

遠隔眼科診療システムの学習容易性

中澤 由布[†] 郷 健太郎[‡] 柏木 賢治[‡]

山梨大学工学部[†] 山梨大学大学院医学工学総合研究部[‡]

1. はじめに

山梨県における眼科専門医不足は現在、非常に深刻な状態にある。山間部や県境では眼科専門医の過疎化が進み、眼科診療の受けられる施設のない地域も数多く存在している。更に、眼科医不足は夜間や休日にはより深刻になり、緊急に眼科診療を受けることができる施設は県内では実質的に 1 箇所だけである。このような状況においては、適切なタイミングで適切な診療を受けることが困難であり、重大な疾患の発見が遅れたり、緊急時に早急な対応をとれないことが懸念される。

このような深刻な医師不足に対して、著者らのグループでは遠隔眼科診療システムの開発を進めている^{[1][2]}。これが実現されれば、眼科専門医不在地域においても遠隔地の眼科専門医に受診することが可能となる。

しかし、眼科医不足の現状は遠隔診療では賄いきれないほど深刻であり、遠隔診療以外にも眼科医不足を補うアプローチが必要とされている。そこで本稿では、非眼科専門医が眼科専門医を代替して行う眼科診療を支援するアプローチを検討する。具体的には、細隙灯顕微鏡を普段使用しない非眼科専門医が、緊急時などの必要時に練習なく使うことのできる細隙灯顕微鏡として、開発中の遠隔診療システムが利用できる可能性を検証する。

2. 細隙灯顕微鏡と遠隔診療システム

眼科は専門性の高い診療科であり、非眼科専門医による代替は困難である。この要因の一つには、眼科診療の初期診断で用いられる細隙灯顕微鏡という機器の操作の複雑さがあると考えられる。細隙灯顕微鏡の操作体系は特殊であり、装置の使用にはある程度の慣れを必要とする。そのため、装置に慣れていない非眼科医が使用する際には使いにくく感じてしまう。そこで、初心者が使いやすい細隙灯顕微鏡として、遠隔診療システムが利用できる可能性を検証する。遠隔診療システムは専門医による操作を想定しているため従来の細隙灯顕微鏡を模して作られているが、ハードウェアの違いから、操作感の異なる点がいくつか存在している。例を挙げると、顕微鏡の移動を行う際のジョイスティック操作が異なっている。遠隔診療システムと細隙灯顕微鏡はどちらもジョイスティックを有し、スティックを倒すかひねる操作によって顕微鏡の水平、垂直、奥行き方向の位置を調節する。このとき、遠隔診療システムではジョイスティックの傾倒時間に顕微鏡の移動距離が対応しているのに対し、細隙灯顕微鏡ではスティックの傾斜角度が対応している。また、顕微鏡を大まかに移動させる場合、遠隔診療システムでは移動距離を大きくするボタンを押した後にジョイスティックを傾倒させるが、細隙灯顕微鏡ではジョイス

ティックが取り付けられた台全体を移動させる操作を行う。このようなデザイン上の差は遠隔診療システムを実現するハードウェアでは従来の細隙灯顕微鏡の複雑な操作感を再現できないために決められたものだが、複雑な操作がより単純な操作に置き換わったことで、初心者にとっては操作技術の習得が容易になった可能性がある。

3. 実験

遠隔診療システムにおける細隙灯顕微鏡の操作が、非眼科医でも容易に習得できるものであるかを確かめるために、評価実験を行った。具体的には、遠隔診療システムの操作経験のない被験者に遠隔診療システムの基本的な操作を用いたタスクを繰り返し行ってもらい、学習にかかる時間を計測した。また、比較対象として、同様の実験を従来の細隙灯顕微鏡についても行った。

3.1 実験概要

細隙灯顕微鏡の典型的な操作を使用するタスクとして、3 次元的に配置された目標物のポインティングタスクを設定した。このタスクを従来の細隙灯顕微鏡と遠隔診療システムのそれぞれで繰り返し行い、学習にかかる時間を比較する。また、2 つの顕微鏡条件に対してそれぞれ被験者は 1 名ずつとした。この 2 人の被験者は、ジョイスティック操作を行うシステムに対する学習能力が同程度であることを予備実験で確認し、選出した。

3.2 提示課題

提示する目標物の例を図 1 に示す。目標物は数字が書かれた 3 mm 四方の 7 つの正方形である。各正方形は周囲に 1 mm 幅の枠がつけられている。これらの目標物は奥行き方向にそれぞれ異なる距離を与え、円状に並べている。奥行き方向の距離 (5 mm から 35 mm までを 5 mm 刻みで 7 種) を 1 から 7 の正方形にランダムに与えた。円の大きさは直径 12 mm (小) と 24 mm (大) の 2 種類とし、奥行き方向の距離の並べ方の異なるものをそれぞれ 3 つ、合計 6 種類の課題を用意した。

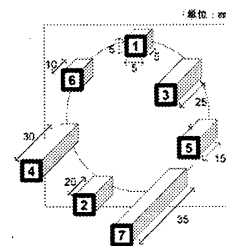


図 1 目標物

3.3 実験タスク

実験タスクは、顕微鏡を三次元的に移動させて焦点を 7 つの各目標物に合わせるものである。顕微鏡の対物レンズが捕らえているビューは顕微鏡に取り付けられたカメラによってディスプレイに表示される。実験ではタスクの完了を明確にするために、ディスプレイ上に 10 cm 四方の赤枠を提示し、目標物の外側の黒枠がこの赤枠内に

Ease of learning the operation of a remote clinical robot for ophthalmology

[†] Yu Nakazawa [‡] Kentaro Go, [‡] Kenji Kashiwagi,

[†] Faculty of Engineering, University of Yamanashi,

[‡] Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi.

あり、数字がはっきりと見える状態を焦点が合った状態とした。「1」と書かれた正方形に焦点が合わせられている状態を初期状態とし、目標物の表面に書かれた数字の順に円を一巡し、初期位置に戻ることを1タスクとした。今回の実験では、実験者の目視により焦点があっているかどうか判断する。提示する目標物をランダムに変化させながら試行を繰り返し行い、学習効果を測定した。

4. 結果

実験の結果として、試行の繰り返しによるタスク完了時間の変化をグラフに示す(図2)。大小の目標物では移動距離が異なるため、1回の試行にかかる時間が異なる。そのため、ここでは大小の円を一組として全タスクを20回の試行とみなし、大小の円それぞれのタスクにかかった時間の合計をタスク完了時間としている。

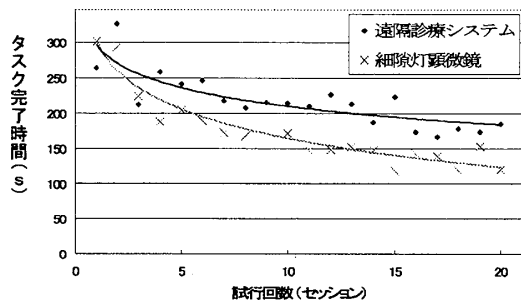


図2 学習曲線

遠隔診療システムと細隙灯顕微鏡の二つの学習曲線について傾きの差を検定したところ、有意水準1%で差があるという結果を得た。ここから、細隙灯顕微鏡は遠隔診療システムよりも収束したときの速度が速いといえる。また、グラフの形状から、遠隔診療システムの学習曲線は細隙灯顕微鏡よりも早い段階で収束しており、遠隔診療システムの方が学習しやすい傾向にあることがわかる。

5. 考察

学習曲線の測定実験を行った結果、遠隔診療システムは細隙灯顕微鏡よりも学習しやすいが、操作速度が遅いという結果を得た。この原因の一つは、二つの顕微鏡の操作プロセスの差にあると考えられる。遠隔診療システムでは一度の操作で1軸しか移動できないのに対し、細隙灯顕微鏡では3軸を同時に移動させることが可能である。例として、二つの顕微鏡について、水平、垂直、奥行き方向の移動が必要となる2点間の、最短距離での移動にかかるプロセスを図3に示す。

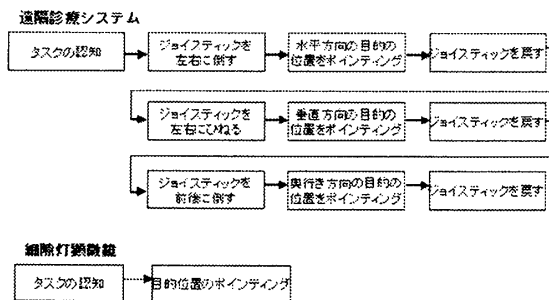


図3 顕微鏡の操作プロセス

このプロセスを実行するときの所要時間を KLM 法^[3]を用いて評価する。表1にこのプロセスで用いる操作と評価を示す。ここでは、ジョイスティック傾倒とひねりの動作を、マウスボタンを押す、離す動作と同等に取り扱う。

表1 KLMモデルの操作

操作名	説明	実行時間(s)
M	思考時間(心の準備)	1.2
B	マウスボタンを押す, 離す	0.1
P	画面上の目標をポインティングする	1.1

KLM法を用いると遠隔診療システムで2点間の3軸移動を行うプロセスは M+B+P+B+B+P+B+B+P+B、細隙灯顕微鏡のプロセスは M+P と表せるので、所要時間はそれぞれ 5.1 s, 2.3 s となる。実験タスクでは、このプロセスのあとに実験者により目標のポインティングの成功が判定され、次の目標にポインティングすることを7回繰り返す。判定に要する時間(Tとする)は、ヒューマンパフォーマンスモデル^[4]を用いて 0.86 s と算出できる。また、今回の実験タスクでは、「4」と書かれた正方形から「5」と書かれた正方形に移動する際に垂直方向への移動操作がないためこの操作分を減じ、タスクの開始時に思考時間を加える。ここから1回のタスクの所要時間を評価すると、遠隔診療システムのプロセスは 8M+40B+20P+7T = 41.62 s、細隙灯顕微鏡のプロセスは 8M+7P+7T = 23.32 s となる。すなわち、今回行った実験のポインティングタスクを行う場合には、遠隔診療システムは細隙灯顕微鏡よりも約1.8倍の時間がかかることになる。

以上のことから、遠隔診療システムは1軸ごとの単純な操作であるため学習が容易であるが、操作にはより時間がかかっていると考えられる。

6. おわりに

本稿では、非眼科医が容易に操作を習得できる細隙灯顕微鏡について検討した。また、そのような細隙灯顕微鏡として遠隔診療システムが利用できる可能性をあげ、学習容易性を評価する実験を実施した。その結果、現状の遠隔診療システムは、従来の細隙灯顕微鏡に比べ操作は低速であるが、学習が容易であることがわかった。今後は学習の容易性を保ちながら操作速度を向上させることができるような操作体系を検討する。

参考文献

- [1] 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, 研究報告「ヒューマンコンピュータインタラクション」No.2006-HI-121, pp.51-58, 2006.
- [2] Kentaro Go, Yuki Ito, and Kenji Kashiwagi. Interaction design of a remote clinical robot for ophthalmology, in M.J. Smith, G. Salvendy (Eds.): Human Interface, Part I, HCI 2007, LNCS 4557, pp. 840-849, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [3] J. R. Olson, G. M. Olson, The Growth of Cognitive Modeling in Human-Computer Interaction Since GOMS, Human-Computer Interaction 5, pp. 221-266, 1990.
- [4] 岡田健一, 西田正吾, 葛岡英明, 仲谷美江, 塩沢秀和, ヒューマンコンピュータインタラクション, オーム社, 2002.