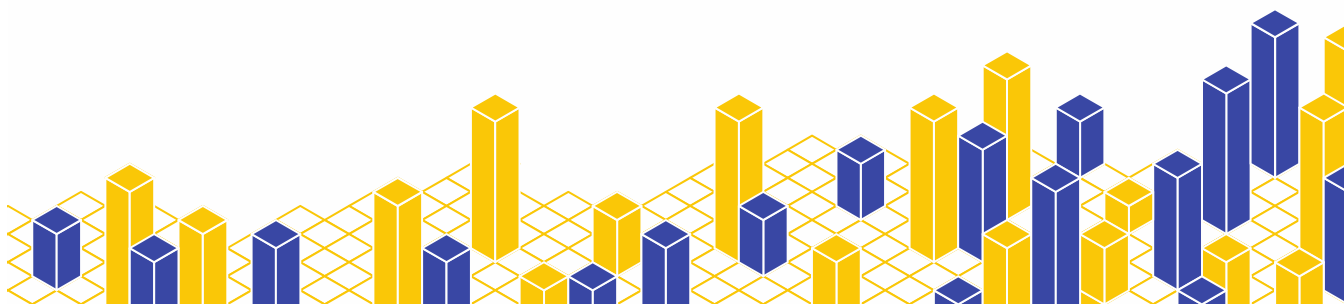


テーマ 3

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



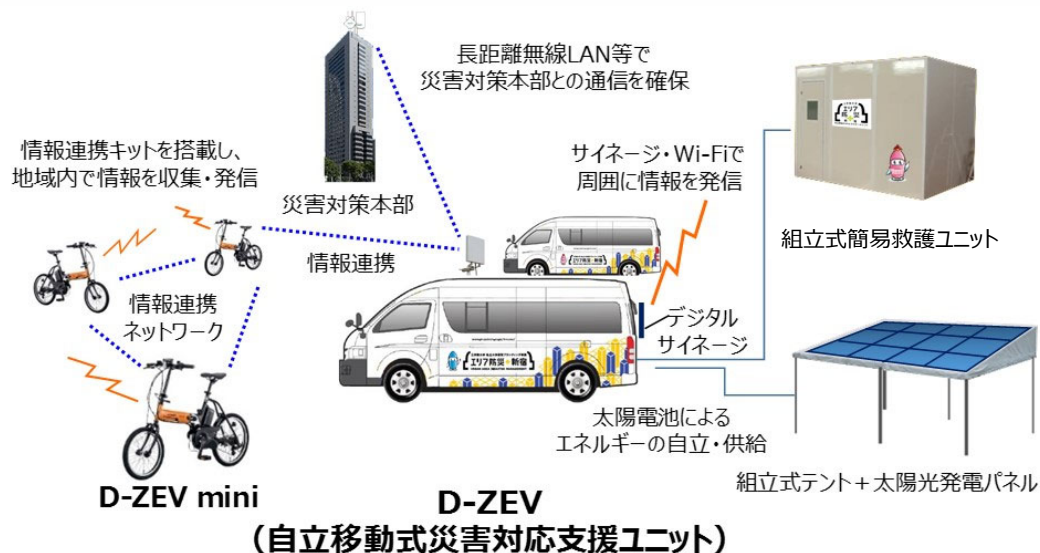
地域防災拠点の課題

- ・ 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 の開発とD-ZEVの社会実装実験

4

研究経過概要

~2017年度

・ハイエースを改造し、主に電源供給を担うコーガ号と、情報収集発信及び救護スペース提供を担うクイン号の2台のD-ZEVを製作した。積み込む簡易救護ユニットや太陽電池付テント、情報通信設備等も整備した。

2018年度

・簡易救護ユニットの自立型空調システム開発に向け、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

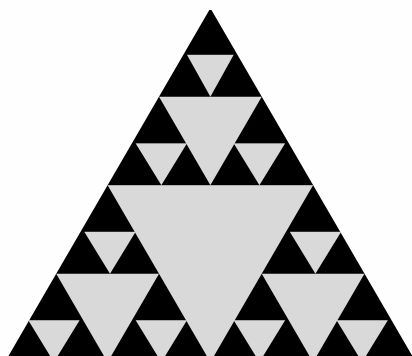
・簡易救護ユニットではフラクタル日よけ活用の検証と、自立型空調システム機器の小型化・高効率化を実施。

・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。

5

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



フラクタルの例
(シェルピンスキーの三角形)

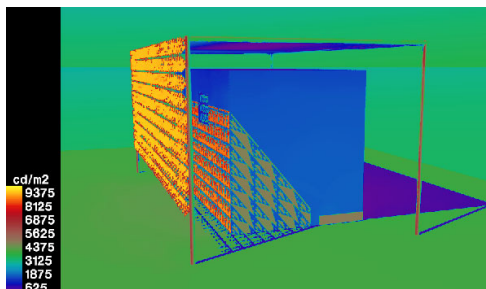
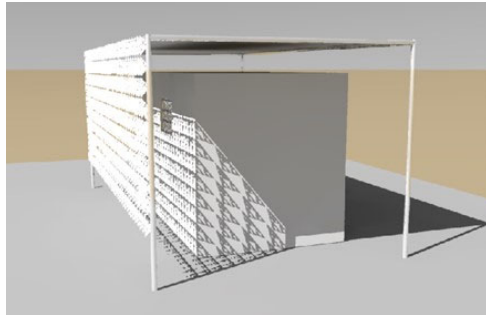


簡易救護ユニットへのフラクタル日よけの設置

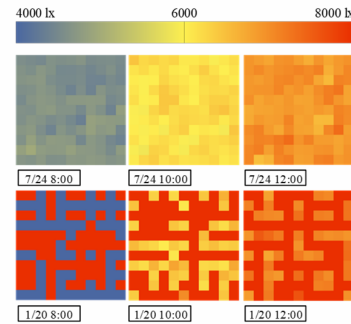
6

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	4,619	44%
		10:00	27,633	6,182	22%
		12:00	33,680	6,960	21%
	1/20	8:00	24,472	11,858	48%
		10:00	60,582	34,949	58%
		12:00	69,165	39,832	58%
白色の布	7/24	8:00	10,474	4,845	46%
		10:00	27,633	7,037	25%
		12:00	33,680	7,646	23%
	1/20	8:00	24,472	12,366	51%
		10:00	60,582	36,099	60%
		12:00	69,165	41,190	60%

夏期には直射光の7割以上をカット可能

簡易救護ユニットの空調システムの検討

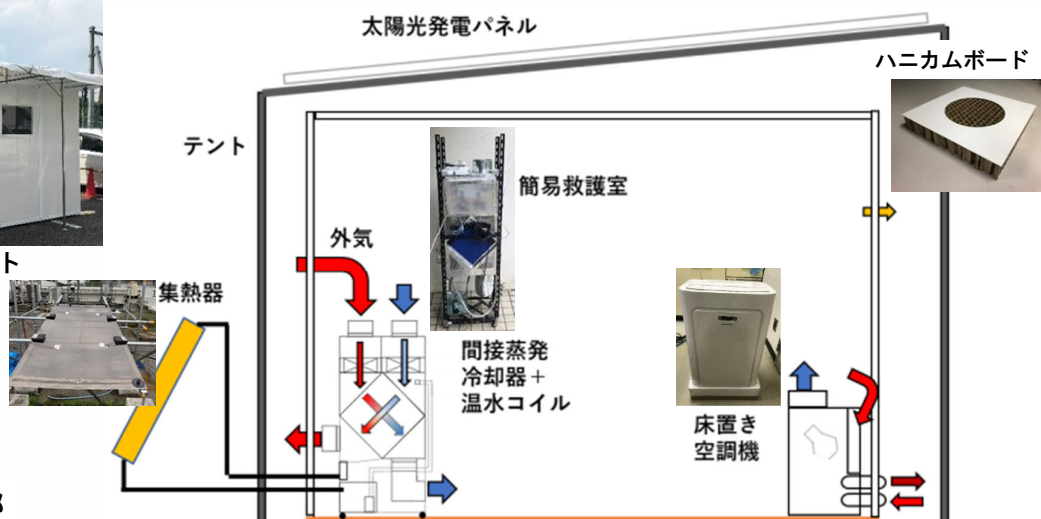
- 移動先に太陽光発電装置、太陽集熱装置および組み立て式簡易救護ユニットを設置し、その内部環境を調整する空調システムを検討する。
- 空調システムは、できるだけ現地のエネルギー源を用いずに自立して行う。
- 空調システムの概要
 - ・ 床置小型空調機、間接蒸発冷却器、太陽熱集熱器を組み合わせたシステムとする。
 - ・ 小型空調機を太陽光発電による電力で運転し、外気処理を冷房時は間接蒸発冷却器で、暖房時は太陽熱により加熱を行う。
 - ・ 隙間風による外乱を少なくするために、外気導入により、室内を正圧に保つように運転する。



簡易救護ユニット



簡易救護ユニット内部



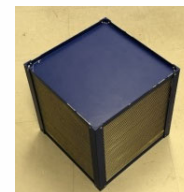
簡易救護ユニットの空調システムの検討

間接蒸発冷却ユニットの性能評価

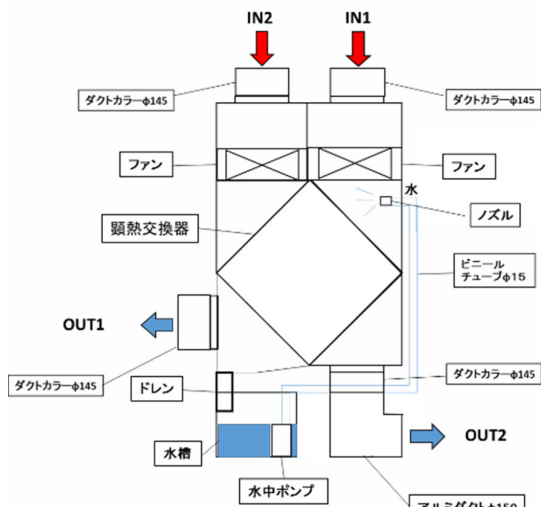
- ・ 空気中に水噴霧を行うことで空気を冷却し、顕熱交換機を通して噴霧していない空気の冷却を行う。
- ・ 顕熱交換機はM社製HEATEX-Hを使用。
- ・ 小型化、パッケージ化を行った。

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



2017年



2018年



2019年

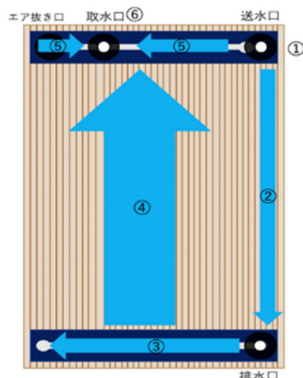
ユニット外観

簡易救護ユニットの空調システムの検討

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。

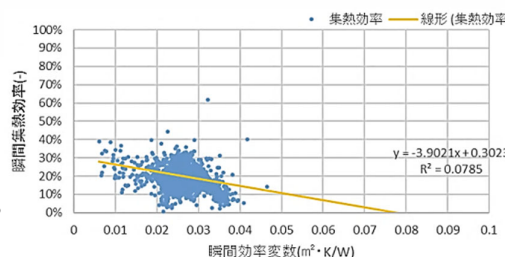
集熱器模式図と外観



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
最大使用圧力	30KPa(試験圧力60KPa)
配管呼び径	1/2インチ、平行雄ネジ

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%となった。

顕熱交換器

空調システム開発のまとめと今後

まとめ

- ・ 8m²の簡易救護ユニットについて、できるだけエネルギーを使わないで空調を行うことを目的として検討を行った。
- ・ システム構成 : 床置き小型空調機に**間接蒸発冷却器**と**太陽熱暖房**。
- ・ ユニットパネル : 熱伝導率0.111W/mK、熱貫流率2.23W/m²K
- ・ 間接蒸発冷却器 : 顕熱交換器と水噴霧ノズルの組み合わせ。
冷却能力: 0.59kW、COP: 7.4 (温度差8℃)
小型化・ユニット化。
- ・ 太陽熱集熱器 : 可搬性を考慮して軽量のプラスチックパネル。重量は約3kg。
集熱効率: 黒色断熱材付で最大37%。
- ・ シミュレーション : 東京における年間の室内温熱環境について評価。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。
夏期は、直射光の7割以上を遮蔽する**フラクタル日よけ**を組み合わせることで、さらなる効果を期待できる。

今後

- ① 地域による対応性
- ② 空気集熱の検討
- ③ システムのさらなる簡略化 など



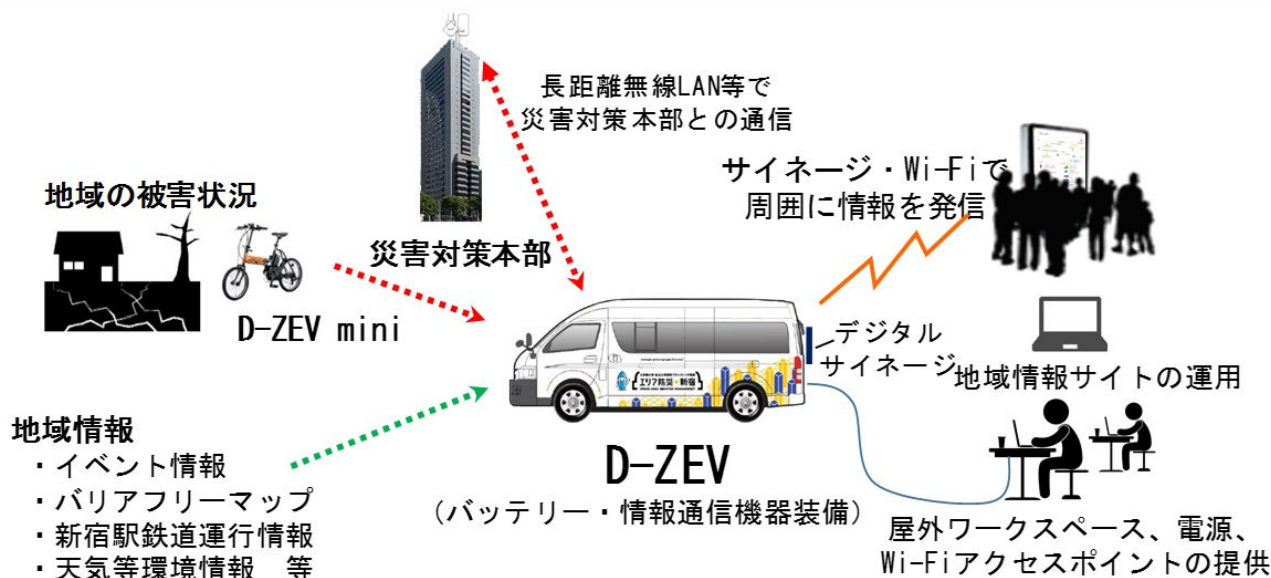
D-ZEVを活用した情報共有システム

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



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



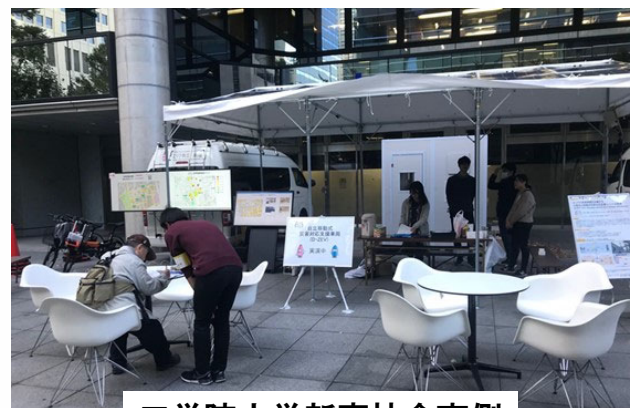
屋外の最高気温は37.5℃、路面温度も約60℃で、**熱中症の危険性は大きい**。
屋内のエントランスホールでは24.9℃～31.4℃と、**空調温度の違いは大きい**。

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）



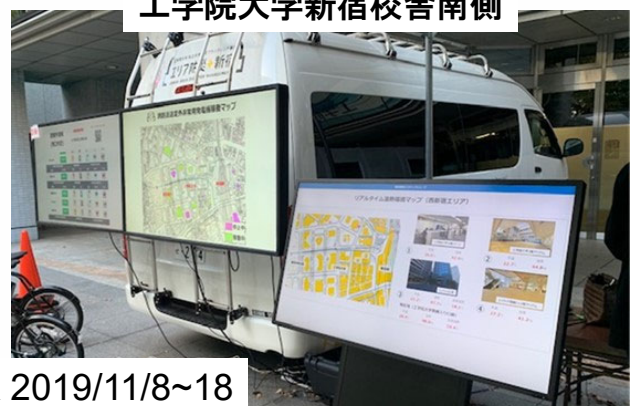
新宿中央公園



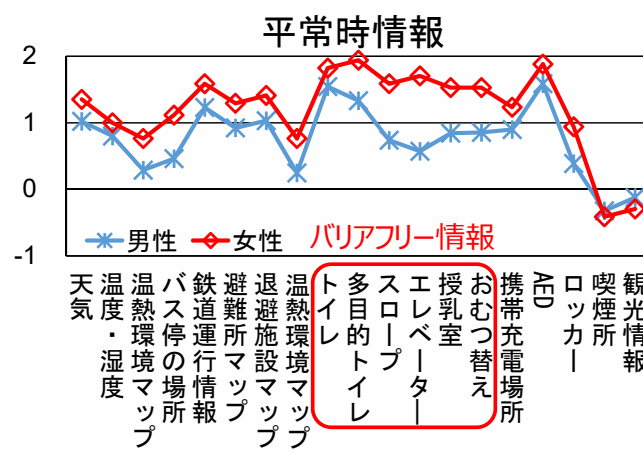
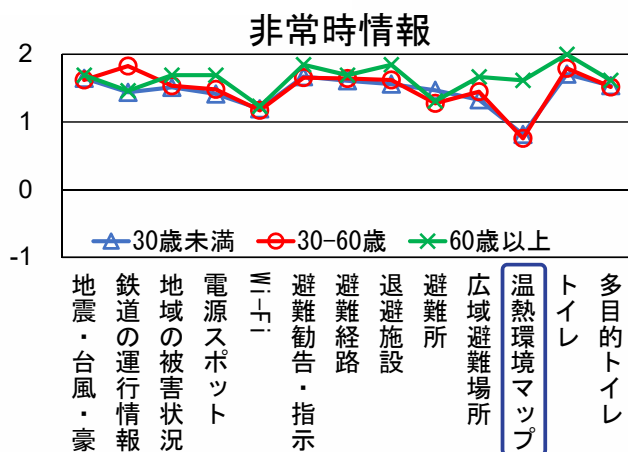
工学院大学新宿校舎南側



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）

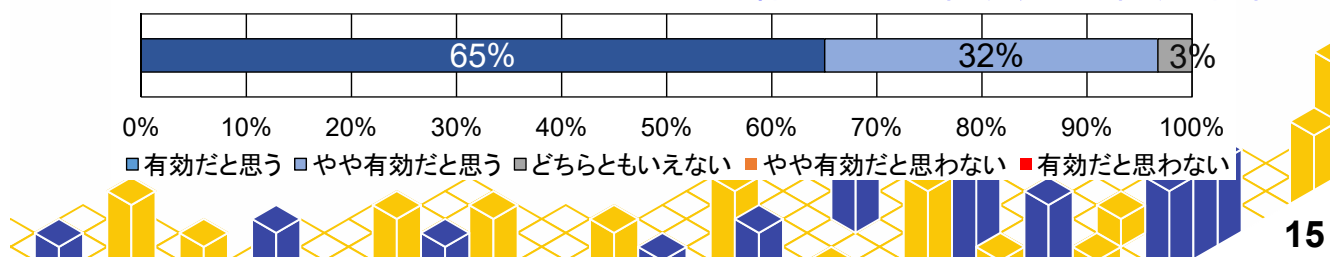


60歳以上の必要度大(温熱環境マップの差も大)

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



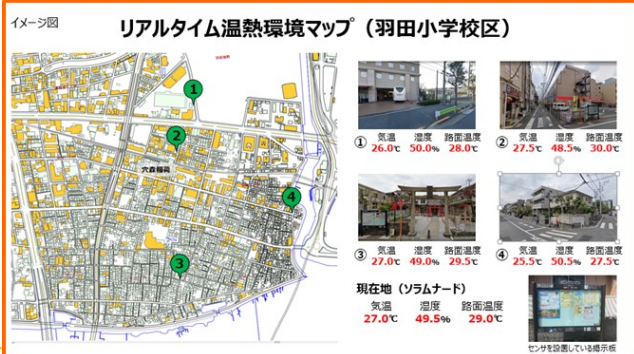
木密市街地向けの表示コンテンツの製作

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）



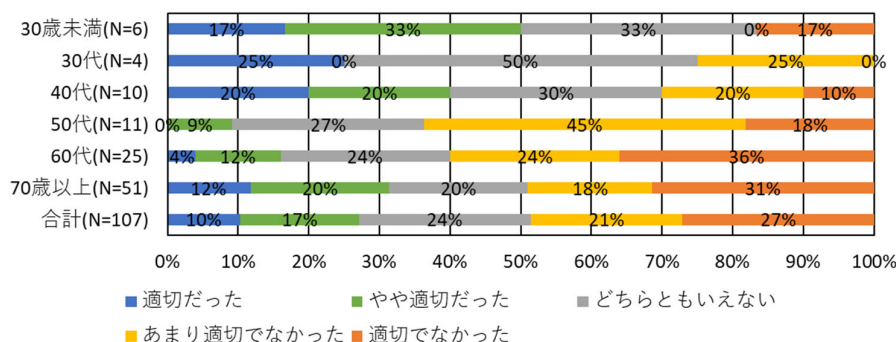
アンケート回答者数：訓練参加者120名



デモンストレーション調査（住宅地：羽田地区）



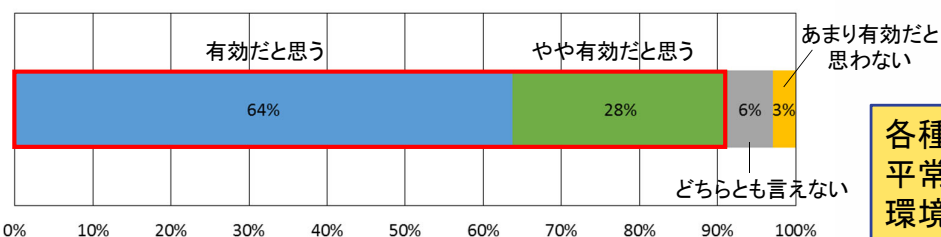
台風19号上陸の際の、避難所の開設情報は適切だったか



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



D-ZEVの社会実装実験のまとめ

- ・D-ZEVの社会実装地域として都心部(ターミナル駅周辺)と住宅地(特に木造密集市街地)を想定し、それぞれに対して非常時及び平常時の情報コンテンツを検討・製作した。特に平常時コンテンツでは、近年リスクが急上昇している夏期の熱中症対策についても考慮した。
- ・都心部として西新宿エリア、住宅地として大田区羽田地区において、いずれも地域の防災訓練と連携したD-ZEVのデモンストレーション実験とアンケート調査を実施した。
- ・提案したシステム及びコンテンツについて、いずれの地域でもほぼニーズをとらえている結果となり、有用性も評価された。

今後の作業としては、

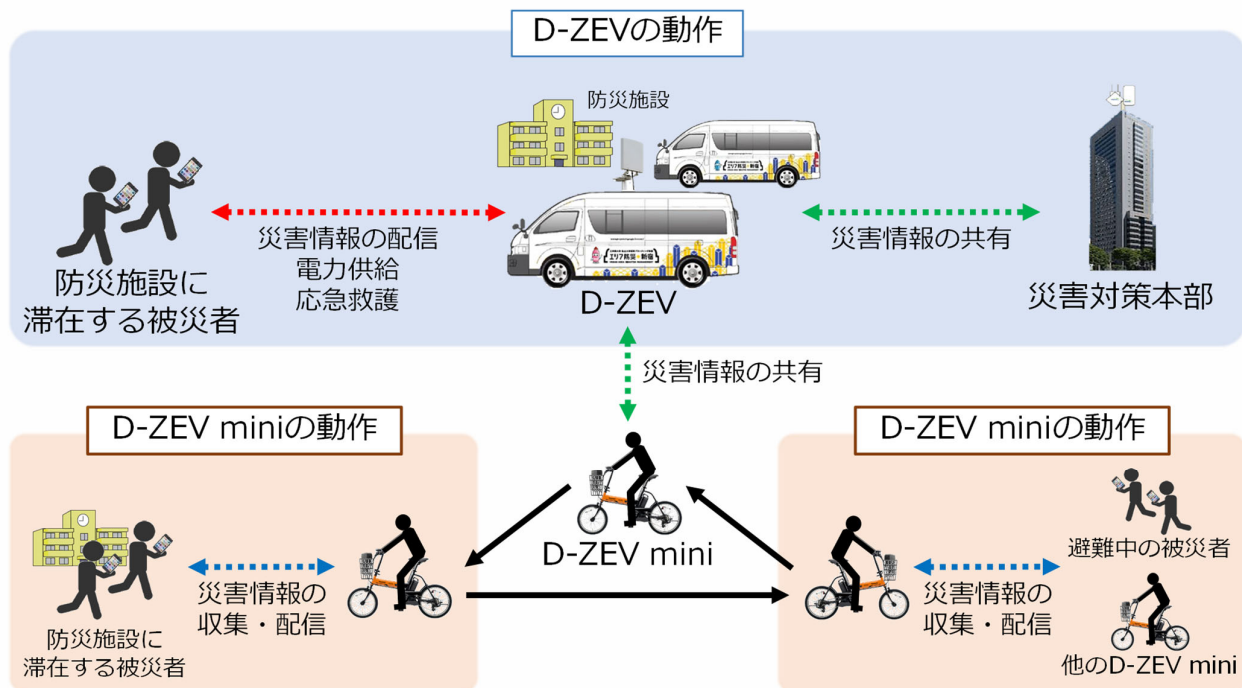
地域に即したコンテンツの改良、運用主体の検討、平常時運用方法の具体化(コスト管理も含む)、システムの評価手法の検討(NEB等)などを進めていく計画である。

19

D-ZEVの通信システム

20

D-ZEVとD-ZEV miniのネットワーク概要



研究概要

～2017年度

自立移動式災害対策支援ユニット（D-ZEV, D-ZEV mini）の基本設計

2018年度

- D-ZEV:更新型サイネージとWebアプリ作成と評価実験
- D-ZEVmini:基本データの取得と考察

2019年度

- D-ZEV+ D-ZEVmini: 情報収集配信アプリ作成と評価実験
- D-ZEV: 西新宿以外への適用検討と評価実験
- D-ZEVmini: 情報配信方式の検討と考察

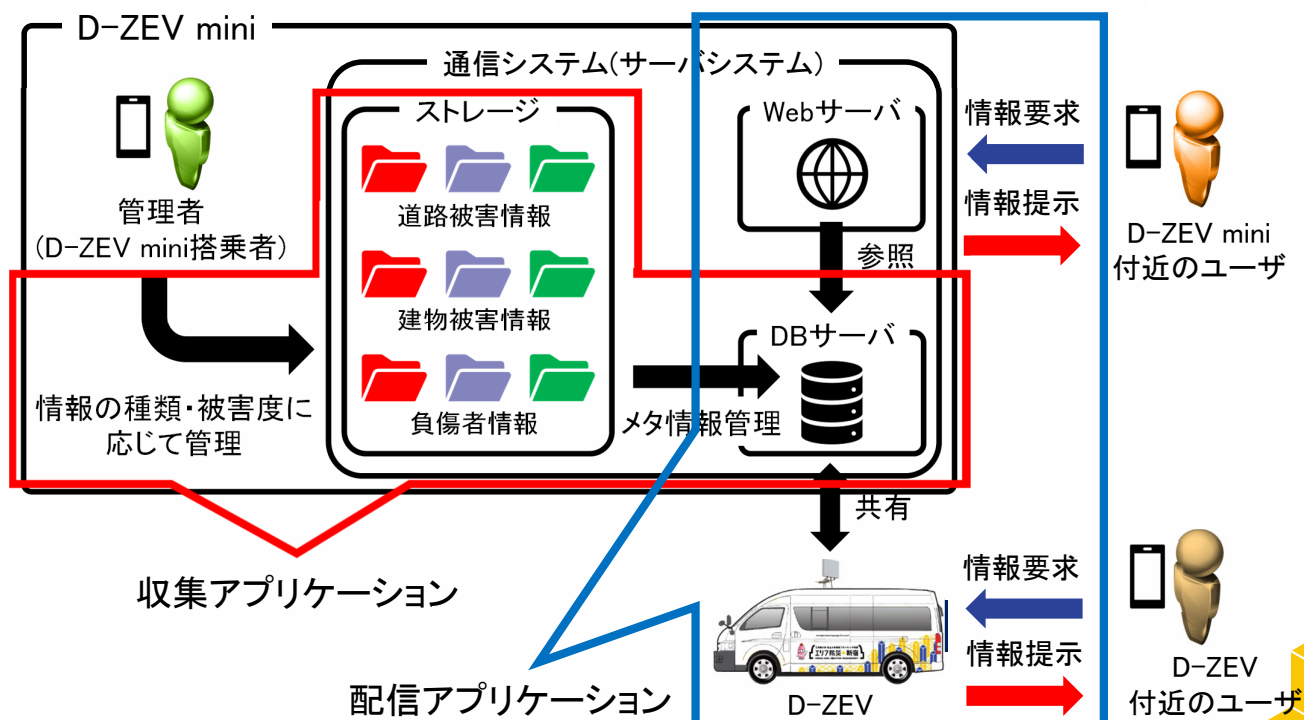
D-ZEV miniが扱う情報

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	

2020/02/03

23

システムの動作



提案システム

- ・情報収集アプリケーション
収集した情報に災害情報の種類・状態を選択
- ・情報配信アプリケーション
 - ・リスト表示機能:
収集した情報を一覧で表示
 - ・マッピング表示機能:
情報収集した場所をマッピング

25

収集アプリケーション



The screenshot shows the 'D-ZEV mini 災害情報送信アプリケーション' (D-ZEV mini Disaster Information Transmission Application) interface. On the left, there are four main categories: '画像情報' (Image Information) with a camera icon, '要救助者情報' (Information for Persons in Need of Assistance) with a person icon, '道路被害情報' (Road Damage Information) with a road icon, and '建物被害情報' (Building Damage Information) with a building icon. The '画像情報' section is active, showing a 'ファイル選択' (File Selection) dialog with the path 'C:\fakepath\IMG_6357.JI'. Below this, there are buttons for '要救助手配' (Arrange for Assistance), '避難誘導' (Evacuation Guidance), '自力で避難' (Evacuate on Your Own), '通行禁止' (Prohibit Traffic), '歩行者通行可能' (Pedestrian Traffic Possible), '車両通行可能' (Vehicle Traffic Possible), '全壊' (Total Collapse), '大規模半壊' (Large-scale Partial Collapse), and '半壊' (Partial Collapse). A '送信' (Send) button is at the bottom. A red box highlights the 'ファイル選択' dialog, and a yellow box highlights the '通行禁止' button. A red arrow points from the 'ファイル選択' dialog to a yellow box on the right that says '撮影した写真を選択' (Select the photo you took). A black arrow points from the '通行禁止' button to a yellow box at the bottom that says 'タップで種類・状態選択' (Tap to select type and status).

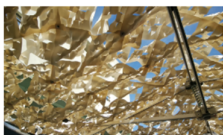
タップで種類・状態選択

26

配信アプリケーション

災害関連情報を画像と種類・状態でリスト表示

災害情報の種類を
アイコンで表示

画像	情報	被害度	撮影日時
	 建物被害情報	全壊	2019:11:17 09:41:58
	 建物被害情報	半壊	2019:11:17 09:46:30
	 建物被害情報	半壊	2019:11:17 09:48:45
	 建物被害情報	大規模半壊	2019:11:17 09:46:18

被害度に伴い
状態を表示

27

考察

- ・西新宿：評価4以上が90%
アプリケーションの画面を簡易的にすることで、情報収集・配信が
初見でも容易に可能
- ・羽田地区：評価4以上が56%,評価2以下が10%
地域によって求められる情報が異なったため
→ 西新宿：滞在者が中心
羽田：住人が中心

28

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



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
 - 被害度の高い情報の伝送担保
- ・重み付け被害情報優先共有方式
 - 被害度の違う情報の伝送担保

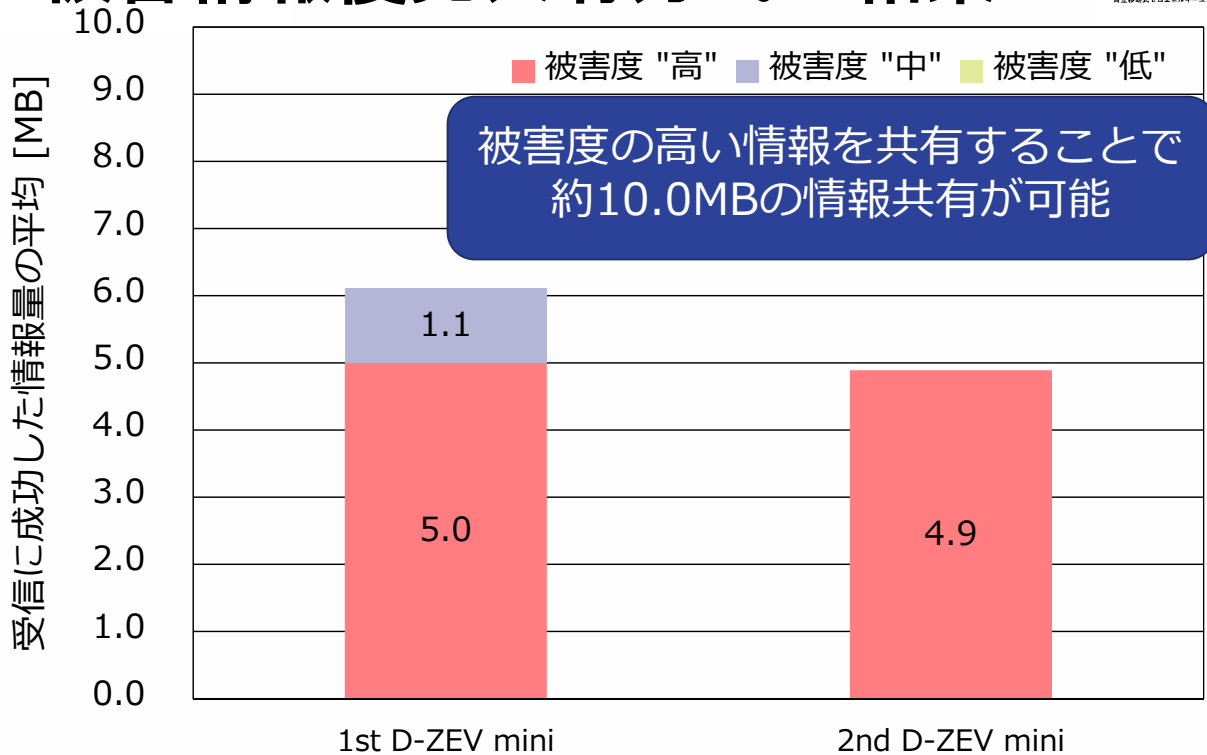
29

実験パラメータ

パラメータ		
実験日		2019年07月26日
実験場所		工学院大学 八王子キャンパス
実験範囲		100 m × 5 m
1個の情報の大きさ		1.0 MB
情報の所持数	被害度 "高"	5 個
	被害度 "中"	5 個
	被害度 "低"	5 個
閾値設定	th	5.0 MB
	th_H (被害度 "高")	3.0 MB
	th_N (被害度 "中")	1.0 MB
	th_L (被害度 "低")	1.0 MB
測定回数		10 回

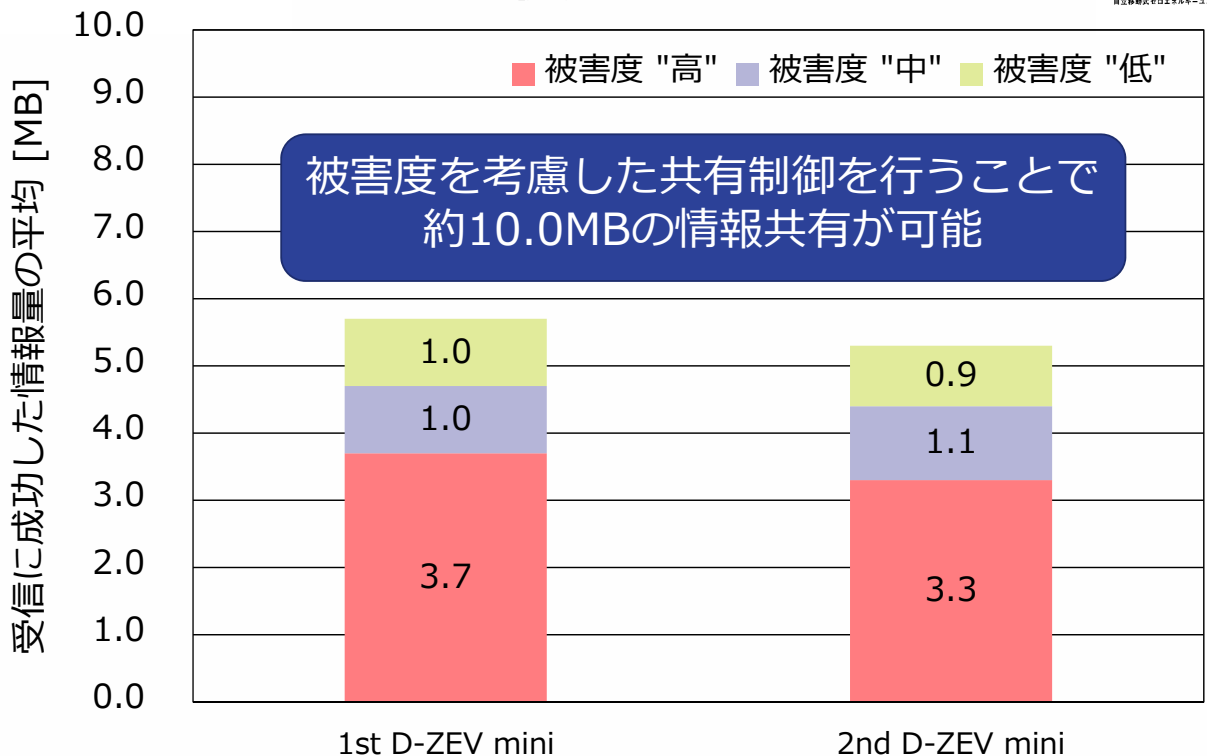
30

被害情報優先共有方式の結果



31

重み付け被害情報優先共有方式の結果



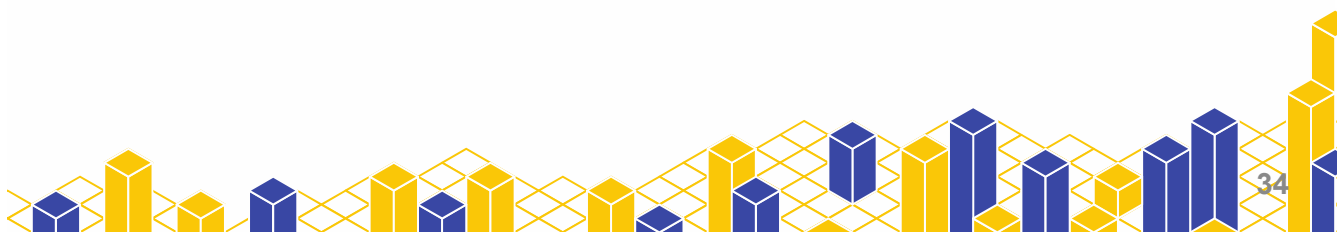
32

通信システムのまとめ

- 本年度は，D-ZEV を用いた情報収集配信アプリの開発とユーザ評価，およびD-ZEVmini の情報伝送方式の提案を行った．
- 次年度は，この成果を踏まえ，平時の活用法の検討や，効果測定を行う．



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

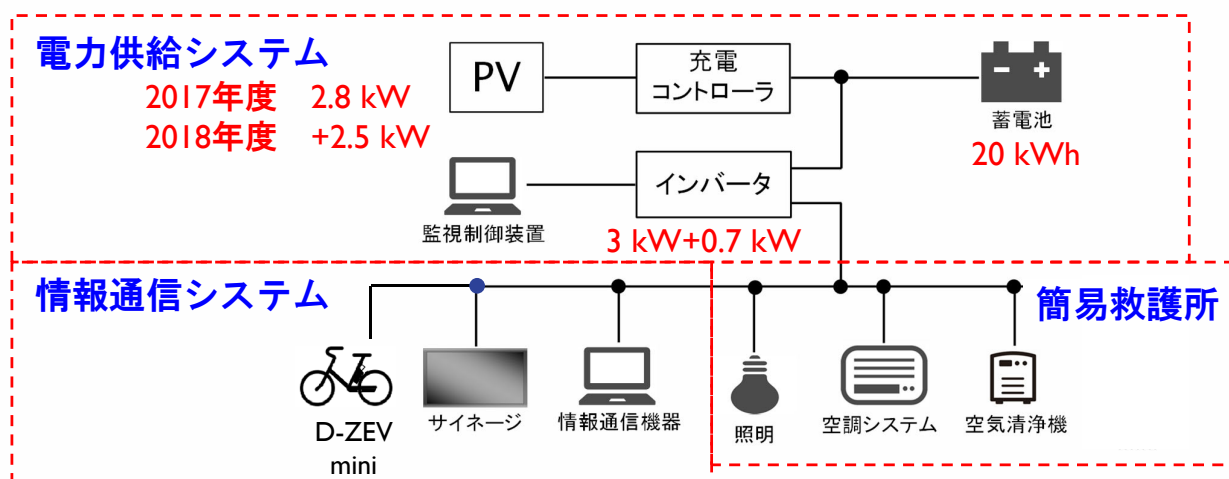
2019年度

- ・ 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



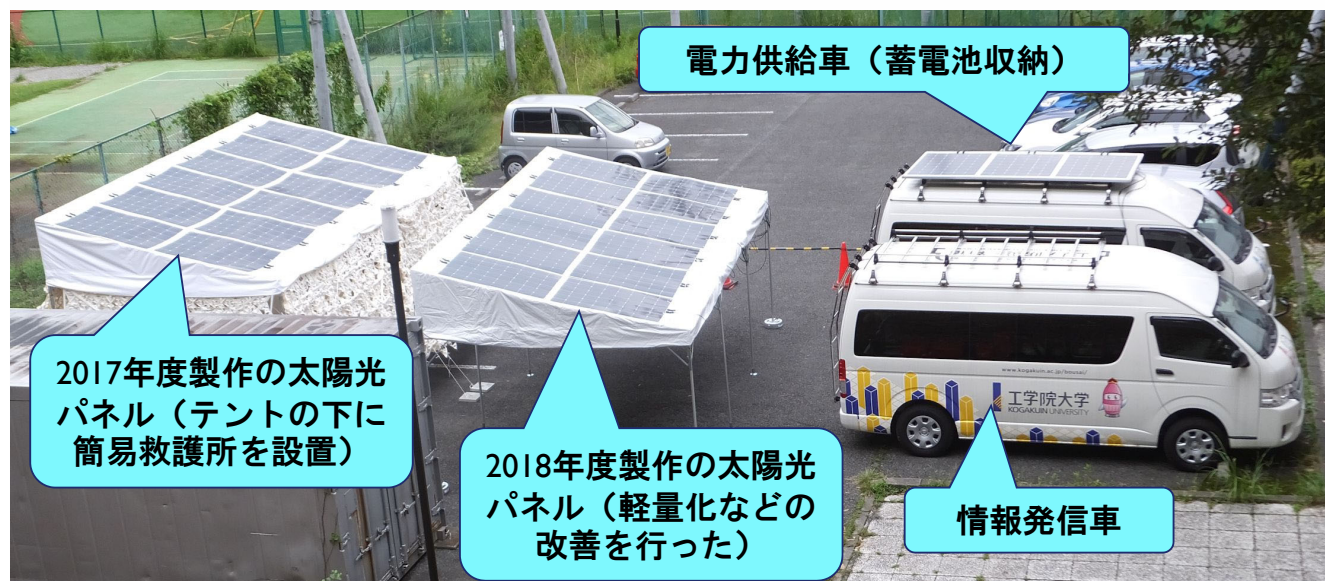
電力供給システムに要求される条件・構成

- ・ 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

37

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

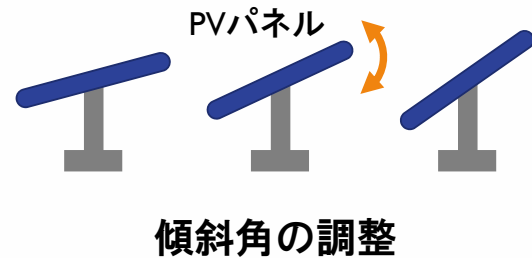
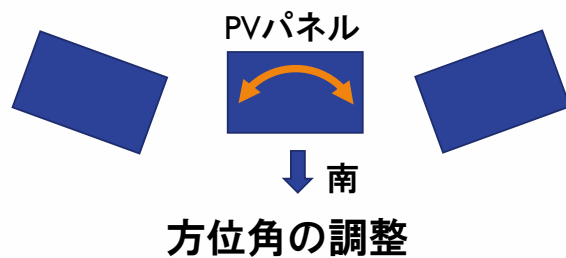


情報発信車

38

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



評估指標

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、

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



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Ⅰ 現状（テントの傾斜角15°）

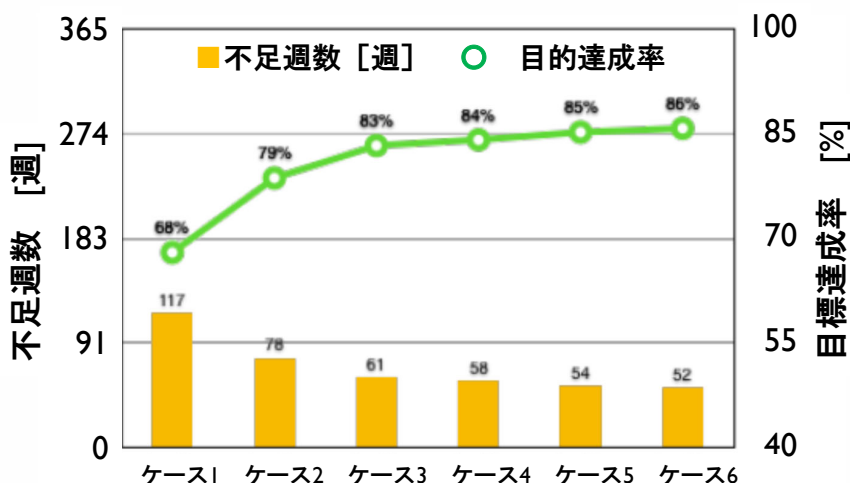
ケース2 年間を通して最適角に固定

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 | 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

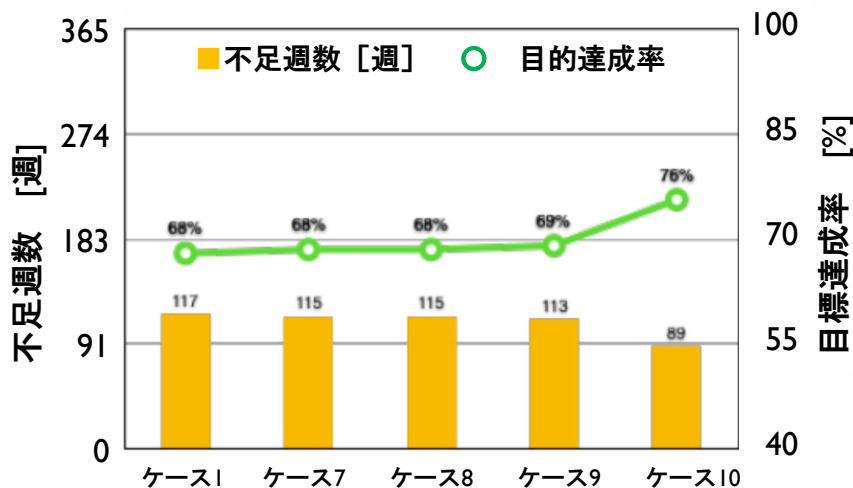
ケース1 南向き

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



ケース9（日間最適）でも改善効果は小さく各時間最適にしないと顕著な効果は得られない

→太陽高度に応じて追従するトラッカーなど、複雑なシステムが必要

電力供給システムのまとめ

- 本年度は、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。
- 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、発電量や負荷の実測を継続し、予測精度の向上に反映すると同時に、電源監視システムの完成度を高めていくことである。