

画像認識を利用した測定値の自動データ化

福田 峻^{1,a)} 安井 慎一郎^{2,b)} 大越 匡^{3,c)} 中澤 仁^{3,d)}

概要: 現在、一部の計測器を除き、計測された数値は保存されずに消失してしまう。保存するためには人の力を必要とする。IoT 機器などに代表されるように、自動で計測値を記録する計測器もあるが、高価な計測器も存在し、全ての計測器に対し導入するためには高い費用を必要とする。本研究では、デジタルメータに焦点を当てて計測器の写真から数値を読み取りデータ化するシステムを提案する。また同時に計測器の種類を判別し、単位等も含めて保存することを目的とする。画像に対し直接デジタル数字を検出するのではなく、計測器と液晶部分の検出を挟み、検出領域を絞ることによって高い精度で読み取る工夫を行った。

1. はじめに

工場、医療施設そして一般家庭に至るまで、ありとあらゆるものを測るために計測器が多数存在している。しかし、一部の計測器を除き、それによって計測された数値は保存されずに消失してしまう。異常を検知したり、出力を保存するためには定期的な点検。IoT 機器は、体重等を計測するだけで自動的にデータ化し、Bluetooth や Wi-Fi などで接続してスマートフォンなどで確認することができる。しかし、計測器ごとに機能のついたものを購入する必要がある。特に高価な医療機器や工場における計測器では導入しづらく、一般家庭における計測器においても導入できるのは比較的裕福な層に限られる。さらに、パソコンやスマートフォンと異なり、多くの IoT 製品はアップデートを行うことができないため、プライバシーに関する問題も発生している [1]。そういったこともあり日本においては普及率において他の先進諸国に対して後れを取っており (図 1)、国内での AI や IoT の活用状況も芳しくない。(図 2)

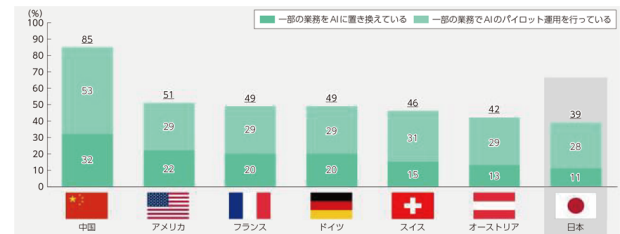


図 1 各国における AI の導入率 [2] より引用

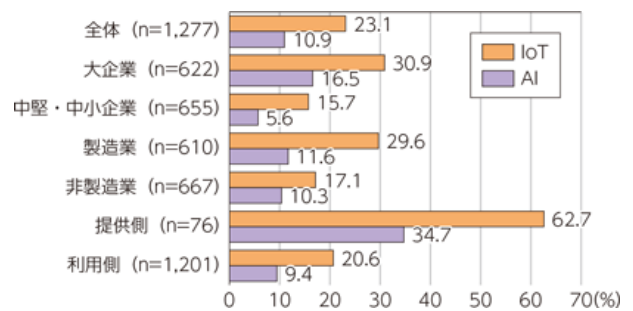


図 2 国内の AI, IoT 活用状況 [2] より引用

そこで、スマートフォンなどで写真を撮ることによって、手軽に計測値を読み取りデータ化するシステムを提案する。また、複数の種類の計測器のデータを混同しないために、計測器の種類を判別する。本研究の新規性は、計測器を識別し、数値の意味を認識する部分である。これを応用することにより、ライフログの作成が可能であると考えられる。

先進諸国においては、死因の多くを生活習慣病が占めている。がん、心疾患、脳血管疾患などがあてはまり、厚生労働省のデータ [3] によると死因の 50.1% におよぶ。(図 1) これに対し健康日本 21 [4] は、生活習慣病の原因として、肥満や高血圧などを挙げており、体重や血圧などといった

¹ 慶應義塾大学総合政策学部
Faculty of Policy Management, Keio University, Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan
² 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University, Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan
³ 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan
a) s18667sf@sfc.keio.ac.jp
b) ytrw3xix@sfc.keio.ac.jp
c) slash@sfc.keio.ac.jp
d) jin@sfc.keio.ac.jp

計測結果をデータ化することにより、ユーザーの健康を促すことが可能である。

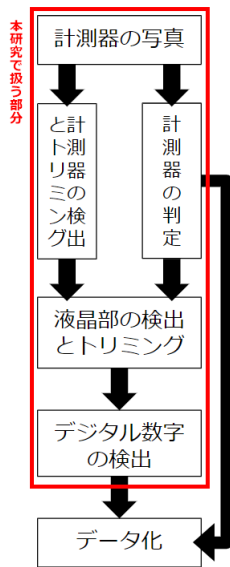


図 3 フローチャート

本研究ではデジタルメーターに焦点を当てて、計測器の判定および計測値の読み取りを行う。その際のフローチャートを図 3 に示す。本研究の目的は計測器の判定とデジタル数字の読み取りである。

計測器の判定と同時に計測器領域の検出を行う。デジタル数字は計測器領域の外側には存在しないため、計測器領域をトリミングすることによって、余分な背景が取り除かれ誤検出を防ぐことができる。また、デジタルメーターは表示部（液晶）とそれ以外の部分に分けることができるので、液晶部分を検出し先ほどと同様にトリミングを行うことによりさらに精度が向上できると考えた。

本論文の構成は、2 章では計測値検出の先行事例を述べ、3 章では本研究における提案手法を解説する。4 章では提案手法に基づき実験を行った結果を示す。5 章では実験結果や実験によって得た知見に対して考察を行う。6 章では提案手法の課題を述べる。7 章で本研究のまとめを行う。

2. 関連研究

2.1 計測値の読み取りに重点を置いた研究

岩崎通信機株式会社は動画などから計測値を読み取り、データ化するシステムを開発している [5]。工場や医療施設といった高価で交換が困難な計測器が多数存在する場所で導入されている。しかし、事前に数字領域を指定する必要がある。また、計測値の読み取りに専念しているため、計測器の判別には対応していない。

GMO クラウド株式会社も写真から計測値を読み取り、データ化するシステムを開発している [6]。こちらもシー

ル付きラベル印刷機を用いて QR コードを計測器の付近に事前に貼り付ける必要があるほか、計測器の判別には対応していない。

2.2 計測値の意味に重点を置いた研究

普段我々が使用している計測器は表示部と計測部を含めてサイズが小さく、種類も限られている。一方、工場などにおいては種類が莫大であるうえに、計測部が表示部に比べて非常に大きく表示部分しか写真に収められないものも多い。そのため特徴のある計測部が写らず、計測器の判定が困難になると推測される。より多くの計測器に対応するためには計測器の判定を人間の設定に任せ、計測値の読み取りの精度を重視したほうが効率的であろう。

裏を返せば、読み取る計測器を計測部と表示部を含めてサイズの小さいものに限れば、計測器の判定も可能であり、その部分の判定を人間に任せる必要がないともいえる。そこに着目したのが [7] であり、Faster R-CNN[8] を用いてデジタル数字を検出し、検出した数値とその座標の情報を用いて、その意味を推測しようとしている。しかし、意味を推測する際に数値の情報しか利用していないため、精度を出しづらい。例えば 36.5 という情報があったときに、体温の可能性も高いが、体重の可能性も否定できない。検出する前の画像には計測器の形状が写っているのだから、その情報を利用したほうが精度が出しやすいはずである。



図 4 計測器判定のアノテーションの例

3. 提案手法

本章では各工程の説明を行う。

3.1 学習環境

本研究の最終目標は様々なメーカーや製品の計測器を認識することであるが、それらの計測器を購入せずにデータセットを集めるのは難しい。今回は多種多様なメーカーや製品の学習を諦め、計測器のメーカーおよび製品は1つに絞り、背景や光の当たり方、表示されている数値を変更したものをデータセットとする。

3.2 計測器の判定

CO₂ センサー、体重計、時計、電卓、体温計、血圧計の6種類の計測器を各120枚ずつ撮影し、それぞれ訓練データ80枚、検証データ20枚、テストデータ20枚に分ける。アノテーションの付与にはlabelImg[9]を用いる。(図4)学習モデルはYOLOv5[10]を用い、Google Collaboratory上で学習を行う。

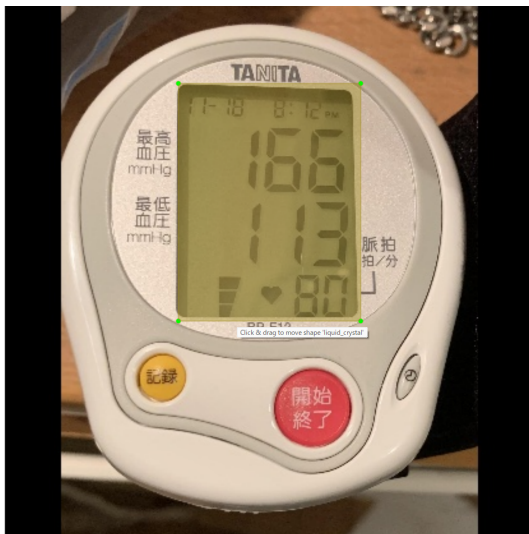


図5 液晶部検出のアノテーションの例

3.3 液晶部の検出

計測器のアノテーションの際の座標情報を利用し、計測器の判定で用いた訓練データと検証データをトリミングしたのちアノテーションを付与する。(図5)テストデータは実際にYOLOv5を動かした後、検出領域を示すバウンディングボックスの座標を保存し、その部分をトリミングして検出の際のテストデータとする。



図6 デジタル数字認識のアノテーションの例

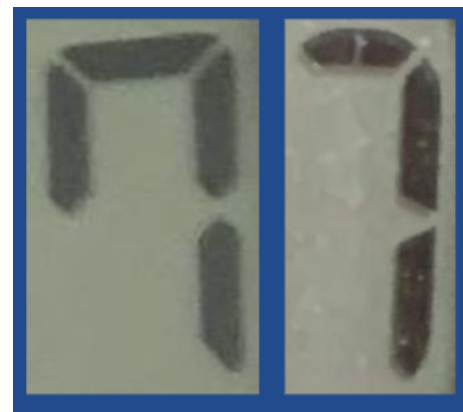


図7 2種類の”7”

3.4 デジタル数字の認識

液晶部の検出同様にトリミングとアノテーションを付与し、テストデータを用意する。(図6)ただし、デジタル数字は1枚の画像に複数存在し、計測器ごとに表示されているデジタル数字の数が異なる。アノテーション作業量を減らし、各計測器ごとに表示されているデジタル数字の総数を概ね同じにするため、液晶部検出でトリミングしたデータの一部のみ使用することとする。それにより表示されているデジタル数字の少ない体重計、電卓、体温計は訓練データ48枚、検証データ12枚、テストデータ20枚となり、表示されているデジタル数字が多いCO₂センサー、時計、血圧計は訓練データ8枚、検証データ2枚、テストデータ4枚で学習を行った。”7”のみ計測器によって2種類の形状が存在するので、別のものとしてアノテーションを付与する。(図7)

表 1 計測器判定における精度

計測器 (サンプル数)	正解率	誤検出数
CO2 計 (n=20)	100 %	0
体重計 (n=20)	100 %	0
時計 (n=20)	100 %	0
電卓 (n=20)	100 %	1
体温計 (n=20)	100 %	0
血圧計 (n=20)	100 %	0

4.1 計測器の判定

表 1 からわかる通り、すべての計測器において 100 % の精度で検出することができた。これは本実験においては各計測器のメーカーや製品を 1 つに絞ったことなどが影響すると考えられる。

また、誤検出は図 8 の 1 枚のみであった。拡大してみると確かに体温計の挿入部に酷似していることがわかる。しかし、信頼度はそこまで高くなく、他の画像の信頼度を確認したところ全て 0.8 以上であったため、閾値次第ではこれも取り除けることがわかった。

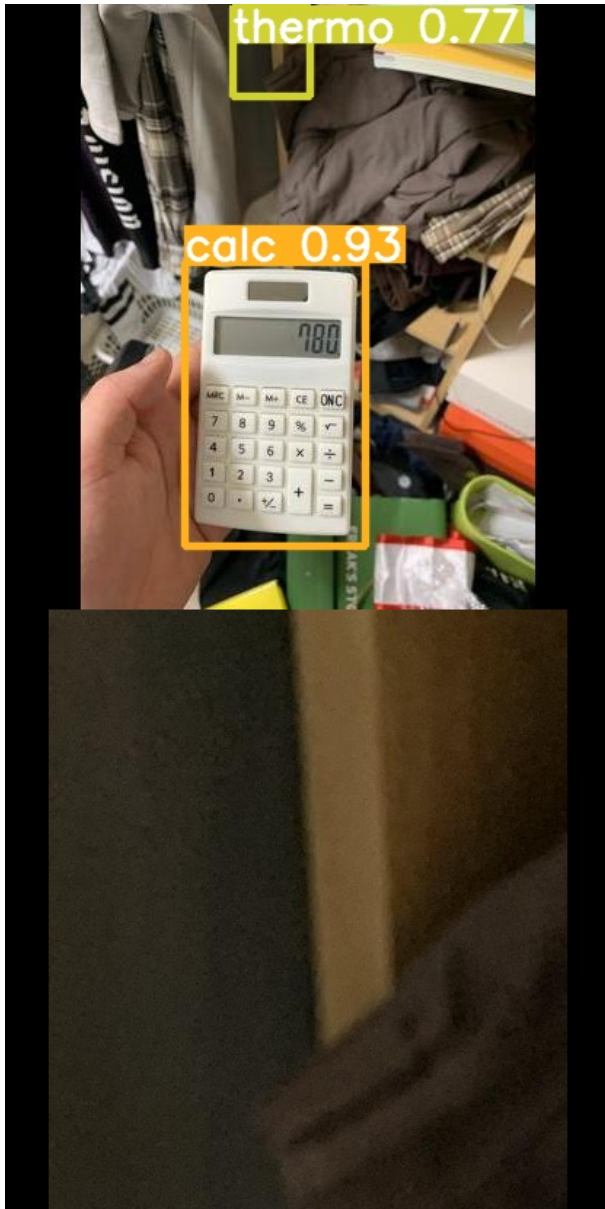


図 8 誤検出した画像 (上) と拡大図 (下)

4. 実験

本章では提案手法の有効性を実験を通して検証する。

表 2 液晶部検出における精度

計測器 (サンプル数)	正解率	誤検出数	誤検出除去
CO2 計 (n=20)	100 %	0	0
体重計 (n=20)	100 %	0	0
時計 (n=20)	100 %	0	0
電卓 (n=20)	100 %	0	0
体温計 (n=20)	100 %	0	1
血圧計 (n=20)	100 %	0	0

4.2 液晶部の検出

計測器の判定が上述の理由によって正確に行われているため、計測器ごとに分けることにより、同一形状の液晶のみ検出すればよい。表 2 からわかる通り、すべての計測器において 100 % の精度で検出した。また、図 8 で示した体温計の誤検出に関しても液晶部分が無いために検出しなかった。そのため、誤検出を弾くことができ、この 2 つの工程において結果として検出漏れおよび誤検出を完全に防ぐことができた。

4.3 デジタル数字認識

デジタル数字認識においては各数字の判定と誤検出の数の他に、意味のある数字の塊をまとめて認識できたかどうかを評価した。これは各数字のうち 1 つでも間違っているとデータとして意味をなさないためである。また、表示されている数字が多い計測器に関しては図 9 のように区切って評価した。その結果を表 3、表 4 に示す。

表 3 デジタル数字検出における精度

計測器 (サンプル数)	数字の正解率	数字の誤検出数
CO2 計 (n=68)	98.5 %	2
体重計 (n=60)	100 %	0
時計 (n=58)	96.6 %	3
電卓 (n=60)	100 %	0
体温計 (n=60)	100 %	0
血圧計 (n=58)	100 %	0

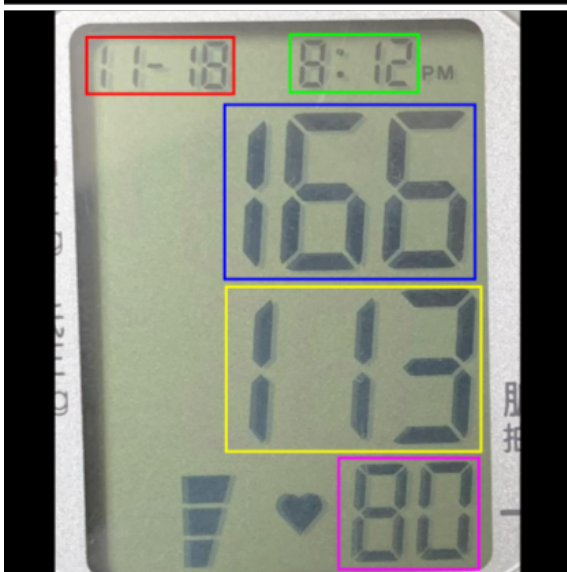
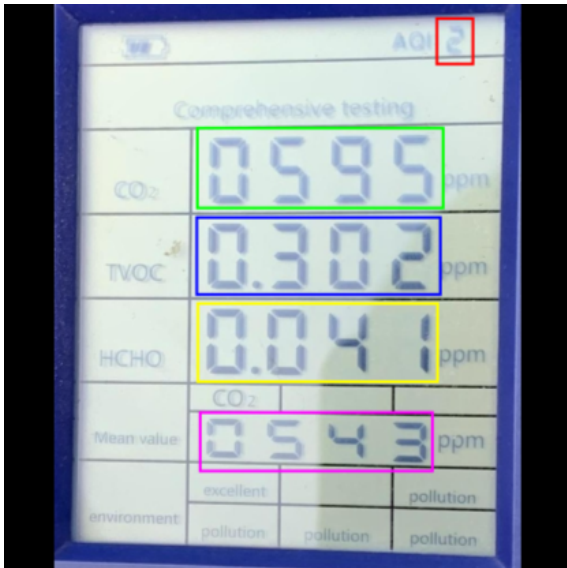


図 9 表示されている数字が多い計測器における分割方法

表 4 デジタル数字認識における精度

計測器	数値の読解率
CO ₂ 計 (n=20)	85 %
体重計 (n=20)	100 %
時計 (n=20)	85 %
電卓 (n=20)	100 %
体温計 (n=20)	100 %
血圧計 (n=20)	100 %

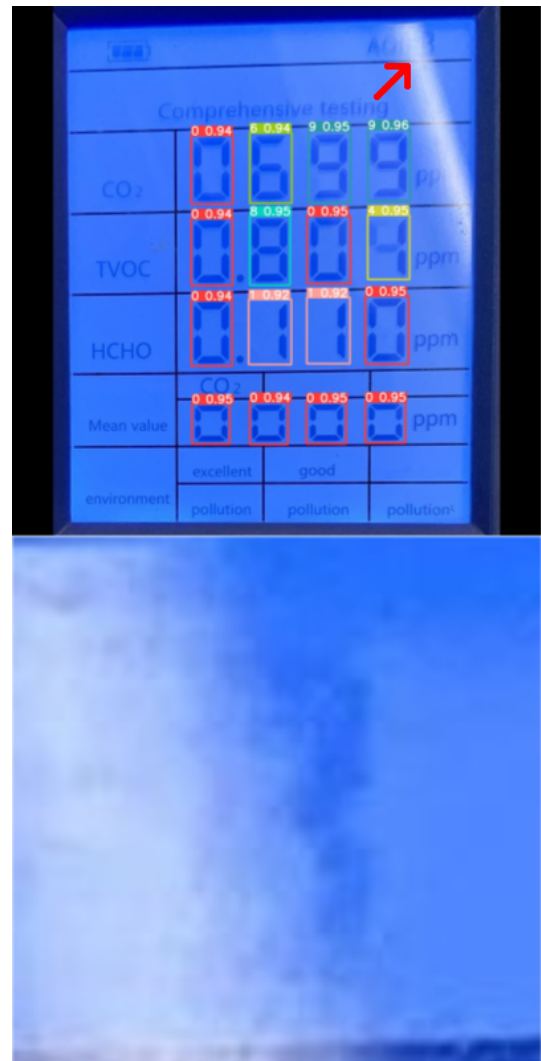


図 10 テストデータの内判読不可能だったもの(上)と拡大図(下)

5. 考察

今回は液晶を分けて学習したが、同じ計測器でもメーカーや製品が変われば液晶の形は変わりうる。データセットを種類ごとに学習させるか、まとめて学習させるかをその都度判断したほうが良いだろう。また、テストデータの中には光の反射などにより判読不可能な数字を含むものが含まれていた。(図 10)

このようなヒューマンエラーに起因する部分を除くことにより、精度はより上がるであろう。そのほかには横に連

続する2つの0をまとめて0と判定することが確認されている。(図11) 閾値の調整やアルゴリズムの見直しを行う必要がある。



図 11 2つの0を繋げて判定した例

6. 今後の展望

計測器のデータセットを様々なメーカーや製品を用いたものに変更し、精度を確認する必要がある。また、複数の手法を試し、比較することによりわかるが増えるだろう。二値化を利用したOCRは液晶部分の検出が難しいとされるが、液晶の検出までを物体検出を用いることによって、より高い精度で検出することが可能かもしれない。表示されているデジタル数字が1行であれば検出座標のx座標が小さい順に読み取るだけでデータ化は可能だが、複数行にまたがっている場合、区切って読む必要がある。1つの計測器に複数の数値が表示されている以上、数字を意味の塊に分け、推測する必要がある。他にはアナログ計への対応や、スマートフォンで撮影した写真は向きが正しくない場合があるため、いかなる向きでも正しく検出できるようにするなどがあげられる。

7. まとめ

自作のデータセットを用いてデジタル数字を認識した。計測器の判定、液晶部分の検出、デジタル数字の認識と工程を分割することによって、高い精度でデジタル数字を認識することができた。

謝辞

本研究の一部は国立研究開発法人情報通信研究機構に支援頂いた。(管理番号 222B02)

参考文献

- [1] Zhang, Zhi-Kai, Michael Cheng Yi Cho, Chia-Wei Wang, Chia-Wei Hsu, Chong-Kuan Chen, and Shihpyng Shieh. "IoT security: ongoing challenges and research opportunities." In 2014 IEEE 7th international conference on service-oriented computing and applications, pp. 230-234. IEEE, 2014.
- [2] 厚生労働省, 情報通信白書, 2019, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/r01.html>
- [3] 厚生労働省, 人口動態統計月報年計(概数)の概況, 2020, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai20/dl/kekka.pdf>
- [4] 厚生省: 健康日本 21(21世紀における国民健康づくり運動) 報告書, 2000.
- [5] 岩崎通信機株式会社, メーター自動読み取りソフトウェア「計器読む像」, <https://www.iwatsu.co.jp/product/meterreading/setting.html>.
- [6] GMOクラウド株式会社, hakaru.ai by GMO, <https://www.hakaru.ai/>.
- [7] 大槻涼, 杉山治, 松村耕平, 多田昌裕, 野間春生, and 黒田知宏. "深層学習を用いた医療機器に表示される数値の認識モデルの提案." 人工知能学会研究会資料 5, no. 1 (2018): 1-6.
- [8] Ren, Shaoqing, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun. "Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks." Advances in neural information processing systems 28 (2015): 91-99.
- [9] <https://github.com/tzutalin/labelImg>
- [10] <https://github.com/ultralytics/yolov5>