

# 三軸加速度・角速度センサを用いた鋸引きの技能評価に関する基礎的研究

古賀映人<sup>1</sup> 橋爪一治<sup>2</sup> 伊賀崎伴彦<sup>1</sup>

<sup>1</sup>熊本大学 <sup>2</sup>島根大学

## 1 はじめに

現在, 木工技能熟練者の人数の減少や老齢化の進行により, 若年者への技能の伝承が必須である。しかし, 指導の多くが主観的・定性的であるため容易に伝承はできない。そのため, 熟練者の技能を客観的・定量的に示す必要がある。そこで我々は, 鋸引きに着目し, 鋸引きの様子を加速度・角速度センサを用いて測定し, 技能評価を行えるような解析方法を開発するとともに, それによって木工技能経験の異なる各区分の鋸引きの特徴の検討を試みた。

## 2 方法

### 2.1 対象

熟練者として木工技能経験 38 年の男性宮大工 1 名 (58 歳), 準熟練者として木工技能歴 2 年半の工業高校の男子生徒 7 名 (17 歳~18 歳), 未熟練者として健常な男子大学生 4 名 (22~24 歳) と男性教員 1 名 (43 歳) の 3 区分の計 13 名を対象とした。

### 2.2 課題

切断する木材には厚さ 1.2cm 幅 21cm のヒノキの集成材を用いた。被験者には事前に引いたけがき線に沿って横引きを行わせた。切断は片手(利き手)で行わせ, スピードや姿勢には制限を与えなかった。

### 2.3 記録

小型ワイヤレスモーションセンサを鋸の首に取り付け, 三軸加速度・角速度を無線により PC にサンプリング周波数 200Hz で記録した。

### 2.4 解析

#### 2.4.1 軸の設定

鋸の押し引きの方向を X 軸とし, 引きの方向を正とした。X 軸に水平方向に垂直な軸を Y 軸とし鋸引きを行う際の水平左方向を正とした。X 軸に鉛直方向に垂直な軸を Z 軸とし鋸引きを行う際の鉛直下方向を正とした。以後各軸の加速度を  $A_x \sim A_z$ , 角速度を  $\omega_x \sim \omega_z$  と表記する。

#### 2.4.2 押しと引きの分離

鋸引きの基本動作は押しと引きで構成されるため, これらを分離して解析を行った。分離には  $A_x$  のデータを用い, 正ピークから負ピークまでを引き, 負ピークから正ピークまでを押しとした。

#### 2.4.3 周波数の正規化

被験者には鋸引きの速度に制限を与えていないため被験者ごとに周波数成分の現れる帯域が異なった。このままでは被験者同士の周波数成分の比較ができないため, 鋸引きの基本動作による基本周波数が 1Hz となるように周波数の正規化を行った。

#### 2.4.4 特徴量

技能評価を行うために特徴量を 2 つ作成した。

##### ・ブレ

鋸引きの基本動作以外の動きは, 切断面が平らではなくなるなどの問題が生じると考えた。そこで,

基本動作以外の動きを測定できると考えられる  $A_y$ ,  $A_z$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega_z$  の値の絶対値平均を用いてブレとした。

##### ・摩擦

鋸引きを行う際に力を入れすぎると摩擦が生じ, スムーズな鋸引きができなくなるなどの問題が生じると考えた。摩擦は一枚一枚の刃が生み出すため基本動作と比べて高周波の成分が生じると考えた。そこで, 摩擦の影響を測定できると考えられる  $A_x$ ,  $\omega_y$  の正規化周波数成分をみてもみると, 10Hz 以降に基本動作による成分とは異なる成分が混入していたため, 正規化周波数 10Hz 以降の周波数成分のパワースペクトルの総和を用いて摩擦とした。

## 3 結果

ブレの結果を表 1 に, 摩擦の結果を表 2 に示す。押しよりも引きの特徴量で差が多く見られたのは, 引きの際のほうが押しよりも力が入っていることが考えられる。また,  $A_y$ ,  $A_z$  のブレよりも  $\omega_x$ ,  $\omega_z$  のブレで差が見られたのは, 前者はひじの動き, 後者は手首の動きによって生じ, ひじよりも手首のほうが自由度が高いためであると考えられる。

表 1: ブレの結果  $A[G]$ ,  $\omega[deg/s]$

|                 | 熟練者  | 準熟練者            | 未熟練者            |
|-----------------|------|-----------------|-----------------|
| $A_y$ (押し)      | 0.65 | $0.62 \pm 0.07$ | $0.74 \pm 0.11$ |
| $A_y$ (引き)      | 0.90 | $0.89 \pm 0.07$ | $0.94 \pm 0.08$ |
| $A_z$ (押し)      | 1.0  | $1.2 \pm 0.1$   | $1.3 \pm 0.1$   |
| $A_z$ (引き)      | 1.4  | $1.6 \pm 0.1$   | $1.7 \pm 0.1$   |
| $\omega_x$ (押し) | 35   | $24 \pm 4$      | $32 \pm 4$      |
| $\omega_x$ (引き) | 37   | $47 \pm 10$     | $48 \pm 4$      |
| $\omega_z$ (押し) | 14   | $13 \pm 2$      | $22 \pm 2$      |
| $\omega_z$ (引き) | 17   | $15 \pm 2$      | $22 \pm 3$      |

表 2: 摩擦の結果  $A[10^{-3}G^2]$ ,  $\omega[10^{-4}(deg/s)^2]$

|                 | 熟練者 | 準熟練者          | 未熟練者          |
|-----------------|-----|---------------|---------------|
| $A_x$ (押し)      | 0.3 | $0.4 \pm 0.3$ | $0.8 \pm 0.3$ |
| $A_x$ (引き)      | 2.1 | $4.3 \pm 1.9$ | $6.7 \pm 0.6$ |
| $\omega_y$ (押し) | 1.3 | $1.5 \pm 0.2$ | $3.3 \pm 0.9$ |
| $\omega_y$ (引き) | 1.1 | $5.2 \pm 2.1$ | $9.8 \pm 3.4$ |

## 4 まとめ

本研究では提案した特徴量で評価を行い, 各区分の被験者ごとの比較を行った。その結果, 準熟練者は熟練者に比べて引きがスムーズに行えておらず, 未熟練者は押し引きともにスムーズに行えておらず手首が固定されていないことが分かった。これにより, 提案した特徴量により鋸引きの技能評価をできることが示唆され, また各区分の被験者の鋸引きの特徴の差異を明らかにすることができた。

### 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP15K04437 の助成を受けたものである。