

## スポーツ種目別にみたバランス能力特性

川端 悠 鈴木 省三 佐藤 佑

キーワード：スポーツ選手，静的バランス能力，視覚の寄与

### Characteristics of balance ability among various sports activities

Haruka Kawabata Shozo Suzuki Tasuku Sato

#### Abstract

The purpose of this study was to clarify the characteristics of static balance ability among selected sports activities. Subjects, the total number of 43, were arbitrarily selected from such sports as Alpine ski (6), junior jump ski (10), cross-country ski (6), baseball (6) excluding pitchers, soccer (8) excluding goal keepers, and sprinting events (7) in track and field, etc. For the measurement of the fluctuations in the center of gravity in upright position, an oscillometer of the center of gravity 1G06 (Sanei Medice Inc.) and a program for an analysis of an oscillation of the center of gravity (Medical Tri-system, Inc.) were used.

Results obtained were as follows: differences in both LNG (length of the center of gravity) and EA (enveloped area) with opened eyes were not statistically significant between high-speed skiing and ball game players; however, with closed eyes and also in Ronberg's ratio, the speed-skiing showed statistically higher value than the ball game players. It was implied that the static balance ability in the high-speed skiing depended more on vision than that in ball game players.

Key words : static balance ability, athletes, visual contribution

#### 1. はじめに

我々人間は直立姿勢を基本とし、「走る」、「跳ぶ」、「打つ」、「投げる」などの運動（動作）を行なっているが静止時はもとより、連続した動作の中でも常に円滑な運動が出来るのは身体の平衡を維持する機能が備わっているからであり（朴澤，1995），一般にこれをバランス能力と呼んでいる。

バランス能力は「姿勢反射」，「刺激に対する随意反射」そして「予測に基づいた予測的姿勢調節」の3つの要素から構成されており（大築，2003），非常に複雑な神経シ

ステムから成り立っている。

人間のバランス能力に寄与する受容器には「視覚器」，「体性感覚器」，「前庭感覚器」がある。視覚は外界と自己との相対的位置関係，体制感覚は支持面と自己との関係，前庭感覚は重力・頭部の動きに関する内的な情報である（清水ほか，1993）。これらの受容器から得られた情報は中枢神経系で処理され，身体の姿勢制御を状況に応じて適切に調節している。また，これら受容器のいずれかの機能が低下もしくは欠如しても他の器官が代償してバランスが維持される。

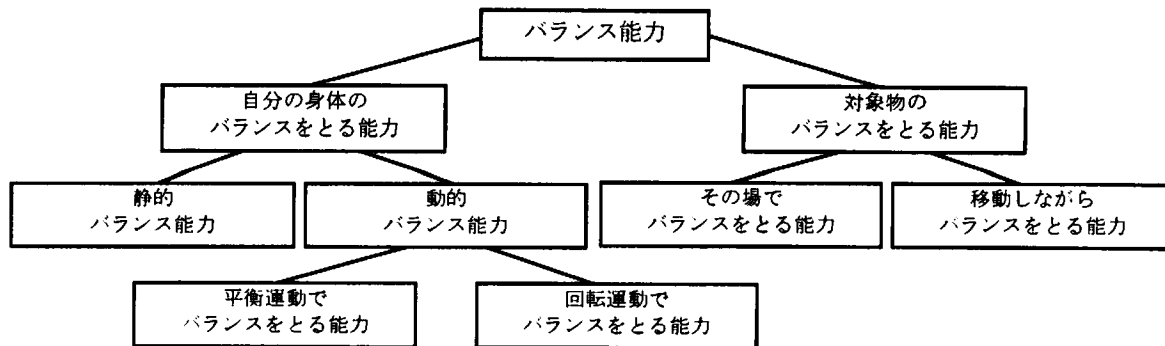


図1 Fetz (1987) によるバランス能力の分類

Nicks (1962) は人間はバランス能力を「静的バランス能力」、「動的バランス能力」、「対象物のバランスをとる能力」の3つの要素に分類したが、Fetz (1987) は、これをさらに8つの要素に細分化した(図1)。

近年、この様なバランス能力を向上させる目的でバランスボールやバランスディスクと呼ばれるゴム製品を用いたトレーニングや遊びの要素を含んだ動きに人気が集まっている。こういった運動はコーディネーショントレーニング等と呼ばれ、旧東ドイツから各国に広まりスポーツ選手のトレーニングはもちろん、子供の身体づくり運動やスポーツクラブのレッスンプログラム等にも広く応用されている。

バランス能力は電車内での立ち姿勢、自転車の乗り降り、歩行や立ち上がり動作といった日常動作で重要な役割を果たすものの、その個人差は大きい。そのためバランス能力を改善させるトレーニングは、神経系の発達が著しい年代の子供に取り入れることで、将来的な運動能力の改善につながり、高齢者にとってはADLやQOLの改善につながる。そのためバランス能力を維持・改善させることは年齢を問わず重要となる。

特にスポーツ場面においては、技術(動作スピードや正確性など)の向上に伴い身体を効率よくスムーズに動かすことや、不安定な体勢下でのプレーまたは素早いリカバリーが要求され日常動作以上に高いバランス能力が必要とされる。

このことからコーチは選手のパフォーマンスを向上させるため、日々のトレーニングにコーディネーショントレーニングを織り交ぜ、選手のバランス能力の向上を図っている。そのため選手のバランス能力をコーチが直接的な分析方法で評価をすることは、今後のトレーニングメニューの作成時に重要となる。

現在、バランス能力を評価する簡便な方法として多用されている方法に重心動揺計測がある。この方法は身体の重心動揺を定量的かつ客観的に評価できるため、臨床の場で広く用いられている。

鈴木(1998)は、20代の健常な女性を対象に重心動揺と握力、背筋力、片足閉眼立ち時間等の関係を調査した

が、これらには相関関係がないことを示唆した。

坂口・角田(1977)は、無作為に抽出した健常な20代から60代の男女を対象に重心動揺における性差と年齢について調査したが、ともに統計的有意は認められなかった。

これらのことから重心動揺は、他の体力因子や性差や年齢の影響を受けない静的バランス能力として分析出来ることが示された。また、現在健常なスポーツ選手を対象とした重心動揺の研究は極めて少なく、スポーツ種目の違いがスポーツ選手の重心動揺にどのような影響を与えているのか、スポーツ種目別に静的なバランス能力の特性を明らかにする基礎的分析データの蓄積は今後の日本人選手の競技力向上に必要不可欠であると考えた。

そこで本研究は、立位の重心動揺を客観的かつ定量的に分析出来る重心動揺計を使用してアルペンスキー、Jr.ジャンプスキー、クロスカントリースキー、野球、サッカー、陸上短距離選手等の立位重心動揺を分析・検討し、スポーツ種目別に静的なバランス能力特性を立位重心動揺から明らかにすることを目的とした。

表1 被験者の人数、平均競技歴と年齢

Sport activities	Number (persons)	Athletic history (years)	Age (years)
Ski-Jumping	10	4.2	17.1
Alpine	6	12.5	20.2
C-C skiing	6	10.3	20.8
Soccer (except a goal-keeper)	8	11.3	20.0
Track & Field 100m	7	7.6	20.6
Baseball (except a pitcher)	6	9.8	20.0

C-C skiing : Cross country skiing

## II. 研究方法

### A. 被験者

被験者はS大学に所属するアルペンスキー選手6名、クロスカントリースキー選手6名、サッカー選手8名、陸上短距離選手7名、野球選手6名と北海道のH高校、S高校、Y高校に所属するJr.ジャンプスキー選手10名の合計43名とした。また、ポジションによる特異性を考慮し、サッカー選手はゴールキーパー以外の選手、野球

選手はピッチャー以外の野手を選出した (表 1)。

## B. 測定装置

直立時の重心動揺を測定するため、重心動揺計「IG06」(三栄メディス社製)、および重心動揺解析ソフト「平衡機能計測 for Windows」(メディカルトライシステム社製)を使用した。この装置は被験者の荷重変化を圧トランスデューサーにより、圧変化を電圧の大きさへと変換し X 軸(左右)方向と Y 軸(前後)方向への偏位距離に換算して、重心動揺の特徴、性質、方向などを解析・表示する機器であった。

## C. 重心動揺の検査方法

(日本平衡神経学会,1983 より一部抜粋)

### 1. 検査室

静かな、明るさが均一な部屋であれば良い。音、視刺激による身体偏位が生じない条件で検査する。

### 2. 重心動揺計上の直立位置

被験者の足底の中心が検査台上の基準点と一致するように起立させる。

### 3. 足位

両足を接して直立するのを基準とする。直立維持が不安定で閉足直立が困難な例では開足または踵を接し足尖を開いて直立させて検査し、開足間隔距離あるいは足尖を開いた開足角度を記載する。

### 4. 直立姿勢の指定

両上肢を体側に接し自然に直立した姿勢 (natural standing) で検査する。

### 5. 視点の設定

開眼検査においては正面、眼の高さに設定された視点を注視させて行なう。

### 6. 記録の開始

記録は重心動揺が安定した時点から記録を開始する。

### 7. 記録時間

60 秒記録を基準とする。60 秒直立困難な例では 30 秒記録を行う。60 秒以外の時には記録秒数を記載する。記録中は話しかけたり指示を与えたりしない。

### 8. 検査は開眼および閉眼にて行なう。

## D. 測定手順

測定は時田 (1980, 1985) が行なっていた。日本平衡

神経学会が提示した重心動揺検査の基準 (日本平衡神経学会, 1983) に準拠した方法を参考に実施した。そのため検者は測定前に被験者へこの基準をよく教示した。測定時、被験者には両足均等荷重になるよう意識させ、足位は閉脚のロンベルグ足位に統一した。測定時間は開眼、閉眼の順に各 30 秒間づつ行ない重心動揺解析ソフトにて自動解析させた後、分析を行なった。

鈴木 (1997) および坂口・角田 (1977) は、重心から壁までの距離の変化や視覚に対して不安定な条件下が重心動揺に影響を与えることを示唆した。このことから実験条件は重心動揺計の中心から壁までの距離を 1 m に定め、被験者には自分の目の高さと同じ位置を注視させ、壁までの距離の変化や視覚に対して不安定な条件を取り除いた。

## E. 測定項目

### 1) 総軌跡長 (LNG ; cm)

総軌跡長 (以下「LNG」と略す) は重心の総移動距離であり、動揺の質や大きさを評価する指標として用いられている。本研究においても同様の指標として用いた。

### 2) 単位面積軌跡長 (LNG/EA ; cm/cm<sup>2</sup>)

単位面積軌跡長 (以下「LNG/EA」と略す) LNG/EA は 1cm<sup>2</sup>当たりの移動距離であり、姿勢制御の速さを評価する指標として用いられており、本研究においても同様の指標として用いた。

### 3) 外周面積 (EA ; cm<sup>2</sup>)

外周面積 (以下「EA」と略す) は LNG によって出来た面積であり、動揺の大きさを評価する指標として用いられている。本研究においても同様の指標として用いた。

### 4) ロンベルグ率 (Ratio)

ロンベルグ率は閉眼時の値を開眼時の値 (閉眼/開眼) で除した値であり、本研究では静的バランス能力に視覚が寄与している程度を評価するための指標として用いた。なおロンベルグ率は LNG, LNG/EA, EA のすべてを算出した。

## F. 統計処理

統計的有意差の検定は、One Factor ANOVA および Fisher's PLSD (Fisher's Protected Least Significant Difference) 法を用いた。また 2 群間の比較には Welch's T-test を用いた。いずれの場合も有意水準は 1%および 5%とした。

### III. 結果

#### A. 総軌跡長

開眼時の平均 LNG は、野球選手が  $34.4 \pm 7.0\text{cm}$ 、クロスカントリースキー選手が  $33.8 \pm 4.7\text{cm}$ 、アルペンスキー選手が  $32.4 \pm 3.1\text{cm}$ 、ジャンプスキー選手が  $29.6 \pm 7.8\text{cm}$ 、サッカー選手が  $31.4 \pm 7.8\text{cm}$ 、陸上短距離選手が  $29.4 \pm 3.3\text{cm}$  であり、スポーツ種目間に統計的有意差は認められなかった。しかし、陸上短距離選手とジャンプスキー選手の LNG は他と比較してやや短い傾向を示した。閉眼時 LNG の全体平均は、 $31.56 \pm 6.50\text{cm}$  であった。

閉眼時の平均 LNG はアルペンスキー選手が  $55.0 \pm 12.0\text{cm}$ 、ジャンプスキー選手が  $48.7 \pm 12.2\text{cm}$ 、クロスカントリースキー選手が  $48.4 \pm 14.1\text{cm}$ 、陸上短距離選手が  $45.0 \pm 7.8\text{cm}$ 、野球選手が  $42.6 \pm 10.5\text{cm}$ 、サッカー選手が  $35.5 \pm 8.6\text{cm}$  であった。アルペンスキー選手の LNG はサッカー選手よりも  $19.5\text{cm}$  統計的有意 ( $P < 0.01$ ) に長く、ジャンプスキー選手の LNG もサッカー選手よりも  $13.2\text{cm}$  統計的有意 ( $P < 0.05$ ) に長いことが示された。閉眼時 LNG の全体平均は、 $45.6 \pm 12.6\text{cm}$  であった (図 2)。

#### B. 単位面積軌跡長

開眼時の平均 LNG/EA は、サッカー選手が  $25.2 \pm 7.5\text{cm/cm}^2$ 、ジャンプスキー選手が  $24.7 \pm 7.9\text{cm/cm}^2$ 、野球選手が  $23.7 \pm 9.5\text{cm/cm}^2$ 、陸上短距離選手が  $23.3 \pm 7.1\text{cm/cm}^2$ 、アルペンスキー選手が  $22.4 \pm 8.3\text{cm/cm}^2$ 、クロスカントリースキー選手が  $23.6 \pm 4.1\text{cm/cm}^2$  であり、スポーツ種目間に統計的有意差は認められなかった。閉眼時 LNG/EA の全体平均は、 $24.1 \pm 7.6\text{cm/cm}^2$  であった。

閉眼時の平均 LNG/EA は、陸上短距離選手が  $23.3 \pm 7.1\text{cm/cm}^2$ 、サッカー選手が  $19.5 \pm 6.0\text{cm/cm}^2$ 、野球選手が  $19.1 \pm 2.7\text{cm/cm}^2$ 、ジャンプスキー選手が  $17.6 \pm 6.0\text{cm/cm}^2$ 、クロスカントリースキー選手が  $17.9 \pm 3.1\text{cm/cm}^2$ 、アルペンスキー選手が  $16.7 \pm 5.2\text{cm/cm}^2$  であり、スポーツ種目間に統計的有意差は認められなかった。しかし、陸上短距離選手は微細で速いバランス制御を行っていたのに対し、アルペンスキー選手やクロスカントリースキー選手はゆったりとしたバランス制御を行っている傾向が示された。閉眼時 LNG/EA の全体平均は  $18.7 \pm 5.1\text{cm/cm}^2$  であった (図 3)。

#### C. 外周面積

開眼時の平均 EA は、野球選手が  $1.64 \pm 0.55\text{cm}^2$ 、アルペンスキー選手が  $1.59 \pm 0.41\text{cm}^2$ 、クロスカントリースキー選手が  $1.49 \pm 0.38\text{cm}^2$ 、ジャンプスキー選手が  $1.43 \pm 0.92\text{cm}^2$ 、陸上短距離選手が  $1.42 \pm 0.66\text{cm}^2$ 、サッカー選手が  $1.35 \pm 0.51\text{cm}^2$  であり、スポーツ種目間に統計的有意差は認められなかった。

閉眼時 EA の全体平均は  $1.47 \pm 0.64\text{cm}^2$  であった。閉眼時の平均 EA はアルペンスキー選手が  $3.37 \pm 1.57\text{cm}^2$ 、ジャンプスキー選手が  $3.24 \pm 1.48\text{cm}^2$ 、クロスカントリースキー選手が  $2.76 \pm 0.88\text{cm}^2$ 、陸上短距離選手が  $2.29 \pm 0.98\text{cm}^2$ 、野球選手が  $2.24 \pm 0.49\text{cm}^2$ 、サッカー選手が  $2.04 \pm 0.92\text{cm}^2$  であり、スポーツ種目間に統計的有意差は認められなかった (図 4)。

閉眼時 EA の全体平均は  $2.72 \pm 1.29\text{cm}^2$  であった。

#### D. ロンベルグ率

LNG の平均ロンベルグ率はアルペンスキー選手が  $1.72 \pm 0.45$ 、ジャンプスキー選手が  $1.70 \pm 0.41$ 、陸上短距離選手が  $1.53 \pm 0.24$ 、クロスカントリースキー選手が  $1.42 \pm 0.2$ 、9 野球選手が  $1.25 \pm 0.24$ 、サッカー選手が  $1.15 \pm 0.22$  であった。アルペンスキー選手とジャンプスキー選手のロンベルグ率はサッカー選手と比べ統計的有意に高く ( $P < 0.01$ )、野球選手と比べても統計的有意に高かった ( $P < 0.05$ )。また陸上短距離選手のロンベルグ率もサッカー選手より統計的有意 ( $P < 0.05$ ) に高かった。

LNG におけるロンベルグ率の全体平均は  $1.47 \pm 0.39$  であった (図 5)。

EA の平均ロンベルグ率は、ジャンプスキー選手が  $2.52 \pm 0.94$ 、アルペンスキー選手が  $2.44 \pm 0.87$ 、クロスカントリースキー選手が  $1.89 \pm 0.42$ 、陸上短距離選手が  $1.73 \pm 0.56$ 、野球選手が  $1.59 \pm 0.86$ 、サッカー選手が  $1.57 \pm 0.56$  あり、ジャンプスキー選手やアルペンスキー選手の値が高く野球選手やサッカー選手の値が低い LNG と同様のパターンが示されたが、スポーツ種目間に統計的有意差は認められなかった (図 6)。

EA におけるロンベルグ率の全体平均は  $1.98 \pm 0.84$  であった。

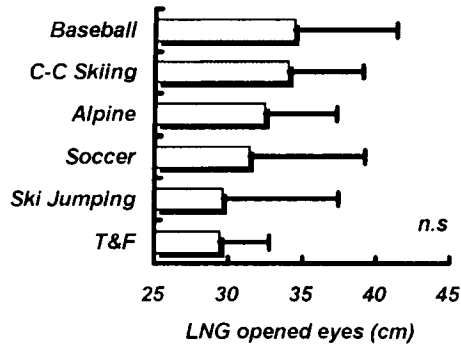


図2 総軌跡長による比較

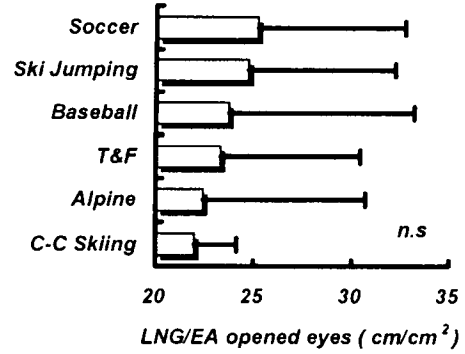


図4 外周面積による比較

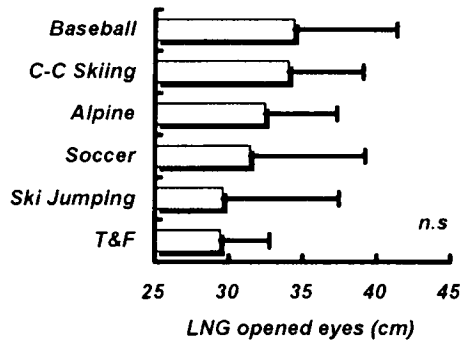


図3 単位面積軌跡長による比較図

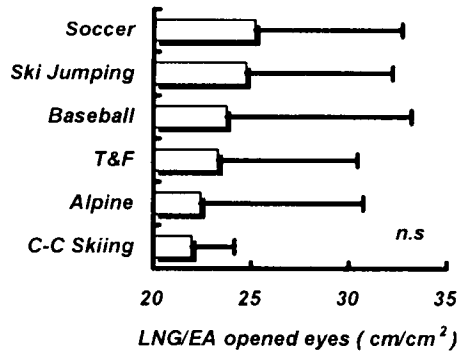


図5 総軌跡長から算出されたロンベルグ率による比較

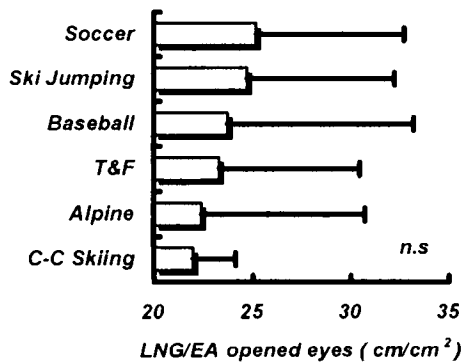


図6 外周面積から算出されたロンベルグ率による比較

## IV. 考察

## A. 重心動揺計の再現性について

直立姿勢に現れる身体動揺の研究は今から 150 年前の 1853 年から行なわれている。この間、様々な研究・開発が行なわれ、現在では身体の重心動揺を重心動揺計で客観的かつ定量的に評価出来るようになった。このことで平衡機能障害、内耳機能障害などの障害の有無を早い段階で評価することが可能となり、医療の進歩に多いに貢献してきた。

近年は Equitest system (neurocom 社製) を用いた動的バランス能力の研究も行なわれており、人間のバランス能力について視覚、重力、歩行の関係など様々な角度で明らかにされてきた。

この重心動揺測定の見直しについて、坂口・角田(1977) が健常な男女 14 名を対象に LNG を連続 10 日間、計 60 回測定した研究によると 6 名の被験者に測定期間前後で統計的有意 ( $P < 0.05$ ) な減少がみられ、残り 8 名に統計的有意差はみられなかった。このことから高頻度の測定を連続した日に行なうことによって、個人差はあるものの重心動揺に学習効果が生じる可能性があることが示唆された。

表 2 重心動揺測定の見直し

	LNG (cm)		LNG/EA (cm/cm <sup>2</sup> )		EA (cm <sup>2</sup> )		Ratio	
	OE	CE	OE	CE	OE	CE	LNG	EA
1	33.8	59.0	23.6	12.5	1.43	4.72	1.75	3.30
2	32.0	49.3	23.7	19.6	1.35	2.51	1.54	1.86
3	37.3	61.5	18.2	15.0	2.05	4.10	1.65	2.00
4	31.5	49.8	23.4	14.6	1.35	3.42	1.58	2.53
5	32.4	54.1	20.9	15.5	1.55	3.49	1.67	2.25
Mean	33.4	54.7	22.0	15.4	1.55	3.65	1.64	2.39
S.D.	2.1	4.9	2.2	2.3	0.26	0.74	0.07	0.51
C.V.	6%	9%	10%	15%	17%	20%	4%	21%

このことをふまえ、重心動揺測定の見直しを確認するため連続しない 5 日間で、重心動揺を測定した。なお測定は 1 日 1 回とし、方法は本研究で用いたものと同様に行なった。

被験者は基礎スキーを専門とする 25 歳の男性、H.K であった。

各測定項目におけるデータの変動係数をみると、最も低かったものが 4% を示した LNG のロンベルグ率であり、その次に低かったものが 6% を示した開眼時の LNG であった。一方、変動係数が最も高かったものは 21% を示した EA のロンベルグ率であり、その次に高かったものが 20% を示した閉眼時の EA であった (表 2)。

これらの結果から重心動揺測定において LNG の再現

性は高く、特にロンベルグ率は信頼できるものであることが示唆された。しかし、EA は LNG 程の再現性は期待できないが、多くの研究者が重心動揺の特徴を評価する指標として用いていることから傾向としてとらえることは可能であると考えた。

従って、本研究結果で得られた LNG のデータは LNG/EA や EA よりも再現性が高く、信頼出来るものであることが示唆された。

## B. スポーツ種目別にみた静的バランス能力の分析

本研究の分析・検討は、Someya ら (2000) が運動による疲労が重心動揺を増加させることを示唆していたため、運動直後や疲労感または測定に影響を及ぼすと思われるケガや障害を持った被験者のデータは除いて実施した。

開眼時の LNG はスポーツ種目別にみて統計的有意差は認められなかった。このことからスポーツ種目の違いと開眼時の LNG には関連性がなく、競技の特性性にも依存しないことが示された。

しかし、閉眼時の LNG および LNG のロンベルグ率において、アルペンスキー選手やジャンプスキー選手は、視覚を遮断されるとサッカー選手や野球選手に比べ、バランス能力の指標として用いた LNG が統計的有意に増大することが示された (図 2)。

鈴木 (1997) は、この閉眼時に LNG が増加するという原因を視覚による空間的枠組みの喪失あるいは欠如から起こると述べている。よって視覚を遮断されたことで生じる空間的枠組みの喪失や欠如は野球選手、サッカー選手よりもジャンプスキー選手、アルペンスキー選手に顕著に起こり、視覚が遮断されるとジャンプスキー選手、アルペンスキー選手は野球選手、サッカー選手よりもバランス能力の制御系が乱れたことを示した。

全体平均で閉眼時の LNG が開眼時の LNG よりも 14.1cm 統計的有意 ( $P < 0.01$ ) に増加したのは視覚が遮断され、姿勢を制御する器官の 1 つが寄与しなくなったためであろう。

視覚と重心動揺の関係を調査した研究では、Edwards (1946) および橋本ほか (1979) が、一般に明所開眼時に比べ閉眼時や暗所開眼時の重心動揺は 2 倍から 3 倍に増加することを報告し、後藤 (2003) は、閉眼すると約 50% のヒトは重心動揺が増大すると報告している。さらに視覚は前庭系や小脳、大脳基底核といった個所と密接に関係しておりヒトの姿勢や動作は、視覚による感覚情報が非常に重要であることを示唆した。

姿勢制御の微細さを評価する指標として用いた LNG/EA は筋の伸長反射との関係から、競技の特異性により変化するものと思われたがスポーツ種目別にみて開眼時、閉眼時ともに統計的有意差が認められなかったことから両

群の間にはスポーツ種目による差がないことが示された。しかし閉眼時の陸上短距離選手の動揺はクロスカントリースキー選手やアルペンスキー選手よりも微細なものである傾向を示した(図3)。

LNG/EA は全体的にみると閉眼時に比べ、閉眼時は約5.5cm/cm<sup>2</sup> 統計的有意 (P<0.01) に減少した。これは視覚が遮断されたことによって被験者の動揺がゆったりとしたものへと変化したことであり、微細な身体動揺は視覚によって制御され、閉眼時にはそれが制御されていないことを示している。

Lee and Lishman (1977) の周波数分析でも視覚が主要な役割を果たすのは約0.2Hz以下の低周波域であると報告している。また、LNG/EAは閉眼時と開眼時の比率が測定項目中、最も少なかった。このことからLNG/EAは、他の測定項目よりも視覚の影響が少なく、視覚以外の器官の寄与が高いことが示唆された。

EAはLNG/EA同様に閉眼時、閉眼時ともに統計的有意差は認められなかった(図4)。しかし、アルペンスキー選手やジャンプスキー選手のEAは大きく、野球選手やサッカー選手のEAは小さい傾向がみられた。このことはロンベルグ率についても同様であった。このEAはLNGによって出来た面積であるため、LNGに依存する傾向があるように考えられた。そのためEAとLNGのロンベルグ率の相関係数を求めた結果0.74 (P<0.01) と高い値を示した。しかし、EAに統計的な有意差が認められなかったことに関しては被験者の数が少なかったことに起因しているものと思われた。

これらのことからアルペンスキー選手やジャンプスキー選手は視覚が遮断されると野球選手やサッカー選手よりもLNGが増大しバランス能力が乱れることから、視覚がバランス能力に寄与する割合が高いことが示された。

### C. 高速滑降系選手と球技系選手の静的バランス能力の分析

アルペンスキー選手とジャンプスキー選手は高速滑降系種目、野球選手とサッカー選手を球技系種目という共通点を有し、なおかつ測定結果から同様の傾向が見られたため、これらを高速滑降系選手と球技系選手に分類し、それらのLNG、LNG/EA、EAをさらに分析・検討してみると、閉眼時のLNGにおいてのみ高速滑降系選手が球技系選手よりも平均で約12.6cm 統計的有意 (P<0.01) に長いことが示された。

また、ロンベルグ率で高速滑降系選手と球技系選手のLNG、EAを比較した結果、高速滑降系選手は球技系選手よりも統計的有意差 (P<0.01) にLNG、EAが大きいことが認められた。このことから高速滑降系選手のバランス能力は球技系選手に比べ、視覚の寄与が高いことが示された(図7)。

このことは他のスポーツ種目よりもバランスを維持するスピードの次元が異なる高速滑降系種目の特異性から起因しているものと考えられる。特に高速滑降系種目は常に変化する斜度の中、短時間での姿勢制御が求められ、先を予測した予測性姿勢調節を高速の中で円滑に行なう必要がある。

ジャンプスキー選手は約90km/hのスピードの中でバランスを維持し、わずか0.3秒(渡辺, 1983; 渡辺, 1989)にも満たない踏み切り区間を最も力を発揮できる重心位置で通過することが必要とされる。またアルペンスキー選手も大回転では50~70km/h(坪田, 1991)のスピードの中、周りの景色や斜面変化などから自分の位置や速度を判断することによって高速の中でも適切にバランスを維持し、状況に応じて重心をコントロールしている。つまり、これらのバランス制御システムに大きく寄与しているのが、視覚であると考えられた。

視覚には中心視野と周辺視野があり、視覚系から得られる情報は多岐にわたるためその本質は明確になっていない(吉澤, 1993)がスキー選手は、外部の状況をかたちとしてとらえる感覚、遠近感・立体感・奥行き感といった距離をとらえる感覚、物体の移動の方向や速度をとらえる感覚の3つが重要である(日本スキー教程指導理論編, 2000)。これはスキー選手に限らず、競技特性に近いジャンプスキー選手も同様のことがいえるだろう。

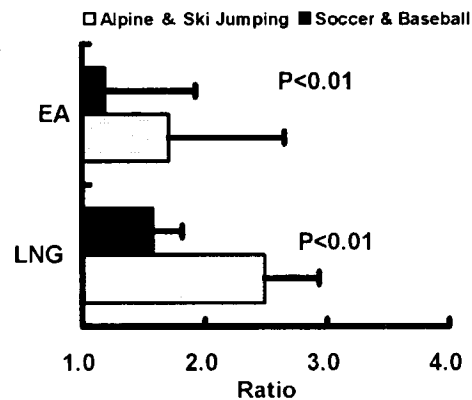


図7 高速滑降系選手と球技系選手のロンベルグ率による比較

### V. まとめ

本研究において閉眼時のLNGおよびEAは、高速滑降系選手と球技系選手に統計的有意差は見られなかったが閉眼時や視覚の寄与の程度を示すロンベルグ率で比較すると高速滑降系選手は、球技系選手よりもLNG、EAとともに統計的有意 (P<0.01) に高く、高速滑降系選手の静的バランス能力は球技系選手に比べ視覚の寄与が高いことが示された。

本研究で得られた実験データは少数例であり、よって今後は、多種多様なスポーツ種目の基礎的データを蓄積

していくことが課題であろう。

#### 参考文献

- 1) 朝岡雅夫 (2003) バランスのトレーニング. 体育の科学 53 : 253-257.
- 2) Edwards AS (1946) Body sway and vision. *J Exp Psychol.* 36 : 526-535.
- 3) 大築立志 (2003) バランスを司る神経支配. 体育の科学 53 : 236-240.
- 4) 後藤 淳 (2003) 感覚とバランス. *Sports Medicine* 55. ブックハウス・エイチディ : 10-11.
- 5) 坂口明・角田興一 (1977) 重心移動量による平衡機能評価. 体育の科学 26 : 64-69.
- 6) 鈴木勝利・浅井正嗣・渡辺行雄・水越鉄理 (1993) 直立姿勢維持に対する視覚・体制感覚の影響について. *Equilibrium Research* 52(4) : 621-628.
- 7) 鈴木直人 (1997) 視覚的枠組みにたいする定位づけが直立姿勢に及ぼす効果. *Equilibrium Research.* 56 (5) : 430-435.
- 8) 鈴木政登 (1998) 健康女性の重心動揺解析値と片足立ち保持時間および握力・背筋力との関連.
- 9) 坪田良彦 (1991) ボブスキー スキー技術百科. 学習社 : 26.
- 10) 時田喬 (1980) 重心動揺検査一起立姿勢に現れる平衡障害の解剖. 中西孝雄・島村宗男編. 臨床生理学入門. 真興交易図書出版 : 378 - 411.
- 11) 時田喬・大橋伸一 (1985) 直立検査. 時田喬. 鈴木淳一. 曾根豊二編 神経科学II. 金原出版. 14-24.
- 12) Nicks DC (1962) What do physical fitness tests measure review of factor analytic studies. *Educ. Psychol. Meas.* 1 : 85-86.
- 13) 日本スキー教程指導理論編 (2000) 財団法人全日本スキー連盟. 大日本印刷 : 54
- 14) 日本平衡神経学会 (1983) 平衡機能検査の基準. *Equilibrium Research.* 42 (2) : 367-369.
- 15) 橋本真徳・竹上徹・鈴木直人, 他 (1979) 指標追跡時の眼球運動と重心動揺. 脳波と筋放電 7 : 178-185.
- 16) Fetz F (1987) *Sensomotorisches Gleichgewicht im sport.* Osterreichischer Bundesverlag. 24.
- 17) Fujiko Someya, Tomomi Harada, Hitoshi Asai, and Munehiro Ikuta (2000) Fatigue Effect on the Center of Gravity of Whole Body during Dynamic Exercise. *Memoirs health sci med. kanazawa univ.* 24(1) : 151-153.
- 18) 朴澤二郎 (1995) 身体平衡のメカニズムについて. 仙台大学紀要 26 : 1-6.
- 19) 吉澤誠, 竹田宏 (1993) 視覚情報と姿勢制御. 電気情報通信学会誌 76 : 1150-1155.
- 20) Lee D.N. and Lishman J.R (1977) "Vision-the most efficient source of proprioceptive information for balance control". *Agreessologie.* 18 : 83 - 94.
- 20) Watanabe Kazuhiko (1989) Ski-jumping, alpine-, cross-country-, and Nordic combination skiing. *Biomechanics of Sports* (Vaughan CL ed), CRC Press Inc, Florida. 239-261.
- 21) 渡部和彦 (1983) ジャンプ競技から一サツの動作分析一. 体育の科学 33 : 884-889.