

たわみ振動による織物の振動形態

On the form of vibration

by the transverse vibration of fabrics

出 羽 秀 明

1. 緒 言

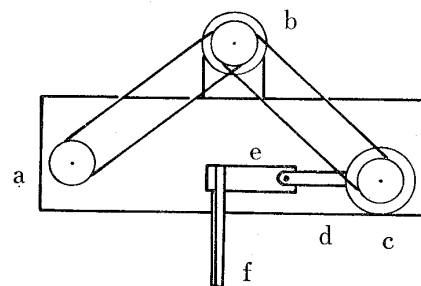
衣服の外形的な効果である形態は織物自体のもつ力学的性質によるところが大きい。この衣服の形態を支配する織物の力学的性質に関しては、従来から多くの報告がみられる。これらの多くは、衣服の形態を静的な立場から衣服に表現されるドレープ、フレアー、ギャザーなどと、重さ、曲げ剛さ、圧縮性といった、織物の力学的性質との関連性をとらえようとするものである。^{1)~4)}

しかしながら、衣服は終局的には、体を動かす人間が着るものである。従って衣服の形態に関する評価も、ただ単に静的に布自体の有する美的な形状を呈しうる能力、静的表現性といった立場からのみではなく、人体の動きに伴なって表われる布の動的な形態、動的表現性といった面からの追求もなされるべきである。衣服の形態に関しての動的な面からの検討は今日迄ほとんどなされていない。⁵⁾

本報は以上の観点から、衣服の形態に関し特に動的な面から人体の動きに伴なって表われる衣服の動きを力学的にとらえようとするものである。ここで衣服の動的特性をとらえようとした場合、人間の動き自体、非常に複雑で、歩行のみを考えても一つの単純な振動で表わすことは困難である。従って人体の動きに伴なう衣服の動きが、種々の振動の下にあらわれる織物の振動挙動の総合されたものとしてとらえられると考え、本報では、その一つの実験的試みとして、たわみ振動をとりあげ、たわみ振動下において織物がいかなる挙動を示すかを観察し、衣服の動特性に関する事礎的資料を得ようとしたものである。

2. 実験方法

前述のごとく織物など多くの繊維製品は、終局的にある種の振動をする人体によって強制振動を受けている。従ってそれらの品質評価においても、そういった動的な状態での方法が必要であるし、材料の物理的の特



第1図 実験装置概略

性値も使用条件のもとで示す弾性率あるいはこわさなどが最も重要であると考え、タイムスケール、変形の種類、変形率などを考慮して第1図に示す装置を試作した。

図中 a; 原動軸, b; 変速プーリー, c: 被動軸, d; クランクアーム, e; 往復テーブル, f; 試料クランプ, で試料クランプ f の振動により試料にたわみ振動を行なわせる。試料クランプの振巾は 12.5 mm で振動数は普通人間の歩行における周期は、ほぼ 1.0 c.p.s であり、走った時は 2.0~2.5 c.p.s であるところから、本実験では b の変速プーリーにより無段階的に 1.0~3.0 c.p.r の範囲で変え得るようにした。

なお本実験装置は従来単繊維、高分子フィルムなどの弾性率の測定に用いられている振動リード法と原理的に類似のものである。ここで振動リード法のような方法で織物などの振動特性を調べる場合、(1) 式で表わされる弾性棒の振動のように弾性が復元力となる場合、(2) 式の弦の振動のように張力が復元力となる^{7)他}2つのケースが考えられる。

$$\partial^2 z / \partial t^2 + EI/A \cdot \rho \cdot \partial^4 z / \partial x^4 = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\partial^2 y / \partial t^2 = g(l-x) \partial^2 y / \partial x^2 - g \partial y / \partial x \quad \dots\dots\dots(2)$$

従って本測定法による試料の振動が弾性棒のたわみ振動としてみなすことが出来るならば、(1) 式から試長と振動数の関係は、(3) 式のように両対数軸に対して -2 の傾きをもつ直線となる。また弾性を持たない完全に曲り易い弦の振動としてみなすことが出来るならば(2) 式から、試長と振動数の関係は、(4) 式のように両対数軸に於いて -1/2 の傾きをもつ直線となる。

$$n = 1/l^2 \sqrt{EI/A \cdot \rho} \cdot m^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$n = 1/\sqrt{l} \cdot a \cdot \sqrt{g} \quad \dots\dots\dots(4)$$

n : 振動数 m . a . : 定数 l : 試長 EI : 曲げ剛さ A : 断面積 ρ : 密度

実験に用いた試料は市販織物の中から、曲げ剛さ、重さを考慮し4種類を、他に紙試料を用いた。第1表に用いた試料布の諸元を示す。

第1表 試料布の諸元

	綿ギヤバ	羊毛プレーン	ベンベルグサテン	ナイロンタフタ	ケント紙
重さ (g/m ²)	185.56	206.48	123.48	36.68	194.28
厚さ (cm)	0.0352	0.0443	0.0219	0.0107	0.0225
密度 (g/cm ³)	0.5284	0.4650	0.5616	0.3458	0.8635
曲げ剛さ (1) 緯 (cm) 経	4.60 6.95	4.45 4.92	2.95 3.65	4.40 5.27	— —
曲げ剛さ (2) 緯 (g·cm)	0.71	0.28	0.07	0.06	—

(曲げ剛さ: 45°カンチレバー法 (1): l (2): $G=C^3 \cdot w$, $C=0.487 l$)

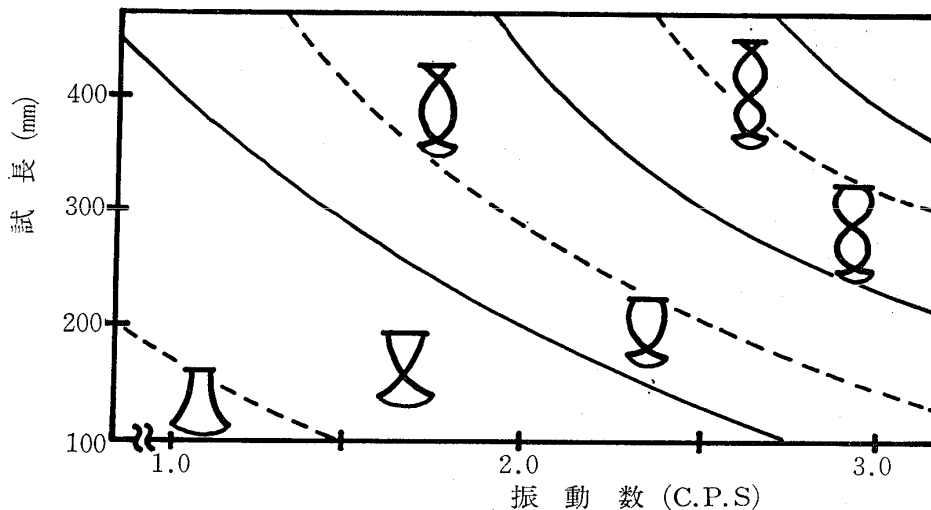
なお試料布の採取方向はすべて緯方向で、試長は 100~500 mm の範囲、試巾は試料によっては試巾をあまり小さくするとねじれを生ずるものがあったので、すべての試料がほぼ一様な

振動を行なった 200 mm とした。振動の観察はストロボ写真および 8 ミリカメラを用いて行なった。

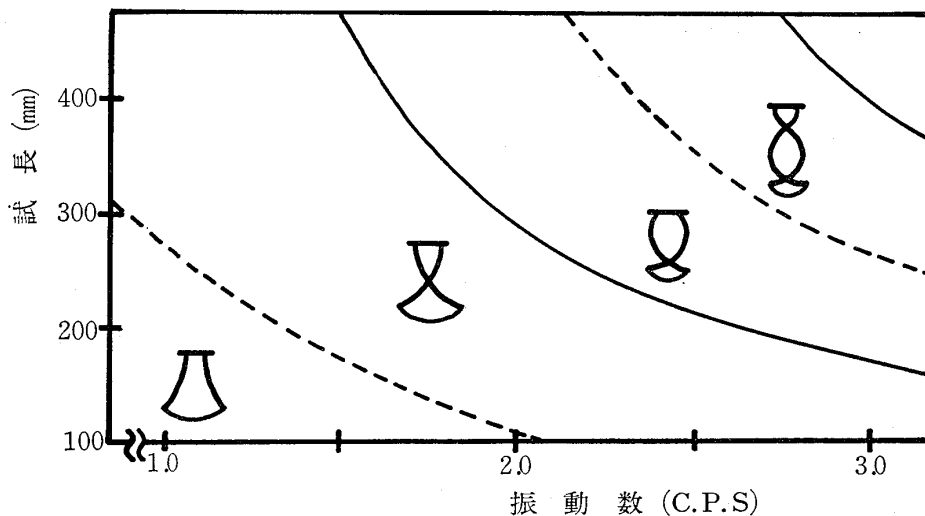
3. 実験結果および考察

3.1 振動形および変形状態

第 2, 3 図はナイロンタフタと綿ギャバジンの振動数および試長の変化にともなう試料の振動形を示したもので、ナイロンタフタの場合、試長が 100 mm では振動数 1.0~2.7 c.p.s の範囲で基本振動がみられる。但し振動数 1.5 c.p.s をさかいにして図に示すような振動形の違いがみられる。試長が 200 mm では基本振動は振動数 1.0~2.0 c.p.s の範囲で、試長が 300 mm では振動数 1.0~1.5 c.p.s の範囲で見られるが、試長が 400 mm になると、基本振動は見られなくなり、第 1, 第 2, 第 3 上振動しか示さない。ナイロンタフタに比べて静



第 2 図 ナイロンタフタの振動形態



第 3 図 綿ギャバジンの振動形態

的にかなり曲げ剛さの大きい綿ギャバジンは試長が 100~200 mm では点線をさかいにして、基本振動の 2 つのタイプの振動形のみが見られ、試長が 400 mm でも振動数 1.6 c. p. s まで基本振動を示し、ナイロンタフタと比較して振動形にかなりの違いが見られる。ベンベルグサテン、羊毛試料は、ナイロンタフタと綿ギャバジンの中間の振動形となり、ベンベルグサテンはナイロンタフタに、羊毛は綿ギャバの振動により近い形をとる。

次に振動中に示す試料の変形状態を見ると、これは振動形とともに大いに視覚的な面からの評価に関連すると思われるが、綿ギャバジンでは試長が 100 mm の場合、かなり揺れが大きい振動数 2.2 c. p. s においても試料は、ほとんど直線状である。しかしナイロンタフタでは振動中の試料は、かなり曲線状を示し、羊毛やベンベルグサテンでも振動数が 3.0 c. p. s に近づくとつれ曲線状になる。

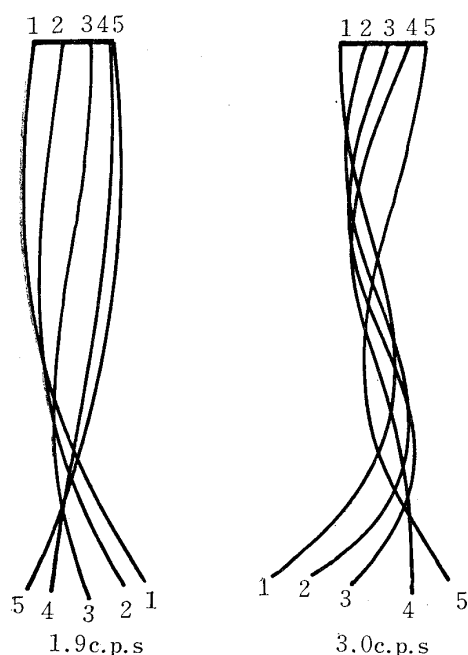
試長 200 mm の各試料の変形状態は、ウールと綿ギャバジンを比較すると、基本振動を示す振動数 1.0~2.4 c. p. s の範囲では、ほとんどその違いは見られないが、振動数がそれ以上になると、羊毛は綿ギャバジンに比して試料の曲がり非常に大きくなる。またナイロンタフタとベンベルグサテンを比較すると、振動数が 2.0 c. p. s 以下では両者はかなり似た振動の変形状態を示すが、2.4 c. p. s 以上になると、夫々特長のある異った振動状態を示す。

試長 300 mm では、羊毛と綿ギャバジンは基本振動を示す振動数 1.0~1.7 c. p. s の範囲では、振動の変動状態はほぼ同じであるが、200 mm の場合と同様に第 1 上振動になるとかなりの違いが見られるようになる。第 4, 5 図はナイロンタフタとベンベルグサテンの変形状態を示したものであるが、特に振動数 3.0 c. p. s での振動では両者の違いが認められる。一般に振動数が大きくなるに従って、ナイロンタフタやベンベルグサテンの振動は、羊毛や綿ギャバジンに比して節と腹が明確でなくなる。

試長 400 mm でも綿ギャバジンと羊毛は基本振動での違いはあまり見られないが、第 1 上振動になると、かなりの違いが見られるようになる。

これら試長および振動数による振動形や試料の変形状態の違いは主として織物の曲げ剛さに関係すると思われる。例えば、ナイロンタフタの様に曲げ剛さの小さいものほど試長や振動数による影響が大きく、振動の形は変化しやすい。逆に曲げ剛さの大きい綿ギャバジンは振動の形はあまり変化しない。試料の変形状態の違いは、曲げ剛さが同じ場合、振動数が小さい範囲では明確ではないが、振動数が大きくなるに従いその違いはかなり大きくなる。これらの違いは試料の重さにも影響されるものと思われ、ベンベルグサテンのように、ナイロンタフタとほぼ同じ曲げ剛さでも重さが違えば、振動数によってはかなり異った振動を示す。(第 4, 5 図)

試料の変形状態では当然直線状の変形を示すものより曲線状の変形の大きいものほど、視覚的には「しなやかさ」を感じさせるが、ナイロンタフタではしなやかさよりもむしろ「無抵抗さ」といった感じを受ける。逆に直線状の変形を示すものは「張り」を感じさせるが、綿ギャバジンでは羊毛のような「軽快さ」は感じられない。織物の風合いに関する報告は多いが、そ



第4図 ナイロンタフタの振動挙動
(試長 300 mm)



第5図 ベンベルグサテンの振動挙動
(試長 300 mm)

これらのほとんどは、触覚風合いに関するもので、視覚的風合いに関するものは、表面状態、光沢といったもののみである。しなやかさといった視覚的風合いの評価は、動的条件のもとにおいてのみ、可能になると思われる。

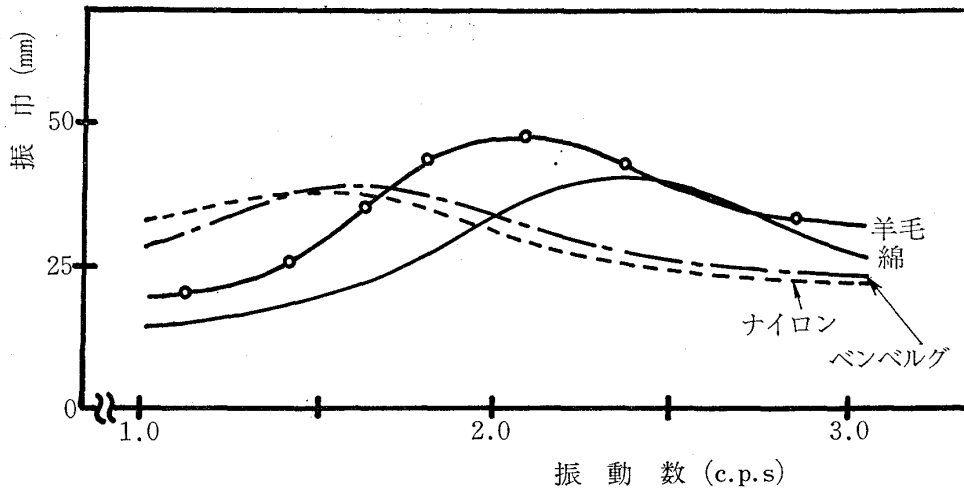
3.2 振動数、試長による振巾の変化

ストロボ写真により、振動数および試長による振幅の変化を測定した。なお振幅の測定は、試料クランプ端の動きを無視し、試料の自由端における最大振れ幅を測定した。従って厳密な意味での振幅ではないので、それと区別するために、みかけの振幅とした。

一般に振動法など強制振動による各種の測定では、振動数・振幅曲線（共振曲線）から種々の振動特性を求めることが行なわれている。第6図は本実験で得られた共振曲線である。

試長が 100 mm の場合、ナイロンタフタとベンベルグサテンのように、ほぼ類似の曲線を示すものもあるが、各試料による違いが認められる。この曲線から、綿ギャバジンや羊毛の場合、ナイロンタフタやベンベルグサテンに比べて、振動数の変化による振幅の変化が、非常に大きいことがわかる。羊毛の場合、振動数が 1.0 c.p.s では、振幅は 20 mm とかなり小さいが、振動数が 2.0 c.p.s ではほぼ 50 mm となり、振幅の最大と最小の差が非常に大きい。逆にナイロンタフタやベンベルグサテンでは、その差はほぼ 15 mm と小さい。

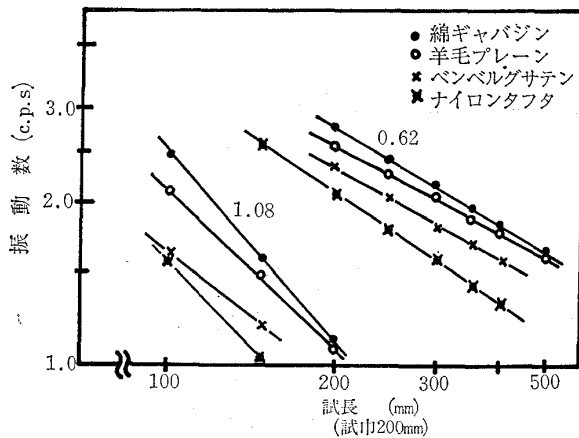
試長が 200, 300 mm の場合も、ほぼ同様な傾向が見られる。従って振幅に対する振動数



第6図 みかけの共振曲線 (試長 100, 試巾 200 mm)

の影響は、比較的、曲げ剛さの大きいものの方が大きく、曲げ剛さの小さいものは振動数が変化しても、その振幅にはあまり変化は見られない。

試長の影響は、試長が大きくなっても各試料とも振幅の最大値は、ほぼ一定値を示し、特にナイロンタフタなどでは、振動数による変化と同様に試長による振幅の変化はほとんど見られない。但し各試料とも試長の増加に従って、振幅の最大値を示す共振振動数は、次第に小さくなる。第7図は試長と共振振動数の関係を両対数軸に示したものである。

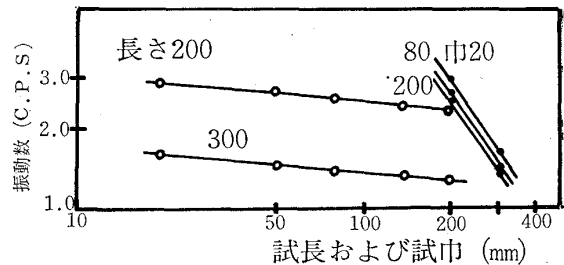


第7図 試長による共振々動数の変化

非常に大きい。しかし織物の場合と同様に、最大振幅への試長の影響はあまりない。さらに試幅の影響もみられない。第8図はケント紙の試長および試幅と共振振動数の関係を両対数軸に対して示したものである。

第8図に見られるように試幅による共振振動数の変化は、ほとんど見られず、試長が一定ならば共振振動数は一定値をとる。

これらの結果から、人間の歩行に伴う衣服の揺れを、歩行のペースを 1.0 c.p.s 付近において考えてみると、第7図から、共振振動数は試長の増加に従って小さい方へずれるから、



第8図 共振々動数の変化 (ケント紙の場合)

ケント紙の場合は、織物に比べ非常に曲げ剛さが大きく、共振曲線も明確になり、綿ギャバジンよりも振動数の振幅への影影は非常に大きい。

綿ギャバジンや羊毛の場合、試長が 200 mm の時の共振振動数は、ほぼ 1.1 c.p.s である。試長を 300 mm 以上にすると共振振動数は、1.0 c.p.s より小さくなる。

従って、振動数 1.0 c.p.s では共振曲線の谷の部分にあたり、かなり小さい振幅になる。即ち、衣服の試長が 300~800 mm では歩行に伴う揺れといったものは、あまり見られなことになる。しかし試長がそれ以上になると、第1上振動となり、かなり揺れが大きくなる。ナイロンタフタやベンベルグサテンでは、試長による振幅の変化はほとんど見られないから、試長が変化しても歩行に伴う揺れの違いは、羊毛や綿ギャバジンほどには見られない。

3.3 理論式への適合

本測定法による試料の振動を従来弾性率の測定法として用いられている振動リード法と同様に、弾性棒のたわみ振動としての取扱いが可能ならば、(3) 式から試料の曲げ剛さが求められる。弾性棒のたわみ振動では、試長と共振振動数との関係は、両対数軸に対して -2 の傾きをもつ直線となる。しかしながら第7図でみるように本実験で得られた試長と、共振振動数の関係は、 $-1 \sim -1/2$ の傾きを持つ直線となり試料の振動を弾性棒のたわみ振動としてみなす事はできない。

(尚、弾性板の振動も、振動方向が試幅方向に無関係で一様であるならば、弾性棒の振動と同一である。)

これは本実験での試料が振動リード法に用いる試料に比らべて非常に大きく、空気抵抗などの外部摩擦がかなり大きく無視できないし、自重による張力の影響により弾性棒としてよりも見掛上もっと曲り易いものとしての振動挙動を示しているのではないかと思われる。次に弾性をもたない完全に曲り易い絁などのたわみ振動では、試長と共振振動数との関係は、(4) 式から両対数軸に対して $-1/2$ の傾きをもつ直線となる。

本実験で、第1上振動における直線の傾きは、ほぼ $-1/2$ となっている。従って試長が 200 mm 以上では、弾性をもたない完全に曲り易い絁のたわみ振動としての取扱いが可能である。従って、振動数が小さく、試長がある程度大きい場合、織物の振動は試料の曲げ剛さに無関係に試長のみによって定められる。

弾性棒と弾性をもたない完全に曲り易い絁の中間の要素をもつもの、即ち完全に曲り易い絁に弾性を考慮した場合の振動は、振動数が大きいか、または試長が小さい範囲ではほとんど弾性棒の振動となり、振動数が小さいかまたは試長が大きい範囲では、その中間の要素を持つものの振動となる。この中間の範囲では試長と共振振動数の関係は、傾き $-2 \sim -1/2$ の直線となる。本実験で、試長が 200 mm 以下の振動はこの部分にあてはまっているのではないかと推測される。しかしながら厳密には本実験のように大試料の場合、空気などの摩擦抵抗を無視することはできないのでこれらも考慮に入れた理論的取扱いをしなければならない。

4. 総 括

衣服の形態に関し特に動的な面からの検討を試みた。実際に衣服を着用した時の動特性の評価は従来用いられている測定法から予測するのは困難であるところから、本実験では大試料を用いてほぼ人間の歩行に近い低振動数下における織物の振動挙動を観察し次の結果を得た。

- (1) 試料により振動形に違いが認められた。これらの違いは主として曲げ剛さによるものと思われ、曲げ剛さの小さいものほど振動数により振動形は変化しやすい。
- (2) 振動中の試料の変形状態は、曲げ剛さとともに重さの影響がみられ、同程度の曲げ剛さの織物でも重さが異なれば試料は独自の变形状態を示す。
- (3) 試料により共振曲線はかなり異なったものが得られるが、曲げ剛さによっては類似した曲線を示す。
- (4) 振幅への振動数、試長の影響は、曲げ剛さの大きいものほど大きく、曲げ剛さの小さいものはほとんど変化はみられない。
- (5) 本実験での試料の振動は、近似的に完全に曲り易い絁に弾性を考慮した場合の振動としての取扱いが適合されるが、試長が大きくなると、弾性をもたない完全に曲り易い絁の振動に近似される。

これらの結果から、歩行時における衣服の振動挙動がある程度予測される。衣服の用途や目的により材料の曲げ剛さや重さを適当に選択することは、ドレープなど静的な形態美の上からも重要なことであるが、さらに動的な面からも織物の振動挙動は、振動数、試長によりかなり異なったものになるので、そういった面からの考慮も必要である。さらにねじり振動下における織物の振動挙動などを検討することにより、実際の衣服を着用した場合の動特性が明らかになる。

参 考 文 献

- 1) 棚辺, 丹羽; 織機誌, 27, 201 (1974)。
- 2) 須田, 大平; 織消誌, 14, 122 (1973)。
- 3) 早川; 家政誌, 19, 5, 26 (1968)。
- 4) 出羽, 寺尾; 東海学園女子短大紀要, 11, 9 (1976)。
- 5) 上野, 江幡; 織消誌, 17, 43 (1976)。
- 6) 小野木, 安藤; 織学誌, 9, 617 (1953)。
- 7) 坪井忠二著; 振動論, 河出書房 (1942) 他。
- 8) 小林茂雄; 織消誌, 6, 67 (1965) 他。