

爪色の変化によるものの重さの推定に関する基礎検討

松田さゆり¹ 中村聡史¹

概要: 日常生活を送る上でもものの重さや量をはかることは頻繁に発生する。その際には計量器などの道具を要するが、必ずしも手元にあるとは限らず、目分量で計量してしまうことも考えられる。しかし、ひとの目分量は正確では無く、料理等で計量に間違いがあると、失敗のもとになってしまう。ここで爪色は、力を加えると赤色から白色に変化する。そこで本研究では、特別な道具なく重さをはかるため、ものを持った時の指の爪色の変化を利用する手法を提案する。また、ものの重さに対応して爪色は変化するという仮説を立て、50g 刻みの重さについて爪画像のデータセットを構築した。また分析の結果、重さに応じて HSV, RGB の値が変化する傾向があること、1つの重さあたり 20 枚程度の爪画像があると 85%の精度で判定できることが明らかになった。

キーワード: 爪, 計量, 料理

1. はじめに

料理において、水や調味料の量、食材の重さなどをはかることが頻繁にある。こうしたものの量をはかるには道具が必要であり、一般的に計量スプーンや計量カップ、電子計量器などが用いられる。

料理を行う中で、毎回計量器を使用することは面倒に感じやすい。我々が Yahoo!クラウドソーシング[1]にて行った、自炊する人に向けた男女 1,000 人に対するアンケート調査によると、有効回答者 991 人の内、642 人 (65%) が材料を計量することを面倒と感じていることがわかった。またその理由として、「余計な洗いが増える」、「手間がかかる」、「道具を用意することが手間」などが挙げられていた。

計量器が手元に無い場合や、計量が面倒に感じた場合、自身の目分量や重さの感覚をもとに計測することになる。しかしひとが重さをはかる感覚は正確ではない。その例として、ひとは持ち上げる物体の重さを物体の大きさをもとに無意識に予想しているため、同じ重さのものでも大きさに応じて知覚する重さは変化してしまうという、大きさ重さ錯覚が知られている[2]。また、目ばかりは食品によって重量の把握にバラツキがみられること[3]や、ものを持っている手の色によって、重さを錯覚することも明らかになっている[4]。そのため、感覚をもとに重さをはかると袋麺などを作る際に水の量が適切ではなく、味が濃すぎる、薄すぎるなどの問題が発生したり、玉ねぎやにんじんなどの量が適切ではなく、具材のバランスが崩れたりするといった問題が起こりうる。実際にリンナイによる調査によると、料理で失敗した経験のある 392 人中、168 人 (42%) が分量を間違えたと答えていた[5]。一方、ダイエットのためにはご飯を盛る量を管理することが重要である。しかし毎回の食事の際に計量器を出すことは面倒に感じやすく、そこで目分量で盛ってしまうことはダイエットにおいて適切ではない。

ここでもものを持つ時に使用する人間の手指は、触、温冷、痛覚をつかさどる受容器の分布密度が高く、繊細な作業を行うことに適している[6]。また指先には毛細血管が張り巡らされており、毛細血管の血流量の変化は爪色で確認できる。ここで何もしていない状態の爪色は赤色に見えるが、指先に力がかかると白色に変化する。この性質を利用して、指が力を入れているかどうかや力を入れている方向を推定する研究が行われている[7]。我々はこの爪の色を手を持つものの重さを推定するために利用しようと考えた。

そこで本研究では、手でもものを持った際の圧力で爪色に変化し、その変化はものの重さに対応するという仮説のもと、ものを持った時の爪の色から重さを推定する手法を提案する。また、持つものの重さを変えた時の爪の画像を撮影する実験を行い、特徴量を検討し、その特徴量をもとに持っているものの重さの推定可能性を検証する。

2. 関連研究

2.1 料理における計量支援

ものを計量する際に、計量器や計量スプーン以外のものを用いる方法は多く研究されている。Watanabe ら[8]は smoon というレシピと連携してそのときに必要な調味料や材料の量と連動しスプーン自体が変形する手法を提案し、ユーザに複雑な単位の意識や計量を全くさせずに調理を支援することを可能にしている。尾高ら[9]は Arctanbler という目盛りが振られていない容器に携帯情報端末を取り付けることで、水平にして目盛りを読まずとも、ディスプレイ上に容量が提示されるシステムを提案した。Zhang ら[10]は軽量のものを対象とした VibroScale というスマートフォンを振動させることによる重量計を開発した。しかし振動を物体に伝えて測定するため、振動が伝わりにくい物体の重さはうまく測定できないという問題があった。

これらの研究は特別な器具や容器を必要とするもので

¹ 明治大学
Meiji University

あるが、我々の研究は自分自身の爪と、環境に配置されたカメラのみで計量対象による影響を受けずにものの重さをはかることを目指すものである。

2.2 指先にかかる圧力を計測する研究

ものを持つ際には、指先に圧力がかかる。この指先にかかる圧力の検出や、利用についても様々研究がなされている。Mascaro ら[11]は Photo-Plethysmograph nail sensors という爪に LED ライトと光検出器を取り付け、色の変化から、指の力を測定するタッチセンサを開発した。このセンサは直接ものに接触しながら指の圧力を測定が可能で、その値は非線形に変化することを明らかにした。Gulati ら[12]は指の腹にかかる圧力の面積の大きさによって、痕の残り方が異なることを調査した。その結果、痕の深さや色、面積などは刺激が静的か動的なのかに依存していることを明らかにした。白井ら[13]は爪の歪み情報から線形モデルを適用し、指先接触力の推定を行った。接線方向力の推定誤差は 1N 以内だが、法線方向力は歪みの感度が低いいため、推定誤差は接線方向力に比べて数倍となることがわかった。

このように、指先にかかる圧力をはかる研究、また圧力から何かを予測する研究は多数行われている。本研究は指先にかかる圧力による爪色の変化から、持っている重さを推定するものである。

2.3 爪色の変化を利用した研究

爪色の変化についても多数研究がなされている。豆野ら[14]は、LED とフォトダイオードを組み込んだデバイスと三軸力覚センサを用いて、爪色変化によって指先接触力が推定可能であること明らかにした。また加速度センサを組み込むことで、最大 10N の力を誤差 1~3N で推定可能であることを明らかにした。Mascaro ら[15]は爪の色を測定し、指の接触圧力を検出する手法を提案した。また、指にかかる圧力をもとに人の作業状況を判断し、その作業をロボットが支援するシステムに応用した。梶本[16]は、爪上に偏心型振動子と加速度・角速度センサを載せ、加振による指の振る舞いを計測することで指腹の接触位置等を推定する方法を提案した。迫田ら[17]は、指先に作用する力の大きさ、作用位置によって爪の赤色部分の面積はどのように変化するかを明らかにした。また爪の色は、0~5N 以下において高感度の色変化があり、それ以降は、白い部分の面積が緩やかに増加し、赤い部分の色の濃さが変化することを明らかにした。一方、清水ら[18]は指先を固定しない状態でスマートフォンのカメラで撮影した画像から指や爪床を自動検出し、爪床中心部の Green 成分の変化を利用することで、圧力を推定する手法を提案している。

このように爪色の変化から指の位置や姿勢などを推定する研究は多数行われている。本研究は爪色の変化を利用し、持っているものの重さを推定するものである。

3. 提案手法

本研究では、計量器なしでものの重さをはかれるようにすることを目的としている。ここで、ひとがものを持つときに指をよく利用するが、その指先には毛細血管が張り巡らされている。この毛細血管の血流量の変化は、爪色から読み取ることが可能である。具体的には、何もしていない状態の爪色は赤色に見えるが、指に力がかかると白色に変化する(図1)。我々はこの爪色の変化を手を持っているものの重さの推定に利用する。

システムのイメージ図を図2に示す。図2のようにキッチンに取り付けられたカメラが爪色及びその色変化を監視し、爪色の変化から入った量を自動で推定および提示するものである。爪色の変化により重さの推定が可能になれば、料理している場にある茶碗やコップなどで気軽に計量を行うことが可能になるとともに、中身が見えない瓶にどれくらい水を入れたかといったことも判断することができるようになると思われる。

また、本手法を応用することによって、食材の重さや、旅行かばんの重量、配達する荷物などの重さなども環境カメラで推定できるようになると期待される。

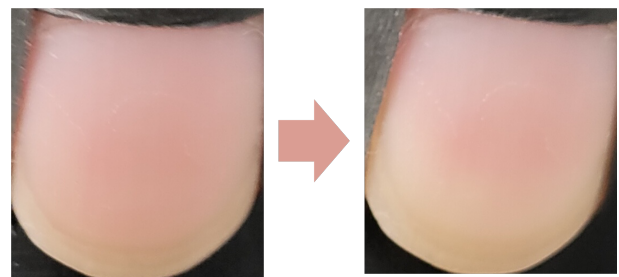


図1 爪色の変化

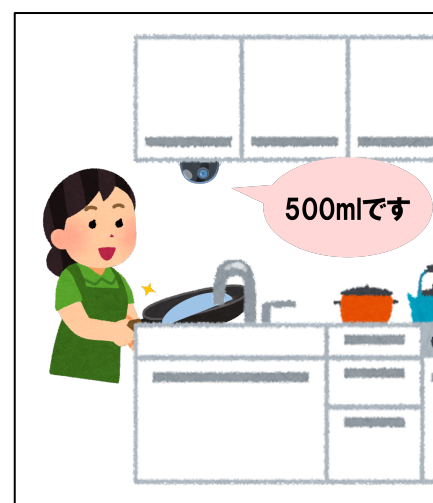


図2 システムイメージ図

4. データセット構築のための予備検討

4.1 仮説

本研究では、手でものを持った際に指にかかる圧力で爪色に変化し、その変化はものの重さに対応するという仮説のもと、持つものの重さを変えた時の爪の画像を撮影し、爪色の変化を観察する。ここではデータセット構築にあたり、適切な持ち方、抽出方法に関する予備検討を行うため爪色の変化を撮影し、観察を行った。

4.2 撮影方法と条件

爪色は個人によって異なるうえに、照明、容器の形、ものを持ち方によって変化してしまう。本研究では、持っているものの重さによる根本的な爪色への影響を明らかにするために、なるべく条件を統制して撮影することとした。

容器は容量500mlのペットボトルを使用した。池出ら[19]より、親指と人差し指の長さは、つまみやすいもの大きさに影響してしまうことが明らかになっている。そこでどの大きさの手のひとでも持ちやすいものとするため、容量500mlのペットボトルのキャップ部分を持つこととした。また、持つ指の本数や、指への力のかけ方は個人差がでやすい。そこで本研究ではこの持ち方においても条件を統制するために、キャップ部分のみを片手で持つこと、親指と人差し指の2本で持つこと、また他の3本の指は握るように持つことを指示した。

4.3 持ち方・抽出方法に関する予備検討

2本の指で持つ場合でも、様々な持ち方がある。ここで、迫田ら[17]は、爪色の変化は指先にある動脈網が大きく関与しており、指腹部に力を加えると、指先にある動脈網の血液の流れが滞り始めるため、爪の色は爪先から変化していくと指摘している。そこでさまざまな持ち方を試した予備検討の結果、ペットボトルの蓋を上からつまむように持つこととした。

爪色の分析をする際には指の画像から爪のみを抽出する処理が必要である。ここでFujishimaら[20]は爪領域を特定するために、爪と皮膚における画素の分布密度の差を利用しているが、明確に境界線を抽出することが困難であった。また、Yuら[21]は爪に直接マーカーを付けて爪の位置を特定しているが、この方法だと、マーカー部分の爪色は抽出することができないという問題がある。今回は実験のためのデータセット構築が目的であり、精度の高さが最優先だったため、簡易的に黒いテープで爪領域を限定することとした。

爪領域の限定方法と抽出方法についても検討を行った。1つ目の方法は爪の中に黒いテープで囲んだ四角形を作り、四角形部分を抽出する方法(図3)であり、2つ目の方法は爪の周りを黒いテープで囲い、黒でない部分を抽出する方法(図4)である。1つ目の方法は四角形として画像が抽出できるため、後にひとによって爪の形が異なっても、画像



図3 爪抽出方法①(左:爪抽出前 右:爪抽出後)

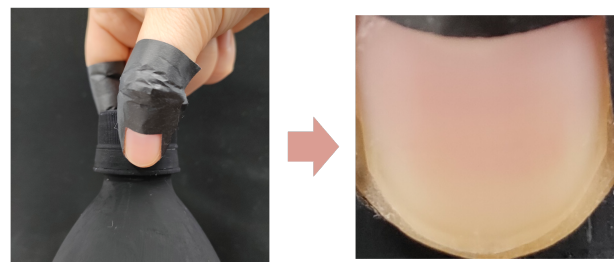


図4 爪抽出方法②(左:爪抽出前 右:爪抽出後)

の形を統制することが容易であるが、爪先の山形の部分まで抽出できない。2つ目の方法は、爪の先の山形の部分まで抽出可能であるが、爪が伸びている長さや元々の爪の形がひとによって異なるため、抽出される爪の形に違いが生じてしまう。

検討の結果、1つ目の方法ではテープで囲んだ4つの頂点が光の反射で頂点として認識されない場合が多く、また爪の一部のみしか取得できないため、重さの推定に不十分であった。そこで本研究では、2つ目の方法を採用し、画像の中からHSVの値を使用して領域を識別し、爪全体を抽出することとした。

5. データセット構築

5.1 データセット構築環境

爪写真の撮影には、OPPO Reno5Aに内蔵されているメインカメラを用いた。画素数は約6,400万画素(f/1.7絞り値)であり、照明条件は同じ場所で撮影することで可能な限り統制した。また、画像処理で爪のみを抽出しやすいうにするため、背景には内面反射防止剤を使用し、ペットボトルは黒く塗装した。使用した塗料は、光陽オリエントジャパン株式会社の真・黒色無双である。

データセット構築協力者にはまず、光の反射により爪が白く光ってしまうことを避けるために、爪にマットコート塗布してもらった。使用したマットコートはネイルホリックのSP011である。マットコートが乾いたら、爪だけを抽出するために爪の周りに黒色のマスキングテープを貼った。爪と誤検出される可能性がある皮膚の部分にもマスキングテープを貼った。撮影時には、データセット構築協力者の腕に負担が大きいかからないように台の上に乗っても

らい撮影した (図 5)。

5.2 データセットの構築と事前処理

本データセット構築では、データセット構築協力者に 0g から 500g まで 50g 区切りに水を入れたペットボトルを少ない量から順に 1 本ずつ持ってもらい撮影した。写真ごとに色味が異なってしまう可能性があるため、1 条件あたり 5 枚ずつ撮影した。

データセット構築協力者 1 人につき、左右それぞれの手で 0g から 500g まで 11 パターン、各パターンについて 5 枚ずつ撮影し計 110 枚を収集した。データセット構築協力者は大学生 17 人であったため、計 1,870 枚の爪写真を撮影し、4.3 節で述べた方法で爪の部分のみを切り出したデータセットを作成した。

また爪の画像から特徴量を抽出するため、画像を事前処理した。ここではまず、図 6 に示すようにひとによる爪の形、大きさの違いを統制するために 500px×500px に成形したのち、細かいノイズを除去するためにぼかし処理を行った。そして爪以外のテープやペットボトルの部分を除くために V の値が 170 よりも小さい部分を爪以外の部分として黒色になるよう HSV 全ての値を 0 にした。その後、色を RGB 空間に変換した。

5.3 結果

爪は先端から色が変化するため、爪の根元からの距離に着目し、値の変化について分析を行った。また爪色は個人差が大きいため、データセット構築協力者ごとに分析を行う必要がある。そこで、各協力者の 0g を持っている時の爪色と、他の重さを持っている時との差に着目した。

図 7 は RGB の G と B に関する、0g を持った時と、他の重さを持った時それぞれの値の差分を求め、全協力者の平均をとったものである。爪の根元側の 100px 分と、先端側の 50px 分は爪の形の個人差が大きく統制が取れなかったため、爪の根元から 100px～450px 区間のみをプロットした。R に関しても分析を行ったが、重さを変えても R の値は特に変化しなかったため、ここでは省略する。G に関しては、約 250px 以降の区間で差分がプラスになり、値が急激に上がる傾向があり、また、より重いものを持っている時に値が高くなることがわかる。B に関しては 250g より軽いものを持っている時は、爪の根元から先端にかけてあまり変化がない。しかし 250g 以上のものを持っている時は、約 250px 以降の区間で値が急に上がる傾向にあり、より重いものを持っている時に値が高くなることがわかる。そのため、持っているものの重さと G、B の値は相関があり、特に G において顕著であると考えられる。

ここで、爪の根元から 250px から 350px の区間における 0g との差分の最大値を左右の爪ごとにプロットしたグラフを図 8 に示す。横軸は持っている重さ、縦軸は 0g を持った時との差分の最大値である。図より、持っている重さが重くなるほど、G、B の最大値が高くなることがわかる。



図 5 実験の様子

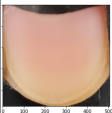
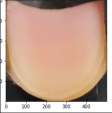
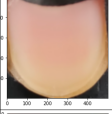
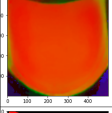
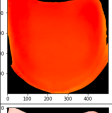
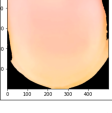
1		元画像
2		成形 (500px×500px)
3		ぼかし処理
4		HSV空間に変換
5		爪以外 (Vが170以下のピクセル) を HSV全て0に
6		RGB空間に変換

図 6 画像処理方法

なお B では、右爪より左爪の値の変化が大きいことがわかる。

爪の根元から先端に向かった HSV の値の変化についても RGB と同様に分析を行った結果、300px から 400px 区間において、持っているものの重さが重いほど H の値が大きくなり、S は値が小さくなる傾向がみられた。V についても分析を行ったが、特に傾向がみられなかった。これらのことから、持っているものの重さと H、S の値にも相関があると考えられる。

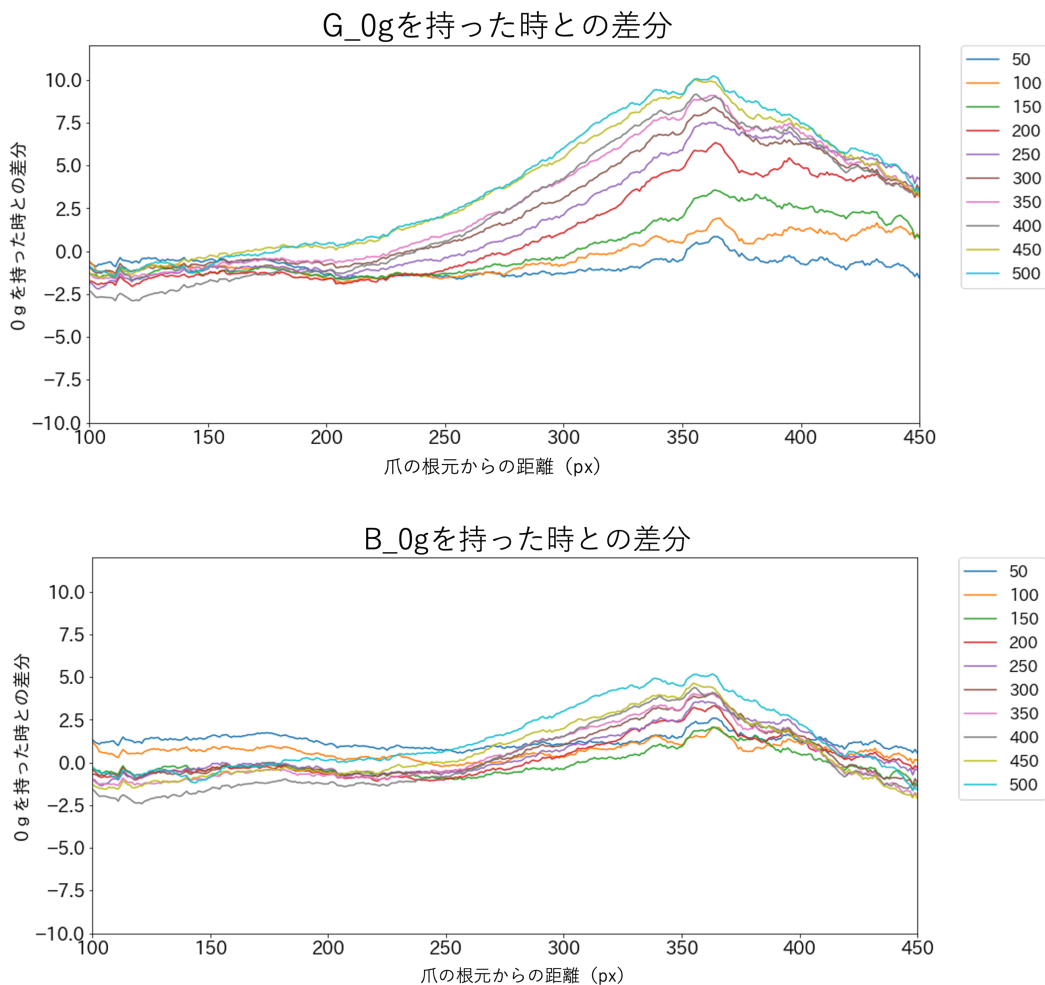


図7 G, Bに関する50g~500gを持った時の0gとの差分

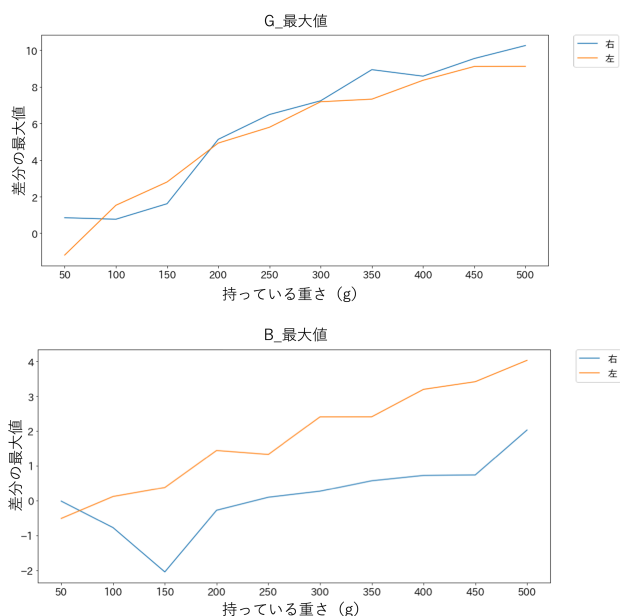


図8 250~350px 区間での0gとの差分の最大値

6. 機械学習による重さ推定

6.1 特徴量

5.3節の結果より, RGBのGとB, HSVのHとSの0gを持った時と50g~500gを持った時それぞれの爪色の差分を用いることで持っているものの重さを推定できると考えられる. そこで特徴量には, 爪の根元からの距離が250pxから350px区間のGとB, 300pxから400px区間のHとSにおける, 合計値, 最大値, 平均値を使用する. ここでG, Bに関しては区間内での値の変化傾向も特徴があるため, 値の変化幅と, 最大値と最小値からなる傾きも特徴量とすることとした.

爪の根本からの距離の他にも, 爪の横方向の位置によっても色の変化が異なる可能性がある. そこで図9に示す通り, 爪を横方向に3分割し, その分割された領域内での最大値等も特徴量とすることとした.

6.2 推定方法

爪画像から持っているものの重さを推定するため, G, B, H, Sの値から, 持っているものの重さを推定する線形回帰分析を行った. 線形回帰分析を採用した理由は, ものの重

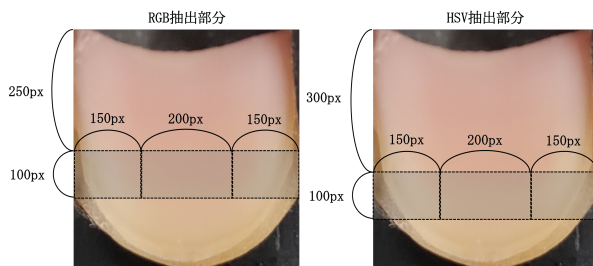


図9 特徴量抽出領域

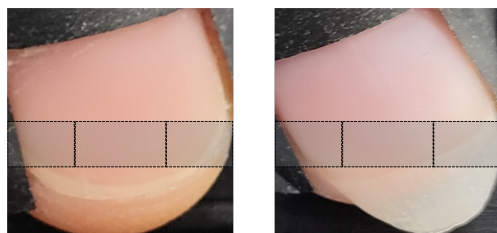


図10 伸びている爪の長さによる抽出部分のズレ

さに応じて爪の色は線形に変化する傾向がみられたためである。協力者1人につき5セット分の爪画像を用意したため、5分割交差検証を行った。機械学習にはPythonのライブラリであるscikit-learnを利用した。

6.3 推定率

爪画像から持っているものの重さを推定するため、0gを持った時と50g~500gを持った時それぞれのG, B, H, Sの値に関する特徴量で学習し、重さの推定を行った。持っている重さに対する推定分類確率をデータセット構築協力者全員において平均したものを表1に示す。この表より、正しく推定できなかった場合でも、その近くの重さを推定することがわかった。

推定精度についてはデータセット構築協力者により差があり、最も精度が高かったデータセット構築協力者は、20.99gの誤差で推定可能であることがわかった。しかし全

体では、右爪の平均二乗偏差平均は右爪が106.76g、左爪は104.92gと精度が低かった。

7. 考察

7.1 全体の爪色変化傾向

重いものを持つとRGB空間のGとBの値が高くなり、HSV空間のSの値も小さくなることから、重いものを持つと爪色が白色に近づく傾向があると考えられる。また、重いものを持っている時、爪の根元から先端にかけて急にG, Bの値が高くなることから、重いものを持つと爪の中での色変化が大きくなるといえる。さらに、重いものを持つとHの値が大きくなることから、RGB空間だけでなく、HSV空間での色相についても変化があることがわかった。

Bに関する最大値の分析より、右爪より、左爪の方が色の変化が大きいことがわかった。ここで、右利きの場合、左手に比べ右手の方がものを持つスキルが高いため、つまむ力は最小限で持つことができ、爪色に変化が出づらい可能性がある。一方左爪では、軽いものでもつまむ力を強くして持つため、左爪の爪色に変化が出やすくなった可能性がある。今回の協力者は右利きが16人、左利きが1人であったため、全体の結果では左爪の方が変化量が大きかったと考えられる。

7.2 重さ推定

表1よりある程度近い重さで推定できていることがわかる。しかし、±25gの誤差範囲内での推定精度については十分ではなく、また推定精度が高いデータセット構築協力者がいた一方で、推定精度がかなり低いデータセット構築協力者もいた。

ここで最も精度が良かった協力者の左爪は、他の協力者に比べて爪全体が短い傾向にあった。このことから、爪全体が短い方が、精度が高くなる可能性が考えられる。実際、

表1 5枚の学習データによる、持っている重さに対する推定平均分類確率
推定した重さ (g)

	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0	0.41	0.26	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.12	0.47	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.03	0.24	0.47	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.03	0.29	0.56	0.26	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.03	0.18	0.38	0.18	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
250	0.00	0.00	0.03	0.00	0.29	0.65	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.24	0.44	0.32	0.03	0.00	0.00
350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.21	0.59	0.18	0.03	0.03
400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.59	0.24	0.06
450	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.12	0.56	0.15
500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.26	0.44

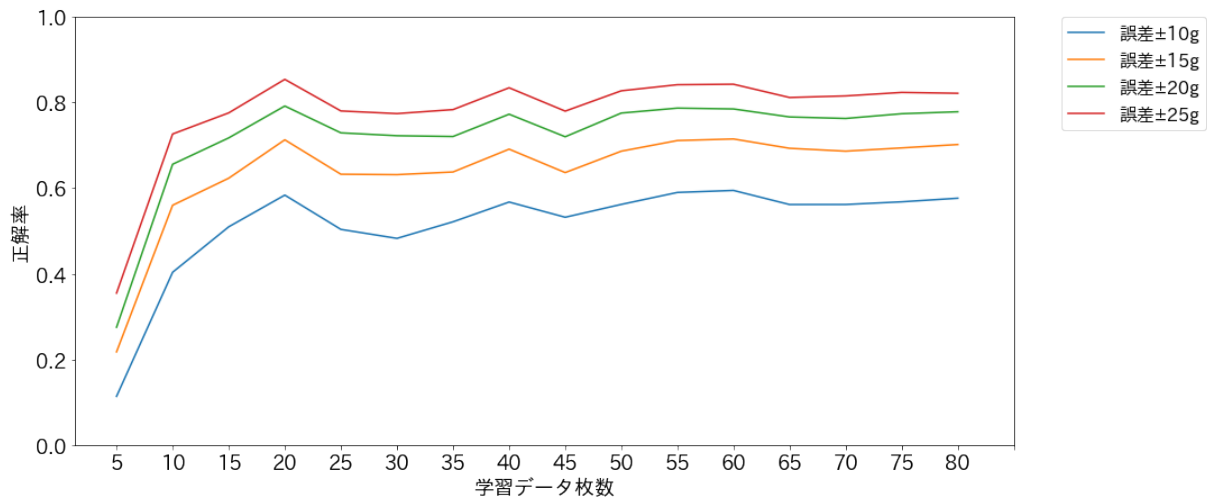


図 11 学習データ枚数ごとの正解率

表 2 20 枚の学習データによる、持っている重さに対する推定平均分類確率
推定した重さ (g)

	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0	0.87	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.97	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.03	0.08	0.82	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.76	0.21	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.18	0.74	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.82	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.79	0.11	0.03	0.00	0.00
350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.89	0.00	0.00	0.00
400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.92	0.03	0.00
450	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.92	0.03
500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08	0.89

ひとによって伸びている爪の長さが異なり、爪のどの位置を抽出していたかが違うことや、爪の角度がひとによって異なっていたという問題もあった(図 10)。そうした点が、精度のばらつきにつながった可能性がある。そのため、爪が伸びている長さや、撮影時の爪の角度を考慮した爪色の抽出方法を検討する必要がある。

今回は1つの重さに対して5枚の爪画像を撮影して学習を行ったが、学習データが少なかつたために精度が低くなった可能性が考えられる。そこで、次章で1つの重さに対してさらに多くの爪画像を撮影する追実験を行うことで適切な枚数を模索する。

8. 追実験

特定の協力者に限定し、1つの重さに対して多数の爪画像を用意し、機械学習を行った結果を示す。ここでは協力者1人を対象として、1つの重さにつき左右それぞれ80枚、

0g から 500g まで左右合わせて 1,760 枚の撮影を行った。また 6.2 節と同じ特徴量を抽出しデータセットを構築した。

図 11 に各誤差許容範囲における学習データ枚数ごとの正解率を示す。図より、学習データが 20 枚以降、枚数が増えても精度は横ばいであることがわかった。最も精度が良かったのは、誤差許容範囲 25g における学習データが 20 枚時、正解率 0.85 であった。学習に用いる爪画像が 20 枚以上の場合に精度は横ばいであったことから、爪画像は各重さについて 20 枚程度で準備すると、精度が安定する可能性が示唆された。

本章で作成したデータセットをもとに、20 枚の学習データによる、持っている重さに対する推定平均分類確率を表 2 に示す。ここで 6.3 節の表 1 と比較すると、各重さに対して 20 枚程度の爪画像を準備すると分類精度が向上していることがわかる。なお、学習データが 20 枚の時においても、持っている重さが 200 g より軽い時は精度が低く、重い時に精度が高くなる傾向がみられた。そこで、持ってい

る重さが軽い時の精度をより向上させる必要があると考えられる。

20g や 25g 程度の誤差が許容される場合には今回の手法で問題ないが、その誤差が許されない場合には精度を向上させる必要がある。今後はさらに特徴量を検討することによって精度向上を図る予定である。

9. まとめ

本研究ではものの重さをはかるために、爪色の変化を利用する手法を提案した。また手でものを持った際の圧力で爪色の変化し、その変化はものの重さに対応するという仮説のもと、持つものの重さを爪色から推定できるかを検討した。ここではデータセット構築のため予備検討を行い、統制のしやすさから親指と人指し指でつまんでペットボトルを持つこととした。また爪のみを抽出するために、爪以外の部分を黒く塗り、爪の先まで抽出することとした。そして予備検討を踏まえて、0g から 500g まで 50g 区切りに水を入れたペットボトルを持った時の爪画像を 5 枚ずつ撮影してデータセット構築した。データセットを分析した結果、RGB 空間の G, B の値、HSV 空間の H, S の値がを持った重さと相関がある傾向がみられた。そこで G, B, H, S に関して最大値、最小値、平均、変化量を用いて線形回帰の機械学習を行った結果、20.99g の誤差で推定可能な場合もあったが、精度は十分でなかった。その理由として、個人差が大きく、学習データ枚数が少ないことが原因と考えられた。必要な枚数を調査するため、データセットの枚数を増やし機械学習を行ったところ、1 つの重さに 20 枚程度あると十分に精度が上がるということがわかった。

今回の追実験では 1 人だけによる検証だったため、協力者を増やして今後検証する予定である。また、爪の形や長さがひとによって異なるため、爪の分析に利用する領域がひとによって異なってしまった。その個人差もひとによる精度のばらつきにつながった可能性がある。そのため、爪が伸びている長さを考慮した爪色の抽出方法を検討する必要がある。さらに、ひとによる爪の形を考慮した分析方法を検討する予定である。今回、撮影の際には光の反射を抑えるためのマットコートの塗布や画像処理のための条件等、特別な環境で実験を行った。しかし日常の中でも精度を出すための検証も今後行う必要がある。

参考文献

- [1] Yahoo!クラウドソーシング. <https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>, (参照 2022-11-10).
- [2] Charpentier. A. Analyse experimentale: De quelques elements de la sensation de poids. Experimental study of some aspects of weight perception. Arch Physiol Norm Pathol, vol. 3, p. 122-135, 1891.
- [3] 小松初子, 奥田輝子. 食品重量の目測に関する研究 (第 1 報). 栄養学雑誌, 1973, vol. 31, no. 6, p. 248-258.
- [4] 片桐佑一, 橋本直己. 身体特徴の多様な見た目変化による物

- 体の重さ判断への影響に関する検討. 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2018.
- [5] Rinnai. <https://www.rinnai.co.jp/releases/2016/0614/>(参照 2023-1-20).
 - [6] 岩村吉晃. ヒト触覚受容器の構造と特性. 日本ロボット学会誌, 19983, vol. 2, p. 438-444.
 - [7] Mameno, H., Imura, M., Uranishi, Y., Yoshimoto, S., and Oshiro, O.. Estimation of fingertip contact force direction based on change in nail color distribution. 生体医工学, 1998, vol. 53, p. 155-56.
 - [8] Watanabe, K., Sato, A., Matsuda, S., Inami, M., and Igarashi, T.. smoon: A Spoon with Automatic Capacity Adjustment. VRIC 2012 proceedings, 2012, Laval Virtual 2012 France.
 - [9] 尾高陽太, 渡邊恵太. Arctanbler: 空中でも水平を得られる計量カップ. 情報処理学会 インタラクシオン, 2016, c2-3, p. 612-613.
 - [10] Zhang, S., Xu, Q., Sen, S., and Alshurafa, N.. VibroScale: Turning Your Smartphone into a Weighing Scale. UbiComp-ISWC, 2020, p. 176-179.
 - [11] Mascaro, S., Kuo Wei Chang, and Asada, H. H.. Photo-plethysmograph nail sensors: for measuring finger forces without haptic obstruction: modeling and experimentation. IEEE Transactions Robotics and Automation, 1999, p. 962-967.
 - [12] Gulati, J. R., Srinivasan, M. A.. Human Fingertpad under indentation istatic and dynamic force response. ASME Bioengineering Conference, 1995, vol. 29.
 - [13] 白井雅憲, 多田充徳, 高野大刀雄, 梅田和昇. 爪の歪み情報を用いた指先接触力推定. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集. 2005, 1P2-N-093.
 - [14] 豆野裕信, 井村誠孝, 吉元俊輔, 浦西友樹, 大城理. 光計測を用いた爪装着型指先接触力センサ. MVE2014, 2014, vol. 114, no. 258, p. 21-24.
 - [15] Mascaro, S., Kuo Wei Chang, and Asada, H. H.. Finger touch sensors using instrumented nails and their application to human-robot interactive control. IEEE Transactions Robotics and Automation, 1998, p. 91-96.
 - [16] 梶本裕之. 爪からの加振による指腹部触覚センシング. 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2021.
 - [17] 迫田睦子, 伊藤勉, 八高隆雄, 山本圭治郎. 爪情報からの触覚・圧覚の評価. Dynamics & Design Conference, 729.
 - [18] 清水里佳, 篠崎真良, 齋藤大輝, 吉村裕一郎, 中田孝明, 中口俊哉. カメラ画像からの爪床検出とペン型圧迫器を用いた毛細血管再充満時間測定法の検討. 日本生体医工学会大会プログラム・抄録集(Web), 2021, vol. 59, p. 588.
 - [19] 池出篤俊, 尾上豪啓, 栗田雄, 小笠原司. 主観的なつまみややすさ評価における姿勢の影響. ロボティクスメカトロニクス講演会 2009, 2009, 1A1-M02.
 - [20] Noriaki Fujishima, Kiyoshi Hoshino. Fingernail Detection System Using Differences of the Distribution of the Nail-Color Pixels. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics. 2013, vol. 17, no. 5, p. 739-745.
 - [21] Yu Sun, Member, IEEE, John M. Hollerbach, Fellow, IEEE, and Stephen A. Mascaro. Predicting Fingertip Forces by Imaging Coloration Changes in the Fingernail and Surrounding Skin. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2008, vol. 55, no. 10, p. 2363-2371.