

(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2013-54006

(P2013-54006A)

(43) 公開日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
GO 1 W 1/10 (2006.01) GO 1 W 1/10 M
GO 1 W 1/08 (2006.01) GO 1 W 1/08 E

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2011-194190 (P2011-194190)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成23年9月6日 (2011.9.6)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
		(74) 代理人	100090387
			弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(74) 代理人	100113066
			弁理士 永田 美佐
		(72) 発明者	藤崎 昌伸
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

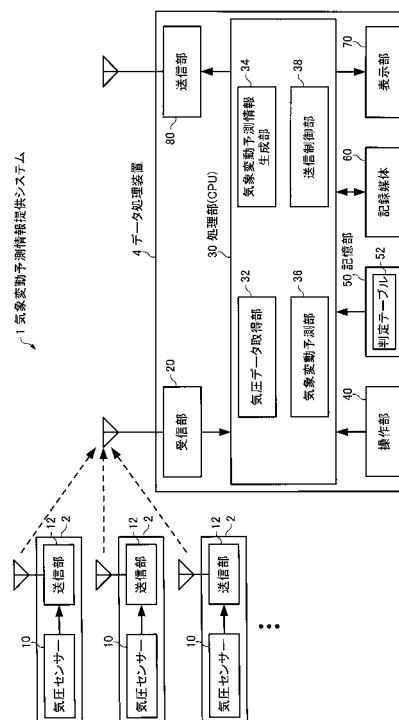
(54) 【発明の名称】 気象変動予測情報提供システム、気象変動予測情報提供方法、気象変動予測情報提供プログラム及び記録媒体

(57) 【要約】

【課題】山間部等の山岳地帯において、局地的に発生して短時間に消滅する所与の気象変動を予測するための情報を提供する気象変動予測情報提供システム、気象変動予測情報提供方法、気象変動予測情報提供プログラム及び記録媒体を提供すること。

【解決手段】気象変動予測情報提供システム1は、少なくとも気圧センサー10を備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置2と、複数の気象計測装置2の各々が計測した気圧データを処理するデータ処理装置4と、を含む。データ処理装置4は、複数の気象計測装置2の各々から気象データを取得する気象データ取得部32と、気象データ取得部32が取得した気象データに基づいて、気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成部36と、を含む。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

山岳地帯において気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報を提供する気象変動予測情報提供システムであって、

少なくとも気圧センサーを備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置と、

前記複数の気象計測装置の各々が計測した気象データを処理するデータ処理装置と、を含み、

前記データ処理装置は、

前記複数の気象計測装置の各々から前記気象データを取得する気象データ取得部と、

前記気象データ取得部が取得した気象データに基づいて、前記気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成部と、を含む、気象変動予測情報提供システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記気象変動予測情報生成部は、

前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧変化の情報を生成する、気象変動予測情報提供システム。

20

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記気象変動予測情報生成部は、

前記気圧変化の情報として、前記山岳地帯における気圧分布を気圧に応じて色分けして表す時系列の画像情報を生成する、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、

前記気象変動予測情報生成部は、

前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記山岳地帯における複数の位置の気圧傾度を計算し、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧傾度の変化の情報を生成する、気象変動予測情報提供システム。

30

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、

前記データ処理装置は、

前記気象変動予測情報に基づいて前記気象変動の発生の予測を行い、前記気象変動の発生を予測した場合には警報情報を生成する気象変動予測部をさらに含む、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記気象変動予測部は、

前記気象変動予測情報とともに前記山岳地帯の地理情報を用いて前記気象変動の発生の予測を行う、気象変動予測情報提供システム。

40

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 において、

前記気象変動予測部は、

前記気象変動予測情報とともに前記山岳地帯において過去に前記気象変動が発生した気象条件の統計情報を用いて前記気象変動の発生の予測を行う、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかにおいて、

前記データ処理装置は、

50

前記気象変動予測情報又は前記警報情報を送信する制御を行う送信制御部をさらに含む、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかにおいて、

前記気象計測装置の少なくとも一部は、山小屋に設置される、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかにおいて、

前記気象計測装置の一部は、登山者に携帯される、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかにおいて、

前記気圧センサーは、気圧に応じて共振周波数を変化させる感圧素子を有し、当該感圧素子の振動周波数に応じた気圧データを出力する、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 12】

請求項 11 において、

前記感圧素子は、双音叉圧電振動子である、気象変動予測情報提供システム。

【請求項 13】

山岳地帯において発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報を提供する気象変動予測情報提供方法であって、

少なくとも気圧センサーを備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置の各々から気象データを取得する気象データ取得ステップと、

前記気象データ取得ステップで取得した気象データに基づいて、前記気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成ステップと、を含み、

前記気象変動予測情報生成ステップにおいて、

前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧変化の情報を生成する、気象変動予測情報提供方法。

【請求項 14】

山岳地帯において発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報を提供する気象変動予測情報提供プログラムであって、

少なくとも気圧センサーを備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置の各々から気象データを取得する気象データ取得部と、

前記気象データ取得部が取得した気象データに基づいて、前記気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成部としてコンピューターを機能させ、

前記気象変動予測情報生成部は、

前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧変化の情報を生成する、気象変動予測情報提供プログラム。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の気象変動予測情報提供プログラムを記録した、コンピューター読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、山間部などの山岳地帯の気象変動に関する精度の高い予測を行うために有益な情報を提供する気象変動予測情報提供システム、気象変動予測情報提供方法、気象変動予測情報提供プログラム及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

アメダス (A M e D A S) とは「Automated Meteorological Data Acquisition System

10

20

30

40

50

」の略で、「地域気象観測システム」のことを言う。雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的に行い、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしている。アメダスは1974年11月1日から運用を開始し、現在、降水量を観測する観測所は全国に約1300か所存在する。このうち、約850か所(約21km間隔)では降水量に加えて、風向・風速、気温、日照時間を観測しているほか、雪の多い地方の約290か所では積雪の深さも観測している。

【0003】

気象庁は、全国に網羅した気象観測地点の広範な気象情報或いは人工衛星から送られてくる雲の動き等による広範な地域の気象情報等から天気予報を出している。このような気象庁の天気予報の場合には、観測メッシュが大きく、かつ、時間メッシュも大きく、天気予報から広域な地域の降雨予測は可能であるが、ある限られた地点ないし地域、例えば屋外設置のプラント設備をもつ工場などのごとく極小地域の降雨を予測することは非常に難しい。何となれば、その工場近くの地形等の不特定要因が多いと、天気予報とは全く異なる気象状況、例えば夕立等を降らす場合がしばしば発生するためである。

10

【0004】

更に、温度、湿度、雨量等の気候特性に応じて、店舗における販売傾向、野外施設における利用状況が変化する。したがって、これらのビジネスにおいてリアルタイムでその地域の気象情報を取得し、分析することが重要となる。また、利用者にとっても、現地の気候がどのようなものかを知ることが、現地において快適に行動する上で重要である。

20

【0005】

ところで、広範囲な地域にわたる気象情報は気象庁の天気予報等から無料で取得できるが、きめ細かな気象情報や分析結果は専門のサービス業者から取得しなければならず、また高価であった。

【0006】

従来の気象情報収集配信方式は、気象衛星やアメダス、気象レーダー等により比較的範囲の広い気象情報を気象協会等から得ることで、コンテンツ業者が利用者に配信するものである。この場合、入手した気象情報は比較的広範囲な地域を対象としているため、利用者が本当に得たいピンポイントな地区の天気情報等が得られず、利用者のニーズに対応することができないのが現状である。

30

【0007】

一般の人々は、気象情報、花粉情報等をテレビ、ラジオ等を通じて、気象庁が設置している「アメダス」等から得ているが、これらの情報はかなり広範囲にわたる一般的な情報であり、必ずしも利用者が期待する特定地域、あるいは地域に密着したきめの細かい情報とは言えなかった。これらの情報を取得するには、上記のような従来通りの方法で実現することも可能ではあるが、新たな観測装置、通信設備の導入には莫大な経費がかかる。また、地域を限定した情報を個々人に配信したい場合や、地震、火山の予知情報等を各家庭に配信したい場合においても、受信装置を各家庭に設置する必要がある、かなりの経費負担を個人に強いることになる。

【0008】

40

特許文献1には、「複数の気象センサー(湿度計、気圧計、日射計、降雨計、風向・風速計等)から収集される現在および過去の気圧データに基づいて当該気圧データの傾向を求めるとともに、この傾向気圧データに基づいて将来の予測時刻の気圧データを予測する傾向抽出手段と、予め定めた極小地域に特有な極小地域気圧データを記憶する極小地域データ記憶手段と、予め過去の気圧データから作成される降雨に関する確信度関数情報を記憶する確信度関数情報記憶手段と、前記傾向抽出手段によって作成される傾向気圧データ、予測気圧データおよび現在気圧データのうち1つ以上の気圧データについて前記極小地域気圧データおよび前記確信度関数情報を用いて各気圧データごとの降雨の確信度を求めるとともに、これら降雨確信度を総合的に判断し、最終的な降雨確信度を求める予測判定手段とを備え、極小地域の降雨を予測することを特徴とする降雨予測装置」が提案されて

50

いる。

【0009】

特許文献2には、「気象に関する物理量を観測して気圧データを生成する手段(室内温度、屋外温度、室内湿度、屋外湿度、気圧、風速、風向きおよび雨量の少なくとも1つに関するデータを生成する)と、インターネットに接続され、上記気圧データを記憶する気象情報提供用サーバーと、上記気象情報提供用サーバーからインターネットを介して上記気圧データを取り出して所定の処理を行うクライアント(コンピューター)とを有することを特徴とする気象情報処理装置」が提案されている。

【0010】

特許文献3には、「互いに離れた地域にある複数の情報端末が通信回線を介してサーバーの情報装置にそれぞれ接続し、これら情報端末同士及び情報端末とサーバーとの間で情報の転送を行うインターネットであって、前記情報端末に気象観測用のセンサー(気圧、温度、湿度、照度、雨量、雲高、風向、風速等を検出する)とタイマーとを接続するとともに、得られた気圧データを時間関数のグラフに表示するグラフ用プログラムを設け、前記サーバーには気圧データを格納する記憶装置と地図データと気圧天気図作成用の気圧プログラムとを設け、前記情報端末からサーバーをインターネット上でアクセスし気圧データを送信し、及び前記いずれかの前記センサーの気圧データを受信しグラフ化して表示し、また前記サーバーでは前記記憶装置に蓄積した気圧データから前記気圧プログラムにより前記地図データを利用した広域の気圧天気図を作成し、前記情報端末ではこれらを受信して表示することを特徴とする気象観測ネットワークシステム」が提案されている。

【0011】

特許文献4には、「計測した検針値を通信システムを介してセンターに送信する検針装置を設け、前記検針装置に接続され、温度・湿度・気圧・騒音・降雨の有無・降雨量の少なくともいずれか1つの観測データを観測するセンサー装置であって、前記観測データを前記検針値と共に前記センターに送信許可して前記検針装置に記憶させるセンサー装置」が提案されている。

【0012】

特許文献5には、「気象観測できる気象観測端末を積載し気圧データを送信する複数の移動体と、前記気圧データの配信要求と前記気圧データを授受する複数の利用者端末と、前記利用者端末から要求される前記気圧データの検索配信の管理を行うコンテンツサーバーと、前記複数の移動体と前記複数の利用者端末及び前記コンテンツサーバーとを情報接続するインターネットとを備え、前記複数の移動体は車に積載されている各種のセンサーからの情報とGPS受信機からの位置情報及び時間情報を一定の時間周期で携帯電話機を介して前記コンテンツサーバーに送信し、前記コンテンツサーバーは前記複数の移動体より受信した気象情報を、地区ポイント、時間毎に処理蓄積して、前記複数の利用者端末からの問合せに応じて配信し、前記気象観測端末は、気温、気圧、湿度、照度、雨量、雷のいずれかの大気状態を検知しセンサーデータを出力するセンサーであることを特徴とする気象情報収集配信方式」が提案されている。

【0013】

従って、気象情報収集配信方式は、各移動体が走行している各地区ポイントにおける最新の位置データ及び気圧データを送信できるので、ピンポイントな地区の精度の高い天気予報等を多数の利用者に容易に提供することができる。

【0014】

特許文献6には、「複数の携帯端末と、これら携帯端末から情報を収集するとともに加工して配信する情報処理センターと、前記携帯端末と前記情報処理センターとの通信を行う通信網とを具備する情報収集・配信システムにおいて、前記携帯端末は、自己の所在位置を特定する位置特定手段と、情報を収集する情報収集手段と、前記位置特定手段の出力および情報収集手段の出力を前記情報処理センターへ送信する送信手段と、前記情報処理センターからの情報を表示する表示手段とを具備し、前記情報処理センターは、入出力情報を管理するサーバーと前記携帯端末からの情報を蓄積管理する情報データベースと、前

記携帯端末へ前記情報データベース内の情報を送信する送信手段と、を具備し、前記位置特定手段は、前記携帯端末の現在の所在位置を経度データ、緯度データとして測定し、前記情報収集手段は、気温、湿度、気圧、紫外線強度、花粉濃度等の気象情報を測定する気象情報測定手段であることを特徴とする情報収集・配信システム」が提案されている。よって、特定地域の情報や、きめの細かい情報を提供することができる。

【0015】

特許文献7には、「多数の各車両に設置した情報検出手段（車両の速度と位置との情報、車両のワイパー稼動情報、外気温度情報、及び、気圧情報を検出するもの）で検出した情報を、前記多数の各車両から収集し、該収集情報を予め設定した特定地域毎及び／又は情報種類毎に地域情報として整理し、該地域情報を有線、無線、もしくは、特定媒体等を介してユーザーに提供することを特徴とする車両を用いた情報収集整理利用システム」が提案されている。

10

【0016】

従って、車両を用いた情報収集整理利用システムは、道路上等を走行する多数の車両から検出される検出情報を収集し、該収集した総ての情報を分析整理して地域情報（地域的、種類的、時間的な情報に分析整理した情報）とすることによって、リアルタイムで、前記地域情報をユーザーに提供することができる。また、車両数を多くして情報の収集元を多数することできると共に、多様な情報を検出情報として検出できるので、情報の偏りが少なく、きめの細かい情報を提供できる。

【0017】

20

特許文献8には、「GPSにより位置情報を取得する測位手段と、気圧データを測定する測定手段と、前記位置情報、気圧データ及び測定時刻を含む観測情報を外部装置へ送信する送信手段と、前記送信手段が送信した気圧データを記憶する記憶手段を備え、前記測定手段が、温度センサー、湿度センサー及び気圧センサーのうち少なくとも一つを備えてなり、前記測定手段が、所定の時間間隔ごとにまたは連続的に、気圧データを測定し、記憶手段に記憶された前回の気圧データと、測定した気圧データとの間に所定の変化が生じた場合に、前記送信手段が測定した気圧データを含む観測情報を送信することを特徴とする気象情報収集用の情報端末」が提案されている。

【0018】

従って、GPSにより位置情報を取得しているので、任意の位置で、気圧データを迅速かつ容易に取得でき、情報端末が現在位置する狭い範囲の地域の天気を高い精度で予報することができる。

30

【0019】

前述したように、無線移動体通信システムにおいて、基地局のセル半径は数100mから数kmの範囲内であり、数kmのセル半径の場合には1つのセルを複数のセクターに分割している場合が多い。つまり、無線移動体通信システムは、アメダスの設置区間よりも狭い地域の気象情報を収集することができる。今後ますます普及すると考えられるGPSを移動携帯端末に搭載すれば、更に詳細な位置決めが可能となる。つまり、各移動携帯端末に気象センサーを搭載し、移動体通信網を利用し、気象センサーの情報を収集すれば、アメダスと比べ非常に狭い範囲の気象情報を短時間の間隔において収集することができ、短時間予報を正確に行うことが可能である。

40

【0020】

課題としては、移動携帯端末に搭載された気象センサーにより観測された気象情報の信頼性が、アメダスにおいて観測された気象情報に比べて低くなることである。移動携帯端末においては、小型化、低価格化が要求され、高精度、高価格な気象センサーを搭載することが難しい。更に、移動携帯端末が鞆やバックの中にある場合、移動携帯端末が空調の効いた室内に置かれてある場合、移動携帯端末を身に付け体温の影響がある場合等、気象センサーによる観測条件が様々に異なる。高精度、高価格な気象センサーを移動携帯端末に搭載することが今後も難しいと考えられ、気象センサーにより収集された気象情報をいかに高い精度にするか、つまり収集された気象情報のうち、気象予報に不必要な気象情報

50

をいかに効率的に除去するかが重要である。

【 0 0 2 1 】

更に、移動携帯端末において、観測した気象情報のデータ通信量を多く送信することが難しいことである。通常の移動体通信システムにおいて、非音声の通信にはパケット通信が使用されており、送受信した情報量に応じて課金される料金システムである。通信料の低減、通信トラフィックの低減等を考えると、観測した気象情報の通信データ量はできる限り少ない方が好ましい。

【 0 0 2 2 】

ここで、移動携帯端末の通信頻度を少なくし、通信時間間隔を長くすれば、通信料を低減することができ、又通信トラフィックを低減することができる。アメダスにおいては、10分に1度の気象観測が行われている。しかしながら、移動体通信においては、10分に1度の気象観測を行い、その都度、定期的に気象情報を送信することは、送信頻度としては比較的多い方である。また、前述のように、狭い地域の短時間間隔の気象予報を正確に行なうという点では、短時間間隔で定期的に気象情報を送信することが必要になる。

【 0 0 2 3 】

特許文献9には、「移動携帯端末と通信ホスト装置とから構成された気象予測システムであって、前記移動携帯端末は、気象情報を測定するセンサー部と、前記通信ホスト装置から閾値情報を受信する通信手段と、前記通信手段により受信された閾値情報に基づき前記センサー部で測定された気象情報を破棄し、破棄されなかった気象情報を前記通信手段により前記通信ホスト装置へ送信させる情報制御部とを備え、前記通信ホスト装置は、前記センサー部で測定される気象情報以外の端末外気象情報、季節情報及び地図情報の少なくとも1つの情報を蓄積する端末外気象情報データベース部と、前記端末外気象情報データベース部に蓄積された情報に基づいて演算された前記センサー部で測定された気象情報を取捨するための閾値情報を蓄積する閾値情報蓄積部と、前記閾値情報蓄積部に蓄積された閾値情報を前記移動携帯端末へ送信し、前記通信手段により送信された気象情報を受信するネットワークインターフェースと、を備えることを特徴とする気象予測システム」が提案されている。

【 0 0 2 4 】

この構成によれば、センサー部により気象情報を測定し、この気象情報に基づき第1の気象予測部において第1の気象予測を行なうことができる。更に、第1の閾値情報蓄積部に蓄積された閾値情報に基づき不必要な気象情報を破棄し、必要な少量の気象情報に基づき第1の気象予測を行い、気象予測出力手段に第1の気象予測を出力することができるので、第1の気象予測に必要な演算処理能力を軽減し、第1の気象予測を自信で行なうことができる移動携帯端末の小型化、低消費電力化を実現することができる。更に、センサー部においては、最小限の気象情報を測定しているので、通信手段により送信する気象情報量を減少することができる。

【 0 0 2 5 】

移動携帯端末、通信ホスト装置のそれぞれの機能分担を適切に割り振り、気象予報を正確に行い、通信トラフィックを低減することができ、かつ移動携帯端末における複雑な処理を減少することができ、利用者に利便性の高い気象予報サービスを提供することができる気象予測システムを提供することができる。

【 0 0 2 6 】

特許文献10には、「送信装置が、無線接続されたセンサー装置と送受信装置とで構成され、前記センサー装置に環境状態検出手段が設けられ、前記送受信装置に送信手段が設けられことを特徴とする環境情報供給システム」が提案されている。

【 0 0 2 7 】

特許文献11には、「多数の船舶の船舶搭載無線機から送信される気象・海象計測データ及び各船舶の位置データを受信し得る中央受信装置で受信した上記データを収集、記録し、予め定められた時刻における多数の定点における気象・海象データを算出し、当該気象・海象データ本体とヘッダー情報とから成るグリッドデータを作成すると共に、更にそ

10

20

30

40

50

のグリッドデータに基づいて、等圧線データ等を算出し得る演算回路と、その演算結果を格納し得る記憶装置と、通信回線網に接続し得る通信用インターフェースとを具備するデータベースを備えた気象・海象データリアルタイム提供システム」が提案されている。また、中央受信装置で受信された各データは、メッシュ状に細分化（その広さは任意であるが、例えば10Km平方）した海域に対応するGPSによる位置データごとにGIS（Geographic Information System）技術を用いて処理し、等圧線等を求めて地図上に表示する〔類似例「アメダス」〕と共に、その結果をデータベースに保存することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0028】

【特許文献1】特開平7-225284号公報

【特許文献2】特開平10-132956号公報

【特許文献3】特開2000-138978号公報

【特許文献4】特開2001-134882号公報

【特許文献5】特開2002-044289号公報

【特許文献6】特開2002-358321号公報

【特許文献7】特開2002-358599号公報

【特許文献8】特開2003-028967号公報

【特許文献9】特開2005-300176号公報

【特許文献10】特開2004-303125号公報

【特許文献11】特開2005-189165号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0029】

ところで、近年、集中豪雨や竜巻のように甚大な被害をもたらす局地的な気象変動の発生件数が増えており、その発生位置をピンポイントに予測することが望まれている。集中豪雨や竜巻等の気象変動は、積乱雲の急速な発達に起因して発生することが知られている。図22(A)～図22(E)は、集中豪雨の発生メカニズムを示す概略図である。図22(A)～図22(C)は発達期であり、湿った空気を含む風がビル等に当たって上昇気流が発生し、あるいは地表付近の空気が温められることで上昇気流が発生し、降水セルと呼ばれる積乱雲が発達していく。図22(D)及び図22(E)は成熟期であり、十分に成長した雨粒が地上に落下して豪雨となり、下降気流を発生させる。図22(F)は減衰期であり、上昇気流よりも下降気流が強くなり、降水セルは収束に向かう。図22(A)のように積乱雲が発生し始めてから図22(D)のように集中豪雨が発生し始めるまでは30分程度の短時間の場合もある。

【0030】

特許文献1～11に記載された装置やシステムは、センサー等の手段を用いて気象に関するデータを取得するものではあるが、集中豪雨や竜巻のように局地的に発生して短時間で消滅する気象変動をいかにして予測するかについては、有効な提案がなされていない。

【0031】

雨粒を捕捉できるレーダーやライダーを用いて集中豪雨を予測することも不可能ではないと考えられるが、雨粒の塊ができるのは図22(B)や図22(C)の状態であり、仮にこの時点で雨粒を捉えることができたとしても集中豪雨の発生までに10分程度しかない場合もあり、有効な予測手法とはなり得ない。

【0032】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、山間部等の山岳地帯において、局地的に発生して短時間に消滅する所与の気象変動を予測するための情報を提供する気象変動予測情報提供システム、気象変動予測情報提供方法、気象変動予測情報提供プログラム及び記録媒体を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0033】

(1) 本発明は、山岳地帯において気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報を提供する気象変動予測情報提供システムであって、少なくとも気圧センサーを備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置と、前記複数の気象計測装置の各々が計測した気象データを処理するデータ処理装置と、を含み、前記データ処理装置は、前記複数の気象計測装置の各々から前記気象データを取得する気象データ取得部と、前記気象データ取得部が取得した気象データに基づいて、前記気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成部と、を含む、気象変動予測情報提供システムである。

10

【0034】

本発明によれば、山岳地帯に、複数の気象計測装置を分散して配置することで、各気象計測装置が計測する気象データ（気圧データを含む）を取得して山岳地帯における気圧分布の情報を得ることができる。そして、この気圧分布の情報を処理することで、特に天気が変わりやすい山岳地帯において気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動の発生の予測等に利用可能な有益な情報を提供することができる。

【0035】

(2) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気象変動予測情報生成部は、前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧変化の情報を生成するようにしてもよい。

20

【0036】

この気圧変化の情報から、リアルタイムに変化する気圧の状況を把握することができるので、山岳地帯における局所的な気象変動の予測等に有効利用することができる。

【0037】

(3) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気象変動予測情報生成部は、前記気圧変化の情報として、前記山岳地帯における気圧分布を気圧に応じて色分けして表す時系列の画像情報を生成するようにしてもよい。

【0038】

このようにすれば、山岳地帯における気圧分布の時間変化を視覚的に極めて容易に把握することができる。

30

【0039】

(4) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気象変動予測情報生成部は、前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記山岳地帯における複数の位置の気圧傾度を計算し、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧傾度の変化の情報を生成するようにしてもよい。

【0040】

気圧傾度と風向・風速の間には相関があるので、気圧傾度の変化の情報から概略的な風向・風速を知ることができる。従って、気圧分布の情報と合わせて気圧傾度分布の情報を利用することで、局所的な気象変動の発生の予測精度を高めることが期待できる。

【0041】

(5) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記データ処理装置は、前記気象変動予測情報に基づいて前記気象変動の発生の予測を行い、前記気象変動の発生を予測した場合には警報情報を生成する気象変動予測部をさらに含むようにしてもよい。

40

【0042】

このようにすれば、局所的な気象変動の予測を自動化し、気象変動に関する警報情報を提供することができる。

【0043】

(6) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気象変動予測部は、前記気象変動予測情報とともに前記山岳地帯の地理情報を用いて前記気象変動の発生の予測を行うようにしてもよい。

50

【 0 0 4 4 】

各気象変動の発生頻度は山岳地帯の地理と関係すると考えられるので、気象状況に山岳地帯の地理情報を加味して気象変動を予測することで、予測精度を高めることができる。

【 0 0 4 5 】

(7) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気象変動予測部は、前記気象変動予測情報とともに前記山岳地帯において過去に前記気象変動が発生した気象条件の統計情報を用いて前記気象変動の発生の予測を行うようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

このように、気象状況に過去の統計情報を加味して気象変動を予測することで、予測精度を高めることができる。

【 0 0 4 7 】

(8) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記データ処理装置は、前記気象変動予測情報又は前記警報情報を送信する制御を行う送信制御部をさらに含むようにしてもよい。

【 0 0 4 8 】

このようにすれば、気象変動に関する情報や警報情報をデータ処理装置のモニターに表示するだけでなく、山小屋等に自動的に送信することができる。

【 0 0 4 9 】

(9) この気象変動予測情報提供システムにおいて、記気象計測装置の少なくとも一部は、山小屋に設置されるようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

このようにすれば、山小屋付近の気象情報を正確に取得することができる。また、気象計測装置の保守管理が容易になる。

【 0 0 5 1 】

(1 0) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気象計測装置の一部は、登山者に携帯されるようにしてもよい。

【 0 0 5 2 】

このようにすれば、観測メッシュの各ノードにおける気圧や気圧傾度の補完計算の精度を高めることができる。

【 0 0 5 3 】

(1 1) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記気圧センサーは、気圧に応じて共振周波数を変化させる感圧素子を有し、当該感圧素子の振動周波数に応じた気圧データを出力するようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

一般に気象観測に用いられる気圧計の分解能は h P a オーダーであるのに対して、周波数変化型の気圧センサーは、感圧素子の振動周波数を高い周波数のクロック信号で計測することで比較的容易に P a オーダーの測定分解能を得ることができる。また、周波数変化型の気圧センサーは、気圧がゆっくり変化しているのか、あるいは急激に変化しているのか、気圧の変動量(気圧の変化具合)を高精度に検出することができる。本発明によれば、高分解能な周波数変化型の気圧センサーを用いることで短時間におけるわずかな気圧の変化を捉えて、局所的に発生して短時間に消滅する気象変動を予測するための情報を提供することができる。この情報を解析することで、気象変動を精度よく予測することができる。

【 0 0 5 5 】

(1 2) この気象変動予測情報提供システムにおいて、前記感圧素子は、双音叉圧電振動子であるようにしてもよい。

【 0 0 5 6 】

双音叉圧電振動子を用いることで、より高い分解能の気圧センサーを実現することができる。

【 0 0 5 7 】

(13) 本発明は、山岳地帯において発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報を提供する気象変動予測情報提供方法であって、少なくとも気圧センサーを備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置の各々から気象データを取得する気象データ取得ステップと、前記気象データ取得ステップで取得した気象データに基づいて、前記気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成ステップと、を含み、前記気象変動予測情報生成ステップにおいて、前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧変化の情報を生成する、気象変動予測情報提供方法である。

【0058】

(14) 本発明は、山岳地帯において発生する局所的な気象変動を予測するための気象変動予測情報を提供する気象変動予測情報提供プログラムであって、少なくとも気圧センサーを備え、前記山岳地帯に分散して配置される複数の気象計測装置の各々から気象データを取得する気象データ取得部と、前記気象データ取得部が取得した気象データに基づいて、前記気象変動予測情報をリアルタイムに生成する気象変動予測情報生成部としてコンピュータを機能させ、前記気象変動予測情報生成部は、前記気象データに含まれる気圧データに基づいて、前記気象変動予測情報の少なくとも一部として前記山岳地帯における気圧変化の情報を生成する、気象変動予測情報提供プログラムである。

【0059】

(15) 本発明は、上記の気象変動予測情報提供プログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】 本実施形態の気象変動予測情報提供システムの概要図。

【図2】 本実施形態の気象変動予測情報提供システムの構成例を示す図。

【図3】 判定テーブルの一例を示す図。

【図4】 本実施形態の気圧センサーの構成例を示す図。

【図5】 本実施形態の圧力センサー素子の断面の模式図。

【図6】 本実施形態の圧力センサー素子の断面の模式図。

【図7】 本実施形態の振動片およびダイヤフラムを模式的に示す下面図。

【図8】 全体処理のフローチャートの一例を示す図。

【図9】 仮想の観測メッシュの一例を示す図。

【図10】 気圧傾度を計算する処理のフローチャートの一例を示す図。

【図11】 ノード間の気圧傾度ベクトルの説明図。

【図12】 各ノードの気圧傾度ベクトルの計算例の説明図。

【図13】 気象変動予測情報を生成する処理のフローチャートの一例を示す図。

【図14】 気圧分布の表示画像の一例を概略的に示す図。

【図15】 気圧傾度分布の表示画像の一例を概略的に示す図。

【図16】 気圧分布と気圧傾度分布の表示画像の一例を概略的に示す図。

【図17】 気象変動の予測処理のフローチャートの一例を示す図。

【図18】 集中豪雨の発生過程と気圧分布及び気圧傾度分布との関係を概念的に示す図。

【図19】 変形例1における気象計測装置の配置例を示す図。

【図20】 変形例2における判定テーブルの一例を示す図。

【図21】 気圧傾度と風の関係の説明図。

【図22】 集中豪雨の発生メカニズムを示す概略図。

【発明を実施するための形態】

【0061】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0062】

10

20

30

40

50

1. 気象変動予測情報提供システムの概要

本実施形態の気象変動予測情報提供システムは、山間部等の山岳地帯において気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動を予測するための情報（以下、「気象変動予測情報」という）を提供する。気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動とは、例えば、雷雨、集中豪雨、竜巻、突風などが挙げられる。

【0063】

図1は、本実施形態の気象変動予測情報提供システムの概要について説明するための図である。図1に示すように、本実施形態の気象変動予測情報提供システムでは、山岳地帯に複数の気象計測装置2（白抜きの丸で表示）が分散配置されている。気象計測装置2は、例えば、山小屋5や観測所6などに配置される。

【0064】

各気象計測装置2は、一定周期で気象を計測し、計測した気象データを不図示のデータ処理装置に送信する。データ処理装置は、各気象計測装置2からの気象データを受信し、受信した気象データに基づいて気象変動予測情報を生成する。データ処理装置は、山小屋や観測所などに設置されていてもよい。例えば、インターネット等の通信ネットワークに接続されたサーバーをデータ処理装置としてもよい。

【0065】

データ処理装置が生成した気象変動予測情報は、データ処理装置のモニターに表示され、あるいは他の表示装置に送信されて表示される。例えば、データ処理装置が各山小屋に設置された表示装置に気象変動予測情報を送信することで、山小屋のオーナーや山小屋に立ち寄った登山者が、表示装置に表示された気象変動予測情報から雷雨等の局所的な気象変動の発生を予測することができる。あるいは、データ処理装置が、あらかじめ決められた判定基準に従い、局所的な気象変動の発生を予測し、予測結果の情報を各山小屋の表示装置に送信するようにしてもよい。これにより、登山者に対して迅速に警告情報を提供することができる。

【0066】

2. 気象変動予測情報提供システムの構成

図2は、本実施形態の気象変動予測情報提供システムの構成を示す図である。本実施形態の気象変動予測情報提供システムは、図2の構成要素（各部）の一部を省略したり、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【0067】

図2に示すように、本実施形態の気象変動予測情報提供システム1は、複数の気象計測装置2とデータ処理装置4を含む。

【0068】

複数の気象計測装置2の各々は、少なくとも気圧センサー10を備え、山岳地帯に分散して配置される。気圧センサー10としては、圧力の変化を振動子の周波数の変化として捉える周波数変化型、圧力の変化を静電容量の変化として捉える静電容量型、圧力の変化をピエゾ抵抗の抵抗値の変化として捉えるピエゾ抵抗型などのセンサーを適用することができる。

【0069】

気象計測装置2は、気圧センサー10以外にも温度、湿度、風速、風向などを計測する他のセンサーを備えていてもよい。

【0070】

気象計測装置2は、秒オーダーの周期でリアルタイムに気象を計測し、計測された気象データは、送信部12により、例えば、気象計測装置2毎に割り当てられた周波数の電波で送信される。各気象計測装置2には互いに異なる送信周波数が割り当てられる。

【0071】

データ処理装置4は、受信部20、処理部（CPU：Central Processing Unit）30、操作部40、記憶部50、記録媒体60、表示部70、送信部80を含んで構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

受信部 2 0 は、受信周波数が順番に気象計測装置 2 毎に割り当てられた送信周波数になるように所定の周期で切り替えながら各気象計測装置 2 からの送信データを受信し、気象データを復調する。そして、受信部 2 0 は、復調した気象データを処理部（C P U）3 0 に送る。

【 0 0 7 3 】

なお、各気象計測装置 2 の送信部 1 2 が、同一の送信周波数の電波を用いて、あらかじめ決められた互いに異なる周期的なタイミングで時分割に気象データを送信し、データ処理装置 4 の受信部 2 0 が、各気象計測装置 2 の送信タイミングと同期して、時分割に気象データを受信するようにしてもよい。

10

【 0 0 7 4 】

操作部 4 0 は、操作キーやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、ユーザーによる操作に応じた操作信号を処理部（C P U）3 0 に出力する。

【 0 0 7 5 】

記憶部 5 0 は、処理部（C P U）3 0 が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムやデータ等を記憶している。特に、本実施形態の記憶部 5 0 は、気象条件に対する判定基準と判定される気象変動との対応関係を定義する判定テーブル 5 2 を記憶している。この判定基準は少なくとも気圧に関する条件を含み、例えば、一定時間当たりの気圧の低下量が所定の閾値を超えたか否かを所定の気象変動（例えば集中豪雨）の判定基準としてもよい。また、データ処理装置 4 が温度や湿度の情報を得られる場合には、判定基準に温度や湿度等に関する条件を含ませてもよい。例えば、一定時間当たりの気圧の低下量が所定の閾値を超えるとともに温度が所定の範囲にあるか否かを所定の気象変動（例えば雷雨）の判定基準としてもよい。

20

【 0 0 7 6 】

図 3 は、判定テーブル 5 2 の一例を示す図である。図 3 の例では、判定基準 1 が満たされると所定時間内に雷雨が発生する可能性があることを示している。同様に、判定基準 2 , 3 , 4 がそれぞれ満たされると、それぞれ所定時間内に集中豪雨、竜巻、突風が発生する可能性があることを示している。なお、各気象変動の発生可能性の程度を複数段階に分けて、各判定基準 1 , 2 , 3 , 4 , . . . をそれぞれ複数の判定基準に細分化してもよい。

30

【 0 0 7 7 】

また、記憶部 5 0 は、処理部（C P U）3 0 の作業領域として用いられ、操作部 4 0 から入力されたデータ、記録媒体 6 0 から読み出されたプログラムやデータ、処理部（C P U）3 0 が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶するためにも使用される。

【 0 0 7 8 】

処理部（C P U）3 0 は、記憶部 5 0 や記録媒体 6 0 に記憶されているプログラムに従って、各種の計算処理や制御処理を行う。具体的には、処理部（C P U）3 0 は、受信部 2 0 から気象データを受け取って各種の計算処理を行う。また、処理部（C P U）3 0 は、操作部 4 0 からの操作信号に応じた各種の処理、表示部 7 0 に各種の情報を表示させる処理、受信部 2 0 及び送信部 8 0 を介した外部装置とのデータ通信を制御する処理等を行う。

40

【 0 0 7 9 】

特に、本実施形態では、処理部（C P U）3 0 は、以下に説明する気象データ取得部 3 2、気象変動予測情報生成部 3 4、気象変動予測部 3 6、送信制御部 3 8 を含む。ただし、本実施形態の処理部（C P U）3 0 は、これらの一部の構成（要素）を省略したり、他の構成（要素）を追加した構成としてもよい。

【 0 0 8 0 】

気象データ取得部 3 2 は、受信部 2 0 から送られてくる気象データ（少なくとも気圧データを含む）を、気象計測装置 2 の識別 I D と対応づけて継続して取得する処理を行う。

50

具体的には、気象データ取得部 3 2 は、各気象データを受け取り、受け取った各気象データを気象計測装置 2 毎に割り当てられた識別 ID と対応づけて順番に記憶部 5 0 に保存する。

【 0 0 8 1 】

気象変動予測情報生成部 3 4 は、気象データ取得部 3 2 が取得した気象データに基づいて、山岳地帯における気象変動予測情報をリアルタイムに生成する処理を行う。本実施形態では、気象計測装置 2 を山小屋等に配置するが、山小屋の位置は規則性がないため規則正しい観測メッシュが形成されない。そこで、本実施形態の気象変動予測情報生成部 3 4 は、山岳地帯の地図情報に仮想の観測メッシュをマッピングし、各気象計測装置 2 からの気象データから観測メッシュの各ノードの気象データを補完計算し、仮想の観測メッシュ上の気象変動予測情報を生成する。

10

【 0 0 8 2 】

気象変動予測情報生成部 3 4 は、気象データ取得部 3 2 が取得した気象データに含まれる気圧データに基づいて、気象変動予測情報の少なくとも一部として山岳地帯における気圧変化の情報を生成するようにしてもよい。

【 0 0 8 3 】

この気圧変化の情報は、例えば、仮想の観測メッシュの各ノードの気圧値の時間変化を表すグラフ情報であってもよいし、仮想の観測メッシュにおける気圧分布を表す時系列の画像情報（リアルタイムに更新される画像情報）であってもよい。

【 0 0 8 4 】

また、気象変動予測情報生成部 3 4 は、気象データ取得部 3 2 が取得した気象データに含まれる気圧データに基づいて、山岳地帯における複数の位置の気圧傾度を計算し、気象変動予測情報の少なくとも一部として山岳地帯における気圧傾度の変化の情報を生成するようにしてもよい。気圧傾度の計算対象となる位置は、任意の位置でよく、例えば、仮想の観測メッシュの各ノードの位置でもよい。

20

【 0 0 8 5 】

この気圧傾度の変化の情報は、仮想の観測メッシュの各ノードの気圧傾度の時間変化を表すグラフ情報であってもよいし、仮想の観測メッシュにおける気圧傾度の分布を表す時系列の画像情報（リアルタイムに更新される画像情報）であってもよい。

【 0 0 8 6 】

気象変動予測部 3 6 は、気象変動予測情報生成部 3 4 が生成した気象変動予測情報に基づいて、山岳地帯における気象変動の発生の予測を行い、気象変動の発生を予測した場合には警報情報を生成する処理を行う。具体的には、気象変動予測部 3 6 は、記憶部 5 0 に記憶された判定テーブル 5 2 を参照し、判定テーブル 5 2 に含まれる各判定基準（図 3 の例では判定基準 1 , 2 , 3 , 4 , . . . に対応する）に従い、各気象変動が所定時間以内に発生するか否かを判定する。

30

【 0 0 8 7 】

なお、気象変動予測部 3 6 は、気象変動の発生を予測した場合には気象変動の発生予測位置や発生予測時間を含む警報情報を生成するようにしてもよい。

【 0 0 8 8 】

送信制御部 3 8 は、気象変動予測情報生成部 3 4 が生成した気象変動予測情報や気象変動予測部 3 6 が生成した警告情報を、送信部 8 0 を介して外部装置（表示装置や携帯端末等）に送信する制御を行う。

40

【 0 0 8 9 】

なお、本実施形態の気象変動予測情報提供システムが気象変動予測情報を提供することで足りる場合は、気象変動予測部 3 6 はなくてもよい。

【 0 0 9 0 】

記録媒体 6 0 は、コンピューター読み取り可能な記録媒体であり、特に本実施形態では、コンピューターを上記の各部として機能させるための気象変動予測情報提供プログラムが記憶されている。そして、本実施形態の処理部（CPU）3 0 は、記録媒体 6 0 に記憶

50

されている気象変動予測情報提供プログラムを実行することで、気象データ取得部 32、気象変動予測情報生成部 34、気象変動予測部 36、送信制御部 38として機能する。あるいは、通信部 80等を介して有線又は無線の通信ネットワークに接続されたサーバーから気象変動予測情報提供プログラムを受信し、受信した気象変動予測情報提供プログラムを記憶部 50や記録媒体 60に記憶して当該気象変動予測情報提供プログラムを実行するようにしてもよい。ただし、気象データ取得部 32、気象変動予測情報生成部 34、気象変動予測部 36、送信制御部 38の少なくとも一部をハードウェア（専用回路）で実現してもよい。

【0091】

なお、記録媒体 60は、例えば、光ディスク（CD、DVD）、光磁気ディスク（MO）、磁気ディスク、ハードディスク、磁気テープ、メモリー（ROM、フラッシュメモリーなど）により実現することができる。

【0092】

表示部 70は、LCD（Liquid Crystal Display）等により構成される表示装置であり、処理部（CPU）30から入力される表示信号に基づいて各種の情報を表示する。表示部 70には、例えば、気圧分布画像や気圧傾度分布画像の各フレームがリアルタイムに表示される。

【0093】

このような構成の気象変動予測情報提供システム 1により、山岳地帯における局所的な気象変動の前兆をリアルタイムに捉えるためには、気圧センサー 10としてPaオーダーの高分解能なセンサーを用いることが望ましい。現在のところ、周波数変化型の気圧センサーは、静電容量型やピエゾ抵抗型の気圧センサーよりも高い分解能が得られており、周波数変化型の気圧センサーであれば1Pa以下の分解能も実現可能である。

【0094】

図4は、周波数変化型の気圧センサー 10の構成例を示す図である。図4に示すように、本実施形態の気圧センサー 10は、圧力センサー素子 100、発振回路 110、カウンタ 120、TCXO（Temperature Compensated Crystal Oscillator）130、MPU（Micro Processing Unit）140、温度センサー 150、EEPROM（Electrically Erasable Programmable Read Only Memory）160、通信インターフェース（I/F）170を含んで構成されている。ただし、本実施形態の気圧センサーは、図4の構成要素（各部）の一部を省略したり、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【0095】

圧力センサー素子 100は、振動片の共振周波数の変化を利用する方式（振動方式）の感圧素子を有している。この感圧素子は、例えば、水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等の圧電材料で形成された圧電振動子であり、例えば、音叉型振動子、双音叉型振動子、AT振動子（厚みすべり振動子）、SAW共振子などが適用される。

【0096】

特に、双音叉型圧電振動子は、AT振動子（厚みすべり振動子）などに比べて、伸長・圧縮応力に対する共振周波数の変化が極めて大きく共振周波数の可変幅が大きいので、感圧素子として双音叉型圧電振動子を用いることで、わずかな気圧差を検出可能な高い分解能の気圧センサーを実現することができる。そのため、本実施形態の気圧センサー 10は、感圧素子として双音叉型圧電振動子を用いている。なお、圧電材料として、Q値が高くかつ温度安定性に優れた水晶を選択することで、優れた安定性と最高水準の分解能および精度を実現することができる。

【0097】

図5は、本実施形態の圧力センサー素子 100の断面の模式図である。図6は、本実施形態の圧力センサー素子 100の振動片 220およびダイヤフラム 210を模式的に示す下面図である。図6は、封止板としてのベース 230を省略して描いてある。図5は、図6のA-A線の断面に対応する。

【0098】

10

20

30

40

50

圧力センサー素子 100 は、ダイヤフラム 210 と、振動片 220 と、封止板としてのベース 230 と、を含む。

【0099】

ダイヤフラム 210 は、圧力を受圧して撓む可撓部を有する平板状の部材である。ダイヤフラム 210 の外側の面が受圧面 214 となっており、受圧面 214 の裏面側に一对の突起 212 が形成されている。

【0100】

振動片 220 は、振動ビーム（梁）222 及び振動ビーム 222 の両端に形成された一对の基部 224 を有する。振動ビーム 222 は、一对の基部 224 の間に両持ち梁状に形成される。一对の基部 224 は、ダイヤフラム 210 に形成された一对の突起 212 にそれぞれ固定される。振動ビーム 222 には図示しない電極が適宜設けられ、電極から駆動信号を供給することで振動ビーム 222 を一定の共振周波数で屈曲振動させることができる。振動片 220 は、圧電性を有する材料で形成される。振動片 220 の材質としては、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電材料が挙げられる。振動片 220 は、支持梁 226 によって枠部 228 に支持されている。

【0101】

ベース 230 は、ダイヤフラム 210 と接合されて、ダイヤフラム 210 との間にキャピティ 232 を形成する。キャピティ 232 を減圧空間とすることにより、振動片 220 の Q 値を高める（C I 値を小さくする）ことができる。

【0102】

このような構造の圧力センサー素子 100 において、ダイヤフラム 210 は、受圧面 214 に圧力を受けた場合に撓み、変形する。すると、振動片 220 の一对の基部 224 が、ダイヤフラム 210 の一对の突起 212 にそれぞれ固定されているため、ダイヤフラム 210 の変形に従って基部 224 間の間隔が変化する。すなわち、圧力センサー素子 100 に圧力が印加されたときに、振動ビーム 222 に引張または圧縮の応力を生じさせることができる。

【0103】

図 7 は、圧力センサー素子 100 の断面の模式図であり、ダイヤフラム 210 が圧力 P によって変形した状態を示している。図 7 は、圧力センサー素子 100 の外側から内側への力（圧力 P）が作用することにより、ダイヤフラム 210 が素子の内側に向かって凸となる変形が生じた例である。この場合、一对の突起 212 の間の間隔は大きくなる。他方、図示しないが、圧力センサー素子 100 の内側から外側への力が作用する場合は、ダイヤフラム 210 が素子の外側に向かって凸となる変形が生じ、一对の突起 212 の間の間隔は小さくなる。従って、両端が一对の突起 212 にそれぞれ固定された振動片 220 の振動ビーム 222 に平行な方向に引張または圧縮の応力が生じる。すなわち、受圧面 214 に対して垂直方向に加わった圧力は、突起（支持部）212 を介して、振動片 220 の振動ビーム 222 に対して平行な直線方向の応力に変換される。

【0104】

振動ビーム 222 の共振周波数は、以下のようにして解析することができる。図 5 及び図 6 に示すように、振動ビーム 222 の長さを l、幅を w、厚みを d とすると、振動ビーム 222 の長辺方向に外力 F が作用したときの運動方程式は、次式（1）によって近似される。

【0105】

【数 1】

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\rho A}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + F \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \cdots (1)$$

【0106】

式（1）において、E は縦弾性定数（ヤング率）、 ρ は密度、A は振動ビームの断面積（ $= w \cdot d$ ）、g は重力加速度、F は外力、y は変位、x は振動ビームの任意の位置をそ

10

20

30

40

50

れぞれ表す。

【 0 1 0 7 】

式 (1) に一般解と境界条件を与えて解くことで、次のような、外力が無い場合の共振周波数の式 (2) が得られる。

【 0 1 0 8 】

【 数 2 】

$$f_0 = \frac{(\lambda l)^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{El \cdot g}{\rho A}} \dots (2)$$

【 0 1 0 9 】

10

断面 2 次モーメント $I = d w^3 / 12$ 、断面積 $A = d w$ 、 $I = 4.73$ より、式 (2) は次式 (3) のように変形することができる。

【 0 1 1 0 】

【 数 3 】

$$f_0 = \frac{(4.73)^2}{2\pi} \sqrt{\frac{Eg}{12\rho}} \frac{w}{l^2} \dots (3)$$

【 0 1 1 1 】

従って、外力 $F = 0$ の時の共振周波数 f_0 は、ビームの幅 w に比例し、長さ l の 2 乗に反比例する。

20

【 0 1 1 2 】

外力 F を 2 本の振動ビームに加えたときの共振周波数 f_F も同様の手順で求めると、次式 (4) が得られる。

【 0 1 1 3 】

【 数 4 】

$$f_F = f_0 \sqrt{1 - K \frac{l^2}{EI} \frac{F}{2}} \dots (4)$$

【 0 1 1 4 】

断面 2 次モーメント $I = d w^3 / 12$ より式 (4) は次式 (5) のように変形することができる。

30

【 0 1 1 5 】

【 数 5 】

$$f_F = f_0 \sqrt{1 - S_F \cdot \sigma} \dots (5)$$

【 0 1 1 6 】

式 (5) において、 S_F は応力感度 ($= K \cdot 12 / E \cdot (1 / w)^2$)、 σ は応力 ($= F / (2A)$) をそれぞれ表す。

【 0 1 1 7 】

以上から、圧力センサー素子 100 に作用する力 F を圧縮方向のとき負、伸張方向のとき正としたとき、力 F が圧縮方向に加わると共振周波数 f_F が減少し、力 F が伸縮方向に加わると共振周波数 f_F が増加する。

40

【 0 1 1 8 】

そして、次式 (6) に示す多項式を用いて、圧力センサー素子 100 の圧力 - 周波数特性と温度 - 周波数特性に起因する直線性誤差を補正することで、高分解能かつ高精度の圧力値 P を得ることができる。

【 0 1 1 9 】

【 数 6 】

$$P = \alpha(t)f_n^3 + \beta(t)f_n^2 + \gamma(t)f_n + \delta(t) \dots (6)$$

50

【 0 1 2 0 】

式 (6) において、 f_n はセンサー規格化周波数であり、 $f_n = (f_F / f_0)^2$ で表される。また、 t は温度であり、 (t) 、 (t) 、 (t) 、 (t) は、それぞれ次式 (7) ~ (1 0) で表される。

【 0 1 2 1 】

【 数 7 】

$$\alpha(t) = at^3 + bt^2 + ct + d \cdots (7)$$

【 0 1 2 2 】

【 数 8 】

$$\beta(t) = et^3 + ft^2 + gt + h \cdots (8)$$

【 0 1 2 3 】

【 数 9 】

$$\gamma(t) = it^3 + jt^2 + kt + l \cdots (9)$$

【 0 1 2 4 】

【 数 1 0 】

$$\delta(t) = mt^3 + nt^2 + ot + p \cdots (10)$$

【 0 1 2 5 】

式 (7) ~ (1 0) において、 $a \sim p$ は補正係数である。

【 0 1 2 6 】

すなわち、圧力センサー素子 1 0 0 の出力信号の周波数を計測することで、振動ビーム 2 2 0 の振動周波数 (力 F が作用した時の共振周波数 f_F) が得られ、あらかじめ測定された共振周波数 f_0 や補正係数 $a \sim p$ を用いて、式 (6) から圧力 P を計算することができる。

【 0 1 2 7 】

図 4 に戻り、発振回路 1 1 0 は、圧力センサー素子 1 0 0 の振動ビーム 2 2 2 を共振周波数で発振させた発振信号を出力する。

【 0 1 2 8 】

カウンター 1 2 0 は、発振回路 1 1 0 が出力する発振信号の所定周期を、基準クロック源である $TCXO$ 1 3 0 が出力する高精度のクロック信号でカウントするレシプロカルカウンターである。ただし、カウンター 1 2 0 を、所定のゲートタイムにおける圧力センサー素子 1 0 0 の発振信号のパルス数をカウントする直接計数方式の周波数カウンター (ダイレクトカウンター) として構成してもよい。

【 0 1 2 9 】

MPU (Micro Processing Unit) 1 4 0 は、カウンター 1 2 0 のカウント値から圧力値 P を計算する処理を行う。具体的には、 MPU 1 4 0 は、温度センサー 1 5 0 の検出値から温度 t を計算し、 $EEPROM$ 1 6 0 にあらかじめ記憶されている $a \sim p$ の補正係数値を用いて、式 (7) ~ (1 0) より (t) 、 (t) 、 (t) 、 (t) を計算する。さらに、 MPU 1 4 0 は、カウンター 1 2 0 のカウント値と $EEPROM$ 1 6 0 にあらかじめ記憶されている共振周波数 f_0 の値を用いて、式 (6) より圧力値 P を計算する。そして、 MPU が計算した圧力値 P は、通信インターフェース 1 7 0 を介して、気圧センサー 1 0 の外部に出力される。

【 0 1 3 0 】

このような構成の周波数変化型の気圧センサー 1 0 によれば、圧力センサー素子 1 0 0 の振動周波数をカウンター 1 2 0 により $TCXO$ 1 3 0 が出力する高精度かつ高周波数 (例えば数十 MHz) のクロック信号でカウントするとともに、 MPU 1 4 0 でデジタル演算処理により圧力値の計算及び直線性誤差の補正を行うので、 Pa オーダーの高い分解能

10

20

30

40

50

かつ高精度の圧力値（気圧データ）を得ることができる。さらに、気圧センサー１０は、カウント時間を考慮しても秒オーダーの周期で気圧データを更新することができるので、短時間におけるわずかな気圧の変化も捉えることができ、リアルタイムの気象計測に適している。

【０１３１】

なお、本実施形態では、基準クロック源としてＴＣＸＯ１３０を用いているが、基準クロック源を、温度補償回路を有さない発振回路、例えば、ＡＴカット水晶振動子を搭載した水晶発振回路で構成しても良い。この場合、温度補償回路を有さない分、気圧変動の検出精度は低下するが、基準クロック源を当該水晶発振回路とするか、或いはＴＣＸＯ１３０とするかは、予測システムのコストや予測精度に応じて設計者が適宜選択すればよい。

10

【０１３２】

３．気象変動予測情報提供システムの処理

〔全体処理〕

図８は、データ処理装置４の処理部（ＣＰＵ）３０の全体処理のフローチャートの一例を示す図である。

【０１３３】

まず、データ処理装置４が起動すると、処理部（ＣＰＵ）３０は、時刻変数ｔを０にセットする（Ｓ１０）。

【０１３４】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０（気象データ取得部３２）は、各気象計測装置２が計測した気象データを取得する（Ｓ１２）。

20

【０１３５】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、山岳地帯の地図情報に仮想の観測メッシュ（以下、単に「観測メッシュ」という）をマッピングし、ステップＳ１２で取得した気象データに含まれる気圧データを用いて、時刻ｔにおける観測メッシュの各ノードの気圧を計算する（Ｓ１４）。具体的には、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、例えば、図９（Ａ）に示すように、山岳地帯の等高線や山小屋等（黒丸で表示）の位置情報などを有する地図情報３００に、観測メッシュ３１０をマッピングする。観測メッシュは、４つのノードによって１つの矩形状の区画が形成されている。各区画の１辺の長さ（ノード間の距離）は、山岳地帯の気候やその他の状況を考慮して、十分な精度で気象変動の発生の予測が可能な値（例えば、数百ｍ程度）に設定される。図９（Ｂ）は、地図情報に観測メッシュがマッピングされたイメージを表しており、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、取得した気圧データと山小屋等（黒丸で表示）の位置情報（気象計測装置２の位置情報）から、観測メッシュの各ノード（白丸で表示）の気圧を補完計算する。ただし、標高が１０ｍ高くなる毎に気圧が約１ｈＰａ下がるので、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、取得した気圧データを気象計測装置２の設置高度に応じて補正してから各ノードの気圧を補完計算する。

30

【０１３６】

なお、各気象計測装置２がデータ処理装置４に気象データとともに位置情報を送信することで、データ処理装置４が各気象計測装置２の位置情報を取得してもよいし、各気象計測装置２の設置場所（山小屋等）の位置情報をデータ処理装置４の記憶部５０等にあらかじめ記憶しておいてもよい。

40

【０１３７】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、ステップＳ１４で計算した各ノードの気圧から、時刻ｔにおける各ノードの気圧傾度を計算する（Ｓ１６）。

【０１３８】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、ステップＳ１４で計算した各ノードの気圧とステップＳ１６で計算した各ノードの気圧傾度から、時刻ｔにおける山岳地帯の気圧の分布データと気圧傾度の分布データを生成する（Ｓ１８）。

50

【 0 1 3 9 】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測部３６）は、ステップＳ１８で生成した時刻ｔまでの気圧の分布データと気圧傾度の分布データから気象変動の発生の予測を行い、必要に応じて警告情報を生成する（Ｓ２０）。

【 0 1 4 0 】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０は、時刻ｔにおける、気圧の分布データ、気圧傾度の分布データ、警告情報を山小屋等の表示装置に送信する（Ｓ２２）。

【 0 1 4 1 】

そして、処理部（ＣＰＵ）３０は、処理を終了する（Ｓ２４のＹ）まで、時刻変数ｔをｔだけ増加し、Ｓ１２～Ｓ２２の処理を繰り返し行う。

10

【 0 1 4 2 】

このような処理部（ＣＰＵ）３０の処理により、例えば、ｔを１秒とすると、表示装置に表示される気圧や気圧傾度の分布画像が１秒毎にリアルタイムに更新される。

【 0 1 4 3 】

[気圧傾度の計算処理]

図１０は、時刻ｔにおける各ノードの気圧傾度を計算する処理（図８のＳ１６の処理）のフローチャートの一例を示す図である。

【 0 1 4 4 】

まず、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、時刻ｔの気圧データから、すべての隣接する２つのノード間の気圧傾度を計算する（Ｓ１１０）。ここで、隣接する２つのノードとは、観測メッシュの各区画の各辺にある２つのノードである。隣接する２つのノード N_1 と N_2 の間の気圧傾度 G は、ノード N_1 の気圧を P_1 、ノード N_2 の気圧を P_2 、ノード N_1 と N_2 の距離を L とすると、次式（１１）により計算される。

20

【 0 1 4 5 】

【 数 1 1 】

$$G = \frac{P_2 - P_1}{L} \dots (11)$$

【 0 1 4 6 】

ここで、図１１に示すように、ノード N_1 と N_2 の中点を始点とし、気圧傾度 G の大きさに応じた長さと、気圧傾度 G の符号に応じた向き（気圧の高い方から低い方へ向かう向き）とを有する気圧傾度ベクトル g を考えることができる。

30

【 0 1 4 7 】

次に、処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、変数 i を０にセットし（Ｓ１１２）、時刻ｔにおけるノード N_i とノード N_i に隣接する各ノードとの間の気圧傾度のベクトル和から、ノード N_i の気圧傾度を計算する（Ｓ１１４）。図１２（Ａ）に示すように、ノード N_i とノード N_i に隣接する４つのノード N_A 、 N_B 、 N_C 、 N_D との間の気圧傾度ベクトルをそれぞれ g_A 、 g_B 、 g_C 、 g_D とすると、図１２（Ｂ）に示すように、ノード N_i の気圧傾度ベクトル g_i は、 $g_A + g_B + g_C + g_D$ （ g_A 、 g_B 、 g_C 、 g_D のベクトル和）で計算される。この気圧傾度ベクトル g_i の長さをノード N_i の気圧傾度 G_i と考えることができる。

40

【 0 1 4 8 】

処理部（ＣＰＵ）３０（気象変動予測情報生成部３４）は、気圧傾度を未計算のノードがあれば（Ｓ１１６のＹ）、未計算のノードが無くなるまで変数 i を１ずつ増やしながら（Ｓ１１８）、Ｓ１１４の処理を繰り返し行う。

【 0 1 4 9 】

[気象変動予測情報の生成処理]

図１３は、時刻ｔにおける気圧の分布データと気圧傾度の分布データを生成する処理（図８のＳ１８の処理）のフローチャートの一例を示す図である。

【 0 1 5 0 】

50

まず、処理部（CPU）30（気象変動予測情報生成部34）は、時刻 t における各ノードの気圧と気圧傾度からノード間の位置の気圧を補完計算する（S210）。

【0151】

次に、処理部（CPU）30（気象変動予測情報生成部34）は、ステップS210の計算結果から、同じ気圧の位置を線で結び、時刻 t の等圧線データを生成する（S212）。

【0152】

次に、処理部（CPU）30（気象変動予測情報生成部34）は、ステップS212で生成した等圧線データを気圧に応じて色分けし、時刻 t の気圧分布データを生成する（S214）。

【0153】

次に、処理部（CPU）30（気象変動予測情報生成部34）は、各ノードの気圧傾度の大きさと向きを矢印で表現し、時刻 t の気圧傾度の分布データを生成する（S216）。

【0154】

ステップS214で生成された気圧分布データとステップS216で生成された気圧傾度の分布データは画像に変換され、山小屋等の表示装置に表示される。これにより、気圧や気圧傾度の分布が可視化される。

【0155】

図14は、気圧分布の表示画像の一例を概略的に示す図である。図14の例では、同じ模様の部分が同じ色になっている。処理部（CPU）30（気象変動予測情報生成部34）は、例えば、サーモグラフィーの画像のように、気圧が高い部分ほど赤く気圧が低い部分ほど青くなるような気圧分布データを生成するようにしてもよい。例えば領域A1は気圧が最も高い部分であり赤色で表示される。領域A2は、領域A1よりも少し低い気圧であり、橙色で表示される。領域A3は、領域A2よりも少し低い気圧であり、黄色で表示される。領域A4は、領域A3よりも少し低い気圧であり、緑色で表示される。領域A5は、領域A4よりも少し低い気圧であり、水色で表示される。領域A6は気圧が最も低い部分であり青色で表示される。

【0156】

このように、山岳地帯の気圧分布を色分けして可視化することで、山岳地帯における気圧分布の時間変化を視覚的に極めて容易に把握することができる。従って、局所的な（小さな）低気圧（「降水セル」ともいう）の発生場所（図14ではA6の部分）を容易に特定することができる。

【0157】

また、図15は、気圧傾度分布の表示画像の一例を概略的に示す図である。図15の例では、各ノードの位置に、気圧傾度の大きさに応じた太さで、気圧の高い方から低い方へ向かう向きを有する矢印（気圧傾度ベクトルを表す）が表示されている。

【0158】

このように、山岳地帯の気圧傾度分布を可視化することで、気圧傾度と相関がある風の情報（風向・風速）を概略的に知ることができる。

【0159】

山小屋のオーナーや山小屋に立ち寄った登山者は、可視化された気圧分布データや気圧傾度データを利用することで、気圧や風の時間変化を視覚的に把握することができ、気象変動の発生を予測を精度よく行うことが期待できる。

【0160】

なお、図16に示すように、気圧分布と気圧傾度分布を重ねて表示するようにしてもよい。

【0161】

〔気象変動の予測処理〕

図17は、気象変動の予測処理（図8のS18の処理）のフローチャートの一例を示す

10

20

30

40

50

図である。

【0162】

まず、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、時刻 t までの気圧の分布データと気圧傾度の分布データから局所的な低気圧(降水セル)の有無を判定する(S310)。

【0163】

処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、局所的な低気圧が無いと判定した場合(S312のN)、所定時間内に気象変動が発生する可能性はないと判定し(S316)、時刻 t における予測処理を終了する。

【0164】

一方、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、局所的な低気圧があると判定した場合(S312のY)、時刻 t における、局所的な低気圧の位置、強さ、移動方向、移動速度等を計算する(S314)。

【0165】

次に、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、ステップS314の計算結果から、各判定基準に従い、所定時間内に各気象変動が発生する可能性があるか否かを判定する(S318)。例えば、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、局所的な低気圧における一定時間の気圧の変化量が所定の閾値よりも大きいかなどを判定基準としてもよい。急激な気圧の低下は積乱雲の発達期における上昇気流の発生に関連するものであると考えられる。従って、例えば、一定時間の気圧低下量が所定の閾値よりも大きいことを判定基準とすることで、積乱雲の発達に伴う気象変動の発生を予測することができる。ただし、予測の精度を上げるために、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、気圧データをベースに、気圧以外のデータ(温度や湿度のデータ)を加味して予測するようにしてもよい。さらに、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、判定基準を細分化して、各気象変動の発生の可能性(確率)を段階的に判定してもよい。

【0166】

処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、所定時間内に気象変動が発生する可能性が無いと判定した場合(S320のN)、時刻 t における予測処理を終了する。

【0167】

一方、処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、所定時間内に気象変動が発生する可能性があるとして判定した場合(S320のY)、気象変動の発生予測位置を計算し、気象変動の種類や発生予測位置の情報を含む警告情報を生成し(S322)、時刻 t における解析処理を終了する。なお、この警告情報に、気象変動が発生する可能性(確率)がどの程度であるかの情報を含めてもよい。

【0168】

図18は、気象変動の1つである集中豪雨の発生過程と気圧分布及び気圧傾度分布との関係を概念的に示す図である。図18(A)は、局所的な低気圧の発生前の気圧分布及び気圧傾度分布の一例であり、例えば、ノード $N_1 \sim N_9$ の気圧はほぼ同じであり、気圧傾度もほぼ0になっている。図18(B)は、図22(A)、図22(B)又は図22(C)の発達期の気圧分布及び気圧傾度分布の一例であり、局所的な低気圧が発生することで、ノード N_5 と N_8 の間の N_8 に近い位置を中心とする気圧の低い部分A1と各ノードから低気圧の中心に向かう小さな気圧傾度が観測される。図18(C)は、図22(D)又は図22(E)の成熟期の気圧分布及び気圧傾度分布の一例であり、低気圧の中心がノード N_5 と N_8 の間の N_5 に近い位置に移動するとともに、気圧がかなり低い部分A2と各ノードから低気圧の中心に向かう大きな気圧傾度が観測される。図18(D)は、図22(F)の減衰期の気圧分布及び気圧傾度分布の一例であり、低気圧が消滅し、ノード $N_1 \sim N_9$ の気圧圧差と気圧傾度が小さくなる。

【0169】

処理部(CPU)30(気象変動予測部36)は、例えば、図18(A)のような気圧分布と気圧傾度分布が観測されている状態から、図18(B)のような気圧分布と気圧傾

10

20

30

40

50

度分布が観測されるようになると、所定時間以内に集中豪雨が発生すると判定することができる。また、処理部（CPU）30（気象変動予測部36）は、各ノードの気圧傾度ベクトルの向きや気圧の低い部分の時間変化から低気圧の移動経路を算出することで、気象変動の発生位置や発生時間を予測することができる。

【0170】

以上に説明したように、本実施形態の気象変動予測情報提供システムによれば、山岳地帯に、複数の気象計測装置2を分散して配置することで、各気象計測装置2が計測する気象データ（気圧データを含む）を取得して山岳地帯における気圧分布の情報を得ることができる。そして、この気圧分布の情報を処理することで、特に天気が変わりやすい山岳地帯において気圧の変化に起因して発生する局所的な気象変動の発生の予測等に利用可能な有益な情報を提供することができる。

10

【0171】

また、本実施形態の気象変動予測情報提供システムによれば、山岳地帯における気圧分布を時系列の画像（リアルタイムに変化する画像）として可視化して提供するので、この画像を監視することでリアルタイムに変化する気圧の状況を容易に把握することができ、気象変動の予測等に有効利用することができる。

【0172】

また、一般的な気圧計は高価であるため、多数の気圧計を配置することは現実的でないのに対して、本実施形態では、気圧センサー10を半導体の製造技術を用いて安価で提供することができるので、多数の気象計測装置2を分散配置することができる。さらに、気圧センサー10をPaオーダーの高分解能な周波数変化型の気圧センサーとすることで、ダウンバーストなどの局所的な気象変動の発生前のわずかな気圧変化を的確に捉えることが可能になる。

20

【0173】

本実施形態の気象変動予測情報提供システムを用いることで、例えば、積乱雲の発達期の初期段階である図22（A）の段階で局所的な低気圧の発生を捉えることができるので、集中豪雨等の気象変動が発生するまでに従来よりも時間的余裕をもって警告情報を発信できる可能性がある。

【0174】

4．変形例

30

本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【0175】

[変形例1]

本実施形態では、各気象計測装置2は山小屋等に固定して設置されているが、少なくとも一部の気象計測装置2を移動体に設置してもよい。例えば、図19に示すように、山小屋5や観測所6等に気象計測装置2を設置するとともに、登山者7（案内役（ガイド）等も含む）が気象計測装置2を携帯してもよい。気象計測装置2は、登山者7が使用する登山用の杖等に装着されていてもよい。そして、例えば、気象計測装置2にGPS（Global Positioning System）を搭載しておき、気象計測装置2が気象データとともに位置情報を送信し、データ処理装置4は位置情報と対応づけて気象データを取得（記憶）する。このようにすれば、観測メッシュの各ノードにおける気圧や気圧傾度の補完計算の精度を高めることができる。

40

【0176】

[変形例2]

気象計測装置2が計測した気象条件（気圧、気温、湿度、風向、風速など）が同じでも、雷雨等をもたらす積乱雲が発達するか否かは当該気象計測装置2の位置の地理（地形、建物や木の配置等）によって異なると考えられる。そこで、気象変動予測部36は、気圧分布の変化や気圧傾度分布の変化等の気象変動予測情報とともに山岳地帯の地理情報を用いて雷雨等の気象変動の発生の予測を行うようにしてもよい。例えば、山岳地帯の地理情

50

報は、記憶部 50 に記憶されていてもよいし、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバーに山岳地帯の地理情報を記憶させておき、データ処理装置 4 が通信ネットワークを介して当該地理情報を取得するようにしてもよい。

【0177】

本変形例では、例えば図 20 に示すように、記憶部 50 に記憶される判定テーブル 52 は、気象条件に対する判定基準 A 及び地理条件に関する判定基準 B と判定される気象変動との対応関係を定義する。図 20 の例では、気象条件に関する判定基準 A 1 が満たされるとともに地理条件に関する判定基準 B 1 が満たされると所定時間内に雷雨が発生する可能性があることを示している。同様に、気象条件に関する判定基準 A 2 と地理条件に関する判定基準 B 2 がともに満たされると所定時間内に集中豪雨が発生する可能性があり、気象条件に関する判定基準 A 3 と地理条件に関する判定基準 B 3 がともに満たされると所定時間内に竜巻が発生する可能性があり、気象条件に関する判定基準 A 4 と地理条件に関する判定基準 4 がともに満たされると所定時間内に突風が発生する可能性があることを示している。なお、各気象変動の発生可能性の程度を複数段階に分けて、各判定基準 A 1, A 2, A 3, A 4, ... や各判定基準 B 1, B 2, B 3, B 4, ... をそれぞれ複数の判定基準に細分化してもよい。

10

【0178】

気象変動予測部 36 は、この判定テーブル 52 を参照し、例えば、観測メッシュの各ノードの気象条件（気象変動予測情報の一部）を判定基準 A と比較するとともに、地理情報から得られる各ノードの地理条件を判定基準 B と比較し、各気象変動の発生を予測する。

20

【0179】

本変形例のように、気象状況に山岳地帯の地理情報を加味して気象変動を予測することで、予測精度を高めることができる。

【0180】

[変形例 3]

気象計測装置 2 が計測した気象条件（気圧、気温、湿度、風向、風速など）を、過去に気象変動が発生した際の気象条件の統計情報と照合することで、気象変動の予測精度を高めることができる。そこで、気象変動予測部 36 は、気圧分布の変化や気圧傾度分布の変化等の気象変動予測情報とともに山岳地帯において過去に雷雨等の気象変動が発生した気象条件の統計情報を用いて雷雨等の気象変動の発生の予測を行うようにしてもよい。例えば、この統計情報は、記憶部 50 に記憶されていてもよいし、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバーに統計情報を記憶させておき、データ処理装置 4 が通信ネットワークを介して当該統計情報を取得するようにしてもよい。この統計情報は、雷雨、集中豪雨、竜巻、突風等の各気象変動が発生する毎に、その発生直前の気象条件等の情報を用いて更新される。そして、統計情報の更新と連動させて、判定テーブル 52 の各判定基準も必要に応じて更新される。

30

【0181】

気象変動予測部 36 は、判定テーブル 52 を参照し、例えば、観測メッシュの各ノードの気象条件（気象変動予測情報の一部）を統計情報に連動した判定基準と比較し、各気象変動の発生を予測する。

40

【0182】

本変形例のように、気象状況に過去の統計情報を加味して気象変動を予測することで、予測精度を高めることができる。

【0183】

なお、気象変動予測部 36 が、気象変動予測情報とともに地理情報と統計情報の両方を用いて気象変動の発生の予測を行うことで、気象変動の予測精度をさらに高めることができる。

【0184】

[変形例 4]

処理部（CPU）30（気象変動予測情報生成部 34）は、気圧傾度の分布データに代

50

えて、又は気圧傾度の分布データとともに、風の分布データを生成するようにしてもよい。図 2 1 に示すように、地上や海上付近の風の向きや強さは、気圧傾度力、摩擦力、コリオリの力から求めることができる。摩擦力は、風の向きと反対向きに加わる。コリオリの力は、北半球では風の向きに直角右向きに働き、南半球では風の向きに直角左向きに働く。

【 0 1 8 5 】

なお、気圧傾度力 F は、気圧傾度を G 、空気塊の質量を m 、空気塊の密度を ρ とすると、次式 (1 2) で計算される。

【 0 1 8 6 】

【 数 1 2 】

$$F = m \times \frac{G}{\rho} \dots (12)$$

10

【 0 1 8 7 】

風の分布データを画像に変換してモニターに表示すれば、例えば、突風などが直感的に分かり易くなる。

【 0 1 8 8 】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

20

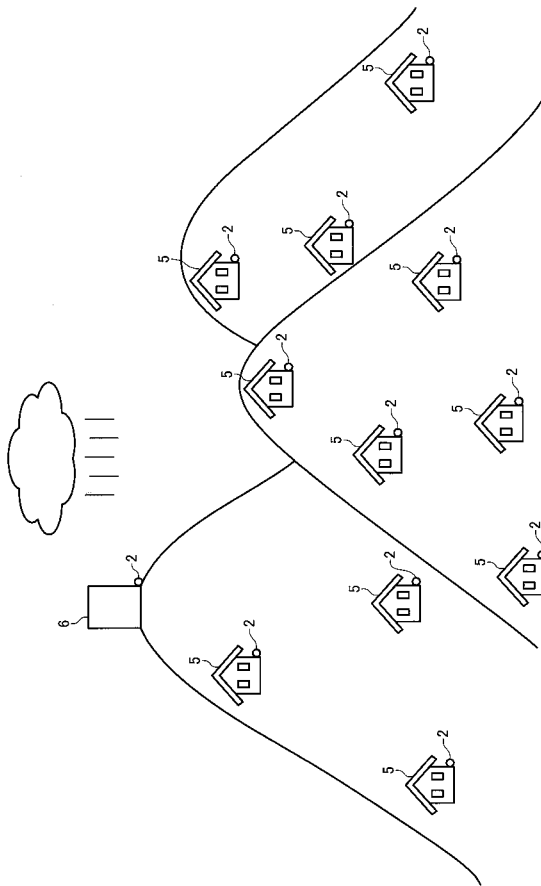
【 符号の説明 】

【 0 1 8 9 】

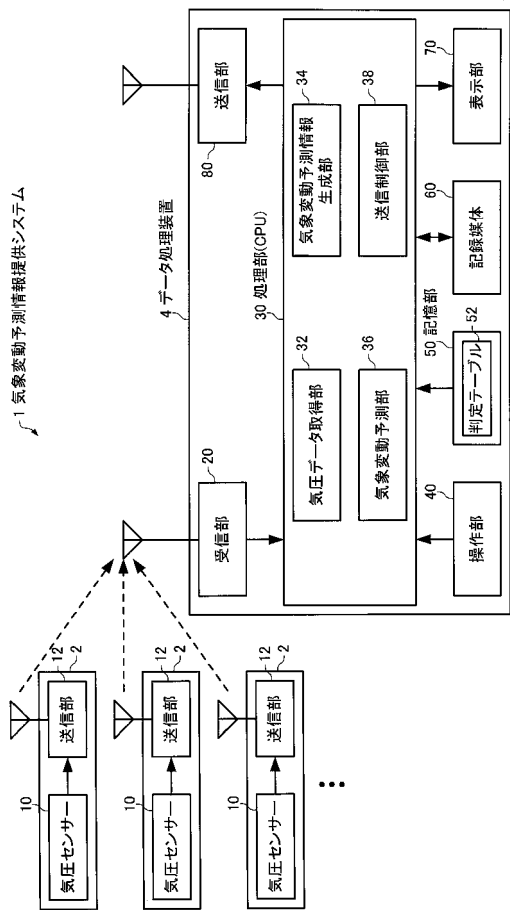
1 気象変動予測情報提供システム、2 気象計測装置、4 データ処理装置、10 気圧センサー、12 送信部、20 受信部、30 処理部（CPU）、32 気象データ取得部、34 気象変動予測情報生成部、36 気象変動予測部、38 送信制御部、40 操作部、50 記憶部、52 判定テーブル、60 記録媒体、70 表示部、80 送信部、100 圧力センサー素子、110 発振回路、120 カウンター、130 TCXO、140 MPU、150 温度センサー、160 EEPROM、170 通信インターフェース（I/F）、210 ダイアフラム、212 突起、214 受圧面、220 振動片、222 振動ビーム（梁）、224 基部、226 支持梁、228 枠部、230 ベース、232 キャビティ、300 地図情報、310 観測メッシュ

30

【 図 1 】



【 図 2 】

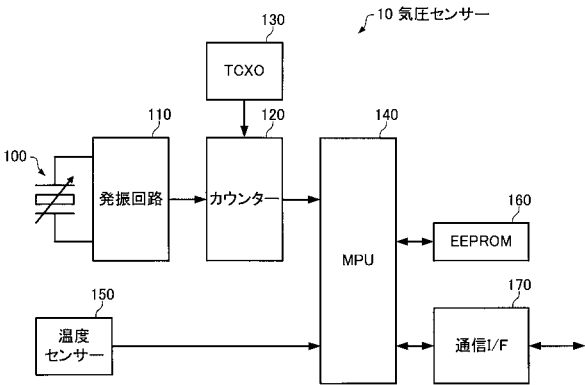


【 図 3 】

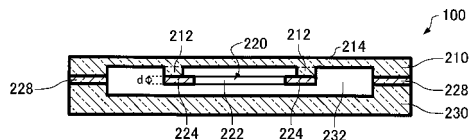
52 判定テーブル

気象条件	予測される気象変動
判定基準1	雷雨
判定基準2	集中豪雨
判定基準3	竜巻
判定基準4	突風
...	...

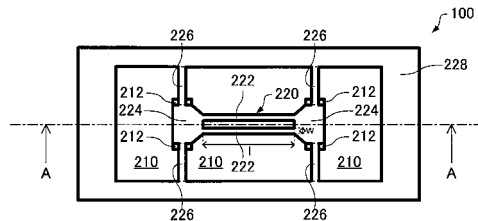
【 図 4 】



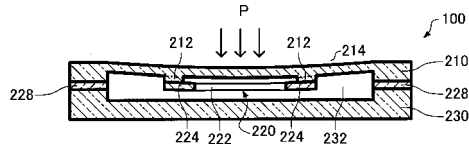
【 図 5 】



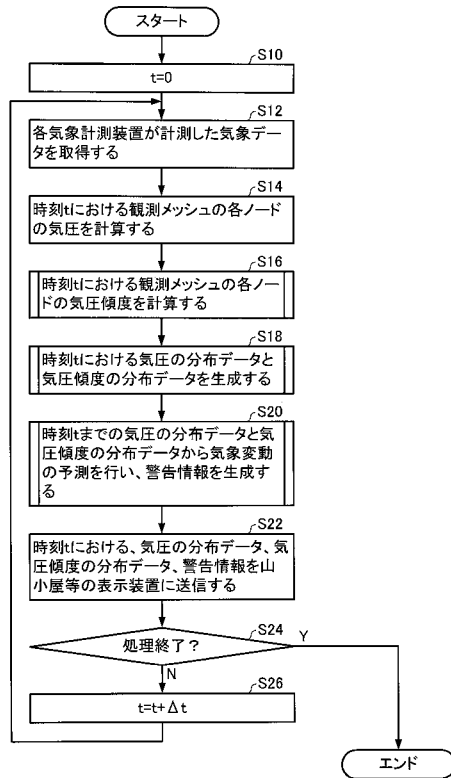
【 図 6 】



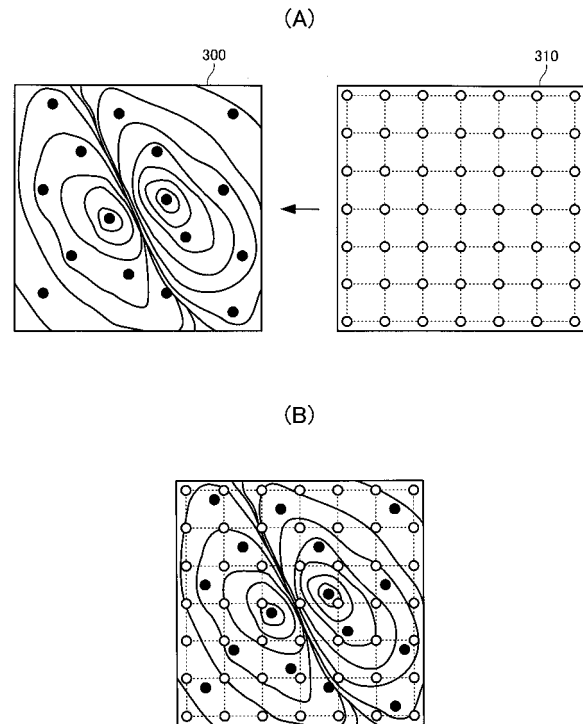
【 図 7 】



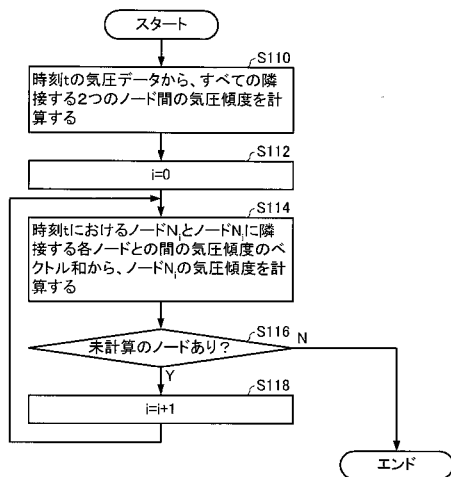
【図 8】



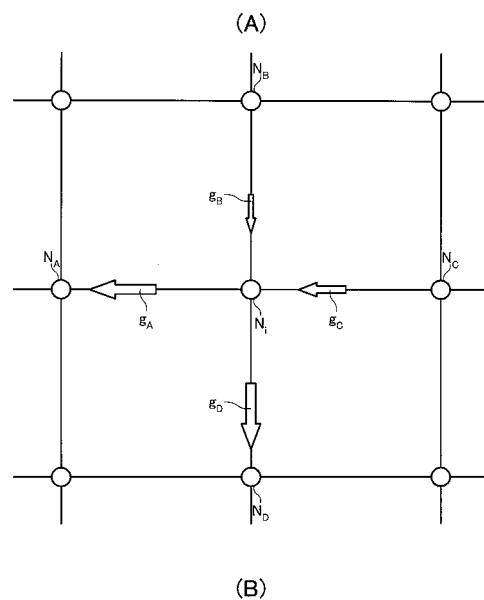
【図 9】



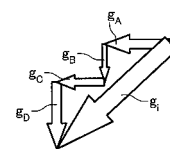
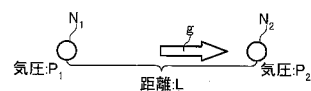
【図 10】



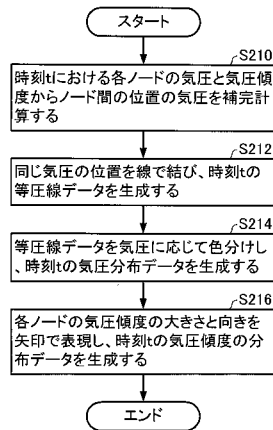
【図 12】



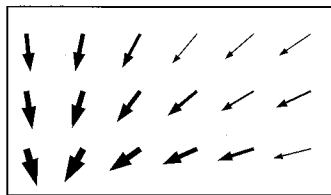
【図 11】



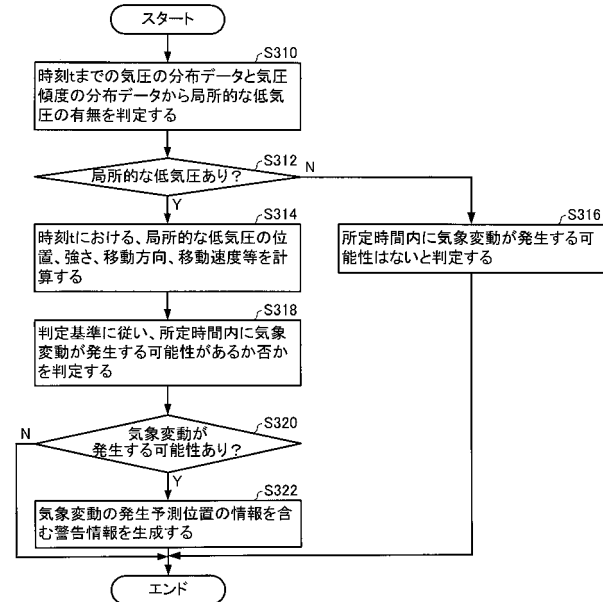
【図 13】



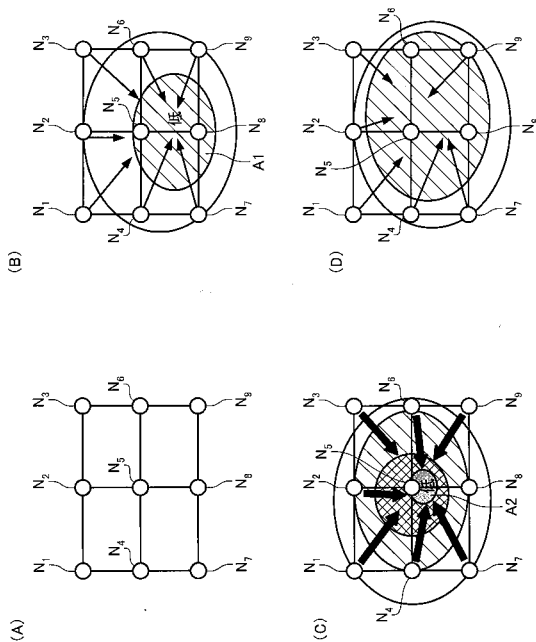
【図 15】



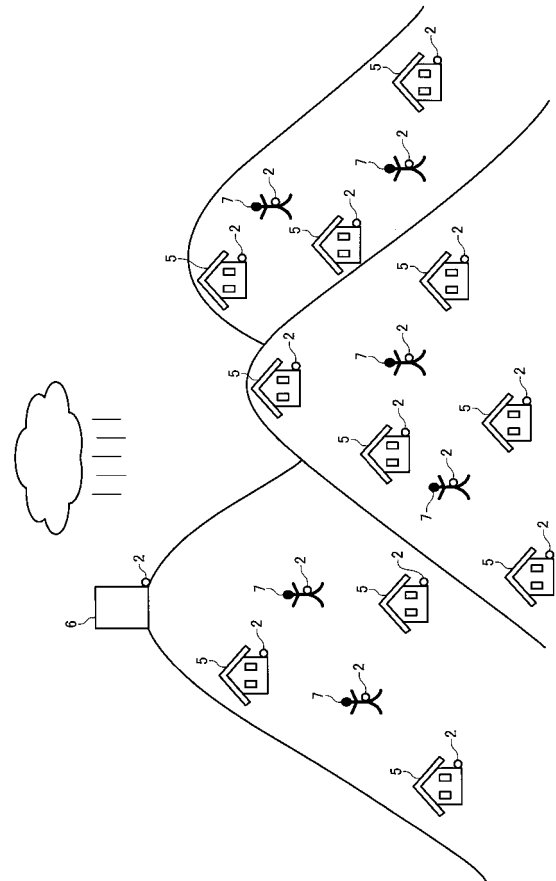
【図 17】



【図 18】



【図 19】



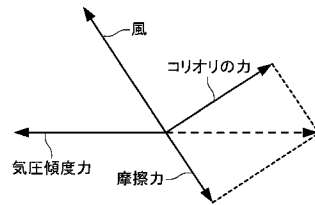
【図 20】

52 判定テーブル

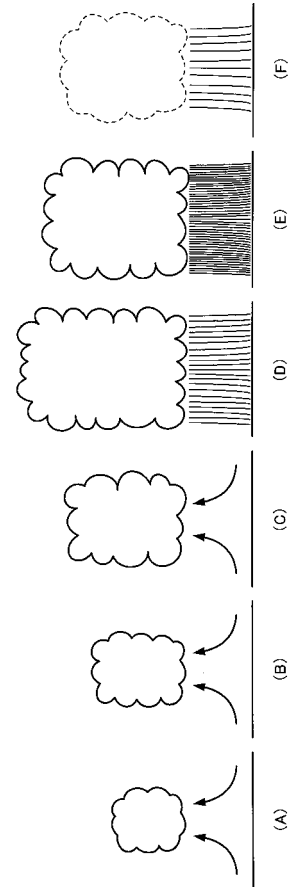
気象条件	地理条件	予測される気象変動
判定基準A1	判定基準B1	雷雨
判定基準A2	判定基準B2	集中豪雨
判定基準A3	判定基準B3	竜巻
判定基準A4	判定基準B4	突風

⋮

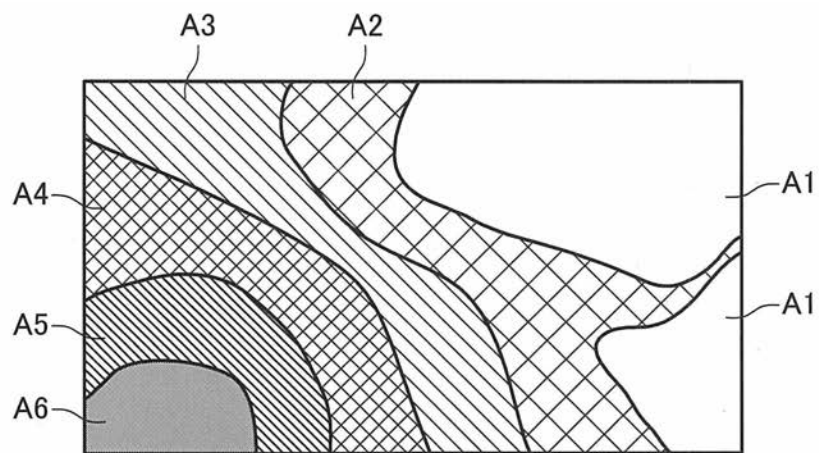
【図 21】



【図 22】



【図 14】



【図 16】

