

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-72229
(P2015-72229A)

(43) 公開日 平成27年4月16日(2015.4.16)

(51) Int.Cl.
GO1N 29/12 (2006.01)

F I
GO1N 29/12

テーマコード(参考)
2GO47

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-208744 (P2013-208744)
(22) 出願日 平成25年10月4日(2013.10.4)

(71) 出願人 314012076
パナソニックIPマネジメント株式会社
大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
(74) 代理人 100120156
弁理士 藤井 兼太郎
(74) 代理人 100106116
弁理士 鎌田 健司
(74) 代理人 100170494
弁理士 前田 浩夫
(72) 発明者 本田 達也
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
ソニック株式会社内
(72) 発明者 宮脇 健志
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
ソニック株式会社内

最終頁に続く

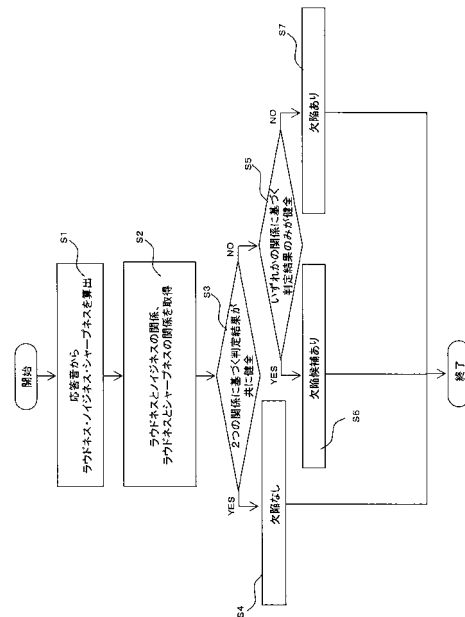
(54) 【発明の名称】 欠陥検出方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】より高精度な欠陥検出方法を実現する手法を提供すること。

【解決手段】本発明の欠陥検出方法は、応答音から心理音響パラメータのうちラウドネス、ノイジネス、シャープネスを算出する算出工程と、前記ラウドネスと前記ノイジネスとの第1関係に基づいて空洞の有無を判定する第1判定工程と、前記ラウドネスと前記シャープネスとの第2関係に基づいて空洞の有無を判定する第2判定工程と、前記第1及び第2判定工程の両方で空洞があると判定した場合に前記鉄筋コンクリート構造体内部に欠陥ありと判定する第3判定工程と、を含むことを特徴とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄筋コンクリート構造体の表面を打撃した際の応答音に基づいて、内部の欠陥を検出する欠陥検出方法において、

前記応答音から心理音響パラメータのうちラウドネス、ノイジネス、シャープネスを算出する算出工程と、

前記ラウドネスと前記ノイジネスとの第 1 関係に基づいて空洞の有無を判定する第 1 判定工程と、

前記ラウドネスと前記シャープネスとの第 2 関係に基づいて空洞の有無を判定する第 2 判定工程と、

前記第 1 及び第 2 判定工程の両方で空洞があると判定した場合に前記鉄筋コンクリート構造体内部に欠陥ありと判定する第 3 判定工程と、を含む欠陥検出方法。

10

【請求項 2】

前記第 3 判定工程で欠陥ありと判定した場合に、前記シャープネスに基づいて欠陥の位置を判定する位置判定工程を更に有する、請求項 1 記載の欠陥検出方法。

【請求項 3】

前記位置判定工程は、前記シャープネスが 21 acum 以上の場合に、前記鉄筋コンクリート構造体の表面から欠陥までの位置が 80 mm 以上であると判定する、請求項 2 記載の欠陥検出方法。

【請求項 4】

前記第 1 判定工程において、前記ラウドネスが 22 sone より大きい、または、前記ノイジネスが 20 noy より大きい場合に空洞ありと判定し、

前記第 2 判定工程において、前記シャープネス $> (-1.2 \times \text{前記ラウドネス}) + 38$ を満たす場合に空洞ありと判定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか記載の欠陥検出方法。

20

【請求項 5】

前記第 3 判定工程において、前記第 1 判定工程又は前記第 2 判定工程のいずれかのみで空洞ありとの判定をした場合に、前記鉄筋コンクリート構造に欠陥でない空洞があると判定する、請求項 1 ~ 4 のいずれか記載の欠陥検出方法。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか記載の欠陥検出方法を実施するための欠陥検出装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄筋コンクリート構造体を対象とした欠陥検出方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

建築後に長期間経過した鉄筋コンクリート構造体の内部に、鉄筋からコンクリートが浮きあがることで、空洞が発生することがある。この空洞は構造体の崩壊に繋がる危険な欠陥である場合がある。

【0003】

このような欠陥を検出する方法として、鉄筋コンクリート構造体を打撃した際の応答音の周波数や振幅を分析する方法が検討されている。例えば、従来技術である特許文献 1 では、対象物の表面を打撃した際の応答音の基本周波数を特定し、この基本周波数と予め設定した基準周波数とを比較することで、欠陥の検出を図っている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 207870 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0005】

しかしながら、鉄筋コンクリート構造体における基準周波数はいくらかの幅を持つため、従来技術では、欠陥の検出精度が十分でないという課題があった。

【0006】

本発明は、この課題を解決するもので、鉄筋コンクリート構造体を打撃した際の応答音に対して、心理音響特徴量に基づく判断を行うことで欠陥を検出する方法及び装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この目的を達成するために本発明の欠陥検出方法は、応答音から心理音響パラメータのうちラウドネス、ノイジネス、シャープネスを算出する算出工程と、前記ラウドネスと前記ノイジネスとの第1関係に基づいて空洞の有無を判定する第1判定工程と、前記ラウドネスと前記シャープネスとの第2関係に基づいて空洞の有無を判定する第2判定工程と、前記第1及び第2判定工程の両方で空洞があると判定した場合に前記鉄筋コンクリート構造体内部に欠陥ありと判定する第3判定工程と、を含むことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明は、心理音響特徴量に基づく判断を行うことにより、基本周波数により判定する従来技術と比較して、より高精度な欠陥検出を実現できる。

【図面の簡単な説明】

20

【0009】

【図1】本発明の欠陥検出方法のフローチャート

【図2】本発明の欠陥検出方法を実施するための装置を示すブロック図

【図3】(a)空洞が存在しない鉄筋コンクリート構造体の表面を打撃した際の応答音の振動波形の図、(b)空洞が存在する鉄筋コンクリート構造体の表面を打撃した際の応答音の振動波形の図

【図4】(a)本発明の欠陥検出方法において、空洞の有無を識別するために使用するラウドネスとノイジネスとの関係を示す図、(b)本発明の欠陥検出方法において、空洞の有無を識別するために使用するラウドネスとシャープネスとの関係を示す図

【図5】欠陥の有無によるシャープネスの違いを示す図

30

【図6】鉄筋コンクリート構造体における、欠陥とその深さの概念図

【図7】本発明の他の例に係る欠陥検出方法のフローチャート

【図8】欠陥が存在する鉄筋コンクリート構造体を2次元平面に展開した状態において欠陥の分布と深さを示す図

【図9】図8に示した状態においてシャープネスの分布とその値とを示した図

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に本発明の実施形態について説明する。

【0011】

(実施形態1)

40

図1に本実施形態に係る欠陥検出方法のフローを示し、この方法を実施するための欠陥検出装置の構成例を図2に示す。

【0012】

本欠陥検出方法では、図2の鉄筋コンクリート構造体10を一定の力でハンマーや棍棒などの打撃手段11で打撃し、打撃に対する応答音をマイクなどの集音手段1で受音する。そして、応答音を受音した集音手段1からの受音信号を増幅器やA/D変換器などの前処理手段2で使用可能な信号に変換し、変換した信号を処理手段3にて処理する。処理結果は、表示手段4に表示される。この実施形態において、処理手段3と表示手段4はパソコンなどの同一機器であってもよい。

【0013】

50

ここで、図 1 に示した欠陥検出の処理内容のフローについて説明する。

【 0 0 1 4 】

本フローチャートでは、鉄筋コンクリート構造体を打撃した際に発生する応答音をマイクで受音して得たアナログ音波信号を、A / D 変換したデジタル音波信号を使用する。アナログ音波信号は、LPF (ローパスフィルタ) や HPF (ハイパスフィルタ) を介して分析に不必要な周波数成分が除去され、そして、増幅器を用いて A / D 変換器の入力端子の仕様に合う電圧にまで増幅された後に、A / D 変換される。変換されたデジタル信号は、パソコンで処理される。

【 0 0 1 5 】

まず、ステップ S 1 において、応答音に対応する入力信号であるデジタル音波信号から、心理音響特徴量のうち、ラウドネス、ノイジネス、シャープネスの夫々の値を算出する (算出工程)。

10

【 0 0 1 6 】

ここで、心理音響特徴量とは、より人の聴覚と相関の高い評価量として提唱されている値である。ラウドネスは人の聴覚で感じる音の大きさ、ノイジネスは人が感じる音のうるささ、シャープネスは音の金属感や甲高さ感を示す数値とされている。これらの値は、非線形的な聴覚の周波数特性と同等の処理で算出される。心理音響特徴量の算出方法については、E . Z w i c k e r 著、山田由紀子訳「心理音響学」に詳細が掲載されている。また、ラウドネスの求め方は I S O 5 3 2 B、ノイジネスの求め方については I S O 3 8 9 1 で規格化されている。

20

【 0 0 1 7 】

シャープネスについては、以下の式 1 で求められる。

【 0 0 1 8 】

【 数 1 】

$$SH = 0.11 \frac{\int_0^{24\text{bark}} N(z)g(z)zdz}{\int_0^{24\text{bark}} N(z)dz} \quad (\text{式 1})$$

【 0 0 1 9 】

この式 1 に示すように、シャープネスは、全臨界帯域に渡って高周波域を強調する重み付き積分をして、面積重心を求めることで算出される。なお、式 1 において、N (z) は、人の聴覚の 2 4 個の臨海帯域の各帯域における検出音のラウドネス密度関数、g (z) は、このラウドネス密度関数の重心、0 . 1 1 は、相関係数を示す。

30

【 0 0 2 0 】

次のステップ S 2 において、ラウドネスとノイジネスの関係 (第 1 関係) と、ラウドネスとシャープネスの関係 (第 2 関係) とを取得する。

【 0 0 2 1 】

発明者らの実験により、鉄筋コンクリート構造体中の空洞の発生箇所においては、空洞のない健全箇所に対して、打撃時の応答音が、「耳障り」、かつ、「甲高く」聴こえるといった音質感を持つことが見出されている。鉄筋コンクリート構造体に空洞からなる欠陥が存在する場合、空洞で反射した音は、空洞がない場合に構造体の内部や打撃面の対面で反射した音 (健全な音) よりも周波数が高くなる。そして、空洞で反射した高い周波数の音と健全な音とが、重ね合せの原理より、特に高周波数帯における波高がより高くなり、聴こえる音が「耳障り」で「甲高い」音になる。このため、本実施形態において、応答音における音質感の「耳障り」さを、人が感じる音の大きさを示すラウドネスと、人が感じるうるささを示すノイジネスとの第 1 関係で表現する。一方、応答音における音質感の「甲高さ」を、人が感じる音の甲高さを示すシャープネスとラウドネスとの第 2 関係で表現する。これら第 1 及び第 2 関係に基づく判断を実施することで、「甲高く」、かつ、「耳障り」な応答音を、定量的に求めることができる。なお、この心理音響特徴量は、従来の基準周波数よりもばらつきが小さいことも発明者らにより見出されている。

40

【 0 0 2 2 】

50

ステップS3において、ラウドネスとノイズネスとの第1関係に基づいて空洞の有無を判定する(第1判定工程)。加えて、ラウドネスとシャープネスとの第2関係に基づいて空洞の有無を判定する(第2判定工程)。第1及び第2の2つの関係それぞれに基づく判定結果が共に健全な(空洞がない)場合のみ(ステップS3のYES)、ステップS4に進み、打撃した箇所は、空洞のない箇所(健全箇所)であると判定する。第1及び第2の2つの関係において、いずれか一方でも健全でない(空洞がある)との判定結果の場合は(ステップS3のNO)、ステップS5に進む。健全であるか否かの具体的な判定方法については詳細を後述する。

【0023】

ステップS5では、ステップS3での判定において、第1関係又は第2関係のいずれか一方のみが健全な場合(ステップS5のYES)、ステップS6に進み、打撃した箇所が、欠陥候補(詳細は後述する)であるとの判定を行う。一方、第1及び第2関係の両方ともに健全でない場合、すなわち、第1及び第2関係の両者に基づく判定で、共に、空洞ありと判定した場合(ステップS5のNO)、ステップS7に進み打撃箇所が、欠陥箇所である(欠陥あり)との判定を行う(第3判定工程)。これらの処理結果は、図2の表示手段4に表示される。または、処理結果のデータは、処理手段3に保存される。

10

【0024】

ここで、図3(a)に、空洞のない健全箇所からの応答波形、図3(b)に、空洞による欠陥が存在する箇所からの応答波形を示す。図3(b)では、図3(a)と比較して波形の振幅が大きい。

20

【0025】

ここで、ノイズネスとラウドネスとの第1関係、シャープネスとラウドネスとの第2関係とを用いた具体的処理について説明する。図4(a)は、複数の空洞箇所(空洞の発生している箇所)と複数の健全箇所とからそれぞれ得たノイズネスとラウドネスとの第1関係をプロットしたグラフである。このグラフでは、縦軸をノイズネス(noy)、横軸をラウドネス($Sone$)としている。図4(b)は、複数の空洞箇所と複数の健全箇所とからそれぞれ得たシャープネスとラウドネスとの第2関係をプロットしたグラフである。このグラフでは、縦軸をシャープネス($acum$)、横軸をラウドネス($Sone$)としている。これらのグラフに示すように、点線で表したしきい値を境に、空洞箇所と健全箇所とを区別できる。図4(a)では、 $ラウドネス > 22 Sone$ 、または、 $ノイズネス > 20 noy$ の範囲ならば空洞箇所である。これを利用して、第1関係が、この範囲内か否かに基づいて、図1のステップS3の工程(第1判定工程)を実行する。一方、図4(b)では、 $シャープネス > (-1.2 \times ラウドネス) + 38$ を満たす範囲内なら空洞箇所である。これを利用して、第2関係が、この範囲内か否かに基づいて、図1のステップS3の工程(第2判定工程)を実行する。なお、これらの図におけるプロットやしきい値は、実際に欠陥のある鉄筋コンクリート構造体に対して打撃を与えて得た例である。ここでは、鉄筋コンクリート構造体として、橋脚(ピア)を対象として本実施形態に係る欠陥検出方法を実施している。

30

【0026】

ここで、図1のステップS5で説明したように、第1関係と第2関係とにおいて、判定結果が異なる場合には、欠陥候補と看做す。欠陥候補とは、発生している空洞のサイズが小さく、検査実施時(打撃時)においては放置しても問題とならないもの、すなわち、欠陥と判定すべきでないものを言う。欠陥候補までも欠陥と判定すれば、いわゆる、過検出となってしまう。ゆえに、第1関係と第2関係との両方で空洞あり(空洞箇所)と判断された場合にのみ、打撃箇所が欠陥箇所であると判定する。そして、第1関係または第2関係のいずれかに基づく判定結果のみが空洞ありの場合は、その鉄筋コンクリート構造に欠陥でない空洞がある(欠陥候補がある)と判定する。このことにより、欠陥の識別性能を向上できる。

40

【0027】

ここで、図5に、複数の欠陥箇所と複数の健全箇所からの応答音からシャープネスを算

50

出した結果を示している。図5において、欠陥箇所よりもシャープネスが高くなっている健全箇所もある。このことから、本実施形態では、シャープネス単独ではなく、ラウドネスと組合せることで、高い精度で欠陥箇所と健全箇所とを識別している。

【0028】

以上のように、本実施形態の欠陥検出方法により、鉄筋コンクリート構造体の欠陥を精度よく検出することができる。

【0029】

ここで、本実施形態の他の例に係る欠陥検出方法について説明する。

【0030】

欠陥の重度を評価するために、図6に示すように鉄筋コンクリート構造体10の表面(外壁)からどの深さ(位置)に空洞からなる欠陥20が発生しているかを把握することが望まれる。浅い位置にある欠陥は、鉄筋コンクリート構造体の崩壊をもたらす重大な欠陥となる危険性が高いからである。そこで、本例では、シャープネスに基づき欠陥の深さ(位置)を判定する。

10

【0031】

図7に本例に係る欠陥検出方法のフローを示す。ステップS1～S7については、図1のフローと同じである。また、本例に係る欠陥検出方法も図2の欠陥検出装置で実施される。

【0032】

図7のステップS8において、シャープネスから、欠陥の発生している位置(深さ方向の位置)を判定する(位置判定工程)。ステップS7において欠陥ありと判断された場合にステップS8を行う。具体的には、欠陥ありと判定された箇所におけるシャープネスが21acum以上であれば、欠陥が深さ80mm以上の位置に存在すると判定する。一般的に表面から80mm未満の浅い位置の欠陥は、鉄筋コンクリート構造体の崩壊をもたらす危険性の高い重大欠陥とされ直ちに対策を講じる必要がある。逆に、深さ80mm以上と表面から深い位置に存在する欠陥は、重大欠陥とは看做されない。したがって、本例において、欠陥の深さ(表面からの位置)が80mm以上であるか否かを判断することで、重大な欠陥の検出を可能とする。なお、図7中では、欠陥の発生している位置を欠陥発生深さと記載している。

20

【0033】

ここで、シャープネスの値と欠陥の位置(深さ)との関係を説明する。図8は、柱状の鉄筋コンクリート構造体の側壁面の展開図であり、展開図に、欠陥の箇所とその発生深さ(深さ方向の位置)を示している。図のY方向が、鉄筋コンクリート構造体の鉛直方向であり、図のX方向が鉄筋コンクリート構造体の水平方向である。ここでは、表面から80mm以上の位置(深さ)の欠陥が検出された地点を(1)から(4)で示している。一方、図9は、図8に示した鉄筋コンクリート構造体の展開図において、打撃に対する応答音におけるシャープネスの値の分布を示している。図9において、シャープネスが21acum以上である地点を(1)から(4)にて示す。図8と図9において、地点(1)～(4)は略一致する。従って、本例では、シャープネスが21acum以上であれば、打撃を与えた表面から欠陥までの深さが80mm以上であると判定する。すなわち、シャープネスが21acum未満であれば、欠陥が表面から80mm未満の位置に存在すると判定し、打撃を与えた構造体には、重大な欠陥が存在すると判定する。以上により、本例によって、欠陥のうち、重要なものとそうでないものとを識別することができ、より高精度な欠陥検出方法を実現できる。

30

40

【産業上の利用可能性】

【0034】

本発明は、トンネル、橋、ビル等を構成する鉄筋コンクリート構造体の検査に利用できる。

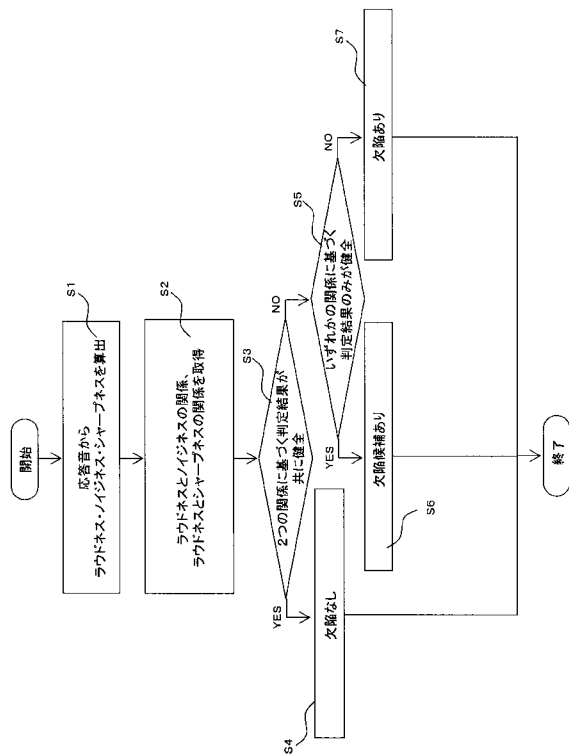
【符号の説明】

【0035】

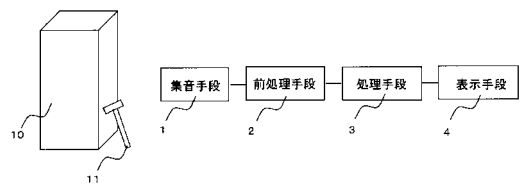
50

- 1 集音手段
- 2 前処理手段
- 3 処理手段
- 4 表示手段
- 10 鉄筋コンクリート構造体
- 11 打撃手段
- 20 欠陥

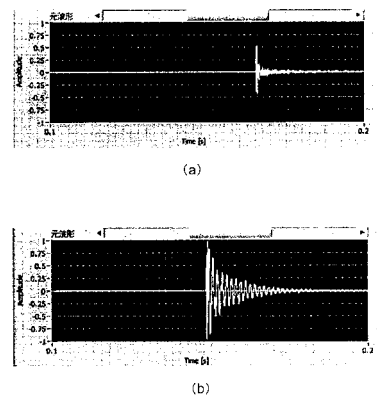
【 図 1 】



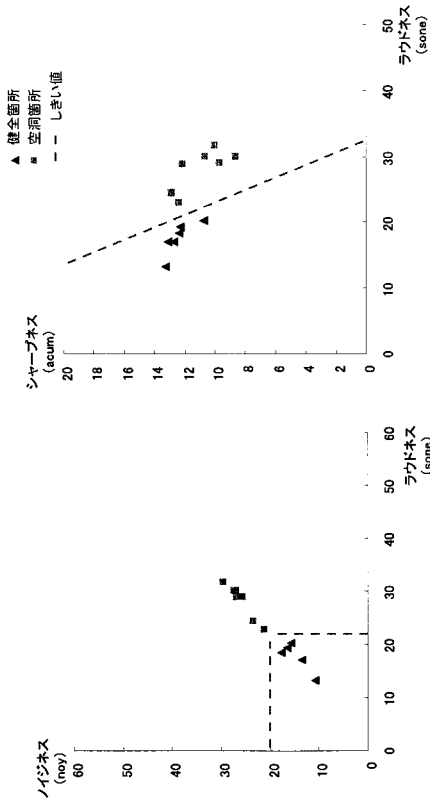
【 図 2 】



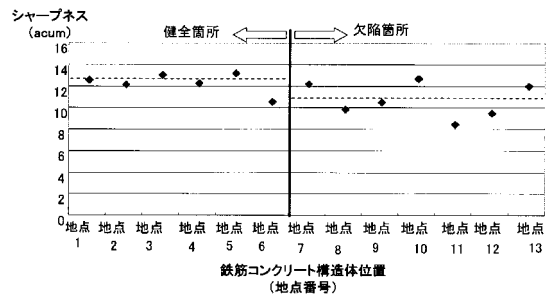
【 図 3 】



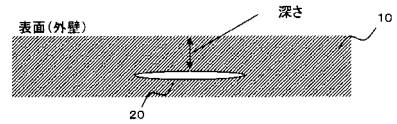
【 図 4 】



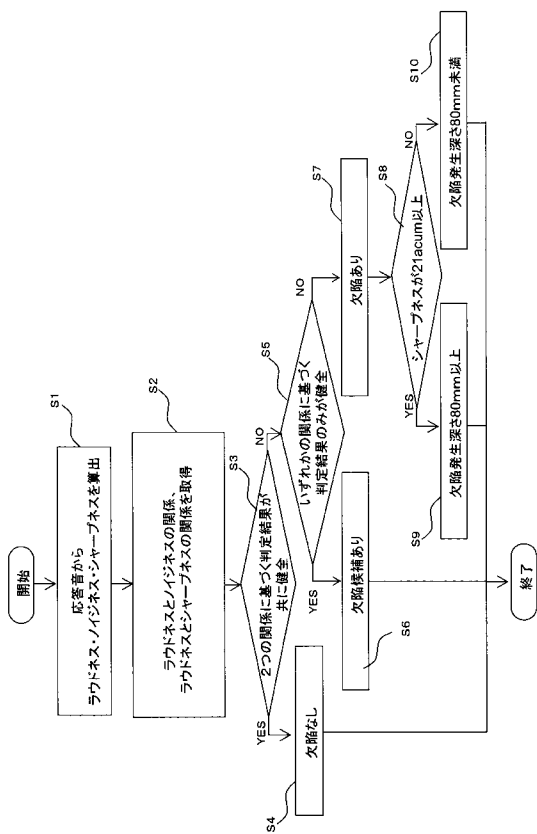
【 図 5 】



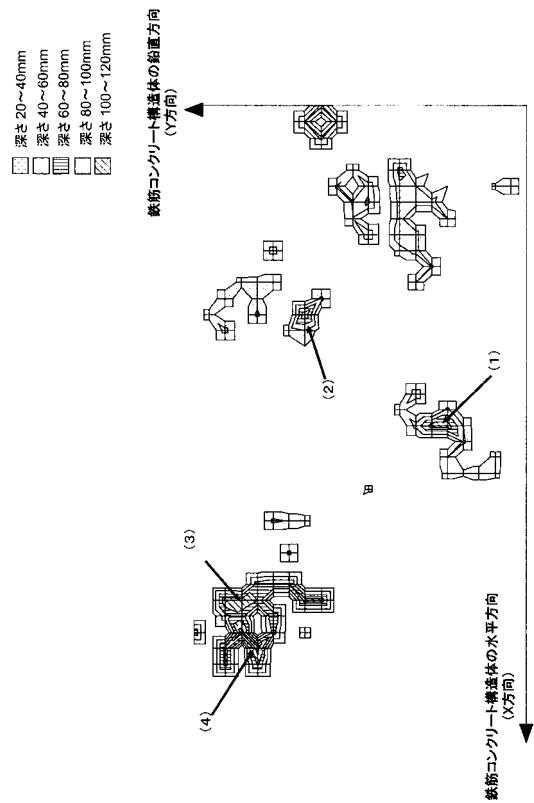
【 図 6 】



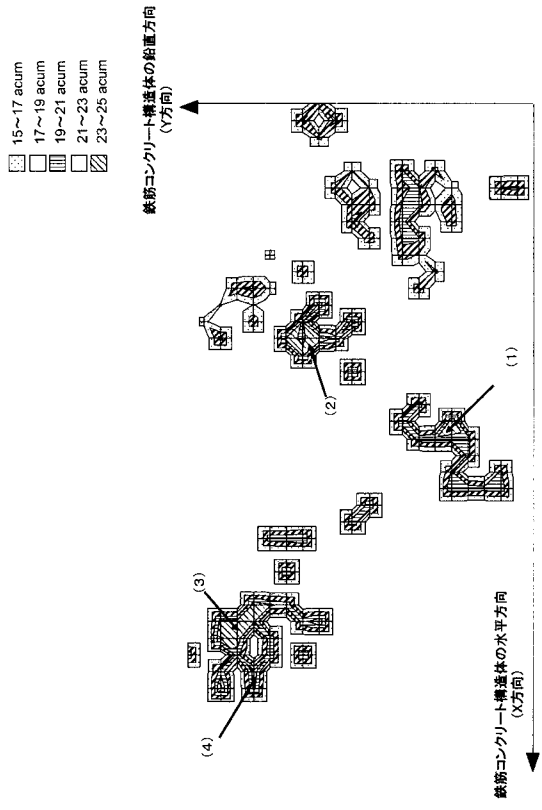
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 深江 崇行

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

Fターム(参考) 2G047 AA10 BA04 CA01 CA03 GD02 GG04 GG32 GG33 GG38