

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5580552号
(P5580552)

(45) 発行日 平成26年8月27日(2014.8.27)

(24) 登録日 平成26年7月18日(2014.7.18)

(51) Int.Cl.

F 1

B64C 29/00	(2006.01)	B 64 C 29/00	A
B64C 39/02	(2006.01)	B 64 C 39/02	
B64D 29/00	(2006.01)	B 64 D 29/00	

前記空気ダクトの前記中心から前記最大の半径方向厚さ位置までの前記半径方向距離が前記周囲の周りの前記空気ダクトの少なくともいくつかの横断面の間で異なる、ダクテッドファン航空機。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のダクテッドファン航空機において、前記空気ダクトの各横断面が軸方向の高さを有するダクトリップのハイライト位置および前記空気ダクトの中心から半径方向距離を有する最大の厚さ位置を備え、

前記ダクトリップのハイライトの軸方向の高さが前記周囲の周りの複数の横断面によつて異なり、

前記空気ダクトの前記中心から前記最大の厚さ位置までの前記半径方向距離が前記周囲の周りの複数の前記横断面によって異なる、ダクテッドファン航空機。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

政府の権利

米国政府は、米国陸軍に授与された契約第W 5 6 H Z V - 0 5 - C - 0 7 2 4 条項に準拠して本発明の一定の権利を獲得した。

【0002】

本発明は、一般にダクテッドファン航空機に関し、より具体的には、ダクテッドファン航空機のダクトリップの形状に関する。 20

【背景技術】

【0003】

無人航空機 (UAV) などのダクテッドファン航空機は、ファン翼を駆動するための少なくとも 1 つのダクテッドファンおよびファンエンジンを有することがある。ダクテッドファン航空機は複数の飛行状況での運転能力があることで知られている。例えば、ダクテッドファン航空機は前方飛行の能力を有し、静止ホバリング空力性能で知られている。

【0004】

図 1 は、典型的なダクテッドファン航空機 100 の絵画表示図である。ダクテッドファン航空機 100 は、空気ダクト 102 内に位置するダクトリップ 104 およびファン 106 を有する空気ダクト 102 を含む。ダクテッドファン航空機は、中央本体 108 を含むことができる。中央本体 108 は、航空機 100 の他の構成要素を含む筐体であることができる。中央本体 108 は、航空機 100 に動力を供給するエンジンを含むことができる。中央本体 108 は、アビオニクスシステムなど、航空機操作向けの追加の構成要素を含むことができる。 30

【0005】

ダクテッドファン航空機 100 はまた、推力の方向付けを提供する固定子組立体 110 およびベーン 112 を含むこともできる。固定子組立体 110 およびベーン 112 は、空気ダクト 102 内に位置するファン 106 の下に位置することができる。固定子組立体 110 は空気ダクト 102 内のファン 106 の真下に位置することができて、ファン 106 によって生成された渦およびトルクを減少し、またはなくすことができる。ベーン 112 はファン 106 の下に配置されることもできる。例えば、ベーン 112 は空気ダクト 102 の出口部分 114 のわずかに下に配置可能である。航空機 100 は固定式および / または可動式ベーン 112 を含むことができて、航空機 100 向け推力の方向付けを実行することができる。 40

【0006】

複数の飛行状況で効果的および制御可能であるためには、航空機 100 などのダクテッドファン航空機は、複数の飛行状況でダクトリップの周りに汚染物質が少ない付着空気流を有することが好ましい。さらに、ダクテッドファン航空機は効果的で制御可能であるために、好都合な重力中心を有することが好ましい。均一なファン内部への流入速度プロファイルもまた、ダクトファン相互作用の音響的特性を最小にするために望ましい。 50

【0007】

加えて、ダクトテッドファン航空機は操作時に様々な構成要素を搬送する必要があることがある。例えば、ダクトテッドファン航空機は操作中に、制限なく、視角センサ、赤外線センサ、カメラ、無線通信装置、慣性センサユニット、地表面センサユニット、および／またはペイロードを搬送する必要があることがある。ダクトテッドファン航空機のサイズが制限されているので、ダクトテッドファン内に様々なユニットを貯蔵するために、ユニットはダクトテッドファン航空機に取り付けられた外部ポッド内に配置されることがある。これらのポッドは、(i)重力中心の移動を起こし、(ii)空気取り入れおよび排気を妨害することによりダクト内の空気流特性に負の干渉を生成し、(iii) UAV が前方飛行中に UAV 上に追加の抗力を生成する。加えて、装置の追加された重量が追加のエンジン容量および貯蔵燃料容量を要求することがある。ダクトテッドファン航空機の空力的な要求を維持する一方で外部ポッドの必要を減少させ、またはなくすために、ダクトリップ内の体積を増加させることが有益であることがある。

10

【0008】

従って、ダクトテッドファン航空機の空力的な要求、重力中心の要求、制御可能性要求、音響的要求、重量要求、抗力要求をやはり満たす一方で、ダクトリップ内の増加した体積を可能にするダクトリップの形状を有するダクトテッドファン航空機を提供することが有益であろう。

【発明の概要】**【0009】**

20

本発明の開示は、ダクトリップ形状を有するダクトテッドファン航空機およびダクトテッドファン航空機のダクトリップを成形する方法を記載する。ダクトテッドファン航空機は、ダクトリップおよび周囲を有する空気ダクトを備える。ダクトリップは、内側ダクトリップ部分および外側ダクトリップ部分を有する。内側ダクトリップ部分の形状が空気ダクトの周囲の周りに実質的に連続する湾曲であり、外側ダクトリップ部分の形状もまた、空気ダクトの周囲の周りに実質的に連続する湾曲である。ダクトの周囲の周りの複数の横断面の少なくともいくつかが異なる形状を有する。さらに、各横断面が a / b 比率を有し、ダクトの各横断面の a / b 比率が実質的に同じである。

【0010】

30

空気ダクトは、角の周りに外側のバルジを有する正方形のダクトができる。さらに、空気ダクトは爪型であることができ、その結果、ダクトリップは複数の頂点および複数の谷を有する。この種のダクトリップ形状は、少ないひずみおよび低減された抗力によって、ダクトテッドファン航空機の空力的な要求を満たす。説明されたダクトリップの形状は様々な流れの状況で良好な付着流を提供し、ファン面で実質的に均一な速度および圧力を保ち、一方、貯蔵に役立つためにダクトリップの幾何形状の変形を可能にする。

【0011】

ダクトテッドファン航空機のダクトリップを成形する方法もまた記載される。周囲およびダクトの周囲の周りに複数の横断面を有するダクトが形成されることができる。複数の横断面の少なくともいくつかが異なる形状を有するように、ダクトリップを有するダクトを設計することができる。さらに、各横断面の a / b 比率が実質的に同じであり、ダクトリップが実質的に連続する湾曲であるようにダクトリップの形状を設計することができる。

40

【0012】

これらのならびに他の態様および利点が、以下の詳細な説明を添付の図面を必要に応じて参照して読むことによって当業者にとって明白になるであろう。さらに、この概要是例示にすぎず、特許請求された本発明の範囲を制限するように意図するものではないことを理解されたい。

【0013】

現在好ましい実施形態が添付の図面に関連して以下に記載され、様々な図面の中で同じ参照番号は同じ要素を指す。

【図面の簡単な説明】

50

【0014】

【図1】ダクトテッドファン航空機の絵画表示図である。

【図2a】一実施例による、ダクトトリップ形状を有する空気ダクトの上面図の絵画表示図である。

【図2b】一実施例による、ダクトトリップ形状を有する空気ダクトの透視図の絵画表示図である。

【図2c】一実施例による、ダクトトリップ形状を有する空気ダクトの側面図の絵画表示図である。

【図2d】図2a～2cに図示された空気ダクトの広い横断面および狭い横断面のグラフである。10

【図3a】一実施例による、ダクトトリップ形状を有する空気ダクトの透視図の絵画表示図である。

【図3b】図3aに図示された空気ダクトの広い横断面および狭い横断面のグラフである。10

【図4】一実施例による、ダクトテッドファン航空機のダクトトリップを成形する方法を図示する流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

ダクトテッドファン航空機は、その優れた静止空力ホバリング性能、3次元の精密な位置保持、低速飛行、精密な垂直離陸および着陸（「VTOL：vertical take-off and landing」）ならびに安全な近距離運航で知られている。ダクトテッドファン航空機は、自律的に操作を実行するように前もってプログラムされることができ、または人間の操縦者によって制御されうる。従って、ダクトテッドファン航空機は、無人航空機（「UAV」）であることができる。20

【0016】

UAVは、UAVの飛行および操作を制御するための、搭載されたアビオニクス機材を有することができる。例えば、アビオニクスは方向、飛行、安定性補償、および他の飛行制御の態様を制御することができる。加えて、UAVは、UAVが果たすように割り当てられた任務に合わせて調整された様々な搭載機材を搬送することができる。UAVは、環境についての情報を得るために搭載センサを搬送することができ、またはUAVは、目標位置で降ろされるペイロードを搬送することができる。UAVを駆動するUAVエンジンは、燃料がUAVに搭載されて搬送されることを要求する。アビオニクス機材、センサ、ペイロードおよび燃料は、UAVに貯蔵することができる。30

【0017】

上記に考察したように、複数の飛行状況で効果的および制御可能であるためには、ダクトテッドファン航空機は、複数の飛行状況でダクトトリップの周りに汚染物質が少ない付着空気流を有することが好ましい。さらに、ダクトテッドファン航空機は効果的で制御可能であるために、好都合な重力中心を有することが好ましい。均一なファン内部への流入速度プロフィールもまた、ダクトファン相互作用の音響的特性を最小にするために望ましい。

【0018】

本発明は、有効なダクトトリップの形状を有するダクトテッドファン航空機、およびダクトテッドファン航空機のダクトトリップを成形する方法を記載する。この方法およびシステムは、ダクトテッドファン航空機の空力的な要求、重力中心の要求、制御可能性要求、音響的要求、重量要求、抗力要求をやはり満たす一方で、ダクトトリップ内の増加した体積を提供する。ダクトトリップの形状は、ダクトテッドファン航空機の空力的な要求、重力中心の要求、制御可能性要求、音響的要求、重量要求、抗力要求を維持するために注意深く制御される。さらに、好ましい実施形態によりダクトトリップを成形することは、ダクトの周囲に沿って間隔を置いてダクトの内壁と外壁との間により大きな領域を生成することにより、ダクト内に追加の貯蔵庫を提供する様々なダクト設計につながり、および／またはその様々なダクト設計に組み込まれることができる。4050

【0019】

好ましい実施形態によるダクトリップ形状を有するダクトは、図2a～2dを参照して説明されることができる。図2a～2cは、好ましい実施形態による空気ダクト200の絵画表示図である。ダクト200は、図1に図示されたダクテッドファン航空機100などのダクテッドファン航空機向けダクトであることができる。具体的には、図2aは好ましい実施形態によるダクトリップ形状を有する空気ダクト200の上面図の絵画表示図である。図2bは、好ましい実施形態によるダクトリップ形状を有する空気ダクト200の斜視図の絵画表示図である。図2cは、好ましい実施形態によるダクトリップ形状を有する空気ダクト200の側面図の絵画表示図である。さらに、図2dは、図2a～2cに図示された空気ダクト200の広い横断面および狭い横断面のグラフである。

10

【0020】

図2a～2cに図示されるように、ダクト200はダクトリップ202を有する。ダクトリップ202は、内側ダクトリップ部分204および外側ダクトリップ部分206を備える。ダクトの横断面は、ダクトの中心線から半径方向に出る平面から取られることができる。ダクト200は、ダクトの周囲の周りの複数の横断面を有する。例えば、横断面はN-Nによって図示された線で取られることができ、それはダクトの狭い部分での横断面である。さらに、横断面はまた、W-Wによって図示された線で取られることもでき、それはダクト200の広い部分での横断面である。さらに、横断面は周囲に沿った任意の他の点で取られることもできる。

【0021】

各ダクト横断面はダクトリップのハイライト位置208および最大半径方向距離の位置210を含む。さらに、ダクト200は、首部が位置する位置212を有する。この首部はダクトリップが終わり、ファン覆い211が始まる位置である。ファン覆い211はファンが位置するダクテッドファンの部分である。横断面ならびに位置208、210、および212は図2dに関連してさらに説明されることができる。図2dはダクトの2つの横断面を図示する。具体的には、図2dは、図2aの線N-Nに沿って取られた狭い横断面216および図2aの線W-Wに沿って取られた広い横断面218を図示する。図2dでは、X軸がダクトの軸方向の高さを示し、Y軸はダクト中心からのダクトの半径長を示す。これらの横断面に関連する値は、好ましい実施形態による実施例にすぎないことが理解されるべきである。具体的な値は、所望のダクトサイズ、所望の空力的特性および他の追加の設計パラメータにより変動することがある。

20

【0022】

ダクトリップのハイライト位置208は軸方向でダクトリップ202の最前先端部である。狭い横断面216のダクトリップのハイライト位置は図2dの208nで示され、広い横断面218のダクトリップのハイライト位置は図2dの208wで示される。この種の表記法は、狭い横断面216向けと広い横断面218向けのある位置を区別するために図2dの他の位置で使用される。ダクトリップのハイライト位置208で、ダクトの湾曲は半径方向に出る線に接する。言い換えれば、ダクトリップのハイライト位置は、ダクトリップが半径方向に接する位置である。最大半径方向距離の位置210は、横断面の最大半径方向の厚さの点である。位置212は、内側ダクトリップ部分204が終わり、ファン覆いが始まる空気ダクト200の首部の位置である。

30

【0023】

内側ダクトリップ部分204は、ダクトリップのハイライト位置208から首部位置212まで達するダクトリップの部分である。内側ダクトリップ部分204の形状は、位置208と212との間の曲線によって画定される。外側ダクトリップ部分206は、ダクトリップのハイライト位置208から最大の半径方向厚さの位置210まで達する。図2dに示すように、位置210wは位置210nよりも大きな半径方向の厚さを有する。外側ダクトリップ部分206の形状は位置208と210との間の曲線によって画定される。

40

【0024】

50

ダクト200の各横断面は、ダクト200のa / b比率として画定される特性を有する。a / b比率では、aは、ダクトトリップのハイライト位置208から首部が位置する位置212まで軸方向に達する線220によって画定される。さらに、bは、首部が位置する位置212からダクトトリップのハイライト位置208まで半径方向に達する線222によって画定される。a / b比率は、距離aが距離bによって割られるときに得られる比率である。

【0025】

好ましい実施形態によれば、a / b比率は、ダクトの周囲に沿って取られた各横断面内で実質的に同じである。図2dに図示されるように、aおよびbは狭い横断面216および広い横断面218に対して同じであるので、広い横断面218のa / b比率は、狭い横断面216のa / b比率に等しい。図2dのような好ましい実施形態では、各横断面のa / b比率は2に等しい。これはaの距離がbの距離の2倍であることを意味する。他のa / b比率も同様に可能である。例えば、a / b比率は1.5~3の範囲であることができる。さらに、ダクト200の各横断面のa / b比率はまったく同じではないことがある。例えば、各横断面の各a / b比率が別の割合の範囲であってもよい。この割合は変動可能である。例えば、各横断面のa / b比率は他の横断面の10%以内であることができる。

【0026】

図2a~2dに図示された好ましい実施形態では、ハイライトの軸方向の高さは各横断面に対して一定のままである。図2dでわかるように、狭い横断面216のハイライト位置(すなわち208n)は、広い横断面218のハイライト位置(すなわち208w)と同じである。しかし、最大厚さの位置の半径方向距離は、複数の横断面によって変動することができる。従って、周囲に沿って取られた複数の横断面の少なくともいくつかの形状が異なる形状である。図2dに図示されるように、狭い横断面216の最大半径方向距離の位置210nは約7に等しく、広い横断面218の最大半径方向距離の位置210wは約8.25に等しい。好ましい実施形態では、ダクト200は、ダクト200の角に位置する4つの広い横断面を有する。この種の横断面設計は、ダクトの外側の角で複数のバルジを有するダクトにつながる。例えば、この種の横断面設計により、図2bに示す正方形型ダクト設計につながる。

【0027】

図2dでは、狭い横断面216および広い横断面218の両方のダクト尾部縁230からのハイライトの軸方向高さは、約5.405に等しい。この高さはまた、コードとしても知られている。このコードは、所望のダクトサイズおよび追加の設計パラメータに応じて、より大きい、またはより小さいことがある。

【0028】

好ましい実施形態では、内側ダクトトリップ部分204は橿円形に成形されることができる。橿円形状は以下の方程式によって定義されうる：

【0029】

【数1】

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

【0030】

この場合、a / b比率のaは橿円の半長軸を示し、bは橿円の半短軸を示す。内側ダクトトリップ部分は、橿円の1四分円によって画定される曲線であることができる。しかし、内側ダクトトリップ部分204曲線は、1四分円より大きいことも小さいこともある。

【0031】

代替の好ましい実施形態では、内側ダクトトリップ部分204は超橿円形状である。超橿円形状は以下の方程式によって定義されうる。

【0032】

10

20

30

40

50

【数2】

$$\left| \frac{x}{a} \right|^n + \left| \frac{y}{b} \right|^n = 1$$

【0033】

好ましい実施形態では、超橿円形状は累乗指数 n が 1 . 9 ~ 2 . 5 の範囲である上記の方程式によって定義されうる。しかし、累乗指数 n はダクトの設計パラメータおよびダクトトリップでの所望の空気流状況に応じて、より大きい、またはより小さいことがある。例えば、累乗指数 n は 5 と同じ大きさであることがある。

10

【0034】

外側ダクトトリップ部分 206 の形状は、実質的に丸みを帯びていることがある。例えば、外側ダクトトリップ部分は円または橿円であることができる。他のなめらかな形状、または実質的に連続する湾曲形状もまた可能である。

【0035】

好ましい実施形態によれば、内側ダクトトリップ部分 204 および外側ダクトトリップ部分 206 は実質的に連続する湾曲であることが好ましい。図 2 b に図示されるように、ダクトトリップの設計は、ダクトトリップの設計パラメータがダクトの周囲の周りになめらかに変動するようになっている。従って、最大ダクトトリップ横断面 218 から小さいダクトトリップ横断面 216 までなめらかで均一な移行がある。連続する湾曲であるためには、内側ダクトトリップ部分 204 および外側ダクトトリップ部分 206 は周囲に沿った湾曲内で鋭角を有することができない。むしろダクトトリップの部分の湾曲内の変化は、なめらかで漸次に起こるべきである。具体的には、ダクトトリップ上で 2 つの曲線が接合する所与の点で、その先端が湾曲内の連続を表すことがある。従って、位置、接線および所与の点で接合した複数の面の間の湾曲半径は、一致するべきである。もし 2 つの曲線が所与の点で結合し、結合部を横切るときに結合部で鋭く曲がるように、2 つの曲線が存在するならば、面の間の位置および接線は一致するが、2 つの曲線の湾曲半径は一致しない。従って、線は位置的および接線方向に連続的であるが、線は連続する湾曲ではない。ダクトトリップは、ダクトの周囲全体にわたって実質的な湾曲連続を示すことが好ましい。

20

【0036】

実質的に連続する湾曲という言葉は、面の実質的割合が連続する湾曲のままであることを意味し、一方でダクトトリップの湾曲連続のわずかな偏差を許容すると理解されるべきである。従って、実質的に連続する湾曲であることは、ダクトトリップがダクトトリップ上のすべての数学的な各点で湾曲連続を示さねばならないことを要求するのではないことを理解するべきである。湾曲連続は、製造欠陥および / または使用および運搬によるダクトテッドファン航空機の通常の摩損により、破壊されうる。例えば、ダクトの内側ダクトトリップ部分 204 または外側ダクトトリップ部分 206 の表面の小さな部分が、ダクトテッドファンの製造工程または使用中に引っ掻かれ、へこまされることがある。このような引っ掻きおよびへこみは、引っ掻きまたはへこみの点で表面の湾曲連続を壊すことがある。さらに、ダクトの部分を埋め、またはダクトの縁を伸ばすためにダクトの周りにフィレットが使用されることができる。フィレットの使用は接線方向の連続点をもたらすが、湾曲連続はもたらさない。従って、いくつかの場合、内側ダクトトリップ部分 204 および外側ダクトトリップ部分 206 の面全体（すなわち表面の 100 %）が連続する湾曲ではないことがあるが、それでも表面は実質的に連続する湾曲のままであることができる。実質的に連続する湾曲であるためには、ダクトの大きな割合が周囲の周りの連続する湾曲であることができる。例えば、もしダクトトリップの表面がダクトトリップ上の表面位置の 90 % 上で連続する湾曲であるならば、ダクトトリップは実質的に連続する湾曲である。

40

【0037】

さらに、図 2 d に図示されるように、横断面の外側リップの鈍さは変動することができる。外側リップの鈍さは以下のように定義されることがある：

50

【0038】

【数3】

(Xの5%である軸方向位置でのYの値) Y Y

----- * ----- *

(Xの10%である軸方向位置でのYの値) X R_H

【0039】

Yはハイライト位置208から最大の半径方向厚さの位置210までの半径方向距離に等しく、Xはハイライト位置208から最大の半径方向厚さの位置210までのダクトの軸方向に下方への距離に等しく、R_Hはハイライトの半径に等しい。図2dでは、外側リップの鈍さは約0.05～0.35の間で変動する。しかし、外側鈍さの範囲は異なることがある。例えば、外側鈍さは0.25～0.4の範囲でありうる。外側リップの鈍さは、所望のダクトサイズ、所望の空力的特性およびダクトの追加の設計パラメータに応じて異なって変動することがあることが理解されるべきである。

【0040】

実験的分析によれば、ダクトリップ202のダクトリップ形状は少ないひずみ、および低減された抗力によってダクテッドファン航空機の空力的要求を満たすことを示した。説明されたダクトリップ202の形状は様々な流れ状況で良好な流れ付着をもたらし、およびファン面で速度および圧力を均一に保ち、一方では貯蔵を助けるためにダクトリップの幾何形状の変形を可能にする。ダクト周りの周囲に均一な流れを維持することにより、音響問題を起こすファンの周りの圧力変動を削減する。ダクトの幾何形状の増加した厚さは、ダクト内に貯蔵される機器のための追加の貯蔵空間をもたらす。例えば、追加の貯蔵体積は、制限なく、アビオニクス機材、センサ、ペイロードおよび燃料を貯蔵するために使用されうる。ダクトのコードおよび電気的構成要素のサイズに応じて、外側ダクトリップ部分横断面は、同じリップの高さを維持する一方で、必要に応じて変化がある。

【0041】

図2a～2dに図示されたダクトは、任意のダクテッドファンに使用可能である。上述のように、ダクト200は、ダクテッドファン航空機100などのダクテッドファン航空機内部に組み込まれることができる。さらに、ダクトは最高に速い速度を有しない従来の航空機内に使用されうる。ダクトは低速で航空機の推力を増加させるであろう。さらに、上述の内側ダクトリップ形状は、機首にファンを有する複合攻撃戦闘ジェット機で使用されうる。他の適用もまた可能である。

【0042】

別の好ましい実施形態が、図3a～3bに図示されている。別の好ましい実施形態によるダクトリップ形状を有するダクトが、図3a～3bを参照することにより説明されうる。具体的には、図3aは、好ましい実施形態によるダクトリップ形状を有する空気ダクト300の斜視図の絵画表示図である。図3bは、図3aに図示された空気ダクト300の広い横断面および狭い横断面のグラフである。

【0043】

図3aに図示されるように、ダクト300はダクトリップ302を有する。ダクトリップ302は内側ダクトリップ部分304および外側ダクトリップ部分306を備える。ダクトの横断面はダクトの周囲に沿って取られることができる。例えば、横断面は1-1によって図示された線で取られることができ、それはダクトの広い部分の横断面である。横断面は2-2によって図示された線で取られることもでき、それはダクト300の狭い部分の横断面である。さらに、横断面は周囲に沿った他の任意の点で取られることができる。従って、ダクト300はダクトの周囲の周りに複数の横断面を有する。

【0044】

各ダクト横断面はダクトリップのハイライト位置308および最大半径方向距離の位置310を含む。さらに、ダクト300は首部が位置する位置312を有する。首部は内側

10

20

30

40

50

ダクトトリップが終わり、ファン覆いが始まるダクトテッドファンの位置である。

【0045】

横断面ならびに位置 308、310、および 312 は図 3b に関連してさらに説明されることができる。図 3b はダクトの 2 つの横断面を図示する。具体的には、図 3a の線 2-2 に沿って取られた狭い横断面 316 および図 3a の線 1-1 に沿って取られた広い横断面 318 を図示する。図 3b で、X 軸はダクトの軸方向の高さを示し、Y 軸はダクトの中心からのダクトの半径長を示す。これらの横断面に関連する値は好ましい実施形態の実施例にすぎないことを理解するべきである。具体的な値は、所望のダクトサイズ、所望の空力的特性および他の設計パラメータによって変動されうる。

【0046】

図 2a ~ 2d に関連して説明されたダクトに類似して、ダクトトリップのハイライト位置 308 は軸方向でダクトトリップ 302 の最前先端部である。狭い横断面 316 のダクトトリップのハイライト位置は図 3b の 308n で示され、広い横断面 318 のダクトトリップのハイライト位置は図 3b の 308w で示される。この種の表記法は、狭い横断面 316 と広い横断面 318 のある位置を区別するために図 3b の他の位置で使用される。最大半径方向距離の位置 310 は、横断面の最大の半径方向厚さの点である。位置 312 は、空気ダクト 300 の首部が始まる位置であり、ダクトトリップの内側部分 304 が終わる位置である。

10

【0047】

内側ダクトトリップ部分 304 は、ダクトトリップのハイライト位置 308 から首部位置 312 まで達するダクトトリップの部分である。内側ダクトトリップ部分 304 の形状は、位置 308 と 312 との間の曲線によって画定される。外側ダクトトリップ部分 306 は、ダクトトリップのハイライト位置 308 から最大の半径方向厚さの位置 310 まで達する。外側ダクトトリップ部分 306 の形状は、位置 308 と 310 との間の曲線によって画定される。

20

【0048】

各横断面は、ダクトトリップ 302 の a / b 比率として画定される特性を有する。図 2a ~ 2d に関連して説明されたように、a / b 比率では a は、ダクトトリップのハイライト位置 308 から首部が位置する位置 312 まで軸方向に達する線によって画定される。さらに、b は、首部位置 312 からダクトトリップのハイライト位置 308 まで半径方向に達する線によって画定される。

30

【0049】

図 3a ~ 3b では、a / b 比率はダクトの周囲に沿って取られた各横断面で実質的に同じである。図 3b に図示されるように、広い横断面 318 に対する a / b 比率は、狭い横断面 316 に対する a / b 比率に等しい。具体的には広い横断面 318 に対する a は aw に等しく、広い横断面に対する b は bw に等しい。狭い横断面に対しては、a は an に等しく、b は bn に等しい。わかるように、aw / bw は an / bn に等しい。図 3b では、各横断面の a / b 比率は 2 に等しい。図 2d に図示されたダクト 200 とは異なり、ハイライト位置の軸方向の高さは異なる横断面に対して変化する。わかるように、a / b 比率を各横断面に対して同じに保つためには、ハイライト位置の半径方向距離もまた変化し、a が大きくなるとき b を大きくする。

40

【0050】

図 2d と同様に、各横断面の a / b 比率はまったく同じではない可能性がある。例えば、各横断面の各 a / b 比率は別の割合の範囲内であることができる。この割合は変動することがある。例えば、各横断面の a / b 比率は他の横断面の 10 % 以内であることがある。

【0051】

図 3a ~ 3b に図示された好ましい実施形態では、ハイライトの軸方向の高さは複数の横断面に対して変動し、最大厚さの位置の半径方向距離は複数の横断面に対して変動することがある。図 3b に図示されるように、狭い横断面 316 に対してハイライトの軸方向

50

の高さの位置は 0 (約 5 . 4 のコード長に相当する) であり、最大半径方向距離の位置は約 7 である。広い横断面 318 に対して、ハイライトの位置は約 1 . 7 (約 7 のコード長に相当する) であり、最大半径方向距離の位置は約 8 . 25 である。

【 0052 】

ダクトが、広い横断面 318 が周囲に沿って他のそれぞれの広い横断面から約 90 度離隔されるような 4 つの広い横断面、および広い横断面の間の狭い横断面 316 などの狭い横断面を有するように設計されるとき、横断面の設計は図 3 a に示された爪型ダクト設計をもたらす。ダクト 300 は、ダクトの周囲の全体にわたって、複数の頂点 320 、 322 、 324 、 326 および対応する複数の谷 321 、 323 、 325 、 327 を有する。頂点および谷の数は、設計パラメータおよび所望の空気流状況特性に応じて変動することができる。好ましい実施形態では、ハイライトの軸方向の高さは前方飛行時に頂点によって流れの妨害を低減するために、谷に向かってわずかに偏向することができる。ダクト 300 のコード長は約 5 . 4 ~ 6 の間で変動する。しかし、コードは所望の設計パラメータに応じてより大きい、またはより小さくなることができる。10

【 0053 】

図 2 a ~ 2 d と同様に、内側ダクトリップは橙円に成形され、または超橙円に成形されることができる。好ましい実施形態では、超橙円形状は、累乗指数 n が 1 . 5 ~ 2 . 5 の範囲である上記の方程式によって定義される。しかし、累乗指数 n はダクトの設計パラメータおよびダクトリップでの所望の空気流状況に応じて、より大きい、またはより小さくなることができる。例えば、累乗指数 n は 5 と同じ大きさであることができる。さらに、外側ダクトリップ部分 306 の形状は実質的に丸いことがある。例えば、外側ダクトリップ部分は円または橙円でありうる。他のなめらかで実質的に連続する湾曲形状も同様に可能である。20

【 0054 】

上述のダクト 200 に類似して、内側ダクトリップ部分 304 および外側ダクトリップ部分 306 は、実質的に連続する湾曲であることが好ましい。軸方向の高さの変化は実質的になめらかであるべきである（すなわち実質的に連続する湾曲）。

【 0055 】

さらに、ダクト 300 などのダクトの各横断面は、以下の方程式によって定義された縮小比率を有する：30

$$(R_H / R_T)^2 .$$

R_H はハイライトの半径であり、 R_T は首部の半径である。図 3 a ~ 3 b に図示された実施形態では、縮小比率は約 1 . 32 ~ 1 . 7 まで変動する。しかし、縮小比率は所望の設計パラメータに応じて変動することができる。例えば、縮小比率は 1 . 15 ~ 2 の間で変動することができる。他の範囲も同様に可能である。図 2 d を参照すると、ハイライトの半径および首部の半径は各横断面に対して一定であるので、ダクト 200 の各横断面の縮小比率は同じである。

【 0056 】

より大きい縮小比率は、ダクトリップ上方のより低い最高速度およびより小さい反対圧力勾配に対応し、その結果、より大きな範囲の速度および攻撃角度内でより安定的な付着流をもたらす。頂点のハイライトと谷のハイライトとの間の軸方向の距離は、表面に沿った周囲の変化の性質と共に、ファン内部に入る渦の軸方向の速度に影響を及ぼすことができる。顕著な相違がダクトの周りの周囲の位置の流れ内で起こるとき、ファン翼上の不安定な、あるいは起こりうる調和的圧力変動による音響的特性の増加が存在する。有利なことに、ダクトの周りの頂点から谷までの横断面の湾曲に漸次変化を生成することにより、この種の変動を低減する。40

【 0057 】

図 3 b に図示されたように、横断面の外側リップの鈍さは変動することができる。例えば、図 3 b では外側リップの鈍さは約 0 . 05 ~ 0 . 07 の間で変動することができる。しかし、外側の鈍さの範囲は異なることがある。例えば、外側の鈍さは 0 . 025 から 0 . 50

.08まで変動することができる。外側リップの鈍さは、所望のダクトサイズ、所望の空力的特性およびダクトの追加の設計パラメータに応じて、異なって変動することができることを理解されるべきである。

【0058】

実験的分析によれば、ダクトリップ302のダクトリップ形状は少ないひずみ、および低減された抗力によってファンおよび航空機の空力的要求を満たすことを示した。説明されたダクトリップ302の形状は様々な流れ状況で良好な流れ付着をもたらし、およびファン面で速度および圧力を一定に維持し、一方では貯蔵を助けるためにダクトリップの幾何形状の変形を可能にする。ダクト周りの周囲に均一な流れを維持することにより、音響問題を起こすファンの周りの圧力変動を削減する。ダクトの幾何形状の増加した厚さは、ダクト内に貯蔵される機器のための追加の貯蔵空間をもたらす。例えば、追加の貯蔵空間は、限定しないが、アビオニクス機材、センサ、ペイロードおよび燃料を収納するために使用されうる。

【0059】

加えて、頂点320、322、324、326および谷321、323、325、327の設計を調整することは、ダクト300を利用するダクテッドファン航空機の重力中心を調整するために有益であることがある。安定性のために、ダクテッドファン航空機の重力中心はダクトリップに、またはダクトリップより上にあるべきである。これを達成するために、ダクトリップのハイライトの部分は谷に関して高くされることができる。この爪型ダクトリップにより、内部構成要素がダクトリップ内でより高く配置されることが可能であり、そのことは結果として機体の重力中心を上に移動させる。燃料もまた、重力中心に近づけるためにダクト頂点内部に配置されてもよく、それにより燃料の消費による重力中心の移動が減少する。外側ダクトリップ部分の半径長は、ダクトの内部体積を制御するために、ハイライトの距離が変化するとき、ダクトの周りの周囲で変動することができる。

【0060】

図3a～3bに図示されたダクトは、任意のダクテッドファンに使用可能である。例えば、ダクト300は、ダクテッドファン航空機100などのダクテッドファン航空機内部に組み込まれることができる。さらに、ダクトは最高に速い速度を有しない従来の航空機内に使用されうる。ダクトは低速で航空機の推力を増加させるであろう。さらに、上述の内側ダクトリップ形状は、機首にファンを有する複合攻撃戦闘ジェット機で使用されうる。他の適用もまた可能である。

【0061】

図4は、空気ダクト200または空気ダクト300などの空気ダクトのリップを成形するための方法400を図示する流れ図である。工程は、製造機械および／または人によって実行されることができる。図4に図示された実施例は、ダクテッドファン航空機を建造する製造工程中に実行されることができる。区画402で、ダクトリップの複数の横断面の少なくともいくつかが異なる形状を有する、ダクトリップを有するダクトを設計することができる。例えば、図2a～2dおよび3a～3bに図示されたダクトを設計することができる。区画404で、各横断面のa/b比率が実質的に同じであるようにダクトリップの形状を設計することができる。また、ダクトの周囲の周りのダクトリップ形状が、ダクトリップの形状がダクトリップの周囲の周りに実質的に連続する湾曲であるようにダクトリップの形状を設計することができる。

【0062】

例示的実施形態は例示にすぎないことを理解されるべきであり、本発明の範囲を限定するように取られるべきではない。特許請求の範囲は、その旨言及されない限り、説明された順序または要素を制限するものとして読まれるべきではない。従って、以下の特許請求の範囲およびその相当物の範囲内および趣旨内になるすべての実施形態は、本発明として請求される。

【符号の説明】

10

20

30

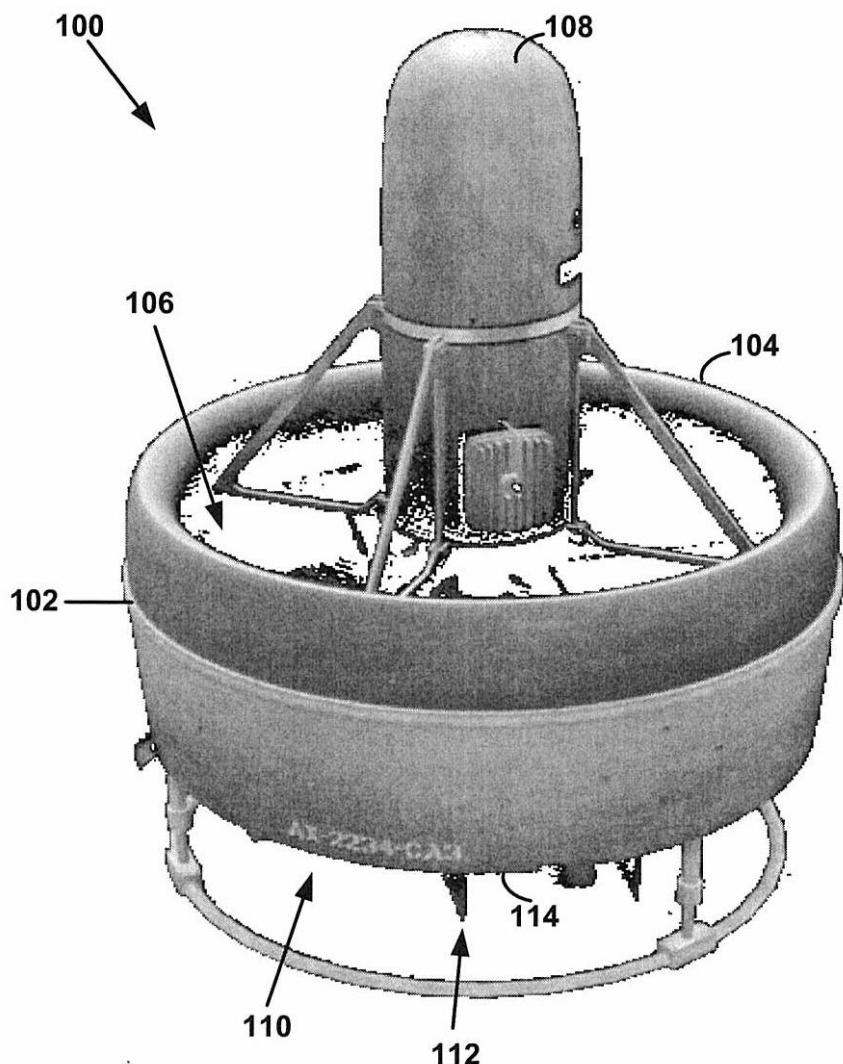
40

50

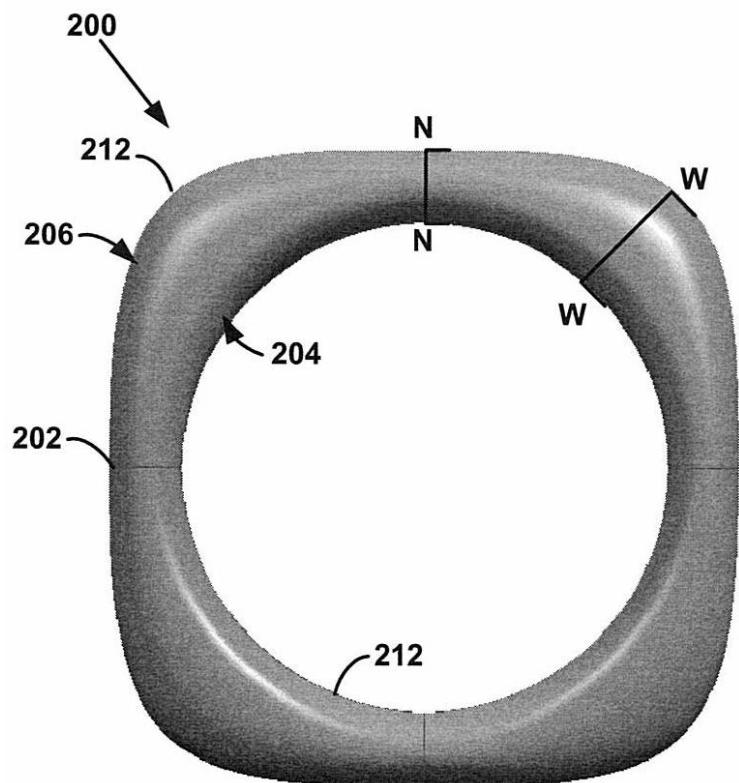
【0063】

100	ダクトエッジファン航空機	
102	空気ダクト	
104	ダクトリップ	
106	ファン	
108	中央本体	
110	固定子組立	
112	ペーン	
114	空気ダクト102の出口部分	
200	空気ダクト	10
202	ダクトリップ	
204	内側ダクトリップ部分	
206	外側ダクトリップ部分	
208	ダクトリップのハイライト位置	
208n	狭い横断面216のダクトリップのハイライト位置	
208w	広い横断面218のダクトリップのハイライト位置	
210	最大半径方向距離	
210n	狭い横断面216の最大の半径方向距離の位置	
210w	広い横断面218の最大の半径方向距離の位置	
211	ファン覆い	20
212	首部位置	
216	狭い横断面	
218	広い横断面	
220	ハイライト位置208から首部位置212まで軸方向に達する線	
222	首部位置212からハイライト位置208まで半径方向に達する線	
230	ダクト尾部縁	
300	ダクト	
302	ダクトリップ	
304	内側ダクトリップ	
306	外側ダクトリップ	30
308	ダクトリップのハイライト位置	
308n	狭い横断面316のダクトリップのハイライト位置	
308w	広い横断面318のダクトリップのハイライト位置	
310	最大半径方向の厚さの位置	
312	首部位置	
316	狭い横断面	
318	広い横断面	
320	頂点	
321	谷	
322	頂点	40
323	谷	
324	頂点	
325	谷	
326	頂点	
327	谷	
400	空気ダクトのリップを成形するための方法	

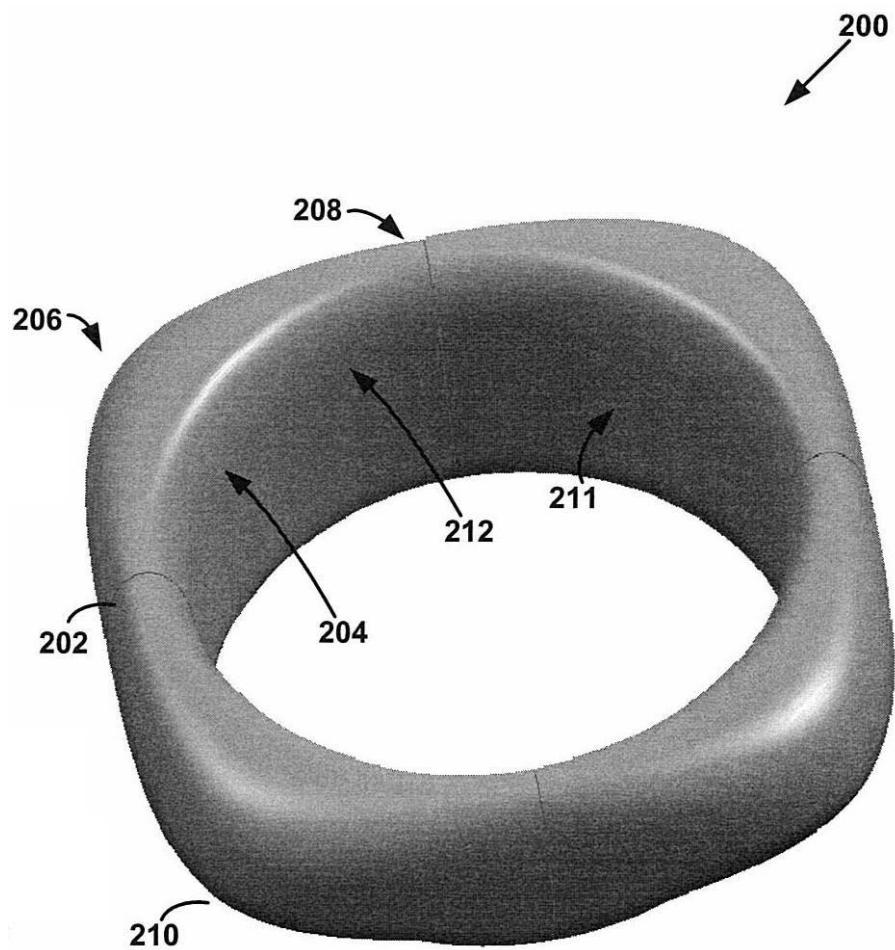
【図1】



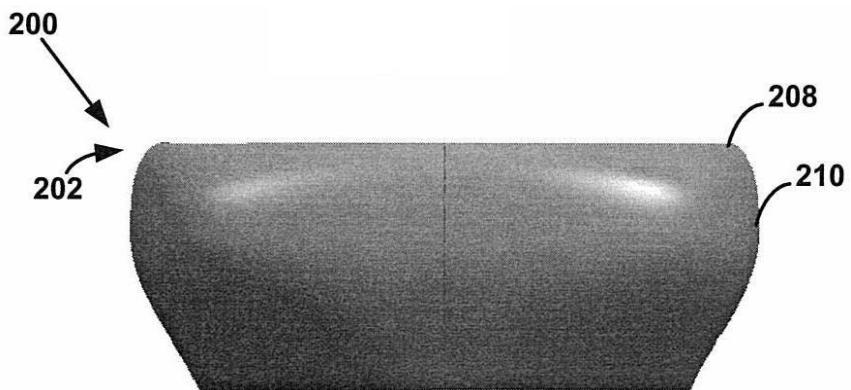
【図 2 a】



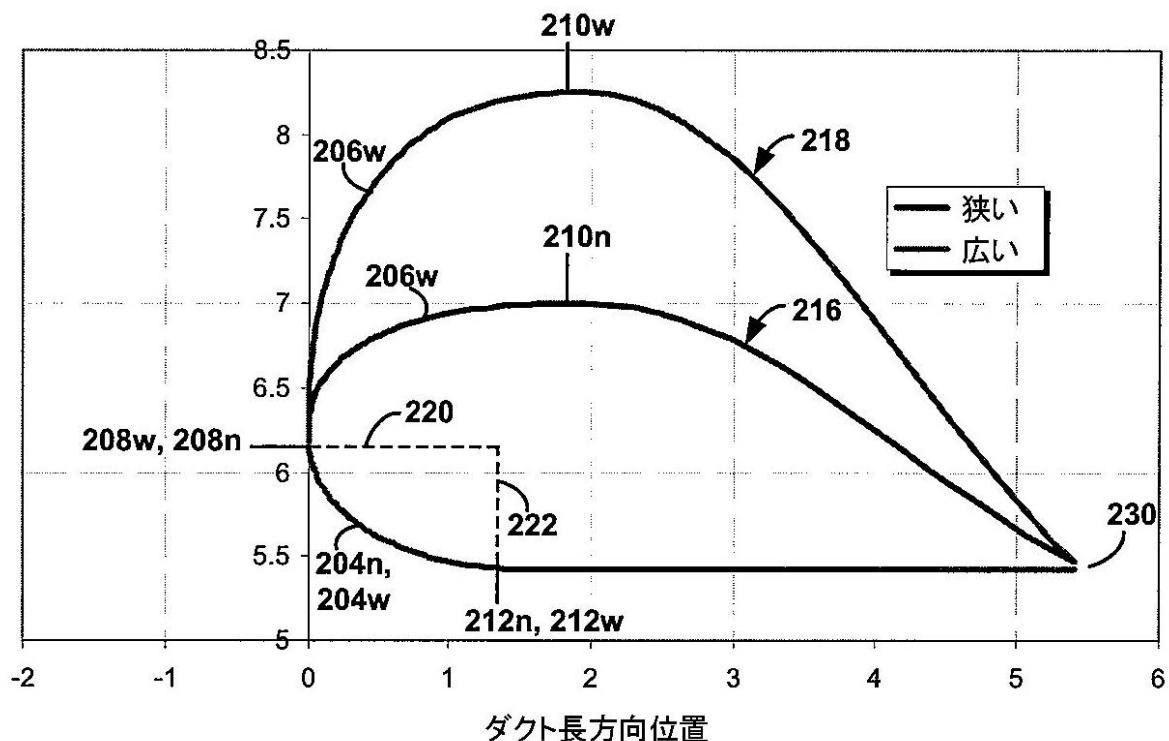
【図 2 b】



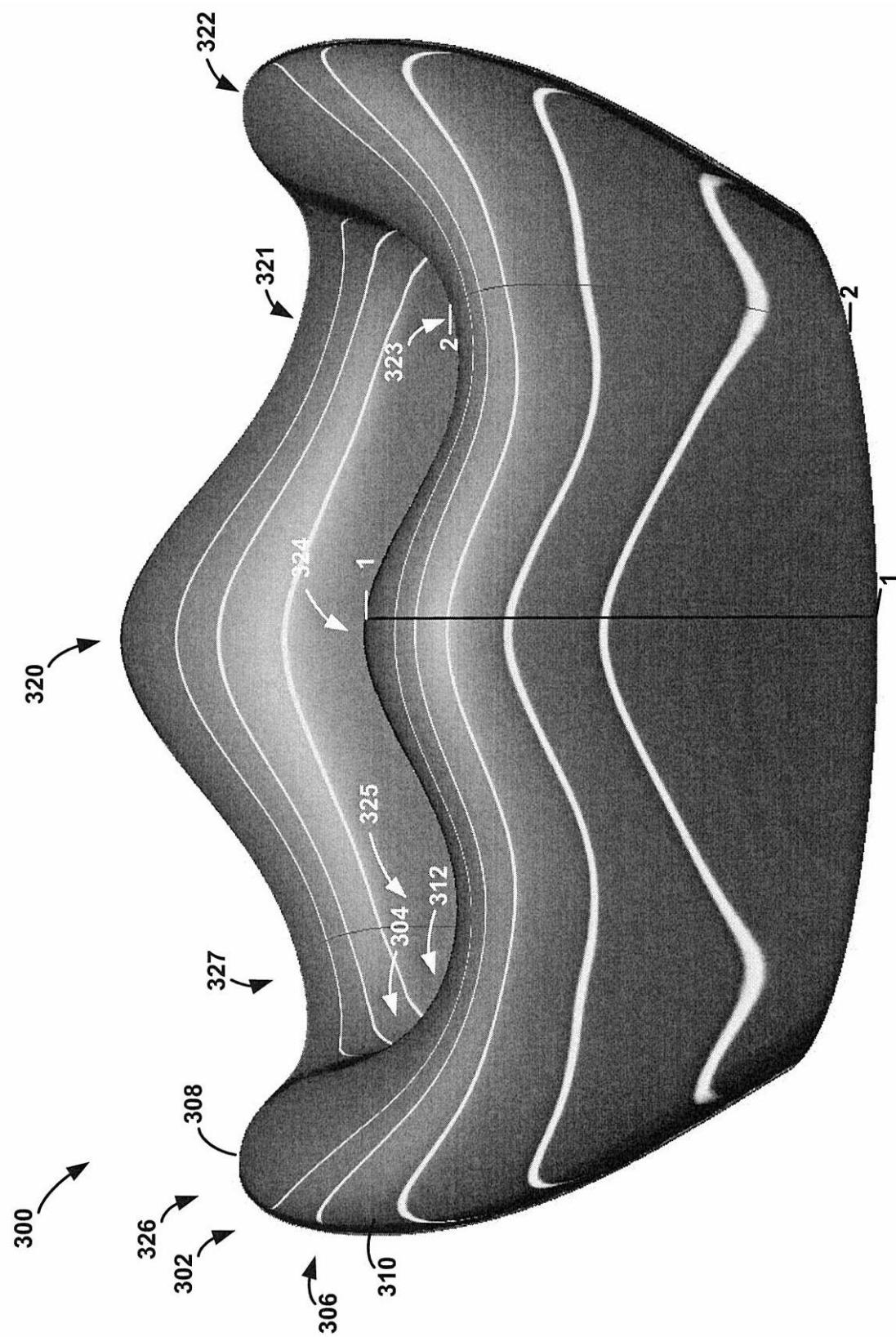
【図 2 c】



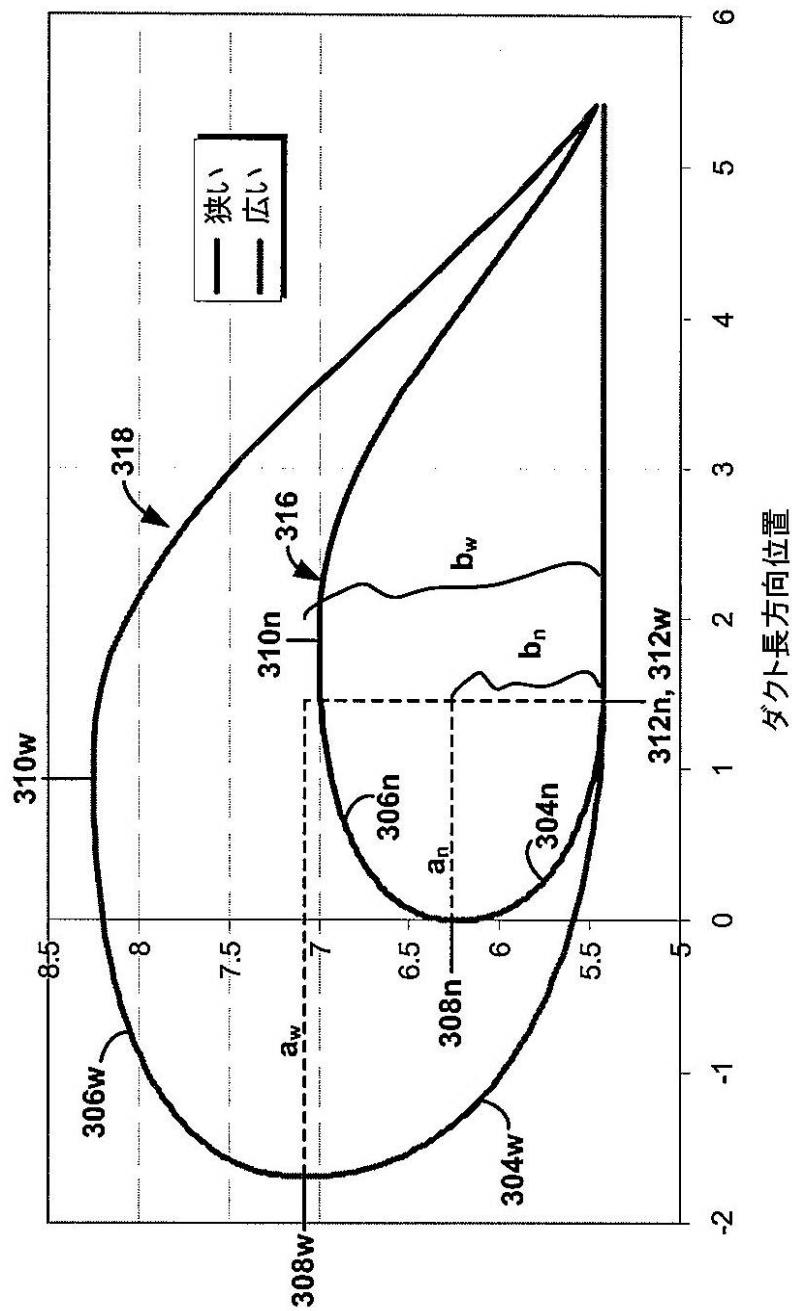
【図 2 d】



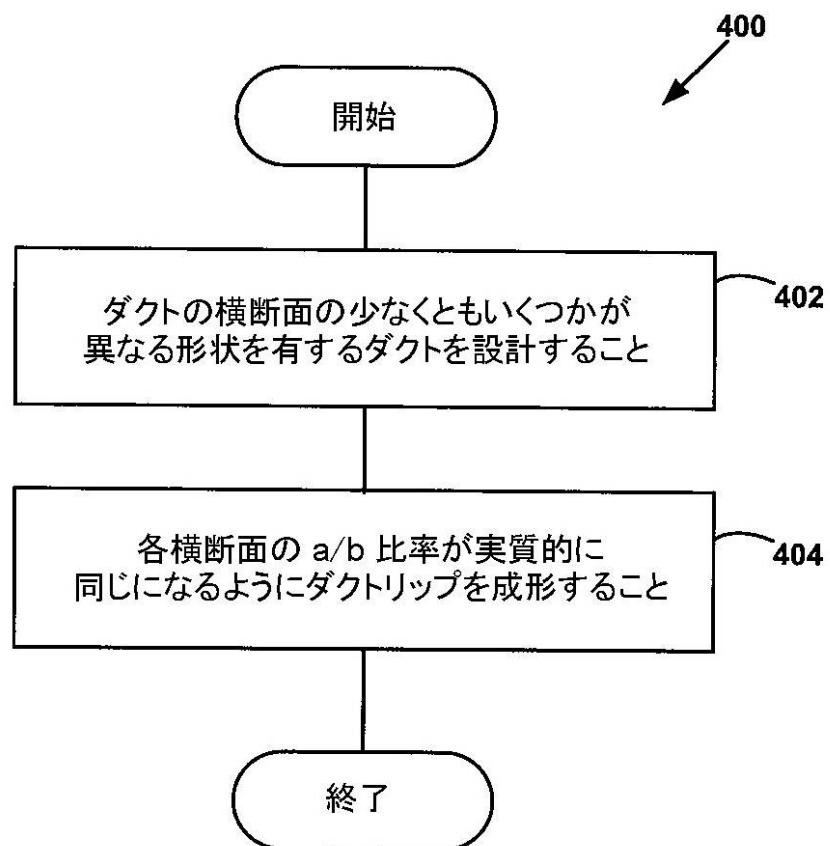
【図 3 a】



【図 3 b】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100117640

弁理士 小野 達己

(72)発明者 アダム・エンツミンガー

アメリカ合衆国ニュージャージー州 07962 - 2245, モーリスタウン, コロンビア・ロード
101, ピー・オー・ボックス 2245, ハネウェル・インターナショナル・インコーポレー
テッド, パテント・サーヴィシズ エム/エス エイビー/2ビー

(72)発明者 ブルース・ダン・ブルディン

アメリカ合衆国ニュージャージー州 07962 - 2245, モーリスタウン, コロンビア・ロード
101, ピー・オー・ボックス 2245, ハネウェル・インターナショナル・インコーポレー
テッド, パテント・サーヴィシズ エム/エス エイビー/2ビー

審査官 黒田 晓子

(56)参考文献 特表平08-503672(JP, A)

特公昭38-025633(JP, B1)

特開昭59-059596(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64C 29/00

B64C 39/02

B64D 29/00