

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年12月5日(05.12.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/179464 A1

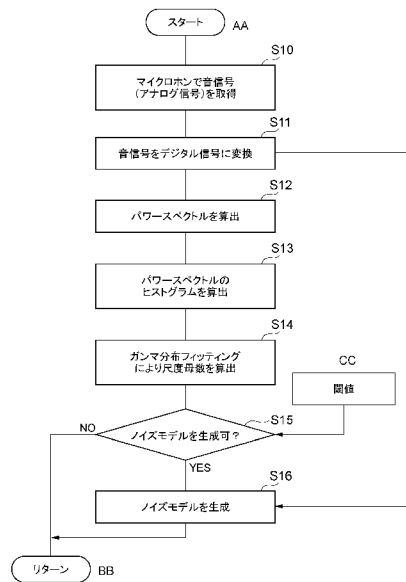
- (51) 国際特許分類:
G10L 21/02 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064196
- (22) 国際出願日: 2012年5月31日(31.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 佐藤 潤 (SATO Jun) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 船山 竜士 (FUNAYAMA Ryuji) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 高谷 智哉 (TAKATANI Tomoya) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 金道敏樹 (KINDO Toshiki) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 深町 映夫 (FUKAMACHI Hideo) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[続葉有]

(54) Title: AUDIO SOURCE DETECTION DEVICE, NOISE MODEL GENERATION DEVICE, NOISE REDUCTION DEVICE, AUDIO SOURCE DIRECTION ESTIMATION DEVICE, APPROACHING VEHICLE DETECTION DEVICE AND NOISE REDUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 音源検出装置、ノイズモデル生成装置、ノイズ抑圧装置、音源方位推定装置、接近車両検出装置及びノイズ抑圧方法

[図1]



- S10 Acquisition of audio information (analog signal) through microphone
- S11 Conversion of audio signal to digital signal
- S12 Calculation of power spectrum
- S13 Calculation of histogram for power spectrum
- S14 Calculation of scale parameter by fitting gamma distribution
- S15 Noise model can be created?
- S16 Creation of noise model
- AA Start
- BB Return
- CC Threshold

(57) Abstract: The problem addressed by the present invention is to provide a noise model creation device for creating a noise model suitable for each environment by determining with a high degree of accuracy whether or not an audio source to be detected is included in the audio information collected by an audio collector. The present invention relates to a noise model creation device that creates a noise model for the noise information except for the audio source to be detected, which is included in the audio information collected by the audio collector. The noise model creation device acquires a power spectrum from the collected audio information and determines whether or not the audio source to be detected is included in the collected audio information by evaluating a probability density distribution (histogram) of the power spectrum, and creates the noise model from the collected audio information when determining that the audio source to be detected is not included in the collected audio information.

(57) 要約: 本発明は、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを高精度に判定することにより、各環境に対して適切なノイズモデルを生成するノイズモデル生成装置を提供することを課題とする。本発明は、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズ情報に関するノイズモデルを生成するためのノイズモデル生成装置であって、集音された音情報からパワースペクトルを取得し、このパワースペクトルの確率密度分布(ヒストグラム)を評価することにより集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定し、集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に集音された音情報からノイズモデルを生成する。

WO 2013/179464 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッ
パ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

音源検出装置、ノイズモデル生成装置、ノイズ抑圧装置、音源方位推定装置、接近車両検出装置及びノイズ抑圧方法

技術分野

[0001] 本発明は、集音器で集音された音情報から検出対象の音源を検出する音源検出装置、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズ情報に関するノイズモデルを生成するノイズモデル生成装置、そのノイズモデルを用いるノイズ抑圧装置、音源方位推定装置、接近車両検出装置及びノイズ抑圧方法に関する。

背景技術

[0002] 複数の集音器で周囲の音をそれぞれ集音し、各集音器への音の到達時間差等に基づいて音源（例えば、接近する車両の走行音）の方位等を推定する音源方位推定装置（例えば、接近車両検出装置）が開発されている。特許文献1に記載の装置では、所定の間隔で配設された複数のマイクロホン（集音器）が出力する電気信号から帯域通過フィルタで低周波帯域と高周波帯域の周波数成分をそれぞれ除去して補正電気信号に変換し、その補正電気信号から車両の走行音の特徴の現れる所定の周波数帯域のパワーを算出し、そのパワーレベルが所定値より大きい場合に接近車両有りと判定するとともに、その補正電気信号により不要な雑音成分を除去して雑音抑制信号に変換し、複数のマイクロホンの雑音抑制信号間の相互相関を演算し、相関が最大となる到達時間差から接近車両の接近方向を演算する。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：実開平5－92767号公報
特許文献2：特開2008－76975号公報
特許文献3：特開2011－186384号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 音源を高精度に推定するためには、集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧し（ノイズリダクション）、ノイズを抑圧した音情報を用いて推定を行う必要がある。従来、予め用意したノイズモデルや規定のタイミングで強制的に生成したノイズモデルを使用したノイズリダクション技術がある。しかし、音源方位推定装置を接近車両検出装置等の屋外で使用する装置に適用した場合、集音器で集音する周辺の環境が変化するので、ノイズ源も変わる。そのため、このような多様な環境で予め用意したノイズモデルや予め決められたタイミングで生成したノイズモデルを使用すると、各環境に対して適切なノイズモデルとなっていない場合がある。そのため、ノイズ成分を十分に抑圧できなかつたりあるいは必要な音成分まで抑圧してしまう場合がある。その結果、音源の推定精度が低下する。

[0005] そこで、本発明は、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを高精度に判定することにより、検出対象の音源を高精度に検出する音源検出装置及び各環境に対して適切なノイズモデルを生成するノイズモデル生成装置、各環境に対して適切なノイズモデルを用いるノイズ抑圧装置、音源方位推定装置、接近車両検出装置及びノイズ抑圧方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係る音源検出装置は、集音器で集音された音情報から検出対象の音源を検出する音源検出装置であって、集音器で集音された音情報からパワースペクトルを取得するパワースペクトル取得部と、パワースペクトル取得部で取得したパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定部とを備えることを特徴とする。

[0007] この音源検出装置では、集音器を備えており、集音器によって周辺の音を集音し、音情報を得る。そして、音源検出装置では、パワースペクトル取得

部によってその音情報からパワースペクトル（音の周波数毎のパワー（エネルギー））を取得する。さらに、音源検出装置では、判定部によってパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定し、音情報から音源を検出する。検出対象の音源が存在しない環境（音情報の中にノイズ成分だけが含まれている場合）と検出対象の音源が存在する環境（音情報の中にノイズ成分に加えて検出対象の音源成分が含まれている場合）とでは、パワースペクトルの確率密度分布の形状が明らかに異なる。したがって、音情報から得られるパワースペクトルの確率密度分布から音情報の中にノイズ成分（例えば、ホワイトノイズ、ピンクノイズ）だけが含まれているかあるいはノイズ成分の他に検出対象の音源成分も含まれているかを高精度に判別できる。このように、音源検出装置では、集音器で集音された音情報のパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを高精度に判定でき、検出対象の音源を高精度に検出できる。

[0008] なお、パワースペクトルの確率密度分布を評価する場合、確率密度分布を求めて、確率密度分布を用いて評価を行う手法でもよいし、あるいは、確率密度分布を求めることなく、パワースペクトルを用いて評価を行う手法でもよい。

[0009] 本発明の上記音源検出装置では、判定部は、検出対象の音源に基づいて設定される第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを評価することにより、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定すると好適である。

[0010] 検出対象の音源が存在しない環境（ホワイトノイズやピンクノイズ等によるノイズ環境下）では、全周波数帯域においてパワー分布に連続性がある。一方、検出対象の音源が存在する環境では、その音源を含む周波数帯域ではパワー分布が変化するので、音源を含む周波数帯域とそれ以外の周波数帯域との間で連続性がなくなる。したがって、この2つの周波数帯域のパワース

ペクトルの確率密度分布を比較することにより、検出対象の音源が存在しない環境かあるいは検出対象の音源が存在する環境かを高精度に判別できる。そこで、音源検出装置では、判定部によって検出対象の音源が含まれる第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを比較して評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定し、音情報から音源を検出する。このように、音源検出装置では、検出対象の音源が含まれる第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを評価することにより、音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かをより高精度に判定することができ、検出対象の音源をより高精度に検出できる。

[0011] 本発明の上記音源検出装置では、パワースペクトルに基づくガンマ分布フィッティングによりガンマ分布の尺度母数を算出する尺度母数算出部を備え、判定部は、尺度母数算出部で算出した尺度母数を用いてパワースペクトルの確率密度分布を評価する構成としてもよい。このように、音源検出装置では、ガンマ分布フィッティングによる尺度母数を用いることにより、パワースペクトルの確率密度分布を高精度に評価することができる。

[0012] 本発明に係るノイズモデル生成装置は、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズ情報に関するノイズモデルを生成するためのノイズモデル生成装置であって、集音器で集音された音情報からパワースペクトルを取得するパワースペクトル取得部と、パワースペクトル取得部で取得したパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定部と、判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に集音器で集音された音情報からノイズモデルを生成するノイズモデル生成部とを備えることを特徴とする。

[0013] このノイズモデル生成装置では、集音器を備えており、集音器によって周辺の音を集音し、音情報を得る。そして、ノイズモデル生成装置では、パワ

ースペクトル取得部によってその音情報からパワースペクトルを取得する。さらに、ノイズモデル生成装置では、判定部によってパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定し、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断する。上記したうように、検出対象の音源が存在しない環境と検出対象の音源が存在する環境とではパワースペクトルの確率密度分布の形状が明らかに異なるので、音情報から得られるパワースペクトルの確率密度分布の形状から検出対象の音源が存在しない環境か存在する環境かを高精度に判別できる。また、ノイズモデルに基づいてノイズが抑圧された音情報を用いて検出対象の音源を高精度に検出するためには、検出対象の音源が存在しない環境で集音された音情報からノイズモデルを生成する必要がある。ちなみに、検出対象の音源が存在する環境で集音された音情報からノイズモデルを生成した場合、そのノイズモデルを用いると音情報の中から必要な音成分まで抑圧してしまう。ノイズモデルを生成するための適切なタイミング（検出対象の音源が存在しない環境）を判断すると、ノイズモデル生成装置では、ノイズモデル生成部によって、そのタイミングで集音されている音情報からノイズモデルを生成する。このように、ノイズモデル生成装置では、集音器で集音された音情報のパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを高精度に判定できるので、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断でき、各環境に対して適切なノイズモデルを生成することができる。

[0014] 本発明の上記ノイズモデル生成装置では、判定部は、検出対象の音源に基づいて設定される第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを評価することにより、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定すると好適である。

[0015] 上記したうように、検出対象の音源が存在しない環境では全周波数帯域においてパワー分布に連続性があるが、検出対象の音源が存在する環境では検

出対象の音源を含む周波数帯域とそれ以外の周波数帯域との間で連続性がなくなる。したがって、この2つの周波数帯域のパワースペクトルの確率密度分布を比較することにより、検出対象の音源が存在しない環境（ノイズモデルを生成するのに適した環境）かあるいは検出対象の音源が存在する環境（ノイズモデルを生成するのに適しない環境）かを高精度に判別できる。そこで、ノイズモデル生成装置では、判定部によって、検出対象の音源が含まれる第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを比較して評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する。そして、ノイズモデル生成装置では、ノイズモデル生成部によって、判定部で検出対象の音源が含まれていないと判定されている場合（ノイズモデルを生成するための適切なタイミングと判断されている場合）にそのタイミングで集音されている音情報からノイズモデルを生成する。このように、ノイズモデル生成装置では、検出対象の音源が含まれる第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かをより高精度に判定することができ、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断できる。

[0016] 本発明の上記ノイズモデル生成装置では、パワースペクトルに基づくガンマ分布フィッティングによりガンマ分布の尺度母数を算出する尺度母数算出部を備え、判定部は、尺度母数算出部で算出した尺度母数を用いてパワースペクトルの確率密度分布を評価する構成としてもよい。このように、ノイズモデル生成装置では、ガンマ分布フィッティングによる尺度母数を用いることにより、パワースペクトルの確率密度分布を高精度に評価することができる。

[0017] 本発明の上記ノイズモデル生成装置では、集音器で集音された音情報から点音源を検出する点音源検出部を備え、ノイズモデル生成部は、判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合でも、点音

源検出部で点音源を検出している場合にはノイズモデルを生成しない構成としてもよい。

[0018] このノイズモデル生成装置では、点音源検出部によって、集音器で集音された音情報から点音源を検出する。点音源は、ホワイトノイズ、ピンクノイズ等の環境ノイズではない特定の音源であり、検出対象の音源の可能性がある。そこで、ノイズモデル生成装置のノイズモデル生成部では、判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定されている場合（ノイズモデル生成可と判定されている場合）でも、点音源検出部で点音源を検出されている場合（検出対象の音源が存在する可能性がある場合）にはノイズモデルを生成しない。このように、ノイズモデル生成装置では、パワースpekトルの確率密度分布の評価によってノイズモデルを生成可と判定している場合でも点音源の有無を考慮してノイズモデル生成を判断することにより、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングをより高精度に判断できる。

[0019] 本発明の上記ノイズモデル生成装置では、集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外の特徴音を検出する特徴音検出部を備え、ノイズモデル生成部は、特徴音検出部で検出対象の音源以外の特徴音を検出している場合にはノイズモデルを生成する構成としてもよい。

[0020] このノイズモデル生成装置では、特徴音検出部によって、集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外の特徴音を検出する。特徴音は、ホワイトノイズ、ピンクノイズ等の環境ノイズではない特定の音源（点音源）の中で検出対象の音源以外の音源である。そこで、ノイズモデル生成装置のノイズモデル生成部では、特徴音検出部で特徴音が検出されている場合にはノイズモデルを生成する。このように、ノイズモデル生成装置では、検出対象の音源以外の特徴音の有無を考慮してノイズモデルを生成するか否かを判断することにより、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングをより高精度に判断できる。

[0021] 本発明の上記ノイズモデル生成装置では、ノイズモデル生成部でノイズモデルを既に生成している場合、当該ノイズモデルを集音器で集音された音情

報を加味して更新するノイズモデル更新部を備える構成としてもよい。このように、ノイズモデル生成装置では、既にノイズモデルが生成されている場合には現在の環境で集音されている音情報を加味してノイズモデルを更新することにより、少ない処理負荷で、環境の変化に対応した適切なノイズモデルを生成することができる。

[0022] 本発明に係るノイズ抑圧装置は、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズを抑圧するためのノイズ抑圧装置であって、上記のいずれかのノイズモデル生成装置を備え、ノイズモデル生成装置で生成したノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧することを特徴とする。このノイズ抑圧装置によれば、上記の各ノイズモデル生成装置で生成された各環境に対して適切なノイズモデルを用いることにより、集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを高精度に抑圧することができる。

[0023] 本発明に係る音源方位推定装置は、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源の方位を推定する音源方位推定装置であって、上記のノイズ抑圧装置を備え、ノイズ抑圧装置でノイズが抑圧された音情報から検出対象の音源の方位を推定することを特徴とする。この音源方位推定装置によれば、上記のノイズ抑圧器で高精度にノイズが抑圧された音情報を用いることにより、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源の方位を高精度に推定することができる。

[0024] 本発明に係る接近車両検出装置は、車両に搭載される集音器で集音された音情報に基づいて接近する車両を検出する接近車両検出装置であって、上記の音源方位推定装置を備え、音源方位推定装置で接近車両から発生する音源の方位を推定することを特徴とする。この接近車両検出装置によれば、上記の音源方位推定装置で接近車両から発生する音源（例えば、走行音）の方位等を推定することにより、接近車両の方位等を高精度に検出することができる。

[0025] また、本発明に係るノイズ抑圧装置は、集音器で集音された音情報に含ま

れる検出対象の音源以外のノイズを抑圧するためのノイズ抑圧装置であって、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定部と、判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に集音器で集音された音情報からノイズモデルを生成するノイズモデル生成部と、ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧するノイズ抑圧部とを備えることを特徴とする。

[0026] このノイズ抑圧装置では、集音器を備えており、集音器によって周辺の音を集音し、音情報を得る。そして、ノイズ抑圧装置では、判定部によって、音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定し、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断する。ノイズモデルに基づいてノイズが抑圧された音情報を用いて検出対象の音源を高精度に検出するためには、検出対象の音源が存在しない環境で集音された音情報からノイズモデルを生成する必要がある。ちなみに、検出対象の音源が存在する環境で集音された音情報からノイズモデルを生成した場合、そのノイズモデルを用いると音情報の中から必要な音成分まで抑圧してしまう。ノイズモデルを生成するための適切なタイミング（検出対象の音源が存在しない環境）を判断すると、ノイズ抑圧装置では、ノイズモデル生成部によって、そのタイミングで集音されている音情報からノイズモデルを生成する。さらに、ノイズ抑圧装置では、ノイズ抑圧部によって、その生成されたノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧する。このように、ノイズ抑圧装置では、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれないノイズモデルを生成するための適切なタイミングでノイズモデルを生成して、各環境に対して適切なノイズモデルを用いることにより、集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを高精度に抑圧することができる。

[0027] 本発明の上記ノイズ抑圧装置では、ノイズ抑圧部は、ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルがある場合にはノイズモデル生成部で生成したノイ

ズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧し、ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルがない場合には予め用意されたノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧する又はノイズ抑圧をしない。

[0028] ノイズモデル生成部では、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングでノイズモデルを生成するが、ノイズモデルがまだ生成されていない場合もある。そこで、ノイズ抑圧装置では、ノイズモデル生成部でノイズモデルが生成されている場合、ノイズ抑圧部によって、その生成されたノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧する。また、ノイズ抑圧装置では、ノイズモデル生成部でノイズモデルがまだ生成されていない場合、ノイズ抑圧部によって、予め用意されたノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧するかあるいはノイズ抑圧を行わない。

[0029] 本発明に係るノイズ抑圧方法は、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズを抑圧するためのノイズ抑圧方法であって、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定ステップと、判定ステップで音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に集音器で集音された音情報からノイズモデルを生成するノイズモデル生成ステップと、ノイズモデル生成ステップで生成したノイズモデルを用いて集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧するノイズ抑圧ステップとを含むことを特徴とする。このノイズ抑圧方法によれば、上記のノイズ抑圧装置と同様に作用し、同様の効果を有する。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、集音器で集音された音情報のパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを高精度に判定でき、検出対象の音源を高精度に検出できる。また、本発明によれば、集音器で集音された音情報のパワースペクトルの確率密度分

布を評価することにより音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを高精度に判定できるので、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断でき、各環境に対して適切なノイズモデルを生成することができる。また、本発明によれば、集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれないノイズモデルを生成するための適切なタイミングでノイズモデルを生成して、各環境に対して適切なノイズモデルを用いることにより、集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを高精度に抑圧することができる。

図面の簡単な説明

- [0031] [図1]第1の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。
- [図2]走行音が観測されている時間帯のデータの一例であり、(a)がパワースペクトルであり、(b)がパワースペクトルのヒストグラムである。
- [図3]走行音が観測されていない時間帯のデータの一例であり、(a)がパワースペクトルであり、(b)がパワースペクトルのヒストグラムである。
- [図4]尺度母数の時間変化の一例である。
- [図5]本実施の形態に係る接近車両検出装置における全体の動作の流れを示すフローチャートである。
- [図6]第1の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。
- [図7]第2の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。
- [図8]走行音が観測される周波数帯域での尺度母数と走行音が観測されない周波数帯域での尺度母数の時間変化の一例である。
- [図9]第2の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。
- [図10]第3の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。
- [図11]第3の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。
- [図12]第4の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。

[図13]第4の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。

[図14]第5の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。

[図15]第5の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。なお、各図において同一又は相当する要素については同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0033] 本実施の形態では、本発明を、車両に搭載される接近車両検出装置（音源方位推定装置）に適用する。本実施の形態に係る接近車両検出装置は、複数のマイクロホン（集音器）で集音された各音信号に基づいて自車両に接近する車両を検出し（つまり、自車両周辺他車両の走行音（検出対象の音源）の方位等を推定し）、接近車両の情報を運転支援装置に提供する。特に、本実施の形態では、接近車両を高精度に検出するために、環境に対応した適切なノイズモデルを生成し、そのノイズモデルを用いて集音器で集音された音信号からノイズを抑圧した音信号を用いる。本実施の形態には、ノイズモデル生成の構成が異なる5つの実施の形態があり、第1の実施の形態が基本となる形態であり、各実施の形態に機能を順次追加していく。

[0034] なお、車両の走行音は、主として、ロードノイズ（タイヤ表面と路面との摩擦音）とパターンノイズ（タイヤ溝における空気の渦（圧縮／開放））である。この車両の走行音の周波数帯域は、実車実験等によって予め測定しておく。

[0035] 図1～図4を参照して、第1の実施の形態に係る接近車両検出装置1Aについて説明する。図1は、第1の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。図2は、走行音が観測されている時間帯のデータの一例であり、（a）がパワースペクトルであり、（b）がパワースペクトルのヒストグラムである。図3は、走行音が観測されていない時間帯のデータの一例であり

、（a）がパワースペクトルであり、（b）がパワースペクトルのヒストグラムである。図4は、尺度母数の時間変化の一例である。

[0036] 接近車両検出装置1Aは、ノイズモデル生成に適したタイミングを判断するために、マイクロホンで集音した音信号に検出対象の音源（車両の走行音）が含まれているか否かを判別し、ノイズモデルを生成可能なタイミング（区間）を判断する。そのために、接近車両検出装置1Aは、音信号のパワースペクトルを算出し、パワースペクトルのヒストグラム（確率密度分布）をガンマ分布フィッティングによって評価する。

[0037] 接近車両検出装置1Aの構成を具体的に説明する前、図2、図3を参照して、音信号に走行音が含まれる場合と走行音が含まれない場合のパワースペクトル及びパワースペクトルのヒストグラムについて説明しておく。図2（a）には音信号に走行音が含まれている場合の音信号のパワースペクトル（各周波数に対するパワー（エネルギー））を示しており、図3（a）には音信号に走行音が含まれていない場合の音信号のパワースペクトルを示している。この各図（a）において、符号Rで示す区間が走行音の音成分が支配的に現れる周波数帯域である。また、図2（b）には音信号に走行音が含まれている場合の周波数帯域Rにおけるパワースペクトルのヒストグラム（各パワーの頻度）を示しており、図3（a）には音信号に走行音が含まれていない場合の周波数帯域Rにおけるパワースペクトルのヒストグラムを示している。

[0038] 図2（a）に示す周波数帯域Rにおけるパワー分布と図3（a）に示す周波数帯域Rにおけるパワー分布とを比較すると、音信号の中にノイズ成分（例えば、ホワイトノイズやピンクノイズ等の環境ノイズ）だけが含まれている場合と音情報の中にノイズ成分に加えて車両の走行音成分が含まれている場合とでパワー分布が異なっていることが判る。この違いは、図2（b）に示す周波数帯域Rにおけるパワースペクトルのヒストグラムと図3（b）に示す周波数帯域Rにおけるパワースペクトルのヒストグラムとを比較することにより、ヒストグラムの形状の違いから良く判る。このように、検出対象

の走行音の周波数帯域Rにおけるパワースペクトルのヒストグラムの形状の変化から、音信号にノイズ成分だけが含まれているかあるいは音信号にノイズ成分に加えて検出対象の走行音成分が含まれているかを判別できる。

[0039] また、ノイズモデルに基づいてノイズ成分が抑圧された音信号を用いて走行音を高精度に検出するためには、走行音が存在しない環境で集音された音信号からノイズモデルを生成する必要がある。ちなみに、走行音が存在する環境で集音された音信号からノイズモデルを生成した場合、ノイズモデルの中に走行音成分も含まれるので、そのノイズモデルを用いると音信号の中から必要な音成分まで抑圧してしまう。

[0040] そこで、パワースペクトルのヒストグラムの形状を評価することによって、走行音が存在しない環境かあるいは走行音が存在する環境かを判定し、走行音が存在しない環境であるタイミング（区間）を検出する。このタイミングで集音されている音信号を用いてノイズモデルを生成することにより、ノイズ成分だけが含まれている音信号からノイズモデルを生成できる。

[0041] ヒストグラムの形状を評価するために、車両走行中の様々な環境で集音した音信号のデータ（走行音を含むデータと走行音を含まないデータ）を各種手法に適用した結果、ガンマ分布フィッティングによる尺度母数を特徴量とした場合が最も有効であった。図4には、実線L1で車両走行中に集音した音信号のパワースペクトルから求められた尺度母数の時間変化の一例を示している。実線L1の変化から判るように、走行音が観測されない時間帯では尺度母数は0近傍になるが、走行音が観測される時間帯T1, T2, T3, T4では尺度母数が顕著に大きくなる。このように、尺度母数の大きさから、走行音が存在する環境と走行音が存在しない環境とを判別できる。

[0042] そこで、第1の実施の形態では、パワースペクトルのヒストグラムを評価するために、ガンマ分布フィッティングを用いて、ガンマ分布の形状母数を求め、その形状係数から尺度母数を求め、尺度母数を評価の特徴量とする。ガンマ分布は、連続確率分布の一種であり、その性質が形状分布と尺度分布の2つのパラメータで特徴付けられる。なお、ガンマ分布フィッティングを

用いる場合、パワースペクトルから形状母数や尺度母数を直接求めることができるので、パワースペクトルのヒストグラムを算出してガンマ分布フィッティングを行ってもよいしあるいはヒストグラムを算出することなくガンマ分布フィッティングを行ってもよい。

[0043] それでは、接近車両検出装置 1 A の構成を説明する。接近車両検出装置 1 A は、マイクロホンアレイ 1 0、デジタル信号変換器 2 0 及び ECU [Electronic Control Unit] 3 0 A (ノイズモデル生成部 3 1 A、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3) を備えている。

[0044] マイクロホンアレイ 1 0 は、左側マイクロホンユニット 1 1 と右側マイクロホンユニット 1 2 を有している。左側マイクロホンユニット 1 1 と右側マイクロホンユニット 1 2 とは、車両の前端部における同じ高さ位置に車幅方向 (左右方向) の左側と右側に配置される。左側マイクロホンユニット 1 1 は、第 1 マイクロホン 1 1 a と第 2 マイクロホン 1 1 b を有している。例えば、第 1 マイクロホン 1 1 a は車幅方向の左側の外側に配置され、第 2 マイクロホン 1 1 b は第 1 マイクロホン 1 1 a から所定の間隔をあけて車両中心側に配置される。右側マイクロホンユニット 1 2 は、第 3 マイクロホン 1 2 a と第 4 マイクロホン 1 2 b を有している。例えば、第 4 マイクロホン 1 2 b は車幅方向の右側の外側に配置され、第 3 マイクロホン 1 2 a は第 4 マイクロホン 1 2 b から所定の間隔をあけて車両中心側に配置される。各マイクロホン 1 1 a、1 1 b、1 2 a、1 2 b は、音響電気変換器であり、車外の周囲の音をアナログの電気信号に変換し、その電気信号 (音信号) をデジタル信号変換器 2 0 に出力する。なお、本実施の形態では、マイクロホン 1 1 a、1 1 b、1 2 a、1 2 b が請求の範囲に記載する集音器に相当する。

[0045] デジタル信号変換器 2 0 では、マイクロホン 1 1 a、1 1 b、1 2 a、1 2 b 毎にアナログの音信号 (電気信号) を入力すると、その各音信号をデジタルの音信号 (電気信号) にそれぞれ変換する。そして、デジタル信号変換器 2 0 では、マイクロホン毎のデジタルの音信号 (電気信号) を ECU 3 0 A にそれぞれ出力する。

- [0046] ECU30Aは、CPU[Central Processing Unit]、ROM[Read Only Memory]、RAM[Random Access Memory]等からなる電子制御ユニットであり、接近車両検出装置1Aを統括制御する。ECU30Aには、ノイズモデル生成部31A（パワースペクトル算出器31a、ヒストグラム算出器31b、尺度母数算出器31c、ノイズモデル生成可否判定器31d、ノイズモデル生成器31e）、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33が構成される。ECU30Aでは、デジタル信号変換器20からマイクロホン毎の音信号（デジタルの電気信号）をそれぞれ入力する。
- [0047] なお、第1の実施の形態では、パワースペクトル算出器31aが請求の範囲に記載するパワースペクトル取得部に相当し、尺度母数算出器31cが請求の範囲に記載する尺度母数算出部に相当し、ノイズモデル生成可否判定器31dが請求の範囲に記載する判定部に相当し、ノイズモデル生成器31eが請求の範囲に記載するノイズモデル生成部に相当し、ノイズ抑圧器32が請求の範囲に記載するノイズ抑圧部に相当する。
- [0048] パワースペクトル算出器31aでは、デジタル信号変換器20からのデジタルの音信号を用いて、音信号に対してFFT[Fast Fourier Transform]（高速フーリエ変換）を行い、音信号のパワースペクトル（周波数毎のパワー（エネルギー））を算出する。ここでは、4個のマイクロホン11a, 11b, 12a, 12bの音信号のうちの任意の1個のマイクロホンの音信号を用いてもよいし、あるいは、4個のマイクロホン11a, 11b, 12a, 12bの音信号のうちの複数のマイクロホン（例えば、左側と右側で対応する2個のマイクロホン、4個全てのマイクロホン）の音信号を平均化した音信号でもよい。
- [0049] ヒストグラム算出器31bでは、パワースペクトル算出器31aで算出したパワースペクトルから、走行音が支配的に含まれる周波数帯域におけるパワースペクトルのヒストグラムを算出する。
- [0050] 尺度母数算出器31cでは、走行音が支配的に含まれる周波数帯域におけるパワースペクトルのデータを用いて、ガンマ分布フィッティングを行い、

尺度母数を算出する。具体的には、式（１）により、形状母数 α の推定値を算出する。式（１）における γ は、走行音が支配的な周波数帯域における各周波数のパワーのデータ列 $\{x : x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を用いて、式（２）により算出できる。さらに、形状母数 α の推定値とデータ列 $\{x : x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を用いて、式（３）により、尺度母数 θ の推定値を算出する。

[数1]

$$\hat{\alpha} = \frac{3 - \gamma + \sqrt{(\gamma - 3)^2 + 24\gamma}}{12\gamma} \dots (1)$$

$$\gamma = \log(E[x]) - E(\log x) \dots (2)$$

$$\hat{\theta} = \frac{E[x]}{\hat{\alpha}} \dots (3)$$

[0051] ノイズモデル生成可否判定器 3 1 d では、尺度母数算出器 3 1 c で算出した尺度母数と閾値とを比較し、尺度母数が閾値以上の場合（尺度母数が大きく、音信号に走行音が含まれていると判断できる場合）にはノイズモデル生成不可と判定し、尺度母数が閾値未満の場合（尺度母数が小さく、音信号に走行音が含まれていないと判断できる場合）にはノイズモデル生成可と判定する。この閾値は、音信号の中に走行音が含まれているか否かを尺度母数の大きさに基づいて判定するための閾値であり、実験等によって予め設定される。

[0052] ノイズモデル生成器 3 1 e では、ノイズモデル生成可否判定器 3 1 d でノイズモデル生成可と判定した場合、デジタル信号変換器 2 0 からのデジタルの音信号を用いてノイズモデルを生成する。この生成方法としては、従来の方法を適用し、例えば、４個のマイクロホン 1 1 a, 1 1 b, 1 2 a, 1 2 b の音信号のうちの任意の 1 個のマイクロホンの音信号をそのままノイズモデルとしたり、４個のマイクロホン 1 1 a, 1 1 b, 1 2 a, 1 2 b の音信号のうちの複数のマイクロホンの音信号を平均化した音信号をノイズモデルとする。

[0053] ノイズ抑圧器 3 2 では、ノイズモデルを用いて、デジタル信号変換器 2 0

からのマイクロホン毎のデジタルの音信号からノイズ成分をそれぞれ抑圧する。この抑圧方法としては、従来の方法を適用し、例えば、音信号においてノイズモデルよりも大きな値を持つ区間を抽出し、その区間の音信号だけを音源方位推定器 33 で用いるようにする。ここでは、ノイズモデル生成器 31 e で既にノイズモデルを生成している場合にはそのノイズモデルを用い、ノイズモデル生成器 31 e でノイズモデルを生成していない場合には予め用意されているノイズモデルを用いる。予め用意されているノイズモデルは、実験等によって予め生成されたものである。

[0054] 音源方位推定器 33 では、ノイズ抑圧器 32 でノイズ成分を抑圧した各マイクロホン 11 a, 11 b, 12 a, 12 b の音信号を用いて、検出対象の音源（走行音（ひいては、自車両に接近する車両））が存在するかを判定し、音源が存在する場合にはその音源の方向や距離等を推定する。この推定方法としては、従来の方法を適用し、例えば、CSP [Cross power Spectrum Phase analysis] 法がある。CSP 法は、左右のマイクロホン対で集音された各音信号に対して周波数領域でのマッチングを行い、相互相関値（CSP 係数）を求め、相互相関値が閾値以上の場合には音源が存在すると判断し、音源が存在する場合には相互相関値が最大となる到達時間差から車両の方向や距離等を求める。

[0055] ECU 30 A では、音源方位推定器 33 の検出対象の音源の検出結果に基づいて接近車両情報を生成し、接近車両情報を運転支援装置 2 に出力する。接近車両情報としては、例えば、接近車両の有無、接近車両が存在する場合には方向、距離の情報である。

[0056] 運転支援装置 2 は、運転者に対して各種運転支援する装置である。特に、運転支援装置 2 では、一定時間毎に、接近車両検出装置 1 A から接近車両情報を入力すると、接近車両に関する運転支援を実施する。例えば、自車両に対して接近する車両が存在する場合、自車両に対する接近車両の衝突の可能性を判定し、衝突の可能性があると判定したときには運転者に対して警報を出力したり、接近車両の情報を提供し、更に、衝突の可能性が高まった場合

には自動ブレーキや自動操舵等の車両制御を行う。

[0057] 図1～図4を参照して、接近車両検出装置1Aの動作について説明する。ここでは、図5のフローチャートに沿って接近車両検出装置1Aにおける全体の動作を説明し、その後、図6のフローチャートに沿って接近車両検出装置1Aにおけるノイズモデル生成に関する動作を説明する。図5は、本実施の形態に係る接近車両検出装置における全体の動作の流れを示すフローチャートである。図6は、第1の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。

[0058] まず、接近車両検出装置1Aにおける全体の動作を説明する。車両状態や交通環境に基づいて、接近車両検出装置1Aのシステム作動論理を判断し（S1）、接近車両検出装置1Aを作動させるか否かを判定する（S2）。このシステム作動論理は、接近車両検出装置1Aを作動させる必要があるか否かを判断する条件であり、例えば、車両状態として車速が所定車速以上、あるいは以下であるという条件、交通環境としては自車両の前方に交差点が存在するという条件がある。なお、接近車両検出装置1Aを統括管理する上位の装置が存在し、この上位の装置（特に、ECU）で、S1、S2の各処理を行い、接近車両検出装置1Aを作動させると判定した場合には接近車両検出装置1Aを作動させる。

[0059] S2にて接近車両検出装置1Aを作動させると判定した場合、接近車両検出装置1Aが作動される。接近車両検出装置1Aが作動中、以下の動作を繰り返し行う。接近車両検出装置1Aでは、マイクロホンアレイ10の各マイクロホン11a、11b、12a、12bで車外の周囲の音をそれぞれ集音し、その各マイクロホン11a、11b、12a、12bの音信号をデジタル信号変換器20でデジタル信号にそれぞれ変換する。接近車両検出装置1AのECU30A（ノイズモデル生成部31A）では、デジタル信号変換器20で変換された音信号を用いて、その音信号の中に検出対象である走行音が存在するか否かを推定し（S3）、その推定よりノイズモデル生成が可能か否かを判定する（S4）。接近車両検出装置1AのECU30Aでは、S

4にてノイズモデルを生成可能と判定した場合には音信号を用いてノイズモデルを生成し（S5）。S4にてノイズモデルを生成不可と判定した場合にはノイズモデルを生成しない。このS3～S5の動作については、後で詳細に説明する。

[0060] また、接近車両検出装置1AのECU30A（ノイズ抑圧器32）では、S5で生成されたノイズモデルがある場合には、そのノイズモデルを用いて、デジタル信号変換器20で変換された各マイクロホンの音信号からノイズ成分をそれぞれ抑圧する（S6）。一方、S5で生成されたノイズモデルがない場合、予め用意されているノイズモデルを用いて、デジタル信号変換器20で変換された各マイクロホンの音信号からノイズ成分をそれぞれ抑圧する（S6）。より詳細には、ノイズモデルがない場合とは、ノイズモデルの生成が一度も実行されていない場合の他にも、設定された所定時間前から現時点までの間にノイズモデルの生成が実行されていない場合などが相当する。そして、ECU30A（音源方位推定器33）では、S6でノイズ成分が抑圧された各マイクロホンの音信号を用いて、検出対象の音源（自車両に接近する車両の走行音）が存在するかを判定し、検出対象の音源が存在する場合にはその検出対象の音源の方向や距離等を推定する（S7）。そして、ECU30Aでは、その音源の検出結果に基づいて接近車両情報を生成し、接近車両情報を運転支援装置2に出力する。なお、S6ではノイズモデルがまだ生成されていない場合には予め用意されているノイズモデルを用いてノイズ抑圧を行ったが、ノイズモデルがまだ生成されていない場合には、ノイズ抑圧はしないまま、検出対象の音源が存在するかを判定する構成としてもよい。

[0061] 次に、接近車両検出装置1Aにおけるノイズモデル生成に関する動作について説明する。マイクロホンアレイ10の各マイクロホン11a, 11b, 12a, 12bでは、車外の周囲の音をそれぞれ集音し、アナログの音信号を取得する（S10）。デジタル信号変換器20では、各マイクロホン11a, 11b, 12a, 12bのアナログの音信号をデジタルの音信号にそれ

ぞれ変換する（S 1 1）。

[0062] ECU 3 0 A（パワースペクトル算出器 3 1 a）では、S 1 1でデジタル信号に変換された音信号に対してFFTを行い、音信号のパワースペクトルを算出する（S 1 2）。そして、ECU 3 0 A（ヒストグラム算出器 3 1 b）では、そのパワースペクトルから、走行音が支配的な周波数帯域におけるパワースペクトルのヒストグラムを算出する（S 1 3）。さらに、ECU 3 0 A（尺度母数算出器 3 1 c）では、走行音が支配的な周波数帯域におけるパワースペクトルのデータを用いて、ガンマ分布フィッティングを行い、尺度母数を算出する（S 1 4）。

[0063] そして、ECU 3 0 A（ノイズモデル生成可否判定器 3 1 d）では、その尺度母数と閾値とを比較し、ノイズモデル生成が可能か否かを判定する（S 1 5）。S 1 5にて尺度母数が閾値以上の場合にはノイズモデル生成不可と判定し、ノイズモデルを生成しない。一方、S 1 5にて尺度母数が閾値未満の場合にはノイズモデル生成可と判定し、ECU 3 0 A（ノイズモデル生成器 3 1 e）では、S 1 1でデジタル信号に変換された音信号を用いてノイズモデルを生成する（S 1 6）。

[0064] この接近車両検出装置 1 Aによれば、音信号のパワースペクトルのヒストグラムを評価することにより音信号の中に走行音（検出対象の音源）が含まれているか否かを高精度に判定できるので、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断でき、各環境に対して適応的にノイズモデルを生成することができる。この生成されたノイズモデルを用いることにより、音信号からのノイズ成分の抑圧効果が向上する。このノイズ成分が抑圧された音信号を用いることにより、接近車両を高精度に検出することができる。さらに、接近車両検出装置 1 Aによれば、ガンマ分布フィッティングによる尺度母数を用いることにより、パワースペクトルのヒストグラムを高精度に評価することができる。

[0065] 図 7、図 8 を参照して、第 2 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 B について説明する。図 7 は、第 2 の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成

図である。図8は、走行音が観測される周波数帯域での尺度母数と走行音が観測されない周波数帯域での尺度母数の時間変化の一例である。

[0066] 接近車両検出装置1Bは、第1の実施の形態に係る接近車両検出装置1Aと比較すると、集音される音信号における2つの周波数帯域の特性からマイクロホンで集音した音信号に走行音が含まれているか否かを判別する機能を有している。そのために、接近車両検出装置1Bは、音信号のパワースペクトルを算出し、走行音（検出対象の音源）が含まれる第1周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムと走行音が含まれない第2周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムとをガンマ分布フィッティングによって評価する。

[0067] 接近車両検出装置1Bの構成を具体的に説明する前に、図8を参照して、走行音（検出対象の音源）が含まれる第1周波数帯域の尺度母数と走行音が含まれない第2周波数帯域の尺度母数との関係について説明しておく。走行音が存在しない環境では、ホワイトノイズやピンクノイズ等のノイズ環境となるので、全周波数帯域においてパワー分布に連続性がある。一方、走行音が存在する環境では、走行音を含む周波数帯域ではパワー分布が変化するので、走行音を含む周波数帯域とそれ以外の周波数帯域との間で連続性がなくなる。したがって、この2つの周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムを比較することにより、走行音が存在しない環境（ノイズモデルを生成するのに適した環境）かあるいは走行音が存在する環境（ノイズモデルを生成するのに適しない環境）かを高精度に判別できる。

[0068] そこで、走行音を含む周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムと走行音を含まない周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムとを比較評価することによって、走行音が存在しない環境かあるいは走行音が存在する環境かを判定し、走行音が存在しない環境であるタイミング（区間）を検出する。この評価には、第1の実施の形態でも説明したように、ガンマ分布フィッティングによる尺度母数を特徴量として用いる。

[0069] 図8には、実線L2で車両走行中に集音した音信号における走行音を含む

周波数帯域のパワースペクトルから求められた尺度母数の時間変化の一例と、実線L3で同じ音信号における走行音を含まない周波数帯域のパワースペクトルから求められた尺度母数の時間変化の一例を示している。実線L2から判るように、走行音を含む周波数帯域の場合、走行音が観測されない時間帯では尺度母数は0近傍であり、走行音が観測される時間帯では尺度母数が顕著に大きくなる。一方、実線L3から判るように、走行音を含まない周波数帯域の場合、走行音が観測されない時間帯だけでなく、走行音が観測される時間帯でも、尺度母数は0近傍である。このように、走行音を含む周波数帯域における尺度母数と走行音を含まない周波数帯域における尺度母数とを比較することにより、走行音が存在する環境と走行音が存在しない環境とを判別できる。

[0070] そこで、第2の実施の形態では、走行音を含む第1周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムと走行音を含まない第2周波数帯域のパワースペクトルのヒストグラムとを比較して評価するために、ガンマ分布フィッティングを用いて、第1周波数帯域のガンマ分布の形状母数と第2周波数帯域のガンマ分布の形状母数を求め、その各形状係数から第1周波数帯域のガンマ分布の尺度母数と第2周波数帯域のガンマ分布の尺度母数を求め、2つの尺度母数（特に、2つの尺度母数の差、もしくは比）を評価の特徴量とする。

[0071] なお、第1周波数帯域（走行音が支配的な周波数帯域）としては、実車実験等によって予め測定された車両の走行音の周波数帯域を含む帯域が設定される。第2周波数帯域（走行音が支配的でない周波数帯域）は、マイクロホンで検出可能な周波数帯域内で第1周波数帯域以外の帯域が設定され、例えば、第1周波数帯域の最大周波数からマイクロホンで検出可能な上限周波数より所定量小さい周波数までの帯域が設定される。

[0072] それでは、接近車両検出装置1Bの構成を説明する。接近車両検出装置1Bは、マイクロホンアレイ10、デジタル信号変換器20及びECU30B（ノイズモデル生成部31B、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33）を備えている。以下では、ECU30B（特に、ノイズモデル生成部31B）

について詳細に説明する。

[0073] ECU30Bは、CPU、ROM、RAM等からなる電子制御ユニットであり、接近車両検出装置1Bを統括制御する。ECU30Bには、ノイズモデル生成部31B（パワースペクトル算出器31a、第1ヒストグラム算出器31g、第2ヒストグラム算出器31h、第1尺度母数算出器31i、第2尺度母数算出器31j、尺度母数比較器31k、ノイズモデル生成可否判定器31l、ノイズモデル生成器31e）、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33が構成される。ECU30Bでは、デジタル信号変換器20からマイクロホン毎の音信号（デジタルの電気信号）をそれぞれ入力する。ここでは、パワースペクトル算出器31a、ノイズモデル生成器31e、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33については、既に説明しているので、説明を省略する。

[0074] なお、第2の実施の形態では、パワースペクトル算出器31aが請求の範囲に記載するパワースペクトル取得部に相当し、第1尺度母数算出器31i及び第2尺度母数算出器31jが請求の範囲に記載する尺度母数算出部に相当し、尺度母数比較器31k及びノイズモデル生成可否判定器31lが請求の範囲に記載する判定部に相当し、ノイズモデル生成器31eが請求の範囲に記載するノイズモデル生成部に相当し、ノイズ抑圧器32が請求の範囲に記載するノイズ抑圧部に相当する。

[0075] 第1ヒストグラム算出器31gでは、パワースペクトル算出器31aで算出したパワースペクトルから、走行音が支配的な第1周波数帯域におけるパワースペクトルのヒストグラムを算出する。また、第2ヒストグラム算出器31hでは、パワースペクトル算出器31aで算出したパワースペクトルから、走行音が支配的でない第2周波数帯域におけるパワースペクトルのヒストグラムを算出する。

[0076] 第1尺度母数算出器31iでは、走行音が支配的な第1周波数帯域におけるパワースペクトルのデータを用いて、ガンマ分布フィッティングを行い、走行音が支配的な第1周波数帯域の尺度母数を算出する。また、第2尺度母

数算出器 3 1 j では、走行音が支配的でない第 2 周波数帯域におけるパワースペクトルのデータを用いて、ガンマ分布フィッティングを行い、走行音が支配的でない第 2 周波数帯域の尺度母数を算出する。

[0077] 尺度母数比較器 3 1 k では、第 1 尺度母数算出器 3 1 i で算出した第 1 周波数帯域の尺度母数から第 2 尺度母数算出器 3 1 j で算出した第 2 周波数帯域の尺度母数を減算し、2 つの尺度母数の差を算出する。

[0078] ノイズモデル生成可否判定器 3 1 l では、尺度母数比較器 3 1 k で算出した尺度母数の差と閾値とを比較し、尺度母数の差が閾値以上の場合（第 1 周波数帯域の尺度母数が大きくなって 2 つの周波数帯域の尺度母数に明らかな差が発生し、音信号に走行音が含まれていると判断できる場合）にはノイズモデル生成不可と判定し、尺度母数が閾値未満の場合（2 つの周波数帯域の尺度母数に明らかな差がなく、音信号に走行音が含まれていないと判断できる場合）にはノイズモデル生成可と判定する。この閾値は、音信号の中に走行音が含まれているか否かを 2 つの周波数帯域の尺度母数の差、もしくは比に基づいて判定するための閾値であり、実験等によって予め設定される。

[0079] 図 7、図 8 を参照して、接近車両検出装置 1 B の動作について説明する。ここでは、図 9 のフローチャートに沿って接近車両検出装置 1 B におけるノイズモデル生成に関する動作を説明する。図 9 は、第 2 の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。なお、接近車両検出装置 1 B におけるノイズモデル生成に関する動作以外の動作は、第 1 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 A と同様の動作なので、説明を省略する。

[0080] 接近車両検出装置 1 B における S 2 0、S 2 1、S 2 2 の動作は、第 1 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 A における S 1 0、S 1 1、S 1 2 と同様の動作なので、説明を省略する。

[0081] 音信号のパワースペクトルを算出すると、ECU 3 0 B（第 1 ヒストグラム算出器 3 1 g）では、そのパワースペクトルから、走行音が支配的な第 1 周波数帯域におけるパワースペクトルのヒストグラムを算出する（S 2 3）

。さらに、ECU30B（第1尺度母数算出器31i）では、走行音が支配的な第1周波数帯域におけるパワースペクトルのデータを用いて、ガンマ分布フィッティングを行い、第1周波数帯域の尺度母数を算出する（S24）。また、ECU30B（第2ヒストグラム算出器31h）では、そのパワースペクトルから、走行音が支配的でない第2周波数帯域におけるパワースペクトルのヒストグラムを算出する（S25）。さらに、ECU30B（第2尺度母数算出器31j）では、走行音が支配的でない第2周波数帯域におけるパワースペクトルのデータを用いて、ガンマ分布フィッティングを行い、第2周波数帯域の尺度母数を算出する（S26）。

[0082] そして、ECU30B（尺度母数比較器31k）では、S24で算出した第1周波数帯域の尺度母数とS26で算出した第2周波数帯域の尺度母数との差を算出する（S27）。そして、ECU30B（ノイズモデル生成可否判定器31l）では、その尺度母数の差と閾値とを比較し、ノイズモデル生成が可能か否かを判定する（S28）。S28にて尺度母数の差が閾値以上の場合にはノイズモデル生成不可と判定し、ノイズモデルを生成しない。一方、S28にて尺度母数の差が閾値未満の場合にはノイズモデル生成可と判定し、ECU30B（ノイズモデル生成器31e）では、S21でデジタル信号に変換された音信号を用いてノイズモデルを生成する（S29）。

[0083] この接近車両検出装置1Bは、第1の実施の形態に係る接近車両検出装置1Aと同様の効果を有する上に、以下の効果も有している。接近車両検出装置1Bによれば、走行音が含む第1周波数帯域でのパワースペクトルのヒストグラムと走行音を含まない第2周波数帯域でのパワースペクトルのヒストグラムとを比較評価することにより音情報の中に走行音が含まれているか否かをより高精度に判定することができ、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングを判断でき、環境が変動しても追従してノイズモデルを生成することができる。

[0084] 図10を参照して、第3の実施の形態に係る接近車両検出装置1Cについて説明する。図10は、第3の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図

である。

[0085] 接近車両検出装置 1 C は、第 2 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 B と比較すると、第 1 周波数帯域と第 2 周波数帯域との尺度母数の差が小さい場合（ノイズモデル生成可と判定している場合）でも点音源が存在する場合にはノイズモデルを生成しない機能を有している。

[0086] 接近車両検出装置 1 C の構成を具体的に説明する前に、点音源について説明しておく。点音源は、ホワイトノイズ、ピンクノイズ等の環境ノイズではない特定の音源である。音源方位推定器 3 3 では検出対象の音源が車両の走行音（点音源の一つ）であり、音源方位推定器 3 3 で検出される音源は車両の走行音である可能性が高い。

[0087] ちなみに、音源方位推定器 3 3 で検出対象の音源を検出しているが、第 1 周波数帯域と第 2 周波数帯域との尺度母数の差がまだ小さい場合（検出対象の音源が自車両から遠方に存在する場合等）がある。このような場合、閾値の設定によっては、尺度母数の差の判定でノイズモデル生成可と判定される場合があるが、音信号には走行音成分が含まれている可能性がある。

[0088] そこで、第 3 の実施の形態では、音源方位推定器 3 3 の検出対象の音源の検出結果を利用して、音信号の中に点音源が存在するか否かを判定し、点音源が存在する場合にはノイズモデル生成を行わない。

[0089] それでは、接近車両検出装置 1 C の構成を説明する。接近車両検出装置 1 C は、マイクロホンアレイ 1 0、デジタル信号変換器 2 0 及び ECU 3 0 C（ノイズモデル生成部 3 1 C、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3）を備えている。以下では、ECU 3 0 C（特に、ノイズモデル生成部 3 1 C）について詳細に説明する。

[0090] ECU 3 0 C は、CPU、ROM、RAM 等からなる電子制御ユニットであり、接近車両検出装置 1 C を統括制御する。ECU 3 0 C には、ノイズモデル生成部 3 1 C（パワースペクトル算出器 3 1 a、第 1 ヒストグラム算出器 3 1 g、第 2 ヒストグラム算出器 3 1 h、第 1 尺度母数算出器 3 1 i、第 2 尺度母数算出器 3 1 j、尺度母数比較器 3 1 k、ノイズモデル生成可否判

定器 3 1 l、点音源判定器 3 1 n、ノイズモデル生成器 3 1 e)、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3 が構成される。ECU 3 0 C では、デジタル信号変換器 2 0 からマイクロホン毎の音信号(デジタルの電気信号)をそれぞれ入力する。ここでは、パワースペクトル算出器 3 1 a、第 1 ヒストグラム算出器 3 1 g、第 2 ヒストグラム算出器 3 1 h、第 1 尺度母数算出器 3 1 i、第 2 尺度母数算出器 3 1 j、尺度母数比較器 3 1 k、ノイズモデル生成可否判定器 3 1 l、ノイズモデル生成器 3 1 e、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3 については、既に説明しているので、説明を省略する。

[0091] なお、第 3 の実施の形態では、パワースペクトル算出器 3 1 a が請求の範囲に記載するパワースペクトル取得部に相当し、第 1 尺度母数算出器 3 1 i 及び第 2 尺度母数算出器 3 1 j が請求の範囲に記載する尺度母数算出部に相当し、尺度母数比較器 3 1 k 及びノイズモデル生成可否判定器 3 1 l が請求の範囲に記載する判定部に相当し、音源方位推定器 3 3 及び点音源判定器 3 1 n が請求の範囲に記載する点音源検出部に相当し、ノイズモデル生成器 3 1 e が請求の範囲に記載するノイズモデル生成部に相当し、ノイズ抑圧器 3 2 が請求の範囲に記載するノイズ抑圧部に相当する。

[0092] 点音源判定器 3 1 n では、ノイズモデル生成可否判定器 3 1 l でノイズモデル生成可と判定している場合、音源方位推定器 3 3 での検出対象音源の検出結果に基づいて、検出対象音源(すなわち、点音源)が存在するか否かを判定する。

[0093] なお、ノイズモデル生成器 3 1 e では、ノイズモデル生成可否判定器 3 1 l でノイズモデル生成可と判定している場合でも点音源判定器 3 1 n で点音源が存在すると判定しているときには、ノイズモデルを生成しない。

[0094] 図 1 0 を参照して、接近車両検出装置 1 C の動作について説明する。ここでは、図 1 1 のフローチャートに沿って接近車両検出装置 1 C におけるノイズモデル生成に関する動作を説明する。図 1 1 は、第 3 の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。なお、接近車両検出装置 1 C におけるノイズモデル生成に関する動作以外の動作は

、第1の実施の形態に係る接近車両検出装置1Aと同様の動作なので、説明を省略する。

[0095] 接近車両検出装置1CにおけるS40～S48の動作は、第2の実施の形態に係る接近車両検出装置1BにおけるS20～S28と同様の動作なので、説明を省略する。

[0096] 接近車両検出装置1CのECU30C（ノイズ抑圧器32）では、S50で生成されているノイズモデルを用いて（ノイズモデルが生成されていない場合には予め用意されているノイズモデルを用いて）、S41でデジタル信号に変換された各マイクロホンの音信号からノイズ成分をそれぞれ抑圧する（S6）。そして、ECU30C（音源方位推定器33）では、S6でノイズ成分が抑圧された各マイクロホンの音信号を用いて、検出対象の音源（自車両に接近する車両の走行音）が存在するかを判定し、検出対象の音源が存在する場合にはその検出対象の音源の方向や距離等を推定する（S7）。

[0097] S48でノイズモデル生成可と判定した場合、ECU30C（点音源判定器31n）では、S7での検出対象の音源の検出結果に基づいて、点音源が検出されているか否かを判定する（S49）。S49にて点音源が検出されていると判定した場合、ノイズモデルを生成しない。一方、S49にて点音源が検出されていないと判定した場合、ECU30C（ノイズモデル生成器31e）では、S41でデジタル信号に変換された音信号を用いてノイズモデルを生成する（S50）。

[0098] この接近車両検出装置1Cは、第2の実施の形態に係る接近車両検出装置1Bと同様の効果を有する上に、以下の効果も有している。接近車両検出装置1Cによれば、第1周波数帯域と第2周波数帯域と尺度母数の差が小さくノイズモデル生成可と判定されている場合でも点音源の有無を考慮してノイズモデル生成を判断することにより、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングをより高精度に判断できる。

[0099] 図12を参照して、第4の実施の形態に係る接近車両検出装置1Dについて説明する。図12は、第4の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図

である。

[0100] 接近車両検出装置 1 D は、第 3 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 C と比較すると、検出対象の音源以外の妨害音（特徴音）が存在する場合にはノイズモデルを生成できる機能を有している。

[0101] 接近車両検出装置 1 D の構成を具体的に説明する前に、妨害音について説明しておく。妨害音は、ホワイトノイズ、ピンクノイズ等の環境ノイズではない特定の音源（点音源）の中で検出対象の音源以外の特徴的な音源である。音源方位推定器 3 3 では検出対象の音源（走行音）を検出しているが、ある環境において走行音と重複する周波数帯域を持つ特徴的な音源が存在する場合、音源方位推定器 3 3 で検出された音源が走行音以外の音源の可能性もある。このような走行音以外の音源は、ノイズ成分に相当する。

[0102] そこで、第 4 の実施の形態では、検出対象の音源以外の妨害音の検出を行い、音信号の中に妨害音が存在するか否かを判定し、妨害音が存在する場合にはノイズモデル生成を行う。

[0103] それでは、接近車両検出装置 1 D の構成を説明する。接近車両検出装置 1 D は、マイクロホンアレイ 1 0、デジタル信号変換器 2 0 及び ECU 3 0 D（ノイズモデル生成部 3 1 D、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3）を備えている。以下では、ECU 3 0 D（特に、ノイズモデル生成部 3 1 D）について詳細に説明する。

[0104] ECU 3 0 D は、CPU、ROM、RAM 等からなる電子制御ユニットであり、接近車両検出装置 1 D を統括制御する。ECU 3 0 D には、ノイズモデル生成部 3 1 D（パワースペクトル算出器 3 1 a、第 1 ヒストグラム算出器 3 1 g、第 2 ヒストグラム算出器 3 1 h、第 1 尺度母数算出器 3 1 i、第 2 尺度母数算出器 3 1 j、尺度母数比較器 3 1 k、ノイズモデル生成可否判定器 3 1 l、点音源判定器 3 1 n、妨害音検出器 3 1 p、音色特性データベース 3 1 q、妨害音判定器 3 1 r、ノイズモデル生成器 3 1 e）、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3 が構成される。ECU 3 0 D では、デジタル信号変換器 2 0 からマイクロホン毎の音信号（デジタルの電気信号）をそれ

ぞれ入力する。ここでは、パワースペクトル算出器 3 1 a、第 1 ヒストグラム算出器 3 1 g、第 2 ヒストグラム算出器 3 1 h、第 1 尺度母数算出器 3 1 i、第 2 尺度母数算出器 3 1 j、尺度母数比較器 3 1 k、ノイズモデル生成可否判定器 3 1 l、点音源判定器 3 1 n、ノイズモデル生成器 3 1 e、ノイズ抑圧器 3 2、音源方位推定器 3 3 については、既に説明しているので、説明を省略する。

[0105] なお、第 4 の実施の形態では、パワースペクトル算出器 3 1 a が請求の範囲に記載するパワースペクトル取得部に相当し、第 1 尺度母数算出器 3 1 i 及び第 2 尺度母数算出器 3 1 j が請求の範囲に記載する尺度母数算出部に相当し、尺度母数比較器 3 1 k 及びノイズモデル生成可否判定器 3 1 l が請求の範囲に記載する判定部に相当し、音源方位推定器 3 3 及び点音源判定器 3 1 n が請求の範囲に記載する点音源検出部に相当し、妨害音検出器 3 1 p、音色特性データベース 3 1 q 及び妨害音判定器 3 1 r が請求の範囲に記載する特徴音検出部に相当し、ノイズモデル生成器 3 1 e が請求の範囲に記載するノイズモデル生成部に相当し、ノイズ抑圧器 3 2 が請求の範囲に記載するノイズ抑圧部に相当する。

[0106] 妨害音検出器 3 1 p では、デジタル信号変換器 2 0 からのデジタルの音信号を用いて、検出対象の音源以外の特徴的な音源（妨害音）を検出する。この検出方法としては、例えば、音色特性データベース 3 1 q が備えられる場合、音色特性データベース 3 1 q に格納されている検出対象の音源以外の各音源と音信号とでスペクトルパターン認識等を行い、音信号の中に検出対象の音源以外の音源（妨害音）が存在するか否かを判断する。音色特性データベース 3 1 q には、車両が走行する環境に存在する検出対象の音源（走行音）以外の各音源（例えば、各店舗で発生する音、自動販売機で発生する音、車両のエンジン音、踏み切りで発生する踏切警報音、空港や駅周辺での飛行機や電車による騒音）のスペクトルパターンが格納されている。また、音色特性データベース 3 1 q が無い場合、LPC[Linear Predictive Coding]等によって音信号が調波構造（周波数に周期性を持つ構造）か否かを判定し、

調波構造を持つ音を検出対象の音源以外の音源（妨害音）として検出する。車両の走行音は、周波数帯域全体にパワーが分布し、調波構造を持たない。

[0107] 妨害音判定器 31r では、点音源判定器 31n で点音源が存在すると判定している場合又はノイズモデル生成可否判定器 31l でノイズモデル生成不可と判定している場合、妨害音検出器 31p での検出結果に基づいて妨害音が存在するか否かを判定する。

[0108] なお、ノイズモデル生成器 31e では、ノイズモデル生成可否判定器 31l でノイズモデル生成可と判定しかつ点音源判定器 31n で点音源が存在すると判定している場合又はノイズモデル生成可否判定器 31l でノイズモデル生成不可と判定している場合でも、妨害音判定器 31r で妨害音（検出対象音源以外の音源）が存在すると判定しているときには、ノイズモデルを生成する。

[0109] 図 12 を参照して、接近車両検出装置 1D の動作について説明する。ここでは、図 13 のフローチャートに沿って接近車両検出装置 1D におけるノイズモデル生成に関する動作を説明する。図 13 は、第 4 の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。なお、接近車両検出装置 1D におけるノイズモデル生成に関する動作以外の動作は、第 1 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1A と同様の動作なので、説明を省略する。

[0110] 接近車両検出装置 1D における S60～S69 及び S6, S7 の動作は、第 3 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1C における S40～S49 及び S6, S7 と同様の動作なので、説明を省略する。

[0111] 接近車両検出装置 1D の ECU 30D（妨害音検出器 31p）では、S61 でデジタル信号に変換された音信号を用いて、音信号の中に検出対象の音源以外の妨害音の検出を行う（S70）。この際、音色特性データベース 31q が有る場合にはこのデータベース 31q に格納される各音源のスペクトルパターンを利用してスペクトルパターン認識等を行い、音色特性データベース 31q が無い場合には調波構造を持つ音の検出等を行う。

- [0112] S 6 8 でノイズモデル生成可と判定かつ S 6 9 で点音源が検出されていると判定した場合あるいは S 6 8 でノイズモデル生成不可と判定した場合、E C U 3 0 D (妨害音判定器 3 1 r) では、S 7 0 での妨害音の検出結果に基づいて、妨害音が検出されているか否かを判定する (S 7 1)。S 7 1 にて妨害音が検出されていないと判定した場合、ノイズモデルを生成しない。一方、S 7 1 にて妨害音が検出されていると判定した場合、E C U 3 0 C (ノイズモデル生成器 3 1 e) では、S 6 1 でデジタル信号に変換された音信号を用いてノイズモデルを生成する (S 7 2)。
- [0113] この接近車両検出装置 1 D は、第 3 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 C と同様の効果を有する上に、以下の効果も有している。接近車両検出装置 1 D によれば、点音源が存在すると判定されている場合や第 1 周波数帯域と第 2 周波数帯域と尺度母数の差が大きくノイズモデル生成不可と判定されている場合でも妨害音の有無を考慮してノイズモデル生成を判断することにより、ノイズモデルを生成するための適切なタイミングをより高精度に判断できる。
- [0114] 図 1 4 を参照して、第 5 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 E について説明する。図 1 4 は、第 5 の実施の形態に係る接近車両検出装置の構成図である。
- [0115] 接近車両検出装置 1 E は、第 4 の実施の形態に係る接近車両検出装置 1 D と比較すると、ノイズモデルが既に生成されている場合に環境の変化に応じてノイズモデルを更新できる機能を有している。
- [0116] 接近車両検出装置 1 E の構成を具体的に説明する前に、ノイズモデルの更新の必要性について説明しておく。ノイズモデルを生成した後も、車両走行中に周辺の環境が変化すると、環境に応じてノイズ成分も変わる場合がある。このような環境の変化に対応するために、その都度、各環境で取得される音信号からノイズモデルを再生成すると、処理負荷が大きくなる。また、ノイズモデルを一から作り変える場合、例えば、ある環境で瞬間的に特徴的な音が発生しているときにノイズモデルを生成すると、不連続なノイズモデル

となり、そのノイズモデルを用いて次の処理でノイズ抑圧を行うと、抑圧効果が低減する。

[0117] そこで、第5の実施の形態では、前回の処理までにノイズモデルが既に生成されている場合、生成されているノイズモデルと現在の環境で取得されている音信号（パワースペクトル）とを比較し、変化している場合には現在の環境での音信号（パワースペクトル）を加味してノイズモデルを更新する。

[0118] それでは、接近車両検出装置1Eの構成を説明する。接近車両検出装置1Eは、マイクロホンアレイ10、デジタル信号変換器20及びECU30E（ノイズモデル生成部31E、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33）を備えている。以下では、ECU30E（特に、ノイズモデル生成部31E）について詳細に説明する。

[0119] ECU30Eは、CPU、ROM、RAM等からなる電子制御ユニットであり、接近車両検出装置1Eを統括制御する。ECU30Eには、ノイズモデル生成部31E（パワースペクトル算出器31a、第1ヒストグラム算出器31g、第2ヒストグラム算出器31h、第1尺度母数算出器31i、第2尺度母数算出器31j、尺度母数比較器31k、ノイズモデル生成可否判定器31l、点音源判定器31n、妨害音検出器31p、音色特性データベース31q、妨害音判定器31r、ノイズモデル生成器31e、ノイズ比較器31t、ノイズモデル更新器31u）、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33が構成される。ECU30Eでは、デジタル信号変換器20からマイクロホン毎の音信号（デジタルの電気信号）をそれぞれ入力する。ここでは、パワースペクトル算出器31a、第1ヒストグラム算出器31g、第2ヒストグラム算出器31h、第1尺度母数算出器31i、第2尺度母数算出器31j、尺度母数比較器31k、ノイズモデル生成可否判定器31l、点音源判定器31n、妨害音検出器31p、音色特性データベース31q、妨害音判定器31r、ノイズモデル生成器31e、ノイズ抑圧器32、音源方位推定器33については、既に説明しているので、説明を省略する。

[0120] なお、第5の実施の形態では、パワースペクトル算出器31aが請求の範

図に記載するパワースペクトル取得部に相当し、第1尺度母数算出器31i及び第2尺度母数算出器31jが請求の範囲に記載する尺度母数算出部に相当し、尺度母数比較器31k及びノイズモデル生成可否判定器31lが請求の範囲に記載する判定部に相当し、音源方位推定器33及び点音源判定器31nが請求の範囲に記載する点音源検出部に相当し、妨害音検出器31p、音色特性データベース31q及び妨害音判定器31rが請求の範囲に記載する特徴音検出部に相当し、ノイズモデル生成器31eが請求の範囲に記載するノイズモデル生成部に相当し、ノイズモデル更新器31uが請求の範囲に記載するノイズモデル更新部に相当し、ノイズ抑圧器32が請求の範囲に記載するノイズ抑圧部に相当する。

[0121] ノイズ比較器31tでは、前回までの処理でノイズモデルが既に生成されている場合、ノイズモデルと現在の環境で取得されている音信号（パワースペクトル）とを比較し、ノイズモデルから変化しているか否かを判定する。

[0122] ノイズモデル更新器31uでは、1次IIR[Infinite Impulse Response]フィルタを用いて、ノイズ比較器31tで変化していると判定した場合、ノイズモデルに現在の環境で取得されている音信号（パワースペクトル）を加味してノイズモデルを更新する。具体的には、現在の環境での音信号のパワースペクトル $A(\omega)$ と更新前のノイズモデル $N(\omega)_n$ を用いて、式(4)により、更新後のノイズモデル $N(\omega)_{n+1}$ を算出する。式(4)における η は、忘却係数であり、現在の環境での音信号のパワースペクトルを加味する度合いを示す。忘却係数は、0~1の間の値であり、固定値でもよいし、ノイズモデルから変化している度合い等を考慮した可変値でもよい。なお、1次IIRフィルタを用いた方法以外の方法で、ノイズモデルを更新してもよい。

[数2]

$$N(\omega)_{n+1} = (1-\eta)N(\omega)_n + \eta A(\omega) \cdots (4)$$

[0123] なお、ノイズモデル生成可否判定器31l、点音源判定器31n、妨害音判定器31rの各判定結果からノイズモデル生成不可の条件になっている場

合（検出対象の音源が存在する場合）、ノイズモデルを更新するとノイズモデルに検出対象の音源成分が加味されることになるので、ノイズモデル更新を行わないようにするとよい。

[0124] 図14を参照して、接近車両検出装置1Eの動作について説明する。ここでは、図15のフローチャートに沿って接近車両検出装置1Eにおけるノイズモデル生成に関する動作を説明する。図15は、第5の実施の形態に係るノイズモデル生成に関する動作の流れを示すフローチャートである。なお、接近車両検出装置1Eにおけるノイズモデル生成に関する動作以外の動作は、第1の実施の形態に係る接近車両検出装置1Aと同様の動作なので、説明を省略する。

[0125] 接近車両検出装置1EにおけるS80～S82、S84～S93及びS6、S7の動作は、第4の実施の形態に係る接近車両検出装置1DにおけるS60～S62、S63～S72及びS6、S7と同様の動作なので、説明を省略する。

[0126] S82でパワースペクトルを算出すると、ECU30Eでは、前回までに生成されたノイズモデルが無いか否かを判定する（S83）。S83にて前回までに生成されたノイズモデルが無いと判定した場合にはS84以降の処理を行う。

[0127] S83にて前回までに生成されたノイズモデルがあると判定した場合、ECU30E（ノイズ比較器31t）では、現在の音信号のパワースペクトルとノイズモデルとを比較し、ノイズモデルから変化があるか否かを判定する（S94）。ノイズモデルから変化がある場合、ECU30E（ノイズモデル更新器31u）では、1次IIRフィルタにより、ノイズモデルに現在の音信号のパワースペクトルを加味してノイズモデルを更新する（S95）。

[0128] この接近車両検出装置1Eは、第4の実施の形態に係る接近車両検出装置1Dと同様の効果を有する上に、以下の効果も有している。接近車両検出装置1Eによれば、既にノイズモデルが生成されている場合には現在の環境で集音されている音信号を加味してノイズモデルを更新することにより、少な

い処理負荷で、環境の変化に対応した適切なノイズモデルを生成することができる。

[0129] 以上、本発明に係る実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されることなく様々な形態で実施される。

[0130] 例えば、本実施の形態では音源方位推定装置が車両に搭載され、接近車両（音源として車両の走行音）を検出する接近車両検出装置に適用したが、車両以外の音源を検出する装置でもよいし、車両以外の移動体に搭載される音源方位推定装置でもよい。また、本実施の形態では検出した接近車両情報を運転支援装置に提供する装置に適用したが、他の構成でもよい。例えば、運転支援装置の中に接近車両検出機能として組み込まれるものでもよいし、接近車両検出装置の中に警報機能等を有するものでもよい。また、マイクロホンで集音した音情報からノイズモデル生成を行うノイズモデル生成装置に適用してもよい。また、ノイズモデル生成を行い、このノイズモデルを用いてマイクロホンで集音した音情報からノイズ抑圧を行うノイズ抑圧装置に適用してもよい。

[0131] また、本実施の形態では音のパワースペクトルのヒストグラムを算出し、ガンマ分布フィッティングにより尺度母数を算出し、尺度母数に基づいてノイズモデル生成可か否かを判断し、ノイズモデル生成可の場合にノイズモデルを生成する構成としたが、その尺度母数に基づいて検出対象の音源（例えば、接近車両の走行音）を検出する音源検出装置（例えば、接近車両検出装置）に適用してもよい。なお、本実施の形態で説明したノイズモデル生成不可のタイミング（区間）が走行音（接近車両が存在すること）を検出できているタイミング（区間）になる。

[0132] また、本実施の形態では4個のマイクロホンを備え、左右のマイクロホンユニットからなるマイクロホンアレイを例に挙げて説明したが、マイクロホン（集音器）の個数や配置等について他の様々なバリエーションが適用可能である。ちなみに、マイクロホンは1個でもよい。

[0133] また、本実施の形態ではパワースペクトルのヒストグラムを算出し、ガン

マ分布フィッティングにより尺度母数を算出する構成としたが、ガンマ分布フィッティングを用いているので、ヒストグラムを算出せずに（ヒストグラム算出器が無い構成）、パワースペクトルを直接用いてガンマ分布フィッティングにより尺度母数を算出する構成としてもよい。

[0134] また、本実施の形態ではパワースペクトルのヒストグラムを評価するためにガンマ分布を用いる構成としたが、他の評価方法でパワースペクトルのヒストグラムを評価してもよい。例えば、正規分布、ラプラス分布、二項分布を用いる。また、本実施の形態ではノイズモデルの生成可否を判断するためにガンマ分布の尺度母数を用いる構成としたが、他の特徴量を用いてノイズモデルの生成可否を判断してもよい。

[0135] また、本実施の形態では5つの実施の形態を示し、各実施の形態の番号が増える毎に1つずつ機能を追加してゆく構成としたが、追加する機能の組み合わせについては適宜変更してもよい。例えば、第1の実施の形態に第5の実施の形態のノイズモデル更新機能を追加した構成、第2の実施の形態に第5の実施の形態のノイズモデル更新機能を追加した構成がある。

産業上の利用可能性

[0136] 本発明は、集音器で集音された音情報から検出対象の音源を検出する音源検出装置、集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズ情報に関するノイズモデルを生成するノイズモデル生成装置、そのノイズモデルを用いるノイズ抑圧装置、音源方位推定装置、接近車両検出装置及びノイズ抑圧方法に利用可能である。

符号の説明

[0137] 1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 1 E…接近車両検出装置、2…運転支援装置、10…マイクロホンアレイ、11…左側マイクロホンユニット、11 a…第1マイクロホン、11 b…第2マイクロホン、12…右側マイクロホンユニット、12 a…第3マイクロホン、12 b…第4マイクロホン、20…デジタル信号変換器、30 A, 30 B, 30 C, 30 D, 30 E…ECU、31 A, 31 B, 31 C, 31 D, 31 E…ノイズモデル生成部、31 a…パワ

ースペクトル算出器、31b…ヒストグラム算出器、31c…尺度母数算出器、31d, 31l…ノイズモデル生成可否判定器、31e…ノイズモデル生成器、31g…第1ヒストグラム算出器、31h…第2ヒストグラム算出器、31i…第1尺度母数算出器、31j…第2尺度母数算出器、31k…尺度母数比較器、31n…点音源判定器、31p…妨害音検出器、31q…音色特性データベース、31r…妨害音判定器、31t…ノイズ比較器、31u…ノイズモデル更新器、32…ノイズ抑圧器、33…音源方位推定器。

請求の範囲

- [請求項1] 集音器で集音された音情報から検出対象の音源を検出する音源検出装置であって、
- 前記集音器で集音された音情報からパワースペクトルを取得するパワースペクトル取得部と、
- 前記パワースペクトル取得部で取得したパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより、前記集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定部と、
- を備えることを特徴とする音源検出装置。
- [請求項2] 前記判定部は、検出対象の音源に基づいて設定される第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを評価することにより、前記集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定することを特徴とする請求項1に記載の音源検出装置。
- [請求項3] パワースペクトルに基づくガンマ分布フィッティングによりガンマ分布の尺度母数を算出する尺度母数算出部を備え、
- 前記判定部は、前記尺度母数算出部で算出した尺度母数を用いてパワースペクトルの確率密度分布を評価することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の音源検出装置。
- [請求項4] 集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズ情報に関するノイズモデルを生成するためのノイズモデル生成装置であって、
- 前記集音器で集音された音情報からパワースペクトルを取得するパワースペクトル取得部と、
- 前記パワースペクトル取得部で取得したパワースペクトルの確率密度分布を評価することにより、前記集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定部と、

前記判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に前記集音器で集音された音情報からノイズモデルを生成するノイズモデル生成部と、

を備えることを特徴とするノイズモデル生成装置。

[請求項5] 前記判定部は、検出対象の音源に基づいて設定される第1周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布と第1周波数帯域以外の第2周波数帯域でのパワースペクトルの確率密度分布とを評価することにより、前記集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定することを特徴とする請求項4に記載のノイズモデル生成装置。

[請求項6] パワースペクトルに基づくガンマ分布フィッティングによりガンマ分布の尺度母数を算出する尺度母数算出部を備え、

前記判定部は、前記尺度母数算出部で算出した尺度母数を用いてパワースペクトルの確率密度分布を評価することを特徴とする請求項4又は請求項5に記載のノイズモデル生成装置。

[請求項7] 前記集音器で集音された音情報から点音源を検出する点音源検出部を備え、

前記ノイズモデル生成部は、前記判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合でも、前記点音源検出部で点音源を検出している場合にはノイズモデルを生成しないことを特徴とする請求項4～請求項6のいずれか1項に記載のノイズモデル生成装置。

[請求項8] 前記集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外の特徴音を検出する特徴音検出部を備え、

前記ノイズモデル生成部は、前記特徴音検出部で検出対象の音源以外の特徴音を検出している場合にはノイズモデルを生成することを特徴とする請求項4～請求項7のいずれか1項に記載のノイズモデル生成装置。

- [請求項9] 前記ノイズモデル生成部でノイズモデルを既に生成している場合、当該ノイズモデルを前記集音器で集音された音情報を加味して更新するノイズモデル更新部を備えることを特徴とする請求項4～請求項8のいずれか1項に記載のノイズモデル生成装置。
- [請求項10] 集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズを抑圧するためのノイズ抑圧装置であって、
請求項4～請求項9のいずれか1項に記載のノイズモデル生成装置を備え、
前記ノイズモデル生成装置で生成したノイズモデルを用いて前記集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧することを特徴とするノイズ抑圧装置。
- [請求項11] 集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源の方位を推定する音源方位推定装置であって、
請求項10に記載のノイズ抑圧装置を備え、
前記ノイズ抑圧装置でノイズが抑圧された音情報から検出対象の音源の方位を推定することを特徴とする音源方位推定装置。
- [請求項12] 車両に搭載される集音器で集音された音情報に基づいて接近する車両を検出する接近車両検出装置であって、
請求項11に記載の音源方位推定装置を備え、
前記音源方位推定装置で接近車両から発生する音源の方位を推定することを特徴とする接近車両検出装置。
- [請求項13] 集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズを抑圧するためのノイズ抑圧装置であって、
前記集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定部と、
前記判定部で音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に前記集音器で集音された音情報からノイズモデルを生成するノイズモデル生成部と、

前記ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルを用いて前記集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧するノイズ抑圧部と、

を備えることを特徴とするノイズ抑圧装置。

[請求項14]

前記ノイズ抑圧部は、前記ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルがある場合には前記ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルを用いて前記集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧し、前記ノイズモデル生成部で生成したノイズモデルがない場合には予め用意されたノイズモデルを用いて前記集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧する又はノイズ抑圧をしないことを特徴とする請求項13に記載のノイズ抑圧装置。

[請求項15]

集音器で集音された音情報に含まれる検出対象の音源以外のノイズを抑圧するためのノイズ抑圧方法であって、

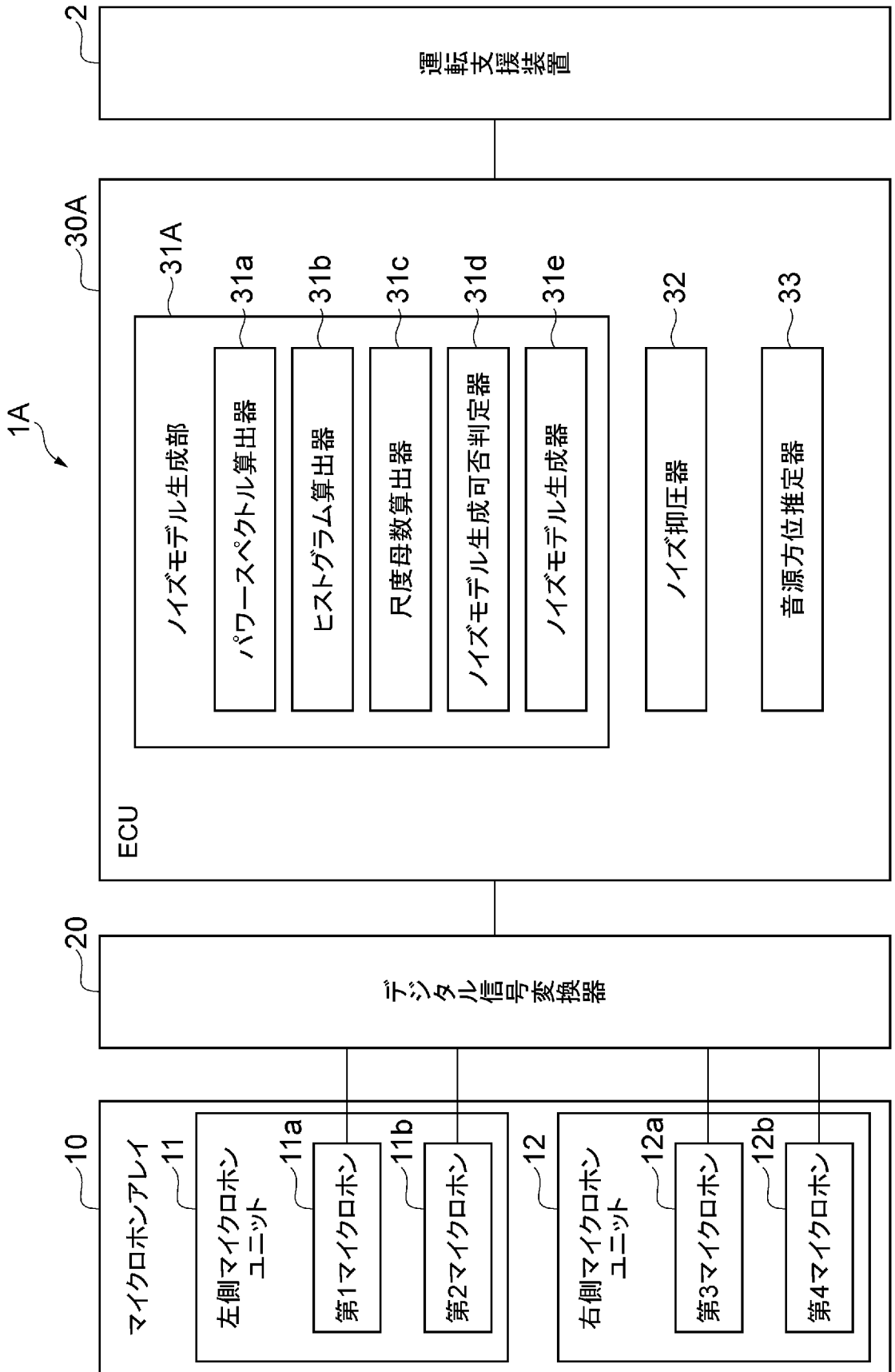
前記集音器で集音された音情報の中に検出対象の音源が含まれているか否かを判定する判定ステップと、

前記判定ステップで音情報の中に検出対象の音源が含まれていないと判定している場合に前記集音器で集音された音情報からノイズモデルを生成するノイズモデル生成ステップと、

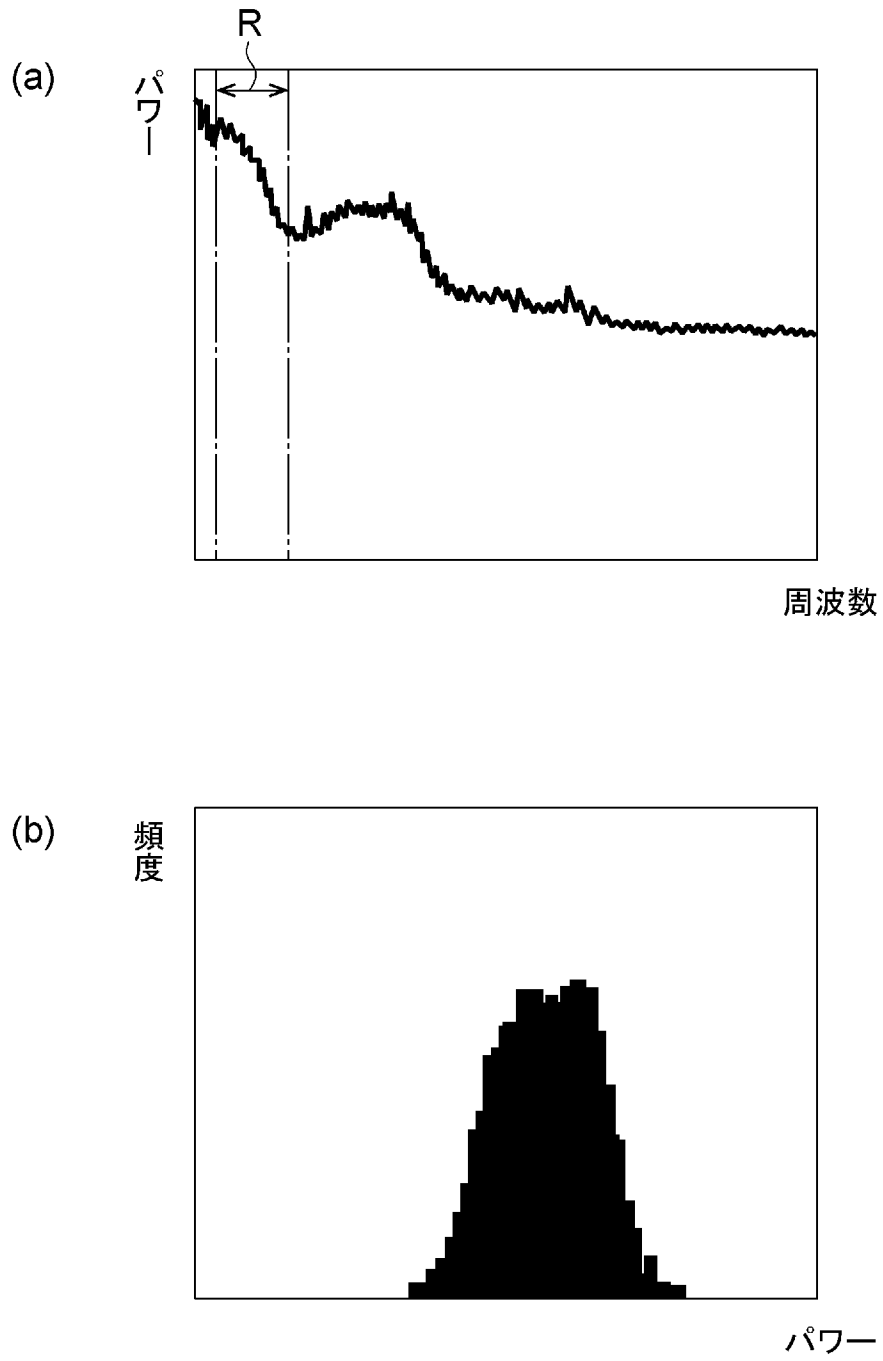
前記ノイズモデル生成ステップで生成したノイズモデルを用いて前記集音器で集音された音情報から検出対象の音源以外のノイズを抑圧するノイズ抑圧ステップと、

を含むことを特徴とするノイズ抑圧方法。

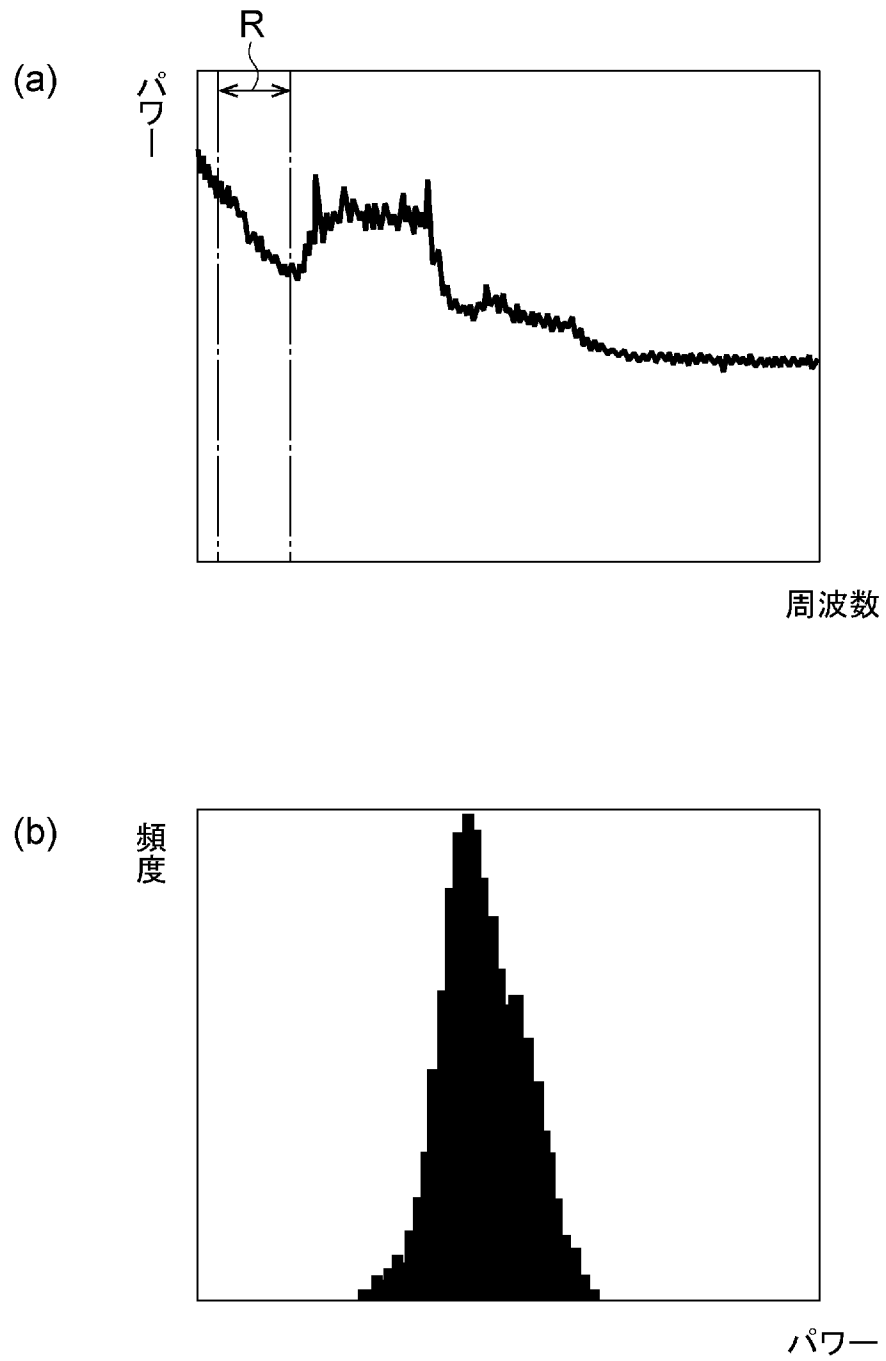
[図1]



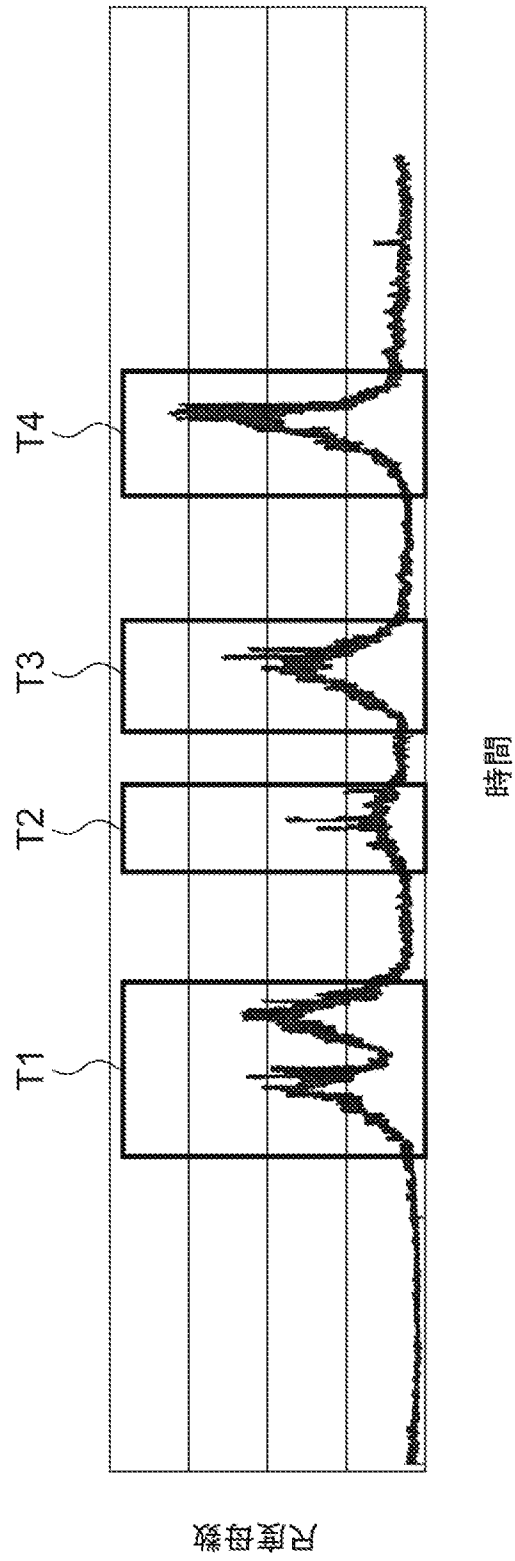
[図2]



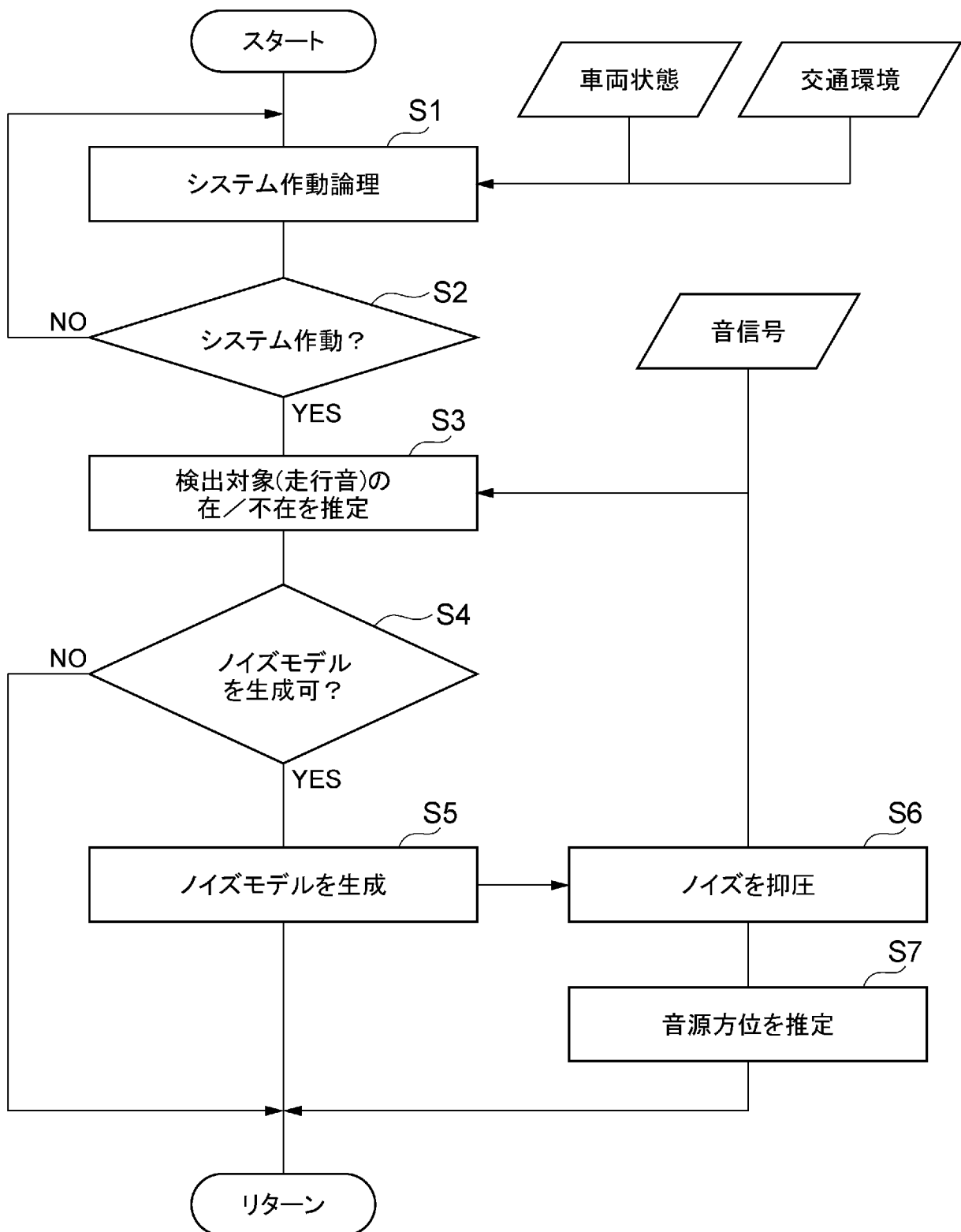
[図3]



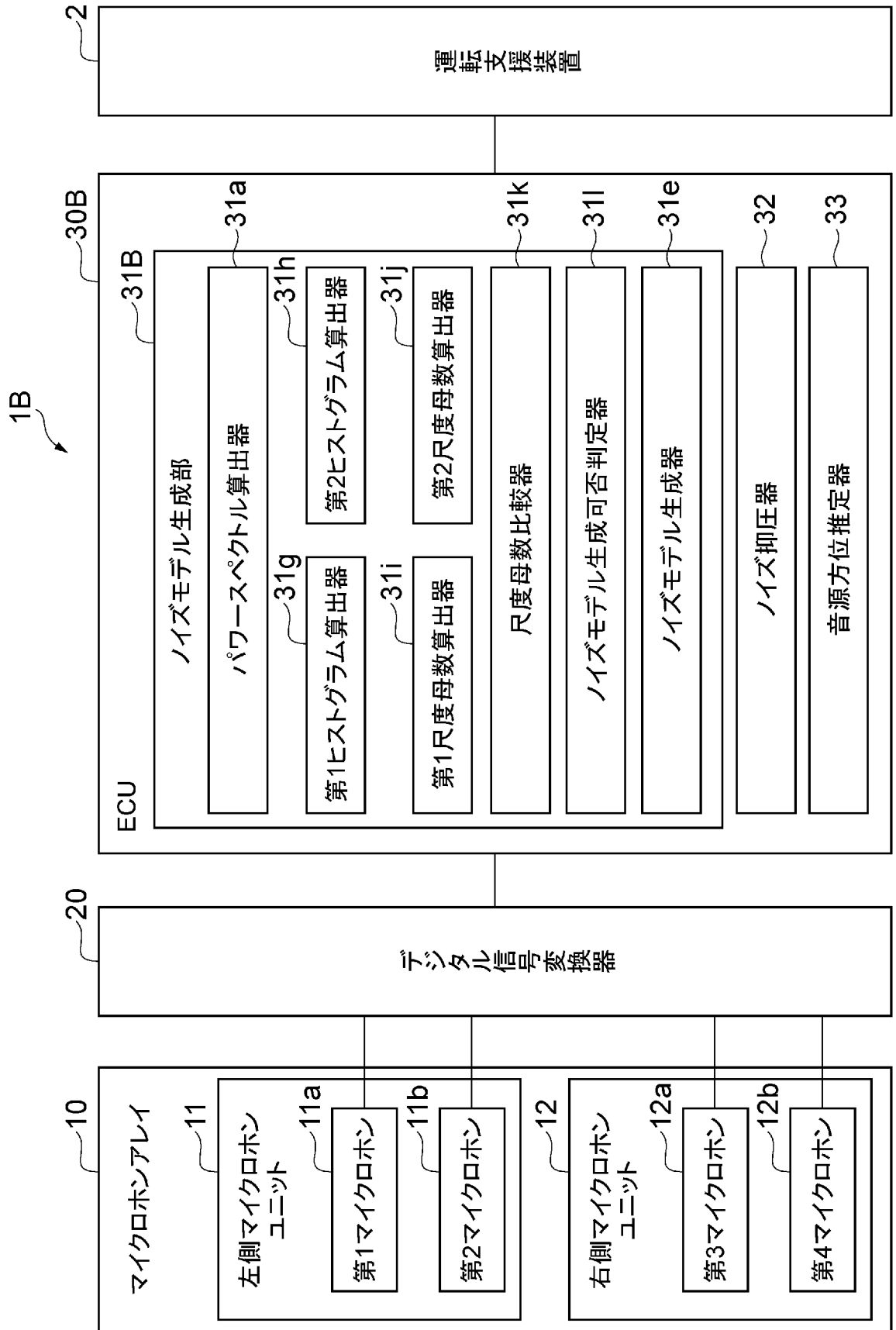
[図4]



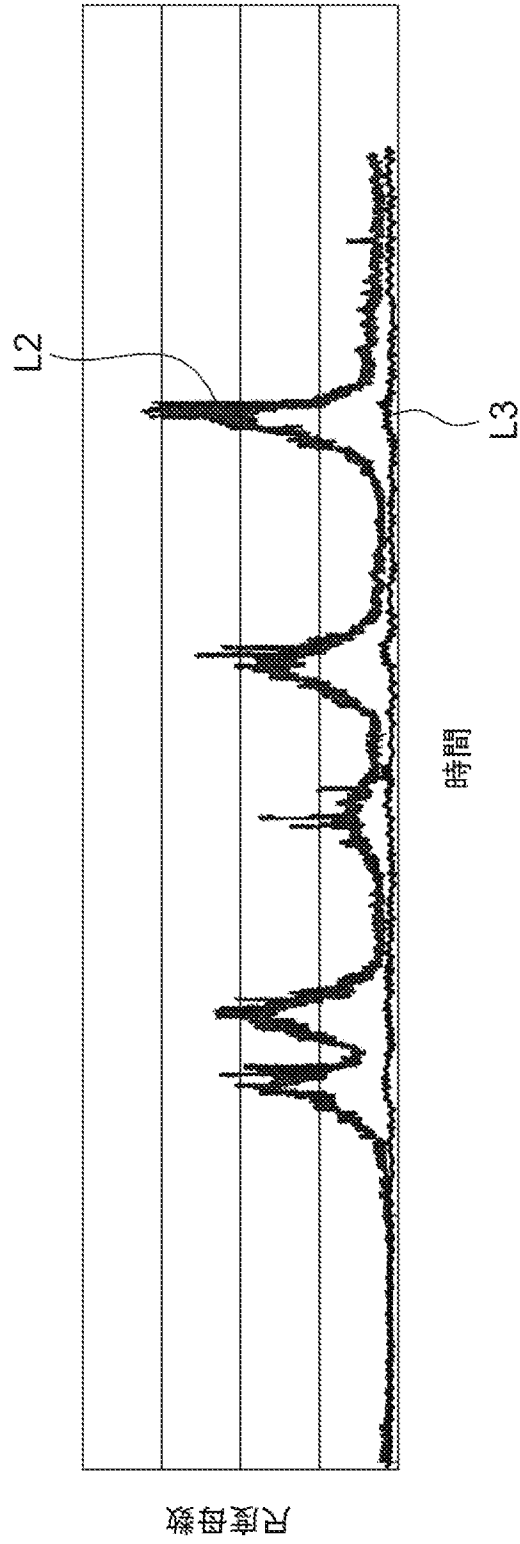
[図5]



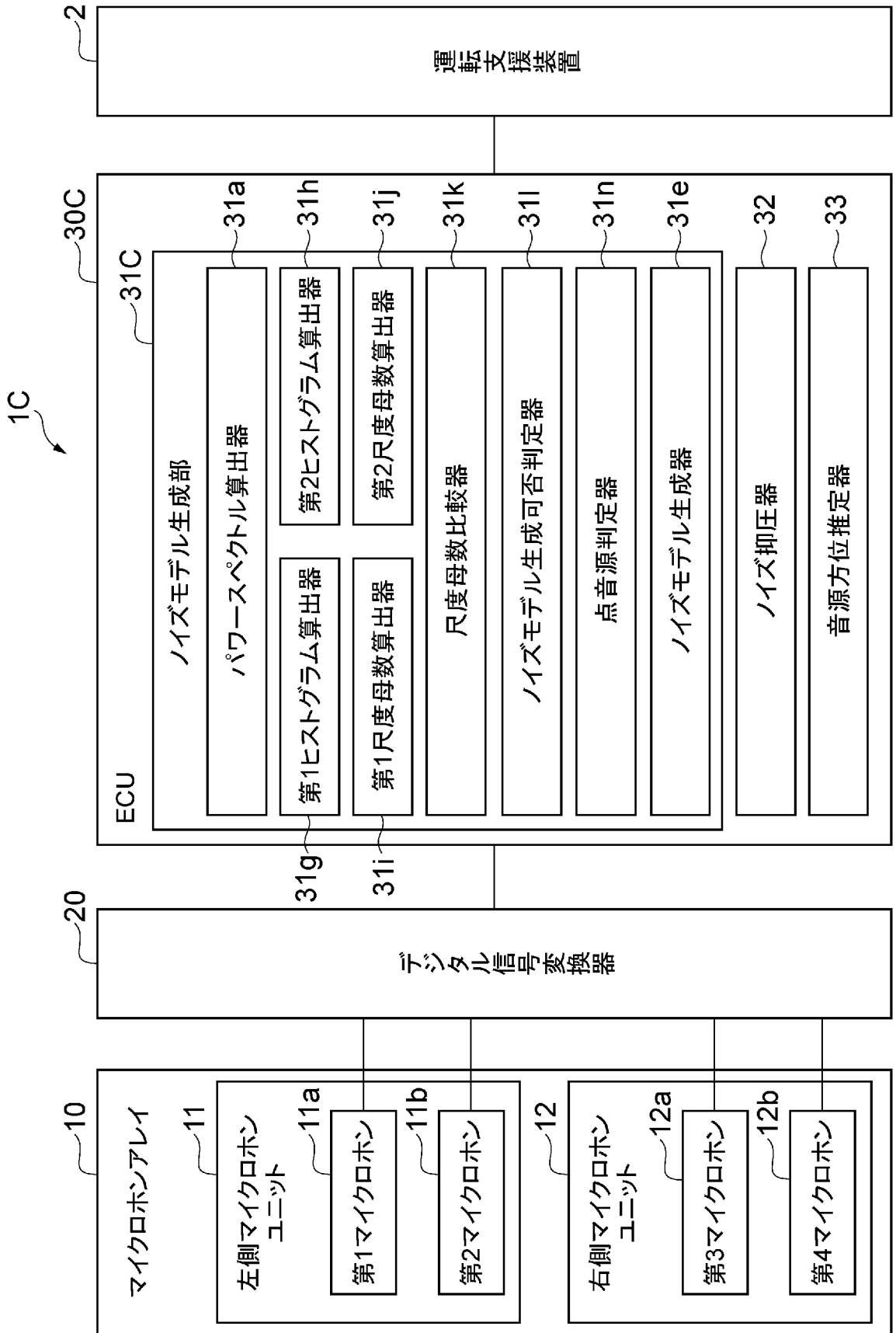
[図7]



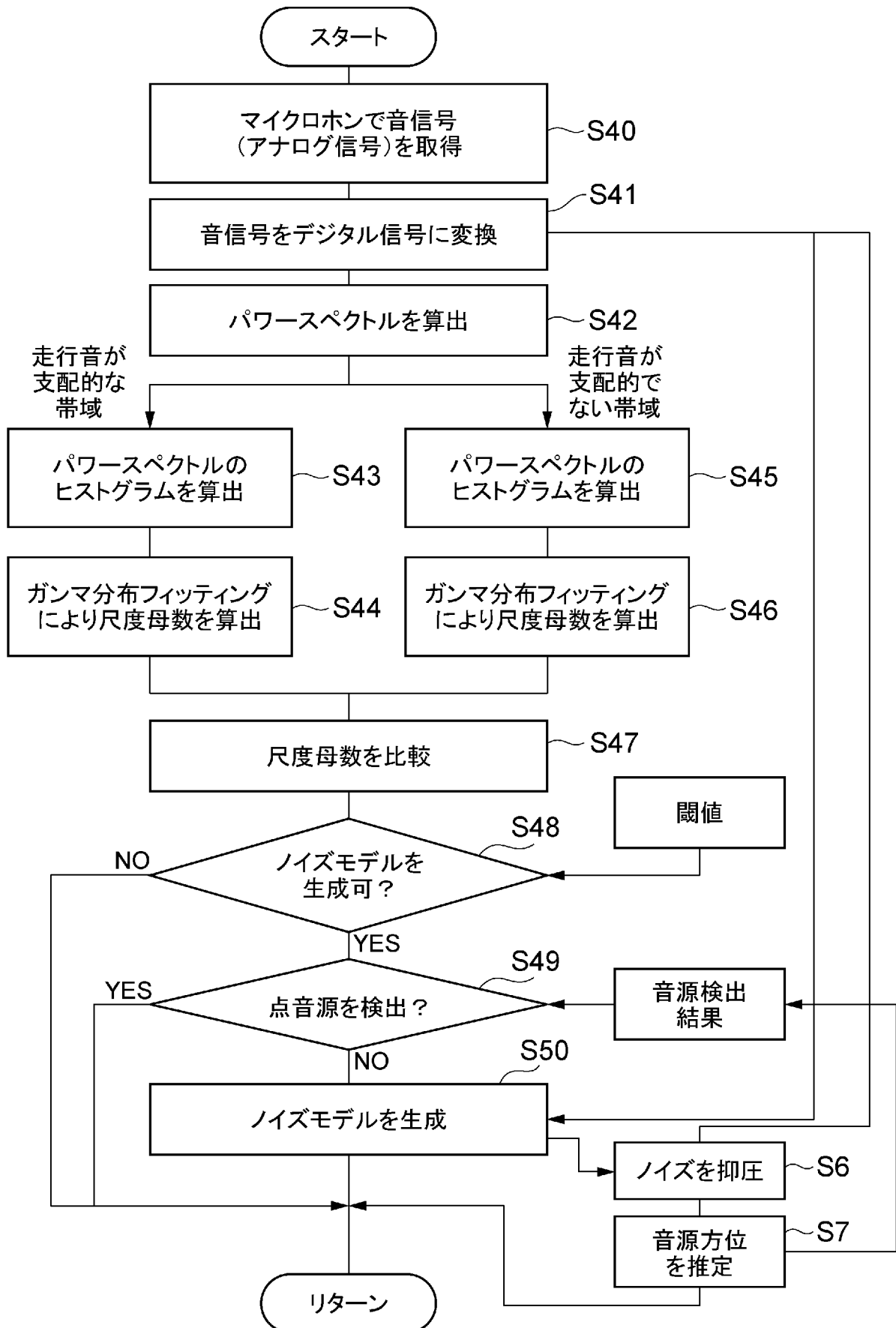
[図8]



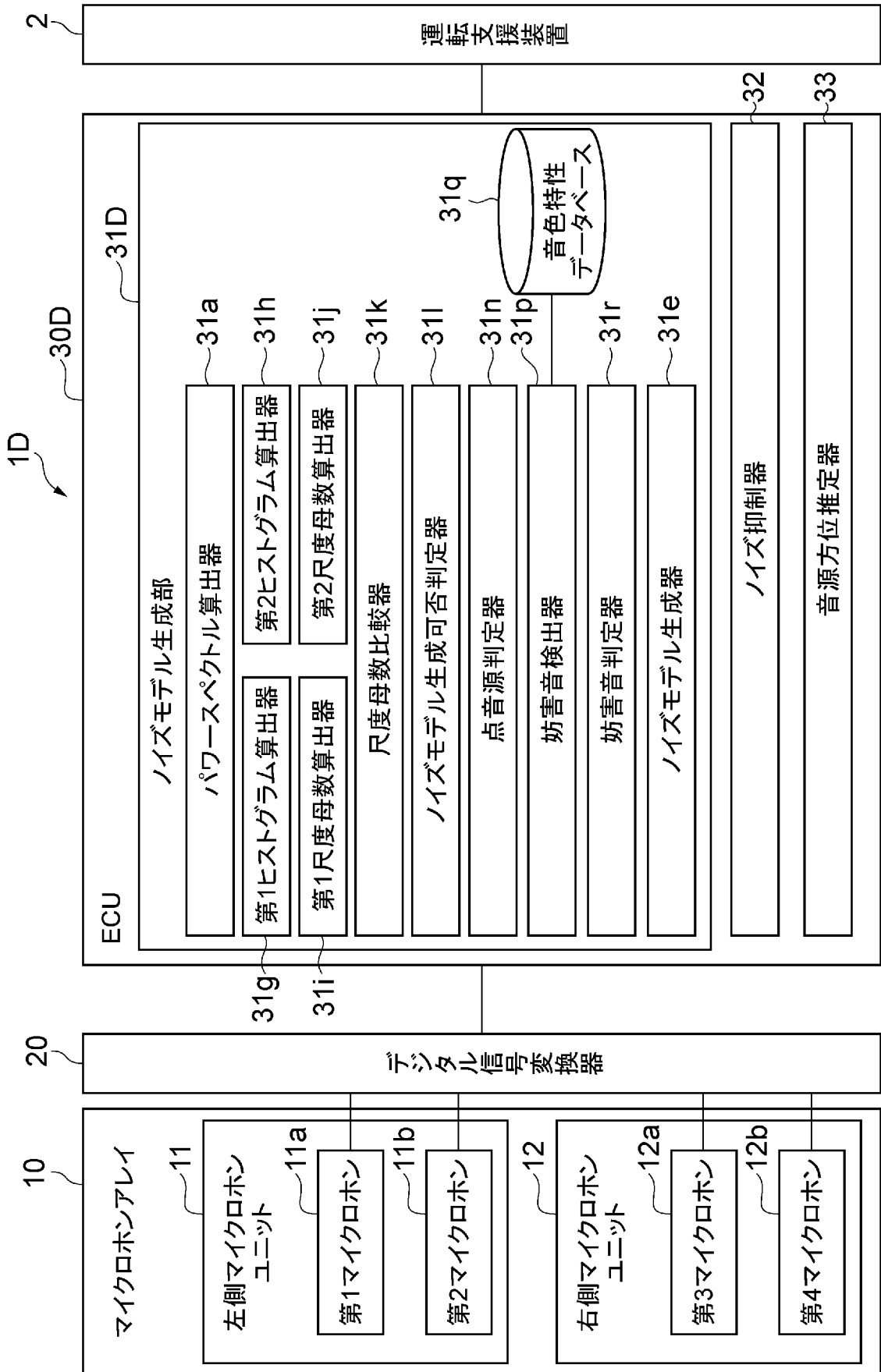
[図10]



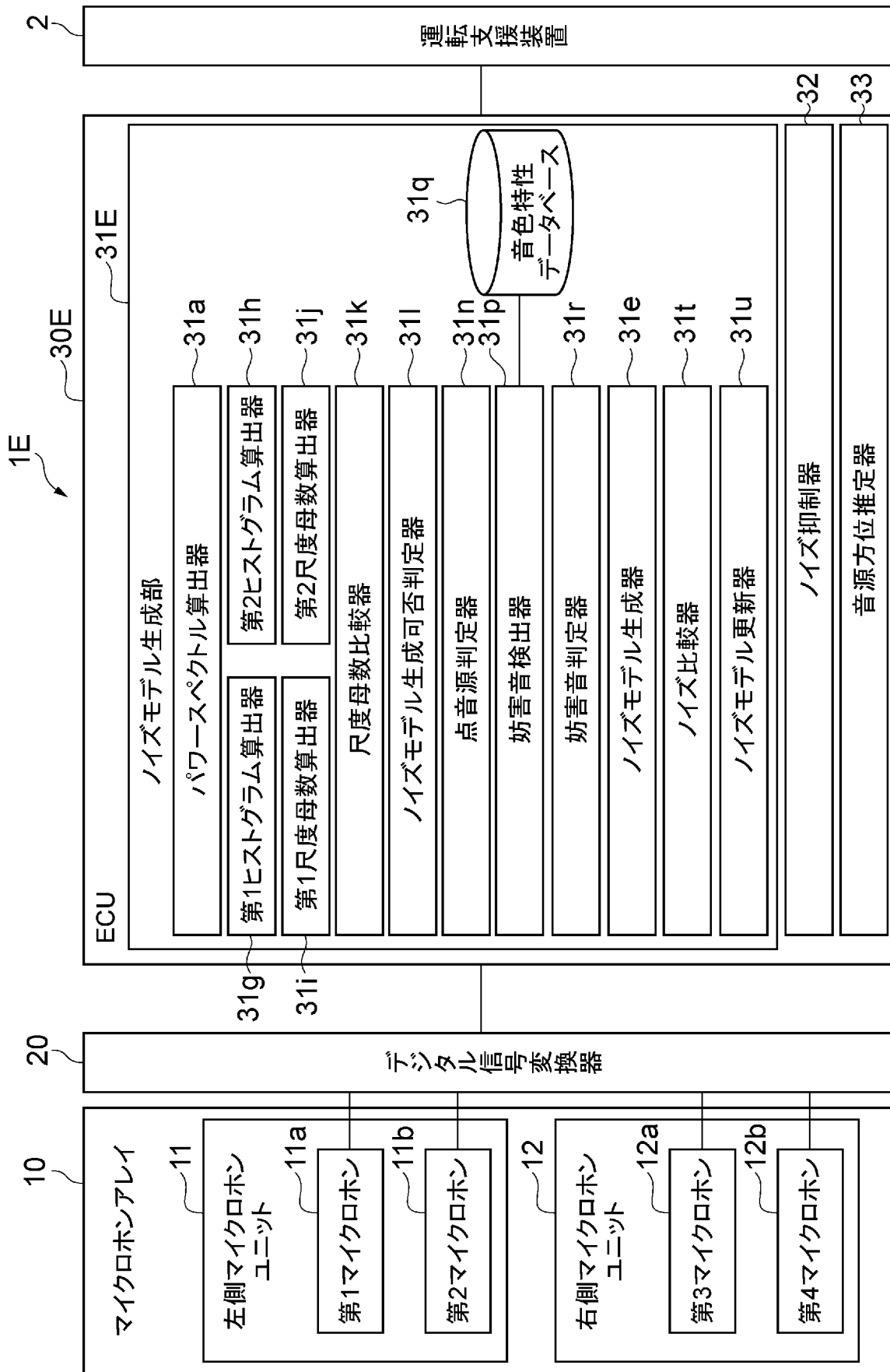
[図11]



[図12]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064196

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G10L21/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G10L21/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-008823 A (Fujitsu Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), carrying-out mode 1 & US 2009/0002490 A1	1-6, 9-15 7, 8
Y	JP 2009-251134 A (Toshiba Corp.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraph [0002] & US 2009/0254341 A1	1-6, 9-15
Y	JP 2010-271411 A (Nara Institute of Science and Technology), 02 December 2010 (02.12.2010), paragraphs [0016], [0017] & US 2010/0296665 A1 & EP 2254113 A1	4-6, 9-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 June, 2012 (19.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G10L21/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G10L21/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-008823 A (富士通株式会社) 2009.01.15, 実施の形態 1 & US 2009/0002490 A1	1-6, 9-15
A		7, 8
Y	JP 2009-251134 A (株式会社東芝) 2009.10.29, 段落【0002】 & US 2009/0254341 A1	1-6, 9-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.06.2012

国際調査報告の発送日

03.07.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

安田 勇太

電話番号 03-3581-1101 内線 3591

5Z

4066

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-271411 A (国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学) 2010.12.02, 段落【0016】、【0017】 & US 2010/0296665 A1 & EP 2254113 A1	4-6, 9-15