

01

従来の強力光源が不要な超高感度内視鏡の開発
～開発過程における2D内視鏡と3D内視鏡の比較

○鈴木 聡¹⁾、藤森 敬也¹⁾
柿澤 幸成²⁾、本郷 一博²⁾
山下 紘正³⁾、千葉 敏雄³⁾
鎮西 清行⁴⁾、福与 恒雄⁵⁾

- 1) 福島県立医大
2) 信州大脳神経外科
3) 国立成育医療研究センター
4) 産業技術総合研究所企画本部
5) (有)新興光器製作所

【目的】当科では従来のキセノン光源が不要な超高感度カメラを搭載した新たな硬性内視鏡を脳神経外科、周産期・婦人科領域へ臨床応用するために信州大学脳神経外科、国立成育医療センターなどと共に臨床研究を実施している。将来的には超高感度カメラの映像を3次元(3D)化しより詳細な観察と治療を可能とすることを目的としているが、その過程において当院でも新たに3D内視鏡を導入した。今回新たに導入した3D内視鏡(従来のキセノン光源を使用)と従来型の2次元(2D)内視鏡を使用した腹腔鏡下卵巣腫瘍核出術(TLC)と腹腔鏡下筋腫核出術(LM)における腫瘍径、手術時間、出血量を後方視的に検討した。

【方法】2011年1月から2012年12月に当院で実施した2D内視鏡TLC38例と2013年2月から12月に実施した3D内視鏡TLC9例、および2011年1月から2012年12月に実施した2D内視鏡LM21例、2013年2月から12月に実施した3D内視鏡LM5例における摘出腫瘍径、手術時間、出血量をt検定を用いて比較検討した。

【結果】2Dおよび3D内視鏡TLCの手術時間、出血量に有意差を認めなかった。同様に2D内視鏡および3D内視鏡LMの手術時間においても有意差を認めなかった。

【考察】超高感度内視鏡はLED光源を使用し、従来のキセノン光源に必要な光源コードが不要となるため軽く操作性に優れる上、細径硬性鏡などの小型化も期待される。さらに蛍光観察も可能であるため将来的には胎盤や腫瘍組織、中枢神経系などの観察や治療に対する応用を目指している。

02

当院における単孔式腹腔鏡下手術の現況
～単孔式手術と2孔式手術の比較～

○古川 茂宜、菅野 潔、鈴木 聡
大原 美希、小島 学、添田 周
渡辺 尚文、藤森 敬也

福島県立医大

【緒言】近年腹腔鏡下手術においてReduced port surgeryが幅広く導入されつつある。当院では2010年より、腹腔鏡下卵巣腫瘍核出術(以下TLC)、腹腔鏡下附属器切除術(以下TLSO)、腹腔鏡下子宮筋腫核出術(以下TLM)に対して2孔式手術を導入した。その後手術技術の向上から2011年より、症例を選択して単孔式手術を施行してきた。

【目的】当院における単孔式腹腔鏡下手術の安全性および適応についての検討を目的とした。

【方法】2010年9月から2014年6月まで、当院で施行した単孔式腹腔鏡下手術23例(TLC14例、TLSO3例、TLM6例)と、2孔式腹腔鏡下手術85例(TLC43例、TLSO13例、TLM29例)を対象とした。各群において手術時間(min)、出血量(ml)、腫瘍径(mm)を比較検討した。2群間の比較にはMann-Whitney U検定を用い、 $P < 0.05$ で有意差ありとした。

【結果】TLCでは手術時間、出血量において有意差を認めなかった。TLSOでは手術時間(48.3 ± 36.5 vs. 86.4 ± 22.7 : $P = 0.146$)、出血量(1.6 ± 2.9 vs. 31.9 ± 44.3 : $P = 0.551$)に有意差は認めなかったが、いずれも単孔式で良好な傾向を認めた。TLMでは手術時間(129.7 ± 29.0 vs. 154.3 ± 54.2 : $P = 0.717$)、出血量(95.0 ± 92.9 vs. 152.7 ± 242.8 : $P = 0.069$)に有意差は認めなかったが、出血量は単孔式で少量の傾向を認めた。腫瘍径は3つの手術で2群間に有意差を認めず、大きさによる適応は同等と思われた。

【考察】さらなる症例の蓄積は必要だが、現時点において単孔式手術は2孔式手術と同等の成績が得られており、比較的 safely に導入できていると考えられる。

S-2-6 事業化へ向けたヘルスケア・サービスにおけるソフトウェアの役割と重要性 ～柏の葉スマートヘルス事業と20万DLスマホアプリの実践から～

八村 大輔

株式会社メディシク、じぶんラボ株式会社

ヘルスケア市場へ商品やサービスを導入していく新規事業開発プロセスでは今後、インターネットとの融合を始め、他分野との連携が重要になるのに加え、技術的側面以外の課題が一層大きくなる。本題ではレギュラトリーサイエンス分野に携わる皆さまに、ソフトウェアの充実、つまりマーケティング視点の重要性をお伝えしたい。

1. ヘルスケア市場と高齢市場のパラダイムシフト

現在日本は少子高齢国家となり人口減少局面を迎え、今までの商品企画や設計のままではユーザー離れが起きる可能性が年々高まっている。特に、団塊世代の高齢化（65歳以上人口3200万人）で「在宅ニーズ」の急増を迎えるに至り、これまで専門施設向けだった皆さんの商品分野にも「一般商材」と同様の安全性・正確性の追求は勿論のこと、生活者が無理なく使用できる使い勝手やデザイン性が必須になってくる。

2. ウェアラブル型ヘルスケアデバイスの世界観と市場概況

NikeがFUELBANDを北米で2012年初頭に発売してリストバンド型市場を開花させた。ある調査では、2013年のリストバンド型ヘルスケア機器の世界出荷台数は1,000万台だが2016年には1億台に急伸するとされ、これから本格化が見込まれているメガネ型端末も急拡大が予測されている。また、米AppleからはiWatch発売の噂が絶えず、米Googleからは、Google GLASSに加え、スマートウォッチ専用OS「Android Ware」を発表。その他40数社以上からの商品発表も含め、スマートフォンの普及によりITと融合したウェアラブル・ヘルスケアデバイスやソフトウェア市場の形成が世界的に一気に進み始めている。

3. データ収集の見える化の意義

今は「身体の陣取り合戦段階」であり、スマホのアクセサリ的な商品提案レベルの感が強く、本来の意味での「ウェアラブル・ヘルスケア」ビジネスの本格化はまだこれからに思える。如何に継続利用を促すことで、良質なデータを集積し続けられるか（ヘルスケア・ビッグデータ）や、その解析結果から生まれるビッグデータ応用（ヘルス・インフォマティクス）に大きなチャンスが眠っている。20万人がダウンロードを超えたライフログアプリの事例から未来の健康ソフトウェアの世界を予測する。

4. 総務省ICT街づくり実証事業について

今から約3年前、三井不動産の『柏の葉スマートシティ「健康長寿都市」コンセプトづくり』に商品イメージや事業構想を弊社が提案し、H24-25年度の総務省実証事業に連続採択された。本プロジェクトで私たちは「サービス化」を重視し、日常的な生活データを記録し続けてもらうために、楽しく利用できる企画や自発的な健康増進・疾病予防を促すソフトウェア提供によって、少しでも多くの住民が健康的なライフスタイルを獲得できる街づくりを目指した。その結果概要をアンケート集計からお伝えする。

5. 価値ある「サービス」のための「モノづくり」へ

生活必需品が生活者に浸透・成熟したこれからの時代に必要役割は、顧客視点での「サービス」を生み出していくための力、それを支えるためのモノづくり力、そしてそれらを価値化する着眼力、発想力、構想力、そして商品や事業としてまとめ上げていくプロデュース力に移ってくる。皆さんの活動の中でレギュラトリーサイエンスを実践していく際に、ぜひ加えて頂きたい。

S-2-7 研究開発段階での「未承認医療機器ソフトウェア」をどうするか “Investigational Medical Device Software” in Japan under the new regulation

鎮西 清行

独立行政法人産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門

【はじめに】ヘルスケア・医療分野の分野で、ポイントオブケア、モバイル、ウェアラブル、在宅医療などのキーワードで多くの新たな試みが始まっている。大競争時代が迫っている。多くはハード技術、医療技術としては必ずしも革新的でないが、情報通信技術（ICT）と結びついて革新性を発揮する。つまりソフトウェアこそが革新性の源泉である。本発表では、ソフトウェアに重点を置いたヘルスケア・医療サービスの研究開発について、規制との関係から考察したい。

【医薬品医療機器等法とソフトウェア】こういった医療サービスでは、スマートフォンなど医療機器としての使用を想定した設計でない汎用の情報機器とソフトウェアを組み合わせ使用するケースが多い。医薬品医療機器等法では、医療機器ソフトウェア（プログラム）の流通が認められることとなっている。その法規制の概要は本稿執筆段階ではまだ発表されていないが、研究開発者の立場からは研究開発段階（＝未承認）のソフトウェアの臨床研究等への「提供」の扱いが関心事である。

【医療機器ソフトウェアの研究開発の特徴】筆者は医療画像処理、手術ナビゲーション等の手術支援システムの研究に携わってきた。そこでは、研究開発段階のソフトウェアは、フリーソフトウェアなどとしてダウンロードによって提供されることが多い。それにより、開発に携わる工学者、アーリーアダプターとしての医学者からなる進取の気性に富んだグループが形成され、技術進歩と医学貢献の正のスパイラルを登る。このプロセスは国境を簡単に越える。これらが特徴である。

未承認医療機器の臨床研究への提供に関しては、平成22年3月31日付薬食発0331第7号にて通知されている。同通知をそのままソフトウェアの提供に適用すると、ソフトウェアの特徴を阻害し、国際慣行との格差とあいまって、ひいては国際的な大競争時代にて後塵を拝することを強く危惧する。被験者となる患者さんの権利と安全を法の精神の元に確保し、適かつ実行可能な方法が求められる。

14(SY)-16 「単体プログラム医療機器」の導入と、コンピュータ外科の研究開発への影響

○鎮西 清行^a

^a産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門

“Standalone software as medical devices” and its effect to research and development of computer aided surgery systems

Kiyoyuki Chinzei^a

^a Department 1 Human Technology Research Institute,

Abstract: After November 2014, Japan will extend the medical device regulations to standalone software including medical image processing, surgical navigation systems. And the regulation will be expected to affect the download delivery of the software in research development. Japanese regulations to the investigational devices are different from that of the USA. In the US, it is research users' own responsibility to use the research software, while it's not so in Japan. As the result, the developers in Japan cannot provide research software without control, while the rest of developers in the world can allow the users download the research software. This may pose a serious disadvantage to researchers in Japan, because freeware distribution in research purpose is the very effective tool to distribute and compete new research results.

This talk will illustrate the regulations that may be applied to CAS research, and propose possible solutions with modest restrictions for research developers and with the safety protections for research subjects. This also demands the research developers be credible for the research subjects and clinical investigators. A guidance document, “Healthcare software – general issues in software development” from METI will be a good guidance for development of research purpose software.

Keywords: Pharmaceuticals and medical devices law (ex Pharmaceuticals affairs law), investigational devices, software as medical devices, clinical research, institutional review board (IRB).

要約: 平成 26 年施行の医薬品医療機器等法（旧薬事法）では、単体プログラム^{*}への規制が導入される。その対象には医用画像ワークステーション、手術ナビゲーションシステム等の CAS 分野のプログラムも含まれる。さらに、同法は研究段階（＝未承認）のプログラムも規制対象となる。研究段階のソフトウェア技術については日米で法体系が異なり、米国では研究段階のプログラムに関する第一義の責任は使用者である臨床研究機関にあるのに対し、日本ではそうではない。このため、日本のソフトウェア研究者は研究段階のプログラムの提供に責任と制限が課される一方、他国の研究者はダウンロードで提供可能である。フリーソフトウェアによるアイデアの公開と競い合いがこの分野の重要な手段となっていることに鑑みて、この内外格差は看過できない。

研究段階のプログラムの臨床研究への提供については厚生労働省の見解が発表されていない。現段階では「臨床研究において用いられる未承認医療機器の提供等に係る薬事法の適用について」（H22/3/31 薬食発 0331 第 7 号）通知が最も関連するものと考えられる。同通知では未承認医療機器の適切な臨床研究への提供の考え方が示されていて、その要求は提供者の責務を強調している。同通知は今般の法改正の前に導入されたものである。明示的な契約手交を前提としているふしがあり、有体物の提供を想定している。無体物たるプログラムの提供については、有体物のそれとは異なる合理的な方策があると思われる。

この発表では、研究開発段階の単体プログラム医療機器に対する医薬品医療機器等法の規制の現状を紹介する。そして研究開発者にとって実行可能で国際競争力を損なわない穏やかな規制とそのため研究開発者側がとるべき努力について提言し、筆者が実施している取組として汎用パーソナルコンピュータにプログラムをインストールして内視鏡ビデオ映像プロセッサ等として動作させるソフトウェア開発支援キット SCCToolKit の事例を紹介する。研究開発者側で可能な事項の一つに、医療機器製品に準じる開発・設計管理体制が挙げられる。2014 年 7 月「ヘルスソフトウェア開発に関する基本的考え方」開発ガイドライン 2014 が公開されている。この開発ガイドラインは、主として医薬品医療機器等法の規制対象とならないヘルスソフトウェアの開発・設計管理について扱ったものである。臨床研究段階のソフトウェアについても参考になるものと思われる。

キーワード: コンピュータ外科, 腹腔鏡, ロボット

* 本稿では、ソフトウェアのうち実行可能なものをプログラムと呼ぶ。英語ではその区別をしていない

Small Computings for Clinicals and SCCToolKit, OR friendly Trial Package and Software Development Kit

Release 1.02

Kiyoyuki Chinzei¹, Etsuko Kobayashi², Takashi Suzuki³,
Juli Yamashita¹ and Yasushi Yamauchi⁴

August 8, 2013

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, Japan

²Graduate School of Engineering, University of Tokyo, Tokyo, Japan

³Faculty of Advanced Techno-Surgery, Tokyo Women's Medical University, Tokyo, Japan

⁴Graduate School of Engineering, Toyo University, Saitama, Japan

Abstract

This paper is about a design policy for operation-room (OR) friendly research system, software and a software toolkit SCCToolKit for this purpose, and a few examples. Examples are image processor for endoscope, OR event detector, vision based registration of ultrasound and endoscopic images, etc. We name the design policy as Small Computings for Clinicals (SCC). A system is SCC savvy if it is 1) single purpose, 2) turn-key system without need of using mouse and keyboard, 3) small form factor PC based, and 4) cost less than \$1,000 USD. SCCToolKit is OpenCV extension that could minimize the number of buffer copies from receiving image frames from operating system to render it to display buffer. It is open source under BSD license. We measured the latency of image capture to display of the endoscope image processor was between 0.1 to 0.2 second for 1920x1080 size display with chroma-key image mixing. Considering of the acceptable latency of 0.2 second, the performance was as good as commercially available, custom hardware processor that could cost over 10,000 USD, while our PC based system cost 773 USD.

Contents

1	Introduction	2
2	Small Computings for Clinicals	3
3	SCCToolKit – OpenCV and Qt extension for image capture and display	3
4	Examples of SCC Applications	4
5	Experiments	6
6	Discussion and Conclusion	7

1 Introduction

There have been many research works of computer-integrated surgery (CIS) and computer-assisted interventions (CAI), as well as their clinical applications. Many of these are PC based, software centered systems. Useful software toolkits such as VTK¹, OpenCV² are distributed and widely used to build Slicer 3D³ [1] and other research systems. All these software named here are open source software (OSS). OSS in CIS/CAI research field is more than ‘free of charge’; this allowed *quick* delivery of the research achievements from scientists to clinical researchers – ‘quick’ in comparison to the case the system obtains regulation approval and the researcher obtains purchase approval and document works of the hospital.

We believe that there are yet many unpaved fields where research systems for OR, in particular combination of PC based systems can improve clinical medicine with similar approach Slicer 3D and other OSS projects have been successfully achieved. A requirement is that *OR research systems need to be OR friendly*.

OR Friendliness

We consider the OR friendliness of research systems as the following. Needless to say, the systems should be OR safe. We do not argue safety in this paper.

- 1) Easy setup and maintenance. OR staff may need to wire, turn on, use, turn off it and do maintenance without developing engineers.
- 2) Simple user interface (UI). At best, full automatic, no need of manipulating UI or typing keyboard.
- 3) Simple function. Excessive functions confuse user what they can do.
- 4) Small size, small footprint. Active OR is often short of space.

These are based on our findings through our observation and experience in OR. Many PC based research systems, mostly we researchers made, were not necessarily OR friendly. They often appeared that

- 1) We need to install it. OR staffs call us to come and take care of it when they want to change anything.
- 2) We need to manipulate the program. Sometimes we need to type additional commands or parameters.
- 3) We need to attend every operation because the system is complicated and delicate.
- 4) The PC is bulky. Quite often we need to choose such PC to install extension boards for image capture, parallel interface, etc.

However, as technology progressed, PC and peripheral hardware became drastically smaller. We found that we could build OR friendly research systems using these new PC and hardware. This paper first describes “*Small Computings for Clinicals*”, our design policy to develop OR friendly research systems and *SCCToolKit*, a software development kit.

¹ <http://www.vtk.org/>

² <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>

³ <http://www.na-mic.org>

2 Small Computings for Clinicals

We defined the following attributes to be OR friendly, hereafter mentioned as ‘Small Computings for Clinicals’ (SCC) criteria.

- 1) Small; as small as Apple’s Mac Mini⁴ or Intel’s NUC⁵ form factor PCs.
- 2) Single purpose; preferably a single function per single PC.
- 3) Turn-key system; program starts by turn on the power switch, preferably UI-less.
- 4) Low introduction cost; preferably less than 1000 USD.

3 SCCToolKit – OpenCV and Qt extension for image capture and display

SCCToolkit is our extension to OpenCV and Qt widget with following features;

- 1) Capture classes to replace `cv::VideoCapture` class in OpenCV. It supports USB2.0 cameras and Decklink image capture devices (Blackmagic Design Pty. Ltd.⁶). Example of a Decklink device is in Fig. 1(1). The new classes have the following features.
 - Hot plug/unplug of cameras (OpenCV’s `cv::VideoCapture` is not so).
 - Cameras are recognized by hardware unique indices (OpenCV’s camera indices are dependent to connection order etc., which are unpredictable and confusing).
 - Sampling timer, either by camera’s frame rate or by software timer (OpenCV sample codes often use for-loop).
- 2) OS X’s CoreImage framework (`CIImage` class) support.
- 3) Extension of Qt widget class that can accept OpenCV’s `cv::Mat` and `CIImage` formats.
- 4) Multi-thread support.

Feature 1) is for better camera support, 1) to 3) are to minimize the number of buffer copies from capture to display⁷, and 4) is to use multi-core CPU wisely. `CIImage` and the Qt widget class together work to do image pipeline on the GPU as well as image processing provided by `CIFilter` classes.

Currently, SCCToolKit runs only on OS X 10.7 or later. This is due to the use of CoreImage and `libdispatch` library and language extension of C/C++. We consider of adding DirectX support and other concurrency programming technique to support Windows. Cmake is used to build SCCToolKit.

⁴ <http://www.apple.com/mac-mini/>

⁵ <http://www.intel.com/content/www/us/en/motherboards/desktop-motherboards/nuc.html>

⁶ <http://www.blackmagicdesign.com/>

⁷ OpenCV’s HighGui module is platform independent. OS X version copies 4 times from capture to OpenGL display, and Windows version copies 3 times. SCCToolKit has copies once. HDTV signal is usually in YUV color space, but most of Decklink capture device has hardware YUV to RGB conversion which is significantly faster than software conversion.

Here is a sample code to capture from a Decklink device to a Qt main window. In this sample, sampling rate is defined by the hardware timer of the capture device. When a frame is captured, the callback function `myCaptureCenter::imagesArrived()` is called. It is not called while the device or a camera is disconnected. Similarly, device initialization in `CaptureCenter::addCapture()` silently ignore when the device or camera is not connected.

```
#include <QtGui>
#include "opencv2/imgproc/imgproc.hpp"
#include "CaptureCenter.h"
#include "QCvGLWidget.h"

QCvGLWidget *pwidget; // Allocate it in global scope.

class myCaptureCenter : public Cap::CaptureCenter {
    void imagesArrived(Cap::Capture *capture) override;
};

void myCaptureCenter::imagesArrived(Cap::Capture *capture)
{
    Cap::CapturePtrVec::iterator cap = captures.begin();
    if (cap != captures.end()) {
        cv::Mat frame = (*cap)->retrieve(0);
        (*cap)->lock();
        pwidget->updateImage(frame); // Show image in the widget.
        (*cap)->unlock();
    }
}

int main (int argc, char **argv)
{
    QApplication app(argc,argv);
    QMainWindow window;
    pwidget = new QCvGLWidget;
    window.resize(640, 480);
    window.setCentralWidget(pwidget);
    window.show();
    pwidget.clear(); // Wipe the window.

    myCaptureCenter capcenter;
    /* Attempt to open a Decklink capture device.
       It is not an error when the device or a camera unconnected. */
    if (capcenter.addCapture(Cap::kCaptureTypeDeckLink) == NULL)
        std::cerr << "Initialization error." << std::endl;
    capcenter.start();
    app.exec();
    capcenter.stop();
    return 0;
}
```

4 Examples of SCC Applications

1) Image processor for stereo endoscope. Its basic role is to convert input image from the endoscope to the output stereoscopic image optimized for display device. The input image is in HDTV format, i.e.,

1920 x 1080 pixel size. The image processor splits a single HDTV image so that left and right channel images fit side by side with the appropriate distance. Optionally it can apply color correction. The commercial products, built with dedicated signal processor, cost around \$10,000 USD.

Our SCC version system was developed using SCCToolKit on OS X. The PC was Mac Mini (late 2011 version, 2.5GHz Core i5/4GB RAM, Apple Inc.) and HDTV image capture was UltraStudio Mini Recorder (Blackmagic Design Pty. Ltd.) connected to the PC by a Thunderbolt cable. Video output by an HDMI cable. We discuss its performance later.

2) Four USB-camera event detection and recorder. It was originally developed by Suzuki et. al [2]. The original system could record up to 8 NISTC cameras as well as 8 microphones both installed in an OR. Event was defined as busy-ness of the scene, and detected by observing the compression rate of the video. Two tower size PCs were used to install 2 boards for image capture, 8 sound capture boards.



1) Image processor for stereo endoscope. Small gray box is UltraStudio Mini Recorder.



2) Four USB-camera event detection and recorder



3) Ultrasound – endoscopic image overlay system. A USB camera and a movie file were used instead of endoscope and echo images.



4) VisualLog, device panel logging system.

Figure 1 Four examples of SCC Applications. Currently, only (1) uses SCCToolKit. We are rewriting the rest of examples to use SCCToolKit.

Latest version available at the [Insight Journal link http://hdl.handle.net/10380/3422](http://hdl.handle.net/10380/3422)

Distributed under [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

The SCC version system was developed without using SCCToolKit on Windows 7. The PC was Mac Mini (late 2010 version, 2.0GHz Core i7/4GB RAM, Apple Inc.) and the cameras were four USB 2.0 cameras. We limited camera resolution to 640x480. The hard disk was replaced to solid state disk (SSD) for recording performance. We tested it could record at least 12 hours.

3) Pattern tracking based ultrasound – endoscopic image overlay system. Originally developed by Kobayashi et.al., this program was to overlay an ultrasound image in an endoscopic image by tracking a chessboard pattern attached to the ultrasound probe. The hardware was same as the image processor for endoscope, plus another capture device Intensity Shuttle for USB 3.0 (Blackmagic Design Pty. Ltd.) for ultrasound image. The demo system uses a USB camera as alternative to the ultrasound image.

4) VisualLog, device panel logging system. It is to record the log of an OR device by image recognition with a priori information of the device's panel layout.

5) Endoscopic surgery training system originally developed by Yamashita [3]. It has two endoscopic views, one for teacher and the other for student. The original system was built on Mac Pro with 2 NTSC endoscope images plus up to 8 cameras to grab the posture of the teacher and the trainee. The SCC version system simplified it to 2 endoscopes and optional overlay image with chroma-key effect. The PC was Mac Mini (late 2011 version, 2.0GHz Core i7/4GB RAM, Apple Inc.), and the cameras were all USB cameras including the endoscopes.

5 Experiments

Capture to display latency

Endoscopic view should be presented within 0.2 seconds, which is the human perceivable visual vs. motor-sensory latency [4]. We measured the latency from capturing a frame to displaying it.

Materials and Methods

Three cameras were used, (1) HDTV camera, AG-HMR10 and AG-HCK10G (Panasonic Co.), which is 1920x1080x59.94 interlaced fps. (2) IEEE 1394 connected camera, CF-2000 (AME Co.). (3) USB2.0 connected camera, DLY300TA (Elecom Co. Ltd.). The PC was Mac Mini (late 2012 version, 2.6GHz Core i7/8GB, Apple Inc.) and HDTV image capture was UltraStudio Mini Recorder (Blackmagic Design Pty. Ltd.). Display was Foris 2333 (Eizo Co.). The resolution of these was 1920x1080 pixels, and displayed frame size was adjusted to fit in 960x960 pixels.

Chromakey2 sample program in SCCToolKit, endoscopic surgery training system, was used. Frames were displayed either (a) directly or (b) after chroma-key overlay process using Apple's sample code⁸. Image enlargement or shrinkage was done either in the OS layer or in the Qt library, which were not coded by us. Latency was measured by capturing a digital stopwatch and taking 2-3 photos of the watch

⁸ https://developer.apple.com/library/mac/documentation/GraphicsImaging/Conceptual/CoreImaging/ci_filer_recipes/ci_filter_recipes.html

together with the displayed image. We also observed the CPU load using “Activity Monitor.app” supplied with the operating system.

Result

The latencies were between 0.1 and 0.13 seconds for (1) HDTV camera and (2) IEEE 1394 camera, and 0.16-0.2 seconds for (3) USB camera. The difference of image processing (either (a) directly displaying or (b) displaying after the chroma-key process). The CPU load was between 40 – 80%. Note that the CPU has four cores therefore the maximum load can be 400%.

6 Discussion and Conclusion

Performance

The latency of the capture to display was within 0.2 seconds. This latency was satisfactory small comparing to the distinguishable visual to other sensory stimuli timing difference. This result indicated that the current system and software are considered to have substantially equivalent performance compared to commercially used endoscope image processors built with desiccated custom hardware. And the CPU load was up to 80%. We have potential to do more tasks while performing fast capture and display task.

Effect of Simplicity

We are currently planning to apply SCC systems to test in clinical environment; SCC does not have clinical experience yet. We expect that being a turn-key system and eliminating the use of keyboard and mouse will lead to several positive effects; 1) simple wiring and less mistake in wiring, 2) space occupied by these interface devices freed, 3) greater freedom of PC placement, possibly away from PC operator, 4) users cannot error to use the program, 5) user instruction and user support become simple, 6) forcing the program design simpler, forcing programmers to build it so. Saying that, we are also aware of the limitation of doing so; 1) UI-less program has no user control after initial configuration, 2) turn-key system tends to be stand-alone, it is not easy to design to cooperatively work with other computers. We are currently working to add a functionality to remotely configure the program status. The current plan is to use a smart phone as a UI.

Use of small form-factor PCs forces us certain compromise; computations that demand machine power cannot fit. The positive effect is that we can specify the ‘suggested’ hardware as small PCs widely available in market are limited, and this also helps testing the possible hardware combinations. And another positive effect is that we researchers need to carefully select what is the core function and what is the most important to demo the idea.

Impact of SCC / Disruptive Low Cost

Packaging a system with a small PC brought a significant benefit to reduce the introductory cost. For example, the endoscope image processor example was built of 1) a Mac Mini (599 USD), 2) an HDTV capture device UltraStudio Mini Recorder (145 USD), and 3) a Thunderbolt cable (29 USD): total 773