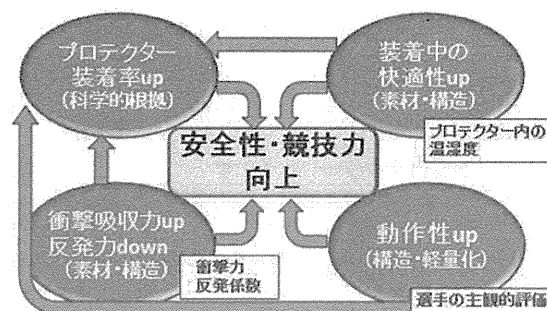


図 2 プロテクター開発コンセプト

件あり、いずれもプロテクターやサポーターを装着していれば受傷しなかったと選手は考えていることが明らかとなった。

1-2-4. 現在のプロテクターに対する不満

現在、使用しているプロテクターに対し、選手が不満に思っている点は、暑い(2名)、ボールを弾いてしまう(2名)、動きにくい(1名)、着脱が面倒(1名)、コンパクトでなくかさばる(1名)、重い(1名)、通気性が悪い(1名)、シンガードにアンクルサポート機能がない(1名)という回答だった。すなわち、多い順に、動作性、快適性、反発性に関する回答となり、痛みに関する回答はなかった。選手は痛みなら我慢すれば良いが、それ以外の項目については競技性に関わると考え、重要視していることが示唆された。

1-2-5. ゴールボール専用プロテクターに求める機能

プロテクターの機能については、プロテクターに関する先行研究¹⁻⁶⁾から安全性、動作性、快適性の3つを抽出し、優先順位を調査したところ、低反発性も重要な機能であり選択肢に加えるべきだ、とする意見が複数の選手から出された。そのため、選択肢を①安全性、②動作性、③快適性、④

低反発性、の4つに変更し、再度、優先順位を1点から4点で点数化して回答を求めた。選手が最も優先するプロテクターの機能は動作性であり、次に同点で快適性と低反発性、最下位に安全性であった(表3)。しかし、これらすべての機能が備わったプロテクターがゴールボール専用のプロテクターであって、優先順位を決めるのは非常に難しい、と回答した選手もいた。

1-2-6. 調査結果によるプロテクター開発コンセプト

調査によって把握した現状とニーズからプロテクター開発コンセプトを以下のように整理した。

- ① 安全性 (衝撃吸収性)
- ② 動作性
- ③ 快適性
- ④ 低反発性

また、これらコンセプトを実現し、科学的根拠を示すことによってプロテクターの装着率アップも期待できると考えられる(図2)。

1-3. 考察

ゴールボールはロンドンパラリンピックでも受傷率の高い競技の1つで、受傷率の高い競技に的を絞って傷害予防の介入を実

施すべきであるとの報告⁷⁾がある。視覚障害者競技においては急性外傷よりもオーバーロードによる傷害発生率が高いとする報告⁸⁾があるが、ゴールボールは急性外傷の割合が高いとする報告⁷⁾もある。本調査においてもオーバーユース 6 件に対し、急性外傷 8 件と、急性外傷による傷害発生率の方が高かった。傷害発生部位については、視覚障害者スポーツにおけるスポーツ傷害は下肢に多く発生するという報告⁸⁾があるが、2008 年に開催された北京パラリンピック以降、日本代表ゴールボール選手には下肢へのスポーツ傷害は発生していないとする報告⁹⁾もある。本調査では傷害発生時期を限定していないが、傷害発生部位は体幹 4 件、上肢 6 件、下肢 4 件となり、下肢は体幹と並び、上肢に比べ傷害発生件数が少なかった。本調査は調査対象者数も少ないため結論を述べるまでには至らないが、ゴールボールのスポーツ傷害は視覚障害者の障害特性によるものではなく、競技特性によるものであることが示唆された。

ゴールボールにおける急性外傷についての調査では、受傷件数 8 件のうち、プロテクターやサポーターを装着していたにもかかわらず受傷した例が 3 件発生しており、選手が現在使用している他競技のプロテクターやサポーターがゴールボール競技を行う上での安全性を確保しているのか疑問が持たれた。プロテクターやサポーターの装着率向上がスポーツ傷害予防への課題であると考えられるが、ゴールボールの競技特性に適したプロテクターやサポーターを開発することは、安全性ばかりでなく、装着率の向上にもつながり、スポーツ傷害の予防に効果的手段であると考えられる。

現在使用中のプロテクターに対する不満要因からゴールボール専用プロテクターに必要な機能について調査したところ、動作性が最も必要な機能であり、安全性については必要性が低い結果となった。これは、本調査がトップアスリートである日本代表選手を調査対象としたことによるものであり、選手は「勝負にこだわりたい」と思う気持ちが強く、多少の痛みなら我慢すればいいが、プロテクターやサポーターの装着によって競技力が低下するのは容認できない、と考えていると推察される。しかし、プロテクターやサポーターは競技上必要なものであると選手全員が考えており、必要とする理由については 5 人中 4 人の選手が「痛み」に関連することを挙げていた。これは、プロテクターの基本的機能がスポーツ傷害の予防というよりもむしろ痛みの軽減と選手は考えていることが示唆された。

2. 衝撃吸収材の選定

プロテクターの基本的機能は痛みの原因である衝撃の緩和であり、用いる衝撃吸収材に大きく影響を受ける。そこで、衝撃吸収材の選定のために、材料試験を行った。材料試験には振り子にゴールボールを取り付けた自作試験機(図 3)を用いた。一般的な衝撃試験機では振り子に鉄球が使用されているが、自作試験機の振り子にゴールボールを取り付けた理由は、天然ゴム製のゴールボール自体が衝撃の吸収効果を持つことが考えられるため、より現状に近似した環境を再現したものである。材料試験によって評価を行うのは、ゴールボール専用プロテクターに求める機能のうち、

- ① 安全性 (評価指標: 衝撃力)

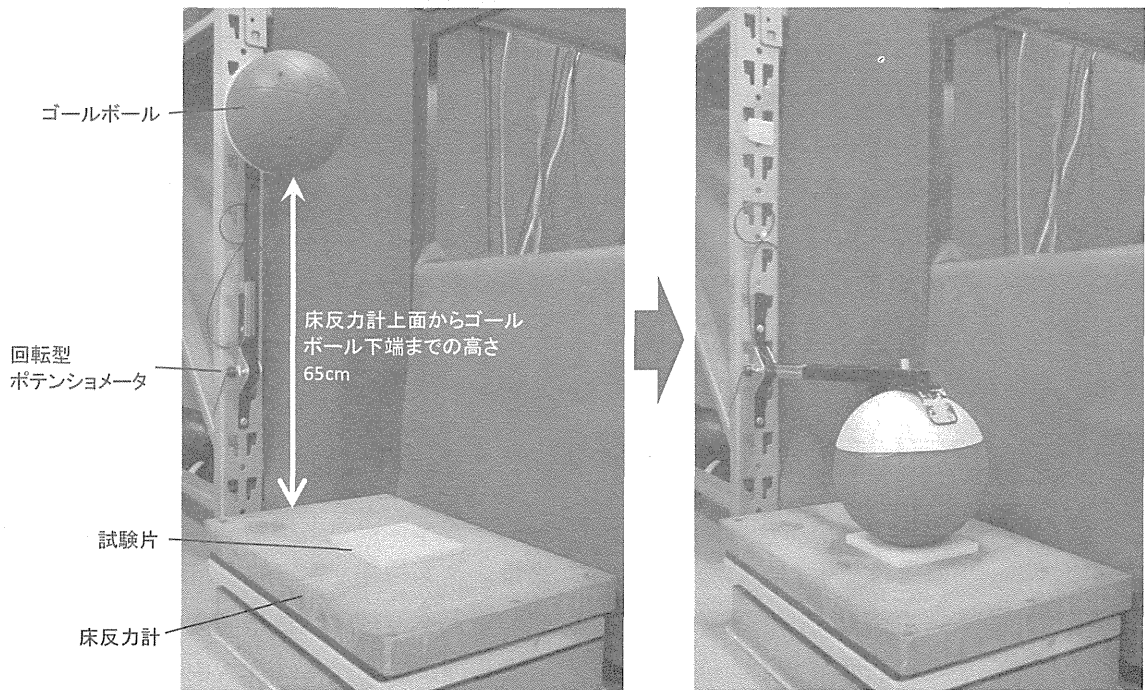


図 3 倒立振り子式衝撃試験機

② 低反発性（評価指標：反発係数）

③ 動作性・軽量性（評価指標：密度）とした。これらの評価によって、ゴールボール専用プロテクターに適した衝撃吸収材を選定した。

2-1. 方法

自作の倒立振り子式衝撃試験機は、500mmのスウィングアーム(振り子)がヒンジ式の回転軸まわりに約 90 度回転する構造とした。スウィングアーム回転軸およびその固定についてはボールの重量による落下時の衝撃に十分に耐えるだけの剛性をもたせた設計とした。

振り子の回転中心に回転型ポテンシオメータ（緑測器製 CP-2FCB）を取り付けて跳ね返り角度を計測し、振り子の衝突部位には床反力計（キスラー社製 9281B）を設置して衝撃力を計測した。サンプリング周波

数 1000Hz、試行回数は各試験片につき 6 回とした。回転型ポテンシオメータと床反力計のデータは LabChart（AD Instruments 社製）を使用して同期化し、記録、解析を行った。

試験片には装具の内貼りの素材として一般的に用いられている①フェルト、② PE-Lite、③Plastazote、④EVA、⑤PPT、⑥ 低反発フォーム、⑦スチレンビーズ（直径約 2~3mm）クッション、を用いた（表 4）。なお、試験片の大きさは 1 辺の長さ 150mm、厚さ 12mm とした。また、比較の基準値とするため、「試験片なし」の条件で同様に計測を行った。

表 4 試験片の種類

	素材名	主な原料	衝撃吸収原理
①	フェルト	羊毛	不織布
②	PE-Lite	ポリエチレン系	独立気泡
③	Plastazone	ポリエチレン系	独立気泡
④	EVA	ビニル系	独立気泡
⑤	PPT	ポリイソシアネート系	独立気泡
⑥	低反発フォーム	ポリウレタン系	連続気泡
⑦	スチレンビーズ	ポリスチレン	粉粒体

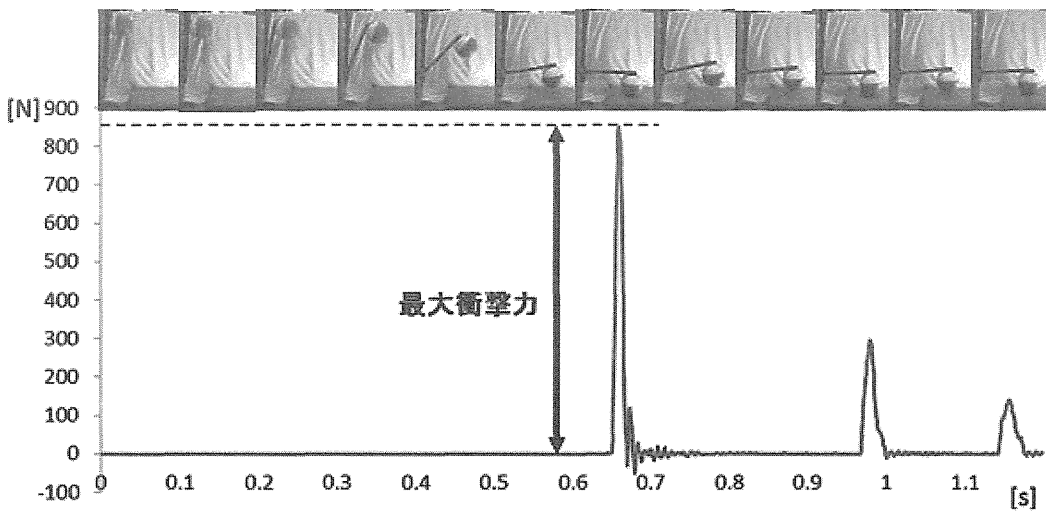


図 4 床反力計による衝撃波形の例と最大衝撃力の定義

波形の第1ピーク値を最大衝撃力とした。

上部の連続写真は、衝撃波形に対応する振り子の様子である。

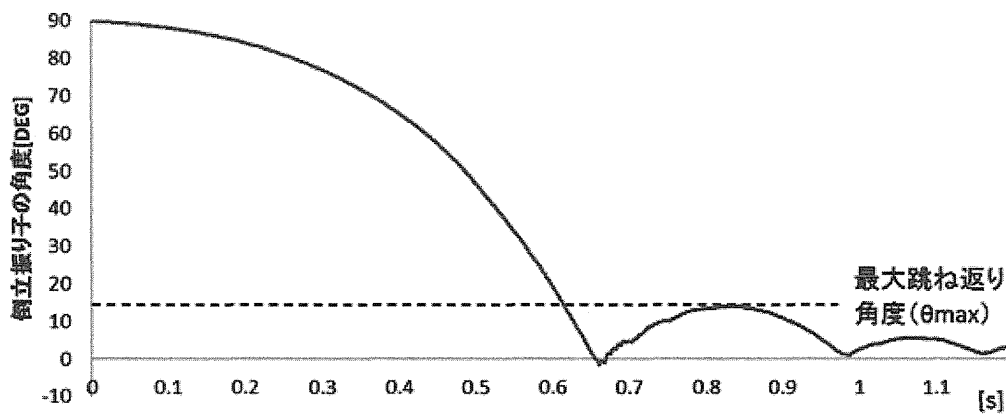


図 5 回転型ポテンシオメータによる倒立振り子の角度と最大跳ね返り角度の定義

波形の第1ピーク値を最大跳ね返り角度とした。