

(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2005-292099

(P2005-292099A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷

G01N 22/04

A01G 7/00

G01N 22/00

F I

G01N 22/04

A01G 7/00

G01N 22/00

G01N 22/00

G01N 22/00

テーマコード (参考)

Z

603

L

P

U

審査請求 未請求 請求項の数 13 書面 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-130462 (P2004-130462)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)

(71) 出願人 592035154

株式会社田定工作所

富山県高岡市伏木古府1丁目2番33号

(71) 出願人 502143685

中島 功

千葉県安房郡富山町市部171-1 エス

カール岩井401号

(72) 発明者 中島 功

千葉県安房郡富山町市部171-1 エス

カール岩井401号

(72) 発明者 田 益久

富山県高岡市伏木古府1丁目2番33号

株式会社田定工作所内

(54) 【発明の名称】 樹木診断方法及び装置

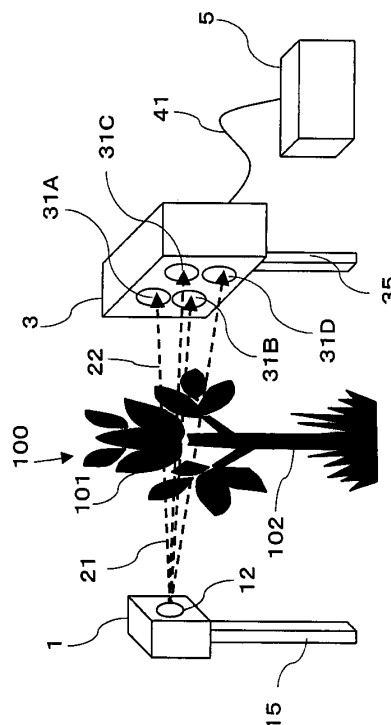
(57) 【要約】

【目的】 植えられている状態での樹木の葉の育成状態をそのまま診断する方法及び装置を提供する。

【構成】 送信アンテナ12から放射された放射電波は、おもに樹木100により吸収されるため、受信アンテナ31A、31B、31C、31Dに到達する透過電波22の強度は、放射電波21の強度に対して減少する。この減少量が透過損失である。この透過損失は主に樹木の水分による吸収損失で決まるため水分の吸収に起因する透過損失の測定から樹木100の育成状態が診断可能となる。そのためには、樹木に電波を照射するための放射電波と、放射電波が樹木を透過した後の透過電波の強度比から透過損失を算出し、さらに透過損失の標準偏差値から樹木の脱水率を算出し、樹木の診断を行う。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

樹木に電波を照射して樹木の健康状態を診断する樹木診断方法において、
送信装置により放射した放射電波の強度を受信装置により計測する第 1 の計測工程と、
前記送信装置により放射した前記放射電波が前記樹木を透過した透過電波の強度を前記
受信装置により計測する第 2 の計測工程と、

信号処理装置により前記第 1 の計測工程で計測された前記放射電波の強度の計測値と、
前記第 2 の計測工程で計測された前記透過電波の強度の計測値とから強度比を算出する信
号処理工程とにより樹木の健康状態を診断することを特徴とする樹木診断方法。

【請求項 2】

前記第 2 の計測工程は、前記樹木の複数箇所の前記透過電波の強度を計測することを特
徴とする請求項 1 に記載の樹木診断方法。

【請求項 3】

前記第 1 の計測工程は、前記送信装置を移動させる第 1 の移動工程を含むことを特徴と
する請求項 1 又は請求項 2 に記載の樹木診断方法。

【請求項 4】

前記第 2 の計測工程は、前記受信装置を移動させる第 2 の移動工程を含むことを特徴と
する請求項 1 又は請求項 2 に記載の樹木診断方法。

【請求項 5】

前記信号処理工程は、前記第 1 の計測工程で計測された前記放射電波の強度の計測値を
記憶する基準受信信号記憶工程と、前記第 2 の計測工程で計測された前記透過電波の強度
の計測値を記憶する受信信号記憶工程と、前記基準受信信号記憶工程で記憶された前記放
射電波の強度の計測値と前記受信信号記憶工程で記憶された前記透過電波の強度の計測値
との強度比から透過損失を算出する透過損失算出工程とを含むことを特徴とする請求項 1
乃至請求項 4 のいずれかに記載の樹木診断方法。

【請求項 6】

前記信号処理工程は、複数の前記強度比の標準偏差値を算出する標準偏差値算出工程と
、前記標準偏差値から脱水率を算出する脱水率算出工程と、算出された脱水率から前記樹
木の健康状態を診断する樹木診断工程とを含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の
いずれかに記載の樹木診断方法。

【請求項 7】

樹木に電波を照射して樹木の健康状態を診断する樹木診断装置において、
前記樹木に放射電波を放射する送信装置と、
前記放射電波が樹木を透過した後の透過電波を受信する受信装置と、
前記放射電波と前記透過電波の強度比から樹木の健康状態を診断する信号処理装置とを
具備することを特徴とする樹木診断装置。

【請求項 8】

前記受信装置は複数の受信アンテナを備え、前記受信アンテナの各々が前記透過電波を
受信することを特徴とする請求項 7 に記載の樹木診断装置。

【請求項 9】

前記送信装置は複数の送信アンテナを備え、前記送信アンテナの各々が前記放射電波を
放射することを特徴とする請求項 7 又は請求項 8 に記載の樹木診断装置。

【請求項 10】

前記送信装置を移動可能とする第 1 の移動手段をさらに備えることを特徴とする請求項
7 乃至請求項 9 のいずれかに記載の樹木診断装置。

【請求項 11】

前記受信装置を移動可能とする第 2 の移動手段をさらに備えることを特徴とする請求項
7 乃至請求項 10 のいずれかに記載の樹木診断装置。

【請求項 12】

前記信号処理装置は、前記放射電波の強度の計測値を記憶する基準受信信号記憶部と、

10

20

30

40

50

前記透過電波の強度の計測値を記憶する受信信号記憶部と、前記基準受信信号記憶部で記憶された前記放射電波の強度の計測値と前記受信信号記憶部で記憶された前記透過電波の強度の計測値との強度比から透過損失を算出する透過損失算出部とを備えることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 11 のいずれかに記載の樹木診断装置。

【請求項 13】

前記信号処理装置は、複数の前記強度比の標準偏差値を算出する標準偏差値算出部と、前記標準偏差値から脱水率を計算する脱水率算出部と、算出された脱水率から前記樹木の健康状態を診断する樹木診断部とを備えることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 12 のいずれかに記載の樹木診断装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、電波を樹木に照射し、樹木を透過した電波の強度を検出することにより樹木を診断する樹木診断方法及び装置に関するものであり、特に樹木による電波の透過損失を検出し、樹木に含まれる水分の脱水率を算出することにより樹木の健康状態を診断する樹木診断方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

樹木の健康状態の把握は、街路樹や山林の管理には必須である。健康状態の良い樹木は葉、幹に十分な水分量を保持するため、葉、幹の水分量の定量的な把握により樹木の健康状態の診断は可能であり。水分量を定量的に把握するには、採取した樹木の採取部分の重量を計測し、次に加熱などにより水分を殆んどゼロとし再び重量を計測し、重量の差分を求める方法が一般的である。この他、電波を樹木に照射する樹木診断方法がある。この方法は、樹木の水分量を健康状態を保ちながら計測することができるため、樹木の診断方法としては極めて有効な方法である。

20

【0003】

この樹木診断方法は、樹木の幹の部分の水分量を計測する方法として既に特許文献 1 に提案されている。特許文献 1 に提案されている方法は、伐採した木材を、電波を放射する送信アンテナと電波を受信する受信アンテナで挟み、木材を透過した電波の受信信号レベルを計測するとともに、木材の重量を計測し水分量を算出するものである。

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2001-124707

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、これらの樹木診断方法は伐採された樹木を対象としており、植えられている状態での樹木の葉の健康状態をそのまま診断する方法はこれまで提案されていなかった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、樹木の葉の健康状態を植えられている状態で診断する方法及び装置を提供することを目的とする。

40

【0007】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項 1 の記載によれば、樹木に電波を照射して樹木の健康状態を診断する樹木診断方法において、送信装置により放射した放射電波の強度を受信装置により計測する第 1 の計測工程と、前記送信装置により放射した前記放射電波が前記樹木を透過した透過電波の強度を前記受信装置により計測する第 2 の計測工程と、信号処理装置により前記第 1 の計測工程で計測された前記放射電波の強度の計測値と、前記第 2 の計測工程で計測された前記透過電波の強度の計測値とから強度比を算出する信号処理工程とにより樹木の健康状態を診断することを特徴とする。

50

【0008】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項2の記載によれば、前記第2の計測工程は、前記樹木の複数箇所の前記透過電波の強度を計測することの特徴とする。

【0009】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項3の記載によれば、前記第1の計測工程は、前記送信装置を移動させる第1の移動工程を含むことの特徴とする。

【0010】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項4の記載によれば、前記第2の計測工程は、前記受信装置を移動させる第2の移動工程を含むことの特徴とする。 10

【0011】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項5の記載によれば、前記信号処理工程は、前記第1の計測工程で計測された前記放射電波の強度の計測値を記憶する基準受信信号記憶工程と、前記第2の計測工程で計測された前記透過電波の強度の計測値を記憶する受信信号記憶工程と、前記基準受信信号記憶工程で記憶された前記放射電波の強度の計測値と前記受信信号記憶工程で記憶された前記透過電波の強度の計測値との強度比から透過損失を算出する透過損失算出工程とを含むことの特徴とする。 20

【0012】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項6の記載によれば、前記信号処理工程は、複数の前記強度比の標準偏差値を算出する標準偏差値算出工程と、前記標準偏差値から脱水率を算出する脱水率算出工程と、算出された脱水率から前記樹木の健康状態を診断する樹木診断工程とを含むことの特徴とする。

【0013】

また、上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断装置は、請求項7の記載によれば、樹木に電波を照射して樹木の健康状態を診断する樹木診断装置において、前記樹木に放射電波を放射する送信装置と、前記放射電波が樹木を透過した後の透過電波を受信する受信装置と、前記放射電波と前記透過電波の強度比から樹木の健康状態を診断する信号処理装置とを具備することの特徴とする。 30

【0014】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項8の記載によれば、前記受信装置は複数の受信アンテナを備え、前記受信アンテナの各々が前記透過電波を受信することの特徴とする。

【0015】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項9の記載によれば、前記送信装置は複数の送信アンテナを備え、前記送信アンテナの各々が前記放射電波を放射することの特徴とする。

【0016】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項10の記載によれば、前記送信装置を移動可能とする第1の移動手段をさらに備えることの特徴とする。 40

【0017】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項11の記載によれば、前記受信装置を移動可能とする第2の移動手段をさらに備えることの特徴とする。

【0018】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項12の記載によれば、前記信号処理装置は、前記放射電波の強度の計測値を記憶する基準受 50

信信号記憶部と、前記透過電波の強度の計測値を記憶する受信信号記憶部と、前記基準受信信号記憶部で記憶された前記放射電波の強度の計測値と前記受信信号記憶部で記憶された前記透過電波の強度の計測値との強度比から透過損失を算出する透過損失算出部とを備えることを特徴とする。

【0019】

上述の課題を解決し目的を達成するため、この発明に係わる樹木診断方法は、請求項13の記載によれば、前記信号処理装置は、複数の前記強度比の標準偏差値を算出する標準偏差値算出部と、前記標準偏差値から脱水率を計算する脱水率算出部と、算出された脱水率から前記樹木の健康状態を診断する樹木診断部とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0020】

この発明の樹木診断装置によれば、樹木の葉の健康状態を植えられている状態で診断する方法及び装置を提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下に、この発明に係わる樹木診断方法及び装置の第1の実施例における手順について図1～図7を参照して説明する。

【0022】

図1は第1の実施例の樹木診断装置の概略斜視図である。樹木診断装置は、送信装置1と受信装置3と受信信号ケーブル41と信号処理装置5とから構成される。送信装置1は、送信アンテナ12を装備し、支柱15により地上に固定される。受信装置2は、受信アンテナ31A、31B、31C、31Dを装備し、支柱35により地上に固定される。送信アンテナ12から放射される放射電波21は、樹木100の葉101に照射される。樹木100は葉101と幹102とから構成されるが、放射電波21は主に葉101に照射される。葉101のそれぞれ異なる部分を透過した透過電波22は受信アンテナ31A、31B、31C、31Dにより受信される。受信された信号は受信信号ケーブル41により信号処理装置5へ伝送される。

20

【0023】

図2は第1の実施例の樹木診断装置の機能構成図である。樹木診断装置は、送信装置1と受信装置3と受信信号ケーブル41と信号処理装置5とから構成される。送信装置1は、送信信号発生部11と送信アンテナ12とから構成される。受信装置3は、受信アンテナ31A、31B、31C、31Dと、受信信号検出部32A、32B、32C、32Dと、AD変換部33A、33B、33C、33Dと、伝送信号駆動部34とから構成される。信号処理装置5は、伝送信号検出部51と、計測モード切替部52と、基準受信信号記憶部53と、受信信号記憶部54と、透過損失算出部55と、透過損失標準偏差値算出部56と、脱水率算出部57と、樹木診断部58とから構成される。

30

【0024】

送信アンテナ12から放射される放射電波21は樹木100の葉101に照射される。葉101に照射された放射電波21は、葉101を透過後、透過電波22として受信アンテナ31A、31B、31C、31Dで受信される。受信アンテナ31A、31B、31C、31Dで受信された受信信号は、受信信号検出部32A、32B、32C、32Dで検出され、さらにAD変換部33A、33B、33C、33Dによりそれぞれ4個のデジタル受信信号に変換される。デジタル信号に変換された4個のデジタル受信信号は伝送信号駆動部34から、受信信号ケーブル41を介して信号処理装置5へ送出される。

40

【0025】

受信信号ケーブル41により送出された4個のデジタル受信信号は、信号処理装置5の伝送信号検出部51で受信され、計測モード切替部52へ送出される。計測モード切替部52へ送出された4個のデジタル受信信号は、計測モード切替部52が基準モードの場合基準受信信号記憶部53へ、診断モードの場合受信信号記憶部54へ送出される。後に説明するように、基準モードは樹木がない場合の計測を、診断モードは樹木があり樹木診断

50

を行う場合の計測を示す。計測モード切替部 5 2 の基準モード、診断モードの切替は別手段、例えば手動又は自動で行われる。透過損失算出部 5 5 では、受信信号記憶部 5 4 からの 4 個のデジタル受信信号とこれらに対応する基準受信信号記憶部 5 3 からの 4 個のデジタル受信信号を用いて、4 個の透過損失が求められる。この 4 個の透過損失データから透過損失標準偏差値算出部 5 6 で透過損失の標準偏差値が算出される。さらに、この透過損失の標準偏差値から脱水率算出部 5 7 で樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の脱水率が算出され、この値に基づいて樹木診断部 5 8 で樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の健康状態の診断が行われる。なお、透過損失、透過損失の標準偏差値、脱水率の算出については後に詳細に説明する。

【0026】

送信アンテナ 1 2 から放射された放射電波は、おもに樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 により反射され、吸収されるため、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C、3 1 D に到達する透過電波 2 2 の強度は、放射電波 2 1 の強度に対して減少する。この減少量が透過損失である。この透過損失は主に樹木の水分による吸収損失で決まり、反射損失には殆んど依存しない。そのため、水分の吸収に起因する透過損失の測定から樹木 1 0 0 の健康状態が診断可能となる。すなわち、樹木の健康が順調な場合、樹木 1 0 0 の葉の 1 0 1 の水分量はある一定量保持されるが、樹木の健康状態が何らかの理由で阻害され枯れたりするとその水分量は減少する。従って、水分の抜け具合からその樹木の健康状態が診断可能となる。この水分量の変化は樹木 1 0 0 の幹 1 0 2 より葉 1 0 1 が著しい。そのため、樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の水分量を検知することによりさらに精度よく樹木の健康状態の診断ができる。

【0027】

樹木 1 0 0 の樹木診断に必要な樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の透過損失は以下のように算出される。まず、計測モード切替部 5 2 を基準モードに切替える。この場合、測定のための機材は樹木診断を行う場合と同じ配置とし、測定対象物の樹木 1 0 0 が不在の場合の放射電波 2 1 を受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C、3 1 D で受信する。さらに受信信号検出部 3 2 A、3 2 B、3 2 C、3 2 D で検出され、A D 変換部 3 3 A、3 3 B、3 3 C、3 3 D の出力として得られる放射電波の強度の計測値を基準信号記憶部 5 3 に基準値として記憶する。次に計測モード切替部 5 2 を診断モードに切替える。この場合、測定のための機材は樹木診断を行う場合の配置とし、対象物の葉 1 0 1 を放射電波 2 1 で照射し、照射後の透過電波 2 2 を受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C、3 1 D で受信する。さらに受信信号検出部 3 2 A、3 2 B、3 2 C、3 2 D で検出され、A D 変換部 3 3 A、3 3 B、3 3 C、3 3 D の出力として得られる透過電波の強度の計測値を受信信号記憶部 5 4 に記憶する。樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の透過損失は放射電波の強度の計測値と透過電波の強度の計測値から、 $(\text{放射電波の強度の計測値} - \text{透過電波の強度の計測値}) / (\text{放射電波の強度の計測値})$ なる式により算出される。

【0028】

受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C、3 1 D で受信される透過電波 2 2 は葉 1 0 1 のそれぞれ異なる部分を通るため、それぞれの透過損失は異なる。これら 4 箇所を透過する透過電波の透過損失のばらつきは、後で説明するように、葉の枚数よりも葉に含まれる水分量に大きく依存する。透過損失のばらつきは、水分量が多く樹木の健康状態が良好な場合は大きく、水分量が少なく樹木の健康状態が悪く枯れる寸前の樹木の場合は少ない。したがって、透過損失のばらつきの大きさを標準偏差値として定量的に把握することにより、樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の水分量が定量的に推定でき、樹木の健康状態の診断が可能となる。

【0029】

葉 1 0 1 の水分量は含水率或いは脱水率で調べられる。脱水率は水分が抜ける前の葉の重量から水分が抜けたあとの葉の重量の差を、水分が抜ける前の葉の重量で除した値である。脱水率 0 % は水分が全く抜けていない生木の状態を、1 0 0 % は水分が完全に抜け切り葉 1 0 1 が枯れた状態を示す。そのため、脱水率は樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の健康状態を表す指標として適するものである。

【0030】

次に、図 3 から図 6 により、樹木の透過損失のばらつきを標準偏差値で表現し、この標準偏差値から葉 101 の脱水率が算出できる原理を実験結果を用いて説明する。

【0031】

図 3 は、ネズミモチとトウネズミモチの葉の枚数と透過損失との関係を示す実験データである。ネズミモチは樹高 5 m ほど、トウネズミモチは樹高 12 m 以上で街路樹としては一般的な常緑樹である。この一般的な街路樹であるネズミモチとトウネズミモチについて、葉の枚数に対する透過損失を実験で調べた。図 3 は、ネズミモチ、トウネズミモチを摘み取った日を 1 日目とし、1 日目とそのまま乾燥状態においた 5 日目の、葉の枚数に対する透過損失との関係を示す実験データである。図 3 は、葉の枚数が増加すると透過損失は増加すること、5 日目の方が 1 日目と比べると葉の枚数に対する透過損失の増加の割合が
10

【0032】

図 4 は、トウネズミモチの葉一枚当りの透過損失と、葉を摘み取ってからそのままの状態乾燥させた日数との関係を示す実験データである。トウネズミモチの 2 枚の葉について実験を行い、その結果を試料 1 と試料 2 で示した。さらに図 4 のトウネズミモチの葉一枚当りの透過損失の実験結果に、図 3 に示すトウネズミモチの 1 日目と 5 日目の透過損失の標準偏差値を□印で併せて示した。透過損失の標準偏差値 σ は図 3 に示す葉の枚数に対する透過損失の測定値から次式により得られる。すなわち、葉の枚数 n に対する透過損失の測定値を L_n 、測定時の葉の枚数の最大値を M とすると、
20

$$\sigma = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^M (L_n - S)^2 \right) / M}$$

となる。ここで、 S は平均値で $S = \left(\sum_{n=1}^M L_n \right) / M$ である。

図 4 に示すように、1 日目と 5 日目の透過損失の標準偏差値は、1 日目と 5 日目の試料 1 及び試料 2 の葉一枚あたりの透過損失の値とほぼ同じである。そのため、2 日目、3 日目、4 日目の透過損失の標準偏差値の推定値を、2 日目、3 日目、4 日目の試料 1 と試料 2
30

【0033】

図 5 は、トウネズミモチの葉一枚当りの脱水率と日との関係を示す実験データである。脱水率は、1 日目の 1 枚当りの葉の重量とそれ以降の X 日目の 1 枚当りの葉の重量を計測し、 $(1 \text{ 日目の葉の重量} - X \text{ 日目の葉の重量}) / (1 \text{ 日目の葉の重量})$ から求められる。

【0034】

図 6 は、透過損失の標準偏差値と脱水率との関係を示す図である。図 6 は、図 4 で得られる透過損失の標準偏差値と日数との関係を示す図と、図 5 で得られた脱水率と日数との関係を示す図から、日数をパラメータ（助変数）として求められる。図 6 から、脱水率は透過損失の標準偏差値に対しほぼ直線的に変化することが分かる。これにより、樹木の各
40

【0035】

図 7 は、第 1 の実施例の樹木診断装置の測定手順を示すフローチャートである。まず、計測モード切替部を基準モードに設定する（S1）。この状態で樹木診断を行う場合と同一の機材配置で樹木診断装置を設置し、各受信アンテナで受信される透過電波の受信信号の強度を計測する（S2）。さらに計測した透過電波の受信信号の強度を基準値として基準受信信号記憶部に記憶する（S3）。

【0036】

次に、計測モード切替部を診断モードに設定する（S4）。この状態で、計測対象の樹
50

木 1 0 0 の葉 1 0 1 を送信装置と受信装置で挟む機材配置とし、各受信アンテナから受信される受信信号の強度を計測する (S 5)。この計測した透過電波の受信信号の強度を受信信号記憶部に記憶する (S 6)。

【0037】

次に、各受信アンテナからの計測値と、各アンテナに対応した基準値から葉 1 0 1 による透過損失を算出する (S 7)。

【0038】

次に、各受信アンテナから得られる透過損失から標準偏差値を算出する (S 8)。最後に、透過損失の標準偏差値から樹木の脱水率を算出し、樹木の健康状態の診断を行う (S 9)。

10

【0039】

以上のように、機能構成図に示す機能を用い、フローチャートに示す測定手順を用いることにより、樹木診断が可能となる。

【0040】

次に、この発明に係わる樹木診断方法及び装置の第 2 の実施例における手順について図 8～図 11 を参照して説明する。

【0041】

図 8 は第 2 の実施例の樹木診断装置の概略斜視図である。樹木診断装置は、送信装置 1 と受信装置 3 と受信信号ケーブル 4 1 と信号処理装置 5 とから構成される。送信装置 1 は、送信アンテナ 1 2 A、1 2 B、1 2 C を装備し、支柱 1 5 に取付けられる。この支柱 1 5 は「第 1 の移動手段」としての送信装置移動部 7 の移動溝 7 3 に沿って、図示しない駆動部により図中矢印方向に移動可能に取付けられている。受信装置 2 は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C を装備し、支柱 3 5 に取付けられている。この支柱 3 5 は「第 2 の移動手段」としての受信装置移動部 8 の移動溝 8 3 に沿って、図示しない駆動部により図中矢印方向に移動可能に取付けられている。送信アンテナ 3 1 A から放射される放射電波 2 1 は、樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 に照射されて、葉 1 0 1 を透過した後に、透過電波 2 2 として受信アンテナ 3 1 A により受信される。同様に送信アンテナ 3 1 B から放射される放射電波 2 1 は、樹木 1 0 0 の異なる部分の葉 1 0 1 に照射されて、葉 1 0 1 を透過した後に、透過電波 2 2 として受信アンテナ 3 1 B により受信される。さらに送信アンテナ 3 1 C から放射される放射電波 2 1 は、樹木 1 0 0 のさらに異なる葉 1 0 1 に照射されて、葉 1 0 1 を透過した後に、透過電波 2 2 として受信アンテナ 3 1 C により受信される。これらの受信された信号は受信信号ケーブル 4 1 により信号処理装置 5 へ伝送される。

20

30

【0042】

また、信号処理装置 5 と送信装置移動部 7 との間には、支柱 1 5 を移動させる駆動部駆動信号を伝送する駆動信号ケーブル 4 2 が設けられている。また、信号処理装置 5 と受信装置移動部 8 の間には、支柱 3 5 を移動させる駆動部駆動信号を伝送する駆動信号ケーブル 4 3 が設けられている。

【0043】

図 9 は第 2 の実施例の樹木診断装置の概略平面図である。送信装置 1 は図示しない支柱に取付けられ、この支柱は送信装置移動部 7 の移動溝 7 3 に移動可能に取付けられる。さらにこの支柱は移動溝 7 3 内に設けられた図示しない駆動部により矢印方向へ A の位置、B の位置まで移動可能である。同様に受信装置 3 は図示しない支柱に取付けられ、この支柱は受信装置移動部 8 の移動溝 8 3 に移動可能に取付けられる。さらにこの支柱は移動溝 8 3 内に設けられた図示しない駆動部により矢印方向へ C の位置、D の位置まで移動可能である。送信装置 1 の送信アンテナ 1 2 A から放射された放射電波 2 1 は樹木の葉 1 0 1 を透過し、葉 1 0 1 を透過した後に、透過電波 2 2 として受信アンテナ 3 1 A で受信される。同様に図示しない送信アンテナ 1 2 B からの透過電波は図示しない受信アンテナ 3 1 B で、図示しない送信アンテナ 1 2 C からの透過電波は図示しない受信アンテナ 3 1 C で受信される。次に送信装置 1 を移動溝 7 3 内の A まで移動させ、同様に受信装置 3 を移動溝 8 3 内の C まで移動させる。この状態で送信装置 1 の送信アンテナ 1 2 A から放射された透

40

50

過電波は受信アンテナ 3 1 A で受信され、同様に図示しない送信アンテナ 1 2 B からの透過電波は図示しない受信アンテナ 3 1 B で、図示しない送信アンテナ 1 2 C からの透過電波は図示しない受信アンテナ 3 1 C で受信される。さらに送信装置 1 を移動溝 7 3 内の B まで移動させ、同様に受信装置 3 を移動溝 8 3 内の D まで移動させる。この状態で送信装置 1 の送信アンテナ 1 2 A から放射された透過電波は受信アンテナ 3 1 A で受信され、同様に図示しない送信アンテナ 1 2 B からの透過電波は図示しない受信アンテナ 3 1 B で、図示しない送信アンテナ 1 2 C からの透過電波は図示しない受信アンテナ 3 1 C で受信される。以上の測定により、それぞれ 3 個の送信アンテナと受信アンテナを 3 個所で固定し計測することにより、樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 の異なった 9 箇所を透過する透過電波を受信することが可能となる。

10

【0044】

図 1 0 は第 2 の実施例の樹木診断装置の機能構成図である。樹木診断装置は、送信装置 1 と受信装置 3 と受信信号ケーブル 4 1 と信号処理装置 5 とから構成される。送信装置 1 は、送信信号発生部 1 A、1 1 B、1 1 C と送信アンテナ 1 2 A、1 2 B、1 2 C とから構成される。受信装置 3 は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C と、受信信号検出部 3 2 A、3 2 B、3 3 C と、A D 変換部 3 3 A、3 3 B、3 3 C と、伝送信号駆動部 3 4 とから構成される。送信装置移動部 7 は、駆動制御部 7 1 と駆動部 7 2 とから構成される。受信装置移動部 8 は、駆動制御部 8 1 と駆動部 8 2 とから構成される。信号処理装置 5 は、伝送信号検出部 5 1 と、計測モード切替部 5 2 と、基準受信信号記憶部 5 3 と、受信信号記憶部 5 4 と、透過損失算出部 5 5 と、透過損失標準偏差値算出部 5 6 と、脱水率算出部 5 7 と、樹木診断部 5 8 と、送信／受信移動制御部 5 9 と、駆動信号ケーブル 4 2、4 3 とから構成される。

20

【0045】

送信アンテナ 3 1 A から放射される放射電波 2 1 は、樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 に照射される。葉 1 0 1 を透過した透過電波 2 2 は受信アンテナ 3 1 A で受信される。同様に送信アンテナ 3 1 B から放射される放射電波 2 1 は、樹木 1 0 0 の異なる部分の葉 1 0 1 に照射される。葉 1 0 1 を透過した透過電波 2 2 は受信アンテナ 3 1 B で受信される。さらに送信アンテナ 3 1 C から放射される放射電波 2 1 は、樹木 1 0 0 のさらに異なる葉 1 0 1 に照射される。葉 1 0 1 を透過した透過電波 2 2 は受信アンテナ 3 1 C で受信される。受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C で受信された受信信号は、受信信号検出部 3 2 A、3 2 B、3 2 C で検出され、さらに A D 変換部 3 3 A、3 3 B、3 3 C によりそれぞれデジタル信号に変換され、3 個のデジタル受信信号が得られる。さらに、送信装置 1 は送信装置移動部 7 の移動溝 7 3 内に設けられた駆動部 7 2 により矢印方向へ図 9 の A の位置、B の位置まで移動し、受信装置 3 は受信装置移動部 8 の移動溝 8 3 内に設けられた駆動部 8 2 により矢印方向へ図 9 の C の位置、D の位置まで移動する。この状態で、さらに受信アンテナ 3 1 A、3 1 B、3 1 C で受信され、受信信号検出部 3 2 A、3 2 B、3 2 C で検出され、A D 変換部 3 3 A、3 3 B、3 3 C によりデジタル信号に変換される。その結果、受信デジタル信号は 6 個となり、前の 3 個と合わせて合計 9 個となる。これら 9 個のデジタル受信信号は伝送信号駆動部 3 4 から、受信信号ケーブル 4 1 を介して信号処理装置 5 へ送出される。

30

40

【0046】

受信信号ケーブル 4 1 により送出された 9 個のデジタル受信信号は、信号処理装置 5 の伝送信号検出部 5 1 で受信され、計測モード切替部 5 2 へ送出される。計測モード切替部 5 2 へ送出された 9 個のデジタル信号は計測モード切替部 5 2 が基準モードの場合基準受信信号記憶部 5 3 へ、診断モードの場合受信信号記憶部 5 4 へ送出される。透過損失算出部 5 5 では、受信信号記憶部 5 4 から送出された 9 個のデジタル受信信号とこれらに対応する基準受信信号記憶部 5 3 からの 9 個のデジタル受信信号を用いて、9 個の透過損失が求められる。これらの 9 個の透過損失データから透過損失標準偏差値算出部 5 6 では透過損失の標準偏差値が算出される。さらに、この透過損失の標準偏差値から脱水率算出部 5 7 で葉 1 0 1 の脱水率が算出され、この値に基づいて樹木診断部 5 8 で樹木 1 0 0 の健康

50

状態の診断が行われる。

【0047】

樹木100の樹木診断に必要な樹木100の葉101の透過損失は以下のように算出される。まず、計測モード切替部52を基準モードに切替える。この場合、測定のための機材は樹木診断を行う場合と同じ配置とし、測定対象物の樹木100がない場合の放射電波21を受信アンテナ31A、31B、31Cで受信する。さらに受信信号検出部32A、32B、32Cで検出され、AD変換部33A、33B、33Cの出力として得られる放射電波の強度の計測値を基準信号記憶部53に基準値として記憶する。同様に送信装置1をAの位置、受信装置3をCの位置にして得られる放射電波の強度の計測値、送信装置1をDの位置、受信装置3をCの位置にして得られる放射電波の強度の計測値をそれぞれ基準受信信号記憶部53に基準値として記憶する。次に計測モード切替部52を診断モードに切替える。この場合、測定のための機材は樹木診断を行う場合の配置とし、対象物の葉101を放射電波21で照射し、照射後の透過電波22を受信アンテナ31A、31B、31Cで受信する。さらに受信信号検出部32A、32B、32Cで検出され、AD変換部33A、33B、33Cの出力として得られる放射電波の強度の計測値を受信信号記憶部54に記憶する。同様に送信装置1をAの位置、受信装置3をCの位置にして得られる放射電波の強度の計測値、送信装置1をDの位置、受信装置3をCの位置にして得られる放射電波の強度の計測値をそれぞれ受信信号記憶部54に記憶する。樹木100の葉101の透過損失は放射電波の強度の計測値と透過電波の計測値から、 $(\text{放射電波の強度の計測値} - \text{透過電波の強度の計測値}) / (\text{放射電波の強度の計測値})$ なる式により算出される。

【0048】

受信装置3を3箇所を設置し、それぞれの場所で受信アンテナ31A、31B、31Cにより受信される透過電波22は、葉101のそれぞれ異なる9個所の部分を通過するため、それぞれの透過損失は異なる。これら9箇所の透過損失のばらつきは、葉の枚数より葉に含まれる水分量に大きく依存する。透過損失のばらつきは、水分量が多く樹木の健康状態が良好な場合は大きくなり、水分量が少なく樹木の健康状態が悪く枯れる寸前の樹木の場合は少なくなる。したがって、透過損失のばらつきの大きさを標準偏差値として定量的に把握することにより、樹木100の葉101の水分量が推定でき、樹木の健康状態の診断が可能となる。

【0049】

図11は、第2の実施例の樹木診断装置の測定手順を示すフローチャートである。まず、計測モード切替部を基準モードに設定する(S11)。この状態で樹木診断を行う場合と同一の機材配置で樹木診断装置を設置し、各受信アンテナで受信される透過電波の受信信号の強度を計測する(S12)。計測した透過電波の受信信号の強度を基準値として基準受信信号記憶部に記憶する(S13)。

【0050】

次に、送信装置、受信装置をともに横方向に移動させて各受信アンテナで受信される透過電波の受信信号の強度を計測する。この計測を複数回繰り返す(S14)。計測した透過電波の受信信号の強度を基準値として基準受信信号記憶部に記憶する(S15)。

【0051】

次に、計測モード切替部を診断モードに設定する(S16)。この状態で、計測対象の樹木100の葉101を送信装置と受信装置で挟む機材配置とし、各受信アンテナから受信される受信信号の強度を計測する(S17)。計測した透過電波の受信信号の強度を受信信号記憶部に記憶する(S18)。

【0052】

次に、送信装置、受信装置をともに横方向に移動させて各受信アンテナで受信される透過電波の受信信号の強度を計測する。この計測を複数回繰り返す(S19)。計測した透過電波の受信信号の強度を受信信号記憶部に記憶する(S20)。

【0053】

次に、各受信アンテナからの計測値と、各アンテナに対応した基準値から葉101による透過損失を算出する（S21）。

【0054】

次に、各受信アンテナから得られる透過損失から標準偏差値を算出する（S22）。最後に、透過損失の標準偏差値から樹木の脱水率を産出し、樹木の健康状態の診断を行う（S23）。

【0055】

以上のように、機能構成図に示す機能を用い、フローチャートに示す測定手順を用いることにより、樹木診断が可能となる。

【0056】

以下に、この発明に係わる樹木診断方法及び装置の第3の実施例における手順について図12～図14を参照して説明する。

【0057】

図12は第3の実施例の樹木診断装置の概略斜視図である。樹木診断装置は、送信装置1と受信装置3と受信信号ケーブル41と信号処理装置5とから構成される。送信装置1は、送信アンテナ12A、12B、12C、12Dを装備し、支柱15により地上に固定される。受信装置3は、受信アンテナ31を装備し、支柱35により地上に固定される。送信アンテナ12A、12B、12C、12Dから放射される放射電波21は、樹木100の葉101に照射される。樹木100は葉101と幹102とから構成されるが、放射電波21は主に葉101に照射される。葉101のそれぞれ異なる部分を透過した透過電波22は受信アンテナ31により受信される。受信された信号は受信信号ケーブル41により信号処理装置5へ伝送される。また、送信装置1から信号処理装置5へ送信同期信号が同期信号ケーブル44を介して送出される。

【0058】

図13は第1の実施例の樹木診断装置の機能構成図である。樹木診断装置は、送信装置1と受信装置3と受信信号ケーブル41と信号処理装置5とから構成される。送信装置1は、送信信号発生部11A、11B、11C、11Dと送信アンテナ12A、12B、12C、12Dと、送信同期信号発生部13とから構成される。受信装置3は、受信アンテナ31と、受信信号検出部32と、AD変換部33と、伝送信号駆動部34とから構成される。信号処理装置5は、伝送信号検出部51と、計測モード切替部52と、基準受信信号記憶部53と、受信信号記憶部54と、透過損失算出部55と、透過損失標準偏差値算出部56と、脱水率算出部57と、樹木診断部58と、受信信号同期部60とから構成される。受信信号同期部60は送信装置1の送信同期信号発生部13から同期信号ケーブル44を介して送信同期信号を受け取る。

【0059】

送信アンテナ12A、12B、12C、12Dから放射される放射電波21は樹木100の葉101に照射される。この場合、送信同期信号発生部13からの送信同期信号により送信アンテナは12A、12B、12C、12Dの順に時系列で切替わり電波を放射する。葉101に照射された放射電波21は、葉101を透過後、透過電波22として受信アンテナ31で受信される。受信アンテナ31により受信された受信信号は受信信号検出部32により検出され、さらにAD変換部33によりデジタル信号に変換される。デジタル信号に変換されたデジタル受信信号は伝送信号駆動部34により、受信信号ケーブル41を介して信号処理装置5へ送出される。

【0060】

受信信号ケーブル41により送出されたデジタル受信信号は、信号処理装置5の伝送信号検出部51で受信され計測モード切替部52へ送出される。計測モード切替部52へ送出されたデジタル受信信号は、計測モード切替部52が基準モードの場合基準受信信号記憶部53へ、診断モードの場合受信信号記憶部54へ送出される。この際、受信信号同期部60からの送信同期信号により基準受信信号記憶部53、受信信号記憶部54は、送信アンテナ11A、11B、11C、11Dからの放射電波に対応したデジタル受信信号を

10

20

30

40

50

分離、記憶する。このため、基準受信信号記憶部 53、受信信号記憶部 54 ではそれぞれ 4 個のデジタル受信信号が記憶される。透過損失算出部 55 では、受信信号記憶部 54 から送出された 4 個のデジタル受信信号とこれらに対応する基準受信信号記憶部 53 の 4 個のデジタル受信信号を用いて、4 個の透過損失が求められる。この 4 個の透過損失データから透過損失標準偏差値算出部 56 で透過損失の標準偏差値が算出される。さらに、この透過損失の標準偏差値から脱水率算出部 57 で樹木 100 の葉 101 の脱水率が算出され、この値に基づいて樹木診断部 58 で樹木 100 の葉 101 の健康状態の診断が行われる。

【0061】

送信アンテナ 12A、12B、12C、12D から放射された放射電波は、おもに樹木 100 により反射され、吸収される。そのため、受信アンテナ 31 に到達するそれぞれの透過電波 22 の強度は、放射電波 21 の強度に対して減少する。この減少量が透過損失である。この透過損失は主に樹木の水分による吸収損失で決まり、反射損失には殆んど依存しない。そのため、水分の吸収に起因する透過損失の測定から樹木 100 の健康状態が診断可能となる。すなわち、樹木の健康が順調な場合、樹木 100 の水分量はある一定量保持されるが、樹木の健康が何らかの理由で阻害され枯れたりすると減少する。従って、水分の抜け具合からその樹木の健康状態が診断可能となる。この水分量の変化は樹木 100 の幹 102 より葉 101 が著しい。そのため、樹木 100 の葉 101 の水分量を検知することによりさらに精度よく樹木の健康状態の診断ができる。

【0062】

樹木 100 の樹木診断に必要な樹木 100 の葉 101 の透過損失は以下のように算出される。まず、計測モード切替部 52 を基準モードに切替える。この場合、測定のための機材は樹木診断を行う場合と同じ配置とし、測定対象物の樹木 100 がない場合のアンテナ 12A、12B、12C、12D からの放射電波 21 を受信アンテナ 31 で受信する。さらに受信信号検出部 32 で検出され、AD変換部 33 の出力として得られ、かつ受信信号同期部 60 で分離された放射電波の強度の計測値を基準信号記憶部 53 に基準値として記憶する。次に計測モード切替部 52 を診断モードに切替える。この場合、測定のための機材は樹木診断を行う場合の配置とし、対象物の葉 101 を放射電波 21 で照射し、照射後の透過電波 22 を受信アンテナ 31 で検出する。さらに、受信信号検出部 32 で検出され、AD変換部 33 の出力として得られ、かつ受信信号同期部 60 で分離された、透過電波の強度の計測値を受信信号記憶部 54 に記憶する。樹木 100 の葉 101 の透過損失は放射電波の強度の計測値と透過電波の強度の計測値から、 $(\text{放射電波の強度の計測値} - \text{透過電波の強度の計測値}) / (\text{放射電波の強度の計測値})$ なる式により算出される。

【0063】

送信アンテナ 12A、12B、12C、12D で放射され受信アンテナ 31 で受信される透過電波 22 は葉 101 のそれぞれ異なる部分を通過するため、それぞれの透過損失は異なる。これら 4 箇所を透過する透過電波の透過損失のばらつきは、葉の枚数より葉に含まれる水分量に大きく依存する。透過損失のばらつきは、水分量が多く樹木の健康状態が良好な場合は大きく、水分量が少なく樹木の健康状態が悪く枯れる寸前の樹木の場合は少ない。したがって、透過損失のばらつきの大きさを標準偏差値として定量的に把握することにより、樹木 100 の葉 101 の水分量が定量的に推定でき、樹木の健康状態の診断が可能となる。

【0064】

図 14 は、第 3 の実施例の樹木診断装置の測定手順を示すフローチャートである。まず、計測モード切替部を基準モードに設定する (S31)。この状態で樹木診断を行う場合と同一の機材配置で樹木診断装置を設置し、各送信アンテナからの放射電波が樹木を透過した後の、透過電波の受信信号の強度を計測する (S32)。

【0065】

次に、送信同期信号発生部からの同期信号により、各送信アンテナからの放射電波に対応した受信信号の分離を行う (S33)。分離した透過電波の受信信号の強度を基準値と

して基準受信信号記憶部に記憶する（S 3 4）。

【0 0 6 6】

次に、計測モード切替部を診断モードに設定する（S - 3 5）。この状態で、計測対象の樹木 1 0 0 の葉 1 0 1 を送信装置と受信装置で挟む機材配置とし、各送信アンテナからの放射電波が樹木を透過した後の、透過電波の受信信号の強度を計測する（S 3 6）。

【0 0 6 7】

次に、送信同期信号発生部からの同期信号により、各送信アンテナからの放射電波に対応した受信信号の分離を行う（S 3 7）。分離した透過電波の受信信号の強度を受信信号記憶部に記憶する（S 3 8）。

【0 0 6 8】

次に、受信信号記憶部に記憶された計測値と、基準信号記憶部に記憶された基準値から葉 1 0 1 による透過損失を算出する（S 3 9）。

【0 0 6 9】

次に、各受信アンテナから得られる透過損失から標準偏差値を算出する（S 4 0）。最後に、透過損失の標準偏差値から樹木の脱水率を算出し、樹木の健康状態の診断を行う（S 4 1）。

【0 0 7 0】

以上のように、機能構成図に示す機能を用い、フローチャートに示す測定手順を用いることにより、樹木診断が可能となる。

【0 0 7 1】

本発明は、上述した実施例の手順に限定されることなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変形が可能であることは言うまでもない。

【0 0 7 2】

例えば、本実施形態では送信装置、受信装置とも固定とし、送信アンテナが 1 個の場合で受信アンテナが 2 × 2 の場合、送信アンテナが 2 × 2 の場合で受信アンテナが 1 個の場合について示したが、送信アンテナが 1 個で受信アンテナが 1 個の場合を除く、送信アンテナが M × N、受信アンテナが L × K の場合についても適用可能なことは言うまでもない。

【0 0 7 3】

また、本実施形態では送信装置、受信装置とも横方向に移動可能で、送信アンテナが 3 × 1 で受信アンテナが 3 × 1 の場合についての例を示したが、送信装置、受信装置とも横方向に移動可能であり、かつ送信アンテナが M × N、受信アンテナが L × K の場合についても適用可能なことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0 0 7 4】

【図 1】第 1 の実施例の樹木診断装置の概略斜視図である。

【図 2】第 1 の実施例の樹木診断装置の機能構成図である。

【図 3】ネズミモチ、トウネズミモチの葉の枚数と透過損失との関係を示す実験データである。

【図 4】トウネズミモチの葉一枚当りの透過損失の日数依存性を示す図である。

【図 5】トウネズミモチの葉一枚当りの脱水率についての日数依存性を示す実験データである。

【図 6】透過損失の標準偏差値と脱水率との関係を示す図である。

【図 7】第 1 の実施例の樹木診断装置の測定手順を示すフローチャートである。

【図 8】第 2 の実施例の樹木診断装置の概略斜視図である。

【図 9】第 2 の実施例の樹木診断装置の概略平面図である。

【図 1 0】第 2 の実施例の樹木診断装置の機能構成図である。

【図 1 1】第 2 の実施例の樹木診断装置の測定手順を示すフローチャートである。

【図 1 2】第 3 の実施例の樹木診断装置の概略斜視図である。

【図 1 3】第 3 の実施例の樹木診断装置の機能構成図である。

10

20

30

40

50

【図 1 4】第 3 の実施例の樹木診断装置の測定手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

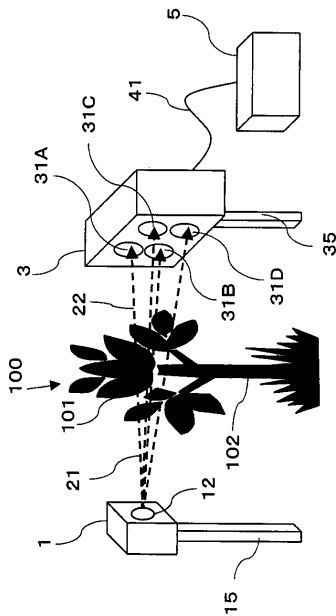
【0 0 7 5】

1 : 送信装置	
1 1 : 送信信号発生部	
1 1 A : 送信信号発生部	
1 1 B : 送信信号発生部	
1 1 C : 送信信号発生部	
1 1 D : 送信信号発生器	
1 2 : 送信アンテナ	10
1 2 A : 送信アンテナ	
1 2 B : 送信アンテナ	
1 2 C : 送信アンテナ	
1 2 D : 送信アンテナ	
1 3 : 送信同期信号発生部	
1 5 : 支柱	
2 1 : 放射電波信号	
2 2 : 透過電波信号	
3 : 受信装置	
3 1 : 受信信号アンテナ	20
3 1 A : 受信アンテナ	
3 1 B : 受信アンテナ	
3 1 C : 受信アンテナ	
3 1 D : 受信アンテナ	
3 2 : 受信信号検出部	
3 2 A : 受信信号検出部	
3 2 B : 受信信号検出部	
3 2 C : 受信信号検出部	
3 2 D : 受信信号検出部	
3 3 : A D 変換部	30
3 3 A : A D 変換部	
3 3 B : A D 変換部	
3 3 C : A D 変換部	
3 3 D : A D 変換部	
3 4 : 伝送信号駆動部	
3 5 : 支柱	
4 1 : 受信信号ケーブル	
4 2 : 駆動信号ケーブル	
4 3 : 駆動信号ケーブル	
4 4 : 同期信号ケーブル	40
5 : 信号処理部	
5 1 : 伝送信号検出部	
5 2 : 計測モード切替部	
5 3 : 基準受信信号記憶部	
5 4 : 受信信号記憶部	
5 5 : 透過損失算出部	
5 6 : 透過損失標準偏差値算出部	
5 7 : 脱水率算出部	
5 8 : 樹木診断部	
5 9 : 送信部／受信部移動制御部	50

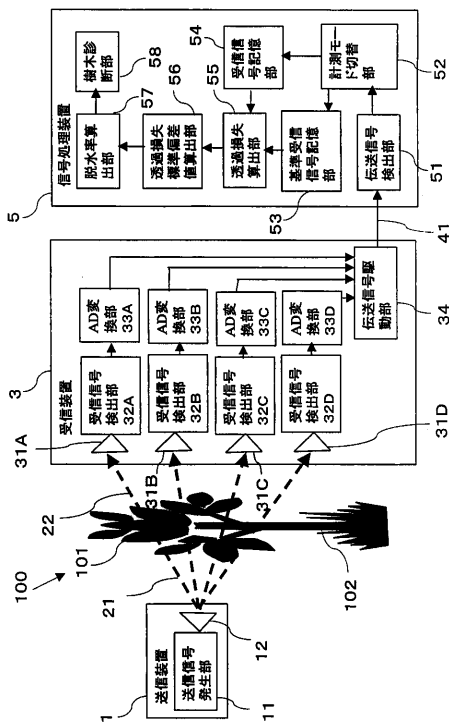
6 0 : 受信信号同期部
7 : 送信装置移動部
7 1 : 駆動制御部
7 2 : 駆動部
7 3 : 移動溝
8 : 受信装置移動部
8 1 : 駆動制御部
8 2 : 駆動部
8 3 : 移動溝
1 0 0 : 樹木
1 0 1 : 葉
1 0 2 : 幹

10

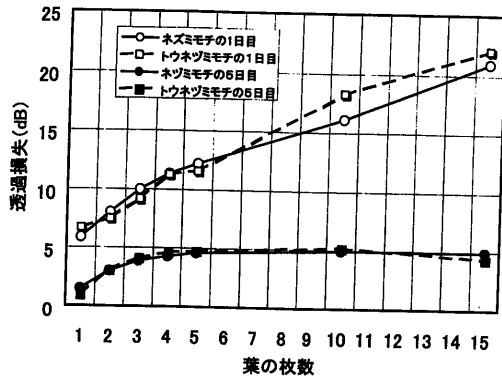
【 図 1 】



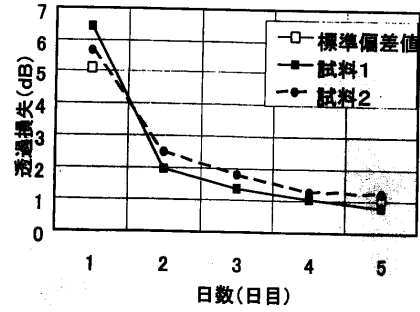
【 図 2 】



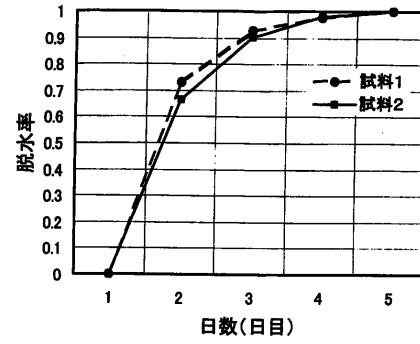
【図 3】



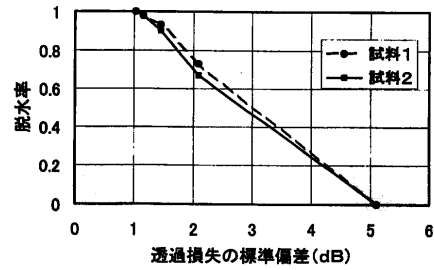
【図 4】



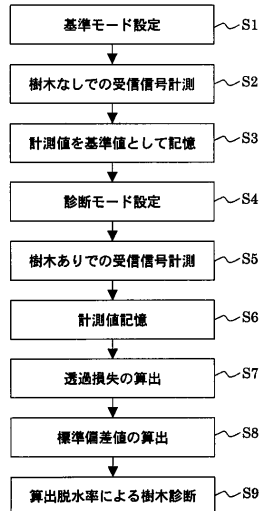
【図 5】



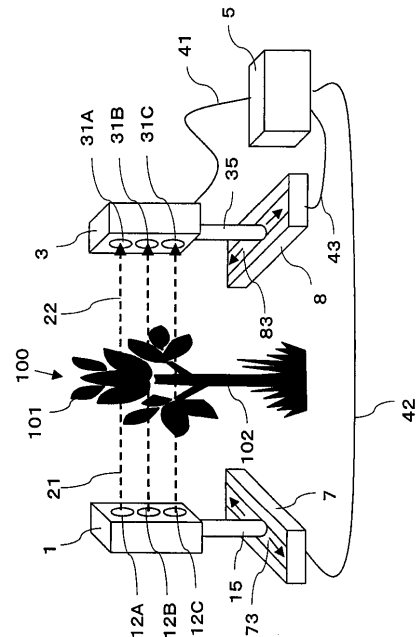
【図 6】



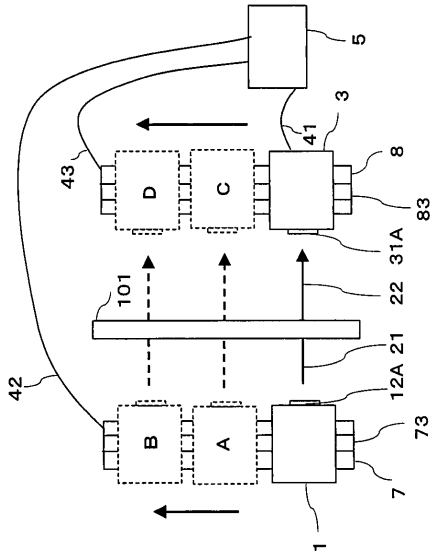
【図 7】



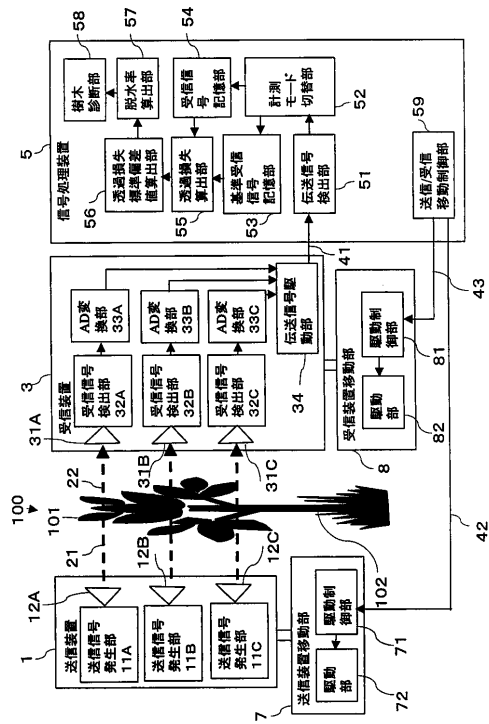
【図 8】



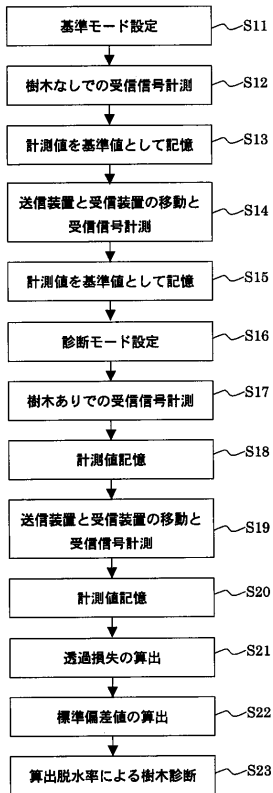
【図 9】



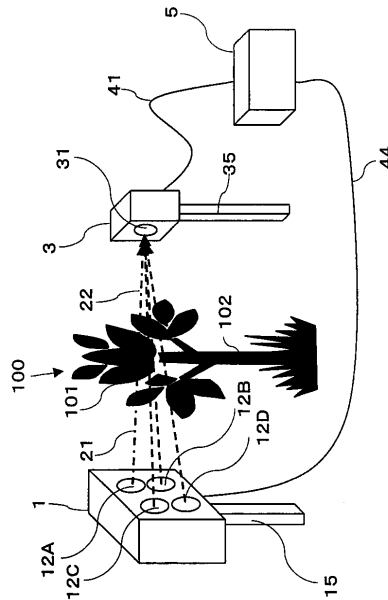
【図 10】



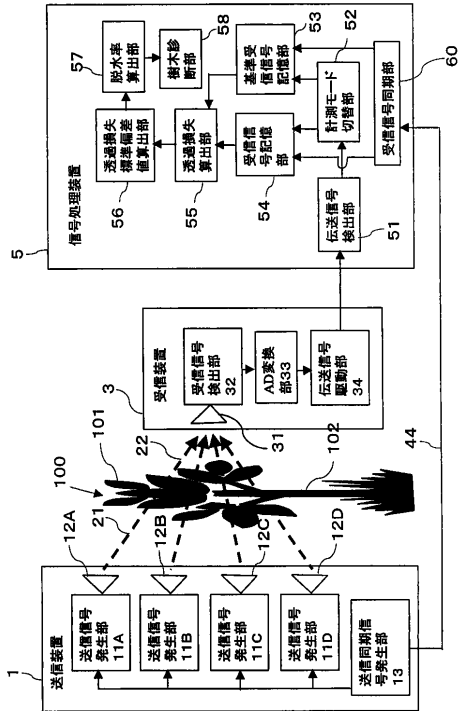
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

