

(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
2016 年 10 月 20 日(20.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/167055 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/95 (2006.01) *G01W 1/14* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057288
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 9 日(09.03.2016)
- (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 2015-084190 2015 年 4 月 16 日(16.04.2015) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 石垣 雄太(ISHIGAKI, Yuta); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

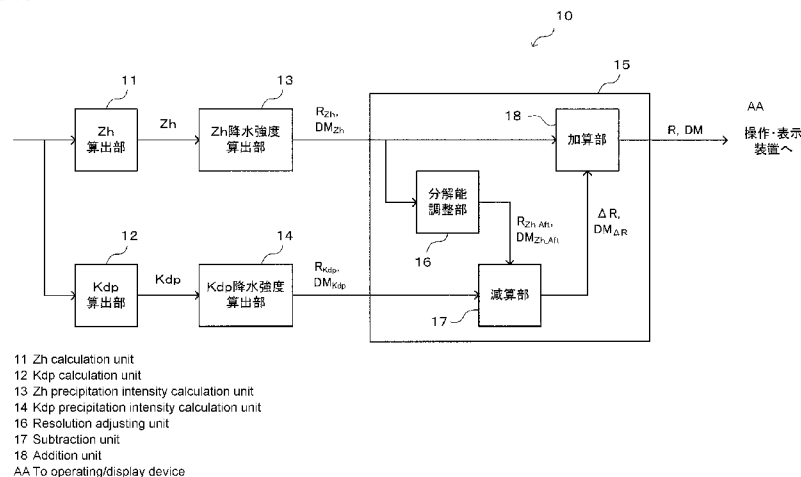
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PRECIPITATION INTENSITY CALCULATION DEVICE, METEOROLOGICAL RADAR DEVICE, PRECIPITATION INTENSITY CALCULATION METHOD, AND PRECIPITATION INTENSITY CALCULATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 降水強度算出装置、気象レーダ装置、降水強度算出方法、及び降水強度算出プログラム

[図2]



(57) Abstract: [Problem] To calculate precipitation intensity with good precision. [Solution] A precipitation intensity calculation device 10 is configured so as to be provided with a first precipitation intensity calculation unit 13 for calculating a first precipitation intensity R_{Zh} , a second precipitation intensity calculation unit 14 for calculating a second precipitation intensity R_{Kdp} having lower resolution and higher precision than the first precipitation intensity R_{Zh} by a different method than the first precipitation intensity calculation unit 13, and a correction unit 15 for correcting the first precipitation intensity R_{Zh} using the second precipitation intensity R_{Kdp} .

(57) 要約: 【課題】 降水強度を精度良く算出する。 【解決手段】 第1降水強度 R_{Zh} を算出する第1降水強度算出部13と、第1降水強度算出部13とは異なる手法により第1降水強度 R_{Zh} よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度 R_{Kdp} を算出する第2降水強度算出部14と、第2降水強度 R_{Kdp} を用いて第1降水強度 R_{Zh} を補正する補正部15と、を備えた降水強度算出装置10を構成する。



WO 2016/167055 A1

明 細 書

発明の名称：

降水強度算出装置、気象レーダ装置、降水強度算出方法、及び降水強度算出プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、所定エリア内における各地点の降水強度を算出する降水強度算出装置、当該降水強度算出装置を備えた気象レーダ装置、降水強度算出方法、及び降水強度算出プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来から知られている気象レーダ装置では、偏波間位相差変化率（ Kdp ）、 H 偏波レーダ反射因子（ Z_h ）、差分レーダ反射因子（ Zdr ）、のいずれかの観測パラメータに基づく方式によって降水強度の算出を行っている（例えば、特許文献1の段落0002）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-47744号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上述したように各パラメータに基づく方式を切り替えて降水強度の算出を行った場合、各パラメータに基づく方式に一長一短があるため、精度のよい結果が安定して得られない、という問題がある。

[0005] 具体的には、偏波間位相差変化率（ Kdp ）は、算出する過程で、方位、距離方向に広く平均を行っているため、得られる空間分解能が粗い、という問題がある。また、 H 偏波レーダ反射因子（ Z_h ）は、周辺の降水強度との相対的な強弱関係は維持されるものの、絶対的な精度が低い、という問題がある。また、 H 偏波レーダ反射因子（ Z_h ）及び差分レーダ反射因子（ Zd

r) は、電波減衰時の精度が悪いため補正の必要がある、という問題がある。

[0006] 本発明は、上記課題を解決するためのものであり、その目的は、降水強度を精度良く算出することである。

課題を解決するための手段

[0007] (1) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る降水強度算出装置は、第1降水強度を算出する第1降水強度算出部と、前記第1降水強度算出部とは異なる手法により、前記第1降水強度よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度を算出する第2降水強度算出部と、前記第2降水強度を用いて前記第1降水強度を補正する補正部と、を備えている。

[0008] (2) 好ましくは、前記補正部は、前記第1降水強度及び前記第2降水強度の双方に基づいて補正値を算出し、該補正値で前記第1降水強度を補正する。

[0009] (3) 更に好ましくは、前記補正部は、前記第1降水強度と前記第2降水強度との差に基づいて得られる値を前記補正値として算出し、該補正値を前記第1降水強度に加算することにより該第1降水強度を補正する。

[0010] (4) 好ましくは、前記補正部は、前記第1降水強度と前記第2降水強度との比に基づいて得られる値を前記補正値として算出し、該補正値を前記第1降水強度に乘算することにより該第1降水強度を補正する。

[0011] (5) 好ましくは、前記補正部は、前記第1降水強度の分解能と前記第2降水強度の分解能とが互いに同じになるように、前記第1降水強度の分解能及び前記第2降水強度の分解能のうち少なくとも一方を調整する分解能調整部を更に備え、前記補正値を、分解能が調整された前記第1降水強度と前記第2降水強度に基づいて、又は分解能が調整された前記第1降水強度と分解能が調整された前記第2降水強度に基づいて算出する。

[0012] (6) 好ましくは、前記第1降水強度算出部は、前記第1降水強度を、H偏波レーダ反射因子に基づいて算出する。

- [0013] (7) 好ましくは、前記第2降水強度算出部は、前記第2降水強度を、偏波間位相差変化率に基づいて算出する。
- [0014] (8) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る気象レーダ装置は、上述したいずれかの降水強度算出装置を備えている。
- [0015] (9) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る降水強度算出方法は、第1降水強度を算出するステップと、前記第1降水強度を算出するステップとは異なる手法により、前記第1降水強度よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度を算出するステップと、前記第2降水強度を用いて前記第1降水強度を補正するステップと、を含む。
- [0016] (10) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る降水強度算出プログラムは、第1降水強度を算出するステップと、前記第1降水強度を算出するステップとは異なる手法により、前記第1降水強度よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度を算出するステップと、前記第2降水強度を用いて前記第1降水強度を補正するステップと、をコンピュータに実行させる。

発明の効果

- [0017] 本発明によれば、降水強度を精度良く算出できる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本発明の実施形態に係る気象レーダ装置の構成を示すブロック図である。
- [図2]図1に示す降水強度算出処理部の構成を示すブロック図である。
- [図3]降水強度算出処理部の動作を示すフローチャートである。
- [図4]図1に示すZ h降水強度算出部によって算出された降水強度分布図の一部を示す模式図である。
- [図5]図1に示すK d p降水強度算出部によって算出された降水強度分布図の一部を示す模式図である。
- [図6]図1に示す加算部によって算出された降水強度分布図の一部を示す模式図であって、操作・表示装置に表示されるレーダ画像の一部を示す図である。

。

[図7]変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部の構成を示すブロック図である。

[図8]変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部の構成を示すブロック図である。

[図9]図8の補正部によってZ_h降水強度が補正される様子を説明するための図である。

[図10]変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部の構成を示すブロック図である。

[図11]変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部の構成を示すブロック図である。

[図12]変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0019] 図1は、本発明の実施形態に係る気象レーダ装置1の構成を示すブロック図である。また、図2は、図1に示す降水強度算出処理部10（降水強度算出装置）の構成を示すブロック図である。また、図3は、降水強度算出処理部10の動作を示すフローチャートである。以下では、本発明の実施形態に係る気象レーダ装置1について、図を参照して説明する。図1に示す気象レーダ装置1は、所定エリア内の各地点における降水強度を算出可能に構成されている。なお、「降水」とは、雨、雪、あられ、みぞれなど、空から地面へ水分が落下することをいう。また、以下では、降水するこれらの物標を、降水物標と称する場合もある。

[0020] また、本実施形態では、気象レーダ装置1は、2重偏波方式を採用している。すなわち、気象レーダ装置1は、水平偏波（H偏波）および垂直偏波（V偏波）を含む送信波を送波し、その後、それらの反射波を受信波として受波する。受信波は、水平偏波と、垂直偏波とを含んでいる。また、受信波には、送信波が大気中の水分などの物体に反射することで生じるエコーが含ま

れている。

[0021] [構成]

気象レーダ装置 1 は、図 1 に示すように、アンテナ 2 と、サーキュレータ 3 と、RF コンバータ 4 と、信号処理装置 5 と、パワーアンプ 6 と、操作・表示装置 7 と、を備えている。

[0022] 操作・表示装置 7 は、オペレータによって操作可能な操作パネル（図示せず）を含んでいる。オペレータは、この操作パネルを操作することにより、気象レーダ装置 1 を操作する。

[0023] アンテナ 2 は、指向性の狭い送信波を送波可能なレーダアンテナである。また、アンテナ 2 は、受信波を受波可能に構成されている。気象レーダ装置 1 は、送信波を送波してから受信波を受波するまでの時間を測定する。これにより、気象レーダ装置 1 は、物体までの距離 r を検出することができる。アンテナ 2 は、水平面上で 360° 回転可能に構成されている。また、アンテナ 2 は、仰角 ϕ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲で変更可能に構成されている。アンテナ 2 は、送信波及び受信波を送受信する方向（方位 θ 、仰角 ϕ ）を変えながら、送信波及び受信波の送受信を繰り返し行うように構成されている。

[0024] また、アンテナ 2 から信号処理装置 5 へは、サーキュレータ 3 及び RF コンバータ 4 を介して、当該アンテナ 2 が現在どの方向を向いているか（方位 θ ）を示すデータが出力されている。その結果、気象レーダ装置 1 は、受信波を読み出す際には、受信波が到達した位置を、距離 r と方位 θ （アンテナ角度）と仰角 ϕ との極座標で取得することができる。

[0025] 以上の構成で、気象レーダ装置 1 は、該気象レーダ装置 1 の周囲を、半球状に探知することができる。気象レーダ装置 1 で降水を観測可能なエリアは、例えば平面視において、アンテナ 2 の位置を中心とする、半径数 $k\text{ m}$ ～数十 $k\text{ m}$ 程度の円形の領域である。また、気象レーダ装置 1 は、所定の高度範囲に亘って降水強度を観測可能である。

[0026] なお、本実施形態では、送信波を送波してから次の送信波を送波するまでの動作を「スイープ」ともいう。また、送信波及び受信波の送受信を行いな

がらアンテナを360°回転させる動作を「スキャン」ともいう。

- [0027] 本実施形態におけるスキャン動作の一例として、ボリウムスキャン、RHIスキャン、セクターRHIスキャン、セクターPPISキャン、PPISキャンなどを例示することができる。
- [0028] サーキュレータ3は、パワーアンプ6から出力された送信信号を、アンテナ2へ出力するように構成されている。また、サーキュレータ3は、アンテナ2で受波された受信波から得られる受信信号をRFコンバータ4へ出力するように構成されている。
- [0029] RFコンバータ4は、信号処理装置5によって生成された送信信号を、所定のRF周波数帯にアップコンバートおよび増幅し、パワーアンプ6へ出力する。パワーアンプ6は、この送信信号を増幅した後にサーキュレータ3へ出力する。
- [0030] また、RFコンバータ4は、受信した受信信号をIF周波数帯にダウンコンバートおよび増幅する。
- [0031] 信号処理装置5は、受信信号を処理するためのものである。信号処理装置5は、降水強度算出処理部10を有している。
- [0032] 降水強度算出処理部10は、受信波（送信波の反射波）から得られる受信信号を用いて、3次元の所定の観測領域における降水物標を検出するように構成されている。また、降水強度算出処理部10は、降水強度を算出するように構成されている。降水強度算出処理部10は、CPU、RAMおよびROM（図示せず）などを含むハードウェアを用いて構成されている。また、降水強度算出処理部10は、ROMに格納された降水強度算出プログラムを含む、ソフトウェアを用いて構成されている。
- [0033] 上記降水強度算出プログラムは、本実施形態の降水強度算出方法を、降水強度算出処理部10に実行させるためのプログラムである。上記ハードウェアとソフトウェアとは、協働して動作するように構成されている。降水強度算出処理部10は、以下に説明する処理を行うように構成されている。

[0034] 信号処理装置 5 は、増幅した受信信号を A/D 変換することで、アナログ形式の受信信号をサンプリングし、複数ビットからなる受信信号（受信データ）に変換する。上記受信信号は、アンテナ 2 が受信した受信信号中のエコー信号の強度（エコーレベル）を特定するデータを含んでいる。この受信信号は、水平偏波受信信号をデジタルデータに変換して得られる水平偏波受信データと、垂直偏波受信信号をデジタルデータに変換して得られる垂直偏波受信データと、を含んでいる。降水強度算出処理部 10 は、それらの受信データに基づいて、観測領域の各地点における降水強度を算出する。

[0035] 降水強度算出処理部 10 は、図 2 に示すように、Z h 算出部 11 と、K d p 算出部 12 と、Z h 降水強度算出部 13 と、K d p 降水強度算出部 14 と、補正部 15 と、を有している。

[0036] Z h 算出部 11 は、受信データに基づいて H 偏波レーダ反射因子 Z h を算出する（図 3 のステップ S 1）。Z h は、降水物標から反射して帰来するエコーの強度に基づく値として観測される。H 偏波レーダ反射因子 Z h は、以下の式（1）によって算出されるレーダ反射因子 Z に基づいて算出される。H 偏波レーダ反射因子 Z h の算出手法は公知であるため、その詳細な説明を省略する。なお、以下で示す式（1）における D は雨滴の直径、N（D）は微小粒子の粒径分布、D m a x は単位体積中の粒子径の最大値、D m i n は単位体積中の粒子径の最小値、である。

[0037] [数1]

$$Z = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D^6 N(D) dD \quad \cdots (1)$$

[0038] K d p 算出部 12 は、受信データに基づいて偏波間位相差変化率 K d p （比偏波間位相差とも呼ばれる）を算出する（図 3 のステップ S 4）。K d p は、伝搬経路上の 2 点間を往復する間に生じる偏波間（水平偏波及び垂直偏波）の位相差 ϕ_{DP} の単位距離あたりの差として、以下の式（2）によって定義される。なお、 r_1 及び r_2 は、アンテナ 2 からの距離を示している。

[0039] [数 2]

$$K d p = \{ \phi_{DP} (r_2) - \phi_{DP} (r_1) \} / 2 (r_2 - r_1) \quad \cdots (2)$$

[0040] 図 4 は、図 2 に示す Z h 降水強度算出部 1 3 によって算出された降水強度分布図（Z h 降水強度分布図 DM_{Zh} ）の一部を示す模式図である。図 4 では、降水強度を算出する対象となるエリア内の各地点（図 4 の各セルに対応）の降水強度が、各セルのドットの密度の濃さに対応している。具体的には、ドットの密度が濃い地点は降水強度が高く、ドットの密度が薄い地点は降水強度が低い。ドットが付されていないセルでは、降水が観測されていない。これは、以下で説明する図 5、図 6、及び図 9 においても同様である。

[0041] Z h 降水強度算出部 1 3 は、Z h 算出部 1 1 によって算出された各地点における H 偏波レーダ反射因子 Z h の値に基づき、各地点の降水強度 R_{Zh} （第 1 降水強度）を算出し（図 3 のステップ S 2）、Z h 降水強度分布図 DM_{Zh} を生成する。具体的には、Z h 降水強度算出部 1 3 は、以下の式（3）を用いて、降水強度 R_{Zh} を算出する。なお、この H 偏波レーダ反射因子を用いて降水強度 R_{Zh} を算出する手法は、Z h 法と呼ばれる手法である。

[0042] [数 3]

$$Z h = B \times R_{Zh}^{\beta} \quad \cdots (3)$$

[0043] 但し、B 及び β は、雨粒の粒径等によって決定される定数である。

[0044] 図 5 は、図 1 に示す K d p 降水強度算出部 1 4 によって算出された降水強度分布図（K d p 降水強度分布図 DM_{Kdp} ）の一部を示す図である。K d p 降水強度算出部 1 4 は、K d p 算出部 1 2 によって算出された各地点における偏波間位相差変化率 K d p に基づき、各地点の降水強度 R_{Kdp} （第 2 降水強度）を算出し（図 3 のステップ S 5）、K d p 降水強度分布図 DM_{Kdp} を生成する。なお、ここで説明した偏波間位相差変化率 K d p を用いて降水強度を算出する手法は、K d p 法と呼ばれる手法であって、上述した Z h 法よりも正確に降水強度を算出できる手法として知られている。なお、この K d p 法は公知の手法であるため、その詳細な説明を省略する。

[0045] 補正部 1 5 は、Z h 降水強度算出部 1 3 によって算出された Z h 降水強度

分布図 DM_{Zh} の各地点における降水強度 R_{Zh} を、より精度の高い値となるように補正するためのものである。補正部 15 は、分解能調整部 16 と、減算部 17 と、加算部 18 と、を有している。

[0046] 分解能調整部 16 は、 Z_h 降水強度算出部 13 で算出された降水強度 R_{Zh} の分解能と、 Kdp 降水強度算出部 14 で算出された降水強度 R_{Kdp} の分解能とが同じとなるような処理を行う。本実施形態では、分解能調整部 16 は、分解能が高い降水強度 R_{Zh} の分布図について、近接する地点同士の降水強度 R_{Zh} をスムージングして高周波成分を取り除くことにより、各地点における降水強度 R_{Zh} の分解能を降水強度 R_{Kdp} の分解能と同程度にまで調整して（図 3 のステップ S3）分解能調整後分布図 $DM_{Zh\text{ Aft}}$ を生成する。

[0047] なお、ここで説明した分解能とは、隣接する地点間での降水強度の差の大きさの度合いのことであり、分解能が大きい場合には、隣接する地点間での降水強度の差が大きくなり易く、分解能が小さい場合には、隣接する地点間での降水強度の差が小さくなり易い。 Kdp 法では、偏波間位相差変化率 Kdp を算出する過程において方位及び距離方向に広く平均を行っているため、 Z_h 法よりも高い精度で降水強度を算出できるものの、降水強度 R_{Kdp} の分解能は、 Z_h 法を用いて算出された降水強度 R_{Zh} の分解能よりも低くなる。

[0048] 減算部 17 は、 Kdp 降水強度分布図 DM_{Kdp} の各地点の降水強度 R_{Kdp} と、該 Kdp 降水強度分布図 DM_{Kdp} の各地点に対応する分解能調整後分布図 $DM_{Zh\text{ Aft}}$ の各地点の降水強度 $R_{Zh\text{ Aft}}$ との降水強度差 ΔR （補正值）を算出する処理（減算処理）を行い（図 3 のステップ S6）、各地点における降水強度差 ΔR の分布図（差分分布図 $DM_{\Delta R}$ ）を生成する。

[0049] 図 6 は、図 1 に示す加算部 18 によって算出された降水強度分布図 DM の一部を示す図であって、操作・表示装置 7 に表示されるレーダ画像の一部を示す図である。加算部 18 は、 Z_h 降水強度分布図 DM_{Zh} の各地点の降水強度 R_{Zh} に、該 Z_h 降水強度分布図 DM_{Zh} の各地点に対応する差分分布図 $DM_{\Delta R}$ の各地点の降水強度差 ΔR を加算する加算処理を行う（図 3 のステップ S7

）ことにより、最終的に操作・表示装置 7 に表示される降水強度 R の分布図である降水強度分布図 DM を生成する。

[0050] [効果]

以上のように、本実施形態に係る気象レーダ装置 1 の降水強度算出処理部 10 では、 H 偏波レーダ反射因子 Z_h に基づいて算出された降水強度 R_{zh} を、偏波間位相差変化率 K_{dp} に基づいて算出された降水強度 R_{Kdp} で補正している。このように、降水強度 R_{zh} よりも分解能が低いものの精度が高い降水強度 R_{Kdp} を用いて降水強度 R_{zh} を補正することにより、降水強度 R_{zh} の分解能を維持しつつ、降水強度 R_{zh} の精度を向上することができる。

[0051] 従って、降水強度算出処理部 10 によれば、降水強度 R を精度良く算出できる。

[0052] また、降水強度算出処理部 10 では、降水強度 R_{zh} 及び降水強度 R_{Kdp} の双方に基づいて、降水強度 R_{zh} を補正するための補正值（本実施形態の場合、降水強度差 ΔR ）を算出している。これにより、降水強度 R を適切に算出することができる。

[0053] また、降水強度算出処理部 10 では、降水強度 R_{zh} を補正するための補正值を、降水強度 R_{zh} と降水強度 R_{Kdp} との差（降水強度差 ΔR ）として算出し、当該降水強度差 ΔR を降水強度 R_{zh} に加算することにより、降水強度 R_{zh} を補正している。これにより、降水強度を補正するための補正值を適切に算出することができるとともに、降水強度 R_{zh} を適切に補正できる。

[0054] また、降水強度算出処理部 10 では、第 1 降水強度（本実施形態の場合、 R_{zh} ）の分解能と第 2 降水強度（本実施形態の場合、 R_{Kdp} ）の分解能とが互いに同じとなるよう

に、第 1 降水強度の分解能を調整している。これにより、分解能が揃った第 1 降水強度及び第 2 降水強度によって、第 1 降水強度を補正するための補正值を適切に算出することができる。

[0055] また、降水強度算出処理部 10 では、第 1 降水強度を、 H 偏波レーダ反射因子 Z_h に基づいて算出している。これにより、一般的に知られている H 偏

波レーダ反射因子 Z_h により、分解能が比較的高い第1降水強度を算出することができる。

[0056] また、降水強度算出処理部10では、第2降水強度を、偏波間位相差変化率 K_{dp} に基づいて算出している。これにより、一般的に知られている偏波間位相差変化率 K_{dp} により、精度が比較的高い第2降水強度を算出することができる。

[0057] また、気象レーダ装置1によれば、精度の良い降水強度を算出可能な気象レーダ装置を提供することができる。

[0058] [変形例]

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

[0059] (1) 図7は、変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10aの構成を示すブロック図である。上述した実施形態では、H偏波レーダ反射因子 Z_h を用いて第1降水強度を算出する例を挙げて説明したが、これに限らず、その他の手法を用いて第1降水強度を算出してもよい。具体的には、図7に示すように、H偏波レーダ反射因子 Z_h 及び反射因子差 Z_{dr} を用いて第1降水強度 $R_{(Z_h, Z_{dr})}$ を算出してもよい。なお、反射因子差 Z_{dr} とは、H偏波レーダ反射因子 Z_h とV偏波レーダ反射因子 Z_v との比で定義されるパラメータである。 Z_h 及び Z_{dr} の双方を用いて第1降水強度を算出すると、 Z_h のみを用いて第1降水強度を算出する場合と比べて、より正確に第1降水強度を算出することができる。

[0060] (2) 図8は、変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10bの構成を示すブロック図である。また、図9は、本変形例の補正部15aによって Z_h 降水強度が補正される様子を説明するための図であって、 Z_h 降水強度分布図 DM_{Z_h} 、 K_{dp} 降水強度分布図 $DM_{K_{dp}}$ 、分解能調整後分布図 $DM_{Z_{h\text{Aft}}}$ 、差分分布図 $DM_{\Delta R}$ 、及び最終的に操作表示装置に表示される降水強度分布図 DM 、のそれぞれの一部を模式的に示す図である。

- [0061] 本変形例に係る気象レーダ装置は、上述した気象レーダ装置 1 と比べて、補正部の構成が大きく異なっている。以下では、主に本変形例の補正部 15 a の構成及び動作について説明し、その他の構成要素については、説明を省略する。
- [0062] 上述した実施形態における分解能とは、隣接する地点間での降水強度の差の大きさの度合いとして説明したが、本変形例における分解能とは、いわゆる空間分解能である。本変形例に係る K d p 降水強度算出部 14 によって算出される降水強度は、Z h 降水強度算出部 13 によって算出される降水強度よりも空間分解能が低く且つ精度が高い。
- [0063] 図 8 及び図 9 を参照して、本変形例の補正部 15 a の分解能調整部 16 a は、Z h 降水強度分布図 DM_{Zh} の空間分解能を低くして、K d p 降水強度分布図 DM_{Kdp} の空間分解能と同じとなるように調整する処理を行う。分解能調整部 16 a は、例えば一例として、図 9 を参照して、Z h 降水強度分布図 DM_{Zh} のセル a, b, c, d を一纏めにしたセルが、K d p 降水強度分布図 DM_{Kdp} のセルと同じ大きさとなるように、セル A が設定される。この際、新たに設定されるセル A の降水強度は、例えば一例として、各セル a, b, c, d の降水強度の平均値として算出される。分解能調整部 16 a は、Z h 降水強度分布図 DM_{Zh} における他のセルについても、同様の処理を行う。
- [0064] その後、減算部 17 及び加算部 18 は、上述した実施形態の場合と同様に動作し、最終的に操作・表示装置 7 に表示される降水強度分布図 DM を生成する。
- [0065] 以上のように、本変形例の降水強度算出処理部 10 b では、第 1 降水強度の空間分解能と第 2 降水強度の空間分解能とが互いに同じとなるように、第 1 降水強度の空間分解能を調整している。これにより、空間分解能が揃った第 1 降水強度及び第 2 降水強度によって適切に補正值を算出することができる。
- [0066] また、降水強度算出処理部 10 b では、第 1 降水強度の空間分解能と第 2

降水強度の空間分解能とを揃える際（具体的には、第1降水強度の空間分解能を低減する際）、新たに設定されるセルA（図9参照）での降水強度を、該セルAを構成するセルa, b, c, dの平均値としている。これにより、比較的精度が低い第1降水強度を複数のセルa, b, c, dで平均化しているため、実際の降水強度に対する第1降水強度の誤差を低減することができる。その結果、最終的に操作・表示装置7に表示される降水強度が、実際の降水強度に対して大きく異なってしまうことを防止できる。

[0067] （3）図10は、変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10cの構成を示すブロック図である。本変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10cは、上記実施形態の降水強度算出処理部10と比べて、補正部の構成が異なっている。本変形例の補正部15bは、分解能調整部16と、除算部21と、乗算部22と、を有している。なお、分解能調整部16については、上述した実施形態の分解能調整部16と構成及び動作が同じであるため、その説明を省略する。

[0068] 除算部21は、各地点のKdp降水強度 R_{Kdp} を、対応する地点における分解能調整後降水強度 R_{Zhaft} で除算する除算処理を行うことにより、 R_{Zhaft} に対する R_{Kdp} の比率DRを算出し、この比率DRを用いて比率分布図 DM_{DR} を生成する。

[0069] 乗算部22は、各地点のZh降水強度 R_{Zh} に、対応する地点における比率分布図 DM_{DR} の降水強度比DRを乗算する乗算処理を行うことにより、最終的に操作・表示装置7に表示される降水強度Rの分布図である降水強度分布図DMを生成する。

[0070] 以上のように、本変形例に係る降水強度算出処理部10cによれば、 R_{Zhaft} に対する R_{Kdp} の比（降水強度比DR）を、降水強度 R_{Zh} を補正するための補正值として算出し、当該降水強度比DRを降水強度 R_{Zh} に乗算することにより、降水強度 R_{Zh} を補正している。これにより、降水強度が少量の地点に関しても、降水強度を適切に算出することができる。

[0071] （4）図11は、変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10

dの構成を示すブロック図である。本変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10dは、図2に示す補正部15での算出結果と、図10に示す補正部15bでの算出結果とが合成されることにより、最終的に操作・表示装置7に表示される降水強度分布図DMが生成される。具体的には、例えば一例として、各補正部15, 15bで算出された対応する各地点における降水強度の平均値が、降水強度分布図DMの各地点における降水強度Rとして算出される。本変形例のように、補正手法が異なる2つの補正部15, 15bでの算出結果を合成することにより、実際の降水強度に対して誤差を少なくすることができる。

[0072] (5) 図12は、変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10eの構成を示すブロック図である。本変形例に係る気象レーダ装置の降水強度算出処理部10eでは、補正部15cの構成が、上記実施形態の降水強度算出処理部10の補正部15の構成と異なっている。具体的には、本変形例では、分解能調整部16bの構成が、上記実施形態に係る気象レーダ装置1の分解能調整部16の構成と異なっている。本変形例の分解能調整部16bは、Z_h降水強度R_{Z_h}の分解能及びK_{dp}降水強度R_{K_{dp}}の分解能の双方を調整することにより、互いの分解能を同じにしている。これにより、2つの手法により算出された降水強度のうちの一方の分解能を調整するだけでは当該2つの降水強度の分解能を同じにすることができない場合であっても、2つの降水強度の分解能を同じにすることができる。

[0073] (6) 上述した実施形態では、第1降水強度を算出する手法としてH偏波レーダ反射因子Z_hを用いた手法を例示し、第2降水強度を算出する手法として偏波間位相差変化率K_{dp}を用いた手法を例示したが、これに限らない。互いに異なる降水強度の算出手法であって、第2降水強度の分解能が第1降水強度の分解能よりも低く、且つ第2降水強度の精度が第1降水強度の精度よりも高くなるような関係性を有する算出手法であれば、どのような手法であってもよい。

符号の説明

[0074]	1	気象レーダ装置
	1 0, 1 0 a ~ 1 0 e	降水強度算出処理部（降水強度算出装 置）
	1 3	Z h 降水強度算出部（第 1 降水強度算 出部）
	1 4	K d p 降水強度算出部（第 2 降水強度 算出部）
	1 5, 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c	補正部
	$R_{Z h}$	Z h 降水強度（第 1 降水強度）
	$R_{K d p}$	K d p 降水強度（第 2 降水強度）

請求の範囲

- [請求項1] 第1降水強度を算出する第1降水強度算出部と、
前記第1降水強度算出部とは異なる手法により、前記第1降水強度よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度を算出する第2降水強度算出部と、
前記第2降水強度を用いて前記第1降水強度を補正する補正部と、
を備えていることを特徴とする、降水強度算出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の降水強度算出装置において、
前記補正部は、前記第1降水強度及び前記第2降水強度の双方に基づいて補正值を算出し、該補正值で前記第1降水強度を補正することを特徴とする、降水強度算出装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の降水強度算出装置において、
前記補正部は、前記第1降水強度と前記第2降水強度との差に基づいて得られる値を前記補正值として算出し、該補正值を前記第1降水強度に加算することにより該第1降水強度を補正することを特徴とする、降水強度算出装置。
- [請求項4] 請求項2に記載の降水強度算出装置において、
前記補正部は、前記第1降水強度と前記第2降水強度との比に基づいて得られる値を前記補正值として算出し、該補正值を前記第1降水強度に乗算することにより該第1降水強度を補正することを特徴とする、降水強度算出装置。
- [請求項5] 請求項2から請求項4のいずれか1項に記載の降水強度算出装置において、
前記補正部は、前記第1降水強度の分解能と前記第2降水強度の分解能とが互いに同じになるように、前記第1降水強度の分解能及び前記第2降水強度の分解能のうち少なくとも一方を調整する分解能調整部を更に備え、前記補正值を、分解能が調整された前記第1降水強度と前記第2降水強度に基づいて、又は分解能が調整された前記第1降

水強度と分解能が調整された前記第2降水強度に基づいて算出することを特徴とする、降水強度算出装置。

[請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の降水強度算出装置において、

前記第1降水強度算出部は、前記第1降水強度を、H偏波レーダ反射因子に基づいて算出することを特徴とする、降水強度算出装置。

[請求項7] 請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の降水強度算出装置において、

前記第2降水強度算出部は、前記第2降水強度を、偏波間位相差変化率に基づいて算出することを特徴とする、降水強度算出装置。

[請求項8] 請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の降水強度算出装置を備えた、気象レーダ装置。

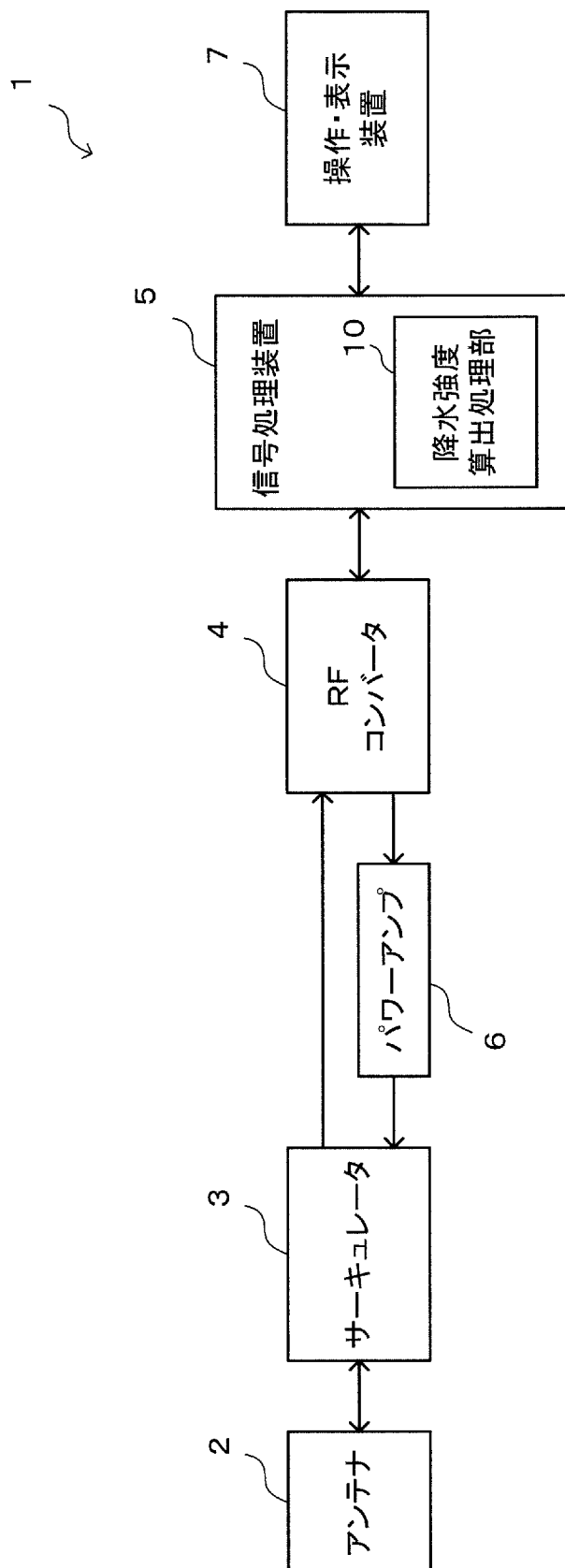
[請求項9] 第1降水強度を算出するステップと、
前記第1降水強度を算出するステップとは異なる手法により、前記第1降水強度よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度を算出するステップと、

前記第2降水強度を用いて前記第1降水強度を補正するステップと、
、
を含むことを特徴とする、降水強度算出方法。

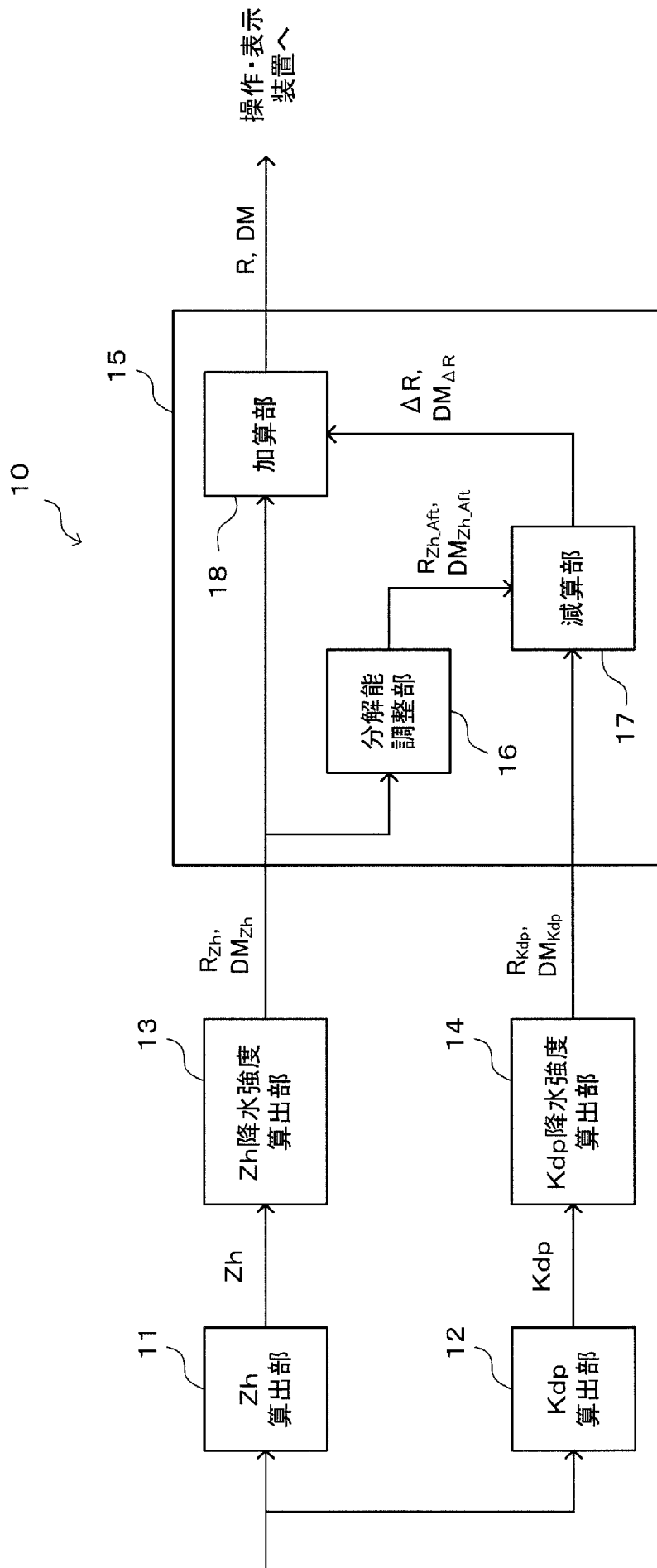
[請求項10] 第1降水強度を算出するステップと、
前記第1降水強度を算出するステップとは異なる手法により、前記第1降水強度よりも分解能が低く且つ精度が高い第2降水強度を算出するステップと、

前記第2降水強度を用いて前記第1降水強度を補正するステップと、
、
をコンピュータに実行させることを特徴とする、降水強度算出プログラム。

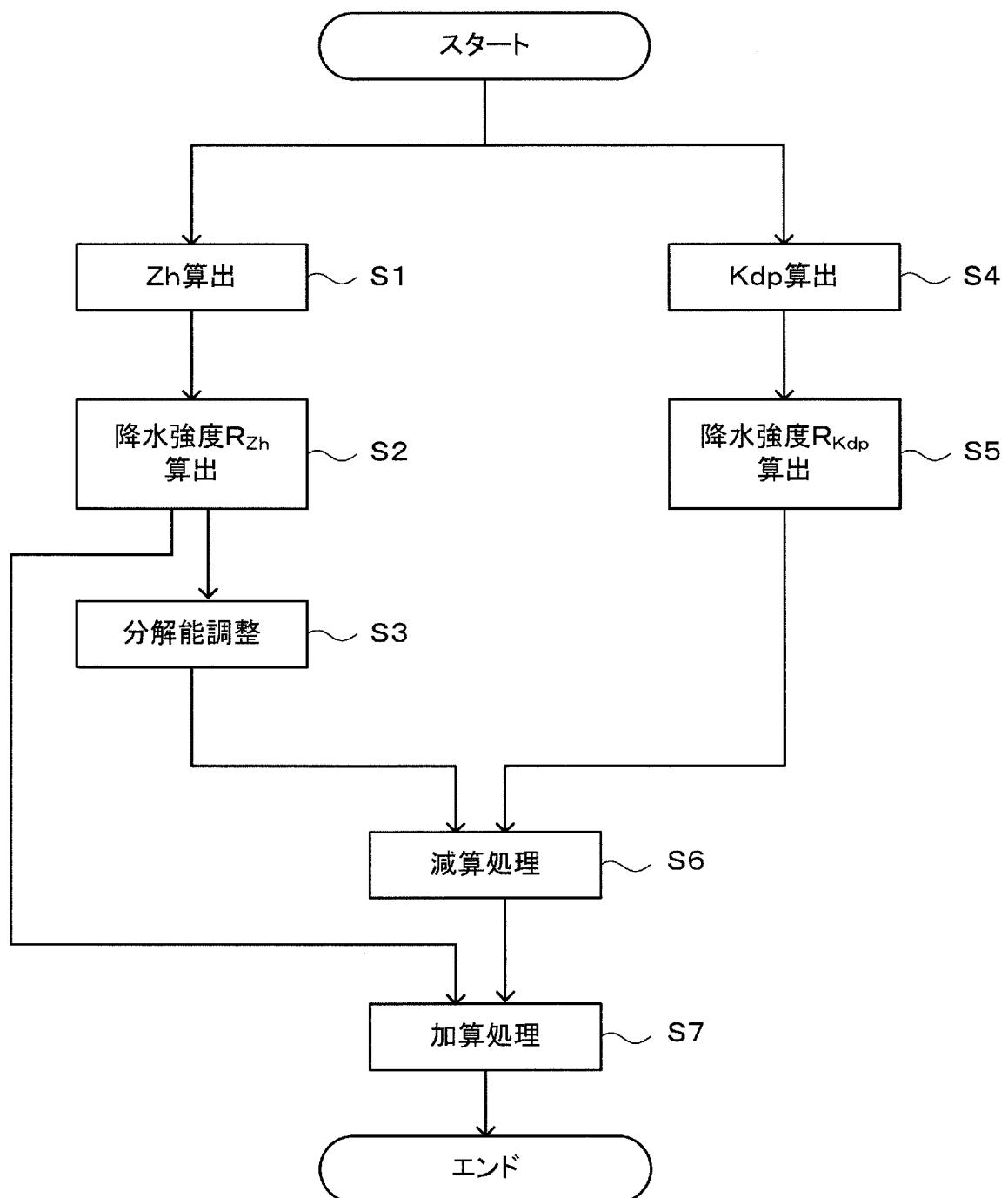
[図1]



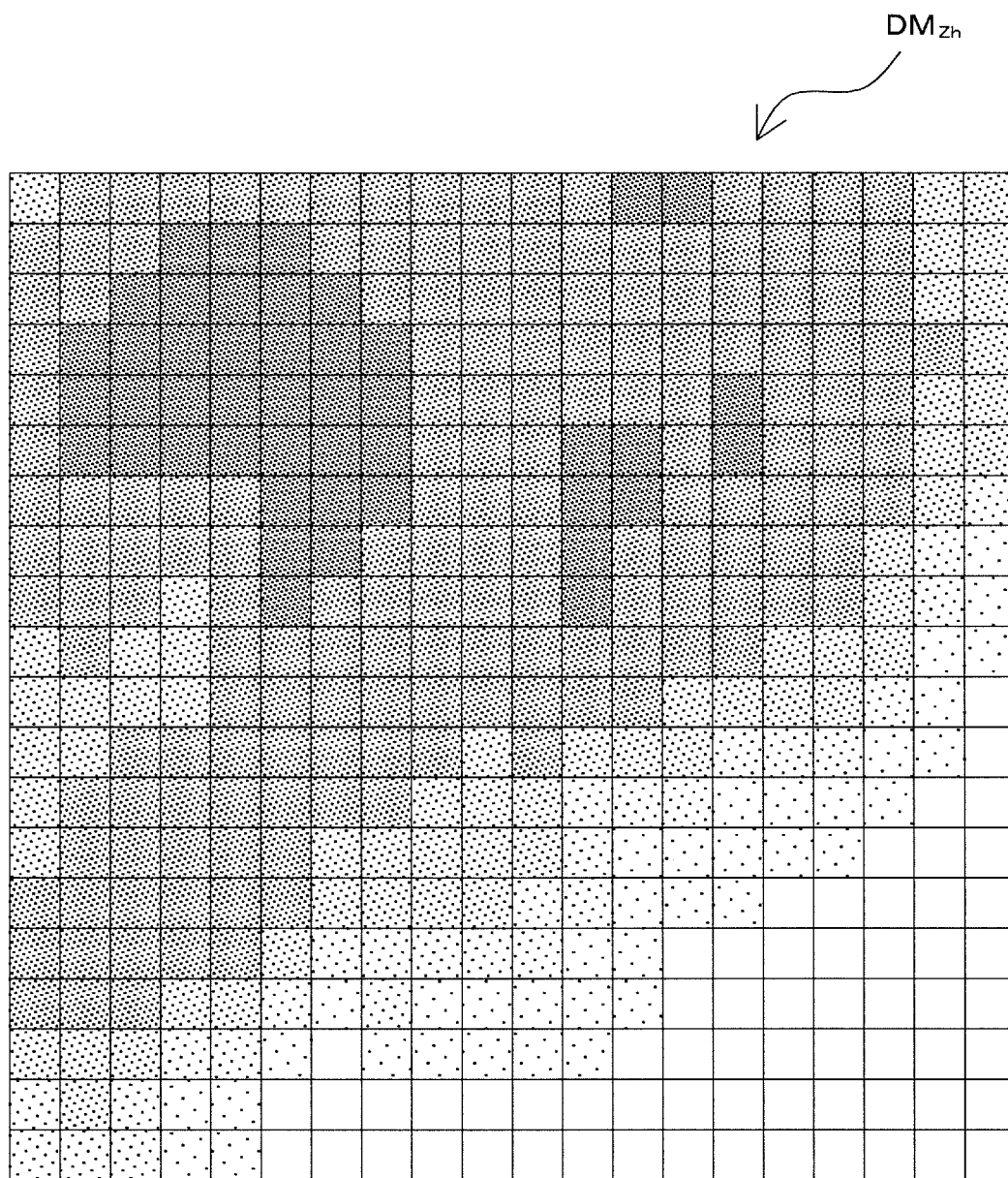
[図2]

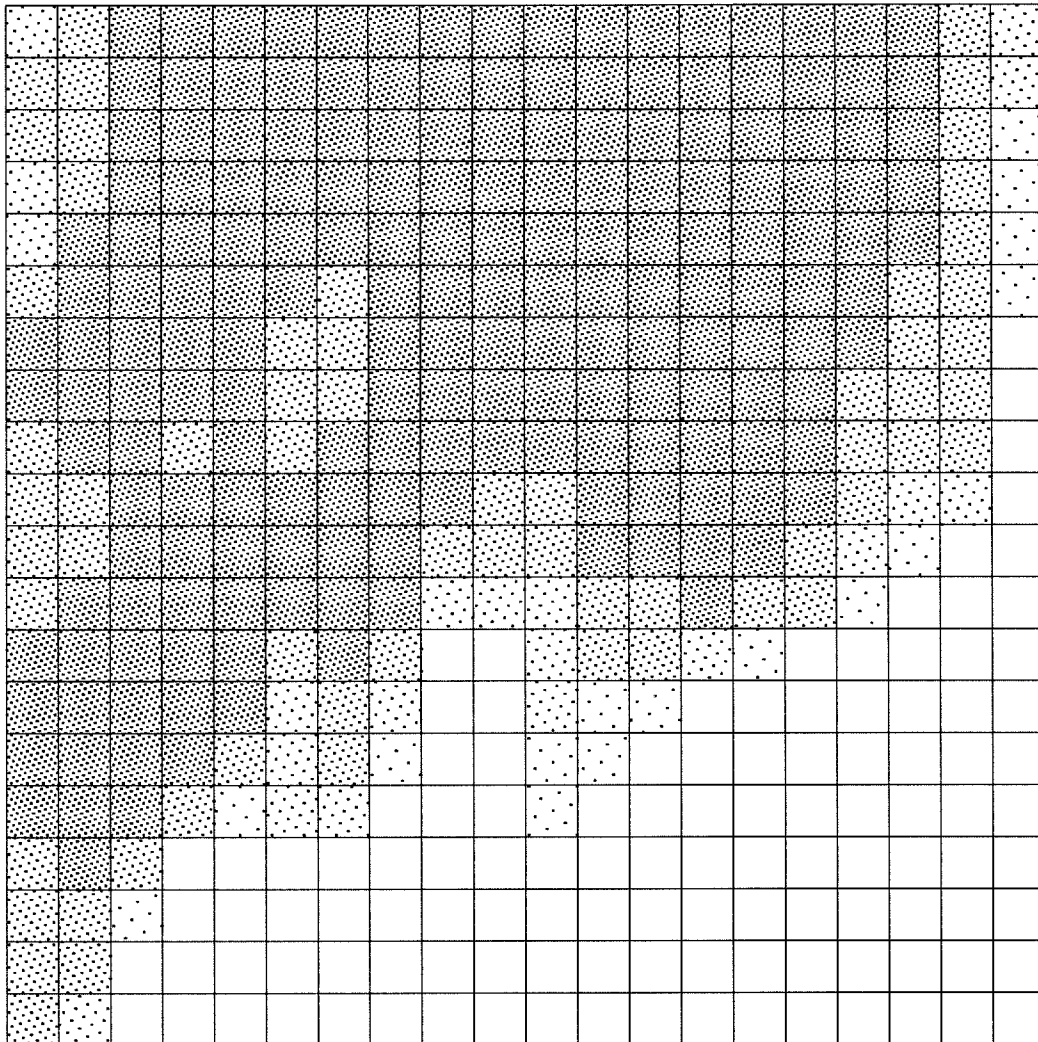


[図3]

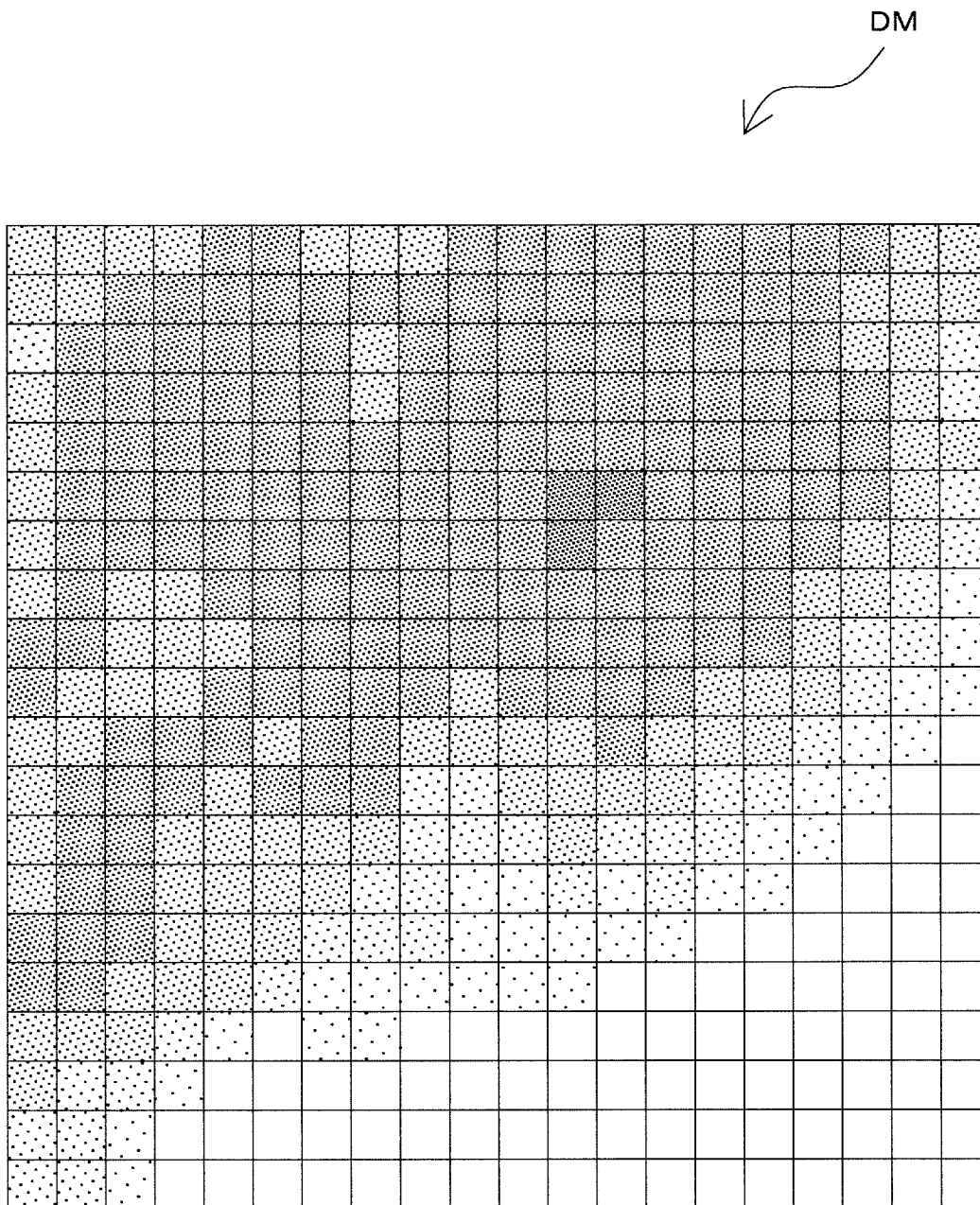


[図4]

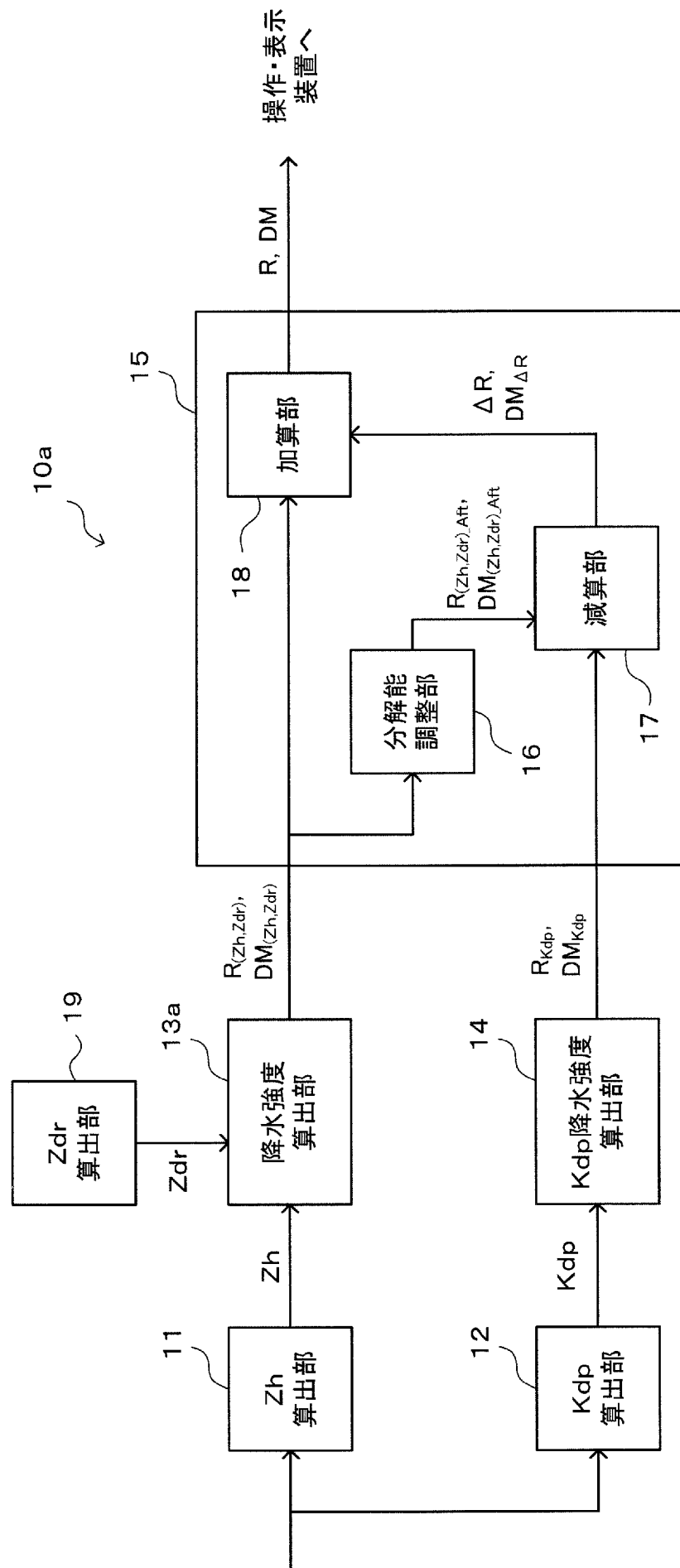




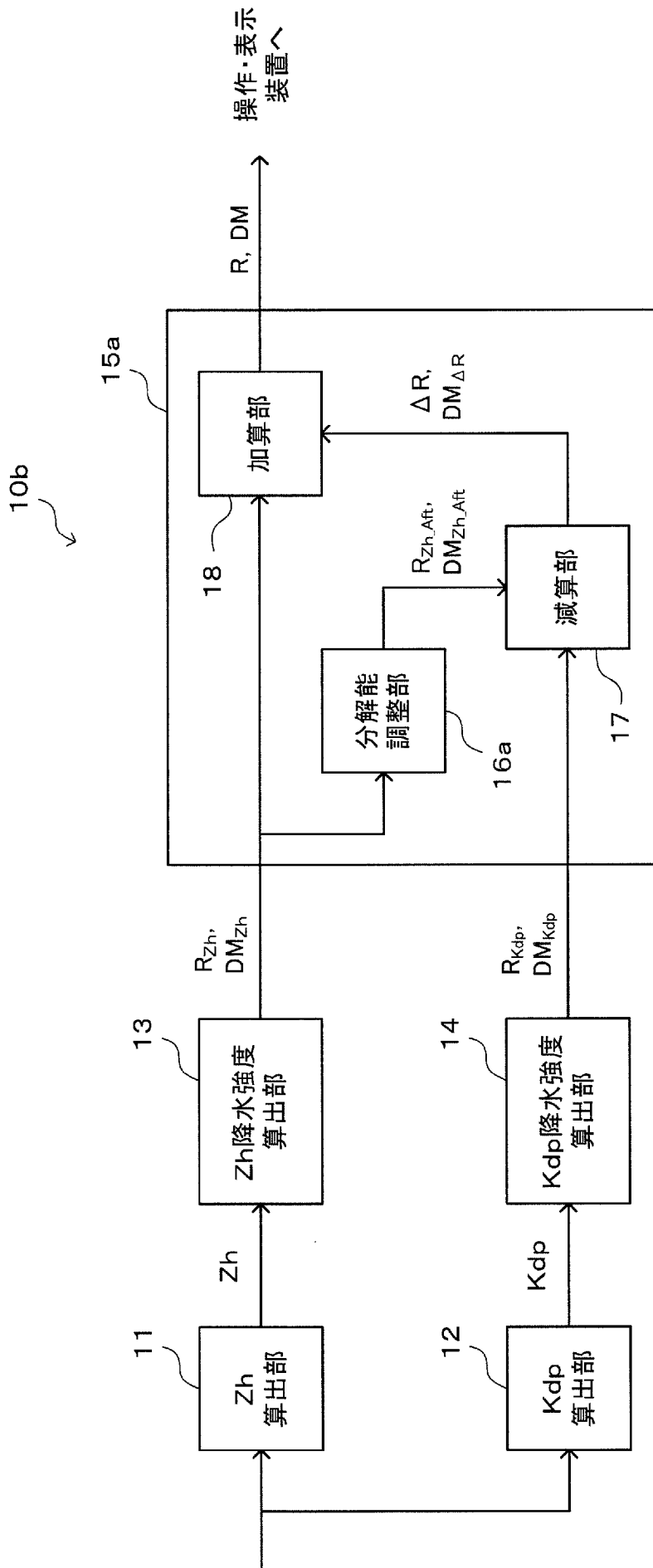
[図6]



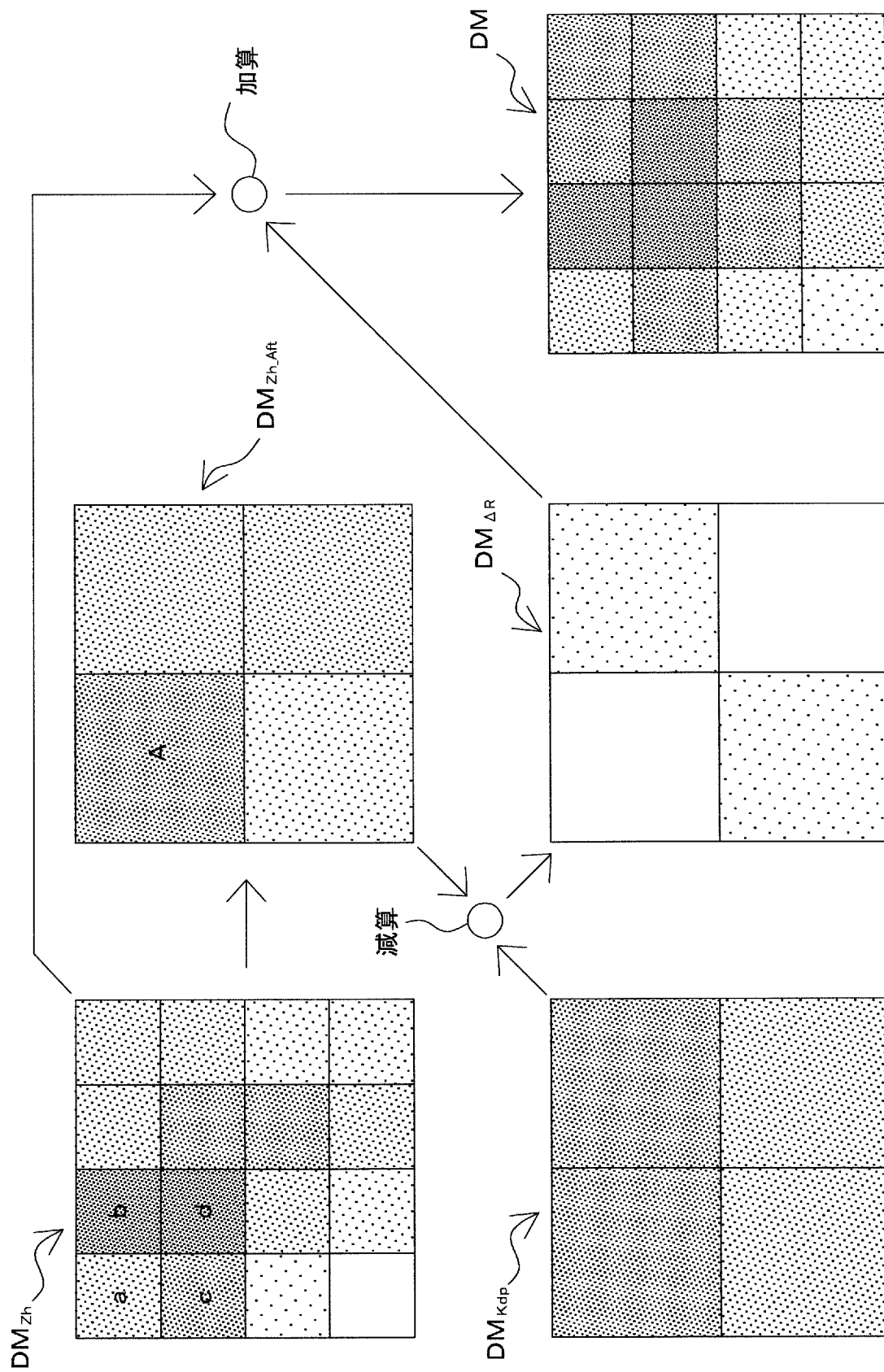
[図7]



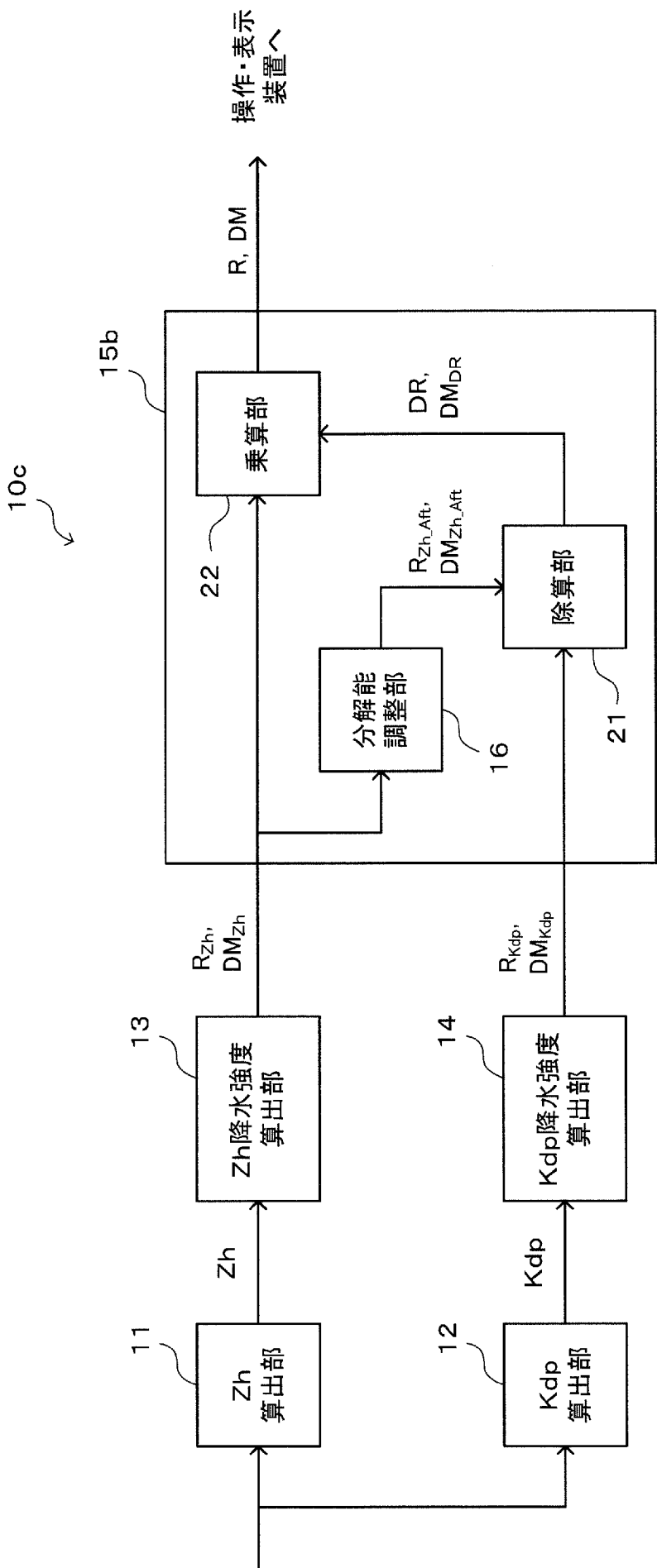
[図8]



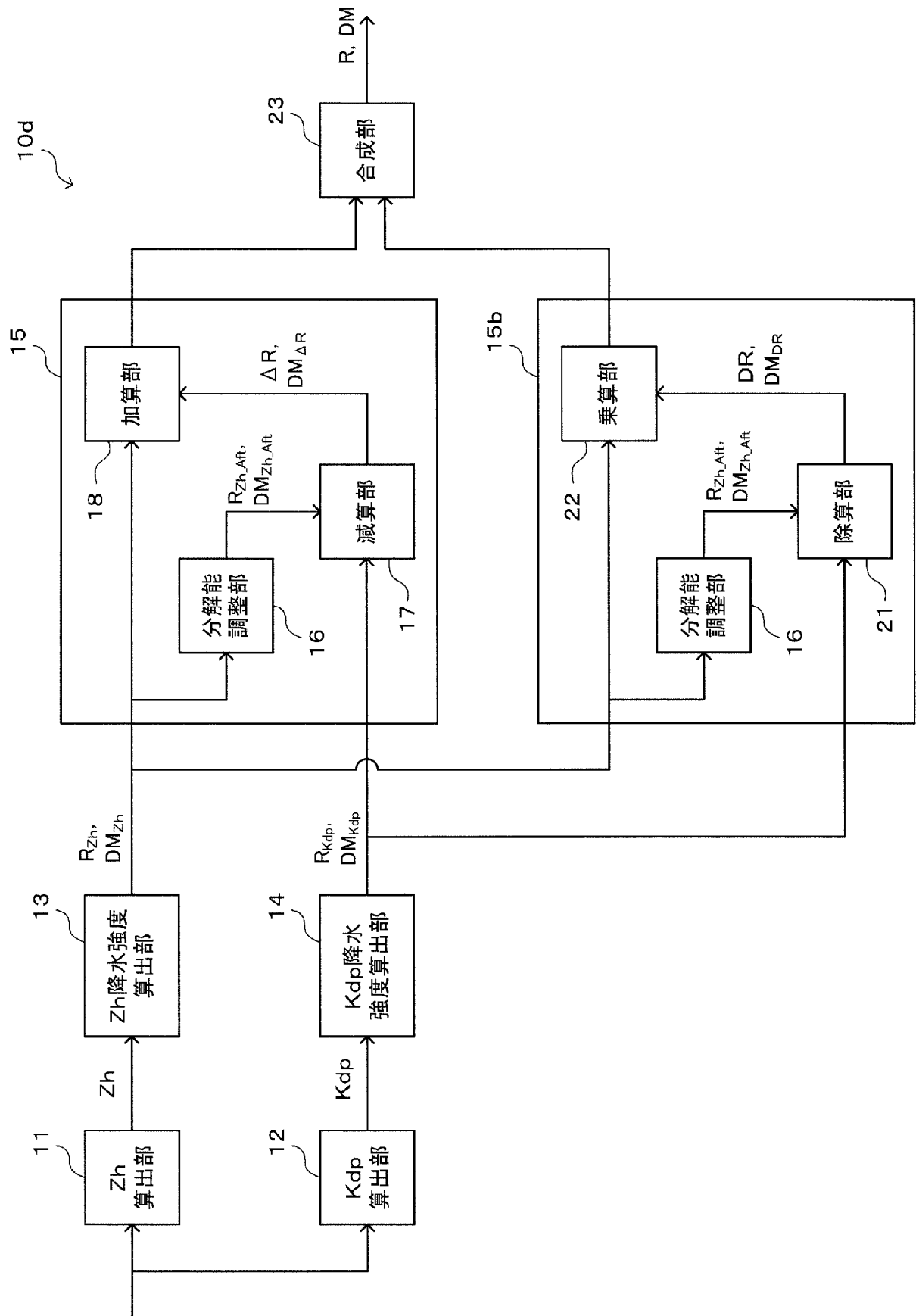
[図9]



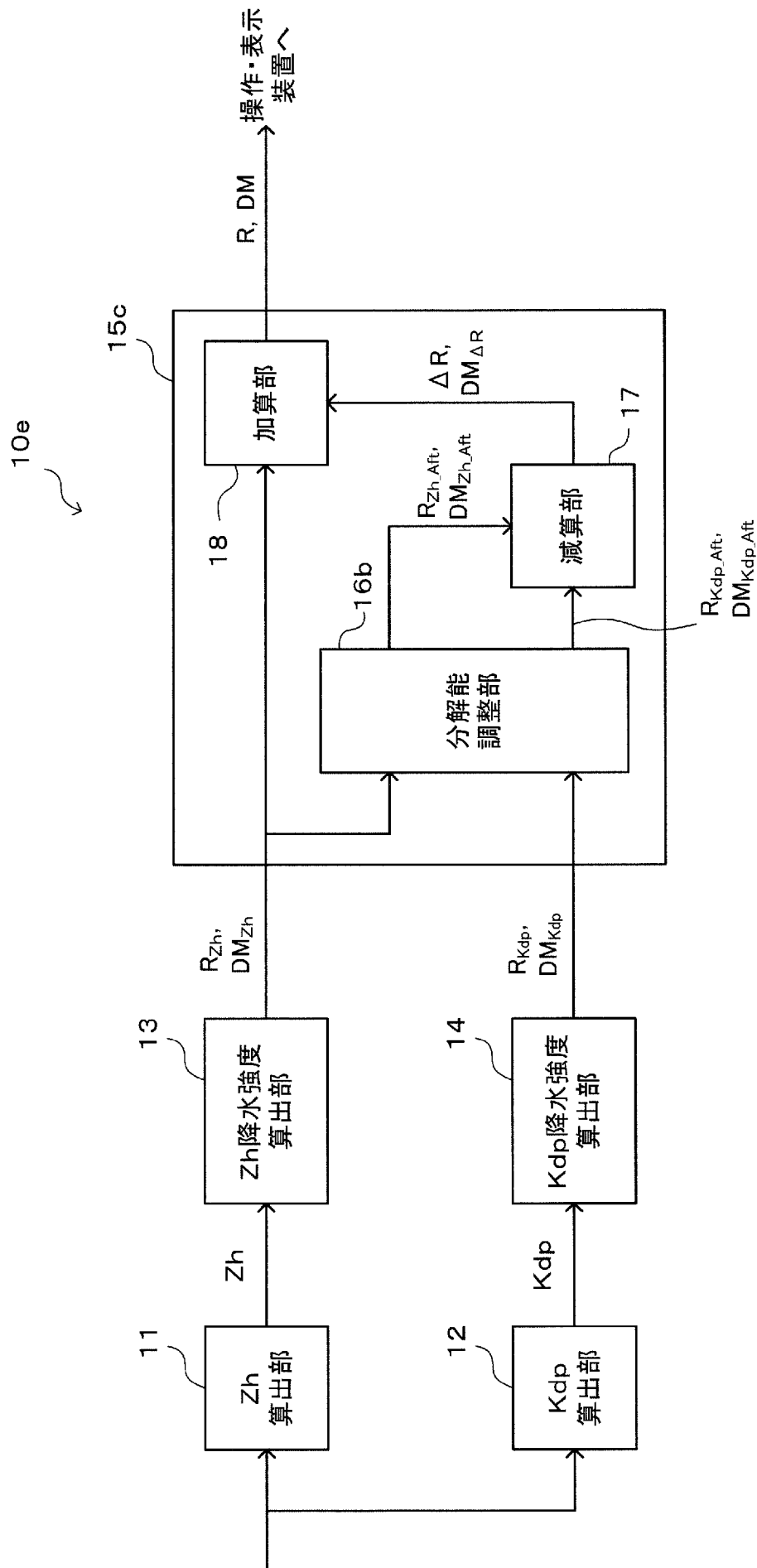
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/95(2006.01)i, G01W1/14(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)

G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, G01W1/00-1/18

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2012-149920 A (Toshiba Electronics Engineering Corp.), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0009] to [0020], [0034] to [0037]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-5, 8-10 6, 7
Y	JP 2009-008440 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0010] to [0012] (Family: none)	6, 7
A	JP 2014-048273 A (Toshiba Corp.), 17 March 2014 (17.03.2014), paragraphs [0008], [0038] to [0045]; fig. 2 (Family: none)	1-10

☒ 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
23 May 2016 (23.05.16)

Date of mailing of the international search report
31 May 2016 (31.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057288

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4529983 A (LYALL James R.), 16 July 1985 (16.07.1985), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S13/95(2006.01)i, G01W1/14(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（IPC））

Int.Cl. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, G01W1/00-1/18

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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）

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 Y	JP 2012-149920 A（東芝電波システムエンジニアリング株式会社） 2012.08.09, [0009] - [0020], [0034] - [0037], [図1], [図2]（ファミリーなし）	1-5, 8-10 6, 7
Y	JP 2009-008440 A（三菱電機株式会社）2009.01.15, [0010] - [0012]（ファミリーなし）	6, 7
A	JP 2014-048273 A（株式会社東芝）2014.03.17, [0008], [0038] - [0045], [図2]（ファミリーなし）	1-10

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

23.05.2016

国際調査報告の発送日

31.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

三田村 陽平

2S

4001

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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	US 4529983 A (LYALL James R.) 1985.07.16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10