

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6599133号
(P6599133)

(45) 発行日 令和1年10月30日(2019. 10. 30)

(24) 登録日 令和1年10月11日(2019. 10. 11)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 S 5/20 (2006.01) GO 1 S 5/20

請求項の数 13 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-105321 (P2015-105321)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成27年5月25日 (2015. 5. 25)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2015-227873 (P2015-227873A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成27年12月17日 (2015. 12. 17)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成30年5月25日 (2018. 5. 25)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	14/292, 854	(74) 代理人	110002077
(32) 優先日	平成26年5月31日 (2014. 5. 31)		園田・小林特許業務法人
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応開口フェーズドアレイを用いたノイズソース分解システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被験デバイス(101)の少なくとも1つの特性を決定するためのシステム(100)であって、

プラットフォーム上に設置される、音センサの第1のアレイ(102)、

音センサの各々が、前記プラットフォームから離れて、離間された固定位置に設置される、音センサの第2のアレイ(103)、及び

前記音センサの第1のアレイ内の音センサからの第1の情報と、前記音センサの第2のアレイからの第2の情報とを処理するための処理システム(104)であって、前記第1の情報と前記第2の情報とを複数の所定の点に対して収集し記憶し、フィルタされた第1の情報を作成するために前記第1の情報を空間フィルタリングし、前記フィルタされた第1の情報を前記第2の情報に基づいて処理し次いで較正し、選択された位置における特性を取得するために、前記較正された第1の情報を更に処理するように構成される、処理システム(104)

を備える、システム(100)。

【請求項 2】

前記プラットフォームは、前記被験デバイス(101)に対する開始ポジションから前記被験デバイスに対する終了ポジションまで可動であり、前記離間された固定位置は、前記被験デバイスに対する位置であり、前記処理システム(104)は更に、前記音センサの第1のアレイが前記開始ポジションから前記終了ポジションまで移動するにつれて、前

10

20

記第 1 の情報と前記第 2 の情報とを、複数の所定の点に対して収集し記憶するように構成される、請求項 1 に記載のシステム (1 0 0)。

【請求項 3】

前記プラットフォームは固定され、前記処理システムは、前記被験デバイスが前記開始ポジションから前記終了ポジションまで移動するにつれて、前記第 1 の情報と前記第 2 の情報とを収集し記憶するように構成される、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記処理システム (1 0 4) は更に、前記処理され較正された第 1 の情報から、ソース位置情報を抽出するように構成される、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のシステム (1 0 0)。

10

【請求項 5】

前記第 1 のアレイ (1 0 2) は適応開口アレイである、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のシステム (1 0 0)。

【請求項 6】

前記第 2 のアレイ (1 0 3) は、前記第 2 のアレイ内の各音センサが、前記被験デバイスの近傍に位置する原点から等間隔で離間された、ポラーアレイである、請求項 2 から 5 のいずれか一項に記載のシステム (1 0 0)。

【請求項 7】

被験デバイス (1 0 1) の少なくとも 1 つの特性を判断するための、コンピュータに実装される方法であって、

20

プラットフォーム上に設置される、音センサの第 1 のアレイ (1 0 2) からの第 1 の情報と、音センサの第 2 のアレイ (1 0 3) からの第 2 の情報とを、収集し記憶するステップであって、前記第 2 のアレイ (1 0 3) の各々の音センサが、前記プラットフォームから離れて、離間された固定位置に設置され、前記第 1 の情報及び前記第 2 の情報は、複数の所定の点に対して収集され記憶される、ステップ、

フィルタされた第 1 の情報を作成するために、前記第 1 の情報を空間フィルタリングするステップ、

前記第 2 の情報に基づいて、前記フィルタされた第 1 の情報を処理し次いで較正するステップ、並びに

選択された位置における特性を取得するために、前記較正された第 1 の情報を更に処理するステップ

30

を含む、方法。

【請求項 8】

前記プラットフォームは、前記被験デバイス (1 0 1) に対する開始ポジションから前記被験デバイスに対する終了ポジションまで可動であり、前記離間された固定位置は前記被験デバイスに対する位置であり、前記収集し記憶するステップは、前記音センサの第 1 のアレイが前記開始ポジションから前記終了ポジションまで移動するにつれて、前記第 1 の情報と前記第 2 の情報とを、複数の所定の点に対して収集し記憶する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

40

前記プラットフォームは固定され、前記収集し記憶するステップは、前記被験デバイス (1 0 1) が開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、前記第 1 の情報と前記第 2 の情報とを収集し記憶する、請求項 7 又は 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記処理され較正された第 1 の情報から、ソース位置情報を抽出するステップを更に含む、請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 の情報を処理するステップは、有用な周波数レンジ及び有用な第 1 のアレイポジションを判断することを含む、請求項 7 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記第 1 の情報を処理するステップは、距離、大気吸収損失、圧力倍加、及びせん断層屈折効果のうちの少なくとも 1 つに対して補正を行うことを含む、請求項 7 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記第 1 の情報を処理するステップは、前記フィルタされた第 1 の情報が投影され得る空間を決定することを含む、請求項 7 から 12 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、ノイズソース分解に適応開口フェーズドアレイ (adaptable aperture phased arrays) を使用するシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ノイズ発生の背後にある物理現象を理解するために、ノイズの解析及びノイズソースや原因の解析が実施されることが多い。例えば、ノイズがどこから来ているのかを特定するために、解析が実施され得る。このタイプの解析は、デバイスの試験において実施され得る。例えば、ジェットエンジンなどの航空機エンジンのノイズデータが収集され得る。ジェットエンジン内外のいかなるコンポーネントがノイズに寄与しているかを判断するために、収集されたノイズデータが解析され得る。これら種々のコンポーネントは、コンポーネントノイズソースとも称され得る。ジェットエンジンやジェットエンジンによって発生するジェット排気における、種々の構造物や物理的要素が、様々な周波数で様々なノイズに寄与し得、これらは例えば、ジェットエンジンのダクトや吸気口の種々の表面、及び高速排気フローを含む。

【0003】

ノイズデータを解析するための従来のシステム及び方法は何らかの有益な情報をもたらすが、複数のフェーズアレイポジションで取得され収集されたフェーズドアレイデータから、ノイズサブコンポーネントスペクトルを抽出し、そのようなデータを任意の利用可能な関心対象の空間的位置に投影 (project) できるものはない。加えて、様々なソース位置の決定に基づいて、周波数及び指向性に対するサブコンポーネントソースの位置の変動を提供できるものはない。

【0004】

従って、上述の従来システム及び方法の欠点を克服するシステム及び方法に対する需要がある。

【発明の概要】

【0005】

一態様によれば、被験デバイスの少なくとも 1 つの特性を判断するシステムである。音センサの第 1 のアレイがプラットフォーム上に設置される。音センサの第 2 のアレイは、離間された固定位置に設置された音センサを含む。処理システムは、センサの第 1 のアレイ内の音センサからの第 1 の情報、及び、音センサの第 2 のアレイからの第 2 の情報を処理する。処理システムは、複数の所定の点に対して、第 1 の情報及び第 2 の情報を収集し記憶し、第 1 の情報を空間フィルタリングし、フィルタされた第 1 の情報を、第 2 の情報に基づいて処理し次いで校正し、更に、校正された第 1 の情報を処理して、選択された位置における特性を取得するように構成される。

【0006】

更なる一実施形態で、プラットフォームは、被験デバイスに対する開始ポジションから、被験デバイスに対する終了ポジションまで可動である。更に、離間された固定位置は、被験デバイスに対する位置である。最後に、処理システムは更に、音センサの第 1 のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、複数の所定の点に対して

10

20

30

40

50

、第1の情報及び第2の情報を収集し記憶するように構成される。

【0007】

更に別の実施形態で、プラットフォームは固定され、処理システムは、被験デバイスが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第1の情報及び第2の情報を収集し記憶するように構成される。

【0008】

処理システムは更に、処理され校正された第1の情報から、ソース位置情報を抽出するように構成され得る。第1のアレイは、適応開口プレーナアレイ (adaptable aperture planar array) であり得る。第2のアレイは、第2のアレイ内の各音センサが被験デバイスの近傍に位置する原点から等間隔で離間された、ポーラー (polar) アレイであり得る。第1の情報を処理することは、有用な周波数レンジ及び有用な第1のアレイポジションを判断することを含み得る。第1の情報を処理することは、距離、大気吸収、圧力倍加 (pressure doubling)、及びせん断層屈折効果のうちの少なくとも1つに対して補正を行うことを含み得る。第1の情報を処理することは、フィルタされた第1の情報が投影され得る空間を決定することを含み得る。第1の情報を処理することは、フィルタされた第1の情報内の各点に対して、ノイズソース指向特性を判断することを含み得る。

【0009】

別の態様によれば、被験デバイスの少なくとも1つの特性を決定するための、コンピュータに実装される方法である。第1の情報が、音センサの第1のアレイから収集され記憶され、第1のアレイはプラットフォーム上に設置される。第2の情報が、音センサの第2のアレイから収集され記憶され、第2のアレイ内の音センサの各々は、離間された固定位置に設置され得る。第1の情報及び第2の情報は、複数の所定の点に対して収集され記憶される。次に、第1の情報が空間フィルタリングされる。フィルタされた第1の情報は、第2の情報に基づいて処理され校正される。最後に、校正された第1の情報は処理され、選択された位置における特性が取得される。

【0010】

更なる一実施形態で、プラットフォームは、被験デバイスに対する開始ポジションから、被験デバイスに対する終了ポジションまで可動であり、離間された固定位置は、被験デバイスに対する位置である。加えて、音センサの第1のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、複数の所定の点に対して、第1の情報及び第2の情報が収集され記憶される。

【0011】

更に別の実施形態で、プラットフォームは固定され、被験デバイスが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第1の情報及び第2の情報は収集され記憶される。

【0012】

更なる態様では、音ソースの少なくとも1つの特性を判断するための、コンピュータで利用可能なプログラムコードを記憶している、非一時的コンピュータ可読記憶媒体である。ノイズソースに対する開始ポジションからノイズソースに対する終了ポジションまで可動なプラットフォーム上に設置される、音センサの第1のアレイからの、第1の情報と、その各々がノイズソースに対する離間された固定位置に設置される、音センサの第2のアレイからの第2の情報とを、収集し記憶するためのプログラムコードが提供され、第1の情報及び第2の情報は、音センサの第1のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、複数の所定の点に対して、収集され記憶される。プログラムコードはまた、第1の情報を空間フィルタリングするために提供される。プログラムコードはまた、フィルタされた第1の情報を、第2の情報に基づいて処理し次いで校正するために提供される。最後に、プログラムコードは、校正された第1の情報を更に処理して、選択された位置における特性を取得するために提供される。

【0013】

10

20

30

40

50

更なる一実施形態で、プラットフォームは、被験デバイスに対する開始ポジションから被験デバイスに対する終了ポジションまで可動である。離間された固定位置は、被験デバイスに対しする位置である。最後に、収集し記憶するためのプログラムコードはまた、音センサの第1のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、複数の所定の点に対して、第1の情報及び第2の情報を収集し記憶する。

【0014】

更に別の実施形態で、プラットフォームは固定され、収集し記憶するためのプログラムコードはまた、被験デバイスが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第1の情報及び第2の情報を収集し記憶する。

【0015】

上述の特徴、機能及び利点は、様々な実施形態において独立に実現することが可能であり、また別の実施形態において組み合わせることも可能である。これらの実施形態について、以下の説明および添付図面を参照して更に詳細に説明する。

【0016】

更に、本開示は下記の条項に従う実施形態を含む。

【0017】

条項1

被験デバイスの少なくとも1つの特性を決定するシステムであって、

プラットフォーム上に設置される、音センサの第1のアレイ

各々が、離間された固定位置に設置される、音センサの第2のアレイ、及び

音センサの第1のアレイ内の音センサからの第1の情報と、音センサの第2のアレイからの第2の情報とを処理するための、処理システムであって、第1の情報及び第2の情報を、複数の所定の点に対して収集し記憶し、フィルタされた第1の情報を作成するために、第1の情報を空間フィルタリングし、フィルタされた第1の情報を、第2の情報に基づいて処理し次いで較正し、選択された位置における特性を取得するために、較正された第1の情報を更に処理するように構成される、処理システムを備える、システム。

【0018】

条項2

プラットフォームは、被験デバイスに対する開始ポジションから被験デバイスに対する終了ポジションまで可動であり、離間された固定位置は被験デバイスに対する位置であり、処理システムは更に、音センサの第1のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第1の情報と第2の情報とを、複数の所定の点に対して収集し記憶するように構成される、条項1に記載のシステム。

【0019】

条項3

プラットフォームは固定され、処理システムは、被験デバイスが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第1の情報及び第2の情報を収集し記憶するように構成される、条項1に記載のシステム。

【0020】

条項4

処理システムは更に、処理され較正された第1の情報から、ソース位置情報を抽出するように構成され得る、条項1に記載のシステム。

【0021】

条項5

第1のアレイは適応開口アレイである、条項1に記載のシステム。

【0022】

条項6

第2のアレイは、各音センサが被験デバイスの近傍に位置する原点から等間隔で離間された、ポラーアレイである、条項2に記載のシステム。

【 0 0 2 3 】

条項 7

第 1 の情報を処理することは、有用な周波数レンジ及び有用な第 1 のアレイポジションを決定することを含む、条項 1 に記載のシステム。

【 0 0 2 4 】

条項 8

第 1 の情報を処理することは、距離、大気吸収、圧力倍加、及びせん断層屈折効果、のうちの少なくとも 1 つに対して補正を行うことを含む、条項 1 に記載のシステム。

【 0 0 2 5 】

条項 9

第 1 の情報を処理することは、フィルタされた第 1 の情報が投影され得る空間を決定することを含む、条項 1 に記載のシステム。

【 0 0 2 6 】

条項 1 0

第 1 の情報を処理することは、フィルタされた第 1 の情報内の各点に対して、ノイズソース指向特性を判断することを含む、条項 1 に記載のシステム。

【 0 0 2 7 】

条項 1 1

被験デバイスの少なくとも 1 つの特性を決定するための、コンピュータに実装される方法であって、

プラットフォーム上に設置される、音センサの第 1 のアレイからの第 1 の情報と、各々が離間された固定位置に設置される、音センサの第 2 のアレイからの第 2 の情報とを、収集し記憶するステップであって、第 1 の情報及び第 2 の情報は、複数の所定の点に対して収集され記憶される、ステップ、

フィルタされた第 1 の情報を作成するために、第 1 の情報を空間フィルタリングするステップ、

第 2 の情報に基づいて、フィルタされた第 1 の情報を処理し次いで較正するステップ、並びに

選択された位置における特性を取得するために、較正された第 1 の情報更に処理するステップを含む、方法。

【 0 0 2 8 】

条項 1 2

プラットフォームは、被験デバイスに対する開始ポジションから被験デバイスに対する終了ポジションまで可動であり、離間された固定位置は被験デバイスに対する位置であり、収集し記憶するステップは、音センサの第 1 のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第 1 の情報と第 2 の情報とを、複数の所定の点に対して収集し記憶する、条項 1 1 に記載の方法。

【 0 0 2 9 】

条項 1 3

プラットフォームは固定され、収集し記憶するステップは、被験デバイスが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第 1 の情報及び第 2 の情報を収集し記憶する、条項 1 1 に記載の方法。

【 0 0 3 0 】

条項 1 4

処理され較正された第 1 の情報から、ソース位置情報を抽出するステップを更に含む、条項 1 1 に記載の方法。

【 0 0 3 1 】

条項 1 5

第 1 の情報を処理するステップは、有用な周波数レンジ及び有用な第 1 のアレイポジシ

10

20

30

40

50

ョンを判断することを含む、条項 1 1 に記載の方法。

【 0 0 3 2 】

条項 1 6

第 1 の情報を処理するステップは、距離、大気吸収、圧力倍加、及びせん断層屈折効果、のうちの少なくとも 1 つに対して補正を行うステップを含む、条項 1 1 に記載の方法。

【 0 0 3 3 】

条項 1 7

第 1 の情報を処理するステップは、フィルタされた第 1 の情報が投影され得る空間を決定するステップを含む、条項 1 1 に記載の方法。

【 0 0 3 4 】

条項 1 8

音ソースの少なくとも 1 つの特性を判断するための、コンピュータで利用可能なプログラムコードを記憶している、非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、

プラットフォーム上に設置される、音センサの第 1 のアレイからの第 1 の情報と、各々が離間された固定位置に設置される、音センサの第 2 のアレイからの第 2 の情報とを、収集し記憶するためのプログラムコードであって、第 1 の情報及び第 2 の情報は、複数の所定の点に対して収集され記憶される、プログラムコード、

フィルタされた第 1 の情報を作成するために、第 1 の情報を空間フィルタリングするためのプログラムコード、

第 2 の情報に基づいて、フィルタされた第 1 の情報を処理し次いで較正するためのプログラムコード、並びに

選択された位置における特性を取得するために、較正された第 1 の情報を更に処理するためのプログラムコード

を含む、非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【 0 0 3 5 】

条項 1 9

プラットフォームは、被験デバイスに対する開始ポジションから被験デバイスに対する終了ポジションまで可動であり、離間された固定位置は被験デバイスに対する位置であり、収集し記憶するためのプログラムコードは、音センサの第 1 のアレイが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第 1 の情報と第 2 の情報とを、複数の所定の点に対して収集し記憶する、条項 1 8 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【 0 0 3 6 】

条項 2 0

プラットフォームは固定され、収集し記憶するためのプログラムコードは、被験デバイスが開始ポジションから終了ポジションまで移動するにつれて、第 1 の情報及び第 2 の情報を収集し記憶する、条項 1 8 に記載の非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【 0 0 3 7 】

下記の詳細な説明は、例示目的で提供され、本開示をこれらのみに限定する意図はなく、添付の図面を組み合わせることにより最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 8 】

【図 1 A】本開示と組み合わせて使用されるノイズソース試験システムのブロック図である。

【図 1 B】本開示と組み合わせて用いられる、図 1 A に示す処理システムのブロック図である。

【図 2】本開示と組み合わせて使用されるノイズソース試験システムの構成を示す図である。

【図 3】本開示による、現時点で好ましい方法のフロー図である。

【図 4 A】本開示による現時点で好ましい方法を説明するのに使用される、試験データのビームフォームマップである。

10

20

30

40

50

【図４Ｂ】図４Ａに示すデータのデコンボリューション（逆畳み込み）後の、未補正データのビームフォームマップである。

【図４Ｃ】図４Ｂに示すビームフォームマップの、データのデコンボリューション後の補正済みデータによるバージョンである。

【図５Ａ】本開示の現時点で好ましい方法による、収集されたデータのための有効な投影空間を示すのに用いられる、試験環境の俯瞰図である。

【図５Ｂ】本開示の現時点で好ましい方法による、収集されたデータのための有効な投影空間を示すのに用いられる、試験環境の俯瞰図である。

【図６Ａ】本開示の現時点で好ましい方法による、各グリッド点においてソースレベルがどのように取得されるかを示すのに使用される、ノイズ指向性チャートである。

10

【図６Ｂ】本開示の現時点で好ましい方法による、各グリッド点においてソースレベルがどのように取得されるかを示すのに使用される、ノイズ指向性チャートである。

【図７】図６Ａ及び図６Ｂの両方からの情報を含む、複合ノイズ指向性チャートである。

【図８】本開示の現時点で好ましい方法による、較正されたデータがどのように所望の位置に投影されるかを示す図である。

【図９】ビームフォームマップ内の３つの異なる区域からのノイズ分布を示すプロットである。

【図１０】補正済みデータを使用した、ビームフォームマップについての周波数に対するソース位置の変動を示すプロットである。

【図１１】ビームフォームマップ内の３つの異なる区域についての周波数に対するソース位置の変動を示すプロットである。

20

【発明を実施するための形態】

【００３９】

本開示において、全ての図面において類似の参照番号は類似の要素を表し、これら図面は本開示の様々な例示的实施形態を示す。

【００４０】

図１Ａを参照すると、被験デバイスサブコンポーネントノイズソースを分離するためのフェーズドアレイ解析に有用な、ノイズ収集及び解析システム１００が示される。

システム１００において、被験デバイス１０１は、音センサのフェーズドアレイ１０２と音センサのファーフールド（且つ、例示的实施形態ではポラー）アレイ１０３との両方によって検知される、ノイズ（参照番号１０６で示す）を放出する。フェーズドアレイ１０２及びファーフールドアレイ１０３は、図３に関連して後述される。処理システム１０４は、フェーズドアレイ１０２及びファーフールドアレイ１０３から信号を受信し、ユーザインターフェース１０５（例えば、キーボード、マウス、及びビデオディスプレイ）を介したユーザ制御下で、本明細書に記載の方法に従ってそれら信号を処理する。当業者が容易に理解するように、処理システム１０４が各音センサからの信号をデジタル化するか、又は、それら信号がアレイ１０２、１０３でローカルにデジタル化されてデジタル信号として処理システム１０４へ供給され得る。各アレイ１０２、１０３内の音センサは、マイクロフォン、ハイドロフォン、レーザセンサ、及び地震計を含むがこれらに限定されない、音を検知するための任意の適切なセンサであり得る。

30

40

【００４１】

図１Ｂに示すように、処理システム１０４は、アレイ１０２、１０３によって検知されたノイズ信号を処理するための、従来型のコンピューティングシステムであり得、例えば、プロセッサ１１０、メモリユニット１１１、ＲＡＭ／ＲＯＭ１１２、入力インターフェース１１３、及び入出力インターフェース１１４を含んでよく、これらはすべてバス１１５を介して接続され得る。当業者が容易に認識するように、他の多くのコンピュータアーキテクチャが、図１Ｂに示すアーキテクチャに代わり同等の結果をもたらす。具体的には、処理システム１０４は、メモリユニット１１１に記憶されて、ＲＡＭ／ＲＯＭ１１２に記憶されたビルトインオペレーティングシステム（ＢＩＯＳ）を介して起動時にロードされる、オペレーティングシステムのもとで動作する。オペレーティングシステムは、（少

50

なくとも部分的に、キーボード、インターフェース、マウスインターフェース、及びビデオディスプレイインターフェースで構成され得る) 入出力インターフェース 114 を介して、ユーザインターフェースを提供し得る。好ましくは、ユーザインターフェースはグラフィカルユーザインターフェース (GUI) である。オペレーティングシステムは、メモリユニット 111 に記憶されたコンピュータプログラムが、ユーザ制御下で実行されることを可能にする。入力インターフェース 113 は、音センサのフェーズドアレイ 102 とファーフィールドアレイ 103 とに接続され、アレイ 102、103 内の音センサの各々で検知された音信号に対応するデジタル信号を生成するために、適切なアナログ - デジタルコンバータを含み得る。上述のように、代替例では、アナログ - デジタル変換は 102 及び 103 の各アレイでローカルに行われ、入力インターフェースは、代替的に、アナログ信号ではなくデジタル信号を受信するように構成され得る。処理システム 104 は、好ましくは、メモリユニット 111 に記憶された一又は複数のコンピュータプログラムを含み、これらはユーザ制御下で、後述する図 3 の方法を実施する。

【0042】

ここで図 2 を参照すると、試験システムレイアウト 200 の俯瞰図が示される。具体的には、原線 205 の途中に位置決めされた基準点 201 に、被験デバイスのキーポイントが位置決めされる。被験デバイスのキーポイントは、例えば、航空機エンジンのプライマリノズル出口であり得る。フェーズドアレイ 102 は (例えばライン 206 に沿って) 可動であり、(点線 203 で示す 50° の角度の) 初期ポジション及び (点線 204 で示す 150° の角度の) 最終ポジションが、図 2 に示されている。後述するように、試験中、フェーズドアレイ 102 がライン 206 に沿って横断するにつれて、ノイズデータが離散点 (例えば、10° ステップ) で収集される。フェーズドアレイ 102 は、垂直プレーナアレイ上に設置された複数の音センサからなり、同一出願人による米国特許第 8,009,507 B2 号 (「507 特許」) に記載の適応開口プレーナアレイである。フェーズドアレイ 102 の構成とその動作は「507 特許」に記載されており、本明細書では繰り返さない。フェーズドアレイ 102 に設置された音センサは入れ子状パターン (nested pattern) を有し、各入れ子状アレイのパターン生成は、同一出願人による米国特許第 6,583,768 号に記載されている。ファーフィールドアレイ 103 は一連の音センサ 211 ~ 221 からなり、これらの各々は、一実施形態で、基準点 201 から等距離に、基準点 201 に対して (図 2 に示すように) 50° ~ 150° の角度で位置決めされ得る。プライマリノズル出口が基準点 201 に位置決めされた航空機エンジンによって放出されるノイズの試験時、各音センサは、基準点 201 から 25 フィートで位置決めされ得る。代替的实施形態では、ファーフィールドアレイ 103 内の音センサ 211 ~ 221 は、例えば、ライン 206 に平行なラインに沿って、或いはその他の正常に動作するような (well-behaved) 空間曲線に沿った他の構成で位置決めされ得る。別の代替的实施形態では、フェーズドアレイ 102 内に埋め込まれた音センサが、較正に使用され得る。図 2 に示す試験セットアップは、フェーズドアレイ 102 及びファーフィールドアレイ 103 に対して 50° ~ 150° の角度レンジを示しているが、このレンジは、例えば、被験デバイス及び試験に利用可能な空間に応じて増減され得、依然として容認可能な結果をもたらす。例示的实施形態で、フェーズドアレイ 102 が 10° ステップで移動するにつれ、データは離散点で収集される。また、データは、フェーズドアレイ 102 と被験デバイスとの間に風洞せん断層が存在し得るオープンジェット施設を含む、様々な施設で取得され得る。当業者には馴染みのある方法を用いた形態で、せん断層に起因する音の屈折や減衰に対する適切な補正が適用され得る。更に、幾つかの状況では、フライオーバー (flyover) 試験において起こり得るように、フェーズドアレイ 102 が定位置に固定され、代わりに被験デバイスが (例えばライン 205 に沿って) 移動され得る。

【0043】

「507 特許」でより詳細に示すように、一実施形態では、フェーズドアレイ 102 は様々なサイズの 4 つのサブアレイに分配された 416 個の音センサから構成され得、サブ

10

20

30

40

50

アレイは、関心対象の複数の周波数レンジについて重複するカバレッジを提供する。4つのサイズは、スモール(S)、ミディアム(M)、ラージ(L)、及びエクストララージ(XL)とも称され、これらのベースラインサブアレイはそれぞれ、170、199、110、及び170個の音センサを含み得る。水平/垂直サブアレイ開口は、概ね、12インチ×9インチ(S)、26.2インチ×19.8インチ(M)、57.6インチ×43.6インチ(L)、及び126インチ×95.6インチ(XL)のサイズであり得る。アレイによって対応可能な忠実度で測定を行うのに求められる、音センサの総計を減らすために、様々なサブアレイ間の音センサの共有が利用され得る。

【0044】

ここで図3を参照すると、本開示の方法を実施するためのフローチャート300が示される。まずステップ301で、上述のように、ノイズ試験中、フェーズドアレイ102の各位置に対して、すべての各音センサでデータが収集される。具体的には、「507特許」により詳細に記載されているように、一実施形態で、フェーズドアレイ102が離散的なステップで移動される。例えば、第1の位置(例えば基準点201に対して500の位置)から、第2の位置(例えば基準点201に対して1500の位置)まで100ステップで移動される(図2に示すように、典型的には、角度はフェーズドアレイ102の中心に対して測定される)。データはメモリに記憶され、フェーズドアレイ102内の音センサからのデータは、まず時系列(time series)として記憶され、次いでクロススペクトルマトリクス(CSM)へと処理されて記憶される。別の実施形態で(例えばフライオーバー試験において)、被験デバイスがフェーズドアレイ102に対して湾曲した経路に沿って移動する間、フェーズドアレイ102及び音センサ211~221は固定的に保持される。

【0045】

ステップ302で、所与の構成、条件、及びフェーズドアレイ位置に対して、従来型の周波数ドメイン遅延及び加算ビームフォーミング(空間フィルタリング)が各フェーズドアレイデータCSMに適用される。フライオーバー試験に対しては、移動しているソースを考慮するために、逆ドップラー変換(Dedopplerization)を伴う時間ドメイン遅延及び加算ビームフォーミングが使用される。図4Aは、静止した被験デバイスについての、21kHz(モデルスケール周波数)における=900のフェーズドアレイ位置に対する、従来型ビームフォーミングマップ400のサンプルを示す。マップ400は、ノズル404の出口における明確に画定されたノイズソース領域401と、2つの下流ノイズソース402、403を示す。マップ400は、生の未補正のノイズソースマップデータ(即ち、フェーズドアレイ102において見られるレベルであって特定のノイズソースにおける実際のレベルではなく、且つ距離や大気吸収に対する補正がされていない)を示す。参照番号405(「+」印)は、マップ400における、ピークレベルが発生する位置を表す。このピークレベルは最下流ノイズソースに関連付けられる。上流ノズル出口領域におけるピークレベルは、最大ピークレベルよりも0.07dBのみ低い。これは、マップ400における最大ピークレベルに基づいてソース位置が測定される場合、上流ノイズソースと下流ノイズソースとの間でわずかもレベルが動揺する場合、周波数に対して、ピークソース位置の非常に広い偏位があり得るということを意味する。

【0046】

次に、ステップ303で、適切な方法を用いて従来型ビームフォーミングデータがデコンボリューション(逆畳み込み)される。当業者が容易に認識するように、この処理には幾つかの従来型デコンボリューション方法が利用可能である。図4Bは、処理のためにマップピークを下回る9dBのカットオフ閾値に基づく、デコンボリューションされたビームフォーミングデータを示す。図4Bから明らかなように、図4Aに見られるノイズサブコンポーネント領域が、参照番号406、407、408に示すように、ここで明確に分離されている。ピークノイズレベル(参照番号406)がノズル404出口近くに位置することに留意されたい。後述のように、この周波数は、支配的なノイズソースの遷移が、下流(ノイズソース)支配から上流(ノズル出口)支配となるまでの、周波数レンジ内に

10

20

30

40

50

ある。

【0047】

ステップ304で、各フェーズドアレイサブアレイに対する有用な周波数レンジ及び放出角が算出される。フェーズドアレイは、特定のより低い周波数未満では不十分な空間分解能を有し得る一方、特定のより高い周波数を上回る周波数では、アレイ間の相関除去効果 (decorrelation effects) によって及び/又はノイズソース指向性効果によって、アレイデータの品質は劣化し始め且つ劣化し続け得る。実際、有用な周波数レンジ及び放出角は、ビームフォームマップのノイズソースが十分に測定され (明確に位置特定され)、且つ、アレイ処理によって生ずるノイズに関連しない不自然な結果をマップが含まないような、周波数及び角度で構成される。解析に用いる有用なレンジの選択において、特定の解析においてすべての角度に亘り使用するために、周波数の同じ組が要求され得る。これは、角度パラメータ及び周波数パラメータ間のトレードオフに繋がる。ある解析において最大周波数カバレッジが必要である場合、ユーザは角度レンジを絞り込む (down-select) 必要があり得る。一方、ある解析において最大角度カバレッジが望ましい場合、特定のアレイに対して周波数レンジを減らす必要があり得る。

【0048】

ステップ305で、少なくとも距離、大気吸収損失、圧力倍加、及びせん断層屈折効果に対する補正が、デコンボリューションされたデータに適用され得る。上述のように、図4A及び4Bに示すビームフォームマップデータは、フェーズドアレイ102において測定されたレベルで構成され、これらの測定されたレベルには、フェーズドアレイ102のプレート面における、距離、大気吸収損失、圧力倍加又はせん断層屈折効果に対する補正がなされていない。具体的には、ステップ305で、1フィート無損失値へと距離が補正される。図4Cは、ステップ305における補正後の図4Bレベルを示す。補正後、好ましくは、適切なフェーズドアレイ周波数ピンを合計することによって、狭帯域データが1/3オクターブ帯域レベルに下げられるが、他の帯域の決定 (即ち1/nオクターブ帯域又は狭帯域) が正規化用を選択され得ることを、当業者は容易に認識するであろう。

【0049】

次にステップ306で、ノイズサブコンポーネントデータが較正されて投影され得る空間が決定される。これには、全周波数に亘る最下流及び最上流ソース位置を決定するために、補正済みノイズマップデータをスキャンすることが要求される。図5Aは、500から1500に及ぶ、ファーフールドアレイ103内の音センサ211~221の、試験施設内の位置の俯瞰概略図500、並びに、600 (参照番号512) から1500 (参照番号513) に及ぶ、フェーズドアレイ102の中心位置を示す。線515は、フェーズドアレイ102のすべての角度及び周波数に亘りノイズソースが存在する、全レンジを表す。図示のように、最下流ソース516は約 $x = 145$ インチである。線518は、ソース516を、最上流フェーズドアレイ位置512に接続する。線518は、図2の500点を用いるとファーフールドアレイ102の範囲外 (即ち音センサ211のあまりにも上流) に伸び得るので、図2に示す500点ではなく位置512が最上流位置である。同様に、線519はソース516を、最下流フェーズドアレイ位置513に接続する。従って、(フェーズドアレイ角度に対する) ソース516におけるソースレベルは、線518、519によって境界付けられた内角に亘ってのみ測定される。同様に、線520、521は、最上流ソース517におけるソースレベルが測定され得る境界を表す。これら2つの組に含まれる角度レンジの重なり部分は、図5Bの影付き領域530で示される。従って、領域530は、ソース516とソース517との間にあるすべてのソース点がすべてのフェーズドアレイ位置によって完全に測定される空間を画定する。この領域530の外側で、ソース516とソース517との間のノイズレベルは、部分的にのみ (即ち不完全に) 測定され得るか、或いは全く測定されず、従って、それらの解析用の利用を除外する。領域530は、フェーズドアレイデータが投影され得る位置に対応し、フェーズドアレイ102からのデータの較正に音センサ211~221の何れが使用され得るかを特定する。即ち、領域530内の音センサ、即ち音センサ213~220のみが使用され得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

ステップ 3 0 7 で、ノイズソースの指向性は、各周波数についてビームフォーミンググリッド上の各点で抽出される。図 6 A は、フェーズドアレイ信号レベルの抽出に繋がる重要な特徴を示す、試験施設 6 0 0 の俯瞰プロットである。図 6 A は、5 0 ° から 1 5 0 ° の、ポーラーアレイ 1 0 3 内の音センサ 2 1 1 ~ 2 2 1 に対する位置、延長されたノイズソースを伴うビームフォームマップ 6 1 0、及び、被験ノズルの輪郭 4 0 4 を含む（ビームフォームマップ 6 1 0 は例示目的で故意に拡大されている）。5 0 ° ~ 1 5 0 ° のフェーズドアレイ測定位置 6 2 1 ~ 6 3 1 における、フェーズドアレイ 1 0 2 の位置も示され、長方形 6 3 2、6 3 3、6 3 4 は、それぞれ 5 0 °、9 0 °、及び 1 5 0 ° のフェーズドアレイ位置におけるフェーズドアレイ 1 0 2 のポジションを示している。ポーラーアレイ 1 0 3 及びフェーズドアレイ 1 0 2 の共通の原点 6 4 0 は、ノズル中心線 6 1 6 上の、ノズル 4 0 4 のプライマリノズル出口にある。音線 (r a y) 6 6 1 は、グリッド点 6 4 1 から 5 0 ° のフェーズドアレイ 6 3 2 の位置 6 2 1 を通って伝播し、中心線 6 1 6 に対して角度 6 5 0 をなす。角度 6 5 0 は、グリッド点 6 4 1 がポーラーアレイ原点 6 4 0 から下流にずれているので、5 0 ° の測定値を有さない。音線 6 6 1 に沿ったノイズレベルは、ポーラープロット（極座標プロット）のドット 6 7 1 で示されている。このレベルは、フェーズドアレイ 1 0 2 によって測定されたレベルに対応する。ステップ 3 0 7 中、すべてのフェーズドアレイポジションに亘りこの処理が繰り返され、破線曲線 6 7 5 に示すように、関心対象のグリッド点におけるノイズ指向性が測定される。

【 0 0 5 1 】

図 6 B は図 6 A と同等の図像を示すが、グリッド点 6 8 5 がビームフォームマップ 6 1 0 内の更に下流に位置している。この場合、指向性は（破線曲線 6 8 0 に示すように）、フェーズドアレイ 1 0 2 の位置の大部分に亘り密にサンプリングされているが、1 3 0 °、1 4 0 °、及び 1 5 0 ° のフェーズドアレイ位置 6 2 9、6 3 0、6 3 1 の測定で大幅に疎になっており、フェーズドアレイ測定値が、等角度ではなく、アレイの横断方向に沿って等間隔で、取得されるべきであることを示唆している。ノイズレベルを種々の空間的位置に投影する際、ノイズレベル指向性曲線の補間が用いられるので、このことは重要である。

【 0 0 5 2 】

ステップ 3 0 8 で、各グリッド点における周波数データは、ポーラーアレイ 1 0 3 の音センサ 2 1 1 ~ 2 2 1 からの対応する周波数データを用いて較正される。典型的には、フェーズドアレイ周波数データの内容は、狭帯域又は 1 / n オクターブ帯域であることに留意されたい。フェーズドアレイデータの従来型ビームフォーミングの標準的な実施は、クロススペクトルマトリクス (C S M) の対角成分を、C S M の各列に亘った平均値で置換すること、或いはそれらの対角成分を消去することによって行うが典型的である。これらの方法での C S M 対角成分の置換は、ビームフォームマップ内のノイズソース位置特定クオリティを大幅に改善する。しかしながら、この修正は、結果としてデータ内のエネルギーバランスの変更をもたらす。即ち、従来のビームフォーミング出力レベルが影響を受ける。この影響やその他のアレイ処理による影響によって、フェーズドアレイデータは、ノイズソースレベルの正確な投影を可能にするために、較正されねばならない。較正は、ポーラーマイクロフォンスペクトルを用いて達成される。図 7 は図 6 A 及び 6 B の複合であり、ステップ 3 0 7 で生成されたポーラープロット曲線 6 7 5、6 8 0 を示す。ビームフォームマップ 6 1 0 に示すノイズレベルの輪郭が、試験環境内のすべてのノイズソースを含む（即ち、ビームフォーミンググリッド外には有意義なノイズソースがない）との仮定に基づいて、ポーラーアレイ 1 0 3 内の所与の音センサ、例えば音センサ 2 1 4 に対して、上流グリッド点 6 4 1 におけるノイズソースは音線経路 7 2 0 に沿って音センサ 2 1 4 へ伝播する。音線経路 7 2 0 は、測定された点（点 7 2 1 及び点 7 2 2）間でノイズ指向性曲線 6 7 5 を通過する。グリッド点 6 4 1 におけるノイズレベルを音センサ 2 1 4 に投影するためには、ノイズレベルが（点 7 0 5 での投影レベル値を取得するために）指向性曲線 6 7 5 を用いて補間される必要がある。次いで、距離及び大気吸収に対する補正を適

用することにより、この補間された値が音センサ 2 1 4 に投影される。同様に、下流グリッド点 6 8 5 において、位置 6 8 5 におけるノイズソースは、音線 7 3 0 に沿って音センサ 2 1 4 に投影し、ノイズレベル投影を目的として、同じように測定点（点 7 3 1 及び 7 3 2）から点 7 1 0 への補間を要する。次いで、これら 2 つのグリッド点 6 4 1、6 8 5 から音センサ 2 1 4 で測定されたレベルのトータルノイズ寄与を得るために、これらのグリッド点 6 4 1、6 8 5 からの投影されたレベルが加算される。この補間、投影及び加算処理は、残ったすべてのグリッド点に対して繰り返され、従って、すべてのグリッド点からの音センサ 2 1 4 へのトータルノイズ寄与が計算される。理論上、トータル（加算された）値は、関心対象の周波数において音センサ 2 1 4 によって測定されたスペクトルレベルと、完全に等しい。しかしながら、実際には、CSM の対角成分の修正やアレイ処理効果によって、必ずしもそうではない。従って、較正值は、音センサ 2 1 4 における実際のレベルと、複数のグリッド点におけるフェーズドアレイレベルの音センサ 2 1 4 への投影から得られた加算されたレベルとの間の、差分として定義されねばならない。次いで、この較正值は、ビームフォームマップ 6 1 0 内のすべてのグリッドスペクトル値に、グリッド点を音センサ 2 1 4 に接続している音線経路の逆方向（例えば線 7 2 0、7 3 0）に沿って、直接的に逆適用される。この処理により、図 7 の各ポーラープロット 7 6 0、7 7 0 のドット 7 4 0、7 5 0 で示す、較正された指向性レベルが得られる。この処理は、音センサ 2 1 1 ~ 2 2 1 のうちの、（ステップ 3 0 6 で決定された）すべての有効な音センサに対して（図 5 B は、音センサ 2 1 3 ~ 2 2 0 のみが有効データを有することを示す）繰り返され、各グリッド点における較正済みノイズレベルの完全な組が得られる。利便性のため、適切な大気吸収補正及び距離補正を適用することにより、較正済みレベルは 1 フィート無損失距離まで補正されることが好ましい。このような補正を適用することにより、ステップ 3 0 6 で決定されるように、有効投影空間の制約に依存して、較正済みノイズレベルを任意の所望の空間的位置に投影しやすくなる。

【 0 0 5 3 】

ステップ 3 0 9 で、較正済みデータが所望の位置に投影される。較正済みデータを投影する処理は、図 8 に示すように、先述した較正工程と類似する。図 8 で、点 8 0 0 は所望の投影点を示す。上流グリッド点 6 4 1 における較正済みの 1 フィート無損失指向性データ（曲線 8 1 0 から得られる）が用いられて、音線 8 3 0 が曲線 8 1 0 を横切る点に対応する、補間値が取得される。音線 8 3 0 はグリッド点 6 4 1 から点 8 0 0 まで投影し、大気吸収損失及び距離に対してそのレベルが補正されている。同様に、下流グリッド点 6 8 5 における較正済みの 1 フィート無損失指向性データ（曲線 8 2 0 から得られる）が用いられて、音線 8 3 5 が曲線 8 2 0 を横切る点に対応する、補間値が取得される。音線 8 3 0 はグリッド点 6 8 5 から点 8 0 0 まで投影し、大気吸収損失及び距離に対してそのレベルが補正されている。この処理は、ビームフォームマップ 6 1 0 内の残ったすべてのグリッド点に対して適用され、すべてのそのようなグリッド点からの投影されたレベルの完全な組がもたらされ、次いでこれらは加算されて、点 8 0 0 におけるトータルノイズレベルが計算される。

【 0 0 5 4 】

ノイズソース解析において特に関心が高いのは、様々なサブコンポーネント領域の、ノイズレベル全体に対する寄与レベルの判断である。図 9 のビームフォームマップ 6 1 0 から、この特定の周波数において、ゾーン 1（9 0 5）、ゾーン 2（9 1 0）、及びゾーン 3（9 1 5）で示す 3 つの顕著なノイズソースが存在することに留意されたい。ゾーン 1（9 0 5）は、ノズル出口付近のノイズに対応し、高周波数において支配的であることが分かる一方、ゾーン 2（9 1 0）及びゾーン 3（9 1 5）は、例えば低周波数で支配的なジェット混合ノイズを含む、残りの（下流）ノイズソースを捕捉している。これらの各ゾーンからのノイズレベルを、9 0 o ポーラーアレイ音センサの位置に（別個に）投影することが望ましい。各ゾーン 9 0 5、9 1 0、9 1 5 からのノイズ寄与の判断は、トータルレベルを判断するための上述と同じ工程に従うが、所与のゾーン内からのみレベルを投影する。得られたスペクトルが、図 9 のラインプロット 9 0 0 に示される。曲線 9 2 0 はト

10

20

30

40

50

ータル投影レベルに対応し、フェーズドアレイ 102 のレベルがポーラーアレイ 103 のレベルに較正されたので、トータル投影レベルはデフォルトではポーラーアレイ 103 レベルと同じである。ゾーン 1 (905) のノズルレベル (サブコンポーネントスペクトル) は図 9 の曲線 906 に対応し、まず帯域 43 で測定可能であり、帯域 45 まで連続的にレベルが増加し、これを超えるとこれらは本質的にトータルレベルと同じである (即ち、ノズルノイズソースは帯域 45 で始まるノイズフィールドを完全に支配する)。このノイズフィールドの下流端で、ゾーン 3 (915) のノズルレベル (サブコンポーネントスペクトル) は曲線 916 に対応し、これは、完全に帯域 40 及び 41 に対してノイズ寄与を支配し、次いで、ノイズソースの影響がゾーン 2 (910) 内で増大することに初期には起因して、(トータルに対する寄与という意味において) 連続的に減少する (ゾーン 2 のノズルレベル (サブコンポーネントスペクトル) は帯域 43 においてピーク寄与を有する曲線 911 に対応する)。図 9 は、3 つのゾーン 905、910、915 におけるノイズソースに起因して、ノイズ寄与のバランスが周波数に対してどのように変動するかを明確に示し、各ノイズソースが支配する周波数を捕捉している。

【0055】

ステップ 310 で、ユーザが決定したゾーンに対してソース位置が抽出される。ノイズサブコンポーネントレベルを種々の空間的位置に投影できることに加え、支配的ノイズソースの位置がどのように空間的に変動するかを知ることに対する需要がある。図 10 は、ビームフォームマップ 610 について周波数に対するソース位置の変動を示すプロット 1000 を含む。水平軸が、コアノズル出口位置 (xcore) からの距離 (x) 及びファンノズル出口径 (Dfan) に関して正規化されていることに留意されたい。ソース位置の決定には様々なオプションが利用可能である。1 つの決定は、ノイズマップ上の (所与の周波数における) 最高レベルが発生する位置を決定することであり、最高レベルが発生する位置は、即ち、対周波数のピークレベル位置 (グローバルピーク) である。これはプロット 1000 内の曲線 1010 で示されている。より低い周波数では、支配的ノイズソースは、プライマリノズル出口からの約 5 ファンノズル径、下流であり、高周波数の支配的ノイズソースは、プライマリノズル出口のすぐ下流に集中している。曲線 1010 において帯域 44 で明確な遷移が発生しており、この下では下流ノイズソースが支配し、これより上ではノズル出口ソースが支配している。しかしながら、支配的ソース位置の決定にグローバルピークを利用することは、他のノイズソース及びそれらのソース位置算出に対する影響の可能性を考慮していない。この問題に対処するために、第 1 の代替的ソース位置の決定はむしろ、ノイズソースが存在するすべての位置の平均値を算出する (この場合、レベルが閾値を超えるグリッド点を決定するために、閾値レベルはマップ内のピークレベル未満に設定される)。従って、この決定は、すべてのノイズソースの空間分布を考慮している。このような計算の結果は図 10 の曲線 1020 で示されている。第 2 の代替的なソース位置の決定は、代わって、加重平均を算出することからなり、ここで重み付けのために、各グリッド点におけるノイズレベルが用いられる。これは図 10 の曲線 1030 で示されている。まず気づくことは、空間平均 (曲線 1020) 及び加重平均 (曲線 1030) による決定が、ソース位置対周波数の計算と、比較的類似した計算をもたらすことである (差分はファンの直径の約半分まで変動するとしても、これはフライトに対するソース位置の投影に関しては小さい差分であると見なされる)。空間平均 / 加重平均に基づく計算 (曲線 1020 及び曲線 1030) とグローバルピークレベルに基づく計算 (曲線 1010) との間では、ソース位置にファンの直径の幾つか分程度の大きな差があり、これは有意であって、フライトに対するソース位置の投影における大きなエラーに繋がりが得る。

【0056】

ソース位置の算出は、上記の 3 つのゾーンに解析を限定することにより、更に精緻化され得る。ビームフォームマップ 610 からの較正済みデータに基づいたこのような解析の結果は、図 11 のプロット 1100 で示されている。プロット 1100 は、図 10 の加重平均算出曲線 1030 を含む。各ゾーンは各々、ピーク曲線 1110a、1110b、1

10

20

30

40

50

1 1 0 c、空間平均曲線 1 1 2 0 a、1 1 2 0 b、1 1 2 0 c、及び、加重平均曲線 1 1 3 0 a、1 1 3 0 b、1 1 3 0 cを含む。完全なマップを考慮する場合、別個のゾーンに減縮することにより、そうでない場合よりも広い周波数レンジに亘るソース位置データが取得できる。例えば、図 1 0 で、下流ソース位置は、帯域 4 4 及びそれを上回る帯域に対するノズルノイズソースの支配に起因して、帯域 4 3 のみに伸びる。しかしながら、特定のゾーンに計算を限定することにより、下流ノイズソース、ゾーン 3 (9 1 5) は、図 1 1 の帯域 4 4 を上回って伸びていることが見て取れる。同様に、ノズルノイズソース、ゾーン 1 (9 0 5) が更に低い周波数に伸びるように、図 1 1 で見て取れる。ゾーン 2 (9 1 0) のソースの中間的な影響も図 1 1 で明らかである。ピーク又はソース位置を用いる代わりに、ゾーンを区分けすることにより、個々のソースの各々が有意な寄与を有する (10
或いは、識別可能なノイズソースとして存在する)、全周波数レンジが見て取れる。

【 0 0 5 7 】

本開示は、好ましい実施形態及びそれらの様々な態様を参照して具体的に示され記載されているが、様々な変更や修正が、本開示の精神及び範囲を逸脱することなくなされ得るということが、当業者には理解されるであろう。添付の特許請求の範囲は、本明細書に記載の実施形態、上述の代替例、及びそれらの等価物を含むものと解釈されるように意図される。

【 符号の説明 】

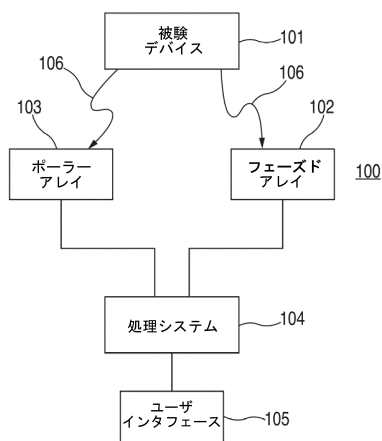
【 0 0 5 8 】

1 0 0	システム	20
1 0 2	フェーズドアレイ	
1 0 4	処理システム	
1 0 6	ノイズ	
1 1 5	バス	
2 0 0	試験システムレイアウト	
2 0 1	基準点	
2 1 1、2 1 2、2 1 3、2 1 4、2 1 5、2 1 6、2 1 7、2 1 8、2 1 9、2 2		
0、2 2 1	音センサ	
3 0 0	フローチャート	
4 0 0	ビームフォーミングマップ	30
4 0 1	ノイズソース領域	
4 0 2、4 0 3	下流ノイズソース	
4 0 4	ノズル	
4 0 6	ピークノイズレベル	
5 1 6	最下流ソース	
5 1 7	最上流ソース	
6 1 0	ビームフォームマップ	
6 1 6	ノズル中心線	
6 2 1、6 2 2、6 2 3、6 2 4、6 2 5、6 2 6、6 2 7、6 2 8、6 2 9、6 3		
0、6 3 1	フェーズドアレイ測定位置	40
6 4 0	原点	
6 5 0	角度	
6 6 1、7 3 0	音線	
7 6 0、7 7 0	ポーラープロット	
8 3 0	音線	
9 0 0	ラインプロット	
9 0 5	ゾーン 1	
9 1 0	ゾーン 2	
9 1 5	ゾーン 3	
1 0 0 0	プロット	50

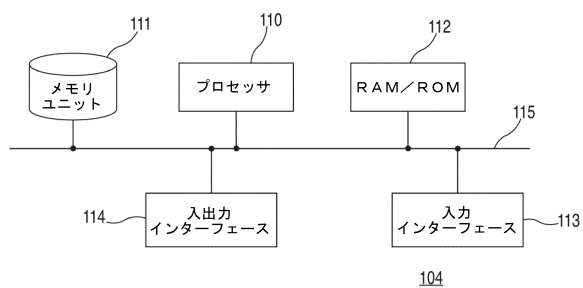
1 1 0 0	プロット	
1 1 1 0 a、	1 1 1 0 b、	1 1 1 0 c
1 1 2 0 a、	1 1 2 0 b、	1 1 2 0 c
1 1 3 0 a、	1 1 3 0 b、	1 1 3 0 c

ピーク曲線
空間平均曲線
加重平均曲線

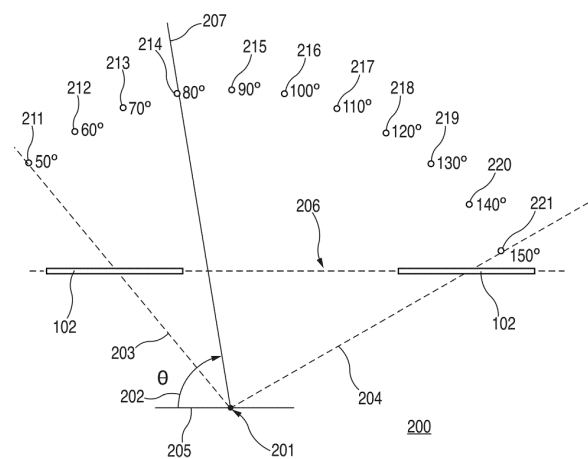
【図 1 A】



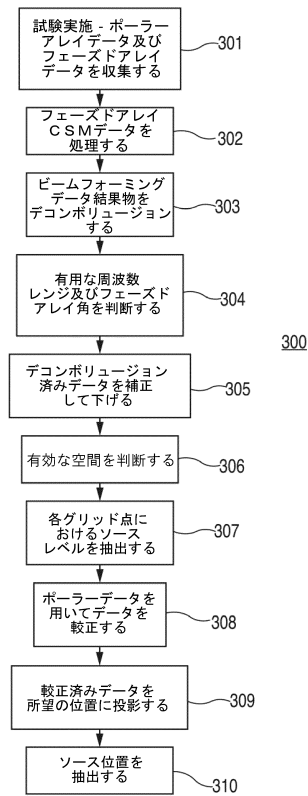
【図 1 B】



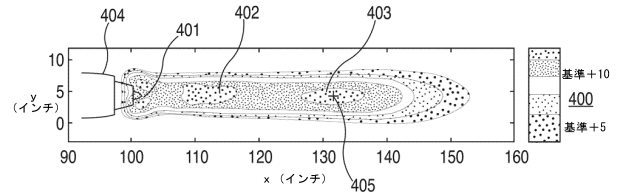
【図 2】



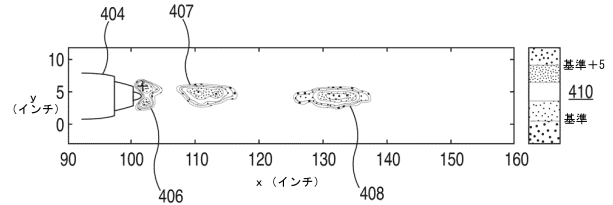
【図 3】



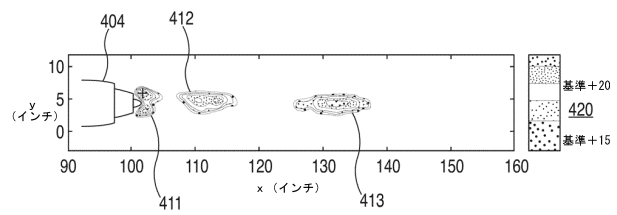
【図 4 A】



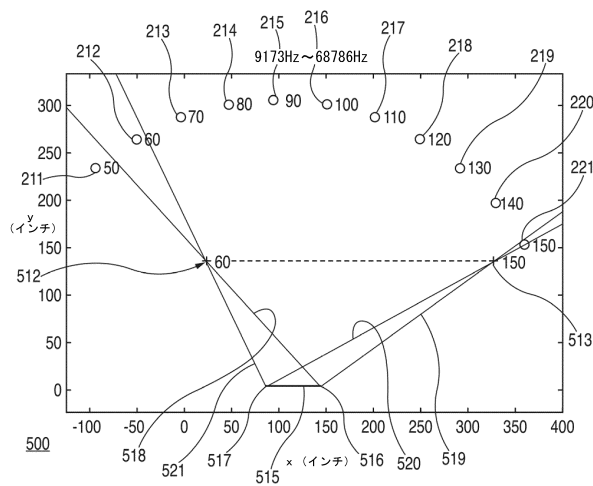
【図 4 B】



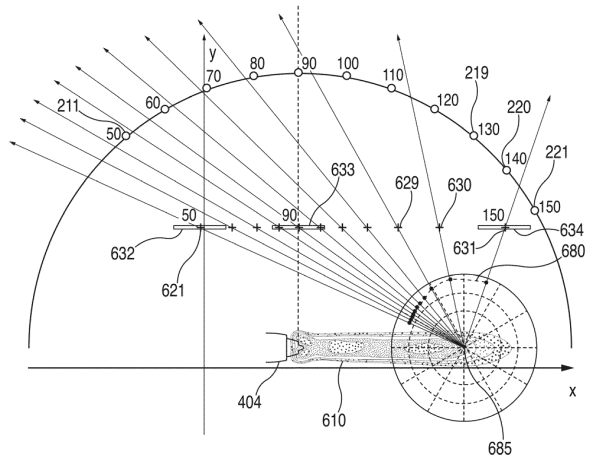
【図 4 C】



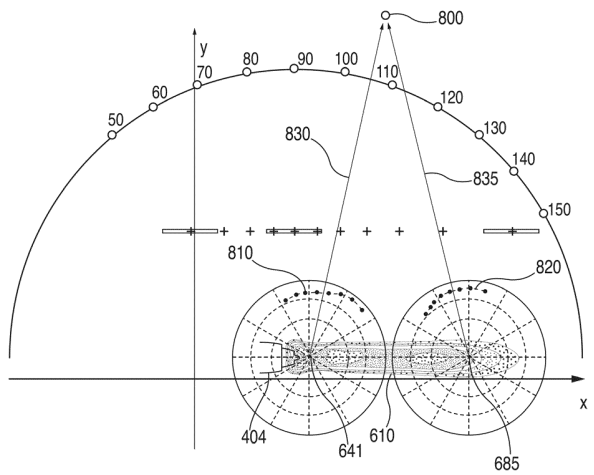
【図 5 A】



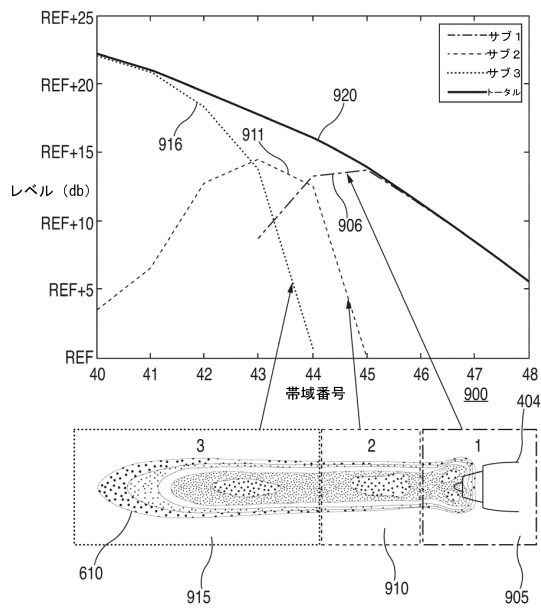
【 図 6 B 】



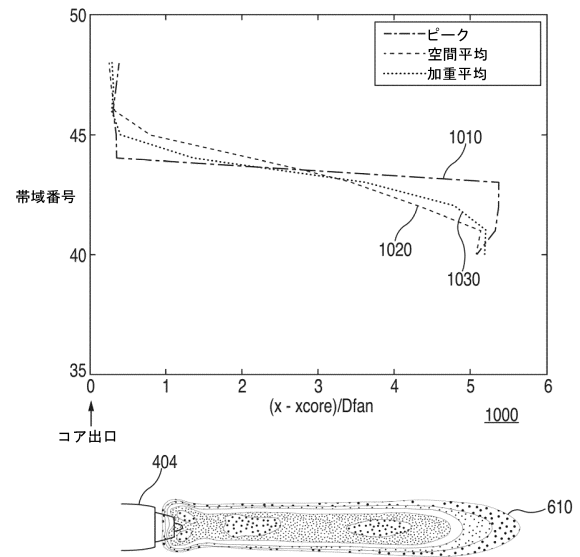
【 図 8 】



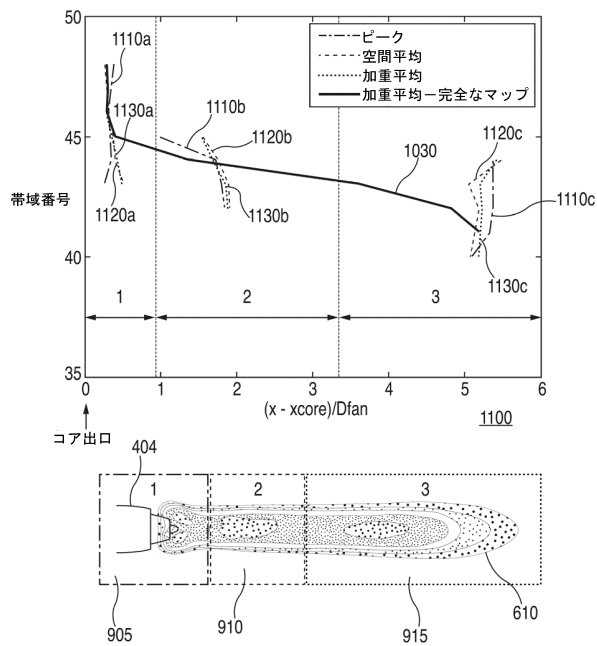
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 アンダーブリンク, ジェームズ ロバート
アメリカ合衆国 ワシントン 98108, シアトル, イースト マージナル ウェイ サウス 7755, メール コード 1ダブリュ-03, プラント 2, シー/オーザボーイングカンパニー
- (72)発明者 ブラスニアク, レオン
アメリカ合衆国 ワシントン 98124, シアトル, ピー.オー. ボックス 3707, メール コード 0アール-ジェエフ, シー/オーザボーイングカンパニー

審査官 田中 純

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0268555(US, A1)
米国特許出願公開第2006/0256975(US, A1)
米国特許出願公開第2010/0175474(US, A1)
米国特許第07139221(US, B1)
米国特許出願公開第2016/0216363(US, A1)
米国特許出願公開第2011/0103190(US, A1)
米国特許出願公開第2013/0202120(US, A1)
特開2009-192299(JP, A)
特開2012-202958(JP, A)
特開2015-081824(JP, A)
特開2013-250277(JP, A)
特開2015-121529(JP, A)
吉住 夏輝, 外2名, “手持ちマイクロホンによる音場可視化システム”, 日本音響学会誌, 社団法人日本音響学会, 2006年 3月 1日, 第62巻第3号, 第282-289頁
佐藤 利和, “-音で見る, 音を見る: アコースティックイメージングの現状-騒音源を解明する近距離場音響ホログラフィとその周辺技術”, 日本音響学会誌, 社団法人日本音響学会, 2008年 7月 1日, 第64巻第7号, 第405-411頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S	1/72	-	G01S	1/82
G01S	3/80	-	G01S	3/86
G01S	5/18	-	G01S	5/30
G01S	7/52	-	G01S	7/64
G01S	15/00	-	G01S	15/96
G01H	1/00	-	G01H	17/00