

部 会 報 告

機電技術者のための講演会報告

建設業部会

1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業53社の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ、事業活動を行っている。

過去、時代の要求や業界の状況を反映し、様々な事業活動が実施されてきたが、特に建設の生産性向上と品質確保および環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人作り』、『場づくり』の企画は当部会の大きな柱となっている。

これまで、この企画の中心として機電技術者意見交換会を平成9年より23回開催してきているが、第16回（平成24年）からは、当部会の中に「機電技術者交流企画WG」を設置し、開催意義を再検討するとともに、機電技術者のさらなる育成交流に資する活動となるよう、毎年検討を重ねてきたところである。

しかしながら今年度も、昨年度同様にコロナ禍である今、参加者の移動を含めた安全を最優先とし、第24回機電技術者意見交換会の中止が決定された。

この中止決定を受け、昨年度からの取り組みとして、Web参加が可能な講演会を実施し、今年度はテーマを身近である建設業界におけるDXとした。また、Webシステムが500回線まで対応ができることから、各社に10回線を振り分けた。さらに、感染症対策を講じた上で直接参加枠も設け、できるだけ多くの人が見聴できる環境を整え、「機電技術者のための講演会」を開催した。

2. 機電技術者のための講演会

(1) 概要

①開催日時

2021年10月8日(金) 13:15～16:30

②場所

機械振興会館6階 6D-1, 2
Web回線 (Zoom500回線使用)

③講演

【テーマ1】

『油圧ショベル自動化 AIの開発と実施』

講師：(株)DeepX

プロジェクトマネージャー

西村 弘平 様

【テーマ2】

『ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発』

講師：清水建設(株) イノベーション推進部

小島 英郷 様

『重機接触災害防止の人検知カメラ』

講師：(株)Light Blue Technology

上級研究員

谷口 俊一 様

④参加者

参加者は、直接会場参加者とWEB参加者（同時視聴者を含む）を合わせ、137名以上となった。

以下、判明している参加者を示す。

- ・直接参加者 8名
- ・WEB参加者 120回線（同時視聴者17名）



写真-1 講演会の様子（直接参加会場）

(2) アンケート結果

当部会では昨年度から引き続き実施したWEB参加型講演会の反省や次年度への検討課題の把握等目的として参加者へアンケートを実施した。アンケートの中で講演者への質問を受け付けた。

アンケートの回収率は86.4%、同時視聴者からの回答もあり、回収総数は70人となった。

①【テーマ1】『油圧ショベル自動化 AI の開発と実施工』について

テーマ1については、「大変満足：31%」・「満足：53%」という回答であり、評価としては84%が満足と捉えている（図-1参照）。

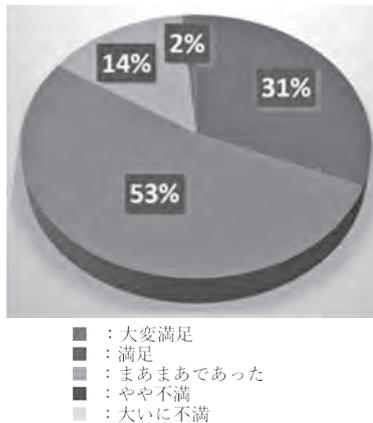


図-1 テーマ1の感想に関するアンケート結果

（質問事項と回答）

Q1：今後、適用範囲をどこまで考えて取り組んでおられるのか差し支えなければ教えていただきたい。

A1：自動化対象作業と適用範囲については、自動化されたときの効用と技術的難易度から判断しております。特に適用範囲を限定していくつもりではなく、現場を調査していくなかでより良い自動化対象作業や適用範囲の拡張案があれば、随時開発に取り組む予定です。

Q2：BHの刃先位置の推定にGNSS(本体の絶対座標)、IMU (BH 本体) と角度計 (角度計) を用いているとのことだったと思いますが、IMU と角度計を使い分けている理由をご教示ください。

(全部 IMU ではいけないのでしょうか)

A2：IMU は BH 本体の姿勢 (ヨー, ピッチ, ロール)、角度計はブーム, アーム, バケットの各関節角度を取得するために使用しています。耐環境性能などの設置要件を満たし、かつ、角度が取得できる場合、角度計の代わりに IMU を使用することは可能です。設置要件を満たして機体の姿勢 (ヨー, ピッチ, ロール) と各関節角度が推定できる構成の中で、センサの安定性や設置容易性などから判断して現在は IMU と角度計を使用しています。

Q3：ダンプ内の土量推定モジュールについて詳しい話をお聞きします。推定土量と実際の土量では

どの程度差があるか、精度の話をお聞きしたい。

A3：定量的な制度の検証は現在実証中であり、精度をお伝えすることができません。複数のダンプに適用し、ダンプのカタログ値と比較して目視で概ね合致していることを確認しております。

Q4：LiDAR は土や障害物等を認識し、3次元座標にするソフトウェアですが、泥土や泥水の使用実績はありますか。実績がありましたらご教授頂けると幸いです。

A4：泥土や泥水を対象として、Lidar の取得結果を分析した事例はありません。

Q5：実現場に導入するにあたり、安全面の課題 (①人との接触, ②重機同士の接触, ③法面や不陸のある場所での転倒や滑動等) をどのように捉え、現在どこまで対応できているのでしょうか。

A5：①人との接触については、安全管理者が責任を負うものと認識しています。現在は自動制御システムで動作している作業区域を囲い、その外部で安全管理者が安全を確認することで安全の対策をしています。安全管理者が周囲に人がいないことを確認し、システムに動作を許可した時のみ自動制御が行われます。

②重機同士の接触については、安全管理者による監視と自動制御システムの両方で対応するものだと認識しております。現在想定している作業の内容では、ショベルがダンプもしくは土と接触する可能性があります。自動制御システムとしては、認識した周囲に接触せず、かつ余裕のある軌道を生成し、追従することで衝突を回避しています。その上で、安全管理者が接触の恐れがあると判断した場合には遠隔で緊急停止を押すことで対応しています。

③転倒や滑落について、現在は法面や不陸などの場所は作業対象としておりません。①, ②と同様に安全管理者が危険と判断した場合に遠隔で緊急停止することで対応しています。

Q6：掘削精度やスピードなどの実績をご教示いただけますでしょうか。(掘削精度：目標値に対して、バケット位置の誤差、スピード：標準歩掛と比較した掘削速さ)

A6：精度については、データの収集および評価を進めている段階であり、実績をお伝えすることができません。

Q7：山の性質がかわり必要な負荷が変動した場合、原動機の出力を追従させられますか。また、省エネは考慮されますか。

- A7：現在は後付けで遠隔操作可能にするロボットを用いて自動化を進めています。現在はそのロボットにエンジン回転数を制御する装置がないため、運転開始時に設定した回転数の範囲のみで制御します。また、現在は機体の消費電力や消費燃料を把握するシステムになっていないため、省エネを考慮した制御は行っていません。
- Q8：油圧ショベルの自動化・AI技術は現在の建設業界の課題を解消する大変素晴らしいものであると感じましたが、本技術は作業員が搭乗した場合と比較して精度や施工量はどの程度の水準になっているのでしょうか。
- A8：現在精度を評価するために自動制御システムと作業員のデータ収集を進めている段階であり、実績をお伝えすることができません。
- Q9：Wifiの環境は、何らかの電波妨害で混乱することはないですか。
- A9：周囲のネットワーク環境によっては、他のネットワークによって干渉することがあります。環境に応じて適切なアンテナの配置、ネットワーク（周波数帯や通信チャンネル）の設定が重要だと思います。
- Q10：精度の検証や生産性の向上がどの程度実現できたか等を定量的な評価はされていますか。
- A10：パスの追従性度については、理想のパスと実現した経路を比較して誤差を評価しています。掘削量については、作業前後の現場の3Dモデルをドローンにて取得し、比較することで定量評価した実績があります。また、全ての作業は時間が記録され、各作業の所要時間を評価しています。
- Q11：掘削パスの生成は、毎回AIで行っているのでしょうか。ある程度決められたパスをベースに生成するのでしょうか。
- A11：掘削のたびに土を認識して、掘削パスを自動生成しています。
- Q12：学習に全ての条件（気温、油圧、天候ほか）を加味するのが望ましいのは感覚的にわかるのですが、学習条件の増加で性能は劇的に変化するのでしょうか。ある程度、目ぼしい条件の学習が達成されたら頭打ち感があったりするのでしょうか。例えば風速や湿度は能力向上に影響を及ぼさない等の結果が出たりしているのでしょうか。
- A12：実世界で様々な環境で検証している段階であり、現在、学習時の条件を追加することで性能が頭

打ちになること、ある条件が影響を及ぼさないという結果は見られておりません。なお、一般的な学習についての回答になりますが、現実には発生するよりも学習条件を複雑にし、学習データ数を十分増やした環境で学習できた場合は、対応できる条件は増加します。

- Q13：トン数の違うダンプが交互にきたとして過積載になる可能性はありますか。
- A13：同じ作業をしている中でトン数が異なるダンプが来た場合は過積載になる可能性はあります。現在のシステムでは、同じ作業をしている間は同一のタイプ、同一のサイズのダンプが来ることを仮定しています。
- Q14：LiDARが2台必要な理由を教えてください。また、機体の内部に別途アクチュエータを設置しているのでしょうか。
- A14：LiDARを2台利用している理由は、現在使用しているLiDARの画角が、ダンプを認識するために必要な画角よりも小さいからです。また、アクチュエータは、共同研究している会社様が標準の油圧ショベルを後付けで遠隔操作可能にするロボットを開発しており、そのロボットを搭載し、遠隔操作信号と同じ信号を計算機から送ることで制御しています。
- Q15：今後各社で導入していく際に維持管理はどのように行うのでしょうか（故障の際の対応や応急処置について）。また、実際現場での稼働状況はどのように把握するのでしょうか。
- A15：故障や応急処置などの維持管理について、現在製品段階ではありませんので、定まっていないものですが、現在は遠隔操作用のロボットについて設置や応急処置できる担当者が現場にいることを前提としています。なお、現場での稼働状況について、集中管理しているシステムが自動制御システムと別に存在し、稼働状況（稼働可否や作業実績）を共有することで現場の方がモニタリングできる環境を想定しています。
- Q16：通信量や周波数についてはどのようになっていますか。
- A16：通信量について現在の通信は80Mbps程度を必要としており、10Hzで状態を受信して、制御信号を出力する制御ループを実行しています。
- Q17：これまで色々な現場で検証を行ってきたが、検証する際に大変だったことはどのようなことがあったか。

A17：大きくネットワークと機体の変更に時間を要したことがあります。ネットワークについては、現場の環境に応じてアンテナの位置や設定を調整する必要があり、機体については、センサの設置箇所や機体の特性を把握して調整する際に時間を要しましたが、シミュレータでの検証や実機試験を繰り返すことで安定稼働するシステムを構築することができました。



写真一2 (株)DeepX 西村弘平 様



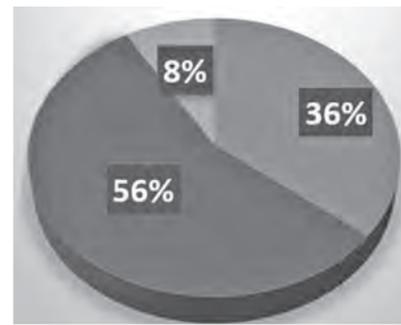
写真一3 会場の様子『油圧ショベル自動化 AI の開発と実施工』

②【テーマ2】『ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発』、『重機接触災害防止の人検知カメラ』について

テーマ2については、「大変満足：36%」・「満足：56%」という回答であり、評価としては92%が満足と捉えている（図一2参照）。

（質問事項と回答）

Q1：BHに近接した際に検知することを目的とされていたと思いますが、キャリブレーションした1台のカメラだけで距離推定する場合、BHの揺れで推定値に誤差が生まれると思われませんが、ど



■：大変満足
■：満足
■：まあまあであった
■：やや不満
■：大いに不満

図一2 テーマ2の感想に関するアンケート結果

のように対応するのでしょうか。

A1：現状揺れに対して特別な対応は行っておりません。実験を行った際には揺れによる誤差が問題になることはありませんでした。

Q2：カメラの周囲の状況を上からの平面画像にする技術について、人の位置の誤差が1.5m程度あるように見えたが、問題はないのでしょうか。

A2：正しく設定すれば1.5mも誤差はないかと思います。特に近い距離での精度については弊社で確認済みです。

Q3：うつ伏せの状態ではカメラに対して横向きになっている場合は、頭がカメラの逆方向を向いている時と同じような検出結果になるのでしょうか。

A3：全く同じにはなりませんが、同様に検出の精度は落ちると思います。

Q4：今回は覆工板の上で実験をしているような形だと思えますが、土の上や石がゴロゴロ転がっている環境でもうつ伏せの人を判定することが可能でしょうか。

A4：人間が同化しない限り基本的に検出には問題ありません。

Q5：トンネル内において照明等による危険明示等を利用して作業員（坑夫）の意識は変わりましたでしょうか。

A5：精度検証の実験は実施しましたが、実際の作業中での導入はまだ実施していないため、意識の変化などは把握できておりません。

Q6：作業所内の危険エリアで作業員を検知すると重機が停止するシステムですが、検出範囲を教えてくださいませんか。

A6：カメラ設置の高さにもよりますが、20m以内であれば検出可能です。

Q7：製品化して販売する予定はありますか。また、価格、大きさ等どのくらいを想定されていますか。

A7：現在取り組み中です。価格大きさ等は決まり次第発表する予定です。

Q8：今までにクレーンの吊荷落下時を想定した人との接触防止や、クレーンのブーム同士の接触防止を図る固定した範囲を制限するシステムはありましたが、移動する人を検知して危険を知らせる画期的なシステムは初めて見させていただきました。粉塵や照度不足な環境下での誤認識を防止するために、通常のカメラ画像を処理するのではなく、米国警察が犯罪捜査で導入しているような赤外線カメラ等から得られるデータを解析することは可能でしょうか。

A8：可能だと思います。一方で特殊なカメラを使うよりは一般的なカメラを使うことでより汎用的なシステムにしたいと考えています。

Q9：カメラによる人検知やトンネルサイクルの判定において、照度や粉塵濃度の条件が悪化した場合（カメラ映像が不鮮明になった場合）で、検知率はどの程度維持できるのでしょうか。

A9：照度に関しては作業できる環境を想定した明るさにはカメラのフィルターなどを調整することで対応できます。実際にトンネルで実験を行った時もカメラを変更することで検出率が向上しました。一方粉塵に関してはかなり難しいです。特に遠距離の場合に人の目で見てもわからない場合は検出できないことが多いです。

Q10：距離検出ですが、人物を認識して、その下端の位置で行っているのでしょうか。もう一点、2Dマッピングした場合、その画像を検出しているのでしょうか。その場合歪んでしまっ、うまく検出できないことはないのでしょうか。

A10：距離検出は足元の座標を使用するため、基本的に下端の位置で行っています。2Dマッピングに関しては元のカメラ映像で検出した座標を変換しているだけであり、2Dマッピングに変換した後に検出しているわけではないので歪みなどは発生しません。

③受講環境について

今回で2度目となったWEB講演会であったが、前回からの改善の確認を含め、受講側に不具合があったか、設問した。

「映像・音声ともに良好であった：64%」、

「映像・音声ともに問題ないレベルであった：34%」と98%が良好または問題ないと回答し、前回のWEB講演会から受講環境に関して改善がみられ、アンケートからも品質に問題はなかったとの評価であった。

しかし、「映像・音声ともに不満・改善を要する：2%」という意見もあった（図-3）。

改善点を求める意見を抽出し、次回検討する上での



写真-4 清水建設(株) 小島英郷 様



写真-5 会場の様子「ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発」

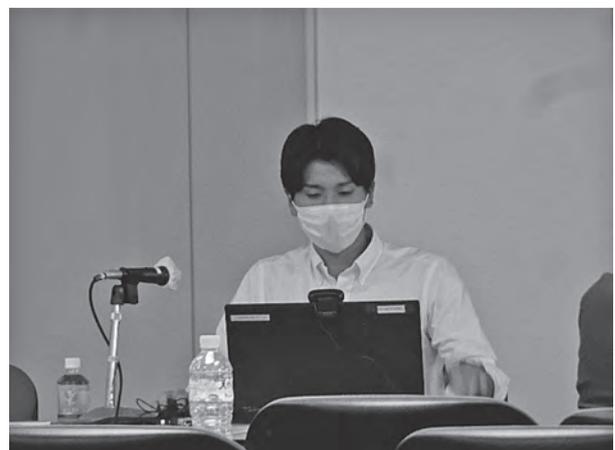
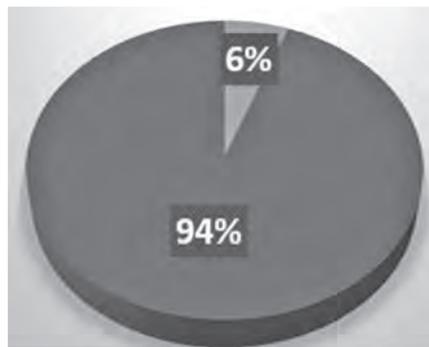


写真-6 (株) Light Blue Technology 谷口俊一 様

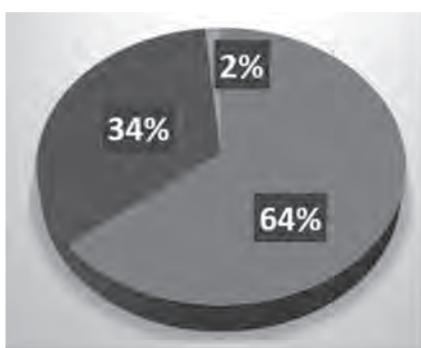


写真一七 会場の様子「重機接触災害防止の人検知カメラ」



■ : 長すぎる
■ : 適当な時間であった
■ : 短すぎる

図一四 講演時間に関する結果



■ : 映像・音声ともに良好であった
■ : 映像・音声ともに問題ないレベルであった
■ : 映像・音声ともに不満・改善を要する

図一三 受講環境に関する結果

参考としたい。

(改善を求める主な意見)

- ・発表者の声が少し聞きにくかった。Web会議との都合があったと思うが、スピーカーから音を出せるようにした方がいい。
- ・パワーポイントスライドが16:9の方は、プロジェクタ投影が小さく感じた。パワーポイントスライドを4:3に指定をすると改善されるかもしれない。

④講演時間について

講演時間については「適当な時間であった:94%」と肯定する意見が圧倒的に多く、今後も45分前後を確保して進めたい。

アンケートからは、「集中力がきれない時間設定だった」、「詳細に理解するための時間として適切だった」等の肯定的な意見があった一方で、「時間は適切だったが、半日は長く感じた」、「講演の内容に応じて時間を設定してもよい」等の意見も寄せられた(図一四)。

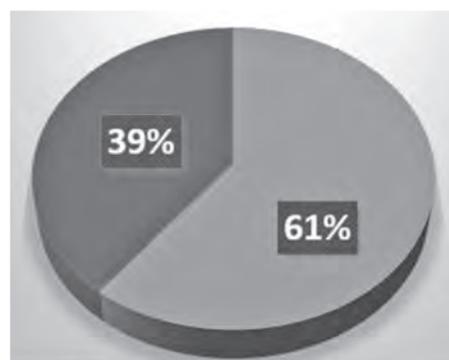
⑤WEB講演について

WEB講演についての評価は「良い:61%」、「まあまあであった:39%」と全員が肯定的に捉えている(図一五)。

どのような点が良いと評価したのか、意見を取りまとめた。感染防止対策の他にも多くのメリットが挙げられた。

(WEB講演を評価する理由)

- ・移動時間の削減
- ・遠方からでも参加ができる
- ・感染防止対策を取りながら大人数での参加ができる
- ・出張中でも時間さえ空けていれば参加できる
- ・資料や発表を手元で見ることができる
- ・不意な別件対応や都合による途中退席が可能
- ・リラックスして視聴ができる



■ : 良い
■ : まあまあであった
■ :良くない

図一五 WEB講演に関する結果

⑥次回講演会への参加について

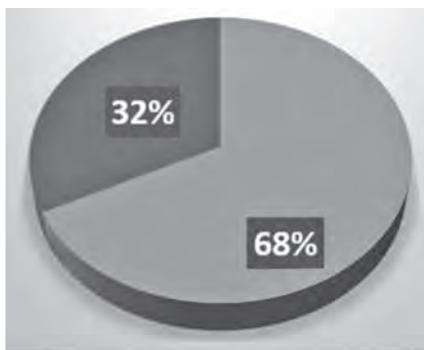
次回講演会に参加したいかの設問に対して「参加したい:68%」、「どちらともいえない:38%」と半数以上の受講者が参加したいとの意見だった。次回のテー

マは未設定であるなかで、このような結果となったのは、今回の講演会が評価され、次回の講演会への期待が高い証拠であると捉えることができる（図—6）。

本設問に対して寄せられた意見をいくつか紹介する。

（次回講演会への参加について）

- ・最新技術動向の情報収集や知見向上のため参加したい
- ・自社の開発に対してアイデアの着想を変えることができそうだから
- ・今回の講演会はいずれも有意義な講演であり、次回も機会があれば是非参加したい
- ・あまり聞くことのできない他社の取り組みや AI の仕組みについて勉強することができた
- ・機電職員として AI 化への知識向上と新たな気づきが得られた
- ・土木職員として、機電関連の知識も増やしたい
- ・昨今の技術の進歩は目覚ましく、毎年のようにフォローしていかないとすぐにおいて行かれそう
- ・他社と自社の技術の比較ができ、共通して障害となる問題（法律や基準）など業界団体として交渉すべきものが見えてくる



- : 参加したい
- : どちらとも言えない
- : 参加しない

図—6 次回講演会への参加に関する結果

⑦次回どんなテーマを聞いてみたいか

次回どんなテーマを聴講・視聴したいか設問をした。多くの様々な意見が寄せられたが、今回の講演会テーマから発展した内容や適応事例、具体的な導入における詳細な講演を求める声が多かった。また、昨今よく耳にするようになったカーボンニュートラルに関する講演を求める声も少なからずあった。主な意見を紹介する。

- ・シールド掘削に伴う、掘削管理システムや自動測量システムについて

- ・建設機械の自動化、また自律化に向けた取り組み
- ・AI を活用した施工事例
- ・カーボンニュートラル、ゼロエミッションに関する技術
- ・他社の機電職員の業務について
- ・DX に関する詳細な説明について
- ・無人施工と有人施工の効率の違い
- ・無人化施工のトラブル事例について
- ・若手の機電技術者（初心者向け）レベルの講演
- ・海外で活躍をしている機電技術者の講演
- ・5G 通信を利用した将来の展開について
- ・省力化につながる自動化技術とは異なったアプローチをしている技術について
- ・ダム工事における重機の自律運転による施工技術について
- ・建設機械の作業分析に関する技術について
- ・建設業と他分野事業のコラボについて
- ・海外における重機の遠隔操作や自律運転などの事例紹介および日本に導入する際の障害について
- ・AR 技術の現場適用事例について
- ・防波堤建設に関する港湾工事
- ・巨大物体の移動システムについて
- ・海外の DX について

⑧その他意見について

今回の講演会を通しての意見を「その他意見について」として設問した。主な意見を以下に紹介する。

- ・WEB 講演にすることにより多くの機電技術者が参加することができましたので、今後も継続していただきたい
- ・テーマが2本というのは少し物足りない感じがした
- ・機電技術者が交流できる機会（対面が理想）を継続していただきたい
- ・WEB 参加の方々からも質問があがっており、今回の講演内容に対する参加者の意識の高さを感じた

(3) 今回の成果と次年度以降の対応

今年度も、新型コロナウイルス感染者数が減少傾向ではあるものの依然コロナ禍であるため、機電技術者意見交換会は中止となり、代替策として昨年引き続き WEB 併用講演会を実施した。（若手現場見学会は WEB 現場見学会として 2022 年 2 月 10 日開催予定）

参加者数は 137 名以上で、大多数の参加者から受講内容や WEB 講演会について「大変満足・良い」「満足」の回答を得たことは、当部会の「人づくり」「場づくり」、当 WG の「機電技術者の交流・育成に資する場づくり」

の目的は達成できたと考える。

次回講演会の開催に期待する「参加したい」は68%と高評価を得ている。新型コロナの感染拡大を経験し、ニューノーマルな働き方が加速していく中、WEB併用とすることで受講者側の利便性が高まることで受講者の増加が見込めることから、今後も継続していくべきと考える。

昨年度指摘のあった視聴環境については、概ね改善されたが新たに「映像音声の不満改善を要する」とあ



写真—8 建設業部会長（開会時挨拶）



写真—9 機電技術者交流企画 WG 主査



写真—10 建設業部会幹事長（閉会挨拶）

り、引き続き改善向上に努める必要がある。

次年度のテーマについては、参加者の意見や建設業を取り巻く環境を踏まえ検討していきたい。

3. おわりに

機電技術者交流企画 WG では、3年毎に計画の達成度を確認するとともに活動内容の評価を行い、継続性を協議することとなっており、毎年見直しを行い活動総括を行う。

次年度については、現在新型コロナウイルスの感染者数が急速に減ってきてはいるが、変異種の発生に伴う第6波による感染者増大が懸念されている中、機電技術者意見交換会を活動の中心とし、安全で活発な活動が出来るかの検討を進め、「交流の場づくり」に取り組んでいきたい。

最後に、本講演会に協力くださいました、DeepX・西村様、LightBlueTechnology・谷口様、清水建設・小島様には、講演会後も質問への回答を賜り心よりお礼申し上げます。

（文責 機電技術者交流企画 WG）