

## 歩行に伴う乳房の振動分析

## Analysis of Vibration of Human Breasts during a Walk

○岡部 和代, 大神 晃\*, 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

Kazuyo OKABE, Aki OOGAMI\* and Takao KUROKAWA\*

Kyoto Women's Junior College

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

## 1. はじめに

ブラジャーの設計に新しいデザイン方式を導入するためには、人体の特性を正確に把握し、設計に反映させるための生体情報が必要である。フィット性や快適性を追求するために、高精度な人体計測が行われているが、それと共に運動時の乳房の力学的挙動を解明することが求められている。ブラジャー開発の歴史は、まさに運動適合性との戦い<sup>1)</sup>と云われるように、運動によって複雑に動く乳房は、ブラジャーの着心地を大きく左右してきた。そこで、筆者らは動作によって生じる乳房の振動を明らかにしたいと考えた。

乳房の振動変化については、樋口ら<sup>2)</sup>が、ブラジャーは乳房をカバーして人体振動を抑制して運動時の整容に重要な作用をすると考えられるとして、人体運動による乳房各部の振動状態を人体加速度計で測定し、ブラジャー着装による防振効果について測定した。報告でも述べられているように加速度曲線の変動が乳房の変位そのものを捉える訳ではないが、乳房の振幅を捉えるのに有効であった。また、黒川<sup>3)</sup>は、運動に伴う乳房の振動を赤外線位置測定装置(セルスポット・システム)を利用して捉え、ヌード時の乳頭点の振動について、身体の振動に比べて位相遅れが認められるが、主に身体と同じ周波数で振動することが述べられている。しかし、これらの報告は、体幹部と乳房自身の動きとが分離されていない。

本研究では、動作分析システムを利用して歩行中の人体の動きを時系列で取り込み、体幹部の動きと乳房の動きを分離することによって、乳房独自の振動特性を明らかにする試みを行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 振動実験の使用機器

振動実験には、CCDカメラ、ビデオデッキ、TVモニター、2次元動画画像解析装置等で構成される運動解析システムMAS MD-20RS(ケイオー電子工業(株)製)を使用した。まずCCDカメラで左乳房に付けた測定点の動きを取り込み、歩行開始直前に取り込んだスケールを基にキャリブ値を設定した。測定点の移動を実寸に換算してX、Yの座標値を算出した。

## 2.2 歩行条件

歩行条件は、トレッドミル(フクダMAT-B00D)を使用して、遅い速度の歩行(1.5 km/h)、中速度の歩行(2.0 km/h)、速い速度の歩行(2.5 km/h)を設定した。3つの歩行条件で、安定した歩行ができるようメトロノームを併用し、被験者の歩数が一定になるよう歩行訓練を行った後に実験を行った。また、身体のブレが最小になるよう右手には支え棒を持ち、左手は腰にあてて歩行させた。

## 2.3 測定点の位置設定

乳房は胸郭に対して方向性をもっている<sup>4)</sup>ため、左右の乳房の動きを同時に捉えることは困難である。そこで、本研究の振動実験対象を左乳房部に限定した。乳房の測定位置は次のように決めた。①乳房の形を縁どる下辺の輪郭線(バージスライン)と、乳房を大きく持ち上げてできる乳房上端の皺をたどる線をつないでできる輪郭線で囲まれる領域を乳房部とみなし、眉墨で輪郭線を描く。②乳頭点を中点として、垂直水平および45°の位置に体表に沿った直線(a~h)を描く。③輪郭線と乳頭点との距離を3等分した位置に2つの輪を描き、これを乳頭点に近

い輪から内輪, 中輪, 外輪と称する. 図1に示す交点(1~25)の内14点(太字でアンダーラインの番号)と点0の計15点の動きを追跡した. 点25は乳頭点である.

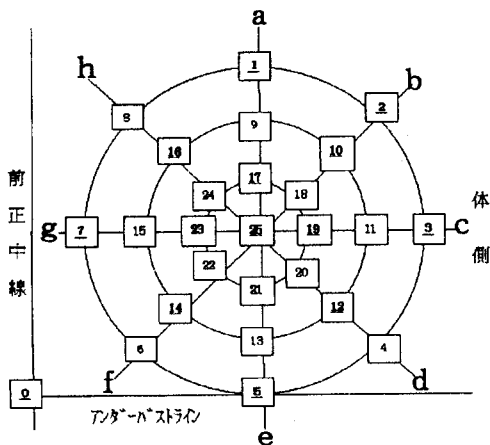


図1 左乳房部上の測定点

## 2.4 被験者

被験者は, 年齢22~23歳の成人女子12名である. 乳房の大きさを, ファンデーションのサイズ(JIS L4006)ーカップ体型区分の呼び方で示すと, B65が1名, B70が4名, C65が1名, C70が4名, C75が1名, D75が1名で20歳代の頻度分布<sup>5)</sup>の多いサイズ領域にある被験者である.

## 2.5 乳房の柔らかさの測定

乳房の皮膚表面を, デジタルフォースゲージ(日本電産シンボ製)で押し込み測定し, 柔らかさを求めた. 測定位置は図1の点1~24である. 皮膚面に垂直になるよう直径8mmの計測アダプターを押し込む. 押し込み量は, アダプターの先端から一定距離(3mm, 6mm, 9mm)にはめ込んだ直径2cmの透明プラスチック円盤に皮膚が接触するまでとし, それに必要な力によって柔らかさを表現した.

## 2.6 画像取り込みと振動分析手順

静立時, 左乳頭が画面のほぼ中央となり, 且つ左乳房全体が正面を向くようにCCDカメラの位置を決定した. 歩行画像を20秒間取り込み, その間の中央6秒間を分析対象とした. 0.033秒間隔に15点のX, Y値を導出した. なお, 左足が床を蹴り上げてから右足が蹴り上げるまでを1歩とすると, 6秒間の歩数は, 遅い歩行(1.5 km/h)で9歩, 中の歩行(2.0 km/h)で10歩, 速い歩行(2.5 km/h)で11歩であった. 6秒間の分析手順は次の通りである.

- ① 15点の6秒間の軌跡を求める. 図2は速い歩行(2.5 km/h)時の各点の軌跡を描いた図である. どの点も時計回りに大きく連動して動くが, 体幹部の動きを含んでいるため, 乳房自身の振動とは云えない.
- ② そこで, 乳房から隔たった点0(正中線とアンダーバスタインの交点)の動きを体幹部の動きとみなし, 乳房各部の動きから, その値を減じて点の値を補正する.
- ③ ②の補正を行っても, なお上半身は歩行周期に応じた体軸回りの回転の影響が残り, それは体側に近づくほど大きい. 点1は乳房の振動とは独立とみなし, 点0と点1の関係から他点の回転を補正した. 得られた値を乳房自身の振動として分析した(図6).

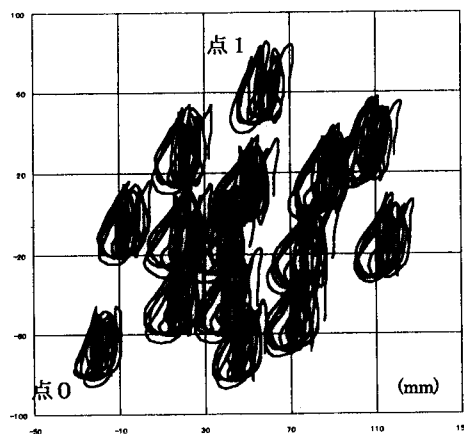


図2 補正前の測定点の軌跡例

## 3. 結果

### 3.1 乳房の柔らかさ

乳房の柔らかさを測定した結果から, 指数関数で近似( $y=ae^{bx}$ )し, 押し込み量0mm時の値を推定した. この値を乳房に力を加えない場合の柔らかさと考え, 部位間で柔らかさを比較するための指標とした. この値が小さいほど柔らかいことになる. 図3に24点の平均測定値に指数関数をフィッティングした結果を示す. また図4は上の指標を部位別に12名分平均したものである. 内輪は上下左右ともほぼ同じ大きさの柔らかさを示す. 中輪はa, h方向の点が硬く, また乳房の下方より上方が硬い傾向にある. 外輪では, 前腋点に近い点b, c方向が柔らかく, 胸骨に近いg, h方向が突出して硬い. これは乳房境界線上の脂肪

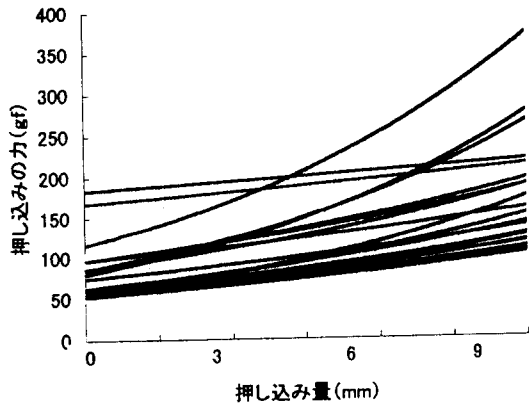


図3 押し込み量と力の関係

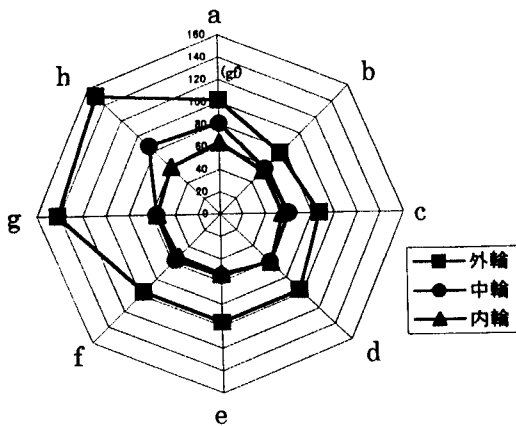


図4 乳房各部の柔らかさ

層の薄い部位を測定しているためである。以上の結果は前述の指標が柔らかさの表現に利用できることを示している。

清水ら<sup>6)</sup>はスライディングゲージを用いた装置を開発して、男女1名ずつの胸幅線から下部胸囲線までの柔らかさを測定している。体軸に対して垂直な場合と、乳房のように半球形をした曲面をもつ面に対して垂直に測定するのでは結果は異なると考えられるが、乳頭点付近が最も柔らかく、胸骨付近が最も硬いとされた結果は一致する。また80gf以上の圧力では変形が飽和状態に近づくと言われているが、乳房の輪郭線上にある外輪は、その飽和状態に近い。したがって、被験者の柔らかさを評価するには、内輪と中輪の値を利用するのが適当と考えられる。

内輪と中輪の指標を利用して、乳房の柔らかさにより被験者をランク付けすると図5を得る。これは

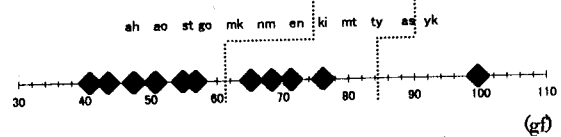


図5 被験者の乳房の柔らかさ分布

内輪、中輪の全点の指標を平均して求めた。これより被験者を、柔らかいグループ(7名)、中位のグループ(4名)、硬いグループ(1名)に分類する。

### 3.2 乳房の位置別振動の特徴

図6は、図2のデータについて体幹部の動きを補正した後の乳房の振動軌跡である。この被験者は3.1の柔らかいグループに属する。この図からは、部位別の振動の特徴が認められる。乳頭点を中心に内輪では振動が大きく、腋点部では上下方向に大きく振動し、正中線近傍では振動が小さくなる。また、乳腺と脂肪層の厚い軟組織からなる柔らかい部位は振動が大きい。以上の結果は図4の結果と明白な対応を示しており、乳房の柔らかい部位ほど振幅の大きい振動を生じることが分かる。

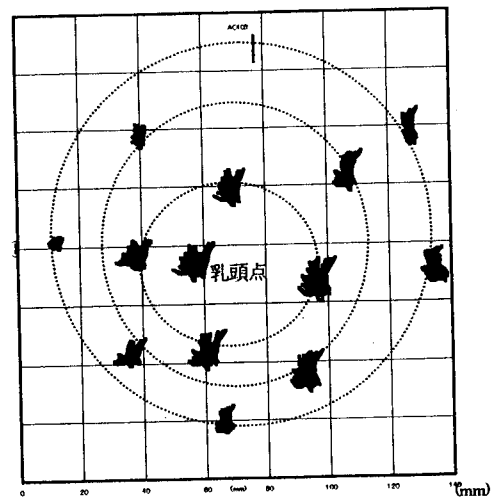


図6 歩行(2.5km/h) 6秒間の振動軌跡(補正後)

なお、左右の歩行を1サイクルとして、その動きを取り出して観察すると、遅い歩行では円に近い微動に、速い歩行では8の字を描くように、左足を踏み込んだ時に上方に、次いで正中方向に、体側方向にと複雑な振動になることも判明した。

### 3.3 歩行速度別振動特性

歩行条件別の振動の例を図7に表す。図6と同じ柔らかい被験者について点0を除く14点の6秒間

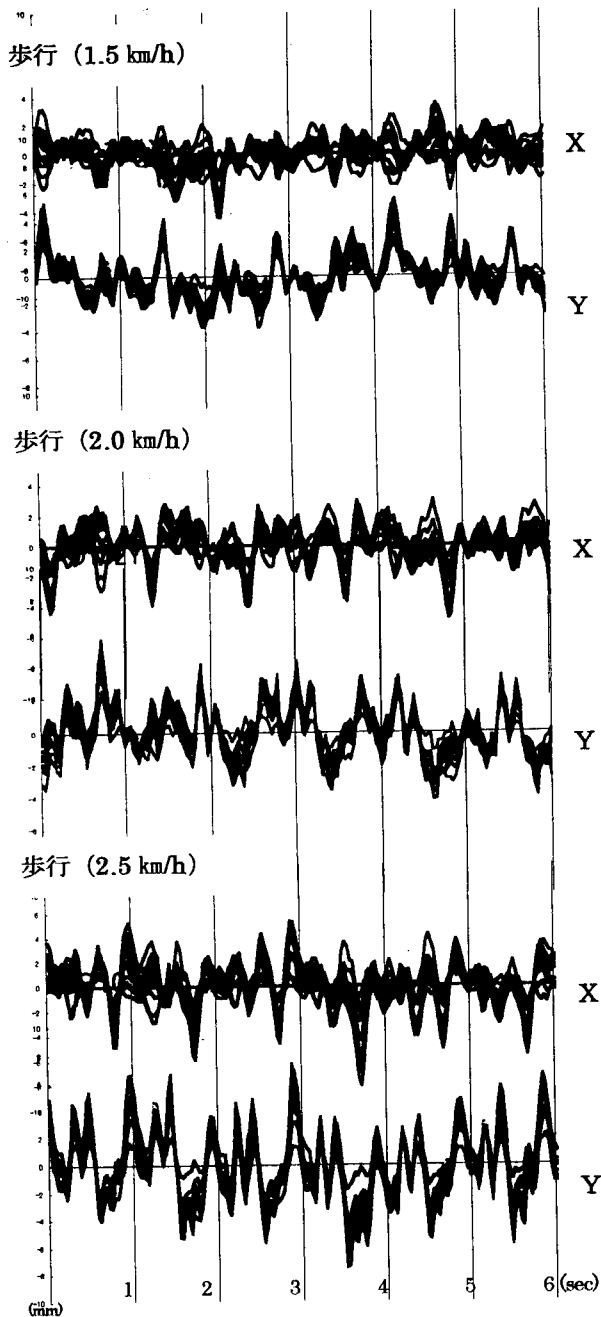


図7 歩行条件別にみた乳房の振動

の振動を重ねたもので、歩行速度が速いほど振幅は大きい。また、XよりY値の振幅の方が大きい。歩行速度に応じて、振幅が変化するの、柔らかい乳房に特徴的で、硬い乳房では速度の影響が少なかった。部位間では振幅に大きな差位が認められた(図6参照)。さらに、乳房全体として同調した振動となっているが、部位間には微妙な位相のずれが認められた。

#### 4. 考察

着心地の良いブラジャーを設計するためには、乳房の形態を詳細に捉えるとともに、動的な挙動を明らかにしておく必要がある。そのため歩行中の乳房の振動を、体幹部の動きから分離して抽出し分析した。歩行中、乳房は複雑な振動を繰り返す、被験者により、乳房の部位により異なる振動を示すことが判明した。特に、乳房の柔らかさによって振動の特性が大きく異なった。また、同じ乳房上でも柔らかさの違いが振幅と相関を示した。一方、部位が異なると振幅に位相差が生じ、これが円運動、8字型運動の発生につながるということが分かった。

#### 5. おわりに

ブラジャーに新しい設計システムを導入するために必要な乳房の力学的挙動を捉える目的で本研究を行った。ブラジャーに運動適合性がより厳しく求められるスポーツでは、歩行だけでなく他の運動実験も必要であろうが、乳房の振動を正確に抽出するためには、ある程度被験者の身体運動のコントロールを工夫する必要がある。そのため、本研究では日常的な運動として歩行条件に限定して振動を分析した。今後なお乳房の柔らかさと振動特性の関係の詳細について分析を続行する予定である。これら生体の特性をブラジャーのデザインにどのように生かすかを次段の課題としたい。

#### 謝辞

歩行実験にご協力頂いた被験者の方々に謝意を表す。

#### 参考文献

- (1) 竹内: 乳房の運動とブラジャー, 人間工学, Vol. 20, No. 2, 65-67 (1984)
- (2) 樋口, 沖浜, 田中: 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, 家政学雑誌, Vol. 23, No. 3, 179-183 (1972)
- (3) 黒川: 運動に伴う乳房の振動について(1) ブラジャー着用時との比較, Body Lines, Vol. 3, No. 1 23-42 (1981)
- (4) 間壁: 被服のための人間因子, 日本出版サービス, 99 (1991)
- (5) 人間生活工学研究センター: 成人女子の人体計測データ<JIS L4005>数値データと解析, 89, 103 (1997)
- (6) 清水, 佐々木, 坂口, 唐澤, 近田, 加藤, 清水: 人体の形状と柔らかさの同時測定装置の開発, 繊維学会誌, Vol. 49, No. 10 522-526 (1993)