

NAIST-IS-DT9961206

博士論文

PACS の画像表示における最適ハンギングプロトコルの研究

2003 年 1 月 29 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
博士(工学)授与の要件として提出した博士論文である。

森 正人

審査委員： 湊 小太郎 教授
木戸出 正繼 教授
杉浦 忠男 助教授

森 正人

内容梗概

近年、厚生労働省によって保健医療分野情報化のためのグランドデザインが策定され、平成 18 年度までに全国 400 床以上の病院の 60%に電子カルテを中心とした医療情報システムを普及することが目標に掲げられている。地域における病診連携と、医療情報の共有を目的とした広域電子カルテの実現には、医療施設間相互のデータ交換が必要となる。現在は独立したシステムでセキュリティの問題がなくても、対策が十分でないと、広域ネットワークに接続された段階でセキュリティホールとなってシステム全体の信頼性を低下させる恐れがある。

広域電子カルテシステムの重要な要素に医用画像管理システム(PACS)がある。現状では、セキュリティ通信機能をもった実用的な医用画像管理システムはほとんど普及しておらず、この点の対策が緊急の課題である。普及が進まない原因として、セキュリティ対策に必要なコスト以外に、作業効率への悪影響と現場スタッフの電子化への抵抗感があげられる。

本研究では、財団法人医療情報システム開発センター(MEDIS-DC)によるセキュリティシステムガイドラインに準拠して、セキュリティ通信機能を備えた全デジタル医用画像管理システムを設計・開発し、実際の健診センターに実装し、システム導入の効果と使い勝手について評価した。このシステムは、医用画像の発生・取得から画像観察診断、伝送、保存までを、すべてフィルムレスでデジタル画像として管理する、我国においてはあまり前例がない総合的なシステムである。さらに、このシステムには画像診断コンサルテーションのために他医療機関へ画像を伝送する機能(画像連携)や検査結果説明のための画像参照機能も含まれている。

本論文では、まず、セキュリティ通信機能を付加したシステムの仕様と構成について述べた後、システムの画像検査処理時間短縮など健診センター業務の生産性向上に及ぼす影響を、ワークフローの分析と稼働システムの実測結果、ならびに利用者に対する質問票によって評価する。IC カードによる鍵の管理と並行処理などシステム構成上の工夫によって、また、日常的な操作と頻度の少ない特殊な操作のそれぞれに対してキーとマウスを使い分けるユーザインタフェースを採用することによって、セキュリティ通信機能を付加したシステムであっても従来のフィルム運用に比較して十分な作業時間短縮効果があることを示

* 奈良先端科学技術大学院大学 科学技術研究科 情報生命科学専攻 博士論文
NAIST-IS-DT9961206, 2003 年 1 月 29 日

した。

しかし、時間短縮の効果が認められなかった画像読影の効率化と、従来のフィルム運用に馴染んだ放射線技師や医師など健診センタースタッフの画像読影時の抵抗感は問題点として残った。この解決策には、デジタル X 線(DR)画像を例にとって最適画像ハンギングプロトコルを提案した。数面のシャウカステンの上に、同一患者に関するサイズや分解能の異なる多数のフィルムを診断しやすいように順序良く掲示することをハンギングという。このプロトコルでは、複数画面の画像観察装置に同一患者の多数の画像を提示する際に、できるだけ画面切り替え操作が少なく、かつ、表示面積を最大限に利用して見渡しのよいハンギングを自動的に構成して、読影時の時間短縮と電子化システムへの抵抗感を抑制することができる。

このセキュリティ通信機能を付加した全デジタル医用画像管理システムは、現在も実際に健診センターにおいて稼働中で、保健医療分野情報化に適合した医療情報システムの先駆として、グランドデザインの実現に寄与するものである。

キーワード

医用画像管理システム(PACS)，医療情報システム，ユーザインタフェース，ハンギングプロトコル，セキュリティ通信

A New Picture Hanging Protocol in Image Viewing of PACS

Masato Mori

Abstract

Recently, the Ministry of Health, Labour and Welfare officially announced that the electronic patient record system should be set up in the 60 percent of the hospital of over 400 beds by the fiscal year of 2006. This is a middle-range objective for the healthcare field in the “e-Japan initiative”. In order to realize the wide-area electric patient record system, inter-hospital exchange and sharing of medical information is a necessary component. If the security of even one of these connected hospitals is not enough, it might become a serious security hole and decrease the system-wide reliability.

The Picture Archiving and Communication System (PACS), which realizes so called film-less hospital, is an essential element of the electric patient record system. In the present, there are few practical PAC Systems with secure communication. In order to become these secured systems into wide use, the reasonable cost-benefit of security in the system architecture and the sophisticated human interface for decreasing discontent of clinical staff are the two major important factors.

In this thesis, the all-digital PAC System using secure communication was designed and implemented in an actual healthcare examination center based on the guideline of MEDIS-DC (The Medical Information System Development Center). The system was evaluated from the points of processing speed and user friendliness. The system can totally manage all over the medical image examination process from the image acquisition and diagnosis to the transmission and archiving. This system has also the tele-radiology function for diagnostic consultation by transferring the images to the other hospital.

In the paper, the specification and architecture of the PAC System with secure communication was described first and the assessment of productivity improvements in the healthcare examination center was done using the flow analysis, the measurement of running time, and the questionnaire survey to the user. These results showed sufficient shortening working-hours of medical staff comparing with

* Doctor's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS=DT9961206, January 29, 2003.

the conventional film based system. The IC smart card was used as a private key of user identification and the multi-task parallel processing was introduced for speed up the secure communication. The adaptive selection of key and mouse was adopted in the interface of diagnostic display station.

Then, the optimizing picture hanging protocol was proposed in order to accelerate diagnosis on the digital DR imaging. The “hanging” means hooking films on the view-box in proper order for the diagnosis. This order changes widely depend on the individual set of pictures. The proposed hanging protocol could automatically generate a quasi-optimal order of picture display on the CRT screens. Using the hanging protocol, the radiologists can obtain an efficient view of screen and decreasing mouse-operation. The hanging protocol can shorten the reading time with no quality influence comparing to a conventional method in an actual situation of radiological examination.

This all-digital picture archiving system with secure communication is a pioneering system and running in the healthcare examination center now. The system could contribute to the realization of the middle-range objective of “e-Japan initiative” for the healthcare field.

Keywords

Picture Archiving and Communication System (PACS), Electronic Patient Record System, User Interface, Hanging Protocol, Secure Communication

目次

第 1 章 序論	1
1.1. はじめに	1
1.2. 論文の構成	2
第 2 章 システム	5
2.1. はじめに	5
2.2. システムの仕様	5
2.3. システムの設計と構成	6
2.3.1 セキュリティポリシー	6
2.3.2 ユーザインタフェース	7
2.3.3 システムの全体構成	8
2.3.4 オンライン電子保存の仕組み	9
2.3.5 セキュリティゲートウェイ装置	11
2.3.6 画像観察装置	11
2.3.7 画像保存装置	11
2.3.8 画像参照装置，画像参照サーバ装置	12
2.3.9 画像連携装置	12
2.3.10 鍵管理サーバ装置	12
2.4. まとめ	13
第 3 章 電子化システム導入の効果	15
3.1. はじめに	15
3.2. 方法	15
3.3. 結果	15
3.3.1 健診バス	16
3.3.2 DR 装置	19
3.4. 考察	19
3.5. まとめ	21
第 4 章 ユーザインタフェースの評価	23
4.1. はじめに	23

4.2.	アンケートの方法	23
4.3.	アンケートの結果	25
4.3.1	利用率	26
4.3.2	必要性	26
4.3.3	操作性	30
4.4.	考察	30
4.4.1	セキュリティ機能導入の影響	30
4.4.2	電子化システムへの抵抗感	31
4.5.	まとめ	34
第5章	ハンギングプロトコル	35
5.1.	はじめに	35
5.2.	ハンギングプロトコル	36
5.2.1	ハンギングプロトコルの前提条件	37
5.2.2	ハンギングプロトコルの1つの初期操作と2つの付加操作	39
5.2.3	ハンギングの4パターン	44
5.2.4	ハンギングプロトコル	46
5.3.	シミュレーションと実装による評価	48
5.4.	まとめ	49
第6章	結論	51
	謝辞	53
	参考文献	55
	研究業績	57

目次

2.1	ネットワークのセキュリティポリシー	6
2.2	セキュリティ機能を付加した全デジタル画像システムの構成	8
2.3	IC カード	9
2.4	画像発生から保存までの属性遷移	10
2.5	画像観察装置の概観（2画面構成）	10
3.1	健診バスのワークフロー	18
3.2	DR 装置のワークフロー	18
3.3	装置間の画像伝送	20
4.1	画像観察装置の利用率・必要性・操作性	29
4.2	画像観察装置の画面（全体と拡大）	32
4.3	ユーザインタフェースの選択機能	33
5.1	partitioning による操作	40
5.2	padding による操作	42
5.3	shrinking による操作	43
5.4	ハンギングの操作とタイプ	44
5.5	各評価関数の重み	45
5.6	ハンギング係数の比較	46
5.7	ハンギングプロトコルの結果	47
5.8	シミュレーションの結果	48
5.9	各パタンの代表的な採用例	49

表目次

3.1	健診バス作業別所要時間（40例 / 1日）	16
3.2	DR 装置作業別所要時間（20例 / 1日）	17
4.1	利用率のアンケート項目	23
4.2	必要性・操作性のアンケート項目	24
4.3	利用率のアンケート結果	27
4.4	操作性のアンケート結果	27
4.5	必要性のアンケート結果	28
4.6	画像読影時の操作	31

記号略号と意味

ACR	American College of Radiology: 米国放射線学会
CT	Computed Tomography: コンピュータ断層装置
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine: 医療におけるデジタル画像と通信
DES	Data Encryption Standard: データ暗号化規格
DR	Digital Radiography: X線画像診断装置
ISCL	Integrated Secure Communication Layer: 統合セキュア通信層
JPEG	Joint Photographic Experts Group: 画像圧縮技法
MEDIS-DC	Medical Information System Development Center: 医療情報システム開発センター
MRI	Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像診断装置
NEMA	National Electrical Manufacturers Association: 北米電子機器工業会
PACS	Picture Archiving and Communication System: 医用画像管理システム

第1章 序論

1.1. はじめに

診療録の電子保存が法的に認められたことから[1]、近い将来医療現場におけるカルテや医用画像の電子化が急速に普及すると考えられる。カルテや画像などの医療情報を電子化して運用すれば、フィルムの現像やカルテの照合など診療時の無駄な時間が短縮し、フィルムやカルテ保管に関わる間接部門の管理コストが低減し、医療機関の経営効率が高まって、結果的に受診者へのサービス向上効果があると期待される[2][3]。一方、厚生労働省によって保健医療分野情報化のためのグランドデザインが策定され、平成18年度までに全国400床以上の病院の60%に電子カルテを中心とした医療情報システムを普及することが目標に掲げられている[4]。

地域における病診連携と、医療情報の共有を目的とした広域電子カルテの実現には、医療施設間相互のデータ交換が必要となる。現在は独立したシステムでセキュリティの問題がなくても、対策が十分でないと、広域ネットワークに接続された段階でセキュリティホールとなってシステム全体の信頼性を低下させる恐れがある。

広域電子カルテシステムの重要な要素に医用画像管理システム(PACS)がある。これは、1982年にDwyerらによって提唱された各種モダリティで発生する医用画像データを効率よく保管、管理、観察できるシステムである。1993年には、ACR-NEMAが制定した医用画像のためのネットワーク規格DICOM3.0によって医療画像機器ベンダ間の垣根を越えて接続が可能となっている。

医用画像管理システムについて現状を検討すれば、PACSの部分的な使用やフィルム併用の例[5][6]は多いが、デジタル医用画像の発生から画像観察診断、伝送、保存、画像のコンサルテーション（画像連携）までを含めて、電子保存の3要件[7][8][9][10]*を満たした総合的な電子化システムは未だに実装されていない。この背景には、電子化システム導入のコスト以外にも、システムの使い勝手の悪さが普及の妨げになっていると推定される。実際、医療分野に限らず、新しい機器や装置を導入する際に、利用者が考慮する重要な要求は機能と使い勝手である [11]。さらに、フィルムの運用に慣れ親しんだ読影医や放射線技師の電子化への抵抗感もまた配慮すべき重要なテーマである。

本研究では、総合的な医用画像管理システムにおける電子保存の3要件を満たすオンライン電子保存の仕組みを作成し、健康診断業務を主な事業とする実際の医療機関に実装する。このシステムを用いて、ネットワークの側面から電子化システム導入における効率化の調査と、使い勝手における電子化システムの抵抗感を調査する。そして、明らかとなる読影に関する効率と抵抗感への対策として、画像の重要度の組み合わせに応じて自動的に最適な画像配置を実現するハンギングプロトコルを提案し、その実用性を評価する。

1.2. 論文の構成

第2章では、本研究の対象とする健診センターのシステムについて述べる。まず、ネットワークを介した電子化システムにとって必須となるセキュリティポリシーと、システムのユーザインタフェースデザイン、および、オンライン電子保存の仕組みについて述べた後、システムの詳しい構成と、個々の装置について説明する。

第3章では、電子化システムの導入により、画像検査処理の生産性向上に及ぼす影響を、ワークフローの分析と稼働システムの実測結果から評価する。そして、効率低下の観点から明確になった問題点を述べる。

* 診療録等の電子保存を行う際に守らなければならない「真正性」、「見読性」、「保存性」の3つの要件（基準）をいう。

第4章では、システムを構成する装置ごとのユーザインタフェースに対して、質問票を用いてアンケート形式の調査を行う。セキュリティ機能が及ぼす操作性の低下と電子化システムの抵抗感について考察し、画像操作の指示方法など、若干のユーザインタフェースデザインの改善を示すが、この調査によって、画像観察装置での初期画像配置の表示方法が抵抗感の大きな要素であることを示す。

第5書では、これらの問題を解消するための最適画像ハンギングプロトコルについて述べる。

健診現場の医用画像、なかでも DR(Digital Radiography: X線画像診断装置) では、一度に大量の画像検査を効率よく、しかも正確に読影する必要がある。従来フィルムを使う読影では、解像度を必要とする主診断用画像と副次的に用いる参考画像を、それぞれ異なるフィルムサイズに撮影する。そして、患者毎に、シャウカステンの面積を最大限に利用してフィルム架け替えができるだけ少ないように画像を配置し、見渡しのよい観察を可能にしてきた。

しかし、現状の電子化システムにおける初期画像表示の配置設定、すなわち、ハンギングプロトコルは、画像のモダリティと撮影部位に関するスタティックなものである。したがって、画像検査の全体を観察するために、読影時に画面分割や画像切り替えのマウス操作が頻繁に発生し、冒頭で懸念した「効率低下」と「抵抗感」を発生させる原因の一つとなっていた。

この章では、DR 診断装置のための最適画像配置をダイナミックに実現する実用的なハンギングプロトコルを提案する。本ハンギングプロトコルは、画像の重要度に対応したいくつかの仮想的フィルムサイズに基づいて、ハンギングの基本操作となる「画面分割」、「画像表示倍率」、「画像表示順」の組合せで最適配置の候補となる4種類のパターンを自動的に作り出し、「解像度」、「順序性」、「使用率」の評価関数を使って、最適な初期表示パターンをダイナミックに決定するものである。この結果、読影時のマウス操作は減少し、全体の見渡しと観察効率のよい画像読影が可能となる。

本手法によれば、従来のスタティックなハンギングプロトコルと比較して読影精度に影響なく読影時間を短縮でき、効率低下や抵抗感のない読影が実現できることを示す。

さいごに、第 6 章で結論を述べる。

第2章 医用画像管理システム

2.1. はじめに

健診システムにおける画像診断では、一度に大量の画像検査を効率よく、しかも正確に読影する必要がある。そのため、操作はルーチン化する傾向がある。システムは、簡略化した操作性の実現と、セキュリティ通信が速度面に影響を与えないことを考慮して設計した。本章では、健診センターに実装した医用画像管理システムの仕様を示し、ネットワークを介したデジタルシステムにとって必須となるセキュリティポリシーと、システムのユーザインタフェースデザイン、および、オンライン電子保存の仕組みについて述べる。そして、システム全体の構成と、個々の装置について説明する。

2.2. システムの仕様

総合健診センターをフィールドとした本システムは、デジタル健診バス、および、DRやX線CT（Computed Tomography：コンピュータ断層装置）などのモダリティで撮影された画像を院内ネットワーク経由で伝送し、画像観察装置でCRT診断を行い、読影後の画像を画像保存装置に保管するものである。

一度に大量の画像が発生する健診現場において、読影漏れや勘違いによる画像の削除が発生させないために、個々の画像には電子保存状態を示す属性を付加し、アクセス制限をすることで信頼性を確保する。この仕組みは本システムの特長的な性質の1つであり「オンライン電子保存の仕組み」として詳細を後述する。

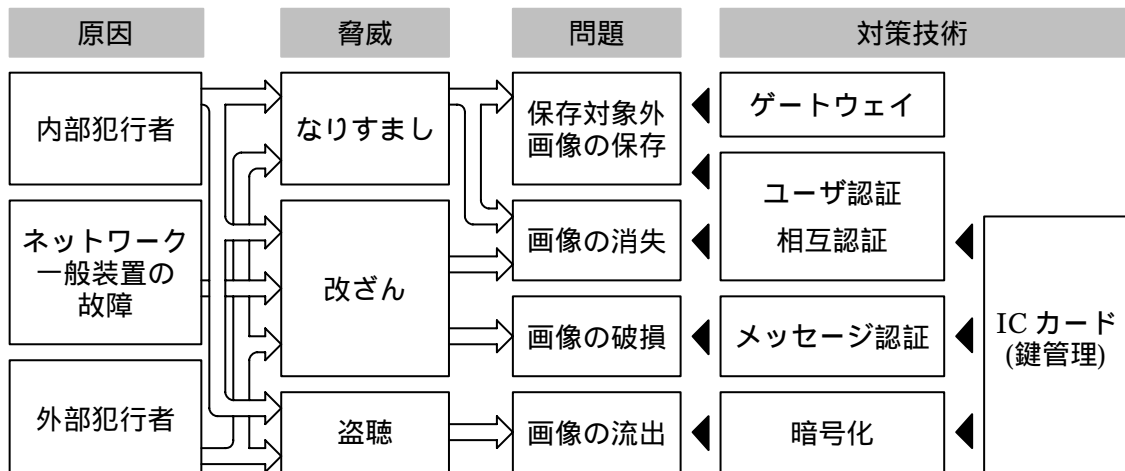


図 2.1 ネットワークのセキュリティポリシー

画像データが院内ネットワークを経由する際はセキュアな通信を確保するためMEDIS-DCで制定されたオンライン電子保存[9][10]の規格に則る。

オンライン通信が不可能なデジタル健診バスについては、共通規格タイプ2 [8]を用いて光磁気ディスクを介したオフライン伝送を実現する。また、他医療機関との画像連携では、統合型セキュリティ通信規格[10]の規格に則る。

2.3. システムの設計と構成

2.3.1 セキュリティポリシー

この健診システムの画像はネットワークを介してオンラインで伝送される。したがって、当該画像データが正当な相手に正確に送られたことを保証する必要がある。

ネットワークに対する脅威には、「なりすまし」、「改ざん」、「盗聴」がある。「なりすまし」とは、「なりすまし」装置から画像を受信することで、誤った画像を保存したり、「なりすまし」装置へ送信することで、保存対象の画像を消失することをいう。また、「改ざん」とは、正当な権利のないものが画像を変更または削除することをいう。一般にこのような脅威の多くは内部犯行者によって意図的に

引き起こされるが、ネットワークやこれに接続された装置の故障により偶然に画像を破損もしくは消失するケースも含んでいる。「盗聴」とは、資格のない外部犯行者がネットワークに侵入し、画像を盗み出すことである。

なりすましについては認証技術で対応する。すなわち、ネットワークの外部に対してはセキュリティゲートウェイ（ファイアウォール）、内部については機器の相互認証とユーザ認証を使用する。改ざんに対抗して画像の完全性を保証するためメッセージ認証を使用する。画像流出の可能性がある箇所には、否認不能性（non-repudiation）を保証するための暗号化技術を使用する（図 2.1 参照）。いわゆる「オンライン電子保存規格」は、これらのネットワークセキュリティ対策のすべてを含んでいる[9][10][15]。特に、IC カードを用いた装置間の相互認証、メッセージ認証、暗号化のための鍵管理と、通常のユーザ認証機構を併用して、画像アクセスに対する正当な資格のない内部犯行を抑制している。また、運用面でも、セキュリティゲートウェイと画像保存装置、およびネットワーク集合ハブは、鍵のかかる部屋に設置し、正当な管理者以外は入室できない対策をとっている。

2.3.2 ユーザインタフェース

本システムは Windows マシン上に実装した。Windows と親和性の高いユーザインタフェースを設計すれば、システムをはじめて使うユーザにとっても、使い慣れたインタフェースを提供できると考えた。ポインティングデバイスにはマウスを使用し、頻繁に使用する機能はツールバーにアイコンボタンとして配置した。豊富なカスタマイズ機能により、ボタンの配置やその ON/OFF は利用者の好みに応じて設定可能にした。

健診システムでは、ルーチン化した作業が大半となるため、結果を素早く得られるよう、機能とそれに付随する一連の設定を一括してひとつの独立したメニューやボタンに割り当てるデザインを積極的に採用した。機能を呼び出すと、あらかじめ設定しておいた条件で処理を行うため、運用時にはボタン 1 つをクリックすることで結果を得ることができる。

本論文ではこのユーザインタフェースを「先行設定型」と呼び、設定を確認・変更しながら進めるユーザインタフェースを「逐次設定型」と呼んで区別する。

2.3.3 システムの全体構成

上述のセキュリティポリシーに基づいてデジタル健診システムを構成した。京都予防医学センターにおける例を図 2.2 に示す。このセンターは、地域住民に健康診断と保険診療を提供していて、受診者は年間 12 万人を超える。

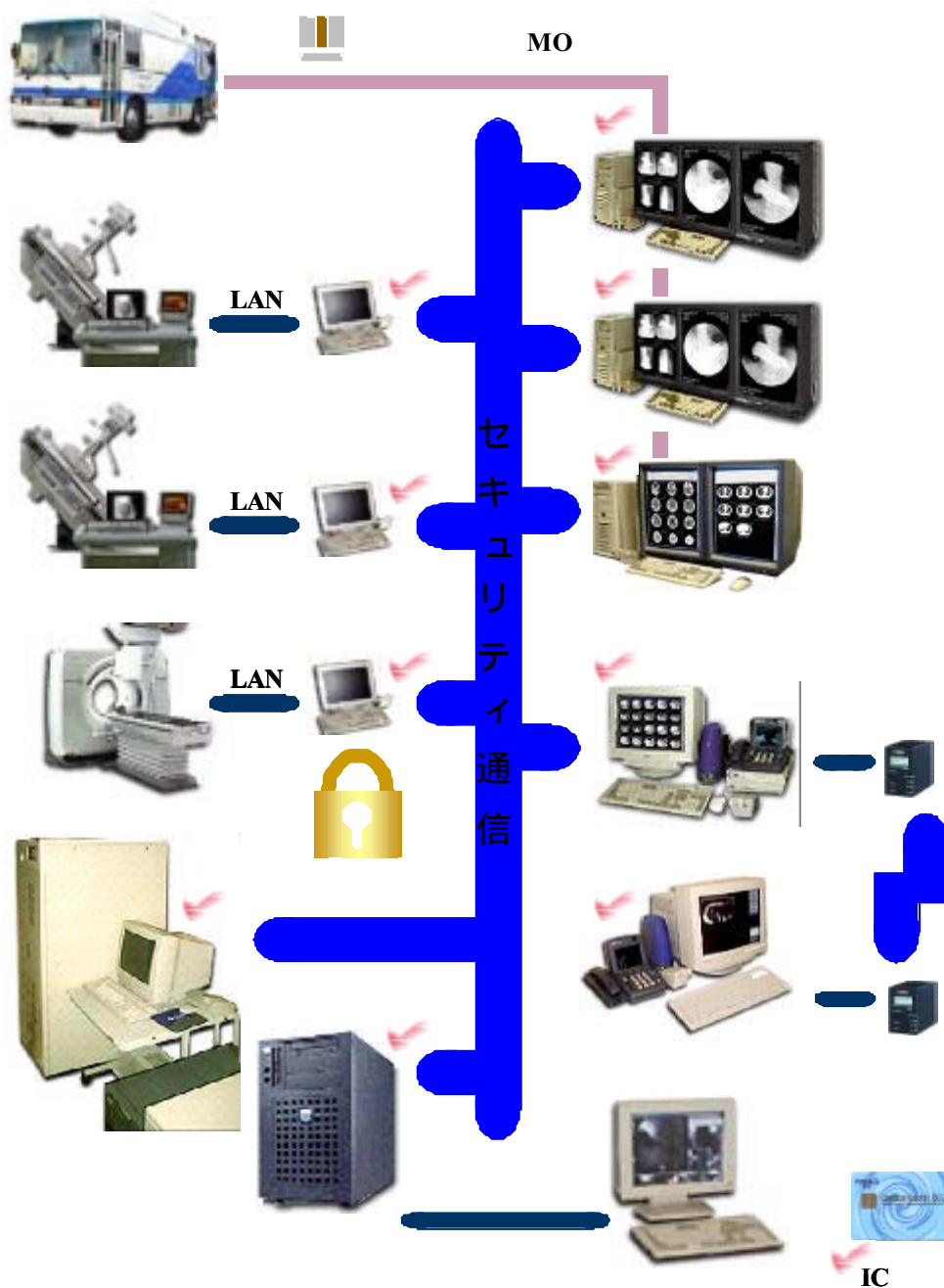


図 2.2 セキュリティ機能を付加した全デジタル画像システムの構成



図 2.3 IC カード

このシステムは、DR 装置 2 台と X 線 CT 装置 1 台、デジタル健診バス内 DR 装置の計 4 台の画像検査機器（モダリティ）とセキュリティゲートウェイ 3 台、画像観察装置 3 台、画像保存装置、画像参照サーバ装置、画像参照装置、画像連携装置、鍵管理サーバ装置およびそれらを接続するネットワークから構成されている。

2.3.4 オンライン電子保存の仕組み

DRやX線CTなどのオンラインのモダリティから発生した画像は、セキュリティゲートウェイを介して基幹ネットワークに送られる。モダリティとゲートウェイ間の通信プロトコルは、Pier To PierでプロトコルにはDICOMを使用した。ゲートウェイに取り込まれた画像は自動的に画像観察装置に届けられる。観察装置上で読影の済んだ画像は画像保存装置に伝送され保管される。基幹ネットワーク内部の画像伝送には「オンライン電子保存規格」を用いた。すなわち、セキュアなチャネルとして相互認証とメッセージ認証機能を有するISCL（Integrated Secure Communication Layer：統合セキュア通信層）[12][13][14] 並びにICカード（図2.3参照）による鍵管理システムを実装した。さらにメッセージ認証に用いるDES（Data Encryption Standard）暗号化には高速暗号処理ボードを用いている。これらの規格は現在DICOM規格に提案されている[15][16]。

デジタル健診バス内DRはオフラインのモダリティであるので、画像データは光磁気ディスクを介して画像観察装置に取り込まれる。データ交換には共通規格タイプ 2 [8]を使用した。

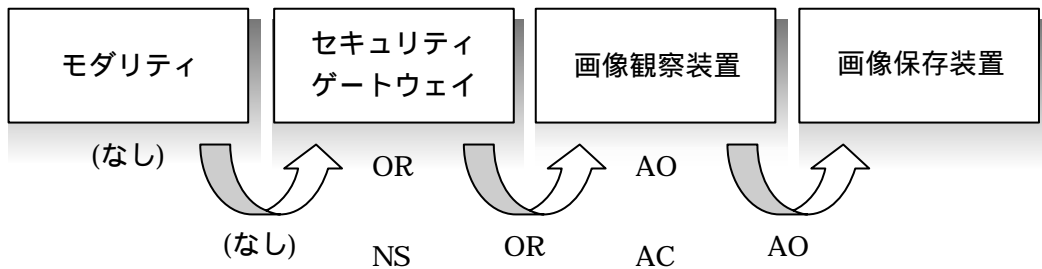


図 2.4 画像発生から保存までの属性遷移

装置下部に書かれた画像データの属性は、その装置で生成または変更される属性を示し、下向き矢印を伴う属性表記は、転送完了後の属性を示す。ここに、原本：AO (Authorized Original) 謄本：AC (Authorized Copy) 仮原本：OR (Original) 一般：NS (Not Specified) である。



図 2.5 画像観察装置の概観 (2 画面構成)

オンライン電子保存規格に従って、画像保存装置に保管されている画像の原本性を保証するため、画像に属性情報を付加してアクセスを制限する仕組みを実装した。図2.4に画像発生から保存までの属性遷移を示す。画像発生装置で発生した画像属性はOR (仮原本) とする。画像観察装置に転送し終えたものはNS (一般)

とし、画像データが別の画像保存目的装置に移動したことのマーク付けとする。ORデータを受信した画像観察装置は、医師による読影処理により属性をAOに変更する。さらに、この画像データを画像保存装置に転送し終わったら場合、属性をACに変更する。画像観察装置では、ORは未読影データ、AO（原本）は読影済みデータ、AC（謄本）は保存済みデータであることのマーク付けがなされる。本システムではAOを編集禁止、削除禁止とし、ORは編集可能であるが、削除禁止、また、ACは編集禁止であるが、削除可能というようにアクセス制限を実装し、使用者の操作ミスによる画像の損失を抑制した。最後にAOデータを受信した画像保存装置は、これをデータベースに管理する。一般装置からの画像データの要求に対しては属性をNSに変更してから配信する。

2.3.5 セキュリティゲートウェイ装置

セキュリティゲートウェイは、基幹ネットワークとは別に独立した画像受信専用のネットワークポートを持ち、特定のモダリティからの画像だけを受信する。受信した画像のフォーマットと内容が DICOM 規格に違反せず、接続を容認している唯一のモダリティから送られてきた画像だと確認できれば、OR として属性を付加し、画像観察装置に伝送する。相互認証とメッセージ認証により画像が正しく送信先に伝送できたことを確認できれば、本装置内の画像属性を NS に変更し、一定期間装置内に保管したのち削除する。

2.3.6 画像観察装置

画像観察装置は、セキュリティゲートウェイからのオンライン受信と、光磁気ディスクから画像を読み込むオフライン受信の 2 系統で画像を取得する。この装置は 1200x1600 ピクセルのモニタを 3 連、または 2 連続したもので、画面の構成台数により、それぞれ 3 画面構成、2 画面構成（図 2.5 参照）と呼ぶ。本装置で読影の終わった画像は画像保存装置へ送られる。ここで、相互認証とメッセージ認証により画像が正しく伝送できたことを確認できれば、画像属性を削除が可能な AC に遷移させる。

2.3.7 画像保存装置

画像観察装置から受信した AO 属性をもった画像は、集合型光磁気ディスク装置と、キャッシュとしてのディスクアレイに保管される。数ヶ月間は画像がディスクアレイに存在するため高速な参照が可能である。それ以上の期間が経過した画像は集合型光磁気ディスクからのアクセスとなる。画像保存装置は、画像観察装置や画像連携装置からの検索に答えて結果のリストを配信する。この機能により画像観察装置で過去の検査画像との比較表示を実現している。さらに、画像保存装置は、圧縮画像を作成し画像参照サーバ装置に送信する。

2.3.8 画像参照装置、画像参照サーバ装置

画像保存装置から送られてきた圧縮画像は画像参照サーバで管理される。この圧縮画像は 8 ビット JPEG フォーマットで、院内基幹ネットワークに接続された画像参照装置の標準的な web ブラウザで観察することができる。主に健康診断受診者への説明に利用される。

2.3.9 画像連携装置

このシステムによって、外部の専門医（京都大学医学部附属病院）との間で画像連携コンサルティングをすることができる。画像連携装置は、ISDN 回線を経由して事前に送信しておいたデータを両方の端末で同期をとって操作し、画像の表示状態をリアルタイムに変更できる。さらに、テレビ会議ツールも使用できる。画像連携によるコンサルティングの際には、IC カードによる相互認証、メッセージ認証のほかに、暗号化してセキュリティを確保する。

2.3.10 鍵管理サーバ装置

鍵管理サーバ装置は、各装置で取り交わされる共通鍵を生成し保管する。2つの装置が通信する場合、常に鍵管理サーバ装置を経由した相互認証を行なう。すなわち、IC カードを用いた相互認証に基づいて鍵交換プロトコルによって互いの

セッション鍵を交換する。鍵管理サーバ装置は相互認証やメッセージ認証などの装置間のやりとりを監視し履歴を残す。

2.4. まとめ

このシステムの安全性は、装置間の相互認証、メッセージ認証、暗号化技術の導入と、ICカードによる鍵管理、および、入室制限管理区域の設定、並びに、システムの運用規定により安全性を確保されている。本システムは医用画像の発生、取得から画像観察診断、伝送、保存までを、すべてフィルムレスでデジタル画像として管理する、我国においては、あまり例のない総合的な医用画像管理システムである。個々の画像にはオンライン電子保存に関する属性を設け、この属性とユーザの権限を用いてアクセスを制限することで、操作ミスや勘違いによる画像の損失を抑制した。

第3章 電子化システム導入の効果

3.1. はじめに

セキュリティ通信機能を含む電子化システムが及ぼす効率を調査する目的で、システム導入以前のフィルム運用とシステム導入後の電子的運用について、画像発生から観察及び保存に要する作業時間を比較分析した。

3.2. 方法

健診センターにおける画像の検査処理作業を、「撮影」、「現像」、「読影準備」、「読影」、「保管」、「貸出」の6つに分類した。各分類と項目の関係、および、項目に対応する作業内容を、システム導入前と導入後で比較分析したものを、表3.1、表3.2に示す。表3.1は画像発生装置が健診バスの場合であり、表3.2は画像発生装置がDR装置の場合である。

システム導入前に、モダリティごとに担当者（放射線技師）への面接とアンケートを実施し、作業内容とその所要時間を調査した。システム導入後は、3ヶ月間のテスト運用期間を経た後、2週間（実質10日間）にわたり、撮影・読影における当該作業内容の所要時間を実測して1日あたりで平均化した。

3.3. 結果

画像発生装置として健診バスとDR装置を用いた2つの作業分析の結果を以下に示す。

3.3.1 健診バス

健診バスが画像発生装置である場合の作業別所要時間を表 3.1 に示す。

健診バス装置での 1 日あたりの所要時間は、作業内容ごとの積算時間で比較すると、システム導入前が 286 分、システム導入後が 241 分であった。電子化シス

表 3.1 健診バス作業別所要時間 (40 例 / 1 日)

分類	項目	システム導入前		システム導入後		ワーク コード
		作業内容	(分)	作業内容	(分)	
撮影	点検・準備	フィルムのセット	1	MO メディア確認とセット	3	A
		テスト撮影	5	テスト撮影	5	B
		フィルム番号の設定	1	整理番号の設定	0.5	C
	撮影	撮影 (40 検査)	90	撮影 (40 検査)	90	D
		フィルム入替	5	MO メディア入替	0.5	E
	整理・確認	フィルム缶装てん	7	MO メディア整理・確認	5	F
		ラベル作成・日報記入	5	ラベル作成・日報記入	5	G
			次回 MO メディア初期化	3	H	
現像	現像	フィルム現像	30	読影装置への読み込み	15	I
	整理・確認	フィルム整理	30	画像確認	25	J
読影準備	配送	読影室への配送	2	読影室への配送	2	K
		問診票チェック	5	問診票チェック	5	L
読影	画像読影	画像読影 (MD)	30	画像読影 (MD)	40	M
	レポート	レポート作成 (MD)	5	レポート作成 (MD)	5	N
保管	保管	保管室への配送・整理	2	患者 ID 入力	20	O
	配送			保存装置転送と画像削除	5	P
貸出	検索	保管室での検索	15	保存装置からの検索・取得	3	Q
	コピー・現像	ロールフィルムのカット	5	プリント	3	R
		コピー・現像	30	現像	5	S
		ロールフィルムへの戻し	3			T
	後始末	フィルムの返却	15	画像削除	1	U
積算時間		合計 (分)	286	合計 (分)	241	

テムの導入によって 45 分の短縮であった。これらの作業は並行してできるものも存在するため、単に合計だけでは厳密な比較とはいえない。したがって、比較のために図 3.1 に示すワークフローを作成した。このワークフローに基づいて作業を検討すると、最早作業時間で、システム導入前が 238 分、システム導入後が 222 分となり、16 分間（7%）の短縮が示された。この変化は、例えばフィルムの現像（I）とフィルムの整理（J）が同時に作業可能であるために起こるものである（図 3.1）。

表 3.2 DR 装置作業別所要時間（20 例 / 1 日）

分類	項目	システム構築前		システム構築後		ワーク コード
		作業内容	(分)	作業内容	(分)	
撮影	点検・準備	透視撮影台起動	1	DR 撮影透視台起動	1	A
		自動現像機起動	5	読影装置起動	5	B
	撮影	撮影（20 検査）	190	撮影（20 検査）	180	C
				読影装置への転送	()	D
		フィルム入替	5	MO メディア入替	1	E
				MO メディア初期化	1	F
現像	現像	フィルム現像	30			G
読影 準備	整理・確認	画像確認・付箋貼り付け	20	画像確認・コメント入力	20	H
		フィルム袋作成	20			I
	準備	フィルム・カルテ照合	20	フィルム・カルテ照合	20	J
読影	読影	画像読影（MD）	20	画像読影（MD）	20	K
保管	保管	フィルムの袋詰め	10	保存装置への転送	10	L
		棚保管	20	画像削除	2	M
貸出	検索	フィルム検索	15	保存装置からの検索・取得	3	N
		フィルム返却	10	プリント・現像	3	O
積算時間		合計（分）	366	合計（分）	266	

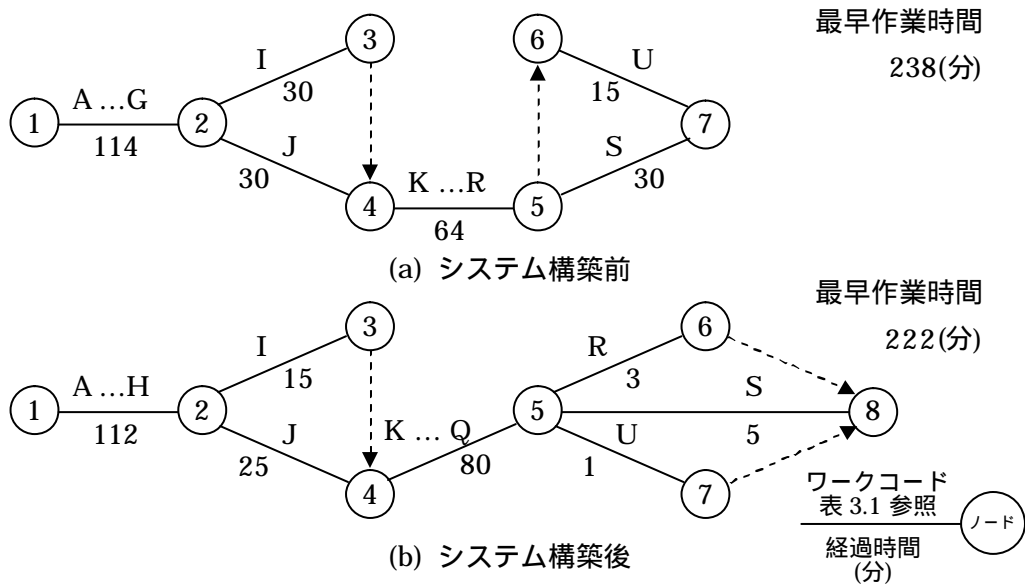


図 3.1 健診バスのワークフロー

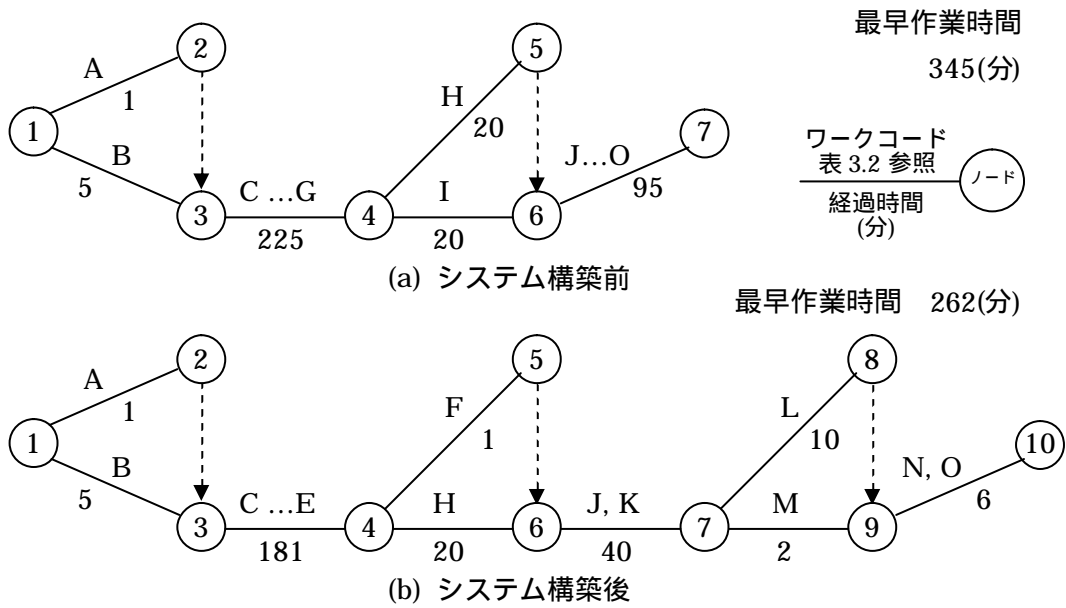


図 3.2 DR 装置のワークフロー

3.3.2 DR 装置

DR 装置が画像発生装置である場合の作業別所要時間を表 3.2 に、ワークフローを図 3.2 に示す。

DR 装置での 1 日あたりの所要時間は、作業内容ごとの積算時間で比較すると、システム導入前が 366 分、システム導入後が 266 分であった。電子化システムの導入によって 100 分の短縮であった。ワークフローを作成して同時に処理できる作業内容を考慮すると、最早作業時間で、システム導入前が 345 分、システム導入後が 262 分となり、83 分間 (24%) の短縮が示された。

3.4. 考察

画像健診における電子化システムの導入により、健診バスの業務は 1 日あたり約 16 分間短縮 (7% 改善) した。これは主にフィルムの現像と整理、およびコピーにかかる時間の差である。施設内の DR 装置関連の作業については、1 日あたり約 83 分間短縮 (24% 改善) した。この原因は、フィルムの現像、および、患者病歴カルテとフィルムとの照合が不要になったためである。

ただし、表 3.1、表 3.2 において、システム導入後、作業内容の大半の所要時間が短縮しているのに対し、読影時間に注目すると、DR 装置 (表 3.2) が、1 日 20 例で 30 分の作業時間に変化はなく、健診バスでは、1 日 40 例で 30 分から 40 分へと、かえって作業時間が増加した。これは、健診バスの担当者がシステムの操作に不慣れであることも一因であるが、読影にかかる時間は、電子化によって必ずしも短縮化しないことがわかった。これについては、電子化による読影の効率を上げるために最適画像ハンギングプロトコルの開発として第 5 章で述べる。

次に、セキュリティ機能が作業時間に及ぼす影響について考察する。実測結果によれば、装置間の相互認証とメッセージ認証のために、院内の画像伝送はノンセキュアな一般の通信と比較すると現状では約 2 倍の処理時間がかかっている。幸い、DR 装置では、伝送時間が撮影周期の間に重なって潜り込むため、通信の遅れが表面化しない。また、画像保存装置への伝送においても、伝送プログラム

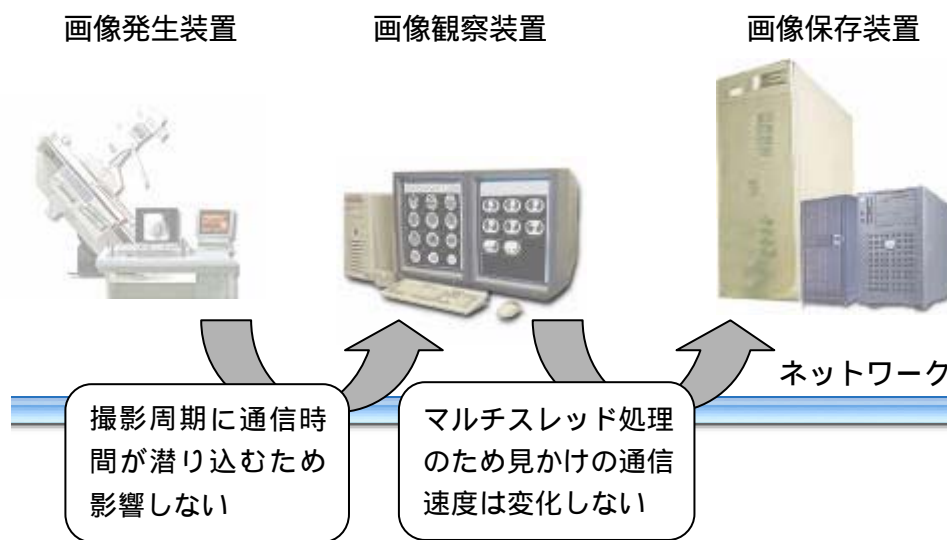


図 3.3 装置間の画像伝送

がマルチスレッドで動作するため、見かけの通信時間は増加しない(図3.3参照)。

電子的にデータを転送する際には、転送先にデータが送信されたことを確認してからデータの削除を行わないと画像を失う可能性がある。このため、これまでの、セキュリティを付加しないシステムの伝送では、マルチスレッドのようなバックグラウンド処理ではなく、ユーザ操作と同レベルのフォアグラウンド処理で、人による転送の確認により安全性を確保していた。このシステムでは第2章で説明した画像の属性管理の仕組みを利用しているため、画像へのアクセス制限とその属性がデータリスト上で確認できることから、マルチスレッドのようなバックグラウンド処理であっても安全に利用することができる。

このような導入効果を安定的に実現するためには、前述のようにセキュリティに対する配慮が不可欠である。電子化によって外部からのクラッキングや内部情報漏洩のような事態をまねくと、医療サービス機関としては致命的な打撃を受けることになる。

セキュリティの実現に必要な構成要素は、IC カード鍵管理装置、暗号化ボード、セキュリティゲートウェイ、および暗号化や認証のためのソフトウェアであり、これらの構成要素はシステム全体の1割に満たない初期費用で設置できる。また、セキュリティ機能を付加したことによる運用費の増加は、IC カードの発行管理費

以外は特に発生しない。

3.5. まとめ

電子化システムの導入によって、画像発生装置に健診バスを用いた場合、7%作業時間の短縮が得られ、画像発生装置が DR 装置を用いた場合、24%作業時間の短縮が得られた。また、このような導入効果を安定的に実現するためのセキュリティ機能は、比較的安価に導入可能で、セキュリティ通信機能が及ぼす処理時間に影響する効率の低下は、実質的にはほとんど目立たないことがわかった。

第4章 ユーザインタフェースの評価

4.1. はじめに

セキュリティ通信機能を含む電子運用のユーザにおける抵抗感を調査する目的で、このデジタル画像健診システムのユーザインタフェースの評価をについて、作業担当者へのアンケートによって調査した。

4.2. アンケートの方法

システムを構成する装置ごとに、その健診業務を中心とする医療現場における

表 4.1 利用率のアンケート項目

項目	利用状況(選択)	コメント (記述)
1 業務の内容	-	-
1.1 業務の日時		
1.2 業務の種類		
1.3 使用画像		
1.4 読影の内容		
2 使用した条件	-	-
2.1 online 送受信機能		
2.2 offline 送受信機能		
3 使用した機能	-	-
3.1 画像管理機能		
3.2 画像観察機能		
4 使い辛い点		
5 要望事項		

表 4.2 必要性・操作性のアンケート項目

項目	必要性 (選択)	操作性 (選択)	コメント (記述)
online 画像送受信機能	-	-	-
・機器から画像受信			
・画像保存装置へ画像送信			
・画像保存装置へ検索			
・画像保存装置から画像受信			
offline 画像送受信機能	-	-	-
・MO へ検索			
・MO から画像読込			
・MO へ画像書込			
・MO の初期化			
画像管理機能	-	-	-
・画像の選択			
・画像の削除			
・画像の検索			
・画像の絞り込み			
・画像のソート			
・検索の送り戻し			
・収集の送り戻し			
・読影完了			
画像観察機能	-	-	-
・画像の表示			
・画像の諧調処理			
・画像の拡大 / 縮小処理			
・画像の回転処理			
・画像のエッジ処理			
・分割変更			
・ページの送り戻し			
・ランキングの編集			
・計測			
・アノテーション			
・シネ			
・モダリティ依存設定			
セキュリティ機能	-	-	-
・IC カードでのセキュリティ			
・画像受信時のセキュリティ			
・画像送信時のセキュリティ			
・画像検索時のセキュリティ			
その他の必要と思われる機能			

ユーザインタフェースの操作性を尋ね、セキュリティ機能が及ぼす悪影響について調査する。画像観察装置については、画像操作のための機能の必要性を明らかにするため、その利用率を調べた。また、操作者の主観による機能の必要性についても質問した。

健診システム稼働後、3ヶ月間のテスト運用期間を経た後、アンケート調査を実施した。テスト運用期間の2ヶ月半はセキュリティ機能をもたないシステムとして、残りの2週間はセキュリティ機能をもつシステムとして使用し、セキュリティ機能を付加したシステムに対してアンケートを行った。

装置ごとに操作担当者のべ10名から回答を得た。回答者は、読影医と放射線技師からなり、本センターで日常の健診業務に携わるほぼ全員である。アンケートは、4種類の装置（画像観察装置、画像保存装置、画像参照装置、画像連携装置）について、それぞれ調査した。

画像観察装置に対する利用率を調査する客観的なアンケートと、各機能に対する必要性と、操作性を調査する主観的なアンケートの2部構成とした。アンケート項目を表4.1、および、表4.2に示す。その他の各装置はコメント（記述）のみの調査を行った。

利用率の調査（表4.1参照）では、第2項目以下に、その装置の機能を列挙し、使用した機能項目の（チェックボックス）にチェックする形式を採用した。必要性の調査（表4.2参照）では4つの選択肢（必要／有った方がよい／無くてもよい／不必要）のなかから、また、操作性の調査（表4.2参照）では3つの選択肢（良い／普通／悪い）のなかから、いずれか1つをチェックする形式とした。ただし、使用しなかった操作に対しては無回答として、チェックしない状態を許可した。さらに、すべての項目にはフリースペースの記述欄を設け感想や要望を記述できるようにした。

4.3. アンケートの結果

画像観察装置におけるアンケートの結果を、利用率、必要性、操作性として集計したものを表4.3～表4.5に、それをグラフ化したものを図4.1に示す。

他の装置については、意味のあるコメントは1件であり、それは、必要性の項目で述べる。

これらの装置に関する数値化したアンケート結果としては、画像観察装置のみであるが、画像観察装置上での画像の保存や検索は、画像保存装置の機能であること、また、画像連携装置の構成モジュールが画像観察装置と同等であることから、画像観察装置のアンケート結果が、画像保存装置や画像連携装置を含めた本システム全体の評価結果にほぼ等しいものとする。

4.3.1 利用率

「使用せず」と回答のあった機能が40%近くあった。すなわち、DR装置でのシネ表示、回転処理、計測、アノテーションなどの機能が不要であった。CT装置では、ブランキングマスク、MOアクセスなどの機能が不要であった。画像観察装置は、複数の検査装置を対象に設計したため、特定の検査装置に特化した機能は、その対象外画像を観察する際には不必要となることが利用率低下の原因である。

4.3.2 必要性

画像観察装置が提供した機能は、「必要」が80%以上の結果となった。「無くてもよい」や「不必要」のなかには、DR画像観察の際の、シネ表示、回転処理があり、利用率の結果と似通った項目となった。新たに必要な機能であると要求されたものの中には、一時的に画像表示を消す機能（画像一時消去）と、画像参照装置におけるユーザ認証機能の付加があった。画像一時消去は、プライバシー保護のため観察中の画像を1つのボタンで即座に消去できる機能がほしいというものであった。同等の機能は既に存在していたが、メニューからの操作であるため、操作の手間が増え、即座の消去には不向きであった。また、ユーザ認証に対する要求では、web browserを使用した参照装置にもユーザ認証を行う機能を付け、ネットワークに接続された一般装置からの参照画像閲覧を禁止したいという意見であった。

表 4.3 利用率のアンケート結果

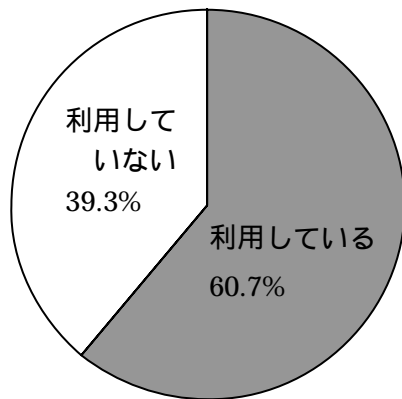
機能項目	機能数	使用した機能数			利用率 (%)
		回答者#1	回答者#2	回答者#3	
online 画像送受信機能	4	4	0	3	58.3
offline 画像送受信機能	4	0	4	2	50.0
画像管理機能	8	4	6	7	70.8
画像観察機能	12	5	9	7	58.3
合計	28	13	19	19	60.7

表 4.4 操作性のアンケート結果

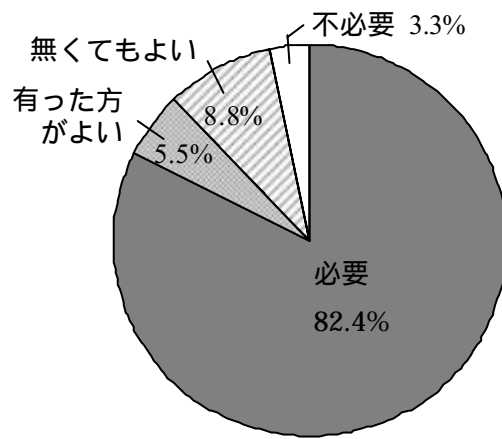
機能項目	選択肢	チェックした数			合計	割合 (%)
		回答者 #1	回答者 #2	回答者 #3		
online 画像送受信機能	使いやすい	0	0	0	0	0.0
	普通	1	0	1	2	50.0
	使いにくい	2	0	0	2	50.0
	小計	3	0	1	4	
offline 画像送受信機能	使いやすい	0	2	0	2	28.6
	普通	0	2	3	5	71.4
	使いにくい	0	0	0	0	0.0
	小計	0	4	3	7	
画像管理機能	使いやすい	0	3	1	4	17.4
	普通	7	4	2	13	56.5
	使いにくい	1	1	4	6	26.1
	小計	8	8	7	23	
画像観察機能	使いやすい	0	4	2	6	18.8
	普通	12	6	5	23	71.9
	使いにくい	0	0	3	3	9.4
	小計	12	10	10	32	
合計	使いやすい	0	9	3	12	18.2
	普通	20	12	11	43	65.2
	使いにくい	3	1	7	11	16.7
	合計	23	22	21	66	

表 4.5 必要性のアンケート結果

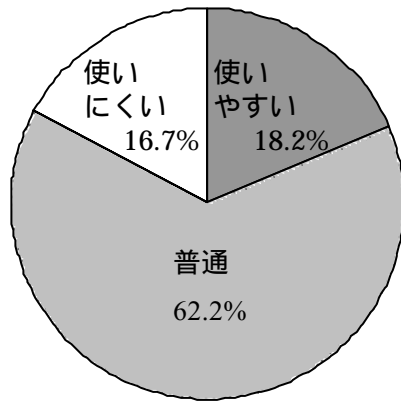
機能項目	選択肢	チェックした数			合計	割合 (%)
		回答者 #1	回答者 #2	回答者 #3		
online 画像送受信機能	必要	4	4	4	12	100.0
	有った方が...	0	0	0	0	0.0
	無くてもよい	0	0	0	0	0.0
	不必要	0	0	0	0	0.0
	小計	4	4	4	12	
offline 画像送受信機能	必要	0	4	2	6	75.0
	有った方が...	0	0	1	1	12.5
	無くてもよい	0	0	0	0	0.0
	不必要	0	0	1	1	12.5
	小計	0	4	4	8	
画像管理機能	必要	8	8	6	22	95.7
	有った方が...	0	0	1	1	4.3
	無くてもよい	0	0	0	0	0.0
	不必要	0	0	0	0	0.0
	小計	8	8	7	23	
画像観察機能	必要	12	8	7	27	75.0
	有った方が...	0	2	1	3	8.3
	無くてもよい	0	2	2	4	11.1
	不必要	0	0	2	2	5.6
	小計	12	12	12	36	
セキュリティ 機能	必要	4	4	0	8	66.7
	有った方が...	0	0	0	0	0.0
	無くてもよい	0	0	4	4	33.3
	不必要	0	0	0	0	0.0
	小計	4	4	4	12	
合計	必要	28	28	19	75	82.4
	有った方が...	0	2	3	5	5.5
	無くてもよい	0	2	6	8	8.8
	不必要	0	0	3	3	3.3
	合計	28	32	31	91	



(a) 利用率



(b) 必要性



(c) 操作性

図 4.1 画像観察装置の利用率・必要性・操作性

4.3.3 操作性

システムのレスポンスに関しては、セキュリティ機能のない状態と、同機能を付加した状態で運用し、操作者にそのことを知らせなかったにも関わらず、「使いやすい」と「普通」の合計が80%以上であった。すなわち、セキュリティ機能におけるレスポンスの低下が及ぼす操作性への影響はコメントや「使いにくい」の項目には現れなかった。

「使いにくい」という評価を受けた項目には、マウス操作、アイコン操作、メニューなどがあった。これらは、現在では計算機システムの主流となっているグラフィカルユーザインタフェースであるが、専門的な操作者には嫌われる傾向となった。回答者のコメントをまとめると、次のようになる。

- ・マウス操作はポインタの移動に費やす時間が無視できないため頻繁に使用する機能はキーボードで指示したい。
- ・アイコン操作はモノクロモニタ使用のためボタンの認識が形だけとなり、むしろ文字の方が認識しやすい。
- ・先行設定型のユーザインタフェースは、利用者へのメッセージが全般に少なく、システムの振る舞いを理解しづらい。また、操作の習得も困難なため、操作ガイダンス的な役目を果たす逐次設定型のユーザインタフェースの方がよかった。

4.4. 考察

ここでは、セキュリティ通信機能導入が及ぼす操作性に関する影響と、電子化システムへの抵抗感について考察する。

4.4.1 セキュリティ機能導入の影響

画像伝送のたびに発生する鍵の入力が操作性に悪影響を及ぼすと憂慮されたが、装置間の相互認証やメッセージ認証の鍵を IC カードで管理することによって、悪影響を回避することができた。

この健診センターの消化管検査では、1 台の DR 装置あたり平均 20 人 / 日の検査を行う。IC カードでの鍵管理を使用しない場合、検査ごとに装置間の相互認証とメッセージ認証のため鍵を入力する必要がある。鍵の入力時間を平均 30 秒とすると、1 台の DR あたり 10 分 / 日の時間を浪費する。これに比べて IC カードでの鍵管理では、システムを立ち上げる時点で、IC カードをカードリーダーに挿入し、その IC カードに書かれている認証コードを入力する以外に鍵の入力にかかる時間は発生しない。

4.4.2 電子化システムへの抵抗感

コメント欄（記述）に書かれた感想の中には、マウスとアイコン操作、先行設定型のユーザインタフェースに対して、いくつかの否定的な意見があった。

（1）マウス操作

マウス操作はポインタの移動に費やされる時間が無視できないため、頻繁に使用する機能はキーボードで入力したいという意見が多かった。画像読影に立会い、いかなる操作が利用されたかを調査した結果を表 4.6 に示す（検査 20 件）

表 4.6 画像読影時の操作

使用した操作	回数
データリスト選択	2
階調変更	4
ページ送り	20
検査送り	19
読影完了	20
画像保存装置への画像格納	1

読影に使用する操作の種類は少なく、ページ送り、検査送り、読影完了の操作は、1 検査にほぼ 1 回ずつ発生する。したがって、これらの操作にマウスを用いる場合、マウスカーソルの移動に時間が費やされ効率が悪いことがわかった。これらの調査結果から、頻度の高い操作である「ページ送り」、「検査送り」、「読影

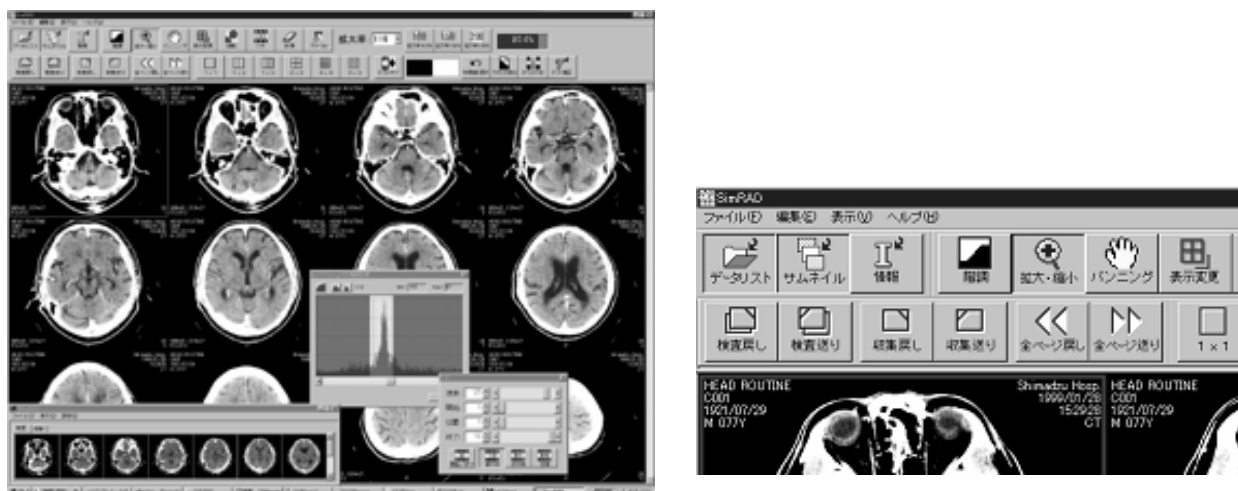


図 4.2 画像観察装置の画面（全体と拡大）

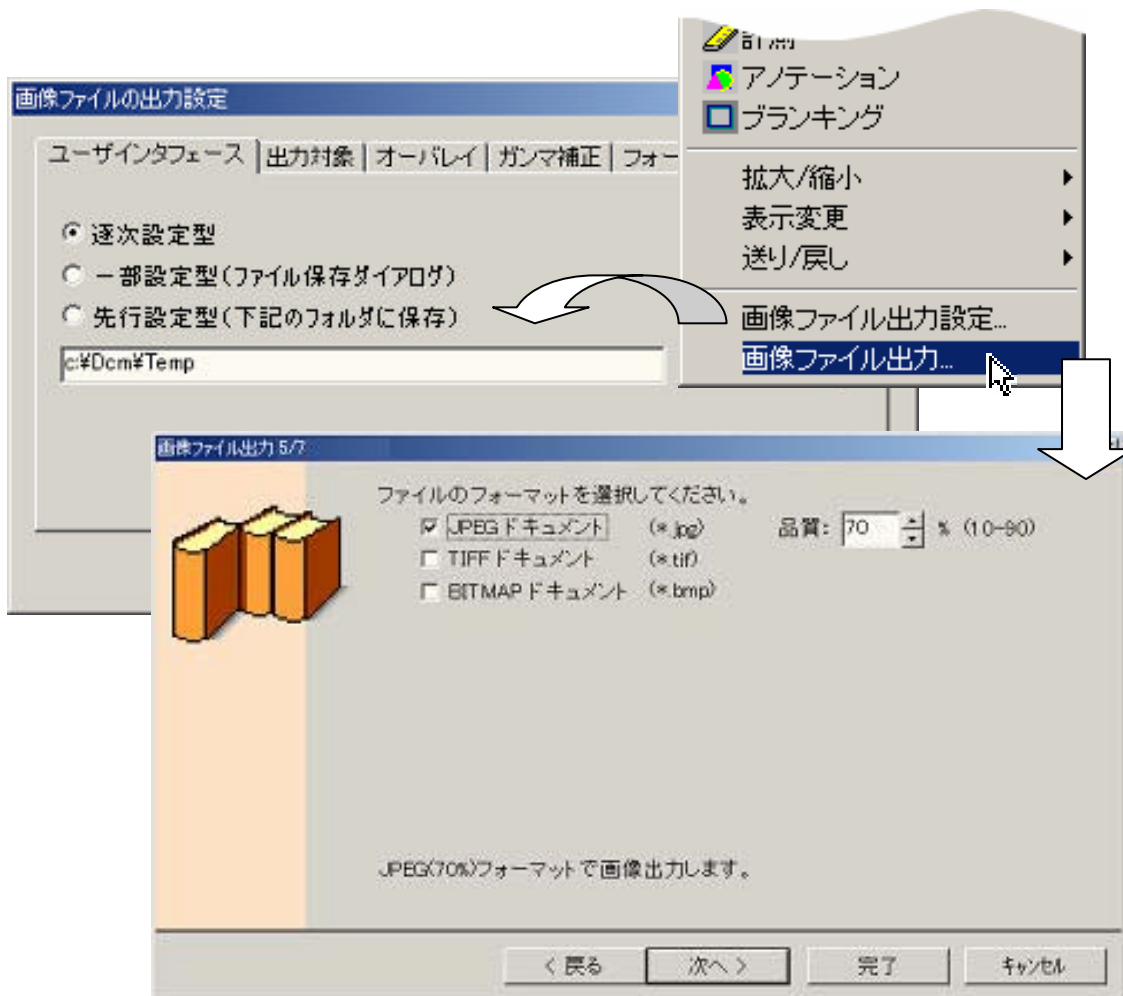
完了」を矢印キーに割り当て、「階調変更」のプリセットをファンクションキーに割り当てるようにインターフェースの設定を変更した。

（２）アイコン操作

アイコン操作に対するクレームとしては、モニタがモノクロであるため、ボタンの認識がアイコンデザイン上の形だけであり、むしろ文字の方が認識しやすいというものがあった。アイコンボタンの大型化だけでも理解はしやすくなったが、週に一度しか使用しない読影医もいることから、アイコンの下部に文字を併用するようにインターフェースを変更することにした（図 4.2 参照）。

（３）先行設定型ユーザインターフェース

先行設定型のユーザインターフェースに対する当初多かったクレーム、すなわち、利用者へのメッセージが少なく、システムの振る舞いを利用者が把握しづらいという意見は、アンケートから数ヶ月が経ち、利用者がこのインターフェースに慣れ親しむにつれてなくなった。そればかりか、反対に結果を得られるまでの操作が素早く行える点でよい評価を得られるようになった。先行設定型の方式は、機能とそれに付随する設定の関係や、機能間の設定の影響など、利用者が把握してい



画像ファイル出力機能でのユーザインタフェースの設定例：「画像ファイル出力設定...」でユーザインタフェースを選択すれば、「画像ファイル出力...」で実行した場合のユーザインタフェースが設定に応じて変化する。

図 4.3 ユーザインタフェースの選択機能

なければ望みどおりの結果を得ることができないため、操作の習得には若干の学習が必要である[17]。

機能の中には日常的に使用するものと、そうでないものが存在する。まれにしか使わず、しかも、複雑な設定を必要とする機能には、やはり、逐次設定型のユーザインタフェースも備える必要がある。図 4.3 に示す画像ファイル出力の機能は、日常的に使用することが少ないため、逐次設定型、先行設定型、そして、一部のパラメータだけ逐次設定する一部設定型の3種類からユーザインタフェース

を選択できるようにインタフェースを変更した。

4.5. まとめ

セキュリティ通信機能の導入による操作性への悪影響は、ICカードの鍵管理システムの採用により回避できた。また、抵抗感の改善については、種々の対応により問題を改善できたが、画像読影時の操作に関しては、フィルムの読影と比較すると、さげがたい抵抗感があるという意見が残った。この解決策については、読影時の抵抗感を和らげる最適画像ハンギングプロトコルの開発として第5章で述べる。

第5章 ハンギングプロトコル

5.1. はじめに

従来の画像診断において、直接あるいは間接撮影によるフィルムサイズを使い分けてシャウカステンの面積を最大限に利用して効率的に一覧していた読影医にとっては、モダリティや部位に応じて単純に画面を初期分割する現在の電子的画像観察装置では、画面切り替えに伴うマウスやキーボードの操作が余分に発生することが問題とされている。

医用画像管理システム（PACS）において、検査画像を迅速に診断するためには、個別の読影医の好みに合わせた画像表示ができる、画像表示のカスタマイズ性（hanging protocol: ハンギングプロトコル）が、読影効率を向上させるため極めて重要であることが明確になったとの報告がある[18]。

読影医の好みに応じていったん画像配置（ハンギング）を設定すれば、以後、同様の事例を自動的にハンギングする、いわゆるスタティックなハンギングプロトコルの規格が既に DICOM 委員会から提案されている[19][20][21]。しかし、X線 CT や MRI（Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像診断装置）の連続的な断層像とは異なり、スポット画像を中心とする消化管検査などの健診用 DR（Digital Radiography: デジタル X 線画像診断装置）の画像では、枚数や解像度の異なる画像が混在することと、必ずしも表示順序を厳密に保つ必要がないことから、これらの検査にも対応できるより柔軟性の高いハンギングプロトコルの導入が望まれている。

ここでは、電子化された画像診断システムにおいて、個々の読影医と患者単位

の検査画像の組合せによってダイナミックに最適な画像配置を実現するためのハンギングプロトコルを提案し、その有効性を評価する。

5.2. ハンギングプロトコル

一般に多量のデジタル医用検査画像を画像観察装置のディスプレイ画面に並べて表示する、いわゆるハンギングパターンを構成する際に必要な独立機能として、次の3種類が考えられる。

- ・画面分割
- ・画像表示倍率
- ・画像順序

これらの機能の組み合わせで様々なハンギングパターンを構成することができる。ここに、画面分割とは、ディスプレイの画面をフルスクリーン（1分割）、1/2、1/4 あるいは 1/6 などと適当に分割した独立な小画面として使う機能、画像表示倍率とは、デジタル医用画像検査撮影時の原画像をピクセル単位に、拡大したり、縮小したりする機能、また、画像順序とは、検査画像の発生順序を部分的に入れ替える機能である。

一方、画像の観察者（読影医および放射線技師）は、画面上の解像度、検査画像発生順序の保存性、画像セット全体の一覧性の3つの要素をもとに、各自の好みのハンギングパターンを定めている。ここに一覧性は画像の架け替え回数と相関する。これらの3つの軸でハンギングパターンを評価し、それぞれの評価に重みを付けて加算した観察者の効用（好み）評価関数を定めれば、個々の観察者に最良のハンギングパターンを定量的に選択することができる。そして、観察者の好みは、これらの3評価軸の重み（効用パラメータ）で表現できる。

すべての実現可能なハンギングパターンに対して、観察者固有の効用パラメータを持った評価関数の値を計算し、観察者ごとに最良のパターンを自動的に選択して初期設定表示することが、このシステムの目的である。

しかしながら、ハンギングパターンを構成する上述の機能は、画面毎の分割数や倍率の選択に多数の可能性がある。また、順序の並び替えは画像数の順列と同じ

オーダの多様性が考えられる。したがって、それらの組み合わせの数は膨大で、すべてを数え上げることは一般には困難である。

ここでは、本論文が対象とするデジタル健診システムの実アプリケーションである DR 画像診断に対象を限定し、パタンの探索範囲を、臨床的に使われて実際に意味のある部分に制限することで、実現可能なハンギングプロトコル生成システムを提案する。

まず、これまでのフィルムでの運用形態をもとに、電子化した画像診断におけるハンギングプロトコルの前提条件を考える。

5.2.1 ハンギングの前提条件

(1) 画面分割と画像表示倍率機能の制限

X線フィルムを使用した健診現場の画像診断では、一度に大量の受検者の画像を効率よく、正確に読影する必要がある。フィルムを使う読影では、解像度を必要とする主診断用画像は 12 インチのフィルムに直接撮影（ライフサイズ）し、副次的に必要な部位の画像は 6 インチのフィルムに間接撮影して、シャウカステンの表示面を最大限に利用できるように全体の表示必要面積を調節している。そして、見渡しよく、かつ、フィルムの架け替えが少ないハンギングパターンを経験的に実現してきた。画像のサイズは 12 インチと 6 インチの二種類であり、事実上これら以外のサイズは使用されていない*。

一方、電子化で発生する DR 原画像の解像度は、1024x1024 ピクセルである。撮影時に画像の重要度を設定するスイッチを切り替えることによって、重要度の高い画像は 12 インチフィルム相当のフルサイズ表示に、重要度の低い画像は 6 インチフィルム相当に縮小表示するためのタグ情報を画像のヘッダに埋め込む。重要度の高い画像を、画像観察装置のディスプレイ（1200x1600 ピクセル）に、ピクセル単位に一对一で表示し、かつ、画像の隅々まで欠落なく実寸に近いライフサイズで表示するためには、画面分割は 1/1 で、画像表示倍率は 100%としなければならない。他方、重要度の低い画像の解像度は 1/4（512x512 ピクセル）あ

* DR は厳密にはすべて間接撮影であるが、画像観察装置で表示する場合にライフサイズに近い大きさを描画させたい画像を慣習的に直接撮影、そうでない画像を間接撮影と呼んで区別している。

るいは 1/6 (約 400x400) に圧縮しても臨床上差し支えがない。

フィルム運用と同様に画像診断作業を効率よく実施するためには、これらの画像をできるだけ少ないページに配置して掛け替えの手間を減らし、同時一覧性を高めることが必要である。ここでいうページとは、一度に見渡せることのできる画像描画エリアのことをいう。ディスプレイが n 台ある画像観察装置の 1 ページは n 画面に相当する。使用するページを削減するためには、重要度の低い画像を縮小して分割した画面に配置すればよい。縮小された画像はフィルムにおける間接撮影に相当するので、以下では、フィルムの場合に準じてフルサイズ表示することを直接撮影の表示、縮小して表示することを間接撮影の表示と呼ぶことにする。

フィルムの読影ではサイズに関わらず、画像全体をトリミングなしにすべて表示していた。したがって、電子化した画像観察装置においてもフィルム運用に準じて、間接撮影画像の倍率は、画面分割枠に全体が納まるように自動的に調節することとする。

画面分割と画像表示倍率の前提条件をまとめると、次のようになる。

- ・直接撮影 (フルサイズ画像) は全画面 (1/1 分割) 表示する。
- ・画面分割は 2 種類 (全画面を含めると 3 種類) とし、分割が 1/4 か 1/6 かに応じて、その内部に間接撮影画像の全体が丁度おさまる倍率に画像を縮小して表示する。
- ・同一検査の読影中、間接撮影用画面分割は 1/4 か 1/6 のいずれかに統一する。

(2) 画像順序機能の制限

画像の表示順序は、可能な限り撮影画像の発生順序を保存することを原則とする。実際、従来のフィルムによる読影過程における画像撮影順序は診断学的知見に基づいて設定されているもので、いたずらに順序を変えることは混乱を招くだけである。しかし、ディスプレイの表示可能面積を無駄無く使うために、若干の順序変更は許容される場合がある。そのため、画像の順序は、取りうる全パターンを対象とはせず、画面の途中が未使用となっている表示エリアに、順序を繰り上げて表示することができる画像 (すなわち、未使用となっている画像のエリアに

丁度当てはまるサイズの画像)で、後方に位置して最も相対的に近い画像を繰り上げて割込み配置する。画像の順序は、この1つの規則のみで入れ替えるため、観察者は、システムの振る舞いを理解しやすく、画像の発生順序を頭の中で正規化させることが容易となる。

画像順序の前提条件をまとめると、次のようになる。

- ・画面の途中に未使用な表示エリアがある場合に限り、そこに表示できる同サイズの画像を繰り上げて配置する。
- ・画面単位の分割枠に対する画像の表示順序は、左上隅から水平に右下に向かって並べるとする。

5.2.2 ハンギングプロトコルの1つの初期操作と2つの付加操作

上述のように、ハンギングパターンをすべて数え上げて評価することは、CPUの処理コストを浪費し、画像の読み込みから表示にかかるリアルタイム性を損なうことになる。特に、多量の受検者の画像を効率よく読影しなければならない健診現場では、どのような画像の組合せであってもダイナミックに、リアルタイム性を確保して画像の最適なハンギングを行うことが必須の条件となる。

本ハンギングプロトコルは、フィルムの運用から明らかになった前提条件の特性に着目し、数あるハンギングパターンを4パターンに絞り込むことで、その評価にかかるCPUの処理時間を短縮し、ハンギングプロトコルのリアルタイム性を保証する。

ここでは、上述の前提条件のもとで候補となる4つのハンギングパターンを作りだすためのページ削減を目的とした1つの初期操作と2つの付加操作について説明する。

(1) partitioning

一度に見渡すことのできる描画エリアを1ページとする。ディスプレイが n 台ある画像観察装置の1ページは n 画面に相当する。画像の架け替えを少なくすることは、検査単位に発生する全画像を観察するために必要となるページ数を減らすことである。

間接撮影された画像の解像度を画像観察装置内で512x512ピクセルのサイズと読み替えた場合、これをディスプレイ(1600x1200ピクセル)に、画像の解像度を落とすことなく表示できる分割数は1/4である。したがって、直接撮影された

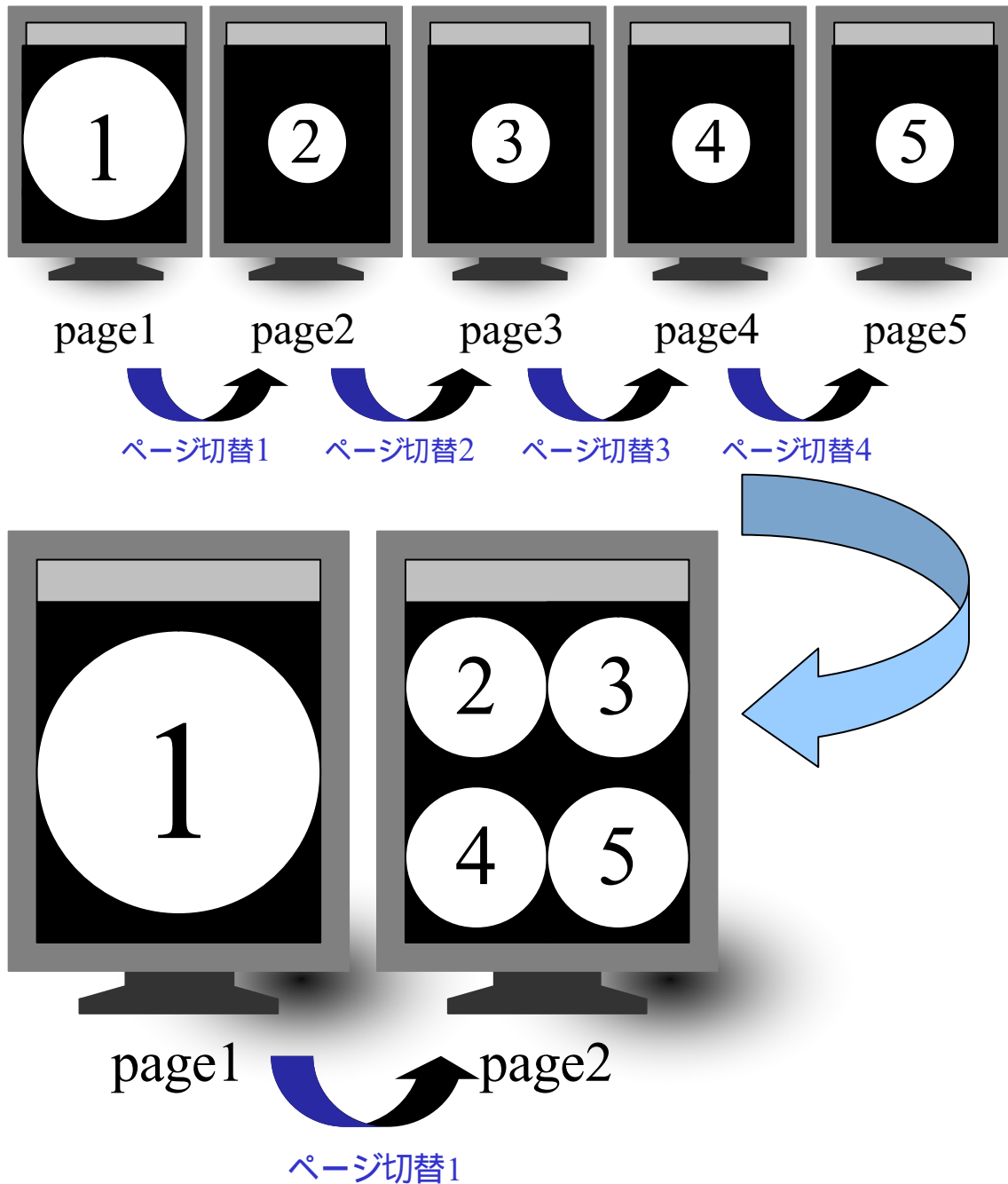


図 5.1 partitioning による操作

画像は 1/1、間接撮影された画像は 1/4 に画面分割を設定し、ページ数の削減を行う。この操作はハンギングプロトコルを構成する初期操作で partitioning と呼ぶ。画像の表示順序と解像度が保たれるため、ハンギングの評価の指針となる 3 つの軸のうち、画像の解像度と順序性については最適なハンギングパターンとなる。このパターンを基準初期パターンとして使用する。

たとえば、画像の発生順序を番号 1、2、3、... で示し、直接撮影の画像は鍵括弧 []、間接撮影の画像は括弧 () で数字を囲んで示すと、1 枚目の画像が直接撮影で、2 枚目から 5 枚目までが間接撮影された合計 5 画像からなる検査は、[1](2)(3)(4)(5) と示すことができる。これをディスプレイが 1 台のみの 1 画面/1 ページの観察装置で表示する場合を考えると、図 5.1 のように、すべての画像を表示するために 5 ページを必要とし、ページの切り替えを 4 度行わなければすべての画像を観察できない。これに partitioning の操作を行うとページ数は 2 となり、1 度のページ切り替えで画像を観察できる。

(2) padding

partitioning で得られた基準となるハンギングパターンの順序を操作して、ページの削減を試みる付加操作を padding と呼ぶ。基準初期パターンにおいて、未使用となった画像の表示エリアに、順序を繰り上げて表示することができる同じ解像度の画像を詰め込んでページを削減する。この操作では、画像の解像度は保存するが、順序性は一部保存されない。

たとえば、図 5.1 と同様の画像数であっても、直接撮影の画像が 1 枚目ではなく、2 枚目にある場合、すなわち、(1)[2](3)(4)(5) の画像からなる検査は、基準パターンでは図 5.2 のようにすべての画像を表示するのに 3 ページを必要とし、ページの切り替えは 2 度行わなければならない。これに padding の付加操作を適用すると、page1 の未使用表示エリアに page3 に配置されている 3 つの画像を詰め込むため、ページ数は 2 となり、ページ切り替えが 1 度に削減できる。しかし、図に示すように画像の順序が一部保存されない。

(3) shrinking

基準初期パタンの解像度を操作して、ページの削減を試みる付加操作を shrinking と呼ぶ。上述の前提条件から、直接撮影の画像は解像度が落とせないため、間接撮影の画像を対象に 1/4 から 1/6 に画面分割を変更する。これに伴い画像の描画面積が小さくなるため、適切なサイズに補間処理して表示画像を縮小する。この操作では、画像の順序性は保てるが、解像度を損なうことになる。

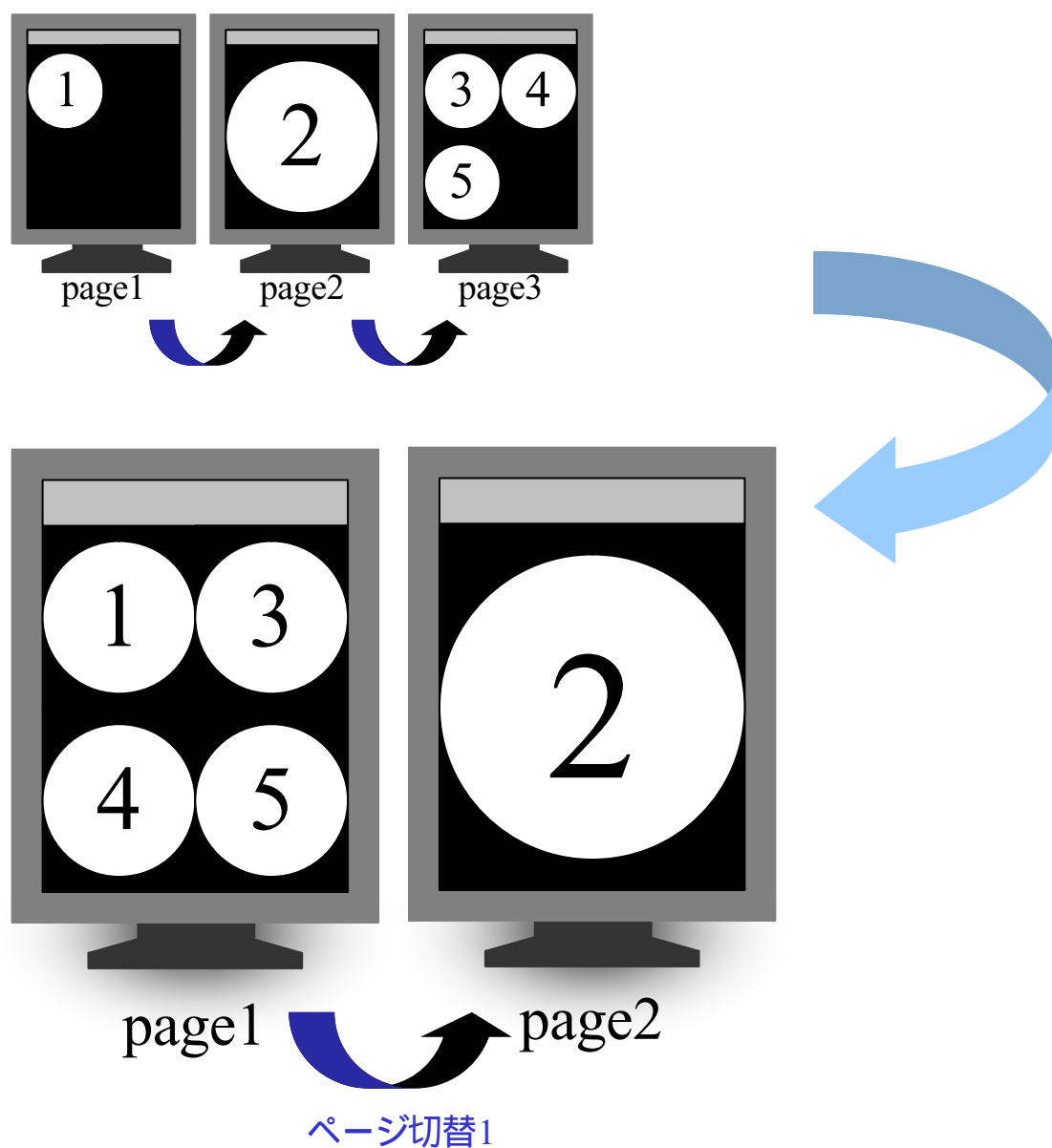


図 5.2 padding による操作

たとえば、画像の発生順序が[1](2)(3)(4)(5)(6)(7)からなる検査は、図 5.3 のようになり全画像の観察には 3 ページを必要とし、ページの切り替え回数は 2 度行わなければならない。これに shrinking の付加操作を適用すると、page3 に表示していた画像が page2 へ回り込むため、ページ切り替えは 1 度に削減できる。しかし、図に示すように画像の解像度が一部低下する。

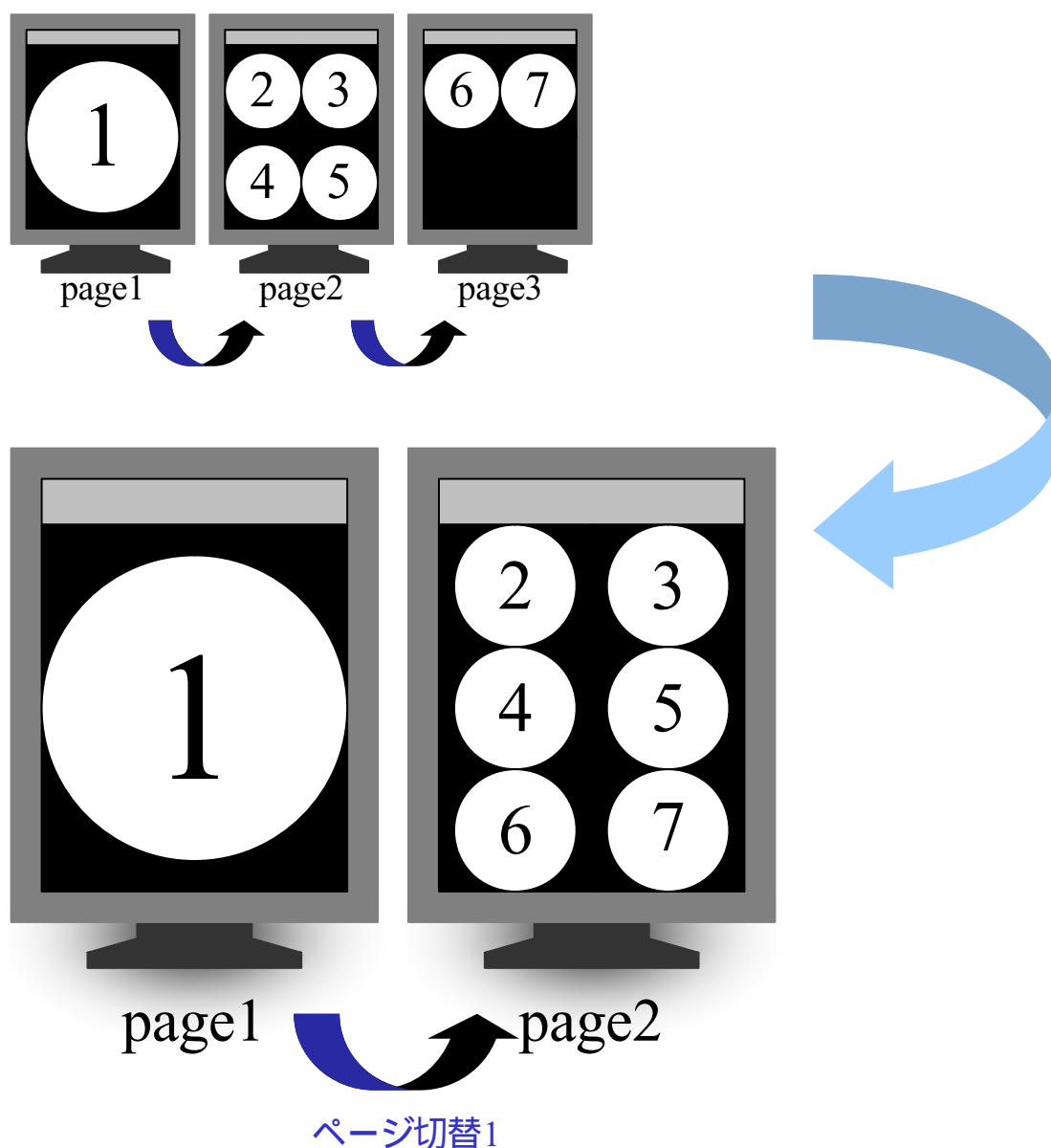


図 5.3 shrinking による操作

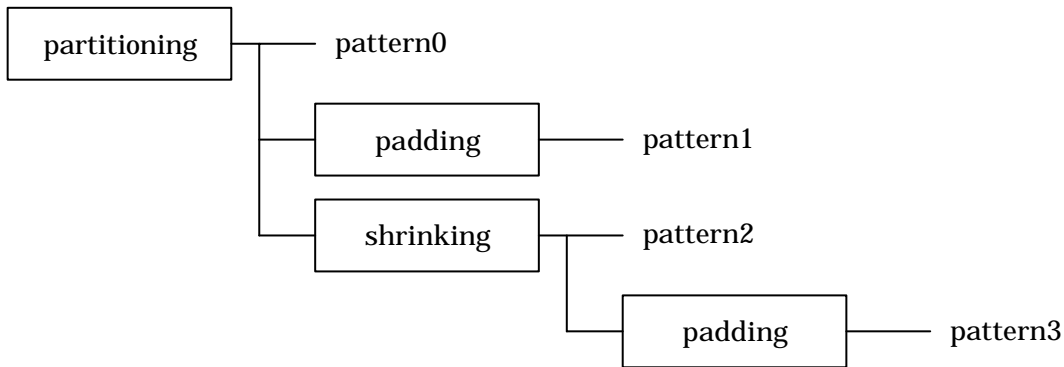


図 5.4 ハンギングの操作とタイプ

5.2.3 ハンギングの4パターン

partitioning で得られたハンギングパターン、すなわち、基準初期パターンを pattern0 とし、これをもとに padding して得られたハンギングパターンを pattern1、また、同様に pattern0 を shrinking して得られたハンギングパターンを pattern2、さらに、pattern2 をもとに padding して得られるものを pattern3 として区別する（図 5.4 参照）。

（1）解像度

検査画像のすべてがピクセル単位に一对一で画面に表示できる場合の解像度を 1 とする。たとえば、極端な場合を仮定すると、10 画像のうち 1 画像が欠落して表示できなかった観察の解像度は、面積で比較すると $9/10=0.9$ に低下する。欠落画像は本来表示すべきサイズに対して辺の長さが 0% に縮小したものと等価と考えて、画像数を m とした場合の解像度 q は式(1)のように、各画像の縮小率 z_i (i は画像番号； $i=1, 2, \dots, m$) の総和を m で割ったものと定義する。

$$q = \frac{1}{m} \sum z_i \quad (5.1)$$

（2）順序性

順序性は検査画像の発生順を保存して表示できた場合を 1 とする。順序性 r は

式(2)のように、 i 番目の画像を y_i 番目に表示する場合の相関係数として定義する。

$$r = \frac{m \sum_{i=1}^m i y_i - \left(\sum_{i=1}^m i \right) \left(\sum_{i=1}^m y_i \right)}{\sqrt{\left\{ m \sum_{i=1}^m i^2 - \left(\sum_{i=1}^m i \right)^2 \right\} \left\{ m \sum_{i=1}^m y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^m y_i \right)^2 \right\}}} \quad (5.2)$$

(3) 使用率

使用率は検査画像をディスプレイに表示した際に未使用エリアが存在せずに配置できた場合を 1 とする。使用率 s は式(3)のように、全画像数を m とし、各画像の表示面積 A_i ($i=1, 2, \dots, m$) の総和を利用可能な総面積 (ページ当たりの面積 $C \times$ 使用ページ数 l) で割ることで定義する。ただし、面積の単位はピクセルとする。

$$s = \frac{1}{lC} \sum_{i=1}^m A_i \quad (5.3)$$

(4) ハンギング係数

ハンギングプロトコルの評価関数は、解像度 q 、順序性 r 、使用率 s の各指標となる値を掛け合わせたものとして定義する。この値をハンギング係数と呼ぶ。ただし、観察者の好みを実現するため、ハンギング係数 p は式(4)のように定義する

$$p = f_w(q) f_{wr}(r) f_{ws}(s) \quad (5.4)$$

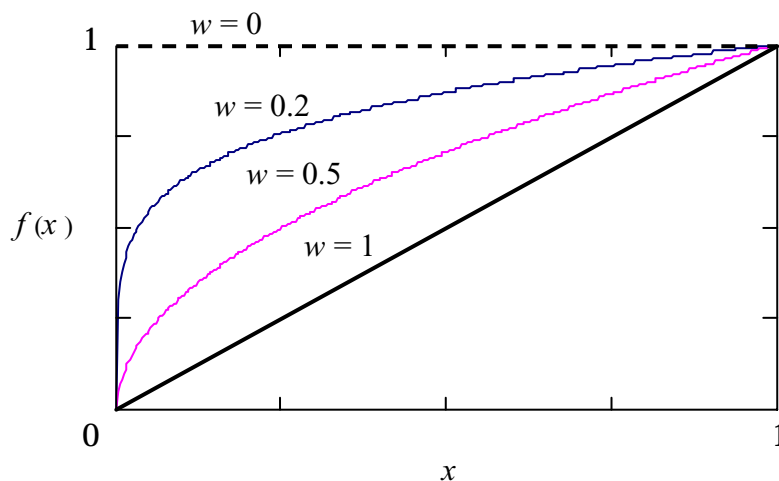


図 5.5 各評価関数の重み

page1	page2	page3	pattern $p = f(q)f(r)f(s)$
			pattern0 $p = 1.00 \times 1.00 \times 0.58 = 0.58$
			pattern1 $p = 1.00 \times 0.93 \times 0.88 = \mathbf{0.82}$
			pattern2 $p = 0.85 \times 1.00 \times 0.75 = 0.64$
			pattern3 $p = 0.85 \times 0.93 \times 0.75 = 0.59$

図 5.6 ハンギング係数の比較

ここに $f_w(x) = x^w$ とし、 $0 < w < 1$ (ただし、 $w=0$ の場合は $x^0=1$) とする。 w は各指標となる係数の重みを示す (図 5.5 参照)。解像度の重みを w_q 、順序性の重みを w_r 、使用率の重みを w_s と表現する。

初期パターンでは、解像度と順序性の指標が最良である。これ以外のパターンは、この最良の指標を低下させて使用率の向上を試みる意味から、使用率の重みを基準とする。すなわち、 $w_s=1$ とした場合の解像度と順序性の相対的な重み w_q 、 w_r についてのみ設定可能とする。

重みの設定値と好みの関係を次に示す。

- $w_q < 1, w_r = 1$ 解像度が低下してよい
- $w_q = 1, w_r < 1$ 順序性が低下してよい
- $w_q < 1, w_r < 1$ 解像度も順序性も低下してよい

5.2.4 ハンギングプロトコル

本ハンギングプロトコルは、画像観察装置の画面構成が変化したり、検査当たりの画像数や、その重要度 (撮影方式) の組み合わせが変化した場合でも pattern0 ~ pattern3 の 4 種のハンギング係数を計算し、その値が最大となるものを採用する。

図 5.6 にそれぞれの重みを 1 とした場合のハンギング係数の算出例を 2 画面/

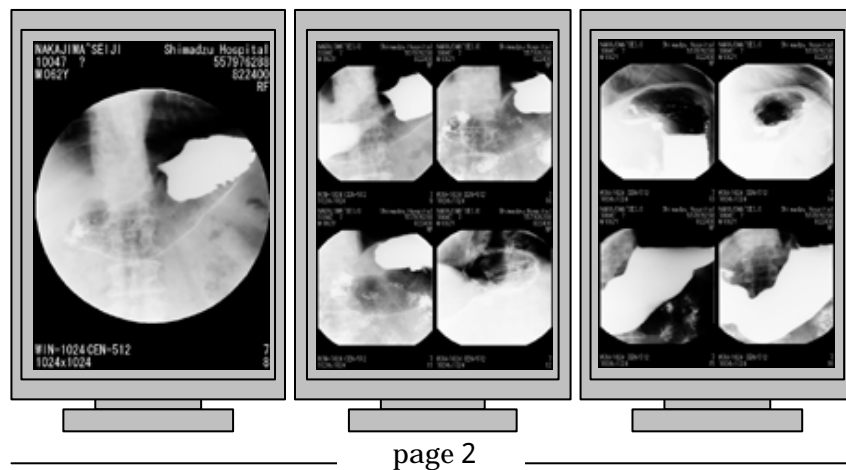
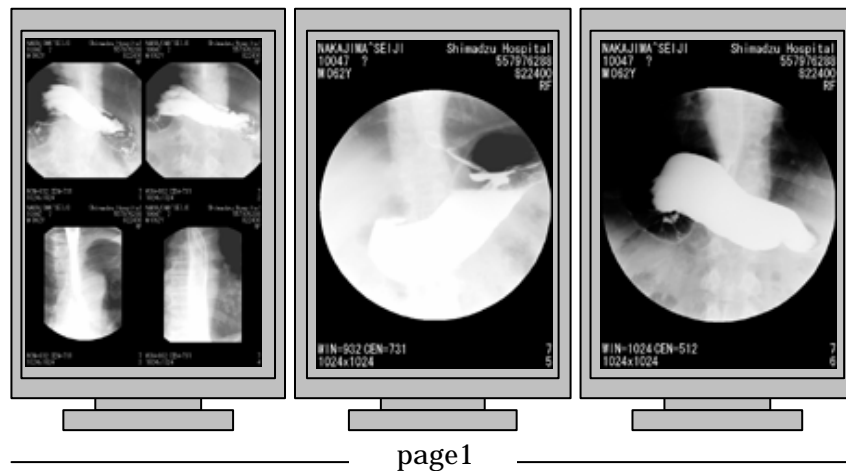


図 5.7 ハンギングプロトコルの結果 (3 画面)

ページの構成で示す。この例では pattern1 が 0.82 と最も高いハンギング係数であるため、自動的に pattern1 のハンギングが初期画像配置として選択されることになる。

図 5.7 にハンギングプロトコルを使用した場合の 1 検査あたりの画面分割例を示す。

5.3. シミュレーションと実装による評価

1 検査あたりの画像数は一般的に 14～17 である。撮影方法の違い(すなわち、フィルムサイズの違い)は 2 種類のため、14 画像時の組み合わせが取りうる種類は $2^{14}=16,384$ 通りとなる。これを 15 画像から 17 画像についても考慮すると、合計 $S2^i=245,760$ 通り(ただし、 $i=14, 15, \dots, 17$)となる。本ハンギングプロトコルの実装対象となる 3 画面構成の画像観察装置で 245,760 通りを読影する場合のシミュレーション結果を図 5.8 に示す。また、各パタンの代表的な採用例を図 5.9 に示す。

このダイナミックなハンギングプロトコルを用いることによって、基準初期パターン(pattern0)よりさらにページ削減をすることのできる場合が約半分あることがわかる(ただし、重みの条件は $w_q=1$ 、 $w_r=1$ とする)。このことは、本ハンギングプロトコルの有効性を示している。

本ハンギングプロトコルを京都予防医学センターの上部消化管健診で使用される画像観察装置に実装した。DR 装置をモダリティとする検査の所要時間のうち、読影作業にかかる時間を実測したところ、表 3.2 に示した画像読影の所要時間 20 分が 16 分となり 4 分間(20%)の短縮を確認した。また、電子化システムでの抵抗感については、すべての回答者からマウス操作が減り読影が快適になったとのコメントを得た。なお、回答者は医師、技師の 10 名であるが、日常的に本検査に携るほとんどのメンバをつくしている。

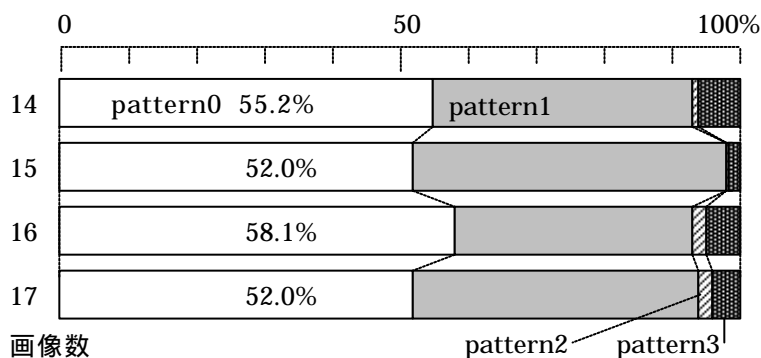


図 5.8 シミュレーションの結果

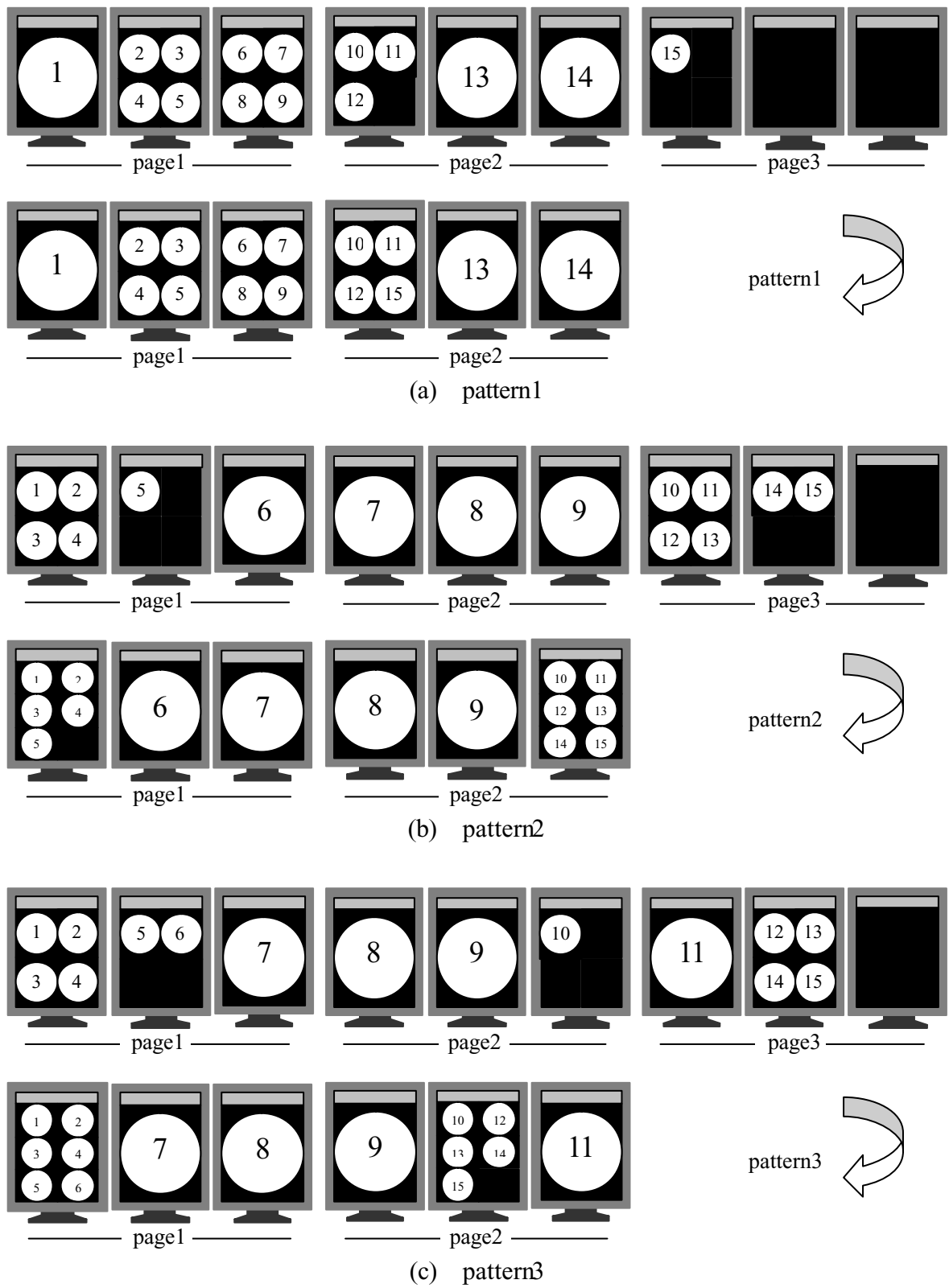


図 5.9 各パタンの代表的な採用例

5.4. まとめ

本ハンギングプロトコルの開発により、電子化システムにおいてもフィルム運用と比較して効率低下がなく抵抗感のない読影を実現することができた。これは、解像度、順序性、使用率の評価関数から DR 画像向けの最適な初期画像配置をダイナミックに算出する新しい手法である。臨床現場における観察に基づいて、膨大なハンギングパターンを4つのパターンに絞り込むことでリアルタイム性を損なうことなく画像のハンギングを実現していることが特徴である。観察者は、「ディスプレイモニタの構成」、「検査内画像枚数」、「画像重要度」が変化しても、常に最適な画像のハンギングパターンが得られ、読影時間の短縮を図ることができる。

本研究ではスポット画像の代表である、上部消化管の検査画像を対象としたが、画像の発生がスライス順や時系列順であるために、順序性を保つことを重視する X 線 CT や MRI のハンギングプロトコルとして使用する場合には、順序性の重みを 1 (最大) にして、解像度の重みを減らしたうえで、画面分割と画像表示倍率のアルゴリズムに手を加えることで拡張可能と考える。また、本ハンギングプロトコルは、画像ごとのタグに明記された重要度の違いにより、画像表示の扱いを変更するものであるが、このタグ情報のかわりに、画像サイズ、ピクセル間距離、フィルムのインチサイズなどの一般的に取得可能な情報を重要度として用いれば、画像発生装置側に特別な仕掛けをしなくとも本ハンギングプロトコルを適用することが可能である。

第6章 結論

本研究では、財団法人医療情報システム開発センター（MEDIS-DC）によるセキュリティシステムガイドラインに準拠して、セキュリティ通信機能を備えた全デジタル医用画像管理システムを設計・開発し、実際の健診センターに実装し、システム導入の効果と使い勝手について評価した。このシステムは、医用画像の発生・取得から画像観察診断、伝送、保存までを、すべてフィルムレスでデジタル画像として管理する、我国においてはあまり前例がない総合的なシステムである。さらに、このシステムには画像診断コンサルテーションのために他医療機関へ画像を伝送する機能（画像連携）や検査結果説明のための画像参照機能も含まれている。

本論文では、まず、セキュリティ通信機能を付加したシステムの仕様と構成について示し、システムの画像検査処理時間短縮など健診センター業務の生産性向上に及ぼす影響を、ワークフローの分析と稼働システムの実測結果、ならびに利用者に対する質問票によって評価した。ICカードによる鍵の管理と並行処理などシステム構成上の工夫によって、また、日常的な操作と頻度の少ない特殊な操作のそれぞれに対してキーとマウスを使い分けるユーザインタフェースを採用することによって、セキュリティ通信機能を付加したシステムであっても従来のフィルム運用に比較して十分な作業時間短縮効果があることを示した。

そして、従来のフィルム運用に馴染んだ放射線技師や医師など健診センタースタッフのデジタル画像観察（診断）装置に対する拒否反応を解決するために、デジタル X 線(DR)画像を例にとって最適画像ハンギングプロトコルを提案した。これは、解像度、順序性、使用率の評価関数から DR 画像向けの最適な初期

表示をダイナミックに算出する新しい手法に関するものである。本手法は、上部消化管健診のシステムに実装して、臨床的に実用可能なことを実証した。シミュレーションによる調査ではその有効性を実証した。画像の観察・診断に関わる読影時間は20%短縮した。

この画像表示における最適ハンギングプロトコルの機能もったセキュリティ通信機能付きの全デジタル医用画像管理システムは、現在も実際に健診センターにおいて稼働中で、保健医療分野情報化に適合した医療情報システムの先駆として、グランドデザインの実現に寄与するものである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、論文のまとめかたから研究に対する姿勢まで、あらゆる面で有益なご指導と激励をいただきました、主指導教官である情報科学研究科 情報生命科学専攻（生命機能計測学分野）湊小太郎教授に厚く御礼申し上げます。多くの発表の機会をもたせていただきよい経験になりました。心から感謝いたします。さらに、論文執筆に対して懇切丁寧なご教示、ご助言をいただきました、情報処理学専攻（知能情報処理講座）木戸出正繼教授、情報生命科学専攻（生命機能計測学分野）杉浦忠男助教授に心から御礼申し上げます。また、ミーティングを通し、数々のご助言をいただきました、菅幹生助手に御礼申し上げます。

本研究の機会ばかりか、最新の医療情報を常にお与えくださいました、島津製作所 細羽実 医療情報システム室長に心から感謝いたします。また、豊富な経験からシステムの設計や実装面でご指導いただきました、島津製作所の堀野誠人係長、西田慎一郎主任、松井典久主任、玉利敏夫主任、島津エス・ディーの栗田宗夫部長、北野真由美係長、亀田義裕氏に感謝いたします。また、公私ともども相談にのっていただき、常に的確な助言をいただきました島津製作所顧問、島津エス・ディー前社長 岡正太郎理学博士に心から感謝いたします。

本研究の実証実験のフィールドとなった、京都予防医学センターの医師、放射線技師、看護師の皆様には、医療業務の数々の知識をさずかり視点の違った方向からシステムをみることができ心から感謝いたします。

さいごに、ここまで著者のわがまを暖かく見守ってくれた家族に感謝します。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 厚生省：診療録等の電子媒体による保存について，健政発 517 号・医薬発 587 号・保発 82 号，1999 .
- [2] H.K.Huang:PACS-basic principles and applications ,Wiley-Liss ,1999 .
- [3] 紀ノ定保臣，高田明治：画像情報の保管・運用におけるリ・モデル化と医療経済効果について，医療情報学，Vol.19，pp. 289-295，1999 .
- [4] 厚生労働省：保健医療分野の情報化にむけてのグランドデザインの策定について，<http://www.mhlw.go.jp/shingi/0112/dl/s1226-1a.pdf>，2001 .
- [5] 稲邑清也：PACS の現状と展望 - 電子保存の運用を含めて - ，月刊新医療別冊 2000 年医療機器システム白書，Vol.27，pp.41-45，2000 .
- [6] Dwyer,S.J. III：Imaging system architectures for picture archiving and communication systems，Radiol Clin North Am，Vol.34，pp.495-503，1986 .
- [7] 仲村英一：法令に保存義務が規定されている診療録及び診療諸記録の電子媒体による保存に関するガイドライン等について，MEDIS-DC，pp.1-10，1999 .
- [8] MEDIS-DC：医用画像情報の電子保存に関する共通規格，MEDIS-DC V0.8，pp.1-8，1998 .
- [9] MEDIS-DC：オンライン電子保存のためのセキュリティ機能仕様書，MEDIS-DC，pp.1-11，1998 .
- [10] MEDIS-DC：統合型セキュリティ通信規格書，MEDIS-DC，最終 Draft V1.00，pp.1-42，1998 .

- [11] 遠藤晃，湊小太郎，大草知裕，他：処方入力ヒューマン・インターフェースの定量的相互比較，医療情報学，Vol.14，pp.45-55，1994．
- [12] 喜多紘一，野原貴，谷内田益義，他：医療連携のための統合セキュア通信層（ISCL）用ソフトウェア，第19回医療情報学連合大会 19th JCOMI，pp.322-323，1999．
- [13] 喜多紘一，野原貴，細羽実，他：医療連携のための統合セキュア通信層（ISCL）の標準化提案，第18回医療情報学連合大会論文集，pp.58-59，1998．
- [14] 細羽実：医用画像のオンライン電子保存 - セキュリティ通信の機構 - ，医療とコンピュータ，Vol.9，pp.19-24，1998．
- [15] Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) : Supplement 31: Security enhancement one，NEMA Publications，2000．
- [16] Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) : Supplement 51: Media Security，NEMA Publications，2000．
- [17] 亀山敦之，遠藤晃，湊小太郎，高橋隆：処方オーダにおけるマウスとキーボード操作比較，医療情報学，Vol.15，pp.63-70，1995．
- [18] 岡崎宣夫：北米放射線学会での医療システム動向，新医療，pp.51-54，2001．
- [19] Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) : Supplement 60: Hanging Protocols，NEMA Publications，2001．
- [20] 岡崎宣夫：フィルムレス病院へ向けての PACS 導入ガイド - III．最新技術 - ，医療情報学，Vol. 56，No.7，2000．
- [21] 岡崎宣夫：フィルムレス病院へ向けての PACS 導入ガイド - IV．最新技術 - ，医療情報学，Vol. 56，No.8，2000．

研究業績

[学術論文]

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: セキュリティ機能を付加した全デジタル画像健診システムの実装と導入効果の評価, *MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY*, Vol.19, No.6, pp.487-494, 2001.

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: セキュリティ機能付き全デジタル画像健診システムにおけるユーザインタフェースの評価, *医療情報学*, Vol.21, No.6, pp.417-424, 2002.

[国際会議]

Masato Mori, Masato Horino, Shinichiro Nishida, Minoru Hosoba, Kotaro Minato: A Self-Optimizing Hanging Protocol for DR Diagnosis, *SPIE-The International Society (Medical Imaging 2003)*, 2003.

[その他]

堀野 誠人, 田中 浩二, 唐沢 雄二, 森 正人: 画像観察装置 SimRAD Viewer/P の開発, *島津評論*, Vol.57, No.3・4, pp.163-168, 2001.

[研究会]

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: 医用画像におけるセキュア通信機能の検討, 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会, MBE99-89, pp.13-19, 1999.

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: セキュリティ機能を付加したデジタル健診システムの構築と評価, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY, 第 19 回日本医用画像工学大会, Vol.18, No.4, pp.523-524, 2000.

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: セキュリティ機能を付加した全デジタル画像健診システムにおけるユーザインタフェースの検討, 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会, MBE2000-82, pp.107-114, 2000.

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: セキュリティ機能を付加した全デジタル画像健診システムにおけるユーザインタフェースの評価, 日本医療情報学会, 第 20 回医療情報学連合大会 (第 1 回日本医療情報学会学術大会), pp.822-823, 2000.

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: DR 画像における最適ハンギングプロトコルの評価, 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会, MBE2001-90, pp.49-54, 2001.

森 正人, 北野 真由美, 堀野 誠人, 西田 慎一郎, 玉利 敏夫, 細羽 実, 湊 小太郎: 検診現場における DR 画像の最適ハンギングプロトコル, 日本医療情報学会, 第 21 回医療情報学連合大会 (第 2 回日本医療情報学会学術大会), pp.449-450, 2001.