

機械図面理解における熟練者と非熟練者の視線特性

永富 雄貴[†] 上野 秀剛^{††}

[†] 奈良工業高等専門学校 システム創成工学専攻情報システムコース

^{††} 奈良工業高等専門学校 情報工学科

E-mail: [†] a0984@stdmail.nara-k.ac.jp, ^{††} uwano@info.nara-k.ac.jp

あらまし 金属部品加工は図面を元に、加工機械に取り付けた刃物で被削材を削ることで行われる。このとき用いる刃物は図面を読んで決定するが、材質や加工部位など考慮する点は多岐にわたるため非熟練者には困難である。本研究では加工作業者の理解過程の特徴を抽出するために、図面を読み刃物を選択する実験を行い、その際の視線を分析する。実験の結果、熟練者は加工部位を素早く正確に把握しており、加工方法の決定に不要な個所に対する注視が少ない傾向が見られた。一方で非熟練者は加工部位の発見に失敗しており、不要な個所に対する注視が多い傾向が見られた。

キーワード 機械図面, 読み方, 視線分析

Yuki NAGATOMI[†] and Hidetake UWANO^{††}

[†] Dept. Advanced Information Engineering, National Institute of Technology, Nara College

^{††} Dept. Information Engineering, National Institute of Technology, Nara College

E-mail: [†] a0984@stdmail.nara-k.ac.jp, ^{††} uwano@info.nara-k.ac.jp

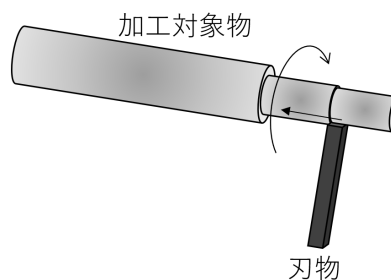
1. はじめに

金属加工とは、金属材料を工作機械で削ることによって任意の形状を作り出す加工である。一般的な加工の1つとして、図1(a)で示すように回転する金属材料に刃物を当てることで削る加工がある。加工によって最終的に作成する製品の形状は主に図面を用いて伝達される。図1(b)に図面の例を示す。図面は形状の詳細を示す寸法や角の丸み寸法を示すR記号、円形を側面から見た際に円形であることを伝達しその直径を示すΦ記号などが記入された投影図として作成される。

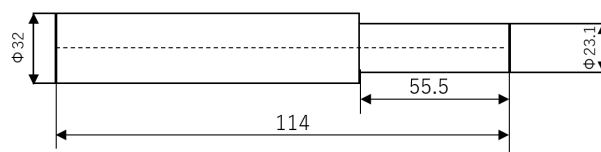
加工を行う作業者は図面に記入された情報をもとに適切な刃物を選択し、装置に取り付けたうえで加工を行う。それぞれの刃物には加工条件が定められており、材料の材質や長さ、R、Φなどの寸法、要求される精度によって使用できる刃物が異なる。上記の条件を満たしている刃物であっても、加工部位周辺の形状によっては刃物と被削材が干渉を起こすため利用できない場合がある。これらの要因により刃物選択は作業者にとって困難な作業となっている。加工に適さない刃物を選択した場合、指定された形状への加工不可、精度不足、刃物の極端な摩耗などが引き起こされるため、不良品の増加やコストの増大により製造効率が低下する。刃物選択を素早く行うことで、工作機械を停止する必要がある刃物取り付け作業や加工の段取り作成の短縮につながるため、製造効率の向上に重要である。熟練者によ

る非熟練者への刃物選択の指導がなされるが、熟練者の持つノウハウは経験や暗黙知に基づくものであり、説明や指導も困難である。

本研究では、金属加工の作業者が図面を理解する際のノウハウや、どのような情報を用いて刃物選択を行っているか明らか



(a) 刃物による対象物の切削



(b) 図面の例

図1 金属加工と図面

にするために、刃物選定を行う際の図面に対する視線移動を分析する。視線の移動には作業者の考えが反映されるとされており、熟練者とは非熟練者の特徴を分析するためによく用いられる [1] [2] [3]。金属加工の作業者は刃物を選定する際に図面に記された寸法や加工対象の形状などから、刃物選定に必要な情報を収集し、適切な刃物を導出していると考えられる。そのため、熟練者の視線には図面から刃物の選択に必要な情報を正確に読み取るための視線特徴が表れる。本研究は熟練者とは非熟練者の視線を比較することで、熟練者のみが考慮している図面内情報や、非熟練者の失敗の原因など、刃物選定のノウハウ抽出を目的とする。以下、2. 章で図面と視線について説明し、3. 章で詳しい実験方法について述べる。4. 章では結果とそれに対する考察を示し、5. 章では結論を述べる。

2. 準備

2.1 図面に基づいた金属の加工

本稿における図面とは、金属加工によって材料から切り出す形状を示す書類を指す。図面には加工対象物の形状を示す線や、各部位の大きさ（寸法）や角度を表す数字、加工品の表面に生ずる凹凸の程度（表面粗さ）を指定する三角記号、位置決定のよりどころであることを明示するための基準線、許容される誤差の最大寸法と最小寸法を示した公差表記などが掲載されている。一般に、対象物の形状は投影図によって示されており、1つの図面には対象物を複数の角度から見た場合の図が示されている。図2に図面の一例を示す。対象物の形状が第三角法と呼ばれる投影図によって記されている。第三角法では、対象物の最も代表的な面を正面図として描く。平面図には対象物を真上から見た際の形状を描き、正面図の上部に配置する。側面図には対象物を側面から見た際の形状を描き、右側面図であれば正面図の右側に配置し、左側面図であれば正面図の左側に配置する。日本においては、JISの規定によって製品制作の図面は第三角法で表すことになっている。作業者はこれらの図を組み合わせることで対象物の立体的な形状を理解し、加工方法を検討する。

加工に用いる刃物を決定するために、作業者は様々な要件を考慮する必要がある。まず、加工する製品の形状は円筒や円盤、ギアやネジなど多用であり、さらにその表面の溝や穴、端面に

対する加工が必要である。加工元となる金属材料は立方体や円柱状であり、最終的な製品の形状に近づけるための粗加工と、表面粗さや公差などで表される、要求精度を満たすための仕上げ加工を区別する必要がある。材料となる金属についても鉄や真鍮、アルミニウムなどがあり、それぞれ硬度などの物理的特性が異なるためそれぞれに適した刃物が必要となる。材料の形状や刃物の当たる方向、断続性（四角い材料から円形を切り出す場合のように、刃物と材料が断続的に接したり離れたりするような加工）、刃物の特性などによって加工対象物にかかる力学的な負荷や振動、摩擦によって生じる熱が異なることも考慮が必要である。作業者は加工精度や連続で実施できる加工数、刃物の摩耗に与える影響を考慮しながら刃物を選択する必要がある。

また、加工機械に材料を設置する際には材料を治具に固定し、治具ごと加工機械内のアームに取り付けるため、治具が対象物と接する部分には刃物を当てることができない。個々の刃物は材料に当てることができる角度に違いがあるため、固定するためのアームと刃物の位置関係から利用できる刃物が制限される。加工部位とその形状は製品全体の形状と加工順序によって異なり、溝の加工や外径や内径側の表面に対する加工、端面、ネジのオス・メスなどの違いによっても刃物の選択を切り替える必要がある。加えて、図面には完成後の形状が描かれているだけで、その過程の形状や元となる原材料の形状については記載がない。そのため、作業者は図面に記載された各種情報から材料の大きさやその固定方法、装置や治具との位置関係、加工順序、作業効率などを考察し、それぞれの加工に適した刃物を選択する必要がある。これらの様々な条件は互いに影響しあっており、複雑な要件に対応できるように刃物は膨大な種類が用意されており、この中から適切な刃物を選択するには極めて困難である。

上記のような複雑な条件に基づいた判断は、図面が表す内容を理解しながら考察を進める必要がある。この時、技術者の思考の順番や必要な情報の探索の様子が図面に対する視線に表れると考えられる。例えば、ある部位の加工に適した刃物を考える際に、その材質を考慮したかどうか、また刃物に干渉する部位がないか探す様子は視線移動に現れると考えられ、その有無と選択した刃物の良否には強い関係があると考えられる。このことから、本研究では熟練者や非熟練者の図面理解の様子を分析する手段として視線計測を用いる。

2.2 視線

視線の計測方法には、計測装置を眼球に接触させるもの（接触型）と接触させないもの（非接触型）がある。本研究では、被験者への身体的な負担が少ない非接触型の計測装置を用いる。非接触型の視線計測装置は、被験者の目に弱い赤外線を当てたときにできる反射点と瞳孔の位置を記録し眼球の向きを計測する。この眼球の向きから画面のどこを見ていたかを座標として1秒未満の短い間隔で記録することにより、視線計測を行う。また、計測できる視線は座標として記録できる点であり、視界を記録することはできない。つまり、ここでの視線とは、眼球の向きから割り出した画面に対する視点の座標の連続を指す。

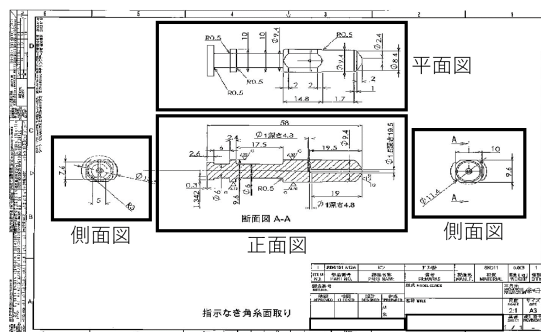


図2 加工図面の例

被験者によって違う眼球の大きさ等の特徴や、周囲の照明環境によって赤外線反射や瞳孔の見え方が変わるので、視線計測をする前にはキャリブレーション（補正）を行う。

一般に視線は、ある箇所に留まる注視と、次の注視点への遷移であるサックードから構成される。注視の位置や各領域に対する時間長の比較は初心者と熟練者の違いや作業者の着眼点を分析することを目的として、多くの研究で活用されている [1] [2] [3]。塗木らは運動観察学習中の運動熟練者と未経験者の視線特性を比較している [1]。分析の結果、熟練者は非熟練者と比べ一定の狭い範囲を観察する傾向が見られた。また、熟練者は注視時間が有意に長くなることも示された。Busjahnらは、プログラムのコードを読む際の熟練者と非熟練者の視線を比較しており、熟練者は実行順に、非熟練者は線形にコードを読んでいることを明らかにした [2]。村田らは運転初心者と熟練者に運転状況の静止画像を見せることで危険予知を行わせ、視線計測によって両者の特性を比較した [3]。その結果、熟練者は重要エリアで注視が始まるまでにかかる時間が初心者よりも短く、重要エリアへの 1 回あたりの注視時間が短いことを示した。本研究でもこれらの研究と同様に熟練者と非熟練者を対象に、提示した図面と加工条件に対して最も適した刃物を選択するタスクにおける視線移動を分析する。この分析により、熟練者の図面読解の戦略や、非熟練者の失敗、時間がかかっている要因を明らかにする。

3. 実験

加工図面を被験者に提示し、指定した加工部位、加工条件から最も適する刃物を選択してもらい、その間の視線を計測する。被験者は金属加工を専門とする企業に勤務する熟練作業員 3 名、非熟練作業員 3 名の 6 名である。

3.1 実験環境

実験は被験者 1 名と実験者 2 名のみが居る部屋で実施する。被験者には頭部と体をできるだけ動かさないように指示する。実験に使用する器具は、視線計測装置、タスク提示・記録用 PC である。視線計測に用いるハードウェアは、Tobii 社製の Eye Tracker 4C とタスク提示用のノート PC である。Eye Tracker 4C は非接触型の視線計測装置であるため、被験者に対する負担を軽減することが出来る。視線計測装置の記録周波数は 90Hz であり、推奨される動作距離は装置から 50~95cm である。まばたきをした場合には視線座標は計測されない。PC と視線計測装置は USB2.0 によって接続し、ディスプレイの下に取り付ける。視線計測装置は被験者ごとに Tobii 社が提供するツールを用いてキャリブレーションを行う。タスク提示用のノート PC のディスプレイ解像度は横 1920 × 縦 1080 画素である。

被験者にタスクを提示し、刃物を選択する際の実験履歴と視線データを同期して記録するための実験ツールを作成した。実験ツールの動作画面を図 3 に示す。ツール左側には図面が表示され、右上に各タスクにおける加工条件、右下に刃物選択のための条件が格納されているセレクトボックス、およびセレクトボックスで選択された条件と一致する全ての刃物の一覧を表示する。被験者はマウスで刃物条件の絞り込みや刃物の選択を行

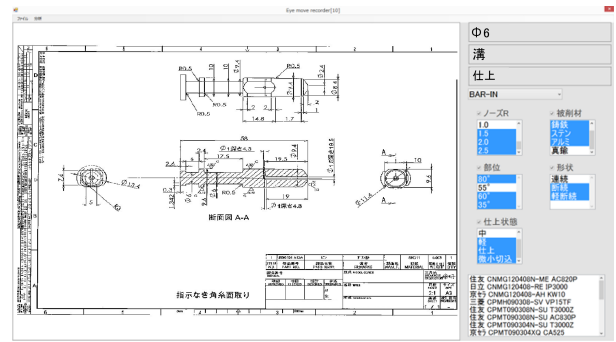


図 3 実験ツールの動作画面

表 1 刃物種類ごとに表示される条件の一覧

刃物種類	被削材	部位	幅	ノーズ R	形状	仕上	ピッチ	山	左右
BAR-IN	○	○	-	○	○	○	-	-	-
BAR-OUT	○	○	-	○	○	○	-	-	-
外径溝	○	○	○	○	○	-	-	-	-
内径溝	○	○	○	○	○	-	-	-	-
端面溝	○	○	○	○	○	-	-	-	-
外径ネジ (ISO)	○	○	-	-	-	-	○	-	○
内径ネジ (ISO)	○	○	-	-	-	-	○	-	○
外径ネジ (非 ISO)	○	○	-	-	-	-	-	-	○
内径ネジ (非 ISO)	○	○	-	-	-	-	-	-	○

表 2 刃物種類ごとの部位条件の一覧

刃物種類	条件
BAR-IN/OUT	80°, 55°, 60°, 35°
外径溝	深溝, 三角, フル R
内径溝, 端面溝	内径, 端面
外径ネジ, 内径ネジ	ISO, PT, W, UN

う。刃物の条件を指定することでその条件と一致した刃物の一覧が右下のリストボックスに表示される。刃物種類ごとに表示される条件の一覧を表 1 に示す。表 1 でいう条件とは、刃物を絞り込むために使用できるパラメータを指し、刃物種類によってパラメータの種類が異なる。部位は、それぞれの刃物種類ごとに異なるパラメータであり、刃物の形状や適した加工の形状を指す。このような実験設定によって、被験者が刃物選択のために用いたパラメータを記録することができる。刃物の条件の表示位置は視線の偏りを除くためにタスクごとにランダムに表示する。刃物のリストは実験に協力いただいた企業内にある全ての刃物計 237 個をデータ化し、利用する。

刃物種類ごとの部位条件の一覧を表 2 に示す。BAR-IN/OUT の部位条件は刃先角度を示しており、チップの強度や加工時のびびりの発生に関連するパラメータである。外径溝の条件は溝の形状を示しており、深溝は深さが幅よりも大きい溝、三角は三角形の溝、フル R は半円形の溝である。内径溝、端面溝の部位条件は内径溝、端面溝加工のいずれかが可能であることを示している。外径ネジ、内径ネジの部位条件はネジの種類を示しており、順にメートルネジ、インチネジ、管用テーパネジ、ウイトワースネジを指す。

3.2 タスク

協力企業に 10 の図面と、1 つの図面につき 2 つの加工条件の計 20 タスクを設定いただいた。このとき、被験者が過去に

見たことがない図面を選定し、被験者間で使用する図面について知識の差がないようにする。被験者には図面とともに加工部位と加工条件を指定し、その加工に適した刃物を選択してもらう。1タスクの制限時間は2分とし、制限時間となった時点でそのタスクを終了し、次のタスクへ進む。また、被験者が刃物選択の終了を宣言した時点でそのタスクを終了し、次のタスクへと移る。

タスクの例を表3に示す。この2つのタスクは図2の図面に対しての加工を指示するものである。加工条件1, 2は図面中の加工箇所を指定し、加工条件3は仕上げの状態を指定する。当てはまる加工条件指定がない場合には空白とした。各被験者にタスクを提示する順番は、順序効果を考慮してカウンターバランスを行った。

各タスクについて、正解とする刃物（正解刃物）を設定する。正解刃物は、加工条件を満たす加工が可能であり、その中でも最良であると考えられるものとし、すべてのタスクに対して1つ以上の刃物を正解とする。正解刃物は協力企業に設定いただいた。

3.3 実験手順

実験の手順を以下に示す。

(1) 実験の説明

実験概要、視線計測時の注意点、実験ツールの操作方法を説明する。

(2) 練習タスクの実施

練習タスクを実施し、被験者に実験ツールの操作や実験の流れを理解してもらう。

(3) 視線計測装置の設定

キャリブレーションを行い、視線が正しく測定できていることを確認する。

(4) タスクの実施

20のタスクを実施する。必要に応じて随時休憩を取る。

(5) インタビュー

全タスクの終了後、被験者に対して実験中に見られた行動に対する聞き取りを行う。

3.4 分析

実験結果から視線特徴を抽出するため、AOIを用いた分析を行う。AOI (Area of Interest) とは、興味関心領域の略称である。任意に範囲を設定し、その領域がどの程度注視されたかを算出する。本実験では図面を縦10個×横10個の100区画に分割し、それぞれの区画をAOIとする。また、図面以外の箇所についても、加工条件1, 2, 3, 刃物種類, 刃物条件, 刃物リストをそれぞれAOIとし、計114のAOIを定義する。ここでは、注視を関連研究[1]に倣い、150ms以上同じAOIに留まった視線とする。

表3 実験に使用するタスクの例

ID	加工条件1	加工条件2	加工条件3
3	φ 13.4 側	外径	荒
4	φ 6	溝	仕上

3.4.1 加工部位に対する注視速度

刃物を選択する際には、まず指定された加工部位を探索し、発見する必要がある。そのため、加工部位を発見する速度は作業全体の完了時間に影響する。また、加工部位を発見できないか、誤った箇所を加工部位であると認識した場合には正しい刃物選択は行われぬ。本稿では熟練者と非熟練者の加工部位への注視速度を比較し、タスク完了時間やタスクの成否との関係进行分析する。

加工部位への注視速度を表す指標として単位時間ごとの加工部位への注視の割合を用いる。被験者ごとに各タスクを5秒ごとの n 個の区間 ($1 \leq n \leq 24$) に区切り、各時点における加工部位への注視時間 Fix_n および、タスク全体を通しての注視時間の合計 Fix_{Total} ($Fix_{All} = Fix_1 + Fix_2 + \dots + Fix_n$) を求める。加工部位に対する全注視の内、区間 n までの時間が占める割合 $Fix\%_n$ を以下の式で求める。

$$Fix\%_n = \frac{Fix_1 + Fix_2 + \dots + Fix_n}{Fix_{Total}}$$

$Fix\%_n$ が0なら、被験者は時間区間 n の時点で加工部位を注視しておらず、1なら加工部位をそれ以上注視しない事を示す。被験者はタスクが始まると画面右上に表示された加工条件を見て、条件が示す加工部位を図面から探す。加工部位を特定するためには、図面が示す形状や各部のサイズなどを理解した上で条件が示す箇所を特定する必要がある。そのため、時間の経過と共に何度か加工部位を注視しながら図面全体を理解し、ある時点で指定箇所だと認識する。加工部位を認識した後は、加工部位の周辺の詳細や治具の取り付け位置を考慮するために、加工部位以外への注視が増えるため、加工部位への注視は減少すると考えられる。

このとき、加工部位を効率的に発見できる被験者はタスク開始から早い段階で加工部位に注視が集中し、その後他の領域に視線が移動するため、 $Fix\%_n$ のグラフが左上に凸な形状となる。加工部位を発見できない、または他の箇所と誤認する被験者は加工部位への注視の集中は起こらず、直線的な形状となる。本研究では熟練者と非熟練者それぞれの $Fix\%_n$ の時系列変化をグラフに示し、Area Under the Curve (AUC) を比較する。AUCはグラフの曲線より下の部分の面積のことであり、最小で0、最大で1となる指標である。図4に5秒ごとの $Fix\%_n$ の変化例を示す。この図のAUCは発見時で0.884、未発見時で0.672となる。値が1に近いほど、より早い段階で $Fix\%_n$ が1に近づいていることを表すため、熟練者と非熟練者の加工部位への注視の違いを見るための指標として用いる。

3.4.2 注視 AOI 数

非熟練者は図面のどこを見れば理解に必要な情報が得られるか把握しておらず、熟練者と比べて図面のより広い範囲を注視すると思われる。そこで、図面に設定したAOIのうち、注視されたAOIの数を比較する。

加工条件や刃物リストを除いた、図面に設定された100のAOIに対して、各被験者がタスク中に1回以上注視した箇所を数える。注視したAOIの数が多いほど図面のより広い範囲を

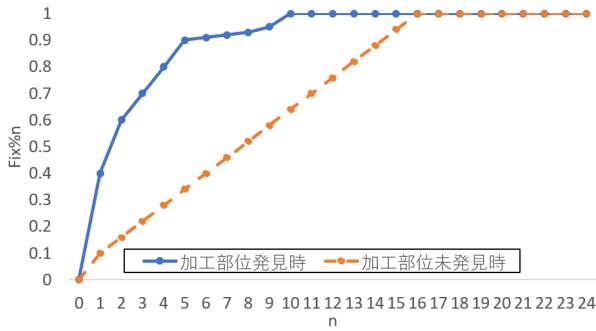


図4 5秒ごとの $Fix\%_n$

見ていると判断できる。

3.4.3 注視点間の距離

非熟練者が図面から情報を探索する際には、必要な情報を理解した上で図面内を探索する場合と、必要な情報が何か理解できずに図面内から手掛かりを得ようとする場合が考えられる。そこで、図面内の注視点間の距離を比較する。

加工条件や刃物リストを除いた、図面に設定された100のAOIに対して、注視があったAOIから、次のAOIへ移動する際のマンハッタン距離を注視点間の距離として定義する。注視点間の距離が短い場合には、探すべき情報がわかっている状態で図面内を探索していると判断できる。注視点間の距離が長い場合には、何を探せばよいかわからずにランダムな視線移動が行われていると判断できる。

4. 結果と考察

4.1 加工部位に対する注視速度

表4に熟練者と非熟練者の実験結果とAUCを示す。熟練者は非熟練者よりもタスクに対する正答率が高く、タスクの完了時間も早かった。図5に熟練者と非熟練者の5秒ごとの $Fix\%_n$ の変化(平均)を示す。熟練者は非熟練者と比べて早い時間から加工部位に注視が集中しており、注視割合が0.6に到達するまで4.1秒、0.8に到達するまで11.0秒早い。この結果は熟練者が非熟練者に比べ、より早い段階で加工部位を発見している事を反映しており、タスク完了時間が7.9秒早い原因の1つになっていると考えられる。

AUCを比較すると熟練者が0.767に対して非熟練者が0.718と熟練者のほうが高いものの、welchのt検定では有意差は見られなかった($p = 0.134$)。熟練者のタスク正答・誤答・タイムアップを比較すると正答時のAUC(0.798)が誤答時(0.716)より高いが有意差は見られない($p = 0.114$)。また、タイムアップ時のAUCは0.783と正答時と近い値を示している。これは熟練者のタスクの結果が加工部位の発見の有無や速度から影響を受けておらず、原因が加工部位特定以降の段階にあると考えられる。加工部位特定以降の段階としては、周辺の詳細についての理解や治具の取り付け位置の考慮、具体的な刃物の絞り込みなどが考えられる。

一方で、非熟練者は正答(0.834)と誤答(0.739)で大きな差が見られ、有意差が見られた($p = 0.023$)。また、タイムアップ時にはAUCが(0.529)と正答時($p < 0.001$)、誤答時($p = 0.003$)

表4 タスク結果とAUC

		熟練者	非熟練者
正答率(%)		60.0	20.0
平均完了時間(秒)		70.7	78.6
タイムアップ率(%)		6.7	16.7
AUC	全体	0.767	0.718
	正答	0.798	0.834
	誤答	0.716	0.739
	タイムアップ	0.783	0.529

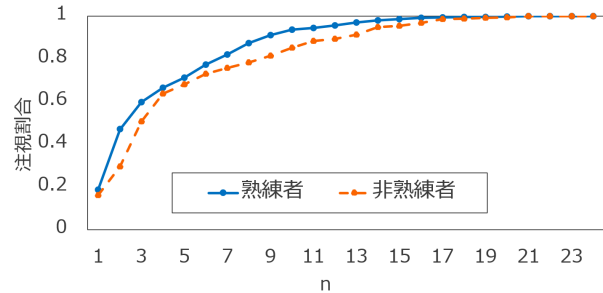


図5 5秒ごとの $Fix\%_n$ の変化(平均)

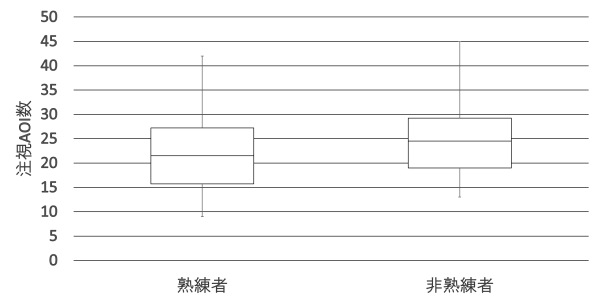


図6 注視したAOI数の比較

の両方より有意に低い。これは非熟練者のタイムアップは加工部位の発見が遅かった、または発見できなかったことが原因となっていることを示している。また、誤答時のAUCが正答時より低くタイムアップ時よりも高いことから、本来の加工部位とは異なった個所を加工部位であると誤認したことによる誤答と、加工部位発見以降の段階が原因となった誤答の2種類が混在していると考えられる。

4.2 注視AOI数

図6に熟練者と非熟練者の注視したAOIの数を示す。熟練者は非熟練者と比べて全体的に注視数が少ない。また、分散はいずれも同程度である。中央値は熟練者が22、非熟練者が25であり、熟練者のほうが注視したAOIの数が少なかった。各AOIに対する注視回数を熟練者と非熟練者のAOI注視数に対してStudentのt検定を行ったところ、有意差($p = 0.044$)が見られた。

熟練者は正答率、タスク完了時間が非熟練者よりも優れていた(表4)。熟練者の注視AOI数が少ないのは、図面内のどこに使用する刃物を特定するための情報が含まれているのか理解しており、効率の良い情報抽出を行っているためと考えられる。一方で非熟練者はどこに必要な情報があるかを探すために図面内を広く観察し、注視したAOI数が増加したと考えられる。こ

のことから、図面のどこにどのような情報が載っているのか傾向を知ることによって効率的な情報抽出を行えるようになると期待できる。例として、材質情報はほとんどの図面で右下に掲載されているため、これを理解していれば材質情報を探すために図面内を広く観察する必要がなくなる。

4.3 注視点間の距離

図7に注視点間の距離の分布を示す。非熟練者は距離4~6の移動が多い一方で、熟練者は距離2~5の移動が多く、より近い位置のAOIを見に行く傾向が見られた。非熟練者はより離れたAOIを見る視線移動が多く、また、注視したAOIの数も多いことから、図面を広範囲にわたって行き来を繰り返しながら理解を進めている可能性がある。

そこで、各被験者のタスクにおける注視割合をヒートマップで表したものを図8、および図9に示す。図8は熟練者3人の平均、図9は非熟練者3人の平均で、どちらも同じタスクであり、図2で示した図面を用いている。全タスク時間内、各AOIに対する注視時間合計の割合が大きいほど濃い色で表示しており、2%を超えるAOIを太線で囲っている。なお、注視されていない上下の各1行と左の1列を省いている。

熟練者(22.5%)と非熟練者(15.6%)の両方がもっとも注視しているAOIは正面図の一部であり、加工対象が含まれている。熟練者は加工対象に隣接するAOIを中心に注視している。一方で、非熟練者は加工対象に隣接するAOIだけではなく、同じ箇所に対応する側面図や平面図、および右下にある図面情報掲載部に対しても注目している。実験後の実務者に対するインタビューの結果、本タスクに正答するために必要な情報は正面図に存在しており、側面図や平面図は見る必要がない事がわかった。これらの結果は熟練者が正面図以外には必要な情報がないことを短時間の注視で理解し、着目する箇所を限定することで効率的に図面の理解を進めている可能性を示唆する。一方で、非熟練者は加工対象は特定できた一方で、必要な刃物を判断するために必要な情報を特定できず、側面図や平面図、図面情報などを見ることで効率が低下している可能性がある。このことから、必要な刃物を判断するためにどのような情報が必要であるかを理解することで効率の向上が期待できる。

5. おわりに

本研究では、金属加工の作業者が図面を理解する際のノウハ

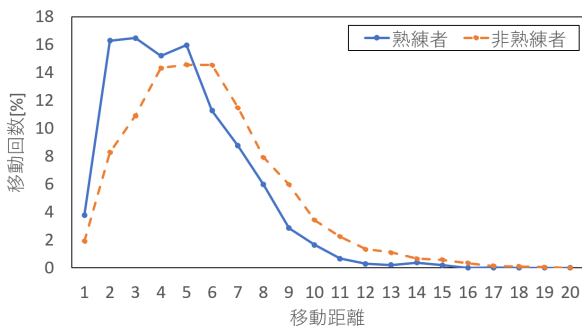


図7 注視点間の距離

ウを抽出することを目的に、熟練者と非熟練者の図面に対する視線を測定した。提示した図面に指定の加工を行うタスクを実務者に行ってもらい、加工部位への注目速度、1回以上注視したAOI数、注視点間の距離を分析した。その結果、加工部位を発見するまでの速度に差が見られ、非熟練者の不正解やタイムアップの原因が加工部位を特定する段階にある可能性が示唆された。また、着目するAOIの数にも差が見られ、熟練者は非熟練者よりも特定の箇所を集中して観察しており、図面内で刃物選定に必要な情報がどこに存在しているのかを理解し、効率的な情報抽出を行っている可能性が見られた。

本研究の今後の発展として、視線移動をベクトル化し合算することで熟練者、非熟練者ごとの図面読解戦略の傾向を明らかにできると想定される。これにより、効率の良い図面の読み方や考え方が抽出できると考えられ、効率向上に繋がる。

文 献

- [1] 塗木敦夫, 下園朋幸, 川畑匠朗, 山田正文, 湯ノロ友友, 丸山敦夫, "運動観察学習中の運動熟練度による視線特徴の検討", 電学論C, Vol.131, No.1, pp.182-189 (2011).
- [2] Teresa Busjahn, Roman Bednarik, Andrew Begel, Martha Crosby, James H Paterson, Carsten Schulte, Bonita Sharif, and Sascha Tamm, "Eye Movements in Code Reading: Relaxing the Linear Order," the 23rd International Conference on Program Comprehension, pp.255-265 (2015).
- [3] 村田厚生, 森若誠: 危険予知課題における運転者の視覚情報処理特性運転初心者と運転熟練者の比較, 人間工学, Vol.46, No.6, pp.393-397 (2010).
- [4] 古澤武男: "新編 JIS 機械製図第2版", 森北出版株式会社 (1989) .

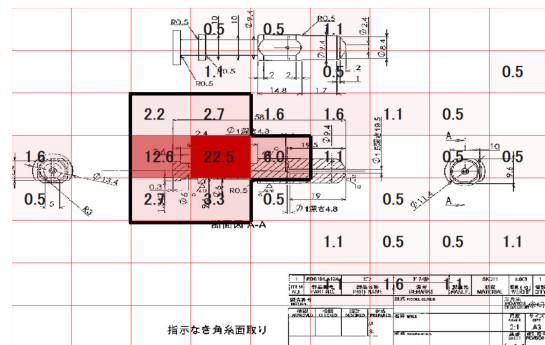


図8 熟練者のヒートマップ (タスク4)

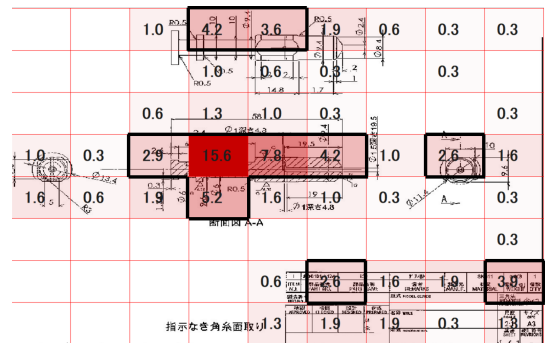


図9 非熟練者のヒートマップ (タスク4)