

ユビキタス医用画像診断トレーニングシステムの開発

布 樹輝[†] 近藤 健悟[†] 須田 昌弘[†]
吉田 昌史[†] 坂本 考弘^{††}
松田 伊久磨^{††} 山崎 雅和^{††}

臨床の現場では超音波や X 線 CT、MRI といった手法により生体内の性状が画像化され、医師はそれを見ることで診断、治療を行っている。しかし、得られた生体画像から生体の性状を把握するのは容易なことではなく、熟練を要する。そこで本プロジェクトでは、「医師および医師を目指す者の診断技術の向上を支援すること」を目的としたシステムを開発した。具体的には病例の検索システム、クイズ形式のトレーニングシステムをデスクトップマシンとモバイルマシンにて提供する。モバイルマシンを使用すれば、いつでも・どこでも学習できる環境を作ることができる。また本システムには、現在、研究開発が進んでいるコンピュータ診断支援 (CAD) を組み込んでいるため、更なる学習効果が見込める。現在、医師にシステムを利用してもらい、システムの性能評価をしてもらう段階までは至っていないが、今後、症例数を増やし、医師に利用してもらいアンケートを取ることでインターフェースの向上を図っていきたい。

Development of Ubiquitous Medical Image Diagnosis Learning System

BU SHUHUI,[†] KENGO KONDO,[†] MASAHIRO SUDA,[†]
MASAHI YOSHIDA,[†] TAKAHIRO SAKAMOTO,^{††} IKUMA MATSUDA^{††}
and MASAKAZU YAMAZAKI^{††}

Currently Ultrasonic, X-ray computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) which can visualizing biologic body's inner properties are widely used in practical diagnosis. But it is difficult to accurately grasp biologic body's properties from these techniques, because skilled experiences are required. In order to solve the problem, we developed a new system which can assist doctors to improve their diagnosing ability. This system provides the following functions: searching disease case, performing quiz at desktop computer or mobile devices. If mobile devices are used, the studying can be continued anywhere or anytime. Furthermore, currently actively researched computer aided diagnosis (CAD) technology will also be incorporated into this system, better learning effects are expected. Because in current stage the system is heavily developing, the performances have not been evaluated. In the further developing, the disease cases will be increased, and this system will also be applied to doctor's practical learning. From user's questionnaire, the interface and functions will be improved.

1. はじめに

現在、医療の現場では超音波や X 線 CT、MRI といった手法が日常的に広く使われている。これらを用いることで生体内の性状を画像化し、医師はそれを見ることで診断、治療を行っている。しかし、得られた生体画像から病変部を見つけるのは容易ではなく、熟練を要する。そこで本稿では、「医師および医師を目指

す者の診断技術の向上を支援すること」を目的に開発したシステムについて述べる。

このシステムでは個人のデスクトップマシンもしくはモバイルマシンを用いて、様々な病気の検索システム、クイズ形式での患者の診断トレーニングシステムを提供することで自主学習環境を整え、技術向上の支援を行う。さらには、現在、研究開発が進んでいるコンピュータ支援診断 (CAD) をシステムに組み込むことで更なる学習効果を図る。CAD では、ある物理量を画像化し、正常部位と疾患部位との見え方の違いから診断を行う。コンピュータを使用した画像処理により、画像をより見やすく表示したり、新たな情報の提示を行ったりするものが CAD である。近年、CAD は臨床

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems and Information Engineering,
University of Tsukuba

^{††} 筑波大学情報学類
Information Science, University of Tsukuba

の場で用いられるようになり、有効な診断指標として活用されている。

しかし、医師は新たな手法が開発されるごとにその手法に対応する必要がある。そこで本システムではデータベースから常に新しい診断情報を通信によって取得できるようにした。このシステムを使用することで新たな手法が開発された時、すぐに慣れることができると考えられる。

症例に関するデータは、病院間で共有されていないというのが現状である。そのため、病院間でのフォーマットを統一し、症例のデータベースを共有することで、研究、診断に活かそうという動きがある。これはシステムの開発者側からも、それを利用する医師からも必要性が唱えられている。そこで、数多くの症例を持つデータベースの構築を見込み、フォーマットを統一した共有データベースを提案し、それをういて診断の学習を支援する。

また本システムは、一人で学習できるため、気軽に空いた時間を利用して学習することができる。モバイルマシンを使用すれば、いつでも・どこでも学習できる環境が整うという利点も備えている。

2. システム概要

2.1 システム概要

本プロジェクトの目的は、医師および医師を目指す者の診断技術の向上を支援することである。個人のデスクトップマシン、もしくはモバイルマシンを使用した自主学習システムを提供する。モバイルマシンは任天堂株式会社のニンテンドー DS Lite(表 1) を用いている。本システムは、一人で学習できるため、気軽に空いた時間を利用して学習することができる。モバイルマシンを使用すれば、いつでも・どこでも学習できる環境が整う。ネットワークを利用して学習用の端末に最新のデータベースの情報を取得することで、新たな症例などに対応できる。加えて自分の正答率の推移、ネットワークを利用した他者の成績との比較などにより、学習意欲の向上が期待できる。これにより、医師のスキル向上、研修医の成長を促進するなどの効果が得られると考えられる。CAD(コンピュータ支援診断)を組み込むことによっても、更なる学習効果を図る。CAD は現在発展途上の技術であり、新たな手法が日々開発されている。本システムを使用することにより、新手法への対応を早め、手法の利点・欠点の理解を深めることができるであろう。

また、別々の病院で管理されている症例を元にした統合データベースを組み込むことも、本システムの特徴である。多くの医療機関の協力を得ることができれば、手軽に多くの症例を閲覧することができるように

なり、診断・学習に生かせるであろう。これにより、患者数の少ない小規模の医院においても、データベースを使用することで多くの症例を見ることができるようになる。このようなデータベースを共有する学習支援システムは国内外ともに類を見ない。

表 1 ニンテンドー DS Lite の仕様

CPU	ARM9 66.7MHz および ARM7 33.3MHz
表示	3型 TFT カラー液晶 × 2
解像度	各 256 × 192
色数	各 32,768 色 (RGB 各 32 階調)
その他	無線 LAN マイク ステレオスピーカ タッチパネル (下画面のみ)

2.2 関連研究

(1) 千葉県医師会生涯教育システム⁵⁾

インターネットにつながっているパソコンで、千葉県医師会が用意する生涯研修公演を視聴できるようになっている。講演を最後まで見終わると、その講演に関する簡単な設問が出てくる授業形式のシステムである。これは症例数を数多くこなす形式のシステムではなく、いつでもどこでもできるというわけではない。また、データベースを共有する形式ではなく、症例数も限られている。

(2) 株式会社教育測定研究所 CALS-M ver2.0⁶⁾

医・歯・薬学部の学生対応の学内 PC 試験 & トレーニングシステムであり、国家試験対策等の学内 PC 試験が行える。また、学生が解説を見ながら自己学習トレーニングを行うことができる学習システムである。このシステムでは学内 LAN 上ならば自己学習を進めることが可能である。問題の登録は Microsoft PowerPoint を使って容易にできるとのことである。これは学生向けのシステムである。CAD は組み込まれておらず、またモバイル形式では作られてはいない。また、データベースを共有する形式ではなく、症例数も限られている。

3. システム構成

3.1 超音波エコー像

現状では使用する臨床画像は超音波エコー像に限るものとする。以下に超音波エコー法の簡単な説明を書く。超音波エコー法では、超音波のパルスを生体内に入射し、反射して戻ってくる超音波パルスを画像化し、組織の性状や形状を理解する。水に入った光の一部が反射するように、超音波も音響インピーダンスの異なる境界で反射する。この反射波や、組織によって散乱

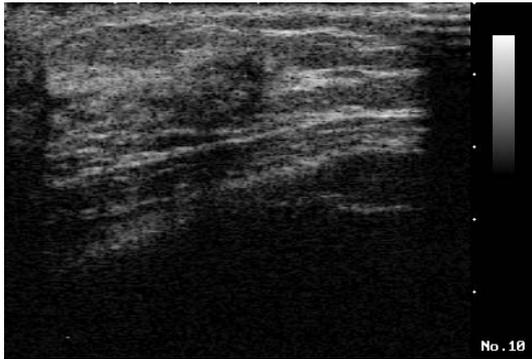


図 1 超音波エコー像
Fig.1 Bmode Image

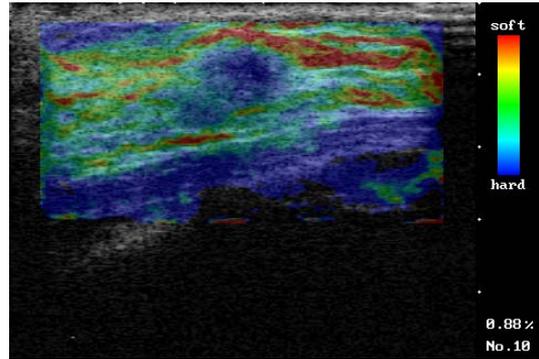


図 2 歪み像
Fig.2 Strain Image

した音波を観測して、音圧を 2 次元平面状に画像化したものが超音波エコー像 (B モード像:図 1) である。つまり超音波エコー像は、対称の大きさや形、さらには音響インピーダンスの差異、減衰や散乱などの音響特性の違いを画像化したものであり、これらの違いから診断を行う。

3.2 CAD 導入

一般的に生体内において異常部位は正常部位に比べて硬さが異なってくる。このことから組織の硬さ分布情報を提示することで医師の診断支援を行う CAD の研究が近年盛んに行われている。本システムにその硬さ分布情報を提示する CAD を導入した。

本システムでは硬さを求めるための手法として、以前、私達の研究室で開発された拡張複合自己相関法¹⁾を使用している。この手法は生体の拍動、もしくは外的な圧迫によって組織に微小変形を与え、その変形前後における超音波エコーから組織各部位の変位分布を高精度に推定し、その変位分布を空間的に微分することで硬さ情報である歪み分布を求める手法である。

このようにして求められた歪み分布を CAD として提示する。組織の性状が軟らかければ軟らかいほど赤く、硬ければ硬いほど青く、中間色は緑色にて表示する。具体例として実際の乳腺の RF データに適用したものを図 2 に示す。この CAD により、単純な Bmode 像では分かりづらかった腫瘍の良性、悪性の判断がしやすくなる。

また、既に一般的に広く用いられるようになった手法にカラードブラ法 (血流イメージング法) というものがある。「音波などの周波数は波源と観測者が近付くときは波源の振動が大きく観測され、遠ざかるときには波源の振動はより小さく観測される」という一般的なドブラ法の原理に基づいており、この手法を用いることで血管内の血流速度、方向を計測することができる。例えば、血管内にプラーク、血栓等の血流を阻害する物質がある場合、カラードブラ法を用いればその

様子が顕著に示される。

3.3 データのフォーマット

データベースのキーは次の通りである。

- (1) 患者 ID
- (2) 部位
- (3) 病名
- (4) カテゴリ (重傷度)
- (5) 生体画像 (静止、動)
- (6) その他の患者情報記述
- (7) 画像上の病変部座標点

以上の詳しい説明を以下で述べる。また、具体例を表 2 に記載してある。

表 2 データのフォーマット例

患者 ID	20070101-0001-0010-0100
部位	乳腺
病名	侵潤性乳管ガン
カテゴリ	悪性
生体画像	Bmode01.avi;Strain01.avi
その他の患者情報	40 代女性
画像上の病変部座標点	(153,282)

(1) 患者 ID

個人情報保護法の観点から個人を特定する情報を記載することを避ける。このトレーニングシステムにおいて個人を特定する情報は必要無いため、画像の計測日と適当な数字にて ID をつけるものとする。例 1)

2007 年 1 月 1 日計測の患者 * * * さん

ID:20070101-0001

(ID:計測日-適当な数字)

またこのデータベースを多数の病院で管理し、共有し、ある程度の患者情報が必要となる場合は以上の情報に

本システムでは使用していないが、肺の CT 画像から組織の形状、画像輝度値等の特徴抽出を行い、それらからガンの候補を自動的に挙げる CAD など、様々な CAD が存在している。

加えて病院 ID、計測した医師 IDなどを付け加える。
例 2)

2007年1月1日計測の患者***さん(病院ID:0010,
医師ID:0100)

ID:20070101-0001-0010-0100

(ID:計測日-適当な数字-病院ID-医師ID)

以上のようにID付けをすることで、複数の病院のデータを一括して管理したとしても症例をIDから自動で目的の症例を検索できるようになるだろう。

(2) 部位

病変部の名称を記載する。今回の発表に用いるシステムでは手に入れることのできた乳腺、前立腺、頸動脈、下肢静脈、大動脈の以上5箇所の部位を対象とする。

(3) 病名

各部位の診断名を記載する。トレーニング用に正常なものも混入させておく。

(4) カテゴリ(病気の重度)

現在、病変のカテゴリについて、いくつかの組織から区分の指標が提案されている。しかし、一般的にどれを使うべきかが定められておらず、どの指標を用いてカテゴリ付けをするべきかは非常に難しい問題である。そのため、今回提示するシステムでは計測部に病変が有るか無いかで区分する。また病変部が有るならば、さらに病変部が良性か、悪性かで区分する。

(5) 生体画像(静止画、動画)

本研究では生体画像として超音波エコー像を用いる。画像形式は

静止画: bmp, jpg, pgm, ppm, png

動画: avi, mpg

とする。

今回は指定していないが、今後、画素数、画素サイズ、濃度分解能等も指定する必要があるだろう。

(6) その他の患者情報

「年齢」、「性別」、「いつからどのような自覚症状が?」、「その他の検査の結果」などの個人情報には直結せず、診断に重要となる情報を記述する。簡易なカルテのようなものである。

(7) 画像上の病変部座標点

生体画像上のどの座標点付近に病変があるかを示す。病変部は1座標で表せるものではないので、中心の座標を記述する。病変部が複数ある場合は複数指定する。

3.4 データベースの更新

CGIのフォームを利用し、上記のフォーマット7項目を入力する。入力された患者情報はサーバ上に登録

され、以降システムで使用できるようになる。

3.5 クイズ形式トレーニング

超音波エコー像、CAD画像(歪み像)、カラードップラ像(血流を表示)、フォーマット(6)その他の患者情報から、患者の生体の性状を診断する。制限時間も設定しており、緊張感とともにトレーニングができる。終了後成績が表示され、間違った問題を確認したり、同じ問題を再試験したりすることができる。

3.6 症例の検索

データベース上の症例を検索・閲覧できるようにする。検索は部位、カテゴリ、その他のキーワードから検索できる。

3.7 ネットワークを利用した成績収集と確認

ネットワークを利用し、自分の成績を他者と比較できるようにする。他者との比較により、学習意欲の向上が見込まれる。また、どのような症例の診断が難しいかといった情報を統計的に集める。

4. システム実用

4.1 マシンへの実装の現状

現状のシステムで許可が下りた臨床画像に限られていたため、各部位、数例ずつしかデータは集まっていない。特にカラードップラ像がついている画像は特に少ない。

また開発時間不足のため、デスクトップマシンではシステムは完成したが、モバイルマシンでは未完成である。クイズ形式のトレーニングは組み込まれているが、症例の検索は組み込まれていない。またCADも適用していない。

4.2 デスクトップマシン

システムのUserは図3の様なフローチャートに従いシステムを利用し、トレーニングを行うことになる。以下、それぞれの詳細を記述する。

(1) login画面

図4にlogin画面を記載してある。この画面にてUserはUserNameとPasswordを入力してloginする。

(2) 選択画面

図5に選択画面を記載してある。この画面左側で部位、病例を選択し、画面右側で動作選択を行う。今回のシステムで選択できる部位は前述の通り5例。選択できる動作はクイズ形式トレーニング(Examination)、前回問題の確認(Review)、スコア確認(ViewScore)、検索(Search)である。

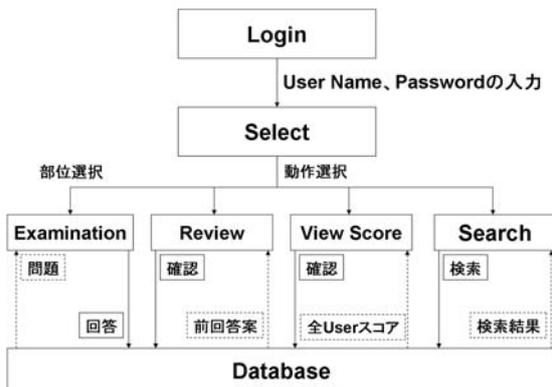


図 3 システム構成
Fig. 3 System Organization



図 4 login 画面
Fig. 4 Login Window

(3) クイズ形式トレーニング (Examination)
 選択した部位、病例に関する問題が出題され、User はそれに回答する。図 6 にクイズ形式トレーニングの画面を記載してある。図の上段左から順に「Bmode 像」、「歪み像」、「カラードブラ像」が表示される。データが無い場合は空欄となる。下段は左から順に「患者情報」、「解答欄」、「残り時間」、問題番号選択、終了ボ

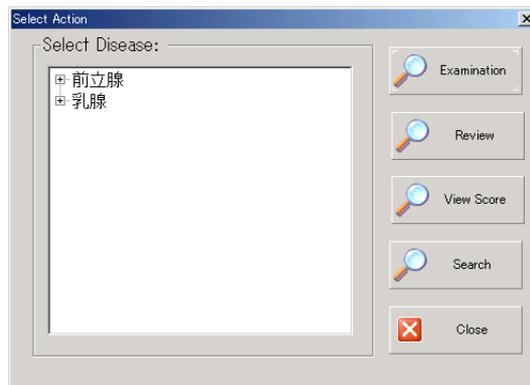


図 5 選択画面
Fig. 5 Action Selecting Window



図 6 クイズ形式トレーニング画面
Fig. 6 Examination Window

タン」となっている。また画面右下に「現在の問題番号/問題数」が表示される。

制限時間を超えると強制的に終了となる。点数配分は 100 点満点で、1 問辺り『100/問題数』点に設定してある。問題終了後、結果はサーバ上に記録され、「前回問題の確認 (Review)」で答え合わせができる。また、以後「スコア確認 (ViewScore)」で確認できるようになる。

(4) 前回問題の確認 (Review)

図 7 に前回問題の確認画面を記載してある。前回の Examination を見直すことができる。図に示されている通り、Examination と同じ形式で表示される。ただし、下段の中央に正しい解答、下段右の上層に User の解答が表示される。

(5) スコア確認 (ViewScore)

図 8 にスコア確認画面を記載してある。全ユーザの結果履歴を見ることができる。また Score を選択することで、View にて過去の User の回答を確認することができ、Review にてその User の回答と合わせて正答を確認することができる。また Examination にて同一の問題に挑戦することができる。

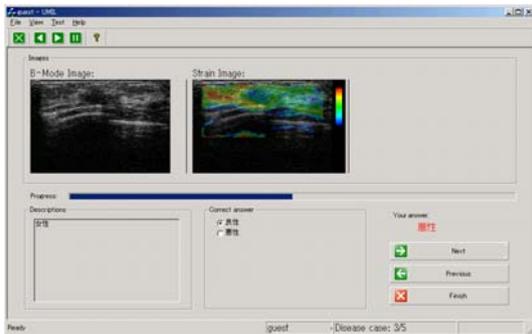


図 7 前回問題の確認画面
Fig.7 Review Window

Score	Correct an...	Problem nu...	Datetime
0	0	5	2007-2-5 20:43:4
20	1	5	2007-2-5 20:41:12
0	0	11	2007-2-5 20:32:45
40	2	5	2007-2-5 20:17:3
50	3	6	2007-2-5 20:15:57
16	1	6	2007-2-5 17:38:40
0	0	6	2007-2-5 16:40:1
60	3	5	2007-2-5 16:35:33
33	2	6	2007-2-5 16:34:41
0	0	4	2007-2-5 16:6:29
0	0	13	2007-2-5 16:3:38
50	2	4	2007-2-5 15:33:29
68	11	16	2007-2-5 14:0:8
50	8	16	2007-2-5 9:58:34
43	7	16	2007-2-4 20:23:38
40	2	5	2007-2-4 20:22:36
50	2	4	2007-2-4 20:22:10

図 8 スコア確認画面
Fig.8 Viewer Window

(6) 検索 (Search)

図 9 に検索画面を記載してある。この画面上部の Filters で検索項目を指定する。Search ボタンをクリックすると該当する症例が Results に表示される。症例を選択し、View ボタンで確認することができ、Examination ボタンでクイズ形式のトレーニングができる。

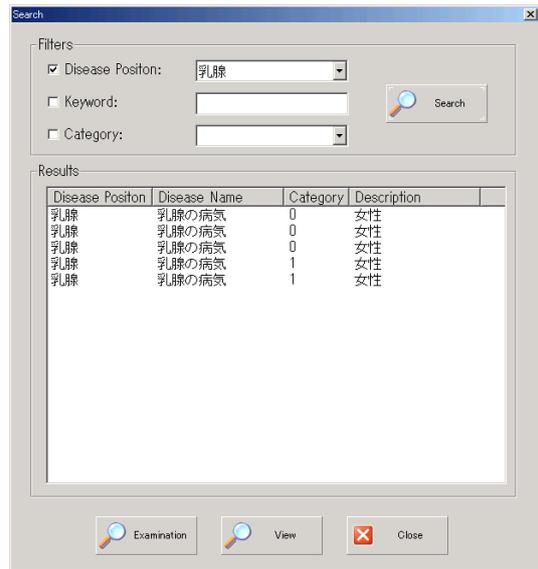


図 9 検索画面
Fig.9 Search Window



図 10 モバイルマシン
Fig.10 mobile machine

4.3 モバイルマシン

図 10 にモバイルマシンのトレーニング画面を記載してある。モバイルマシンの上下 2 画面のうち上の画面に臨床例を表示し、下の画面に病変部の有無を問う選択肢を表示する。下の画面はタッチパネルになっているため、User は付属の pen でタッチすることで回答できる。

5. 考 察

5.1 システムの実用性についての考察

実際に医師にシステムを使用してもらって実用性を検証する段階までは至っていない。インターフェースの改良をするため今後、医師にアンケートを取る必要がある。一般的にモバイルマシンは、画像サイズ、解像度、計算能力などの点において、能力が低いという問題がある。特に臨床画像を見る場合、解像度が低い

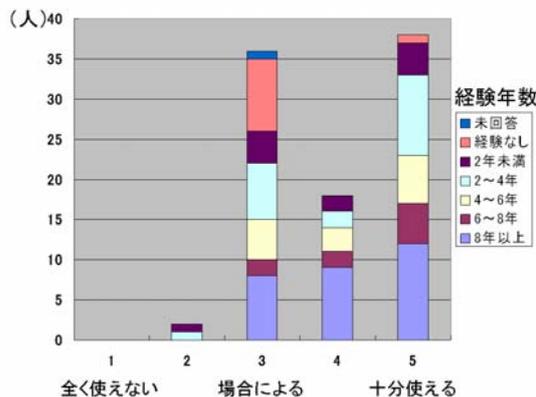


図 11 画質評価グラフ
Fig. 11 Evaluation graph

と診断に重要な情報もぼやけてしまう危険性がある。そこでモバイルマシン（ニンテンドー DS Lite）にて、モバイル医療の実用可能性について調査を行った。具体的には超音波断層像による実際の乳腺の症例の動画を再生し、その症例の性状をクイズ形式で回答してもらい、その後、「画像は診断で十分使えるものだったか？」を任意のアンケートで答えてもらった。評価方法は以下の 5 段階評価である。

- 5:十分使える
- 4:それなりに使える
- 3:場合によって使える
- 2:あまり使えない
- 1:全く使えない

対象者は医師、検査技師など、のべ 200 人であり、アンケート回答者は 94 人。アンケート回答者の 9 割は乳腺の診断経験が有る人である。アンケートの結果を図 11 に示す。

全く使えないと回答した人がいなかったこと、また、全体の評価値を平均すると 3.98 であったことより、モバイルマシンでの診断の可能性が示された。

5.2 その他の考察

データベースには、症例を閲覧する上で必要であると思われる項目を組み込んだ。しかし、使用者である医師や検査技師などの意見を参考にする必要があると思われる。今回収集できた臨床画像数は十分とは言えない。少なくとも、実用性や問題点を調査するためのアンケートを実施できるだけの画像は収集する必要がある。様々な専門分野のユーザから意見を聞くためには、体の各部位の臨床画像をそろえるべきであろう。

6. 終わりに

デスクトップマシン上で、クイズ形式のトレーニング、症例検索ができるシステムを開発した。また、モバイル端末として、ニンテンドー DS を使用したクイズ形式トレーニングシステムの実装を行った。ニンテンドー DS を使った診断に関するアンケート調査を行った結果、多くの人が使える・それなりに使えるとの回答を得た。アンケートでの回答項目は、診断に使えるかどうかを判断するものであったため、実装方式や出題の方法などに関するユーザの意見は反映されていない。本システムは医師、検査技師などの非常に専門性の高い職業を対象にしているため、ユーザ側からのフィードバックは不可欠である。今後は大学病院などとの連携することが必要である。

モバイルマシンでは、時間の都合から実装していない項目がある。早急にデスクトップマシンと同様の機能を備えることが必要である。さらには、今回 DS のみで実装したが、他にも多くのモバイル端末が市場に出ている。解像度、操作性、処理能力、手に入れやすさなどを考慮し、より良い端末の模索、または新たな機種が登場が望まれる。

また、現在は CAD に関してはデータベース登録の際に手動で登録するため、CAD の画像を登録する側で別途用意する必要がある。画像処理方法なども、計測器メーカーによってまちまちであるため、登録された画像でトレーニングを行っても、自分の使用する機器と違ったのでは効果的ではない。このような煩雑さや汎用性の問題を解決するため、将来的にはサーバ側で自動的、もしくは容易に CAD 画像の作成を行えるようなシステムが求められる。

謝 辞

本研究の一部は、魅力ある大学院教育イニシアティブ「実践 IT 力を備えた高度情報学人材育成プログラム」による。

本プロジェクトにおいて、ボランティアで被験者となって下さった方々に心より感謝を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 山川誠, 椎名毅: 超音波による組織弾性映像システムの開発と評価, 筑波大学博士論文, (2002)
- 2) 和賀井敏夫 (監), 甲子乃人: コンパクト超音波シリーズ Vol.6 超音波の基礎と装置, ベクトル・コア (1994).
- 3) 日本超音波医学会 (編): 新超音波医学 第 1 巻 医用超音波の基礎, 医学書院 (2000).
- 4) 日本超音波検査学会: 血管超音波テキスト, 医歯

薬出版株式会社 (2005).

5) 千葉県医師会生涯教育システム

<http://www.chiba.med.or.jp/refe/refe.html>

6) 株式会社教育測定研究所 CALS-M ver2.0

[http://www.juce.jp/LINK/journal/0602/
09_01.html](http://www.juce.jp/LINK/journal/0602/09_01.html)