

眼科遠隔診断システムの接続形式の変更による 利用形態の改善

Improving Usability by changing connection mechanism in Teleoperative Slit Lamp Microscopes

稲垣 祥悟†
Shogo Inagaki

郷 健太郎‡
Kentaro Go

柏木 賢治†
Kenji Kashiwagi

木下 雄一朗‡
Yuichiro Kinoshita

1 はじめに

1.1 研究背景

近年医師不足が大きな社会問題となっている。その中でも眼科医の不足が深刻であり、10万人あたりの医師数を都道府県別に集計して最大医師数の都道府県と最小医師数の都道府県の格差をみると、眼科の地域格差は2.92倍であり、産婦人科の2.26倍、小児科の2.49倍と比べて大きい[1]。また、眼科医は他科と比較しても東京や大阪などの大都市に極端に集中しており、眼科診療施設は外科や内科の診療施設と比較して少ない状況になっている[2]。眼科医療の対象となる高齢者の割合は農村部ほど多いことを考慮に入れると、地域によっては速やかに十分な眼科診療を受けることが困難である。そのような状況では、重大な疾患の発見の遅れによって取り返しのつかない事態につながる可能性がある。

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断システムの開発が進められている[3][4]。本システムでは眼科診療の基本診断で用いられる細隙灯顕微鏡を遠隔に操作することができるため、離れた場所でも専門的な診察が可能である。このシステムが実用化されれば、眼科の集中している地域から、眼科の不足している地域の患者に対して診察を行い、その患者が早急に治療が必要かどうかを診断することができる。そのため、眼科医が不足している地域の患者が診療所まで行かなくても受診が可能になり、受診にかかる時間や費用の軽減が期待できる。

1.2 研究目的

眼科における従来の遠隔診療システムは、医師同士をネットワークで接続し、一方の医師が細隙灯顕微鏡で取得した画像をもう一方の医師に送り、診断を仰ぐ形態が多かった[5]。このシステムでは、診断を下す医師が、診断に必要な画像を意図通りに得ることが難しかった。一方でEyeViewRobo [3][4] (図 1.1)では細隙灯顕微鏡をリアルタイムに遠隔操作することができるため、眼科医は診断に必要な映像を得ることができ、そのため眼科医は遠隔地にいる患者に対して対面での診療とほぼ同様の診断を行うことができる。

しかしながら、本システムの現行モデルには、眼科医の使用する医師側端末と患者が診断を受ける患者側端末との接続設定に時間と手間を要するため、緊急性と効率性が求められる診療の現場での運用には、さらなる改善が求められる。そこで本研究では、システムの接続形態に注目し、利用状況に適したシステムに改善するための新たな接続形式の提案と実装、その機能評価を行う。

† 山梨大学大学院 医学工学総合教育部 inagaki@golab.org

‡ 山梨大学大学院 医学工学総合研究部 go@yamanashi.ac.jp



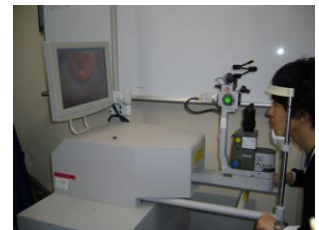
図 1.1: EyeViewRobo

2 眼科遠隔診断システムの現状

眼科遠隔診断システムは医師側端末と患者側端末に分かれている。システム使用時の医師側端末、患者側端末を図 2.1 に示す。



(a) 医師側端末



(b) 患者側端末

図 2.1 眼科遠隔診断システム

医師側システムの主な構成機器は、診療用ディスプレイ、設定操作用タッチディスプレイ、顕微鏡操作用ジョイスティックである。診療用ディスプレイには、患者側システムの顕微鏡で写された患者の眼の様子が表示される。眼科医は診療用ディスプレイに表示される映像を見ながら、顕微鏡操作用ジョイスティックと設定操作用タッチディスプレイに表示される設定操作用インタフェースを操作して診察を行う。

患者側システムの主な構成機器は、細隙灯顕微鏡をリアルタイムに遠隔操作することで専門的な診療が可能なEyeViewRoboである。EyeViewRoboに搭載されている遠隔操作型細隙灯顕微鏡で患者の眼の映像を撮り込み、DV形式の高品質映像を送受信するソフトウェア DVcommXP

によって医師側端末にその映像を送信する。

遠隔操作型細隙灯顕微鏡は、顕微鏡の倍率、スリット光の長さ、幅と角度、背景光の明るさを調整することができる。これらは患者側にいる医療スタッフが Windows NetMeeting で眼科医と映像通信を行い、眼科医の指示に応じて調整する。また、顕微鏡には Web カメラが付いており、患者の様子を医師側に表示することができる。

現在の眼科遠隔診断システムを利用するために医師側端末と患者側端末を接続する必要があるが、そのためには DVcommXP, NetMeeting, 顕微鏡遠隔制御ソフトウェアの 3 つのソフトウェアをそれぞれタイミングを合わせて接続する必要がある。現行のシステムにはこれらのソフトウェアの接続設定をマクロを使って一部自動化するプログラムが実装されている。以下のソフトウェア構成を図 2.2 に示す。

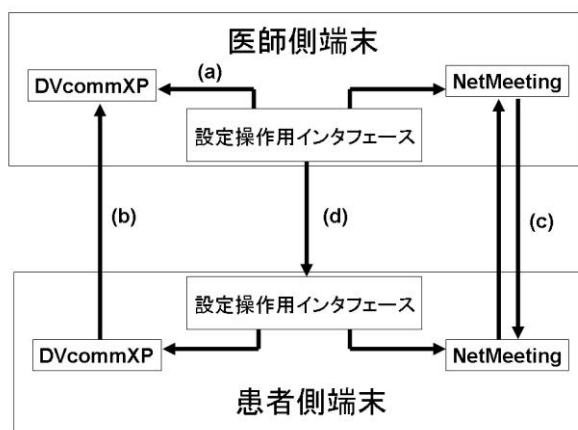


図 2.2 ソフトウェア構成: (a) 設定操作作用インタフェースから自動的に接続設定, (b) 細隙灯顕微鏡の映像を DV 形式で送信, (c) ビデオチャットの送受信, (d) 顕微鏡の遠隔操作。

現在のシステムを接続するにあたっては複数のソフトウェアの接続設定を行わなければならない、その設定作業も一部の手続きが自動化されているものの、通信相手と接続設定状況の確認をとりながら実施する必要がある。そこで現在のシステムの具体的な接続設定時の問題点を調査し、その改善案の提案と実装、その評価を行う。

3 現状システムの調査実験

現在の医師側と患者側端末を接続する過程での問題点を明らかにするために現状システムの調査実験を行った。

3.1 準備

本実験では、はじめて本システムを利用するユーザが現在のシステムをどれほどの時間で接続設定を行うことができるのか、また接続設定のどの部分で手間取るのか、システムのどの部分に問題があるのかを調査する。被験者は、接続がされていない状態の医師側端末と患者側端末の接続設定をそれぞれ行い、接続が完了し診察が可能な状態になるまでの時間と、作業量としてクリック回数、キー入力回数を計測し、その様子を映像で記録した。

3.2 実験環境

使用する機器は、EyeViewRobo と Microsoft Windows

XP Professional Version 2002 を搭載した医師側端末と患者側端末で、これらをネットワークで接続する。実験は医師側端末、患者側端末ともに同じ部屋で行ったが、本来医師側端末と患者側端末は遠隔地で運用される。現在のシステムでは、接続設定を接続相手と設定状況の確認を取りながら接続を行わなければならない。その際には電話などの手段で連絡を取ることが考えられる。そのため、実験中は被験者には接続相手と電話で確認をとっているという想定で音声のみで接続相手と確認しながら接続設定を行った。また、接続相手のディスプレイや相手の様子を互いに見ることができないように医師側端末と患者側端末の間に仕切りを設けた。

3.3 実験方法

3 名の被験者 A, B, C に対して実験を行った。被験者は全員工学部コンピュータ・メディア工学科に所属する 20 代の大学生で、被験者 A, 被験者 B は本システムの操作経験はないものの、その概要を知っていた。

被験者をそれぞれ医師側システムの接続設定を行う医師役と患者側システムの操作設定を行う医療スタッフ役に割り当て、一度医師側システムと患者側システムが接続された状態を見せ、これから接続設定を行ってもらう 3 つのソフトウェアがどのようなもので、本システムを使って何ができるのかを説明した。

試行は各端末 2 回ずつ行った。一回目では被験者は接続設定における説明を一切うけないまま接続設定を行った。これは初めてシステムを使うユーザが設定作業のどの部分で躓くのかを明らかにするためである。2 回目は被験者に接続設定の手順を説明し、さらにその手順を記したマニュアルを渡した状態で接続設定を行った。順序効果を考慮に入れるため被験者 A, 被験者 C は医師側端末から、被験者 B は患者側端末から実験を行った。被験者が接続設定を行わないもう片方の端末は実験者が設定を行った。音声のみで相手の設定状況の確認を行うが、実験者から接続設定の確認をとってしまうとそれが接続設定のヒントになってしまうため、基本的に実験者から声をかける事はせず、被験者の確認に対してのみ応答した。

3.4 実験結果

医師側端末、患者側端末の接続設定完了までの時間をそれぞれ図 3.4, 図 3.5 に示す。

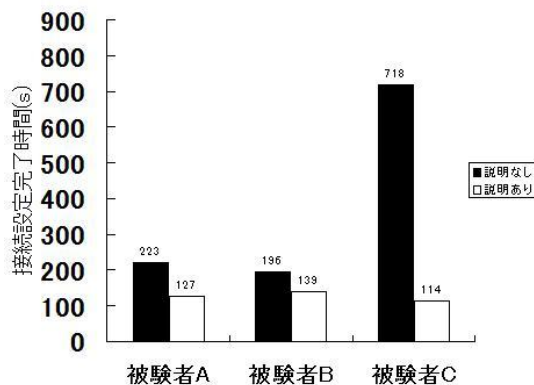


図 3.4: 医師側端末: 接続完了時間

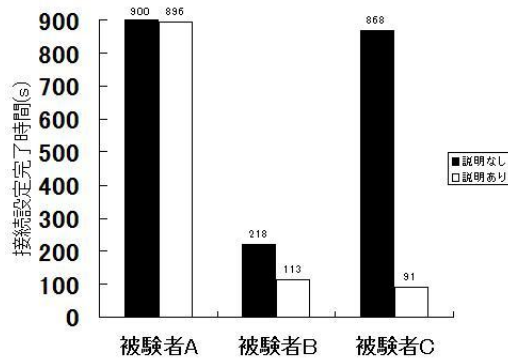


図 3.5: 患者側端末:接続完了時間

医師側端末ではすべての被験者が一回目の説明なしで 15 分以内に接続設定を行うことができた。説明ありの 2 回目では、いずれの被験者も 2 分程度で接続設定を行うことができた。一方患者側端末では、説明なしでは被験者 A は時間内に接続設定を行うことができなかった。また被験者 B も 14 分 27 秒と設定時間間際であった。2 回目ではすべての被験者が 15 分以内に接続を終えることができたが、被験者 A は 14 分 56 秒かかった。

また、作業量としてのキー入力回数、クリック回数はともに、すべての被験者、被験者において、設定完了時間の長さに比例する結果となった。また、すべての被験者において、患者側端末の方がクリック回数、キー入力回数とともに多かった。

3.5 考察

実験結果から医師側端末に比べて、患者側端末の方が接続完了までの時間が多くかかることが確認された。これは、医師側端末よりも患者側端末の作業量が多いために、医師側端末に比べて接続設定が困難であることが原因だと考えられる。また、接続設定の説明を受け、マニュアルが手元にある状態で設定作業を行う場合、両端末とも 2 分前後で接続が可能であることがわかった。しかし、患者側端末の被験者 A の結果のように、接続設定手順がわかっていても相手の設定状態の確認を怠るなど、うまく端末間で連絡がとれていないと設定作業に手間取ることがわかった。具体的には、被験者 A は顕微鏡の遠隔制御を行う顕微鏡遠隔制御ソフトウェアの受信設定を行っていないにもかかわらず、医師側端末の実験者に対して準備完了と伝えたり、逆に医師側端末で DVcommXP の受信設定を行っていないにもかかわらず、確認せずに送信を行ったりすることでエラーが頻発し何度もやり直すことがあった。

また映像記録からどのソフトウェアから設定を行えばいいか迷う場面が見られた。本実験では 3 つのソフトウェアの接続設定を行う必要があるが、実際には 3 つのソフトウェアすべてを個別に設定を行う必要はなく、医師側端末なら、設定用インタフェースから通信相手の IP アドレスの設定を行うことによって DVcommXP の受信設定、顕微鏡遠隔制御ソフトウェアの送信設定が自動で行われる。しかし、設定用インタフェースの IP アドレスの設定を行う通信メニューに気づかず個別にソフトウェアの設定を行うという場面が見られた。ことからインタフェースの見直しが必要であることがわかった。

4 改善案と実装

調査実験によって明らかになった問題点から、接続設定の際、キー入力をできるだけ少なくし、マウス操作も 1 回

で自動的に接続設定されるのが望ましい。そのために医師側端末の顕微鏡の設定操作を行うプログラムに直接サーバ機能を組み込んだ。医師側端末に組み込む理由としては、医師側端末はシステム利用時に処理が比較的軽くまだ処理能力に余裕があり、サーバ専用のマシンを用意するほど想定される患者側端末が多くないためである。開発環境は Microsoft Visual Studio 2010、使用言語は C# である。基本的に以下の 2 つの機能を実装した。

各端末の接続に必要な情報を接続リストにまとめ、医師側端末で管理できるようにした。接続リストには 接続相手の名前と IP アドレスが格納されている。患者側端末は接続リストの変更と取得を行うことができる。

接続を行う際には、患者側端末は接続リストから接続する相手を選択することで、IP アドレスを直入力することなく設定を行うことができる。接続リストは端末ごとに別々に管理される。

患者側端末の接続リストから接続する相手が選択されると、患者側端末の DVcommXP、NetMeeting の送受信設定、細隙灯顕微鏡の初期位置への移動が自動で行われ、その後医師側端末に接続要求が送られる。医師側端末は、患者側端末から送られた接続要求を許可すると、自動でシステムに必要なソフトウェアの接続設定が行われる。

また接続設定フォームがみつけにくいという問題点を解決するために接続リストをメインフォームに表示し、すぐにユーザの目に入るように配慮した。

5 評価実験

従来のシステムに比べて新システムがどれほど接続設定における問題点を改善できたか調査するために実験を行った。

5.1 実験概要

調査実験と同様な方法で実験を行った。実験環境は新システムを実装した医師側端末と患者側端末で、その配置も同様である。実験は 3 名の被験者 D、E、F に対して行った。被験者は全員前回の実験に参加していない工学部情報系学科に所属する 20 代の大学生で、被験者 D は本システムの操作経験はないものの、その概要を知っていた。

5.2 実験結果

医師側端末、患者側端末の接続設定完了までの時間をそれぞれ図 5.1、図 5.2 に示す。

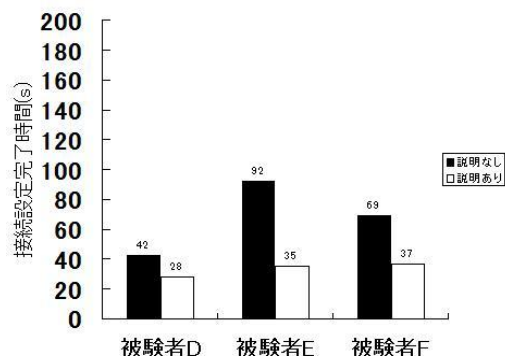


図 5.1: 医師側端末:接続完了時間

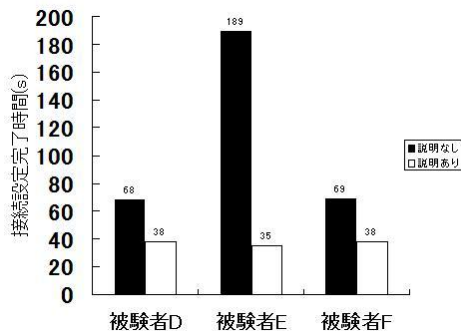


図 5.2: 患者側端末:接続完了時間

医師側端末では、接続設定についての説明が行われなかった状態ですべての被験者が 2 分以内に接続を完了することができた。また、説明が行われた 2 回目では被験者全員が 40 秒以内に接続を完了することができた。患者側端末では、説明なしの状態では被験者 E が接続を完了するまで 3 分程度かかってしまったが、それ以外の被験者は 1 分ほどで接続を完了させた。説明が行われた 2 回目ではすべての被験者が 40 秒以内に接続を完了することができた。

作業量であるクリック回数は、すべての端末、被験者において設定完了時間の長さに比例する結果となった。また、医師側端末に比べ患者側端末のほうが、すべての被験者においてクリック回数が多かった。

5.3 考察

実験結果から、新システムの方が従来システムに比べて接続設定完了までの時間が大幅に短縮できていることがわかった。また作業量も大幅に減らすことができた。

しかし、被験者 E は新システムでも、従来システムに比べて短い時間で接続できているものの、他の被験者に比べて時間がかかっていた。映像記録から被験者 E は、接続設定を行う際に、一度接続リストから接続先をクリックするものの、何も起こらないため、個々のソフトウェアそれぞれの接続設定を行っていた。実際に接続リストから接続を行う場合、接続リストから接続先をダブルクリックする必要がある。クリックするだけでは接続先が選択表示されるだけであり、何も起こらないために被験者 E が勘違いしてしまったと考えられる。このことからインタフェースのデザインの見直しが必要であることがわかった。

6 おわりに

6.1 まとめ

本研究では、現在の眼科遠隔診断システムにおける接続設定における問題点を調査し、その改善方法の提案、実装、その評価実験を行った。

まず従来のシステムの接続設定における問題点を調査するために実験を行い、はじめて使うユーザにとって、とくに患者側端末の接続設定が困難であることがわかった。そしてその原因として以下の問題点が明らかになった。

- ・ 作業量が多い
- ・ 確認をとりながら設定を行わなければならない
- ・ 接続設定をどこで行えばよいのかわかりにくい

これらの問題点を改善するために医師側端末にサーバ機能を実装し、接続リストの一元的管理、接続設定の自動化を行った。また、調査実験から明らかになった問題点を考慮して、接続設定を行うフォームをメインフォームにし、リストから接続相手を選択するなどの GUI のデザインの変更を行った。そしてこれらを実装した新システムで、どれほど問題点が改善されたのか評価実験を行った。

この実験の結果、すべての被験者において新システムの方が、接続完了までにかかる時間が短縮され、接続するまでの作業量もまた減少した。しかしすべての被験者が従来のシステムと比べて、接続設定にかかる時間が短縮されたものの、実験者の意図しない方法で接続が行われ、他の被験者と比べて時間がかかった被験者も存在した。その被験者の映像記録から GUI デザインの変更の必要性があることがわかった。

6.2 今後の展望

今後の展望としては、本研究で評価実験を行った被験者はすべて工学部情報系学科の生徒で日ごろからコンピュータを扱っており、基本的にはコンピュータと情報通信システムの仕組みを理解している。しかし、実際に眼科遠隔診断システムを扱う医師や医療スタッフが同等の知識があると仮定することは危険である。したがって他の被験者群に対しても、新システムで接続設定できるかどうか調査する必要がある。

また、接続設定に関してスケジューリング機能を実装する予定である。眼科遠隔診断システムが最も期待されているのが、夜間の時間外診療である。夜間診療を行っている眼科は少なく、そのため患者側端末が接続する相手は大きく限られる。患者側端末はあらかじめ、曜日と時間、そしてその時間に接続する相手を設定し、その時間になると自動的に接続を行う。これによって救急患者に対してスムーズな診断が可能になる。スケジューリング機能実装のために、サーバが扱う情報を名前と IP アドレスだけでなく、その病院の診療時間、診療中かどうかなどのステータス情報を扱うように改良を考えている。

参考文献

- [1] 日本眼科学会: 眼科医の地域格差(112 巻 11 号).(online), <<http://www.nichigan.or.jp/member/rijikai/11211.jsp>>, (2012-04-18).
- [2] 大臣官房統計情報部人口動態・保健統計課保健統計室: 平成 21 年医療施設(動態) 調査・病院報告の概況, 厚生労働省.(online), <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/09/dl/02.pdf>> (2012-04-18).
- [3] 伊藤祐貴, 郷健太郎, 柏木賢治: 遠隔眼科診療ロボットのインタフェース設計, 情報処理学会研究報告 No. 2006-HI-121, pp.51-58(2006).
- [4] 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).
- [5] 吉田晃敏: 研究開発成果報告書, 独立行政法人情報通信研究機構北海道リサーチセンター.(online), <<http://www2.nict.go.jp/q/q262/3102/report.html>> (2012-04-18).