

# CAD ファイルを Ground-truth とする 平面状のマーカ位置推定システムの設計支援ツール

中原健一<sup>†</sup> 川原圭博<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 東京大学大学院情報理工学系研究科

## 1 はじめに

物体の姿勢や形状を推定するために、マーカを関節等の特徴点に配置して画像処理によりその座標を推定する手法は古典的でありながら依然広く用いられている。近年提案されているニューラルネットワークを利用して物体の特徴点を検出する手法はマーカを必要とせず高精度を実現し、かつ原理状任意の特徴点推定に応用可能であるが、当該手法を任意のアプリケーションに転用する場合は大量のデータセットの収集及びアノテーションが必要である [1]。一方、マーカ検出を用いれば対象物にマーカを貼り付けるのみでその位置を頑健に推定することが出来るため、実装はより簡易である。しかしながら、マーカを利用する位置推定システムの構成には (i) 背後にある対象物、(ii) 対象物に紐づく特徴点とマーカの位置、(iii) 特徴点の接続関係の三点をそれぞれ設計し、具体的に記述するプロセスが必要であり、本用途に特化した CAD システムは広く流通していない。本研究では、誰でも利用可能な二次元 CAD システムである Adobe Illustrator によって (i) だけでなく (ii)(iii) を半自動的に記述する拡張プラグインを提案する。ユーザが記述したパスの端点に対して AR マーカを配置し、その相対位置及び、マーカ同士の間には辺が存在するか否かを出力する。出力結果を外部アプリケーションから利用することによって、実物に付随するマーカから実際の位置関係を容易に再現することが可能になる。

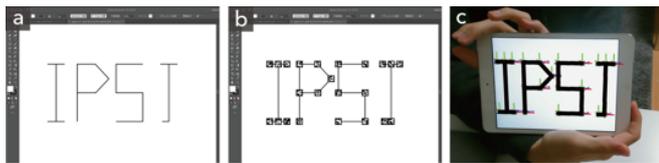


図1 本ツールの動作の様子。(a) 対象物の骨格を表す線画。(b) Adobe Illustrator 上で拡張スクリプトを実行することにより、パスの端点に AR マーカを自動的に配置すると同時に端点同士の結合の有無や位置関係をマーカの形状と合わせて出力の様子。(c) 出力された情報を利用して、タブレット上に表示された実際のマーカを外部アプリケーションから認識し、接続関係を再現した様子。

## 2 アプリケーション

### 2.1 辺情報の再現

本稿で提案するプラグインの基本的な利用例を図 1 に示す。本稿では、AR マーカとして  $6 \times 6$  の ARUCO マーカ [2] を利用し、その検出に OpenCV の aruco ライブラリを使用した。Illustrator ファイルから出力したデータに

### Algorithm 1 AR マーカを端点に配置するアルゴリズム

```

1: marker_list ← empty array
2: link_list ← empty array
3: for path ← paths in document do
4:   for point ← points in path do
5:     Embed(marker_id, point)
6:     ▷ マーカの画像を埋め込む
7:   Append point to marker_list
8:   if point is not first nor last in path then
9:     Append(marker_id, previous) to link_list
10:  else if point is last && path is closed then
11:    Append(marker_id, first) to link_list
12: Output(marker_list)
13: Output(link_list)

```

よって、マーカのみが表示されているタブレット画面上で本来の辺情報を再現することに成功していることがわかる。

### 2.2 Liquid Pouch Motors [3] の位置推定

実際のアプリケーションの一つとして、平面状のアクチュエータである Liquid Pouch Motors (図 2) の位置推定アプリケーションを実装の様子を示す。概要を図 3 および図 4 に示す。ここでは、液体の存在する領域を判定し、レーザーを該当領域に照射することによってアクチュエータを駆動することを目指す。本アクチュエータの材料であるフィルム・液体は透明であり、通常の画像処理によって正確にその位置を検出することは困難である上、その画像データはごく少数しか流通しておらず、ニューラルネットによる検出手法の適用も同様に現実的ではない。そこで、アクチュエータの端点に AR マーカを配置してその位置を推定し、レーザーの照射先を動的に制御するガルバノスキャナとの相対位置からスキャナのミラーの回転角を動的に決定するという手法を採用する。

本アクチュエータの設計には Adobe Illustrator を利用することが推奨されており [4]、本稿で提案するプラグインを利用することによって位置推定に利用する AR マーカの配置およびアクチュエータの設計を同一のツールを利用して同一のファイル上で完結させることができる。本稿では、プロトタイプとして市販のレーザーポインタを長方形のアクチュエータに照射する実験を行った。実際の動作の様子を図 5 に示す。その位置が変動しても、レーザーの照射先を動的に追従させることが可能であった。



図2 Liquid Pouch Motors. 電熱線などの熱源より加熱されることで大きい体積変化を起こす。スケールバー: 1cm.

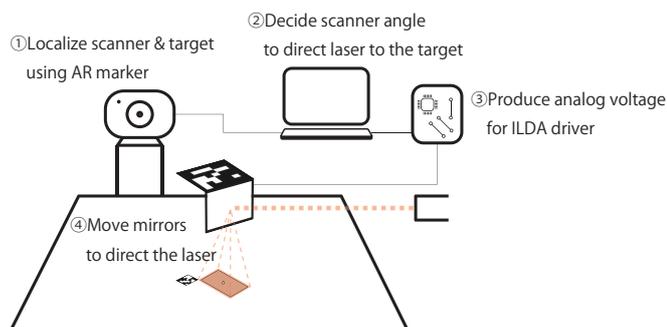


図3 Liquid Pouch Motors の位置推定システムの概要. (1) AR マーカーを利用してガルバノスキャナ・アクチュエータの三次元座標を推定する. (2) 二者の相対座標からレーザの照射角を決定する. (3) 所望の照射角を実現するアナログ電圧をスキャナに出力する. (4) レーザをアクチュエータに照射する. 液体が吸収する特定周波数のレーザを用いることによって, 内部の液体を加熱してアクチュエータを駆動させることが原理上可能である.

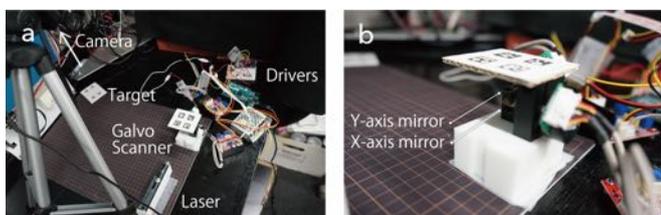


図4 Liquid Pouch Motors の位置推定システムの実際の様子. (a) 上から見た図. (b) ガルバノスキャナ. 照射角を決定する鏡の鉛直真上に AR マーカーのボードが取り付けられており, 対象物と同様に位置を推定できる.

### 3 おわりに

本稿では, データセットの収集が容易ではない任意の対象物の位置推定アプリケーションを AR マーカーを用いて行うためのシステム構築に向けて, Adobe Illustrator 上で設計した対象物の端点にマーカーを自動的に配置するプラグインによってその実装のプロセスがより簡易化されることを示した. 本稿で提案したプラグインおよび AR マーカー認識のためのモジュールは PyPI に公開され, 誰でも利用可能となっている (<https://pypi.org/project/arucodesign/>).

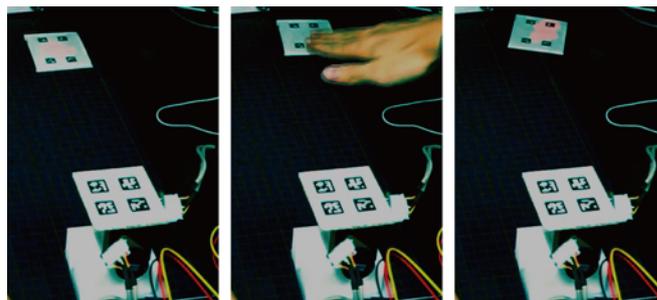


図5 Liquid Pouch Motors の位置推定システムの動作の様子. 対象物の移動に対してレーザが追従する. 位置推定の対象となるアクチュエータの形状および端点に配置された AR マーカーの位置と ID は全て Adobe Illustrator 上で設計された.

### 参考文献

- [1] Newell, A. *et al.*: Associative embedding: End-to-end learning for joint detection and grouping, Proceedings of the 30th Conference of Advances in Neural Information Processing Systems, pp. 2277-2287 (2017).
- [2] Rafael, M. *et al.*: ARUCO: a minimal library for Augmented Reality applications based on OpenCV, Universidad de Córdoba (2012).
- [3] Narumi, K. *et al.*: Liquid Pouch Motors: 紙のインタフェースのための薄く軽く柔軟なアクチュエータ, The 26th Workshop on Interactive Systems and Software, pp. 1-6 (2018).
- [4] Niiyama, R. *et al.*: Pouch motors: Printable soft actuators integrated with computational design, Soft Robotics, Vol. 2, No. 2, pp. 59-70 (2015).