

2014年度 公益財団法人 ミズノスポーツ振興財団 研究助成報告書

ゴールボール選手における身体機能特性と聴覚空間認知能力の基礎研究
ー視覚障害者アスリートの新たなトレーニング法の開発に向けてー

塩田琴美¹ 徳井亜加根²

¹ 早稲田大学スポーツ科学学術院

² 国立障害者リハビリテーションセンター学院

1. 緒言

パラリンピック競技種目である「ゴールボール」はアイシェードを着用し鈴の音の入ったボールを使用し競技を行うため、視覚障害者でも行えるように考案されたスポーツである。選手は視覚からの情報は一切遮断されるため、空間上の自身の位置だけでなく、味方や相手選手の動き、ボールの位置などを瞬時に把握し攻撃やブロックなどを行うため高い空間の認知能力が必要となる。

空間認知は複数の感覚入力を統合し、生体内に3次元座標軸を再現することにより達せられ、この生体内の3次元座標を基に歩行などの日常的各動作は予測的に制御される(16)。通常、晴眼者の動作や姿勢制御においては、視覚が高い情報源となり動作は遂行され視覚や聴覚は相補的に働く。しかし、非視覚下の動作遂行時にはこれらの制御システムとは異なることが先行研究で明らかとなっている。

特に非視覚下においては、音源の方向や音源までの距離を識別する能力である音源定位（方向感覚）が重要であるとされ、音源定位は音源から発した音の届く時間（時間差）と強さ（強度差）、位相差によって生じる知覚であると定義づけられている(13)。更に、動作を行う場面などでの音の空間知覚は音源定位（水平方向と垂直方向）と距離知覚で測られ、動きを伴いながら自己と音源との相対位置関係や自分自身の空間における位置情報も把握をしながら音源定位を行う能力が重要とされる(14)。

このような点から視覚障害者スポーツにおいては、筋力など身体機能そのものを高めるトレーニングは必須ではあるが、聴覚など知覚認知能力を高めるトレーニングが最も重要視される。しかし、これまでに非視覚下での空間上における知覚-身体運動情報処理過程のシステムに基づいたブラインドスポーツにおけるトレーニング法についての研究は少ない。そのため、科学的根拠のある形でパフォーマンス向上に向けた評価法やトレーニングの開発を行うことは、ゴールボール選手だけではなく視覚障害スポーツにおいても更なる競技力の向上につながると期待できると考えられる。

そのため、本研究はゴールボール選手における聴覚空間認知能力に着目し、聴覚空間認知能力と身体運動の基礎的研究を行う事を目的として行った。本報告書ではその中でも静的姿勢制御および静的・動的空間認知課題におけるゴールボール選手と晴眼者の比較について焦点をあて報告を行う。

2. 実験方法

本研究は早稲田大学倫理審査委員会および国立障害者リハビリテーションセンター倫理委員会の承認を得て実施をした。

2-2 対象

対象者の募集は、国立障害者リハビリテーションセンターにおいて公募にて行った。対象者は本研究に同意の得た視覚障害手帳を有するブラインドアスリート群 (Blind Athlete :BA)、男性 6 名、女性 3 名であった (年齢 29.9 ± 8.3 歳、20-44 歳)、視覚障害特性については表 1 に示した。視覚障害後のスポーツ歴はゴールボール (平均年数 1.8 ± 5.6 年)、ブラインドサッカー (内 3 名、平均年数 1 年) であった。晴眼群 (Sight :ST 群、年齢 27.4 ± 4.3 歳、22-33 歳) では、男性 4 名、女性 3 名であった。

表 1. BA 群の障害特性

障害(人)	視野障害	5
	視力障害	6
障害の程度(人)	1級	2
	2級	5
	4級	1
	6級	1
診断名(人)	網膜色素変性症	3
	視束管損傷	1
	網膜剥離	2
	ベーチェット病	1
	レーベル病	1
	その他	1
診断年代(人)	先天性	2
	後天性	7
	10代	5
	20代	1
	30代	1
障害歴(人)	5年未満	2
	5年以上10年未満	4
	10-20年	2
	30年	1

2-3 測定方法

静的姿勢制御能力の評価

静的姿勢制御能力の評価として重心動揺計を用いて行った。計測に使用した機器は、マットスキャン (ニッタ圧力分布測定システム, サンプリング周波数 20Hz) を使用し、開眼および閉眼条件の 2 条件で 30 秒間の重心動揺の測定を行った。測定肢位は、足部の位置はロンベルグ肢位とし、両側上肢は体側に垂らした自然立位とした。開眼条件においては BA 群・ST 群ともに日常生活上での視覚条件下で測定を行い、閉眼条件では前面を黒く覆われたアイシェードを装着し非視覚下で測定を行った。データは、軌跡長 (LNG)、単位時間軌跡長 (LNG/TIME)、単位面積軌跡長 (LNG/AREA)、外周面積 (ENV AREA)、矩形面積 (REC AREA)、実効値面積値 (RMS AREA) について取得をした。

空間知覚課題

空間知覚課題は静的と動的環境下での下記の2条件で行った。

静的空間認知課題

静的空間知覚課題は、右、中央、左方向のいずれかからコインを落下させた後、静止したコインの位置を同定する課題条件下で行った。

はじめに、コインを落下させるためのスタンドを150cmの高さと150cm幅間隔で3台(左・中央、右方向)設置をした。対象者はアイシェードを装着し、落下させるスタンドより1m前方のスタートライン上に立ち音源の把握を行わせた。落下したコインが完全に静止した後、対象者はコインの位置と思われるポイントに移動をし、床面上に指を差させた。コインの落下位置の除外基準としては、コインが対象者や計測機にあたった場合は、再度測定を行った。測定者はコインの位置と対象者が指差した位置の記録をし、9回ランダムに連続的に施行をした。測定終了後にコインの落下位置と対象者の指差した位置を座標で表し誤差角度(誤認角度)の算出を行い更に右方向、中央方向および左方向の誤差角度の算出を行った。

動的空間認知課題

動的空間認知課題は右、中央、左方向から歩行中に聴覚刺激としてブザーを鳴らし、鳴った方向に方向転換を行うことを課題条件とした。

動的空間認知課題としては、体育館(奥行26m, 幅15m, 高さ6m)を使用し、計測範囲はゴールボール用コートを使用して行った。はじめに基準歩行路の設定を行い、基準歩行路はスタートラインから直線で3m(A点)、A点からB点(A点から右 37° , 4.2m)、B-C(B点から左 90° , 1m)、C-D(C点から右 45° , 3m)、D-E(D点から左 60° , 4.3m)とし、その延長上に聴覚刺激(マルチパス, DKH製)としてブザーを右方向、左および中央方向の3台およびビデオカメラ6台設置を行った。対象者には基準歩行路の視覚情報を入れないようにアイシェードをさせスタートラインまで誘導した。その後、ブザーの音を確認させ、「音が色々な方向からランダムに鳴ります。ブザーの鳴った方向へ移動して下さい」と教示を統一した。ブザーの音は500Hzで300msとし、基準歩行路に基づきブザーが鳴る方向は予め設定をした。測定者は、基準路のポイント延長上を対象者のどちらかの足が超えた点でブザーを鳴らし方向転換をさせた。歩行速度については、音源定位は速度により影響することを考慮し事前に各対象者にはメトロノーム(100ケイデンス)により歩行速度を合わせるように練習させ、測定時にも基準速度としメトロノームを使用し行った。測定は2回施行し、コートのサイドラインを越えた場合や基準路のポイントを通過しなかった場合は測定を中止し再度測定を行った。測定後に、ビデオカメラを用いて対象者が実際に通過した地点についてX, Y座標にデータ化をし、ブザー位置および基準路の各ポイントの座標から誤差角度を算出し、更に左、中央、右方向の平均値の算出を行った。

2-4. 統計解析

重心動揺については、LNG、LNG/TIME、LNG/AREA、ENV AREA、REC AREA、RMS AREAのデータを開眼、閉眼、ロンベルグ率(Romberg Ratios)の各条件下でBA群とST群でMann Whitney検定を用いて比較を行った。静的および動的空間認知課題においては、独立変数をBA群とST群(対象群)と右、中央、左の3つの方向(方向性)とし、従属変数を誤認角度の平均値として2元配置の分散分析を行った。統計に使用したソフトはSPSS for windows 22versionを使用した。

3. 結果

静的姿勢制御能力

重心動揺についてはBA群とST群の平均値の比較を行った(表2)。その結果、開眼条件でのLNG(以下順にBA: mean 55.7 SD(13.9)cm,ST:29.3(3.9)cm, $P=0.00$)、LNG/TIME (1.9(0.5)cm/Sec,1.0(0.1) cm/Sec , $P=0.00$)、LNG/AREA(13.6(6.8) cm²,19.9(5.8) cm², $P=0.091$)、ENV AREA(5.3(2.9) cm², 1.7(1.0) cm², $P=0.005$)、REC AREA(12.9(7.9) cm²,3.6(2.4) cm², $P=0.003$)、RMS AREA(3.2(2.2) cm²,1.3(1.1) cm², $P=0.031$)において統計学的有意差を認め ($P<0.05$)、閉眼条件においてもLNG(63.3 (14.7) cm,43.3(13.5) cm, $P=0.016$)およびLNG/TIME(2.1(0.5) cm/Sec,1.7(2.5) cm/Sec, $P=0.012$)において有意な差を認めた ($P<0.05$)、ロンベルク率では、開眼条件でのLNG(1.2(0.1) cm,0.5(1.1) cm , $P=0.016$)、LNG/TIME(1.2(0.1) cm/Sec,0.5(1.1) cm/Sec , $P=0.016$)、ENV AREA(1.2(0.3) cm² ,2.1(1.0) cm² , $P=0.012$)、REC AREA(1.3(0.4) cm²,3.0(2.7) cm² , $P=0.042$)において統計学的有意差を認めた ($P<0.05$)

表 2. BA 群と ST 群の重心動揺の比較

	BA群 (n=9)			ST群 (n=7)			Z	p	ES
	Mean	SD	95 %CI	Mean	SD	95% CI			
Static Balance (Open)									
LNG (cm)	55.7	13.9	44.9- 66.4	29.3	3.9	25.7- 32.9	-3.334	0.000*	-0.83
LNG/TIME (cm/Sec)	1.9	0.5	1.5- 2.2	1	0.1	0.9- 1.1	-3.334	0.000*	-0.83
LNG/E.AREA (1/cm)	13.6	6.8	8.3- 18.8	19.9	5.8	14.6- 25.3	-1.747	0.091*	-0.43
ENV AREA(cm ²)	5.3	2.9	3.1- 7.5	1.7	1	0.8- 2.6	-2.699	0.005*	-0.67
REC AREA(cm ²)	12.9	7.9	6.8- 19	3.6	2.4	1.4- 5.9	-2.805	0.003*	-0.7
RMS AREA(cm ²)	3.2	2.2	1.5- 4.9	1.3	1.1	0.3- 2.3	-2.17	0.031*	-0.6
Static Balance (Close)									
LNG (cm)	63.3	14.7	52- 74.6	43.3	13.5	30.8- 55.7	-2.382	0.016*	-0.6
LNG/TIME (cm/Sec)	2.1	0.5	1.7- 2.5	1.4	0.4	1- 1.9	-2.438	0.012*	-0.61
LNG/E.AREA (1/cm)	13.2	6.8	7.9- 18.4	14.6	3.8	11.1- 18.1	-0.688	0.536	-0.17
ENV AREA(cm ²)	6.3	3.7	3.5- 9.1	3.2	1.4	1.9- 4.5	-1.907	0.055	-0.48
REC AREA(cm ²)	16.1	12.1	6.7- 25.4	9.1	7.3	2.3- 15.9	-1.429	0.174	-0.35
RMS AREA(cm ²)			1.2- 7			1- 2.5	-1.113	0.299	-0.28
Romberg Ratios									
LNG (cm)	1.2	0.1	1- 1.3	1.5	0.5	1.1- 1.9	-2.334	0.016*	-0.58
LNG/TIME (cm/Sec)	1.2	0.1	1- 1.3	1.5	0.5	1.1- 1.9	-2.334	0.016*	-0.58
LNG/E.AREA (1/cm)	1	0.2	0.8- 1.2	0.8	0.2	0.6- 1	-1.801	0.071	-0.45
ENV AREA(cm ²)	1.2	0.3	1- 1.4	2.1	1	1.2- 3	-2.489	0.012*	-0.6
REC AREA(cm ²)	1.3	0.4	0.9- 1.6	3	2.7	0.4- 5.5	-2.066	0.042*	-0.52
RMS AREA(cm ²)	1.2	0.5	0.8- 1.6	1.9	1	1- 2.8	-1.217	0.252	-0.3

*:p<0.05

空間認知課題

静的空間認知課題については、BA 群と ST 群および方向によって誤差角度に差がみられるかどうかの検証をするために、独立変数を対象群と方向性、従属変数を誤差角度とし対応のない 2 要因の分散分析を行った。その結果、平均誤差は右方向（順に BA:9.0 (4.4) ° , ST:9.0(6.6) °), 中央方向 (6.5(4.7) ° , 6.1(3.8) °), 左方向 (8.1(6.8) ° , 9.5(3.4) °) であり、群の主効果は $F(1,42)=0.049$, $P=0.825$, $n^2=0.001$ 、3 方向の主効果 $F(2,42)=1.341$, $P=0.273$, $n^2=0.06$ で有意ではなかった。また、交互作用においても有意ではなかった ($F(2,42)=0.15$, $P=0.861$, $n^2=0.007$)。

動的空間認知課題についても同様に独立変数を対象群と方向性、従属変数を誤差角度とし対応のない 2 要因の分散分析を行った。その結果、平均誤差は右方向（順に BA 群:(13.9(4.4) ° , ST 群:9.7(5.4) °), 中央方向(3.4(3.6) ° , 5.0(2.3) °), 左方向(17.7(13.5) ° , 37.4(23.3) °) であり、群の主効果は有意ではなかったが ($F(1,42)=3.126$, $P=0.084$)、方向性においては有意であった ($F(2,42)=18.061$, $P=0.00$)。また、交互作用は有意であった ($F(2,42)=4.993$, $P=0.011$)。そのため、単純主効果の検定を行った結果、方向による単純主効果については、左方向においては BA 群と ST 群の間で有意であり ($F(1,42)=0.563$, $P=0.457$, $n^2=0.013$)、BA 群の方が左方向の平均誤差が少なかった。正面および右方向においては、BA 群と ST 群の間で有意ではなかった(順に $F(1,42)=0.08$, $P=0.779$, $n^2=0.002$; $F(1,42)=12.469$, $P=0.001$, $n^2=0.229$)。一方、3 方向間での比較においては、BA 群および ST 群ともに有意であった($F(2,42)=3.966$, $P=0.026$, $n^2=0.159$; ($F(2,42)=17.407$, $P=0.00$, $n^2=0.453$))。BA 群では、正面と左方向の間で有意であり ($P=0.01$)、左方向の誤差が大きい値を示したが、正面と右方向、右方向と左方向では有意ではなかった。ST 群においては、左方向と正面 ($P=0.00$) および右方向 ($P=0.00$) に有意であり、ST 群においても同様に左方向の誤差が最も大きい値を示した。

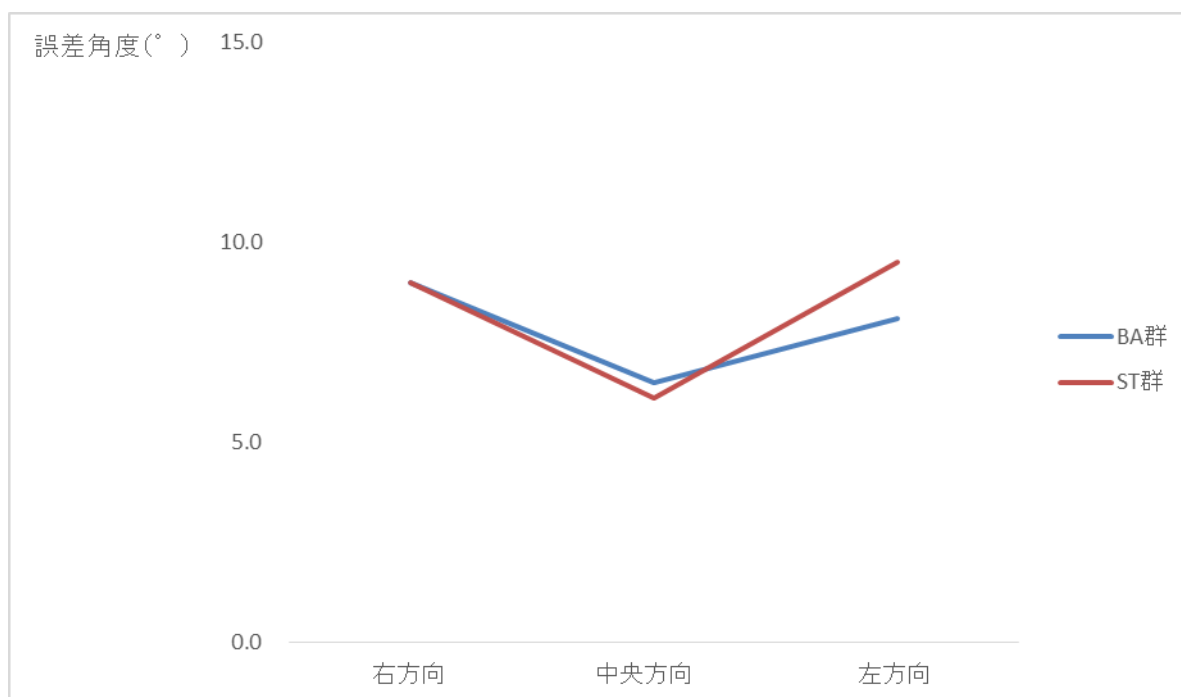


図 1. 静的空間知覚課題における誤差角度の方向性による比較

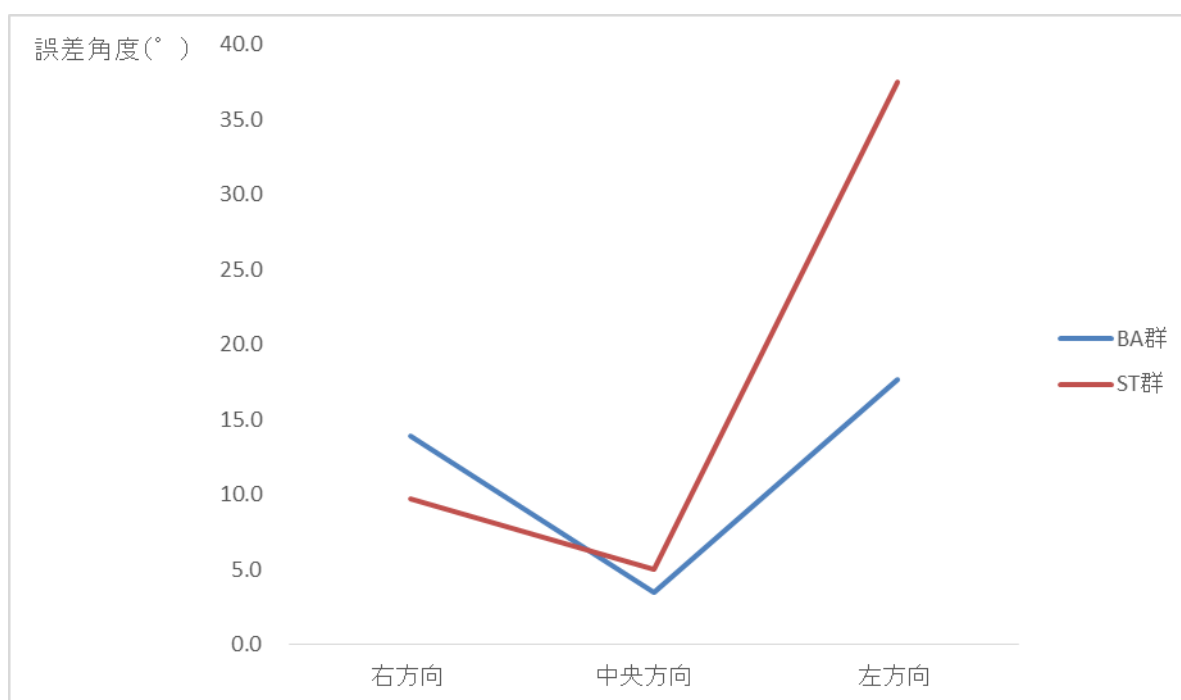


図 2. 動的空間知覚課題における誤差角度の方向性による比較

4. 考察

静的姿勢制御能力重心動揺

本研究の結果では、BA 群と ST 群では重心動揺は開眼・閉眼時ともに ST 群として比較をして有意に大きい値であった。しかし、ロンベルグ率を比較すると、BA 群は ST 群と比較し小さい値となった。

視覚障害者と晴眼者の姿勢制御能力については、先行研究においても視覚障害者の姿勢制御能力は低下をしているという報告(8)や反対に晴眼者よりも優れているもしくは差はないという意見が対立をしている。これまでの先行研究からも視覚障害者と晴眼者におけるその情報処理システムや戦略が異なっていると報告がされている。特に後天性の視覚障害者および非視覚下において視覚イメージをもつ晴眼者では視野中心部の音源を聴覚定位するとき、定位に際し視覚入力を得られない場合でも視覚優位の聴空間座標が機能をしているという報告や、晴眼時と同様に残存する視覚機能依存するという報告もある(2)。一方で、先天性のブラインド者では本研究同様にロンベルグ率が 1 に近い値を示し、特に閉眼時でのバランス能力が高いとの報告もある(1)。

本研究の結果では、晴眼者の信頼区間の値を示す対象者は認めず先天性や後天性といった障害の時期や程度に関わらず ST 群と比較して重心動揺は大きい値となった。しかしながら、Nakata, Yabe らの先行研究では動的な外乱刺激を加えた姿勢制御において、晴眼者とブラインド者での姿勢応答に有意な差は認めなかったと報告されている(9)。更に、動的に外乱刺激を加えるようなイクイテストを用いた研究においては、ゴールボール選手とスポーツを行っていないブラインド群を比較した結果、動的な姿勢制御能力は有意に高い事が示され、ゴールボール選手では動的環境下での側面の動きを伴うため、特に閉眼時の動的環境下での姿勢制御能力が高くなるのではないかと結論づけられている(1)。今後は、更に動的環境下での姿勢制御能力の違いについても検討をしていく必要があると考えられる。

空間認知課題

本研究の結果、静的認知課題においてはBA群およびST群では3方向の認知角度に有意な差は認められなかった。しかし、動的認知課題では左方向においてBA群および晴眼者群で有意な差を認めた。更に、3方向の比較においては、BA群およびST群ともに左方向の誤差が右や中央方向よりも有意に大きかった。

BA群がST群と比較し誤差が少なかった点としては、これまでに静的環境下において視覚障害者と晴眼者の音源定位能力について比較をした研究では、視覚障害者は晴眼者と比較し聴覚弁別能力やローカライズ能力および聴覚弁別時の反応時間が優れていると報告されている(3, 5, 7, 10, 11)。更に、fMRIや脳波などを用いた研究においても同様に、その両群では聴覚刺激によりローカライズさせた時の反応領域や波形が異なることが報告されている(6)。

本研究結果での音の方向性による正確性については中央から側面に行くほど知覚誤差が大きい結果となり先行研究(12)を支持するものとなった。更に、中央方向の音の反応においては晴眼者と視覚障害者では大差が認められないが、遠い距離や側方の音に対しては視覚障害者での弁別能力の反応時間が早いと報告されている(4)。特にブラインドサッカー選手などスポーツを行っている選手では更に識別能力が高く反応時間は早い事が報告されている(12)。通常、視覚優位下で姿勢制御を行う晴眼者において視覚と聴覚情報による処理過程の違いは、視覚は空間情報を扱うのに対して、聴覚は基本的に時間情報を扱うところであるとされ(15)、聴覚情報は一過性の情報であることが多く再度情報を取ることが難しい状況下が多い。そのため、聴覚情報はより瞬時の適切な判断が必要とされる。これは、本研究において自身の位置とブザーの位置の瞬時の把握が必要であった動的知覚課題では晴眼者と視覚障害者ではその誤差が有意であったように、動的場面ではより著明にこの傾向がやすいと考えられる。

更に、聴覚による空間的知覚、音源の方向、音源との距離など音源の空間的位置の識別には両耳聴のバランスが重要とされ、両耳聴がバランスよく機能すれば音源の方向に関してはかなり正確な判断ができるとされている。本研究では、両耳聴の左右バランスと空間知覚の正確性の因果関係までの分析には至っていないが、静的・動的環境下などどのような条件下においても図1、2で示したように左右対称的なV字曲線を示すことが音源定位による空間知覚の正確性に重要なのではないかと考えられる。

本研究の限界点としては、本研究の対象者は両群ともに測定施設に通学する学生が対象であり、BA群では先天性や後天性、視覚障害などの視覚障害レベル特性について偏りがあったといえる。また、はじめての環境や空間での測定ではない事は考慮に入れる必要があると考えられる。しかし、本研究結果より適切な空間知覚を可能にするには両耳聴機能の能力の他、静的・動的環境下での機能特性の評価をする必要性は明確になったと言える。加えて、今回の研究においては、聴覚定位残効の影響や非視覚下特有起こる偏移傾向の特性のメカニズムの分析には至っていないが、これらについても更なる検討を行い選手の空間知覚特性の把握が可能なような適切な評価の構築やより効果的なトレーニング方法の確立をしていく必要があると考えられる。また、今後、先天性や後天性や全盲者や弱視といったそれぞれの障害特性の分析も行うことで、一般にスポーツを楽しむ視覚障害者にとっても個々の特性に応じた指導を行うための一助となるといえる。

5. 結論

本報告においては、静的姿勢制御および静的・動的空間認知課題におけるゴールボール選手と晴眼者の比較について焦点をあて行った。その結果、BA 群と ST 群では重心動揺は開眼・閉眼時ともに ST 群と比較をして有意に大きい値であったが、ロンベルグ率を比較すると、BA 群よりも小さい値となった。更に、空間知覚課題では静的課題において左右方向の差異は大きくなかったが、動的課題においては ST 群ではより著明に左側の誤差が大きく左右非対称的な空間認知が行われていた。これは、BA 群では非視覚的に姿勢制御能力が構築され、動的場面での聴覚情報をより瞬時に空間的方向づけを行う能力が高いといえる。また、空間知覚の評価に至っては、両耳聴の左右バランスの他、静的・動的環境下での空間知覚機能特性の評価を行う必要があると考えられる。今後、更に検討をしていくことで空間知覚特性の評価やトレーニング方法の確立に寄与していく必要があるといえる。

謝辞

本研究の遂行にあたり研究助成金を受け賜りましたミズノスポーツ振興財団に深謝をいたします。本研究に協力を頂きました対象者各位、測定協力を頂きました国立身体障害者リハビリテーション学院梅崎多美先生、細川健一郎先生、義肢装具学科およびリハビリテーション体育学科の学生各位にも感謝を申し上げます。本研究の詳細な情報については今後投稿する論文を参照されたい。尚、本研究では障がい者という表記は法令に準拠し障害としています。

参考文献

1. Aydog E, Aydog ST, Cakci A, Doral MN. Dynamic postural stability in blind athletes using the biodex stability system. *International Journal of Sports Medicine*. 2006;27(5):415-8.
2. Collignon O, Charbonneau G, Lassonde M, Lepore F. Early visual deprivation alters multisensory processing in peripersonal space. *Neuropsychologia*. 2009;47(14):3236-43.
3. Collignon O, Renier L, Bruyer R, Tranduy D, Veraart C. Improved selective and divided spatial attention in early blind subjects. *Brain Research*. 2006;1075:175-82.
4. Despres O, Candas V, Dufour A. Spatial auditory compensation in early-blind humans: Involvement of eye movements and/or attention orienting? *Neuropsychologia*. 2005;43(13):1955-62.
5. Gougoux F, Zatorre RJ, Lassonde M, Voss P, Lepore F. A functional neuroimaging study of sound localization: Visual cortex activity predicts performance in early-blind individuals. *Plos Biology*. 2005;3(2):324-33.
6. Imbiriba LA, Rodrigues EC, Magalhaes J, Vargas CD. Motor imagery in blind subjects: The influence of the previous visual experience. *Neuroscience Letters*. 2006;400(1-2):181-5.
7. Lessard N, Pare M, Lepore F, Lassonde W. Early-blind human subjects localize sound sources better than sighted subjects. *Nature*. 1998;395(6699):278-80.

8. Mônica S.V. Tomomitsu ACA, Eurica Morimoto, Tatiana G. Bobbio, Julia M.D. Greve. Static and dynamic postural control in low-vision and normal-vision adults. *Clinics* vol.68 no.4 São Paulo Apr. 2013;(517-521).
9. Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. *Gait & Posture*. 2001;14(1):36-43.
10. Occelli V, Bruns P, Zampini M, Roder B. Audiotactile integration is reduced in congenital blindness in a spatial ventriloquism task. *Neuropsychologia*. 2012;50(1):36-43.
11. Roder B, Teder-Salejarvi W, Sterr A, Rosler F, Hillyard SA, Neville HJ. Improved auditory spatial tuning in blind humans. *Nature*. 1999;400(6740):162-6.
12. Velten MCC, Blasing B, Portes L, Hermann T, Schack T. Cognitive representation of auditory space in blind football experts. *Psychology of Sport and Exercise*. 2014;15(5):441-5.
13. 加我君孝. 方向感検査の臨床応用. 耳鼻咽喉科臨床. 1999;92(12):1263-79.
14. 崔正烈, 寺本渉, 坂本 修一. ベクシオンが頭部前後における水平方向の音像定位に及ぼす影響. ヒューマンインタフェース学会論文誌 The transactions of Human Interface Society. 2012;14(1):151-8.
15. 田内雅規, 大倉元宏. 視覚障害者支援技術の現状と問題点:単独歩行について. 計測と制御. 1995;34(2):140-6.
16. 高橋正紘, 岡田行弘, 斉藤晶 et al. 生体内座標軸理論 空間認知による固視, 歩行の制御:空間認知による固視, 歩行の制御. 日本耳鼻咽喉科学会会報. 1991;94(2):161-9.