

生体情報解析に基づく電子機器組立て技能の 新たな習得法の開発

Development of a New Learning Method for Electronic Device Assembly Skills Based on Biological Information Analysis

小林 由征^{*1} 田中 翔大^{*1} 貴志 浩久^{*1} 田村 仁志^{*1} 不破 輝彦^{*1}
 Yoshiyuki KOBAYASHI^{*1} Shota TANAKA^{*1} Hirohisa KISHI^{*1} Hitoshi TAMURA^{*1} Teruhiko FUWA^{*1}
^{*1}職業能力開発総合大学校
^{*1}Polytechnic University
 Email: b19306@uitech.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、生体情報解析に基づく電子機器組立て技能の新たな習得法の開発である。従来、技能の習得では見て覚える、反復練習が主であり、多くの時間を要する。そこで生体情報を用いたフィードバック習得法の開発を目指して、技能検定3級基板の組立て作業における、脳血流量、心電図、手の表面筋電位を計測した。被験者が少なく明確な差を得られなかったが、今後は被験者を増やして解析を行い、新たな技能習得法の開発を目指す。

キーワード：生体情報、表面筋電位、心電図、技能習得、電子機器組立て

1. 序論

熟練者である指導者は技能そのものを客観的に説明することは困難である。その理由として暗黙知が挙げられる。暗黙知はラスムッセンの行為の3階層モデルのスキルベース行動によるものだと考えられる。スキルベース行動は「環境からの情報が感覚から入力されると、高度に統合された「滑らかな行動パターン」が自動的に生成される。そして、意識的な制御を伴わずに運動パターンが生成されて、身体が動作し、その動作が環境に作用する」⁽¹⁾とされている。このスキルベース行動が暗黙知の要因となり「熟練技能者に見られる暗黙知にもとづく反射的、半自動化されたスキルベース作業は、一般の作業にはムリ・ムラを強いるいわゆるカン・コツ作業になる」⁽²⁾と考えられている。そのため技能訓練時に「見て覚えよ」と指導するため、見て覚えた内容の反復練習を行うことが主となり、技能の習得には多くの時間を要する。これは技能検定や技能五輪における「電子機器組立て」の技能習得においても同様である。

そこで、生体情報を活用して、熟練者の動作、行動のタイミング、力の加え方等を可視化することで技能の効率的習得が可能になると考えた。生体情報を測定して解析し、結果を指導法に使用する事例⁽³⁾は散見されるが、生体情報の解析に基づき、生体にフィードバックさせる事例は見られない。そこで、本研究の目的は、電子機器組立て技能に対して、生体情報の解析結果をフィードバックさせる新たな習得法の開発である。

そこで、今回は電子機器組立ての作業工程ごとの生体情報を解析したので報告する。

2. 方法

2.1 実験方法

電子機器組立ての作業工程において、習得に時間を要するリード線(抵抗、コンデンサなど)の折り曲げ、切断、チップ部品の取り付け、はんだ付け作業について解析する。基板は同検定3級の基板を用いることとした。また電子機器組立て3級の部品の取り付け方法、はんだ付けの仕様に従って作業を行うよう被験者に指示をしている。

被験者は電子機器組立て2級の訓練を受けた8名の当校2年生(A~G)である。作業手順による個人間の差異をなくすため、表1の作業手順を指示した(以降、作業工程は作業番号で表す)。作業手順は、部品別(チップ部品、リード線部品)かつ工程別(基板への取り付け、はんだ付け)とした。被験者には作業を開始する前に、部品の取り付け位置、順番を記載した仕様書を確認させ、作業番号②~⑦では作業終了ごとに、行っていた工程が終了したことを申告させた。

表1 作業手順

作業番号	作業工程
①	安静(作業前)※5分間
②	チップ
③	抵抗、ダイオード挿入前折り曲げ
④	抵抗、ダイオード挿入~切断
⑤	IC挿入~仮はんだ
⑥	コンデンサ挿入~切断
⑦	はんだ付け
⑧	安静(作業後)※5分間

測定項目は、無線式計測システム(NeXus-10 MARK II, キッセイコムテック(株))を用いたCM5誘導による心電図、筋電アンプ(原田電子工業製)を用いた利き手の母指の屈曲動作を示す表面筋電位である。心電図から交感神経活動の指標 LF/HF を求め、表面筋電位から母指の屈曲動作として力を加えた時

間の推定を行う。また、近赤外分光法(NIRS)(WOT-100,(株)NeU)による脳血流量、上腕二頭筋の表面筋電位も測定したが、本研究では解析しない。被験者が組み立てた基板は技能五輪大会電子機器組立て職種の採点の経験者が採点(不良数を数える)を行う。また、作業番号②～⑦に要した時間を組立時間とする。

2.2 解析方法

測定中に作業の中断や電極はがれなどの不備があったデータは除外することとした。以下に心電図、表面筋電位の解析方法を示す。

心電図の解析は不破の解析方法⁽⁴⁾に基づき行う。

心電図から得られる心拍変動の時系列(0.5 s 間隔)を作業工程ごとに、周波数解析を行い、LF 成分(0.04~0.15 Hz)と HF 成分(0.15~0.4 Hz)のパワー比として LF/HF を求めた。求めた LF/HF を作業番号①の安静(作業前)を基準とし、正規化する。

取得した表面筋電位の生データを MATLAB にて全波整流を行い、安静時の筋電位を閾値とし、閾値を超えたデータから、大まかに力を加えた時間を筋収縮時間(s)と定義して算出する。

3. 結果および考察

被験者 8 名のうち A,F,G は不備があったため解析から除外した。図 1 に組立時間と不良数の分布を示す。図 1 中、中央の縦点線は組立時間の平均時間、横点線は不良数の平均数である。組立時間は長い者であっても不良数が少ない B や多い E がおり、組立時間と不良数に一定の関係はなかった。そこで組立時間が短かった C,D と長かった B,E,H でグループ分けを行い、LF/HF と筋収縮時間の解析を行った。図 2 に作業工程に対する正規化 LF/HF を示す。短いグループは、LF/HF の変動範囲が小さく、安静時より作業中の方が LF/HF が高い。一方、長いグループは、LF/HF の変動範囲が大きく、LF/HF はまばらであるという結果となったが、被験者数が少ないため、明確に差があるとは言えない。図 3 に作業工程に対する筋収縮時間を示す。短いグループは組立時間に対して筋収縮時間が長く、長いグループは組立時間に対して筋収縮時間が短い結果が得られた。この結果については、実験前には想定していなかった結果となった。なぜこの結果となったかは、現在分析中である。

4. まとめ

電子機器組立ての作業工程ごとの生体情報を解析した。被験者数が少ないため明確な差があるとは言えない結果となった。今後は被験者数を増やし統計的に解析を行うことで明確な傾向が見られると考える。また作業タイミングや緊張度などを生体にフィードバックすることで新たな技能習得法に繋げていきたい。

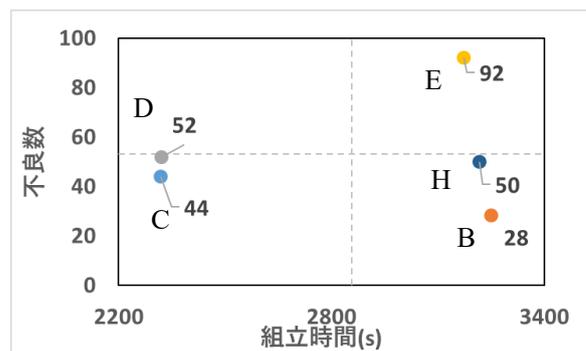


図 1 組立時間と不良数

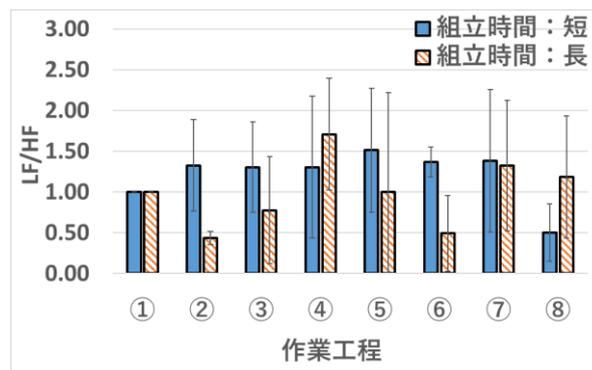


図 2 組立時間別 正規化 LF/HF

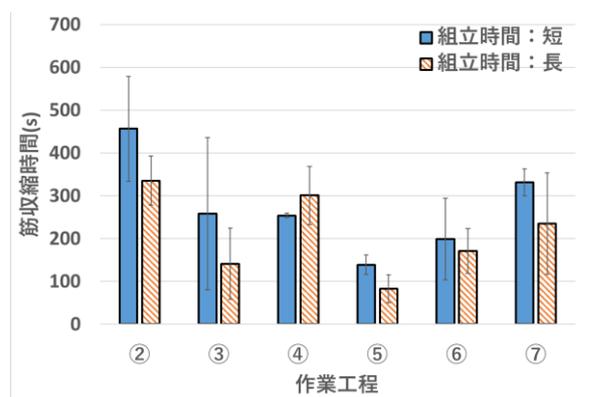


図 3 組立時間別 筋収縮時間

参考文献

- (1) 原圭吾, 新目真紀, 磯部真一郎, 市川博, 塚崎英世, 西澤秀喜, 平林裕治, 不破輝彦, 村上智広:「技能科学によるものづくり現場の技能・技術伝承」, PTU 技能科学研究会, 日科技連出版社, 2019, p.31
- (2) 和田雅宏, 圓川隆夫, 横山真弘, 平野健次, 池田知純, 飯田隆一, 中島均, 船木裕之, 菊池拓男, 塚崎英世, 高橋宏治:「インダストリアルエンジニアリングの最前線—最新テクノロジーを活用した生産効率の向上—」, PTU 技能科学研究会, 日科技連出版社, 2020, p.10
- (3) 芳田哲也:“日本の伝統技能を保存・継承するための「匠の技」の解析”, 繊維機械学会誌 60 巻 6 号, p.321-326 (2007)
- (4) 不破輝彦, 本田寛亨, 大友勇人, 二宮敬一, 池田知純, 貴志浩久:“神経系計測に基づくフライス加工技能レベルの新しい定量的評価法”, 技能科学研究, 38 巻 4 号, pp.11-15(2022)