

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5779972号
(P5779972)

(45) 発行日 平成27年9月16日(2015.9.16)

(24) 登録日 平成27年7月24日(2015.7.24)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 33/24 (2006.01)

GO 1 N 33/24

E

GO 1 N 27/22 (2006.01)

GO 1 N 27/22

C

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-109597 (P2011-109597)
(22) 出願日 平成23年5月16日(2011.5.16)
(65) 公開番号 特開2012-242127 (P2012-242127A)
(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)
審査請求日 平成26年2月4日(2014.2.4)

(73) 特許権者 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(74) 代理人 100087480
弁理士 片山 修平
(72) 発明者 陽奥 幸宏
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72) 発明者 遠藤 康浩
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72) 発明者 鈴木 幸一
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 土壌センサおよび土壌センシング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

土壌と直接接触する第1電極と、
透水性および保水性を備える参照材と、
前記参照材を介し前記土壌と接触する第2電極と、
前記第1電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、前記第2電極を用い計測した前記参照材の誘電率と、前記土壌の土質に対応した前記土壌の誘電率と前記参照材の誘電率との
相関曲線と、に基づき、前記土壌の土質を判定する判定部と、
を具備することを特徴とする土壌センサ。

【請求項 2】

前記判定部の判定した前記土壌の土質と、前記第1電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、に基づき、前記土壌中の水分量を算出する算出部を具備する請求項1記載の土壌センサ。

【請求項 3】

前記相関曲線を記憶する第1記憶部を具備することを特徴とする請求項1または2記載の土壌センサ。

【請求項 4】

前記判定部は、前記第1記憶部に記憶された複数の相関曲線のうち、前記第1電極を用い計測した前記土壌の誘電率と前記第2電極を用い計測した前記参照材の誘電率との相関曲線と、最も相関関係がある相関曲線に対応した土質を、前記土壌の土質と判定すること

10

20

を特徴とする請求項 3 記載の土壤センサ。

【請求項 5】

前記判定部は、前記第 1 記憶部に記憶された複数の相関曲線のうち、前記第 1 電極を用い計測した前記土壤の誘電率と前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率との少なくとも一方が所定範囲となる相関曲線を抽出し、抽出された相関曲線のうち、前記第 1 電極を用い計測した前記土壤の誘電率と、前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率とが示す点との距離が最も近い相関曲線に対応する土質を前記土壤の土質と判定することを特徴とする請求項 3 記載の土壤センサ。

【請求項 6】

前記土壤の土質に対応した前記土壤の誘電率と水分量との相関曲線を記憶する第 2 記憶部を具備し、

10

前記算出部は、前記判定部が判定した土質と、前記第 1 電極を用い計測した前記土壤の誘電率と、前記土壤の土質に対応した前記土壤の誘電率と水分量との相関曲線と、から前記土壤中の水分量を算出することを特徴とする請求項 2 記載の土壤センサ。

【請求項 7】

土壤と直接接触する第 1 電極を用い前記土壤の誘電率を計測し、

透水性および保水性を備える参照材を介し前記土壤と接触する第 2 電極を用い前記参照材の誘電率を計測し、

前記土壤の誘電率と前記参照材の誘電率と前記土壤の土質に対応した前記土壤の誘電率と前記参照材の誘電率との相関曲線とに基づき、前記土壤の土質を判定することを特徴とする土壤センシング方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、土壤センサおよび土壤センシング方法に関し、例えば土壤の誘電率を計測することにより土質を判定する土壤センサおよび土壤センシング方法である。

【背景技術】

【0002】

例えば、防災を目的として、河川やダムなどの堤防決壊や土砂災害を迅速に検知し予測するために、土壤内の水分量等を計測することが有効であると考えられている。例えば、土壤内の水分量を時系列で計測することができれば、土壤内の水分の浸透の様子を知ることができる。これにより、堤防決壊や土砂災害を迅速に検知することができる。土壤センサとして、土壤の比誘電率や伝導率を計測し、土壤の水分含有量を計測するセンサが知られている（特許文献 1 および 2）。このようなセンサを用い、土壤内の水分量を時系列で計測することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 10 - 62368 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 329625 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

土壤の誘電率と土壤内の水分量との関係は、土壤の土質により異なる。このため、土質が不明な土壤においては、ボーリング等の掘削により計測対象の土壤のサンプルを採取する。採取した土壤の分析した上で、土壤の誘電率と水分量との相関曲線を取得する。この相関曲線を用い、土壤の誘電率から土壤内の水分量を計測することとなる。この場合、土壤のサンプルを採取し分析するコストがかかってしまう。また、土壤の土質は、土壤サンプルの採取位置により変わってしまうこともあるため、土壤センサを設置した位置の正確な土質を判定することは難しい。土壤サンプルを採取せず、土壤の誘電率と水分量との相

50

関曲線を推測することもある。しかし、この場合、正確なデータは取得できない。

【 0 0 0 5 】

本土壌センサおよび土壌センシング方法は、土壌の土質を簡単に判定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

例えば、土壌と直接接触する第 1 電極と、透水性および保水性を備える参照材と、前記参照材を介し前記土壌と接触する第 2 電極と、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率と、前記土壌の土質に対応した前記土壌の誘電率と前記参照材の誘電率との相関曲線と、に基づき、前記土壌の土質を判定する判定部と、を具備することを特徴とする土壌センサを用いる。

10

【 0 0 0 7 】

例えば、土壌と直接接触する第 1 電極を用い前記土壌の誘電率を計測し、透水性および保水性を備える参照材を介し前記土壌と接触する第 2 電極を用い前記参照材の誘電率を計測し、前記土壌の誘電率と前記参照材の誘電率と前記土壌の土質に対応した前記土壌の誘電率と前記参照材の誘電率との相関曲線とに基づき、前記土壌の土質を判定することを特徴とする土壌センシング方法を用いる。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本土壌センサおよび土壌センシング方法によれば、土壌の土質を簡単に判定することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】図 1 (a) および図 1 (b) は、実施例 1 に係る土壌センサを示す図である。

【図 2】図 2 (a) および図 2 (b) は、実施例 1 に係る土壌センサの本体部のブロック図である。

【図 3】図 3 (a) および図 3 (b) は、実施例 1 に係る本体部の動作を示すフローチャートである。

【図 4】図 4 は、土壌の比誘電率と土壌中の水分量との関係の例を示す図である。

【図 5】図 5 は、参照材の比誘電率 ε_0^* と土壌の比誘電率 ε_1^* との関係を示す測定結果の例である。

30

【図 6】図 6 は、実施例 2 に係る土壌センサの本体部のブロック図である。

【図 7】図 7 は、実施例 2 に係る判定部の動作を示すフローチャートである。

【図 8】図 8 (a) および図 8 (b) は、それぞれ判定部および算出部の動作の例を説明する模式図である。

【図 9】図 9 は、実施例 2 に係る土壌センサの算出部の動作を示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、実施例 3 に係る判定部の動作を示すフローチャートである。

【図 11】図 11 (a) および図 11 (b) は、実施例 3 の判定部の動作の例を説明する模式図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下、図面を参照に本発明に係る実施例について説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 1 】

図 1 (a) および図 1 (b) は、実施例 1 に係る土壌センサを示す図である。図 1 (a) は、土壌センサ 100 の模式図であり、図 1 (b) は、土壌センサ 100 の埋没部 26 の断面図である。図 1 (a) および図 1 (b) のように、土壌センサ 100 は、埋没部 26 と本体部 30 とを備えている。埋没部 26 は、土壌 28 内に埋没されている。本体部 30 は、土壌 28 の外に設置される。埋没部 26 は、第 1 電極 12、第 2 電極 14、参照材

50

１６および支持体１８を備えている。支持体１８は、例えば非透水性の材料から形成されており、支持体１８内部には浸水しないことが好ましい。また、支持体１８は、第１電極１２間、第２電極間、および、第１電極と第２電極１４間が短絡しないように少なくとも表面が絶縁体であることが好ましい。支持体１８としては、例えばアクリルまたはジュラコン等の樹脂を用いることができる。また、支持体１８は、アルミニウムまたは鉄等の金属の表面を絶縁処理したものでよい。支持体１８の形状は、土壌２８内に設置するため、先端が尖った円柱形である。支持体１８の形状は、他の形状でもよい。

【００１２】

支持体１８の表面には、複数の第１電極１２が設けられている。第１電極１２は、土壌２８と直接接触している。さらに、支持体１８の表面には、複数の第２電極１４が設けられている。第２電極１４は、参照材１６により覆われている。参照材１６は、透水性および保水性を備える材料により形成される。参照材１６としては、例えばセルロースを用いることができる。第２電極１４は、参照材１６を介し土壌２８と接触している。第１電極１２および第２電極１４は、例えば金または銅等の金属により形成されている。第１電極１２および第２電極１４は、支持体１８の周囲に設けられたリング形状をしている。また、第１電極１２および第２電極１４は、それぞれ１対設けられている。第１電極１２および第２電極１４の形状および数はこれらに限られない。第１電極１２および第２電極は、それぞれ１または複数設けられていればよい。第１電極１２と本体部３０とはケーブル２０により電氣的に接続され、第２電極１４と本体部３０とはケーブル２２により接続される。

【００１３】

支持体１８の直径は、例えば２０ｍｍから３０ｍｍとすることができる。第１電極１２の間隔および第２電極１４の上下方向の間隔は各々、５ｍｍ～１０ｍｍとすることができる。第１電極１２の間隔および第２電極１４の上下方向の幅は各々、５ｍｍ～１０ｍｍとすることができる。参照材１６の左右方向の幅および上下方向の長さは、参照材１６の誘電率を測定するのに十分な大きさとするのが好ましい。しかしながら、参照材１６が大きすぎる場合、水分が参照材１６内に十分浸透しなくなる可能性もある。参照材１６の大きさは、上記を考慮して設計される。

【００１４】

図２（ａ）および図２（ｂ）は、実施例１に係る土壌センサの本体部の機能ブロック図である。図３（ａ）および図３（ｂ）は、実施例１に係る本体部の動作を示すフローチャートである。図２（ａ）のように、本体部３０は、土壌誘電率計測部３２、参照誘電率計測部３４および判定部３６を備えている。例えば静電容量を測定する測定器とＣＰＵ（central

Processing Unit）とは、プログラム等により土壌誘電率計測部３２および参照誘電率計測部３４として機能する。また、ＣＰＵ等は、判定部３６として機能する。

【００１５】

図２（ａ）および図３（ａ）を用い、本体部３０の動作について説明する。まず、土壌誘電率計測部３２は、ケーブル２０により第１電極１２と接続されており、第１電極１２を用い土壌２８の誘電率を計測する（ステップＳ１０）。参照誘電率計測部３４は、ケーブル２２により第２電極１４と接続されており、第２電極１４を用い参照材１６の誘電率を計測する（ステップＳ１２）。土壌誘電率計測部３２および参照誘電率計測部３４は、それぞれ第１電極１２間および第２電極１４間の静電容量を測定し、測定された静電容量より土壌２８の誘電率および参照材１６の誘電率を計測することができる。土壌２８の誘電率および参照材１６の誘電率は、それぞれ第１電極１２および第２電極１４を用い、他の方法により計測してもよい。また、ステップＳ１０とステップＳ１２とは同時に行なってもよく、ステップＳ１２をステップＳ１０より先に行なってもよい。判定部３６は、第１電極１２を用い計測した土壌２８の誘電率 ϵ_1 と、第２電極１４を用い計測した参照材の誘電率 ϵ_0 と、に基づき、土壌の土質を判定する（ステップＳ１４）。その後終了する。

【 0 0 1 6 】

図 2 (b) および図 3 (b) を用い、別の本体部 3 0 の動作について説明する。図 2 (b) のように、本体部 3 0 は、図 2 (a) の本体部 3 0 に加え算出部 3 8 を備えている。CPU 等は、算出部 3 8 として機能する。図 2 (b) および図 3 (b) のように、算出部 3 8 は、判定部 3 6 の判定した土壌の土質と、土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と、に基づき、土壌 2 8 中の水分量を算出する (ステップ S 1 6)。その後、終了する。

【 0 0 1 7 】

以上のように、図 2 (a) に示した本体部 3 0 を備える土壌センサは、土壌の土質を判定することができる。図 2 (b) に示した本体部 3 0 を備える土壌センサは、加えて土壌 2 8 の水分量を算出することができる。

10

【 0 0 1 8 】

図 4 は、土壌の比誘電率と土壌中の水分量との関係の例を示す図である。図 4 において、土壌が黒土の場合を実線 F 1、土壌が川砂の場合を実線 F 2 で示している。図 4 のように、黒土と、川砂とは、土壌の比誘電率 ε_1^* と土壌の水分量との関係が大きく異なる。

【 0 0 1 9 】

未知の土壌の体積 V_s 中に含まれる水分の体積を V_w とした場合、土壌中の水分の体積含有率 (水分量) W_1 は、 $W_1 = V_w / V_s$ となる。土壌の水分量 W_1 は、誘電率 (または比誘電率) ε_1 を用い、以下の相関曲線で表される。

$$W_1 = F_n (\varepsilon_1)$$

ここで、 F_n は土質ごとの相関曲線である。

20

【 0 0 2 0 】

このように、誘電率 (または比誘電率) に相関曲線 F_n を適用することにより、土壌中の水分量を算出可能である。しかしながら、相関曲線 F_n は土質ごとに異なる。このため、土質が不明な状態では体積水分量 W_1 を算出できない。

【 0 0 2 1 】

一方、既知の参照材 1 6 の体積 V_{s0} 中に含まれる水分の体積 V_{w0} とした場合、参照材 1 6 の水分の体積含有率 (水分量) W_0 は、 $W_0 = V_{w0} / V_{s0}$ となる。参照材 1 6 の水分量 W_0 は、誘電率 (または比誘電率) ε_0 を用い、以下の相関曲線を用い表される。

$$W_0 = F_0 (\varepsilon_0)$$

30

相関曲線 F_0 は既知のため、誘電率 (または比誘電率) ε_0 を用い、参照材 1 6 内の水分量 W_0 を算出できる。

【 0 0 2 2 】

土壌の水分量 W_1 と参照材 1 6 の水分量 W_0 は、土壌と参照材 1 6 との吸水性の違いにより、土壌ごとに一定の相関がある。例えば、 $F_1 (\varepsilon_1)$ と $F_0 (\varepsilon_0)$ との間には一定の相関がある。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、参照材の比誘電率 ε_0^* と土壌の比誘電率 ε_1^* との関係を示す測定結果の例である。図 5 において、土壌が黒土の測定点を黒丸、土壌が川砂の測定点を白丸で示している。実線は、各点から最小二乗法を用い計算した直線である。黒土の比誘電率 ε_0^* と ε_1^* の相関曲線 $E_1 (\varepsilon_0^*, \varepsilon_1^*)$ と、川砂の比誘電率 ε_0^* と ε_1^* の相関曲線 $E_2 (\varepsilon_0^*, \varepsilon_1^*)$ と、は異なる。

40

【 0 0 2 4 】

したがって、土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と参照材 1 6 の誘電率 ε_0 とを計測し、比較することにより、土壌の土質を推定することができる。土壌の土質が推定できれば、推定した土壌の誘電率と水分量との相関曲線 F_n を用い、土壌の水分量を算出できる。

【 0 0 2 5 】

実施例 1 によれば、図 3 (a) のステップ S 1 4 のように、判定部 3 6 が第 1 電極 1 2 を用い計測した土壌 2 8 の誘電率と、第 2 電極 1 4 を用い計測した参照材 1 6 の誘電率と、に基づき、土壌 2 8 の土質を判定する。このように、土壌 2 8 の土質を判定することが

50

できる。

【 0 0 2 6 】

また、図 3 (b) のステップ S 1 6 のように、算出部 3 8 が判定部 3 6 の判定した土壌 2 8 の土質と、第 1 電極 1 2 を用い計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と、に基づき、土壌 2 8 中の水分量を算出する。このように、土壌 2 8 中の水分量を算出することができる。

【 実施例 2 】

【 0 0 2 7 】

図 6 は、実施例 2 に係る土壌センサの本体部のブロック図である。図 6 のように、本体部 3 0 は、実施例 1 の図 2 に比べ第 1 記憶部 3 7 および第 2 記憶部 3 9 を備えている。第 1 記憶部 3 7 および第 2 記憶部 3 9 は、不揮発性メモリまたは揮発性メモリであり、例えばフラッシュメモリまたはハードディスクユニット等である。第 1 記憶部 3 7 は、土壌の複数の土質 n に対応した相関曲線 $E_n(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ を記憶している。ここで、相関曲線 $E_n(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ は、土壌 2 8 の土質 n に対応した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と参照材 1 6 の誘電率 ε_0 との相関曲線である。相関曲線 $E_n(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ は、複数の既知の土質に対し予め計測され、第 1 記憶部 3 7 に記憶されている。第 2 記憶部 3 9 は、土壌の土質 n に対応した、土壌の誘電率 ε_1 と水分量 W_1 との相関曲線 F_n を記憶している。相関曲線 F_n は、複数の既知の土質に対し予め計測され、第 2 記憶部 3 9 に記憶されている。本体部 3 0 のその他の構成および埋没部 2 6 は、実施例 1 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 2 8 】

図 7 は、実施例 2 に係る判定部の動作を示すフローチャートである。図 7 のように、判定部 3 6 は、土壌誘電率計測部 3 2 から土壌 2 8 の誘電率 ε_1 を取得する (ステップ S 2 0)。次に、判定部 3 6 は、参照誘電率計測部 3 4 から参照材 1 6 の誘電率を取得する (ステップ S 2 2)。ステップ S 2 0 とステップ S 2 2 とは同時に行なってもよく、ステップ S 2 2 をステップ S 2 0 より先に行なってもよい。判定部 3 6 は、終了か判定する (ステップ S 2 4)。例えば、判定部 3 6 は、所定時間ごとに所定回数、ステップ S 2 0 および S 2 2 を繰り返した場合、終了と判定する。所定回数は、例えば 2 回でもよい。3 回以上でもよい。例えば、所定回数を 2 回とすることにより、より早く誘電率の計測を終了することができる。土質の判定の精度を向上させるためには、誘電率の計測は、より多く回数行なうことが好ましい。さらに、土質の判定の精度を向上させるためには、より異なる水分量について、誘電率の計測を行なうことが好ましい。また、例えば、判定部 3 6 は、水分量の差または誘電率の差が所定以上となった場合、Y e s と判定してもよい。ステップ S 2 4 において N o の場合ステップ S 2 0 に戻る。

【 0 0 2 9 】

ステップ S 2 4 において Y e s の場合、判定部 3 6 は、取得した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と参照材 1 6 の誘電率 ε_0 とから、土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と参照材 1 6 の誘電率 ε_0 との相関曲線 $E(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ を算出する (ステップ S 2 6)。判定部 3 6 は、第 1 記憶部 3 7 から複数の土質 n に対応した相関曲線 $E_n(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ を取得する (ステップ S 2 8)。判定部 3 6 は、相関曲線 $E_n(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ のうち相関曲線 $E(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ と最も相関の高い $E_n(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ に対応する土質を、土壌 2 8 の土質と判定する (ステップ S 3 0)。

【 0 0 3 0 】

図 8 (a) および図 8 (b) は、それぞれ判定部および算出部の動作の例を説明する模式図である。図 8 (a) の横軸は参照材 1 6 の誘電率 ε_0 、縦軸は土壌 2 8 の誘電率 ε_1 である。相関曲線 E 1 から E 3 は、第 1 記憶部 3 7 に記憶された、土質 1 ~ 3 に対応した誘電率 ε_1 と誘電率 ε_0 との相関曲線である。図 7 のステップ S 2 6 において、判定部 3 6 は、未知の土質の土壌 2 8 について、第 1 電極 1 2 を用い計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と第 2 電極 1 4 を用い計測した参照材 1 6 の誘電率 ε_0 との相関曲線 $E(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ を算出する。ステップ S 3 0 において、判定部 3 6 は、相関曲線 E 1 から E 3 のうち相関曲線 $E(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ と最も相関の高い相関曲線 E 2 を選択する。図 8 の例においては、相関曲線 E 2 に対応する土質 2 を、土壌 2 8 の土質と判定する。最も相関の高い相関曲線

10

20

30

40

50

は、例えば、相関曲線 E 1 から E 3 と相関曲線 E (ε_0 、 ε_1) との距離の平均が最も小さい相関曲線 E 1 から E 3 を選択してもよい。また、相関曲線 E 1 から E 3 が直線の場合、傾きが相関曲線 E (ε_0 、 ε_1) に最も近い相関曲線を選択してもよい。

【 0 0 3 1 】

図 9 は、実施例 2 に係る土壌センサの算出部の動作を示すフローチャートである。図 9 のように、算出部 3 8 は、参照誘電率計測部 3 4 から計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 を取得する (ステップ S 5 0)。算出部 3 8 は、判定部 3 6 が判定した土壌の土質を取得する (ステップ S 5 2)。ステップ S 5 0 と S 5 2 との順番は逆でもよい。算出部 3 8 は、第 2 記憶部 3 9 から判定部 3 6 が判定した土質に対応する相関曲線 F n を取得する (ステップ S 5 4)。算出部 3 8 は、土質と相関曲線 F n とから土壌の水分量を算出する (ステップ S 5 6)

10

【 0 0 3 2 】

図 8 (b) の横軸は土壌の誘電率 ε_1 、縦軸は土壌の水分量 W 1 である。相関曲線 F 1 から F 3 は、第 2 記憶部 3 9 に記憶された土質 1 ~ 3 に対応した誘電率 ε_1 と水分量との相関曲線である。図 9 のステップ S 5 4 において、算出部 3 8 は、判定部 3 6 が判定した土質の相関曲線 F 2 を取得する (ステップ S 5 4)。ステップ S 5 6 において、算出部 3 8 は相関曲線 F 2 を用い、第 1 電極 1 2 を用い計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1' に対応する水分量 W 1' を算出する。

【 0 0 3 3 】

実施例 2 によれば、図 7 のステップ S 3 0 のように、判定部 3 6 は、第 1 電極 1 2 を用い計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と、第 2 電極 1 4 を用い計測した参照材 1 6 の誘電率 ε_0 と、相関曲線 E n と、から土壌 2 8 の土質を判定する。これにより、相関曲線 E n を用い土質を判定するため、土質をより正確に判定することができる。

20

【 0 0 3 4 】

また、図 8 (a) のように、判定部 3 6 は、第 1 記憶部 3 7 に記憶された相関曲線 E n のうち、計測した相関曲線 E (ε_0 、 ε_1) と、最も相関関係がある相関曲線に対応した土質を、土壌 2 8 の土質と判定する。これにより、計測した相関曲線 E に最も相関の高い相関曲線 E n の土質を土壌 2 8 の土質と判定するため、より正確に土質を判定することができる。

【 0 0 3 5 】

30

さらに、図 8 (b) のように、算出部 3 8 は、第 1 電極 1 2 を用い計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 と、第 2 記憶部 3 9 に記憶された相関曲線 F n と、から土壌 2 8 中の水分量を算出する。これにより、より正確に判定された土質に基づき水分量を算出することにより、より正確な土壌 2 8 中の水分量を算出できる。

【 実施例 3 】

【 0 0 3 6 】

実施例 3 は、実施例 2 とは別の方法で、判定部 3 6 が土壌の土質を判定する例である。実施例 3 の土壌センサにおいて、埋没部 2 6 および本体部 3 0 の構成は実施例 2 と同じであり、説明を省略する。

【 0 0 3 7 】

40

図 1 0 は、実施例 3 に係る判定部の動作を示すフローチャートである。図 1 0 のように、判定部 3 6 は、土壌誘電率計測部 3 2 から土壌 2 8 の誘電率 ε_1 を取得する (ステップ S 4 0)。次に、判定部 3 6 は、参照誘電率計測部 3 4 から参照材 1 6 の誘電率 ε_0 を取得する (ステップ S 4 2)。ステップ S 4 0 とステップ S 4 2 とは同時に行なってもよく、ステップ S 4 2 をステップ S 4 0 より先に行なってもよい。

【 0 0 3 8 】

判定部 3 6 は、第 1 記憶部 3 7 から複数の土質 n に対応した相関曲線 E n (ε_0 、 ε_1) を取得する (ステップ S 4 4)。判定部 3 6 は、相関曲線 E n (ε_0 、 ε_1) のうち、計測した土壌 2 8 の誘電率 ε_1 および参照材 1 6 の誘電率 ε_0 の少なくとも一方が範囲内の相関曲線 E' (ε_0 、 ε_1) を抽出する (ステップ S 4 6)。判定部 3 6 は、抽出され

50

た相関曲線 $E'(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ のうち、点 $(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ と最も距離の近い相関曲線 $E'(\varepsilon_0, \varepsilon_1)$ に対応する土質を、土壌 28 の土質と判定する（ステップ S 48）。算出部 38 の動作は、実施例 2 と同じであり説明を省略する。

【0039】

図 11 (a) および図 11 (b) は、実施例 3 の判定部の動作の例を説明する模式図である。図 11 (a) および図 11 (b) の横軸は参照材の誘電率 ε_0 、縦軸は土壌の誘電率 ε_1 である。まず、図 11 (a) を用い、実施例 3 の判定部 36 の動作の第 1 の例を説明する。図 11 (a) の相関曲線 E_1 から E_3 は、図 8 (a) と同じであり説明を省略する。相関曲線 E_1 から E_3 のそれぞれにおいて誘電率 ε_1 がとりうる範囲は、範囲 R_1 から R_3 である。計測した土壌 28 の誘電率は ε_1' であり、参照材の誘電率は ε_0' である。図 10 のステップ S 46 において、計測した土壌 28 の誘電率 ε_1' が範囲内の相関曲線は E_2 および E_3 である。そこで、判定部 36 は、相関曲線 E_1 および E_2 を抽出する。ステップ S 48 において、判定部 36 は、抽出された相関曲線 E_1 および E_2 のうち、最も計測された点 $(\varepsilon_0', \varepsilon_1')$ に近い相関曲線 E_3 に対応する土質を、土壌 28 の土質と判定する。

10

【0040】

次に、図 11 (b) を用い、実施例 3 の判定部の動作の第 2 の例を説明する。図 11 (b) の相関曲線 E_4 から E_6 は、それぞれ異なる土質の相関曲線である。相関曲線 E_4 から E_6 のそれぞれにおいて参照材 16 の誘電率 ε_0 がとりうる範囲は、範囲 R_4 から R_6 である。計測した土壌 28 の誘電率は ε_1' であり、参照材の誘電率は ε_0' である。図 10 のステップ S 46 において、計測した参照材 16 の誘電率 ε_0' が範囲内の相関曲線は E_5 および E_6 である。そこで、判定部 36 は、相関曲線 E_5 および E_6 を抽出する。ステップ S 48 において、判定部 36 は、抽出された相関曲線 E_5 および E_6 のうち、最も計測された点 $(\varepsilon_0', \varepsilon_1')$ に近い相関曲線 E_5 に対応する土質を、土壌 28 の土質と判定する。

20

【0041】

さらに、判定部 36 は、第 2 記憶部 39 に記憶された相関曲線 E_n のうち、計測した土壌 28 の誘電率 ε_1' が所定の範囲内であり、かつ計測した参照材 16 の誘電率 ε_0' が所定の範囲内の相関曲線を抽出してもよい。

【0042】

実施例 3 によれば、図 11 (a) および図 11 (b) のように、判定部 36 は、第 1 記憶部 37 に記憶された相関曲線のうち、計測された土壌 28 の誘電率 ε_1' および参照材 16 の誘電率 ε_0' が所定範囲となる相関曲線を抽出する。抽出された相関曲線のうち、計測された点 $(\varepsilon_0', \varepsilon_1')$ との距離が最も近い相関曲線に対応する土質を土壌 28 の土質と判定する。これにより、土壌 28 の土質を判定することができる。実施例 3 によれば、第 1 電極 12 および第 2 電極 14 を用いた誘電率の測定が 1 回のため、短時間で土質を判定することができる。

30

【0043】

実施例 2 および実施例 3 の土壌センサにおいては、実施例 1 の図 2 (a) および図 3 (a) で説明したように、土壌の土質を判定し、土壌の水分量は算出しなくてもよい。

40

【0044】

実施例 2 から実施例 3 において、土壌の誘電率 ε_1 と参照材の誘電率 ε_0 との相関曲線 E_n から土壌 28 の土質を判定する例を説明した。当然のことながら、相関曲線 E_n は、土壌 28 の比誘電率 ε_1^* と参照材 16 の比誘電率 ε_0^* とで表すことができる。また、相関曲線 E_n は、第 1 電極 12 間の静電容量と第 2 電極 14 間の静電容量とで表すことができる。さらに、実施例 2 から実施例 3 において、土壌の誘電率 ε_1 と土壌の水分量 V_w との相関曲線 F_n から土壌 28 の水分量を判定する例を説明した。当然のことながら、相関曲線 F_n は、土壌 28 の比誘電率 ε_1^* と水分量 W_1 とで表すことができる。また、相関曲線 F_n は、第 1 電極 12 間の静電容量と水分量 W_1 とで表すことができる。

【0045】

50

以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明は係る特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【 0 0 4 6 】

実施例 1 ～ 3 を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

付記 1 :

土壌と直接接触する第 1 電極と、透水性および保水性を備える参照材と、前記参照材を介し前記土壌と接触する第 2 電極と、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率と、に基づき、前記土壌の土質を判定する判定部と、を具備することを特徴とする土壌センサ。

10

付記 2 :

前記判定部の判定した前記土壌の土質と、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、に基づき、前記土壌中の水分量を算出する算出部を具備する付記 1 記載の土壌センサ。

付記 3 :

前記土壌の土質に対応した前記土壌の誘電率と前記参照材の誘電率との相関曲線を記憶する第 1 記憶部を具備し、前記判定部は、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率と、前記第 1 記憶部に記憶された相関曲線と、から前記土壌の土質を判定することを特徴とする付記 1 または 2 記載の土壌センサ。

20

付記 4 :

前記判定部は、前記第 1 記憶部に記憶された相関曲線のうち、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率との相関曲線と、最も相関関係がある相関曲線に対応した土質を、前記土壌の土質と判定することを特徴とする付記 3 記載の土壌センサ。

付記 5 :

前記判定部は、前記第 1 記憶部に記憶された相関曲線のうち、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率と少なくとも一方が所定範囲となる相関曲線を抽出し、抽出された相関曲線のうち、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、前記第 2 電極を用い計測した前記参照材の誘電率とが示す点との距離が最も近い相関曲線に対応する土質を前記土壌の土質と判定することを特徴とする付記 3 記載の土壌センサ。

30

付記 6 :

前記土壌の土質に対応した前記土壌の誘電率と水分量との相関曲線を記憶する第 2 記憶部を具備し、前記算出部は、前記判定部が判定した土質と、前記第 1 電極を用い計測した前記土壌の誘電率と、前記相関曲線と、から前記土壌中の水分量を算出することを特徴とする付記 2 記載の土壌センサ。

付記 7 :

土壌と直接接触する第 1 電極を用い前記土壌の誘電率を計測し、透水性および保水性を備える参照材を介し前記土壌と接触する第 2 電極を用い前記参照材の誘電率を計測し、前記土壌の誘電率と前記参照材の誘電率とに基づき、前記土壌の土質を判定することを特徴とする土壌センシング方法。

40

付記 8

判定された前記土壌の土質と、前記土壌の誘電率と、に基づき、前記土壌中の水分量を算出することを特徴とする付記 7 記載の土壌センシング方法。

【 符号の説明 】

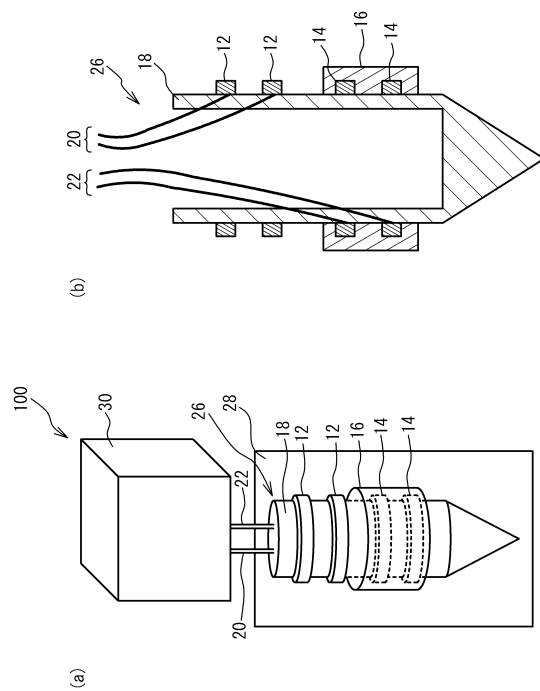
【 0 0 4 7 】

- 1 2 第 1 電極
- 1 4 第 2 電極
- 1 6 参照材

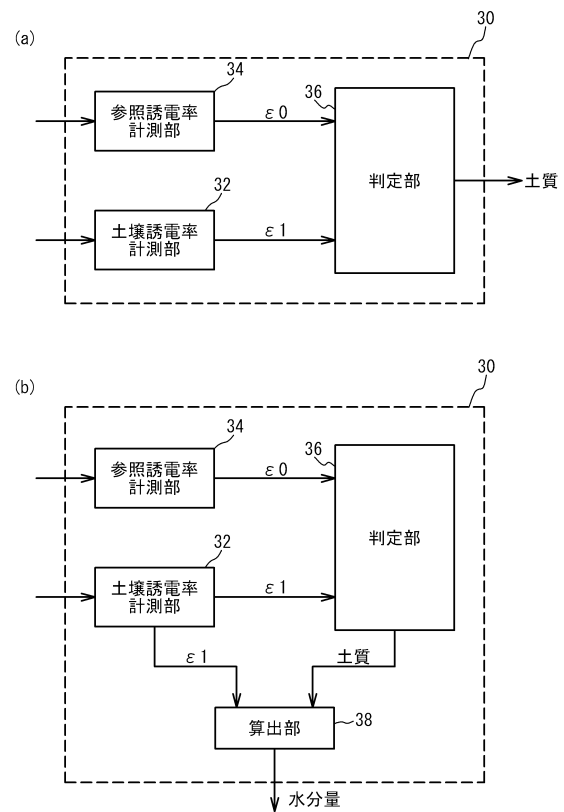
50

- 1 8 支持部
- 2 6 埋没部
- 2 8 土壤
- 3 0 本体部
- 3 2 土壤誘電率計測部
- 3 4 参照誘電率計測部
- 3 6 判定部
- 3 7 第 1 記憶部
- 3 8 算出部
- 3 9 第 2 記憶部

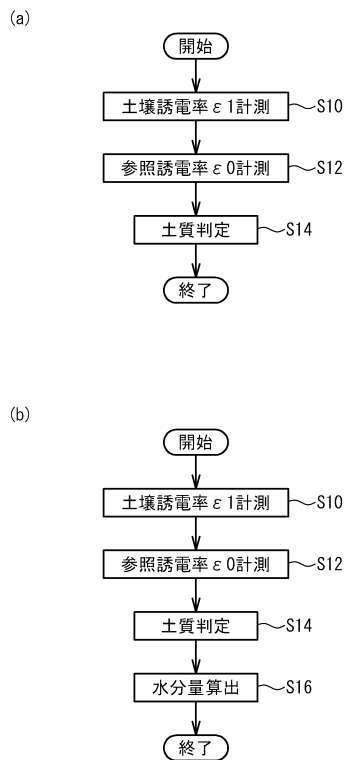
【図 1】



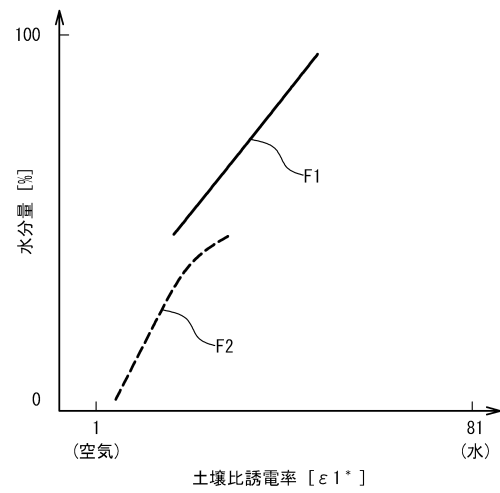
【図 2】



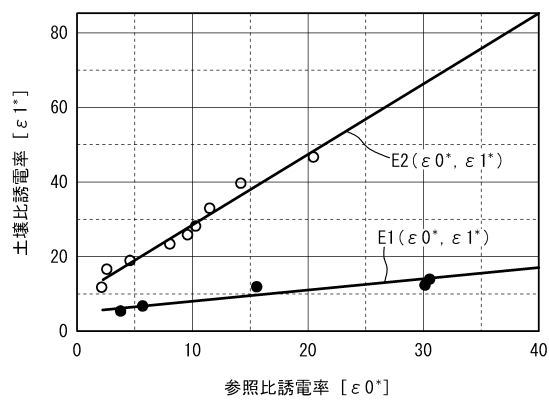
【図 3】



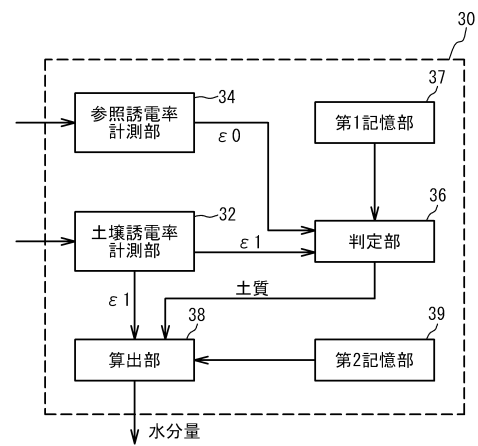
【図 4】



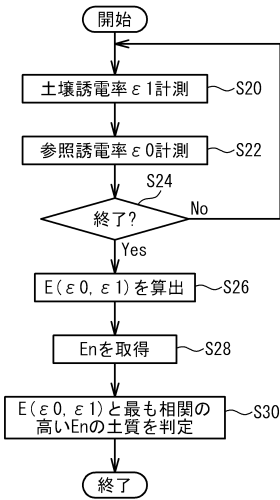
【図 5】



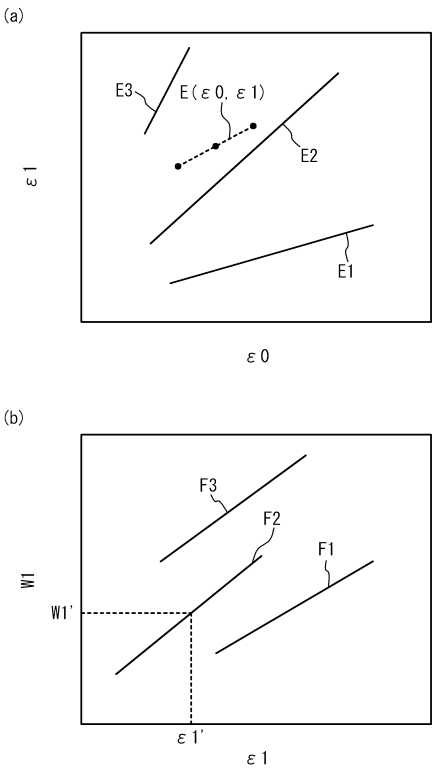
【図 6】



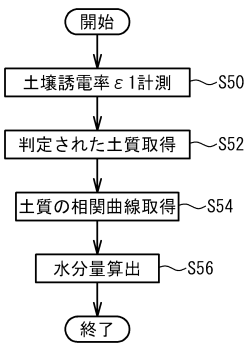
【図 7】



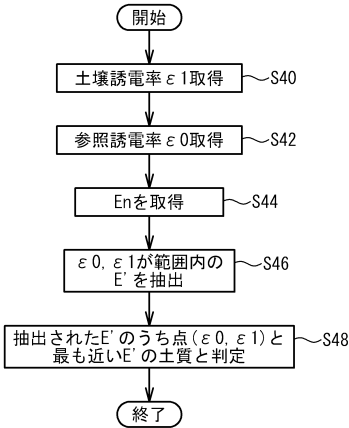
【図 8】



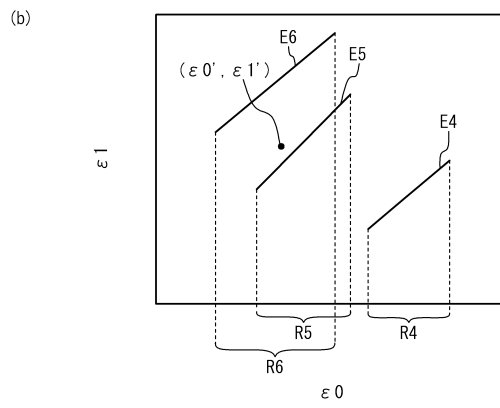
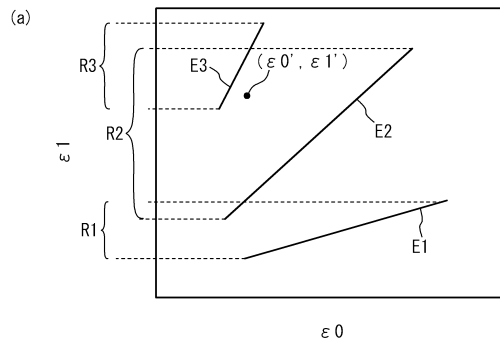
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

審査官 清水 督史

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 1 2 5 0 6 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 8 9 6 9 3 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 3 4 0 8 3 5 (J P , A)
登録実用新案第 3 0 7 0 4 5 0 (J P , U)
特開 2 0 0 1 - 0 1 2 5 0 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 N 3 3 / 2 4
G 0 1 N 2 7 / 2 2