

厚生労働科学研究委託費

医療機器開発推進研究事業

**(委託業務題目)在宅医療に応用可能な遠隔医療システムの開発に
関する研究**

平成26年度 委託業務成果報告書

業務主任者 永安 武

平成27(2015)年 3月

本報告書は、厚生労働省の厚生労働科学研究委託事業による委託業務として、国立大学法人長崎大学が実施した平成26年度「在宅医療に応用可能な遠隔医療システムの開発」の成果を取りまとめたものです。

目 次

I. 委託業務成果報告(総括)	
在宅医療に応用可能な遠隔医療システムの開発に関する研究	----- 4
永安 武	
II. 委託業務成果報告(業務項目)	
1. 小型で操作が容易な専用フルハイビジョンカメラの開発	----- 5
濱田正久	
2. 映像・画像の圧縮復元装置の開発	----- 8
濱田正久	
3. 患者状態観察用テレコミュニケーションシステムの開発・導入	----- 10
永安 武 濱田正久 高木克典 松本桂太郎	
4. 性能評価に関わる(動物)実験・評価	----- 12
高木克典 松本桂太郎	
III. 学会等発表実績、研究成果の刊行物・別刷	----- 18

厚生労働科学研究委託費（医療機器開発推進研究事業）
委託業務成果報告（総括）

在宅医療に応用可能な遠隔医療システムの開発に関する研究

業務主任者 永安 武 | 長崎大学病院腫瘍外科学教授

研究要旨

在宅医療を望む患者は多いが、在宅医療を提供する医師は不足している。医師の他に在宅医療を担う、コメディカルや患者家族の撮影したリアルタイムな超高精細動画をもとに、大学病院などの専門医が診察や指示をできれば、在宅医療は格段に広まる。そこで、我々は既存のインターネット回線を利用し、フルハイビジョンカメラによる超高精細動画をリアルタイムに伝送できるシステムを構築する。

業務主任者 永安 武
長崎大学病院腫瘍外科学教授

A. 研究目的

在宅医療を望む患者は多いが、在宅医療の恩恵にあずかることのできる患者は少ない。コメディカルや患者家族の撮影した超高精細動画を用いて、大学病院の専門医が診察診断をできれば、在宅医療は広く浸透する可能性がある。Skype等のリアルタイム動画伝送技術もあるが、画質が悪く、詳細な診察は困難である。我々は既存のインターネット回線を利用し、フルハイビジョンカメラによる超高精細動画をリアルタイムに伝送できるシステムを構築する。

B. 研究方法

独自の映像技術を持つ（株）クリプトンと共同して、超高精細動画の画質を落とさず伝送できるシステムの構築をする。クリプトン（株）の超高精細動画処理技術と回路書き換え可能なFPGA搭載ハードウェアを用いて、安価なインターネット環境を用い、在宅医療に最適な動画伝送システムを構築する。患者状態と検査機器の映像を超高精細動画で撮影、伝送する。H26年度は、小型で操作が容易な専用フルハイビジョンカメラの開発、映像・画像の圧縮復元装置の開発、患者状態の観察用テレコミュニケーションシステムを導入する。

C. 研究結果

フルハイビジョンカメラの開発：ペンタタイプの小型カメラの開発に成功した。1m前後の対象物の観察に適するが、専用レンズを装着することでマイクロ画像も撮影可能である。映像・画像の圧縮復元装置の開発：復元装置は開発に成功しており、テレコミュニケーションシステムへ組み込んだ。患者状態の観察用テレコミュニケーションシステムの構築：システムを構築し、同一施設内での伝送実験を開始した。

D. 考察

本年度予定の研究開発はほぼ予定通りに進行している。高精細画像の画質は素晴らしく、診断能の向上が期待される。実際の遠隔画像伝送により、症例を集積しての評価が待たれる。改善点としては、伝送画像に若干のタイムラグが出ており、改善法を模索中である。また、セキュリティの関係上、IPアドレス取得や大学病院内のネットワーク構築に時間を要しており、迅速に体制を整える。

E. 結論

画像レベルとしては今までにない高精細を実現した。実証実験も含め、今後2年でシステム全体の完成を目指す。

F. 健康危険情報

なし。

G. 研究発表

現在研究中よりなし。

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

将来特許申請をする可能性あり。

II. 委託業務成果報告(業務項目)

1. 小型で操作が容易な専用フルハイビジョンカメラの開発 (H26年12月-H27年3月)

A. 研究目的

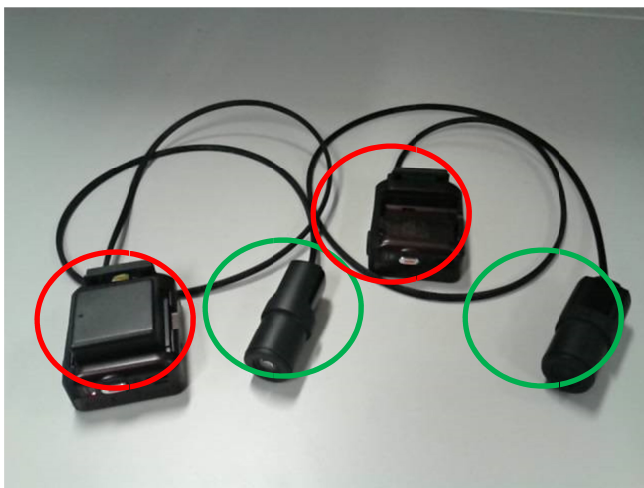
高精細画像を伝送する場合、ハイビジョン画質で撮影することが条件となる。市販されているハイビジョン画質カメラは大きく、操作も複雑で、在宅患者の家族が使用するにはあまりに煩雑である。そのことから、我々は、可能な限り小型、軽量で、可能な限り操作性の良い、簡便なカメラを作成することとした。

B. 研究方法

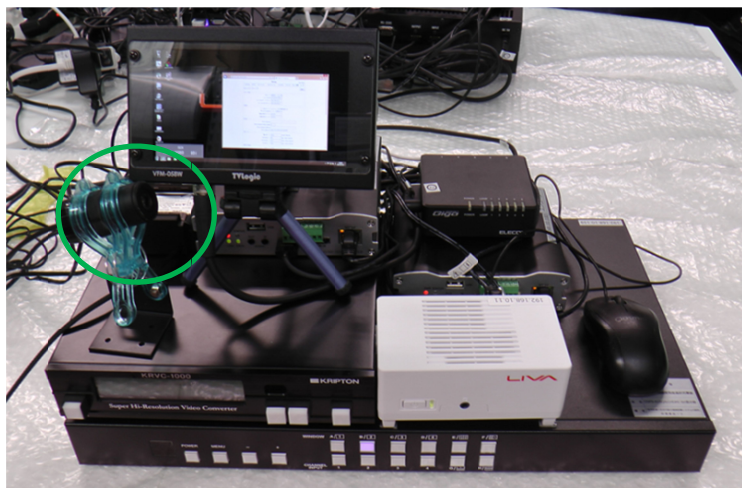
(株)クリプトンを主体にコンセプトをまとめ、それを反映する設計図作成、試作品の発注、試作品の性能確認を施行した。

C. 研究結果

以下に今回開発した小型フルハイビジョンカメラを示す。
葉巻程度のサイズ、重量の軽量化を実現した。顔認識機能により、被写体をオートフォーカスでとらえることができるため、操作は簡便である。



緑○:カメラ本体
赤○:電源本体



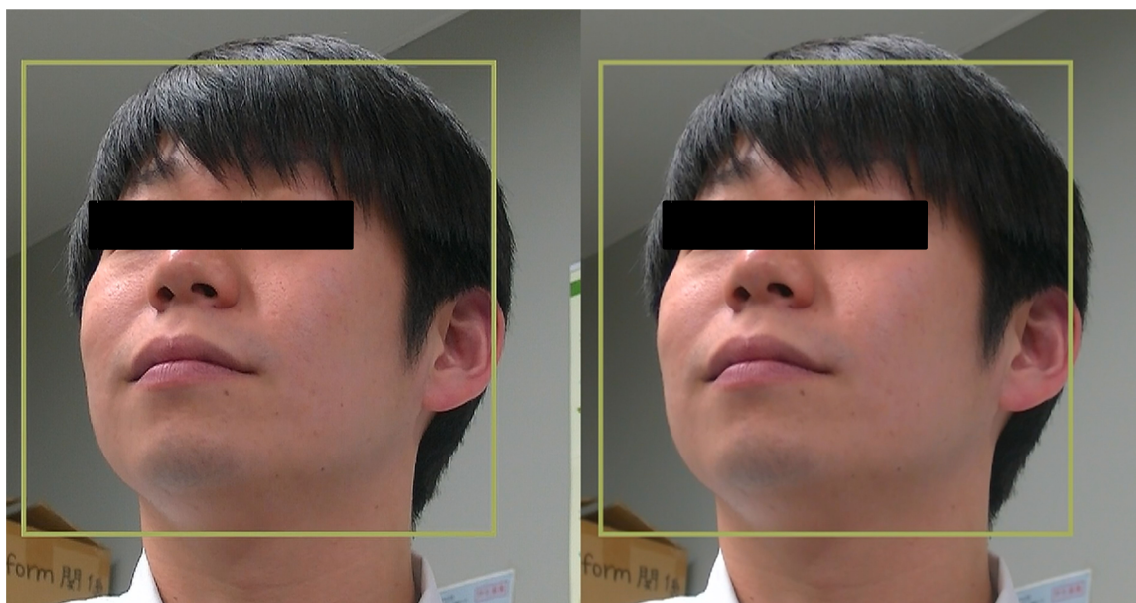
システム全体図
緑○:システム全体の中にカメラ本体

主要装置の仕様

①小型ハイビジョンカメラ

解像度 : 720p, 1080i, 1080p
サイズ : カメラ本体: 25 × 60mm, CCU: W55mm × D70mm × H20mm
重量 : カメラ本体: 25g, CCU: 180g(バッテリー含む)
小型 PC
CPU : Intel Bay Trail - M SOC, Intel HD グラフィックス

メモリ :DDR3L2GB
ストレージ :eMMC64GB
サイズ :W118mm×D70mm×H56mm
重量 :本体190g(ACアダプター別)
超高精細処理装置KRVC - 1000
対応解像度 :720p、1080i、1080p
機能 :映像情報量3～4倍改善
サイズ :W210mm×D280mm×H50mm
重量 :1Kg(ACアダプター別)
映像伝送装置LAN - HD264E
映像 :720p、1080i、1080p
サイズ :W134mm×D125mm×H37mm
重量 :480g(ACアダプター別)
映像4分割器CDPS - 41SQ
映像 :720p、1080i、1080p
機能 :HDMI4入力分割表示
サイズ :W436mm×D247mm×H44mm
重量 :2200g(ACアダプター別)
5.5インチフルハイビジョンプレビューモニターVFM - 058W
入力映像 :480p～1080p
サイズ :W225mm×D155mm×H128mm
重量 :380g(ACアダプター別)



高精細画像

通常画像

黄色枠が、顔認識機能である。顔認識をするとオートフォーカスで撮影される。また、後述するが、左が高精細画像で右が通常画像である。高精細画像では毛穴や浅い凹凸でも確実に表現できていることがわかる。

D. 考察

サイズ・重量ともに既製品より軽く、満足できる試作品を作成できた。画質は、映像・画像の圧縮復元装置の開発、性能評価に関わる動物実験の項で詳細に供覧、後述する。

現段階ではオートフォーカスで、焦点距離は 1m 前後である。皮膚疾患や、挫創などの体表の疾患の観察にはさらに拡大した、映像が必要で、マイクロ映像を撮影できる、マクロレンズを取り付ける予定である。また、患者を 24hr 看護できるように、部屋のどこにでも設置が可能なように、クリップや三脚を付随させるなどの工夫をして、より在宅医療を意識した仕様へ変更する予定である。さらに、顔認識機能を拡張することで、患者の本人確認で伝送をスタート、ストップを制御するなど、省エネルギーと、在宅患者のセキュリティー確保にも貢献できる可能性も示唆され、さらに改良を加えるか検討中である。

E. 結論

予定通りの仕様を満たす製品に仕上がっているが、より在宅医療を意識した仕様へ改良を加えていく予定である。

2. 映像・画像の圧縮復元装置の開発

(H26年12月-H27年3月)

A. 研究目的

超高画質映像の伝送では、情報量が莫大で、送帯域が狭い場合にコマ落ちが起きてしまう。このため、送信側で情報量を圧縮し送信、受け手側で、超高画質映像を解凍する必要がある。(株)クリプトンが保有する独自技術で圧縮復元装置を開発した。本装置は、内視鏡映像・心臓・腹部超音波画像等、各種画像診断検査映像を診断に耐えうる高精細画像で伝送できるようにする機能も兼ね備えるものとする。



B. 研究方法

(株)クリプトンを主体にコンセプトをまとめ、それを反映する設計図作成、試作品の発注、試作品の性能確認を施行した。

C. 研究結果

本装置は高精細画像を圧縮復元可能で、情報量を変化させることにより既存のインターネット回線を使用して、高画質の画像情報を伝送可能である。(株)クリプトンで開発し、システムに組み込んだ高精細画像を撮影した。(本画像は、画像精度をみるために、圧縮処理は加えていない。)
以下に本計画を説明し、同意した被験者3名の画像を供覧する。画像は同一施設内で撮影したものである。

なお、本研究に関しては、長崎大学病院倫理委員会から承認を得ている。

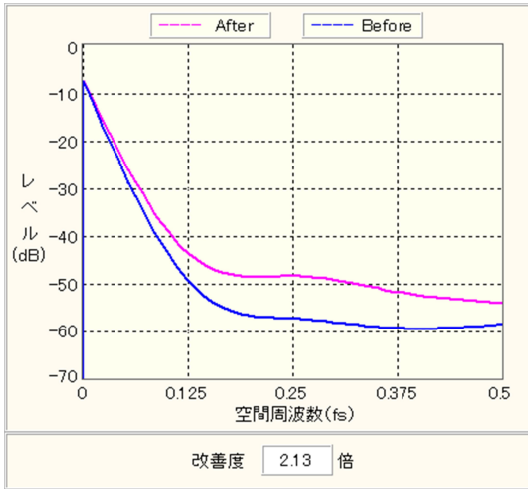
36歳 男性

疾患:慢性膿皮症(複数回手術歴)あり。最近再発が疑われている。



高精細画像

通常画像



左図は、画像を空間周波数とレベルを現したグラフで「青線」通常画像、「桃色線」高精細画像を示す。通常画像に対して、画像横ラインの情報量改善度が「2.13倍」で縦横とすると「4.54倍」となる。情報量としては、画素数としてはHDだが、情報量としては、4Kと同等であることがわかる。

症例解説：赤丸部分が再発箇所。皮下に膿瘍の貯留を認める。左の高精細画像の方が格段に鮮明な画像となっており、診断は容易である。

39歳 男性

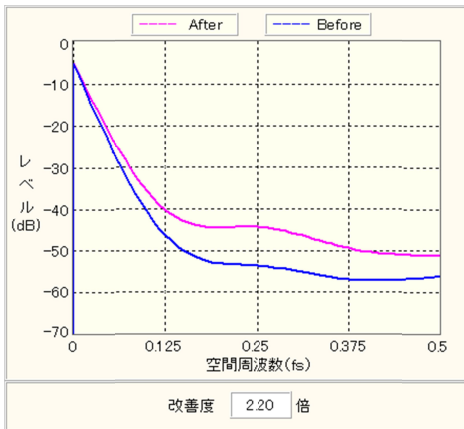
疾患：手指の貨幣状湿疹 ステロイド外用治療中、増悪と完解を繰り返している。



高精細画像



通常画像



左図は、画像を空間周波数とレベルを現したグラフで「青線」通常画像、「桃色線」高精細画像を示す。情報量改善度は、横 2.20 倍(縦横換算 4.84 倍)となる。

症例解説: 第3・4・5指に貨幣状湿疹を発症している。左の高精細画像の方が格段に鮮明な画像となっており、浸出液の存在も見え、詳細な観察と診断が容易である。

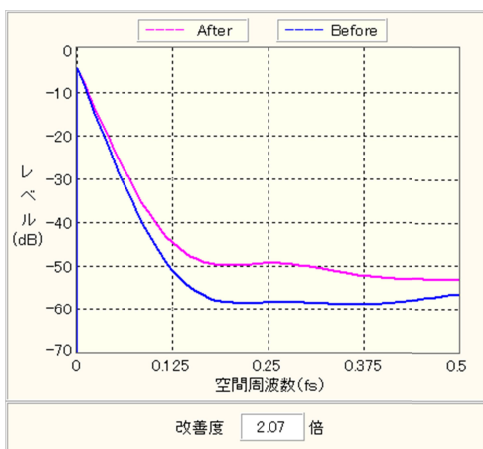
47歳 男性

疾患: 肝機能異常による慢性湿疹 無治療で経過観察中



高精細画像

通常画像

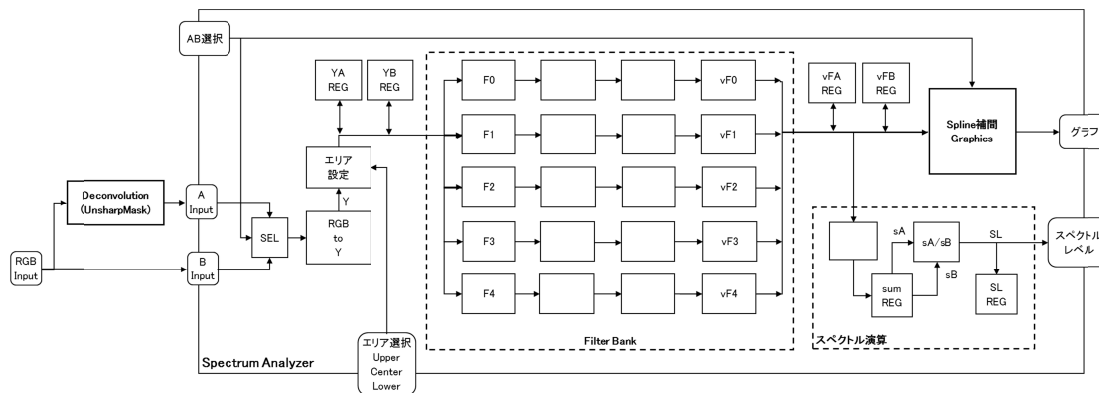


左図は、画像を空間周波数とレベルを現したグラフで「青線」通常画像、「桃色線」高精細画像を示す。情報量改善度は、横2.07倍(縦横換算4.28倍)となる。

左の高精細画像の方が格段に鮮明な画像となっており、湿疹の範囲、色調、表面の性状が観察しやすく、左図の方が診断は容易である。

改善度算出方法:

入力画像に対して、下図のスペクトル計算ソフトウェアを開発して各画像について算出した。(情報量改善度計算ソフトウェアを開発)



D. 考察

映像・画像の圧縮復元装置を開発のため、まず、高精細技術を利用した動画の撮影を行った。高精細化は十分で、体表の病変に関しては十分な解像度で、詳細な診断に耐えうる画質を再現できている。モニターへ画像が映し出されるまでに、若干のタイムラグが観察されている。現在、復元装置はすでにシステムに組み込まれており、現在圧縮装置の開発中である。気管支鏡や、マイクロ手術用顕微鏡による映像は動物実験の項で詳説する。

E. 結論

圧縮装置は現在開発中であるが、予定通りの仕様を満たす製品に仕上がる見込みである。

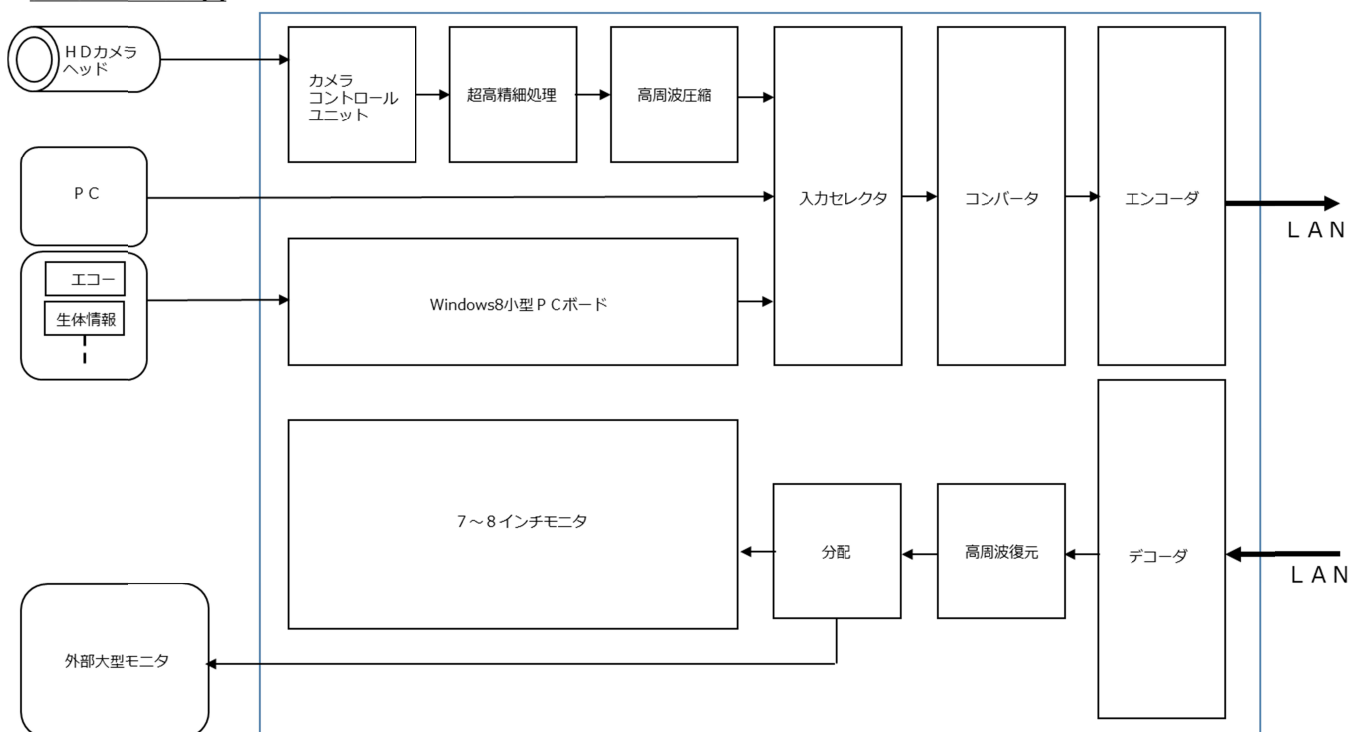
3. 患者状態観察用テレコミュニケーションシステムの導入

(H26年12月-H27年3月)

A. 研究目的

在宅医療に応用するため、まず、遠隔実験用に長崎大学とクリプトン間でテレコミュニケーションシステムの導入構築を行うこととした。前述の小型カメラ、画像の圧縮復元装置を開始し、目途がついたところで、それをテレコミュニケーションシステムに組み込んだ。テレコミュニケーションシステムブロック図を以下に示す。

システムブロック図



B. 研究方法

(株)クリプトンを主体にコンセプトをまとめ、それを反映する設計図作成、試作品の発注、試作品の性能確認を施行した。

装置への入力、専用の小型ハイビジョンカメラ(前項 1 参照)の他にDsubRGB・DVI-D・HDMI・USBを保有し、入力された映像をインターネットで伝送する。出力として、装置組込み7~8インチモニタの他に、外部出力を有し外部大型モニター(32インチ、84インチ)を接続可能とする。(同画像を医師がみて、各種診断等を行う。)

C. 研究結果

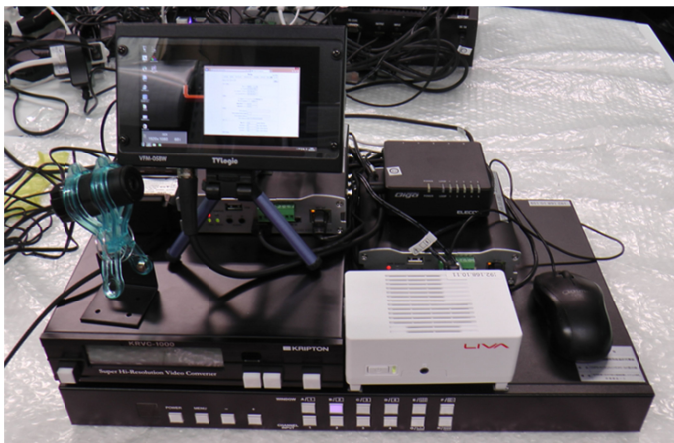
上記の機能を満たす装置を策定した。超高精細処理技術および画像圧縮技術はすでに(株)クリプトンが保有しており、システムの構築に必要な、映像エンコーダ、デコーダ、および上記装置策定した装置を以下に示す。デモ機を借用して伝送実験(Local LAN 使用)を実施した結果、下図の製品がコンパクト且つ、使用し易く、導入を決定した(下左図)。また、システム制御用に小型 PC

ボードの選定を実施した。下右図のPCボードが仕様を満足できることが判明し、システムに組み込むことに決定した。なお、システムブロック図内の高周波圧縮装置はいまだ開発中である。



前述のように各種の機器を組み込み、以下のような一つの伝送システムを構築した(下左図)。

長崎大学とクリプトンにひとつずつ伝送システムを導入し、双方の施設のIPアドレスを取得し、伝送実験を開始する予定である。下右図には、伝送の概念をわかりやすくするため、2台のシステムとモニターの組み合わせを示す。実際には2台の伝送システムのうち1台は在宅医療患者宅、一台はモニターとともに、地域の基幹病院あるいは大学病院等に設置し、同病院に所属する専門医が画像をリアルタイムに観察しながら、診察、治療にあたる。緑で囲んだ部分が1つの伝送システムを示している。下記は長崎大学病院に設置している風景である。



仕様:

今年度は、機能確認のため、各装置を組合せて送受信実験を実施した。来年度はアルミ筐体を設計し、持ち運び及び運用のし易い伝送システムを組み上げる予定である。

外形寸法予定 : W645mm × D435mm × H206mmを予定

重量予定 : 8Kg(移動キャスター付き)

①小型HDカメラ: 小型軽量のカメラヘッド及びコントロールユニット

HDMI(DVI-D)端子から720p、1080i、1080p解像度の映像を出力可能。

超高精細処理装置

入力映像に対して、超高精細処理演算を行い、約4倍以上の情報量にして映像出力を行う。

高周波圧縮

入力映像の高周波成分をパラメータに基づき高周波圧縮を行う。

小型PC

USB端子から、生体情報等のUSBで映像出力を行う機器の映像キャプチャーを行う。

入力セレクト

各種機器の映像入力の切り替えを行う。

コンバータ

各種機器の映像フォーマットを統一する。

エンコーダ・デコーダ

LAN、ADSL/VDSL、Wireless LAN等多様なIPネットワークを使用し遠隔映像及び音声を送受信する。

高周波復元

圧縮側と同一パラメータを使い、高周波復元を行う。

分配器

5.5インチフルハイビジョンプレビューモニターと外部大型モニターに同時に映像出力する。

D. 考察

長崎大学病院(長崎)と(株)クリプトン(東京)にテレコミュニケーションシステムを導入した。実際の画像撮影(項目 2.参照)では申し分のない画質を再現できている。IP アドレス取得や、大学病院のインターネット環境のセキュリティーなどの問題から、実際の長崎-東京の転送実験は後日行う予定である。種々の装置の操作性は直観的で、容易であるが、一つのシステムとして構築することで、より簡便な操作方法を目指す。また、現在は各種の機器が独立しており、在宅医療現場に設置する時は、ジュラルミンのアタッシュケースにまとめて収納することにより、狭い個人宅での利便性を向上させるなど、より在宅医療現場の視線で改良を加えていく予定である。

E. 結論

テレコミュニケーションシステムの原型が完成した。これより H27 年・H28 年にかけて伝送実験を繰り返し、問題点をフィードバックし、在宅医療に即したシステムへ改良していく予定である。

4. 性能評価に関わる動物実験

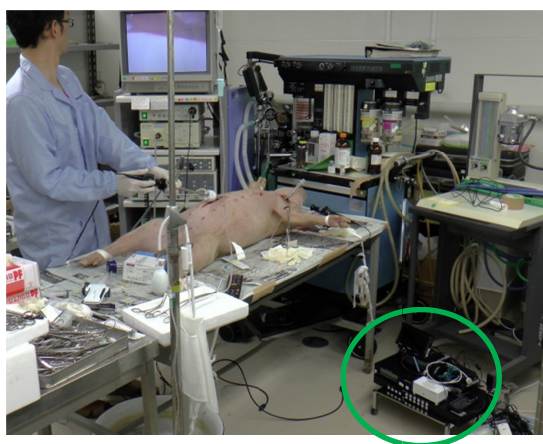
(H26年10月-H27年3月)

A. 研究目的

従来の skype 映像等では赤色主体の画面、白色主体では画面ではコントラストが付き辛く、鮮明な画像を得ることができないため、診断に足るような高精細画像を伝送することは困難であった。今回、我々のシステムには高精細画像技術を搭載しており、同系色のみの画面でも十分なコントラストを保ち、診断能を向上させることが課題の一つである。

B. 研究方法

本実験はテレコミュニケーションシステムを用い、長崎大学医学部で行った。ヘルシンキ宣言を順守し、動物実験計画書は長崎大学医学部で承認済みである。



緑○がテレコミュニケーションシステムを示す。

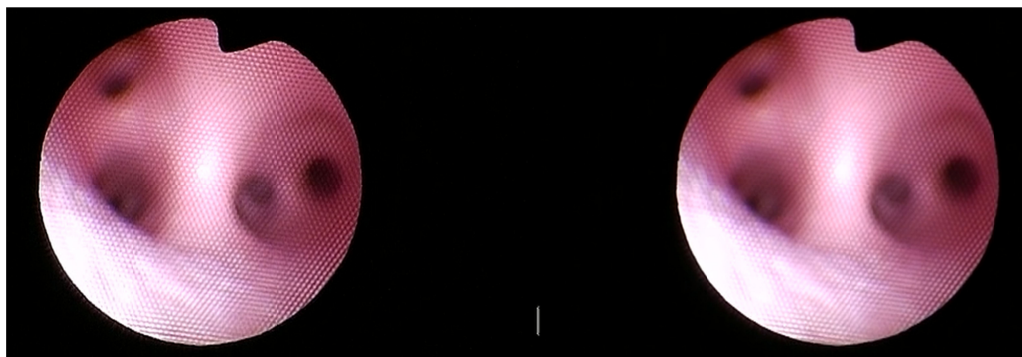
C. 研究結果

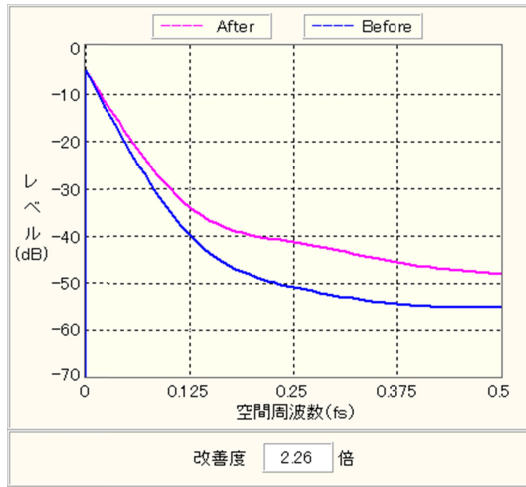
以下に性能評価に関わる実験の概要を示す。

気管支鏡画像を示す。気管支鏡画像は内視鏡特有の網目が目立ち、高精細化にても明瞭な鮮明化は不能であった。呼吸器の気管支鏡専門医が観察、評価を施行した。内視鏡の性能が大きくかかっており、肉眼でも内視鏡のスコop映像は下図のとおり映像しかみえず、診断能に影響を及ぼすものではないという評価であった。

高精細画像

通常画像



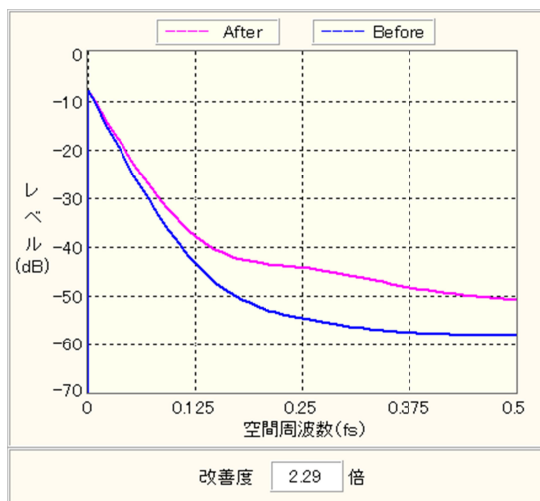
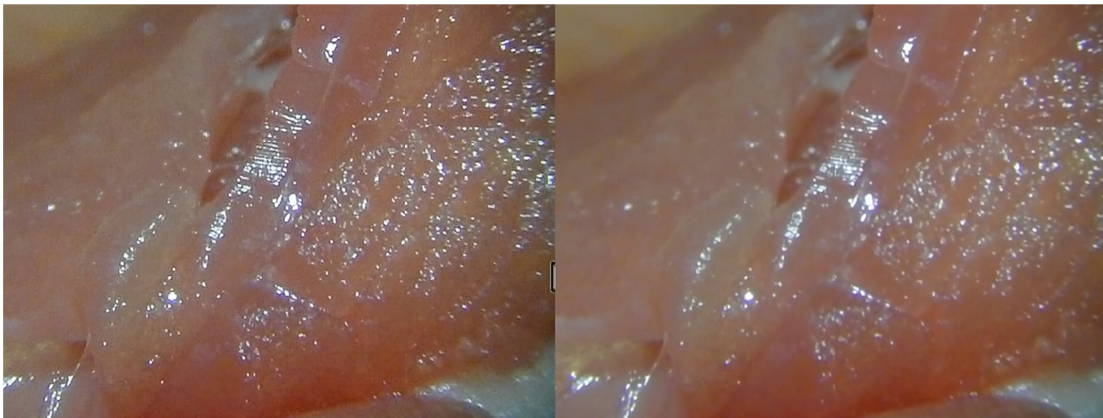


情報量改善度: 横 2.26 倍 (縦横換算 5.10 倍)

筋肉ミクロ映像を下記に示す。マイクロ手術用 StemiDV4 の映像である。32×の倍率で、マイクロ手術や、病理診断画像を念頭に置いたものである。超高精細画像により鮮明化しており、診断能及び手術時のライブ動画としては十分の解像度と判断し得る。

高精細画像

通常画像

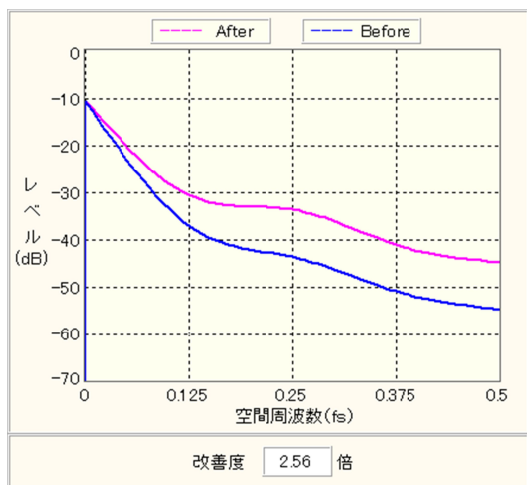


情報量改善度: 横 2.29 倍 (縦横換算 5.24 倍)

筋肉のマイクロ映像を下図に示す。使用したのは牛肉で、赤色主体の色彩環境で十分なコントラストを保つことができるか検証した。高精細画像のコントラストは十分で、奥行きや脂肪組織と筋組織のコントラスト等、十分な画質であった。

高精細画像

通常画像



情報量改善度: 横 2.56 倍 (縦横換算 6.55 倍)

D. 考察

気管支鏡等の検査機器画像と、筋肉組織を主とする、赤色主体の画面での高精細画像の画質を確認した。検査機器画像に関しては、検査機器自体の画質が大きくかかわっており、高精細画像技術を応用しても高精細化は困難であることが判明した。今後取り入れる、各種モニター画像や、超音波画像も同様である可能性が高く、解像度の高い最新の検査機器を使用することが、画質改善の最も重要なポイントであるかもしれない。顕微鏡のマイクロ画像に関しては、高画質化が可能であった。画像を加工しない検査機器に関しては高画質が再現できる可能性が示唆される。

E. 結論

種々の検査機器映像は、検査機器自体の画質に依存する可能性が高く、高画質の検査機器の導入が不可欠である。

Ⅲ. 学会等発表実績、研究成果の刊行物・別刷

現在(3年計画の1年目)研究中にてなし。