

走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性

岡部 和代, 黒川 隆夫*

(京都女子大学短期大学部, * 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科)

原稿受付平成 16 年 6 月 16 日; 原稿受理平成 17 年 4 月 13 日

Vibration and Dislocation of the Breast When Wearing Brassieres during Running

Kazuyo OKABE and Takao KUROKAWA*

Kyoto Women's Junior College, Kyoto 605-8501

* *Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Kyoto 606-8585*

To clarify the characteristics of breast vibration and brassiere dislocation during running, movements of five spots on the breast surface, that of the same five spots on transparent brassieres after removing brassiere caps to visualize the breast surface, and the clothing pressures of the corresponding five spots were simultaneously monitored using an image analyzing system. The subjects for our experiment were young women with had hemispheric breasts. Obtained data of those movements and pressure were analyzed using the discrete Fourier transform. The breasts in a brassiere were vibrated at the same frequency of running. The dislocation of the brassiere from the breast surface which was observed was associated with changes in the clothing pressure at the lower half of the brassiere. Vibration of the breasts of the subjects wearing spots brassieres was move obvious in the vertical direction, while vibration of the breasts of the subjects wearing full-cup brassieres was more obvious in the horizontal direction.

(Received June 16, 2004; Accepted in revised form April 13, 2005)

Keywords: vibration of breast 乳房振動, dislocation of brassiere ブラジャーのずれ, hemispheric breast of young women 若年女子の半球状乳房, sport brassiere スポーツブラジャー, full-cup brassiere フルカップブラジャー, discrete Fourier transform 離散型フーリエ変換.

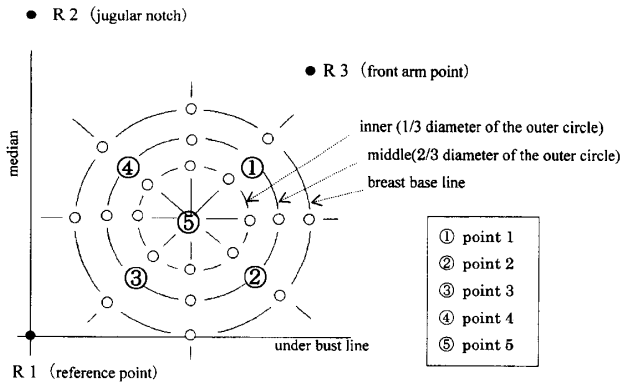
1. 緒 言

人間中心の快適なブラジャーを設計するためには、人とモノ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となる。特に、ブラジャーは乳房に密着した補整用下着であることから、ブラジャーの表面形状のみならず、カップ内の乳房とブラジャーとの関係の研究が求められる。静止時にフィット性が得られても、運動中は乳房振動の影響を受けやすい。ブラジャーのフィット性の向上のためには、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ずれの特性を明らかにすることが重要と考えられる。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、乳房の静態や動態特性の報告が限られ^{1)~6)}、ブラジャーの運動機能

性を図ることは難しい課題とされてきた⁷⁾。

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⁸⁾や乳房振動⁹⁾¹⁰⁾を研究している。

本研究では、ブラジャーの運動機能性に注目し、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、下肢の動き、および衣服圧を同期させて測定し、要因相互の関わりをとらえるとともに、周波数解析を行ってブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性を明らかにした。なお、本研究の被験者は若年女子で、乳房は半球状をした硬めの乳房である。

Fig. 1. Five measuring points on the left breast⁸⁾

2. 実験方法

(1) 測定点

左乳房を対象として Fig. 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。この設定は既報と同様である^{8)~10)}。本研究では、垂直、水平の線で分割される 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）を乳房振動、ずれ、衣服圧の測定点とした。以下これらを point 1~point 5 とした。なお、体幹部の動きや姿勢の変化を除去するための基準点（R1~R3）を設けた。

(2) 実験試料

Fig. 2 は実験試料としたスポーツブラジャー（これをスポブラと称する）とフルカップブラジャー（これをフルカップと称する）のスケッチ画である。実験では、カップ内の乳房の動きを視覚化するために、カップ部の装飾部を取り除きマーキセットのみとした。マーキセットはブラジャーのカップ部に伸び止めや補強として使われている半透明の裏打ち地である。マーキセットのみにするとカップ部が半透明となり、カップ内の乳房上のマークの画像計測が可能となった。装飾のついた市販品と半透明カップで衣服圧に関する静止時と走行時の測定を行い、検定したが有意な差は認められなかった。これらの実験試料が、市販品とほぼ同条件で実験可能と判断できた。

(3) 被験者

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、乳房形状は半球状をした硬めの乳房であった。ブラジャーカップサイズは B 70 が 6 名、C

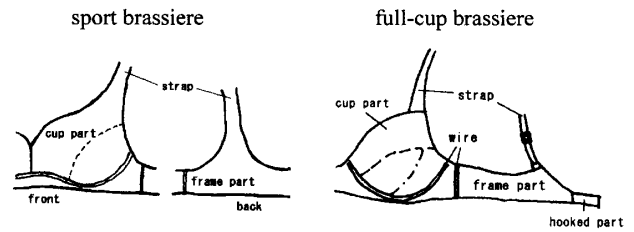


Fig. 2. Schematic drawing of brassiere

70 が 5 名で、バスト（mean : 811.5 mm, S.D. : 37.0 mm）、アンダーバスト（mean : 688.8 mm, S.D. : 44.3 mm）の胸部寸法は全国平均値¹¹⁾と有意な差は認められなかった。

(4) 測定方法

ブラジャーを着用した被験者に、計測開始から 3 秒間の直立静止姿勢の後、トレッドミル上を一定速度（6 km/h）で 2 分間走行するよう指示した。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た。実験では走行訓練を行った被験者がメトロノーム（ $\downarrow = 160$ vivace）にあわせて走行した。

動画像の取り込みには 2 台の CCD カメラを用いた。1 台は左乳房部の各測定点がほぼ正射影と見なせる位置に、もう 1 台は左下肢部が側面から撮影できる位置に固定し、2 台の動画像を同期させた。2 次元の運動画像解析システム（MA-K100 : 株 櫻村製）で、測定開始から 30 秒間の動画像を 0.1 秒間隔で座標値に変換した。画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。したがって、下肢は矢状（前後）方向が x 座標、垂直（上下）方向が y 座標となる。 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。

乳房上の動画像の計測と同時に衣服圧を測定した。測定にはエアパック方式の接触圧測定装置（AM-7102 HSL : 株 AMI 製）を用い、サンプリング間隔 0.1 秒で測定した。エアパックの大きさは、乳房上に安定して付けられる $\phi 20$ mm とした。乳房上とブラジャー上の同位置の動きと衣服圧の測定値を得るため、乳房上の動きを追跡する印はエアパックの円を利用した。この円上に中点を通る対角線を入れ赤円（ $\phi 20$ mm）とした。ブラジャー上は黒円（ $\phi 5$ mm）とし、カップ地を透して赤円の中点にあたる位置に付けた。黒円は追跡画像から計測できたが、乳房上の中点はブラジャー上の黒円で隠れる。そこで、赤円の中点座標は、円周上の任意の 3 点を計測して求めた。

走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性

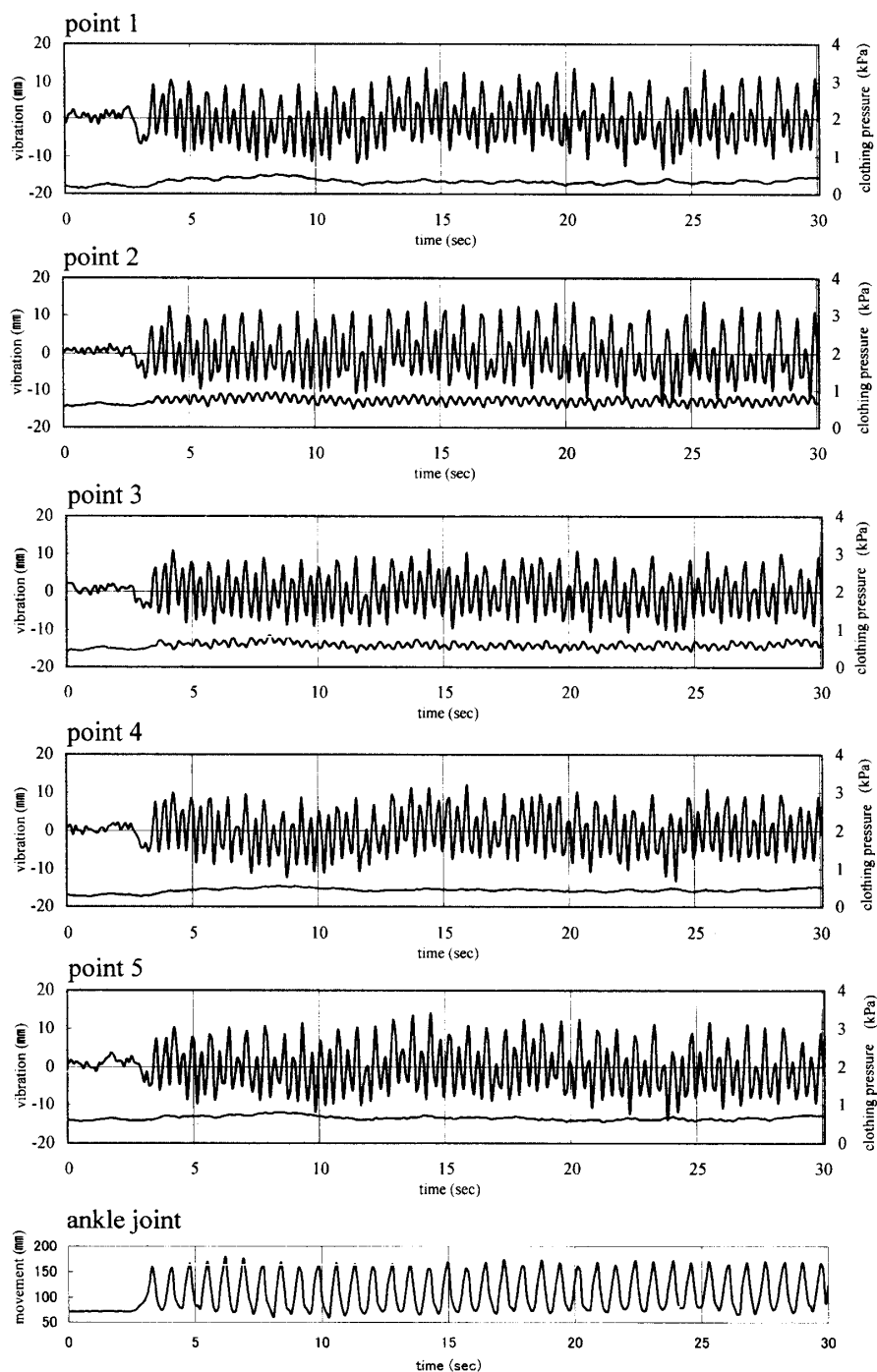


Fig. 3. The amplitude of vibration of five measuring points on the breast (left ordinate), changes in clothing pressure (right ordinate) for 30 s. The movement of the ankle joint was also shown in the bottom (data from subject AS).

下肢は、左外果点、左腓骨上縁点、左つま先点を計測点とした。下肢の計測では被写体と CCD カメラとの距離を要するため、画像上で自動追跡が可能な黒円 ($\phi 15 \text{ mm}$) を付けた。

(5) 振動データの抽出方法

乳房上各点 (point 1~point 5) の座標値から体幹部の動きを Fig. 1 に示す点 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¹⁰⁾。まず、基

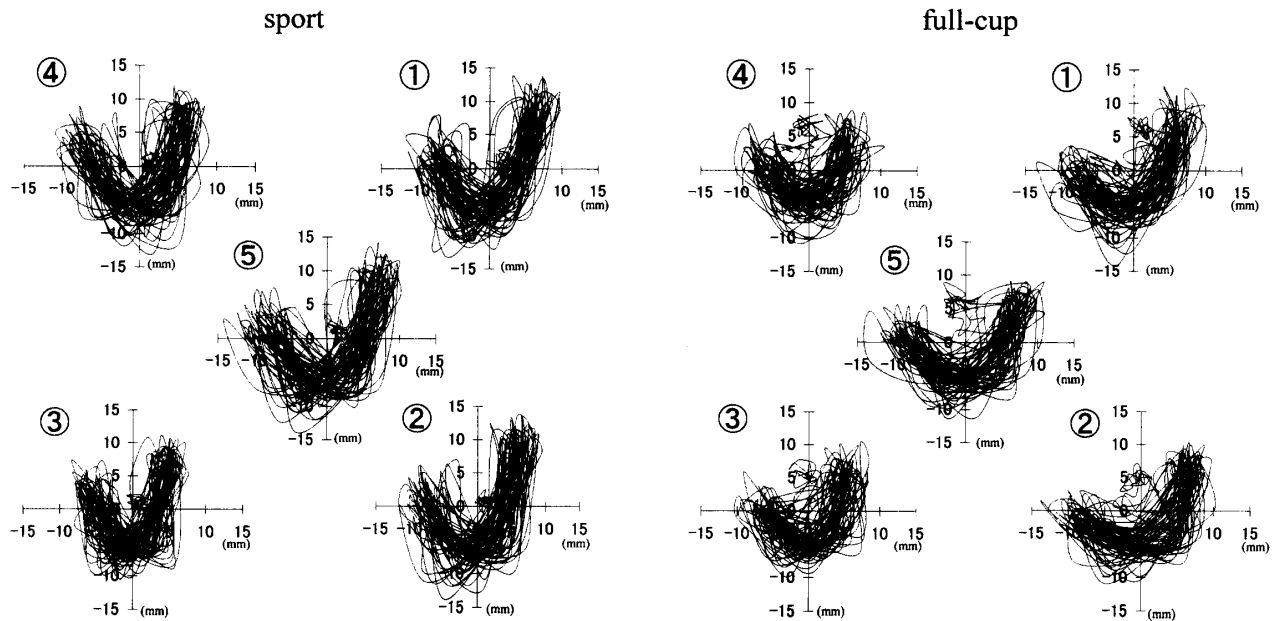


Fig. 4. Traces of five vibrating points for 30 s
The numbers enclosed with a round are referred to in Fig. 1.

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。

以上、左乳房上各点の 0.1 秒間隔の値を時系列的に修正し、振動分析の元データとした。

(6) ずれと 3 次元偏位量の算出方法

乳房とブラジャーのずれの座標値は、0.1 秒ごとのブラジャー上の座標値から乳房上の座標値を時系列的に減じて求めた。 x , y 座標値を用いて、0.1 秒前を (x_j, y_j) とし、ずれの距離 L_j を (1) 式で算出した。

$$L_j = \sqrt{(x_j - x_{0j})^2 + (y_j - y_{0j})^2} \quad (1)$$

また、ブラジャー着用時に生じる乳房の 3 次元偏位量⁸⁾が、ずれに関与するのではないかと考えられた。そこで、ブラジャー着用前後の乳房形状を 3 次元計測機 VIVID700 で計測し、測定点 5 点の x , y , z 座標値の偏位量から 3 次元偏位量 D_i を前報⁸⁾と同様に求めた。ブラジャー着用時を (x_i, y_i, z_i) 、非着用時を (x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}) ($i=1, \dots, 5$) とし (2) 式により算出した。

$$D_i = \sqrt{(x_i - x_{0i})^2 + (y_i - y_{0i})^2 + (z_i - z_{0i})^2} \quad (2)$$

(7) 乳房振動、衣服圧、ずれ、下肢の動きの分析方法

走行中の乳房振動、衣服圧、ずれ、下肢の動きを明白にするために、走行が安定した測定開始後 8 秒から 30 秒までのこれらに関する測定データを離散型フーリエ変換により周波数解析を行った。

3. 結果および考察

(1) ブラジャー着用時の乳房振動特性

Fig. 3 は、被験者 1 名がスポブラを着用し、3 秒間の直立静止姿勢の後に走行した時の point 1~point 5 の垂直方向の乳房振動と衣服圧変動ならびに左外果点の上下の動きである。なお、左足の動きが把握しやすいことから左外果点だけに注目した。

各測定点の乳房振動を左軸表示とし、衣服圧を下段右軸表示とした。左外果点は、測定開始から約 3 秒間は動かず、走行開始後 30 秒までに 37 回の上下運動を記録した。この間、乳房振動は大きい振幅と小さい振幅を交互に繰り返した。

Fig. 4 には、Fig. 3 と同じ被験者 AS が測定開始から 30 秒間走行し、0.1 秒間隔に得た乳房振動データの x 座標値を x 軸に、 y 座標値を y 軸にとって乳房振動の軌跡を表した。 x , y 軸の (0, 0) は 30 秒間のデータの平均値とし、測定点ごとにデータを変換して描き、5 点の軌跡を Fig. 1 に示した位置に応じて配置した。

走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性

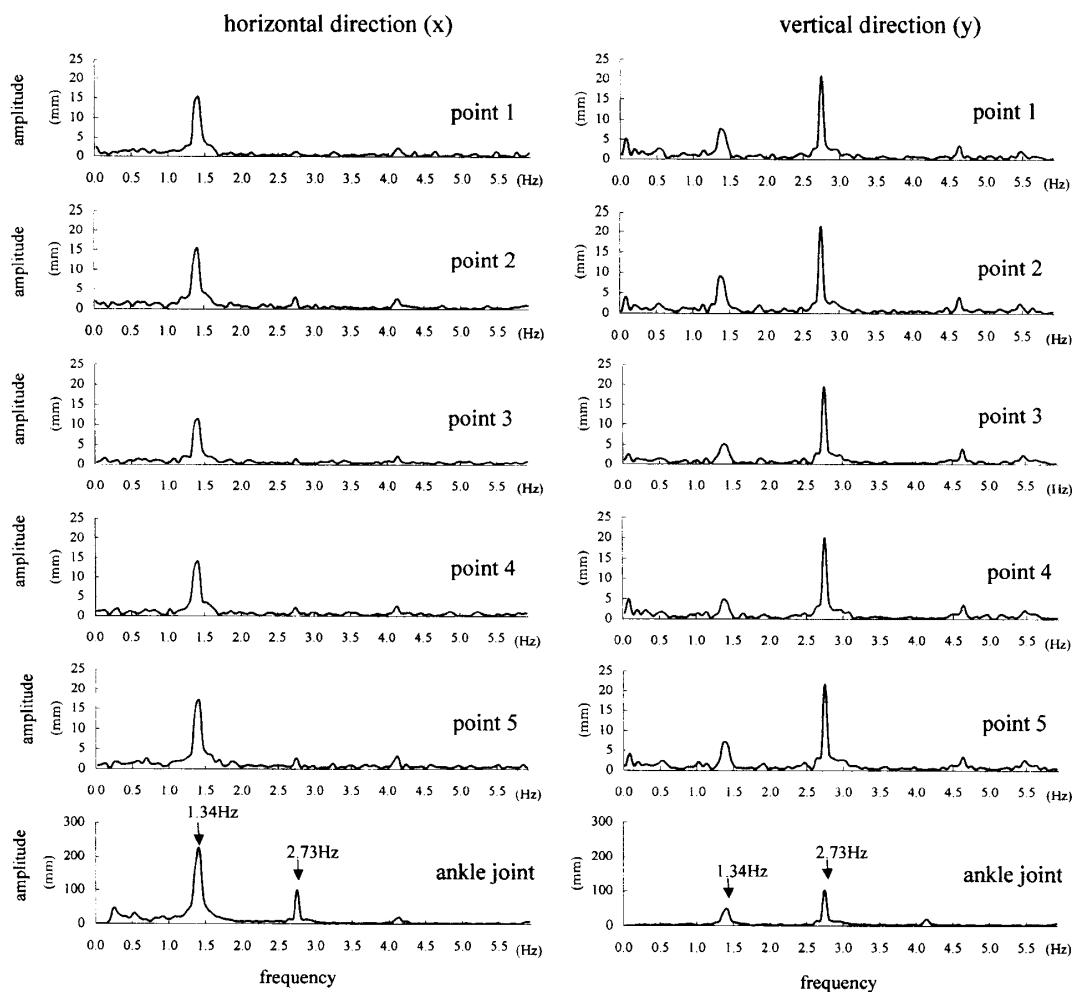


Fig. 5. Discrete Fourier transform of breast vibration of subject wearing sport brassiere and movement of the ankle joint for the subject AS

乳房振動の軌跡によって、ブラジャーカップ内の乳房が水平方向、垂直方向に振動した様子が分かる。垂直方向は正中側より体側側への振幅が大きい。左乳房を計測対象としていることから振動軌跡は左右に均等に表れず、また、左右足の影響が不平等に影響を与えた。

この乳房振動データを用いて、ブラジャー別、水平(x)・垂直(y)方向別、測定点別に周波数解析を行った結果を Fig. 5 と Fig. 6 に示した。Fig. 5 はスポブラ、Fig. 6 はフルカップの結果である。図には左外果点の分析結果も示した。左外果点のスペクトルのピークは、水平方向では 1.34 Hz の走行の周期に、垂直方向では 2.73 Hz の左足の周期に表れた。また、スポブラ、フルカップの振幅スペクトルのピークも左外果点と同じ周波数に表れ、走行周期に同期して乳房振動がおきたことが分かる。

水平方向においては、スポブラ、フルカップとも走

行の周期 (1.34 Hz) に振幅スペクトルのピークがみられた。この振幅は、フルカップの方がスポブラより大きく表れた。これは、スポブラが乳房の体部分を背面方向に押さえているために水平方向への振幅が小さく表れ、フルカップが乳房を前方へ突出するように偏位させ整容を図っているために水平方向の振幅が大きくなったのではないかと考えられた。

垂直方向においては、走行周期の 1.34 Hz に第 1 ピークが、2.73 Hz に第 2 高調波のピークがみられた。スポブラは、2.73 Hz の振幅が大きく、走行周期の第 1 ピークと第 2 高調波のピークとの差が明らかである。これは左乳房を計測対象としていることから、同側の足の蹴り上げの影響を強くうけるためと考えられた。フルカップではスポブラのように第 1 ピークと第 2 高調波のピークとの差が明確に表れなかった。これは、水平方向の振幅の大きさともかかわっているのではな

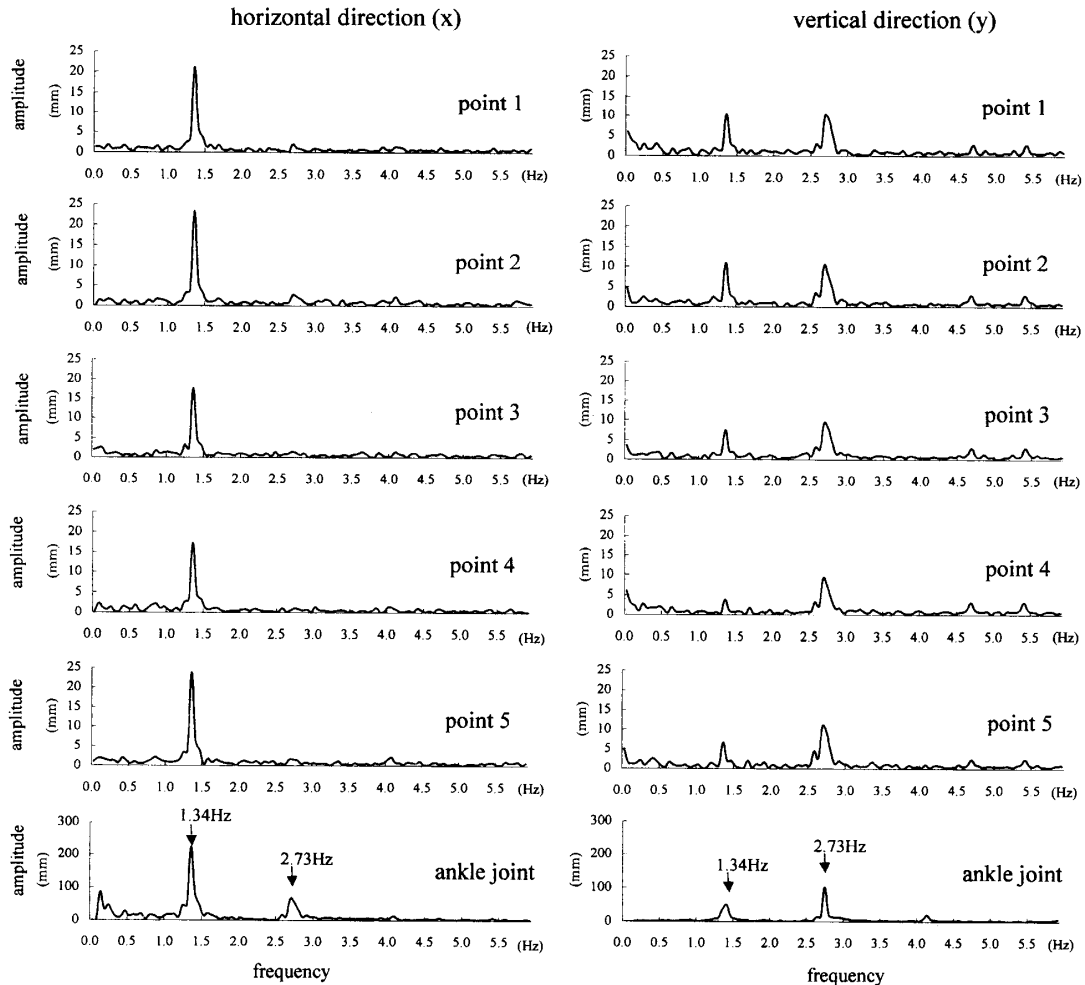


Fig. 6. Discrete Fourier transform of breast vibration of subject wearing full-cup brassiere and movement of the ankle joint for the subject AS

いかと考えられた。

また、スポブラ、フルカップともに走行の周期 (1.34 Hz) の 3.5 倍に小振幅の周波数成分が表れたが、これは乳房がほとんど乳腺と脂肪組織からなる軟組織であるために、乳房固有の小振幅の振動が高い周波数でおきるためではないかと考えられた。

このように乳房は、走行周期に応じてカップ内で振動するが、スポブラは垂直方向に、フルカップは水平方向に振幅が大きく、ブラジャーによって振幅周波数特性が異なることが分かった。

(2) 走行中のブラジャーカップ内の衣服圧変動

Fig. 7 はブラジャー別、測定点別に衣服圧の周波数解析を行った結果である。スポブラは Fig. 3 に示した計測データを解析した結果を示した。

スポブラ、フルカップ共に各測定点には 1.34 Hz の走行周期、2.73 Hz の左足の周期の振幅がみられた。

これは、ブラジャーカップ内で乳房振動がおきると、その影響で衣服圧変動がおきるためと考えられた。特に、左足の周期 (2.73 Hz) の影響が point 2 と point 3 に顕著に表れ、大きな振幅を示した。下カップ部が乳房の重みや乳房振動の衝撃を受けとめる部位であることが分かる。Fig. 3 にスポブラ着用時の 30 秒間の衣服圧測定値を乳房振動とともに示したが、point 2 と point 3 は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る傾向が認められた。下カップ部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となった。

(3) ブラジャーのずれの特性

Fig. 8 は、Fig. 4 と同じ事例で測定開始から 30 秒間の乳房とブラジャーのずれの軌跡である。測定開始時は座標値が (0, 0) であるが、走行に伴い乳房とブ

走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性

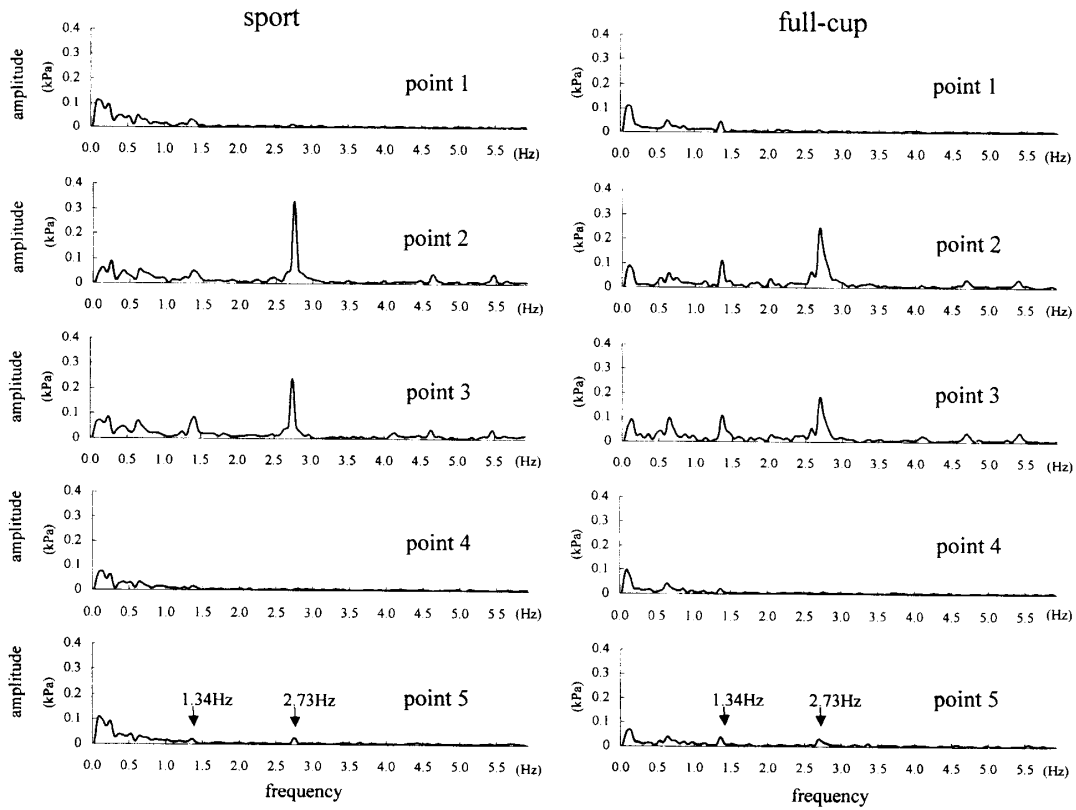


Fig. 7. Discrete Fourier transform of clothing pressure under brassiere for the subject AS

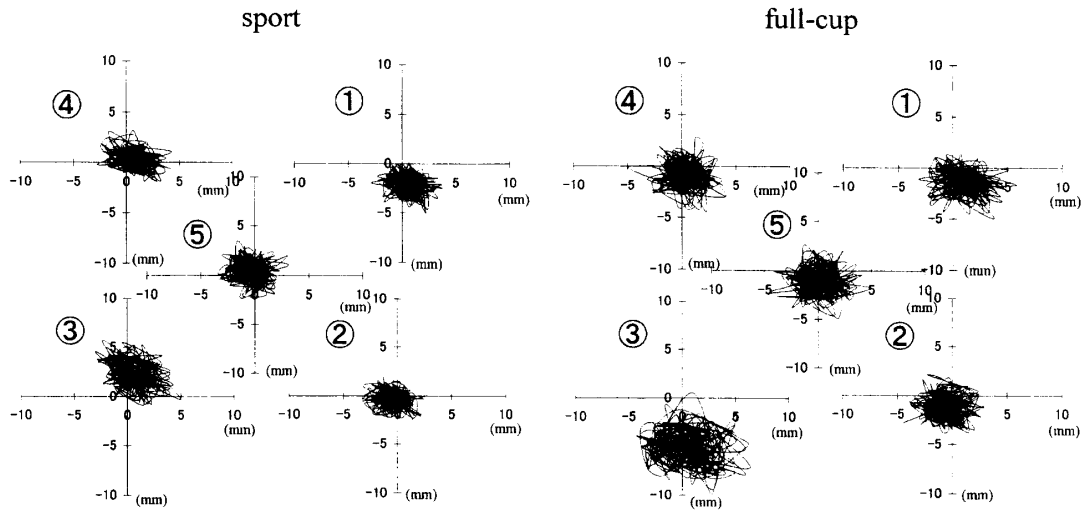


Fig. 8. Traces of five dislocation points for 30 s
The numbers enclosed with a round are referred to in Fig. 1.

ブラジャーが時系列的にずれ、ある一定の範囲を巡回したことが分かる。

ずれの軌跡の範囲がブラジャー別、測定点別に異なっていたことから、2-(6)で述べた方法でずれの距離を0.1

秒ごとに算出し、30秒間を合計した値を総ずれ量としてFig. 9に11名の平均値を示した。スポブラよりフルカップの方が各測定点とも総ずれ量は多い。また、総ずれ量が多い測定点はpoint 3となり、下カップ部

の正中側が最もずれやすい点であることが分かった。

Fig. 10 はブラジャー別の総ずれ量と3次元偏位量との関係である。被験者は乳房振動とずれの実験の際に3次元計測を行った9名で各測定点別に表し、挿入図中に測定点別の相関係数を示した。フルカップは、乳房を正中側によせて前方に突出させるブラジャーで、3次元偏位量が多いものは総ずれ量が多くなる傾向を示した。下カップ部にあり乳房の重みがかかる point 3 は正の強い相関を示し、カップ上部にあり正中側にある point 4 は衣服圧も低く3次元偏位量と総ずれ量との相関が弱くなった。スポブラは、乳房を体軸方向に押さえるもので、やや関係が認められる程度となっ

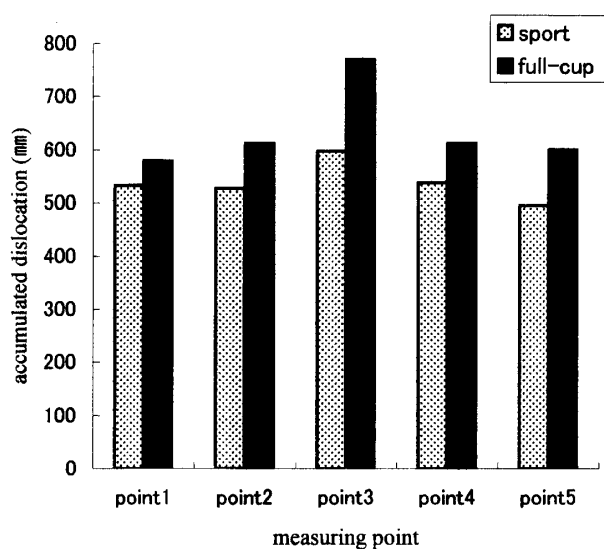


Fig. 9. Accumulated value of traced distances for 30 s in Fig. 8 for eleven subjects

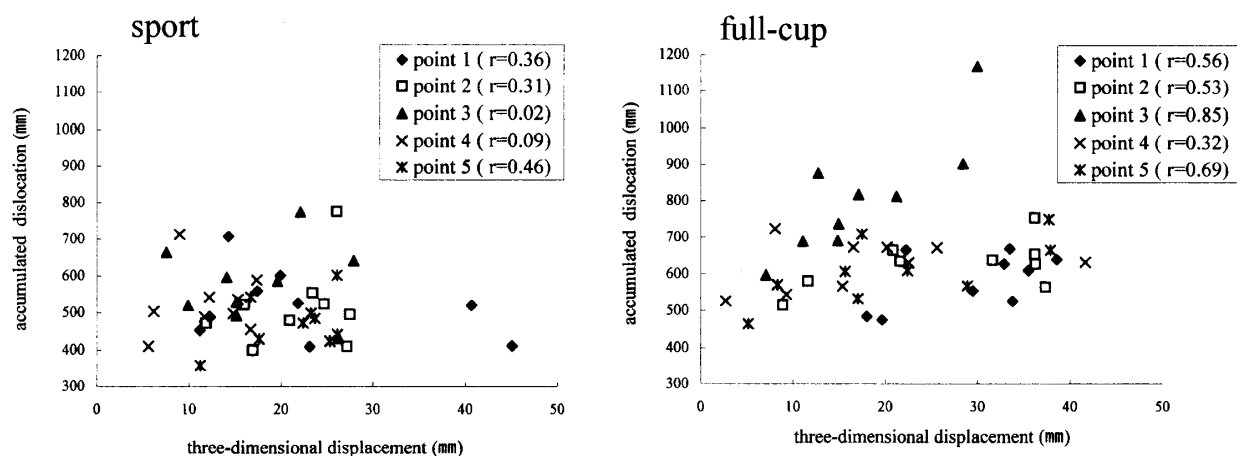


Fig. 10. The relation between three-dimensional displacement and total dislocation for each measuring point (data shown in Fig. 9)

た。

Fig. 11 は Fig. 8 と同じ被験者 AS でずれの周波数解析を行った結果である。Fig. 5 や Fig. 6 の乳房振動に比べ、ずれには小振幅の比較的高い周波数成分が目立った。フルカップの水平 (x) 方向の point 1 と point 3 には 1.34 Hz の走行周期にスペクトルのピークがみられる以外、ほとんど関連がなく、また測定点間で同調することなくずれた。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、ずれが生じていると考えられた。

(4) 乳房振動とずれならびに衣服圧との関係

乳房形状は胸部の寸法で表せない複雑さがあり、乳房容積や乳房底面形状、乳房の流れ方¹²⁾ など様々である。しかし、ブラジャーはアンダーバスト寸法とカップサイズでサイズ展開され、バストの立体バランスを図るために、ある一定の形状となっている。フィッティングを行ってアンダーバスト寸法とカップサイズの適合したブラジャーを着用しても、細部のフィット状態は乳房形状によって個々に異なることになる。この細部のフィット性の違いがあっても共通に認められる特性とするためには、多くの被験者で同じ傾向を示すことが必要である。

そこで、ブラジャーカップ内で生じる乳房振動とずれと衣服圧の関係が被験者 11 名で共通であるかどうかを被験者ごとに周波数解析で得たデータを用いて要因間の相関分析を行った。Table 1 は水平方向の乳房振動 $A(x)$ 、垂直方向の乳房振動 $A(y)$ 、水平方向のずれ $B(x)$ 、垂直方向のずれ $B(y)$ 、衣服圧 C について

走行中のブラジャー着用時の乳房振動とずれの特性

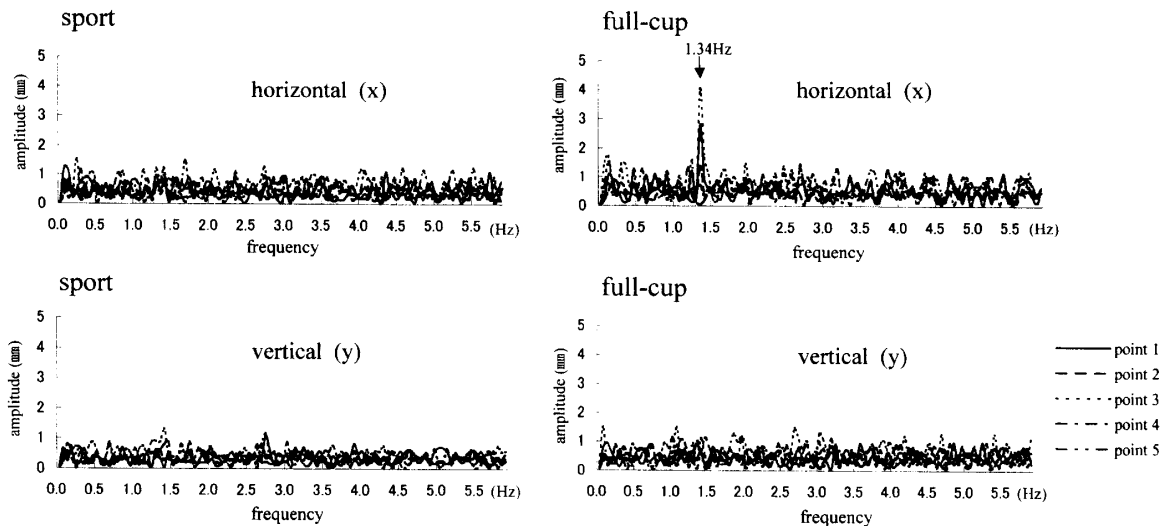


Fig. 11. Discrete Fourier transform of dislocation for the subject AS

Table 1. Number of subjects showing correlation between $A(x)$, $A(y)$, $B(x)$, $B(y)$ and C factors with the significant level of $p \leq 0.05$

Factor	Sport brassiere					Full-cup brassiere				
	point 1	point 2	point 3	point 4	point 5	point 1	point 2	point 3	point 4	point 5
$A(x)-A(y)$	11 (10)	11 (11)	11 (8)	7 (6)	11 (10)	10 (10)	11 (11)	11 (9)	7 (5)	11 (10)
$B(x)-B(y)$	5 (2)	4 (2)	5 (5)	6 (1)	1 (1)	3 (2)	2 (2)	3 (2)	6 (4)	5 (4)
$A(x)-B(x)$	7 (6)	8 (8)	8 (6)	7 (6)	5 (5)	8 (6)	8 (7)	9 (8)	8 (7)	8 (6)
$A(y)-B(y)$	7 (7)	5 (3)	6 (6)	5 (5)	3 (3)	8 (8)	7 (7)	6 (5)	9 (9)	9 (8)
$A(x)-B(y)$	4 (4)	6 (5)	9 (7)	5 (5)	4 (2)	5 (5)	7 (4)	5 (5)	7 (4)	4 (3)
$A(y)-B(x)$	6 (5)	6 (4)	4 (4)	6 (4)	4 (3)	5 (4)	4 (3)	4 (3)	4 (3)	5 (5)
$A(x)-C$	7 (4)	9 (9)	11 (10)	8 (6)	7 (5)	7 (6)	9 (7)	10 (10)	10 (10)	9 (7)
$A(y)-C$	9 (6)	11 (11)	11 (11)	5 (4)	11 (10)	11 (10)	11 (11)	11 (11)	9 (7)	11 (10)
$B(x)-C$	3 (1)	5 (2)	6 (6)	5 (3)	4 (3)	4 (2)	2 (1)	5 (4)	3 (2)	6 (4)
$B(y)-C$	4 (2)	2 (0)	6 (6)	1 (0)	6 (5)	3 (3)	4 (3)	3 (1)	2 (2)	5 (3)

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 $p \leq 0.01$ is indicated in the parentheses.

Pearson の相関係数を point 別に求めた結果、有意差判定の確率が $p \leq 0.05$ で相関ありとなった人数である。そのうち $p \leq 0.01$ となり強い相関が認められた人数はカッコ内に示した。被験者の半数以上が $p \leq 0.01$ の強い相関を示したのは、乳房振動の水平・垂直方向（要因 $A(x)-A(y)$ ）の関係、同方向の乳房振動とずれ（要因 $A(x)-B(x)$, $A(y)-B(y)$ ）の関係、乳房振動と衣服圧変動の関係（要因 $A(x)-C$, $A(y)-C$ ）であった。

スポブラもフルカップも水平・垂直方向の乳房振動の強い相関がほとんどの被験者で認められ、また乳房振動と衣服圧変動との関係、特に垂直方向の乳房振動 ($A(y)$) と衣服圧変動との関係はほとんどの被験者で

強い相関を示した。しかし、カップ上部で乳房の重みがかからず、着用による 3 次元偏位も少ない point 4 については、point 2 や point 3 のようにはならなかった。ずれは、同方向の乳房振動と強い相関を示した被験者が多く、その傾向はスポブラよりフルカップにみられた。

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おきるとともに、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ずれることが明らかとなった。

4. 要 約

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、下肢の動きを同期させて測定した。ブラジャーカップ内で生じる乳房振動とずれの特性を明らかにし、以下の知見を得た。

(1) スポブラ、フルカップともに乳房振動が走行周期に同期しておきた。しかし、スポブラの最大の振幅は垂直方向の左足の周期 (2.73 Hz) に表れ、フルカップの最大の振幅は水平方向の走行の周期 (1.34 Hz) に表れて、ブラジャーによって振動特性が異なった。

(2) 衣服圧の変動はスポブラ、フルカップ共に 1.34 Hz の走行周期、2.73 Hz の左足の周期でみられた。特に、左足の周期 (2.73 Hz) で下カップ部の測定点が大きく変動した。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た。

(3) 乳房とブラジャーは走行中にずれ、ある一定の範囲を巡回したが、ずれの周期を見出すことはできなかった。水平方向に振動の振幅が大きいフルカップはスポブラよりずれ量が多くなった。また、ずれやすい部位は下カップ部の正中側であった。

以上のように、乳房が走行中は振動しながらカップ内でずれをおこしていることが判明した。運動適合性を考える上で乳房振動とブラジャーのずれの特性は重要な設計要因と考えられる。スポブラの運動適合性を図るために、運動の強さに応じた振動とずれを計算する必要があると考えられ今後の課題となった。

本研究を遂行するにあたり実験に協力頂いた被験者

の方々ならびに京都女子大学卒業生の大槻尚子氏、小佐田亜矢氏に謝意を表す。

引 用 文 献

- 1) 間壁治子：『被服のための人間因子』，日本出版サービス，101 (1991)
- 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** (1), 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** (2), 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) 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，*家政誌*, **23**, 179-183 (1972)
- 6) 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)
- 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) 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)
- 9) 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)
- 10) 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，*家政誌*, **54**, 731-738 (2003)
- 11) 人間生活工学研究センター：『日本人の人体計測データ 1992-1994』，(社)人間生活工学研究センター，236-243 (1997)
- 12) 篠崎彰大：『自分でつくるボディ』，マガジンハウス，108-109 (1995)