

原著論文

## なぜ、包丁の切断により異なる感覚が生起されるのか？

乃生 将也\*, 佐藤 敬子\*, 下川 房男\*, 石塚 裕己\*\*

\* 香川大学, \*\* 大阪大学

### How does Kitchen Knife Cause Different Sensation?

Masaya NOU\*, Keiko SATO\*, Fusao SHIMOKAWA\* and Hiroki ISHIZUKA\*\*

\* Kagawa University, 2217-20 Hayashi-cho, Takamatsu-shi, Kagawa 761-0396, Japan

\*\* Osaka University, 1-3, Machikaneyama-machi, Toyonaka-shi, Osaka 560-0043, Japan

**Abstract :** Tools are indispensable for our daily life. For example, we use knives to process foods or other materials such as resin or wood. Tactile texture sensation which arises when we touch objects directly has been investigated by many groups. However, the sensation caused by the use of tools has not well been explored. In this study, we focused on kitchen knife which we often use for cooking, and evaluated sensation caused by the use of the kitchen knife. In the experiment, we asked 20 participants to cut 12 foods and rate the sensation of each item. Furthermore, we measured force and acceleration to analyze the relationship between sensation and these physical quantities. The result showed that sensation via cutting process can consist of three sensory factors, “ease of cutting”, “density”, and “elasticity”, and these sensory factors relate to the physical quantities.

**Keywords :** Kitchen knife, Tools, Cooking, Tactile perception, Physical measurement

#### 1. はじめに

人間は皮膚を通して外界からの触覚情報を得て、周囲の環境や自分の状態を把握している。具体的には、人間は物体に触れた際に、皮膚の変形によって触覚受容器と呼ばれる神経細胞が刺激されることで、触感を知覚していることが一般的に知られている [1]。皮膚が物体に触れた際に知覚する触感に関する研究や [2-4]、皮膚の内部に存在する触覚受容器を各種デバイスにより皮膚上から刺激することで、直接物体に触れた際の触感を再現する装置に関する研究がこれまで数多く報告されてきた [5-7]。その一方で、我々人間は日頃から道具を使用し、間接的に物体に触れる機会も多い。そのため、皮膚が直接物体に触れた際に知覚される触感情報だけでなく、道具を介した際に知覚される触感情報に関する研究も極めて重要であると言える。

上述した道具を介した際に知覚される触感を解明する研究として、Millerらは、手で持った木の棒で物体に触れるとき、木の棒が見えない状態でも木の棒と物体がどの位置で接触したかを特定できることを示している。さらに、体に接触したことを感知する脳の領域は、道具を持った状態で接触したときにも同様に働くことを明らかにしている [8-10]。つまり人間の脳は、手に持った道具から知覚する感覚も、皮膚から知覚する感覚と同様に認識していると考えられる。また、Yoshiokaらは、指で直接触れる際と、グローブを用いて間接的に触れる際の物体表面の質感の知覚について比較を行い、両者が類似しているものの、同一ではないことを示している [11]。

実際に頻繁に使用する道具を使う際の物理量と感覚の関係に関する従来研究としては、ハサミに関する研究がある。

Wagaらは、ハサミを用いて特徴の異なる物体を把持／切断した際の力と使用者が知覚した感覚の関係を明らかにするために、ひずみセンサを用いた切断力の測定と官能評価を行った。結果から、触感の1つである硬さは物体に触れるわずかな時間での力の変動によって、さらに別の触感である粘着性は物体が刃から離れる際の力の増減によって、さらに乾燥感 は刃を閉じている間の力の変動や刃を閉じた瞬間の力の減少によって知覚されていると結論付けた [12]。Wagaらの結果から、ハサミを用いた際の感覚は切断時に生じる力によってある程度説明できると考えられる。

現在のところ、道具を介して知覚される触感の研究は、上述したグローブやハサミを用いた研究のみで、他の道具を用いた例は報告例が無い。道具を介した際の触感の知覚メカニズムを解明するためには、様々な道具について実験を行い、その中に共通する事項を抽出していく必要がある。本研究では、ハサミと同様に切断作業に使用され、かつ調理の場面において、我々の日常生活で頻繁に用いられ欠かすことができない包丁に着目し、包丁の使用時に知覚する触感に関して評価を行った。実験では、20名の被験者が包丁で12種類の食材を切断する際の物理量(力と加速度)を測定し、同時に切断時の感覚をSD法によって評価した。得られたデータから、①食材によって切断時の物理量が異なるかどうか分析し、②切断時の感覚を構成する因子を見出し、さらに、③切断時に生じる物理量と感覚因子を比較し、相関関係の把握を目指した。最後に、本研究で得られた包丁の結果と、ハサミの結果とで比較を行うことで、これらの切断を行う道具に関する物理量の変動やそれに起因する感覚に共通事項が存在するかの確認を行った。

2. 実験方法

2.1 装置

食材（以下、「試料」という。）を切断する際に被験者が加えた力を測定するために、静電容量型6軸力覚センサ（WEF-6A200-4-RCD, 株式会社ワコーテック）の上に両面テープを用いてアクリル板を固定し、アクリル板上で被験者に試料を切断させる装置を作製した。この際、試料を抑えるために加えられる力を除いて、包丁を用いて試料に加える力のみを測定するために、利き手と反対側の手を乗せる台と、試料を固定する治具をあわせて作製した。設計寸法を図1に、使用した材料を表1にまとめて示す。また、試料切断時の微小な力の変動により生じる振動を測定するために、静電容量型3軸加速度センサ（ADXL345, ANALOG DEVICES）を用いた。3軸加速度センサは、両面テープを用いて包丁（Galaxy 万能包丁, 大創産業）の刃の根元に固定した。

記録用ノートPCにはマイクロコントローラ（mbed LPC1768, ARM）がUSBケーブルを介して接続されており、マイクロコントローラには3軸加速度センサと6軸力覚センサを接続した。マイクロコントローラと加速度センサは、I<sup>2</sup>C通信を行い、Z軸方向の加速度をデジタル値として取得した。マイクロコントローラと力覚センサの接続にはD/A変換モジュール（DAIF-1500, 株式会社ワコーテック）と可動ケーブル（CWE-6AR10(24)-DI, 株式会社ワコーテック）を用いた。6軸力覚センサから出力されるデジタル信号をアナログ信号に変換して、Z軸方向の力を電圧値として取得した。この装置を使用した実験の様子の一例を図2に、さらに実験装置の全体図を図3に示す。測定プログラムは、スイッチを押すと測定を開始し、1 ms間隔で10000個のデータを取得後、bin ファイルとして保存できるよう作成した。

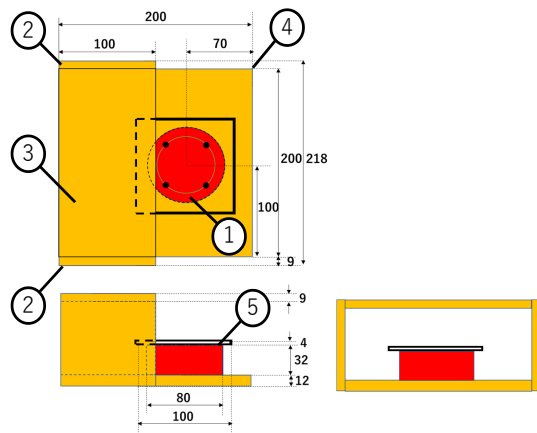


図1 力の測定に用いた装置の設計寸法

表1 力の測定に用いた装置の部材

| 番号 | 部品                            | 個数 |
|----|-------------------------------|----|
| 1  | 静電容量型6軸力覚センサ                  | 1  |
| 2  | 木板（100 mm × 100 mm × 9 mm）    | 2  |
| 3  | 木板（200 mm × 100 mm × 9 mm）    | 1  |
| 4  | 木板（200 mm × 200 mm × 9 mm）    | 1  |
| 5  | アクリル板（100 mm × 100 mm × 4 mm） | 1  |



図2 実験装置使用時の様子

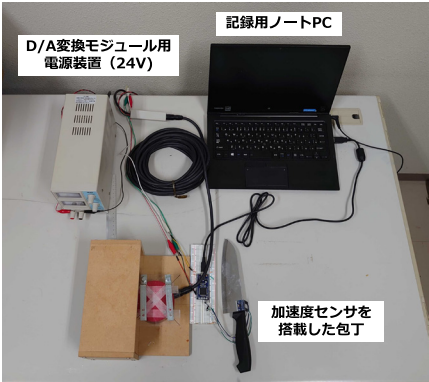


図3 実験装置の全体図

2.2 被験者と試料

被験者は、右利きの男性20名（平均年齢：23.0歳，SD：2.21）であった。被験者全員から、香川大学創造工学部研究倫理審査委員会承認されたインフォームドコンセントを取得した（承認番号：01-010）。実験には、表2に示した12種類の試料を用いた。選定にあたり、食品の物性の硬さを10段階、弾性を5段階に区分化した過去の研究を参考にした[13]。斜線は、弾性が極めて小さいと評価されたものである。また、構造についても、層状になっている（単層）かそうでないか（多層）の分類を行った。試料の大きさは高さ20 mm，奥行き30 mmに統一し，先入観を与えないように被験者には食材の種類や大きさは伝えずに実験を行った。

切断時の感覚評価には、SD法を用いた。評価に用いた形容詞対は、包丁の切れ味を評価した過去の研究[14]を参考に、「柔らかい－硬い」，「湿った－乾いた」，「弾性がある－弾性がない」，「滑らか－粗い」，「低密度な－高密度な」，「刃が刺さりやすい－刃が刺さりづらい」，「刃が通りやすい－刃が通りづらい」，「快適な

表2 試料の種類と特徴

| 番号 | 種類    | 特徴        |          |    |
|----|-------|-----------|----------|----|
|    |       | 硬さ (1～10) | 弾性 (1～5) | 構造 |
| 1  | ニンジン  | 10        |          | 単層 |
| 2  | キャベツ  | 10        |          | 多層 |
| 3  | ジャガイモ | 9         |          | 単層 |
| 4  | タマネギ  | 8         | 3        | 多層 |
| 5  | ダイコン  | 8         |          | 単層 |
| 6  | カマボコ  | 8         | 5        | 単層 |
| 7  | リンゴ   | 7         |          | 単層 |
| 8  | ロースハム | 5         | 3        | 単層 |
| 9  | コンニャク | 5         | 5        | 単層 |
| 10 | 焼豚    | 4         | 3        | 単層 |
| 11 | 木綿豆腐  | 1         | 4        | 単層 |
| 12 | 絹豆腐   | 1         | 3        | 単層 |

なぜ、包丁の切断により異なる感覚が生起されるのか？

「不快な」の8つを選定し、この順序で評価してもらった。被験者は、1つの設問に対して7段階（1：非常に××，2：かなり××，3：やや××，4：どちらともいえない，5：やや○○，6：かなり○○，7：非常に○○）で評価した。

## 2.3 実験手順

まず、被験者に対して実験の概要と手順の説明を行った後、切断時の姿勢や実験の流れを確認するために、4種類の試料（ダイコン、木綿豆腐、ジャガイモ、コンニャク）を用い、この順で練習を行った。図2に示すように、試料切断時はアイマスクとヘッドホンを着用してもらい、被験者の視覚と聴覚を遮断した。アイマスク着用後は、被験者には試料の位置が視認できないため、切断する前の刃の位置は実験者が誘導した。さらに、切り方を統一するために、装置の正面に立ち、利き手側の足を半歩後ろに引いた姿勢で、利き手に包丁を握り、逆の手を台の上に乗せ、包丁を前に押すように

動かすことを意識して試料を切断するように指示をした。被験者は、1種類の試料を切断するごとに、切断感覚に応じて形容詞対の評価シートに回答し、これを12種類の試料で繰り返した。また、被験者には、各試料を切断する前には必ず体の位置合わせと姿勢の確認をするように指示した。測定時間は10秒間とし、被験者にはその時間内に切り終わるように指示した。測定開始時に、ヘッドホンからホワイトノイズを呈示し、測定終了時に停止させた。また、試料の切断順序による影響を取り除くために被験者を5グループに分割し、カウンターバランスをとった。

## 3. 実験結果

### 3.1 切断時に生じた物理量

試料切断時に生じた力の推移の例として被験者3名分の力の推移を図4に、被験者1名分の加速度の推移を図5に示す。

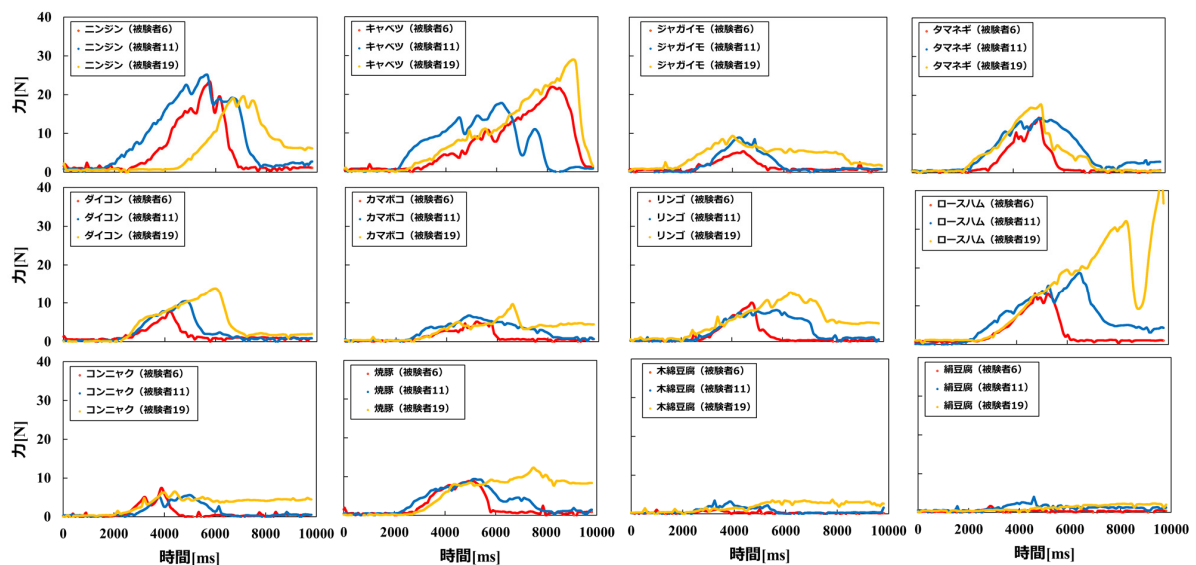


図4 試料切断時に生じた力の時間推移

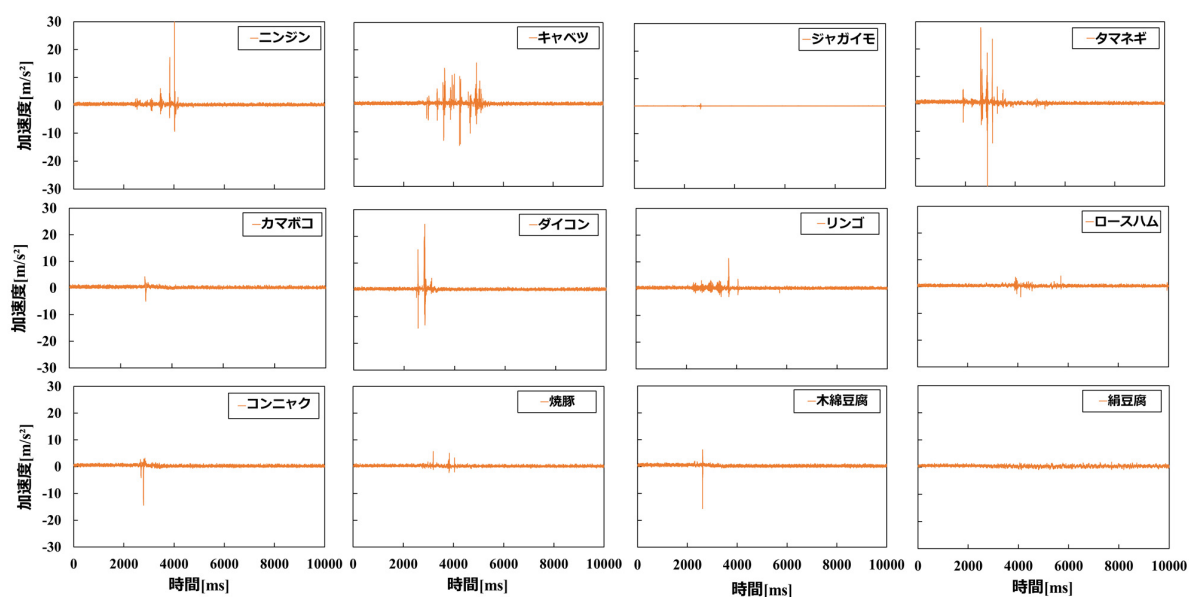


図5 試料切断時に生じた加速度の時間推移

力のデータは、ノイズ除去のためにデータ100点で移動平均を2回行い平滑化した。さらに、切断時に生じた力の最大値と、振動の発生率を算出した。このとき、振動の発生率は、切断が終了した瞬間に見られる加速度の急激な増幅をアクリル板と包丁の衝突した際に生じた加速度の変動と考えて、これを除いた場合の振動の有無を視覚的に0(無)と1(有)に区分し、試料毎にその値の平均値から算出した。

### 3.2 切断時の感覚因子

各形容詞対に対する評価得点について被験者の平均値を算出して因子分析を行った。解析にはRを用いた。因子抽出法には最尤法を、因子軸の回転にはバリマックス回転を用い、3因子を抽出した。回転後の因子負荷量及び因子寄与率を表3に示す。因子2では「低密度な－高密度な」、因子3では「弾性がある－弾性がない」の因子負荷量が高くなり、それら

表3 回転後の因子負荷量および因子寄与率

| 設問                | 因子1   | 因子2    | 因子3    | 独立因子  |
|-------------------|-------|--------|--------|-------|
| 滑らか－粗い            | 0.964 | 0.126  | 0.215  | 0.009 |
| 柔らかい－硬い           | 0.895 | 0.395  | 0.195  | 0.005 |
| 刃が刺さりやすい－刃が刺さりづらい | 0.853 | 0.478  | -0.069 | 0.040 |
| 湿った－乾いた           | 0.791 | -0.037 | 0.231  | 0.320 |
| 刃が通りやすい－刃が通りづらい   | 0.780 | 0.500  | -0.267 | 0.071 |
| 快適な－不快な           | 0.717 | 0.359  | 0.022  | 0.356 |
| 低密度な－高密度な         | 0.236 | 0.878  | -0.259 | 0.107 |
| 弾性がある－弾性がない       | 0.186 | -0.225 | 0.954  | 0.005 |
| 寄与度               | 4.295 | 1.602  | 1.191  |       |
| 寄与率               | 0.537 | 0.200  | 0.149  |       |
| 累積寄与率             | 0.537 | 0.737  | 0.886  |       |

以外の「滑らか－粗い」「柔らかい－硬い」「刃が刺さりやすい－刃が刺さりづらい」「湿った－乾いた」「刃が通りやすい－刃が通りづらい」「快適な－不快な」といった設問への因子負荷量は因子1で高くなった。これらのことから、因子1を「切りやすさ因子」、因子2を「密度因子」、因子3を「弾性因子」と解釈した。各因子における各試料の因子得点を図6に示す。これ以降、「切りやすさ因子」と「弾性因子」については、切りやすい場合と弾性がある場合について因子得点が高くなるよう、それぞれ符号を反転させて表記している。

### 3.3 物理量と感覚因子の関係

試料を切断時に生じた力の最大値と「切りやすさ因子」「密度因子」「弾性因子」得点の関係を散布図として図7に示す。また、「切りやすさ因子」については、複数の形容詞が集中したため、設問ごとに図8に示す。同様に、加速度の有無から算出した振動の発生率と因子得点の関係を図9に、「切りやすさ因子」に含まれる評価得点との関係を図10に示す。

## 4. 考 察

まず、切断時に生じた物理量について、図4で示した切断時に生じる力の推移と表2で示した試料の特徴を比較すると、硬さの値が大きい試料は、切断時に加えられた力の最大値が大きくなるという傾向が得られた。しかし、ジャガイモとカマボコについては他の試料と比べて力が小さくなった。

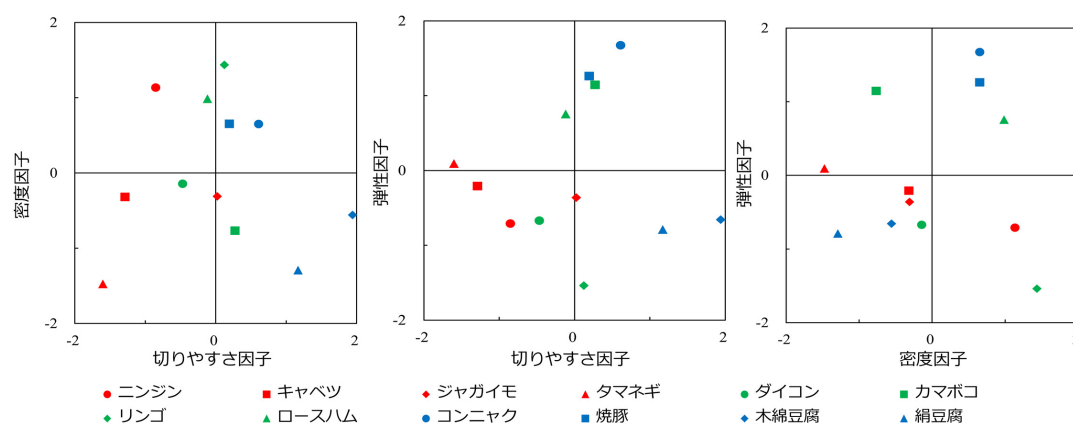


図6 実験に使用された試料の「切りやすさ因子」「密度因子」「弾性因子」得点

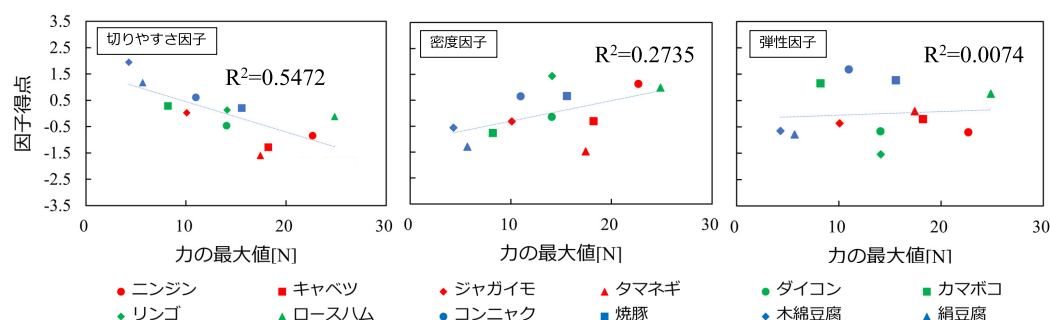


図7 試料切断時に生じた力の最大値と「切りやすさ因子」「密度因子」「弾性因子」得点との関係



なぜ、包丁の切断により異なる感覚が生起されるのか？

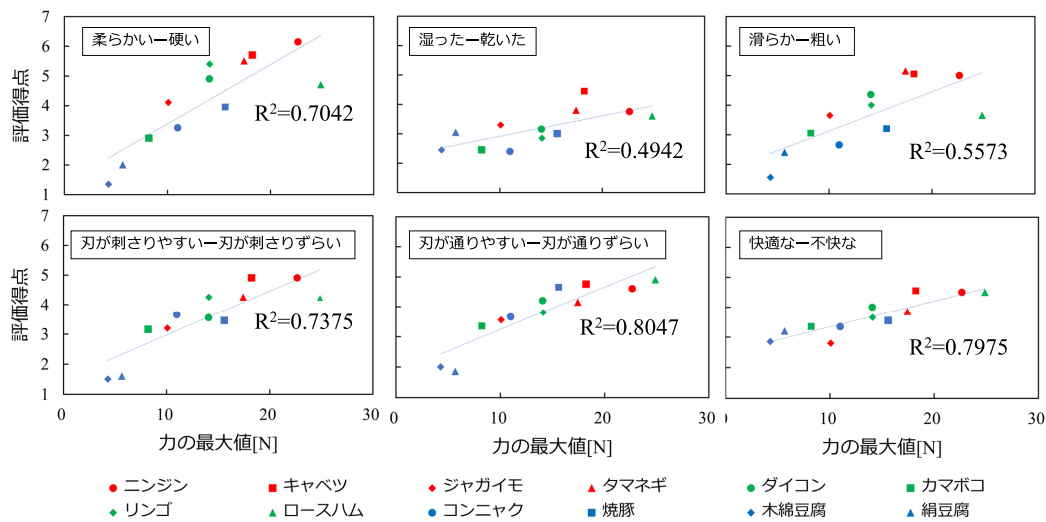


図8 試料切断時に生じた力の最大値と「切りやすさ因子」に含まれる評価得点の関係

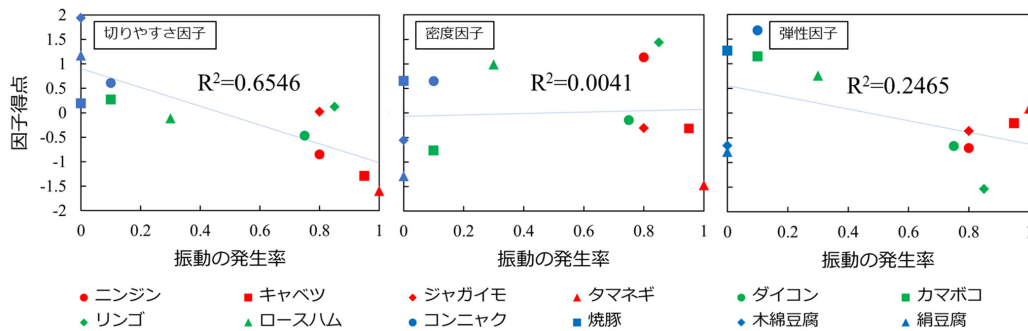


図9 試料切断時の振動発生率と「切りやすさ因子」「密度因子」「弾性因子」得点の関係

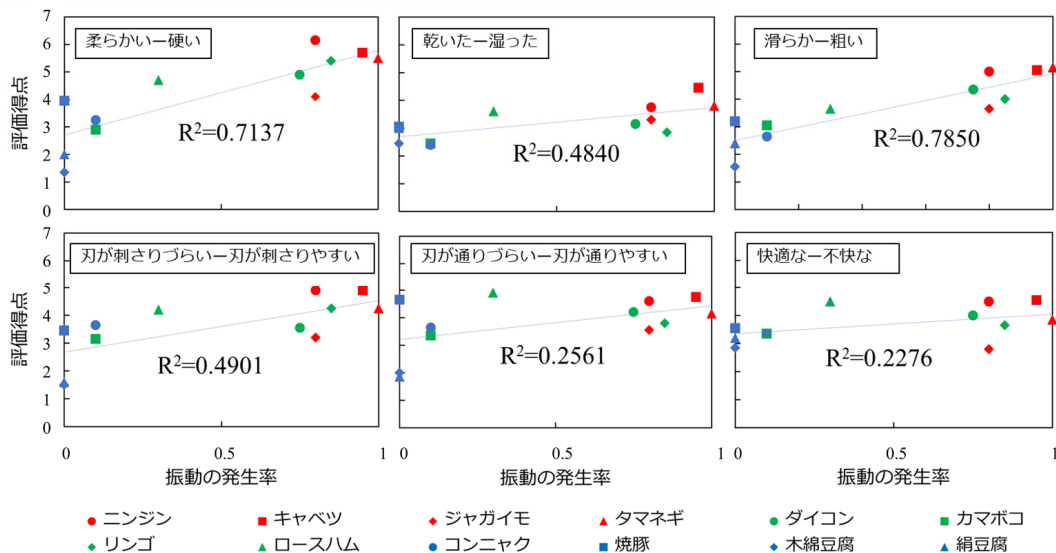


図10 試料切断時の振動発生率と「切りやすさ因子」に含まれる評価得点の関係

また、ロースハムと焼豚の硬さの値は中程度であるが、力が大きくなる傾向が見られた。また、図5で示した切断時に生じた加速度の推移については、硬い試料では大きい振動が生じる傾向がみられた。これは、切断中に刃が動作と停止を繰り返すため、振動が生じたと考えられる。更に、硬く多層

構造であるタマネギやキャベツにおいては振動の発生回数が多くなっており、これは層を切断する度に振動が生じたことによると考えられる。一方で、木綿豆腐や絹豆腐といった柔らかい単層の試料では刃が停止しないことから、振動が生じていないことが分かる。

切断時の感覚については、8個の形容詞対への評価から3つの感覚因子「切りやすさ因子」「密度因子」「弾性因子」が抽出された。試料の各因子得点を示した図6から、タマネギ、ニンジン、キャベツは特に切りにくく、木綿豆腐や絹豆腐は切りやすいと評価された。また、ニンジン、リングは密度が高く、タマネギと絹豆腐は密度が低いと評価された。弾性については、コンニャクが最も弾性ありと評価され、リングが最も低くなった。表2に示した試料の特徴と比較すると、「切りやすさ」の評価には試料の硬さが、「弾性」の評価には試料の弾性が関係していると考えられる。

切断時に生じた力と感覚因子の関係に着目すると、図7より、力の最大値と「切りやすさ因子」の間に正の相関が見られた。「密度因子」では、弱い正の相関が見られたが、「弾性因子」では相関が見られなかった。このことから、切断時に加えられた力の大きさが「切りやすさ」を決定する要因の1つであり、加えて「密度」の評価にも影響していることが分かる。また、図8より「切りやすさ因子」に含まれる各形容詞との関係から、「柔らかい－硬い」、「刃が刺さりやすい－刃が刺さりづらい」、「刃が通りやすい－刃が通りづらい」、「快適な－不快な」の4つの評価項目で特に強い正の相関が見られた。このことから、刃をスムーズに動かすことができ、大きな力を加えずに切断できたときに快適さが得られることが分かる。

加速度は周期性が見られなかったため、今回は特徴量として加速度の振幅の有無から求めた振動の発生率を用いた。図9より、振動発生率と「切りやすさ因子」の間に正の相関が見られたことから、振動が生じにくいほど切りやすいと評価されることが示された。「弾性因子」への評価では、弱い正の相関が見られたが、「密度因子」との相関は見られなかった。また、「切りやすさ因子」に含まれる各項目との関係(図10)から、「柔らかい－硬い」、「滑らか－粗い」で強い正の相関が見られた。このことから、これらの感覚には力の微小な振動に起因した振動が影響したと考えられる。

以上のことから、包丁を用いて試料を切断する際の感覚は「切りやすさ因子」、「密度因子」、「弾性因子」によって構成されることが示され、これらの組み合わせで試料を切断する際の感覚が決定されていると言える。「切りやすさ因子」に対しては、切断時の印加する力や振動と強い相関が見られたことから、「切りやすさ」の評価は切断時に必要な力によって説明できると言える。「密度因子」と「弾性因子」についても、力の最大値や振動発生率と弱い相関がみられ、これらの物理量が少なからず影響していると考えられる。本研究では検討していない粘性のような力や、別な物理量を測定することによって、これらの感覚因子をより良く説明できる可能性もある。

最後に、ハサミを用いて切断を行った際の感覚との比較を行う。Wagaらは、人間はハサミで物体を把持/切断する際、硬さの感覚は刃と物体が接触したときに生じる力に影響されると述べている。また、切断時に乾燥感(湿感)を感じる際には振動が生じている傾向も見られたと報告している[12]。本研究の結果を見ると、包丁を用いた切断でもハサミと同様に、切断が完了した瞬間に急激に力が減少する傾向が見られ

た。この傾向は切断を行う際に生じる普遍的な力の変動であると考えられる。硬さの感覚については、硬いと評価された試料で力の最大値が大きくなる傾向が見られた。包丁や他の切断を行う道具を用いた際にも、刃が接触したときの力の変化や、切断する際に生じる反力に応じて硬さを判断していると考えられる。また、微小な力の変動に起因する振動の有無が乾燥感(湿感)を生じさせているような結果も得られた。キャベツやニンジンのような切断時に振動が発生する試料に対して、乾燥していると評価される傾向が見られている。乾燥感についても包丁とハサミを使う際に同様の傾向が見られたことから、切断における共通事項である可能性が考えられる[12]。以上のことから、包丁による切断においても、ハサミの場合と同様の物理量と感覚との対応があり、この関係については切断を行う道具に見られる普遍的な傾向であると考えられる。もっとも、本研究では12種類の試料のみを扱ったため、別な試料に対してもこの知見が見られるかどうかは更なる実験が必要である。また、同じ種類の試料であっても、部位、収穫時期、加工方法によって違いが生じてくる可能性がある。更に、被験者として男子大学生20名を対象としたが、料理経験が豊富な被験者を対象にした場合、切断時の感覚因子は異なる可能性もある。これについても検討が必要であろう。

## 5. 結 論

本研究では、包丁で12種類の試料を切断した際に生じた力と加速度を測定し、切断時の感覚をSD法によって評価した。得られた評価得点をもとに因子分析を行い、切断時の感覚因子として3因子を抽出した。そして、測定した力及び加速度と因子分析の結果を比較することで、切断時に生じた力及び加速度から得た物理量と、切断時の感覚因子との関係を評価した。その結果、試料切断時に感じる滑らかさや柔らかさ、刃の通りやすさに関わる「切りやすさ因子」、密度に関わる「密度因子」、弾性に関わる「弾性因子」の3つの因子によって切断時の感覚が生じていることが示された。特に「切りやすさ」は、包丁で食材を切断する際に加えられる力の大きさや生じる振動によって決定されることが確認された。一方で、「密度」や「弾性」に対する感覚についても、力の大きさや生じる振動が少なからず影響を及ぼす可能性が示唆された。

本研究で得られた知見から、包丁による切断において切りやすい感覚を得るためには、切断時に生じる力を減らし、振動を抑制すればよいと言える。このことは、包丁だけでなく切りやすい道具を作製する際に考慮すべき事項であると考えられる。本研究の結果は、これまで検討されてこなかった、包丁切断時における感覚はどのようなものかを解明しただけでなく、切断しやすい道具の開発や道具を介したリアルな力覚提示への活用が期待できる。

## 謝 辞

本研究はJSPS 科研費18H05010の助成を受けたものです。

なぜ、包丁の切断により異なる感覚が生起されるのか？

## 参 考 文 献

- [1] 宮岡徹ほか：触受容器と末梢における触覚情報処理，触覚認識メカニズムと応用技術－触覚センサ・触覚ディスプレイ，S&T出版，pp.3-18，2010.
- [2] Nagano, H., Okamoto, S. and Yamada, Y.: Haptic invitation of textures: Perceptually prominent properties of materials determine human touch motions, IEEE Transactions on Haptics, 7(3), pp.345-355, 2014.
- [3] 早川智彦，松井茂，渡邊淳司：オノマトペを利用した触り心地の分類手法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，15(3)，pp.487-490，2010.
- [4] 白土寛和，前野隆司：触感呈示・検出のための材質認識機構のモデル化，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，9(3)，pp.235-240，2004.
- [5] Jiao, J., Zhang, Y., Wang, D., Visell, Y., Cao, D., Guo, X., and Sun, X.: Data-driven rendering of fabric textures on electrostatic tactile displays, Proceedings of 2018 IEEE Haptics Symposium, pp.169-174, 2018.
- [6] Bocherreau, S., Sinclair, S., and Hayward, V.: Perceptual constancy in the reproduction of virtual tactile textures with surface displays, ACM Transactions on Applied Perception, 15(2), pp.1-12, 2018.
- [7] Strohmeier, P., and Hornbæk, K.: Generating haptic textures with a vibrotactile actuator, Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.4994-5005, 2017.
- [8] Miller, L. E., Montroni, L., Koun, E., Salemme, R., Hayward, V., and Farnè A.: Sensing with tools extends somatosensory processing beyond the body, Nature, 561, pp.239-242, 2018.
- [9] Miller, L. E., Fabio, C., Ravenda, V., Bahmad, S., Koun, E., Salemme, R., Luauté, J., Bolognini, N., Hayward, V., and Farnè, A.: Somatosensory cortex efficiently processes touch located beyond the body, Current Biology, 29(24), pp.4276-4283, 2019.
- [10] Miller, L. E., Cawley-Bennett, A., Longo, M. R., and Saygin, A. P.: The recalibration of tactile perception during tool use is body-part specific, Experimental Brain Research, 235, pp.2917-2926, 2017.
- [11] Yoshioka, T., Bensamaïa, S. J., Craig, J. C., and Hsiao, S. S.: Texture perception through direct and indirect touch: An analysis of perceptual space for tactile textures in two modes of exploration, Somatosensory & Motor Research, 24, pp.53-70, 2007.
- [12] Waga, M., Aita, Y., Noma, J., and Nonomura, Y.: Tactile feels in grasping/cutting processes with scissors, Technologies, 6(3), pp.1-9, 2018.

[13] 柳沢幸江，田村厚子，赤坂守人，寺元芳子：食品の物性と摂食機能に関する研究 第1報 食品物性の器機的測定，並びに食品分類について，小児歯科学雑誌，23(4)，pp.962-983，1985.

[14] 鴨下隆志，矢野宏：厨房用刃物の切味試験，人間工学，15(6)，pp.325-333，1974.



乃生 将也 (非会員)

2020 年 香川大学工学部知能機械システム工学科卒業。2020 年よりパナソニック サイクルテック勤務。



佐藤 敬子 (正会員)

2007 年 岡山大学大学院教育学研究科技術教育専攻修了。2008 年 立命館大学文学部心理学専攻助手。2011 年 東京農工大学大学院生物システム応用科学府にて博士号取得 (工学)。2013 年 香川大学工学部知能機械システム工学科助教，2017 年 講師。2020 年 香川大学創造工学部准教授，現在に至る。電子情報通信学会，日本心理学会，電気学会，IEEE などの各会員。



下川 房男 (非会員)

1983 年 3 月 長岡技術科学大学大学院 工学研究科 電子機器工学専攻 修了。同年 日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。1995 年 3 月 博士 (工学)。2010 年より，香川大学工学部 (現創造工学部) 教授。現在，マイクロファブリケーション技術を用いた植物の生体情報センシングに関する研究に従事。電気学会では，2014 年 第 70 回電気学術振興賞 論文賞，精密工学会では，1992 年，1999 年に精密工学会 技術賞を受賞。電気学会，精密工学会，日本生態学会等の各会員。



石塚 裕己 (非会員)

2011 年 明治大学理工学部機械情報工学科卒業。2013 年 明治大学大学院理工学研究科機械工学専攻修了。2016 年 慶應義塾大学大学院理工学研究科総合デザイン工学専攻にて博士号取得 (工学)。2016 年 香川大学工学部知能機械システム工学科助教。2019 年より大阪大学大学院基礎工学研究科機能創生専攻助教，現在に至る。日本機械学会，計測自動制御学会，日本 VR 学会の会員。