

3D 電子紹介状による患者サービスクラウドモデルの実現

An Approach on Patient Service Cloud Model by 3D Electronic Referral Letters

野地 保† Tamotsu Noji 真山 紀† Osamu Mayama 荻野 正キ Tadashi Ogino 安達 大貴† Taiki Adati 石川 希人† Mareto Ishikawa

1. まえがき

病院と診療所やかかりつけ医との広域連携医療分野では、それぞれの医療機関の持っている特有の機能や医療機器、医療情報の共同利用などその役割を分担する必要がある。患者サービスの共有化方式として、各医療機関の地域連携室の患者紹介業務を患者サービスクラウド¹⁾として実現し、その運営を独立させる方式により広域連携医療を促進することを提案する。患者サービスクラウドを安い費用で利用できるエンタプライズモデル²⁾を構築することで、診療所等でも3D電子紹介状(3DERL:3D electronic referral letters, 以降、3DERLと略す)や電子カルテサービスを受けることが出来る。以上から、本論文では、クラウドコンピューティング³⁾の応用として、患者サービスクラウド方式を提案し、クラウド向け3D画像のポータビリティ評価と3DERLによるパーソナルクラウドの実装を試みシステムの性能面について検証する。

以下、2. では患者サービスクラウドの方式設計、3. では3DERLクラウドの実現、4. では妥当性検証と考察を議論し、最後に5. で本方式についてまとめる。

2. 患者サービスクラウドの方式設計

2.1 クラウド化の目的と事業モデル

(1) クラウド化の目的

広域連携医療(GCM: Global Collaboration Medical)クラウド化⁴⁾の目的は、電子カルテや電子紹介状システムなどの患者サービス(PS: Patient Service)と患者情報を個々の医療情報システムやPCに常駐(インストール)させるのではなく、ネットワーク上のサーバに共有させて診療所や病院が連携することにより医療情報システムの初期投資と運用コストを削減することである。以降、我々は患者サービス(PS)を基本に議論するため、一般的に使われるサービス(S: Service)をPSに置き換えた表現を用いる。Fig. 1に我々が提案する患者サービスクラウドの階層を示す。

クラウドの上位概念としてXaaPSがあり、サービス群には、電子紹介状ソフトウェア(SaaPS)、ベンダあるいはGCM専用フレームワークで構成するプラットフォーム(PaaPS)、PCやネットワーク、画像DBで構成されるインフラストラクチャー(IaaPS)がある。以下、本論文では、3DERLをSaaPSとして位置付けて議論する。

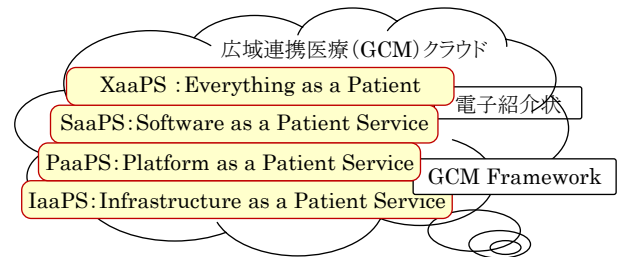


Fig. 1 Patient service hierarchy in GCM cloud

(2) 患者サービスのクラウド化

400床規模の中核病院では、院内ネットワーク(イントラネット)により整備統合されたHIS(Hospital Information System)、RIS(Radiology Information System)、PACS(Picture Archiving and Communication System)などの医療情報システムのインフラが整備されている。Fig. 2に患者サービスの流れを示す。

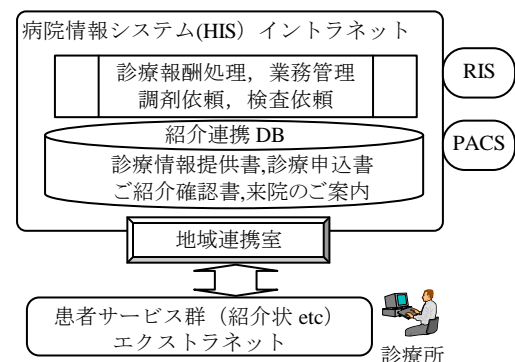


Fig. 2 Flow of patient service

中小病院や診療所からの患者サービス群に関するすべての患者情報は、地域連携室⁵⁾に集められ、HISの紹介連携DBで一元管理される⁶⁾。本論文では、患者サービス群、特に3DERLから提供される患者診療情報による診断支援を中心とする患者サービスのクラウド化について提案する。

(3) 処理件数の設計目標とコスト

我々は、実際に中核病院における機器導入、紹介状持参件数などの調査研究を行った。その結果、紹介状持参件数は約800件/月、年間1万件以上となる。また、紹介状を作成する件数は320枚/月、年間約4,000枚となる。8時間/日、20日/月の稼働率とし、1時間あたりの紹介状持参件数Nと作成件数Mの設計目標を設定する。

$$N = 800/20/8 = 5 \text{ 件/時間} \quad (1)$$

$$M = 320/20/8 = 2 \text{ 件/時間} \quad (2)$$

†東海大学情報通信学部

‡三菱電機インフォメーションテクノロジー(株)

紹介状作成代は一件あたり 2,500 円, 多くの大病院では, 紹介状なしの初診料は約 3,000 円である. 紹介状業務における 1 ヶ月あたりの収益は,

$$0.25(\text{万円}) \times 320(\text{件数}) = 80(\text{万円/月})$$

となり, 病院において紹介状代は大きな収益となっているとともに患者にとっては, 大きな負担になっているのが現状である.

(4) 画像関連機器の初期投資と運用コスト

レントゲンや CT, MRI の導入コストは 400 床の中病院では, 約 1~1.5~2 億円/台である. 電子カルテの導入には初期導入コストで約 3 億円, メンテナンスや改良などの運用コストは数百~数千万円である. 小病院や診療所では, 中病院ほどのコストはかからないが, 安いものでも初期投資と運用コストを合わせて, 初年度 5 百万円以上が必要である.

(5) 患者負担コスト

患者が診察の際にかかる費用として, 診察代以外に撮影代, 紹介状の 2 点が挙げられる.

Fig. 3 にレントゲン, CT, MRI の撮影にかかるトータルコストを示す.

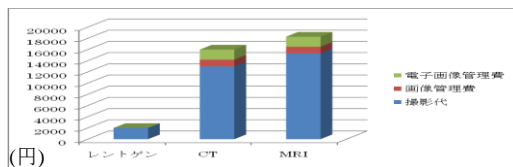


Fig.3 Total cost of image management

レントゲンは撮影枚数によるが, 1,000 円~3,000 円, CT と MRI はそれぞれ 13,000 円, 15,300 円の撮影代がかかる. また, CT と MRI には画像管理費と電子画像管理費がそれぞれ 1,200 円, 1,800 円かかる. レントゲンはフィルムのためこれら管理費がかからない.

(6) クラウド化とコスト

クラウド化には, 以下の議論がある.

- ①クラウドの開発費用は, いくらで, 誰が負担するのか.
- ②病院とクラウド間の通信費用などクラウドサービスの運用費用は, どのくらいで, 誰が負担するのか.

①に関しては, 我々が提案するクラウドは, クラウド開発費用は, 第三者機関のソフトウェア開発機関が負担し, 運用も第三者機関である運用会社が負担, 顧客である病院, 診療所は, 定額制の使用料または, 毎回使用料を支払うエンタプライズモデルである. 従って, クラウド化に伴い顧客側で新たな運用コストやメンテナンス費用は, 発生しない.

今回の実装モデル構築に 3 ヶ月を要したことから, 提案するクラウドの開発費用見積もりは, 運営会社でソフトウェア開発費用 (人工費を 3,125 円/時間と仮定) 負担を行うとすると,

$$3,125 \text{ 円/時間} \times 8 \text{ 時間/日} \times 20 \text{ 日/月} \times 3 \text{ ヶ月} = 150 \text{ 万円}$$

となる. 顧客 (病院, 診療所など) への費用負担は, レンタルが前提であり,

- 定額料金制度では, 1 万円/月
 - 毎回使用料制では, 100 円/一回
- となる.

②に関しては, 病院とクラウド間の通信コストは, 専用回線か ADSL, 光回線など定額制が一般的であり, クラウド化に伴い新たな通信費用負担は, 発生しない.

従来の C/S 方式のシステムをクラウドに移行した場合の通信運営費用 (ベンダへの使用料) は, 従来の初期投資で 70~80 万円クラスの C/S システム規模 (共有型ネットワーク最大 100Mbps, 性能指標 0.5score~8score, メモリ 1GB~16GB, ディスク 30GB~, CentOS 32bit/CentOS 64bit), 保守費 10~30 万円/年 (5 年契約) とすると,

クラウド環境下での同等システム機能のベンダへの使用料は, 8,400 円程度/月 (年額でも約 10 万円), 保守費 0 円, となる.

2.2 仮想患者サービスクラウドの構築

我々が提案する患者サービスクラウドは従来の HIS は温存しつつ, 3DERL サービスの追加を可能とするエンタプライズモデルである. しかしながら, ①中核病院の大規模ネットワークが, 大容量の 3DERL の送受信に伴うトラフィック量増大に堪えるか, ②リアルタイムで動いているシステムを停止することなく移行する場合に発生する問題点の洗い出し, ③個人情報である患者情報をクラウドのデータセンタにすべて移行するには, データの保全性などセキュリティ面での不安がある, など多くの検討すべき課題が存在する. そこで, システム移行に伴う課題を洗い出す目的で, 事前検証システムとして仮想患者サービスクラウドを構築した. Fig. 4 に構築した仮想 3DERL 患者サービスクラウドを示す.

基本となるシステムは, P2P システム評価で利用した仮想診療所 (Virtual clinic) ⁶⁾ であり, このシステムを改良して, 仮想病院 (Virtual clinic) を野地研究室イントラネット上にパーソナルクラウド (Personal cloud) として構築した. 仮想連携室には画像 DB サーバを設置する. Virtual clinic は, 光ケーブル (100Mbps) で大学外のエクストラネット環境に接続した構成である. Virtual HIS は, イントラネットとエクストラネット両方に接続した構成とし, ネットワーク環境は, 病院内実環境に近い. 仮想診療所の構成もクラウド導入後の実環境と同じである. プラットホーム PaaS の実装は, Java 実行環境, Web アプリケーションサーバ環境は, Java サーブレット環境, サービス API は, Java 標準 API を, ベンダフレームワークは, Google App Engine (GAE) を活用した.

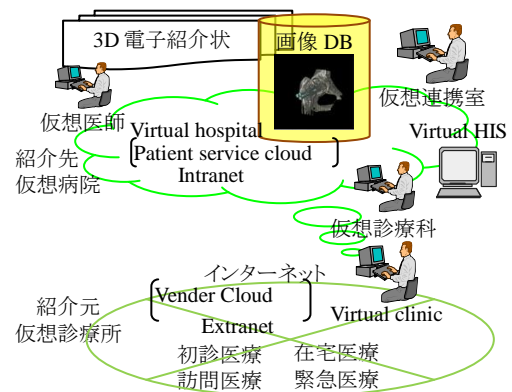


Fig. 4 Virtual patient referral letters cloud

実装に用いた PC 構成は、OS 環境は仮想連携室 PC が Vista64, 仮想医師が Vista32, 仮想診療科と Virtual HIS, Virtual clinic は、Windows XP である。LAN 環境は、1Gbps である。仮想診療所は、在宅診療、遠隔画像診断機能を想定して Web カメラを備える。

3. 3D 紹介状クラウドの実現

現在電子紹介状は、2D 画像を扱うものが多く、主に CD-ROM 媒体などにより、オフラインで情報交換されている。我々は、サイバネットシステム(株)の INTAGE シリーズリアリア (Realia) で合成した 3D 合成画像 (IVP ファイル) をクラウドでサービス提供することを前提に 3DERL を開発した。3D 構成は基本的に VR(Volume Rendering)と VE (Virtual Endoscopy) が選択できる。3D 再生はフリーソフトであるポリュウム・プレイヤー (IntageVP) で行う。本章では、3D 合成による画像圧縮率の評価を行い、3DERL を実装した患者クラウドサービスの検証を試みる。

3.1 3D 画像圧縮率の評価

患者クラウドサービスでは、3DERL 管理業務として 3D 画像 DB 管理 PaaS や 3DERL の保管と紹介先への転送サービスが発生する。合成後の IVP ファイルをクラウドで共有する方式とするため、クラウド上の IVP ファイルの送受信に伴うトラフィック量の増大が懸念される²⁾。本節では、2D 画像から 3D 画像へ合成する場合の圧縮率の評価を 10 種類の画像を用いて行う。

(1) 評価方法と条件

Fig. 5 に評価の対象とした DICOM 形式の X 線 CT 画像とリアリアで合成した大腿部の 3D 画像合成圧縮例を示す。

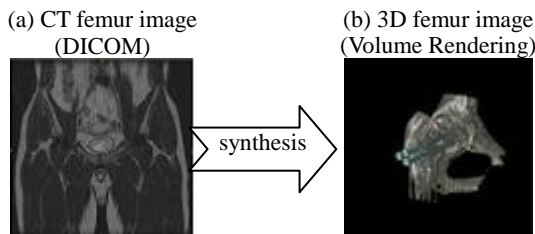


Fig. 5 Synthesis from 2D image to 3D image

用いた合成前の 2D データサイズは、1.4MB~127MB である。評価方法は、リアリアを用いて 2D 画像から 3D 画像に合成して IVP ファイルサイズを求め、合成前ファイルサイズ a と合成後のファイルサイズ b の比較により、圧縮率 x を求める。

$$x = 1 - \frac{b}{a} \quad (3)$$

合成評価項目を次の 3 点とする。

① 合成前と合成後の圧縮率

合成対象となる 2D 画像の任意枚数部分を合成箇所と呼ぶ。項目①は、合成する 2D 画像の枚数や合成箇所には注目せず、全体としてのデータサイズの圧縮率に注目した比較項目である。Table 1 に評価に用いた 10 種類の 2D データを示す。

② 合成枚数の圧縮率に与える影響

Table 1 で使用した No.1 の MRI brain surface の合成前のデータは、1 枚当たり 129KB である。合成する 2D 画像の枚数を 10 枚から始め 10 枚単位で増やし、100 枚の合成まで行い、圧縮率の変化をみる。

③ 合成箇所と圧縮率との関係

合成箇所は最低 2 枚の 2D 画像で構成される。合成する 2D 画像の枚数を 1~2 枚目、2~3 枚目、・・・、10~11 枚目と合成箇所をオーバーラップさせながら 2 枚ずつ合成することにより圧縮率に変化が出るかを確認する。

また 2D 画像の 1 枚目~11 枚目を 2 枚ずつ合成したファイルサイズ m と、1 枚目~11 枚目をまとめて合成した場合のデータサイズ n を比較し、最適化率 y を探る。

$$y = 1 - \frac{n}{m} \quad (4)$$

(2) 評価結果と考察

Table 1 に合成前と合成後のデータサイズと圧縮率①の結果を示す。

Table 1 Comparison of Compression ratio

NO.	データ名	前(MB)	後(MB)	圧縮率
1	MRI brain_surface	15.1	6.2	58.9
2	大腿部	1.4	1.0	28.6
3	歯科用データ	63.9	44.0	31.1
4	Stomach	76.6	33.1	56.8
5	Broncho	127	59.8	52.9
6	CT Head	77	38.1	50.5
7	Ankle	64.4	21.1	67.2
8	Colon	63	28.6	54.6
9	Brain_nerve	33.8	20.0	40.8
10	大動脈瘤	64.5	18.6	71.2

圧縮率は 28.6%~71.2% と画像データによって大きく差が出ている。合成枚数の圧縮率に与える影響②で合成枚数を 10 枚から 100 枚まで変化させた結果、圧縮率は、53.6%~57.2% となり、大きな差が生じなかった。合成箇所と圧縮率との関係③も画像データに寄る差は生じなかった。2 枚ずつ合成したサイズの合計よりも、1~11 枚をまとめて合成したデータサイズのほうが小さくなるという結果が出た。最適化率は 48.8%~69.0% であり、平均値は 56.8%、標準偏差は 0.0589 である。結果、一括合成では最適化によりデータサイズを約半分以上小さくすることが出来る。結果から、IVP ファイルは、平均約 50% の容量軽減が可能であることが分かった。

3.2 3D 紹介状 SaaS の実装

3DERL とは、電子紹介状に画像参照をするための 3D ボタンを設け、このボタンをポリュウム・プレイヤーとリンクさせ、電子紹介状上で 3D 画像を表示する SaaS として実装する (Fig. 6)。

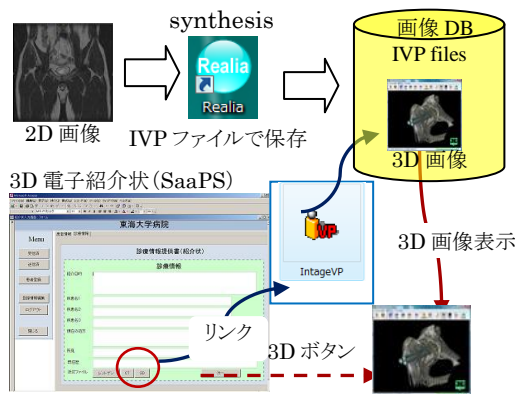


Fig. 6 Implementation of 3DERL SaaPS

紹介状を作成する医師は、クラウド上のリアリアを使用して 3D 画像を作成し、加工等の作業を行った後、IVP ファイルとしてクラウドにデータを転送保存する。また紹介先の医師は、電子紹介状の 3D ボタンをクリックすればクラウド上のボリューム・プレイヤーを利用して 3D 画像を閲覧できる。

4. 妥当性検証と考察

3D画電子紹介状は、①クラウドでのファイル容量の削減、②3D画像のポータビリティ向上、③ファイル転送時のトラフィック競合の軽減、④高いコストパフォーマンスの実現、⑤導入コストの削減、など性能面と機能経営面について期待できる。また、システム移行に関する課題②については、クラウドシステムとの併用運用期間を設けることにより、問題がないことが判明した。

(1) 3D画像のポータビリティ

3章1)の評価結果から画像の圧縮は、合成する画像の内部構造や、合成する枚数および最適化率に依存し、圧縮率の比較では、10種類の画像データの内、7種類が合成前の半分以下の容量に圧縮できた。3D画像容量は、Table1から10種類すべての合計でも300MB以下である。DVD4.7GBに3D画像が、約150枚入ることになり、2Dに比べて約2倍のポータビリティ性が向上する。

(2) ファイル転送速度

ファイル転送速度は、ファイル容量に依存することが分かっており⁶⁾、この7種類のデータは、トラフィックも50%以下にすることが可能だと考えられる。

① 験方法と実験環境の設定

Fig.4の仮想環境を基に構築したファイル転送実験環境をFig.7に示す。

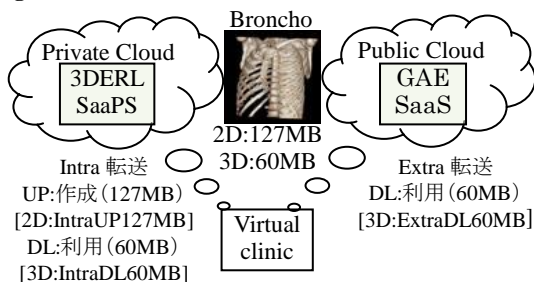


Fig. 7 Experimental Environment

②ファイル転送実験結果

ファイル転送実験結果をFig. 8に示す。

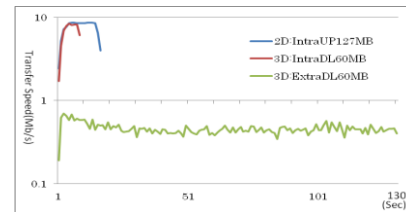


Fig. 8 Experimental result of communication time

電子紹介状作成時の転送時間は、平均17秒程度、利用時は、イントラネットでは9秒程度であるが、エクストラネットでは、平均131 (2分11秒)秒であり、連続処理では、151秒 (17+9+131) かかる。一時間あたりの最大処理件数は、23件、一日あたり (8時間稼働) 184件、1ヶ月あたり (20日稼働) 3,680件となり、クラウド化による影響はないことが判明した。

5. まとめ

本論文では、広域連携医療における3DERLによる患者サービスクラウドについて、3D画像評価を行い、パーソナルクラウドでの実装を行った。また、このクラウドが性能面においても実エンタプライズシステムとしてほぼ有効であることを明らかにした。患者サービスクラウドによって、各医療機関で異なる電子カルテ仕様を吸収できる患者サービスの提供が可能となる。

今後の課題としては、3DERLの在宅医療への拡張化が挙げられる。

参考文献

- 野地保, 石川 希人, 荻野 正, “哀情報による救急救命在宅ホームクラウドの提案”, FIT2011,RO-001,pp.99-102(2011)
- 北村浩之, 野地 保, 福士博之 et al, “P2P 型広域仮想診療所インタプライズモデルの設計”, 電子情報通信学会 SWIM 研究会, 信学技報 Vol.109, No.192, SWIM2009-9, pp.23-28(2009)
- 野地保, 荻野正, 周藤安造, “医用画像工学における医療クラウドの有効性”, Med imagTech28, 189-193, 2010
- 野地保, 北村浩之, 湊 祐輔 et al : 3D 支援の患者サービスクラウドによる広域連携医療の実現, 電子情報通信学会 MI 研究会, 信学技報 Vol.109, No.407,MI2009-99 : 127-132, 2010
- 繁田亜友子, 原田雅樹, 周藤安造 : 静岡県版電子カルテシステムに基づく地域医療連携を目的とした電子紹介状管理システムの開発. Med Imag Tech, Vol.25, No.3: 160-164, 2007
- 野地保, 有野真史, 周藤安造 : 3D 画像支援の P2P 型医療連携アーキテクチャの構築と評価, Med Imag Tech, Vol.28, No4 :1-7, 2010