

電子 (DICOM 形式) データを用いた 心電図判定による健康診断システムの構築

New health checkup systems using DICOM data of electrocardiogram

當仲 香* 澁谷麻由美* 外山 千鈴* 松本 可愛*
齋藤 圭美* 清 奈帆美* 久根木康子* 高橋 綾*
牧野 伸司* 武田 彩乃* 西村 知泰* 横山 裕一*
広瀬 寛* 森 正明*

慶應保健研究, 41(1), 087-093, 2023

要旨: 慶應義塾大学では、学生定期健康診断にて心電図検査を実施しており、毎年8,000名以上の受検者がいる。また、雇入時健康診断や教職員健康診断では、毎年3,000名以上の受検者がいる。心電図検査の結果判定は循環器内科医師が行っており、短期間に業務が集中する。また、当大学は東京都、神奈川県に複数のキャンパスがあるため、医師が各キャンパスに移動して結果判定業務を行う必要がある。今回、これらの問題を解決するため、多拠点ネットワーク接続を用いた画像管理システム (PACS: Picture Archiving and Communication System) を利用し、DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) データを用いた心電図検査結果判定のシステム化を行った。その結果、消耗品費の削減と同時に、出力されたシールを貼る作業、心電図用紙の並び替え作業、入力作業などの人為的ミスが減少した。また、判定医は各キャンパスへの物理的な移動が減少し、心電図画像と胸部X線画像を併せて判定できることから診断精度も判定効率も上がった。今後、SDカード等のデバイスを用いることは紛失のリスクもあるために、データのやり取りがネットワーク上で行えるよう、インフラ整備が課題である。

keywords: 心電図検査, DICOM, 画像データ, PACS, 健康診断
ECG, DICOM, image data, PACS, health checkup

はじめに

慶應義塾大学 (以下、当大学) では、新入生、体育会所属者、循環器疾患の要管理者、自覚症状がある者に学生定期健康診断にて心電図検査を実施しており、毎年8,000名以上の受検者がいる。また、雇入時健康診断や教職員健康診断では、毎年3,000名以上の受検者がいる。結果

判定は循環器内科医師が行っており、短期間に業務が集中する。また、当大学は東京都、神奈川県に複数のキャンパスがあるため、医師が各キャンパスに移動して結果判定業務を行う必要がある。

また、当大学の学生や教職員は、進学や異動によって所属するキャンパスが変更となる。同

*慶應義塾大学保健管理センター
(著者連絡先) 當仲 香 〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1

一人物の経年管理を行うためには、キャンパスをまたがった情報共有が必須であるが、情報が紙保存である場合には、PDF化したり郵送したりしなければ情報共有ができない。さらに、同一人物の過去を遡っての比較判定や、胸部X線と心電図情報を併せて判定したい場合には、情報が保存されているキャンパスの分室に連絡し、過去の心電図帳票を探して準備しなければならず、その検索作業とデータ出し入れに関する職員の手間は相当煩雑である。併せて、循環器内科医師は、心電図帳票に判定結果を手書きまたは横判で記載しており、その結果を看護職が入力しているため、入力ミスや用紙紛失のリスクが生じていた。また、新型コロナウイルスは、エアロゾルで3時間、コピー用紙で3時間感染力を維持するといわれており¹⁾、大量の用紙を用いることについては新型コロナウイルス感染症流行下では、感染対策上の問題があった。

今回、これらの問題を解決するため、2013年度に導入した多拠点ネットワーク接続を用いた

画像管理システム（PACS：Picture Archiving and Communication System）²⁾ を利用し、DICOMデータを用いた心電図判定システムを構築したので解説する。

1. 新設の動作環境（図1）

1) サーバ仕様（信濃町キャンパス）

本体（ラックサーバ）

DELL PowerEdge R330

OS

Windows Server 2016 Standard 16

メモリ

8 GB

データベース

SQL Server Express 2016 SP1

アプリケーションプログラム

レポート記入枠作成プログラム

2) クライアント仕様（信濃町、三田、日吉、湘南藤沢 各キャンパス）

本体（SYNAPSE ビューアー端末）

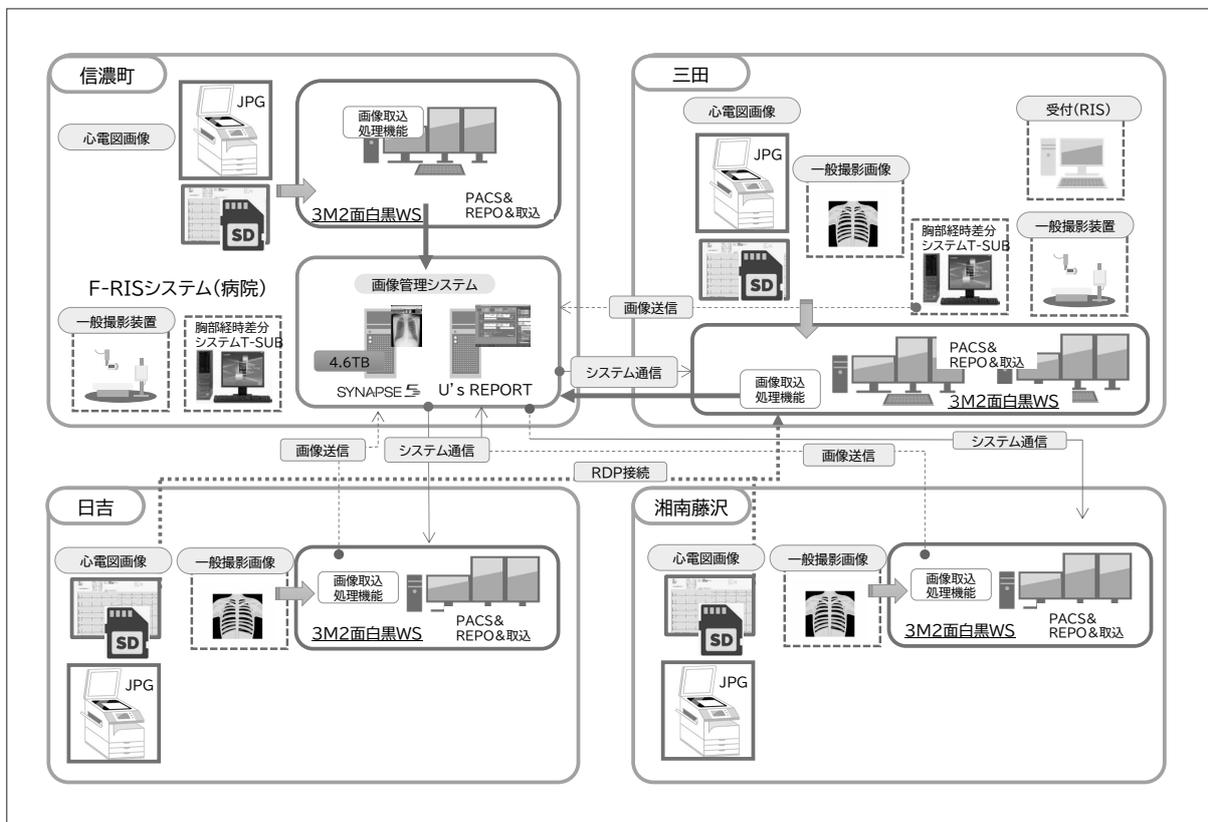


図1 新設の動作環境（2023年2月現在）

HP製 デスクトップ PC (SFF)
リスト用モニタ
3M2面白黒高精細モニタ

OS

Windows 10 64bit バージョン1607
メモリ
8 GB
Webブラウザ
Internet Explorer バージョン11
アプリケーション実行環境
.NET Framework バージョン4.6.2
アプリケーションプログラム
レポート記入枠作成プログラム
メディアインポータ

2013年度に当大学3キャンパス診療所(日吉・三田・湘南藤沢地区)と慶應義塾大学院内にある信濃町地区の4か所にクライアント機, 病院システム部内にDICOMサーバ機を設置し, 画像管理システム専用のネットワークで接続した²⁾。2013年度導入当初は, 株式会社 ジェイマックシステム製 PACS システム FAINWORKS VOX-BASE II を用いていたが, 当センターの呼吸器内科医師がNTTテクノクロス社製健康管理システム HM-neoに胸部X線判定結果や指示の情報をCSV入力できるレポートシステムを構築し, 大幅な業務改善が見込まれた。そこで, 2018年度には, その仕組みが組み込まれた富士フイルム株式会社製 PACS システム SYNAPSE WzU, ユーズテック社製レポートシステムが採用された。なお, 当センターや慶應義塾大学病院での胸部X線撮影に加え, 集団健診での胸部X線撮影は複数の業者に委託しているため, 診断精度を損なわないようデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン(日本医学放射線学会電子情報委員会)³⁾に準拠し, 画像解像度, 輝度, 表示階調特性を担保したDICOMデータを指定している。

慶應義塾大学の電子カルテで参照する心電図画像はMFAR規格⁴⁾を採用しておりDICOM

画像の精度には不安があったが, 循環器内科医師による判定テストを行い, 診断精度に問題がないことを十分に確認した。

2. 心電計, 複合機とDICOMデータ生成

1) 心電計から出力したDICOMデータ

2022年度学生定期健康診断, 教職員定期健康診断では, DICOMデータ出力機能があるフクダ電子社製解析付心電計 FCP-8400を用いた。同社は心電計と各社PACSをつなぐ心電図変換ゲートウェイシステムを販売しているが, 複数のキャンパスでの一括導入は経費と汎用性の面から見合わせ, 心電計からDICOMデータをSDカードに出力し, レポートシステムを介してPACSシステムにインポートする方法を採用した。なお, FCP-8400は, あらかじめ心電計のハードディスクにID番号, シメイ, 生年月日などDICOM規格に必要な個人情報を取り込みできないため, レポートシステム側に, 個人情報CSVと心電計から主力したDICOMデータについてID番号をキーにマッチングし, 規格に合ったDICOMデータをPACS側にインポートするプログラムを作成し利用した。

2) 心電図用紙から複合機を介して生成するDICOMデータ

当センターは, 医療情報システムの安全管理に関するガイドライン⁵⁾に基づき管理責任者を設け, 「保健管理センターにおける情報セキュリティのルール」を作成し, 個人情報が含まれる紙データの取り扱いや保存, 廃棄について規定している。紙データに関しては, アクセス権を持つ者が各キャンパスで利用している複合機RICOH MPCシリーズでJPGデータを作成し, DICOMにタグ付けするためのネーミングルールでファイル名を設定してレポートシステムで読み込みできるようにした。ネーミングルールは, 【ID番号(6桁か8桁)_ハンカシメイ_MかF_生年月日8桁_撮影年月日8桁_何枚目のデータか2桁.jpg】と

し、複数枚のJPGファイルは何枚目かを指定することで1つのDICOMデータとして統合する。この機能により、過去データや外部医療機関の紙データもDICOMデータとして保存できるようになった。PACS側では画像データの縦横を判断できないために、レポートシステム側のプログラムで、画像を回転して縦横情報を保存し、その回転情報を反映してからPACS側に取り込む方法をとった。

3. セキュリティ対策

伝送される通信内容については暗号化され、SSL-VPN（Secure Socket Layer Virtual Private Network）を用いたりリモートメンテナンスを除き、外部ネットワークとの接続をしないことで、不要なアクセスを完全に排除している。また、運用上においてUSBやDVDメディアによる外部とのデータの授受が発生するため、サーバ・クライアントともにESET社製ウイルス対策ソフトを導入し、セキュリティ対策を施

している。なお、慶應病院内にある信濃町分室のクライアント機は、慶應病院内放射線技術室から撮影データを受信のみ出来、逆にアクセスや送信はできない仕様となっている。

4. データ処理の流れ

1) 旧システムのデータ処理の流れ（図2）

- ① 心電図受付
帳票IDを読み込み健診システムに受付し、シールラベルを発行する。
- ② 検査
出力された心電図用紙にシールラベルを貼り、カナ順に並び替える。
- ③ 判定
医師が用紙をみて判定結果を用紙に記載（または捺印）する。
- ④ 比較データ
医師が指示をした心電図用紙をみて、看護職が健診システムから過去の受診日や検査地区を検索し、倉庫にある文書箱から過

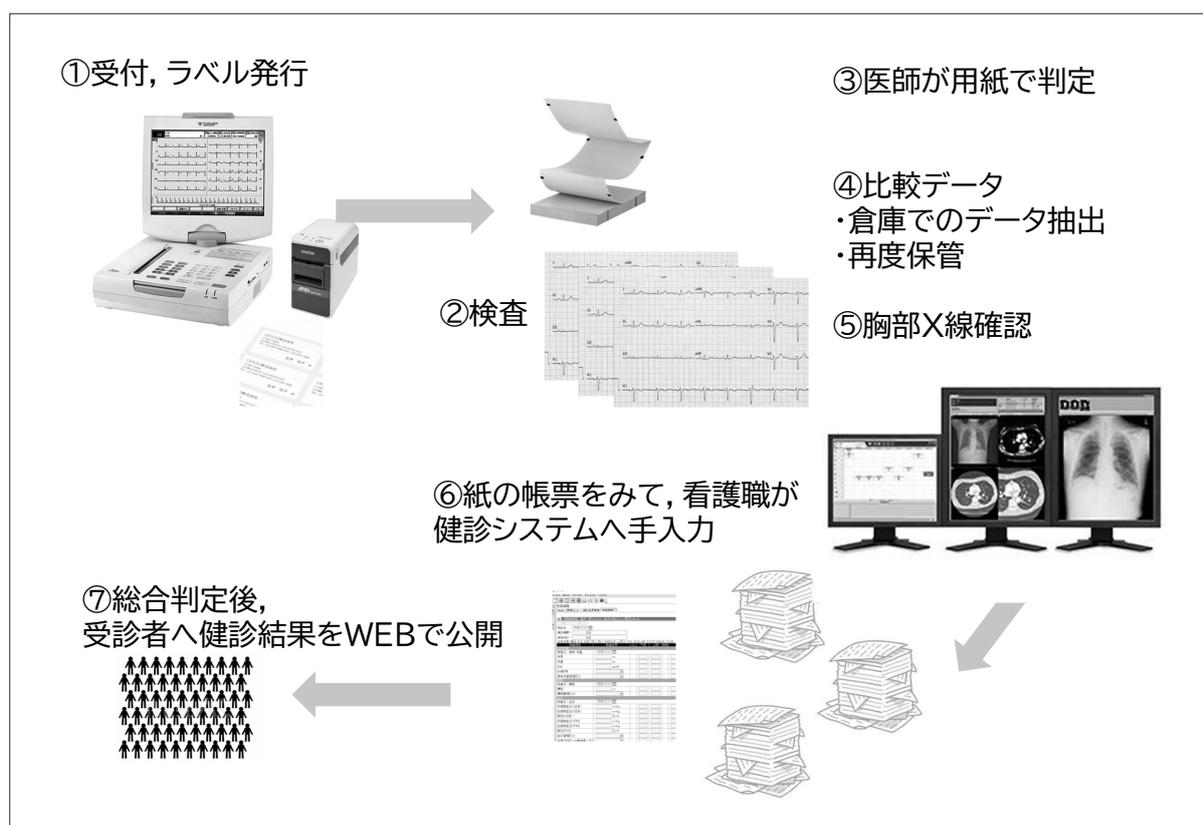


図2 旧システムのデータ処理の流れ

去データを抽出し、医師に見せる。医師が確認後、再度保管する。

- ⑤ 胸部X線結果の確認
右室肥大、左室肥大などの所見があった際に胸部X線結果を閲覧したい場合には、PACSのある分室で確認する。

- ⑥ 健診システムへの入力
医師判定後の心電図用紙をみて、看護職が1枚ずつ入力する。入力漏れ、入力ミスが生じることからダブルチェックを行う。

- ⑦ 結果閲覧
健診システムで総合判定後、WEB公開し学生が結果閲覧する。

2) 心電図検査電子化後のデータ処理の流れ (図3)

- ① 心電図受付
帳票IDを読み込み健診システムに受付する。
- ② 検査
心電図結果のDICOMデータをSDカード

に保存する。

- ③ PACSへデータ取り込み
納品された心電図DICOMデータに個人情報情報をマッチングし保存する。

- ④ 判定, 胸部X線結果の確認
PACSで判定, 結果入力。胸部X線結果も併せて確認する。

- ⑤ 健診システムへの入力
CSVデータを健診システムへ取り込む。

- ⑥ 結果閲覧
健診システムで総合判定後、WEB公開し、学生が結果閲覧する。

5. 評価と今後の課題

心電図検査電子化前後について比較した (表1)。心電図受付と検査においては、ラベルと心電図用紙が不要になり、消耗品費の削減 (全地区で、ラベルシール約37万円, 心電図用紙約20万円) となった。出力されたシールを貼る作業や心電図用紙のカナ順の並び替え作業もなくな

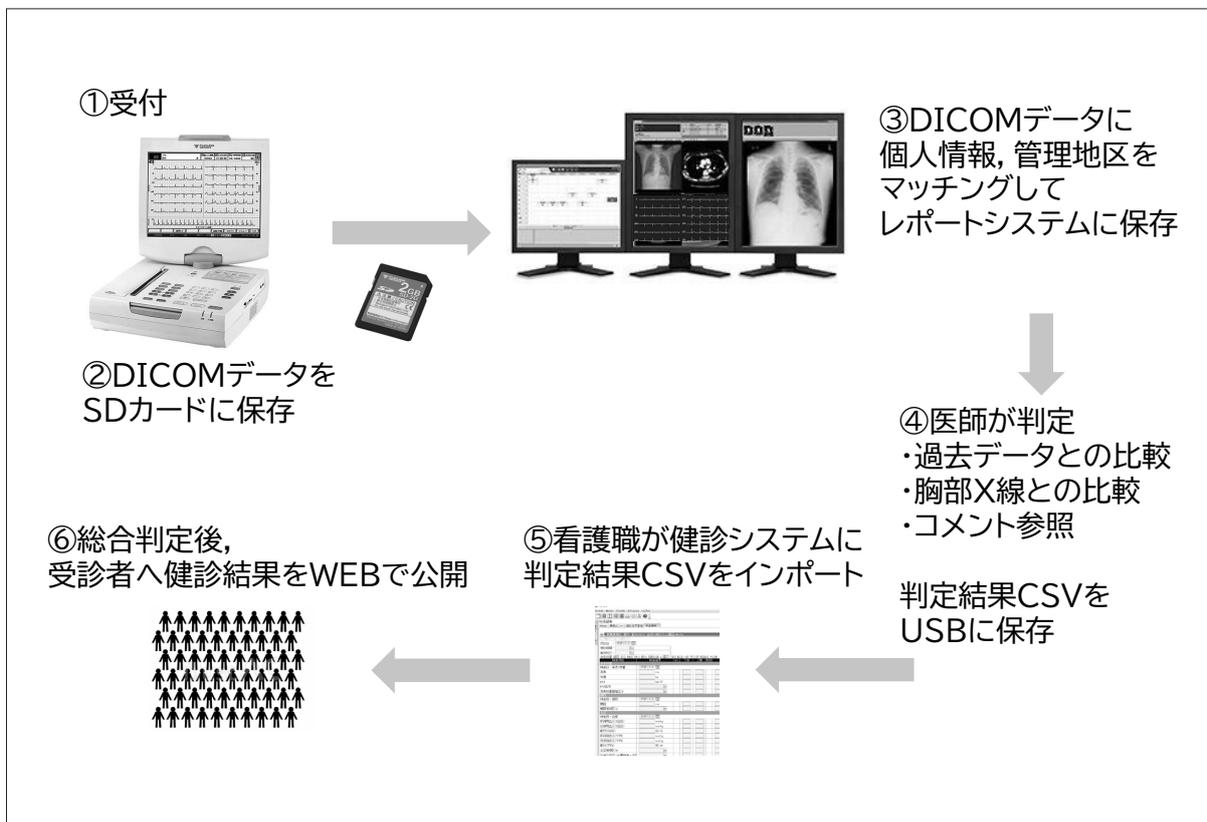


図3 心電図検査電子化後のデータ処理の流れ

表 1 心電図検査電子化前後の比較

	旧システム	心電図検査電子化後	改善点
心電図受付	ラベル発行	受付のみ	
心電図検査	出力した帳票にラベル貼付	DICOMデータをビューアで確認	ラベルプリンタ、消耗品費の削減 接触による感染リスクの削減
	日付順、カナ順に並べ替え	DICOMデータ保存	並べ替えの手間なし
日計	受付数と帳票数を照合	受付数とデータ数を照合	
納品	帳票	SDカード	
判定準備	日付順、カナ順で帳票を準備	DICOMデータを個人情報とマッチング	
	判定のハンコ、医師名のハンコ	PACSデータ登録	ハンコやスタンプの準備不要
医師判定	医師が用紙を準備している地区へ出向し、用紙に捺印して判定	医師が席が空いている地区でレポートシステムで判定、入力	医師の移動時間が不要
過去所見の比較	医師が看護職に依頼し、看護職が過去の心電図帳票を倉庫から探し出し、判定がおわったら倉庫にしまう	医師がレポートシステムで比較	過去の帳票データを探ししまう手間が不要＝人件費削減、紛失や情報漏洩のリスク削減
二次検査者の処理	指示がある心電図帳票はコピーを取り、看護職が検査準備	医師がC判定をCSV出力し、看護職が検査準備	帳票のコピー不要
帳票結果の入力	看護職が医師から捺印された心電図帳票を受け取り、判定結果や指示を手入力（ダブルチェック）	なし	看護職による判定結果入力、ダブルチェックが不要＝人件費削減、ミスの削減
胸部X線（心所見）の判定	胸部X線（心所見）判定時に、看護職が心電図用紙を準備	医師がレポートシステムで判定（ID検索で同時表示）	胸部X線、心電図の画像データが同時表示＝早期発見
他の医療機関へのデータ提供	心電図帳票をコピーしてお渡し	電子データ（CD）でお渡し	
保存	日付、カナ順にならべて倉庫に保存	PACSデータは病院システムサーバ室で管理	大量の帳票の保存が不要

り人件費も削減し、新型コロナウイルス感染症流行下では感染対策にもなった。

入力作業に関しては、従来医師が手書きや捺印していた所見を、看護職が目視し、大量データ（書類の山）を健診システムに入力しなす作業工程で、類似所見やウインドウメニューのスクロール前後での入力ミス、クリック前後の別人への入力ミスなど、致命的なミスが生じており、インシデント報告もあった。この作業がなくなったため、医師が判定入力したデータの正確性は担保された。

PACSのパフォーマンスは、どのキャンパスからでも1画像あたりの表示速度が約1秒である。判定医は各キャンパスへの物理的な移動が減少し、心電図画像と胸部X線画像を参照し、併せて判定できることから診断精度も判定効率

も上がり、疾病の早期発見、早期対応につながる業務改善になった。現在はシステム移行期のために、比較のための紙の過去データの検索と抽出作業は生じているが、経年的に過去データと医師の所見コメントが蓄積されていくことから、数年後には継続閲覧性が担保できるようになるだろう。

今後の課題としては、現在保健管理センターが構築したシステム（IDST）での受付作業が、心電計機器自体で受付できるようになれば、別システムでの受付や個人情報のマッチング処理は不要となるため、心電計自体の機能改善が望まれる。また、SDカード等のデバイスを用いることは紛失のリスクもあるために、データのやり取りがネットワーク上で行えるよう、インフラ整備が課題である。

本原稿に関連し、共著者全員について開示すべきCOI (利益相反) 関係にある企業等はない。

文献

- 1) Neeltje van D, Dylan H M, Myndi G H, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020 ; 382 : 1564-1567.
- 2) 大貫亮, 藤井香, 松本可愛, 他; 学生健康診断における多拠点ネットワーク接続を用いた画像管理システムの導入. 第33回医療情報学連合大会抄録集. 2013 ; 1258-1261.
- 3) 日本医学放射線学会電子情報委員会; デジタル画像の取り扱いに関するガイドライン3.0版. 2015. <http://www.radiology.jp/content/files/20150417.pdf> (cited 2023-2-21).
- 4) Kimura E, Norihiko T, Ishihara K, et al. Development MFER (Medical waveform Format Encoding Rules) parser. *AMIA Annu Symp Proc* ; 2006 : 985.
- 5) 厚生労働省; 医療情報システムの安全管理に関するガイドライン第5.2版. 2022. <https://www.mhlw.go.jp/content/10808000/000936160.pdf> (cited 2023-2-21).