

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4743465号
(P4743465)

(45) 発行日 平成23年8月10日 (2011. 8. 10)

(24) 登録日 平成23年5月20日 (2011. 5. 20)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2K 1/48 (2006.01)	FO2K 1/48
FO2K 1/36 (2006.01)	FO2K 1/36
FO2K 1/38 (2006.01)	FO2K 1/38

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-121590 (P2001-121590)	(73) 特許権者	000000099
(22) 出願日	平成13年4月19日 (2001. 4. 19)		株式会社 I H I
(65) 公開番号	特開2002-317698 (P2002-317698A)		東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(43) 公開日	平成14年10月31日 (2002. 10. 31)	(74) 代理人	100097515
審査請求日	平成20年2月27日 (2008. 2. 27)		弁理士 堀田 実
		(74) 代理人	100099667
			弁理士 武政 善昭
		(72) 発明者	大石 勉
			東京都西多摩郡瑞穂町殿ヶ谷229 石川
			島播磨重工業株式会社 瑞穂工場内
		審査官	稲葉 大紀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジェットエンジン用ローブミキサー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮機 (3)、燃焼器 (4) およびタービン (5) を通るコア流 (14) と、これらをバイパスするバイパス流 (13) との混合流 (26) と、大気中から排気ノズル (12) 内部に取り込んだ空気とを混合するジェットエンジン用ローブミキサー (27) において、

該ローブミキサーは、下流側の径が漸増する拡径部 (22a) と、下流側の径が漸減する縮径部 (22b) とを備え、

該ローブミキサーは、ジェットエンジンの軸方向下流側から見た場合、連続する波形形状の下流端を有し、

前記下流端は、径方向内側から径方向外側に延びて、該径方向外側において径方向内側に折り返すことにより前記拡径部を形成し、次いで、径方向内側に延び、該径方向内側において径方向外側に折り返すことにより前記縮径部を形成し、径方向外側に再び延びて、これを繰り返す、

周方向に隣接する前記拡径部の勾配が異なっており、前記拡径部の前記勾配は、3種類以上ある、ことを特徴とするジェットエンジン用ローブミキサー。

【請求項 2】

隣接する前記縮径部の勾配が異なっている、ことを特徴とする請求項1に記載のジェットエンジン用ローブミキサー。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【 発明の属する技術分野 】

本発明は、ジェット航空機のエンジンに使用されるジェットエンジン用ローブミキサーに関する。

【 0 0 0 2 】

【 従来の技術 】

ジェット航空機のエンジンの発生する騒音は重大な環境問題であり、その騒音低減が切に望まれている。ジェット騒音は、エンジンの排気と外部空気との速度差によって生じる乱流や衝撃波およびそれらの干渉が主な発生原因となっている。

【 0 0 0 3 】

図 4 に示すように、航空機エンジン 1 (ジェットエンジン) は、空気を取り入れるファン 2、取り入れた空気を圧縮する圧縮機 3、圧縮した空気により燃料を燃焼させる燃焼器 4、燃焼器 4 の燃焼ガスによりファン 2 および圧縮機 3 を駆動するタービン 5 等を備えている。

【 0 0 0 4 】

基本的にジェット騒音の音響出力はジェット速度 [m/s] の 8 乗に比例するため、ジェット速度が大きくなるにつれて騒音が急激に大きくなる。そのためターボジェットエンジンでは、推力を生成するジェット流の発生する騒音が最も大きい騒音源であり、高バイパス比のターボファンエンジンでもファンの発生する騒音に次いで大きなものとなっている。

【 0 0 0 5 】

飛行時には排気 (ジェット流) と外部空気との速度差が減じることなどにより全音響出力は低下するが、各方向の低下量は一様ではなく、排気軸方向では大きく低減する一方、前方に行くに従い低下量は少なくなる。ジェット騒音を減じる方法としては、ある程度のスラスト (推力) を犠牲にした分割ノズルや固体壁や高温ガスでジェットをシールドすることなどが考えられるが、最も効果があるのはジェット流の速度を減じることである。

【 0 0 0 6 】

図 5 に同一排気量のターボファンエンジンにおける排気口から噴射されるジェット流の速度分布の相違に基づく周波数および音響出力 (騒音) との関係を示す。

【 0 0 0 7 】

基準ジェット (a) は、主に排気口中心付近から噴射される高速のコア流と、主に排気口周付近から噴射される低速のバイパス流が同心成分となって有用なスラスト推力を生成するものである。

【 0 0 0 8 】

この図表からも明らかなように、基準ジェット (a) は特に低周波数領域において音響出力が大きい。一方、(c) および (d) に示す速度反転ジェットは中・高周波領域で音響出力が大きく、また、ジェット流の速度分布を反転させるための工夫が必要となる。したがって、(b) に示す混合ジェットが全体として音響出力を小さくするため望ましいものであるといえる。

【 0 0 0 9 】

そこで従来よりコア流とバイパス流とを効率的に混合することによってコア流のジェット速度を減じると同時にバイパス流の流速を増加させ、排気ノズルから噴射されるジェット流の速度分布を全体として均一化することによりジェット騒音を低減するミキサー (混合器) を排気ノズル内に装備することが一般に行われている。

【 0 0 1 0 】

具体的には図 4 に示すように、ファン 2 で取り入れられた空気を、圧縮機 3、燃焼器 4 およびタービン 5 を通るコア流 1 4 と、これらをバイパスするバイパス流 1 3 (ファン流) とに分岐し、これをミキサー (混合器) 1 5 を用いて合流・混合することによってジェット騒音の低減が図られている。

【 0 0 1 1 】

現在使用されているミキサーは、図 6 に示すローブ付きのものが一般的であり、この (ロ

10

20

30

40

50

ープ)ミキサー15は、横断面形状が波形形状の案内壁(隔壁)を有するとともに、この波形形状が下流ほど大きく成形され、この下流端で、バイパス流13(実線)とコア流14(破線)とが合流し、ミキサー15の下流の循環域X(図4参照)においてバイパス流とコア流とを攪拌することによって、両者を効率的に混合するようになっている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

図6に例示した従来の(ローブ)ミキサー15では、ローブの拡がり角度(勾配)を小さくすれば、混合性が確保できるものの、全長が長くなり、かつ重量が大きくなる問題点があった。また、逆に拡がり角度を大きくすると、流れに剥離が生じ十分な混合性が得られなかった。

10

【0013】

そこでさらなる混合性促進を図るべく、基準とする従来型のローブミキサー(図7(a))に対し、ローブ数を増加させた多ローブ型のローブミキサー(図7(b))や、ローブ部分にスカロップ形状の切り欠きを設けたスカロップ型のローブミキサー(図7(c))も発案されている。これは、従来のローブミキサーでは排気ジェット流の吹き出す上向き角度が一樣であり混合領域に同心円状の偏りを生じやすいため、この偏りを軽減すべく改良が施されたものである。

【0014】

しかしながら、多ローブ型のローブミキサーの場合、重量増または摩擦抵抗増によりスラスト効率の悪化を引き起こすといった問題があった。また、スカロップ型のローブミキサーはこのようなデメリットがないものの、特に、差圧の大きくなる部位では、スカロップ部分での圧力変動に伴う騒音が高周波数側で増加し、オーバーオール騒音レベルでは騒音が大きくなるといった問題があった。

20

【0015】

バイパス流とコア流の混合によるジェット流の速度分布の均一化は、騒音低減等のために重要であるが、上述した改良型のローブミキサーでも、推力効率の低下を抑えつつその混合を十分に行うことは困難であった。すなわち、改良型のローブミキサーであっても、バイパス流とコア流の混合が効率的に行われず、1 混合時の損失によりジェット推力が低減され、2 中心付近のジェット流の速度が未だ大きく、ジェット速度に比例する騒音を十分に低減できないといった問題点があった。

30

【0016】

本発明は、かかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち本発明の目的は、バイパス流とコア流等の混合を混合時の推力の損失を抑えつつ効率的に行い、ジェット騒音の低減を図ることができるローブミキサーを提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

参考例によれば、圧縮機(3)、燃焼器(4)およびタービン(5)を通るコア流(14)と、これらをバイパスするバイパス流(13)とを混合するジェットエンジン用ローブミキサー(22)において、

該ローブミキサーは、下流側の径が漸増する拡径部(22a)と、下流側の径が漸減する縮径部(22b)とを備え、

40

該ローブミキサーは、ジェットエンジンの軸方向下流側から見た場合、連続する波形形状の下流端を有し、

前記下流端は、径方向内側から径方向外側に延びて、該径方向外側において径方向内側に折り返すことにより前記拡径部を形成し、次いで、径方向内側に延び、該径方向内側において径方向外側に折り返すことにより前記縮径部を形成し、径方向外側に再び延びて、これを繰り返す、

周方向に隣接する前記拡径部の勾配が異なり、前記拡径部の前記勾配は、3種類以上ある、ことを特徴とするジェットエンジン用ローブミキサーが提供される。

【0018】

50

上記参考例の構成によれば、コア流を周方向外側へ導く拡径部がエンジン軸下流方向に対し広がる勾配を有し、隣接する拡径部には相互に異なる勾配が設けられているため、コア流はこの拡径部の勾配に沿って、周方向外側へ異なる角度で噴出される。すなわち、隣接する拡径部を流れるコア流は、勾配に沿って異なる角度で円周方向外側に噴出されるため広い範囲に拡散し、コア流を取り囲むバイパス流と効率よく混合・攪拌されることになる。

【0019】

なお、コア流を周方向外側へ導く拡径部の勾配は、二種であってもよい。

【0020】

参考例の好ましい実施形態によると、隣接する前記縮径部の勾配が異なっている。

10

【0021】

この構成によれば、バイパス流を周方向内側へ導く縮径部の外周面がエンジン軸下流方向に対し狭まる勾配を有し、隣接する縮径部には相互に異なる勾配が設けられているため、バイパス流はこの縮径部の勾配に沿って、周方向内側へ異なる角度で噴出される。すなわち、隣接する縮径部を流れるバイパス流は、勾配に沿って異なる角度で円周方向内側に噴出されるため広い範囲に拡散し、バイパス流の内側を流れるコア流と効率よく混合・攪拌されることになる。

【0022】

なお、バイパス流を周方向内側へ導く縮径部の勾配は、二種であっても良いし、それ以上であっても良い。

20

【0023】

さらに、拡径部(22a)には、エンジン軸下流方向に対し広がる勾配が設けられ、隣接する拡径部は相互に異なる勾配を有し、かつ、縮径部(22b)には、エンジン軸下流方向に対し狭まる勾配が設けられ、隣接する縮径部は相互に異なる勾配を有していることも好ましい。

【0024】

拡径部および縮径部の双方に、種々の勾配を形成することによって、コア流とバイパス流を十分に攪拌・混合することができる。

【0025】

また本発明は、圧縮機(3)、燃焼器(4)およびタービン(5)を通るコア流(14)と、これらをバイパスするバイパス流(13)との混合流(26)と、大気中から排気ノズル(12)内部に取り込んだ空気とを混合するジェットエンジン用ローブミキサー(27)において、

30

該ローブミキサーは、下流側の径が漸増する拡径部(22a)と、下流側の径が漸減する縮径部(22b)とを備え、

該ローブミキサーは、ジェットエンジンの軸方向下流側から見た場合、連続する波形形状の下流端を有し、

前記下流端は、径方向内側から径方向外側に延びて、該径方向外側において径方向内側に折り返すことにより前記拡径部を形成し、次いで、径方向内側に延び、該径方向内側において径方向外側に折り返すことにより前記縮径部を形成し、径方向外側に再び延びて、これを繰り返す、

40

周方向に隣接する前記拡径部の勾配が異なっており、前記拡径部の前記勾配は、3種類以上ある、ことを特徴とするジェットエンジン用ローブミキサーを提供する。

【0026】

大気中の空気を排気ノズル内部に取り込み、この空気とコア流とバイパス流との混合流とを本発明のローブミキサーを用いて混合することにより、ジェットエンジンから噴射されるジェット流の速度分布の均一化が図られている。ここで、空気と混合流との混合・攪拌を効率よく行うため、コア流を周方向外側へ導く拡径部はエンジン軸下流方向に対し広がる勾配を有し、隣接する拡径部には相互に異なる勾配が設けられている。コア流はこの拡径部の勾配に沿って、周方向外側へ排気ノズル内に噴出される。隣接する拡径部を流れる

50

コア流は、この勾配に沿って異なる角度で円周方向外側に噴出されるため広い範囲に拡散し、コア流を取り囲むように流れる外部から導入された空気と効率よく混合・攪拌されることになる。

【 0 0 2 7 】

なお、コア流を周方向外側へ導く拡径部の勾配は、参考例では二種である。

【 0 0 2 8 】

本発明の好ましい実施形態によると、隣接する前記縮径部の勾配が異なっている。

【 0 0 2 9 】

この構成では、排気ノズル内部に取り込んだ空気と前記混合流とを混合することにより、ジェットエンジンから噴射されるジェット流の速度分布の均一化が図られている。ここで、空気と混合流との混合・攪拌を効率よく行うため、空気を周方向内側へ導く縮径部はエンジン軸下流方向に対し狭まる勾配を有し、隣接する縮径部には相互に異なる勾配が設けられている。空気はこの縮径部の勾配に沿って、周方向内側へ異なる角度で排気ノズル内に取り込まれる。隣接する縮径部を流れる空気は、この勾配に沿って異なる角度で円周方向内側に流入するため広い範囲に拡散し、空気の内側を流れるコア流と効率よく混合・攪拌されることになる。

10

【 0 0 3 0 】

なお、バイパス流を周方向内側へ導く縮径部の勾配は、二種であっても良いし、それ以上であっても良い。

【 0 0 3 1 】

20

さらに、拡径部（ 2 7 a ）には、エンジン軸下流方向に対し広がる勾配が設けられ、隣接する拡径部は、相互に異なる勾配を有し、かつ、縮径部（ 2 2 b ）には、エンジン軸下流方向に対し狭まる勾配が設けられ、隣接する縮径部は、相互に異なる勾配を有していることも好ましい。

【 0 0 3 2 】

拡径部および縮径部の双方に、種々の勾配を形成することによって、混合流とジェットエンジン内に取り入れた空気とを十分に攪拌・混合することができる。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付して使用する。

30

【 0 0 3 4 】

図 1 は、本実施形態のローブミキサーを備えたジェットエンジンの部分構成図である。このジェットエンジンは、図 4 に示したジェットエンジンと同様に、圧縮機 3（図示せず）、燃焼器 4（図示せず）およびタービン 5（図示せず）を通るコア流 1 4 と、これらをバイパスするバイパス流 1 3 とを有し、コア流 1 4 とバイパス流 1 3 の間が円筒状隔壁 1 7 により仕切られている。なおこの図で、1 6 はテールコーンである。

【 0 0 3 5 】

図 2 に示すローブミキサー（以下「第一ローブミキサー」と呼ぶ。）2 2 は、圧縮機 3、燃焼器 4 およびタービン 5 を通るコア流 1 4 と、これらをバイパスするバイパス流 1 3 とを混合するジェットエンジンに用いられる。ローブミキサー 2 2 は、円筒状隔壁 1 7 の下流方向末端に設けられ、コア流 1 4 とバイパス流 1 3 を混合する周方向に交互に現れる下流側の径が漸増する拡径部 2 2 a と漸減する縮径部 2 2 b とを備えている。

40

【 0 0 3 6 】

ここで拡径部 2 2 a には、図 2 に示すようにエンジン軸下流方向に対し広がる勾配が形成され、隣接する拡径部 2 2 a の勾配は、相互に異なることによって隣接する拡径部内周側を流れるコア流 1 4 を周方向外側へ異なる角度（ $\theta_{1a, 1b}$ ）で導くようになっている。

【 0 0 3 7 】

上述した構成により、エンジン内に設けられた第一ローブミキサー 2 2 は、バイパス流 1 3 とコア流 1 4 を効率的に混合する。すなわち、コア流 1 4 を周方向外側へ導く拡径部 2

50

2 aにエンジン軸下流方向に対し広がる勾配を有し、隣接する拡径部は相互に異なる勾配を有しているため、コア流 1 4はこの拡径部の勾配に沿って、周方向外側へ異なる角度 (θ_{1a}, θ_{1b}) で噴出する。換言すれば、コア流が θ_{1a} なる角度と、 θ_{1b} なる角度で周方向外側へ導かれることによって第一ローブミキサー 2 2の下流の広範囲に拡散し、コア流 1 4を取り囲むバイパス流 1 3と効率よく混合・攪拌することになる。

【0038】

図3に従来型、多ローブ型、スカロップ型、および上記構成による第一ローブミキサー(スタッガード型)の騒音レベル(dB)を、インレット軸(ジェットエンジンの中心軸下流方向)からの角度との関係において測定した結果を示す。ここで、勾配角 θ_{1a} は4°、 θ_{1b} は10°に設定した。

10

【0039】

人が知覚する騒音を低減させるためには騒音レベルの最大値を小さく抑える必要がある。この測定結果からも明らかなように、各ローブミキサーで騒音レベルが最大となる120°付近において、第一ローブミキサー(スタッガード型)が騒音レベルを最も小さくしていることがわかる。これはコア流とバイパス流とが効率的に混合されたため、コア流の流速が減少すると同時にバイパス流の流速が増加し、ガス流の速度分布が全体として均一化されたことによってジェット騒音が低減されたものと考えることができる。

【0040】

なお、隣接する拡径部 2 2 a の勾配角は二種 (θ_{1a}, θ_{1b}) に限られず、各々を異なるものとすることもできる。

20

【0041】

また、第一ローブミキサーの拡径部 2 2 a に勾配を設ける代わりに縮径部 2 2 b にエンジン軸下流方向に対し狭まる勾配を形成し、隣接する縮径部 2 2 b に相互に異なる勾配をつけることによって、バイパス流 1 3 を周方向内側へ異なる角度で導くことや、拡径部 2 2 a および縮径部 2 2 b の双方に勾配を設けることもできる。

【0042】

さらに、本実施形態のジェットエンジン 1 には、図 1 に示すように大気中の空気 2 4 を排気ノズル 1 2 内部に取り込むため、ジェットエンジン外面において開口し、内部に空気 2 4 を排気ノズル 1 2 内部に導入する導入路 2 9 と、排気ノズル内壁 3 1 とローブミキサー(以下「第二ローブミキサー」と呼ぶ。) 2 7 との間の空間とで形成されるエゼクタ 3 2 が備えられている。

30

【0043】

ジェットエンジン 1 の外面から排気ノズル内部に通じる導入路 2 9 をジェットエンジンの全周に図 1 に示すように傾斜して設け、この導入路 2 9 が排気ノズル 1 2 内部と通じる部分の空間を排気ノズル内壁 3 1 と第二ローブミキサー 2 7 の拡径部 2 7 a とによって狭める。ここで第二ローブミキサー 2 7 の内周側からは高圧・高速の混合流 2 6 が噴出されるため、かかる混合流 2 6 がエゼクタ効果を生じ、ジェットエンジン外部と通じる導入路 2 9 から空気 2 4 を吸引する。エゼクタ効果によって大量の空気 2 4 を吸引し、また、後述する第二ローブミキサー 2 7 に設けた勾配により効率的に混合流と混合することによって、混合流 2 6 のジェット速度を減じると同時に空気の流速を増加させ、排気ノズルから噴射されるジェット流の速度分布を全体として均一にする。

40

【0044】

前述した第一ローブミキサー 2 2 と同様に、第二ローブミキサー 2 7 は、コア流 1 4 とバイパス流 1 3 との混合流 2 6 を取り入れた空気 2 4 と混合する下流側の径が漸増する拡径部 2 7 a を備え、隣接する拡径部 2 7 a の勾配は、相互に異なることによって隣接する拡径部 2 7 a 内周側を流れる混合流 2 6 を周方向外側へ異なる角度で導き、混合流 2 6 と吸引した空気 2 4 との混合を促進する。すなわち、隣接する拡径部 2 7 a を流れる混合流 2 6 は、勾配に沿って異なる角度で円周方向に噴出されるため広い範囲に噴出・拡散し、混合流 2 6 の外周側から吸引された空気 2 4 と効率よく混合・攪拌されることになる。

【0045】

50

なお、第二ローブミキサーの構造は図 2 に示した第一ローブミキサーとほぼ同様であるため部分斜視図を省略する。

【 0 0 4 6 】

ここで、隣接する拡径部 2 7 a の勾配は、3 種類以上であり、各々を異なるものとすることもできる。

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態の第二ローブミキサーに、下流側の径が漸減する縮径部 2 7 b を備え、隣接する縮径部は、相互に異なる勾配を有する構造とすることもできる。

【 0 0 4 8 】

なお、第一ローブミキサーおよび本実施形態の第二ローブミキサーは、それぞれ単独で使用してもよいが、併用することによってより一層の混合・攪拌が期待でき、排気ノズルから噴射されるジェット流の速度分布を全体として均一化することによって十分なジェット騒音の低減を実現することができる。

【 0 0 4 9 】

また、上述した拡径部 (2 2 a , 2 7 a) および縮径部 (2 2 b , 2 7 b) の断面形状 (流路形状) は図 2 に示すような波形に限定されず、矩形、三角形、台形等であってもよい。

【 0 0 5 0 】

なお、本発明は上述した実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変更できることは勿論である。

【 0 0 5 1 】

【発明の効果】

上述したように、本発明のローブミキサーは、従来型のローブミキサーと比して重量の増加や、推力の低下を抑えつつ、バイパス流とコア流との混合流と、取り入れた空気との混合を促進することができ、これにより、排気ノズルから噴射されるジェット流の速度分布を全体として均一化して、ジェット騒音の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のジェットエンジン用ローブミキサーを備えたジェットエンジンの部分構成図である。

【図 2】 ジェットエンジン用ローブミキサーの部分斜視図である。

【図 3】 各型のローブミキサーにおける騒音レベルの測定値をインレット軸からの角度との関係であらわした表である。

【図 4】 従来のミキサーを有するジェットエンジンの構成図である。

【図 5】 排気ジェット流の速度分布と音響出力との関係をあらわす図表である。

【図 6】 従来のローブミキサーの部分斜視図である。

【図 7】 改良型のローブミキサーであって、(a) は多ローブ型、(b) はスカロップ型のローブミキサーの斜視図である。

【符号の説明】

1 航空機エンジン (ジェットエンジン)

2 ファン

3 圧縮機

4 燃焼器

5 タービン

1 2 排気ノズル

1 3 バイパス流 (ファン流)

1 4 コア流

1 5 (ローブ) ミキサー

1 6 テールコーン

1 7 円筒状隔壁

2 2 (第一) ローブミキサー

10

20

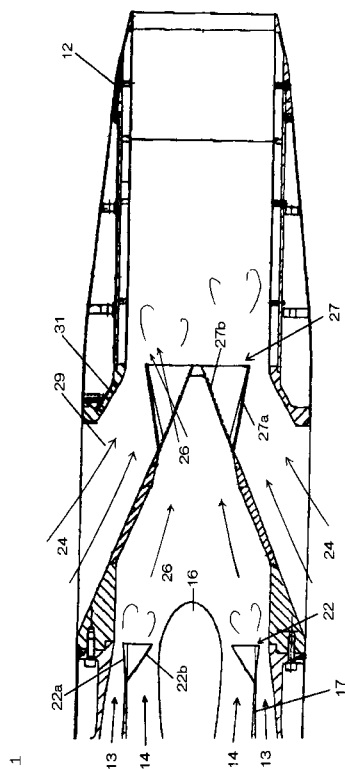
30

40

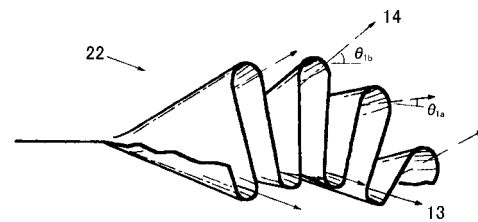
50

- 2 2 a 拡径部
- 2 2 b 縮径部
- 2 4 空気
- 2 5 外気導入手段
- 2 6 混合流
- 2 7 (第二)ローブミキサー
- 2 7 a 拡径部
- 2 7 b 縮径部
- 2 9 導入路
- 3 1 排気ノズル内壁
- 3 2 エゼクタ

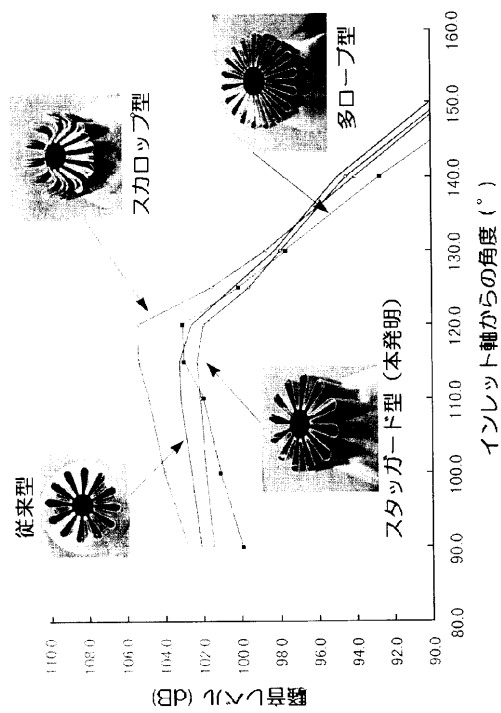
【図 1】



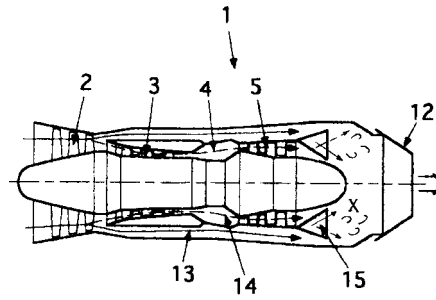
【図 2】



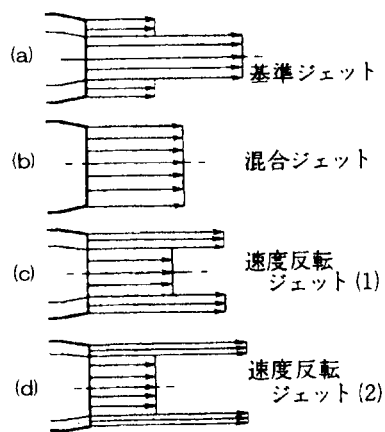
【図 3】



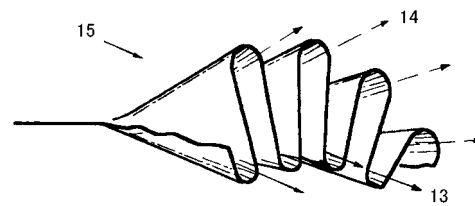
【図 4】



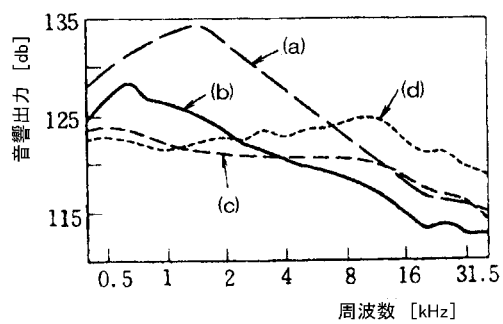
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭58-085345(JP,A)
米国特許第05884472(US,A)
米国特許第05117628(US,A)
米国特許第05638675(US,A)
米国特許第03002341(US,A)
米国特許第06016651(US,A)
特開平11-264345(JP,A)
米国特許第05444912(US,A)
米国特許第05265807(US,A)
国際公開第98/059162(WO,A1)
米国特許第02968150(US,A)
特開平09-133046(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02K 1/48

F02K 1/36

F02K 1/38