

2013年11月28日 NICTオープンハウス2013

小型無人飛行機を利用したネットワーク 孤立地域との中継技術

～大規模災害で孤立した地域を上空からつなぐ～



三浦 龍

(独)情報通信研究機構

ワイヤレスネットワーク研究所

ディペンダブルワイヤレス研究室

内容

- 背景：東日本大震災での通信被害サマリ
- 無人航空機システム(UAS)とは？
- システム整備の目的と概要
- システム構成
- 実証実験の概要
- 利用シナリオ例
- ITUの動向
- まとめと今後の展望

東日本大震災での通信被害サマリ



■ 通信インフラの被災要因

- 固定電話、携帯電話とも、停電が**80%以上**
- 伝送路の遮断も**12~13%**
- 通信インフラ機能が90%回復するまでに**2~3週間**

■ 固定電話・携帯電話の通信規制

- 固定電話は**最大80~90%**
- 携帯電話(音声)は**80~95%**
- 携帯電話(パケット)は**0~30%**

■ 集落や避難所、家族の孤立

- 全国で**ピーク時1万人以上**
- 内閣府調査(2010年1月)によると、全国で災害時に孤立する可能性のある集落(農業集落、漁業集落)は**合計1万9千か所以上**
- うち、何らかの情報通信手段を有する集落は**5割程度**。

※参考 内閣府資料 中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査結果概要

(<http://www.bousai.go.jp/jishin/chihou/bousai/2/pdf/sub1.pdf>) 内閣府資料 第7回地方都市等における

内閣府資料 地震防災のあり方に関する専門調査会—東日本大震災の事例(参考)

(<http://www.bousai.go.jp/jishin/chihou/bousai/7/pdf/sub2.pdf>)

UASとは？

Unmanned Aircraft Systems: 無人航空機システム

=無人航空機(UAV), ペイロード, 無線リンク, 地上局, 自律飛行・運用ソフトウェア等からなるシステム全体を指す



Global Hawk (米Northrop Grumman)
翼長34.5m, 航続距離 12,000km
ターボファン, 1000億円以上/システム



B-II(富士インバック)
翼長3.2m, 航続距離500km
レシプロエンジン
1000~2000万円/システム



UAS地上管制システムの例

- ✓ 地上端末画面上に設定されたウェイポイントに沿い, 自律プログラム飛行
- ✓ 飛行経路は飛行中に随時変更可能
- ✓ パイロットは, 地上にてモニタを見ながらジョイスティックを握る
- ✓ 機体情報(位置, 高度, 速度, 残燃料等)はリアルタイムでダウンリンク
- ✓ 途中で無線リンクが切れても, 自動的に設定された着陸ポイントへ帰還

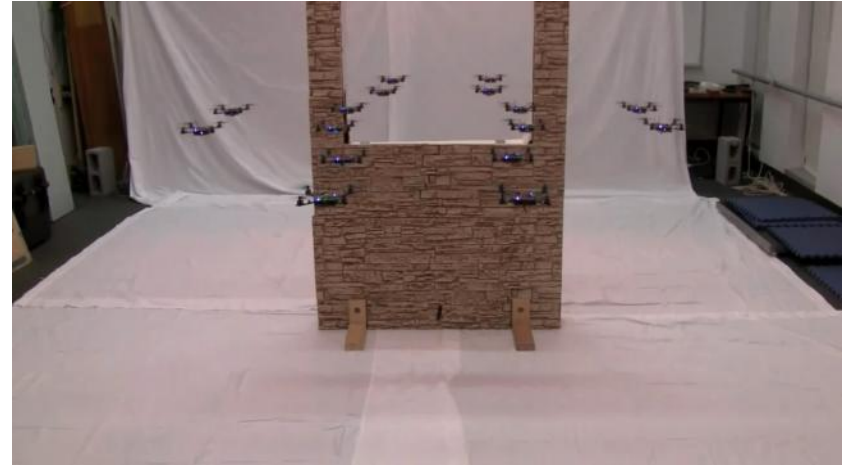
最近のUAS技術に関する話題



Global Observer (米AeroVironment)
水素燃料により成層圏に1週間の滞空をめざす



Nano Humming Bird UAV (米AeroVironment)
ハチドリを模した羽ばたき型超小型偵察用UAV



超小型UAVの群制御(米Pennsylvania大学)
クアドロータ型超小型UAVの高精度群制御デモ



小型飛行監視ロボット(セコム)

- ✓ 主な用途は軍・監視用途であるが、着実に技術が進展。
- ✓ 欧州では河川監視、中国では送電線監視への適用例も。



日本も??

災害時に緊急出動！ 小型無人飛行機を活用し、孤立地域を上空からつなぐ

システムを開発した目的

大規模な災害は発生した場合、ネットワーク孤立地域との通信を確保するための手段として、滑走路が不要でプログラムによる自律飛行ができ、手軽に運用することが可能な小型無人飛行機による無線中継が有効であることを実証します。

従来の他のシステムとの比較

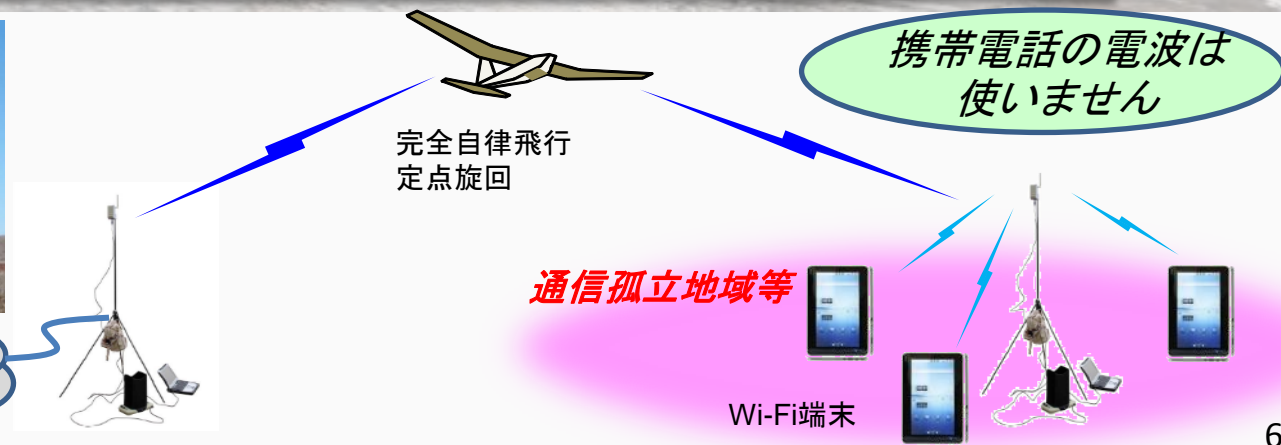
- 有人航空機の使用は運用コストが大きくなることがあります。
- 衛星携帯電話が有効ですが、通常、利用者数が限定されることが多いです。
- 車載の大きな移動基地局は道路被災により搬入が困難な場合があります。

小型無人飛行機(UAS)を使うことができれば...

- **低コストで迅速な展開と安全な運行が可能です。**
- 平時は環境モニタ、測量、動物分布調査、国境警備等に活用可能です。



インターネットへ



利用シーンの一例(大規模災害時の孤立地域との通信確保)

想定される災害の流れ

△△地区にて地震発生!

周辺道路寸断
通信回線断
孤立地域発生

通信途絶

道路・ネットワークの復旧までには数日を要する場合があります

道路・ネットワーク復旧

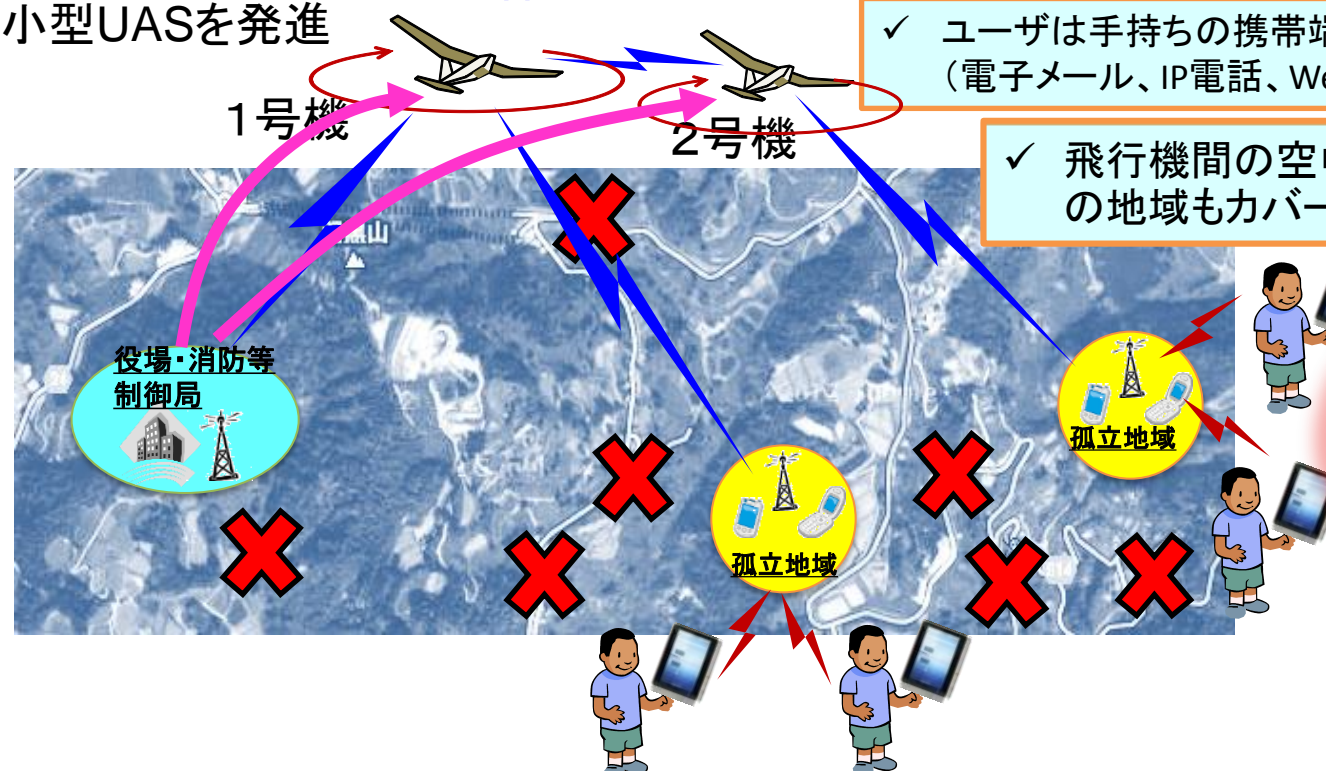
某月某日

東日本大震災では数千か所以上が孤立

**この間、救助活動の遅れ・犠牲者増大
救援物資供給の遅れ**

孤立地域との通信が確保される

小型UASを発進

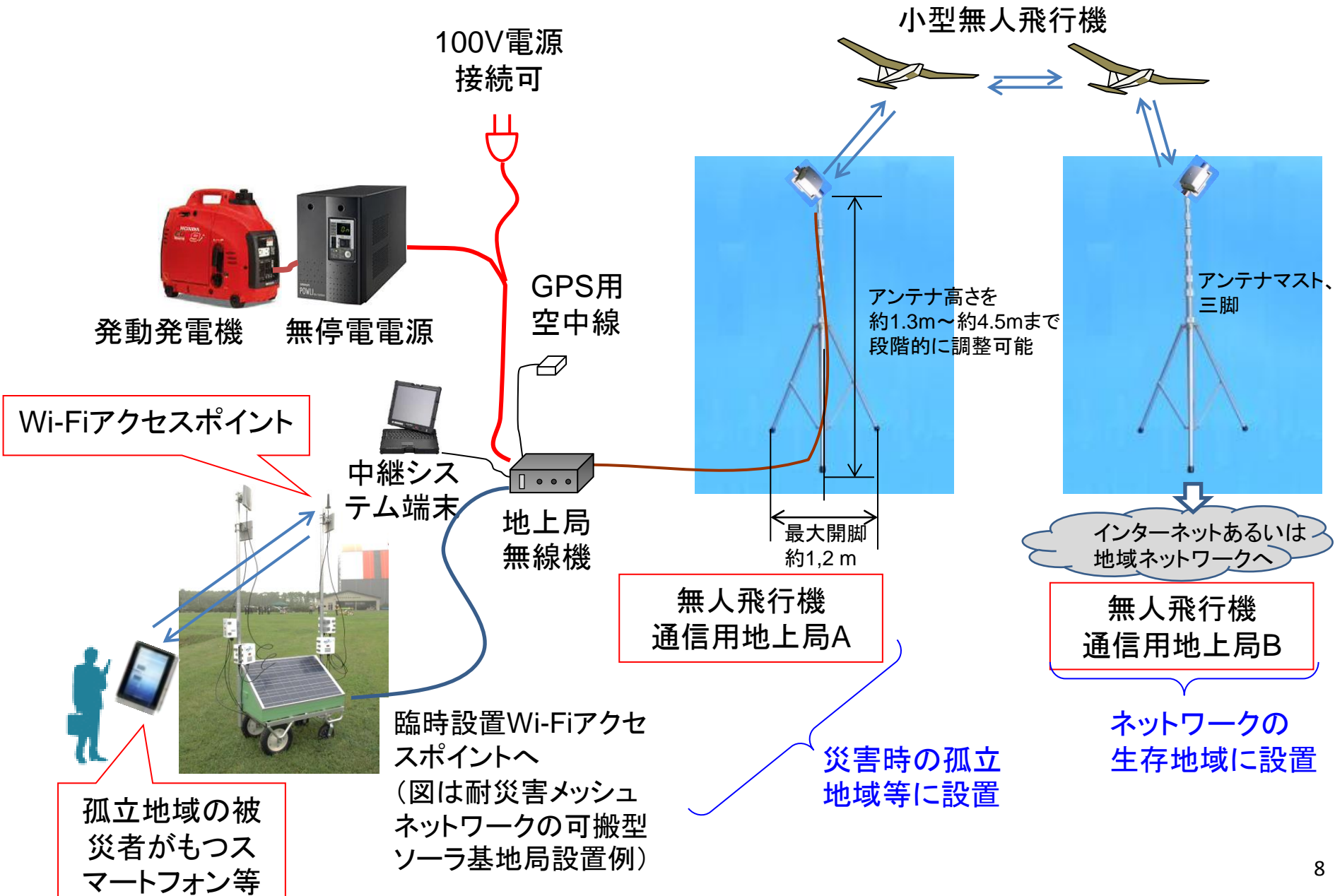


UASの活用

- ✓ 孤立地域との通信を迅速に確保
- ✓ ユーザは手持ちの携帯端末でWi-Fi接続 (電子メール、IP電話、Webアクセス等)
- ✓ 飛行機間の空中リレーで、より遠方の地域もカバー

**救助活動の遅れや、犠牲者増大、
救援物資供給の遅れを防ぐ**

可搬型地上局構成



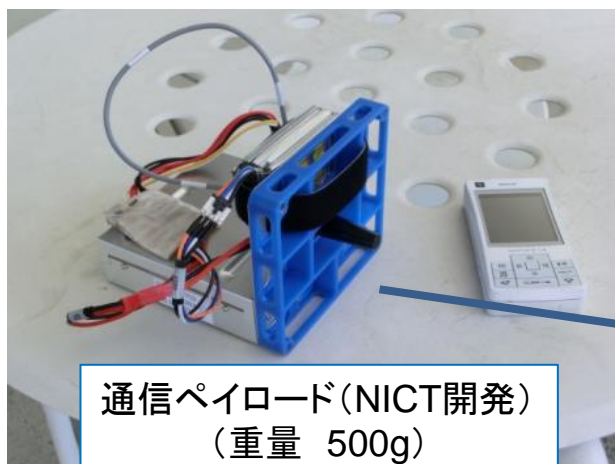
整備した試験研究用小型UASの主要諸元

機体名	PUMA-AE（米国エアロバイロメント社製）
翼長・機体重量	2.8 m, 5.9kg
ペイロード	0.5 kg
飛行時間・進出距離	2-4時間、15km
耐風速	25ノット(13m/s)
最高飛行高度	5000 m（実証実験では青葉山周辺森林上空200～400mを飛行）
動力、運用方法	電動、手投げ発進、失速回収、GPSによる自律飛行、防水仕様
実績等	2001年初飛行、製造数：数100（姉妹機は10,000機以上、ほとんど軍事偵察用）、実時間可視・赤外映像伝送、放射線モニタ、化学センサ等



開発したUAS搭載用小型無線中継装置

周波数・帯域	2.3 GHz帯 / 8MHz
送信出力	2 W
通信方式	MSK / TDMA/TDD
アンテナ	$\lambda/4$ ホイップ (水平面無指向)
中継機数	1機中継あるいは2機中継 (Air-to-air)
伝送速度 (無線 / 情報)	6M bps / 400 kbps (2機中継, 符号化率1/2)
同期方法	GPS利用
サイズ (アンテナ除く)	W90 x D100 x H116 (mm)
重さ	500 g以下



通信用地上局 (NICT開発)

これまで実証実験実績

耐災害ICT研究シンポジウム及びデモンストレーション

実施日	2013年 3月22～26日
場所	宮城県仙台市東北大学青葉山キャンパス
フライト回数	28回
フライト時間	約12時間

無線中継実験(地上メッシュネットワークとの接続実験)

実施日	2013年 6月16～21日
場所	北海道広尾郡大樹町多目的航空公園
フライト回数	30回
フライト時間	約10時間

東北大学オープンキャンパス(東北大学との共同実験)

実施日	2013年 7月25～31日
場所	宮城県仙台市東北大学青葉山キャンパス
フライト回数	37回
フライト時間	約30時間

無線中継実験(サーキットデザイン社との共同実験)

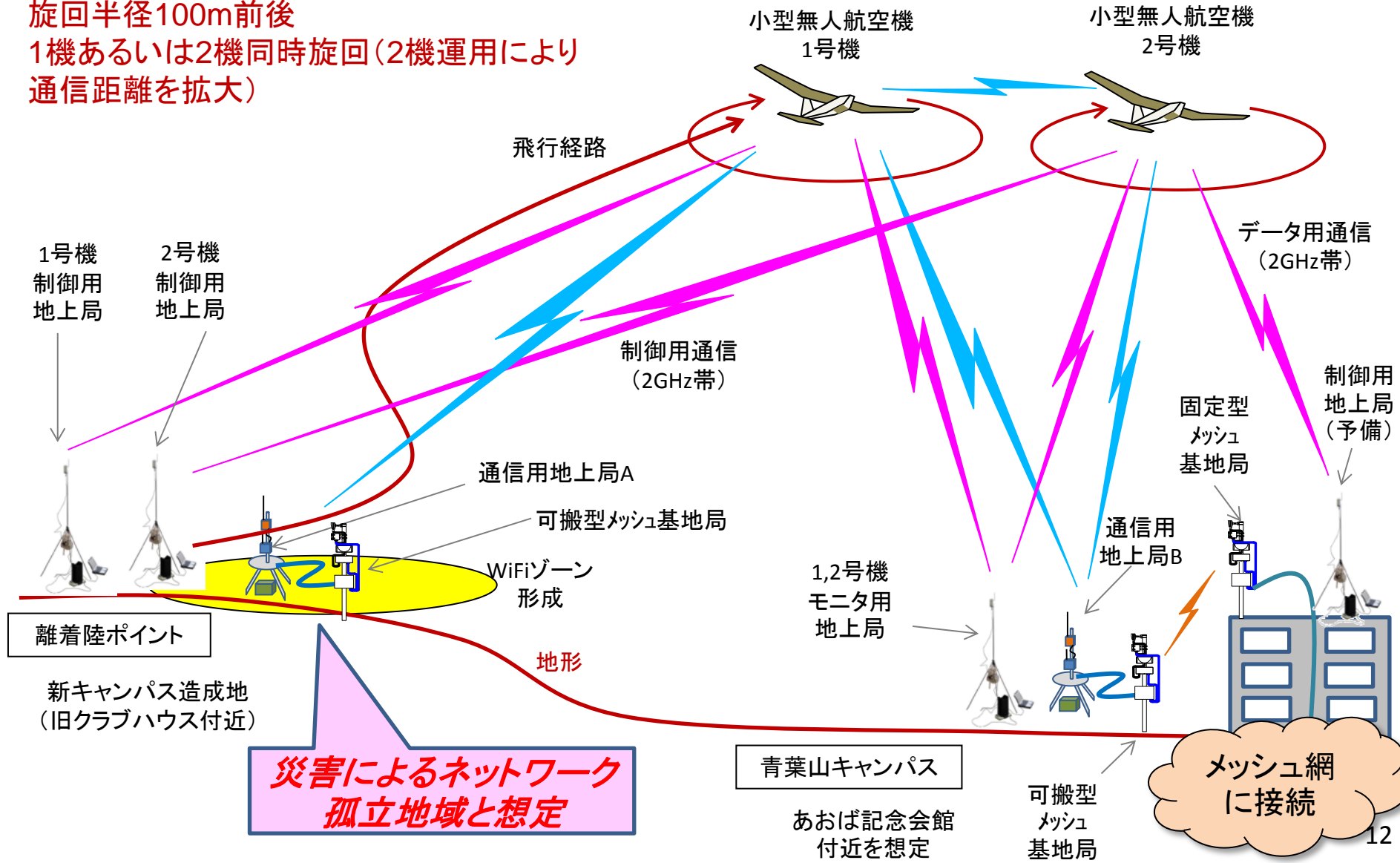
実施日	2013年 11月17～20日
場所	北海道広尾郡大樹町多目的航空公園
フライト回数	20回(Pumaのみ、NEC機との合計は集計中)
フライト時間	約5時間(同上)

合計100回以上
60時間以上
のフライトを実施

小型無人航空機無線中継システム構成 (東北大学での実証実験)



旋回対地高度200m~400m
旋回半径100m前後
1機あるいは2機同時旋回(2機運用により
通信距離を拡大)



災害時に緊急出動！ ～孤立地域を上空からつなぐ～

UASを経由してWi-Fi
がつながり、安否発
信やメール・電話が
できる



UASの出動により
子供の安否が確認
される



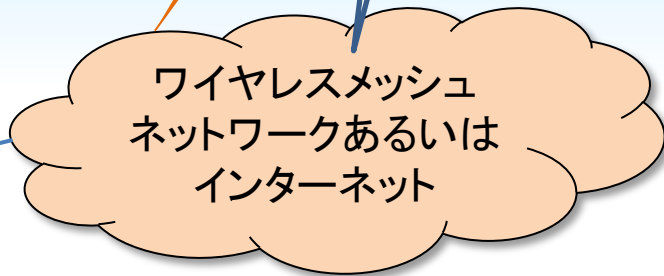
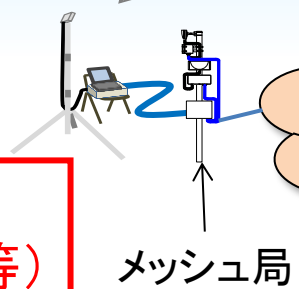
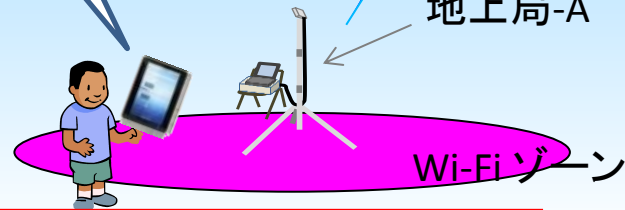
ネットワークのリン
ク状況がリアルタイ
ムで表示される



地上局-A

スマホ等

地上局-B



孤立集落、避難所など

ネットワーク
生存地域(役場等)

子供が取り残される

UAS構成

標準搭載ジンバルカメラ
(動画・静止画5Mピクセル)



飛行制御・モニタ用地上局



コントロール端末画面

フライト

離陸上昇中



手投げ離陸



実証実験期間中、観測された上空の最大風速は23ノット
(スペック上のPumaの耐風速は25ノット)



公開実証実験(2013年3月25、26日)では、準備期間も含め、計5日間にわたり28回、延べ12時間のフライトを実施しました。



展示会場から旋回中のPumaを仰ぐ
(対地高度約400m)

各種モニタ類



ウェイポイント設定画面

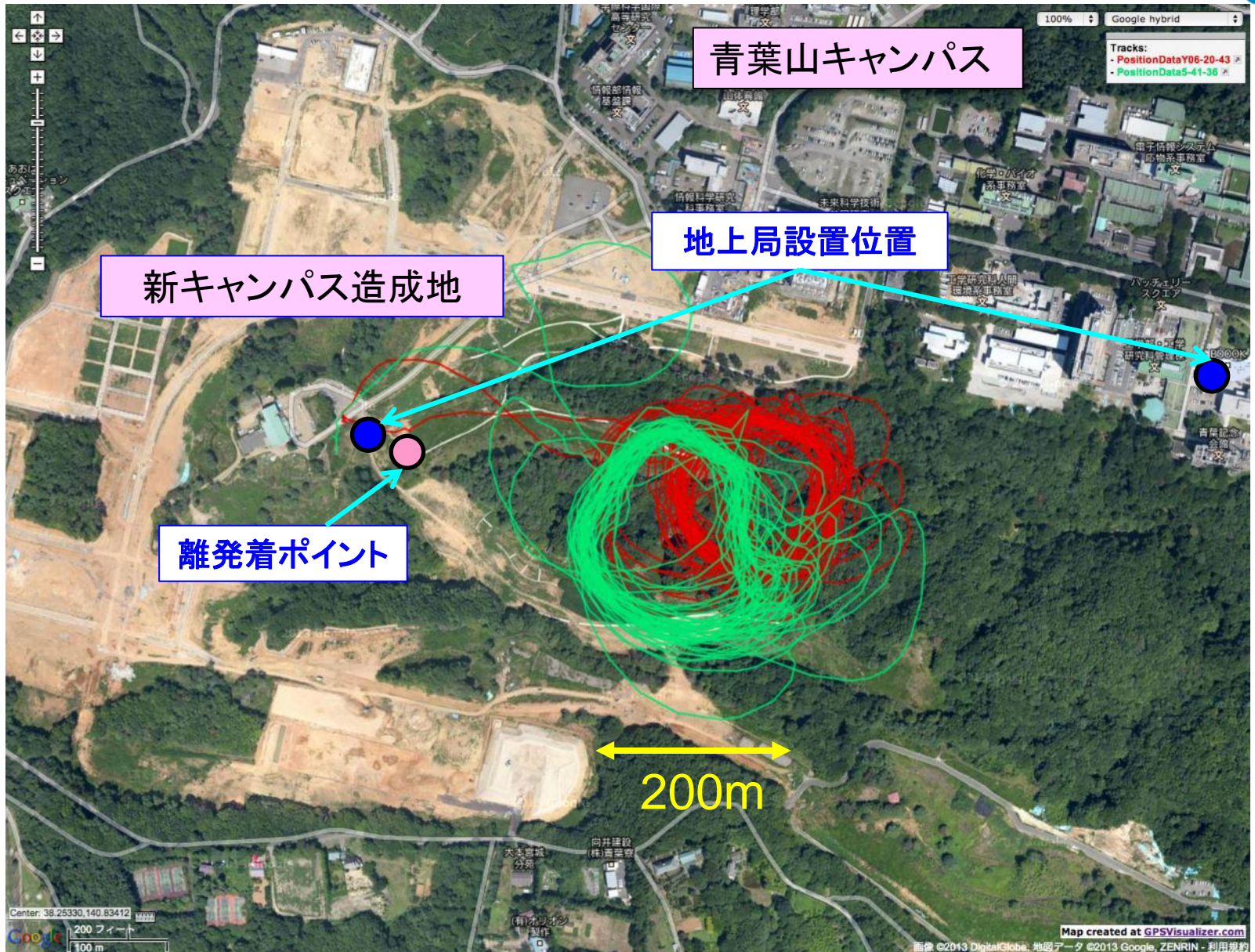


通信状況表示画面



地上メッシュネットワークとの接続状況リアルタイム表示画面

フライト軌跡の例(2機同時飛行)



長距離中継の検証 (2013.6 大樹町実験)



長距離中継の検証（2）（2013.7 仙台市）

- 地上局展開場所は避難所周辺を基本にして選択
- 無人機は青葉山キャンパス造成地上空を飛行、高度は海拔約2500フィート



無人機中継システムの利用シナリオ例



平時

- 沿岸警備, EEZ警備 (自衛隊, 海上保安庁)
- 気象観測 (気象庁, 気象予報会社)
- 航空測量 (測量会社, 地図メーカー)
- 広域センサデータ収集 (農業, 漁業, 工業, 建築, 環境等)
- 山林や沿岸等での動物分布・行動調査 (自治体, 大学等)



非常時

- 災害発生直後の映像による河川、道路インフラ、建物等の災害や火災状況把握の支援
(自治体, 警察, 消防, 自衛隊, 海上保安庁, 以下同様)
- 通信孤立地域の探索と臨時通信回線の構築
- 被災地、山岳、海上等での映像や電波による遭難者探索
- 山林や海上等での広域線量観測



ITUの動向

5030 MHz～5091 MHzに新たに航空移動業務(UAS含む)を割り当て (WRC-12 Agenda Item 1.3)

- この帯域はMLS(マイクロ波着陸システム)が1次業務
- ただし, MLSはほとんど使用されていない(日本でも当面計画はない)
- 国内では無線アクセスシステムとして割り当て(2002.9～, 2017.11までの暫定使用)
- 隣接バンドは, 空港での無線アクセスシステムで使用予定
- UASでの使用にあたってはCNPC(Control and Non-Payload Communication)リンクに限定
- 国内で運用するにはMLS, 無線アクセスシステムとの共用条件の明確化が必要

Resolution 153 [COM6/13] (WRC-12)

FSSの帯域をUASのCNPCリンクに使用するための検討を行うこと。 (WRC-15 Agenda Item 1.5)

- Ku/Kaバンドが主な対象
- 従来のFSSとの間の共用検討が必要

その他、国際民間航空連盟(ICAO)等でも議論が始まっている。従来の航空機や人の安全を十分に確保し、悪用されないようにするための基準作りが必要。

今後の展望

本システムは、各自治体の防災関連機関等が拠点ごとに常備することで、大規模災害時の迅速な通信確保や災害監視、環境監視への応用が期待されています。

NICTで開発した「耐災害ワイヤレスメッシュネットワーク」の技術と組み合わせることにより、近い将来起きることが予想されている南海トラフや首都圏直下を震源とする大規模地震にも備えたシステム構築ができます。

今後は、複数の無人飛行機や地上局を同時運用することによる通信距離・通信範囲の拡大や通信速度の高速化、システムの高信頼化と安定化、無線局同士の電波の共存と共用、利用分野の拡大などの課題に取り組んでいきます。

ご清聴ありがとうございました。

3号館1階ホールにて、小型無人機(実機)と
その中継システムを展示しています。
是非お立ち寄りください。

