

1. 概要

鉄道では曲線区間の走行速度を向上する策の一つとして、曲線で車体を傾斜させる振子車両があり、車体とともに車内の乗客も曲線の内側へ傾くことで、乗客に作用する遠心力を打ち消す効果が生まれる。受賞者らは、さらなる振子車両の乗り心地の向上を目指し、①自車位置検出、②曲線での乗り心地を考慮した車体傾斜動作、③高応答・高精度な振子アクチュエータ制御の3つの要素をキーとした次世代振子制御システムを開発した。図1にシステム構成を示す。

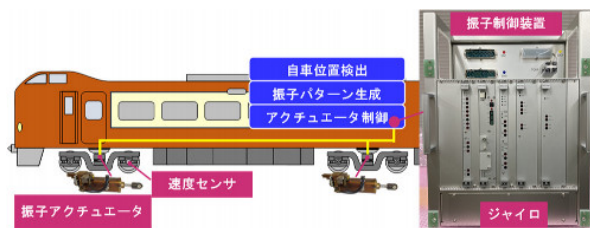


図1 システム構成

2. 技術の内容

① 自車位置検出

本システムでは、車両に搭載したジャイロで車体ヨー角速度を検出し、同時に車両から速度情報を受け取ることで、曲率半径の逆数にあたる「曲率」を算出する。まず運用の対象となる路線を走行して曲率データを取得し、マップデータとして車上に登録する。次に、車両を制御状態で走行する時には、同じく走行しながら曲率データを取得しつつ、マップデータとして登録した曲率データを参照し、両者がもっとも一致するマップデータ上の自車位置を探索することで、高頻度に自車位置を補正する。

② 曲線での乗り心地を考慮した車体傾斜動作

各曲線での適切な車体傾斜角度を計算するには、曲線の曲率と、曲線の内側と外側のレールの高低差であるカントの情報が必要となる。本システムでは、ジャイロと速度情報などを用いて算出した曲率とカントをマップデータとして持ち、検出された自車位置情報に基づいてマップデータを参照することで、先行区間の曲率、カントを把握する。そして現在の走行速度を考慮し、直後に走行する曲線での理想的な車体の傾斜角を、人間工学的知見に基づく乗り心地評価指標をもとに最適化計算を行うことで、指標が最良となる車体傾斜動作を実現する。

③ 高応答・高精度な振子アクチュエータ制御

車体傾斜制御は、台車に構成された空気圧式振子アクチュエータ

により行う。従来から使用されている変位フィードバック制御に加えて、速度と加速度のフィードバック制御、フィードフォワード制御を追加して、高い応答性と安定性を両立し、②の理想的な車体傾斜動作を実現する。また、非制御時には空気圧により減衰力を発生するダンパ機構を搭載している。

3. 走行試験による性能評価

乗り心地の改善効果を確認するため、既存の振子車両に本システム一式を搭載した走行試験を実施した。図2に、同一地点を通過した際にシステムが認識していた自車位置のばらつきを示す。最大誤差は $\pm 2\text{m}$ 、平均値 0.01m 、標準偏差 0.65m となっており、車体の傾斜制御に十分な精度が確保できている。また図3に乗り物酔いの影響を反映する指標である乗り物酔い暴露量値 (MSDVy) を示す。平均で従来の制御システムよりも約23%の低減効果を確認した。

4. 実用化

2024年4月、本システムをはじめて搭載したJR西日本273系電車(図4)が新たな特急「やくも」として運用を開始した。運行開始当初から乗り心地に対して高い評価を頂くことができた。今後は既存振子車両の更新に合わせて本システムを展開していきたい。

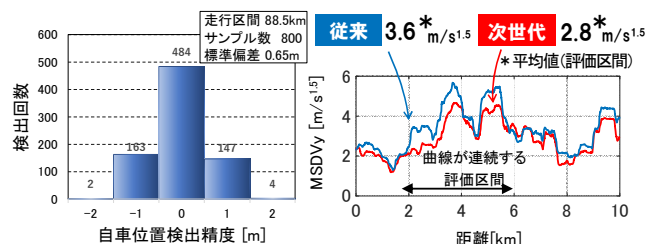


図2 自車位置検出精度

図3 乗り物酔い指標



図4 273系振子電車と振子アクチュエータ

*¹ 正員、(公財)鉄道総合技術研究所 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)

*² 西日本旅客鉄道(株)、(〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 4-6-35 新大阪第3NKビル)

*³ 川崎車両(株)、(〒652-0884 兵庫県神戸市兵庫区和田山通 2-1-18)

*⁴ 正員、ピー・エス・シー(株)、(〒488-0871 愛知県尾張旭市平子町東 241-1)

1. 概要

世界には様々な道が存在し、ラダーフレーム構造の SUV 車が生活基盤を支えてきた(図1). そのラダーフレームには「信頼性・耐久性」「悪路走破性」「衝突安全性」「防錆」等の性能を高次元で実現することに加えて、燃費規制対応(CAFÉ 規制)やカーボンニュートラル実現に向けた軽量化が必須である。ラダーフレームの一般的な構造として本体に補強材(以降 R/F)を重ねる R/F 構造(図2)があるが、その軽量化手段として直線 TWB 技術(Tailor Welded Blank, 図3)を用いた差厚構造が知られている。今回、より大幅な軽量化を実現するために、業界に先駆けた量産技術として溶接線を曲線にした曲線 TWB 構造(図4)を開発した。あらゆる路面入りに耐える溶接品質の確保を目標に関係部署間で本音の議論を繰り返し、約6年の歳月をかけて量産技術を確立した。



図1 ラダーフレーム構造の SUV 車

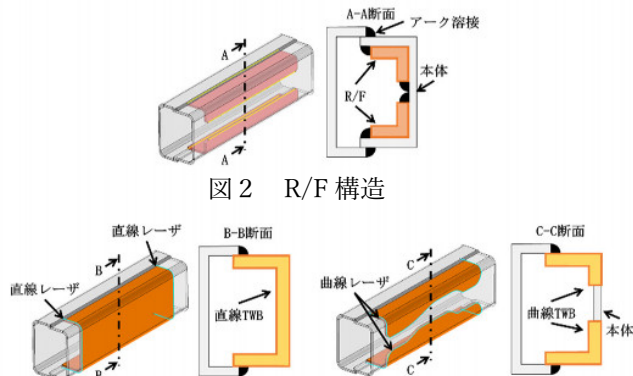


図3 直線 TWB 構造

図4 曲線 TWB 構造

2. 量産技術

溶接線を曲線化したことで「溶接良品条件範囲(ロバスト性)の拡大」と「溶接熱歪みによる隙変化への対応」が大きな課題となった。強度を確保するための良品条件(図5)としては、薄板側板厚 t に対し $A\%$ 以下の板引け量とした。図5の縦軸に板隙、横軸を溶接トーチの狙い位置としたとき、当初検討を始めたレーザー溶接だけでは量産性確保が困難だったため、アーク溶接とレーザー溶接を組合わせた HLA 溶接(Hybrid Laser-Arc Welding)を新規開発した。溶接時の異なる鋼板の熱膨張差や溶接熱歪みにより板隙が d_1 (溶接前半)から d_2 (溶接後半)に拡大する課題(図6)に直面したが、アーク溶接を先行させることで広範囲を溶融させ、後行のレーザー溶接もツインスポット化(図7)などの工夫を重ねて溶接を安定化させることで解決し、その他の量産ばらつきも考慮した溶接良品条件範囲の拡大を実現した。

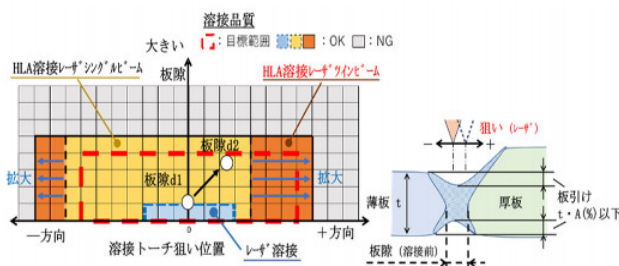


図5 TWB 溶接の良品条件

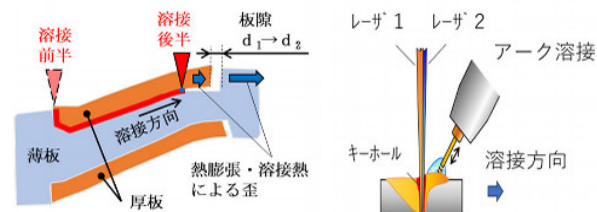


図6 溶接時の板隙変化

図7 ツインスポット化

*1 正員, トヨタ自動車(株) (〒471-0826 愛知県豊田市トヨタ町1)

*2 会員外, トヨタ自動車(株) (〒471-0826 愛知県豊田市トヨタ町1)

1. 概要

電気自動車・ハイブリッド自動車や、鉄道（電車）などに高効率なパワー半導体を作ることができる次世代半導体結晶材料（SiC 単結晶や GaN 単結晶等）が採用されつつあるが、これらは大変な難加工材料であり、従来の加工方式で膨大な時間とコストが掛かり、量産化の妨げになっていた。その中でも SiC 単結晶は図 1 に示すように切断加工、粗加工、中仕上げ加工、鏡面研磨加工といったプロセスを経る。鏡面研磨加工以外の純粋な機械的加工は従来の技術の延長上で対処可能であったが、鏡面研磨加工は加工品位と加工能率との両立が難しく、最後の未解決課題となっていた。

この鏡面研磨加工に対し、新規装置を必要とする手法や、新たな研磨砥粒を導入することが試みられていたが、本技術は従来研磨装置を用い強酸化剤である過マンガン酸カリウムを援用することで、高能率鏡面研磨加工を実現することに成功した。その具体的仕組みは、過マンガン酸カリウムを、機械化学作用を行う微細な研磨粒子（砥粒）として水溶液から析出させながら研磨を行う、砥粒生成研磨という従来にない独創的技術である。

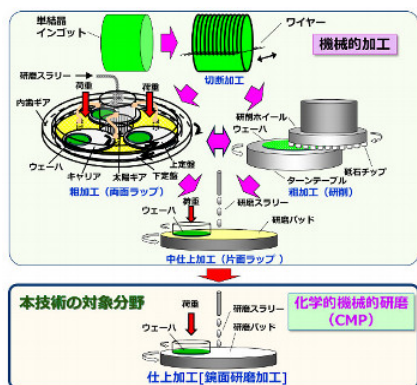


図 1 ウェーハ加工プロセス例

2. 技術の内容

図 2 に SiC ウェーハの研磨の様子と研磨パッド上に析出した過マンガン酸カリウム (KMnO_4) 粒子の SEM 写真を示す。従来使われていた研磨スラリーを用いる遊離砥粒研磨においては、図 3 のように析出した過マンガン酸カリウム (KMnO_4) が酸化液中で、硬い機械作用砥粒（研磨粒子）により SiC 単結晶に強く押し当てられることによりメカノケミカル反応が起り、SiC 単結晶表面が酸化され軟質化するため高能率の研磨加工が実現する。このように析出した過マンガン酸カリウム (KMnO_4) はメカノケミカル砥粒として働くため、砥粒を生成しながら研磨することになる。このとき研磨加工能率の低い二酸化マンガン (MnO_2) 析出するので、若干効率が悪い。

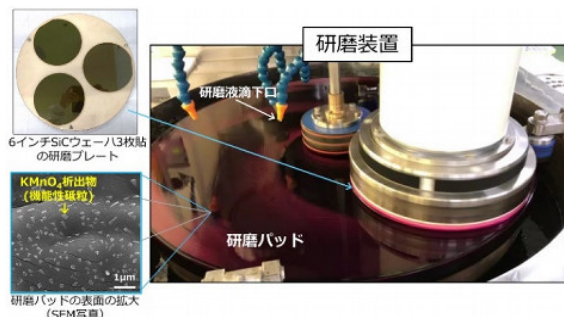


図 2 SiC ウェーハの研磨の様子

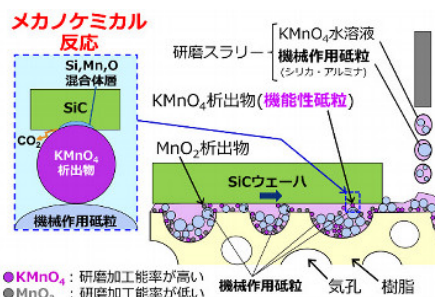


図 3 遊離砥粒研磨の場合

さらに過マンガン酸カリウム (KMnO_4) を効率的に作用させるため、図 4 に示す機械作用砥粒が可動である独創的な砥粒内包研磨パッドを開発した。その際に研磨パッドの樹脂中の酸素原子の量を多くすると過マンガン酸カリウム (KMnO_4) の析出が多くなることを発見し、砥粒内包研磨パッドに採用した。

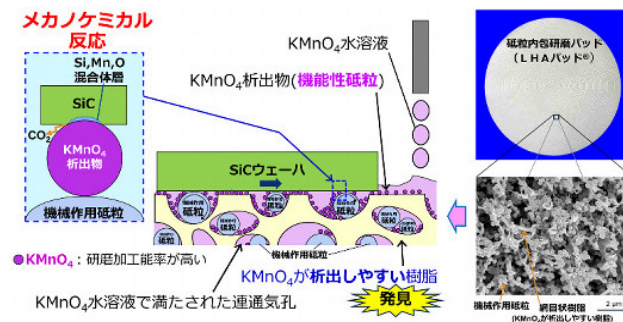


図 4 砥粒内包研磨パッドを使用した場合

3. まとめ

本技術の開発は、SiC をはじめとする次世代パワーデバイスの普及を大いに促進させた。今後、GaN やさらに次々世代の材料であるダイヤモンド等にも本技術を適用させ、これらのウェーハの普及の促進にも貢献したい。

^{*1} 正員，ノリタケ㈱（〒470-0293 愛知県みよし市三好町東山 300）

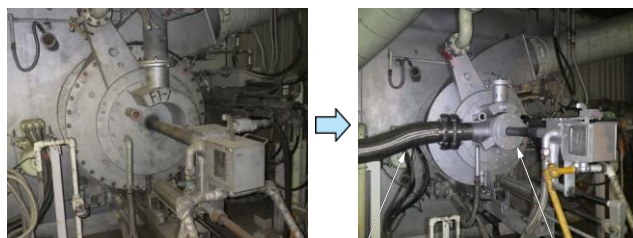
花岡 亮*1
中澤 亮*1
石井 大樹*1
水谷 亮介*2
大島 弘義*2

1. 概要

火力発電設備のカーボンニュートラル化に向けてアンモニアの燃料利用が有望視されているが、アンモニア(NH_3)は燃焼性が悪くかつ光化学スモッグの原因となる大気汚染物質である窒素酸化物(NO_x)排出懸念があることから、実機適用においては如何に安定かつ低 NO_x 燃焼させるかが重要な開発課題であった。また、アンモニアを燃やしたときに排出懸念のある亜酸化窒素(N_2O)は温室効果ガスでもある。これらの排出を如何に抑えるかも重要な技術課題であった。

IHI ではアンモニアの燃料としての可能性に早い段階から着目しこれらを解決する技術開発を行なってきた。2014~18年度にかけ、内閣府の「戦略的イノベーションプログラム (SIP)」で、「アンモニア直接燃焼」をテーマにガスタービンでの共同研究開発が行われていた。その後、2016年ごろに石炭と一緒に燃やすなどして燃焼速度を遅くすれば大型のボイラでも NO_x を抑制できるという研究・検討結果が大きな転換点となり、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 委託業務での検討を経て、(株)JERA 碧南火力発電所にある世界最大規模の発電設備 (1,000MW) を使って一気に商用化を目指すことになった。

商用化を目指す上で踏むべき段階として実機での実証試験があり、これを碧南火力発電所4号機で実施した (NEDO 助成業務)。実証試験の目的はアンモニア 20%燃焼運転 (熱量比) におけるプラント全体の各特性、制約条件など、社会実装に向けた課題の抽出およびこれらを踏まえたアンモニア燃焼技術の確立とした。実証試験に必要な設備改造は、事前の検討によりアンモニアノズルおよび関連配管を設置したのみで、ボイラ本体や煙風道および環境設備の改造は実施せずに実現した。



アンモニア供給管
(a) アンモニアノズル設置前
アンモニアノズル
(b) アンモニアノズル設置後

アンモニアバーナー改造前後 (特許第 7049773 号)

これはカーボンニュートラルへの対応が急がれる事業者にとって大きなメリットであり、アンモニアの導入を加速するものである。ただし、アンモニア 20%燃焼に必要な改造範囲は各プラントの設計裕度や導入時の状態にもよるため、事前の検討により決定する必要がある。

一方、火力発電所としてもアンモニアを燃料として使用したことはなく、先行事例もないため安全性の確保については JERA と IHI および協力会社との協議、検討に多大な時間を要した。JERA としては基地設備の防災設備の計画に際し、様々な安全防災に関するリスクアセスメントを実施し、対策を実施するとともに、有事の防災活動に備えるため、所轄消防と合同での防災訓練を行うなど近隣自治体との協調を進めた。この土台の上で、無事故・無災害で実証試験を遂行することができた。結果としても、燃焼性能含むプラント性能に対し所定の目標を達成し、成功裏に完了した。



従来燃料専焼火炎 アンモニア 20%燃焼火炎

また、碧南火力4号機においては、JERA は 2020 年代後半に燃料の 20%をアンモニアに転換した商用運転の開始を目指し、燃料アンモニアのサプライチェーン構築に向けた協議を進めている。

本実証試験の結果には世界中が注目していた。アンモニアの導入は 20%程度が最速かつ低コストで最大限の CO_2 削減が実現可能なことから、今回の実証試験の成功を受けて、碧南火力発電所における燃料転換の拡大や他発電所への展開の出発点となる画期的な成果であり、アンモニアの社会実装が一気に進んでいくと想定する。

*1 正員、株式会社 IHI 資源・エネルギー・環境事業領域 カーボンソリューション SBU ライフサイクルマネージメント部 (〒135-8710 東京都江東区豊洲 3-1-1)

*2 非会員、株式会社 JERA O&M・エンジニアリング戦略統括部 脱炭素技術部 脱炭素エンジニアリングユニット (〒450-6318 愛知県名古屋市中村区名駅 1-1)

1. 概要

プロセスプラントの減圧システムでは、高差圧弁から流体が吹き出した際に発生する高騒音によって、下流配管が振動し、損傷することがある。本事象は音響励起振動(Acoustically Induced Vibration: AIV)と呼ばれ、これまでプラント配管の設計において、経験式に基づく評価手法が採用されていた。しかしながら、現行の評価手法では大流量/大口径配管の設計に際して過剰な配管肉厚が必要になるなどの課題があった。また、高差圧弁の発生音が小さい場合でも、下流の配管合流部で振動が発生する事があり、現行の評価手法では適切に評価出来ず、破損事例も報告されていた。このような AIV に対する過剰設計/過少評価を回避するために、プラント業界として新たな設計評価手法を開発する必要があった。そこで今回これらの事象に対して、実験や解析により物理現象を解明し、新たな設計指標を考案した。更に、国際的な Joint Industry Project* (JIP) の活動を通じて、本手法を組み込んだ実用的な設計手法を開発し、世界的に最も広く知られているガイドライン (Energy Institute, Guidelines for The Avoidance of Vibration Induced Fatigue in Process Pipework, 2nd Edition (2008)) の改定版に採用されることになった。本ガイドラインは、国際的な設計規格である ASME B31.3, API521/579, NORSOK L002 などにも参照されており、事実上の世界標準となる見込みである。

*Energy Institute 主催の AIV Joint Industry Project

2. 技術の内容

AIV は弁上流と下流の圧力比が高く、衝撃波から発生する高周波音により配管がシェルモード (円周方向) で振動する複雑な現象である。一方、配管合流部では、乱流渦等に起因した流動励起振動 (FIV: Flow Induced Vibration) によってシェルモードの振動が励起されることがある (図 1)。しかしながら、現行の評価手法では FIV によって生じるシェルモード振動の影響が考慮されておらず、音源による振動 (AIV) と合流部の乱流に起因する振動 (FIV) を区別

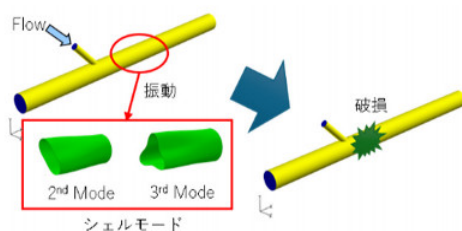


図1 シェルモード振動イメージ

せず、全ての加振力を音源の評価に含めるようなモデルが用いられていた。今回、音源の発生音が小さい条件下においてシェルモードの FIV の発生機構を実験的、解析的に解明した上で (図 2)、音源における発生音(AIV)が大きい場合には両者を足し合わせることで、配管合流部の振動が適切に評価出来ることを明らかにした (図 3)。

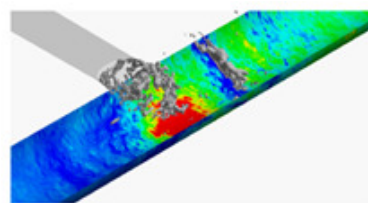


図2 配管合流部の流動解析結果

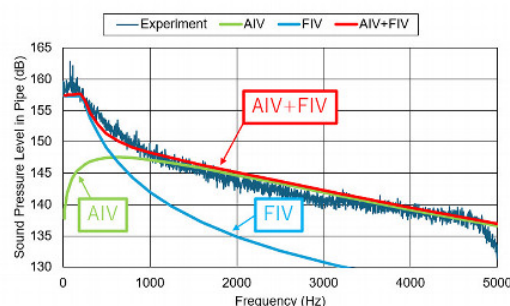


図3 AIV+FIVによる圧力変動評価例

(Izuchi, H., et al., PVP2022-84921 (2022))

JIP の活動を通じて、このモデルをベースに、都度詳細解析を実施せず基本情報のみに基づき配管振動を簡易的に評価出来る実用的な指標 (LOF: Likelihood of Failure) の計算方法を構築した。これにより、大口径配管の肉厚、対策必要範囲を最適化することで、経済設計が可能となった。また、これまで評価が出来なかったシェルモードの FIV に起因した事故を防ぐことが可能となった。

3. まとめ

本技術は世界のエネルギープラントの安全・安定操業に大いに貢献するものとする。今後も、このような技術開発を続け、脱炭素関連プラントを含めた各種装置の安全性を高めることで、社会に貢献していきたい。

*¹ 正員、千代田化工建設株式会社 (〒220-8765 横浜市西区みなとみらい四丁目 6 番 2 号)

*² 元千代田化工建設株式会社 (〒220-8765 横浜市西区みなとみらい四丁目 6 番 2 号)

1. 概要

日本農業は農業就業人口の減少や高齢化といった課題に直面する一方で、担い手農家の経営規模は拡大している。このような背景から、限られた人員による効率的な農業へのニーズが高まっており、政府はロボット、AI、ICTなどの先端技術を活用した「スマート農業」の社会実装を推進している。主要な農業機械の中で、トラクタと田植え機は、使用者が搭乗せずに目視できる場所からの監視による自動運転を実現し、販売を開始しているが、コンバインにおいては、安全性の確保や作業の難易度、作業継続性といった課題があった。無人自動運転コンバイン（図1）は、これら課題を先進技術と制御技術によって克服し、業界で初めて量産に成功した。



図1 無人自動運転コンバインの作業風景

2. 技術の内容

（1）収穫作業に適応した周囲監視用センサシステム

周囲監視用のセンサシステムには、圃場内に作物がある状況で、人や車両などの障害物を検出する一方で、収穫物や雑草、圃場に入ってくる鳥には反応しない性能が要求される。この要件を達成するため、人の検出には機体上部に搭載された前後左右のカメラを使用し、AIによる画像認識（図2）を行う。車両の検出にはミリ波レーダを用いる。金属製の車両は作物や雑草よりも反射波が強いので、反射波の判定閾値を高く設定することで、作物や雑草に反応することなく車両を検出することができる。



図2. AIによる画像認識

（2）圃場外周2周目からの刈取り経路生成と刈取技術

あぜ際の圃場角部の刈取りでは、あぜと接触せずに複雑な走行経

路で刈取りを行う必要がある。このため、手動運転で圃場最外周を刈取りする時に、機体前方の2D-LiDARで取得した点群情報を用いて、あぜの高さと位置を認識（図3）する。あぜが高い場合は超えない動作を行い、あぜの高さが低い場合は機体の一部をあぜ上まで飛び出させる効率的な旋回動作を開発した。また、手動運転で刈取り時に生成した圃場外形マップと作物領域から、コンバインが旋回可能な領域を確保できるまで刈取動作を繰り返す技術も確立した。

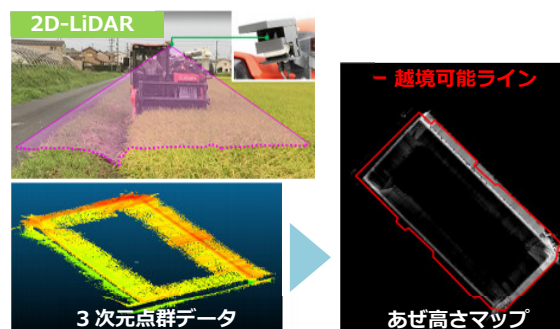


図3 あぜの高さと位置認識

（3）作物（稲、麦）の高さに応じた自動制御

圃場内の作物は一部倒伏している場合もあり、作物の高さは均一ではない。このため、収穫時に作物の刈り残しを抑えるには、作物の高さに応じて刈取り部の位置や車速を調整する必要がある。本開発では、機体前方の2D-LiDARを用いて、作物から反射した点群情報を取得し、作物の高さを検出する。検出した作物の高さに応じて、刈取り部のリール高さと前後位置、車速を自動調整（図4）することで作物の倒伏角度60°まで対応できるようにした。

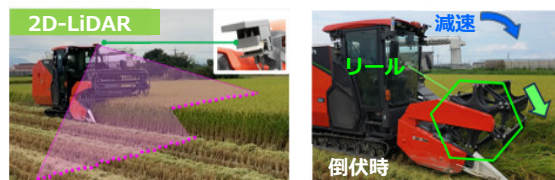


図4 作物の高さに応じた自動調整

3. まとめ

無人自動運転コンバインにより、人が搭乗せずに稲や麦の収穫作業が可能となり、担い手農家が抱えている人手不足や作業効率の改善に寄与した。今後もロボット技術のさらなる発展とスマート農業の普及促進に貢献していく。

*1 正員，㈱クボタ（〒590-0908 大阪府堺市堺区匠町 1-11）

*2 ㈱クボタ（同上）

低 NOx ドライ方式水素専焼／混焼ガスタービンの製品化

堀川 敦史*1
青木 茂樹*2
石村 祐宜*2
岡田 邦夫*2
山口 正人*2

1. 概要

当社は水素の製造、精製、液化、貯蔵、輸送、利用を含めた将来の水素社会実現に向けた研究開発を進めており、特に利用に関しては、ガスタービン、ガスエンジンによる水素発電技術の開発に取り組んでいる。水素発電は普及が拡大する太陽光・風力などの変動性再生可能エネルギーの電力需給バランス調整が可能であり、燃焼後に二酸化炭素を排出しないため、カーボンニュートラルへの貢献が期待されている。一方で、水素は天然ガスよりも燃焼速度が速く、燃焼温度が高いため、NOx を排出しやすい特徴がある。弊社では、マイクロミックス燃焼方式と追焚きバーナを適用することで、大気汚染防止法の NOx 規制値以下としながら、水素を体積比で 50% から 100% までの任意の割合で利用できる、ドライ水素燃焼器を開発した。

2. 技術の内容

図 1 にマイクロミックス燃焼の模式図を示す。マイクロミックス燃焼は微小な多数の噴射孔により、拡散燃焼火炎を分散および微細化する。このような火炎を多数形成することで、高温での滞留時間を抑制し、NOx 排出量を低減する。燃料と空気による直交噴流は逆火のリスクを抑えることができるため、燃焼速度が速く、逆火リスクの高い水素または水素含有量が多い混合燃料に適した燃焼方式といえる。NOx 排出量は燃焼ガス温度と滞留時間に依存する。マイクロミックス燃焼においては、燃料噴射孔の縮小による火炎の縮小ならびに高温での滞留時間を短縮することで NOx 排出量を抑制することができる。燃焼 CFD 解析による形状絞り込みや、要素試験による検証を通じて、開発目標を達成した。

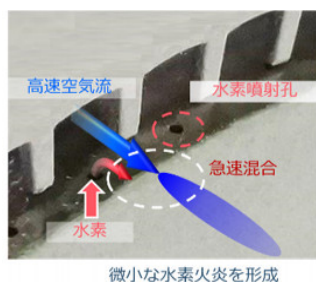


図 1 マイクロミックス水素燃焼技術

対応可能燃料範囲の拡大に向けて、追焚きバーナを適用した。追焚きバーナは当社の天然ガス焼き DLE 燃焼器に採用しているシステムであり、図 2 に追焚きバーナを導入したマイクロミックス燃焼器

を示す。追焚きバーナを適用することで、低負荷条件では燃焼用空気がバイパスされ、マイクロミックス燃焼領域をより燃料リッチに保つことができる。これにより、天然ガス割合が高い場合や燃焼負荷が低い条件においても、保炎範囲を拡大することが可能となる。



図 2 ドライ方式水素専焼／混焼ガスタービンと燃焼器

図 3 に水素 100% 燃料における運転結果を示す。マイクロミックスバーナ、追焚きバーナの燃料割合を調整することにより、NOx は大防法を下回り、安定した低 NOx 運転を実現した。

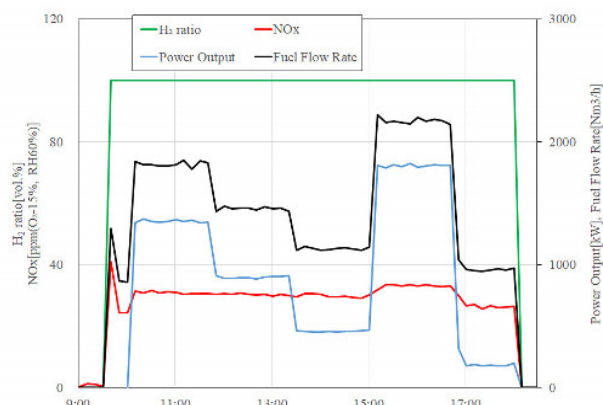


図 3 マイクロミックス燃焼器の運転結果

3. まとめ

当社は、将来的な水素エネルギーの普及を見据え、水素サプライチェーン(つくる・はこぶ・ためる・つかう)の構築を推進している。日本の CO₂ 発生量の約 4 割を占める発電分野において、水素を「つかう」ガスタービンは脱炭素化に貢献する重要な製品の一つであり、当社は今後もさらなる水素燃料対応のガスタービン燃焼技術の開発を進めていく所存である。

*1 正員、川崎重工業株式会社

*2 川崎重工業株式会社

1. 概要

小型月着陸実証機 SLIM(Smart Lander for Investigating Moon)に搭載されたローバの1つが Lunar Excursion Vehicle 1 (LEV-1)である。図1にLEV-1の外観を示す。LEV-1は質量2.3kgのロボットである。LEV-1の目的は小型ローバに適した不整地移動、自律機能(移動・撮像)の実証、着陸後の探査機状況観測と、独立した通信系で観測データを地球へ直接通信することである。また、もう一台のローバLEV-2への通信経路の提供も実施している。LEV-1は図2に示すようにSLIMの月面着陸直前に分離されたあと自動で活動を開始し、その後約2時間月面で活動した。その間に月面上での移動記録と環境データ、およびLEV-2側のカメラで撮影したデータを、母船を介すことなく直接地上へ送信することに成功した。

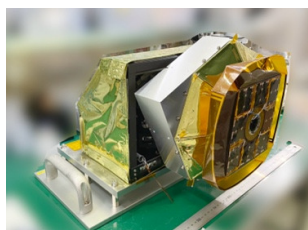


図1 LEV-1の外観

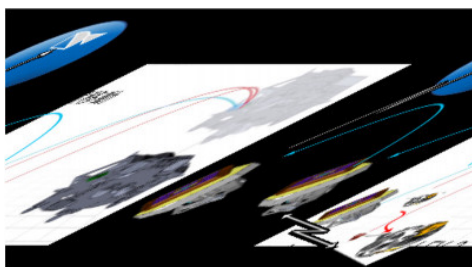


図2 LEV-1の分離と運用の様子

2. 技術の内容

LEV-1は跳躍移動するローバである。機体後部に跳躍機構を有する。跳躍後の姿勢復帰と移動方向制御のため、機体前方に車輪を1つだけ装備しているが、移動は主に跳躍機構により行われる。すなわち、LEV-1は跳躍型ロボット、あるいはホッピングロボットと呼ばれる移動ローバである。LEV-1では新しい移動機構の検討と質量低減の観点から、車輪を使った連続的な移動ではなく、跳躍移動を採用した。小さなロボットにとって月面の岩石などの障害は相対的に大きく、これらの踏破にも跳躍は適している背景もある。

LEV-1は、ばねにポテンシャルエネルギーを蓄積し、それを運動エネルギーに変換して跳躍する。図3に跳躍動作の様子を示す。ばねの

一端は機体に、もう一端は地面を蹴る跳躍パッドに接続されていて、跳躍パッドのワイヤを巻上機で引っ張ることばねにエネルギーを蓄積する。跳躍時にはワイヤが自由に伸びるので、ばねの力でパッドが押し出され、機体は運動量を獲得し跳躍する。

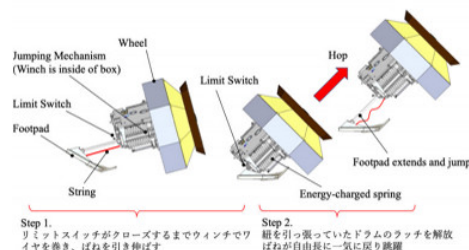


図3 LEV-1の跳躍動作

LEV-1の車輪は方向と姿勢制御用である。月面に接触している跳躍機構を引きずり方向転換できる十分な牽引力と、その場に穴を掘らないように小さな沈下量を両立する多角形車輪を採用している。

LEV-1の形状には、最小限のモータ数により不整地上でデッドロックせず動作を続けるための工夫が込められている。小型ローバは常時遠隔操作が可能な保証もないため、全ての動作の自律化を助ける機能を、機構側にも持たせる必要があった。LEV-1は車輪を一方に回転させるだけで、加速度情報などのフィードバックなしに任意の姿勢から跳躍準備姿勢まで変換することが可能であり、テレオペレーションに頼らない自律運用の複雑さを低減している。

LEV-1では一般的な車輪形式とは異なる移動機構が実現できた。これは今後の小型探査ローバの設計に新たな選択肢を与えるものである。LEV-1では他にも月地球直接通信や完全自律運用など、将来の小型探査ローバや複数台での同時探査などに必要な技術を実証しており、これらの結果が、今後多くのローバが月面に行ける時代へ向けた一つのステップなることを期待している。

*¹ 正員, 東京農工大学大学院工学研究院 (〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16)

*² 正員, 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1)

*³ 正員, 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1)

*⁴ 非会員, 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1)

*⁵ 正員, 中央大学理工学部 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)