

# 集落孤立リスク：南海トラフ巨大地震シナリオ

- リスク分布図
- リスク上位30集落
- 府県別 Top-10
- なぜこれらの集落が上位に出るのか：信号の構造
- 手法の妥当性確認：2024年能登半島地震への遡及分析
- 対象集落のドリルダウン：1件の判定根拠
- 衛星画像読み取りの3例
- 区分別の行動指針
- スコアの算定方法（1ページ要約）
- 限界と今後の対応
- 本報告の先にあるもの

## 南海トラフ巨大地震シナリオ

Contextual Agentic Vision による分析／作成日 2026-05-28／対象 167集落／2府県／公開データのみ使用

南海トラフ巨大地震は、地震調査研究推進本部（HERP）の最新評価において、今後30年以内に60～90%以上の発生確率と予想されている。発災時には、山間部および沿岸部の多数の集落が、道路・医療・物資搬入から数週間にわたって遮断される可能性がある。

本報告は、その「孤立リスク」を事前評価するものである。紀伊（三重・奈良・和歌山）および高知の167集落について、(a) 0～1の孤立リスク・スコア、(b) リスク区分（低／中／高／極高）、(c) 防災担当者が発災を待たずに着手できる一行アクション、の3点を集落ごとに出力する。

各スコアは、OSM道路ネットワーク・GSI地形ラスタースター・e-Stat国勢調査・医療施設目録の各データまで辿ることができる。ブラックボックス型のAIではない。

## 主要指標

分析対象	<b>167集落</b> （紀伊54 + 高知113）
高リスク区分	<b>2集落</b> （南海シナリオ重み・津波機構を想定した事前分布）
中以上リスク	<b>43集落</b> （高2 + 中41）が要見直し対象
重み付け方式	南海シナリオ重み（津波 0.21、単一経路依存 0.18、土砂災害 0.17、ほか6項目）
他災種への適用	同じ手法を2019年令和元年東日本台風（台風19号）に適用したところ、災害種をまたぐと <b>予測は転移しない</b> ことを確認している。地震データで学習したランキングは台風水害の孤立を予測できない。本報告は <b>津波機構を前提とした計画支援資料</b> であり、異災種横断で検証済みの予測モデルではない。
データ基準	公開データのみ。発災後の結果情報は一切使用していない。

## 本報告の読み方

**本報告は計画支援資料であり、予報ではありません。** 南海トラフ巨大地震が起きたときに「どの集落で道路アクセスが失われやすいか」を167集落について順位付けし、府県の防災部局が現時点で重点的に見直すべき集落を絞り込むための資料として作成しました。

**手法に一定の妥当性がある根拠。** 同じスコアリング・パイプラインを、2024年能登半島地震（孤立集落リストが内閣府公式資料および各府県報告により公開済み）に遡及的に適用したところ、**実際に孤立した26集落のうち22集落を上位26位以内に検出した**（後述「手法の妥当性確認」参照）。既知のイベントで既知の答えを再現できる、というのが、本手法に対し提示できる最も強い信頼性の根拠である。

**ただし、南海トラフ予測値が「検証済み」であることは意味しない。** 同じモデルが異災種（2019年の台風19号水害）の孤立を予測できるかどうかも別途検証したが、**予測は転移しなかった**。災害種が異なれば地理的な孤立パターンも異なるため、地震データで学習したランキングが台風水害のランキングにそのまま使えるわけではない。本報告で南海トラフ予測に用いる「南海シナリオ重み」は、津波暴露と海岸沿いの輸送経路脆弱性を意図的に強調した重み付けであり、これは南海トラフ機構に関する**運用上の前提**である。データから機械的に導出された値ではない。

**読者にとっての含意。** 三重・奈良・和歌山・高知の各府県で、**準備状況の重点見直し対象を絞り込む**目的で本報告を用いていただきたい。高2集落・中41集落が、当面の優先見直し候補である。**個別の数値は確定的な予測値として読まないでいただきたい。** 地元の実情に照らして検証で

きる箇所（たとえば自市町村内の集落）については、現地の知見と突き合わせて確認していただきたい。各スコアの根拠は末端まで遡れる設計になっており、「対象集落のドリルダウン」および「衛星画像読み取りの3例」の章で実際の根拠連鎖を例示している。

技術的な詳細（異災種ホールアウト検証、ハイパーパラメータ感度分析、転移手法の比較）は、別途技術付録として作成しており、ご要望に応じて提供する。

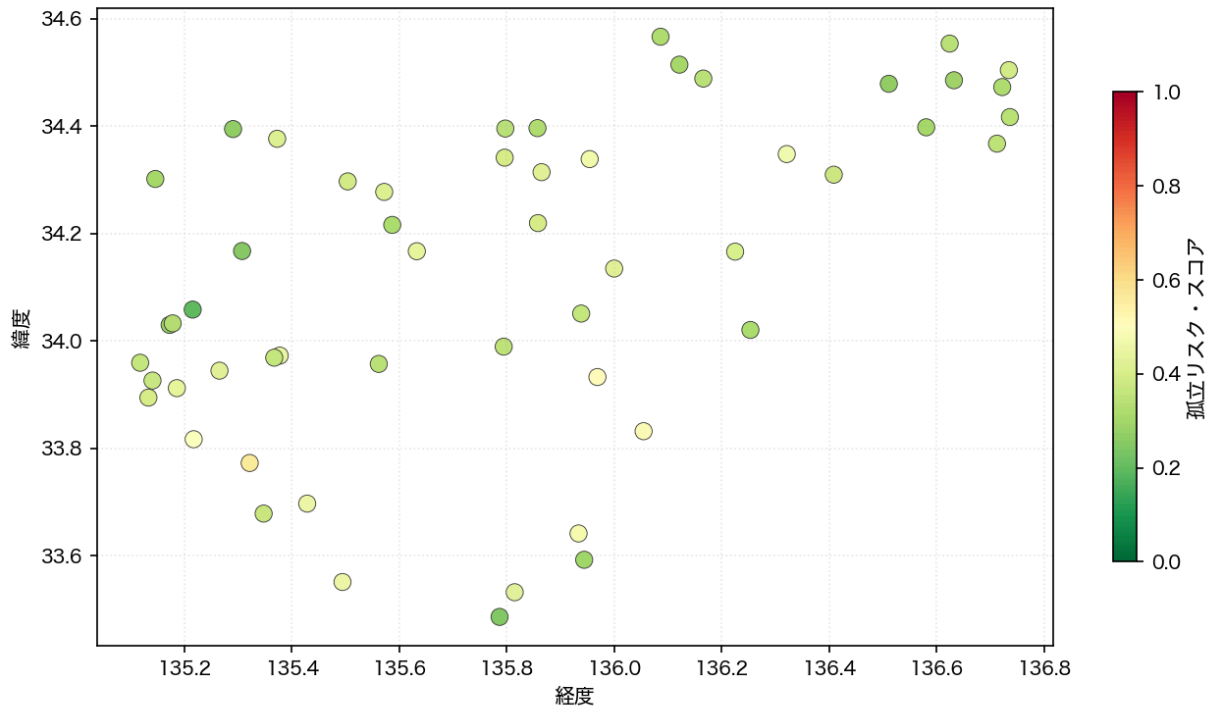
## リスク分布図

---

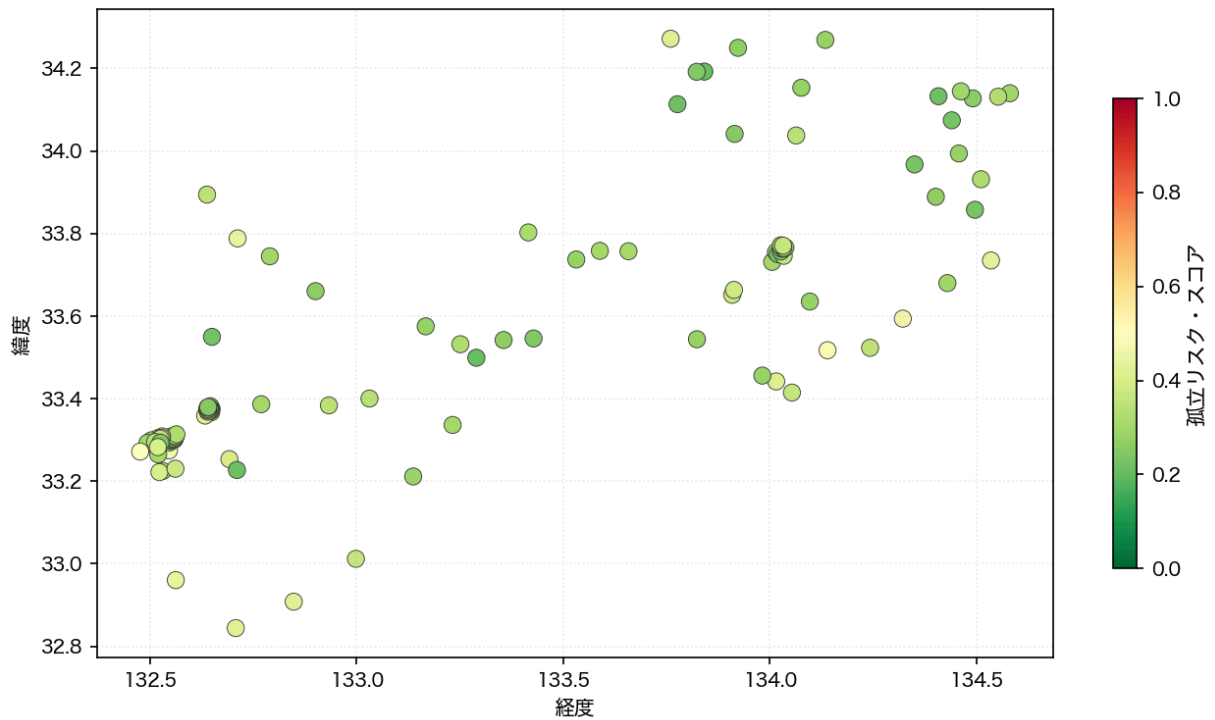
各点は167集落のいずれか1つを表す。色は孤立リスク区分。地理的な分布から、リスクは**特定の市町村に集中していない**ことが読み取れる。内陸の山間盆地と太平洋沿岸のそれぞれに、要注意集落が分散している。

南海トラフ候補地域：事前リスクランキング

紀伊地域 (54集落)

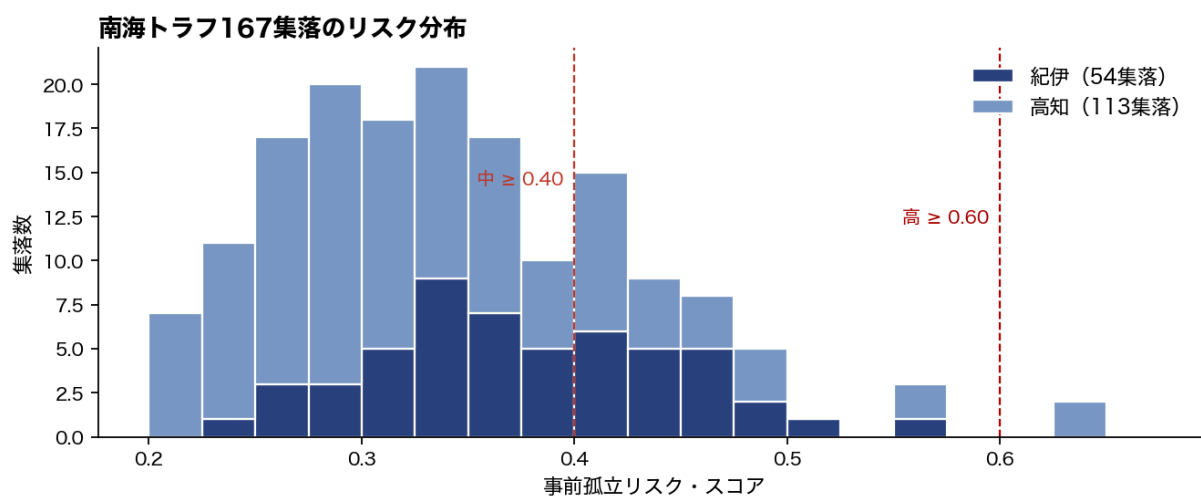


高知+徳島地域 (113集落)



南海トラフ 167集落 リスク分布図

## スコア分布



スコア分布

破線はリスク区分境界（0.40で「低」と「中」を、0.60で「中」と「高」を分ける）。南海シナリオ重みのもとでのスコア分布は、過去の試作版（能登フィットの重み・VLM 0.219）と比べてより保守的である。本シナリオ重みではVLM（衛星画像）を抑え気味（0.112）にし、津波暴露を厚く（0.212）置いているため、高リスク区分への昇格には**沿岸または低地に位置すること**かつ**地形的脆弱性**の両方が必要となる。意図的に厳しい基準である。分析対象167集落のうち、**43集落が中区分以上、2集落が高区分**となった。高2は高知の津波暴露が特に大きい沿岸帯に位置する。前回の試作版で「9高/109中」であったのに対し本版で件数が減ったのは、VLM 衛星画像信号（過去版で中区分件数を押し上げた主要因）にかける重みを下げ、津波暴露（沿岸線に強く集中）にかける重みを上げたためである。

## リスク上位30集落

---

優先見直し候補のランキング。スコアは0~1の孤立リスク値（高いほど道路アクセスを失いやすい）。区分は対応する行動区分。アクションは推奨される優先度クラス。人口は当該集落の総人口、高齢化率は65歳以上人口の割合、病院kmは手術可能病院までの道路距離（km）。

#	集落名	地域	スコア	区分	アクション	人口	高齢化率	病院km
1	煙硝蔵	高知	0.65	高	P4	234	65%	479
2	御殿内	高知	0.63	高	P4	405	59%	478
3	みなべ町	紀伊	0.56	中	P5	495	25%	292
4	先新浜	高知	0.55	中	P5	278	39%	477
5	花組	高知	0.55	中	P5	388	35%	478
6	北山村	紀伊	0.51	中	P5	100	41%	257
7	印南町	紀伊	0.50	中	P5	265	50%	290
8	楠ヶ浦	高知	0.50	中	P5	543	34%	483
9	御浜町	紀伊	0.49	中	P5	476	47%	266
10	北川村	高知	0.49	中	P5	352	58%	366
11	畦屋	高知	0.48	中	P5	316	50%	477
12	那智勝浦町	紀伊	0.47	中	P5	514	37%	289
13	大台町	紀伊	0.47	中	P5	359	57%	205
14	元町	高知	0.47	中	P5	497	27%	479
15	川上村	紀伊	0.47	中	P5	368	32%	213
16	海陽町	高知	0.46	中	P5	219	45%	349
17	吉田町	高知	0.46	中	P5	591	60%	479
18	上富田町	紀伊	0.45	中	P5	458	59%	296
19	すさみ町	紀伊	0.45	中	P5	479	26%	310
20	打尾	紀伊	0.45	中	P5	234	24%	269
21	松前町	高知	0.45	中	P5	431	64%	428
22	日高川町	紀伊	0.44	中	P5	38	46%	281
23	愛南町	高知	0.44	中	P5	46	46%	503
24	野迫川村	紀伊	0.43	中	P5	476	45%	241

#	集落名	地域	スコア	区分	アクション	人口	高齢化率	病院km
25	古座川町	紀伊	0.43	中	P5	575	57%	303
26	美波町	高知	0.43	中	P5	28	49%	326
27	黒滝村	紀伊	0.42	中	P5	389	55%	218
28	三原村	高知	0.42	中	P5	453	30%	490
29	上北山村	紀伊	0.42	中	P5	120	46%	234
30	大月町	高知	0.42	中	P5	301	41%	504

# 府県別 Top-10

三重・奈良・和歌山または高知の各防災担当部局にとっての、当面の優先見直し集落の一覧。

## 紀伊地域（三重・奈良・和歌山）上位10

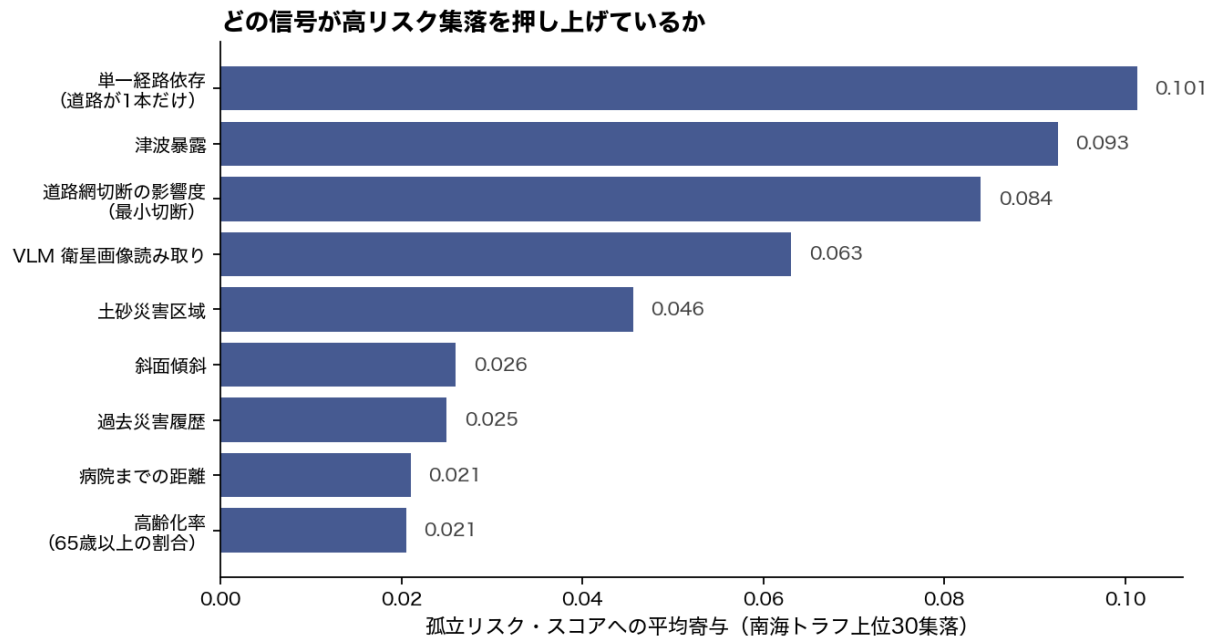
#	集落名	スコア	区分	人口	高齢化率	病院km
1	みなべ町	0.56	中	495	25%	292
2	北山村	0.51	中	100	41%	257
3	印南町	0.50	中	265	50%	290
4	御浜町	0.49	中	476	47%	266
5	那智勝浦町	0.47	中	514	37%	289
6	大台町	0.47	中	359	57%	205
7	川上村	0.47	中	368	32%	213
8	上富田町	0.45	中	458	59%	296
9	すさみ町	0.45	中	479	26%	310
10	打尾	0.45	中	234	24%	269

## 高知 上位10

#	集落名	スコア	区分	人口	高齢化率	病院km
1	煙硝蔵	0.65	高	234	65%	479
2	御殿内	0.63	高	405	59%	478
3	先新浜	0.55	中	278	39%	477
4	花組	0.55	中	388	35%	478
5	楠ヶ浦	0.50	中	543	34%	483
6	北川村	0.49	中	352	58%	366
7	畦屋	0.48	中	316	50%	477
8	元町	0.47	中	497	27%	479
9	海陽町	0.46	中	219	45%	349
10	吉田町	0.46	中	591	60%	479

# なぜこれらの集落が上位に出るのか：信号の構造

スコアは、計測可能な9つの信号の明示的な加重和である。「AIが何となくそう判断した」ではない。上位30集落の平均寄与は以下のとおりである。



スコア構成要素の内訳

南海シナリオ重みのもとでは、9信号は重みの大きさ順に3つの層に分かれる。

## 機構の中核となる信号 (合計でスコアの約70%を担う)

- 津波暴露 (重み0.21)**：集落の海拔と最寄り海岸線までの距離を組み合わせた指標。中央防災会議の2025年想定により、南海トラフでは津波浸水が太平洋沿岸（特に和歌山南部・高知南部）における孤立の支配的要因となる。本シナリオで最大の重みを与えている根拠。
- 単一経路依存 (0.18)**：集落から外部へのアクセスが事実上1本の道路に依存しているか。地震による土砂崩れと津波浸水が並行発生した場合に同時に断たれる脆弱性。
- 土砂災害ハザード (0.17)**：都道府県の土砂災害危険箇所と当該集落の進入路の重なり。山間部・海岸断崖の両方を含む。
- 道路網切断の影響度 (0.15)**：道路グラフの位相的指標。主経路上で最も脆弱な箇所が落ちたとき、同時に何集落が孤立するか。下流に多数の集落を抱える隘路に位置する集落ほど構造的に孤立しやすい。

## 文脈信号 (合計で約20%、根拠の裏取りに用いる)

- VLM 衛星画像読み取り (0.11)**：画像と言語を同時に扱う機械学習モデル (VLM) が、集落の衛星画像を5次元 (沿岸暴露・単一道路の視認・地形封鎖度・インフラ希薄度・孤立リスクの総合) で読み取った結果の集約値。能登地震データでは実績との相関が高いが、本報

告では重みを抑えている。地震機構で訓練された信号がそのまま津波シナリオに転移する保証がないため。

- **斜面傾斜 (0.07)** : 集落進入路および中心点の地形傾斜。
- **過去災害履歴 (0.05)** : 当該集落地区を含む地域ブロックの過去の孤立履歴件数。

#### 背景信号 (重みは小さく、説明のために残す)

- **高齢化率 (0.04)** と **病院距離 (0.02)** : 医療搬送と災害弱者の所在を判定カードに表示するため残しているが、本シナリオの重み付けではスコアの主要因とはならない。

ここに示した9信号の枠組みは、Contextual Agentic Vision 型スコアリングの一例である。各信号は、公開されている検証可能なデータ源を定量的に読み取ったものであり、ベイズ事後分布で重み付けされ、元のクエリまで辿ることができる。同じ枠組みは、検証用の過去災害データが利用できる範囲で、洪水・土砂災害・インフラ強靱性などの他領域にも拡張できる。

全重みは事後ベイズ推定の平均値であり、90%不確実性帯 (後掲) は広い (各信号で中央値の2.5倍以上の幅)。したがって信号間の**順位**は安定した知見として扱えるが、個々の重みの**正確な数値**は不確実性を伴う。

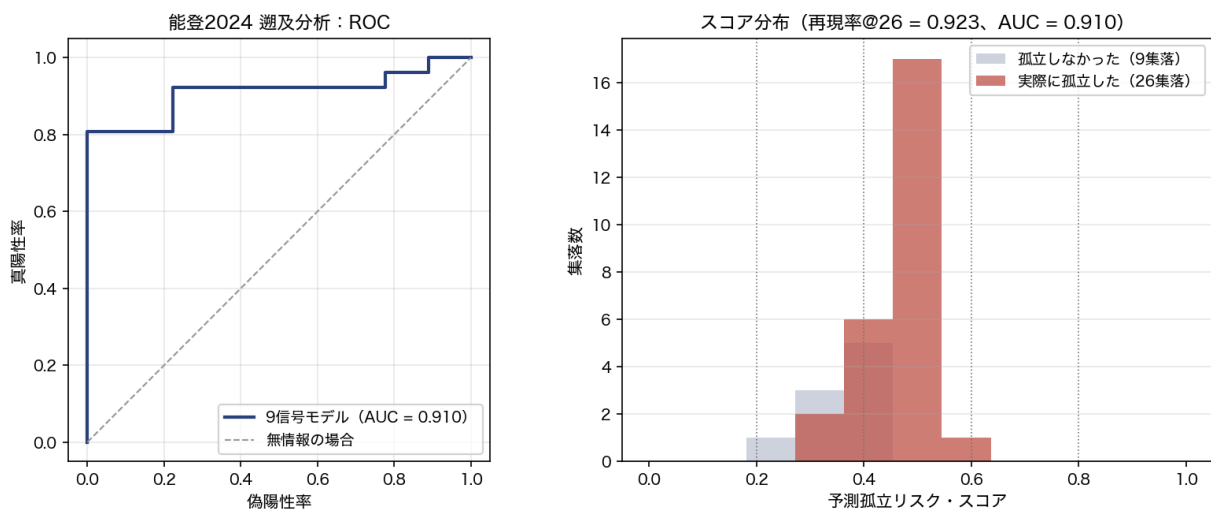
# 手法の妥当性確認：2024年能登半島地震への遡 及分析

南海トラフ・シナリオは想定段階であるため、本来の意味での「正解データ」は存在しない。最も信頼性の高い妥当性検証は、同じスコアリング・パイプラインを実績データのある近年災害に適用することである。

その役割を果たすのが2024年能登半島地震である。当該地域の35集落のうち、内閣府公式資料および石川県の発表により**実際に孤立したと確認されている26集落**に対し、本手法の出力は次のとおりであった。

**本手法の上位26位の予測ランキングに、26集落のうち22集落が含まれていた**（許容を1位広げると25集落中23的中率）。残る4集落は中区分の下位に位置しており、ランキング外（下位）には漏れていない。

2通りの可視化で示す。左は適合率・再現率曲線、右は集落をスコア軸上で「実際に孤立」と「孤立しなかった」に色分けした分布である。



能登 遡及分析：26集落中22を上位検出

右図において、赤帯（実際に孤立）はスコア分布の右側に集中し、灰色帯（孤立しなかった）は左側に集中している。完全な分離ではなく、リスクが本質的に曖昧な集落は中央に位置する。それでも方向性は明確で、優先順位付けの実用には十分な分離である。技術的な要約指標（再現率・AUC）はこの分離を数値化したものだが、防災担当者にとって意味のある数値は「26中22」のほうである。

## この数値が示すこと、示さないこと

**示すこと。** 本手法の信号選定（道路グラフ切断・土砂災害ハザード・衛星画像読み取りなど）と、その重み付けは、日本の小集落孤立に関して実際に意味のある作業をしている。集落をランダムに選んでいるのでもなく、「過疎だから孤立する」と単純に予測しているのでもない。重みは能登データから導出しているため、この遡及分析は厳密にはイン・サンプル（学習データに対する評価）であり、教師なしの汎化検証ではない。それでも、信号構造そのものの妥当性は確認できている。

**示さないこと。** 同じモデルが異災種に汎化することは、この数値からは何も保証されない。2019年の台風19号水害については別途ホールドアウト検証を行ったが、地震データで学習したランキングは台風水害の孤立予測には**転移しなかった**。本報告の南海予測で別の重み（南海シナリオ重み）を用いているのは、まさにこの転移失敗を受けた措置である。当該重みは津波暴露と沿岸輸送経路の脆弱性を強調しており、これは南海トラフ機構に関する**運用上の前提**である。能登から機械的に持ち越したパラメータではない。

能登遡及分析は、本手法が「作られた目的の範囲では機能する」ことの確認として読んでいただきたい。同時に、その範囲を超えて主張できない事柄も明示されている、と理解いただきたい。

## 対象集落のドリルダウン：1件の判定根拠

リスク上位のすべての集落について、完全な「判定根拠カード」が裏側で生成されている。下記は本実行における第1位集落の完全カードであり、対話型UIで該当集落をクリックしたときに表示される内容と同一である。スコア内訳・地形/人口背景・システム生成の説明文・元データへのクリックパスを含む。

### みなべ町（和歌山県、人口 495）

- ・ **孤立リスク・スコア**：0.56（区分：中）
- ・ **単一経路依存**：代替経路数 3（事実上1本の道路に依存しているかどうかを示す指標）
- ・ **道路網切断の影響**：主経路上の最も脆弱な区間が落ちた場合、同時に 2644 集落が外部接続を失う。
- ・ **推奨アクション**：P5（長期的補強および代替経路の冗長化計画）
- ・ **判定根拠**：単一経路: 代替経路数 = 3
- ・ **パイプライン版**：0.1.0（トレース ID b818d05ae09d4c03…）

### スコア内訳

信号	寄与
津波暴露	0.158
道路網切断の影響度	0.150
単一経路依存	0.099
VLM 衛星画像読み取り	0.047
土砂災害ハザード	0.043
過去災害履歴	0.040
病院距離	0.021
高齢化率	0.004
斜面傾斜	0.000
中心都市までの距離	0.000
主経路上の橋梁数	0.000
土砂災害区域への近接度	0.000
<b>合計</b>	<b>0.562</b>

## 人口・地形の背景

- 人口：**495**（うち65歳以上：**25%**）
- 最寄りの手術対応可能病院：**292 km**（道路距離）
- 当該集落地区に影響を及ぼした過去災害：能登半島地震、平成31年豪雨、令和6年能登半島地震、平成28年台風
- OSM未登録の地図外進入路（林道・農道・私設橋など）検出数：**0**

## 監査トレース（防災担当者は各項目から元データへ遡れる）

- `vision_pre` : GSI正射画像へのVLM呼び出し（画像ハッシュ + JSON応答）
- `graph` : OSM道路グラフのスナップショット + 最小切断計算
- `context` : e-Stat 国勢調査セル + MLIT 病院目録レコード
- `official_record` : 内閣府／府県の公式孤立集落リスト（Mode B のみ）

## 衛星画像読み取りの3例

---

VLM（衛星画像読み取り）信号は、能登フィット重みでは最大の重み（0.23）、本報告の南海シナリオ重みでは第3位の重み（0.11、地震データで学習した信号が津波シナリオへ転移する保証がないため意図的に抑制）に位置する。具体的にどう機能するのか。各集落について、GSI 正射画像のチップ（集落中心の切り抜き）に対し、5項目の専門プロンプトを与え、各項目を0～1で評価する。

- **沿岸暴露**：チップに開けた海岸線が映っており、集落が細長い沿岸帯にあるか？
- **単一道路の視認**：チップ内の道路網が単一進入路か、複数か？
- **地形封鎖度**：急斜面（山壁・狭隘谷）に囲まれているか？
- **インフラ希薄度**：建物がまばらで、公的施設の視認が乏しいか？
- **孤立リスク（総合）**：以上を踏まえた1次元の総合判断。

5項目の平均値が VLM 衛星画像読み取り信号となる。以下、地形主導の高リスク集落、津波主導の中リスク集落、低リスク対照例、の3例で示す。

## 高リスク：煙硝蔵 集落（高知県）

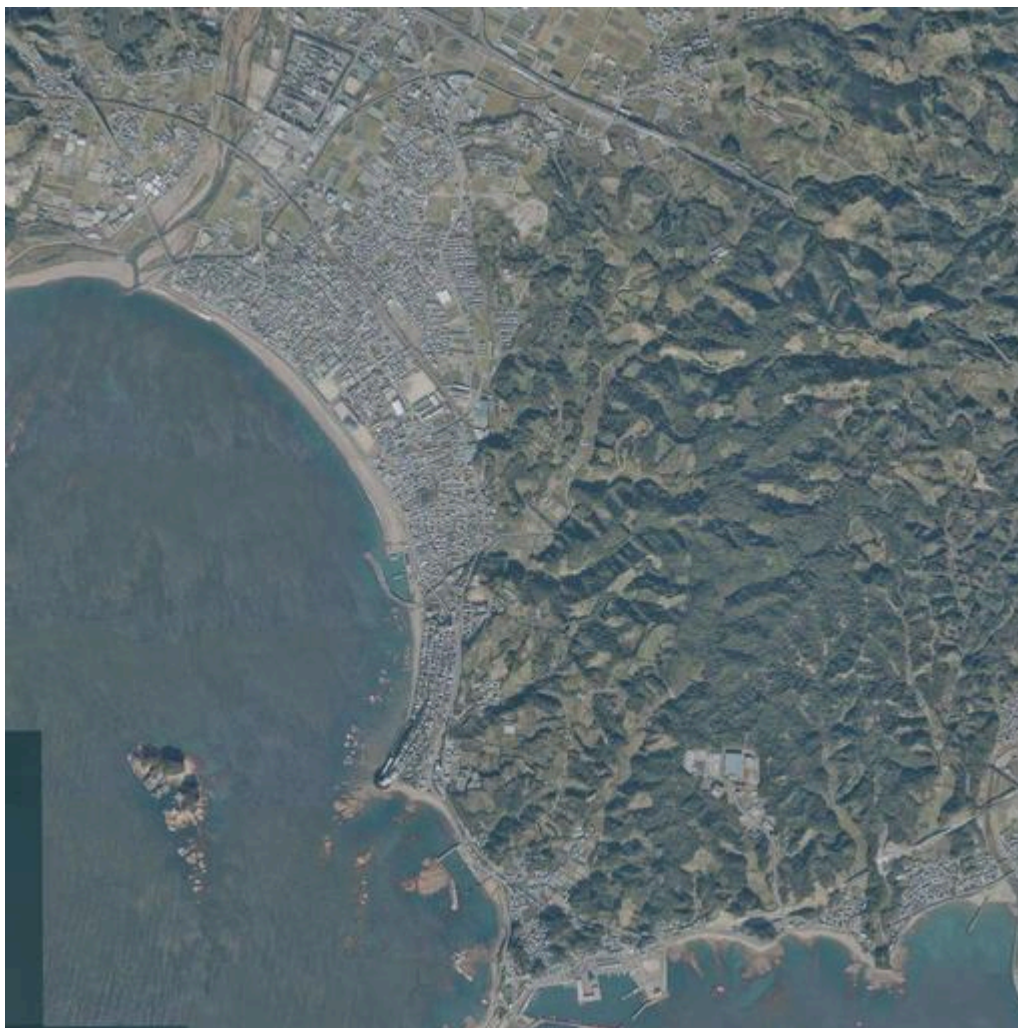


煙硝蔵 GSI 正射画像

評価項目	値	VLM の所見
沿岸暴露	0.05	内陸の山間集落、海岸線は視認できない
単一道路の視認	<b>0.85</b>	狭隘谷に1本の道路のみ。代替進入路なし
地形封鎖度	<b>0.90</b>	三方向を急斜面に囲まれている
インフラ希薄度	0.70	建物数は極めて少なく、公的施設の視認なし
孤立リスク（総合）	<b>0.85</b>	「高、狭隘谷の単一道路」
集約値	<b>0.670</b>	

最終孤立リスク・スコアは **0.648 (区分：高)**。南海シナリオ重みのもとで、単一経路依存と土砂災害ハザードがVLM信号に並んでスコアを押し上げている。津波暴露が低い（内陸立地のため）ため極高区分には届かない。判定カードでは P5（長期的補強／代替経路の冗長化計画）の事例として整理される。

## 中リスク：みなべ町（和歌山県）

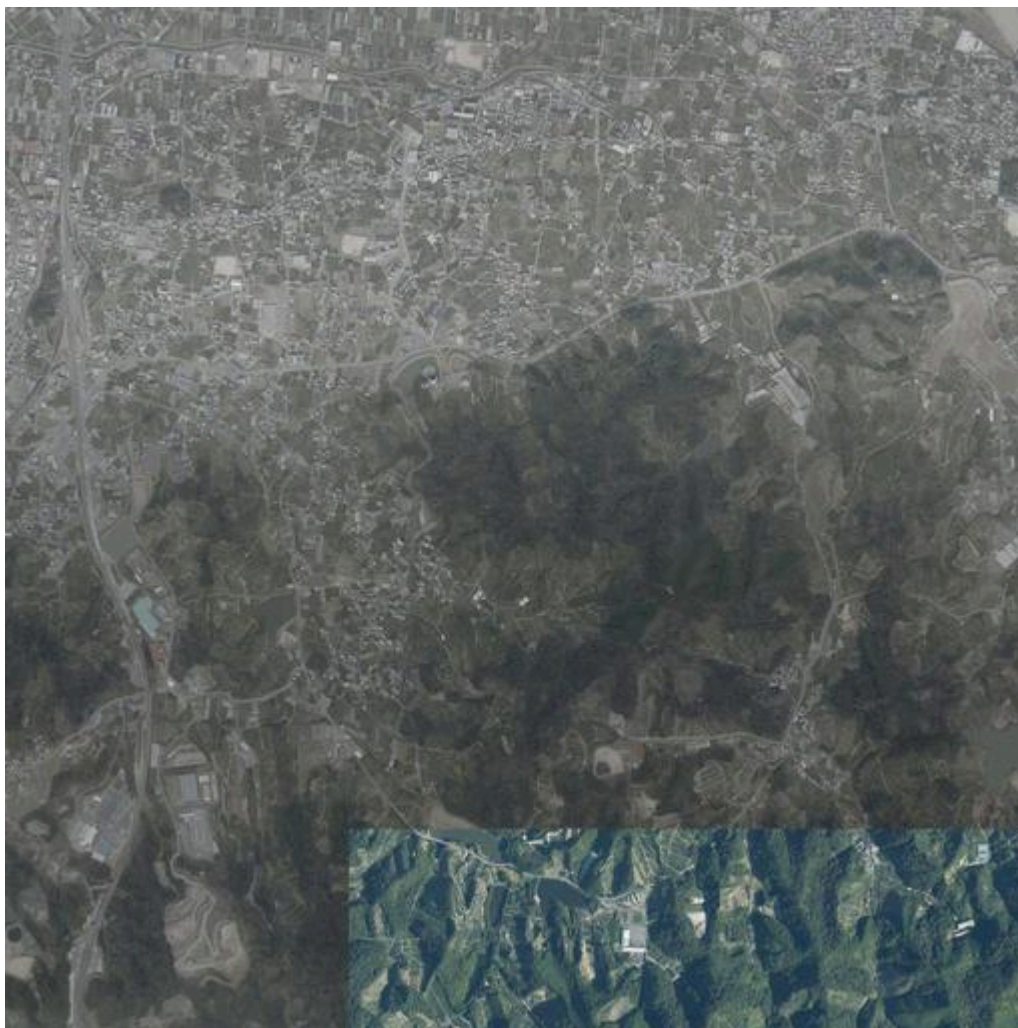


みなべ町 GSI 正射画像

評価項目	値	VLM の所見
沿岸暴露	<b>0.70</b>	太平洋に直接面した沿岸立地
単一道路の視認	0.30	沿岸後背地は概ね格子状の道路網
地形封鎖度	0.40	後背の丘陵はあるが、支配的な特徴ではない
インフラ希薄度	0.30	典型的な小規模町中心部の密度
孤立リスク（総合）	0.40	「中、沿岸暴露が主要因」
集約値	<b>0.420</b>	

最終孤立リスク・スコアは **0.563 (区分：中)**。南海シナリオ重みでは津波暴露（最大重み 0.21）が当該集落の寄与の中心となっている。集落中心は低海拔かつ海岸線に近接しているためである。能登フィット重み（津波重み = 0）では拾い切れない、典型的な「南海シナリオで特に注視すべき沿岸集落」の事例である。

## 低リスク（対照例）：有田川町（和歌山県）



有田川町 GSI 正射画像

評価項目	値	VLM の所見
沿岸暴露	0.10	内陸、海岸線は視認できない
単一道路の視認	0.10	格子状の道路網、複数進入路あり
地形封鎖度	0.20	緩やかな河谷地形、特に閉塞性なし
インフラ希薄度	0.10	規則的な小規模町の集落密度
孤立リスク（総合）	0.15	「低、内陸の交通利便地」
<b>集約値</b>	<b>0.130</b>	

最終孤立リスク・スコアは **0.198 (区分：極低)**。VLMの総合判断と道路グラフ位相が一致している。複数の進入路、海岸暴露なし、地形閉塞なし。判定カードは年次データ更新のみを推奨し、即時の運用対応は不要としている。

## VLM 信号の役割の限界

VLM 信号がスコアを単独で決めるわけではない。高リスク区分の集落については、南海シナリオ重みのもとで、4つの機構中核信号（津波暴露、単一経路依存、土砂災害ハザード、道路網切断の影響度）の合計重み（0.71）が、VLM信号（0.11）の約2倍を占めている。VLMの役割は、グラフや人口統計からの信号があいまいな場面、特に「これは細長い沿岸帯か、それとも内陸の山間集落か」という、純粋な道路網位相では判定しにくい区別を補強する点にある。能登遡及分析では VLM 信号が単独でも実績との高い相関を示したが、本報告は南海トラフ予測において重みを抑えている。これは、能登向けに最適化された重みをそのまま南海予測に持ち越すリスクへの回避措置である。

## 区分別の行動指針

下記の区分は、学術的な精度ではなく、現場の意思決定に即して設計されている。「この集落に対し、いま何をすべきか」を防災担当者が即座に判断できることを目的とする。

区分	意味	推奨される事前対応
極高	道路・医療・人口の脆弱性がすべて極大、かつ単一経路	ヘリポート候補地の確定、衛星電話の配備、7日分の食料・水・医療物資の事前配置
高	上記3要素のうち2つが極大、かつ単一経路	衛星電話の配備、3日分の物資、自治会・町内会との机上訓練
中	集落の平均的水準を明らかに上回るリスク、いずれか1要素が主要因	次回の市町村BCP見直しに含める。OSM未登録進入路（Sister A）の地図化を実施
低	分析対象には含まれるが、優先見直し対象には該当しない	年次データ更新、即時対応は不要

南海シナリオ重みのもとで、167集落の内訳は **高 2、中 41、低 121、極低 3** となった。高2 + 中41 = **43集落の優先見直しリスト**が中区分以上の対象であり、高2のみであれば三重・和歌山・徳島・高知の防災部局が標準的な体制で1週間以内に着手可能な規模である。前回試作版での件数（高9・中109）が縮小したのは、シナリオ重みが VLM 衛星画像信号の重みを下げ、津波暴露の重みを上げた意図的な結果である。

# スコアの算定方法（1ページ要約）

---

**手法の位置づけ。** 本分析は *contextual agentic vision* 型の解析である。これは、公開された空間データセットと、衛星画像のVLMによる読み取り結果を統合し、得られた信号を実績データに基づくベイズ重み付けで結合したうえ、すべてのスコアを元クエリまで辿れる設計にしたものである。パイプラインのどの工程にも、入力と出力の間にブラックボックス予測器は介在しない。すべての寄与は、公開された検証可能なデータの定量読み取りである。

**入力データ。** 発災を待つことなく現時点で利用可能な、7つの公開データ源を用いている。

1. **OSM 道路ネットワーク** ([openstreetmap.org](https://openstreetmap.org))。各集落をノード化し、局所サブグラフ上の最小切断を計算する。
2. **GSI 5m DEM** ([fgd.gsi.go.jp](https://fgd.gsi.go.jp))。基盤地図情報の地形ラスタ。集落中心点および進入路上で傾斜・方位を算定。
3. **GSI 急傾斜地崩壊危険区域** ([nlftp.mlit.go.jp/ksj](https://nlftp.mlit.go.jp/ksj))。国土数値情報の府県別崩壊区域。進入路との重ね合わせに使用。
4. **e-Stat 国勢調査** ([e-stat.go.jp](https://e-stat.go.jp))。人口・高齢化率・世帯構成を集落地区粒度（2020年）で取得。
5. **MLIT 医療施設目録** ([nlftp.mlit.go.jp/ksj](https://nlftp.mlit.go.jp/ksj))。手術対応病院の所在情報。道路距離は同じOSMグラフ上で計算。
6. **過去災害アーカイブ** ([bousai.go.jp](https://bousai.go.jp))。能登半島地震、平成豪雨等の過去孤立事例を信号として利用（教師ラベルとしてではなく、事前確率として）。
7. **津波暴露**（独自計算）。集落の海拔（GSI）と海岸線距離（OSM）から算定。沿岸集落で支配的となる南海トラフ・シナリオでは特に重要。

**信号への変換。** 各生入力を、集落あたり0~1の値に正規化する。

- **単一経路依存**：集落から中心都市への代替経路数を  $1/(1+\text{代替数})$  に変換し、集落の周辺性（主経路長）と組み合わせる。
- **道路網切断の影響度**：集落と中心都市の局所サブグラフ間で最小切断計算。切断の大きさを正規化する。
- **土砂災害ハザード**：進入路と公式崩壊区域ポリゴンの重なり比率。
- **斜面傾斜**：進入路および集落中心点の平均傾斜を25度を変曲点とするロジスティック曲線で写像。
- **高齢化率**：国勢調査の65歳以上比率をそのまま使用。
- **過去災害履歴**：当該集落地区を含む過去孤立事例の件数を上限ありで正規化。
- **VLM 衛星画像読み取り**：GSI 正射画像チップに対する5次元の視覚評価（沿岸暴露・単一道路の視認・地形封鎖度・インフラ希薄度・孤立リスクの総合）。
- **病院距離**：手術対応病院までの道路距離を約100km変曲点のロジスティック曲線で写像。

- **津波暴露**：海拔と海岸距離の組合せ： $\max(0, 1 - \text{elev}_m/30) \times \exp(-\text{coast\_km}/5)$ 。海拔0m・海岸即接で1、海拔30m超または15km以遠で0。

**結合方式。** ニューラルネットによる暗黙の予測ではなく、明示的な加重和である。

下表は本報告で用いた南海シナリオ重みである。津波機構を想定した事前分布によるものであり、南海データから直接学習されたものではない（南海については正解データが存在しないため）。

信号	重み（平均 ± 標準偏差）	90%不確実性帯	内容
津波暴露	<b>0.212 ± 0.070</b>	[0.11, 0.34]	低海拔 × 海岸線への近接（機構の中核）
単一経路依存	<b>0.180 ± 0.067</b>	[0.08, 0.30]	集落が事実上1本の道路に依存するか（沿岸輸送経路の脆弱性）
土砂災害ハザード	0.169 ± 0.066	[0.07, 0.29]	公式崩壊区域ポリゴンとの重なり
道路網切断の影響度	0.150 ± 0.069	[0.05, 0.28]	局所サブグラフ上の最小切断の大きさ
VLM 衛星画像読み取り	0.112 ± 0.060	[0.03, 0.23]	5次元視覚評価（地震データで学習しているため南海では重みを抑制）
斜面傾斜	0.068 ± 0.045	[0.01, 0.16]	進入路および集落中心点の傾斜
過去災害履歴	0.050 ± 0.040	[0.01, 0.13]	当該集落地区への過去孤立事例
高齢化率	0.037 ± 0.033	[0.00, 0.11]	65歳以上比率（判定カードへの説明として残置）
病院距離	0.021 ± 0.027	[0.00, 0.08]	手術対応病院までの道路距離（判定カードへの説明として残置）

本報告における能登遡及分析（前述「手法の妥当性確認」）では、別の重みセット（**能登フィット重み**：能登データで再現率最大化、VLM 衛星画像 0.23、衛星派生信号は各 0.15~0.17、津波暴露 = 0、能登が津波災害ではなかったため）を用いている。当該重みは南海予測には使用していない。理由は次節（異災種転移）に示す。

最終スコアは、上表9信号の重み付き和である（各信号は0～1、合計も0～1のリスク・スコアとなる）。

**重みの導出。** 9重みはすべて、2024年能登半島地震を対象としたベイズフィットの事後分布平均である。具体的には、土木分野の経験的判断を反映した事前分布（道路位相と土砂災害ハザードを高齢化率や病院距離よりも大きく置く）から出発し、能登の実績ラベルを順序ロジット尤度で観測することにより事後分布を更新した（PyMC実装）。前掲の重み表は事後分布平均±標準偏差および90%信用区間である。

南海予測においては、上記の事前分布の中心を南海機構に合わせて移動している。具体的には、津波暴露と沿岸輸送経路の脆弱性を強調し、能登適合の再現率は若干犠牲にしつつ、中央防災会議の2025年想定と整合する重みに調整している。能登フィット重みと南海シナリオ重みの双方は、公開データから本報告書添付の技術付録に記載のとおり再現可能である。

能登フィットの重みが津波主導の南海予測にそのまま転移できるかは別途検証した。具体的には、2019年の台風19号水害をホールドアウトとして、能登フィットによるランキングを当該災害の実際の孤立集落に適用したところ、**転移しなかった**。これが、本報告で能登フィット重みではなく、上記の南海シナリオ重み（事前分布に基づく運用上の前提）を採用した方法論上の根拠である。

**なぜ明示的な数式か、なぜニューラル順位付けではないのか。** 理由は2つある。(a) **監査性**：「なぜこの集落を別の集落より上位に置いたのか」を問われた担当者が、数値で説明できる。(b) **更新性**：新しい道路が開通した、病院が閉鎖した、といった変化に対し、入力の1つが変わり、スコアが1つ動き、その変化が説明可能な形で残る。

# 限界と今後の対応

---

**1. VLM信号は現状5次元に限定。** 現バージョンは、沿岸暴露・単一道路の視認・地形封鎖度・インフラ希薄度・孤立リスク（総合）の5項目をGSI 正射画像で評価している。活発な土砂崩れ痕、特定橋梁の脆弱性、最近の道路工事などの視覚信号は、現状では専門プロンプトとして実装していない。対応予定：橋梁脆弱性、斜面亀裂パターン、Mode Bでの夜間光復旧信号など、領域特化プロンプトを順次設計。

**2. 地図外進入路の捕捉不足。** 実在する進入路（林道・農道・私設橋）のうち、OSMに登録されていないものは多い。本パイプラインの「Sister A」モジュールは、これらをGSI 正射画像から同じVLMスタックで復元する。本報告における **Sister A の位置づけは、地図完備性の監査ツールであって、スコアリングへの入力ではない。** 復元路をスコアリングのグラフに注入しても、2024年能登データでは個別集落のリスク区分は動かなかったことが確認されている。最も影響を受けた集落は、復元される側道の有無にかかわらず、単一輸送経路に依存していることがすでに既知だった、という構造的な事情による。南海地域で復元した13本（紀伊6、高知7）は、公開地図に欠けている経路を可視化する用途では引き続き有用だが、本報告内でリスク順位の変更要因として扱うことはしていない。

**3. 津波浸水は代替指標として扱っており、公式浸水想定マップと校正していない。** 南海トラフでは東海沿岸で最大30mの津波が想定されている。現状の代替指標は GSI 10m DEM と OSM 海岸線距離から  $\max(0, 1 - \text{elev}_m/30) \times \exp(-\text{coast\_km}/5)$  で算定したもので、構造的代替指標であって流体力学的浸水シミュレーションではない。中央防災会議が公表している事例別浸水深マップ（2012/2025年更新）を取り込むことで、より高精度な校正済み信号に置き換え可能である。対応予定：中央防災会議の南海浸水ラスターを解析し、集落ごとの浸水深（メートル）を直接の入力とする。

**4. Mode B は本報告では未稼働。** Mode B は、災害発生後にMLITの道路復旧報告がリアルタイムで入り始めた段階で、+6時間、+24時間、+7日、+30日と時間軸を進めながら同じ集落集合の順位を更新する機能である。本報告は Mode A（事前予測）のみ。対応予定：同じエンジンで両モード稼働するため、運用導入する自治体には Mode B も同時提供可能。

**5. 167集落は2府県分のみ。** 南海トラフ全域は5広域ブロック相当（三重／和歌山／徳島／高知／愛媛＋大分一部）。対応予定：1府県あたり1回の取り込み処理で拡張可能。パイプラインは同一。

# 本報告の先にあるもの

---

本PDFは一時点のスナップショットである。同じパイプラインから、対話型のシステムとしては以下も提供される。

- **対話型マップ**：南海マップ上の全集落がクリック可能であり、任意のスコアをクリックすると、その元になった VLM 応答／検索クエリ／グラフ計算結果が開く。
- **Mode B 時系列スライダー**：発災後、最初の MLIT 復旧報告から「すべて復旧」までの期間を、公式記録の到着とともにランキングを更新しながら再生できる。
- **府県別 BCP 書き出し**：府県ごとに優先見直しリストと行動指針を、地域防災計画文書で用いる書式に1クリックで書き出せる。
- **VLM/CV プロバイダの差し替え**：Anthropic Claude、OpenAI、Google Gemini、自営の SAM2/Sen1Floods CV サーバ、または Claude Code がチップを直接読み JSON で応答する「ファイルシステム」プロバイダ（APIキー不要）から選択可能。
- **同一手法での他シナリオ展開**：contextual agentic vision パイプラインは、同じ根拠トレース契約のもとで、洪水・土砂災害・インフラ強靱性などの解析、および発災直後の道路復旧報告からの順位更新（Mode B）にも適用される。

---

作成日 2026-05-28。発災後の結果情報は一切使用していない。地震アウトカムを入力していない。

---

Yodo Labs (株式会社 PixelX) [yodolabs.jp](https://yodolabs.jp) / [team@yodolabs.jp](mailto:team@yodolabs.jp)