

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19500105

研究課題名（和文） 遠隔眼科診療ロボットのインタラクシオンデザイン

研究課題名（英文） Interaction Design of a Remote Clinical Robot for Ophthalmology

研究代表者

郷 健太郎 (GO KENTARO)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号：50282009

研究成果の概要：本研究では「遠隔眼科診療ロボットのインタラクシオンデザイン」を具体的な事例として、ユビキタス・コンピューティング分野におけるデザイン手法を実現し、その評価を行う。デザインの初期段階において、システムの使い方をストーリー（シナリオ）として生み出し、それをペーパープロトタイピングの手法で速やかに評価し、その結果をもとに、新しいストーリーを生み出すという繰り返しのプロセスを支援する。この活動を通して、ペーパープロトタイピングの手法を、ハードウェアが関与する Solid User Interface (SUI) に適用することを試みる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ヒューマンインターフェイス、インタラクシオン、デザイン手法、診療ロボット、シナリオ、プロトタイプ

## 1. 研究開始当初の背景

ユビキタス・コンピューティングの分野は、いま、危機的状況にある。それは、例えば RFID の技術といった、技術的問題ではない。ユビキタス・コンピューティングを系統的にうまく実現する手法が分からないのである。

本プロジェクトでは、遠隔眼科診療ロボットのインタラクシオンデザインを題材として、ユビキタス・コンピューティングの分野におけるデザイン手法の確立を目指す。具体的には、申請者らが進めてきたシナリオに基

づくデザイン手法と、ペーパープロトタイピング手法の利点を融合した、デザイン初期段階での繰り返しの参加型設計法を提案・評価する。

(1) 遠隔眼科診療ロボットを対象とする理由

次の2つの理由からデザイン対象を遠隔眼科診療ロボットとした。

①インタフェースの実現対象として、WIMP アプリケーションに代表される GUI から、特殊な専用ハードウェアまで、幅広いインタラク

ションがデザイン対象となり得ること。この点は、ソフトウェアとハードウェアが密接に連携することで実現されるユビキタス・コンピューティング分野のデザイン対象の事例として適切だと考えられる。

②地域・社会的に重要なトピックであること。山間僻地のような過疎地域では眼科専門医が不在であり、しかも住民としては高齢者が多数を占める。このような地域では、緑内障のような失明につながる重大な症状の診療による発見が難しい。したがって現実的な解決法として、遠隔診療の実現が急務となっている。従来から遠隔手術という観点での研究が推進されているが、現在進みつつある高齢化社会では、手術以前に症状を早期発見することが特に重要である。

本プロジェクトの遠隔診療ロボットとは、換言すると、細隙灯顕微鏡の遠隔操作システムである。細隙灯顕微鏡は本来、眼科専門医が患者と対面で用いる眼疾患対象の検査機器であるが、これを眼科医が遠隔地から操作して患者の診察を行う。本プロジェクトでの研究対象はこのうち、操作部における眼科専門医のインタラクションであり、対象とする成果物はこのインタフェースである。

## 2. 研究の目的

本研究では「遠隔眼科診療ロボットのインタラクションデザイン」を具体的な事例として、ユビキタス・コンピューティング分野におけるデザイン手法を実現し、その評価を行う。デザインの初期段階において、システムの使い方をストーリー（シナリオ）として生み出し、それをペーパープロトタイピングの手法で速やかに評価し、その結果をもとに、新しいストーリーを生み出すという繰り返しのプロセスを支援する。

本手法の独創的な点は、ペーパープロトタイピングの手法を、ハードウェアが関与する **Solid User Interface (SUI)** に適用する点にある。ペーパープロトタイピングの手法は従来、GUIには適しているがハードウェアが関連する入力装置やビデオ映像のような動的に画面データが変化するリアルタイムシステムには、あまり適さないと考えられてきた。しかし **Fidelity** の低い表現を使ってインタラクションの本質を議論するという考え方は、ハードウェア関連機器にも適用可能であるため、この点への拡張を試みる。

## 3. 研究の方法

図1に本プロジェクトでの最終成果物の実現イメージを示す。

本研究では、平成19年度と20年度の2年間で、「遠隔眼科診療ロボットのインタラクションデザイン」を行い、評価を実施する。

(1) 初年度には、申請者が従来研究で遂行

しているシナリオに基づく設計手法を基礎として、遠隔眼科診療ロボットのインタラクションの設計を行い、あわせてインタフェースのプロトタイプを構築する。ロボットとしてみた場合、本研究で対象とする範囲は、マスター・スレーブ型のロボットのうち、マスター側のインタラクション・インタフェースに相当する。

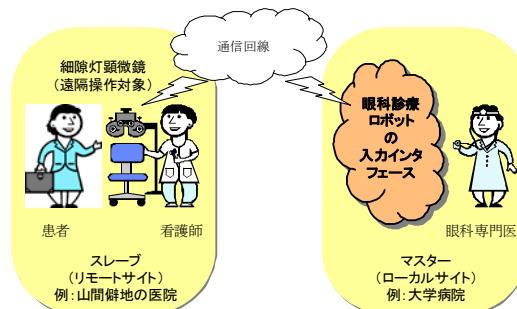


図1. 遠隔眼科診療ロボットの実現イメージ

システムのデザインにあたり、まず、平成18年度に実施してきた眼科専門医へ聞き取り調査をもとに、紙ベースのプロトタイプ構築とインタラクションのシナリオ構築を行う。これらはデザインの仮説に相当する。これらを眼科専門医に示し、シナリオに基づきロールプレイしてもらうことによって、インタラクションの評価を行う。

これらの結果をもとに構築するシステムは、2画面のタッチ画面PCを基本プラットフォームとする（遠隔眼科診療構築システム一式）。入力装置としては、タッチ画面とジョイスティックとを想定する。紙ベースのプロトタイプの評価結果をもとに、動作バージョンのPCプロトタイプを構築を開始する。

(2) 最終年度となる平成20年度には、まず、初年度から開発を継続しているシステムの眼科専門医による利用評価を実施する。利用評価は定性的評価と定量的評価の両面から進める。前者では、擬似的な診療にシステムを導入して、利用状況と機能を形成的に評価する。後者では、診療タスクに基づいて眼科専門医にシステムを利用してもらいながら、そのユーザビリティ問題を解決し、さらに機能上の改良を行う。

(3) 本研究は、平成20年度までの2年間を一区切りとする。ここまでの、マスター側（すなわちローカル側）のインタフェースを実現する。並行して、スレーブ側のロボット設計を別プロジェクトとして進めるが、両者の連携と運用を平成21年度に実施する。

## 4. 研究成果

事前調査において、眼科専門医から診療映像情報表示を可能な限り大きくしてほしいとの意見を得たため、図2に示すようにディ

ディスプレイは2つ使用することとした。これは、診療映像情報を独立した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情報が表示される。これを診療映像ディスプレイと呼ぶこととする。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。これを操作情報ディスプレイと呼ぶこととする。

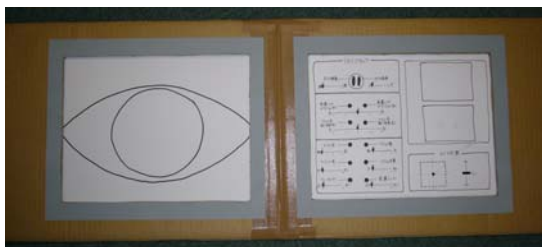


図2. 画面構成案（プロトタイプ）

ペーパープロトタイピング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、操作インタフェースに対してSUIとGUIへの操作機能配分を特定する際に、両極端をSUI操作100%、GUI操作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、(1)SUI操作100%のデザイン案、(2)GUI操作100%のデザイン案、(3)これらを混合した（間をとった）デザイン案である。ここでは、(1)をSUI操作主体のデザイン、(2)をGUI操作主体のデザイン、(3)をSUI・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ピングの技法によって特定する。また、SUI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ピングでは簡単なモックアップを使用した。

操作情報ディスプレイは各デザイン案に応じて変更が必要である。以下で、各初期デザイン案とその操作情報ディスプレイについて説明する。

#### (1) SUI操作主体のデザイン

SUI操作100%のデザインである。つまり、細隙灯顕微鏡ロボットの操作は、全てジョイスティックにより行われる。顕微鏡カメラはスティックで操作し、それ以外のスリット光の条件変更や顕微鏡カメラの倍率、移動速度などの変更、ブルーフィルタや前置レンズの脱着は付属のボタンで行う。SUI主体操作の操作情報ディスプレイを図3に示す。操作情報ディスプレイの右側半分では、上部に患者の顔や診察室を映し出すカメラの映像を表示するための領域が設けられ、下部には顕微

鏡カメラの位置情報を表示するための領域が設けられている。左側半分にはジョイスティックに関する情報が表示され、これにより現在の機能状態を確認することができる。

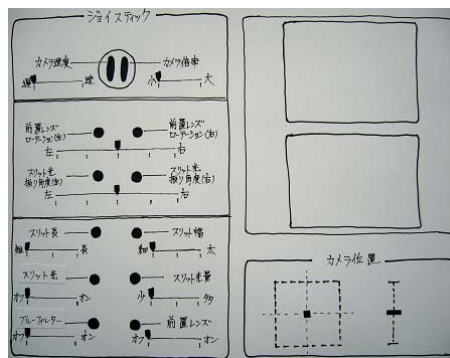


図3. SUI操作主体のデザイン

#### (2) GUI操作主体のデザイン

GUI操作100%のデザインである。つまり、ジョイスティックなどのSUIを用いず、細隙灯顕微鏡ロボットをGUIのみで操作する。操作情報ディスプレイには、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、マウスや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。GUI操作主体の操作情報ディスプレイを図4に示す。

操作情報ディスプレイの右側半分では、ラジオボタンやスライダをタップしてスリット光の条件変更や前置レンズ、ブルーフィルタの脱着などを行う。左側半分では、上部に患者の顔や診察室を映し出すカメラの映像を表示するための領域が設けられ、下部には顕微鏡カメラの操作とその位置情報を示すための領域が設けられている。顕微鏡カメラの操作は、位置情報を表示する矩形の周りに配置された矢印をタップすることで行われる。

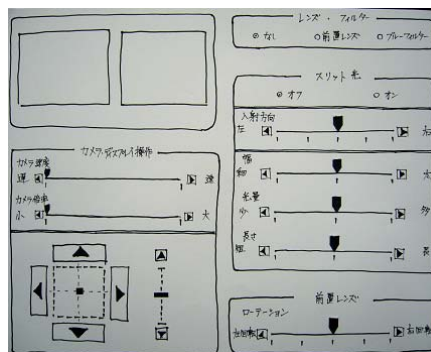


図4. GUI操作主体のデザイン

### (3) SUI・GUI 操作分配型のデザイン

ある割合で操作対象を SUI と GUI とに分けたデザインである。ここではその割合を、顕微鏡カメラの動作に関する操作を SUI とし、それ以外の操作を GUI とした。顕微鏡カメラの動作とは、顕微鏡カメラの移動操作に加え、その倍率と移動速度を指す。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、顕微鏡カメラの動作に関する操作以外はタッチ画面で行う。SUI・GUI 操作分配型の操作情報ディスプレイを図5に示す。操作情報ディスプレイの右側半分では、GUI 操作主体のデザインと同様に、スリット光の条件変更や前置レンズ、ブルーフィルタの脱着など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。左側半分では、SUI に割り当てられた顕微鏡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。

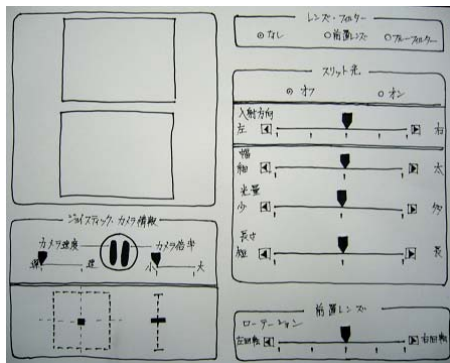


図5. SUI・GUI 操作分配型のデザイン

各初期デザイン案の総括的評価を眼科専門医に依頼し、その結果、SUI・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、眼科専門医をユーザに、実際の患者を想定したペーパープロトタイプングを実施した。

テストの結果、入出力インタフェースは SUI・GUI 操作分配型のデザインで問題なく操作できることがわかった。そこで、SUI・GUI 操作分配型のデザインをベースとして改善設計を進めた。本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を入れ替えること。
- 機能を初期状態に戻すリセットボタンを導入すること。
- 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を追加すること。
- 機能の切替えはボタンのタップによるローテーションとすること。
- ボタン配置に統一性をもたせて、操作感

を向上させること。

これらの改善点を考慮に入れ、改良デザイン案を作成した。システムの新規デザイン案のプロトタイプを図6に示す。

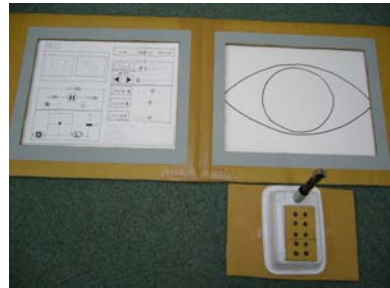


図6. 新規デザイン案のプロトタイプ

図6のプロトタイプを使って再びペーパープロトタイプングセッションを行い、最終デザイン案を得た。最終案を実装した動作バージョンの画面表示を図7に示す。

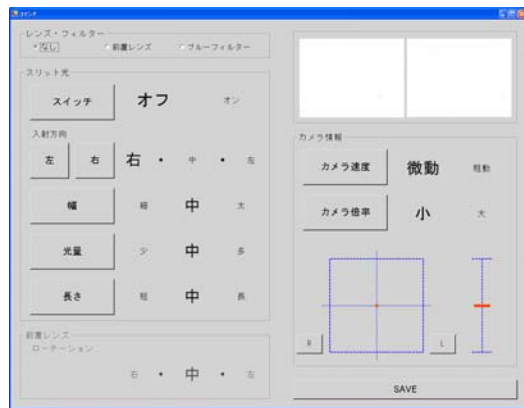


図7. 動作バージョン画面表示

動作バージョンをもとに遠隔眼科診療システム全体を構築した。図8に全体構成図を示す。

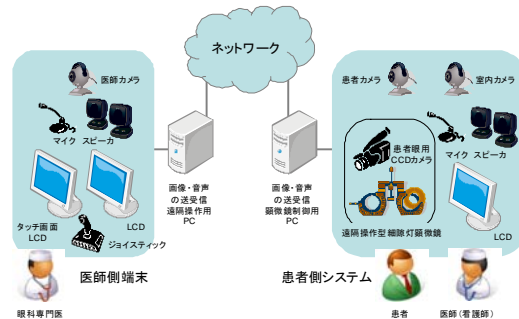


図8. 遠隔眼科診療システム (全体像)

図9に構築した医師用インタフェースの利用状況を、図10に操作対象である患者側

システム（遠隔操作型細隙灯顕微鏡）を示す。



図 9. 医師用端末



図 10. 患者側システム（遠隔操作型細隙灯顕微鏡）

以上のデザイン活動を通して、ペーパープロトotypingの手法がSUIに対しても十分適用可能であることが示された。特にSUIとGUIを混合したデザインに関して、最終デザインに影響を与える項目（たとえば、ディスプレイ配置の交換、両眼間のジャンプボタンの追加）を抽出できた点で有効に機能したといえる。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計8件）

- ① Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Yuki Ito, Yu Nakazawa, and Jumpei Arata. Eye, Robot: A Network Control System for Ophthalmologic Examination, LNCS 5068, pp. 48-57, 2008. (査読有)
- ② 郷 健太郎, 柏木 賢治. 眼科遠隔診療システムの実現—人間中心設計アプローチ—, 日本遠隔医療学会雑誌, Vol. 4, No. 2, pp. 321-322, 2008. (査読有)
- ③ 平山 順一, 郷 健太郎. 紙メディア変換による Web デザインのプロトタイプ作

業支援システム, 人間中心設計誌, Vol 4, No. 1, pp. 26-33, 2008. (査読有)

- ④ Kentaro Go and Yuki Endo. A Touchscreen Software Keyboard for Finger Typing, in Aleksandar Lazinica (Ed.), Advances in Human-Computer Interaction, Chapter 15, pp. 287-296, 2008. (査読有, エディタによる)
- ⑤ Kentaro Go, Hayato Konishi, and Yoshisuke Matsuura. IToNe: A Japanese Text Input Method for a Dual Joystick Game Controller, in CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 3141-3146, 2008. (査読有)
- ⑥ 松浦 吉祐, 郷 健太郎, 小型タッチ画面における片手親指の操作特性, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.9, No.4, pp. 455-461, 2007. (査読有)
- ⑦ Kentaro Go, Yuki Ito, and Kenji Kashiwagi. Interaction design of a remote clinical robot for ophthalmology, LNCS 4557, pp. 840-849, 2007. (査読有)
- ⑧ Kentaro Go and Yuki Endo. CATKey: Customizable and Adaptable Touchscreen Keyboard with Bubble Cursor-like Visual Feedback, LNCS 4662, Part I, pp. 493-496, 2007. (査読有)

〔学会発表〕（計2件）

- ① 東谷 竜也, 郷 健太郎, 柏木 賢治, 八代 一浩. 眼科遠隔診療システムの新機種開発における医師用インタフェースの実装, 平成20年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会(第14回)講演論文集, p. 170, 2009. (2009年3月7日, 東京電機大学)
- ② 郷 健太郎. HCDシナリオのデザインヒューリスティックス, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.9, No.4, pp. 1-6, 2007. (2007年11月21日, 東京大学)

〔その他〕

ホームページ  
<http://www.golab.org>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

郷 健太郎 (GO KENTARO)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号: 50282009