

466 カメラシャッター羽根の振動特性に関する研究

Research on Vibration Characteristics of the Blades of a Camera Shutter Unit

○学 寒藤 秀一 (室蘭工大) 正 松本 大樹 (室蘭工大) 正 齊當 建一 (室蘭工大)
石川 健治 (室蘭工大) 種田 周平 (昭和電工)

Hidekazu KANDO, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido

Hiroki MATSUMOTO, Muroran Institute of Technology

Ken-ichi SAITOH, Muroran Institute of Technology

Kenji ISHIKAWA, Muroran Institute of Technology

Shuhei TANEDA, Showa Denko K.K.

The objective of this research is to investigate the vibration characteristic of the blade of a camera shutter unit. To clarify the vibration characteristic of the shutter blade is need to improve the sound quality and the performance of the shutter unit. The shutter blade is a thin plate part, which is combined four different shape narrow plates and two different length support arms. The forced vibration testing method on different component parts of shutter blade carries out measurements. Consequently, the vibration characteristic of the front blades and the rear blades doesn't change so much. The peak frequencies are almost same between two vibrating conditions that is the horizontal and vertical direction vibration condition. In only the vertical vibration condition, twisting vibration occurs in the constructed shutter blades.

Keywords: Operating Deflection Shapes, Vibration of Continuous System, Vibration Mode

A 1. 緒言及び目的

カメラにとってシャッターは、鮮明な画像を撮るために重要な役割を果たすだけでなく、それが発する音によって製品の価値を高めたり、特徴付けたりするものである。一般的な銀塩カメラや一部のデジタル一眼レフカメラでは、より高速なシャッタースピードを得るために機械式のシャッターが搭載されている。シャッターが稼動することにより、羽根同士が重なり合いながら高速移動し遮光する。これらの羽根は急激にその動きを止めるため、衝撃的な力を受ける。そのため複雑な振動が発生しシャッターの故障の原因となることがあるため、解決にはシャッター羽根の振動の特性を明らかにすることが必要不可欠である。

しかしながら複数の羽根部品からなるシャッター羽根の振動特性を把握することは容易ではない。そこで本研究では、シャッター羽根を実働時の羽根の移動方向と同じ面内方向(z軸、縦方向)にランダム振動させ、羽根の振動特性を実験的に明らかにすることを目的とする。

A 2. 実験方法

Fig.A1 にシャッター羽根を示す。シャッター羽根はそれぞれ形状と厚さの異なる4枚の羽根と、2枚のアームで構成されており、4枚の羽根は2枚のアームにダボという小さな留め具で階段状に重ね合わされている。

本実験では、シャッター羽根を実稼動時の羽根の移動方向(z軸、面内加振)の振動特性と羽根の移動方向と垂直な方向(y軸、面外加振)の振動特性について検討を行う。

治具に取り付けたシャッター羽根を加振器に取り付け、実稼動時の羽根の移動方向または移動方向と垂直な方向にランダムに加振する。

ランダム加振の周波数帯域は10~1000[Hz]の範囲内で加速度が均一のパワーとなるように制御している。レーザ変位計で加振器の振動台と羽根上の各点の面外方向(y軸方向)

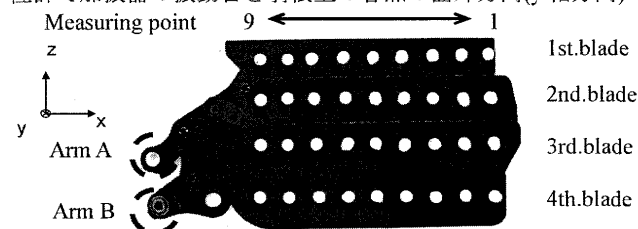


Fig.A1 The blade of a camera shutter unit

変位を測定する。加振器側の変位を入力、羽根の変位を応答とし、入力と応答との比で振動特性を表す。

A 3. 実験結果及び考察

Fig.A2 に面内加振, Fig.A3 に面外加振における測定点1での振動特性を示す。面外加振では最大振幅比が16であるのに対して、面内方向では0.50であり、面外加振と比べ振幅比が小さいことがわかる。これは面内方向と面外方向での剛性の違いによるものと考えられる。また、固有周波数を比較すると32.5, 62.5[Hz]でピークが一致している。しかし、面内加振では52.5[Hz]でピークが現れるのに対して面外加振では発生していない。振幅比と位相を用いて実稼動解析を行った結果52.5[Hz]の固有振動数では、面内加振時のみ羽根全体がねじれるように振動していることが明らかとなった。

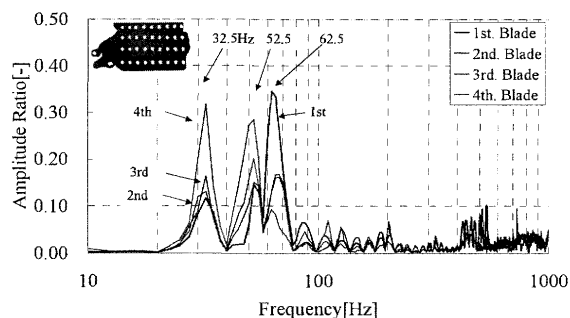


Fig.A2 The vibration characteristics of the blades fully opened in Vertical Vibration Condition(The Rear Blades)

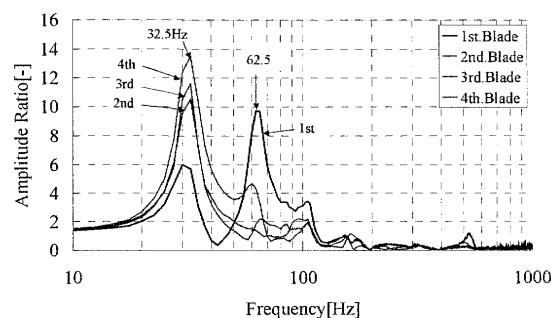


Fig.A3 The vibration characteristics of the blades fully opened in Horizontal Vibration Condition(The Rear Blades)

1. 緒言及び目的

カメラにとってシャッターは、鮮明な画像を撮るために重要な役割を果たすだけでなく、それが発する音は製品の価値を高めたり、特徴付けたりするものである。一般的に銀塩カメラでは機械的に遮光する方法が用いられている。一部の高品質を求めるデジタル一眼レフカメラには、より高速なシャッタースピードを得るために機械式のシャッターが搭載されており、機械式のシャッターは重要な位置を占めている。

機械式の縦走り式のシャッターは、先幕と後幕と呼ばれる 2 組のシャッター羽根とその駆動部から構成されている。シャッター羽根は非常に薄く、軽い部品から構成されており、複数の羽根が組み合わされている。シャッターが稼動すると、それらが重なり合いながら高速移動し遮光する。これらの羽根は急激にその動きを止めるため、衝撃的な力を受け振動する。

シャッターが下りるまでに、シャッター羽根の複雑な振動がシャッターの故障の原因となることがあるため、その解決にはシャッター羽根の振動特性を明らかにすることが必要不可欠である。

しかしながら複数の羽根部品から構成されているシャッター羽根の振動特性を把握することは容易ではない。

そこで本研究では、シャッター羽根を実働時の羽根の移動方向と同じ面内方向 (z 軸, 縦方向) に振動させ、羽根の振動特性を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

2.1 シャッター羽根

Fig.1 にシャッター羽根の全開時の状態を示す。シャッター羽根は形状と厚さの異なる 4 枚の羽根と、2 枚のアームから構成されている。それぞれの羽根の端は、アームに 1 箇所、もしくは 2 箇所小さな留め具 (ダボ) で階段状に重ね合わされている。

アームは、シャッター羽根が留められていない端にある金具でシャッターの駆動ユニットが取り付けられる部品である。アームの金具の点を回転軸とした 2 本のアームの回転運動により、それぞれの羽根が面内方向に平行移動させられ、それぞれのシャッター羽根の重なる面積を変化させている。それぞれの羽根の重なる面積が最小の場合を“全開”と呼び、重なる面積が最大となる場合を“全閉”と呼ぶ。また、シャッター羽根は先幕・後幕の 2 種類があり、素材は同じであるが先幕には塗料が塗布されている。

本実験では、シャッター羽根を分解して実験するために、シャッター羽根を構成する部品に Fig.1 のように番号を付ける。すなわち、重なり合う一番下から 1, 2, 3, 4 枚目としてアームは金具のついていない方を A, 金具がついている方を B とした。また、羽根の先端から 5[mm] 間隔で 9 個の点を打ち、それぞれに測定点 1, 2, 3, …, 9 と名付けた。アームは先端のみを測定点とした。

なお、実験を行う上でシャッター羽根の呼び方をアーム

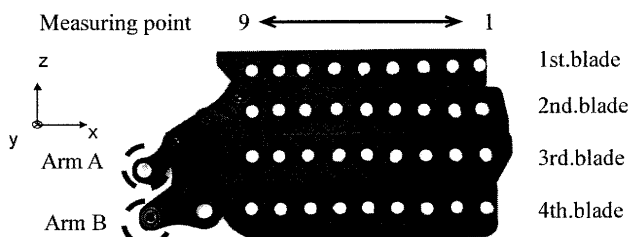


Fig. 1 The blade of a camera shutter unit

のついた状態の羽根を“複合品”, アームの付いていない羽根を“単体”とする。

2.2 実験方法

実験装置概略図を Fig.2 に示す。羽根はアーム部 A, B (Fig.1 中、破線丸印) をナットとワッシャを用いてはさみ、さらにプレートで上下からはさんで固定し、加振器に取り付ける。

シャッター羽根を実働時の羽根の移動方向と同じ面内方向 (z 軸, 縦方向) にランダムに加振した場合を“縦加振”と呼ぶ。ランダム加振の周波数帯域は 10~1000[Hz] の範囲内で加速度が均一のパワーとなるように制御している。レーザ変位計で加振器の振動台と羽根上の各点の面外方向 (y 軸方向) 変位を測定し、加振器側の変位を入力、羽根の変位を応答とし、入力と応答との比で振動特性を表す。

2.3 実験動解析

実験動解析は与えられた実験条件の下で、構造物の振動パターンを決定するために用いられる。構造物の動解析の中でも比較的簡単な周波数ベースの解析方法である。この解析では、周波数領域の測定データを用いて任意周波数での構造物の動きを解析するため、構造物の動的問題を正確に取られることができる。

シャッター羽根上の測定点の振幅比と位相について振動測定を行い、その振動パターンを羽根の形状モデルのアニメーションとして可視化する。

3. 実験結果及び考察

3.1 羽根単体の振動特性

Fig.3 に羽根単体の測定点 1 で計測された振動特性を示す。羽根の固定位置は、ダボ穴の位置に統一している。Fig.3 からわかるように、1 枚目は 92.5[Hz], 2 枚目は 72.5, 465[Hz], 3 枚目は 55, 380[Hz], 4 枚目は 102.5[Hz] でピークが発生している。さらに Fig.4 にアーム単体の振動特性を示す。アーム A は 192.5[Hz], アーム B は 207.5[Hz] でピークが発生している。

いずれの羽根、アームもピーク周波数は一致しておらず、それぞれ特有の振動特性を持っていることがわかる。これは、それぞれ形状が異なるためである。

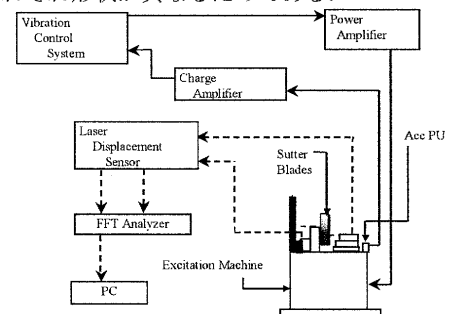


Fig.2 Experimental Setup

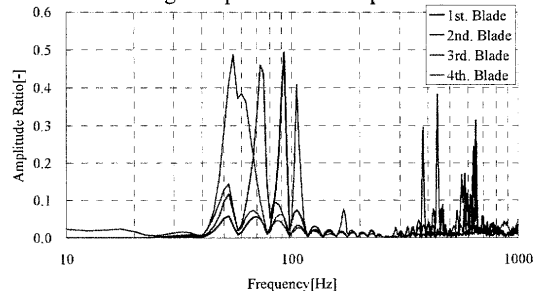


Fig.3 The vibration characteristics of each single blades in Vertical Vibration Condition

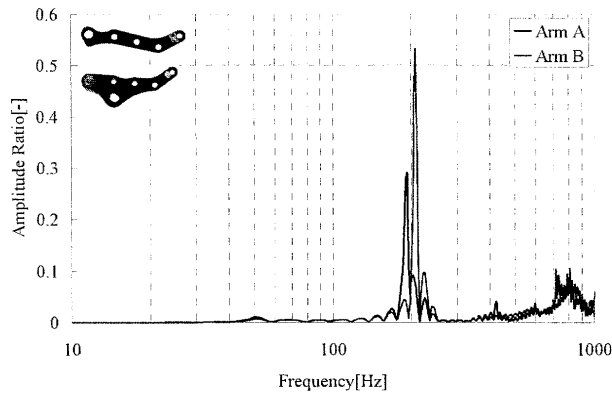


Fig.4 The vibration characteristics of arm in Horizontal Vibration Condition

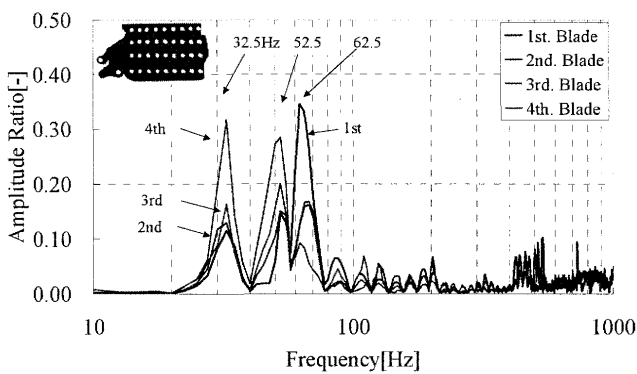


Fig.5 The vibration characteristics of the blades fully opened in Vertical Vibration Condition (The Rear Blades)

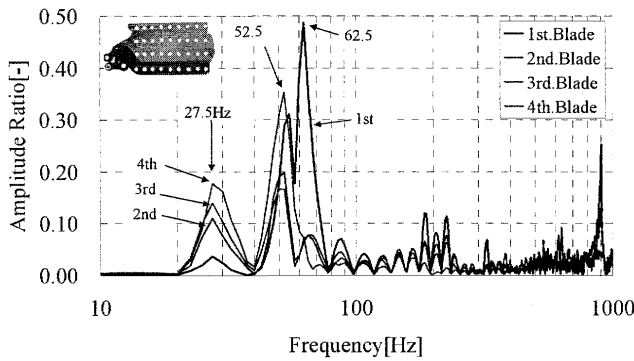


Fig.6 The vibration characteristics of the blades fully opened in Vertical Vibration Condition (The Front Blades)

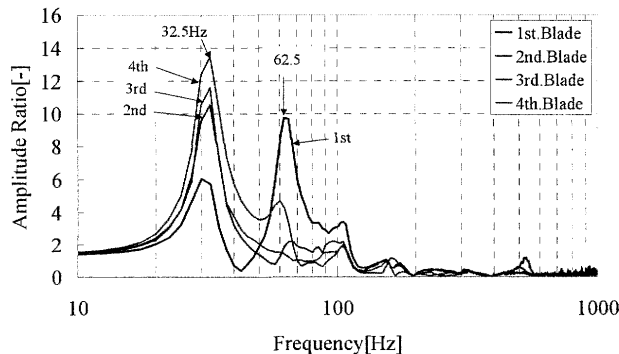


Fig.7 The vibration characteristics of the blades fully opened in Horizontal Vibration Condition (The Rear Blades)

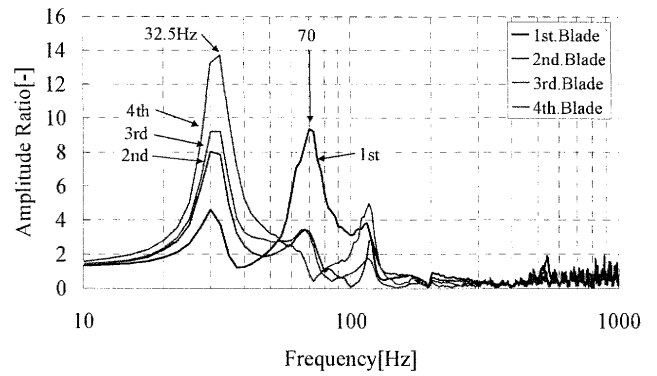


Fig.8 The vibration characteristics of the blades fully opened in Horizontal Vibration Condition (The Front Blades)

3.2 複合品の振動特性

縦加振における後幕と先幕の比較を行う。Fig.5 に後幕複合品 4 枚組、Fig.6 に先幕複合品 4 枚組の全開時における測定点 1 で計測された振動特性を示す。

Fig.5 では各羽根それぞれ 32.5, 52.5, 62.5 [Hz] で振幅比のピークが発生している。それぞれのピークの振幅比を見ると 32.5, 52.5 [Hz] では 4 枚目の振幅比が大きく 2・3 枚目はほぼ同じ値を示しており 1 枚目の振幅比は小さいことがわかる。62.5 [Hz] では 1 枚目の振幅比が大きく、2・3 枚目はほぼ同じであるが 4 枚目の振幅比は小さいことがわかる。Fig.6 の先幕の結果では各羽根それぞれ 27.5, 52.5, 62.5 [Hz] で振幅比のピークが発生している。よって、Fig.5 の後幕とほぼ同じ固有振動数を持っていることがわかる。各ピークでのそれぞれの羽根における振幅比の違いは 27.5, 62.5 [Hz] で傾向は後幕とほぼ同じで 4 枚目の振幅比が大きいが、52.5 [Hz] では、4 枚目だけではなく 1 枚目の振幅比も大きくなっている。

また、後幕、先幕ともに 100 [Hz] 以上の周波数では振幅比が非常に小さい値を示している。

次に、縦加振と横加振（面外方向、y 軸）の比較を行う。

Fig.7 に後幕複合品 4 枚組、Fig.8 に先幕複合品 4 枚組の測定点 1 における横加振の振動特性を示す。横加振では最大振幅比が 16 であるのに対し縦加振では 0.50 である。よって横加振の方が縦加振よりも振幅比が大きいことがわかる。これは面内方向と面外方向での剛性の違いによるものと考えられる。また縦加振では 52.5 [Hz] でピークが現れるのに対して横加振では発生していない。

Fig.9 にシャッター羽根の重なる面積が半分となる“半開”，Fig.10 に重なる面積が最大となる“全開”における測定点 1 で計測された振動特性を示す。全開時は 1～3 枚目の羽根が 4 枚目に隠れてしまうため、結果は 4 枚目のみとなっている。

半開では 35, 50, 65, 167.5 [Hz] でピークが発生し、全開では 35.0, 50, 167.5 [Hz] でピークが発生している。全開時の振動特性と比較するとピーク周波数はほぼ一致していることがわかる。また、全開、半開では 62.5 [Hz] でピークが発生しているのに対して全開では発生していない。62.5 [Hz] における各羽根の振幅比に注目すると、1 枚目の振幅比は大きく、ほかの羽根はほぼ同じ値を示している。このことより、62.5 [Hz] のピーク振動数は 1 枚目羽根の振動特性が影響していることが考えられる。

また、羽根単体ではピーク周波数はそれぞれ異なっていたが、アームに羽根を取り付け複合品になることによってそれぞれ羽根のピーク周波数は一致する。振幅比を比較す

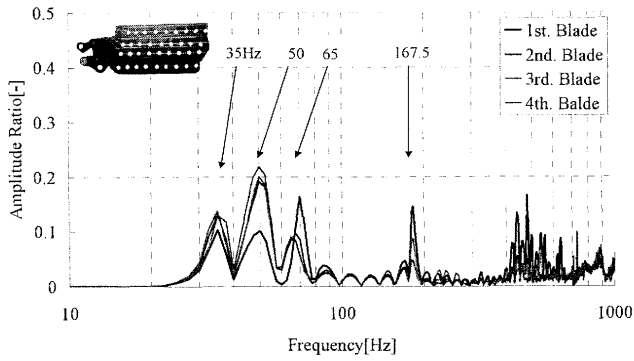


Fig.9 The vibration characteristics of the blades half opened in Vertical Vibration Condition(The Rear Blades)

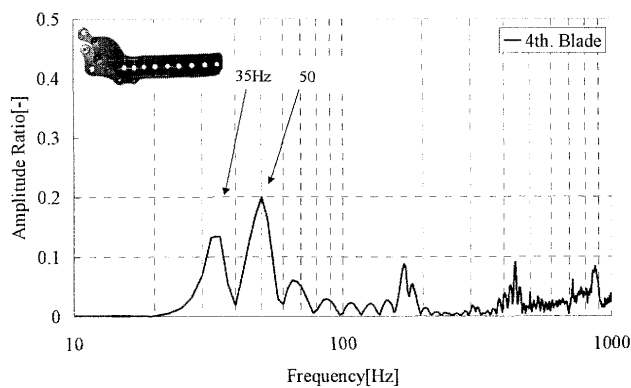


Fig.10 The vibration characteristics of the blades closed in Vertical Vibration Condition(The Rear Blades)

ると半開・全閉はほぼ同じ値を示し、全開時よりも小さい値を示している。これは、重なる面積が大きくなるため羽根同士の干渉の度合いが大きくなることで各羽根の振幅が抑えられたためと考えられる。

以上のことより、複合品 4 枚組ではピーク周波数は重なる面積に関係なく一致する。また、重なる面積が大きくなるにつれて振幅比は小さくなることがわかった。

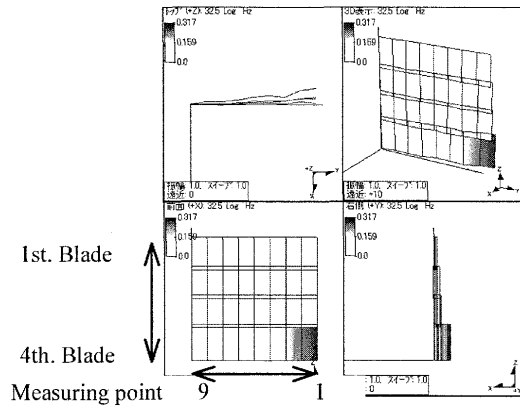
各ピーク周波数の振動状態を明確にするために、全測定点の振幅比と位相の測定データを用いて実稼動解析を行う。

Fig.11(a)に後幕複合品 4 枚組全開状態の縦加振での 32.5[Hz], (b)に 52.5[Hz], (c)に 62.5[Hz]における各羽根の等高線図を示す。

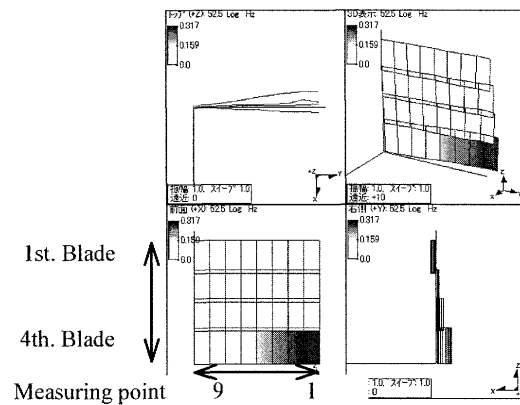
(a)では全ての羽根が同位相で振動し、4 枚目の振幅が大きく 1~3 枚目はあまり振動していないことがわかる。また (b)では(a)と同様に 4 枚目の振幅が大きく 1~3 枚目はあまり振動していないが、2~4 枚目は同位相で振動し 1 枚目は逆位相で振動している。(c)では 1 枚目の振幅比が大きく、2~4 枚目はあまり振動していないことがわかる。

Fig.12 に先幕複合品 4 枚組の 52.5[Hz]における各羽根の等高線図を示す。1, 4 枚目の振幅比が大きく、2, 3 枚目の振幅比が小さいことがわかる。さらに 2~4 枚目は同位相で振動しているが、1 枚目は逆位相で振動していることが明らかとなった。これは Fig11(b)の後幕複合品と同様の結果になった。

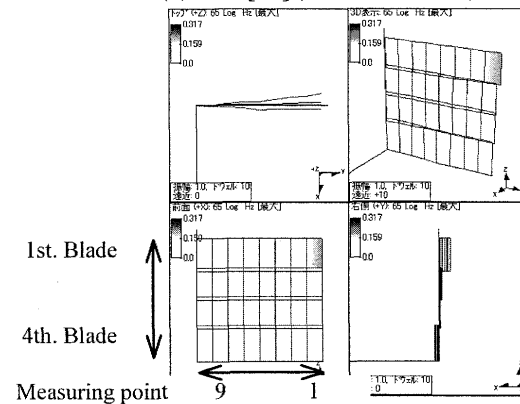
Fig.13(a)に後幕複合品 4 枚組の横加振時での 32.5[Hz], (b)に 62.5[Hz]における各羽根の等高線図を示す。(a)では全ての羽根が同位相で振動していて、1 枚目から 4 枚目にかけて振幅比大きくなっていることがわかる。また(b)では、1 枚目の振幅比が大きく、2~4 枚目はあまり振動していないこ



(a) 32.5[Hz] (Vertical Vibration)



(b) 52.5[Hz] (Vertical Vibration)



(c) 62.5[Hz]

Fig.11 Contour maps of Operating Deflection Shapes in The Rear Blades (fully opened, Vertical Vibration)

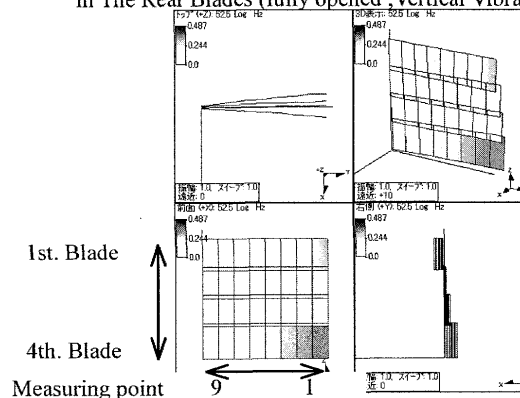
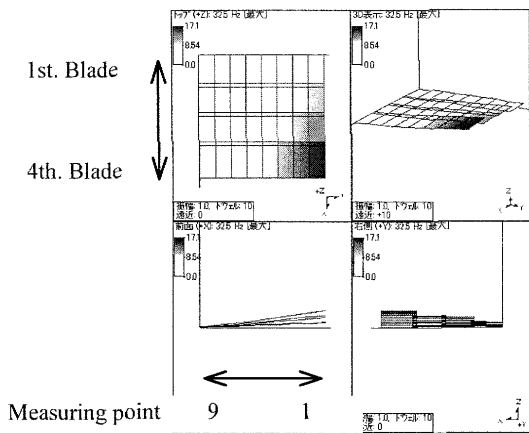
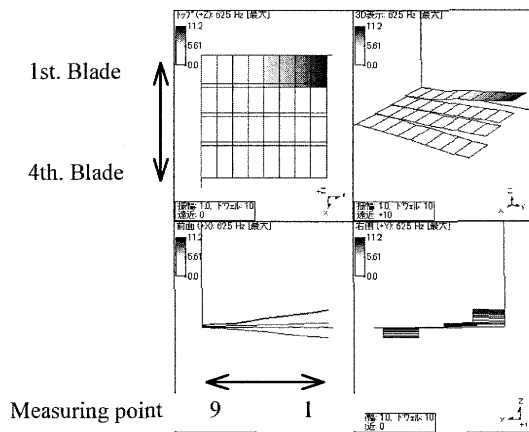


Fig.12 Contour maps of Operating Deflection Shapes in The Front Blades at 52.5[Hz] (fully opened, Vertical Vibration)



(a) 32.5[Hz]



(b) 62.5[Hz]

Fig.13 Contour maps of Operating Deflection Shapes in The Rear Blades (Horizontal Vibration)

とがわかる。Fig.11(c)と同様の傾向を持っているが、1~3枚目は同位相で振動し、4枚目は逆位相で振動している。

Fig.14(a)に後幕複合品4枚組半開状態の縦加振での35[Hz], (b)に50[Hz], (c)に67.5[Hz]における各羽根の等高線図を示す。

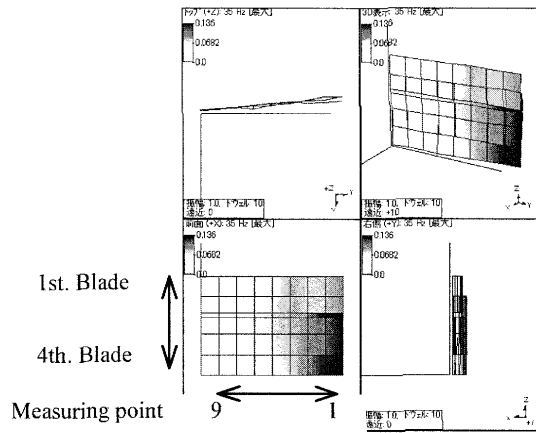
(a)では全ての羽根が同位相で振動し、ほぼ同じ振幅比で振動している。(b)では2~4枚目の振幅比が大きく1枚目は小さいことがわかる。また2~4枚目は同位相で振動しているのに対して、1枚目は逆位相で振動している。(c)では1枚目の振幅比が大きく、2~4枚目はあまり振動していないことがわかる。これは(b)の振幅比の傾向と逆の傾向を示している。

半開時でのピーク周波数では2~4枚目の振幅比はほぼ同じで、同位相で振動している。これは重なる面積が大きくなるため羽根同士の干渉の度合いが大きくなったためと考えられる。

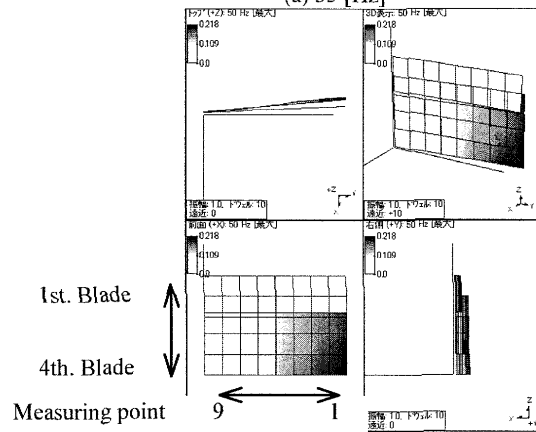
全開時の各ピーク周波数における振動状態と比較すると、半開時でもほぼ同じ傾向を示していることがわかる。

以上のことから複合品4枚組での52.5[Hz]のピーク周波数では、縦加振時のみ羽根全体がねじれるような振動をしていることが明確となった。また羽根の重なる面積に関係なく各羽根の振動状態は一致する。

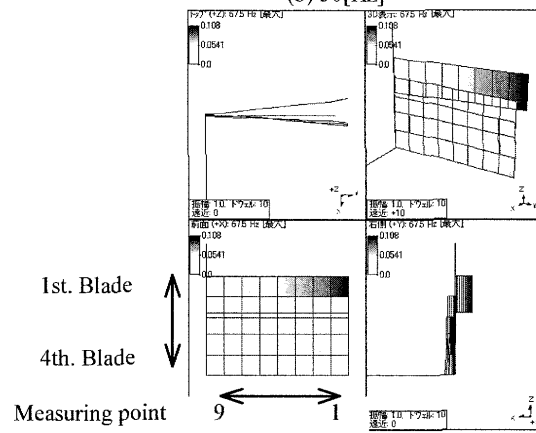
加振方向に関係なく32.5[Hz]では4枚目、62.5[Hz]では1枚目の振幅比が他の羽根に比べて大きいことが明らかとなった。



(a) 35 [Hz]



(b) 50[Hz]



(c) 67.5[Hz]

Fig.14 Contour maps of Operating Deflection Shapes in The Rear Blades (half opened, Vertical Vibration)

4. 結言

縦加振におけるシャッター羽根の振動特性を実験的に明らかにした結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 後幕と先幕の振動特性はほぼ一致する。
- ② 振幅比を比較すると横加振の方が縦加振よりも大きい。
- ③ 縦加振と横加振のピーク周波数はほぼ一致する。
52.5[Hz]においては縦加振では羽根全開がねじれるような振動が見られる。
- ④ 複合品4枚組では羽根の重なる面積に関係なく、ほぼピーク周波数は一致し、各羽根の振動状態も一致する。
- ⑤ 複合品4枚組では加振方向に関係なく32.5[Hz]では4枚目、62.5[Hz]では1枚目の振幅が大きい。