

# AeroDR ONE SHOT STITCHINGの開発

Development of AeroDR ONE SHOT STITCHING

芳村 隆幸\* 柳沢 健一\*  
Takayuki YOSHIMURA Kenichi YANAGISAWA

高木 達也\*\* 松本 洋日\*\* 中山 真悟\*\*  
Tatsuya TAKAGI Hiroaki MATSUMOTO Shingo NAKAYAMA

## 要旨

コニカミノルタでは2011年にカセット型DRとなる「AeroDR」（以下、AeroDR）の発売を開始し、その後、AeroDRを利用して2回または3回のX線ばく写を行うことにより立位での長尺撮影（脊椎全体、下肢全体を一つの画像として提供する撮影）を可能にする「AeroDR STITCHING SOLUTION」を発売した。

しかしながら、顧客からは、1回のX線ばく写による長尺撮影及び仰臥位、腹臥位、側臥位での撮影（以下、臥位撮影）を強く望まれていた。これら要望への対応は、他社類似商品においても解決できず、一般撮影用DRの急速な普及に反し、長尺撮影用DRの普及は大きく立ち遅れていた。

これに対しコニカミノルタでは、AeroDRを使用し1回のX線ばく射による長尺撮影ができ、且つ臥位撮影にも対応可能な“AeroDR ONE SHOT STITCHING”（以下、ONE SHOT長尺）を開発した。

これにより撮影時間の短縮等による放射線技師の負担軽減だけでなく、患者にとっても立位維持時間の短縮やX線照射線量の低減に繋がり、身体的負担の少ない検査が可能となった。更に、既存のAeroDRパネル（以下、DRパネル）の活用シーン拡大を目的に、1枚使用で一般撮影、複数枚（2枚または3枚）使用で長尺撮影を可能とし、ユーザーの目的に合わせたフレキシブルな運用を実現した。なお、長尺撮影においては、複数枚の画像を適切に結合し表示する必要があるため、高精度な新規画像補正技術を搭載した。

本稿では、ONE SHOT長尺が持つ機能（機構、操作性等）と画像補正技術について報告する。

## Abstract

With conventional long-length imaging systems, it is necessary to perform two or three X-ray exposures, and it is impossible to take a radiograph in lying positions.

With such disadvantages, the spread of long-length imaging DR systems has been lagging far behind that of the general imaging DR systems.

In order to reduce radiation dose at the time of exposure and to achieve lower extremity long-length radiography on a load position, there has been a strong demand lately in the market for a system with which long-length imaging in lying positions can be performed with a single exposure.

In view of this situation, Konica Minolta has developed a new DR stitching system having the following features:

- Long-length imaging capability with a single exposure using a plurality of cassette DRs;
- The same system is used for lying positions and a standing position;
- A high quality image correction technology is employed.

As a result, the value of AeroDR has been greatly improved to achieve a shorter standing position for shooting and a lower radiation dose, and the burdens of radiologists and patients have thus been reduced.

There is described in this paper the functions, mechanism, and usability including a new correction technology of the new DR stitching system.

\*ヘルスケア事業本部 開発統括部 X線システム開発部

\*\*ヘルスケア事業本部 開発統括部 技術開発部

## 1 顧客ニーズの把握（課題の形成）

長尺撮影に使用している撮像機器について、コニカミノルタの顧客へ社内調査を実施したところ、CRの使用が全体の75%以上を占め、またその中でDRを使用しない（できない）理由は下記2種となり、全体の約70%を占めている事がわかった。

- ① 1回のX線ばく射で撮影ができない。
- ② 臥位撮影ができない。

この理由の背景として、長尺撮影の対象患者は脊椎／下肢等に疾病を持ち、立位姿勢の長時間維持は元より、立位姿勢を取る事すら困難な患者が多い事が挙げられる。必然的に技師の要望として、姿勢維持時間は可能な限り短時間にしたい、また患者の状態により臥位姿勢で撮影したい、となり、結果CRを使用した長尺撮影を選択する。

一方、一般撮影用途でのDRは急速に普及しており、長尺撮影用途においても、画像表示の即時性、線量低減、画像の明瞭さ等、DRの利点を望む声は強い。

これより、CR長尺の利点とAeroDRの利点双方を併せ持つ、新たな長尺撮影用DRの開発に着手した。

## 2 顧客ニーズへの対応（開発コンセプト）

これに対しコニカミノルタは、【1回のばく射で長尺撮影ができる】【臥位撮影ができる】更に、【DRパネルを一般撮影と長尺撮影双方に使用できる】をコンセプトとし、課題解決を目指した。また、長尺撮影時における患者の姿勢補助が可能であり、患者負担を軽減できる専用握り棒の新規開発も併せて行った。

上記を踏まえ各種検討の結果、DRパネル複数枚の一部を重ね合わせ、縦列に並べる構造とした。重なり部には、後述する筐体構造の写り込みが発生し大きな壁となったが、高精度な新規画像補正技術により、あたかも1枚の“長尺専用DRパネル”で撮影したかのような、切れ目無く違和感の無い画像表示を実現した (Fig. 1, 2)。

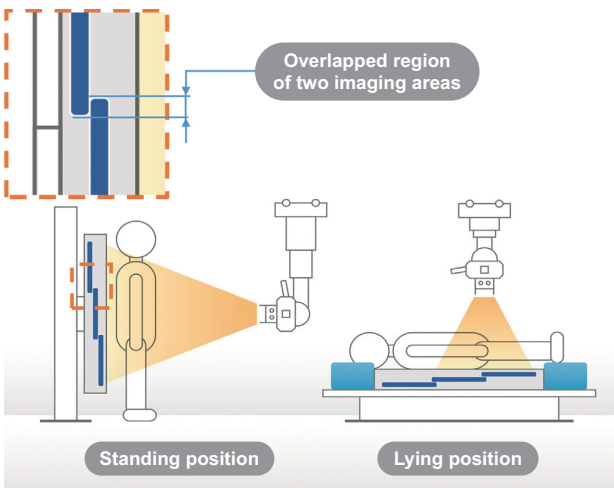


Fig. 1 Schematic diagrams illustrating a standing position, a lying position, and a part at which two imaging areas are overlapped.

また、DRパネルを抜き差しするホルダーは長尺撮影台から取り外し可能な構造とし、臥位撮影も実現した。加えて、これらを制御するコンソール「CS-7」（以下、CS-7）においては、ホルダーを1枚の“長尺専用DRパネル”と扱う事により、操作性の向上も実現した。

なお、このホルダーからDRパネルを取り出すことで、通常の一般撮影も可能であり、様々なユースケースに合わせたシームレスな運用を実現した。(Fig. 2)

後述にて、各構成品の主要機能紹介と合わせ、本システムの最重要技術である画像補正処理技術について紹介する。

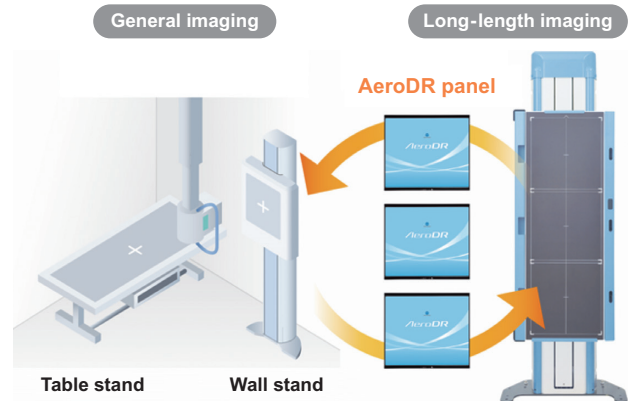


Fig. 2 Schematic diagram for illustrating how Aero DR panels are used. The same AeroDR panels are used for both of general radiography and long-length imaging.

## 3 実現手段（技術情報詳細）

### 3.1 商品構成

本商品はFig. 3の構成となり、既存の一般撮影用DRに長尺専用撮影台を追加、更にCS-7のソフトウェアバージョンアップにより長尺撮影を可能とした。

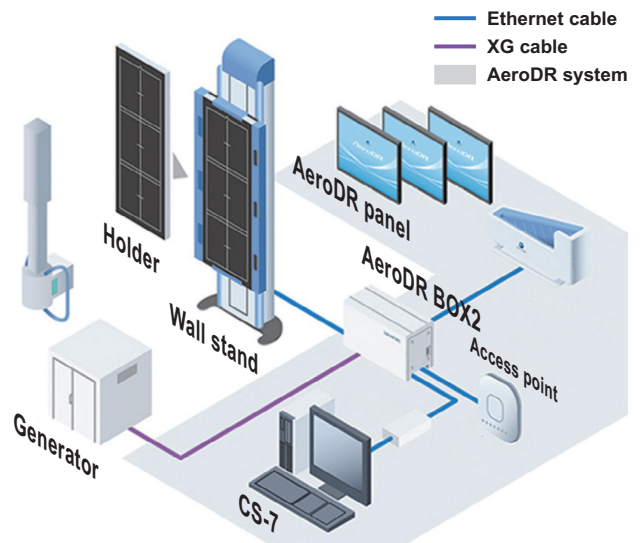


Fig. 3 System configuration of the developed product.

This product is configured with a general radiography DR system and additional long-length devices (wall stand and holder), including an upgraded version of CS-7 software.

### 3.2 撮影台

長尺撮影専用の立位撮影台であり、上下方向に立設された支柱とホルダーから成り、撮影手技や患者の体格に合わせ上下動が可能。また、ホルダーを分離し、水平に配置することにより臥位撮影も可能となっている (Fig. 1, 2)。

更にオプション品として、ホルダー部分の回転機能及び専用握り棒をラインナップし、前者では直立姿勢の維持が困難な患者に対しても任意の傾斜角度で自然な撮影が可能となる (Fig. 4)。

また、後者の握り棒は上下動に加え傾斜角度や回転角度が簡単に調整でき、立位姿勢の維持が困難な患者や車椅子の患者等、様々な体格や姿勢に合わせ適切な位置に握り棒を配置する事が可能である。患者は握り棒を支えることにより単独で撮影姿勢の維持が可能となるため、技師の補助が不要となり、結果、技師の業務効率化にも大きく貢献した。

なお、長尺専用握り棒の開発においては、最適な耐荷重や撮影手技に応じた様々な使い方を技師協力のもとに仮説検証し、患者毎に微調整ができる実用性の高い握り棒を完成させた (Fig. 5)。

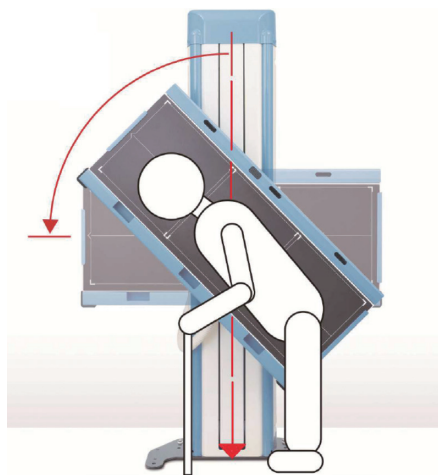


Fig. 4 Wall stand with a rotation mechanism. The rotation mechanism allows a patient incapable of standing straight to be shot at their comfortable position at any angle.

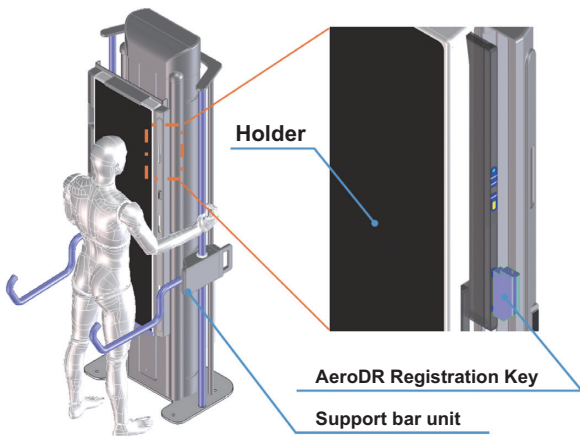


Fig. 5 External view of a wall stand installed. The wall stand is equipped with a support bar unit. The cassette DR panel is attached with an AeroDR Registration Key.

### 3.3 AeroDR Registration Key (以下 : R-Key)

ホルダーに装填したDRパネルに接続するだけで、各DRパネルのサイズや仕様情報、装填位置(上/中/下)を自動認識する。これらの情報を以下、CS-7に送信することにより、撮影可否判定の他、装填位置(上/中/下)に合わせた順序通りの画像データ生成/表示を行う (Fig. 5)。

### 3.4 CS-7

PCとモニターから成り、撮影画像に対し各種補正や結合等を行い、モニター上に表示する。

通常の一般撮影では、1回の撮影で1枚の画像を扱うが、ONE SHOT長尺を使用した長尺撮影では複数枚のDRパネルを使用しており、1回の撮影で複数枚の画像を扱う必要が新たに生じた。

これに対し、ONE SHOT長尺の特性や一般撮影時のCS-7操作踏襲を考慮し、複数枚の画像を1枚の長尺画像として認識することとした。これにより、一般撮影時のCS-7同等の操作性を実現し、一部機能を除き新たな操作方法の習得は必要無く長尺撮影も可能となった。(Fig. 6, 7)

本機能の実現には、DRパネルの仕様や枚数を適時認識、一般撮影時と長尺撮影時で画像結合の有無や各種補正内容を変更する必要があるが、R-Keyの挿抜操作のみでこれを自動化し、何れの撮影においても簡単な操作性と適切な画像表示を実現した。

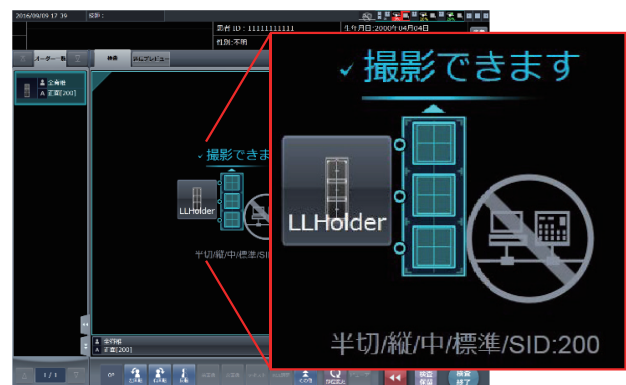


Fig. 6 Operation window for performing one shot long-length imaging. The view of the window is similar to that of a general radiography operation.



Fig. 7 Operation window for performing general radiography using Aero DR panel.

### 3.5 画像補正処理

ONE SHOT長尺では2枚または3枚のDRパネルをホルダーに装填し長尺撮影を実現するが、その際、各DRパネルの一部が重なりあって装填される (Fig. 2)。よって、DRパネルの装填位置により、各DRパネルと患者 (被写体) との相対距離が異なり、画像毎に、被写体の拡大率や相対位置関係等に差異が生ずる。加えて、重なり部に於いては、手前にあるDRパネルの筐体構造の写り込みも生じる。

切れ目なく違和感の無い長尺画像を表示するためには、各DRパネルの装填位置を認識し適切な画像結合を行い、また、DRパネルの筐体構造の写り込みを適切に補正することが必要となる (Fig. 8)。

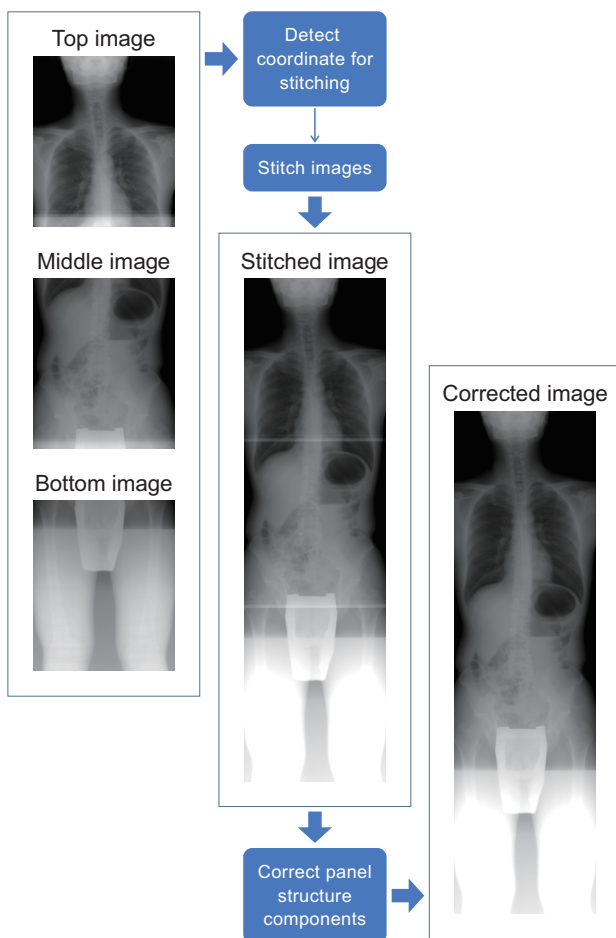


Fig. 8 Stitching flow for 3 images taken.

ONE SHOT長尺の画像補正処理では、画像結合処理の後、筐体構造の写り込みを補正することで長尺画像を作成している。以下各処理について説明する。

#### 3.5.1 結合位置算出処理

結合位置の算出は拡大率補正後に、重複部分の前方/後方パネルに写りこんだ被写体のエッジ重なり位置を計算する。後方パネルには前方パネル筐体構造も写りこんでいるため縦方向のエッジから結合位置を確定する (Fig. 9)。

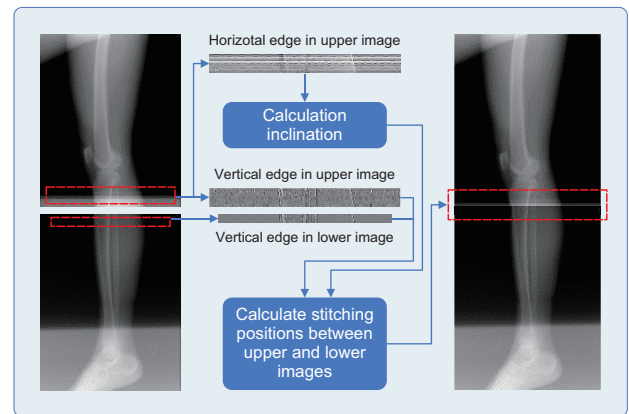


Fig.9 Algorithm of stitching position calculation for a long-length radiograph.

#### 3.5.2 筐体構造写り込みの補正処理

筐体構造の写り込みは、結合部の画像に影響を及ぼすため、適切な補正が必要となる。筐体の写りこみにはDRパネルの内部基板等の小さな構造成分 (以下、構造成分) と、外装等による横スジ成分の2種類で構成される。筐体構造写りこみの補正処理では、構造成分と横スジ成分に分けて補正処理を行っている。

構造成分の補正処理は、被写体のない筐体構造のみが写り込んだ画像から構造成分を抽出し、基本補正データとして保有する。長尺撮影時の被写体を含む画像 (以下、撮影画像) でも、構造成分は概ね基本補正データと同じ構造であるが信号値が領域ごとに異なる。そこで、撮影画像の構造成分の信号値に合わせ基本補正データの各画素の信号値を調整、その後、基本補正データを撮影画像から除去する (Fig. 10)。

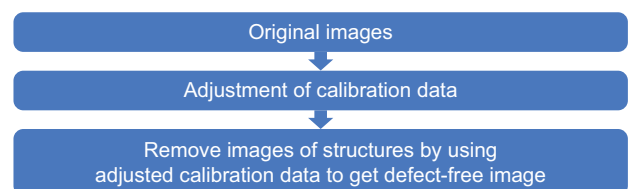


Fig. 10 Algorithm of a correction process for removing images of small structures in panels.

横スジ成分の補正処理は、結合された元画像より横スジ領域を挟む上下領域の画像信号を抽出し、補間画像を作成する。次に元画像の横スジ方向の平均信号値とコントラスト値が補間画像の値と同じになるよう、補正量を各画素で決定する (Fig. 11)。

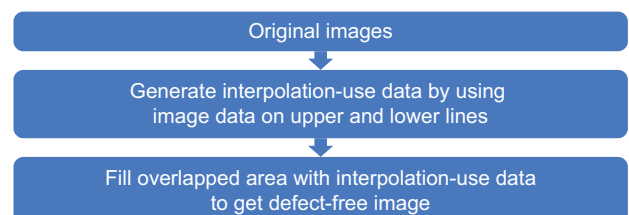


Fig. 11 Algorithm for removing lateral stripes in the overlapped area.

この補正技術を用いた全下肢撮影と全脊椎撮影での画像補正処理例を示す。被写体の構造を残しながら筐体の構造成分が補正できていることがわかる (Fig. 12)。

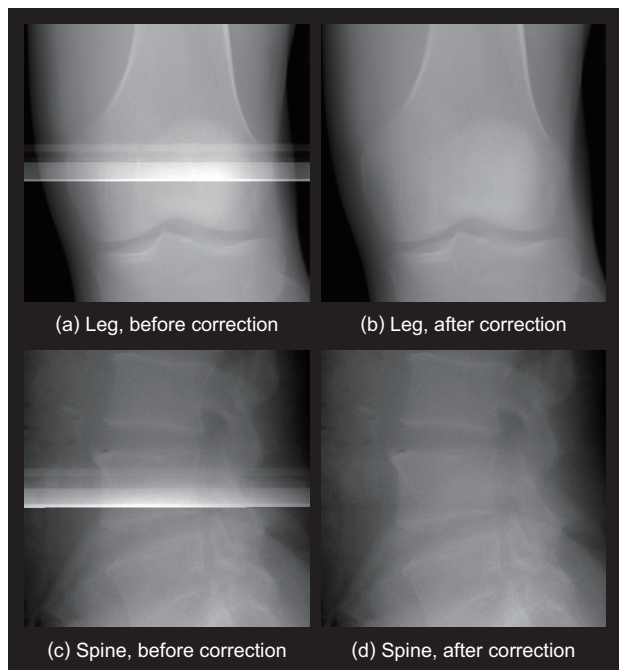


Fig. 12 Results of the process of correcting structure components

#### 4 ONE SHOT長尺使用による効果

Table 1 の通り、ONE SHOT長尺はCR長尺と AeroDR 双方の利点を併せ持つ、顧客価値の高い製品仕様を実現した。

Table 1 Specification comparison table.

	CR STITCHING (R210)	AeroDR STITCHING SOLUTION	AeroDR ONE SHOT STITCHING
Count of exposure	1	2 or 3	1
First view	Approximately 36 sec	Approximately 15 sec	Approximately 3 sec
Relative exposure	1	0.5	0.5
Lying position	Possible	Impossible	Possible
Support bar	General	General	Dedicated

ONE SHOT長尺の使用により、長尺撮影オーダー時は、施設内にある AeroDR、2枚または3枚をホルダーに装填することにより長尺撮影可能となる。X線ばく写は1回 (約0.1秒) で完了し、モニターへの簡易画像表示まで約3秒、最終画像も約20秒で表示し1撮影を完了できる。X線ばく写は1回のため、体動等による再撮影リスク及び最終画像表示までの待機時間がCRに比べ大幅に減少し、業務効率化に大きく貢献した。

また、当初、困難と思われた低線量撮影での画像結合や画像補正についても、幾度となく技術検討及び改善を重ねた結果、AeroDRの特徴である低線量での長尺撮影も可能となり、CRでの長尺撮影に対して大きな利点となった。

顧客要望の一つであった臥位撮影についても、水平状態に設置したホルダーにDRパネル複数枚を装填する事でこれを実現。撮影に掛かる時間も前述と同一であり、CR同等以上のワークフローを実現した。

加えて、立位撮影による専用握り棒の効果として、車いす等からの立ち上がり/立位状態からの車いす等への戻りについても難なく補助が可能となり、多種多様な撮影手技にフレキシブルに対応可能となった。

#### 5 まとめ

今回、CR長尺と AeroDR 双方の利点を併せ持つ、“AeroDR ONE SHOT STITCHING”を開発した。本商品の使用により、今まで実現できなかった AeroDR による、【1回のばく射で長尺撮影ができる】【臥位撮影が出来る】【DRパネルを一般撮影と長尺撮影双方に使用できる】を実現し、CR長尺撮影を超える効率的で利点の多い長尺撮影が可能となった。

本開発成功の背景には顧客ニーズの丁寧な抽出と現場意見の傾聴があり、結果、潜在ニーズの掘り起こしに繋がり、顧客価値の高い製品づくりを実現できた。

なお、開発商品に対しては実際の現場技師や患者からも良好な評価を得られ、時に患者の御家族より直接商品に対する御礼の言葉を頂くという、貴重な場面にも遭遇した。

今後も顧客の視点に立ちたゆまぬ努力を続け、顧客価値の高い魅力ある製品を開発し続ける所存である。