

医療情報クラウドサービスシステムの提案と評価

M2010MM023 河原 芳昭

指導教員 青山 幹雄

1. はじめに

医療機関の経営環境が年々厳しくなる中、健康診断や人間ドックにおける高額機器の活用が必要となっている。このため、受診者を効率的に誘導し、医療機器の稼働率向上を図る必要がある。本稿では、タブレット端末を受診者が携帯することにより、クラウドコンピューティングを活用した効率的な誘導に加え、新たなサービスの提供、業務改善を支援する医療情報クラウドサービスシステムを提案する。

2. 問題の背景

医療情報システムは、様々な医療機器や多くの部門システムにより構成されているため、部門システム間のデータ連携や医療機器とシステム間のデータ連携、システム維持のコストは増加している。さらに、災害時における医療情報の損失やサービスの停止、システム変更時における医療情報の損失、受診者に対するサービス向上なども医療機関における重要な課題となっている。それらの解決に、クラウドコンピューティングの利用が注目されている。

3. 研究課題

クラウドコンピューティングと連携するタブレット端末を利用し、受診者が携帯することで、受診者を効率的に誘導し、医療機器の稼働率を向上させるシステムを提案する。データ連携や仮想化技術を利用したシステム開発のコスト削減と相互運用性の確保、医療情報のセキュリティ、真正性、見読性、保存性[1]を保証するため、医療データ連携の標準技術である HL7(Health Level 7)と SOA(Service-Oriented Architecture)を利用する。さらに、タブレット端末を利用した受診者サービスの向上を実現する。

4. 関連研究

患者の待ち時間を軽減するため、電子カードホルダーを利用した患者案内システムが提案[4]されている。しかし、この提案では独自技術に依存する。携帯電話を用いた患者案内システムの提案[6]では患者の携帯電話を利用できるが通信事業者に依存する。また、健診では病院毎に複数検査を効率良く巡回できる要求があるが、これらの提案では議論されていない。SOA の導入も提案されているが、データ連携を含めたシステムの議論はない。

5. アプローチ

タッチスクリーンを備えたタブレット端末を受診者が携帯

し、健診内容や検査待ち時間、待ち人数、検査室間の移動時間、検査術者や受診者毎の検査時間などをクラウドサーバに収集、分析することにより、受診者の検査待ち時間や健診時間が最短となるような次検査室の経路をタブレット端末に表示し、誘導する。

大画面端末により視覚的に経路が表現でき、検査の説明や注意点、過去のデータなども表示することにより受診者サービスの向上も図る。

6. 医療情報クラウドサービスシステム

6.1. 利用シナリオ

本システムを使用した業務プロセスを図1に示す。

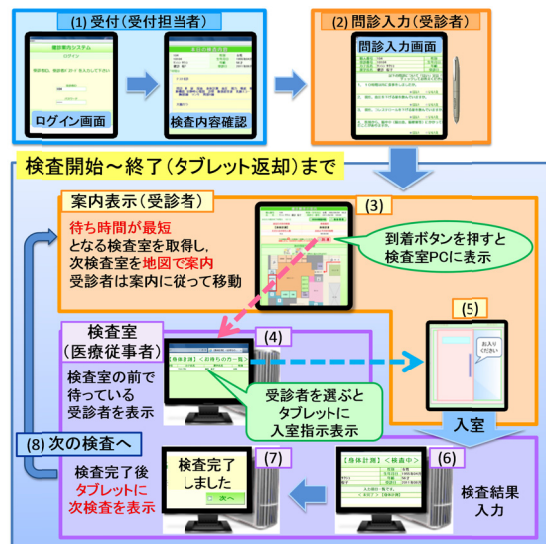


図1 システムの利用シナリオ

- (1) 受付担当者：タブレット端末に受診者を設定
- (2) 受診者：タブレット端末に問診を入力
- (3) 受診者：タブレット端末の案内表示に従い、次検査室へ移動
- (4) 医療従事者：検査室PCの待ち一覧の受診者を選択し入室を指示
- (5) 受診者：タブレット端末の入室指示に従い検査室へ入室、検査開始
- (6) 医療従事者：検査室PCに検査結果入力
- (7) 医療従事者：検査室PCに検査完了登録
- (8) 受診者：次検査案内が表示された場合(3)へ

6.2. 移動時・検査待ち時の受診者サービス機能

受診者サービス向上のため、健診終了予定時間、検査

待ち時間、待ち人数、検査説明や過去の検査結果などをタブレット端末に表示した(図 2)。検査説明を受診者が読むことにより、医療従事者の検査説明の補助、受診者の次検査の準備や不安感の減少などが期待できる。

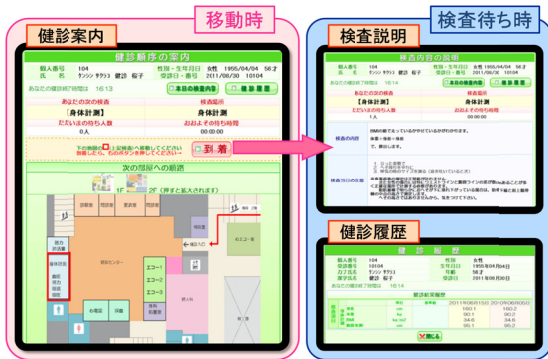


図2 健診案内・検査説明・健診履歴画面

6.3. 受診者ナビゲーション

受診者ナビゲーションのために必要な巡回検査順序と次検査決定方法を表1、図3に示す。

表1 巡回検査順序

順序	名称	回数	予定時間(分)	体制
1	便	2	4	1
2	尿	2	4	1
3	問診	2	5	2
4	採血	2	5	2
5	胸部レントゲン	1	3	1
6	骨密度	1	2	1
7	CT検査	1	10	1
8	マンモグラフィ	1	12	1
9	身体計測	2	2	1
10	血圧	2	2	1
11	聴力	2	2	1
...
25	胃部レントゲン	1	10	2
26	胃カメラ	1	15	1
27	循環器診察	2	5	1
28	負荷心電図	2	20	1

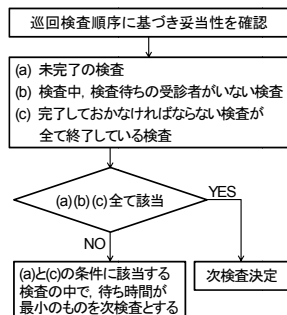


図3 次検査決定方法

検査待ち時間や健診終了予定時間などの推定時間の計算方法を図4に示す。

受診者一人当たりの推定待ち時間

- ・残り検査時間 = 予定検査時間 × i - (現在時刻 - 検査開始時刻)
- ・検査待ち時間 = 予定検査時間 × i × j

i : 検査術者の経験差などによる予定検査時間の相違
j : 受診者の体型や性別などによる予定検査時間の相違
k : 検査室間の移動距離と動線を考慮した医療機関内の区画

待ち行列全体の推定待ち時間 =

Σ(検査中受診者の残り検査時間) + Σ(検査待ち受診者の検査待ち時間)
+ 検査完了時の検査室から次検査室までの移動時間(k)

健診終了予定時間 = Σ(未完了検査の予定検査時間)

図4 推定時間の計算方法(検査完了時)

推定時間を表示するため、このようなアルゴリズムを作成し、システムに組み込んだ。検査術者や受診者による予定検査時間の相違、検査室間移動距離などを考慮している。

6.4. サービス仕様

本システムは、図5に示す4つのサービスで構成した。

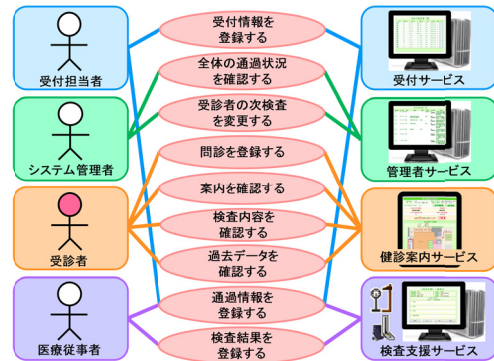


図5 ユースケース図

7. 医療情報クラウドサービスシステムのアーキテクチャと実現

7.1. 医療情報クラウドサービスシステムのアーキテクチャ

提案する医療情報クラウドサービスシステムのアーキテクチャを図6に示す。

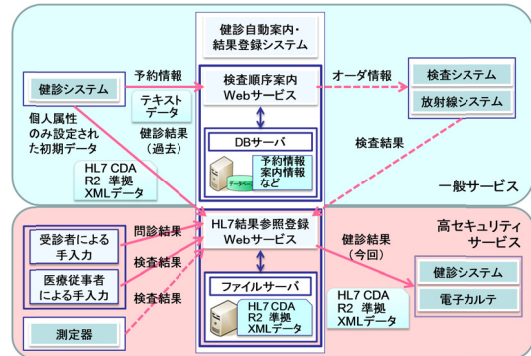


図6 アーキテクチャ

本システムは、SOA を基礎としてサービス連携を行い、HL7を基礎としてデータモデルを構築している。また、本システムは、各サービスを連携して受診者にナビゲーションを行う健診案内サービスと個別サービスから構成されている。さらに、本システムでは、セキュリティ要求に応じて、次の2つのサービス群に分けて構成している。

- (1) 一般サービス：検査システムや健診システムなどの他部門システムとのデータ連携を低コストで実現するため、標準技術を利用して簡易な連携を可能とする必要がある。また、本システム他サービスとの簡易なデータ連携も必要である。このため、検査順序案内Webサービスとして構成する。
- (2) 高セキュリティサービス：検査結果データなどのような、法令等によって作成や保存が定められている診療文書データを取り扱う場合は、セキュアな管理とデータ連携を実現する必要がある。このため、診療文書データを取り扱う高セキュリティなサービスとして、HL7結果参照登録Webサービスを構成する。このサービスにおいては、診療文書の構造やデータ連携のための標準技術を利用する必要がある。そのため、本システムでは、保存する診療文書データとしてHL7 CDA R2(Clinical Document Architecture Release

2)2]を用いた。HL7 CDA R2は診療文書を交換するための構造と意味を規定した診療文書アーキテクチャである。HL7 CDA R2を利用することにより、部門システムとのデータ連携のコスト削減や、システム更新時におけるデータ損失の防止、将来的な地域医療連携への対応も期待できる。

本システムでは、HL7 CDA R2に準拠したXMLデータをクラウドに格納し、Web サービスを通じ、データの取得や更新を行う。

7.2. HL7 CDA R2 準拠データモデル

HL7 CDA R2による格納データのモデルを図7に、提案システムにおける格納データを図8に示す。

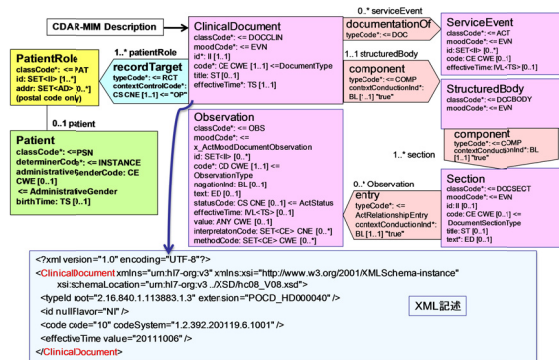


図7 HL7 CDA R2による格納データのモデル



図8 提案システムにおける格納データ

このモデルは、HL7 CDA R2をベースに不要な要素を削除して作成された特定健診データモデル[5]を使用し、本システムにおいて不要な要素をさらに削除したモデルである。データ量(文字数)はHL7 CDA R2では120KBであったが提案システムでは20KBへ削減され、通信量が減り、ネットワークの通信負荷とストレージの使用量が削減された。

HL7 CDA R2は、HL7 V3の実装技術仕様に従い、モデルからXMLへ変換される。特定健診は多くの医療機関で

実施されており、保険者などへのXMLデータの提出が必要なため既存の健診システムなどからXMLデータを利用できる場合が多いと考えられ、データ連携のコスト削減が期待できる。特定健診データモデルの検査項目体系は、日本臨床検査医学会が制定した臨床検査コードであるJLAC10に準拠した17桁のコードを使用している。また、特定健診の検査項目数は約280である。本システムでは、検査結果や個人属性などを設定する特定健診の基本情報ファイルを使用した。基本情報ファイルのデータ量は健診項目数や検査所見の内容などによるが、約20KB~40KBとなる。

7.3. Web サービスの構成

本システムでは、セキュリティ要求に応じて、次の2つのサービス群に分けて実装している。

(1) 一般サービスの構成: 検査結果以外の情報との通信方法は軽量のRESTを用い、検査順序案内Webサービス(図9)とした。RESTは、HTTPメソッドを用いてXML形式のデータを交換できる簡易メッセージ技術であるので、他システムとの連携のコストの低減が期待できる。また、SOAPよりもデータ量が削減できるので、待ち人数や待ち時間、健診終了予定時間の取得など、データ量が少なく、多くの受診者が同時に頻繁にアクセスする場合に通信負荷を軽減できる。検査順序案内Webサービスでは、クラウドのDBサーバに格納されている検査内容情報や案内情報、通過情報などの取得や更新を行う。

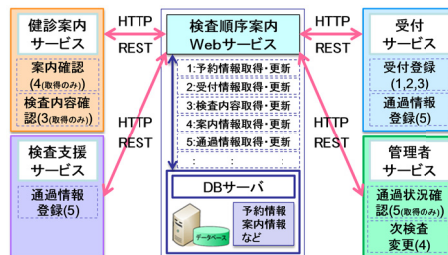


図9 検査順序案内Webサービス

(2) 高セキュリティサービスの構成: 検査結果の通信方法として、セキュアなSOAPを用い、HL7結果参照登録Webサービス(図10)とした。検査結果データを各サービスが取得する場合、SOAPメッセージのBody要素にHL7 CDA R2準拠XMLデータの内容を設定し、通信を行った。HL7結果参照登録Webサービスでは、クラウド上のファイルサーバに格納されているHL7 CDA R2準拠XMLデータに対し検査結果の取得や更新を行う。

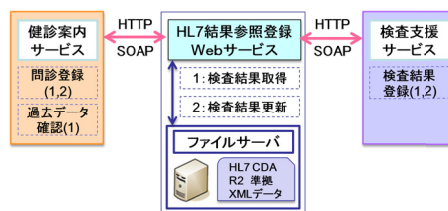


図10 HL7結果参照登録Webサービス

7.4. 医療情報クラウドサービスシステムの実現

本システムは Java 言語を用いて実装した。Web アプリケーション設計には再利用性や保守性を考慮し、MVC モデルに基づくデザインパターンを利用した。View には JSP、Controller には Servlet、Model には JavaBeans を用いて実装した。HTTP サーバには Apache HTTP Server 2.2 を、アプリケーションサーバには Apache Tomcat 6 を、Web サービスフレームワークには Apache Axis2 を、RDBMS には Oracle10g XE を使用した。また、Web ブラウザを利用することによりプラットフォームによらないシステムとした。受診者が携帯するタブレット端末の操作性向上には Ajax 技術を利用し、JavaScript を用いて実装した。Ajax のタイマイイベントを 5 秒間隔に発生させ、XMLHttpRequest を使用し、非同期にサーバとのメッセージ交換を行い、検査待ち時間や待ち人数の表示更新処理を行った。表示更新には DOM を使用し、動的な画面表示を行った。検査室へ受診者を呼び入れる「お入り下さい」画面の起動にも Ajax モデルのタイマイイベントを使用した。5 秒間隔のタイマイイベントにより非同期通信を開始し、REST を用いて Web サービスにアクセスし、受診者が検査開始の状態になったかを確認する。

8. 実証実験による評価と考察

8.1. 実証実験

システム構築後、2011 年 7 月にブラザー記念病院にて、5 人が同時に一日ドックの 18 検査室を移動する実証実験を行い、巡回時間を計測し、従来の固定順と比較評価した。

検査内容は日本人間ドック学会の一日ドック基本検査項目表 平成 23 年度版[3]の検査内容に乳房をオプションで追加したものとした。各検査時間は予定時間の約半分で全員同一とし、検査室に到着した段階で検査が開始されることと仮定して計測した。検査支援サービスの検査開始と検査完了の部分のタイマで自動測定するようシステムを設定し実証実験を行った。

8.2. 実験結果

実験結果を表 2 に示す。

表 2 実証実験結果

	従来通り	タブレット案内	比較結果
平均時間	53.6 分	54.0 分	+0.4 分
標準偏差	8.5 分	4.0 分	-4.5 分

8.3. 評価と考察

(1) 健診案内システムとしての効果と評価: 実証実験により、健診の開始から終了までの時間のばらつきが半減したことから健診時間の予測が可能となる。予測の精度の向上により、受診者サービスの向上が期待できる。平均時間の削減は達成されなかったが、収集したデータを分析した結果、階移動を伴う検査室間の移動時間を多く取り過ぎたことにより、ボトルネックが発生したことが分かった。このような状況に対して、運用しながらモニタし、調整する必要があること

が分かった。本システムでは、実績データ収集に基づき、設定を調整することにより平均時間の短縮が可能である。

(2) SOA に基づくアーキテクチャの評価: 本システムでは、受付サービスや健診案内サービスなどの各サービスから 2 つの Web サービス群へアクセスしているが、SOA を利用したことにより、Web サービスの再利用が可能となり、開発工数が削減された。さらに、クラウドと SOA の適用により、各医療機関の機能の差異を効率的に実現できる。今回は、実証実験のためにシステム変更を行う必要があったが、SOA により機能の再利用性が高まったことで、変更の工数を削減できた。

9. 今後の課題

本システムはプライベートクラウドで構成したが、地域医療連携などでの利用のためにパブリッククラウドへ移行することも可能である[7]。Web サービスを分割して設計したことにより、検査結果データ管理機能のみをパブリッククラウドにし、ハイブリッドクラウドとして構成することも可能である。

今後、スマートフォンやクラウドを活用した、より高度なサービス提供について検討する。

10. まとめ

タブレット端末を利用し、受診者の健診時間や待ち時間が最短になるよう誘導するシステムを、SOA とクラウドコンピューティングにより実現するアーキテクチャとして提案し、プロトタイプの実装を行った。実証実験により、提案アーキテクチャの妥当性を確認した。さらに、健診時間の予測が可能となり、受診者サービスの向上が期待できることも確認した。今後、地域医療連携での利用のためにパブリッククラウドへの移行について検討する。

参考文献

- [1] 厚生労働省、医療情報システムの安全管理ガイドライン (第 4.1 版), <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/02/dl/s0202-4a.pdf>.
- [2] J. Miller, EHR 実践マニュアル: その成功戦略と事例研究, 篠原出版新社, 2009.
- [3] 日本人間ドック学会, 一日ドック基本検査項目表 平成 23 年度版, <http://www.ningen-dock.jp/concerned/kihonkensa-koumoku/pdf/ichinichidock2011.pdf>.
- [4] 及川 浩一 他, 患者案内システムの開発, 第 30 回医療情報学連合大会論文集, Nov. 2010, pp. 1382-1383.
- [5] 大江 和彦 他, 特定健診・特定保健指導における HL7, <http://www.hl7.jp/docs/26th-2.pdf>.
- [6] 大前 浩司 他, 携帯電話を用いた個人適応型外来患者案内システムに関する考察, 第 30 回医療情報学連合大会論文集, Nov. 2010, pp. 957-958.
- [7] A. K. Soman, Cloud-Based Solutions for Healthcare IT, Science Publishers, 2011.