

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第1部門第2区分

【発行日】令和4年4月13日(2022.4.13)

【国際公開番号】WO2021/033291

【出願番号】特願2021-541410(P2021-541410)

【国際特許分類】

A 6 1 B 6/00(2006.01)

【F I】

A 6 1 B 6/00 3 5 0 M

A 6 1 B 6/00 3 2 0 Z

A 6 1 B 6/00 3 6 0 B

10

【手続補正書】

【提出日】令和4年1月25日(2022.1.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

20

【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体のX線画像を撮影するX線撮影方法であって、

前記被検体に第1の線量でX線を照射し、前記被検体の第1X線画像を撮影するステップと、

前記被検体に前記第1の線量よりも小さい第2の線量でX線を照射し、前記被検体の第2X線画像を撮影するステップと、

前記第2X線画像を、機械学習によりX線画像の画質を向上させるように学習された学習済モデルに入力して、前記第2X線画像を修正するステップとを含む、X線撮影方法。

【請求項2】

30

前記学習済モデルは、学習用データセットを用いた学習処理により生成され、

前記学習用データセットは、前記機械学習の入力として与えられる画像に対して、前記機械学習の出力として与えられる前記画像よりも画質の高い画像をラベル付けした学習用データを複数含む、請求項1に記載のX線撮影方法。

【請求項3】

前記第1X線画像を撮影するステップを予め定められた所定回数実行した後、前記第2X線画像を撮影するステップを実行する、請求項1に記載のX線撮影方法。

【請求項4】

撮影したX線画像を表示するステップをさらに含み、

前記表示するステップでは、前記第1X線画像および前記修正した第2X線画像をそれぞれ異なる時刻に表示する、請求項1に記載のX線撮影方法。

40

【請求項5】

前記第1X線画像と前記修正した第2X線画像とを積算するステップをさらに含む、請求項1に記載のX線撮影方法。

【請求項6】

前記積算するステップでは、前記第1X線画像と前記修正した第2X線画像とを互いに位置合わせするステップを含む、請求項5に記載のX線撮影方法。

【請求項7】

被検体にX線を照射して前記被検体のX線画像を順次生成するように構成された撮影装置と、

50

前記 X 線画像を処理する画像処理装置とを備え、  
 前記撮影装置は、前記被検体に第 1 の線量で X 線を照射し、前記被検体の第 1 X 線画像を撮影する処理と、前記被検体に前記第 1 の線量よりも小さい第 2 の線量で X 線を照射し、前記被検体の第 2 X 線画像を撮影する処理とを実行可能に構成され、  
 前記画像処理装置は、前記第 2 X 線画像を、機械学習により X 線画像の画質を向上させるように学習された学習済モデルに入力して、前記第 2 X 線画像を修正するように構成される、X 線撮影システム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

しかしながら、被検体の被ばく量を低減させるために X 線を照射する時間間隔を広げると、フレームレートが低下することになる。すなわち、フレームの間隔が大きくなるため、フレーム間の情報が欠落してしまう可能性がある。また、被検体の被ばく量を低減させるために X 線の線量を低下させると、X 線画像の画質が低下し、X 線画像が不鮮明なものになってしまう可能性がある。すなわち、X 線画像の撮影による被検体の被ばく量を低減させることと、X 線画像の画質を向上させることとは背反の関係にある。

【手続補正 3】

20

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0031】

< X 線動画の撮影 >

上記のような冠動脈インターベンション治療においては、ステント 31 の位置等を正確に把握することが必要となるため、X 線画像には、高い画質が求められる。X 線画像（動画）を撮影するにあたり、高い画質（動画質）を得るためには、短い時間間隔、かつ、高い線量で断続的に X 線を照射して X 線画像を生成することが望ましい。X 線の線量が大きいほど、生成される X 線画像（すなわち X 線動画）の画質が高く、X 線を照射する時間間隔が小さいほど、実際の動作に追従した動画を撮影することが可能となるためである。

30

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

その一方で、X 線動画の撮影による被検体 50 の被ばく量を低減させることが望まれている。被検体 50 の被ばく量を低減させるために X 線を照射する時間間隔を大きくすると、フレームレートが低下し、フレームの間隔が大きくなるため、フレーム間の情報が欠落してしまう可能性がある。また、被検体 50 の被ばく量を低減させるために X 線の線量を低下させると、個々の X 線画像の画質が低下し、X 線画像が不鮮明なものになってしまう可能性がある。すなわち、X 線動画の撮影による被検体 50 の被ばく量を低減させることと、X 線動画の動画質を向上させることとは背反の関係にある。

40

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

50

## 【 0 0 3 3 】

そこで、実施の形態 1 では、被検体 5 0 に X 線を所定の時間間隔で照射して X 線画像を生成する X 線撮影システム 1 0 0 において、1 回おきに被検体 5 0 に照射する X 線の線量を低下させる。これによって、X 線動画の撮影による被検体 5 0 の被ばく量を低減させることができる。X 線の線量を低下させて生成された X 線画像は、X 線の線量を低下させずに生成された X 線画像よりも画質が低下するが、この対策として、X 線の線量を低下させて生成された X 線画像の画質を向上させる処理をさらに実行する。これによって、1 回おきに被検体 5 0 に照射する X 線の線量を低下させたとしても、X 線動画の動画質が低下することを抑制することができる。

## 【 手 続 補 正 6 】

10

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 3 9

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 3 9 】

ただし、X 線の線量を低下させて生成された第 2 X 線画像 2 9 は、第 1 X 線画像 2 8 よりも画質が低いものとなっている。一例を図 4 および図 5 に示す。図 4 は、第 1 X 線画像 2 8 の一例を説明するための図である。図 5 は、第 2 X 線画像 2 9 の一例を説明するための図である。図 4 および図 5 には、冠動脈インターベンション治療において生成された X 線画像が示されている。図 4 および図 5 を比較して認識し得るように、第 1 X 線画像 2 8 よりも小さい X 線の線量で生成された第 2 X 線画像 2 9 は、X 線の線量が小さいため、第 1 X 線画像 2 8 よりも画質が低くなっている。

20

## 【 手 続 補 正 7 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 4 0

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 4 0 】

そこで、X 線動画に画質が異なる X 線画像が混在することを回避するために、画像処理部 2 3 は、第 2 X 線画像 2 9 の画質を向上させるように、第 2 X 線画像 2 9 を修正する画像処理を行なう。具体的には、画像処理部 2 3 は、第 2 処理で生成された第 2 X 線画像 2 9 の画質を、機械学習により学習された学習済モデルを用いて、第 1 X 線画像 2 8 の画質と同程度の画質に向上させる第 3 処理を実行する。なお、第 3 処理によって画質が向上された X 線画像（第 2 X 線画像 2 9 A）は、本来の X 線画像（第 2 処理の実行に代えて第 1 処理を実行した場合に生成される第 1 X 線画像）と完全に同一であるとは限らない。実施の形態 1 においては、深層学習により学習された学習済モデルが用いられる。

30

## 【 手 続 補 正 8 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 4 2

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 4 2 】

学習済モデルは、たとえば、学習用データセットを用いて、学習処理を繰り返し実行して生成される。学習用データセットは、たとえば、入力として与えられる低画質画像に対して、出力として与えられる高画質画像をラベル付けした学習用データを複数含むものである。学習用データは、たとえば、高画質画像を低画質化させることによって用意することができる。上記のような学習用データセットを用いて学習された学習済モデルは、入力された画像を高画質化して出力する。

40

## 【 手 続 補 正 9 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

50

【補正対象項目名】 0 0 4 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 3 】

第3処理により第2 X線画像29の画質を向上させれば、所定の時間間隔毎に第1処理と第2処理とを交互に実行したとしても、所定の時間間隔で第1処理が実行される場合と同程度のX線動画を撮影することができる。なお、所定の時間間隔毎に第1処理と第2処理とが交互に実行されることは一例であり、第1処理と第2処理とが実行される比率は、実施の形態1に係るX線撮影システム100が用いられる治療あるいは検査等の内容に応じて適切に設定すればよい。所定の時間間隔で実行される第1処理の一部を第2処理に変更するとともに、第3処理を実行するようにすれば、X線動画の動画質の低下を抑制しつつ、被検体50の被ばく量を低減させることができる。

10

【手続補正10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 0 】

次いで、S11において、画像処理装置20は、第3処理を実行して、S9において生成した第2 X線画像29の画質を向上させる。具体的には、画像処理部23は、S9において画像生成部22が生成した第2 X線画像29を学習済モデルに入力し、第2 X線画像29を高画質化した第2 X線画像29Aを生成する。そして、画像処理部23は、高画質化した第2 X線画像29Aを撮影装置10に出力する。なお、画像処理部23は、高画質化した第2 X線画像29Aを撮影装置10に出力するとともに、記憶部25に記憶してもよい。

20

【手続補正11】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 5 】

以上のように、実施の形態1では、被検体50にX線を所定の時間間隔で照射してX線画像を生成するX線撮影システム100において、1回おきに被検体50に照射するX線の線量を低下させる。すなわち、所定の時間間隔毎に第1処理と第2処理とを交互に実行する。X線の線量を低下させて生成された第2 X線画像29は、第1 X線画像28よりも画質が低下する。そのため、第3処理を実行して、第2 X線画像29の画質を向上させる。

30

【手続補正12】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 6 】

上記のように、所定の時間間隔毎に第1処理と第2処理とを交互に実行することによって、所定の時間間隔で第1処理を実行する場合と比べて、被検体50の被ばく量を低減させることができる。第2処理によって生成された第2 X線画像29は、第1処理によって生成された第1 X線画像28よりも画質が低下するが、第3処理によって、第1 X線画像28の画質と同程度の第2 X線画像29Aに高画質化される。ゆえに、所定の時間間隔毎に第1処理と第2処理とを交互に実行したとしても、所定の時間間隔で第1処理が実行される場合と同程度の動画質のX線動画を撮影することが可能となる。つまり、実施の形態1に係るX線撮影システム100によれば、X線動画の動画質の低下を抑制しつつ、被検体

40

50

50の被ばく量を低減させることができる。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

[変形例1]

実施の形態1においては、画像処理装置20は、生成したX線画像(第1X線画像28, 第2X線画像29A)を撮影装置10に順次出力した。そして、撮影装置10は、取得したX線画像を表示部7に順次表示した。すなわち、実施の形態1においては、所定の時間間隔毎に生成されたX線画像がリアルタイムに表示された。X線画像をリアルタイムに表示させるため、画像処理装置20は、第2X線画像29を生成する毎に第2X線画像29を高画質化した。しかしながら、X線画像のリアルタイムでの表示を必要としない場合には、X線撮影が終了した後に、記憶しておいた第2X線画像29をまとめて高画質化してもよい。変形例1においては、X線撮影が終了した後に、記憶しておいた第2X線画像29をまとめて高画質化する構成について説明する。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0066

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0066】

S26において、画像処理装置20は、第3処理を実行して、記憶部25に記憶された第2X線画像29の画質を向上させる。具体的には、画像処理部23は、記憶部25に記憶された第2X線画像29を学習済モデルに入力し、第2X線画像29を高画質化した第2X線画像29Aを生成する。そして、画像処理部23は、記憶部25に記憶された第2X線画像29を第2X線画像29Aに更新する。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0068】

以上のように、X線撮影が終了した後に第3処理を実行して、複数の第2X線画像29をまとめて高画質化するようにしても、実施の形態1と同様にX線動画の動画質の低下を抑制しつつ、被検体50の被ばく量を低減させることができる。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0072

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0072】

そして、実施の形態1と同様に、第2X線画像29に対しては、第3処理を実行して第1X線画像28の画質と同程度の第2X線画像29Aを高画質化させる。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0080

【補正方法】変更

【補正の内容】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 0 】

## [ 変形例 3 ]

実施の形態 1 および変形例 1 においては、高画質化した第 2 X 線画像 2 9 A が、X 線動画における 1 つの X 線画像として用いられる例について説明した。すなわち、高画質化した第 2 X 線画像 2 9 A は、X 線動画の 1 コマとして用いられた。高画質化した第 2 X 線画像 2 9 A は、他の用途に用いられてもよい。変形例 3 においては、高画質化した第 2 X 線画像 2 9 A が、X 線画像におけるステント 3 1 の視認性を向上させるための重畳画像の作成に用いられる例について説明する。

## 【 手続補正 1 8 】

【 補正対象書類名 】 明細書

10

【 補正対象項目名 】 0 0 8 1

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

## 【 0 0 8 1 】

ステント 3 1 は、被検体 5 0 の体組織および血管との X 線透過率の差が小さい。そのため、X 線画像において、ステント 3 1 の視認性が低くなってしまう可能性がある。そこで、マーカ 3 4 , 3 5 の位置に基づいて、位置合わせを行なった上で複数の X 線画像を重ね合わせる（積算する）ことにより、重畳画像を作成することができる。具体的には、画像処理部 2 3 は、画像生成部 2 2 が生成した第 1 X 線画像 2 8 のうちから、所定のタイミングで基準となる X 線画像（以下「基準画像」とも称する）を選択する。そして、画像処理部 2 3 は、基準画像以外のフレームの第 1 X 線画像 2 8 および高画質化した第 2 X 線画像 2 9 A を、位置合わせを行なった上で基準画像に重ね合わせる。重畳画像が作成され、表示部 7 に表示されることによって、ステント 3 1 の視認性を向上させることができる。

20

## 【 手続補正 1 9 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 8 3

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

## 【 0 0 8 3 】

高画質化した第 2 X 線画像 2 9 A は、上記のような重畳画像の作成に用いることも可能である。この場合においても、被検体 5 0 の被ばく量を低減させることが可能である。

30

## 【 手続補正 2 0 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 1 3 9

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

## 【 0 1 3 9 】

（第 2 項）第 1 項に記載の X 線撮影方法において、学習済モデルは、学習用データセットを用いた学習処理により生成される。学習用データセットは、機械学習の入力として与えられる画像に対して、機械学習の出力として与えられる上記画像よりも画質の高い画像をラベル付けした学習用データを複数含む。

40

## 【 手続補正 2 1 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 1 6 7

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

## 【 0 1 6 7 】

1 X 線照射部、2 X 線検出部、3 撮影テーブル、4 移動機構、5 駆動部、6 制御部、7 表示部、8 操作部、9 , 2 5 記憶部、1 0 撮影装置、2 0 , 2 1 0 , 2 2 0 画像処理装置、2 1 プロセッサ、2 2 画像生成部、2 3 , 2 3 1 , 2 3 2

50

画像処理部、27 画像データ、28, 28C, 28D 第1X線画像、28A 第3X線画像、28B 第4X線画像、29 第2X線画像、29A 第2X線画像(高画質化)、31 ステント、32 ガイドワイヤ、33 カテーテル、34, 35 マーカ、50 被検体、60 中間画像、70 予測画像、100, 101, 102 X線撮影システム。

【手続補正22】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

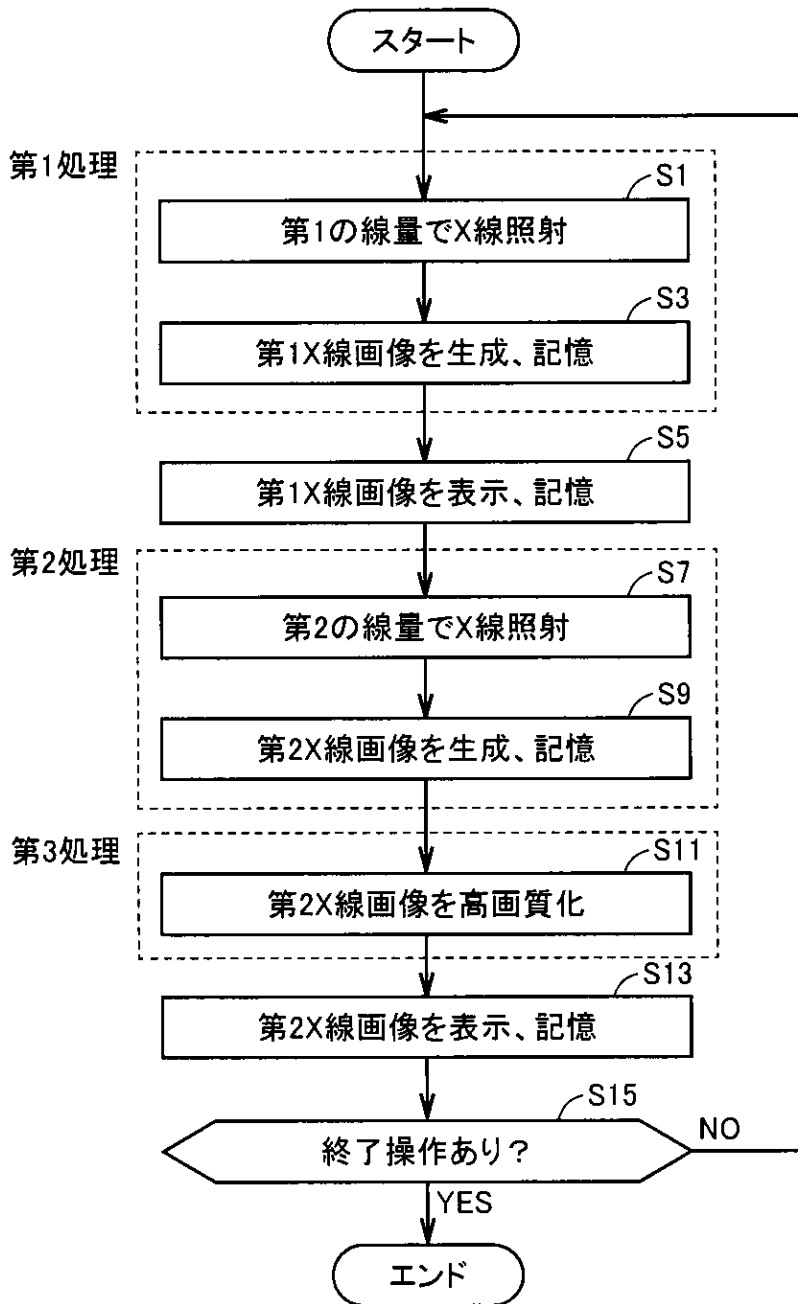
【補正方法】変更

【補正の内容】

10

【図6】

図6



20

30

40

【手続補正23】

【補正対象書類名】図面

50

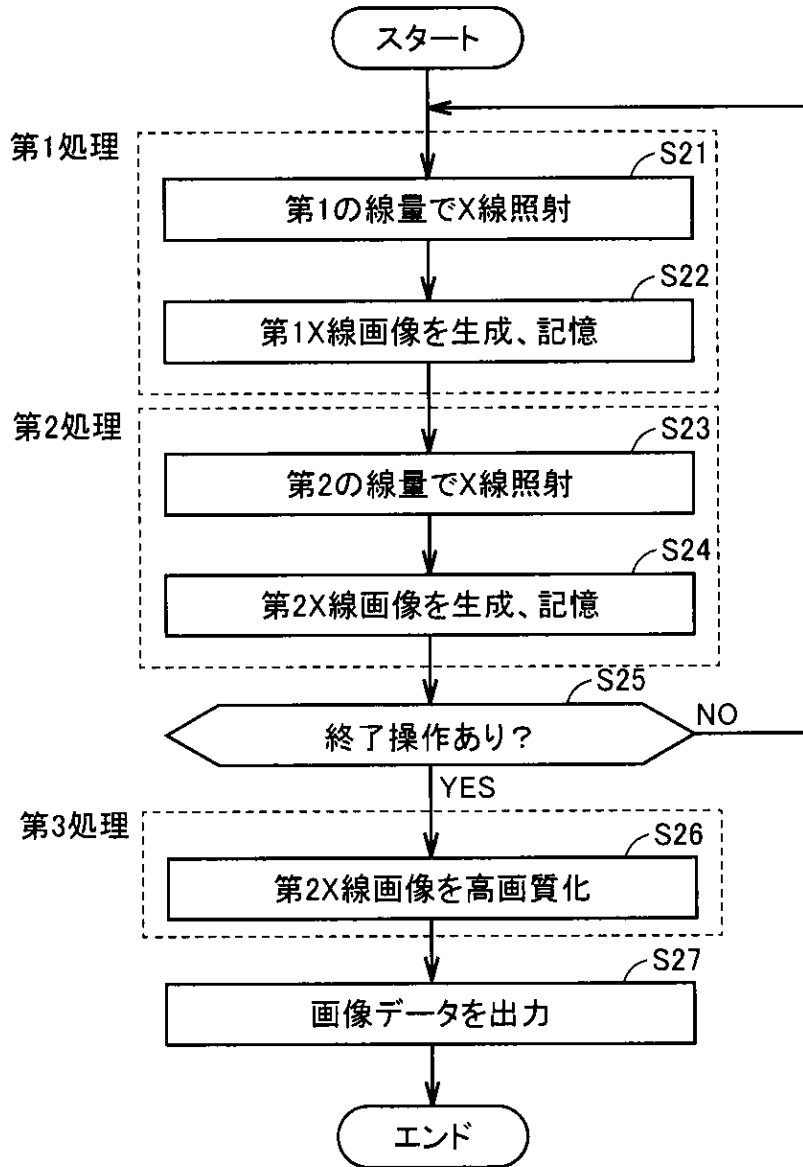
【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図7】

図7



10

20

30

【手続補正24】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

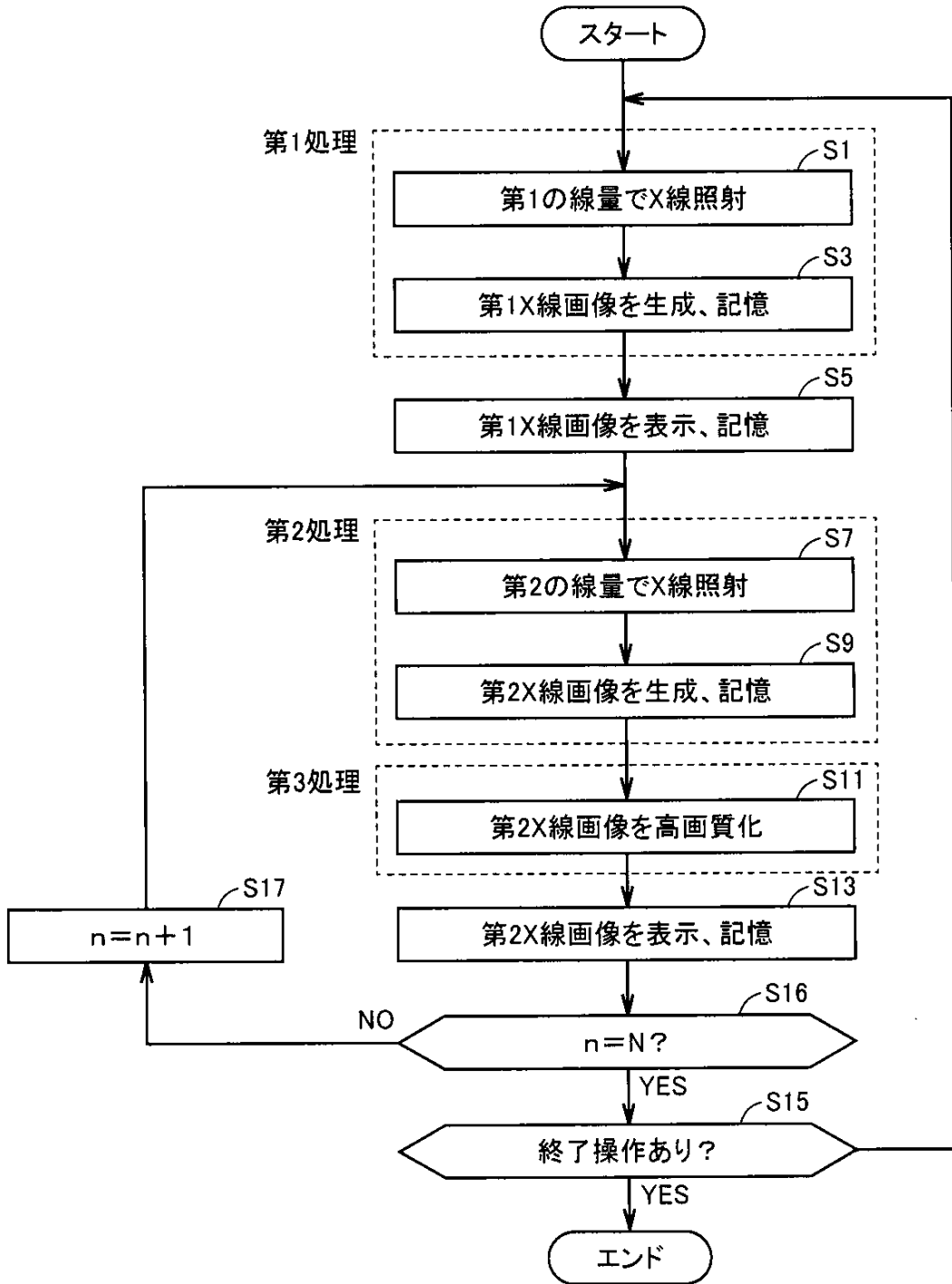
【補正の内容】

40

50

【図9】

図9



10

20

30

40

50