

事業区分	戦略プロジェクト研究	研究期間	令和4年度～令和5年度	評価区分	事後評価
研究テーマ名	サプライチェーン強化を目的とした航空機エンジン部品製造技術の高度化				
(副題)	()				
主管の機関・科(研究室)名	研究代表者名	工業技術センター・機械加工科 福田洋平			

<県総合計画等での位置づけ>

長崎県総合計画 チェンジ&チャレンジ 2025	政策の柱2 力強い産業を育て、魅力ある仕事を生み出す 基本戦略1 新しい時代に対応した力強い産業を育てる 施策1 成長分野の新産業創出・育成
長崎県産業振興プラン 2025	基本指針3 地力を高める 施策の柱3 - 1 成長分野の新産業創出・育成 3 新たな基幹産業の創出(航空機関連産業)

1 研究の概要

研究内容(100文字)

航空機エンジンの部品は定期交換が必要となり、今後も安定的な需要が見込める高付加価値な部品である。本プロジェクトは県内既存サプライチェーンの強化を目的とし、航空機エンジン部品製造技術の高度化に取り組む。

研究項目	切削工具切れ刃管理の更なる精密化 主軸動的振れの影響評価 切れ刃の転写性評価 航空機エンジン部品加工用エキスパートシステムの開発 超耐熱合金への応用
------	--

2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ

本県の基幹産業である造船業の先行きが不透明な中、県内において、造船に代わる新産業の創出・育成が県政の重要課題である。平成30年の長崎県航空機産業クラスター協議会の発足を契機に、航空機産業進出に向けた県内企業の意欲は高まっているが、新型コロナウイルス感染拡大の影響により航空機機体部品の需要は大幅に減少している。一方、航空機エンジン部品は定期的な部品交換が必要となり今後も安定した需要が見込めるとともに既に長崎県内でサプライチェーンが構築されている。長崎県の航空機産業の拡大に向け、本プロジェクトを通じて航空機エンジン部品の製造技術の高度化に取り組み、サプライチェーンの更なる強化を図る。

2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性

日本全国の自治体で付加価値の高い航空機部品製造産業への進出に向けた取り組みが精力的に行われている。航空機産業の拡大を目指すにあたり、航空機エンジン部品のサプライチェーンが長崎県内で既に構築されていることは大きなアドバンテージであり、本プロジェクトを通じて技術面からの後押しを図る。

3 効率性(研究項目と内容・方法)

研究項目	研究内容・方法	活動指標		R4	R5	R6	R7	R8	単位
	エッジ投影による工具切れ刃測定システムの製作	システムの製作	目標	-	1				件
			実績	-	1				
	主軸動的振れの測定システム製作	システムの製作	目標	1	-				件
			実績	1	-				
	切削実験によるボールエンドミル切れ刃の転写性評価	切削実験	目標	-	243				条件
			実績	-	243				
	エキスパートシステムの開発および切削実験による学習データの収集	切削実験	目標	3	10				条件
			実績	3	15				
	超耐熱合金の断続切削に関する、最適な工具材種および最適な切削加工条件を検討	切削実験	目標	30	30				回
			実績	30	30				

1) 参加研究機関等の役割分担

- ・ 工業技術センター：全体の統括、主軸動的振れの測定システム開発、各種切削実験
 - ・ 長崎大学 矢澤教授：エッジ投影による工具切れ刃測定システムの開発
 - ・ 長崎大学 小林教授：エキスパートシステムの開発
 - ・ 株式会社ウラノ：開発技術の現場検証
- 長崎県内の産学官連携により効率的な開発を進める。

2) 予算

研究予算 (千円)	計 (千円)	人件費 (千円)	研究費 (千円)	財源			
				国庫	県債	その他	一財
全体予算	29,566	15,312	14,254				14,254
R4年度	15,365	7,653	7,712				7,712
R5年度	14,201	7,659	6,542				6,542

過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案
人件費は職員人件費の見積額

(研究開発の途中で見直した事項)

4 有効性

研究 項目	成果指標	目標	実績	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	得られる成果の補足説明等
	切れ刃エッジの測定分解能	0.1 μm	0.087 μm		○	/	/	/	ボールエンドミル各切れ刃の比較測定における分解能
	振れの測定分解能および対応回転数	0.1 μm 10000min ⁻¹	0.1 μm 10000min ⁻¹	○		/	/	/	工作機械のテーブルに設置し、主軸の動的振れを測定するシステム
	転写性マップの作成	1 件	1 件		○	/	/	/	回転数、切込み、および工具傾斜が異なる243条件の転写性をまとめたマップ
	エキスパートシステムの開発	1 件	1 件		○	/	/	/	ワーク形状と加工条件をインプットすることで仕上げ面の表面粗さを予測するシステム
	切削速度および表面粗さ	60m/min Rz12.5 μm	60m/min Rz12.5 μm	○	○	/	/	/	高能率な超耐熱合金の切削加工条件

1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

本プロジェクトは航空機エンジン部品加工における生産性の向上と表面性状の向上との両立を図るものである。県内企業は、表面性状と工具寿命の突発的なばらつきを抑えたいという課題を抱えており、従来よりも高度なプロセス管理(切れ刃管理、主軸の動的振れ管理、切れ刃の転写性管理)を提案し、現場への適用を図る。また、新製品立ち上げ時のNCプログラミングのトライ＆エラーを削減するため、AI技術を活用し、部品形状と加工条件をインプットすることで仕上げ面の表面粗さを予測するシステムを開発する。更に、宇宙・エネルギー産業への横展開を目指した超耐熱合金加工への技術応用を図る。

2) 成果の普及

■ 研究成果の社会・経済・県民等への還元シナリオ

本研究の成果は既存事業の生産性向上に資するものであり、企業の売上、利益の向上に直接的につながる。株式会社ウラノは県内の航空機エンジン部品サプライチェーンの要であり、ウラノと連携を密にし、研究成果を迅速に現場に適用する。

■ 研究成果による社会・経済・県民等への波及効果(経済効果、県民の生活・環境の質の向上、行政施策への貢献等)の見込み

長崎県は航空機産業を新たな基幹産業3分野の一つとして、オープンイノベーションの活発化、サプライチェーンの形成を目指している。具体的な目標値として、令和7年度の航空機産業の売上高を 95 億円と設定しており、本事業はその達成に資することができる。

(研究開発の途中で見直した事項)

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	(令和3年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・必要性 S 本県の基幹産業である造船業の先行きが不透明な中、県内において、造船に代わる新産業の創出・育成が県政の重要課題である。 平成30年の長崎県航空機産業クラスター協議会の発足を契機に、航空機産業進出に向けた県内企業の意欲は高まっている。新型コロナウイルス感染拡大の影響により航空機機体部品の需要は減少しているが、航空機エンジン部品は定期的な部品交換が必要となり、今後も安定した需要が見込めるとともに既に長崎県内でサプライチェーンが構築されている。 長崎県の航空機産業の拡大に向け、本研究を通じて航空機エンジン部品の製造技術の高度化に取り組み、サプライチェーンの更なる強化を図る。 ・効率性 A 長崎県工業技術センターは他県に先駆けて5軸制御マシニングセンタを導入(H21)しており、複雑形状部品の加工に関するノウハウの蓄積がある。 また、共同研究機関である(株)ウラノとは、国プロ(サポイン事業)を共同で実施し、特殊工具の開発によって生産性の飛躍的な改善を果たした経緯がある。 長崎県内の産学官連携による研究体制によって、効率的な開発の推進が期待できる。 ・有効性 S 本研究は航空機エンジン部品加工における生産性の向上と表面性状の向上との両立を図るものであり、現場のニーズに即した課題設定としている。 本研究の成果は既存事業の生産性向上に資するものであり、企業の売上、利益の向上に直接的につながる。また県内の航空機エンジン部品サプライチェーンの要である(株)ウラノとの連携を密にし、研究成果を迅速に現場に適用する。 ・総合評価 S 長崎県は航空機関連産業を新たな基幹産業3分野の一つと設定し、航空機関連産業の育成に力を入れている。航空機産業の拡大を目指すにあたり、航空機エンジン部品のサプライチェーンが長崎県内で既に構築されていることは大きなアドバンテージであり、本プロジェクトを通じて航空機エンジン部品の加工技術の高度化を図ることは有意義である。	(令和3年度) 評価結果 (総合評価段階: A) ・必要性 S 造船に代わる新たな基幹産業としての航空機産業の拡大に向けて、サプライチェーンの強化が重要である。なかでも継続的な需要が見込める航空機エンジン部品の製造技術の高度化の必要性は極めて高い。 ・効率性 A 県内の大学、企業との密な連携があり、技術開発ターゲットや研究手法も明確であり、効率的な技術開発が進められるものと考えられる。 ・有効性 A 本研究の成果は既存事業の生産性向上に資するものであり、企業の売上、利益の向上に直接的につながる有効性の高いものである。都度、現象論的に解明する方法では時間がかかるため、AIを使ったエキスパートシステムは期待できる。しかし、どの程度の高度化が可能であり、それによってどのような製品を作ることが可能となるのかなどを明確にする必要がある。 ・総合評価 A 造船に代わる新たな基幹産業としての航空機関連産業の発展に寄与する技術開発を目指したプロジェクトであり、県の行政施策に沿った戦略プロジェクト研究として妥当である。必要性が極めて高く、研究のアプローチも効率的であり、期待される成果による技術の優位性が確保され、高い経済効果を生み出す取組であると評価できる。

	対応	対応 AI を使ったエキスパートシステムは、既存のノウハウをより多く学習させるほど予測の信頼性が高まる。(株)ウラノと綿密に連携し、ユーザーフレンドリーな学習データの入力インターフェースを開発することによって有用性の高いシステムを構築する。航空機産業進出に向けた県内企業の意欲は高まっており、航空機エンジン部品の製造技術の高度化に取り組むことで県内サプライチェーンの更なる強化を図る。
途中	(年度) 評価結果 (総合評価段階:) ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価	(年度) 評価結果 (総合評価段階:) ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価
	対応	対応
事後	(令和6年度) 評価結果 (総合評価段階: A) ・必要性 S 本県の基幹産業である造船業の先行きが不透明な中、造船に代わる新産業の創出・育成が県政の重要課題である。 長崎県は、県内企業の航空機産業への新規参入・取引拡大に力をいれており、平成30年8月には「長崎県航空機産業クラスター協議会」が設立された。令和6年現在、正会員として参画している県内企業は、当初の41社から59社(内機械加工関係22社)まで増加しており、航空機産業への進出に意欲的である。 航空機エンジン部品に対する加工技術の高度化に取り組むことは、県内航空機産業の拡大を図るうえで重要であった。 ・効率性 A 今後も安定した需要が見込める航空機エンジン部品にフォーカスを当てて研究に取り組んだ。 工業技術センターの5軸制御マシニングセンタと複雑形状部品加工に関するノウハウを活かし、県内企業及び県内大学との連携によって、2年の研究期間で効率よく数値目標を達成できた。また、既に長崎県内でサプライチェーンが構築されていることから、効率的に現場の生産性向上に寄与することができた。	(令和6年度) 評価結果 (総合評価段階: A) ・必要性 A 造船に代わる新産業の創出が重要となる中で、航空機エンジン部品製造技術に着目したことは、研究が完了した本時点においても、妥当な研究であったと判断できる。また、航空機エンジン部品の製造に関するサプライチェーンを構築し、県内企業の製造技術の高度化に取り組んだことも必要性は高いといえる。さらに、当該部品は定期的な部品交換が必要となることから、安定した需要が見込める点においても必要性は妥当である。 ・効率性 A 県内のリソースを活用した研究がなされており、計画通り研究目標を達成できたことから高い効率性が認められる。 現場のニーズを吸い上げて、切削加工技術、AI エキスパートシステム等を開発し、製造現場にアプライして部品工作精度を向上できたことは評価できる。一方、3つのテーマは独立した技術課題であり、それぞれ経常研究として取り組めた内容ではないかと感じた。具体的には、課題を絞った上で、幅広いメーカーで実用化可能な仕組み、標準化、システム化迄達成するような計画であることが望ましかった。

・有効性 A 県内の航空機エンジン部品サプライチェーンの要である株式会社ウラノとの共同研究により、研究成果は速やかに製造現場へ展開され、一部製品においては3倍以上の加工効率向上を実現し、既存製品の増産対応と新製品の受注獲得を後押しした。 また、開発した加工プロセスの管理技術、及びAIを使ったエキスパートシステムは、航空機エンジン部品に限らず他の切削加工にも応用することが可能である。 ・総合評価 A 本県は3大都市圏以外で航空機部品のサプライチェーンを構築できた数少ない成功県であり、そのポジションを維持・拡大するためにはリーダーとなるTier 2企業との高度な共同研究と、地場Tier 3企業の不断の技術向上に貢献する研究開発が必要である。 本戦プロは航空機エンジン部品にフォーカスを当てて研究に取り組み、既存製品の増産対応と新製品の受注獲得を後押しすることで県内に構築されたサプライチェーンの強化を実現し、航空機関連産業の振興に大きく貢献した。	・有効性 A 本研究の成果は航空機部品加工の生産性向上に資するものであり、一部についてはすでに現場への転用も図られていることから有効な研究である。一方、ブレード加工用エキスパートシステムの開発は、実際の加工メーカーでの実用化にあたっては教師データをどうするかなど課題は多い。いずれもノウハウ的な知見は得られていると思われるので、広く活用するための標準化、マニュアル化は今後も進めて欲しい。 構築したノウハウを当事者内で封印することも事業戦略のひとつであるが、今後技術が広まっていくと予想されるため、できれば構築技術の知財化を望みたい。 ・総合評価 A 新たな基幹産業として見据えている航空機関連産業において、航空機エンジン部品サプライチェーンの強化を図る取組は研究の目的から成果までの見通しがつきやすく、有用性も高いものと考えられる。これらの成果を県内他メーカーに展開するためには、ノウハウ化、標準マニュアルなどの形で形式知化する必要があると思われる。さらには特許として知財化することも検討の余地があると考えられる。
対応	対応 大手重工メーカーの航空機エンジン事業に関する売上高は好調に推移しており、本県に立地するエンジン工場においても増産体制の構築が進められている。 市場の需要を取りこぼさないよう、既に構築されている県内の航空機エンジン部品サプライチェーンの拡大を積極的に後押ししていく。また、研究成果で得られたノウハウをマニュアル化し、県内他メーカーへの展開に取り組み、サプライチェーンへの参画企業を拡大していくことを目指す。