

ハンマリング成形における熟達度指標に関する研究

日大生産工(院) ○石田 智裕 日大生産工 高橋 進

1. 緒言

ハンマを使用した逐次成形による板金加工は、金型を使用せず鋼塊とハンマの間に鋼板を置いて成形する加工法である。板金加工は加工の手順・方法にノウハウの大部分が含まれているため製品仕様が変更になった場合や別の製品に対しても工具を大幅に変更せずに加工できるので、モデルカー等の部品成形に使用されている。しかしながら製品の形状精度等は作業者の技能レベルによって大きく左右される。このようなことから板金加工で精度の良い製品を安定して製作するには、高度で熟練した技能が必要となる。そこで本研究では、熟達した技能者を早期育成するために熟練技能者1名・技能者1名・未経験者1名の計3名のハンマリング技術の差の明確化をハンマの打撃力・打撃間隔・ひずみ、表面筋電・音波から考察したので報告する。

2. 計測方法

本研究では基礎検討として被計測者は鋼塊の上にゴム板を置き、それを左手で持ち、ハンマで鋼塊を叩いて計測を行った。被計測者には、ひずみゲージを取り付けたハンマで10秒間計測を3セット行い、圧力センサを取り付けたハンマで3分間計測を1セット行った。

2.1 ハンマの打撃力

ハンマの打撃力の計測には、ハンマ内に設置した、Fig.1(a)に示す圧電素子を応用した圧力センサと動ひずみ測定器(DPM-612A 共和電業)、データレコーダ(EZ7510 NF回路設計ブロック)、圧力センサ用ブリッジボックス(B0712-3P)を用いた。

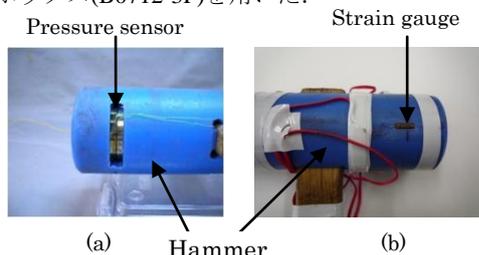


Fig.1 Hammer with pressure sensor and strain gauge

2.2 ハンマの打撃間隔

ハンマの最大打撃力間の時間とした。

2.3 被験者の表面筋電位

筋肉の動きを計測可能な表面筋電計測用電極を背、肩、上腕、前腕にFig.2のように7ヶ所装着し計測した。

2.4 ハンマ打撃時の音波

ハンマの打撃音の計測にはマイクロホン用プリアンプ(MI-3110 小野測器)と普通騒音計(LA-1350 小野測器)とをデータレコーダ(EZ7510 NF回路設計ブロック)に接続し計測を行った。

2.5 打撃時のハンマのひずみ

ハンマの打撃面における打撃位置を計測するために、ハンマの中心で叩き続ける正確性があるのかを計測するためハンマの側面にFig.1(b)に示す90° 毎に4枚の

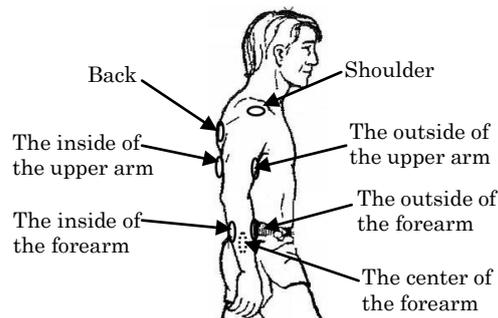


Fig.2 Surface electrode setting position

ひずみゲージ(KFG-5-120-C1-11L3M2R 共和電業)を貼り付け計測を行った。打撃位置は各ひずみゲージの値から推定する。

3. 計測結果

3.1 ハンマの打撃力

各被験者のハンマの打撃力の計測結果をFig.3に示す。図に示す25%・75%はそれぞれ最小値から数えて25%・75%に位置している。バラつきを評価するため熟練技能者、技能者、未経験者の標準偏差を算出すると、それぞれ0.4170, 0.4678, 1.4537となった。未経験者は、熟練技能者・技能者に比べバラつきが大きい打撃力になっている。打撃力は、数少ない高い打撃力よりも、同じ程度の打撃力で加工できる方がより熟練していると言える。このことから標準偏差を評価の基準の一つとし、中央値を標準偏差で除した値を評価値とした。これにより低い打撃力の時に高評価となることを防ぎ、平均値でなく中央値を用いることで、正規分布でない結果にも対応できるものとした。

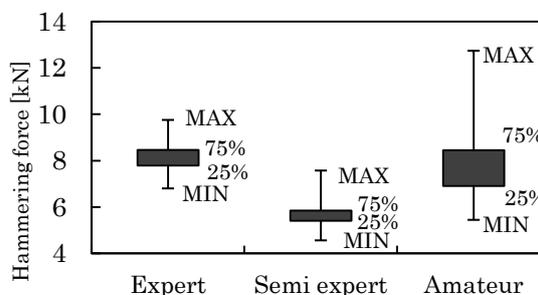


Fig.3 Measurement results of hammering force

3.2 ハンマの打撃間隔

各被験者の計測結果をFig.4に示す。打撃間隔は加工能率に関わる項目であり、打撃間隔が短い程、熟練しているといえる。また、一定の間隔で打撃し続けることも重要であり、ムラが少ない方が熟練しているといえる。熟練技能者と技能者の結果から、打撃間隔が0.3s未満であることが熟練技能者と技能者を分ける指標だと考えられる。評価値として(0.3s未満のデータ数の割合×100)+(0.3s以上0.35s未満のデータ数の割合×50)で算出した値を用いた。

Research on expertness degree index for forming with hammering

Tomohiro ISHIDA and Susumu TAKAHASHI

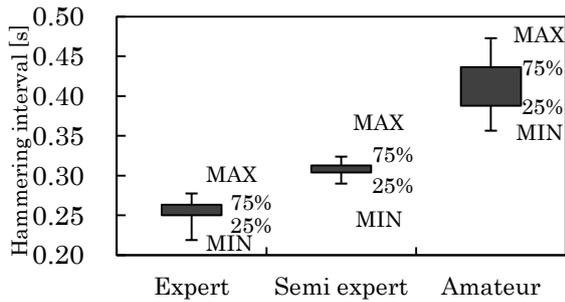


Fig.4 Measurement results of hammering interval

3.3 被験者の表面筋電位

筋電位は各被験者・各筋肉で計測される筋電位の大きさが全く異なるため、そのままでは比較出来ない。そこで、以下の計算式を用いて、各筋電位の出力から筋肉を安定して使用しているかの比較を行った。

(一回の打撃の最大筋電/実験における最大筋電)×100
 これにより各筋電位の出力を打撃毎に筋肉の安定性に変換したものを、各被験者の筋電毎に平均したグラフをFig.5に示す。

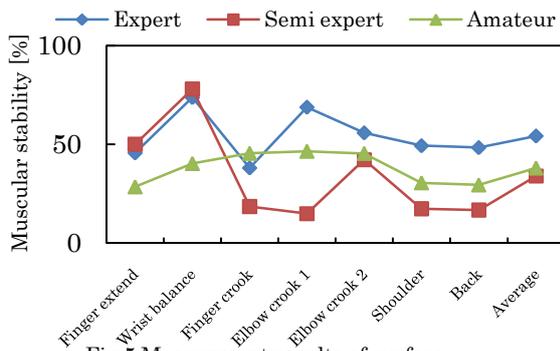


Fig.5 Measurement results of surface electromyogram

表面筋電位は、熟練技能者が多くの筋肉で高い安定性を示したことから、打撃毎に安定して筋肉を使っていることが、筋肉の扱いに優れていると言える。技能者は指と手首に関しては高い値を示しているが、その他の筋肉が低くなっている。未経験者は全体的に安定性が低く、バラついていると言える。打撃毎に安定して筋肉を使用することが、熟達度を上げることに繋がるといえる。筋電位から算出した筋肉使用の安定性の平均値を評価値とした。また、本研究で計測した筋肉には、間接的にハンマリングに関わっているものがあるため、直接的に関わっている筋肉に計測位置を変更することにより、評価の信頼性をさらに向上できると思われる。

3.4 ハンマ打撃時の音波

ハンマリングの音波をMATLAB(MathWorks社)を用いてFFT(高速フーリエ変換)させ、パワースペクトル解析を行った。また、Solid Worksで固有値解析を行い、その部材の固有振動数を解析し、実際に計測した音データと比較した。どの被験者のグラフにも500Hz付近、2000~3000Hz付近、5000Hz付近に特徴的なパワースペクトルが確認でき、熟練技能者は8000Hzにもパワースペクトルが確認できた。Solid Worksで解析した結果、固有振動数はハンマヘッド：

2066.9Hz, 鋼塊：4733.2Hz, ゴム板：1.165Hzとなった。5000Hz付近の周波数帯に注目すると、熟練技能者にはハッキリとしたパワースペクトルが検出されたが、技能者と未経験者にはわずかししか検出されなかった。これらは鋼塊の周波数と考えられる。Solid Worksでの鋼塊の解析結果から、4733.2Hzと約5000Hzと、ほぼ一致した。このことから、熟練技能者はゴム板を挟んだ鋼塊からも音が検出されるほどの打撃力で打撃を行なっていると言える。5000Hz及び8000Hz近くで高いパワースペクトルが観察された。しかしながら、技能者と未経験者の差異は見当たらず、熟達度の評価項目には現在の所入れないこととする。

3.5 打撃時のハンマのひずみゲージ

ハンマの上下(Y軸)左右(X軸)の側面のひずみからハンマの打撃面の、変形形態を推定した。X軸方向およびY軸方向の2つのひずみの比を算出した。Fig.6に熟練技能者と未経験者の結果を示す。

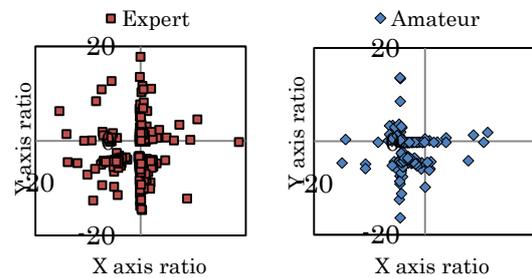


Fig.6 Measurement results of hammering strain

XY両軸とも比が正、どちらか一方が正、どちらも負の場合の3つの場合に分けて評価した。比が正である場合は両端とも圧縮されており、ハンマの打撃面において打撃力が均一に近い状態である。比が負である場合は片端が膨張しており、ハンマの打撃面において打撃力が偏っている。このことから評価値として、(両軸共に比が正のデータ数/全体のデータ数×100)+(片軸のみ比が正のデータ数/全体のデータ数×50)で算出した値を用いた。

3.6 技能熟達度のレーダー図

以上の結果から作成したレーダー図をFig.7に示す。この結果からも熟練技能者、技能者、未経験者の順に高評価となっており、ハンマリング成形における熟達度を評価できたと考える。

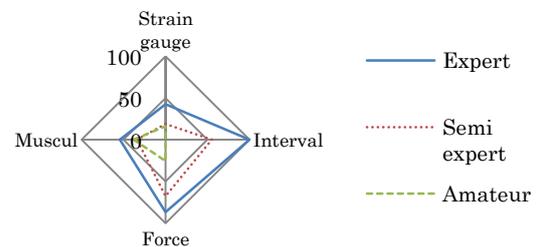


Fig.7 Evaluation of expertness degree

4. 結言

- 1) 多方面からの計測を行った結果、熟練技能者・技能者・未経験者で差異が確認できた。
- 2) 打撃力・打撃間隔・ひずみ・表面筋電位を計測し、熟達度を評価できた。
- 3) 表面筋電位の計測位置を改善することにより、評価の信頼性をさらに向上可能と思われる。
- 4) 音波による解析を進め、技能者と未経験者の違いを明確化する必要がある。