



低侵襲手術における文字または音声呈示を用いた 視覚的注意の誘導

Guiding Visual Attention with Text or Speech Presentation in Minimally Invasive Surgery VR simulators

久山愛翔¹⁾, 田川和義¹⁾, 山本雅也¹⁾, 田中弘美²⁾

- 1) 愛知工科大学 (〒443-0007 愛知県蒲郡市西迫町馬乗 50-2, {kuyama, tagawa}@tagawalab.org, masaya.yamamoto@g.aut.ac.jp)
2) 立命館大学 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1, hiromi@is.ritsumeai.ac.jp)

概要: 近年注目されている低侵襲手術は、その特性上高度な技術と熟練が求められる。熟練者は非熟練者に比べ周辺視を多用していることが判明している。筆者らの研究室では、文字または音声呈示を用い、非熟練者の視線傾向を熟練者の視線傾向に近づけるように視覚的注意を誘導する手法を提案している。本稿では、文字による教示と音声の呈示のどちらが優位かを明らかにする。

キーワード: 医療, 教育, 手術訓練, 視線情報

1. はじめに

近年、患者への負担が少ない低侵襲手術が注目されている。しかし、低侵襲手術はモニタに映し出された平面的な術野から空間を把握する必要や、限られた空間で手術を行うなどの特性があるため高度な技術と熟練が求められる。

このような問題に加え、患者への安全性と倫理面への配慮、研修医の労働時間削減、コスト意識の高まり[1]から VR 手術シミュレータによる訓練が有効であるといわれている。

既存の VR 手術シミュレータは、手術後に採点結果が表示されるものが多く、さらなる学習速度の向上のためには、手術中に熟練医のコツを指導してくれるような VR 手術シミュレータが必要である。福本ら[2]は、熟練医と修練医には手術中の視線や注視位置の動きに異なる傾向がみられると報告し、文字による教示を提案している。また、大野ら[3]は音声を用いることで、修練医の眼球運動を熟練医の眼球運動に近づけることに成功した。

そこで本稿では、注視距離の深度の割合と出血量という指標をもとに上達度合いを評価し、文字による教示と音声の呈示のどちらが優位かを明らかにすることを目的とする。

2. 腹腔鏡下胆嚢摘出術とは

腹腔内に炭酸ガスを注入または、皮下鋼線で物理的に拘引することで腹腔内に視野や作業スペースを確保したう

えで、直径 10mm ほどの穴を 4~5 個開け、腹腔鏡や手術鉗子、電気メスなどを挿入して行う手術である (図 1)。この術式による傷は小さく、痛みも少ない。また、傷が小さいため術後回復も早く、合併症のリスクも低いといったメリットがある。その反面、空間・視野が限られ、手術器具の自由度も低いと高度な技術と熟練が求められる。

この手術では、特に Calot 三角と呼ばれる (図 2)、胆嚢管を底辺とし、総肝管および肝下縁で囲まれた三角形内を処置する。しかし、視野の確保、解剖構造の確認、胆嚢を肝臓から剥がして摘出するために、胆嚢を挙上かつ動かしながら手術を進めていくことから、周辺の臓器にも注意を払う必要がある。

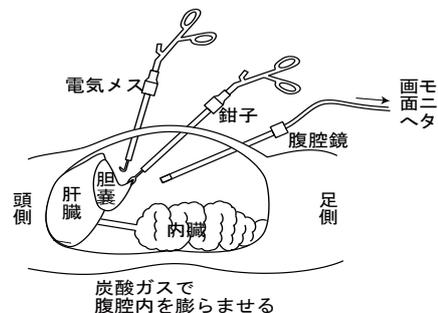


図 1: 腹腔鏡下胆嚢摘出術

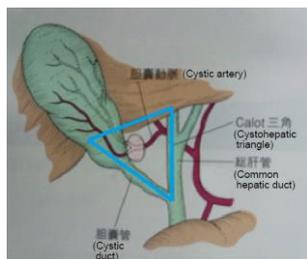


図 2: Calot 三角[4]

3. 文字または音声呈示を用いた視覚的注意の誘導

熟練医は手術中に周辺視を利用していることが先行研究[2]により判明している。そこで、福本ら[2]、大野ら[3]は文字または、音声を用いて被験者の視線傾向を熟練医の視線傾向に近づける手法を提案している。具体的には、視線計測装置から得られる被験者の注視点の深度が α 以下の状態が β 秒間以上継続した場合に被験者へ教示を行う。文字を利用した教示では、周囲への注意を促すメッセージを画面右下に表示する(図3)。音声を利用した教示では、PCに接続したスピーカーから周囲への注意を促すメッセージを再生する(図4)。なお、メッセージの内容は文字・音声で変化しない。



図 3: 文字呈示

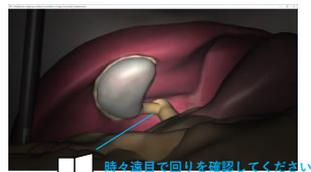


図 4: 音声呈示

4. 評価実験

4.1 実験内容

注視距離の深度の割合と出血量、出血に気づくまでの時間を指標とし、その上達度合いから、文字または音声呈示を用いた教示のどちらが優位かを明らかにする。20代前半の男性7名を対象とした評価実験を行った。うち4名は半年ほど前に一度実験を行った人とし、残りの3名は今回初めてシミュレータに触れる人とした。しかし、残念ながら1名は視線計測装置から得られたデータにエラー値が多く、評価に用いることができなかった。初めに文字呈示による教示(文字教示)を行い、次に音声呈示による教示(音声教示)を行うグループと、初めに音声呈示による教示(音声教示)を行い、次に文字呈示による教示(文字教示)を行うグループに分け、評価実験を行った。

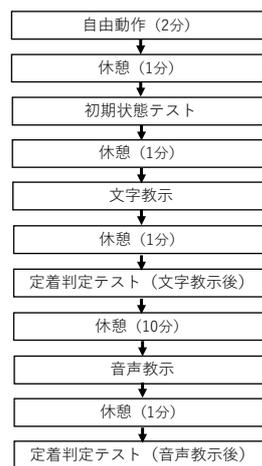
4.2 実験環境

実験装置として、視線計測装置とVR手術シミュレータを用いる。視線計測装置としては(株)ナックイメージテクノロジー製のEMR-9を用いる。VR手術シミュレータとしては、筆者らが開発中の腹腔鏡下胆嚢摘出術のシミュレ

ータを用いる。福本ら[2]、大野ら[3]の評価実験では周辺視を利用するように促すものの、実際には周辺臓器に出血などの異常はなく、周囲を確認する必要はないという問題があった。これを解決するために臓器周辺に疑似的な出血表現を実装した。出血は手術の進行度合いにより2度発生する。1度目は胆嚢の剥離が10~19%進行した時点で発生する。2度目は胆嚢の剥離度合いが30~39%進行した時点で発生する。ここで出血が発生するタイミングに幅が存在する理由は、被験者に出血のタイミングをつかませないようにするためである。上記タイミングの1の位は、毎回プログラムの起動時にランダムで決定される。

4.3 実験手順

被験者には、視線計測装置を装着してもらい、出血表現を実装したVR手術シミュレータを用いて、腹腔鏡下胆嚢摘出術の視線に関する教示を行った。図5に、初めに文字教示を行い、次に音声教示を行うグループのフローを、図6に、初めに音声教示を行い、次に文字教示を行うグループのフローを示す。ここで、「自由動作」とはVR手術シミュレータの操作に慣れてもらうための過程である。

図 5: 文字→音声教示
フロー図 6: 音声→文字教示
フロー

4.4 実験結果

図7は初めに行う教示が文字のグループの注視点の深度の割合をグラフにしたものである。被験者Aは、教示後の注視点の深度が深くなっているため教示による効果が見られた。また、表1より出血に気づくまでの時間については同一テスト内では1度目よりも2度目のほうが早い。他テストと比較した場合の変化を見ることはできなかった。総出血時間についても同様であり、これらのことより手術を始める際は出血について失念しているが、実際に出血することで思い出し、次の出血に備えている可能性が考えられる。被験者Bでは、初期状態テストよりも定着判定テスト(文字教示後)が注視点の深度が深くなっている。さらに定着判定テスト(音声教示後)のほうが定着判定テスト(文字)よりも注視点の深度が深くなっており、教示の効果がみられている。表1より出血に気づくまでの

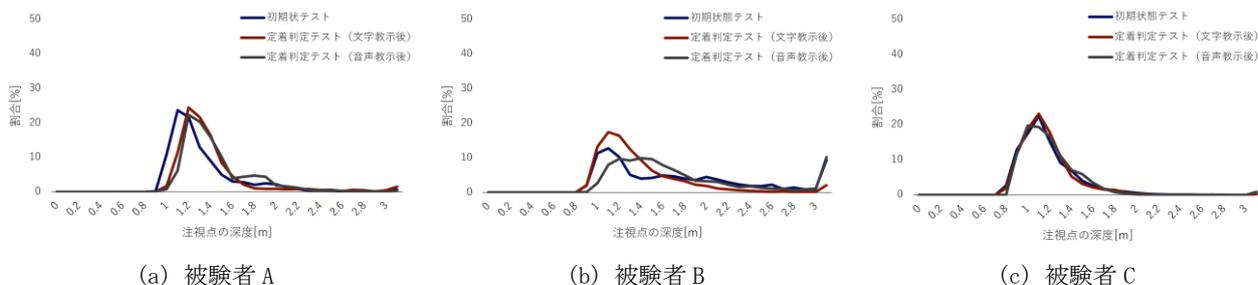


図7：文字→音声教示

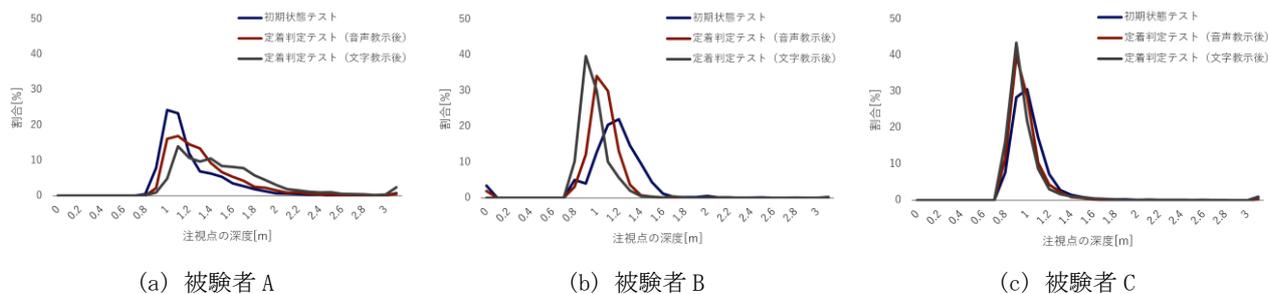


図8：音声→文字教示

表1：文字→音声教示の出血時間と出血量

	文字→音声教示								
	出血に気づくまでの総時間[s]			総出血時間[s]			総出血量		
	初期状態テスト	定着判定テスト (文字教示後)	定着判定テスト (音声教示後)	初期状態テスト	定着判定テスト (文字教示後)	定着判定テスト (音声教示後)	初期状態テスト	定着判定テスト (文字教示後)	定着判定テスト (音声教示後)
被験者A	3.5	9.1	13.2	20.9	30.0	62.0	1253	1804	3721
被験者B	5.9	10	2.1	65.6	62.5	23.9	3940	3751	1433
被験者C	32.3	1.5	1.9	166.6	18.5	46.7	10010	1111	2805

表2：音声→文字教示の出血時間と出血量

	音声→文字教示								
	出血に気づくまでの総時間[s]			総出血時間[s]			総出血量		
	初期状態テスト	定着判定テスト (文字教示後)	定着判定テスト (音声教示後)	初期状態テスト	定着判定テスト (文字教示後)	定着判定テスト (音声教示後)	初期状態テスト	定着判定テスト (文字教示後)	定着判定テスト (音声教示後)
被験者A	3.0	3.1	2.0	14.1	24.6	25.9	847	1476	1557
被験者B	9.3	7.3	1.9	29.6	20.2	24.4	1778	1213	1466
被験者C	4.0	2.0	1.0	51.5	24.8	29.0	3093	1492	1740

時間は、定着判定テスト（文字教示後）際の、1度目の出血に気づくまでの時間は9秒であるが、これは鉗子の先と出血点がかぶってしまったためである。その他の出血に気づくまでの時間は、回を重ねるごとに短くなっており、周辺視を活用するように変化しているものと思われる。被験者Cは、今回初めてシミュレータに触れる。初期状態テストと定着判定テスト（文字教示後）では違いを見ることができなかったが、定着判定テスト（音声教示後）では注視点の深度が深くなっているため音声による効果は見られた。また、出血に気づくまでの時間は初期状態テストと定着判定テストで比較した場合、短くなっている。

図8は初めに行う教示が音声のグループの注視点の深度の割合をグラフにしたものである。被験者Aは、初期状態テスト、定着判定テスト（音声教示後）、定着判定テスト（文字教示後）と回を重ねるごとに注視点の深度が深くなっている。また表2より、出血に気づくまでの時間に関しても回を重ねるごとに短くなっており、これらのことより周辺視を活用するように変化しているものと思われる。被験者Bは、一番注視点の深いものが初期状態テストとなった。問題が起きた時のために撮影していた動画を確認したところ、初期状態テストでは出血の最中も他から出血したりしないか周囲を確認していたが、定着判定テストでは出血の際は周囲を見ることなく、出血点のみを注視していた。この被験者が出血に対処していた時間は、定着判定テスト（音声教示後）、定着判定テスト（文字教示後）でそれぞれ全体の22%、36%にも当たるため、出血中に周囲を見てい

ないため全体的な注視点の深度が浅くなったと言える。出血に気づくまでの時間は、回を重ねるごとに短くなっている。総出血量はこの被験者が止血よりも手術を優先する傾向が見られたため、必ずしも少なかったとはいえない。しかし、EMR-9より得られる注視点のデータより出血点を注視していないが、止血に向かっていたこともあり、周辺視を利用して可能性が存在する。被験者Cは今回初めてシミュレータに触れる。注視点の深度は被験者Bと同じく、初期状態テストが一番深い。しかし、動画を確認したところこの被験者にも被験者Bと同様の傾向が見られた。また表2より、定着判定テスト（文字教示後）の1回目の出血の際は注視点から離れた位置の出血に注視点を向けることなく素早く対処しているため周辺視を利用していたと思われる。総出血量、出血に気づくまでの時間も回を重ねるごとに短くなっており、教示の効果を見ることができた。

5. まとめ

本稿では被験者の眼球運動を熟練医の眼球運動に近づけることで学習速度を向上させることを目的としたVR手術シミュレータの開発を行い、提案手法に基づき評価実験を行った結果、被験者の学習速度の向上が見られた。どちらの教示でも被験者の学習速度の向上が見られたため優位性を明らかにすることができなかったが、実験終了後に行ったアンケートでは、7人中6人が「音声教示のほうが良かった」と答えており、その主な理由として、「文字を見ることなく集中して手術ができる」や「手術に集中してい

るため文字を見る余裕がない」といったものが挙げられた。しかし、7人中1人は「文字教示のほうが良かった」と答えており、その理由として「音声だと気が散る」と答えていた。また、文字教示の場合、文字を注視してしまい、文字教示後の教示なし実験では出血が出た際に文字教示中に教示内容が出現していた場所を見てしまうために注視点が移動している被験者も存在した。手術中に臓器から目を離してしまうといった問題やアンケートより、主観的なものとなってしまうが「音声教示のほうが良い」といえるのではないかと考える。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科学研究費補助金（科研費）17H00754 の助成を受けたものです。コメントを頂いたJCHO 滋賀病院の来見院長と小森先生に感謝します。

参考文献

- [1] 志賀隆, 武田聡, 万代康弘, 池山貴也: 実践シミュレーション教育, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2014
- [2] 福元勇汰, 田川和義, 山本雅也, 小森優, 来見良誠, 田中弘美: 低侵襲手術のための視覚・力覚的に能動的な教示法の提案, 電気学会研究会資料, pp.57-60, 2020.
- [3] 田川和義, 大野高椰, 山本雅也, 小森優, 来見良誠, 田中弘美: 腹腔鏡下胆嚢摘出術におけるコツの解析とそれに基づく教示, 日本コンピュータ外科学会, 2020
- [4] 松本純夫: 動画でわかる腹腔鏡下胆嚢摘出術 基本から技術認定まで, 中山書店, 2008