カラー診断画像 DICOM 変換装置 Printlink5-IC の開発

診断画像におけるカラービデオ信号変換技術

Development of the Printlink5-IC Color Diagnostic Image DICOM Conversion Device

土 居 正 人＊　小 泉 俊 一＊　江 田 佳 穂＊
Doi, Masato　Koizumi, Shunichi　Eda, Yoshio

要旨

Printlink5-ICは，内視鏡や超音波診断装置などのカラービデオ画像を取得し，DICOMやJPEG形式に変換する装置である。今回はPrintlink5-ICで採用した，小型化，低コスト化技術，可動部品廃止による信頼性向上技術，カラービデオ画像の取り込み技術による超音波・内視鏡画像の運用方法について説明する。

Abstract

The Printlink5-IC is a device that acquires color video images such as endoscopic and ultrasonic wave diagnostic images and converts them to DICOM and JPEG formats. Reported are the application of ultrasonic wave and endoscope images acquired by means of the Printlink5-IC, as well as the technologies that allow the Printlink5-IC its high performance: miniaturization and cost lowering, reliability improvement through the elimination of movable parts, and color video image capture technology.

1　はじめに

従来のPrintlinkシリーズは，モノクロ画像のDICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）変換装置として，主に病院の放射線部門に展開してきた。REGIUS UniteaやI-PACS EXを使用し，診療所における画像データの一元管理を行うためには，モノクロ画像のみならず，内視鏡や超音波診断装置などのカラービデオ画像の取り込みが必要となる。

今回開発したPrintlink5-ICは，小型・低コストで超音波・内視鏡画像のカラービデオ画像取り込みを実現するDICOM変換装置であり，診療所の画像データ一元管理を可能とする新システムの一翼を担う。本稿ではPrintlink5-ICの装置概要とともに，小型低コスト化，カラービデオ画像のデジタル化のために必要な主要技術について詳説する。

2　Printlink5-IC の概要と技術ポイント

Printlink5-ICの本体，コントローラの外観をFig. 1に示す。

2．1　開発の狙いとシステム概要

Printlink5-ICは，内視鏡や超音波診断装置等のカラービデオ信号のデジタル化とフォーマット変換機能を有し，PACS（Picture Archiving and Communication System）

Fig.1　The Printlink5-IC

＊コニカミノルタエムジー㈱
開発センター　ヘルスケアイメージングシステム開発室

やREGIUS Unitea等で医用画像を活用するためのゲートウェイとなる。入力ビデオ信号は，S-Video，RGB，及びHDTVに対応し，現在市場に展開されているほとんどの内視鏡，超音波診断装置の画像取り込みが可能である。出力フォーマットは，各種ビューワーに必要なDICOM，JPEG，Motion-JPEGに対応した。小型・低消費電力を追求し，内視鏡や超音波診断装置用のカート等への搭載を可能としたことで，画像のSDカード保存と相まって設置場所を選ばない機動性を確保した。低コスト化と高信頼性の実現に向けては，必要機能に絞った専用CPUボードの開発，OSとして組み込みLinuxを採用，及び移動時の振動に耐えるようHDDやFanなどの可動部品を排除する事で実現した。

Printlink5-ICは，診断装置のカラービデオ画像を取り込み，静止画／動画のファイル共有サーバー（Windowsの共有フォルダ）への転送，SDカードへの保存を行う。この機能により，特別なソフトを使用しないで，診療所で使用される電子カルテやWindowsソフト等でカラービデオ画像を有効活用できる。更に，オプションのコントローラを接続すると，DICOM画像をDICOMサーバー／ビューアー等に出力可能であり，PACS化された施設でも整合性が確保されたシステムを実現することができる。

Printlink5-ICシステムを**Fig. 2**に示す。

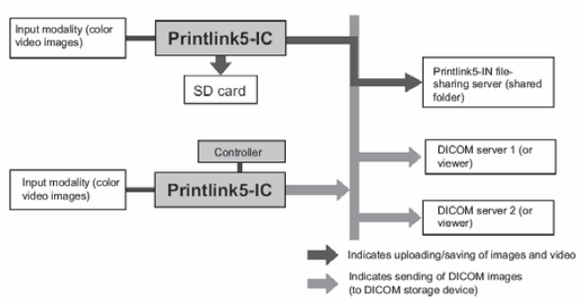


Fig.2　The Printlink5-IC System

２．２　製品仕様

主な仕様を**Table 1**に示す。

Table 1　Specification of Printlink5-IC

Model	Printlink5-IC
Image data Input CH	Max. 1CH SDTV (NTSC/PAL), HDTV
Image data Output CH	Ethernet: 10Base-T/100Base-TX supports DICOM Storage Service Class (SCU) FTP SD CARD
Output format	DICOM, Bitmap, JPEG, Motion JPEG
Image spool memory	128 MB RAM
Dimensions	200W×170D×60H mm
Operation keypad	Touch panel on the color LCD with back light

２．３　カラービデオ画像のデジタル化

DICOM出力機能を持たない内視鏡や超音波診断装置の画像出力信号は，専用モニタやビデオプリンタを対象としており，接続装置毎にビデオ仕様が異なる。Printlink5-ICは**Table 2**に記載の画像に対応する。

Table 2　Input signal list

Standard	Scanning lines	Frame rate, fps	Pixel clock, MHz	Color space
NTSC	480	29.97	13.5	RGB, YCbCr, Y/C(separate / composite)
PAL	625	25	13.5	
NTSC (square)	480	29.97	12.272727	
PAL (square)	625	25	14.75	
HDTV	1080	30	74.25	YPbPr

カラービデオ画像のデジタル化はビデオ信号を基本画像データに変換するまでのハードウェア処理と，システムメモリーへのストア，出力形式へのデータ変換・出力を行うソフトウェア処理に分かれる。

まず，ハードウェア処理について記す。ハードウェアはビデオ信号のAD変換と基本画像データ作成の２ブロックで構成されており，それぞれI/F基板，CPU上に集約される。I/F基板のブロック図を**Fig. 3**に示す。

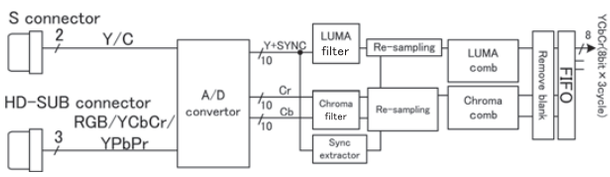


Fig.3　Video A/D converter

I/F基板はS端子/HD-SUB端子各１つのビデオ入力端子を持っており，一方の画像信号のみの排他接続となる。

ビデオ信号はSYNC信号を含んだまま量子化された後，分離したSYNC信号により再サンプリング，くし型フィルタ，ブランク除去を行い，各８bitのYCbCr表色系デジタルデータとしてCPU基板へ転送される。

ブランク除去時の同期設定（フロントポーチ，バックポーチ）は，診断装置毎のビデオ信号仕様に微調整可能な機能を付加した。

基本画像データ作成以降のブロック構成を**Fig. 4**に示す。

次に基本画像データ変換について記す。I/F基板から出力されたデジタルデータは，出力画像の設定がJPEGまたはMotion-JPEGの場合はJPEGエンコードICにより画像圧縮を行い，その他の非圧縮画像形式の場合はRAW画像形式へデータ変換する。その後，アプリケーションソフトにより，システムメモリーへの転送と，出力形式にあわせたヘッダ添付，データ再変換を実施し，出力先へ転送を行う。

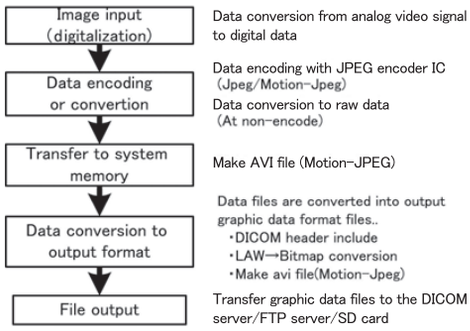


Fig.4　Input-output processing

出力先は，DICOM，FTP，SDカードを選択可能である。Printlink5-ICはDICOM環境へのゲートウェイ装置であり，非圧縮のRAW形式画像に対しDICOMヘッダを添付後DICOM装置へ出力することを前提としている。

しかし，診療所での使用環境を考えた場合，非DICOMのネットワーク環境やオフライン対応が必須であり，両者への保存が可能な仕様とした。

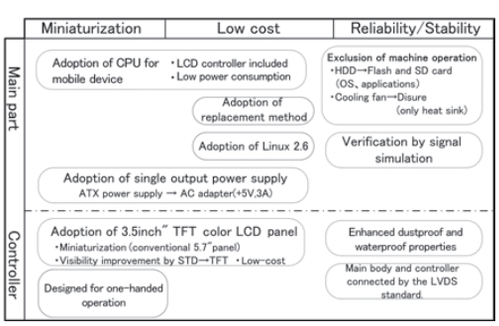
２．４　小型／低コスト／信頼性

従来のPrintlinkシリーズはCT，MRI等のX線診断装置へのDICOMゲートウェイとして，病院の放射線部門を中心に展開してきた。診療所で使用される内視鏡，超音波診断装置は，CT，MRI等と異なり患者中心とした撮影方法であるため移動式の装置がほとんどである。この為，上記装置との接続には，内視鏡，超音波診断装置のカートの一部として搭載できうる小型化（本体：2000cm^{3}以下），高信頼性の確保が必須となる。

現行のPrintlinkⅢは，Windows OS搭載のPCを用いた本体と，5.7 inch STN液晶パネル付卓上コントローラを組み合わせて使用する構成であり，長期供給・信頼性確保の観点から産業用PCの採用や安全性担保のためIEC 60950取得の高価な電源を搭載するなど小型化・コストダウンに限界があった。このため，システム構成を全面的に見直し下記手段をもって課題の達成を行った。

Table 3に実施手段と効果の対比表を示す。

Table 3　Technologies contributing to miniaturization, low-cost, and reliability/stability



本体の目標達成手段として

①モバイル用CPUを搭載
　LCDコントローラを含め必要機能を集約でき，かつ低消費電力なCPUを採用

②I/F基板差し替え方式による，装置主部品共通化。
　I/F基板の変更でX線診断装置への対応を可能とし，装置の大部分の部品を共通化

③フリーライセンスOS（Linux 2.6）採用

④可動部品廃止による対振動性向上と長寿命化
　・OS，アプリ媒体をHDD→Flash，SDカードへ変更
　・冷却ファン廃止（低消費電力CPUを採用，電源セパレートによる発熱最適化）

⑤電源の単一化 （５V単出力，ACアダプタ）

⑥波形シミュレータによる信頼性向上

PrintlinkⅢと比較して1/6まで小型化し，目標の2000cm^{3}以下を達成した。本体の外形をFig. ５に示す。

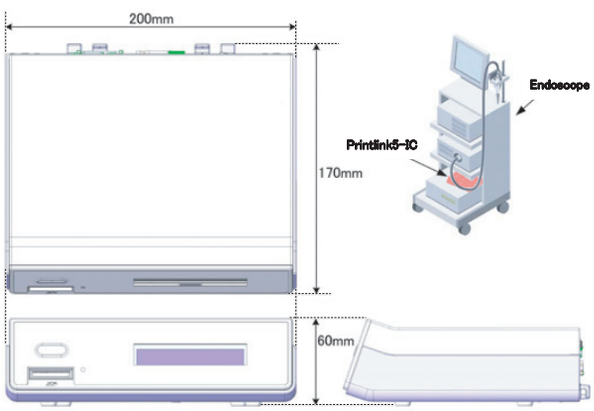


Fig.5　Printlink5-IC dimensions

一方，ユーザが内視鏡，超音波診断装置にて撮影する場面においては，Printlink5-IC本体がカート上に収まるだけではなく，片手が塞がった状態で画像取り込み作業を行う必要がある。その実現においては，片手で用意に取り込み作業が行えるコントローラの操作感が重要である。また，上記撮影作業においては，消毒液等の液体が付着する場面も想定されるため，防滴性の考慮も必要になる。

上記課題の達成に向けてのコントローラの設計は

①片手で操作可能なデザイン
　グリップ部に基本操作用ボタンを配置し，片手で操作可能な形状とした（設定操作はコントローラ右上にあるタッチペンを使用しLCD上のタッチパネル操作）

②3.5 inch TFT方式LCDの採用により，視認性を確保

③キー操作部全面にアルコール耐性エンボスシートを貼り付け，防塵防水性を向上

コントローラの外形をFig. ６に示す。

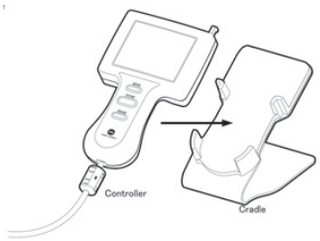


Fig.6　Printlink5-IC controller

小型化／低コスト／信頼性の課題をクリアしたPrintlink5-IC本体と片手で容易に操作可能なコントローラにより，内視鏡，超音波診断装置への搭載が可能となった。

２．５　色調整

一般的に，同一の画像データであっても，異なる表示装置で表示・観察した場合に，表示装置間で見え方が異なる事が知られている。

X線診断装置などのグレースケール画像表示については，医用デジタル画像ネットワークの標準規格であるDICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）のPart 14にBartenモデルと呼ばれる，人間の視覚特性を考慮したグレースケール標準表示関数（GSDF： Grayscale Standard Display Function）が定義されており，異なるダイナミックレンジを持つ表示装置間で見え方を合わせる事ができるようになっている。

一方，カラー画像の表示については，異なる表示装置間で見え方を合わせるカラーマネジメントシステム等の仕組みが，DICOM規格上，未定義である。

更に，表示装置のみならずPrintlink5-ICが扱うカラービデオ信号についても，色に関する規格が未定義であり，診断装置メーカー毎に信号レベルが異なる場合がある（Fig. ７参照）。

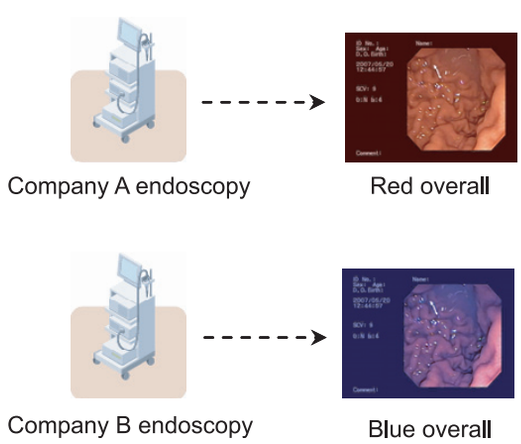


Fig.7　Color balance difference among differing endoscopes

Printlink5-ICが診療所で使用されるシステム構成をFig. ８に示す。画像を表示するモニタには，GSDF対応モニタや汎用モニタ（sRGB）などさまざまなモニタが接続される。

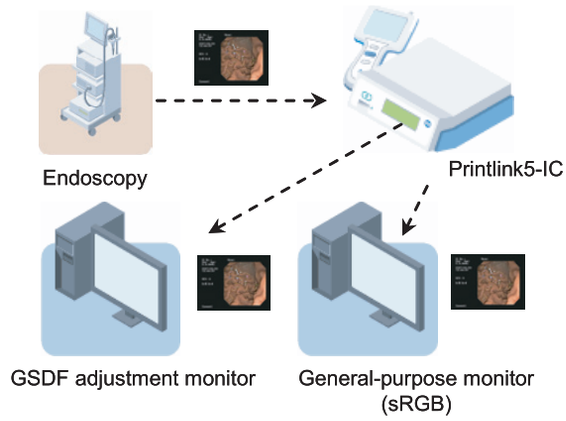


Fig.8　The Printlink5-IC system configuration

実際に，GSDF対応モニタと汎用モニタ（sRGB）でグレースケールパッチ，カラーパッチを表示させ，CIE表色系で定義されている明度L*，色相と彩度を示す色度a*，b*の比較を，Fig. ９に示す。

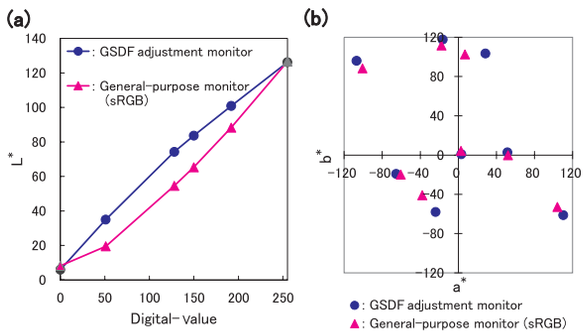
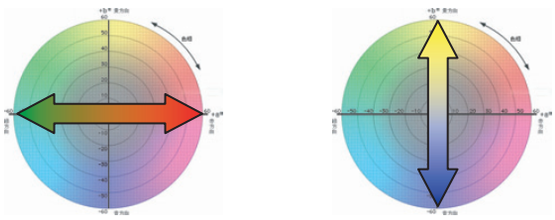


Fig.9　Comparison of a GSDF adjustment monitor and a general-purpose monitor from L*a*b*: (a) change in tone, and (b) shift in chromaticity

表示画像の見え方は，表示装置自体の性能に起因するものであり，基本的には，表示装置に色調整機能が装備されているのが一般的であるが，フィルム出力用に調整されたGSDF対応モニタなどは，色調整が行えない。

Printlink5-ICでは，前述の診断装置メーカー毎の入力信号が異なる場合の色調整，色調整機能を装備しない表示装置の存在も想定し，色調整機能を実装している。調整対象としては，輝度，コントラスト，彩度（色味）に関する調整パラメータを用意している。

Fig.10に示すように，彩度パラメータの調整は，赤－緑，青－黄方向への調整機能を付加し，診断装置の画像信号及び表示装置の違いを補完する。



Red – Green
saturation adjustment

Blue – Yellow
saturation adjustment

Fig.10　Saturation adjustment

２．６　システムでの操作性向上

従来PrintlinkからDICOM STORAGE出力する場合，文字認識により画像データから患者IDや氏名を抽出し付加していた。Printlink5-ICでは更なるシステムでの操作性向上のために取り込んだ画像をREGIUS Uniteaに送る場合，Unitea側で対象患者を選択してから検査を開始する事で画像データと患者情報が自動的にリンクするため，操作性の簡便さと信頼性向上を実現した。

３　まとめ

今回開発したPrintlink5-ICの特徴は，内視鏡，超音波診断装置の画像を低コストで容易に取り込み，画像の活用ができる事である。REGIUS Unitea，I-PACS EXを核とした診療所システムとしてご使用いただけるものと確信している。

最後に，本開発にあたり，ご協力いただいた多くの関係者の方々に感謝する。

● 参考文献

１）山道洋次 , KONICA Tech. Rep., **13**, 27 (2000)
２）大西鉄矢 , 山道洋次 , KONICA Tech. Rep., **16**, 35 (2003)