

ブラジャーによる振動抑制効果に関する三次元的考察

布施谷節子, 松本智絵美

Three Dimentional Study on the vibration of breasts with brassiers

Setsuko FUSEYA and Chiemi MATSUMOTO

The breasts are vibrated obviously by jumping. It has been thought that the brassiers should control the vibration of breasts. So the authors investigated the effects of controlling the vibration by several kinds of brassiers. Two subjects whose breast sizes were different put three infrared reflex marks on their three points of each body and jumped ten times with camisole, sports bra, super light adhesive bra, brassier and strapless bra in regular sequence. The camisole was used instead of the nude.

The first mark was put on the fossa jugularis point and next two marks were put on each theloun. Two video cameras and 3D action analysis soft wear were used in the experiment. Main results were as follows:

The subject with smaller breasts showed the effect of controlling the vibration in the case of wearing the sports bra, brassier, strapless bra. The other subject with larger breasts didn't show the evident effect by any kinds of brassiers. The brassiers with straps have to be selected fittingly and adjusted by straps to each wearer; otherwise it is probable that the vibration of breasts will be large.

キーワード：乳房 (breast)、三次元動作解析 (3D action analysis)、振幅 (oscillation)、スーパーブラ (super light adhesive bra)、スポーツブラ (sports bra)

1. はじめに

若い女性にとって、いまやブラジャーはファッションアイテムとして大変重要な位置を占めている。寄せてあげることによって、胸の中心部にボリュームを凝縮し、かつ谷間を形成することになり、これによりバストを美的にそして魅力的に整えることができるというものである。このような機能性を持たせたブラジャーが多くの若者の支持を得ている。

また最近ではヌーブラという粘着性があり、乳房に直接貼り付けるタイプのブラジャーが登場し、ベアトップのドレスに適していたり、またストラップによる肩こりを軽減する効果も期待されて、人気上昇中である。

ブラジャーの発生から考えると乳押さえとしてボリュームをダウンさせたり、振動を抑制するのが本来の求められた機能ではないだろうか。

これまでのブラジャーに関する研究では、意識調査や着用形態に関するもの^{1),2)}の他に、乳房の振動を捉えた研究としては、岡部らの研究がいくつか見られる^{3)~6)}。しかしながら振動を三次元解析したものは極わずかで、しかもタイプの異なったブラジャーの振動に関する研究は見当たらない。そこで、本研究では、ビデオ撮影と三次元解析によって様々なタイプのブラジャーによって、乳房の振動抑制効果に差があるものかどうかを明らかにすることを目的とした。

2. 資料及び研究方法

(1) 実験条件

22歳女子の被験者2名により、試料5種類（キャミソール・スポーツブラ・ヌーブラ・ブラジャー・ストラップレスブラジャー）を用いて、実験を行った。被験者の体型とブラジャーサイズは表1の通りである。被験者Bの方が乳房が大きいことが分かる。測定点は、ジャンプ自体の大きさを判断するために、乳房の振動を受けにくい頸窩点（マーク1）を基準点とした。ジャンプによる胸の振動を測定するための測定点として右胸乳頭点（マーク2）、

左胸乳頭点（マーク3）の2点を乳房振動の測定点とした。

表1 被験者の体型とブラジャーサイズ

(cm)		被験者 A	被験者 B
1	身長	161.0	164.5
2	乳頭位胸囲	80.7	85.3
3	下部胸囲	73.2	71.4
4	バストサイズ(2-3)	AA75(7.5)	G70(13.9)
5	被験者通常着用サイズ	A75	D70
6	ヌーブラサイズ	A	B
7	乳頭高		
	左	117.6	116.7
	右	116.5	116.6
8	胸部横径		
	トップ	27.9	27.1
	アンダー	25.7	24.1
9	胸部矢状径(左)		
	トップ	18.7	21.9
	アンダー	16.0	17.5
10	脇下高	118.8	124.4
11	乳頭間隔	17.3	18.5
12	乳房の深さ	1.3	3.8

被験者は、各測定点に赤外線反射マークを装着し、各種ブラジャーを着用して、その場で10回のジャンプを行った。その様子を2台のビデオカメラで撮影した。なおジャンプのスピードを一定にするために、メトロノームにより速度を92に設定した。

実験時期は2004年12月上旬である。

(2) 解析方法

解析は、撮影した画像を動作解析ソフトウェア製のIMpro-3Dに取り込んで

行い、さらに三次元測定値をエクセルに移して検討した。

本実験では、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。

まず、各ブラジャー着用時の10回のジャンプの大きさに有意差がないかを検討するために、各ジャンプにかかった時間と、基準点とする頸窩点（マーク1）の高さを示すZ座標が最上昇した時のZ座標値とでクロス集計を行い、カイ二乗検定を行った。その結果、2名の被験者共に、全ての試料条件に対し有意差は認められなかった。本実験ではメトロノームを用いて、等間隔でジャンプをさせていたためか、検定結果からジャンプの時間、高さに差がみられず、10回のジャンプはほぼ同じように行われていたことがわかった。そこで今回は、10回のジャンプの中間である5回目のジャンプだけを取り出して検討することとした。さらに確認するために、2名の被験者の試料条件の5回目のジャンプにおいて、ジャンプに要した時間と最上昇した際のZ座標値とでクロス集計を行い、カイ二乗検定を行った。その結果、有意差は認められなかった。よって、本実験については全条件の5回目のジャンプがほぼ同条件と考え、検討を進めることとした。

図1は被験者Aのキャミソール着用時の上下振動を表すZ座標値を時間の経過で示したものである。これより、骨格のジャンプによる動きを表すマーク1と同様に、軟部組織で構成される両乳房も大きな波を描くように振動している。右乳頭点（マーク2）と左乳頭点（マーク3）はほぼ同様の動きをしていることも読み取ることができる。

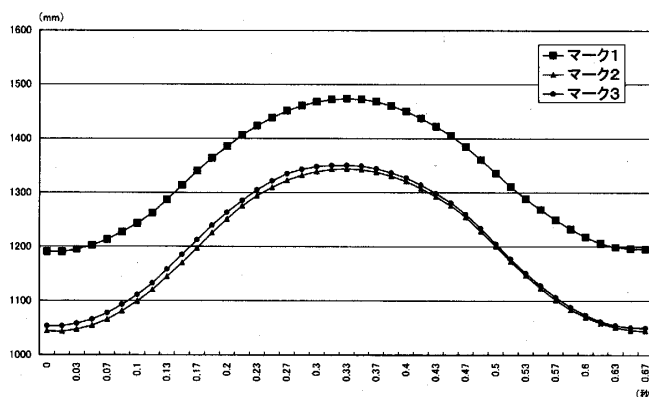
そこで、次に、左右それぞれの乳頭点のジャンプによる変動の特性を検討するに当たり、0.017秒ごとの各測定点の座標値を用いて以下の計算を行った。

$$V_{rt} = \text{マーク2または3のX(Y・Z)座標値(Time } t) -$$

$$\text{マーク1のX(Y・Z)座標値(Time } t)$$

Time t : $0.017 \times i$ i は解析間隔の順序を示し、0はスタート時を示す。

図1 被験者Aキャミソール着用時の測定点の動き



これによって、算出したマーク（2、3）の値は、マーク（2、3）からマーク1までの各座標軸上での距離を表し、この値から更にTime 0時の V_{rt} を引き、ジャンプスタート時であるTime 0時の座標値をそれぞれ0として、ジャンプによる乳頭点の変動を求めた。この結果、被験者A・B共に、マーク2に比べ、マー

ク3の変異が大きく、両被験者共に大きい左乳房のほうが、揺れが大きいことが分かった(図2)。そこで、以下の考察は左乳頭点であるマーク3に着目し、各実験試料ごとに検討を進めていくこととする。

3. 結果及び考察

(1) キャミソール

キャミソールは、各種ブラジャーとは異なり、胸を抑える機能はなく、最も裸体に近い状態であると考えられる。まず、図3はキャミソール着用時のZ座標、つまり上下の動きを表している。被験者Aは、ジャンプ開始から0.267秒時に最も上昇し、ジャンプ終了時に最も降下している。被験者Aの左乳頭点は1度のジャンプで

最高値と最低値の差すなわち振幅は28.8mmで、大きな山を2度描いている。また、被験者Bは、ジャンプ開始から0.234秒後に最も上昇し、ジャンプ終了時に最も降下している。被験者Bの左乳頭点は一度のジャンプで51.7mmの振幅を示し、被験者A同様に二つの山を描いている。基準点が最も上昇した時、つまり、体がもっとも高く上がったのは、被験者Aがスタートから0.334秒後、Bは0.317秒後であった。このことから、抑制効果のあるブラジャーを着用しないキャミソールの場合、乳房の大きさに関わらずジャンプによって大きく上下し、軟部組織である乳房は、体が最も高く上がる前に大きく引き上げられるように上昇し、その後体全体が下降する時に、跳ね返るようにもう一度上昇することがわかった。

次に図4はキャミソール着用時のX座標値つまり左右の動きを表している。被験者A・B共にジャンプ開始に伴い、左方向へ揺れ、その後右方向へ揺れている。これを三回繰り返し、三つの山があるグラフを描いた。被験者Aは一回のジャンプで左右に7.5mm、Bは8.8mmの振幅が見られたが、上下に比べ、揺れは少なく、両者の差も大きくは見られなかった。

次に前後方向を表すY座標(図5)に関しては、体が最も上昇するすなわちマーク1のZ

図2 被験者A キャミソール着用時 Z座標値

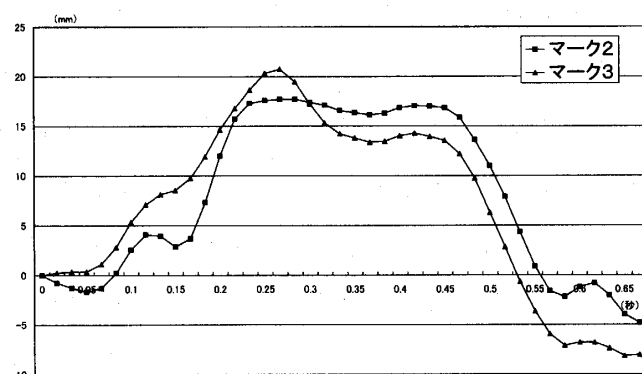


図3 キャミソール Z座標

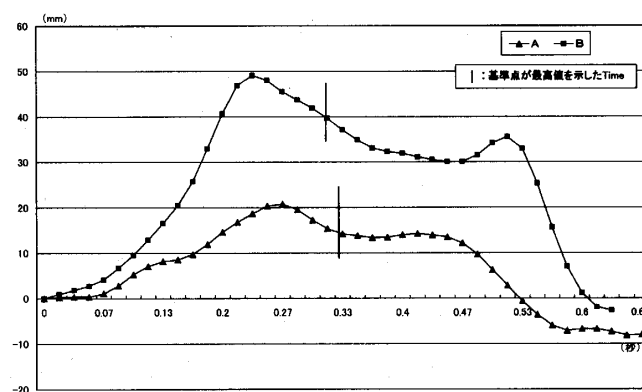


図4 キャミソール X座標

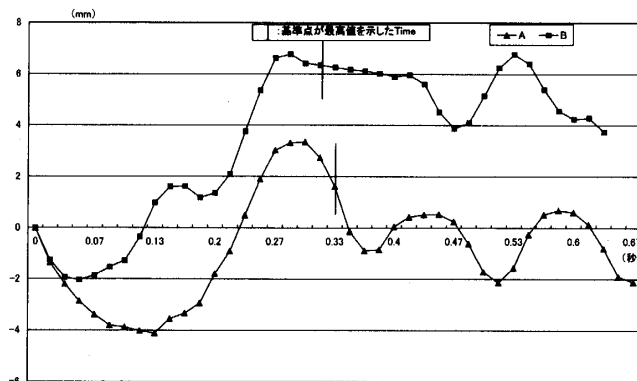
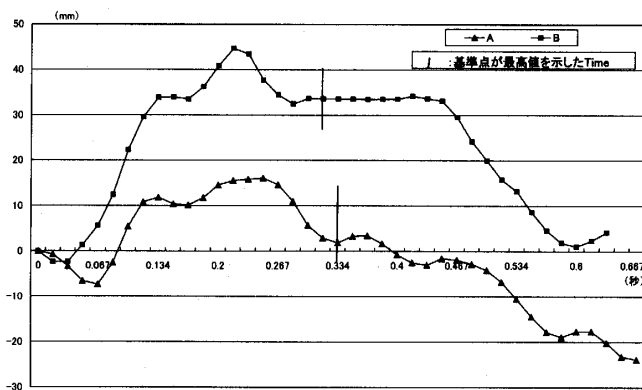


図5 キャミソール Y座標



座標値が最高値を示す以前において、両者共に二つの山を形成しながら前方に突出する。このことから、胸の前後方向への揺れは、体の上昇前に起こりやすいことがわかった。また被験者Aは前後に39.9mm、Bは47.1mmの振幅が生じ、左右の揺れ同様に乳房の大きさによる差は、上下方向の揺れに比べて少ないと言える。

以上のことから、キャミソール着用時、つまり裸体に最も近い条件では、上下方向への変移量が最も大きく、ジャンプして体が上昇する際と下降する際に、乳房は体の動きとは異なる跳ね上がり方をするといえる。また、左右・前後の揺れは乳房の大きさによる影響が上下に比べて少ない。ジャンプという動作の特性上、

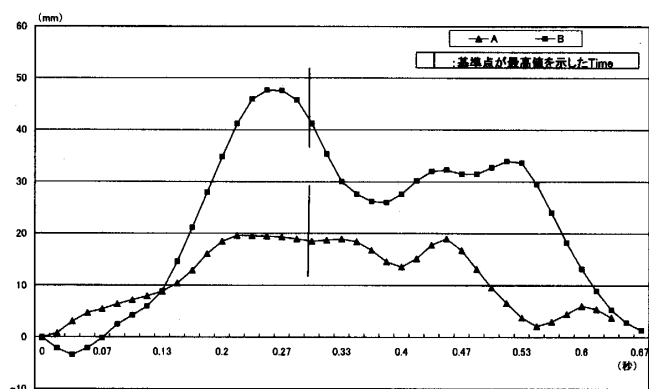
上下方向への揺れが最も大きく、乳房の大きさによる差が出やすいことが分かった。

(2) スポーツブラ

スポーツブラはタンクトップ型で、丈は下部胸囲の位置までで、下端をゴムで支える形式である。

まず図6に示すZ座標であるが、キャミソール着用時と同様に被験者A・B共に二つの山を描いている。また被験者Aは19.6mm、Bは51.0mmの上下への振幅が示される。キャミソール着用時では被験者Aが28.8mm、Bが51.0mmの揺幅を記録していたことから、被験者Aに関しては、9.2mmの抑制効果がみられる。しかし被

図6 スポーツブラ Z座標



験者Bに関してはキャミソール着用時とほとんど差がなく、スポーツブラによる上下方向への抑制効果が見られなかった。

次に、左右方向のX座標(図7)では、被験者Bは4つの山を描いたグラフになった。しかし被験者Aに関してはキャミソール着用時に比べ、小刻みな山が多く5つの山が見られた。また被験者Aは左右に10.0mm、Bは6.5mmの揺幅が起きた。キャミソール着用時に比べ被験者Aは約2.5mm揺れが大きくなり、Bは約2.3mm揺幅が抑制された。

またY座標(図8)で前後方向への振幅を見ると、被験者Aは25.6mm、Bは34.2mmの揺れが見られる。これより、キャミソール着用時に比べ、前後方向への抑制効果が両被験者に現れたことになる。

以上のことより、スポーツブラを着用した場合、前後方向への揺れは両被験者において抑制効果が見られたが、左右方向は被験者Bにのみ抑制効果が見られ、上下方向に関しては被験者Aにのみ抑制効果が見られた。スポーツブラは下端にゴムが入っているため、キャミソール着用時に比べ上下方向への揺れを抑制できることが予想できる。乳房が小さい場合は抑制できるが、大きい場合はゴムのみでは抑制しきれないことがわかった。また前後方向への揺れは、スポーツブラの特徴であるゴムにより胸の下部を抑えられるため、キャミソール着用時よりも胸を圧迫し、上から押さえつけられ、前後には揺れにくくなることが考えられる。

スポーツブラは胸の発達の初期において着用する傾向があり、揺れが気になり始めるとワイヤー入りのブラジャーに切り替えることが多い。今回の結果からも、乳房の膨らみが少ない場合は、キャミソールのみ着用の場合よりも胸の振動を抑制する効果があることがわかった。よって、発達初期の乳房にとってスポーツブラは効果的であると言える。

図7 スポーツブラ X座標

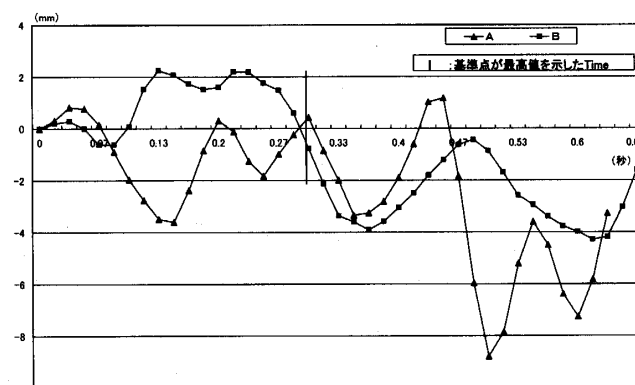
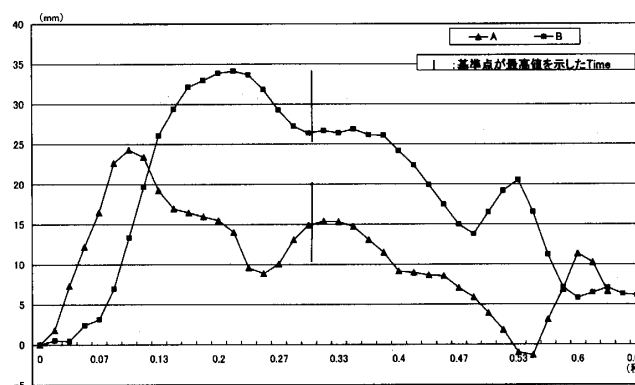


図8 スポーツブラ Y座標



(3) ヌーブラ

ヌーブラは貼り付けるようにして乳房を覆い、左右の乳房の内側にあるホックで固定させるものである。

まず、Z座標（図9）では、被験者Aは上下方向に29.9mm、Bは51.3mmの揺幅が見られ、A・B共にはキャミソール着用時つまり裸体に近い状況同様に上下の大きな振幅が見られる。最も上昇するのはキャミソール着用時よりも両者共に約0.017秒程早く、急激に上昇する傾向が見られるが、同時に降下するのも早い傾向にある。これは、重量のあるヌーブラがぴったりと乳房に張り付いているだけで、体の他の部分に固定されていないため、乳房の重量にヌーブラの重量がプラスされて一体となった乳房が急速な下降を生じたのではないと思われる。

また左右方向へのX座標値の振幅は（図10）キャミソール着用時よりも大きく、被験者Aは9.7mm、被験者Bは14.7mmの振幅であった。また左右への小刻みな揺れが見られた。左右の胸の内側をホックで留めるというヌーブラの形が影響し、ジャンプによりホックのある内側に引き寄せられ、また反動で何も支えのない外側に逃げるといった動きが繰り返されているのではないかと考えられる。

次にY座標値（図11）から、前後方向への振幅を見ると被験者Aは39.4mm、Bは36.0mmの振幅であり、抑制効果は少なく、Aに関してはキャミソール着用時とほぼ同様の揺れが見ら

図9 ヌーブラ Z座標

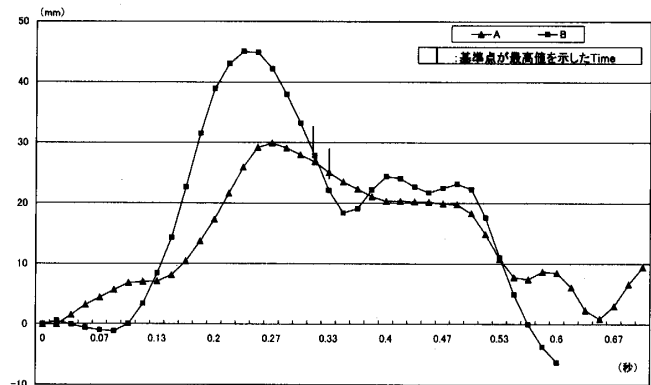


図10 ヌーブラ X座標

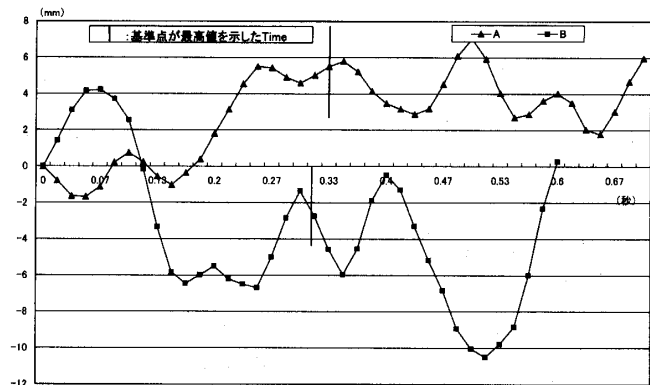
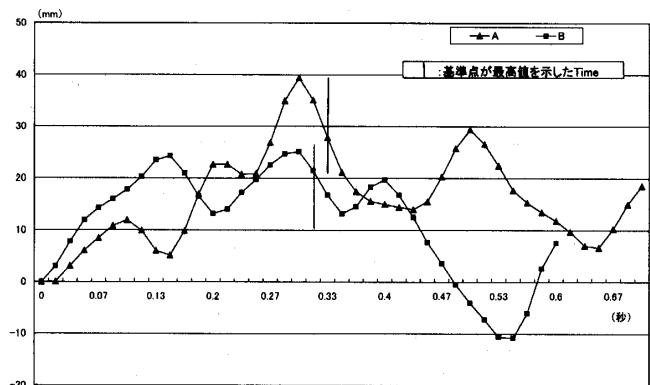


図11 ヌーブラ Y座標



れた。ヌーブラ着用時では体はAが0.333秒時点、Bは0.3秒時に最も上昇を示した。キャミソール着用時では、最上昇前に大きな揺れが見られたが、ヌーブラの場合、体全体が降下していく間にも前後に振動していることが読み取れる。これは、スポーツブラのように肩で支えられていないことや、ブラジャーのように背中ホックで固定していないためと考えられる。

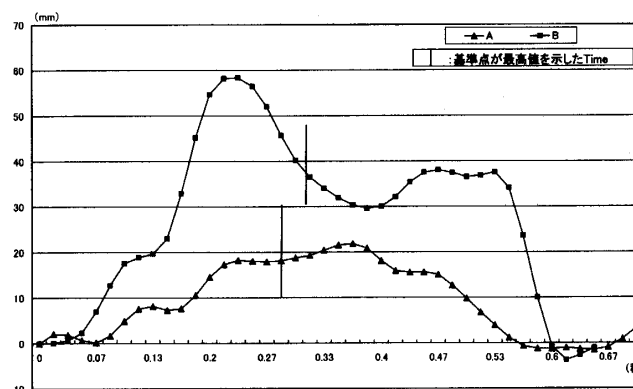
以上のことから、ヌーブラは上下・左右・前後どの方向をとっても振動が大きく、ファッション性はあるが、ブラジャーとしての振動抑制機能は果たしにくいと考えられる。

(4) ブラジャー

ブラジャーは各被験者が普段着用しているものでパットは用いずに使用した。

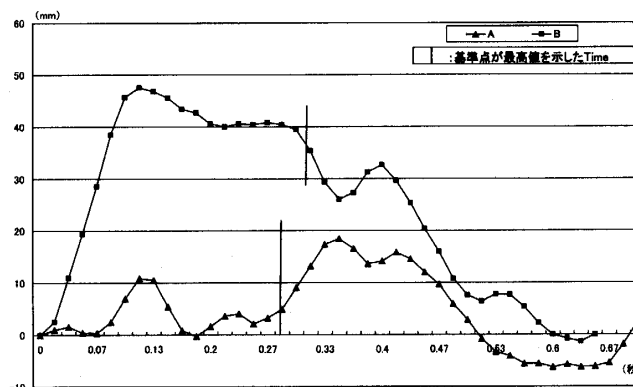
まず、Z座標値である上下方向への振幅を見ると(図12)、被験者Aは23.4mm、被験者Bは62.1mmの振幅が確認できる。キャミソール着用時、被験者Aには28.8mm、Bは51.7mmの上下の振幅を観測した。また、スポーツブラ着用時では、被験者Aは19.6mm、Bは51.1mmの振幅であった。従って、ブラジャーに関して被験者Aは、スポーツブラ着用時より、Bにはキャミソール、スポーツブラ着用時よりも大きく振動したことが分かる。

図12 ブラジャー Z座標



X座標値から左右方向(図13)は、被験者Aは7.8mm、Bは8.8mmの振幅が見られた。また被験者Aは一度のジャンプの中で左右に揺れを繰り返すが、Bは右に揺れ、体が最も上昇する0.317秒を過ぎ、降下していくと共に、元の位置に戻っていくことがわかった。よって、左右方向への揺れは共通性がみられず、異なった振動の仕方をすることがわかった。左右への揺れの大きさとしては、キャミソール着用時とほとんど変化はなく、ブラジャーによる抑制は見られにくいことがわかった。

図13 ブラジャー X座標



次にY座標(図14)に関しては、被験者Aは24.7mm、被験者Bは48.9

mmの振幅を示し、Bは体の上昇と共に大きく前に突き出し、降下と共に元の位置に戻っていく様子が読み取れる。Aにはキャミソール着用時に比べ、15.2mmの抑制効果があったが、Bに関しては逆に1.8mm振幅が大きくなったといえる。

これらのことから、本研究においてはブラジャーが上下・左右・前後方向への振動を抑制できるとはいいがたい結果となった。これは表1から分かるように、被験者Bがブラジャーの規定サイズよりも1カップ大きなサイズのブラジャーを着用していたことが影響したのではないかとと思われる。カップの大きさに対して乳房の大きさが小さいため、パット抜きで着用した場合、乳房がカップの中で安定せずにジャンプによって大きく振動したのではないかと考えられる。

ブラジャーは、カップを肩紐によって上方向に持ち上げるように固定し、同時にカップを背中ホックによってアンダーバストに固定している。他の試料と比較すると、ブラジャーは固定している箇所が多く、振動も抑制できると予測したが、逆に他の条件よりもサイズ選びや、肩紐の調節等が難しく、抑制を促すような条件で着用しにくいこともわかった。今回は肩紐の長さは、普段着用している時の状態とし、特に指定はしなかった。そのため、肩紐の長さはブラジャー自体が持つ抑制を促す効果が見られるような条件下であったと言い切ることができない。そこで、次に同ブラジャーの肩紐を外し、ストラップレス状態として実験を行った。

(5) ストラップレスブラジャー

まず、Z座標値から上下方向への振幅を見ると（図15）、被験者Aは15.2mm、Bに関しては51.7mmの振幅であった。これをブラジャー着用時と比較すると、Aは8.2mm、被験者Bは10.4mm揺幅が抑制されている。また、キャミソール着用時はAが28.8mm、Bは51.7mmの揺れがあった

図14 ブラジャー Y座標

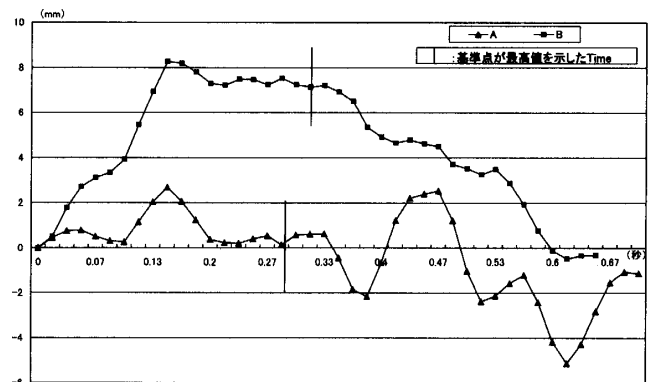
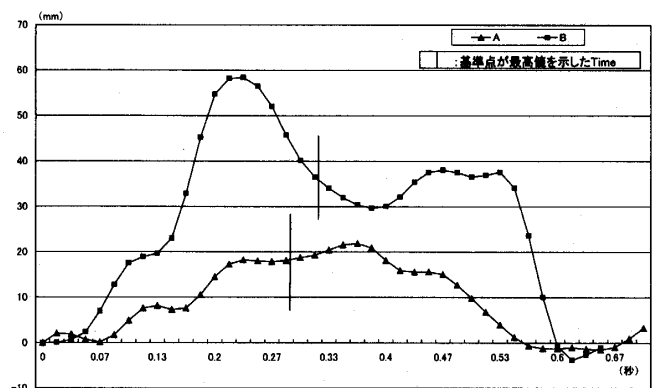


図15 ストラップレスブラジャー Z座標



ことから、Aは13.6mm抑制されているが、Bに関しては、キャミソール着用時、つまり最も裸体に近い条件と同様の結果となった。

またX座標値(図16)でみると、両者とも左右への振幅が大きく、Aは5.4mm、Bは14.4mmの振幅であり、しかもブラジャー着用時に比べると左又は右に大きく変移し、それからまた逆方向へ引き戻されるように大きく振幅することが分かった。数値としてみると被験者Aはブラジャー着用時に比べ抑制されているが、Bは振幅が大きくなっていることがわかる。キャミソール着用時ではAが7.5mm、Bは8.8mmの揺幅があったことを考えると、被験者Aに関しては抑制効果が見られたが、Bに関しては裸体に近い状態よりもむしろ振幅が大きかったと言える。

前後方向への振幅は(図17)、Aは18.0mm、Bは46.9mmであった。キャミソール着用時はA39.9mm、Bは47.1mm、ブラジャー着用時にAは24.7mm、被験者Bは48.9mmの振幅であったことから、被験者Aに関しては抑制効果がはっきりと見られたが、Bに関してはほぼ同量の振幅であった。

以上のことから、キャミソール着用時に比べ、被験者Aに関しては各方向に対して抑制効果が見られたが、Bに関してはむしろ振幅が大きくなっている。また、ブラジャー着用時と比較すると、Aは全方向に対して、Bは上下・前後方向に対し、抑制効果が見られた。ストラップレスとなると、肩で支える機能はなくなり、背中部分のホックとワイヤー入りのカップで支えているだけである。しかしながら、この場合のほうが振幅が小さくなるということから、肩紐は肩の上下に連動するため、振幅が大きくなってしまいうこともあった。特に被験者Bは実際のカップ体型に合ったサイズよりも大きなカップのブラジャーを着用していたことも影響していると考えられる。

図16 ストラップレスブラジャー X座標

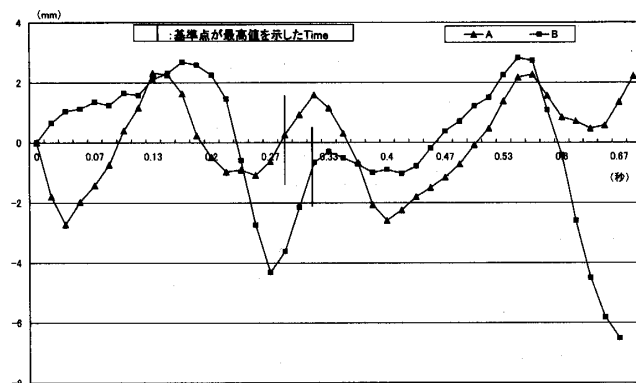
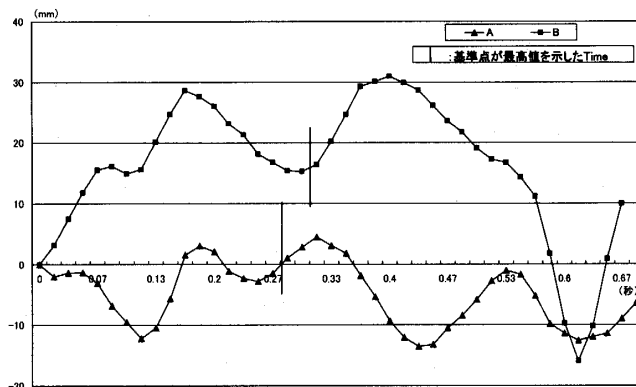


図17 ストラップレスブラジャー Y座標



以上のことから、ブラジャー・ストラップレスブラジャーの結果を総合すると、ブラジャー使用の場合はサイズ選びや、ストラップ部分の調節の仕方等により、むしろ振幅が大きくなってしまっていることがわかった。

4. ま と め

本実験は、被験者2名に5種類の試料（キャミソール・スポーツブラ・ヌーブラ・ブラジャー・ストラップレスブラジャー）を着用させ、ジャンプによる乳房の振動実験を行った。測定点は、ジャンプ自体の大きさを判断するために乳房の振動を受けにくい頸窩点（マーク1）を基準点として、乳房の振動を測定するための測定点として右乳頭点（マーク2）左乳頭点（マーク3）の2点を乳房振動の測定点とした。

各測定点に赤外線反射マーカを装着し、被験者に各種ブラジャーを着用させ、その場で10回のジャンプを行った。その様子を2台のビデオカメラで撮影し、動作解析ソフトソフトヒューテック製のIMpro-3Dに取り込んで解析を行い、更に三次元測定値をエクセルに移し検討した。

5種類の試料を用いた本実験では、被験者Aは、ストラップレスブラジャー着用時に最も振幅抑制効果が現れた。スポーツブラ、ブラジャー着用時にも上下方向と前後方向で振幅が小さくなり、振幅抑制が現れた。被験者Bは全試料でAに比べて振幅は大きく、はっきりとした抑制効果は現れなかった。最も抑制されたスポーツブラでも、Z座標値が示す上下方向の振幅は51.0mmであり、キャミソール着用時と比較しても0.7mm抑制されただけにとどまった。

これにはまず被験者の乳房の大きさが影響している。被験者AはブラジャーサイズでAA～Aサイズであり、スポーツブラのような下部胸囲をゴムで支えるという比較的安定間の少ない形式のブラジャーでも抑制効果が見られる。しかし、被験者BはAに比べて乳房は大きく、最も抑制されたスポーツブラでも振幅は大きく、抑制効果が見られにくかった。

またブラジャーのサイズ選びが影響したことが考えられる。被験者Bは実際に乳房に合うサイズよりも大きなカップのブラジャーを着用していたことから、カップの大きさに対して乳房の大きさが小さいため、パット抜きで着用した場合には、乳房がカップの中で安定せずにジャンプによって大きく振動したのではないかと考えられる。被験者Aにはキャミソール着用時よりもブラジャー着用時、ストラップレスブラジャー着用時に前後方向の振幅が減少したことから、ブラジャーのカップに乳房が収まり、振幅が小さくなったと言える。

またブラジャーとストラップレスブラジャーの結果から、ブラジャーのカップや背中部分のホックによる振幅抑制効果も明らかとなった。被験者Aは、ブラジャー、ストラップレス

ブラジャー着用時に振幅抑制効果が見られ、特にストラップレスブラジャー着用時にはキャミソール着用時に比べて、上下方向に13.6mm、前後方向に21.9mmの抑制が見られた。また、肩紐がついたブラジャー着用時の方が振幅が大きくなったことから肩紐の振幅への影響も明らかになった。ブラジャーは、カップを肩紐によって上方向に持ち上げるように固定し、同時にカップを背中の中のホックによってアンダーバストに固定しているが、ストラップレスブラジャーとなると、肩で支える機能はなくなり、背中部分のホックとワイヤー入りのカップで支えているだけとなる。しかしながら、後者の場合のほうが振幅が小さくなるということから、肩紐によって肩の上下に連動し、振幅が大きくなってしまうこともあることが分かった。

以上のことから、乳房が小さい者や発達途上の者にとって、スポーツブラは振幅抑制に効果的であると言える。またブラジャー使用の場合はサイズ選びや、肩紐の調節の仕方等により、むしろ振幅が大きくなってしまふことがあるため、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はできないと言えよう。肩紐の長さに関しては被験者が普段使用している状態としたため、肩紐の振幅抑制効果を知るためには長さの調節も影響するのではないかと考えられ、今後の課題点としたい。

引用文献

- 1) 前川清子：「ファンデーションに関する調査」、長崎県立女子短期大学研究紀要、40、25-32、1992
- 2) 中野慎子：「ブラジャー着用における胸部形態について」、相愛女子短期大学研究論集、34、35-43、1987
- 3) 竹内友昭：「乳房の運動とブラジャー」、人間工学、20-2、65、1984
- 4) 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
- 5) 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
- 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、379-388、2005

布施谷 節 子 (家政学部生活環境学科助教授)

松 本 智絵美 (家政学部生活環境学科職員)