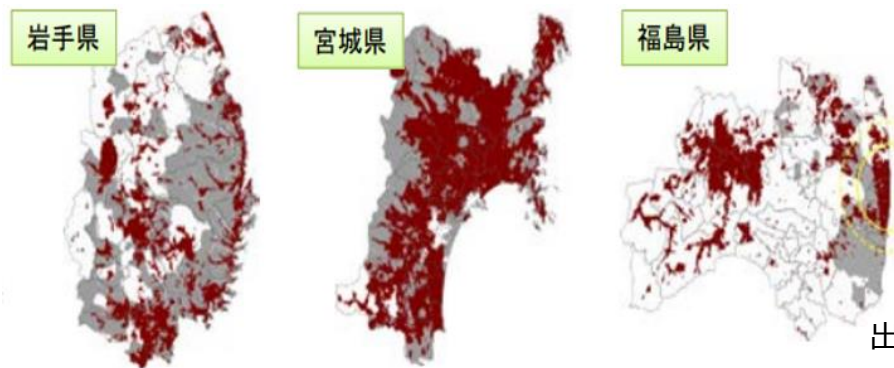


災害発生時の課題

公衆通信網が崩壊！

東日本大震災では、基地局の崩壊により震災2日後まで通信サービスの不通地域が広範囲となっている



出典：総務省

震災後2日後の通信途絶状況

固定通信(NTT)

移动通信(Docomo)

災害時の情報不足に関する実際の声



10数年後の能登半島地震でも、このような状況は変わらず

防災・減災コンテストでの提案

地震や地震に伴い通信が途絶した場合、住民同士の情報交換や自治体からの情報収集が困難



情報不足は、命に関わる事態に悪化



既存の通信インフラに頼らない
災害対策ネットワークの早期構築が必要



【提案内容】

ネットワークを柔軟・迅速・メンテナンスフリーで構築できる

=> 災害対策アドホック防
災ヘルメット「コメット」

コメットは、人の命を繋ぐヘルメットの略
(human life connection helmet)



アドホック防災ヘルメット「コメット」の提案

①通信モジュール+アンテナ

LPWAを利用して近くの防災ヘルメットから別の防災ヘルメットへとバケツリレーのように情報伝達

②AIカメラ

被災地を撮影しAIで周辺の被災情報を自動で解析

例)

- ・建物・道路崩壊
- ・生存者数、年齢、性別

④各種センサー

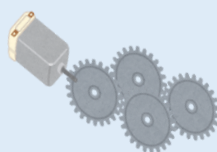
振動・高度・気温・降雨センサーなどを装備し、余震や後災に関する情報を収集

③足押しバッテリーからの給電

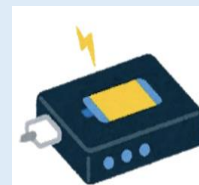
命をつなぐために必要な連続4日間は無給電で利用可能



足踏み機構



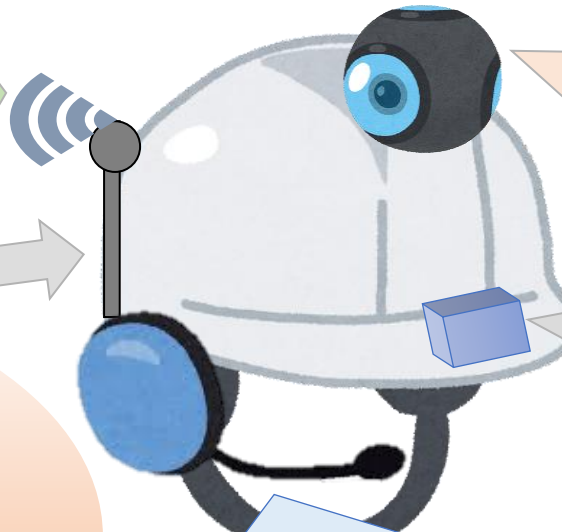
増速歯車と
発電用モーター



モバイルバッテリー



装着イメージ



①情報交換

③情報発信



対策本部

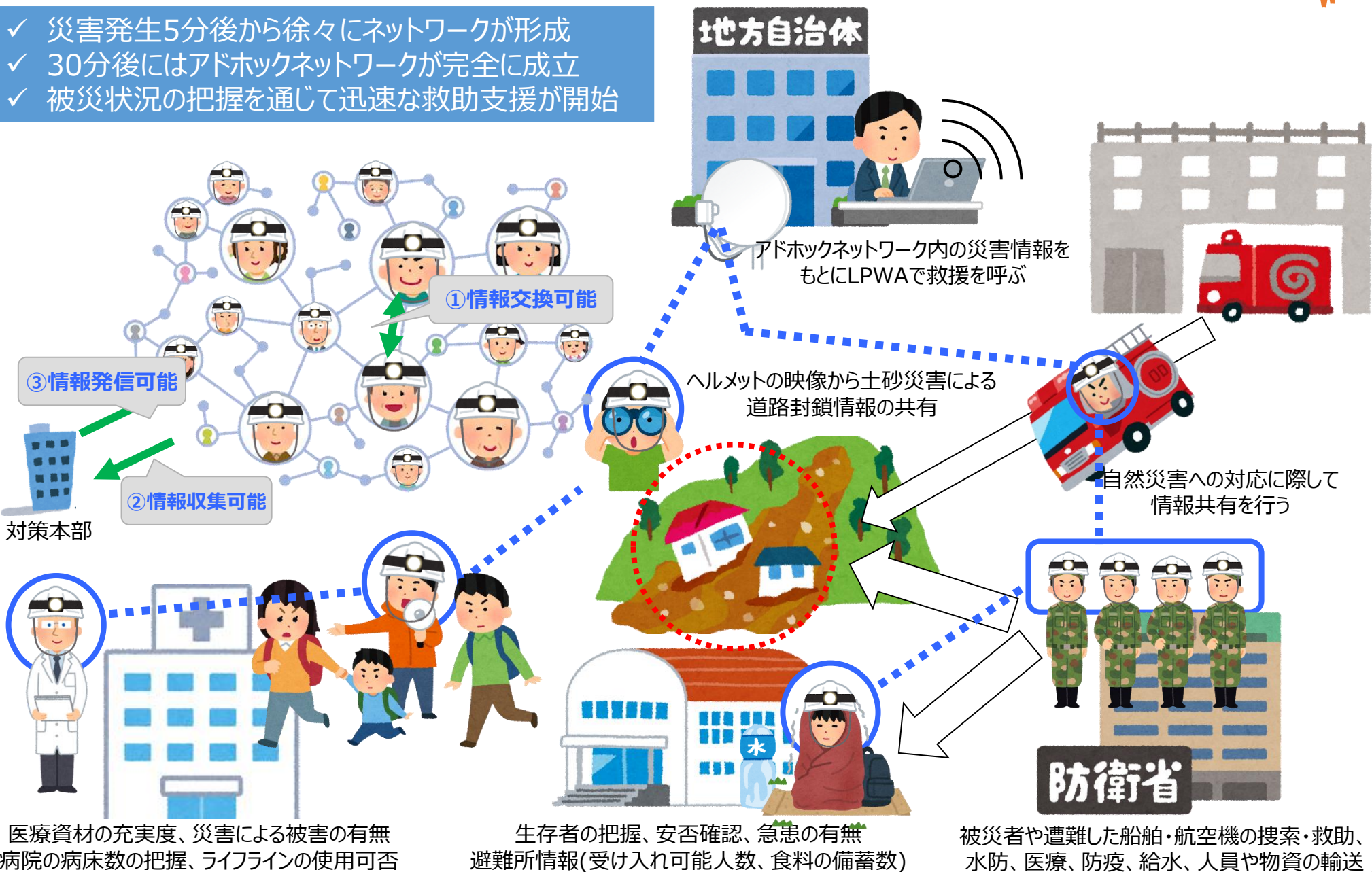
②情報収集

コメットをかぶることで情報通信ネットワークが自動的に構築・拡大

コメントによる災害発生時のシナリオ



- ✓ 災害発生5分後から徐々にネットワークが形成
- ✓ 30分後にはアドホックネットワークが完全に成立
- ✓ 被災状況の把握を通じて迅速な救助支援が開始



LPWA通信方式の採用理由

候補となるワイヤレス通信規格

周波数帯	規格	アド ホック 通信	通信距離	消費電力	スループット	回り込み 特性
ギガ帯 (2.4～ 5GHz)	Wi-Fi	×	500m	6W	50Mbps	×
	Bluetooth	×	10m	2.5W	24Mbps	×
	Zigbee	○	30m	0.06W	250kbps	○
サブギガ 帯 (920MH z)	LPWA	○	25km	0.9W	300kbps	○

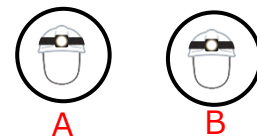
コメットの要求条件を満たす**LPWA**を採用
(アドホック通信利用可能、通信距離3km以上、消費電力1W以下、スループット100kbps)

なぜアドホック通信・広域通信が必要か

災害時では道路などの崩壊で離れた地域に孤立する可能性あり
WiFiなど：通信距離が数m～200mと短く、多くの場所で通信不能となる

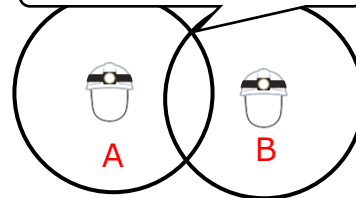
LPWA：通信距離が数キロ以上と長い、さらにアドホック通信で数十キロ以上に延長できるため多くの孤立地域で通信可能

重なり無し=通信不可能



WiFiを用いたアドホック通信

重なり有り=通信可能



LPWAによるアドホック通信

なぜ低電力性が必要か

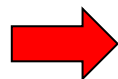
被災地では数日間は電力供給が遮断される可能性がある
WiFiなど：消費電力大きい→短時間（1日）で使用不能
LPWA：消費電力が小さい→長時間（数日）使用可能

WiFiなど

もう
使えない



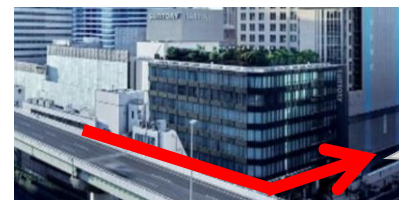
LPWA



まだ使える

なぜ回り込み特性が必要か

被災地では建物が崩壊し電波が遮断されやすい
WiFiなど：遮蔽物に弱く、災害地での使用に不向き。
LPWA：回り込み特性が良好で、遮蔽物が多い被災地でも使用可能



回り込み
WiFi: 5m
LPWA: 50m

従来製品とコメットの比較



	新 コメット 	従来 SAGA-D-8 	スマホdeリレー 
通信距離	3km	2km	100m
通信速度	300kbps	2.4kbps	72.2Mbps
アドホック通信	○	×	○
通信媒体	テキスト・音声	音声	テキスト・画像

コメット

- 通信距離が長い！
- 高速通信が可能！
- 消費電力が小さい！

SAGA-D-8

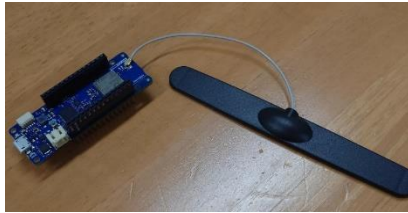
- 通信速度が遅い
- アドホック通信ができない
- 通信媒体が音声のみで聞き逃しの可能性

スマホdeリレー

- 通信距離が短い
- 高速通信が可能であるが、消費電力が大きい

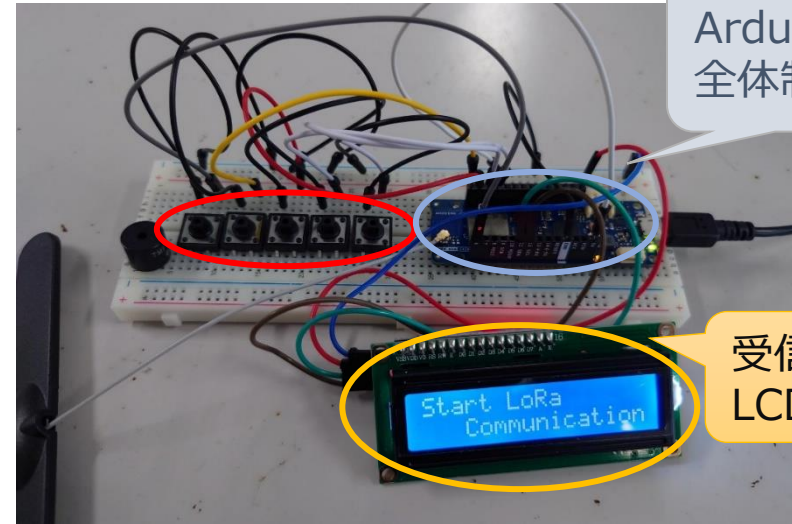
コメットの開発工程

① 部品選定



MKR WAN 1310 LPWA通信モジュール

② ブレッドボードに仮実装→動作確認

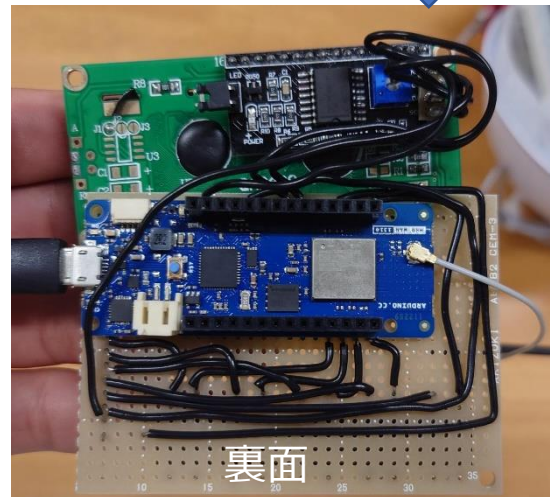


Arduinoで
全体制御

受信情報は
LCDに表示



③ 基板上に実装→コンパクト化



裏面



表面

コメット1号
完成！

AIカメラ

モバイルバッテリー

⑤ 防災ヘルメット組み込み

④ 3Dプリンタ で一体化



コメットコア部分

ボタンの役割

赤：送信先を選択 青 + 黄：定形分を選択

白：キャンセル 黒：送信開始

4つの環境下でのコメット通信実験



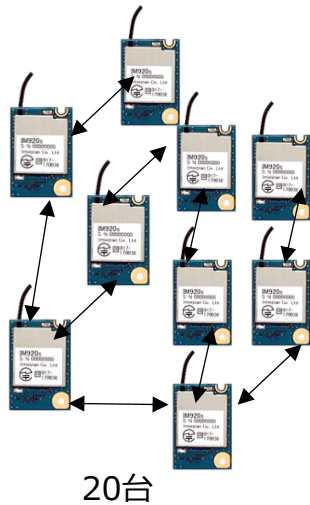
1. シミュレーション

- コメット200台でのアドホックネットワークのシミュレーションを実施、シミュレーションソフトはQualNet（構造計画研究所）を利用



2. 屋内実験

- 電波暗室など干渉がない理想環境下でLPWAモジュールを、1対1 -> 1対2 -> 20台と台数を増やしていき、ネットワークを複雑化していくことで、性能を徐々に詳細に調査していく。



3. 屋外実験

- 通信距離による通信速度の変化、障害物による通信速度や通信距離の減衰状況



4. デモンストレーション

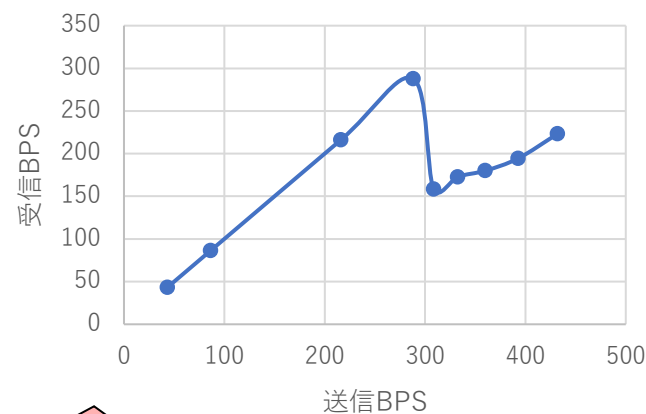
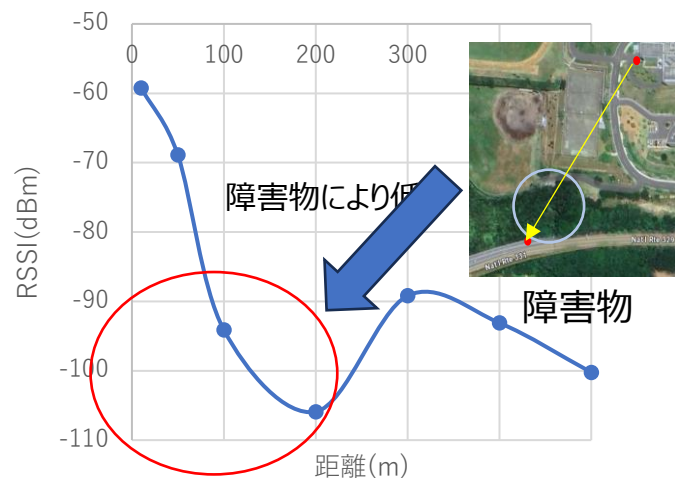
- 3名で試作したコメットを着用し、校内の離れた場所でのアドホック通信実験を実施、災害時の建物内外での孤立状況を想定。



通信



通信



わかったこと

- 1対1で500m以上の通信可能
- 最大300bpsまでパケットロスなしで通信可能
- 障害物によってRSSI（電波品質）や速度が減少

AIカメラの開発結果

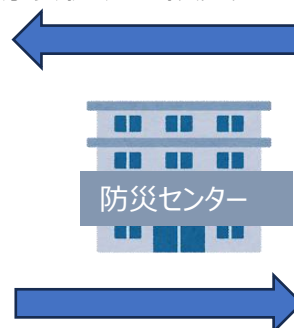


1. AIカメラと崩壊マップの仕組み



被災地の建物
をカメラが捉える

周辺の崩壊状況を被災者に配信



被害大
被害中
被害小

崩壊マップの作成

崩壊レベルとGPS位置をテキスト化してセンターに送信

2. 崩壊した建物画像の収集方法

- ✓ 画像生成AIで50種類の建物を、それぞれ3段階(無傷、半壊、全壊)の崩壊レベルに分けて画像を生成。



4. 結果

- ✓ 2で開発したAIで崩壊した建物を正確に分類できた。下記例では**崩壊レベル3の建物を正確に認識できている**様子

Lv3 0.72,
Lv1 0.23,
Lv2 0.06



3. 崩壊レベルの機械学習

- ✓ 1で生成した画像を教師データとして用い、画像認識AI(YOLOv11)で崩壊レベルを判別する新しいAIを開発
- ✓ → **崩壊レベル認識の平均精度は92%以上**

ステークホルダーとの対話

①災害と防災に深く関わる沖縄気象台との対話



主な意見やアドバイス

- ✓ 実際に災害現場に行くときには是非使いたい！
- ✓ 1対1通信だけでない。気象台からの防災・避難情報をコメントで受信できるのは良い
- ✓ 小・中学校にコメントを配備し被災時に携帯がなくても保護者と連絡とれるのは良い（学生はスマホを持って学校に持っていけない）

②防災・減災研究会の新たな立ち上げ

我々の活動に興味を持ってくれた沖縄県内の防災・減災に関わる研究者・実務者が集まり、琉球大学と協力し新しい研究会を立ち上げることとなった。様々なステークホルダーとの対話は12月14日に予定している（関係者の都合上、本報告書に間に合いませんでしたが、最終発表で発表予定）

9月6日・12・13 日（日） 13:30~17:30（開場 13:00）	沖縄県気象台防災情報 ハタ荘 中ホール	県内大学の教員・研究者 20名	参加費無料
プログラム（講演時間は開会式と合わせて）			
13:30	開会		
13:45	チェックイン		
I 過去の教訓			
14:00	地震・津波災害と気象予測	山田 浩二氏（沖縄県立防災センター 所長）	（開会式）
II 平時の備え			
14:15	地すべり予知を目指した期間による地すべりメカニズム研究	木村 匠氏（琉球大学 農学部 助教授）	
14:30	自己組織的な地域防災組織の構築と研究 ー 地域に根ざすの重要性	松本 昌氏（琉球大学 工学部 教授）	
14:45	沖縄における地震時の避難誘導	伊藤 孝氏（琉球大学 工学部 教授）	
15:00	沖縄の自然災害について考える	カストロ 市川氏（琉球大学 工学部 教授）	
15:15	休憩		
III 今後の対応			
15:25	避難行動要支援者の津波避難を考える ー 沖縄県の現状を踏まえて	星野 浩典氏（琉球大学 農学部 准教授）	
15:40	避難所における避難者との共生 ー 災害を通して考える	松本 昌子氏（琉球大学 人間健康学部 教授）	
15:55	災害時に情報通信で命を繋ぐ防災COMETの研究開発	大塚 和彦氏（沖縄県立防災センター 所長）	

登壇者とプログラム決定（11月）

③様々なイベント参加

コメントの活動を発表し、多くの住民や研究者に対する周知と意見を得た
・東熱科学助成金10月 ・沖縄恩納村産業まつり11月 ・テクノ愛アイディアコンテスト11月 ・score 起業コンテスト11月 ・琉球新報取材（報道発表されるか不明）11月 ・防災・減災研究会12月 ・高専ディープラーニングコンテスト（審査中）



イベントでの発表の様子（10-12月） 8

ステークホルダーとの対話 (分析と解決策)

【プラス意見の分析】

- ① 近年の災害発生の頻度からコメットの需要は非常に高い
- ② 子供向けヘルメットの需要や、LPWA通信モジュール部分の多分野（例えば山や海の遭難対策）への利用など、災害以外へも利用できる感触を得た。

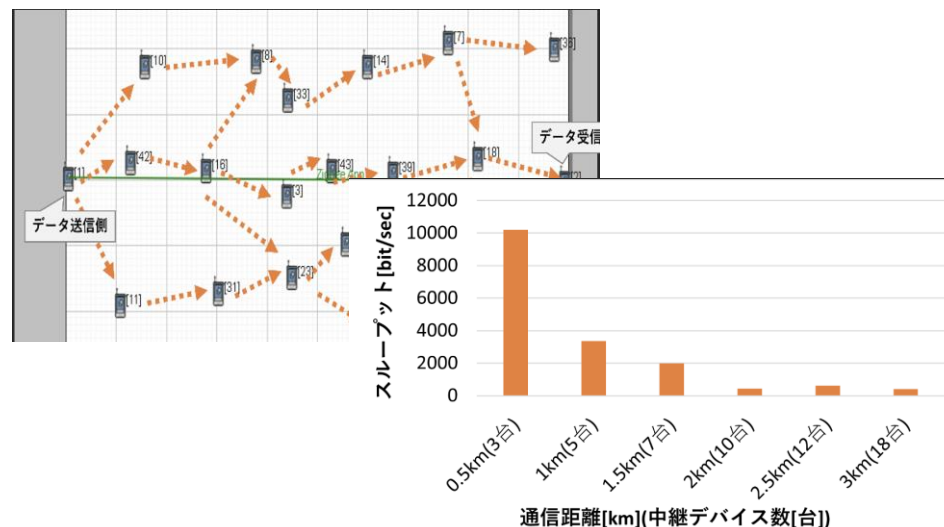
【マイナス意見の分析と解決策】

- ① なぜ、ヘルメットに通信機を着用するのか、トランシーバーと何が違うのか
 - ✓ 解決：コメットの利点をわかりやすく明確化する。ネットワーク拡大性＋低消費電力＋現地状況のAI解析の必要性を強調する
- ② コメットを普及させるには低コストが重要
 - ✓ 解決：国交省の防災・減災対策事業補助金や総務省のICT防災推進関連補助金などの活用
- ③ 既存製品との性能の比較はできているが、ターゲットユーザの比較もした方が良い
 - ✓ コメットは地域の防災リーダーのような救助活動を率先している人々には特に利用してもらい、現地の被災状況を詳細に集める

その他の実験

①：アドホック通信の性能について

18台のコメットが存在する状況でアドホック通信により3kmで10k-100kbpsの通信が可能



②：足押し発電機構

10,000mAh のモバイルバッテリーを43分で充電可能



実験結果：

ソーラーパネルの最大発電量
発電用モーターの最大発電量

試作器
0.11mW
約 3.15mW