

テクニカルノート

生物学実験支援のための視線インタフェース

門 田 暁 人[†] 松 矢 明 宏[†],
大 和 正 武^{††} 松 本 健 一[†]

本稿では、初心者の生物学実験の支援を目的として、手順書およびその理解補助のための動画を計算機上に蓄積し、視線とフットペダルによりそれらを閲覧可能とするインタフェースを提案する。「鱈（アジ）の解剖実験」を題材とした評価実験の結果、提案インタフェースを使用しない実験者の平均誤り回数が8.4回であったのに対し、使用した実験者は一度も誤りをおかさなかった。また、被験者へのアンケート結果から、提案インタフェースの各機能は全般的に高評価であり、実験者のストレスも大きくないことが分かった。

An Eye-gaze Interface Supporting Biological Experiments

AKITO MONDEN,[†] AKIHIRO MATSUYA,[†] MASATAKE YAMATO^{††}
and KEN-ICHI MATSUMOTO[†]

This paper proposes an interface for supporting biological experiments of novices. The interface provides a digitally equipped protocol and movies, which helps experimenters to understand the protocol, and enables us to access them by using an eye and a foot. The result of an experimental evaluation with “an experiment to dissect a horse mackerel” showed that while subjects without the interface made 8.4 misses on average, subjects with the interface did not make any mistake. Moreover, the result of an evaluation by questionnaires to subjects showed that the interface was very useful and it did not annoy the subjects.

1. はじめに

大学における生物学の演習実験は、実験手順書（プロトコルと呼ばれる）に基づいて行われる。しかし、経験の浅い実験者（初心者）は、手順書があるにもかかわらず実験の途中でしばしば誤りをおかし、繰り返し実験をやり直すことが多い。初心者にとっては失敗を経験することも時には必要であるが、過度の実験のやり直しは時間の無駄であるだけでなく、実験材料のための多額の費用が浪費されることとなり問題である。

初心者が繰り返し誤りをおかす理由の1つは、実験上の制約により実験中に手順書を読む（ページをめくることが困難なことである。多くの実験では、滅菌

された作業台（クリーンベンチ）に両腕が拘束されており、手順書のページをめくることが物理的に難しいだけでなく、手順書等クリーンベンチの外にある物に触れることがそもそも禁止されている。

もう1つの理由は、手順書に書かれた内容が必ずしも十分に詳しくないことである。たとえば、手順書の中で「マウスから脾臓を採取する」とだけ書かれていた場合でも、実際には、上皮の切除、腹壁の切除、欠陥の切除等のより詳細な作業を順に実施する必要がある。

本稿では、実験支援を目的として、実験手順書、および、その理解支援のための動画を計算機上に蓄積し、それらを実験中に閲覧可能とするインタフェースを提案する。計算機への入力手段としては、実験者の視線（視線追跡装置）と足（フットペダル）を用いる。

2. 提案するインタフェース

2.1 画面構成

提案インタフェースの画面は、実験者に実験手順を示す「手順領域」（左側、および、下側）と、手順の

[†] 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

^{††} レッドハット株式会社
Red Hat Japan, Inc.
現在、日立公共システムエンジニアリング株式会社
Presently with Hitachi Government & Public Corporation
System Engineering, Ltd.

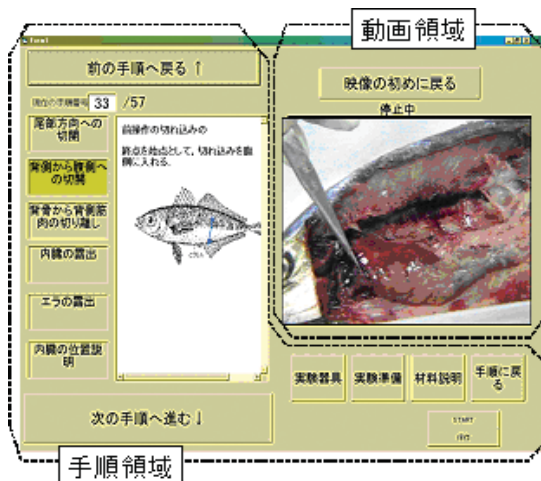


図1 提案インタフェースの画面
Fig. 1 Layout of proposed interface.

理解を補助するための情報を示す「動画領域」(右側)から構成される(図1)。

手順領域では、電子化された次の(1)~(4)の資料を提供する。動画領域では、各手順の理解のためのビデオ(動画)を提供する。

- (1) 実験器具や試薬の説明(ピンセット, ピペット, 滅菌シャーレ等)
- (2) 実験準備(クリーンベンチやトレイの消毒等)
- (3) 実験材料の説明(実験材料の配置, 消毒に関する説明)
- (4) 実験内容(実験のメインとなる手順)

手順領域は、各手順の作業の概略を表示する概要表示領域、各手順の詳細な作業内容を表示する詳細表示領域、ページ移動ボタン、および、手順ジャンプボタンから構成される(図2)。概要表示領域では、現在の手順の概要、その1つ前の手順の概要、および、4つ後ろまでの手順の概要が表示される(合計6手順)。現在の手順の詳細は、詳細表示領域に示される。この領域では、文章のほかに必要なに応じて図も示される。

実験者は、実験の進行に合わせてページ移動ボタンを選択することで、次の手順に進んだり前の手順に戻ったりすることができる。実験手順は大きく4つの部分(実験器具と試薬の説明, 実験準備, 実験材料の説明, 実験内容)に分かれており、手順ジャンプボタン(「実験器具ボタン」「実験準備ボタン」「実験材料ボタン」)を選択することで、一時的に各部分の手順の先頭にジャンプできる!「手順に戻るボタン」を選択した場合には、ジャンプ前の手順に戻ることができる。

動画領域では、実験の各手順の理解を促進するための動画が表示される。この動画は各手順とリンクして

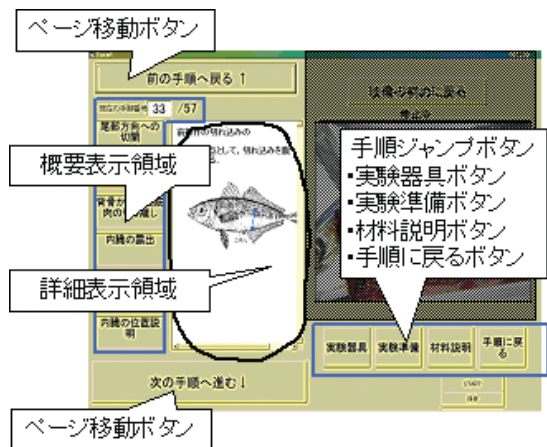


図2 手順領域
Fig. 2 Protocol description area.

おり、手順の切替りに合わせて再生される動画も自動的に切り替わる。

2.2 視線とフットペダルによる操作方式

提案方式では、ボタンの選択操作を、(a)カーソルを選択したいボタンの領域内へ移動する操作(移動操作)と、(b)ボタンを押して選択を確定する操作(確定操作)に分ける。そして、(a)の移動操作用デバイスには視線追跡装置を用い、(b)の確定操作用デバイスにはフットペダルを用いる。実験者は、選択したいボタンを目で見てフットペダルを踏むことで、そのボタンを選択できる。視線だけを用いて移動操作と確定操作の両方を行う方式も提案されているが、ボタンに視線を向けた際に、ユーザの意図に反してボタンが選択されてしまう問題(Midas Touch Problem¹⁾)がある。本稿では、手を使えないが足は使えるという事情を考慮して、視線と足を併用することで、この問題を解決している。また、計測誤差の問題を緩和するために、注視点が計算機画面上にあり、かつ、どのボタンの選択領域にも入っていない場合は、フットペダル押下時に最寄りのボタンが選択される方式(Auto方式²⁾)を採用した。

動画領域では、実験者が動画表示領域を見た場合に、動画の再生を自動的にを行い、動画表示領域から視線を外すと、自動的に再生を一時停止する。再び実験者が動画表示領域を見た時点で、動画の再生を再開する。また、動画表示領域の閲覧時にフットペダルを1回踏むと、再生中の動画が3秒前に巻き戻され、再生が再開する。動画の先頭から再生したい場合には、動画頭出しボタン(図1の「動画の初めに戻る」ボタン)を選択する。

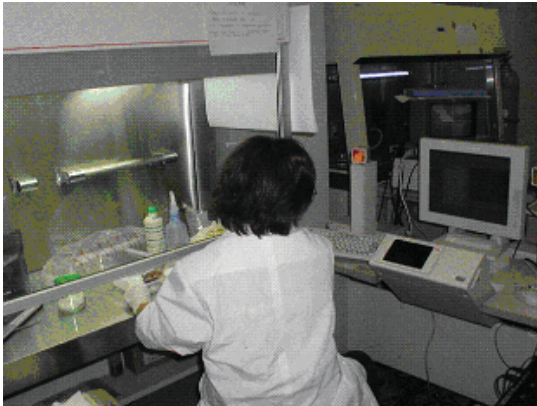


図3 提案インタフェースを用いた実験
Fig. 3 Experiment using proposed interface.

3. 評価実験

3.1 画面構成

本実験の主目的は、提案インタフェースにより実験ミス発生回数を軽減できることを確かめることである。実験動物として鰯(アジ)を用い、手順書中で示される5つの臓器(エラ、肝臓、胃、心臓、脳)を摘出する実験を行った。提案インタフェースを用いた実験の様子を図3に示す。

視線の計測には、NAC社製の視線追跡装置EMR-NCを用いた³⁾。この装置は非接触型であるため、視線計測による実験者の負荷は大きくない。

フットペダルは、MIDI(Musical Instrument Digital Interface)端子を備えたRoland社製FC-50を用い、ペダルのオン/オフの情報をMIDI信号として計測機で受信した。

3.2 被験者

被験者は9名で、いずれも奈良先端科学技術大学院大学の学生である。4名が提案インタフェースを使用し、残りの5名は使用せずに実験を行った。ここでは、インタフェースを使用した被験者をそれぞれU1, U2, U3, U4と記し、不利用の被験者をそれぞれN1, N2, N3, N4, N5と記す。いずれの被験者も、これまでに動物を用いた実験を行ったことがなかった。

3.3 手順書と動画

実験で用いる手順書の手順数は全部で58あり、手順番号1~10は実験器具と試薬に関する説明、11~31は実験準備、32は実験材料の説明、33~58はメインとなる実験の手順(後かたづけを含む)である。インタフェース使用グループは電子化された手順書を閲覧し、不利用グループは紙に書かれた手順書を閲覧する。手順書にはアジの模式図、および、アジに切れ込みを

入れる場所を示す図が含まれる。紙の手順書はA4サイズで6ページである。手順中で取り扱う器具は11種類、薬品は3種類である。

補足資料として、過去に実施された同じ課題の実験の映像を用意した。映像の長さは15分程度である。すべての被験者は、実験に先立ってこの映像を自由に閲覧できる。実験の各手順に対応するように映像を58個に分割し、提案インタフェースの動画領域で閲覧可能とした。

3.4 タスク

実験のタスクは次の3つの手順から構成される。

(1) 紙製の実験手順書および実験のビデオによる学習
このタスクはすべての被験者が行った。手順書と解剖映像を各被験者に30分間自由に閲覧してもらい、内容をできるかぎり記憶してもらった。

(2) 手順書に基づく解剖実験

各被験者は、手順書どおりにアジを解剖し、5つの臓器を摘出した。臓器の摘出ミス等により実験の続行が不可能となった場合には、新たなアジを用意し、成功するまで実験を繰り返してもらった。

(3) 評価用アンケートに対する回答

インタフェース使用グループは、インタフェースの使用感を評価するためのアンケートに回答する。被験者は、アンケートの各質問に対して5段階評価(有用でない-2~+2有用である)を行った。

4. 実験結果

4.1 誤りの回数

誤りの回数を表1に示す。表中の(*)印は臓器の摘出誤りが発生したために、実験続行が不可能となり、実験中にアジの交換を行ったことを示す。インタフェース使用グループでは全被験者が一度も誤りをおかさなかった。一方、不利用グループは全被験者が誤りをおかし、その平均回数は8.4回であった。提案インタフェースを用いることで実験誤りを大幅に減らすことができる(もしくは誤りをゼロにできる)ことが分かった。また、インタフェース使用により、致命的な誤りである臓器摘出誤りも低減できることがうかがえた。なお、2つのグループの間では、実験に要した時間に有意差は見られなかった。

4.2 アンケート結果

アンケートの回答結果を表2に示す。表中の数値はアンケートの各項目に対して回答された評価値の平均を表す。

すべての項目の評価値の平均は正の値であった。このことから、提案インタフェースは全体的に高い評価

表 1 誤りの回数

Table 1 The number of misses.

使用グループ		不使用グループ	
U1	0	N1	9
U2	0	N2	4
U3	0	N3	6
U4	0	N4	13(*)
-	-	N5	10(*)
平均	0	平均	8.4

表 2 アンケート結果

Table 2 Result of questionnaire.

質問内容	評価
システムは解剖実験に役立った.	1.75
システムを使用した方が実験を正確にできる.	2.0
手順および映像は見やすい.	1.0
自由に見たい箇所に行ける.	1.25
操作方法は分かりやすい.	1.5
システムに使われている用語は分かりやすい.	1.75
システムの操作方法に一貫性がある.	2.0
動作原理の理解に負担を感じない.	2.0
情報提示方法は思考に合っている.	1.75
使用時にストレスを感じない.	0.75
材料説明ボタンは押しやすい.	1.0
材料の説明は役立った.	0.5
実験準備ボタンは押しやすい.	0.75
実験準備の説明は役立った.	1.0

(有用が 2 点, 非有用が -2 点. 回答者の平均値)

を得たといえる. 特に「システムを使用した方が実験を正確にできる」という項目に対しては, 全員が最高の評価である 2 を回答し, 提案インタフェースが実験の正確さの確保に役立つことがうかがえた. また, 操

作方法の一貫性, 動作原理の理解のしやすさ, および, 情報提示方法についても全員が 2 を回答した。「使用時にストレスを感じない」という項目に対しては, 評価の平均値は 0.75 であり最高の評価ではなかったものの, 提案インタフェースが実験を進めるうえで大きなストレスとならないことが分かった.

5. む す び

本稿では, 初心者の生物学実験の支援を目的として, 手順書およびその理解補助のための動画を計算機上に蓄積し, 実験中に閲覧可能とするインタフェースを提案した. 評価実験の結果, 提案インタフェースは生物学実験における誤りを軽減でき, 実験者の評価も高いことが分かった. 今後は, 本インタフェースをより多様な実験者に使ってもらい, 改良を重ねていくことが重要となる.

参 考 文 献

- 1) Jacob, R.J.K.: What you look at is what you get: Eye movement-based interaction techniques, *Proc. Human Factors in Computing System Conference*, pp.11-18 (1990).
- 2) 大和正武, 門田暁人, 松本健一, 井上克郎, 鳥居宏次: 一般的な GUI に適した視線・マウス併用型ターゲット選択方式, *情報処理学会論文誌*, Vol.42, No.6, pp.1320-1329 (2001).
- 3) 吉川 厚, 大野健彦: 視線を読む—ユーザにやさしい視線測定環境, *NTT R&D*, Vol.48, No.4, pp.399-408 (1999).

(平成 15 年 4 月 17 日受付)

(平成 15 年 6 月 3 日採録)