

# 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

京都女子大学短期大学部 岡部 和代  
(共同研究者) 京都工芸繊維大学大学院 黒川 隆夫

## A Study of the Relationships between Breast Vibration, Clothing Pressure and Dislocation under Running Condition for Designing Sports Brassiere

by

Kazuyo Okabe

*Kyoto Women's Junior College*

Takao Kurokawa

*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology*

### ABSTRACT

Sports brassieres play an important role in the development of sports activities and the achievement of good records in female athletes. However, they have been designed not so scientifically since breast vibration in the brassiere cup is so complicated and the spatial relationship between the breasts and the brassiere has not been clarified. As a basic research for designing sports brassieres, breast vibration, changes in the clothing pressure and dislocation of breasts from the brassiere in running condition were analyzed using a method where the brassiere cup was removed for visualizing breast movements without deteriorating supporting function of the brassiere.

Under the condition covered with the brassiere cup, breasts vibrated in running condition. Changes in the clothing pressure were most evident at the lower part of the cup. Clothing pressure at the lower part of the cup decreased with upward movements of the breast, while it increased with downward movements of the breast. Dislocation of the

breast from the inside surface of the brassiere was noted resulting in the deterioration of fitting. The dislocation was most remarkable on the medial side of the lower cup especially in subjects with soft breasts. The breast vibrated at the same frequency of running, which caused changes in the clothing pressure and the dislocation of breasts from the brassiere.

## 要 旨

女子のスポーツの振興や記録の向上を図るうえでスポーツブラジャーが果たす役割は大きい。しかし、スポーツ時のブラジャーカップ内の乳房振動やブラジャーと乳房との相互関係の解明が行われていないため、設計は経験や勘に頼らざるを得ない。そこでスポーツブラジャー設計のための基礎研究として、走行中の乳房振動、衣服圧変動、スポーツブラジャーと乳房とのズレを分析した。またこの目的のために、ブラジャーのカップ部を剥離して、その機能を逸らさず視覚化する方法を案出した。

走行中、乳房はブラジャーのカップ内で振動し、衣服圧変動が下カップ部に顕著に表れた。乳房の重みのかかる部位である下カップ部の衣服圧は、乳房が上方向に振動した時に低く、下方向に振動した時に高くなった。カップ内部ではブラジャーと乳房がズレ、ブラジャーと乳房のフィット性が変化していることが分かった。ズレ量は下カップ部の正中側が最も多く、また柔らかい乳房にズレやすい傾向がみられた。乳房はカップ内で走行周期に応じてブラジャーとは異なる振動を示し、その影響で衣服圧が変動するとともに、スポーツブラジャーと乳房にズレが生じるという相互関係が明らかとなった。

## 緒 言

運動機能性に優れたスポーツブラジャーを設計するためには、ブラジャーと乳房との関係を科学的に分析して、相互の特性から得られる情報を設

計に導入する理論の構築が必要である。特に、ブラジャーは胸部に密着していることから、ブラジャー上の表面形状の特性ではなく、カップ内の乳房とブラジャーとの関係の解明が求められる。静止時にフィットしていたブラジャーも、運動時には乳房振動の影響を受けて変化する。女子のスポーツの振興や記録の向上を図るためには、運動中のブラジャーカップ内の乳房振動やブラジャーとのズレの特性を明らかにすることが重要である。しかし、ブラジャーが乳房という特殊な部分を対象とすることや、ブラジャー内の乳房の動態がとらえ難いことなどから、運動機能性の問題は難しい課題とされ<sup>1)</sup>、実際、乳房の静態や動態特性についての報告は非常に少ない<sup>2~5)</sup>。

そこで私たちはブラジャーカップを分離して、その機能を逸らさず視覚化する方法を案出し、ブラジャー着用時の乳房の3次元偏位<sup>6)</sup>や乳房振動特性<sup>7~9)</sup>を研究している。

本研究では、非着用時の乳房振動と乳房の弾性を計測して分析した上で、走行中のスポーツブラジャー内の乳房の動き、ブラジャーカップ上の動き、下肢の動き、および衣服圧を同期させて測定し、要因相互の関係から、スポーツブラジャー着用時の乳房振動とズレの特性を明らかにすることを目的とする。

## 1. 研究方法

### 1. 1 測定点

左乳房を対象として図1に示す測定点を設定した。まず、乳房下端の基底曲線（乳房下皮膚線）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を外輪とし、次に乳頭点を中心として垂直、水平およびそれらと45°の角度を成す直線上で、外輪と乳頭点との実距離を3等分して中輪と内輪とした。このうち中輪と内輪を8分割した線の交点、16点について乳房の硬さ指標の測定を行った。スポーツブラジャー非着用時の乳房振動、ブラジャー着用時の乳房振動と衣服圧とズレの測定点は図1に示す1~5の5点とした。これは、乳房を垂直、水平の線で分割する4つの領域の中央位置(1~4)と、乳首を外した乳房中央位置(5)である。以下これらをpoint 1~point 5とする。なお、図1に示すR1~R3は、計測した画像追跡データから体幹部の動きや姿勢の変化を除去して乳房振動を抽出するための基準点である。

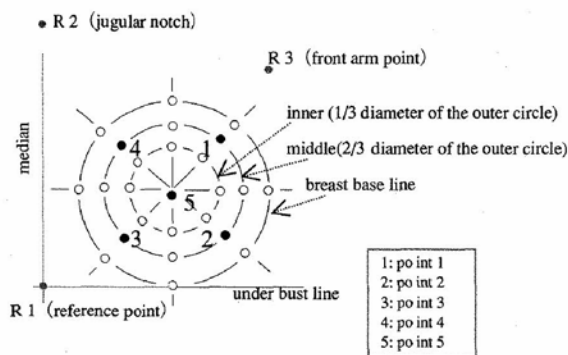


図1 Five measuring points on the left breast

### 1. 2 被験者の属性

被験者は年齢20~26歳の標準体型の健康な若年女子11名である。表1に被験者S1からS11の乳房の体積と硬さ指標を示す。乳房体積は3次元計測機で計測した乳房を錐体で近似し、外輪の底

面積と高さから求めた。乳房の硬さ指標は、各測定点の皮膚表面をデジタルフォースゲージ(DFG-1K:日本電産シンポ(株)製)で押し込み測定し、測定値から押し込み量と押し込みに必要な力の関係を指数関数  $p = ae^{bk}$  で近似して求めた。表1に示した乳房の硬さは測定点16点の平均値である。乳房の硬さ指標は押し込みに要する力を反映しており、最小値を示すS1が最も柔らかい乳房、最大値を示すS11が最も硬い乳房である。乳房の柔らかい順に被験者番号を付したが、概して大きい乳房が柔らかい傾向にあった。

### 1. 3 非着用時の乳房振動の測定と分析方法

図1に示した測定点にマークを付けた被験者に、計測開始から3sec間の直立静止姿勢を取らせた後、トレッドミル上を一定速度(6km/h)で2min間走行させた。走行速度は、被験者が左手を腰部の定位置に置き、腕を動かさずに安定した走行ができる限界とし、実験中は一定の走行を行うためにメトロノームを利用した。

動画像の取り込みには、2次元の運動画像解析システム(MA-K100:(株)櫻村製)を用い、1台のCCDカメラは左乳房部の各測定点ほぼ正射影と見なせる位置に、もう1台は左下肢部(計測点は左外果点、左腓骨上縁点、左つま先点)が側面から撮影できる位置に固定し、2台のカメラからの画像を同期させて取り込んだ。

測定開始から30sec間の動画像を0.1sec間隔に座標値に変換した。x, y座標値は、撮影開始直前に取り込んだスケールを基に実寸換算した。画

表1 Volume and stiffness of the left breast

		left breast volume (cm <sup>3</sup> )				
		151~200	201~250	251~300	301~350	351~400
stiffness of breast (kPa)	2.0~2.9	-	-	-	S1	-
	3.0~3.9	-	S4	S2・S5	-	S3
	4.0~4.9	-	-	S8	S7	S6
	5.0~5.9	S9	-	-	-	-
	6.0~6.9	S10	-	-	-	-
	7.0~7.9	S11	-	-	-	-

Subjects : S1 ~ S11

像の原点は画面左上端にあり、画面上で水平方向がx座標、垂直方向がy座標となる。

乳房振動のデータは、乳房上各点 (point 1~point 5) の座標値から体幹部の動きを図1に示したR1~R3の座標値を利用して除去し、振動の時系列データを得た。まず、基準点 (R1) の動きを体幹部の画像面内での平行移動とみなし、乳房上各点のx, y座標値から同時刻の基準点のx, y座標値を減じた。次に、走行周期に応じた画像面内の回転の影響を除去するために、基準点とR2の関係を用いて角度補正を行い、乳房上各点の座標値から体幹部の画像面内における回転の影響を除去した。最後に、基準点とR3の関係を用いて角度補正を行い、水平面内での回転の影響を除去した<sup>9)</sup>。以上、左乳房上各点の0.1sec間隔の値を補正し、乳房振動の時系列データとした。また、乳房振動特性を明らかにするために離散型フーリエ変換により周波数解析を行った。

#### 1. 4 スポーツブラジャー着用時の乳房振動、カップ内の衣服圧、乳房とブラジャーのズレの測定と分析方法

実験で用いたスポーツブラジャーは、市販品のカップ部分の装飾部を除去して、カップ部を基盤のマーキセット (伸び止めとして使われる半透明の裏打ち編地) のみとしたものである。これによりカップ内の乳房部に付けたマークの画像計測が可能となった。カップ部が半透明の試料と市販品の違いに有意差は認められなかった<sup>10)</sup>。ブラジャーサイズは被験者に適合したものとした。

衣服圧測定にはエアパック方式の接触圧測定装置 (AM-7102HSL: (株) AMI製) を用い、サンプリング間隔0.1secでデータを取り込んだ。

走行中のカップ内の乳房の動き、ブラジャー上の動き、衣服圧の測定を同位置に設定するために、乳房上の動きを追跡するマークは、圧力センサー

のエアパック ( $\phi$  20mm) の中点とした。ブラジャー上のマークは、カップ部を透してエアパックの中点にあたる位置に付けた。1. 3と同条件で、被験者が6km/hで走行する間の画像計測と衣服圧計測を同期させてCCDカメラで取り込んだ。動画像からカップ内とカップ上の測定点の座標を0.1sec間隔にx, y座標値に変換した。なお、カップ内の測定点は、カップ上のマークで隠れるため、乳房上に付けた円形エアパックの外周上の任意の3点を0.1sec間隔に計測し、その値から中点座標を算出した。

ズレは、ブラジャー上の振動データから同時点の乳房上の振動データを減じて求めた。

最後に周波数解析で得たデータを用いて、ブラジャーカップ内で生じる乳房振動と衣服圧変動ならびにブラジャーと乳房のズレの相関分析を行った。

## 2. 結果および考察

### 2. 1 非着用時とスポーツブラジャー着用時の乳房振動特性

図2に非着用時の乳房振動軌跡を、図3にスポーツブラジャー着用時のカップ内の乳房振動軌跡を、柔らかい乳房 (S1) と硬い乳房 (S11) の被験者の事例で示す。これは、point 1~point 5の30sec間の乳房振動データを描き、図1に示した位置に応じて配置した図である。柔らかい乳房

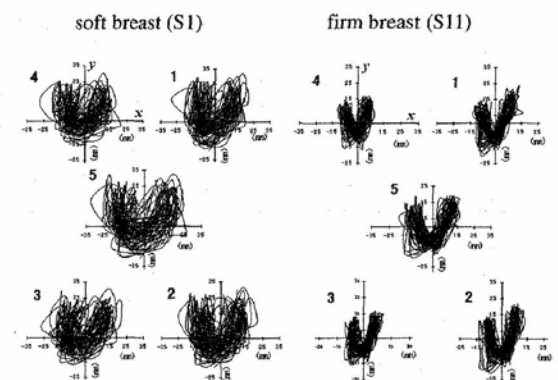


図2 Traces of 5 measuring points without brassieres measured for 30 seconds in a subject with soft breasts (S1) and a subject with firm breasts (S11).

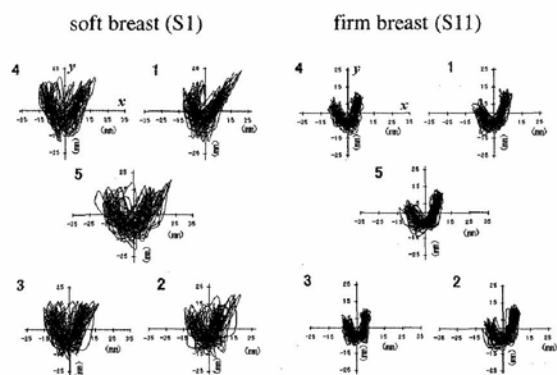


図3 Traces of 5 measuring points with a sports brassiere measured for 30 seconds in a subject with soft breasts (S1) and a subject with firm breasts (S11).

(S1)の方が硬い乳房(S11)より大きく揺れ、しかも1周期の振動軌跡の変動も大きいことが分かる。また、非着用時(図2)の方がブラジャー着用時(図3)の乳房振動よりも振動幅が広い。ブラジャー着用時の乳房振動軌跡は、非着用時の個々の乳房振動の特徴をある程度反映した様相となっている。片側の乳房に対する左右足の影響は等しくなく、その結果、左右への揺れが異なることが振動軌跡に現れている。

この乳房振動は走行によるものであり、足と乳房挙動の関係をみるために、左外果点の上下の動きと衣服圧変動、point 3の垂直方向のカップ上の振動とカップ内の乳房振動を図4に示した。左外果点は、計測開始から3sec間の静止姿勢時は動かず、走行(6km/h)中には規則的な上下運動を示している。この間、ブラジャー上もカップ内の乳房も、垂直方向の振動には大きい振幅と小さい振幅が交互に繰り返し生じた。またpoint 3の衣服圧は変動した。この衣服圧変動は乳房の垂直方向の振動振幅にほぼ比例するとともに、逆位相になった。そこで、この周期的な変動の特性を明らかにするために周波数解析を行った。

図5に、ブラジャー着用時の走行中のカップ内の乳房振動に関するデータを周波数解析した結果を、柔らかい乳房(S1)と硬い乳房(S11)とを対比させて示した。走行周期に応じ、水平方向(x)、垂直方向(y)ともに各測定点の振幅のピー

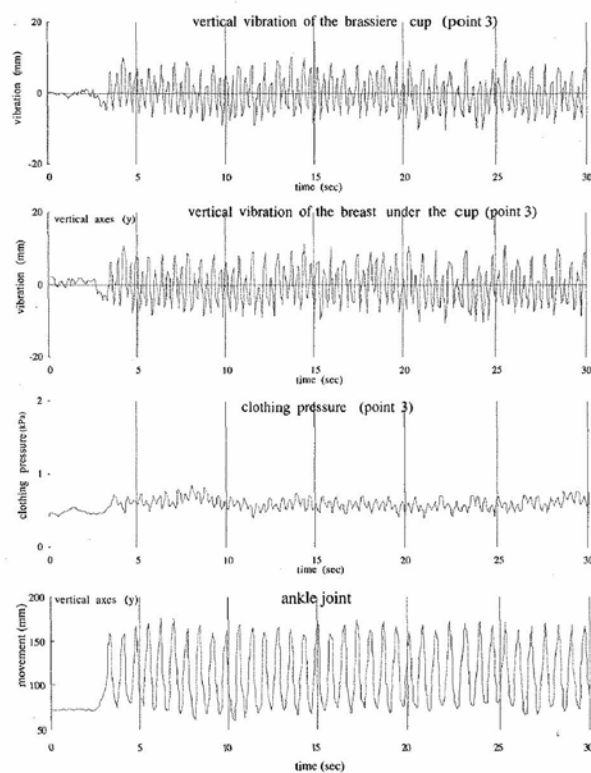


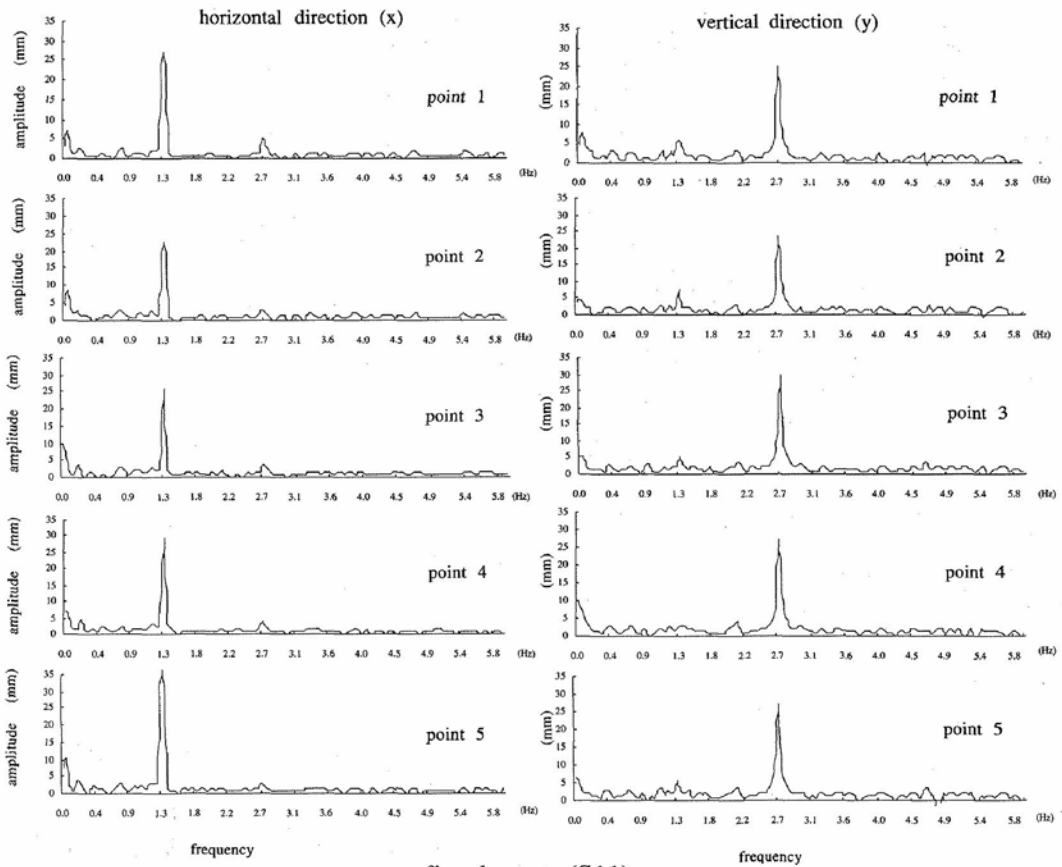
図4 Vertical vibration of the brassiere cup, vertical vibration of the breast under the cup, clothing pressure at the point 3 and movement of the ankle joint simultaneously measured for 30 seconds in the case of subject S11.

クは同じ周波数に表れた。垂直方向の振動振幅のピークは左右足の周波数(2.73Hz)に表れ、同側の足の蹴り上げの影響を強く受けている。水平方向の振動振幅のピークは左足の周波数(1.34Hz)に表れた。柔らかい乳房と硬い乳房との振動振幅の相違は、垂直方向より水平方向に大きく表れた。すでに報告した4km/h走行時<sup>7)</sup>より振動振幅は著しく大きく、運動の強さの影響が水平方向に顕著に表れた。

図6に、非着用時とスポーツブラジャー着用時のカップ内の乳房振動の関係を振幅が最大となる周波数、すなわち水平方向(x)は1.34Hz、垂直方向(y)は2.73Hzにおける振動振幅の値で表した。

垂直方向の最大振動振幅は、非着用時よりブラジャー着用時の方が小さく、point 3を除くと、ブラジャー着用でほとんどの点の振動振幅が抑制された。しかし、水平方向ではそのような傾向が認

soft breast (S1)



firm breast (S11)

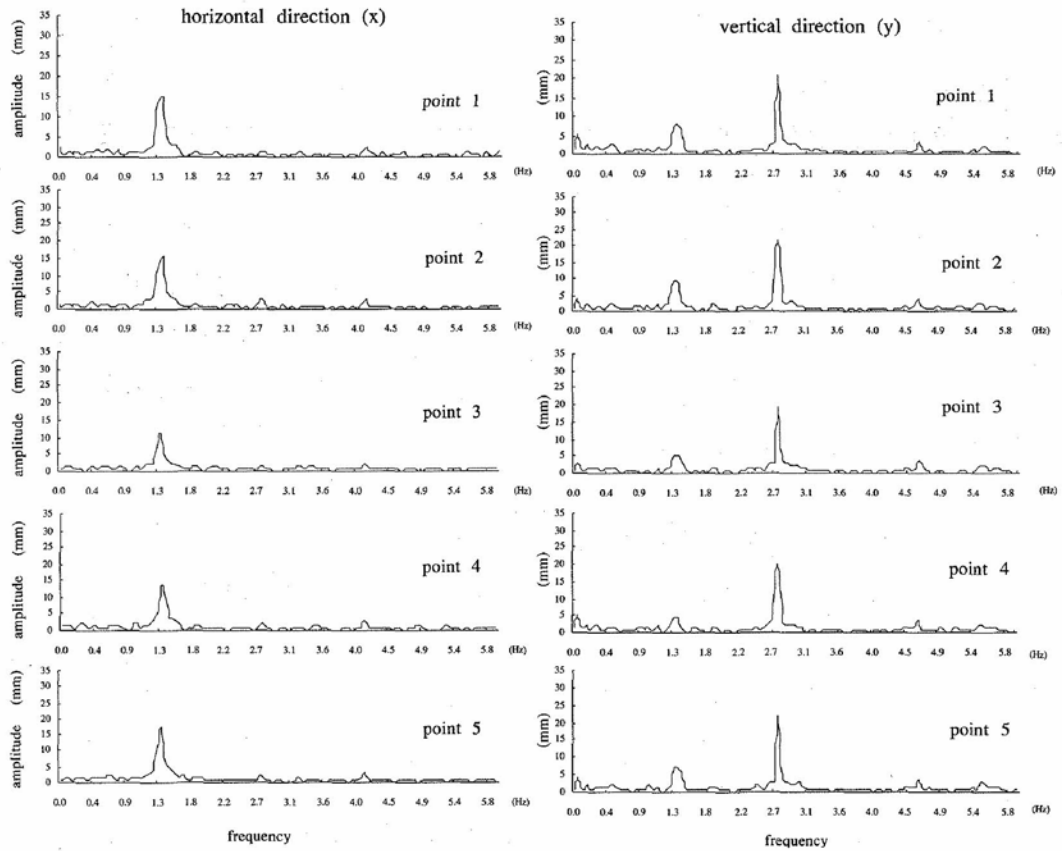


図5 Relationship between breast vibration amplitude and frequency when wearing sports brassiere.

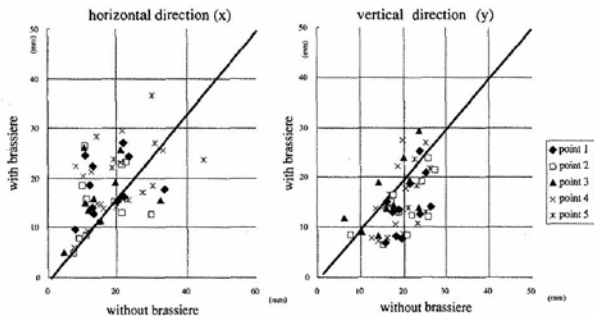


図6 Relationship of the maximum amplitude of breast vibration between with and without wearing sports brassiere.

め難く、水平方向の振動振幅を抑制する力が弱いことが分かる。非着用時の乳房振動特性は、運動の強弱や部位によって異なる。このスポーツブラジャーは振動を抑制する力が弱く、運動が強くなると乳房は裸体時に近い特性を示すと考えられる。

## 2. 2 ブラジャーカップ内の衣服圧変動

図7に、図5と同様、柔らかい乳房 (S1) と硬

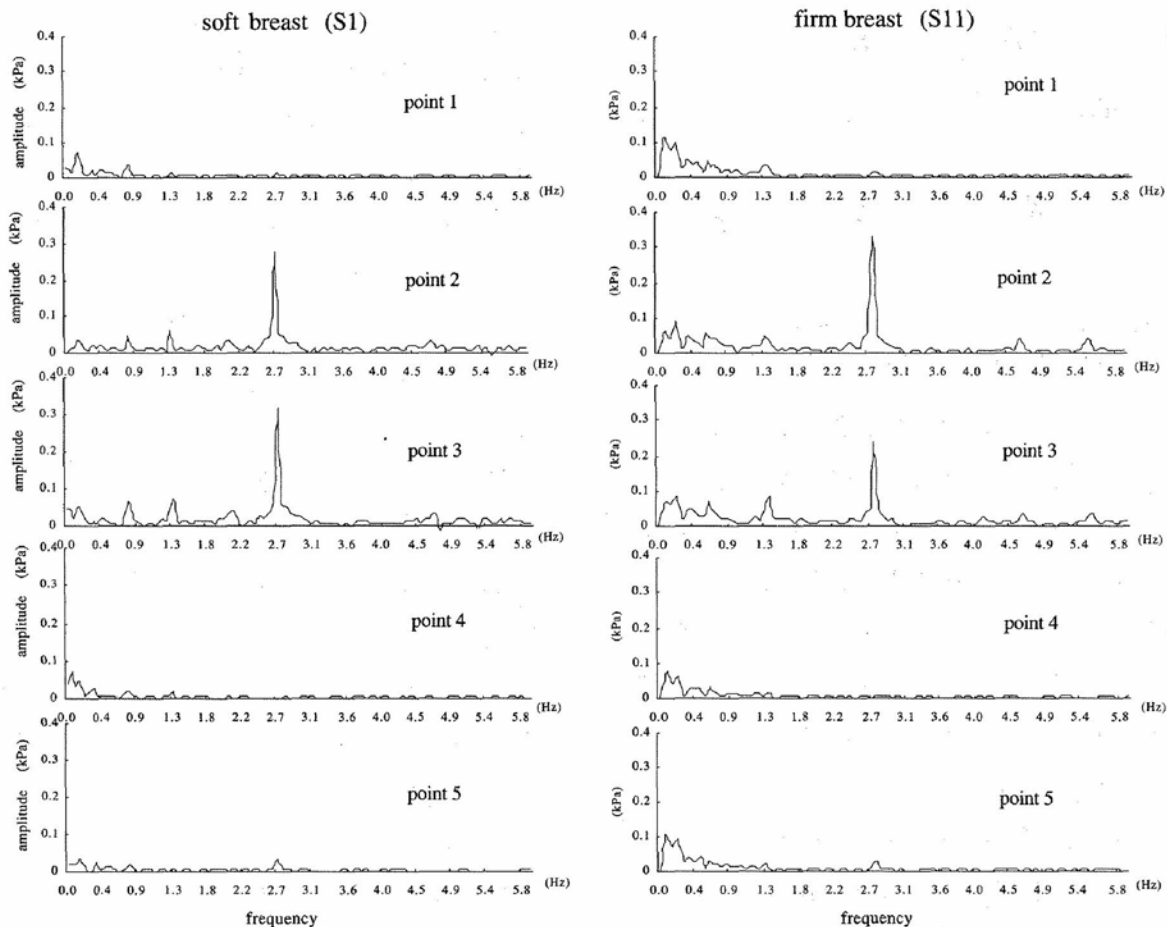


図7 Amplitude - frequency characteristics of clothing pressure under sports brassiere.

い乳房 (S11) の事例で、走行中の衣服圧データを周波数解析した結果を示した。下カップ部の point 2 と point 3 の測定点の振幅は、左右足の周波数 (2.73Hz) で大きくなった。低周波域における衣服圧を除くと、衣服圧変動は主に 1.34Hz の左足の周波数, 2.73Hz の左右足の周波数で変化した。これは、ブラジャーカップ内の乳房振動の影響と考えられ、被験者の乳房部の弾性に関わりなく、乳房の重みのかかる測定点に振幅が表れた。左右足の周波数 (2.73Hz) には乳房中央部に位置する point 5 にも小さなピークがみられるが、上カップに位置する point 1 や point 4 には明確なピークは表れていない。

走行中の 0.1sec 間に得た衣服圧と乳房振動の基データ間の相関係数を被験者別に求めると、point 2 と point 3 では被験者の約 7 割が -0.6 ~ -0.8 のマイナス相関を示し、乳房が上方向に動いたと

きに衣服圧の値が低く、下方向に動いたときに衣服圧の値が高くなった。乳房振動が生じると、その影響で下カップ部の衣服圧変動が起きることから、走行中はブラジャーと乳房のフィット性が変化していると考えられる。

### 2. 3 ブラジャーと乳房のズレの特性

図8は、走行中のブラジャー上の動きとカップ内の乳房の動きの差分、すなわちズレを求め、それを5つの測定点について示したものである。図2や図3と同じ柔らかい乳房 (S1) と硬い乳房 (S11) の場合を例示している。2. 2で走行中の乳房振動に伴ってブラジャーカップ内部の衣服圧が変動することを示した。この衣服圧の変動によって、ブラジャーと乳房がある一定の範囲でズレたものと考えられる。

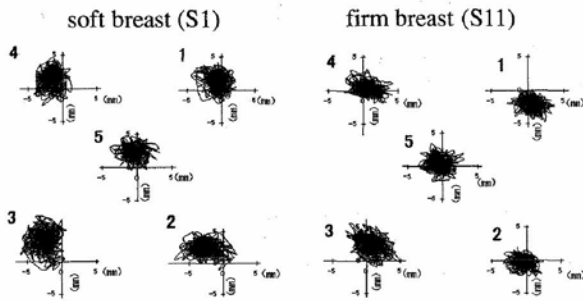


図8 Traces of 5 points measured for 30 seconds in a subject with soft breasts (S1) and a subject with firm breasts (S11).

図9に、0.1secごとのズレを30sec間合計した値を総ズレ量として、それが乳房の硬さ指標とどう関係するかを示した。乳房の硬さ指標は値が小さい方が柔らかいことを意味するが、柔らかい乳房の方が硬い乳房よりズレやすい傾向がみられた。また、総ズレ量が多いのはpoint 3で、乳房の硬さにかかわらず、下カップ部の正中側が最もズレやすいことが分かる。

ズレに周期性があるのか否かを明らかにするために、柔らかい乳房 (S1) と硬い乳房 (S11) のズレ量を周波数解析し図10に示した。乳房振動に比べ、ズレには小振幅の比較的高い周波数成分

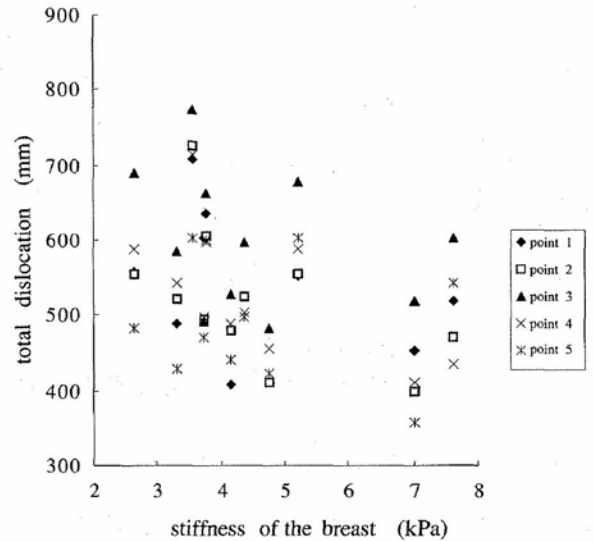


図9 Relationship between stiffness of the breast and total dislocation at each measuring point.

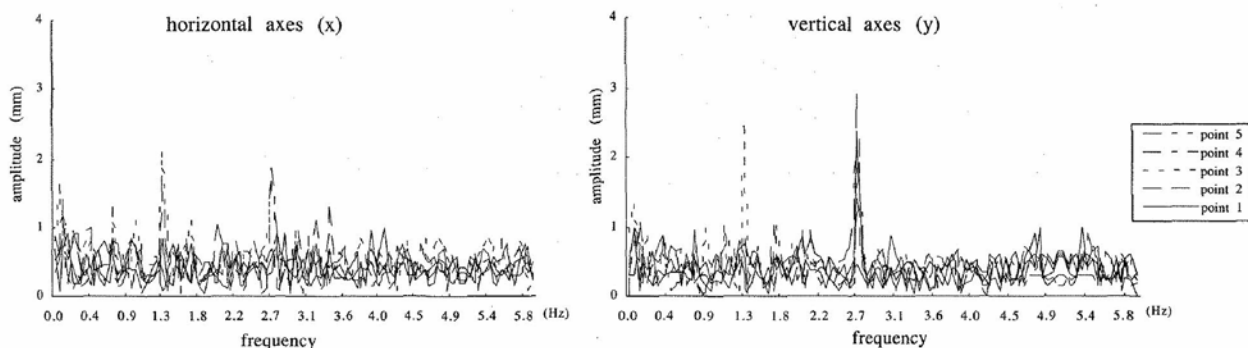
が目立った。柔らかい乳房 (S1) ではズレのスペクトルのピークが左足の周波数 (1.34Hz) と左右足の周波数 (2.73Hz) に顕著に表れた。このピークは水平方向の1.34Hzでは、point 2とpoint 3、2.73Hzではpoint 3とpoint 4にあり、垂直方向の1.34Hzではpoint 3、2.73Hzではすべてのpointで表れた。柔らかい乳房では乳房振動に応じたズレが生じており、乳房部の弾性が振動特性やズレに影響していると考えられた。乳房部の脂肪の偏りや圧迫などの影響を受けて、ブラジャーカップ内の乳房とブラジャーとの関係が変化してズレが起きると考えられた。

### 2. 4 乳房振動と衣服圧変動、ブラジャーと乳房のズレの相互関係

2. 1では走行に伴い乳房振動が生じることを、2. 2では乳房振動に伴ってブラジャーの下カップ部で衣服圧変動が起きることを示し、これらの変動に伴って、2. 3ではブラジャーと乳房がズレることを示した。そこで、周波数解析で得たデータを用いて、ブラジャーカップ内で生じる乳房振動と衣服圧変動ならびにブラジャーと乳房のズレの相関分析を被験者ごとに行って相互の関係を検証した。表2は、水平方向の乳房振動 A (x),



soft breast (S1)



firm breast (S11)

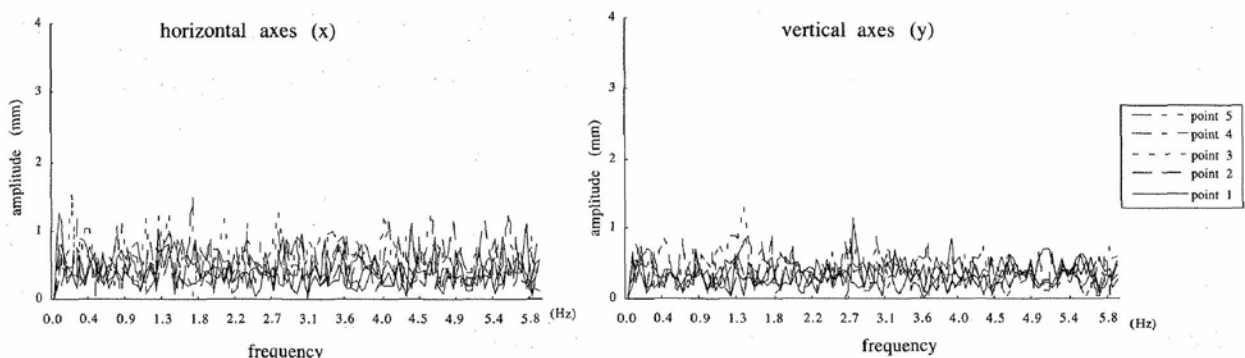


図10 Discrete Fourier transform of dislocation wearing sports brassiere in subjects S1 and S11.

表2 Number of subjects showing correlation between A(x), A(y), B(x), B(y) and C factors with the significant level of  $p < 0.05$ .

factor	point 1	point 2	point 3	point 4	point 5
A (x) - A (y)	11 (10)	11 (11)	11 (8)	7 (6)	11 (10)
B (x) - B (y)	5 (2)	4 (2)	5 (5)	6 (1)	1 (1)
A (x) - B (x)	7 (6)	8 (8)	8 (6)	7 (6)	5 (5)
A (y) - B (y)	7 (7)	5 (3)	6 (6)	5 (5)	3 (3)
A (x) - B (y)	4 (4)	6 (5)	9 (7)	5 (5)	4 (2)
A (y) - B (x)	6 (5)	6 (4)	4 (4)	6 (4)	4 (3)
A (x) - C	7 (4)	9 (9)	11 (10)	8 (6)	7 (5)
A (y) - C	9 (6)	11 (11)	11 (11)	5 (4)	11 (10)
B (x) - C	3 (1)	5 (2)	6 (6)	5 (3)	4 (3)
B (y) - C	4 (2)	2 (0)	6 (6)	1 (0)	6 (5)

Abbreviations ; A : vibration, B : dislocation, C : clothing pressure, (x) : horizontal direction, and (y) : vertical direction. The number of subjects showing correlation with the significant level of  $p < 0.01$  is indicated in the parentheses.

垂直方向の乳房振動 A (y), 水平方向のズレ B (x), 垂直方向のズレ B (y), 衣服圧 C について point 別, 被験者別に要因間の相関分析を行い, 有意差判定の確立が  $p < 0.05$  で相関ありとなった人数を示している. さらにカッコ内は  $p < 0.01$  で有意な相関が認められた人数である.

乳房振動の水平・垂直方向 (要因 A (x)-A (y)) の関係は, ほとんどの被験者が, 全ての測定点で

$p < 0.01$  となり, 相関が有意となった. 垂直方向の乳房振動と衣服圧変動の関係 (要因 A (y)-C) も point 4 を除くと多くのものが有意な相関を示した. 乳房振動と衣服圧との関係には有意な相関があることが分かる. 水平方向の乳房振動と衣服圧変動との関係 (要因 A (x)-C) も point 2 と point 3 で多くのものが有意な相関を示した. ズレに関しては, 水平方向の乳房振動とズレ (要因 A

(x)-B (x)) の関係で, point 1, point 2, point 3, point 4 が半数以上で有意な相関を示した. point 3 では, 水平・垂直方向のズレと衣服圧変動との関係が半数以上のもので有意な相関を示し, 相互の関係は下カップの point 3 において顕著であることが分かった.

以上のことから, 走行中は乳房がカップ内で振動し, その影響で下カップ部に衣服圧変動が起きるとともに, 走行中の乳房とブラジャーのフィット性が変化するためにズレる相互の関係を解明することができた.

### 3. まとめ

ブラジャーカップを分離してその機能を逸らさず乳房の動きを視覚化する方法で, 走行中のブラジャー内の乳房の動き, ブラジャーカップ上の動き, 衣服圧変動, 下肢の動きを同期させて測定した. その結果, 走行周期に応じて, スポーツブラジャー着用時にカップ内で乳房振動がおきた. 非着用時よりブラジャー着用時の方が垂直方向の最大振動振幅は抑制されたが, 水平方向は振動振幅を抑制する力が弱かった. 柔らかい乳房は水平方向の振動振幅が大きく, ズレやすい傾向がみられた. また, ブラジャーカップでズレやすい部位は下カップ部の正中側であった.

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柔らかく, 容易に形を変えて, 運動の影響を受け易く, 振動しやすい. 乳房が複雑な振動を繰り返すと, 細部のフィット状態は乳房形状に応じて個々に異なることになる. 周波数解析で得たデータを用いて, ブラジャーカップ内で生じる乳房振動と衣服圧変動ならびにブラジャーと乳房のズレの相関分析を被験者ごとに行って, 相互の関係を検証すると, ほとんどの被験者において乳房振動と衣服圧との有意な相関が認められた. 水平方向の乳房振動とズレ (要因 A (x)-B (x)) の関係も有意な相関を半数以上の被験者で示した.

また, 水平・垂直方向のズレと衣服圧変動との関係は下カップにおいて顕著に表れた. 下カップ部は, 乳房の重みを支えるとともに乳房振動の衝撃を受け止める部位であり, スポーツブラジャーの設計には重要な部位であることが分かった.

ところで, 黒川ら<sup>11~13)</sup>はブラジャーカップ内で起きる乳房の力学的挙動をスポーツブラジャーに反映するために, 人体3次元モデルを用いた変形シミュレーションの開発に取り組んでいる. スポーツブラジャーの運動機能性を図るために, 運動の強さに応じた振動とズレの理論を構築し, モデルに反映することが今後の課題である.

### 謝 辞

稿を終えるにあたり, 本研究に対して助成をいただいた財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深謝する. また実験にご協力頂いた被験者の方々に謝意を表する.

### 文 献

- 1) 竹内友昭: 乳房の運動とブラジャー, 人間工学, 20, 2, 65-68 (1984)
- 2) 黒川隆夫: 運動に伴う乳房振動について (1), ブラジャー着用時との比較, *Body Lines*, 3, 23-42 (1981)
- 3) 黒川隆夫: 運動に伴う乳房振動について (2), ブラジャー着用時との比較, *Body Lines*, 3, 61-64 (1981)
- 4) 樋口ゆき子, 中村邦子: スポーツブラジャーの運動機能性, デサントスポーツ科学, 7, 266-273 (1986)
- 5) 奥野右子, 福地博, 田中道一: スポーツウェアにおけるブラジャーの機能性について, デサントスポーツ科学, 4, 301-309 (1983)
- 6) 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, 繊維製品消費科学, 45, 416-424 (2004)
- 7) 岡部和代, 黒川隆夫: 運動に伴う乳房振動の特性分析とスポーツブラジャーの防振デザインへの反映, デサントスポーツ科学, 23, 180-188 (2002)
- 8) 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, 731-738 (2003)
- 9) 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, 379-388 (2005)
- 10) 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, 京都女子大学生生活造形, 50, 60-65 (2005)
- 11) 黒川隆夫: 人体形状の計測・記述とその応用, 計測と制御, 36, 2, 77-83 (1997)
- 12) 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, 54, 6, 204-208 (1998)
- 13) 山田英司, 岡本史生, 黒川隆夫, 岸本泰蔵, 篠崎彰大: バネを用いた人体軟組織のモデリングと外力による変形のシミュレーション, 京都工芸繊維大学地域共同研究センター研究成果報告集, 6, 21-26 (1997)