



都市地下空間活用研究会

Urban Underground Space Center of Japan

USJ NEWS LETTER

令和6(2024)年3月 No.24

土木学会 第29回地下空間シンポジウム報告

■論文発表

去る1月24日(水)公益社団法人土木学会地下空間研究委員会主催の第29回地下空間シンポジウムが、オンラインで開催されました。このシンポジウムは、『地下空間利用』という観点から、これに関する計画、建設、防災、維持管理、環境、心理、空間デザイン、普及など、幅広い分野にわたり意見・情報交換が行われる場となっており、毎年この時期に開催され、当会も後援しています。今回は「次世代に向けた持続性の高い社会形成～災害から学んだ地下空間のこれからの役割～」がテーマとして取り上げられました。

午前の論文発表はZoomを活用したオンラインで開催され、3つのセッションで17編の論文発表と4つの小委員会活動報告が行われました。Aセッションは「建設、維持管理」、Bセッションは「心理、計画、防災」、Cセッションは「建設」の各部門で、このうち1編が査読付き論文として発表されました。

プログラム(P6参照)の論文題名を一覧すると、これまで多かった防災関連の投稿が少なくなり、代わって建設に関する論文が7件、建設関連の解析に関する論文が5件と多くなりました。今回は特にCセッション6編が鉄道総合技術研究所からの論文発表で、次に紹介するように表彰対象が多くを占め、質の高い発表が続きました。

査読論文の論文奨励賞は新潟大学の「フォトグラメトリを用いてVR空間上に再現された地下空間が地下空間利用に与える影響の検討—地下空間を探索する利用者が得る視覚情報の正確性の量的評価—」が受賞しました。また、一般投稿論文の講演優秀賞は鉄道総合技術研究所の「底盤改良の盤ぶくれ抵抗メカニズムに関する実験的・解析的検討」が、また、同講演奨励賞3件のうち2件を鉄道総合技術研究所からの報告が受賞しました。

◆特別講演

「観測ネットワークと防災科学技術」

賞 警 国立研究開発法人防災科学技術研究所
理事長

◆パネルディスカッション

パネリスト(50音順):

青山芳彦 大阪市危機管理室防災計画担当課長

内川亜紀 札幌駅前通りまちづくり株式会社取締役・
統括マネージャー

大原美保 東京大学大学院情報学環・学際情報学府教授

木暮敏昭 東京地下鉄株式会社鉄道本部安全・技術部
次長

賞 警 防災科学技術研究所理事長(コメンテーター)

コーディネータ:

廣井 悠 東京大学先端科学技術研究センター教授
(地下空間研究委員会防災小委員会幹事)

■講演・パネルディスカッション

午後の部では、冒頭に地下空間研究委員会 委員長の酒井 喜市郎氏（鉄建建設株式会社 常務執行役員）の挨拶がありました。続いて講演論文表彰が発表され、更に地下空間研究委員会 幹事長の武田 誠 先生（中部大学 工学部都市建設工学科 教授）より 2023 年委員会活動報告がありました。

◇特別講演

■観測ネットワークと防災科学技術

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 理事長 實 馨 様

引き続き、国立研究開発法人 防災科学技術研究所の實 馨 理事長から「観測ネットワークと防災科学技術」と題して特別講演がありました。この講演では、まず防災科学技術研究所の概要について紹介があり、続いて我が国における特徴的な災害、すなわち地震・津波災害、豪雨・洪水災害などについて指摘がありました。そして、これらの災害に対する防災科研の主な取組として次のような説明がありました。

災害の観測・予測、リスク低減に向けた研究開発では、陸海統合地震津波火山観測網(MOWLAS)が、高感度地震観測網(Hi-net)、南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)、自動気象データ収集システム(AMeDAS)、GNSS 連続観測システム(GEONET) その他多くのシステムから、約2100 観測点からなる世界最大規模の観測網とのことです。そしてこの観測結果は緊急地震速報の開発・運用、震度情報発信・地震工学の進展による減災・全国地震ハザード評価への貢献につながっているとのことでした。

さらに、MOWLAS で観測した最新の地震情報を一目で見ることができる「防災地震 Web」、実大三次元震動破壊実験施設「E-ディフェンス」、日本で発生する恐れのある地震による強い揺れの予測データを提供する「J-SHIS」、そして「大型降雨実験施設」などの紹介がありました。

後半では地下空間の災、法制度の改正とその意義、情報社会=自己責任社会、更に防災に役立つ地下空間について話題提供いただき、パネルディスカッションの議論に移りました。

防災科研の主な取組

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| 災害の観測・予測、リスク低減に向けた研究開発 | | | 社会インフラを担う基盤的観測網の運用 | |
|  <p>地震・津波</p> <ul style="list-style-type: none"> 即時地震動予測、津波ハザード評価 等 |  <p>火山噴火</p> <ul style="list-style-type: none"> 噴火につながる地殻変動観測 等 |  <p>極端気象</p> <ul style="list-style-type: none"> ケリラ豪雨予測、強風予測、豪雪予測 等 |  <p>MOWLASによる地震津波火山観測</p> <ul style="list-style-type: none"> 約2,100観測点から成る陸海統合地震津波火山観測網(MOWLAS)を安定的に運用 気象庁、大学、研究機関等の研究活動・防災活動に資する観測データを提供 南海トラフ地震の想定震源域の西側は、観測網の空白域となっており、N-netを整備中 | |
| 先端的研究施設を活用した研究開発 | | | 研究開発成果を活用した防災行政への貢献 | |
|  <p>E-ディフェンス (実大三次元震動破壊実験施設)</p> <ul style="list-style-type: none"> 実大建物の耐震性能や対策技術の評価 等 |  <p>大型降雨実験施設</p> <ul style="list-style-type: none"> 先端技術が豪雨から受ける影響の評価 等 |  <p>雪氷防災実験棟</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種インフラの着雪による影響評価 等 |  <p>被災自治体での災害対応</p> <p>令和元年9月の台風15号(千葉県)</p> <p>内閣府ISUT(災害時情報集約支援チーム)の一員として、SIP4Dを介して災害情報を収集・集約し、現地災害対策本部、災害対応機関へ共有。</p> | |
| | | |  <p>SIP4Dによる情報共有</p> <p>令和元年10月の台風19号におけるSIP4Dを用いた衛星データによる推定降雨量</p> <p>SIP4D: 災害対応に必要な情報を多様な情報源から収集し、迅速に共有する機能を備えた、防災情報の流通を担うシステム(防災科研において研究開発中)</p> | |

◇パネルディスカッション

■大阪市における地下空間の災害リスクとその対策

大阪市危機管理室 防災計画担当課長 青山 芳彦 様

大阪市東部地域の河川（寝屋川流域）は、上町台地を迂回するように流れるため、合流地点（京橋口）の排水が能力不足に陥りやすい特徴があります。一方、周辺地域から大阪市内へ昼間に流入する人口が多く、昼夜間人口比率が5倍にもなります。このような条件下で地下街、地下鉄が発達し、大阪市域の地下空間面積は約 22.5ha に達しています。

大阪市では地下街・地下道・地下駅管理者、接続ビル管理者、行政等で構成する「大阪市地下空間浸水対策協議会」が平成26年に発足し、浸水対策のガイドラン作成、相互連携訓練、ネットワークづくりなどを実施しています。南海トラフ巨大地震が発生した場合、大阪市住之江区の沖合に110分後に約1mの高さの津波が来ると想定されており、公共施設や市営住宅のほか、民間事業者の協力を得て、津波避難施設（津波避難ビル・水害時避難ビル）を市内に約3,000棟確保しています。

2000年9月の観測された東海豪雨級の雨が降った場合の内水氾濫を対象として、大阪駅周辺地区の地下空間には、ブロックごとに設定した目標止水高さを確保した止水設備の整備が完了しています。また、高潮対策については、防潮堤の天端高の確保や水門の整備（3大水門等）、台風の接近に伴う事前対応（水門・防潮堤の閉鎖作業）により浸水被害を防ぐこととしていますが、想定最大規模の高潮が発生した場合、大阪市の大半が浸水するため、台風情報等をできる限り早く市民に周知し、事前の避難や対策をしてもらう課題があります。

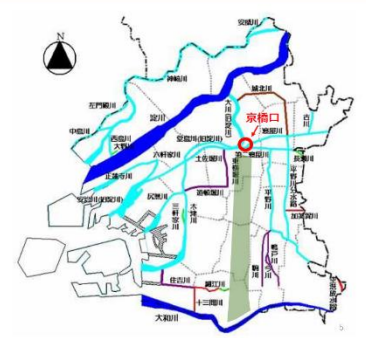
I. 市域の概況

・水害に対する大阪の特性

| 凡例 | 河川(法野)別 | 管理者 |
|------|-----------------|----------------|
| 一級河川 | 一級河川(河川法第9条第2項) | 国土交通大臣 |
| 二級河川 | 二級河川(河川法第9条第2項) | 大阪府知事 |
| 三級河川 | 三級河川(河川法第9条第2項) | 大阪府知事(大阪市長に委任) |
| 準河川 | 準河川(河川法第9条第2項) | 大阪市長 |
| 普通河川 | 普通河川 | 大阪市長 |
| 境界 | 境界 | 市界 |

市域の周辺及び市域内に河川が流れ、治水対策に重要な役割を担っている

市東部地域の河川（寝屋川流域）は、上町台地を迂回するように流れるため、合流地点（京橋口）の排水が能力不足に陥りやすい



II. 大阪の自然災害への対策（南海トラフ巨大地震）


＜津波対策：避難の方法＞

- 水平避難：浸水想定がないところへ避難
 - 上町台地よりも東側へ避難
- 垂直避難：強固な建物の3階（5.5m）以上
 - 公共施設や市営住宅のほか、民間事業者の協力を得て、津波避難施設（津波避難ビル・水害時避難ビル）を確保（市内に約3,000棟を指定）

津波避難施設の指定要件

- ・RC造またはSRC造（S造については安全性の確認ができれば指定可）
- ・新耐震設計基準（建築基準法施行令第56年改正）に適合
- ・各浸水想定の高さよりも高い階

津波避難ビル表示板、ステッカー（居住人口部分に設置）



■札幌駅前通地区のエリア防災の取組

札幌駅前通りまちづくり株式会社 取締役・統括マネージャー 内川 亜紀 様


札幌駅前通地下歩行空間（チ・カ・ホ）は地下鉄南北線大通駅～さっぽろ駅の延長約 520m、幅員約 20m で、2011年3月供用開始し、札幌駅前通まちづくり株式会社の指定管理により運営されています。この地区の防災に関しては札幌駅前通地区防災協議会を2015年3月に設立し、道路管理者の札幌市道路管理課・道路維持課、広場管理者の札幌市都心まちづくり課・都市交通課、札幌市交通局、更に接続ビル12施設により構成されています。

2018年9月の北海道胆振東部地震の際には、市内含む道内全域で停電（ブラックアウト）が発生し、JR・地下鉄・バス・路面電車全てが不通となり、固定電話・携帯電話とも一部エリアで不通という状況に陥りました。また、宿泊が必要となった帰宅困難者等は9月6日に1,720人、9月7日に1,060人を数え、その約6割が外国人でした。幸い発災半日後の15時過ぎには復電した

ため、札幌市はチ・カ・ホを一時滞在施設として利用することを決定しました。

都心部における災害時の帰宅困難者は、オフィスワーカーだけではなく、観光都市・札幌では観光客特に外国人観光客への配慮が必要になります。滞在者への的確な情報提供や、冬期間に発災した場合の想定、そして今日では感染症対策を盛り込むなど、「札幌駅前通地区帰宅困難者対策の手引き」を2019年度に策定し、2022年に正式版が完成したところです。

なお、この経験をもとにして、都心における開発誘導方針に一時滞在スペース、備蓄倉庫や非常用電源設備を備えるなどの防災性を向上させる場合、容積率緩和をメニューの一つとして位置付けることとしました。そして札幌駅前通北街区地区計画の変更や、札幌駅前通北街区地区まちづくりガイドラインの策定へとつないでています。

| | |
|---|---|
| <p>一時滞在施設(チ・カ・ホ)開設について (指定管理者としての対応) 19</p>  <p>■チ・カ・ホ停電時の電力供給 ・非常用発電機は機器を正常に停止させるためのもので、空調・照明・コンセントには供給されない ・復電は、9/6(木)15:30</p> <p>9/6(木)20:45 チ・カ・ホを滞留、宿泊のために解放 9/7(金)11:30 充電スペース開設 9/8(土)11:00 充電スペース閉鎖 9/9(日)12:30 一時滞在施設としての開設を終了</p>    <p>広場での利用ノウハウをフル活用して運営しました。 <small>出典：札幌市都心まちづくり推進室</small></p> | <p>札幌駅前通北街区地区計画の変更による防災対策 30</p> <p>2018年12月 都心における開発誘導方針(札幌市) ・防災性を向上させる容積率緩和メニューの一つとして位置付ける(上限50%) 主な要件：100人以上受け入れ可能な一時滞在スペース 帰宅困難者が72時間滞在するのに必要な備蓄倉庫 72時間以上稼働できる非常用電源設備 建築物の耐震等級を2級以上とするもの</p> <p>*一時滞在スペースと備蓄倉庫は、都市再生安全確保施設として、札幌駅・大通駅周辺地区都市再生安全確保計画に位置付けられる。</p> <p>2020年3月 札幌駅前通北街区地区計画変更提案(札幌駅前通協議会)</p> <p>2020年7月 札幌駅前通北街区地区計画変更 都市計画決定(札幌市)</p> <p>その後に建て替えを計画するビルの多くが防災性を向上させるメニューを取り入れている。</p> |
|---|---|

■自然災害に備えた東京メトロの取組み

東京地下鉄株式会社 鉄道本部安全・技術部 次長 木暮 敏昭 様

震災対策のまず第一は、ただちに列車を停止させることです。東日本大震災のときは東京に大きな揺れが来る前にすべての列車を停止させました。また駅間で停止した列車は最徐行で次の駅まで運転しお客様の安全を確保します。更に震度4以下の区間は回送列車で、震度5弱以上の区間は技術係員の歩行により点検を行います。他に安全確認後の運転再開についても、他鉄道と運転再開のタイミングを調整しながら進めます。現在、震度7クラスの地震でも倒壊や崩落を起こさないレベルの補強は完成しており、さらに被害軽減のための補強を進めているところです。

ゲリラ豪雨等、局所的な水害への備えでは、豪雨発生の可能性等の情報を入手した場合、換気口の浸水防止機を閉めるほか、駅では降雨の状況や道路の冠水の有無等を確認し、浸水のおそれのある時は出入口の浸水防止処置を行います。荒川氾濫等、大規模水害の恐れに対しては、全線で計画運休を行い、お客さまが駅及び車内にいない状態としてから重要施設や、駅の浸水防止処置を行います。更に大規模水害発生危険性が高まったと判断した場合は、車両を浸水しない区間に避難させるとともに、駅社員もこの列車に乗って避難し、トンネル内の防水ゲートを閉めることにしています。

課題として、震災時の帰宅困難者対策においては、部分的な運転再開ではその終点駅でさらに滞留し、混乱が拡大しかねないため、運転再開のオペレーションや情報提供を適切に行っていくことが必要です。また大規模水害対策においては、地下空間は地下街やビル等の施設が地下鉄と接続していることから、対策が未了の箇所から浸水すると、結果的に地下空間全体に被害が拡大してしまうため、地下空間全体として対策を進める必要があります。

I. 震災対策

⑤耐震補強の実施

- 阪神・淡路大震災や東日本大震災、熊本地震等を受けて国の耐震基準が見直され、これに従って整備を行ってきた。
- 現在、**震度7クラスの地震でも倒壊や崩落を起こさないレベルの補強は完成**しており、さらに被害軽減のための補強を進めている。



II. 水害対策

③荒川氾濫等、大規模水害への備え

- 気象情報や関係自治体による広域避難検討の動きから、大規模水害のおそれがあると判断する。
- 台風最接近の前に全線にて計画運休を行い、**お客さまが駅及び車内にいない状態**とする。
- 重要施設や、駅の浸水防止処置を行う。
- 気象情報や河川情報を収集し、大規模水害発生時の危険性が高まったと判断した場合は、**車両を浸水しない区間に避難**させるとともに、**駅社員もこの列車に乗って避難**し、トンネル内の防水ゲートを閉める。



■これからの防災・減災に向けた地下街への期待

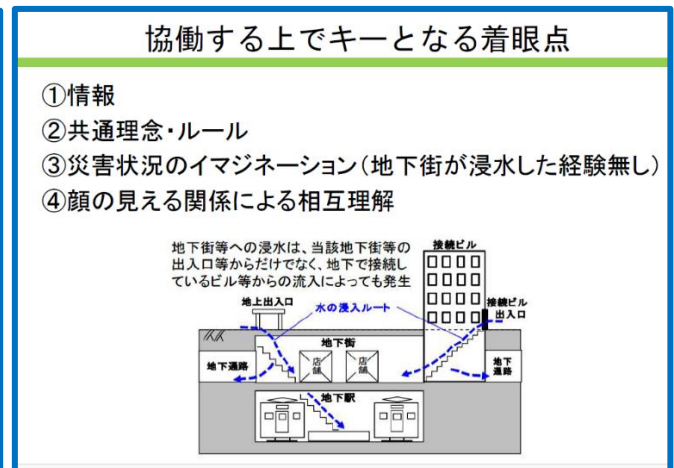
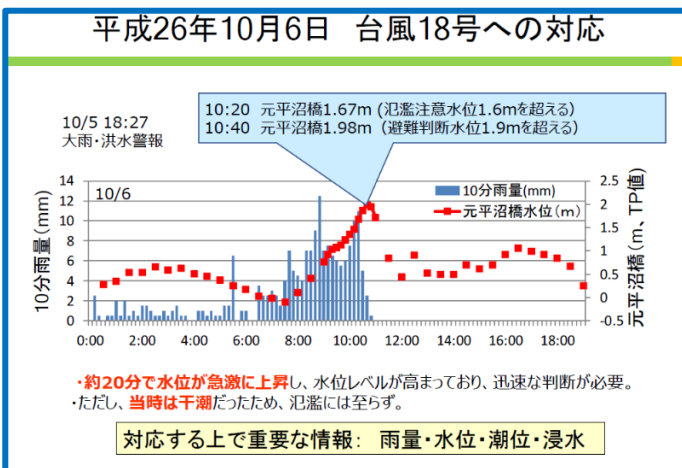
東京大学大学院 情報学環・学際情報学府 教授 大原 美保 先生

防災・減災の観点から見た地下街を見たとき、楽しむ・通過する・働く・休むなどの多様な機能、通勤・通学者・買い物客・滞留者などの様々な人、更に駅舎・オフィス・ホテル・商業ビル・学校など雑多な建物のため、これらのダイバーシティが災害時の「相反」を生むこととなります。

横浜駅西口には「横浜駅西口共同防火防災管理協議会」があります。2014年10月6日の台風18号への対応の際は、約20分で水位が急激に上昇し、迅速な判断が必要な状況でした。幸い干潮だったため氾濫には至りませんでした。4つの着眼点が必要ということがわかりました。

まず①「情報」という着眼点では、戦略的イノベーションプログラム(SIP)における「首都圏複合災害への対応・減災支援技術」開発の一環で、東京電機大学小林巨教授を中心として、降雨・水位・浸水・潮位情報を各事業所に配信するツール(名称:Area-Rain)を開発・運用しています。また、②「共通理念・ルール」という着眼点では、この防災管理協議会の事務局(相鉄ビルマネジメント)のリーダーシップのもとで、帷子川の水位に応じて、取るべきアクションを事前に取り決めていきます。

③「災害状況のイメージーション」という着眼点では、例えば3次元都市空間データ上で2004年台風22号での横浜駅西口の浸水範囲を可視化したり、浸水想定データに基づき横浜駅西口の浸水範囲を可視化しています。そして④「顔の見える関係による相互理解」という着眼点では、図上訓練型ワークショップで浸水情報(氾濫予測)の仮想的な条件を付与し、情報受信時のイメージを持ち、地区での課題等について議論して、各社で行うべき対応のイメージを共有しています。また2019年12月に横浜駅東西をつなぐ通路が全面開通し、2020年6月に駅ビル「JR横浜タワー」が完成したことに伴い、東口・西口エリアの連携も始まりました。



■プログラム

【午前の部】 論文発表（Zoomによる発表）

■査読付き論文（発表17分、質疑8分） ■一般投稿論文（発表13分、質疑7分） ■活動報告（発表10分）

A セッション（建設、維持管理）

[A1] 9:30～10:30 一般投稿論文（3編） 座長：宇野 洋志城（地下空間シンポジウム実行委員会）

| No. | 論文題名 | 発表者 | 所属 | 連名者 |
|------|--|-------|-------------|--------------|
| A1-1 | 駅構内の狭隘な地下空間における函体推進施工の検討 | 山本 馨 | 東日本旅客鉄道株式会社 | 池本宏文 |
| A1-2 | 総武線直下における仮梁エレメントを用いたJES工法の施工事例 一飯岡・倉橋間こ道橋新設工事— | 西山沙希 | 鉄建建設株式会社 | 高山真揮、吉持将治 |
| A1-3 | 鋼製積層型支承板を用いた地下空間用新型合成鋼管柱の現場への初適用に向けた設計・施工 | 岡ノ谷圭亮 | 東京地下鉄株式会社 | 橋口弘明、大塚努、前島稔 |

[A2] 10:45～11:55 一般投稿論文（3編）、活動報告 座長：坂井康人（阪神高速道路）

| No. | 論文題名 | 発表者 | 所属 | 連名者 |
|------|-------------------------------|-------|-----------------|----------------|
| A2-1 | 大谷採石地下空間の地質構造を考慮した維持管理点検手法の検討 | 清木 隆文 | 宇都宮大学 | 水田瑛伸、黄 銳、清木 隆文 |
| A2-2 | 弱層と交差する山岳トンネルの地震時挙動に関する基礎的検討 | 吉森 佑介 | 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 | 柏木亮、大原勇、嶋本敬介 |
| A2-3 | 点検機能を有したトンネル対策工の実トンネルへの検証試験 | 阿部 翼 | 東日本旅客鉄道株式会社 | 栗林健一 |
| A2-4 | 維持管理小委員会活動報告 | | | |

B セッション（心理、計画、防災）

[B1] 9:30～10:25 査読付き論文（1編）、一般投稿論文（1編）、活動報告 座長：安藤 慎一郎（竹中土木）

| No. | 論文題名 | 発表者 | 所属 | 連名者 |
|------|--|------|--------------|----------------|
| B1-1 | フォトグラメトリを用いてVR空間上に再現された地下空間が地下空間利用に与える影響の検討 一地下空間を探索する利用者が得る視覚情報の正確性の量的評価— | 棚橋重仁 | 新潟大学工学部工学科 | 田部田晋、小野栄子、大森高樹 |
| B1-2 | 災害と心理に関する再考察—特に東日本大震災以降の地下空間について— | 岩崎裕直 | 株式会社ケー・シー・エス | 岩崎裕直 |
| B1-3 | 心理小委員会活動報告 | | | |

[B2] 10:40～12:00 一般投稿論文（3編）、活動報告（2編） 座長：木村 優介（大阪工業大学）

| No. | 論文題名 | 発表者 | 所属 | 連名者 |
|------|--|-------|-------------|----------------|
| B2-1 | 黒部ダムと樺平を結ぶトンネルの 計画から今日までの歴史的背景や存在意義 | 岩橋 公男 | 佐藤工業株式会社 | 荒木壯則、高田敏暁、甲田憲幸 |
| B2-2 | 黒部宇奈月キャニオンルートの改良工事における安全対策 | 大田 清市 | 佐藤工業株式会社 | 荒木壯則、高田敏暁、甲田憲幸 |
| B2-3 | 計画小委員会活動報告 | | | |
| B2-4 | 大規模アンサンブル予測データを用いた内水氾濫解析に基づく地下空間への流入量の比較 | 菊地香花 | 関西大学環境都市工学部 | 尾崎平、橋本彰博、石垣泰輔 |
| B2-5 | 防災小委員会活動報告 | | | |

C セッション（建設）

[C1] 9:30～10:30 一般投稿論文（3編） 座長：阿部 翼（東日本旅客鉄道）

| No. | 論文題名 | 発表者 | 所属 | 連名者 |
|------|---|-------|-----------|----------------|
| C1-1 | 底盤改良の盤ぶくれ抵抗メカニズムに関する実験的・解析的検討 | 倉上由貴 | 鉄道総合技術研究所 | 牛田貴士、松丸貴樹、佐藤武斗 |
| C1-2 | 掘削底盤を対象とした部分改良の盤ぶくれ抑制効果に関する解析的検討 | 佐藤 武斗 | 鉄道総合技術研究所 | 牛田貴士、松丸貴樹、倉上由貴 |
| C1-3 | 浸透注入と割裂注入を考慮した薬液注入に伴う周辺地盤挙動のシミュレーション手法の検討 | 石井貴大 | 鉄道総合技術研究所 | 仲山貴司、三輪陽彦、清水達貴 |

[C2] 10:45～11:45 一般投稿論文（3編） 座長：土門 剛（シビルアーチ）

| No. | 論文題名 | 発表者 | 所属 | 連名者 |
|------|--|------|-----------|----------------|
| C2-1 | 離隔の小さいトンネル同士の近接施工による既設トンネルの影響検討 | 清水達貴 | 鉄道総合技術研究所 | 仲山貴司、牛田貴司、三輪陽彦 |
| C2-2 | 軸方向挿入型継手のモデル化と継手条件が回転ばね特性に与える影響に関する一考察 | 中山卓人 | 鉄道総合技術研究所 | 木下果穂、牛田貴士、野城一栄 |
| C2-3 | 新設・既設トンネルの斜交を模擬した降下床実験とシミュレーション解析 | 木下果穂 | 鉄道総合技術研究所 | 牛田貴士、三輪陽彦、清水達貴 |