



# 文化学園リポジトリ

Academic Repository of BUNKA GAKUEN

服飾文化共同研究拠点／文化ファッション研究機構

Joint Research Center for Fashion and Clothing Culture / Bunka Fashion Research Institute

文化学園大学

*Bunka Gakuen University*

文化服装学院

*Bunka Fashion College*

文化ファッション大学院大学

*Bunka Fashion Graduate University*

文化外国語専門学校

*Bunka Institute of Language*

Title	乳房の振動抑制に配慮したブラジャー設計に関する実験的研究：三次元動作解析による裸体時・個別対応実験用ブラジャー着用時の乳房振動特性
Author(s)	竹, 潇潇
Citation	
Issue Date	2017
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10457/2743">http://hdl.handle.net/10457/2743</a>
Rights	

博士学位論文

乳房の振動抑制に配慮したブラジャー設計  
に関する実験的研究

—三次元動作解析による裸体時・個別対応実験用ブラジャー  
着用時の乳房振動特性—

文 化 学 園 大 学 大 学 院

生活環境学研究科被服環境学専攻

竹 瀟 瀟

2017年1月

Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy

**Experimental Study on the Design of  
Brassieres to Prevent Breast Vibration**  
—Vibration Characteristics of Breasts during Exercise by  
3D Motion Analysis in the Nude and with Brassieres  
Designed for  
Different Breast Sizes and Shapes —

XIAO XIAO ZHU

Department of Clothing Environment  
Graduate School of Life Environment Research  
Bunka Gakuen University  
Tokyo, Japan

January, 2017

PH. D. Thesis

# **Experimental Study on the Design of Brassieres to Prevent Breast Vibration**

—Vibration Characteristics of Breasts during Exercise by  
3D Motion Analysis in the Nude and with Brassieres  
Designed for  
Different Breast Sizes and Shapes —

Xiao Xiao ZHU

Department of Clothing Environment

Graduate School of Life Environment Research

Bunka Gakuen University

Supervised by Prof. Ph. D. Teruko TAMURA, Tomoko KOSHIBA

## **Abstract**

In daily life, exercise such as walking, running, jumping, going up and down stairs and doing sports is performed. Following the body's movements, the breast sways up and down and moves from side to side, which can cause mastoptosis, so it is important to control breast vibration in females. Brassieres are one of the foundations aimed to make the breast beautiful and control breast vibration.

There is much research on clothing pressure and the vibration prevention effect of brassieres for improving functionality. However, the experimental samples are intended for commercial brassieres made with different materials, patterns, designs, etc. Therefore, it is difficult to know the relationship between breast size and shape and the material and pattern of brassieres.

In order to design brassieres which effectively control breast vibration, the present study measured breast vibration of women in the nude and when wearing brassieres made based on the breast size and shape of each subject.

This thesis consists of the following six chapters.

## Chapter1: Introduction

The purpose and background literature for this study are described. The literature background was described as follows:

1. Composition and characteristics of the breast.
2. History, type, structure and size of brassieres.
3. Study on clothing pressure of brassieres.
4. Study on protection against breast vibration by brassieres.
5. Research and issues concerning the wearing condition of brassieres.

## Chapter 2: Breast vibration during exercise in the nude

In this chapter, the subjects consisted of eight young females with different breast sizes. Breast vibration was measured using high speed cameras during walking, running and jumping. By measuring skin viscoelasticity and breast compression, their relationships were compared with breast vibration. The statistical processing method was analyzed by two-way analysis of variance, multiple comparison and the correlation coefficient of Excel statistics, and a significance level of 5% or less was considered significant. The following results were obtained:

1. The breasts showed characteristics of vibration locus on the x-z plane and y-z plane during walking, running and jumping;

2. A time lag between the movement of the breast and the body was shown in the vertical direction due to the inertial influence.
3. The bigger the breast size, the greater the vertical amplitude, average speed and acceleration of vibration, and a significance was observed between the G1 group with the smallest and the G4 group with the largest of breast size. The amplitude, average speed and acceleration of the inside-upper measuring point (P2) were smallest in the lateral and vertical directions, so that it is important to control the vibration of the outside breast during exercise.
4. The bigger the breast size, the smaller the compressive stress and the higher the skin recovery rate which showed that the softer the breast, the greater the vibration.
5. Breast size has a correlation with the amplitude and speed, which showed that the bigger the breast size, the greater the vibration. The vibration of front neck point (point N) which showed the body vibration has a correlation with the average acceleration of breast vibration in the sagittal direction during walking, running and jumping due to the body twisting. The amplitude exhibits a positive correlation with the skin recovery rate (R7) and a negative correlation with the compression stress ration ( $F_{10mm}$ ) during running, which showed that the softer the breast, the greater the vibration.

### Chapter 3: Production method of experimental brassieres designed for different breast sizes and shapes

In this chapter, the subjects consisted of six young females with different breast sizes. Using taping tape, the position and shape of the right breast were deformed and experimental brassiere patterns of each subject were made based on the plaster models of the deformed breasts. Because the cups of the brassieres were made of a transparent material, the possibility of observing breast vibration with brassieres was confirmed. According to photographs and

three-dimensional measurements in the nude and with brassieres, the fit between the breast and experimental brassiere of each subject, and the beautiful shape of the breast were shown.

#### Chapter 4: Breast vibration during exercise when wearing experimental brassieres

In this chapter, the subjects were the same as those in Chapter 3. The breast and vibrations of brassieres when wearing experimental brassieres of three bust sizes were measured by using high speed cameras during walking, running and jumping. By using 3D motion analysis, the breast vibration characteristics were examined. The following results were obtained:

1. The smaller the under bust size of brassieres, the higher the clothing pressure, with the side part of the under bust having the highest clothing pressure.
2. The time lag between the movement of the breast and the body in the vertical direction when wearing brassieres was smaller than in the nude.
3. Through amplitude, average speed and acceleration, the vibration prevention effect of brassieres was shown to be in the vertical direction during running and jumping, particularly during jumping. The vertical amplitude and average acceleration vibrations of the L group with the larger breast size were collectively larger than those of the M group with the smaller breast size.
4. Average acceleration in the lateral and sagittal directions showed a positive correlation with the vibration of point N due to the body twisting. On the other hand, the average acceleration in the vertical direction showed a high correlation with the breast size and no correlation with the vibration of point N during running and jumping.

#### Chapter 5: Dislocation between the breast and vibration of brassieres during exercise when wearing experimental brassieres

In this chapter, from the experiment in Chapter 4 the vibration of brassieres was analyzed. Through comparison of the breast and brassieres loci, the dislocation between the breast and brassieres when wearing experimental brassieres of three different under bust sizes was observed. The following results were obtained.

1. The vibration locus of the breast and brassieres were almost the same.
2. When wearing the experimental brassieres, the vibration locus area was smaller than in the nude. The bigger the breast, the larger the vibration locus area.
3. The vibration locus of the breast was larger than brassieres in the sagittal direction, and it showed that a dislocation between them.
4. The difference in dislocation between the breast and brassiere in different under bust sizes was small.

### Chapter 6: Summary

In this chapter, the results obtained in this study were summarized, and remaining issues for brassiere design aimed at improving the dynamic functionality and amenity in the future were discussed.

## 目次

Abstract.....	I
目次 .....	VI
List of Tables.....	IX
List of Figures .....	<u>XI</u>

## 1 序論

1.1 緒言 .....	1
1.2 研究の文献的背景.....	2
1.2.1 乳房 .....	2
1.2.2 ブラジャー .....	4
1.2.3 ブラジャーの衣服圧 .....	7
1.2.4 ブラジャーによる振動抑制効果に関する研究 .....	10
1.2.5 ブラジャーの現状と研究課題.....	11
1.3 本論文の目的並びに構成 .....	13
引用文献 .....	16

## 2 裸体時運動中の乳房振動

2.1 緒言 .....	19
2.2 実験方法 .....	20
2.2.1 被験者.....	20
2.2.2 測定点.....	21
2.2.3 乳房振動の観察・計測 .....	22
2.2.4 乳房の圧縮特性 .....	24
2.2.5 乳房の皮膚粘弾性.....	25

2.2.6	倫理的配慮並びに統計処理 .....	26
2.3	結果 .....	26
2.3.1	乳房の振動特性 .....	26
2.3.1.1	歩行、走行、ジャンプ時の正面(x - z 面)、側面 (y - z 面) の最大 振幅 .....	27
2.3.1.2	上下方向の振幅の経時変化 .....	47
2.3.1.3	乳房振動の最大振幅、平均速度、平均加速度を目的変数とする分 散分析 .....	51
2.3.2	乳房の圧縮特性 .....	69
2.3.3	乳房の皮膚粘弾性.....	70
2.3.4	乳房振動と身体特性及び乳房特性との関係 .....	73
2.4	考察 .....	75
2.5	要約 .....	77
	引用文献 .....	79
3	<b>実験用乳房表面展開ブラジャーの製作</b>	
3.1	緒言 .....	80
3.2	実験方法 .....	81
3.2.1	被験者 .....	81
3.2.2	バスの補整 .....	82
3.2.3	皮膚表面展開パターンの採取.....	82
3.2.4	ブラジャーの製作.....	86
3.3	結果 .....	88
3.3.1	実験用ブラ着用前後の写真 .....	88
3.3.2	三次元人体計測による実験用ブラ着用前後乳房の変化 .....	93
3.4	考察 .....	95



引用文献 .....	151
<b>6 総括 .....</b>	<b>152</b>
引用・参考文献 .....	157
謝辞 .....	165

## List of Tables

	Table Page
Table 1.1 Brassiere size by JIS .....	7
Table 1.2 Influence of clothing pressure on the body .....	8
Table 1.3 Conversion of clothing pressure units .....	8
Table 2.1 Profile of subjects .....	20
Table 2.2 Amplitude of breast vibration during walking, running and jumping .....	52
Table 2.3 Average speed of breast vibration during walking, running and jumping .....	...53
Table 2.4 Average acceleration of breast vibration during walking, running and jumping .....	54
Table 2.5 Two-way factorial analysis of amplitude, average speed and acceleration during walking, running and jumping.....	55

Table 2.6 Average amplitude of each point during walking, running and jumping .....	....57
Table 2.7 Average amplitude of each group during walking, running and jumping .....	57
Table 2.8 Average speed of each point during walking, running and jumping .....	61
Table 2.9 Average speed of each group during walking, running and jumping .....	61
Table 2.10 Average acceleration of each point during walking, running and jumping .....	....65
Table 2.11 Average acceleration of each group during walking, running and jumping .....	....65
Table 2.12 Average breast compression stress .....	69
Table 2.13 Average skin viscoelasticity of the breast.....	71
Table 2.14 Age, breast size, breast compression stress and skin viscoelasticity of each subject.....	72
Table 2.15 Correlation between skin viscoelasticity, compression stress and breast size, age.....	72
Table 2.16 Correlation between the breast vibration and breast compression stress, skin viscoelasticity, body characteristics and point N vibration .....	74
Table 3.1 Profile of subjects .....	81
Table 3.2 Measuring points and lines for making plaster model of each subject .....	83
Table 3.3 Distance between point Ub and N in the vertical direction .....	94

Table 3.4 Distance between point PO and N in the lateral and vertical directions .....	95
Table 4.1 Profile of subjects .....	99
Table 4.2 Clothing pressure on the measuring positions with brassieres ..	102
Table 4.3 Amplitude of vibration during walking, running and jumping ...	111
Table 4.4 Average speed of vibration during walking, running and jumping .....	112
Table 4.5 Average acceleration of vibration during walking, running and jumping .....	112
Table 4.6 Two-way Factorial analysis of amplitude, speed and acceleration during walking, running and jumping.....	113
Table 4.7 Average amplitude without and with brassieres during walking, running and jumping.....	114
Table 4.8 Average amplitude of each group without and with brassieres during walking, running and jumping .....	114
Table 4.9 Average amplitude of each group with brassieres during walking, running and jumping.....	114
Table 4.10 Average speed without and with brassieres during walking, running and jumping.....	119
Table 4.11 Average speed of each group without and with brassieres during walking, running and jumping .....	119
Table 4.12 Average speed of each group with brassieres during walking, running and jumping.....	120
Table 4.13 Average acceleration without and with brassieres during walking, running and jumping.....	125
Table 4.14 Average acceleration of each group without and with brassieres during walking, running and jumping.....	125
Table 4.15 Average acceleration of each group with brassieres during walking, running and jumping.....	126

Table 4.16 Correlation coefficients between the amplitude, average speed and acceleration of breast vibration and breast size, point N vibration in the nude and with brassieres during walking, running and jumping.....	131
---	-----

## List of Figures

Figure	Page
Fig1.1 Breast vibration during running .....	1
Fig1.2 Composition of the breast.....	2
Fig.1.3 Types of breasts .....	3
Fig.1.4 Aging changes of the breast .....	3
Fig.1.5 Corset of the 16th century.....	4
Fig.1.6 Types of brassieres.....	5
Fig.1.7 Structure of the brassiere .....	6
Fig.2.1 Posture of bust girth measuring.....	20
Fig.2.2 Measuring points of the right breast.....	21
Fig.2.3 Control flame .....	22
Fig.2.4 Control master .....	22
Fig.2.5 Position of cameras and control flame.....	22
Fig.2.6 Posture while walking, running and jumping .....	23
Fig.2.7 Markers for tracing motion .....	23
Fig.2.8 Marker master for tracing motion .....	23
Fig.2.9 KES-G5 for measuring breast compression .....	24
Fig.2.10 Posture of breast compression measuring .....	24

Fig.2.11 Skin viscoelasticity measuring device .....	25
Fig.2.12 Posture of skin viscoelasticity measuring .....	25
Fig.2.13 Changes of suction amplitude.....	25
Fig.2.14 Period of walking, running and jumping .....	26
Fig.2.15 Breast vibration amplitude of each subject on the x-z plane during walking, running and jumping .....	27
Fig.2.16 Breast vibration amplitude of each subject on the y-z plane during walking, running and jumping .....	28
Fig.2.17 Vibration locus of each measuring point of each subject on the x-z plane during walking .....	30
Fig.2.18 Vibration locus of each measuring point of each subject on the x-z plane during running .....	33
Fig.2.19 Vibration locus of each measuring point of each subject on the x-z plane during jumping .....	36
Fig.2.20 Vibration locus of each measuring point of each subject on the y-z plane during walking .....	39
Fig.2.21 Vibration locus of each measuring point of each subject on the y-z plane during running .....	42
Fig.2.22 Vibration locus of each measuring point of each subject on the y-z plane during jumping .....	45
Fig.2.23 Vibration amplitude of measuring points and point N in the vertical direction of each subject during walking .....	48
Fig.2.24 Vibration amplitude of measuring points and point N in the vertical direction of each subject during running.....	49
Fig.2.25 Vibration amplitude of measuring points t and point N in the vertical direction of each subject during jumping .....	50
Fig.2.26 Significance of amplitude in the lateral direction during walking, running and jumping.....	58

Fig.2.27 Significance of amplitude in the sagittal direction during walking, running and jumping .....	59
Fig.2.28 Significance of amplitude in the vertical direction during walking, running and jumping .....	60
Fig.2.29 Significance of average speed in the lateral direction during walking, running and jumping .....	62
Fig.2.30 Significance of average speed in the sagittal direction during walking, running and jumping .....	63
Fig.2.31 Significance of average speed in the vertical direction during walking, running and jumping .....	64
Fig.2.32 Significance of average acceleration in the lateral direction during walking, running and jumping .....	66
Fig.2.33 Significance of average acceleration in the sagittal direction during walking, running and jumping .....	67
Fig.2.34 Significance of average acceleration in the vertical direction during walking, running and jumping .....	68
Fig.2.35 Breast compression stress of each measuring point .....	70
Fig.2.36 Skin viscoelasticity of each measuring point .....	71
Fig.3.1 Deformation of the breast by taping tape .....	82
Fig.3.2 Structure of experimental brassieres .....	84
Fig.3.3 Design lines of brassieres on the plaster models .....	85
Fig.3.4 Developed pattern of experimental brassieres .....	86
Fig.3.5 Experimental brassieres of each subject .....	87
Fig.3.6 Pictures of each subject without and with experimental brassieres ..	88
Fig.3.7 Measuring points of 3D-dimensional measurement .....	94
Fig.4.1 Measuring positions of under bust .....	100
Fig.4.2 AMI3037-10 for measuring clothing pressure .....	100
Fig.4.3 Sensory evaluation of compressive feeling .....	100

Fig.4.4 Measuring points of the right breast and brassiere .....	101
Fig.4.5 Markers for tracing motion on the breast and brassiere .....	101
Fig.4.6 Clothing pressure on the measuring positions .....	103
Fig.4.7 Compressive feeling in brassieres .....	103
Fig.4.8 Breast vibration amplitude of each subject in the nude and with brassieres during walking, running and jumping on the x-z plane .....	105
Fig.4.9 Breast vibration amplitude of each subject in the nude and with brassieres during walking, running and jumping on the y-z plane .....	106
Fig.4.10 Vibration amplitude of each measuring point and point N in the vertical direction of each subject in brassieres during walking .....	108
Fig.4.11 Vibration amplitude of each measuring point and point N in the vertical direction of each subject in brassieres during running .....	109
Fig.4.12 Vibration amplitude of each measuring point and point N in the vertical direction of each subject in brassieres during jumping .....	110
Fig.4.13 Significance of amplitude in the lateral direction during walking, running and jumping.....	115
Fig.4.14 Significance of amplitude in the sagittal direction during walking, running and jumping.....	116
Fig.4.15 Significance of amplitude in the vertical direction during walking, running and jumping.....	117
Fig.4.16 Significance of amplitude between M group and L group with brassieres during walking, running and jumping.....	118
Fig.4.17 Significance of average speed in the lateral direction during walking, running and jumping.....	121
Fig.4.18 Significance of average speed in the sagittal direction during walking, running and jumping.....	122
Fig.4.19 Significance of average speed in the vertical direction during walking, running and jumping.....	123

Fig.4.20 Significance of average speed between M group and L group with brassieres during walking, running and jumping.....	124
Fig.4.21 Significance of average acceleration in the lateral direction during walking, running and jumping .....	127
Fig.4.22 Significance of average acceleration in the sagittal direction during walking, running and jumping .....	128
Fig.4.23 Significance of average acceleration in the vertical direction during walking, running and jumping .....	129
Fig.4.24 Significance of average acceleration between M group and L group with brassieres during walking, running and jumping .....	130
Fig.5.1 Comparison between vibration locus of Point P0 and P0' during walking, running and jumping on the x-z plane .....	138
Fig.5.2 Comparison between vibration locus of Point P0 and P0' during walking, running and jumping on the y-z plane .....	144

# 第 1 章

## 序 論

## 1.1 緒 言

近年、衣服を美しく着こなすために女性の関心は外側から内側の充実へと向かい、からだを美しく見せたい、いつまでも若々しくきれいでいたいという欲求は高まっている<sup>1)</sup>。下着は、ファンデーション、ランジェリー、アンダーウェアの三種類に、大きく分けられる<sup>2)</sup> が、いずれの下着も人体に最も近いところに位置し、皮膚に密着しているため、人体に対して安全性であることが要求される。そのうち、ファンデーションは体の美しさを作り出すことを目的として着用される。特に、ブラジャーはファンデーションの一つであり、体の整容性という点において効果大きい。ブラジャーに関する調査報告書による<sup>3)</sup> と、ブラジャーを3枚以上持つ大学生は約95%、その母親では約90%であり、現代女性の必需品となっている。

ワコール人間科学研究所の研究では、図1.1に示すように「カラダの上下運動に追従して、バストは振り上げられ、脇に流れ、下方向に叩きつけられる。」ことが検証されている。女性がスポーツを行うためには、バストの揺れを防止することが重要であると言われている<sup>4)</sup>。

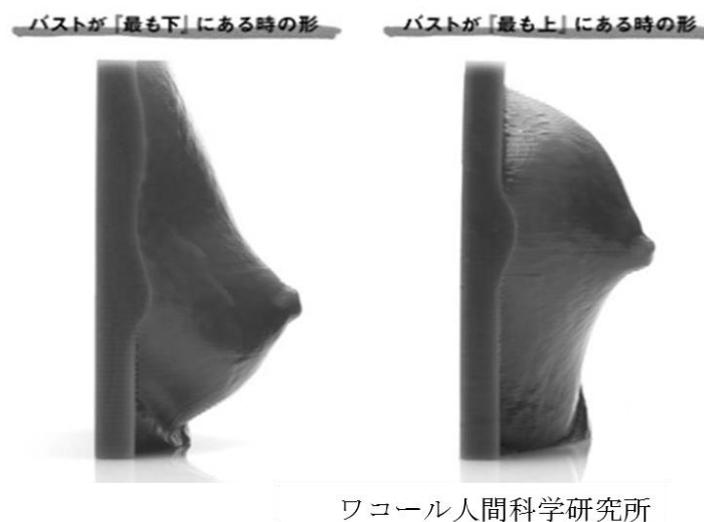


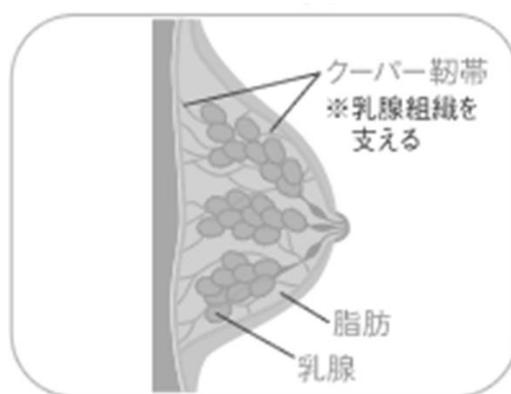
Fig.1.1 Breast vibration during running <sup>4)</sup>

日常生活の中で、歩行、走行、ジャンプ、階段上がり・下がりなどの運動が行われるが、その際乳房の揺れはブラジャー着用により、抑制が図られることとなる。近年では、高度経済成長による所得水準の上昇、余暇時間の増大、さらに健康に対する関心の高まりなどの諸条件が相まってスポーツ活動人口の増大がもたらされてきた。ハードなスポーツであるプロスポーツ、学生や実業団などを中心とした伸び率に比べ、近年はジョギング、エアロビクス、テニスなどレクリエーションスポーツがより盛んになってきており<sup>5)</sup>、人々は、乳房が大きく振動することを経験する機会が増えている。乳房は他の部位に比べ、運動により振動影響を受けやすい部位であり、ブラジャーには、静止時の乳房の整容性やフィット性だけでなく、運動中の乳房振動の抑制に対する効果が期待される。運動中の乳房振動の様相を把握し、これを抑制する機能性に富んだブラジャーの研究が重要と考える。

## 1.2 研究の文献的背景

### 1.2.1 乳房

女性の身体の中で最も可塑的である乳房は、歴史上ある時代は豊満さのために持ち上げられ、またある時は平らにされ、その形状を自在に変えて、女性の体の魅力を表現してきた。乳房は女性の特徴ある部位であればこそ、女性ファッションが理想としたフォルムを変化させるのに大きな役割を演じてきた<sup>6)</sup>と言える。



ワコール人間科学研究所 バスト編

Fig.1.2 Composition of the breast <sup>36)</sup>

乳房は胸郭前面に左右1対で大胸筋の上に乗っている<sup>7)</sup>。乳房は、図1.2に示

す乳腺組織・脂肪組織・クーパーじん帯などで構成されている。クーパーじん帯とは、皮膚と乳腺組織と大胸筋をつなげている膠原（コラーゲン）線維の束のことである。クーパーじん帯は一本の束ではなく、複数の線維の束でできている結合組織であり、皮膚と乳腺の間で網の目（メッシュワーク）のように広がりながらバストを形成している。乳房の形やかたさは、乳房提靭帯の弾力性と結合組織腔内の充実度に関係し、大きさは脂肪組織の量によって決まる<sup>1)</sup>。乳房の形は図1.3に示すようにその外観より扁平型、円錐型、半球型、懸垂型の4型に分類される<sup>6)</sup>。

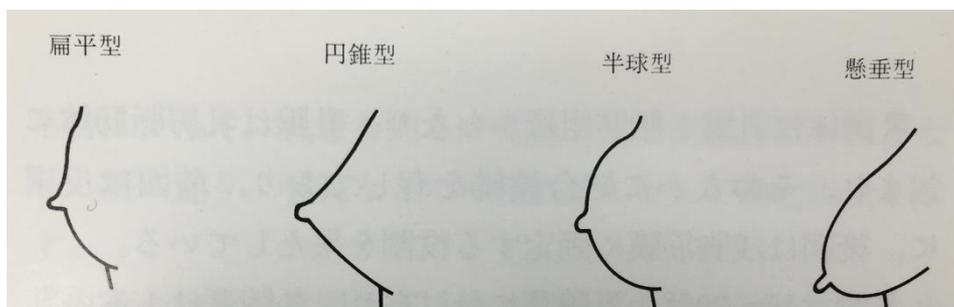
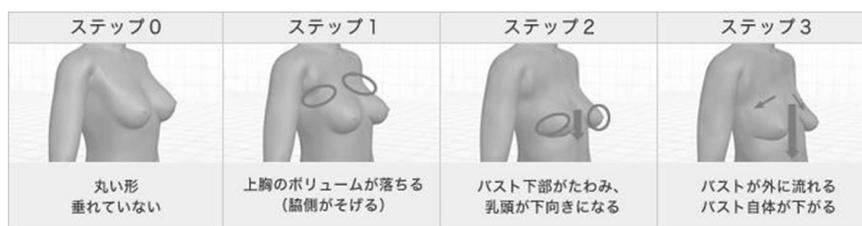


Fig.1.3 Types of the breast<sup>6)</sup>

また、ワコール人間科学研究所の報告によると、図1.4に示すように乳房は加齢により20代以降では徐々に上部のボリュームが落ち始め、やがて加齢とともに下垂する。乳房は乳腺、脂肪と乳房を支えるクーパー靭帯により構成されているが、筋肉がないため、走るとクーパー靭帯が伸びたりきれたりして、乳房下垂の原因となる。そのため、切れたり伸びたりしないように守る必要がある。



ワコール人間科学研究所 バスト編

Fig.1.4 Aging changes of the breast<sup>36)</sup>

### 1.2.2 ブラジャー

ブラジャーらしいものが出現したのは、古代ギリシャ、ローマ時代と言われているが、乳房を支えるためのコルセットが使われるようになったのは中世紀以降のことである。この頃のコルセットは、きつく締め上げることにより、バストポイントを押し上げ、バストを豊かに見せ、乳房を強調する役目を果たした。図 1.5 は 16 世紀の鉄のコルセットである。

本格的なブラジャーができたのは、型にからだをはめるシルエットが廃れ、女性達がコルセットから解放された 20 世紀初頭である。現在のブラジャーは生まれてからわずか 100 年の歴史でしかない。日本においては第二次世界大戦後に「乳バンド」として初めて登場したものがブラジャーとしての初期のものである。現在のブラジャーの機能は①乳房を整え、美しいバストラインを作る、②外部からの刺激から乳房を守る、③放っておけば下垂する乳房を正常な位置に保つ、④着用することにより適度な緊張感を与える、の四つである<sup>8)</sup>とされている。

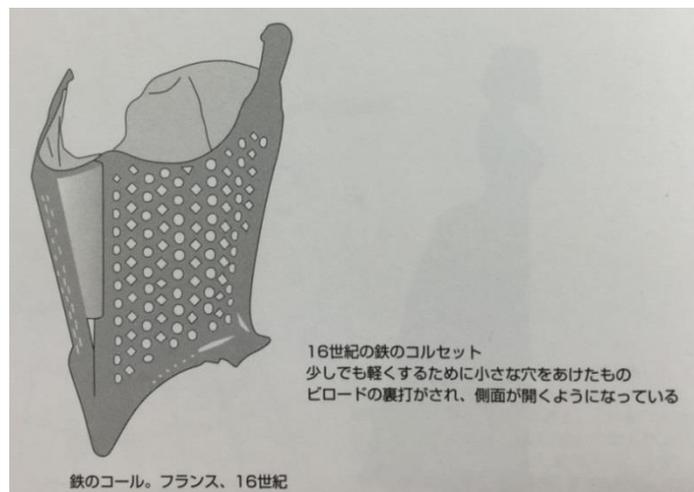


Fig.1.5 Corset of the 16th century<sup>8)</sup>

ブラジャーの種類は形状や機能によって図 1.6 に示すように様々である。例えば、ワイヤーの有無により、ワイヤーレス(ワイヤー無)とワイヤーフォーム(ワイヤー有)に分類される。ワイヤーは乳房を支え、理想的な形状に整える機能が

ある。また、カップ部分によりバストが覆われる面積によって、フルカップ、3/4カップ、1/2カップに分類される。フルカップはバスト全体をすっぽり覆うタイプで、特に上カップにもボリュームのある人に適合する。3/4カップはバストを覆う面積がフルカップの約3/4であり、肩紐が脇よりについているため、カップ上辺をボリュームアップさせ、最も女らしさを表現できるタイプである。1/2カップはバストを覆う面積がフルカップの約1/2であり、ほとんどのものがワイヤー使用で、バストを支え、肩ひもを取り外しても安定した着用感が得られることを目的としている。知念ら<sup>9)</sup>は、形態が異なる23種の代表的な市販のC70ブラジャーを用い、ブラジャーと着衣シルエットの関係を検討した。その結果、美しいバストシルエットを形成しやすいカップ形態が3/4カップで、同じサイズでも、ブラジャーの形状によって、バストのシルエットが異なることを明らかにしている。

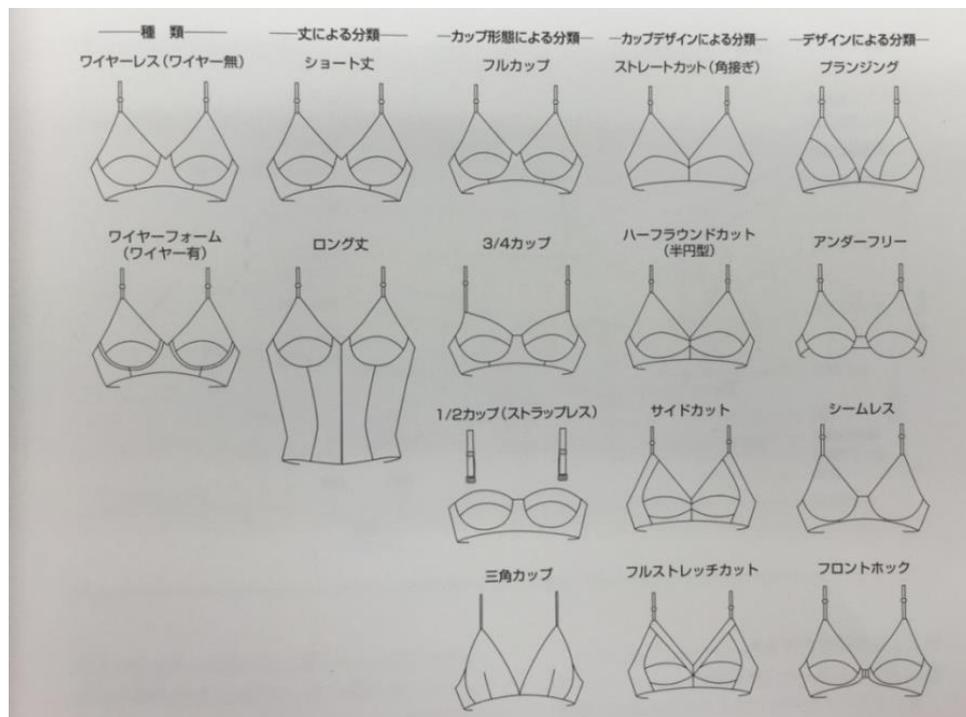


Fig.1.6 Types of brassieres<sup>8)</sup>

ブラジャーは、図 1.7 に示すカップ、カップ台、ストラップ、ホックの四つの基本構成からなる。カップは立体形状のため、構成要素としてもっとも複雑な部分である。

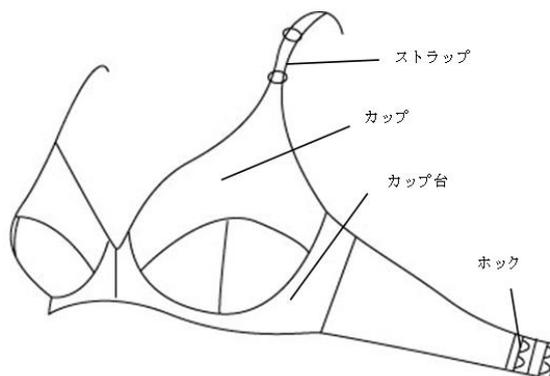


Fig1.7 Structure of the brassiere

ブラジャーのサイズはアンダーバスト、あるいはトップバスト、及び

カップサイズによって表される。アンダーバストとは、直立した状態で、乳房のふくらみの下側を水平に通る周囲長である。トップバストのサイズを測定する際に、直立姿勢で測ると、乳房が重力により垂れ下がって、実際より小さいサイズになってしまう<sup>10)</sup>。従って、90°の角度でお辞儀をするスタイルの前傾姿勢をとり、実質的なトップバストを測りうる姿勢で測定を行うようにすることが望ましい。カップサイズは、トップバストとアンダーバストの差で、アルファベットで表示される。

日本製ブラジャーのサイズは JIS に規定されており、表 1.1 に示すアンダーバストと、カップサイズにより表現される。アンダーバストサイズは、5cm 間隔となっており、前後の許容は±2.5cm である。カップサイズは、トップバストとアンダーバストの差が 10cm である A を基準とし、2.5cm 刻みで大きくなるほど、B、C、D、E……とアルファベットを割り当てる。A よりも小さなカップサイズは、2.5cm 刻みで、AA、AAA と表わす。

しかし、自分のバストサイズの表示のブラジャーが、必ずしもジャストフィットするとは限らない<sup>11)</sup>。松山ら<sup>12)</sup>は、女子大学生の調査から、JIS 規定から適合したサイズを約 80% が選んでいるが、アンダーバスト部の適合について 29% の人が不満を持っていると報告している。一人一人、体型やバストの形状が異なるため、実際に同じ表示サイズのブラジャーを着用してもブラジャーによりフィッ

ト性は異なると考えられる。

Table1.1 Brassiere size by JIS

underbust size		cup size	
underbust girth (cm)	size	bust girth-underbust girth (cm)	size
62.5~67.5	65	5	AAA
67.5~72.5	70	7.5	AA
72.5~77.5	75	10	A
77.5~82.5	80	12.5	B
82.5~87.5	85	15	C
87.5~92.5	90	17.5	D
...	...	...	...

### 1.2.3 ブラジャーの衣服圧

衣服圧は、身体を拘束し着用時の無効仕事量を増大させる。表1.2に示す通り、衣服圧の人体への影響には、力学的影響だけではなく、自律神経活動への影響や皮膚圧反射および中枢神経系への影響、さらに心理的な影響などある<sup>13)</sup>。また、伊藤<sup>14)</sup>は、ロココ時代のコルセットや和装帯の例をあげ、胸郭や胃部の変位変形等、身体への悪影響があることを指摘している。しかし、適度な衣服圧は、運動機能向上、体型補整、さらに緊張感の付与等の効果があり、衣服の快適性に大きく関係するため、衣服素材・デザイン、身体生理の立場からの衣服圧研究が継続的に行われているとも述べている。田村<sup>15)</sup>は、胸腔と腹腔を隔てている横隔膜は体幹部への約26hPa以上の加圧で有意に上昇し、それに伴い、その上部に位置する心臓の形状も約26hPa以上の加圧でつぶれた形状となり、特に左側の横幅が増大すると報告した。

Table1.2 Influence of clothing pressure on the body <sup>13)</sup>

人体影響	人体影響の例
力学的影響	心臓変形、筋負荷の増大、心肺機能低下、皮膚血流減少
自律神経反射	交感神経の亢奮（内臓筋の収縮、腺の分泌促進）
皮膚圧反射	発汗抑制（圧一半側発汗反射）
中枢神経反射	事象関連電位の変化（思考や認知、心理状態の変化として現れる脳反応）
心理的影響	圧迫感、不快感、疲労感等

圧力の単位としては、国際単位 Pa の使用が規定されている。アパレルの衣服圧については hPa が使われることが多い。表 1.3 に文献に使われている衣服圧単位の換算表を表す。

Table1.3 Conversion of clothing pressure units

国際単位		従来の単位	
Pa	hPa	mmHg	g/cm <sup>2</sup> ・gf/cm <sup>2</sup>
1	1.00×10 <sup>-2</sup>	7.50×10 <sup>-3</sup>	1.02×10 <sup>-2</sup>
100	1	0.75	1.02
133.32	1.33	1	1.36
98.07	0.98	0.74	1

衣服圧の一つの要因はストレッチ衣料からの衣服圧である。女性用インナーやスポーツウェアは、身体寸法よりも小さく設計されており、衣服圧を利用して身体の整容効果や防振効果を期待することができる。ブラジャーの衣服圧により乳房を支えることは、防振性の点からは必要であるが、過度な圧迫が好ましくないことはいうまでもない <sup>13)</sup>。

綿貫<sup>16)</sup>、石丸ら<sup>17)</sup>は、身体部位によって、圧迫感が異なり、最も圧迫感が高いのは胸部という結果を示している。Miyatsujiら<sup>18)</sup>は、ブラジャー着用時には副交感神経活動が抑制されると報告した。畠山ら<sup>19)</sup>は、5種類のブラジャーの前、後、脇の衣服圧をDSA-602B動ひずみ測定器によって計測し、その中で、脇の圧力

が最も大きく、前のBP直下が低い値を示すこと、また、3部位の平均衣服圧が80g/cm<sup>2</sup>で「ちょうど良い」、「ややゆるい」と感じた人が多く、160g/cm<sup>2</sup>では「ちょうど良い」という評価が多く、200g/cm<sup>2</sup>で「きつい」と感ずることを報告している。これらの数値が他の文献より著しく高いのは測定装置の受感部が超小型圧力変換機（2kg/cm<sup>2</sup>）であり、極端な圧力集中を生じるためと考えられる。これに対し、間壁ら<sup>20)</sup>は4種のブラジャーを用い、着用感の試着テストと液圧平衡方式で衣服圧を測定した。着心地が良いと評価された衣服圧は、ストラップ肩の部位で約32hPa、アンダーバスト部位では約15～21 Paであると報告した。清水ら<sup>21)</sup>は、電気抵抗法を用い、ブラジャーの静的・動的衣服圧を測定した。静的状態では脇と肩には比較的大きな被服圧がかかっている、カップ下部の圧力はカップ上部より大きい。また、動的衣服圧の変化は動作によって異なると述べている。岡部ら<sup>22)</sup>は、21～26歳の11名の被験者について、市販ブラ2種を用いて、走行中の乳房上の衣服圧変動と乳房振動との関係を検討した。結果、静止時の衣服圧は下カップ部が高く、運動時にも下カップ部に乳房振動の影響が強く表れ、乳房振動と同期して衣服圧も振動することを明らかにしている。諸岡ら<sup>23)</sup>は27～48歳の被験者8名を対象として、エアパック式衣服圧測定装置を用い、2種のブラジャーのカップ台の詰め寸法が異なる場合の衣服圧を測定した。その結果、静止時はフック位置によって、各部位の衣服圧が異なり、ワイヤー下部と脇部の衣服圧は他の部位より大きく、また、フック位置が中央の時、BMIが高くなるほど衣服圧が低くなる傾向が見られたと報告している。

以上の先行研究より、衣服圧は生理的・心理的に身体への影響が大きい。ブラジャーの衣服圧は安定感、快適感、防振効果などに関わることが明らかにされている。ブラジャーを設計する際には、適切な衣服圧を検討する必要があると考えられる。しかし、先行研究で用いられている実験試料は全部市販ブラジャーのため、素材や構造などが異なり、衣服圧への要因を明らかにする系統的な研究は見

当たらない。また、カップ内の衣服圧はブラジャーのフィット性と関係があるが、市販ブラジャーの中から各被験者に適合するカップ形状のブラジャーを選ぶことは難しい。

#### 1.2.4 ブラジャーによる振動抑制効果に関する研究

ブラジャーは乳房の防振や整容の目的で着用され、静止時にフィットしていても、運動中は乳房振動の影響を受けやすい。運動中の乳房振動特性やブラジャーの防振効果については従来からいくつかの研究がなされている。

竹内<sup>24)</sup> は、38歳と14歳の女性を被験者とし、ランニング、垂直跳び、跳び下りの3種の運動をさせ、裸体時の乳房とブラ着用時のブラ上の測定点の振動は赤外線スポット位置測定装置を用いて、測定した。その結果、裸体時の乳房振動は身体そのものの振動に比べ位相遅れが認められたが、主に身体と同じ周波数で振動すること、ブラジャー着用時には、上下方向に顕著な防振効果があることを明らかにした。樋口ら<sup>25)</sup> は、成人女性19名の被験者を対象に、人体加速度計を用いて、素材・構造の異なる4種の市販ブラジャーを着用し、ジャンプした時の乳房振動の加速度を測定した結果、裸体時は部位によって加速度が異なり、着用時はブラの種類によって加速度が異なること、ブラの材質、圧力、フィット性は防振効果に関係することを報告している。布施谷ら<sup>26)</sup> は、2台のビデオカメラと動作解析ソフトを用いて、ジャンプ時の三次元動作解析による乳頭点の振動分析を乳房の大きさが異なる被験者2名について行った。その結果、乳房の大きい被験者の振幅は乳房が小さい被験者より大きく、抑制効果が現われなかった。抑制効果は乳房の大きさとブラジャーのサイズ選びが影響し、自分の乳房の大きさや体型に合ったブラジャーを着用しなければ、ブラジャーによる振幅抑制を期待することができないと指摘した。斎藤ら<sup>27)</sup> は、若年者5名と中年群5名の計10名の被験者を対象に、3次元運動・解析システムを用い、裸体時および4種の市販ブラ着用時の乳頭点の

振動測定を行った。若年群は中年群より乳頭点の加速度が大きく、ブラジャーによる抑制効果が示された。岡部ら<sup>28)</sup>は22～25歳の成人女性7名について、運動画像解析システムを用い、裸体時および市販ブラ着用時の運動中の乳房振動を測定した。その結果、裸体時はBMIや乳房体積と振幅とは相関が低かったものの、垂直方向の振幅は乳房の硬さと強い負の相関を示し、ブラ着用時は垂直、水平方向ともに抑制され、乳房振動と身体特性との関係は低く、測定点間の振動の差は小さいと述べた。また、走行時は乳房とブラカップとの間にズレがあることを指摘している<sup>29)</sup>。

以上の研究結果から、運動中の乳房振動特性は裸体時とブラ着用時で異なること、ブラ着用時は乳房振動に対する抑制効果が見られることが示されている。又、振動抑制効果は乳房サイズ、ブラのフィット性、年齢や素材などとも関係することも指摘されている。しかし、これまでに行われた先行研究では、ブラの振動抑制効果を検証しているものの、素材・パターン・構造などがまちまちの市販ブラを対象としたものであるため、ブラが包む乳房のサイズや形状とブラパターンとの関係、あるいはブラを構成する素材の特性との関係がいずれも定性的な指摘にとどまっている。振動抑制に配慮したブラ設計に向けては、被験者の乳房サイズ・形状とブラのパターン・形状・素材との関係を明確にした、より基礎的な研究が求められる。

#### 1.2.5 ブラジャーの現状と研究課題

日本衣料管理協会<sup>3)</sup>は、平成15年12月～平成16年1月の期間に、大学在学学生とその母を対象としたブラジャーに関する調査を行っている。その調査から、ブラジャーの気に入っている点については、学生は「デザイン」が64.5%、「着け心地が良い、楽、安定感がある」が26.1%、「体にフィットする、サイズが合っている、動きやすい」が19.1%となった。しかし、母親はそれぞれに対し21.6%、

25.0%、35.6%であった。間壁ら<sup>30)</sup>は、若年者の約7割がデザインに注目して購入しているが、母親はブラジャーの機能性により注目していると報告している。ブラジャーを購入する時には、サイズを非常に気にするが、試着してから購入する人は少なかった。しかし、「サイズ表示通りに選んでも合わない場合がある」不満が見られたとも述べられている。鈴木ら<sup>31)</sup>の結果からは、デザインが62.3%、次は素材や機能で、どちらも約10%であり、年齢が上がるほどその割合は大きくなることが示されている。樋口<sup>4)</sup>は、ブラ着用時の不快感に関する調査の結果から、ブラ着用中の障害として最も多かったのは、かゆみおよび発赤で、その部位はアンダーバストである。着用時に注視する項目は体型補整、動作適合性であった。動作適合性については階段の昇降、走る動作ではバストが揺れると指摘された。その他アンダーバストのずり上がり、きつすぎる、カップが大きすぎる、肩紐のずれが問題となっており、より良いブラジャー設計の際に重点をおくべき点である。又、動作による皮膚のずれは動作ごとに異なり、その解決は運動による皮膚表面変化に適合できる素材及び設計が必要である。また、岡田<sup>32)</sup>は、1985年～1988年の20代の女子とその母親を対象とした下着着用の意識と生活行動についての調査を行った。ブラジャーの着用目的として、防振効果による運動適応性を選んだのは娘では77%、母親では49%であった。塩野<sup>1)</sup>は、20代～50代の成人女性を対象とする調査を行い、若者はブラジャーのファッション性、装飾性、造形性などの外観に関わる機能を重視するのに対し、年代が上がるとブラジャーの品質を重視すること、また、ブラジャーのサイズの大きい人ほど動作に伴う乳房のゆれは大きく、ゆれを防ぐ機能性を注視する解答が多かったと述べている。千葉<sup>33)</sup>はスポーツ時のブラジャー着用状況の結果から、スポーツ時は一般的なブラジャーを着用しているのが94%で、その中で不快感については「肩ひものずれ」、「カップのずれ」、「UBのずれ」及び「ホックのずれ」が多いことを明らかにしている。岡部ら<sup>34)</sup>は、ブラジャーに共通する因子としては特にずれ感や揺れ

感の因子の寄与率が高く、また総合的な着心地との相関も高かったと報告した。女性がスポーツを快適に行うためには、バスの揺れを防止することが重要であると言われている。

先行研究より、若年女性はブラジャーのデザインを注視し、年齢が上がるとブラジャーの機能性を高く気にしていることが明らかとなった。龍<sup>35)</sup>によると、デザイン性が大切なことは言うまでもなく、その前に身体をしっかりと機能させるという目的が果たせなければ、身体の本来的な美しさを引き出すことはできない。ブラジャーの運動機能性については、運動時の乳房の揺れを抑制することが重要であると指摘され、ブラジャーの不快感はカップ部・アンダーバスト部のずれ及び圧迫感と関係が高いと考えられる。

### 1.3 本論文の目的並びに論文構成

女性が日常生活やスポーツにおいて、様々な運動を行う際、乳房の揺れを防止することは重要だと思われる。ブラジャーは、女性のバスの整容性と防振性とを主たる目的として着用されるファンデーションの一つであり、現代女性の必需品となっている<sup>28)</sup>。ブラジャーの運動機能性向上を目的とした多くの先行研究においては、ブラジャーの衣服圧や防振効果について研究されているが、これらはいずれも素材・パターン・構造などがまちまちの市販ブラを対象としたものであり、従って、ブラジャーが包む乳房のサイズや形状とブラパターンとの関係、あるいはブラを構成する素材の特性との関係については、いずれも定性的な指摘にとどまっている。振動抑制に配慮したブラ設計に向けては、被験者の乳房サイズ・形状とブラのパターン・形状・素材との関係を明確にした、より基礎的な研究が求められる。

本研究では、乳房サイズが異なる被験者を対象として、まず、裸体時乳房振動を観察し、乳房の圧縮特性及び皮膚粘弾性との関係を明らかにし、次いで、各被

験者の乳房形状に合わせて製作した実験用ブラジャーを用いて、そのアンダーバストの詰め寸法が異なる場合の乳房の振動特性及びブラの防振効果について検討しようとするものである。

本論文は以下の 6 章により構成される。

第 1 章「序論」では、文献的背景、本文の目的及び本論文の構成について記述した。

第 2 章「裸体時運動中の乳房振動」では、乳房の大きさの異なる若年女性 8 名を被験者として、トレッドミル上で歩行(4km/h)・走行(6km/h)・ジャンプ(1.75Hz)をする時の乳房振動を、ハイスピードカメラを用いて観察した。また、乳房特性と乳房振動との関係を検討するために、乳房の圧縮性と皮膚粘弾性を測定した。運動時乳房振動の軌跡、振幅、加速度を求め、乳房の振動特性を検討した。また、乳房の圧縮特性、皮膚粘弾性を求め、乳房振動と身体特性及び乳房特性との関係を明らかにした。

第 3 章「実験用乳房表面展開ブラジャーの製作」では、カップサイズの異なる若年女性 6 名を被験者として、テーピングテープを用い、各被験者の右乳房の位置と形状を補整し、石膏包帯法により、被験者の補整後の胸部形状を採取・展開し、被験者毎に適合した実験用ブラジャーを製作した。また、各被験者の実験用ブラジャー着用時の写真を撮影した。

第 4 章「実験用ブラジャー着用時運動中の乳房振動」では、第 3 章で製作したブラジャーを用いて、アンダーバストの詰め寸法をアンダーバスト -3cm, -6cm, -9cm に設定した各詰め寸法時ブラジャーの、アンダーバスト 3 点における衣服圧を測定し、その際の着用感について官能評価を行った。次いで、ハイスピードカメラを用い、実験用ブラジャーを着用して、トレッドミル上で歩行(4km/h)・走行(6km/h)・ジャンプ(1.75Hz)を行う際の乳房とブラジャー上の振動を同時に観察した。運動中の乳房振動の最大振幅・速度・加速度を求め、ブ

ラジャー着用前後、詰め寸法、乳房サイズと乳房振動特性を比較した。また、乳房振動に及ぼす乳房サイズ及び身体振動との関係についても検討した。

第5章「実験用ブラ着用時運動中の乳房・ブラ振動のズレ」では、第4章のハイスピードカメラで撮影した乳房上の測定点とブラ上の測定点の動画像を合わせて解析し、ブラカップ内の乳房上とブラ上の振動軌跡により、両者のズレ関係を検討した。

第6章「総括」では、各章をまとめ、研究全体の結論について論述し、運動機能性と快適性の向上を目的としたブラジャー設計の展望、および残された課題について述べた。

## 引用文献

- 1) 塩野裕貴子；現代女性のブラジャーに対す意識について, Kobe College of Liberal Arts, 38 - 48(2005)
- 2) 清水裕子, 戸塚歌子, 大塚伊里子, 松島貴子；織消誌, 28(1)：17 - 24(1987)
- 3) 日本衣料管理協会；ブラジャーに関する調査報告書：2004.7
- 4) 樋口ゆき子；ブラジャーの官能評価, 人間工学, 20(2)：73 - 80(1984)
- 5) 都築和代, 水野一枝；スポーツウェアの科学, 高分子, 50：530-533(2001)
- 6) 深井晃子；乳房の文化論—揺れ動くおっぱい—, 乳房文化研究会, 株式会社淡交社, 京都市：249 - 274(2014)
- 7) 青野敏博；女性と乳房, 株式会社同朋舎, 京都市：4 - 5(1984)
- 8) 芦田美和；プロ・デザイナーのための女性下着概要知識と技術, 芦田美和, 東京都：014 - 027 (2006)
- 9) Y.Chinen, L.Wakako, Hi,Morooka, Ha,Morooka, Y.Matsumoto；Influence of Forms of Brassieres on Beauty of Bust Clothing Silhouettes, Journal of Textile Engineering, 55(1)：29-37(2009)
- 10) 青山まり；ブラの本, 株式会社サンマーク, 東京都：14(2003)
- 11) 福原衣麻；ブラジャーのフィット性に関する研究, 日本女子大学大学院紀要, 16：157-163(2010)
- 12) 松山容子, 伴浩美；ブラジャーの寸法適合の評価, 人間工学, 25：92 - 93(1989)
- 13) 田村照子, 成瀬正春, 諸岡晴美, 小柴朋子；アパレル生理衛生論, 日本衣料管理協会, 東京都：78 - 98(2016)
- 14) 伊藤紀子；圧迫感（衣服圧）—最適衣服設計のために—, 織消誌, 36(1)：39 - 43(1995)
- 15) 田村照子；衣服圧の功罪, 日本家政学会誌, 51(11)：1089 - 1092(2000)

- 16) 綿貫茂喜, 三平和雄; 与圧服着用時における圧迫感と脈波の変化について, *Ann. Physiol. Anthropol.*, 6(4) : 247-254(1987)
- 17) 石丸園子, 中村美穂, 野々村千里, 横山郭士; 人体への加圧部位の違いが心理・生理特性に及ぼす影響, *人間工学*, 46(5) : 325 - 334(2010)
- 18) Aya Miyatsuji, Tamaki Matsumoto, Sachiko Mitarai, Tetsuro Katabe, Takehiro Takeshima, Shigeki Watanuki; Effects of Clothing Pressure Caused by Different Types of Brassieres on Autonomic Nervous System Activity Evaluated by Heart Rate Variability Power Spectral Analysis, *J. Physiol. Anthropol.*, 21(1) : 67-74(2002)
- 19) 畠山絹江, 土井サチヨ, 福井弥生, 内藤美保子, 奥村董; ブラジャー設計に関する基礎研究Ⅲ, *人間工学*, 20 : 174-175(1984)
- 20) 間壁治子, 百田裕子, 三野たまき, 上田一夫; ブラジャーの衣服圧に関する研究, *繊維消誌*, 32(9) : 34 - 41(1991)
- 21) 清水義雄, 佐々木和也, 渡辺敬一, 近田淳雄, 加藤陽一, 清水裕子; ブラジャーの動的被服圧測定, *繊維学会誌*, 49(1) : 57 - 62(1993)
- 22) 岡部和代, 大槻尚子, 黒川隆夫; 呼吸と乳房振動に伴うブラジャーカップ内の衣服圧変動, *京都女子大学紀要*, 50 : 60 - 65(2005)
- 23) 諸岡晴美, 福田玲子, 中橋美幸, 佐々木ヒサエ, 諸岡英雄; 補整用ブラジャー下部胸囲部分における衣服圧と着用感, *繊維学会誌*, 61(2), 55 - 60(2005)
- 24) 竹内友昭; 乳房の運動とブラジャー, *人間工学*, 20(2) : 65-68(1984)
- 25) 樋口ゆき子, 沖浜光子, 田中道一; ブラジャーの機能性に関する研究 (第1報) —ブラジャーの防振効果について—, *家政学会誌*, 23(3) : 12 - 16(1972)
- 26) 布施谷節子, 松本智絵美; ブラジャーによる振動抑制効果に関する3次元考察, *和洋女子大学紀要*, 46 : 1 - 12(2006)
- 27) 斉藤秀子, 田村照子; ブラジャー着衣時の胸部振動特性とその年齢による相

- 違, 被服衛生学, 33 : 2 - 8 (2014)
- 28) 岡部和代, 黒川隆夫; ブラジャー着用時と非着用時の運動中の乳房振動特性,  
日本家政学会誌, 54(9) : 731 - 738 (2003)
- 29) 岡部和代, 黒川隆夫; 走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性,  
日本家政学会誌, 56(6), 376 - 388 (2005)
- 30) 間壁治子, 赤塚博江; ファンデーションの着用に関する現状調査について,  
織消誌, 26(11) : 464 - 471 (1985)
- 31) 鈴木公啓, 菅原健介, 完甘直隆, 五藤睦子; 見えない衣服—下着—について  
の関心の実態とその背景にある心理的効用, 織消誌, 51(2) : 25 - 39 (2010)
- 32) 岡田宣子; 体つきの意識と生活行動, 日本家政学会誌, 43(1) : 37 - 44 (1992)
- 33) 千葉佳子; スポーツ時におけるブラジャーの着用感について, 人間工学, 34 :  
408 - 409 (1998)
- 34) 岡部和田, 黒川隆夫; ブラジャーの官能評価に基づく判定者の類型化, 日本  
家政学会誌, 57(11) : 743 - 751 (2006)
- 35) 龍多美子; 美胸セラピー, 株式会社青春出版社, 東京都 : 31 (2008)
- 36) <http://www.wacoal-science.com/ageing/>; バスト編, 2016年5月

## 第2章

# 裸体時運動中の 乳房振動

## 2.1 緒 言

乳房はほとんど乳腺と脂肪組織から成る軟組織であるため、人体全体の運動の影響を受けて振動しやすい<sup>1)</sup>。ブラジャー（以下ブラと略す）はバストの整容性と防振性を主たる目的として着用されるファンデーションの一つであり、現代女性の必需品となっている<sup>2)</sup>。ブラ着用時の運動機能性を向上させるための基礎研究としては、裸体時の乳房の振動特性を把握しておくことが重要である。

乳房の振動特性については、従来からいくつかの研究がなされている。樋口<sup>3)</sup>らは19名の被験者を対象に、人体加速度計を用いて、市販ブラ着用時及び非着用時の乳房の走行時振動加速度を測定した結果、ジャンプ時は部位によって加速度が異なることを報告している。振幅とは相関が低かったものの、垂直方向の振幅は乳房の硬さと強い負の相関を示したと述べている。布施谷ら<sup>4)</sup>は、2台のビデオカメラと動作解析ソフトを用いて、ジャンプ時の三次元動作解析による乳頭点の振動分析を被験者2名について行った。その結果、乳房の大きさに関わらずジャンプによって乳房は大きく上下し、ジャンプ1回の中に乳房は2つの山を描いて振動すること、左右の振幅は上下より小さく、被験者による差は小さいと報告している。

以上の先行研究において、乳房振動は主に振幅を中心に分析されており、乳房振動の速度や加速度に関する三次元的振動特性については報告されていない。また、乳房振動の個人差についても明らかにされていない。乳房の振動抑制を目的としたブラ設計のためには、異なる乳房サイズや特性を持つ被験者の乳房振動特性を明らかにする必要がある。

本研究では、乳房の大きさの異なる被験者8名を対象として、運動に伴う乳房の振動特性をハイスピードカメラ（POINT Grey Research inc）を用いた三次元動作解析により観察・計測し、振幅・速度・加速度を分析した。また、乳房の圧縮特性及び皮膚粘弾性を測定し、これらと振動特性との相互関係について検討を加

えた。

## 2.2 実験方法

### 2.2.1 被験者

被験者はカップサイズの異なる若年女性 8 名である。その身体特性を表 2.1 に示す。なお、被験者のバスト囲は図 2.1 に示す前傾 90° 姿勢での実質的な乳頭点を通る体軸に垂直なバスト周径である。バスト囲とアンダーバスト囲の差を乳房の大きさとし、S1 から S8 に向かって、順に乳房サイズが大きくなる。着衣は上半身がヌード、下半身がショーツのみとし、生理期を考慮して、全ての実験は生理期間以降 5~15 日の間に行った。

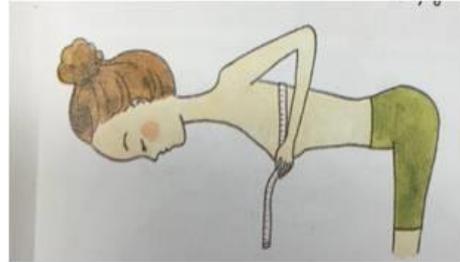


Fig.2.1 Posture of bust girth measuring <sup>5)</sup>

Table 2.1 Profile of subjects

Subject	Age(year)	BMI	Bust Girth <sup>a)</sup> (mm)	Underbust Girth <sup>b)</sup> (mm)	Bust Girth-Underbust Girth (mm)
S1	22	18.8	833	715	118
S2	27	18.0	833	705	128
S3	26	23.1	889	755	134
S4	29	19.3	845	690	155
S5	26	25.6	998	838	160
S6	25	21.4	904	740	164
S7	24	18.8	843	675	168
S8	26	22.1	975	803	172
Average	25.6	20.9	890	740	150
S.D.	2.1	2.6	65	57	20

a) バスト囲は、前傾 90° 姿勢での実質的な乳頭点を通る体軸に垂直なバスト周径を測定。

b) アンダーバスト囲は、直立した状態で、乳房のふくらみの底辺と乳頭線との交点を水平に通る周囲。

### 2.2.2 測定点

実験は右乳房を対象とし、測定点は図 2.2 に示すとおりである。P0 は乳頭点、P1～P8 は乳房ベースラインと乳頭点間距離の外側 1/3 に印したインナーラインと乳頭点を中心とする水平、垂直、斜め 45° 放射線との交点である。乳房のベースラインは乳房下端の基底曲線と乳房を持ち上げた際に胸部部に生じる皮膚溝を合せた円形の閉曲線となる。

振動の観察は乳頭点 P0 とその周囲 P2、P4、P6、P8 の 5 点とした。また乳房振動と人体の位置移動とを区別するため、比較的表面振動の影響を受けにくい骨格上の点として頸窩点(Neck point、以下 N 点と略す)を選択し、これを基準点として、N 点と各点間の距離を分析の対象とした。

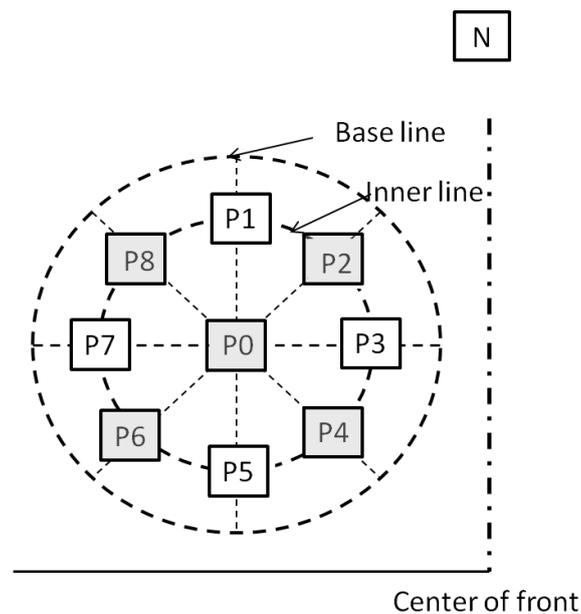


Fig.2.2 Measuring points of the right breast

### 2.2.3 乳房振動の観察・計測

乳房振動の測定には、ハイスピードカメラ（POINT Grey Research inc）3台を用いた。撮影前に図 2.3 に示すようなコントロールフレームを用いて、画像表示上乳房が大きく表示されるように、点線で表すようなコントロール範囲を定めた。コントロール範囲の座標値は、図 2.4 に示したコントロールマスタで表される。



Fig.2.3 Control flame

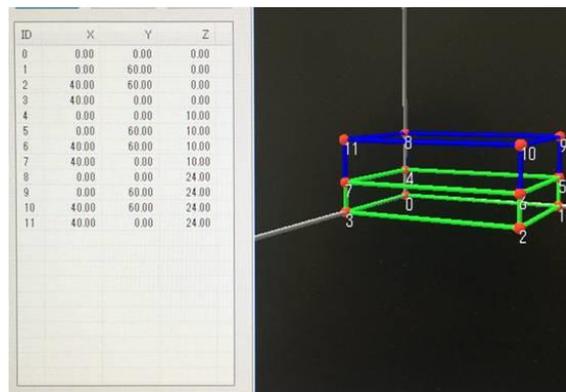


Fig.2.4 Control master

図 2.5 に示すように 3 台のハイスピードカメラを、1 台はほぼ正射影と見なせる位置に、他の 2 台は左右両側から撮影できる位置にカメラスタンドを用いて固定した。コントロールフレームはトレッドミル上に乗せた。被験者毎にコントロール範囲内に乳房画像が入るように、カメラ位置を調整した。動作撮影前に三次元動作画像解析システム（キッセイコムテック株式会社）の Motion



Fig.2.5 Position of cameras and control flame

Recorder を用いて、3 台のカメラで同時に 3 秒間のキャリブレーション画像を撮影した。3 台のカメラともフレームレートは 100fps、シャッターに 1/250sec を設定した。

運動条件は、歩行、走行、ジャンプの三種である。トレッドミル上で歩行(4km/h)、走行(6km/h)、ジャンプ(1.75Hz)、それぞれで運動する間の15秒間の画像を撮影した。ジャンプの速度を一定にするために、メトロノームを用いて1.75Hzに設定した。歩



Fig.2.6 Posture while walking, running and jumping

行・走行時に腕を振る自然な歩行・走行を行うと、上肢の動きの影響で、身体は前後・左右に大きく移動するため、被験者は図2.6に示すように両手を腰部の定位置に置き、腕の振りによる乳房への影響を避けた。被験者には実験前に各運動を練習させ、各運動とも3回ずつ繰り返し、その平均を測定値とした。

運動中の乳房上の各点とN点をハイスピードカメラで追跡するため、各測定点に図2.7に示す直径12mmの円形蛍光シールを貼り付けた。動画像の追跡には三次元動作画像解析システムの3D Calculatorを用い、図2.8に示すマーカーマスタで表す測定点と動画像の測定点を対応させ、3台のカメラの画像の各測定点の15秒間の動きを追跡した。



Fig.2.7 Markers for tracing motion

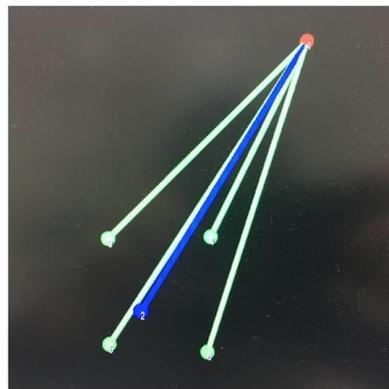


Fig.2.8 Markers master for tracing motion

動作解析には、三次元動作画像解析システムの Kine Analyzer を用いて、測定開始から 15 秒間の動画像を取り込み、座標値に変換した。x、y、z 座標値は撮影開始直前に取り込んだコントロールマスタを基に実寸換算した。x 座標値は左右の振動、y 座標値は前後の振動、z 座標値は上下の振動を表す。

#### 2.2.4 乳房の圧縮特性

被験者は表 1 に示す 8 名中の S1、S3、S5～S8 の 6 名である。測定点は図 2.1 に示す P0～P8 の 8 点である。乳房の圧縮性は図 2.9 に示す KES-G5 ハンディ圧縮試験機（カトーテック株式会社）を用い、被験者は図 2.10 に示すように立位で壁に寄せて、体を安定するため、背中にクッションを置いた。測定時、呼吸の影響を避けるため、呼気する時息を止める状態で、加圧板を測定点の皮膚表面に一定の速度 3mm/s で垂直に 5 mm、10 mm 押し込み、それに要する最大荷重を圧縮応力  $F_{5\text{mm}}$ 、 $F_{10\text{mm}}$  として読み取った。各測定点とも 5 mm、10 mm の測定を 3 回ずつ繰り返し、その平均を測定値とした。

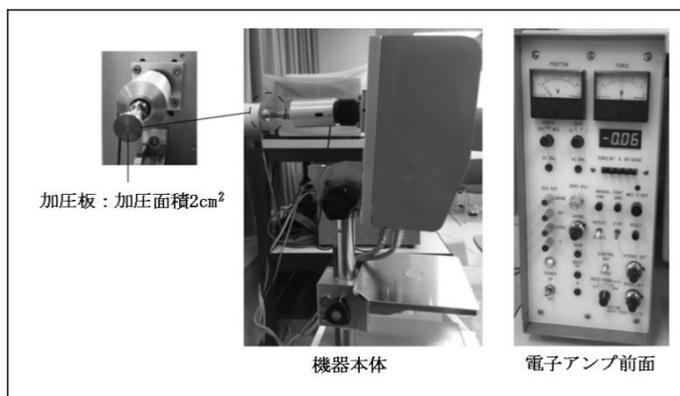


Fig.2.9 KES-G5 for measuring breast compression



Fig.2.10 Posture of breast compression measuring

### 2.2.5 乳房の皮膚粘弾性

被験者は表 1 に示す 8 名である。図 2.11 に示す皮膚粘弾性測定装置 Cutometer MPA580（株式会社インテグラル）を用い、図 2.12 に示すように被験者は座位で、両手を自然に下垂し、呼吸の影響を避けるために、呼気する時息を止める状態で、直径 2mm の測定開口部を乳房の測定点 P0～P8 に垂直に合わせ、乳房の皮膚表面に 450mbar の陰圧で一気に吸引後、急激に陰圧を解除した。その際の振幅  $E$  の経時変化を図 2.13 に示す。 $U_e$  は吸引直後のほぼ急激な吸引量、 $U_f$  は吸引量最大値、 $U_r$  は陰圧解除後のほぼ急激な減少量を示す。各測定点とも 3 回ずつ繰り返し、その平均値を測定値とした。皮膚の弾力性を示す  $U_e$  と回復率を示す  $R7=U_r/U_f$  を分析の対象とした。

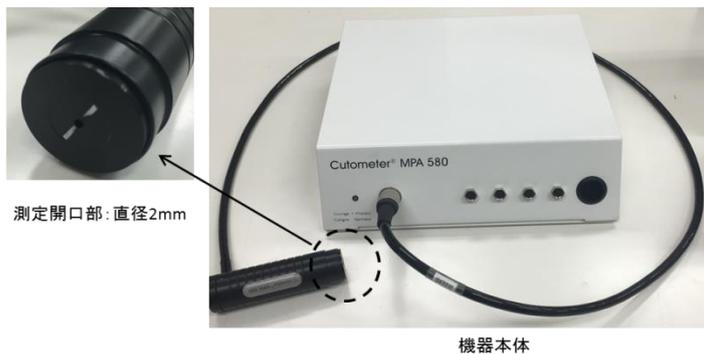


Fig.2.11 Skin viscoelasticity measuring device



Fig.2.12 Posture of skin viscoelasticity measuring

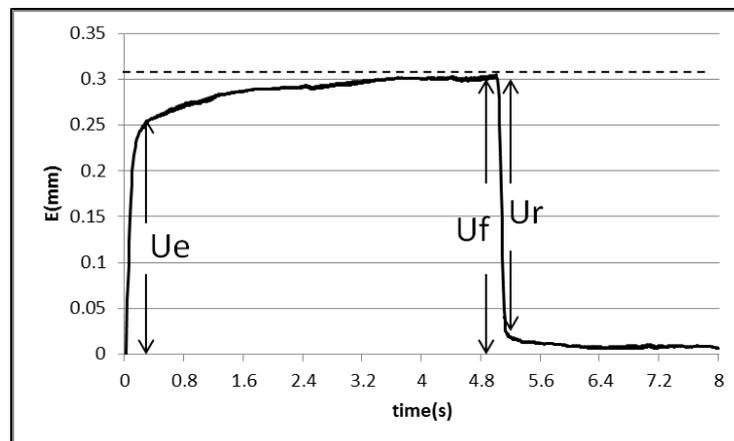


Fig.2.13 Changes of suction amplitude

## 2.2.6 倫理的配慮並びに統計処理

なお、本研究の実施に先立ち、文化学園大学研究倫理審査委員会の承認を受け、実験は被験者に研究の目的、手法、注意事項等を十分に説明した上で、参加同意のもとに匿名性を確保して行われた。統計処理はエクセル統計の2元配置分散分析及び相関行列によって分析し、危険率5%以下を有意とした。

## 2.3 結果

### 2.3.1 乳房の振動特性

歩行、走行、ジャンプのそれぞれ一定の速度で繰り返す間の各15秒間のデータを用いて正規化した。図2.14に示すように、歩行、走行の周期は、右足接地時に基準点Nが最低位をとった時点から次の右足接地時の最低位までを1周期とした。ジャンプは、Nが両足接地時の最低位を取ってから次の両足接地時の最低位をとるまでを1周期とした。

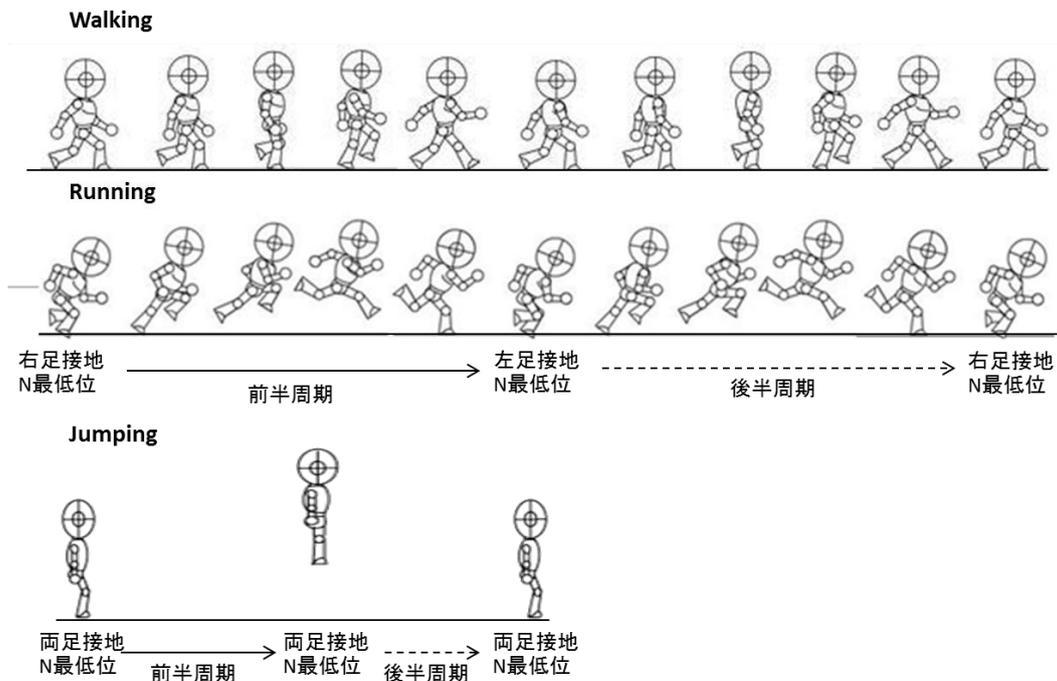


Fig.2.14 Period of walking, running and jumping

### 2.3.1.1 歩行、走行、ジャンプ時の正面(x - z 面)、側面(y - z 面)の最大振幅

図 2.15 に各被験者の測定点の正面(x - z)軸の最大振幅  $D_x$  と  $D_z$  の関係を示す。歩行時は、上下・左右とも 1.5cm 以内であり、上下方向より左右方向が大きく、走行時は、上下方向は S1~S3 が 2.0cm 以内、S4~S8 が 2.0~4.0cm であり、左右方向は S1~S4 が 0.5~2.0cm 以下、S5~S8 が 1.5~2.5cm で、上下・左右とも乳房が大きい被験者のほうが大きかった。ジャンプ時は、上下方向は S1~S3 が 1.0~2.5 cm、S4~S8 が 2.5~5.5 cm であり、乳房が大きいと 2 倍以上の振幅が示された。左右方向の振幅は 0.5~2.0 cm に分布し、左右には被験者間の特徴が見られなかった。

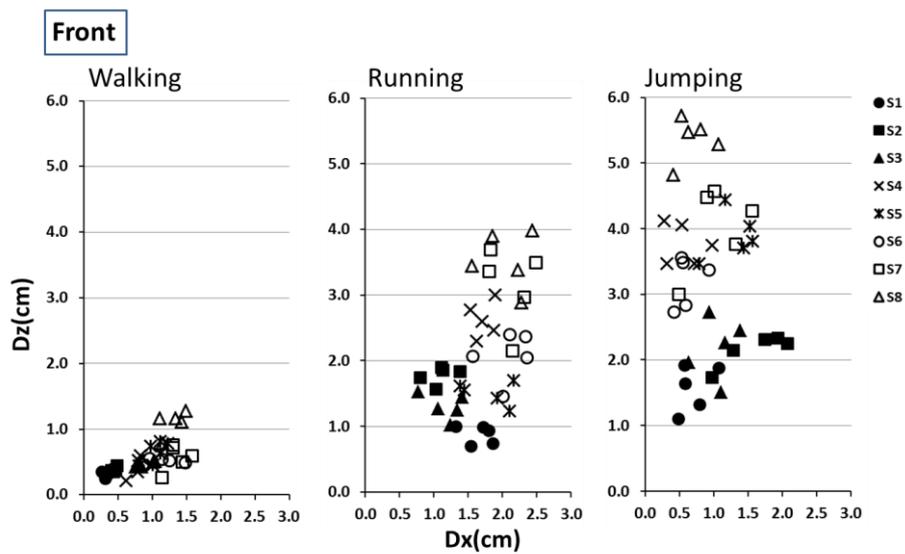


Fig.2.15 Breast vibration amplitude of each subject on the x-z plane during walking, running and jumping

図 2.16 に各被験者の測定点の側面 ( $y - z$  軸) の最大振幅  $D_y$  と  $D_z$  の関係を示す。上下方向の振幅については、前述の通りである。前後方向の最大振幅については、歩行時は各被験者とも 3.2cm 以内であり、上下方向より大きく、走行時は 1.0~5.0cm で、上下・前後とも乳房が大きい被験者のほうが大きかった。ジャンプ時は 1.0~5.0cm で、前後方向の振幅は被験者間の特徴が見られなかった。いずれの運動においても前後方向振幅は左右方向に比べ大きく、これは運動中の体の動きの影響を受けて、身体が前後・左右に大きく捻転することに伴う振幅を含んでいるためと考えられる。

いずれの運動においても上下方向の振幅は、乳房が大きい被験者の方が大きい傾向が示され、特に走行・ジャンプ時は乳房が大きい被験者は小さい被験者より約 2 倍大きく揺れている。これに対し、左右・前後方向は被験者の乳房の大きさによる差はあまり見られなかった。

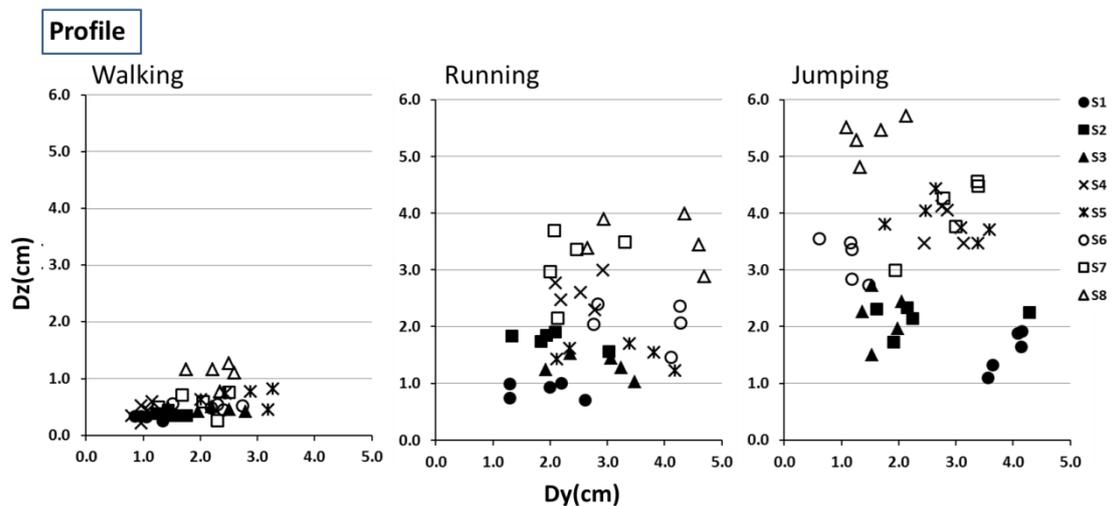


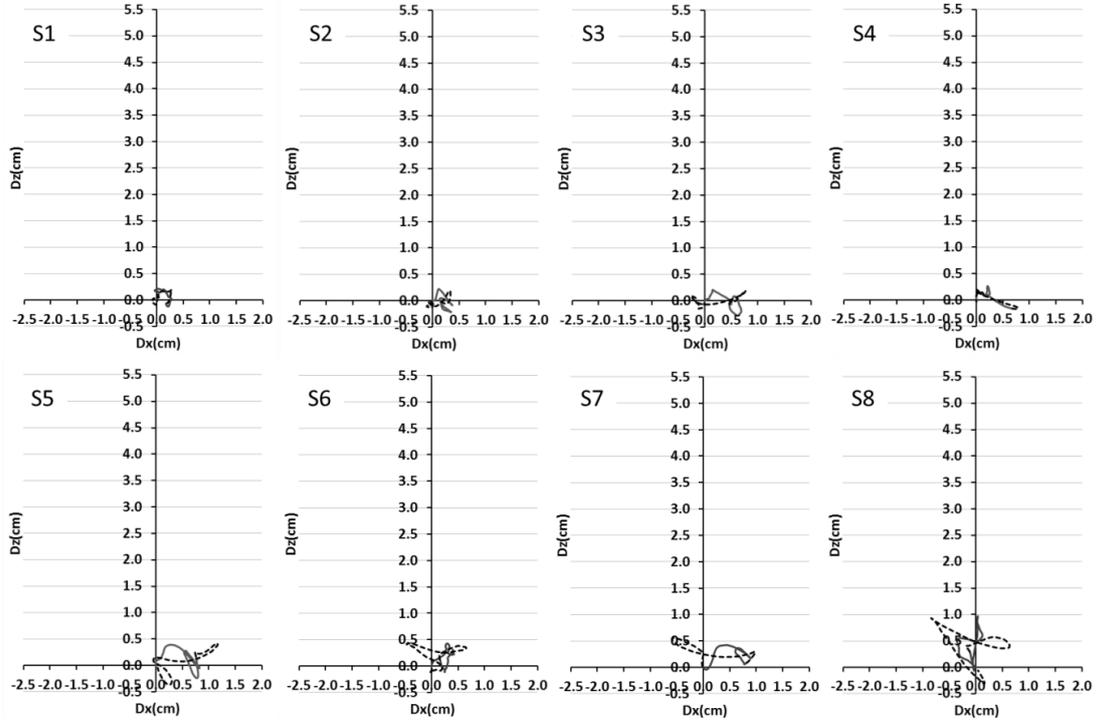
Fig.2.16 Breast vibration amplitude of each subject on the  $y - z$  plane during walking, running and jumping

次に歩行、走行、ジャンプにおける各被験者の各測定点 5 点 (P0、P2、P4、P6、P8) の x-z 面の振動軌跡を図 2.17～図 2.19 に示す。右足接地時で N 点が最低位をとる時の各測定点と基準点 N の距離を 0 とし、前半の周期は実線で、後半の周期は点線で示されている。歩行時は、被験者 S1～S2 は上下・左右方向への振幅は僅少で、0.5cm 以下であり、乳房は内側方に振動している。被験者 S3～S4 は上下方向が 0.5cm、左右方向が 1.0cm、S5～S8 は上下方向が 0.5～1.5cm と、左右方向の振幅は上下よりやや大きい。走行時は、各被験者とも U 字型の特異な振動軌跡を示した。被験者 S1～S3 は上下方向が 0.5～1.5cm、左右方向が 1.0～2.0cm と、上下・左右にほぼ同様に振動している。左右方向の振動は乳房が踏み足側に振れる為に生じていると考えられる。S4～S6 は上下方向が 1.0～2.5cm、左右方向が 1.5～2.5cm、左右・上下方向とも被験者 S1～S3 よりやや大きい。S7～S8 は上下方向が 3.0～3.5cm、左右方向が 1.5～2.5cm と、上下方向の振幅が左右方向より大きく、上下方向に大きく揺れている。ジャンプ時は、上下方向が 1.0～2.5cm、左右方向が 0.5～2.0cm と、上下方向の振幅は左右よりやや大きい。S4～S6 は上下方向が 0.5～1.5cm、左右方向が 3.0～4.0cm、S7～S8 は上下方向が 3.0～5.5cm、左右方向が 0.5～1.0cm と、上下の振幅は左右より 2 倍以上大きく振動している。ジャンプ時の乳房の上下方向の振幅は歩行・走行より大きい、左右方向の振幅は小さく、外側への振幅は内側への振幅より大きい傾向にあった。

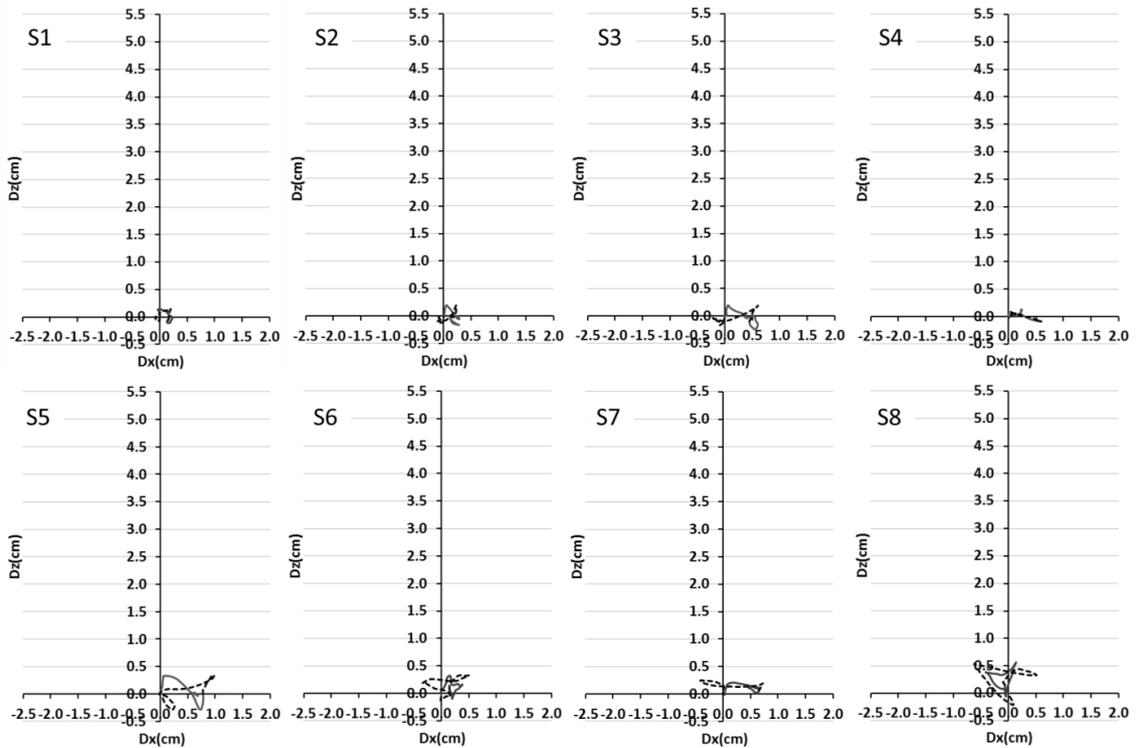
# Walking

— First half Period  
- - - Last half Period

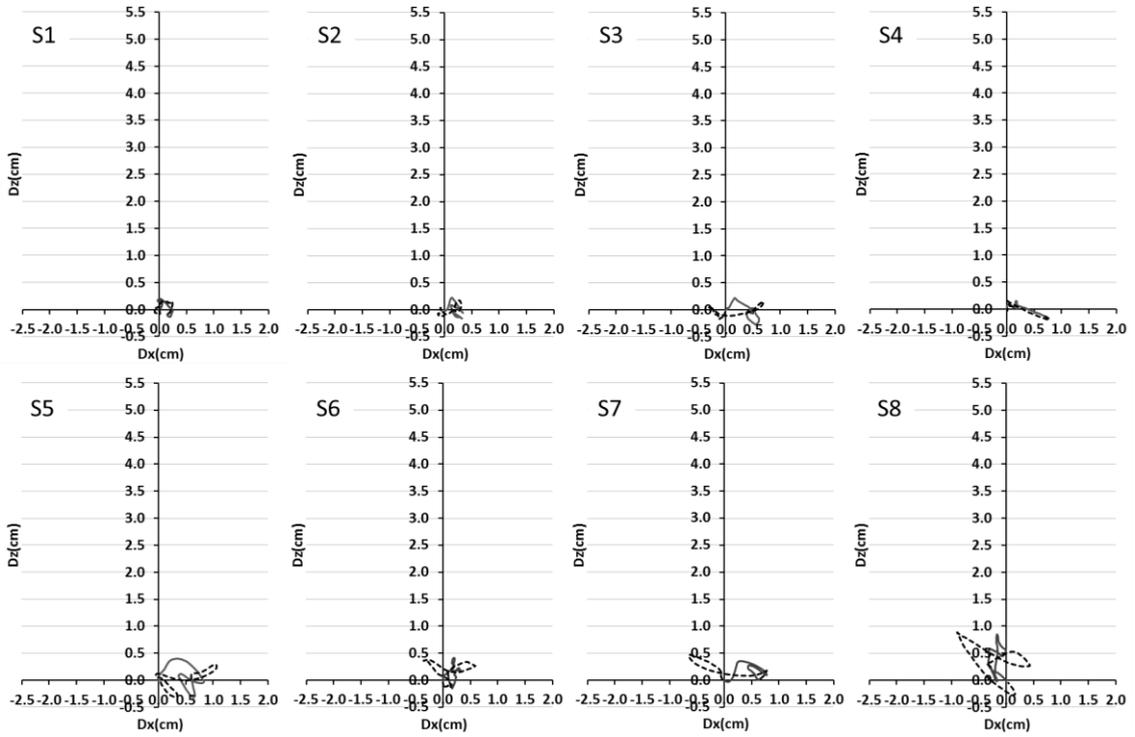
## Point P0



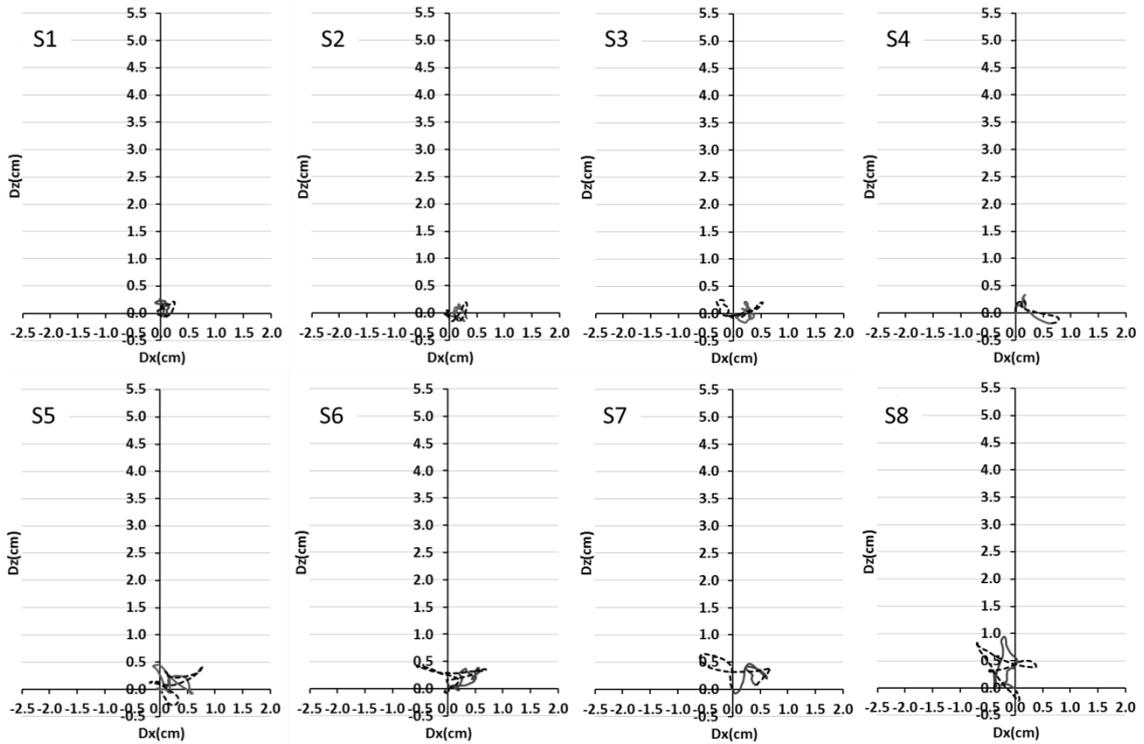
## Point P2



### Point P4



### Point P6



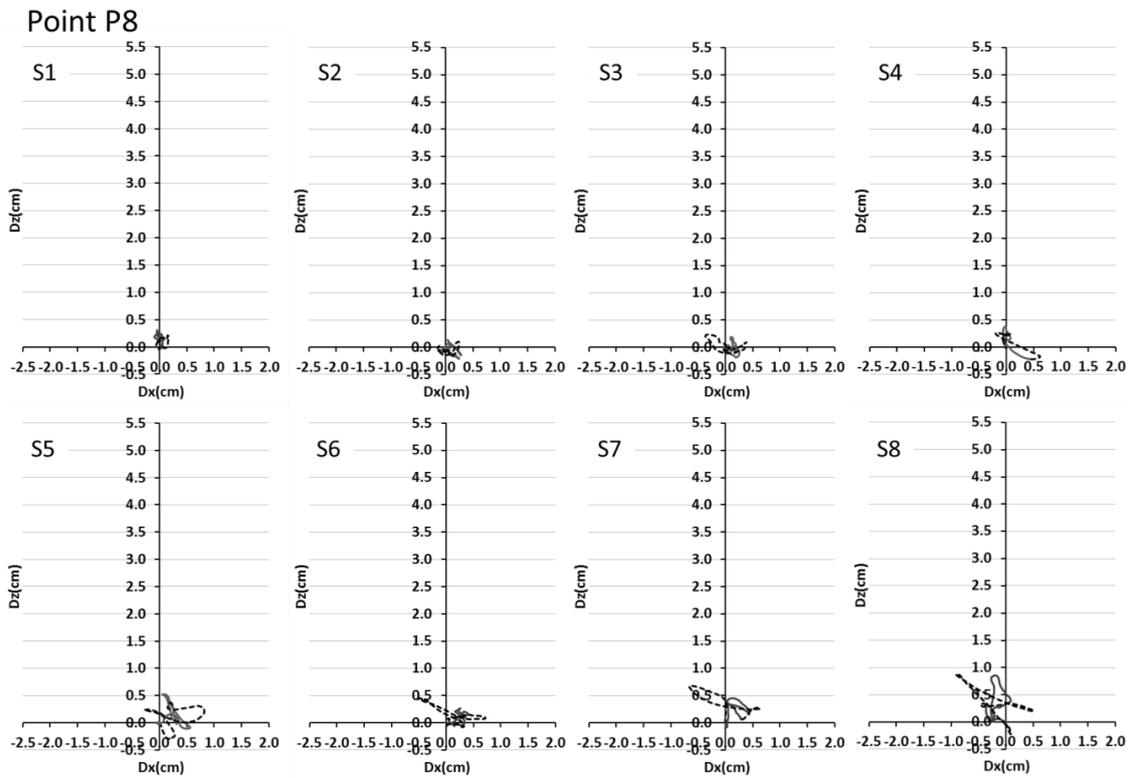
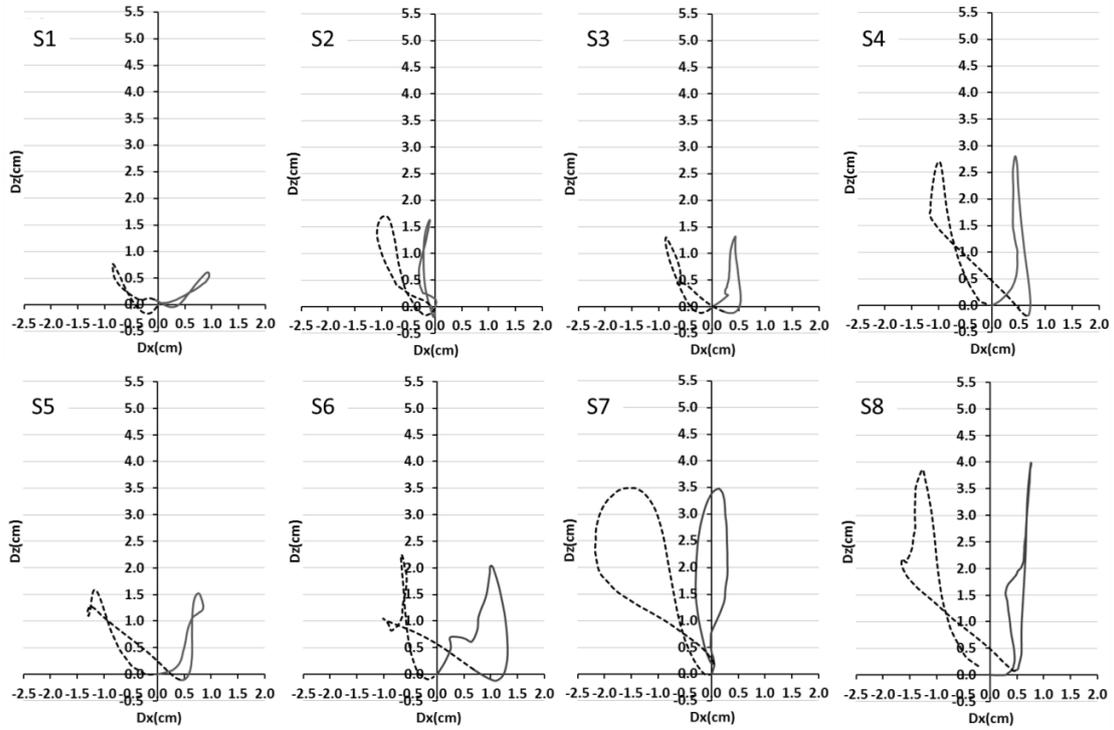


Fig.2.17 Vibration locus of each measuring point of each subject on the x-z plane during walking

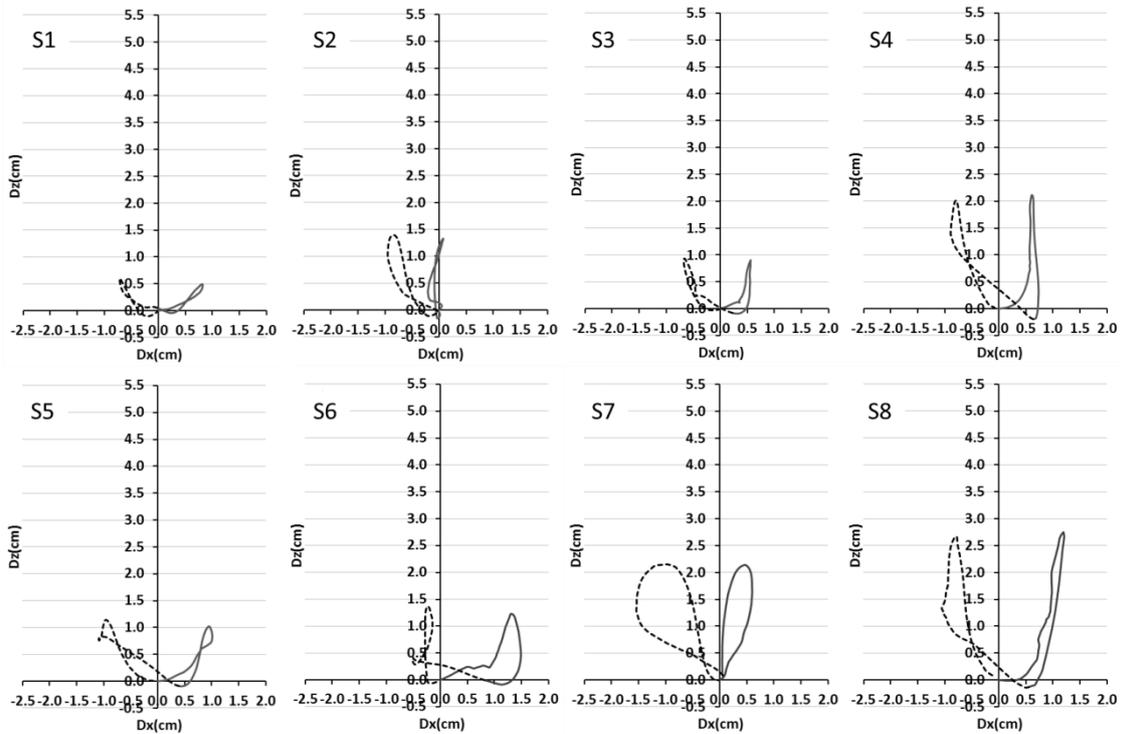
# Running

— First half Period  
- - - Last half Period

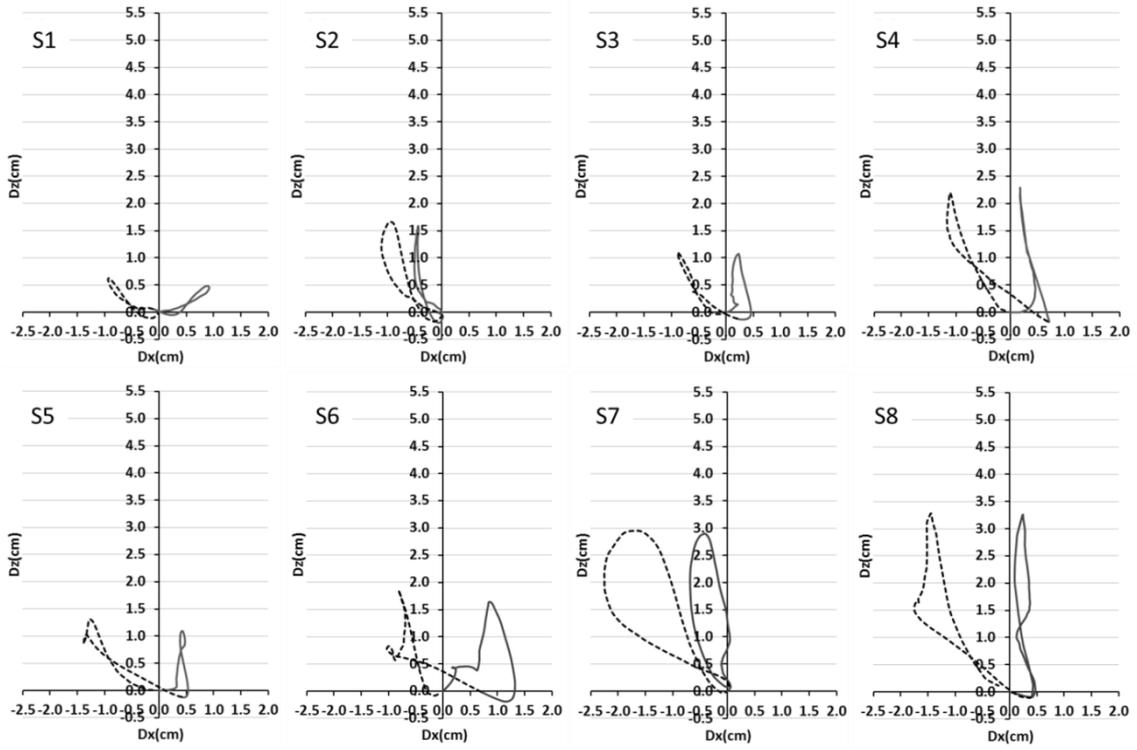
## Point P0



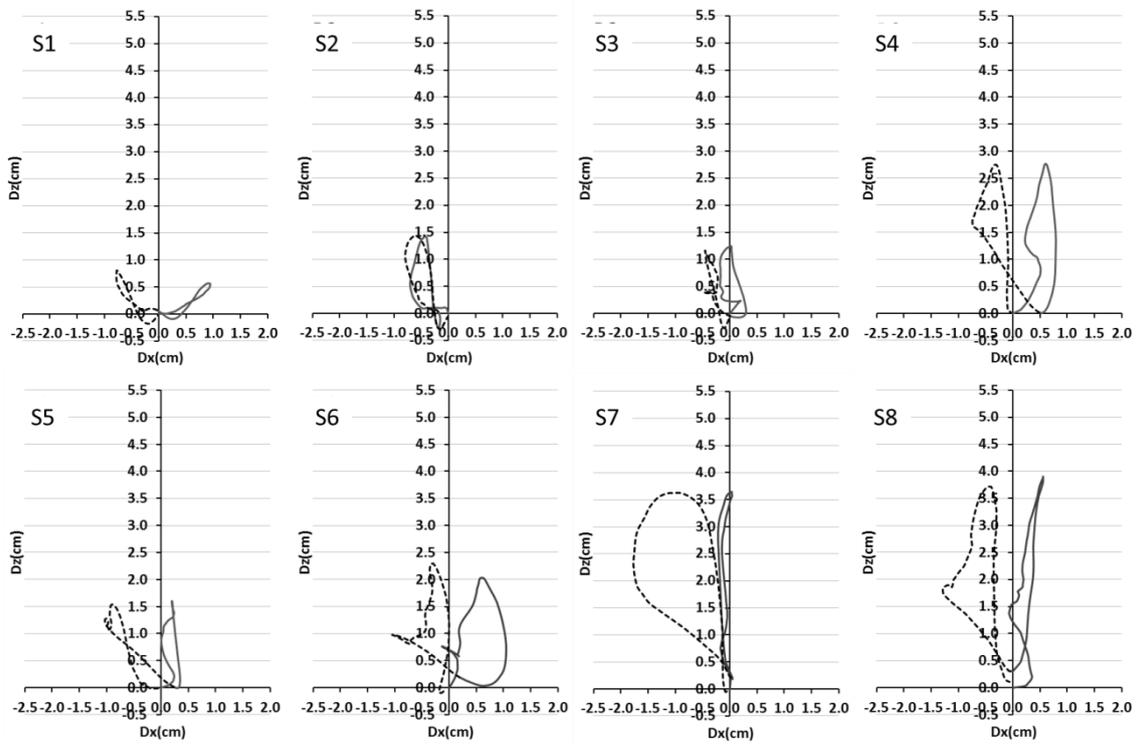
## Point P2



### Point P4



### Point P6



### Point P8

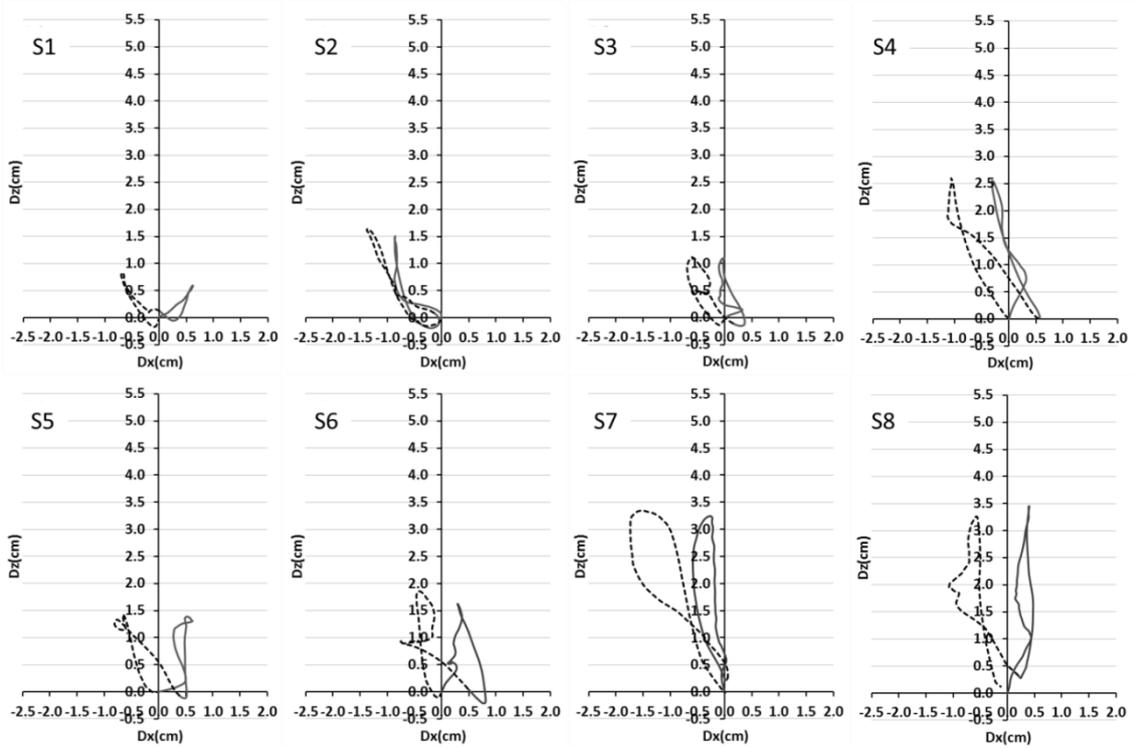
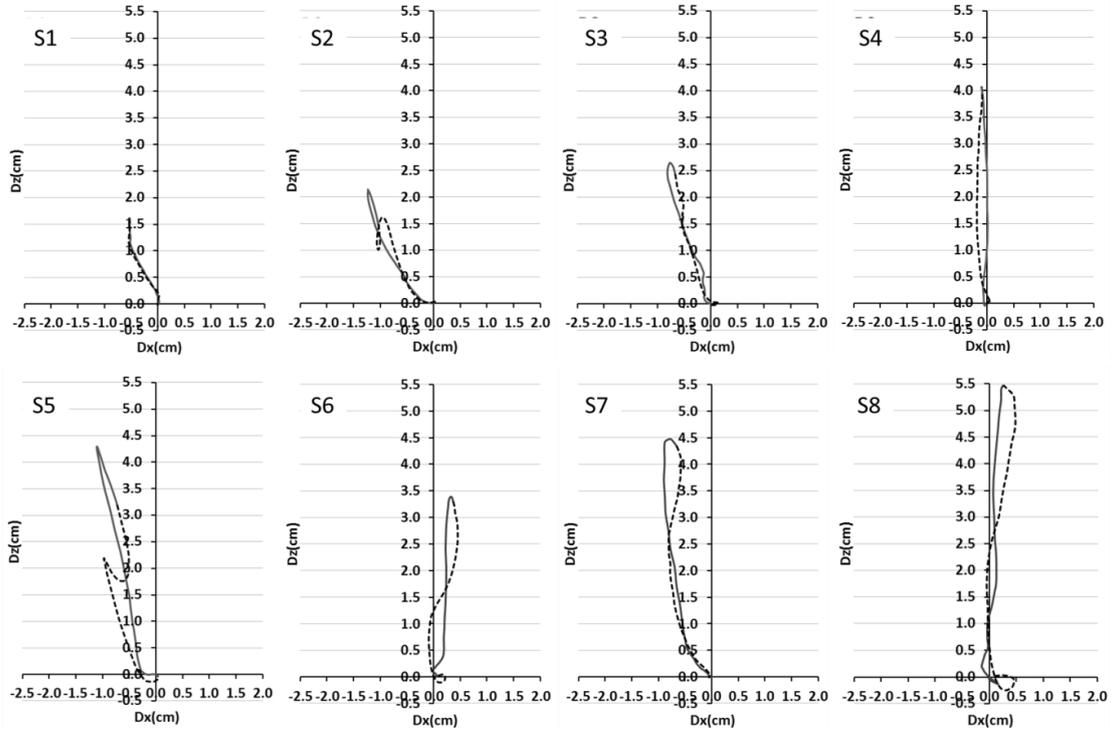


Fig.2.18 Vibration locus of each measuring point of each subject on the x-z plane during running

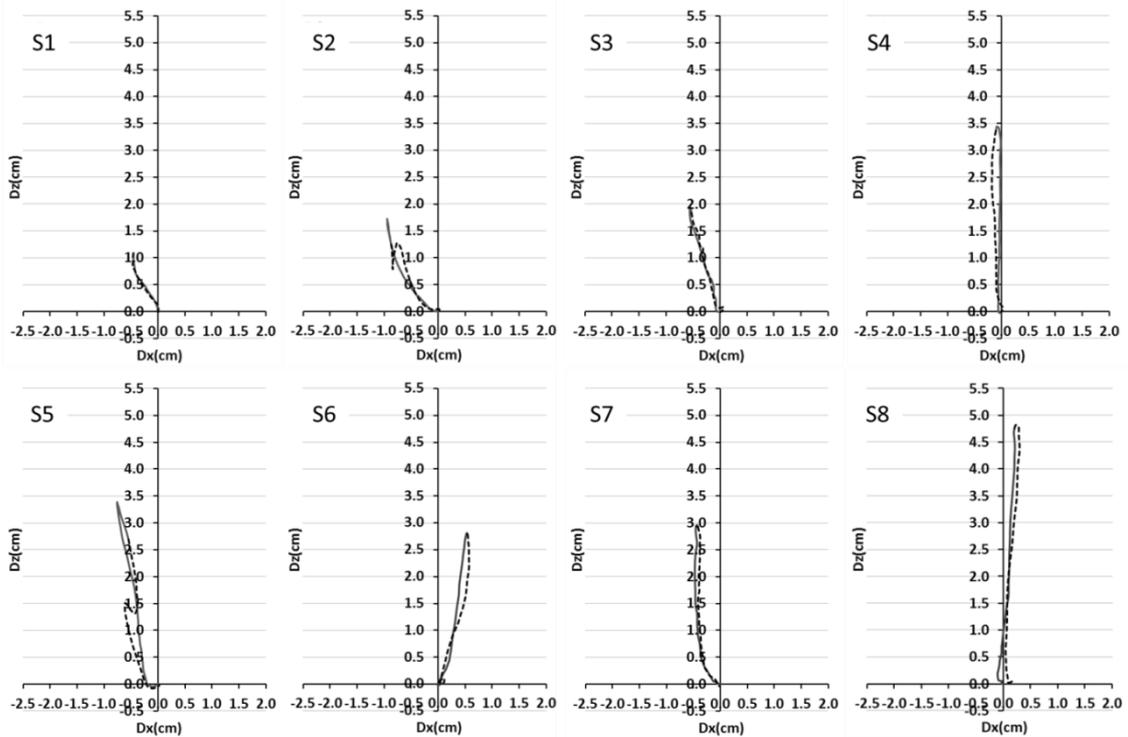
# Jumping

— First half Period  
 - - - Last half Period

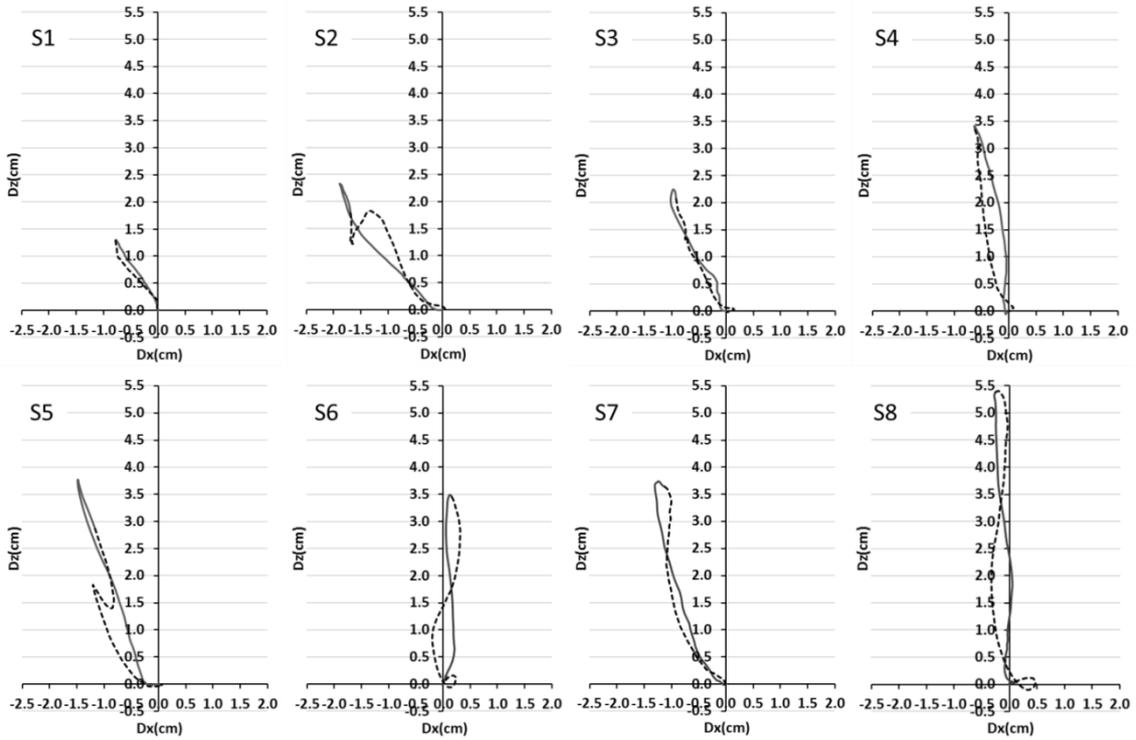
## Point P0



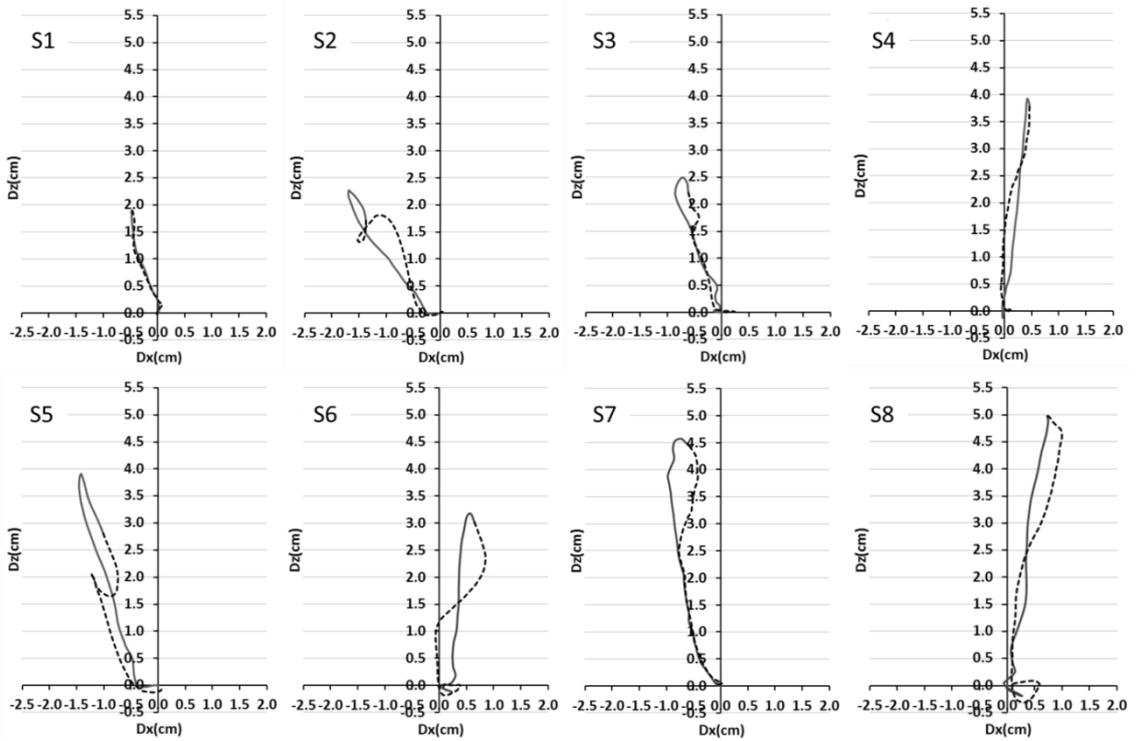
## Point P2



### Point P4



### Point P6



Point P8

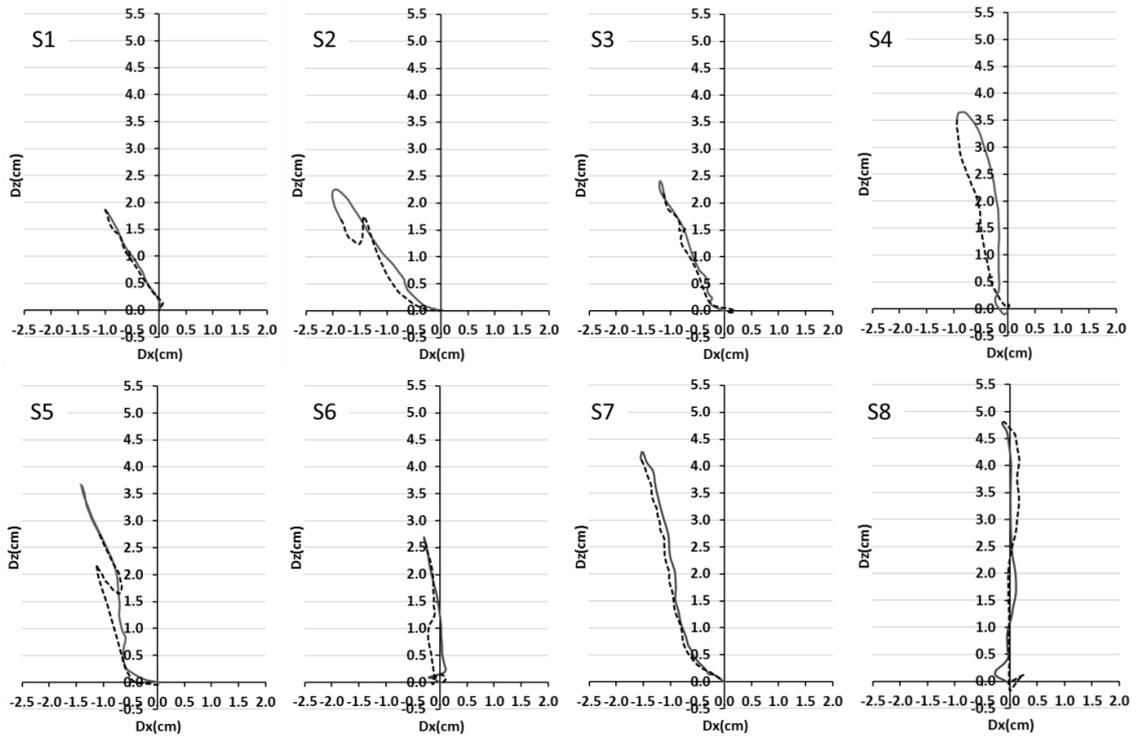
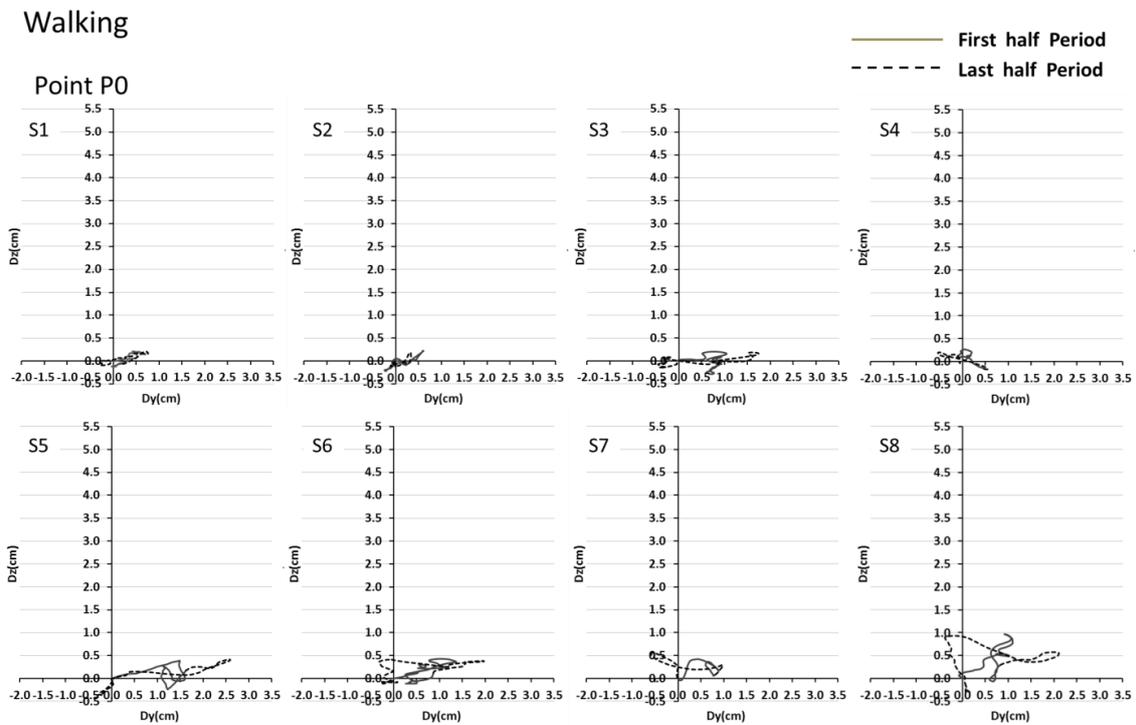
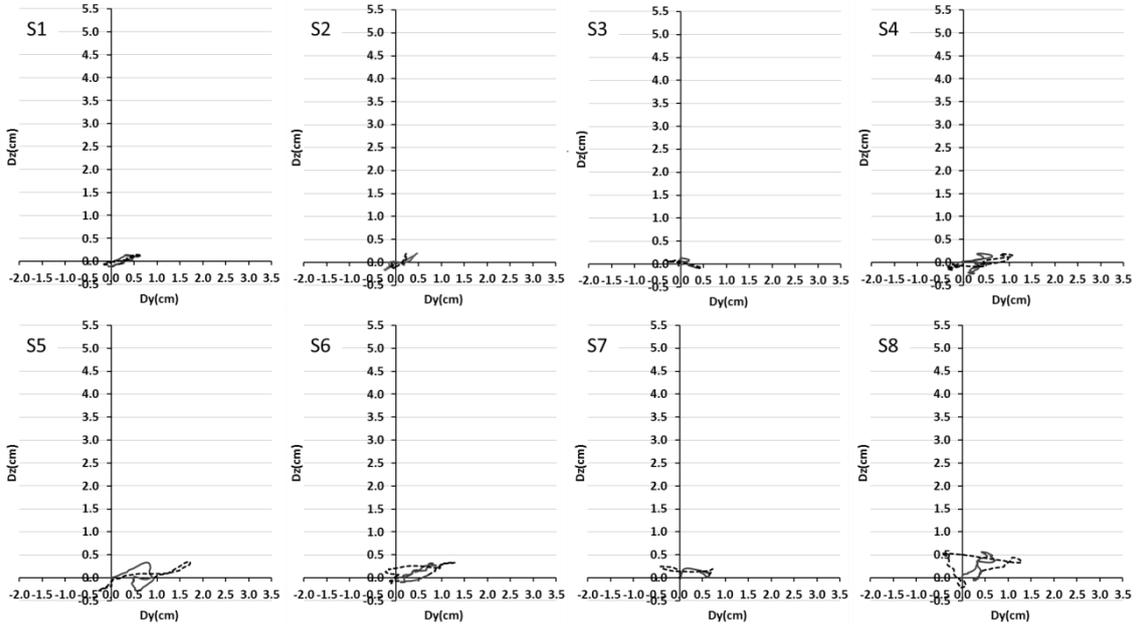


Fig.2.19 Vibration locus of each measuring point of each subject on the x-z plane during jumping

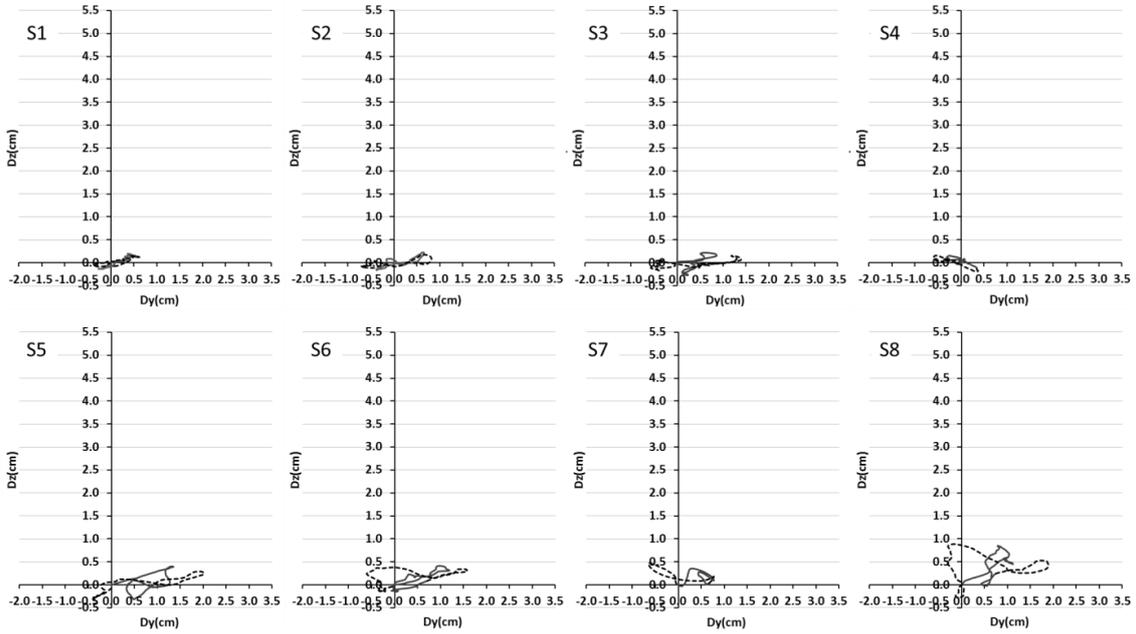
図 2.20～図 2.22 に歩行、走行、ジャンプにおける各被験者の各測定点の  $y$ - $z$  面の振動軌跡を示す。歩行時、前後方向の振幅は 1.0～2.5cm で、上下方向より大きく揺れている。走行時、前後方向の振幅は 2.0～4.5cm であり、 $x$ - $z$  面と同様に U 字型の振動軌跡を示すが、これは踏み足の影響と考えられる。ジャンプ時は、前後方向の振幅が 1.0～4.5cm であり、被験者による差が大きく、運動時の体の前後方向の動きに大きく影響されることが示された。



### Point P2



### Point P4



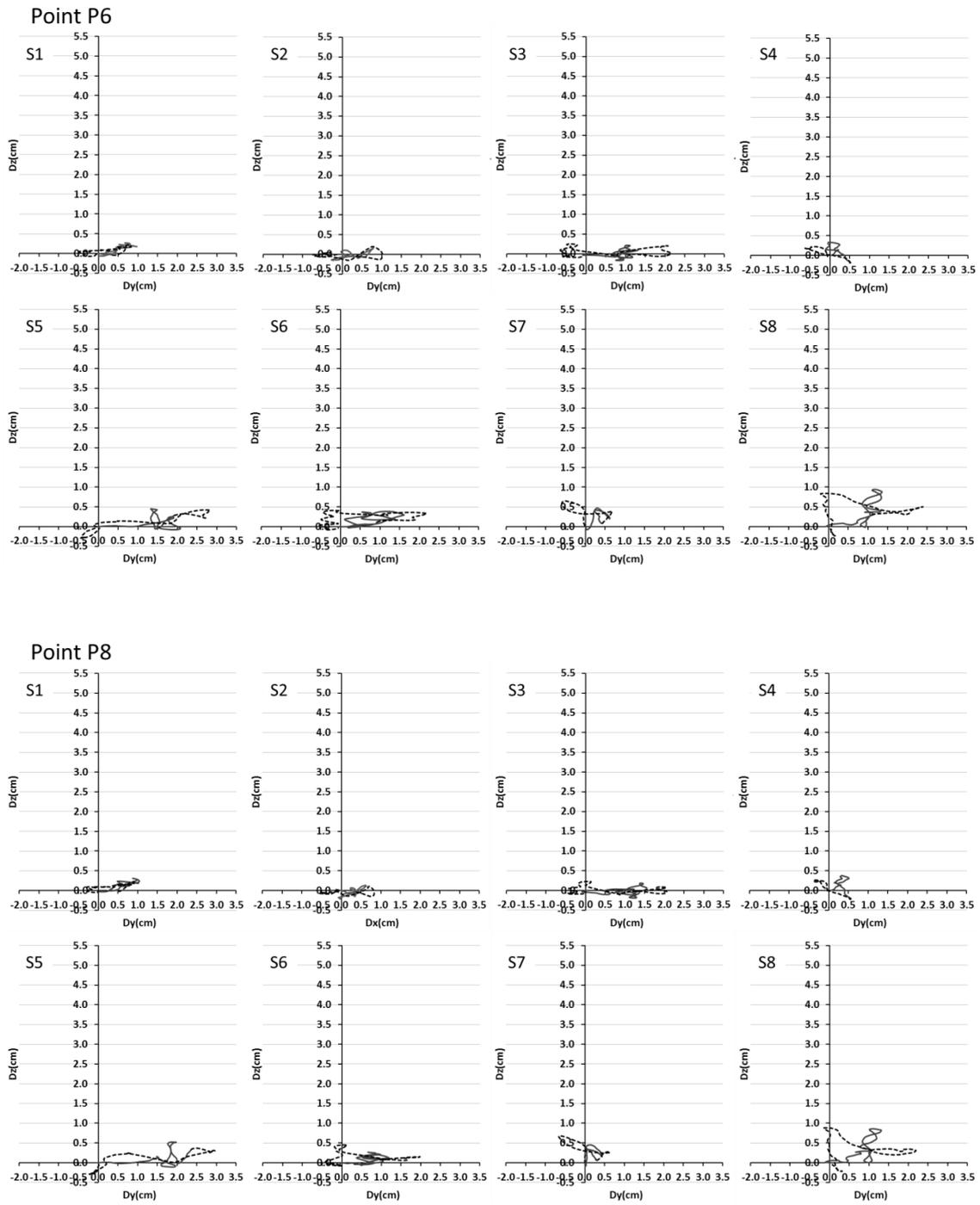
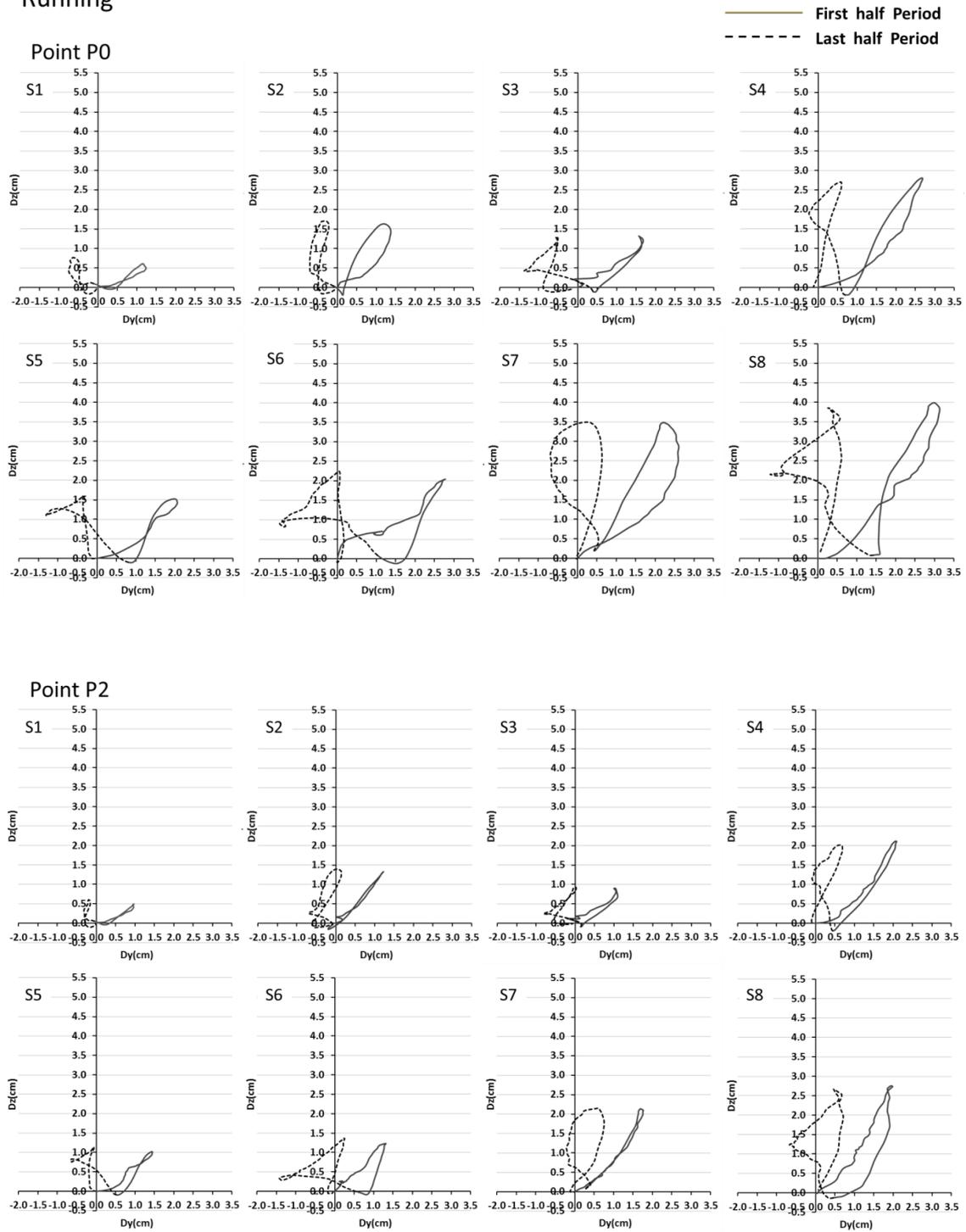
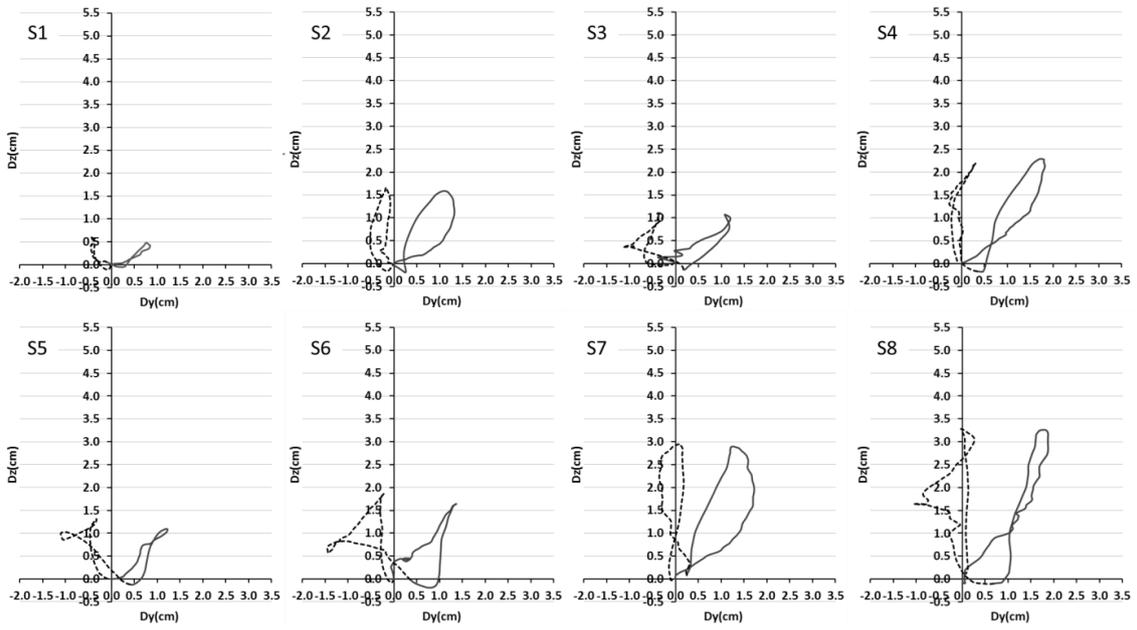


Fig.2.20 Vibration locus of each measuring point of each subject on the y-z plane during walking

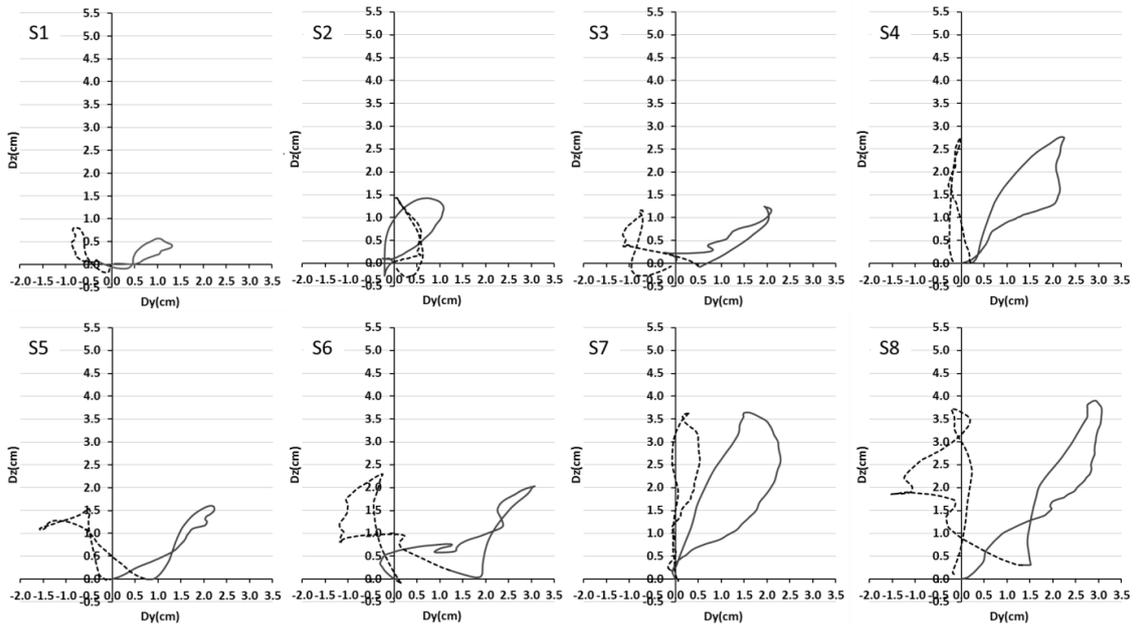
# Running



### Point P4



### Point P6



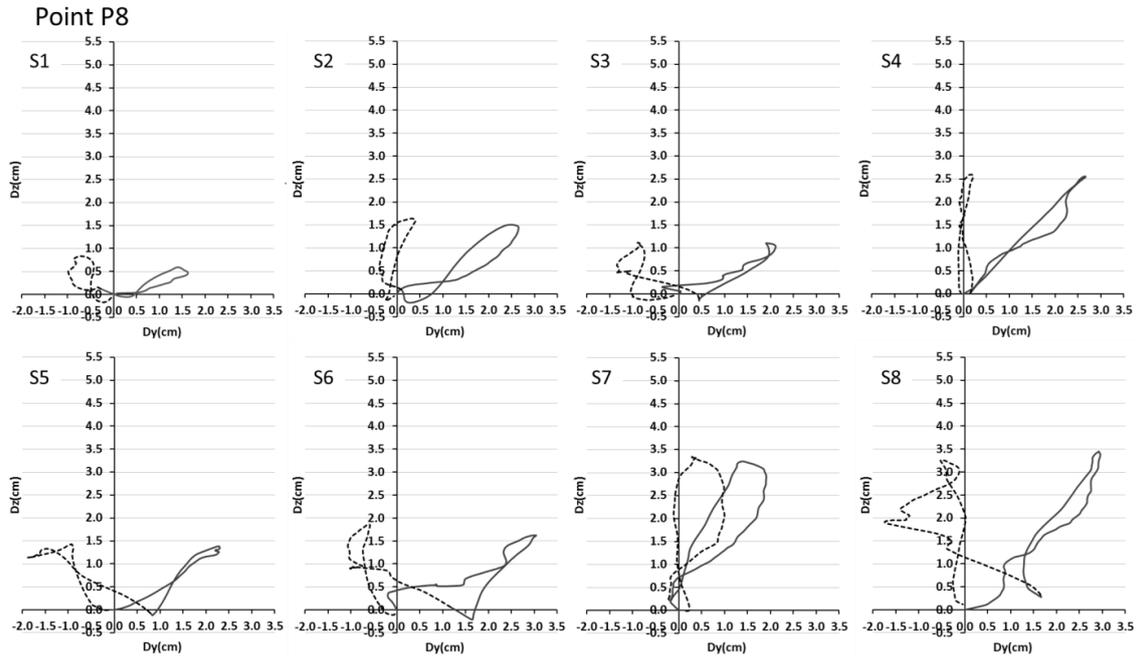
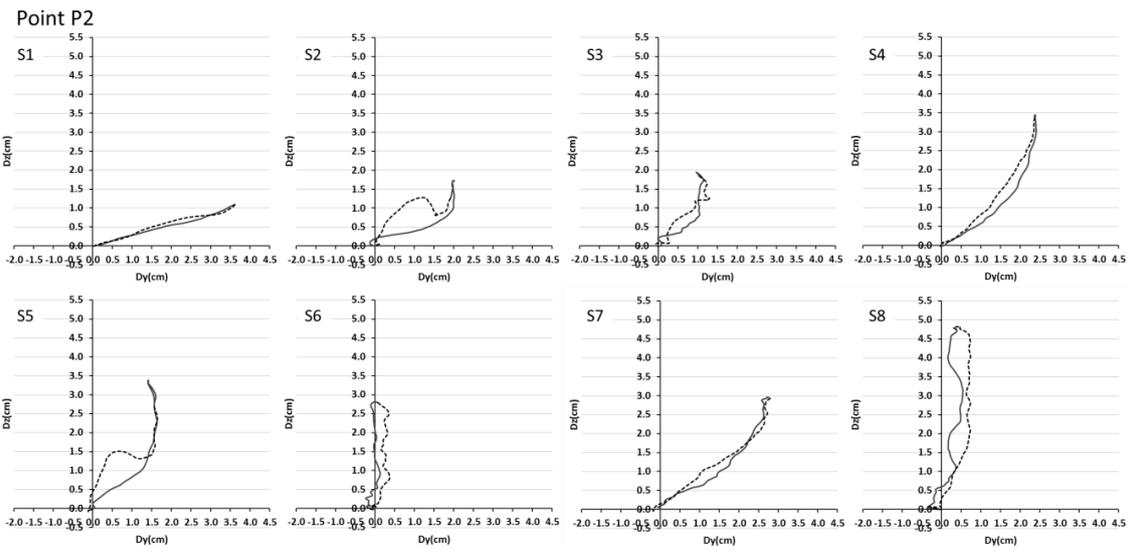
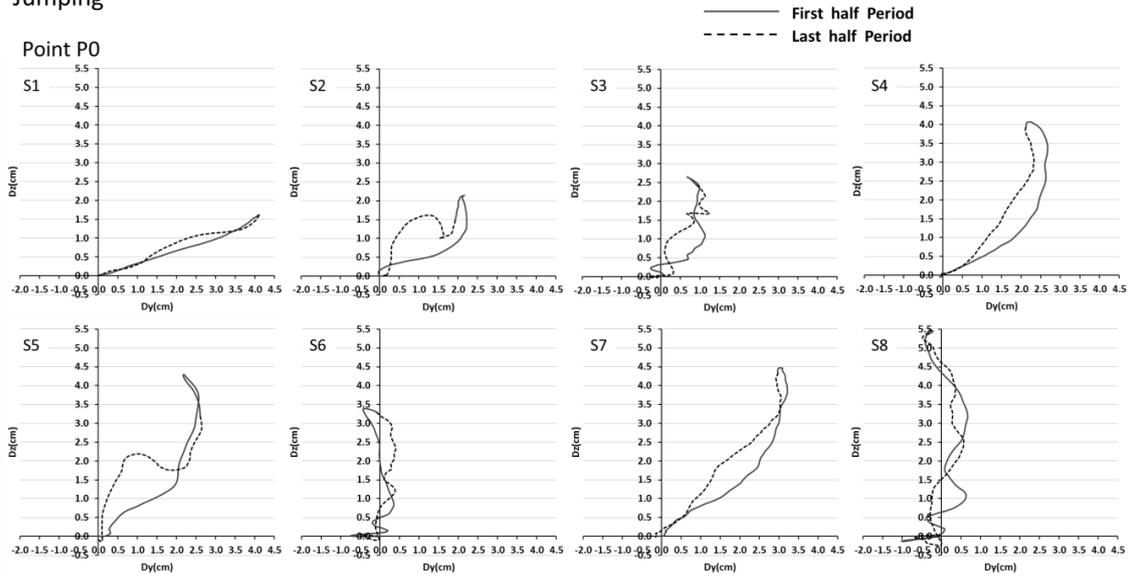
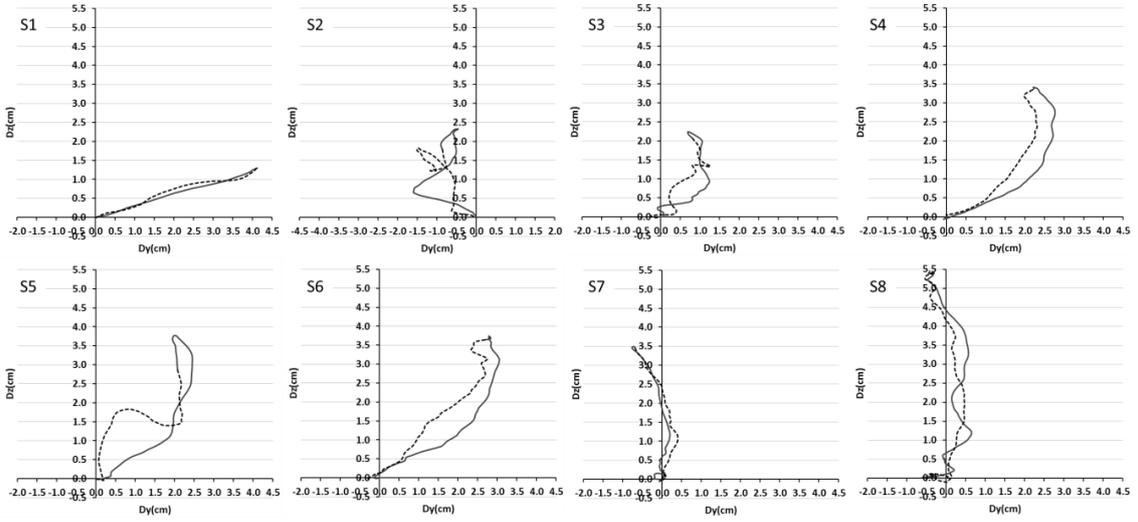


Fig.2.21 Vibration locus of each measuring point of each subject on the y-z plane during running

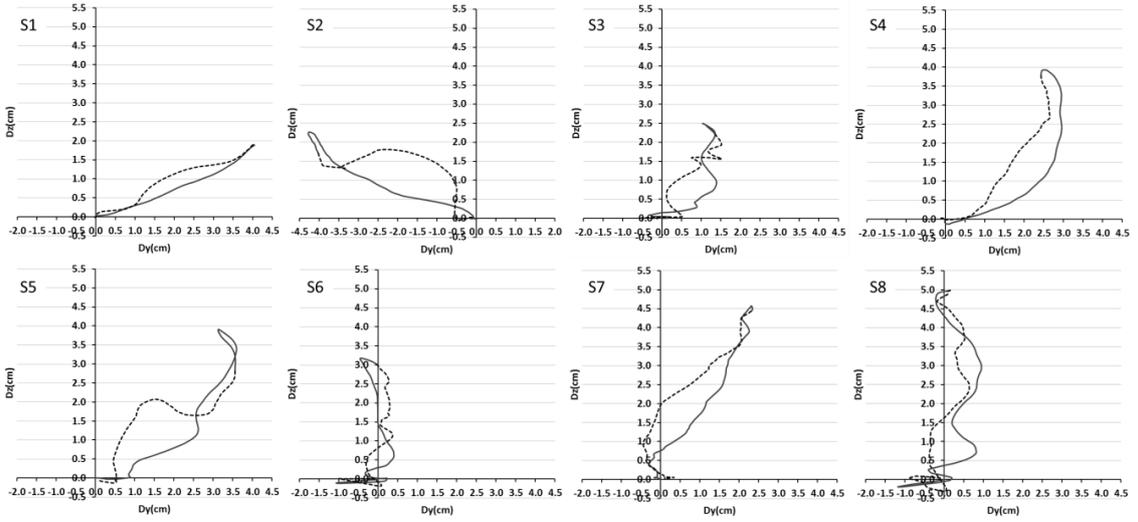
# Jumping



Point P4



Point P6



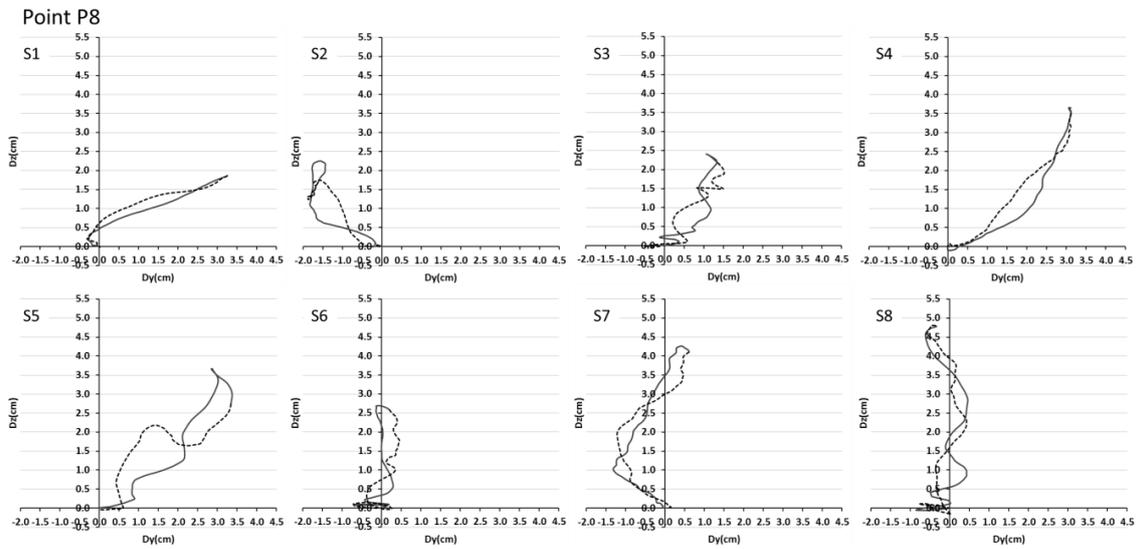


Fig.2.22 Vibration locus of each measuring point of each subject on the y-z plane during jumping

### 2.3.1.2 上下方向の振幅の経時変化

各被験者の歩行、走行、ジャンプ時における基準点 N、即ち体全体の位置の上下方向の経時変化を波線で、乳房各測定点と N 点との距離[Dz]の経時変化、即ち乳房と体位置との相対関係を実線で表す。両方を重ねた結果を図 2.23 ~ 2.25 に図示す。いずれの運動においても、乳房上の各測定点はほぼ同様に振動しているが、測定点による振幅が異なることが示された。

歩行時は N が最高位置に 1 回達するのに対し、乳房の各測定点は 2 つ以上のピークを示した。走行時は、乳房各点は N 点より遅れて最高位に達し、N 点が最低位の時、乳房各点も最低位となった。ジャンプ時は、反対に乳房各点は N 点より先に最高位に達し、その後 N 点が下降する時には、乳房は再度上昇して、ジャンプ終了時に最も低下した。走行、ジャンプ時は基準点 N が最高位置に 1 回達するのに対し、乳房の各測定点は 2 つのピークを示した。

すなわち、いずれの運動においても、乳房は体の動きとは時間的なズレを持って振動し、体の位置変化が大きいほど乳房と体の動きのズレは大きくなる傾向が示された。

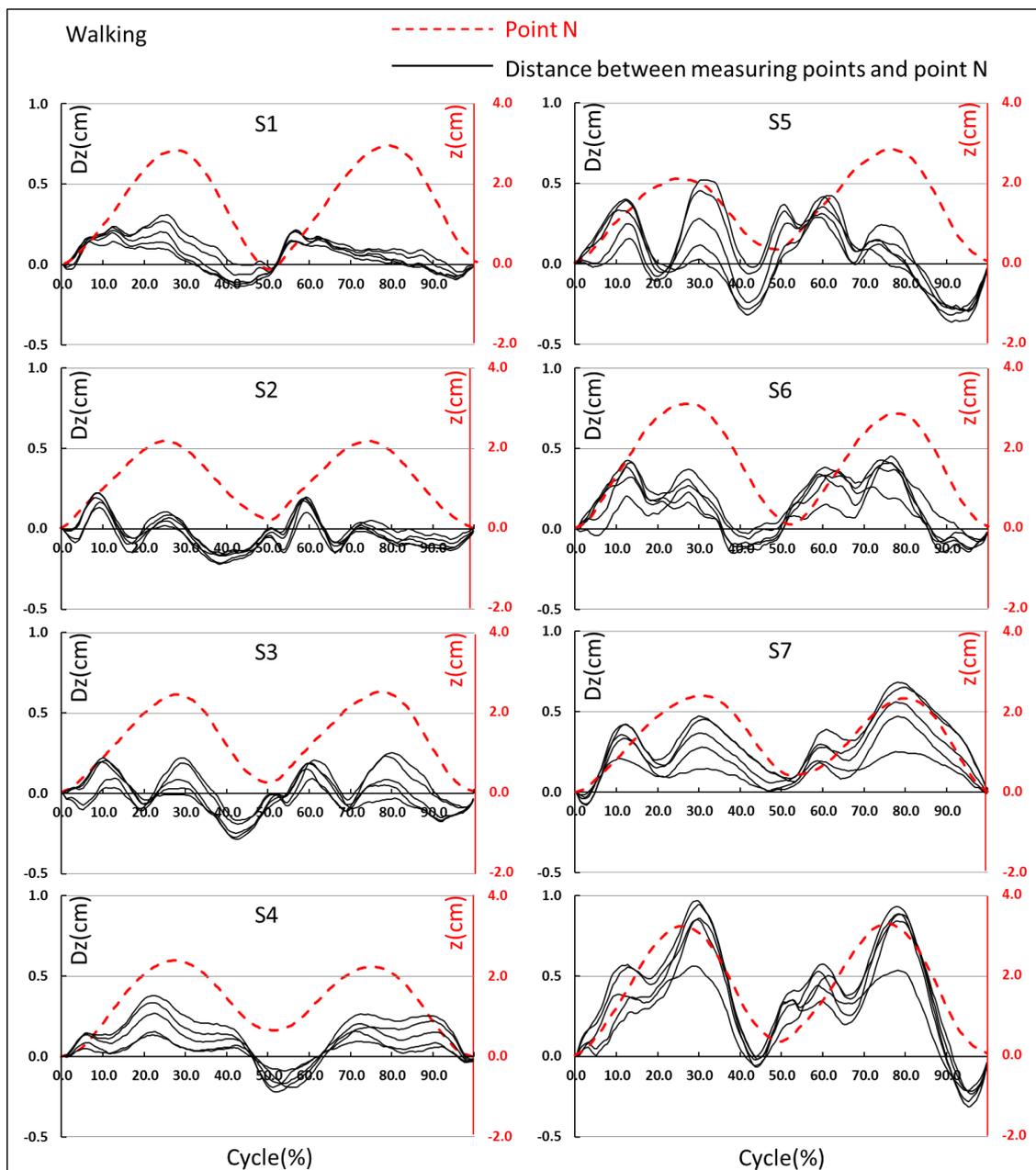


Fig.2.23 Vibration amplitude of measuring points and point N in the vertical direction of each subject during walking

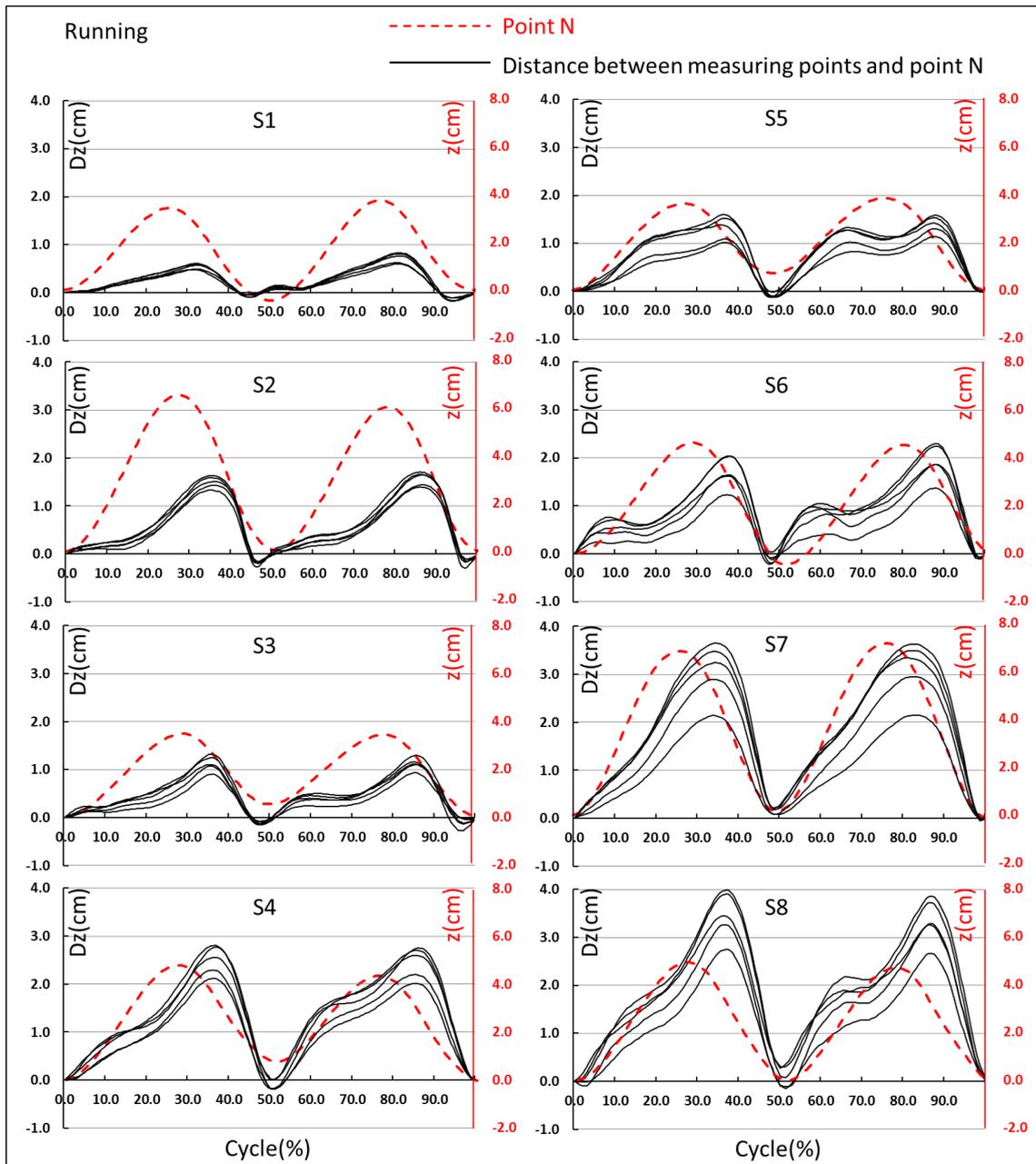


Fig.2.24 Vibration amplitude of measuring points and point N in the vertical direction of each subject during running

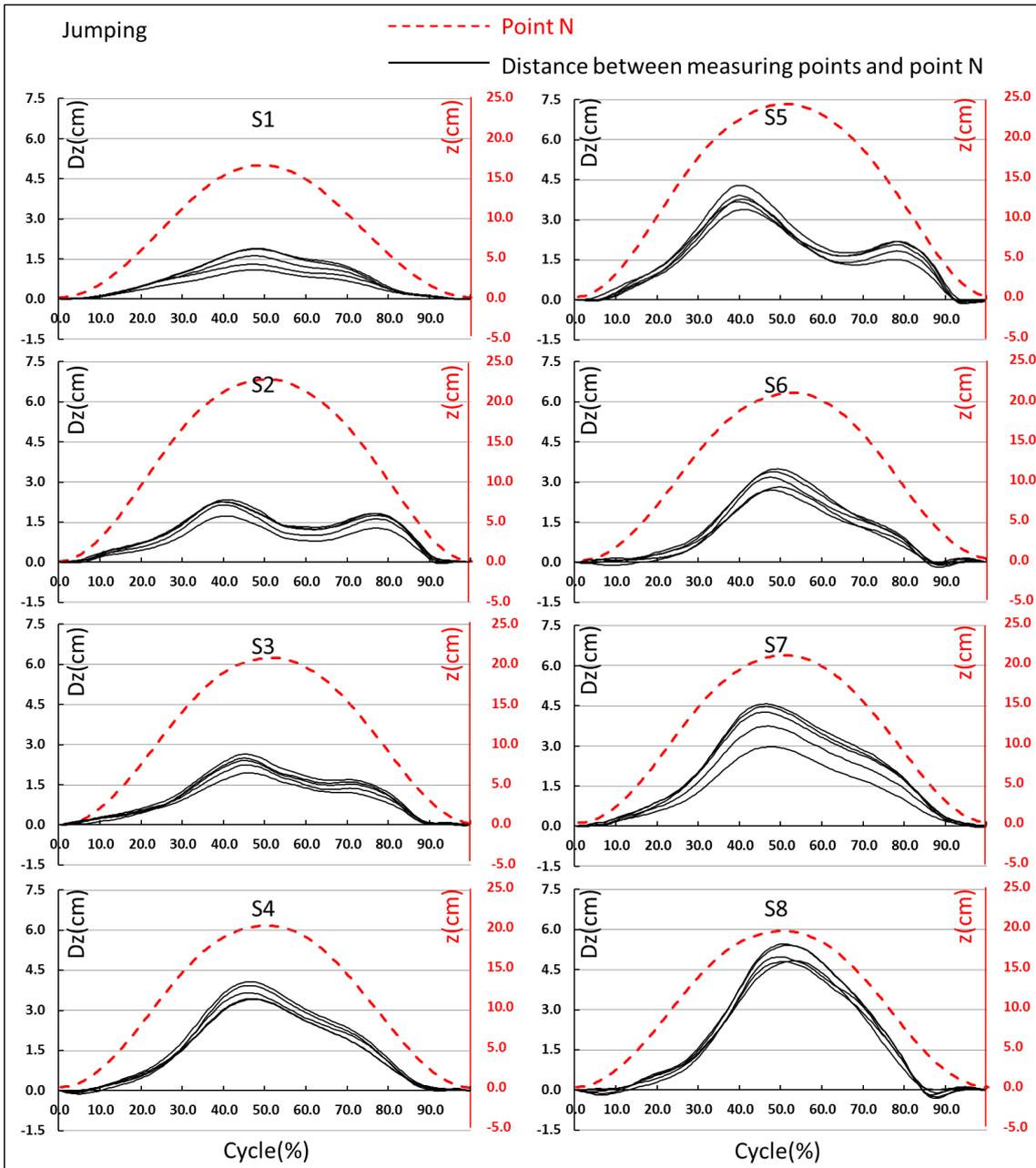


Fig.2.25 Vibration amplitude of measuring points and point N in the vertical direction of each subject during jumping

### 2.3.1.3 乳房振動の最大振幅、平均速度、平均加速度を目的変数とする分散分析

各運動時各被験者の測定点別の最大振幅とその平均速度・加速度を表 2.2～2.4 に示す。これを基に測定点と乳房サイズを要因とする 2 元配置の分散分析を行った。測定点（要因 A）としては乳房の各測定点であり、乳房サイズ（要因 B）としては、バスト囲とアンダーバスト囲の差を乳房サイズとみなして、G1（S1～S2）、G2（S3～S4）、G3（S5～S6）、G4（S7～S8）の四群に分けた 4 水準を設定した。

分散分析の結果を表 2.5 に示す。左右方向については、いずれの運動においても因子 A（測定点）による有意差が示された。因子 B（乳房サイズ）による差は歩行・走行時の振幅・速度・加速度とも危険率 1%水準以下で有意性が認められたが、ジャンプ時は加速度だけ有意性が示された。前後方向については、歩行・走行時の振幅・速度とジャンプ時の速度には因子 A による有意差が見られた。因子 B による差は歩行・走行は危険率 1%水準以下で有意差が示されたが、ジャンプ時は加速度だけ認められた。上下方向はいずれの運動も因子 B だけに有意性が示された。

Table 2.2 Amplitude of breast vibration during walking, running and jumping

			Walking					Running					Jumping				
Subject Group		P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	
<b>Dx(cm)</b>	S1	<b>G1</b>	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	1.8	1.5	1.9	1.7	1.3	0.6	0.5	0.8	0.6	1.1
	S2		0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	1.1	1.0	1.1	0.8	1.4	1.3	1.0	1.9	1.7	2.1
	S3	<b>G2</b>	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	1.4	1.2	1.3	0.8	1.1	0.9	0.6	1.2	1.1	1.4
	S4		0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	1.9	1.6	1.9	1.5	1.7	0.3	0.3	0.7	0.5	1.0
	S5	<b>G3</b>	1.2	1.0	1.1	1.0	1.1	2.2	2.1	1.9	1.4	1.4	1.2	0.8	1.6	1.5	1.4
	S6		1.1	0.9	1.0	1.5	1.2	2.3	2.0	2.4	2.1	1.6	0.5	0.6	0.5	0.9	0.4
	S7	<b>G4</b>	1.6	1.1	1.4	1.3	1.3	2.5	2.1	2.3	1.8	1.8	0.9	0.5	1.3	1.0	1.6
	S8		1.5	1.1	1.3	1.1	1.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.6	0.6	0.4	0.8	1.1	0.5
<b>Dy(cm)</b>	S1	<b>G1</b>	1.1	0.9	1.0	1.5	1.3	2.0	1.3	1.3	2.2	2.6	4.2	3.7	4.2	4.1	3.6
	S2		1.4	1.2	1.5	1.8	1.4	2.1	1.9	1.8	1.3	3.0	2.3	2.2	1.6	4.3	1.9
	S3	<b>G2</b>	2.2	1.4	2.0	2.8	2.5	3.1	1.9	2.4	3.2	3.5	1.5	1.4	1.5	2.1	2.0
	S4		1.1	0.8	1.0	1.2	1.0	2.9	2.2	2.1	2.5	2.8	2.8	2.5	2.9	3.1	3.1
	S5	<b>G3</b>	2.9	2.0	2.4	3.3	3.2	3.4	2.1	2.3	3.8	4.2	2.7	1.8	2.5	3.6	3.4
	S6		2.3	1.5	2.2	2.7	2.4	4.3	2.8	2.8	4.3	4.1	1.2	0.6	1.2	1.5	1.2
	S7	<b>G4</b>	2.0	1.3	1.7	2.5	2.3	3.3	2.0	2.1	2.5	2.1	3.4	3.0	3.4	2.8	1.9
	S8		2.5	1.7	2.2	2.6	2.3	4.4	2.7	2.9	4.6	4.7	1.7	1.1	1.3	2.1	1.3
<b>Dz(cm)</b>	S1	<b>G1</b>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.9	0.7	0.7	1.0	1.0	1.6	1.1	1.3	1.9	1.9
	S2		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.9	1.6	1.9	1.7	1.8	2.1	1.7	2.3	2.3	2.3
	S3	<b>G2</b>	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	1.4	1.0	1.2	1.5	1.3	2.7	2.0	2.3	1.5	2.4
	S4		0.4	0.2	0.4	0.5	0.6	3.0	2.3	2.5	2.8	2.6	4.1	3.5	3.5	4.1	3.8
	S5	<b>G3</b>	0.8	0.5	0.6	0.7	0.8	1.7	1.2	1.4	1.6	1.6	4.4	3.5	3.8	4.0	3.7
	S6		0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	2.4	1.5	2.1	2.4	2.1	3.5	2.8	3.6	3.4	2.7
	S7	<b>G4</b>	0.6	0.3	0.5	0.7	0.8	3.5	2.2	3.0	3.7	3.4	4.5	3.0	3.8	4.6	4.3
	S8		1.3	0.8	1.2	1.2	1.1	4.0	2.9	3.4	3.9	3.5	5.5	4.8	5.5	5.3	5.7

Table 2.3 Average speed of breast vibration during walking, running and jumping

		Walking					Running					Jumping					
	Subject Group	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	
<b>Vx(cm/s)</b>	S1	<b>G1</b>	1.2	0.9	1.2	1.5	1.3	5.1	4.3	5.2	4.9	3.7	2.2	1.8	2.8	2.3	3.9
	S2		1.9	1.5	1.7	1.9	2.2	4.3	3.9	4.8	3.8	6.4	4.6	3.4	6.9	6.5	7.3
	S3	<b>G2</b>	2.7	2.1	2.7	2.9	2.8	4.5	3.8	4.4	4.1	5.2	3.6	2.3	4.1	5.0	5.4
	S4		2.4	1.8	2.3	2.3	2.8	6.3	5.3	7.0	5.9	7.5	1.7	1.3	3.0	2.6	3.9
	S5	<b>G3</b>	3.7	2.7	4.0	4.3	4.2	6.7	6.5	6.3	5.2	5.5	5.7	3.6	6.8	7.0	6.7
	S6		3.2	2.4	3.1	3.9	4.2	6.3	5.6	6.6	6.7	5.7	3.1	2.5	3.4	5.5	3.4
	S7	<b>G4</b>	4.4	3.2	4.2	4.2	4.2	9.0	7.0	9.9	7.9	8.0	4.0	2.0	5.0	4.8	5.4
	S8		4.6	3.7	4.3	3.9	4.7	7.4	6.4	7.9	6.6	5.6	4.9	2.0	4.4	6.2	3.8
<b>Vy(cm/s)</b>	S1	<b>G1</b>	3.7	3.4	3.8	5.3	5.3	5.6	4.1	3.8	6.3	7.5	14.5	12.8	14.5	14.3	13.5
	S2		4.8	4.2	5.4	6.5	5.2	6.7	8.2	6.0	8.1	10.6	8.5	8.4	11.3	15.4	10.0
	S3	<b>G2</b>	7.3	6.5	7.4	9.8	9.2	10.5	8.4	9.5	11.6	12.3	10.3	7.0	9.6	14.8	13.6
	S4		3.5	2.9	3.4	4.1	3.7	11.5	9.4	8.5	9.8	10.7	10.7	8.9	11.2	12.0	11.6
	S5	<b>G3</b>	7.2	5.6	7.4	9.1	8.0	9.9	6.5	7.1	11.3	12.4	10.8	7.5	10.2	14.4	13.2
	S6		9.0	5.3	7.0	11.8	10.5	12.5	8.5	8.0	14.1	12.5	12.2	5.4	7.1	17.7	16.4
	S7	<b>G4</b>	5.5	4.1	5.2	7.1	6.4	13.1	9.3	8.6	10.8	11.8	12.2	10.9	13.0	12.3	12.0
	S8		7.5	5.6	6.9	8.5	8.1	14.6	10.4	10.5	15.8	16.7	17.2	8.2	12.7	20.6	17.7
<b>Vz(cm/s)</b>	S1	<b>G1</b>	1.3	1.0	1.2	1.4	1.4	4.5	3.5	3.6	4.7	4.7	5.7	3.9	4.6	6.7	6.6
	S2		2.2	1.7	2.0	2.3	2.3	10.4	8.4	10.1	9.7	9.8	9.7	7.7	10.3	9.9	9.7
	S3	<b>G2</b>	2.4	1.8	2.2	2.6	2.5	8.2	5.6	6.7	7.9	7.2	9.4	6.9	8.1	9.0	8.7
	S4		1.8	1.0	1.5	2.0	2.2	18.1	13.8	14.9	17.5	16.3	14.5	12.1	12.2	14.6	13.5
	S5	<b>G3</b>	3.7	2.7	3.3	3.5	3.6	10.3	7.1	8.2	10.2	9.6	17.0	12.9	14.9	15.7	14.8
	S6		2.5	1.9	2.6	2.2	2.2	12.3	7.5	10.5	12.2	10.0	12.5	10.4	13.0	12.3	10.2
	S7	<b>G4</b>	3.1	1.5	2.7	3.4	3.3	21.0	12.9	17.8	22.1	19.8	15.7	10.4	13.1	16.1	14.9
	S8		4.9	3.0	4.7	4.3	4.3	21.8	15.6	19.0	20.5	17.8	20.1	16.8	19.0	19.2	18.6

Table2.4 Average acceleration of breast vibration during walking, running and jumping

		Walking					Running					Jumping				
	Subject Group	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8
<b>Ax(cm/s<sup>2</sup>)</b>	S1	47.5	37.7	47.4	84.5	79.4	73.3	54.5	78.8	81.2	85.7	55.7	40.4	57.3	75.7	93.1
	S2	62.8	51.8	59.6	85.5	96.1	146.5	123.6	163.0	100.7	244.4	127.9	86.2	166.2	168.0	194.5
	S3	88.0	69.5	85.4	159.6	158.5	135.1	99.0	136.6	183.3	227.8	120.1	82.4	127.1	251.2	228.1
	S4	69.2	51.9	67.0	81.0	94.2	192.3	142.8	223.6	180.7	252.8	75.3	64.2	103.1	99.5	127.7
	S5	102.1	76.1	104.4	158.3	144.5	157.0	104.5	185.8	178.5	172.7	167.8	113.7	200.3	229.2	243.2
	S6	103.4	77.5	95.7	177.2	179.2	206.6	138.9	210.8	297.7	237.9	140.8	88.2	145.2	275.0	207.5
	S7	113.5	84.0	107.9	134.3	125.2	255.0	165.0	300.9	260.5	294.4	127.7	88.8	137.5	179.5	168.9
	S8	119.3	90.0	115.0	133.9	146.1	260.0	159.2	301.1	270.3	239.2	273.3	118.2	215.3	345.8	226.5
<b>Ay(cm/s<sup>2</sup>)</b>	S1	175.1	194.2	190.5	336.9	332.5	142.6	129.6	134.2	255.0	257.6	132.7	99.8	101.0	149.0	144.8
	S2	156.9	159.4	174.6	269.6	245.8	230.4	344.0	223.4	305.5	312.2	375.0	296.2	379.9	394.3	373.0
	S3	431.1	443.0	455.6	619.6	617.6	504.6	433.7	493.6	630.7	703.4	269.3	184.1	222.7	277.9	236.5
	S4	151.9	154.2	157.0	204.5	206.4	373.0	368.5	347.4	410.5	446.7	522.3	387.1	440.1	598.2	505.0
	S5	241.9	230.8	239.0	393.1	371.1	229.2	199.6	214.9	288.4	353.0	364.5	244.9	293.1	357.2	330.5
	S6	522.9	278.4	311.8	727.8	706.6	523.5	292.9	323.7	777.4	634.5	416.4	265.4	387.4	420.8	348.7
	S7	184.0	170.9	170.7	276.0	250.3	405.5	375.4	332.1	442.7	556.5	103.7	55.3	93.9	111.4	106.0
	S8	368.3	290.2	341.9	461.6	463.8	678.3	480.0	605.7	834.1	960.2	621.2	422.8	547.6	606.3	484.7
<b>Az(cm/s<sup>2</sup>)</b>	S1	57.3	42.0	55.4	69.1	73.1	132.7	99.8	101.0	149.0	144.8	102.4	69.9	79.8	119.0	111.1
	S2	91.9	73.6	87.6	109.6	106.6	375.0	296.2	379.9	394.3	373.0	285.8	232.0	301.3	299.5	277.3
	S3	87.7	64.2	83.0	101.0	95.6	269.3	184.1	222.7	277.9	236.5	224.9	177.2	209.1	238.9	219.8
	S4	64.5	43.1	54.9	70.3	73.3	522.3	387.1	440.1	598.2	505.0	249.0	190.2	200.0	276.1	263.5
	S5	123.9	79.8	101.4	137.0	139.5	364.5	244.9	293.1	357.2	330.5	442.0	325.9	383.5	410.4	378.6
	S6	80.3	84.7	117.6	84.9	82.5	416.4	265.4	387.4	420.8	348.7	262.2	216.6	294.7	293.6	272.7
	S7	103.7	55.3	93.9	111.4	106.0	591.9	572.6	351.7	497.2	661.4	262.7	178.5	232.4	288.5	257.6
	S8	133.8	91.2	135.7	127.1	124.7	621.2	422.8	547.6	606.3	484.7	392.3	306.1	367.8	411.0	373.2

Table 2.5 Two-way Factorial Analysis of amplitude, average speed and acceleration during walking, running and jumping

Factor A: Measuring Points			Factor B: Group G1, G2, G3, G4		
Direction	Exercise	Factor	Amplitude	Speed	Acceleration
x (Lateral)	Walking	A	*	**	**
		B	**	**	**
	Running	A	*		**
		B	**	**	**
	Jumping	A		*	**
		B			*
y (Sagittal)	Walking	A	*	*	
		B	**	**	
	Running	A	**	**	
		B	**	**	**
	Jumping	A		**	
		B			*
z (Vertical)	Walking	A			
		B	**	**	**
	Running	A			
		B	**	**	**
	Jumping	A			
		B	**	**	**

Level of significance: (\*:5% \*\*:1%)

次に、要因別に Fisher の多重比較を行った。

最大振幅についての多重比較の結果を表 2.6、2.7 と図 2.26～2.28 に示す。左右方向の最大振幅については、歩行・走行時乳頭点の振幅は他の点より大きく、走行時乳頭点と外側の 2 点 P6、P8 には有意差が見られた。また乳房サイズが大きいほど振幅が大きく、特に乳房サイズが大きい G3、G4 群は乳房サイズが小さい G1 群、G2 群より有意に大きいことが認められた。ジャンプ時はいずれの要因についても有意差が示されなかった。

前後方向の最大振幅については、歩行・ジャンプ時は、外側の 2 点 P6、P8 は内側の 2 点 P2 と P4 より大きいのが、歩行時の P2 と P8 及び P4 と P8 間だけに危険率 5%水準で差が見られた。走行時は、上部の 2 点 P2 と P8 の振幅は他の点より有意に高く、走行中、乳房上部の 2 点のほうが肩の前後移動の影響が大きいと思われる。因子 B については、歩行・走行時は、乳房サイズが大きい G3 群、G4 群の最大振幅は乳房サイズが小さい G1 群、G2 群より大きく、G1 群と G3、G4 群又 G2 群と G3 群間には有意差が認められた。ジャンプ時は、乳房サイズが小さい被験者のほうが前後に大きく揺れ、乳房が小さい被験者は乳房と体のズレが小さく、体そのものの影響が大きいと考えられる。

上下方向の最大振幅については、いずれの運動においても測定点間には有意な差が見られなかった。乳房が大きい被験者 G4 群の最大振幅は他の群より危険率 1%以下で有意に大きいことが示された。

歩行・走行時は、いずれの方向も乳房サイズが大きい G3 群、G4 群は乳房サイズが小さい G1 群、G2 群より大きく揺れ、ジャンプ時の上下方向だけ乳房サイズによる差が見られた。

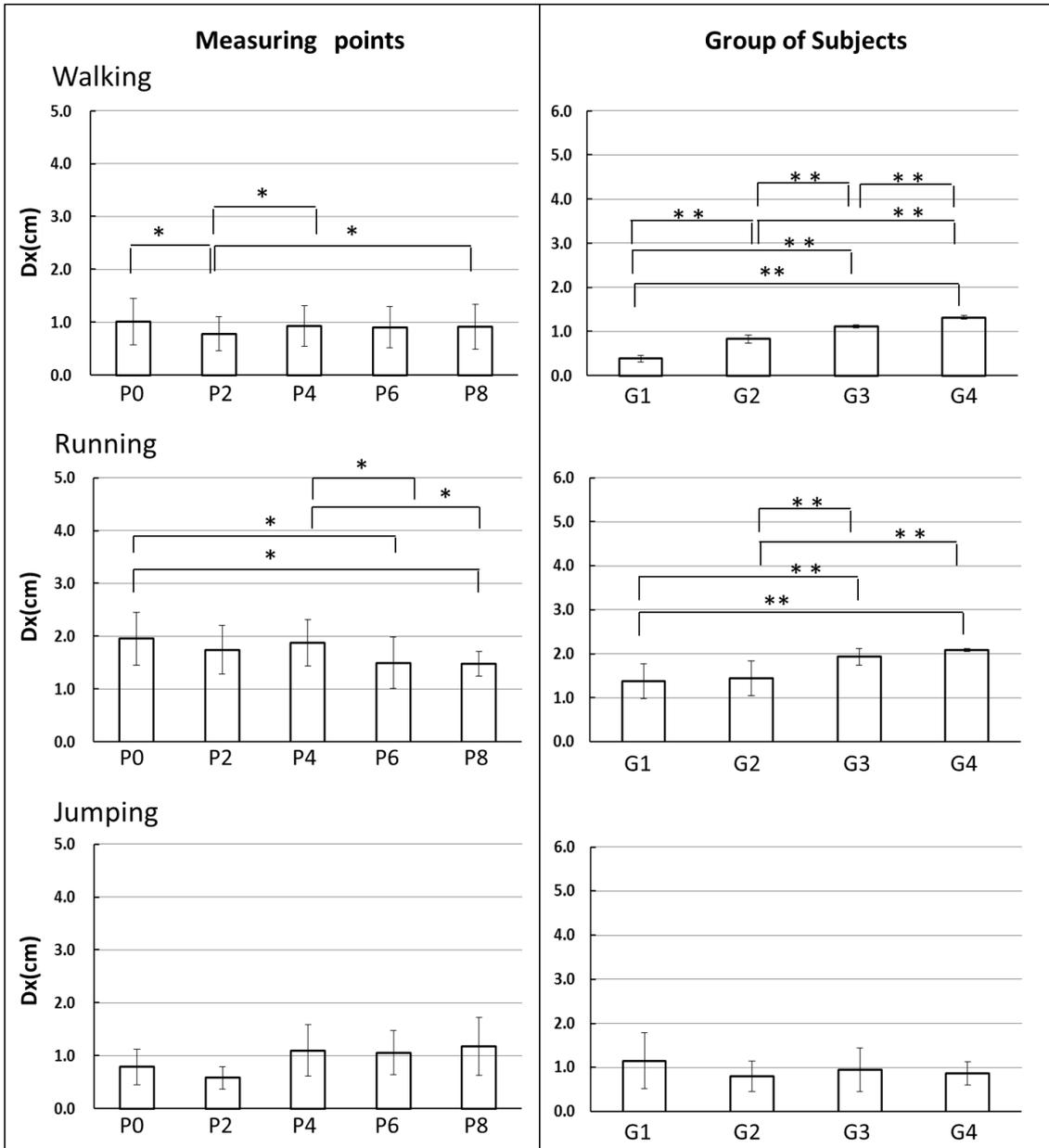
Table 2.6 Average amplitude of each point during walking, running and jumping

		Walking					Running					Jumping				
Point		P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8
Dx(cm)	Average	1.0	0.8	0.9	0.9	0.9	2.0	1.7	1.9	1.5	1.5	0.8	0.6	1.1	1.1	1.2
	S.D.	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.2	0.5	0.4	0.5
Dy(cm)	Average	1.9	1.4	1.7	2.3	2.1	3.2	2.1	2.2	3.1	3.4	2.4	2.0	2.3	2.9	2.3
	S.D.	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	1.1	0.9	1.0	1.0	1.1	1.0	0.9
Dz(cm)	Average	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6	2.4	1.7	2.0	2.3	2.1	3.6	2.8	3.3	3.4	3.3
	S.D.	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	1.1	0.7	0.9	1.1	0.9	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3

Table 2.7 Average amplitude of each group during walking, running and jumping

		Walking				Running				Jumping			
Group		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
Dx(cm)	Average	0.4	0.8	1.1	1.3	1.4	1.4	1.9	2.1	1.1	0.8	0.9	0.9
	S.D.	0.1	0.1	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2	0.0	0.6	0.3	0.5	0.3
Dy(cm)	Average	1.3	1.6	2.5	2.1	2.0	2.7	3.4	3.1	3.2	2.3	1.9	2.2
	S.D.	0.2	0.8	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	1.0	1.0	0.8	1.2	1.0
Dz(cm)	Average	0.4	0.4	0.6	0.8	1.3	2.0	1.8	3.3	1.9	3.0	3.5	4.7
	S.D.	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	0.9	0.4	0.3	0.4	1.1	0.5	1.0

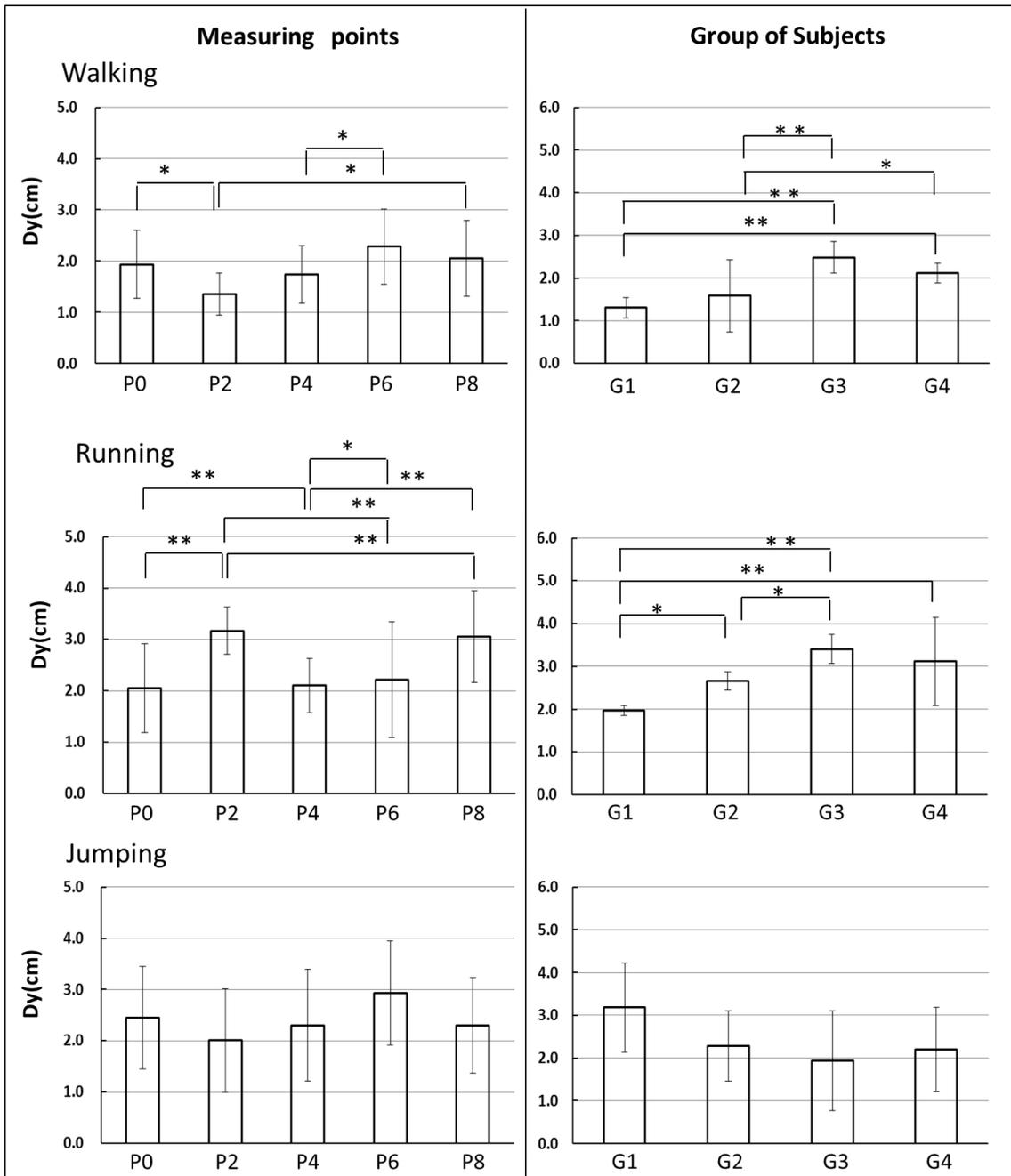
Lateral Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.26 Significance of amplitude in the lateral direction during walking, running and jumping

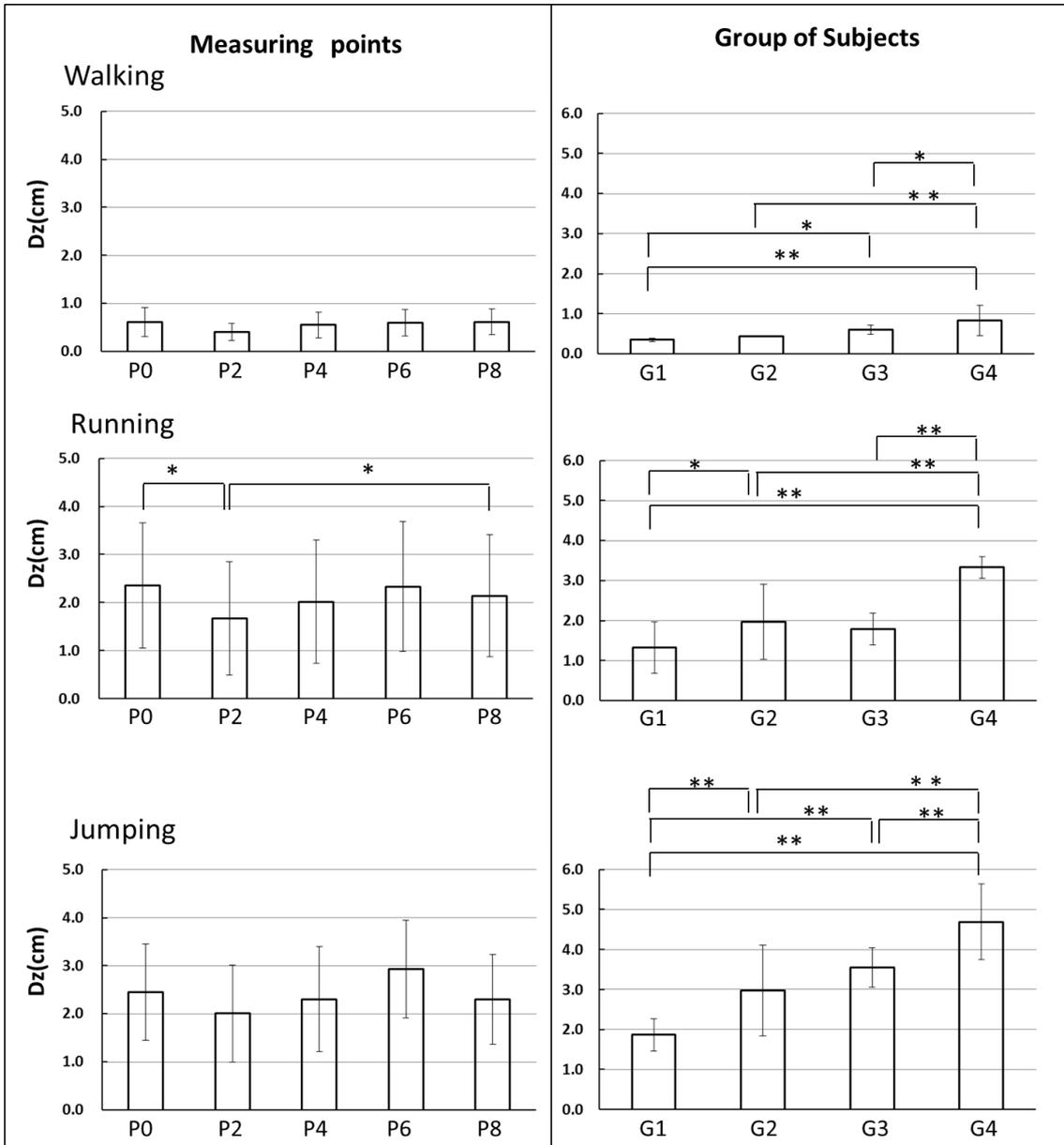
Sagittal Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.27 Significance of amplitude in the sagittal direction during walking, running and jumping

Vertical Direction



Level of significance: (\*: <math>p < 0.05</math> \*\*: <math>p < 0.01</math>)

Fig.2.28 Significance of amplitude in the vertical direction during walking, running and jumping

平均速度についての多重比較の結果を表 2.8、2.9 と図 2.29～2.31 に示す。左右方向の平均速度は、いずれの運動においても上部・内側の点 P2 の平均速度が最も小さいが、ジャンプ時だけ P2 と P4、P6、P8 との間に有意差が認められた。歩行・走行時は乳房サイズが大きいほど平均速度が大きく、乳房サイズが最も大きい G4 群と他の群との間には危険率 1% 以下の水準で有意差が示された。ジャンプ時は乳房サイズによる有意な差は見られなかった。

前後方向の平均速度については、いずれの運動においても内側の 2 点 P2、P4 は他の測定点より小さく、歩行・ジャンプ時の P2 と P0、P6、P8 又 P4 と P6 との間に有意差が示された。乳房サイズについては、歩行・走行時は乳房サイズが大きい G3、G4 群の平均速度はサイズが小さい G1 群、G2 群より大きいこと示された。

上下方向の平均速度については、いずれの運動においても P2 が最も小さかったが、有意な差は認められなかった。乳房サイズについては、G4 群は他の群より有意に速く揺れ、G1 群は他の群より有意に遅く揺れることが示された。

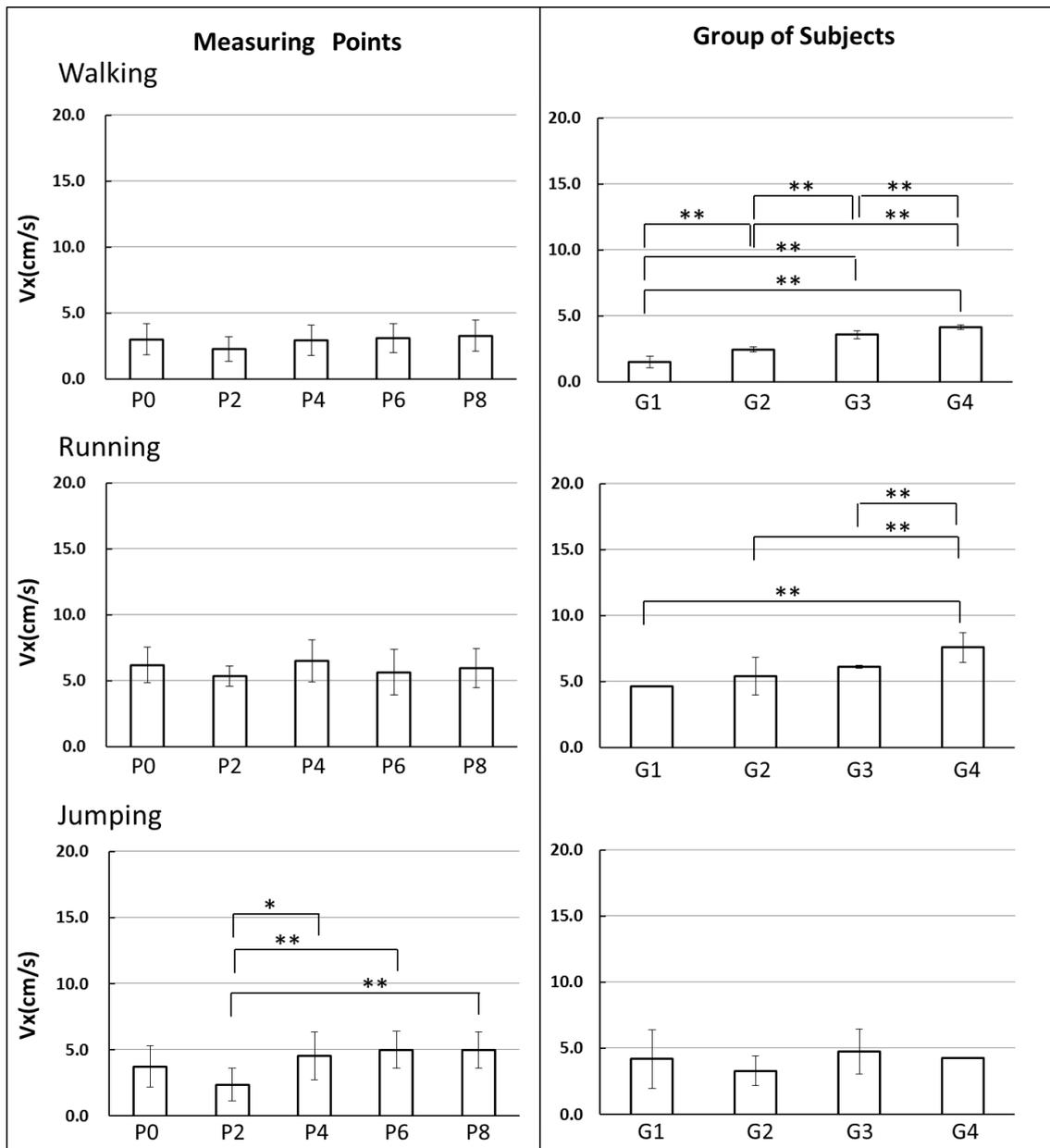
Table 2.8 Average speed of each point during walking, running and jumping

Point	Walking					Running					Jumping					
	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	
Vx(cm/s)	Average	3.0	2.3	2.9	3.1	3.3	6.2	5.3	6.5	5.7	6.0	3.7	2.4	4.5	5.0	5.0
	S.D.	1.2	0.9	1.2	1.1	1.2	1.6	1.2	1.8	1.4	1.4	1.4	0.8	1.6	1.7	1.5
Vy(cm/s)	Average	6.0	4.7	5.8	7.8	7.0	10.6	8.1	7.8	11.0	11.8	12.0	8.6	11.2	15.2	13.5
	S.D.	2.0	1.2	1.6	2.5	2.3	3.1	2.0	2.1	3.0	2.6	2.7	2.3	2.3	2.8	2.5
Vz(cm/s)	Average	2.7	1.8	2.5	2.7	2.7	13.3	9.3	11.4	13.1	11.9	13.1	10.2	11.9	12.9	12.1
	S.D.	1.1	0.7	1.1	1.0	0.9	6.3	4.3	5.4	6.3	5.4	4.7	4.0	4.4	4.2	4.0

Table 2.9 Average speed of each group during walking, running and jumping

Group	Walking				Running				Jumping				
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	
Vx(cm/s)	Average	1.5	2.5	3.6	4.1	4.6	5.4	6.1	7.6	4.2	3.3	4.8	4.3
	S.D.	0.4	0.2	0.3	0.1	0.0	1.4	0.1	1.1	2.2	1.1	1.7	0.0
Vy(cm/s)	Average	4.7	5.8	8.1	6.5	6.7	10.2	10.3	12.2	12.3	11.0	11.5	13.7
	S.D.	0.6	3.2	0.9	1.2	1.7	0.4	1.2	2.0	2.3	0.1	0.4	2.3
Vz(cm/s)	Average	1.7	2.0	2.8	3.5	6.9	11.6	9.8	18.8	7.5	10.9	13.4	16.4
	S.D.	0.6	0.4	0.7	1.0	3.9	6.4	1.0	0.1	2.8	3.5	2.4	3.3

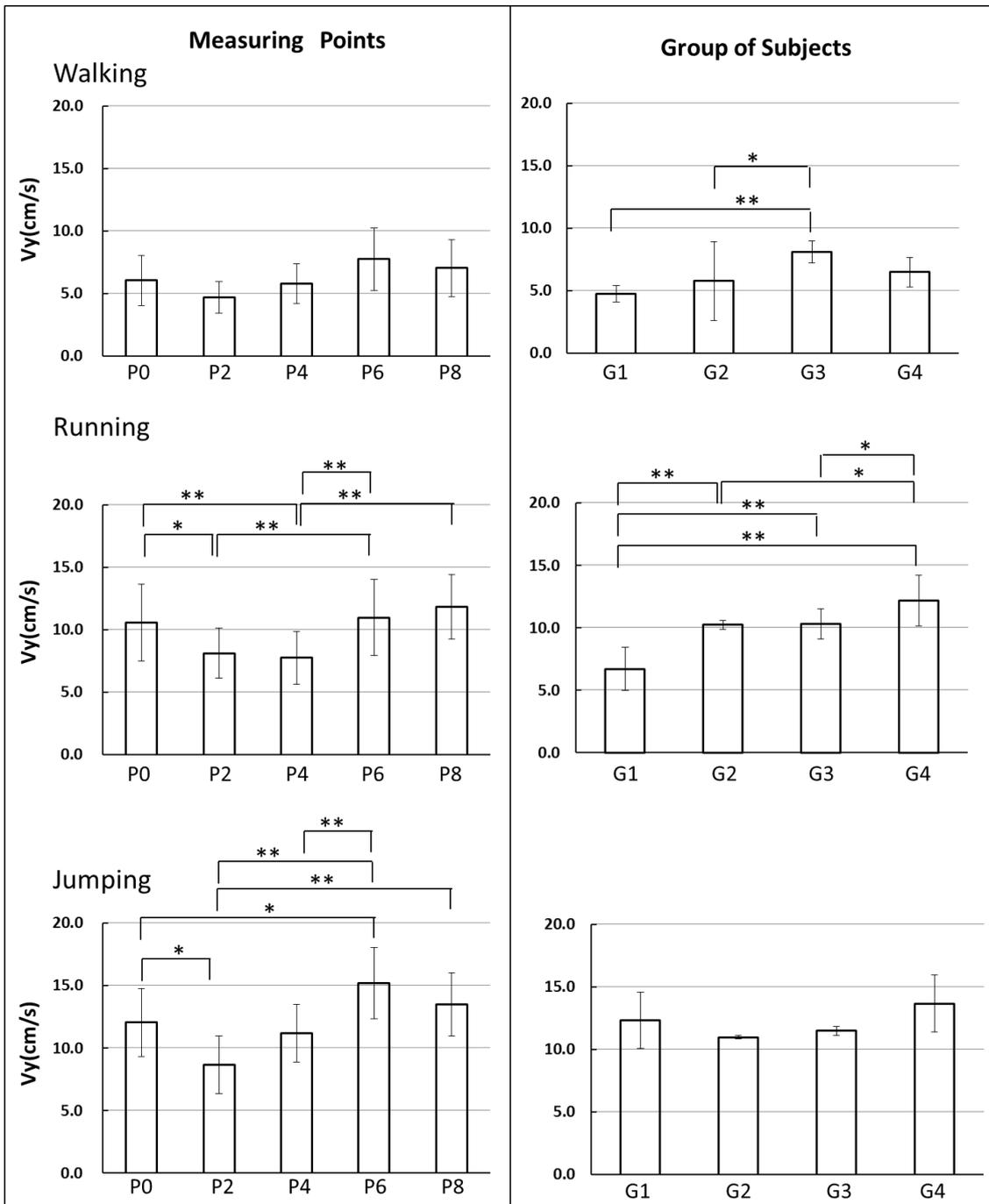
Lateral Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.29 Significance of average speed in the lateral direction during walking, running and jumping

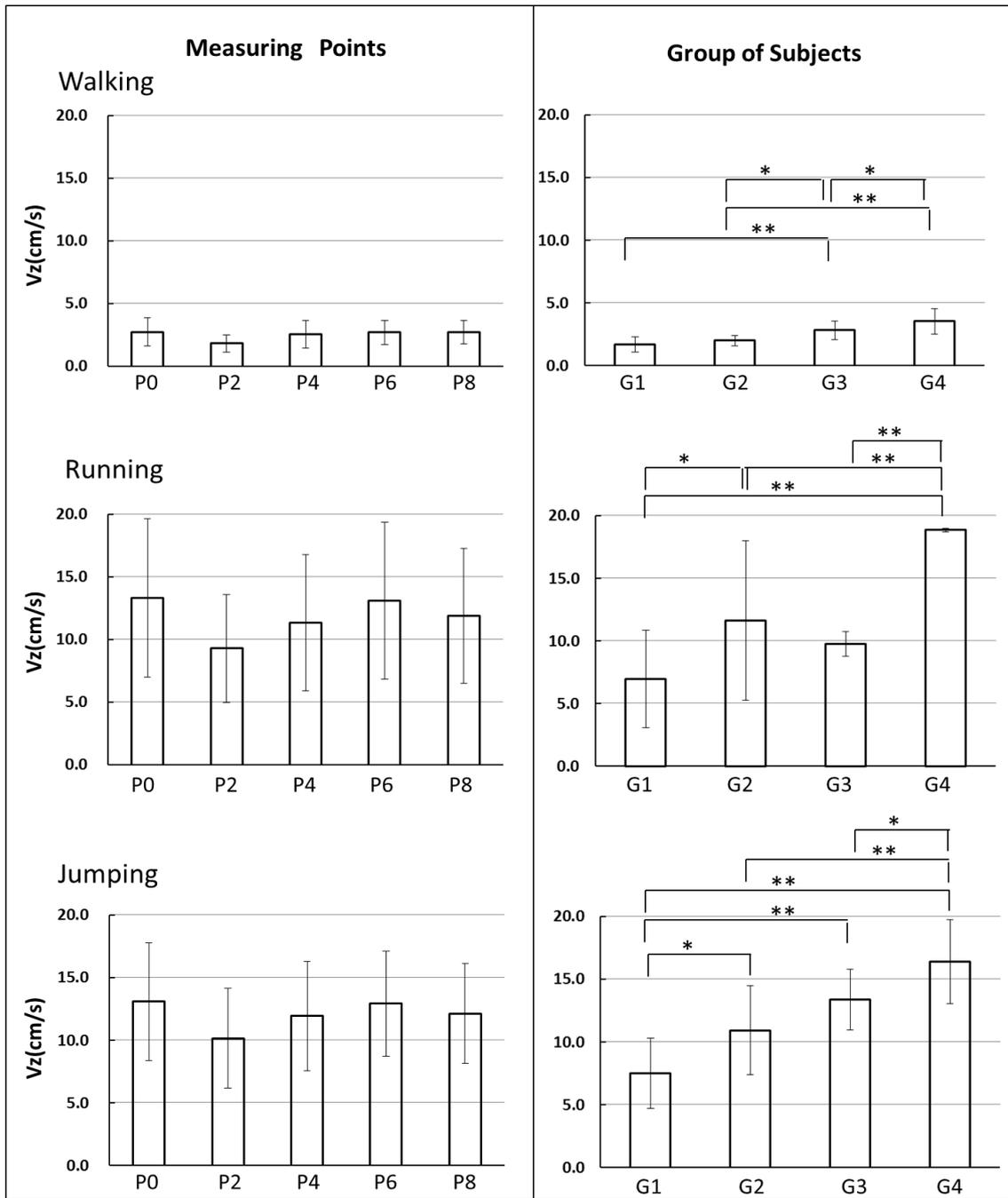
Sagittal Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.30 Significance of average speed in the sagittal direction during walking, running and jumping

Vertical Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.31 Significance of average speed in the vertical direction during walking, running and jumping

平均加速度についての多重比較の結果を 2.10、2.11 と図 2.32～2.34 に示す。左右方向の加速度は、いずれの運動においても上部・内側の点 P2 は他の点より小さく、特に外側の 2 点 P6、P8 とは危険率 1%以下の水準で有意差が認められた。乳房サイズについては、乳房サイズが大きいほど平均加速度が大きく、G1 群と G3、G4 群又 G2 群と G4 群との間に有意差が認められた。

前後方向については、いずれの運動においても測定点 P2 の平均加速度が小さいが、有意差は見られなかった。乳房サイズについては、G1 群は他の群より小さく、走行・ジャンプ時 G4 との間に有意差が示された。

上下方向についてもいずれの運動においても測定点 P2 の平均加速度が小さいが、有意な差は示されなかった。乳房サイズについては、G4 群は G1 群より有意に大きかった。

運動時各方向とも測定点 P2 の平均加速度が最も小さく、左右方向の加速度に有意差が見られた。また、乳房が大きい G4 群の平均加速度は G1 群より有意に大である。

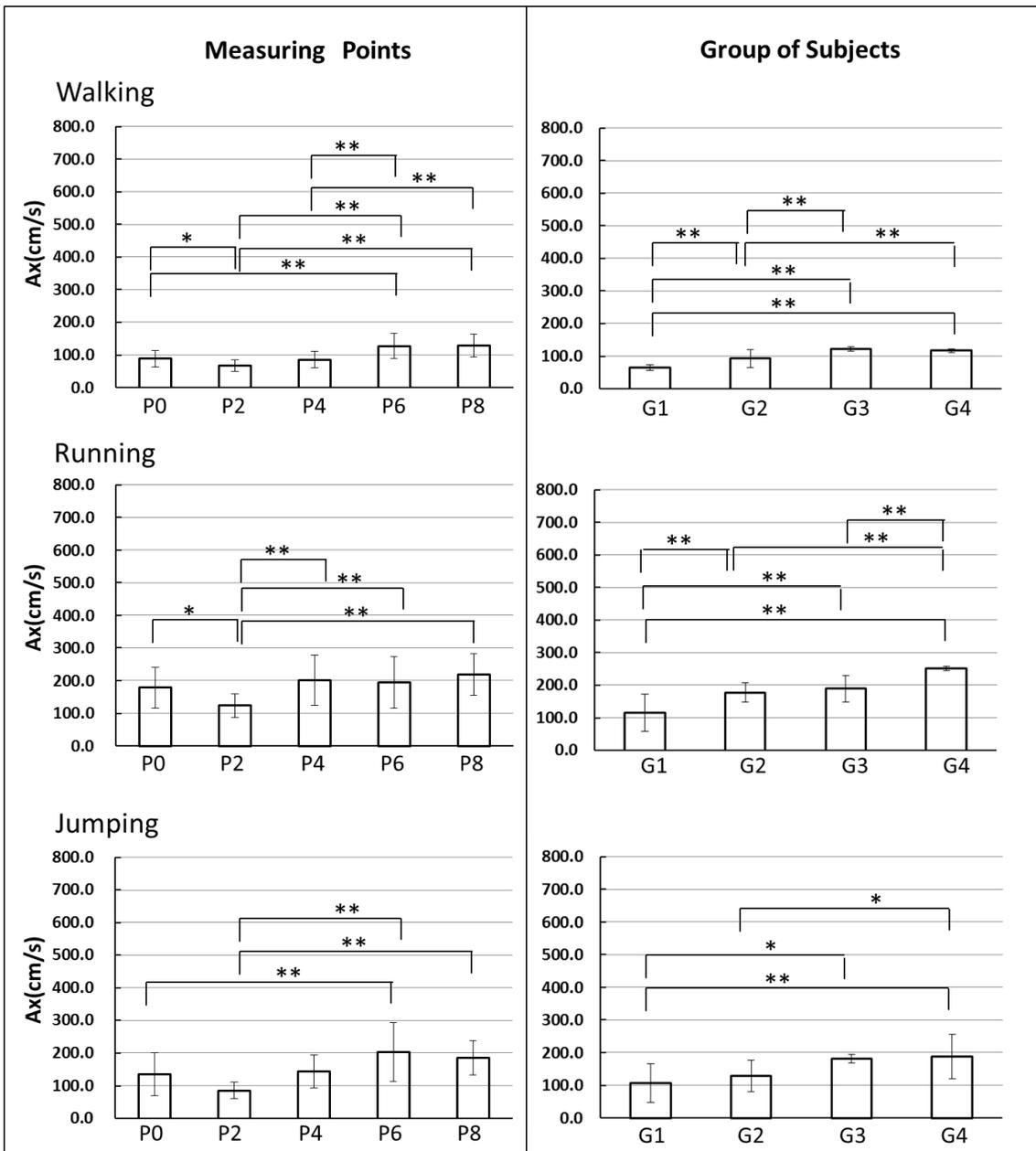
Table 2.10 Average acceleration of each point during walking, running and jumping

	Point	Walking					Running					Jumping				
		P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8	P0	P2	P4	P6	P8
Ax(cm/s <sup>2</sup> )	Average	88.2	67.3	85.3	126.8	127.9	178.3	123.4	200.1	194.1	219.4	136.1	85.3	144.0	203.0	186.2
	S.D.	25.9	18.3	24.8	38.4	35.2	63.1	36.5	76.9	78.3	63.5	65.9	25.0	51.1	90.5	52.8
Ay(cm/s <sup>2</sup> )	Average	279.0	240.1	255.1	411.1	399.3	385.9	328.0	334.4	493.0	528.0	350.6	244.5	308.2	364.4	316.1
	S.D.	142.9	97.1	106.0	182.5	183.0	180.1	116.8	154.0	226.5	235.0	178.4	128.5	161.4	183.3	145.6
Az(cm/s <sup>2</sup> )	Average	92.9	66.7	91.2	101.3	100.2	411.7	309.1	340.4	412.6	385.6	277.7	212.0	258.6	292.1	269.2
	S.D.	26.7	18.7	27.9	25.0	23.9	164.9	148.4	136.3	155.9	162.5	103.5	80.4	99.4	93.5	84.9

Table 2.11 Average acceleration of each group during walking, running and jumping

	Group	Walking				Running				Jumping			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
Ax(cm/s <sup>2</sup> )	Average	65.2	92.4	121.8	116.9	115.2	177.4	189.0	250.6	106.5	127.9	181.1	188.1
	S.D.	8.4	28.0	6.7	5.6	57.2	29.8	41.5	6.5	59.5	48.0	13.8	67.4
Ay(cm/s <sup>2</sup> )	Average	223.5	344.1	402.3	297.8	233.5	471.2	383.7	567.0	244.6	364.3	342.9	315.3
	S.D.	31.5	239.4	151.6	123.6	70.2	115.9	179.2	204.5	168.4	178.5	35.1	312.9
Az(cm/s <sup>2</sup> )	Average	76.6	73.8	103.2	108.3	244.6	364.3	342.9	315.3	187.8	224.9	328.0	307.0
	S.D.	24.4	17.7	18.6	20.1	168.4	178.5	35.1	312.9	129.2	15.4	84.9	89.2

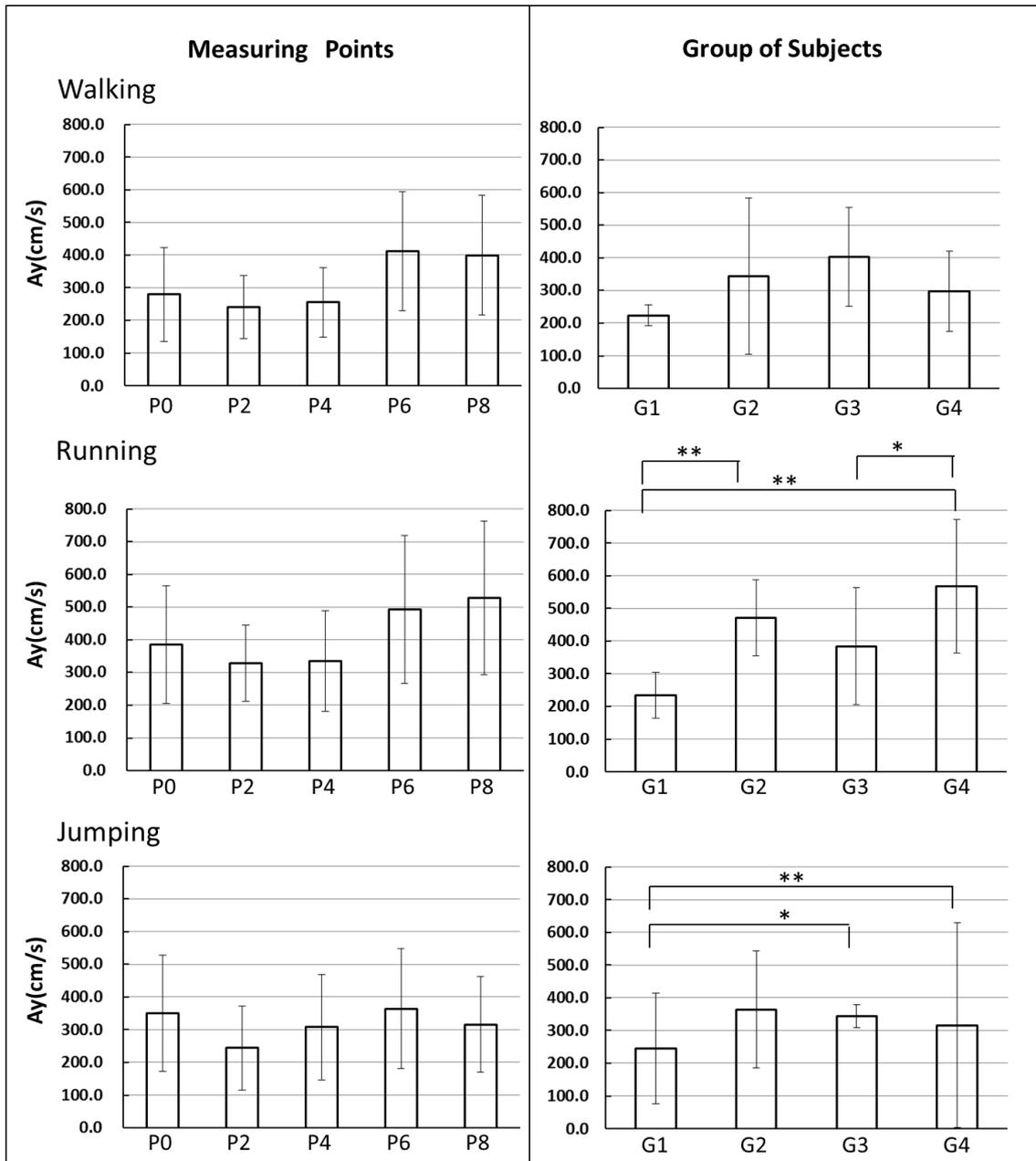
Lateral Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.32 Significance of average acceleration in the lateral direction during walking, running and jumping

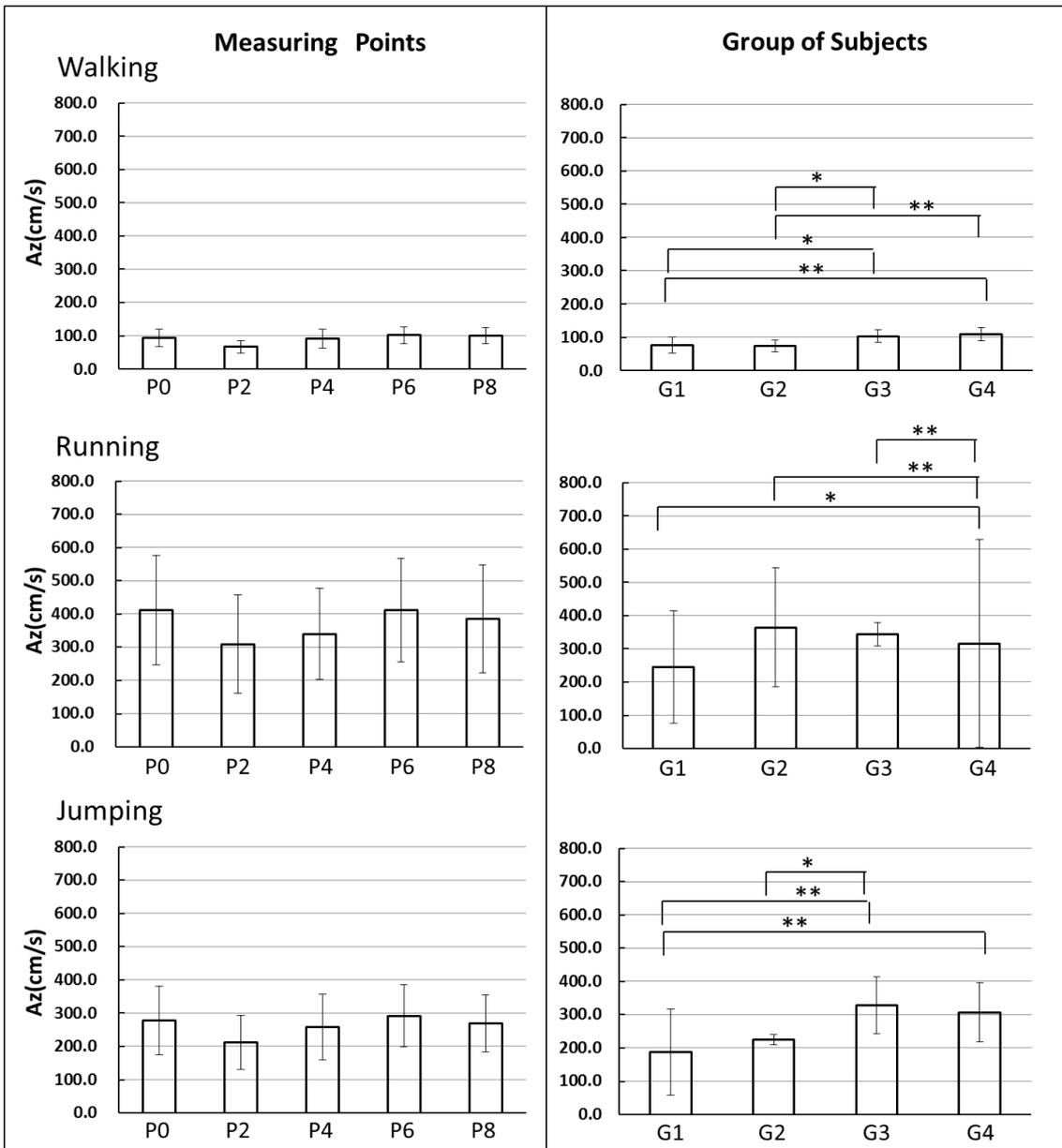
Sagittal Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.33 Significance of average acceleration in the sagittal direction during walking, running and jumping

Vertical Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.2.34 Significance of average acceleration in the vertical direction during walking, running and jumping

### 2.3.2 乳房の圧縮特性

各測定点の被験者 8 名の平均圧縮応力と各被験者の乳房の圧縮応力の平均値を表 2.12 に示す。図 2.35 は被験者毎の各測定点の圧縮応力  $F_{5\text{mm}}$  と  $F_{10\text{mm}}$  の結果である。各測定点を比較すると、上・外側の P1、P7、P8 は他の測定点より圧縮応力  $F_{5\text{mm}}$ 、 $F_{10\text{mm}}$  が小さく、柔らかいことが示された。各被験者を比較すると、乳房が大きい被験者 S6、S7、S8 は乳房が小さい被験者 S3、S5 より圧縮応力が小さいことが示された。

Table2.12 Average breast compression stress

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Average	S.D.
$F_{5\text{mm}}$ (kPa)	S1	0.73	1.32	1.75	1.38	1.28	1.24	1.06	0.65	1.18	0.36
	S3	1.48	1.81	1.46	1.89	1.76	1.63	1.40	1.32	1.59	0.21
	S5	0.85	1.56	2.08	1.67	1.46	1.56	1.54	1.08	1.47	0.37
	S6	1.36	1.42	1.42	1.32	1.39	1.40	1.33	1.00	1.33	0.14
	S7	1.15	1.24	1.52	1.17	1.07	1.23	1.19	1.00	1.20	0.16
	S8	0.74	1.10	1.48	1.32	1.25	1.39	1.16	0.85	1.16	0.26
	Average	1.05	1.41	1.62	1.46	1.37	1.41	1.28	0.98		
	S.D.	0.32	0.25	0.25	0.27	0.23	0.16	0.18	0.22		
$F_{10\text{mm}}$ (kPa)	S1	3.60	3.56	4.93	4.18	2.97	2.78	2.73	2.34	3.38	0.86
	S3	4.96	5.23	4.18	4.43	4.08	4.21	2.88	3.17	4.14	0.80
	S5	1.79	3.28	5.54	3.41	3.32	4.26	2.86	1.79	3.28	1.24
	S6	2.92	3.01	3.56	3.01	2.93	3.82	2.71	2.44	3.05	0.44
	S7	3.31	2.78	3.00	2.42	2.14	2.65	2.38	2.42	2.64	0.38
	S8	1.50	2.29	3.30	2.77	2.99	3.36	3.09	1.96	2.66	0.67
	Average	3.01	3.36	4.09	3.37	3.07	3.51	2.77	2.35		
	S.D.	1.27	1.02	0.99	0.80	0.63	0.70	0.24	0.48		

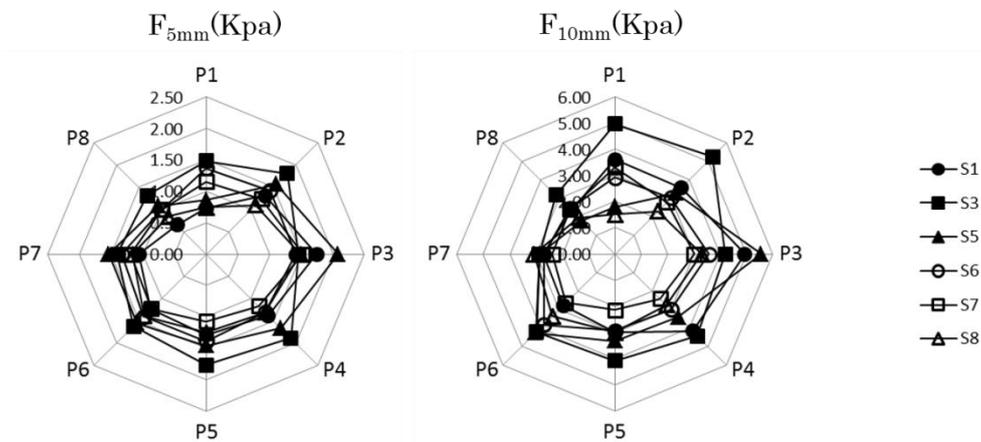


Fig.2.35 Breast compression stress of each measuring point

### 2.3.3 乳房の皮膚粘弾性

皮膚粘弾性を表す  $U_e$  と  $R7$  について、測定点別、被験者別に平均を求めた結果を表 2.13 に示す。図 2.36 は被験者別に各測定点の  $U_e$  と  $R7$  の結果を図示したものである。各測定点を比較すると、上・外側の P1、P7、P8 の弾力性は他の測定点より大きい。各被験者を比較すると、皮膚の回復率は乳房が大きい被験者 S5～S8 は小さい被験者 S1～S4 より大きかった。

Table2.13 Average skin viscoelasticity of the breast

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Average	S.D.
Ue (mm)	S1	0.131	0.142	0.146	0.165	0.077	0.084	0.144	0.153	0.130	0.03
	S2	0.197	0.121	0.145	0.101	0.202	0.163	0.123	0.281	0.167	0.06
	S3	0.185	0.126	0.156	0.110	0.092	0.110	0.194	0.230	0.150	0.05
	S4	0.171	0.144	0.170	0.136	0.166	0.081	0.178	0.215	0.157	0.04
	S5	0.178	0.105	0.076	0.069	0.115	0.098	0.136	0.205	0.123	0.05
	S6	0.196	0.148	0.149	0.115	0.095	0.122	0.145	0.221	0.149	0.04
	S7	0.216	0.183	0.106	0.138	0.189	0.133	0.153	0.235	0.169	0.04
	S8	0.179	0.188	0.139	0.174	0.151	0.130	0.107	0.196	0.158	0.03
	Average	0.182	0.145	0.136	0.126	0.136	0.115	0.147	0.217		
S.D.	0.025	0.029	0.030	0.035	0.048	0.028	0.028	0.036			
R7	S1	0.753	0.799	0.722	0.711	0.817	0.847	0.841	0.639	0.766	0.07
	S2	0.725	0.783	0.711	0.743	0.695	0.732	0.749	0.692	0.729	0.03
	S3	0.760	0.725	0.673	0.723	0.713	0.755	0.727	0.741	0.727	0.03
	S4	0.759	0.807	0.610	0.736	0.785	0.781	0.781	0.714	0.747	0.06
	S5	0.761	0.778	0.665	0.763	0.760	0.864	0.840	0.817	0.781	0.06
	S6	0.727	0.818	0.667	0.805	0.758	0.830	0.823	0.784	0.776	0.06
	S7	0.807	0.777	0.810	0.830	0.782	0.839	0.850	0.830	0.816	0.03
	S8	0.788	0.826	0.805	0.795	0.828	0.827	0.874	0.840	0.823	0.03
	Average	0.760	0.789	0.708	0.763	0.767	0.809	0.811	0.757		
S.D.	0.028	0.032	0.070	0.043	0.046	0.047	0.052	0.072			

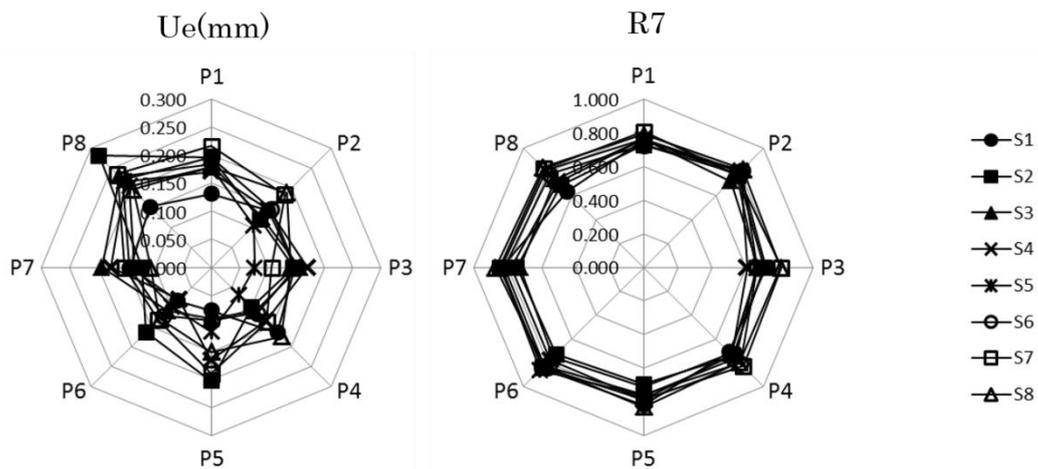


Fig.2.36 Skin viscoelasticity of each measuring point

各被験者の年齢、乳房の大きさ、圧縮特性と皮膚粘弾性を表 2.14 に示す。それ

らの関係を検討するため、相関行列を求め、無相関の検定を行った。結果を表 2.15 に示す。乳房の大きさには（バスト囲 - アンダーバスト囲）を用いた。被験者の年齢と乳房の圧縮特性、皮膚の粘弾性との相関は認められなかった。乳房の大きさは  $F_{10\text{mm}}$  と 0.7 以上の相関を示した。皮膚の弾力を表す  $U_e$  と乳房の大きさとの相関は低かったが、皮膚の回復性  $R_7$  と乳房の大きさの間には有意な正の相関が示された。また、皮膚の回復率  $R_7$  と圧縮応力  $F_{10\text{mm}}$  とは有意な負の相関が示された。

Table2.14 Age, breast size, breast compression stress and skin viscoelasticity of each subject

Subject	Age (year)	Bust Girth-Underbust Girth (cm)	F5mm (kPa)	F10mm (kPa)	Ue (mm)	R7
S1	22	11.8	1.18	3.38	0.130	0.766
S2	27	12.8	—	—	0.167	0.729
S3	26	13.4	1.59	4.14	0.150	0.727
S4	29	15.5	—	—	0.157	0.747
S5	26	16	1.47	3.28	0.123	0.781
S6	25	16.4	1.33	3.05	0.149	0.776
S7	24	16.8	1.20	2.64	0.169	0.816
S8	26	17.2	1.16	2.66	0.158	0.823

Table2.15 Correlation between skin viscoelasticity, compression stress and breast size, age

	Age (year)	Bust Girth-Underbust Girth (cm)	F5mm (kPa)	F10mm (kPa)	Ue (mm)	R7
Age(year)	1.000	0.240	0.577	0.107	0.343	-0.368
Bust Girth-Underbust Girth (cm)		1.000	-0.199	-0.731	0.227	0.735 *
F5mm(kPa)			1.000	0.797	-0.323	-0.757
F10mm(kPa)				1.000	-0.433	-0.974 **
Ue(mm)					1.000	0.048
R7						1.000

Level of significance: (\*:<5% \*\*:<1%)

#### 2.3.4 乳房振動と身体特性及び乳房特性との関係

運動時の乳房各測定点の左右・前後・上下方向の最大振幅 ( $D_x$ 、 $D_y$ 、 $D_z$ )、平均速度 ( $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_z$ )、平均加速度 ( $A_x$ 、 $A_y$ 、 $A_z$ ) と身体特性 (BMI、バスト囲 - アンダーバスト囲)、乳房の圧縮特性 ( $F_{5\text{mm}}$ 、 $F_{10\text{mm}}$ )、皮膚粘弾性 ( $U_e$ 、 $R_7$ )、身体の振動  $N$  との関係を明らかにするため、被験者の測定点の平均値を対象とし、相関行列を求め、無相関の検定を行った。結果を表 2.16 に示す。

いずれの運動においても乳房の振動特性と BMI との間には有意な相関は見られなかった。歩行・走行の左右方向の最大振幅、平均速度、平均加速度は乳房の大きさと有意な正の相関を示した。走行時の前後方向の最大振幅と平均速度には、乳房の大きさと有意な相関を示した。いずれの運動においても上下方向最大振幅、平均速度は乳房の大きさと有意な正の相関を示し、乳房が大きいほど大きく速く揺れることが明らかとなった。また、歩行・走行の左右の最大振幅と平均速度は皮膚の回復率  $R_7$  と有意な高い正の相関を示した。

走行時の左右最大振幅と平均速度は乳房を 10 mm 押し込んだ時の  $F_{10\text{mm}}$  と有意な負の相関を示し、柔らかい乳房ほど振動しやすいことが示された。前後方向の平均加速度はいずれの運動においても身体の振動を表す点  $N$  と高い有意な相関を示した。ジャンプ時の上下方向の最大振幅と加速度も点  $N$  と有意な相関を示した。

Table 2.16 Correlation between the breast vibration and breast compression stress, skin viscoelasticity, body characteristics and point N vibration

	Motion	BMI	Bust Girth-Underbust Girth (mm)	F <sub>5mm</sub> (kPa)	F <sub>10mm</sub> (kPa)	Ue (mm)	R7	N
Dx	Walking	0.470	0.923 **	-0.024	-0.567	0.207	0.724 *	0.611
	Running	0.122	0.800 *	-0.705	-0.966 **	-0.031	0.886 **	0.062
	Jumping	0.054	-0.291	0.577	0.272	0.087	-0.308	0.770 *
Dy	Walking	0.833 *	0.538	0.529	-0.055	-0.258	0.409	0.268
	Running	0.671	0.739 *	0.125	-0.280	-0.083	0.480	0.519
	Jumping	-0.393	-0.471	-0.299	0.017	-0.309	-0.077	0.718 *
Dz	Walking	0.483 *	0.720 *	-0.262	-0.561	0.067	0.738 *	0.539
	Running	-0.139	0.802 *	-0.517	-0.806	0.658	0.666	0.544
	Jumping	0.323	0.921 **	-0.315	-0.742	0.227	0.756 *	0.218
Vx	Walking	0.521	0.922 **	-0.052	-0.609	0.150	0.759 *	0.636
	Running	-0.049	0.856 **	-0.502	-0.868 *	0.375	0.798 *	0.219
	Jumping	0.394	0.114	0.457	-0.074	-0.003	0.024	0.289
Vy	Walking	0.723 *	0.388	0.600	0.181	-0.173	0.204	0.841 **
	Running	0.395	0.840 **	0.017	-0.397	0.406	0.512	0.804 *
	Jumping	-0.020	0.161	-0.789	-0.496	-0.101	0.669	0.482
Vz	Walking	0.566	0.725 *	-0.071	-0.503	0.089	0.679	0.349
	Running	-0.145	0.796 *	-0.478	-0.798	0.651	0.627	0.613
	Jumping	0.376	0.905 **	-0.211	-0.681	0.219	0.691	0.318
Ax	Walking	0.674	0.748 *	0.322	-0.246	0.015	0.521	0.775 *
	Running	0.051	0.895 **	-0.229	-0.665	0.628	0.597	0.607
	Jumping	0.633	0.619	0.186	-0.284	0.101	0.433	0.792 *
Ay	Walking	0.574	0.156	0.549	0.454	-0.169	-0.009	0.989 **
	Running	0.268	0.579	-0.004	-0.190	0.444	0.361	0.896 **
	Jumping	0.500	0.530	0.098	-0.146	0.168	0.377	0.984 **
Az	Walking	0.591	0.580	0.086	-0.421	0.030	0.522	0.386
	Running	-0.128	0.806 *	-0.382	-0.784	0.683	0.535	0.616
	Jumping	0.592	0.687	0.159	-0.384	0.041	0.384	0.753 *

Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

## 2.4 考 察

乳房は大胸筋表面の筋膜上に位置する組織で、成人女性の場合、約 9 割が脂肪、1 割が乳腺により構成されている。乳房は思春期になると乳腺が発達し脂肪組織が蓄積して半球状となるが、20 代以降では徐々に上部のボリュームが落ち始め、乳房下部がたわみ、やがて加齢とともに乳房が下垂し、さらに外方に流れる加齢変化を示すことが報告されている<sup>6)</sup>。これらの変化は、乳腺や脂肪組織の減少と共に、乳房を皮膚及び大胸筋膜に繋げている結合組織（クーパーじん帯）が、重力や振動刺激によって切れたり伸びたりするためと考えられている。一般的に乳房が運動時に振動することには運動機能性また審美性の上からも好まれず、ブラは整容性と振動抑制を目的として着用されるため、従来から、乳房の振動の様相を観察した研究が重ねられてきた。

布施谷ら<sup>4)</sup>は、ジャンプ 1 回の際に乳房は 2 つの山を描いて振動することを、また竹内<sup>7)</sup>は、ランニング、垂直跳び、飛び降り 3 種類の運動時いずれにおいても、乳房は身体に比べて位相遅れを示すことを指摘している。本実験においては、ブラ非着用時の歩行、走行、ジャンプ時の振動を観察・計測した結果、いずれの運動においても先行研究同様、乳房は基体の動きを表す骨格上の基準点 N 点とは時間的なズレを持って振動し、布施谷らの指摘したジャンプ時のみならず、歩行・走行においても N 点の 1 ピークに対して乳房は 2 つのピークを示した。このような乳房そのものの特有な振動は、時に結合組織の変化やクーパーじん帯の損傷を伴い、疼痛の原因ともなると考えられ、ブラの振動抑制機能の必要性が確認された。

樋口<sup>3)</sup>らは、ジャンプ時は部位によって加速度が異なり、乳頭点外側水平の点の加速度が最も大きく、内側水平の点の加速度が最も小さいことを報告している。本研究は各測定点の平均加速度を上下・左右に分けて分析を行った。上下方向と左右方向は歩行、ジャンプ時乳房外側の 2 点が内側の 2 点より平均速度、加速度

が大きく、運動中乳房の外側の振動の抑制が重要である。一方、いずれの運動も乳房内側上部の測定点 P2 の平均加速度が最も小さかった。

乳房の振動と乳房の大きさとの関係について、岡部ら<sup>1)</sup>は非着用時の振動は被験者によって異なり、ブラ非着用時の乳房の振幅は BMI や乳房体積との相関は低いと報告した。布施谷ら<sup>4)</sup>は、乳房は大きさに関わらずジャンプによって大きく上下し、被験者による差はあまり見られなかったと述べている。本研究では、岡部らの指摘同様、乳房振動は BMI との相関は低かったが、乳房の大きさは、歩行、走行時の上下・左右方向の平均振幅、速度と、ジャンプ時上下方向の振幅、加速度と有意な正の相関を示した。岡部らの研究では被験者間の乳房の個人差が小さく、布施谷らの研究では被験者数が少ないため、乳房の大きさと振動の関係が見られなかったと考えられる。本研究では乳房の大きさが顕著に異なる 8 名を対象に振動実験を行ったことにより、両者の関係が明らかに示されたものと考えられる。

さらに、乳房の振動特性と乳房の柔らかさとの関係を見るために、皮膚粘弾性と圧縮応力を測定した。皮膚組織は、主に表皮、真皮、皮下組織からなる。その厚さは部位により異なるが、平均的には表皮真皮で約 2mm、表皮のみでは約 0.2mm である<sup>8)</sup>。皮膚の弾力性を測定する吸引法は、表皮及び真皮の粘弾性を反映するものとされている。西村ら<sup>9)</sup>は Cutometer を用い、陰圧することにより皮膚の弾力性を測定し、加齢、性別、部位の影響及び病的皮膚との比較を行った。また、表皮及び真皮の硬さを測定し、表皮の厚さは年齢による差があまり見られなかったが、真皮の厚さは加齢に伴い薄くなることを報告した。岡部ら<sup>1)</sup>はデジタルフォースゲージを用いて、乳房の皮膚表面を 3mm、6mm、9mm を押し込む時に要する力の平均値を求めた。その結果、垂直方向の振幅は乳房の硬さと強い負の相関を示し、柔らかい乳房の方が硬い乳房より振動が大であると指摘した。本研究では、吸引法と圧縮法の両方を用いて、乳房の柔らかさを評価し、乳房振動特性と乳房

の圧縮特性、皮膚粘弾性との相互関係を検討した。その結果、走行時の振動は 5 mm押し込み時の応力  $F_{5\text{mm}}$  との相関は低かったが、 $F_{10\text{mm}}$  とは乳房の平均振幅と左右、上下方向とも有意な負の相関を示し、やや深く押し込む際の圧縮応力が大きいほど乳房振動が小さいという関係が認められた。乳房を圧縮する場合には表皮、真皮のみではなく、皮下組織も関係するものであり、今後乳房の皮下脂肪厚についても測定し、乳房の振動特性との関係を検討する必要があるものと考えられる。乳房振動と皮膚粘弾性との関係については、歩行、走行時は上下・左右の平均振幅は皮膚の回復率  $R7$  との相関は高く、ジャンプ時は低かった。ジャンプ時は上下の振幅が大きく、皮膚の回復率  $R7$  よりも乳房の大きさの影響が大きかったためと考えられる。

以上により、20 代の若年女性に限った場合でも乳房振動には個人差があり、その要因としては乳房が大きいほどまた乳房が柔らかいほど乳房振動が大きくなることが明らかとなった。また乳房の部位によっても振動特性が異なることも示された。これらの知見はブラの設計において乳房のサイズや柔らかさ等の個人差に配慮する必要のあることを示唆するものである。

## 2.5 要約

本研究では、乳房の個人差による振動特性を明らかにするため、バスト圏とアンダーバスト圏との差を乳房の大きさの目安とし、乳房の大きさの異なる 8 名の被験者について、歩行・走行・ジャンプ時の乳房振動を 3 台のハイスピードカメラにより撮影し、三次元動作分析を行った。さらに乳房の圧縮性と皮膚粘弾性を測定し、乳房振動と乳房の大きさ、乳房の圧縮性、皮膚粘弾性との関係について検討を行った。主たる結果は以下のとおりである。

(1) いずれの被験者も、歩行時は上下・左右の振幅が僅少で、前後の振幅は上下・左右より大きかった。走行時は正面も側面も U 字型の軌跡を描き、上下・左右・

前後に大きく揺れる一方、ジャンプ時は歩行・走行時より上下に大きく揺れ、左右の揺れは少ない。いずれの運動も乳房が大きいほど上下の振幅が大きいことが示唆された。

(2) 乳房の上下振動は、いずれの運動においても基体の動きとは時間的なズレを持って振動し、乳房振動に及ぼす慣性の影響が考察された。

(3) 上下方向は、いずれの運動も乳房サイズが大きいほど振幅、速度、加速度が大きく、特に A 群と D 群はいずれも有意差が認められた。左右・上下方向の振幅、速度、加速度は上部・内側の測定点 P2 は他の測定点より小さい。

(4) 乳房が大きいほど皮膚の回復率が高く、乳房の圧縮応力が小さい傾向が見られた。乳房外側上部は他の点より皮膚粘弾性が大きく、圧縮応力が小さいことが示された。

(5) 乳房の大きさと、歩行・走行時の乳房の上下・左右方向およびジャンプ時の上下方向の平均振幅、速度との間には、有意な高い正の相関が認められ、乳房が大きいほど大きく揺れることが示された。いずれの運動においても前後方向の加速度は N 点の振動と有意な高い正の相関関係にあり、乳房の前後方向の振動には体幹部の捻転運動の影響が大きいことが明らかとなった。ジャンプ時の上下方向の最大振幅と加速度も点 N 点の振動と有意な相関が示された。歩行・走行時の最大振幅は皮膚の回復率 R7 との間に正の、走行時の最大振幅は圧縮応力  $F_{10\text{mm}}$  との間に負の相関を示し、柔らかい乳房ほど大きく揺れることが示された。

## 引用文献

- 1) 岡部和代, 黒川隆夫; ブラジャー着用時と非着用時の運動中の乳房振動特性, 日本家政学会誌, 54 (9): 731-738 (2003)
- 2) 諸岡晴美, 福田玲子, 佐々木ヒサエ, 諸岡英雄; 補整用ブラジャーカップ台素材伸び特性が衣服圧および快適性に及ぼす影響, 繊維学会誌, 62:287-292(2006)
- 3) 樋口ゆき子, 沖浜光子, 田中道一; ブラジャーの機能性に関する研究, 家政学会誌, 23 (3): 179-183 (1972)
- 4) 布施谷節子, 松本智絵美; ブラジャーによる振動抑制効果に関する 3 次元的研究, 和洋女子大学紀要, 46: 1-12 (2006)
- 5) 青山まり; ブラの本, 株式会社サンマーク, 東京都: 14(2003)
- 6) <http://www.wacoal-science.com/ageing/>; バスト編, 2016 年 5 月
- 7) 竹内友昭; 乳房の運動とブラジャー, 人間工学, 20 (2): 65-68 (1984)
- 8) 浅野新, 鈴木正, 尾股定夫; 皮膚の力学的特性とその測定法, 日本バイオレオロジー学会誌 (B&R), 6 (3): 109-117 (1992)
- 9) 西村正広, 辻卓夫; ニュータイプの皮膚弾力測定機による人工皮膚弾力性の測定—加齢, 男女, 部位による差及び病的皮膚との比較, 日皮会誌, 102 (9): 1111-1117 (1992)

## 第 3 章

# 実験用乳房表面展開 ブラジャーの製作

### 3.1 緒言

ブラは乳房を美しく整えるために用いられ、女性にとっては、その整容性や着心地は高い関心事である。ブラの着用感について、塩野は<sup>1)</sup>、「現在では補整機能のついたブラが数多く発売されているが、身体のラインが不自然である、サイズが合わないなど不満の声は消えることがない」と指摘している。間壁ら<sup>2)</sup>は、「ブラジャーを購入する時には、サイズを非常に気にするが、試着してから購入する人は少ない」とし、「サイズ表示通りに選んでも合わない場合がある」という不満が見られたとも述べている。日本衣料管理協会のブラジャーに関する調査報告書<sup>3)</sup>によると、ブラに対して、「合うサイズがない」について学生26.8%、母親28.5%が不満であるとし、全部の項目の中でそれぞれ4位と2位にあたる。乳房は個人によって形状の差が大きく、例えばバスト周径などサイズ表現として同一としても、乳房の形状そのものはまったく異なる。市販のブラは、オーダーメイド製品ではないため、ブラに記載されているJIS規定によるアンダーバストサイズ及びカップサイズに合致した製品を選んだとしても、乳房の形状そのものには適合しない場合も多いと考えられる。

ブラの防振効果について、樋口ら<sup>4)</sup>、竹内<sup>5)</sup>、岡部ら<sup>6、7)</sup>、布施谷ら<sup>8)</sup>が研究を行っているが、それぞれ素材・パターン・構造などがまちまちの市販ブラを対象としており、ブラが包む乳房のサイズや形状とブラパターンとの関係、あるいはブラを構成する素材の特性との関係についてはいずれも定性的な指摘にとどまっている。振動抑制に配慮したブラ設計に向けては、被験者の乳房サイズ・形状とブラのパターン・形状・素材との関係を明確にした、より基礎的な研究が求められる。

本章では、ブラ着用時の乳房振動特性を定量的に分析研究することを目的として、被験者ごとに乳房形状を採取し、それをもとに乳房の表面展開を行った上でブラパターンを作成、これを用いて同一素材・構造の実験用ブラを製作した過程

について述べる。

### 3.2 実験方法

通常、ブラの形状には美しさの概念が入り、時に乳房を実態より大きく見せるなどの整容が行われる。本研究では、乳房の質量は変えずに形状のみを美しく整えること、乳房とブラとの振動を別々に観察できること、乳房部分の形状は変えずにアンダーバストの衣服圧を段階的に変えられることを条件として、以下の手順で実験用ブラを作成した。

#### 3.2.1 被験者

被験者はカップサイズの異なる若年女性 8 名である。その身体特性を表 3.1 に示す。着衣は上半身がヌード、下半身がショーツのみとし、生理期を考慮して、全ての実験は生理期間以降 5～15 日の間に行った。

Table 3.1 Profile of subjects

Subject	Age (year)	BMI	Bust Girth <sup>a)</sup> (mm)	Underbust Girth <sup>b)</sup> (mm)	Bust Girth-Underbust Girth (mm)
S1	22	18.8	833	715	118
S2	27	18.0	833	705	128
S3	26	23.1	889	755	134
S4	26	25.6	998	838	160
S5	25	21.4	904	740	164
S6	26	22.1	975	803	172
Average	25.6	21.5	905	759	146
S.D.	1.8	2.8	70	52	22

a) バスト囲は、前傾 90° 姿勢での実質的な乳頭点を通る体軸に垂直なバスト周径を測定。

b) アンダーバスト囲は、直立した状態で、乳房のふくらみの底辺と乳頭線との交点を水平に通る周囲長。

### 3.2.2 バストの補整

乳房を含むバストの形状を美しく整える目的で、テーピングテープを用い、各被験者の右乳房の位置と形状を補整した。図 3.1 に示すようにテープを乳房の基底曲線下端部から斜め腋窩方向、さらに正中線方向に沿わせて、バランスのとれた自然なバストに補整した。

深井<sup>9)</sup>によると、「ルネサンスから現代まで、女性の身体の中で最も可塑的である乳房は、ある時代は豊満さのために持ち上げられ、またある時平らにされ、その形状を自在に変え、揺れ動いた」と述べられており、乳房の美しさの基準は時代と共に変化し、永久不変の基準は存在しないと思われる。しかし、乳房の加齢変化は「下垂と外流れ」であることから、本研究では乳房を無理なく「寄せて上げる」ことによって得られる、しかも被験者自身が満足する形状を美しいバストと規定した。



Fig.3.1 Deformation of the breast by taping tape

### 3.2.3 皮膚表面展開パターンの採取

パターンメイキングの方法としては、立体裁断による方法、直接平面作図する方法、およびその併用の3種の手法がある<sup>10)</sup>。各被験者に適合するブラを製作するために、本実験では石膏包帯法を用い、補整した胸部形状を採取した。石膏包帯法は、包帯に石膏粉を塗布したものをを用いて人体の型どりをする方法である。型どりした石膏型を利用し、体型の観察、石膏像の製作、体表展開図を得ること

ができる<sup>10)</sup>。

本実験用乳房表面展開ブラパターンの作製手順は以下のとおりである。

- ① 被験者直立静止姿勢で、右上半身を対象として、表 3.2 に示す計測点及び必要な基準線を体表にしるしておく。体表面に皮膚の保護と石膏型を抜きやすくするためにコールドクリームを塗る。
- ② 幅 10cm 程度の石膏包帯を右上半身の形状に合わせて、少しずつずらして、3 枚程度重ねて貼る。

Table 3.2 Measuring points and lines for making plaster model of each subject

計測点および基準線	定義
BNP(頸椎点)	第7頸椎棘突起の先端の点
SNP(頸側点)	外側頸三角における僧帽筋前縁が頸窩点を結ぶ
FNP(頸窩点)	左右鎖骨の胸骨端の上縁を結ぶ直線と正中矢状面との 交点
BP(乳頭点)	乳頭の中央の点
SP(肩先点1)	肩稜線と腕付け根線との交点
前腋点	前腋窩裂上端の点
後腋点	後腋窩裂上端の点
腋窩点	腋窩の前腋点と後腋点の中心
前中心線	FNPから垂直に降ろすBLに水平垂直になるように降ろ す線
後中心線	BNPから垂直に降ろすBLに水平垂直になるように降ろ す線
頸付け根線	BNP、SNP、FNPを通る曲線
乳房ベースライン	乳房下端の基底曲線と乳房を持ち上げた際にチェスト 部に生じる皮膚溝の曲線
肩線	頸側点と肩先点を結ぶ
BL	右乳頭点を通る水平線
UBL	右乳頭下縁を通る水平線
WL	前面から見て右体側線の最も内方にくびれた位置を通 る水平線
脇線	腋窩点から垂直に降ろすBLに水平垂直になるように降ろす線

- ③ 全体に貼り終わったら、ドライヤーなどで余分な水分を早く乾燥させるように硬化させる。硬化したら、石膏型を被験者から抜き取る。
- ④ 最後に製作した石膏型を2日～1週間乾燥させる。
- ⑤ 和紙を濡らして石膏内面に貼り付ける。
- ⑥ 石膏型内面のBP点、前中央線、後中央線、脇線、BL、UBL、乳房ベースラインは外面に描く。
- ⑦ ブラジャーの形状は図3.3に示すフルカップワイヤーフォームである。バストにぴったり合わせるために、フルカップのカップ部は上カップ、中カップ、下カップ前、下カップ脇の四つに分ける。カップ台の下辺はアンダーバストから2cmである。補整力を強くするために、カップから3cm位の位置にボーンを入れる。ホックの幅は4cmと決めた。ボディラインを用い、図3.3に示すように各被験者の石膏型の外面にデザイン線をしるす。

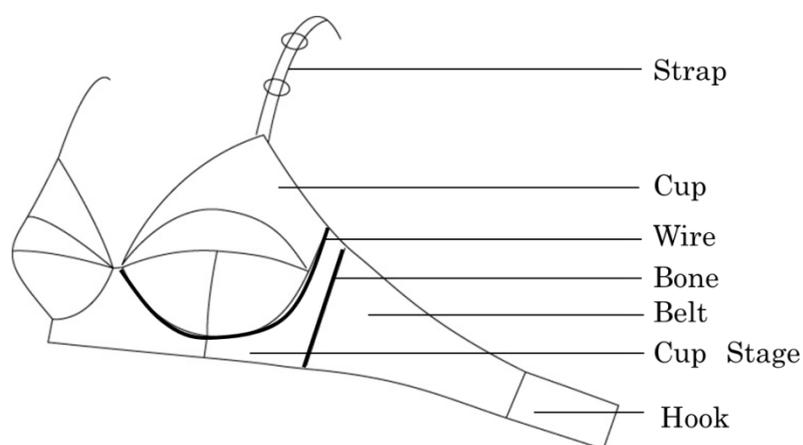


Fig.3.2 Structure of experimental brassieres

- ⑧ 石膏型外面のブラのデザインラインを内面に貼った和紙に転写し、線に沿って、ブラの各部分を切る。
- ⑨ 各部分を展開し、図3.3に示す実験用ブラの基本パターンとする。

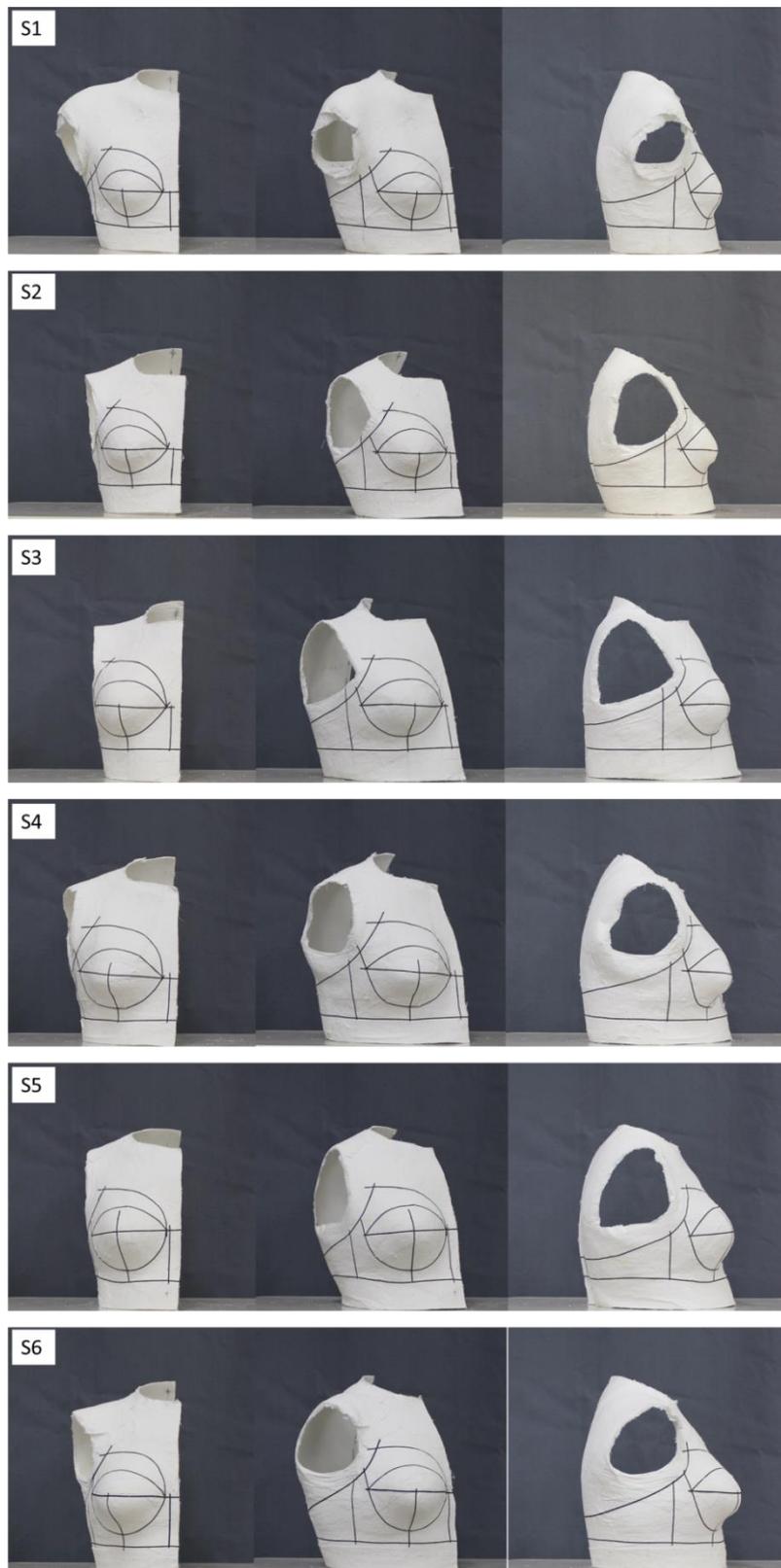


Fig.3.3 Design lines of brassieres on the plaster models

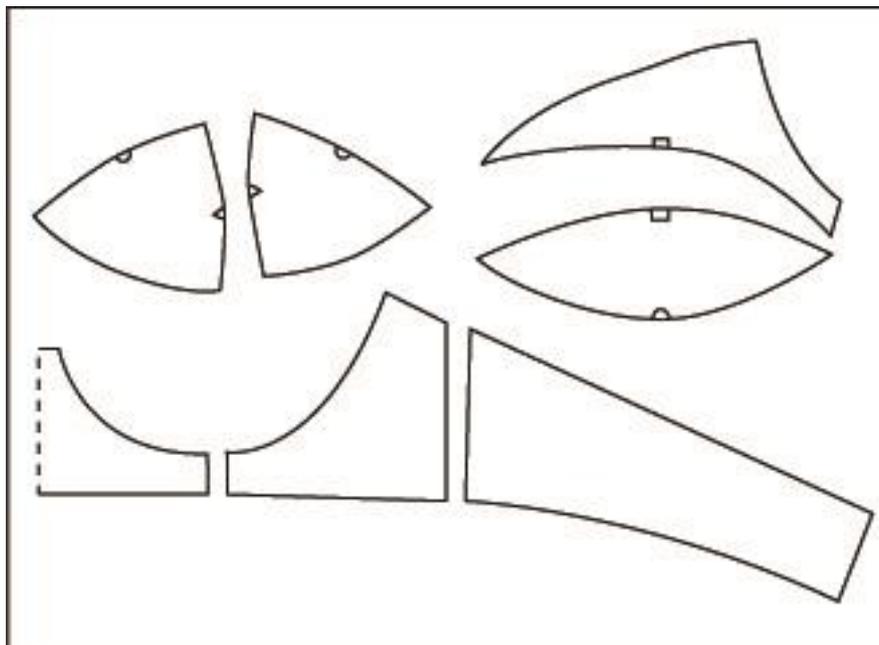


Fig.3.4 Developed pattern of experimental brassieres

#### 3.2.4 ブラジャーの製作

実験用ブラの構造はワイヤー入りフルカップ型とした。カップ部分の素材には、カップ内の乳房の動きを可視化できるように、厚さ 0.3mm の透明ビニール素材を用いた。カップ各パーツの接合にはビニール用接着剤を用い、四つの部分を接合した。ブラカップ台部分には綿 100%のシーチング、ベルト部分にはナイロン 80%、ポリウレタン 20%のパワーネット、ストラップ部は市販のストラップ用ゴムを用いた。アンダーバストの圧力を調整するため、ホック部分にはマジックテープを使用し、アンダーバスト寸法 -3cm, -6cm, -9cm の詰め寸法を設定した。

カップ部分を除く部分の縫製は芦田<sup>11)</sup>の縫製方法を参考にし、図 3.5 に示す実験用フルカップブラを製作、乳房基底部には同一仕様の市販ワイヤーを挿入した。

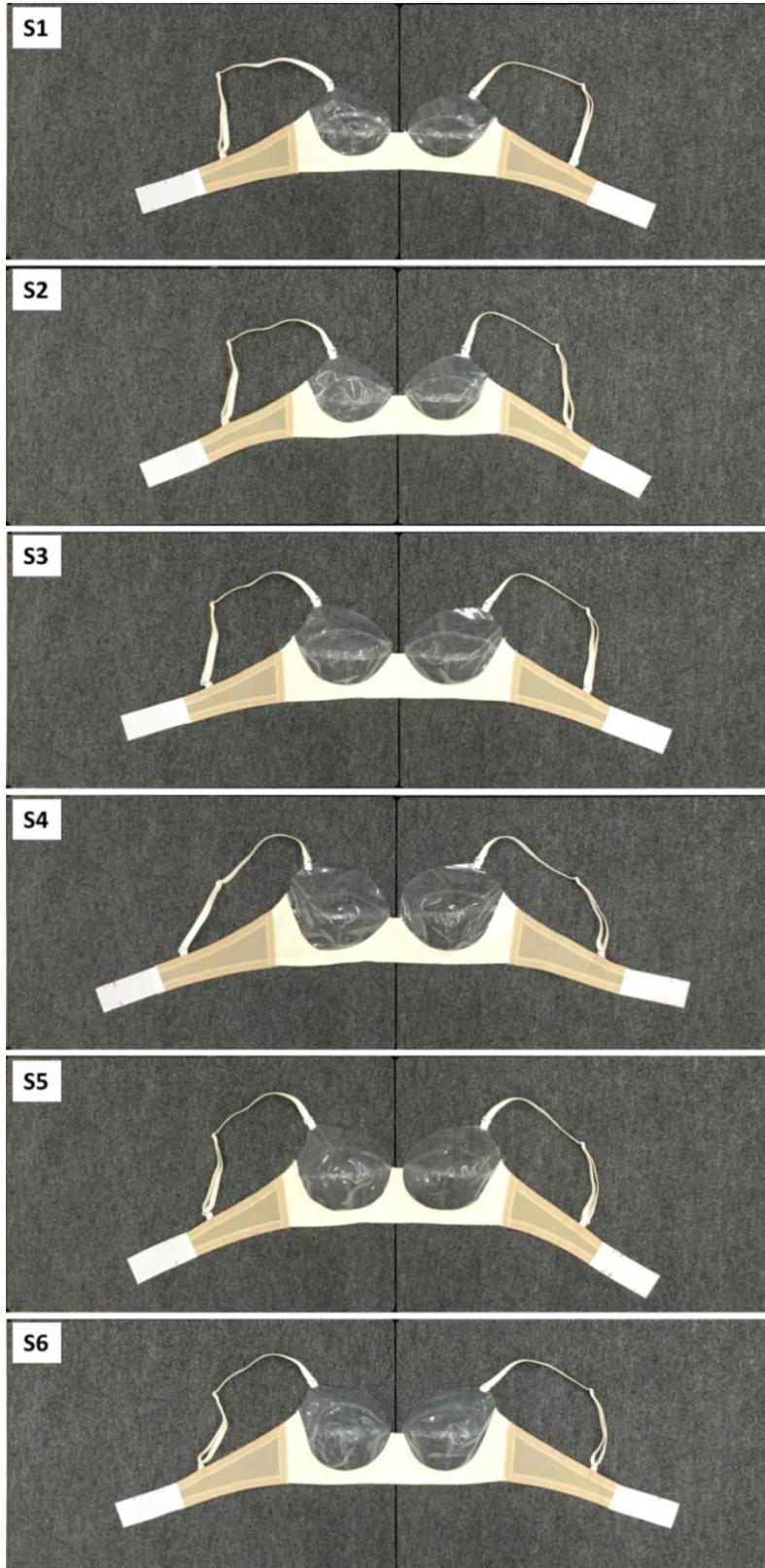


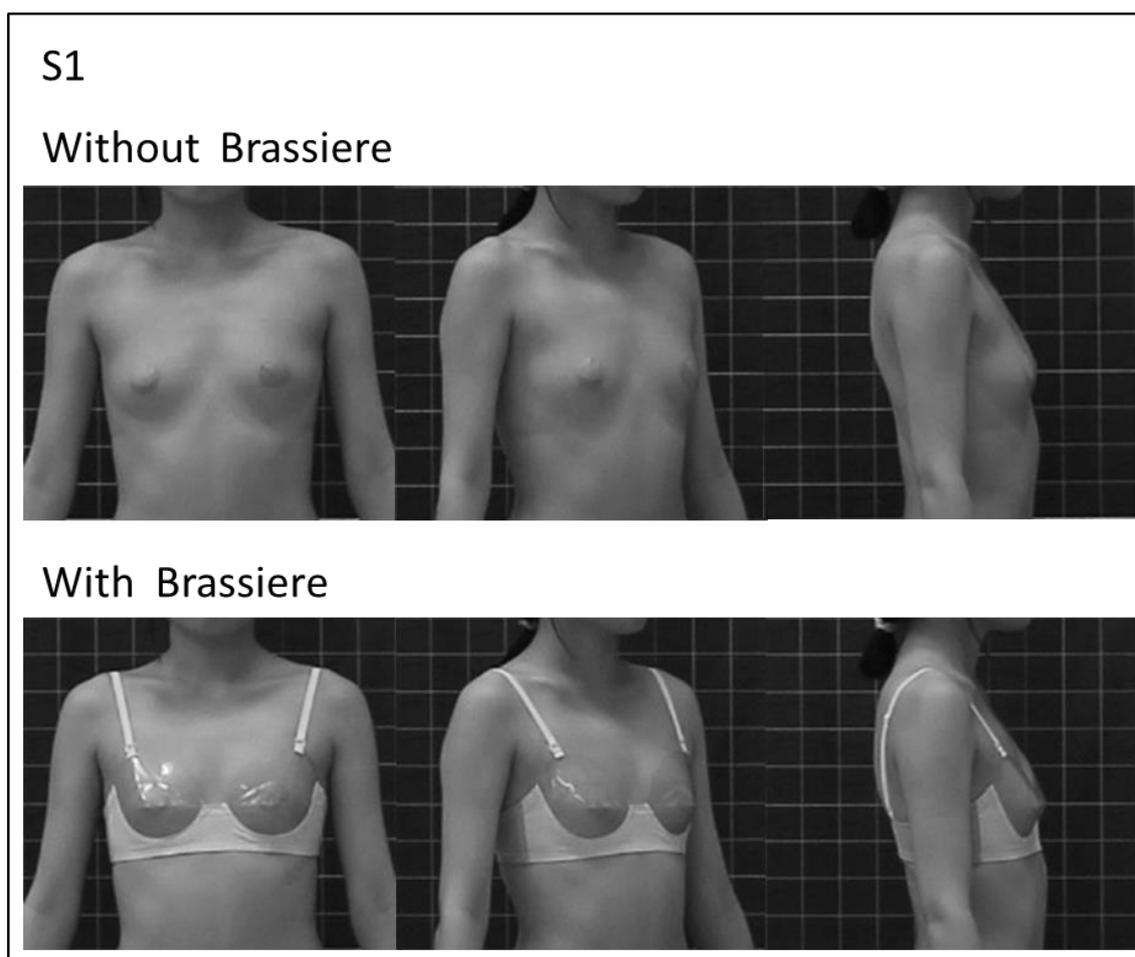
Fig.3.5 Experimental brassieres of each subject

### 3.3 結果

#### 3.3.1 実験用ブラ着用前後の写真

ブラの着用効果を検討するために、カメラは体中心から 10m の位置に設置し、高さは被験者の乳頭点の高さとした。被験者ブラ非着用時及びブラ着用時の正面、45° 斜め、側面の上半身の写真を撮影した。

図 3.6 に各被験者ブラ非着用時及びブラ着用時の正面、45° 斜め、側面の上半身の写真を示し、カップ部が透明なので、ブラ着用時ブラカップ部は各被験者の乳房にフィットすることが認められた。



S2

Without Brassiere

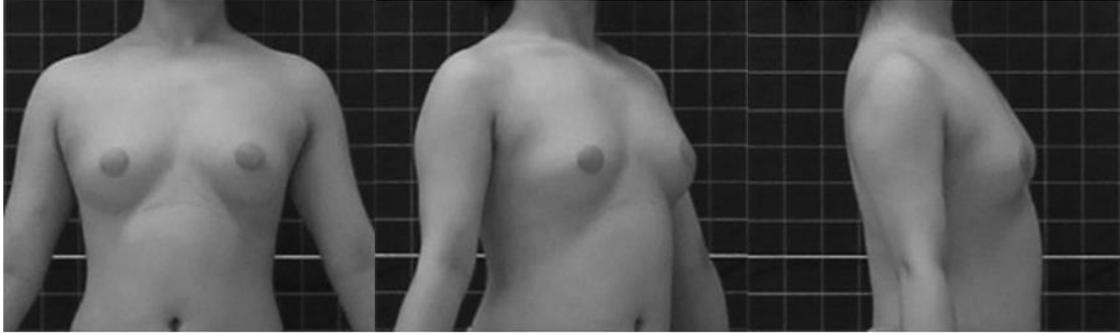


With Brassiere

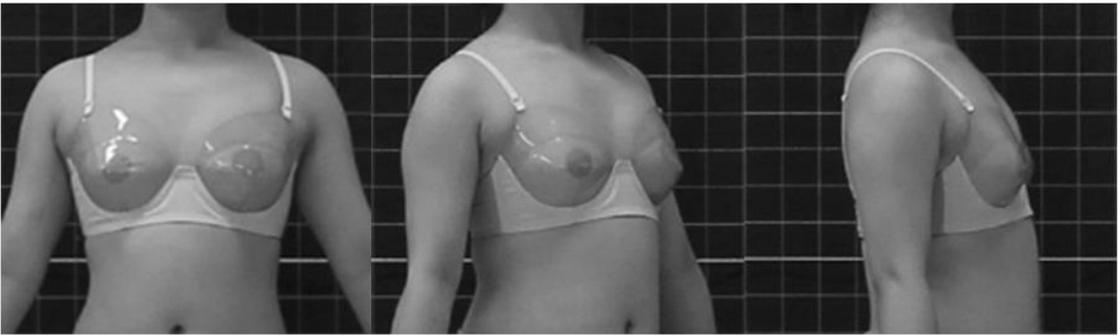


S3

Without Brassiere



With Brassiere

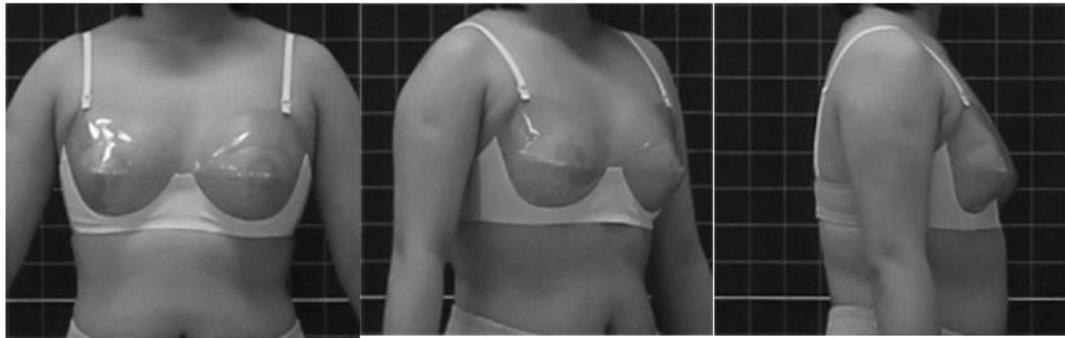


S4

Without Brassiere



With Brassiere

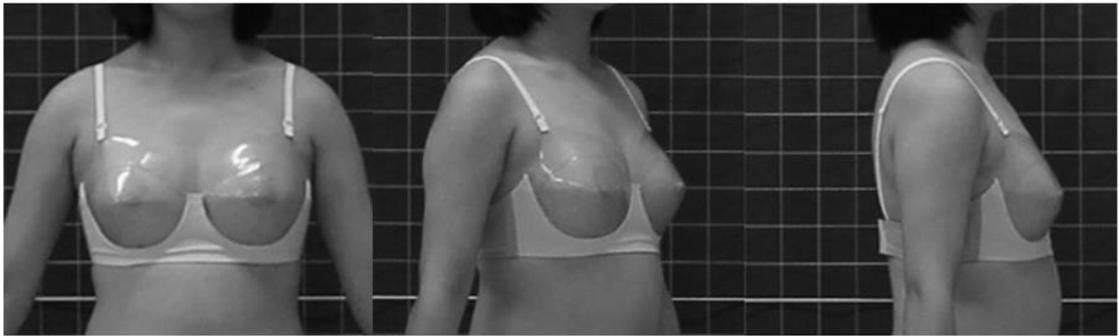


S5

Without Brassiere



With Brassiere



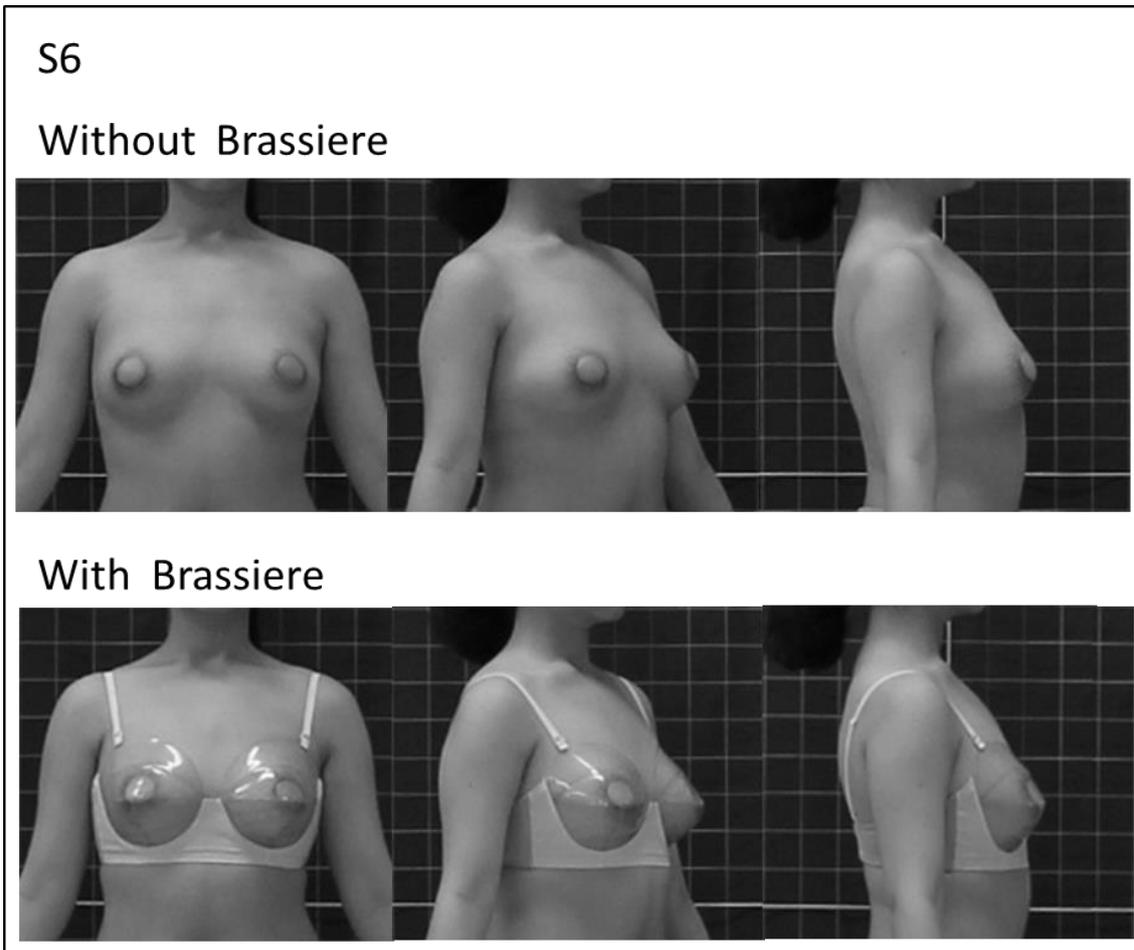


Fig.3.6 Pictures of each subject without and with experimental brassieres

### 3.3.2 三次元人体計測による実験用ブラ着用前後乳房の変化

ブラ着用時乳房の位置変化を見るために、三次元計測システム(C9036-1)を用い、被験者ブラ非着用時・ブラ着用時の立位状態の写真を撮影した。測定点は図 3.7 に示す乳頭点 P0 とアンダーバストの高さを表す  $U_b$  とした。頸窩点(Neck point、以下 N 点と略す)を基準点として、N 点と各点間の距離[D]を分析の対象とした。z 軸は上下方向、x 軸は左右方向を表す。

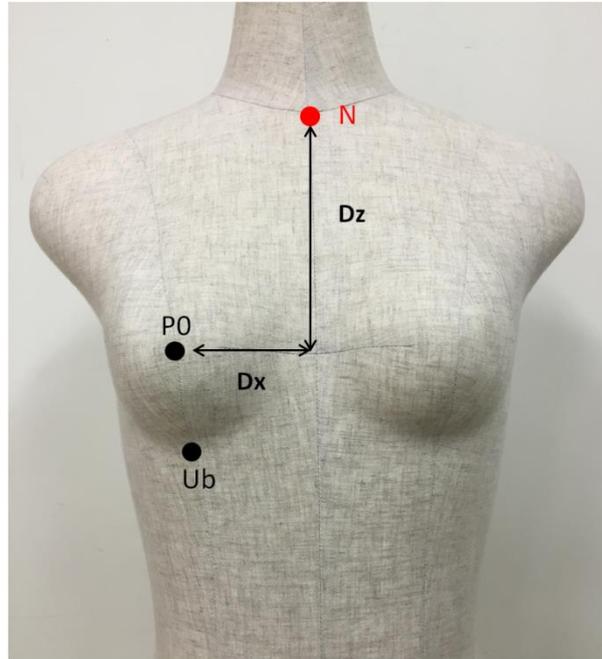


Fig.3.7 Measuring points of 3D-dimensional measurement

表 3.3 は各被験者ブラ着用前後アンダーバスト位置を表す測定点 Ub と N 点の上下方向の距離 [Dz] を示す。ブラ非着用に比べ、ブラ着用時 Ub 点と N 点の上下方向の距離は約 8 mm 小さく、乳房が持ち上げられることが確認された。

表 3.4 は各被験者の乳頭 P0 と N 点との左右・上下の距離 [Dx]、 [Dz] を示す。ブラ非着用に比べ、ブラ着用時左右方向は約 4mm、上下方向は約 8 mm 小さくなり、乳房全体が中心に寄せられ、持ち上げられることが確認された。また、乳頭点上下方向の距離の変化は乳房が大きいほど大きかった。

Table 3.3 Distance between point Ub and N in the vertical direction

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Average	S.D.	
Dz(mm)	Without brassiere	203	185	209	218	230	220	211	16
	With brassiere	194	179	201	210	221	212	203	15
	With brassiere - Without brassiere	-9	-6	-8	-8	-9	-8	-8	1

Table 3.4 Distance between point PO and N in the lateral and vertical directions

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	Average	S.D.
Dx(mm)	Without brassiere	61	57	81	88	83	103	79	17
	With brassiere	58	55	77	86	77	95	75	16
	With brassiere - Without brassiere	-3	-2	-4	-2	-5	-8	-4	2
Dz(mm)	Without brassiere	147	126	139	154	155	151	145	11
	With brassiere	143	123	133	147	144	139	138	9
	With brassiere - Without brassiere	-5	-4	-6	-8	-11	-12	-8	3

### 3.4 考 察

実験用ブラのカップ部には透明ビニールを使用することで、ブラカップとカップ内乳房のフィット状況が観察され、ブラの適合性が認められた。ブラ非着用・ブラ着用の写真の比較、また三次元計測により、各被験者とも実験用ブラ着用により、乳房が持ち上げられ、中心に寄せられ、ブラの整容性が確認された。本実験用ブラが乳房容積を変えずにより美しいバスト形状を整えることが示された。

## 引用文献

- 1) 塩野裕貴子；現代女性のブラジャーに対す意識について, Kobe College of Liberal Arts : 38 - 48 (2005)
- 2) 間壁治子, 赤塚博江；ファンデーションの着用に関する現状調査について, 織消誌, 26(11) : 464 - 471 (1985)
- 3) 日本衣料管理協会；ブラジャーに関する調査報告書：2004.7
- 4) 樋口ゆき子, 沖浜光子, 田中道一；ブラジャーの機能性に関する研究（第1報）—ブラジャーの防振効果について—, 家政学会誌, 23(3) : 12 - 16 (1972)
- 5) 竹内友昭；乳房の運動とブラジャー, 人間工学, 20(2) : 65-68 (1984)
- 6) 岡部和代, 黒川隆夫；ブラジャー着用時と非着用時の運動中の乳房振動特性, 日本家政学会誌, 54(9) : 731 - 738 (2003)
- 7) 岡部和代, 黒川隆夫；走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性, 日本家政学会誌, 56(6) : 376 - 388 (2005)
- 8) 布施谷節子, 松本智絵美；ブラジャーによる振動抑制効果に関する3次元考察, 和洋女子大学紀要, 46 : 1 - 12 (2006)
- 9) 深井晃子；乳房の文化論—揺れ動くおっぱい—, 乳房文化研究会, 淡江社, 京都 : 249 - 274 (2014)
- 10) 三吉満智子；服装造形学理論編 I, 文化出版局, 東京都 : 108 - 113
- 11) 芦田美和；プロ・デザイナーのための女性下着概要知識と技術, 芦田美和, 東京都 : 014 - 027 (2006)

## 第4章

# 実験用ブラジャー着用時 運動中の乳房振動

#### 4.1 緒 言

ブラジャーは、伸縮性のある素材を用い、整容性・保型性を主目的とするもので、ファンデーションの中でブラは日本女性に広く普及している<sup>1)</sup>。ブラは乳房を支えるため、人体に圧力をかける。しかし、過度の圧迫は人体生理・心理に大きな影響を及ぼす<sup>2, 3)</sup>。また、ファンデーションの締め付けが大きいほど補整効果が大きいと思込んでいる女性が多くみられる<sup>3)</sup>。

ブラの振動抑制効果については従来からいくつかの研究がなされている。樋口ら<sup>4)</sup>は人体加速度計を用いて、素材・構造の異なる4種の市販ブラ着用時及び非着用時の、走行に伴う振動加速度を測定し、ブラの種類と乳房の部位によって加速度が異なること、ブラの材質、圧力、フィット性は防振効果に関係することを報告している。また岡部ら<sup>5, 6)</sup>は、素材と形状の異なる市販のブラ2種着用時と非着用時について、歩行・走行時の三次元動作解析を実施し、ブラ着用時の乳房振動は垂直・水平方向ともに抑制されるが、乳房振動と身体特性との関係は低く、測定点間の振動の差は小さいと述べた。また走行時は乳房とブラカップとの間にズレがあることを指摘している。さらに布施谷ら<sup>7)</sup>も、素材と形状の異なる市販ブラ5種を用いて、三次元動作解析による乳頭点の振動分析を行い、ブラによる振動抑制に差があることを報告している。齊藤ら<sup>8)</sup>は、3次元運動・解析システムを用い、裸状時およびブラジャー4種を着衣した時の、歩行、走行、踏み台昇降という3種の動作時の胸骨上縁、乳頭の振動を測定した。ブラの防振効果が認められ、走行中の加速度が最も大きいことを報告した。

ブラの衣服圧については、畠山ら<sup>9)</sup>は、5種類のブラジャーの前、後、脇の衣服圧を計測し、その中で、脇の圧力が最も大きく、前のBP直下が低い値を示すことを報告している。間壁ら<sup>1)</sup>は4種のブラジャーを用い、着用感の試着テストと液圧平衡方式で衣服圧を測定した。着心地が良いと評価された衣服圧は、ストラップ下の肩の部位で約26hPa、アンダーバスト部位では15～21hPaと報告した。清水ら

10) は、電気抵抗法を用い、ブラジャーの静的・動的衣服圧を測定した。静的状態では脇と肩には比較的大きな衣服圧がかかっている、カップ下部の圧力はカップ上部より大きいと述べている。諸岡ら<sup>3)</sup>は27～48歳の被験者8名を対象として、エアパック式衣服圧測定装置を用い、2種のブラジャーのカップ台の詰め寸法が異なる場合の衣服圧を測定した。その結果、静止時はフック位置によって、各部位の衣服圧が異なり、ワイヤー下部と脇部の衣服圧は他の部位より大きく、また、フック位置が中央の時、BMIが高くなるほど衣服圧が低くなる傾向が見られたと報告している。

これらはいずれも、ブラの振動抑制効果と衣服圧を検証しているものの、素材・パターン・構造などがまちまちの市販ブラを対象としたものであるため、ブラが包む乳房のサイズや形状とブラパターンとの関係、あるいはブラを構成する素材の特性との関係がいずれも定性的な指摘にとどまっている。

本研究では、第3章で製作した、被験者ごとに適合する同一素材・構造で、アンダーバスト詰め寸法が異なる実験用乳房表面展開ブラを着用した時の、アンダーバストの衣服圧を測定した。また、ブラ非着用時およびブラ着用時運動に伴う乳房・ブラの振動をハイスピードカメラによる三次元動作解析により観察・計測し、ブラ着用時乳房の振動特性を検討した。

## 4.2 実験方法

### 4.2.1 被験者

被験者は第3章に示すカップサイズの異なる若年女性6名である。その身体特性を表4.1に示す。着衣は上半身が裸体、下半身がショーツのみとし、生理期を考慮して、全ての実験は生理期間以降5～15日の間に行った。

Table 4.1 Profile of subjects

Subject	Age (year)	BMI	Bust Girth <sup>a)</sup> (mm)	Underbust Girth <sup>b)</sup> (mm)	Bust Girth-Underbust Girth (mm)
S1	22	18.8	833	715	118
S2	27	18.0	833	705	128
S3	26	23.1	889	755	134
S4	26	25.6	998	838	160
S5	25	21.4	904	740	164
S6	26	22.1	975	803	172
Average	25.6	21.5	905	759	146
S.D.	1.8	2.8	70	52	22

a) バスト囲は、前傾90°姿勢での実質的な乳頭点を通る体軸に垂直なバスト周径を測定。

b) アンダーバスト囲は、直立した状態で、乳房のふくらみの底辺と乳頭線との交点を水平に通る周囲長。

### 4.2.2 アンダーバスト衣服圧の測定

アンダーバスト寸法を3cm、6cm、9cm詰めた時の衣服圧を測定し、図4.1に示すアンダーバストの前面、側面、後面の3点における衣服圧を測定した。被験者は両手を腰部の定位置に置き、1分間の立位静止状態を保持させた後、図4.2に示すエアパック式衣服圧計(AMI3037-10)を用いて、繰り返し3回の衣服圧測定を行った。いずれも安定した30秒間の平均値を測定値とした。ストラップについては、間壁ら<sup>1)</sup>の論文結果を参考に肩部位の衣服圧が約32hPaになるように調整

した。また、衣服圧実験後、図 4.3 に示す各詰め寸法によるアンダーバストの圧迫感に関する官能評価を行った。

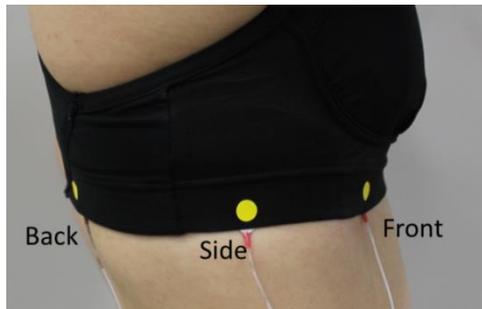


Fig.4.1 Measuring positions of under bust



Fig.4.2 AMI3037-10 for measuring clothing pressure

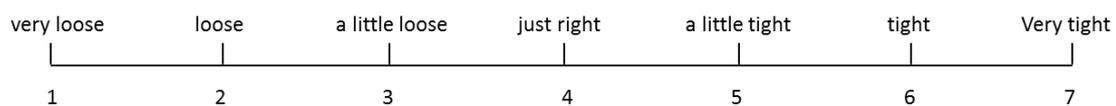


Fig.4.3 Sensory Evaluation of Compressive feeling

#### 4.2.3 乳房・ブラ振動の観察・計測

振動の観察は右半身を対象とした。乳房の測定点は図 4.4 に示す通り、乳頭点 P0 とその周囲 P2, P4, P6, P8 の 5 点とした。P2~P8 は、実線で示した乳房ベースラインと乳頭点間距離の外側 1/3 を結んだインナーライン（破線）と、乳頭点を中心とする斜め 45° 放射線との交点である。乳房上及びブラ上の各点の振動を分別するため、ブラ上の測定点は乳房上の測定点の右側 12 mm の点 (P0' ~P8' ) とした。運動軌跡を追跡するため、両者には図 4.5 に示す異なる色の直径 12 mm の円形蛍光シールを貼り付けた。また乳房振動と人体の位置変化を区別する目的で、比較的表面振動の影響を受けにくい骨格上の点として頸窩点 (Neck point, 以下 N 点と略す) を選択し、これを基準点として N 点と各測定点間の距離を乳房振動分析の対象とした。

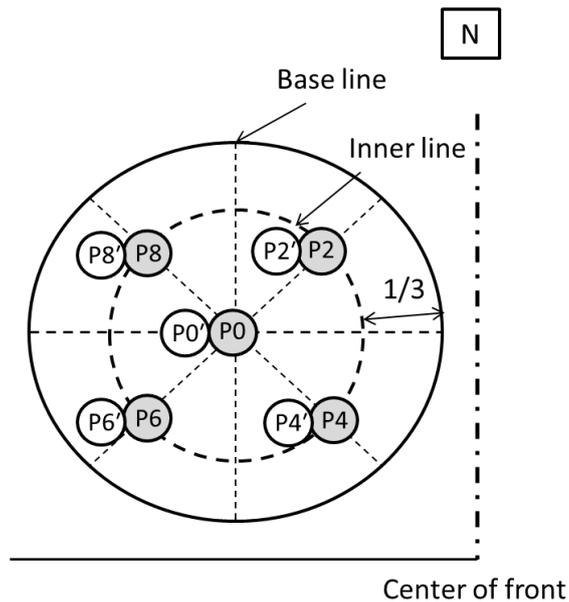


Fig.4.4 Measuring points of the right breast and brassiere

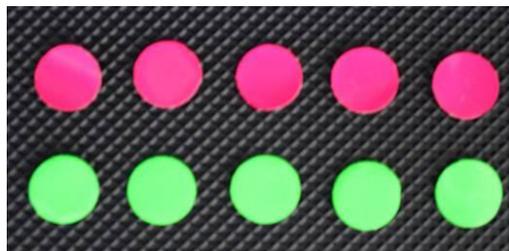


Fig.4.5 Markers for tracing motion on the breast and brassiere

運動条件は、歩行、走行、ジャンプの三種である。トレッドミル上で歩行(4km/h)、走行(6km/h)、ジャンプ(1.75Hz)運動を負荷し、各運動中の15秒間の画像を撮影・収録した。歩行・走行測定時に、腕を振る自然な歩行・走行を行うと、上肢の動きの影響で、身体は前後・左右に大きく移動するため、被験者は両手を腰部の定位置に置き、腕の振りによる乳房への影響を避けた。各運動とも繰り返し3回とし、その平均を測定値とした。動画の取り込みは第2章に準じ、三次元動作画像解析システム(キッセイコムテック株式会社)を用いて、測定開始から15秒間の動画を0.01秒間隔で取り込んだ。x座標値は左右の振動、y座標値は前

後の振動、z 座標値は上下の振動を表す。取り込んだ 15 秒間のデータを正規化したのち解析に供した。

## 4.3 結果

### 4.3.1 アンダーバスト衣服圧及び官能評価

表 4.2 は被験者の各詰め寸法ブラ着用時の測定部位別の衣服圧を示す。その平均値及び部位間の差の検定結果を図 4.6 に示す。いずれの部位も詰め寸法が大きくなるほど大きくなった。また、いずれの詰め寸法においても側面部の衣服圧が最大を示しているのは、側面部の曲率が他部位より有意に大きいこと、また、側面部には肋骨があり、その上の皮下脂肪が薄いことによるものと考えられる。

被験者別の各詰め寸法ブラ着用時の圧迫感の評価点数を図 4.7 に示す。詰め寸法 3cm の場合、S1～S3 は「ちょうど良い」、S4～S6 は「やや緩い」と評価した。詰め寸法 6cm の場合は、S3 以外、全員「ちょうど良い」と評価した。詰め寸法 9cm の場合は、S4 以外、他の被験者は「ややきつい」、「きつい」と評価した。詰め寸法が大きくなるほど圧迫感が大きいことが示された。各詰め寸法、被験者により圧迫感が異なり、それは被験者が普段着用しているブラのアンダーバストの詰め寸法が異なることが影響しているためと考えられる。

Table4.2 Clothing pressure on the measuring positions with brassieres

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	Average	S.D.
(UB-3)cm	Front	9.3	6.4	7.4	5.2	6.7	7.3	7.1	1.4
	Side	12.9	12.7	10.9	13.4	13.3	12.9	12.7	0.9
	Back	7.6	9.5	6.5	8.9	12.3	7.3	8.7	2.1
(UB-6)cm	Front	12.7	9.9	9.7	9.7	11.8	9.1	10.5	1.4
	Side	17.3	22.9	16.0	16.9	17.6	15.4	17.7	2.7
	Back	9.1	15.1	8.1	14.2	14.3	9.2	11.7	3.2
(UB-9)cm	Front	16.5	12.6	11.4	11.2	12.4	12.0	12.7	1.9
	Side	22.8	28.2	21.1	19.9	20.6	22.5	22.5	3.0
	Back	11.0	14.6	9.6	14.6	13.6	10.0	12.2	2.3

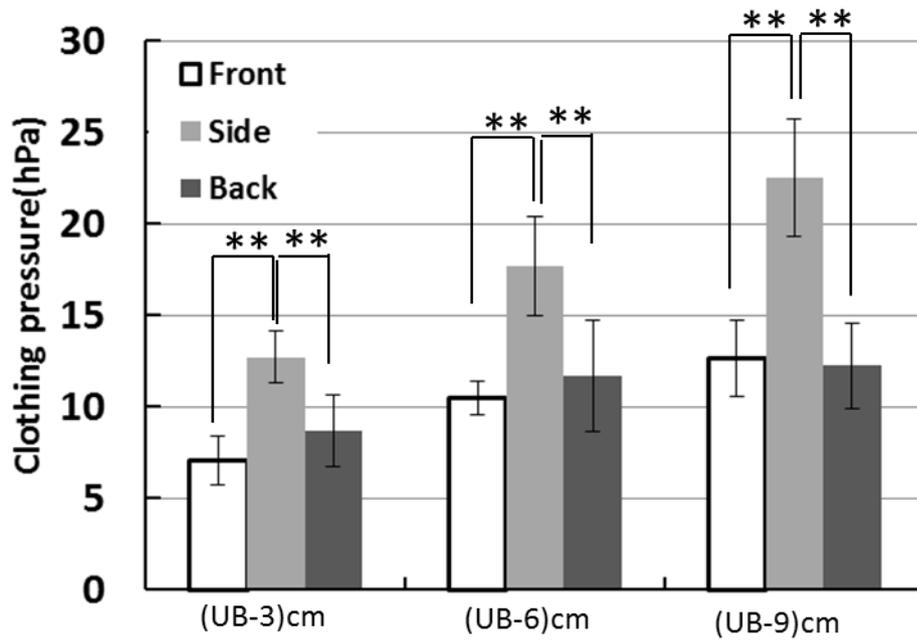


Fig.4.6 Clothing pressure on the measuring positions

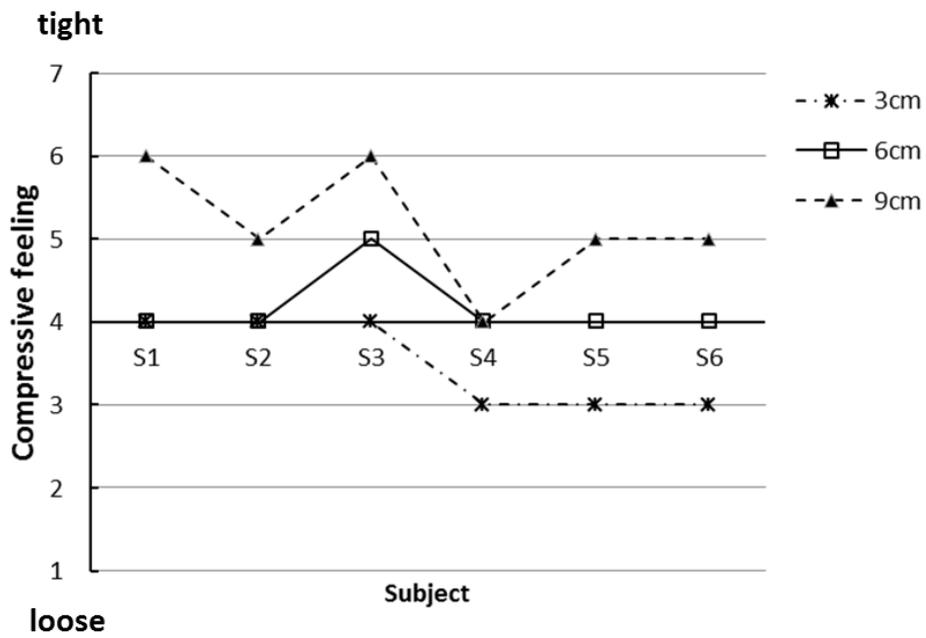


Fig.4.7 Compressive feeling in brassieres

#### 4.3.2 ブラ着用時運動に伴う乳房振動特性

歩行、走行、ジャンプは、それぞれ一定の速度で繰り返す間の各 15 秒間のデータを用いて正規化した。各運動の周期は第 2 章と同様に、歩行、走行の周期は、右足接地時に基準点 N が最低位をとった時点から次の右足接地時の最低位までを 1 周期とした。ジャンプは、N が両足接地時の最低位を取ってから次の両足接地時の最低位をとるまでを 1 周期とした。

##### 4.3.2.1 歩行、走行、ジャンプ時の正面(x - z 面)、側面(y - z 面)の最大振幅

図 4.8 は各被験者のブラ非着用時及び各詰め寸法ブラ着用時の乳房各点の上下・左右方向の最大振幅の関係を運動条件別に示したものである。ブラ着用時の最大振幅は、いずれの運動条件でもブラ非着用時の振動と比較して抑制される傾向がうかがえる。ブラ着用時の振幅を見ると、歩行時は上下・左右とも僅少で、1.0cm 以内となっている。走行時は、上下方向は S1～S3 が 1.2cm 以内、S4～S6 が約 1.5～2.5cm、左右方向は S1～S3 が 0.5～2.0cm 以下、S4～S6 が 1.0～3.0cm で、左右振幅の方が上下振幅よりやや大きい。一方、ジャンプ時は上下振幅が S1～S3 で 0.5～2.0cm、S4～S6 で 2.0～4.5cm と大きいのに対し、左右振幅は 1.0cm 以内と小さく、被験者による差も僅少である。いずれの運動も上下方向の振幅は、乳房サイズが大きい被験者 S4～S6 は乳房サイズが小さい被験者 S1～S3 より大きい傾向が示されている。

図 4.9 は各被験者のブラ非着用時及び各詰め寸法ブラ着用時の乳房各点の上下・前後方向の最大振幅の関係を運動条件別に示したものである。ブラ着用時の前後方向最大振幅は、いずれの運動条件でもブラ非着用時の振動と比較して抑制されていない。ブラ着用時の前後振幅は、歩行時は S1～S3 が 2.0cm 以内、S4～S6 が約 1.5～3.0cm で、上下振幅より大きく、走行時も S1～S3 が 1.0～3.0cm、S4～S6 が 2.0～5.0cm 以内で、前後振幅の方が上下振幅より大きい。これは、歩行・

走行時体幹部が前後に捻転することの影響が大きいと考えられる。また、乳房が大きい被験者の方が前後に大きく揺れることが示された。一方、ジャンプ時は、上下・前後ともに大きく揺れている。今回の実験の基準点はN点のみとしたので、身体前後の運動の影響が検討できなかった。これについては今後の課題とする。

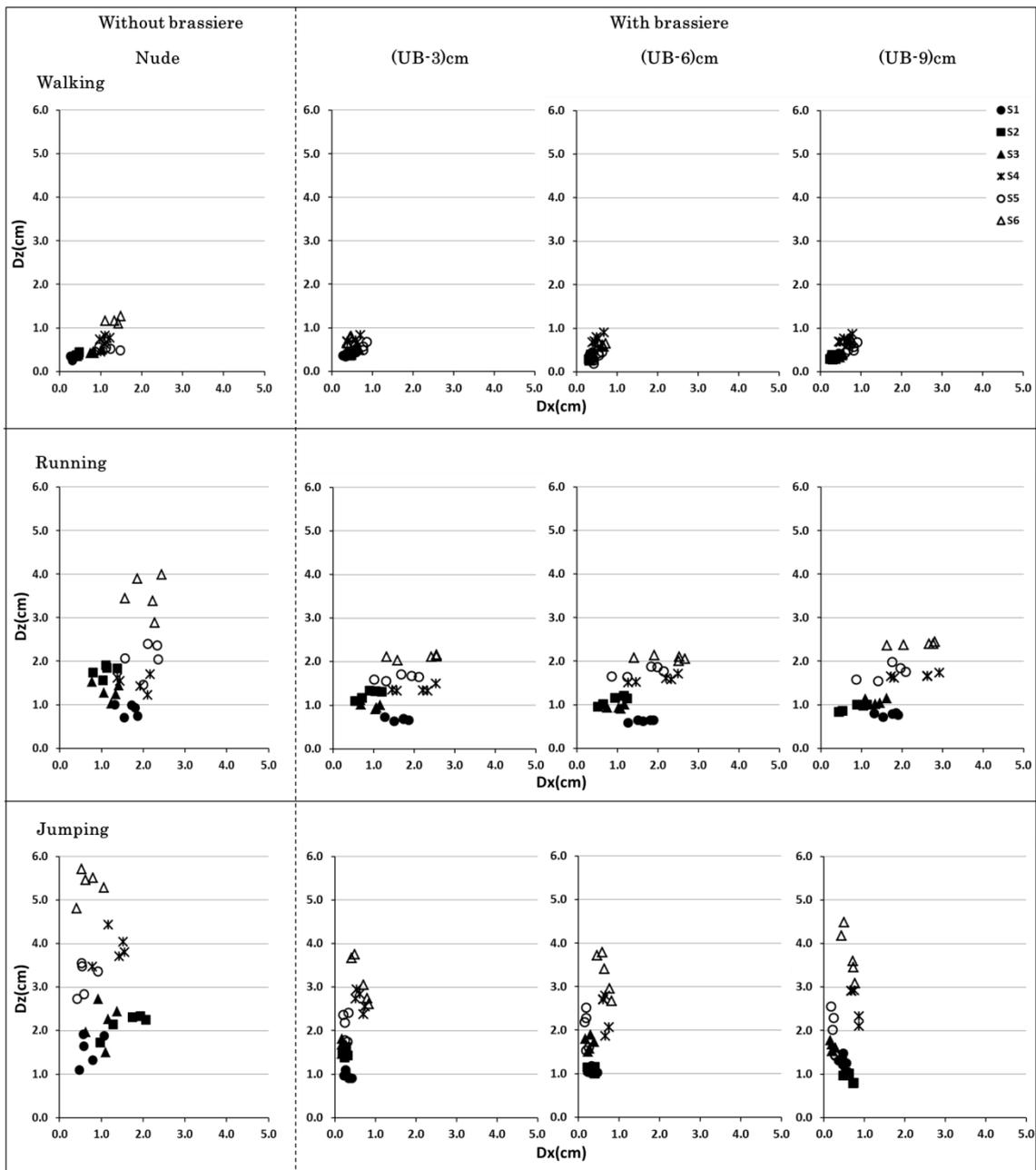


Fig.4.8 Breast vibration amplitude of each subject in the nude and with brassieres during walking, running and jumping on the x-z plane

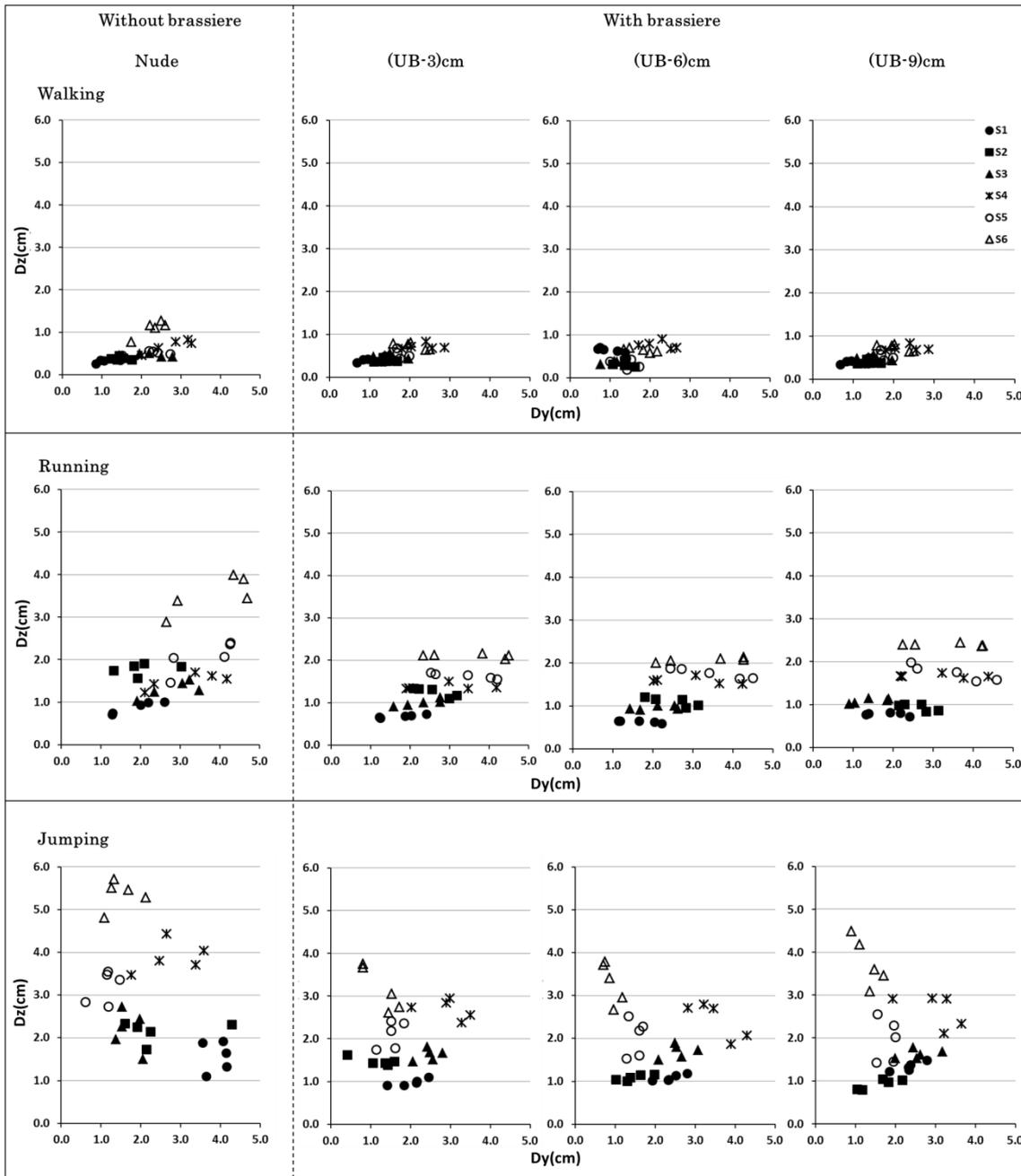


Fig.4.9 Breast vibration amplitude of each subject in the nude and with brassieres during walking, running and jumping on the y-z plane

#### 4.3.2.2 上下方向の振幅の経時変化

各被験者の歩行、走行、ジャンプ時における基準点 N、即ち体全体の位置の上下方向の経時変化を波線で、乳房各測定点と N 点との距離[Dz]の経時変化、即ち乳房と体位置との相対関係を実線で表し、両方を重ねた結果を図 4.10 ～4.12 に示す。いずれの運動においても、乳房上の各測定点はほぼ近似して振動していることが示された。いずれの運動においても基準点 N が最高位置に 1 回達するのに対し、乳房の各測定点は 2 つのピークを示し、乳房の振動は体の位置とは異なる振動経過を示すことが明らかとなった。

歩行時、ブラ非着用時を比べ、経時変化があまり変わらないのは、ブラ非着用・ブラ着用とも振幅が小さいためと考えられる。走行時は、乳房各点は N 点より遅れて最高位に達し、1 回目のピークを迎え、N 点が最低位の時、乳房各点も最低位となり、1 回目のピークはブラ非着用時より小さくなった。ジャンプ時は、反対に乳房各点は N 点より先に最高位に達し、その後 N 点が下降する時には、乳房は再度上昇して、ジャンプ終了時に最も低下する。2 回目のピークはブラ非着用時より小さくなった。

走行・ジャンプ時、上下方向の振幅のピークは小さくなり、ブラ着用によって慣性による乳房振動と体幹部振動とのズレを抑制する効果のあることが示された。

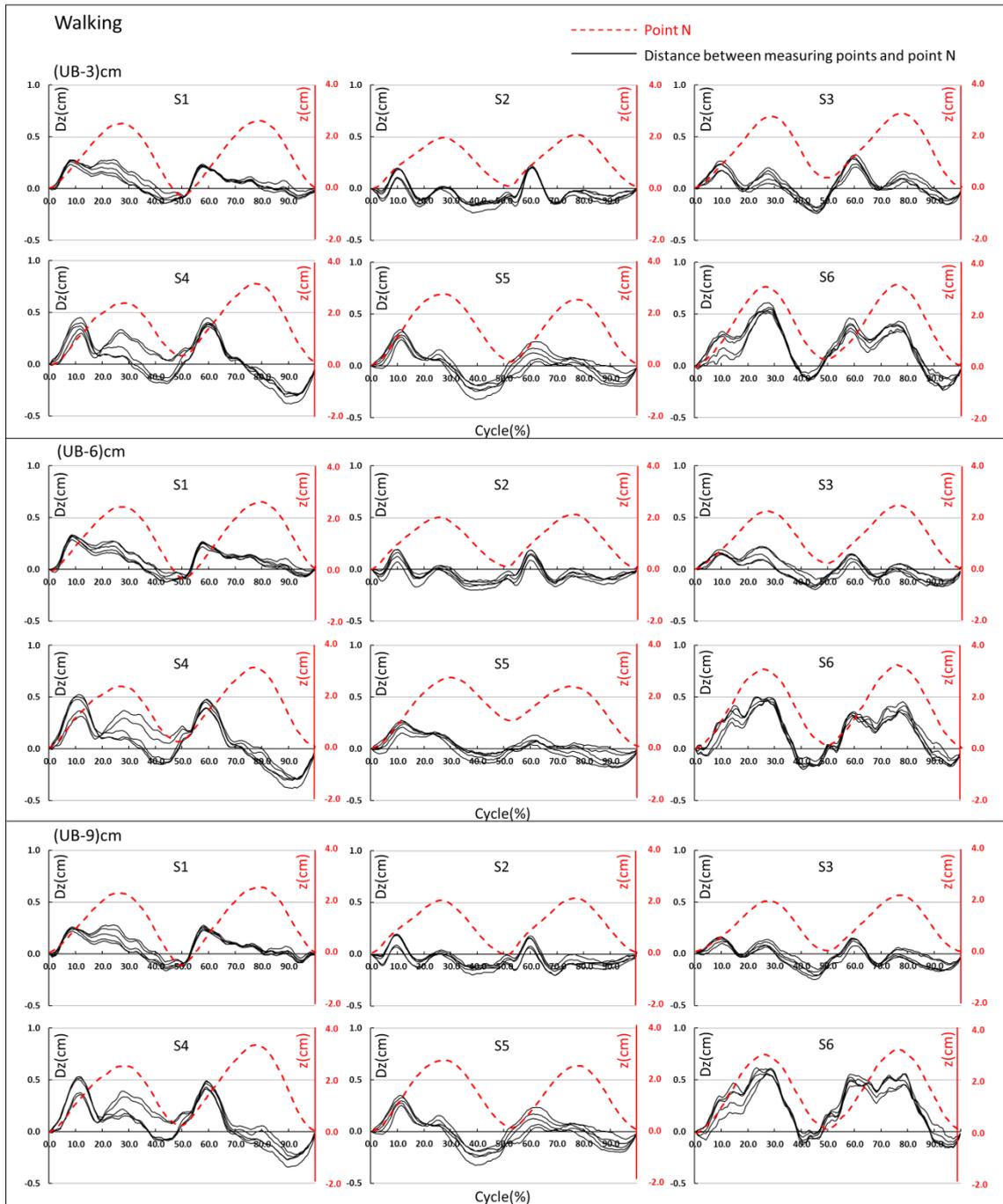


Fig.4.10 Vibration amplitude of each measuring point and point N in the vertical direction of each subject in brassieres during walking

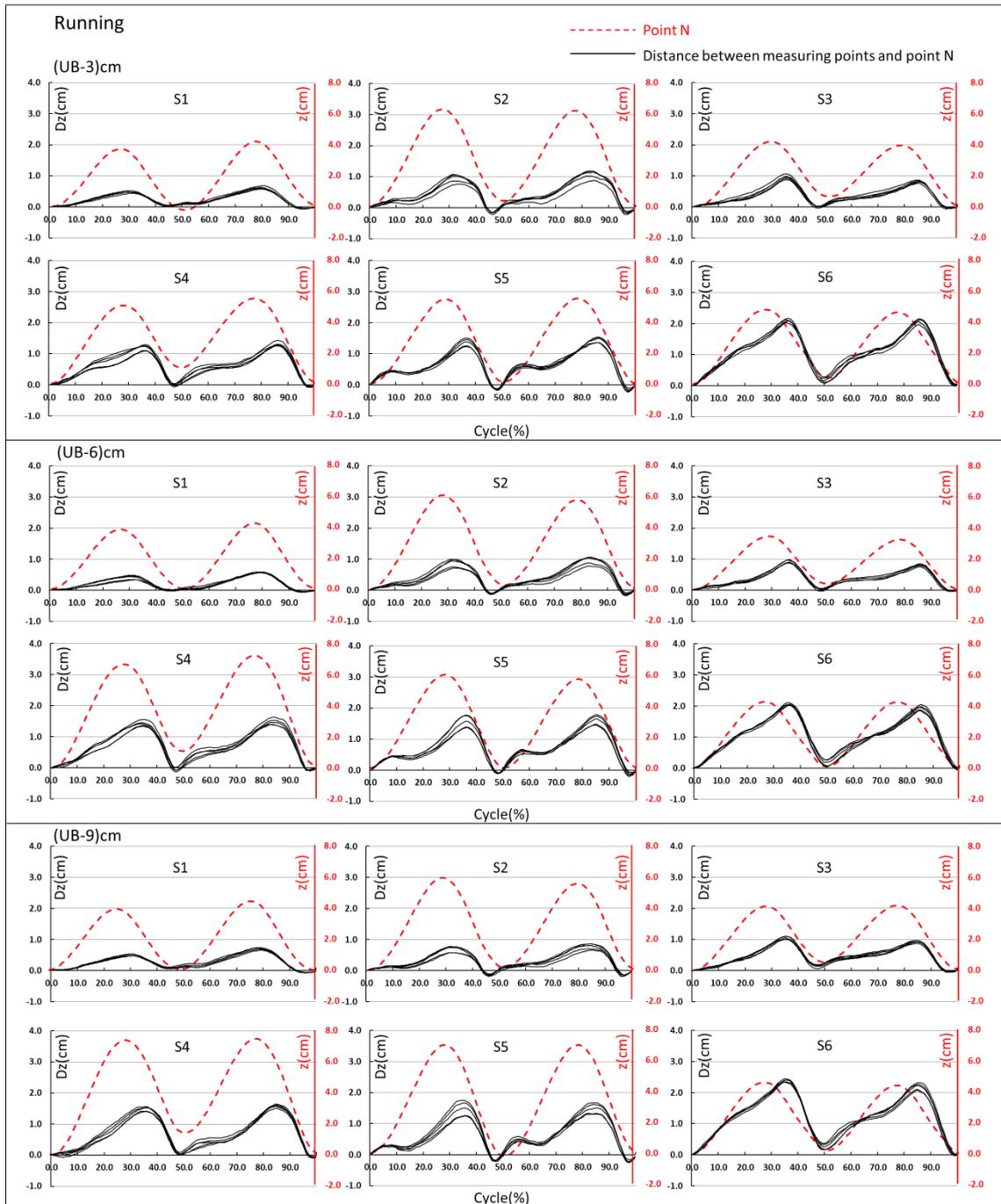


Fig.4.11 Vibration amplitude of each measuring point and point N in the vertical direction of each subject in brassieres during running

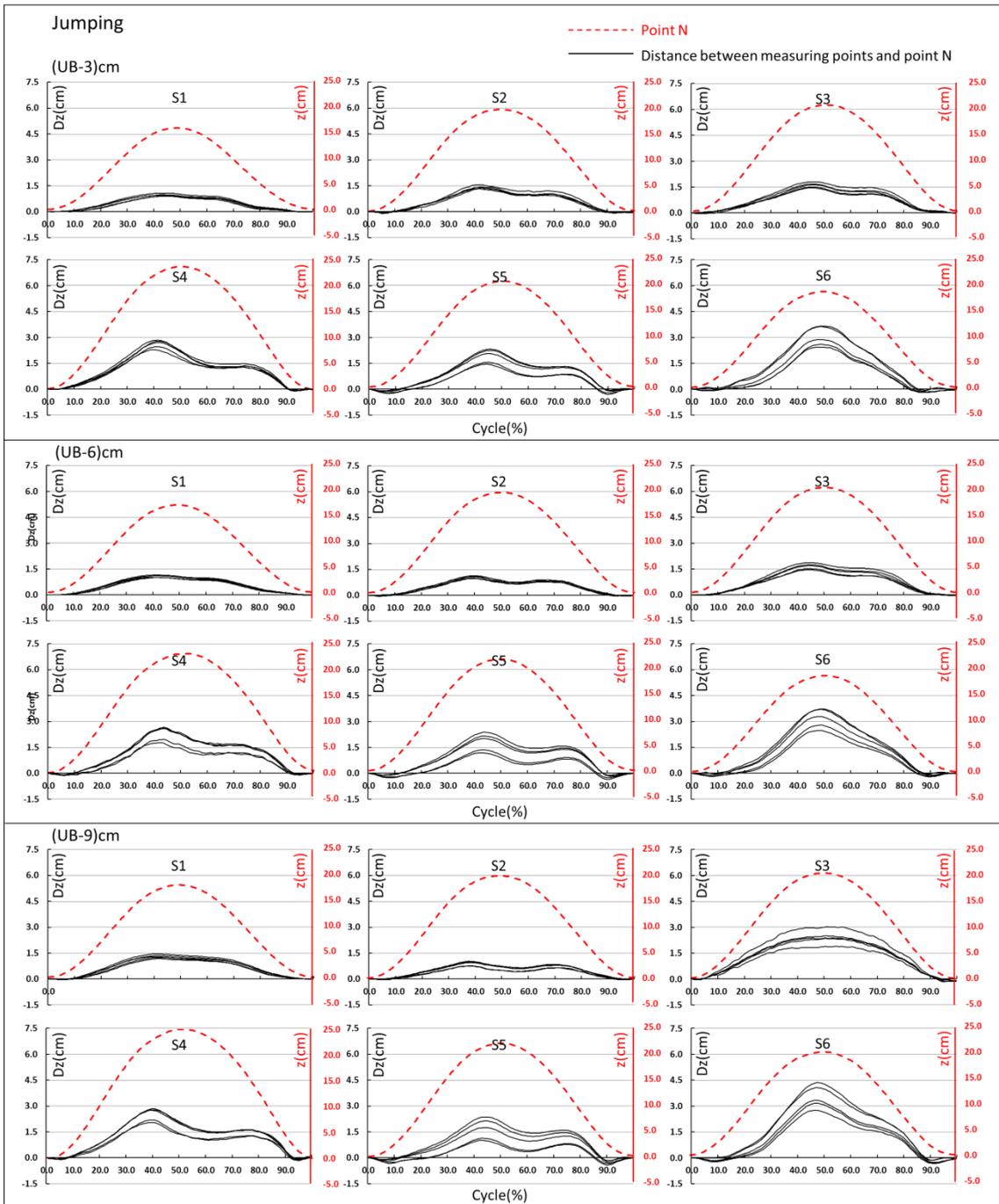


Fig.4.12 Vibration amplitude of each measuring point and point N in the vertical direction of each subject in brassieres during jumping

#### 4.3.2.3 乳房振動の最大振幅、平均速度、平均加速度を目的変数とする分散分析

各運動時、各被験者の測定点別の最大振幅とその平均速度・加速度を表 4.3～4.5 に示す。これを基にブラの着用条件と乳房サイズを要因とする 2 元配置の分散分析を行った。ブラ着用条件（要因 A）としては、ブラ非着用条件を含む 4 水準を分析対象とする分析 I と、ブラ非着用条件を外して詰め寸法のみ異なるブラ着用の 3 水準を対象とする分析 II に分けて実施した。乳房サイズ（要因 B）としては、バストとアンダーバストの差を乳房サイズとみなして、被験者を乳房サイズ中程度の M 群（S1～S3）と乳房サイズの大きい L 群（S4～S6）の二群に分けた 2 水準を設定した。

最大振幅、平均速度、平均加速度を目的変数とする分散分析の結果を表 4.6 に示す。分析 I については、因子 A（ブラ着用条件）は左右方向の歩行・ジャンプと上下方向のジャンプに有意性が認められた。因子 B（乳房サイズ）はいずれの運動においても各方向の振幅・速度・加速度でほぼ有意性が示された。一方、分析 II の結果では、因子 A はいずれの運動においても有意性を示さず、詰め寸法の効果の有意性は認められなかった。因子 B についてはほぼ有意性を示し、ブラ着用時乳房振動は乳房サイズにより差のあることが認められた。

Table4.3 Amplitude of vibration during walking, running and jumping

	Subject Group	Walking				Running				Jumping				
		Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	
Dx(cm)	S1	0.3	0.3	0.4	0.4	1.6	1.6	1.6	1.7	0.7	0.3	0.3	0.5	
	S2	M	0.4	0.5	0.3	0.3	1.1	0.9	0.9	0.8	1.6	0.3	0.3	0.6
	S3		0.9	0.5	0.4	0.4	1.2	0.9	0.9	1.3	1.0	0.2	0.3	0.2
	S4		1.1	0.5	0.5	0.6	1.8	2.0	1.9	2.3	1.3	0.6	0.7	0.8
	S5	L	1.1	0.7	0.5	0.8	2.1	1.6	1.6	1.6	0.6	0.3	0.2	0.2
	S6		1.3	0.4	0.6	0.7	2.1	2.1	2.2	2.4	0.7	0.6	0.6	0.6
Dy(cm)	S1		1.1	1.0	1.0	0.9	1.9	1.8	1.7	1.8	3.9	2.0	2.4	2.3
	S2	M	1.5	1.4	1.4	1.3	2.0	2.6	2.5	2.6	2.4	1.2	1.5	1.6
	S3		2.2	1.5	1.1	1.3	2.8	2.3	2.1	1.4	1.7	2.5	2.6	2.6
	S4		2.8	2.3	2.2	2.2	3.2	2.9	3.0	3.2	2.8	2.9	3.5	3.0
	S5	L	2.2	1.7	1.4	1.8	3.6	3.4	3.4	3.5	1.1	1.5	1.5	1.8
	S6		2.3	2.1	1.8	1.9	3.8	3.5	3.3	3.4	1.5	1.3	0.9	1.3
Dz(cm)	S1		0.3	0.4	0.4	0.4	0.9	0.7	0.6	0.8	1.6	1.0	1.1	1.3
	S2	M	0.4	0.4	0.3	0.3	1.8	1.2	1.1	0.9	2.2	1.5	1.1	0.9
	S3		0.5	0.5	0.3	0.3	1.3	1.0	1.0	1.1	2.2	1.6	1.7	1.6
	S4		0.7	0.7	0.8	0.7	1.5	1.4	1.6	1.7	3.9	2.7	2.4	2.6
	S5	L	0.5	0.5	0.3	0.5	2.1	1.6	1.8	1.7	3.2	2.1	2.0	2.0
	S6		1.1	0.7	0.6	0.7	3.5	2.1	2.1	2.4	5.4	3.2	3.3	3.8

Table4.4 Average speed of vibration during walking, running and jumping

	Subject	Group	Walking				Running				Jumping			
			Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm
Vx(cm/s)	S1		1.2	1.3	1.4	1.5	4.6	4.6	4.5	4.7	2.6	1.4	1.3	1.7
	S2	M	1.8	1.5	1.2	1.2	4.6	3.7	3.6	3.4	5.8	2.2	2.3	2.6
	S3		2.6	1.4	1.2	1.3	4.4	2.9	3.0	4.1	4.1	1.1	1.2	1.1
	S4		3.8	1.9	2.0	2.1	6.0	6.0	5.5	6.7	5.9	2.3	2.5	3.0
	S5	L	3.4	1.8	1.5	1.9	6.2	4.7	4.7	4.7	3.6	1.7	1.3	1.5
	S6		4.2	1.3	3.1	2.9	6.8	6.6	6.7	7.3	4.3	4.1	3.3	3.7
Vy(cm/s)	S1		4.3	3.6	3.4	3.2	5.5	5.2	4.7	5.4	13.9	7.2	8.5	8.3
	S2	M	5.2	4.3	4.5	4.3	7.9	9.7	9.3	9.8	10.7	5.9	5.8	6.9
	S3		8.0	4.7	4.0	3.9	10.5	8.1	7.9	8.5	11.1	8.7	8.8	8.9
	S4		7.5	6.8	7.5	7.6	9.4	9.1	9.0	9.7	11.2	11.3	13.4	13.4
	S5	L	8.7	4.8	5.2	5.8	11.1	10.0	10.3	10.2	11.7	6.1	6.3	7.5
	S6		7.3	6.4	9.9	10.2	13.6	11.3	10.6	11.2	15.3	14.8	10.2	12.2
Vz(cm/s)	S1		1.2	1.4	1.5	1.6	4.2	3.2	3.0	3.3	5.5	3.4	3.8	4.7
	S2	M	2.1	2.1	1.8	1.7	9.7	6.9	6.1	5.3	9.5	5.4	4.4	4.1
	S3		2.3	2.2	1.6	1.8	7.1	5.3	5.2	5.7	8.4	5.7	5.9	5.7
	S4		3.3	2.5	2.7	2.8	9.1	7.6	8.4	8.6	15.1	9.7	8.9	10.1
	S5	L	2.8	1.7	1.5	1.8	10.5	8.7	9.5	9.4	11.7	8.2	8.4	8.6
	S6		4.2	2.8	2.8	3.0	18.9	11.6	11.3	12.8	18.8	11.3	12.0	13.5

Table4.5 Average acceleration of vibration during walking, running and jumping

	Subject	Group	Walking				Running				Jumping			
			Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm
Ax(cm/s <sup>2</sup> )	S1		59.3	67.6	73.5	78.4	74.7	73.8	71.3	78.9	64.4	44.2	48.7	41.5
	S2	M	71.1	65.5	63.1	67.2	155.6	154.1	144.2	148.0	148.6	149.3	127.6	129.7
	S3		112.2	53.7	59.0	51.0	156.4	87.4	91.0	95.3	161.8	69.9	67.5	58.8
	S4		117.1	85.1	94.3	98.1	159.7	117.2	134.8	158.2	190.8	114.9	112.1	142.3
	S5	L	126.6	63.1	63.5	72.1	218.4	126.8	120.9	128.8	171.3	84.5	62.8	89.1
	S6		120.9	66.5	218.7	200.6	246.0	207.8	183.7	187.3	235.8	296.2	205.6	236.4
Ay(cm/s <sup>2</sup> )	S1		245.8	195.1	172.7	166.7	183.8	123.6	120.0	142.0	234.2	178.2	185.5	196.2
	S2	M	201.3	131.6	156.6	152.6	283.1	330.4	273.6	292.6	411.2	285.8	234.3	262.5
	S3		513.4	206.7	191.4	149.6	553.2	244.7	225.1	254.3	777.2	249.3	230.1	228.9
	S4		295.2	319.7	367.7	387.8	257.0	282.8	322.1	400.8	502.6	535.2	656.9	649.6
	S5	L	509.5	183.3	223.8	261.9	510.4	361.9	345.4	380.4	832.5	280.7	318.9	391.2
	S6		385.1	376.6	699.8	726.5	711.7	555.2	459.5	463.5	1099.7	1090.0	778.8	906.5
Az(cm/s <sup>2</sup> )	S1		59.4	63.6	70.0	77.3	125.5	87.0	78.2	87.9	96.4	78.0	78.0	82.4
	S2	M	93.9	95.9	86.8	84.4	363.7	277.2	227.6	214.3	279.2	144.6	112.5	117.9
	S3		86.3	74.0	65.3	67.2	238.1	179.3	177.7	193.3	214.0	132.6	121.6	120.0
	S4		116.3	95.7	99.7	104.6	318.0	254.7	254.9	270.3	388.1	236.8	248.5	285.1
	S5	L	90.0	58.5	60.1	69.1	367.7	307.7	314.2	317.6	268.0	236.5	250.8	270.6
	S6		122.5	84.8	123.6	133.0	536.5	323.2	300.3	346.9	370.1	242.4	240.7	295.1

Table 4.6 Two-way Factorial Analysis of amplitude, speed and acceleration during walking, running and jumping

I						II				
Factor A: With and Without Brassiere						Factor A: With Brassiere				
Factor B: M group and L group						Factor B: M group and L group				
Direction	Exercise	Factor	Amplitude	Speed	Acceleration	Exercise	Factor	Amplitude	Speed	Acceleration
x (Lateral)	Walking	A	**	**		Walking	A			
		B	**	**	*		B	**	**	
	Running	A				Running	A			
		B	**	**	**		B	**	**	**
	Jumping	A	**	**		Jumping	A			
		B			*		B			
y (Sagittal)	Walking	A				Walking	A			
		B	**	**	**		B	**	**	**
	Running	A				Running	A			
		B	**	**	**		B	**	**	**
	Jumping	A				Jumping	A			
		B		*	**		B		*	**
z (Vertical)	Walking	A				Walking	A			
		B	**	**	*		B	**	**	
	Running	A				Running	A			
		B	**	**	**		B	**	**	**
	Jumping	A	*	**	**	Jumping	A			
		B	**	**	**		B	**	**	**

Level of significance: (\*:5% \*\*:1%)

そこで、分析 I の要因 A、B と分析 II の要因 B について、Fisher の多重比較を行った。

最大振幅に関する分析 I の結果を表 4.7、4.8 と図 4.13~4.15 に示す。いずれの運動においても、左右・前後・上下各方向の振幅はブラ非着用よりブラ着用で小さくなり、特に歩行時の左右方向とジャンプ時の左右・上下各方向においては危険率 1%水準の有意な振動抑制効果が認められた。ただし、水準間の有意差はブラ非着用条件とブラ着用条件間でのみ認められ、異なるブラの詰め寸法間では有意差が見られない。乳房サイズの影響については、左右・前後の歩行・走行又

上下方向のいずれの振幅においても、L 群は M 群より有意に大きく、乳房サイズの影響が認められた。

分析 II における因子 B についての結果を表 4.9 と図 4.16 に示す。ブラ着用時乳房サイズの振動への影響は、ジャンプ時の左右・前後の振幅を除き、1%の有意差が示され、ブラ着用時にも乳房の振幅は乳房サイズが大きいほうが大きいことが明らかとなった。

Table4.7 Average amplitude without and with brassieres during walking, running and jumping

		Walking				Running				Jumping			
		Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm
Dx(cm)	Average	0.9	0.5	0.4	0.5	1.6	1.5	1.5	1.7	1.0	0.4	0.4	0.5
	S.D.	0.4	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2
Dy(cm)	Average	2.0	1.7	1.5	1.6	2.9	2.7	2.7	2.6	2.2	1.9	2.1	2.1
	S.D.	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	1.0	0.6
Dz(cm)	Average	0.6	0.5	0.5	0.5	1.8	1.3	1.4	1.4	3.1	2.0	1.9	2.0
	S.D.	0.3	0.2	0.2	0.2	0.9	0.5	0.5	0.6	1.4	0.8	0.9	1.0

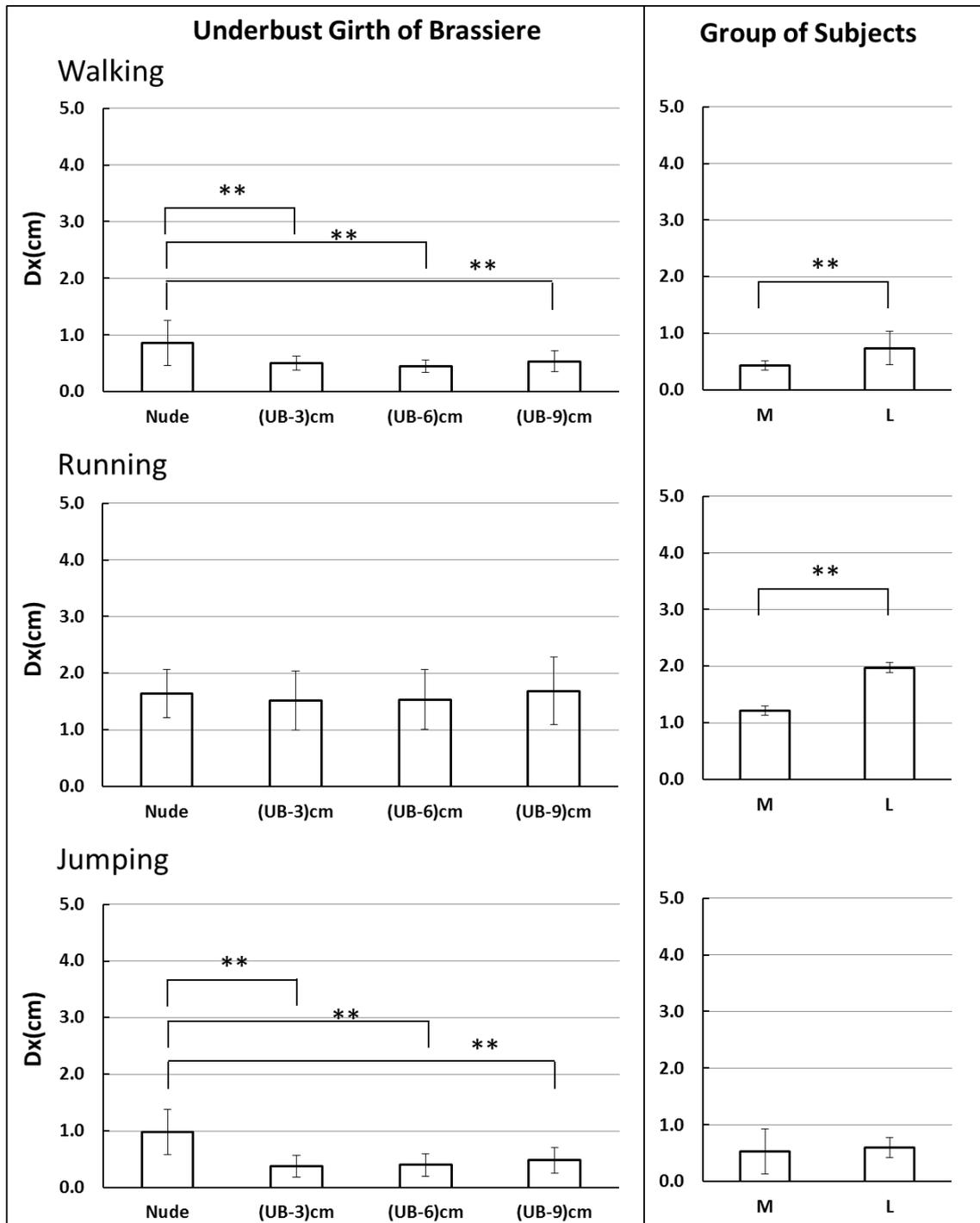
Table4.8 Average amplitude of each group without and with brassieres during walking, running and jumping

	Group	Walking		Running		Jumping	
		M	L	M	L	M	L
Dx(cm)	Average	0.4	0.7	1.2	2.0	0.5	0.6
	S.D.	0.1	0.3	0.1	0.1	0.4	0.2
Dy(cm)	Average	1.3	2.1	2.1	3.4	2.2	1.9
	S.D.	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1
Dz(cm)	Average	0.4	0.7	2.2	1.9	1.5	3.0
	S.D.	0.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.7

Table4.9 Average amplitude of each group with brassieres during walking, running and jumping

	Group	Walking		Running		Jumping	
		M	L	M	L	M	L
Dx(cm)	Average	0.4	0.6	1.2	2.0	0.3	0.5
	S.D.	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
Dy(cm)	Average	1.2	1.9	2.1	3.3	2.1	2.0
	S.D.	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1
Dz(cm)	Average	0.3	0.5	2.1	2.0	1.3	2.7
	S.D.	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1

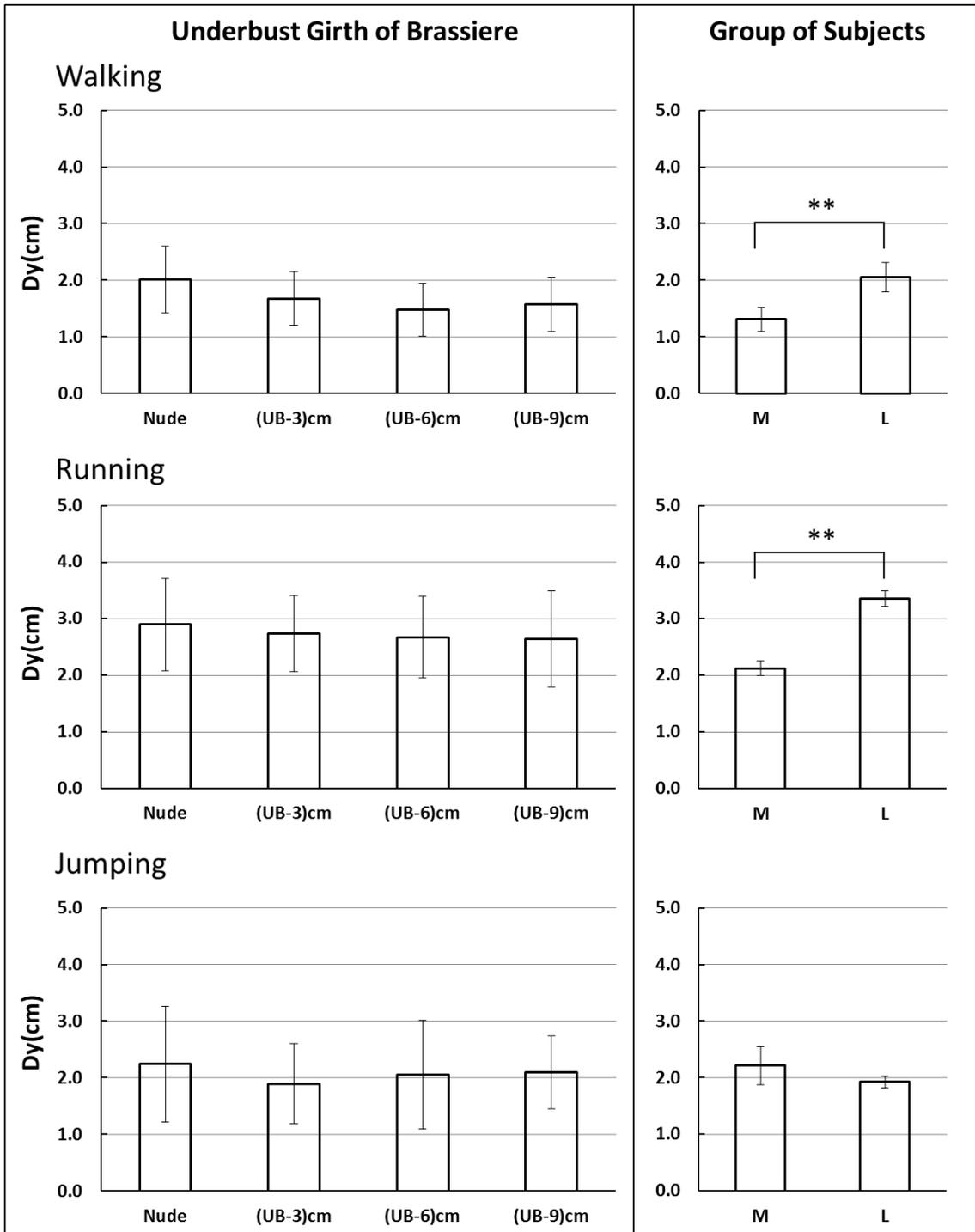
## Lateral Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.13 Significance of amplitude in the lateral direction during walking, running and jumping

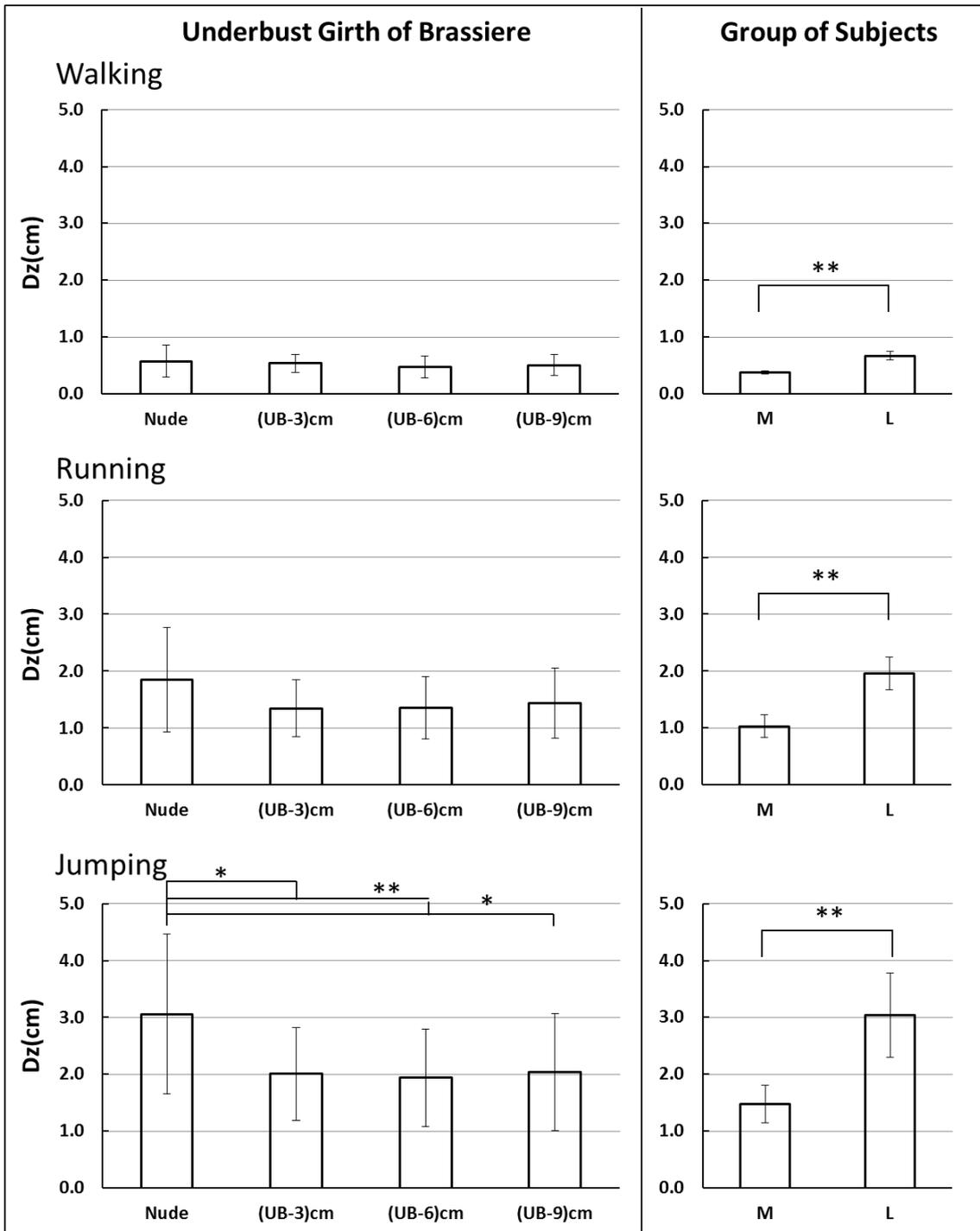
Sagittal Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

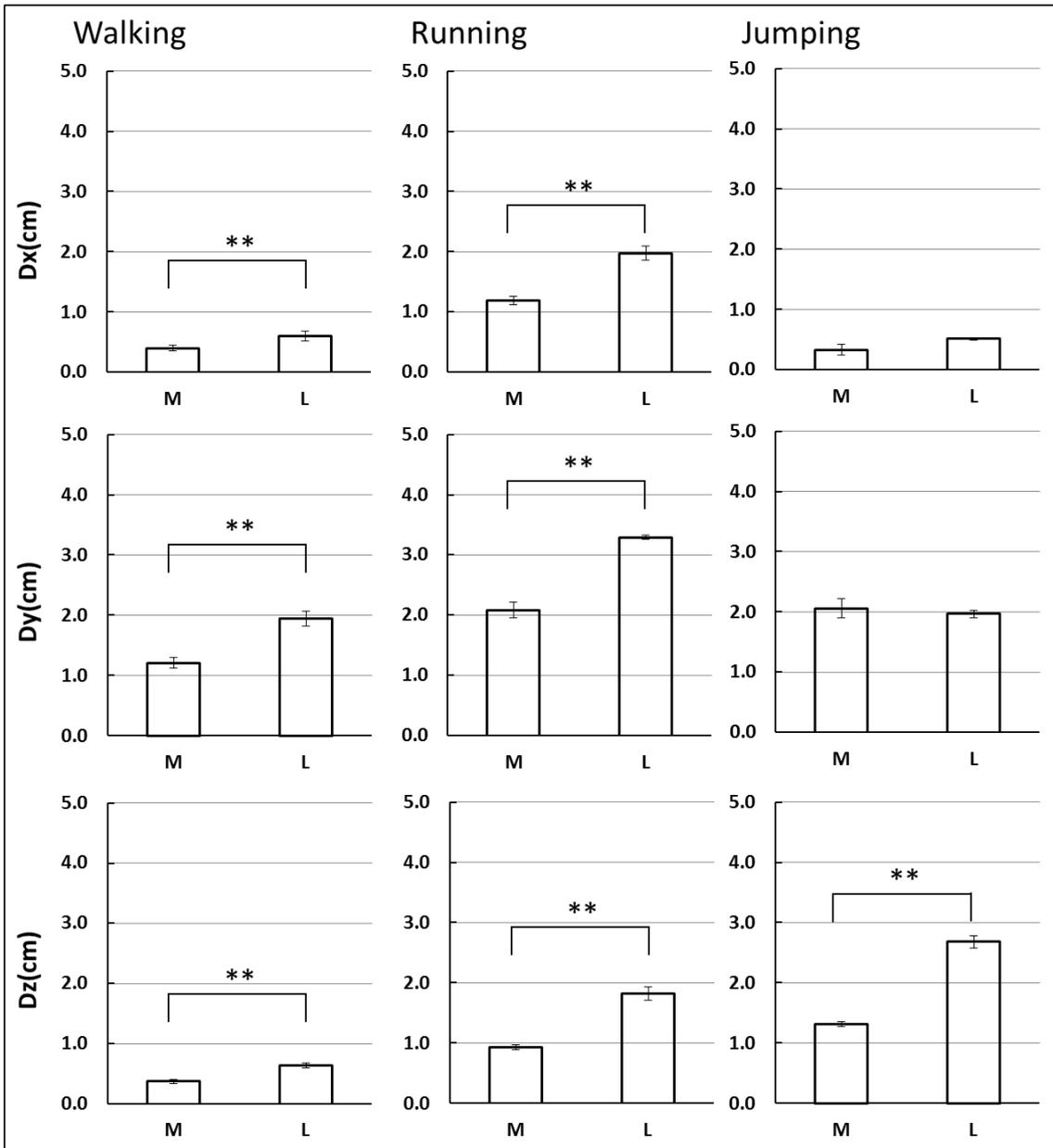
Fig.4.14 Significance of amplitude in the sagittal direction during walking, running and jumping

Vertical Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.15 Significance of amplitude in the vertical direction during walking, running and jumping



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.16 Significance of amplitude between M group and L group with brassieres during walking, running and jumping

平均速度に関する分析 I の結果を表 4.10、4.11 と 4.17～4.19 に示す。いずれの運動においても、左右・前後・上下各方向の平均速度はブラ非着用よりブラ着用で小さくなり、特に歩行時の左右方向とジャンプ時の左右・上下方向においては有意な振動抑制効果が認められた。ただし、水準間の有意差はブラ非着用条件とブラ着用条件間でのみ認められ、異なるブラの詰め寸法間では有意差は示されていない。乳房サイズの影響については、左右・前後・上下のいずれの平均速度においても、L 群は M 群より有意に大きく、乳房サイズの影響が認められた。

分析 II の因子 B についての結果を表 4.12 と図 4.20 に示す。乳房サイズの振動速度への影響は、ジャンプ時の左右方向を除き、1%又は5%の有意な差が示され、ブラ着用時乳房サイズが大きい方が速く揺れることが明らかとなった。

Table4.10 Average speed without and with brassieres during walking, running and jumping

		Walking				Running				Jumping			
		Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm
Vx(cm/s)	Average	2.8	1.5	1.8	1.8	5.4	4.7	4.7	5.1	4.4	2.2	2.0	2.3
	S.D.	1.2	0.2	0.7	0.7	1.0	1.4	1.3	1.5	1.3	1.1	0.9	1.0
Vy(cm/s)	Average	6.8	5.1	5.7	5.8	9.7	8.9	8.6	9.2	12.3	9.0	8.8	9.5
	S.D.	1.7	1.2	2.5	2.6	2.8	2.1	2.2	2.0	1.8	3.5	2.8	2.7
Vz(cm/s)	Average	2.7	2.1	2.0	2.1	9.9	7.2	7.2	7.5	11.5	7.3	7.2	7.8
	S.D.	1.0	0.5	0.6	0.6	5.0	2.9	3.0	3.4	4.8	3.0	3.1	3.6

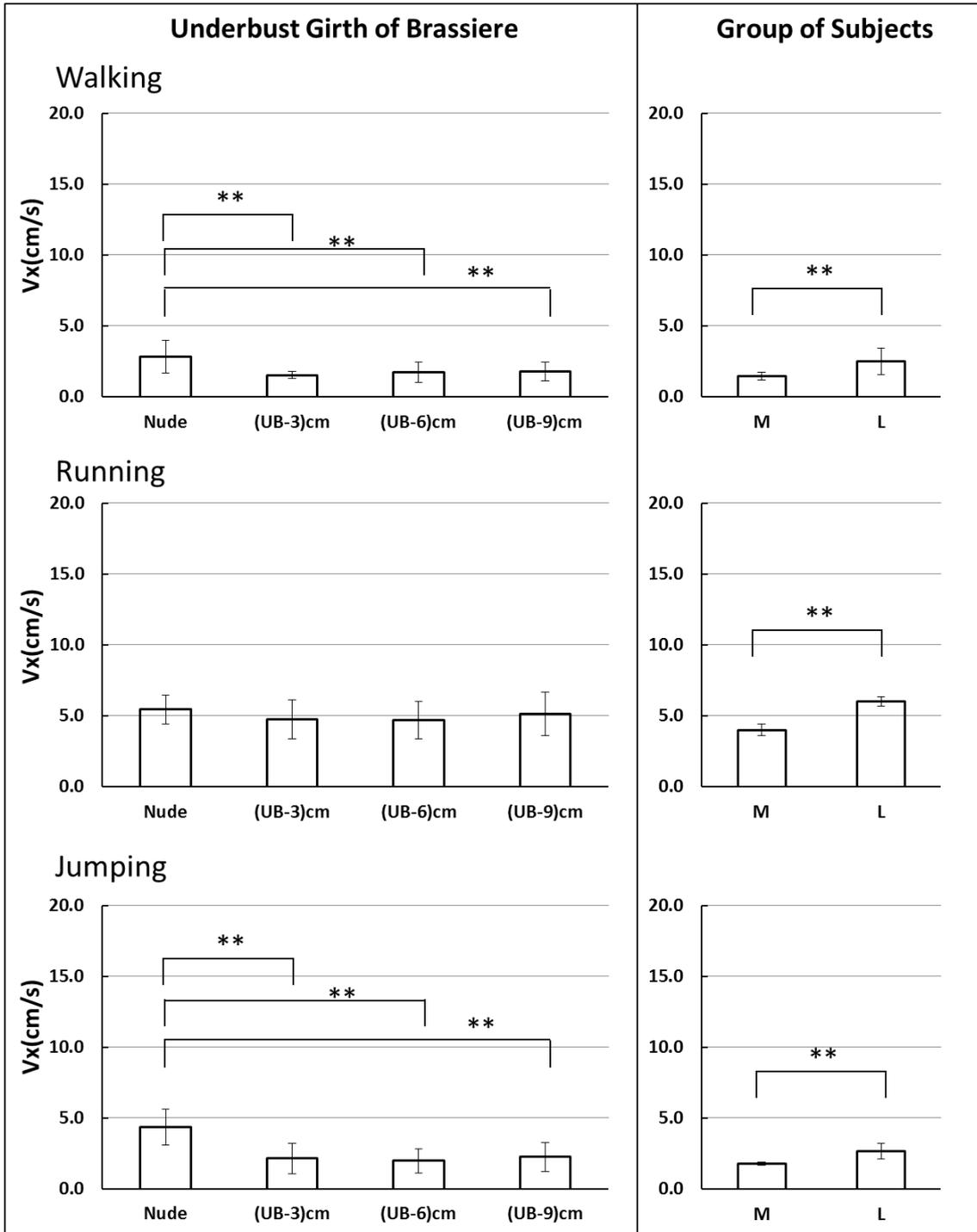
Table4.11 Average speed of each group without and with brassieres during walking, running and jumping

		Walking		Running		Jumping	
Group		M	L	M	L	M	L
Vx(cm/s)	Average	1.5	2.5	4.0	6.0	1.8	2.7
	S.D.	0.3	0.9	0.4	0.3	0.1	0.5
Vy(cm/s)	Average	4.5	7.3	7.7	10.5	5.4	10.5
	S.D.	0.9	0.9	0.3	0.6	1.1	1.6
Vz(cm/s)	Average	1.5	2.5	8.7	11.1	5.5	11.4
	S.D.	0.3	0.9	2.1	1.2	1.5	2.6

Table4.12 Average speed of each group with brassieres during walking, running and jumping

		Walking		Running		Jumping	
Group		M	L	M	L	M	L
Vx(cm/s)	Average	1.3	2.1	3.8	5.9	1.8	2.4
	S.D.	0.1	0.4	0.2	0.3	0.1	0.1
Vy(cm/s)	Average	4.0	7.1	7.6	10.2	4.9	9.8
	S.D.	0.2	1.0	0.3	0.2	0.2	0.5
Vz(cm/s)	Average	1.3	2.1	7.7	10.6	4.8	10.1
	S.D.	0.1	0.4	0.4	0.5	0.1	0.6

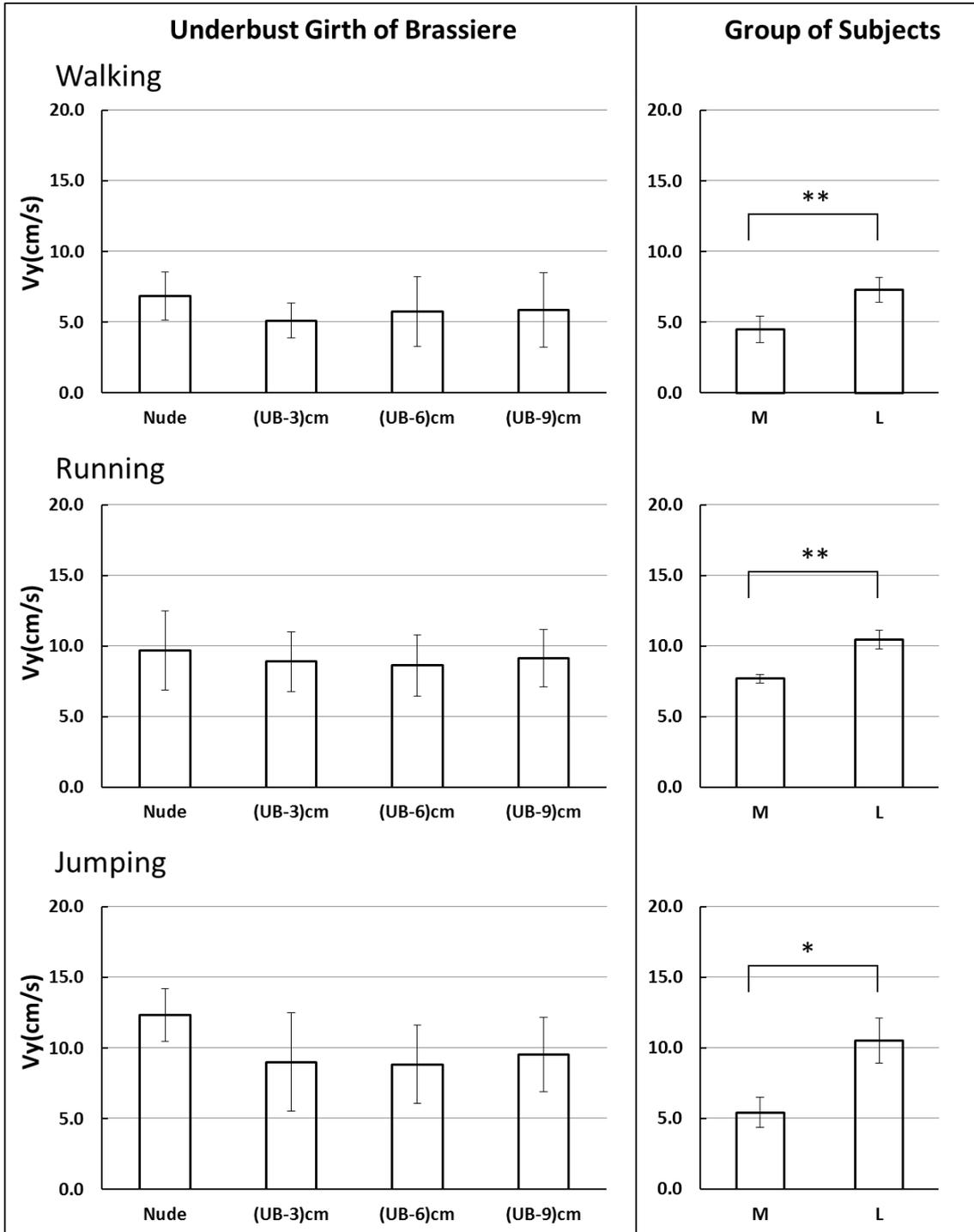
Lateral Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.17 Significance of average speed in the lateral direction during walking, running and jumping

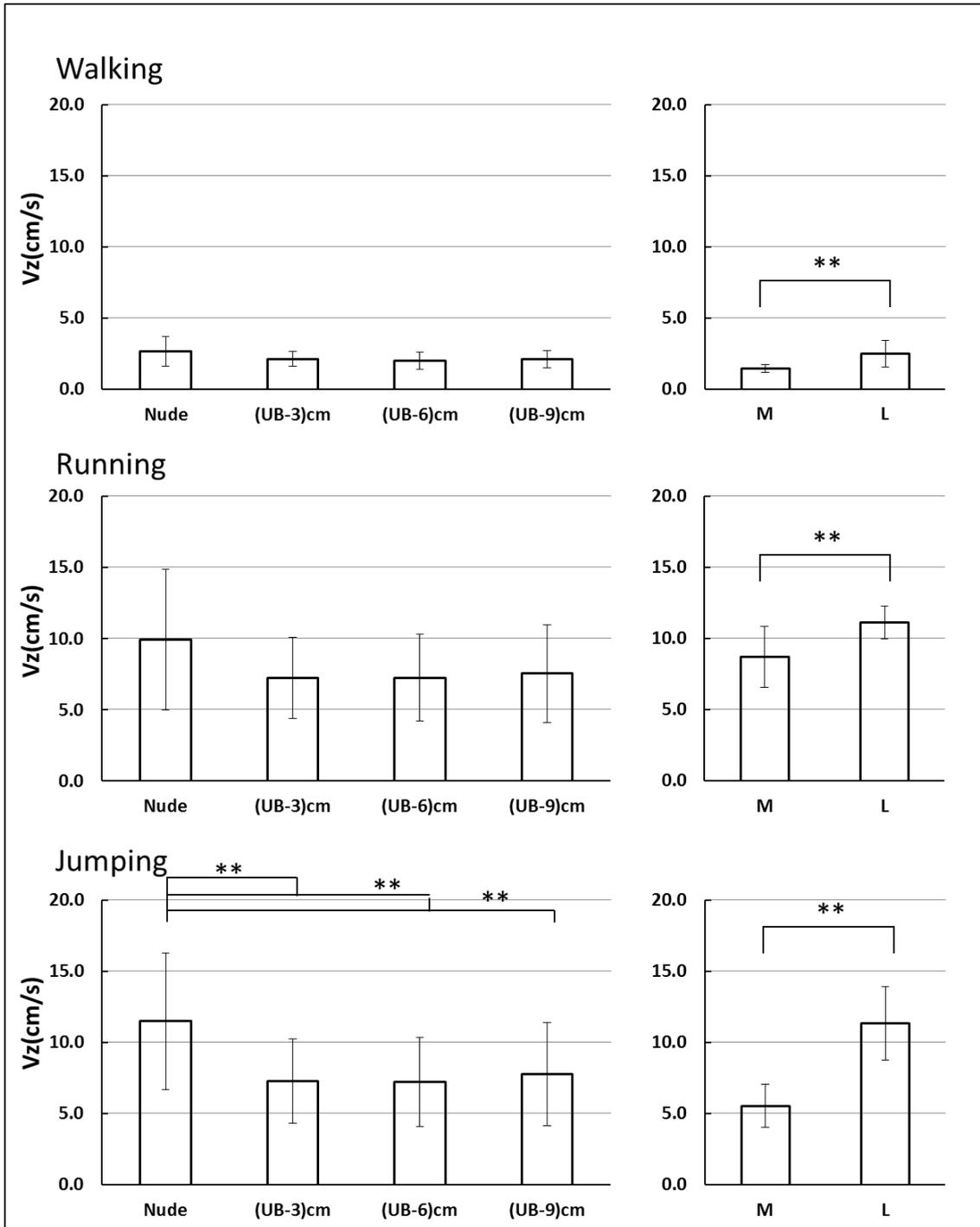
Sagittal Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

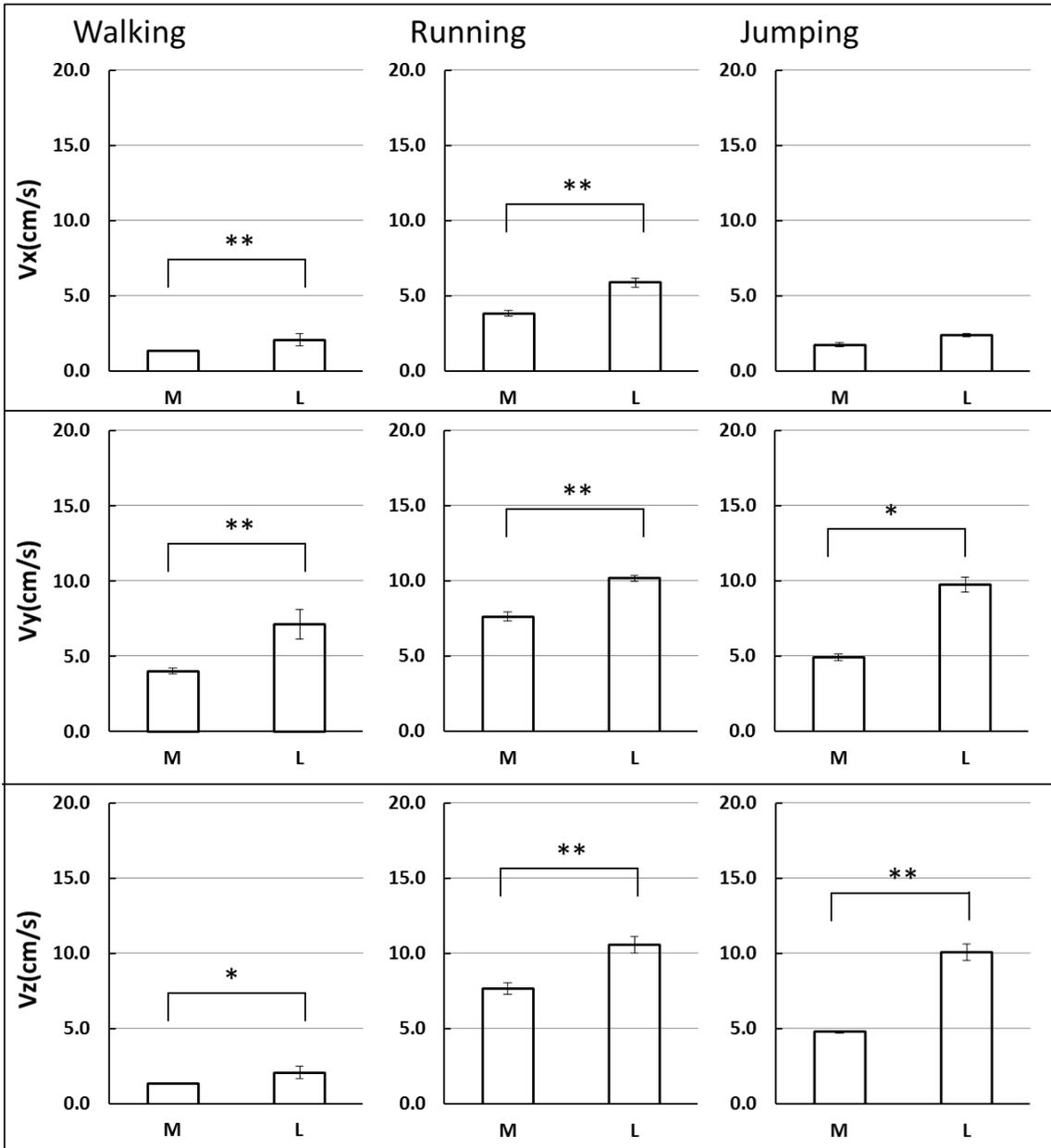
Fig.4.18 Significance of average speed in the sagittal direction during walking, running and jumping

## Vertical Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.19 Significance of average speed in the vertical direction during walking, running and jumping



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.20 Significance of average speed between M group and L group with brassieres during walking, running and jumping

平均加速度に関する分析 I の結果を表 4.13、4.14 と図 4.21～4.23 に示す。いずれの運動においても、左右・前後・上下各方向の平均加速度はブラ非着用よりブラ着用で小さくなる傾向が見られたが、ジャンプ時の上下方向のみ有意な振動抑制効果が示された。ただし、水準間の有意差はブラ非着用条件とブラ着用条件間でのみ認められ、異なるブラの詰め寸法間では有意差はない。また乳房サイズの影響については、左右・前後・上下のいずれの平均加速度においても、L 群は M 群より有意に大きく、乳房サイズの影響が認められた。

分析 II の因子 B についての結果を表 4.15 と図 4.24 に示す。乳房サイズの平均加速度への影響は、上下方向の歩行時加速度と、左右方向の歩行時加速度、およびジャンプ時の振幅・加速度を除き、危険率 1% 以下水準の有意な差が示され、ブラ着用時にも乳房振動の加速度は乳房サイズが大きい方が大きいことが明らかとなった。

Table4.13 Average acceleration without and with brassieres during walking, running and jumping

		Walking				Running				Jumping			
		Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm	Nude	(UB-3)cm	(UB-6)cm	(UB-9)cm
Ax(cm/s <sup>2</sup> )	Average	101.2	66.9	95.4	94.6	168.5	127.8	124.3	132.7	162.1	126.5	104.1	116.3
	S.D.	28.5	10.2	61.8	54.2	59.5	48.5	39.9	40.4	56.7	90.8	58.4	70.6
Ay(cm/s <sup>2</sup> )	Average	358.4	235.5	302.0	307.5	416.5	316.4	291.0	322.3	642.9	436.5	400.8	439.1
	S.D.	133.4	92.7	209.2	224.9	205.9	143.3	115.1	116.1	317.2	342.2	252.3	282.6
Az(cm/s <sup>2</sup> )	Average	94.7	78.8	84.2	89.3	324.9	238.2	225.5	238.4	269.3	178.5	175.4	195.2
	S.D.	22.7	16.0	24.2	25.3	138.2	89.7	87.5	94.2	107.0	69.6	79.5	98.1

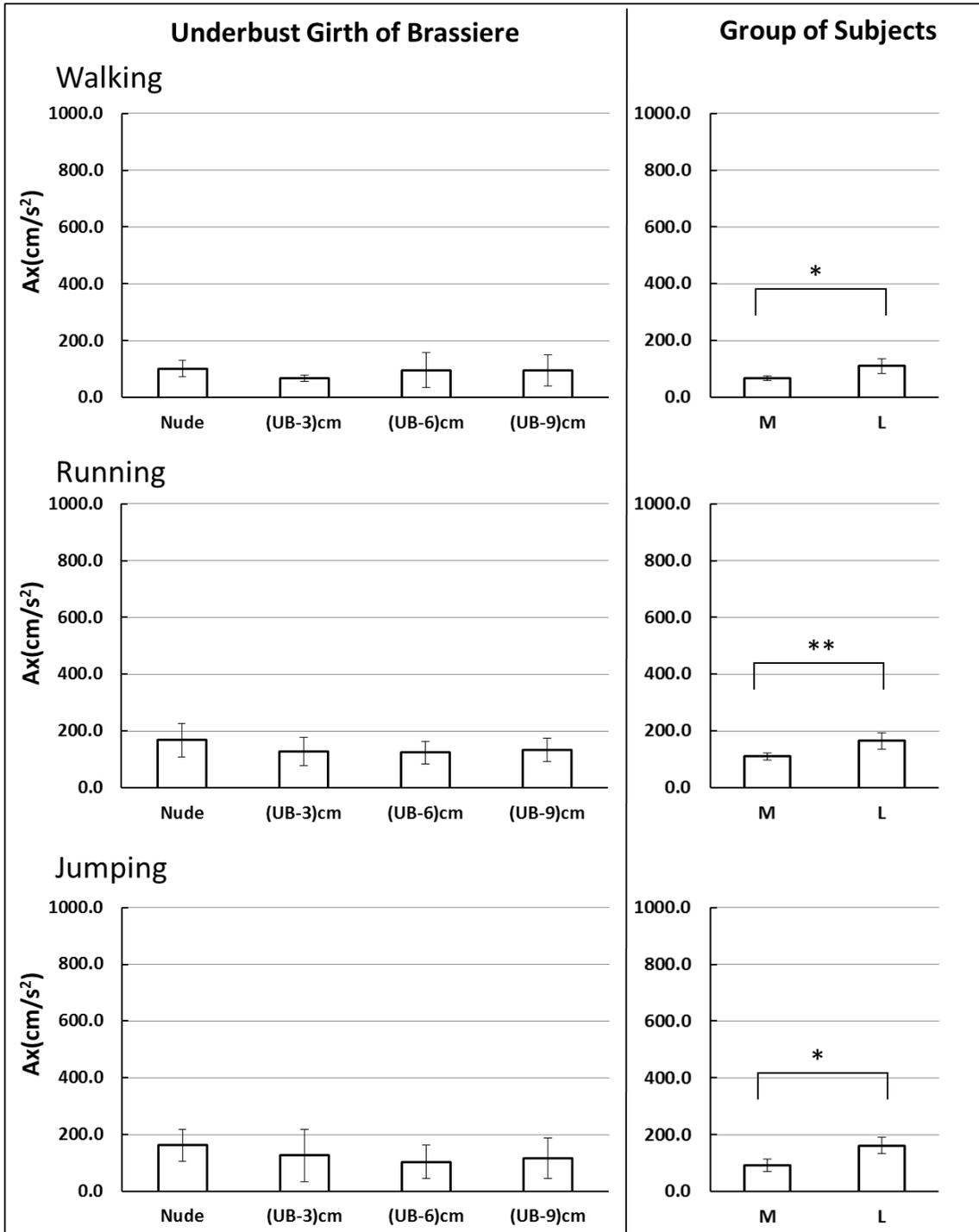
Table4.14 Average acceleration of each group without and with brassieres during walking, running and jumping

	Group	Walking		Running		Jumping	
		M	L	M	L	M	L
Ax(cm/s <sup>2</sup> )	Average	68.5	110.5	110.9	165.8	92.7	161.8
	S.D.	8.4	26.0	12.2	28.6	22.0	29.9
Ay(cm/s <sup>2</sup> )	Average	207.0	394.7	252.2	420.9	289.5	670.2
	S.D.	76.0	72.3	59.7	50.7	123.5	98.2
Az(cm/s <sup>2</sup> )	Average	77.0	96.5	187.5	326.0	131.4	277.7
	S.D.	2.4	12.8	37.6	55.1	43.8	47.1

Table4.15 Average acceleration of each group with brassieres during walking, running and jumping

	Group	Walking		Running		Jumping	
		M	L	M	L	M	L
Ax(cm/s <sup>2</sup> )	Average	64.3	106.9	104.9	151.7	81.9	149.3
	S.D.	1.8	30.6	2.6	5.9	5.6	20.0
Ay(cm/s <sup>2</sup> )	Average	169.2	394.1	222.9	396.8	227.9	623.1
	S.D.	11.4	88.5	14.6	19.8	10.6	33.8
Az(cm/s <sup>2</sup> )	Average	76.1	92.1	169.2	298.9	109.7	256.3
	S.D.	1.9	11.5	10.6	11.4	7.6	24.0

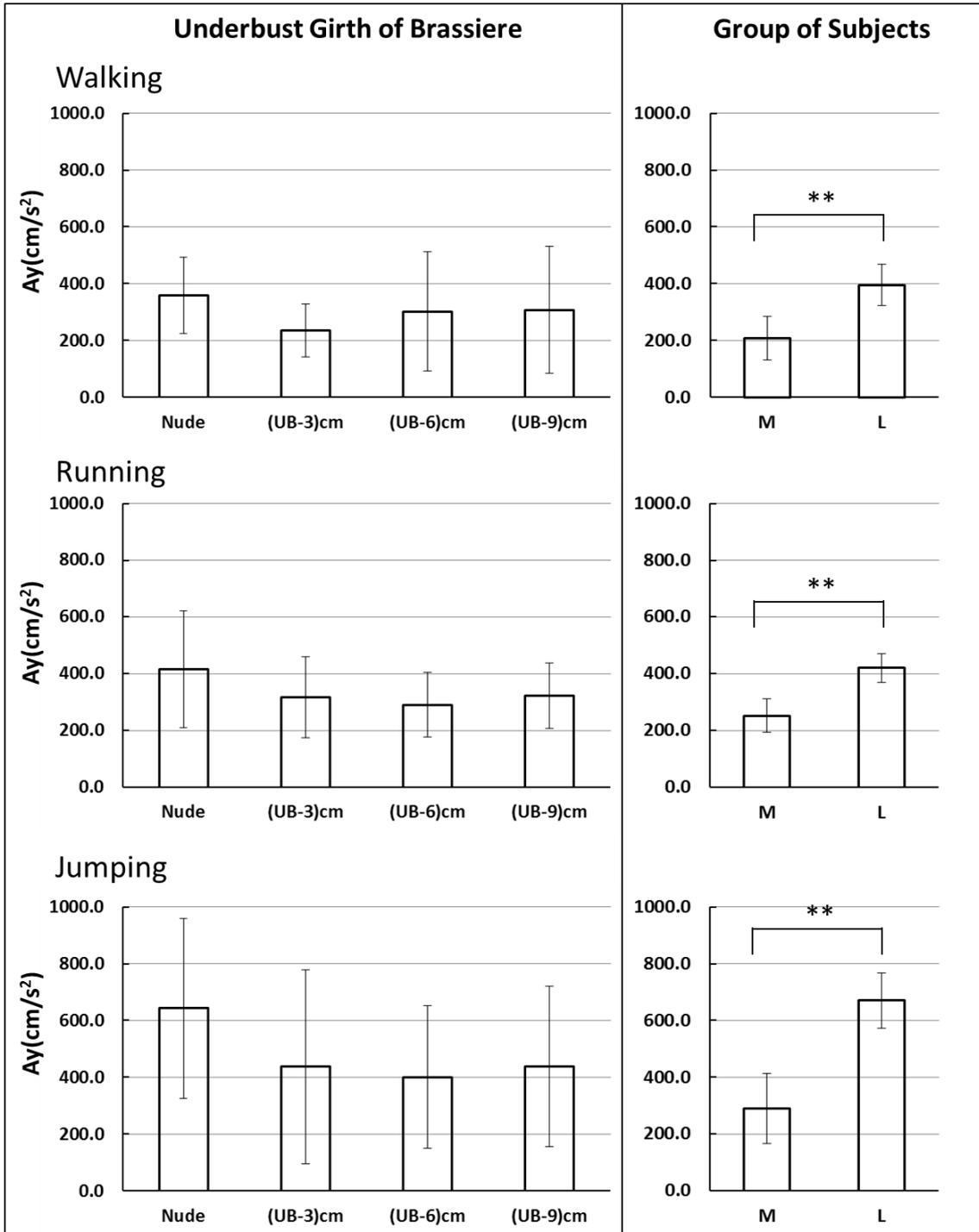
Lateral Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.21 Significance of average acceleration in the lateral direction during walking, running and jumping

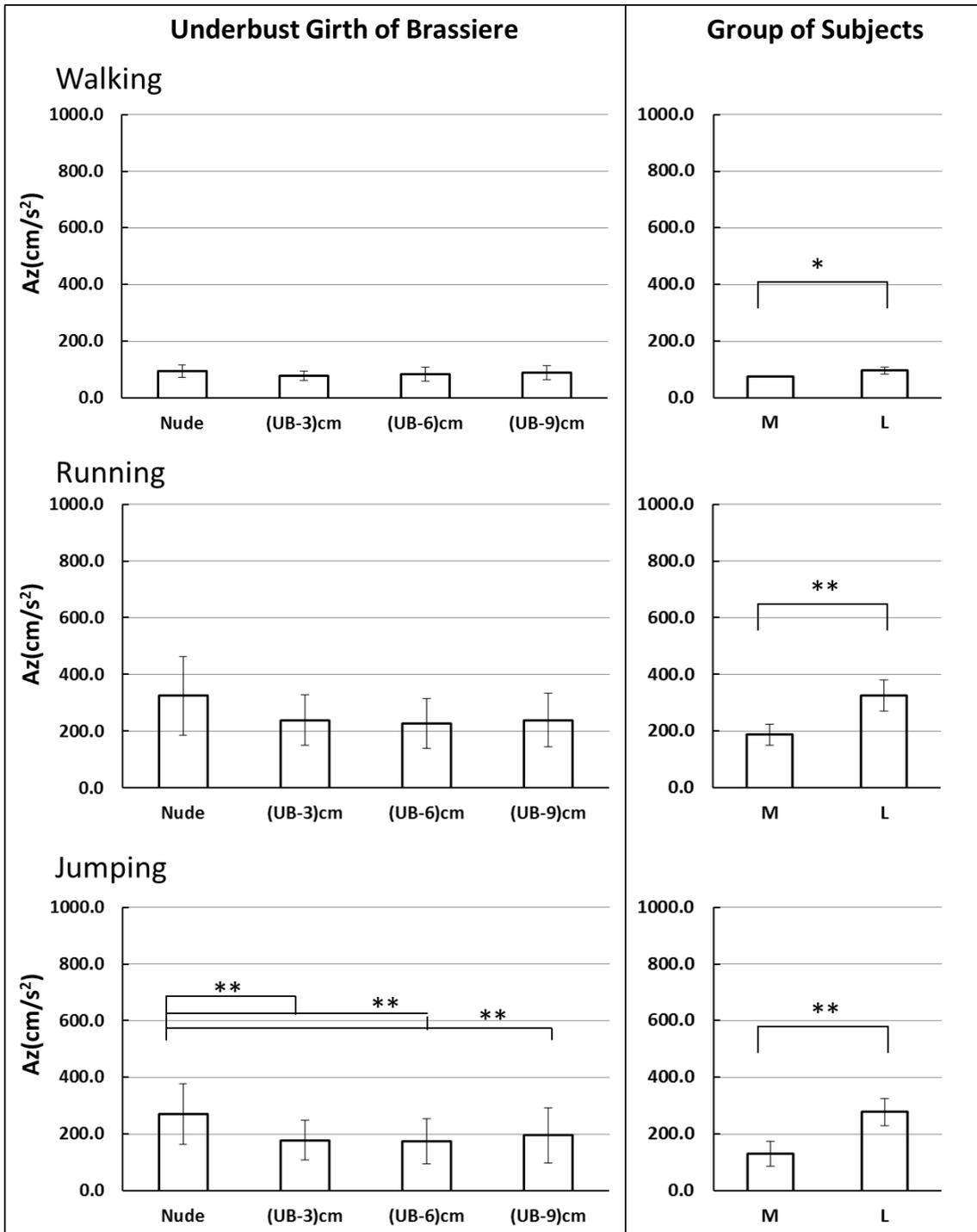
Sagittal Direction



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

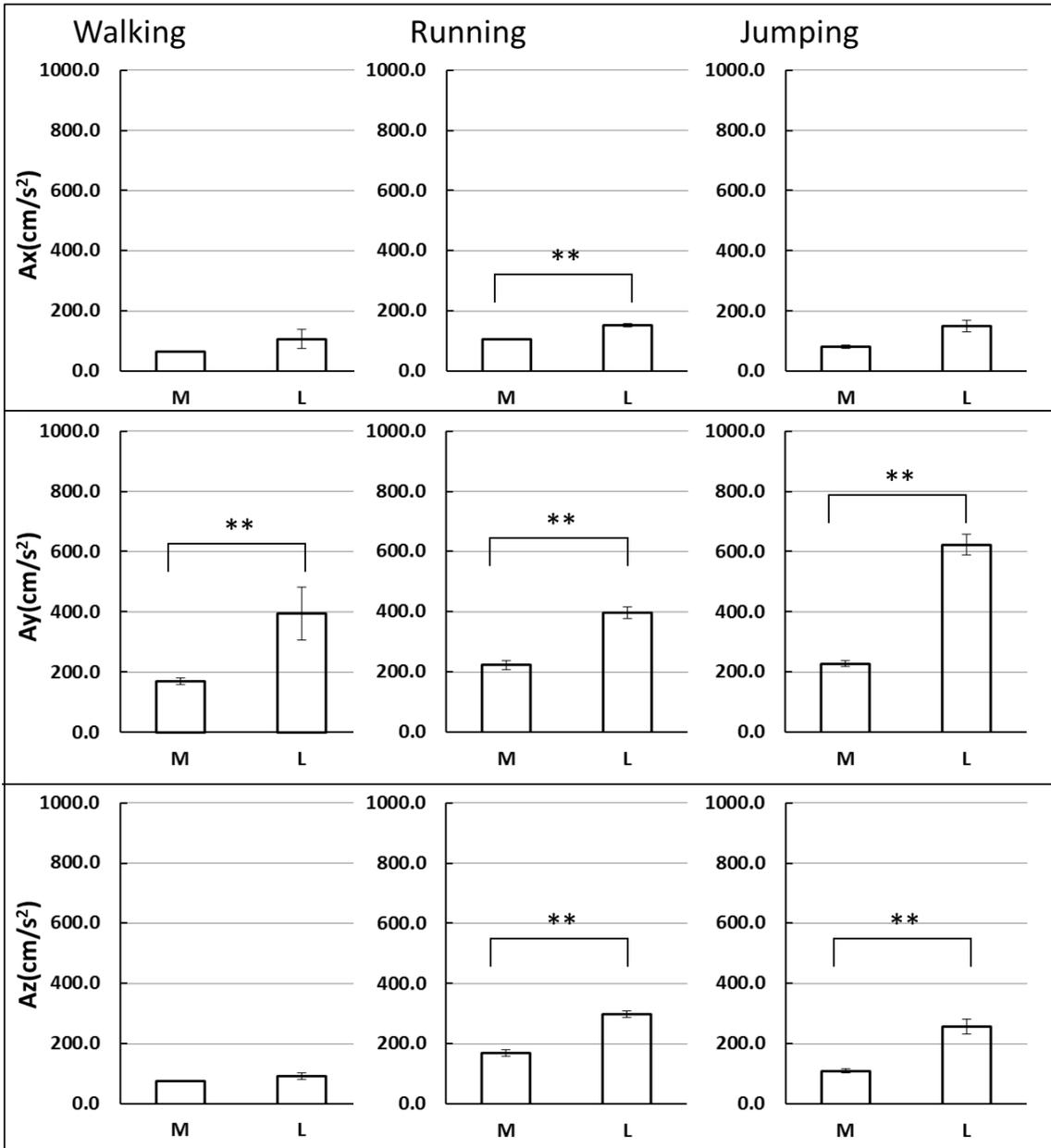
Fig.4.22 Significance of average acceleration in the sagittal direction during walking, running and jumping

Vertical Direction



Level of significance: (\*: <math>p < 0.05</math> \*\*: <math>p < 0.01</math>)

Fig.4.23 Significance of average acceleration in the vertical direction during walking, running and jumping



Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

Fig.4.24 Significance of average acceleration between M group and L group with brassieres during walking, running and jumping

### 4.3.3 乳房振動と乳房サイズ及び身体振動との関係

表 4.16 は、ブラ非着用条件を含む各ブラ着用条件の乳房振動、すなわち左右・前後・上下方向の最大振幅(Dx、Dy、Dz)・平均速度(Vx、Vy、Vz)・平均加速度(Ax、Ay、Az,)と、乳房サイズ、身体振動 N 点間の相関係数をまとめたものである。

Table4.16 Correlation coefficients between the amplitude, average speed and acceleration of breast vibration and breast size, point N vibration in the nude and with brassieres during walking, running and jumping

Motion	Without Brassiere			With Brassiere					
	Nude			(UB-3)cm		(UB-6)cm		(UB-9)cm	
	Bust Girth- Underbust Girth (mm)	N		Bust Girth- Underbust Girth (mm)	N	Bust Girth- Underbust Girth (mm)	N	Bust Girth- Underbust Girth (mm)	N
Dx	Walking	0.951 **	0.664	0.487	0.273	0.944 **	0.517	0.893 *	0.546
	Running	0.767	0.137	0.677	0.121	0.698	0.390	0.695	0.597
	Jumping	-0.324	0.732	0.668	0.851 *	0.500	0.940 **	0.172	0.846 *
Dy	Walking	0.814 *	0.019	0.865 *	0.251	0.732	0.517	0.924 **	0.528
	Running	0.965 **	0.739	0.938 **	0.531	0.940 **	0.369	0.834 *	0.001
	Jumping	-0.673	0.686	-0.073	0.722	-0.230	0.850 *	-0.234	0.775
Dz	Walking	0.829 *	0.550	0.895 *	0.707	0.593	0.800	0.864 *	0.853 *
	Running	0.766	0.361	0.908 *	0.285	0.978 *	0.330	0.964 **	0.232
	Jumping	0.919 **	0.235	0.938 **	0.486	0.914 *	0.308	0.852 *	0.353
Vx	Walking	0.970 **	0.625	0.472	0.158	0.738	0.731	0.844 *	0.591
	Running	0.950 **	0.347	0.724	0.235	0.740	0.396	0.751	0.562
	Jumping	0.230	0.050	0.654	0.971 **	0.560	0.963 **	0.517	0.946 **
Vy	Walking	0.745	0.771	0.818 *	0.790	0.846 *	0.943 **	0.892 *	0.921 **
	Running	0.857 *	0.836 *	0.792	0.766	0.813 *	0.751	0.805	0.735
	Jumping	0.245	0.417	0.630	0.960 **	0.386	0.785	0.601	0.924 **
Vz	Walking	0.933 **	0.313	0.625	0.413	0.646	0.477	0.768	0.617
	Running	0.785	0.394	0.899 *	0.334	0.967 **	0.375	0.968 **	0.277
	Jumping	0.911 *	0.340	0.964 **	0.519	0.963 **	0.361	0.928 **	0.446
Ax	Walking	0.879 *	0.831	0.302	0.728	0.622	0.997 **	0.646	0.984 **
	Running	0.881 *	0.854 *	0.641	0.948 **	0.715	0.905 *	0.757	0.926 **
	Jumping	0.872 *	0.752	0.604	0.977 **	0.554	0.944 **	0.709	0.973 **
Ay	Walking	0.451	0.986 **	0.707	0.925 **	0.753	0.998 **	0.797	0.990 **
	Running	0.632	0.906 *	0.792	0.932 **	0.918 **	0.946 **	0.950 **	0.930 **
	Jumping	0.779	0.988 **	0.733	0.994 **	0.824 *	0.951 **	0.855 *	0.989 **
Az	Walking	0.814 *	0.440	0.114	0.276	0.516	0.788	0.598	0.831 *
	Running	0.792	0.399	0.800	0.489	0.889 *	0.454	0.949 **	0.415
	Jumping	0.809	0.753	0.974 **	0.725	0.975 **	0.720	0.983 **	0.719

Level of significance: (\*: < 5% \*\*: < 1%)

先の分散分析では乳房サイズが振動に影響を及ぼす要因であることを明らかにしたが、ここでは身体そのものの振動量が乳房振動に及ぼす影響を分けてとらえようとするものである。

左右方向の振幅・速度・加速度については、ブラ非着用条件では乳房サイズとの相関が示されているものの、ブラ着用条件では乳房サイズとの相関は消失し、N点の振動の影響が大きくなっている、特にジャンプ時詰め寸法 6 cm と 9 cm の場合は左右方向の加速度と N 点の振動の間に高い有意な相関が認められ、乳房をブラで止めつけることによって乳房サイズの影響よりも個人の身体振動の影響が強くなることが明らかにされた。

前後方向の加速度は、ブラ非着用・ブラ着用ともいずれの運動においても、N点の加速度との間に有意な高い相関を示し、走行・ジャンプ時詰め寸法 6cm と 9cm でのみ乳房サイズと有意な正の相関が示された。

上下方向の振幅・速度・加速度については、いずれのブラ着用条件においても主として乳房サイズとの高い相関が見られるが、N点の振動との相関は歩行時加速度を除いては有意差が得られなかった。

#### 4.4 考 察

ブラの防振効果について、竹内<sup>11)</sup>はブラ着用時上下方向の振幅には顕著な抑制効果があったと述べたが、布施谷ら<sup>7)</sup>はブラの防振効果は、ブラの種類と乳房の大きさによって異なり、普通のブラ着用時は、乳房が小さい被験者の上下振幅は小さくなったが、乳房が大きい被験者では振幅は大きくなったと述べ、一方、左右方向の振動には両者とも殆ど影響しないと述べている。本研究ではブラ着用時いずれの運動においても上下方向の防振効果は高い結果が得られ、竹内の結果を支持している。左右方向については、これら先行研究ではほとんど認められないと述べているが、本研究の結果を見ると走行時には小さかったものの、歩行・

ジャンプ時には有意なブラ着用の振動抑制効果が確認された。岡部ら<sup>5, 6)</sup>は、ブラ着用時乳房の振動と BMI、乳房体積、乳房の硬さとの相関は低く、測定点間の相関も低く、非着用時のような同調振動が見られない、また、垂直方向の振幅は衣服圧との相関が高いと報告している。本研究では、ブラ全体特にカップ部の衣服圧は変えていないが、アンダーバストのみ衣服圧を変化させた場合の振幅・平均速度・平均加速度にはブラ間に有意差が認められなかった。少なくともアンダーバストの詰め寸法を大きくして衣服圧を高めても防振効果には有効といえないことが示された。岡部らの衣服圧の抑制効果を検証するにはカップ部分の衣服圧の影響を見る必要があるかもしれない。

本研究では、大胸筋と乳房のズレを引き起こす力には加速度が関係すると考え、振動の左右・前後・上下の加速度を分析したところ、走行・ジャンプ時ともに左右・前後・上下各方向でブラ着用による加速度の低下が認められた。樋口ら<sup>2)</sup>も裸体時よりブラ着用による加速度低下が生じることを示唆しているが、計測法は 3 軸加速度センサーを乳房表面に取り付ける方法によるもので、三次元動作解析システムを用いた今回の方法との整合性については今後の課題である。

乳房サイズと乳房振動の関係については、ブラ非着用条件を含めた分析、除外した分析ともに、いずれの運動条件においても乳房サイズの大きい L 群の方が、M 群より有意に振幅・速度・加速度が大きいことが示され、今後のブラ設計に際しては乳房サイズによって振動抑制の方法を工夫することが考えられる。

#### 4.5 要約

振動抑制に配慮したブラ設計を目的として、本研究では、被験者毎に整容した乳房表面展開パターンに基づき、同一素材・構造で、アンダーバスト詰め寸法を 3 cm, 6 cm, 9 cm に設定した 3 種の実験用ブラを作製。乳房サイズの異なる被験者について、歩行・走行・ジャンプ運動をさせ、この時の乳房振動を 3 台のハイスピー

ードカメラにより撮影し、乳房振動の三次元動作解析を行った。結果、以下のことが明らかになった。

(1) アンダーバストの衣服圧は詰め寸法が大きくなるほど大となり、側面部の衣服圧は他の部位より大きく、圧迫感も大きい。

(2) ブラ着用時、乳房の上下振動は、いずれの運動においても基体の動きとは時間的なズレを持って振動するが、走行・ジャンプ時はブラ非着用時よりズレが小さくなった。

(3) 走行時とジャンプ時では左右・前後・上下各方向の振幅、速度、加速度においてブラ着用による振動抑制効果が認められ、特にジャンプ時の上下方向については有意差が示された。しかし、いずれについても詰め寸法間には有意差がなかった。ジャンプ時の左右・前後振幅及び歩行時の左右・上下加速度を除き、いずれの運動においても乳房サイズにより振動抑制効果に差のあることが示された。

(4) ブラ非着用時、いずれの運動においても左右・上下の速度と加速度は乳房の大きさとの相関が高く、前後の加速度はN点と有意に相関が高い。ブラ着用時、詰め寸法6cm、9cmの場合、左右・前後方向の加速度は身体の運動( $N[A_x]$ 、 $N[A_y]$ )との間に有意な正の相関があり、体の振動が大きく影響することが認められた。これに対し、上下方向の加速度 $A_z$ については、いずれのブラ着用条件においても主として乳房サイズとの高い相関が見られるが、N点の振動との相関は得られなかった。

## 引用文献

- 1) 間壁治子, 百田裕子, 三野たまき, 上田一夫; ブラジャーの衣服圧に関する研究, 繊維消誌, 32(9): 34 - 41(1991)
- 2) 田村照子; 衣服圧の功罪, 日本家政学会誌, 51(11): 1089 - 1092(2000)
- 3) 諸岡晴美, 福田玲子, 中橋美幸, 佐々木ヒサエ, 諸岡英雄; 補整用ブラジャー下部胸囲部分における衣服圧と着用感, 繊維学会誌, 61(2), 55 - 60(2005)
- 4) 樋口ゆき子, 沖浜光子, 田中道一; ブラジャーの機能性に関する研究, 家政学会誌, 23 (3): 179-183 (1972)
- 5) 岡部和代, 黒川隆夫; ブラジャー着用時と非着用時の運動中の乳房振動特性, 日本家政学会誌, 54 (9): 731-738 (2003)
- 6) 岡部和代, 黒川隆夫; 走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性, 日本家政学会誌 56 (6): 376-388 (2005)
- 7) 布施谷節子, 松本智絵美; ブラジャーによる振動抑制効果に関する三次元的考察, 和洋女子大学紀要, 46: 1-12 (2006)
- 8) 斉藤秀子, 田村照子; ブラジャー着衣時の胸部振動特性とその年齢による相違, 被服衛生学, 33: 2 - 8(2014)
- 9) 畠山絹江, 土井サチヨ, 福井弥生, 内藤美保子, 奥村董; ブラジャー設計に関する基礎研究Ⅲ, 人間工学, 20: 174-175(1984)
- 10) 清水義雄, 佐々木和也, 渡辺敬一, 近田淳雄, 加藤陽一, 清水裕子; ブラジャーの動的被服圧測定, 繊維学会誌, 49(1): 57 - 62(1993)
- 11) 竹内友昭; 乳房の運動とブラジャー, 人間工学, 20 (2): 65-68 (1984)

## 第5章

# 実験用ブラジャー着用時 運動中の乳房・ブラ 振動のズレ

## 5.1 緒言

千葉<sup>1)</sup>は、スポーツ時ブラジャー着用の不快感については「肩ひものずれ」、「カップのずれ」、「UBのずれ」及び「ホックのずれ」が多いことを明らかにしている。岡部ら<sup>2)</sup>は、ブラジャーに共通する因子としては特にずれ感や揺れ感の因子の寄与率が高く、また総合的な着心地との相関も高かったと報告した。運動中、ブラと乳房の間にズレが生じ、ブラの運動機能性を向上するため、ブラと乳房のズレを防止することが重要だと思われる。

乳房とブラとのズレについて、岡部ら<sup>3)</sup>は、11名の被験者を対象に、2種の市販ブラを用い、走行中乳房とブラの振動を測定した。ズレの距離を0.1秒ごとに算出し、30秒間を合計した値を総ズレ量とし、ブラの種類によって、ズレ量が異なり、下部中心側の測定点が最もずれやすい。また、乳房とブラとのズレは運動中カップ部衣服圧の変化、ブラのフィット性と関係があると述べた。

本研究では、第3章で紹介した被験者ごとに適合する同一素材・構造のアンダーバスト詰め寸法が異なる実験用ブラを着用させ、運動に伴う乳房・ブラの振動を同時にハイスピードカメラで撮影し、三次元動作解析により観察・計測し、両者の関係を検討した。

## 5.2 実験方法

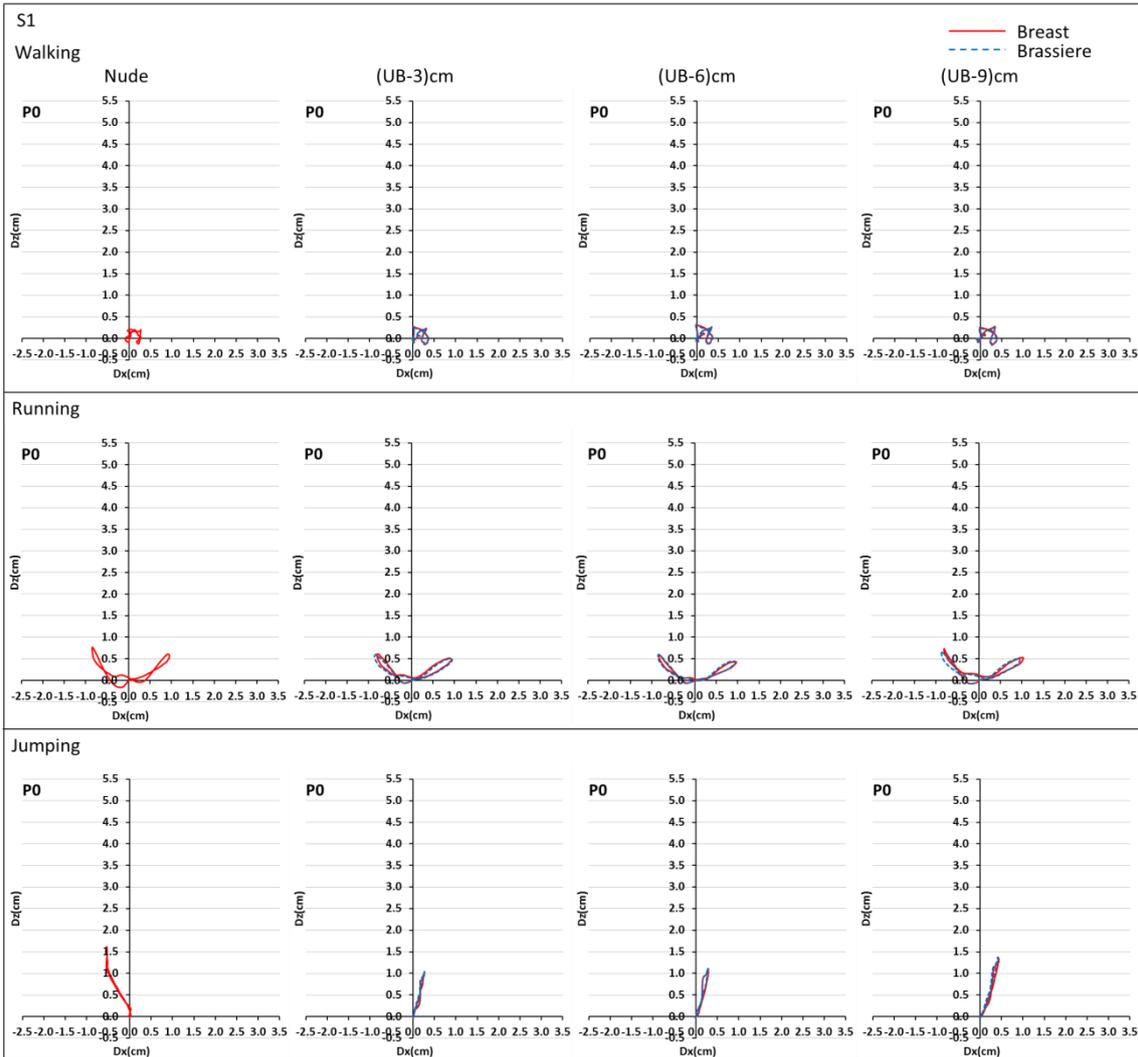
第4章の実験のハイスピードカメラによるブラ上の測定点の画像を対象とし、三次元動作解析システムを用い、測定開始から15秒間の動画像を0.01秒間隔で取り込んだ。x座標値は左右の振動、y座標値は前後の振動、z座標値は上下の振動を表す。取り込んだ15秒間のデータを正規化し、ブラカップ内乳房上とブラ上の測定点の振動を比較した。

### 5.3 結 果

各測定点はほぼ同様に振動したので、乳頭点を代表とし、各被験者の詰め寸法が異なるブラ着用時歩行・走行・ジャンプ時における正面（ $x-z$  面）、側面（ $x-y$  面）の振動軌跡を検討した。

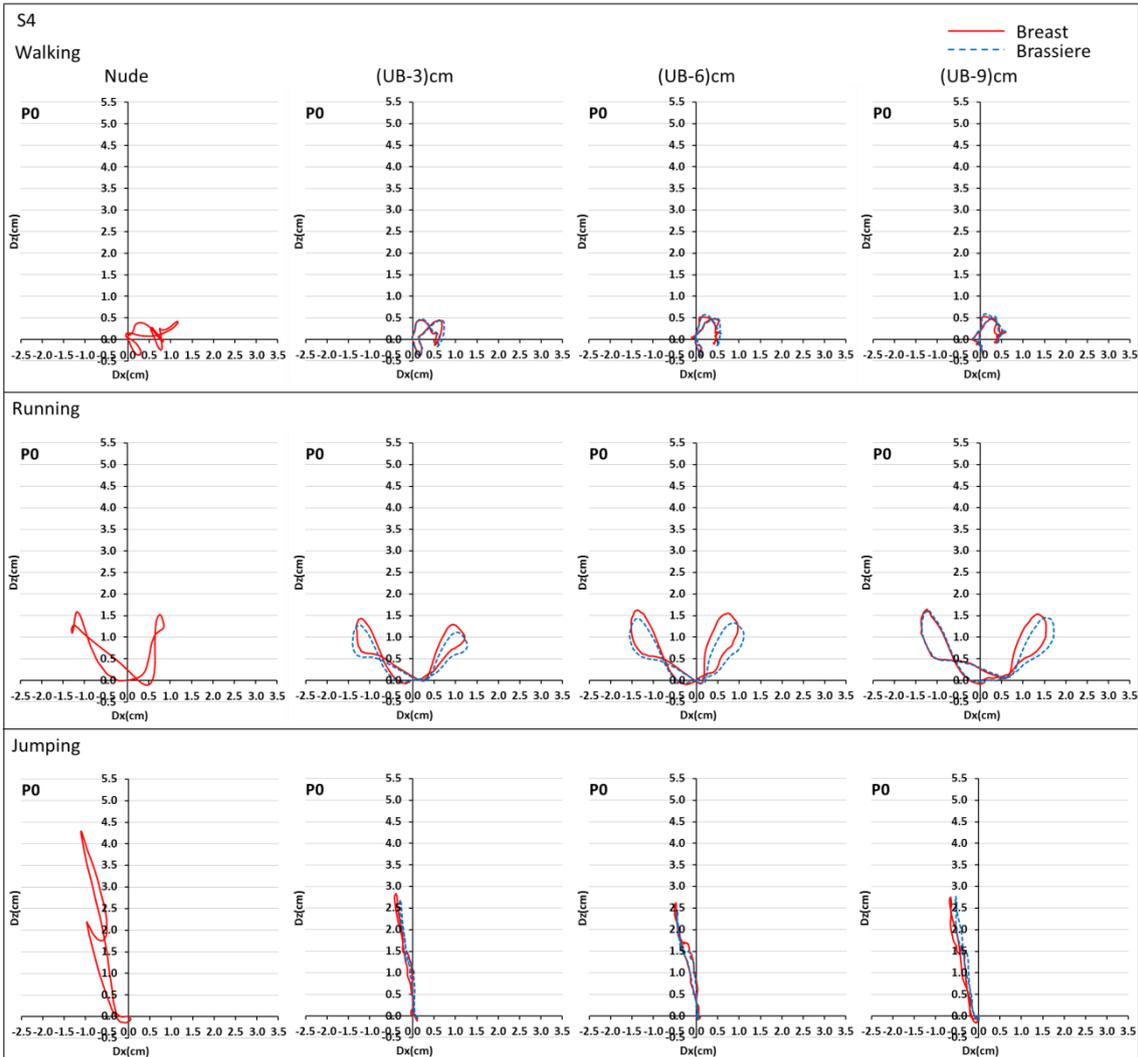
図 5.1 に各被験者のブラ非着用時及びブラ着用時ブラ内乳頭点（ $P0$ ）とブラ上乳頭点（ $P0'$ ）の  $x-z$  面上の振動軌跡重層図を示す。乳房とブラはほぼ同様な軌跡で振動している。ブラ非着用時より、ブラ着用時乳房の軌跡が小さくなり、いずれの着用条件も大きい乳房サイズ  $S4\sim S6$  は小さい乳房サイズ  $S1\sim S3$  より軌跡面積が大きい、即ちヒステリシスが大きい傾向が示された。乳房とブラとのズレについては、乳房サイズが小さい被験者  $S1\sim S3$  はいずれの運動でも見られなかったが、乳房サイズが大きい被験者  $S4\sim S6$  は走行・ジャンプ時に示されている。これらのずれを比較した結果、ブラと乳房のズレに及ぼす詰め寸法の影響は小さいことが示された。

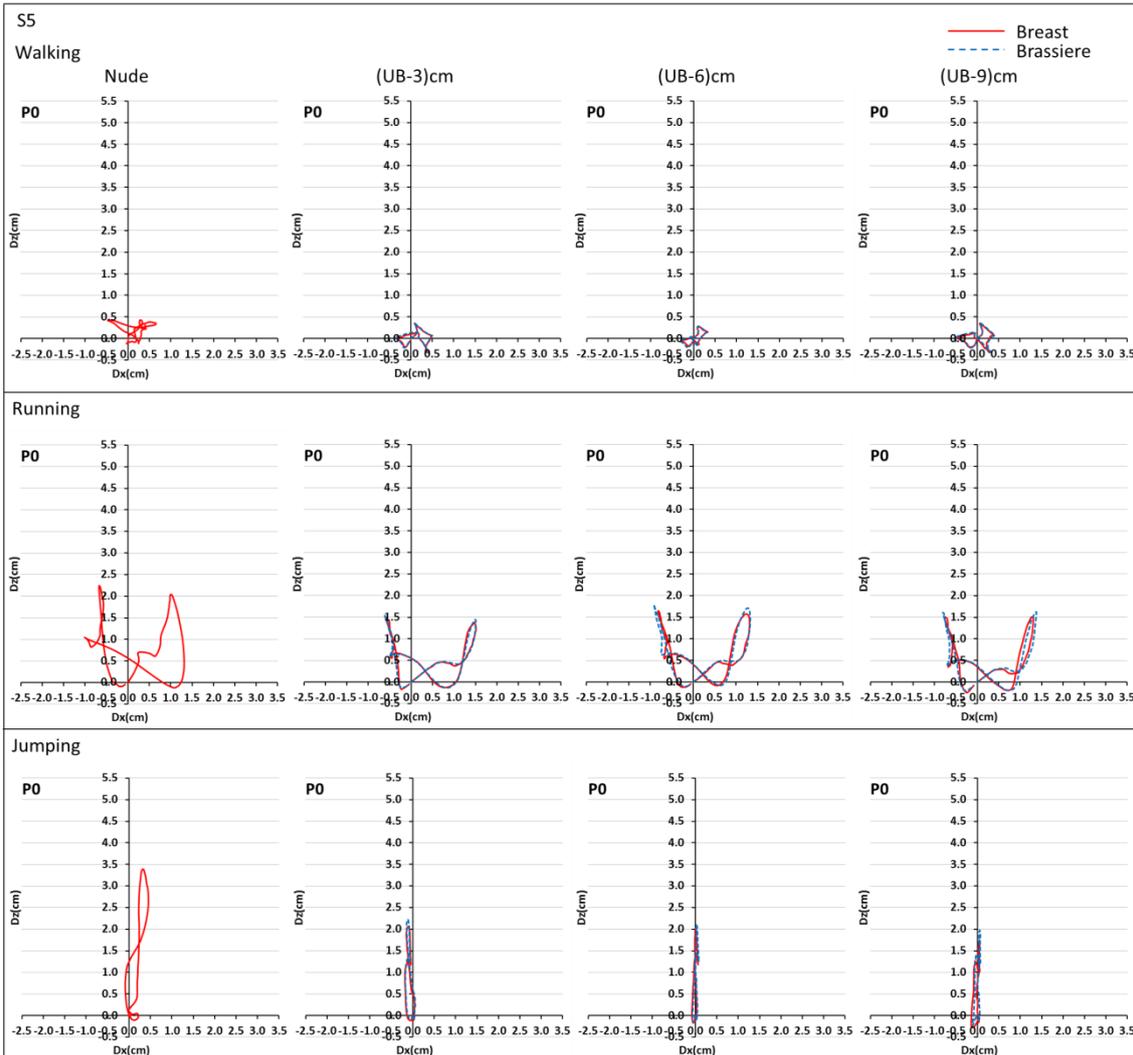
図 5.2 に各被験者のブラ非着用時及びブラ着用時ブラ内乳頭点とブラ上乳頭点の  $y-z$  面上の振動軌跡重層図を示す。上下・前後の軌跡も、いずれの運動においても乳房とブラはほぼ同様な軌跡で振動している。乳房サイズが最も小さい被験者  $S1$  は乳房とブラとのズレが殆ど見られなかったが、他の被験者の走行・ジャンプ時の乳房の振動はブラよりやや大きく、乳房とブラとのズレがあることが示された。これらのずれを比較した結果、ブラと乳房のズレに及ぼす詰め寸法の影響は小さいことが示された。











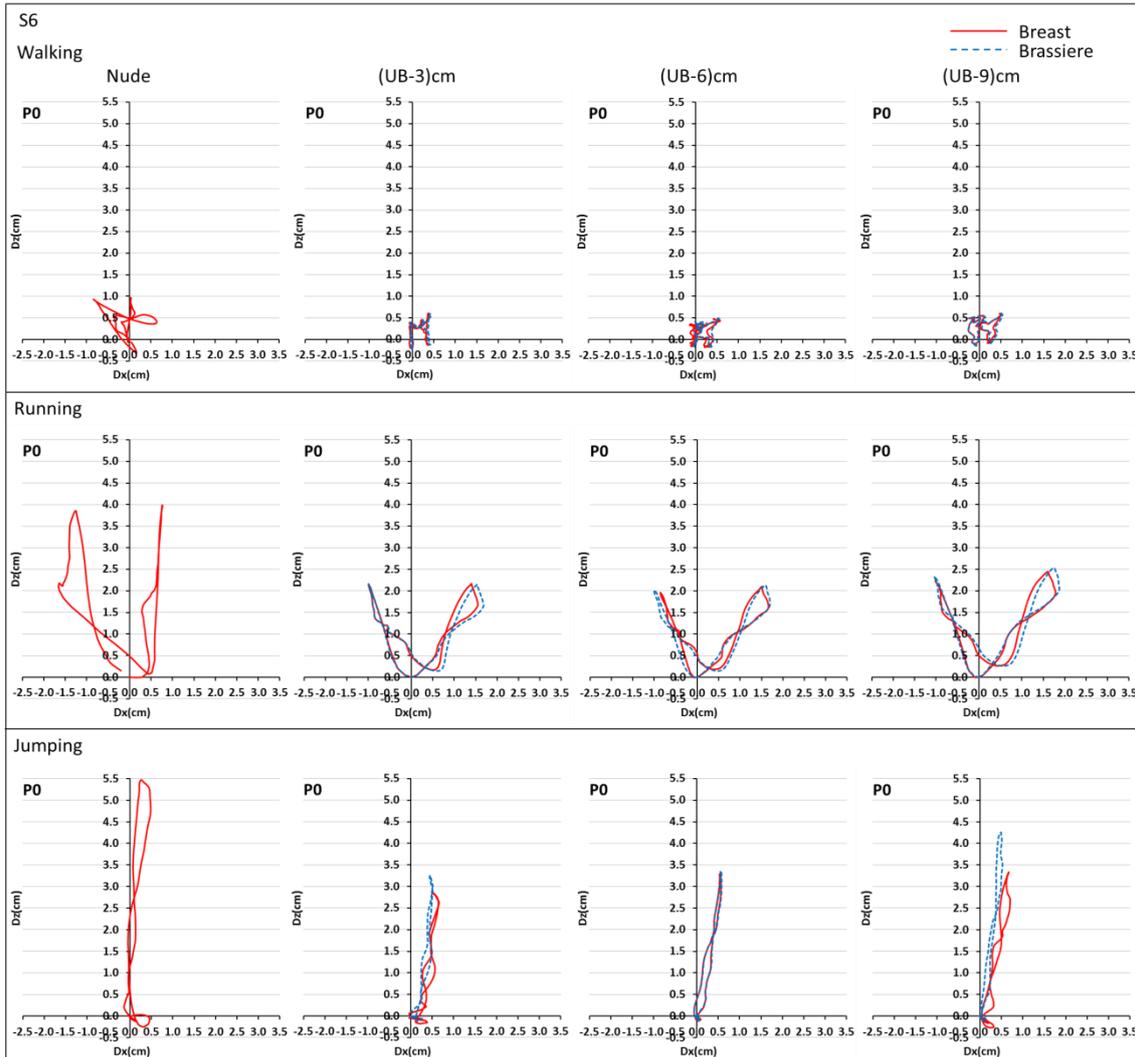
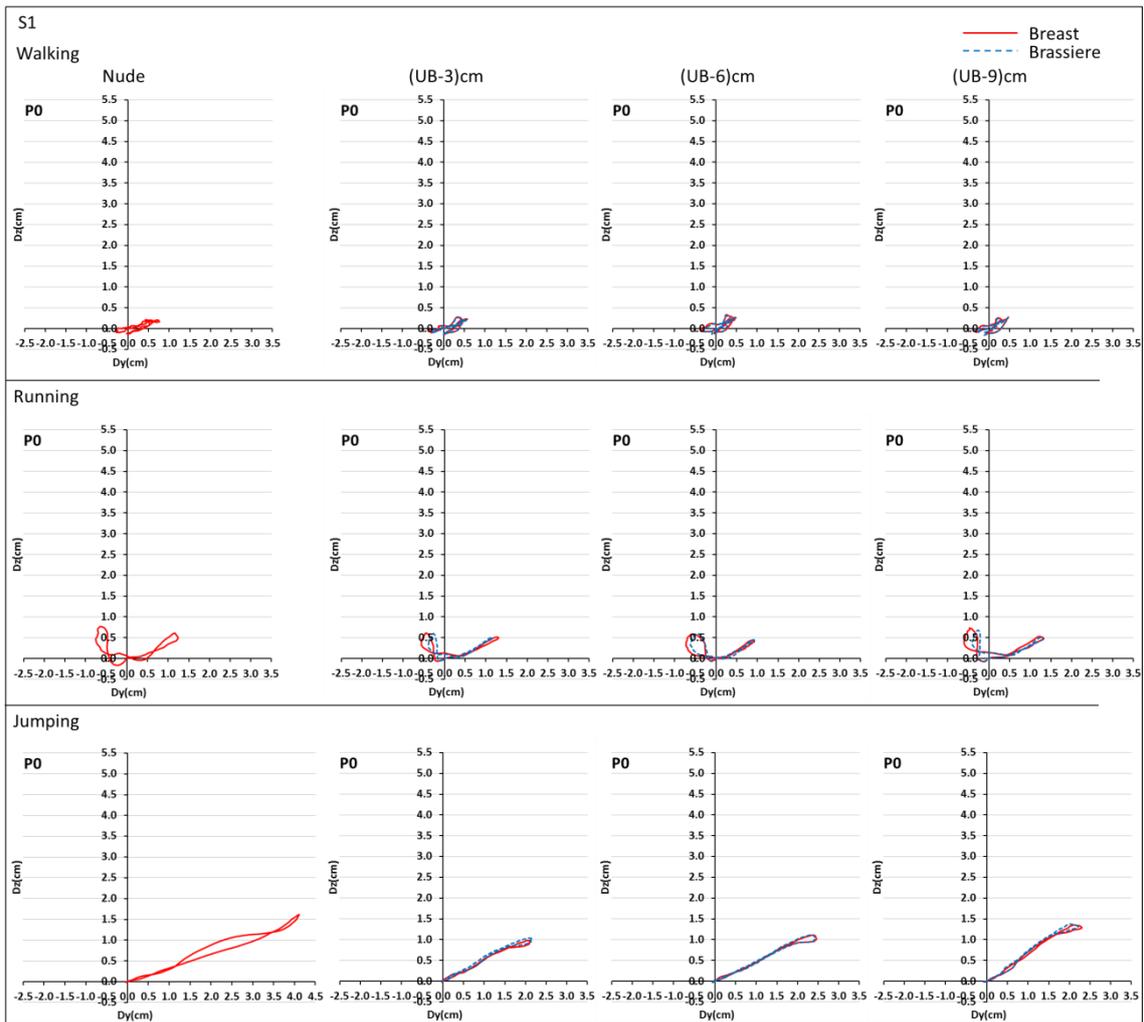
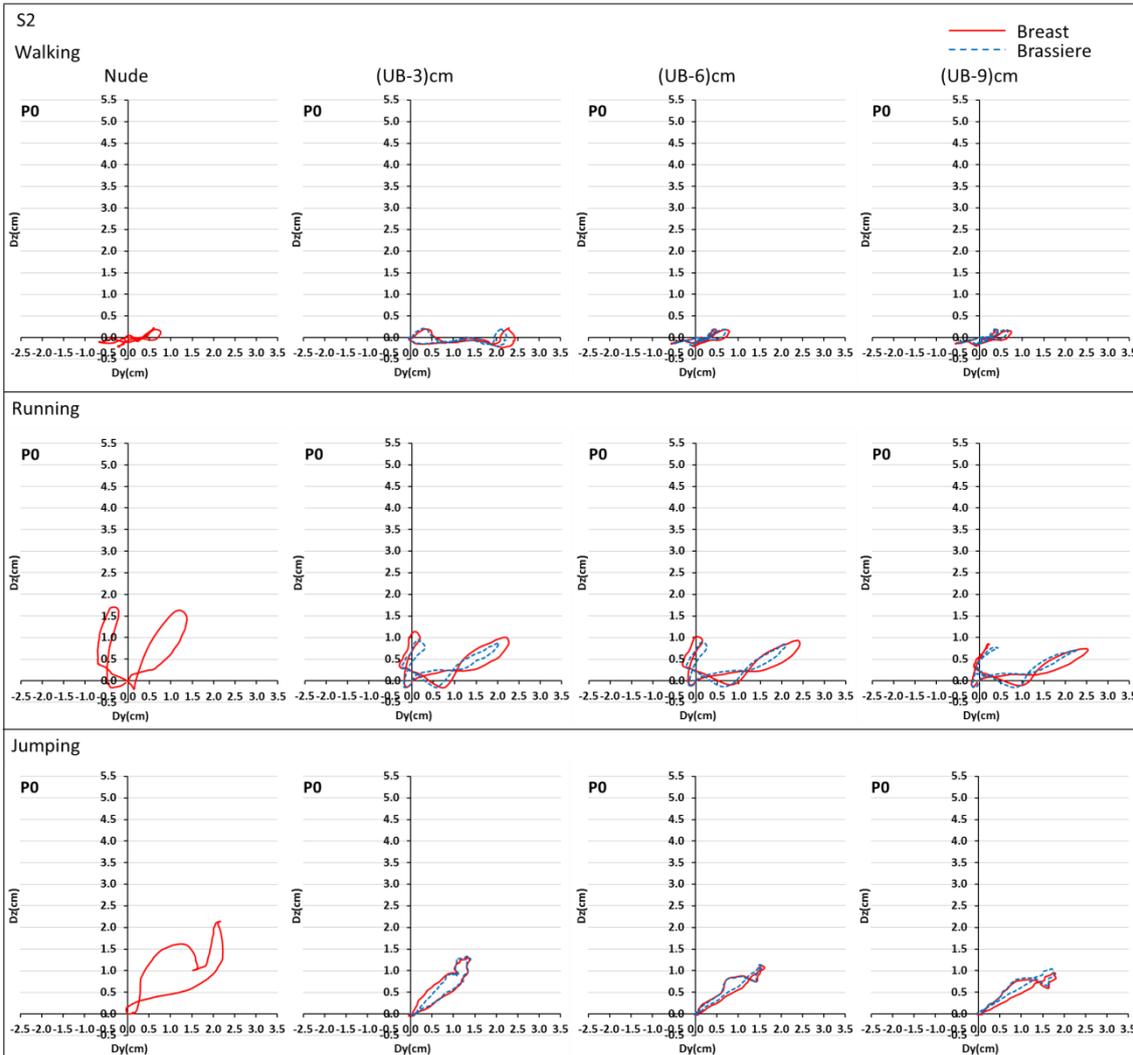
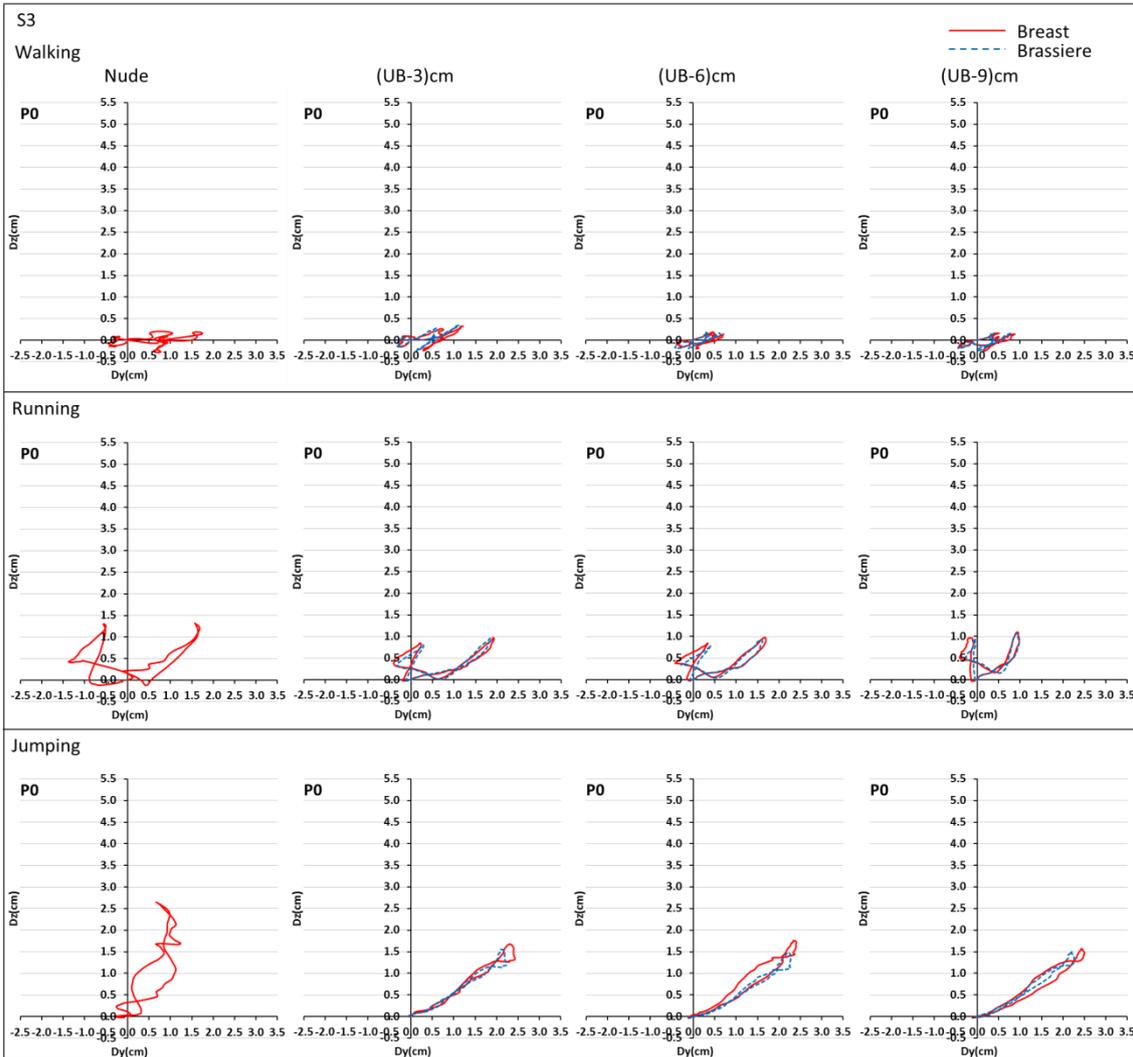
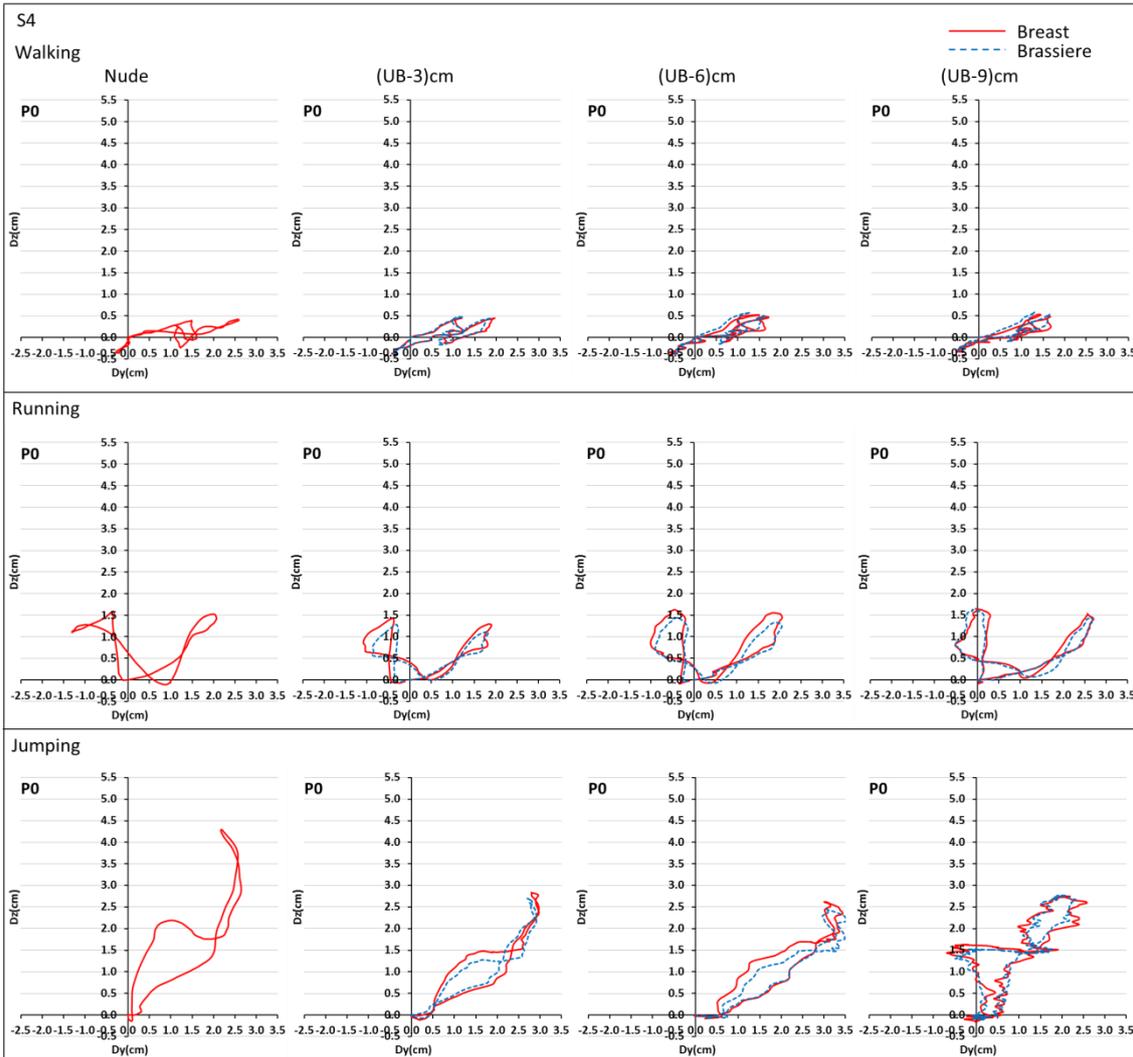


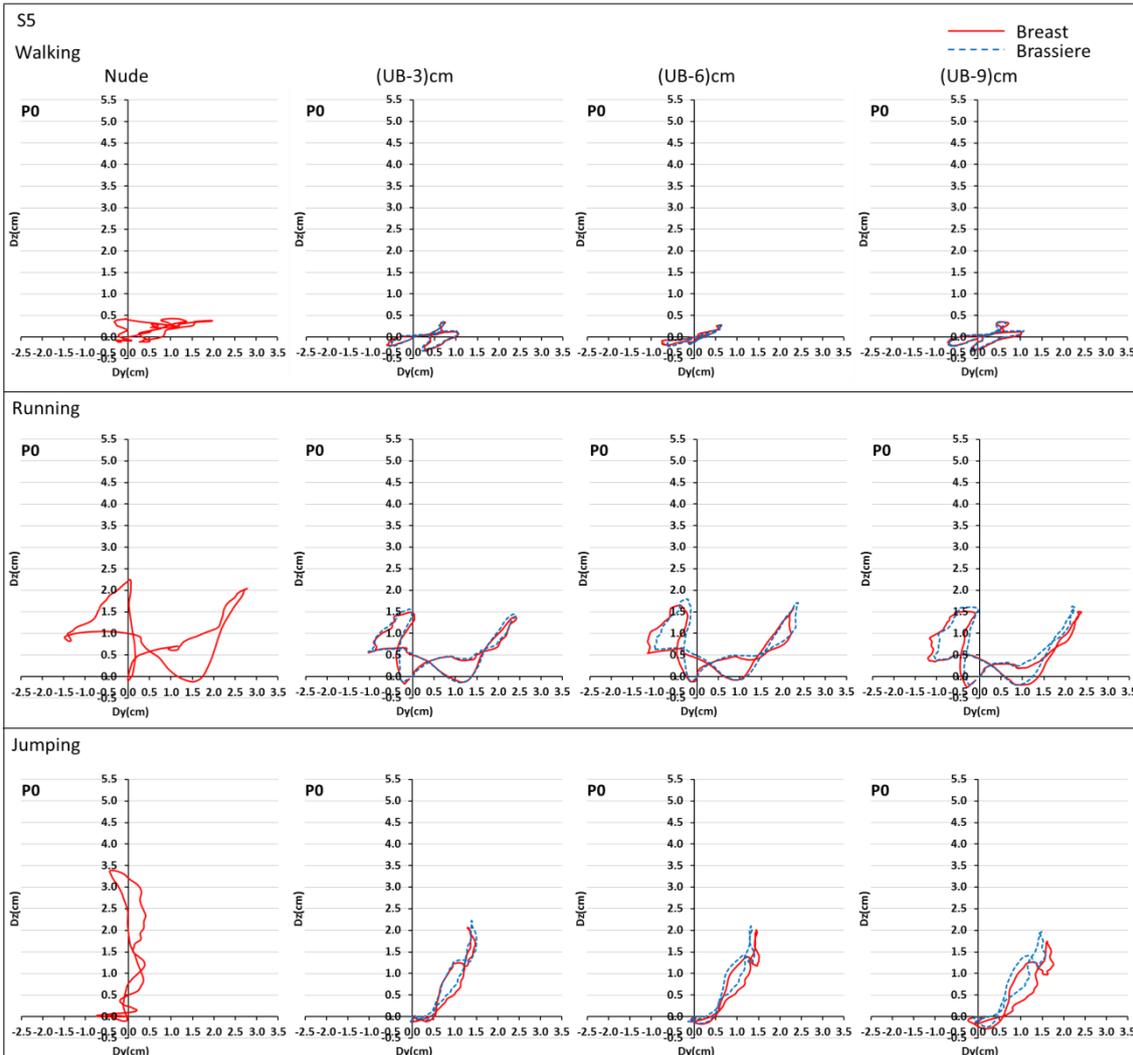
Fig.5.1 Comparison between vibration locus of Point P0 and P0' during walking, running and jumping on the x-z plane











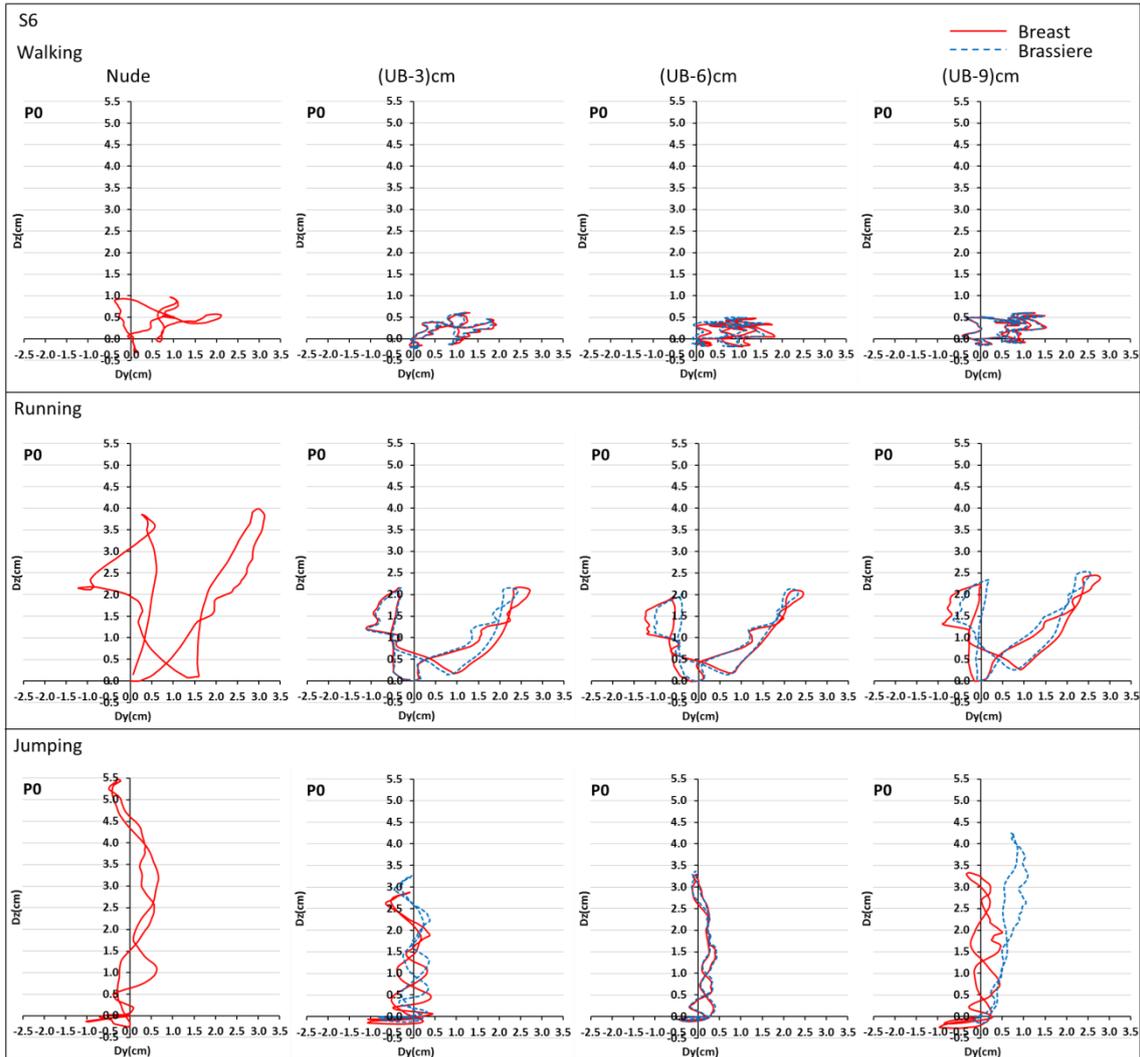


Fig.5.2 Comparison between vibration locus of Point P0 and P0' during walking, running and jumping on the y-z plane

#### 5.4 考 察

岡部ら<sup>3)</sup>は、運動中は乳房とブラのフィット性が変動するためにズレが生じ、その総ズレ量から乳房内側及びカップ下部のズレ量が多いことを明らかにしている。今回は透明ビニールカップ中の乳房振動を観察した結果、いずれの方向も乳房とブラはほぼ同様な軌跡で振動すること、詰め寸法による影響は、正面では大きくないことが示唆された。しかし、側面は、走行・ジャンプ時、乳房の振動の方がブラより大きく、ブラと乳房の間にズレがあることが示唆された。今回使

用した実験用ブラのカップ部の容積は乳房と等しく、フィット性は市販ブラより良いこと、特にビニールという素材による密着効果も乳房とブラのズレが小さかった理由と考えられる。

## 5.5 要 約

(1) いずれの運動においても、乳房とブラはほぼ同様な軌跡で振動している。

(2) ブラ非着用時よりブラ着用時乳房の軌跡面積が小さくなり、ブラの防振効果が見られた。また、ブラ非着用・ブラ着用ともに、乳房が大きい被験者は乳房が小さい被験者より軌跡面積が大きい傾向が示された。

(3) 正面 (x-z 面) でみると、大きい乳房サイズ S4～S6 の走行・ジャンプ時はブラと乳房とのズレが見られた。側面 (y-z 面) でみると、乳房の軌跡はブラより大きく、ブラと乳房との間に若干のズレがあることが示された。

(4) いずれの運動においても本研究で作成した個人対応の実験用ブラと乳房のズレは比較的小さく、これに及ぼす詰め寸法の影響も小さいことが示された。

## 引用文献

- 1) 千葉佳子；スポーツ時におけるブラジャーの着用感について，人間工学，34：408 - 409（1998）
- 2) 岡部和田，黒川隆夫；ブラジャーの官能評価に基づく判定者の類型化，日本家政学会誌，57(11)：743 - 751(2006)
- 3) 岡部和代，黒川隆夫；走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性，日本家政学会誌，56(6)：376 - 388(2005)

# 第 6 章

## 総 括

ブラジャーは、女性のバストの整容性と防振性とを主たる目的として着用されるファンデーションの一つであり、現代女性の必需品となっている<sup>1)</sup>。ブラジャーの運動機能性向上を目的とした多くの先行研究においては、ブラジャーの衣服圧や防振効果について研究されているが、これらはいずれも素材・パターン・構造などがまちまちの市販ブラを対象としたものであり、従って、ブラジャーが包む乳房のサイズや形状とブラパターンとの関係、あるいはブラを構成する素材の特性との関係については、いずれも定性的な指摘にとどまっている。振動抑制に配慮したブラ設計に向けては、被験者の乳房サイズ・乳房形状とブラのパターン・乳房形状・素材との関係を明確にした、より基礎的な研究が求められる。

本研究では、乳房サイズが異なる被験者を対象として、まず、裸体時乳房振動を観察し、乳房の圧縮特性及び皮膚粘弾性との関係を明らかにし、次いで、各被験者の乳房形状に合わせて製作した実験用乳房表面展開ブラジャーを用いて、そのアンダーバストの詰め寸法が異なる場合、乳房・ブラの振動特性とブラの防振効果について検討しようとするものである。

本論文は以下の6章により構成され、各章の概要は以下のとおりである。

第1章「序論」では、本研究の目的、文献的背景及び本論文の構成について記述した。文献的背景は、1. 乳房の構成と特性 2. ブラ の 歴 史、 種 類、 構 成 と サ イ ズ 3. ブラ の 衣 服 圧 に 関 す る 研 究 4. ブラ による 振 動 抑 制 に 関 す る 研 究 5. ブラ の 現 状 に 関 す る 研 究 と 課 題 に 分 けて 記 述 した。

第2章「裸体時運動中の乳房振動」では、乳房の大きさの異なる若年女性8名を被験者として、トレッドミル上で歩行(4km/h)・走行(6km/h)・ジャンプ(1.75Hz)を行わせた時の乳房振動を、ハイスピードカメラにより撮影し、三次元動作解析システムを用いて観察・解析し、運動時乳房振動の最大振幅、平均速度、加速度

を求め、乳房の振動特性について検討した。また、乳房特性と乳房振動との関係を検討するために、乳房の圧縮性と皮膚粘弾性を測定した。統計処理はエクセル統計の 2 元配置分散分析、多重比較及び相関行列によって分析し、危険率 5% 以下を有意とした。結果は以下のとおりである。

(1) いずれの被験者も、歩行時は上下・左右の振幅が僅少で、走行時は上下・左右・前後に大きく揺れる一方、ジャンプ時は歩行・走行時より上下に大きく揺れ、左右の揺れは少ないことが示された。

(2) 乳房の上下振動は、いずれの運動においても基体の動きとは時間的なズレを持って振動し、乳房振動に及ぼす慣性の影響が考察された。

(3) 乳房の上下方向の振幅、速度、加速度は、いずれの運動においても乳房サイズが大きいほど大きく、特に乳房サイズが小さい G1 群と大きい G4 群間には有意差が認められた。左右・上下方向の振幅、速度、加速度は上部・内側の測定点で小さく、ブラによる振動抑制は外側部でより重要と考えられた。

(4) 乳房が大きいほど乳房の圧縮応力は小さく、回復率は大きい傾向が見られた。

(5) 乳房の大きさと、乳房の振幅・速度間には、有意な相関が認められ、乳房が大きいほど大きく揺れることが示された。いずれの運動においても前後方向の加速度は N 点の振動と有意な相関を示し、乳房の前後方向の振動は体幹部の捻転の影響と考えられる。走行時の振幅は皮膚の回復率 R7 との間に正の、圧縮応力  $F_{10\text{mm}}$  との間に負の相関を示し、柔らかい乳房ほど大きく揺れることが示唆された。

第 3 章「実験用乳房表面展開ブラジャーの製作」では、カップサイズの異なる若年女性 6 名を被験者として、テーピングテープを用い、各被験者の右乳房の位置と形状を補整し、石膏包帯法により被験者の補整後の胸部形状を採取・展開した。これを基に被験者毎に実験用の乳房表面展開ブラパターンを作成し、カップ

部には透明なビニールを使用することで、乳房とブラの振動を分けて観察できるようにした。各被験者とも実験用ブラ着用前後の写真と三次元人体計測の結果から、乳房が持ち上げられ、中心に寄せられ、ブラの整容性とフィット性が確認された。

第4章「実験用ブラジャー着用時運動中の乳房振動」では、第3章で製作したブラを用いて、アンダーバストの詰め寸法を[アンダーバスト-3cm、-6cm、-9cm]に設定した各ブラの、アンダーバスト3点における衣服圧を測定し、その際の着用感について官能評価を行った。次いで、ハイスピードカメラを用い、トレッドミル上で歩行(4km/h)・走行(6km/h)・ジャンプ(1.75Hz)を行った際の乳房とブラの振動を同時に観察し、カップ内の乳房振動について検討した。結果は以下のとおりである。

(1) アンダーバストの衣服圧は詰め寸法が大きくなるほど大となり、側面部の衣服圧は他の部位より大きく、圧迫感も大きい。

(2) ブラ着用時、乳房の上下振動は、いずれの運動においても基体の動きとは時間的なズレを持って振動するが、ブラ非着用時よりズレが小さくなった。

(3) 走行時とジャンプ時では左右・前後・上下方向の振幅、速度、加速度においてブラ着用による振動抑制効果が認められ、特にジャンプ時の上下方向については有意差が示された。しかし、いずれについても詰め寸法間には有意差がなかった。ジャンプ時の左右・前後振幅及び歩行時の左右・上下加速度を除き、いずれの運動においても乳房サイズにより振動抑制効果に差のあることが示された。

(4) ブラ着用時、左右・前後方向の加速度は、いずれの運動も身体の運動(N[Ax]、N[Ay])との間に有意な正の相関があり、体の振動が乳房左右・前後の振動を大きく影響することが認められた。これに対し、走行・ジャンプ時の上下方向の加速度については、いずれのブラ着用条件においてもN点の振動との相関はなく、乳

房サイズとの高い相関が見られた。

第5章「実験用ブラジャー着用時運動中の乳房・ブラ振動のズレ」では、第4章の実験からブラ上の測定点の動画像を取り込み、ブラ上の振動を解析し、ブラカップ内の乳房とブラの振動軌跡を重ねることにより、両者のズレを検討した。結果は以下のとおりである。

(1) いずれの運動においても、乳房とブラはほぼ同様な軌跡形状を示した。

(2) ブラ着用時乳房の軌跡面積はブラ非着用時より小さくなり、ブラの防振効果が見られた。また、いずれの着用条件においても乳房が大きい被験者は乳房が小さい被験者より軌跡面積が大きい傾向が示された。

(3) 正面 (x-z 面) については、大きい乳房サイズ S4～S6 の走行・ジャンプ時でブラと乳房とのズレが見られた。側面 (y-z 面) については、乳房の軌跡はブラより大きく、ブラと乳房との間にズレがあることが示された。

(4) いずれの運動もブラと乳房のズレに及ぼす詰め寸法の影響は僅少であった。

第6章「総括」では、各章をまとめ、研究全体の結論について論述し、運動機能性と快適性の向上を目的としたブラジャー設計への展望、および残された課題について述べた。

以上、乳房と乳房表面展開ブラを用いて、その振動特性をハイスピードカメラ、三次元動作解析システムにより検討したところ、20代の若年女性に限った場合でも乳房振動には個人差があり、その要因としては乳房が大きいほど、また乳房が柔らかいほど乳房振動が大きくなることが明らかとなった。また乳房の部位によっても振動特性が異なることも示された。これらの知見はブラの設計において乳房のサイズや柔らかさ等の個人差に配慮する必要があることを示唆している。乳

房と圧縮応力の関係により、やや深く押し込む際の圧縮応力が大きいほど乳房振動が小さいという関係が認められた。乳房を圧縮する場合には、表皮、真皮のみではなく、皮下組織も関係するものであり、今後乳房の皮下脂肪厚についても測定し、乳房の振動特性との関係を検討する必要があるものと考えられる。運動時乳房の前後振動は体幹の捻転に影響されることが示され、今回の実験の基準点 N 点のみでは身体前後の運動の影響が検討できないので、これについては、今後の課題として残された。今回は実験用ブラのアンダーバストの詰め寸法に及ぼす乳房振動の影響を検討したが、ブラの種類や素材などについても今後の研究課題としたい。

## 引用・参考文献

- 37) 諸岡晴美, 福田玲子, 佐々木ヒサエ, 諸岡英雄; 補整用ブラジャーカップ台  
素材伸び特性が衣服圧および快適性に及ぼす影響, 繊維学会誌, 62: 287-292  
(2006)
- 38) 青野敏博; 女性と乳房, 株式会社同朋舎, 京都市: 4 - 5(1984)
- 39) 芦田美和; プロ・デザイナーのための女性下着概要知識と技術, 芦田美和,  
東京都: 014 - 027 (2006)
- 40) 青山まり; ブラの本, 株式会社サンマーク, 東京都: 14(2003)
- 41) 浅野新, 鈴木正, 尾股定夫; 皮膚の力学的特性とその測定法, 日本バイオレ  
オロジー学会誌 (B&R), 6(3): 17 - 25(1992)
- 42) 石丸園子, 中村美穂, 野々村千里, 横山郭士; 人体への加圧部位の違いが心  
理・生理特性に及ぼす影響, 人間工学, 46(5): 325 - 334(2010)
- 43) 伊藤紀子, 山浦美智子, 能勢隆之, 堀野恒雄; 人体表面の圧縮特性に関する  
研究—圧縮特性の測定方法について—, 繊維消誌, 26(5): 204 - 209(1985)
- 44) 伊藤紀子; 圧迫感 (衣服圧) —最適衣服設計のため—, 繊維消誌, 36(1): 38 -  
43(1995)
- 45) 佐藤達夫; からだの地図帳, 株式会社講談社, 東京都, : 62 - 64(2013)
- 46) 池田盈造; スポーツウェアについて, 繊維学会誌 (繊維と工業), 37(1): 43 -  
46(1981)
- 47) 梅屋潤一郎; 皮膚の粘弾性測定装置の開発とレオロジー的解析, 日本レオロ  
ジー学会誌, 23: 197 - 206(1995)
- 48) 岡田宣子; 体つきの意識と生活行動, 日本家政学会誌, 43(1): 37 - 44(1992)
- 49) 岡久雄; 皮膚力学特性の計測とその評価, バイオメカニズム学会誌, 16(3):  
181 - 187(1992)
- 50) 岡久雄, 入江隆; 皮膚軟部組織モデル化のための生体定数, バイオメカニズ

- ム学会誌, 17(4) : 216 - 222(1993)
- 51)岡部和代, 黒川隆夫;ブラジャー着用時と非着用時の運動中の乳房振動特性,  
日本家政学会誌, 54(9) : 731 - 738(2003)
- 52)岡部和代, 大槻尚子, 黒川隆夫;呼吸と乳房振動に伴うブラジャーカップ内  
の衣服圧変動, 京都女子大学紀要, 50 : 60 - 65(2005)
- 53)岡部和代, 黒川隆夫;若年女子ブラジャー着用時の乳房の 3 次元偏位特性,  
織消誌, 45(6) : 36 - 44(2004)
- 54)岡部和代, 黒川隆夫;走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性,  
日本家政学会誌, 56(6), 376 - 388(2005)
- 55)岡部和代, 黒川隆夫;スポーツブラジャー設計のための走行中の乳房振動,  
衣服圧変動, ブラジャーと乳房のズレの相互関係の解明, デサントスポーツ  
科学, 27(2006)
- 56)岡部和田, 黒川隆夫;ブラジャーの官能評価に基づく判定者の類型化, 日本  
家政学会誌, 57(11) : 743 - 751(2006)
- 57)岡部和代, 榎垣文彩, 藤上明子, 鍵山和香;日本製とブラジル製のブラジャ  
ーの素材構造特性の比較と日伯若年女子の官能評価について, 織消誌,  
51(11) : 61 - 68(2010)
- 58)川端博子, 谷田貝麻美子;乳がん術後女性のブラジャーの着用実態からみた  
不具合, 日本家政学会誌, 62(10) : 649 - 658(2011)
- 59)川端博子, 山田祥子, 鳴海多恵子;授乳用ブラジャーの販売傾向・着用評価・  
耐久性に関する研究, 日本家政学会誌, 64(5) : 243 - 251(2013)
- 60)賀来大次;スポーツウェアの現状と将来, 織消誌, 22(12) : 490 - 493(1981)
- 61)菊池直子, 佐々木陽, 久慈るみ子, 大野静枝;画像解析手法のブラジャー疲  
労測定への応用, 家政学会誌, 37(10) : 871 - 876(1986)
- 62)菊池直子;着衣時のブラジャーの変形傾向について, 岩手県立大学盛岡短期

- 大学部研究論集, 3 : 29 - 37 (2001)
- 63) 岸本泰蔵 ; 現代女性の形態美, バイオメカニズム学会誌, 26(3) : 122 - 126 (2002)
- 64) 黒川隆夫, 篠崎彰大 ; 三次元計測データのファンデーション garments 設計への導入, 人間工学, 29 : 42 - 45 (1993)
- 65) 黒川隆夫 ; アパレル分野における体形モデルとその応用, 繊維学会誌 (繊維と工業), 54(6) : 204 - 208 (1998)
- 66) 小池晴巳 ; 成人女子の衣料サイズについて, 繊維消誌, 29(2) : 47 - 52 (1988)
- 67) 小栗諒子, 牧尾理, 桑水流理, 宮本久喜三 ; エアジェット押込試験による皮膚弾性特性計測の有効性に関する理論的考察
- 68) 小林一敏, 湯川治敏, 内藤耕三 ; 筋肉特性を考慮した粘弾性モデルによるランニングにおける能動的力の推定, 日本機械学会論文集 (C 編), 64(623) : 114 - 118 (1998)
- 69) 小松義也, 富塚勝重, 佐藤精三 ; スポーツウェアの機能とその素材特性, 繊維学会誌 (繊維と工業), 37(1) : 34 - 39 (1981)
- 70) 斉藤秀子, 田村照子 ; 成人女性の皮下脂肪分布について第 1 報— 軀幹部の皮下脂肪厚, 11(5), 495 - 505 (1992)
- 71) 斉藤秀子, 田村照子 ; ブラジャー着衣時の胸部振動特性とその年齢による相違, 被服衛生学, 33 : 2 - 8 (2014)
- 72) 佐藤哲 ; 加齢にともなう皮膚の伸展性と収縮性の変化, 日本老年医学会雑誌, 19(4) : 376 - 380 (1982)
- 73) 薩本弥生, 望月真理 ; 着心地の良い授乳期のブラジャー設計に関する基礎研究, 繊維消誌, 47(12) : 62 - 69 (2006)
- 74) 塩野裕貴子 ; 現代女性のブラジャーに対する意識について, Kobe College of Liberal Arts, 38 - 48 (2005)

- 75) 鈴木公啓, 菅原健介, 完甘直隆, 五藤睦子 ; 見えない衣服—下着—についての関心の実態とその背景にある心理的効用, 織消誌, 51(2) : 25 - 39(2010)
- 76) 下田満智子 ; 最近のファンデーション・ランジェリー, 織消誌, 23(10) : 413 - 419(1982)
- 77) 下田満智子 ; インナーとアウターのはさまの50年史—女性・生活・衣服・身体・意識について—, 織消誌, 40(9) : 15 - 21(1999)
- 78) 清水義雄, 佐々木和也, 渡辺敬一, 近田淳雄, 加藤陽一, 清水裕子 ; ブラジャーの動的被服圧測定, 繊維学会誌, 49(1) : 57 - 62(1993)
- 79) 清水裕子, 戸塚歌子, 大塚伊里子, 松島貴子 ; 織消誌, 28(1) : 17 - 24(1987)
- 80) 篠崎彰大 ; 体型の補整などを目的とした下着について, パイオメカニズム学会誌, 16(4) : 35 - 41(1992)
- 81) 菅原智子, 酒井進吾, 井上紳太郎, 高橋英孝, 山門實 ; 老化指標としての皮膚弾力性パラメータの有用性, 人間ドック, 20(3) : 483 - 486(2005)
- 82) 周防珠実 ; 女性下着の歴史や動向について, 織消誌, 50(10) : 206 - 209(2009)
- 83) 鈴木直恵, 岡田宣子 ; 小学校3年生から6年生女子の衣生活行動, 人間工学, 35 : 338 - 339(1999)
- 84) 竹内友昭 ; 乳房の運動とブラジャー, 人間工学, 20(2) : 65-68(1984)
- 85) 高橋元次 ; 皮膚の機能・特性と物理計測, 表面科学, 35(1), 4 - 10(2014)
- 86) 田村照子, 成瀬正春, 諸岡晴美, 小柴朋子 ; アパレル生理衛生論, 日本衣料管理協会 : 78 - 98(2016)
- 87) 田村照子 ; 衣服圧の功罪, 日本家政学会誌, 51(11) : 1089 - 1092(2000)
- 88) 田村照子 ; 触・圧刺激から見た下着の未来展望, 織消誌, 42(5) : 278 - 283(2001)
- 89) 田村和子, 小松弘枝, 大原啓志 ; 下着に対する関心度の測定—公立高校の女子生徒とその母親における調査から—, 繊維機械学会誌, 45(11) : 84 - 88(1992)

- 90) 田中道一；被服の運動機能性と快適性，織消誌，25(9)：28 - 34(1984)
- 91) 玉川長一郎；下着のエルゴノミックサーベイと流行性，繊維工学，23(9)：19 - 23(1970)
- 92) 千葉佳子；スポーツ時におけるブラジャーの着用感について，人間工学，34：408 - 409 (1998)
- 93) 都築和代，水野一枝；スポーツウェアの科学，高分子，50：530-533(2001)
- 94) 土田和義，原田隆司；各種衣服材料の伸長特性と衣服圧との関係，繊維機械学会誌，41(7)：5 - 14(1988)
- 95) 土井一浩，三木将仁，森田真史；押し込み試験による皮膚組織のヤング率測定における Hertz 接触理論展開，日本機械学会論文集，82(833)：1 - 12(2016)
- 96) 中野広；女性の服装美と体型，織消誌，27(8)：21 - 26(1986)
- 97) 日本衣料管理協会；ブラジャーに関する調査報告書：2004.7
- 98) 畠山絹江，土井サチヨ，福井弥生，内藤美保子，奥村董；ブラジャー設計に関する基礎研究Ⅲ，人間工学，20：174-175(1984)
- 99) 畠山絹江，前川佳徳；バスの 3 次元形状とブラジャー着用によるかたちの評価，人間工学，37：568 - 569(2001)
- 100) 樋口ゆき子，沖浜光子，田中道一；ブラジャーの機能性に関する研究（第 1 報）—ブラジャーの防振効果について—，家政学会誌，23(3)：12 - 16(1972)
- 101) 樋口ゆき子，中條邦子；スポーツ用ブラジャーの着用性能につて，人間工学，20：176 - 177(1984)
- 102) 樋口ゆき子；ブラジャーの官能評価，人間工学，20(2)：73 - 80(1984)
- 103) 深井晃子；乳房の文化論—揺れ動くおっぱい—，乳房文化研究会，株式会社淡交社，京都市：249 - 274(2014)
- 104) 福原衣麻；ブラジャーのフィット性に関する研究，日本女子大学大学院紀要，16：157-163(2010)

- 105) 布施谷節子, 松本智絵美; ブラジャーによる振動抑制効果に関する 3 次元  
元的考察, 和洋女子大学紀要, 46 : 1 - 12(2006)
- 106) 本田貞; 皮膚筋系静的硬度測定装置の開発ならびに応用に関する基礎的  
研究, 日衛誌, 45(4) : 860 - 872(1990)
- 107) 三吉満智子; 服装造形学理論編 I, 文化出版局, 東京都 : 108 - 113
- 108) 松本雅子, 田端和代, 黒木邦子, 杉村恵美子, 畑中京子, 和田富雄; 乳  
房の大きさと自己検診について, 日乳癌検診学会誌, 6(3) : 315 - 321(1997)
- 109) 松山容子, 伴浩美; ブラジャーの寸法適合の評価, 人間工学, 25 : 92 -  
93(1989)
- 110) 間壁治子, 百田裕子, 三野たまき, 上田一夫; ブラジャーの衣服圧に関  
する研究, 織消誌, 32(9) : 34 - 41(1991)
- 111) 間壁治子, 赤塚博江; ファンデーションの着用に関する現状調査につい  
て, 織消誌, 26(11) : 464 - 471(1985)
- 112) 諸岡晴美, 福田玲子, 中橋美幸, 佐々木ヒサエ, 諸岡英雄; 補整用ブラ  
ジャー下部胸囲部分における衣服圧と着用感, 繊維学会誌, 61(2), 55 -  
60(2005)
- 113) 村田喜子; ブラジャーの顧客要求品質を探る, 織消誌, 44(1) : 22 -  
27(2003)
- 114) 山野井昇; 加齢と皮膚感覚, 繊維と工業, 54(7) : 237 - 241(1998)
- 115) 湯浅景元, 永哲夫; 超音波法による皮下脂肪厚分布パターン, 体力科学,  
36 : 36 - 41(1987)
- 116) 龍多美子; 美胸セラピー, 株式会社青春出版社, 東京都 : 31(2008)
- 117) 渡辺ミチ, 田村照子, 岩崎房子; 衣服圧の身体に及ぼす影響 (第 2 報)  
—上腕部衣服圧について—, 家政学雑誌, 24(5) : 397 - 402(1973)
- 118) 渡辺篤志, 小林博子, 奥田知規, 川澄岩雄, 島津秀昭; 体表組織弾性特

- 性の非接触計測の原理的検討とシステム開発, 生体医工学, 43(1) : 109 - 116(2005)
- 119) 和田直久 ; 婦人のスポーツ志向とスポーツウェア, 繊維学会誌 (繊維と工業), 37(1) : 66 - 69(1981)
- 120) 綿貫茂喜, 三平和雄 ; 与圧服着用時における圧迫感と脈波の変化につて, Ann. Physiol. Anthropol., 6(4) : 247-254(1987)
- 121) 陸小聰 ; 現代中国におけるスポーツ産業政策に関する歴史的研究, スポーツ産業学研究, 13(1) : 23 - 33(2003)
- 122) REN Jingping, Yan Ying, ZHOU Xinglong ; Research on the Impact of Sports and Bras on Breast Movement in Walking and Running with Different Speed, Journal of Capital University of Physical Education and Sports, 27(2) : 172 - 177(2015)
- 123) Aya Miyatsuji, Tamaki Matsumoto, Sachiko Mitarai, Tetsuro Katabe, Takehiro Takeshima, Shigeki Watanuki ; Effects of Clothing Pressure Caused by Different Types of Brassieres on Autonomic Nervous System Activity Evaluated by Heart Rate Variability Power Spectral Analysis, J. Physiol. Anthropol, 21(1) : 67-74(2002)
- 124) D. Choi, K. Nakamura, T. Kurokawa ; Simulation of Brassiere - Wearing Figures Using Multi-Regression Models and Its Evaluation , J. Test. Mach. Soc, Japan, 58(6) : 35 - 41(2005)
- 125) D. Choi, K. Nakamura, T. Kurokawa ; Analysis and Classification of Three-Dimensional Breast Shape Using Human Body Model, Journal of Textile Engineering, 52(6) : 243 - 251(2006)
- 126) J. Ueyama, M. Takahashi, H. Komatsu, Y. Machida, S. Fukushima ; in vivo measurement of skin visco-elasticity, J. Soc. Cosmet. Chem. Japan,

- 20(2) : 98 - 102(1986)
- 127) Y.Chinen, L.Wakako, Hi,Morooka, Ha,Morooka, Y.Matsumoto ; Influence of Forms of Brassieres on Beauty of Bust Clothing Silhouettes, Journal of Textile Engineering, 55(1) : 29-37(2009)
- 128) M.Takanokura, M.Yoshinaga, S.Kawakami ; Research on young women' s skin elasticity and subcutaneous part structure in the upper half of the body, 38<sup>th</sup> Symposim on Human-Environment System : 257 - 258(2014)
- 129) S.Ishimaru, Y.Isogai, M.Matsui, K.Furuichi, C.Nonomura, A.Yokoyama ; Clothing Design Method for Realizing Comfortable Clothing Pressure by Using Finite Element Method—Method for Obtaining Appropriate Clothing Pressure for Girdle, Journal of Textile Engineering, 57(3) : 75 - 88(2011)
- 130) Y.Shimizu, K.Sakaki, A.Sakaguchi, T.Karasawa, A.Konda, Y.Kato, H.Shimizu ; The Development of Equipment for Simultaneous Measurement of Shape and Softness of Human Body, SEN-I GAKKAISHI, 49(10) : 52 - 56(1993)
- 131) Y.Chinen, L.Wakako, Hi,Morooka, Ha,Morooka, Y.Matsumoto ; Influence of Forms of Brassieres on Beauty of Bust Clothing Silhouettes, Journal of Textile Engineering, 55(1) : 29-37(2009)

## 謝 辞

本論文の終わりに際し、本研究を遂行し学位論文作成において多くの御支援と御指導を賜りました、指導教官である文化学園大学大学院生活環境学研究科名誉教授田村照子先生に深く感謝しております。修士に入ってから5年間、原理から専門知識を教えていただいたこと、終始暖かく丁寧なご指導いただいたこと、また優しく励ましてくださったことを通して、研究の意義・楽しさを味わうことができ、学問・研究の道に導いてくださいました。さらに、学問・研究以外にも、今までずっと生活や人間関係などの相談に乗っていただきましたことは、学生の私にとって、今後の人生の中で本当に宝物だと思います。5年間、本当にありがとうございました。

論文作成にあたり、博士課程への進学および研究全般にわたる有益なる御助言を賜りました、副指導教官である文化学園大学大学院生活環境学研究科教授小柴朋子先生に心より感謝申し上げます。論文の執筆の過程で日本語の表現を熱心に御指導いただいたこと、また夜遅くまで論文をチェックしていただいたこと、感謝の意を表します。

実験において、実験方法や装置の使用方法などについて、多くの御助言・御指導・御尽力を賜りました、機能デザイン学研究室の斎藤嘉代教授、永井伸夫教授、佐藤真理子准教授、須田理恵准教授、松井有子助手、青木識子副手、李恩眞副手に心より感謝申し上げます。

博士課程在学中、同期の瀬尾香さん・徐賢敏さん及び後輩の危希曦さん・汪清さん・神谷法子さん・杉山智子さんの存在が、研究を進めていく上で、大きな励みとなったことを記すともに、心より感謝を申し上げます。

さらに、本研究の被験者を引き受けていただいた皆様に感謝いたします。

加えて、奨学金をいただいた公益財団法人ロッテ財団、また留学の研究生活を支え協力してくれた、両親と夫に対して深く感謝したいと思います。