

(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  
2013年10月17日(17.10.2013)



(10) 国際公開番号  
WO 2013/154191 A1

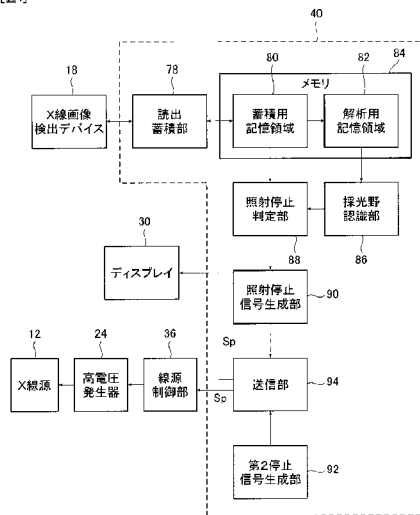
- (51) 国際特許分類:  
A61B 6/00 (2006.01) H04N 5/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/061115
- (22) 国際出願日: 2013年4月12日(12.04.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-091310 2012年4月12日(12.04.2012) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高橋 知幸(TAKAHASHI Tomoyuki); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 山田雅彦(YAMADA Masahiko); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 赤堀 貞登(AKAHORI Sadato); 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 富士フイルム株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 渡辺 望稔, 外(WATANABE Mochitoshi et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町2丁目3番3号 友泉岩本町ビル6階 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, 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, IS, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: X-RAY EXPOSURE CONTROL DEVICE, X-RAY IMAGE DETECTION APPARATUS, AND X-RAY IMAGE CAPTURING SYSTEM

(54) 発明の名称: X線露出制御装置、X線画像検出装置及びX線画像撮影システム

[図4]



- 12 X-ray source
- 18 X-ray image detection device
- 24 High-voltage generator
- 30 Display
- 36 Ray source control unit
- 78 Read collection unit
- 80 Storage region for collecting
- 82 Storage region for analysis
- 84 Memory
- 86 Lighting field recognition unit
- 88 Irradiation stop determination unit
- 90 Irradiation stop signal generation unit
- 92 Second stop signal generation unit
- 94 Transmission unit

(57) Abstract: This X-ray exposure control device includes: an X-ray detection element (18) provided with a plurality of dose-detecting pixels (76) for detecting the dose in X-ray irradiation; a region-setting unit (86) for setting a usage pixel region comprising dose-detecting pixels (76) to be used, from among the plurality of dose-detecting pixels (76), in X-ray irradiation; a signal generation unit (90) for generating an X-ray irradiation stop signal in accordance with the detected dose of the dose-detecting pixels (76) in the set usage pixel region; and a transmission unit (94) for transmitting the X-ray irradiation stop signal to the X-ray source. The X-ray exposure control device makes it possible to acquire an appropriately dense X-ray image at all times in the same image-capturing environment even when capturing images of a variety of different sites. Provided are an X-ray image detection apparatus including the X-ray exposure control device, and an X-ray image capturing system including the X-ray image detection apparatus.

(57) 要約: X線露出制御装置は、X線照射中の線量を検知する複数の線量検知用画素(76)を備えるX線検出素子(18)と、X線照射中に、複数の線量検知用画素(76)の中から使用する線量検知用画素(76)を含む使用画素領域を設定する領域設定部(86)と、設定された使用画素領域内の線量検知用画素(76)の検知線量に応じて、X線の照射の停止信号を生成する信号生成部(90)と、X線の照射の停止信号をX線源に送信する送信部(94)とを有する。X線露出制御装置は、種々の異なる部位の撮影であっても、常に同一の撮影環境で、適切な濃度のX線画像を取得することができる。X線画像検出装置は、X線露出制御装置を有し、X線画像撮影システムは、X線画像検出装置を有する。

WO 2013/154191 A1

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, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

**X線露出制御装置、X線画像検出装置及びX線画像撮影システム**

### 技術分野

[0001] 本発明は、X線露出制御機能を持つX線露出制御装置、これを備えるX線画像検出装置及びこれを備えるX線画像撮影システムに関する。

### 背景技術

[0002] 従来、X線を用いた医療画像撮影では、蛍光板とX線フィルムを組み合わせたスクリーンフィルム撮影系を用い、X線画像をX線フィルムに直接記録して現像するX線フィルム方式や、X線画像をイメージングプレート（IP）と呼ばれる蓄積性蛍光体シート等に潜像として記録した後、レーザを走査して輝尽発光を読み取ってデジタルデータとしてX線画像データを取得するコンピューティッドラジオグラフィ（CR）方式や、X線画像を、直接、TFT（Thin film transistor）基板上にX線感応層を配置したフラットパネル検出器（FPD：Flat Panel Detector）等のX線検出素子で即時に取り取り、直接デジタルデータとしてX線画像データを取得するデジタルラジオグラフィ（DR：Digital Radiography）方式等が一般的に用いられている。

[0003] 上記のいずれの方式のX線画像撮影系においても、X線源から放射されたX線を検出し、適正なX線照射量に達した場合、X線照射を停止させるための自動露出制御（AEC）機構が備えられている。上記X線画像撮影系では、AEC機構を備えているため、種々の異なる部位の撮影においても、常に同一の撮影環境で、適切な濃度のX線画像を取得することができるようになっている。

このような従来のAECは、いわゆる電離箱や光電変換素子を持つイオンチャンバを用いたフォトタイマと呼ばれている。

[0004] このような従来のAECを備える従来のX線画像撮影系を図21（A）、（B）及び（C）に示す。

同図に示すように、X線画像撮影系200は、X線源202と、X線源202と対向して設けられ、被写体204（撮影部位）を透過してきたX線像を受像するX線画像検出専用デバイス（以下、X線検出デバイスという）206と、被写体204の撮影位置とX線検出デバイス206との間に配置され、採光野となる複数の位置にX線センサ208を備える線量検出器210と、線量検出器210の、採光野にあるX線センサ208で検出されたX線の積算量（曝射量）に応じてX線源202の停止を制御するAEC部212とを有する。ここで、線量検出器210及びAEC部212は、AEC機構を構成する。線量検出器210には、複数個、図示例では、3個のX線センサ208（RGBの符号が付けられている）が取り付けられているが、X線検出デバイス206に対して固定されていることなるため、採光野が固定されている。例えば、採光野は、胸部正面なら肺野にあたる“青（B）”と“緑（G）”、腹部なら“赤（B）”などになる。

[0005] このようなX線画像撮影系200においては、X線源202から被写体204（撮影部位）に向けてX線を照射し、被写体204の採光野に照射されたX線を線量検出器210のX線センサ208で検出し、その検出信号をAEC部212で積算して、X線センサ208で検出され、AEC部212で積算されたX線量が、被写体204に適したX線照射量（曝射量）になった時に、AEC部212でX線源202を停止するための停止信号Spを生成して、AEC部212からX線源202に送り、X線源202を停止している。

[0006] なお、近年では、図21（B）に示す線量検出器210による線量損失を低減したり、別途線量検出器210を設けるコストを削減（コストダウン）するために、線量検出器210とX線検出デバイス206とを一体化させることも行われている（特許文献1～2参照）。

特許文献1及び2では、X線画像検出デバイスの一部の画素をX線量を検出するための画素として用いている。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0007] 特許文献1：特開平7-2014901号公報

特許文献2：特開2011-174908号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、特許文献1及び2に開示の技術も含め、上記従来のX線画像撮影系200のAECでは、上述したように、採光野（X線センサ208）が固定であるため、被写体204（撮影部位）に応じて事前に選択しているが、採光野と被写体位置がずれると露出を適正に制御することができず、適切な濃度のX線画像を取得することができないという問題があった。

そのため、撮影前に、X線撮影技師が被写体204（撮影部位）を採光野（X線センサ208の位置）に合わせるように、例えば、胸部正面なら肺野にあたる“青（B）”と“緑（G）”の位置に、腹部なら“赤（B）”の位置に予め位置合わせ（ポジショニング）した上で撮影する必要があるという問題があった。

[0009] 本発明は、上記従来技術の問題点を解消して、X線撮影中の画像から撮影中に撮影被写体の採光野を認識して決定することができ、被写体、即ちその撮影部位に応じた適正な露出線量（曝射）でX線照射を停止させることができ、即ち、被写体に応じてX線撮影時の照射線量を適正に制御することができ、種々の異なる部位の撮影であっても、常に同一の撮影環境で、適切な濃度のX線画像を取得することができるX線露出制御装置、X線画像検出装置及びX線画像撮影システム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

[0010] 上記目的を達成するために、本発明の第1の態様に係るX線露出制御装置は、X線源から撮影対象に照射されるX線の照射量を制御するX線露出制御装置、詳しくは、X線源からX線を撮影対象に照射して撮影対象のX線画像を検出するX線画像検出装置に用いられ、撮影対象に照射されるX線の蓄積

線量を制御するX線露出制御装置であって、X線照射中の線量を検知する複数の線量検知用画素を備えるX線検出素子と、X線照射中に、複数の線量検知用画素の中から使用する線量検知用画素を含む使用画素領域を設定する領域設定ユニットと、領域設定ユニットによって設定された使用画素領域内の線量検知用画素によって検知された線量に応じて、X線源によるX線の照射を停止する停止信号を生成する信号生成ユニットと、信号生成ユニットによって生成されたX線の照射の停止信号をX線源に送信する送信ユニットとを有することを特徴とする。

[0011] ここで、領域設定ユニットは、所定タイミングで複数の線量検知用画素の線量情報を解析することにより使用画素領域を設定することが好ましい。

また、所定タイミングは、予め設定された固定タイミング、若しくは、外部から指定された指定タイミングであることが好ましく、指定タイミングは、撮影対象に応じて予め設定された設定値、X線源の管電流、及びX線源の管電圧の少なくとも一つに基づくものであることが好ましい。

[0012] また、領域設定ユニットは、複数の線量検知用画素の線量情報から、複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせて、被写体となる撮影対象を表す被写体画素、又はX線が照射された照射野内画素を特定し、被写体画素、又は照射野内画素を使用線量検知用画素として含む使用画素領域を設定することが好ましい。

また、領域設定ユニットは、被写体画素、又は照射野内画素を特定し、被写体画素の一部、又は照射野内画素の一部を使用線量検知用画素として設定することが好ましい。

[0013] また、領域設定ユニットは、複数の線量検知用画素の線量情報から、複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせて使用画素領域を設定することが好ましい。

また、領域設定ユニットは、複数の線量検知用画素の線量情報から、画素特徴を使って使用画素領域を設定することが好ましい。

また、領域設定ユニットは、使用線量検知用画素を、複数の線量検知用画

素をまとめて1画素にした、縮小画像の画素特徴に基づいて特定することが好ましい。

[0014] また、領域設定ユニットは、予め設定された撮影対象に応じて選択可能な複数のモードを備え、撮影対象に応じて選択されるモードに応じて使用線量検知用画素を設定することが好ましい。

また、領域設定ユニットは、複数のモードを備え、画像の特徴に応じて選択されるモードで使用線量検知用画素を設定することが好ましい。

また、領域設定ユニットは、被写体領域、又は照射野内領域の特徴に基づいて選択されるモードを決定することが好ましい。

[0015] また、領域設定ユニットは、複数のモードを備え、この複数のモードで、それぞれ使用線量検知用画素を検出し、画像の特徴に応じて設定する使用線量検知用画素を決定することが好ましい。

また、複数のモードは、特定された被写体画素、または照射野内画素、または複数の画素特徴やその近傍の画素特徴から設定される領域の線量の累積ヒストグラムにおいて高線量側の画素を使用線量検知用画素として設定する第1モードと、累積ヒストグラムにおいて低線量側の画素を使用線量検知用画素として設定する第2モードと、累積ヒストグラムにおいて中央値近傍の画素を使用線量検知用画素として設定するモードの、少なくとも一つのモードを含むことが好ましい。例えば、ここで、第1モードを、肺野を撮影対象とするモードとし、第2モードを、骨を撮影対象とするモードとしても良い。

[0016] また、複数のモードは、外部から使用画素領域を指定するモード、または予め設定された線量で撮影するモードを含むことが好ましい。

また、複数のモードは、特定された被写体画素の線量に基づいて使用線量検知用画素を設定する第1モードと、特定された照射野内画素の線量に基づいて使用線量検知用画素を設定する第2モード、複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせて使用画素領域を設定する第3モード、画素特徴を使って使用画素領域を設定する第4モードの、少なくとも一つのモードを

含むことが好ましい。

[0017] また、X線検出素子は、X線源が撮影対象に対してX線の照射を開始する開始タイミングで複数の線量検知用画素による線量の検知、保持及び累積を開始することが好ましい。

また、X線検出素子は、複数の線量検知用画素によって開始タイミングを検知することが好ましい。

また、上記第1の態様のX線露出制御装置は、更に、X線源から撮影対象に対してX線の照射を開始する開始タイミングを表す開始信号を取得する取得ユニットを有し、X線検出素子は、取得ユニットによって取得された開始信号を応じて複数の線量検知用画素による線量検知を開始することが好ましい。

また、取得ユニットは、外部から開始信号を取得することが好ましい。

[0018] また、信号生成ユニットは、使用画素領域内の線量検知用画素の検知線量が、予め設定された閾値に達した時点、又は閾値を超えた時点でX線の照射を停止する停止信号を生成することが好ましい。

また、閾値は、撮影対象、撮影条件、又は複数のモードに基づいて設定されることが好ましい。

また、閾値は、X線検出素子の特性差を吸収するように補正されることが好ましく、又は送信ユニットによる遅延差を吸収するように補正されることが好ましい。

[0019] また、上記第1の態様のX線露出制御装置は、更に、使用画素領域内の線量検知用画素の検知線量とは異なる情報に基づいて、X線源によるX線の照射を停止する第2の停止信号を生成する第2の信号生成ユニットを有することが好ましい。

また、検知線量とは異なる情報は、撮影対象の情報、撮影条件の情報、又は複数のモードの情報であることが好ましい。

また、更に、少なくとも、使用画素領域内の線量検知用画素の検知線量に基づく停止信号と、線量検知用画素の検知線量とは異なる情報に基づく第2

の停止信号との信号種別を報知する報知ユニットを有することが好ましい。

[0020] また、領域設定ユニットは、所定タイミングで解析する複数の線量検知用画素の線量情報を、X線検出素子から読み出すことが好ましい。

また、信号生成ユニットは、領域設定ユニットが使用線量検知用画素として含む使用画素領域を設定した後、所定のモニタリングタイミング毎に、使用画素領域内の使用線量検知用画素の線量をX線検出素子から読み出し、撮影条件に応じて予め設定された閾値と比較し、蓄積線量が閾値に達した、又は超えた時点で停止信号を生成することが好ましい。

[0021] また、上記第1の態様のX線露出制御装置は、更に、X線照射中に、X線検出素子の複数の線量検知用画素によって検知された線量を所定のサンプリングタイミング毎に読み出し、線量情報として記憶する記憶ユニットを有し、領域設定ユニットは、所定タイミングで解析する複数の線量検知用画素の線量情報を、記憶ユニットから読み出すことが好ましい。

また、記憶ユニットは、所定のサンプリングタイミング毎に読み出された、検知された線量を蓄積して、線量情報として記憶することが好ましい。

また、信号生成ユニットは、領域設定ユニットが使用線量検知用画素として含む使用画素領域を設定した後、所定のモニタリングタイミング毎に、使用画素領域内の使用線量検知用画素の線量を記憶ユニットから読み出し、撮影条件に応じて予め設定された閾値と比較し、蓄積線量が閾値に達した、又は超えた時点で停止信号を生成することが好ましい。

[0022] また、上記第1の態様のX線露出制御装置は、更に、X線照射中に、X線検出素子の複数の線量検知用画素によって検知された線量を所定のサンプリングタイミング毎に読み出して蓄積する蓄積処理を線量検知用画素毎に行う蓄積ユニットを有し、記憶ユニットは、蓄積ユニットによって蓄積処理のために参照され、線量検知用画素毎の蓄積線量を記憶する第1記憶領域及び領域設定ユニットによって解析処理のために参照され、使用画素領域を設定するための解析処理に用いられる線量検知用画素毎の解析用線量を記憶する第2記憶領域を備え、所定タイミングで第1記憶領域の線量検知用画素毎の蓄

積線量を読み出して第2記憶領域に解析用線量として線量検知用画素毎に記憶することが好ましい。

[0023] また、蓄積ユニットは、サンプリングタイミング毎に、X線検出素子の線量検知用画素毎の検知線量を記憶部の第1記憶領域から読み出した線量検知用画素毎の蓄積線量に累積して第1の記憶領域に記憶された線量検知用画素毎の蓄積線量を更新し、領域設定ユニットは、所定タイミングで記憶部の第2記憶領域に記憶された線量検知用画素毎の解析用線量を読み出し、読み出した線量検知用画素毎の解析用線量に基づいて解析処理を行い、停止信号を生成するのに用いる線量検知用画素を決定し、線量検知用画素を含む使用画素領域を設定することが好ましい。

また、蓄積ユニットによる蓄積処理と領域設定ユニットによる解析処理とは、平行処理されるように制御されることが好ましい。

[0024] また、上記目的を達成するために、本発明の第2の態様に係るX線画像検出装置は、上記第1の態様のX線露出制御装置と、X線源のX線の照射開始から照射停止までの間に、撮影対象を透過したX線を検出して撮影対象のX線画像を検出するためのX線画像検出ユニットと有することを特徴とする。

ここで、X線画像検出ユニットは、X線源のX線の照射開始から照射停止までの間に、撮影対象を透過したX線を検出する複数のX線画像検出画素を備えるX線画像検出素子であることが好ましい。

また、X線画像検出素子は、X線検出素子と一体化されてなり、複数の線量検知用画素は、複数のX線画像検出画素と異なる構成を有し、複数のX線画像検出画素の間に混在するものである、又はX線画像検出素子は、非破壊読出し可能な素子であり、複数のX線画像検出画素の一部が、複数の線量検知用画素として兼用されることが好ましい。

[0025] また、上記目的を達成するために、本発明の第3の態様に係るX線画像撮影システムは、X線を照射するX線源と、上記第2の態様のX線画像検出装置とを有し、X線源は、外部装置又はX線画像検出装置からX線の照射の開始信号を受信して、X線の照射を開始し、X線画像検出装置からX線の照射

の停止信号を受信して、X線の照射を停止することを特徴とする。

### 発明の効果

[0026] 以上説明したように、本発明によれば、X線撮影中に撮影被写体の採光野を認識して決定することにより、被写体のポジショニングによらず、安定したX線の露出制御を行うことができる。

したがって、本発明によれば、被写体（撮影部位）に応じた適正な露出線量（曝射）でX線照射を停止させることができ、即ち、被写体に応じてX線撮影時の照射線量を適正に制御することができ、種々の異なる部位の撮影であっても、常に同一の撮影環境で、適切な濃度のX線画像を取得することができる。

すなわち、本発明によれば、被写体、即ちその撮影部位がどこであっても、又は被写体が全身のどこであっても、適正線量で安定した撮影を行うことができる。

### 図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の第1の実施形態に係るX線露出制御装置を備えるX線画像検出装置が適用されるX線画像撮影システムの一実施例を模式的に示す概略説明図である。

[図2]図1に示すX線画像検出装置の制御装置の一実施例を説明する説明図である。

[図3]図1に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出デバイスの一実施例を説明する説明図である。

[図4]図2に示すX線画像検出装置の制御装置に用いられるAEC部の一実施例のブロック図である。

[図5]図4に示すAEC部で行われるAECの手順の一例を説明するフローチャートである。

[図6]図4に示すAEC部で行われるAECの手順の一例を模式的に説明する説明図である。

[図7]図1に示すX線画像撮影システムのX線画像撮影の流れの一例を模式的

に示すチャートである。

[図8]図4に示すAEC部の読出蓄積部で行われるよみだし動作の一例を説明する模式的説明図である。

[図9](A)は、図3に示すX線画像検出デバイスの画素構成の一例を説明する模式的説明図であり、(B)及び(C)は、それぞれ露出制御用画素の画素構成の一例を説明する模式的説明図である。

[図10]本発明の第2の実施形態に係るX線露出制御装置を備えるX線画像検出装置が適用されるX線画像撮影システムの他の実施例を模式的に示す概略説明図である。

[図11](A)及び(B)は、それぞれ図10に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出専用デバイス及びX線露出制御デバイスの一実施例を説明する説明図である。

[図12]図10に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出装置の制御装置の一実施例を説明する説明図である。

[図13]図10に示すX線画像撮影システムのX線画像撮影の流れの一例を模式的に示すチャートである。

[図14]本発明の実施形態に係るX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出装置の制御装置の他の実施例を説明する説明図である。

[図15]図14に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出デバイスの他の実施例を説明する説明図である。

[図16]図14に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出デバイスの他の実施例を説明する説明図である。

[図17]図14に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出デバイスの他の実施例を説明する説明図である。

[図18]図17に示すX線画像検出デバイスのAEC部の他の実施例のブロック図である。

[図19]図18に示すAEC部で行われるAECの手順の一例を説明するフローチャートである。

[図20]図18に示すAEC部で行われるAECの手順の一例を模式的に説明する説明図である。

[図21](A)は、従来のX線画像撮影系、(B)及び(C)は、それぞれ従来のX線画像撮影系に用いられる線量検出器及びX線画像を示す模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0028] 以下に、本発明に係るX線露出制御機能を持つX線露出制御装置、これを備えるX線画像検出装置及びこれを備えるX線画像撮影システムを添付の図面に示す好適な実施形態を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係るX線露出制御装置を備えるX線画像検出装置を用いるX線画像撮影システムの一実施例の概略構成を示す模式図である。

[0029] 同図に示すように、本発明の第1実施形態のX線画像撮影システム10は、X線源12と、X線画像検出装置14とを有し、X線画像検出装置14は、X線源12と対向する位置に設けられ、被写体16(撮影部位)を透過してきたX線像を受像するX線画像検出デバイス(以下、単に画像検出デバイスという)18と、X線源12や画像検出デバイス18の動作制御やX線画像の画像処理等を行う等、X線画像撮影システム10の全体の動作を制御する制御装置20とを有する。

X線画像撮影システム10は、図示しないが、被写体16を立位姿勢で撮影するための立位撮影台や臥位姿勢で撮影するための臥位撮影台等の撮影台や、X線源12を所望の方向および位置にセットするための線源移動装置等が設けられている。

なお、詳細は、後述するが、図3に示す例では、X線画像検出装置14の内、主に、画像検出デバイス18の画像検出用の通常画素44の部分を除いた露出制御用画素76と、通常画素44によるX線画像を処理する部分を除いた制御装置20の各部分が、本発明の第1実施形態に係るX線露出制御装置を構成する。

[0030] X線源12は、X線を放射するX線管と、X線管が放射するX線の照射野を限定する照射野限定器（コリメータ）とを有する。X線管は、熱電子を放出するフィラメントからなる陰極と、陰極から放出された熱電子が衝突してX線を放射する陽極（ターゲット）とを有している。照射野限定器は、例えば、X線を遮蔽する複数枚の鉛板を井桁状に配置し、X線を透過させる照射開口が中央に形成されたものであり、鉛板の位置を移動することで照射開口の大きさを変化させて、照射野を限定する。

[0031] 制御装置20は、図2に示すように、装置全体の動作を統括的に制御するX線検出制御部（以下、単に検出制御部という）22と、検出制御部22に接続される高電圧発生器24、照射スイッチ26、入力デバイス28、ディスプレイ30、及びメモリ32等を有する。

検出制御部22は、デバイス制御部34と、線源制御部36と、メモリ38と、X線露出制御部（以下、AEC部ともいう）40と、を有する。

[0032] 高電圧発生器24は、トランスによって入力電圧を昇圧して高圧の管電圧を発生し、高電圧ケーブルを通じてX線源12に供給する。線源制御部36は、X線源12が照射するX線のエネルギースペクトルを決める管電圧、単位時間当たりの照射量を決める管電流、X線源12の照射開始、照射停止又は終了、及びX線の照射時間を制御する。

[0033] 照射スイッチ26は、放射線技師等のオペレータによって操作される例えば二段階押しのスイッチであり、一段階押しでX線源12のウォームアップを開始させるためのウォームアップ開始信号を発生し、二段階押しでX線源12に照射を開始させるための照射開始信号を発生する。これらの信号は信号ケーブルを通じて線源制御部36に入力される。

線源制御部36は、照射スイッチ26から照射開始信号を受けたときに高電圧発生器24からX線源12への電力供給を開始させ、AEC部40から照射停止信号を受けたときに高電圧発生器24からX線源12への電力供給を停止させ、X線源12によるX線の照射を停止させる。

[0034] メモリ32は、管電圧、管電流といった撮影条件を予め数種類格納してい

る。撮影条件は入力デバイス 28 を通じてオペレータにより手動で設定される。線源制御部 36 は、設定された撮影条件の管電圧や管電流照射時間積で X 線を照射しようとする。AEC 部 40 による AEC はこれに対して必要十分な線量に到達したことを検出すると、線源制御部 36 で照射しようとしていた管電流照射時間積（照射時間）以下であっても X 線の照射を停止するように機能する。目標線量に達して AEC 部 40 からの照射停止信号を受け取る前に X 線の照射が終了して線量不足に陥ることを防ぐために、X 線源 12 の撮影条件には管電流照射時間積（照射時間でも可）の最大値が設定される。なお、設定される管電流照射時間積は、撮影部位に応じた値とすることが好ましい。

メモリ 38 及び AEC 部 40 については、後に詳述する。

[0035] デバイス制御部 34 は、入力デバイス 28 を介したオペレータからの入力操作に応じて画像検出デバイス 18 の動作を制御する。具体的には、デバイス制御部 34 は、画像検出デバイス 18 の電源のオンオフ、待機モードや撮影モードへのモード切替等の種々の制御を行う。

また、デバイス制御部 34 は、この他、メモリ 38 の X 線画像データに対してオフセット補正、感度補正、および欠陥補正の各種画像処理を施す機能が備えられているのが好ましい。これらの各種画像処理については後述する。

画像検出デバイス 18 からの X 線画像データは、メモリ 38 に格納された後、制御装置 20 のデバイス制御部 34 で上述の各種の画像処理が施されるが、画像処理済 X 線画像は、ディスプレイ 30 に表示される他、そのデータが再びメモリ 38 やストレージデバイス（図示せず）、あるいは制御装置 20 とネットワーク接続された画像蓄積サーバといったデータストレージに記憶される。

[0036] 制御装置 20 は、所謂コンソールの機能を備え、患者の性別、年齢、撮影部位、撮影目的といった情報が含まれる検査オーダーの入力を受け付けて、検査オーダーをディスプレイ 30 に表示する。検査オーダーは、HIS（病院情報

システム)やRIS(放射線情報システム)といった患者情報や放射線検査に係る検査情報を管理する外部システムから入力されるか、オペレータにより手動入力される。検査オーダーには、頭部、胸部、腹部等の撮影部位、正面、側面、斜位、PA(X線を被検体の背面から照射)、AP(X線を被検体の正面から照射)といった撮影方向が含まれる。オペレータは、検査オーダーの内容をディスプレイ30で確認し、その内容に応じた撮影条件をディスプレイ30に映された操作画面を通じて入力する。

[0037] 次に、画像検出デバイス18は、本発明のX線検出素子であり、DR方式のフラットパネル検出器(以下、FPDという)42(図3参照)とFPD42を収容する筐体とからなる。画像検出デバイス18の筐体は、略矩形状で偏平な形状を有し、FPD42を図示しない撮影台に固定するためのものである。なお、画像検出デバイス18は、詳細は後述するが、着脱可能な可搬型のカセットタイプの電子カセットとしても良い。電子カセットの場合には、FPD42を収容する筐体は、可搬型の筐体とするのが良く、その平面サイズはフィルムカセットやIPカセット(CRカセットとも呼ばれる)と同様の大きさ(国際規格ISO4090:2001に準拠した大きさ)とするのが良い。こうであれば、フィルムカセットやIPカセット用の既存の撮影台にも取り付け可能である。電子カセットタイプの画像検出デバイス18の場合には、撮影台にセットするのではなく、被写体が仰臥するベッド上に置いたり被写体自身に持たせたりして単体で使用することも可能である。

[0038] FPD42は、TF Tアクティブマトリクス基板を有し、この基板上にX線の到達線量に応じた電荷を蓄積する複数の画素44を配列してなる撮像面46を備えている。複数の画素44は、所定のピッチで二次元にn行(x方向)×m列(y方向)のマトリクス状に配列されている。

[0039] FPD42は、X線を可視光に変換するシンチレータ(蛍光体)を有し、シンチレータによって変換された可視光を画素44で光電変換する間接変換型である。シンチレータは、CsI:Tl(タリウム賦活ヨウ化セシウム)やGOS( $Gd_2O_2S:Tb$ 、ガドリウムオキシサルファイド)等からなり

、画素44が配列された撮像面46の全面と対向するように配置されている。なお、シンチレータとTFTアクティブマトリクス基板は、X線の入射する側からみてシンチレータ、基板の順に配置されるPSS (Penetration Side Sampling) 方式でもよいし、逆に基板、シンチレータの順に配置されるISS (Irradiation Side Sampling) 方式でもよい。また、シンチレータを用いず、X線を直接電荷に変換する変換層（アモルファスセレン等）を用いた直接変換型のFPDを用いてもよい。さらにTFT方式の代わりにCMOS方式を用いてもよい。

[0040] 画素44は、可視光の入射によって電荷（電子-正孔対）を発生する光電変換素子であるフォトダイオード48、フォトダイオード48が発生した電荷を蓄積するキャパシタ（図示せず）、およびスイッチング素子として薄膜トランジスタ（TFT）50を備える。なお、キャパシタを別途設けることなく、フォトダイオード48内に電荷を蓄積することも可能である。

[0041] フォトダイオード48は、電荷を発生する半導体層（例えばPIN型）とその上下に上部電極および下部電極を配した構造を有している。フォトダイオード48は、下部電極にTFT50が接続され、上部電極にはバイアス線52が接続されている。バイアス線52は撮像面46内の画素44の行数分（n行分）設けられて一本の結線に結束されている。結線53はバイアス電源54に繋がれている。結線53とバイアス線52を通じて、バイアス電源54からフォトダイオード48の上部電極にバイアス電圧が印加される。バイアス電圧の印加により半導体層内に電界が生じ、光電変換により半導体層内で発生した電荷（電子-正孔対）は、一方がプラス、他方がマイナスの極性をもつ上部電極と下部電極に移動し、キャパシタに電荷が蓄積される。

[0042] TFT50は、ゲート電極が走査線56に、ソース電極が信号線58に、ドレイン電極がフォトダイオード48にそれぞれ接続される。走査線56と信号線58は格子状に配線されており、走査線56は撮像面46内の画素44の行数分（n行分）、信号線58は画素44の列数分（m列分）それぞれ設けられている。走査線56はゲートドライバ60に接続され、信号線58

は信号処理回路62に接続される。

[0043] ゲートドライバ60は、TFT50を駆動することにより、X線の到達線量に応じた信号電荷を画素44に蓄積する蓄積動作と、画素44から信号電荷を読み出す読み出し（本読み）動作と、リセット（空読み）動作とを行わせる。制御部64は、ゲートドライバ60によって実行される上記各動作の開始タイミングを制御する。

蓄積動作ではTFT50がオフ状態にされ、その間に画素44に信号電荷が蓄積される。読み出し動作では、ゲートドライバ60から同じ行のTFT50を一斉に駆動するゲートパルスG1～Gnを順次発生して、走査線56を一行ずつ順に活性化し、走査線56に接続されたTFT50を一行分ずつオン状態とする。画素44のキャパシタに蓄積された電荷は、TFT50がオン状態になると信号線58に読み出されて、信号処理回路62に入力される。

[0044] 信号処理回路62は、積分アンプ66、CDS回路（CDS）68、マルチプレクサ（MUX）70、およびA/D変換器（A/D）72等を備える。積分アンプ66は、各信号線58に対して個別に接続される。積分アンプ66は、オペアンプ66aとオペアンプ66aの入出力端子間に接続されたキャパシタ66bとからなり、信号線58はオペアンプ66aの一方の入力端子に接続される。オペアンプ66aのもう一方の入力端子はグラウンド（GND）に接続される。キャパシタ66bにはリセットスイッチ66cが並列に接続されている。積分アンプ66は、信号線58から入力される電荷を積算し、アナログ電圧信号V1～Vmに変換して出力する。各列のオペアンプ66aの出力端子には、増幅器74、CDS68を介してMUX70が接続される。MUX70の出力側には、A/D72が接続される。

[0045] CDS68はサンプルホールド回路を有し、積分アンプ66の出力電圧信号に対して相関二重サンプリングを施してノイズを除去するとともに、サンプルホールド回路で積分アンプ66の出力電圧信号を所定期間保持（サンプルホールド）する。MUX70は、シフトレジスタ（図示せず）からの動作

制御信号に基づき、パラレルに接続される各列のCDS68から順に一つのCDS68を電子スイッチで選択し、選択したCDS68から出力される電圧信号V1～VmをシリアルにA/D72に入力する。A/D72は、入力された電圧信号V1～Vmをデジタル電圧信号に変換して、制御装置20（の検出制御部22のメモリ38及び／又はAEC部40）にX線画像を表す画像データとして出力する。なお、MUX70とA/D72の間に増幅器を接続してもよい。また、信号線58単位でA/Dを持たせることも可能であり、その場合はA/Dの後段にMUXを配した構成となる。

[0046] MUX70によって積分アンプ66からの一行分の電圧信号V1～Vmが読み出されると、制御部64は、積分アンプ66に対してリセットパルスRSTを出力し、リセットスイッチ66cをオンする。これにより、キャパシタ66bに蓄積された一行分の信号電荷が放電されてリセットされる。積分アンプ66をリセットした後、再度リセットスイッチ66cをオフして所定時間経過後にCDS68のサンプルホールド回路の一つをホールドし、積分アンプ66のkTCノイズ成分をサンプリングする。その後、ゲートドライバ60から次の行のゲートパルスが出力され、次の行の画素44の信号電荷の読み出しを開始させる。さらにゲートパルスが出力されて所定時間経過後に次の行の画素44の信号電荷をCDS68のもう一つのサンプルホールド回路でホールドする。これらの動作を順次繰り返して全行の画素44の信号電荷を読み出す。また、これらの処理を同時に行うパイプライン処理とすることにより、高速駆動が可能となる。

[0047] 1行の読み出し毎に1行分のX線画像の画像データが制御装置20に出力され、メモリ38に記録されることが繰り返され、全行の読み出しが完了すると、1画面分のX線画像の画像データがメモリ38に記録されることになる。こうして被検体のX線画像が検出される。なお、画像検出デバイス18内のA/D72に接続されるメモリを内蔵しておき、この内蔵メモリにA/D72から出力されるデジタル画像データを、一旦記憶するように構成しておき、1画面分のX線画像を表す画像データが記憶された後に、この1画面

分の画像データを直ちに内蔵メモリから読み出し、画像検出デバイス18から制御装置20に出力し、メモリ38に記録するようにしても良い。

[0048] フォトダイオード48の半導体層には、X線の入射の有無に関わらず暗電荷が発生する。この暗電荷はバイアス電圧が印加されているために画素44のキャパシタに蓄積される。画素44において発生する暗電荷は、画像データに対してはノイズ成分となるので、これを除去するために所定時間間隔でリセット動作が行われる。リセット動作は、画素44において発生する暗電荷を、信号線58を通じて掃き出す動作である。

[0049] リセット動作は、例えば、一行ずつ画素44をリセットする順次リセット方式で行われる。順次リセット方式では、信号電荷の読み出し動作と同様、ゲートドライバ60から走査線56に対してゲートパルスG1~Gnを順次発生して、画素44のTFT50を一行ずつオン状態にする。TFT50がオン状態になっている間、画素44から暗電荷が信号線58を通じて積分アンプ66のキャパシタ66bに流れる。リセット動作では、読み出し動作と異なり、MUX70によるキャパシタ66bに蓄積された電荷の読み出しは行われず、各ゲートパルスG1~Gnの発生と同期して、制御部64からリセットパルスRSTが出力されてリセットスイッチ66cがオンされ、キャパシタ66bに蓄積された電荷が放電されて積分アンプ66がリセットされる。

[0050] 順次リセット方式に代えて、配列画素の複数行を1グループとしてグループ内で順次リセットを行い、グループ数分の行の暗電荷を同時に掃き出す並列リセット方式や、全行にゲートパルスを入れて全画素の暗電荷を同時に掃き出す全画素リセット方式を用いてもよい。並列リセット方式や全画素リセット方式によりリセット動作を高速化することができる。

[0051] FPD42は、上述のようにゲートドライバ60および走査線56により駆動されるTFT50が接続された通常の画素44の他に、TFT50を介さず信号線58に短絡して接続された本発明の線量検知用画素である露出制御用画素76を同じ撮像面46内に複数備えている。制御画素76は、被写

体 1 6 を透過して撮像面 3 6 に入射する X 線の到達線量を検出するために利用される画素であり、制御装置 2 0 の検出制御部 2 2 の A E C 部 4 0 において照射停止信号を生成するための A E C センサとして機能する。制御画素 7 6 は撮像面 3 6 内の画素 4 4 の数%程度を占める。

[0052] 制御画素 7 6 は、撮像面 4 6 内で局所的に偏ることなく撮像面 4 6 内に満遍なく散らばるように、例えば、撮像面 4 6 の中心に関して左右対称な波形の軌跡に沿って設けられているのが好ましい。制御画素 7 6 は、同じ信号線 5 8 が接続された画素 4 4 の列に一個ずつ設けられ、制御画素 7 6 が設けられた列は、制御画素 7 6 が設けられない列を、例えば 2 ~ 3 列挟んで設けられるのが好ましい。制御画素 7 6 の位置は F P D 4 2 の製造時に既知であり、F P D 4 2 は全制御画素 7 6 の位置（座標）を、例えば不揮発性のメモリ（図示せず）に予め記憶しているのが好ましい。なお、逆に、制御画素 7 6 を局所に集中して配置してもよく、制御画素 7 6 の配置は適宜変更可能である。例えば、乳房を撮影対象とするマンモグラフィ装置では胸壁側に集中して制御画素 7 6 を配置するのが好ましい。

図示例においては、露出制御用画素 7 6 は、F P D 4 2 の画像検出用の通常画素の位置に通常画素のみに換えて縦横に何個かおきに配置されるが、本発明はこれに限定されず、通常画素の間の隙間に配置されていても良い。この場合には、通常画素の位置を制御画素 7 6 として用いる必要がないので、その分だけ、画素密度を上げることができる。

[0053] 制御画素 7 6 は信号線 5 8 との間に T F T 5 0 が設けられておらず、信号線 5 8 に直に接続されているので、制御画素 7 6 で発生した信号電荷は、直ちに信号線 5 8 に読み出される。同列にある通常の画素 4 4 が T F T 5 0 をオフ状態とされ、信号電荷を蓄積する蓄積動作中であっても同様である。このため制御画素 7 6 が接続された信号線 5 8 上の積分アンプ 6 0 には、制御画素 7 6 で発生した電荷が常に流入する。蓄積動作時、積分アンプ 6 0 に蓄積された制御画素 7 6 からの電荷は、所定のサンプリング周期で M U X 6 1 を介して電圧値として A / D 7 2 に出力され、A / D 7 2 は、入力された電

圧値をデジタル電圧値に変換して、露出制御用画素線量データとして、制御装置 20（の検出制御部 22 の AEC 部 40）に出力する。

なお、本実施形態の画像検出デバイス 18 は、複数の制御画素 76 を有しているため、本発明の X 線検出素子を構成する。

画像検出デバイス 18 は、基本的に以上のように構成される。

[0054] なお、上述したように、制御装置 20 のデバイス制御部 34 内には、メモリ 38 の X 線画像データに対してオフセット補正、感度補正、および欠陥補正の各種画像処理を施すための機能を備える回路（図示せず）が設けられている。オフセット補正回路は、X 線を照射せずに FPD 42 から取得したオフセット補正画像を X 線画像から画素単位で差し引くことで、信号処理回路 62 の個体差や撮影環境に起因する固定パターンノイズを除去する。

[0055] 感度補正回路は、ゲイン補正回路とも呼ばれ、各画素 44 のフォトダイオード 48 の感度のばらつきや信号処理回路 62 の出力特性のばらつき等を補正する。感度補正は被検体がない状態で所定の線量の X 線を照射して得た画像から上記オフセット補正画像を差し引いた画像を元に生成した感度補正データに基づき行う。感度補正データは、被検体がない状態で所定の線量の X 線を照射したときに、オフセット補正後の X 線画像に乗算することで各画素出力が一律同じになるよう、基準値からのずれを補正する係数を画素毎にもつ。例えば画素 A の出力が基準の 1 であるのに対して画素 B の出力が 0.8 であった場合、画素 B の係数は 1.25 ( $1 / 0.8 = 1.25$ ) となる。

[0056] 欠陥補正回路は、出荷時に添付される欠陥画素情報に基づき、欠陥画素の画素値を周囲の正常な画素の画素値で線形補間する。また、AEC の線量検出に用いられた採光野内の制御画素 76 の画素値も同様に補間する。

オフセット補正画像、感度補正データは、例えば画像検出デバイス 18 の出荷時に取得されるか、定期メンテナンス時にメーカーのサービスマンが、あるいは病院の始業時間帯にオペレータが取得し、デバイス制御部 34 の内部メモリに記録されて補正時に読み出される。

なお、上記の各種画像処理回路を、デバイス制御部34とは別に制御装置20の検出制御部22内に設け、各種画像処理を行ってもよい。

[0057] 次に、制御装置20の検出制御部22のAEC部40は、本発明の特徴とする部分であって、画像検出デバイス18の制御画素76で検出されたデジタル電圧信号（線量検出信号）である線量データに基づいて被写体14の採光野を認識して自動的決定し、採光野内の制御画素76による線量データの蓄積量が閾値に到達した時点でX線源12のX線の照射を停止させるための照射停止信号S<sub>p</sub>を生成するためのものである。

AEC部40は、本発明のX線露出制御装置を主要部を構成し、図4に示すように、画像検出デバイス18から露出制御用画素線量データ（以下、単に線量データという）を読み出して蓄積する読出蓄積部78と、蓄積線量データを記憶する蓄積用記憶領域80及び解析用線量データを記憶する解析用記憶領域82を備えるメモリ84と、メモリ84の解析用記憶領域82に記憶された解析用線量データに基づいて自動的に被写体16の採光野を認識する採光野認識部86と、採光野内の蓄積線量データに基づいて照射停止判定を行う照射停止判定部88と、照射停止判定に従って照射停止信号S<sub>p</sub>（第1照射停止信号S<sub>p1</sub>）を生成する照射停止信号生成部90と、X線源12のX線の照射を停止させるために第2照射停止信号（S<sub>p2</sub>）を生成する第2照射停止信号生成部92と、X線源12のX線の照射を停止させるために（第1及び第2）照射停止信号S<sub>p</sub>（S<sub>p1</sub>、S<sub>p2</sub>）を線源制御部36及び高電圧発生器24を介してX線源12に送信する送信部94と、を有する。

[0058] 読出蓄積部78は、画像検出デバイス18の制御画素76で検出され、制御画素76が接続された信号線58を介して取得され、所定のサンプリングタイミングで、例えば所定のサンプリング周期で、A/D72でA/D変換されて出力された線量データを読み出すと共に、X線の照射開始から所定の、例えば当該サンプリングタイミングまでにサンプリング毎に読み出された線量データを加算することにより得られ、メモリ84の蓄積用記憶領域80

に記憶されていた蓄積線量データを読み出し、当該サンプリングタイミングで読み出された線量データを読み出された蓄積線量データに加算して新たに清算蓄積した蓄積線量データを算出し、蓄積用記憶領域 80 に記憶させるためのものである。

[0059] ここで、読出蓄積部 78 は、照射スイッチ 26 から撮影対象である被写体 14 に対して X 線源 12 から X 線の照射を開始する開始タイミングを表す照射開始信号を受信した時点で所定のタイミングまでの計時、即ち時間（サンプリング周期）の計測を開始するが、照射スイッチ 26 からの照射開始信号は、画像検出デバイス 18 にも送信され、画像検出デバイス 18 は、照射開始信号を受信した時点でリセット動作から線量検出動作に移行し、制御画素 76 による線量の検出、保持及び累積を開始する。

なお、本発明では、X 線源 12 が X 線の照射を開始する開始タイミングを、画像検出デバイス 18 の制御画素 76 による線量を検出した時点として検知し、この開始タイミング信号を読出蓄積部 78 に送信するようにしても良い。

[0060] メモリ 84 は、画像検出デバイス 18 の制御画素 76 に蓄積（累積）された線量を蓄積線量データとして記憶しておくもので、サンプリングタイミング毎に累積された蓄積線量データを記憶する蓄積用記憶領域 80 と、採光野認識のための解析用線量データを記憶する解析用記憶領域 82 とを備える。

メモリ 84 の蓄積用記憶領域 80 は、制御画素 76 毎に、X 線の照射開始から当該サンプリングタイミングまでに制御画素 76 に蓄積された蓄積線量データを記憶しておく記憶領域であり、記憶された蓄積線量データは、サンプリングタイミング毎に、サンプリング周期でサンプリングされた線量データが累積された新たな蓄積線量データに更新される。なお、画像検出デバイス 18 の FPD 42 の通常画素 44 は、TFT 50 を備える TFT 方式であるので、TFT 方式の場合、通常画素 44 及び制御画素 76 に蓄積された線量データを一旦読み出すと、通常画素 44 及び制御画素 76 に蓄積された線量データはリセットされるため、サンプリングタイミング毎に読み出した蓄

積線量データをその都度に別のメモリに蓄積していく必要がある。そうしないと、全蓄積線量データを得ることができない。このために、画像検出デバイス 18 が接続される AEC 部 40 には、サンプリングタイミング毎に制御画素 76 から読み出された蓄積線量データをその都度に順次蓄積していくために、メモリ 84 の蓄積用記憶領域 80 が必要となる。

解析用記憶領域 82 は、採光野認識部 86 で採光野を自動的に決定するために採光野を認識するための解析用線量データを記憶するための記憶領域であり、所定のタイミングで、蓄積用記憶領域 80 に記憶されていた蓄積線量データを読み出して記憶する。

[0061] ここで、蓄積用記憶領域 80 に蓄積される蓄積線量データと解析用記憶領域 82 に取り込まれた解析用線量データとで、空間分解能やビット分解能を変えるのが好ましく、解析用線量データは、蓄積線量データよりも空間分解能及びビット分解能の少なくとも一方を落とすのが好ましい。こうすることにより、解析用線量データのデータ量を圧縮して、採光野認識部 86 における解析用線量データに基づく解析処理を高速化することができる。即ち、解析用記憶領域 82 に取り込まれた解析用線量データは、制御画素 76 による画像データといえるが、画素数は少ないので、粗い画像となるが、採光野を認識するための解析処理には十分な画像である。

[0062] 蓄積用記憶領域 80 から解析用線量データとして蓄積線量データを読み出す所定のタイミングは、採光野認識を安定して機能させるためには、S/N 比 ( $S/N$ ) が一定レベルに達した状態にあるのが好ましい。

また、このような所定のタイミングは、画像検出デバイス 18 を用いた被写体 14 の X 線画像撮影の多くのケースについて予め実施して、被写体の撮影部位や X 線源 12 の管電流や管電圧等の少なくとも一つに応じて、採光野認識を安定して機能させるために適した  $S/N$  レベルに達したタイミングとして求めておくのが好ましい。この場合、この所定のタイミングは、予め設定された固定タイミングであっても良いし、外部から指定された指定タイミングであっても良い。更に、このような指定タイミングは、撮影部位に応じ

て予め設定された設定値であっても良いし、X線源12の管電流及び管電圧の少なくとも一方に基づいて設定される値であっても良い。なお、X線源12の管電流が大きいほど、同じ照射線量を得るのに必要な照射時間は短くできるので、タイミングを短くすることができる。一方、X線源12の管電圧が高いほど、同じ照射線量でも被写体を透過するX線量が増えるので、タイミングを短くすることができる。

[0063] 採光野認識部86は、X線照射途中までの複数の制御画素76の線量データによって生成される画像（各制御画素76は蓄積線量データに応じた値を持つ）を解析処理して、照射停止判定部88の照射停止判定に用いる1以上の使用画素（採光野）を決定するもので、メモリ84の解析用記憶領域82に記憶された解析用線量データに基づいて解析処理を行い、X線撮影される被写体16の撮影部位16aの採光野を自動的に認識して自動的に決定する。なお、採光野認識部86が、読み出した制御画素76毎の解析用線量データに基づいて解析処理を行い、採光野（使用画素）を決定するために、メモリ84の解析用記憶領域82を参照して、解析用記憶領域82に記憶されている解析用線量データを読み出すのは、解析用線量データが解析用記憶領域82に記憶された時点以降であれば、何時でも良いが、解析用記憶領域82に解析用線量データが記憶された直後であるのが好ましい。

採光野認識部86が行う採光野の認識処理方法は、1以上の使用画素又は1以上の使用画素を含む使用画素領域として採光野が認識でき、採光野が自動的に決定できれば、特に制限的でなく、如何なる認識方法であっても良いが、例えば、以下に示す採光野の認識方法を実施することができる。以下に、採光野の認識方法を示す。

[0064] まず、第1例として、全制御画素76の線量データ値の統計量から所定の条件を満たす制御画素76を採光野として決定することができる。以下、制御画素76の線量データ値を単に画素値という。また、以下でいう画素は、制御画素76を意味する。

即ち、複数の制御画素（線量検知用画素）76の画素値（線量情報）から、

画素特徴を使って採光野を決定し設定しても良い。

例えば、ヒストグラム解析により、直接X線領域の可能性のある高濃度側画素、及び絞り領域の可能性のある低濃度側画素を除外した領域、即ち、全画素値の中央値（累積ヒストグラムで40～60%）の制御画素76を採光野として決定する。或いは、全画素値の分散（ $\sigma^2$ ）を求め、平均値から $\alpha \times \sigma$ （ $\alpha$ は定数）以上離れた制御画素76を除外して、残った制御画素76を採光野として決定する。

なお、採光野を全画素値の分布のみから決定する方法は、被写体領域、直接X線領域、及び照射野外領域の面積率が極端に偏ると失敗しやすいという問題があるので、標準的な被写体領域、直接X線領域、及び照射野外領域の面積率を持つ場合に用いるのが好ましい。

[0065] また、ヒストグラム解析により、2値化閾値（ヒストグラム中心等）を算出し、閾値以上の画素の重心を含む所定の大きさの領域を採光野として設定しても良い。被写体は、直接X線領域や皮膚辺縁近傍等の高濃度領域に囲まれ、高濃度重心は被写体内である可能性が高いため、重心を含む領域を採光野として設定することができる。所定の大きさとは、従来型AECにおいて採用されていた、例えば、直径8cm程度の円形領域としても良いし、画像サイズに基づいて決めても良い。例えば、直径が画像辺の半分である円領域等としても良い。さらに、円領域から直接X線領域の可能性のある高濃度領域や照射野外の可能性のある低濃度領域を除外しても良い。

[0066] 次に、第2例として、複数の特徴、例えば複数の画素特徴や近傍画素の特徴を組み合わせて被写体画素を特定して抽出し、特定された被写体画素の一部又は全部を含む被写体領域又は被写体領域全体を採光野として決定する。

例えば、特開昭63-233658号公報に開示のように、ヒストグラムに基づいて直接X線領域を除外し、差分ヒストグラムに基づいて照射野外領域を除外することにより、被写体領域を抽出することができる。或いは、特開2004-078939号公報に開示のように、セグメンテーションや機械学習を用いることもできる。識別したい対象として、被写体、直接X線、

照射野外の3つを学習させればよい。例えば、被写体画素らしさ、直接X線らしさ、照射野外らしさを機械学習させればよい。

その他にも公知の機械学習方法（AdaBoost、Support Vector Machineなど）を用いて、これら3つ（被写体、直接X線、照射野外）を判別する条件や特徴を学習させ、被写体領域を識別することができる。

なお、被写体領域を検出し、被写体領域の画素値の中央値（30～70%等）の画素を採光野としても良い。

[0067] なお、被写体領域の代わりに、照射野外領域を除いて、被写体領域及び直接X線領域からなる照射野内領域を採光野として決定しても良い。即ち、例えば、複数の画素特徴や近傍画素の特徴を組み合わせることでX線が照射された照射野内画素を特定して抽出し、特定された照射野内画素の一部又は全部を含む照射野内領域又は照射野内領域全体を採光野として決定しても良い。

例えば、本出願人の特許に係る特許3923131号公報に開示の照射野認識方法を適用して、画像中の所定の点について設定した放射状の直線方向に沿ってエッジ候補点を検出し、これらのエッジ候補点についてハフ(Hough)変換を用いて所定数の基準候補線を求め、これらの基準候補線で囲まれる領域を照射野内領域と定めることができる。

[0068] また、本出願人の特許に係る特許3765920号公報に開示の照射野外黒化処理装置に用いられる照射野を規定する方法を適用して、複数の照射野形状のテンプレート情報を記憶保存しておき、放射線画像の照射野形状を特定することができる情報を入力し、記憶保存された複数の照射野形状のテンプレート情報から入力された照射野形状の情報に基づいてこれに対応するテンプレートを選択し、選択されたテンプレートと放射線画像との位置及び方向のマッチングを行って、放射線画像の照射野を規定して照射野内領域とすることができる。

なお、上述のようにして、照射野内領域を検出し、照射野内領域の画素値の中央値（30～70%等）の画素を採光野としても良い。

また、上述のようにして、照射野内領域を検出し、照射野内領域の画素から

、直接X線領域の可能性のある高濃度画素（ヒストグラム全幅の黒側30%等）を除外した領域、若しくはその領域の中央値（30～70%等）を採光野としても良い。

[0069] さらに、複数の制御画素76の画素値から、複数の画素特徴や近傍画素の特徴を組み合わせて採光野を決定し設定しても良い。

例えば、隣接する画素の画素値に基づいて微分重心を算出し、微分重心を含む所定の大きさの領域を採光野として設定することができる。所定の大きさは、上述した画素重心の場合と同様に考えることができる。

さらにまた、複数の制御画素76の画素値をまとめて1画素にした縮小画像の画素特徴に基づいて採光野を特定しても良い。

[0070] また、第3例として、被写体領域の中から、さらに特定の制御画素76を抽出して採光野として決定する。即ち、被写体画素を特定した上で、特定された被写体画素を統計解析して採光野を決定する。

例えば、被写体領域における中央値（累積ヒストグラムで40～60%）の画素を採光野として決定する。高線量側と低線量側を除外することにより、被写体領域に直接X線領域や照射野外領域が混入した場合の影響を緩和することができる。逆に、高線量（高露出）制御画素を採光野にしても良いし、低線量（低露出）制御画素を採光野としても良い。

被写体領域に属する画素の重心位置や分散を組み合わせて、被写体領域重心をより重視することにより、被写体領域に直接X線領域や照射野外領域が混入した場合の影響を緩和することもできる。

被写体領域の識別結果を各画素について多値で算出し、これを信頼度として重みづけすることもできる。

[0071] あるいは、採光野認識部86において、撮影部位等の撮影対象に応じて選択可能なモードをいくつか用意して、切り替えて使えるようにすることもできる。

例えば、被写体領域、照射野内領域、又は複数の画素特徴やその近傍の画素特徴から設定される領域における高線量側の画素（例えば、線量の累積ヒ

ストグラムで80～90%)を採光野とする(高露出画素優先指定)モードA、上述の被写体領域等の領域における低線量側の画素(例えば、累積ヒストグラムで20%～40%)を採光野とする(低露出画素優先指定)モードB等を用意して、肺野を観察したい検査ではモードA、骨を観察したい検査ではモードBを外部から指定して切り替えられるようにするのが好ましい。ここで、モードA及びBに加え、中間線量の画素(累積ヒストグラムで40～60%)の画素を採光野とする(標準指定)モードCを用意して、3つのモードを切り替えられるようにしても良い。

[0072] 例えば、中間線量の画素、即ち中央値についての算出方法も、上述の累積ヒストグラムで40～60%に限定されず、複数の様々な算出方法を用いることができる。例えば、中央値として、累積ヒストグラムの30～70%をとる方法もあるし、また、直接X線領域の可能性が高い高濃度領域を、ヒストグラム全幅に対し、高濃度側の所定割合の部分だけ除外した後に、累積ヒストグラムの所定割合を取る方法もある。後者の場合には、直接X線領域の面積に左右され難いという利点がある。また、低濃度側領域においても、同様のことが当て嵌まり、股関節撮影等で用いられるプロテクタを除外する用途に用いることができる。この場合には、中央値として、プロテクタの可能性が高い低濃度領域を、ヒストグラム全幅に対し、低濃度側の所定割合の部分だけ除外した後に、累積ヒストグラムの所定割合を取るようになる。その結果、プロテクタの面積に影響され難くなるという利点がある。

[0073] また、選択可能な複数のモードは、少なくとも、X線照射中に、所定タイミングで複数の制御画素76の画素値(解析用線量データ)を解析することにより採光野を設定するモードDと、外部から採光野を指定するモードEとを含んでいても良い。

また、選択可能な複数のモードは、上記で特定された被写体画素の画素値(線量データ)に基づいて採光野(制御画素)を設定するモードFと、上記で特定された照射野内画素の画素値に基づいて採光野を設定する第モードGと、上述した複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせる採光野

を設定するモードH、上述した画素特徴を使って採光野を設定するモードIとの、少なくとも一つのモードを含んでも良い。

[0074] 採光野認識部86において、複数のモードを用意し、画像の特徴に応じて選択されるモードで採光野（制御画素）を設定しても良い。

採光野認識部86で用意される複数のモードは、上述した種々のモードであって良い。

例えば、画像全体のヒストグラムの内、直接X線領域の可能性が高い高濃度側の一定範囲を除外したヒストグラム形状を見た時に、ヒストグラム幅が狭い場合には、絞られていない画像と判断し、照射野認識等はせずに、直接X線領域を除外した累積ヒストグラムの中央値近傍を採光野とすることができる。

[0075] ここでは、複数のモードから選択されるモードを、被写体領域、又は照射野内領域の特徴に基づいて決定することができる。

例えば、検出した領域（被写体領域、照射野内領域、照射野内領域の内の直接X線領域を除く領域（黒側の所定範囲を除外した領域））の面積に応じてモードを切り替えることができる。例えば、指等の小さな部位（小さく絞る部位）は、被写体領域を正しく検出できない可能性があるため、照射野内領域の画素に基づいて採光野を決定する。一方、検出した領域の面積が大きい場合には、被写体領域の画素に基づいて採光野を決定する。例えば、面積が大きい場合には、中央値の定義をヒストグラムの30～70%とし、小さい場合には、中央値の定義をヒストグラムの10～90%とする。

また、被写体領域や照射野内領域が検出されなければ、領域に基づかないモード切替方法に切り替える。例えば、画像全体のヒストグラムの中央値近傍を採光野に設定する方法や、外部から与えられる固定採光視野に設定する方法等に切り換えることができる。更には、採光野を設定せずに、予め部位毎に設定された線量条件での撮影に切替えてもよい。

[0076] 採光野認識部86において、複数のモードを用意し、これらの複数のモードで、それぞれ使用される制御画素76を検出し、検出された制御画素76

の特徴に応じて設定する採光野内の制御画素 76 を決定しても良い。

採光野認識部 86 で用意される複数のモードは、上述した種々のモードであって良い。

例えば、被写体領域や照射野内領域に基づいて検出した採光野が小さい場合には、信頼度が低いと判断し、画像全体のヒストグラムに基づいて採光野を決めても良いし、採光野を固定採光視野に決めても良いし、又は、採光野を決定せずに、予め部位毎に設定された線量条件での撮影に切替えてもよい。

また、被写体画素や照射野内画素の累積ヒストグラムの中央値の定義を、10～90%、30～70%及び40～60%等複数算出しておき、被写体画素や照射野内画素の領域の面積に応じて使用する定義を切り替えても良い。

さらに、被写体領域や照射野内領域が検出されなければ、領域に基づかないモード切替方法に切り替える。例えば、画像全体のヒストグラムの中央値近傍を採光野に設定する方法や、外部から与えられる固定採光視野に設定する方法等に切り換えることができる。更には、採光野を設定せずに、予め部位毎に設定された線量条件での撮影に切替えてもよい。

更に又、複数モードで採光野を検出しておいて、例えば被写体領域面積等の画像の特徴から算出する採光野の信頼度に応じて、どのモードで算出した採光野を選択するか決定しても良い。

[0077] なお、採光野認識部 86 において、採光野の特定に失敗した場合には、採光野認識処理に用いる解析用線量データを更新してから採光野認識処理を再実行する、即ち、別のタイミングでメモリ 84 の蓄積用記憶領域 80 から読み出された蓄積線量データを新しい解析用線量データとして解析用記憶領域 82 に記憶させた後に、新しい解析用線量データを採光野認識処理に供するのが好ましい。

[0078] 照射停止判定部 88 は、蓄積線量データに基づいて照射停止判定を行うもので、採光野認識部 86 によって決定された採光野内の到達線量の閾値を取

得すると共に、閾値に対するメモリ 84 の蓄積用記憶領域 80 の蓄積線量データのモニタリングを行うもので、所定のモニタリングタイミングにおいてメモリ 84 の蓄積用記憶領域 80 から蓄積線量データを読み出して、読み出された蓄積線量データと取得された閾値とを比較する。その結果、照射停止判定部 88 は、読み出された蓄積線量データが、閾値に達していれば、又は閾値を超えていれば、その旨の結果を、照射停止判定信号生成部 90 出力し、閾値に達していなければ、又は超えていなければ、次のモニタリングタイミングを待ち、次のモニタリングタイミングにおける照射停止判定を行う。即ち、照射停止判定部 88 は、読み出された蓄積線量データが、閾値に達する、又は閾値を超えるまで、照射停止判定を続けて行う。

ここで、照射停止信号生成部 90 で用いられる閾値は、照射停止判定部 88 の採光野認識処理によって決定される採光野の閾値であるが、この閾値は、予め決定されるべき採光野に対応する撮影部位等の撮影対象、撮影条件、又は上述したような複数のモードに応じて、若しくは基づいて設定しておくのが好ましい。したがって、複数のモードに基づいて閾値を切り替えるのが好ましい。

なお、このようにして設定された閾値であっても、使用前に、画像検出デバイス 18 のデバイス特性差を吸収するように補正するのが好ましい。また、送信部 94 による通信では、有線と無線では通信のタイムラグが異なることを考慮すると、この閾値は、送信部 94 による通信の遅延差を吸収するように補正するのが好ましい。

[0079] 照射停止信号生成部（第 1 照射停止信号生成部）90 は、照射停止判定部 88 による照射停止判定に従って照射停止信号  $S_p$ （第 1 照射停止信号  $S_{p1}$ ）を生成するもので、モニタリングタイミングにおいてメモリ 84 の蓄積用記憶領域 80 から読み出された蓄積線量データが、先に取得された閾値に達していた、又は閾値を超えていたと判定された判定結果を照射停止判定部 88 から受信して、X線源 12 のX線の照射を停止するための照射停止信号  $S_p$ （第 1 照射停止信号  $S_{p1}$ ）を生成するものである。

[0080] 第2照射停止信号生成部92は、X線源12に過大な負荷を与えたり、損傷を与えたりすることがないように、画像検出デバイス18の採光野内の制御画素76の蓄積線量データとは異なる情報、例えばX線照射時間、画像検出デバイス18の採光野外の制御画素76の蓄積線量データに基づく情報、撮影部位等の撮影対象の情報等に応じてX線源12のX線の照射を停止させるために照射停止信号S<sub>p</sub>（第2照射停止信号S<sub>p2</sub>）を生成するものである。第2照射停止信号生成部92としては、例えば、X線源12のX線管負荷又は負荷時間が指定の設定値（閾値）に達した時にX線の照射を停止させるための照射停止信号S<sub>p</sub>を生成するバックアップタイムが挙げられる。

例えば、X線照射開始からのX線照射時間を計時して、X線照射時間が所定の閾値を超えたら、第2照射停止信号S<sub>p2</sub>を生成するようにしても良い。

また、採光野画素群以外の線量データをも用いて第2照射停止信号S<sub>p2</sub>を生成しても良い。線量検知用制御画素76群の全ての統計量、例えば、最大値、最小値、中央値等を用いることもできる。又は、被写体画素群と、被写体画素群を除いた画素群のそれぞれの統計量、例えば、最大値、最小値、中央値等を用いることもできる。

なお、閾値は、撮影対象となる被写体12、又はその撮影部位の被曝可能量等に応じて予め設定されているのが好ましい。具体的には、胸部と腰椎とで、閾値、例えば、バックアップタイムの設定値を切り替えるのが好ましい。

さらに、閾値は、複数のモードの情報、及び撮影条件の情報の少なくとも1つに基づいて予め設定されているのが好ましい。具体的には、複数のモードの情報として大きい被写体と小さな被写体とで、閾値、例えば、バックアップタイムの設定値を切り替えるのが好ましい。また、撮影条件の情報として、管電圧が大きい時は、バックアップタイムを短く、管電圧が小さい時は、バックアップタイムを長くするのが好ましく、管電流が大きい時は、バックアップタイムを短く、管電流が小さい時は、バックアップタイムを長くす

るのが好ましい。

[0081] 送信部94は、X線源12のX線の照射を停止させるために照射停止信号S<sub>p</sub>（第1又は第2照射停止信号S<sub>p1</sub>又はS<sub>p2</sub>）を線源制御部36及び高電圧発生器24を介してX線源12に送信するもので、第1及び第2照射停止信号生成部90及び92と線源制御部36との間、線源制御部36と高電圧発生器24との間、及び高電圧発生器24とX線源12との間の通信を制御し実行するためのものである。

なお、送信部94によるX線源12のX線の照射を停止させるため照射停止信号S<sub>p</sub>（S<sub>p1</sub>又はS<sub>p2</sub>）の送信は、有線であっても、無線であっても良い。なお、図示例は、第1及び第2照射停止信号生成部90及び92と線源制御部36との間、線源制御部36と高電圧発生器24との間、及び高電圧発生器24とX線源12との間の通信を有線によって行う例であるが、本発明はこれに限定されず、一部若しくは全てを無線で行うように構成しても良い。

[0082] また、上述した例は、第1及び第2照射停止信号生成部90及び92で、照射停止信号S<sub>p</sub>（S<sub>p1</sub>、S<sub>p2</sub>）を生成してX線源12に送信し、そのX線の照射を停止しているが、本発明はこれに限定されず、第1又は第2照射停止信号生成部90又は92から、常時、所定の周期で照射継続信号（照射許可信号）を送信し続け、照射停止信号S<sub>p</sub>（S<sub>p1</sub>及びS<sub>p2</sub>）を生成する代わりに、照射継続信号の送信を停止することにより、線源制御部36と高電圧発生器24とを介したX線源12のX線の照射の停止を実行させるようにしても良い。

また、図4に示すように、照射停止信号S<sub>p</sub>の信号種別、例えば採光野内の制御画素76の蓄積線量（データ）に基づく第1照射停止信号S<sub>p1</sub>か、又は採光野内の制御画素76の蓄積線量（データ）とは異なる情報に基づく、例えばX線照射時間の閾値超過による第2照射停止信号S<sub>p2</sub>かを、例えば、ディスプレイ30等の報知ユニットに表示してユーザ（例えば放射線技師）等に報知するようにするのが好ましい。なお、本発明では、照射停止信

号Spの信号種別を、ディスプレイ30に表示する代わりに、図示しないが、報知ユニット、例えば、インジケータ等で示すようにしても良いし、警報機やスピーカ等の音声発生ユニットで音声や識別可能な音やメロディ等で報知するようにしても良い。

本発明に用いられるAEC部40は、基本的に以上のように構成される。

[0083] 次に、本発明のX線画像撮影システムのX線画像検出装置のX線露出制御装置の作用及びそのAEC部におけるAECの手順について説明する。

図5及び図6は、それぞれ本発明のX線画像撮影システムのX線画像検出装置のX線露出制御装置のAEC部で行われるAECの手順の一例を説明するフローチャート及び模式的説明図である。図7は、本発明のX線画像撮影システムのX線画像撮影の流れの一例を模式的に示すチャートである。

[0084] まず、X線画像検出装置14のX線露出制御装置によるAECに先立って、X線撮影システム10においてX線撮影を行う場合の準備について説明する。

まず、被写体16を撮影台の前の所定の位置に立たせ、立位撮影台にセットされた画像検出デバイス18の高さや水平位置を調節して、被写体16の撮影部位と位置を合わせる。また、画像検出デバイス18の位置および撮影部位の大きさに応じて、X線源12の高さや水平位置、照射野の大きさを調整する。次いで制御装置20に撮影条件を設定する。

この時、X線撮影前の待機モードでは、制御部64はFPD42にリセット動作を繰り返し行わせている。

こうして、X線撮影を行う場合の準備が終了する。

[0085] 図5に示すステップS10において、照射スイッチ26が二段階押しされて制御装置20から照射開始信号が出力されると、画素44および採光野外の制御画素76がリセット動作から蓄積動作に移行され、撮影モードに切り替えられると共に、ステップS12において、図7に示すように、X線源12によるX線の照射が開始される。これに伴い発生した電荷は、画素44の場合はフォトダイオード48に蓄積され、制御画素76の場合は信号線58

を通じて積分アンプ66に流れ込み、積算されてアナログ電圧値に変換され、変換されたアナログ電圧値は、CDS68に所定時間保持される。

[0086] 次に、ステップS14において、CDS68に所定時間保持されたアナログ電圧値は、線量検出信号として所定のサンプリング周期でA/D72に出力され、A/D72でデジタル線量データに変換され、所定のサンプリング周期で画像検出デバイス18から出力され、図6に示すように、制御装置20の検出制御部22のAEC部40の読出蓄積部78によって、所定のサンプリング周期で読み出され、メモリ84の蓄積用記憶領域80に加算して蓄積線量データとして記憶することが、後段のステップS22において照射停止信号が生成されるまで、繰り返される。

ステップS16において、図6に示すように、所定のタイミングで、メモリ84の蓄積用記憶領域80の蓄積線量データが解析用記憶領域82に取り込まれて解析用線量データ（画像）として移される。即ち、解析用線量データによる画像が取得される。この所定のタイミングは、固定であっても、撮影部位や撮影条件に応じて可変であっても良い。

[0087] ステップS18において、図6に示すように、解析用記憶領域82内の解析用線量データを参照して、採光野認識部86が、採光野認識処理を実行し、採光野を自動的に決定する。

ステップS20において、図6に示すように、照射停止判定部88が、所定のモニタ周期（モニタリングタイミング）で、採光野認識部86で決定された採光野と、そのモニタリングタイミングでの蓄積用記憶領域80の蓄積線量データ（画像）とを参照して、そのモニタリングタイミングにおける採光野の到達線量データを取得する。

[0088] 次に、ステップS22において、図6に示すように、照射停止判定部88が、取得した採光野の到達線量データと、予め設定されていた閾値とを比較し、この閾値に達したか否かを判定する照射停止判定を行い、採光野の到達線量データが閾値に達していれば、又は閾値を超えていれば、ステップS24において、図6に示すように、照射停止信号生成部90が照射停止信号を

生成する。

一方、ステップS 2 2において、取得した採光野の到達線量データが閾値に達していなければ、ステップS 2 0に戻り、次のモニタリングタイミングにおける採光野の到達線量データを取得し、ステップS 2 2で照射停止判定を行うことを取得した採光野の到達線量データが閾値に達して、ステップS 2 4で照射停止信号が生成されるまで繰り返す。

即ち、図7に示すように、ステップS 2 0の採光野の到達線量データの取得とステップS 2 2の照射停止判定とは、採光野の線量を監視している期間である。

こうして、A E C部4 0におけるA E Cの照射停止信号の生成手順が終了する。

[0089] この後、図7に示されるように、照射停止信号生成部9 0で生成された照射停止信号は、送信部9 4から線源制御部3 6及び高圧発生部2 4を介してX線源1 2に送られ、X線源1 2によるX線の照射は停止される。即ち、制御装置2 0では、線源制御部3 6により高電圧発生器2 3からX線源1 2への電力供給が停止され、これによりX線の照射が停止される。

[0090] 制御部6 4の制御の下、画素4 4のフォトダイオード4 8に蓄積された電荷は、信号線5 8を通じて積分アンプ6 6に流れ込み、X線画像検出信号として積分アンプ6 6から所定のサンプリング周期でA / D 7 2に出力され、デジタルX線画像データに変換されて、画像検出デバイス1 8から制御装置2 0の検出制御部2 2のメモリ3 8に出力され、各種画像処理回路により、読み出し動作でメモリ3 8に出力されたX線画像データに対して各種画像処理が行われ、こうして、図7に示されるように、一枚分のX線画像が生成される。X線画像は、制御装置2 0のディスプレイ3 0に表示されて診断等に供される。

[0091] なお、上述した例では、図6に示すように、A E C部4 0の読出蓄積部7 8による制御画素7 6の線量データの読み出しは、1枚の撮影画像全体を1回の読み出しタイミングで読み出しているが、本発明は、これに限定されず

、図8に示すように、1枚の撮影画像全体を複数回、図示例では4回の読み出しタイミングで時分割で読み出しても良い。こうすることにより、1回の読出データ量を少なくできるので、高速読み出しが可能となる。

[0092] 本実施形態の画像検出デバイス18のように、通常画素44と露出制御用画素76とを混在させる場合において、制御画素76を構成する際に、計算量を考えると制御画素76は少ない方がよいが、少ないほどS/Nは悪くなる。このため、図9(A)、(B)及び(C)に示すように、複数の画素群を加算して1つの露出制御用画素情報を生成するように構成することにより、S/Nの向上をはかることができる。図9(A)に示す画像検出デバイス18において、図9(B)及び(C)に示すように、露出制御用画素76を2×2画素(4画素)を1つにまとめて、1つの情報を生成するようにすることにより、S/Nを向上させることができる。

更に、AEC部40の採光野認識部86による採光野認識処理を短時間で精度よく行うために、図9(B)及び(C)に示す露出制御用画素76の構成を組み合わせる使用するのが好ましい。即ち、被写体領域(被写体画素群)は、図9(C)に示すように、2×2(4)画素を1つにまとめた露出制御用画素76の構成を用いて生成した1つの画素情報に基づいて粗い領域として見つけ、見つけられた被写体領域内で使用画素(採光野)を決める際に、被写体領域内において、図9(B)示す露出制御用画素76の2×2画素(4画素)の構成に戻して解析する。こうすることにより、短時間で精度よく採光野となる画素を決定することができる。

[0093] 本実施形態の画像検出デバイス18のように、通常画素44の一部が露出制御用画素76に使われている場合、通常画素44には、X線照射中に情報が蓄積され、照射停止後に読み出され画像生成されるのに対して、露出制御用画素76は、X線照射中にすでに情報が読み出されているので、そのままでは照射停止後の画像形成に利用できず、露出制御用画素76は、通常画素44に対して欠陥画素となってしまう。

このため、照射停止後の画像生成に際し、露出制御用画素76に該当する

位置に対しては、公知の画素欠陥補正と同様の方法を適用して欠陥画素に該当する露出制御用画素 7 6 の画像データを補完することもできるし、X線照射中に露出制御するために読み出した情報をメモリ 8 4 から読み出して用いることにより、画素 4 4 の画像データと同様に画像生成に使用することもできる。

[0094] 以上説明したように、本発明によれば、X線撮影中に撮影被写体の採光野を認識して決定することにより、被写体のポジショニングによらず、安定したX線の露出制御を行うことができる。

したがって、本発明によれば、被写体（撮影部位）に応じた適正な露出線量（曝射）でX線照射を停止させることができ、即ち、被写体に応じてX線撮影時の照射線量を適正に制御することができ、種々の異なる部位の撮影であっても、常に同一の撮影環境で、適切な濃度のX線画像を取得することができる。

すなわち、本発明によれば、被写体、即ちその撮影部位がどこであっても、又は被写体が全身のどこであっても、適正線量で安定した撮影を行うことができる。

[0095] 上述した本発明の第 1 実施形態では、X線画像撮影システム 1 0 は、X線画像検出のための画像検出用の通常の画素 4 4 と露光制御用画素 7 6 とが混在するX線画像検出デバイス 1 8 を用いるものであったが、本発明はこれに限定されず、図 1 0 に示すように、X線画像検出のための画像検出用の通常の画素 4 4 のみからなるX線画像検出専用デバイスと、露光制御用画素 7 6 のみからなるX線露出制御デバイスを用いるX線画像撮影システムであっても良い。

[0096] 図 1 0 は、本発明の第 2 の実施形態に係るX線露出制御装置を備えるX線画像検出装置が適用されるX線画像撮影システムの他の実施例を模式的に示す概略説明図である。

図 1 1 (A) 及び (B) は、それぞれ図 1 0 に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出専用デバイス及びX線露出制御デバイスの一実施

例を説明する説明図である。

図12は、図10に示すX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出装置の制御装置の一実施例を説明する説明図である。図13は、図10に示すX線画像撮影システムのX線画像撮影の流れの一例を模式的に示すチャートである。

なお、これらの図に示す本発明の第2の実施形態のX線画像撮影システム100と、図1～図7に示す本発明の第1の実施形態のX線画像撮影システム10とは、第1の実施形態のX線画像検出デバイス18の代わりに、それがX線画像検出専用デバイス104及びX線露出制御デバイス106に分離されたものを用いている点に違いを有するが、それ以外は同様の構成を有するので、同一の構成要素には、同一の参照符号を付しその詳細な説明は省略する。

[0097] 同図に示すように、X線画像撮影システム100は、X線源12と、X線画像検出装置102とを有し、X線画像検出装置102は、X線源12と対向するに設けられ、被写体16（撮影部位）を透過してきたX線像を受像するX線画像検出専用デバイス（以下、画像専用デバイスという）104と、被写体16の撮影位置と画像専用デバイス104との間に配置されるX線露出制御デバイス（以下、単に制御デバイス）106と、X線源12や画像専用デバイス104及び制御デバイス106の動作制御やX線画像の画像処理等を行う等、X線画像撮影システム10の全体の動作を制御する制御装置108とを有する。

本実施形態においては、X線露出制御デバイス106と、制御装置108の内の制御デバイス106の動作制御を行う部分が、本発明のX線露出制御装置を構成する。

[0098] 画像専用デバイス104は、図11（A）に示すように、全ての画素が通常の画素44である点を除いて、図3に示すX線画像検出デバイス18と全く同様の構成を有するので、図11（A）には、詳細な構成は省略し、画素44の配列のみを模式的に記載する。

一方、制御デバイス106は、図11(B)に示すように、複数、図示例では分散して9画素設けられる全ての画素が露出制御用画素76である点を除いて、図3に示すX線画像検出デバイス18と全く同様の構成を有するので、図11(B)には、詳細な構成は省略し、画素76の配列のみを模式的に記載する。図示例では、制御デバイス106では、制御画素76のS/N向上のために、画像専用デバイス104に用いられる通常画素44より画素サイズが大きなものを用いられている。

[0099] 制御装置108は、図12に示すように、装置全体の動作を統括的に制御するX線検出制御部（以下、単に検出制御部という）110と、検出制御部110に接続される高電圧発生器24、照射スイッチ26、入力デバイス28、ディスプレイ30、及びメモリ32等を有する。

検出制御部110は、デバイス制御部34と、線源制御部36と、メモリ38と、X線露出制御部（以下、AEC部ともいう）40と、を有する。

ここで、検出制御部110の構成は、図2に示す検出制御部22と同様であるが、制御デバイス106がAEC部40に直接接続され、制御デバイス106の線量データがAEC部40に入力され、一方、画像専用デバイス104は、メモリ38に直接接続され、画像専用デバイス104の画像データがメモリ38に入力され、記憶される。

[0100] 図13に示すように、本第2実施形態のX線画像撮影システム100のX線画像撮影の流れは、AECでは、制御デバイス106の制御画素76の線量データが用いられているものの、X線照射開始（図5のステップS10参照）からX線照射停止（図5のステップS24参照）までの間の採光野認識（図5のステップS18参照）及び採光野の線量監視（図5のステップS20～S22参照）は、図7に示す本第1実施形態のX線画像撮影システム100のX線画像撮影の流れの中の自動露出制御（AEC）と同様に行うことができる。一方、本第2実施形態のX線画像撮影システム100のX線画像形成では、画像専用デバイス104のX線画像データが用いられているが、X線画像形成自体は、図7に示す本第1実施形態のX線画像撮影システム100

のX線画像撮影の流れの中の画像形成と同様に行うことができる。

[0101] 以上から、本第2実施形態のX線画像撮影システム100は、第1の実施形態のX線画像検出デバイス18を分離して、X線画像検出専用デバイス104及びX線露出制御デバイス106を用いても、第1の実施形態のX線画像撮影システム10と全く同様に、AEC及びX線画像形成を行うことができる。従って、本第2実施形態のX線画像撮影システム100においても、第1の実施形態のX線画像撮影システム10と全く同様な効果を得ることができる。

なお、本第2実施形態のX線画像撮影システム100のように、本発明は、AECによるX線照射停止信号Spの生成を、X線画像形成と独立して行うことができるので、X線画像形成とAECとを別体で行うX線画像撮影システムにも適用可能である。例えば、画像検出とAECとを別体で行う特開平9-73144号公報に開示の放射線検出装置や、本第2実施形態のX線画像撮影システム100のX線画像形成にDR方式のFPDを備えるX線露出制御デバイス106の代わりに、CR方式の蓄積性蛍光体シート(IP)を用いるX線画像撮影システムにも、X線フィルム方式のX線画像撮影システムにも、適用可能である。

[0102] もちろん、本発明は、第1の実施形態のX線画像撮影システムのように、画像検出用の通常の画素と露光制御用画素とが混在する一体型のX線画像検出デバイスを用いるものであれば、どのようなX線画像撮影システムにも適用可能であり、例えば、一体型デバイスを用いる特許文献1に記載のX線診断装置、特許文献2の放射線画像撮影装置、及び特開2004-170216号公報に開示の放射線検出装置や、特開2003-302716号公報に開示のフォトタイマ内蔵電子カセットを用いる放射線画像撮影装置等にも適用可能である。

更に、上述した第1及び第2の実施形態のX線画像撮影システムに用いられるX線画像検出デバイスや、X線画像検出専用デバイス及びX線露出制御デバイス等は、TFEを用いるものであったが、上述したように、例えば、

特開 2005-143802 号公報に開示の CMOS を用いるのもであっても良い。

[0103] また、上述した本発明の第 1 の実施形態の X 線画像撮影システム 10 に用いる X 線画像検出デバイス 18 は、撮影台等に固定されて用いられ、メモリ 38 や AEC 部 40 を持つ制御装置 12 の X 線検出制御部 22 に接続されて用いられるものであるが、本発明はこれに限定されず、メモリ 38 や AEC 部 40 を備え、可搬タイプの X 線画像検出デバイス、所謂電子カセットを用いるのもであっても良い。

本発明の第 3 実施形態に係る X 線画像撮影システム及び可搬型の X 線画像検出デバイスを図 14 ~ 図 16 に示す。

[0104] 図 14 は、本発明の実施形態に係る X 線画像撮影システムに用いられる X 線画像検出装置の制御装置の一実施例を、図 15 及び図 16 は、それぞれ図 14 に示す X 線画像撮影システムに用いられる X 線画像検出デバイスの一実施例を説明する説明図である。

なお、図 14 に示す本発明の第 3 の実施形態の X 線画像撮影システム 120 と、図 10 に示す本発明の第 1 の実施形態の X 線画像撮影システム 10 とは、第 1 の実施形態の X 線画像検出デバイス 18 の代わりに、可搬型の X 線画像検出デバイス 18a、18b を用いている点に違いを有するが、それ以外は同様の構成を有するので、同一の構成要素には、同一の参照符号を付しその詳細な説明は省略する。

[0105] 同図に示すように、本発明の第 3 の実施形態の X 線画像撮影システム 120 は、X 線源 12 と、X 線画像検出装置 122 とを有し、X 線画像検出装置 122 は、X 線源 12 と対向するに設けられ、被写体 16 (撮影部位) を透過してきた X 線像を受像する X 線画像検出デバイス 18a、18b、X 線源 12 や画像検出デバイス 18a、18b の動作制御や X 線画像の画像処理等を行う等、X 線画像撮影システム 10 の全体の動作を制御する制御装置 124 とを有する。

なお、本実施の形態においては、上述した第 1 の実施形態と同様に、X 線

画像検出装置 122 の内、主に、画像検出デバイス 18a、18b の通常画素 44 の部分を除いた露出制御用画素 76 と、通常画素 44 による X 線画像を処理する部分を除いた制御装置 124 の各部が、本発明の第 1 実施形態に係る X 線露出制御装置を構成する。

制御装置 124 は、図 14 に示すように、装置全体の動作を統括的に制御する X 線検出制御部 126 と、検出制御部 126 に接続される高電圧発生器 24、照射スイッチ 26、入力デバイス 28、ディスプレイ 30、メモリ 32、無線通信部 128、有線通信部 130 等を有する。

検出制御部 126 は、デバイス制御部 34 と、線源制御部 36 と、画像検出デバイス 18a、18b と接続するための無線通信部 128 と、有線通信部 130 とを有する。

[0106] 制御装置 124 には無線通信部 128 と有線通信部 130 とが設けられている。無線通信部 128 は、画像検出デバイス 18a、18b の制御画素 76a (図 15 参照) 及び 76 (図 16 参照) の出力を元に X 線の照射停止タイミングを規定する場合に画像検出デバイス 18a、18b と無線接続される。この場合、線源制御部 36 は、照射スイッチ 26 からウォームアップ開始信号を受けたときに、無線通信部 128 を介して問い合わせ信号を画像検出デバイス 18a、18b に送信させる。画像検出デバイス 18a、18b は問い合わせ信号を受信すると自身が撮影可能な状態かどうかチェックを行い、撮影可能な状態である場合は照射許可信号を送信する。線源制御部 36 は、照射許可信号を無線通信部 128 で受け、さらに照射スイッチ 26 から照射開始信号を受けたときに高電圧発生器 24 から X 線源 12 への電力供給を開始させる。また、線源制御部 36 は、画像検出デバイス 18a、18b から発せられる照射停止信号を無線通信部 128 で受けたときに、高電圧発生器 24 から X 線源 12 への電力供給を停止させ、X 線の照射を停止させる。

[0107] 無線通信部 128 は AEC 用の信号だけでなく、それ以外の撮影条件や X 線画像データといった信号も画像検出デバイス 18a、18b と無線で遣り

取りする。有線通信部130は、撮影条件や画像データ等の無線通信が不可能な場合に画像検出デバイス18a、18bと有線接続される。有線通信部130は給電機能を備え、画像検出デバイス18a、18bと有線接続された場合に画像検出デバイス18a、18bに駆動用の電力を供給する。

[0108] 画像検出デバイス18aは、FPD42a（図15参照）とFPD42aを収容する可搬型の筐体とからなる。画像検出デバイス18bは、FPD42b（図16参照）とFPD42bを収容する可搬型の筐体とからなる。画像検出デバイス18a、18bの筐体はほぼ矩形状で扁平な形状を有する。

画像検出デバイス18a、18bは、X線撮影システム120が設置される撮影室一部屋に複数台、例えば図示しない立位撮影台、臥位撮影台用に2台配備される。画像検出デバイス18a、18bは、それぞれFPD42a、FPD42bの撮像面46（図3参照）がX線源12と対向する姿勢で保持されるよう、立位撮影台、臥位撮影台のホルダ（図示せず）に着脱自在にセットされる。画像検出デバイス18a、18bは、立位撮影台や臥位撮影台にセットするのではなく、被検体が仰臥するベッド（図示せず）上に置いたり被検体自身に持たせたりして単体で使用することも可能である。

[0109] 図15、図16において、画像検出デバイス18a、18bには、制御装置124と無線方式または有線方式で通信するための無線通信部132および有線通信部134、バッテリー138が内蔵されている。無線通信部132および有線通信部134は、制御装置124と制御部64aの画像データを含む各種情報、信号の送受信を媒介する。特に無線通信部132はAEC用の信号を制御装置124の無線通信部128と遣り取りする。バッテリー138は、無線通信する場合に画像検出デバイス18a、18bの各部を動作させるための電力を供給する。バッテリー138は、薄型の画像検出デバイス18a、18b内に収まるよう比較的小型のものが使用される。また、バッテリー138は、画像検出デバイス18a、18bから外部に取り出して専用のクレードルにセットして充電することも可能である。バッテリー138を無線給電可能な構成としてもよい。

[0110] 有線通信部134は、バッテリー138の残量不足等で画像検出デバイス18a、18bと制御装置124との無線通信が不可能になった場合等に制御装置124の有線通信部130と有線接続される。有線通信部134に制御装置124からのケーブルを接続した場合、無線通信部132の機能が停止される代わりに有線通信部134の機能が働き、制御装置124との有線通信が可能になる。この際、制御装置124から画像検出デバイス18a、18bへの給電が可能となり、バッテリー138による電力供給が停止される。制御装置124からの電力でバッテリー138を充電してもよい。なお、ケーブル接続を検知する方法としては、コネクタとケーブルソケット間の接触電流を測定するといった従来周知の技術を用いることができる。

[0111] FPD42a、FPD42bは、TFTアクティブマトリクス基板を有し、この基板上にX線の到達線量に応じた電荷を蓄積する複数の画素44を配列してなる撮像面46を備えている。

FPD42a、FPD42bは、X線を可視光に変換するシンチレータ（蛍光体）を有し、シンチレータによって変換された可視光を画素44で光電変換する間接変換型である。

なお、FPD42aは、図3に示すFPD42と、制御画素76aの構成及びその駆動系と、メモリ38a及びAEC部40、無線通信部132及び有線通信部134を備える通信部136、並びにバッテリー138を有している点で相違しているが、これらを除けば、同様の構成を有するので、詳細な説明は省略する。

また、FPD42bは、FPD42aと同様に、図3に示すFPD42と、メモリ38a及びAEC部40、無線通信部132及び有線通信部134を備える通信部136、並びにバッテリー138を有している点で相違している点ではFPD42aと同様であるが、撮像面46の通常画素44及び制御画素76の配列並びに信号処理回路62の構成は全く同様であるので、その説明は省略し、以下では、FPD42aを代表例として説明する。

[0112] TFT50は、ゲート電極が走査線56aに、ソース電極が信号線58に

、ドレイン電極がフォトダイオード48にそれぞれ接続される。走査線56aと信号線58は格子状に配線されており、走査線56aは撮像面46内の画素44の行数分(n行分)、信号線58は画素44の列数分(m列分)それぞれ設けられている。走査線56aはゲートドライバ60aに接続され、信号線58は信号処理回路62に接続される。

[0113] ゲートドライバ60aは、TFT50を駆動することにより、X線の到達線量に応じた信号電荷を画素44に蓄積する蓄積動作と、画素44から信号電荷を読み出す読み出し(本読み)動作と、リセット(空読み)動作とを行わせる。制御部64aは、ゲートドライバ60aによって実行される上記各動作の開始タイミングを制御する。

[0114] 蓄積動作ではTFT50がオフ状態にされ、その間に画素44に信号電荷が蓄積される。読み出し動作では、ゲートドライバ60aから同じ行のTFT50を一斉に駆動するゲートパルスG1~Gnを順次発生して、走査線56aを一行ずつ順に活性化し、走査線56aに接続されたTFT50を一行分ずつオン状態とする。画素44のキャパシタに蓄積された電荷は、TFT50がオン状態になると信号線58に読み出されて、信号処理回路62に入力される。

[0115] 信号処理回路62は、積分アンプ66、CDS回路(CDS)68、マルチプレクサ(MUX)70、およびA/D変換器(A/D)72等を備える。積分アンプ66は、信号線58から入力される電荷を積算し、アナログ電圧信号V1~Vmに変換して出力する。各列のオペアンプ66aの出力端子には、増幅器74、CDS68を介してMUX70が接続される。MUX70の出力側には、A/D72が接続される。A/D72は、入力された電圧信号V1~Vmをデジタル電圧信号に変換して、画像検出デバイス18aに内蔵されるメモリ38aまたはAEC部40に出力する。なお、MUX70とA/D72の間に増幅器を接続してもよい。また、信号線58単位でA/Dを持たせることも可能であり、その場合はA/Dの後段にMUXを配した構成となる。

- [0116] MUX70によって積分アンプ66からの一行分の電圧信号V1～Vmが読み出されると、制御部64aは、積分アンプ66に対してリセットパルスRSTを出力し、リセットスイッチ66cをオンする。これにより、キャパシタ66bに蓄積された一行分の信号電荷が放電されてリセットされる。積分アンプ66をリセットした後、再度リセットスイッチ66cをオフして所定時間経過後にCDS68のサンプルホールド回路の一つをホールドし、積分アンプ66のkTCノイズ成分をサンプリングする。その後、ゲートドライバ60aから次の行のゲートパルスが出力され、次の行の画素44の信号電荷の読み出しを開始させる。さらにゲートパルスが出力されて所定時間経過後に次の行の画素44の信号電荷をCDS68のもう一つのサンプルホールド回路でホールドする。これらの動作を順次繰り返して全行の画素44の信号電荷を読み出す。また、これらの処理を同時に行うパイプライン処理とすることにより、高速駆動が可能となる。
- [0117] 全行の読み出しが完了すると、一画面分のX線画像を表す画像データがメモリ38aに記録される。この画像データは直ちにメモリ38aから読み出され、無線通信部132または有線通信部134を通じて制御装置124に出力される。こうして被検体のX線画像が検出される。
- [0118] メモリ38aは、一画面分のX線画像データを複数撮影回分、例えば100回分記憶可能な容量をもつ。メモリ38aは、通信障害で無線通信部132または有線通信部134からX線画像データの送信ができない場合、その間にFPD42aから出力されたX線画像データを一時蓄積する。メモリ38aに一時蓄積されたX線画像データは、通信障害が復帰したときにまとめてまたは何回かに分けて送信される。通信障害時にX線画像データを一時蓄積する記憶ユニットをメモリ38aとは別に設けてもよい。該記憶ユニットを画像検出デバイス18aから着脱可能なリムーバブルメディアとし、通信障害時にはリムーバブルメディアを画像検出デバイス18aから取り外して制御装置124に直接セットしてX線画像データを吸い上げてよい。
- [0119] リセット動作は、例えば、一行ずつ画素44をリセットする順次リセット

方式で行われる。順次リセット方式では、信号電荷の読み出し動作と同様、ゲートドライバ60aから走査線56aに対してゲートパルスG1~Gnを順次発生して、画素44のTFT50を一行ずつオン状態にする。TFT50がオン状態になっている間、画素44から暗電荷が信号線58を通じて積分アンプ66のキャパシタ66bに流れる。リセット動作では、読み出し動作と異なり、MUX70によるキャパシタ66bに蓄積された電荷の読み出しは行われず、各ゲートパルスG1~Gnの発生と同期して、制御部64aからリセットパルスRSTが出力されてリセットスイッチ66cがオンされ、キャパシタ66bに蓄積された電荷が放電されて積分アンプ66がリセットされる。

[0120] FPD42aは、上述のようにゲートドライバ60aおよび走査線56aにより駆動されるTFT50が接続された通常の画素44の他に、通常の画素44とは別のゲートドライバ60bおよび走査線56bで駆動するTFT50aが接続された制御画素76aを同じ撮像面46内に複数備えている。TFT50aは、ゲートドライバ60bからのゲートパルスg1~gnによりオンする。制御画素76aは、フォトダイオード48等の基本的な構成は画素44と全く同じで駆動源が異なるだけであり、画素44とは独立して蓄積電荷を信号線58から読み出すことが可能である。リセット動作や読み出し動作では、通常の画素44の動作を一通り終えた後、同じ要領でゲートドライバ60bからゲートパルスg1~gnを発して制御画素76aのリセット動作または読み出し動作を行う。あるいはゲートドライバ60aの動作と同期して同じ行の画素44と制御画素76aのリセット動作または読み出し動作を同時に行う。制御画素76aは、撮像面46へのX線の到達線量を検出するために利用される画素であり、AECセンサとして機能する。制御画素76aは撮像面46内の画素44の数ppm~数%程度を占める。

制御画素76aは、図3に示す制御画素76と同様に、撮像面46内で局所的に偏ることなく撮像面46内に満遍なく散らばるように設けられている。

[0121] ゲートドライバ60bからゲートパルスが発生してTFT50aをオンすると、制御画素76aで発生した信号電荷は信号線58に読み出される。画素44とは別の駆動源であるため、同列にある画素44がTFT50をオフ状態とされ、信号電荷を蓄積する蓄積動作中であっても制御画素76aの信号電荷を読み出すことが可能である。このとき制御画素76aが接続された信号線58上の積分アンプ66のキャパシタ66bには、制御画素76aで発生した電荷が流入する。画素44の蓄積動作時、TFT50aがオンされて積分アンプ66に蓄積された制御画素76aからの電荷は、所定のサンプリング周期でA/D72に出力される。

制御部64aには、図3に示す制御部64と同様に、メモリ38aのX線画像データに対してオフセット補正、感度補正、および欠陥補正の各種画像処理を施す回路（図示せず）が設けられている。

[0122] AEC部40は、制御部64aにより駆動制御される。AEC部40は、制御画素76aが接続された信号線58からのデジタル電圧信号（以下、線量検出信号という）をA/D72から取得し、取得した線量検出信号に基づいてAECを行う。

AEC部40は、図4に示す構成を有するので、説明を省略する。なお、より早くX線の照射を停止させるために、AEC部40をA/D72の前段に配置し、アナログ信号に基づき照射停止信号を生成・出力してもよい。あるいはアナログ信号を線量検出信号として制御装置124に送信し、制御装置124の線源制御部36で照射停止信号を生成してもよい。

無線通信部132は、AEC用の信号の送受信、具体的には問い合わせ信号の受信、問い合わせ信号に対する照射許可信号の送信、照射開始信号の受信、照射停止信号の送信を行う。

[0123] 制御装置124の無線通信部128と画像検出デバイス18aの無線通信部132間の無線通信方式には、アドホック通信が用いられる。アドホック通信は無線通信機器同士で直接無線通信するものである。このため、無線アクセスポイントや院内LAN、ハブ等のスイッチング装置を介して、X線撮

影システム 120 以外の他の医療機器の通信や、電子カルテ、医用レポート、会計データ等の諸々のデータ通信も行うインフラストラクチャ通信と比較してデータ通信の遅延（ラグ）が生じにくく、データ通信の平均的な遅延時間が小さい。従ってアドホック通信はインフラストラクチャ通信よりも通信速度が高速であるといえる。

[0124] 制御装置 124 は撮影室内に設置されることが多い。このため、制御装置 124 と画像検出デバイス 18a 間の照射停止信号を含む AEC 用の信号の通信をアドホック通信とすれば、制御装置 124 と画像検出デバイス 18a との距離が近く電波も届き易いため安定した通信を行うことができ、データ通信の遅延が生じずに高速通信も実現することができる。また、間に中継装置を介さないため、無線通信部 132 の動作チェックや部品交換のみで直ちに通信障害から復帰することができる。

[0125] なお、無線通信部 128 と無線通信部 132 間の無線通信方式としては、例えば IrDA 等の赤外線通信に代表される光ビーコン、あるいは電波ビーコンを採用することが好ましい。光ビーコンや電波ビーコンは、遣り取りする信号のビット数が比較的少なく通信方式も単純で遅延が生じにくいいため、目標線量に達したら直ちに X 線の照射を停止させたい AEC 用の信号の通信に好適である。

[0126] 以上説明したように、本発明によれば、制御装置 124 と画像検出デバイス 18a 間が有線接続された場合であっても、照射停止信号を含む AEC 用の信号は常に無線通信するので、通信障害が起きた場合、有線通信ではその原因を探るためケーブルの断線やコネクタの接触不良のチェック、あるいは制御装置 124 と画像検出デバイス 18a 間にハブ等の中継装置を接続している場合はその動作チェックも行わなければならないが、無線通信では無線通信部 128 と無線通信部 132 の動作チェックのみで簡単に通信障害の原因を特定することができ、速やかに通信障害から復帰することもできる。従って、通信障害により撮影が行えなくなる時間が長引いて患者を無用に待たせるといった事態に陥りにくく、アクシデントに強いといえる。

[0127] 画像データが送信できない場合はメモリ38aにX線画像データを一時蓄積するので、AEC用の信号の無線通信が生きていさえすれば撮影を続行することができる。メモリ38aの容量を、連続して複数回撮影するトモシンスェス撮影といったメニューに耐え得る容量とすれば、画像データが送信できない状況に陥っても連続撮影を中止することなく最後まで続けることができる。

[0128] AEC用の信号はつまるところON/OFF信号であるため、画像データ等と比べて容量が極めて小さい。従って無線通信に要するパワー（電波強度）が小さくて済み、ペースメーカーをつけた患者に対しても問題なく使用することができる。また、無線通信に掛かる消費電力も少なくて済む。画像データは容量が大きいのので無線通信する場合は消費電力が嵩むが、ケーブルが接続された際に画像データの送受信を有線で行うよう切り替えることで消費電力を抑えることができる。

[0129] 制御装置124と画像検出デバイス18a間のAEC用の信号をアドホック通信とすれば、制御装置124と画像検出デバイス18a間にハブ等の余計な装置が介在することがないので、通信障害の原因究明および復帰がよりスピーディになる。構造が単純で故障解析がしやすいビーコンを採用した場合も同様である。

なお、AEC用の信号とそれ以外の画像データ等の信号の無線通信機能のリソースは、共通であってもよいし、別々であってもよい。リソースが共通の場合は部品点数が少なくて済み、別々の場合はAEC用の信号とそれ以外の信号の送受信タイミングがバッティングしても対処することができる。

[0130] なお、上記実施形態では、AEC用の信号として問い合わせ信号、問い合わせ信号に対する照射許可信号、照射開始信号、照射停止信号を記載したが、AEC用の信号は照射停止信号のみであることがより好ましい。この場合、画像検出デバイス18aと制御装置124が有線接続された際に、照射停止信号だけは無線で遣り取りし、問い合わせ信号、問い合わせ信号に対する照射許可信号、照射開始信号の送受信は画像データとともに有線通信で行う

。こうすることで、バッテリーの消費電力を最小化することができる。有線通信が故障したときには、X線の照射を制御画素76aで検出しリセット動作を行ない蓄積状態になるように制御を切り替える。こうすることで、多少のX線のロスはあるものの有線通信による信号の遣り取りで同期をとらなくても撮影の開始が可能である。すなわち、撮影の開始はX線を検出することで可能であるが停止は通信が必ず必要となるため、AEC停止信号のみを無線で行なうようにしておけば、有線通信に障害が起きたときも継続して撮影ができるし、また上記実施形態と同様であるが無線が故障した場合は故障解析が早いため復帰も迅速である。

[0131] 上記実施形態では、線量検出信号の積算値が照射停止閾値に達したら照射停止信号を出力しているが、AEC部40で線量検出信号の積算値に基づきX線の累積線量が目標値に達すると予想される時間を算出し、算出した予想時間に達したときに照射停止信号を出力してもよい。

また、X線の照射が開始されてからX線の到達線量の積算値が目標値に達したとAEC部40で判定するまで、画像検出デバイス18の無線通信部132から撮影制御部20の無線通信部128に向けて照射継続信号を送信し続け、無線通信部128で照射継続信号が受信されなくなったらX線の照射を停止させてもよい。上記実施形態では電子カセットと制御装置間で照射停止信号を送受信できない状況に陥った場合はX線の照射を停止すべき時間が過ぎてもX線の照射が引き続き行われ、患者が余計な被曝をしてしまうおそれがあるが、とにかく照射継続信号の受信が途絶えたらX線の照射が停止されるため、線量不足となることはあっても、少なくとも患者が余計な被曝に晒されるおそれはない。

[0132] 上述した実施形態では、画像検出デバイス18、18a、18bのFPD42、42a、42bとしてTFT方式、即ちTFT50、50aを備える通常画素44及び制御画素からなるFPDを用いるもので、通常画素44に蓄積された電荷は読み出し毎に全ての電荷が読み出されてしまう破壊読み出しが行われるものであるが、本発明はこれに限定されず、線量検知素子とし

て非破壊読み出しが可能な素子、例えば特開2005-143802号公報に開示の非破壊読み出しが可能なCMOSセンサを用いても良い。

画像検出デバイスとして、非破壊読み出し可能な素子、例えば、特開2005-143802号公報に開示の非破壊読み出し可能なCMOSセンサを用いる場合について説明する。

[0133] 図17は、図14に示すX線画像撮影システムに用いることができるもので、非破壊読み出し可能なCMOS回路を用いるX線画像検出デバイスの一実施例を説明する説明図である。

図17に示すX線画像検出デバイス18cは、図15に示すX線画像検出デバイス18aと、FPD42aの撮像面46aを構成する通常画素44及び制御画素76aがそれぞれTFT50及び50aを備えている代わりに、FPD42cの撮像面46bを構成する通常画素45及び制御画素兼用通常画素（以下、兼用画素ともいう）45aがそれぞれCMOS回路51を備え、AEC部40の代わりにAEC部40aを備えている点で異なる以外は、同一の構成を有するものであるため、同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0134] 図17に示すX線画像検出デバイス18cは、FPD42cとFPD42cを収容する筐体とからなる。

FPD42cは、CMOS回路51を備える通常画素45及び兼用画素45aを配列してなる撮像面46bと、通常画素45及び兼用画素45aの全てのCMOS回路51を駆動するゲートドライバ60aと、兼用画素45aのCMOS回路51を駆動するゲートドライバ60bと、通常画素45及び兼用画素45aのCMOS回路51が接続される複数の信号線58が接続される信号処理回路62と、メモリ38aと、AEC部40aと、制御部64bと、無線通信部132及び有線通信部134を備える通信部136と、バッテリー138とを有する。

[0135] 通常画素45及び兼用画素45aは、同一構成の画素であり、いずれもフォトダイオード48と、CMOS回路51からなる。兼用画素45aと通常

画素45との違いは、駆動系が異なるだけであり、通常画素45は、ゲートドライバ60a及び走査線56aで駆動され、兼用画素45aは、通常画素45と同様にゲートドライバ60a及び走査線56aで駆動されるばかりでなく、別のゲートドライバ60b及び走査線56bでも駆動され、通常画素45とは独立して蓄積電荷の電圧変換値を信号線58から読み出すことが可能である。兼用画素45aは、撮像面46bへのX線の到達線量を検出するために利用される画素であり、AECセンサとして機能する。

なお、兼用画素45aのリセット動作や読み出し動作等は、図15に示す制御画素76aのリセット動作や読み出し動作等と類似しているため、詳細な説明は省略する。

[0136] CMOS回路51は、全ての通常画素45及び全ての兼用画素45aに備えられ、複数個のMOSトランジスタからなり、3つの端子を備え、その1端子が走査線56aに、もう1つの端子が信号線58に、残りの1端子がフォトダイオード48にそれぞれ接続される。例えば、CMOS回路51は、互いに接続される走査トランジスタ、出力トランジスタ及びリセットトランジスタの3つのMOSトランジスタからなり、走査トランジスタのゲート電極は走査線56aに、ソース電極は信号線58に接続され、ドレイン電極は出力トランジスタのソース電極に接続され、出力トランジスタのゲート電極はフォトダイオード48に、ドレイン電極は電源電圧に、リセットトランジスタのゲート電極は図示しないリセット線に接続され、フォトダイオード48で発生して内部に若しくはキャパシタ（図示せず）に蓄積された信号電荷を出力トランジスタで電圧信号に変換して、出力トランジスタから出力される電圧信号を走査線56aによって駆動される走査トランジスタのソース電極を介して信号線58に選択的に出力する。

なお、CMOS回路51は、上述したものに限定されず、キャパシタ等に蓄積された信号電荷を維持したまま、蓄積信号電荷の電圧変換値を読み出すことができるものであれば、さらには、非破壊読み出しが可能な素子であれば、特に制限的ではなく、如何なるものでもよい。

[0137] 一方、制御画素兼用通常画素45aのCMOS回路51では、走査線56aに接続される端子は、走査線56bにも接続され、走査線56bによってCMOS回路51が駆動される時、例えば、蓄積された信号電荷が出力トランジスタで電圧信号に変換され、出力トランジスタから出力される電圧信号が、走査線56bによって駆動される走査トランジスタのソース電極を介して信号線58に選択的に出力される。

このように、通常画素45及び兼用画素45a（以下、単に、画素45および45aともいう）においては、フォトダイオード48の内部、若しくはキャパシタに蓄積された信号電荷を、直接読み出すのではなく、出力トランジスタで電圧信号に変換して信号線58から読み出すので、蓄積された信号電荷はそのまま維持され、その後も蓄積されていくので、非破壊読み出しが可能である。即ち、通常画素45及び兼用画素45aが信号電荷を蓄積する蓄積動作中であっても、如何なるタイミングでも、通常画素45及び兼用画素45aの蓄積信号電荷の変換電圧信号を読み出すことができる。

[0138] なお、FPD42cの撮像面46bでは、走査線56a及び56bと信号線58は格子状に配線されており、走査線56a及び56bは撮像面46b内の画素45及び45aの行数分（n行分）、信号線58は画素45及び45aの列数分（m列分）それぞれ設けられている。走査線56aはゲートドライバ60aに、走査線56bはゲートドライバ60bに接続され、信号線58は、信号処理回路62に接続される。

なお、制御画素兼用通常画素45aは、通常画素45の数ppm～数%程度を占めるように満遍なく散らばるように設けられる。図示例では、兼用画素45aは、通常画素45の各行に対して1個以下が設けられているので、各行の走査線56bには1個の兼用画素45aのCMOS回路51が接続される。

ゲートドライバ60a及び60bは、CMOS回路51を駆動することにより、X線の到達線量に応じた信号電荷を画素45及び45a（のキャパシタ）に蓄積する蓄積動作と、画素45及び45aから信号電荷の変換電圧値

を読み出す読出（本読み）動作と、リセット（空読み）動作とを行わせる。制御部64b及び60bは、ゲートドライバ60aによって実行される上記各動作の開始タイミングを制御する。

[0139] 蓄積動作ではCMOS回路51がオフ状態にされ、その間に画素45及び45aに信号電荷が蓄積される。

走査線56aによる画素45及び45aの読み出し動作では、ゲートドライバ60aから同じ行のCMOS回路51を一斉に駆動するゲートパルスG1～Gnを順次発生して、走査線56aを一行ずつ順に活性化し、走査線56aに接続されたCMOS回路51を一行分ずつオン状態とする。

一方、走査線56bによる兼用画素45aの読み出し動作では、ゲートドライバ60bから所定の行のCMOS回路51を駆動するゲートパルスg1～gnを順次発生して、走査線56bを一行ずつ順に活性化し、走査線56bに接続されたCMOS回路51を一行分ずつオン状態とする。

このように、CMOS回路51がオン状態になると、通常画素45及び兼用画素45aのキャパシタ等に蓄積された信号電荷の変換電圧信号は、信号線58に読み出されて、信号処理回路62に入力される。

[0140] ここで、ゲートドライバ60bからゲートパルスを発生してCMOS回路51をオンすると、兼用画素45aで発生した信号電荷の変換電圧値は信号線58に読み出されるが、この時、兼用画素45aは、通常画素45とは別の駆動源で駆動されるため、同列にある通常画素45のCMOS回路51がオフ状態とされ、兼用画素45aのみの蓄積信号電荷の変換電圧信号を読み出すことができる。

こうして、FPD42cでは、所定のタイミングにおける撮像面46bへのX線の到達線量を検出するために、所要のタイミングで、兼用画素45aから、蓄積信号電荷の変換電圧信号を蓄積された線量データとして読み出すことができる。

[0141] 図18は、図2に示すX線画像検出装置の制御装置に用いられるAEC部の他の実施例のブロック図である。

なお、図18に示すAEC部40aは、図4に示すAEC部40と、読出蓄積部78の代わりに読出部79を有し、蓄積用記憶領域80及び解析用記憶領域82の両方を備えるメモリ84の代わりに解析用記憶領域82のみを備えるメモリ84aを有している点を除いて、同一の構成を有するものであるので、同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0142] 同図に示すように、AEC部40aは、読出部78aと、解析用記憶領域82を備えるメモリ84aと、採光野認識部86と、照射停止判定部88と、照射停止信号生成部90と、第2照射停止信号生成部92と、送信部94とを有する。

ここで、読出部78aは、採光野認識部86によって採光野を決定するために、所定タイミングで画像検出デバイス18cから兼用画素45aの蓄積線量データを直接読み出すためのものであり、且つ、照射停止判定部88によって照射停止判定を行うために、所定のモニタリングタイミング毎に、画像検出デバイス18cから兼用画素45aの蓄積線量データを直接読み出すためのものである。

[0143] また、メモリ84aは、読出部78aによって、所定タイミングで画像検出デバイス18cから直接読み出された兼用画素45aの蓄積線量データを解析用線量データとして記憶する解析用記憶領域82を備えるものである。

なお、図17に示す本実施形態のX線画像検出デバイス18cは、そのFPD42cの通常画素45及び兼用画素45aにCMOS回路51を用いるものであるので、CMOS回路のような非破壊読み出し可能なデバイスの場合には、通常画素45及び兼用画素45aからそれらに蓄積された線量データを読み出した後も、通常画素45及び兼用画素45aに蓄積された線量データはリセットされないため、読み出した蓄積線量データを別のメモリに蓄積しておく必要がない。このため、図18に示す本実施形態のAEC部40aのメモリ84aには、TFT方式のX線画像検出デバイス18、18a、18b（図3、図15、図16）を用いる場合のAEC部40のメモリ84

において、読み出した蓄積線量データ順次蓄積するために必要な蓄積用記憶領域 80 (図 4 参照) が不要である。

[0144] また、採光野認識部 86 は、メモリ 84 a の解析用記憶領域 82 に記憶された解析用線量データに基づいて自動的に被写体 16 の採光野を認識するが、照射停止判定部 88 は、採光野認識部 86 で決定された採光野内の蓄積線量データとして、所定のモニタリングタイミング毎に、画像検出デバイス 18 c から採光野内の兼用画素 45 a の蓄積線量データを直接読み出し、読み出した採光野内の蓄積線量データに基づいて照射停止判定を行う。

[0145] 次に、図 18 に示す AEC 部 42 a における AEC の手順について説明する。

図 19 及び図 20 は、それぞれ AEC 部 42 a で行われる AEC の手順を説明するフローチャート及び模式的説明図である。

なお、図 19 及び図 20 に示す AEC の手順のフローチャート及び模式的説明図のステップ S30、S36、S40 及び S42 は、それぞれ図 5 及び図 6 に示す AEC の手順のフローチャート及び模式的説明図のステップ S10、S18、S22 及び S24 と同一のステップであるので、詳細な説明は省略する。

[0146] X線撮影を行う準備が終了した後、図 19 に示すステップ S30 において、制御装置 20 から照射開始信号が出力されると、画像検出デバイス 18 c の通常画素 45 及び制御画素兼用通常画素 45 a がリセット動作から蓄積動作に移行され、撮影モードに切り替えられると共に、ステップ S32 において、X線源 12 による X線の照射が開始される。これに伴い発生した電荷は、図 20 に示すように、通常画素 45 及び兼用画素 45 a においてフォトダイオード 48 に蓄積され始める。

次に、図 19 のステップ S34 において、所定タイミングまでに画像検出デバイス 18 c の FPD 42 c の兼用画素 45 a に蓄積された電荷の変換電圧信号が、所定タイミングで AEC 部 40 a の読出部 79 によって直接読み出され、メモリ 84 a の解析用記憶領域 82 に解析用線量データ (画像) と

して記憶される。即ち、解析用線量データによる画像が取得される。この所定タイミングは、固定であっても、撮影部位や撮影条件に応じて可変であっても良い。

[0147] 図19のステップS36において、図20に示すように、解析用記憶領域82内の解析用線量データを参照して、採光野認識部86が、採光野認識処理を実行し、採光野を自動的に決定する。

図19のステップS38において、図20に示すように、所定のモニタリング周期（モニタリングタイミング）で、採光野認識部86で決定された採光野内の兼用画素45aに蓄積された電荷の変換電圧信号を、所定タイミングでAEC部40aの読出部79によって直接読み出し、照射停止判定部88が、そのモニタリングタイミングにおける採光野の到達線量データを取得する。

[0148] 次に、図19のステップS40において、図20に示すように、照射停止判定部88が、取得した採光野の到達線量データと、予め設定されていた閾値とを比較し、この閾値に達したか否かを判定する照射停止判定を行い、採光野の到達線量データが閾値に達していれば、又は閾値を超えていれば、図19のステップS42において、図20に示すように、照射停止信号生成部90が照射停止信号を生成する。

一方、ステップS40において、取得した採光野の到達線量データが閾値に達していなければ、ステップS38に戻り、次のモニタリングタイミングにおける採光野の到達線量データを取得し、ステップS40で照射停止判定を行うことを取得した採光野の到達線量データが閾値に達して、ステップS42で照射停止信号が生成されるまで繰り返す。

こうして、AEC部40aにおけるAECの照射停止信号の生成手順が終了する。

[0149] この後の照射停止信号に基づくX線源12によるX線の照射の停止後、制御部64bの制御の下、通常画素45及び兼用画素45aの全画素のフォトダイオード48に蓄積された電荷は、CMOS回路51によって電圧信号に

変換され、信号線 58 を通じて積分アンプ 66 に流れ込み、X線画像検出信号として積分アンプ 66 から所定のサンプリング周期で A/D 72 に出力され、デジタル X線画像データに変換されてメモリ 38 a に一旦格納される。この場合には、兼用画素 45 a は、通常画素として機能する。したがって、画像検出デバイス 18 c では、兼用画素 45 a は、画像検出デバイス 18、18 a、18 b の制御画素 76、76 a のように画素欠陥となることが無いので、画像検出デバイス 18、18 a、18 b に比べて、高画質の X線画像を得ることができる。

[0150] こうしてメモリ 38 a に一旦格納されたデジタル X線画像データは、画像検出デバイス 18 c の有線通信部 134 から出力され、制御装置 124 の有線通信部 134 を介して検出制御部 126 に送られ、その各種画像処理回路により、X線画像データに対して各種画像処理が行われ、こうして、一枚分の X線画像が生成される。X線画像は、制御装置 124 のディスプレイ 30 に表示されて診断等に供される。

なお、図 3 に示す画像検出デバイス 18 においても、通常画素 44 及び制御画素 76 をそれぞれ通常画素 45 及び兼用画素 45 a として構成することにより、制御装置 20 の構成においても、同様の効果を上げることができる。

### 産業上の利用可能性

[0151] 本発明に係る X線露出制御機能を持つ X線露出制御装置、これを備える X線画像検出装置及びこれを備える X線画像撮影システムは、X線を用いた医療画像撮影や非破壊検査等のための産業用画像撮影等に用いられる X線画像撮影系として利用することができる。

[0152] 以上に、本発明に係る X線露出制御機能を持つ X線露出制御装置、これを備える X線画像検出装置及びこれを備える X線画像撮影システムについて種々の実施形態及び実施例を挙げて説明したが、本発明は、上述の実施形態及び実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しないかぎり、種々の改良や設計の変更を行っても良いことはもちろんである。

## 符号の説明

- [0153] 10、100、120 X線画像撮影システム
- 12 X線源
- 14、102、122 X線画像検出装置
- 16 被写体（撮影部位）
- 18、18a、18b、18c X線画像検出デバイス
- 20、108、124 制御装置
- 22、110、126 X線検出制御部
- 24 高電圧発生器
- 26 照射スイッチ
- 28 入力デバイス
- 30 ディスプレイ
- 32、38、84、84a メモリ
- 34 デバイス制御部
- 36 線源制御部
- 40、40a X線露出制御部（AEC部）
- 44、45 通常画素
- 45a 制御画素兼用通常画素（兼用画素）
- 76 露光制御用画素（制御画素）
- 78 読出蓄積部
- 79 読出部
- 80 蓄積用記憶領域
- 82 解析用記憶領域
- 86 採光野認識部
- 88 照射停止判定部
- 90 照射停止信号生成部
- 92 第2照射停止信号生成部
- 94 送信部

## 請求の範囲

- [請求項1] X線源からX線を撮影対象に照射して前記撮影対象のX線画像を検出するX線画像検出装置に用いられ、前記撮影対象に照射されるX線の蓄積線量を制御するX線露出制御装置であって、
- X線照射中の線量を検知する複数の線量検知用画素を備えるX線検出素子と、
- 前記X線照射中に、前記複数の線量検知用画素の中から使用する線量検知用画素を含む使用画素領域を設定する領域設定ユニットと、
- 該領域設定ユニットによって設定された前記使用画素領域内の使用線量検知用画素によって検知された線量に応じて、前記X線源による前記X線の照射を停止する停止信号を生成する信号生成ユニットと、
- 前記信号生成ユニットによって生成された前記X線の照射の前記停止信号を前記X線源に送信する送信ユニットとを有することを特徴とするX線露出制御装置。
- [請求項2] 前記領域設定ユニットは、所定タイミングで前記複数の線量検知用画素の線量情報を解析することにより使用画素領域を設定する請求項1記載のX線露出制御装置。
- [請求項3] 前記所定タイミングは、予め設定された固定タイミングである請求項2に記載のX線露出制御装置。
- [請求項4] 前記所定タイミングは、外部から指定された指定タイミングである請求項2に記載のX線露出制御装置。
- [請求項5] 前記指定タイミングは、前記撮影対象に応じて予め設定された設定値、前記X線源の管電流、及び前記X線源の管電圧の少なくとも一つに基づくものである請求項4に記載のX線露出制御装置。
- [請求項6] 前記領域設定ユニットは、前記複数の線量検知用画素の線量情報から、複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせて、被写体となる前記撮影対象を表す被写体画素、又は前記X線が照射された照射野内画素を特定し、前記被写体画素、又は前記照射野内画素を前記

使用線量検知用画素として含む前記使用画素領域を設定する請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項7] 前記領域設定ユニットは、前記被写体画素、又は前記照射野内画素を特定し、前記被写体画素の一部、又は前記照射野内画素の一部を前記使用線量検知用画素として設定する請求項 6 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項8] 前記領域設定ユニットは、前記複数の線量検知用画素の線量情報から、複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせて前記使用画素領域を設定する請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項9] 前記領域設定ユニットは、前記複数の線量検知用画素の線量情報から、画素特徴を使って前記使用画素領域を設定する請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項10] 前記領域設定ユニットは、前記使用線量検知用画素を、前記複数の線量検知用画素をまとめて 1 画素にした、縮小画像の画素特徴に基づいて特定する請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項11] 前記領域設定ユニットは、予め設定された前記撮影対象に応じて選択可能な複数のモードを備え、前記撮影対象に応じて選択されるモードに応じて前記使用線量検知用画素を設定する請求項 6～10 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項12] 前記領域設定ユニットは、複数のモードを備え、画像の特徴に応じて選択されるモードで前記使用線量検知用画素を設定する請求項 6～10 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項13] 前記領域設定ユニットは、被写体領域、又は照射野内領域の特徴に基づいて前記選択されるモードを決定する請求項 12 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項14] 前記領域設定ユニットは、複数のモードを備え、この複数のモード

で、それぞれ前記使用線量検知用画素を検出し、画像の特徴に応じて設定する前記使用線量検知用画素を決定する請求項6～10のいずれか1項に記載のX線露出制御装置。

[請求項15] 前記複数のモードは、前記特定された被写体画素、または照射野内画素、または複数の画素特徴やその近傍の画素特徴から設定される領域の線量の累積ヒストグラムにおいて高線量側の画素を前記使用線量検知用画素として設定する第1モードと、前記累積ヒストグラムにおいて低線量側の画素を前記使用線量検知用画素として設定する第2モードと、前記累積ヒストグラムにおいて中央値近傍の画素を前記使用線量検知用画素として設定するモードの、少なくとも一つのモードを含む請求項11～14のいずれか1項に記載のX線露出制御装置。

[請求項16] 前記複数のモードは、外部から使用画素領域を指定するモード、または予め設定された線量で撮影するモードを含む請求項11～14のいずれか1項に記載のX線露出制御装置。

[請求項17] 前記複数のモードは、前記特定された被写体画素の線量に基づいて前記使用線量検知用画素を設定する第1モードと、前記特定された照射野内画素の線量に基づいて前記使用線量検知用画素を設定する第2モード、複数の画素特徴及びその近傍の画素特徴を組み合わせる前記使用画素領域を設定する第3モード、画素特徴を使って前記使用画素領域を設定する第4モードの、少なくとも一つのモードを含む請求項11～14のいずれか1項に記載のX線露出制御装置。

[請求項18] 前記信号生成ユニットは、前記使用画素領域内の前記線量検知用画素の検知線量が、予め設定された閾値に達した時点、又は前記閾値を超えた時点で前記X線の照射を停止する前記停止信号を生成する請求項1～17のいずれか1項に記載のX線露出制御装置。

[請求項19] 前記閾値は、前記撮影対象、前記撮影条件、又は複数のモードに基づいて設定される請求項18に記載のX線露出制御装置。

[請求項20] 前記閾値は、前記X線検出素子の特性差を吸収するように補正され

る請求項 18 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項21] 前記閾値は、前記送信ユニットによる遅延差を吸収するように補正される請求項 18～20 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項22] 更に、前記使用画素領域内の前記線量検知用画素の検知線量とは異なる情報に基づいて、前記 X 線源による前記 X 線の照射を停止する第 2 の停止信号を生成する第 2 の信号生成ユニットを有する請求項 1～21 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項23] 前記検知線量とは異なる情報は、前記撮影対象の情報、前記撮影条件の情報、又は複数のモードの情報である請求項 22 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項24] 更に、少なくとも、前記使用画素領域内の前記線量検知用画素の検知線量に基づく前記停止信号と、前記線量検知用画素の検知線量とは異なる情報に基づく第 2 の停止信号との信号種別を報知する報知ユニットを有する請求項 22 又は 23 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項25] 前記領域設定ユニットは、所定タイミングで解析する前記複数の線量検知用画素の線量情報を、前記 X 線検出素子から読み出す請求項 1～24 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項26] 前記信号生成ユニットは、前記領域設定ユニットが前記使用線量検知用画素として含む前記使用画素領域を設定した後、所定のモニタリングタイミング毎に、前記使用画素領域内の前記使用線量検知用画素の線量を前記 X 線検出素子から読み出し、前記撮影条件に応じて予め設定された閾値と比較し、前記蓄積線量が前記閾値に達した、又は超えた時点で前記停止信号を生成する請求項 25 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項27] 更に、前記 X 線照射中に、前記 X 線検出素子の前記複数の線量検知用画素によって検知された線量を所定のサンプリングタイミング毎に読み出し、線量情報として記憶する記憶ユニットを有し、

前記領域設定ユニットは、所定タイミングで解析する前記複数の線

量検知用画素の線量情報を、前記記憶ユニットから読み出す請求項 1～24 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置。

[請求項28] 前記記憶ユニットは、前記所定のサンプリングタイミング毎に読み出された、前記検知された線量を蓄積して、前記線量情報として記憶する請求項 27 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項29] 前記信号生成ユニットは、前記領域設定ユニットが前記使用線量検知用画素として含む前記使用画素領域を設定した後、所定のモニタリングタイミング毎に、前記使用画素領域内の前記使用線量検知用画素の線量を前記記憶ユニットから読み出し、前記撮影条件に応じて予め設定された閾値と比較し、前記蓄積線量が前記閾値に達した、又は超えた時点で前記停止信号を生成する請求項 27 に記載の X 線露出制御装置。

[請求項30] 請求項 1～29 のいずれか 1 項に記載の X 線露出制御装置と、前記 X 線源の X 線の照射開始から照射停止までの間に、前記撮影対象を透過した X 線を検出して前記撮影対象の X 線画像を検出するための X 線画像検出ユニットと有することを特徴とする X 線画像検出装置。

[請求項31] 前記 X 線画像検出ユニットは、前記 X 線源の X 線の照射開始から照射停止までの間に、前記撮影対象を透過した X 線を検出する複数の X 線画像検出画素を備える X 線画像検出素子である請求項 30 に記載の X 線画像検出装置。

[請求項32] 前記 X 線画像検出素子は、前記 X 線検出素子と一体化されてなり、前記複数の線量検知用画素は、前記複数の X 線画像検出画素と異なる構成を有し、前記複数の X 線画像検出画素の間に混在するものである、又は

前記 X 線画像検出素子は、非破壊読み出し可能な素子であり、前記複数の X 線画像検出画素の一部が、前記複数の線量検知用画素として兼用される請求項 31 に記載の X 線画像検出装置。

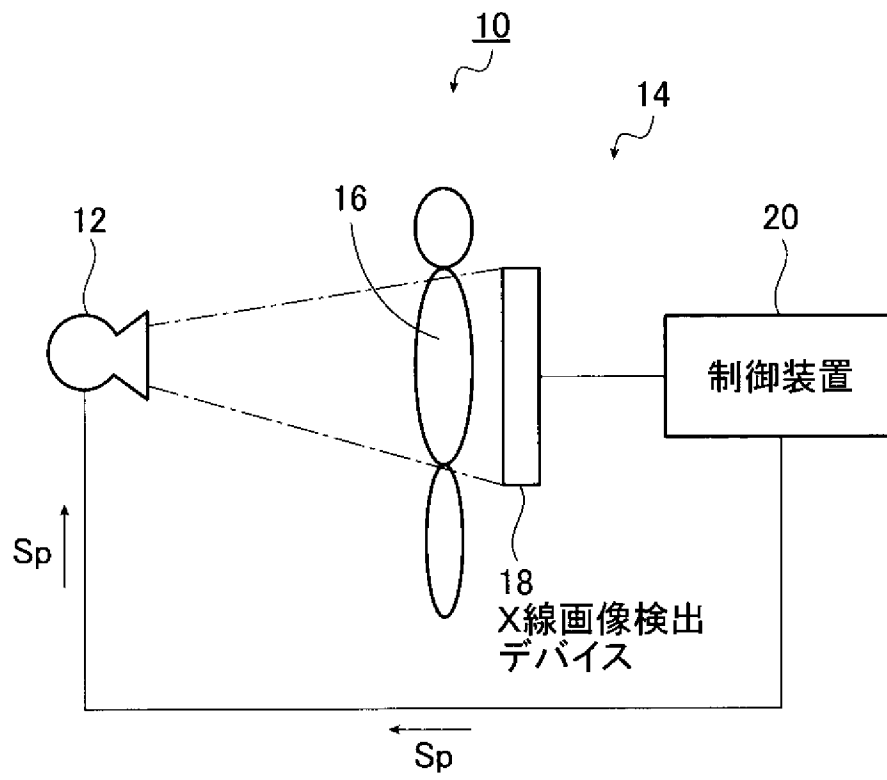
[請求項33]

前記X線を照射するX線源と、

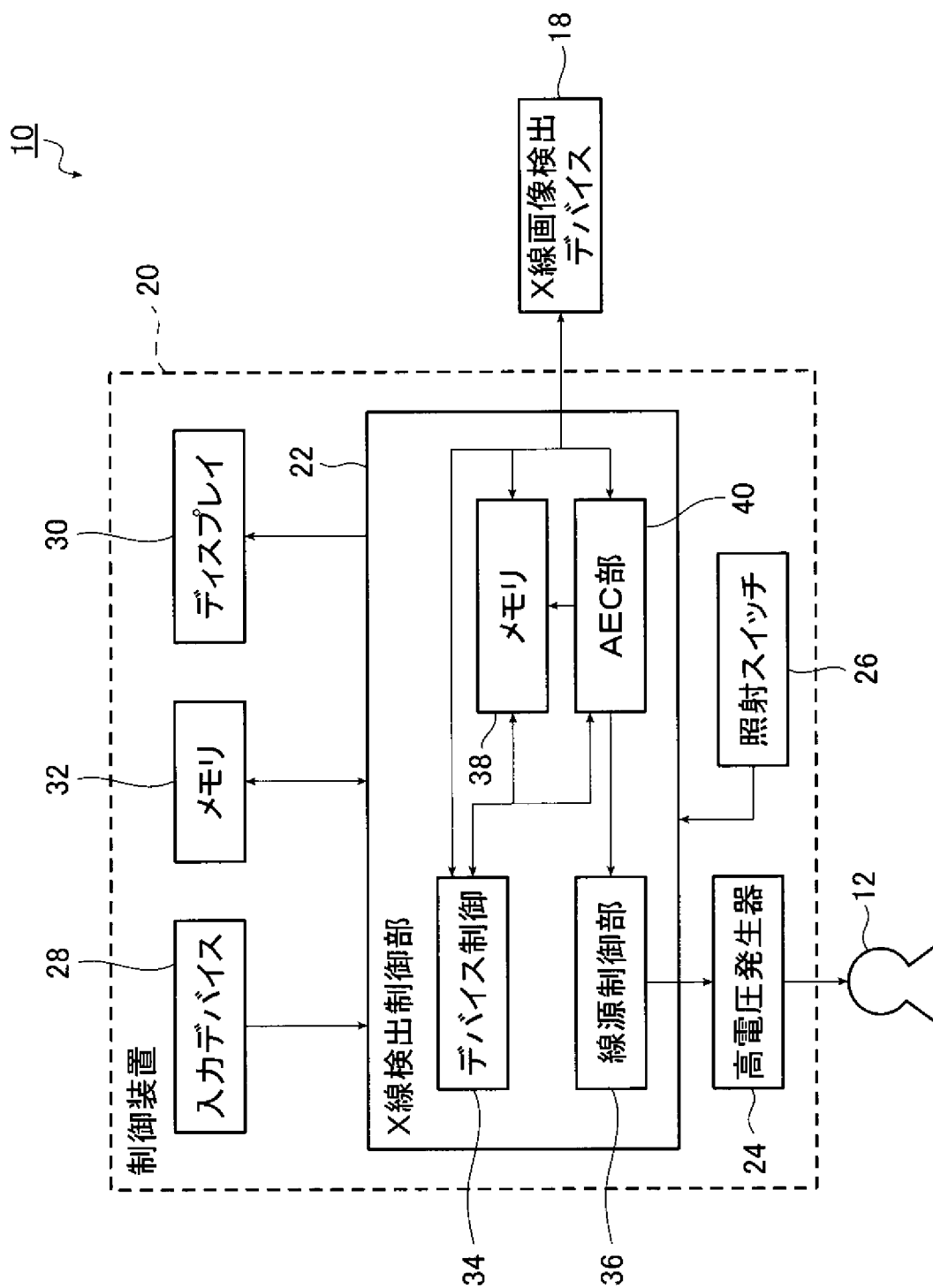
請求項30～32のいずれか1項に記載のX線画像検出装置とを有し、

前記X線源は、外部装置又は前記X線画像検出装置から前記X線の照射の開始信号を受信して、前記X線の照射を開始し、前記X線画像検出装置から前記X線の照射の前記停止信号を受信して、前記X線の照射を停止することを特徴とするX線画像撮影システム。

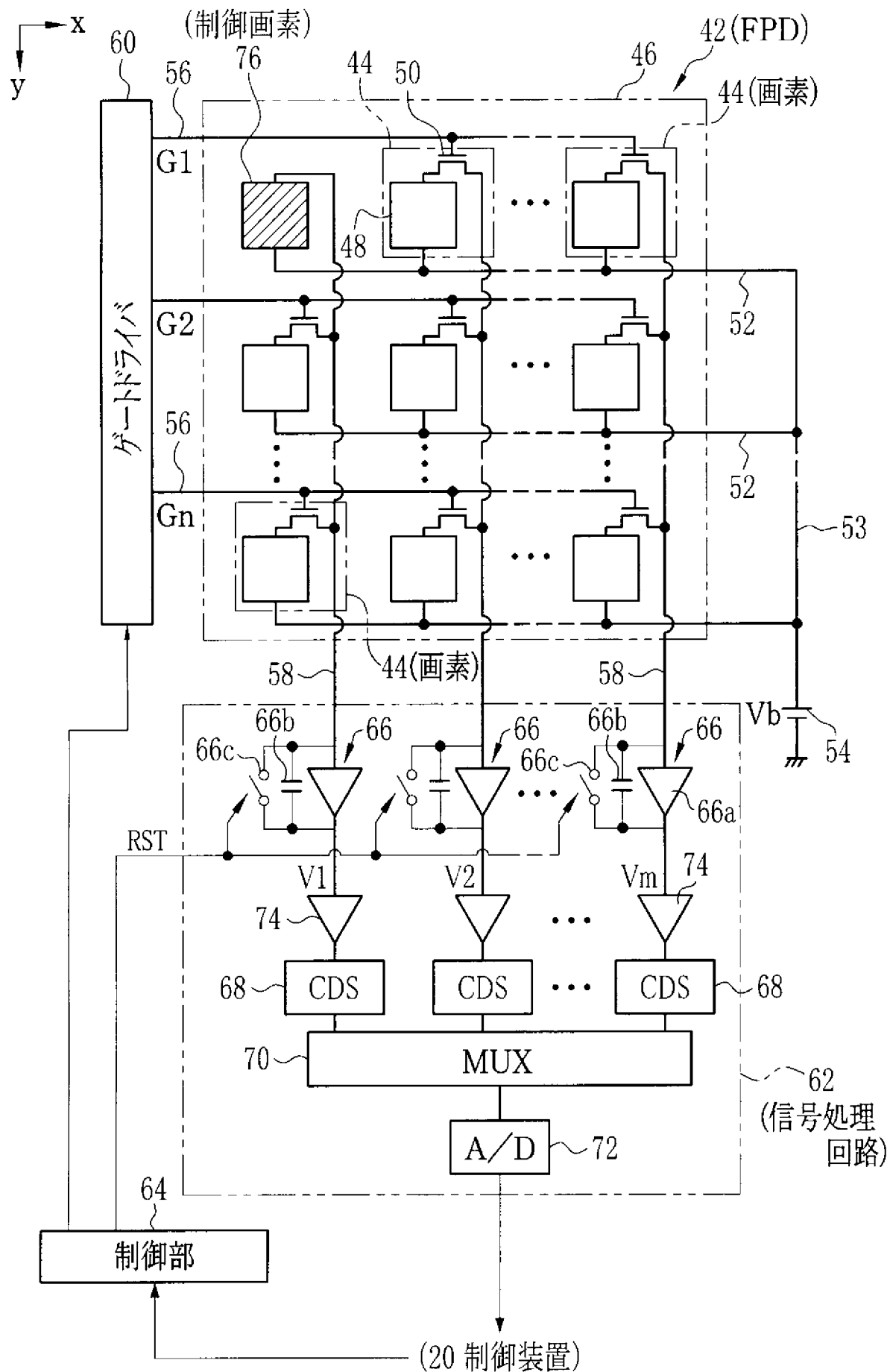
[図1]



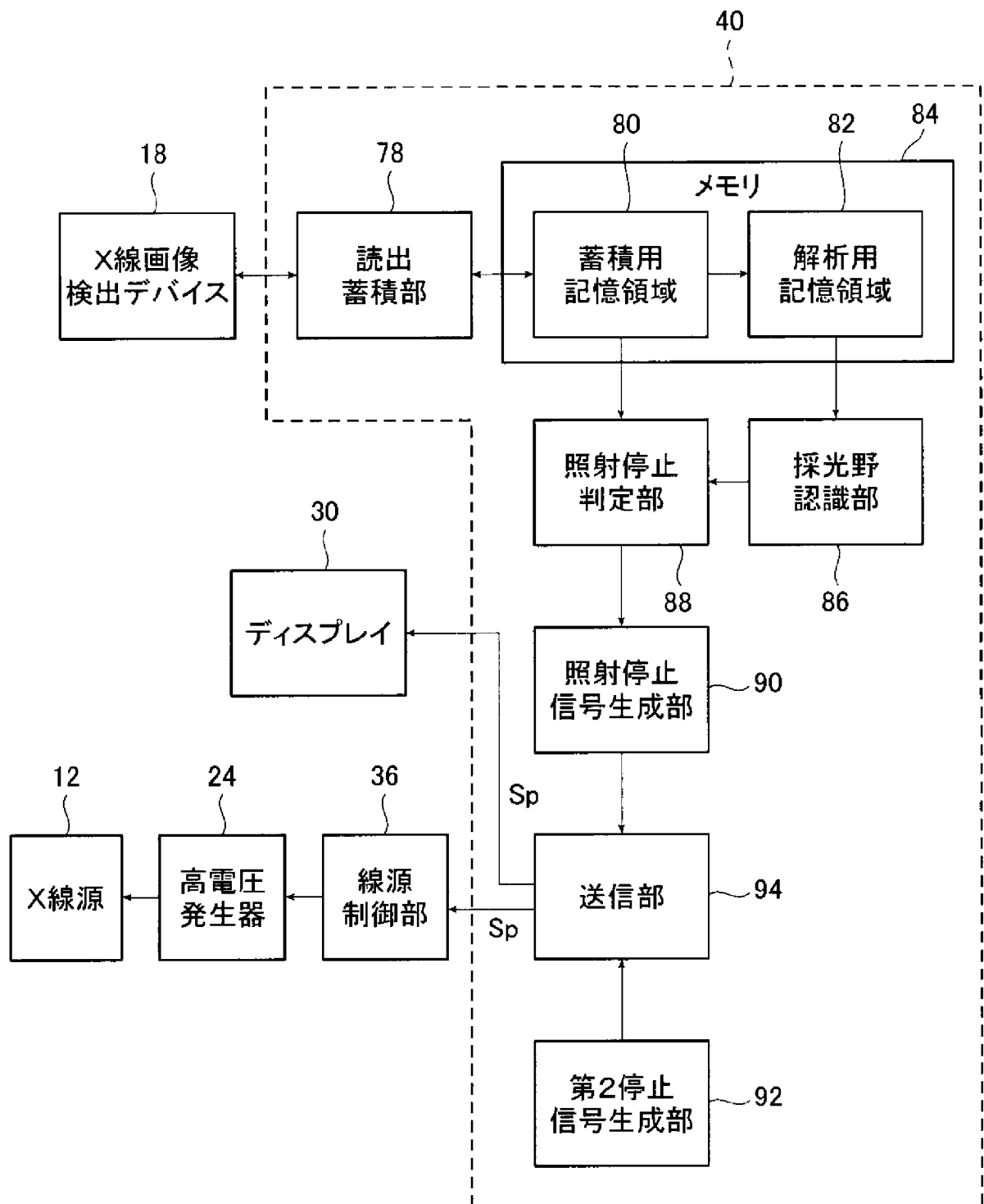
[図2]



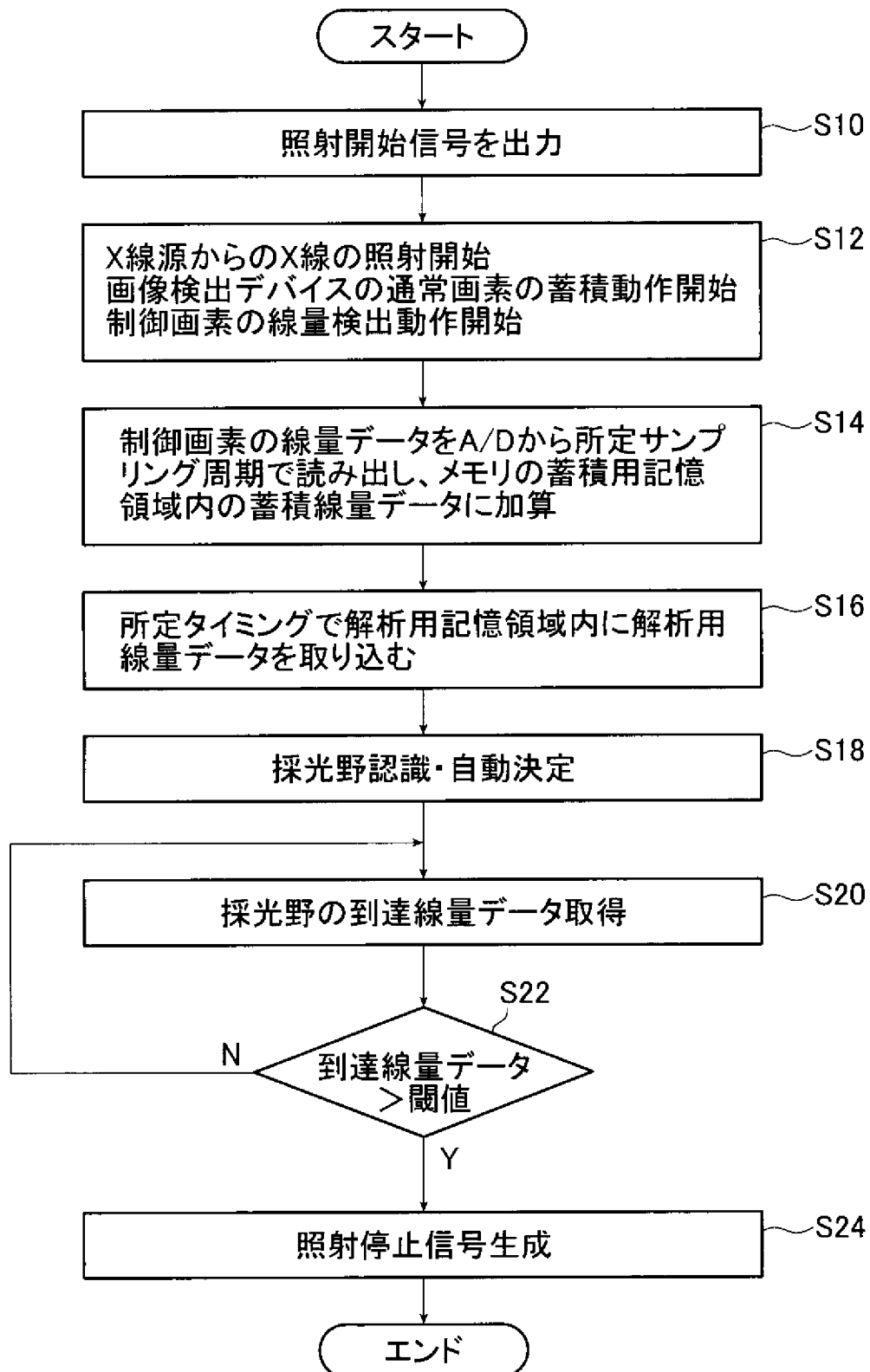
[図3]



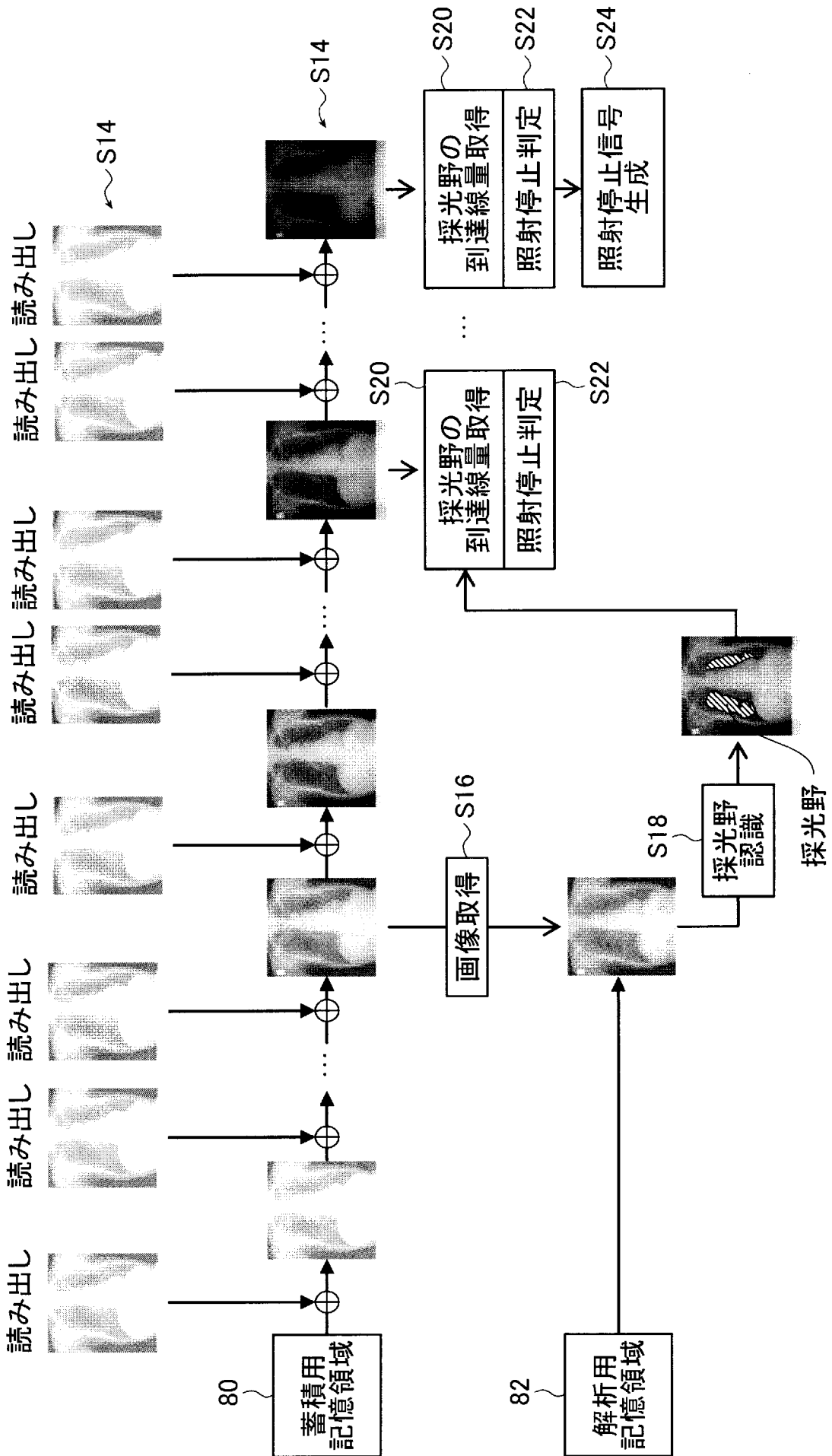
[図4]



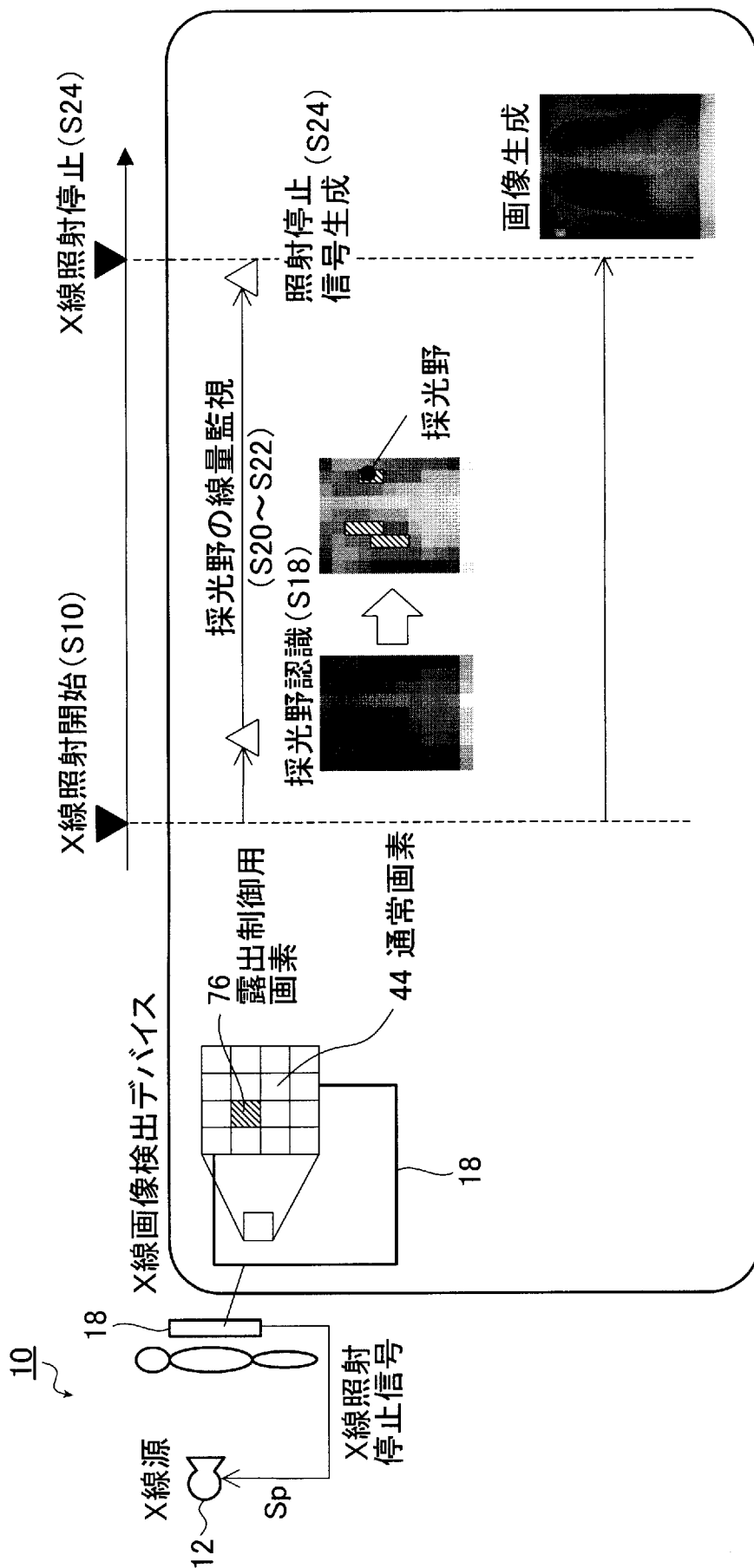
[図5]



[図6]

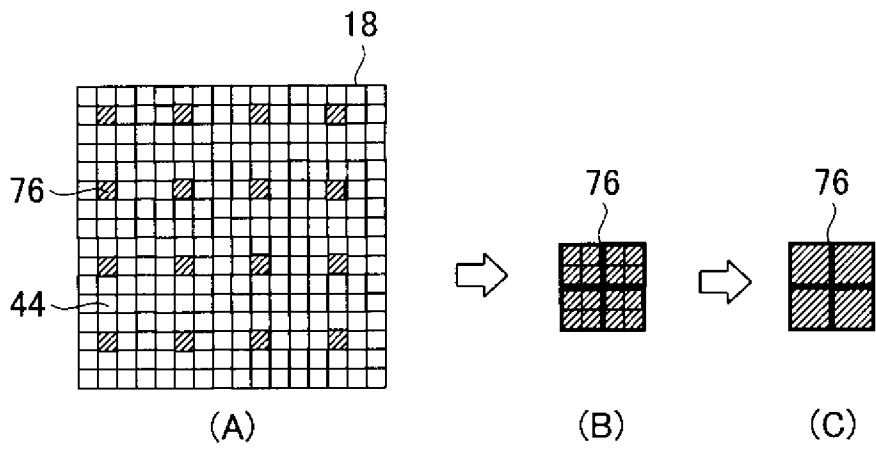


[図7]

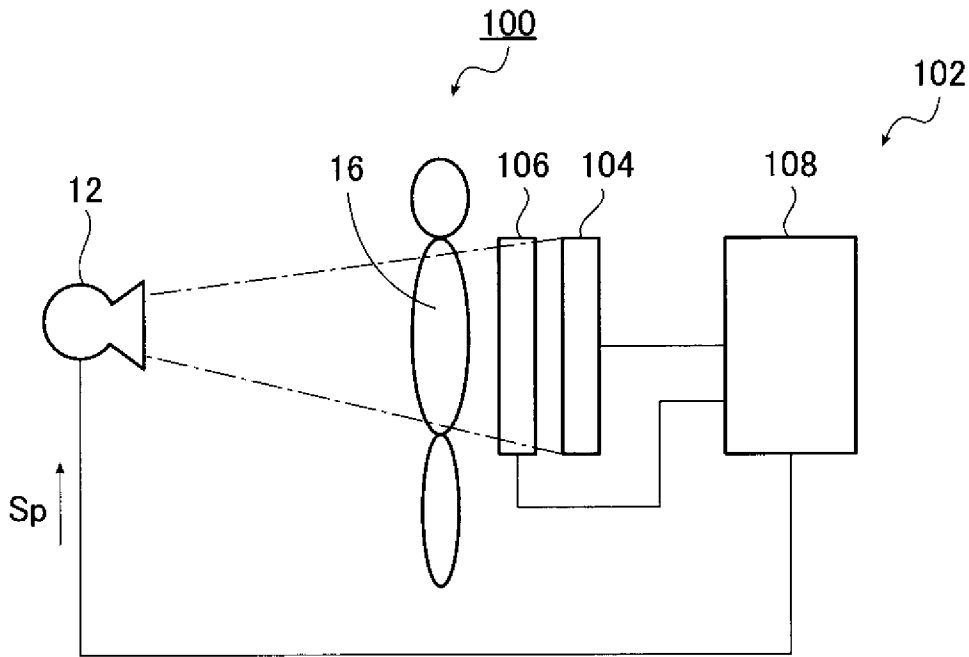




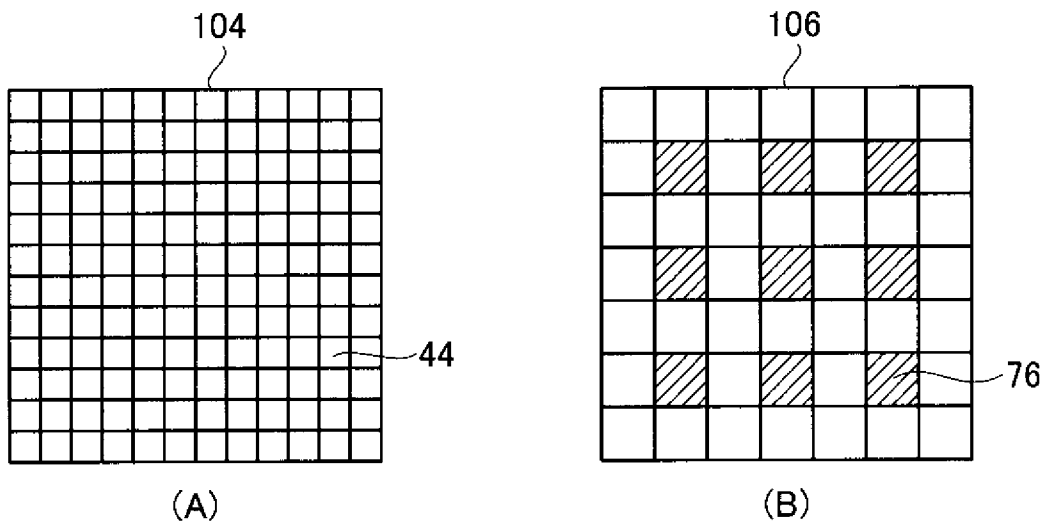
[図9]



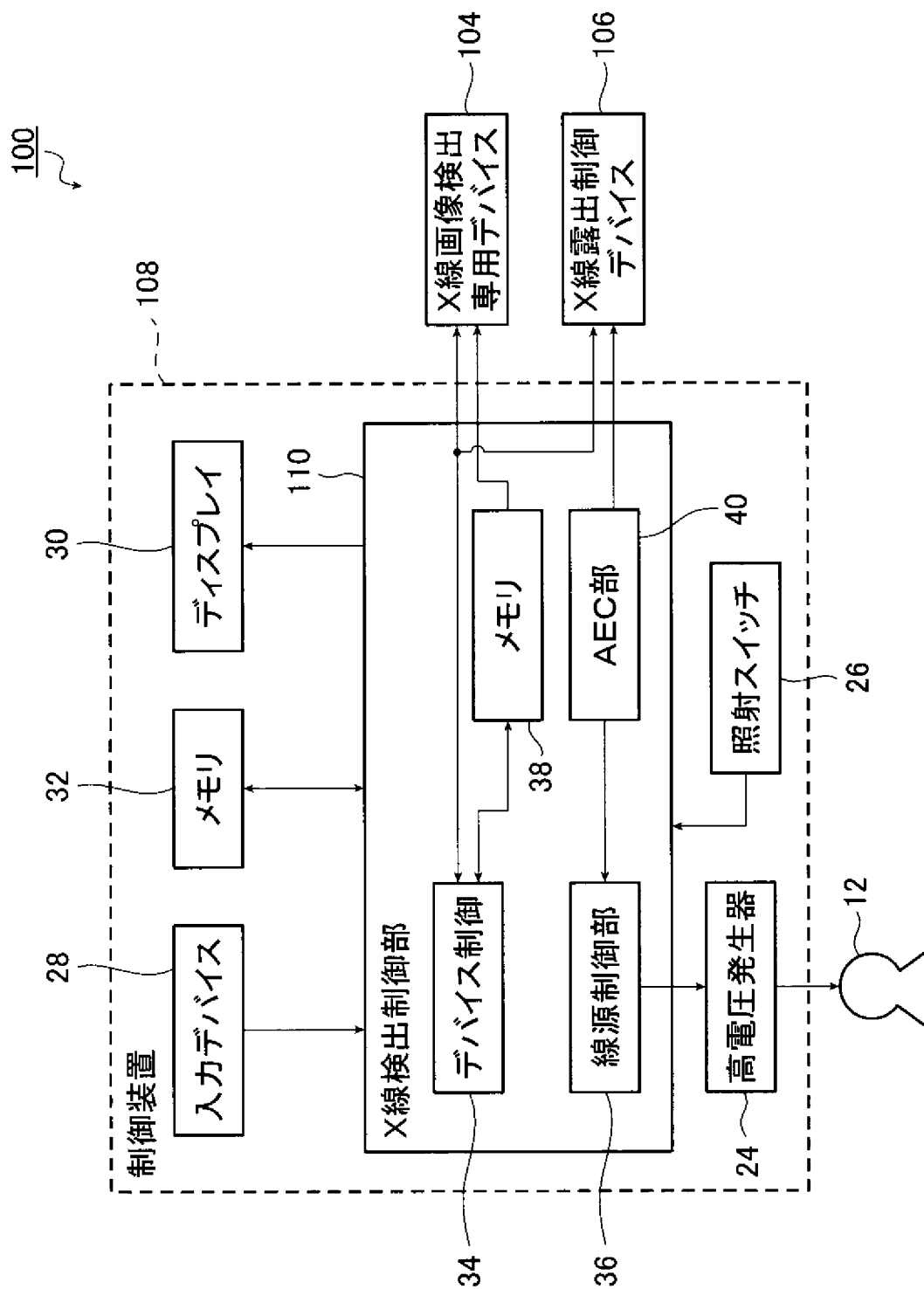
[図10]



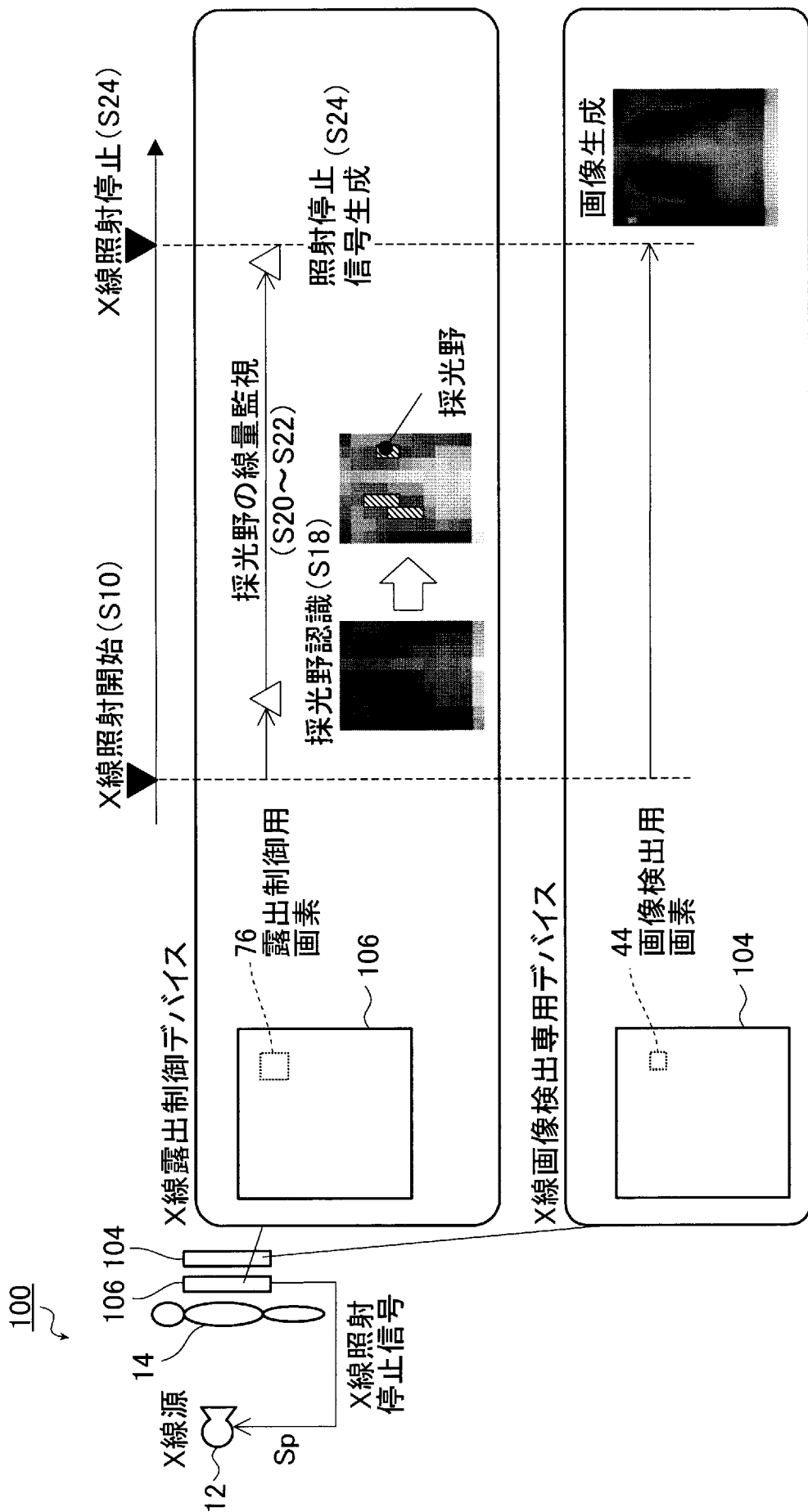
[図11]



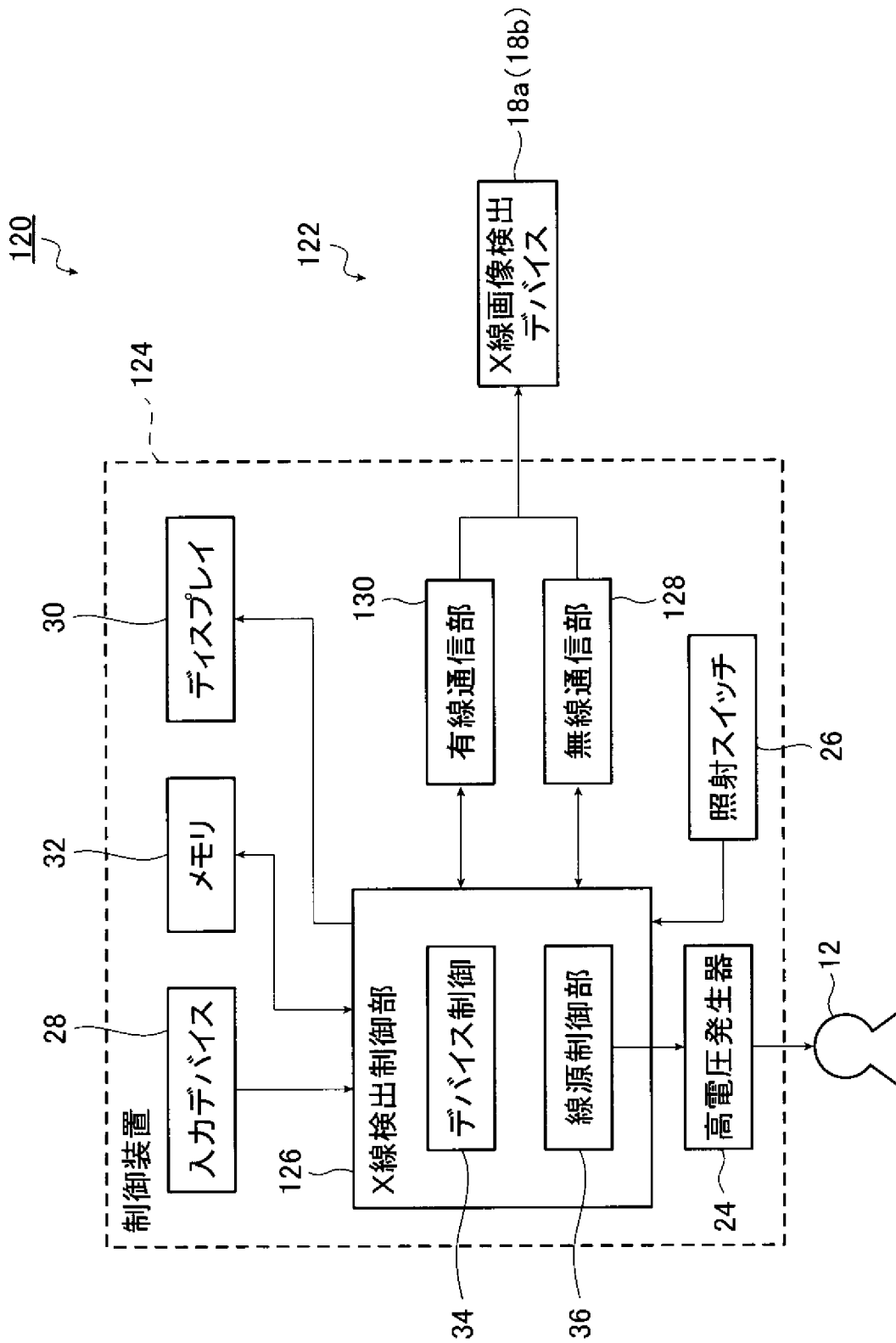
[図12]



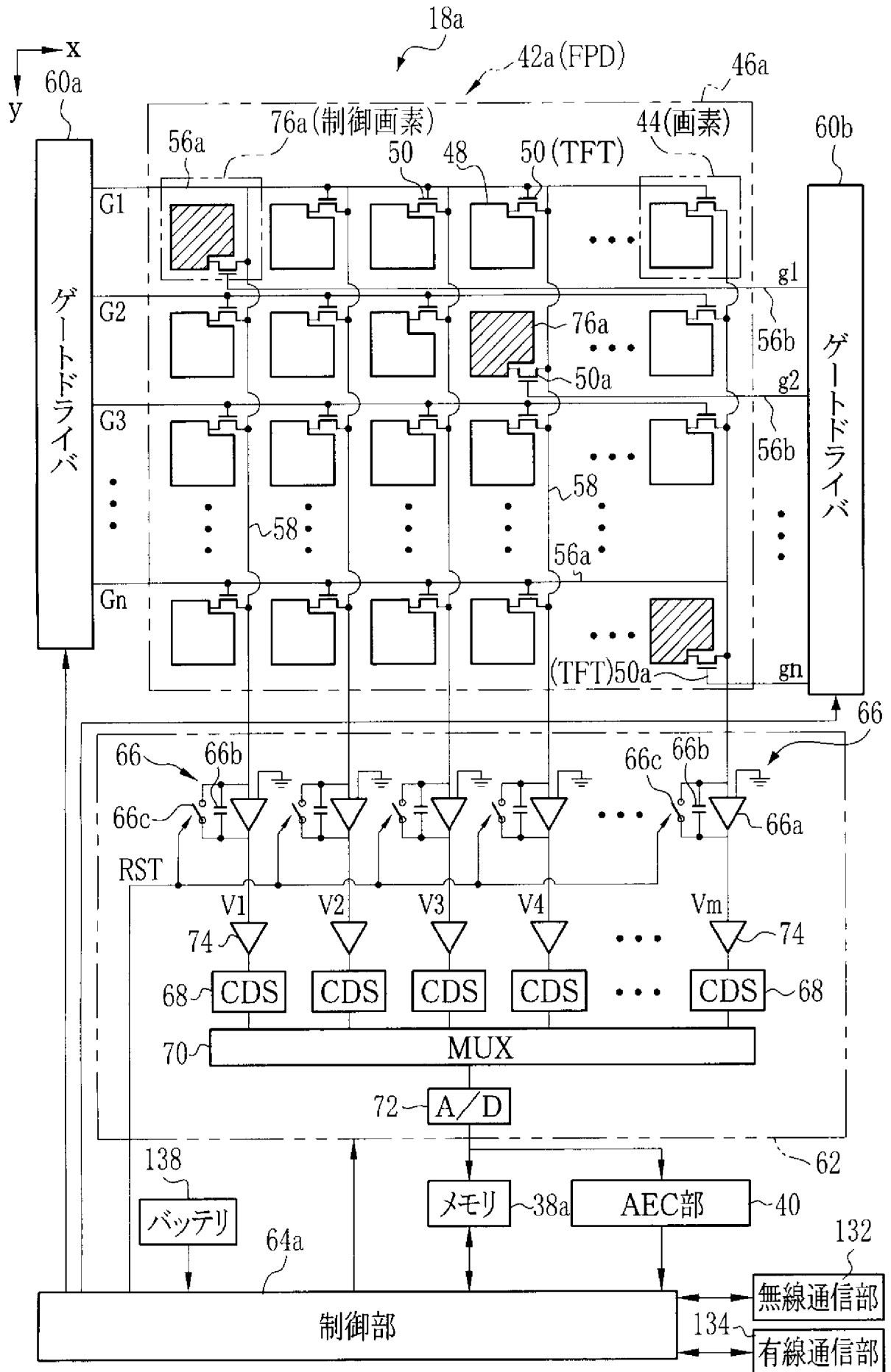
[図13]



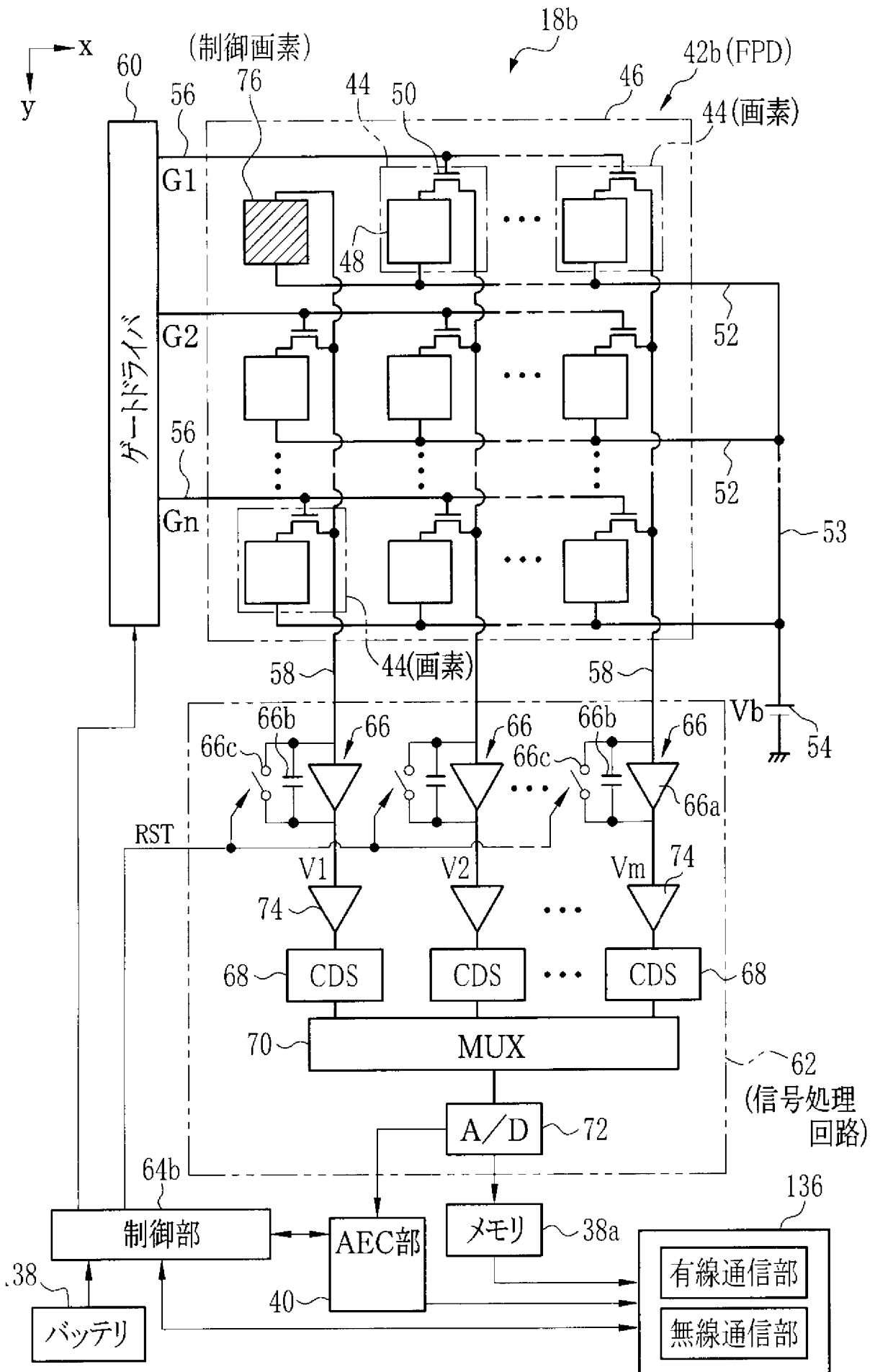
[図14]



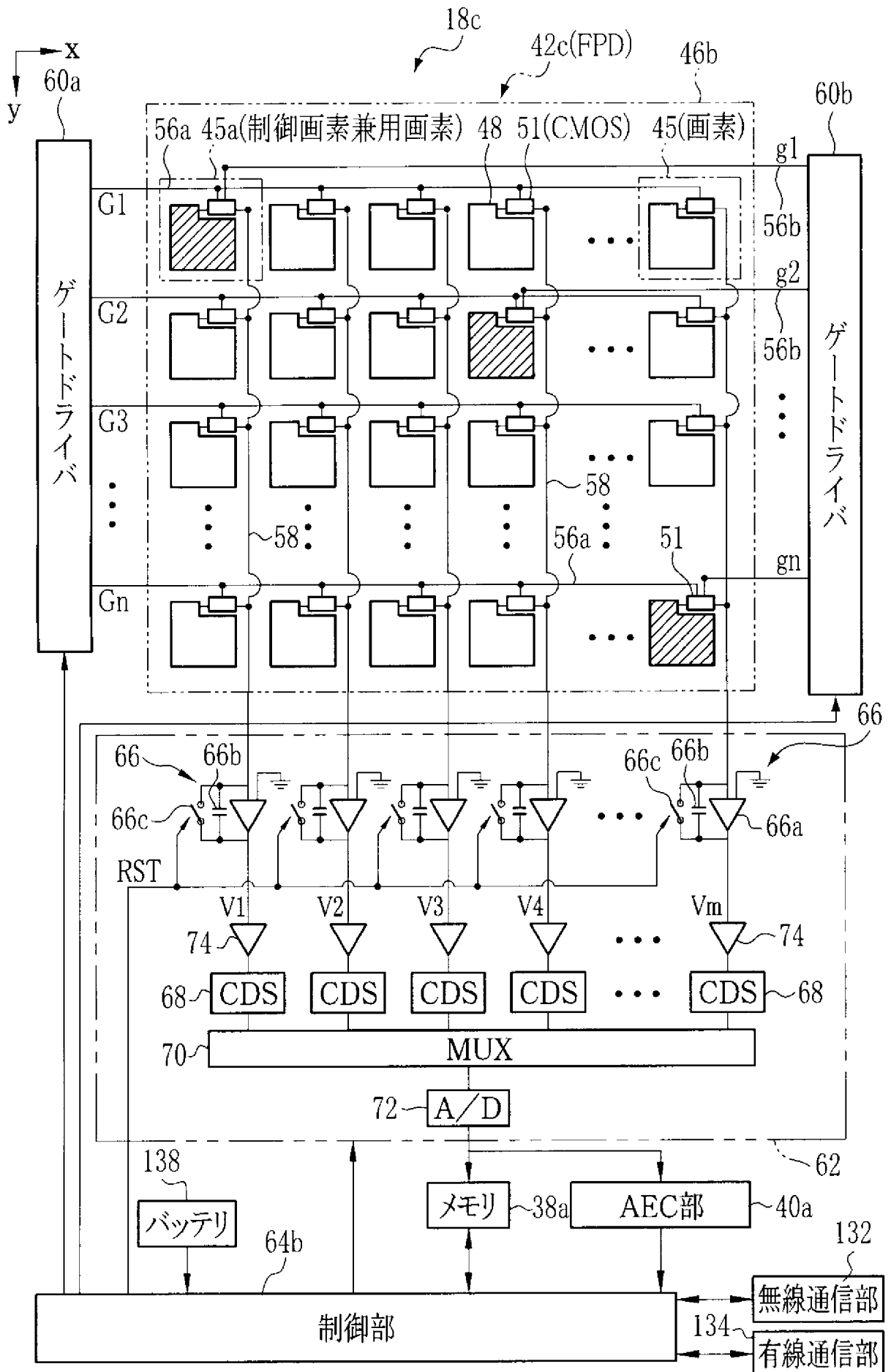
[図15]



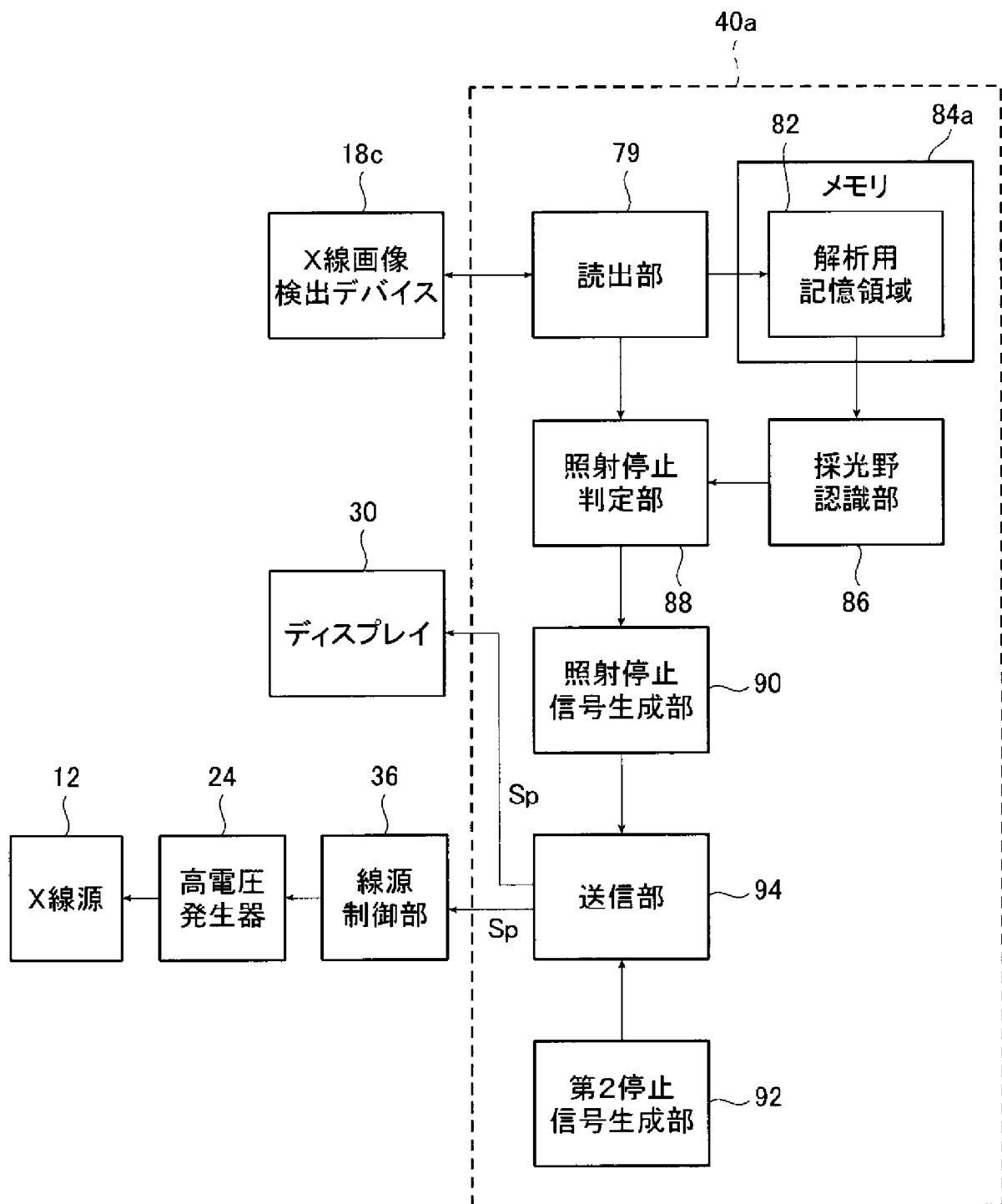
[図16]



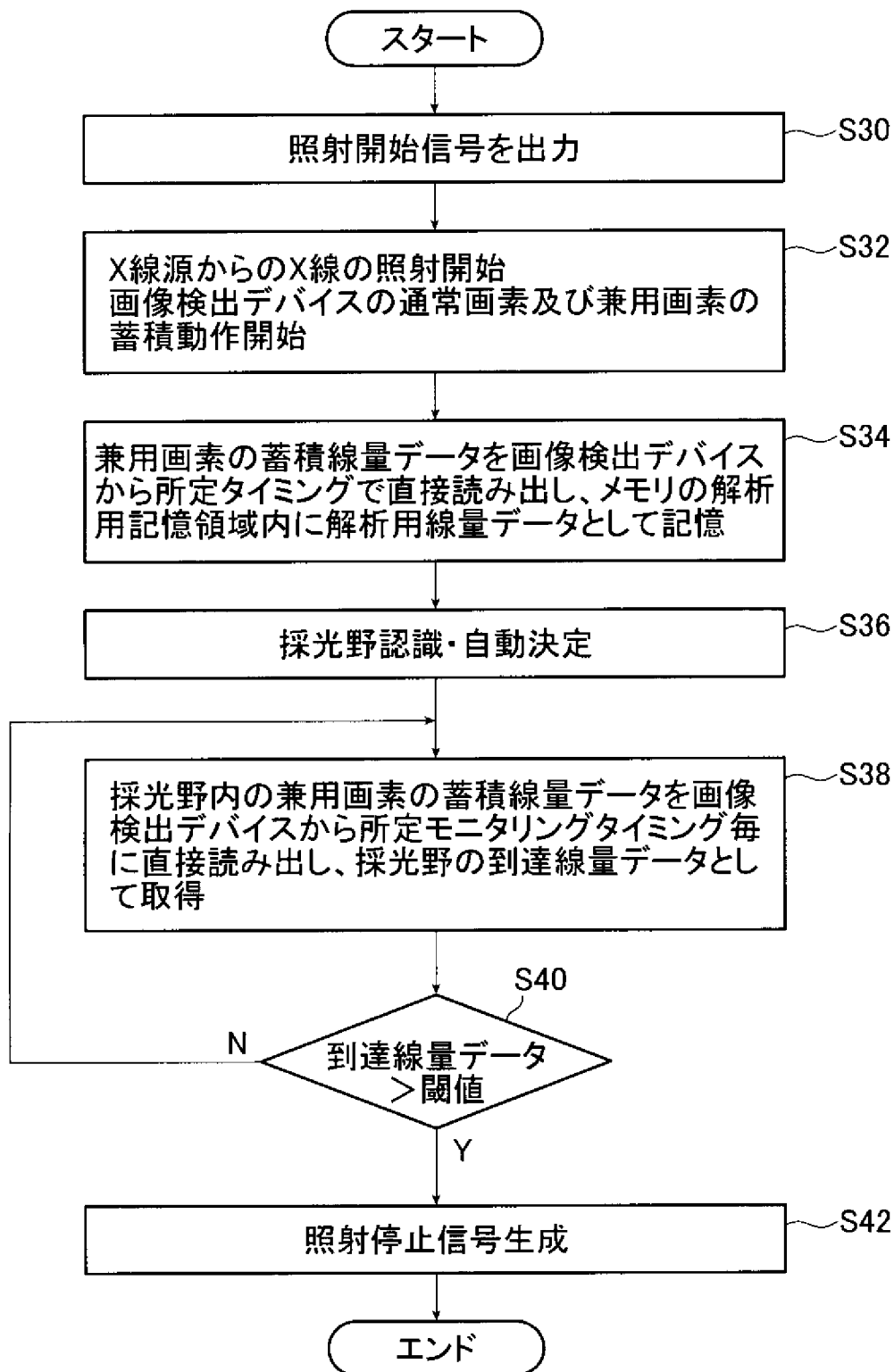
[図17]



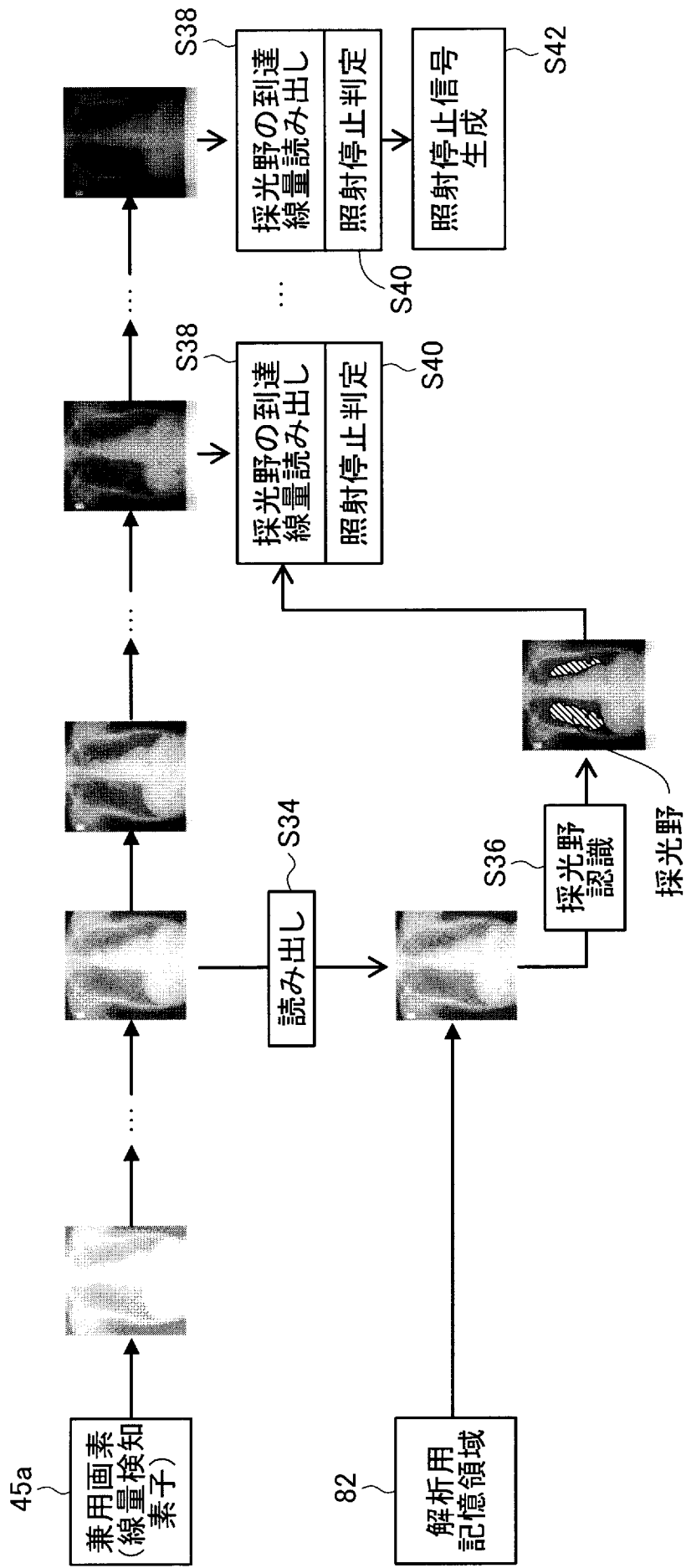
[図18]



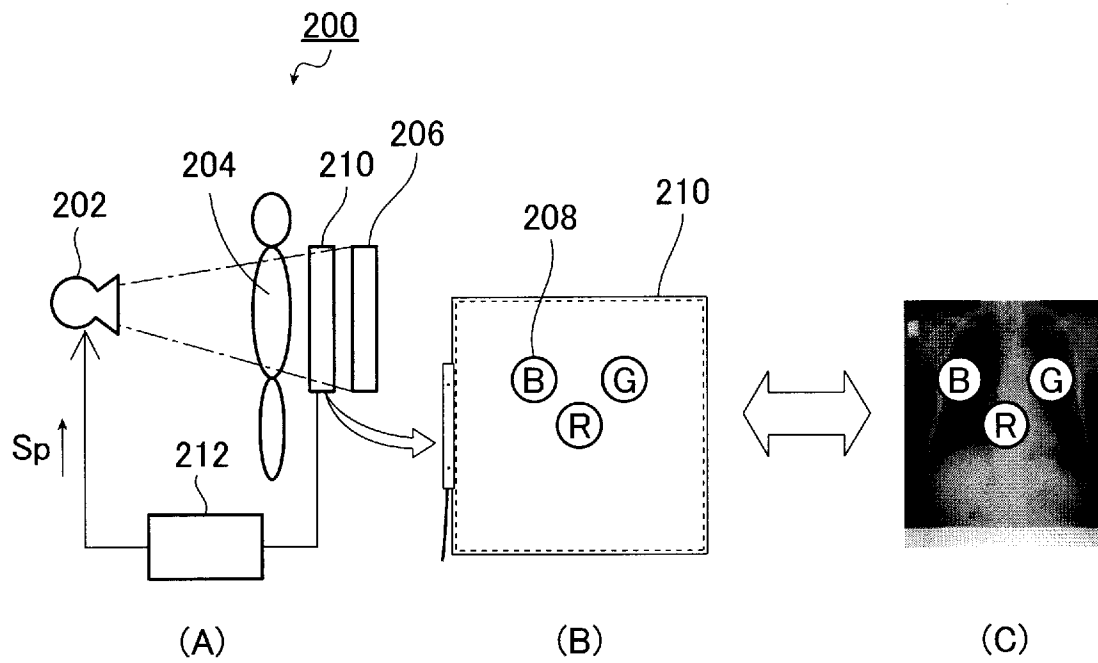
[図19]



[図20]



[図21]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/061115

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

A61B6/00(2006.01) i, H04N5/32(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)

A61B6/00, H04N5/32

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	JP 2011-174908 A (Fujifilm Corp.), 08 September 2011 (08.09.2011), entire text; all drawings & US 2011/0180717 A1 & CN 102143329 A	1-33
A	JP 2004-344249 A (Canon Inc.), 09 December 2004 (09.12.2004), entire text; all drawings & US 2004/0234032 A1	1-33
A	JP 2002-000590 A (Shimadzu Corp.), 08 January 2002 (08.01.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-33

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  
07 June, 2013 (07.06.13)

Date of mailing of the international search report  
18 June, 2013 (18.06.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/061115

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-279516 A (Fujifilm Corp.), 16 December 2010 (16.12.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-33
A	JP 2006-521716 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 21 September 2006 (21.09.2006), entire text; all drawings & US 2006/0138333 A1 & EP 1588551 A & WO 2004/064385 A1 & DE 602004022131 D & CN 1739286 A & AT 437527 T	1-33
A	US 2005/0057666 A1 (Hu et al.), 17 March 2005 (17.03.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-33
P,X	WO 2013/047170 A1 (Fujifilm Corp.), 04 April 2013 (04.04.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-9,18,19, 25,26,30-33

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. A61B6/00(2006.01)i, H04N5/32(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. A61B6/00, H04N5/32

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 1971-2013年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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
A	JP 2011-174908 A (富士フイルム株式会社) 2011. 09. 08, 全文, 全図 & US 2011/0180717 A1 & CN 102143329 A	1-33
A	JP 2004-344249 A (キヤノン株式会社) 2004. 12. 09, 全文, 全図 & US 2004/0234032 A1	1-33
A	JP 2002-000590 A (株式会社島津製作所) 2002. 01. 08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-33

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。

<p>* 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</p>	<p>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                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 07. 06. 2013	国際調査報告の発送日 18. 06. 2013
----------------------------	----------------------------

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) 福田 裕司	2Q	9109
	電話番号 03-3581-1101 内線 3292		

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	JP 2010-279516 A (富士フイルム株式会社) 2010. 12. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-33
A	JP 2006-521716 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニ クス エヌ ヴィ) 2006. 09. 21, 全文, 全図 & US 2006/0138333 A1 & EP 1588551 A & WO 2004/064385 A1 & DE 602004022131 D & CN 1739286 A & AT 437527 T	1-33
A	US 2005/0057666 A1 (Hu et al.) 2005. 03. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-33
P, X	WO 2013/047170 A1 (富士フイルム株式会社) 2013. 04. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9, 18, 19, 25 , 26, 30-33