

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3831249号

(P3831249)

(45) 発行日 平成18年10月11日(2006.10.11)

(24) 登録日 平成18年7月21日(2006.7.21)

(51) Int. Cl.

G O 1 N 33/24 (2006.01)

F I

G O 1 N 33/24

E

請求項の数 26 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2001-509986 (P2001-509986)	(73) 特許権者	801000072
(86) (22) 出願日	平成12年7月6日(2000.7.6)		農工大ティー・エル・オー株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2000/004503		東京都小金井市中町二丁目24番16号
(87) 国際公開番号	W02001/004627	(74) 代理人	100092598
(87) 国際公開日	平成13年1月18日(2001.1.18)		弁理士 松井 伸一
審査請求日	平成15年2月26日(2003.2.26)	(72) 発明者	澁澤 栄
(31) 優先権主張番号	特願平11-195139		日本国府中市晴海町3-11-30
(32) 優先日	平成11年7月8日(1999.7.8)	(72) 発明者	平子 進一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		日本国京都府京都市下京区塩小路通堀川東
(31) 優先権主張番号	特願2000-70158 (P2000-70158)		入南不動堂町801番地 オムロン株式会社
(32) 優先日	平成12年3月14日(2000.3.14)		社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	久野 敦司
			日本国京都府京都市下京区塩小路通堀川東
			入南不動堂町801番地 オムロン株式会社
			社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 土壤測定装置、土壤測定支援装置及び方法並びにプログラムを記録した記録媒体及びデータを記録した記録媒体並びに土壤モデルデータベース管理システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

土壤の特性を測定する土壤測定装置を用いた測定方法であって、  
少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報に基づいて、土壤センサから計測データを取得し、

次いで前記土壤タイプと水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルに前記取得した計測データを入力し、土壤特性を求めることを特徴とする土壤測定方法。

## 【請求項2】

測定対象の土壤から所定の計測データを取得する検知手段と、  
前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壤特性を求める計測情報処理手段とを備えた土壤測定装置において、

前記計測データ並びに前記計測情報処理手段で処理するためのモデルは、測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されることを特徴とする土壤測定装置。

## 【請求項3】

使用する計測データ等の計測条件と前記モデルを決定するとともに、前記検知手段並びに前記計測情報処理手段に設定する土壤測定支援機能を備えたことを特徴とする請求項2に記載の土壤測定装置。

## 【請求項4】

前記計測情報処理手段から出力される土壤特性と、位置情報に基づいて土壤マップを作

10

20

成する作成手段を備えたことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の土壤測定装置。

【請求項 5】

少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルを設定する処理、

土壤センサからの計測データを受け取るとともに、その受け取った計測データから前記設定されたモデルに基づいて所定の土壤特性を求める処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壤測定プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 6】

土壤の特性を測定する土壤測定装置に対する支援装置における支援方法であって、

少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壤計測用データを記憶する記憶手段を用意し、

少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報を取得し、

次いで、その取得した前記土壤タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出し、

前記読み出した計測条件とモデルを出力することを特徴とする土壤測定支援方法。

【請求項 7】

土壤の特性を測定する土壤測定装置に対する支援装置における支援方法であって、

少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壤計測用データを記憶する記憶手段を用意し、

少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報を取得し、

次いで、その取得した前記土壤タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件を読み出し、

前記読み出した計測条件を出力することを特徴とする土壤測定支援方法。

【請求項 8】

土壤の特性を測定する土壤測定装置に対する支援装置における支援方法であって、

少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルを関連付けた土壤計測用データを記憶する記憶手段を用意し、

少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報を取得し、

次いで、その取得した前記土壤タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応するモデルを読み出し、

前記読み出したモデルを出力することを特徴とする土壤測定支援方法。

【請求項 9】

土壤の特性を測定する土壤測定装置に対する支援装置であって、

少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壤計測用データを記憶する記憶手段と、

少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壤タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを決定する決定手段と、

その決定手段で決定した前記読み出した計測条件とモデルを出力する手段とを備えたことを特徴とする土壤測定支援装置。

【請求項 10】

土壤の特性を測定する土壤測定装置に対する支援装置であって、

少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壤計測用データを

10

20

30

40

50

記憶する記憶手段と、

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件を決定する決定手段と、

その決定手段で決定した前記読み出した計測条件を出力する手段とを備えたことを特徴とする土壌測定支援装置。

【請求項 1 1】

土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置であって、

少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルを関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段と、

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応するモデルを決定する決定手段と、

その決定手段で決定した前記読み出したモデルを出力する手段とを備えたことを特徴とする土壌測定支援装置。

【請求項 1 2】

測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記土壌タイプを求めるとともに、前記決定手段に与える土壌タイプ検出手段を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の土壌測定支援装置。

【請求項 1 3】

測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求めるとともに、前記決定手段に与える水分量情報検出手段を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の土壌測定支援装置。

【請求項 1 4】

測定対象の土壌を計測して得られた計測データと、前記測定対象の土壌の粘土含量から規定される粗い土壌タイプとに基づいて前記水分量に関する情報を求めるとともに、前記決定手段に与える水分量情報検出手段を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の土壌測定支援装置。

【請求項 1 5】

前記土壌タイプは、あらかじめ測定し記憶保持したデータベースから求めるようにしたことを特徴とする請求項 9 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の土壌測定支援装置。

【請求項 1 6】

少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるための土壌計測用データと、土壌関連情報とが、出力可能に構造化された状態で記憶された土壌モデルデータベースに対してアクセスしてその記憶内容の更新、読み出しを行う土壌モデルデータベース管理者システムであって、

受け取った利用者からの要求内容に応じて記録された情報の提供と、内容更新を行う機能を備えた土壌モデルデータベース管理システム。

【請求項 1 7】

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得する処理、

取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づき、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を記憶した記憶領域にアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出す処理、

前記読み出した計測条件とモデルを出力する処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定支援プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 8】

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得する処理、

10

20

30

40

50

取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づき、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を記憶した記憶領域にアクセスし、対応する計測条件を読み出す処理、

前記読み出した計測条件を出力する処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定支援プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 19】

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得する処理、

取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づき、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルとを記憶した記憶領域にアクセスし、対応するモデルを読み出す処理、

前記読み出したモデルを出力する処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定支援プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 20】

測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記土壌タイプを求める処理と、

測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求める処理の少なくとも一方の処理を実行するプログラムを含むことを特徴とする請求項 17 乃至 19 のいずれか 1 項に記載のコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 21】

測定対象の土壌から所定の計測データを取得する検知手段と、前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壌特性を求める計測情報処理手段とを備えた土壌測定装置本体と、

測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて前記計測情報処理手段で処理するためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を決定するとともに、前記土壌測定装置本体に向けて出力する土壌測定支援装置とを有し、

前記土壌測定装置本体と前記土壌測定支援装置とは、所定の通信インタフェースによりデータの送受を行うようにしたことを特徴とする土壌測定装置。

【請求項 22】

少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データをコンピュータが読み取り可能に記録した記録媒体。

【請求項 23】

前記土壌計測用データは、計測対象特性名をさらに関連付けたものであることを特徴とする請求項 22 に記載の記録媒体。

【請求項 24】

前記土壌計測用データは、計測方式をさらに関連付けたものであることを特徴とする請求項 22 に記載の記録媒体。

【請求項 25】

前記土壌計測用データは、計測対象特性名と計測方式をさらに関連付けたものであることを特徴とする請求項 22 に記載の記録媒体。

【請求項 26】

少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めための土壌計測用データと、土壌関連情報とが、出力可能に構造化された状態でコンピュータが読み取り可能に記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】  
技術分野

本発明は、土壌をリアルタイムで測定するための土壌測定装置、土壌測定支援装置及び

10

20

30

40

50

方法並びにプログラムを記録した記録媒体及びデータを記録した記録媒体並びに土壤モデルデータベース管理システムに関するものである。

#### 背景技術

農産物の収量を増加させるためには、土壤中の有機成分や肥料等の不足分を補給し、耕作地全体の土壌の均質化を図る必要がある。一方、係る肥料等は、必要以上に補給すると、かえって農作物のためによくはない場合がある。また、必要以上に補給しても農作物に悪影響が出ないものもあるが、余剰分の肥料等は無駄に捨てることになり、収益性の面で好ましくない。さらに、環境保全を考慮した場合にも、できるだけ消費する肥料等は少ないほうが好ましい。

そこで、近年、環境保全と収益性の確保を前提とし、農業資材、肥料、農薬、その他の物の投入量を低減することを目的とした精密圃場管理が普及しつつある。係る管理を行うためには、土壌の成分を分析する必要があり、特にリアルタイムに成分分析することが望まれる。

係るリアルタイムで成分分析をする土壌測定システムとして、従来、特開平11-83627号公報に示す装置があった。その公報に開示された発明は、土壌の光学的特性から土壌の成分を分析するもので、具体的には、第1図に示すような構成をとっている。

同図に示すように、光源1から出射された白色光を均平板2で表面をならした土壌面3に照射する。土壌面3で散乱反射された白色光(散乱反射光)を集光レンズ4で集光して光積分球5の内部に集光させる。このとき土壌面3の像を光積分球5の受光窓6に結像させて縮小投影するようにしてある。光積分球5内の光は分光装置7に導かれ、その分光装置7にて分光される。分光された光は、光検出器8により受光され、その受光した光強度に応じた電気信号が、データ処理装置9に与えられる。そして、データ処理装置9は、受け取った電気信号(光検出器8の受光信号)に基づいて光スペクトルを求め、反射散乱光の光スペクトルに基づいて土壌成分を判別する。

これにより、土壌の形状や土壌面の凹凸等に影響されず、土壌の光学的特性を精度よく測定できるようにするとともに、土壌面との距離を大きくして、測定精度を向上させるようにしている。

土壌の成分、構造、力学的特性、電気的特性、光学特性、化学的特性などの土壌特性をリアルタイムで測定するためには、検出する物理量等としては、測定時間の短いものや、測定のために土壌に対して長時間の化学実験を必要としない限られたものになる。そこで、前記の特開平11-83627号公報における土壌測定システムにおいては、白色光を土壌表面に照射して得られる反射光のスペクトラムを測定している。これは、土壌成分によって、光の吸収スペクトラムが一定であるので、既知のスペクトラムの照明に対する反射光のスペクトラムを測定することで、土壌成分の濃度を測定できるとの原理による。このように反射光のスペクトラムを利用することで、リアルタイムでの土壌成分の分析が可能となり、その点で有用な発明である。

しかし、さらに実験を繰り返し行ったところ、土壌のタイプや土壌の湿気の度合いによって、土壌の成分構成が同じであっても、反射光のスペクトラムが異なることがわかった。これは、例えば土壌が砂を多く含む場合とそうでない場合のように土壌タイプによって、測定対象の土壌成分の土壌中の分布が変化する。また、湿気の度合いによって測定対象の土壌成分が化学反応や生物の働きにより他の化合物になったり、分解して、その土壌成分の存在状態が変化する。係る原因により、測定対象への照明光のあたり方や反射の状況が変化するためである。

そして、従来の土壌測定装置では、土壌のタイプや土壌の湿気の度合いが変化すると、リアルタイムでの土壌特性の測定が困難であった。

本発明は、土壌のタイプや土壌の水分量の変化があっても、土壌特性を測定するための測定条件の設定や、検知手段(センサ)から得たデータの処理のためのモデルの設定が簡単・迅速にできるようにして、土壌測定の高精度化・効率化を図ることのできる土壌測定装置、土壌測定支援装置及び方法並びにプログラムを記録した記録媒体及びデータを記録した記録媒体並びに土壤モデルデータベース管理システムを提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

さらに別の目的としては、環境保全を行いつつ堆肥，農薬散布その他の土壌の改良等が行え、環境にやさしい処理を簡単に行うためのシステム或いは支援システムを提供することもある。

#### 発明の開示

この発明に係る土壌測定方法は、土壌の特性を測定する土壌測定装置を用い、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて、土壌センサから計測データを取得し、次いで前記土壌タイプと水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルに前記取得した計測データを入力し、土壌特性を求めるようにした。なお、「水分量に関する情報」は、実施の形態では「含水比」に対応する。

上記した方法を実施するのに適した土壌測定装置としては、例えば、測定対象の土壌から所定の計測データを取得する検知手段と、前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壌特性を求める計測情報処理手段とを備え、前記計測データ並びに前記計測情報処理手段で処理するためのモデルは、測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されるように構成できる。なお、上記検知手段は、実施の形態では、「土壌センサ」に対応する。

また、上記処理を実行させるためのプログラムを格納した本発明に係る記録媒体としては、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルを設定する処理と、土壌センサからの計測データを受け取るとともに、その受け取った計測データから前記設定されたモデルに基づいて所定の土壌特性を求める処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能に構成できる。

例えば、測定対象の土壌に光を照射することにより得られる反射光に基づいて土壌特性を求めることができる。また、そのように光学的性質を利用するものに限られず、物理的・化学的その他各種の計測データに基づいて土壌特性を求めることができる。そこで、検知手段等にて係る計測データを取得し、計測情報処理手段にて設定されたモデルに基づいて情報処理することにより、所望の土壌特性を知ることができる。

そして、土壌タイプや水分量が異なると、同一の土壌特性の土壌であってもそこから検出される計測データは異なることがある。逆に、土壌特性が異なっても、土壌タイプや水分量が異なると、得られる計測データが同一となることもある。つまり、計測データと土壌特性は一義的に対応していない。そこで、本発明では、測定対象の土壌タイプと水分量に関する情報に基づいて、その土壌の状態に適したモデルを設定する。そして、計測データを設定したモデルに入力し、土壌特性を求める。これにより、計測情報処理手段では、測定対象の土壌の状態（土壌タイプ・水分量等）に適した情報処理が行われるので、高精度に土壌特性を求めることができる。

そして、好ましくは、使用する計測データ等の計測条件と前記モデルを決定するとともに、前記検知手段並びに前記計測情報処理手段に設定する土壌測定支援機能を備えることである。土壌測定支援機能により、測定対象の土壌のタイプや水分量に記した計測データやモデルが自動設定される。よって、土壌のタイプや土壌の水分量の変化があっても、土壌特性を測定するための測定条件（使用する計測データの種類等）の設定や、モデルの設定が簡単・迅速にでき、土壌測定の効率化が図れる。

さらに、前記計測情報処理手段から出力される土壌特性と、位置情報に基づいて土壌マップを作成する作成手段を備えて構成するとよい。なお、この作成手段は、実施の形態では、「土壌マップ作成部50」に対応する。

このように構成すると、各位置での土壌特性を関連付けた土壌マップが作成されるので、作成後に、各種解析や今後の精密圃場管理に有効に利用できる。なお、位置情報は、実施の形態で示したように、GPS等を利用して自動的に求めることができるし、マニュアル入力により指定することもできる。リアルタイム処理を考慮すると、位置情報も自動的に求めるのが好ましい。

一方、本発明に係る土壌測定支援方法は、土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置における支援方法である。そして、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水

10

20

30

40

50

分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段を用意する。さらに、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得し、次いで、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出し、前記読み出した計測条件とモデルを出力するようにする。

そして、係る方法を実施するために適した土壌測定支援装置としては、土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置であって、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段と、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを決定する決定手段と、その決定手段で決定した前記読み出した計測条件とモデルを出力する手段とを備えて構成することができる。

上記のように構成すると、測定地点での土壌タイプと水分量に関する情報を入手することにより、記憶手段に格納された土壌計測用データに基づいて土壌タイプ等にあったモデルと計測条件を決定することができる。そして、出力する手段を介して例えば請求項2等に記載の測定装置の検知手段や計測情報処理手段にセットすることにより、効率よく土壌測定が行える。なお、土壌タイプと水分量に関する情報は、自動或いは手動のいずれの入力方式をとってもよい。

また、上記した各発明の説明では、モデルとそのモデルに入力する計測データをととも求めるようにしたが、必ずしも2つとも求める必要はなく、一方を求めるものでも良い。

具体的には、土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置における支援方法であって、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段を用意する。そして、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得し、次いで、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件を読み出し、前記読み出した計測条件を出力することである。

また、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めするためのモデルを関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段を用意し、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得し、次いで、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応するモデルを読み出し、前記読み出したモデルを出力することもできる。

そして、上記各方法を実施するための土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置では、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めするためのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段と、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件を決定する決定手段と、その決定手段で決定した前記読み出した計測条件を出力する手段とを備えることである。

また、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めするためのモデルを関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段と、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応するモデルを決定する決定手段と、その決定手段で決定した前記読み出したモデルを出力する手段とを備えるようにしてもよい。

そして好ましくは、測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記土壌タイプを求めるとともに、前記決定手段に与える土壌タイプ検出手段を備えて構成するこ

10

20

30

40

50

とができる。このようにすることにより、自動的に土壌タイプを入力できるので、土壌タイプに対する知識や情報を持たない人でも簡単に土壌測定をすることができる。また、客土その他により、連続して計測しようとする領域内に異なる土壌タイプが混在するような場合にも自動的に土壌タイプを求めることにより、土壌タイプを間違えることなく、高精度でかつ効率的に土壌特性の解析をすることができる。なお、土壌タイプ検出手段は、実施の形態では、「特徴抽出部56と土壌タイプ識別部58」により実現されている。

また、測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求めるとともに、前記決定手段に与える水分量情報検出手段を備えて構成するとよい。このようにすることにより、自動的に水分量に関する情報を入力できるので、水分量が不明でも簡単に土壌測定をすることができる。特に水分量は、その測定時点でのものを知る必要があり、リアルタイム処理を迅速にする上でも係る機能を持たせるとよい。

10

さらにまた、水分量情報を求める手段の具体的な構成としては、上記した以外に例えば、測定対象の土壌を計測して得られた計測データと、前記測定対象の土壌の粘土含量から規定される粗い土壌タイプとに基づいて前記水分量に関する情報を求めるとともに、前記決定手段に与える水分量情報検出手段としても良い。なお、粗い土壌タイプを求める手段としては、実施の形態で説明したように土壌タイプを求める手段の一部、つまり、その粗い土壌タイプも利用して最終的な土壌タイプを求めるように構成してもよいし、それとは別に水分量情報を求めるために粗い土壌タイプを求める手段を別途設けても良い。

さらにまた、前記土壌タイプは、あらかじめ測定し記憶保持したデータベースから求めるようにしてもよい。なお、そのデータベースは、実施の形態では、「GISデータ記憶部63」に対応する。

20

客土その他の土壌の改良などを行わない場合には、土壌タイプは急に変わることは少ない。従って、測定しようとする土壌について以前に土壌タイプを測定したデータがある場合には、そのデータを利用することができる。このように、以前の土壌タイプのデータを利用すると、測定中にリアルタイムで土壌タイプの検出処理をする必要がなく、データ処理の負荷が軽減され、処理時間が短縮される。

一方、以前の土壌タイプのデータを利用できない場合には、以下に示す土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置における支援方法を用いると良い。すなわち、土壌の光学特性に関する情報と、土壌の化学成分に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルを関係付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段を用意する。そして、少なくとも、測定地点の光学特性に関する情報を取得し、次にその取得した前記光学特性に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応するモデルを読み出し、次いで、所定の地点の土壌の化学成分に関する情報を取得し、前記化学成分に関する情報に基づいて前記モデルを補正する。

30

また、上記した各処理を実行させるためのプログラムを格納した本発明に係る記録媒体としては、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得する処理、取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づき、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを取得するための計測条件を記憶した記憶領域にアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出す処理、前記読み出した計測条件とモデルを出力する処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定支援プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能に構成することができる。

40

さらに好ましくは、測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記土壌タイプを求める処理と、測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求める処理の少なくとも一方の処理を含むように構成することである。

さらに本発明に係る土壌測定装置としては、測定対象の土壌から所定の計測データを取得する検知手段と、前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壌特性を求める計測情報処理手段とを備えた土壌測定装置本体と、測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて前記計測情報処理手段で処理するためのモ

50

デルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を決定するとともに、前記土壤測定装置本体に向けて計測条件とモデルを出力する土壤測定支援装置とを有し、前記土壤測定装置本体と前記土壤測定支援装置とは、所定の通信インタフェースによりデータの送受を行うように構成することもできる。係る発明は、第2の実施の形態で実現されている。

このように、測定装置本体と支援装置とを別途形成することで、支援装置をトラクタなどの測定対象の土壤内を移動する手段に搭載しなくてもよくなる。さらに、通信手段として無線を用いた場合には、例えば1つの土壤測定支援装置と複数の土壤測定装置本体を連携させることもできる。

さらに本発明に係る記録媒体としては、少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壤計測用データをコンピュータが読み取り可能に記録して構成した。

10

さらに、前記土壤計測用データは、計測対象特性名をさらに関連付けたものとしたり、計測方式を関連付けたものとするができる。また、計測対象特性名と計測方式をさらに関連付けるようにしてもよい。

そして、上記した各記録媒体を用い、コンピュータに読取らせることにより、土壤を測定する地点の状態にあった計測条件や、モデルを簡単に読み出し、土壤測定に利用することができ、高精度な土壤の解析が行える。

また、記録媒体に記憶させる情報としては、上記したように土壤特性を求めるためのモデルや計測条件のように、土壤測定を行うための情報に限られない。一例としては、少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるための土壤計測用データと、土壤関連情報とが、出力可能に構造化された状態でコンピュータが読み取り可能に記録するとよい。

20

さらに、本発明の土壤モデルデータベース管理者システムは、少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるための土壤計測用データと、土壤関連情報とが、出力可能に構造化された状態で記憶された土壤モデルデータベースに対してアクセスしてその記憶内容の更新、読み出しを行う土壤モデルデータベース管理者システムである。そして、受け取った利用者からの要求内容に応じて記録された情報の提供と、内容更新を行う機能を備えるようにした。なお、内容更新は、記憶された情報の訂正、追加、削除など各種の行為を含む。また、情報の提供は、必ずしも要求を發した利用者に行うものに限られず、要求内容によっては異なる人に対して提供することもあり得る。

30

ここで、土壤関連情報とは、例えば、その土壤に適した種子の広告、肥料の広告、土壤鑑定サービス、栽培レシピ、農地所在情報などである。つまり、土壤タイプ等がわかると、それをキーにして関連する情報を呼び出すことができるので、その土壤にとって必要な情報を効率よく取得できる。また、情報提供者にとっても、必要な人に効率良く情報を提供することができるので好ましい。

そして、係るデータベースを管理する土壤モデルデータベース管理者システムによれば、上記した土壤に関連する情報の提供等を的確に行えるのでよい。更新処理を順次行うことにより、最新の情報を提供することができる。また、情報量を増やすことにより、使い勝手が良く、様々な分野に応用が可能なデータベースを構築することができる。このとき、利用者への情報の提供や、更新するための情報の利用者からの提供を受けた場合に、それともない対価を支払うなどの決済機能を組み込むと、土壤モデルデータベース管理者システムを実施する者にとってビジネスとして成り立つ。

40

さらに本発明に係る農作業決定支援システムでは、外部から通信手段を介して土壤特性マップを取得する手段と、前記土壤特性マップを作業履歴と対応付けてデータベースに記録し、入力された土壤特性マップに適合する作業履歴を検索可能なデータベースシステムと、前記土壤特性マップに適合した作業履歴に基づいて作業計画を作成して出力する手段とを備えて構成することができる。

50

#### \*用語の解説

「土壌タイプ」は、土壌の特性に着目して土壌に付与された分類である。分類の目的によって、様々な分類体系がある。土質工学的目的で土壌を分類する場合には、「日本統一土質分類法」が用いられる。また、農業の目的での土壌分類では「農学法」がある。本発明の実施の形態においては、農業の目的のために、土壌の色、土壌粒子の粒径、土壌のテクスチャをもとに土壌タイプを定義する。

なお、農耕地土壌分類委員会(1995)による分類では、24の土壌群でその下に72の土壌亜群をおいている。実際には72タイプの土壌亜群が使用されている。

そして、24の土壌群は、造成土、泥炭土、黒泥土、ポドソル、砂丘未熟土、火山放出物未熟土、黒ボクグライ土、多湿黒ボク土、森林黒ボク土、非アロフェイン質黒ボク土、黒ボク土、低地水田土、グライ低地土、灰色低地土、未熟低地土、褐色低地土、グライ台地土、岩屑土、陸成未熟土、暗赤色土、赤色土、黄色土、褐色森林土となっている。

もちろん、上記した具体的な分類法に限る必要がなく、各種の公的に定められた、或いは私的に決定した分類にしたがって土壌タイプを決定して良い。つまり、土壌分類法は、国際的並びに各国ごとに、それぞれの用途、純粋な土壌学上などに基づいて多種多様な分類法が存在する。従って、既存の分類法に従って定められた土壌タイプを利用しても良い。但し、必ずしも係る土壌学分類に準じた分類に対応する必要はなく、好ましくは、精密農法に適した分類を想定することである。

「土壌に含まれる水分量に関する情報」は、含まれる水分量を特定するための情報であり、実施の形態では、土壌中の固体に対する水分の割合である含水比で定義したが、土壌全体に対する水分の割合である含水率その他の各種のものにより定義できる。さらに、具体的な比率などの値ではなく、「水分量が高い/低い」や「水分量が高い/中くらい/低い」等の定性的な特定でもよい。

「計測条件」は、所望の土壌特性を求めるための入力情報を土壌センサで得るにあたって、土壌センサの設置環境、土壌センサのセンシング動作、土壌センサがセンシングして得た情報の出力処理を制御するデータ等である。例えば、土壌センサと土壌面との距離や方向、土壌センサが土壌センシングのために土壌に対して投射する光や電磁波の強度や波長、土壌センサが内蔵する増幅器の増幅率、土壌センサでのサンプリング周期、土壌センサで検知した情報の平均化回数等、多岐にわたる。

「モデル」は、土壌センサで取得した計測データ等の入力に基づいて、所望の土壌特性(出力)を求めるための処理機能を実現するための情報である。表現の形態としては、数式、サブルーチン、テーブル、ルール、所定の処理方式におけるパラメータ、数式やサブルーチンへのポインタ等、多岐にわたる。

そして、上記処理機能は、モデル自身が備えている場合はもちろんのこと、モデル自身は備えていなくても、例えば、入力された計測データを受け、最終的に処理機能を実現できるようになっていればよい。一例を示すと、上記例示したポインタの場合には、それ自身は処理機能はないが、そのポインタにより指定された記憶領域などに処理機能が格納されており、その格納された処理機能を実行して土壌特性を求めるようになっていても良い。すなわち、要は、モデルに対して計測データを入力した場合に、そのモデルにより特定される情報を使用し、土壌特性が求められれば良い。

また、測定地点の土壌タイプや水分量に関する情報は、必ずしも測定時点における測定地点のものを計測し得られたものに限らない。すなわち、あらかじめ既知であった場合には、その既知のデータを利用することができる。また、ある範囲で同じ場合には、実際の測定地点では測定することなく、その別の場所で測定して得られたデータを測定地点におけるデータと推定して処理することもできる。要は、測定地点における土壌タイプと水分量に関する情報を取得できれば、その取得方法は任意である。つまり、直接或いは間接的に入手したり、さらには推定する等の各種の方法により取得すればよい。

「計測対象特性名」は、測定する土壌特性を特定するための情報である。また、「計測方式」は、土壌特性を測定するために、どのような方法により計測データを取得するかについて特定する情報である。測定の仕方、使用するセンサや測定装置等や、それらの装置

10

20

30

40

50

類の使用方法、設定条件等、多岐にわたる。

発明を実施するための最良の形態

本発明をより詳細に説明するにあたり、添付の図面に従ってこれを説明する。

第2図は、本発明が適用される移動型土壌観測車両を使用して土壌特性の測定を行う場合の概略構成図であり、圃場10内の各地域の土壌特性の測定を行うものである。同図に示すように、本発明の土壌測定装置11をトラクタ12に実装する。そして、そのトラクタ12で圃場10内を移動しながら、その圃場10内の各場所で、土壌測定装置11を用いてその土壌特性を測定する。

また、圃場10内でのトラクタ12の現在位置はGPS(Global Positioning System)衛星14との通信によって獲得し、土壌特性を計測する土壌測定装置11の測定結果とDGPS衛星14から得た現在位置情報に基づいて圃場10内の各地域における土壌状態を測定し、記録するようにしている。

第3図は、土壌測定装置11の概略構成を示している。本形態では、主として土壌の光学特性を検出し、それに基づいて土壌の特性を測定するようにしている。具体的には、土壌測定装置11は、そのトラクタ12の後部に取り付けられている。そして、土壌測定装置11は、圃場10の土壌16を掘削しながら土壌16内を進む装置本体20と、その装置本体20をトラクタ12に接続する支持フレーム21と、支持フレーム21上に載置された分光装置22と、装置本体20の上端に支持アーム24を介して接続された深度測定用転輪25と、トラクタ12上に置かれ分光装置22や深度測定用転輪25等から与えられる情報に基づいてデータ処理をする土壌測定支援装置26を有している。

装置本体20は、土壌16の掘削を行う土壌掘削部28と、その土壌掘削部28の後段に接続され、土壌16に対するセンシングを行うセンシング部29を有している。また、分光装置22は、センシング部29で検出した光を分光し、所望の波長成分を抽出し、光スペクトラムを得るようになっている。

さらに、支持アーム24は、支持フレーム21に連結する上端部を中心に正逆回転可能となる。深度測定用転輪25は、支持アーム24の先端にフリー状態で自転するように取り付けられている。これにより、深度測定用転輪25は、第3図中時計方向、つまり支持アーム24とセンシング部29の上方部位とのなす角が狭くなる方向に公転移動するような方向に力が働くので、常時地表面30上に接触する。そして、トラクタ12の移動に追従して、深度測定用転輪25は、地表面30上に接触した状態を維持しながら自転する。

さらに、装置本体20の掘削深度が変動すると、支持フレーム21と地表面30との距離が変化するので、それに応じて深度測定用転輪25が上下移動する。よって、この深度測定用転輪25の上下移動にともない、支持アーム24も正逆回転する。そして、掘削深度が深いほど深度測定用転輪25は上昇し、角度も広がる。従って、その角度を検出することにより、深度測定用転輪25の位置、ひいては掘削深度を検出することができる。なお、角度は、例えば、支持アーム24の上方の回転軸にロータリエンコーダ等の回転角度検出装置を取り付けることにより測定できる。そして、その角度の測定結果は、土壌測定支援装置26に与えられる。

また、土壌測定支援装置26は、パソコン等により構成することができる。さらに、本形態では、トラクタ12の前方に発電機27を設置する。この発電機27は、AC100Vを発生する交流発電機であり、土壌測定支援装置26や分光装置22などの駆動電源として使用する。

第4図は、土壌掘削部28及びセンシング部29の部分の側面図で、第5図は第4図の断面図である。同図に示すように、土壌掘削部28は、トラクタ12の走行にともなって土中を掘削するとともに、センシング部29で土壌のセンシングがしやすいように平坦な土壌面を作るもので、土中を地表面30に平行に進む。

具体的には、土壌掘削部28は、先端が尖った略円錐形状の第1の土中貫入部31と、第1の土中貫入部31に連設して設けられて円形の断面が序々に大きくなる第2の土中貫入部32と、その第2の土中貫入部32と接続部材33を介して設けられ上部にはシャンク34が取り付けられる第3の土中貫入部35と、第3の土中貫入部35とセンシング部

10

20

30

40

50

29を接続するとともに下面には後述する均平板36が取り付けられた第4の土中貫入部37とを備えている。

このような構成において、土壌掘削部28の先端に位置する第1の土中貫入部31は略円錐形状で断面は略円形状であり、第1の土中貫入部31に連設して設けられた第2の土中貫入部32の断面も略円形状である。従って、土壌掘削部28は断面が略円形の穴を掘削しつつ土中を進むことになる。そして、断面が略円形なので周囲の土壌から受ける抵抗が小さく、これによって土中での進行を円滑にし、かつ測定対象となる周囲の土壌の性状を損なわない。

また、第1の土中貫入部31によって掘削された穴は上記のごとく略円形であり、その円形の下部(最深部側)は円弧を描いており、平坦ではない。一方、第4図に示すように、第2の土中貫入部32、第3の土中貫入部35、第4の土中貫入部37はいずれも第1の土中貫入部31の底面とセンシング部29の底面を結ぶ直線L1より上に位置している。従って、センシング部29の前に来るまで掘削された穴の底部(最深部側)の形状に変化はなく円弧を描いている。

しかし、このように円弧を描いている土壌を測定対象としては精度のよい土壌測定はできない。そこで、第4の土中貫入部37の下面には均平板36を取り付け、それまで円弧を描いていた穴の底部を平坦にするようにしている。

さらに、シャンク34は、進行方向の先端に位置して土壌を切り開くもので、第4図に示すように進行方向Aの反対側に僅かに傾斜して設けられ、進行にともない土壌から受ける抵抗を小さくするようにしている。さらに、第5図に示すようにその先端部34aは、例えば30度の角度で楔形に形成されている。よって、最小限の抵抗を受けつつ土中を進行でき、深度の深い部分の土壌の測定ができるように構成されている。

一方、センシング部29は、測定対象となる土壌面40側が開口したセンシング室41と、複数のセンサ群が格納されたセンサ格納部42より構成される。センサ格納部42には、中央に測定対象となる土壌面40を撮像するCCDカメラ43が設けられ、そのCCDカメラ43でカラー画像データを撮像するようにしている。

CCDカメラ43の両隣には、可視光の反射光を収集する可視光集光ファイバ44と近赤外光の反射光を収集する近赤外光集光ファイバ45が設けられている。また、センサ格納部42の両側には照明用光ファイバ46が設けられている。そして、図外のハロゲンランプ等の光源から出射された光が、照明用光ファイバ46により導かれて土壌面40を照射するようになる。

このように、検出対象の光が、可視光と近赤外光であるので、照明用光ファイバ46は光源から送出された光のうち、可視光の波長域である400nm~900nmの波長域の光と、近赤外光の波長域である900nm~1700nmの波長域の光を含む400nm~2400nmの波長域の光のみを透過させるようにしている。

そして、近赤外光集光ファイバ45は近赤外光の波長帯域である900nm~1700nmの波長域の光のみを収集する。また、可視光集光ファイバ44は照明用光ファイバ46から照射した光の反射光うち、可視光の波長域である400nm~900nmの波長域の光のみを収集する。

また、センシング部29の上部には進行方向Aと反対方向にわずかに傾斜して地上に突出する光ファイバ等のコード類を保護する保護ケース47が設けられ、保護ケース47とシャンク34との間にはセンサ本体支持部48が設けられている。

分光装置22は可視光用分光器と、近赤外光用分光器より構成される。そして、可視光集光ファイバ44で収集された土壌面からの反射光が可視光用分光器に送出される。近赤外光集光ファイバ45で収集された土壌面からの反射光が近赤外光用分光器に送出される。これにより、各波長域における受信強度が測定されるように構成されている。

なお、各分光器は、フォトダイオードリニアアレイによるマルチチャンネル式分光器で、可視領域では400nm~900nmの波長域で256チャンネル、近赤外領域では900nm~1700nmの波長域で128チャンネルが同時に高速検出可能である。

第6図は、土壌測定支援装置26の内部構造並びに周辺機器との接続状態を示している

10

20

30

40

50

。まず、本形態の土壤測定支援装置 26 は、土壤特性を求めるに際し、その土壤タイプと、その土壤の含水比に応じた、土壤特性を求めるためのモデル（演算式）や必要な計測データの種類（計測条件）を決定し、そのモデルに基づいて与えられた計測データからその土壤特性を求めるようにしている。

つまり、上記したモデル等を決定する前処理機能と、計測データに基づいて実際の土壤特性を求める計測機能を有している。そして、1つの圃場 10 の中でも場所により含水比が異なることが有り、さらに、例えば客土などを行っている場合には、土壤タイプも異なることが有る。従って、上記した 2 つの機能は、各測定地点において共にリアルタイム処理をするようにしている。

もちろん、あらかじめ 1 つの圃場 10 内など連続して測定する領域における土壤タイプや、含水比が一定であることがわかっている場合には、前処理機能は、最初に 1 回実行し、その後は計測機能のみ実行するようにしても良い。さらには各計測位置でその都度前処理機能と計測機能を実施するのではなく、前処理機能は任意のタイミングで実行するようにしても良い等各種の変更実施が可能である。

そして、具体的な構成としては以下ようになる。まず、接続状態について説明すると、同図に示すように、土壤センサ S は、土壤の光学特性を計測して得られた計測データを土壤測定支援装置 26 に与えるようになっている。さらに、測定対象の土壤面を撮像した画像データも送れるようになっている。つまり、土壤センサ S は、第 4 図、第 5 図等にした分光装置 22 やセンシング部 29 等に対応する。

土壤測定支援装置 26 は、受け取った計測データに基づいて土壤タイプと含水比を判定し、それに基づいて最適な計測条件と、土壤特性を測定する際のモデル（演算式）を決定する。そして、決定した計測条件を得られるように土壤センサ S に制御データを送る。また、決定した計測モデルは、本来の計測機能を実施するための計測情報処理部 55 に与える。そして、土壤センサ S から出力される計測データが、計測情報処理部 55 に与えられ、そこにおいて設定された計測モデルに基づいて、土壤特性を測定し、その結果を土壤マップ作成部 50 に与えるようになっている。

さらに、土壤測定装置は、GPS 装置 51 を備え、受信した GPS 信号を解析し、装置が存在している現在位置を検出し、その位置情報を土壤マップ作成部 50 に与える。そして、土壤マップ作成部 50 は、位置情報と土壤特性を関連付けた土壤マップを作成し、土壤マップ記憶部 52 に格納するようになっている。この土壤マップ記憶部 52 は、パソコンのハードディスク等の内部記憶手段でも良いし、MO、FD や PC カードその他の外部記憶手段でも良い。

次に、土壤測定支援装置 26 の内部構成を説明する。まず、土壤タイプ識別用の特徴抽出部 56 と含水比検出部 57 を有し、土壤センサ S から出力される計測データ（主として波長スペクトラムデータ）は、それら特徴抽出部 56 と含水比検出部 57 に与えられる。

そして、特徴抽出部 56 で抽出された特徴量は、次段の土壤タイプ識別部 58 に与えられ、そこにおいて現在位置における土壤タイプを求めるようになっている。さらに、求めた土壤タイプは、決定部 59 に与えられる。本形態では、土壤タイプは、測定対象の土壤面を撮像して得られたカラーの画像データに基づいて決定し、含水比は、所定波長の反射光強度に基づいて決定される（詳細は後述する）。

決定部 59 は、与えられた土壤タイプ並びに含水比から、土壤計測用データ記憶部 60 に格納された土壤計測用データをアクセスし、土壤計測するのに適したモデルと、必要な計測データを得るための計測条件を決定する。つまり、モデルはモデル決定部 59 a で決定し、決定したモデルを計測情報処理部 55 に与える。また、計測条件は計測条件決定部 59 b で決定し、決定した計測条件を計測条件設定部 61 に与える。

そして、計測条件設定部 61 は、土壤センサ S から計測情報処理部 55 に与えられる計測データが決定された計測条件に適合するように制御データを出力する。この土壤センサを制御するための制御データとしては、反射光の光スペクトラムの中で出力を必要とする波長帯域を指定するデータや、ノイズ除去のための平滑化を制御するためのデータ（例：平均化のためのサンプル回数）等がある。

10

20

30

40

50

計測条件設定部 61 は、モデル決定部 59a から与えられたモデルにしたがい、上記した制御データにより設定された所望の計測データを土壤センサ S から受け取るとともに、データ処理をして計測対象の土壤特性を求め、そして、その求めた計測結果、つまり土壤特性を土壤マップ作成部 50 に向けて出力する。

なお、上記したように、計測情報処理部 55 に与えられる計測データは、前処理機能を実行し、決定された計測条件に基づき決定されたものである。一方、特徴抽出部 56 や含水比検出部 57 に与えられる計測データは、土壤タイプや含水比検出に適したものとなる。よって、両者の入力には共に「計測データ」としているが、具体的な内容は異なることが有る（もちろん同じ場合も有る）。

次に各部の詳細な説明をする。まず、含水比検出部 57 は、波長が 1850 nm における反射光に基づいて含水比を決定する。すなわち、1850 nm は、水の吸収帯の 1 つであり、既知の異なる含水比の土壤面からの反射光のうち 1850 nm の波長の光強度を測定し、その光強度の一次微分の標準化値と含水比の相関を求めると、第 7 図のような特性となる。

ここで、一次微分は 1850 nm と、その前後の 1 または数個分の波長の光強度から求めることができる。また、標準化値は、平均を 0、標準偏差を 1 にする変換で、測定値を  $x$ 、測定値の平均値を  $m$ 、標準偏差を  $\sigma$  とした場合に、

$$\text{標準化値} = (x - m) / \sigma$$

により求められる値である。また、含水比は土壤中の固体分の重量に対する水分の重量の割合である。

第 7 図から明らかのように、含水比が高いものは一次微分の標準化値が負（-0.5 ~ -1.3 程度）となり、含水比が低いものは一次微分の標準化値が正（0 ~ 2 程度）となる。そして、その一次微分と含水比の相関は、下記の一次式により重決定  $R^2$  が 0.940 となり、さらに下記の指数関数を適用すると  $R^2$  は 0.968 となる。これにより、±5% の精度で含水比を推定できる。

$$y = -39.9x + 64.7$$

$$R^2 = 0.940$$

$$y = 43.6 e^{-1.05x}$$

$$R^2 = 0.968$$

従って、含水比検出部 57 は、上記した相関式（例えば指数関数式）や、標準化値を求めるための標準偏差や平均値を記憶しておき、与えられた計測データである 1850 nm を含む所定波長の反射光量から一次微分の標準化値を求め、その標準化値をその相関式に代入することにより含水比  $y$  を求めることができる。そして、その求めた含水比  $y$  を決定部 59 に送る。

なお、上記の相関は、測定機固有のものとなるので、あらかじめ使用する測定機により実験を行い、相関式や、標準化値を求めるためのデータを求め、その情報を含水比検出部 57 にセットする。また、一次微分さらには標準化値は、土壤センサ S 側で行い、その結果を含水比検出部 57 が受け取るようにしてももちろんよい。また、標準化処理を施さずに含水比を精度よく求めることが可能な場合もある。

土壤タイプの識別は、本形態では土壤面の色に基づいて決定するようにしている。すなわち、土壤の色は、構成物質によって決まり、特に、着色剤である有機物と鉄化合物の量及び形態により決定される。そして、係る色と着色物質並びに土壤の関係の一例を示すと第 8 図のようになっている。

このように、色から土壤中に存在する着色物質がわかり、複数の色が混在している場合には、その混在する色の存在率等から着色物質の存在量も推定できる。これにより、土壤面の色の状態から土壤中に含まれる構成物質を特定し、その存在量から土壤タイプを推定できる。

そこで、特徴抽出部 56 では、与えられた画像データに対して画像処理をし、画像データ中に存在する色成分とその存在率を抽出する。そして、抽出した色成分、存在率を土壤タイプ識別部 58 に送る。土壤タイプ識別部 58 では、上記した第 8 図に示すような関連

10

20

30

40

50

情報に基づいて作成された、特徴量（色成分・存在率）と土壌タイプを関連付けたテーブルを用意しておき、受け取った特徴量に基づいてそのテーブルを参照し、該当する土壌タイプを抽出する。そして、抽出した土壌タイプを決定部59に送る。

決定部59では、マニュアル入力部62を介して操作員から入力された計測方式のデータと計測対象の土壌特性名を受け取るとともに、上記自動的に求められた含水比と土壌タイプに基づいて、土壌計測用データ記憶部60をアクセスし、計測条件やモデルを決定する。

さらに本形態では、このマニュアル入力部62を用いて、土壌タイプや含水比を決定部59に対して入力できるようにしている。つまり、土壌タイプや含水比は、上記したように計測データに基づいて自動的に設定する場合と、マニュアルで入力する場合の両方に対応できるようになっている。

10

さらに、最近では、全国の各畑に対し、それぞれ数地点でサンプリングし土壌タイプを求め、それをデータベース化している。このデータベースに格納されたデータをGIS（地理情報システム）データと称している。そこで、このGISデータをGISデータ記憶部63に記憶保持させておき、その記憶したGISデータから計測対象の土壌タイプを抽出し、決定部59に与えることができるようになっている。この場合のGISデータを読み出す際に必要な位置情報は、マニュアルで指示したり、或いはGPS装置51で検出したものを用いることができる。

ここで土壌計測用データについて説明すると、第9図、第10図のようなデータ構造となっている。同図に示すように、入力側として計測対象特性名、含水比、土壌タイプ、計測方式の4つのパラメータがあり、出力側にその入力側の4つのパラメータにより特定されるモデルと計測条件の2つの情報が関連付けられたテーブルとなっている。

20

つまり、モデル決定部59aは、操作員から与えられる2つのデータと、土壌タイプ識別部58、含水比検出部57から与えられる土壌タイプと含水比の2つのデータ（マニュアル入力やGISデータからの入力もある）に基づいて入力側をサーチし、該当するものが検出されたならばそれに関連付けられた出力側のモデルの欄を読み出し、計測情報処理部55に与える。同様に、計測条件決定部59bは、手動並びに自動により与えられた上記4つのデータに基づいて入力側をサーチし、該当するものが検出されたならばそれに関連付けられた出力側の計測条件の欄を読み出し、計測条件設定部61に与える。つまり、本形態では、決定部59は、与えられた情報に基づいて土壌計測用データ記憶部60に格納されたテーブルを参照し、該当する情報を抽出するとともに、出力する機能を有している。

30

なお、第9図、第10図では、入力は（1）計測対象特性名、（2）含水比、（3）土壌タイプ、（4）計測方式の4種類である。（1）計測対象特性名と（4）計測方式は、通常は一つの農地においては一定として土壌特性の計測が行なわれると考えられる。この場合には、第9図、第10図のテーブルを検索するためのインデックスとしては、それら（1）計測対象特性名と（4）計測方式は不要となる。しかし、計測対象の土壌特性や計測用センサを変更した場合には、（1）～（4）のすべてが第9図、第10図のテーブルの検索に必要なになる。

次に、土壌計測用データの各項目について説明する。計測対象特性名は、土壌特性のうち計測したい種類を特定するものである。図示の例では、NO<sub>3</sub>-N濃度、電気伝導度、含水比を示しているが、これ以外にもリン、カリウム、マンガン、マグネシウム、鉄、ホウ素、ケイ素等の化学成分や、有機物含量や、透水性、硬さ、pH等の土の物理量等がある。

40

また、計測方式は、どのような方法により計測データを取得するかについて特定するもので、使用するセンサや測定装置等によっても異なる。図中に示した方式1は、上記した実施の形態の装置を用いた計測方式である。なお、入力側の含水比と土壌タイプは、上記した実施の形態で説明した通りである。

モデルは、土壌センサSから与えられた計測データに基づいて、計測対象特性名を求めするためのもので、本形態では演算式を特定するデータが格納されている。この演算式は、

50

指数重回帰，線形重回帰等を用いることができる。そして、係る演算式は、実際に既知の土壌においてサンプリングを行い、計測データに対する計測対象特性の値の相関データを取り、得られた相関関係に基づいて決定している。また、計測条件は、モデルの演算式における変数を取得するために必要な計測データの種類であり、光スペクトルの場合には、サンプリングする波長データである。

ここで上記モデルについて説明する。土壌タイプが関東ロームで、含水比が低い場合における $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度は、

$$A + B_i \cdot \exp(C_i \cdot Y_i)$$

により求められる。ここで、 $Y_i$ は、波長 $X_i$ の一次微分である。通常は二次微分を用いるところ、一次微分を用いることにより、精度よく $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度を求めることができた。また、 $B_i$ ， $C_i$ は、それぞれ係数であり、この例では $i$ は1から3の値をとるようになっている。

10

つまり、 $i = 1$ のときは、 $B_1$ ， $C_1$ と、計測条件(1)で示した波長824nmにおける反射光量の一次微分値により算出された値， $i = 2$ のときは、 $B_2$ ， $C_2$ と、計測条件(2)で示した波長1280nmにおける反射光量の一次微分値により算出された値， $i = 3$ のときは、 $B_3$ ， $C_3$ と、計測条件(3)で示した波長1768nmにおける反射光量の一次微分値により算出された値の総和に、係数 $A$ を加算した値が、求める $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度の値である。

上記式により求めた $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度(推定値)の値と、実際の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度(測定値)の相関を採ると、第11図(a)のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 $R^2$ は、0.903という高水準のものとなった。

20

また、同じ土壌タイプである関東ロームで含水比が高い場合のモデルは、演算式は上記した含水比が低い場合と同じであり、 $i$ も3と同じである。しかし、具体的な $A$ ， $B_i$ ， $C_i$ の係数の値や、計測条件として設定される3つの波長が異なる。このように含水比に応じたモデル(演算式)を設定することにより、係る演算式により求めた $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度(推定値)の値と、実際の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度(測定値)の相関を採ると、第11図(b)のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 $R^2$ は、0.732という結果が得られた。

このモデルでは、含水比が高いほうの決定係数 $R^2$ がやや低いものの、従来は $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度を算出することができなかつたことに鑑みれば、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 濃度を直接演算により求めることができるようになった本形態は、優れた効果を奏するといえる。

30

一方、大まかな含水比ではなく、より高精度に含水比を知りたい場合がある。従って、含水比が低い畑地において、計測対象特性名が精密な含水比とした場合には、第10図に示すような一次式からなるモデルにより求めることができる。但し、図中に示したように、計測データ $X$ に基づいて求める $W$ は二次微分値 $Y$ についての標準化値としている。標準化値は、含水比検出部57にて大まかな含水比を求める際に使用したものと同様である。そして、二次微分の標準化値と含水比の相関を採ると、第12図(a)のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 $R^2$ は、0.980という結果が得られた。

同様に、含水比が高い畑値の場合、演算式は上記した含水比が低い場合と同じであり、使用する波長も1つである点でも同じである。しかし、具体的な $A$ ， $B$ の係数の値や、計測条件として設定される波長が1850nmと異なる。さらに反射光量の一次微分の標準化値を用いる点でも異なる。そして、一次微分の標準化値と含水比の相関を採ると、第12図(b)のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 $R^2$ は、0.706という結果が得られた。

40

また、電気伝導度については、具体的な相関を示すグラフの図示は省略するが、含水比が低い畑値の場合の重決定 $R^2$ は、0.809となり、含水比が高い畑値の場合の重決定 $R^2$ は、0.808となった。

さらにまた、有機物含有量を計測する場合には、含水比が低い畑地の場合には第13図(a)に示すような測定結果が得られ、重決定 $R^2$ は、0.886となる。また、含水比が

50

高い畑地の場合は、同様に第13図(b)に示すような測定結果が得られ、重決定 $R^2$ は、0.811となった。このように、いずれも信頼性の高い相関値が得られる。

次に、上記した本実施の形態の装置を用いて、本発明方法の一実施の形態を説明する。第14図、第15図に示すように、まず、土壌タイプはGISから入力するか否かを判断する(ST1)。そして、GISからの入力するモードの場合には、ステップ2に飛び、測定する農地の位置の入力を受け、それに基づいてGISデータ記憶部63をアクセスし、対応するGISデータに格納された土壌タイプを読み出す。その後、ステップ6(含水比の計測モード判定)に進む。

一方、GISから入力しない場合(ステップ1の分岐判断でNo)には、ステップ3に飛び、マニュアルで土壌タイプを入力するか否かを判断する(ST3)。そして、マニュアル入力をする場合には、ステップ4に進み、操作者が入力した土壌タイプを受け取り、記憶する。また、マニュアル入力でない場合には、ステップ5に進み土壌タイプ自動検出モードに設定する。つまり、計測データに基づき、特徴抽出部56、土壌タイプ識別部58を動作させて土壌タイプを判定するようになる。

上記のようにして、土壌タイプの入力モード(GIS/マニュアル/自動)が決定されたならば、含水比を自動計測するか否かを判断する(ST6)。そして、自動計測しない場合には、マニュアル入力部62から入力された含水比を読み取り、記録する(ST7)。また、自動計測する場合には、自動計測モードに設定する(ST8)。つまり、計測データに基づき、含水比検出部57を動作させて含水比を判定するようになる。

次いで、マニュアル入力部62から与えられる計測対象特性名と計測方式のデータを受け取る(ST9)。なお、このステップ9の処理と、上記した土壌タイプの入力モードや含水比の入力モードを設定する処理は、上記した順番に限る必要はなく、任意の順番で実行可能である。そして、上記各処理が完了したならば、計測終了するまで、以下に示す処理を各計測点にて実行することになる(ST10)。

まず、含水比や土壌タイプが自動計測モードであるか否かを判断する(ST11, ST13)。自動計測モードでない場合には、すでに対応する値が記憶されているので、その記憶された値を使用する。また、自動計測モードの場合には、含水比の場合には、反射光量に基づいて算出し(ST12)、土壌タイプの場合には、撮像したカラー画像に基づいて設定する(ST14)。

上記のようにしてステップ14までの処理を実行すると、計測しようとする地点における4つの入力データ(土壌タイプ、含水比、計測対象特性名、計測方式)が決定されるので、決定部59はそれに基づいて土壌計測用データ記憶部60にアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出す(ST16)。そして、計測条件は土壌センサSにセットし、モデルは計測情報処理部55に与える。

その後、計測条件により設定された必要な計測データが、土壌センサSから計測情報処理部55に与えられるので、その計測データに基づいてモデルを利用して土壌の特性を計測する(ST16)。そして、その求めた土壌の特性と、計測地点の位置情報(GPSにより求める)を関連付けたマップを土壌マップ作成部50で作成し、土壌マップ記憶部52に記憶する。このステップ11~17までの処理を、計測終了(通常は、圃場の全領域を計測)するまで繰り返し実行する。

第16図は、本発明の第2の実施の形態を示している。同図に示すように、本実施の形態ではトラクタなどに搭載し、圃場内を移動する土壌測定装置本体70と、トラクタには搭載せず、土壌測定装置本体70と通信し、計測条件やモデルを設定する土壌測定支援装置26とを分離して構成している。もちろん、実際に運用するに際し、土壌測定支援装置26をトラクタに搭載し、土壌測定装置本体70とともに圃場内を移動させてもかまわない。要は、実際に土壌特性を計測する装置本体部分と、計測するのに必要な各種条件を設定する支援装置を分離して形成できていればよい。

そして、土壌測定装置本体70と土壌測定支援装置26間では、それぞれに設置された通信インタフェース部71, 72を介してデータの送受を行っている。このデータの通信は、有線並びに無線のいずれの通信媒体を用いることができる。

10

20

30

40

50

また、具体的な構成としては、第6図に示す装置構成において、実際に土壤特性を計測する際に必要な処理部、つまり、土壤面から各種情報を取得する土壤センサ5や、その土壤センサから与えられた計測データに基づいて土壤特性を計測する計測情報処理部55や、その計測情報処理部55から出力される計測結果に基づいて土壤マップを作成するための土壤マップ作成部50及び位置情報を取得するGPS装置51並びに、土壤マップ作成部50で作成された土壤マップを記憶する土壤マップ記憶部52などが土壤測定装置本体70に実装される。

さらに、計測情報処理部55に対して操作員等から各種の制御命令を与えるためのマンマシンインタフェース部73と、計測情報処理部55の計測結果等を外部装置に送るための無線送信部74を備えている。

10

一方、土壤測定支援装置26側には、第6図に示す装置構成のうち、前処理機能を実現する処理部、つまり、土壤タイプを自動的に求めるための特徴抽出部56と土壤タイプ識別部58と、含水比を自動的に求めるための含水比検出部57と、土壤計測用データ記憶部60並びに計測条件等を決定する決定部59が実装されている。また、図示省略するが、GISデータなども実装することは、もちろんかまわない。

そして、本形態では、土壤タイプ、含水比を自動的に求めるために必要な計測データは、土壤センサ5から計測情報処理部55を経由して土壤測定装置本体70側から通信インタフェース部71, 72を介して与えられる。また、計測方式や計測対象特性名等のマニュアル入力されるデータも、土壤測定装置本体70側から与えられる。具体的には、マンマシンインタフェース部73から与えられたデータが、計測情報処理部55を介して与えられる。もちろん、計測情報処理部55を介することなく直接通信インタフェース部71を介して与えられるようになっていてもよい。さらには、土壤タイプや含水比をマニュアル入力する場合も、上記した計測方式等と同様の経路で決定部59に与えることができる。

20

また、決定部59で決定した計測条件とモデルは、両通信インタフェース部71, 72を介して土壤測定装置本体70に伝送され、さらに計測情報処理部55を介して土壤センサ5に設定される。つまり、本形態では、計測情報処理部55には、本来の土壤特性を計測する機能に加えて、第6図に示す計測条件設定部や、データの転送機能も付加している。なお、その他の各処理部の具体的な処理機能は、上記した第1の実施の形態と同様であるのでその詳細な説明を省略する。

次に、上記した第2の実施の形態の装置を用いた本発明に係る計測方法の実施の形態を説明する。第17図, 第18図は、土壤測定装置本体70の処理機能を示している。同図に示すように、まず、マンマシンインタフェース部73を用いて計測方式、計測対象特性名を入力する(ST21)。よって、計測情報処理部55は、係る2つの入力データを受け取る。また、土壤センサから含水比の概略値を求めるためのデータを取得する(ST22)。このデータとしては、例えば特定波長の反射光量が用いられる。さらに、カラーテレビカメラで撮像した土壤面のカラー画像を取得する(ST23)。さらにGPS装置51を用い、現在の位置情報を入手する(ST24)。

30

そして、上記ステップ21~24を実行して得られた各種情報を計測情報処理部55が電文にまとめ、センサ側の通信インタフェース部71を介して土壤支援装置側に送信する(ST25)。なお、位置情報はGISデータを利用しない場合には、特に電文にまとめて送らなくてもよい。

40

土壤測定支援装置は、電文で送られてきた各種情報を取得し、土壤タイプ、含水比を求めるとともに、決定部59にて土壤タイプ、含水比情報と、与えられた計測方式、計測対象特性名に基づいて計測条件とモデルを決定する。そして、決定部59が計測条件とモデルを電文にまとめて支援装置側の通信インタフェース部72を介して土壤測定装置本体70側に伝送する。

土壤測定装置本体70は、土壤測定支援装置26から送られてくる応答の有無を判断し(ST26)、応答を受けたならば、受け取ったデータに基づいて土壤センサ5に計測条件を設定するとともに、計測情報処理部55にモデルを設定する(ST27)。

そして、計測情報処理部55は、設定した計測条件により土壤センサ5から出力される

50

計測データを受け、モデルに基づいて土壤特性を求める。そして、GPS装置51で検出された位置情報と対応付けて土壤マップ作成部50にてマップを作成する(ST28)。また、求めた計測情報等は、無線送信部を通じて外部に送信することができる(ST29)。そして、上記した一連の処理を全ての計測位置に対して実行する(ST30, 31)。

なお、上記した実施の形態では、含水比はマニュアル入力か反射光量に基づいて行うようにしたが、本発明はこれに限ることはなく、水分センサなどにより概略値を求めるようにしてもよい。さらに、上記した各実施の形態では、土壤特性は、反射光量に基づいて求めることを説明したが、土壤センサはこれに限ることはなく、力学的、電気的、化学的その他の各種の情報に基づいて検出することができる。

10

第19図は、本発明の別の実施の形態を示している。本実施の形態では、土壤測定支援装置26を改良している。すなわち、本形態における土壤測定支援装置26は、主として土壤タイプの決定方式を変更している。土壤タイプについて説明する。土壤タイプとしては、例えば、国際土壤学会法(3角図による土性分類)と農耕地土壤分類がある。前者は粘土含量で分類し、後者は土壤の生成作用などから総合的に判断するようになっている。そして、具体的には、以下の通りである。

まず、国際土壤学法に基づくものは、第20図に示すように、土の種類は、粒径に基づいて粘土、シルト、砂の三種類に分けられる。そして、土壤タイプは、まず、粘土含量で4段階に分類され、さらに砂(あるいはシルト)の割合により合計12タイプに分類される(第21図参照)。

20

なお、土、シルト、砂の割合を正確に測定するためには、実験室における粒土分析を用いる必要があるが、粘土含量はEMI(Electro-Magnetic Induction電磁誘電率)に対応するので、EMIを利用して4大分類(重埴土系、埴土系、埴壤土系、砂土系)は区別することができる。

そして、粘土含有量は、土の保水性や機械的性質を左右するパラメータである。その結果、粘土含有量は、肥沃度パラメータ(窒素など)の特性に強く関係するので、上記4大分類を区別するだけでも十分な効果がある。

一方、農耕地土壤分類に基づく土壤タイプは、正確には、各圃場ごとのデータベースを別途作らないと判定し難いが、土色によりおおざっぱな特性が判別される。

土の色と土壤の相関は、第8図に記載した通りであるが、視点を変えて含有物と色の関係を示すと、第22図のようになる。そして、図示するように、土壤の色は、含有成分より大まかにその土壤タイプを分類できる。この点は、第8図を用いて説明したとおりである。

30

一方、計測情報処理部55に与えるモデルを決定するために必要な含水比を決定するに際し、土壤タイプがある程度決まらなないと、含水比の概略値を求めることが困難なことがある。すなわち、例えば粘土と砂では、同じ含水比であっても砂の方が粘土に比べ保水性が悪いため、吸光度では、砂のほうが水分が多いようなスペクトルを示す。

そこで、本形態では、第19図に示すように、土壤センサSから出力される計測データに基づいて土壤タイプを決定する手段として、水分量を求めるために必要な大まかな土壤タイプを決定する第1土壤タイプ識別部58aと、実際にモデルmを決定するために必要な細かな土壤タイプを求める第2土壤タイプ識別部58bとを設ける。これにより、第1土壤タイプ識別部58aの出力は、水分量検出部57に与え、第2土壤タイプ58bの出力を決定部59に与えるように構成する。つまり、第6図に示した実施の形態との関係で言えば、第2土壤タイプ識別部58bが土壤タイプ識別部58に対応する。

40

さらに本形態でも、上記したように自動的に土壤タイプを決定するのではなく、過去に求めたデータに基づいて決定することもできるようにしている。つまり、測定する農地の位置の入力を受け、それに基づいてGISデータ記憶部63をアクセスし、対応するGISデータに格納された土壤タイプを取得する。なお、農地の位置情報は、ユーザが直接入力してもよいし、GPS装置51から位置情報を取得するようにしてもよい。さらに、マニュアル入力部62からユーザが土壤タイプを直接入力するようにしてもよい。このGI

50

Sデータや、ユーザが手作業でのキー入力によって入力する方式については、第1, 第2 土壌タイプ識別部58a, 58bのいずれにおいても適用できる。

また、土壌センサSは、分光装置等の土壌の光学特性を計測する手段に加え、測定対象の土壌面を撮像するCCDカメラ等の撮像装置や、EMIを検出するセンサ並びにロードセルなどの圧力を測定するセンサなど各種のものがある。

そして、土壌センサSから第1土壌タイプ識別部58aへは、EMIや画像データなどの水分量w以外の情報である計測データx1を与えるようになっている。正確には、計測データx1は特徴抽出部56に与えられ、そこにおいて第1土壌タイプ識別部58aで識別するために必要な特徴量を抽出するようになっている。

第1土壌タイプ識別部58aでは、水分量wの情報をを用いずに、観測データx1を用いて粗い土壌タイプt0を決定する。具体的には、計測データx1が土壌をテレビカメラで撮像して得た画像データとすると、その土壌表面のテクスチャ分析し、それに基づいて判断する。

すなわち、粘土含量が増えるとテクスチャが細くなる。また、粘土含量が少なくなり、砂の割合が多くなるとテクスチャが粗くなる。そして、テクスチャを表現する特徴量としては、フーリエパワースペクトルを用いることもできる。テクスチャが細かい場合には、フーリエパワースペクトルにおいて、原点から離れたところに比較的多くのエネルギー成分が分散して存在し、粗いテクスチャの場合には、原点の近くにエネルギーが集中する。

そこで、特徴抽出部56では、受け取った画像データに基づき、テクスチャの粗さを表現するテクスチャ特徴量であるフーリエパワースペクトルを求め、それを第1土壌タイプ識別部58aに与えるようになる。

そして、第1土壌タイプ識別部58aでは、受け取ったフーリエパワースペクトルに基づき、粗い土壌タイプ(重埴土系, 埴土系, 埴壤土系, 砂土系の4分類)t0を生成する。つまり、テクスチャが細かい方から順に、「重埴土系 埴土系 埴壤土系 砂土系」となるので、予め各領域を区分けするしきい値を設定しておき、取得したテクスチャの粗さに対応するフーリエパワースペクトルがどの領域に属するかを判断することにより、簡単に粗い土壌タイプを求めることができる。そして、このようにして求めた土壌タイプt0は、水分量検出部57と第2土壌タイプ識別部58bに与えるようになっている。

また、計測データx1がEMIの場合には、そのEMIの大小に基づいて、粗い土壌タイプ(重埴土系, 埴土系, 埴壤土系, 砂土系の4分類)t0を生成するようにしてももちろんよい。すなわち、EMIから電気伝導度ECがわかるので、そのEC値を下記の回帰式に代入することにより、粘土含量を求める。

$$\text{粘土含量} = 22.8 + 0.133 \times \text{EC値}$$

そして、求めた粘土量から、土壌タイプを求めることができる。なお、上記した回帰式は、

$$\text{EC値} = A + \text{塩濃度} + \text{粘度含量}$$

の関係式(Aは定数)から、算出される。

さらにまた、粘土含有量が多いものほど抵抗が大きいので、土壌センサSとして、ロードセルなどを用い、そのロードセルを土壌中に挿入した状態で移動し、その時に土壌から受ける負荷抵抗に基づいて粗い土壌タイプを求めるようにすることもできる。

一方、第2土壌タイプ識別部58bは、土壌センサSから与えられる観測データx1(実際には、センサ出力に基づいて抽出された特徴量)並びに第1土壌タイプ識別部58aで決定された粗い土壌タイプt0を用いて、設密な土壌タイプtを求めるようになっている。そして、観測データx1としては、土壌のカラー画像と土壌の吸光度を用いる。そして、具体的には、以下に示す処理を実行する。

まず、カラー画像(RGB)から土壌の色を、明度, 彩度, 色相の3種類の情報に変換する。次いで、明度, 彩度, 色相をインデックスとして、土壌を高有機物土壌, 低有機物土壌, 酸化性, 還元性の土壌色に基づく4分類c0に分類する。すなわち、標準土色系から、上記4つのタイプの土壌色の範囲が明度, 彩度, 色相によって特定される。従って、

10

20

30

40

50

計測データに基づいて得られたRGBデータを明度、彩度、色相に色変換して得られた特徴量が、どのタイプの範囲に属するかを判断することにより4つの分類c0のうちのどれかが求められる。

そして、上記のようにして求めた分類c0と、第1土壤分類タイプ識別部で求めた分類t1に基づき、精密な土壤タイプtを求める。ここでいう土壤タイプは、t0(4種類)とc0(4種類)を組み合わせた合計16種類に分類分けをする。一例を示すと、「重粘土系の高有機物土壤」や、「砂土系の酸化性土壤」などの土壤タイプtが決定される。

水分量検出部57は、第1土壤タイプ識別部58aで求めた粗い土壤タイプt0と、土壤センサSから与えられる観測データx1(土壤からの反射光スペクトル)を用いて水分量w(3ランク程度)を計測する。 $w = h(x1, t0)$ により決定する。

10

つまり、水は、近赤外領域の波長1450nmを中心とした光を吸収する。また反射光スペクトルを測定する土壤の観測面は装置で決まり一定である。従って、反射光の1450nmの強度と、水による吸収のない例えば1300nmの反射光強度あるいは反射強度から求めた吸光度(吸光度 =  $\log(1/R)$  R:反射光強度)を比較することにより、土壤の相対的な含水比を求めることができる。

そこで、反射光スペクトルx1に基づいて求められた相対的な含水比と、第1土壤タイプ識別部58aで求めた粗い土壤タイプt0の相関を求めたテーブルを用意することにより、観測土壤の含水比の概略の絶対値を求めることができる。

なお、土壤からの反射スペクトルは、土壤表面の凹凸が多いと弱くなり、また吸光度が大きくなる。そして、同一土壤タイプであっても、観測する土壤面が常に一樣と限らない。そこで精密な土壤タイプを決定するに際し、上記した粗い土壤タイプt0と、吸光度情報に加え、土壤面の凹凸情報も含むとよい。一例を示すと、凹凸の大きい地点の観測データは除外したり、土壤の凹凸の影響を補正するなどができる。なお、土壤の凹凸の計測は、レーザを斜め方向からライン照射し、光切断法で凹凸の深さを測定することができる。

20

決定部59は、水分量検出部57で求めた水分量wと、第2土壤タイプ識別部58bで求めた土壤タイプtを用いて、土壤計測用データ記憶部60に格納された土壤モデルDBをアクセスして、土壤観測装置を制御するための計測条件と、土壤特性算出のための土壤計測用モデルmを得る。そして、計測条件に従って、計測条件設定部61が、土壤センサSに与える制御データCを求めるとともに、求めた制御データCを土壤センサSに与えるようになっている。

30

制御データC, 土壤計測用モデルmはDBcとDBmから読み出される。

$$m = DBm(w, t)$$

$$C = DBc(w, t)$$

制御データCは、土壤観測装置より具体的には土壤センサSに与えられ、土壤観測に用いるセンサの動作条件を制御する。このようにして設定された動作条件のもとで得られた観測データxを処理するためのパラメータとして、土壤計測用モデルmを用いる。つまり、土壤計測用モデルm, 制御データCは、第6図に示す出力の「モデル」と「計測条件」に対応する。そして、入力条件である水分量(含水比)wと土壤タイプtに対応する出力条件を検索し、それを出力するようになる。この決定部59並びに計測条件設定部61における処理機能は、第6図に示した実施の形態と同様である。もちろん、土壤タイプの分類方式が変わると、それに応じて土壤計測用データ記憶部60に格納する制御データcと土壤モデルmは変わる。なお、より厳密にいうと、例えば暑い/寒いなどの気候条件や土壤温度などによっても、土壤モデルmや制御データCが変わる。従って、温度センサにより自動的に、或いは、マニュアル入力部62を用いてユーザが温度データを直接入力するようにし、決定部59では、係る気候条件(温度情報)も加味して、制御データC, 土壤モデルDBを決定するようになるとよい。

40

そして、実際の測定に際しては、土壤センサSから出力される計測データを制御情報処理部55に与え、制御情報処理部55では、決定部59から与えられたモデルmにしたがって演算処理し、土壤の状態を求める。さらに、求めた土壤の状態とGPS装置51から得られる位置情報を土壤マップ作成部50に与え、そこにおいて土壤マップを作成し、土

50

壤マップ記憶部52に記憶させる。これらの各部における処理は、第6図に示した実施の形態と同様のものを用いることができるので、その詳細な説明を省略する。

次に、新規な土壌での土壌モデルmの作成手順について説明する。過去において同一の場所或いは他の場所(同一土壌タイプ)で土壌モデルを作成し、土壌計測用データ記憶部60に格納していた場合には、上記した説明のとおり、測定に際し決定部59が対応する土壌モデルを読み出すことにより、リアルタイムで精度良く土壌特性を計測することができる。

しかし、まったく新たな圃場、或いは同一の圃場であっても何らかの要因により土壌タイプが変更されたような場合であって、既存に作成した土壌タイプのデータベースでは、精度良く対応できない場合がある。係る場合に、土質が異なると成分算出のための回帰式(検量線)を、その土壌の化学分析値を用いて補正する必要がある。そこで、新規な土壌で土壌モデルmを作成する手順としては、例えば第23図に示すようなフローチャートに従って実施することができる。

10

まず、土壌モデルmを作成しようとする圃場の各地点での光学特性(土壌光スペクトル)を測定する(ST41)。得られた土壌光スペクトル(観測データX)に成分濃度を求めるための既存のモデル式(土壌計測用モデルm)を適用し、成分濃度の仮の分布図を作成する(ST42)。ここで用いるモデル式は、測定した圃場について大よその土壌タイプが予測される場合には、その土壌タイプに近いもののモデル式を利用する。なお、汎用性のあるモデル式が設定できれば、それを利用することもできる。

次に、土壌モデルmの校正のための成分実測値(参照値)を得るための土壌サンプリング位置を決める(ST43)。具体的には、ステップ42で求めた成分の仮の分布図(土壌特性マップMAP(R))を参照し、その仮の分布図で、成分濃度が均等に分布するように土壌を採取する位置を決める。

20

次いで、ステップ43で決定した土壌サンプリング位置の土壌を採取し、実際の成分の化学分析値(参照値)を求める(ST44)。そして、各土壌サンプリング位置における参照値と、実測値である土壌観測データXを用い、そのずれからステップ42で仮の成分濃度を作成する際に用いた土壌モデルmを補正する(ST45)。

その後、その補正した土壌モデルmを土壌計測用データ記憶部60に土壌モデルmとして登録する(ST46)。また、この補正した土壌モデルmを用い、ステップ1で求めた観測データXから成分濃度分布を求めることにより、その測定時点での分布図を作成することができる。さらにまた、この手順は、新規な土壌に対するモデル決定に限らず、既存の土壌特性マップMAP(R)の精度の改善にも適用できる。

30

第24図は、本発明のさらに別の実施の形態を示している。本実施の形態では、第19図に示した装置を基本とし、さらに、環境保全装置90を設けた。この環境保全装置90は、計測情報処理部55で求めた土壌特性値fに基づき、その場で環境配慮型の農作業を実行する装置である。この環境配慮型の農作業を実行すること或いは実行する装置をセンサーベースPFという。

すなわち、本形態では、土壌をセンシングすると、リアルタイムでそのセンシングした地点の土壌成分等の土壌の状態を求めることができる。従って、例えば肥料を散布するに際し、最適な肥料散布量を求めることができ、必要以上に肥料を与え、土壌の環境汚染を招いたり、過肥料により農作物へ悪影響を与えることなどを未然に防止できる。さらには、現在の土壌の状態と肥料の散布量から、肥料散布後の土壌の状態も容易に求めることができる。従って、散布後の状態が環境基準で許容される範囲内に収まるか否かも、散布する前に知ることができる。従って、必ず環境基準以下に収まるように散布量を制御することにより、環境保全ができる。換言すると、農作業の品質管理を精度良く行うことができる。

40

もちろん、対象とする農作業は肥料散布に限ることはなく、各種の農作業に適用できるのは言うまでもない。さらにまた、土壌環境が悪化している場合には、それを改善するための各種処理を実行することになるが、これも測定後すぐに着手することができ、土壌、農作物、環境に対する被害を最小限に抑えることができる。

50

環境保全装置 90 は、上記した処理、つまり、計測情報処理部 55 から出力された計測結果に基づき、必要な作業内容を決定し、その決定した作業内容を実行することを自動的に行うものである。

一例を示すと、作業内容が肥料散布の場合、その場での肥料散布量  $z$  は、次の式で決定できる。そして、その決定した決定した肥料散布量  $z$  にしたがって、対応する肥料を実際に散布する機能を有することになる。

$$z = \begin{cases} (Y_m - y) & : Y_m - y \text{ が正のとき} \\ 0 & : Y_m - y \text{ が非負のとき} \end{cases}$$

ここで、 $Y_m$  は土壌特性値  $y$  に対応する目標値である。 $f$  は  $Y_m - y$  を肥料散布量に変換する関数である。このとき、 $Y_m$  は環境基準で許容される上限値以下に設定されることにより、その場所における土壌特性値  $y$  が環境基準を超過しないように設定されている。さらに、農地の地下での地下水の流れの影響などによって、特定の肥料や農薬の成分が特定の場所に集中し、その集中した地点で環境基準を上回ることを防止するために、農地の特性に応じて、安全をみて実際の散布量  $z$  を少なめに出力できるように関数  $f$  を設定するとなお良い。

第 25 図は、本発明の他の実施の形態を示している。本実施の形態では、上記した各実施の形態を基本とし、求めた土壌マップに基づいて、現時点或いは将来的にどのような農作業をすればよいかの指針を決定する農作業決定支援システムである。

同図に示すように、土壌マップ記憶部 52 に記憶された土壌マップ（農地マップ）：MAP (R) の情報および作業履歴（農地毎の農薬散布作業と施肥作業の履歴等）を農作業決定支援装置 91 に与える。作業履歴は、キーボードなどの入力装置を用いてユーザが入力することができる。また、第 24 図に示すように環境保全装置 90 を有する場合には、それと連動させ、その環境保全装置 90 が実施した作業を、自動的に入力させるようにしても良い。

農作業決定支援装置 91 は、受け取った作業履歴と土壌マップと、作業知識データベース 92 に記憶された知識並びに各種のモデル 93 に基づいて、施肥作業計画などを今後すべき農作業を決定し、出力するようになっている。

作業知識データベース 92 に格納された知識は、農作業の決定に必要な農作業の方法に関する情報を記憶し、要求に応じて提供する情報ベースである。そして、ネットワーク、記録媒体などから必要な情報を読み込み内容を更新する機能を有する。更に、作業知識データベース 92 は、農作業の決定に必要な作物の品種に関する情報を有する。これは、作物名、品種名、発芽率、播種量、成長関数、開花・結実関数・病害虫耐性などからなる品種特性情報、施肥応答性、気温や日射などに対する振る舞いを示す環境応答性、栽培作業の注意点を示す栽培作業性、収穫方法などからなる栽培特性、成熟、老化、密度、体積、形状などからなる貯蔵運搬特性などを含む。また、肥料に関する情報は、コスト、効果、成分、使用方法などからなる。農薬に関する情報は、コスト、効果、成分、使用方法などから構成される。

一方、モデル 93 は、成長モデル、病害モデル、気象モデル等がある。成長モデルは、農地単位に作物の成長を予測するためのもので、稲を例に説明すれば、茎数、出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数などを予測するモデルである。また、成長モデルは、農地毎に予測開始から現時点までの作物成長の実績情報も記憶する。病害モデルは、農地単位で病気、病害虫、および雑草の発生確率を算出する。また、一旦発生した病気、病害虫、および雑草の拡散予測を行い、その予測される被害を算出する。ここで言う被害とは、病気、病害虫、および雑草により出荷できない作物の割合を言う。更に、病害モデルは、農地毎の過去の病理病害と雑草の発生実績を記録する。

気象モデルは、農地単位の気象を予測するためのものモデルである。気象モデルは、農地周辺に限定した地域のローカル気象情報と、より広域な広域気象情報を取得し、圃場の日単位の気温、日照時間、降水量などの気象予測と月単位の気象予測を出力する。

農作業決定支援装置 91 を気象モデルからの気象の情報、成長モデルからの作物成長の予測を示す情報、土壌マップからの土壌状態を示す情報、および作業履歴情報等から、現

10

20

30

40

50

時点で、収穫が最大になる農薬散布作業計画と施肥作業計画の案を算出する。なお、この農作業決定支援装置 9 1 を含むシステムの具体的な機能構成は、例えば特開平 1 1 - 3 1 3 5 9 4 号公報に開示されたものを用いることができる。

また、図示の例では、農作業決定支援装置 9 1 を含むシステムは、土壤測定支援装置 2 6 などと一体化して土壤測定装置に組み込んだ例を示したが、この農作業決定支援装置 (マップベース PF) 9 1 の部分を、独立させてサーバー側で保持するようにしてもよい。

すなわち、農地で実際に土壤観測装置で土壤を観測しつつ、計測情報処理部 5 5 で求められた  $y = f(m, x)$  で決まる土壤特性値  $y$  と、そのときの土壤観測装置の位置  $R$  (GPS 装置 5 1) の組をその都度サーバーに送信して、サーバー側で土壤マップを形成したり、土壤マップ作成部 5 0 で作成した土壤マップを一括してサーバーに送信する。

10

サーバー側の農業決定支援装置 9 1 では、作業知識ベース 9 2, 作業履歴, モデル 9 3 をもとに、土壤マップを用いて作業計画を生成する。その作業計画を生成するアルゴリズムは、上記したのと同様である。そして、このようにして生成した作業計画は、ネットワーク等を介して農作業者に伝達される。

さらにまた、このようにサーバーで各圃場からのデータを一元管理するようにすると、作業計画を提供を受けた農作業者は、その作業計画による作業の結果としての農作物の収量や肥料や農薬の消費量などのデータを、サーバー側に提供することにより、以下のような効果が生じる。

すなわち、サーバー側では、農作物の収量などから、自己が決定した農作業内容があったか否かの判断を行うことができる。そして、農作物の収量や肥料は農薬の消費量なども作業履歴として、土壤マップデータとともに、サーバーに蓄え、他の圃場・農園からの問い合わせに応じた作業計画の出力のために利用できる。そして、多数の圃場における作業履歴が長期間にわたって記録されると、入力された土壤マップデータと類似したマップデータを持ち、モデル (成長モデル, 病害モデル, 気象モデル) も類似したものを持つ他の圃場に関する過去の作業履歴から、農作物の収量や肥料の消費量などの総合評価が高いものを選択し、作業計画の生成に用いることができ、より信頼性が高くなる。

20

また、サンプルが多くなることから、作業計画を決定するに際し、作業計画の候補を複数個発生させ、各候補ごとの農作物の収量, 肥料の消費量などを農作業者に提示させ、農作業者の選択を幅を広げるようにすることもできる。さらに、農作業と土壤マップとの間の因果関係則を帰納的に求めて、作業計画の高度化を図ることができる。

30

第 2 6 図は、さらに別の実施の形態である。本実施の形態では、上記した各実施の形態における土壤計測用データ記憶部 6 0 に替えて、土壤モデルデータベース 6 0 を設けている。

土壤計測用データ記憶部 6 0 が持つ情報としては、(1) 土壤モデル  $m$ 、(2) 計測条件  $C$  であったが、本形態の土壤モデルデータベース 6 0 では、それら土壤モデル  $m$  と計測条件 (制御データ)  $C$  に加え、さらに各種の情報を関連付けて記憶している。そして、この土壤モデルデータベース 6 0 の内部データ構造の一例を示すと、第 2 7 図に示すようになっている。

すなわち、土壤タイプと水分量 (さらには、計測対象特性名と気候条件) に関連付けられた土地計測用情報 ( $m, C$ ) と、土壤関連情報が出力可能に構造化された状態でコンピュータが読み出し可能に記憶されている。そして、土壤関連情報としては、例えば、広告情報, 栽培レシピ, 収穫実績, 農地所在地, 土作り指導情報等がある。これら欠く情報が土壤タイプと水分量に関係付けられて記憶される。そして、各情報について説明すると、以下の通りである。なお、気候条件は、上記した第 1 9 図に基づく実施の形態で説明したように、気候条件 (温度情報) に基づいてより高精度に土壤の状態を計測するために用いる情報である。

40

#### \* 広告情報

広告情報は、土壤タイプに応じて、その土壤タイプでの農業に適した作物の種子, 農薬, 肥料などの広告や、たとえば「有機農法」と宣伝できる農地かどうかを鑑定するような土壤鑑定サービスの広告の情報、さらには、汚染物質 (硝酸態窒素の地下水汚染, ダイオ

50

キシン汚染など)の汚染情報とその分析・評価のサービス情報等がある。連絡先や、サービスの内容を格納する。

\*栽培レシピ+収穫実績紹介の情報

栽培レシピ+収穫実績紹介の情報は、土壌タイプに応じて、どのような作物をどのような農作業によって育成したら、どんな収穫が得られたかという実績の情報である。

\*農地所在情報

農地所在情報は、指定された土壌タイプの土壌を有する農地が、どこに存在し、その所有者は誰で、連絡先はどこかを記載した情報である。これは、種子会社や農薬メーカーや肥料メーカーなどが、能動的に需要者に自社商品売り込むために利用できる。

\*土作り指導情報

土作り指導情報は、土壌タイプ別の土作り指導のための通信教育のホームページであったり、土作り指導用教材の申込ページであったりする。さらには、地下水汚染や表面流失汚染などの防止基準や対策(最適肥培管理モデル)等に関する情報などもある。

そして、上記した説明からもわかるように、各種情報は、実際の土壌測定をするために直接的に使用するものではない。つまり、土壌モデルデータベース60に格納されたデータのうち、土壌モデルm,計測条件(制御データ)Cが、土壌測定支援装置26内の決定部59に与えられる。

一方、その他の各種情報は、例えば、計測情報処理部55で求めた土壌成分や、土壌測定支援装置26内の各種土壌タイプ識別部58,58a,58bで求めた圃場10の土壌タイプに基づいて、土壌モデルデータベース60をアクセスし、該当する情報を読み出すとともに、図示省略のモニタなどの出力装置に出力することに用いられる。これにより、土壌測定支援装置26を用いて土壌の状態を測定したユーザは、自己の圃場に関連する有益な情報を知ることができるので好ましい。

なお、図示省略するが、上記した土壌モデルデータベース60に対する検索処理並びにその検索結果を表示させる機能処理部は、土壌測定支援装置26の内外のいずれかに別途組み込む必要はある。また、検索を自動的に行うのではなく、ユーザがマニュアルで検索できるような機能を組み込んで良い。

上記した土壌モデルデータベース60に格納されたデータは、例えば、係るデータを記録したCD-ROM,DVDなどの記録媒体を入手し、コンピュータ(土壌測定支援装置26)に読み取らせ、コンピュータ内部の記憶部に格納することにより利用できる。また、CD-ROMドライブなどの記録媒体内にデータを読み込むドライブ装置を用意するとともに、そのドライブ装置内に記録媒体にセットし、各種の情報は、その都度ドライブ装置内の記録媒体に対して読みに行くようにしてもよい。

さらにまた、インターネットその他のネットワークを介して配信される上記データを取得するようにしてもよい。この場合に、例えば第26図に示すように、土壌モデルデータベース60に格納すべき情報を管理する土壌モデルデータベース管理システム95を用意し、土壌測定支援装置26はその土壌モデルデータベース管理システム95と連携し、その土壌モデルデータベース管理システム95を介して土壌モデルデータベースに格納する情報を入手するようにしてもよい。

このとき、土壌モデルデータベース管理システム95は、ツール装置等のコンピュータであり、そのコンピュータとケーブルその他の通信媒体(有線/無線可)を介して接続して、情報の送受を行うことができる。さらに、インターネットその他のネットワークを介して接続し、ネットワーク配信等を行うことにより必要な情報を取得し、土壌モデルデータベース60に格納することもできる。

特に、後者のネットワーク配信を利用した場合、最新の情報(土壌モデルm,計測条件(制御データ)C,各種情報の任意の情報)を簡単に取得でき、高精度な土壌の計測とそれに伴う有益な情報の取得が期待できる。なお、取得する情報としては、土壌モデルデータベースに格納する情報に限ることはなく、例えば、農作業決定支援システムを実行する際に必要な作業知識データベースやモデル、さらには、農作業決定支援装置91の決定アルゴリズム(エンジン)などの供給も行えるようにするとよい。

10

20

30

40

50

第28図は、本発明のさらに別紙の実施の形態を示している。本実施の形態では、土壤モデルデータベース管理システム95の機能を拡張するとともに、各利用者がネットワーク等を介して土壤モデルデータベース管理システム95と接続し、土壤モデルに関する情報の提供や享受を行えるようになっている。

そして、この土壤モデルデータベース管理システム95を中心としたネットワークシステムに参加する利用者（関係者）としては、以下に示すものがある。そして、それらは常時同時に接続されているのではなく、必要に応じて個別にネットワークワークを介して土壤モデルを利用することになる。

\* 運営者：

運営者は、土壤モデルデータベースを管理・運営する者である。土壤モデルデータベース管理システム95を管轄する者でもある。 10

\* 広告者（農業関連商品メーカー）：

広告者は、土壤モデルデータベースに、自社製品の広告情報を出して、このデータベースをアクセスする者の特性に応じた広告を提供し、自社製品の販売高の向上を目指す者である。実際には、土壤モデルデータベース中の土壤タイプに対応する広告情報の欄に、広告料を払って登録する。この広告料は、システム管理者でもある運営者に渡る。例えば、種子や肥料を製造・販売メーカーにとっては、その種子等を使用するのに適した土壤タイプの欄に関連付けて広告情報を登録するので、その広告情報を必要な人が良く見ることになるので、効率が良く広告宣伝効果が高くなる。すなわち、広告情報を見る人は、多くの場合、その土壤タイプに関係する人、例えば、「広告情報に関連付けられた土壤タイプが、自己の圃場の土壤タイプである一般農家等」となる。よって、広告者にとっては、利用価値の高いシステムとなる。 20

\* 栽培レシピ等の登録者（篤農家、農業生産法人）：

栽培レシピ等の登録者は、土壤タイプや気候条件に応じた作物の栽培レシピ、収穫実績データを作成し、土壤モデルデータベースに登録料を支払って登録し、自分の栽培レシピが利用される回数に応じてデータ使用料を受け取る者である。なお、金銭の決済の仕方は、上記したものに限りなく、登録料を無料にしたり、逆に、情報提供料として運営者から金銭を受け取るようにしても良い。特に、運営者にとって重要なのは、正しくかつ早い情報を沢山収集し、データベースに登録することにより、有意義な情報量を豊富に揃えることでもあるので、情報提供者（登録者）に対しては、登録料を無料或いは一律に運営者から料金を支払うようにしてもよい。 30

\* 土壤計測用モデルの登録者（農業試験所、大学農学部など）：

土壤計測用モデルの登録者は、土壤タイプや水分量に応じて、土壤特性を正しく計測するために必要な制御データCおよび土壤計測用モデルmを、実験を通じて算出して、土壤モデルデータベースに登録する者である。土壤計測モデルが利用される回数に応じてデータ使用料を受け取る。

\* アプリシステムメーカー：

アプリシステムメーカーは、土壤モデルデータベース管理者システムとの通信プロトコルや、データベースのフォーマットの情報などの開示を受けたり、特別なデータへのアクセス許可を得て、その対価としての使用料を支払いながら、さまざまなアプリケーションシステムを構築し、運営する者である。 40

\* 利用者（一般農家、篤農家、農業生産法人、レジャー農園管理団体）：

利用者は、土壤モデルデータベースをアクセスして、自分の農地に関する適切な情報やサービスを受け、対価としての使用料を支払う者である。

\* 環境指向の消費者や消費者団体：

環境指向の消費者や消費者団体は、農産物の生産地や生産者の情報を入力して、土壤モデルデータベースをアクセスする。そして、その農産物を生育させるのに利用した土壤環境の清浄度や汚染度を読み出す。また、土壤鑑定の結果を読み出す。そして、購入すべき農産物かどうかを判断するのに利用する。

次に、上記した各利用者により構成されるネットワークシステムの機能、運用について 50

説明する。まず、利用者が土壤モデルデータベースを管理する土壤モデルデータベース管理システム 95 に対し発した要求に応じ、土壤モデルデータベース管理システム 95 が所定の処理をする。

すなわち、利用者が、土壤モデルデータベースに格納された情報を使用したい者の場合には、利用者が情報取得要求を発するので、その情報取得要求の条件に合致する情報を土壤モデルデータベースから取得して利用者に提供する。また、利用者が、土壤モデルデータベースに情報を登録したいという者の場合には、その利用者が情報登録要求をするので、該当する格納エリアに登録要求された情報を登録し、以後、その登録された情報も利用（提供）可能となる。

さらに、上記したいずれの利用態様（情報の取得 / 登録）であっても、それが実行された処理の履歴情報（処理実行の日時、実行者 ID、処理内容、取得又は登録した情報の種類と量）を生成し記録する。つまり、土壤モデルデータベース管理システム 95 は、土壤モデルデータベースとともに、上記した履歴情報を記憶する履歴情報記憶部も有することになる。

そして、所定のタイミング（例えば月単位等）で、履歴情報記憶部に記録された履歴情報に基づいて、土壤モデルデータベースを利用した各利用者ごとに、使用料、データ使用料、登録料、広告料等の利用料金の清算処理を行う。つまり、支払うべき金額と、徴収すべき金額を算出し、支払い金額に基づいて支払い処理を行い、徴収すべき金額に基づいて請求処理並びに徴収処理を実行する。

なお、料金の徴収、支払いは、既存の銀行振込、引き落とし等の現金によってもできるし、電子決済をすることもできる。さらには、このネットワーク上で使用できる電子マネー、利用ポイントのようなものを作成し、係る利用ポイント等で清算するようにしてもよい。このようにすると、特に、利用料金の徴収と支払いの両方を実行する利用者の場合、決済処理が簡単になり、実際の金銭の決済を行うことなく、重要な情報を登録することにより、必要な他の情報を取得することができる。

そして、上記した各処理を実行するためのコンピュータシステム、より具体的には土壤モデルデータベース管理者システム 95 の機能は、第 29 図に示すようなフローチャートとすることにより実現できる。

なお、上記したシステム（ビジネスモデル）が有効に実現するために、次の条件が満たされるようにするのが良い。

- ・土壤モデルデータベースに正確なデータが記録されていること
- ・土壤モデルデータベースに記録されているデータの量が豊富であり、頻繁に更新されていること
- ・制御データ、土壤計測用モデルのフォーマットが標準化されていて、多くの土壤測定装置に適合すること
- ・土壤モデルデータベースへのアクセスが容易であり、料金も比較的到低額であること
- ・登録したデータの使用実績の情報に信頼性があり、データ使用料が適正に支払われること

第 30 図は、上記したネットワークシステムに接続し、土壤モデルデータベースを利用する利用者として、土壤測定支援装置 26 を使用する一般農家等に着眼したネットワーク構成を示している。

同図に示すように、土壤モデルデータベース管理システム 95 は、ネットワーク 96 に接続されているので、土壤支援装置 26 をネットワーク 96 に接続することにより、そのネットワーク 96 を介して土壤モデルデータベース管理システム 95 と土壤支援装置 26 とが接続され、データの送受が可能となる。

また、土壤モデルデータベース管理システム 95 は、各利用者から提供された情報を格納した土壤モデルデータベース 97（第 27 図に示すもの）と、履歴情報記憶部 98 を備えている。

そして、土壤支援装置 26 は、必要な情報、つまり、土壤モデル m と計測条件（制御データ）C のみが必要な場合には、それらの情報の最新版の取得要求を土壤モデルデータベ

10

20

30

40

50

ース管理者システム 95 に発行し、それを受けて供給された情報を土壤計測用データ記憶部 60 に格納する。その後、その取得した情報に基づいて、土壤成分の計測等を行うことになる。

また、必要な情報が土壤モデル m と計測条件（制御データ）C と、それ以外の情報を含む場合には、土壤モデルデータベース 97 に登録された対応するデータの取得要求をし、それを受けて供給された情報を自己の土壤モデルデータベース 60 に格納する。その後、その取得した情報に基づいて、土壤成分の計測等を行ったり、必要な情報の提供を受けることになる。

一方、上記のようにして取得した土壤モデルデータに基づいて土壤測定支援装置 26 で測定して求められた土壤マップは、通常は、自己の農作業に使用し、「環境汚染対策」と「土づくり農業」の両者を同時に追求することができるようになる。そして、この求めた土壤マップを土壤モデルデータベース管理システム 95 に送り、土壤モデルデータベース管理システム 95 が管理する土壤マップデータベース 99 に登録するようにすることもできる。

このようにすると、全国的な土壤タイプの分布状況を容易に把握できるので好ましい。このとき登録する情報としては、土壤タイプだけでも良いし、その時の土壤タイプと土壤の成分情報も関連付けて登録するようにしても良い。そして、土壤タイプ等は、その後に有益な情報として利用できるのもので、登録にともない情報提供量を支払い、また、この土壤マップを利用する利用者からはデータ使用量を徴収することができる。

なお、便宜壤土壤マップデータベース 99 を土壤モデルデータベース 95 と分離して記載したが、それらを一体の者として扱う、つまり、土壤マップデータベースも広い意味で土壤モデルデータベースに組み込むものとすることができる。

上記した各実施の形態は、いずれも装置に組み込んだ状態を前提として説明したが、上記した各処理（例えば各図に示したフローチャートを実行するための処理）をコンピュータに実行させるためのプログラムとし、係るプログラムは所定の記録媒体に記録して提供するようにしてもよい。

すなわち、第 31 図、第 32 図に示すように、記録媒体としては、フロッピーディスク（FD）80 や CD-ROM 81 などがあり、係る記録媒体 80、81 に格納されたプログラムは、FD ドライブ 82 や CD-ROM ドライブ 83 を介してコンピュータ 84 に接続された（内蔵された）HD ユニット 85 にインストールされ、これにより、コンピュータ 84 は、上記した実施の形態で説明した装置を構成することになる。

具体的には、実施の形態における計測情報処理部 55、特徴抽出部 56、含水比検出部 57（水分量検出部 57）、土壤タイプ識別部 58、決定部 59 などは、HD ユニット 85 にインストールされ、例えば使用の都度 HD ユニット 85 から内部メモリ 86 に転送され、そこにおいて各種処理を高速に行うことができる。また、土壤計測用データ記憶部 60、GIS データ記憶部 63 は、HD ユニット 85 や、CD-ROM 83 などの記録装置や記録媒体により実現される。

さらに、キーボード 87、マウス 88 は入力装置として機能し、この入力装置を介してマニュアル入力するデータが与えられる。なお、図中符号 89 は表示装置であり、解析結果などを表示したり、マニュアル入力するデータや、GIS データを読み出すための位置情報などの他、各種制御命令を入力する際の内容を表示し、確認できるようになっている。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明に係る土壤測定装置及び測定方法並びにプログラムを記録した記録媒体では、水分量や土壤タイプが異なる土壤に対する土壤特性を、精度よく求めることができる。そして、土壤測定支援機能を設けた場合には、測定地点に適した計測データやモデルを自動設定することができるので、効率よく計測できる。さらに、位置情報と土壤特性を関連付けたマップが作成すると、後でそのマップを利用して各種計画をたてることのできるのも好ましい。

また、土壤特性を測定・解析するための装置本体部分と、測定する際のモデルなどを設

10

20

30

40

50

定する支援装置は一体でも良いし分離配置可能としてもよい。そして、分離範囲可能とした場合には、利用態様が多様化し、より利便性が高まる。

また、本発明に係る土壌測定支援装置及び支援方法並びにプログラムを記録した記録媒体では、土壌特性を求める際に必要な測定地点でのモデルや計測条件を自動的に設定できる。よって、効率よく、しかも高精度に土壌特性の解析ができる。

さらに、土壌タイプや水分量に関する情報を自動的に設定する機能を設けた場合には、高効率で間違いなく土壌特性を求めることができる。もちろん本発明では、自動的に設定する機能はなくても良く、その場合には過去の土壌タイプのデータを用いることにより、測定時における土壌タイプの検出処理が不要となり、処理時間の短縮が図れる。

さらにまた、所定のデータを記録した記録媒体では、その記録媒体を用い、コンピュータに読取らせることにより、土壌を測定する地点の状態にあった計測条件や、モデルを簡単に読み出し、土壌測定に利用することができ、高精度な土壌の解析が行える。さらには、記録したデータの中に土壌関連情報を含ませると、土壌に関係した人にとって必要な情報を効率良く提供したり、入出したりすることができる。

さらに本発明では、土壌特性をリアルタイムで測定できるので、その測定した土壌にとって現在必要な不足している物質とその量を求めることができるので、効率の良い土作りができ、農薬散布その他の土壌の改良等が行える。

さらに、本発明に係る散布量制御装置、散布量決定装置及びそれらの方法では、上記物質の散布量を決定するに際し、環境基準を考慮して行うため、環境保全を行うことができる。つまり、「環境汚染対策」と「土づくり農業」の両者を同時に追求することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は、従来例を示す図である。

第2図は、本発明が適用される土壌測定装置の動作状態の一例を示す図である。

第3図は、本発明に係る土壌測定装置の実装状態を示す図である。

第4図は、第3図に示した装置の下部に形成された土壌掘削部及びセンシング部を示す拡大図である。

第5図は、第4図のI-I線矢視断面図である。

第6図は、本発明に係る土壌測定装置並びに土壌測定支援装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。

第7図は、含水比決定部の効果を説明する図である。

第8図は、土壌の色と原因物質の関係を示す図である。

第9図は、土壌計測用データ記憶部に格納されたデータ構造図(その1)である。

第10図は、土壌計測用データ記憶部に格納されたデータ構造図(その2)である。

第11図は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のモデルの精度を立証するグラフである。

第12図は、精密な含水比のモデルの精度を立証するグラフである。

第13図は、有機物のモデルの精度を立証するグラフである。

第14図は、本発明に係る土壌測定方法並びに土壌測定支援方法の第1の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

第15図は、本発明に係る土壌測定方法並びに土壌測定支援方法の第1の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

第16図は、本発明に係る土壌測定装置並びに土壌測定支援装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。

第17図は、本発明に係る土壌測定方法の第2の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

第18図は、本発明に係る土壌測定方法の第2の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

第19図は、本発明に係る土壌測定装置並びに土壌測定支援装置の他の実施の形態を示すブロック図である。

第20図は、土壌の種類と定義の関係を示す図である。

10

20

30

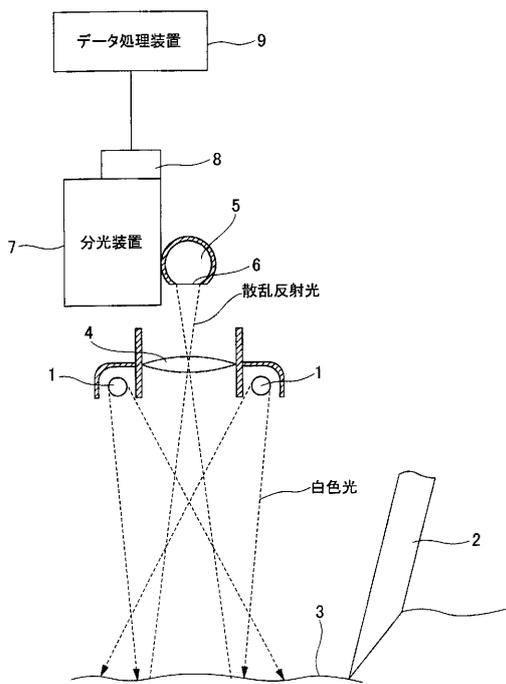
40

50

- 第 2 1 図は、土壌タイプとその定義の関係を示す図である。
- 第 2 2 図は、土壌中の含有物質等が土壌色へ与える影響を説明する図である。
- 第 2 3 図は、土壌モデルの作成方法を説明するフローチャートである。
- 第 2 4 図は、本発明のさらに他の実施の形態を示すブロック図で、環境保全装置を組み込んだ実施の形態を示す図である。
- 第 2 5 図は、本発明のさらに他の実施の形態を示すブロック図で、農作業決定支援システムを組み込んだ実施の形態を示す図である。
- 第 2 6 図は、本発明のさらに他の実施の形態を示す図である。
- 第 2 7 図は、土壌モデルデータベースのデータ構造の一例を示す図である。
- 第 2 8 図は、土壌モデルデータベース管理者システムを含むネットワークシステムの一例を示す図である。
- 第 2 9 図は、土壌モデルデータベース管理者システムの機能を説明するフローチャートである。
- 第 3 0 図は、土壌モデルデータベース管理者システムを含むネットワークシステムの具体的な適用例を示す図である。
- 第 3 1 図は、本発明に係る記録媒体を実施するシステム構成を示す図である。
- 第 3 2 図は、本発明に係る記録媒体を実施するシステム構成を示す図である。

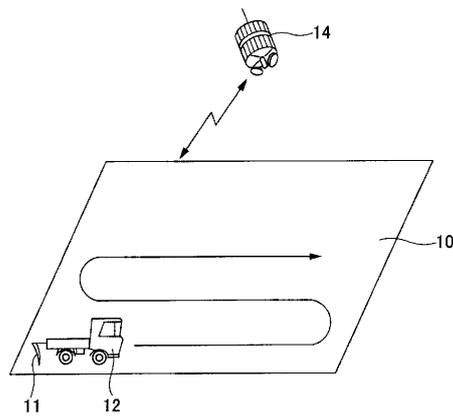
【 図 1 】

第1図



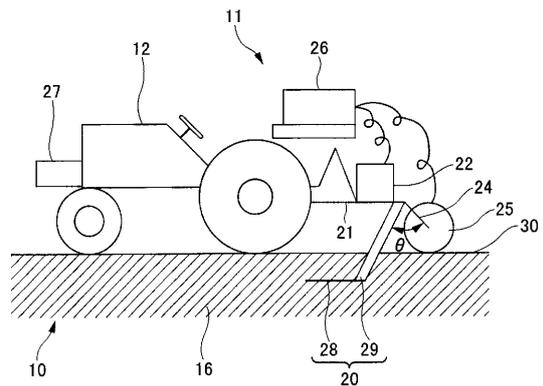
【 図 2 】

第2図



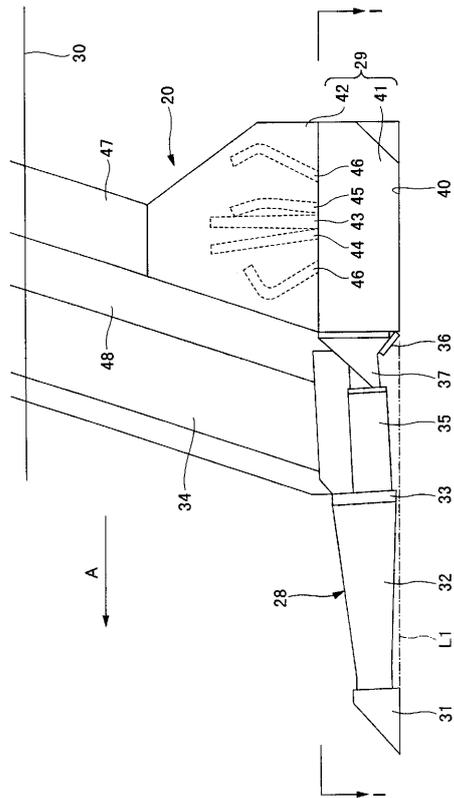
【 図 3 】

第3図



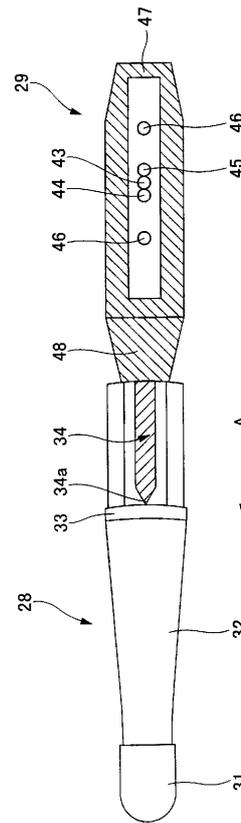
【 図 4 】

第4図



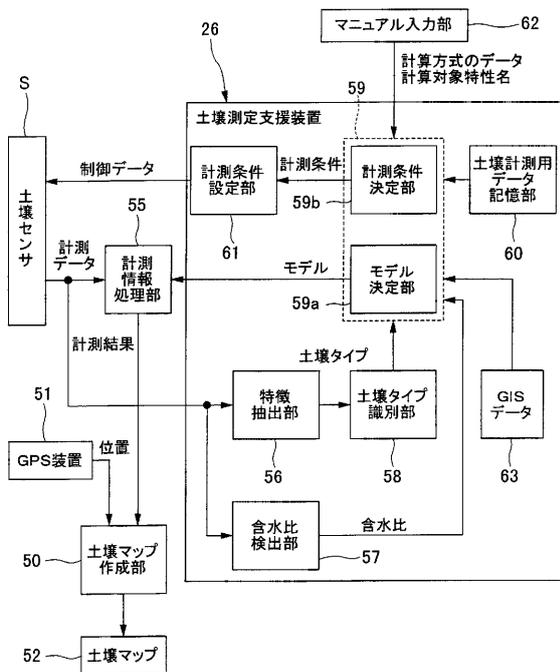
【 図 5 】

第5図



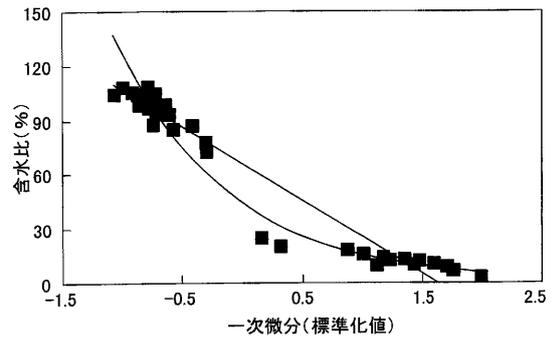
【 図 6 】

第6図



【 図 7 】

第7図



【 図 8 】

第8図

土壌の色と原因物質

土色	おもな着色物質	土壌
黒	* 有機物・腐植 砂鉄 黒色スコリヤ [マンガン斑, 硫化物]	黒泥・泥炭土, 黒ボクグライ土 黒ノッポ(腐植質火山灰土, 黒ボク土) 黒い砂鉄を多く含む砂質土(未熟土) 玄武岩質火山放出物(未熟土)
赤～ 褐～ 黄	* 酸化第二鉄鉱物 (酸化鉄) マンガン [斑鉄]	赤色土 赤ノッポ(火山灰土, 淡色黒ボク土) 褐色森林土, 黄色土 暗赤色土
青～ 緑	* 第一鉄化合物 (還元鉄) [硫化鉄, パイライトなど]	グライ土(排水不良の青色の土) 強グライ土(湿田), グライ土(半湿田)
灰～ 白	* 酸化鉄含有量極少 青色泥層の酸化過程 * 塩類の集積	ポドソル性土壌(灰色土), 秋落水田作土 マサ土, シラス, 砂質土(白砂), 灰色低地土(乾田) 塩類土壌

(出典:農業技術体系 土壌肥力編第1巻 農山漁村分化振興協会)

【 図 9 】

第9図

入力			出力		
計測対象特性名	含水比	土壌タイプ	計測方式	モデル	計測条件
NO <sub>3</sub> -N濃度	低い (3~26 %db) 注1)	関東ローム (SILT28%, CLAY20%, SAND52%)	均平板でならした土壌表面に、白色光を土壌に照射した時の反射スペクトラムを計測する方式1	NO <sub>3</sub> -Nの濃度 = $A + \sum Bi \cdot \exp(Ci \cdot Yi)$ ただし、A, Bi, Ciは係数である。 各係数の値は、次のとおりである。 $Yi = dXi / d\lambda$ A=3.96 B1=6.16 E-3 B2=0.241 B3=4.67 E-4 C1=6.27 C2=1.56 C3=6.48	次の各波長の反射光量Xiを計測する。 ①824nm ②1280nm ③1768nm
NO <sub>3</sub> -N濃度	高い (72~120% db)	関東ローム (SILT28%, CLAY20%, SAND52%)	同上	NO <sub>3</sub> -Nの濃度 = $A + \sum Bi \cdot \exp(Ci \cdot Xi)$ $Yi = dXi / d\lambda$ ただし、A, Bi, Ciは係数である。 A=0.31 B1=0.243 B2=3.31 E-5 B3=4.64 C1=1.75 C2=7.59 C3=0.127	次の各波長の反射光量Xiを計測する。 ①1286nm ②2014nm ③2290nm

注1) dbとはdry basisの略であり、対象中の固体分の重量に対する水分の重量の割合である。

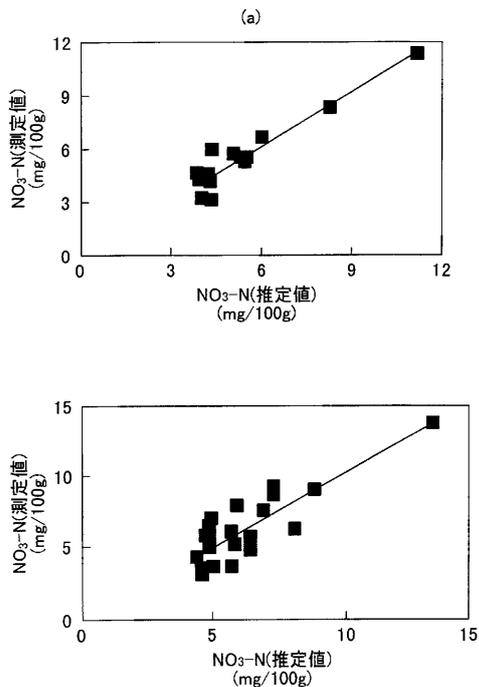
【 図 10 】

第10図

入力			出力		
計測対象特性名	含水比	土壌タイプ	計測方式	モデル	計測条件
電気伝導度	低い (2~26 %db)	畑地	方式1	電気伝導度 = $A + \sum (Bi \cdot Xi)$ $Yi = dXi / d\lambda$ ただし、A, Biは係数である。 A=128.07 B1=-7.15 B2=-16.29 B3=-7.40	次の各波長の反射光量Xiを計測する。 ①2074nm ②1948nm ③1776nm
精密な含水比	低い (0~26 %db)	畑地	方式1	Yはλに関するXの2次微分とする。 Yから平均値を差し引いた値を標準偏差で割った値を標準化値Wとする。 精密な含水比 = $5.55 \cdot W + 13.2$	次の各波長の反射光量Xiを計測する。 ①1450nm
精密な含水比	高い (72~120% db)	畑地	方式1	$Y = dX / d\lambda$ Yから平均値を差し引いた値を標準偏差で割った値を標準化値Wとする。 精密な含水比 = $-0.096 \cdot W + 9.16$	次の各波長の反射光量Xiを計測する。 ①1850nm

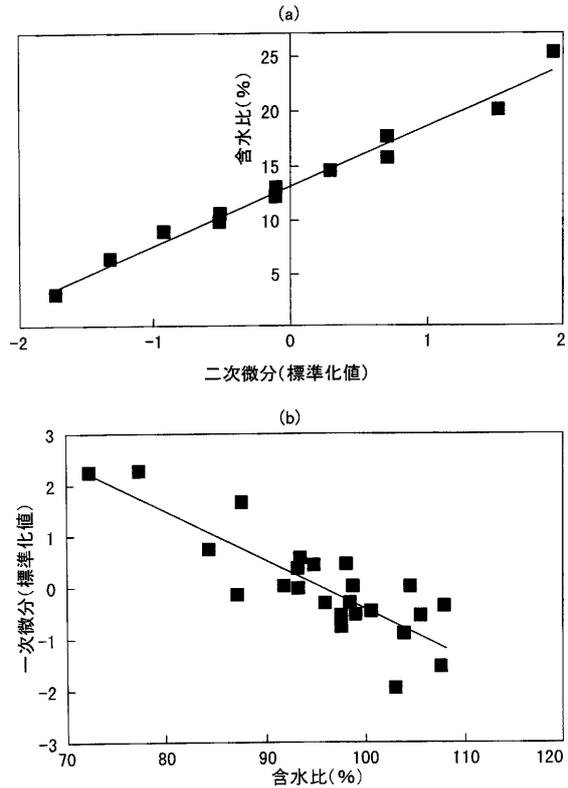
【 図 11 】

第11図



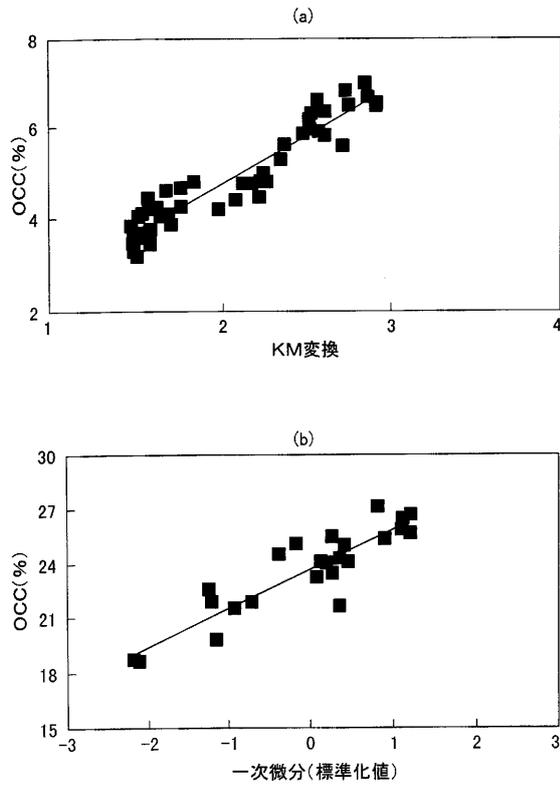
【 図 12 】

第12図



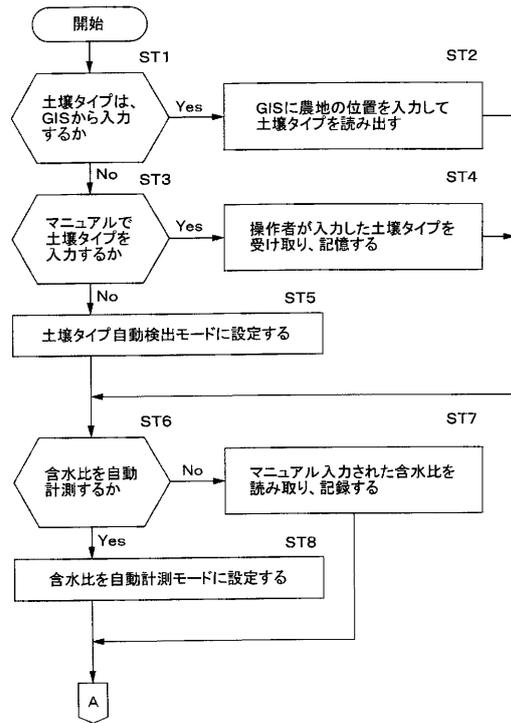
【 図 1 3 】

第13図



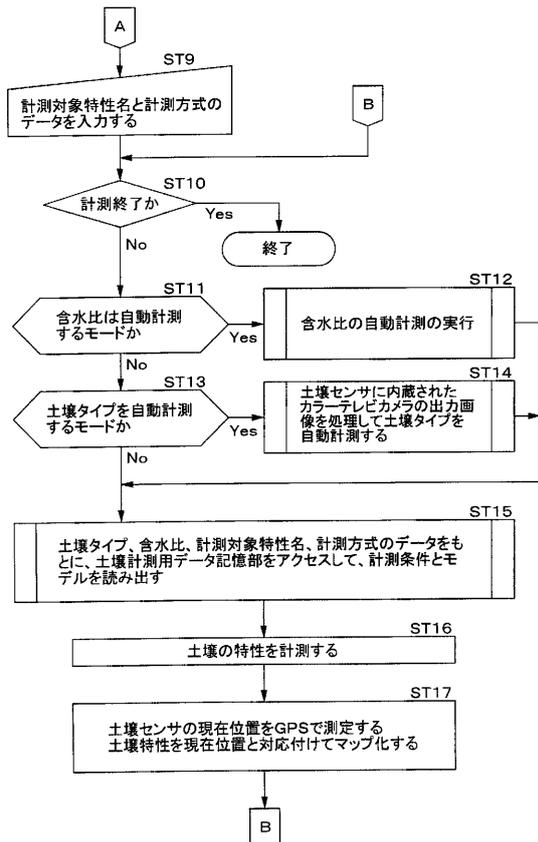
【 図 1 4 】

第14図



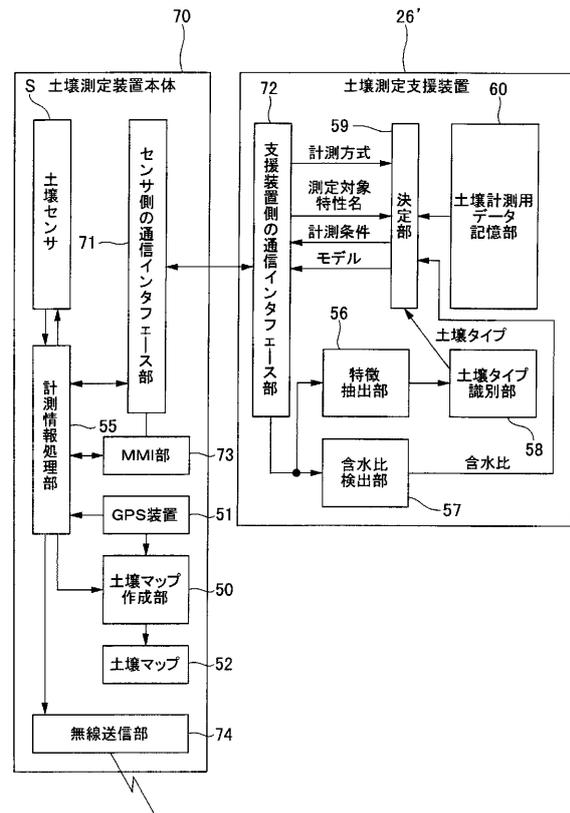
【 図 1 5 】

第15図



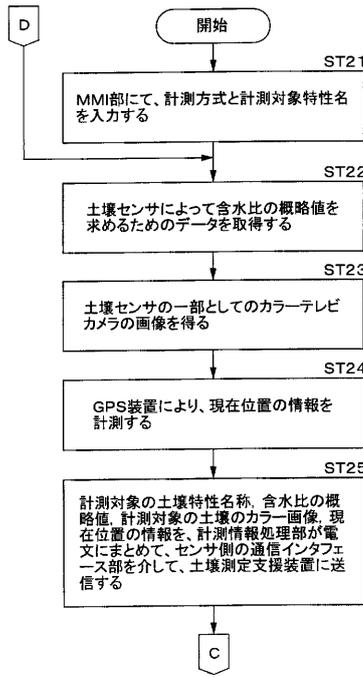
【 図 1 6 】

第16図



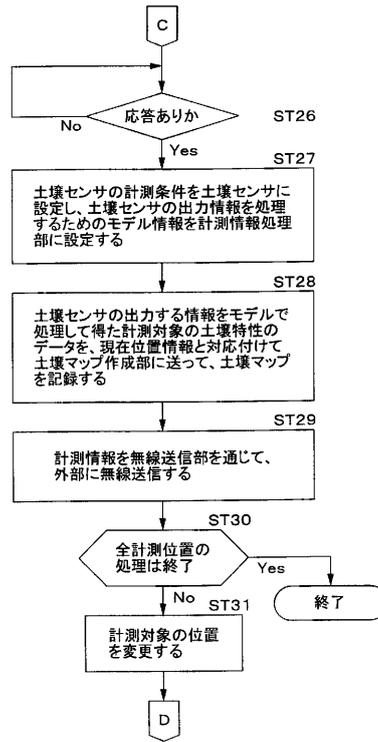
【図17】

第17図



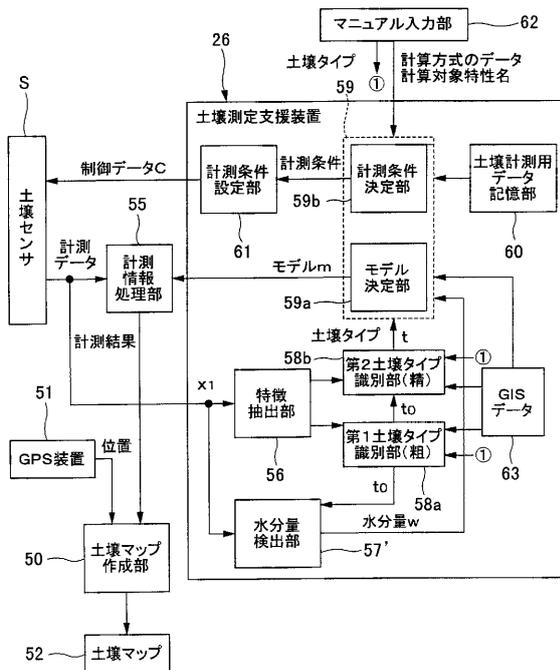
【図18】

第18図



【図19】

第19図



【図20】

第20図

国際土壌学会法に基づく定義

種類	定義: 粒径に基づく
粘土	粒径0.002mm以下の土粒子
シルト	粒径0.002~0.02mmの土粒子
砂	粒径0.02~2mmの土粒子

【図21】

第21図

土壌タイプ (大分類)	定義	土壌タイプ (細分類)	定義
重埴土系	粘土含量45%以上	重埴土	粘土含量45%以上
		砂質埴土	砂55%以上
埴土系	粘土含量25~45%	軽埴土	砂55%以下+シルト45%以下
		シルト質埴土	シルト45%以上
		砂質埴壤土	砂80%以上
壤土系	粘土含量15~25%	埴壤土	砂55~80%
		シルト質埴壤土	砂55%以下(シルト45%以上)
		壤質砂土	砂85%以上+粘土含量5%以上
砂土系	粘土含量15%以下	砂土	砂85%以上+粘土含量5%以下
		砂壤土	砂65~85%
		壤土	砂65%以下+シルト45%以下
		シルト質壤土	シルト45%以上

【 図 2 2 】

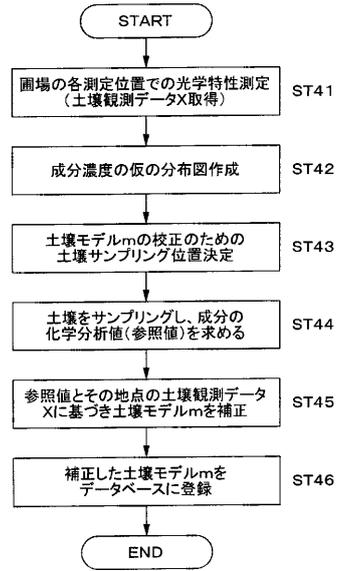
第22図

含有物質	色への影響	具体例
鉄化合物	遊離鉄	赤色、褐色、黄色が強くなる
	還元鉄	青色、緑色が強くなる (グライ層の粘土など)
マンガニ化合物	鉄化合物が少ない	灰色、灰白色になる
	遊離マンガニ	水はけの多い水田は、作土の下層に 紫色の層がみられる
腐植含量	黒色、褐色、紫色を与える 多いほど黒色が濃くなる	シラス(火砕軽石流堆積物) 水はけの多い水田は、作土の下層に 紫色の層がみられる 堆肥などを多く含む土

土性: 粘土が多くなると色調が強くなる  
 水分: 乾燥していくと色調が淡くなっていく。  
 土壌生成作用: 褐色森林土→赤褐色部が褐色～黒褐色になる(温暖多雨広葉樹)  
 ホドソル性土→漂白され、白～灰白色になる(寒冷針葉樹)  
 フタライ土→鉄やアルミナに富んだ赤色土壌(熱帯雨林)  
 黒ボク土→黒～黒褐色(火山灰)  
 泥炭・黒泥→黒～黒褐色

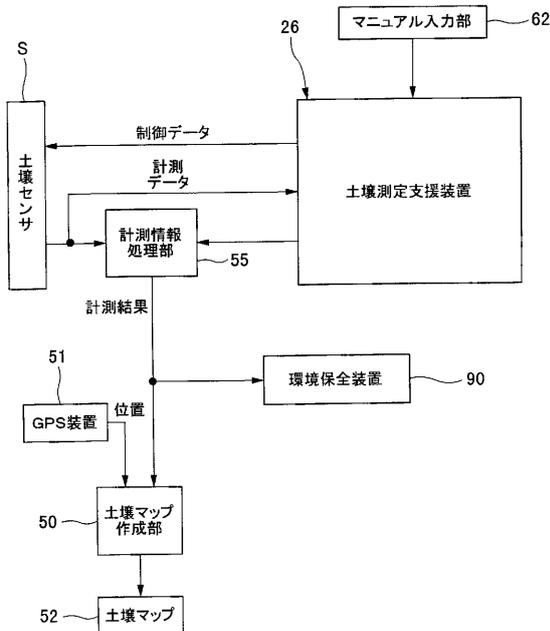
【 図 2 3 】

第23図



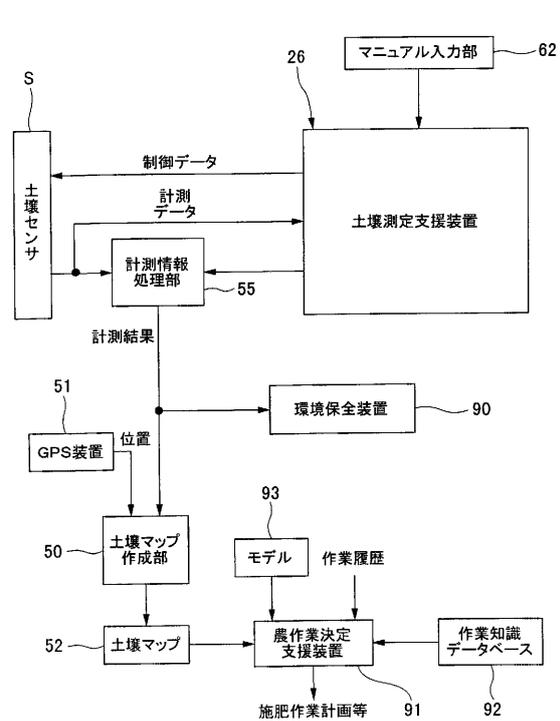
【 図 2 4 】

第24図



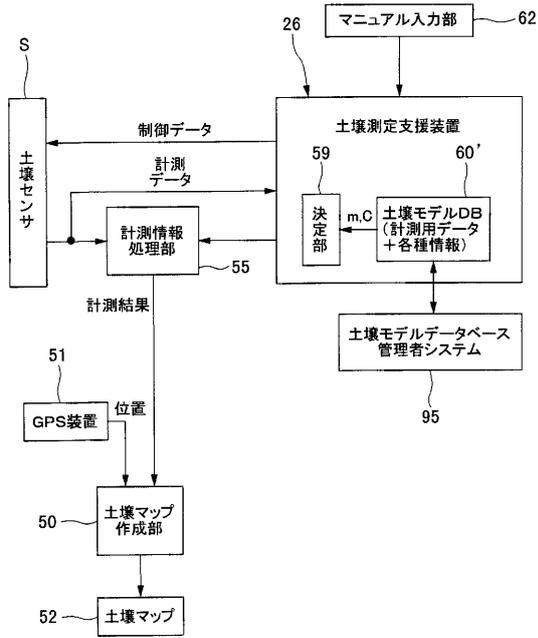
【 図 2 5 】

第25図



【 図 2 6 】

第26図



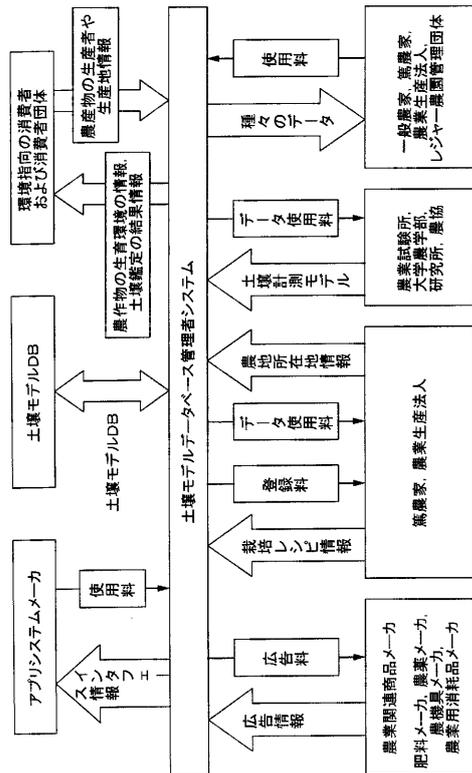
【 図 2 7 】

第27図

計測対象特性名	NO3-N濃度	NO3-N濃度	土壌有機物	土壌有機物
土質タイプ	砂質ローム	砂質ローム	粘土	粘土
水分量	少	多	少	多
気候条件	暑い	寒い	乾燥	多雨
土地計測用情報(前回計測用モデル、土壌計測用モデル)	m1 C1	m2 C2	m3 C3	m4 C4
広告情報	種子の広告 http:// 農業の広告 http://	肥料の広告 http://	土壌鑑定サービスの案内	圃場貸借希望の広告
栽培レシピ・収穫実績紹介	S1(栽培レシピ・収穫実績) S2	S3	S4	S5
農地所在情報	P1(所在地、面積、所有者、新作物、連携先) P2, P3	P4	P5	P6
土/作/農務情報	U1	U2	U3	U4

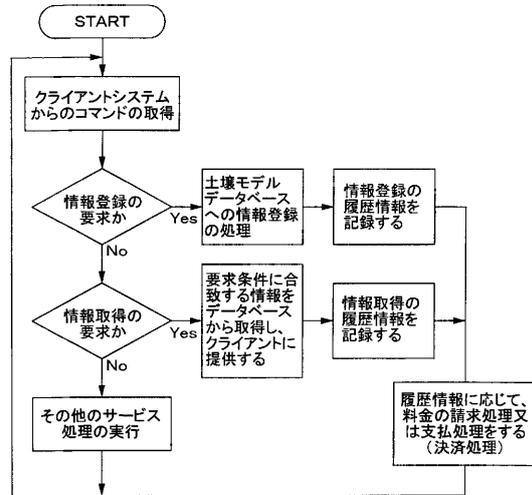
【 図 2 8 】

第28図



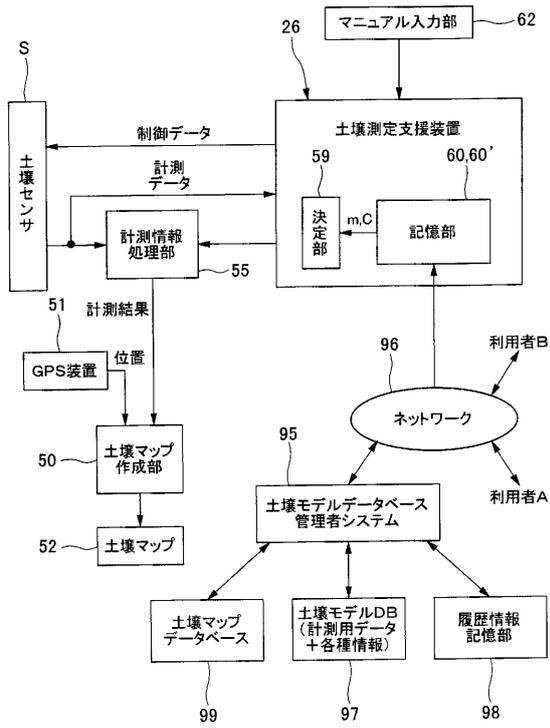
【 図 2 9 】

第29図



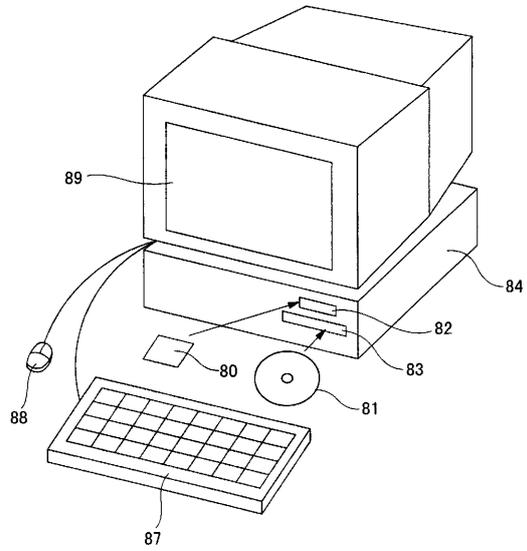
【 図 3 0 】

第30図



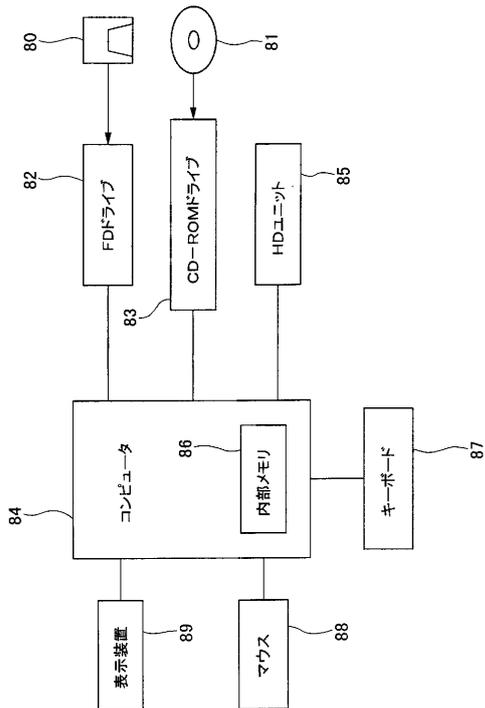
【 図 3 1 】

第31図



【 図 3 2 】

第32図



---

フロントページの続き

(72)発明者 山崎 喜造

日本国京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 武信 亨

日本国京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 竹中 靖典

(56)参考文献 特開平11-64259(JP,A)

特開平11-83627(JP,A)

特開昭51-132887(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 33/24