

化粧品製造の人手作業を Physical AI 用データにするパイプラインの実装

プリマール株式会社 村上 知暉 kenpr2g@gmail.com

ロボットに手作業を教える課題

- P1 衛生上外せない手袋をした手でも、位置を安定して取得できるようにする必要がある
- P2 作業の終わりの判定に有効なのはカメラか圧力センサかを、同じ基準で比べる必要がある
- P3 別々の装置で記録した映像と圧力を、共通の時刻と座標にそろえる必要がある

手法・ツールの適用による解決

- P1→ 手袋の手で学習し直した検出ソフト YOLO11s を使う。色と形を学び直せる
- P2→ カメラ 3 台と圧力センサで同時に記録し、3つの組み合わせを同じ条件で比べた
- P3→ ChArUco 板を写してカメラ同士の位置関係を求め、時刻をそろえた

① 手の動きと指先の力を測るパイプライン

① 記録する

定点カメラ 2 台と胸カメラ、指先の圧力センサ 3 本を同時収録

② 手を見つける

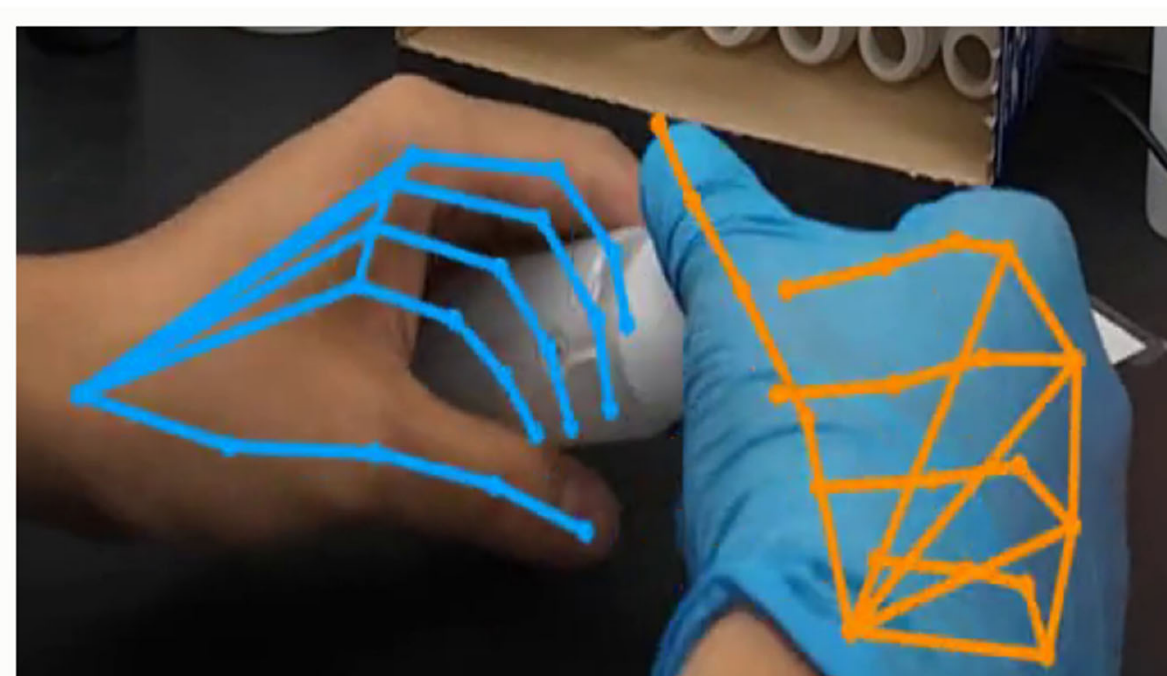
手袋の手で学習し直した YOLO11s で切り出し、手の 21 点を取る

③ 3 次元にする

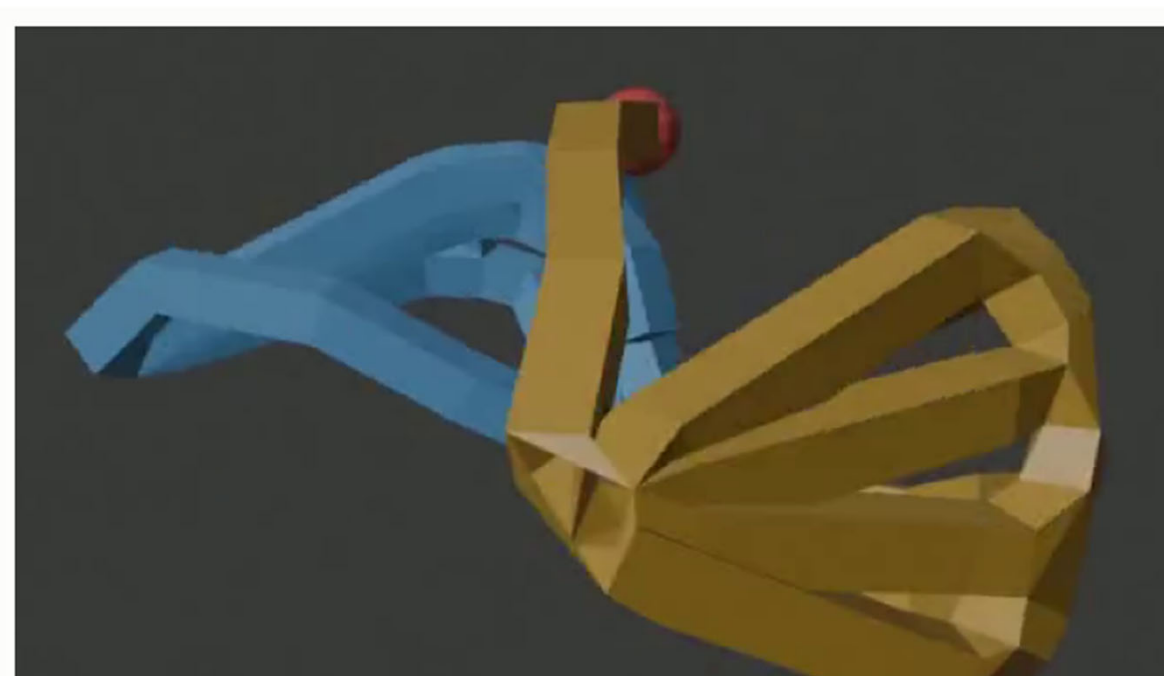
ChArUco 板でカメラ同士の位置をそろえ、21 点を 3 次元にする

④ 終わりを当てる

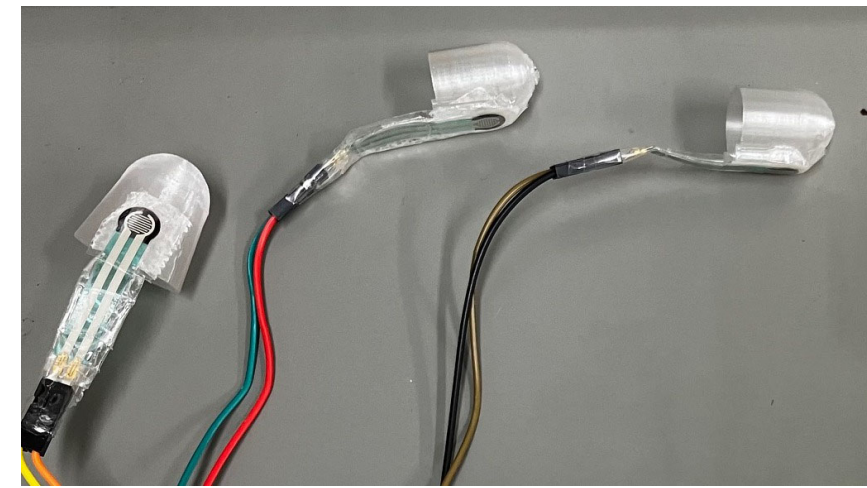
カメラだけ・圧力だけ・両方を同じ条件で比べ、作業の終わりを当てる



撮影した映像 + 手の21点



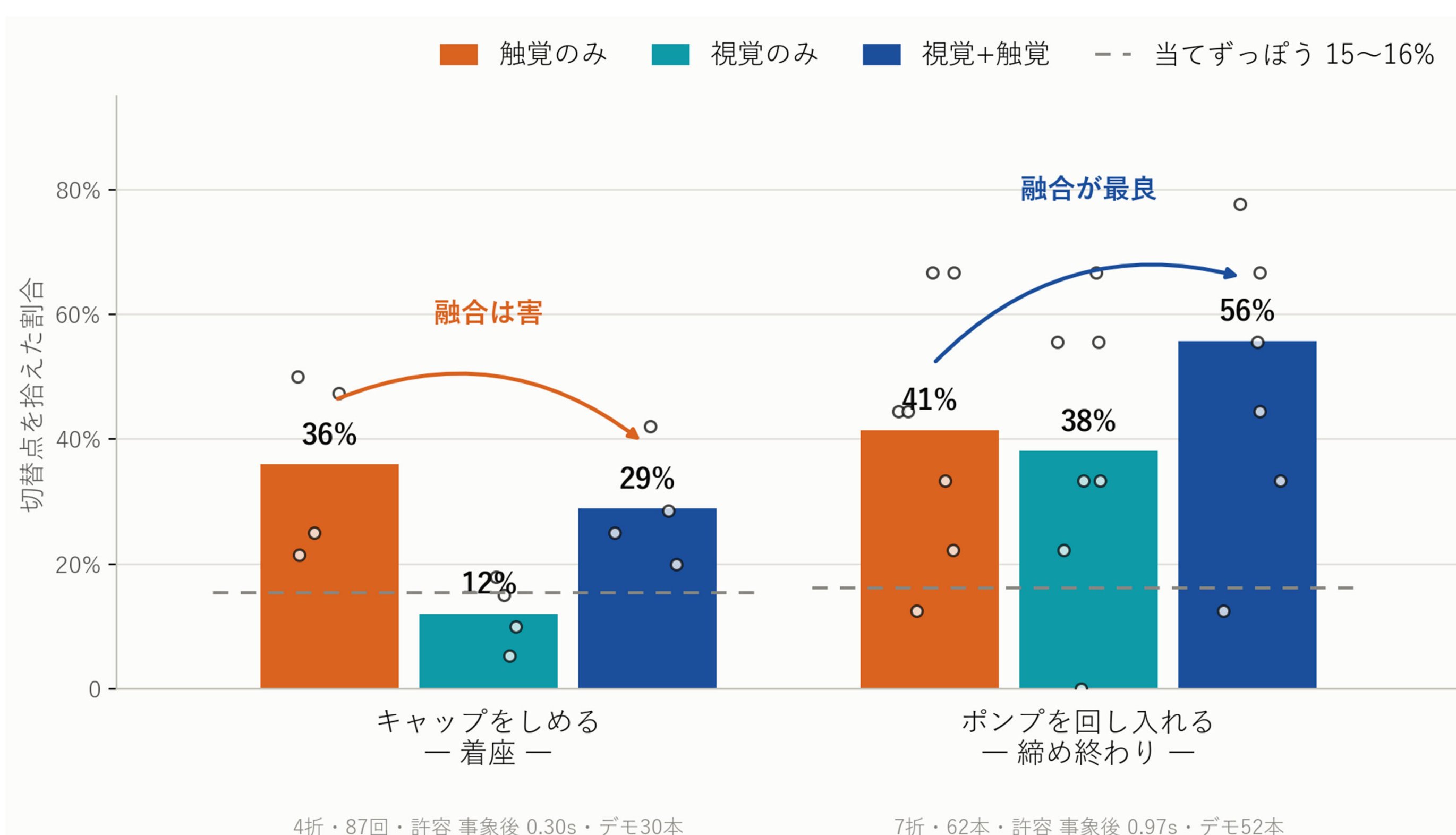
計算した手の3次元



対象は 2 つ。A=キャップをはめ込む、B=蓋(ポンプ)を回し入れる

左=撮影した映像と手の 21 点(橙が右手)
右=計算した 3 次元。赤い球が指先の力
中央=圧力センサを貼った 3D 治具

② 作業ごとに変わるセンサの効き方



作業の終わりを何 % 言い当てられたか。破線=でたらめの水準。触覚=圧力センサ、視覚=カメラ

A の着座は数ミリ沈む力の出来事で、手の形がほぼ変わらない。カメラが効かないのはそのため

圧力センサにカメラを足すと

A キャップをはめ込む 7 ポイント下がる

B 蓋を回し入れる 15 ポイント上がる

同じセンサでも、作業によって逆に働く

手袋の手 63.2 → 98.3 %、3 次元化 48 %

横から撮った 1 台のみ、ほぼ変わらず

下図は別の課題(作業の段階あて)。教える回数が 1/8~1/4

