

緊急地震速報評価・改善検討会 利活用検討作業部会（第2回）

—話題提供—

令和5年3月22日

ゲヒルン株式会社 技術開発部 危機管理局



予報業務許可事業者の取り組みの一例



① 予想精度の向上、情報の高解像度化

- 予想精度のさらなる向上
 - マグニチュードの予想が不安定なケースがある
- 地盤情報の積極的な更新
 - 全国震度増分データ、7.5-second JEGM等の適切な地盤データの活用・更新
- リアルタイム震度観測点の増強
- 150kmより深い震源の場合の情報提供方法の策定（震度は予想しなくとも良い）

主に国が担っていく部分

② アクセシビリティ、個別のニーズ対応

- 多言語化、配色、UD書体、文字の大きさ・太さ、音声生成の選択肢
- 地図を読み取るのが難しいユーザーへの対応
- 複数の緊急地震速報の統合
- 長周期地震動の情報が必要な場所の判定
- 多様な経路での伝達
- 面的予想、リアルタイム震度、強震モニタのようなインターフェイスを持つサービス

主に民間事業者が担っていく部分

③ 伝達の高速化

- 伝達遅延の改善、高速化
- ETWS拡張の可能性の検討
- 面的予想の演算時間の改善

官民が連携していく部分



精度

予報資料の確かさ



トレードオフ



速度

リードタイム/猶予時間

① 予想精度の改善、情報の高解像度化

予報資料の改善

民間の予報業務許可事業者においては、気象庁が発表する「予報資料」が情報の品質・利便性を左右する根幹であり、気象庁発表の予想であっても民間の予想であっても、予報資料の精度が引き続き改善されていくことが最も重要です。

地震動予報資料

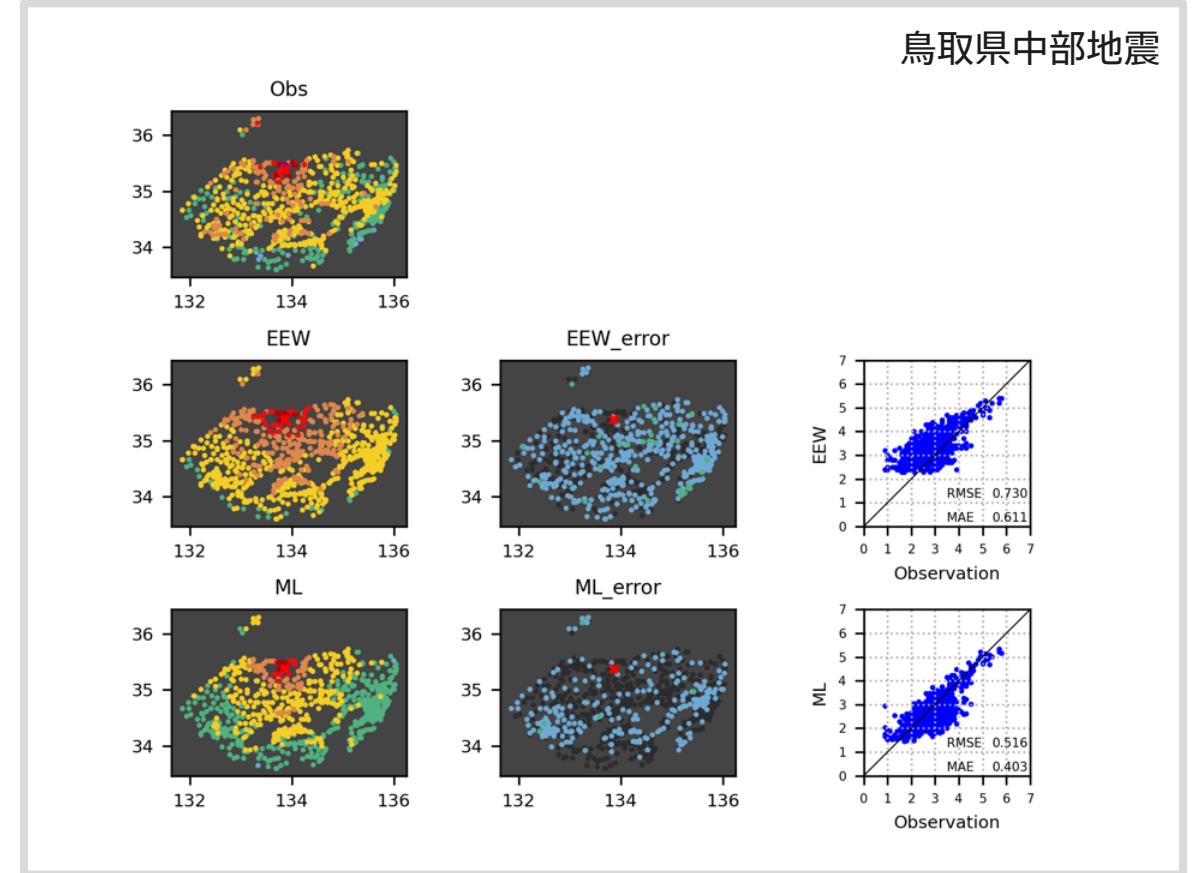
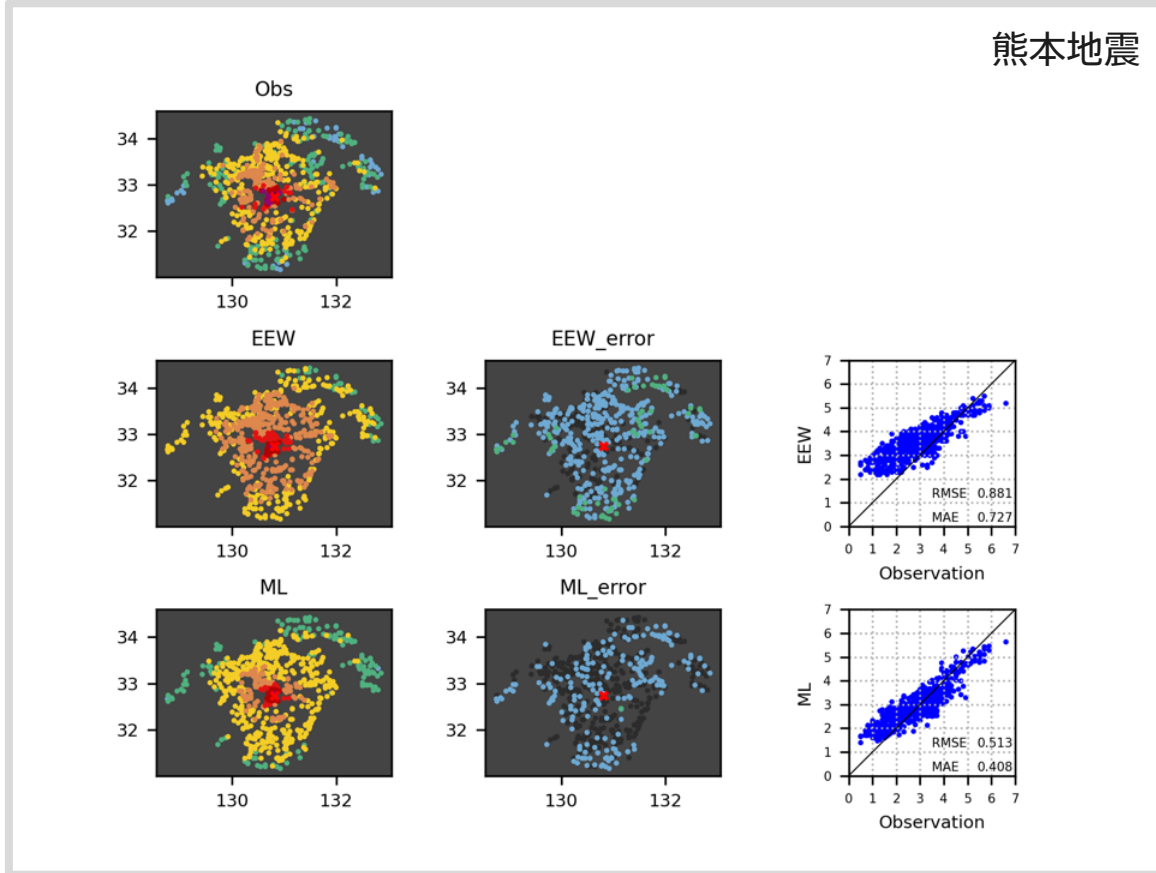
震源座標、深さ、マグニチュード、リアルタイム震度

機械学習での精度改善

震度3以下の予想は、気象庁が発表する緊急地震速報の対象になっておらず、緊急地震速報で用いている震度予測式は、震度4以上の揺れに合わせて作成されているため、民間の予報業務許可事業者の取り組みによる改善の余地がある。

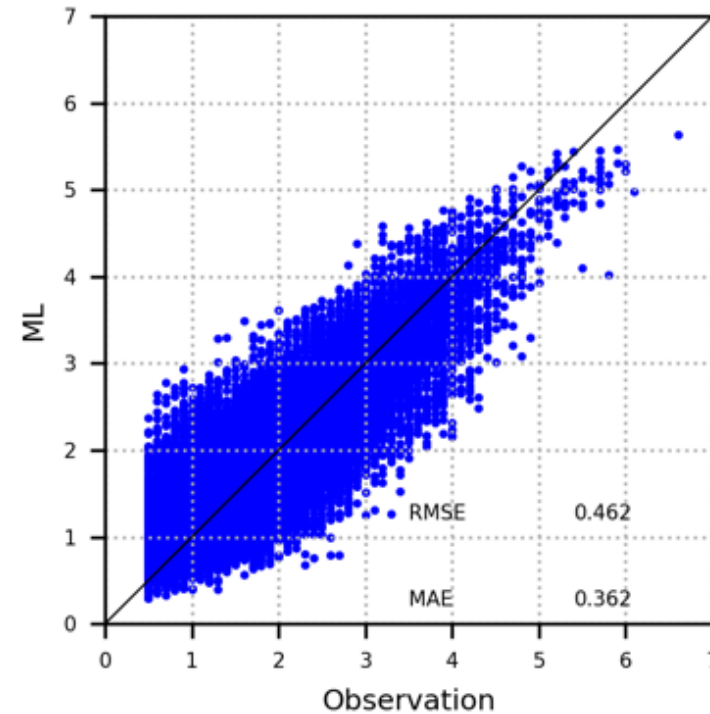
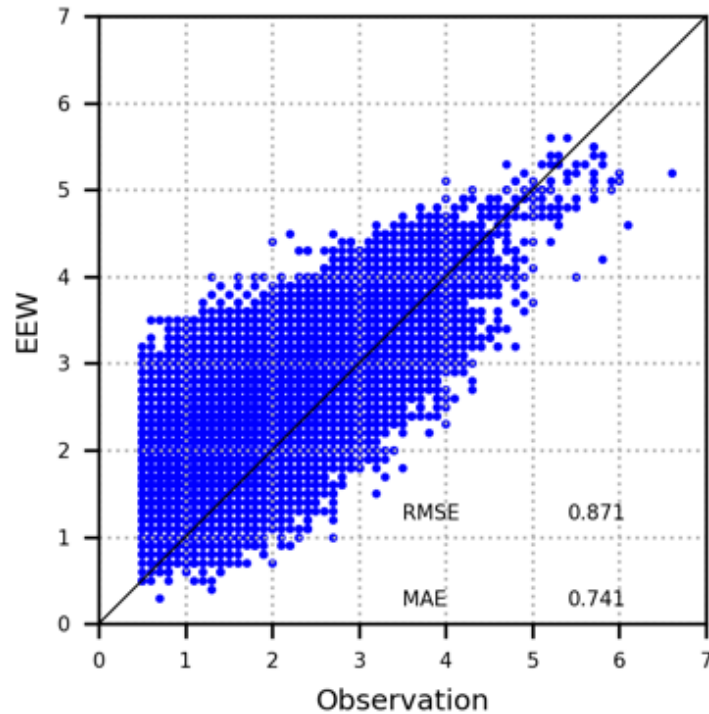
緊急地震速報で用いている震度予測式は、震度4以上の揺れに合わせて作成されているため、観測震度3の予測では過大（差の平均：+0.51）となった。また、小さい震度ほど観測されるデータ数が相対的に多くなるため、観測震度3以上すべてを集計した結果も+0.38と過大な結果となっている。しかし、緊急地震速報（警報）の発表対象である震度4以上の結果をみると、差の平均は+0.20~-0.18であり、予測値が観測値の±1.0に入る割合も約95~98%と、適切な震度予測ができています。

機械学習での精度改善



2011年から2019年までの観測データから、2016年のデータを除いて加工して学習

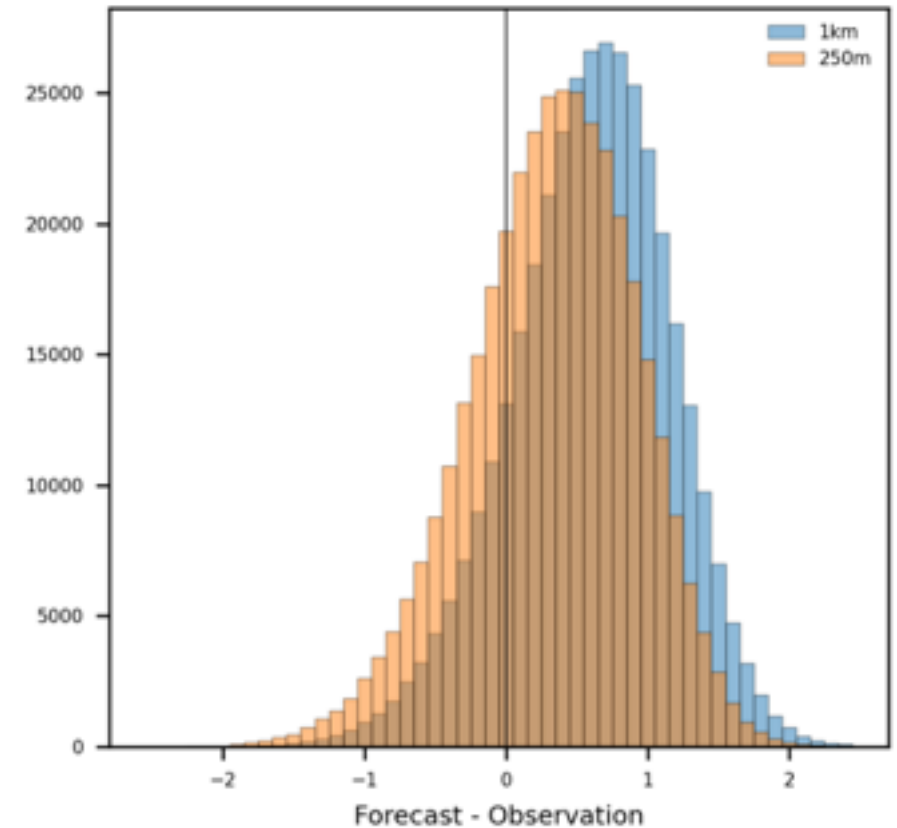
機械学習での精度改善



機械学習の予測では、従来のEEWの予測に比べて誤差の指標が小さくなっています。
また、実際の震度は小さいのに予測で過大評価されてしまう傾向がややおさえられています。

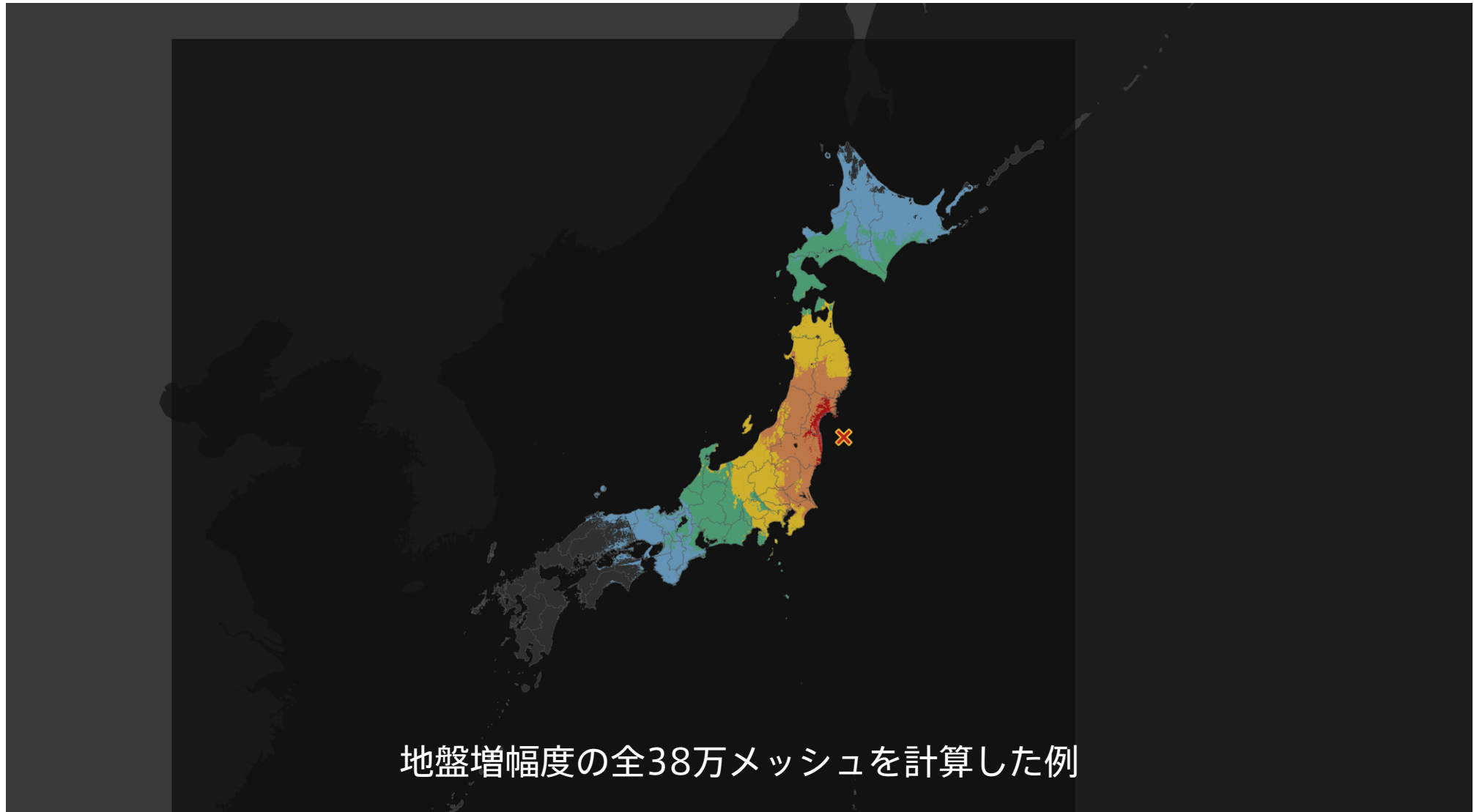
地盤増幅度データの変更による改善

1kmメッシュから250mメッシュへの変更を検討



「気象庁が複製を提供する約 1km メッシュ地盤増幅度デジタルデータ」と「国立研究開発法人防災科学技術研究所が提供する地震ハザードステーションの表層地盤データの地下30mまでの表層における平均 S 波速度から藤本・翠川(2006)の手法で求めた地盤増幅度」を比較

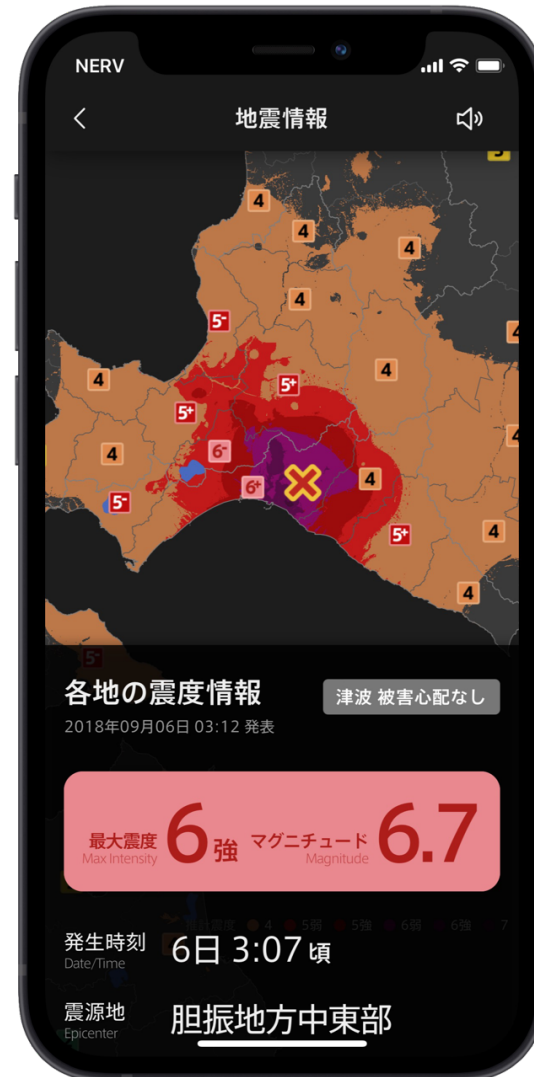
面的予想の実験



地盤増幅度の全38万メッシュを計算した例

推計震度分布はすでに提供中

- 面的予想などによって緊急地震速報の解像度が上がったあとに、観測した震度の情報で解像度が落ちてしまう。
- 現行の推計震度分布は最大震度5弱以上を観測したときに発表されるが、最大震度にかかわらず平時から提供しても良いかと思う。
- 面的情報の地震情報に日頃から慣れてもらう必要がある。



震源が深い地震情報の提供

令和4年11月14日17時9分頃の地震
三重県南東沖 深さ362km

- こうしたケースでのある程度の情報提供ができないか検討中。
- 現行の状況でも到達予想時刻（カウントダウン）の提供は行えるがプッシュ通知先をどのエリアに設定するかの手法がない。

緊急地震速報の詳細

| 提供時刻等 | | 地震波検知からの経過時間（秒） | 震源要素等 | | | | 予測震度 |
|---------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|---------|-----------|
| | | | 震源要素 | | | | |
| 地震波検知時刻 | | | 北緯 | 東経 | 深さ | マグニチュード | |
| | 17時09分11.5秒 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1 | 17時09分15.6秒 | 4.1 | 33.2 | 137.8 | 450km | 6.2 | 予測震度なし |
| 2 | 17時09分16.5秒 | 5.0 | 33.7 | 137.5 | 370km | 6.0 | 予測震度なし |
| 3 | 17時09分17.1秒 | 5.6 | 33.7 | 137.4 | 360km | 6.3 | 予測震度なし |
| 4 | 17時09分21.6秒 | 10.1 | 33.8 | 137.4 | 380km | 6.3 | 予測震度なし |
| 5 | 17時09分39.6秒 | 28.1 | 33.8 | 137.5 | 390km | 6.3 | 予測震度なし |
| 6 | 17時09分41.6秒 | 30.1 | 33.8 | 137.5 | 390km | 6.3 | 予測震度なし |
| 7 | 17時09分52.0秒 | 40.5 | 33.8 | 137.5 | 380km | 6.5 | 予測震度なし |
| 8 | 17時10分12.1秒 | 60.6 | 33.8 | 137.5 | 370km | 6.5 | 最大震度3程度以上 |
| 9 | 17時10分12.4秒 | 60.9 | 33.8 | 137.5 | 370km | 6.5 | ※1 |
| 10 | 17時10分 | | | | | | |
| 11 | 17時10分 | | | | | | |
| 12 | 17時11分 | | | | | | |
| 13 | 17時11分 | | | | | | |

地震波検知から60秒以上あったが、PLUM法で震度が予想されるまで情報を提供できなかった

※1 震度4程度 千葉県北西部
※2 震度4程度 福島県浜通り、千葉県北西部

② アクセシビリティ、個別ニーズの対応

②アクセシビリティ、個別ニーズの対応



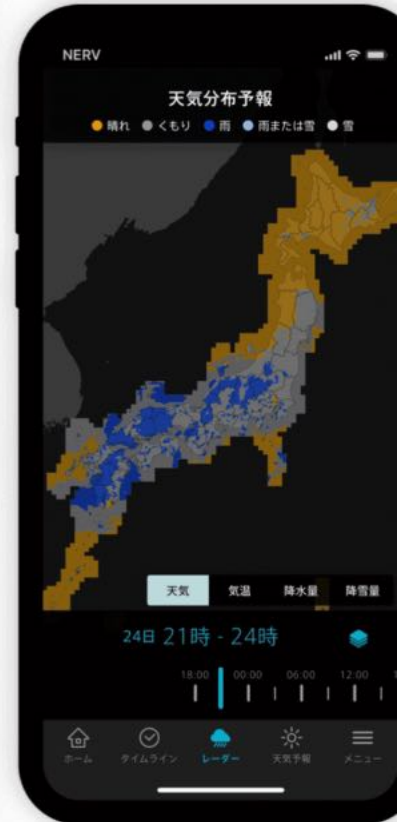
アクセシビリティ

誰もが自分に合った手段や形式で 情報にアクセスできること

私たちはこの数年、情報のアクセシビリティというテーマに取り組んできました。私たちの言うアクセシビリティとは、誰もが自分に合った手段や形式で情報にアクセスできることを意味します。

これまで、色覚・視覚・聴覚のそれぞれ一つだけに頼らない情報の伝え方を探してきました。色だけに頼らず文字でも伝えること、文字だけに頼らず音声でも伝えることなど、最大限の注意を払っています。

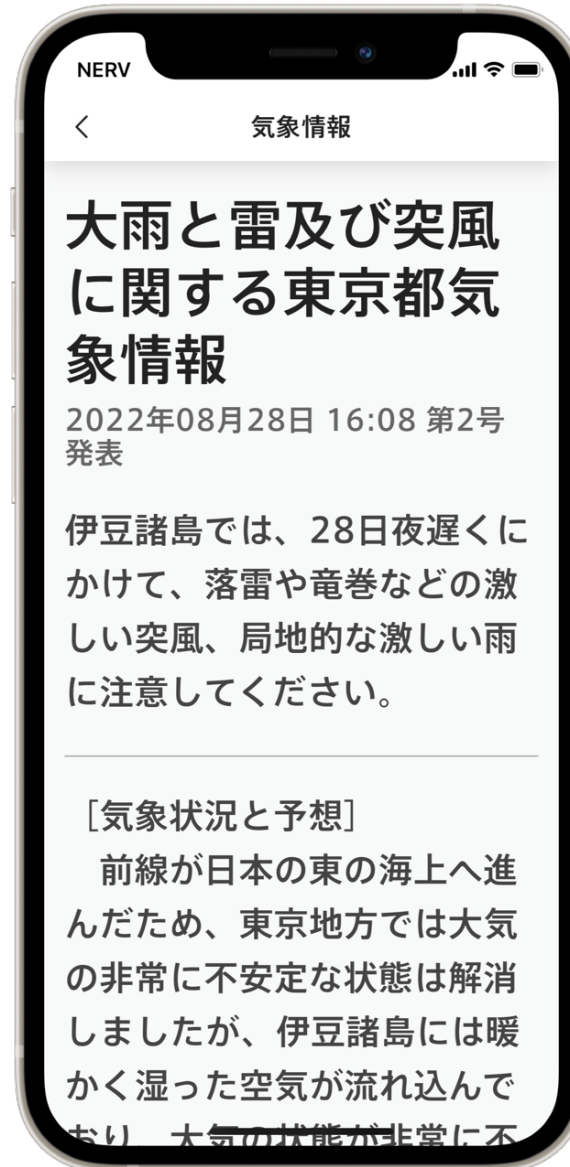
言語の壁もアクセシビリティの問題の一つです。2021年のアップデートは、より多くの方が情報にアクセスできるよう英語の対応に取り組みました。そして2022年は、視覚・色覚・聴覚での情報伝達をさらにアクセシブルにできるよう開発に取り組みました。



色覚特性とコントラスト

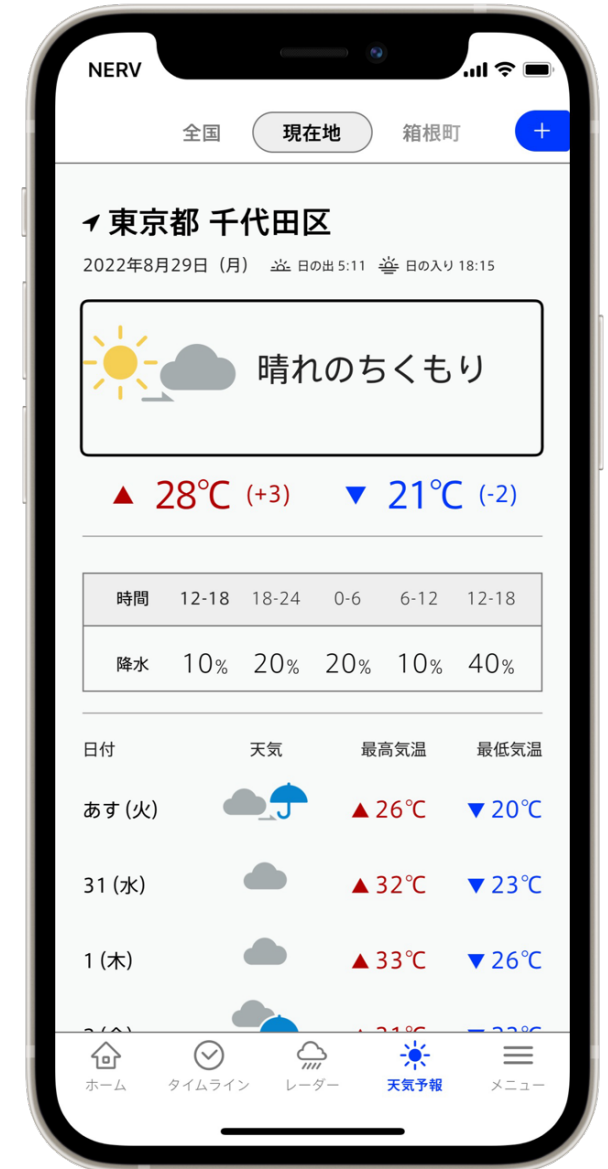


文字を太く、大きく



② アクセシビリティ、個別ニーズの対応

スクリーンリーダー用 レイアウト

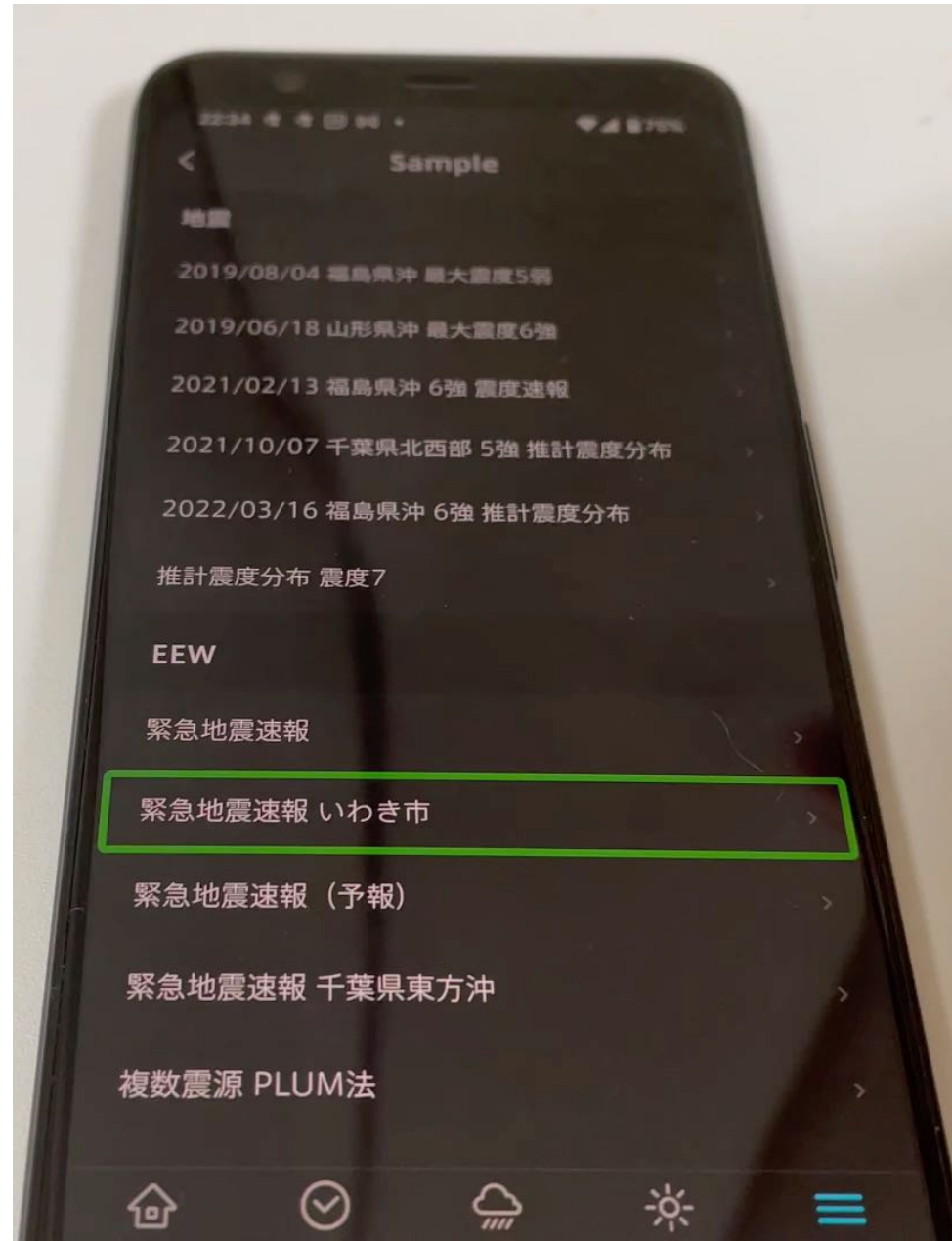


iOSではVoiceOver、AndroidではTalkBackと呼ばれる
スクリーンリーダー機能に完全対応

② アクセシビリティ、個別ニーズの対応



②アクセシビリティ、個別ニーズの対応



② アクセシビリティ、個別ニーズの対応



② アクセシビリティ、個別ニーズの対応

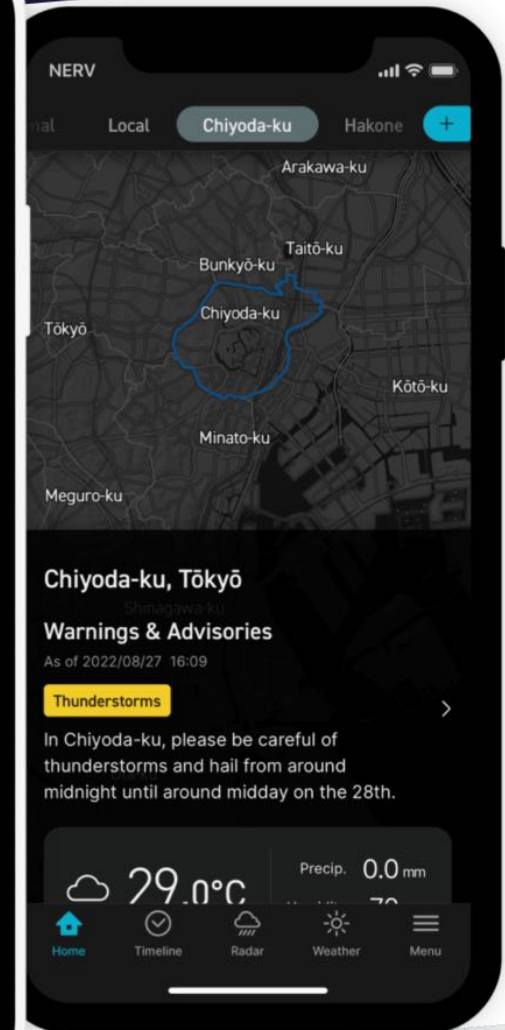
Towards Universal Design

Accessibility for all

Tailor the app's interface to your own preference. Choose a colour scheme that's optimised for colour vision deficiency/colour blindness^(*), change the contrast to suit visual sensitivity^(**) and low vision, adjust the text size and thickness, or even make use of VoiceOver, throughout the app. Learn more on the [Accessibility Features](#) page.

- * 1. Colour vision deficiency can be a group of eye conditions in which the photoreceptor cells (cone cells) that identify colours, recognise and discriminate differently from the majority. There are three types: Standard colour vision, Deuteranopia/Protanopia (red/green colour deficiency), Tritanopia (blue/yellow colour deficiency), and Monochromacy (achromatopsia/complete colour deficiency).
- * 2. Visual hypersensitivity is a sensory sensitivity of the eyes to brightness and colour. Symptoms include difficulty keeping the eyes open due to glare from the sun, and inability to look directly at certain colours or combinations of colours, such as primary colours.

[Learn More >](#)



スマホアプリによる「個別ニーズ」への対応

- 色覚特性に合わせた配色、コントラスト、文字の大きさ・太さをユーザーがカスタマイズできる機能
- 位置情報をもとにユーザーがいる場所の震度と到達予想時刻を端末内で計算
- 端末内で計算することでユーザーの位置情報を外部に送信する必要がなく、プライバシーを保護できる。



② アクセシビリティ、個別ニーズの対応

複数の緊急地震速報の統合

- ユーザーがいる現在地に複数の緊急地震速報が発表されている場合、自動的に統合する。
- ユーザーの位置情報をもとにそれぞれの地震の震源由来震度、波面伝播非減衰震度（加えて長周期地震動階級等）を計算し、もっとも震度の大きい地震を代表震源として震度と主要動到達予想時刻のカウントダウンを表示する。現在地によってユーザーごとに表示が最適化される。



③ 情報伝達の高速化

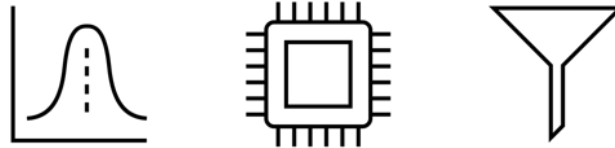
伝達の遅延

検知



- 検知・トリガーまでの時間を早めるには、観測点の増強が必要
- 検知手法、トリガー手法は改良が続けられてきている

計算処理



- 情報の高度化、高解像度化（面的予想や揺れの広がり）の予想で計算量が増えると遅延が増加することが見込まれる
- ハードウェアの性能が上がることで解決することもできる

伝送路



- 通信規格の仕様や制約による遅延
- 通信はいつでもエラーや再送が生じる可能性を持つ
- データサイズが増えると遅延が増加する

それぞれの箇所で生じる遅延

伝達の遅延

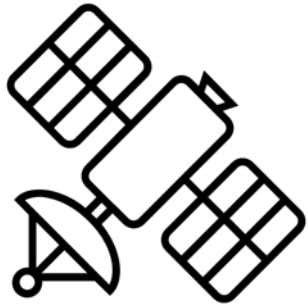


伝達の遅延

2段階配信で遅延を最小化する

- 地上デジタル放送は、遅延の少ないデータ放送で **緊急地震速報** のテロップを送り、その後、映像が届く2段階構成の仕様になっている。
- 緊急速報メール（ETWS）は、遅延を最小限にするため最低限の情報に限った第1通知（Primary Notification）と、詳細情報を含む第2通知（Secondary Notification）の2段階構成にし、第1報を4秒以内に配信する仕様になっている。
- CBS方式のエリアメールは、配信時間が10秒以内、最速で6秒という仕様だった。

伝達の遅延



みちびき（準天頂衛星システム:QZSS）には「災危通報」があり、緊急地震速報、震度情報、津波警報がブロードキャストされているため、インターネット回線や携帯の電波がなくとも受信可能。

ただし最大4秒遅延する。また緊急地震速報の予報資料としては不完全。
(震源座標が不足)

災危通報

内閣府が運用するみちびき（準天頂衛星システム:QZSS）を經由して、気象庁防災気象情報を独自のフォーマットで中継している。

L1S信号を使用しており、インターネット回線や携帯基地局に依存せずに防災情報を全国で受信できる。通信料も不要。

防災機関から発表された、地震や津波発生時の災害情報など、危機管理情報について、みちびき經由で送信するサービスです。このサービスは、サブメータ級測位補強サービスと同じくL1S信号を使用し、4秒間隔で災害情報などを送信します。

災害・危機管理通報サービス「災危通報」 https://qzss.go.jp/overview/services/sv08_dc-report.html

災危通報

配信されている情報種別

| | |
|---------|----|
| 緊急地震速報 | 火山 |
| 震源 | 降灰 |
| 震度 | 気象 |
| 南海トラフ地震 | 洪水 |
| 津波 | 台風 |
| 北西太平洋津波 | 海上 |

災害通報の受信機の例

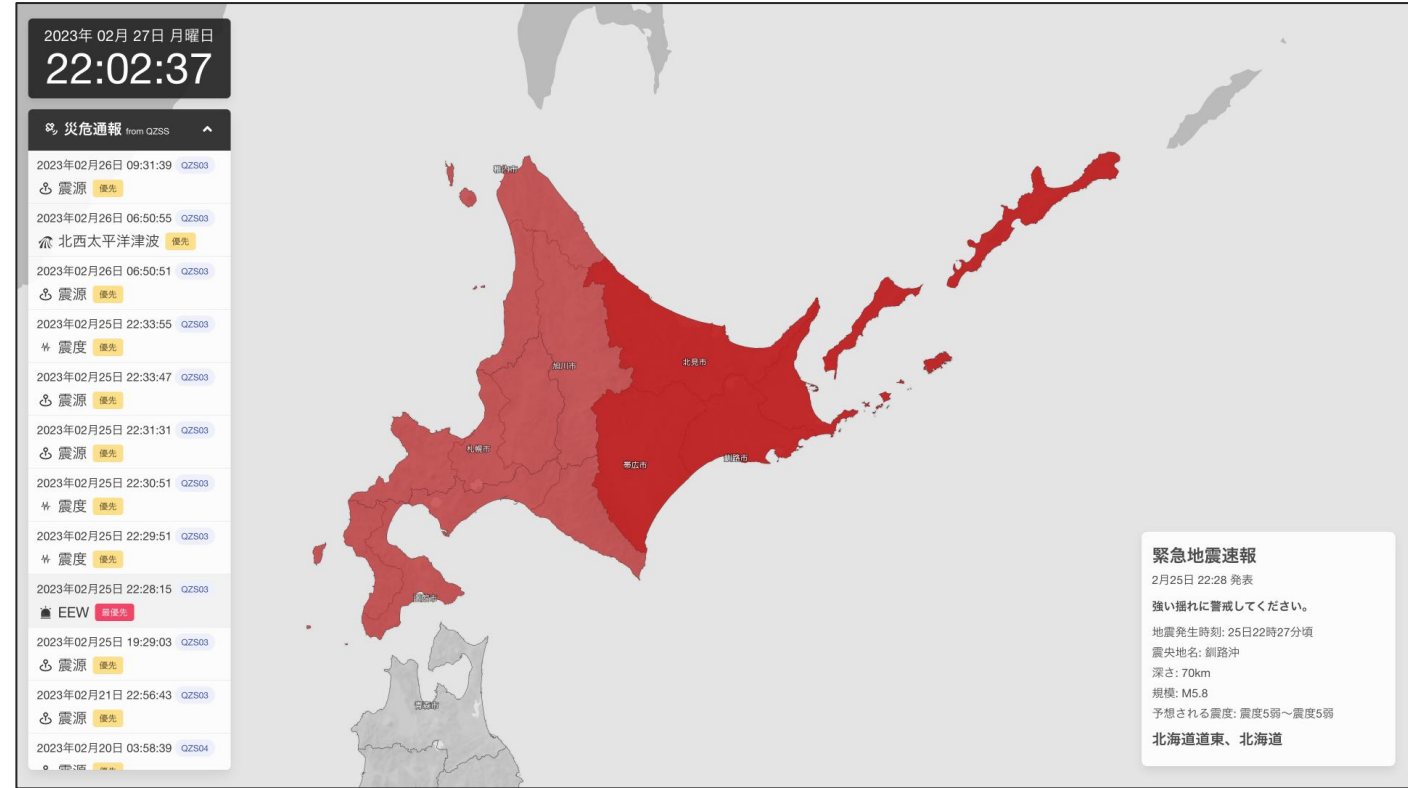


GNSS Receiver "GR series" by PRIORIS | <https://prioris.jp/gnss/>
定価 14,800円 (税込)

災害通報の運用例



特務機関NERV災害対策車両で運用中

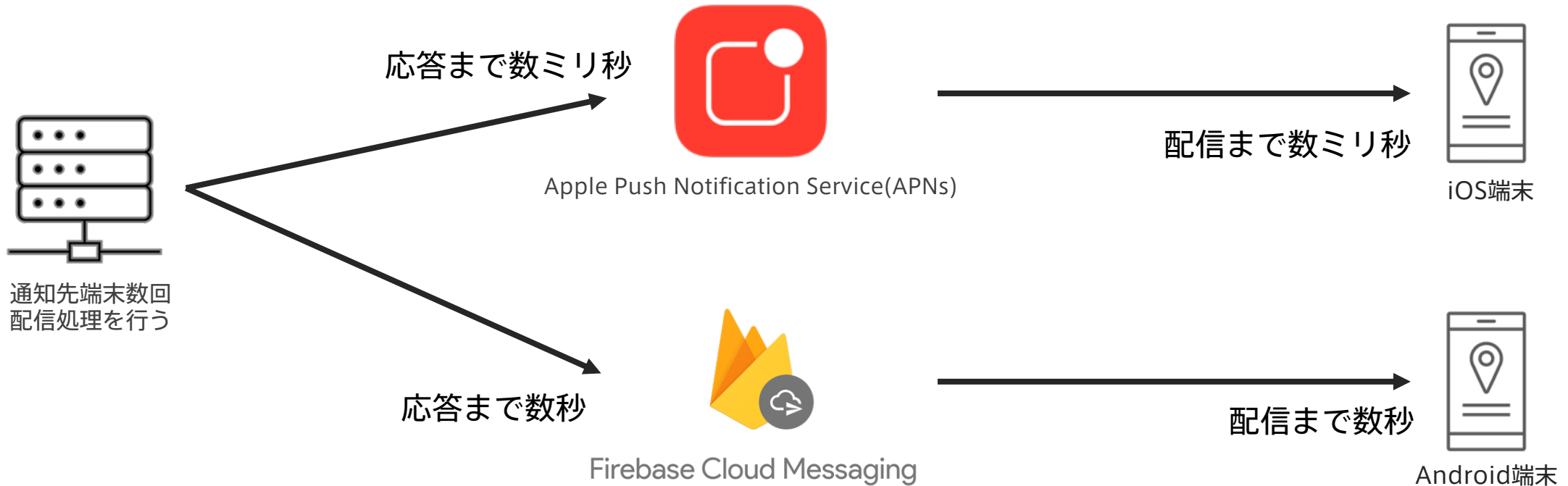


災害通報で受信した緊急地震速報

伝送路の遅延

- 現在、それぞれの伝達経路で技術上の制約から遅延が存在する。
- 今後、低遅延のブロードキャストができる通信方法の開発が望まれる。
- ETWSを拡張し、震度等の予想に必要な予報資料ペイロードをアプリに渡せる、アプリを起動できるなど、通信規格とOSを最適化できないか。（各メーカーとの調整が難しそう…）
- 強震モニタや緊急地震速報（予報）の活用が広がることで（警報）よりも早く伝えられる可能性があるが、精度と速度のトレードオフをユーザーが理解し受け入れる必要がある。

プッシュ通知が遅延する理由



- ブロードキャスト方式と違って、1台ごとに通知を送るため、通知を送信する端末数分（100万台あれば100万回）配信処理を行う必要がある。配信先端末数が増えていくごとに遅延が増加する。
- Firebase Cloud Messaging（FCM）は処理が遅いため、Android端末のほうが通知が遅延する傾向

計算処理による遅延

- 面的予想には30万メッシュの計算が必要。CPUで実行すると1.5秒程度かかる。
- GPUで計算したところ76ミリ秒で計算ができた。一方で面的情報はデータサイズが大きいため、通信量・通信時間・回線コスト負担の増加がある。

データフォーマットの変更

推計震度分布・面的予想の緊急地震速報はラスターデータなので、BUFR より GeoTIFFの方が汎用的で小さく扱いやすい。

IXAC41: 56万259メッシュの場合のデータサイズ比較

- BUFR 988KB (gzip 253KB)
- GeoTIFF 126KB (gzip 121KB)

データフォーマットの変更

現在XMLで提供している緊急地震速報・観測情報を小サイズ化し伝送時間を短縮していくには、※ProtocolBuffersなどの利用例が多く、ライブラリが充実している汎用バイナリ形式の検討も必要。

一方、これまでのXMLでも特段不便には思っておらず、民間事業者で適切なフォーマットに変換しているため、無理に気象庁が対応しなくとも良いかもしれない。

※ 当社では速度を優先してFlatBuffersを採用している部分がありますが、使いやすさや採用事例、ライブラリ、技術資料の充実を考えるとProtocolBuffersのほうが良いと思います。

要望と質問

- 機械学習の資料として、計測震度を含んだ震源・震度に関する情報の配信があるとうれしい。（リアルタイム配信ではなく、アーカイブでも構わない）
- 深発地震の際、震度は予想できなくとも、何らかのプッシュ通知を送るために異常震域のエリアを推定する手法や計算モデルはないのか。

特務機関NERV防災

利用者に最適な防災情報を国内最速レベルで配信

