

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6902241号

(P6902241)

(45) 発行日 令和3年7月14日 (2021.7.14)

(24) 登録日 令和3年6月23日 (2021.6.23)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 W 1/16 (2006.01)

GO 1 W 1/16 A

GO 1 W 1/16 E

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-188298 (P2016-188298)	(73) 特許権者	594086082
(22) 出願日	平成28年9月27日 (2016.9.27)		株式会社フランクリン・ジャパン
(65) 公開番号	特開2018-54367 (P2018-54367A)		神奈川県相模原市中央区宮下1丁目1番1
(43) 公開日	平成30年4月5日 (2018.4.5)		2号
審査請求日	令和1年9月5日 (2019.9.5)	(73) 特許権者	304023318
			国立大学法人静岡大学
			静岡県静岡市駿河区大谷836
		(74) 代理人	100091096
			弁理士 平木 祐輔
		(74) 代理人	100102576
			弁理士 渡辺 敏章
		(74) 代理人	100101063
			弁理士 松丸 秀和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電荷存在高度算出システム、及び電荷存在高度算出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

落雷の第一帰還雷撃を観測することによって得られるデータに基づいて、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出して出力する電荷存在高度算出システムであって、

前記第一帰還雷撃を観測し、当該第一帰還雷撃の発生場所の緯度及び経度と、前記第一帰還雷撃の電流波高値と、を出力する、少なくとも1つの雷観測装置と、

プレリミナリブレイクダウンパルスを検知し、前記第一帰還雷撃の発生時間と前記プレリミナリブレイクダウンパルスの発生時間とから、前記第一帰還雷撃のステップトリーダの継続時間を推定し、出力する雷電界波形記録装置と、

前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出する電荷存在高度演算装置と、を備え、

前記電荷存在高度演算装置は、

前記雷観測装置から前記第一帰還雷撃の発生場所の緯度及び経度と、前記第一帰還雷撃の電流波高値と、を取得する処理と、

前記雷電界波形記録装置から前記第一帰還雷撃のステップトリーダの継続時間を取得する処理と、

地図情報を参照して、前記緯度及び経度から前記第一帰還雷撃の高度を取得する処理と、

前記電流波高値と、前記ステップトリーダの継続時間と、前記高度とから前記電荷存在高度を算出する第1の演算式に基づいて、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出し、出力する処理と、を実行する、電荷存在高度算出システム。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記電流波高値を I 、前記ステップトリダの継続時間を T_s 、前記高度を Alt 、傾き係数を a 、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を H_{10} とすると、前記第 1 の演算式は、

$$H_{10} = a \times I \times 10^5 \times T_s + Alt$$

で表され、

前記傾き係数 a は、 -0.84 以上 -0.024 以下である、電荷存在高度算出システム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記電荷存在高度演算装置は、さらに、前記算出された第一帰還雷撃の電荷存在高度を用い、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度と電荷量変化との関係を示す第 2 の演算式に基づいて、前記電荷量変化を算出し、出力する、電荷存在高度算出システム。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記電荷量変化を ΔQ 、電界変化を ΔE 、電荷中心と観測点との水平距離を D 、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を H_{10} とすると、前記第 2 の演算式は、

$$\Delta Q = [2\pi \times \epsilon_0 \times D^3 \times \Delta E \times \{1 + (H_{10}/D)^2\}^{3/2}] / H_{10}$$

で表される、電荷存在高度算出システム。

【請求項 5】

落雷の第一帰還雷撃を観測することによって得られるデータに基づいて、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出して出力する電荷存在高度算出装置であって、

雷観測装置から、前記第一帰還雷撃の発生場所の緯度及び経度と、前記第一帰還雷撃の電流波高値と、を受信し、雷電界波形記録装置から、前記第一帰還雷撃の発生時間と検知されたプレリミナリブレイクダウンパルスの発生時間とから推定された第一帰還雷撃のステップトリダの継続時間を受信する通信装置と、

電荷存在高度算出プログラムを実行し、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出するプロセッサと、を備え、

前記プロセッサは、

地図情報を参照して、前記緯度及び経度から前記第一帰還雷撃の高度を取得する処理と、

前記電流波高値と、前記ステップトリダの継続時間と、前記高度とから前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出する第 1 の演算式に基づいて、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出し、出力する処理と、を実行する、電荷存在高度算出装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記電流波高値を I 、前記ステップトリダの継続時間を T_s 、前記高度を Alt 、傾き係数を a 、前記第一帰還雷撃の電荷存在高度を H_{10} とすると、前記第 1 の演算式は、

$$H_{10} = a \times I \times 10^5 \times T_s + Alt$$

で表され、

前記傾き係数 a は、 -0.84 以上 -0.024 以下である、電荷存在高度算出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電荷存在高度算出システム、及び電荷存在高度算出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電力・通信・鉄道などの社会インフラの雷害対策において、雷放電現象そのものを解明することは極めて重要である。非特許文献 1 に記載されているように、落雷に関連する負電荷が雷雲中に存在する高度を電荷存在高度と言い、その高さは、気温が摂氏 -10°C に

10

20

30

40

50

なる高度と言われている。また、非特許文献2に記載されているように、例えば、夏季において、その高度が6000mより高ければ、雷は雲から地面や建物等に下向きにステップトリーダが進展し、6000m以下であれば、地面や建物等から上向きに進展すると言われている。

【0003】

そして、現在では、電荷存在高度である -10°C 高度は、例えば、気象庁が発表している高層気象観測データから作成される指定気圧面データから線形予測を用いて求めることが多い。

【先行技術文献】

【非特許文献】

10

【0004】

【非特許文献1】雷の科学, pp.91-92, 東京大学出版, 2009年

【非特許文献2】T. Shindo, T. Miki, M. Saito, A. Asakawa, H. Motoyama, M. Ishii, H. Taguchi, A. Tajima: "Metrological Condition and Occurrence of Upward Lightning at High Structures", IEEJ Trans. Power and Energy, Vol.135, No.6, pp.417-418(2015)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、高層気象観測を行っている気象官署が日本全国で16ヶ所しかなく、気象官署間の距離が数百km程度離れている。また、高層気象観測を行うのも、通常は一日2回(9時と21時)しか行われていない。このため、高層気象観測を実施している気象官署から離れた場所や観測時間から時間が経過した場合の -10°C 高度の精度が低下している可能性は否定できない。このため、気象庁による高層観測データに頼らずに -10°C 高度(電荷存在高度)を求める方法が確立できれば、高層気象官署から離れた場所においても、精度の高い -10°C 高度(電荷存在高度)を求めることができる。

20

本開示はこのような状況に鑑みてなされたものであり、より正確に -10°C 高度(電荷存在高度)を求めるための技術を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

上記課題を解決するために、本開示による電荷存在高度算出システムは、第一帰還雷撃を観測し、当該第一帰還雷撃の発生場所の緯度及び経度と、第一帰還雷撃の電流波高値と、を出力する、少なくとも1つの雷観測装置と、プレリミナリブレイクダウンパルスを検知し、第一帰還雷撃の発生時間とプレリミナリブレイクダウンパルスの発生時間とから、第一帰還雷撃のステップトリーダの継続時間を推定し、出力する雷電界波形記録装置と、第一帰還雷撃の電荷存在高度を算出する電荷存在高度演算装置と、を備える。そして、電荷存在高度演算装置は、雷観測装置から第一帰還雷撃の発生場所の緯度及び経度と、第一帰還雷撃の電流波高値と、を取得する処理と、雷電界波形記録装置から第一帰還雷撃のステップトリーダの継続時間を取得する処理と、地図情報を参照して、緯度及び経度から第一帰還雷撃の高度を取得する処理と、電流波高値と、ステップトリーダの継続時間と、高度とから電荷存在高度を算出する第1の演算式に基づいて、電荷存在高度を算出し、出力する処理と、を実行する。

40

【0007】

本開示に関連する更なる特徴は、本明細書の記述、添付図面から明らかになるものである。また、本開示の態様は、要素及び多様な要素の組み合わせ及び以降の詳細な記述と添付される特許請求の範囲の様態により達成され実現される。

本明細書の記述は典型的な例示に過ぎず、本開示の特許請求の範囲又は適用例を如何なる意味に於いても限定するものではないことを理解する必要がある。

【発明の効果】

【0008】

50

本開示によれば、より正確に -10°C 高度を求めることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】雷の進展過程を示す図である。

【図2】PBPと第一帰還雷撃との間の時間間隔からステップトリーダの継続時間を推定する例を示す図である。

【図3】雷撃点の地上高の差がない状態でステップトリーダの継続時間とそれに続く第一帰還雷撃の電流波高値との関係を示す図である。

【図4】ステップトリーダの進展速度 V_s とそれに続く第一帰還雷撃の推定（観測）電流波高値 I との関係を示す図である。

【図5】本開示の実施形態による電荷存在高度算出システム10の概略構成例を示す図である。

【図6】電荷存在高度（ -10°C 高度 H_{10} ）を算出するまでの処理を説明するためのフローチャートである。

【図7】電荷量変化算出処理を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本開示は、ステップトリーダの継続時間と第一帰還雷撃の電流波高値との間に強い相関関係があることに着目し、ステップトリーダの進展速度と第一帰還雷撃の電流波高値との関係を求めること、このステップトリーダの進展速度と第一帰還雷撃の電流波高値との関係と一般的なステップトリーダの進展速度の算出式（放電路の距離／ステップトリーダの継続時間）とから、電荷存在高度を算出する式を特定し、当該式に基づいて電荷存在高度を算出すること、について開示する。

【0011】

以下、添付図面を参照して本開示の実施形態について説明する。添付図面では、機能的に同じ要素は同じ番号で表示される場合もある。なお、添付図面は本開示の原理に則った具体的な実施形態と実装例を示しているが、これらは本開示の理解のためのものであり、決して本開示を限定的に解釈するために用いられるものではない。

【0012】

本実施形態では、当業者が本開示を実施するのに十分詳細にその説明がなされているが、他の実装・形態も可能で、本開示の技術的思想の範囲と精神を逸脱することなく構成・構造の変更や多様な要素の置き換えが可能であることを理解する必要がある。従って、以降の記述をこれに限定して解釈してはならない。

【0013】

更に、本開示の実施形態は、後述されるように、汎用コンピュータ上で稼動するソフトウェアで実装しても良いし専用ハードウェア又はソフトウェアとハードウェアの組み合わせで実装しても良い。

【0014】

以下では、演算装置やプロセッサ（例えば、CPU等）等を主語（動作主体）として本開示の実施形態における各処理について説明を行うが、各プログラムを主語とした説明としてもよい。

【0015】

<ステップトリーダの継続時間と観測された第一雷撃の電流波高値との関係の考察>

本発明者らは、鋭意検討の結果、ステップトリーダの継続時間と第一雷撃の電流波高値との間には強い相関があることを発見した。以下、詳細に説明する。

【0016】

(i) ステップトリーダの継続時間の推定

通常、 1 kA 程度以下の電流波高値しか持たないステップトリーダを一般的な雷観測装置（JLDN（Japan Lightning Detection Network）に設置された雷観測装置）で検知することは困難である。そこで、ステップトリーダの継続時間を推定するため、雷電界波

10

20

30

40

50

形記録装置によって観測された雷電界波形から第一帰還雷撃に関連したステップトリーダの進展前に起こるPreliminary Breakdown Pulse（以後PBP、或いはプレリミナリブレイクダウンパルスと呼ぶ場合がある）と、そのPBPに続く第一帰還雷撃が発生するまでの時間を計測し、この時間をステップトリーダの継続時間として推定する。

【0017】

図1は、雷の進展過程を示す図である。図1において、矩形で囲まれた部分が雷電界波形記録装置で計測したステップトリーダの継続時間を示している。このように、ステップトリーダの継続時間は、PBPから第一帰還雷撃が発生するまでの時間に相当する。なお、雷電界波形記録装置は、「退役した雷検知センサを利用した雷電界波形記録装置」（松井倫弘，道下幸志 著，平成27年電気学会電力・エネルギー部門大会，No.344 p.9-2-7~9-2-8（2015年））や、「北海道南部でJLDNが検知したPreliminary Breakdown Pulseの特徴」（松井倫弘，道下幸志，横山茂 著，平成28年電気学会全国大会，No.7-137，pp.215（2016年3月））に開示された装置を用いることができる。

【0018】

図2は、PBPと第一帰還雷撃との間の時間間隔からステップトリーダの継続時間を推定する例を示す図である。本開示の実施形態では、ステップトリーダの推定時間は、PBPのパルスのうち、最初に閾値（ノイズと切り分けて識別するための閾値：例えば ± 0.87 V/mとすることができる）を超えた時刻から、第一帰還雷撃の立ち上がり開始時刻までとする。図2の極性は、大気電気学的習慣で表記されている。また、第一帰還雷撃の時刻を例えば表示ソフトウェアから読み取り、雷観測装置（JLDN）で観測された雷放電データと照合することにより、第一帰還雷撃が特定される。

【0019】

(ii) 観測データから推定された負極性ステップトリーダの継続時間と第一帰還雷撃の電流波高値との関係について

同一場所であっても観測された日の -10°C 高度の分布には高低差があり、観測された日によって第一帰還雷撃点の高度も異なってくる。ステップトリーダの継続時間は、放電路の長さによって影響を受けるため、これらの高度差がステップトリーダの継続時間とそれに続く第一帰還雷撃の電流波高値との関係を求めるとき、その精度に影響を与える可能性があると考えられる。

【0020】

そこで、観測された雷撃の大部分が海上に落ちた観測日の観測例から、海上に落ちた雷撃だけを選び、雷撃点の地上高の差がない状態でステップトリーダの継続時間とそれに続く第一帰還雷撃の電流波高値との関係を調べるのが好ましい。図3は、雷撃点の地上高の差がない状態でステップトリーダの継続時間とそれに続く第一帰還雷撃の電流波高値との関係を示す図である。この場合、ステップトリーダの継続時間とJLDNで観測された負極性第一雷撃の電流波高値の間の相関係数は約0.70と算出され、強い相関関係にあることが分かる。なお、相関係数は、共分散÷（ステップトリーダの継続時間の標準偏差×負極性第一雷撃の電流波高値の標準偏差）によって求められる。

【0021】

これらのことから、ステップトリーダの継続時間とそれに続く第一帰還雷撃の電流波高値との関係において、それぞれの雷撃点の高度差が両者の相関関係に影響を与えていることが理解できる。そこで、気象庁の高層気象観測データから求めた観測日における -10°C 高度を H_{10} 、雷撃点の高度を Alt 、雷電界波形記録装置による観測データから推定されたステップトリーダの継続時間を T_s とし、放電路の距離を D_1 、ステップトリーダの進展速度を V_s とすると、放電路の距離 D_1 は式(1)で、 V_s は式(2)で表すことができる。

$$D_1 = H_{10} - Alt \quad \cdots \quad (1)$$

$$V_s = D_1 / T_s = (H_{10} - Alt) / T_s \quad \cdots \quad (2)$$

【0022】

<計測された第一帰還雷撃の電流波高値に基づく -10°C 高度の算出>

図4は、ステップトリーダの進展速度 V_s とそれに続く第一帰還雷撃の推定（観測）電流波高値 I との関係を示す図である。図4のグラフを生成するためには、複数の観測結果（例えば、海の近くの観測所で、高度差に影響されない正確なデータを観測して得られた結果を用いる）に基づく負極性ステップトリーダの推定持続時間 T_s （図2参照）、 -10°C 高度 H_{10} （気象庁観測データから得られる値）、及び第一帰還雷撃位置の高度 A_{lt} を式(2)に代入してステップトリーダの進展速度 V_s を求める。そして、ステップトリーダの進展速度 V_s と第一帰還雷撃の推定電流波高値 I との関係をグラフ上にプロットする。このようにして図4のグラフが生成される。

【0023】

図4の相関係数を算出すると -0.751 であり、ステップトリーダの進展速度 V_s と第一帰還雷撃の推定電流波高値 I との間に強い負の相関関係があることを分かる。そして、図4のグラフに基づいて、ステップトリーダの進展速度を V_s 、第一帰還雷撃の推定（観測）電流波高値を I とすると、 $V_s = a \times I + b$ と表現することができ、図4の場合、 V_s と I は、式(3)に示す関係に近似することができる。図4の場合、 $b = 0$ としている。

$$V_s = -0.0768 \times I \times 10^5 \quad \dots \quad (3)$$

【0024】

なお、ここで、電流波高値 I の係数が負の値である理由は、推定（観測）電流波高値 I が負極性のためである。このことから、負極性第一雷撃の推定電流波高値の絶対値が大きくなると、それに関連した下向き負極性ステップトリーダの進展速度は速くなることが分かる。また、ここでは、傾きとして -0.0768 を採用するが、採用可能な傾きは、例えば、直線41の傾きを上限、直線42の傾きを下限とし、 -0.84 以上 -0.024 以下の値とすることが可能である。

また、式(2)から電荷存在高度である -10°C 高度 H_{10} を求めると式(4)が成り立つ。

$$\begin{aligned} H_{10} &= V_s \times T_s + A_{lt} \\ &= -0.0768 \times I \times 10^5 \times T_s + A_{lt} \quad \dots \quad (4) \end{aligned}$$

【0025】

< -10°C 高度 H_{10} における電荷量変化の算出>

-10°C 高度 H_{10} （電界存在高度）における電荷量変化 ΔQ は、式(4)によって求められた H_{10} を以下の式(5)に代入することによって求めることができる。

$$\Delta Q = [2\pi \times \epsilon_0 \times D_2^3 \times \Delta E \times \{1 + (H_{10}/D_2)^2\}^{3/2}] / H_{10} \quad \dots \quad (5)$$

【0026】

ここで、 D_2 は電荷中心と観測点との水平距離を、 ΔE は電界変化を、 H_{10} は電荷存在高度を、それぞれ表している。 D_2 は、観測された落雷の位置情報から求めることができる。また、 ΔE は、雷放電に伴って発生した電界の測定値である。

【0027】

以上のように、気象庁によって与えられる -10°C 高度ではなく、より正確な -10°C 高度 H_{10} に基づいて電荷量変化 ΔQ を求めることができるため、雷が持っているエネルギー量をより正確に把握することができるようになる。

【0028】

<電荷存在高度算出システムの構成>

図5は、本開示の実施形態による電荷存在高度算出システム10の概略構成例を示す図である。電荷存在高度算出システム10は、各観測地点に配置された雷観測装置（JLDN：Japanese Lightning Detection Network）100と、雷電界波形記録装置200と、雷波形記憶装置300と、演算装置400と、地図情報データベース（以下、地図情報DB）500と、JLDN100と演算装置400とを通信可能なように繋ぐネットワーク600と、を備えている。

【0029】

JLDN100は、落雷（第一帰還雷撃）を検知し、第一帰還雷撃が発生した緯度及び経度の情報と、第一帰還雷撃の電流波高値と、を取得し、ネットワーク600を介して、演算装置400に送信する。

【0030】

雷電界波形記録装置200は、雷電界信号（雷波形）を検知し、検知した雷波形からステップトリダが発生する直前（約1ms前）に雷雲内で起こるPBP（Preliminary Breakdown Pulse）と、第一帰還雷撃を特定する。そして、雷電界波形記録装置200は、PBPの発生時刻と第一帰還雷撃の発生時刻から、PBPから第一帰還雷撃までの時間を算出し、この時間をステップトリダの継続時間とする。雷電界波形記録装置200は、推定されたステップトリダの継続時間を演算装置400に送信し、さらに、例えば、観測地の情報と、観測日時の情報と、対応するステップトリダの継続時間の情報と、計測された雷の波形と、を雷波形記憶装置300に格納する。また、雷電界波形記録装置200は所定時刻精度（例えば、0.2μsec）を持つGPSオプションを含むため、各雷観測装置（JLDN）100で観測された雷データと雷電界波形記録装置200で観測・保存した波形データとを照合することが可能である。

10

【0031】

雷波形記憶装置300は、雷電界波形記録装置200から、例えば、観測地の情報と、観測日時の情報と、対応するステップトリダの継続時間の情報と、計測された雷の波形と、を受信し、これらの情報を保持する。なお、雷波形記憶装置300は、一構成要素として演算装置400に含まれるように構成しても良い。

20

【0032】

演算装置400は、例えば通常のコンピュータによって構成され、各種プログラムをプログラムメモリから読み込んで内蔵メモリ（図示せず）に展開して当該プログラムで実現される機能を実行するプロセッサ401と、各種データを入力し、出力するための入出力装置402と、外部機器と各種情報を通信するための通信装置403と、パラメータ等のデータを格納するメモリ404と、各種プログラムを格納するプログラムメモリ405と、例えば演算結果を格納するための記憶装置406と、を備えている。プログラムメモリ405は、電荷存在高度 H_{10} を算出するための電荷存在高度算出プログラム4051と、電荷存在高度 H_{10} に基づいて電荷量変化を算出するための電荷量変化算出プログラム4052と、を格納している。入出力装置402は、例えば、マウス、キーボード、タッチパネル、スイッチ、マイク等の入力装置と、表示デバイス、スピーカ等の出力装置と、を含んでいる。なお、演算装置400は、電流波高値やステップトリダの継続時間等の情報を受信し、それらに基づいて電荷存在高度を算出しているので、演算装置400を電荷存在高度算出装置と称することも可能である。

30

【0033】

地図情報DB500は、日本全国や所定地域の地図情報を格納するデータベースであって、例えば、観測地の緯度及び経度の情報に対応する高度の情報を格納している。図5では、地図情報DB500は、演算装置400とは別の構成要素として描かれているが、演算装置400の記憶装置406に地図情報が含まれるように構成しても良い。

40

【0034】

<電荷存在高度算出処理>

図6は、電荷存在高度（-10℃高度 H_{10} ）を算出するまでの処理を説明するためのフローチャートである。

【0035】

(i) ステップ101

JLDNにおける観測装置100は、第一帰還雷撃を観測し、当該第一帰還雷撃の電流波高値情報と、当該第一帰還雷撃が発生した場所の緯度及び経度の情報とを演算装置400に送信する。

【0036】

50

演算装置400は、通信装置403を用いて、観測装置100からの、第一帰還雷撃の電流波高値情報と、第一帰還雷撃が発生した場所の緯度及び経度の情報とを受信し、メモリ404或いは記憶装置406に格納する。

【0037】

(ii) ステップ102

ステップトリダの電流波高値は、およそ0.1～1kA程度であるため、通常のJLDNにおける観測装置100では検知することができない。そこで、雷電界波形記録装置200は、ステップトリダが発生する直前（約1msec前）に雷雲内で起こるPBP及び第一帰還雷撃を検知し、PBPから第一帰還雷撃までの時間を計測する。このPBPから第一帰還雷撃までの時間がステップトリダの継続時間として推定される。

10

【0038】

雷電界波形記録装置200は、推定してステップトリダの継続時間の情報を演算装置400に送信すると共に、雷波形記憶装置300に格納する。雷波形記憶装置300は、同一観測箇所でも過去に観測された雷波形（PBPの情報と、第一帰還雷撃の情報と、ステップトリダの継続時間を含む）を蓄積して保持している。

【0039】

なお、本実施形態では、JLDNにおける各観測装置100及び雷電界波形記録装置200の両方で第一帰還雷撃を検知しているが、両者は所定時刻精度のGPSを備えているため、両者が設置された場所の距離と光（雷光）の速度から時間差を求めることができ、互いに対応する第一帰還雷撃を特定することは容易にできる。観測装置100だけが第一帰還雷撃を検知する場合には、観測装置100と雷電界波形記録装置200とが互いに通信し、検知した第一帰還雷撃の情報が観測装置100から雷電界波形記録装置200に送信されるようにすればよい。

20

【0040】

演算装置400は、通信装置403を用いて、雷電界波形記録装置200からの雷データ（ステップトリダの継続時間、第一帰還雷撃の情報等）を受信し、メモリ404或いは記憶装置406に格納する。

【0041】

(iii) ステップ103

演算装置400は、観測装置100から受信した、第一帰還雷撃の発生位置の緯度及び経度の情報に対応する高度の情報を地図情報DB500から取得する。なお、ここで、演算装置400を動作主体としているが、プロセッサ401を動作主体として処理内容を説明しても良い。

30

【0042】

(iv) ステップ104

演算装置400（プロセッサ401）は、取得したステップトリダの継続時間 T_s と高度 A_{1t} とを用いて、式（4）に基づき、電荷存在高度（ -10°C 高度 H_{10} ）を算出する。

【0043】

(v) ステップ105

演算装置400（プロセッサ401）は、算出した電荷存在高度（ -10°C 高度 H_{10} ）を、例えば入出力装置402を介して出力する。

40

【0044】

＜電荷量変化算出処理＞

図7は、電荷量変化算出処理を説明するためのフローチャートである。ここでは、動作主体を演算装置400としているが、実際に電荷量変化算出プログラム4052を実行するのはプロセッサ401であるため、動作主体をプロセッサ401としても良い。なお、本実施形態では、図7のフローチャートによる処理と図6のフローチャートによる処理とは独立のものとして説明しているが、図6の処理の流れで電荷量変化を算出する処理を実行し、電荷存在高度（ -10°C 高度 H_{10} ）と電荷量変化とをそれぞれ出力するようにし

50

ても良い。

【0045】

(i) ステップ201

演算装置400は、図6の処理で算出された電荷存在高度（ -10°C 高度 H_{10} ）を用いて、式（5）に基づき、電荷量変化を算出する。

【0046】

(ii) ステップ202

演算装置400は、ステップ201で算出した電荷量変化を、例えば入出力装置402を介して出力する。

【0047】

このように、電荷量変化 ΔQ を求め、各観測された雷データに対応する電荷量変化 ΔQ を蓄積することにより、現在IEC/TR61400-24で定められている電気設備等（風力発電設備を含む）の耐電荷容量が妥当であるかを判断することが可能となる。

【0048】

<まとめ>

本開示は、実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードによっても実現できる。この場合、プログラムコードを記録した記憶媒体をシステム或は装置に提供し、そのシステム或は装置のコンピュータ（又はCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出す。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコード自体、及びそれを記憶した記憶媒体は本開示を構成することになる。このようなプログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROM、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROMなどが用いられる。

【0049】

また、プログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS（オペレーティングシステム）などが実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって前述した実施の形態の機能が実現されるようにしてもよい。さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータ上のメモリに書きこまれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータのCPUなどが実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって前述した実施の形態の機能が実現されるようにしてもよい。

【0050】

さらに、実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを、ネットワークを介して配信することにより、それをシステム又は装置のハードディスクやメモリ等の記憶手段又はCD-RW、CD-R等の記憶媒体に格納し、使用時にそのシステム又は装置のコンピュータ（又はCPUやMPU）が当該記憶手段や当該記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行するようにしてもよい。

【0051】

最後に、ここで述べたプロセス及び技術は本質的に如何なる特定の装置に関連することではなく、コンポーネントの如何なる相応しい組み合わせによってでも実装できる。更に、汎用目的の多様なタイプのデバイスがここで記述した方法に従って使用可能である。ここで述べた方法のステップを実行するのに、専用の装置を構築するのが有益である場合もある。また、実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。本開示は、具体例に関連して記述したが、これらは、すべての観点に於いて限定の為ではなく説明の為である。本分野にスキルのある者には、本開示を実施するのに相応しいハードウェア、ソフトウェア、及びファームウェアの多数の組み合わせがあることが解るであろう。例えば、記述したソフトウェアは、アセンブラ、C/C++、perl、Shell、PHP、Java（登録商標）等の広範囲のプログラム又はスクリプト言語で実装できる

10

20

30

40

50

。

【0052】

さらに、上述の実施形態において、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。全ての構成が相互に接続されていても良い。

【0053】

加えて、本技術分野の通常の知識を有する者には、本開示のその他の実装がここに開示された本開示の明細書及び実施形態の考察から明らかになる。記述された実施形態の多様な態様及び／又はコンポーネントは、単独又は如何なる組み合わせでも使用することが出来る。

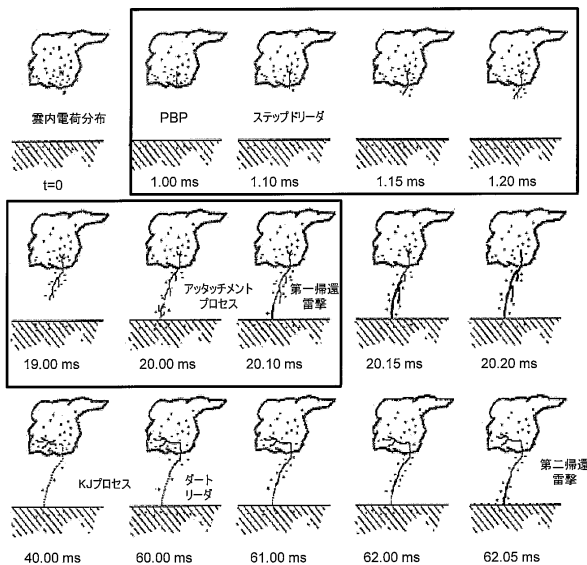
【符号の説明】

【0054】

- 10 電荷存在高度算出システム
- 100 雷観測装置（JLDN）
- 200 雷電界波形記録装置
- 300 雷波形記憶装置
- 400 演算装置
- 401 プロセッサ
- 402 入出力装置
- 403 通信装置
- 404 メモリ
- 405 プログラムメモリ
- 406 記憶装置
- 500 地図情報データベース
- 600 ネットワーク

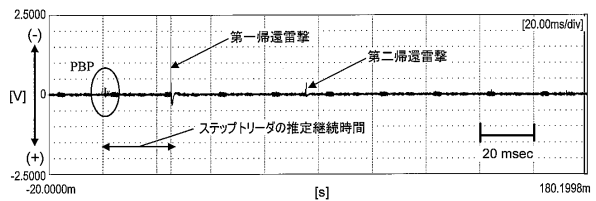
【図1】

図1



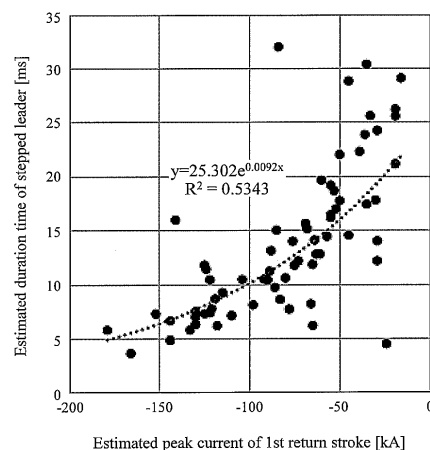
【図2】

図2

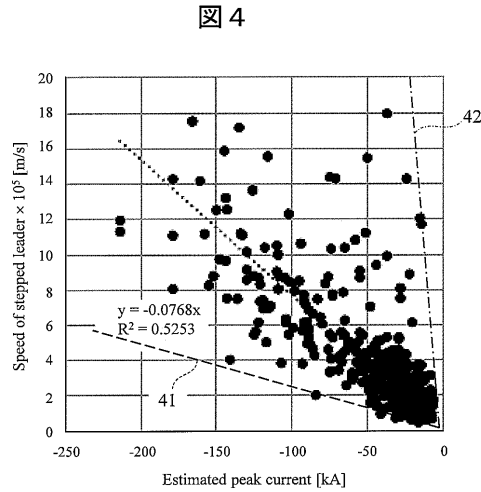


【図3】

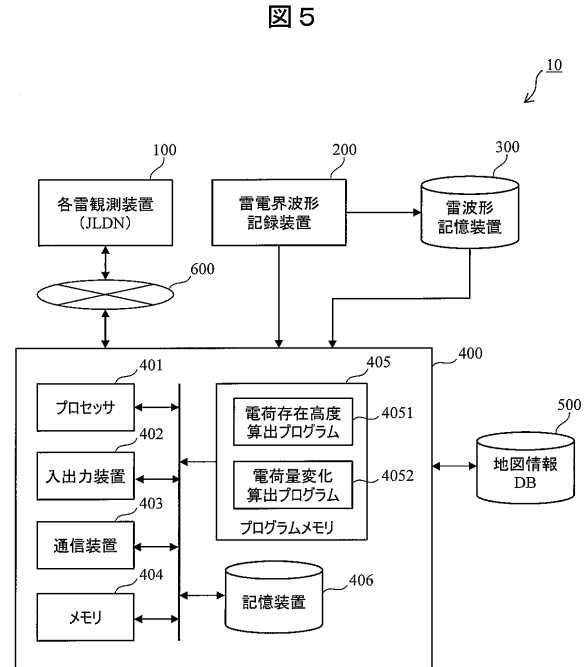
図3



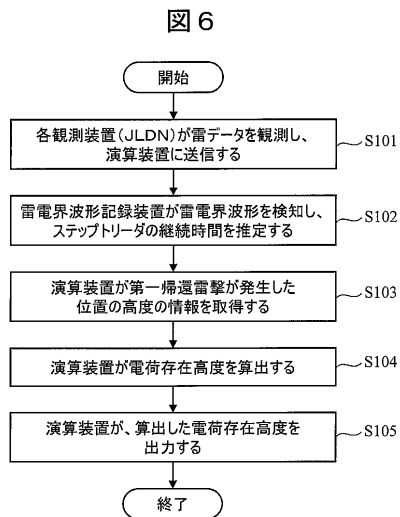
【図 4】



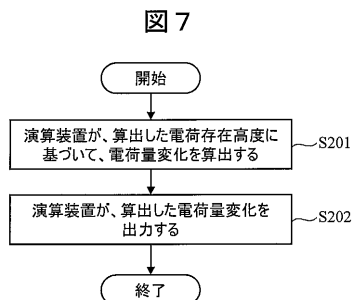
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 松井 倫弘
神奈川県相模原市中央区宮下1丁目1番12号 株式会社フランクリン・ジャパン内
- (72)発明者 道下 幸志
静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立大学法人静岡大学大学院工学研究科内

審査官 後藤 順也

- (56)参考文献 特開2012-103209 (JP, A)
特開2012-189387 (JP, A)
特開2015-094596 (JP, A)
特開2013-025395 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0262732 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01W 1/00-1/18
JSTPlus (JDreamIII)