資料４

想定外の災害にも対応できる社会システムをめざして

～中央と地域の密接な協力による、スケールに応じた階層的な防災システム～

千葉工業大学　松井孝典

１）状況を正確に把握する　～どこで何が起こっているのか？～

a. 災害の場所を精密に特定する　：準天頂衛星（QZSS）
b. 宇宙 / 空 / 地上からの情報を集約する　：Labatuve2システム
c. 地図上で全体の情報閲覧を可能にする　：Open Street Map

２）情報を迅速確実に伝える ～どこで誰を助けてほしいのか？～

a. 本当に重要な情報のみを確実に伝える　：エッジコンピューティング
b. 重傷者を迅速に救助する　：METHANEレポート

３）被害を予想し対策する　～これから何が起こるのか？～

a. 砂防災害の予測　：地上センサネットワーク
b. 津波被害の予測　：GNSS-R

1)-a. 災害の場所を知る（QZSSについて）

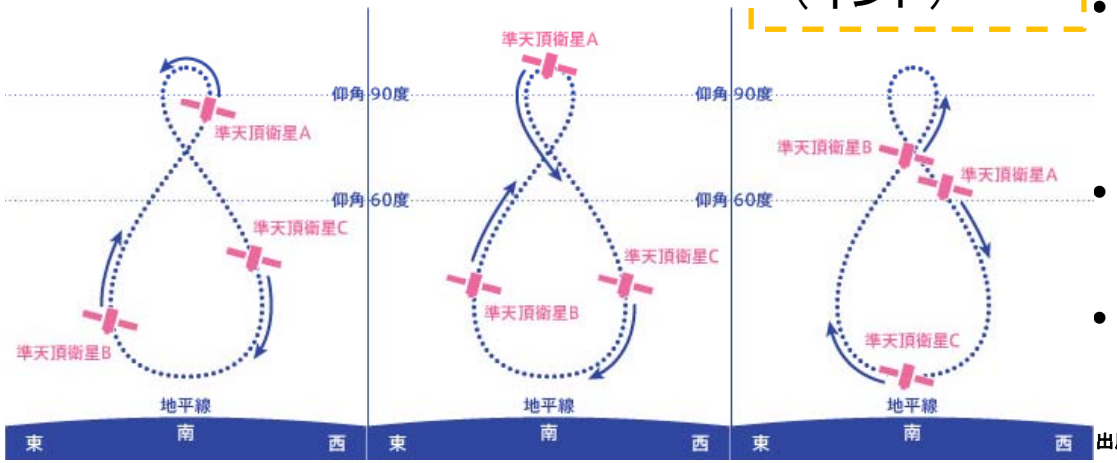
- 測位
  - 天測
  - 測量
  - 慣性
  - 電波
    - 地上測位 ― 電子基準点など
    - 衛星測位
      - **QZSS（日本）**
      - GPS（アメリカ）
      - GLONASS（ロシア）
      - Galileo（欧州）
      - BeiDou（中国）
      - IRNSS/GAGAN（インド）

測位衛星を総称してGNSSと称す

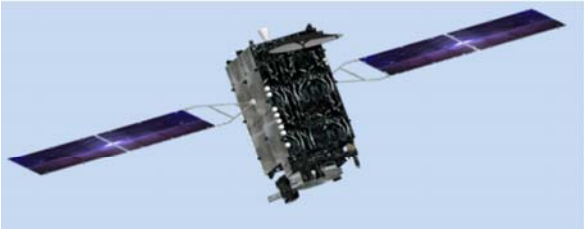
GNSS：
Global Navigation Satellite System

図-1）東京付近での準天頂衛星の見え方

他の測位衛星と異なり、準天頂衛星は常に1機の衛星が真上に位置するため、山やビルの間でも受信が可能



出展：http://blogs.yahoo.co.jp/ogw2ogw2/37405534.html



準天頂衛星システム

QZSS：Quasi-Zenith Satellite System

- 準天頂衛星の特殊な軌道により、中緯度帯の日本でも常に天頂付近（準天頂）で利用出来る（図-1）。
- GPSと同じ信号を送信し、位置情報をより正確に補完することができる。
- 将来的（第二 / 三世代）には、QZSS独自の補強信号を配信することで、cm級の精度で測位が可能になる。（GPSのみでは数m級の測位精度）
- 2010年9月1号機(第1世代)を打上げ済み。現在、日本付近では8時間だけ利用可能。（GPSとの併用必要）
- 2018年度には（第2世代）4機体制。24時間利用可能（GPSとの併用必要）
- （第3世代）7機構成を実現すれば、QZSSシステムのみで測位が可能。

1)-a. 災害の場所を知る（QZSSの課題）

- QZSSの有効な利用方法に関しての検討、および社会実装を進める強力な推進母体が必要
  → 防災 / 減災活動が一つの契機になり得る

提案

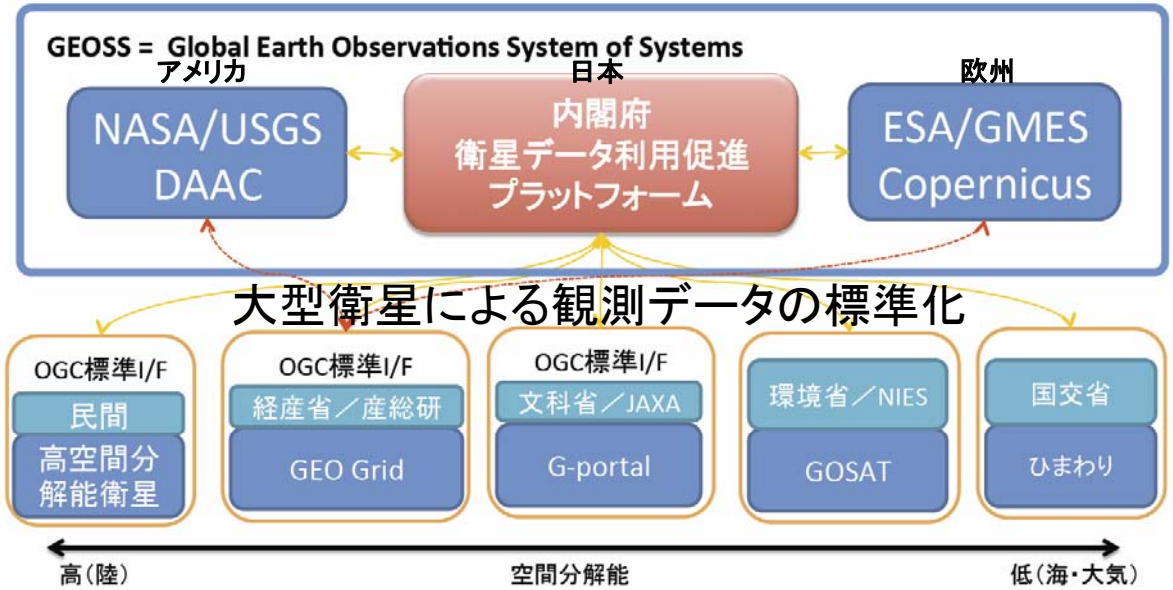
準天頂衛星システムサービス(株)（QSS：QZSS運用のために作られた会社）と連携し、特に防災の目的のためにQZSSを社会実装するための技術検討やシンポジウム等での周知活動を実施

- 地上センサ等で利用出来るように、受信装置の小型化、ICチップ化等が必要。スマートフォン等に実装して使えるようになると利用が爆発的に増加する。
  → 携帯（部品）メーカとの連携が必要

提案

携帯（スマートフォン）の国内メーカ市場占有率は低いが、使用されている部品の市場占有率は高い。部品メーカとの連携を進め、スマートフォン等で利用出来る製品の開発・販売を進める

1)-b. 情報を集約する（様々な情報源）



超小型観測衛星

©AXELSPACE

周期：約90分
同一地点観測：2回/日
撮影面積：約30km×180km
撮影高度：約500km
空間分解能：約5～10m
価格：製造　約5億円
打上　約3億円

空撮用ドローン

飛行時間：約1時間
撮影面積：10～20km^2
撮影高度：150～200m
空間分解能：約5～10cm
価格：約20万円/1機

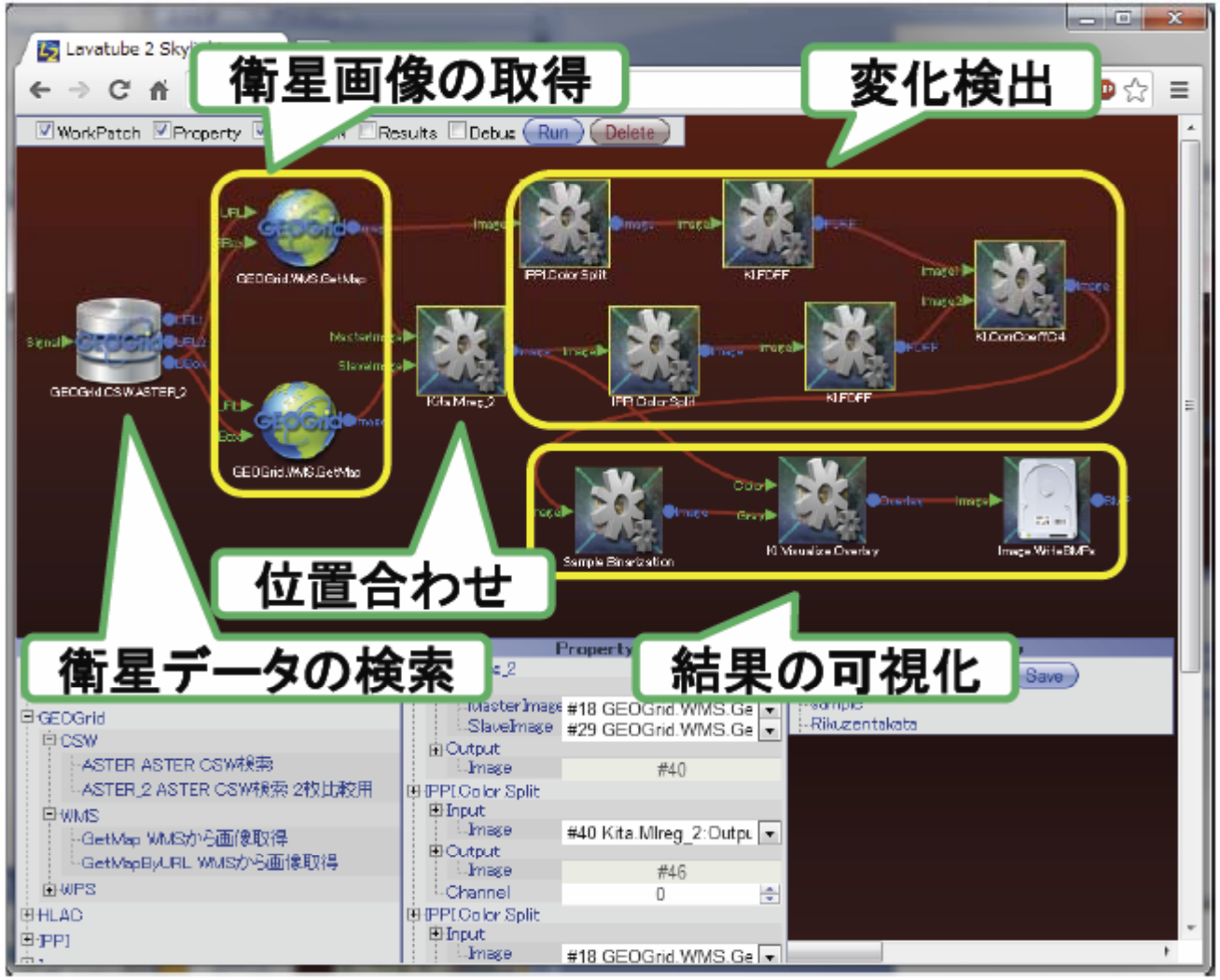
©Parrot

- 災害状況を把握するために、現地の画像や映像は極めて重要。
- 従来は先進国の国家レベルが中心となり、数百億円の製造コスト・百億円の打上コストを負担し、大型の地球観測衛星を打ち上げてきた。アメリカのLandsatや欧州のSentinel等は恒常的に打ち上げられ運用が続けられており、観測されたデータは広く無料で配布されている（上図左）。
- 技術の進歩に伴い、民間企業を主体とし、数十～数百機もの超小型地球観測衛星を使ったリアルタイムに近い地球観測が実現間近である。海外ではGoogle等のITベンチャーが名乗りを上げているが、国内でもアクセルスペース社のような超小型衛星ベンチャー企業が取組を始めている（上図右上）。
- バッテリーやモータの小型軽量化により安価なドローンが爆発的に広まりつつあるが、使い方に関してはまだ整備が進んでいない（上図右下）。

1)-b. 情報を集約する（Lavetube2）

※Lavetube2 は産業総合研究所が開発し、
社会実装を進めています。

様々な方法によって撮影された画像データを、同じ手法で処理・解析を行い、統一的に利用するために、「元となる画像データの検索」「ユーザが処理方法を組み合わせて処理を実施出来る手順の作成」「画像による結果の出力」が実施出来るLavetube2システムの開発と社会実装が進められている。（下図：Labetuve2利用画面。アイコンを並べて処理過程をプログラムする）



- Lavetube2では、処理を行う元となる衛星画像を検索出来る。
- ユーザは様々な画像処理の手法を自由に組み合わせて試行出来る。
- ユーザが試行して発見した（例えば火災発生場所や地滑りの発生場所を画像上に明示する為の）最適な一連の画像処理手順をシステムとして保存し、他のユーザにも提供出来る。
- 多くのユーザにより、使いながら処理方法の開発が進められる。

1)-b. 情報を集約する（課題）

- ドローン等の安価で機動力の高い装置が、災害現場ですぐに使われるような運用システムの普及が必要。
  → 民間ボランティアにより、災害時にドローンを使った観測を行う「Drone Bird」計画がクラウドファンディングを試みたが、資金が集まらず成立しなかった

提案

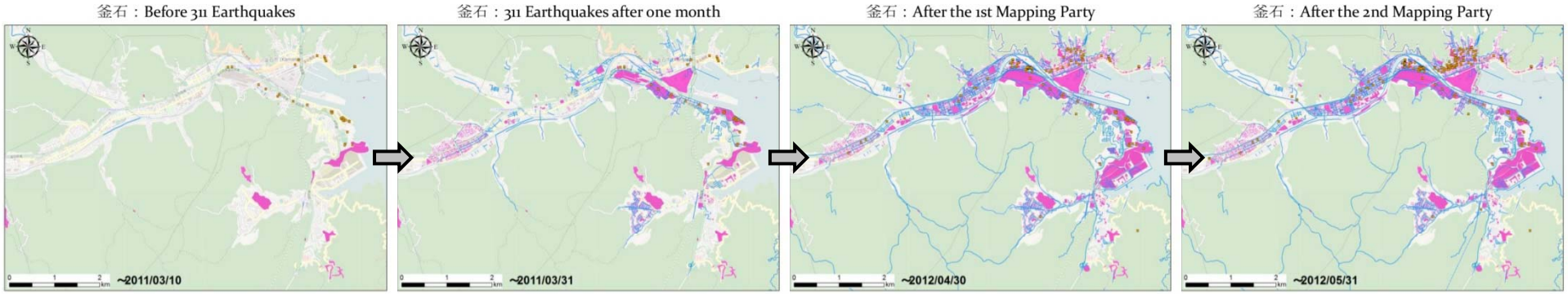
勢いのある民間ボランティア活動を取り込みながら、各地方自治体による「 Drone Bird」計画を実施するための資金援助・技術協力を国の施策として実現する。

- 衛星やドローン等によって得られた画像情報を一元的に集約し、利用者が迅速に情報が得られるシステム開発が必要。
  → 衛星データに関しては「データプラットフォーム」が作られて一元化を進めたが、測量会社に運用が払い下げられたため、他の測量会社が利用しない等の問題が発生。

提案

携帯通信会社など、元々ユーザを多く抱え地図情報そのものの販売をビジネスとしない会社・組織による、一元的なデータ集約・配信（フォーマットや利用規程の統一）が出来るシステムを構築。同システムをつかったLavatube2の利用促進を進める。

1)-c. 地図上に一覧化する（Open Street Map）



ボランティア団体による、クラウドソーシングを使った「クライシス・マッピング」例（釜石）

- 災害発生後、救援部隊の現地への侵入・救出作業の進捗管理にも、最新の地図情報は必要不可欠。衛星やドローン、地上で得られた情報を迅速に反映させ、災害対策本部や避難する住民が一覧できるリアルタイム地図作りが必要。
- 既に国土地理院やGoogle等の様々な地図がインターネット上で入手可能。多くの場合コンピュータ画面上での利用は無料だが、紙に印刷して関係者に配ったり、また地図に様々な情報を付加しての利用（2次利用）は禁じられている。そのためこれらの地図は災害時等に必要となる迅速な地図作りに使用することが出来ない。
- このような問題意識から、2006年にはイギリスにOSM財団（Open Street Map Foundation）が設立される。フリーの地図情報としてOpen Street Mapが公開され、世界中で使用されている。
- またOSMを中心としたメンバーは、災害発生時にボランティアによる「クライシス・マッピング」プロジェクトを立ち上げている。メンバーは世界各地からネットを介して参加。ネット上で分担して作業を行うクラウドソーシングにより、避難場所や被災状況が細かく記入された、被災地の詳細地図作りを実施してる。

1)-c. 地図上に一覧化する（Open Street Mapの課題）

- 携帯電話やSNS等の被災地から得られた現地情報に加え、衛星やドローン、地上センサ等による情報が一覧でき、災害対策に使える地図の作成が重要。
  → 既に民間ボランティア団体による活動が活発に行われているが、行政が持つデータの自由な利用を進める事により、より迅速に中身の濃い地図を作ることが出来る。

提案

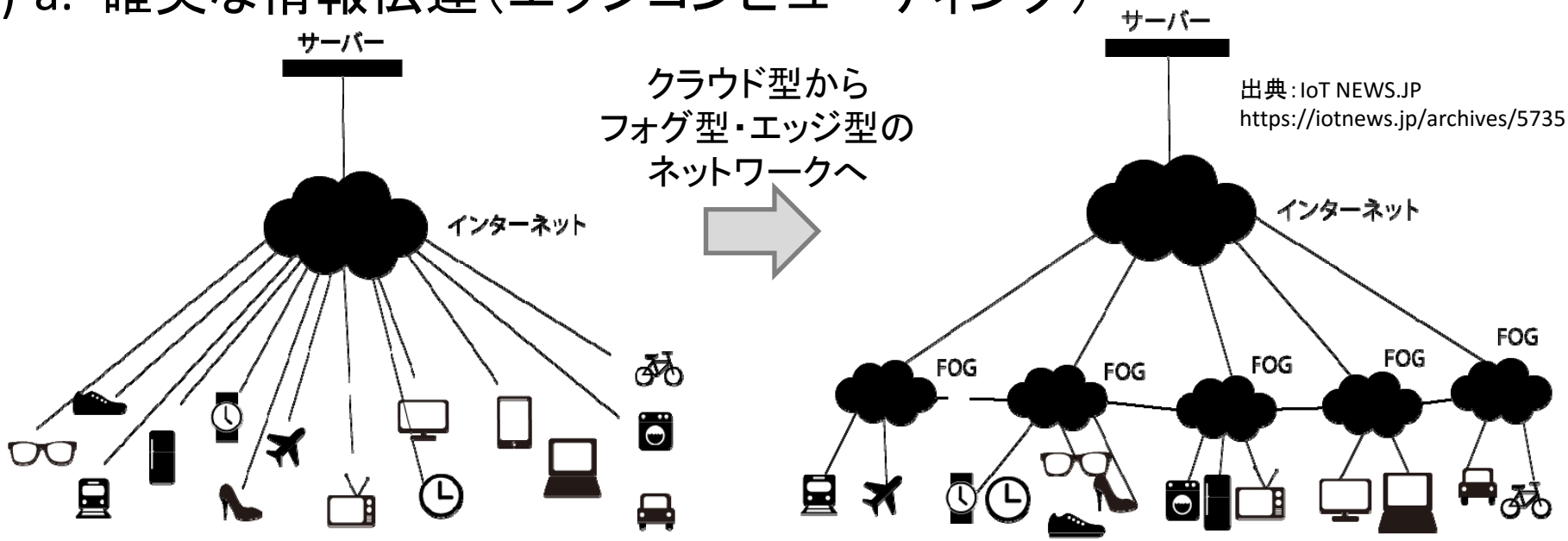
災害発生直後に、行政が保有する測量成果の複製・使用承認が出来る仕組み作り・法律整備の推進。また普段より「地域住民による地図作り」への参加の仕組みを推進する。

- クライシスマップの被災者利用の推進
  → 被災者自身が災害状況をリアルタイムに地図上で確認する事により、最適な避難経路を迅速に発見できる。

提案

1)-bの提案と併せ、携帯通信会社など元々ユーザを多く抱え、スマートフォン等で地図配信を行っている会社・組織と連携し、普段より一般ユーザが使っている地図が災害時には即時更新されるクライシスマップに切り替えられるシステムを整備する。

2)-a. 確実な情報伝達（エッジコンピューティング）



出典：IoT NEWS.JP
https://iotnews.jp/archives/5735

- 従来の通信では、個々の端末やセンサーからのデータを直接インターネット経由でサーバに送信していた（クラウド型）。また個々の回線を太くし、高速で多量のデータが送れるようなインフラ整備が進められてきた。しかし高速で大容量の通信手段は繊細で脆弱なため、断線しやすい問題点がある。またサーバへの経路が一つしか無い場合、回線が切断すると自動的な回復は困難。
- 個々の端末やセンサーが個別にネットワークを有し（フォグ型：複数のクラウド型の集合）、個別のネットワーク（フォグ）内で必要なデータだけを厳選し、他のネットワークやインターネットに送信する（エッジ型：周辺での情報処理）エッジコンピューティングを進める事により、低速度で小容量のデータ送信でも十分に利用可能なシステムを構築可能。また断線しにくい強靭な通信経路が作りやすくなる。経路が複数になる事により、一部が断線しても自動的に回復出来る。

2)-a. 確実な情報伝達（エッジコンピューティングの課題）

- 災害時にフォグの中核となる拠点を形成し、救急医療や必要となる重要情報を選別、中央に送信できるシステムが必要。

提案

災害時等に、地方自治体や国の出先機関、あるいはコンビニエンスストア等に公共wi-fi基地局を設置。消防団や自警団メンバーによるアクセルを認め、必要な情報を峻別・送信する。

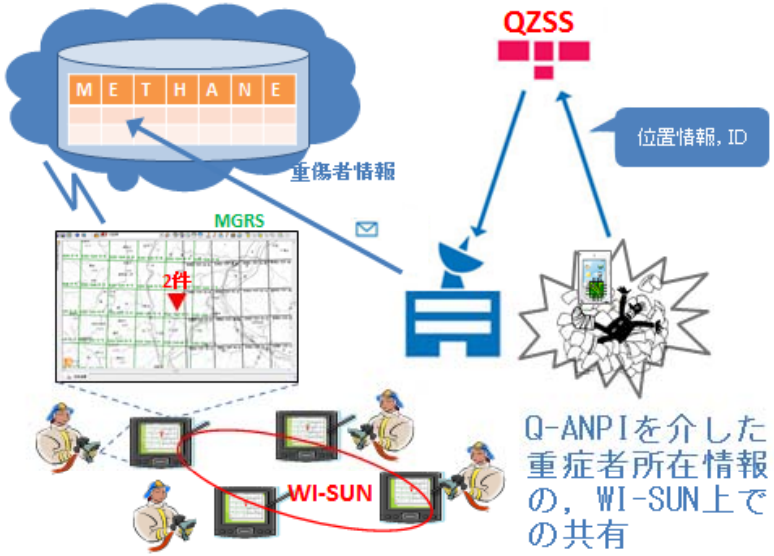
- 防災ICTや農業ICT等、地上センサによる多量のbigデータを扱う仕組みを平時より整備すると、災害時に転用可能。

提案

後述する3)-aの提案とも併せ、普段より農業や防災の現場に地上センサによるネットワークを導入。最近のセンサーネットワークは、小容量のデータに限定されるが、センサーが中継して遠くまで情報を伝える機能（ホッピング機能 / ルーティング機能）を有しており、災害に強い強固なシステムとなりえる。

2)-b. 救急医療（METHANEレポート）

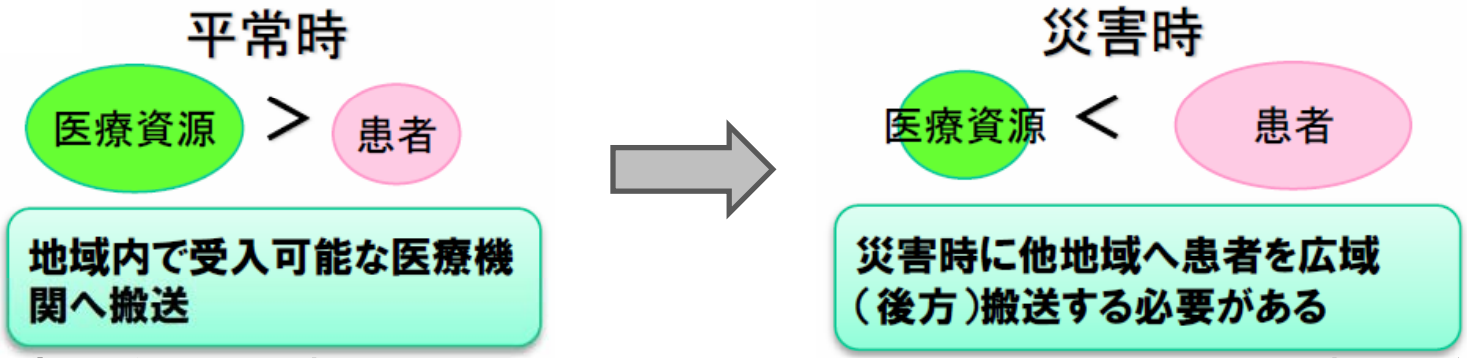
My call name, major accident!	私は〇〇です。大災害が発生しました！
Exact location（正確な場所）	場所は〇〇空港です
Type of accident（事故の種類）	滑走路内での飛行機事故です
Hazard（危険物・障害物）	ガソリンの流出が有り、引火の恐れがあります
Access（アクセス）	空港東側から侵入してください
Number of casualties（傷病者数）	傷病者数は300人以上と推定されます
Emergency services（消防・救急活動）	消防車〇台、救急車〇台が現場活動中です



出典：嶋津恵子，情報技術は私たちの幸福のために役だっているでしょうか，日本アクチュアリー会全国大会，基調講演資料，2012

- METHANEレポートは、アフガン紛争時にNATOが開発した、緊急救命のための手法。現在では日本のDmat（災害派遣医療チーム）も活用。
- 災害発生直後に、「早く」「確実に」「必要最小限の情報」を伝えることに特化したフォーマットを採用。送信データの容量は55バイトと非常に小さく、低速度通信網でも利用可能。救援隊が現地で使用する、低速度・小電力のネットワーク（Wi-SUN）でも十分に情報が閲覧出来る。
- スマートフォンの端末等で、クリックすることでレポートの内容を簡単にまとめるアプリケーションを作ることも可能。被災者からの情報発信が容易になる。
- 2)-aで構築されるエッジコンピューティングによるネットワークや、1)-aで紹介した準天頂衛星（QZSS）の有する機能の衛星安否確認情報「Q-ANPI」とも連携した運用が可能。

2)-b. 救急医療（参考：EMISについて）



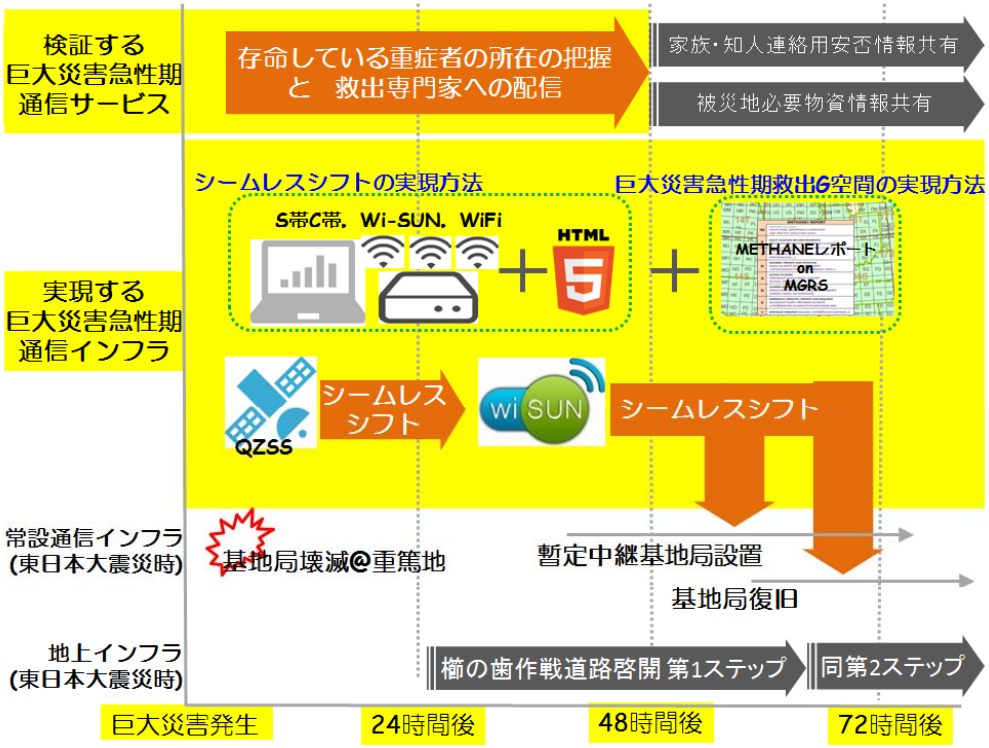
- 広域災害救急医療情報システム（EMIS）は、平成7年に発生した阪神淡路大震災を教訓として、厚生労働省が設置・運用を行っているシステム。上図に示すように、災害発生時にあふれ出た患者を、広域（後方）搬送する事が目的。
- 災害発生時、医療機関から災害状況、受け入れ患者数などの情報を収集、関係者間で情報共有する「EMIS基本機能」、DMATの派遣要請、活動状況（出勤、移動、活動、撤収等）について一元的に管理をおこない、その情報を関係者間で情報共有、またDMAT隊員管理を行う「DMAT管理機能」、医療搬送患者情報、搬送航空機等の管理を行い、搬送先である被災地外の医療機関、DMAT等と情報共有する「医療搬送患者管理機能」によりシステムは構成されている。
- しかし阪神淡路大震災よりもはるかに規模の大きな東日本大震災においては、システムが複雑すぎて入力画面等の被災地病院の負担も大きく、「電話回線、インターネット回線の断裂によりEMISに一時接続不能となった」「忙しくてそれどころではなかった」等の理由により十分に機能しなかった。
- 今後は「DMAT管理機能」をMETHANEレポートに置き換える、エッジコンピューティングによる情報の分散処理を行うなどの対応が必要不可欠。

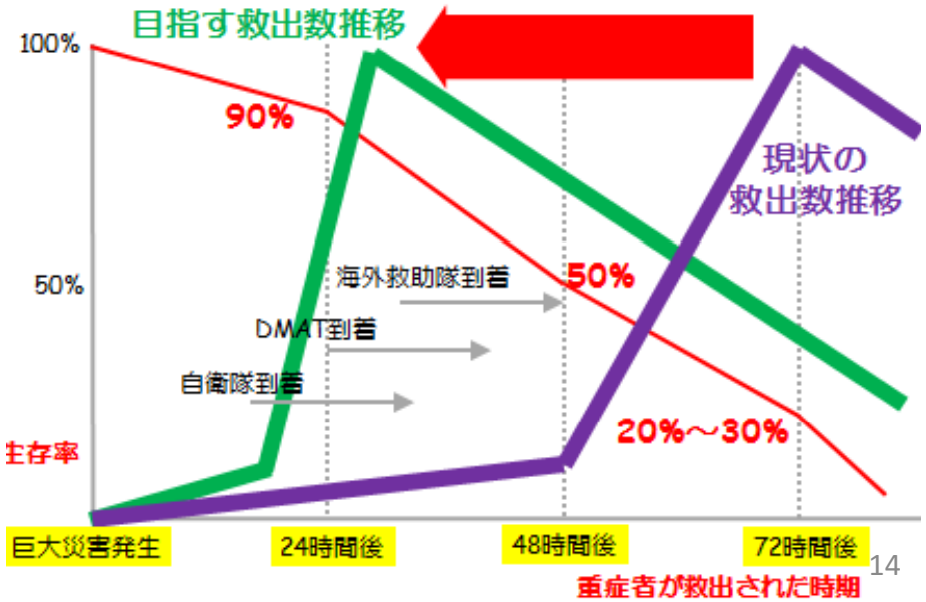
2)-b. 救急医療（METHANEレポートの課題）

- 「迅速に救援隊を現地に派遣、人命救助を行う事」に特化することで、大災害発生時にも確実に動作するシステムを構築することが最重要課題。
  → EMISの効果は否定しないが、機能を分散すべき。

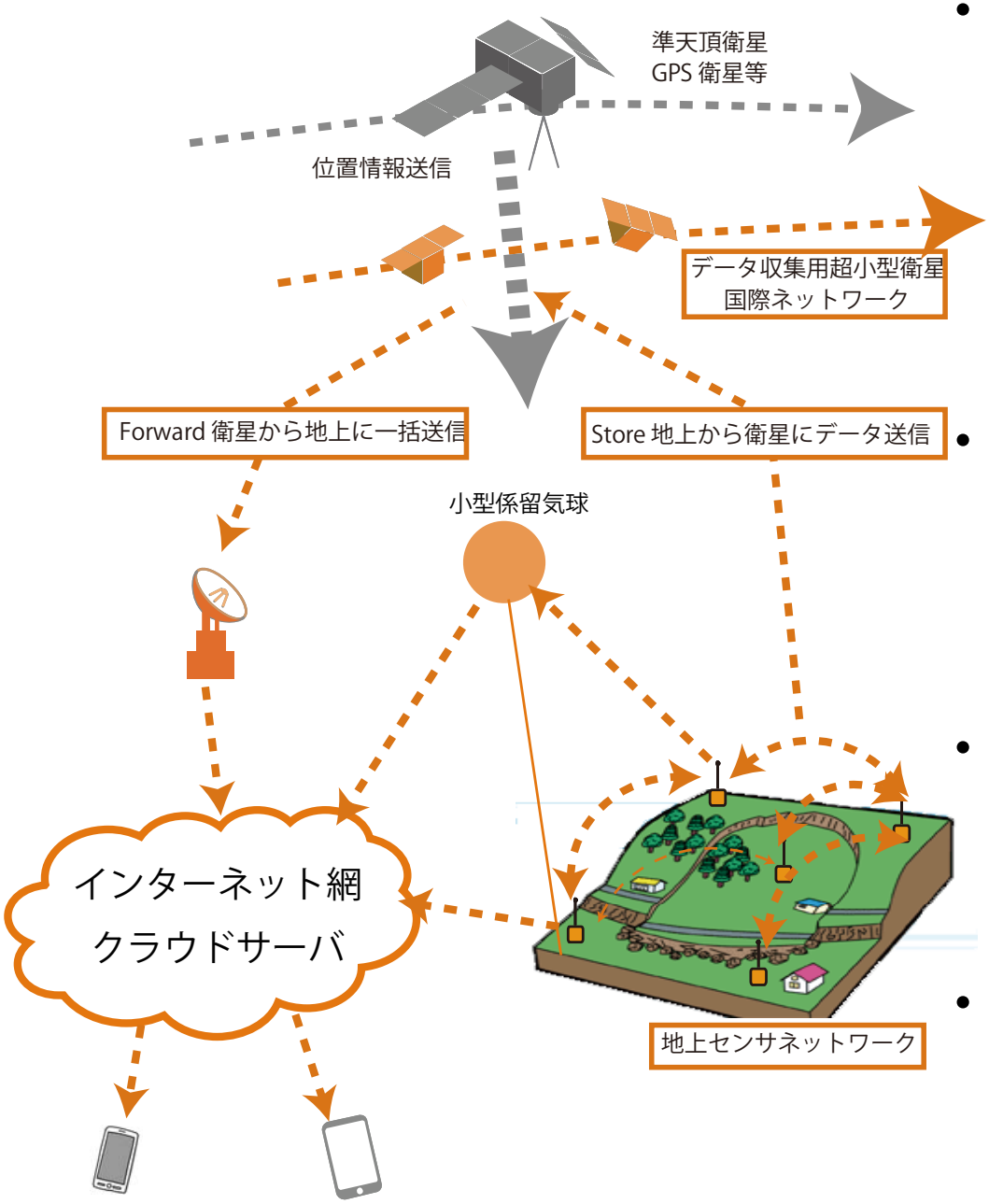
提案

DMATや救援部隊に対する情報発信は、METHANEレポートなどを使った必要最小限の情報量により実施。堅牢なシステムにより情報を遅滞なく伝えることを最大の課題とする。





3)-a. 砂防災害予測（地上センサネットワーク）



- 砂防災害の原因となる河川上流域は、wi-fiのみならず携帯電波も届かない情報通信困難な地域であることが多い。2)-aで進めるような地上センサ間のホッピング、小型係留気球や衛星を使う等による通信網の確保による、雨量や水位監視が重要。
- 地球からはるか遠くに位置する静止軌道衛星を使った衛星通信には大型アンテナや大規模電力が必要であり、上流の山間部でこれらのシステムを維持するのは非常に高価。
- 河川下流域に関しては管理用のwi-fi局の設置も進められているが、計測機器も含め、システムが高級・高価になりすぎる傾向がある。
- 小電力で稼働し、必要最小限のデータを確実に送信する、安価で堅牢な地上センサネットワークの開発が必要不可欠。

3)-a. 砂防災害予測（地上センサネットワークの課題）

- 衛星やドローンによる上空からの観測に加え、地上センサを用いた観測が必要不可欠。気候変動により局所的な災害も多発する中、観測点の爆発的な増加が必要。
  → 従来のメーカは「ハードウェア」や「データ処理システム」で大きく稼ぐビジネスモデルを採用していたため、コストが際限なく高価になっている。国内ではかろうじて成立しているが、海外ではまったく相手にされず、技術輸出も不可能。

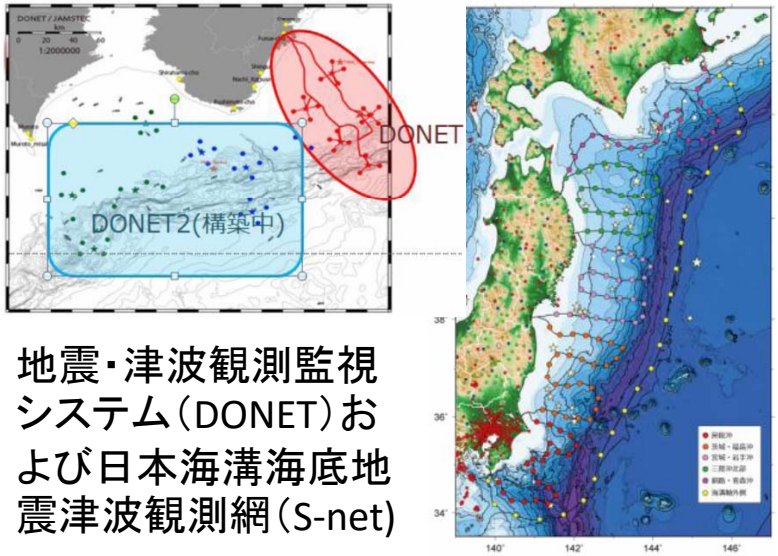
提案

オープンハードウェア、オープンソフトウェアの考え方に基づく安価な地上センサネットワークの構築を推進。地上のインターネットに加え、地球から極めて距離が近い低軌道周回衛星を使った小電力・低速度通信網を構築することで、運用コストを低減、様々な情報通信僻地での利用を可能とする。防災だけでなく農業ICTにも同システムを利用することで平時からのユーザを増やし、各地域毎の現地企業が設置・メンテナンスを実施する。

次世代宇宙システム技術研究組合（NESTRA）による、衛星・携帯・wifiを使った地上センサネットワーク例
Wi-Fi版のセンサネットワーク本体価格は3000円程度と極めて安価（センサ価格除く）。単三電池で3ヶ月稼働。

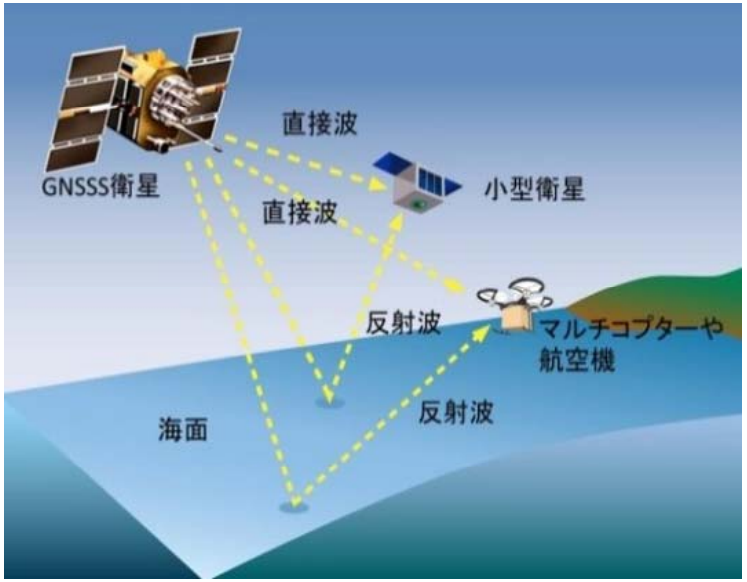
3)-b. 津波予測（GNSS-R）

東南海・南海地震　　日本海溝海底地震



地震・津波観測監視システム（DONET）および日本海溝海底地震津波観測網（S-net）

出典：文科省



GNSS-Rによる津波観測 出典：市川香＠九州大学

- 東南海・南海地震の想定震源域を広範囲にカバーし、地震・津波観測監視を行うために「DONET」が、日本海海溝付近で発生する地震及び津波を直接リアルタイムで観測監視を行うために「S-net」の整備が進められている。近地の津波に対しては自身の規模把握がもっとも重要であるため、これら設備は重要。
- 海面の高さを測ることを目的にした場合、洋上や海底に測位施設を設置するよりも、高所でGNSSの反射波（GNSS-R）を観測する方が、設置費用もメンテナンス費用も圧倒的に安価。
- GNSS-Rの観測により、（例えば南米等の）遠隔地で発生した津波に関する観測精度（日本への到達時刻と津波の規模）が飛躍的に高まる。
- 小型衛星等を使ったGNSS-Rの観測では、太平洋全体などの広い範囲を対象とした観測が可能になるため、「津波観測値発表地点」の下図が現在の100～200点前後から数万点以上へと桁違いに増やすことが出来る。

3)-b. 津波予測（GNSS-Rの課題）

- GNSS-Rによる津波観測監視技術は原理的には実現可能だが、まだ開発途上。早期の実証実験が必要。
  → 文科省による研究開発の一環として、九州大学を中心とした研究チームが和歌山大学の地上局を利用し、今年12月に打ち上げられるアメリカのGNSS-R観測衛星による観測を開始予定。研究開発期間は今年度末で終了。

提案

内閣府防災として開発された設備を受け継ぎ、実証実験を継続。得られるデータの精度と処理方法に関する検討を推進。

- 航空機等にGNSS-Rの受信設備を取り付けることで、安価な設置費・運用費で太平洋上の津波観測監視が可能。

提案

民間航空会社と協力し、すべての旅客機に下向きのGNSSアンテナを設置・運用。（GNSS-RのアンテナはGNSSアンテナと同じ）
世界的にデータを集めることにより、「つなみ情報発信国」として、世界防災にも寄与する。

提案事項のまとめ

項目番号	ハードウェアの開発・整備	ソフトウェアの整備・運用
1)-a	スマートフォンに対応した準天頂衛星用の部品開発と普及	防災を目的とした準天頂衛星の利用方法に関する検討と普及
1)-b		地方自治体による災害発生時のドローンによる空撮観測に対する支援
1)-c	携帯会社等との連携による災害時のクライシスマップへの切替	災害発生時に迅速に地図・測量情報の２次加工・配布を可能とする制度整備
2)-a	災害時の公共wi-fi基地局整備（小型係留気球の利用等含む）	平時から使われる農業ICT・防災ICTとの連携。災害時に緊急用へと切替
2)-b		人命救助を最優先としたDMATに対する情報発信システムの構築
3)-a	衛星/携帯/wi-fiをシームレスに使用できる、オープンハード・ソフトに基づく地上センサネットの整備	平時にから使われる農業ICT・防災ICTとしてシステム利用を推進
3)-b	GNSS-R技術の実証実験の実施、運用システムの開発	旅客機等を使ったGNSS-R観測体制の構築