

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6025148号

(P6025148)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日 (2016.10.21)

(51) Int.Cl.

G 0 1 H 3/00 (2006.01)

F I

G 0 1 H 3/00

A

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-171331 (P2013-171331)
 (22) 出願日 平成25年8月21日 (2013.8.21)
 (65) 公開番号 特開2015-40745 (P2015-40745A)
 (43) 公開日 平成27年3月2日 (2015.3.2)
 審査請求日 平成27年11月13日 (2015.11.13)

(73) 特許権者 899000057
 学校法人日本大学
 東京都千代田区九段南四丁目8番24号
 (73) 特許権者 597145481
 株式会社建設環境研究所
 東京都豊島区東池袋2-23-2
 (73) 特許権者 507194017
 株式会社高速道路総合技術研究所
 東京都町田市忠生一丁目4番地1
 (73) 特許権者 505398941
 東日本高速道路株式会社
 東京都千代田区霞が関三丁目3番2号
 (73) 特許権者 505398952
 中日本高速道路株式会社
 愛知県名古屋市中区錦二丁目18番19号
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 騒音計および騒音測定用プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象音を測定するマイクロホンと、
 風速計と、

前記風速計の出力信号から風ノイズ推計レベルを求めるとともに、前記風ノイズ推計レベルと前記マイクロホンの出力値とを処理する演算処理部、

を備えた騒音計であり、

前記風ノイズ推計レベルは、前記風速計の前記出力信号を元に、前記演算処理部において

【数19】

$$L_{wind}(f, I_u, u_0) = A(f) + B(f) \cdot \log(1 + I_u)^2 + C(f) \cdot \log u_0^2$$

L_{wind} : 風ノイズ推計レベル (dB)

I_u : 乱流強度

u_0 : 平均風速

A, B, C : 係数

の演算を行うことにより求める騒音計。

【請求項2】

風の変動周波数 (f) 毎に、A, B, Cの値を記憶する記憶手段を有することを特徴と

する、請求項 1 記載の騒音計。

【請求項 3】

A、B、C は、風の変動周波数（ f ）の関数であることを特徴とする、請求項 1 記載の騒音計。

【請求項 4】

A、B、C は、（ $\log(f)$ ）の項を有する、請求項 3 記載の騒音計。

【請求項 5】

A、B、C は、

【数 20】

$$A = a_0 + a_1 \cdot (\log f)$$

10

$$B = b_0 + b_1 \cdot (\log f) + b_2 \cdot (\log f)^2$$

$$C = c_0 + c_1 \cdot (\log f) + c_2 \cdot (\log f)^2$$

で表される、請求項 4 記載の騒音計。

【請求項 6】

マイクロホンの出力値（ L_{out} ）を入力するステップと、

風速計の出力信号を入力するステップと、

20

前記風速計の前記出力信号から風ノイズ推計レベル（ L_{wind} ）を求めるステップと

、

前記風ノイズ推計レベル（ L_{wind} ）と前記マイクロホンの出力値（ L_{out} ）とを処理するステップと、

を備えた騒音計測用プログラムであり、

前記風ノイズ推計レベル（ L_{wind} ）は、前記風速計の前記出力信号を元に、

【数 21】

$$L_{wind}(f, I_u, u_0) = A(f) + B(f) \cdot \log(1 + I_u)^2 + C(f) \cdot \log u_0^2$$

30

L_{wind} : 風ノイズ推計レベル（dB）

I_u : 乱流強度

u_0 : 平均風速

A, B, C : 係数

の演算を行うことにより求める騒音計測用プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、屋外の騒音測定に用いることができる騒音計、および騒音計測用プログラムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、良好な環境の中で快適な生活を送ることの重要性がより強く意識されるようになっている。特に、大気や水の汚染とともに騒音は、いわゆる公害として過去から様々な問題をもたらす原因として、その対策が広く講じられるべきものである。したがって、騒音源のあるところでは、その対策を練るにあたり、必ず騒音の評価を行う必要がある。例えば、恒常的な騒音としては、航空機や新幹線による騒音、高速道路などの高架橋からの騒音、ダムの放流に伴う放流音などがあり、また一時的な騒音としては工事現場での建設用機械による騒音や、コンサートホールや球場からの騒音などがある。また、近年では再生

50

可能エネルギーの利用促進を背景に、各地でウィンドファームの建設が多くなり、風車から発生する低周波数音も指摘されるようになってきている。

【0003】

これらの騒音を測定する計測機器として、騒音計が広く用いられている。騒音計は、マイクロホンおよびマイクロホンからの出力を演算・評価する演算処理部、およびその演算・評価結果を表示する表示装置からなる計測機器である。マイクロホンは、音源に起因する空気の振動、すなわち大気圧の圧力（音圧）変化を検出するデバイスである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献1】特開2001-91351

【特許文献2】特開2001-124621

【特許文献3】特開2010-85110

【特許文献4】特開2011-232326

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、先に挙げた騒音に共通するのは、すべて屋外での音響伝播であることである。従って、騒音計は多くの場合、屋外で使用する必要がある。

【0006】

20

しかし、屋外での騒音計の使用は、気象条件に影響されることになる。特に、低周波騒音の測定においては風の乱れ成分による圧力変動がマイクロホンに作用することが知られており、風雑音（風ノイズ）と呼ばれている。この場合、騒音計の計測値は、測定対象音に風雑音が加わった値となる。風雑音は、風速が弱い場合であっても相当程度発生する。そして、風速が5m/秒を超えると風雑音の影響は無視できないものとなり、ISOのレギュレーションによれば測定を中止しなければならない。従って、屋外での騒音計の使用は、風のない時期を選んで行う必要があり、騒音測定が気象条件によって左右され、季節によっては相当長期間測定ができないという問題があった。

【0007】

これらの問題を解決するため、マイクロホンの周りに防風スクリーン部材を配置することにより風雑音の影響を低減させる技術がある（特許文献1）。

30

しかし、この技術は直接風雑音の影響を評価するものではない。また、風雑音の影響を完全に除去できるものではない。

【0008】

また、風雑音が低周波成分を主に構成されることに着目し、ハイパスフィルターで風雑音成分を取り除く技術や、一対のマイクロホンに及ぼす風雑音の影響は相関性が低いことに着目し、これを利用して風雑音成分を取り除く技術がある（特許文献2）。

しかし、これらの場合においても、風雑音のマイクロホンに対する作用そのものを評価しているのではなく、風雑音が影響した騒音測定結果に見られる特性や相関を利用したものであるため、測定対象音も一部除去されることを完全に防止できるものではない。

40

【0009】

一方で、本願発明者らは、風雑音のマイクロホンに対する作用を直接評価してマイクロホンの出力から控除することにより補正し、測定対象音を求める手法を提案している（特許文献3）。そして、風雑音にマイクロホンに対する作用を、回帰式を用いて数値化することを試みている（特許文献4）。

しかし、回帰式を用いての数値化に対し、さらなる精度の向上が求められている。

【0010】

そこで、本件特許発明は、気象条件に左右されない、つまり風が吹いていても通常の使用態様で利用できる高精度の騒音計および騒音計測用プログラムを実現することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0011】

以下、本項において発明とは、出願時の特許請求の範囲に記載されている発明をいう。

第1の発明は、以下の発明である。

【0012】

対象音を測定するマイクロホンと、

風速計と、

前記風速計の出力信号から風ノイズ推計レベルを求めるとともに、前記風ノイズ推計レベルと前記マイクロホンの出力値とを処理する演算処理部、

を備えた騒音計であり、

前記風ノイズ推計レベルは、前記風速計の前記出力信号を元に、前記演算処理部において

【数1】

$$L_{wind}(f, I_u, u_0) = A(f) + B(f) \cdot \log(1 + I_u)^2 + C(f) \cdot \log u_0^2$$

L w i n d : 風ノイズ推計レベル (d B)

I u : 乱流強度

u₀ : 平均風速

A, B, C : 係数

の演算を行うことにより求める騒音計。

【0013】

「対象音」とは、騒音計の測定対象となる音であり、特に低周波音を対象とするが、低周波音のみには限られずその他の帯域の音全般を含む。また可聴領域の音に限られるものではない。

「騒音計」とは、測定対象音が騒音、特に低周波騒音であるものを主とするが、測定対象は騒音に限られるものではない。例えば、受け取る者の主観によって騒音か否かが変化するもの、例えば、コンサートホールや球場で発生する音も含まれる。さらに、社会通念上は騒音に含まれないような音、例えば虫の音や雷の音など自然界で発せられる音も含まれる。

【0014】

第2の発明は、以下の発明である。

風の変動周波数 (f) 毎に、A, B, Cの値を記憶する記憶手段を有することを特徴とする、第1の発明に記載の騒音計。

【0015】

「記憶手段」とは、各種半導体メモリやハードディスクなどの外部記憶装置などが例として挙げられる。記憶手段は、必ずしも恒久的にA, B, Cの値を保持する必要はなく、必要に応じて書き換えが可能に保持されていてもよい。

【0016】

第3の発明は、以下の発明である。

A, B, Cは、風の変動周波数 (f) の関数であることを特徴とする、第1の発明に記載の騒音計。

【0017】

第4の発明は、以下の発明である。

A, B, Cは、(log (f)) の項を有する、第3の発明に記載の騒音計。

【0018】

第5の発明は、以下の発明である。

A, B, Cは、

【数 2】

$$A = a_0 + a_1 \cdot (\log f)$$

$$B = b_0 + b_1 \cdot (\log f) + b_2 \cdot (\log f)^2$$

$$C = c_0 + c_1 \cdot (\log f) + c_2 \cdot (\log f)^2$$

で表される、第 4 の発明に記載の騒音計。

【0019】

第 6 の発明は、以下の発明である。

10

マイクロホンの出力値 (L o u t) を入力するステップと、

風速計の出力信号を入力するステップと、

前記風速計の前記出力信号から風ノイズ推計レベル (L w i n d) を求めるステップと

、
前記風ノイズ推計レベル (L w i n d) と前記マイクロホンの出力値 (L o u t) とを
処理するステップと、

を備えた騒音計測用プログラムであり、

前記風ノイズ推計レベル (L w i n d) は、前記風速計の前記出力信号を元に、

【数 3】

$$Lwind_{(f,Iu,u_0)} = A(f) + B(f) \cdot \log(1 + Iu)^2 + C(f) \cdot \log u_0^2$$

20

L w i n d : 風ノイズ推計レベル (d B)

I u : 乱流強度

u₀ : 平均風速

A, B, C : 係数

の演算を行うことにより求める騒音計測用プログラム。

【発明の効果】

【0020】

30

本発明によれば、風雑音の評価式が風の乱れ強さと平均風速の関数、さらに望ましくは風の変動周波数と風の乱れ強さと平均風速の関数で表現されており、このような風雑音の理論的根拠を反映した回帰式を利用することで、風雑音の評価精度が向上するという効果を発揮するものである。そして、これにより、風が吹いているときも騒音の測定が可能となり、騒音測定作業の効率を著しく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】本発明の騒音計の構成図

【図 2】本発明の騒音計の動作を表した流れ図

【図 3】本発明の回帰式の係数 A, B, C を求める方法を説明する説明図

40

【図 4】時間を基準とした本発明の騒音計の出力結果と測定値との比較を説明する説明図

【図 5】各周波数帯域を基準とした本発明の騒音計の出力結果と測定値との比較を説明する説明図

【図 6】本発明の回帰式を用いた出力結果と実測値との分散を説明する説明図

【図 7】本発明の回帰式を用いた出力結果と従来の回帰式を用いた出力結果との関係を説明する説明図

【発明を実施するための形態】

【0022】

(1. 本発明の原理)

まず、本発明の原理を説明する。

50

圧縮性の流れ場の支配方程式には、流体の移流拡散現象に加えて流体の弾性挙動も含まれるので、圧縮性ナビアーストークス方程式は音波の伝播現象も同時に表現しており、そこでは速度場と圧縮場は互いに関係する物理量である。

マイクロホンに作用する風圧値と風速の関係は、(1)式のように表現できる。

【数4】

$$P_{wind} = C_w \frac{1}{2} \rho u^2$$

・・・・・・・・(1)

10

P_{wind} : 風圧値 (パスカル)

C_w : 補正係数

ρ : 空気の密度

u : 風速

ここで、風圧値 P_{wind} は風がマイクロホンに与える風圧値、 ρ は空気の密度、 u は時々刻々と変化する風速である。また風速 u は、(2)式のように、平均風速 u_0 と変動風速 u' で表すことができる。なお平均風速値 u_0 は一定時間の測定風速値 u を平均して算出することができる。

【数5】

20

$$u = u_0 + u'$$

・・・・・・・・(2)

u_0 : 平均風速値

u' : 変動風速

このように、風速の変動成分により、圧力の変動成分を生じるものである。また補正係数 C_w は、マイクロホンの形状や、マイクロホンの風に対する応答のメカニズム（マイクロホンの感度、マイクロホンの周囲の流れ場、風の入射角、風の周波数成分、風速）などに依存する係数である。

30

【0023】

一方、測定対象音がマイクロホンに作用する場合の音圧値は、(3)式のように表現できる。

【数6】

$$P_{sound} = \rho c V$$

・・・・・・・・(3)

P_{sound} : 対象音の音圧値 (パスカル)

ρ : 空気の密度

c : 音速

V : 粒子速度

40

ここで、 P_{sound} は測定対象音の音圧値、 ρ は空気の密度、 c は音速、 V は流体粒子（空気）の振動速度である。

【0024】

もし、音圧と風圧が位相的に見て互いに無関係に作用しているとすれば、暗騒音の補正と同様の考え方で、(4)式のように、マイクロホンの出力は実効値レベルで圧力の加算が成り立つ。

【数 7】

$$P_{out} = P_{sound} + P_{wind}$$

$$= \rho c V + C_w \frac{1}{2} \rho u^2$$

. (4)

P o u t : マイクロホンの出力値 (パスカル)

10

ここで、P o u t は騒音計のマイクロホンの出力値である。

【0025】

この (4) 式はパスカルの次元で記述しているが、d B (デシベル) の基準圧力 P_0 を $20 \mu Pa$ (パスカル) とすれば、

【数 8】

$$L_{out} = 20 \log \frac{P_{out}}{P_0}$$

$$L_{sound} = 20 \log \frac{P_{sound}}{P_0}$$

20

$$L_{wind} = 20 \log \frac{P_{wind}}{P_0}$$

. (5)

L o u t : マイクロホンの出力レベル (d B)

L s o u n d : 対象音の出力レベル (d B)

L w i n d : 風ノイズ推計レベル (d B)

30

l o g は 10 を基底とする対数である。

そこで、(5) 式の L w i n d を (1) (2) 式を用いて変形すると、

【数 9】

$$L_{wind} = 20 \log \frac{P_{wind}}{P_0} = 20 \log \frac{C_w \frac{1}{2} \rho (u_0 + u')^2}{P_0}$$

40

$$= 20 \log C_w + 20 \log (u_0 + u')^2 + 20 \log \frac{\rho}{2 P_0}$$

. (6)

【0026】

ここで、風の乱流強度 I u は、(7) 式で表すことができる。

【数 1 0】

$$Iu = \frac{\sigma_u}{u_0} \quad \dots \dots \dots (7)$$

Iu : 乱流強度
 u_0 : 平均風速
 σ_u : 風速変動の標準偏差（実効値）

そして、 ρ および P_0 は定数であることから（6）式の第3項を定数 Δ に置き換える。
 さらに、（6）式の u' をデシベルの定義に従い実効値 σ_u に置き換えるとともに（7）式を変形して代入すれば

【数 1 1】

$$\begin{aligned}
 Lwind &= 20\log Cw + 20\log(u_0 + \sigma_u)^2 + \Delta \\
 &= 20\log Cw + 20\log(u_0 + u_0 Iu)^2 + \Delta \\
 &= 20\log Cw + 20\log(1 + Iu)^2 + 20\log u_0^2 + \Delta
 \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (8)$$

Δ : 定数

【0 0 2 7】

このように、理論的に見れば、風ノイズ推計レベル $Lwind$ は（8）式のように4つの項で表現される。

【0 0 2 8】

第1項目の Cw は無次元の定数であり、上述の通り、マイクロホンの形状や、マイクロホンの風に対する応答のメカニズム（マイクロホンの感度、マイクロホンの周囲の流れ場、風の入射角、風の周波数成分、風速）などに依存する係数である。そして、この中でも、風の変動周波数 f との関係が密である。

そこで、 Cw は、望ましくは風の変動周波数 f の関数として表現できる。本発明では以下で説明する通り、1/3オクターブバンドの中心周波数を用いているが、これに限られるものではない。

【0 0 2 9】

第2項目は、乱流強度 Iu の関数、つまり第1項目と同じく風の変動成分の関数となっている。

【0 0 3 0】

第3項目は、平均風速 u_0 の関数となっている。

【0 0 3 1】

第4項目の Δ は上述のように、空気の密度 ρ および基準圧力 P_0 に依存する定数となっている。

【0 0 3 2】

ただし、（8）式においては、第1項の Cw と第4項の Δ しか変動要素を見積もることができない。風がマイクロホンに及ぼす影響のメカニズムは複雑であることから、（8）式の第2項と第3項についても、変動要素を見積もることにより、より精密な評価が可能となる。そこで、（8）式の各項に変動要素である係数 A 、 B 、 C 、 D をそれぞれ加えるとともに、 Cw が f の関数であることを明示すると、

【数 1 2】

$$Lwind = A \cdot \log Cw(f) + B \cdot \log(1 + Iu)^2 + C \cdot \log u_0^2 + D(const)$$

．．．．． (9)

となる。そして、重回帰分析を行うことで各係数 A, B, C, D を求めることができる。本発明では、精度の高い風ノイズ推計レベルを得るために、1/3 オクターブバンドにおける中心周波数 f を定め、周波数帯域毎に対応する各係数 A, B, C, D を決定する。そのため、回帰係数を (10) 式の通り変形する。

【数 13】

$$L_{wind} = B' \cdot \log(1 + Iu)^2 + C' \cdot \log u_0^2 + D(const.)$$

．．．．． (10) 10

【0033】

そして、(10) 式の係数表記を書き換え、以下の (11) 式となる。

【数 14】

$$L_{wind}(f, Iu, u_0) = A(f) + B(f) \cdot \log(1 + Iu)^2 + C(f) \cdot \log u_0^2$$

．．．．． (11)

【0034】

この回帰式は、流れ場の風速と圧力に基づく関数形となっており、従来の実測レベルから導いた回帰関数よりも、本来の物理的な現象を説明するものとしてより適切な形となっている。 20

【0035】

そして、屋外での測定データを用いて、重回帰分析により、(11) 式の係数 A, B, C を求める。測定データを収集する実験フィールドは、風の乱れに影響を与える障害物が少ない広い場所で、極力暗騒音が小さい場所が望ましいことから、秋田県八郎潟で収録を行ったデータを使用している (測定条件 1)。

測定は、暗騒音が十分低い場所での風ノイズのみを対象とし、後述の測定装置に用いる係数 A, B, C を求めるための風速およびマイクロホンの出力値 (実測値) を測定している。 30

【0036】

これらの測定データを用いて求めた係数 A, B, C を表 1 に示す。

【表 1】

frequency(Hz)	coefficient A	coefficient B	coefficient C
1	49.8	69.0	24.1
1.25	48.0	72.6	25.6
1.6	45.5	71.3	27.2
2	43.3	72.1	28.1
2.5	41.1	69.6	28.5
3.15	39.5	67.2	27.6
4	38.0	65.0	26.4
5	35.7	65.1	26.4
6.3	34.2	57.5	25.9
8	33.5	43.3	24.2
10	34.9	23.3	20.7
12.5	33.0	14.8	19.4
16	31.7	5.0	16.4
20	34.3	-9.0	11.6
25	33.2	-15.9	9.3
31.5	33.1	-21.0	6.5
40	31.4	-21.3	5.9
50	31.0	-15.9	4.5
63	28.6	-8.0	4.8
80	22.6	2.5	8.1

10

20

【0037】

この表のようなテーブルを本発明の騒音計の記憶装置に記憶させ、風速 u の測定結果から $1/3$ オクターブバンドの中心周波数 f 毎にそれぞれの中心周波数 f に対応する A 、 B 、 C の値を記憶装置から呼び出すことにより、 L_{wind} を求めることができる。

【0038】

さらに、測定条件を変えて測定したデータを用いてこのようなテーブルを複数準備しておき、測定条件に応じて対応するテーブルを呼び出して用いることにより、より正確に L_{wind} を求めることができる。測定条件としては、用いるウインドスクリーンの形状や種類、平均風速の範囲、その他測定場所の特徴（障害物の多少等）などが挙げられる。

30

【0039】

さらに、測定条件を変えて係数 A 、 B 、 C を求めることにより同様のテーブルを作成し、 A 、 B 、 C の値の推移に注目すると、 A 、 B 、 C は測定条件によらず同じ挙動を示すことが分かった。そこで、図 3 のように測定条件 1 および測定条件 2 で求めた中心周波数 f 毎の A 、 B 、 C をグラフにプロットし中心周波数 f を変数とする関数形を求めると、(12) 式の関数形が各測定場所に共通の関数形として適していることが分かった。

【数 15】

$$A = a_0 + a_1 \cdot (\log f)$$

40

$$B = b_0 + b_1 \cdot (\log f) + b_2 \cdot (\log f)^2$$

$$C = c_0 + c_1 \cdot (\log f) + c_2 \cdot (\log f)^2$$

..... (12)

f : 風の $1/3$ オクターブバンドの各帯域毎の中心周波数

a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 、 c_0 、 c_1 、 c_2 : 係数

【0040】

50

なお、測定条件ごとの係数は以下の通りである。
(測定条件 1)

【数 1 6】

$$\begin{aligned} a_0 &= 64.023 & a_1 &= -29.025 \\ b_0 &= 47.098 & b_1 &= 35.590 & b_2 &= -24.589 \\ c_0 &= 14.018 & c_1 &= 16.817 & c_2 &= -9.660 \end{aligned}$$

10

(測定条件 2)

【数 1 7】

$$\begin{aligned} a_0 &= 48.106 & a_1 &= -15.025 \\ b_0 &= 67.171 & b_1 &= 47.503 & b_2 &= -84.219 \\ c_0 &= 24.345 & c_1 &= 16.868 & c_2 &= -19.601 \end{aligned}$$

【0 0 4 1】

20

したがって、表 1 のようなテーブルを記憶装置に格納する代わりに、(1 2) 式および (1 2) 式の係数 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 、 c_0 、 c_1 、 c_2 を記憶装置に格納しておき、測定条件に応じて対応する係数を呼び出して用いるようにすれば、A、B、C の係数を測定条件毎に格納する必要がないので、必要なメモリ量を削減することができる。

【0 0 4 2】

(2. 本発明の騒音計および騒音計測用プログラムの構成)

図 1 は、本発明の実施例である騒音計の概略構成図である。

騒音計 1 0 0 は、マイクロホン 1 0 1、風速計 1 0 2、設置スタンド 1 0 3、計測ケーブル 1 0 4、情報処理装置 1 0 5、外部電源 1 0 6 からなる。

【0 0 4 3】

30

マイクロホン 1 0 1 は、測定対象音の音圧値を測定する装置である。ただし上述の通り、マイクロホン 1 0 1 が計測する音圧値、すなわちマイクロホン 1 0 1 の出力値は、(4) 式の通り、測定対象音の真の音圧値と風圧値とが重畳されたものである。

【0 0 4 4】

本実施形態では、低周波騒音を測定するため、マイクロホン 1 0 1 として低周波マイクロホンを使用している。また、マイクロホン 1 0 1 の周りには球状のウィンドスクリーンを設け、風の影響を緩和するようにしている。

【0 0 4 5】

風速計 1 0 2 は、風速を計測する装置である。本実施形態では、2 次元あるいは 3 次元の超音波風速計を用い、測定した風速成分から算出されるスカラー風速を採用している。その他、熱線流速計など、任意の種類風速計が使用可能である。

40

【0 0 4 6】

そして、マイクロホン 1 0 1 に作用する風圧を評価する必要があるので、風速計 1 0 2 はマイクロホン 1 0 1 と隣接するように設けられている。もっともマイクロホン 1 0 1 と風速計 1 0 2 との相互干渉を避けるため、ある程度離間させて設けるのが望ましい。

【0 0 4 7】

マイクロホン 1 0 1 と風速計 1 0 2 とは、相互の位置関係を固定するため、設置スタンド 1 0 3 に固定され一体化されている。そして、音圧と風速の同期計測が可能となっている。

【0 0 4 8】

50

計測ケーブル104は、マイクロホン101と後述の情報処理装置105、および風速計102と情報処理装置105とを接続するものである。そして、それぞれ、マイクロホンの出力値、および風速を情報処理装置105に伝達するものである。

【0049】

情報処理装置105は、演算処理部に対応し、マイクロホン101からの出力値、および風速計102からの出力信号の入力を受ける。そして、風速計102の出力信号から風がマイクロホンに及ぼす風圧値を求めるとともに、マイクロホン101で測定された音圧値（出力値）に対し、風雑音の影響を除去する補正に必要な演算を行い、測定対象音の真の音圧値を情報処理装置105の表示装置に出力する。また、情報処理装置105は、演算結果に基づきオクターブ分析、1/3オクターブ分析、FFT（高速フーリエ変換）分析を行い、この結果を表示装置に出力したり、風速計102の出力信号から風速を求め、これを表示装置に出力するといった役割も担っている。そのほか、騒音計の出力として、等価騒音レベル（Leq）、レベル最大値（Lmax）、時系列のレベル（LP）、低周波特性（LG）を求めるための演算や、風速計の出力信号から、平均風速 u_0 、風の乱れ強度 I_u 、最大風速、風の変動周波数 f 、時系列波形を求めるための演算も行う。

【0050】

外部電源106は、情報処理装置105および必要に応じマイクロホン101および風速計102を駆動するための電力を供給している。

【0051】

以上が本発明の騒音計の構成であるが、騒音計の具体的な構成はこれに限るものではない。例えば、情報処理装置105は、専用の装置の他、汎用のPCやタブレット、あるいはスマートフォンなどを用いることも可能である。また、特許文献3および特許文献4で本発明者らが提案したように、従来のハンディタイプの騒音計に風速計を一体化して設け、風速計の出力信号を処理可能なプログラムを用いた演算装置を内蔵するなど、任意の構成をとることができる。

【0052】

なお、従来騒音計は、例えばハンディタイプの騒音計のように、騒音を計測する装置として一体物として供給されてきた。しかし、本発明は、従来の騒音計部分に加えて、風速計、その他の計測装置や情報処理装置も含むものである。本発明では、風速計やその他の計測装置および情報処理装置を一体として有する形態はもちろん、図1のようにこれらを別体として有する形態も全体として騒音計を構成する。すなわち、本発明の騒音計は、騒音測定装置ないし騒音測定システムとしての概念を包含するものである。

【0053】

（3．本発明の騒音計および騒音計測用プログラムの動作）

次に、本発明の騒音計100の騒音測定時の動作について説明する。

図2は、騒音計の動作を図示したフローチャートである。かかる動作は、情報処理装置105の記憶装置に格納された騒音計測用プログラムを展開し、実行することにより実現することが可能である。

【0054】

騒音計100の使用者は、情報処理装置105の操作により、騒音測定を開始する（S1）。

【0055】

マイクロホン101で測定された出力値 P_{out} は、電気信号に変換され、情報処理装置105に入力される。ここで上述の通り、測定された出力値 P_{out} は、風の影響が重畳した値となっているので、測定対象音源から発生した正確な音圧値ではない。一方風速計102で測定された出力信号である風速 u も同様に電気信号に変換され、情報処理装置105に入力される（S2）。

【0056】

情報処理装置105は、出力値 P_{out} および風速 u から、測定対象音の正確な音圧値 P_{sound} を求める。

【0057】

まず、所定時間測定された u の平均値（平均風速値 u_0 ）を求める。さらに、（2）式に基づき変動風速 u' を求めた後、（7）式に基づき、平均風速値 u_0 および変動風速 u' （風速変動の標準偏差 σ_u ）から、乱流強度 I_u を求める（S3）。

【0058】

そして、平均風速値 u_0 および乱流強度 I_u 、さらには風の変動周波数 f に応じた係数 A 、 B 、 C を情報処理装置105に設けられた記憶装置から呼び出し、これらを用いて（11）式に基づき、風ノイズ推計レベル（dB） L_{wind} を求める（S4）。

【0059】

最後に、風ノイズ推計レベル（dB） L_{wind} を風圧値（パスカル） P_{wind} に変換するとともに、風圧値（パスカル） P_{wind} がマイクロホンの出力値（パスカル） P_{out} より小さい条件を満たすとき、これとマイクロホンの出力値（パスカル） P_{out} とから（4）式を用いて、対象音の音圧値（パスカル） P_{sound} を求めることができる（S5）。

【0060】

そして、情報処理装置105に設けられた表示装置に、 P_{sound} 、あるいはデシベル表示の L_{sound} を表示する（S6）。この他、 L_{out} や L_{wind} を必要に応じて表示してもよい。

さらに、測定者が入力した命令に従い、情報処理装置105はあらかじめ記憶装置に格納されたプログラムにしたがって、等価騒音レベル（ L_{eq} ）、レベル最大値（ L_{max} ）、時系列のレベル（ L_P ）、低周波特性（ L_G ）を求めたり、オクターブ分析、1/3オクターブ分析、FFT（高速フーリエ変換）分析を行い、分析結果を表示装置に表示することもできる。

また、測定者の命令に従い、風速計102の出力から、平均風速 u_0 、風の乱れ強度 I_u 、最大風速、風の変動周波数 f 、時系列波形を求め、表示装置に表示することもできる。

【0061】

本実施例では、（4）式に従い P_{out} の実効値から P_{wind} の実効値を減算した値をそのまま P_{sound} として用いたが、他の必要な演算をさらに行うことを排除するものではない。例えば、 P_{out} ないし P_{wind} のいずれか一方ないし両方に補正係数をかけて減算を行うことも、ここでいう減算に該当する。

また、上記演算は一例であり、演算の途中経過は任意である。

さらに、 L_{wind} を求める（11）式は、（2）式や（7）式、あるいは変動周波数 f などを用いて式変形が可能であるが、（11）式から式変形したものをS4で用いることも等価であり、可能である。

【0062】

なお、S4で風の変動周波数 f に応じた係数 A 、 B 、 C を記憶装置から呼び出して用いているが、これに代えて記憶装置から式（12）の関数を呼び出し、風の変動周波数 f を用いて係数 A 、 B 、 C を求めてもよい。

【0063】

（4．本発明の騒音計および騒音計測用プログラムの効果、および従来の回帰式との比較）

（11）式の回帰式を用いた本発明の騒音計の出力結果（推定値）（Method 2）と実測値との比較を図4、図5に示す。

図4は、風圧値を時間軸に対しプロットしたものであるが、本発明の出力結果と実測値とは非常によく合致している。また、図5は風圧値を1/3オクターブレベルの中心周波数毎にプロットしたものであるが、こちらも本発明の出力結果と実測値とは非常によく合致している。

【0064】

図6は、回帰式を用いた出力結果と実測値との関係を散布図で表したものである。図6

10

20

30

40

50

(a) は従来発明者らが提案した回帰式である下記 (13) 式 (Method 1)、図 6 (b) は本発明の回帰式である (11) 式 (Method 2)、を用いた場合である。

【数 18】

$$L_{wind} = A + B \cdot (\log f)^{3/2}$$

$$A = (c_a + d_a \cdot \sqrt{Iu})$$

$$B = (c_b + d_b \cdot \sqrt{Iu})$$

10

$$c_a = 15.90 + 27.066u_0 - 2.629u_0^2$$

$$d_a = 5.687 - 1.197u_0$$

$$c_b = -13.296 - 2.236u_0$$

$$d_b = -3.771 + 1.098u_0$$

..... (13)

f : 風の 1 / 3 オクターブバンドの各帯域毎の中心周波数

20

I u : 乱流強度

A、B : 係数

c_a、d_a、c_b、d_b : 係数

【0065】

図 6 より、何れの回帰式による出力結果も実測値とよく合致しているが、本発明の回帰式 (11) の方が従来発明者らが提案した回帰式 (13) よりも、偏差がやや小さいので、精度は高いといえる。

【0066】

また、図 7 の通り、1 / 3 オクターブバンドレベル毎の回帰式による出力結果と実測値との標準偏差を求めた。その結果、従来の回帰式 (13) (Method 1) では、10 Hz 帯域以上で標準偏差が大きくなる傾向に対し、本発明の回帰式 (11) (Method 2) では、対象とする全周波数領域において同程度の標準偏差が得られている。つまり、本発明の回帰式 (11) の方が精度のよい出力結果が得られているといえる。

30

【産業上の利用可能性】

【0067】

本発明の騒音計は、低周波騒音の測定に限らず、野外におけるあらゆる音の測定に用いることができるものである。

【符号の説明】

【0068】

40

100 騒音計

101 マイクロホン

102 風速計

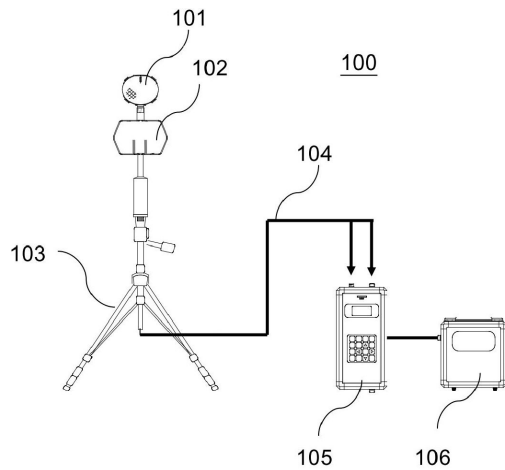
103 設置スタンド

104 計測ケーブル

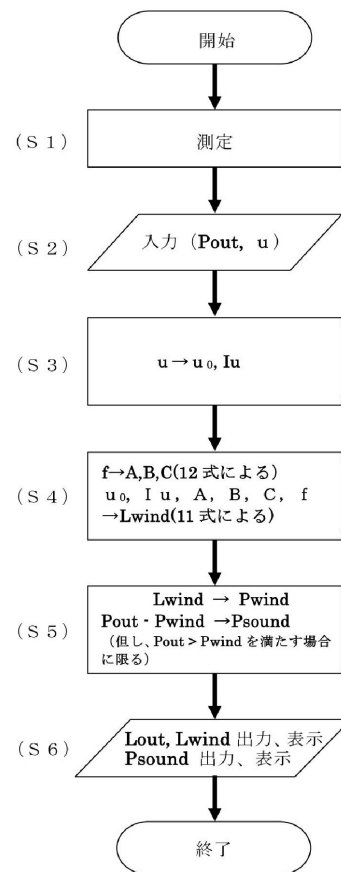
105 情報処理装置

106 外部電源

【図 1】

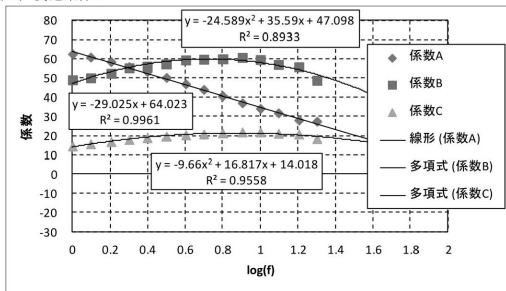


【図 2】

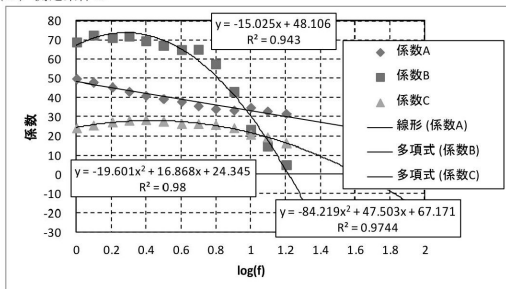


【図 3】

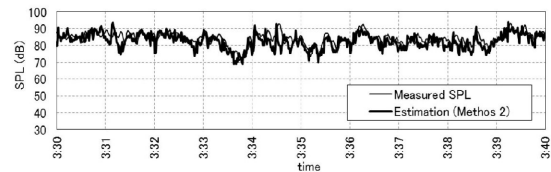
(a) 測定条件 1



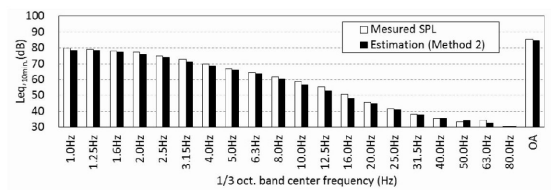
(b) 測定条件 2



【図 4】

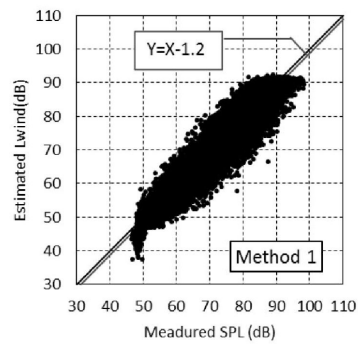


【図 5】

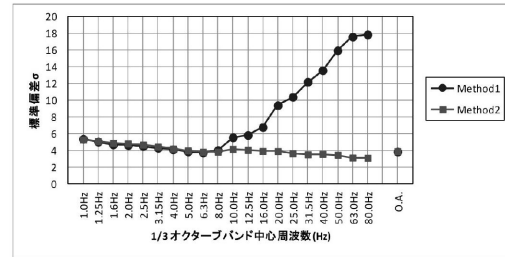


【図 6】

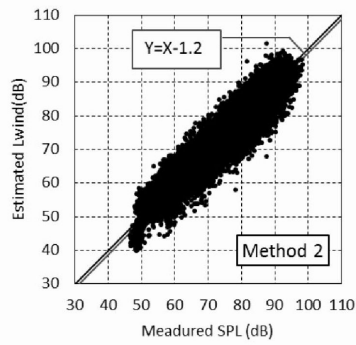
(a) 従来の回帰式 (1.3)



【図 7】



(b) 本発明の回帰式 (1.1)



フロントページの続き

(73)特許権者 505398963

西日本高速道路株式会社
大阪府大阪市北区堂島一丁目6番20号

(74)代理人 100116241

弁理士 金子 一郎

(74)代理人 100111006

弁理士 藤江 和典

(74)代理人 100098545

弁理士 阿部 伸一

(72)発明者 野村 卓史

東京都千代田区九段南四丁目8番24号 学校法人日本大学内

(72)発明者 長谷部 寛

東京都千代田区九段南四丁目8番24号 学校法人日本大学内

(72)発明者 志村 正幸

東京都豊島区東池袋2-23-2 株式会社建設環境研究所内

(72)発明者 上明戸 昇

東京都豊島区東池袋2-23-2 株式会社建設環境研究所内

(72)発明者 長船 寿一

東京都町田市忠生1丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内

(72)発明者 岩吹 啓史

東京都町田市忠生1丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内

審査官 田中 秀直

(56)参考文献 特開2011-232326 (JP, A)

特開2010-085110 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01H 1/00-17/00

JSTPlus (JDreamII)