

Jumping Behavior of Heald in a Shedding Motion of Loom

AKAMURA Taketo^a, KINARI Toshiyasu^{a,*}, SHIMOKAWA Tomotsugu^a,
MIYASHITA Daisuke^b, MOCHIZUKI Yoshikazu^a, SHINTAKU Sukenori^a

^a Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kanazawa 920-1192, Japan

^b Department of Mechanical Engineering, Nagano National College of Technology, Nagano 381-8550, Japan

Received 1 August 2005; accepted for publication 29 November 2005

Abstract

Noise in weaving mills has become very serious problem with increasing speed of weaving machine in recent years. One of these sources of noise is the collision sound of healds caused by shedding motion. It was clarified in our previous paper that the collision sound of healds is significantly connected with motion of heald during a period of shedding motion. In this research, therefore, photographs of the behavior of heald in a shedding period were taken by using a high-speed-camera system on a model shedding device. At the same time, noise was measured to investigate the collision sound of healds. Collision between healds and heald bar caused by heald jumping and the collision of healds were observed. It was confirmed that noise is the largest at the both collision timings. On the other hand, it has been already understood that the tension of warp yarn significantly affects the behavior of heald. It was also observed that the collision of heald and heald bar was delayed or eliminated with increasing tension of warp yarn by photographic observation. At the same time, noise was decreased with increasing warp tension.

Key Words: Shedding motion, Warp tension, Heald, Noise, Weaving machine

織機開口運動におけるヘルドの飛び跳ね挙動

赤村岳人^a, 喜成年泰^{a,*}, 下川智嗣^a, 宮下大輔^b, 望月吉和^a, 新宅救徳^a

1. はじめに

織布工場内の騒音は織機の速度の増加に伴って大きくなってきている。織機の騒音や振動に関する研究としては、ドイツ技術家協会 (VDI) の繊維機械の騒音減少委員会において、工場内の音圧を減少させるための基本的な方法が提案されている[1]。また石田らは各種繊維機械の騒音と振動についてまとめた[2]後、織機のシャトル速度と騒音との相関関係について報告している[3]。しかし近年の織機における騒音源の主なものは開口運動によるヘルドの衝突となっている[4, 5]。また開口運動による音は、開口一周期の間のヘルドの動きに大きく関係していることが以前の研究で明らかになっている[6, 7]。そこで本研究では、開口運動中のヘルドの動きと騒音の関係を明らかにすることを主目的とし、実際の織機を模したモデル開口装置を使用して、開口運動時におけるヘルドの挙動を高速度カメラで撮影、観察し、その映像からヘルドがヘルドバーから跳び上がる時刻やヘルドとヘルドバーの衝突時刻などを求める。併せてマイクロフォンによる騒音測定も行い、

ヘルドの挙動と騒音の関係を検討する。また一方、たて糸の張力はヘルドの飛び跳ね挙動に大きく影響しており、織機のスピードに応じて適切なたて糸張力に設定することも必要である。このことより、数通りのたて糸張力をかけた状態についての撮影、騒音測定も行い、たて糸張力とヘルドの挙動、騒音との関係についても検討する。

2. モデル開口装置

2.1 ヘルドとヘルドフレーム

Fig. 1にヘルドフレームの概略図を示す。図中のヘルドは説明を容易にするため1本のみ示したが、実際には長手方向にたて糸の本数分のヘルドが上下のロッドスロット (Fig. 1の丸で囲んだ部分) を介してヘルドフレームに取り付けられている。この図において、上下ヘルドバーと上下ロッドスロットとの間の3 mm程度の隙間は、製織中のたて糸のさばきをよくし、また、たて糸準備工程をスムーズに行うために備え

* 連絡先: 金沢大学大学院自然科学研究科 920-1192 金沢市角間町, E-mail: kinari@t.kanazawa-u.ac.jp, Fax: +81-76-234-4695

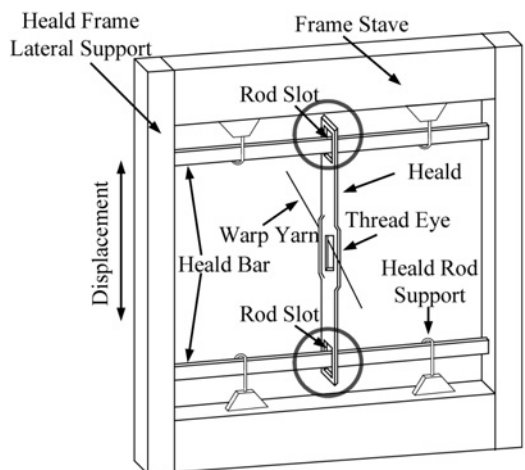


Fig. 1 Schematic diagram of heald frame.

られているものであるが、この隙間のために、ヘルドは固定されていない状態で運動し、その結果、織機の回転数によっては、ヘルドフレーム上昇中に慣性力の影響を受け、飛び跳ねが起き、ヘルドはヘルドバーと衝突する。また、隣接するヘルド同士も開口運動中に頻りに衝突を繰り返している[7]。

2.2 実験装置

実験に使用したモデル開口装置を Fig. 2 に示す。

装置内のヘルドフレームは幅 204 mm、高さ 503 mm であり、120本のヘルド（長さ 280 mm、厚さ 0.3 mm、質量 1.71 g のマルテンサイト系ステンレス鋼製）が取り付けられている。

ヘルドの挙動の撮影は、図に示すように、モデル開口装置に高速度カメラ、ライト、中間点の目印 (Intermediate Point) を設置する。中間点の目印は、カメラの映像に装置フレームの運動しない定点を映すことによって運動の基準点とするために用いた。カメラの撮像点数の制約から今回の実験では、

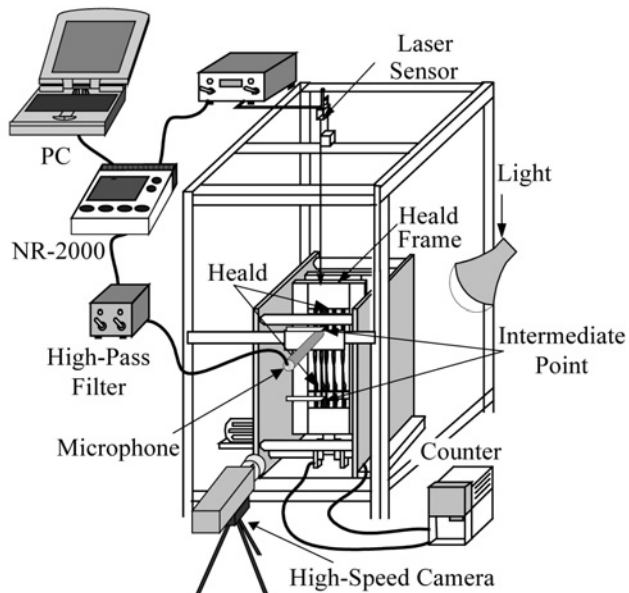


Fig. 2 Experimental apparatus.

Table 1 Experimental conditions.

Material of Heald	Martensite stainless steel
Number of Healds	10 pieces (Interval 0.5~1.5mm)
Yarn	Nylon mono-filament 176D
High Speed Camera	Photron FASTCAM-Rabbit
Picture Speed	600 pps
Number of Pixels	640×60 dot
Shutter Speed	1/2000 s
Record Time	1.45 s
Number of Record Pictures	870 pieces

ヘルドの上部と下部の2箇所に分けて撮像することにした。撮影条件について Table 1 に示す。

騒音は音圧型コンデンサマイクロフォン (アコー製TYPE7017) をヘルドフレームの前面中心から 20mm 離れたところに設置して測定する。マイクロフォンで取り込んだ音はハイパスフィルタを通して 60Hz 以下の低周波数のノイズを除去した後、データレコーダ (KEYENCE 製 NR-2000) に 50 kHz のサンプリング周波数で記録する。また同時に、ヘルドフレームの変位をレーザ変位計 (KEYENCE 製 LB-60) によって測定した。この実験においては、ヘルドフレームが最も上昇した位置と最も下降した位置の真中の位置を変位 0 とし、そこからヘルドフレームが上昇、下降の後再び上昇してきて変位 0 の位置に戻ってくるまでを 1 周期とする。

ヘルドにたて糸張力をかける場合は Fig. 3 のようにたて糸を取り付ける。たて糸の張力はつるしたおもりによって調整し、たて糸 1 本あたり 5~30 cN に設定した。実際の織機では、製織条件にもよるが、たて糸 1 本あたり 10 cN 程度の張力をかけることが一般的なので、本研究では実際の織機と同程度の張力範囲をカバーしている。また、たて糸 1 本あたり 30 cN もの張力を実際にかけることはあまりないと考えられるが、本研究ではたて糸張力と騒音に関する基礎的なデータを得る目的で測定を行った。開口装置の回転数は 240 rpm と 480 rpm に設定した。これは実際の織機では 480 rpm と 960 rpm に相当する。

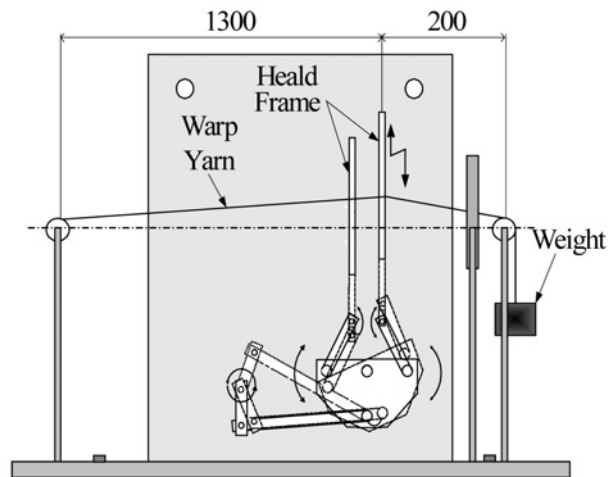


Fig. 3 Side view of model shedding device.

3. 結果と考察

3.1 開口運動中のヘルドの挙動

ヘルドはモデル的にFig. 4に示すように運動すると考えられる[5]. 図中の正弦状の破線はヘルドフレームの変位をモデル的に示し, 各時刻でのヘルドの図は上部及び下部のヘルドバーに対するヘルドの相対位置を表している.

ヘルドフレームの上昇に伴い, ヘルドは上部ヘルドバーに乗ったまま一体となって上昇する(a). その途中で, ヘルドの慣性力がヘルドの重量を超える地点を通過する. この瞬間から見かけ上, ヘルドが浮いたように見え始め, 上死点付近で, ほとんどのヘルドが一斉に飛び跳ねる(b). この現象で, ヘルドはある初速度で鉛直上方に投げ上げられた状態となる. この後上死点を過ぎた辺りで, ヘルドは下部ヘルドバーに衝突する(c). その後ヘルドは落下し, ヘルドバー上部に衝突(着地)する(d). その後, ヘルドは微小な衝突とはね返りを繰り返すが, 下死点に向かって下降し, 徐々に挙動が安定していく(e). そして, 下死点を越えた辺りから, ヘルドはヘルドバーと再び一体となって上方に移動し始める.

3.2 ハイスピードカメラによる撮影と騒音測定結果

たて糸を通さない場合の, モデル開口装置の回転数240 rpmにおけるヘルドフレームの運動1周期での撮影結果をFig. 5に示す. 上側の写真がヘルド上部, 下側の写真がヘルド下部である. なおFig. 5の(a)~(e)はFig. 4のモデルの(a)~(e)に対応している. Fig. 5(a)において実線で示した部分がヘルドバーである.

まず(a)の上側の写真のようにヘルドは上部ロッドスロット上面が上部ヘルドバー上面に接触した状態で一体となって上昇する. このとき, 下側の写真ではヘルドは下部ヘルドバーとは接触していない. 続いて(b)においてヘルドが上部ヘルドバー上面から浮き上がった状態になったことが観察される. 飛び跳ね後, ヘルドの下部ロッドスロット上面と下部ヘルドバー上面が衝突していることが(c)の下側の写真で確認できる. このとき上部ではヘルドとヘルドバーは接触してい

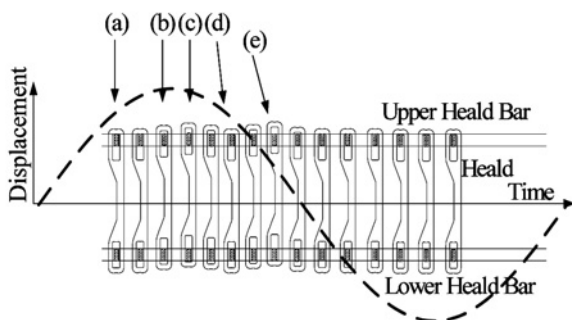


Fig. 4 Heald position related to both upper and lower heald bars during a period of shedding motion.

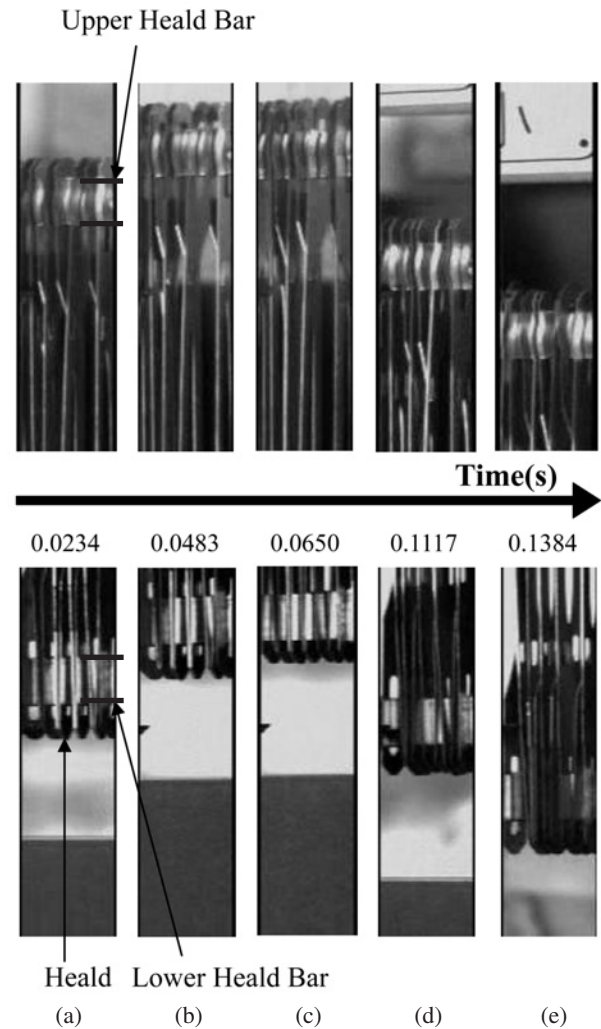


Fig. 5 Pictures of behavior of heald in shedding motion (240 rpm).

ない. また(c)の上側の写真より, ヘルドとヘルドバーの衝突と同時にヘルド同士が衝突し始めていることが観察された. その後(d)のようにヘルド上部でヘルドがヘルドバーに着地する. (d)のタイミングでは, ヘルド同士の横方向の衝突がヘルド上部だけでなく下部でも観察された. このとき上部では撮影範囲において2, 3本のヘルドが衝突する程度に収まってきているが, 下部ではほぼすべてのヘルドが衝突しており, 上部より下部での衝突が頻繁になっていることが観察された. 下降時の(e)になると(d)に比べて少しヘルド同士の衝突が小さくなっており, 上部ではヘルド同士の衝突は見られない. これらより, 回転数が小さい場合, ヘルド同士の衝突自体はそれほど激しくなく, ヘルド同士の衝突も収束していくことが観察された.

次に同条件における騒音測定によって得られた開口1周期における音圧レベルをFig. 6に示す. この図において図上部はレーザーセンサにより測定したヘルドフレームの変位を示している. またFig. 6中の(a)~(e)の赤い破線はFig. 5を撮影した(a)~(e)の時間を示している. この図より, 衝突の時間(c)あたりに音圧レベルのピークがあることがわかる. このことから, ヘルドとヘルドバーの衝突が音圧レベルのピーク

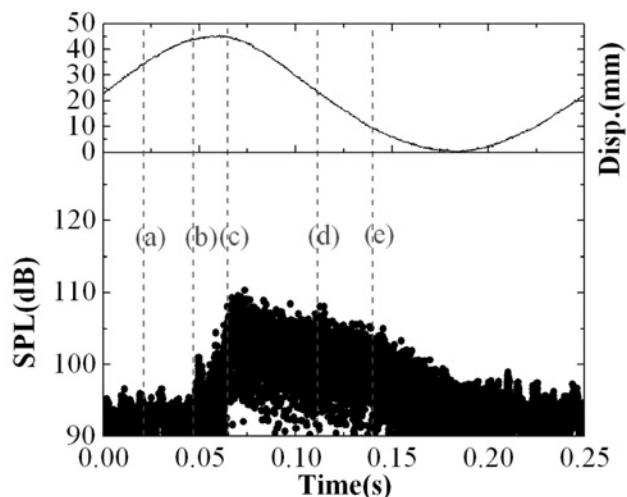


Fig. 6 Sound pressure level during a shedding period at 240 rpm.

の点に相当することが確認される。またヘルドの飛び跳ね時 (b)あたりから音圧レベルが上昇していつている。これはFig. 5でも見られるように、飛び跳ねるあたりからヘルド同士の衝突が飛び跳ねる前に比べて少し激しくなっているためであると考えられる。それと同様に、衝突後の着地時(d)もヘルド同士の衝突がヘルドの飛び跳ね前に比べると激しいので、ヘルドの飛び跳ね前よりも音圧レベルは大きくなっている。またこれにはヘルドの跳ね返り音も含まれていると考えられる。下降(e)後はかなりゆっくりと音圧レベルが小さくなっていき、1周期の終わりあたりで飛び跳ね前と同じくらいになる。これより、ヘルド同士の衝突や跳ね返りはなかなか取まらないことが確認できる。

次に回転数480 rpmについて、同様の撮影結果をFig. 7に示す。240 rpmの時とは異なり上昇時の(a)の時点でヘルド上部でも下部でもかなり激しいヘルド同士の衝突が観察される。また基本的なヘルドの挙動(a)~(e)は240 rpmの場合と同様だが、ヘルド同士の衝突は(a)~(e)のどの時点においてもかなり激しくなっている。(b)~(c)にかけての飛び跳ねから衝突までの時間は回転数が大きいために短くなっている。この時間が短いために240 rpmに比べて(c)の衝突は強いものになっていると考えられる。また実際には、ヘルドがヘルドバーに着地する際(d)、数回跳ね返る挙動も見られた。この挙動もヘルドとヘルドバーの衝突が強いために起こっていると考えられる。

次に同条件における音圧レベル分布図をFig. 8に示す。240 rpmの場合と同様、ヘルドとヘルドバーの衝突時に音圧レベルが最大になり、ヘルドの飛び跳ね時から音圧レベルが大きくなっている。また、回転数が大きいため、飛び跳ねから衝突までの時間が短くなっている。すなわち、Fig. 5および6で飛び跳ねが始まった(b)のタイミング(48.3 ms)からヘルド下部で衝突する(c)のタイミング(65.0 ms)まで20 ms程度要したものが、Fig. 7および8では、(b)のタイミング(18.4 ms)から(c)のタイミング(23.4 ms)までが約5msになっている。また240 rpmではすべてのヘルドがほぼ同時にヘルドバーと衝突するが、480 rpmでは上昇時からヘルドの挙動が安定し

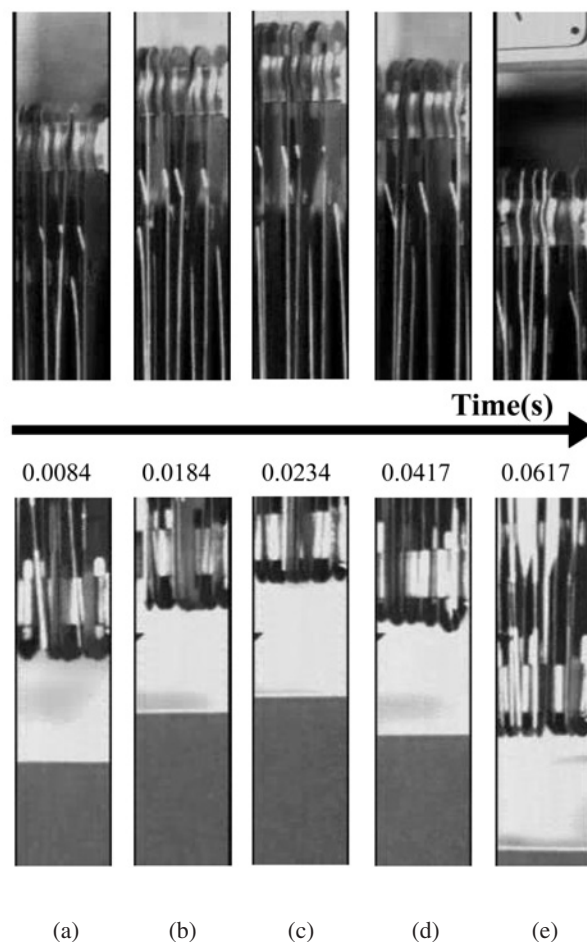


Fig. 7 Pictures of behavior of heald in shedding motion (480 rpm).

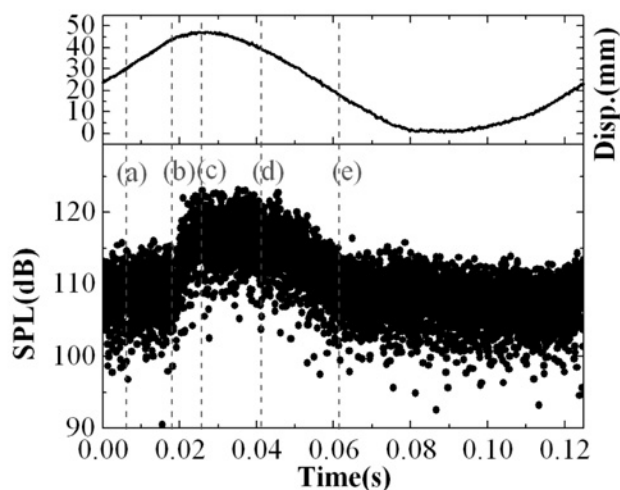


Fig. 8 Sound pressure level during a shedding period at 480 rpm.

ないため、ヘルドとヘルドバーの衝突が各ヘルドでわずかにタイミングがずれることが撮影において確認できた。このように480 rpmでは衝突のタイミングが各ヘルドでわずかにずれることにより、Fig. 8で見られるように音圧レベルのピークが少し長く続くことになると考えられる。また240 rpmでは、下降(e)後ゆっくりと音圧レベルが飛び跳ね前と同じく

らいに減少していったが、480 rpmではかなり急速に減少しているように見える。しかし、480 rpmにおける0秒付近の、飛び跳ね前の騒音レベルは240 rpmにおけるピークの騒音レベルを超えており、これは480 rpmにおけるヘルド同士の衝突が激しいためであると考えられる。このことより、回転数が大きくなると、ヘルド同士の衝突も主要な騒音源になってくると考えられる。

次にたて糸に張力5 cN/本をかけた場合の回転数240 rpmでの撮影結果をFig. 9に示す。Fig. 9では、最初はたて糸張力なしの場合と同様、ヘルドとヘルドバーが一体となって上昇する(a)。そして、飛び跳ね(b)、下部ロッドスロット下端が下部ヘルドバー上端に衝突する(c)が、たて糸張力をかけない場合 (Fig. 5: 48.3 ms) よりも遅れて (58.2 ms) 飛び跳ね、勢いなく衝突する。また飛び跳ねから衝突までの時間も短い。これらは、ヘルドがたて糸張力により押さえつけられ、飛び跳ねがたて糸がない場合に比べて小さくなっているためであると考えられる。その後ヘルド同士の衝突をしながらヘルドバー上部に着地(d)するが、この時のヘルド同士の衝突はたて糸張力をかけない場合に比べるとかなり弱いものになっている。またこの時のヘルドの跳ね返りも、たて糸張力をかけない場合では、ヘルドバーとロッドスロットの間隙の50%程度飛び跳ねる大きな跳ね返りを1回して、その後15%程度の小

さな跳ね返りを1, 2回する挙動が観察されたが、たて糸張力5 cN/本の場合では、大きな跳ね返りは見られず、隙間の15~20%程度の小さな跳ね返りを1, 2回する程度であった。下降時(d)になるとヘルド同士の衝突はほとんど見られなくなっている。これらよりたて糸張力の影響により、ヘルド同士の衝突やヘルドの跳ね返りもたて糸張力をかけない場合より穏やかになることが確認できる。

たて糸張力10 cN/本の場合について同様にしてFig. 10に示す。たて糸張力なしの場合と同様に上昇し(a)、上部ロッドスロットでヘルドはヘルドバーから離れる(b)。しかし飛び跳ねる距離はわずかで、下部ロッドスロットでの下部ヘルドとヘルドバーの衝突は起こらない。(c)では、上部ロッドスロットで上部ヘルドバー上端と衝突している。以上より、たて糸張力10 cN/本ではヘルドの飛び跳ねが低減され、ヘルドバーとの衝突が抑制されていることがわかる。その後、上部ロッドスロット上端が上部ヘルドバー上端に着地(d)し、ヘルド全体は下降(e)していくが、ヘルド同士の衝突は他の条件に比べほとんど見られない。また(a)~(e)を通してFig. 7の場合に比べてヘルドは横方向にはあまり動いていない様子が観察された。このモデル開口装置でのヘルド同士の間隔は平均約1.25 mmであるが、たて糸張力をかけない場合、横方向にヘルド間隔の50%以上大きく運動し、ヘルド同士の衝突を

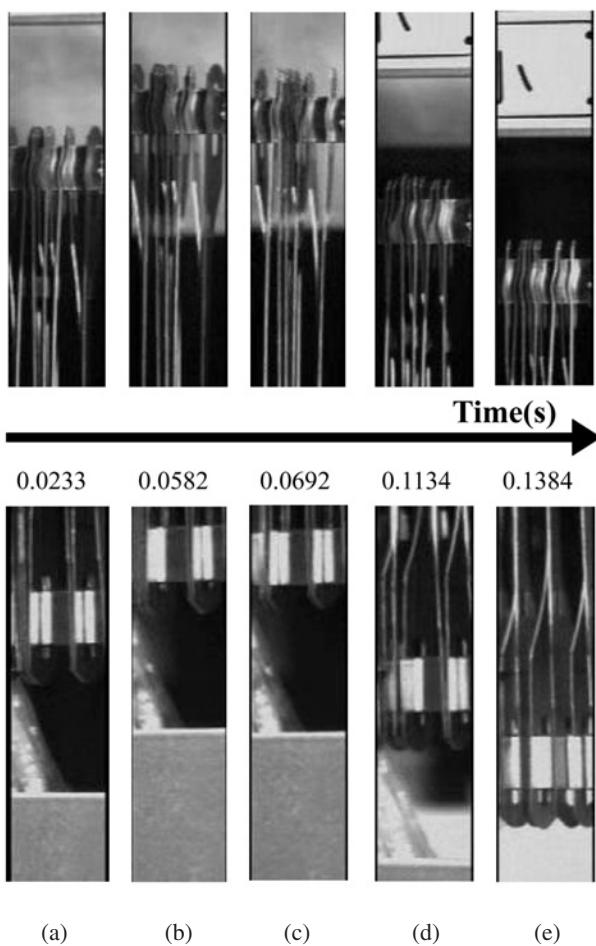


Fig. 9 Pictures of behavior of heald in shedding motion (240 rpm, with warp tension 5 cN).

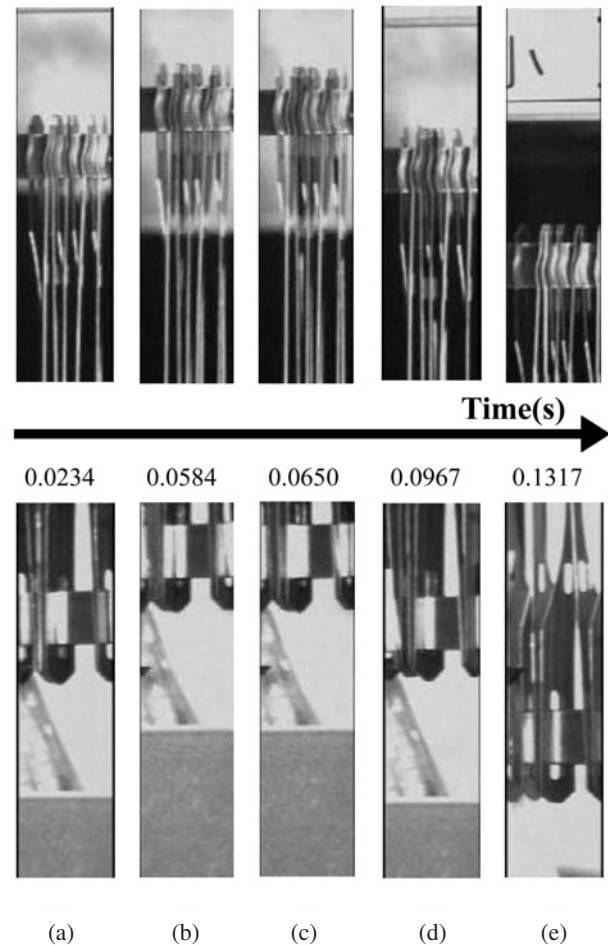


Fig. 10 Pictures of behavior of heald in shedding motion (240 rpm, with warp tension 10 cN).

繰り返す。たて糸張力を5 cN/本かけると、50%以上大きく動くヘルドも存在するが、ほとんどのヘルドはヘルド間隔の40%程度しか動かず、ヘルド同士の衝突は少なくなる。たて糸張力を10 cN/本に増加させると、ヘルドの横方向の動きはさらに小さく、50%以上動くヘルドは観察されなくなり、どのヘルドもヘルド間隔の30%程度しか動かず、ヘルド同士は衝突しなくなる。このようにたて糸張力はヘルドの横方向の動きにも影響があり、ヘルド同士の衝突の低減につながっていることも観察された。

たて糸張力15~30 cN/本についても5 cN/本おきに張力を増加させて、同様に観察した。その結果、10 cN/本と同じように飛び跳ねが低減され、張力を増加させていくほど飛び跳ね量が減少していき、下部ロッドスロット部でのヘルドとヘルドバーの衝突が起こらないことが確認された。25 cN/本になると飛び跳ねは完全に起こらなくなった。またヘルド同士の衝突も同様にして低減されていき、20 cN/本以上ではヘルド同士の衝突も全く見られなくなった。

回転数480 rpmについても同条件での測定を行った。張力を増加させると、240 rpmと同様、飛び跳ね時間、衝突時間は遅れていき、衝突は低減されることがわかった。しかしながら、240 rpmの様に飛び跳ね、衝突が全く起こらなくなることは今回測定した張力の範囲内ではなかった。また240 rpmとは異なり、たて糸張力を増加させても、ヘルド同士の衝突にほとんど減少は見られなかった。これは回転数が高いほど横方向の振動も強く、ヘルドの挙動を安定させにくいためであると考えられる。

以上に示したように、たて糸張力を増加させると、ヘルドの飛び跳ね量が減少し、ヘルドとヘルドバーの衝突が弱くなる場合と、ヘルドが飛び跳ねず、ヘルドとヘルドバーの衝突が起こらない場合の2種類の場合があることが確認できた。

次にたて糸張力をかけた場合の音圧レベルを回転数240 rpmで張力5 cN/本、10 cN/本についてFig. 11に示す。図には比較のため、たて糸張力をかけない場合も含めてある。図中の黒丸がたて糸張力をかけない場合、濃い灰色の丸がたて糸張力5 cN/本の場合、薄い灰色の丸がたて糸張力10 cN/本の場合である。

たて糸張力5 cN/本をかけると音圧レベルのピークが小さくなり、ヘルドとヘルドバーの衝突の勢いが弱まっていることが確認できる。またヘルドとヘルドバーが衝突しない10 cN/本でも他の衝突時間とだいたい同じタイミングで音圧レベルのピークが見られる。これはわずかな飛び跳ねのタイミングでヘルド同士の衝突が少し激しくなっていくことによるものと考えられる。またたて糸張力をかけると、音圧レベルが大きくなる時間が、飛び跳ね(b)の時間が遅れるのと同じように、たて糸張力をかけない場合では図中の(1)のタイミングであるのが、たて糸張力をかけると図中の(2)のタイミングになるように遅れる。それと連動して、音圧レベルのピーク的时间が、衝突(c)の時間が遅れるのと同じように、たて糸張力をかけない場合では図中の(3)のタイミングであるのが、たて糸張力をかけると図中の(4)のタイミングになるように遅れる。このことから飛び跳ねのタイミングで音圧レベルが大きくなり、ヘルドとヘルドバーの衝突で音圧レベルのピークになることが確認できる。たて糸張力をかけると衝突後の音圧レベルも小さくなっており、たて糸張力によりヘルド同士の衝突も低減されていることがわかる。また10 cN/本のようにへ

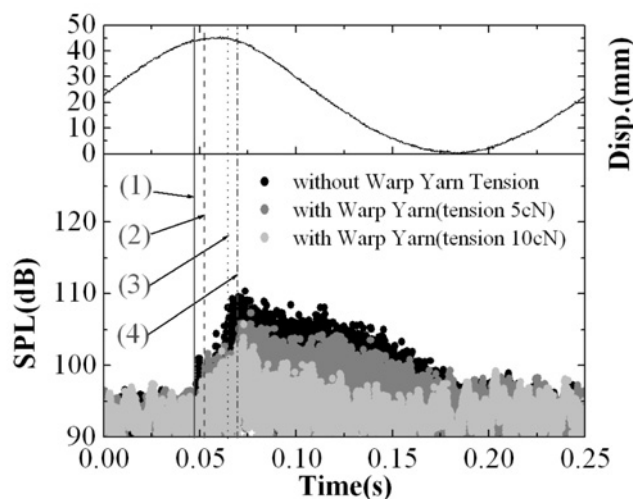


Fig. 11 Effect of warp-yarn tension on the sound pressure level during a shedding period at 240 rpm.

ルドの飛び跳ねが抑制されると衝突タイミング後のヘルド同士の衝突がかなり低減され、ヘルドの跳ね返りもないため、音圧レベルがかなり小さくなっている。しかしながら飛び跳ね前と開口1周期の最後あたりの音圧レベルはほとんど変わらない。このことよりたて糸張力が騒音に影響するのは、飛び跳ねから下降後あたりまでのヘルドとヘルドバーの衝突とヘルド同士の衝突だけであることが確認できる。

4. 結論

実際にヘルドがどのような挙動をするのか高速度カメラを用いて観察し、その映像からヘルドとヘルドバーの衝突時刻を求めた。ヘルドは「上昇」、「飛び跳ね」、「衝突」、「着地」、「下降」という基本的な挙動だけでなく、ヘルド同士の衝突や、ヘルドがヘルドバーに着地する際回数跳ね返るといった挙動も見られた。また騒音測定も行い、カメラによって撮影した飛び跳ねや衝突のタイミングで騒音が大きくなっていることを確認した。騒音はヘルドとヘルドバーの衝突のみでなく、ヘルド同士の衝突も大きいことが確認できた。装置の回転数を大きくするとヘルドの衝突が激しくなり、騒音も増加する。たて糸張力をかけるとヘルドの挙動はある程度抑制される。またたて糸張力が大きいほどヘルドとヘルドバーの衝突もヘルド同士の衝突も低減される。

References

- [1] Thomas HF (1970) *Melliand Textilber*, **51**, 531–535
- [2] Ishida T (1972) *J Text Mach Soc Japan*, **25**, P537–P546
- [3] Ishida T, Umeda A (1987) *J Text Inst*, **78**, 450–463
- [4] Kinari T (2001) *J Text Mach Soc Japan*, **54**, T159–T164
- [5] Kinari T, Iwata Y, Shintaku S, Miyashita D (2002) *J Text Mach Soc Japan*, **55**, T15–T19
- [6] Kinari T, Miyashita D, Shintaku S, Moriguchi T, Dan T, Iwata Y (2002) *J Text Mach Soc Japan*, **55**, T20–T25
- [7] Miyashita D, Kinari T, Shintaku S, Iwata Y (2002) *J Text Mach Soc Japan*, **55**, T33–T39