

X線動画解析ワークステーションKINOSISの紹介

Introduction of Intelligent Workstation “KINOSIS” for Dynamic Digital Radiography

柳 沢 健 一*
Kenichi YANAGISAWA

福 元 剛 智**
Takenori FUKUMOTO

高 木 達 也***
Tatsuya TAKAGI

村 岡 丈 到****
Taketoh MURAOKA

要旨

コニカミノルタでは、従来は静止画として扱っていた胸部単純X線検査を動画にすることにより、診断レベルを向上させることができると考え、2018年にX線動画をj使って多角的な画像解析を可能としたワークステーションKINOSIS（英語名：Intelligent Workstation）を販売開始した。

KINOSISは、コニカミノルタが静止画で培ってきた視認性向上のための画像処理による「動きの見える化」と、構造物の動きを数値化しグラフ表示させる「動きの定量化」による診断精度の向上を医療現場に提供した。

販売後は診療現場の時間的制約や診療科毎の診察観点の差についての声を聞きながら、短時間・多角的にX線動画の参照が可能となるような情報の集約機能などをKINOSISに取り込みつつ、引き続き更なる診断精度向上の可能性や整形領域など診断領域の拡大に向けた臨床研究を国内外の施設と連携して進めている。

本稿では、胸部動態X線診断システムの特長を紹介し、単純X線動画撮影から得られる情報から新たに創造される動態解析の臨床応用例について、市場の最新動向と併せて報告する。

Abstract

In order to overcome the limitation on the diagnostic capability of chest X-ray image, Konica Minolta has developed new imaging modality named Dynamic Digital Radiography (DDR). We make DDR ready with simple configuration like a conventional chest X-ray images, which is a static image and widely used as a first-line imaging test in primary care. Compared to conventional chest X-ray images, DDR provide a dynamic image, thus, it can increase the amount of information in initial diagnosis phase. We launched “KINOSIS” (English name: “Intelligent Workstation”) in 2018 which is a dedicated imaging workstation for DDR.

Our Intelligent Workstation provides medical fields with high accuracy of diagnosis by “visualization of movement” for better visibility and “quantification of movement” by digitizing and displaying graphs of the movement. It is utilizing our image processing technology which was developed for conventional radiography analysis.

After the launch, gathering opinions about time constraints at medical practices and differences of needs among different clinical departments, we have improved the system so that it can access the information quickly and multidirectionally. Furthermore, we are introducing new functions, such as information integration to the system, and working on enhancing accuracy and expanding the clinical applications by collaborating with domestic and overseas hospitals.

This paper reports the features of the dynamic digital radiography system and examples of clinical applications, created from simple X-ray imaging, together with the latest trends in the market.

*ヘルスケア事業本部 ヘルスケア事業部 X線事業統括部

**ヘルスケア事業本部 開発企画部 臨床開発グループ

***IoTサービスPF開発統括部 AI技術開発部 第1グループ

****ヘルスケア事業本部 開発企画部 画像処理グループ

1 はじめに

コニカミノルタでは、一般撮影室で使用されるX線撮影装置との組み合わせで、動画撮影が可能な撮影装置と動画解析ワークステーションKINOSISを開発し、2018年に販売を開始した。販売後は胸部診断におけるCTやMRIとは異なり、簡便かつ体を起こした立位の日常生活の体勢に近い状態で観察できる単純X線撮影装置の長所を生かしたスクリーニング検査として、呼吸器内科の診察内容を鑑みたX線動画の画像・データの提示方法を開発した。さらに国内外の医療関係施設と連携し、胸部外科、循環器科の診察観点での利用方法を意図して機能拡張し、現在も新たな生体・生理機能の定量化に取り組んでいる。またX線動画が適用可能な幅広い診療領域における新たな臨床的価値の可能性の検討も行い、臨床医の要望に対して機能向上やアルゴリズムのバージョンアップを進めてきた。

本稿では医療関係者との診療価値創出の取組の中で見えてきた具体的な可能性、最新状況について報告する。

2 KINOSISとは

KINOSISは、病院ITシステムの中で、画像処理ワークステーションとなり、X線動画の解析・出力を担う位置づけとなる (Fig. 1)。

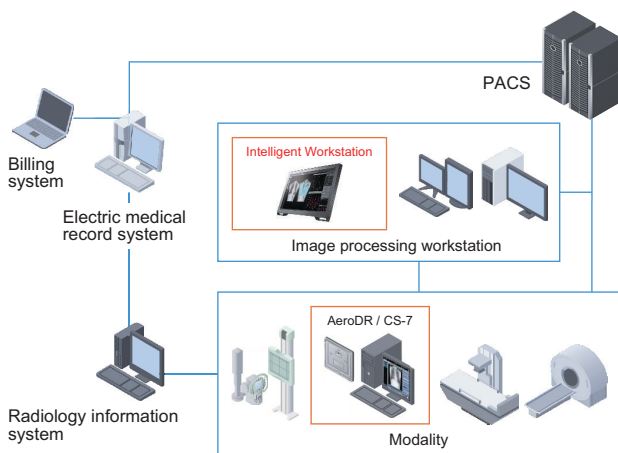


Fig. 1 Overview of hospital IT system.

Intelligent Workstation is an X-ray imaging workstation in hospital IT system, and it manages analysis and output of dynamic X-ray image.

臨床医はその専門分野毎の観点で患者の症状を診察するが、胸部一つとっても呼吸器内科・胸部外科では肺や呼吸の、循環器科では心臓・動脈等の状態を把握するという異なる目的で検査を電子カルテで依頼する。そのためCTやMRI等では検査の都度、目的に応じた解析・編集をワークステーションで行い、得られた画像情報をPACSへ出力する。その際、検査技師の解析・編集作業は煩雑で、臨床医が検査結果を参照する時間も考慮すると負担が大きい。

X線動画の検査も同じように目的に応じた画像情報の提供を必要とするが、KINOSISは一つの検査で複数の診療科に必要となる多角的な画像処理が解析可能であり、それら全てを全自動処理とし (Fig. 2)、検査技師の負担軽減・作業効率の向上と、臨床医毎の結果配信の要求に応える。

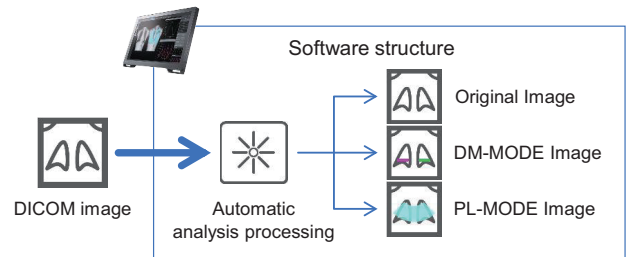


Fig. 2 Software structure of automatic analysis processing of Intelligent Workstation.

Intelligent Workstation can fully automatically execute all the multifaceted image analysis processing, required for multiple clinical departments by only one examination.

また、どのような形で病院内にこの情報を展開するか、についてPACSは全検査情報の集約が優先され、情報量に制限があり、一方、臨床医にはX線動画の多角的な解析情報を届ける必要があり、相反する対応を克服する必要がある。これに対し、KINOSISではPACS出力機能を搭載するだけでなく、病院システム内でより簡易に全解析情報を提供するため、Web技術も採用し、例えば電子カルテからURL参照で配信が可能となっている (Fig. 3)。

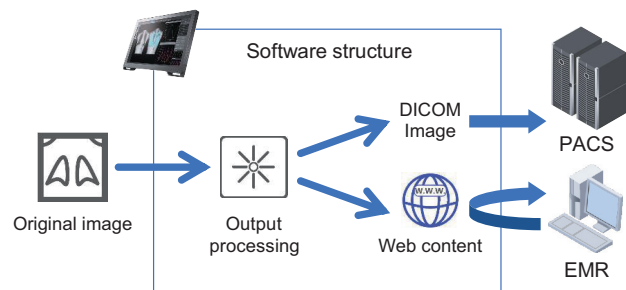


Fig. 3 Software structure to control image distribution route of Intelligent Workstation.

Intelligent Workstation can distribute processed outputs to not only PACS but entire hospital IT system as web contents.

KINOSISは、撮影から得られるX線動画の示す動きの様子について、周波数処理や構造物認識処理を行うことでリアルかつ容易な観察を実現している。更に、X線動画に含まれる微細な肺野内組織の僅かな変化を捉えて画像解析技術を施すことにより、呼吸器および循環器に関連した生体・生理機能を視覚化・定量化することも可能とした (Fig. 4)。

次章では、単純X線動画撮影から得られる情報から、動きの視覚化・定量化、動きに伴う信号値変化の抽出など、当社独自の画像解析技術により新たに創造される画像診断の臨床的価値、またX線動画が広げる次世代イメージングへの可能性について紹介する。

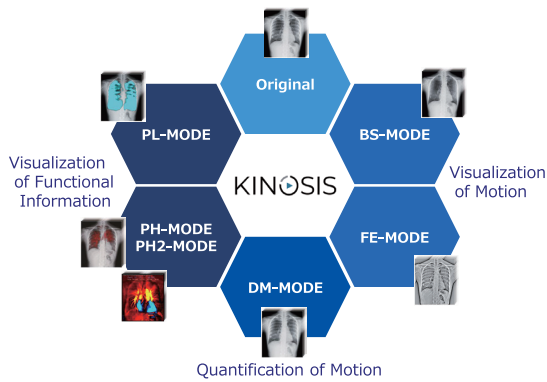


Fig. 4 Schematic view of variation of image analysis on Intelligent Workstation.

Intelligent Workstation provides realistic and easy observation by frequency processing and structure recognition processing on dynamic X-ray image. By using image analysis technology, it is enabled to visualize and quantify respiratory and circulatory organ-related biological and physiological functions.

3 動態解析の臨床応用例と最新動向

3.1 循環器科領域に対する動態応用例

従来、肺血栓塞栓症（以下、PEと表記）や慢性血栓塞栓性肺高血圧症（以下、CTEPHと表記）の画像診断には肺血流シンチグラフィや造影CTといった検査が行われてきたが、アクセシビリティや侵襲性の観点で課題がありこれらの課題を解決する検査法が求められていた。田中らは、肺野内で計算した信号値変化の解析により、換気・血流分布を視覚化・定量化する技術¹⁾を報告しており肺血流シンチグラフィとの相関が示唆²⁾されている。KINOSISはこの技術を発展させ心臓領域から抽出された信号波形（心拍波形）との類似度を計算し、視覚化するアルゴリズム³⁾（以後、PH-MODEと表記）を搭載している。現在、Fig. 5に示す心拡張期のフレームを基準フレームとし、各フレームから差分することにより効率的に心拍波形と同期する信号を抽出する新アルゴリズム（以後、PH2-MODEと表記）の開発、研究を進めている。

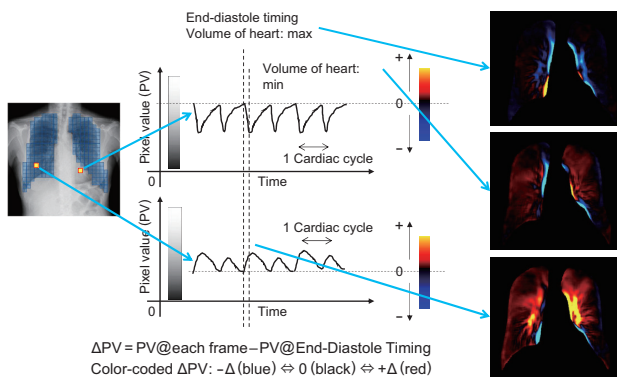


Fig. 5 PH2-Mode algorithm.

In PH2-Mode, end-diastole frame is used as reference, and the amount of change in the signal, synchronized with the heartbeat waveform, is obtained by taking the difference between each frame and the reference. Quantitative evaluation of blood circulation is expected.

PH2-MODEは心拍波形と同期する信号の変化量が表現可能であり、血流量の定量評価がなされることが期待されている。

Fig. 6にPH-MODE、PH2-MODEの画像を示す。この図からPH2-MODEの欠損の視認性が向上していることが分かる。PH2-MODEも山崎ら⁴⁾により肺血流シンチグラフィと類似する症例報告がされており、簡便で低侵襲なPE、CTEPH等の血流欠損の診断ツールとしての役割が期待されている。このPH2-MODEは今春、KINOSISに搭載される予定である。

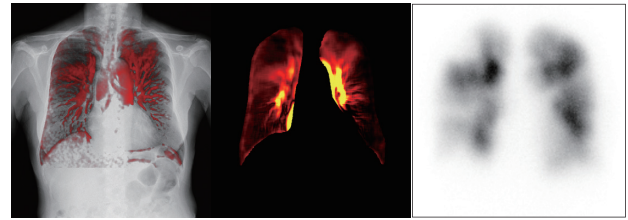


Fig. 6 Comparison of visibilities for pulmonary perfusion defects.

Left: PH-MODE, middle: PH2-MODE, right: pulmonary perfusion scintigraphy.

Compared to the PH-MODE, PH2-MODE has improved visibility for pulmonary perfusion defects. In addition, an image similar with pulmonary perfusion scintigraphy is obtained.

3.2 胸部外科領域に対する動態応用例

肺がん切除などの胸部外科手術の際、癒着や浸潤がある場合とない場合とでは術式や使用器具、関与する他診療科の医師や看護師などのスタッフの割り当てが大きく変わる。術前での癒着や浸潤の有無と範囲推定が可能になると、術式アプローチや戦略、選定器具の最適化や手術時間の見積もり精度向上に繋がる。そのため、手術前の術式計画における癒着・浸潤観察に対する胸部外科医からの要求の声は多いが、従来、一般的に静止画となるCTやMRI等では観察困難であった。

X線動画により呼吸に伴う肺野内の動きを連続的に観察することで組織動態の不自然さが確認できるが、さらに胸腔内組織のエッジ強調を行うことで構造物の運動の視認性が向上し特異的な動きの観察がし易くなり、胸壁部への癒着・浸潤の有無や程度の推察が容易になると考えられる。実際に、X線動画の強調画像（以後、FE-MODEと表記）から中等度以上の胸膜癒着が予測でき、症例によっては隣接臓器への浸潤の評価にも有用であるとの報告がなされている⁵⁾他、既に臨床現場から高い評価が得られている⁶⁾。

KINOSISでは、主に胸部外科領域での利用を想定した「構造物評価モード」を搭載した（Fig. 7）。このモードでは、横隔膜動き解析（以後、DM-MODEと表記）のグラフとFE-MODEの画像を同一画面上に表示する事で、呼吸に伴う肺野内の動きを簡便に観測できるようになっており、それらの情報の相互アプローチから手術前の癒着・浸潤観察をサポートすることが可能となった。X線動画では従来CTやMRIで困難であった術前での癒

着・浸潤観察が可能となり、それは術式や手術時間の最適化につながるため合併症発生リスクの低減や1日の手術件数最適化など医療経済的な費用対効果に大いに期待できると考えられる。



Fig. 7 Intelligent Workstation: structure observation mode.

This mode supports surgical planning by offering information about pleural adhesion and invasion. The abnormality of tissue motion, which suggests adhesion and invasion, is visualized with FE-MODE and DM-MODE.

3.3 呼吸器内科領域に対する動態応用例

慢性閉塞性肺疾患（COPD）に代表される、慢性の呼吸器内科系疾患では、従来、簡便なスパイロメトリー検査による肺活量や1秒量などの患者の呼吸機能の定量値と患者の主訴を基に診断や治療がなされている。スパイロメトリー検査は安価で簡便という長所はあるが、患者の実際の症状とがマッチしない場合があり、正確性に疑問を持つ呼吸器内科医が存在する。また、できるだけ速く息を吐き出す（努力呼出）必要があるため特に重症者・高齢者では患者負担が大きい。より正確な呼吸機能検査として精密肺機能検査があるが、高コストかつアクセシビリティが悪いため利用頻度は低く、またスパイロメトリー検査同様、努力呼出も必要となるため、患者負担が大きい。

X線動画撮影では呼吸に伴う横隔膜や肺野の様子を時系列に観察することができる。これまで、深呼吸時の横隔膜や胸郭の動き情報を定量化した指標がスパイロメトリー検査や精密呼吸機能検査と相関があり^{7,8)}、かつ投薬前後にて肺の可動域が増えることにより、症状が改善するとともに肺野面積変化が増大する⁹⁾ことが報告されている。アクセシビリティが良く、患者負担の少ないX線動画像による、定量的な治療効果の確認、経過観察の指標化への期待は大きい。

KINOSISではX線動画から測定される横隔膜移動量や肺野面積といった定量化データを「動態画像評価モード (Fig. 8)」で観測できるようにした。現在、各種呼吸機能検査との相関関係、治療効果確認についての研究が継続して進められており、従来よりも低侵襲かつ患者負担が少ない簡便な手技にて治療経過や投薬効果確認を定量的に観察し効果的な診断が可能になることが期待されている。また努力呼出の必要がないことで、エアゾルの飛

沫が抑えられるため、COVID-19のような感染リスクがある疾患の呼吸機能検査における本機能の代替可能性についても研究中である¹⁰⁾。



Fig. 8 Intelligent Workstation: dynamic image evaluation mode.

This mode supports treatment planning/evaluation by offering information about quantified motions of lung and diaphragm mainly to respiratory department. Automatically measured diaphragm excursion and lung field area at specific timing as well as a trend chart compared to past exams are used.

4 終わりに

これまで紹介したように、医療現場にX線動画解析ワークステーションKINOSISがもたらす貢献への期待は非常に大きい。すでに導入されている医療施設では、実使用経験から来る新しい要望も増えてきており、今後の更なる可能性の広がりにつながる成果もたらされてきている。例えば、整形外科領域では、観察困難な関節の可動過程を観察することができ、動画像情報や動画像から切り出される任意画像の計測情報から異常箇所を検出することで診断やスクリーニングなどにおける活用も期待される。他に、関節運動（関節の角度や関節間距離）を経時的に計測・グラフ化することで、リハビリテーションなど臨床の現場において疾患の状態を客観的に把握することが可能になることも期待されている。X線動画が、これまで以上に有用性の高い画像診断法として日常の診療にて認知・活用される検査となるよう、更なる医療の質の向上に貢献していく所存である。

●参考文献

- 1) Rie Tanaka, Tohru Tani, Norihisa Nitta, et al., "Detection of Pulmonary Embolism Based on Reduced Changes in Radiographic Lung Density During Cardiac Beating Using Dynamic Flat-panel Detector: An Animal-based", Study. Academic Radiology, 26 (10), 1301 (2019)
- 2) Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al., "Development of pulmonary flow evaluation method with a dynamic flat-panel detector: quantitative correlation analysis with findings on perfusion scan", Radiological Physics and Technology, 3, 40 (2010)
- 3) 松谷 哲嗣, "JIRAテクノロジーレポート", 57, 30, (2018)

- 4) Yuzo Yamasaki, Kohtaro Abe, Kazuya Hosokawa, Takeshi Kamitani, “A novel pulmonary circulation imaging using dynamic digital radiography for chronic thromboembolic pulmonary hypertension”, *European Heart Journal*, 41 (26), 2506 (2020)
- 5) 高田 宗尚, 第2回X線動態画像セミナー第2部臨床研究報告-X線動態解析による肺血流評価: 肺血流シンチグラフィとの比較, *INNERVISION*, 35 (3), 2 (2020)
- 6) X線動画解析ワークステーションKINOSIS—紹介動画・ドクターズインタビュー—<<https://www.konicaminolta.jp/healthcare/products/dr/kinosis/index.html>>
- 7) N. ohkura, et. al., “Dynamic-ventilatory digital radiography in air flow limitation: change in lung area reflects air trapping, *Respiration*”, 99, 382, (2020)
- 8) T. Hida, et. al., “Decreased and slower diaphragmatic motion during forced breathing in severe COPD patients: Time-resolved quantitative analysis using dynamic chest radiography with a flat panel detector system, *European Journal of Radiology*”, 112, 28 (2019)
- 9) 大倉 徳幸, 第2回X線動態画像セミナー第2部臨床研究報告—X線動態解析を用いた新たな呼吸機能評価の検討, *INNERVISION*, 35 (3), 5 (2020)
- 10) T. Hino, et. al., “Projected lung areas using dynamic X-ray (DXR), *European Journal of Radiology Open*”, 7, 100263 (2020)