

服薬支援システムの実用化のための画像認識精度向上について

江花 優輝

1. はじめに

現在、医療行為の主な方法の一つとして服薬治療が行われている。服薬治療は年齢や性別に関わらず、全ての人が対象となりうる。しかし、服薬を適切に行うためには、医師の指示に従い、正しい時間に決められた用法、用量を守ることが重要である。もし、服薬指示守らなかった場合、自身の病気が治りにくくなるだけでなく、副作用や健康被害に繋がってしまう恐れがある。また、高齢者に関しては認知能力の低下から正しい服薬が不可能となってしまう場合がある。そのため、服薬支援が必要となってきた。しかし、既存の服薬支援システムでは家族や介護者の第三者の介助が必要となり、介護者側に負担が生じてしまうため、服薬者自身だけで利用できる服薬支援システムが必要である。

そこで本研究では、機械学習を用いた服薬支援システムの画像認識に着目し、高い認識精度を得るための機械学習の方法を提案する。錠剤画像の向きや置き方のパターンを変更することで認識精度に影響を及ぼすかを検証する。この結果から効率的な学習方法を明らかにする。

2. 服薬支援システムについて

2.1 服薬支援システムの概要

現在、多くの疾患の治療方法の一つとして服薬治療が行われている。しかし、適切な服薬がなされないと薬の効果が発揮されず、治療期間が延びるなど様々な問題が発生する恐れがある[1]。また、高齢者は認知能力が低下するため、個人で適切な服薬をすることは困難である。そのため、あらゆる年齢層の人が、正しく服薬ができる支援体制が必要となってきた。

現存している服薬支援の取り組みの課題として二点挙げることができる。

第一の問題は、事前準備に介助者が必要となる場合があることである。例えば服薬支援システムの一つである「自動服薬支援機コックンお薬よ」[2]では、服薬時間になるとアラームで通知し、セットされた錠剤が自動で提供される機能を持つが、利用するためには事前に介護士や家族が、服薬時間ごとに錠剤を仕分けしてシステム内の専用ボックスにセットする必要がある。このため、高齢者自身が的確な判断が

できない場合には、家族や介護士が常に作業をする必要があるため、負担が生じてしまう。

第二の問題は、服薬時に錠剤の種類や数量が適切かどうかを人間の判断のみに頼っていることである。既存のシステムには、これらを自動でチェックして飲みすぎや服用量が足りないなどの異常を通知する機能が備わっていないため、ヒューマンエラーが生じる危険性がある。

これらの二点の課題を解決し、高齢者でも安全に服用ができる支援方法が必要となってくる。

2.2 機械学習を用いた服薬支援の現状と課題

薬の種類を正確に認識するための機能実装に向けて、機械学習を用いた研究が進められている[3]。この研究では、錠剤の種類とお薬手帳のデータを照合した際の錠剤の認識精度は高いものの、複数種類の錠剤が混在したケースでは正しく錠剤の種類を認識することができなかった。1種類ずつ錠剤を認識する場合は問題ないが、複数種類の錠剤を同時に認識する場合の精度が低いため、実用面や利便性の問題が生じていた。

これに対して、機械学習を用いて複数の錠剤を認識できるようにした研究がある[4]。この研究では1種類だけでなく、複数種類の錠剤を認識できるように改良が加えられたが、その同時認識の精度は、まだ十分に高くないという課題が残っている。実用化をする上で認識精度が低いことは、医療効果の低下や健康被害をもたらす可能性があるため、これは重大な課題である。

3. 画像認識精度向上のための実験

3.1 機械学習を用いた錠剤認識の手法

本研究では機械学習を用いて、複数種類の錠剤が混在した状態で同時に認識し、その認識精度を向上させる効率的な学習法を提案することを目的とする。また、先行研究との差別化点は、学習データとなる画像の向きや配置を多様なパターンで準備し、認識精度の向上を図る点にある。

機械学習は大量のデータを読み込ませ、パターンを学習させることで、未知のデータを認識するためのルールを獲得することを可能にするデータ解析技術である。そのため、前処理の段階で学習させる錠剤

の別パターンのデータを取り入れることで、一つのパターンを学習するよりも少量のデータで精度を得ることができるのではないかと仮説を立てた。この仮説に基づいた本研究の機械学習のフローを図 1に示す。



図 1 機械学習のフロー

STEP1の錠剤の画像収集では、機械学習に用いる学習データを収集するために錠剤をカメラで撮影し、システム内で前処理ができる状態にする(図 2)。

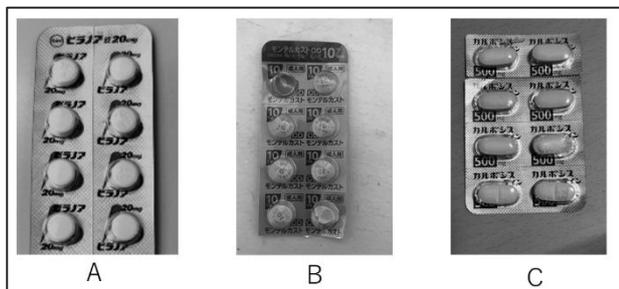


図 2 3種類の錠剤の画像

STEP2の前処理では、それぞれの画像に対して向きを変更する加工を施し、錠剤の学習データのパターンを増やした。本研究の新規性はこの工程にあり、錠剤の学習データのパターンの増加や組み合わせ方が認識精度に及ぼす影響を明らかにする。具体的には仮説に基づき、画像の向きを上方向・下方向・左右90度回転・斜め4方向の計8通りの学習データを用意した(図 3)。



図 3 向きの変更をした後の錠剤の画像

STEP3で実施するアノテーションは、「Roboflow」[5]というプラットフォーム上で行い、錠剤画像に錠剤の種類と位置情報を付加する(図 4)。これが機械学習における教師データとなる。

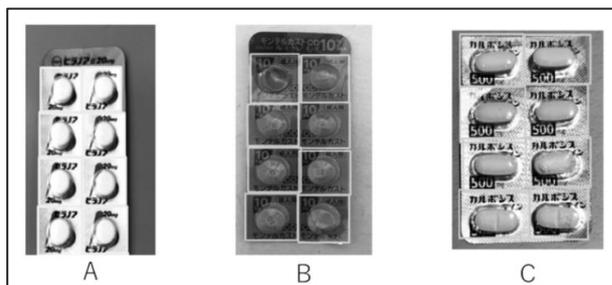


図 4 アノテーションされた錠剤の画像¹

STEP4では、STEP3で実施したアノテーションデータを利用して、機械学習に必要な学習モデル(データセットファイル)を作成する。この学習モデルには学習用の教師データと、それに対応するアノテーション情報がペアで格納される。アノテーションデータの例を図 5で示す。最後のSTEP5では、物体検出モデル「You Only Look Once²」(以下、YOLO)にこの学習モデルを入力することで、モデルの学習および推論を行うことができる。

〈例〉 2 0.6953 0.2760 0.5777 0.2310 0.5482 0.3081 0.6657 0.3531

クラスID : 2
 左上の座標 : (0.6953, 0.2760)
 右上の座標 : (0.5777, 0.2310)
 右下の座標 : (0.5482, 0.3081)
 左下の座標 : (0.6657, 0.3531)

図 5 アノテーション情報の例

3.2 実験方法

実際に服薬支援システムを使用する場合、錠剤は様々な方向でカメラの前に置かれることが想定される。そのため、学習データに関しては、文字が判読可能な状態を上(標準方向)と定義し、以下の8通りの角度で撮影する。

- 上(標準方向), 下(上下反転): 2通り
- 左90度回転, 右90度回転: 2通り
- 斜め4方向: 4通り

実験では3種類の錠剤(A,B,C)を使用し、先に示した8通りの撮影角度の写真の組み合わせ方を変え、3種類の学習データを用意した(ア・イ・ウ)。この学習データの違いが精度に与える影響を明らかにする。

¹ 画像内の枠線が、錠剤の検出位置を示している。

² <https://docs.ultralytics.com/ja>

- (ア) 8錠剤連結3種×上16枚
- (イ) 8錠連結3種×(上2+下2+左2+右2+斜め4×2)枚
- (ウ) 8錠連結3種×(上1+下1+左1+右1+斜め4) + 単錠3種×(上1+下1+左1+右1+斜め4)枚

(ア)は8錠連結状態の単一の向きの画像のみで学習し、他の学習データパターンと比較するための基準実験となる。これと比較するための(イ)は、8錠連結の錠剤を8方向から撮影した画像を学習データとして、認識精度への影響を明らかにする。(ウ)は8錠連結の8方向の画像に加えて、8方向の単錠画像を追加して学習した。(イ)と比較することで、単錠画像追加の効果を明らかにする。(ア)・(イ)・(ウ)それぞれのモデルの精度を比較分析することで、効率的な学習に必要な前処理手段を示すことができると考える。

機械学習終了後に精度を評価するため、ここでは実際の服薬シーンで想定される5つの評価用データを用意した(図6)。さらに、錠剤を置く向きが変わる状況も考慮し、各データに対して方向を変えたバリエーションを作成し、総合的に評価した。その組み合わせを①から⑤で示す。

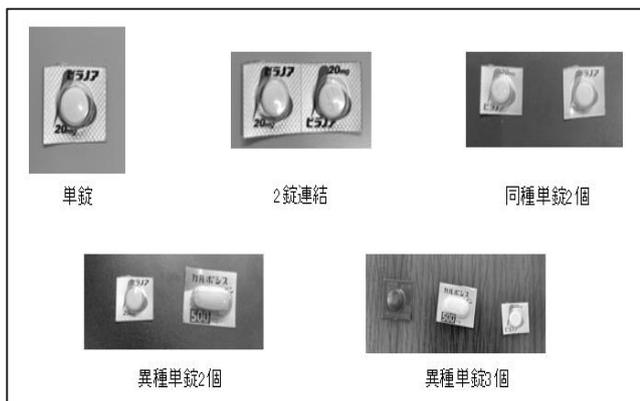


図6 評価用データで用いる組み合わせ

- ① 単錠: 錠剤の種類3種×方向15枚
- ② 2錠連結: 錠剤の種類3種×方向15枚
- ③ 同種単錠2個: 錠剤の種類3種×方向15枚
- ④ 異種単錠2個: 錠剤の組み合わせ(AB, BC, AC) 3組×方向15枚
- ⑤ 異種単錠3個: 錠剤の組み合わせ(ABC) 1組×方向15枚

評価方法については、①から⑤の実験において錠剤の数と種類が合致している場合には正答、錠剤の数と種類のいずれかが合致していない場合には誤答とした。最終的な精度は、3種類の錠剤について撮影方向別の正答率を算出し、それらの平均値を評価指標として用いた。

3.3 実験結果

表1 学習モデル別の精度評価

錠剤の学習データの種類 [種類と切り離し]		3種8錠連結	3種8錠連結	3種8錠連結 + 3種単錠
錠剤の評価用データの種類 [種類と切り離し] [方向]	[方向]	標準方向 (一方向)	8方向	8方向
	単錠	上(標準方向)・下(上下反転)	20%	93%
左90度回転・右90度回転		0%	80%	93%
斜め4方向		6%	67%	100%
2錠連結	上(標準方向)・下(上下反転)	6%	60%	87%
	左90度回転・右90度回転	20%	40%	100%
	斜め4方向	0%	40%	93%
同種単錠2個	上(標準方向)・下(上下反転)	20%	80%	87%
	左90度回転・右90度回転	0%	87%	93%
	斜め4方向	0%	73%	87%
異種単錠2個	上(標準方向)・下(上下反転)	0%	47%	100%
	左90度回転・右90度回転	0%	87%	93%
	斜め4方向	0%	60%	93%
異種単錠3個	上(標準方向)・下(上下反転)	0%	60%	100%
	左90度回転・右90度回転	0%	80%	100%
	斜め4方向	0%	100%	100%
平均		5%	70%	95%

表1より、学習データである8錠連結状態の画像を上(標準方向)のみ学習させたモデルは、錠剤の認識率が著しく低かった。機械学習モデルのパラメータの一つである閾値を下げて検証したが、無関係な位置に錠剤があると誤認識してしまい、有効な改善は得られなかった。

一方、8錠連結状態の画像の向きを変えて、8通りの方向から撮影した学習モデルでは、平均認識精度が70%と大きく向上した。ただし、2錠連結状態の錠剤の認識時には、2錠連結の錠剤を1錠と誤認識してしまうことがあった。

最後に8錠連結の画像に単錠の画像を8通りの方向から撮影した学習データを用いたモデルでは、平均認識精度が70%から95%とさらに向上した。また、2錠連結の錠剤を推論させた際に単錠と誤認識するケースも減少させることができた。

3.4 考察

錠剤認識の機械学習において効率的な学習方法を検討した結果、8錠連結の画像に単錠の画像を8通りの方向から撮影したデータを加えることで認識精度が向上することが明らかになった。さらに、8錠連結シートの錠剤と単錠をそれぞれ8方向から撮影したデータを学習に用いると、不必要に画像を増やすことなく高い精度を得られることが確認された。また、8錠連結の錠剤の画像のみを学習させた場合でも、学習パターンに含まれない単錠や異種単錠2個を認識できることを確認した。他にも、錠剤認識時に斜め4方向の認識精度は上、下、左右90度回転と比べて、精度が下がってしまうことも確認した。

実験の結果として平均精度95%を出すことができたが、5%の誤認識が発生するため、対象が服薬ということを考慮すると精度面ではまだ改善の必要が

ある。実用化のためには、明暗、錠剤の置き方、画質などの環境要因を考慮し、さらなる精度向上を目指す必要がある。

4. むすび

4.1 まとめ

本研究では、機械学習を用いた服薬支援システムを実用化するための認識精度向上実験を、前処理に焦点を当てて行った。実験結果より、学習データに同一方向だけでなく、複数の向きで撮影した錠剤画像を取り入れることで、単一方向のみの画像を用いた場合に比べ、より幅広い服薬場面に対応できる高い認識精度が得られる可能性が示唆された。これは、利用者が実際に錠剤を取り扱う際に、その向きが必ずしも一定とは限らない現場の状況を反映している。また、シートから切り離していない状態と、シートから一錠だけを切り離した状態の両方を学習させることで、様々なパターンで置かれた錠剤に対しての誤認識を低減し、さらに精度を高めることができることが新たにわかった。これらの結果は、限られたデータ量でも多様な錠剤の状態や向きを組み合わせることで、実用的な認識性能を獲得できることを示しており、介助者の負担を軽減しつつ、安全に服薬を行うための服薬支援システムを構築する上で重要な知見となる。

4.2 課題

本研究では二つの課題が挙げられる。

一つ目は評価用データのサンプル数が少ないことである。錠剤の向きや数などの組み合わせは多岐にわたるにもかかわらず、評価用データのサンプル数が限られている。本研究では5パターンのデータのみを用いたが、より信頼性の高い評価を行うためには、さらなるデータの追加が必要である。また、本研究では特徴が異なる錠剤を使用したか、形状やラベルの色が類似した錠剤の認識精度が同程度になるかは未検証である。

二つ目は、撮影条件によって認識精度に影響が生じる可能性があることである。本研究では、画像の明度、撮影距離、画質、背景といった要因を完全に統一できていない。そのため一部実験において、背景の木目を錠剤と誤認識してしまい、差が生じてしまうケースがあった。認識精度のばらつきを防ぐためには、撮影条件を厳密に管理し、環境による影響を最小限に抑える必要がある。

参考文献

- [1] 一般社団法人大阪府病院薬剤師会“、どうして薬の飲み方・量を守ることが大切なの？”
<https://ohp.or.jp/qa/>, (参照 2025-02-03).
- [2] コックンお薬よ, ミヤサカ工業,
<https://okusuriyo.com/>, (参照 2024-12-10).
- [3] Trung Thanh Nguyen ほか,“A Novel Approach for Pill-Prescription Matching with GNN Assistance and Contrastive Learning”, Lecture Notes in Computer Science, pp. 261-274, 2022.
- [4] Trung Thanh Nguyen ほか,“PiDP:処方箋に対するGCNの対照学習に基づく錠剤検出”, 電子情報通信学会大会講演論文集, D-12-3, 2023.
- [5] Roboflow,
<https://app.roboflow.com/graduateproject-olmwc>
(参照 2024-12-10).