

XML-Web サービスを利用した モバイル 3D 電子カルテシステムに関する研究

中山 浩太郎[†] 原 隆浩[†] 西尾章治郎[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻
〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5
E-mail: {nakayama.kotaro, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

近年、電子カルテに代表される医療分野での情報化・電子化が急速に進んでいる。特に、患者情報を PDA で閲覧する病院内モバイル技術や 3D-CG の医用イメージ技術を用いた新しいカルテ等の研究が盛んである。そのため、医療の現場ではモバイル端末上で 3D 医用イメージを閲覧できるシステムが要求されている。しかし、PDA や携帯電話をはじめとするモバイル端末では、搭載できる CPU の性能やメモリ量、バッテリー等が問題となり、多くの計算が必要となる 3D-CG のレンダリング処理エンジンの実装が未だ不十分である。そこで、本研究では、筆者らが開発したモバイル端末用 3D フレームワーク「3D-Raven」を電子カルテに導入することにより、モバイル端末上でも利用可能な 3D 電子カルテシステムを実現した。

Mobile 3D Electronic Medical Record system based on XML Web service

Kotaro NAKAYAMA[†] Takahiro HARA[†] Shojiro NISHIO[†]

[†]Dept. of Multimedia Eng., Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

Medical information technologies, such as EMR(Electronic Medical Record), have dramatically advanced in the past few years. Especially, “mobile” and “medical imaging (3D)” are important keywords in the stream. However, high-quality 3D graphics still remain beyond the computational capability of mobile device because of the limitation of CPU, memory, battery, and so on. In this paper, we propose a 3D framework for mobile device, which we call “3D-Raven”. This enables mobile device to render high-quality 3D graphics.

1 はじめに

近年、病院や介護施設等の医療分野で患者の情報を管理するための電子カルテが大きな注目を集めている。厚生労働省が、2006 年度までにカルテの 6 割、レセプト(診療報酬明細書)の 7 割を電子化することを目標とする「保険医療分野の情報化にむけてのグランドデザイン」を推進する等、電子カルテに対する需要は年々増加する一方である。特に、最近では患者情報を PDA で閲覧する病院内モバイル技術や、3D-CG を利用した医用イメージ技術等が活発に研究されている。そのため、医療の現場ではモバイル端末上で 3D-CG の医用イメージを閲覧できるシステムが要求されているが、PDA や携帯

電話をはじめとするモバイル端末では、搭載できる CPU の性能やメモリ量、バッテリー等が問題となり、多くの計算が必要となる 3D-CG のレンダリング処理エンジンの実装が未だ不十分である。そこで、本研究では、筆者らが開発したモバイル端末用 3D フレームワーク「3D-Raven」を電子カルテに導入することにより、モバイル端末上でも利用可能な 3D 電子カルテシステムを実現した。

本稿では、まず本研究を遂行するに至った社会的背景と諸研究の状況について解説する。次に、システムの設計と実装について説明する。そして最後に完成したシステムを評価し、今後の展望についてまとめる。

2 研究の背景

2.1 医療分野における電子化

現在、紙ベースのカルテを利用している病院では、医師と看護婦の勤務時間の50%以上は患者情報を蓄積することや検索すること、またはその整合性を調整することに費やされていると言われている[1]。これは、医師や看護婦だけでなく、事務員や施設外の関係者、患者にも影響を与えており、多くの時間とコストが浪費されている。そこで、病院内業務の効率化を図るために、電子カルテシステムが数多く研究・開発されている。

その中でも、病院内ネットワークを利用した電子カルテシステムの研究が活発になってきている[2, 3, 4, 5, 6]。一昔前には、病院内での無線LANはペースメーカーをはじめとする医療機器に影響を与えると懸念から利用されていなかった時代もあった。しかし、欧米では、現在既に多くの病院が無線LANを導入しており[1]、2000年には約26%の普及率だったPDAも、2002年には約60%にも増大した[2]。この数値は今後ますます増加することが見込まれており、病院内におけるペーパーレス化とワイヤレス化が急激に進んでいる。

2.2 医用イメージング

医用イメージングとは、CT (Computed Tomography) やMRI (Magnetic Resonance Imaging) 等の計測結果を利用し、人間が見ることができない生体内の構造や機能を可視化する技術の総称である。医用イメージングは、単に医師が診断に利用するだけでなく、手術シミュレーション[7]や各種計測[8]等、幅広い用途で利用されており、現在の医療に欠かせない技術となっている。特に、患者が検査結果等について医師や看護婦から十分な説明を受けて治療を行うことを目指したインフォームドコンセントの現場においては、患者が理解しやすいように視覚化する医用イメージングは、大きな効力を発揮する。

医用イメージングの技術としては、X線イメージングや磁気共鳴イメージング、超音波イメージング等が存在する[9]。CTやMRI等のイメージング装置の発達は著しく、高品質の3D医用イメージが短時間で得られるようになった[10]。また、よりリ

アルな表現手法やデータフォーマットについてもいくつか研究が行われている。例えば、Wakitaらは、LatticeモデルとXMLベースの3Dフォーマット「XVL」を利用して、CTやMRIの計測結果を3D化する研究を行っている[11]。

しかし、3D化した医用イメージをリアルタイムでレンダリングするためには、多くのコンピュータリソースを必要とするため、CPUやメモリ等で制限の多いモバイル端末上では実行することができないのが現状である。これでは、高性能なコンピュータが設置されている場所(コンピュータ室や診断室)等限られた場所でしか患部情報の確認ができない。そのため、重症や体力がない等の理由で移動ができない患者は十分な説明を受けることができないという問題点がある。

2.3 モバイル端末上での3D-CG

近年、携帯電話やPDAの爆発的な普及に伴い、モバイル端末上での3D-CGに対するニーズが高まってきた。モバイル端末上で3Dのグラフィックスを描画するための手法やICチップが研究・開発されており[12, 13, 14]、簡単なオブジェクトやライティング等の描画が可能となっている。例えば、Kameyamaらが開発したグラフィックLSI「Z3D」[14]は、省電力でオブジェクトのリアルタイムなレンダリングが可能である。

しかし、これらの手法はすべてモバイル端末でレンダリングを行うため、デスクトップ型の端末に比べると描画できるポリゴン数が少なく、描画スピード(フレームレート)も遅い。また、ボリュームレンダリングやラジオシティ、透過処理等、複雑で計算量の多いレンダリング処理はまだ実現できていないのが実情である。これは、CPUやメモリに制限の多いモバイル端末上では、計算量の多いリアルタイムの3D-CGレンダリングは不向きであることに起因する。

3 システム概要

本研究では、上記の問題を解決し、モバイル端末上でリアルタイムに3Dの医用イメージが閲覧できる電子カルテシステムを構築した。本システムは、患者情報を管理するための電子カルテ(EMR:

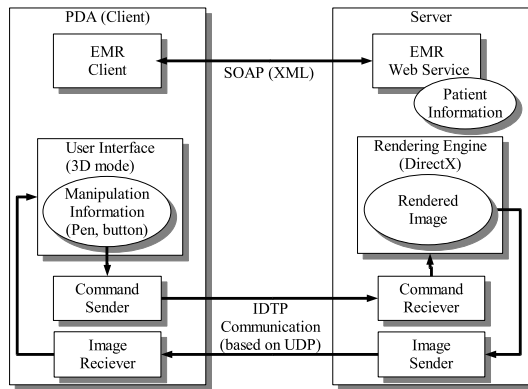


図 1: システム構成図

Electronic Medical Record) モジュールと、3D-CG で患者の医用イメージを閲覧するためのフレームワーク「3D-Raven」から構成される。本システムの構成図を図 1 に示す。

以下では、各モジュールの詳細について説明する。

3.1 XML-Web サービスを利用した電子カルテ

本研究において、患者情報を管理するための電子カルテモジュールは、XML-Web サービスを利用して構築した。XML-Web サービスを利用して電子カルテを開発する利点は大きく以下の 3 点である。

- 情報共有
PDA で入力した情報は即時にサーバへデータ送信されるため、スタッフ同士は常に最新の情報を共有できる。
- 拡張性
Web サービス同士を組み合わせることで新しい機能を開発することが容易にできる。例えば、患者の基本情報を提供する Web サービスと社外の Web サービス（例えば食品情報の Web サービス）を組み合わせ、献立を立案するシステムを開発することができる。これは、システムの内部設計を知らなくても、公開されているサービスの仕様がわかれば開発可能である。
- 高度なユーザインタフェース
XML-Web サービスを利用したアプリケーションは、プラットフォームに用意されたグラフィックライブラリが利用できる。そのため、HTML

ベースの Web アプリケーションに比べ、高度な描画処理を実装したアプリケーションを作成することができる。

上記の特徴の中でも特に、高度なユーザインタフェースが開発可能である点は、本研究においてグラフィックの描画や 3D-CG の描画機能を実装する上で重要なポイントである。

本システムにおける電子カルテモジュールの機能を以下に示す。

- 患者情報管理機能
患者情報を閲覧・検索・追加・修正・削除する機能。
- 診断記録機能
患者の診断結果を記録する機能。
- 手書きメモ機能
ペンによる手書きメモを実現する機能。
- 医用イメージング機能
3D 医用イメージをリアルタイム描画する機能。
- 複数ユーザ同時閲覧機能
複数のユーザが 3D 医用イメージを共有する機能。

3.2 モバイル 3D フレームワーク「3D-Raven」

本研究では、モバイル端末において CT や MRI の検査結果の 3D 医用イメージをリアルタイムに描画するために、提案者らが開発したモバイル 3D フレームワーク「3D-Raven」を利用した。3D-Raven は、モバイル端末上で 3D-CG を表示・操作するためのフレームワークである。3D-Raven の特徴は、サーバサイドでレンダリングを行い、その計算結果をクライアントに表示することである。これにより、クライアント（PDA）に負担をかけずに複雑なレンダリングが可能となる。

サーバサイドでレンダリングを行うシステムとしては、Lamberti らが開発した手法 [15] 等がある。Lamberti らが開発した手法は、通信プロトコルに TCP/IP を利用している。一方、3D-Raven では、UDP (User Datagram Protocol) をベースにした独自通信プロトコルを開発し、通信に利用した。通

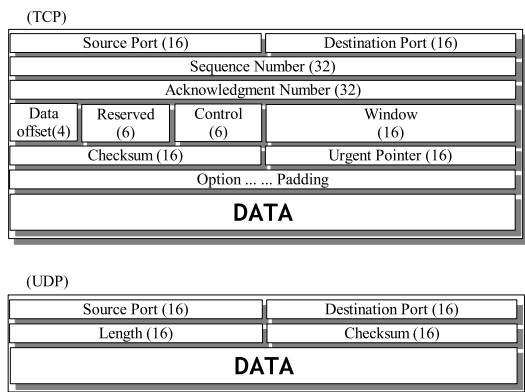


図 2: TCP と UDP のヘッダの比較

信相手にデータが届くことを保障する TCP に比べ、UDP は伝送確認や順序制御を行わないため信頼性が低下するものの、ヘッダ量が非常に少なく、高速な通信を実現することができる。本研究のように、毎秒数フレームから数十フレーム送信するようなシステムでは、データ損失等により 1 フレーム分のデータがスキップされたとしても、直ちに次のフレームのデータが到着する。そのため、信頼性よりデータの軽量化を優先することで描画速度を高速化することができる。UDP と TCP/IP のヘッダの比較を図 2 に示す。括弧内の数値はビット数である。

4 実装と性能評価

前章のシステム設計に基づいて、3D 電子カルテシステムを実装し、実験を行った。本章では、性能評価のために行った実験の環境および結果を示す。

4.1 実験環境

本実験で利用した、モバイル端末 (PDA) のスペックを表 1 に示す。

XML-Web サービスは、Microsoft C# .NET を利用して開発した。また、サーバサイドでのレンダリングエンジンには DirectX 9.0 を利用した。

4.2 実験結果

本システムにおける電子カルテ機能 (患者情報の検索機能と閲覧機能、手書きメモ機能と診断記録機

表 1: クライアント環境スペック一覧

Environment	Specification
PDA	HP iPaq h5550
OS	PocketPC 2003
CPU	Intel Xscale 400 MHz
Memory	128 MB SDRAM, 48 MB Flash ROM
Network	built-in WLAN (IEEE 802.11b)
Display	TFT LCD, 240 x 320, 16-bit colors



図 3: 患者情報の検索機能と閲覧機能

能) を実行した画面を図 3 と図 4 に示す。

3D 医用イメージをレンダリングしている様子を図 5 に示す。

本システムでは、3D 医用イメージの表示機能として、表示・回転・拡大・縮小を実装した。3D-CG の表示・回転・拡大・縮小機能を図 6 に示す。

システム性能としては、4FPS (Frame Per Second) の描画速度を実現することができた。また、複数クライアントでの同時検証にも成功した。これにより、スタッフが集まり、3D-CG を閲覧しながらミーティングする等の用途に利用可能となった。複数ユーザ同時閲覧機能を利用している様子を図 7 に示す。

5 まとめ

本研究では、XML-Web サービスを利用した電子カルテシステムを、提案者らが開発したモバイル端末用 3D フレームワーク「3D-Raven」上に実装す



図 4: 手書きメモ機能と診断記録機能

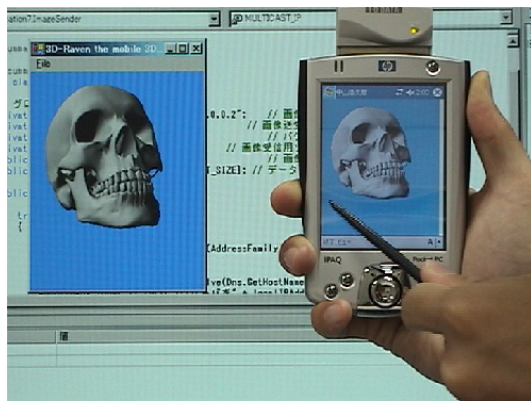


図 5: 3D 医用イメージのレンダリング

ることにより、モバイル端末上から 3D の患部情報を閲覧可能なシステムを開発した。本システムを利用すれば、重症などの理由でベッドから移動できない患者であってもベッド上で医師の説明を受けることができるため、より高品質なインフォームドコンセント実現のための基盤を築くことができた。

また、本システムでは、通信プロトコルとして UDP のマルチキャストを利用することにより、複数ユーザ同時閲覧機能を実現した。複数ユーザ同時閲覧機能により、医師や看護師同士のミーティングにおいて、3D 空間を共有しながら協調作業ができるようになった。

本システムで利用した 3D-Raven は、幅広い分野での応用が可能である。例えば、建築業界への応用が考えられる。建築現場では、発注者・設計者・各種施工者など、複数の業種の作業員が一つの構造物

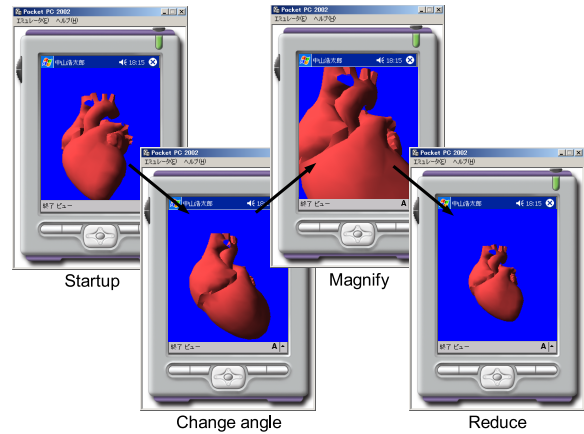


図 6: 3D-CG の表示・回転・拡大・縮小機能

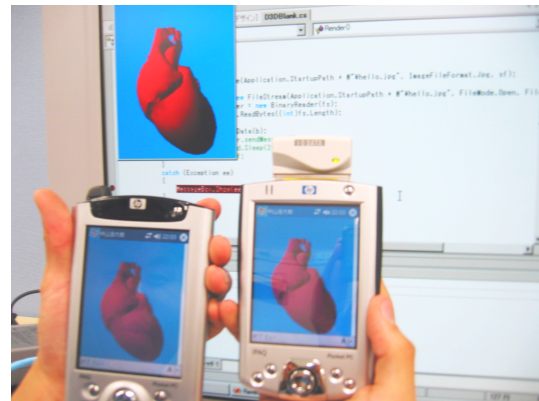


図 7: 複数ユーザ同時閲覧機能

に対して協調作業を行う必要がある。このような状況において、各自がモバイル端末の上で 3D-CG で構造物を確認しながら実際の建築物と比較するような利用が可能である。

また、本技術はエンターテインメント分野へも応用できると考えられる。例えば、リアルタイムに 3D のレンダリングを行うようなゲームを開発することが可能であるため、次世代モバイル 3D ゲーム端末実現へのブレイクスルーとなることが期待される。

謝辞 なお、本研究の成果は、Microsoft 社が主催したプログラミングコンテスト「Imagine Cup 2004 日本大会」において最優秀賞および C Magazine 賞をいただいている。受賞に際して、Microsoft 社の古川専執行役をはじめとする審査員の方々には、研究に対する種々のご意見をいただいた。ここに記するとともに、感謝の意を表す。

参考文献

- [1] M. Anacona, G. Dodero, V. F. Minuto, and M. Guida, "Mobile computing in a hospital: The WARD-IN-HAND," Proc. of the 2000 ACM Symposium on Applied Computing, pp. 554–556, 2000.
- [2] W. Gillingham, A. Holt, and J. Gillies, "Hand-held computers in health care: What software programs are available?" The Information Science Discussion Paper Series, No. 2002/05, pp. 1–17, 2002.
- [3] A. E. Carroll, S. Saluja, and P. Tarczy-Hornoch, "Development of a Personal Digital Assistant (PDA) based client/server NICU patient data and charting system" Proc. of the AMIA Symposium, 2001.
- [4] A. Petrovski and J. Grundy, "Web-enabling an integrated health informatics system" Proc. of the 7th International Conference on Object-Oriented Information Systems, 2001.
- [5] S. Morton and O. Bukhres, "Utilizing mobile computing in the wishard memorial hospital ambulatory service" Proc. of the 1997 ACM Symposium on Applied Computing, pp. 287–294, 1997.
- [6] O. A. Bukhres, S. Morton, and M. Mossman, "Mobile computing architecture for a battlefield environment" International Symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications, pp. 130–139, 1996.
- [7] M. H. Gross, "Computer graphics in medicine: From visualization to surgery simulation" ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol. 32, pp. 53–56, 1998.
- [8] B. Preim, C. Tietjen, W. Spindler, and H. Peitgen, "Integration of measurement tools in medical 3D visualizations" Proc. of the Conference on Visualization '02, pp. 21–28, 2002.
- [9] 遠藤真広, "医用イメージング技術の最新の発展" 電子情報通信学会論文誌, Vol. J87-D-2, No. 1, pp. 3–18, 2004.
- [10] M. R. Stytz, G. Frieder, and O. Frieder, "Three-dimensional medical imaging: Algorithms and computer systems" ACM Computing Surveys, Vol. 23, No 4, pp. 421–499, 1991.
- [11] A. Wakita, T. Hayashi, T. Kanai, and H. Chiyokura, "Using Lattice for web-based medical applications" Proc. of the sixth International Conference on 3D Web Technology, pp. 29–34, 2001.
- [12] T. Vainio and O. Kotala, "Developing 3D information systems for mobile users: Some usability issues" Proc. of the second Nordic Conference on Human-Computer Interaction, pp. 231–233, 2002.
- [13] T. Akenine-Moller and J. Strom, "Graphics for the masses: A hardware rasterization architecture for mobile phones" ACM Transactions on Graphics, Vol. 22, No. 3, pp. 801–808, 2003.
- [14] M. Kameyama, Y. Kato, H. Fujimoto, H. Negishi, Y. Kodama, Y. Inoue, and H. Kawai, "3D graphics LSI core for mobile phone Z3D" Proc. of the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS Conference on Graphics Hardware, pp. 60–67, 2003.
- [15] F. Lamberti, C. Zunino, and A. Sanna, "An accelerated remote graphics architecture for PDAs" Proc. of the eighth International Conference on 3D Web Technology, pp. 55–61, 2003.