

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年1月7日(07.01.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/001925 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 15/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/062035
- (22) 国際出願日: 2009年7月1日(01.07.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-172501 2008年7月1日(01.07.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP). 国立大学法人東京大学 (The University of Tokyo) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川 淳一 (NAKAGAWA Junichi) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 伊藤 忠幸 (ITO Tadayuki) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目

6番1号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 山本 昌宏 (YAMAMOTO Masahiro) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 李 書敏 (LI Shumin) [CN/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 竹内 知哉 (TAKEUCHI Tomoya) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 譚永基 (TAN Yongji) [CN/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

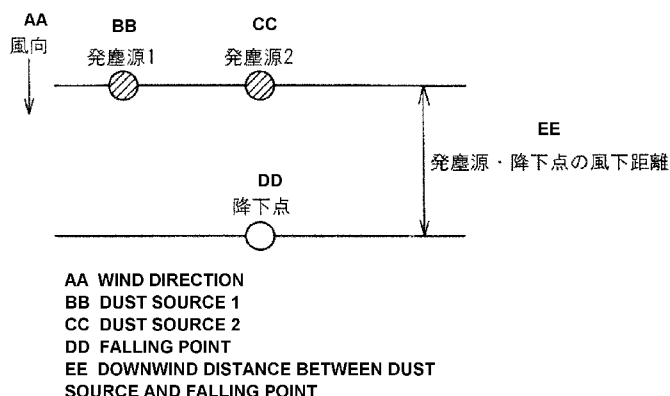
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR ESTIMATING AMOUNT OF DUSTFALL, DEVICE FOR ESTIMATING AMOUNT OF DUSTFALL, AND PROGRAM FOR ESTIMATING AMOUNT OF DUSTFALL

(54) 発明の名称: 降下粉塵量推定方法、降下粉塵量推定装置、及び降下粉塵量推定プログラム

[図1]



(57) Abstract: A method for estimating the amount of dustfall comprising a wind direction/wind velocity information input step for acquiring the time series values of wind direction and wind velocity during a predetermined period, dividing the ranges of wind direction and wind velocity, respectively, into m and n sub-ranges, setting a representative wind velocity value for every sub-range of wind velocity, making an m×n matrix of the wind direction/wind velocity frequency distribution by determining the frequency of time series measurements included in each division range during the predetermined period, and setting the representative wind velocity value and the wind direction/wind velocity frequency distribution as wind direction/wind velocity information; a dust source information input step for inputting information about a dust source; a concentration of dust calculation step for calculating the concentration (c) of dust at an arbitrary coordinate point using the wind direction/wind velocity information and the information about a dust source; and a dustfall calculation step for calculating the amount of dustfall at an arbitrary point.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/001925 A1



PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力工程と；粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力工程と；前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算工程と；前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算工程と；を備える降下粉塵量推定方法。

明 細 書

発明の名称：

降下粉塵量推定方法、降下粉塵量推定装置、及び降下粉塵量推定プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、大気中の粉塵の移流・拡散挙動の計算結果に基づいた降下粉塵量の推定方法、装置、及びコンピュータプログラムに関する。

本願は、2008年7月1日に、日本に出願された特願2008-172501号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 工場の煙突等の発塵源（粉塵・煤塵の発生源）から放出される粉塵粒子の風による飛散挙動を計算し、降下粉塵量を推定することは、降下粉塵が地域住民へ及ぼす影響を評価する際に極めて重要となる。

[0003] 非特許文献1では、以下の方法が提案されている：降下粉塵量は、発塵源と降下点の1次元距離に依存すると仮定する；発塵源と降下点間の距離、粉塵の発生速度、粉塵の粒度分布と粉塵の密度、有効発塵高さ、及び、風向と風速との頻度分布を入力値として、下の（4）式の計算を行なう；（4）式の計算結果に風向・風速の頻度分布を乗じて、降下粉塵量を推定する。

また、実験式または経験式に基づき降下粉塵量を推定する装置及び方法が提案されている（特許文献1参照）。

[0004]

$$C(x) = 0.032 \frac{Q}{He^2} \frac{\left(\frac{20He}{x} \right)^{\frac{20w}{u}+2}}{\Gamma\left(\frac{20w}{u}\right)} \exp\left(-\frac{20He}{x}\right) \quad (4)$$

[0005] Qは発塵強度（粉塵の発生速度）、Heは有効発塵高さ、wは粒子径で決定される終末沈降速度、xは発塵源と降下点の風下距離、uは風速、Γはガンマ関数、C（x）は降下粉塵量を表す。

一方、飛散物質が搬送気体の密度と同一とみなして良い場合には、3次元のガウシアンルームモデルが提案されている。この場合、下の(5)式により、任意の空間位置(x, y, z)における飛散物質濃度を計算することができる(非特許文献2参照)。

[0006]

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\} \cdot \exp\left(-\frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (5)$$

[0007] xは発塵源から風下方向の座標軸上(x軸)上の任意の点、yはx軸と水平平面上で垂直に交わる座標軸(y軸)上の任意の点、zはx軸とy軸で形成される水平平面に対し鉛直方向の座標軸(z軸)上の任意の点、c(x, y, z)は、任意の座標点(x, y, z)における粉塵濃度、uは風速、Qは発塵強度、 σ_y 、 σ_z は、各々、y軸、z軸方向の有視煙の広がり、 H_e は有効発塵高さ、 y_0 は発塵源の存在するy軸上の座標点を示す。また、発塵源の存在するx軸上の座標点は0としている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：日本国特開2005-128691号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：C. H. Bosanquet et al., Proc Inst Mech Engrs, Vol.162, p355 (1950)

非特許文献2：風の気象学，竹内清秀，東京大学出版

非特許文献3：化学工学便覧 改訂四版

非特許文献4：Briggs G. A. Plume rise, U.S. AEC (1969)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、非特許文献1に開示されている推定方法では、降下粉塵量が、発塵源と降下点間の風下方向の1次元距離に依存すると仮定している。

このため、図 1 に示すように、ひとつの降下点に対し、発塵源と降下点の距離、発塵強度、粉塵の粒度分布と粉塵の密度、及び有効発塵高さが全て等しい発塵源 1 と発塵源 2 が存在する場合は、発塵源 1 と発塵源 2 の寄与は同じと推定される。しかし、実際は、粉塵粒子は 3 次元方向に乱流拡散する。このため、降下点からの距離が近い発塵源 2 の寄与が、発塵源 1 より大きくなるという事実を記述できないという問題があった。また、(4) 式は Bosanquet が 1950 年に発表した実験式であるため、数式の精度は、実験式を導出したときの実験の環境に依存し、一般性に欠けるという問題があった。

一方、非特許文献 2 に開示されている推定方法では、飛散物質が搬送気体の密度と同一であるという仮定が必要であった。粉塵粒子の場合は、この仮定が満足されないため、この推定方法は、粉塵粒子の挙動を精度良く推定することができない。

[0011] 本発明は前述のような点に鑑みてなされたものであり、従来の実験式と比較して、実現象の原理原則に忠実かつ正確な推定を行うことができる方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記の課題を解決するために、本発明の各態様は、以下の手段を採用した。

(1) 本発明は、風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力工程と；粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力工程と；前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算工程と；前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算工程と；を備える降下粉塵量推

定方法である。

(2) 前記(1)に記載の降下粉塵量推定方法において、前記粉塵濃度計算工程は、前記粉塵の地表での反射率 β を更に用いて粉塵濃度 c を計算してもよい。

(3) 前記(2)に記載の降下粉塵量推定方法において、前記発塵源情報入力工程では、前記発塵源の3次元空間上での座標と、前記発塵源の発塵強度 Q と、前記粉塵の粒子径と、前記粉塵の密度と、前記発塵源からの有効発塵高さ H_e と、が入力されてもよい。

(4) 前記(3)に記載の降下粉塵量推定方法において、前記粉塵濃度計算工程は、3次元座標軸上の点 (x, y, z) における粉塵濃度 $c(x, y, z)$ を(1)式を用いて計算し；

$$c(x, y, z) = \frac{uQ}{4\pi\sqrt{K_y K_z} x} \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{u(He - \frac{wx}{u} - z)^2}{4K_z x}\right) + \exp\left(-\frac{u(He - \frac{wx}{u} + z)^2}{4K_z x} - \frac{wz}{K_z}\right) \right. \\ \left. + \frac{(2\beta - 1)w}{K_z} \exp\left(-\frac{w(z - He)}{2K_z} - \frac{w^2 x}{4K_z u}\right) \left[\int_0^\infty \exp\left(-\frac{(\beta - \frac{1}{2})w\xi}{K_z} - \frac{u(z + He + \xi)^2}{4K_z x}\right) d\xi \right] \right\} \\ \cdot \exp\left(-\frac{u(y - y_0)^2}{4K_y x}\right) \quad (1)$$

u は風速であり、 K_y 、 K_z は、各々、 y 軸、 z 軸方向の乱流拡散係数であり、 w は粒子の終末沈降速度であり、前記発塵源の x 座標は0であり、前記発塵源の y 座標は y_0 であってもよい。

(5) 前記(2)に記載の降下粉塵量推定方法において、前記降下粉塵量計算工程は、(2)式又は(3)式を用いて降下粉塵量を計算し；

$$C(x, y) = w \cdot c(x, y, z = 0) \quad (2)$$

$$C(x, y) = (1 - \beta) \cdot K_z \cdot \frac{d}{dz} c(x, y, z = 0) \quad (3)$$

$c(x, y, z)$ は、3次元座標軸上の点 (x, y, z) における粉塵濃度であり； C は降下粉塵量であり、 K_z は z 軸方向の乱流拡散係数であってもよい。

(6) また、本発明は、風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力部と；粉塵の発塵源の情報が入力される発塵源情報入力部と；前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算部と；前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算部と；を備える降下粉塵量推定装置である。

(7) また、本発明は、風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力手順と；粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力手順と；前記風向・風

速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算手順と；前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算手順と；をコンピュータに実行させる降下粉塵量推定プログラムである。

（８）また、本発明は、上記（７）に記載の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。

発明の効果

[0013] 上記（１）の発明によれば、従来の実験式と比較して、実現象の原理原則に忠実かつ正確に粉塵挙動の推定ができる。これにより、発塵源から発生した粉塵が、降下粉塵量として市街地にどれだけ影響を及ぼすかの定量的な評価ができる。これとともに、集塵機等の発塵抑制対策設備の最適な規模を見積もる際の設備設計指標が得られる。特に、領域内の風向・風速が一律でない場合でも、実測した風向・風速に従って正確に粉塵挙動の推定ができる。また、風向・風速を特定の数値の分割範囲に分割して計算を行なうため、計算量の節約ができる。このため、複雑な系についても計算が実現可能であり、有意な推定結果を得られる。

上記（２）の発明によれば、粉塵の粒径等の条件に拠って、前記粉塵の地表での反射及び沈着の効果が無視できない場合でも、正確に粉塵挙動の推定ができる。

上記（３）の発明によれば、発塵源の詳細な特性が測定できる場合、この特性に従って、正確に粉塵挙動の推定ができる。

上記（４）の発明によれば、３次元的な乱流拡散係モデルを用い、測定した風速、乱流拡散係数、粉塵粒子の終末沈降速度などの特性に従って、正確に粉塵挙動の推定ができる。

上記（５）の発明によれば、粉塵の粒径が大きい場合や、粉塵の密度が高い場合など、重力による沈降が無視できない場合でも、正確に粉塵挙動の推定ができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]降下点と2つの発塵源の位置関係を説明するための図である。
- [図2]発塵源からの粉塵飛散挙動を説明するための図である。
- [図3]粉塵濃度および降下煤塵量を計算するための第1のフローチャートである。
- [図4]粉塵濃度および降下煤塵量を計算するための第2のフローチャートである。
- [図5A]Pasquill-Giffordによる煙の広がり決定するための図である。
- [図5B]Pasquill-Giffordによる煙の広がり決定するための図である。
- [図6]本発明の実施形態に係る方法で計算した粉塵飛散の濃度分布の一例を示す図である。
- [図7]ガウシアンルームモデルで計算した粉塵飛散の濃度分布の一例を示す図である。
- [図8]本発明の実施形態に係る方法で計算した降下煤塵量分布の一例を示す図である。
- [図9]非特許文献1のBosanquet式で計算した降下煤塵濃度分布の一例を示す図である。
- [図10]降下煤塵量のデポジットゲージによる実測値の一例を示す図である。
- [図11]本発明の実施形態に係る装置構成の概要を示す図である。
- [図12]粉塵濃度および降下煤塵量推定装置として機能するコンピュータシステムのハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0015] 本発明は、発塵源から降下点への風による3次元方向の移流・拡散による飛散挙動を、粉塵の物質収支にもとづき、理論的に求め、降下粉塵量を推定する。

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。

本実施形態では、図2に示すように、発塵源の一例として、工場の煙突からの粉塵粒子の飛散を考える。粉塵粒子は、 H_e の有効発塵高さから風下方向に設定した x 軸を中心軸として飛散する。発塵源は $x=0$ の位置に存在す

るとして、鉛直方向を z 軸に、 x 軸と交差する水平面の軸を y 軸とする。

[0016] 発塵源から風によって飛散する粉塵粒子の濃度を $c(x, y, z)$ とする。
濃度 $c(x, y, z)$ について、物質収支は、下の (6) 式で記述できる。

$$[0017] \quad u \frac{\partial c}{\partial x} = K_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + w \frac{\partial c}{\partial z}, \quad x > 0, z > 0, -\infty < y < \infty \quad (6)$$

[0018] (6) 式において、 u は風速を表し、上述したように x 軸は風向の中心に設定し、風は x 軸方向のみに吹くと仮定する。

(6) 式の左辺第 1 項は、粉塵粒子が風の移流によって飛散する量を示す。

(6) 式の右辺第 1 項は、粉塵粒子が乱流拡散によって y 軸方向に飛散する量を示す。(6) 式の右辺第 2 項は、粉塵粒子が乱流拡散によって z 軸方向に飛散する量を示す。(6) 式の右辺第 3 項は、粉塵粒子が重力によって沈降する量を示す。ここで、粉塵粒子が乱流拡散で x 軸方向に飛散する量は、風の移流により x 軸方向に飛散する量と比較して小さいため、無視できると仮定した。 K_y 、 K_z は、各々、 y 軸方向と z 軸方向の乱流拡散係数を表す。

[0019] 下の (7) 式は、発塵源における粉塵粒子の境界条件の設定に関する式である。 $Q \cdot \delta(y - y_0, z - H_e)$ は $x = 0$ 、 $y = y_0$ 、 $z = H_e$ の位置から発塵強度 Q で粉塵粒子が発生していることを示す。 δ はデルタ関数である。ここで、デルタ関数とは、(8) 式の条件を満たす実超関数である。ここで、発塵強度 Q は、ローボリュームサンプラー等の手段により求めることができる。

$$[0020] \quad c(0, y, z) = Q \cdot \delta(y - y_0, z - H_e) \quad (7)$$

$$[0021] \quad \begin{aligned} \delta(x) &= 0, \quad x \neq 0 \\ \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) dx &= 1, \quad x = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

[0022] 下の (9) 式は、地表における粉塵粒子の境界条件の設定に関する式である。 β は粉塵粒子の地表での反射率を示し、 $\beta = 0$ で完全沈着、 $\beta = 1$ で完

全反射を示す。 β は粉塵粒子の大きさに依存する係数である。通常の計算では、地表面に到達し沈着する粉塵粒子が計算対象になることが殆どであるため、 $\beta = 0$ で近似しても問題ない。正確に β の値を設定したい場合は、粉塵の発生速度、有効発塵高さおよび粉塵の粒子径分布が既知の煙突等の発塵源からの降下煤塵量を、デポジットゲージ等の手段で計測する。そして、各粒子径毎に、降下煤塵の計算値が降下煤塵の実測値に対応するように、 β に適切な値を設定する。

[0023]

$$\left(K_z \frac{\partial c}{\partial z} + \beta w c \right) \Big|_{z=0} = 0 \quad (9)$$

[0024] (6) 式を、(7) 式と (9) 式の境界条件のもとに解析的に解くと、(1) 式が導出できる。

[0025]

$$\begin{aligned} c(x, y, z) = & \frac{uQ}{4\pi\sqrt{K_y K_z x}} \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{u(\text{He} - \frac{wx}{u} - z)^2}{4K_z x}\right) + \exp\left(-\frac{u(\text{He} - \frac{wx}{u} + z)^2}{4K_z x} - \frac{wz}{K_z}\right) \right. \\ & + \frac{(2\beta - 1)w}{K_z} \exp\left(-\frac{w(z - \text{He})}{2K_z} - \frac{w^2 x}{4K_z u}\right) \left[\int_0^\infty \exp\left(\frac{(\beta - \frac{1}{2})w\xi}{K_z} - \frac{u(z + \text{He} + \xi)^2}{4K_z x}\right) d\xi \right] \Big\} \\ & \cdot \exp\left(-\frac{u(y - y_0)^2}{4K_y x}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

[0026] 降下点における降下煤塵量 $C(x, y)$ は、地表 $z = 0$ における任意の平面座標点 (x, y) での粉塵濃度 $c(x, y, z = 0)$ の (9) 式で算出した計算値に、粉塵粒子の終末沈降速度 w を乗じた以下の (2) 式により計算できる。

[0027]

$$C(x, y) = w \cdot c(x, y, z = 0) \quad (2)$$

[0028] 空気中で粉塵が重力落下するとき、粉塵の重力と浮力がバランスする結果、時間がたつと速度が一定になる。これを終末沈降速度といい、(10) 式で計算できる。

[0029]

$$w = \frac{(\rho_s - \rho_a) \cdot g \cdot d_k^2}{18 \cdot \mu} \quad (10)$$

ここで、 ρ_s は粉塵粒子の密度、 ρ_a は大気の密度、 d_k は流刑頻度 k に相当する粉塵粒子の直径、 μ は大気の粘性係数を示す。

[0030] また、降下点における降下煤塵量 $C(x, y)$ は、地表 $z = 0$ における任意の平面座標点 (x, y) での粉塵濃度 $c(x, y, z = 0)$ の z 微分値を (9) 式をもとに計算し、 K_z と $(1 - \beta)$ を乗じた (3) 式でも計算できる。

$$C(x, y) = (1 - \beta) \cdot K_z \cdot \frac{d}{dz} c(x, y, z = 0) \quad (3)$$

ここで K_z は z 軸方向の乱流拡散係数、 β は粒子の地表での反射率を示す。

[0032] 以下、(1) 式及び (2) 式を使用して、降下煤塵量を計算する手順の一例について、図 3 および図 4 のフローチャートを参照しながら説明する。
 先ず、風速、風力情報の入力ステップについて説明する。最初のステップ S01 において、風向、風速の頻度分布を算出する。一定期間の風向、風速の計測値をもとに、風向、風速データを風向について m 個、風速について n 個のカテゴリーに分類する。風速 i 、風向 j のカテゴリーに属するデータの頻度 b_{ij} を算出し、 n 行 m 列の行列を作成する。このとき、この行列の各要素 b_{ij} の総和が 100% になるように調節する。

通常、風向データの分類は、1 方位以上の何方位でも計算でき、入手できる方位データに鑑みて設定すればよい。好ましくは気象庁のアメダスデータに対応させ、16 方位を採用し、 $m = 16$ とする。

風速データの分類は、風速の実測値を直接使用して計算できる。好ましくは、設定期間の最小風速と最大風速との間の区間を、(微風、弱風、通常風、強風)、又は、(微風、弱風、通常風、強風、超強風) 等の分類に 4 または 5 分割し、 $n = 4$ または $n = 5$ とすればよい。 n が 6 以上でも計算できるが、場合によっては計算が煩雑になる。分割した風速の範囲のそれぞれにお

いて、風速の代表値を選定する。代表値の選定に当たっては、各分割区間に属する風速データのうち、発生頻度の最も大きい風速値を採用してもよいし、分割区間に属する風速データの平均値を採用してもよい。

また、風向計と風速計は、周囲にある建物等の障害物の影響を受けない位置に設置することが好ましい。気象庁が近傍にある場合は、アメダス等の気象庁観測データを使用してもよい。

また、風向と風速を計測する期間の設定は、降下煤塵量の計算期間と同一に設定する。そして、設定した期間において、風速、風向の頻度分布の統計量を決定できるように、風速、風向のサンプリング周期を決定する。例えば、 $m = 16$ 、 $n = 4$ の場合において、1ヶ月間の期間を設定する場合は、1時間周期の風速、風向データを採取すれば十分である。

[0033] ステップS02において、降下煤塵の初期値をゼロに設定する。

[0034] 次に、発塵情報の入力ステップについて説明する。ステップS03において、発塵源の情報を入力する。具体的には、発塵源の $x-y$ 座標（ $x = 0$ ， $y = y_0$ ），煙突高さ H ，発塵強度 Q ，粉塵粒子径 d ，粉塵粒子密度 ρ ，排ガス風量 W ，排ガス風速 V 等を入力する。

[0035] 次に、降下地点情報の入力ステップについて説明する。ステップS04において、降下地点の情報を入力する。具体的には、降下煤塵量を推定する降下地点の座標（ x ， y ）を入力する。

なお、上述した、風向、風速情報の入力ステップ、発塵情報の入力ステップ、降下地点情報の入力ステップは、入力の順番は問わず、入れ替わっても構わない。

[0036] 次に、図4に示す粉塵濃度計算ステップS100に入る。本ステップでは、上記各ステップで入力された情報を用いて、降下点における粉塵濃度を計算する。

[0037] ステップS05において、風向・風速の各頻度分布 b_{ij} における風速 u_i （代表風速値）を、以降のステップでの計算に使用する風速 u と定義する。風速 u は、後述する（11）式を使った有効発塵高さの計算と、（1）式を

使った降下点における粉塵濃度計算に使用される。

ステップS06において、粉塵が工場煙突等、周囲の空気より高温で排出される場合は、ステップS03で入力した煙突高さH、排ガス風量W、排ガス風速Vをもとに、有効発塵高さHeを、例えば(11)式により計算する。

[0038]

$$\begin{aligned}
 H_e &= H + 0.65 \times (H_t + H_m) \\
 H_t &= \frac{4.77}{1 + 0.43 \times \frac{u}{w}} \frac{Q_{e\_gas} \cdot w}{u} \\
 H_m &= 6.37 \times g \times \frac{Q_{e\_gas} \cdot \Delta T}{u^3 \cdot T_1} \times (\ln J^2 + 1/J - 2) \\
 J &= \frac{u^2}{(Q_{e\_gas} \times w)^{0.5}} \times \left\{ 0.43 \times \left(\frac{T_1}{g \frac{d\theta}{dz}} \right)^{0.5} - 0.28 \times \frac{w \cdot T_1}{g \cdot \Delta T} \right\} + 1
 \end{aligned} \tag{11}$$

ここで、Hは煙突高さ、 Q_{e_gas} は排ガス流量、 T_1 は大気温度、 ΔT は排ガス温度と T_1 との差、 g は重力加速度、 $d\theta/dz$ は大気温度勾配（通常0.03を用いる）、 w は粒子の終末沈降速度、 u は風速を表す。

[0039] 一方、粉塵が、風により飛散する場合は、カメラ等の装置で発塵状況を記録し、粉塵が最大濃度である高さを色の濃さから識別判定し、発塵高さを決定する。この発塵高さを、有効発塵高さHeとして設定する。

[0040] 粉塵粒子径については、ローボリュームサンプラーで採取した粉塵粒子サンプルを、粒子径分布測定装置に投入し、粒度分布を計測する。計測した粒度分布をもとに、最大頻度径等の定義を使い、代表粒子径を決定する。

また、粒子径の計測範囲を分割し、分割した各々の範囲における代表粒子径を、粉塵粒子径として用いてもよい。この場合は、分割した粒子径の範囲に存在する粉塵粒子の重量比をあらかじめ求めておく。そして、重量の総和が100%になるように、各平均粒子径毎に頻度分布を計算する。そして、各平均粒子径毎の降下煤塵量に、前記の各平均粒子径毎に計算した頻度分布

を乗じて、降下煤塵量の総量を求める。粒子径分布測定装置は、沈降法、光透過式等の方法がある。（例えば、非特許文献 4、参照）

ステップ S 0 7 において、ステップ S 0 3 で入力した粉塵粒子の粒子径 d 、密度 ρ をもとに、終末沈降速度 w を、前述の（10）式により計算する。

[0041] ステップ S 0 8 において、乱流拡散係数 K_y 、 K_z を決定する。 K_y および K_z は、図 5 A、5 B に示す Pasquill-Gifford が米国の草原でトレーサー実験を行い観測した煙の広がり σ_y 、 σ_z の実験値をもとに、下記の（12）式に基づき換算した値を設定する。（例えば、非特許文献 4 を参照）

$$[0042] \quad K_y = \frac{u \cdot \sigma_y^2}{2x}, \quad K_z = \frac{u \cdot \sigma_z^2}{2x} \quad (12)$$

[0043] ここで、図 5 A、5 B の記号 A、B、C、D、E、F は大気安定度を表し、A が非常に不安定、B が不安定、C がやや不安定、D が中立、E が安定、F が非常に安定な状態に相当する。大気安定度は、乱流拡散係数 K_y 、 K_z の大きさに関係し、図 5 A、5 B から大気安定度が安定になるにつれ、乱流拡散係数 K_y 、 K_z は小さくなる。ステップ S 0 9 において、反射率 β を入力する。

[0044] ステップ S 0 1 0 において、前述の（1）式により、 $z = 0$ における降下点の座標位置 (x, y) における粉塵粒子の濃度 $c(x, y, z = 0)$ を計算する。

[0045] 次に、降下煤塵量計算ステップ S 2 0 0 に入る。ステップ S 0 1 1 において、ステップ S 0 1 0 で計算した粉塵粒子の濃度 $c(x, y, z = 0)$ とステップ S 0 7 で計算した粉塵粒子の終末沈降速度 w を使って、前述の（2）式により、降下煤塵量を計算する。この降下煤塵量を、 $\Delta C(x, y)$ と定義する。

[0046] ステップ S 0 1 2 では、降下煤塵量 $C(x, y)$ に、ステップ S 0 1 1 で計算した各風向・風速の頻度分布 b_{ij} に相当する降下煤塵量の計算値 $\Delta C(x, y)$ を加算する。

[0047] ステップS013では、 $i < n$ 、 $j < m$ の条件を満たしていれば、ステップS014のループを実行し、ステップS05からS012の計算を繰り返すことで、降下煤塵量 $C(x, y)$ を求めることができる。ステップS014のループは、まず、 j の値を1つずつ更新し、 $j = m$ に到達するまで、ステップS05からステップS012の計算を繰り返しかえし、 $j = m$ になれば、 i の値を同様に、1つずつ更新し、 $i = n$ に到達するまで、ステップS05からステップS012の計算を繰り返しかえすことを表す。

[0048] S013において、 $i = n$ および $j = m$ になれば、Endに移行し、計算を終了する。

[0049] 上述の手法は、粉塵が風により飛散する際の、粉塵の挙動を、物理現象の原理原則に沿うように記述したものであり、煤塵などの工場から排気される粉塵、自動車の排気ガス中に含まれる粉塵、花粉症の原因となる花粉、黄砂、および砂漠の砂等の飛散現象に適用できる。

上述の手法によって得られた粉塵の挙動の推定結果に基づき、例えば、煙突等の発塵源の数や設置位置、発塵強度等を適切に設計した上で発塵源を設置することができる。また、集塵機等の発塵抑制対策設備を最適に配置することができる。これによって、粉塵の飛散による環境への影響等を適切に制御することができる。

実施例

[0050] 本発明による粉塵濃度の計算結果を図6に示す。計算の前提条件は、有効発塵高さ $H_e = 50\text{ m}$ 、粒子径 $60\text{ }\mu\text{m}$ の粉塵粒子の終末沈降速度 $w = 0.1\text{ m/sec}$ 、発塵強度 $Q = 10\text{ g/s}$ 、風速 $u = 6\text{ m/sec}$ 、反射率 $\beta = 0.0$ であり、 $y = 0$ の x 軸- z 軸断面の粉塵粒子の濃度分布を示す。解析対象となる粉塵の粒子径は、 $30\text{ }\mu\text{m}$ から $90\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に分布しており、その平均値である $60\text{ }\mu\text{m}$ を採用した。 x を発塵源から風下方向の距離(m)とすると、乱流拡散係数 K_y 、 K_z はそれぞれ、 $1004.7/x\text{ (m}^2/\text{sec)}$ 、 $3909.6/x\text{ (m}^2/\text{sec)}$ である。

[0051] 比較例として、図7に、ガウシアンルームモデルとして知られている（

13) 式により計算した、上記と同一条件での計算結果を示す。(13) 式では粒子の重力沈降の効果が考慮されていないため、図6の場合と異なり、粉塵濃度のコンター線の下方向減衰効果が観察できない。また、粒子は完全反射することを仮定しているため、地表における粉塵粒子の濃度勾配が図6の結果と異なっているのが判る。

[0052]

$$c(x, y, z) = \frac{uQ}{4\pi\sqrt{K_y K_z x}} \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{u(He-z)^2}{4K_z x}\right) + \exp\left(-\frac{u(He+z)^2}{4K_z x}\right) \right. \\ \left. \cdot \exp\left(-\frac{u(y-y_0)^2}{4K_y x}\right) \right\} \quad (13)$$

[0053] 図8から図10は、地表における降下煤塵量分布のコンター図であり、それぞれ、本実施例の方法、Bosanquet式の方法、デポジットゲージによる実測値に基づいて描画されている。縦軸はx軸、横軸はy軸である。図中の濃度が高いほど降下煤塵量が多いことを示す。

図8は、本手法を使用して計算した降下煤塵量の計算結果を示す。風向は16方位を採用し、 $m=16$ とした。風速は、1年間の最小風速0.1 m/s、最大風速9 m/sの間を、微風、弱風、通常風、強風の分類に対応させるべく4分割し、 $n=4$ とした。具体的には、当該領域での過去の風速の発生頻度をもとに、各々、0.1～1.5 m/s、1.5～3 m/s、3～6 m/s、6～9 m/sの区間に分割した。各区間の代表風速として、1 m/s、2 m/s、4.5 m/s、7 m/sを計算に採用した。

風向、風速データは、気象庁のアメダスデータを使用し、観測データ間隔1時間の1ヶ月間のデータから風向、風速の頻度分布を算出した。表1に、計算に使用した風向、風速の頻度分布を示す。

[0054]

[表1]

代表風速 (m/s)	風向き (16方位)															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	0.13%	0.40%	2.15%	2.02%	1.61%	4.57%	4.30%	1.48%	1.08%	0.27%	0.13%
2	0.27%	1.21%	1.88%	0.40%	1.21%	2.55%	1.61%	2.28%	0.40%	0.13%	1.61%	4.84%	6.05%	1.88%	0.67%	0.67%
4.5	1.21%	1.08%	2.96%	2.02%	1.88%	1.08%	0.67%	0.13%	0.00%	0.00%	0.13%	0.94%	1.75%	2.28%	3.23%	1.88%
7	0.00%	0.00%	0.13%	0.13%	0.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.34%	6.59%	13.58%	10.35%	0.00%

[0055] 対象とする粒子径が $30\mu\text{m}$ 以上と比較的大きいため、粒子の地面での反射率としては、粒子の完全沈着条件である $\beta = 0$ を採用した。

図9は、比較例として、文献1にある(1)式で計算した降下煤塵量の計

算結果を示す。

図10は、降下煤塵量の実測値をもとに描いたコンター図である。当該領域をほぼ均等に80分割し、各々の分割領域の中心に1台のデポジットゲージを設置した。総計80台のデポジットゲージに10日間堆積した煤塵の重量を計測して、降下煤塵量を求めた。図8は、図9と比較し、実測値である図10とコンター形状がより良く一致しているのが判る。

[0056] 図11に、本発明による粉塵濃度および降下煤塵量推定装置100の概要を示す。装置100は、粉塵濃度計算手段14と降下煤塵量計算手段15とを備え、所定の降下地点において地表に降下し沈着する粉塵量を降下煤塵量として推定する。粉塵濃度計算手段14には、風向・風速情報入力手段11と、発塵源情報入力手段12と、降下地点情報入力手段13とからの情報が入力され、さらに粉塵地表反射率 β が入力される。

[0057] 風向・風速情報入力手段11は、風向及び風速の所定期間における時系列計測値をもとに、風向と風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割する。また、分割した n 個の風速の分割範囲毎に代表値を設定する。更に、それぞれの風速・風速の分割範囲に含まれる時系列計測値の数が、前記所定期間の全計測値数に占める頻度を求め、 $m \times n$ の頻度分布行列を設定する。さらに、求めた風向、風速の頻度分布の値を風向、風速情報として、粉塵濃度計算手段14に入力する。

[0058] 発塵源情報入力手段12に、発塵源の3次元空間上での座標を指定し、発塵源の発塵強度（粉塵の発生速度）、前記粉塵の粒子径、及び、前記粉塵の密度を入力する。また、計算または実測により算出した前記発塵源からの有効発塵高さを粉塵濃度計算手段14に入力する。

[0059] 降下地点情報入力手段13は、地表における粉塵濃度を評価するための降下地点の2次元空間における座標を指定し、この座標を粉塵濃度計算手段14に入力する。

[0060] 粉塵濃度計算手段14は、風向・風速情報入力手段11、発塵源情報入力手段12、および、降下地点情報入力手段13により入力された全入力情報

と、更に入力される粉塵の地表での反射率 β 等の入力値をもとに、発塵源から風によって周囲に移流および拡散される粉塵について、3次元空間における任意の座標点 (x, y, z) における粉塵濃度 $c(x, y, z)$ を、(1)式により計算する。

[0061] 降下煤塵量計算手段15では、前記粉塵濃度計算手段14において計算した任意の座標点のうち $z=0$ の降下地点において地表に降下し、沈着する粉塵量を計算する。このとき、 C を降下煤塵量として(2)式を用いてもよい。又は、 K_y を z 軸方向の乱流拡散係数とし、 β を粒子の地表での反射率として(3)式を用いてもよい。

[0062] 図12には、粉塵濃度および降下煤塵量推定装置100として機能するコンピュータシステムのハードウェア構成例を示す。降下煤塵量推定装置100は、CPU20と、入力装置21と、表示装置22と、記録装置23とを含み、各部はバス24を介して接続される。

[0063] 入力装置21には、降下煤塵量の推定に必要な風向・風速情報、発塵情報、降下地点情報、反射率 β が入力される。CPU20は、入力装置21に入力された情報をもとに、有効発塵高さ H_e 、粉塵粒子の終末沈降速度、乱流拡散係数 K_y 、 K_z を決定し、降下地点における降下煤塵量を計算する。

[0064] 表示装置22は、CPU20で計算した複数の降下地点における降下煤塵量の計算値をもとに、降下煤塵量のコンター図を表示する。

[0065] 記録装置23は、入力装置21に入力された全情報およびCPU20で計算した各降下地点における降下煤塵量を記録する。記録装置23はROM、RAM、HD等により構成されている。記録装置23には、前述した降下煤塵量推定装置100としての動作を制御するコンピュータプログラムも格納される。

[0066] CPU20がこのコンピュータプログラムを実行することによって降下煤塵量推定装置100の機能、または処理を実現する。また、記録装置23にデータベースが格納される。

[0067] なお、本発明の降下煤塵量推定装置は、複数の機器から構成されるシステ

ムに適用しても、一つの機器からなる装置に適用してもよい。

[0068] また、本発明の目的は、前述した機能を実現するコンピュータプログラムをシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（CPU若しくはMPU）が実行することによっても達成され、この場合、コンピュータプログラム自体が本発明を構成することになる。以上、本発明を種々の実施形態と共に説明したが、本発明はこれらの実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の範囲内で変更等が可能である。

産業上の利用可能性

[0069] 本発明によれば、従来の実験式と比較して、実現象の原理原則に忠実かつ正確に粉塵挙動の推定ができる。これにより、発塵源から発生した粉塵が、降下煤塵量として市街地にどれだけ影響を及ぼすかの定量的な評価ができる。これとともに、集塵機等の発塵抑制対策設備の最適な規模を見積もる際の設備設計指標が得られる。

符号の説明

[0070] 2 0 CPU
 2 1 入力装置
 2 2 表示装置
 2 3 記録装置
 1 0 0 降下煤塵量推定装置

請求の範囲

- [請求項1] 風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力工程と；
- 粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力工程と；
- 前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算工程と；
- 前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算工程と；
- を備えることを特徴とする降下粉塵量推定方法。
- [請求項2] 前記粉塵濃度計算工程は、前記粉塵の地表での反射率 β を更に用いて前記粉塵濃度 c を計算することを特徴とする請求項1に記載の降下粉塵量推定方法。
- [請求項3] 前記発塵源情報入力工程では、前記発塵源の3次元空間上での座標と、前記発塵源の発塵強度 Q と、前記粉塵の粒子径と、前記粉塵の密度と、前記発塵源からの有効発塵高さ H_e と、が入力されることを特徴とする請求項2に記載の降下粉塵量推定方法。
- [請求項4] 前記粉塵濃度計算工程は、3次元座標軸上の点 (x, y, z) における粉塵濃度 $c(x, y, z)$ を(1)式を用いて計算し；

$$\begin{aligned}
c(x, y, z) = & \frac{uQ}{4\pi\sqrt{K_y K_z} x} \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{u\left(\text{He} - \frac{wx}{u} - z\right)^2}{4K_z x}\right) + \exp\left(-\frac{u\left(\text{He} - \frac{wx}{u} + z\right)^2}{4K_z x} - \frac{wz}{K_z}\right) \right. \\
& + \frac{(2\beta - 1)w}{K_z} \exp\left(-\frac{w(z - \text{He})}{2K_z} - \frac{w^2 x}{4K_z u}\right) \left[\int_0^\infty \exp\left(-\frac{\left(\beta - \frac{1}{2}\right)w\xi}{K_z} - \frac{u(z + \text{He} + \xi)^2}{4K_z x}\right) d\xi \right] \\
& \left. \cdot \exp\left(-\frac{u(y - y_0)^2}{4K_y x}\right) \right\} \quad (1)
\end{aligned}$$

uは風速であり、 K_y 、 K_z は、各々、y軸、z軸方向の乱流拡散係数であり、wは粒子の終末沈降速度であり、前記発塵源のx座標は0であり、前記発塵源のy座標は y_0 である；

ことを特徴とする請求項3に記載の降下粉塵量推定方法。

[請求項5]

前記降下粉塵量計算工程は、(2)式又は(3)式を用いて降下粉塵量を計算し；

$$C(x, y) = w \cdot c(x, y, z = 0) \quad (2)$$

$$C(x, y) = (1 - \beta) \cdot K_z \cdot \frac{d}{dz} c(x, y, z = 0) \quad (3)$$

$c(x, y, z)$ は、3次元座標軸上の点(x, y, z)における粉塵濃度であり；

Cは降下粉塵量であり、

K_z はz軸方向の乱流拡散係数である；

ことを特徴とする請求項2に記載の降下粉塵量推定方法。

[請求項6]

風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々m、n個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力部と；

粉塵の発塵源の情報が入力される発塵源情報入力部と；

前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算部と；

前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算部と；

を備えることを特徴とする降下粉塵量推定装置。

[請求項7]

風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力手順と；

粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力手順と；

前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算手順と；

前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算手順と；

を備えることを特徴とする降下粉塵量推定プログラム。

[請求項8]

請求項7に記載の降下粉塵量推定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。

補正された請求の範囲
[2009年12月1日01.12.2009)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力工程と；
粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力工程と；
前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算工程と；
前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算工程と；
を備え、
前記粉塵濃度計算工程は、前記粉塵の地表での反射率 β を更に用いて前記粉塵濃度 c を計算する、
ことを特徴とする降下粉塵量推定方法。

[請求項2] (削除)

[請求項3] (補正後) 前記発塵源情報入力工程では、前記発塵源の3次元空間上での座標と、前記発塵源の発塵強度 Q と、前記粉塵の粒子径と、前記粉塵の密度と、前記発塵源からの有効発塵高さ H_e と、が入力されることを特徴とする請求項1に記載の降下粉塵量推定方法。

[請求項4] 前記粉塵濃度計算工程は、3次元座標軸上の点 (x, y, z) における粉塵濃度 $c(x, y, z)$ を(1)式を用いて計算し；

$$\begin{aligned}
c(x, y, z) = & \frac{uQ}{4\pi\sqrt{K_y K_z} x} \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{u(\text{He} - \frac{w x}{u} - z)^2}{4K_z x}\right) + \exp\left(-\frac{u(\text{He} - \frac{w x}{u} + z)^2}{4K_z x} - \frac{wz}{K_z}\right) \right. \\
& + \frac{(2\beta - 1)w}{K_z} \exp\left(-\frac{w(z - \text{He})}{2K_z} - \frac{w^2 x}{4K_z u}\right) \left[\int_0^\infty \exp\left(-\frac{(\beta - \frac{1}{2})w\xi}{K_z} - \frac{u(z + \text{He} + \xi)^2}{4K_z x}\right) d\xi \right] \left. \right\} \\
& \cdot \exp\left(-\frac{u(y - y_0)^2}{4K_y x}\right) \quad (1)
\end{aligned}$$

uは風速であり、 K_y 、 K_z は、各々、y軸、z軸方向の乱流拡散係数であり、wは粒子の終末沈降速度であり、前記発塵源のx座標は0であり、前記発塵源のy座標は y_0 である；
ことを特徴とする請求項3に記載の降下粉塵量推定方法。

[請求項5] (補正後) 前記降下粉塵量計算工程は、(2)式又は(3)式を用いて降下粉塵量を計算し；

$$C(x, y) = w \cdot c(x, y, z = 0) \quad (2)$$

$$C(x, y) = (1 - \beta) \cdot K_z \cdot \frac{d}{dz} c(x, y, z = 0) \quad (3)$$

$c(x, y, z)$ は、3次元座標軸上の点(x, y, z)における粉塵濃度であり；
Cは降下粉塵量であり、
 K_z はz軸方向の乱流拡散係数である；

ことを特徴とする請求項1に記載の降下粉塵量推定方法。

[請求項6] (補正後) 風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々m、n個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記

所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力部と；
粉塵の発塵源の情報が入力される発塵源情報入力部と；
前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算部と；
前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算部と；
を備え、
前記粉塵濃度計算部は、前記粉塵の地表での反射率 β を更に用いて前記粉塵濃度 c を計算する、
ことを特徴とする降下粉塵量推定装置。

[請求項 7] (補正後) 風向及び風速の所定期間における時系列計測値を取得し、前記時系列計測値をもとに、風向及び風速の範囲を、各々 m 、 n 個の分割範囲に分割し、風速の前記分割範囲毎に風速代表値を設定し、それぞれの前記分割範囲に含まれる前記時系列計測値の前記所定期間での頻度を求めることによって $m \times n$ 行列の風向・風速頻度分布を作成し、前記風速代表値及び前記風向・風速頻度分布を風向・風速情報とする風向・風速情報入力手順と；
粉塵の発塵源の情報を入力する発塵源情報入力手順と；
前記風向・風速情報と、前記発塵源の情報と、を用いて、任意の座標点における粉塵濃度 c を計算する粉塵濃度計算手順と；
前記粉塵濃度 c に基づいて、任意の降下地点における降下粉塵量を計算する降下粉塵量計算手順と；
を備え、
前記粉塵濃度計算手順は、前記粉塵の地表での反射率 β を更に用いて前記粉塵濃度 c を計算する、
ことを特徴とする降下粉塵量推定プログラム。

[請求項 8] 請求項 7 に記載の降下粉塵量推定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。

条約第19条(1)に基づく説明書

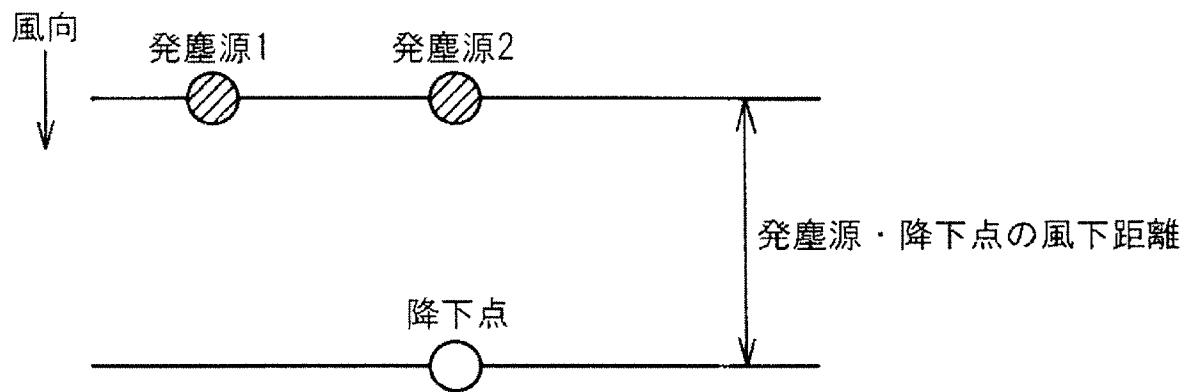
本願における3つの独立請求項である、請求の範囲第1項、第6項、及び第7項において、出願時の請求の範囲第2項に対応する特徴をそれぞれ加入し、減縮補正を行った。

また、請求の範囲第3項および第5項において、従属先をそれぞれ変更した。

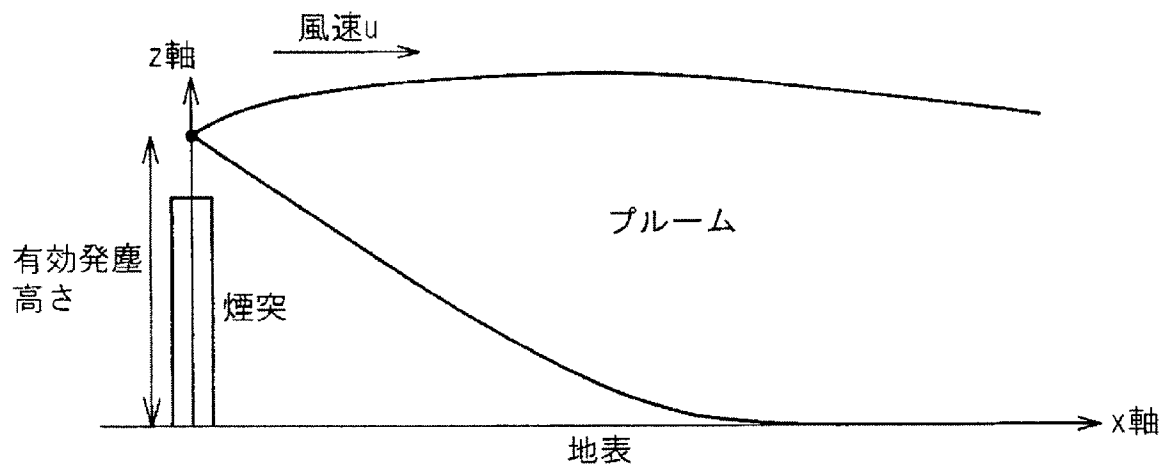
本願に関して発行された国際調査見解書において、本願の請求の範囲第2項は、新規性、進歩性を共に有するとの見解が示されている。特に、国際調査見解書には、請求の範囲第2項の記載内容に関連して、以下の見解が示されている：「(国際調査報告で引用された) 文献1～3には、粉塵の地表での反射及び沈着の効果を考慮する点などが記載されておらず、しかもその点は当業者といえども容易に想到し得ないものである。」

従って、国際調査見解書の上記見解に基づき、本願の補正後の請求の範囲第1項、第6項、及び第7項はいずれも、新規性、進歩性を共に有するものとみなされるべきである。

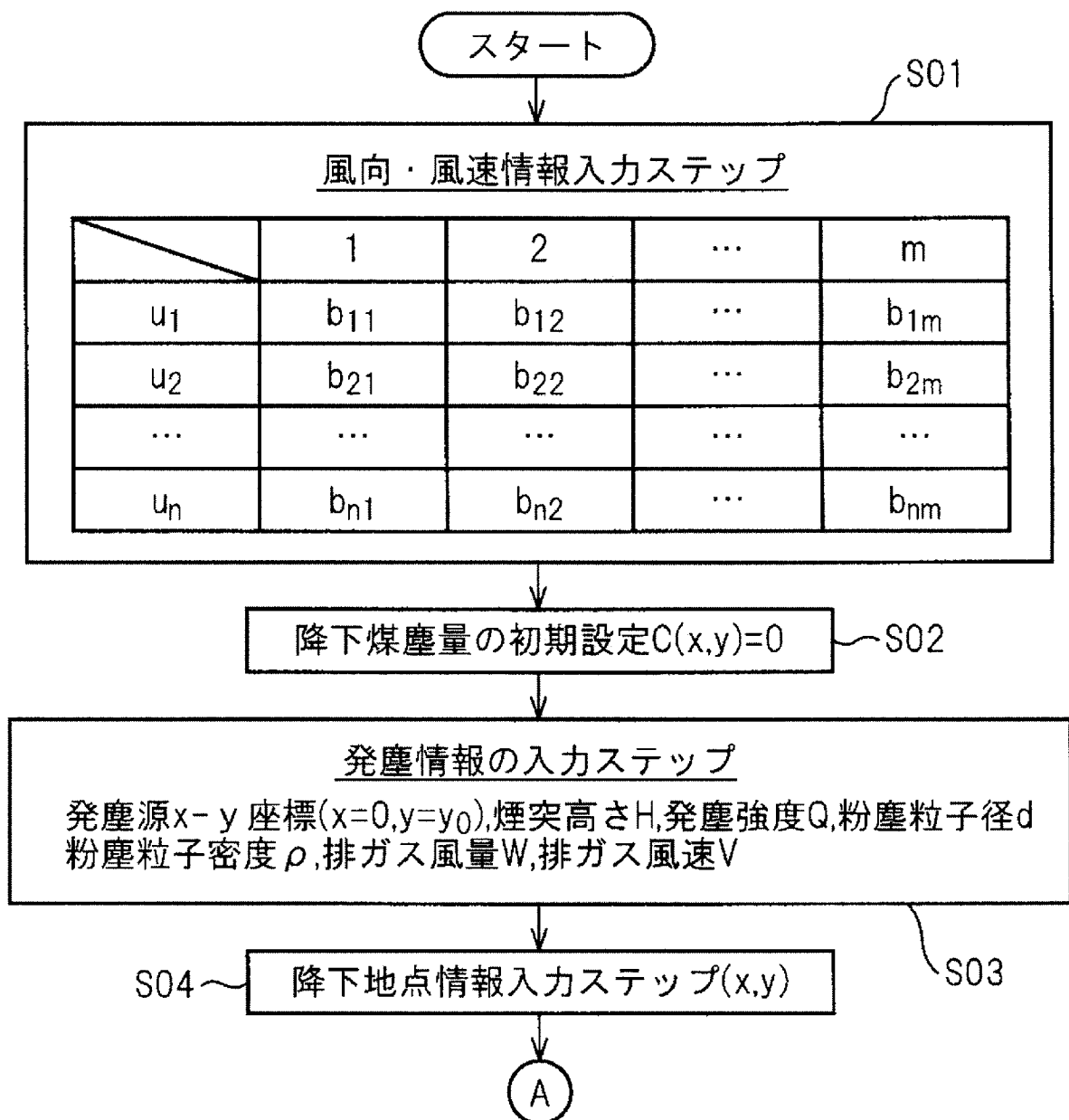
[図1]



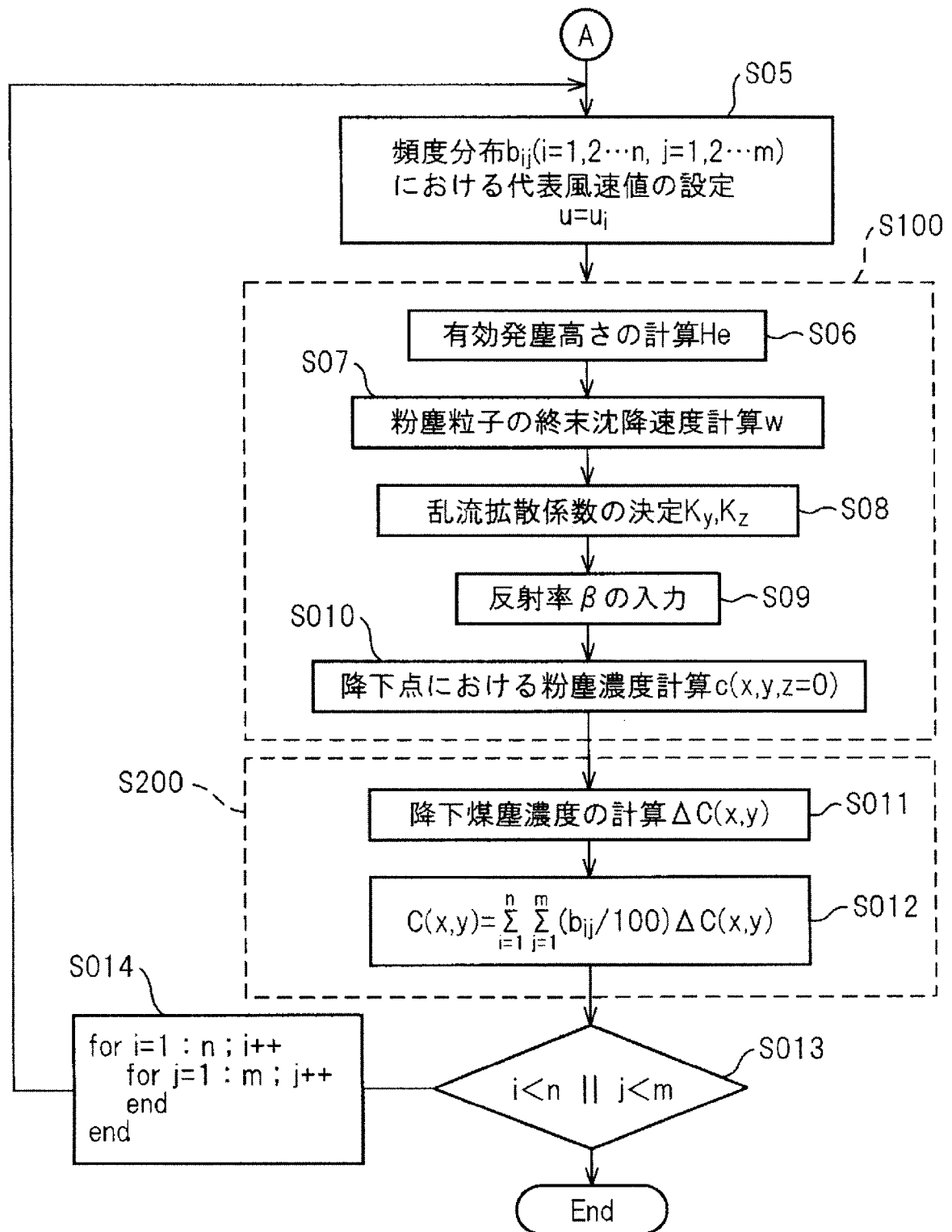
[図2]



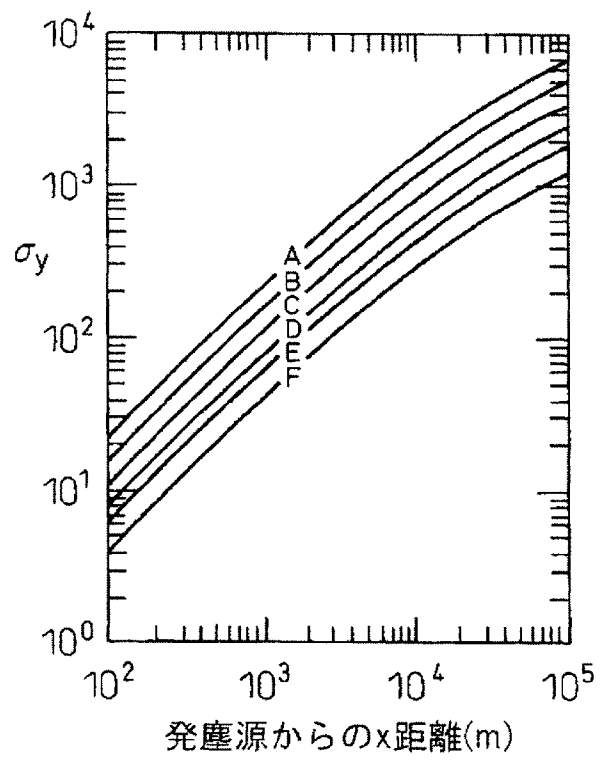
[図3]



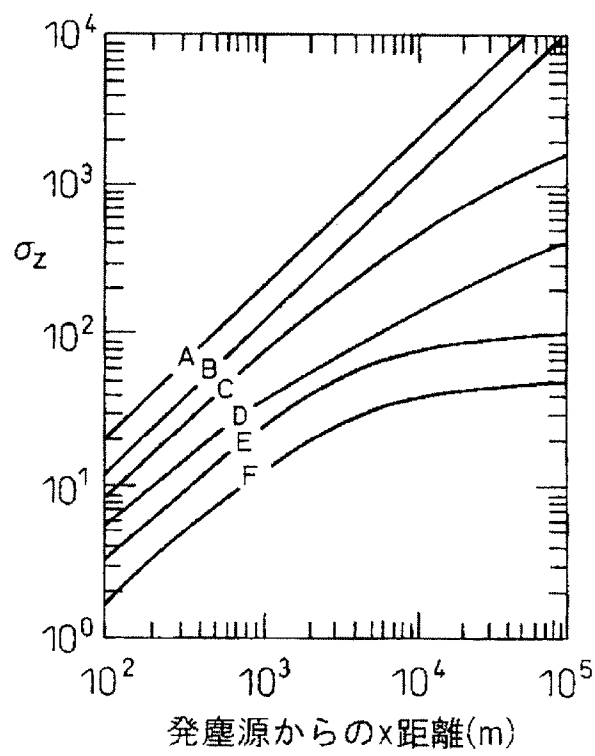
[図4]



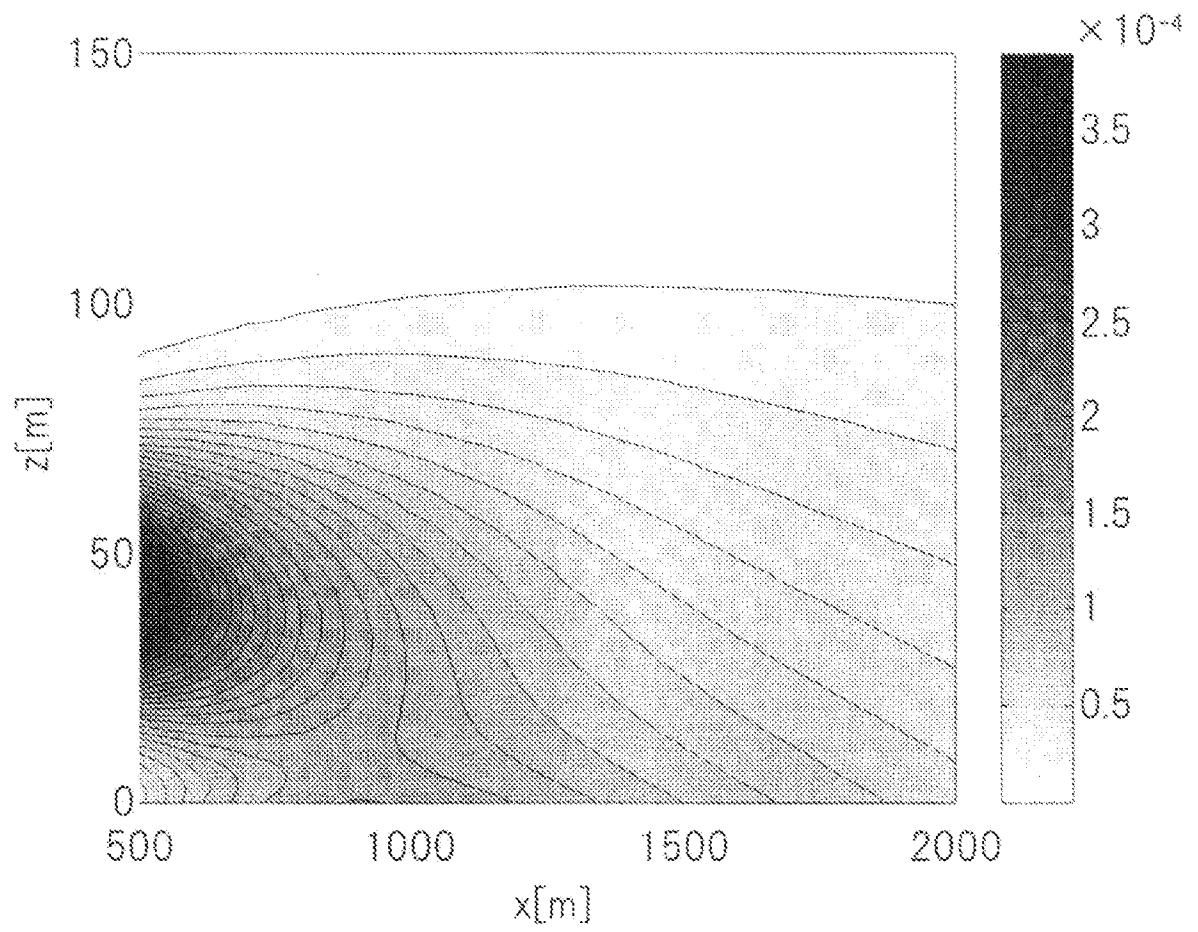
[図5A]



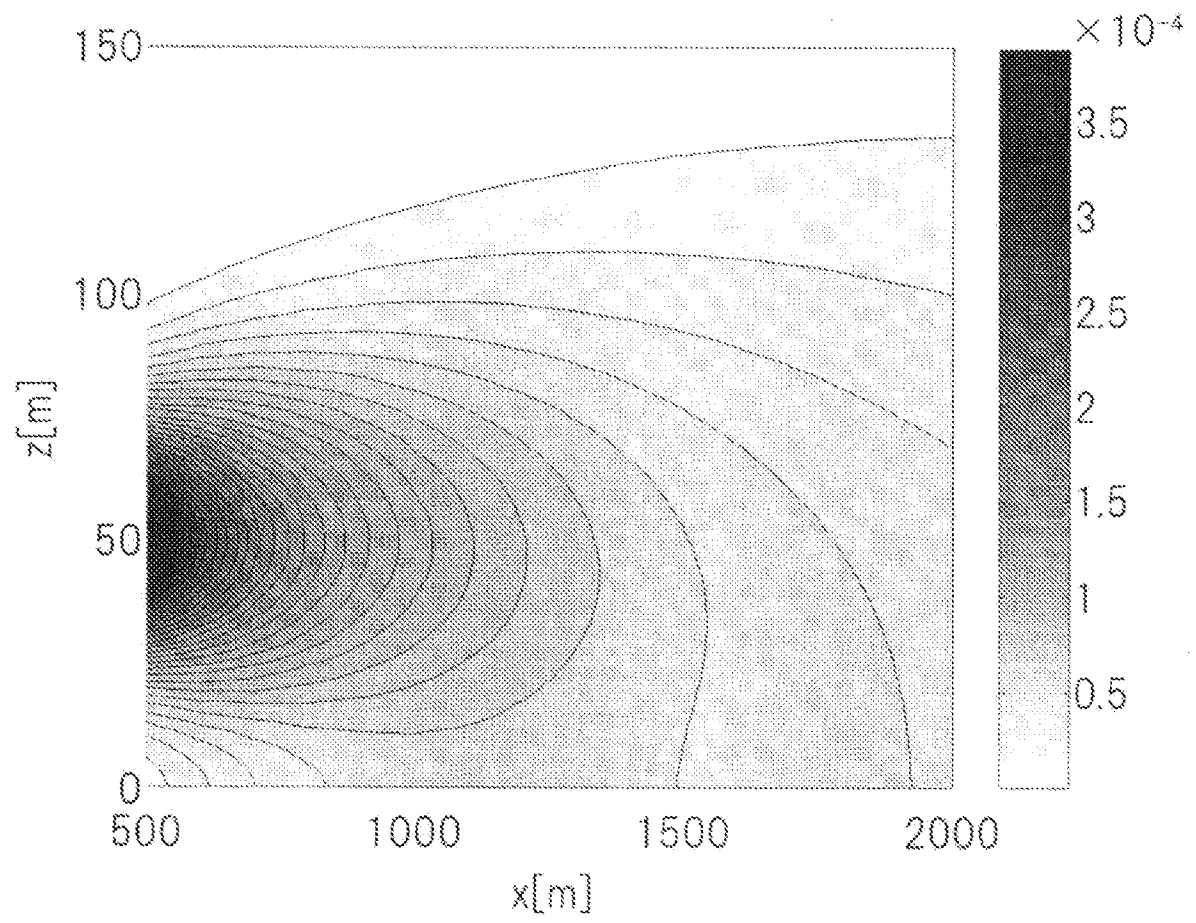
[図5B]



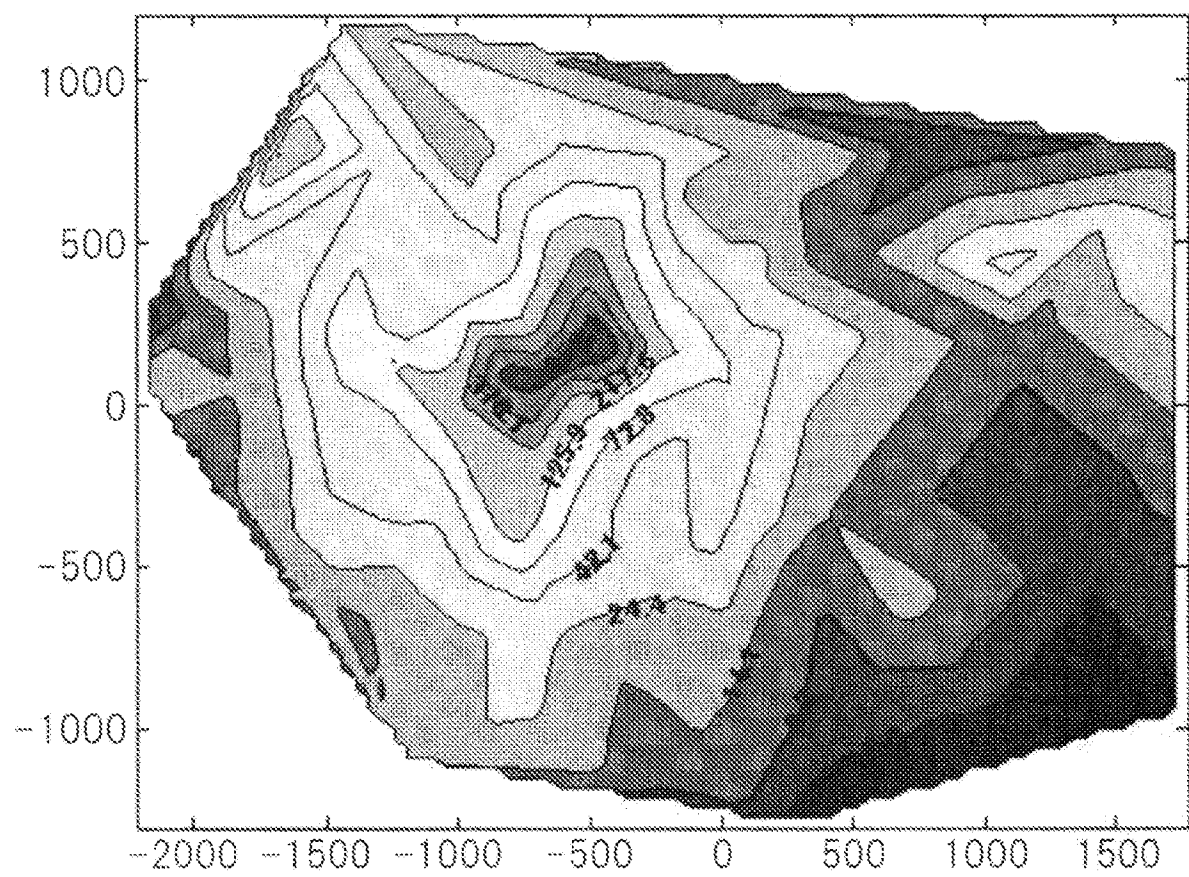
[図6]



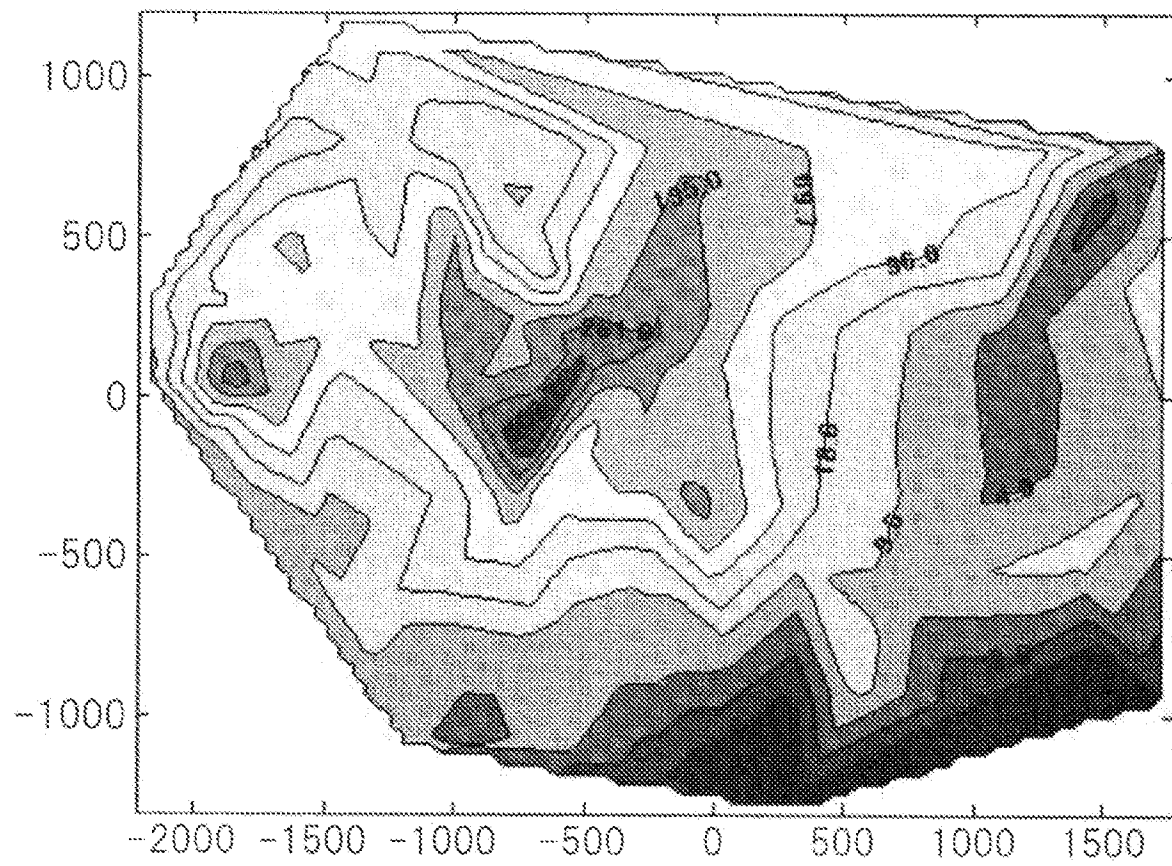
[図7]



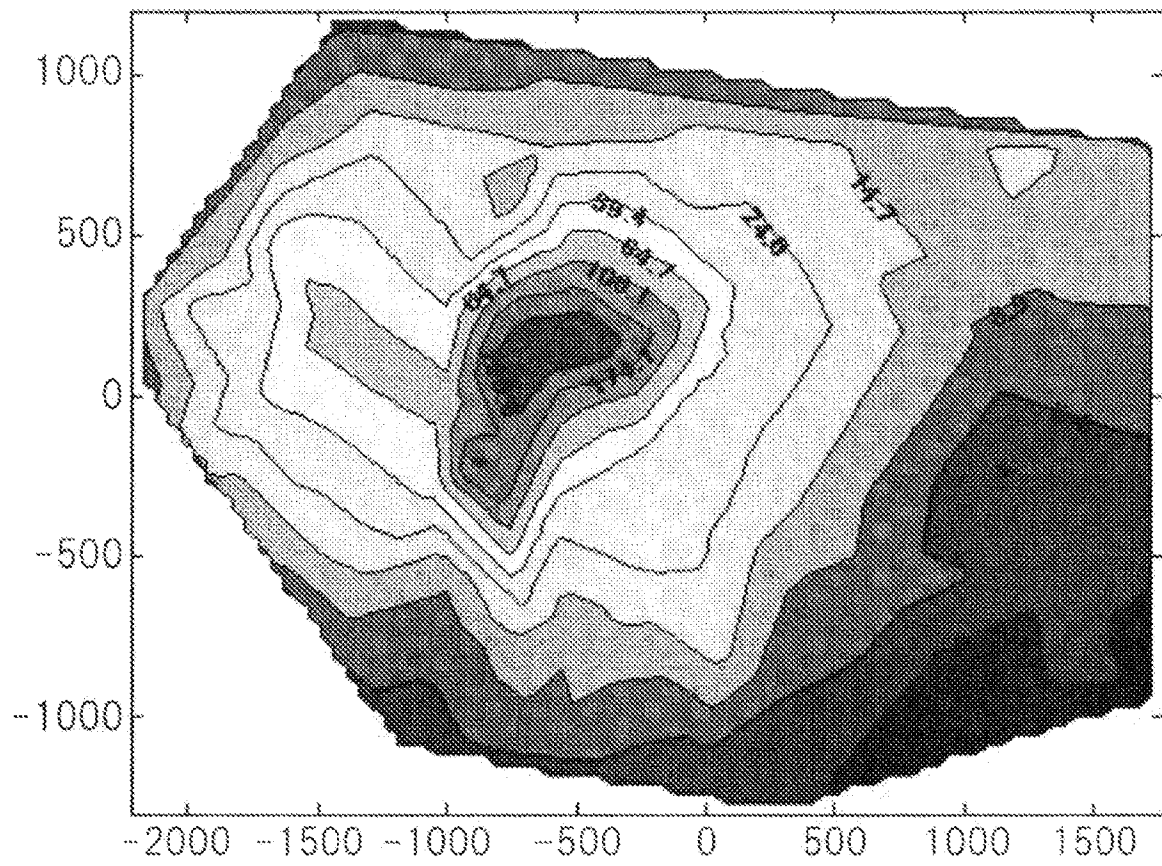
[図8]



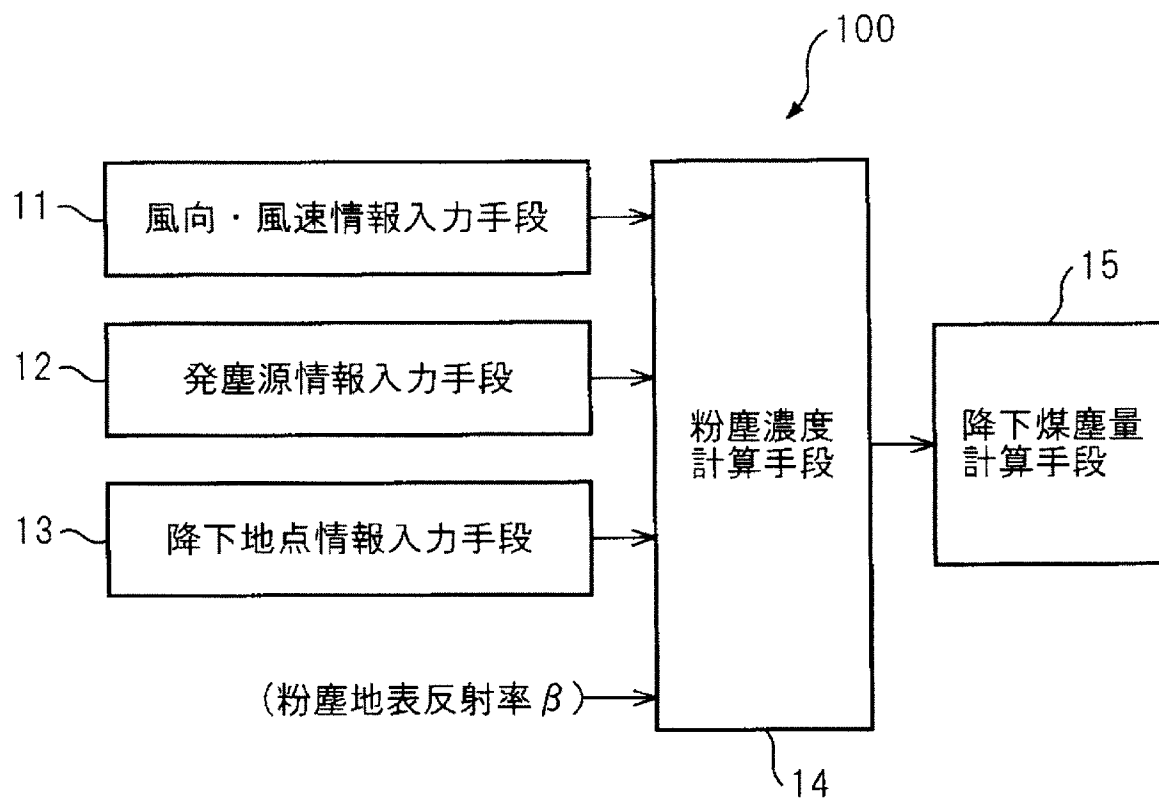
[図9]



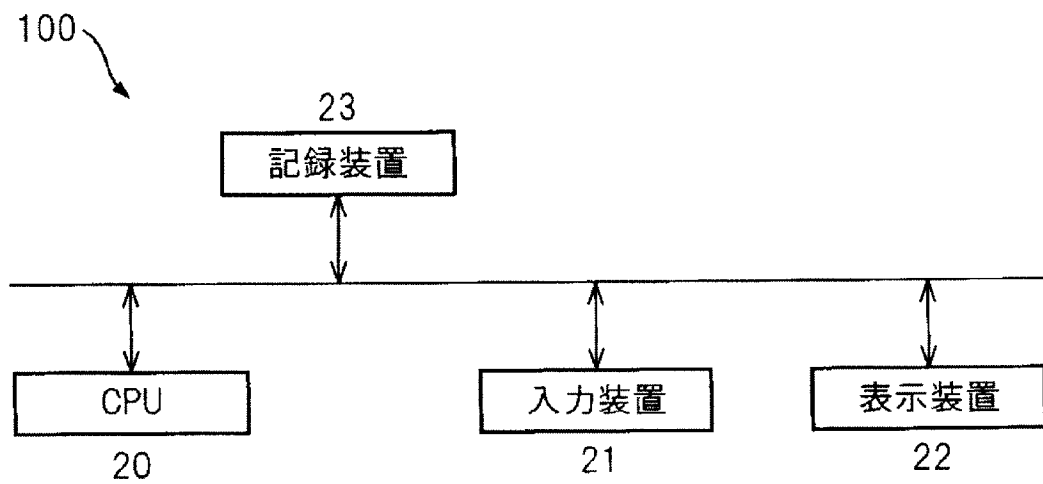
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/062035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N15/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N15/00-15/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2001-42052 A (Weather Information System Co., Ltd.), 16 February, 2001 (16.02.01), Par. Nos. [0013], [0014], [0040] to [0046]; table 2 (Family: none)	1, 6-8 2-5
A	JP 2008-89418 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 17 April, 2008 (17.04.08), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	Kunihiko OTSUKA et al., "Koka Baijin Simulation Model no Kaihatsu to sono Tekiyo", Sumitomo Kinzoku, 1994.04, Vol.46, No.2, pages 82 to 88	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 September, 2009 (25.09.09)

Date of mailing of the international search report
06 October, 2009 (06.10.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N15/06 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N15/00 - 15/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JST7580 (JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2001-42052 A (気象情報システム株式会社) 2001.02.16, 【0013】、【0014】、【0040】～【0046】、表2 (ファミリーなし)	1, 6-8 2-5
A	JP 2008-89418 A (三菱重工業株式会社) 2008.04.17, 全文全図 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 9 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 6 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

渡▲辺▼ 純也

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2

2 J

3 6 0 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	大塚邦彦 他, 降下ばいじんシミュレーションモデルの開発とその適用, 住友金属, 1994.04, 第46巻 第2号, p82 - p88	1-8