

ハンドガイドによる人・産業用ロボット協働システムの 生産ラインへの適用性検討

Study on Application of a Human-Robot Collaborative System using Hand-Guiding in a Production Line

藤井正和 技術開発本部技術企画部 主査
村上弘記 技術開発本部総合開発センター 副所長
曾根原光治 技術開発本部総合開発センターロボット技術開発部 部長

生産現場における重量物や大型部品などの搬送・組付作業において、効率化や作業者の安全確保、省人化のために助力装置の導入や自動化など、さまざまな工夫がなされている。しかし、助力装置では省人効果は得られない。また、自動化においても高度なセンシングと制御による位置決めと作業完了判定が必要となり、稼働率が低下し、投資に見合う効果が得られないことがある。本稿では、これらの課題を解決するため、人・産業用ロボット協働システムを生産ラインへ適用することを検討する。「ハンドガイド」と呼ばれる、人が産業用ロボットを直接操作し作業を行う協働システムを対象に、安全性についての考え方や操作性を向上させる手法、人のスキルを支援する手法について検討結果を報告する。

Power assist devices and automated facilities are applied to the transportation and assembly of heavy or large parts in production lines to improve efficiency, keep workers safe and reduce the number of workers. However, power assist devices cannot reduce the number of workers. Moreover, automated facilities have to be equipped with advanced sensing devices and controls for positioning purposes and judging when a task is complete, and then such facilities may hamper utilization or make the return on investment too small. In this paper, to resolve such problems, we studied the application of a human-industrial robot cooperative system to a production line. Safety, operability and the assistance of human skills were studied as they relate to hand-guiding, in which a human operates an industrial robot directly and they work collaboratively.

1. 緒 言

少子高齢化に伴う労働人口の減少は、製造業においては熟練作業者の技能伝承の問題を引き起こしている。品質の低下を引き起こすだけでなく、景気の影響を受け生産量を増やしたいときにも容易に作業者を確保できず、結果として企業の競争力の低下へとつながる。

作業者の量と技能の質についての問題を解決すべく、大規模な生産を行う企業を中心として、生産の自動化が進められている。溶接やマテリアルハンドリング（マテハン）を中心として自動化が進んでいる一方で、組立作業は自動化が進んでいない。熟練作業である組立作業の動作や作業の完了・失敗の判定を自動で行うことが難しく、自動化には高度な制御やセンシングが求められるため、自動化してもチョコ停（故障ではなく、軽微な事象による一時的な装置の停止）が度々起こって稼働率が下がったり、人による作業と比べて投資対効果が上がらなかったりすることが理由の一つと考えられる。

このような問題を解決するため、筆者らは「ハンドガ

イド」と呼ばれる人と産業用ロボットの協働システムを提案してきた^{(1) (2)}。ハンドリング対象の把持と作業場所近傍への搬送など単純・繰返し作業は産業用ロボットが自動で行い、組付けや設置などの作業は作業者が産業用ロボットのエンドエフェクタ付近に取り付けられた操作デバイスで産業用ロボットを操作して行うものである。自動化の妨げとなっている詳細な位置決めや作業の完了・失敗の判定などの熟練作業は作業者が行うため、チョコ停が起りにくい。しかも大型や長尺の部品の場合、重量や姿勢の保持は産業用ロボットが行うため、作業者の負担を減らす助力装置として利用ができる。能動的にパワーアシストや作業支援を行う装置はこれまでも開発されてきた^{(3) (4)}が、産業用ロボットではないため自動動作はなく、助力装置と同様に常に作業者による操作が必要となる。作業によっては作業者なしに自動動作で作業できる点が、産業用ロボットを用いて協働システムを構成する利点の一つといえる。

作業者と産業用ロボットの協働システムで重要な要素は「安全性」と「操作性」である。安全性については産業

用ロボットの安全に関する標準規格で人との協働運転要件が記載されており、このなかで「ハンドガイド」に必要な要件も具体化されている。また日本の安全法令でも国際標準規格への準拠が求められている。リスクアセスメントによって、① 作業者と産業用ロボットの作業空間を分けること ② 協働運転時のみ作業者が産業用ロボットの操作デバイスに触れられるようインタロックを解除すること、などを盛り込んでシステム化し、安全性を担保する事例を提案してきた^{(1) (2)}。一方、操作性については、作業者の意図どおりに産業用ロボットを操作して作業を完遂させるために必要な性能である。入力装置の種類や、操作量に応じて算出するロボット指令速度のパターンを変えるなどの工夫によって作業者の意図どおりの操作を実現し⁽⁵⁾、動作軸の選択、回転中心の切替えによって熟練が必要な作業を容易にこなせるようにする、いわば協働システムによる熟練者スキルの支援などを提案してきた^{(6) (7)}。

本稿では、生産ラインに人・産業用ロボット協働システムを適用するに当たって、大型や長尺の部品を扱う組立作業を想定して検討・設計すべき事項を、これまでの研究成果を整理する形で述べる。

2. 標準規格と国内の安全法規、協働運転の形態

2.1 人と産業用ロボットの協働運転に関する標準規格

産業用ロボットのための安全要求事項を定める国際標準規格として ISO 10218-1:2011⁽⁸⁾と ISO 10218-2:2011⁽⁹⁾がある。前者はロボット単体、後者はロボットシステムとインテグレーションについての要件が示されている。日本工業規格 (JIS) を国際標準規格と整合させるため、2015年3月にそれぞれ JIS B 8433-1:2015⁽¹⁰⁾の改正と JIS B 8433-2:2015⁽¹¹⁾の制定がなされた。人と産業用ロボットの協働運転に関する要件はこれらの規格に記載されており、第1表に標準規格に記載の協働運転要求事項の概要を示す。当然ながらリスクアセスメントを行い、許容できる程度までリスクを下げる方策を実施することが必要である。

2.2 人と産業用ロボットの協働運転に関する安全法規

従来、日本国内では労働安全衛生法第20条に基づく労働安全衛生規則第150条の4に、産業用ロボットの安全について記載されていた。モータの定格出力(80W以上)や動作の自由度などで産業用ロボットを定義し、人が産業用ロボットと接触することで危険が生じるおそれがあるときは、「さく又は囲いを設ける等当該危険を防止するために必要な措置を講じなければならない」とされて

第1表 標準規格に記載の協働運転要求事項の概要

Table 1 Collaborative operation requirement according to the standard

| 協働方式 | 要求事項(要約) |
|------------|---|
| 全般 | 協働運転であることを示す視覚表示と、以下のいずれかを満足することを要求 |
| 安全適合の監視停止 | 人間が協働作業空間内に存在するときのロボットの振る舞い(停止と自動運転への復帰)に対する要求 |
| ハンドガイド | ハンドガイド装置が必要とする操作装置の配置・機能、ロボットの動作速度や姿勢、協働作業空間の明示などに対する要求 |
| 速度および間隔の監視 | ロボットの速度と、ロボットと人間の間隔に対する要求 |
| 動力および力の制限 | 本質的設計または制御機能による動力や力の制限に対する要求 |

(注) 協働作業空間とは、ロボット作業セルの安全防護空間内のロボットと人間が同時に作業を遂行できる作業空間をいう。

いた。しかし、標準規格で規定された人と産業用ロボットの協働運転についての要求との対応が不明確であった。

対応を明確とするため、2013年に、労働安全衛生規則の解釈が見直され、標準規格と国内の安全法規の対応が明確となった。標準規格に準拠するロボットおよびロボットシステムとすることで、安全法規が満足される。

2.3 協働運転の形態

標準規格に記載された協働運転の形態を第2表に示す。「安全適合の監視停止」、「速度および間隔の監視」は、産業用ロボットが作業者に衝突しないようにする方式である。「動力および力の制限」は産業用ロボットが作業者に接触しても許容できるリスクしか作業者に与えないように動力と力を制限する方式である。これらは産業用ロボットと作業者が物理的に作業空間を区切らず、作業空間を共有する協働方式であり、いわば産業用ロボットと作業者の「共存作業」といえる。

一方、「ハンドガイド」は作業者が産業用ロボットのエンドエフェクタ近傍に取り付けられた操作デバイスによって産業用ロボットを操作するものである。産業用ロボットが把持したワークを作業者が産業用ロボットに触れながら

第2表 協働運転の形態

Table 2 Method of collaborative operation

| 協働方式 | 運転形態 |
|------------|--|
| 安全適合の監視停止 | 協働作業空間内に作業者が存在するとき、ロボットは停止する。 |
| ハンドガイド | 作業者がエンドエフェクタ近傍に配置されたイネーブル装置を有効としている間、エンドエフェクタ近傍に配置された入力装置でエンドエフェクタの位置や速度を指示する。 |
| 速度および間隔の監視 | ロボットと作業者が所定の離隔距離を保っている間、ロボットは動作する。離隔距離が保てなくなるとロボットは停止する。 |
| 動力および力の制限 | リスクが許容される程度まで動力および力を制御または本質的に制限する。 |

動かすことが想定された方式であり、いわば産業用ロボットと作業者の「協調作業」といえる。

「共存作業」では、柵や同等の効果を提供可能な電子検知デバイス（ライトカーテンやマットなどの作業者の存在検知装置）の有無を除けば、作業空間が物理的に分けられた従来の産業用ロボットシステムと大差なく、産業用ロボットと作業者は個別に自身の作業を行う。これに対し「協調作業」では産業用ロボットと作業者が協調して一つの作業を行うため、たとえば大型や長尺の部品を運び、組み付ける作業では産業用ロボットを助力装置として使うこともできる。また、作業に応じて、たとえば姿勢を変更せず位置のみ合わせる場面では回転移動を制約し並進移動のみ認める、姿勢を合わせたいときは適切な回転中心を選択したうえで回転移動のみ認めることも可能である。組付けなどの作業を行うために必要なスキルを協働システムが提供することになるため、作業者がスキルに熟練していなくても容易に熟練作業が実現可能となる。

実現したい作業に応じ、協働方式の特徴を生かす選択が必要となる。後述する安全性と操作性の検討も十分に行ったうえで、人による作業、および産業用ロボットを用いた自動化システムに対して効率、稼働率、信頼性、コストなどの何らかのメリットが得られなくては協働システムとする意義がないため、協働方式の選択に当たっては十分な検討が必要である。

3. 協働システムの設計

人と産業用ロボットの協働システムを設計するに当たり、検討すべき事項は大まかに以下の3点である。

- (1) 協働方式
- (2) 安全性
- (3) 操作性

これらの詳細について、大型のワークを運び、組み立てる生産ラインへの適用を想定して検討する。

3.1 協働方式

本稿では、「ハンドガイド」を採用する。2.3節に記載したとおり、「ハンドガイド」では助力装置として協働運転が可能のため作業者が扱えないような大型や長尺の部品を扱える一方、産業用ロボット単独での自動運転も可能であり、自動運転中は作業者は別の作業を行うことができる。つまり、一般的な助力装置と同様にロボットが把持した作業対象ワークを、作業者が動かす作業方法を採用することができながら省人化に寄与できるといえる。本稿で適用を

想定する大型や長尺の部品を扱う生産ラインに適用することで、協働システムとするメリットを生かせるものと考えた。一方、「共存作業」では作業者と産業用ロボットが個々に作業をするものであり、共存によって個々が行えない作業を実現できるわけではない。よって、本稿では協働方式として「ハンドガイド」を採用する。

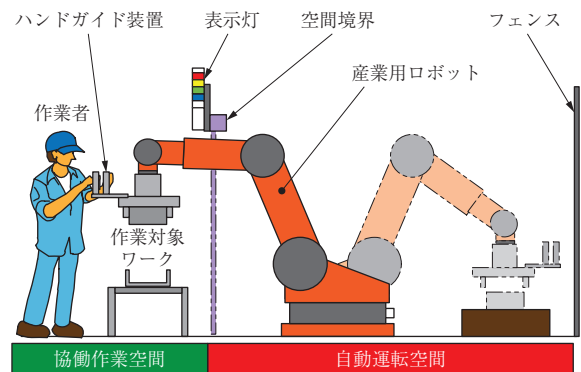
第1図にハンドガイドシステムのコンセプトを示す^{(1) (2)}。一般的な産業用ロボット単独のシステムと異なる特徴的な構成要素は、ロボットと作業者が協働で作業を行う「協働作業空間」、通常作業者が立ち入ることはなくロボットが自動運転可能な「自動運転空間」、二つの空間を物理的または存在検知などの方法で区切る「空間境界」、作業者がハンドガイド操作をするための「ハンドガイド装置」である。

以降で、安全性および操作性の観点でこれらの構成要素の詳細を示す。

3.2 安全性

JIS B 8433-1:2015, JIS B 8433-2:2015 から、規格としてハンドガイドシステムが備えるべき要件を整理すると以下となる。

- (1) リスクアセスメントの実施
 - (2) 協働運転中であることを示す視覚表示
 - (3) エンドエフェクタ近くへのハンドガイド装置（JIS B 8433-1:2015 に適合する非常停止およびイネーブル装置をもつ）の配置
 - (4) オペレータが協働作業空間全体を明確に視認できること
 - (5) その他、JIS B 8433-1:2015, JIS B 8433-2:2015 に準拠したロボット、保護装置や存在検知装置、安全適合監視速度機能
- これらを踏まえ、(1)のとおりリスクアセスメントも



第1図 ハンドガイドシステムのコンセプト
Fig. 1 Concept of a hand-guiding system

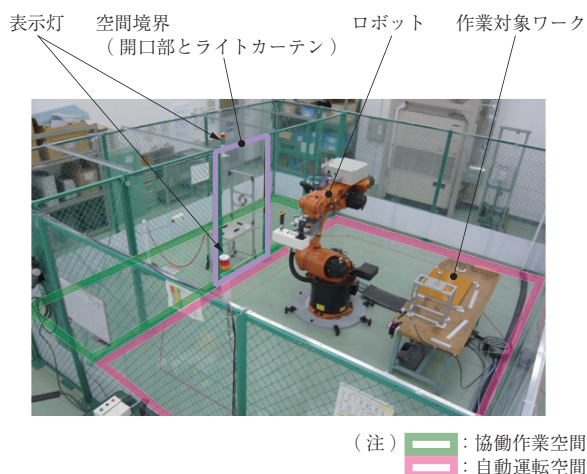
行い、第1図に示すコンセプトを具現化し、第2図に示す試験システムを設計した⁽¹⁾、⁽²⁾。

(2)については、第1図に示すように作業員から見える場所に表示灯を設置することで実現する。

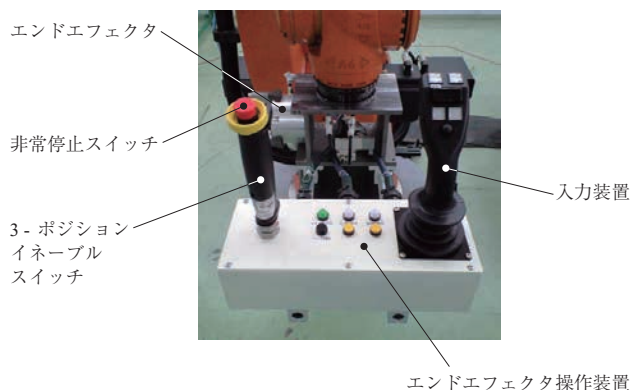
(3)については、第3図に示すハンドガイド装置のように、エンドエフェクタの近くへ3-ポジションイネーブルスイッチ、非常停止スイッチ、および位置や速度の指示を出す入力装置を設置した。

片手操作によって手をロボットや作業対象ワークに挟みこむリスクが想定されたため、イネーブルスイッチと入力装置をそれぞれ左右の手で操作することとし、かつ片手で両方の操作を行えないよう十分な距離を離して配置した。入力装置は第3図ではジョイスティックとし、スティックの傾き角度がロボットへ入力されるセンサ値となる。後述するが、スティックに掛かる力覚を入力とするための力覚センサを用いることもできる。

(4)については、第2図に示すように「協働作業空間」と「自動運転空間」をフェンスで区切ることによって明示する



第2図 試験システムの外観
Fig.2 View of experimental system



第3図 ハンドガイド装置
Fig.3 Hand-guiding equipment

と同時に、作業員以外の意図しない侵入を防ぐこととした。

空間境界は、作業員の「自動運転空間」への侵入を防ぐ仕切りや作業台を設置した。また、協働運転時以外に開口部から作業員の身体が「自動運転空間」へ入ったり、産業用ロボットが「協働作業空間」へ入ったりした場合に産業用ロボットを停止させるための安全センサ（ライトカーテン）を設置した。なお、3.1節で示した「共存」と「協働」を組み合わせることも可能である。たとえば「協働作業空間」と「自動運転空間」を物理的に分けられないこともできる。この場合、床に色を塗るなど空間を明示したうえで、産業用ロボットが単独で自動運転している最中に、「協働作業空間」に作業員が立ち入った場合は作業員との離隔距離に応じて停止し、協働運転時は協働作業空間内で「ハンドガイド」を可能とすることもできる。

(5)についてはこれを満足するよう産業用ロボットや制御装置、その他検知装置などを設計した。

これ以外にも、リスクアセスメントによって動作速度や協働運転時の産業用ロボットの動作、自動運転と協働作業の切替操作、各種構成要素の配置などを定めている。本稿に記載した対策のみであらゆるリスクが許容される程度まで下がるわけではなく、またどのようなシステムにとっても適切な対策ともなりえない。実際のシステムを構築するうえでは、システム構成や使用方法に応じて適切にリスクアセスメントを行い、適切な対策を採る必要があることに注意されたい。

3.3 操作性

協働システムの操作性は、作業員と産業用ロボットの共存であれば、自動運転と協働作業の切替えや、産業用ロボットが作業員に衝突したり、大きな力を加えるなどして停止した後の復帰動作が該当する。「ハンドガイド」においては、これらに加え、産業用ロボットへの位置や速度指令の与え方も重要な操作性である。これを工夫することで、素早く高い成功率で作業を完了させることができる。理想は作業員が自身の手で作業対象ワークをもっているかのように意図どおりに作業できることであるが、そのためには以下のような操作性向上の仕組みが必要となる。

(1) 入力装置の操作量に対するロボット速度指令値の関係

(2) 入力装置の種類

また、作業員がもつべき熟練スキルを協働システムで支援することで、熟練作業を容易に行えるようにするスキル支援として、以下が挙げられる。

(3) 操作自由度の制限と, TCP (Tool Center Point)
の選択

(4) 作業座標系の変換

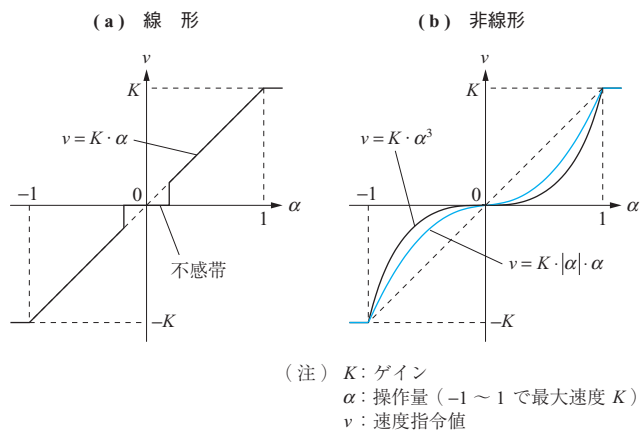
3.3.1 入力装置の操作量に対するロボット速度指令値 の関係

作業対象ワークを遠くへ移動させるときは大まかな操作で高速移動をし, 組立などの作業をするときはゆっくり細かく移動できることが望ましい. そのためには, 入力装置の操作量からどのようなロボット速度指令値を算出するかが重要となる. 第4図に入力装置の操作量と速度指令値の関係を示す. 図では, 操作量に比例した速度指令値の算出 (- (a)) と, 操作量の2乗や3乗に比例した速度指令値の算出 (- (b)) を示している. 特に線形 (第4図 - (a)) の場合, 操作量がゼロ近傍で微小な速度指令値が出ないよう, 不感帯を設けている. 試験を行った結果, 操作量の2乗に比例した速度指令値とすると作業に要する時間が短いことが分かった⁽⁵⁾. ただし, 「ハンドガイド」作業時に行う細かい作業と大まかな移動の割合によって効果的な関係が変わるものと推測される.

3.3.2 入力装置の種類 (第5図)

入力装置はスティックの傾き角度を制御装置へ出力するジョイスティックと, スティックに掛かる力とモーメントを出力する力覚センサが考えられる. 一般に人が物を持ち動かすという行為において, 人は物に力を加えている. よって力覚センサを用いた方が自然な操作感が得られると考えられる.

試験を行った結果, 6軸入力可能な力覚センサを用いた方が作業に要する時間が短いことが分かった⁽⁵⁾. 一方で, 姿勢を合わせる回転運動では力覚センサの方がやり直しが多いことも分かった. 前述のように, 力覚センサは直

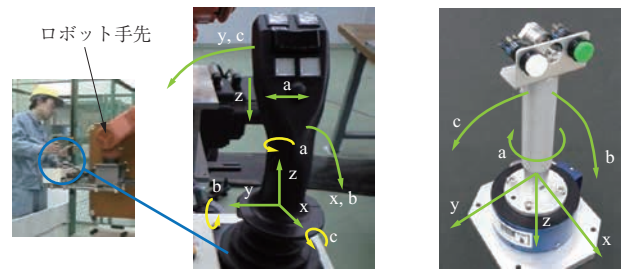


第4図 入力装置の操作量と速度指令値の関係

Fig. 4 The relationship between input device and robot velocity command

(a) ジョイスティック (3軸)

(b) 力覚センサ (6軸)



(注) a: z 軸回りの回転方向
b: y 軸回りの回転方向
c: x 軸回りの回転方向

第5図 入力装置

Fig. 5 Input device

感的に操作が可能な一方, 特定方向にのみモーメントを加えるレバー操作が難しく, ほかの方向に意図せず姿勢が変わるためと推測する.

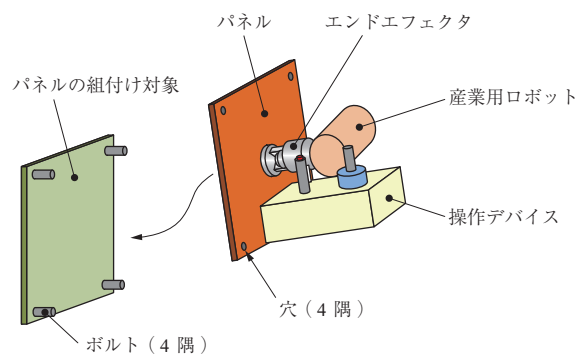
3.3.3 操作自由度の制限と, TCP の選択

前述のとおり, 力覚センサでは意図しない方向への回転運動が生じることが分かった. 「ハンドガイド」であれば移動させたくない方向への移動を意図的に防ぐ操作自由度の制限が可能である.

また, 回転運動を行う回転中心として設定する TCP を作業に応じて変更することで, より意図した回転運動を実現することができる.

このほか, 作業の内容 (フェーズ) に応じて移動の自由度や回転中心を切り替えることで, 熟練作業を支援することもできる. これを操作ガイドと呼ぶ.

第6図に, 作業対象ワークである4隅に穴が開いたパネルの組立作業の例を示す. これを対象に, 作業フェーズに応じて操作自由度の制限と TCP の選択を行う, パネル組付けにおける操作ガイドの例を第3表に示す. フェーズ1ではパネルの移動であるため並進のみ認めている. フェーズ2ではパネルと組付け先を平行にするための2



第6図 パネル組立作業の例

Fig. 6 Example of panel assembly

第3表 パネル組付けにおける操作ガイドの例
Table 3 Example of operation guidance for panel assembly

| フェーズ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----------------|------------------|------------------|-----------------------------------|------------|
| 作業 | パネルを軸付近まで搬送する。 | パネルと組付け対象を平行にする。 | 1か所の穴と軸の位置を合わせる。 | 合わせた軸中心にパネルを回転させて、残りの穴と軸の位置を合わせる。 | パネルを組み付ける。 |
| 説明図 | | | | | |
| 必要な自由度 | 3軸並進 | 2軸回転 | 2軸並進 | 1軸回転 | 1軸並進 |

(注) 作業はフェーズ1から5まで順番に進める。

軸の回転を認めている。フェーズ4では四つの穴の位相を合わせるため、作業員から見やすい穴にTCPを移動させ、かつ1軸のみ回転を認めている。試験によってパネル組付けに要する作業時間が短縮したことを確認した⁽⁶⁾。大きなパネルの6自由度の位置と姿勢を、4隅の穴と軸の位置関係をそれぞれ確認しながら合わせることは難しい熟練作業であるが、「ハンドガイド」に操作自由度の制限とTCPの選択を組み合わせることで、熟練スキルを支援し、熟練作業を容易に実現できる。

3.3.4 作業座標系の変換

作業対象のワークを置く場所や組み付ける場所が作業によって変わる場合、場所によって作業座標系が変わることがある。たとえばコンベヤライン上で作業を行う場合、図面上(理想上)は直線で設置されるコンベヤが、実際には設置面の平行などの関係でゆがんで設置されることもある。第7図にコンベヤラインのゆがみを示す。

そこで、幾つかの場所で作業座標系を教示し、場所に応じて作業座標系を変更・切り替えることが考えられる。これによって、「ハンドガイド」で並進移動のみを行っても移動の向きや姿勢は作業座標系に応じて自動で変化させることができるため、作業員はラインのゆがみを気にせず作業できる。試験によって、「ハンドガイド」中の姿勢修正が不要となった分作業時間が短縮したことを確認した⁽⁷⁾。これについても、一般的な助力装置を用いた作業の場合、ラインのゆがみは作業員が意識して姿勢を変化させながら

作業を行う必要があり、習熟が必要となる。しかし、「ハンドガイド」では産業用ロボットを用いるため、作業座標系を教示して切り替えることで習熟なく作業を行える。これも熟練スキルの支援といえる。

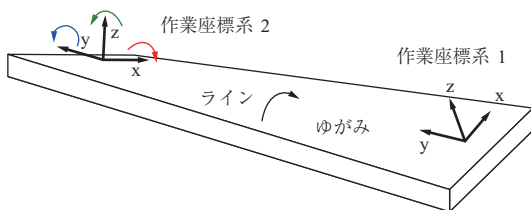
4. 結 言

本稿では、人と産業用ロボットの協働システムを生産ラインに適用するため、「ハンドガイド」を想定して安全性と操作性を向上させる手法について検討を行った。安全性については標準規格を満足したうえで、リスクアセスメントに従い設計を行う必要がある。操作性については入力装置や操作自由度の制限とTCPの切替え、作業座標系の切替えなどの取組みを紹介した。これらを組み合わせることで作業員の思いどおりの操作を実現するだけでなく、作業員が習熟していない熟練スキルを協働システムが支援することで、熟練作業をより容易に実現することが可能となる。女性や高齢者も含め、幅広い作業員が熟練作業を行えるようになることから、生産性向上に寄与できるシステムであるといえる。

国内法は改正されたが、協働システムの事例はまだまだ多くない。生産ラインの価値を向上させるシステムの一つとして、協働システムの安全性や操作性を向上させる取組みを続けながら、社内外の生産システムへの適用を図っていく。

参 考 文 献

- (1) 藤井正和, 塩形大輔, 村上弘記, 曾根原光治: 人間・産業用ロボットの協働のための安全システムの提案 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008 2008年6月 2A1-A21
- (2) 藤井正和, 小椋 優, 村上弘記, 曾根原光治: ハンドガイドによる人と産業用ロボットの協働作業シ



第7図 コンベヤラインのゆがみ
Fig. 7 Skew of conveyor line

- システムの提案 IHI 技報 第 51 卷 第 2 号
2011 年 3 月 pp. 18 - 24
- (3) 鴻巣仁司, 荒木 勇, 山田陽滋:自動車組立作業
支援装置スキルアシストの実用化 日本ロボット
学会誌 第 22 卷 第 4 号 2004 年 5 月 pp. 508
- 514
- (4) 村山英之, 藤原弘俊, 武居直行, 松本邦保, 鴻巣
仁司, 藤本英雄:人と協働する技能支援ロボット
ウィンドウ搭載アシスト 第 26 回日本ロボット学
会学術講演会 2008 年 9 月 1B1-04
- (5) 江本周平, 小椋 優, 藤井正和, 村上弘記, 曾根
原光治:ハンドガイドロボットの操作性に関する実
験 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス
講演会 2009 2009 年 6 月 1A2-E05
- (6) 小椋 優, 江本周平, 藤井正和, 村上弘記, 曾根
原光治:ハンドガイドロボットにおける操作ガイド
手法の提案 日本機械学会ロボティクス・メカト
ロニクス講演会 2009 2009 年 6 月 1A2-D15
- (7) Y. Ogura, M. Fujii, K. Nishijima, H. Murakami,
and M. Sonehara : Applicability of Hand-Guided
Robot for Assembly-Line Work Journal of Robotics
and Mechatronics Vol. 24 No. 3 (2012. 6)
pp. 547 - 552
- (8) International Organization for Standardization :
ISO10218-1:2011 Robots and robotic devices
— Safety requirements for industrial robots — Part 1 :
Robots (2011. 7)
- (9) International Organization for Standardization :
ISO10218-2:2011 Robots and robotic devices
— Safety requirements for industrial robots — Part 2 :
Robot systems and integration (2011. 7)
- (10) 日本規格協会: JIS B 8433-1 : 2015 ロボット及
びロボティックデバイス—産業用ロボットのための
安全要求事項—第 1 部:ロボット 2015 年 3 月
- (11) 日本規格協会: JIS B 8433-2 : 2015 ロボット及
びロボティックデバイス—産業用ロボットのための
安全要求事項—第 2 部:ロボットシステム及びイン
テグレーション 2015 年 3 月