

災害時の避難に関する専門調査会
津波防災に関するワーキンググループ
第3回会合

参考資料1

情報伝達に関する技術・システム

海底地震計は、海底設置型の地震計であり、自己浮上式とケーブル式がある。
海域のプレート境界付近では規模の大きな地震が発生するため、海域における地震活動の観測は重要な役割を担っている。

特徴

自己浮上式海底地震計

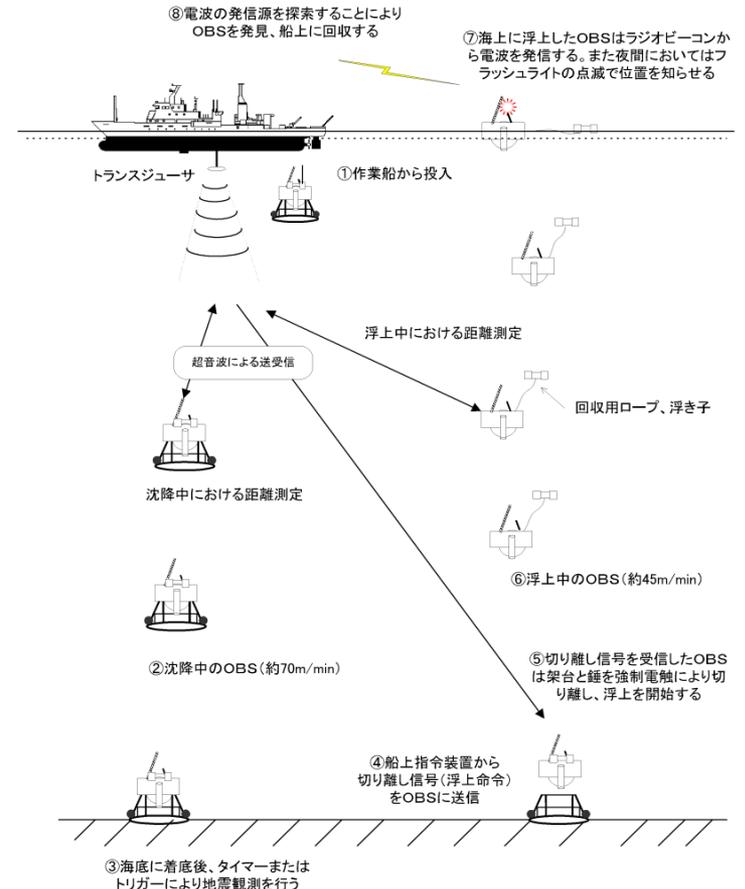
- 自己浮上式海底地震計は、船上からの音響信号により、海面に浮上する海底設置型の地震計である。
- オレンジ色をしたチタン製の耐圧容器で外径50cmの球体の形状をもつ。耐圧4000mの深海で使用可能であり、その耐圧容器の中には、地震動センサ、時計、記録装置や電池が収納されている。
- 船上(あるいはヘリコプター)などから、自由落下により海底に設置し、設置してから1年間の連続観測が可能である。
- 回収時は、地震計に装着してあるおもりを切離装置により切り離し、浮力を利用して浮上させ、回収率はほぼ100%である。
- 高性能水晶を搭載し、従来より高品質のデータが取得可能である。
- ジンバル機構^{*}により、傾斜地形の観測に対応している。
- ケーブル式海底地震計(後述)に比べ安価なため多点での観測が可能で、特定地域の詳細な研究に向いている。
- また、ケーブル式海底地震計の整備が進んでおらず、地震の活動度が相対的に高い領域(余震域)など地震活動を継続的に把握する必要がある領域では、自己浮上式海底地震計を用いた観測を実施している。
- ケーブル式海底地震計の敷設された領域で、さらに密な観測を行う必要がある場合、自己浮上式海底地震計を組み合わせることで地震観測を行っている。



海底地震計(自己浮上式海底地震計)

出典:地震研究所ニュースレター/東京大学地震研究所

^{*}直交する二つの傾斜軸を組み合わせることで任意の方向に傾斜できる機構
出典:地震がわかる!(平成20年12月)/文部科学省



自己浮上式海底地震計(OBS)の設置および回収作業の概要

出典:報道発表資料(平成16年9月10日)/気象庁

特徴

- 海底地震計は海底下で発生する地震を、水深1000～2000mの海底でとらえるための観測機器である。
- 地震計を光海底ケーブルにより陸上までつなぎ、海域の地震をリアルタイムで監視する。
- いくつかの海域では、ケーブルに津波計を併設することにより、津波現象の解明、津波予測の高度化に役立っている。
- ケーブル式海底地震計による観測は、東海沖、房総沖、伊東沖、相模湾、釜石沖、室戸沖、釧路・十勝沖で行われている。
- また、平成18年度から、東南海地震の想定震源域である紀伊半島沖で南海トラフで発生する巨大地震をモニタリングする海底ネットワークの構築が始まっている。

出典：地震がわかる！（平成20年12月）／文部科学省

震災後の取り組み

気象庁の例

- 東北地方太平洋沖地震の全体像を解明するためには、広範囲で発生している余震活動を詳細に調査し、震源断層の位置・形状を把握する必要があるとし、気象庁本庁及び気象研究所は、平成23年4月8日、海底地震計による余震観測を実施するとした。
- この海底地震観測は、文部科学省の科学研究費補助金（特別研究促進費）による「2011年東北地方太平洋沖地震に関する総合調査」（以下、「総合調査」という）において大学等が3月中旬から実施している海底地震観測と連携し、全体の観測調査が効率的に行えるよう観測期間及び観測海域の分担・調整を図って実施するものである。
- また、気象庁の海底地震観測に加えて、総合調査に参加して海底地震観測等を行う東北大学を始めとする大学関係機関等の自己浮上式観測装置の設置・回収を、気象庁の海洋気象観測船（凌風丸、啓風丸）が他関係機関の船舶と協力して実施した。

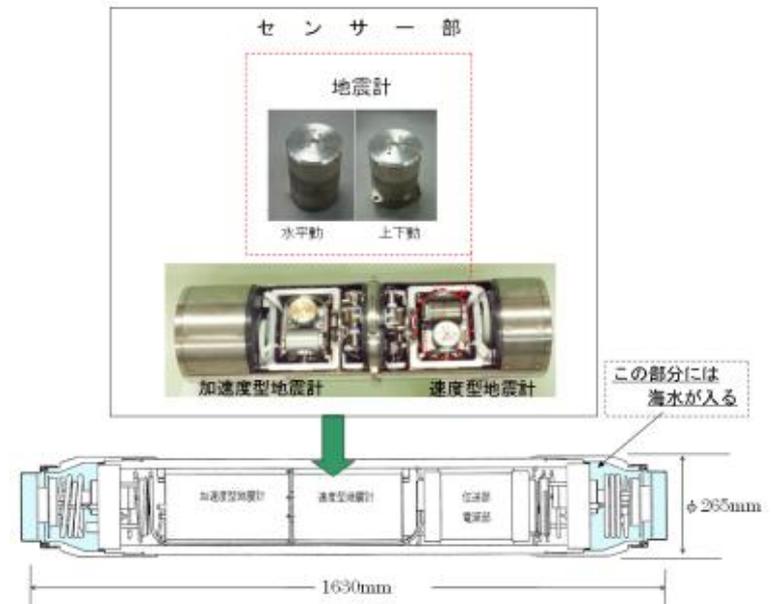
■海底地震観測 地震計台数：自己浮上式海底地震計40台（気象庁本庁5台、気象研究所35台）／観測地域：福島県沖から千葉県東方沖にかけての海域

■海洋気象観測船（凌風丸、啓風丸）による海底地震計、水圧計等の設置・回収

凌風丸：2航海（4月9日～19日、4月23日～5月10日、のべ29日間）

啓風丸：4航海（4月9日～24日、4月28日～5月16日、5月20日～30日、6月4日～13日、のべ56日間）

出典：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の震源断層調査のための海底地震計による余震観測について／気象庁



海底地震計（ケーブル式海底地震計）の構造

出典：気象庁ホームページ(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)

海底津波計は、圧力センサシステム(水圧・温度計)であり、稠密かつ高精度に地震や津波等のリアルタイム観測を行うものである。また、独立行政法人海洋研究機構(JAMSTEC)により、東南海地震の震源域にあたる紀伊半島沖熊野灘において、地震計とその海底津波計を備えた海底ケーブルネットワーク型観測システム「地震・津波観測監視システム(DONET)」が設置及び試験運用中である。

特徴

海底津波計

- 海底津波計は、長期にわたり安定に微小な圧力の変化を検出する圧力検出用水晶と主として温度変化を補償する目的の圧力参照水晶を発振器素子とする2組の発振回路で構成されている。
- 各々の水晶発振器の周波数の差を津波信号(7KHz~16KHz)として出力する。
- 温度計は、温度計測水晶と温度計発振器で構成されている。
- 温度計は、温度計測水晶により計測された温度を周波数信号(3.776MHz@2°C)として出力する。
- 温度計水晶は耐圧容器の一方の端部内面に取り付ける。
- 温度計発振器は伝送部ユニット内に実装される。

出典:海底津波計/JAMSTEC



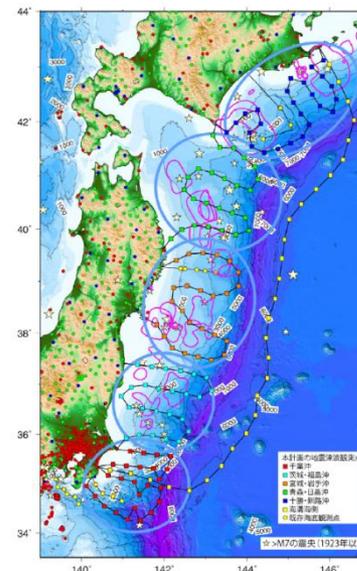
海底津波計

出典:海底津波計/JAMSTEC

震災後

海底地震津波観測網の整備(防災科学技術研究所)

- 高度な津波即時予測システム(緊急津波速報(仮称))の開発、地震増の解明等を行うためのケーブル式観測網(地震計・水圧計)を日本海溝沿いに整備。
- 平成24年度は「房総沖」及び「三陸沖北部」に海底観測装置を設置、正確で迅速な地震・津波データの提供。
- 将来的なシステム全体としては154観測点(地震計と津波計を装備)であり、5海域のシステム(各海域で25観測点、30km間隔)とアウターライズのシステム(29観測点、40km間隔)で構成される。
- 海域観測網のメリットとして、震源にかなり近い海底地点で地震動の早期検知が可能であること、沖合で実際の津波を瞬時に直接検知し、津波に関する精度の高い情報(連続的な津波波高、波長、進行方向、押し・引き等)を国民にいち早く伝達することが可能になることが挙げられる。

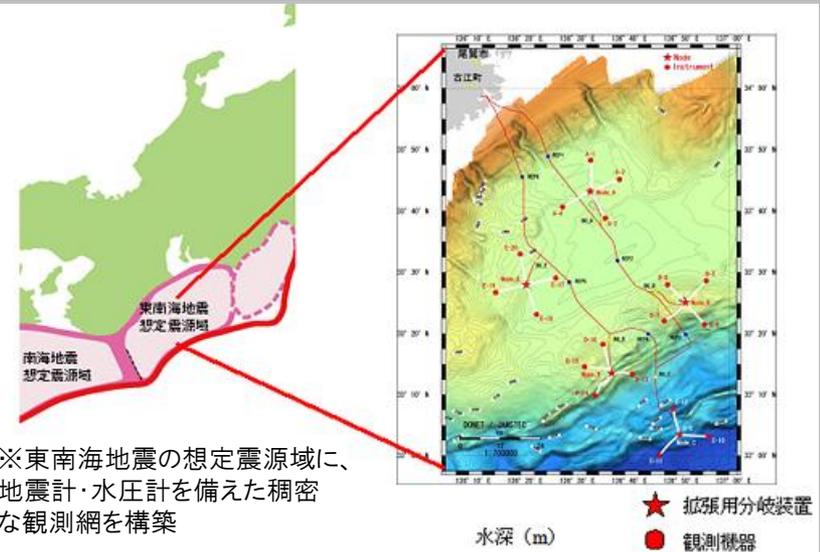


海底地震津波観測網の整備イメージ

特徴

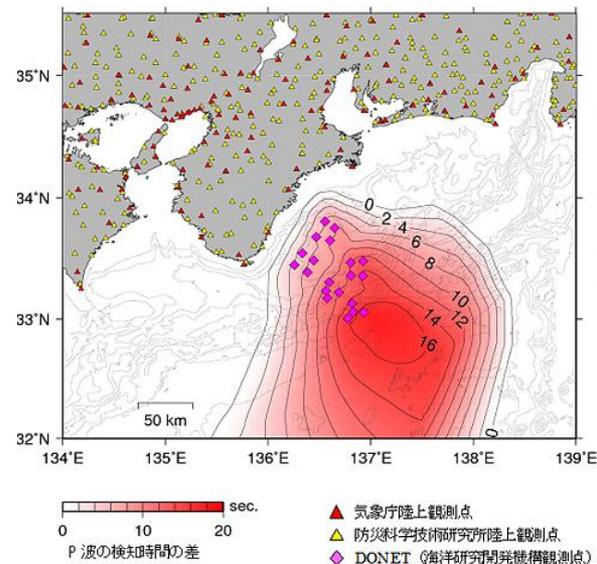
地震・津波観測監視システム(DONET)

- 地震・津波観測監視システム(以下、DONET)は、独立行政法人 海洋研究機構が整備しているシステムであり、東南海地震の震源域近傍の海域で発生した地震を、陸上観測点と比べ最大十数秒早く検知することが可能である。本システムから得られる全ての地震計データの防災科学技術研究所及び気象庁への提供を行っている。
- 東南海地震を対象としたリアルタイム観測システムの構築と、地震発生メカニズムの解明等を目的に開発された海底ケーブルネットワーク型の観測システムである。従来の観測システムではなし得なかった深海底における多点同時、リアルタイム観測を行う。
- 三重県尾鷲市古江町の陸上局から、紀伊半島の沖合約125km先まで、総延長約250kmに渡る基幹ケーブルをループ状に敷設し、途中5箇所 の拡張用分歧装置に、それぞれ4つの観測点が接続された、稠密な地震・津波観測システムである。
- 各観測点は、地震計や、津波を検知する水圧計等で構成された観測装置ユニットで、水深約1,900mから4,300mの深海底に設置されている。
- 観測装置には海底ケーブルを介して陸上から電力が供給され、観測装置からは海底の地震動、水圧変動等のデータがケーブル内の光ファイバーを通じてリアルタイムで陸上局へ送られる。
- 観測装置からのリアルタイムデータは、陸上局から専用回線を通じて海洋研究開発機構や防災科学技術研究所、気象庁に配信される。
- 本プロジェクトは、文部科学省からの補助事業「地震・津波観測監視システム開発」により進められている。
- さらに現在、気象庁において観測データを緊急地震速報等に活用するための準備が進められている。
- 水圧計データの提供についても、現在、海洋研究機構、防災科学技術研究所、気象庁で調整を行っており、今後津波解析の高度化にも資することが期待される。
- また、本システムの観測データは、東海・東南海・南海など複数の領域が連動して発生する巨大地震発生メカニズムに関する研究等にも活用されることになっている。



※東南海地震の想定震源域に、地震計・水圧計を備えた稠密な観測網を構築

DONETの設置箇所



※深さ10kmの地震について、震央が赤色の濃い位置にあるほど、地震の検知が早いことを表す。
線の間隔は2秒間隔。
例えば、0秒の線付近で地震が起きた際には、地震の検知は陸上での検知と時間差はないが、16秒の線付近で地震が起きた際には、DONETの観測点で陸上の観測点に比べ16秒程度早く検知できることを示す(海洋研究開発機構のシミュレーションによる)。

海域で発生する地震の検知時間の差(DONETと地上観測点とを比較した場合)

GPS波浪計とは、GPS衛星を用いた波浪や潮位をリアルタイムで観測する機器である。現在稼働中の全15基のGPS波浪計観測データが気象庁へ提供されている。

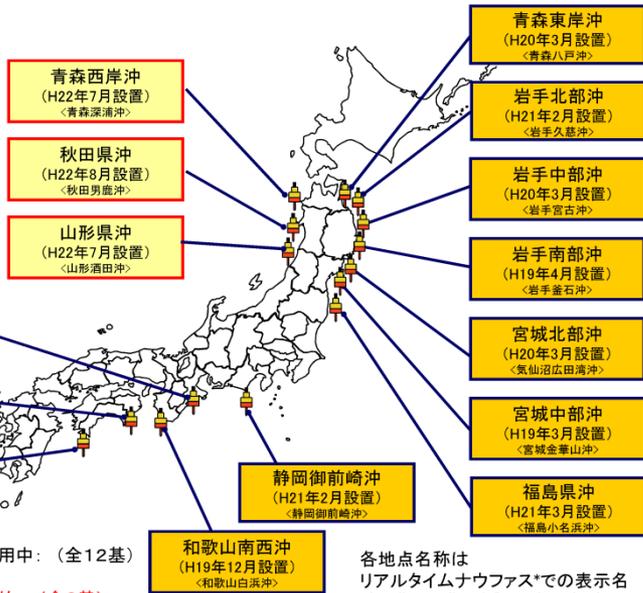
特徴

津波警報および津波観測に関する情報における活用

- GPS波浪計は、GPS衛星を用いて、沖に浮かべたブイ(GPS波浪計)の上下変動を計測し、波浪や潮位をリアルタイムで観測する機器である。地震発生時には沖合での津波観測も可能であることから、観測データを気象庁にリアルタイムで提供し、気象庁が発表する津波観測情報で活用している。
- GPS波浪計は国土交通省港湾局が整備をすすめているものであり、平成20年7月1日より気象庁において、津波情報へ活用している。また、平成22年度に設置した東北地方日本海側のGPS波浪計3基の観測データについて、平成23年10月11日より気象庁への提供を開始した。これにより、稼働中の全15基のGPS波浪計観測データが気象庁へ提供されることとなった。
- これにより、津波の観測値を発表する地点は184ヶ所から187ヶ所となった。
- GPS波浪計は沖合に設置されており、従来の沿岸に設置された検潮所とは性質が異なるため、津波情報(津波観測に関する情報)における表記についても、従来の検潮所とは異なる表記である。



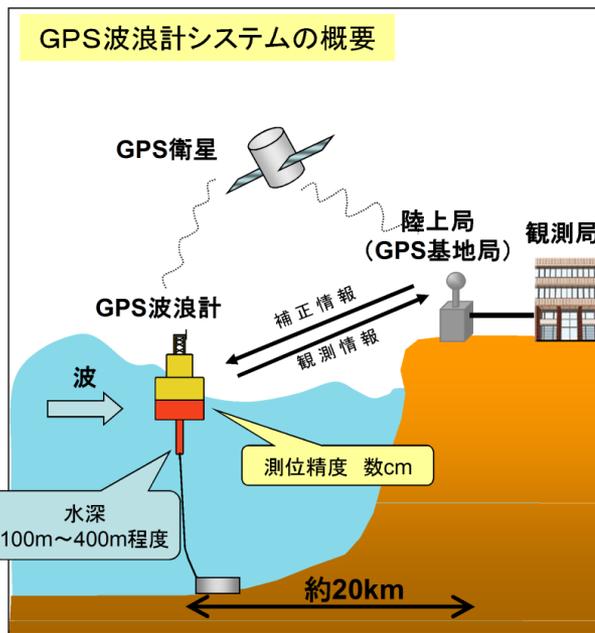
- 三重尾鷲沖 (H20年2月設置) <三重尾鷲沖>
- 徳島海陽沖 (H22年1月設置) <徳島海陽沖>
- 高知西部沖 (H19年11月設置) <高知足摺岬沖>



- データ公表済み、気象庁活用中：(全12基)
- 10/11より気象庁活用開始：(全3基)

各地点名称はリアルタイムナウファス*での表示名
* <http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>
< >内は気象庁発表名称

GPS波浪計設置状況



GPS波浪計システムの概要

津波警報および津波観測に関する情報における活用

GPS波浪計で津波が観測された際は、津波情報(津波観測に関する情報)において、従来の[各地の検潮所で観測した津波の観測値]の他に、[*印の沖合のGPS波浪計で観測した津波の観測値]、[*印の沖合のGPS波浪計付近の沿岸で推定される津波の高さ]を記載します。

各項における表記と、留意事項については以下のとおりである。

[各地の検潮所で観測した津波の観測値]の表記

- GPS波浪計は沖合に設置されているため、GPS波浪計で観測される津波の高さは沿岸で観測される津波の高さより小さい。
- そのため、沖合のGPS波浪計と沿岸の検潮所とではデータの質が異なり、併記すると混乱する恐れがある。そこで、GPS波浪計に津波が到達したことを報じるために**第1波の到達時刻のみを記載し、高さについては常に(不明)と記載**する。

[*印の沖合のGPS波浪計で観測した津波の観測値]の表記

- GPS波浪計で津波が観測された場合、GPS波浪計で観測された津波の到達時刻と高さを記載する。記載する内容は次の通り。

■GPS波浪計で観測された第1波の到達時刻、第1波の押しまたは引き、第1波の高さ

■GPS波浪計で観測された最大波の到達時刻、最大波の高さ

[*印の沖合のGPS波浪計付近の沿岸で推定される津波の高さ]の表記

- GPS波浪計での観測値から推定される、沿岸での津波の高さと到達時刻を記載する。記載する内容、留意事項は次の通り。

■GPS波浪計の高さから推定される沿岸での津波の高さ

沿岸での津波の高さは、いくつかの過去に発生した津波のシミュレーションに基づき、GPS波浪計の高さから推定される沿岸での高さを、幅を持たせた表現で記載する。

■沖合のGPS波浪計付近の沿岸に津波が到達する時刻

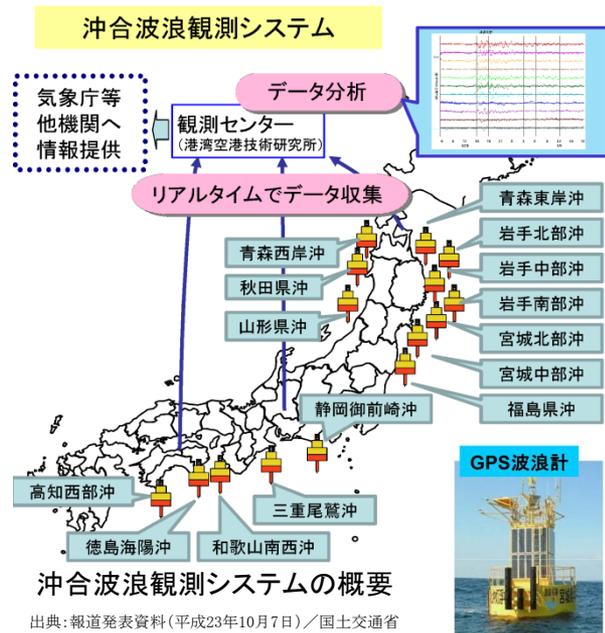
津波の到達時間の推定は、沿岸に対しておおむね並行に津波の波面が進む場合を想定している。沿岸に対して斜めに津波が進む場合には、GPS波浪計で観測される前に、沿岸にすでに到達している場合もある。

[*印の沖合のGPS波浪計で観測した津波の観測値]の例文と留意事項

例文	留意事項
*** [*印の沖合のGPS波浪計で観測した津波の観測値] *** (本文中では、沖合での津波の観測値と、沿岸での検潮所による観測値との混同を避けるため、すべて(不明)と表記されます。詳細は以下の通り)	GPS波浪計で観測した値。沖合での値であり、沿岸での値とは異なることに注意が必要。 一般に沖合での津波の高さは、沿岸に比べて低い。
岩手釜石沖* 第1波 24日13時35分 (+) 0.5m 最大波 24日13時35分 0.5m	
宮城金華山沖* 第1波 24日13時35分 (+) 0.5m 最大波 24日13時35分 0.5m	
上記は沖合での観測値であり、沿岸では津波はさらに高くなります。	

[*印の沖合のGPS波浪計付近の沿岸で推定される津波の高さ]の例文と留意事項

例文	留意事項
** [*印の沖合のGPS波浪計付近の沿岸で推定される津波の高さ] ** 沿岸での津波の高さは以下の通りと推定されます [到達時刻(推定)・津波の高さ(推定)]	GPS波浪計の観測値から推定される、沿岸での津波の到達時刻と高さ。 場所によってはすでに津波が到達している場合やこれ以上の高さになる場合がある。
岩手県釜石付近 24日13時40分~13時55分 0.5m~1m	
宮城県金華山付近 24日13時40分~13時55分 0.5m~1m	
早いところでは、既に津波が到達していると推定されます	



防災行政無線は、県及び市町村が「地域防災計画」に基づき、それぞれの地域における防災、応急救助、災害復旧に関する業務に使用することを主な目的として使用する無線局のことである。我が国の防災行政無線は、国、都道府県及び市町村の各階層から構成されている。

中央防災無線

- 内閣府を中心に、指定行政機関等(中央省庁等28機関) や指定公共機関(NTT、NHK、電力等52機関)、立川広域防災基地内の防災関係機関(東京都防災センター等10機関)を結ぶネットワーク。

消防防災無線

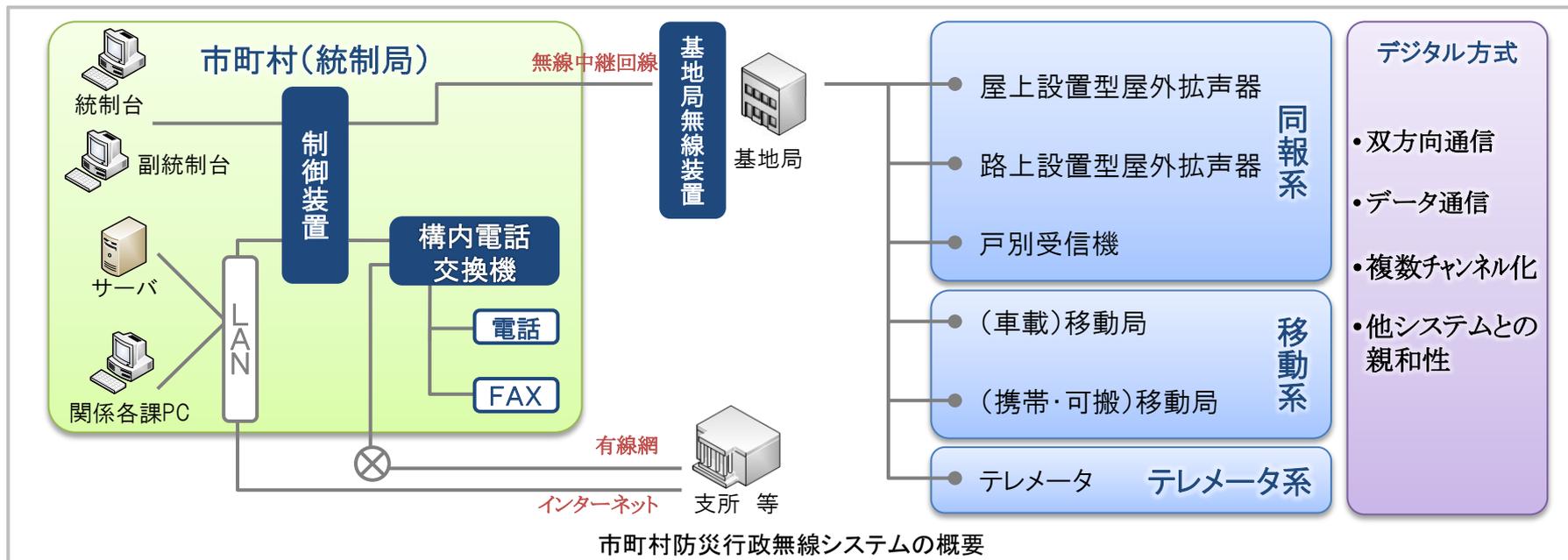
- 消防庁と全都道府県の間を結ぶ通信網で、電話及びファクシミリによる相互通信と、消防庁からの一斉通報に利用されている。

都道府県防災行政無線

- 都道府県と市町村、防災関係機関等との間を結ぶ通信網で、防災情報の収集・伝達を行うネットワーク。衛星系を含めるとすべての都道府県に整備されている。

市町村防災行政無線

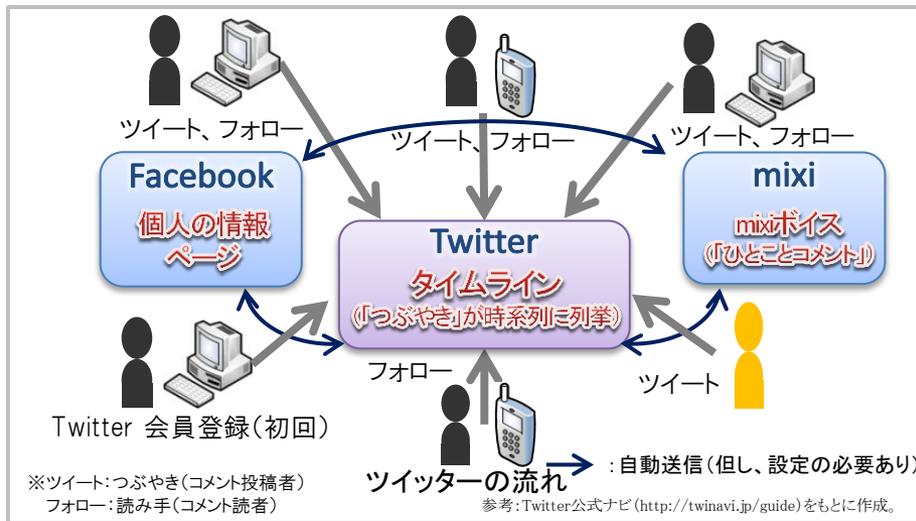
- 市町村が防災情報を収集し、また、住民に対して防災情報を周知するために整備しているネットワーク。市町村防災行政無線には、同報通信システムと移動通信システムがある。
- 平成23年3月現在、全市町村(1,750)のうち、同報系については76%(1,335市町村)、移動系については83%(1,457市町村)が整備している。



東日本大震災において、被害状況や避難情報などの情報伝達について、新聞・テレビ・ラジオなどのマスメディアに加えて、ツイッターに代表されるソーシャルメディアが、情報伝達ツールとして一定の役割を果たした。

特徴 ツイッター(Twitter)

- 平成18年7月にアメリカのTwitter社(当時はObvious社)により開始されたブログサービスの1つ。
- 日本語版サービスは平成20年4月に開始。
- 「twitter」とは英語で「さえずる、ぺちやくちゃしゃべる」などの意味で、今していることや感じたことなどを「つぶやき」のような短い文章(140字以内)にして投稿。
- メールアドレスなどを登録すれば誰でも無料で利用可能。
- Twitter社が平成23年3月に発表した数字によると、1日に投稿される平均ツイート数は1億4,000万件、1日あたりの新規加入者数は46万人(いずれも平成23年2月のデータ)。



平成23年3月11日の動き

情報のやりとり状況

- 地震発生から1時間以内に、東京からだけで毎分1,200件以上のツイートが投稿された。
- アメリカ時間の11日の終わりまでには「地震」という単語を含んだツイートが24万6,075件投稿されるなど、ツイッターという場で地震に関するリアルタイムでの情報のやりとりが非常に活発であった。

Twitter社の対応

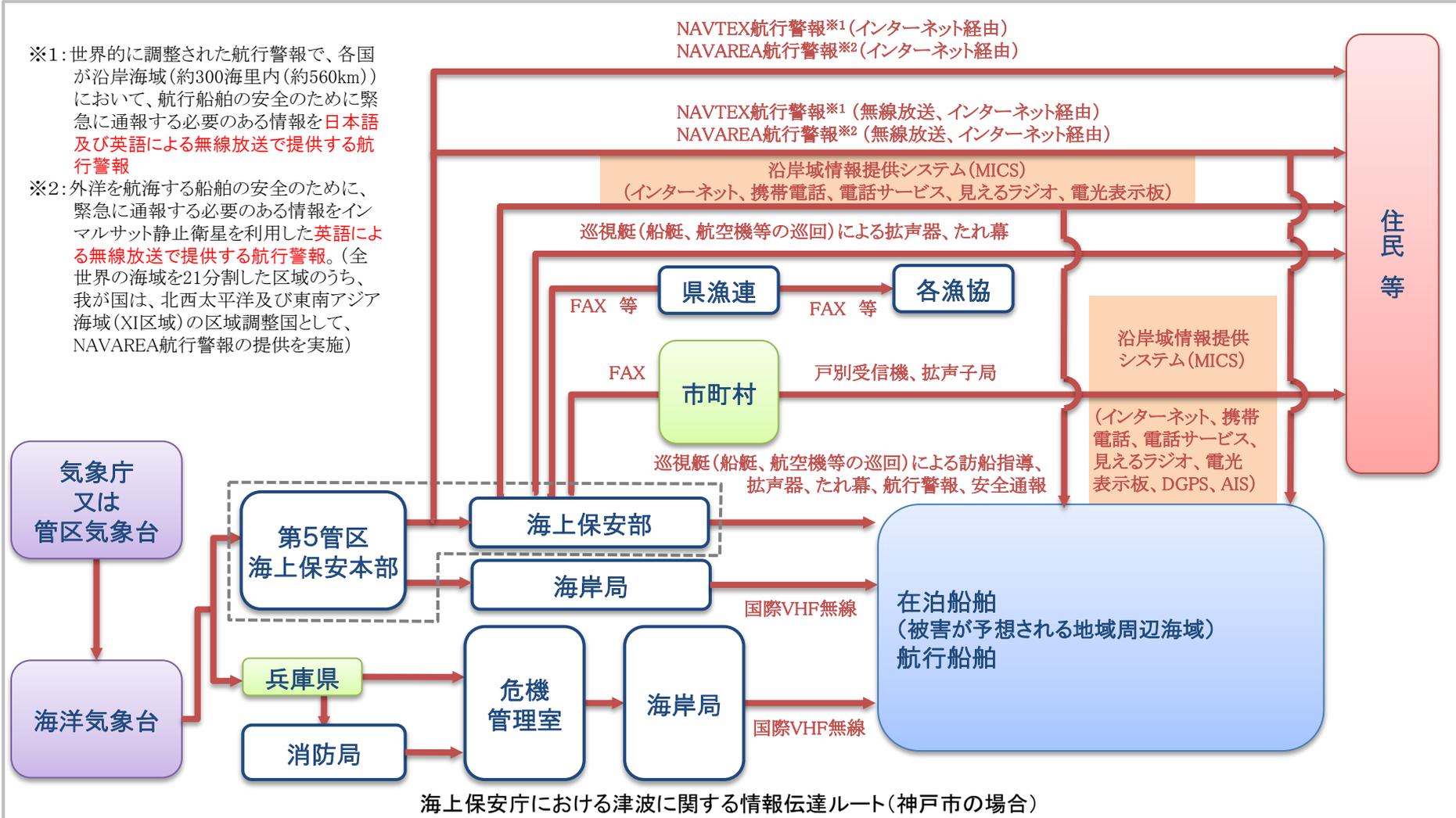
- 平成23年3月12日に、公式ブログ上に「東北太平洋沖地震に関して」と題する記事を掲載し、この中で地震関連のハッシュタグを提案し、地震に関するツイートをする際には、その内容に応じたハッシュタグ※を使うよう呼びかけた。
- これによってツイートされた情報が分散してしまうことを防止し、ユーザーがツイッター上で知りたい情報を検索することが容易になるなど、情報発信ツールとしての使いやすさが整えられていった。

※ハッシュタグ: 特定の話題に関する発言をする際に使われるもので、「#」を頭文字に付けた文字列のこと。今回の地震では、「#jishin(地震一般に関する情報)」「#anpi(安否確認)」などが使われた。
 出典: 放送研究と調査「東日本大震災に見る大災害時のソーシャルメディアの役割～ツイッターを中心に～(平成23年7月)」/NHK放送文化研究所

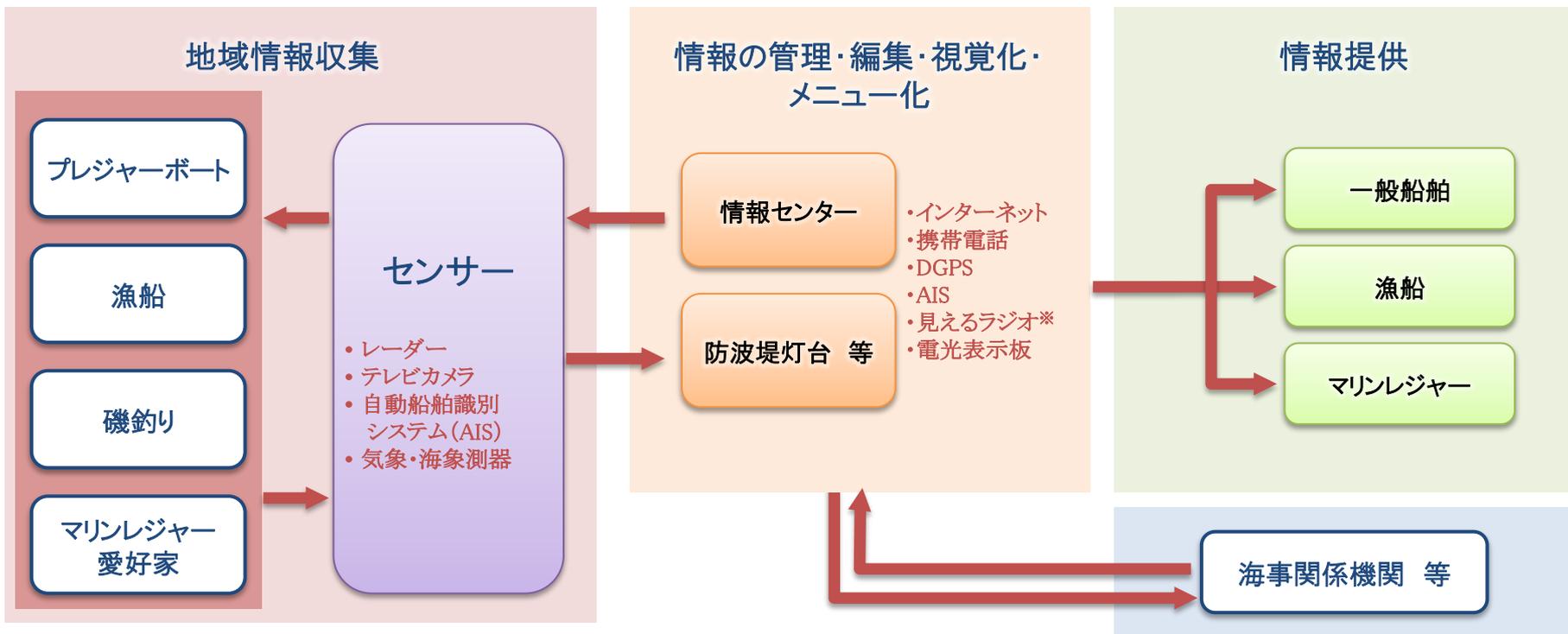
海上保安庁の津波に関する伝達は、海上保安庁防災業務計画に則り、対応にあたる。主に、海上保安庁防災業務計画に係る対応と港内における船舶津波対策に基づく対応、津波が発生した時の災害応急対応、航行警報による情報の提供がある。

※1: 世界的に調整された航行警報で、各国が沿岸海域(約300海里内(約560km))において、航行船舶の安全のために緊急に通報する必要がある情報を日本語及び英語による無線放送で提供する航行警報

※2: 外洋を航海する船舶の安全のために、緊急に通報する必要がある情報をインマルサット静止衛星を利用した英語による無線放送で提供する航行警報。(全世界の海域を21分割した区域のうち、我が国は、北西太平洋及び東南アジア海域(XI区域)の区域調整国として、NAVAREA航行警報の提供を実施)



海上保安庁では、一般船舶や漁船のみならずマリンレジャー等海を利用する全ての人を対象とした沿岸域情報提供システム(MICS)を推進している。気象・海象情報、緊急ニュース、海の安全に関する情報、ライブカメラ映像などをリアルタイムで提供する。



沿岸域情報提供システム (MICS)

出典: 海上保安庁ホームページ (<http://www.kaiho.mlit.go.jp>)

見えるラジオ

「見えるラジオ」とは、「TOKYO FM」と「JAPAN FM NETWORK」によるFM文字多重放送のサービス名称である。

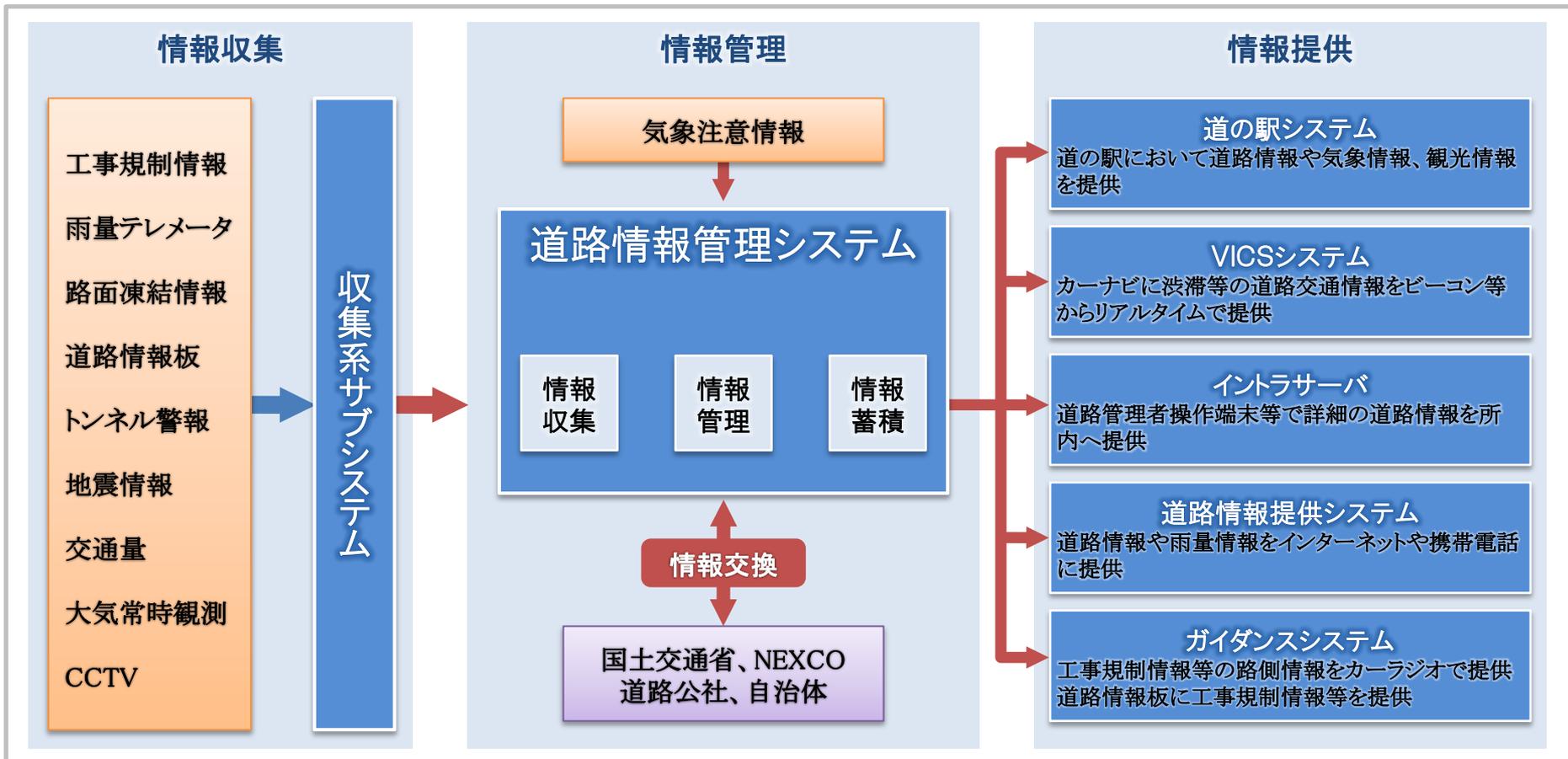
FM文字多重放送の特徴として以下のことがあげられる。

- テレビジョン放送と電話回線等(インターネット・パソコン通信)との組合せにより、双方向型のサービス(ショッピング、チケット予約、クイズ参加など)が可能である。
- ニュース、交通情報、番組内容の詳細情報などの文字情報を提供することが可能である。

出典: 平成11年版 通信白書/総務省

道路情報管理システムは、道路気象等の情報をオンラインでリアルタイムに収集し、道路管理者が的確かつ効率的に道路管理を行うためのシステムである。さらに道路情報管理システムで収集した情報は、一般の道路利用者に対する情報提供にも利用されている。

道路情報ガイダンスシステムと連携することにより、道路情報板や路側放送を通じて提供する情報を自動作成し、一般の道路利用者に対して、より迅速で的確な情報提供が可能である。



道路情報管理システムのシステム構成

出典：日本無線株式会社ホームページ (<http://www.jrc.co.jp>)

カーナビゲーションシステムでは、道路交通情報通信システム(VICS)を経由して情報発信することにより車両への情報伝達が可能であるが、情報を受信するには受信端末が必要であり、道路交通情報通信システム(VICS)の発信設備がない場所では情報を入手することはできない。

道路交通情報通信システム(VICS)

道路交通情報通信システム(VICS)とは、渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムに送信し、カーナビゲーションシステムなどの車載機に文字・図形で表示する情報通信システムである。

情報は24時間365日提供しており、道路の渋滞の渋滞・規制情報や地震・津波等の緊急情報を知ることが可能である。情報の表示方法は、地図表示型、簡易図形表示型、文字表示型の3種類である。

VICS情報は、道路管理者が設置運営者となっている電波ビーコン、都道府県が設置運営者となっている光ビーコン、NHKのFM電波を利用したFM多重放送を通じてVICSセンターから配信される。なお、電波ビーコンおよび光ビーコンではそれぞれの設置運営者からの情報も配信されることがある。

※NHKでは平成19年3月31日でFM文字多重放送のサービスを終了しているが、(財)道路交通情報通信システムセンター(VICS)ではNHK FMの電波を利用し、道路交通情報サービスを提供している。

