

## 遠隔眼科診療ロボットのインタフェース設計

伊藤 祐貴† 郷 健太郎‡ 柏木 賢治‡

山梨大学大学院医学工学総合教育部† 山梨大学大学院医学工学総合研究部‡

現在、山間へき地などでは眼科専門医が不足しており、緑内障や網膜剥離など、失明に繋がる重大な病気発見の遅延が問題となっている。この問題に対処するため、産学連携で遠隔眼科診療システムの設計開発に取り組んでいる。本稿では、遠隔眼科診療システムのインタラクションデザインを行い、議論する。設計の初期段階において、ペーパープロトタイプによるユーザビリティテストを実施し、眼科専門医の参加による要求獲得活動を行った。この設計過程と成果物、要求獲得の過程から得られた知見を併せて報告する。

### Interaction design of a remote clinical robot for ophthalmology

Yuki Ito† Kentaro Go† Kenji Kashiwagi†

Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi†

Now ophthalmologist is becoming short in depopulated area, and a delay to discover a serious disease may lead to blindness such as glaucoma or detached retinas. To deal with this issue, we develop a remote clinical system for ophthalmology in cooperation with the medical department. In this paper, we report an interaction design of a remote clinical robot for ophthalmology to be used by remote clinic. In an early stage of design, we carried out usability tests with paper prototype and obtained requirements from an ophthalmologist. We discuss lessons learned from the design process and designed product.

#### 1. はじめに

山間へき地などでは現在、専門医が不足している[1]。特に眼科は、内科や外科に比べ専門医の数が少ない状況にある[2]。そのため、地理的距離を超えて専門医の診断が受けられる遠隔診療に対する要求が高まっている。現在実施されている遠隔眼科診療[3]では、静止画像や動画像を用いた診断支援が行われている。しかし、診察するための情報量が少ないため、専門的な診断を得ることが困難であり、緑内障や網膜剥離など失明に繋がる重大な病気の発見が遅れが生じている。この問題に対処するため、著者らは、産学連携で遠隔眼科診療システムの設計開発に取り組んでいる。遠隔眼科診療システムの普及にはシステムの安全性の確保に加えて、専門医による診療行為を円滑に支援することが必要である。本稿では特に後者に焦点を絞り、インタラクションのデザインを報告する。

専門医にとって使いやすいインタフェースを実現するためには、設計の初期段階において多くの要件を獲得し、反復型の開発を実施する必要がある[4]。そこで、ペーパープロトタイプによるユーザビリティテストを実施し、専門医参加による要求獲得活動を行った。ペー

パープロトタイプは、「最小の労力により最大のフィードバックを得られる」[5]という利点がある。これはプロトタイプの作成が容易であるため、短期間での反復型開発が可能であり、設計初期から実際のユーザが、評価活動に参加できることを意味する。しかし、ペーパープロトタイプは web サイトのようなハイパーテキスト表現による Graphical User Interface (GUI) やウィンドウシステム上のダイアログを中心とした GUI の設計には適しているが、画面スクロールを伴うような動的な GUI には一般に不向きである。さらに、ハードウェアによる多様な入力モードとディスプレイによるビジュアルフィードバックとの対応づけに系統的な指針はない。そこで、ペーパープロトタイプが問題なく実施できるよう、テスト手法の検討を行った。本稿では、入出力インタフェースの設計と併せて、手法の検討内容について報告する。

構成は以下の通りである。第2節では遠隔眼科診療システムの開発背景について述べる。第3節ではペーパープロトタイプによる要求獲得過程から得られた知見を報告する。第4節では、入出力インタフェースの設計過程と成

果物について述べ、第5節で結論と今後の課題について述べる。

## 2. 開発背景

以下に、眼科診療と遠隔眼科診療システムの概要について述べる。

### 2.1 眼科診療

一般に、眼科診療では細隙灯顕微鏡(図1)を用いた診察が行われる。細隙灯顕微鏡は、照明系としての細隙光(以下、スリット光)と観察系としての顕微鏡により構成される。専門医は顕微鏡を前後、上下、左右に移動して光の焦点を合わせ、スリット光を操作することにより眼球上に反射する光学的切片を動作させて診察を行う。また、特殊なレンズ(前置レンズ)やフィルタ(ブルーフィルタ)を用いることで、より詳細な専門的診察を行うことができる。

顕微鏡はジョイスティックにより操作され、スリット光の条件変更(長さ、幅など)はダイヤルスイッチによって行われる。これは、細隙灯顕微鏡を用いた診察が、高度な臨床学と組織学の知見に加え、スリット光に対する卓越した操作技術を有しなければならないことを意味する。

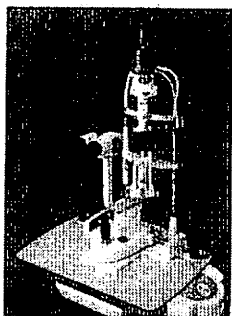


図1. 細隙灯顕微鏡  
(タカギセイコー社製 SM-70M)

### 2.2 遠隔眼科診療システムの概要と必要性

従来、遠隔眼科診療の手段として、眼の静止画像や動画像を遠隔地に伝送し、専門医の診断を仰ぐという方法がとられてきた[3]。しかし、この方法は細隙灯顕微鏡を用いないため、専門的診断を得ることが困難である。この問題を解決するため、細隙灯顕微鏡をロボット化して遠隔地から操作可能な遠隔眼科診療システムの開発を行う。

システムの概要を図2に示す。本システムは専門医用の入出力装置(サイトAに設置)と患

者用の細隙灯顕微鏡(サイトBに設置)から構成される。サイトAとしては大学病院を、サイトBとしては山間へき地の医院や診療所を仮定している。後者では、看護師や(専門医でない)医師の補助が受けられるものとする。本システムでは、眼科専門医がサイトAの入出力装置から顕微鏡の位置とスリット光の操作情報を入力し、この情報をもとに遠隔地の細隙灯顕微鏡ロボットが動作する。ロボットには診断映像を映し出すカメラが備えられ、このカメラから得た診断映像は、専門医のもとへリアルタイムに伝送される。専門医はサイトAで、入力操作に伴う出力映像から得られた情報をもとに診断を行う。つまり、専門医が遠隔地から細隙灯顕微鏡ロボットを操作することで、診断に必要な情報を確実に獲得し、眼科専門医の少ない山間へき地などで、高度な専門的診断を実施することが可能となる。

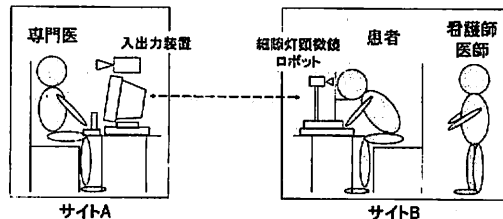


図2. 遠隔眼科診療システム

本研究で開発するシステムは、遠隔手術ロボットではない。つまり、専門医による治療行為を目的とするものでなく、早急な治療が必要であるかどうかを遠隔地から専門医が診断して、必要な患者を専門医のいる病院へと促すものである。遠隔地からの診断に対する患者の不安感を軽減し、個々の患者により多くの診察とコミュニケーションの時間を提供するためには、対面でのシステム以上に、システムの操作性に対する要求が重視される。そこで本プロジェクトでは、遠隔眼科診療システムにおける、専門医が操作するロボットとのインタラクションに焦点を当て、専門医にとって、最も操作感の高い入出力インタフェースを設計する[6]。

次節では、インタフェースに対する眼科専門医からの要求獲得のために実施したプロトタイプング手法を説明し、入出力インタフェースの設計過程とその成果物について述べる。

## 3. ペーパープロトタイプング法の分析

ペーパープロトタイプングとは、紙を基にしたプロトタイプ(以下、ペーパープロトタイプ)

を用いて行うユーザビリティテストの一種である。

### 3.1 ペーパープロトタイピングの特徴

ペーパープロトタイピング実施時における参加者の一般的な役割分担を表1に示す。

表1. 役割分担

| 役割      | 内容   |
|---------|--|
| 進行役     | テストの実施方法について説明し、セッションを進行させる。                               |
| コンピュータ役 | 紙製のインタフェースを操作し、動作をシミュレートする。インタフェースの動作に関して、ユーザに説明することはできない。 |
| ユーザ     | プロトタイプに対して課題を実行する。   |
| 観察者     | セッションの経過を記録する。   |

ペーパープロトタイピングでは、ユーザを代表する人物が、現実に想定される課題を紙製のインタフェース上で実行する。プロトタイプは紙上に描かれているため、そのインタフェースのうちユーザがうまく使えていない部分が発見されると、テスト直後や実行中にも簡単に変更を加えることができる。このように実際のユーザからのフィードバックをもとに、速やかに設計の改善が可能である。

以下に、ペーパープロトタイピングの長所と短所をまとめる。

#### 【長所】

- 開発プロセスの早い段階で、実際のユーザからのフィードバックを多く得られる。
- 速やかな反復型開発が促進され、1つの選択肢に賭けるのではなく、数多くのアイデアを試すことが出来る。
- 設計開発のプロセスにおいて創造性が向上する。

#### 【短所】

- ビデオ映像などの動的な構成要素によって実現されたGUIを表現するのが難しい。
- ディスプレイ以外の多様なハードウェアによって実現された入出力インタフェース（以下、Non Graphical User Interface, NGUI と呼ぶ）による実現が難しい。
- 忠実度が低いプロトタイプであるため、課

題を実施する際、ユーザに抵抗感が生じる可能性がある。

本プロジェクトでは、情報技術の専門家ではない眼科専門医によるデザインの参与を促すために、ペーパープロトタイピング法を基本として要求獲得活動を行った。ただし、ペーパープロトタイピングを実施する際に上記の問題点を解決するため、以下のような実施上の検討を行った。

### 3.2 実践による問題抽出

実践を通してペーパープロトタイピングの短所である問題点を探るため、ATMによる現金振込を課題としたペーパープロトタイピングを実施した。ここでは、ATMのGUI以外にNGUI（現金と現金投入口）を用意し、課題を実行した。

このペーパープロトタイピング実践から獲得した情報を参考にし、短所を克服するために必要であると考えられた項目を以下に示す。

- 1) コンピュータ役を増員することで、動的なGUIへの対応ができる。
- 2) 発話思考法[7]によりユーザの意図を獲得し、NGUIとGUIを連動させることができる。
- 3) 練習課題の実施によりペーパープロトタイピングと発話思考法へのユーザの抵抗感を排除できる。

発話思考法とは、ユーザが課題を行っている際に頭の中に浮かんだことを口頭で報告してもらうもので、外面的な行動だけでは分からない、行動の理由や行動の状況を明らかにすることが可能である。

### 3.3 問題点の解決

遠隔診療ロボットの入出力インタフェース設計を課題としたペーパープロトタイピングを実施する際、上記で挙げた3項目を短所の克服法としてテスト手法に導入した。その具体的な内容を以下に示す。

ここでは、眼科専門医の操作により遠隔地のロボットに備えられたカメラが動作し、そこで獲得した映像が専門医のもとへ送られることを想定している。これは、常にカメラ映像がスクロールし、動的な変化を伴うことを意味する。そこで、コンピュータ役を2人へと増員し、動的なGUIへの対応を図った。また、今回のペーパープロトタイピングでは、入出力インタフェースのデザイン案がNGUIとGUIで構成されており（第4節参照）、それらを連動させるため

発話思考法を用いた。さらに、ユーザが抵抗なくペーパープロトタイピングに臨めるよう、本番課題の前に練習課題を実施した。この練習課題は、本番課題とは別のタスクである。

今回、コンピュータ役を2人にしたことで、カメラ映像のスクロール動作を円滑に実現することができた。加えて、2要素の同時変化への対応も可能であった。だが、そのためには2人のコンピュータ役と進行役が十分にシミュレーションを行い、ペーパープロトタイプのインタラクションを把握することが必要となる。また、各役割のコミュニケーション力も重要である。

NGUI と GUI の連動については、発話思考法により NGUI の操作においてもユーザの意思が明確化され、その結果を速やかに GUI へと反映することができた。

また、ペーパープロトタイピングと発話思考法に慣れるため、本番課題の前に練習課題を実施したことで、ユーザは抵抗無く本番課題に臨めたようであった。これは本番課題中において、ごく自然に口頭で行動の状況や行動の理由を述べ、課題を実施していたためである。テスト後のインタビューにおいても、紙製のプロトタイプにより、課題の実施に支障があったとの意見は得られなかった。

### 3.4 まとめ

今回、効率的に眼科専門医にとって最適なインタフェースを設計するための手法として、ペーパープロトタイピングを用いた。しかし、そこには問題点が存在したため、実践からペーパープロトタイピングの問題点を抽出し、それに対応するための方法を挙げた。これにより、ペーパープロトタイピングから入出力インタフェースの基礎デザインを決定することができた。

以下の第4節では、ペーパープロトタイピングを実施した目的や入出力インタフェースの基礎デザインを決定するまでの詳細な過程を述べ、最後にその基礎デザインを成果物として示す。

## 4. 入出力インタフェースの設計

遠隔眼科診療ロボットの入出力インタフェースを設計するにあたり、ペーパープロトタイプによるユーザビリティテストを実施した。このペーパープロトタイピングでの目的は、遠隔眼科診療ロボットの入出力インタフェースに

対する NGUI と GUI への機能配分を特定することである。以下では、その設計過程と成果物について議論する。

### 4.1 情報収集

ペーパープロトタイプを制作する際には、その制作コンセプトを定めるための情報が必要となる。そこで、遠隔眼科診療ロボットのインタラクションと診療内容を明確化するため、眼科専門医へのインタビューとミーティングを実施した。

専門医へのインタビューから得た、本システムでの実現を要求された眼科検査の内容を表2に示す。

表2. 実現が要求された検査

| 検査名     | 内容  |
|---------|---|
| スリット光検査 | 細隙灯顕微鏡による基本検査である。スリット光により角膜表面を検査し、眼の状況を確認する。      |
| 異物検査    | ブルーフィルタと蛍光色素により、異物や眼球上の傷の有無を検査する。                 |
| 眼底検査    | 前置レンズを用いて目の奥(網膜、血管、視神経)を検査する。網膜剥離や飛蚊症などの検査が必要となる。 |

また、表2の検査を実現するために必要な診療ロボットの機能を以下に示す。

- ・ カメラの動作速度、倍率の変更
- ・ スリット光の電源
- ・ スリット光の幅、長さ、光量の変更
- ・ ブルーフィルタ、前置レンズへの切替
- ・ 前置レンズのローテーション

インタビュー後、ペーパープロトタイピングの実験計画を提案するため、ミーティングを行った。ミーティングでは、操作入力装置として図3に示すような3種類のジョイスティックを提示した。現行の細隙灯顕微鏡はジョイスティックで操作されており、専門医の慣れを考慮したためである。この3種類のジョイスティックにおいて、専門医による評価が最も高かったCHプロダクツ社製のIP Desktop[8]をペーパープロトタイピングする際の参考とした。また、このジョイスティックは3軸対応なので、xyz方向の制御が可能である。

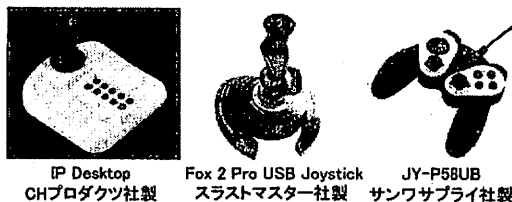


図 3. 提案したジョイスティック [8] [9] [10]

その他、ミーティングでは専門医から以下のような意見が得られた。

- ・ 診療映像は可能な限り大きく映し出してほしい。
- ・ 小さくてもよいので患者側の診察室の雰囲気把握できる映像がほしい。
- ・ カメラの位置情報をディスプレイ上に表示してほしい。

インタビューとミーティングから得られたこれらの情報をもとに、ペーパープロトタイプを制作する。

#### 4.2 ペーパープロトタイプの実施

これまで獲得した情報からペーパープロトタイプを製作し、その初期デザイン案の作成から、成果物としての基礎デザインの決定までを以下より示す。

##### 4.2.1 初期デザイン案作成

ミーティング以前は、ロボットの入出力インタフェースとして、ロボットを操作するジョイスティックとカメラ映像を表示するディスプレイのみで十分であると考えていた。しかし、専門医から診療映像は可能な限り大きくしてほしいなどの意見を得たため、これらを考慮に入れ、入出力インタフェースは「ジョイスティック+ディスプレイ」という概念にとらわれず、自由な発想により設計した[11]。

全体的なシステムの構成として、図 4 に示すようにディスプレイは 2 つ使用する。これは、診療映像を独立した 1 つのディスプレイに表示させるためである。向かって左側のディスプレイにはその診療映像が表示される。これをメインディスプレイとする。向かって右側のディスプレイにはカメラの位置情報など、診療映像以外の情報を表示する。これをサブディスプレイとする。

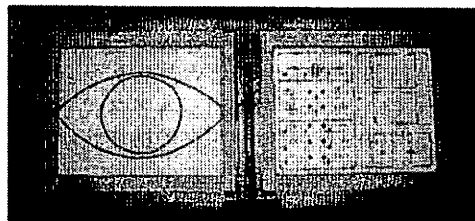


図 4. 2 つのディスプレイ

今回、ペーパープロトタイプを実施するにあたり、初期デザイン案を 3 種類用意した。これは、入出力インタフェースに対して NGUI と GUI への機能配分を特定する際に、両極端を NGUI 100%、GUI 100% とすると、その間のどこかに求めるべき配分割合が存在すると仮定したためである。3 種類の初期デザイン案とは、NGUI 100% のデザイン案、GUI 100% のデザイン案、その間をとったデザイン案である。ここでは、NGUI 100% のデザイン案を NGUI 操作主体のデザイン、GUI 100% のデザイン案を GUI 操作主体のデザイン、その間をとったデザイン案を NGUI・GUI 操作分配型のデザインと呼ぶこととする。これら 3 種類の初期デザイン案から求めるべき配分割合に最も近いものをペーパープロトタイプによって特定する。

また、NGUI としての入力機器は、ミーティングで参考機器として決定したジョイスティックとし、ペーパープロトタイプでは、その簡単なモックアップ (図 5) を制作し、使用した。

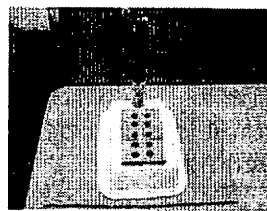


図 5. ジョイスティックのモックアップ

ディスプレイについて、メインディスプレイは各初期デザイン案とも変わらないが、サブディスプレイはそれぞれ変化する。以下で、各初期デザイン案とそのサブディスプレイについて詳しく説明する。

##### (a) NGUI 操作主体のデザイン (図 6)

NGUI 100% のデザインである。つまり、細隙灯顕微鏡ロボットは、全てジョイスティックで操作される。カメラはスティックで操作し、スリット光やカメラの倍率、カメラの移動速度は

付属ボタンで操作する。

サブディスプレイの右半分には、診察室や患者の顔を表示するためのセクションとカメラの位置情報を表示するためのセクションが設けられている。左半分にはジョイスティックに関する情報が表示され、現在の機能状態を確認することができる。

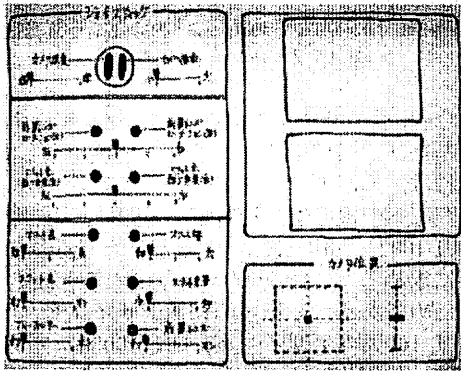


図 6. NGUI 操作主体のサブディスプレイ

(b) GUI 操作主体のデザイン (図 7)

GUI 100%のデザインである。つまり、ジョイスティックなどの NGUI を用いず、細隙灯顕微鏡ロボットを GUI のみで操作する。サブディスプレイには、タッチ画面を用い、顕微鏡ロボットを指、またはペンで操作する。これにより、マウス、キーボードなどの外部入力装置が不要となるため、省スペースでの使用とタッチ画面による直感的な操作が可能となる。

サブディスプレイの右半分では、ラジオボタンやスライダをタップしてスリット光や前置レンズなどの機能切替を行う。左半分では、診察室や患者の顔の表示、カメラの操作とその位置情報を示すセクションが設けられている。カメラは、位置情報を示す周りの各矢印をタップすることで操作される。

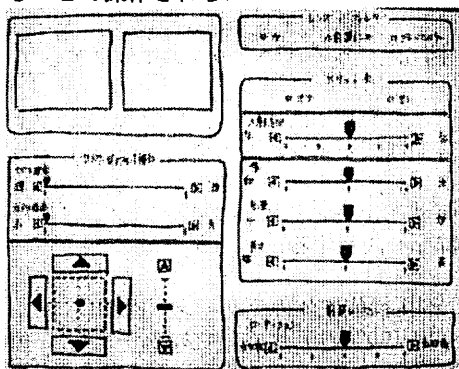


図 7. GUI 操作主体のサブディスプレイ

(c) NGUI・GUI 操作分配型のデザイン (図 8)

操作対象をある割合で NGUI と GUI とに分けたデザインである。その割合とは、カメラに関する操作が NGUI、その他の操作が GUI である。GUI 操作主体のデザインと同様に、タッチ画面を用いることとしたので、カメラ以外の操作はタッチ画面で行う。

サブディスプレイの右半分では、GUI 操作主体のデザインと同様に、スリット光や前置レンズなどの機能切替をラジオボタンやスライダをタップすることによって行う。左半分では、NGUI に割り当てられたカメラの位置と倍率、移動速度にといった情報が表示される。

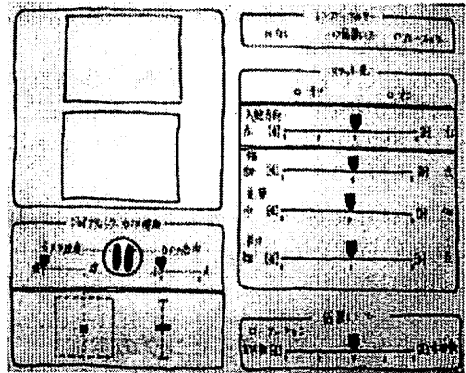


図 8. NGUI・GUI 操作分配型のサブディスプレイ

4.2.2 評価と考察

はじめに、各初期デザイン案の総括的評価を眼科専門医に依頼したところ、NGUI・GUI 操作分配型のデザインが最も高い評価を得た。そこで、このデザイン案に対し形成的評価を行うため、実際の患者を想定したペーパープロトタイプを実践した。ユーザは眼科専門医である。

テストを実施した結果、入出力インタフェースは NGUI・GUI 操作分配型のデザインで問題なく操作できるであろうとのことだった。そこで、NGUI・GUI 操作分配型のデザインをベースとして今後は設計を進めていくこととする。また、今回のテストで得られたデザインの改善点を以下に示す。

- サブディスプレイは主に左手操作のため、メインディスプレイとの位置関係は逆のほうがよい。
- 機能を初期状態に戻すリセットボタンがあると便利である。
- 両眼間を移動する際に、おおよその位置までカメラを水平移動させるジャンプボタ

ンがあると操作が容易になる。

- ・ 機能の切替はボタンのタップによるローテーションがよい。また、ボタン配置に統一性を持たせ、操作感を向上させる。

これらの改善点を考慮に入れ、改良デザイン案を作成する。

#### 4.2.3 改良デザイン案作成

NGUI・GUI 操作分配型のデザインをベースに、改良デザイン案を作成した。システムの概要を図9に示す。以下では、前回のペーパープロトタイプピングで挙げられた改善点とそれを反映させた改良デザイン案について解説する。

前回のデザイン案ではサブディスプレイ(タッチ画面)を右手で操作すると仮定したので、サブディスプレイを向かって右側に設置した。しかし実際は、右手でジョイスティックを操作し、左手でタッチ画面をタップして診察を行っていた。これにより、サブディスプレイは向かって左側に設置されているほうが操作感の向上と考え、メインディスプレイとサブディスプレイの位置を入れ替えた。

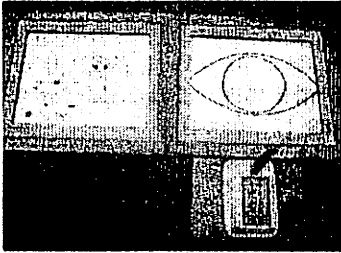


図9. 改良デザイン案の概要

サブディスプレイのGUIを図10に示す。初期状態に戻すリセットボタンを画面左上に設け、これをタップすることで、スリット光など全ての機能が初期状態に戻る。通常、片眼の診察終了時には、機能を全て初期状態に戻し、もう一方の眼を診察する。全ての機能を初期状態に戻すことは大変な手間であるが、今回はリセットボタンをタップするという一動作でこれが可能となる。

また、カメラの位置情報の左右に描かれた眼はカメラのジャンプボタンである。このジャンプボタンをタップすることでカメラが右眼または左眼のおおよその位置まで水平移動する。移動後はジョイスティックによる操作で微調整を行う。向かって左が「R」、右が「L」となっているのは、前回のテストで眼科専門医は通常、患者の主観で左右を認識するとの意見を得

たためである。

さらに、スリット光の電源スイッチや入射方向、幅などの調節はスライダでなく、ボタンで行うこととする。スリット光の幅、長さ、光量は、3段階による調節なので、ボタンを1回タップするごとに状態が右側に遷移するローテーションとした。スリット光の入射方向は5段階調節なので、左右の矢印ボタンをタップすることで、それぞれの方向に角度を変えることができる。これらの機能は、目視で確認せずにライブな状態で使用したいとの意見を得たので、タップする対象をボタンのようなできるだけ大きなものにするこで操作感の向上を図った。また、全体のボタンを縦に並べ、配置に統一性を持たせた。

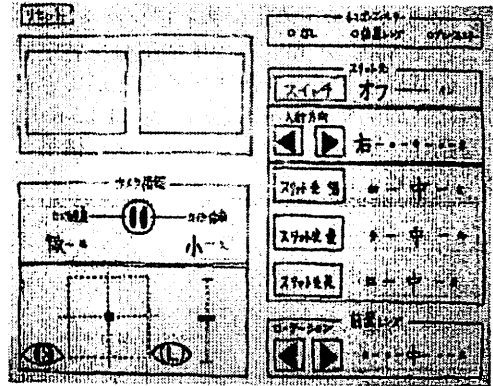


図10. 改良デザイン案のサブディスプレイ

#### 4.2.4 評価と考察

この改良デザイン案に対し、形成的評価を行うため、ペーパープロトタイプピングを実施した。前回のテストと同様に、ユーザを眼科専門医とし、実際の患者を想定した診察を行った。

機能切替をボタンとし、その配置に統一性を持たせたことで、前回のデザイン案に比べ、操作性は格段に向上したとの意見を得た。

だが、今回のペーパープロトタイプピングを実施した結果、リセットボタンは不要であり、スリット光の電源スイッチをオフに戻すことで、リセットとしてよいとのことだった。これは、片眼の診察終了時に一度スリット光の電源を切り、もう一方の眼の診察に移るためである。つまり、機能を初期状態に戻すことが必要なのは片眼診察終了の時点である。

さらに、サブディスプレイの右半分と左半分の位置関係は逆がよいとの意見を得た。前回のテストでも挙げられたが、タッチ画面は主に左手操作のため、タップする部分(機能切替ボタ

ン)をできるだけ左側に寄せることが望ましいためである。

また、これまでジョイスティックによりロボットカメラの倍率、移動速度の操作を行ったが、これらもタッチ画面での操作でよいとのことだった。今回の改良デザイン案において、両眼間を移動するジャンプボタンを設けたことで、操作頻度が減ったためである。これにより、カメラ移動以外の操作は全て GUI に統一され、カメラ移動の操作のみが NGUI で行われる。つまり、ペーパープロトタイピングの当初の目的であった、遠隔眼科診療ロボットの入出力インタフェースに対する NGUI と GUI の機能の配分割合を定めることができた。

### 4.3 基礎デザインの決定

2 回のペーパープロトタイピングを実施したことで NGUI と GUI への機能配分を特定し、GUI の基礎デザインを決定することができた。今後はこのデザインをもとに、図 11 に示すような動作バージョンのプロトタイプを構築し、形成的評価を行う。

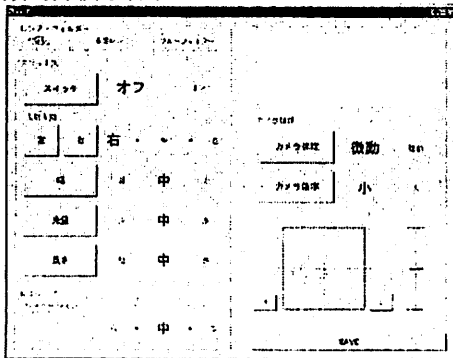


図 11. 動作バージョンのプロトタイプ

## 5. おわりに

本稿では、ペーパープロトタイピングの分析と遠隔診療ロボットの入出力インタフェース設計について議論した。ペーパープロトタイピングに関しては、その問題点を解決するための仮説を立て、入出力インタフェースの要求獲得過程においてその仮説が立証された。その仮説が立証されたことで、遠隔眼科診療ロボットの入出力インタフェース設計の初期段階においてペーパープロトタイピングを実施し、基礎デザインを決定することができた。

今後は、決定したデザインに基づき動作バージョンのプロトタイプを構築し、眼科専門医をユーザとした形成的評価を実施する予定であ

る。

## 参考文献

1. 吉田晃敏, 亀畑義彦. 遠隔医療 どこに住んでも世界最高水準の医療が享受できる—旭川医科大学眼科の試みとその効果—, 工業調査会(1998)
2. 診療科名(主たる)別医療施設従事医師数の構成割合, 業務の種別(平成 16 年度). [http://www.dbtk.mhlw.go.jp/toukei/data/180/2004/toukeihyou/0005041/t0110725/K0036\\_001.html](http://www.dbtk.mhlw.go.jp/toukei/data/180/2004/toukeihyou/0005041/t0110725/K0036_001.html). 厚生労働省(最終確認日:2006/10/24)
3. 吉田晃敏. 研究開発成果報告書. <http://www2.nict.go.jp/q/q262/3102/report.html>. 独立行政法人 北海道リサーチセンター(最終確認日:2006/10/24)
4. John D.Gould., How to design usable systems, Human-Computer Interaction : Toward the Year 2000, pp.93-121(2000)
5. Carolyn Snyder 著, 黒須正明 監訳. ペーパープロトタイピング 最適なユーザインタフェースを効率よくデザインする, オーム社(2004)
6. 上坂純一, 葛岡英明, 小山慎哉, 山崎敬一. 遠隔作業指示支援ロボットの操作インタフェースがロボットの志向表現に与える影響の研究. 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.168-177, (2004)
7. 黒須正明, 伊東昌子, 時津倫子. ユーザ工学入門—使い勝手を考える—ISO 13407 への具体的アプローチ, 共立出版(1999).
8. [http://www.chproducts.com/oem/download/IP\\_Desktop.pdf](http://www.chproducts.com/oem/download/IP_Desktop.pdf). IP Desktop, CH Products (最終確認日:2006/10/24)
9. <http://www.apex-japan.net/products/thrustmaster/TGF2PUSB.htm>. Fox 2 Pro , USB Joystick, Thrustmaster. (最終確認日:2006/10/24)
10. <http://www.sanwa.co.jp/product/peripheral/gamepad/p58.html>. JY-P58UB, サンワサプライ. (最終確認日:2006/10/24)
11. 家入里志, 田上和夫, 橋爪誠. ロボット医療. 電子情報通信学会誌, Vol.88, NO.10, pp.781-784 (2005)