

ワイヤレスカセット FPD AeroDR SYSTEM 2 の開発

Development of the AeroDR SYSTEM 2

出口 俊* 西島 裕一* 手塚 英剛* 滑川 寛** 野澤 肇*
Takashi DEGUCHI Yuuichi NISHIJIMA Hidetake TEZUKA Hiroshi NAMEKAWA Hajime NOZAWA

要旨

X線撮影システムは、CR (Computed Radiography)¹⁾ から DR (Digital Radiography) へのシフトが加速している。我々も 2011 年に半切サイズ (「14×17 インチ AeroDR1417」)²⁾ を販売して以降、2012 年に 17×17 インチ AeroDR1717、2013 年に 10×12 インチ AeroDR1012³⁾ を発売し、お客様のワークフローに応じた商品展開を継続し、特に軽量性や充電性などに関して市場において高い評価を得ている。

従来の CR カセットと比較し、高価で重いカセット型 DR では、装置の取扱いに注意を注ぐ必要があり、患者へ集中したい医師、技師、看護師の方へ負担となっていた。そこで我々は、軽量化、堅牢性の向上、防水性の確保 (IPX6)、サイクルタイムの短縮を行うことで、安心して撮影作業に専念できると共に、患者の拘束時間を短縮でき負担低減に繋がる商品開発を行った。

また、セグメントを越えたローミングを可能とし、一般撮影室と回診撮影を同一のパネルで簡便に利用できるなど、シームレスな運用が容易になるようシステム改善を実施した。

今回、DR システムとして進化した AeroDR SYSTEM 2 の技術について紹介する。

Abstract

In X-ray radiography, the shift from CR (computed radiography) to DR (digital radiography) has accelerated. After launching the 14" × 17" panel AeroDR1417 in 2011, Konica Minolta introduced the 17" × 17" panel AeroDR1717 in 2012, and followed with the 10" × 12" panel AeroDR1012 in 2013. Thus, Konica Minolta has continuously brought out new products in response to customers' varied workflows, winning a high reputation, especially in such properties as weight and electrical charging performance.

DR cassettes are expensive and heavy as compared with conventional CR cassettes, and they are a huge burden to doctors, technicians, and nurses, all of whom are forced to divert attention from the patient to handle the equipment. Therefore, we developed a product with which workers can focus entirely on their radiography work with ease, as well as shorten the patient's treatment time, a product that is tough, lightweight, IPX6 waterproof, and has a short cycle time: the AeroDR SYSTEM 2. The AeroDR SYSTEM 2 makes seamless operation easy by enabling the system to roam from site to site, so that the same cassette provides radiography on ward rounds with the same ease as in the general radiography room.

This paper describes the advanced technologies of the AeroDR SYSTEM 2.

*ヘルスケアカンパニー 開発統括部 システム開発部
**ヘルスケアカンパニー 開発統括部 技術開発部

1 はじめに

2011年に、我々は、軽量で充電性能の高い無線カセット型DRであるAeroDR 14×17を発売した。その後、2012年にAeroDR 17×17、2013年に10×12とサイズを増やし、一般撮影室から病棟（ポータブル撮影）、手術室、小児ICU撮影など、病院内のあらゆるシーンでの撮影を可能にしてきた。

一方、従来のCRカセットと比較し、高価で重いカセット型DRでは、装置の取扱に注意を注ぐ必要があり、患者へ集中したい医師、技師、看護師の方へ負担となっていた。

また、救急や手術室での撮影においては、不慮の失禁や出血による浸水なども報告されており、万が一の場合にも故障を避けられる商品の開発が望まれていた。

そこで我々は、軽量化、堅牢性、防水性（IPX6）、サイクルタイムの短縮を行うことで、安心して撮影作業に専念できると共に、患者の拘束時間を短縮でき負担低減に繋げるための商品開発を行った。

大病院においては、一般撮影室と病棟や手術室のネットワークセグメントが異なる環境が散見された。従来のシステムでは、別ネットワーク間の情報共有ができず、複数のパネルを準備する必要があった。

今回のシステムでは、セグメントを越えたローミングを可能とし、一般撮影室と回診撮影を同一のパネルで簡便に利用できるなど、シームレスな運用が容易になるようシステム改善を実施した。

2 パネル技術

2.1 落下強度向上技術

汎用性の高い14×17サイズカセットでは、立位／臥位ブッキーや回診等のベッド撮影並びに緊急時における手術室での撮影など、あらゆるシーンに対応出来ることが望まれている。これまでカセットをテーブルの高さから誤って落としてしまうケースを想定していたが、実際には立位ブッキー撮影でのカセット出し入れで誤って落としてしまうケースがあった。そこで想定される運用シーンでカセットを落としても故障しない落下強度を確保する検討を行った。

カセットの外装は、従来シリーズ機同様にカーボン材料を使用した筒型構造とし、長辺側を樹脂製保護カバーでキャップする形状とした。

落下によるカセットへのダメージは、点で受ける角落下の影響が大きく、角部分の設計見直しを行った。樹脂製保護カバーの形状変更及び肉厚化による衝撃の吸収と、内部構造物との空間距離を取ることによって破損を回避することを基本方針とした。

従来の14×17サイズに対して1.5倍程度の落下高さを目標に、落下シミュレーションによって最もエネルギー吸収の高い樹脂形状及び肉厚を導出した。肉厚増による成形性の課題も考慮し、肉厚化による変形を吸収しきれ

ない部分は、空間に緩衝材を入れて衝突を回避する構造とした。緩衝材についても、瞬時に衝撃を吸収しかつ、変形しすぎない低反発緩衝材を採用し、内部構造物への衝突を回避する構造にした（Fig. 1）。

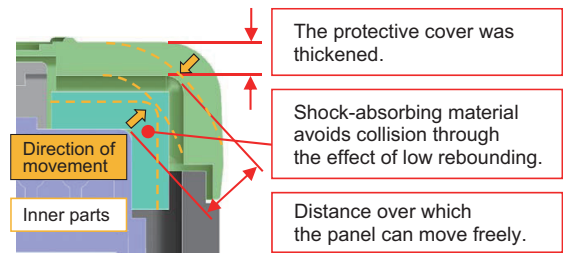


Fig. 1 Modified corner of the cassette. Breakage and internal damage to the cassette due to dropping can be avoided.

2.2 軽量化外装技術

ユーザーの使い勝手に関する要望であるCR並みの操作性に近づける上で、軽量化は重要な役割を担っている。AeroDR1417の重量は、外装筐体が大きな割合を占めていた。そこで、軽量化に寄与する外装筐体に着目し、堅牢性を維持した軽量化の検討を行った。基本構造は従来機同様にカーボン材料を使用した筒型構造を踏襲し、表面と内側面の間硬質発泡材層をサンドイッチする構造を採用した（Fig. 2）。

この構造で剛性を維持するため、シミュレーションで素材を選定し、内側層と下面層に配置した。また、表層は、医療現場での操作時に誤って表面に衝撃を与えてしまうことを想定した検討を行い、衝撃に対し安全性を確保できる靱性の高い材料を採用した。

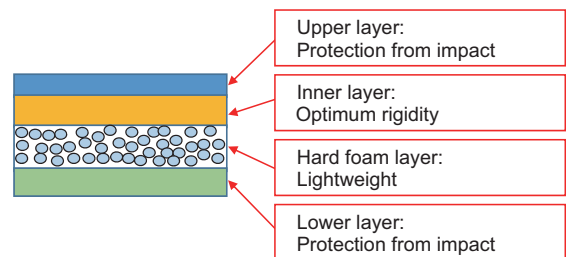


Fig. 2 Cross-section of the walls of the case. The case is lightweight, yet it provides strong protection.

この構造により従来機同等の性能を確保し、他の軽量化技術と併せ、総重量2.6kgを達成した。

2.3 荷重耐性技術

ベッドサイドでの撮影や、体重が重い患者を撮影する際に、カセットに曲げ作用が働くようなワークフローがあり、それらを想定した“曲げ”に対する耐性を更に向上させる検討を行った。

従来シリーズ機における外装の端部骨格は大部分が金属材料で構成されているが、無線通信に必要な一部は樹脂材料を使い、金属+樹脂+金属の三分割構造としてい

る。この部分を無線通信に支障の無い非金属材料に変更し、連結部分の無い一体化した構造とするために厚さ、形状、強度、etc.に関してシミュレーションによる最適化を行なった (Fig. 3)。最適な強度と靱性をもった繊維強化樹脂により、端部骨格全体で従来機に対し約2倍の剛性を確保した。

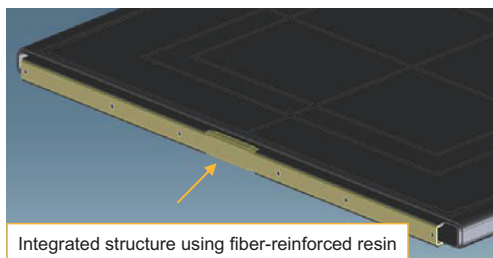


Fig. 3 An integrated structure using fiber-reinforced resin gives greater rigidity to the panel, as well as uninhibited wireless communication.

2.4 防水化構造技術

手術室や救急撮影室での撮影など、カセットが不慮の失禁や出血などで液体に触れることがあり、万が一の場合でも故障を避けられる商品が望まれている。使用される想定シーンでも液等の浸入によって故障し難い構造の検討を行った。目標とする性能は、通常の運用シーンにおける防水性を確保する事である。

衝撃を受けやすい角部分の密閉性を確保するため、キャップ状に覆う形態とし、衝撃に対して各部に工夫を盛り込んだ検討を実施した。角部は、強度を確保するために金属材料と、衝撃を吸収するために変形に追従出来る軟質材料を採用した。

二種類の材料から成るハイブリット構成にすることで、衝撃に耐え、衝撃を吸収する最適な組合せの構造を実現した (Fig. 4)。

これらの構成により、密閉度を上げ、防水規格IPX6を達成した。

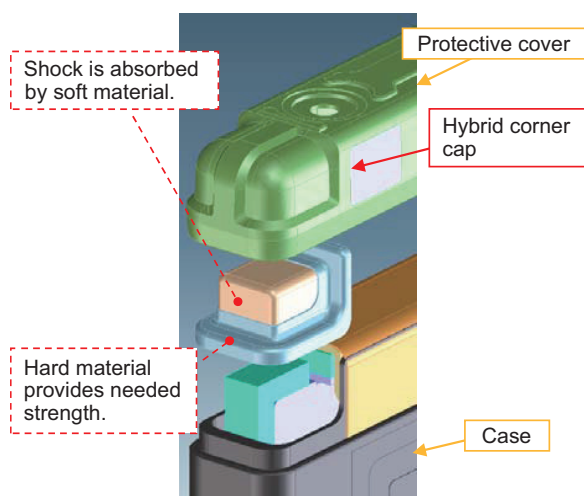


Fig. 4 Waterproof against patient incontinence or bleeding. To ensure the integrity of the corner seal, which is susceptible to shock, a combination of metal and soft materials is used.

3 サイクルタイム向上

3.1 並列処理

AeroDR SYSTEMは高速プレビュー技術により画像取得の即時性を最大限に引き出し、顧客の生産性を格段に向上させた。しかし、撮影数が多い整形分野等の検査においては、曝射開始から次の撮影が可能となる時間(サイクルタイム)は、必ずしも優れている訳ではなかった。また、手術室や救急撮影室などではパネルの取り回しが容易な無線カセットで撮影される事が多く、かつ即答性も要求されている。したがって、安定した転送速度を確保しづらい無線ネットワーク環境においても大幅な時間短縮を望まれている。

AeroDR SYSTEM 2では、あらゆる撮影シーンでの利用に応えるため、撮影と次の撮影間で操作者がおこなうポジショニングを分析し、目標値として6秒を設定した。

DR撮影における撮影サイクルタイムを分解すると、パネルからコンソールへの画像転送時間、および診断画像として最適化する画像処理時間が支配的であることが分かった。また、これらの処理は大容量の各種画像データを取り扱うため、データの配置に対しても考慮が必要であった。

そこで、高コスト処理、および各処理の入出力データに関して、パネルとコンソールのタスクについて最適化を図り、高コスト処理を細分化・分散させることで、並列動作を可能とし、また、ユニット間の大容量のデータ移動を削減することに成功した。さらに、コンソール内のアーキテクチャを大幅に見直し、画面UserInterface層と撮影制御層を分離させることで、前撮影の画像処理・表示中に、パネルが次撮影の準備を可能とするプリフェッチ機構を新たに開発した。これら技術により、無線接続時の撮影サイクルタイムは目標とした6秒を達成し、作業者の連続撮影時のストレスから開放すると共に、ネットワーク環境に依らない安定した性能を提供することが可能となった。

4 ローミング改良

4.1 従来システムの課題

AeroDR SYSTEMでは、パネルを共用する撮影環境の全てを、同一サブネット上のサブシステムとして有線ネットワークで接続した上で、それぞれの環境に紐付けられたクレードル等登録用機材にパネルを接続することにより撮影環境間のパネルローミングを実現していた。

有線ネットワーク接続が必要なことは放射線科近傍に登録用クレードルを置く回診システムにおいて、回診先でのパネル追加やパネル変更操作の制約となっていた。もちろん、物理的な切断や論理的に分離(サブネット違い)されたネットワーク上に、複数の独立したシステムを配置することも可能ではあるが、この際は、各システムで有効なネットワーク情報の再設定と、パネル固有

データを各システムに展開する必要があり、ユーザー運用下で余分な作業を要求する事態が生じた (Fig. 5)。

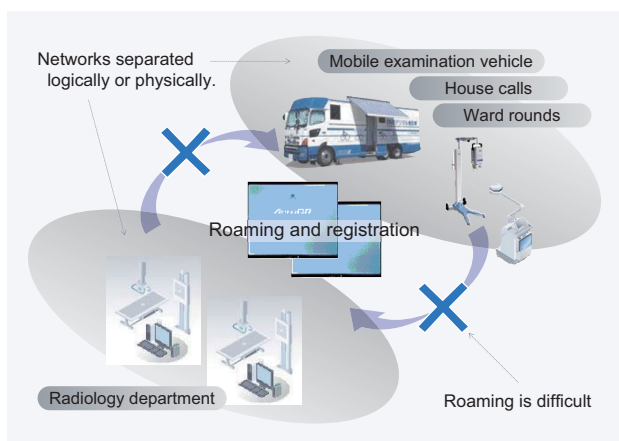


Fig. 5 Roaming is restricted when isolated from the radiology department.

4.2 集中処理から分散処理へ

課題解決のために、従来システム内に唯一存在し、サブシステム（撮影環境）間のパネルローミングを集中管理していた機能を、個々のサブシステムに分散させ、個別に解決を図る仕様に変更した (Fig. 6)。

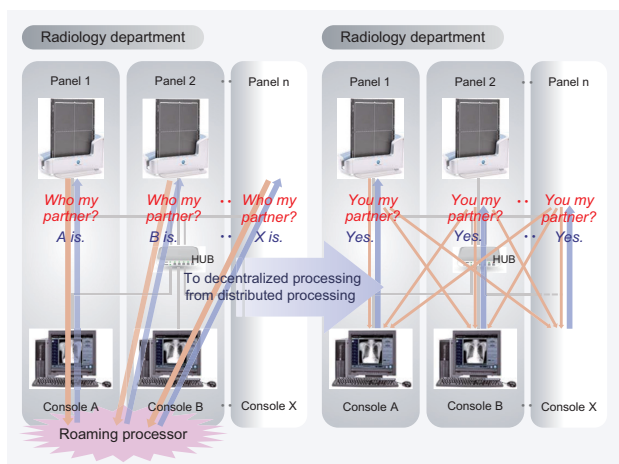


Fig. 6 Change to decentralized processing for roaming. Various roaming issues can be solved at the individual subsystems so that each subsystem can work independently. If there is a central control function failure, the independent subsystems will continue to operate.

これにより、仮に集中管理機能に故障が発生しても、個々のサブシステムは問題なくローミングを含めた継続動作が可能となる副次効果も得られた。

4.3 ネットワークの自動設定化

前述の分散処理を更に強化するにあたって、一般に Zero Configuration Networking (以下Zeroconf) と呼ばれる概念の導入も図られた (Fig. 7)。AeroDR SYSTEM 2 では、アプリケーションレベルでこれを実現することにより、前述するパネルのローミングや後述するデータの展開を効率的に解決する工夫がなされている。

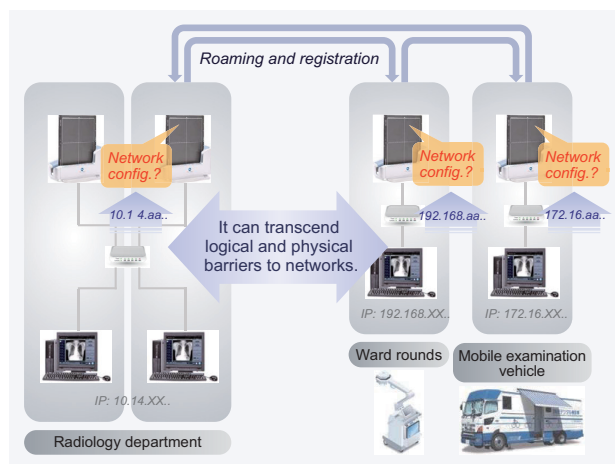


Fig. 7 The concept of Zeroconf (zero configuration). The sharing of panels among systems on the network that are isolated physically or logically was attained through roaming. The panels ask for their configurations, and then the consoles reply to the panels.

結果、物理的に切断された、または論理的に分離されたネットワーク上に配置されたシステム間でも、ローミングによるパネルの共有が可能となった。更に、この Zeroconf の概念により、設置や修理交換作業の利便性が大幅に向上した。

4.4 Data Portability の実現

最後に、分離されたシステム間でのデータ共有の課題を解決するため、新規パネルではパネル固有のデータをパネル自身が保持し、システム間のローミング後に、ローミング先のシステムにパネル自らデータを展開する仕組みを導入した (Fig. 8)。

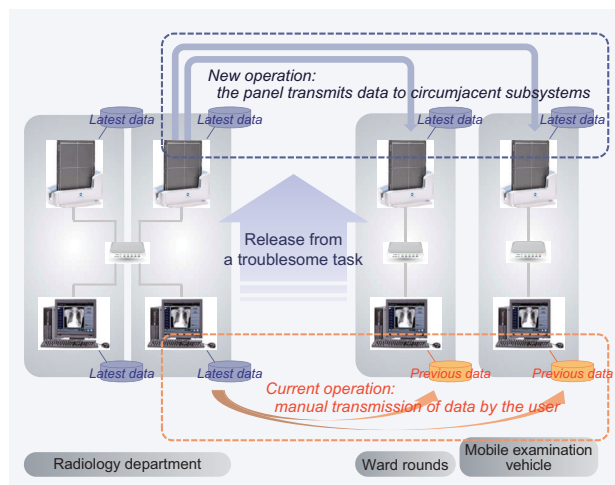


Fig. 8 Transmission by the panel of data unique to the panel. Seamless panel data sharing was realized among systems.

これにより、分離されたシステム間でデータを共有し、これらを最新の状態として保持するための冗長な手順から解放され、いかなるシステム敷設形態であっても、撮影環境間においてシームレスなパネル運用を提供可能とするに至った。

5 まとめ

AeroDR SYSTEM 2では、パネル本体としては軽量化、堅牢性、防水性を達成することにより、それを取り扱う医療従事者の負担を軽減し、患者に対する作業性の向上や使い勝手の改善を実現した。また、システム設計を最適化することにより、サイクルタイムを向上させ患者の負担を軽減すると共に、我々の誇るローミングシステムを拡張し、一般撮影室と病棟回診や手術室への併用を簡易に行えるよう改善した。

今後我々は、AeroDR SYSTEM 2の利便性と自在性の良さをさらに追求し、医療の質を向上するだけでなく、臨床現場の生産性向上に関する貢献を行っていく。

●引用文献

- 1) 米川 久, 根木 渉, 手塚英剛, 渡辺和彦: REGIUS MODEL170の開発, KONICA Tech. Rep., Vol.16, 121-124 (2003)
- 2) 徳弘 修, 儀同智紀, 榎野昭雄: コードレスカセット型DR “AeroDR”の開発, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol.8, 96-100 (2011)
- 3) 伊藤 毅, 角 誠: AeroDRカセットのシリーズ化開発, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol.11, 48-52 (2014)