

平成30年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「事業名：独創的歯車機構をコアとする軽量・コンパクトな
『回転ケーブルレス型円周自動溶接装置』の開発・製造」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 株式会社キャンパスクリエイト

目 次

	頁
第1章 研究開発の概要	2
1-1	2
【研究背景】	2
【目的及び目標】	3
1-2 研究体制	3
1-3 成果概要	4
1-4 当該研究開発の連絡窓口	
第2章 本論	6
I. 「駆動部における遊星歯車機構の耐久性・小型化課題」への対応	6
II. 躯体（レール機構）におけるリングギヤの大口径・薄型化課題」への対応	6
III. 「走行台車の開発実用化課題」への対応	7
IV. 「溶接ヘッドの開発実用化課題」への対応	7
V. 「駆動部 AC サーボモータ採用における制御プログラムの開発実用化」への対応	7
VI. 動作検証	10
VII. 販路開拓	10
最終章 全体総括	11

第1章 研究開発の概要

【研究背景】

化学製品生産工場や素材生産工場等のプラント建設、土木建設におけるシームレス管の敷設工事では、大口径の鋼管の円周を現地で、切断、溶接する作業が多く発生している。わが国の高度経済成長期の1970年代から大規模生産、大量輸送の要請から、プラント工事現場の敷設対象のパイプは大口径化・肉厚化している。その結果、現地溶接工事は、ひとりの溶接作業従事者が手作業で配管溶接を行っていたことから、溶接時間の短縮、継手溶接品質の安定化が課題であった。さらに、作業員の人手不足から熟練作業員の高齢化対策が、高温ガス溶接という危険な作業であることから作業環境の改善、この2つも大きな技術課題であった。そのため、溶接作業負担の軽減、溶接作業の生産性向上を図るため、1990年頃から、「パイプ円周自動溶接装置」が開発、普及しているが、それは、次のような課題があった。

①ケーブル取扱いの煩雑さ、全自動にならないメカ機構（非効率性）

現在の「円周自動溶接装置」は、溶接ヘッドに、直接「ヘッド制御ケーブル」そして、「パワーケーブル」の二つが接続されている。このため、実際の自動溶接を行おうとすると次の問題が発生する。

- 「溶接ヘッド」が円周を回転するためには、あらかじめ2つのケーブルを回転方向と逆方向にパイプの円周に巻き付けておく必要がある。
- 「溶接ヘッド」が円周を回転しながら自動溶接を行うが、この二つのケーブルが円周方向に巻き上がった長さで、溶接作業をいったん停止する必要がある。つまり、溶接作業を再開するためには、再度、上記の2つのケーブルの巻き付け作業を行う必要がある。
- 結果的に、現在の「円周自動溶接装置」は、エンドレスの自動溶接装置になっていない。
- このケーブルの重量は10キロ以上に及ぶため、セッティング作業が相当の負担となっており、それを何回かセッティングをし直して行うことから、全体の作業負担ならびに作業時間が多くかかる。
- また、パイプの円周に巻き付けられたケーブルは、電磁波を帯びることから、その付近で行われるアーク溶接の電極に影響を及ぼし、溶接がぶれる要因となっている。

②重い溶接ヘッドの据付負担

- 現在の溶接ヘッドは、電動モーターと溶接部分が一体となっているため、そのセッティングの負担が大きい。パイプの円周にケーブルを巻き付けており、そのケーブルを引っ張る力を要することから、溶接動作以外に余計なモーター馬力が必要となり、そのことが溶接ヘッド全体の重量を重くしており、円周据え付けに時間と労力を要している。

③異なるパイプ径毎に装置の据え付け負担

- 溶接ヘッドがパイプの円周軌道で動くためには、パイプの円周にそのガイドとなる「レール機構」を固定する必要がある。この「レール機構」は、パイプの口径によって、自動溶接装置のラインナップを用意する必要があり、溶接現場で、複数の異なる口径の装置を取り扱うこととなるため、その取り替え作

業の負担も大きい。(ラインナップを揃えるために投資費用負担も大きい。)

【目的及び目標】

I. 独創的な歯車制御機構の開発による「回転ケーブルレス型円周自動溶接装置」の完成

弊社の歯車機構の設計ならびに実装に関する知見・ノウハウを基に、独創的な歯車制御機構を開発して、自動溶接をエンドレスに行うことができる「回転ケーブルレス型円周自動溶接装置」を完成させ、溶接現場におけるパイプ溶接の作業時間の短縮を図る。

II. 小型化・軽量化による据付作業等の負担軽減

従来の金属製ギア歯車から、パイプの外周にセットされ、トルクを伝導するリングギヤに、そして電動部からのトルク伝導を行う制御部においては、遊星歯車を採用し、現在の部品点数を大幅に削減、歯車構造の簡素化、小型化・軽量化を実現することで、溶接現場における「円周型溶接機」の移動、据付作業の負担軽減を図る。(既存製品(含む溶接ヘッド、ケーブル類)の重量40kg)) に対して25kgを目標とする。(37.5%の軽量化化目標)

III. ACサーボモーター電動、制御プログラム実装による高精度なギヤ駆動を実現

現在のDCモーター電動から、ACサーボモーター電動に変更、溶接動作に関する制御プログラムの実装により、より高精度なギヤ駆動が可能となる。

1-2 研究体制

【事業管理機関】

株式会社キャンパスクリエイト

総括研究代表者 (PL)
株式会社カットランドジャパン
代表取締役 森健一

【研究実施機関】

株式会社カットランドジャパン

ユタカ精工株式会社

萌星エンジニアリング株式会社

アドバイザー
芝浦工業大学

アドバイザー (川下企業)
〇〇株式会社
□□株式会社

1-3 成果概要

初年度は、「駆動部における遊星歯車機構の耐久性・小型化課題」への対応として、特許申請している遊星歯車機構の入力、出力方法の見直しをしてよりシンプルでより共通部品が多くなる機構を新たに、設計しなおして製作にこぎつけた。また、ギヤの材質を薄くして表面加工処理を行うことでギヤボックスの軽量化を図り、一次試作を完成させた。さらに、「躯体（レール機構）におけるリングギヤの大口径・薄型化課題」への対応では、特許申請しているレール機構の配置、リング固定方法などを見直しして、より薄型になるレール機構を新たに設計、製作した。さらに、レール機構に付く走行台車も小型、軽量化に向けた設計、製作して、上記のギヤボックスの駆動を確認し、本研究開発における基本構造となる試作版を完成させた。

2年目には、レール機構には、遊星歯車機構の動力を伝達するリングギヤの他に、溶接電流を溶接ヘッド部にケーブルなしで供給する「パンタグラフ機構」、また、溶接部の酸化を防ぐ為に溶接時には常に不活性ガス（今回はTIG溶接の為、アルゴンガス）を使用するが、そのガスを常に回転するホースなしで溶接トーチに流し続ける「バルブ機構」を開発した。これらは、同装置がケーブルレスで動作するための基本構造となるものである。また、「駆動部 AC サーボモータ採用における制御プログラムの開発実用化」への対応では、その設計、製作を行い、アーク放電に成功した。

最終年度の3年目には、本装置の実用化に向けて、従来のレール機構を半分割にして、溶接対象の鋼管に自由に着脱可能でありながら、ケーブルレスで電源供給、アルゴンガス供給できる画期的なメカ機構を開発した。また、溶接電源と連携するコンパクトな制御ボックス、溶接電源からモーターAVC軸連動制御するプログラム開発等を開発し、その動作確認を行った。最終的には、既存装置の重量40kgに対して19.6kgと格段の軽量化を実現した。これは、当初計画目標値25kgと比べても22%も軽い装置である。



完成した、世界初の「回転ケーブルレス型円周自動溶接装置」



「制御ボックス」(回転ケーブルレス型円周自動溶接装置を自動制御するもの)

1-4 当該研究開発の連絡窓口

企業・団体名	株式会社カットランドジャパン
所在地	東京都大田区西六郷2丁目38番6号
氏名(ふりがな)	森 健一(もり けんいち)
役職	代表取締役
電話番号	03-6424-9684
FAX 番号	03-6424-9685
e-mail	info@cutlandjapan.co.jp

第2章 本論

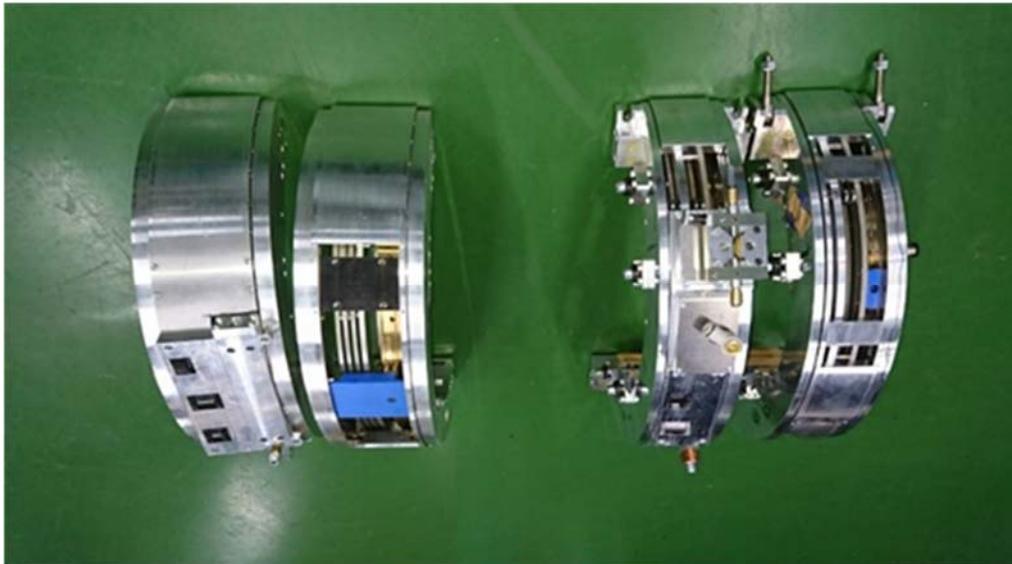
I. 「駆動部における遊星歯車機構の耐久性・小型化課題」への対応

駆動部は、AC サーボモーターからリングギヤや走行台車さらに溶接ヘッドの3次元の動作を実現させる遊星減速機内蔵のギヤボックスであるが、平成28年度で作り上げたものから、平成29年度では、さらなる小型化をめざして設計をし直して新たに制作した。

これにより、従来のよこ幅180mmであったものが190mmと横幅は広がったが、装置のR部のスリム化を図り、小型化に成功した。また、新たな歯車機構を開発したことで、作り込みしたギヤボックスは10%弱小型化し、且つ回転トルクが従来の5倍となるものが完成した。もともと、採用したACサーボモーターのトルク性能は高かったことから、今回のギヤボックス内の遊星減速機構により、溶接ヘッドや走行台車を、より微細な動作を高速で作動させることが可能となった。

II. 躯体（レール機構）におけるリングギヤの大口径・薄型化課題」への対応

本自動溶接機を配管に設置する際、躯体（レール機構）本体を2分割にしなくてはならないので、2分割にしても4mmという薄いリングギヤにモータートルクを確実に伝達する機構を設計、製作した。回転駆動するリングギヤは、走行台車と補助台車に剛で固定され、そのリングギヤに軸受けを設けることにより、モーターのトルクを確実に半割れしたリングギヤに伝える機構を確立した。もちろん、この半割れしたレール機構の内部にアルゴンガス供給部と給電部が配置され、この中の機構を通じて、溶接ヘッドまでアルゴンガスと電気が供給されるメカ機構の開発に成功した。また、レール機構も、平成28年度に開発したのものから再度、設計を見直し、平成29年には断面積が23.5%の小型化に成功した。



半割れのレール機構（左が平成28年に開発したもの 右が平成29年に開発したもの）

III. 「走行台車の開発実用化課題」への対応

平成28年度で製作した走行台車の設計をベースに、再度設計を見直して、小型化、軽量化を追求した走行台車を製作することが出来た。走行台車の大きさは、幅200mm→160mmと40mm短くなり、奥行きも109.6mmから82mmに、高さ56.5mmから49mmと約20%の小型化を実現した。また、部品点数も構造を変えたことにより、29点から22点と簡素化され、重量も2kgから1.2kgと40%の軽量化を達成した。

IV. 「溶接ヘッドの開発実用化課題」への対応

平成28年度で製作した溶接ヘッドの設計を一から見直して、小型化、軽量化を追求した溶接ヘッドを製作することに成功した。溶接ヘッド本体の大きさは、幅232mmから177mm、奥行き160mmから103mm、高さ58mmから45mmと、約30%もの小型化を実現した。さらに、部品点数も構造の簡略化を追求したことにより、100点から46点と半分以下となり、重量も、前回の15kgから今回2.5kgと1/6と大幅な軽量化を達成した。また、溶接ヘッドにワイヤを供給する機構についても、リングギアの動作に影響を受けずに円滑に供給する仕組みを開発し、溶接動作の安定化を図った。



新たに完成した小型溶接ヘッド

(ヘッドへのアルゴンガスと電源の供給線が見える。後ろに見えるは鋼管にセットされたレール機構。)

V. 「駆動部 AC サーボモータ採用における制御プログラムの開発実用化」への対応

市販の溶接電源装置と本装置の間に、本装置の溶接動作を制御する「制御ボックス」を新たに開発した。装置の側面にはタッチパネルを取り付け、溶接電源装置の上に乗せて操作するものである。また、「制御ボックス」と溶接電源装置との間の配線接続、さらに「制御ボックス」からACモーター部への配線接続をコネクタ接続とし、簡単に着脱できるようにした。



「制御ボックス」 正面のタッチパネル



「制御ボックス」 背面の電源配線のコネクタ接続部

「制御ボックス」のタッチパネルでは、さまざまな溶接パターンを登録して検証ができるように、画面と制御プログラムを開発した。画面のタッチ操作で、溶接基本条件の設定項目、装置能力の仕様による制限設定、溶接動作の初期設定などが行えるようにした。

溶接条件システム設定			
1. ローバルス設定方法	周波数	12. ワイヤリトラクト時間	0.30 sec
2. 回転移動速度	300.0 mm/min	13. ワイヤリトラクト速度	1000.0 mm/min
3. 回転イン칭ング速度	100.0 mm/min	14. ワイヤイン칭ング速度	800.0 mm/min
4. OSC有効ストローク	30.0 mm	15. 溶接電流増減量	1.0 A
5. OSC最大振れ幅	10.0 mm	16. アーク電圧増減量	0.100 V
6. OSC最大速度	800.0 mm/min	17. 溶接速度増減量	1.0 mm/min
7. AVCピーク遅延時間	0.05 sec	18. ワイヤ送給増減量	1.0 mm/min
8. AVCベース遅延時間	0.05 sec		
9. AVC感度係数	10.0 %		
10. AVCイン칭ング速度	400.0 mm/min		
11. タッチスタート引上時間	0.35 sec		

スライドタブ

溶接する鋼管を溶接ヘッドが自動的に周回して溶接動作を行うため、溶接パス条件の設定項目を標準化して、パス動作を溶接ヘッドの位置、溶接姿勢によってによって、溶接電流、溶接電圧のレベルを設定できるように、制御プログラムを開発し、その操作画面を製作した。

溶接条件 パス設定		パスNo.	1	▲	▼	次頁
1. パルスモード		無し				
2. AVCモード		ロック				
3. 終了レベル		8				
4. OSCシフト		0.0 mm				
5. ローパルス 周波数		2.0 Hz				
6. ローパルス 幅		50.0 %				
7. ローパルス ピーク時間		0.200 sec				
8. ローパルス ベース時間		0.800 sec				
10. アップスロープ時間		3.0 sec				
11. AVC開始電圧		0.3 V				
12. 回転開始待ち時間		3.0 sec				
13. ワイヤ開始待ち時間		3.0 sec				
14. ダウンスロープ時間		5.0 sec				
15. ワイヤ停止待ち時間		0.0 sec				
16. クレータ時間		1.0 sec				
17. クレータ電流		30.0 A				

スライドタブ
パス コピー
パス 削除
パス 読出
パス 登録

また、実際の溶接ヘッドが設定した溶接条件に基づいて動作を行っているか確認する、溶接動作モニタ画面を開発した。

溶接モニタ

エラークリア

回転位置 10.0 mm レベル 1 2 3 4 5 6 7 8

タッチスタート設定

AVC軸 溶接基準位置

溶接基準位置 位置 123.4 mm

速度 1234.5 mm/min

AVC軸 タッチ位置

タッチスタート位置 位置 123.4 mm

速度 123.4 mm/min

原点位置

スライドタブ

AVC追従

追従速度 800.0 mm/min

溶接電圧 8.000 V

溶接規定電圧 13.400 V

パルス同期

時間 溶接電流

ピーク 10.000 ms 250.0 A

ベース 10.000 ms 150.0 A

ワイヤー送り

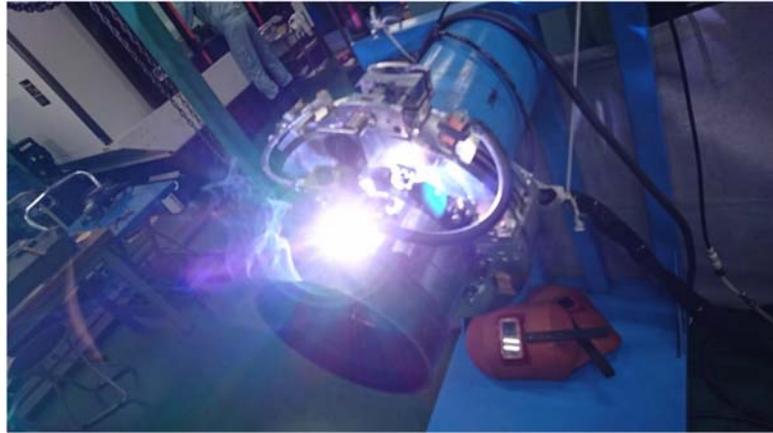
連続開始 連続停止

運転速度 1.0 mm/min

大手製造メーカーで溶接部門を有するアドバイザー企業様より溶接専門家をお招きし、実際の溶接技術、ノウハウに関して実地指導を得て、制御プログラムに反映させ溶接ヘッドの動作制御に活かすことができた。

VI. 動作検証

本装置は、溶接対象の鋼管を自動的に周回しながら溶接動作を行うものであり、溶接姿勢（水平管、立管、下進溶接、上進溶接、下向き溶接、上向き溶接）、配管の材質や配管温度など様々な条件が密接にからみあって溶接が行われる。そのため、それらを自動制御しながら、適切な溶接を実現させることが要求される。溶接品質は、常に目視あるいは非破壊検査等で行われるが、その動作検証を数か月間実施して、一定の材質等の条件下において、満足する品質で自動溶接ができたことを確認した。



ケーブルレス自動溶接装置 溶接動作検証の様子

VII. 販路開拓

平成 30 年 4 月 25 日～28 日の「2018 国際ウェルティンぐショー」に今回の研究成果で試作品展示を行い、多数の国内外の鋼管溶接メーカーの専門家、技術者がこの試作品のケーブルレスの自動溶接装置について、多数の問い合わせをいただいた。

今後は、本装置の取り扱いを希望する商社やメーカーとの協議を進めて、サンプル出荷を行い、それら実績をふまえて、量産化対応を目指していきたい。

本製品は、主に以下の工事現場で使われるものである。

- プラント建設現場（化学工場、発電設備）
- ダム工事、トンネル工事
- 大口径の水道管、ガス管等の取り替え埋設工事
- 造船設備（ドック）工事
- 高層ビル建設（地下の杭打ち）、空調配管工事
- 港湾工事（埋め立て工事：海面下へ杭打ち）、橋梁工事 等々。

今後は、具体的な対象市場ごとに優先順位付けを行い、各社様の溶接現場のニーズをくみ上げて、現場の課題解決を図りながら、各社様の生産性向上に寄与しつつ、販売実績を積み重ねてまいりたい。

最終章 全体総括

今回の研究成果は、最終製品名：「スピニングウェルダー」として、完成をみる事ができた。今回の研究開発から、世界で初めて、円筒型鋼管の円周をエンドレスで回転し、ケーブルレスで自動溶接を可能とするメカ機構を独自の歯車設計技法により開発することができた。

4 個の AC サーボモーターからフレーム機構の円周の動作および溶接ヘッドの3次元動作を、小型化軽量化可能とするのは、独創的な遊星歯車機構とアルゴンガス供給部と電源供給部を内蔵しながら半割れができる独自構造のレール機構であり、それなくして今回のケーブルレス自動円周回転は実現し得なかった。

また、できあがった製品の総重量は 19.6 kgと、目標の総重量目標：25kg（従来40kg）を達成した。これにより、従来発生していた、ケーブルの巻き上げ作業の解消と小型化による作業負担の軽減化が図れることとなり、作業現場における溶接時間の短縮、生産性向上が図れることとなった。

さらに、本研究開発の成果として、H30(2018).7.9 出願「軽量コンパクトな溶接トーチ移動機構及びこれを具えた溶接装置」など 3 件を出願した。これは、溶接ヘッドにおける先端の溶接トーチの移動機構に関するもの、躯体のレール機構内を流れるシールドガス供給機構に関するもの、さらにバックラッシュの影響を受けずに回転台車がスムーズに動く溶接装置に関するものである。これらの特許出願は、ケーブルレスで円周を回転動作するためには必要不可欠なメカ機構であり、この面での独創的な設計技法が活かされたことが大きな成果である。

今後は、上記成果を最大限生かして、我が国ならびに海外のプラント工事の溶接現場における生産性向上、建設事業の発展に貢献してまいりたい。

以上