

視線情報を活用した大規模システムの運転技能抽出と その伝承に関する研究

Experimental study on the extraction of operational skill using eye tracker

○知久 将之, 高橋 信, 松山成男

○Masayuki Chiku, Makoto Takahashi, Shigeo Matsuyama

東北大学大学院 工学研究科

School of Engineering Tohoku University

キーワード: アイトラッカー(Eye tracker), 技能継承(Skill-inheritance),

大規模システム(Large scale system), 運転操作技能(Operation skill)

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11-904 東北大学大学院 工学研究科

技術社会システム専攻 高橋(信)研究室 知久将之,

Tel./Fax. : (022)-795-7921, E-mail: masayuki.chiku@most.tohoku.ac.jp

1. 序論

我が国の技能継承をめぐる状況に関しては、2007年問題に代表されるような団塊の世代の退職に伴った熟練技能の喪失が危惧された結果、技能継承の方策について様々な手法が試みられている^[1]。具体的な既存の手法としてデータベースやOn the Job Training(OJT)による技能継承が挙げられる。

大規模システムでは一般的に、安全性向上と効率化を目的としてシステムのコンピュータ化、自動化が進んでおり、運転員の業務が手動制御から監視制御へと移行してきた。しかし、自動化と監視制御の普及は運転員の日常業務を単純化し、システムのブラックボックス化を促進する結果となった。このような状況から、大規模システムにおいても若年の運転員

の技能低下が懸念されており、熟練運転員の持つ熟練技能を若年の運転員に着実に継承することが強く求められている。

熟練技能にはマニュアル化して明示できる形式知と明示化できない暗黙知が存在し、先端的な大規模システムにおいても暗黙知は重要な役割を果たしている。しかしながら、明示化できない暗黙知の継承方法は限られる。例えばOJTは暗黙知の継承に有効ではあるが、大多数への継承は困難であり、継承に要する時間が極めて長いという欠点が存在する。データベース等による技能継承は効率は良いが、暗黙知の継承は現状では困難である。このような現状から、暗黙知の一部を抽出し形式知化することが強く求められている。本研究では、大規模システムの運転員の業務における暗黙知の形式知化を行うための熟練技能の抽出に着目した。

2. 先行研究

本研究グループでは、大規模システムの運転操作における熟練者の技能の抽出に関する研究を継続的に行っている。先行研究では、熟練者の技能を思考発話法、操作ログデータ、アンケート、インタビューを複合的に用いて抽出する可能性の検証を行った^[2]。検証にあたり、熟練技能を戦略的技能と操作技能に分け、抽出を試みた。戦略的技能とは、運転状況より操作方針を立てるための知識であり、抽出には思考発話法を用いた。操作技能はパラメータの操作に必要な技能であり、抽出には操作ログ解析^[3]を用いた。更に、アンケート・インタビューの主観的なデータを組み合わせ技能抽出の質をより高めることで、複数のユーザ観察手法を組み合わせた技能抽出法の有効性を検証した。

この手法を用いて戦略的技能を抽出した場合、熟練者が操作・認知・判断をする際に実際に参照していた情報は、思考発話によって抽出したものでは不十分であり、またログデータからの判断も困難であるという問題点が指摘されていた。本研究では、運転者の視線情報を活用することを検討した。熟練者の視線を計測することによって、運転時に参考にしていないパラメータをより正確に同定することが可能になり、熟練者の持つ暗黙知をより明確にすることが期待できる。視線は意識的に制御される場合がほとんどであるが、無意識的に（無自覚的に）特定の情報を獲得している可能性も存在する^[4]。そこで視線計測により、思考発話に現れない無意識の情報獲得に関する情報が得られ、熟練者の判断過程をより明確に推定できる可能性が期待される。

3. 目的

本研究では熟練運転者の操作・異常認識の技能について、視線情報による技能抽出の有効性を検証する。視線情報に基

づき技能を抽出して熟練技能をマニュアル化し、視線情報が与えられなかった場合のマニュアルと比較して、その有効性を検証する。本研究では以下の3種類の実験を行った。

- ① 予備実験：
加速器運転時の視線計測の基本的な有効性の検証。
- ② 技能抽出実験：
熟練運転者からの視線情報も加えた熟練技能の抽出。
- ③ 比較実験：
視線情報がある場合とない場合のマニュアルの有効性の比較。

4. 研究対象

本研究は、東北大学高速中性子実験室（Fast Neutron Laboratory：以下 FNL）におけるイオンビーム輸送タスクを研究対象として行った。FNLはPIXEによる元素分析やセラミック材料の表面微細加工技術など様々な実験で使用されている。加速器の運転では、数多くのパラメータを動的に繰り返し操作する必要があり、一連の操作を習得するには長期間の訓練を必要とする。

本研究グループでは、研究の一環としてFNLのインタフェースの改善を行っており、ビーム生成から輸送までの過程における全ての操作をPC上で実行可能なシステムとなっている。

FNL主構成要素であり制御対象となるダイナミトロン加速器をFig.1に示す。この様な大規模システムの場合、通常は専属のオペレータが運転し実験者は実験装置の操作のみを行うのが普通であるが、FNLには専属のオペレータが配備されていないため、実験者自らが加速器の運転も含め、全体の操作を行う必要がある。しかし、実験者の大部分は学生で構成されるため、長期的な運転経験は望めない。そのため、熟練者の技能を、運転経験の少ないオペレータに効率的に伝承し運転を支援することが望まれている。

5. 予備実験

視線情報の取得手法の検討, 更には技能抽出において, 視線情報の必要性の基本的な検証を目的として予備実験を行った.

視線抽出にはTobii社製ガラス型アイトラッカーを使用し, 視認したパラメータの抽出を試みた. アイトラッカーには用途に対応した様々なタイプが存在するが, FNLでは複数のモニターや, アナログ機器も視認するため, 今回は特定のモニター外の測定も可能なガラス型アイトラッカーを使用した. 0.15秒間以上の間視線が固定されていた場合に注視と定義出来るので^[5], この場合を注視とした. 被験者に課題タスクの運転を行ってもらい, 以下のユーザ観察手法により情報の抽出を試みた.

- ・アイトラッカーによる視線の測定→視認パラメータ
- ・思考発話法→参照情報と操作時の意図
- ・アンケートとインタビュー→主観的状況認識
- ・ログデータ→操作状況

これらの計測データを基に, 熟練技能の抽出において, 視線情報の必要性を検討した.

加速器運転におけるマイクロビームラインへのビーム輸送を, アイトラッカーを装着し, 思考を発話してもらいながら被験者に運転させた. 被験者は約30年の運転経験を持つ熟練者1名と, 約2年の運転経験を持つ非熟練者2名を選定した. 目標はビームの照準設定・最大化(150pA)とし, 制限時間は60分と定めた.

発話データ(黒), 主観状況認識(青), 視線データ(緑)により抽出した結果をFig.2に示す. 今回は視線の必要性を検討することが目的であるため, ログデータの参照は発話データの確認に留めた.

Fig.3に視線データの獲得状況の一例を示す. 赤の点が視線の停留位置でありその位置から参照したパラメータを推定する

ことができる. この例では, 発話データにも主観的状況認識データにも現れないビーム状態を表している二つのパラメータ(ESS1, FC2)を参照していることが視線データから示された. これ以外でも視線情報が他の情報源から得られない参照情報を示している例が存在し, 技能抽出における視線情報の必要性が示された.

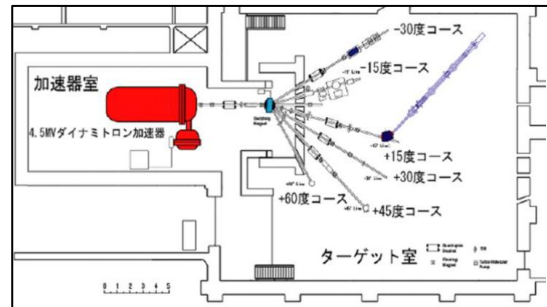


Fig.1 ダイナミトロン加速器

1607STR3 を調整 >ESS2 を見ている >ESS1, FC2 を見ている 1635ESS2 の左側にビームが来ているので, バランスを整えたいが, うまくいってない 1650 過去ログと比較 どこが違うのか確かめる >S-Mag, STR1~3, HV を比較, 見ている値は各スリット (SS, ESS1, ESS2 でのバランス) 2128 過去ログに値を合わせた (恐らく S-Mag, STR1~3 の UD,LR) FC1 でのカレントが増えたので, FC2 でも増えて, VW3 で中心に来ているが, VW4 にはまだ届いてない >VW3 を抜いて VW4 で確認	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	黒: 発話データ 青: 主観データ 緑: 視線データ
---	---------------------------------	----------------------------------

Fig.2 抽出データ



Fig.3 視線データ

6. 技能抽出実験

予備実験より視線情報の基本的有効性を確認したので、実際に視線情報を加えた技能抽出実験を行った。熟練者の運転技能を先行研究による手法(手法 A)と視線情報を含めた新たな手法(手法 B)の2通りで技能を抽出した。

予備実験と同様のタスクを、アイトラッカーを装着し、思考を発話してもらいながら被験者に運転させた。被験者は約30年の運転経験を持つ熟練者1名のデータを計測した。目標はビームの照準設定・最大化とし、制限時間は60分と定め、ビームの出力最大化に至るあらゆる操作を試みてもらった。

視線情報を加えた技能抽出実験により以下の技能及び知見を抽出することができた。

- ・ 対象パラメータの関連性
- ・ パラメータ制御時に基準となる視認パラメータ
- ・ 初期調整時とビーム調整時で優先すべき制御・計測パラメータ

対象パラメータの関連性の運転技能を抽出するために取得した思考発話データを Fig.4 に、操作ログデータを Fig.5 に、視線データを Fig.6 示す。Fig.4, Fig.5 から Mag, FOCUS, CFA のパラメータを制御していることが分かるが、思考発話データと操作ログデータのみではこれらのパラメータに相関があるのか判断出来ない。しかし Fig.6 の視線情報を参考にと、Mag, FOCUS, CFA は関連付けて調節されていることを確認できる。

・
・
08' 55 CFA 電流を調節します(FC1 を基準)
09' 13 FOCUS を調節します
→変化がありませんでした
09' 37 MAG を調節します
10' 01 CFA 電流を調節します
・
・

Fig.4 技能抽出実験思考発話データ

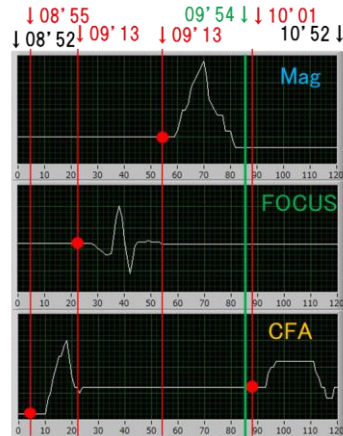


Fig.5 技能抽出実験操作データ

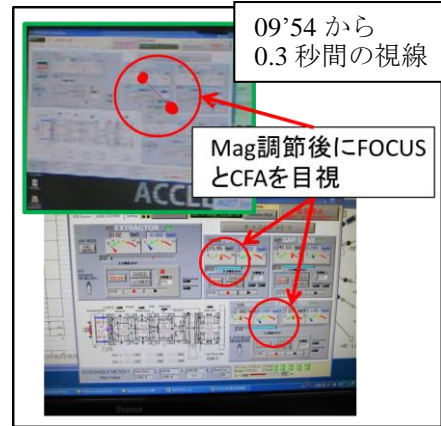


Fig.6 技能抽出実験視線データ

7. 比較実験

視線情報を加えた技能抽出の有効性を検証するために非熟練者を対象として運転実験を行った。

抽出した技能を比較するために1つは先行研究の手法から得られた技能を、もう1つは視線情報を加えた新たな手法から得られた技能を活用して2種類のマニュアルを作成した。その後、マニュアル無し(1回目)、先行研究の手法によるマニュアル(2回目)、視線情報を加えた手法によるマニュアル(3回目)を提示する3種類の運転実験を行った。

被験者は非熟練者3名を対象とし、1名毎に3種類の運転実験を行った。予備実験、技能抽出実験と同様のタスクを、原則マニュアルに従い運転させた。その

際に思考発話を用いて運転状況を、その後アンケート・インタビューにより主観的情報を取得した。目標はビームの照準設定・最大化とし、制限時間は50分と制限時間を定めた。

ビームが最終到達地点であるTGTに初めて到達するまでの所要時間をFig.7, TGTに到達したビームの最大値をFig.8に示す。Fig.7より1回目から2回目にかけてビーム到達に要する時間が短縮された。インタビューの結果より、制御すべきパラメータの組み合わせがマニュアルに明示されているので、運転の流れの把握が容易になったことが確認出来た。また、Fig.7で被験者がビーム到達までの所要時間が短い被験者ほどFig.8の2回目から3回目の運転におけるビームの増大量が大きかった。思考発話法の結果から、3回目の運転においてビームが増大した被験者B, Cが視線情報で得られた技能を活用していたことが確認出来た。この結果より技能継承における視線情報の有効性が示唆された。

8. 結論

大規模システムにおける熟練運転者の技能抽出に関して視線情報の有効性を検証した。熟練運転者の持つ熟練技能を、視線情報を含めた複数のユーザ観察手法を組み合わせ抽出した。更に、抽出した技能が非熟練者において運転技能を向上させる可能性を示した。

今回の比較実験において被験者の一部は視線情報で得られた技能の一部を活用しビームの増大に成功したが、利用出来る技能は習熟度に影響を受けるため、より情報選択性が高い表示方法を検討する必要がある。また、非熟練者が活用出来なかった技能や視線情報が存在した。アンケートにより、視線情報の意味する内容を理解出来ても適切な制御を行えない場合があることが確認出来たことから、状況別のパラメータ制御方法をより細分化して提示する必要がある。今後は電子マニュアル化等の情報提示手

法に関して更に検討を行う予定である。

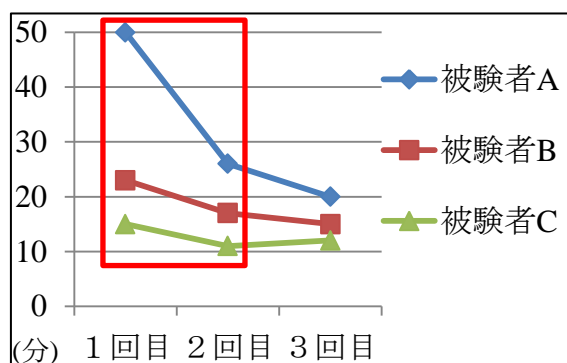


Fig.7 ビームがTGT到達するまでの所要時間

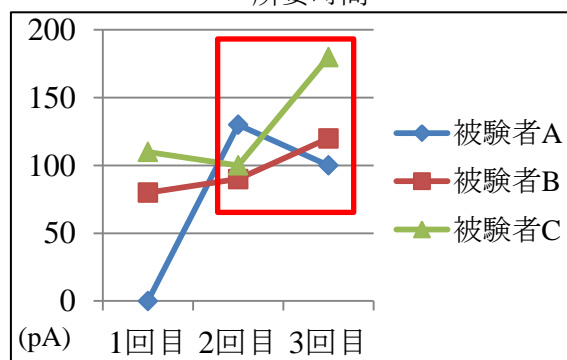


Fig.8 運転中にTGTに到達したビーム最大値

参考文献

- [1] 森和夫：技術・技能伝承ハンドブック, JIPM ソリューションズ (2006)
- [2] 玉木惟久：ユーザ観察に基づく大規模システム運転操作技能に関する研究, 東北大学大学院修士学位論文 (2012)
- [3] 宮田圭介：建設機械の操作技能伝承手法の検討, ヒューマンインターフェイスシンポジウム論文集, 401/404 (2007)
- [4] 木村貴彦, 三浦利章：注意と安全, 北大路書房, 85/109 (2011)
- [5] John P. Hansen, Gunnar Hauland, Henning B.Andersen : 人間工学ハンドブック, 335/349 (2003)