

# 眼科遠隔診療システムに対する医師の利用者要求 —低通信帯域下における操作性の検証—

山田 章平<sup>†</sup> 郷 健太郎<sup>‡</sup> 柏木 賢治<sup>‡</sup>

山梨大学工学部<sup>†</sup> 山梨大学大学院医学工学総合研究部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

眼科医不足により、地域によっては十分な数の眼科診療所が存在せず、速やかに適切な診療を受けることが困難である。この問題を解決するために、地理的距離を越えて眼科診療を行うことができる眼科遠隔診療システムの開発プロジェクトが進められている[1]。

本プロジェクトでは、人間中心設計アプローチで開発が進められている。最新のシステムは眼科医の要求を基に開発されており、情報通信ネットワーク経由で眼科診断用顕微鏡を遠隔操作して対面での診断とほぼ同様の診断を行うことが可能である。しかし、繰り返しの設計の観点から眼科医の利用評価に基づいて、常に改善が求められる。そのために、眼科医に対して聞き取り調査を行ったところ、ネットワーク環境が十分に整っていない低通信帯域でも使用できるようにしたいという要求が最重要事項として挙げられた。

そこで、本研究では眼科医が求める要求を満たすための条件を実験によって確認し、機能としての実現可能性を検討する。

## 2. 眼科遠隔診療システムの現状

本研究で使用する眼科遠隔診療システムは患者側と医師側に分かれている。システム使用時の患者側の様子を図1、医師側の様子を図2に示す。



図1 遠隔操作型細隙灯顕微鏡（患者側）

患者側には、眼科遠隔診療を実現する機器である遠隔操作型細隙灯顕微鏡がある。この顕微鏡を介して得られた患者の眼の映像は、ネットワークを経由して医師側に送信され、診療用ディスプレイに表示される。

映像の送受信はDV規格の高画質映像とステレオ音声をネットワーク経由で送受信可能なソフトウェアDVcommXP[2]を使用して行っている。

User requirements for a remote-operated eye evaluation system

<sup>†</sup>Syouhei Yamada, <sup>‡</sup>Kentaro Go, <sup>‡</sup>Kenji Kashiwagi

<sup>†</sup>Faculty of Engineering, University of Yamanashi,

<sup>‡</sup>Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

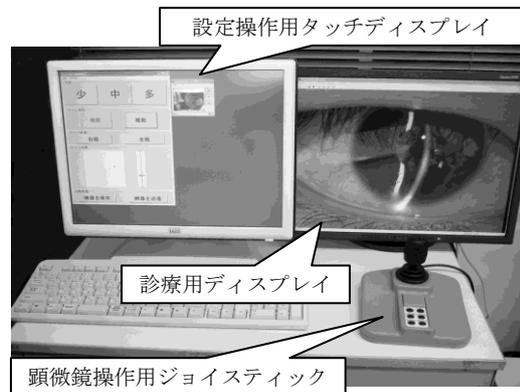


図2 医師用端末

医師は診療用ディスプレイに表示される患者の眼の映像を見ながら、設定操作タッチディスプレイと顕微鏡操作ジョイスティックにより、細隙灯顕微鏡を操作して診療を行う。

本システムではDVcommXPの使用により30Mbpsで送受信された映像で診療が十分可能であることが示されている。ところが、低通信帯域において、本システムを用いて診断が可能かどうかは明らかではない。そこで、低通信帯域下において遠隔操作型細隙灯顕微鏡の操作性がどの様に変化するのを実験によって明らかにする。

## 3. 検証方法

本システムの低通信帯域下における操作性の変化を検証するために、Linux版DVTSを利用する。

DVTSの送信側で使用するコマンドdvsendのフレームレートを設定する機能を使用して、送信データ量を調整する。また、患者の眼の映像を送信するときには音声データは不要なので、dvsendのソースコードを変更して、音声データを省く機能を追加した。フレームレートと音声データと通信帯域の関係(LANでの実測値)を表1に示す。フレームレートを下げると映像の遅延が生じる。

表1 フレームレートと音声データ通信帯域の関係

フレーム レート	通信帯域 (Mbps)	
	音声データ有り	音声データ無し
1/1 (≒30fps)	30.1	28.1
1/3	11.3	9.4
1/6	6.4	4.6
1/9	4.7	2.7
1/12	4.4	2.5
1/15	3.7	1.8

## 4. 実験：通信帯域の変更に対する操作性の検証

本実験の目的は、フレームレートを下げる（分母を増加させる）ことによって生じる映像の遅延が、顕微鏡の操作時間に及ぼす影響を調査することである。

#### 4.1 実験環境

遠隔操作型細隙灯顕微鏡に患者側端末 (OS : Vine Linux 5.1) を接続し, ネットワークを介して医師側端末 (OS : Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 3) を接続した環境で実験を行う。

各々をネットワークで接続し, 患者側端末で dvsend, 医師側で DVcommXP を使用して映像の送受信を行う。また, 医師側のジョイスティックで顕微鏡を操作する。

映像のフレームレートの設定は dvsend の機能を使用して行う。顕微鏡の倍率は 10 倍, スリット光の長さとは幅は 0.3mm, スリット光の角度は 0° に固定する。

#### 4.2 実験手法

原点の位置にある顕微鏡のレンズから 125mm 離れた位置に図 3 に示す目標物を設置する。目標物は 3mm 四方の正方形であり, 周囲に 1mm 幅の黒枠がある。各目標は対称の位置にある目標と 24mm の距離がある。また, 各目標には奥行き方向の距離があり, 「1」が最も手前にあって, 「8」が最も奥にある。

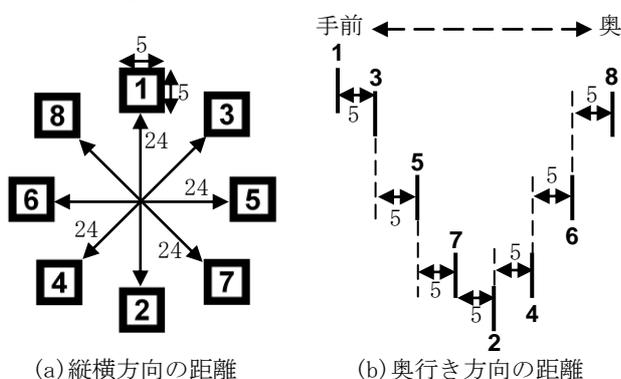


図 3 目標物 (単位: mm)

図 4 のように, 診療用ディスプレイのほぼ中心に 100mm 四方の黒枠を掲示する。この黒枠内に目標物の外側の黒枠があり, 数字がはっきり見える状態をフォーカスが合っている状態とする。

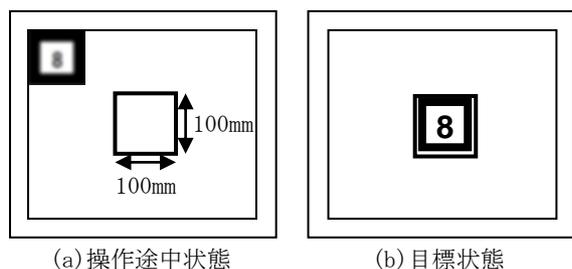


図 4 フォーカスの合わせ方

タスク開始前に, 被験者に 5 分間の操作練習を行ってもらう。練習開始時には「1」にフォーカスを合わせて, フレームレートを 1/1 に設定する。

タスク開始時には「1」にフォーカスを合わせる。被験者はジョイスティックを操作して顕微鏡を移動させ, 数字の順に各目標物にフォーカスを合わせる。フォーカスが合ったかどうかは被験者が判断し, 実験者に口頭で伝える。実験者は被験者が各目標にフォーカスを合わせるまでの時間を計測する。被験者が「8」にフォーカスを合わせたら, タスクを終了する。フレームレートを変化させる度に一連のタスクを行い, 6 回のタスクが終了した

ら実験終了とする。

タスクを行うフレームレートは 6 水準 (1/1, 1/3, 1/6, 1/9, 1/12, 1/15) とし, 順序効果無くすために, 被験者毎にフレームレートの順番を変えてバランスをとる。なお, フレームレート 1/15 は, 同時に音声データの省略を行うことで, 世界の平均通信帯域である約 1.8Mbps[4] を実現できる値である。

#### 4.3 実験手順

実験手順は以下のとおりである。

- (1) フレームレートを 1/1 に設定する。
- (2) 被験者に 5 分間の練習を行ってもらう。
- (3) フレームレートを次の値に設定する。
- (4) 「1」にフォーカスを合わせる。
- (5) 被験者にジョイスティックを操作して, 数字の順に目標物にフォーカスを合わせてもらい, 各目標にフォーカスを合わせるまでの時間を計測する。
- (6) 6 回目の試行を終えるまで (3) ~ (5) を繰り返す。独立変数はフレームレート, 従属変数はタスク完了時間とした。被験者は 20 代の大学生 6 名である。

#### 4.4 実験結果

実験結果として, 各フレームレートにおけるタスク完了時間の平均値と標準偏差を図 5 に示す。

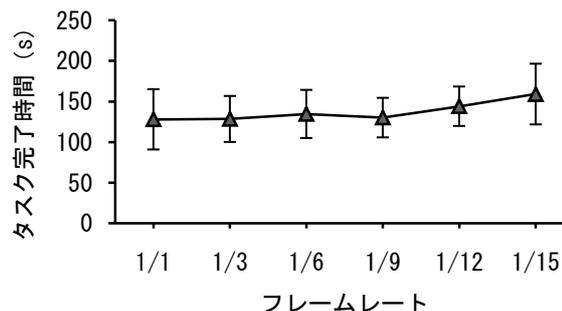


図 5 タスク完了時間の平均値と標準偏差

各フレームレート間のタスク完了時間で検定したところ, 有意差がみられなかった。この結果から, 眼科医でない操作者の場合, フレームレートを 1/15 まで下げても, 操作時間に大きな影響を及ぼす可能性は低いと言える。

#### 5. おわりに

本稿では, 遠隔操作型細隙灯顕微鏡における低通信帯域下での操作性の検証を行った。その結果, 眼科医でない操作者の場合, フレームレートを 1/15 まで下げても操作時間に大きな影響を及ぼす可能性が低いことがわかった。今後の課題として, 眼科医を被験者とし, 実際の診療及び診断に影響を及ぼすかどうかを調査する。

#### 参考文献

- [1] 郷 健太郎, 柏木 賢治, 眼科遠隔診療システムの開発と運用, 情報処理, Vol. 50, No. 8, pp. 782-788, 2009.
- [2] DVcommXP, <http://www.isid.co.jp/DVcommXP/>, 株式会社電通国際情報サービス, (最終確認日: 2011/1/14)
- [3] Digital Video over IP, <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>, Akimichi Ogawa, (最終確認日: 2011/1/14)
- [4] Akamai Technologies, Inc., インターネットの現状 2010 年第 2 四半期レポート アジア太平洋地域, 2010.