

氏名 (本籍)	タケ ショウショウ 竹 潇 潇 (中華人民共和国)
学位の種類	博士 (被服環境学)
学位記番号	博甲第 49 号
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 11 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 文化学園大学学位規程第 5 条第 1 項該当
論文題目	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—
論文審査委員	(主査) 教授 田村 照子 教授 小柴 朋子 教授 斉藤 秀子 (山梨県立大学) 准教授 柚本 玲

論文内容の要旨

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（以下 ブラと略す）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。ブラ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、ブラが包む乳房のサイズや形状とパターンとの関係、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・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の乳房・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 章により構成されている。

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 群間には有意な差が認められた。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 10mm 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 ($N[A_x]$ 、 $N[A_y]$) との間に有意な正の相関があり、体の振動が乳房左右・前後の振動に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・ジャンプ時は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。

論文審査結果の要旨

本論文は「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—」と題するもので、全 6 章により構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の目的と構成が記述され、その文献的背景として、乳房の構造、ブラジャーの歴史と種類、構成とサイズ、衣服圧、振動抑制 等が詳述されている。

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・走行・ジャンプさせた時の乳房振動が、ハイスピードカメラにより撮影、三次元動作解析システムを用いて解析され、運動時乳房振動の最大振幅、平均速度、加速度等により、裸体時の乳房の振動特性が検討されている。また、乳房振動の個人差の要因として、乳房の圧縮性と皮膚粘弾性が測定され両者の関係が検討されている。結果、裸体時乳房の振幅は、歩行時は上下・左右とも僅少で、走行時は上下・左右・前後に振幅が増加するのに対し、ジャンプ時は上下振幅が最大となるが左右振動は走行時より抑制されることが示されている。この時、乳房振動の経時変化は基体の動きと異なり、乳房の粘弾性、乳房にかかる慣性の影響が考察されている。乳房振動の個人差が、乳房の大きさ、圧縮応力、回復率、皮膚粘弾性との関係で検討され、乳房が大きいほど、乳房の圧縮応力は小さく、回復率は大きく、乳房が柔らかい傾向が、また乳房が大きいほど、乳房振動の振幅・速度・加速度が有意に大なること等の関係性が確認されている。

第 3 章「実験用乳房表面展開ブラジャーの製作」では、乳房の大きさの異なる若年女性 6

名を被験者として、同一素材・同一プロセスに基づく各被験者対応の実験用ブラジャーが作成された。すなわち、テーピングテープを用いて各被験者の右乳房の位置と形状が美しく補整され、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、この乳房表面展開ブラパターンを用いて、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実験用ブラが作成されている。被験者別に実験用ブラ着用前後の写真と三次元人体計測が実施され、ブラの整容性とフィット性が確認されている。

第4章「実験用ブラジャー着用時運動中の乳房振動」では、まず、第3章で製作されたブラのアンダーバストを3段階に調節（裸体時アンダーバスト-3cm、-6cm、-9cm）した際の衣服圧が測定され、着用感が官能評価された結果、最適詰め寸法は-6cmであること、脇部の衣服圧が高いことが確認されている。次にアンダーバスト条件の異なる3種のブラ着用時の運動時乳房振動が、裸体時の運動条件と同様の負荷条件下で測定され、ブラの振動抑制効果が評価された。結果、走行時とジャンプ時では左右・前後・上下方向の振幅、速度、加速度ともに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ている。また乳房の大きい被験者において振動抑制効果が顕著である。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り、ブラは乳房を体幹に固定することが明らかにされている。また、一方、詰め寸法の効果に有意差はなく、アンダーバストを強く締め付けても振動抑制にはつながらないことが確認されている。

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、ブラ上の測定点とブラカップ内乳房上の測定点との振動軌跡を重ねることにより、両者間のズレが検討され、結果、走行時の正面図及び側面図で、ブラより乳房部の振動がやや大きいとそのほかについては、今回のブラ着用時の乳房・ブラの振動軌跡はほとんど一致し両者間のずれは僅少であることが示された。その理由として個人対応のフィットカップであることとカップ部素材がビニールのため肌への密着性が高く肌との摩擦が小さかったためと考察されている。

第6章「総括」では、各章の結果から研究の結論を導き、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と今後の残された課題について記述されている。

以上要するに、本論文は、各被験者の裸体時乳房サイズ・形状を出発点とする個人対応ブラの設計プロセスを試行し、ハイスピードカメラと3次元動作解析システムという最新の技術を用いて、歩行・走行・ジャンプの基本動作における乳房振動特性、即ち振幅、位置移動、速度変化、加速度変化等を測定し、乳房振動の個人差、その要因としての乳房の大きさ、圧縮特性・回復率・粘弾性との関係、また作成した実験ブラの振動抑制効果の範囲と限界等を明確化することによって、未来のファンデーション設計の道筋を照らし出している。従来のブラ設計に関する研究の多くは、市販ブラを対象としており、被験者の裸体時乳房形状を出発点とするブラ研究はほとんど報告されていない。しかし、ブラを含む女性のファンデーションゲームには、皮膚と一体化し多様な形状の個人体形を補正する機能が求められる。一方、科学技術の進歩は、人体形状を3次元データとして計測・コピーする技術をすでに可能とし、このデータ化は、遠隔地におけるオンデマンドファンデーション製作も可能にしている。欠けているのは個人の裸体時体型からのファンデーション設計プロセスであり、本論文はこれに一石を投じる極めて高いレベルの未来型提案として、被服環境学上貢献するところ

ろ大である。よって本論文は博士（被服環境学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。