

溶接ロボットの建設機械構造物への適用

Application of Welding Robots to Construction Machinery Structures

アーク溶接ロボットの中でも、直交座標形溶接ロボットは主として建設機械部品の溶接を対象に開発され適用されてきた。この適用拡大の過程の中で対象部品の形状的特徴に合わせて、より使い勝手の良いロボットを目指して軸構成、制御機能などに工夫を加えた。また、溶接線ならい、心線送給法及びポジションとの協調運転などについてもきめの細かい組合せを行なった。更にこれらのロボット機能を十分に発揮させるため、適用に当たってはワークの搬送やクランプの自動化も実施してロボット稼働率の向上と省人化の実を挙げた。

高野悠敬* Yutaka Takano
岡沢 守* Mamoru Okazawa

1 緒 言

近年、アーク溶接ロボットの普及は目覚ましく適用事例も多岐にわたっている。なかでも建設機械構造物の溶接では比較的大形の溶接ロボットが使用されている。とりわけ直交座標形の溶接ロボットは建設機械構造物の溶接を主なフィールドとして発展してきた。昭和50年に日立製作所が開発した溶接線検出用センサ付溶接ロボット「ミスターアロス」も油圧ショベルフレームの溶接を対象として、この溶接に必要な機能を織り込んだものである。その後使い勝手の向上を目指して主として制御面での機能を追加してきた。また、溶接ロボットは一面では自動溶接機の延長線上にある機械でもあり、溶接自動化に必要な溶接機周りの機器、例えば溶接トーチ、ワイヤ送給装置及び溶接ポジションなどについても同時に開発拡充されてきた。しかし、これらの周辺機器は対象とする溶接法やワークの形状により最適の組合せが異なるため、ユーザー側の経験や技術を必要とする。更に、溶接ロボットを最も効果的に使用してその機能を十分に発揮させるためには、ワークの搬送、取付け、取外しなどまで含んだより大きなシステムが必要となる。これらの溶接自動化システムも最近実用化が進み、大きな効果を挙げている。ここでは、建設機械構造物の溶接ロボット適用時での周辺技術と溶接ロボットのシステム例を中心に述べる。

2 建設機械溶接ロボット化のニーズと使いやすいロボットの形状

建設機械生産での溶接ロボットのニーズは図1で示すように、基本的には(1)原価低減、(2)溶接作業の過酷な環境の改善、(3)溶接工志望者の減少、の三つの理由による溶接作業の省人化ニーズである。これに最近の製品動向である多様化や、早期モデルチェンジに対応できる機械に対するニーズが結びついて、ロボット化を比較的早くから指向してきた。しかし、ロボット開発の難易度や生産設備として稼働させるときの経済性から見て、建設機械のすべての部品に適用できるロボットではなく、対象ワークに合わせた機能や自由度と軸ストロークをもったロボットを目指した。建設機械の溶接構造物の特徴は箱形構造物が多い点にあり、このため溶接線の方向とロボットの主軸の方向が一致している直交座標形のロボットが使いやすい。また直交座標形ロボットは他の構造のロボットよりも左右軸のストロークを大きくとれることや、比較的容

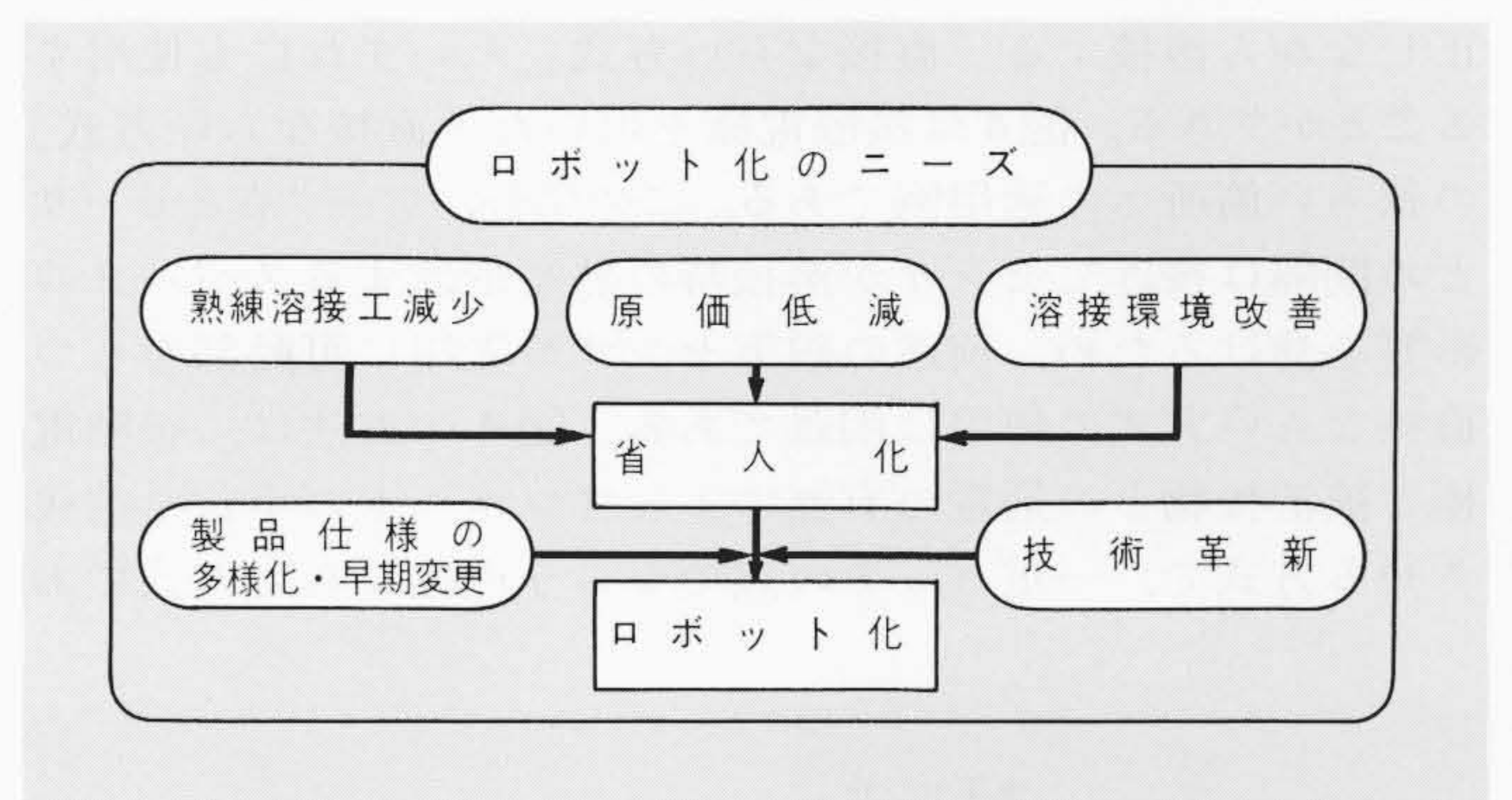


図1 ロボット化のニーズ アーク溶接の悪環境下の問題や原価低減のための省人化ニーズと、製品の早期モデルチェンジに対応するフレキシビリティのある機械に対するニーズとが結びついて、ロボット化のニーズとなっている。

易に軸ストロークを変更できる利点がある。したがって、建設機械生産用のロボットは直交座標形を主に、各軸のストローク、手首の大きさなどを対象ワークの構造に合わせたものを使用している。図2に直交座標形の基本形であるスタンド形、2柱門形、4柱門形のロボットの軸構成概略図を示す。スタンド形は小形のワークに用いられ、門形はロボットの下に搬送装置を設置する空間が得られるため他の装置との組合せが容易であり、また大ストロークを必要とする場合にも利用している。

3 ロボット化を推進するための周辺技術

ロボット化を推進するためにはロボット本体のほかに、溶接線のセンシング、溶接ワイヤの円滑な送給、溶接ポジションとの協調運転などの周辺技術の拡充と経験が不可欠である。以下これらの周辺技術の現状と特徴について述べる。

3.1 溶接線ならい

建設機械溶接構造物の大部分は6~25mm厚の鋼板で作られている。ところが溶接前の工程で生じる切断誤差、組立誤差及び溶接時の熱変形などが集積され、ロボットに許容されるトーチねらい位置のずれ量は極めて厳しいものになる。このため、この誤差を検出しトーチの先端を適正位置に導くならいが必要である。図3は、磁気センサを用いた代表的なならい方式である。この方式は、溶接実施前に主要ポイントを測定し演算によりポイント間の軌道修正を行なう「間接ならい

* 日立建機株式会社土浦工場

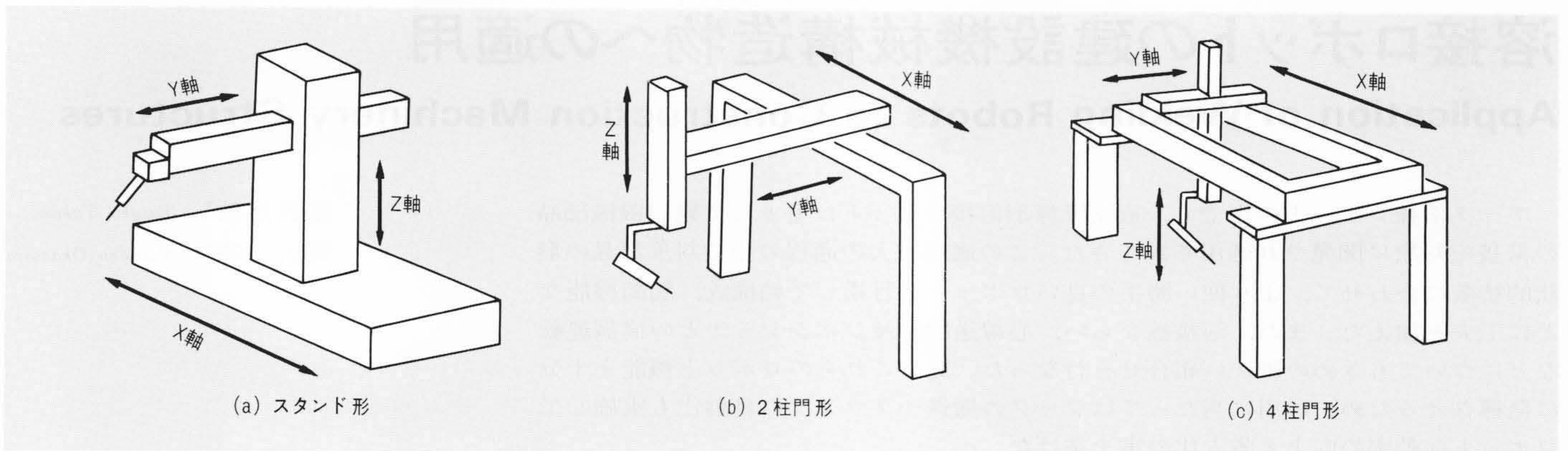


図2 直交座標形溶接ロボット スタンド形は比較的小形のワークに用いられる。門形はロボットの下に搬送装置を設置する空間が得られるため、他の装置との組合せが容易であり、大ストロークもとり得る。

方式」と溶接時にならい面との距離を連続的に検出し軌道修正しながら溶接する「直接ならい方式」のいずれにも使用することができる。図4は接触電極を用いた「直接ならい方式」の狭あい箇所への適用例である。この場合、アーク点とセンサとの間隔は接近しセンサが溶接時の熱や飛散するスパッタの影響を受けるため、前述の磁気センサや先端に可動部をもつ直接ならい方式の使用は困難である。図4の方法は、接触電極と被溶接物との通電の有無によってロボットの手首を前後させる方式で、一定ピッチの点でならう直接ならい方式であ

る。この方式はセンサ部に可動部分がなく、断続的にならうていてもならい面のピッチが細かいため連続してならうたと同等の溶接品質が得られる。これらのうち、対象とする構造物に合ったタイプを選定して使用する。

3.2 心線送給

溶接ロボットは手首の動きが激しいため、溶接心線の送給にむらが出やすい。特に構造物内部の溶接を行なう場合、送給ケーブルの曲率半径が確保できないため、送給抵抗が増大しアークが不安定となる。図5は構造物の内部溶接を行なうための特殊送給装置である。トーチ上部に心線引出しローラを兼ねたガイドギヤを設けており、トーチの振り角度が大きいときはガイドギヤに送給ワイヤが巻き付く。このためごく小さい曲率半径で、300度の曲げが可能となる。

3.3 ポジショナとの協調運転

溶接ロボット本体の自由度(関節の数)は主軸3軸、手首2軸の5自由度が一般的である。しかし、この自由度だけではワークとの干渉を避けてトーチの適正溶接姿勢を得ることが難しい場合がある。このため、ポジショナに動きを分担させ自由度の不足を補っている。ポジショナの自由度は回転と傾斜の2自由度のほかに、ロボットのストローク不足を補うため必要に応じて上下軸や前後軸を追加している。曲線を含んだ複雑な形状の溶接ワークに対しては、図6に示すような任意の位置に位置決めできるクランク形サーボ制御ポジショナとロボットの協調運転によって適用範囲を広げている。

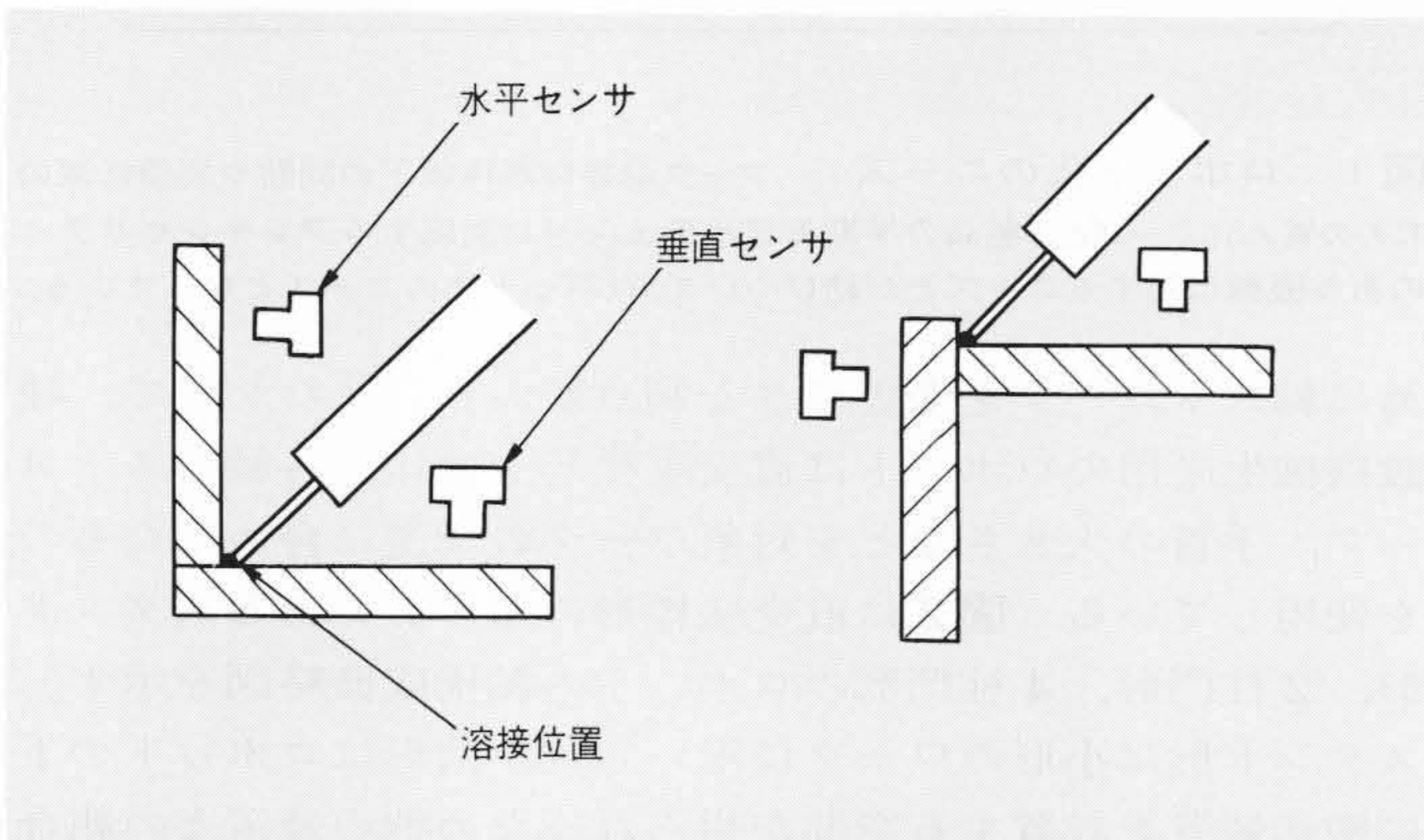


図3 非接触式の磁気センサによるならい 2個の非接触式磁気センサにより水平方向垂直方向の板の位置を検出し、溶接トーチを溶接線に導く。

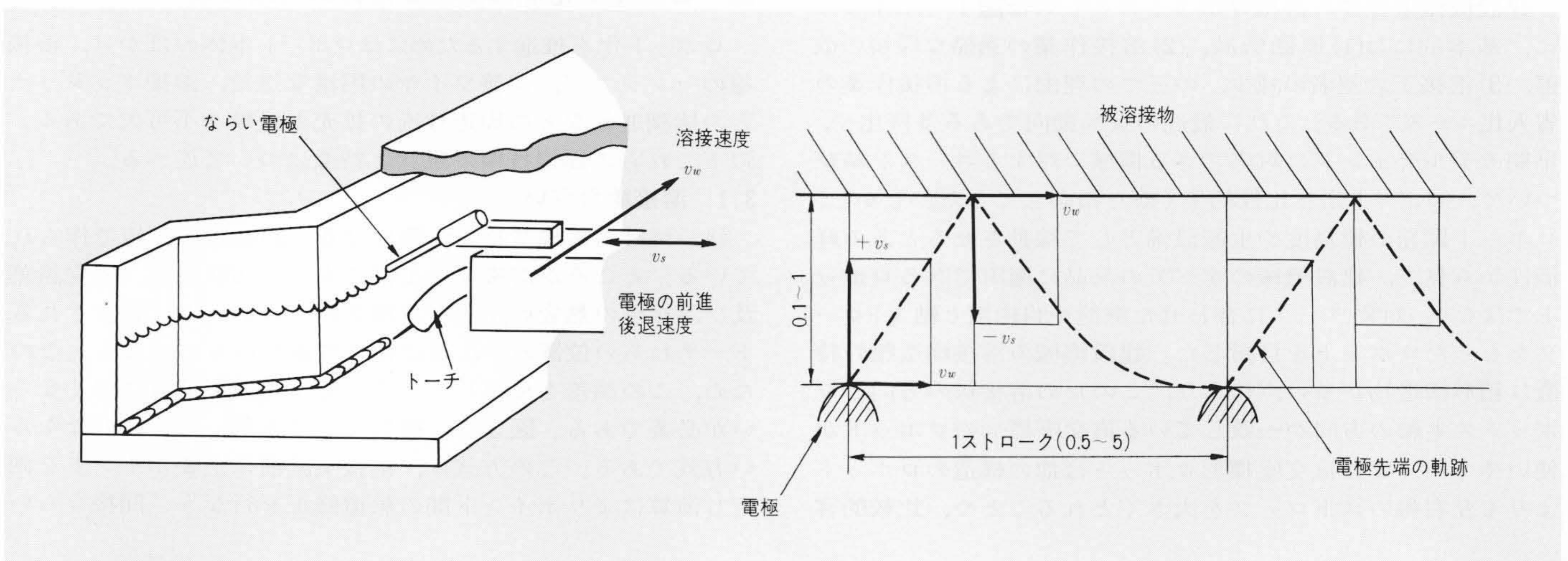


図4 接触電極式ならい 電極を溶接対象物に接触させならう方式で、電極だけの構造的にシンプルなならいのため、溶接熱の影響を受けやすい溶接線近傍のならいに適する。

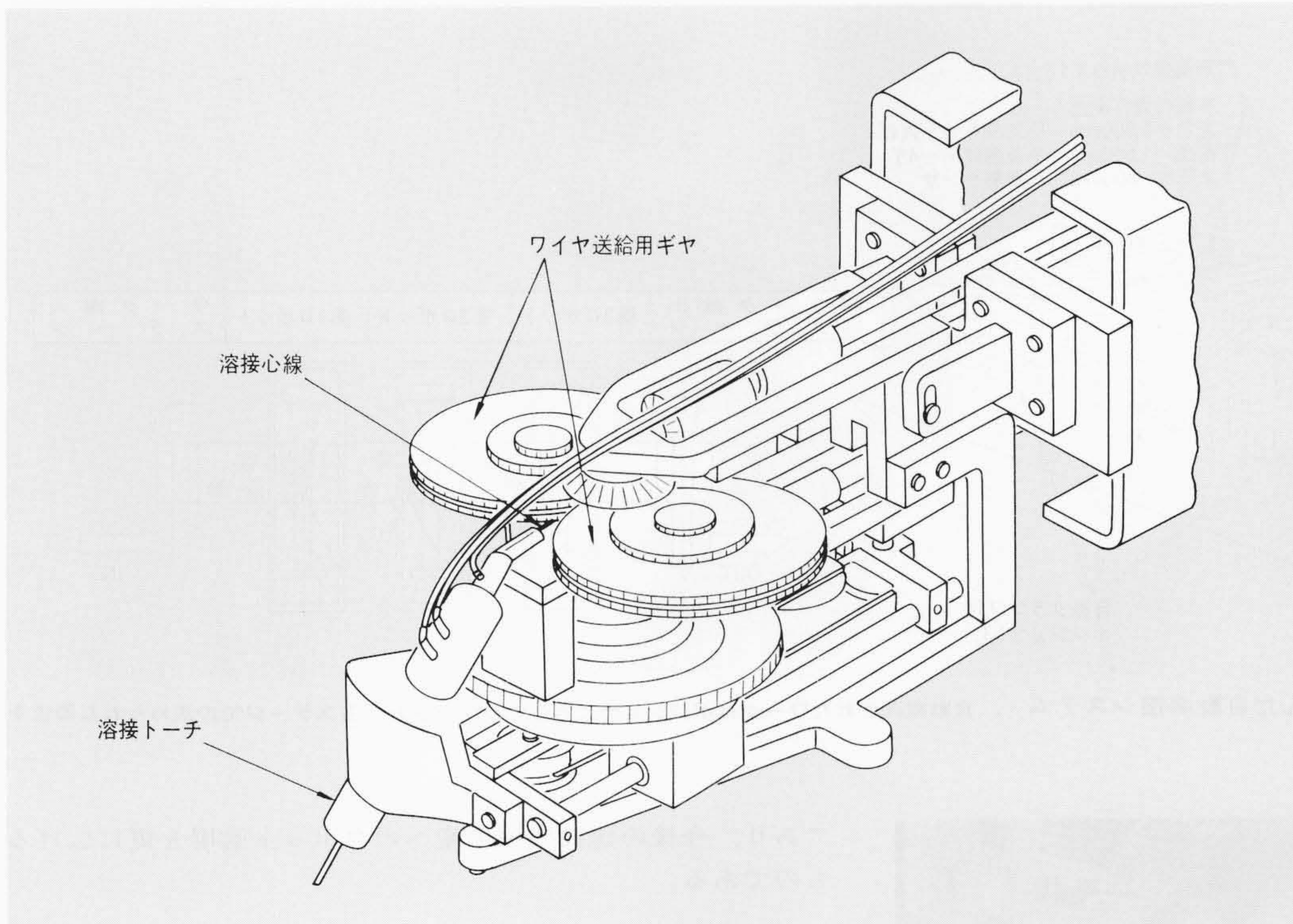


図5 溶接心線送給装置

ロボットが手首を振ったとき、溶接心線がワイヤ送給用ギヤに巻き付くことで、ギヤ半径まで最小曲率半径を小さくしている。



図6 クランク形2軸サーボポジションナとの協調運転 複雑な形状のワークの溶接にはロボットだけでは自由度が不足するため、ポジションナに自由度をもたせてこれを補う。

4 溶接ロボット適用例とシステム化

4.1 ロボットを組み込んだライン化

溶接ロボットが普及拡大するにつれ、ロボットの稼働率を低下させる主要因としてロボットへのワークの取付け、取外し作業が問題となってきた。特に大物重量部品では、この作業に多大な時間を要している。一方、ロボットはティーチングされた作業内容を忠実に再現する能力に優れ、作業者によ

る個人差の影響が少ないためその作業時間は規則正しい。したがって、ワークの取付け、取外しを含めたハンドリングを自動化することにより、ロボットの特徴をより良く利用したラインを作ることができる。図7は油圧ショベル部品のブームの溶接ロボット3台とこれに連動する搬送装置、ワーククランプ装置、溶接ポジションを組み込んだ溶接システムの概要である。このシステムは、搬送装置から対象機種判別信号が次の工程のポジション及びロボットに順次送られ、これを受けたポジションは送られてくるワークに合うようにクランプ装置の自動段取替えを行ない、ロボットはティーチングプログラムを自動選択し溶接する。溶接線は各々のロボットの溶接所要時間が等しくなるように工程分割している。またワーク誤差に対応するため、非接触式磁気センサによる間接ならいを全溶接線に適用している。以上のようにライン内に自動搬送装置を組み込んだロボットを配置することにより、溶接の省人化と前後工程に対するラインタクトの安定化を図ることができた。

4.2 大形構造物への適用

従来大形構造物へのロボット適用は、ワークに対応した新規開発の大形ロボットが必要であり、投資額との兼ね合いから特殊な用途を除き、一般的に進んでいない。

図8は、建設機械の一種であるクローラークレーンのトラックフレームを溶接するロボットを示す。このロボットの大きな長は、従来の基本7軸にロボット全体を動かす前後軸及びワークポジション上下軸を付加していることである。この付加軸により、スタンド形のロボットを使い溶接に必要な大きな作動空間をカバーできる。また図9に示すように、ワークの取付け及び取外しは、作業効率向上と安全作業確保のためリフタ付電動台車と反転装置に装備したワーククランプ装置により自動化している。一方、作動空間の大きなロボットでは、ティーチング作業の時間が作業者の移動距離に比例して多大である。特に本ロボットでは、ティーチング高さが2.5m以上になり補助作業台が必要である。このため、ロボット左右軸の動作に連動して移動するティーチング作業台を設置している。このような大形構造物へのロボット適用は新しい試み

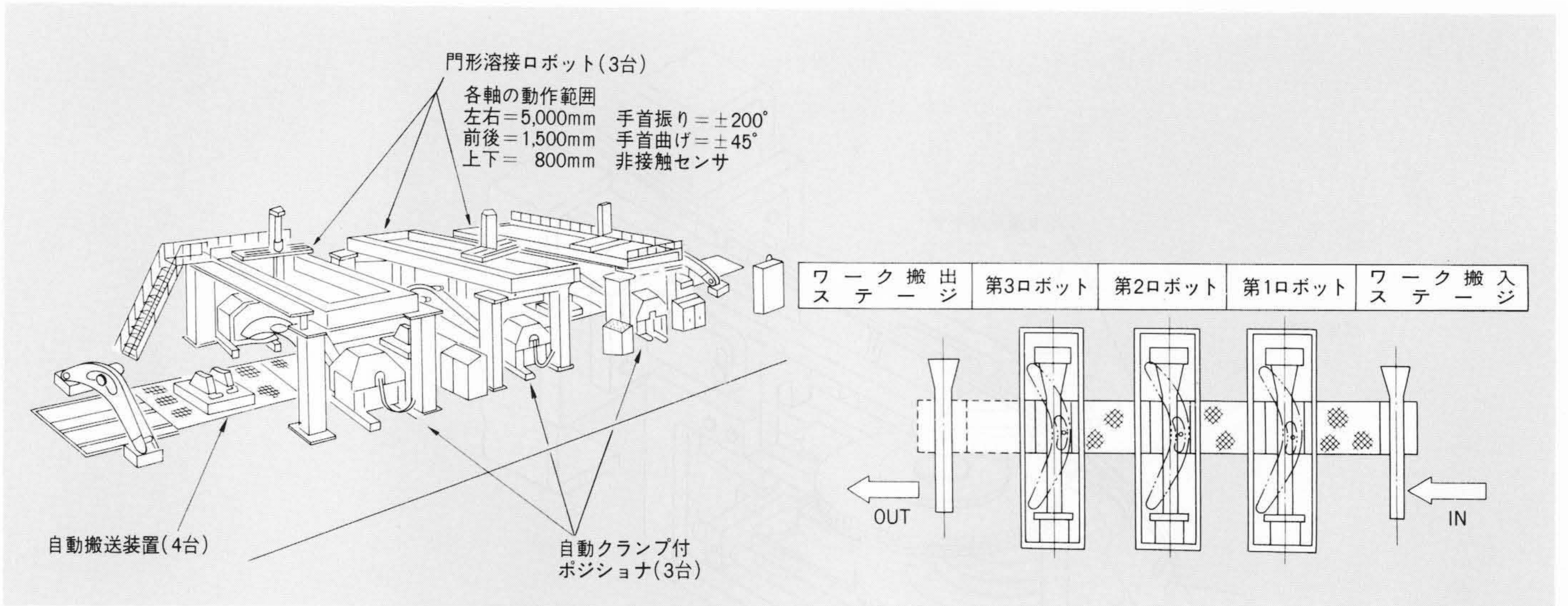


図7 溶接ロボット3台を組み込んだ自動溶接システム 自動搬送されたワークはポジショナに自動クランプされ、各ステージでの決められた部位をロボットで自動溶接する。

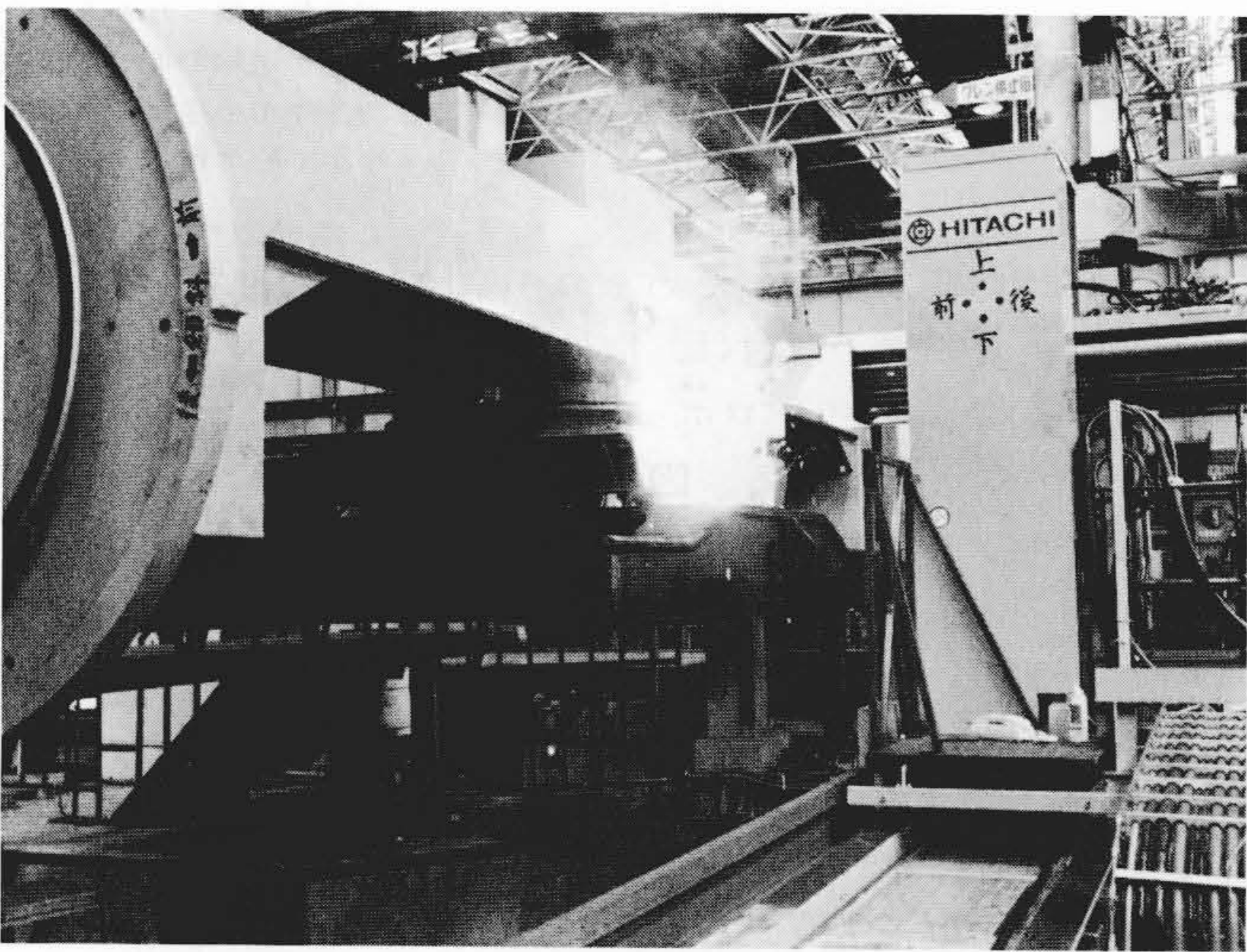


図8 建設機械大形構造物用溶接ロボット 大形構造物の溶接に対応して、ロボット全体が前後に1m動く軸とポジショナが上下に1m動く軸をもっている。

であり、今後の建設機械生産へのロボット適用を更に広げるものである。

5 結 言

以上、溶接ロボットの建設機械構造物への適用に関して、建設機械に向けたロボットの形式、周辺技術としてのセンシング方法、狭あい部溶接用の心線送給方法及びロボットを使用した自動溶接システムについて述べた。技術革新によって今後はより使いやすく安価なロボットが開発され、建設機械部品の溶接の大部分にロボットが適用される日も近いと思われる。

終わりに建設機械に合ったロボットの開発に関し、種々御助言をいただいた関係各位に対し感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 高野, 外: アーク溶接ロボットの課題, 溶接学会誌, Vol. 51, (昭57-2)
- 2) 松本, 外: 建設機械におけるアーク溶接ロボットの活用, 溶接技術特集号, 溶接技術, p.77~80(昭56-10)

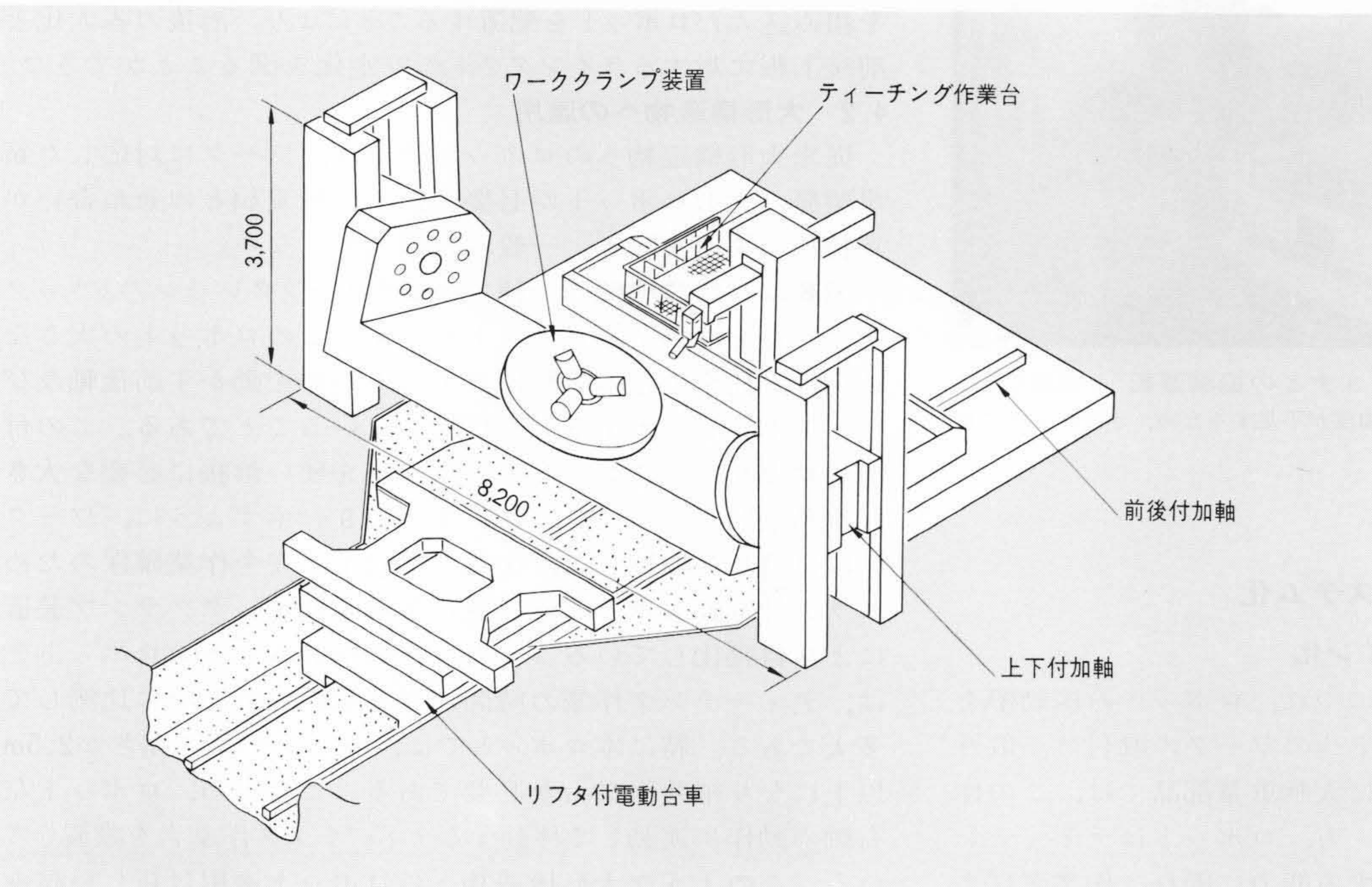


図9 大形構造物用ロボット配置図 リフタ付電動台車で、ポジショナにワークを取り付ける。ティーチング作業台は、ロボットの左右軸の動作に連動して移動する。