



巨大都市・複合災害に対する建築・情報学融合によるエリア
防災活動支援技術の開発と社会実装



2020年度（最終年度）報告会（2021年3月30日）

（工学院大学総合研究所・都市減災研究センター（UDM））

成果報告会（進行：久田嘉章）

15:00-15:05 あいさつ：佐藤光史（工学院大学学長）

15:05-15:15 事業概要：久田嘉章（都市減災研究センター長）

研究テーマ概要と成果報告（進行：久田嘉章）

15:15-15:35 テーマ1：巨大都市中心エリアを対象としたオールハザード対応キットの開発
村上正浩（リーダー：建築学部・教授）、福田一帆（サブリーダー：情報学部・准教授）

15:35-15:55 テーマ2：機能継続・早期復旧を可能とする大地震対策建築モデルの開発

山下哲郎（リーダー、建築学部・教授）、田村雅紀（サブリーダー：建築学部・教授）

15:55-16:15 テーマ3：エリア防災拠点をつなぐ自立移動式災害対応支援ユニットの開発

中島裕輔（リーダー、建築学部・教授）、水野 修（サブリーダー、情報学部・教授）

16:15-16:25 広報・普及：池田 優（工学院大学総合企画部 広報課長）

質疑、自己点検・外部評価、会場から質問がある場合は適宜「チャット」にご記入ください

16:25-16:55 自己点検・自己評価委員会委員の紹介、質疑

外部評価委員：堀宗朗氏（海洋研究開発機構）、佐土原聡 教授（横浜国立大学）、
平井光雄氏（新宿区）

内部評価委員：今村保忠 教授（工学部）、鈴木健司 教授（先進工学部）

16:55-17:00 終了のあいさつ：久田嘉章（既出）

報告会資料（2020年度報告書、パワポ資料）

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/Open/UDM/2020/ALL/>



文部科学省・私立大学研究ブランディング事業 成果報告会

「巨大都市・複合災害に対する
建築・情報学融合によるエリア防災活動
支援技術の開発と社会実装」の事業概要

2021年3月30日（火）

Zoom ウェビナー

工学院大学総合研究所・都市減災研究センター(UDM)

センター長、建築学部まちづくり学科

久田嘉章



「巨大都市・複合災害に対する建築・情報学融合によるエリア防災活動支援技術の開発と社会実装(2016/11-2020/3+2021/3)」

文科省助成 本学経費

都市型複合災害評価
地区防災計画
災害時行動指針

テーマ1 (オールハザード対応キット)

マルチハザード認識ツール、エリア防災計画策定ツール
オールハザード対応訓練ツール

AR ハザード認識・VR 防災訓練
群集モニタリング、画像処理

都市型拠点施設 (超高層建築・
体育館等) の高耐震性能確保

エリア防災活動 支援技術の開発

巨大都市・複合災害
建築・情報学融合

災害対応支援車両
長距離無線 LAN、情報共有
DTN・ICN 非常通信網

テーマ2 (大地震対策建築モデル)

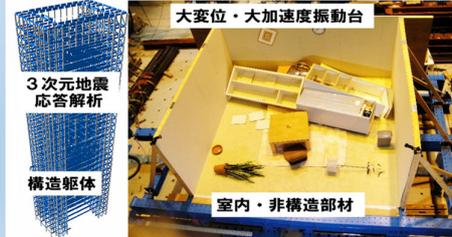
最大級地震にも安全な建築
逃げる必要のない室内環境

テーマ3 (自立移動式 ゼロエネルギーユニット)

自立移動式ゼロ・エネルギー
災害対応支援ユニット



①オールハザード対応キット



②大地震対策建築モデル



③自立移動式ゼロエネルギーユニット

研究開発事業「エリア防災活動支援技術の開発」における3つの研究テーマ

成果公開・サービス提供

教育・人材育成・ブランディング

社会実装事業：安全安心な都市実現への貢献とブランディング

研究教育

ステークホルダー
在学生・教職員・受験生
卒業生・留学生など

社会実装

自治体・住民・企業
防災イベント・訓練など
普及キャンペーン

成果公開

学協会・メディア
関連学協会・シンポジウム
論文・メディア

ブランディング事業実施体制 (運営・研究推進)



総合研究所運営委員会 (ブランディング事業推進)

- ・佐藤光史・学長 (代表)、・鷹野一郎・副学長 (総合研究所所長)
- ・久田嘉章・都市減災研究所センター長
- ・建築学部担当、情報学部担当、他学部・学科代表、研究推進課、ほか

研究開発事業：都市減災研究センター (UDM)

代表：久田嘉章 (センター長・建築学部教授：統括)

テーマ1：巨大都市中心エリアを対象としたオールハザード対応キットの開発

リーダー：村上正浩 (建築学部)、サブリーダー：福田一帆 (情報学部)

境野健太郎・藤賀雅人 (建築学部)、雨車和憲 (情報学部)

石田航星 (早稲田大学)

テーマ2：機能継続・早期復旧を可能とする大地震対策建築モデルの開発

リーダー：山下哲郎 (建築学部)、サブリーダー：田村雅紀 (建築学部)

西川豊宏・久田嘉章・鈴木澄江・松田頼政 (建築学部)

テーマ3：エリア防災拠点をつなぐ自立移動式災害対応支援ユニットの開発

リーダー：中島裕輔 (建築学部)、サブリーダー：水野修 (情報学部)

横山計三・柳宇・富樫英介 (建築学部)、野呂康宏 (工学部)

その他、多数の学外共同研究者・研究協力者・研究協力機関、で構成

事業実施体制（社会実装推進・外部評価）



社会実装事業（ブランディング）：総合企画部・広報課

リーダー：池田 優（広報課課長）、久田嘉章（UDMセンター長）
 村上正浩（テーマ1・リーダー）、福田一帆（テーマ1・サブリーダー）
 山下哲郎（テーマ2・リーダー）、田村雅紀（テーマ2・サブリーダー）
 中島裕輔（テーマ3・リーダー）、水野 修（テーマ3・サブリーダー）
 堀口祥子（総合企画部広報課）、外部コンサルティング

自己点検・外部評価 外部評価（外部評価委員会）

- ・学識経験者：
 - 堀 宗朗 氏（国立研究開発法人海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門長）
 - 佐土原 聡 教授（横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院）
- ・自治体：平井光雄（新宿区 総合政策部長）

自己点検評価（総合研究所運営委員会）

今村保忠 教授（先端工学部生命科学科、旧・生体分子システムセンター長）
 鈴木健司 教授（工学部機械システム工学科、旧・機能表面研究センター長）



2020年度事業成果の経費・予算



(千円)

研究費	2016	2017	2018	2019	2020(本学)
テーマ1	23,600	17,750	12,600	11,600	9,440
テーマ2	1,900	3,250	3,900	3,900	1,760
テーマ3	3,500	5,000	7,500	5,500	3,200
計	29,000	26,000	24,000	21,000	14,400
研究設備費(※)	0	69,800	0	0	0
広報・普及費	4,000	5,000	5,000	6,000	5,600
総計	62,000	126,800	53,000	48,000	34,400

※研究設備名	主な用途	経費
3Dレーザースキャナー	高層ビル・地下街の3Dデータの取得	7,800
大加速度・大変位振動台	大地震時の高層ビル高層階・体育館天井部など揺れを再現	39,500
自立移動式ゼロエネルギーユニット	電源自立型のD-ZEV本体一式	22,500



2020年度事業成果概要・報告書



(本年度は2020年コロナ禍により実験・イベント等への大きな制約のもとで実施)

○研究成果(下線ページに5年間の成果概要):

テーマ1(p1-30)、テーマ2(p31-100)、テーマ3(p120-153)

○広報・普及事業(p154-155):

パブリシティ、各種イベント開催・出展、メディア対応など

○業績(出版、論文、講演、学会発表、メディア、外部資金他):

テーマ1(p156-157):論文(5)、講演(7)、学会発表(16)、など

テーマ2(p158-163):論文(17)、講演(11)、学会発表(65)、など

テーマ3(p164):論文(5)、学会発表(11)、など

外部資金導入:科研費、各種公募・受託研究、など

○各種イベント・広報・メディア:

・新宿駅周辺地域 防災講習会・訓練(2021/1/15 & 2/24)

・イノベーション・ジャパン2021～大学見本市Online(2020/9/28-11/30)

これまでの主な成果概要 とテーマ間連携



長周期振動台

テーマ1: 大都市中心エリアを対象としたオールハザード対応キットの開発

(エリア防災計画・連携体制、
訓練ツール・実施など)



一次滞在施設支援キット



災害訓練VR

テーマ2: 機能継続・早期復旧を可能とする大地震対策建築モデルの開発

(構造・非構造耐震、振動実験など)



建築安全確認訓練



エリア情報共有システム

テーマ3: エリア防災拠点をつなぐ自立移動式災害対応支援ユニットの開発

(対応ユニット、無線・電源など)

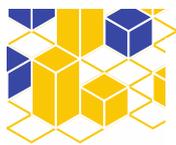


新宿駅周辺訓練



ドローン活用

広報・普及



本日の成果報告会、自己点検・ 自己評価委員会のスケジュール



成果報告会（進行：久田嘉章）

15:00-15:05 あいさつ：佐藤光史（工学院大学学長）

15:05-15:15 事業概要：久田嘉章（都市減災研究センター長）

研究テーマ概要と成果報告（進行：久田嘉章）

15:15-15:35 テーマ1：巨大都市中心エリアを対象としたオールハザード対応キットの開発
村上正浩（リーダー：建築学部・教授）、福田一帆（サブリーダー：情報学部・准教授）

15:35-15:55 テーマ2：機能継続・早期復旧を可能とする大地震対策建築モデルの開発
山下哲郎（リーダー、建築学部・教授）、田村雅紀（サブリーダー：建築学部・教授）

15:55-16:15 テーマ3：エリア防災拠点をつなぐ自立移動式災害対応支援ユニットの開発
中島裕輔（リーダー、建築学部・教授）、水野 修（サブリーダー、情報学部・教授）

16:15-16:25 広報・普及：池田 優（工学院大学総合企画部 広報課長）

質疑、自己点検・外部評価、会場から質問がある場合は適宜「チャット」にご記入ください

16:25-16:55 自己点検・自己評価委員会委員の紹介、質疑

外部評価委員：堀宗朗 氏（海洋研究開発機構）、佐土原聡 教授（横浜国立大学）、
平井光雄 氏（新宿区）

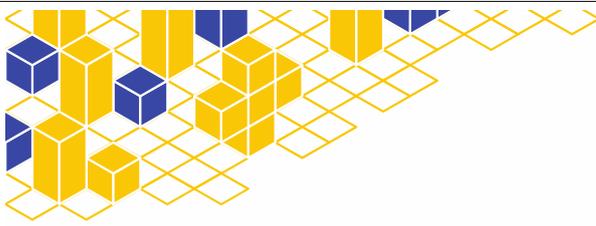
内部評価委員：今村保忠 教授（工学部）、鈴木健司 教授（先進工学部）

16:55-17:00 終了のあいさつ：久田嘉章（既出）

報告会資料（2020年度報告書、パワポ資料）

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/Open/UDM/2020/ALL/>





私立大学ブランディング事業

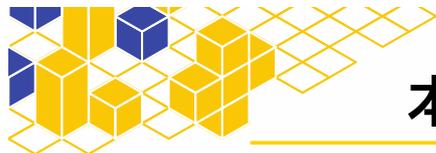
「巨大都市・複合災害に対する建築・情報学融合によるエリア防災活動支援技術の開発と社会実装」

テーマ1

大都市中心エリアを対象とした オールハザード対応キットの開発

村上正浩(建築学部、リーダー)、福田一帆(情報学部、サブリーダー)、
境野健太郎(建築学部)、藤賀雅人(建築学部)、雨車和憲(情報学部、2018年度より)

※～2017年度:小西克巳(情報学部)、石田航星(建築学部)は他大学へ異動

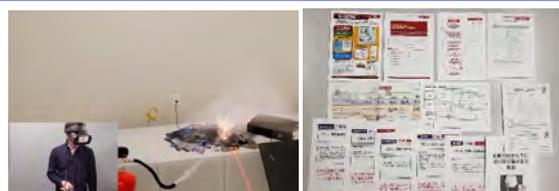


本研究課題の目的・概要

- 研究目的: 震災を主とした災害に対して、効果的かつ柔軟な対応が可能なオールハザード対応キットを開発し、社会実装に向けた検証を行う
 - テストフィールド: 新宿駅周辺地域とその郊外部
 - 研究項目 **+新型コロナウイルス等感染症対応**
 - ドローン・ICTなど各種技術や余剰空間等の活用により、地域が連携した災害対応が可能となるエリア防災モデル作成 【担当:村上、藤賀、境野】+テーマ3と連携
- エリア防災による効果的な災害対応を可能とするため、
- 高層ビルでの災害対応支援ツール群開発 【担当:福田、雨車、村上】+テーマ2と連携
 - 災害活動拠点の開設・運営支援ツール群開発 【担当:村上】



情報収集及び滞留者の誘導



自衛消防訓練VRコンテンツ、訓練支援



災害活動拠点の開設・運営支援



災害時の情報連携
行動支援アプリ



余剰空間等の
防災活用



高層ビル外壁の
損傷調査



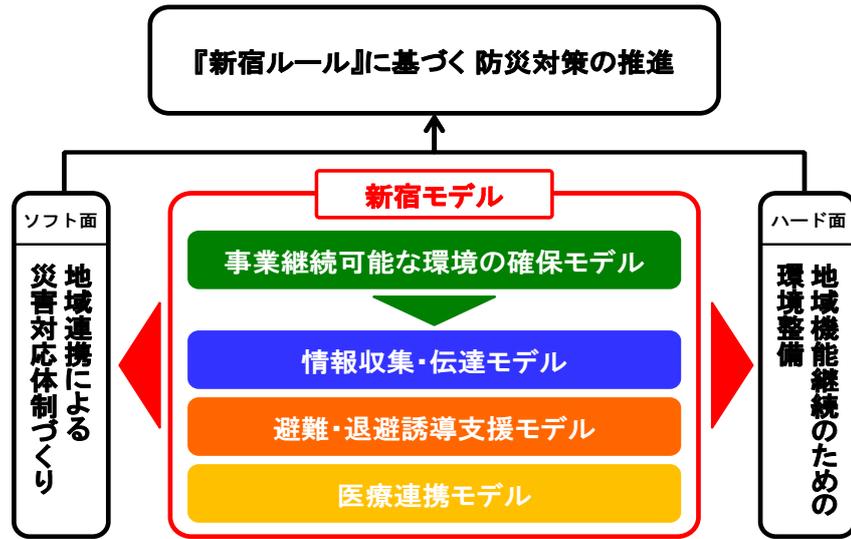
高層ビル被害予測・
対応支援



災害活動拠点の
開設・運営支援

新宿駅周辺防災対策協議会とエリア防災

新宿駅周辺防災対策協議会（新宿駅周辺の事業者等約70団体で構成）
⇒震災時の混乱防止と新宿駅周辺地域の都市機能維持を図る



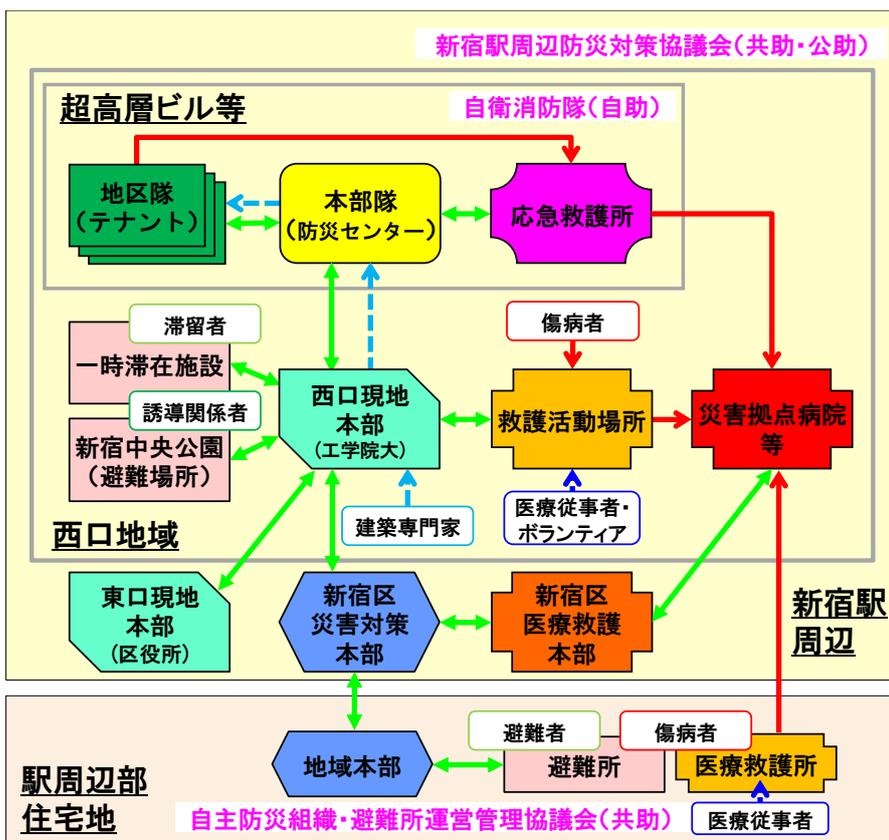
■ 新宿ルール(2009):
組織は組織で対応する(自助)
地域が連携して対応する(共助)
公的機関が地域を支える(公助)

■ 新宿モデル(2011)
エリア防災実現のための
4つの基本方針

- 事業継続可能な環境の確保: 建物の安全を速やかに判断し、建物内に留まって活動を継続できる環境づくり
- 情報収集・伝達: 現地本部を中心に地域連携による災害対応を支援できる仕組みづくり
- 避難・退避誘導支援: 円滑な退避誘導を支援し、滞留者に対応できる仕組みづくり
- 医療連携: 地域連携により負傷者に対応し災害拠点病院を機能させる仕組みづくり

発災時地域行動ルールに基づいた災害対応

発災時の地域行動ルール「新宿ルール実践のための行動指針(2016年6月～)」



ドローン・ICTなど各種支援技術
や建築ストック・余剰空間を有効
活用したエリア防災モデル



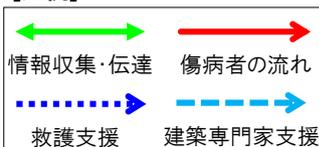
情報収集及び滞留者の誘導



災害時の情報連携
行動支援アプリ

余剰空間等の
防災活用

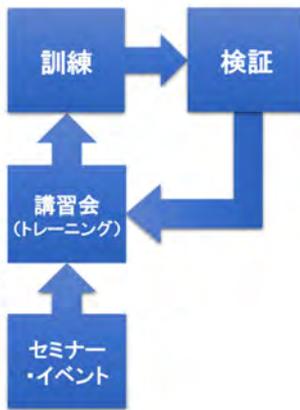
[凡例]



エリア防災の担い手の育成と仕組みづくり

教育訓練プログラムによるエリア防災の担い手育成、社会実装に向けた検証

- 災害対応の基礎的知識を身につけるセミナー
- 実践的な技能を習得する講習会（自衛消防組織の震災対応活動、現地本部運営、帰宅困難者一時滞在施設運営、応急救護、建物被害対応）
- セミナー・講習会の成果を実践・検証する総合防災訓練（震災想定自衛消防訓練、医療救護訓練、現地本部運営訓練）



年度	延べ参加者数	セミナー	講習会	訓練
2016	664名	5回	4回	1回
2017	687名	3回	5回	1回
2018	514名	3回	6回	1回
2019	380名	2回	5回	2回
2020	66名	0回	2回	1回

※参加者数には運営参加者を含まない

ターミナル駅周辺の余剰空間活用とストック更新による災害対応力向上

駐車場・駐輪場設置義務低減に合わせた施設整備の状況把握、エリア防災対策への活用可能性検討（2018、2019） ※銀座地区、東京駅前地区、大丸有地区、渋谷地区、新宿駅東口・西口地区、環状2号線周辺地区の計7地区

既存の駐車施設を低減した際の容積率の扱いなどが課題

- エリアマネジメント組織による低減空間の共同所有による災害備蓄備倉庫利用や防災設備置き場等への活用可能性



駐車場の転用事例

東口：ストック更新による防災力向上、西口：余剰空間の用途転用による防災施設整備



新宿駅西口の附着義務駐車場の分布

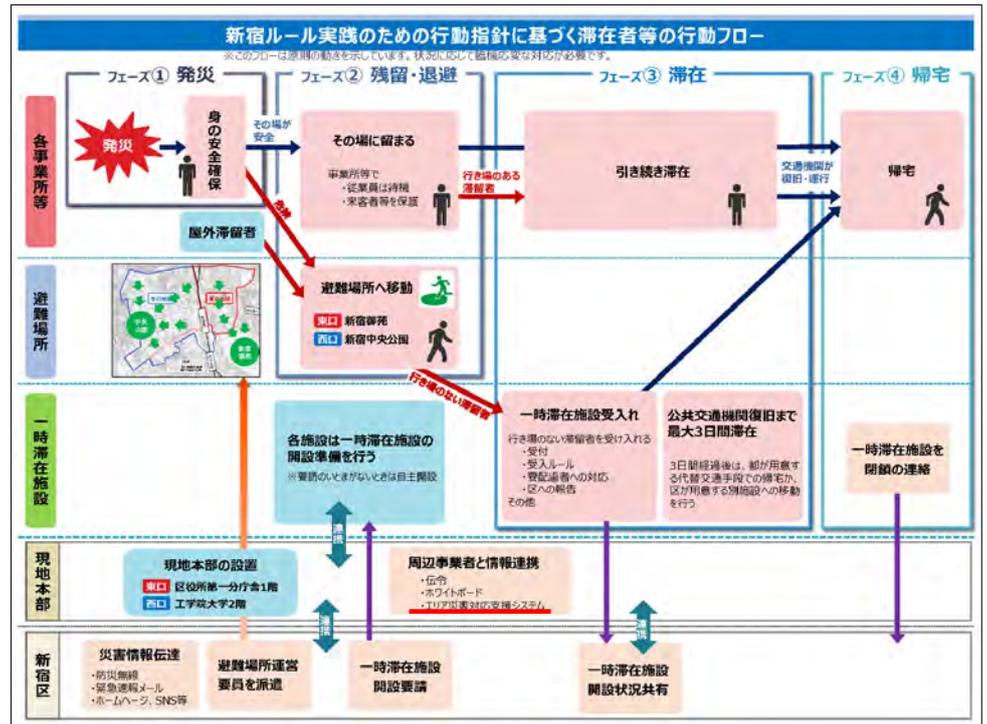
従業員等 約32万人 ⇒施設内待機は可能？
 行き場のない滞留者数 約5万人
 (⇒一時滞在施設の収容可能人数 約1.6万人)
 滞在が数日に及ぶ場合、待機できない可能性

	充足率		
	1日	2日	3日
飲料水(平日)	36%	18%	9%
食料(平日)	45%	45%	36%
電源供給	27%	18%	18%

新宿駅周辺の高層ビル施設管理者アンケートより
 (2020年12月実施、回答11件、回収率32%)

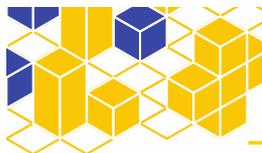


ICT活用によるエリア防災活動の支援



2019: 作成、運用・検証
協議会HPで公開

現地本部を中心とした情報連携手段として、エリア災害対応支援システム(SIP、2014~2018)を改良、運用(2019~)

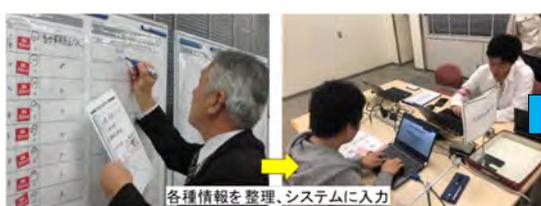


エリア災害対応システムの運用(テーマ3と連携)

WEBブラウザを介した情報受発信

システムの配信情報 (着色部分: 現地本部から配信される情報)		一般市民	防災従事者
災害情報	地震情報	●	●
	推定情報	-	●
	簡易応答評価	-	●
地域情報	鉄道運行情報	●	●
	避難場所情報	●	●
	医療機関情報	●	●
	気象情報	●	●
	新宿マップ	●	●
被害状況	-	●	
行動指針	●	●	

駅	名称	受入可	受入不可	一時滞在施設
全線停止	1件	3件	0件	2件
一部停止	0件	0件	0件	1件
通過運行	11件	0件	0件	0件
確認中	1件	0件	0件	0件



西口現地本部



新宿駅周辺防災対策協議会訓練での活用(2019)

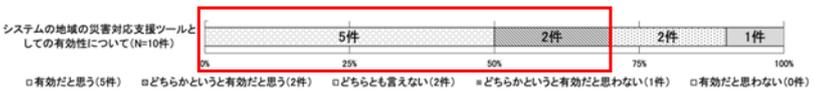
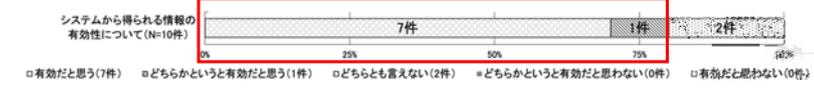
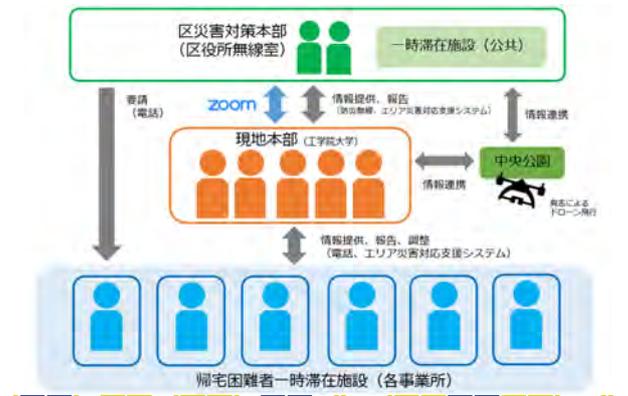
新宿駅周辺防災対策協議会訓練での検証

感染症流行期における地震発生(新宿区内震度5強)を想定

2021年2月24日(水)13:30~14:30(参加者18名(現地本部要員:5名、一時滞在施設:13名))

⇒次年度以降、新宿区と連携して継続的に運用予定

※2018~:横浜駅西口地域でも運用、2021~:横浜市と連携し横浜駅周辺一帯での運用検討



現地本部の様子



中央公園の様子

実装に向けて改良が必要



災害時の情報収集及び滞留者誘導、情報共有

現地本部を中心とする災害時の情報収集・滞留者誘導、新宿区災対本部との情報共有に、地域の事業者が保有するドローン・自営通信網を活用【テーマ3と連携】

【2017年度】長距離無線LAN(4.9GHz帯)による自営通信網を常設

- 拠点間での双方向のリアルタイム情報共有を実現、男声よりも女声による情報発信の有用性、聞き取りやすさにも配慮した単語の選択の必要性

【2018年度】多拠点でのドローン飛行による面的な情報収集、現地本部訓練との連携

- エリア内の俯瞰的な状況把握に有効、多言語(日本語、英語、中国語、ハングル)での情報発信の有効性と言語により読み上げの早さへの配慮



多拠点による俯瞰的な状況把握



空撮映像からの滞留状況の把握、群集の異常行動から被害検知(録画)

災害時の情報収集及び滞留者誘導、情報共有

現地本部を中心とする災害時の情報収集・滞留者誘導、新宿区災对本部との情報共有に、地域の事業者が保有するドローン・自営通信網を活用【テーマ3と連携】

【2019年度】多拠点でのドローン飛行による面的な情報収集、新宿区災害対策本部訓練との連携（2019年12月13日(金)午後実施）

- 現地本部を中心とする災害時の情報収集及び滞留者誘導、新宿区災害対策本部との情報共有に、ドローンや情報通信技術の活用は有効
- ドローンが効果的に活用できる条件・場面（気象条件、機材など）について整理する必要があるとともに、機材等の維持管理の問題などが課題



中央公園上空での情報収集、誘導情報の発信



新宿区災对本部との情報共有

災害時の情報収集及び滞留者誘導、情報共有

2021年2月24日(水)午後 新宿駅周辺防災対策協議会訓練と連携した実証実験

- 画像解析技術の応用による空撮映像の活用方法の拡充や通信機材の常設化、新宿中央公園以外での飛行に備えた通信網構築、さらにこうした活動が担える人材育成が必要



- ① 発災初動期を想定した、リアルタイムでの活動態勢の立ち上げ
- ② 現地本部とのドローンを活用した情報収集・情報提供
- ③ 飛行地点以外からのドローンの遠隔操作



中央公園でのドローン飛行の様子と、現地本部への情報伝達

遠隔機体制御用端末(現地本部)



※総務省の許可が必要

ドローン
(中央公園)





災害活動拠点の運営マニュアルの作成

エリア内の災害活動拠点が連携した災害対応が行えるよう、**現地本部・一時滞在施設・避難場所および避難所**を対象に運営等に関わるマニュアルを作成

(2017:試作、2018・2019:訓練での検証・運用、2020:新型コロナウイルス等感染症対応)

一時滞在施設の運営

- ① 施設の安全確認
- ② 運営要員の参集、
- ③ 帰宅困難者の受入準備
- ④ 施設開設・受入、
- ⑤ 帰宅困難者対応、
- ⑥ 施設運営状況等の現地本部との共有
- ⑦ 交通機関の再開状況の共有
- ⑧ 閉鎖準備・閉鎖

行動指針に基づく対応行動

一時滞在施設の運営要員が、他の関係拠点等の行動や連携すべき事項を確認する。

各行動の手順等

一時滞在施設での行動の手順が記載されており、施設管理者等が各行動の指揮をとるために用いる。

帳票等

手順に沿って、一時滞在施設内で掲示等するための帳票類。

一時滞在施設運営マニュアル(SOP: Standard Operating Procedure、標準作業手順書)の構成
新宿駅周辺防災対策協議会HPで公開(2019～)

https://www.city.shinjuku.lg.jp/anzen/kikikanri01_000109.html



災害活動拠点の開設・運営支援ツール開発

避難所開設キット(2015:試作)(2016～:改良、実装)の開発ノウハウを応用

避難所開設キット:ファンクショナル・アプローチにより構築した避難所開設支援のツール

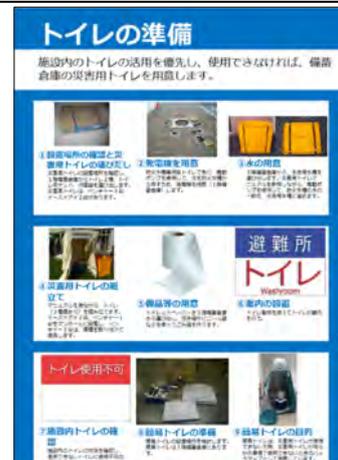
- 避難所開設に必要な活動・備品類をパッケージ化
- 災害時利用だけでなく、防災教育教材としての利用も重視した工夫と設計



避難所開設キット外観



作業ケースの例
(本部の立ち上げ)



作業ケース表の手順書の例(A4サイズ)



キットを使った訓練例



2020年度
感染症対応版避難所開設キット
 新宿区内全避難所導入完了
 ⇒次年度、訓練へ活用

東京都新宿区・大田区・台東区・豊島区・北区・文京区・日野市全避難所に導入済み、
 東京都港区、埼玉県越谷市、熊本県熊本市、
 沖縄県読谷村へ展開中

((同)グローバルリンク、凸版印刷(株)の協力)

災害活動拠点の開設・運営支援ツール開発

避難所開設キットの開発ノウハウを応用し、マニュアルをもとに、現地本部・一時滞在施設および医療救護所の開設・運営支援ツール開発

(2017: 試作、2018・2019: 改良・検証、2020: 新型コロナウイルス等感染症対応)



医療救護所開設キット
(大田区、2017)



現地本部開設キット(本学2階倉庫に配備)

掲示物はA4→A3、A3→A1などサイズの変更、備品等の見直しなど(2019)

新型コロナウイルス等感染症対応、多言語化(対応中)(日本語、英語、ハンゲル、中国語)(2020)

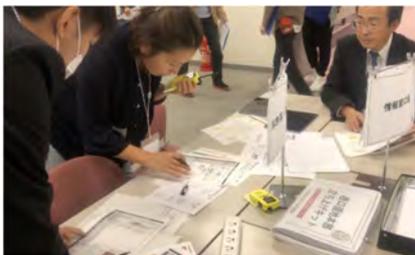
新宿駅周辺防災対策協議会訓練での検証

新宿駅周辺防災対策協議会訓練へマニュアル・キットを実際に適用、検証、周知(2018~)⇒利用者の8割以上から高い評価(活動支援、使いやすさ、有用性など)

現地本部運営訓練(2019)



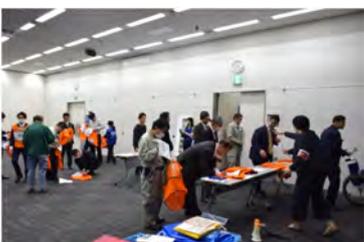
区災対本部、事業者等からの情報収集



各種情報を様式や地図に整理



一時滞在施設運営訓練(2019)



役割分担



受入ルールの周知



受付(承諾書へ署名等)



受入、一時滞在

高層ビルの災害対応支援ツールの開発

- 長周期地震動の予測・観測情報をもとに、高層ビル各階の長周期地震動階級等の推定結果を自動発信し、適切な初動対応を支援するシステム『びるゆれコール』を試作(2018:試作、2019~:新宿校舎で試験運用、2020:スマートフォン版試験運用)【テーマ2連携(久田)、官民連携研究開発投資拡大プログラム(PRISM)に基づく防災科研・公募研究】
- 震災時の自衛消防組織の役割を体験可能なVRコンテンツ、及び訓練の企画・実施・評価のプロセスの効率的な実施を支援する訓練ツールを相互に連携させ試作(2018:試作・アンケート・ヒアリングによる検証、2019~:改良・ヒアリングによる検証)
- 動画像解析技術を活用し、飛行ドローンによる外壁被災判定を効率的に行う手法を開発(2018:マッピング技術開発、2019~:損傷箇所自動検出技術開発)【テーマ2連携(田村)】



「びるゆれコール」の稼働状況、評価 (2021年2月13日 福島県沖の地震(M7.3))

- 予測情報は揺れの約1分前に到着、揺れのほぼ到着時にM7.2となり、建物の揺れの大きさを精度よく推定。
- 観測情報(K-NET観測記録)はより高精度の建物の揺れを評価。

M6.5から7.3まで60報配信



第1報(M6.5)の予測情報(到着約1分前 地表震度3、長周期地震動階級は全階0)

最終報(M7.3)の予測情報(到着後) 地表震度3、長周期地震動階級は全階1)

- 今後も様々な観測記録で精度検証
- ユーザーとのワークショップの再開(2019年12月に初回実施)・有用性検証

自衛消防組織の震災対応支援ツール

新宿駅周辺防災対策協議会で実践する、高層ビルを想定した震災対応の自衛消防訓練のノウハウの形式知化

- 自衛消防組織(初期消火班, 応急救護班, 避難誘導班, 通報連絡班, 安全防護班)各班の役割を体験可能なVRコンテンツの試作
- 一般的な防火・防災管理者でも手軽に自衛消防訓練の企画・準備、実施、振り返りができる、訓練支援キットの試作



自衛消防訓練の様子(新宿駅周辺防災対策協議会)



役割設定画面と初期消火班の例

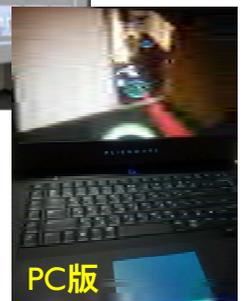
自衛消防隊各班の基本的な役割を体験可能



訓練対象のニーズ・スキルに応じて柔軟に対応できるようにも工夫

自衛消防隊訓練VRコンテンツの製作(HMD版, PC版)

- 自衛消防隊5班(初期消火班、応急救護班、避難誘導班、通報連絡班、安全防護班)の基本的役割をVRにより高臨場感で体験可能(2018: 初期消火班、2019: 全5班)
⇒新宿駅周辺防災対策協議会での訓練ノウハウの形式知化、シナリオへ反映
- VR空間を自由に移動、自身の判断に基づく行動の選択が可能(2018年度)
⇒教育要素を高める目的
- 体験者毎のログデータ蓄積することが可能(2019年度)
- 体験後の評価レポート出力機能の実装(2020年度)
⇒判断ミスや見落とし等の傾向を分析、振り返りに活用
- 音声ナレーション追加(2019年度)
- PC版製作、VR空間フロアマップ追加、マニュアル整備(2020年度)
⇒ヒアリング、体験展示の意見を反映、感染防止リモートワーク対応



体験展示およびアンケート調査実施

2019.11.13 新宿防災ウィーク2019 体験型イベント
2019.12.12 映像情報メディア学会冬季大会企画セッション
2020.2.6-7. 令和元年度震災対策技術展(横浜)

今後の計画

- 協議会講習会, 訓練への適用
- 体験者属性ごとのログデータ分析
- 生体計測データの取得分析等による訓練効果の評価検証

自衛消防訓練支援キットの開発、改良

フェーズ	使用目的	訓練企画者が使用	訓練参加者が使用
① 訓練準備	自衛消防訓練キットの理解	ツールⅠ (訓練キットを理解する資料) 資料00_自衛消防訓練キット概要 資料01_解説+かんたん使い方マニュアル	
	訓練内容の企画設定 事前説明	ツールⅡ (訓練企画者が訓練想定や内容を事前に設定するための資料) 資料02_訓練事務局用 事前準備ガイド ツールⅢ (訓練企画者が訓練参加者に企画実施する訓練内容を説明するための資料) 資料03_訓練実施概要 資料04_各班の行動フロー	
② 訓練実施中	訓練進行	ツールⅣ (訓練企画者が進行に用いる資料) 資料05_訓練進行書 資料06_評価シート	ツールⅤ (訓練参加者が訓練中に用いる資料) ファイル名でなくフォルダ名で資料分類。各班のアクション、帳票類を格納している。注)各フォルダ内の帳票類は、企画者が参加者の人数増刷する等の事前の対応が必要となります。 資料07_全員共通 資料08_地区隊隊長 資料09_応急救護班 資料10_安全防護班 資料11_避難誘導班 資料12_初期消火班 資料13_通報連絡班 資料14_本部隊
	行動評価		
③ 訓練振り返り	振り返り進行	ツールⅥ (訓練企画者が振り返りの進行に用いる資料) 資料15_検証結果集計表 資料16_振り返りガイド	ツールⅦ (訓練参加者が気づきや参加者自身による評価に用いる資料) ※ ツールⅤ内の各班のフローに記載がある
	自己評価		



自衛消防訓練支援キット



図上演習



実動訓練

- 訓練準備: 主に訓練を開始するまでの段取・準備などを解説した資料を収納。
- 訓練実施中: 自衛消防訓練に求められる役割に応じたアクションカード、帳票類、評価に関する資料など、図上演習や実動訓練を行う際に、主に訓練参加者が活用する資料を収納。
- 訓練振り返り: 訓練中に評価者が訓練内容のチェック、訓練後に参加者が自己評価に使用する資料を収納。

自衛消防訓練支援キットの開発、改良

対象者	経過	シナリオ概要	資料07_共通	資料08_地区隊長	資料09_応急救護班	資料10_安全防護班	資料11_避難誘導班	資料12_初期消火班	資料13_通報連絡班
全員	地震発生前	平時の点検	(0) 資機材の確認 平時から点検することの重要性を呼びかける						
	地震発生	大きな揺れ	(1) a.危険回避行動 b.姿機の確認(個人)						
	地震発生直後	被害状況のとりまとめ	(2)被害状況の確認と報告【訓練企画担当者(事務局)へ報告するところまで】 【被害状況について(訓練を開始する前8つの中からランダムで選ぶ(複数可))】 ①火災発生②EV閉じ込め者発生③負傷者発生④ベル鳴動⑤SP破損⑥閉じ込め者発生⑦窓ガラス飛散⑧重大な亀裂						
地区隊	準備開始 10分	各班準備	(3) a.参集指示 b.各班の状況把握・活動準備指示 c.装備・班編成の確認	(4) a.資機材の確認 b.班編成の確認 c.地区隊長へ報告①	5) 資機材の確認 班編成の確認 地区隊長へ報告①	(6) a.資機材の確認 b.班編成の確認 c.地区隊長へ報告①	(7) a.資機材の確認 b.班編成の確認 c.地区隊長へ報告①	(8) a.資機材の確認 b.班編成の確認 c.地区隊長へ報告①	
	10分 ~ 20分	火災発生	(9) b.各班活動指示 c.各班の活動状況の確認	(10) a.傷病者・閉じ込め者(扉・EV内)の確認・救出 b.傷病者の応急手当・観察記録・情報伝達	(11) 危険箇所の立入禁止 建物被害の確認、被害部位の記録	(12) a.避難経路の確認 b.避難経路の確保・誘導	(14) 消火活動	(16) a.周囲の情報収集 b.通報・連絡 c.情報の記録・整理	
	20分 ~ 30分	火災なしor 消火完了				(13) ・建物残留不可の場合→他班の支援 ・建物残留不可(⑧重大な亀裂)の場合→避難誘導(使用するカードは(12)と同じ)	(15) 消防・防火設備の確認 ・SP破損 ・ベル鳴動		

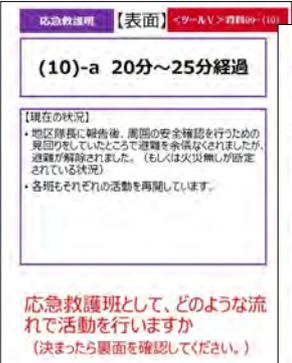
2018: 試作

2019~: ヒアリング評価

● 新宿消防署、高層ビル防災担当者⇒**実用化に向けて大幅に改良**

● 東京消防庁予防部防火管理課⇒**良好な評価**

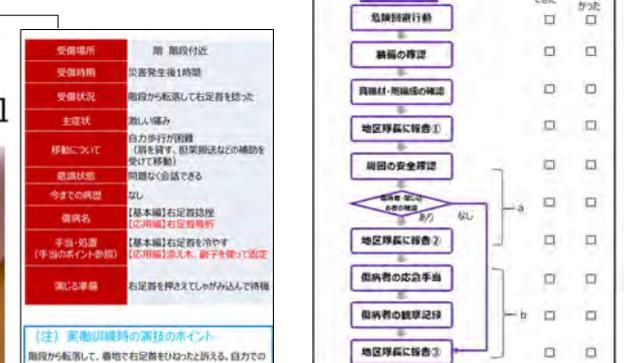
➢ 一般事業者向け図上演習・実動訓練が中止(2020)、検証が課題



アクションカードの例



受傷状況説明のカード例

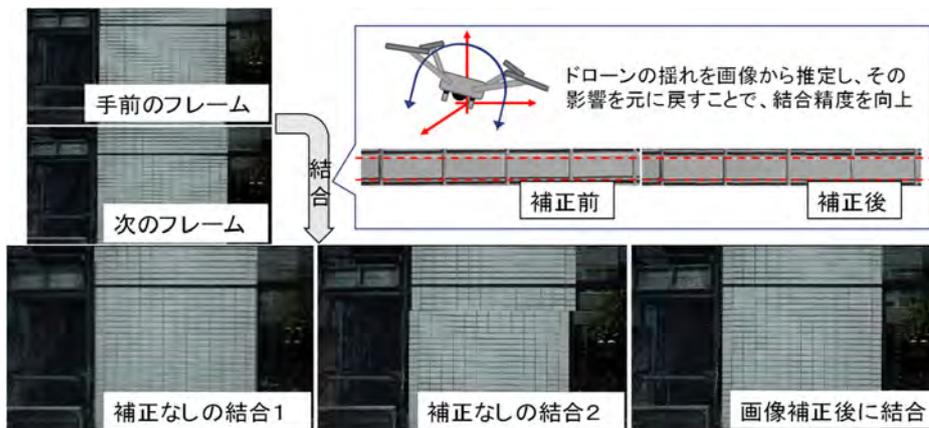


自己チェックシート例

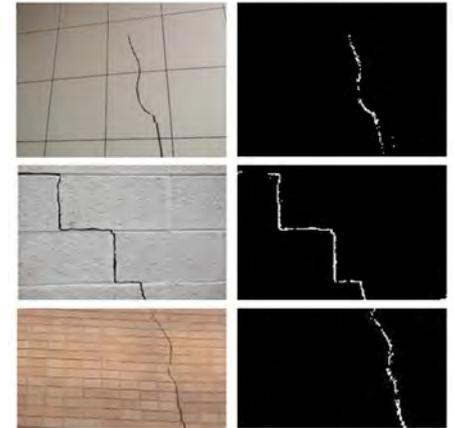
飛行ドローンによる外壁被災判定の効率化

飛行ドローンによる高層ビルの外壁被災判定の効率化

- 2018: 飛行ドローン撮影によるビル壁面映像を用いた歪み補正・マッピング技術構築のための検討
- 2019～: 飛行ドローンにより撮影されたビル壁面映像から損傷箇所を自動検出する手法を開発し、70種類のビル壁面画像を用いて検証、高い精度で検出できることを確認
- 今後、壁面において、どのような傷がどの位置に存在するのかを自動的に取得するシステムの完成を目指す



撮影されたビル壁面映像を用いたマッピング技術



ビル壁面画像(左)と検出した傷領域(右)

これまでの研究業績、まとめ

震災を主とした災害に対して、効果的かつ柔軟な対応が可能なオールハザード対応キットを開発し、訓練等への適用・検証により社会実装に取り組んだ

- 地域が連携した災害対応が可能となるエリア防災モデル作成
 - 高層ビルでの災害対応支援ツール群の開発
 - 災害活動拠点の開設・運営支援ツール群の開発
- 計画にない感染症対応には社会的要請に応えるように努力し、成果に反映
 ➤ オールハザードに対応できるキットとしての性能は十分とはいえない
 ➤ コロナ禍で検証が十分でない面もあり社会実装に向け研究を継続、成果公表

	2016	2017	2018	2019	2020	合計
著書	0	0	0	0	0	0
査読付論文	0	1	4	4	3	12
国際学会論文	1	0	2	1	2	6
解説・論説等	1	6	5	2	3	17
招待講演	3	8	12	13	7	32
口頭発表	4	12	11	13	16	56
外部資金	5	8	9	8	6	36

テレビ、新聞などメディアでの成果公表、報告会・シンポジウム主催は多数



テーマ2 機能継続・早期復旧 を可能とする大地震対策建築モ デルの開発

工学院大学建築学部
山下哲郎（L）、田村雅紀（SL）、鈴木澄江、西川豊宏、久田嘉章、松田頼征



背景と目的






背景：機能維持＋早期復旧が必要



- ・大地震後の建物の機能維持＋早期復旧が必要な時代に
- ・**オフィスビル**・・・地震後数日間はビル内に滞留可能にし、業務は早期に再開
- ・**体育館**・・・避難所・防災拠点として活用

帰宅困難者受入状況(2011/3/11)





要求性能レベルの向上

想定地震動		新耐震設計法 (1981)	東京都構造設計指針 (2016)
L1(稀な地震動)	50年	機能維持	無損傷
L2(極稀な地震動)	500年	人命保護	軽微な補修で事業継続可
L3(?)	1500年	-	人命保護
対象		構造骨組のみ	非構造材も考慮

地震後3日間はビル内に留まれる
事業再開に要する時間、費用軽減






テーマ2の目的

- 膨大な人数が勤務する大都市の**高層オフィスビル**と、



- 建築の耐震化、強靱化にかかわる**し、
専門家に対する提言




- 大地震後の機能継続・早期復旧**を目的とした建築モデルを、
構造・非構造・設備の3つの側面から検討、開発する





テーマ2の体制

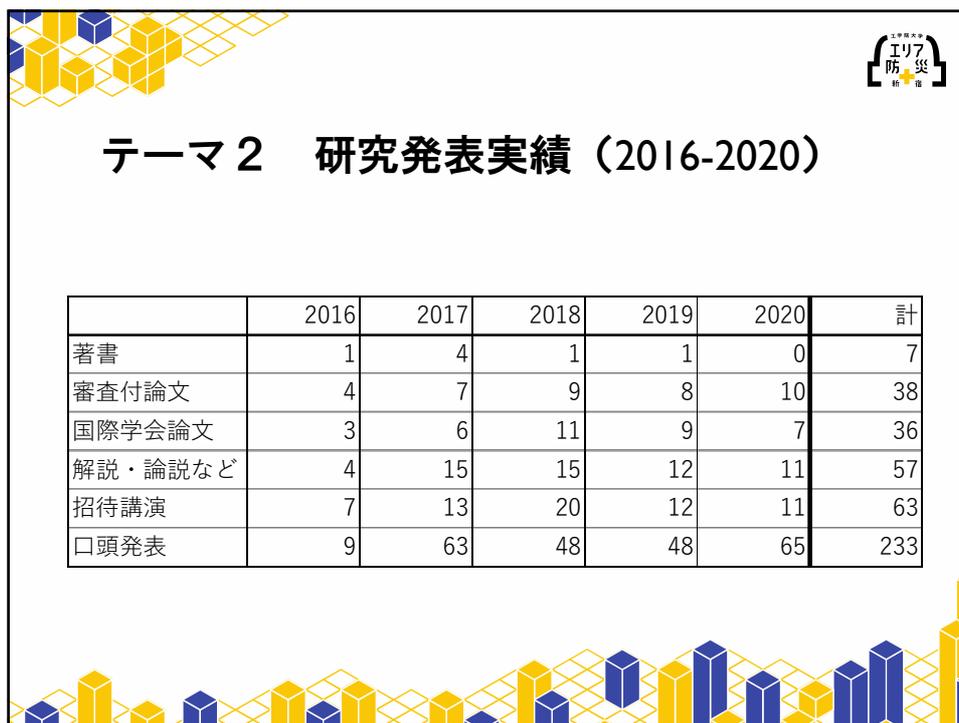
地震動の想定
久田

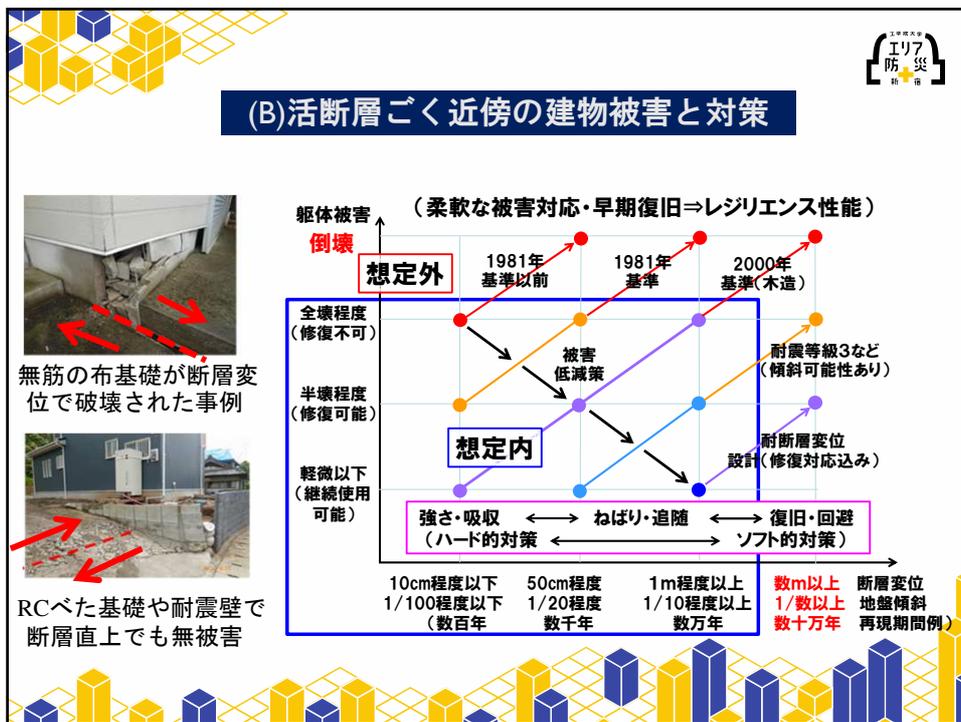
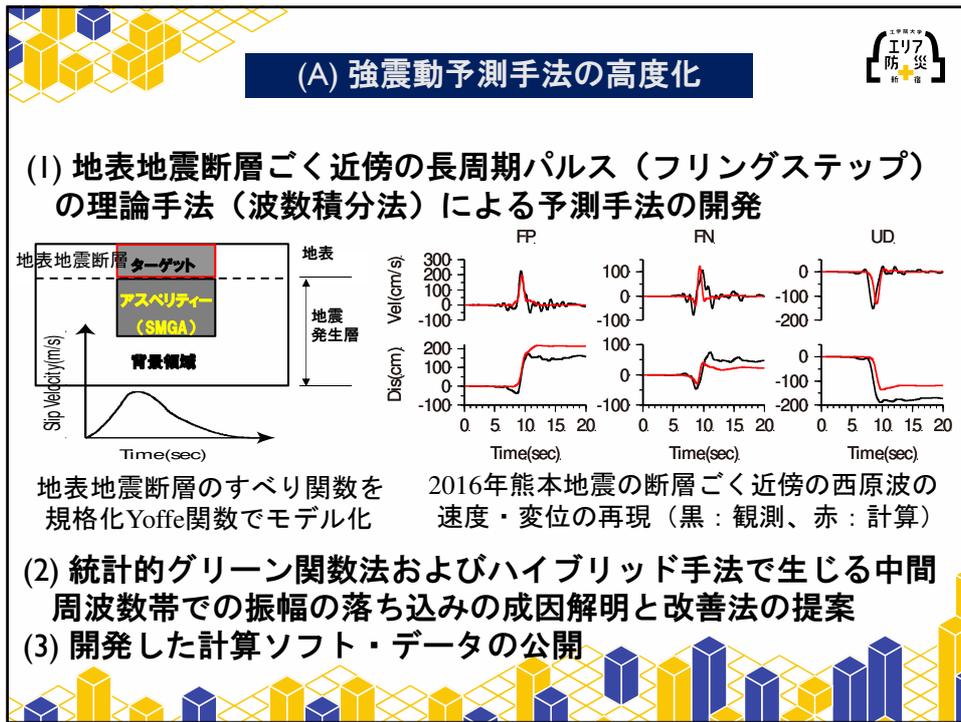
都市部の高層ビルの被害低減・リスク評価
 構造骨組 : 山下、久田、松田
 建築設備 : 西川
 外装材、材料 : 田村、鈴木
 天井、吊設備 : 山下、西川

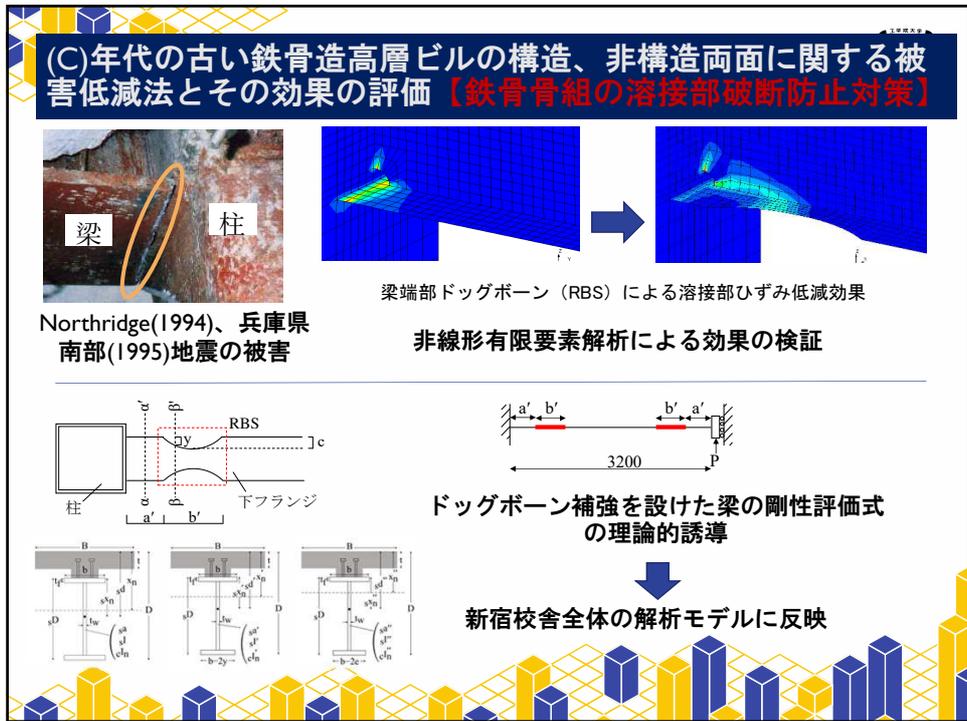
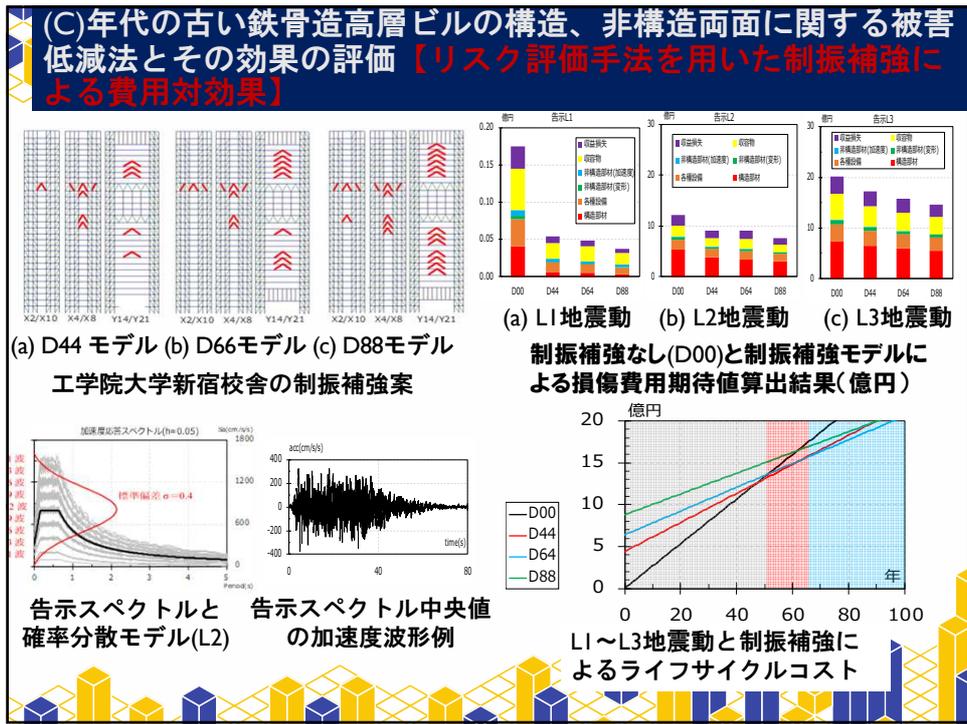
体育館の被害低減
山下

テーマ1







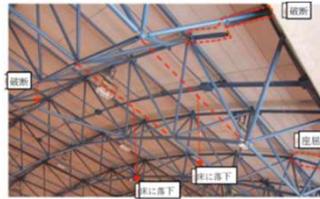


(D)避難所となる体育館の地震応答評価と被害低減策

都市部では避難所となる公共施設が少ない → **体育館の被害防止が重要**
 大型の体育館（高校、自治体）の多くは**置屋根構造**



支承部の被害(東日本大震災)



屋根立体トラスの被害(熊本地震)

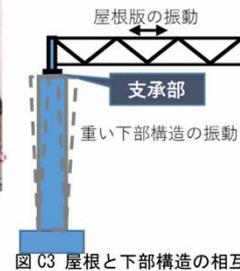
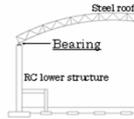


図 C3 屋根と下部構造の相互作用

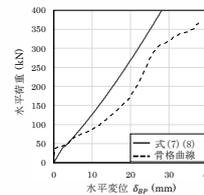
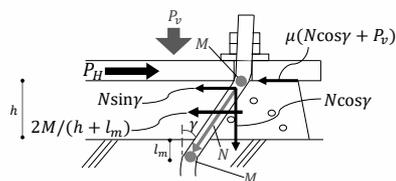
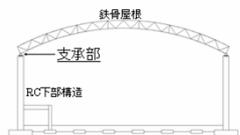


鉄骨屋根

鉄筋コンクリート
下部構造



(D)避難所となる体育館の地震応答評価と被害低減策

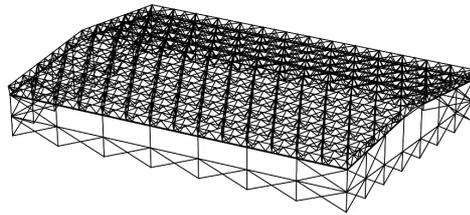
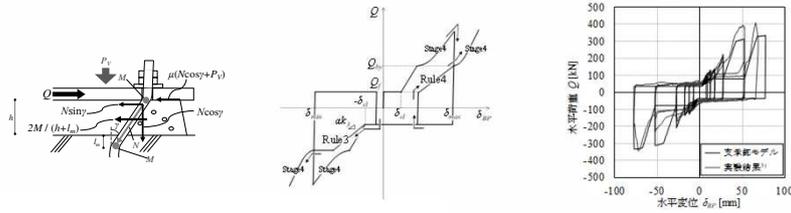


アンカーボルトの抵抗特性が曲げ+軸力+摩擦（従来はせん断降伏）
 であることを一般化塑性ヒンジモデルで説明 実験と一致





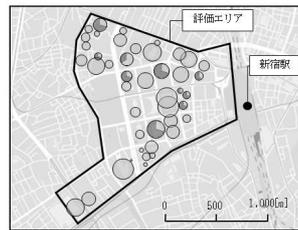
(D) 避難所となる体育館の地震応答評価と被害低減策



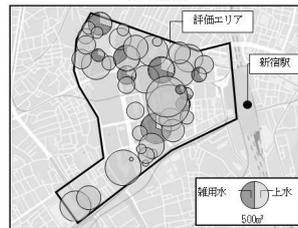
- 実験で得た支承部の非線形復元力モデルを構築
- 体育館全体の解析モデルに組み込み、地震応答解析を実施。地震被害を概ね再現

(E) 西新宿エリアにおける水ライフラインの現状 (I)

■ 建築規模/用途による水賦存予測

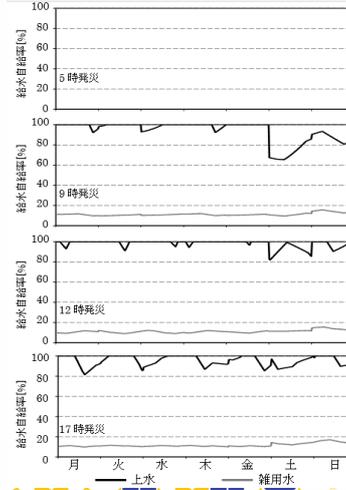


(a) 高層水塔



(b) 受水槽

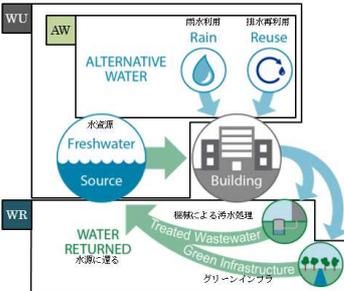
■ 発災時刻毎の給水自給率予測





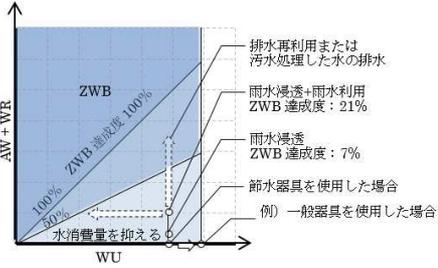
(E) 西新宿エリアにおける水ライフラインの現状 (2)

■ 雨水利用によるZWB評価の方法



用語	説明
Total Water Use (WU)	水消費量。年間の建物の敷地境界内で消費される水（上水や代替水を含む飲用水および非飲用水）の量を指す。
Alternative Water Use (AW)	代替水利用量。年間の建物の境界内で消費される持続可能な水源（雨水等）の量を指す。
Water Returned (WR)	水源に還した水量。グリーンインフラによる雨水浄水量および機械によって汚水処理された水の排水量を指す。

■ ZWBによる評価結果（事例紹介）

$$\frac{AW (3,529 \text{ m}^3) + WR (1,678 \text{ m}^3)}{WU (24,339 \text{ m}^3)} \times 100 = 21\%$$


排水再利用または汚水処理した水の排水
雨水浸透+雨水利用 ZWB達成度：21%
雨水浸透 ZWB達成度：7%
節水器具を使用した場合
例) 一般器具を使用した場合



【超高層】都市建築物の非構造部材における性能評価と機能継続に関する研究

熊本大地震2016のあと

国土交通省、耐震化を巡る最近の動向2017

■ 防災拠点となる建築物の機能継続に係るガイド

項目(案)	主な記載内容(案)
機能継続の目標	・地震後の機能継続について、 建築主・建築基準法 で想定する大地震(震度)
立地計画・建築計画に関する事項	○立地計画 例) 地震や敷地を踏襲した 敷地の選 ○建築計画 例) 災害時に機能を確保すべき室の
耐震性能に関する事項	○構造躯体の耐震性能 例) 地震により 構造躯体が損傷しないよう、変形を一定以下に抑える設計 とする 等 ○非構造部材の耐震性能 例) 地震により生じる 構造躯体の変形や慣性力に対して、脱落等しない外装材 を選択する 等 ○建築設備の耐震性能 例) 地震により生じる 構造躯体の変形や慣性力に対して、脱落・転倒を防止 するとともに、 設備の機能維持や修復容易性を確保 する。



公立小中、建物より2割超低い71%
学校耐震窓や照明後手

文科省が促す学校の非構造部材の耐震化
文科省は、公立小中、学校の耐震化を促す。非構造部材は、窓や照明の後手など、建物本体とは異なり、地震による揺れで壊れやすい。文科省は、これらの部材の耐震化を促す。文科省は、公立小中、学校の耐震化を促す。非構造部材は、窓や照明の後手など、建物本体とは異なり、地震による揺れで壊れやすい。文科省は、これらの部材の耐震化を促す。

2016. 2 朝日新聞記事より

【超高層】 非構造の耐震化を実現するには

構造の耐震性 > RC造、S造、木造、SRC造

非構造の耐震性 > RC造、S造、木造、SRC造

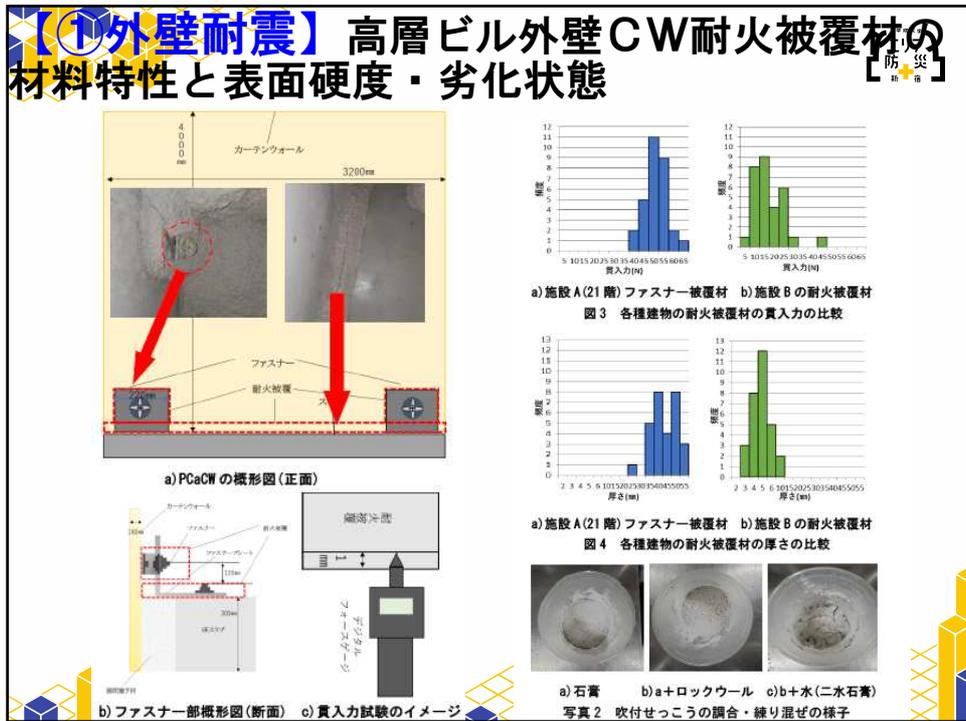
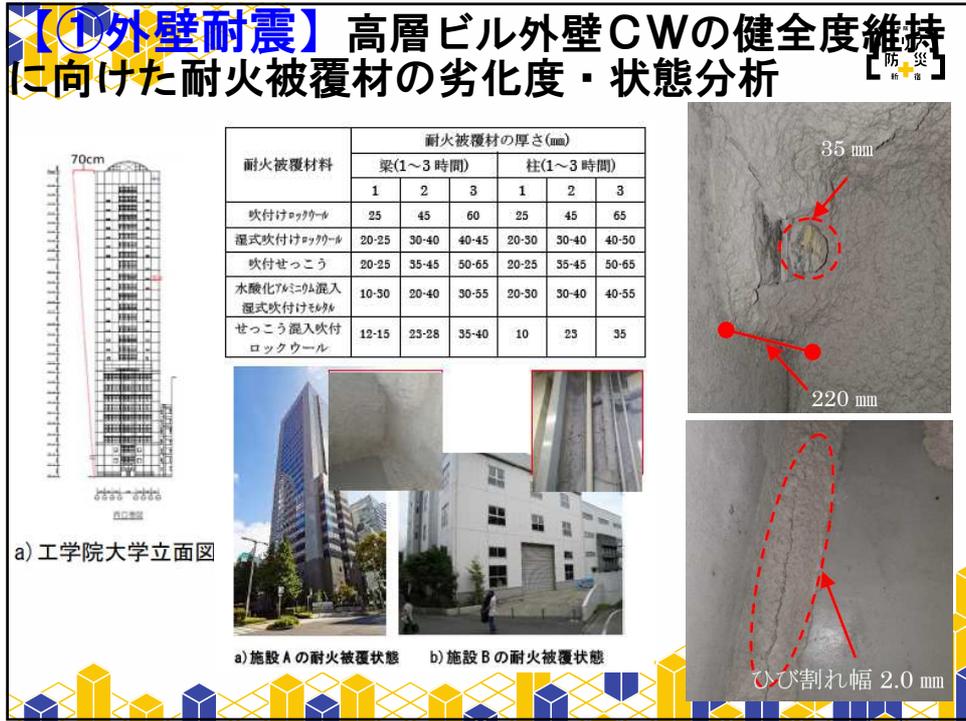
- × 部位 (屋根, 天井, 外壁, 内壁, 床)
- × 部位用途 (構造材, 下地材, 仕上材, 機能材)
- × 材料 (コン, タイル, ALC, ECP, ガラス, LGS, 石膏B他)

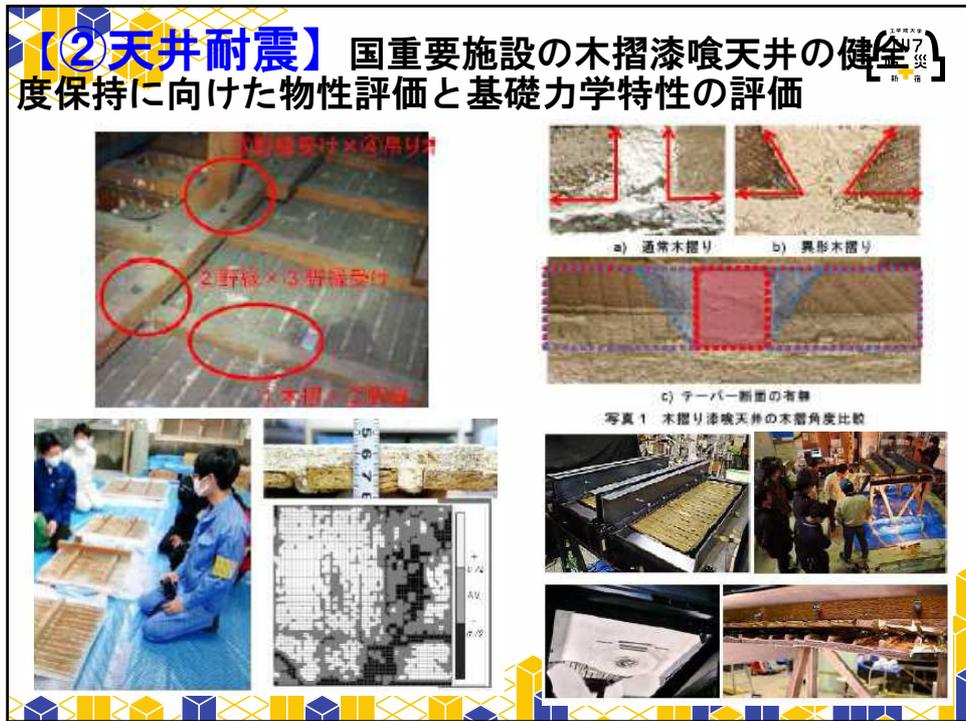
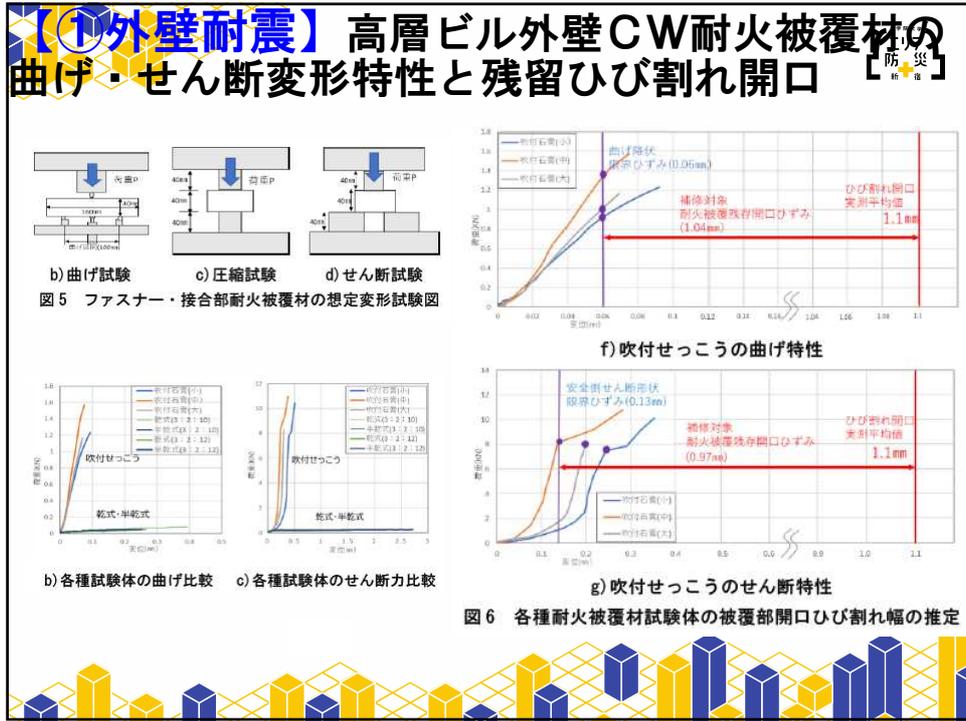
3
×
5
×
4
×
7
↓
420

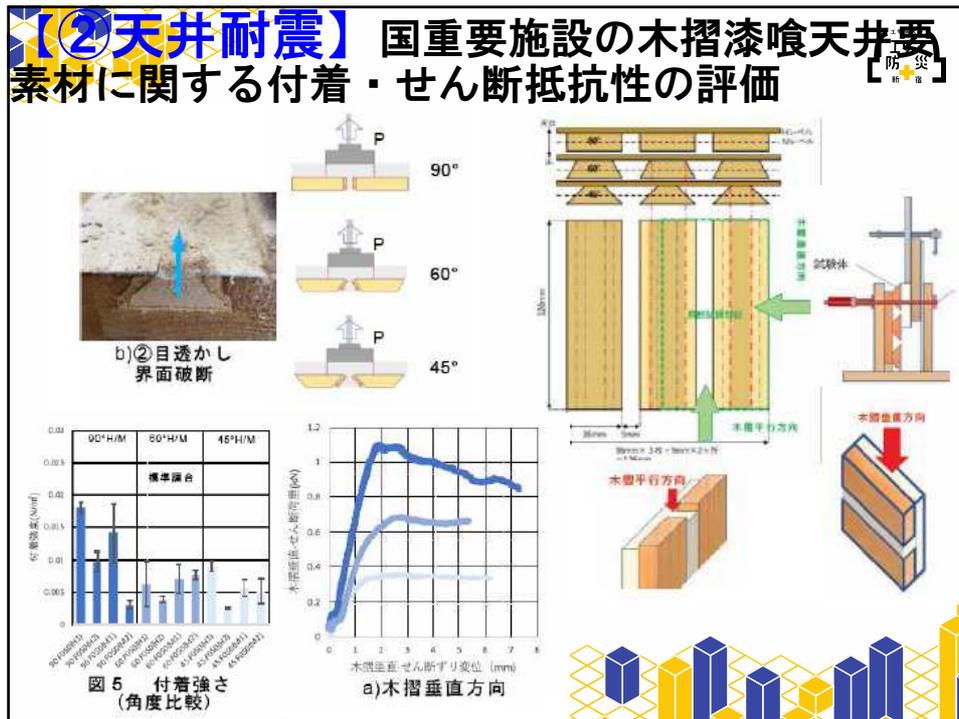
【超高層】 構造・非構造材のSDGs接点の広がりが

廃棄物利用指向コンクリート部材、非構造仕上材の長期耐久性
(2021.3月 鈴木澄研、田村研 日本建築学会関東支部研究報告15本)

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS







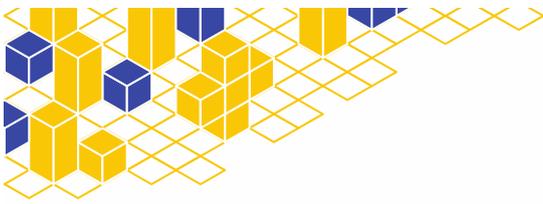
【工7防災研】

テーマ2 機能継続・早期復旧を可能とする大地震対策建築モデルの開発 まとめ

テーマ2を下記6つのサブテーマで具体化し、研究を実施できた。

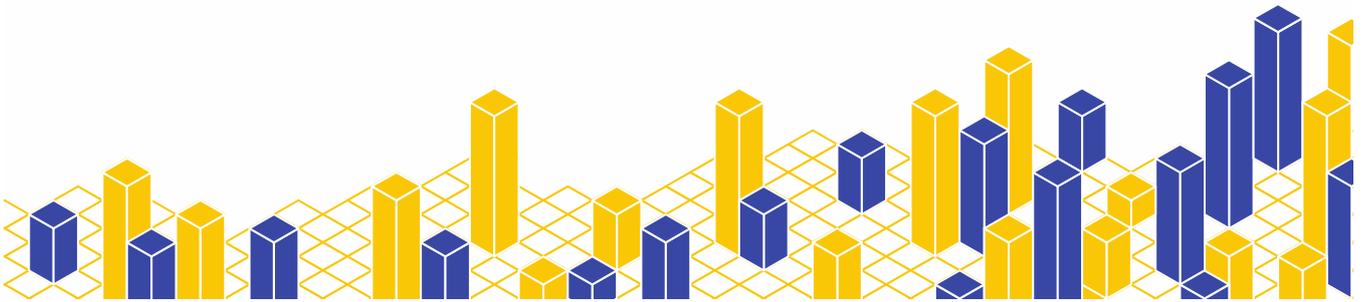
- (A) 強震動予測手法の高度化
- (B) 活断層ごく近傍の建物被害と対策
- (C) 年代の古い鉄骨造高層ビルの構造、非構造両面に関する被害低減法とその効果の評価
- (D) 避難所となる体育館の地震応答評価と被害低減策
- (E) 西新宿エリアにおける水ライフラインの現状
- (F) 高層ビル外装材の劣化診断と落下防止等

研究成果が専門家に認知されるよう、テーマ2の各担当者は建築学会や技術者団体にて今後も積極的に情報発信を粘り強く続ける必要あり。



テーマ 3

エリア防災拠点をつなぐ 自立移動式災害対応支援ユニットの開発



D-ZEVの地域防災拠点での役割



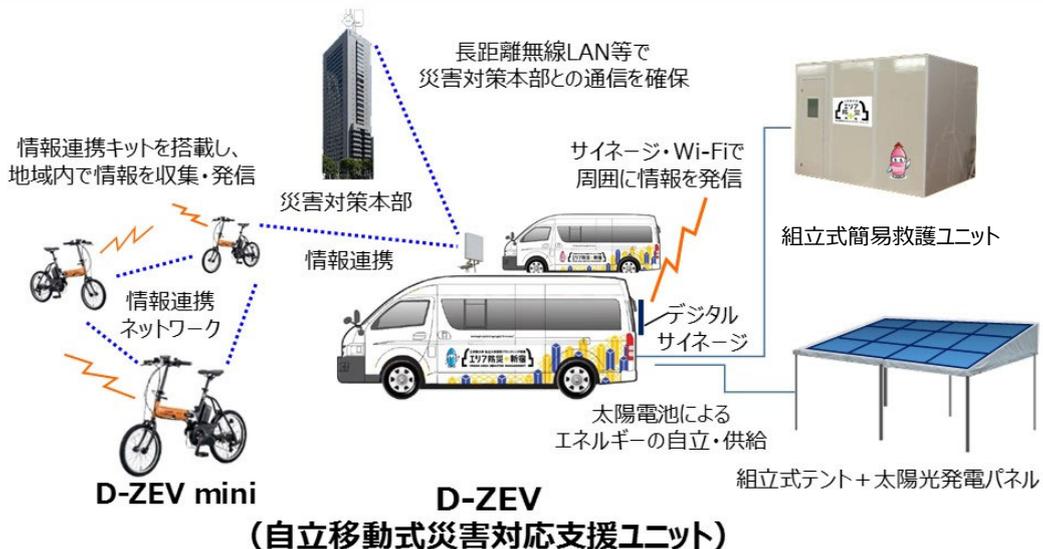
地域防災拠点の課題

- ・ 情報収集・発信
- ・ 地元住民や帰宅困難者の受け入れ
- ・ 救急救護



課題への対応

- ・ 情報収集・発信
- ・ 最低限のエネルギー供給
- ・ 救急救護のサポート



研究体制

中島 裕輔（建築学部教授） **リーダー**
水野 修（情報学部教授） **サブリーダー**
野呂 康宏（工学部教授）
横山 計三（建築学部教授）
柳 宇（建築学部教授）
富樫 英介（建築学部准教授）

- (1) エネルギー自立型の簡易救護ユニットの開発（横山・柳・富樫）
パッシブな環境調整技術の開発、安全な空気質環境の設計・開発
- (2) D-ZEV用の電源システムの開発（野呂）
防災拠点で短時間で設置・使用可能な太陽光発電・蓄電池ユニットの開発
- (3) D-ZEV・D-ZEVmini 用情報通信システムの開発（中島・水野）
可搬型通信機器による情報伝送システムの開発
- (4) 情報収集・提供システムの開発とその活用検討（中島・水野）
情報提供システムの開発、平常時・災害時の情報発信コンテンツの検討



3

エネルギー自立型の簡易救護ユニット の開発



4

研究経過概要

～2018年度

- ・電源供給及び各種情報と救護スペースの提供を可能とする2台のD-ZEVを製作。搭載する簡易救護ユニットや太陽電池、情報通信設備等も整備。
- ・簡易救護ユニットの水膜外皮による夏期熱負荷軽減手法の検証実験と、間接蒸発冷却器及び太陽集熱器、空気清浄機を組み込んだ実証実験を実施。
- ・平常時・非常時双方を想定した情報コンテンツ・デモ画面の開発を行い、新宿防災ウィーク期間にデモンストレーション実験を実施。

2019年度

- ・簡易救護ユニットではフラクタル日よけ活用の検証と、自立型空調システム機器の小型化・高効率化を実施。
- ・社会実装実験として、都心部の西新宿と住宅地の羽田地区の双方でコンテンツを開発し、防災訓練を利用した活用実験を実施。

2020年度

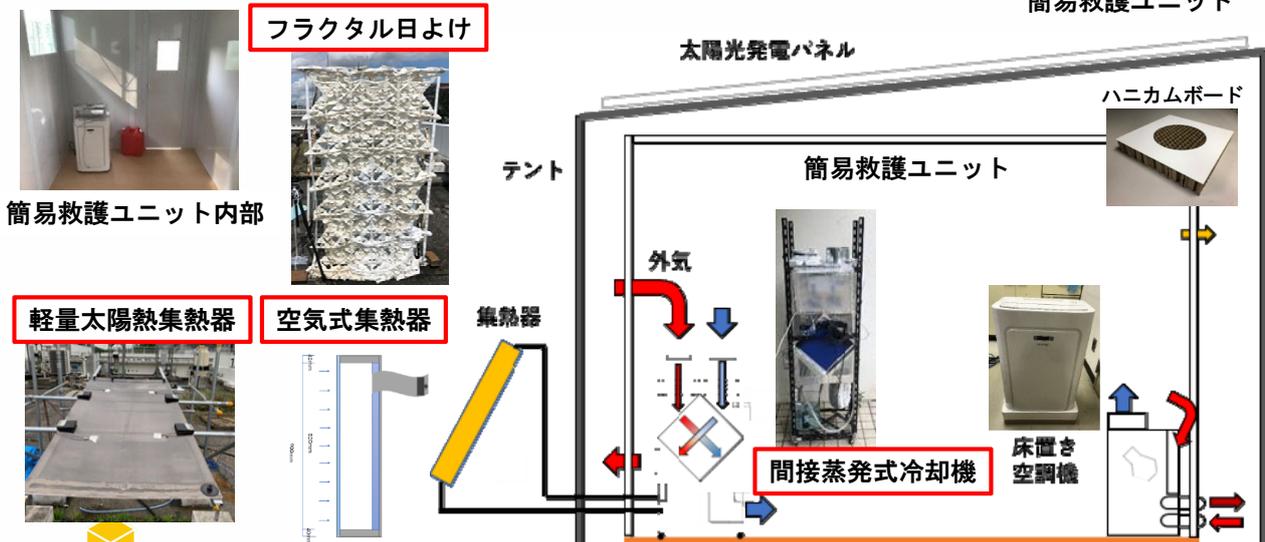
- ・簡易救護ユニットでは、軽量太陽熱集熱器、空気式太陽熱集熱器、間接蒸発冷却ユニットの開発・改良を実施し、シミュレーションにより総合性能を把握。
- ・避難所の空調・換気設備等の整備実態調査の実施、及び平常時・非常時の双方で機能する環境情報・快適度計測発信システムの開発を実施。

簡易救護ユニットの空調システムの検討

- 移動先に太陽光発電装置、太陽集熱装置および組立式簡易救護ユニットを設置し、その内部環境を調整する空調システムを検討する。
- 空調システムは、できるだけ現地のエネルギー源を用いず自立して行う。
- 空調システムの概要
 - ・床置小型空調機、間接蒸発冷却器、太陽熱集熱器を組み合わせたシステム。
 - ・小型空調機を太陽光発電による電力で運転し、外気処理を冷房時は間接蒸発冷却器で、暖房時は太陽熱により加熱を行う。
 - ・外気導入により、室内を正圧に保つように運転する。



簡易救護ユニット

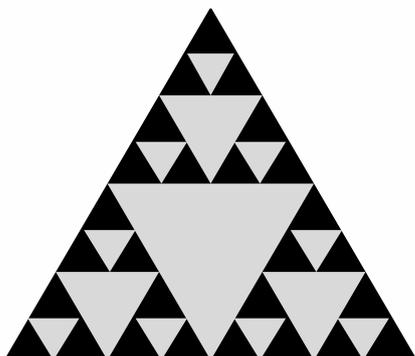


フラクタル日除けの日射遮蔽性能評価

- 全体と一部が相似形状となる
自己相似の特徴を持つ図形
- いくつかの**植物はフラクタルの性質**を持つことで知られている
- **木漏れ日に似た拡散光**を生み出すことを意図した日除け



簡易救護ユニットへのフラクタル日よけの設置

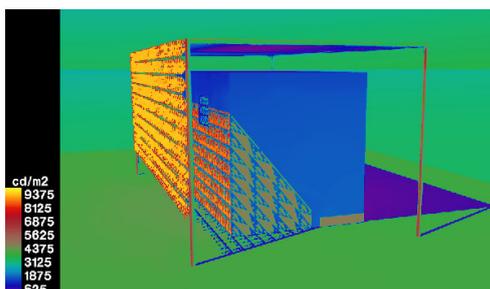
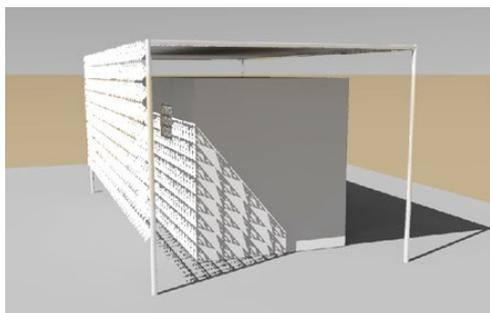


フラクタルの例
(シェルピンスキーの三角形)

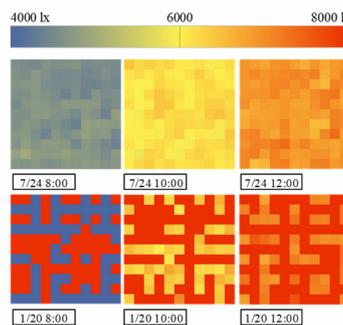


フラクタル日除けの日射遮蔽性能評価

時刻別にガラス面入射照度を計算することで複雑な日除けの日射遮蔽性能を定量評価した。



ユニット外表面への入射と輝度分布



ガラス面照度分布の計算結果

日よけの前後の平均照度と透過率

日よけ材料	日時	平均照度 [lx]		透過率
		屋外垂直面	日よけ内側	
完全黒体	7/24	8:00	10,474	44%
		10:00	27,633	22%
		12:00	33,680	21%
	1/20	8:00	24,472	48%
		10:00	60,582	58%
		12:00	69,165	58%
白色の布	7/24	8:00	10,474	46%
		10:00	27,633	25%
		12:00	33,680	23%
	1/20	8:00	24,472	51%
		10:00	60,582	60%
		12:00	69,165	60%

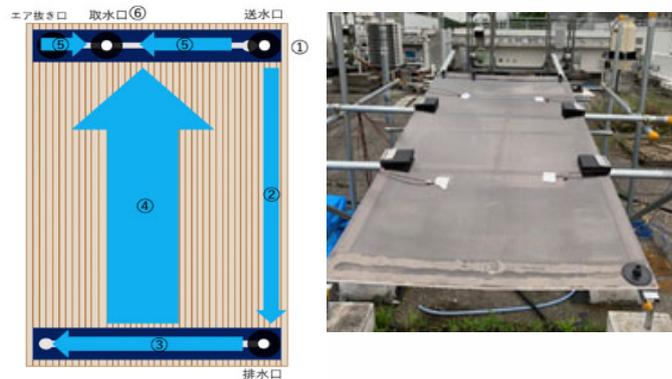
夏期には直射光の7割以上をカット可能

軽量太陽熱集熱器の開発

太陽熱集熱器の性能評価

- ・ 軽量型の集熱器として、NPO法人エスコットで考案されたプラスチック簡易コレクターを使用する。

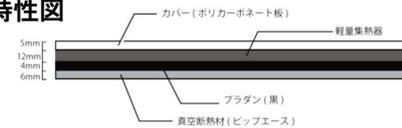
集熱器模式図と外観



集熱器仕様

項目	内容
集熱器形式	平板フレキシブル型・太陽集熱器
モデル名	ヒートル・パネル(NPO エスコット)
寸法	910x1810x4.5(受光面)
集熱器面積	1.66㎡(集熱面積 1.64±0.01㎡)
製品重量	2.7kg(満水時 8.7kg)
受光部材質	ポリカーボネート

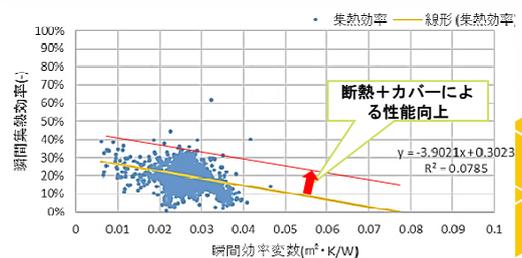
集熱特性図



実験結果

- ・ 日射量は最大約1000W/m²で、集熱量の最大は542Wであった。
- ・ 集熱器の出口温度は最大63℃(外気温+22.5℃)にまで上がり、入口温度との温度差も最大8℃になる。
- ・ 夜間は、放射量が大きくなり、入り口と出口の水温が逆転する。
- ・ 集熱効率は、断熱材のなし、白色、黒色をパネル裏面に張り付けたが、黒色断熱材を使用したときが最も大きく、最大で37%の集熱効率となった。

集熱特性図



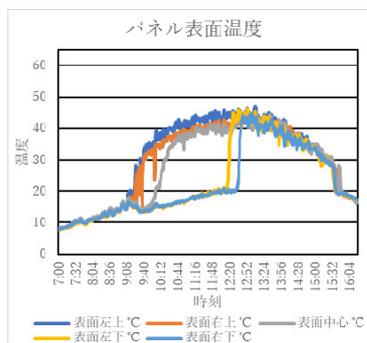
空気式太陽熱集熱器の開発

空気式集熱器として、前面から集熱板のパンチングを通して、空気を吸込み太陽熱で昇温する装置を試作して、性能評価を行った。

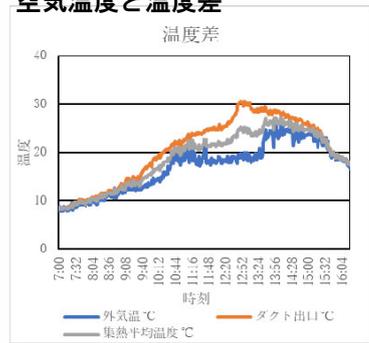
集熱器模式図と外観



計測結果：表面温度



計測結果：吸い込み、吐出空気温度と温度差

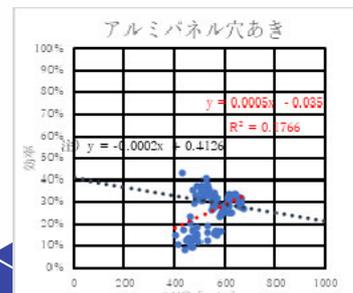


実験結果

- ・ 外気温度が約25℃に対して、表面温度は約45℃、内部温度は約35℃、給気温度は約30℃であった。
- ・ この時の集熱効率は20%から45%程度であった。

空気式集熱器は、水を使用しないので、漏水や凍結の問題がないという特徴がある。
一方、蓄熱が難しいというデメリットもある。

集熱特性図



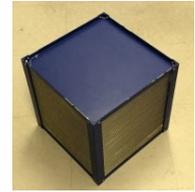
間接蒸発冷却ユニットの開発

間接蒸発冷却ユニットの性能評価

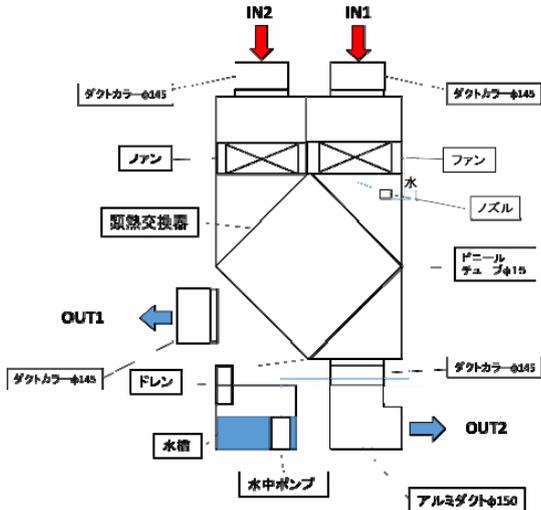
- ・ 空気中に水噴霧を行うことで空気を冷却し、顕熱交換機を通して噴霧していない空気の冷却を行う。
- ・ 最も冷却能力が高かったのは外気条件35℃、風量250m³/h(風量比100%)、温度差7℃で0.59kWである。
- ・ この時、消費電力が約80Wなので、COPは7.4となった。

間接蒸発冷却器仕様

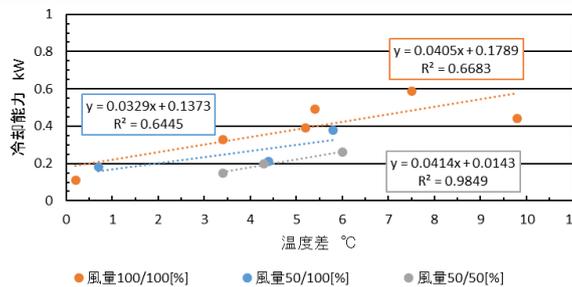
	ドライチャンネル	ウェットチャンネル
風量	max 500 m ³ /h	max 500 m ³ /h
水噴霧量	—	max 300 mL
冷却熱量	0.6 kW (温度差10K時)	
外形寸法	430×1380×430 mm	
電力	ファンMAX140W×2 ポンプ11W 運転時 80W以下	



顕熱交換器



間接蒸発冷却器構成



簡易救護ユニット関連の研究成果

1. 簡易救護ユニットのパネル熱特性把握
 - 厚さ31mmのハニカムボードの熱流計測により熱伝導率を計測
 - 熱伝導率0.111W/mK、熱貫流率2.23W/m²K (表面熱伝達率8 W/m²K、23W/m²K)
2. フラクタル日よけの特性把握
 - 外部において断熱箱と日射計により日射遮蔽率を計測
 - 日射遮蔽率：33.6%
3. 軽量太陽熱集熱器の特性把握
 - 中空ハモニカ構造のポリカーボネート板+アクリルカバー+断熱材
 - 重量：約3kg+9kg (透明ポリカ板)、厚さ：27mm
 - 集熱効率：30.1%から45.1%に上昇 ($\eta = -3.9021x + 0.3023$)
4. 空気式太陽熱集熱器の特性把握
 - 前面パンチング孔吸込み型、垂直設置
 - 集熱効率： $\eta = -0.0002S + 0.4126$ (S:日射量)
5. 間接蒸発式冷却機の試作と特性把握
 - 冷却能力：0.59kW、COP：7.4 (温度差8℃)
6. シミュレーションによる総合性能把握
 - 東京における年間の空調システムの能力について評価
 - 冬期の夜間に外気導入を停止すれば、上記の組み合わせで年間対応できる。

D-ZEVの社会実装実験



13

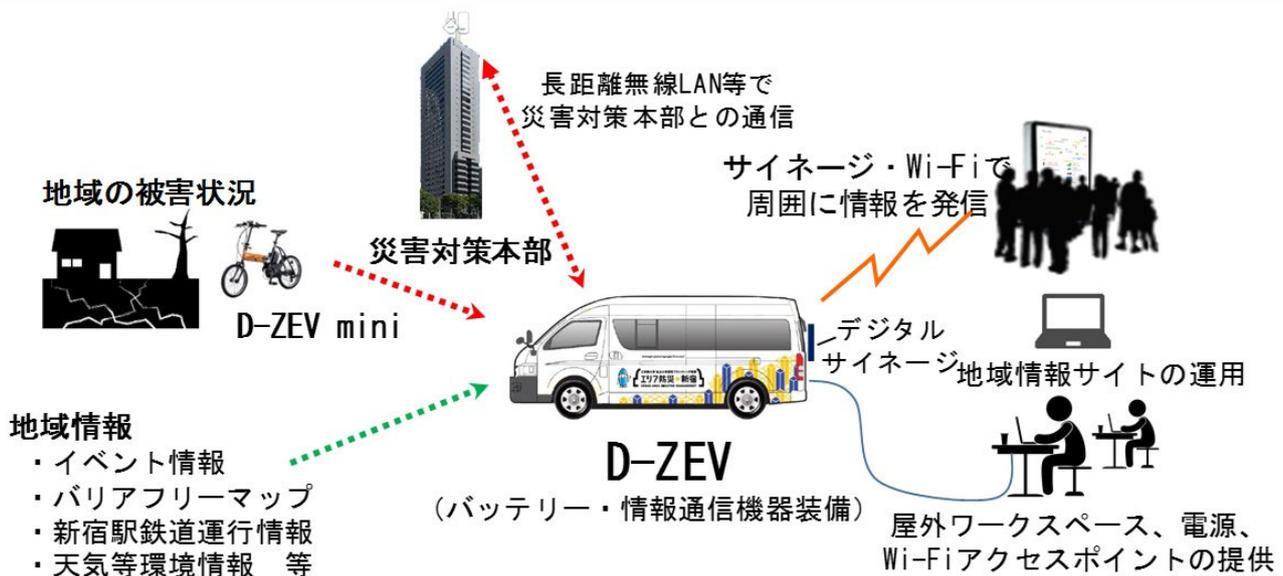
D-ZEVを活用した情報共有システム

非常時

D-ZEV miniで地域情報を収集し
サイネージ・Wi-Fiで情報発信

平常時

地域情報サイトでの情報発信や
イベントでの電源やWi-Fiの提供

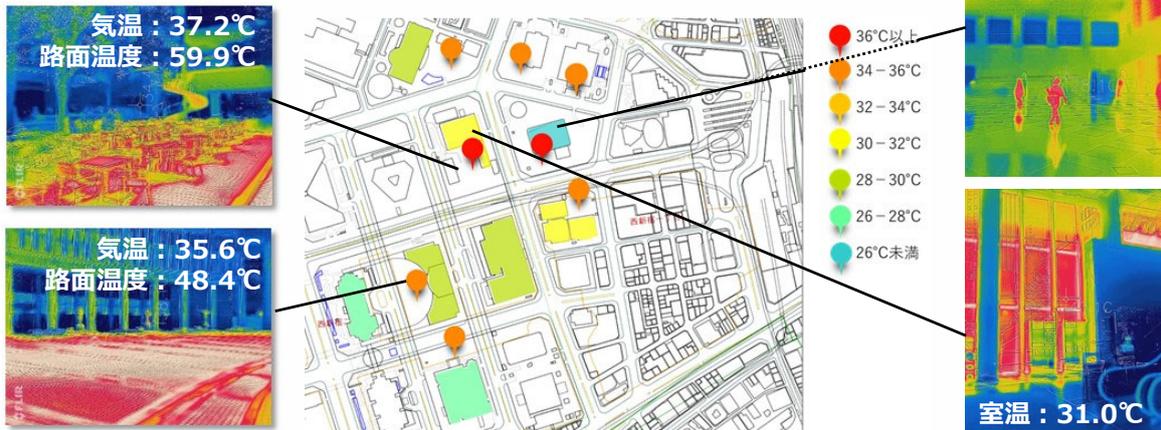


14

新宿駅周辺エリアにおける温熱環境実測



8月7日 13:00の温熱環境マップ



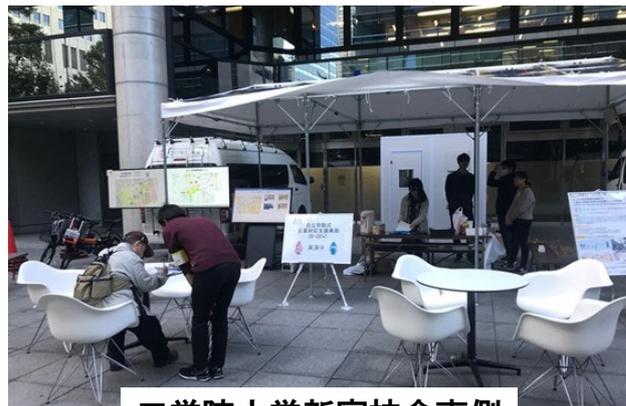
屋外の最高気温は37.5°C、路面温度も約60°Cで、**熱中症の危険性は大きい**。
 屋内のエントランスホールでは24.9°C～31.4°Cと、**空調温度の違いは大きい**。

平時から新宿駅周辺エリアの温熱環境情報を発信することは、**熱中症対策行動の促進やビルの省エネ喚起にも有効**と言える

デモンストレーション調査 (都心部：西新宿)



新宿中央公園



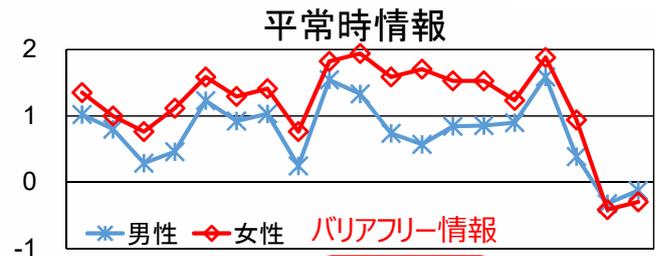
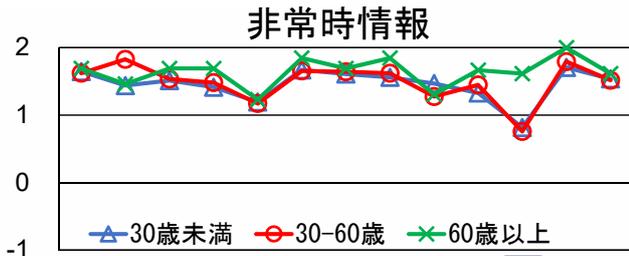
工学院大学新宿校舎南側



新宿防災Week 2019/11/8~18



デモンストレーション調査（都心部：西新宿）



- 地震・台風・豪雨
- 鉄道の運行情報
- 地域の被害状況
- 電源スポット
- 避難勧告・指示
- 避難経路
- 退避施設
- 避難所
- 広域避難場所
- 温熱環境マップ
- トイレ
- 多目的トイレ

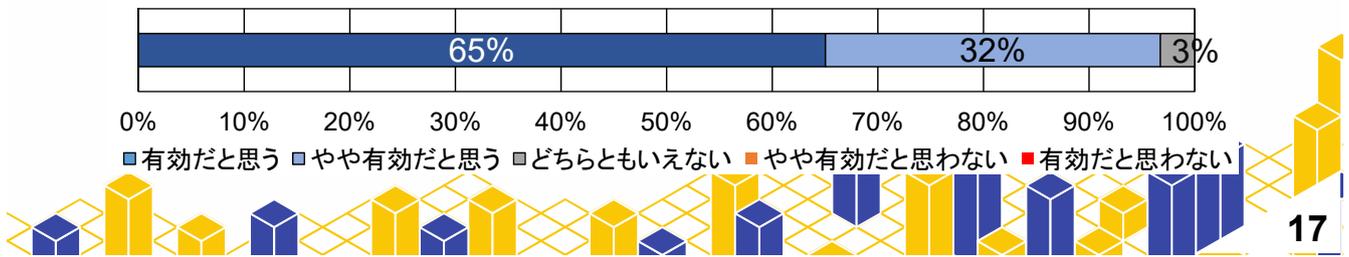
- 天気
- 温度・湿度
- 温熱環境マップ
- バス停の場所
- 鉄道運行情報
- 避難所マップ
- 退避施設マップ
- 温熱環境マップ
- 多目的トイレ
- エレベーター
- 授乳室
- おむつ替え
- 携帯充電場所
- AED
- ロッカー
- 喫煙所
- 観光情報

60歳以上の必要度大(温熱環境マップの差も大)

女性のバリアフリー情報の必要度大

システム総合評価

→ 全体の97%が有効、やや有効と回答



木密市街地向けの表示コンテンツの製作

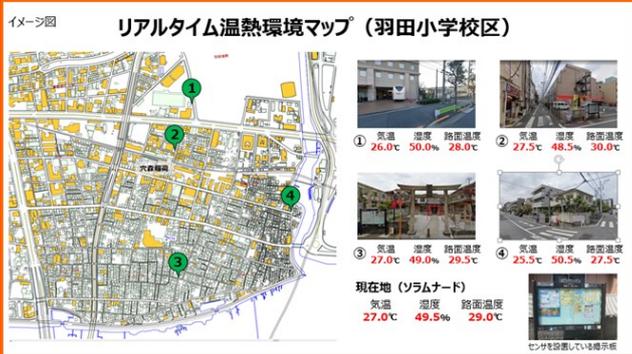


発信するコンテンツ	
地域の環境情報	天気情報
	リアルタイム温熱環境マップ
地域の交通情報	大田区鉄道運行情報
地域の防災情報	防災マップ
	水害ハザードマップ
	火災危険度マップ
	建物倒壊危険度マップ

防災意識・知識の向上



熱中症対策



デモンストレーション調査（住宅地：羽田地区）



羽田地区5町会合同防災訓練 2019/11/17
（大田区立羽田小学校にて）



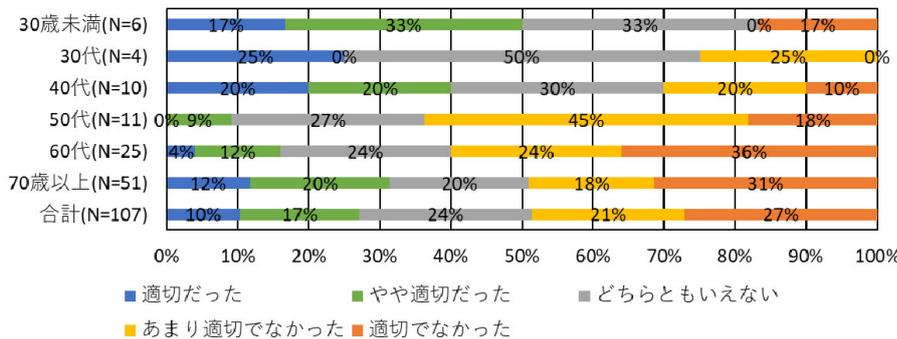
アンケート回答者数：訓練参加者120名



デモンストレーション調査（住宅地：羽田地区）



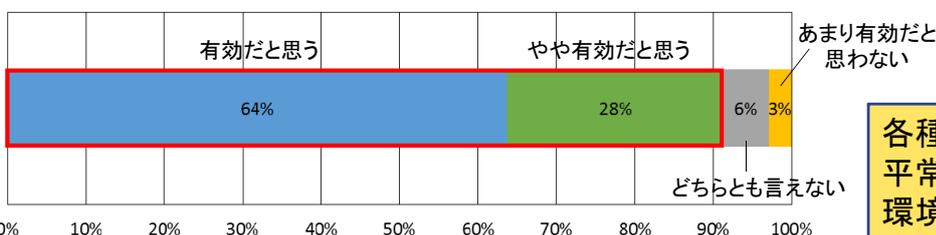
台風19号上陸の際の、避難所の開設情報は適切だったか



適切：27%
＜不適切：48%

特に50代以上で
適切でなかった
との回答が多い

D-ZEV・D-ZEVminiシステムの有効性



有効の回答が
9割以上

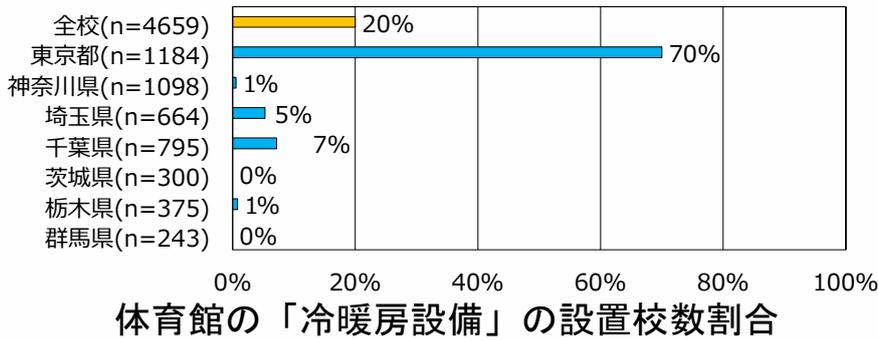
各種ハザードマップの
平常時の必要度、温熱
環境マップの有効性も
高い結果であった



避難所の空調・換気設備等の整備実態調査



(関東1都6県148自治体アンケート調査結果)



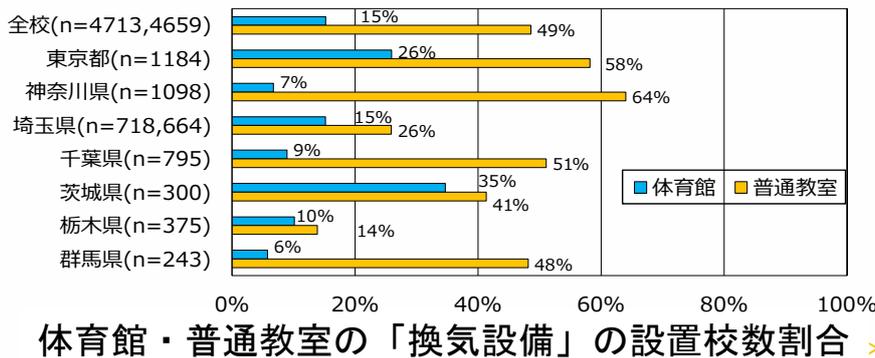
避難所となる小中学校の体育館について

【冷暖房設備】
東京都の設置率70%は例外的で、他の県ではほぼ未設置。

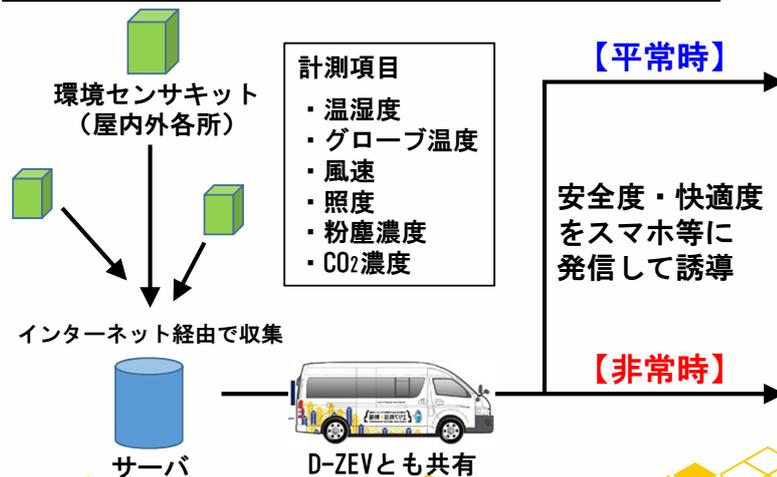
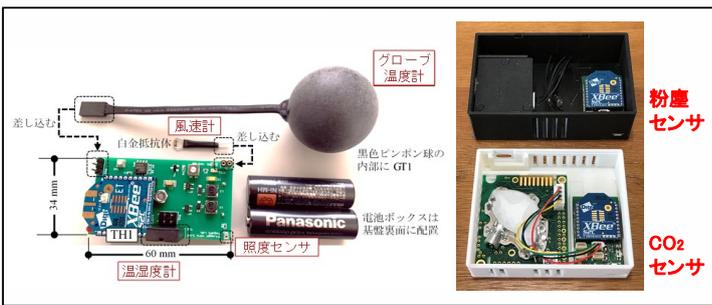
【換気設備】
設置率の平均は15%。



真夏や真冬の環境悪化は避けられず、コロナ禍での受入れはリスクも大きい。
環境状況の把握と設備・電源の整備が不可欠。



環境情報・快適度計測発信システムの開発

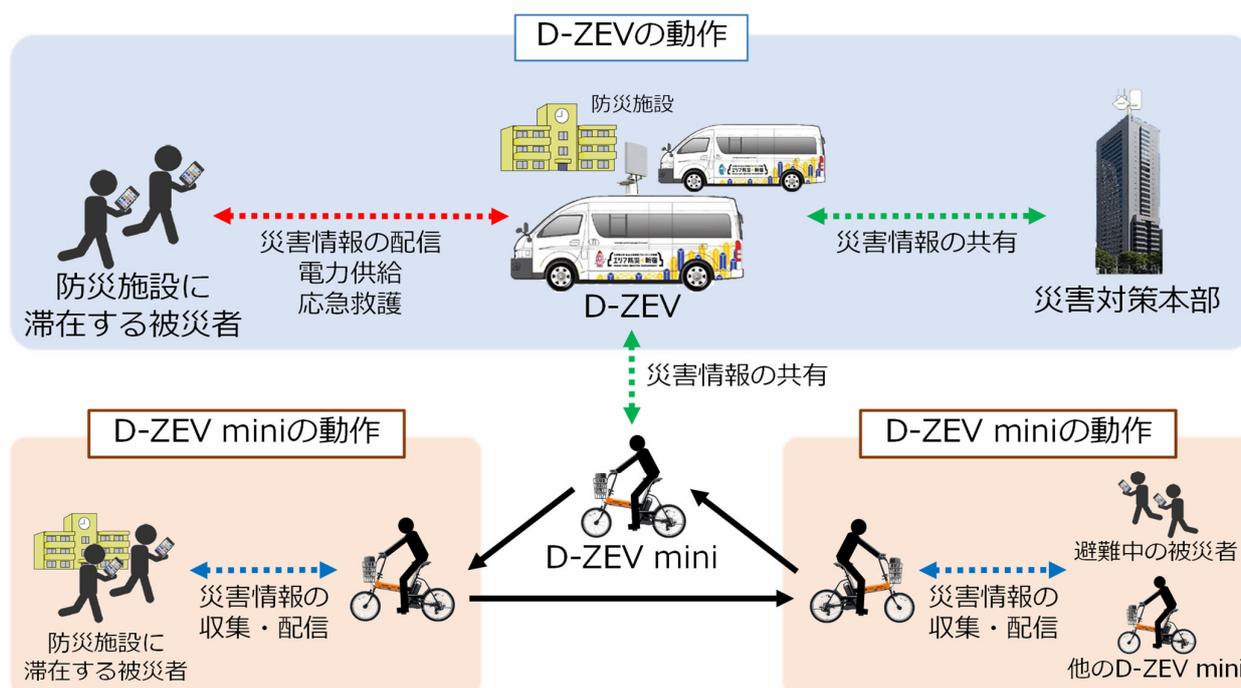




D-ZEVの通信システム



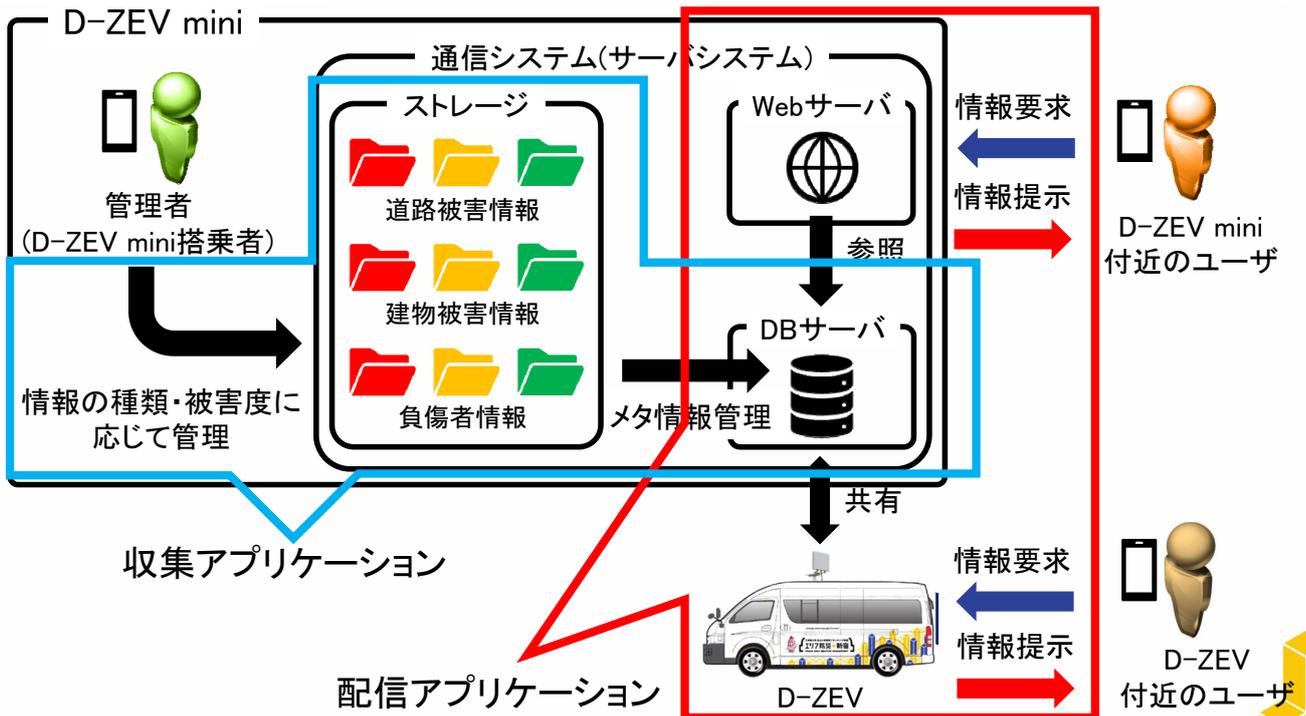
D-ZEVとD-ZEV miniのネットワーク概要



研究概要

年度	D-ZEV	D-ZEVmini
2016	基本システムの仕様決定	
2017	<ul style="list-style-type: none"> 基本システムの開発 運用方法の策定 	<ul style="list-style-type: none"> 基本システムの開発 データの疎通確認
2018	<ul style="list-style-type: none"> ユーザインタフェース関連のソフト開発 防災イベントでの展示と評価 	<ul style="list-style-type: none"> 基本システムの改良 情報共有に関する基本データの収集
2019	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集配信アプリケーション開発と情報提供の汎用化 防災イベントでの展示と評価 	D-ZEVmini間の情報共有手法の提案と評価モデルの策定
2020	平常時で活用するための追加開発	D-ZEVmini間の情報共有手法の改善と評価

システムの動作



平常時に提供する情報

・新宿区の天気予報

OpenWeatherMap APIを用いて新宿区の天気予報を表示

・西新宿エリアの温熱環境データ

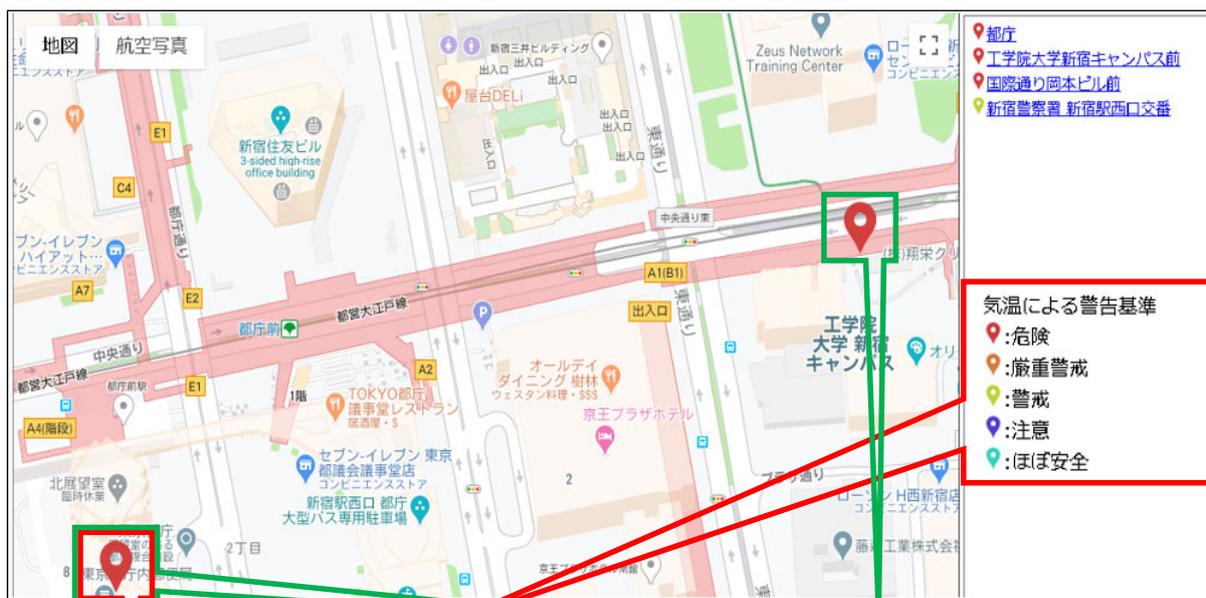
- ・西新宿エリアに設置したセンサノードから収集
- ・新宿駅前ロータリや西新宿エリアの路地などで測定
- ・センサノードから収集される情報

気温, 湿度, 路面温度, 風速

・西新宿エリアの情報

- ・スロープ
- ・エレベータ
- ・多目的トイレ
- ・オストメイト対応トイレ

温熱情報閲覧ページ



センサノードの気温を参照し、警告基準に従ってアイコンが変化

タップすることでセンサ周辺の情報を記したページに遷移

提案システムの評価実験



• 評価目的

災害情報提供システムおよびシステムの平常時利用の有効性の検証

• 評価方法

1. 外部サーバに作成した災害時/平常時の情報閲覧ページを公開
2. 回答者はスマートフォンやパソコンで外部サーバにアクセスし，災害時/平常時の情報閲覧ページを操作
3. その後，Google フォームで災害時/平常時の情報閲覧ページに関するアンケートに回答

• 回答者

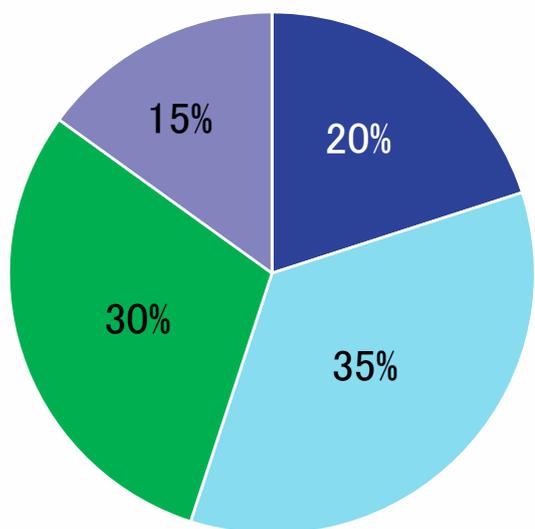
20代の大学生(20人)



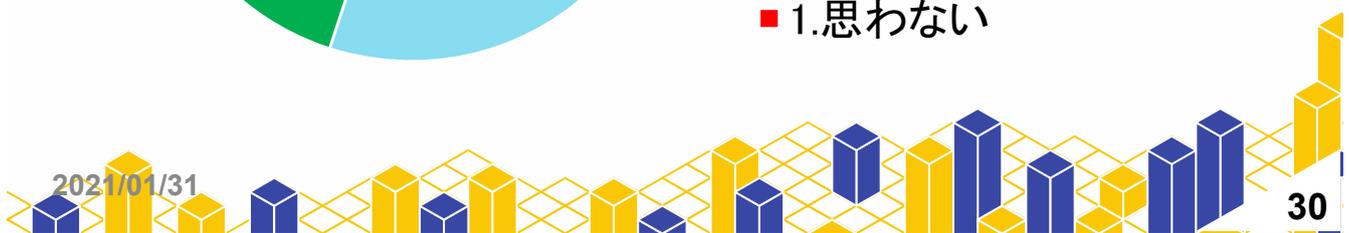
平常時の情報閲覧ページの結果



Q. 平常時の行動判断に役に立つと思うか



- 5. 思う
- 4. どちらかというと思う
- 3. どちらともいえない
- 2. どちらかというと思わない
- 1. 思わない

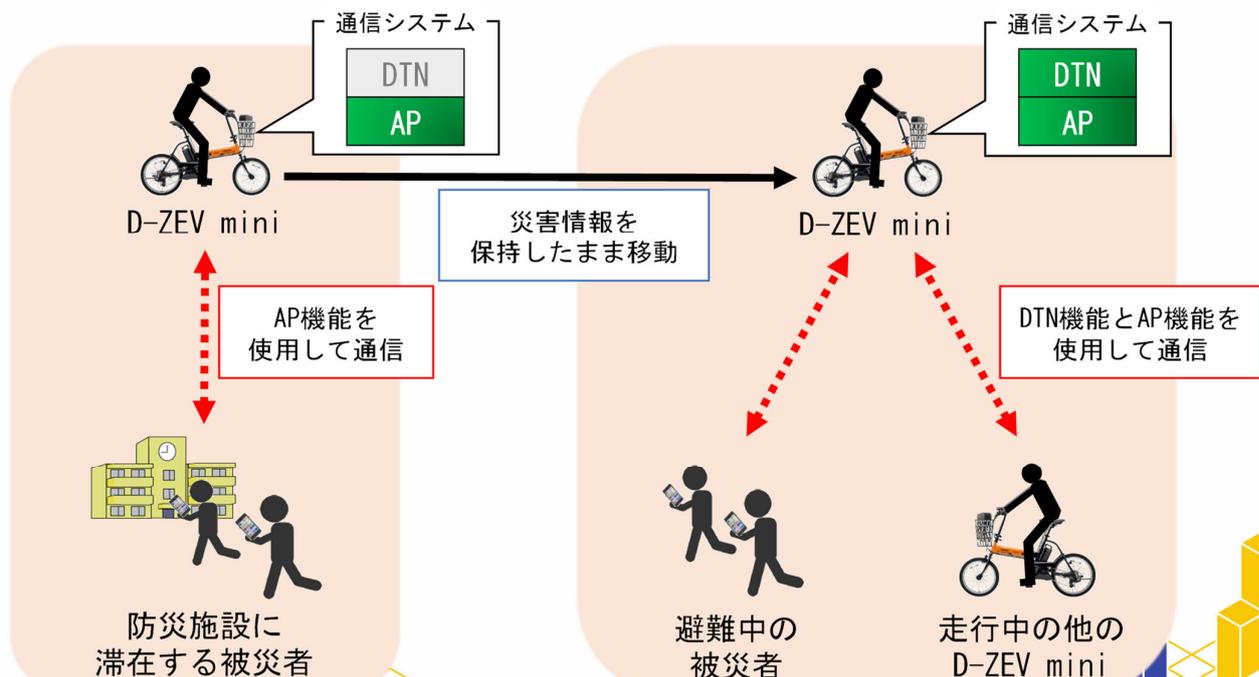


平常時の情報閲覧ページへの意見

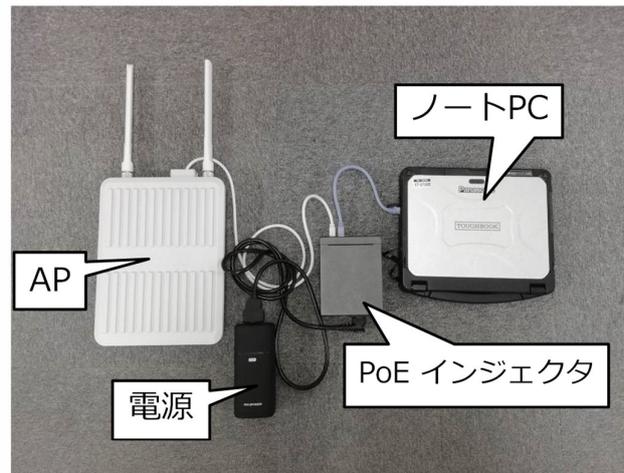
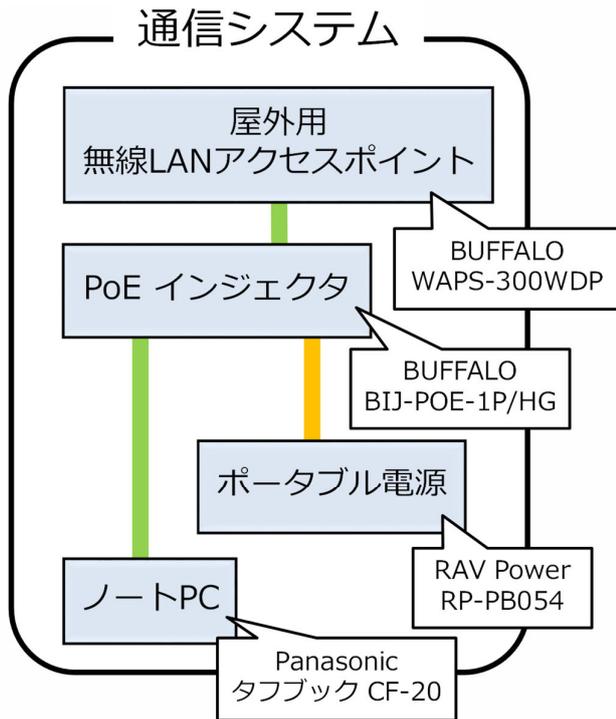
- ページ上に表示したコンテンツの意図がわからない
- ➡ 掲載コンテンツを活用した行動指針を表示
- 平常時における気温の警告が何に有効かわからない
- ➡ 気温での行動指針を簡易的に理解できるように表示
- Google Mapsで使用するアイコンが位置情報を示しているように見えるため、変えた方がいい
- ➡ 地図上でアイコンを目立たせるため、色と立体感のあるデザインに変更

D-ZEVminiの通信システム

Delay Tolerant Networking (DTN) 機能を実装した無線LANアクセスポイント (AP)



通信システムの構成



D-ZEV miniが扱う情報

名称	形式	被害度	状態	詳細
道路被害情報	JPG, メタデータ	高	通行禁止	新宿駅周辺の道路の 損壊状況を表示する
		中	歩行者通行可能	
		低	車両通行可能	
建物被害情報	JPG, メタデータ	高	全壊	新宿駅周辺の建造物の 損壊状況を表示する
		中	大規模半壊	
		低	半壊	
負傷者情報	JPG, メタデータ	高	要救助手配	新宿駅周辺の被災者の 負傷状況を表示する
		中	避難誘導	
		低	自力で避難	

D-ZEV miniの情報共有

DTNを用いた「すれ違い通信」：

1回で20MB程度のデータ転送が可能

- 通信可能時間が短いため、被害度の高い情報が宛先に到達しない恐れ
- 被害度の高い情報の送信を優先した場合、被害度の低い情報が送信されない恐れ

データリンクでの再送制御(TCP)の悪影響の恐れ



被害度を考慮した災害情報共有方式を提案

- ・被害情報優先共有方式
- ・重み付け被害情報優先共有方式

UDPを利用し、アプリケーションで再送制御



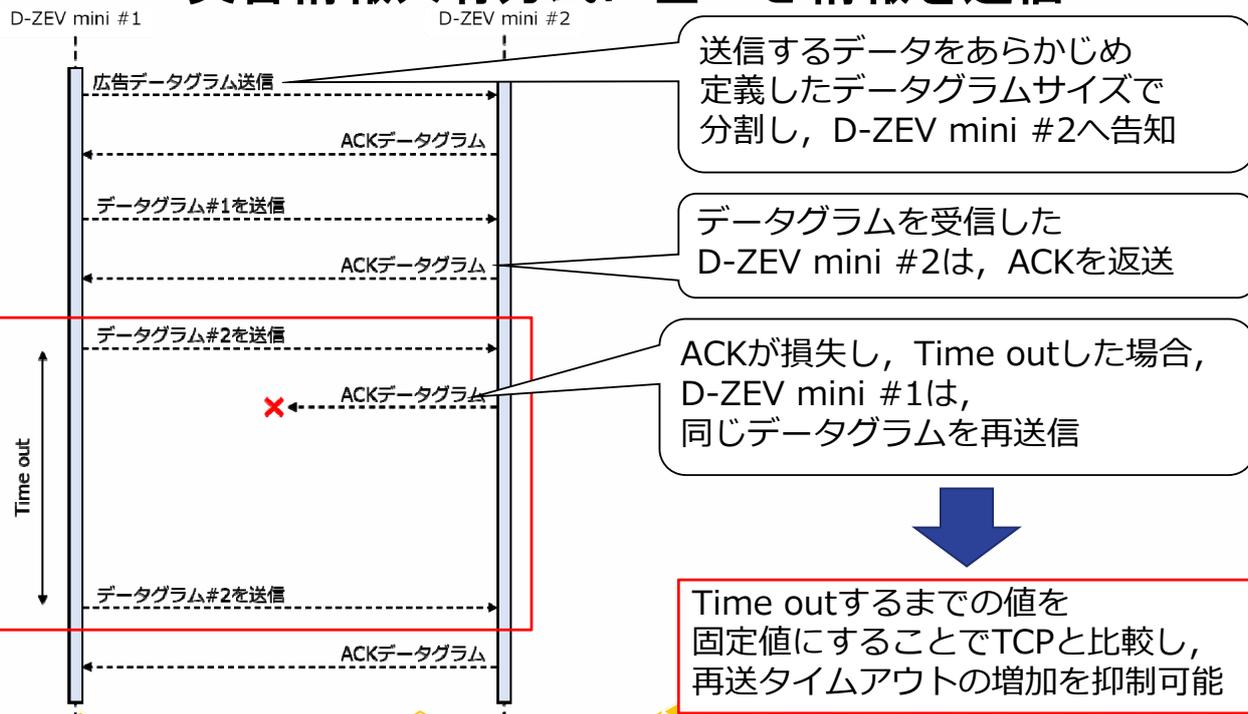
災害情報共有方式

- ・被害情報優先共有方式:
被害度の高い情報の共有を目的
 - ・1回に送信する情報量を閾値 th として設定し、被害度の高い情報から送信
 - ・閾値 th を越えたら制御メッセージを送信し、送信動作から受信動作に切替え
- ・重み付け被害情報優先共有方式
被害度の高い情報の共有を優先しつつ、被害度の低い情報の共有もすることを目的
 - ・被害度ごとに閾値を設定(e.g. 閾値 th_H, th_N, th_L)
 - ・閾値 th_H , 閾値 th_N , 閾値 th_L の順に情報を送信
 - ・閾値 th_L まで情報を送信後、制御メッセージを送信し、送信動作から受信動作に切替え

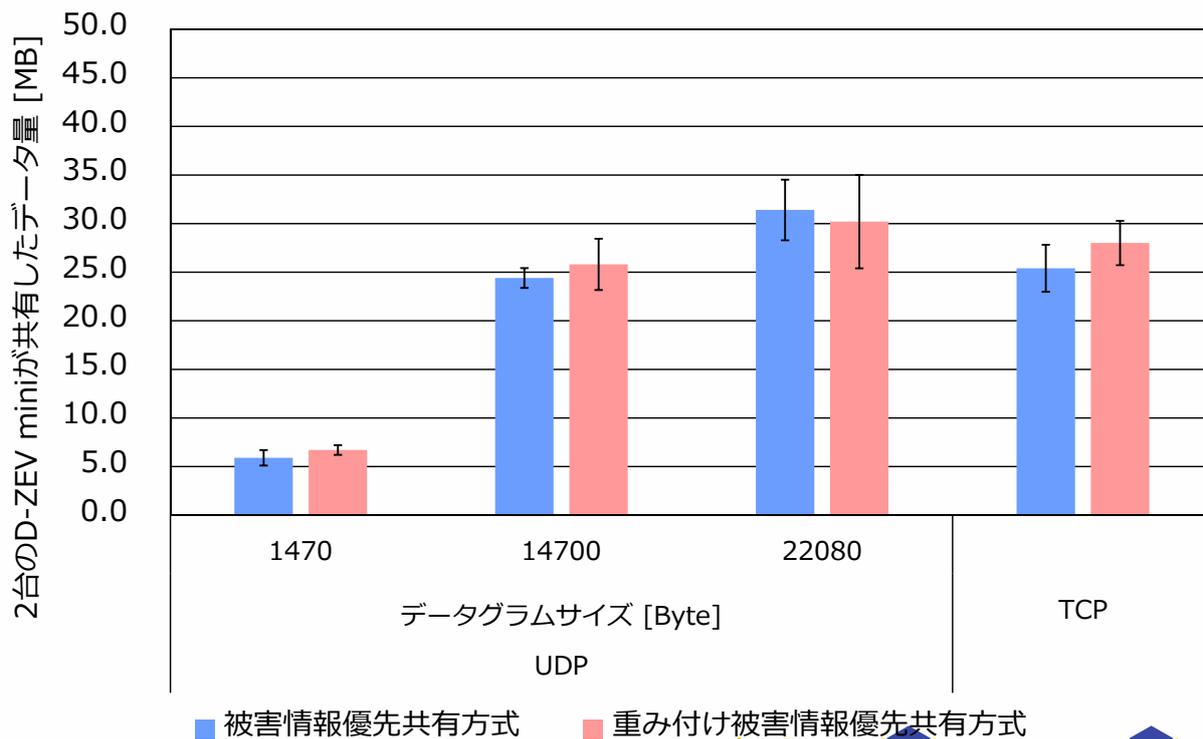


UDPを使用した災害情報共有方式の動作

災害情報共有方式に基づき情報を送信



TCP/UDPの災害情報共有方式の結果



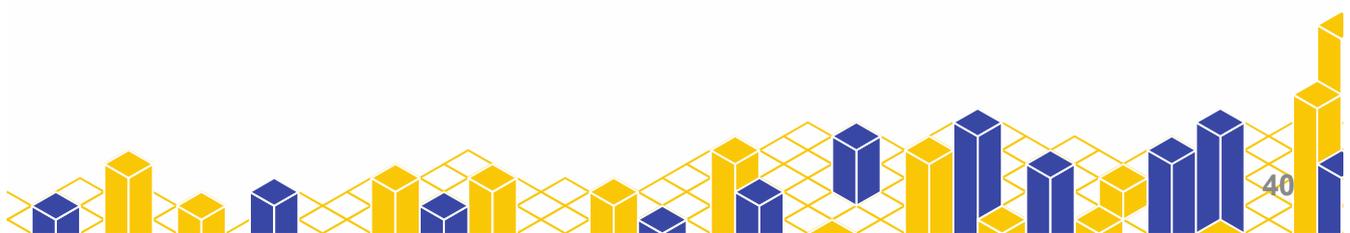


通信システムのまとめ

- 本年度は，平時の活用法の検討やおよびデータ伝送の効果化を検討した。
- 今後は，他の災害の活用やスマートフォンへの実装を検討する。



D-ZEVの電力供給システム



研究概要

～2017年度

- ・ 構成要素（太陽光パネル、蓄電池、インバータ等）の必要容量をシミュレーション等にて決定
- ・ 構造の検討、仕様の整理を経て最小構成のシステムを試作

2018年度

- ・ 試作品の太陽光パネル発電量や負荷設備消費電力を計測分析し、設備容量の妥当性を検証
- ・ 改善点の抽出→改造および追加の太陽光パネルを製作
- ・ 電源監視制御システムの検討

2019年度

- ・ 追加製作分を含めての組合せ試験
- ・ 太陽光発電の発電量の増加方法の検討

2020年度

- ・ 小型風力発電の接続検討



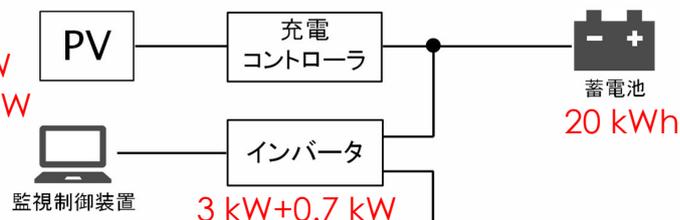
41

電力供給システムに要求される条件・構成

- ・ 簡易救護所の運営や情報通信に必要な電力供給が可能
- ・ 停電しても1週間程度、自立的に電力供給が可能
- ・ D-ZEV本体に搭載が可能
- ・ 地域防災拠点にて、短時間で設置が可能

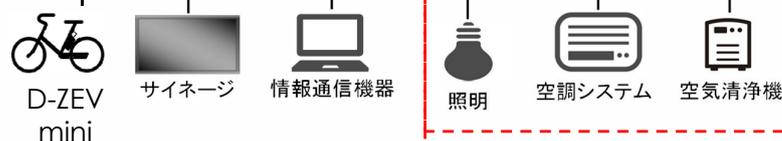
電力供給システム

2017年度 2.8 kW
2018年度 +2.5 kW



情報通信システム

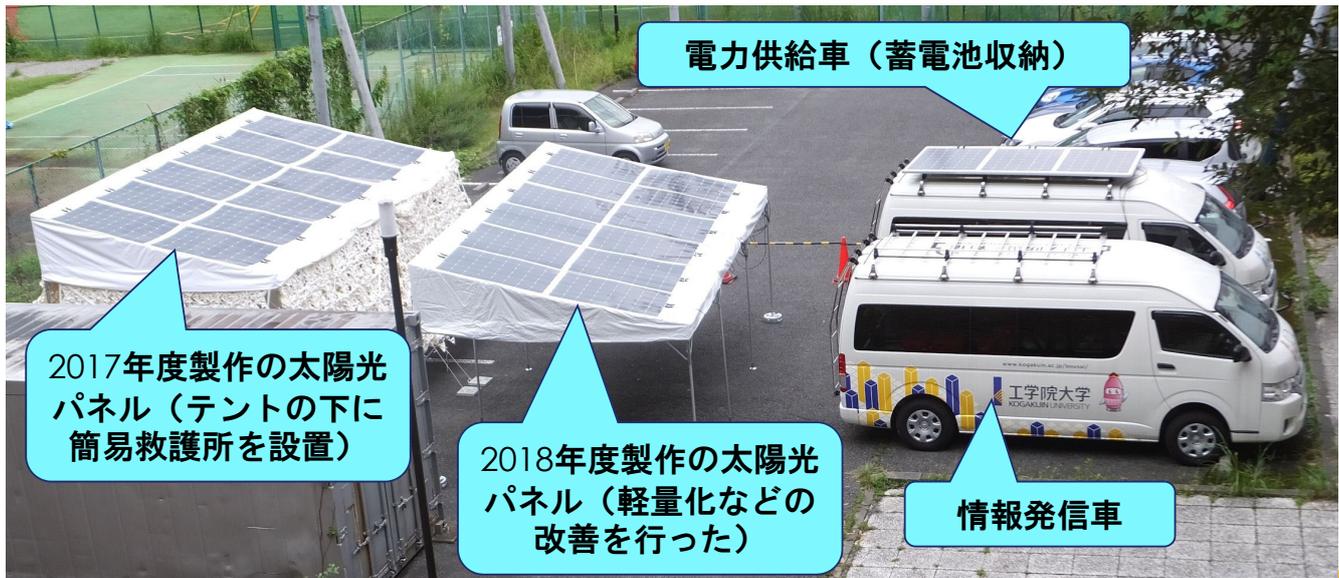
簡易救護所



42

電力供給設備の組合せ検証

システム全体を展開した状態



組合せ試験時に蓄電池の故障が判明し、原因調査の上故障が起こりにくくなるよう運用方法の改善を検討した



電力供給設備の収納状況

保管時および移動時の収納状況（全てを収納できる）



電力供給車

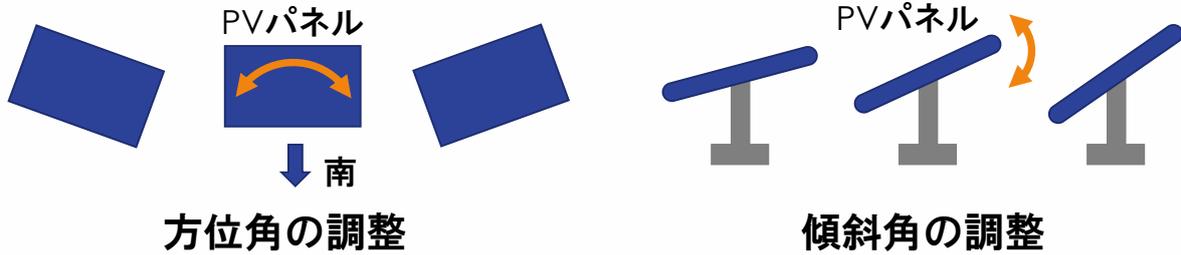


情報発信車



太陽光発電量の増加策の検討

太陽光パネルの方位角や傾斜角を可動式とすることによって少ない太陽光パネルで発電量を増加させる方法の効果を検討



評価指標

1年間の各日からスタートして1週間分の発電量・総需要のシミュレーションを行い、発電量が不足する週数を求める(=B)。目標達成率Aを評価指標とし、

$$A = \left(1 - \frac{B}{365}\right) \times 100 \text{ [%]}$$

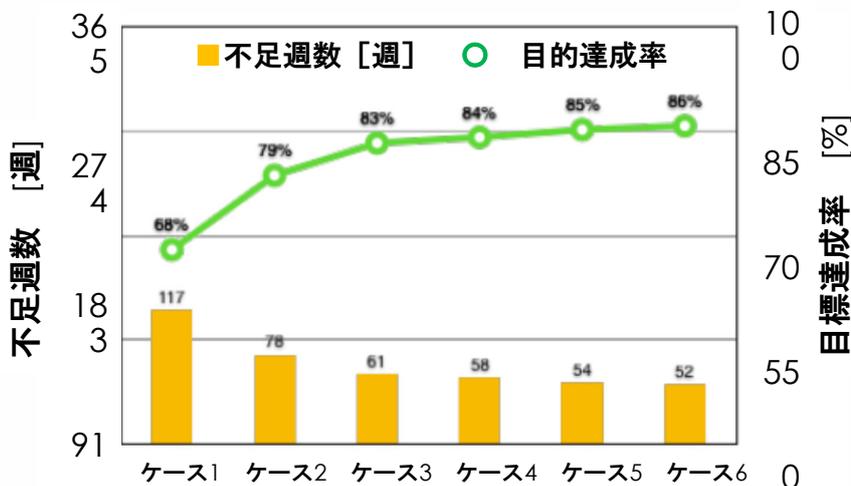


太陽光発電量の増加策の検討

傾斜角の調整による効果

- ケース1 現状（テントの傾斜角15°）
- ケース2 年間を通して最適角に固定
- ケース3 月単位で最適角に固定

- ケース4 週単位で最適角に固定
- ケース5 各日毎に最適角に設定
- ケース6 1時間ごとに最適角に調整



ケース2（年間最適）
ケース3（月間最適）
でも大きな改善効果が得られる

→ 運転期間中には調整の必要が無い
= 複雑なシステムとしなくても、ある程度の発電量増加が見込める



太陽光発電量の増加策の検討

方位角の調整による効果

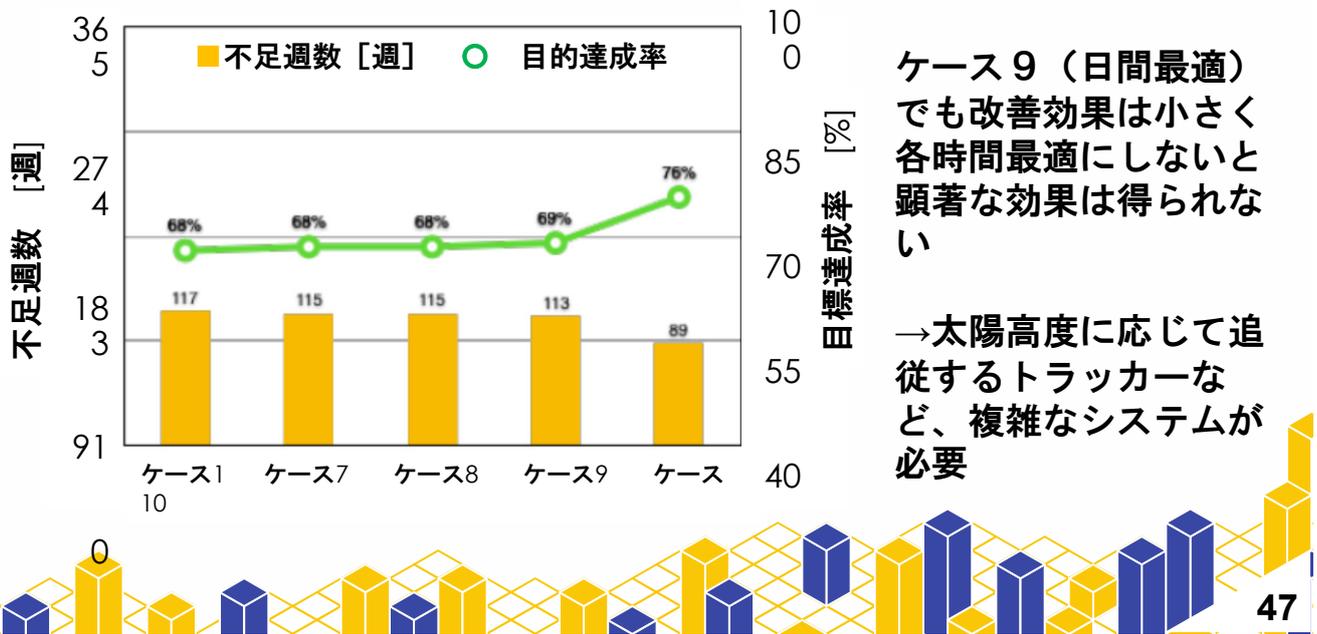
ケース1 南向き

ケース7 月単位で最適角に固定

ケース8 週単位で最適角に固定

ケース9 各日毎に最適角に設定

ケース10 1時間ごとに最適角に調整



電力供給システムのまとめ

- 昨年度よりシステム全体の組合せ試験に取り組み、課題の改善策を検討した。また、太陽光発電の発電量を増加させる方法について検討し、定量的な評価により効果的な手段を示した。
- さらなる供給信頼度向上のため、小型風力発電との接続を検討し、風車及び充電コントローラの候補選定を行った。
- 研究期間を通して、D-ZEV電力供給システムの立案からスタートし、製作・実測を行ってシステムの検証および改善を進めることができた。
- 残された課題は、システム構築の精度を高められるよう、組み合わせでの計測を継続することと、電源監視システムの完成度を高めていくこと、小型風車の連系による供給信頼度向上である。