

## 動作特徴に基づいた技能指導項目の検証

### Verification of skill coaching item based on motion characteristics

神里 志穂子† 比嘉 優† 野口 健太郎†  
Shihoko Kamisato Suguru Higa Kentaro Noguchi

#### 1. 概要

本研究における動作特徴とは、対象とする動作を要領よく行うためのポイントを指す。本研究は、半田付け作業を行う人の動きから動作特徴を抽出し、それを技能指導に用いることを目的としている。本稿では、抽出した動作特徴から半田ごての挿入角度とその角度の安定、半田ごてを抜くタイミングの把握という3つの指導項目を設定した。そして、初心者に指導を行って効果を検証した。その結果、指導前後で半田ごてと半田の挿入時間、半田ごての挿入角度に関して改善が見られた。また、指導前後の動作に対して F 検定を行った結果、有意差が認められ、指導項目の有効性を確認した。

#### 2. はじめに

近年、技能伝承のために様々な動作解析が行われ、それらの応用が検討されている[1]。我々は、学生実験を対象に、実験機器の取扱いにおける上肢動作を解析し、効果的な技能指導を検討してきた。これまでの研究で、半田付け作業を対象に熟練者と非熟練者の動作解析を行った結果、熟練者は半田ごての挿入角度と手首動作が安定しており、経験者は右手首の動作がばらついていた。一方、初心者は半田ごての挿入角度、両手首の動作ともばらついており、不安定である傾向が見られた。これらのことから、半田ごての挿入角度、手首動作の安定、半田ごてを抜くタイミングの把握の3つが動作特徴だと示唆された[2]。本稿では、それらの特徴を基に指導項目を作成し、その項目に対する有効性の検証を行う。さらに、電子工作による簡単なレトロゲームを作製するタスクを与え同様の検証を行う。

#### 3. 指導項目の設定

動作解析によって得られた特徴を基に設定した指導の流れを以下に示す。まず、半田ごての挿入角度は45度をイメージして半田付けさせる。次に、挿入角度を一定に保つことを意識させる。半田ごてを抜くタイミングに関しては、半田ごてを基板に当てて約3秒後に抜くよう指導する。それでも溶けない場合は、半田ごてを一度はなし、半田付けを繰り返してもらったこととした。これにより、半田ごてを基板に当てすぎないようにすることができ、半田不良を回避できると考える。これまでの指導では、半田ごてを当てる時間に関して意識させていたが、本研究では、それらを抜くタイミングに関して意識させた。

#### 4. 実験環境及び実験手順

実験の対象となる被験者は、熟練者と非熟練者とし、被験者が半田付けを行う上肢動作と半田ごての動きを計

測する。半田付けは抵抗素子(16個)を基板にあらかじめさしておき、被験者には半田付けのみを行ってもらう。ここで、半田ごてはHozan社製のH-110(15W)、半田はソルペット社製のSEK6012(スズ60%、ヤニ入り)を使用した。実験の条件として、半田付けする順番を固定し、図1に示すように1番目の段を左から右へ半田付けした。2段目も同様に行うよう指示する。次に、実験環境を図2(a)に示す。半田付けの動作計測には、磁気式モーションキャプチャを用い、上肢の各関節角度を解析するため、被験者の肩・肘・手首・手の甲の4カ所に磁気センサを取り付けて上肢動作を計測する。半田ごてには、被験者の手で遮蔽がなるべくおきない位置に図2(b)に示すように、2カ所に光反射マーカを取り付け、正面斜め右と左に設置したカメラから光学式モーションキャプチャによって半田ごての動きを計測する。また、半田付けされる基板の様子を別のビデオカメラで計測する。



図1:半田付けを行う順番

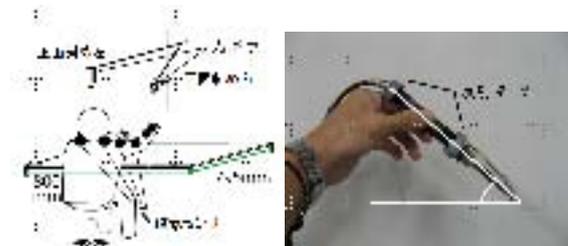


図2:実験環境と半田ごてに取り付けるマーカの位置  
(右:実験環境 左:反射マーカの位置)

#### 5. 指導項目の検証結果及び考察

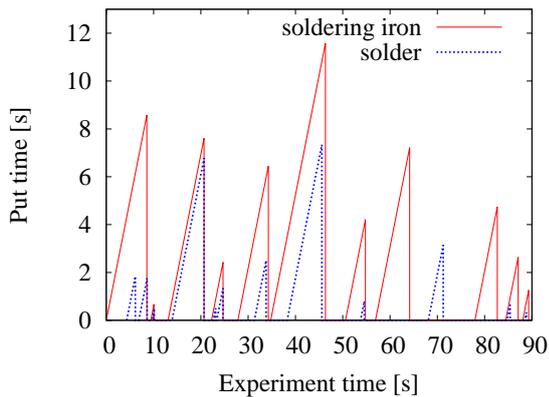
半田ごての挿入角度と上肢動作の特徴が顕著に表れた学生Aの結果を表1と図3に示す。表1より、半田ごての挿入角度の標準偏差が5.11減少しており、ばらつきが小さくなっている傾向が見られる。また、図3では、抵抗素子を5個半田付けするのにかかった時間が指導前は約90秒であったのに対し、指導後は約22秒と短くなっていることが確認できる。半田ごての挿入時間も、平均が約4秒から約2秒と短くなっている。基盤評価では、指導前はどちらの学生も半田や半田がランドに埋まっていない半田付けが多かったが、指導後はそれらの点が改善され、評価が向上していた。表2に基盤評価の結果を示す。基盤評価は、各項目を全て”5”で評価された半田付けの数を

† 沖縄工業高等専門学校 Okinawa college of technology

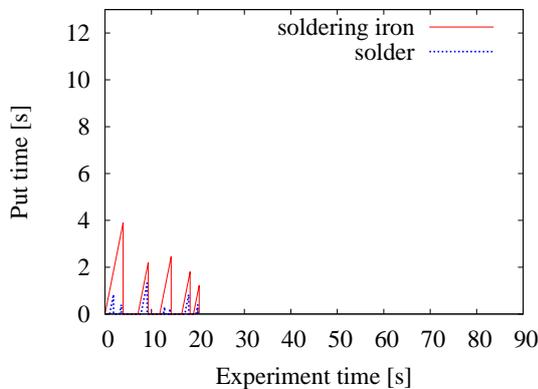
百分率で表したものを成功率と定義する。この結果は、指導項目によって、半田ごての挿入時間が短くなったこと、半田ごての挿入角度が40度付近で安定したことによるものだと示唆される。また、40度付近で安定したことに関して、表1において右手首のばらつきが大きくなっていくことから、右手首を調節することによって半田ごての挿入角度を一定に保つようになったと考えられる。しかし、半田ごての挿入角度を意識しすぎたために右手首の角度のばらつきが大きくなったことも考えられるため、指導内容の順番に関して検討しなければならない。

表1: 1回毎の半田ごての挿入角度及び右手首の角度

		学生 A	
		指導前	指導後
半田ごての挿入角度 [deg]	平均	39.16	39.35
	分散	48.85	3.53
右手首の角度 [deg]	平均	148.49	138.20
	分散	58.52	137.4



(a) 学生 A 指導前



(b) 学生 A 指導後

図1: 指導前後の半田ごての挿入時間の変化

表2: 基盤評価結果

基盤評価チェック項目	指導前	指導後
1. 導通チェック	5	5
2. 芋半田になっていないか	3	4
3. ランドは半田で埋まっているか	3	4
4. 素子は離れていないか	4	4
5. 半田付け後の素子の色	5	5

指導項目の有効性を確認するため、指導前と指導後における半田ごての挿入角度、右手首の関節角度に関して F 検定を行った。その結果、 $p < 0.05$  となり、有意差が認められた。また、半田ごての挿入時間についても  $p < 0.05$  で、有意差が認められ、指導項目の有効性が確認された。

さらに、学生 B に電子工作による簡単なレトロゲームを製作するタスクを与え半田ごての挿入角度及び右手首の角度の計測とゲームが動作するかの検証を行った。指導前の作製では、基盤がショートしてしまうなど回路が動作しなかったが、指導後の作製では、半田ごてや手首の角度も安定し、回路も動作する作品ができた。

表2: 検証実験時の挿入角度及び右手首の角度

		学生 B	
		指導前	指導後
半田ごての挿入角度 [deg]	平均	41.19	42.09
	分散	5.26	0.36
右手首の角度 [deg]	平均	133.15	140.92
	分散	37.36	5.61

#### 6. まとめ

本研究は、半田付け作業を行う人の動きから動作特徴を抽出し、それを技能指導に用いることを目的としている。本稿は、半田付けの動作特徴を基に指導項目を作成して初心者を対象に指導し、指導項目の検証を行った。その結果、半田ごての挿入時間が短くなったこと、半田ごての挿入角度を一定に保つようになったことが指導による改善として示唆された。今後は、初心者と経験者での指導内容のレベルなどに関して検討を行い、段階的に技能習得に繋げていくことを検討する。

#### 謝辞

本講演会の一部は、豊橋技術科学大学の高専連携教育研究プロジェクトの支援を受けたことを明記し、ここに謝意を表します。

#### 参考文献

- [1] 藤田光伸, 鎌田実, 宮田圭介, “機械操作における認知能力の熟練技能解明とその応用に関する研究,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.4, no.1, pp.67-77, 2002.
- [2] 比嘉優, 神里志穂子, 野口健太郎, “半田付けにおける上肢動作の角度解析,” 電気学会・電子情報通信学会合同講演会, OKI-2008-13, 2009.