

合業, 人間行動駆動, 動作リテラシー

中央大学 大隅 久

発表手順

1. 人とロボットの協働作業
2. 合業によるアプローチ
3. 合業の課題
4. 動作リテラシー
5. 課題解決へ向けて

1. 人とロボットの協働作業

製造工程におけるロボット利用

これまでのアプローチ

- 一連の作業を単純作業に分解
- 人は人の得意、ロボットはロボットの得意な作業

進んだ職場では現状はこの思想で最適化済み

ロボット導入の難しい作業は多数存在

(例：大型機械組立，工場外の作業)

更なる省人化，生産性向上に向けたロボット導入のために

人手で行われている作業のロボットによる支援

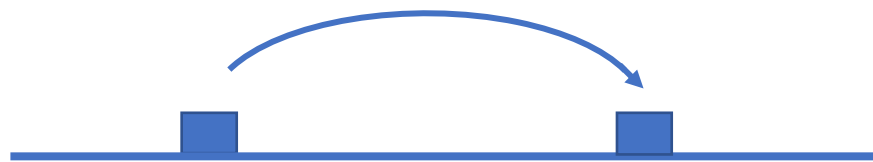
二人作業（二人で一つの作業を実施）へのロボット導入を
対象とした，ロボット支援の実用化

二人作業をロボット化するには

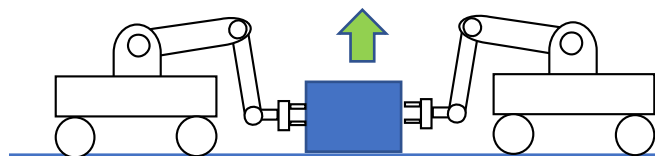
前提：製造現場等で，作業工程，環境，製品形状が既知

重量物搬送の例

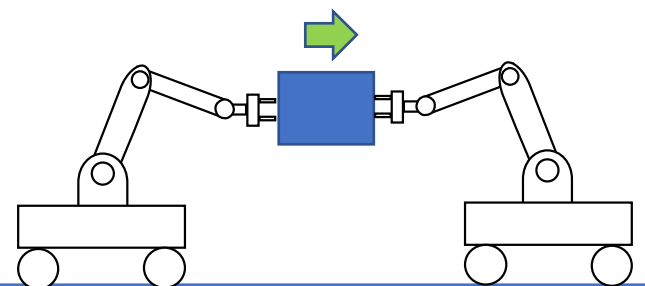
ロボット同士だと・・・



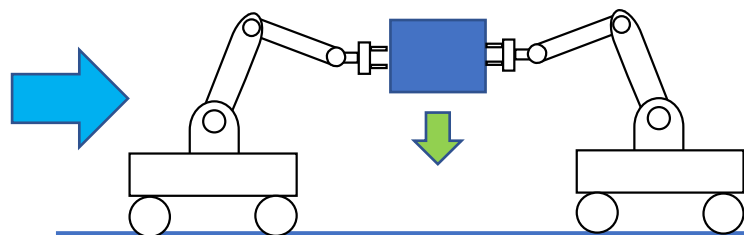
持ち上げる



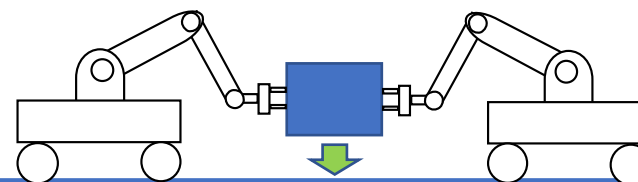
横移動



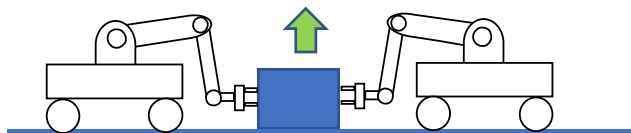
位置決め



そっと置く



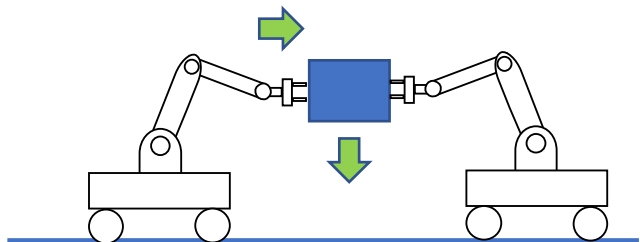
持ち上げ



- タイミングを合わせる
- 片方への荷重集中を避ける
- 水平を保つ

正確な同期, 精密な軌道制御, 精密な対象物・環境モデル, 初期位置近傍での精密な位置・姿勢計測

搬送, 位置決め



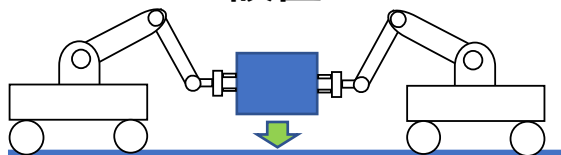
- 水平を保つ
- 過大な内力の発生を防ぐ

協調制御アルゴリズム, 搬送物軌道生成, 搬送空間での精密な位置・姿勢計測

- 正確な位置合わせ
- 水平を保つ
- 設置時の衝撃を防ぐ

正確な同期, 精密な軌道制御, 精密な対象物・環境モデル, 位置決め点近傍での精密な位置・姿勢計測

設置



- ✓ ハードウェア (作業毎に異なる)
- ✓ ティーチング (プログラミング) の手間
- ✓ 協調制御
- ✓ キャリブレーション

コスト (手間) を含めた技術的解決が必要

片方のロボットを作業者で置き換えてみたら？

2. 合業によるアプローチ

合業：空間的，時系列的に分離できない（分業不可の）作業を，作業者とロボットが一緒になって遂行すること

- ✓ ティーチング（プログラミング）の手間を減らす
=> ティーチングレス
- ✓ 人の動作をロボット動作の基準とできる
=> 人間行動駆動
- ✓ 制御，キャリブレーションの負担軽減

- これまでのアプローチでは現状実現できない様々な作業への適用可能性
- 人手で行っている作業のロボット支援による生産性アップも視野

合業の何が難しいか？

ロボットの得意：動作の再現性，プログラムに忠実に動く
人との協調：相手の人間に合わせて動く

分業化できない二人での協働作業の例



基礎ブロック設置

<http://hayakikaze.com/archives/4725>



足場設置

<https://ameblo.jp/nojiritoso/entry-12394334279.html>



長ネギ収穫

<https://www.yasai-koubou.com/p5-farmers/horita.html>



商品陳列

<http://ai-q.jp/kyujin/85924/>



障子張り

<https://blog.goo.ne.jp/hbunkoudou/e/04dbdd95805e88cebc34262c0007805b>

なぜ二人必要か

- ◆ 大きなものを運ぶ, 重いものを運ぶ
- ◆ 一人が支え, もう一人がねじ止めする
- ◆ 役割分担で作業効率が向上する
- ◆ 広い可動領域をカバー
- ◆ 柔軟で大型対象物

3. 合業の課題

二人作業の支援ロボットへの要求

- ✓ 作業毎に求められる動作（ハードウェア）
- ✓ 相手の人間の動きに合わせた動作
- ✓ 作業のコツ，いっしょに行うためのコツ

相手の人間の動きに合わせるための課題

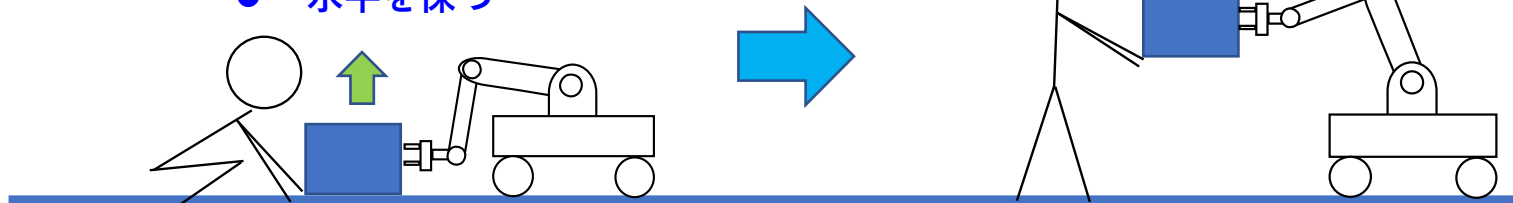
- ✓ 動作のタイミング合わせが必要
- ✓ 人同士であれば無意識に実行している動作
=> 動作リテラシー
- ✓ 再現性の高くない人の動作に追従

4. 人間行動駆動と動作リテラシー

合業では・・・

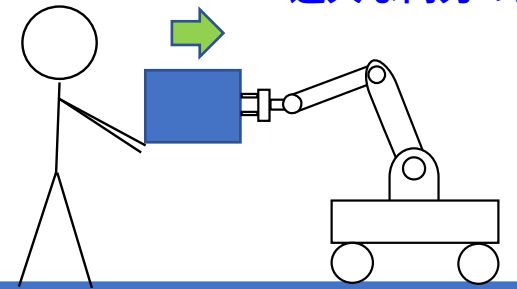
持ち上げる

- タイミングを合わせる
- 片方への荷重集中を避ける
- 水平を保つ



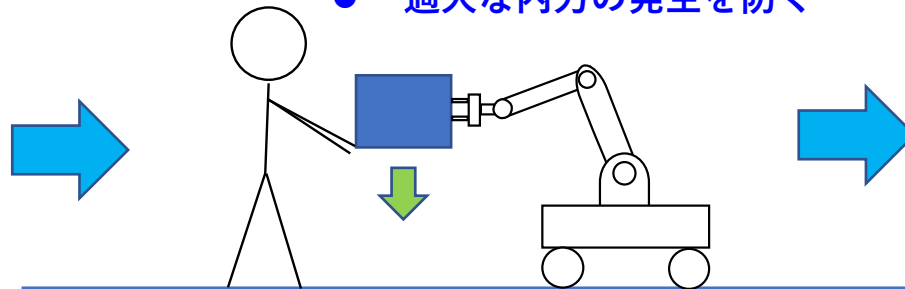
横移動

- 水平を保つ
- 過大な内力の発生を防ぐ



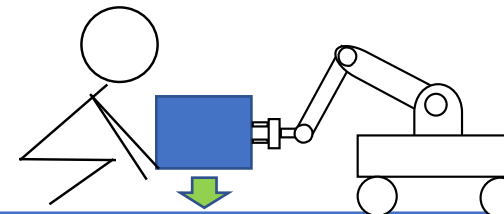
位置決め

- 水平を保つ
- 過大な内力の発生を防ぐ



そっと置く

- 正確な位置合わせ
- 水平を保つ
- 設置時の衝撃を防ぐ



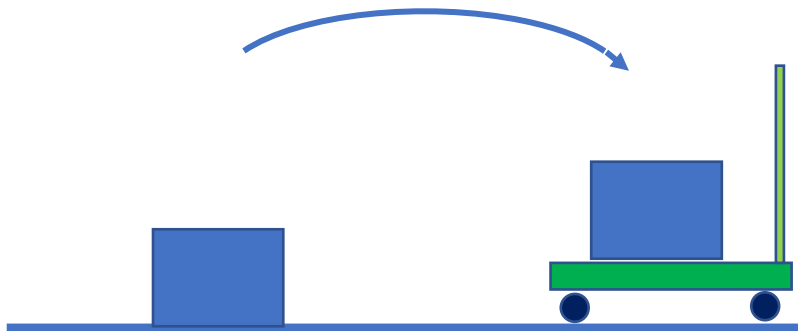
人に合わせて動く，動作(位置・時間)の基準は人間・対象物

動作アルゴリズム，位置・姿勢計測等の簡略化が期待
作業（対象物）毎の動作プログラミング（ティーチング）不要

動作リテラシーとは？

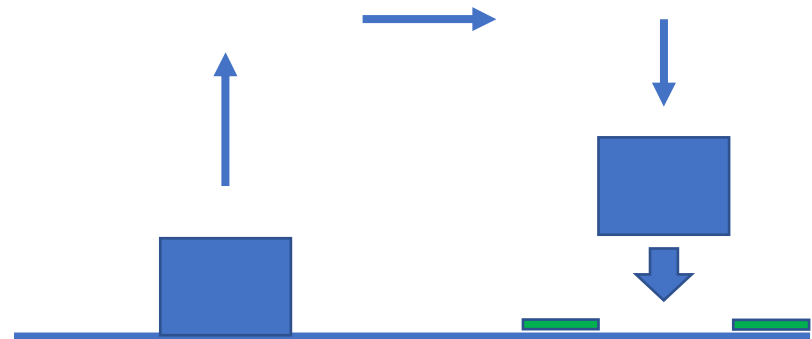
作業を遂行するために必要となる知識で、作業者は体で覚えているが、動作手順には現れない（意識されない）知識

台車に雑誌の入った段ボール箱を載せる



- ✓ 持ち上げのタイミングを計る
- ✓ 適当に持ち上げる
- ✓ 荷台近くまで適当に移動
- ✓ どすんと置く

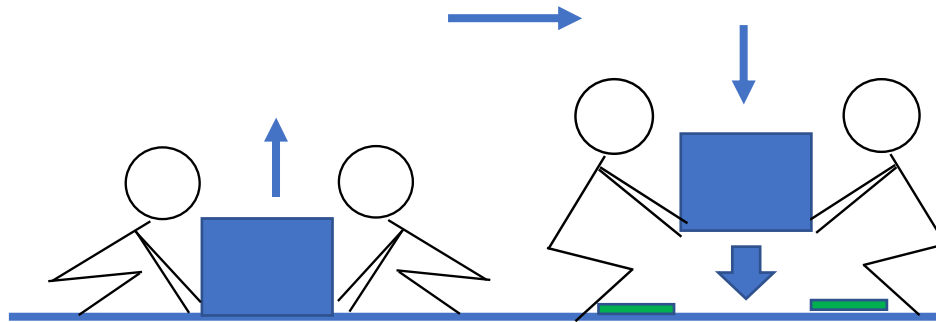
精密機械を決められた位置に正確に置く



- ✓ 持ち上げのタイミングを計る
- ✓ 真上に持ち上げる
- ✓ 水平に位置決め点近傍まで移動
- ✓ 位置合わせを行う
- ✓ そっと置く

動作リテラシーの例

重い精密機械を決められた位置に正確に置く



✓ 位置合わせ

姿勢誤差はここで消す

相手の動きを見て
自分の目標動作を決定

✓ 持ち上げる

タイミングをはかる

掛け声をかける

いちにのさん

いっせ～の～せっ

✓ そっと置く

微小位置誤差を補正

地面との衝突回避

位置決め点近傍で一旦停止,
その後非常にゆっくり

作業毎に様々な動作リテラシーが存在

5. 課題解決へ向けて

ハードウェア, 制御 (目標指令, モード), タイミング
動作リテラシーの解明, 作業者の行動予測

二人作業の分類と課題の整理

- 力の干渉を伴わない二人作業
- 力の干渉を伴う二人作業

力の干渉を伴う二人作業の解析

二人作業における持ち上げ作業者の動作解析

- 持ち上げのタイミング
- 力のプロファイル
- 対象物の状態と動作の関係

片方をロボットとした作業者の動作解析

- 相手がロボットになると作業者はどう感じるか
- 作業者の動作予測

2021年9月8日 発行

発行者 一般財団法人製造科学技術センター

連絡先

住所 〒105-0004 東京都港区新橋3-4-1 新橋企画ビルディング4階

電話 03-3500-4891

Fax 03-3500-4895

Eメール info@mstc.or.jp

著作権について

無断転載・使用を禁ずる。

資料中の引用画像は、MSTCメガ労働システム研究会で管理しています。

本資料に記載の情報の著作権は製造科学技術センター（MSTC）メガ労働生産性システム研究会に帰属します。

私的かつ非商業目的で使用する場合、その他著作権法により認められる場合を除き、事前に製造科学技術センター（MSTC）の書面による許可を受けずに、複製、公衆送信、改変、切除、転載等の行為は著作権法により禁止されています。