

# Analysis of Expert Skills in Usual Lathe Chucking

SIRISUWAN PORAKOCH

生産設備の IT 化が進む一方、実際の生産現場において汎用普通旋盤に関する技能は依然として重要視されている。当然、大量生産の現場においては NC 工作機械などには及ばない。しかし、切削条件が定まっていない新素材の加工などにおいては、加工しながらそれら条件を見出す必要がある。従って、現在においても普通旋盤の技能伝承は重要であると言えるが、今なお生産現場における技能伝承は非常に困難である。ところで旋盤とは、主に円筒状の部材を加工する工作機械であり、チャック部に固定された被削材をチャックとともに回転させ、刃(バイト)を被削材にあてることにより切削する。最も一般的に使用されるチャックは三つ爪スクロールチャックである。このチャックはチャックレンチを回すことでチャック内部のスクロールが回転し、3 つのチャック爪が同時に工作物を締め付ける構造となっている。これまで、熟練技能伝承の本筋とも言える加工方法に関する先行研究成果が多くあるが、加工の準備段階であるチャックによる被削材の締め付け動作・チャッキングについての先行事例は殆ど無い。しかしながら、チャッキング動作は、その後の加工工程において製品に与える影響を左右する重要な要因の一つである。そこで、熟練者と非熟練者のチャッキング動作について動作解析を行い、両者の差異から非熟練者に対する技能習得の早熟化のための提案を行う。

本論文は全 6 章で構成され、第 1 章では本研究の背景と目的を述べる。

第 2 章では、旋盤工歴 70 年を超える熟練者と旋盤加工の習得を目指す旋盤工歴 1 年未満の非熟練者の旋盤加工中の身体的動作について三次元動作解析装置を用いて調査した結果を述べている。これまで旋盤加工の技術伝承に関する試みは存在するが、それらの多くはメインである刃物が被削材を切削加工する際の手順に関するものが多い。しかし、これらの試みは CNC 旋盤や マシニングセンターなど自動機械を使用する際にはあまり有用ではない。しかしながら、被削材を取り付けるチャッキングにおいては、マシニングセンターを用いる場合においても被削材の取り付け力を指定しなければならないため重要な工程である。そこで、高齢の熟練者が適切な力で締め付けを行う技術について、締め付け姿勢を解析することで次の 2 点を明らかにした。(1) 熟練者は無意識に荒加工から仕上げ加工において、大別して 3 パターンに姿勢を変化させている。一方、非熟練者は加工中のチャッキング姿勢がほぼ一定である。(2) 3 パターンの姿勢は、「旋盤に対する立ち位置」「チャックハンドルの持ち方」「チャックハンドルの回転に加える体の使い方」の 3 つのポイントで分類できることを述べる。

第 3 章では、2 章で明らかとなった 3 パターンにおける「チャックハンドルの回転に加える体の使い方」について身体部位をどのように使いながら締め付け力を加えているのかを明らかにした。パターン I では両肘を曲げ、身体を中心(背骨)を回転軸として腰・肩・肘を回転させて締め付けている。パターン II では右腰を中心に左腰を押し出すように回転させ、それに準じて左肩・左肘がチャックハンドルを押すように締め付け力を加えている。パターン III ではほぼ右手首によって締め付けていることを明らかにした。これらにより熟練者は腕力(筋力)で締め付けるのではなく、身体の回転軸の変化など身体の柔軟性を用いて締め付けていることが明らかとなったことを述べる。

第 4 章では、熟練者の締め付け姿勢の違いが締め付け力に及ぼす影響について検証した。すなわち、熟練者の 3 パターンの姿勢の違いは本人曰く、「無意識」であり、どのように使い分けているかわからない。そこで複数の学生に熟練者の 3 パターンの締め付け姿勢でチャック締め付けを行わせ、それぞれの締め付け力を測定した。その結果、それぞれのパターンでの締め付け力は割合が最大発揮力に対して一定であり、熟練者は経験的に姿勢を変えることで被削材に加わる締め付け力を制御していることを明らかとした。

第 5 章では、熟練者と非熟練者の上腕の筋肉の使い方について筋電計を用いて解析した。その結果、熟練者においては握力と上腕の強さに影響を及ぼさないことが判った。また、非熟練者に比べて瞬間的に右肘を動かして締め付けていることが明らかとなった。

第 6 章では、本研究で得られた知見をまとめ、今後の展望について述べた。

本研究は汎用普通旋盤加工技術を取り上げ、三次元動作解析を用いて熟練者と非熟練者のスキル分析を行うことで、非熟練者に対する技能習得早期化を目的としている。これまでに熟練技能伝承に向けた加工方法に関する先行研究・分析は多くある。しかし本研究では、加工の準備段階であり、被切削材をチャックで旋盤加工機に取り付けるチャッキング動作についての解析を行っている。チャッキング動作はその後の加工工程において製品の品質に与える影響を左右する重要な工程であることから、本研究は熟練技能継承の実現に向けて非常に有意義であると言える。

また、熟練者の動作解析によって得られた無意識下での姿勢の変化を旋盤加工技術を持たない複数の被験者で再現し、熟練者が持つ見えない技術、暗黙知の存在を確認し解き明かしていることは大きな成果である。さらに本研究で得られた知見をタイの生産現場において如何に活用してゆくかについても検討がなされており、実際の生産現場における熟練技能伝承法の確立、また旋盤加工産業の発展の一助となることに大きな期待が持てる。

本論文の内容は次の7報に報告されている。

- 1. DIFFERENCES AMONG AN EXPERT AND A NON EXPERT IN THE BEHAVIOR FOR CHUCKING IN THE LATHE**  
PorakochSirisuwan, TetsushiKoshino, Chieko Narita and Takashi Yoshikawa  
*Proceeding of the ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition , IMECE2013-63361 (2013)*
- 2. COMPARRISON OF BEHAVIOR BETWEEN AN EXPERT AND NON EXPERT FOR CHUCKING IN LATHE**  
PorakochSirisuwan, TetsushiKoshino, Chieko Narita, Takashi Yoshikawa  
*Proceedings of 13th JAPAN INTERNATIONAL SAMPE SYMPOSIUM AND EXHIBITION (JISSE13), ID 2409 (2013)*
- 3. Relationship among Movement Trajectory of Body Parts, Center of Gravity Movement and Standing Postures while Chucking of an Expert and Non-Expert**  
PorakochSirisuwan, Takashi Yoshikawa and Hiroyuki Hamada  
*Proceeding of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014, pp 5350-5357*
- 4. EFFECT OF CHUCKING MOVEMENT WITH THE INDENTATION ON THE WORK-PIECE SURFACE IN CHUCK JAWS GRIPPING OF A LATHE BETWEEN AN EXPERT AND A NON EXPERT**  
PorakochSirisuwan, Masayuki Nakamura and Takashi Yoshikawa  
*Proceeding of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, IMECE2014-36196(2014)*
- 5. Control of clamping force by postures in lathe chucking**  
Porakoch SIRISUWAN, Takashi YOSHIKAWA, Masayuki NAKAMURA and Hiroyuki HAMADA  
*The Japan Society of Mechanical Engineers (JSME), Submitted April 2015 , Trans-JSME-D-15-00242(2015)*
- 6. EMG Activity of Arms Muscles and Body Movement during Chucking in Lathe between Expert and Non-Expert**  
PorakochSirisuwan, Hisanori Yuminaga, Takashi Yoshikawa, and Hiroyuki Hamada  
*Proceeding of the 17<sup>th</sup> International Conference on Human-Computer Interaction (HCI), ID-1415(2015)*
- 7. The Effects of Body Motions and Arm Muscles Contraction Behaviors on Lathe Chucking Performance**  
Porakoch SIRISUWAN, Takashi YOSHIKAWA, Hisanori YUMINAGA, Masayuki NAKAMURA and Hiroyuki HAMADA  
*The Japan Society of Mechanical Engineers (JSME), Submitted May 2015, JOURNAL-JSME-D-15-00289(2015)*

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。