

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	CSGダムにおける自動ダンプトラックを用いた材料運搬システム	鹿島建設株式会社

業績の概要

建設業で課題となっている生産性や安全性の向上を実現すべく、鹿島建設では、次世代建設生産システム A⁴CSEL®(クワッドアクセル)の研究開発を推し進めており、2019年より成瀬ダムの実施工へ適用してきた。今般、成瀬ダムでこれまで自動化施工を適用してきた自動ブルドーザと自動振動ローラに加え、自動ダンプトラックを用いた材料運搬システムを導入した。これにより、CSGの製造から運搬、敷均し、転圧の一連作業における完全自動化を実現し、「現場の工場化」による、さらなる生産性向上を実現した。

材料運搬システムは、CSG製造プラントから堤体上までの約800mの距離をベルトコンベアを介して搬送する設備、堤体上の積み込み場から荷下ろし場まで自動ダンプによって運搬するシステムから構成される(写真—1)。この材料搬送システムと自動化施工システムを連携させることにより、最適なタイミングでの積み込みによる大量高速施工を実現した。また、堤体上への材料の直接搬送と最大7台の自動ダンプを1人の管制員で運用することによって省人化を達成し、後進を基本とする自動ダンプの走行形式を起因とする走行時間と距離の短縮により、さらなる生産性向上を実現した。加えて、開発した自動ダンプ同士の衝突防止機能による安全な運用を行い、安全性の向上を実現した。



写真—1 堤体全景と材料運搬システム

業績の特徴

以下4つの技術開発を行い、本システムを実施工へ適用した。

- ①最適なタイミングでの積み込み: 写真—2に示す3系列のベルトコンベアの積載状況やホッパ内の残量を基にCSG材の積み込み可能予測時刻を計算し、最速で積み込み可能な系列へ誘導することで、最適なタイミングでの積み込みを行った。結果、実施工において積み込み待ち時間ゼロを実現した。
 - ②複数台ダンプの安全な運用: 直線経路上では予測位置を用いた干渉回避を、経路交差部分では1台ずつ順番に走行させる排他制御や片側交互通行の交通管制を適用し、自動ダンプの衝突を防止(写真—3)することで安全な運用を実現した。
 - ③非GNSS環境下での自動走行: 積み込み場では、写真—4に示すように積み込み設備下で停止するため、センサ上空の遮蔽によってGNSSによる姿勢計測精度が低下する。そこで、自己位置推定による自動走行機能を開発し、精度低下の状況においても要求精度を満たしつつ自動走行を継続した。
 - ④動的な経路生成: 堤体上に存在する構造物を迂回し、施工進捗に応じて変化する荷下ろし位置へ走行する経路をリアルタイムに生成した。これにより、時々刻々と変化する施工環境への柔軟な対処が可能となった(写真—5)。
- 実施工への適用結果: 本システムを延べ3.5か月間、継続的に運用し、材料の製造から敷き均しまでの完全自動化による、「現場の工場化」を実現した。加えて、本システムを1人で運用することにより、プラントまでダンプで走行して搬送する従来工法(必要人員11人)と比較して10人の省人化を実現した。



写真—2 搬送設備(プラント～右岸天端)



写真—4 積み込み場停止状況



写真—3 干渉制御の停止状況

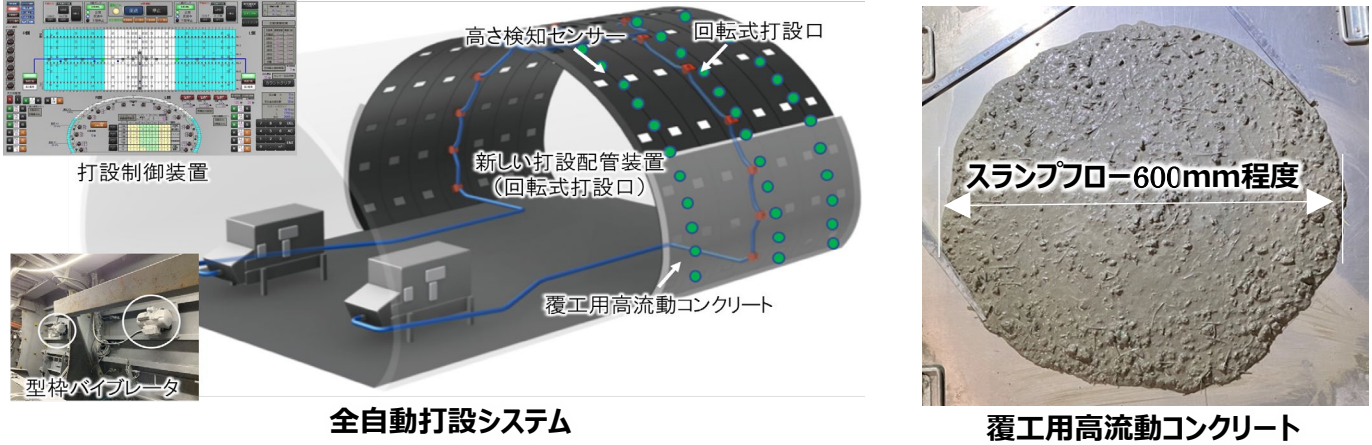


写真—5 構造物付近での自動走行

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	覆工用高流動コンクリートを用いた全自動打設システムの開発 —従来工法を刷新させた生産性向上および品質向上の実現—	鹿島建設株式会社
業績の概要		

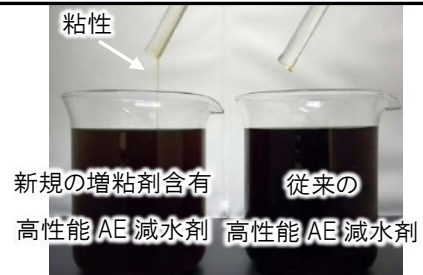
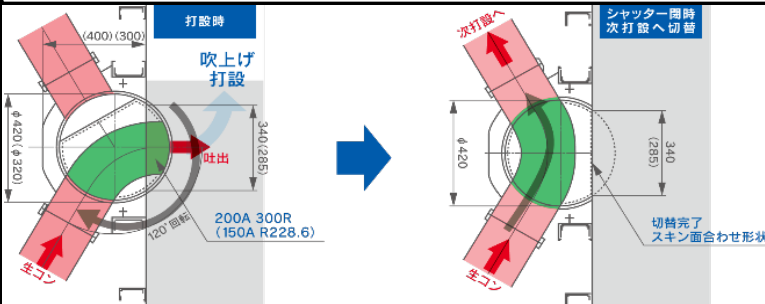
山岳トンネル覆工コンクリートの全自動打設システムと覆工用高流動コンクリートの新技術を組み合わせた新工法は、締固め不要での省人化となる自動打設を実現し、技能労働者の技量によらず高い品質を確保し、施工の省人化および安全性向上を実現するものである。覆工コンクリートを施工するための移動式型枠内での作業は、窮屈な姿勢を余儀なくされ、労働者にとって大きな負担となる。新工法では、新しい打設配管装置(回転式打設口)、型枠パイプレータの完全自動制御装置、打設制御装置、覆工用高流動コンクリートの技術を結集させ、打設中にセトル内での作業を一切必要とせず、自動で覆工コンクリートを打設できるシステムである。



業績の特徴 以下に、技術のポイントと実工事への導入実績を示す。

新しい打設配管装置 (回転式打設口)
打設口と圧送配管を連続連結させ、吹上げ打設可能かつ、回転して自動で打設位置を切替える回転式打設口を開発

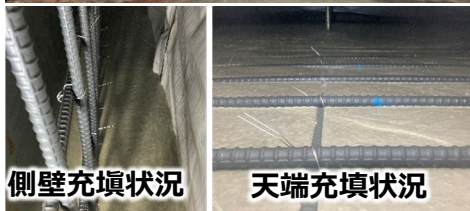
覆工用高流動コンクリート
専用の高性能な混和剤 (新規の増粘剤含有高性能AE減水剤) を開発



- 効果① 生コンを自由落下させずに吹上げ打設で品質向上
- 効果② 打設中の生コン処理・廃棄を不要化
- 効果③ 打設位置の切替え時間を大幅に短縮

- 効果① 粘性付与による材料分離抵抗性の確保
- 効果② プリーディングを低減させ背面空洞防止
- 効果③ 早期強度発現性により施工サイクル確保
- 効果④ 経時保持性による施工性の確保

実工事への導入実



- 結果① 表面気泡・流動跡のない綺麗な仕上がり
- 結果② 施工時間を2時間短縮(平均打設速度を15%向上)
- 結果③ 作業人員の大幅な削減 7人から3人(57%人員削減)

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	建設現場におけるマニピュレータ型鉄骨溶接ロボットの開発	鹿島建設株式会社 株式会社OneTeam

業績の概要 *AW工: AW検定協会による溶接技量検定の有資格者(JIS資格の上載せ)

近年、建設就労者の高齢化と若年層の入職者不足に伴い熟練溶接工(*AW工)の減少が懸念されている。一方で大型超高層ビルは多数計画され鉄骨溶接作業量の増加が見込まれている。また、溶接作業は屋外で長時間同じ姿勢を保つ労苦作業であり、そこから解放することも入職者の増加も期待できる。

そこで、溶接量が多い大型柱を対象として、全自動で現場溶接を行う「マニピュレータ型鉄骨溶接ロボット」を開発し、実用段階に至った。柱の溶接を全自動化することで溶接技能者を解放し、他の作業や複数ロボットの並行運用が可能となり、技能者の歩掛向上を通じて熟練溶接工不足の対応に貢献できる。

2020年から現在までに順次機能を追加しながら4現場で実施工を行った。角が立った4面ボックス柱、角がR形状のコラム柱、また様々なサイズや板厚に適用、全自動溶接ができることを確認し、品質や盛替え施工性などいずれ良好な結果を得ている。



マニピュレータ型現場溶接ロボット

業績の特徴

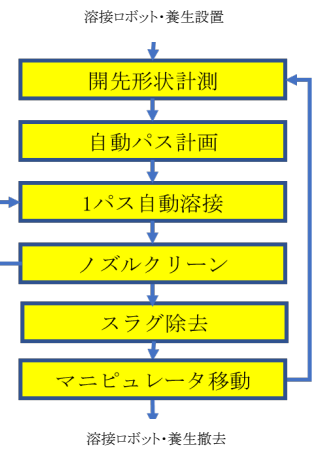
当ロボットは、小型軽量のマニピュレータを使用し、柱周囲に設置したレール上で移動と溶接、スラグ除去を繰り返して柱全周を全自動で溶接する。

マニピュレータに搭載したセンサで接合部(開先形状)を計測して溶接条件を生成するため、鉄骨建て方の誤差などを考慮した現場溶接ができる。

ノズルクリーンやスラグ除去などの付帯作業もすべて自動化しているため、溶接技能者は現場で溶接場所から離れることができる。

加えて、施工時のユニット養生やロボット移設台車なども同時に開発し、現場での実用性が高いシステムを実現している。

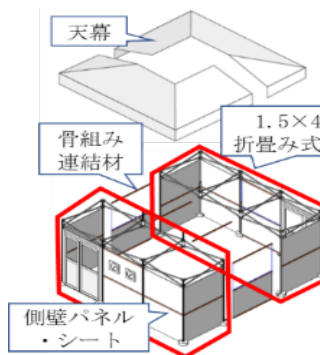
2名で複数日溶接に掛かる大型柱でも、ロボットの設置撤去の2名0.5日のみで溶接できるため、溶接技能者の歩掛は大幅に向上できる。



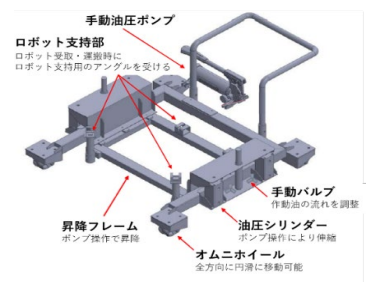
自動溶接中の状況



溶接外観



ユニット養生



ロボット移設台車

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	土砂運搬作業の自動化システム「T-iROBO Rigid Dump」の開発	大成建設株式会社
業績の概要		

建設業界の人手不足の問題から、省人化や生産性を向上させる技術の一つである建設機械の自動化が注目され、様々な自動化建設機械が開発されている。中でも現場内での稼働台数が多いダンプトラック高い生産性の向上が期待できる技術であり、ダム工事の堤体材料の運搬作業や鉱山の採掘場での運搬作業への導入が行われている。このように限定されたエリアや運搬経路が固定された鉱山での自動化についてはサービスとしての提供も始まっているが、土木工事全般での土運搬作業については、現場環境の変化による運搬経路の変更を頻繁に行う必要があるため、自動化のプログラミングに精通した技術者でしか扱えないといった課題があった。そこで、専門知識が無くても動作計画の変更ができ、現場への導入が容易に可能である自動化リジッドダンプ「T-iROBO Rigid Dump」を開発した。

本技術を成瀬ダム原石山採取工事の骨材原石運搬作業に適用し、積込機械である遠隔操作型油圧ショベル1台と「T-iROBO Rigid Dump」2台を2名のオペレータで運用した。現場の人間での運用を2024年5月から6月までの約2ヶ月間行い約47,000 tの骨材原石の運搬を無事故無災害で実施した。これにより、本技術の扱いやすさを実証することができた。



図-1 T-iROBO Rigid Dump 図-2 骨材原石運搬作業の概略

業績の特徴

本システムの特徴は下記の4点が挙げられる。

- ①自動での土運搬作業が可能：土砂の運搬作業は走行の動作だけではなく、排土動作や積込中の待機といった特定の場所での一時停止等、走行以外の動作を実施する必要がある。本システムでは、それらの動作の一つ一つをタスクとして整理して、それらを組み合わせることで、動作計画である作業シナリオを作成する。作成した作業シナリオを実行することで、土砂運搬作業を自動で実施する仕組みとなっている。
- ②積込・敷均し機械との連携が可能：本システムの走行は、予め指定した経路を走行する「経路走行」の他に、目標位置に対して、その都度作成した経路を走行する「接近走行」を備えている。これにより、積込機械や敷均し機械の現在位置座標をT-iROBO RigidDumpに送信することで、積込や排土毎に変化する目標位置への走行が可能となる。また、積込完了ボタンを押すことで、T-iROBO Rigid Dumpの排土場への走行の再開が可能である。
- ③専門知識が無くても扱えるUI(ユーザーインターフェース)：本システムのUIは作業シナリオを選択してボタンを押すだけで自動運転が実行される。作業シナリオの作成は、ビジュアルプログラミング形式を採用しており、T-iROBO Rigid Dumpのタスクを現したブロックを積み上げることで作成が可能である。また、ブロックを選択することで、地図に経路が表示されるため、直感的な操作ができ、現場の状況変化に伴う作業シナリオの変更を簡単に実施することが可能である。
- ④高い安全性の実現：T-iROBO Rigid Dumpは安全機能として、1)各種センサ情報の常時監視機能、2)逸走防止機能、3)LiDARによる障害物検知機能、4)遠隔非常停止機能を有している。複数の安全対策を行うことで、高い安全性を確保している。



図-3 ユーザーインターフェース

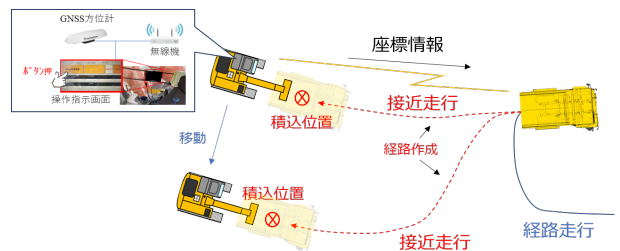


図-4 積込機械との連携

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	山岳トンネルにおける全自動鋼製支保工建込みロボットの開発	前田建設工業株式会社


業績の概要

山岳トンネル工事において、掘削の最前線である切羽は岩盤が露出しており、切羽では岩石の落下等による肌落ち災害が発生する恐れがある。特に、鋼製支保工（以下、支保工）の建込み作業等は、切羽直下で作業を行うため、肌落ちによる重篤災害につながる危険性がある。そのため、施工者は肌落ち災害を防止するために、切羽監視員の配置や鏡吹付け等の肌落ち防止措置を講じている。また、将来にわたって、生産年齢人口の減少が予測される中、熟練作業員から後世へ十分な技能伝承できないといった課題がある。


そこで、支保工を自動で設計位置に合わせ、かつ天端をワンタッチで締結可能な全自動鋼製支保工建込みロボットを開発した。2022年より現場導入を開始しており、2024年度までに計3件、2025年度に1件の導入を予定している。図-1に構成する5つの技術を示す。

これらの技術により、支保工手込み作業における肌落ち災害の防止、および作業員の熟練度に依存しない、生産性の高い新技術を実現した。

(1) 支保工位置追尾システム




(3) 自動建込み用 鋼製支保工




(2) 高性能エレクタ


- ・微調整機能
- ・センサー（右側）



(4) 自動建込み用 操作画面



(5) ミラー自動回収機構



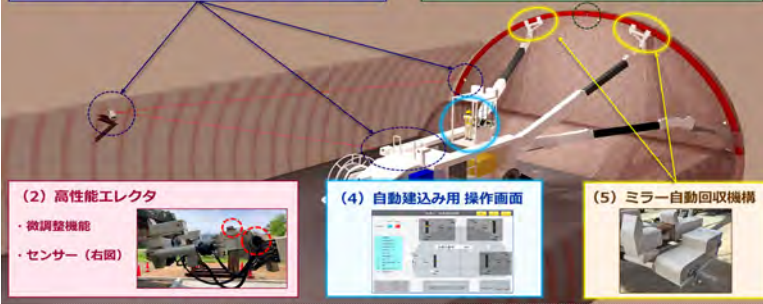


図-1 全自動鋼製支保工建込みロボットの構成技術

業績の特徴

【業績の構成技術について】

- (1) **支保工位置追尾システム**: エレクタおよび支保工に設置した測定用プリズムミラーを用いて、マシンの姿勢測定・支保工の位置測定を行う。
- (2) **高性能エレクタマシン**: 機体およびブーム等に取り付けられたセンサにより、ブームや支保工姿勢を把握可能。
- (3) **自動建込み用 鋼製支保工**: 3つの要素技術(①ワンタッチ式天端継手、②金網の事前設置、③転倒防止頭付きアンカー)により、支保工建込み作業時の切羽立ち入りをゼロにする。(写真-1、写真-2に示す。)
- (4) **自動建込み用操作画面**: 支保工の建込み状況を可視化する役割があり、支保工の位置情報は追尾測量結果をシステム内で逐次計算し、実測と設計との差をリアルタイムに画面表示する。
- (5) **ミラー回収機構**: 支保工建込み完了後に、運転席のリモコンからウィンチを操作して各プリズムミラーを回収し、吹付けコンクリートの施工に移行する。(写真-3)

【導入効果】

- (1) **支保工建込み作業を完全自動化**: 切羽近傍での作業を完全に排除することで安全性を飛躍的に向上させ、完全自動建込みにより作業員の熟練度に依存しない支保工建込みを実現
- (2) **労働生産性の向上**: 従来の支保工建込み作業と比較して、30～50%の作業時間短縮を実現
- (3) **ワンマンオペレーターによる省人化**: 支保工建込みに要する人員削減(5人⇒1人)を実現



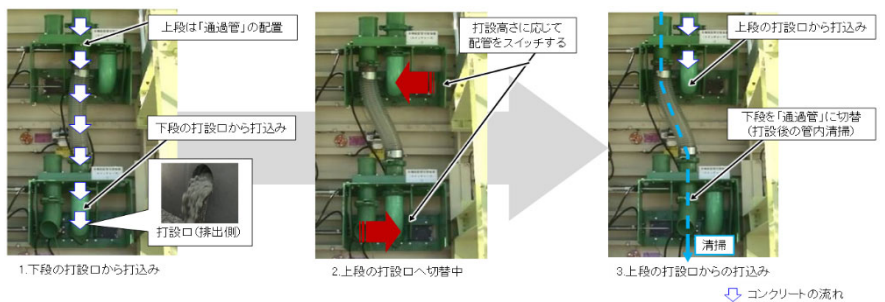
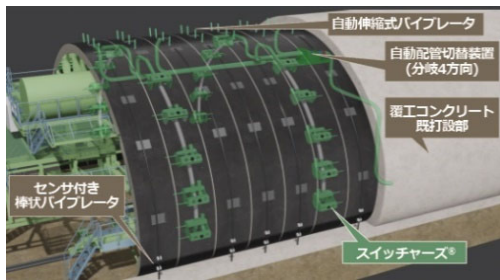
業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞	覆工コンクリートの自動打設ロボット「セントルフューチャーズ®」	戸田建設 大栄工機、JUST.WILL ムネカタインダストリアルマシナリー

業績の概要

山岳トンネル工事における覆工コンクリート構築では、従来の締固めが必要なコンクリートを用いながらも、打込みから締固めまでの一連の打設作業を自動化とした「セントルフューチャーズ®」を開発し、現場に適用した。これにより、覆工コンクリート打設作業の効率化と省人化を図ることができるものである。

本技術は、自動打設を目的に開発されたスライド型自動配管切替装置「スイッチャーズ®」を中心に、センサやバイブレータを組み合わせ、セントル（覆工コンクリート打設用の移動式鋼製型枠）に配置したシステムである。この技術により、従来は人力で行っていた打設ホースの移動、打設口の開閉、コンクリートの締固めといった作業が不要となり、苦渋作業の改善、安全性の向上、生産性の向上を実現した。また、適用の結果、覆工コンクリートの打設に要する人員を従来の6名から4名に削減することが可能となり、省人化に大きく貢献することが確認された技術である。



「セントルフューチャーズ®」の主要設備

打設高さによる「スイッチャーズ®」の切替手順

業績の特徴

主要な設備と機能を下記に示す。

①配管切替装置を用いた自動の打込み

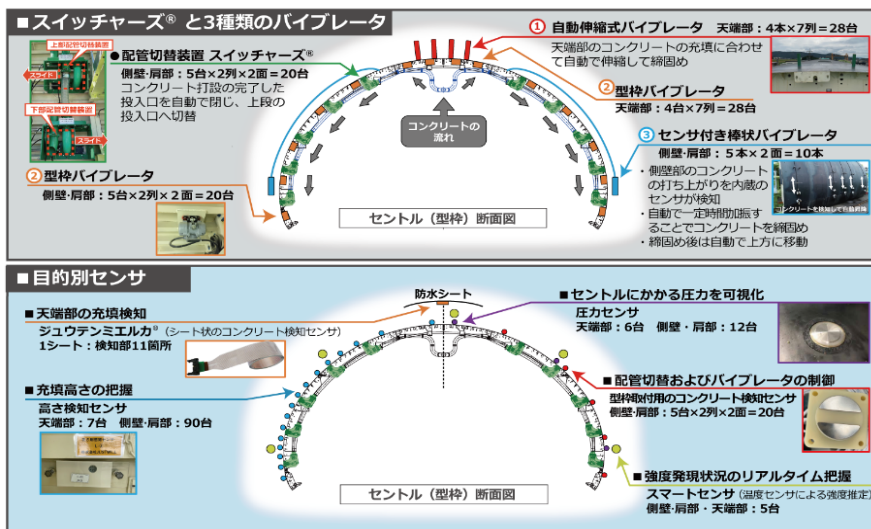
・ポンプ車から圧送されたコンクリートは自動配管切替装置(分岐4方向)を経由してから「スイッチャーズ®」により打ち込む。「スイッチャーズ®」は打設の完了した高さの打設口を自動で閉じて、コンクリートの打ち上がりに合わせて次の打設口に自動で切り替わる。

②3種類のバイブレータを用いた自動の締固め

・側壁部はセンサ付き棒状バイブレータでコンクリートの打ち上がりを検知しながら、自動で一定時間締固める。
・天端部は自動伸縮式バイブレータでコンクリートの充填に合わせて自動で締固めを行い、締固め完了後はバイブレータ先端をセントル内へ自動で格納する。
・充填補助として型枠バイブレータを多数配置しており、打設口(側壁部)の近傍に山形状に溜まったコンクリートに自動的に振動を与えることで水平に均す。また、天端部においては妻部までのコンクリート充填を補助する。

③センサによる充填状況の把握

・セントル全体に多数配置した高さセンサによって、コンクリート充填の進捗を把握できる。
・天端部に配置した充填検知センサと圧力センサで打設の完了を自動で判定する。
・強度管理センサを5箇所配置することで、打設後のコンクリートの強度発現状況をリアルタイムに把握できる。



主要な設備と機能

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	国土交通省における除雪機械作業装置自動化に向けた取組	国土交通省 大臣官房 参事官(イノベーション)グループ 国土交通省 北海道開発局 国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所 国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 岩崎工業株式会社 株式会社協和機械製作所 新潟トランス株式会社 株式会社NICHIGO 日本キャタピラー合同会社

業績の概要

国土交通省では、除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、小形除雪車において、作業装置を自動化する技術開発に取り組んでいる。

国土交通省が取り組んでいる除雪機械の作業装置自動化は、3次元地図上に作業装置の動作を記録し、作業中にGNSSから得られる位置情報により、自動で作業装置の動作を制御するシステムとなっている。

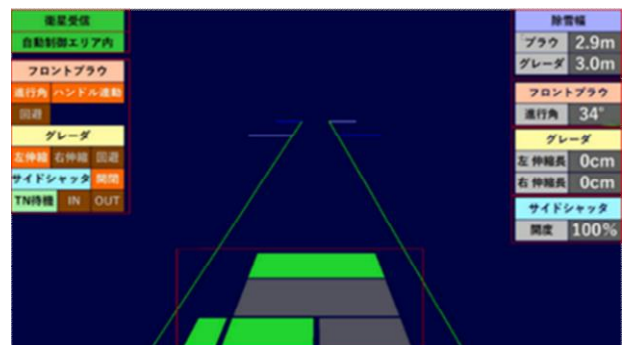
このシステムでは、運転席にガイダンス装置(タブレット端末)が設置され、オペレータは、ガイダンス画面から、道路線形やGNSSの測位状態、作業装置が自動で動作するタイミングを確認することができる。

また、自動制御中にオペレータが危険を感じた場合は、作業装置の操作レバーを動かすことで、自動制御が解除され、手動制御に切り替わる仕様となっている。

これらの技術開発により、オペレータは作業装置の操作による負担が軽減され、その分、車両の運転や周囲の安全確認に注力することができるようになり、経験の浅いオペレータでも一定精度の除雪を可能とする効果や、助手の削減に繋がるのが期待できる。



省カ化のイメージ(例:ロータリ除雪車)



ガイダンス画面(例:除雪トラック)

業績の特徴

(1) 除雪トラックの作業装置自動化

フロントプラウにおける、進行角を制御して交差点等で雪を前送りする動作や、障害物を回避するために上下する動作を自動化する技術開発に取り組んでいる。加えて、グレーダ(ブレード)においては、道幅に合わせてブレードを伸縮させる際の伸縮量の調整や、障害物を回避するために上下する動作を自動化する技術開発に取り組んでいる。更に、サイドシャッターにおいては、交差点等で雪が残らないように開閉する動作を自動化する技術開発に取り組んでいる。

(2) 除雪グレーダの作業装置自動化

ブレードに抱える雪が多くなると車両速度が低下するため、速度を維持するために作業負荷に応じて必要となるブレードのサークル回転、スライド動作を自動化することで、雪を路側に寄せるブレード操作を自動制御で実現する技術開発に取り組んでいる。また、GNSSから得られる位置情報により、ブレードとシャッターブレードの動作を自動化することで、交差点やバス停等の拡幅箇所等で雪が残らないようにする操作、障害物を回避するための操作を自動制御で実現する技術開発に取り組んでいる。

(3) ロータリ除雪車の作業装置自動化

作業中にGNSSから得られる位置情報により、ブロワ旋回、シュート旋回、シュート伸縮、シュートキャップ開閉の動作を自動化することで、投雪を自動制御する技術開発に取り組んでいる。加えて、ロータリ除雪車の自動化では、3D-LiDARを用いて雪堤の高さを検知することで、雪堤の頂点に投雪するようシュートキャップを自動制御する技術開発に取り組んでいる。更に、ロータリ除雪車の自動化では、熟練オペレータが知識や経験に基づいて行っている複雑な操作を再現するため、実際にオペレータが行った操作を各作業装置に取り付けたセンサで計測することで自動制御用のデータを自動で作成、記録する習い制御を用いている。

(4) 小形除雪車の作業装置自動化

作業中にGNSSから得られる位置情報によりオーガとシュートの動作を自動化することで、投雪を自動制御する技術開発に取り組んでいる。加えて、オーガが路面の勾配に自動で追従するような技術の開発に取り組んでいる。