

## 時系列を用いた工具の位置情報追跡システムの研究

飯塚 大祐†

†東京電機大学大学院先端科学技術研究科

## 1. はじめに

## 1.1. 背景・課題

近年, Fablab[1]のような各種工作機器を一般市民に公開する工作施設の登場により, 個人のものづくりが身近になってきている. 高価な機材を個人で所有していなくても, Fablab や CAINZ 工房[2]のような身近にある工作施設を利用することができる. このような工作施設ではカッターナイフやノコギリのような手動で加工を行う工具(手持ち工具)も用意されており, 様々な加工を行うことができる.

しかし, 多くの人が利用する工作施設では, 工具を共有して使用するため, 他の人が使用しているため待っていたり, 次の人のために一度使用をやめるなど, 工作作業を中断しなければならないことが起こる. このように, 利用者の需要に対して工具の台数が少ない場合, 施設としての利便性を低下させてしまう.

施設にある工具がどのように使用されているのかを正確に調査することができれば, 不足している工具の補填を適切に行うことができる. しかし, 工具には多くの種類があり, 工作作業を行う上で, 他の物の下に隠れてしまう場合もあるため, 全ての工具の利用状況を人間が調査するのは困難である.

## 2. 研究目的

工作施設で利用される手持ち工具(以降 工具)の利用状況を追跡するシステムを提案する. 本システムは, 工作施設内で使用されている工具が, どのように移動したかを追跡し記録する. 工具の位置追跡を行う場合, 対象の工具が他の物に隠れてしまうこともあるが, そのような状況においても追跡を続けられるようにする. また, 見えている工具のみを追跡する手法に比べ, どの程度追跡の精度が向上するかについても調査する. 工具追跡の処理は高頻度で行うに従い高精度になるが, あまりに高頻度で認識を行ったとしても, 追跡の精度には限界がある. 認識処理の頻度(取得頻度)を変えたときに精度がど

のように変化するかについても調査する.

## 3. 提案手法

工具の現在位置の取得方法と, 追跡方法について提案する. 工具は作業机(以降 机)の上で使用されるため, 追跡する単位は机単位とする.

## 3.1. 工具の現在位置の取得方法

工具は種類が多く, 似ているものも多い. さらに, 同一種類の工具を複数所有している場合も多いため, 見た目による識別ではなく, 識別番号を与え, それに対応するタグを工具に付加する手法を採用する. また, 工具は交換や追加が多いため, タグは安価に作成できるように, 通常のカラースタンプで作成できるカラーコードを用い, 読み取りにはカメラを採用する.

## 3.2. 工具の追跡方法

工具の追跡は置かれている机単位で行う. 各机にはその領域を撮影するカメラを取り付け, その画像を用いて前節の手法で工具を認識する. 認識された工具は, 置かれている机と関連付けられて記憶される. 工具が異なる机に移動し, 移動先の机で認識されたときに, 現在位置を新しい机に更新し, 移動履歴に追加する.

工具が他の物に隠れて認識できないときの追跡方法の概要を図 1 に示す. カメラにより認識できない場合においても追跡を行うために, システムは直前まで認識していた場所の情報をもとに, その机に置かれ続けているとして扱うこ

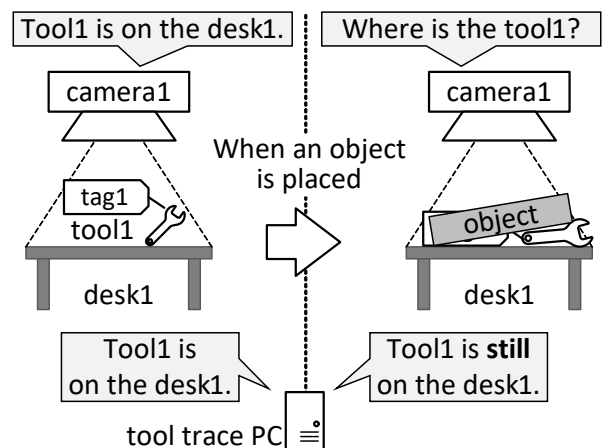


図 1 工具が認識できない場合の追跡手法

Tool location information tracing system using time series

†Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokyo Denki University

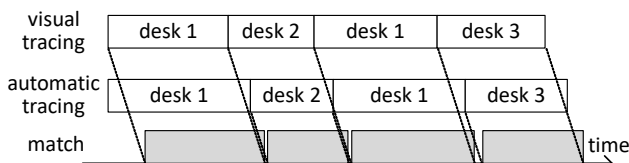


図 2 自動追跡と目視追跡を比較した精度の求め方

とで、認識をし続ける。重なっていたものが移動され再び工具を認識できる状態になった後は、前回認識できていた時から認識が継続されていたものとして扱う。

#### 4. 実装

工具利用追跡システムの実装を行った。机を撮影するカメラには、RaspberryPi と専用カメラモジュールを使用した。複数の机に設置されたカメラで撮影した画像はLANを経由し工具追跡PCに送信される。工具追跡PCは送られてくる画像から、工具の認識・追跡を行う。また、一定間隔で画像の取得を行っているため、認識には必ず遅延が発生する。T秒間隔で認識を行う場合、平均でT/2秒の遅延が生じるため、工具が移動したときの時刻を、T/2秒だけ戻して記録する。

各工具には一意の番号を設定し、その番号のカラーコードを作成して工具に付加した。カラーコードの読み取りは独自のものを使用した。

#### 5. 評価

##### 5.1. 評価手法

実装したシステムの評価として、目視で工具を追跡した情報（以降 目視追跡）とシステムにより自動で追跡した情報（以降 自動追跡）を比較して、どの程度一致しているのかによる精度と、追跡漏れの個数を調査する。また、取得頻度を変化させたときにこれらがどのように変化するかについても調査する。一致度合いは図2のように目視追跡と自動追跡で結果が同じであった時間（図の灰色領域）が、全体時間に占める割合とする。比較を行う点線が傾いているのは、認識の遅延を考慮しているためである。

##### 5.2. 評価結果

取得頻度による精度の変化を図3に、認識漏れの個数の変化を図4に示す。横軸は取得頻度つまり1秒間に何回取得するかをlog<sub>2</sub>のスケールで示している。右端が1秒に1回で、目盛りが左にいくに従い、間隔が2倍になる。提案手法と比較するために、工具がカメラに写っている時のみの追跡も実施した結果、取得頻度に関わらず精度は約65[%]程度であった。それに対し、提案手法による追跡では、取得頻度が高くなるにしたがい精度が高くなり、0.125[CPS（回/秒）]以上、つまり8秒よりも短い間隔で約95[%]を超

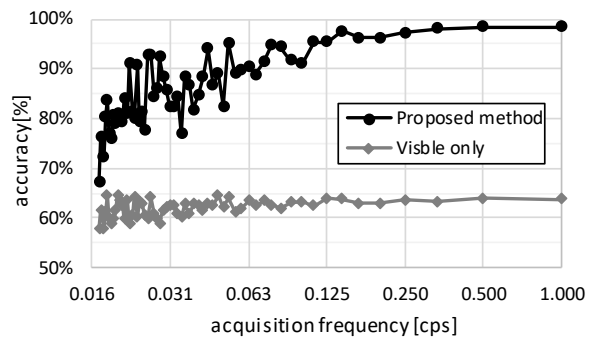


図 3 取得頻度による追跡精度の変化

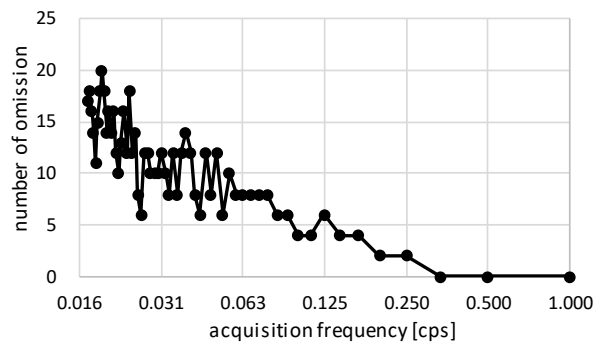


図 4 取得頻度による追跡漏れの個数の変化

えていた。また、0.25[CPS]（4秒間隔）以上であまり精度に変化がなくなることがわかった。

認識漏れについては、取得頻度が高くなるに従い発生回数が減っていき、取得頻度が0.33[CPS]（3秒間隔）以上で0回となった。

#### 6. 考察

取得頻度による追跡漏れの発生について考察する。目視追跡の結果、工具の移動の間隔が10秒台と非常に短いものもあった。このような移動の場合、目視では置かれた瞬間から位置を把握できるが、自動追跡では、画像処理の精度や利用者の手の影響で偶然認識できず、次の認識の時にはすでに移動してしまうことがあった。高頻度で取得する場合、すぐに次の認識を行うため、認識漏れが発生しなかったと考えられる。

#### 7. まとめ

本研究では、工作施設内での工具利状況の追跡システムの提案を行い、追跡精度の評価を行った。4秒間隔で認識することで高い精度で追跡を行うことを確認した。今後は、本システムにより取得した追跡情報から、工具の利用実態を調査・分析し、不足している工具の通知を行うなど、施設の運用管理のサポートを行うシステムの提案を行う。

#### 参考文献

- [1] FabLab Japan Network, <http://fablabjapan.org/>
- [2] 株式会社カインズ, CAINZ 工房, [https://www.cainz.co.jp/diy\\_style/factory/](https://www.cainz.co.jp/diy_style/factory/)