



地盤被害調査について

小林 俊一（地盤工学・応用力学）

金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系

被災された皆さまおよび関係者の方々へ

令和6年能登半島地震の犠牲者に謹んでお悔やみ申し上げます。また被災された皆さまに心からお見舞い申し上げます

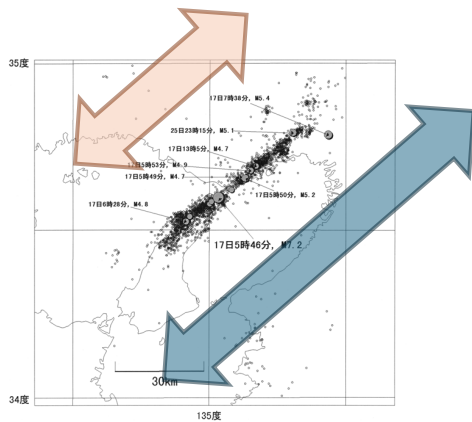
被災者救援や被災地支援のため、日夜活動されている皆さまに敬意を表します

一日も早く心穏やかな生活を取り戻されることを心より祈念しております

報告者の調査地点を中心に、地盤被害の特徴を説明

- 未調査・未整理あり：調査地域が広く、情報収集が不十分
 - 今回は**地盤の液状化や側方流動について報告**する。
 - 現段階では速報：情報の多寡や内容の精粗がある
 - 詳しい分析：測量・サンプリング・試験・解析等が必要
 - 発表内容は今後更新される可能性がある
 - 調査協力者
 - 本学 地盤工学講座：阪田義隆 准教授、熊 曦 助教、下野慎也 技術職員
 - (公社)地盤工学会北陸支部 令和6年能登半島地震災害調査団 関係者
- 記して謝意を表します

阪神・淡路大震災(1995)よりも大規模

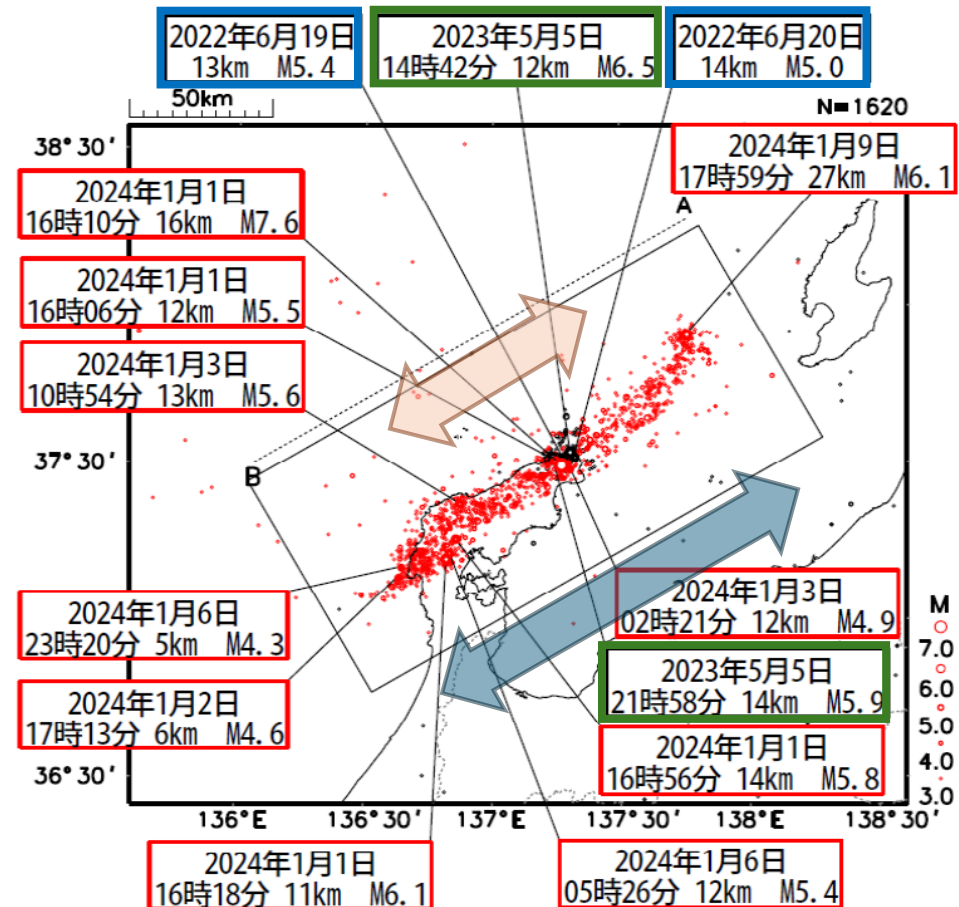


上図：兵庫県南部地震 (1995)

M7.3, 余震域：長さ60km, 幅15km

右図：令和6年能登半島地震 (2024)

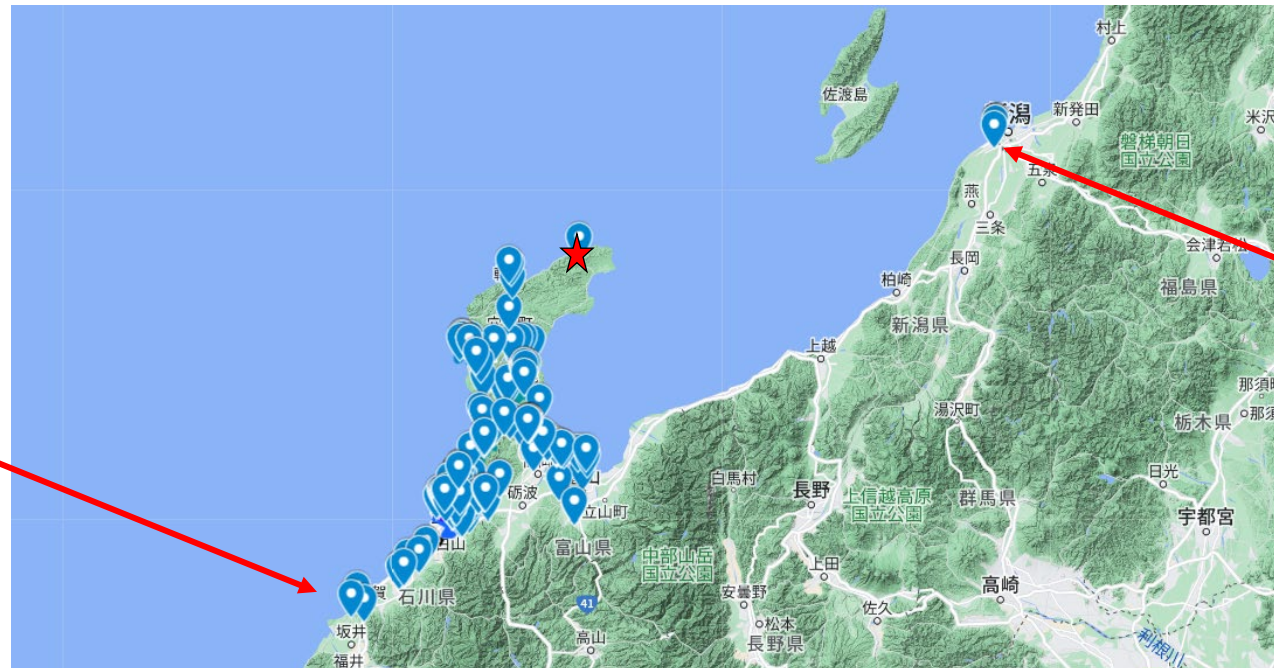
M7.6, 余震域：長さ150km, 幅15km



奥能登地域を除く北陸地方全域から情報を収集

- 福井県あわら市から新潟県西区の広い範囲で地盤被害の報告あり
- 奥能登地域は交通支障を及ぼす、甚大な地盤被害が発生
- ただし大半が未踏査のため詳細不明：救援活動を最優先

液状化発生
福井県あわら市
(震央距離約160km)



液状化発生
新潟市西区
(震央距離約160km)

大別すると3つ。程度の差こそあれ、他の地震と同様

地盤の液状化・側方流動



盛土・擁壁の被害



自然斜面・切土斜面の被害



地盤の液状化による被害発生のメカニズム

地盤の液状化

液状化が起こりやすい条件

- ・ 緩く堆積した砂質地盤
- ・ 隙間に多くの水を含む
- ・ 激しい繰返し荷重

一時的に液体のように変化

- ・ 地盤は密になろうとする
- ・ 水は直ぐに抜けない
- ・ 水圧が一時的に上昇
- ・ **土と水が混合し液体状**

地盤の沈下・流動

液体的な挙動

- ・ **一時的にせん断抵抗を喪失**
- ・ 泥水が地面に噴出
- ・ 地盤の沈下や流動が発生

固体的な特性の回復

- ・ 圧力が下がると固体に戻る
- ・ 沈下や流動の停止
- ・ **大きな地盤変形が残る**
- ・ 地盤は緩いまま

建物や道路等の損傷

一時的な地盤支持力の低下

- ・ 建物重量を支持できない
- ・ **建物や構造物の不同沈下、転倒**

側方流動や大きな地盤変形

- ・ 大きな地盤変形
- ・ 基礎の損傷
- ・ **建物や構造物の激しい損壊**
- ・ **地下埋設物にも著しい損壊**

河北潟の旧水際線付近で顕著な被害 (点は小林の調査地点 << 被災地点は遥かに多い)

等高線は2m間隔

1960年代

1930年代

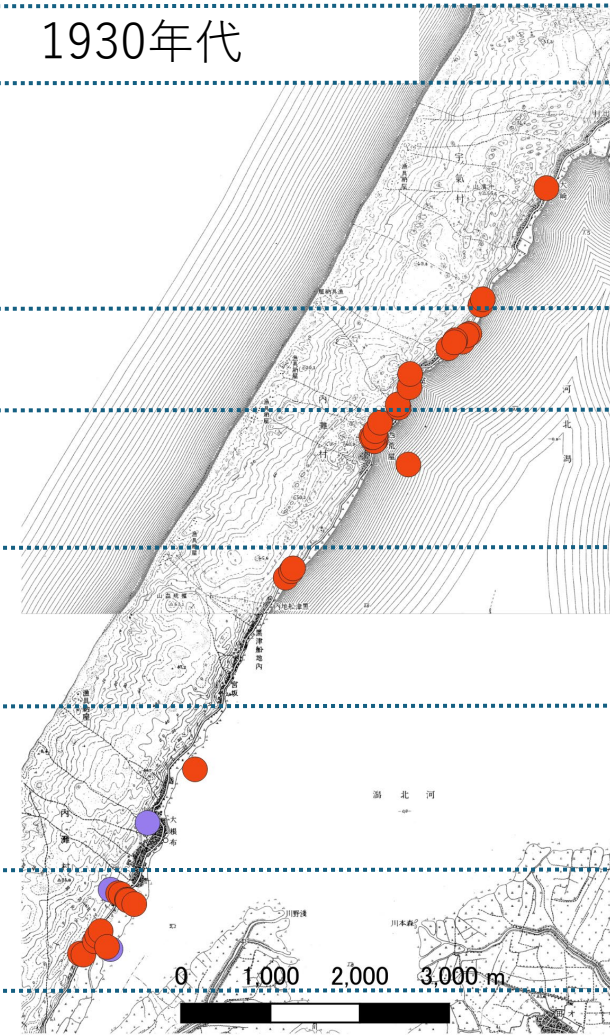
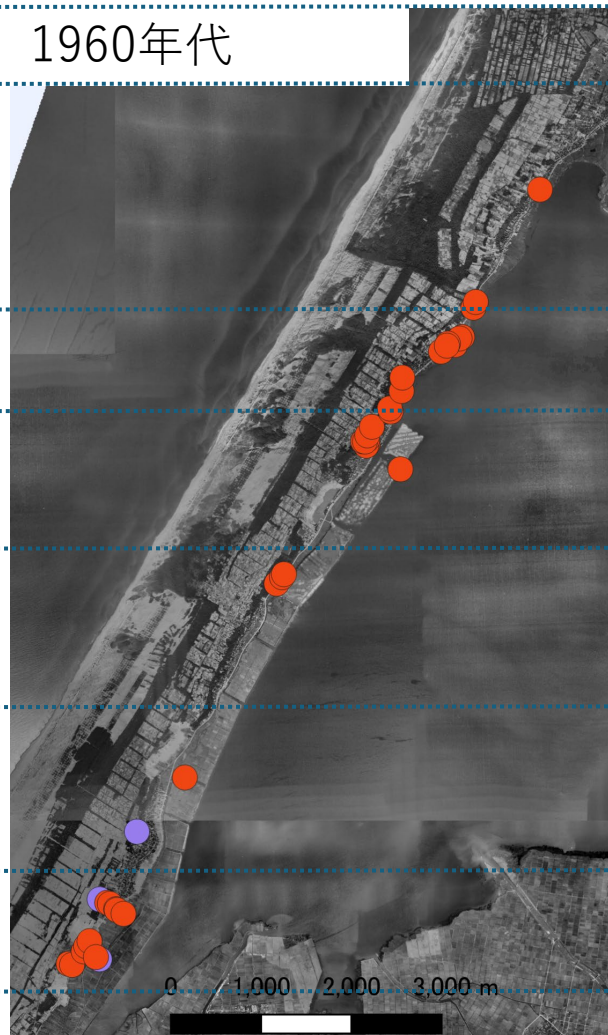
かほく市 大崎

内灘町 室

内灘町 西荒屋

内灘町 宮坂

内灘町 鶴ヶ丘

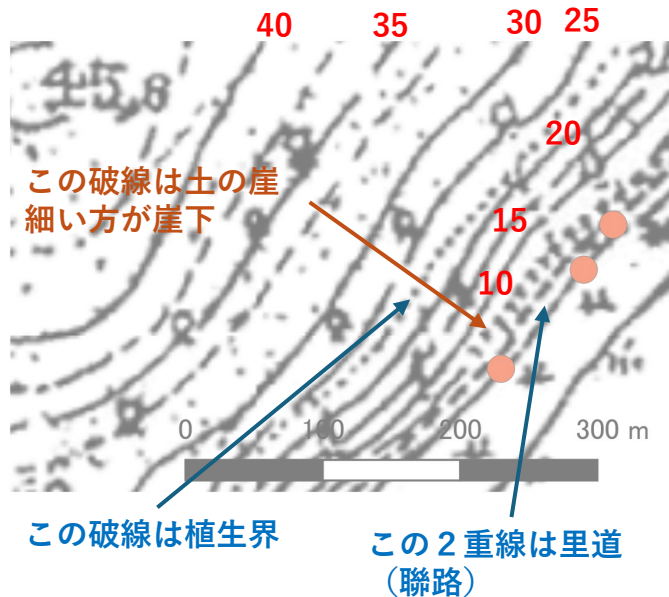


共通する被害の特徴

- 激しい液状化
- 大きな地盤変状（沈下や隆起＋側方流動）
 - 場所によっては背面側に100m以上に側方流動の影響
- 家屋被害：基礎の損傷、建物の変形や沈下・傾斜が顕著
 - 地盤改良や杭基礎施工の家屋：建物の変形は免れた
- 道路の被害：横断方向に大きく路面が傾斜、き裂、ゆがみ
 - 応急復旧により、早期に車の通行は可能

旧地形およびその形成に関する留意点

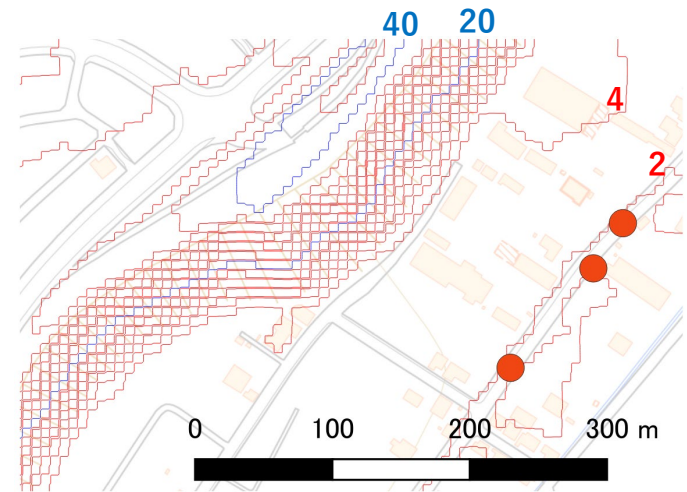
- 旧道は旧河北潟の水際線に沿っていた
- 旧道に面する家屋のすぐ背後まで砂丘
- 河北潟干拓事業（1963年～1986年）で大量の砂を採取



宮坂付近の被災箇所（例）

元砂丘の端部は等高線間隔が狭く急勾配。そこから崩れた砂が潟の岸に堆積。

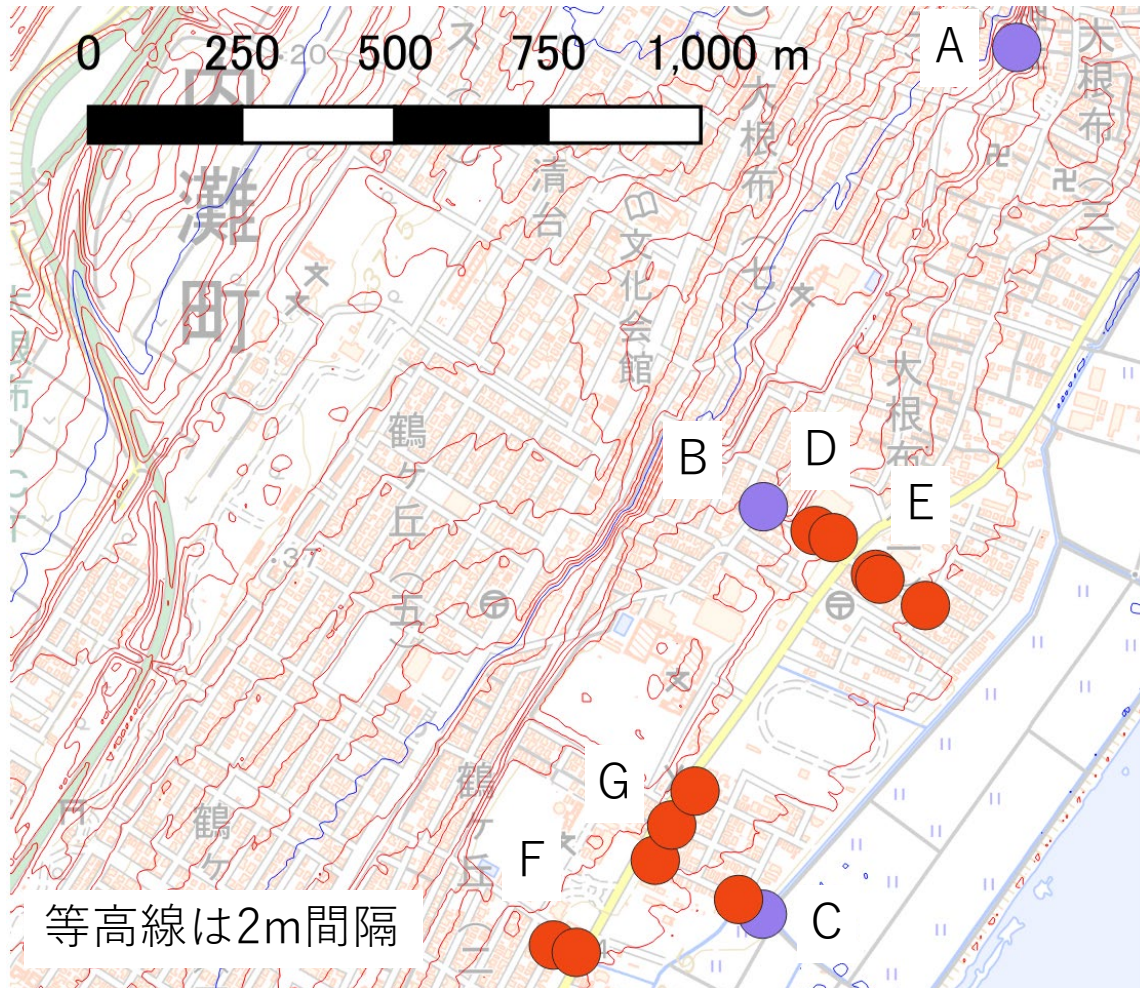
現在は平坦な地形になっており、その後方に人工的な切土斜面がつながる。



内灘町 鶴ヶ丘地区の被害状況

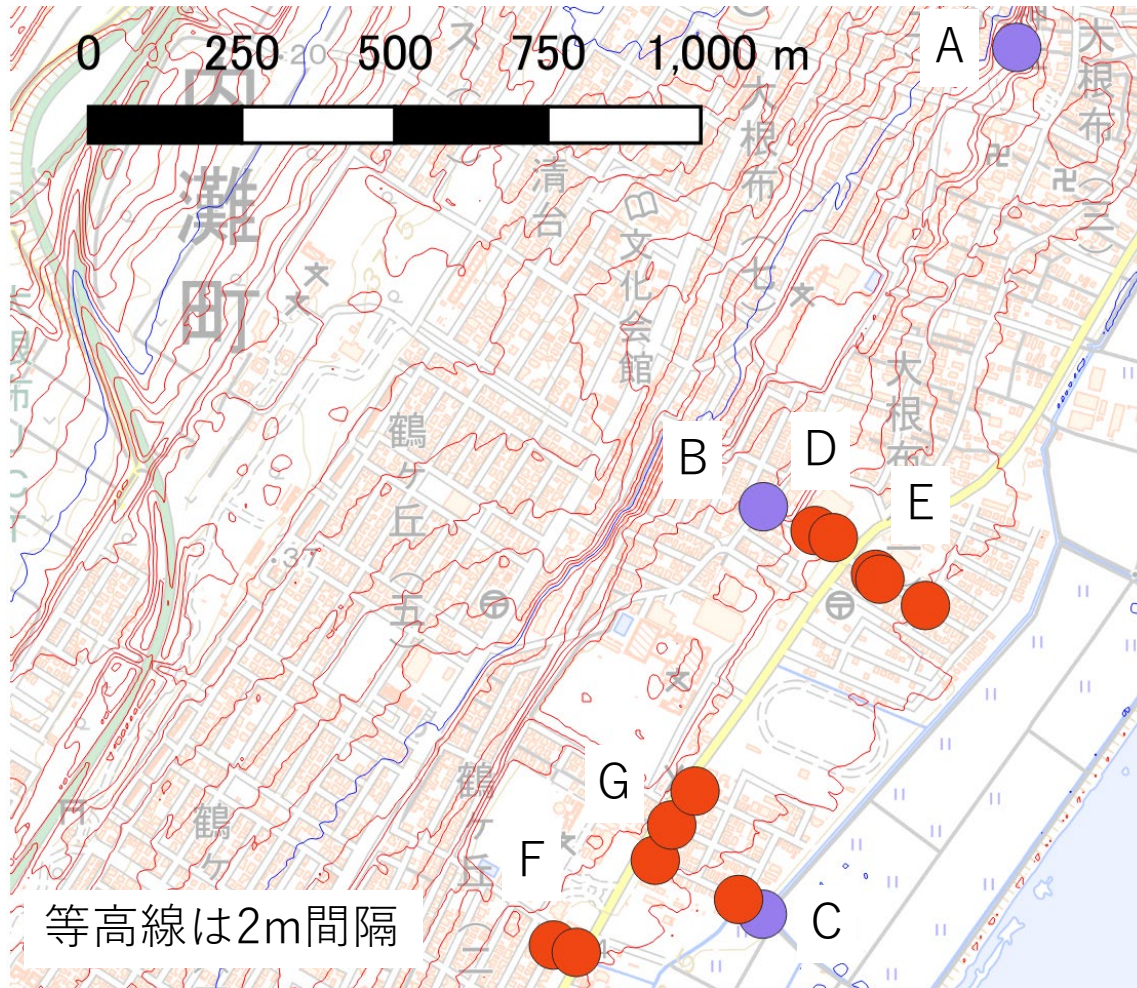
- 場所による被害のコントラストが大きい。全てのエリアが被災したわけではない。
 - 地盤の状況：標高約6mまでの地盤で液状化の発生。それに伴う噴砂や不同沈下が顕著。
 - 標高が高い側では路面の引張りクラック、また背面地盤から押されることによる路面のせり上がりが発生。
 - 家屋の損壊：基礎の損傷が顕著。倒壊した家屋は皆無。
 - 道路路面の変状：段差、き裂、横断方向の傾斜。
 - 地下埋設物の損傷：タンクの浮き上がり。
- ※ 外観からの調査であり精査が必要。今後修正の可能性あり。

被害のコントラスト（無被害と思われる地物）



網羅的に調査した訳では無いが、標高2m~6mの一部の場所に集中的な被害が見られる。それ以外の場所の被害は少ないようである。

被害のコントラスト（被災した地物）



D付近：駐車場の緩斜面に、ほぼ等高線に沿って複数のクラックが発生。



低 ⇔ 高

E付近：県道（黄色）を挟んでやや低い側の住宅地では大量の噴砂。

- ・電柱の沈下
- ・地中埋設物の浮き上がり



奥ほど低い

電柱の沈下・地中埋設物の浮き上がり



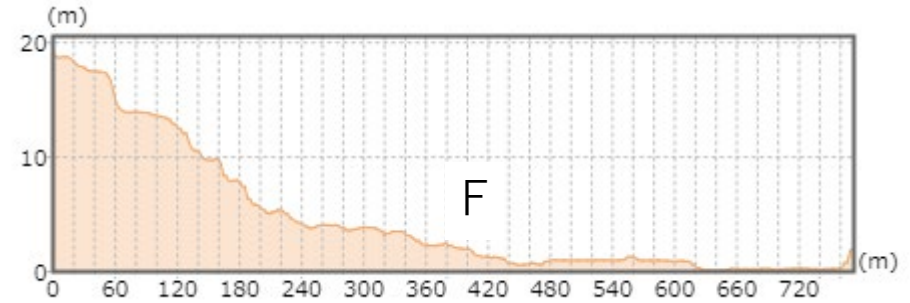
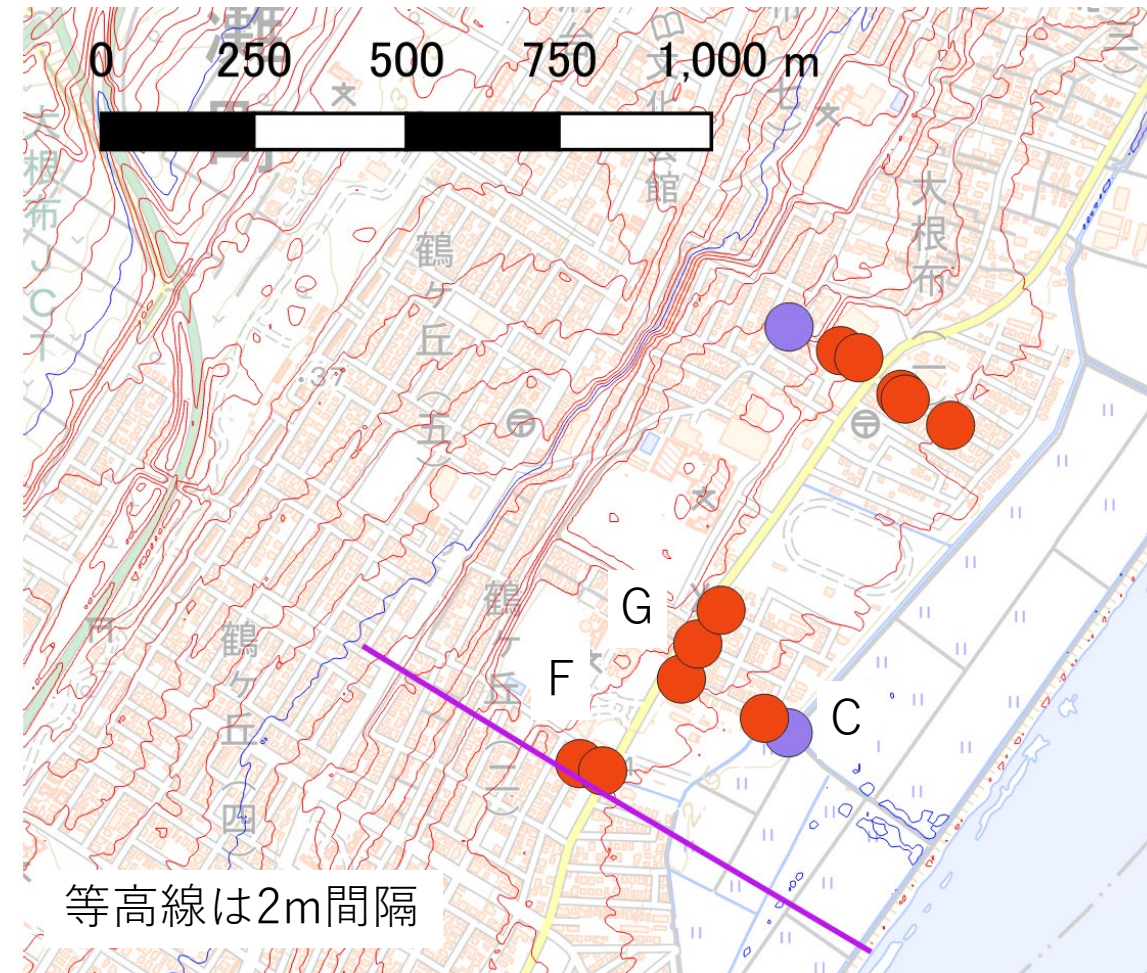
電柱の沈下：

液状化発生に伴い、一時的に地盤が電柱の自重を支えられず、電柱が沈下したもよう。

地中埋設物の浮き上がり：

液状化発生に伴い、地中に埋設された防火水槽が浮き上がったもよう。同様の被害はガソリンスタンドのタンクやマンホールでも起こりうる。

被害のコントラスト（被災した地物）



F付近：高い側から押されてせり上がり、駐車場が道路路面よりも相対的に隆起

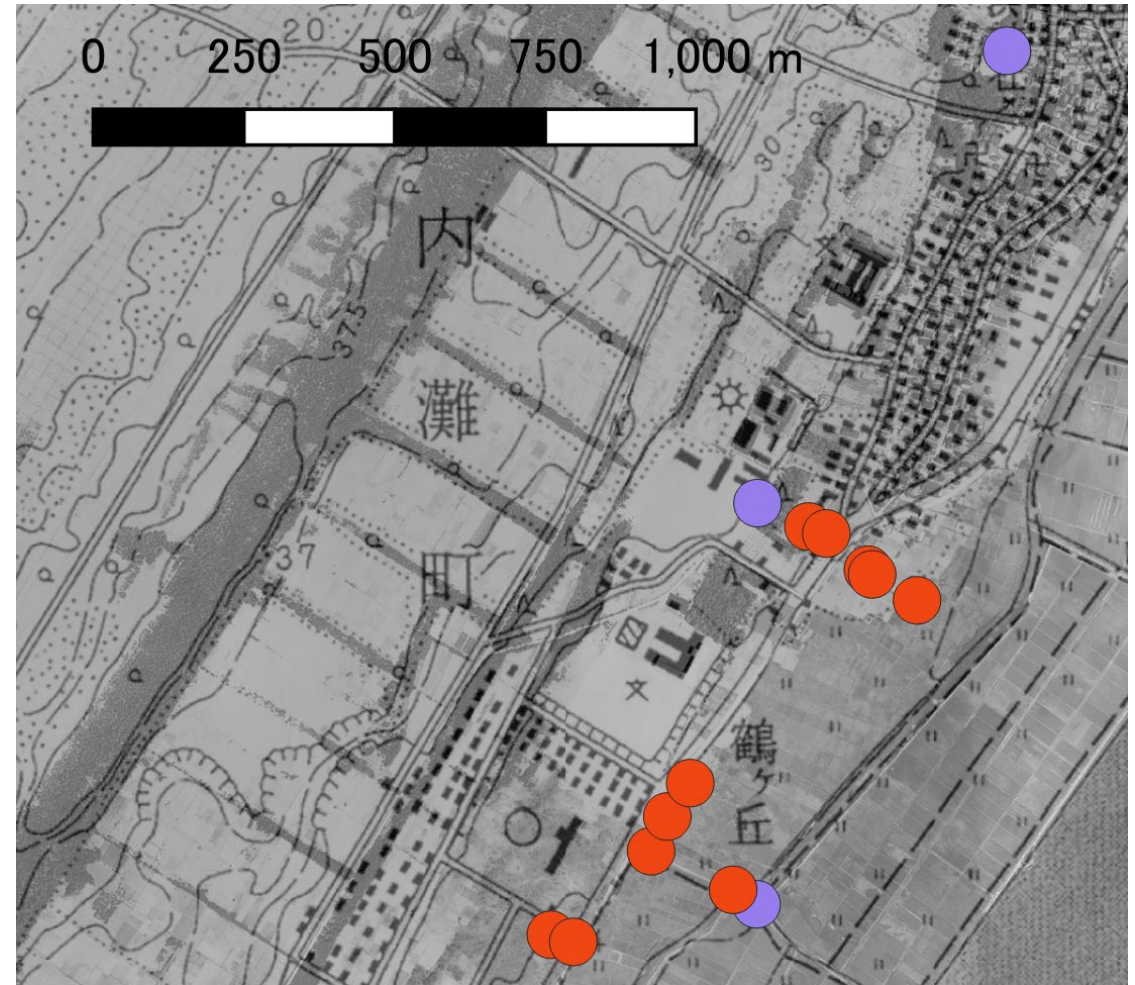
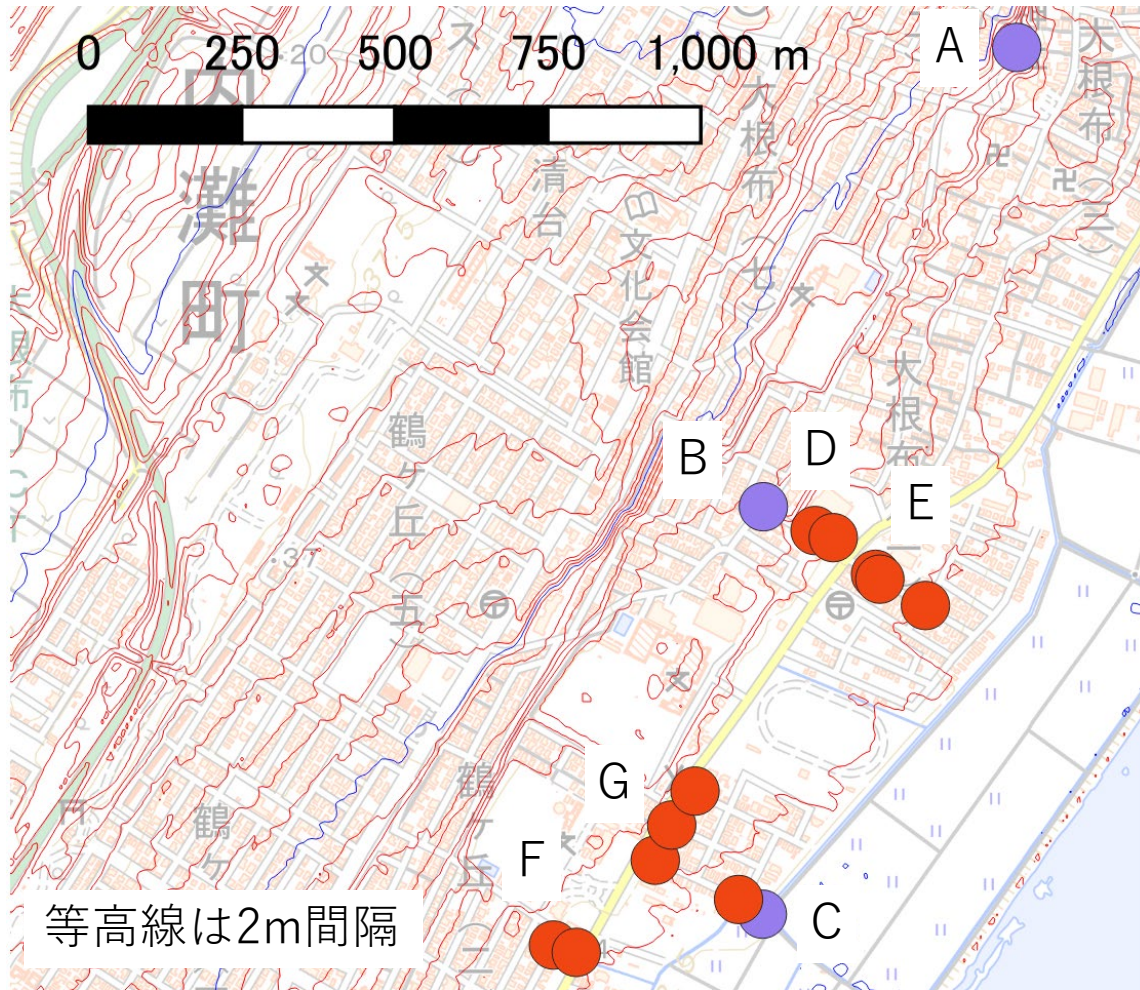
G付近：大量の噴砂。周辺の住戸、外構、路面が不同沈下



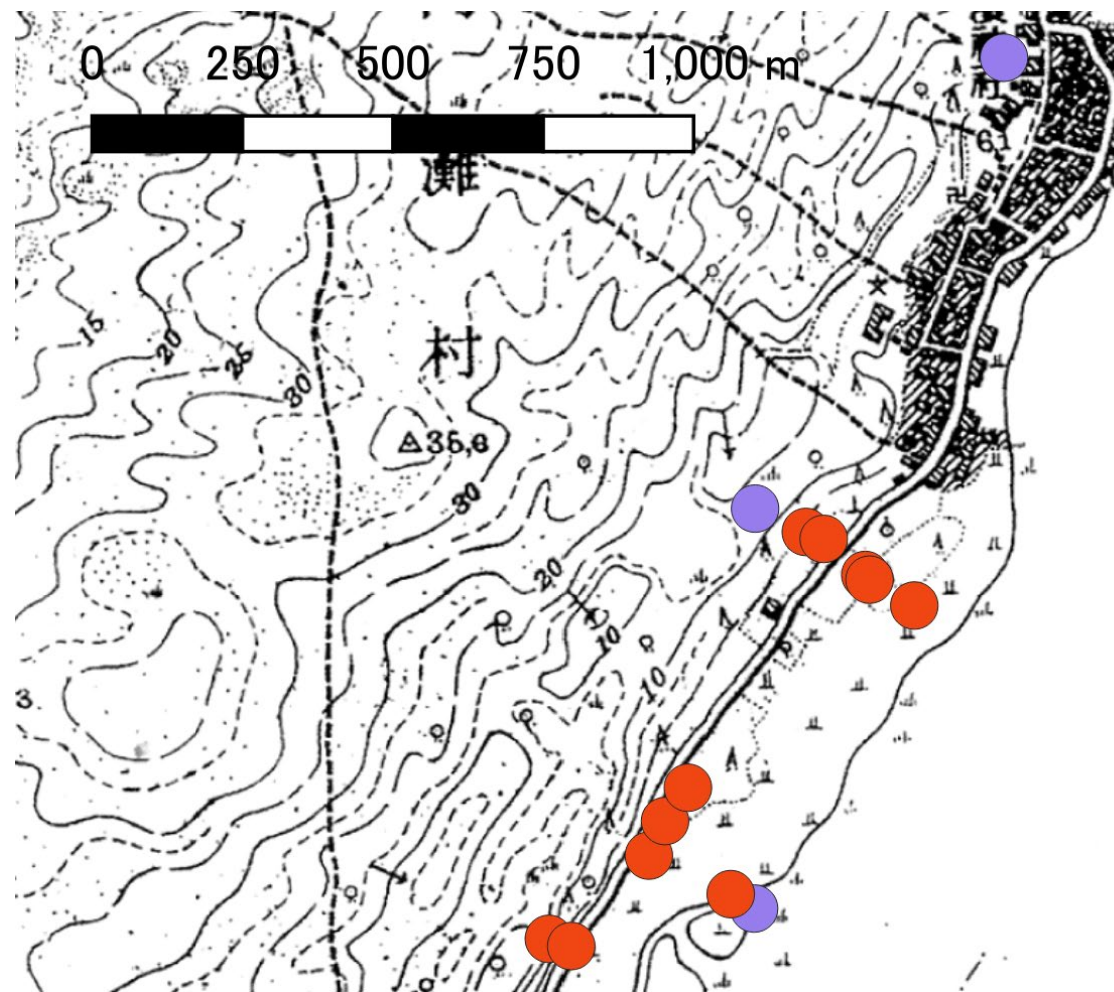
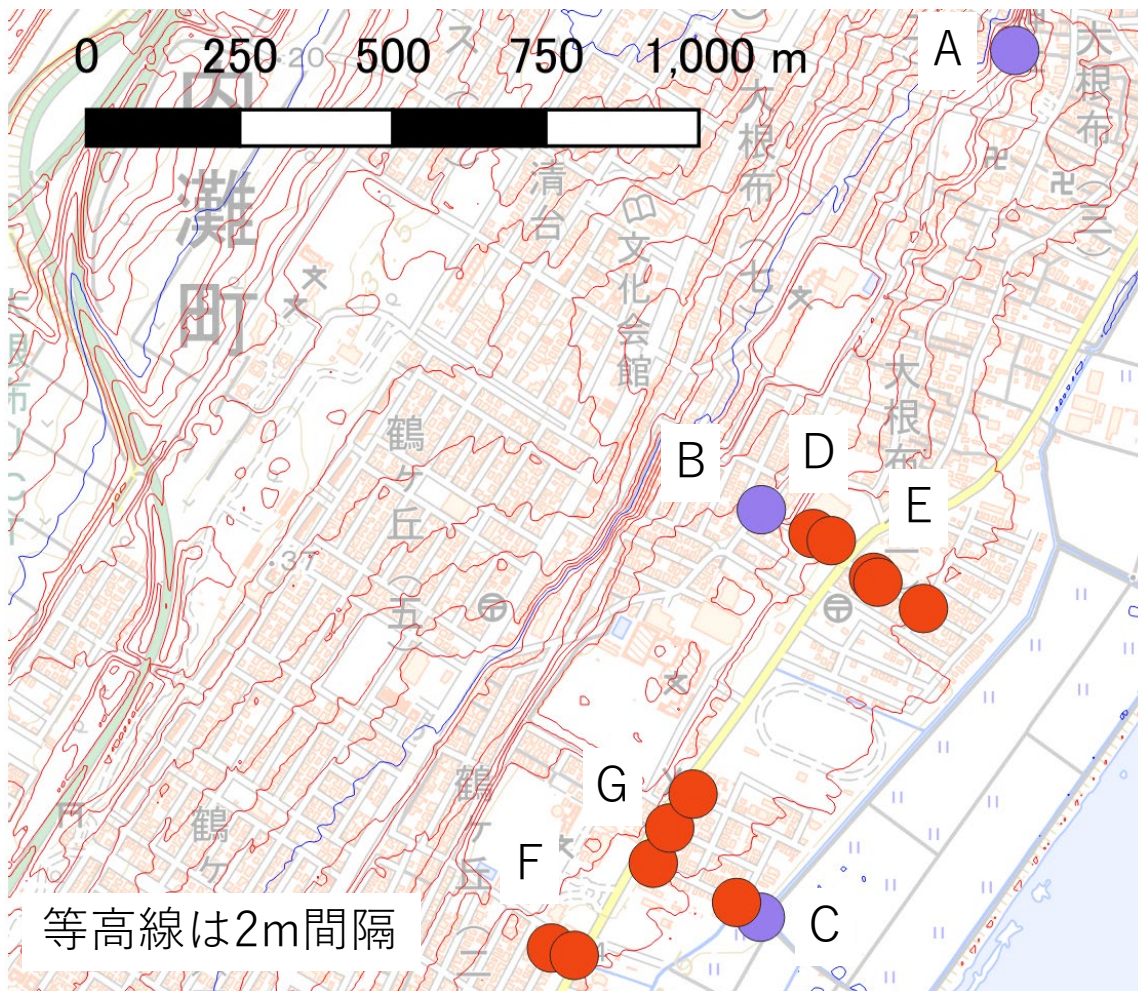
低 ⇔ 高

奥ほど低い

県道（黄色）の東側は圃場（'60年代の地図・写真）



旧水際線は圍場水路付近 (1930年代の地図と比較)



コメント

- 液状化被害は県道周辺から旧水際線にかけての地域に集中。おおよそ標高が2m～6mの地帯に当たる。
- 標高が高い側では側方への変形として、路面の引張りクラック、また背面地盤から押されることによる路面のせり上がり。
- 標高の低い側では、建物基礎の損傷、不同沈下、傾斜。
- 圃場水路（旧水際線）には顕著な被害は見られない。水路構造物の剛性が変形の抑制に効いた可能性。
- F地点付近のボーリングデータによると、2種類の砂層、その下にシルト層が存在。被害を理解するためには、地史・地形生成も含めた検討が必要。

※ 現時点での私見。今後修正することもあり得る。

内灘町 宮坂地区の被害状況



道路の被害：液状化の痕跡あり。歩道コンクリート版の破損、電柱の傾き



地下埋設管の引き抜き：側方流動では、埋設管の破損例が多い。下水道やガスなど生活機能の維持に必須。

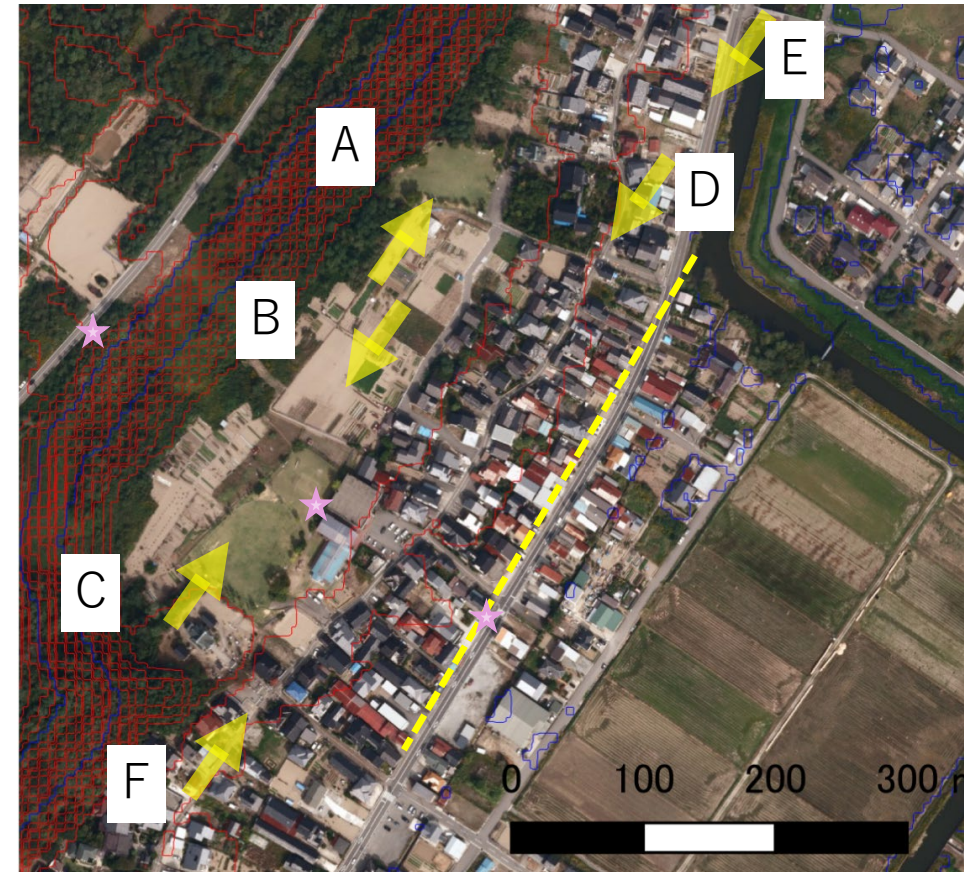
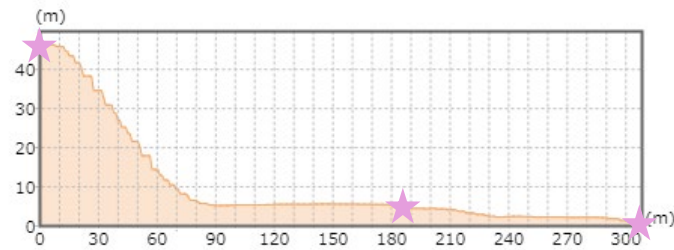


3階建てビル（築50年）の沈下・傾斜。液状化による支持力の一時的な喪失により地面に沈み込み

西荒屋地区北、室地区では大規模な地盤変状



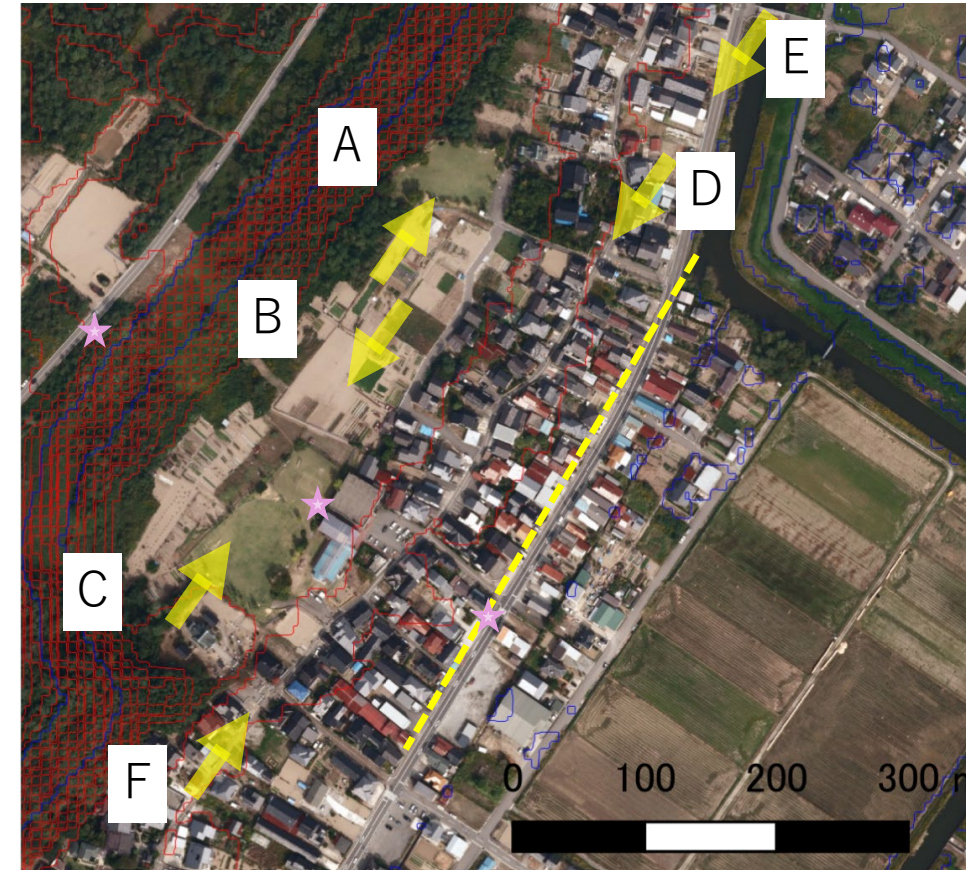
県道(図中破線)より150m程度背面側の緩斜面にき裂発生。大規模な地盤変状。



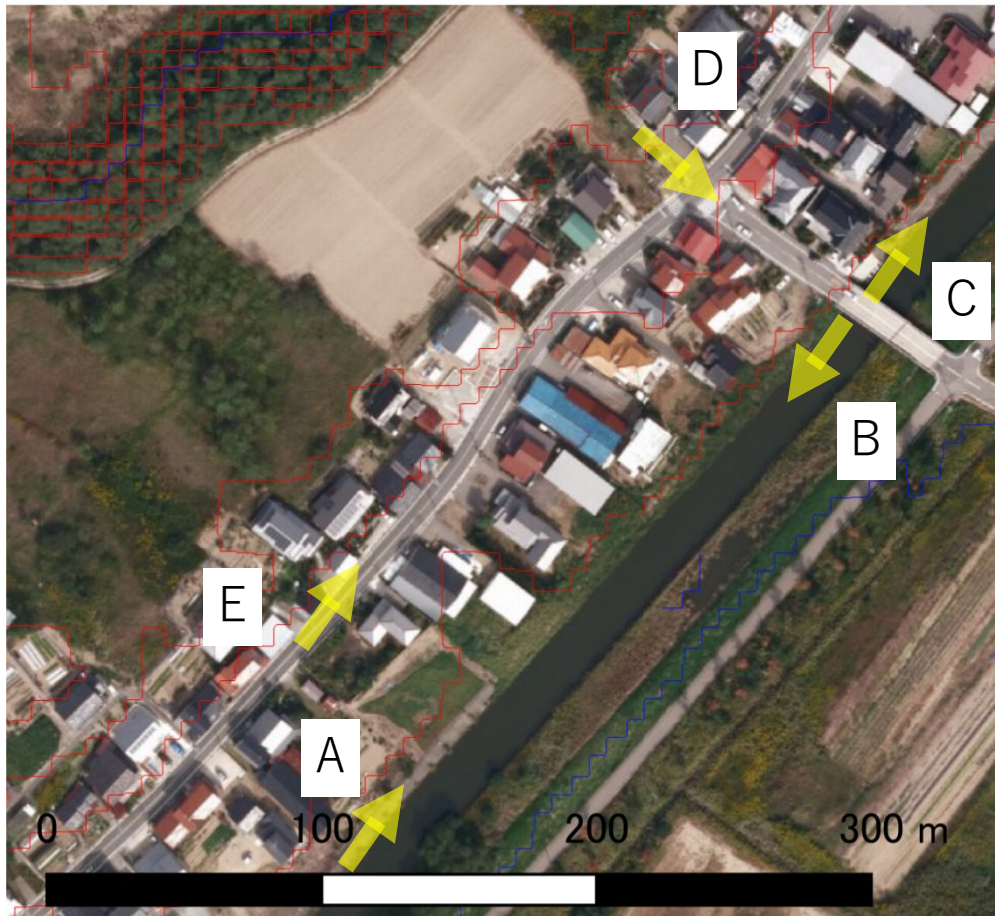
西荒屋地区北、室地区では大規模な地盤変状



緩斜面の中腹(D,F)では地盤せり出しによる被害。液状化による噴砂痕は一面に見られた。



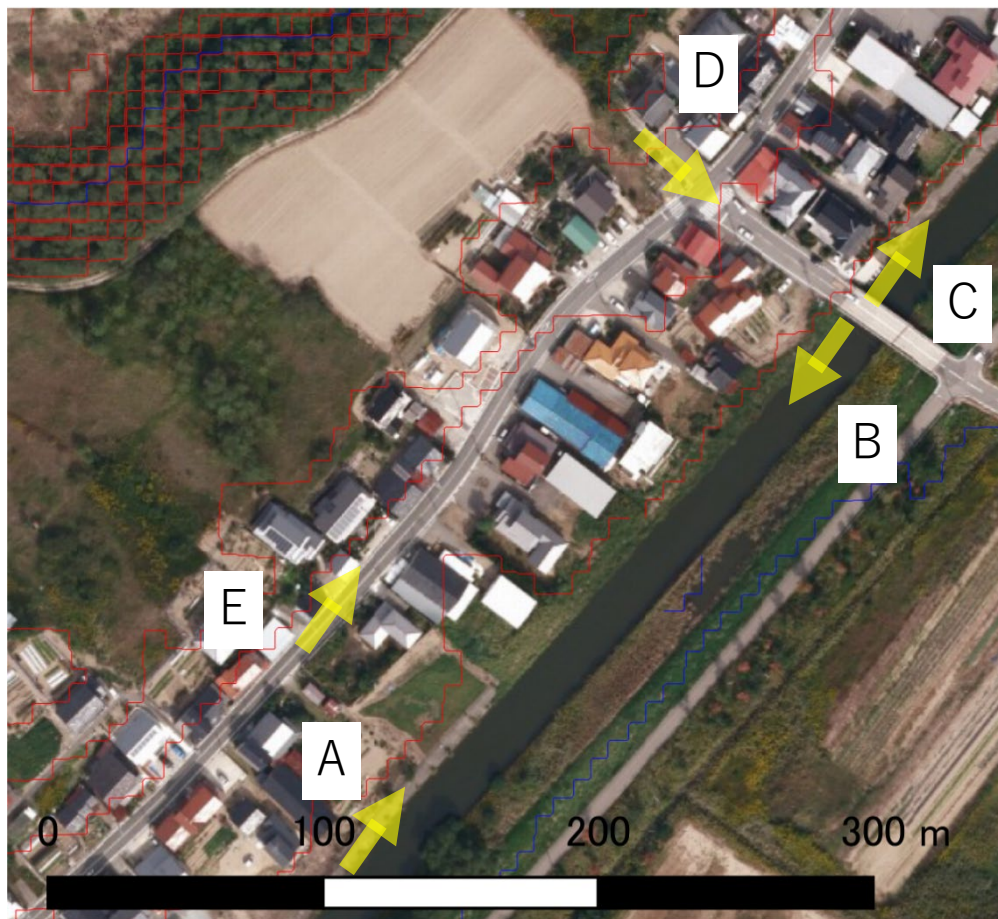
室北地区では大規模な地盤変状



水路護岸の損傷のため水路が閉塞。背面地盤から横方向に大きな圧力が作用した可能性。



室北地区では大規模な地盤変状



緩斜面内に発生した大規模な沈下・側方流動のため、住宅基礎の損傷や永久変形、道路の損傷が認められる。一方、杭基礎を有する家屋の被害は軽微な模様。



現時点でのまとめ（私見）

- 液状化の発生についてはハザードマップと調和的。
- 旧河北潟西岸では、液状化に伴う激しい地盤変状が特徴的。
- 地盤変状の定量的な把握には、測量が不可欠。
- 地盤被害の理解には、それぞれの地点の条件を十分に考慮すべき。
- 原因解明には、地盤調査とともに、地盤の成り立ちを探ることも重要なポイント。

盛土・擁壁・斜面に関わる被害発生メカニズム

地震外力の作用

荷重条件の変化

- ・ 水平方向の慣性力が発生
- ・ 鉛直方向成分も変化
- ・ 繰返し作用

地盤材料の強度変化

- ・ 部分的な液状化
- ・ 強度の低下

建造物の不安定化

建造物の破壊

- ・ 土建造物のすべり破壊
- ・ 擁壁の転倒

大きな変形・損傷

- ・ 土建造物のクラック
- ・ 構造部材の損傷

機能不全・低下

機能不全・低下

- ・ 通行不能や使用不能
- ・ **システムとしての機能**への影響（例えば道路など）
- ・ **時間遅れで被害が拡大**（クラックからの雨水侵入など）

人的・物的被害

盛土が載った基盤の支持力不足と思われる例



円弧すべり破壊と思われる。
圃場内に盛り上がった土塊
がみられる。



現時点では情報が不十分。以下の点に注意

- 大きな地震動が観測された奥能登地域の調査が不足。
- 奥能登地域はもともと地すべり地帯が多く、脆弱。
- 地震動による崩壊・破壊。
- 損傷（クラック）発生と雨水の侵入による安定性低下も要注意。
- 時間とともに被害が拡大する災害。融雪、梅雨・台風等の豪雨。
- 被害拡大を食い止める対策が必要。

データソース等

- 旧地形図については、時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」 ((C)谷 謙二) により作成した。
<https://ktgis.net/kjmapw/>
- ボーリングデータについては、一般社団法人 国土地質情報センター 災害復旧支援地盤情報緊急公開サイト より取得した。
<https://publicweb.ngic.or.jp/emergency-1/>
- 標準地図や空中写真などは、地理院タイルを利用した。
<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>
- 5メートルメッシュDEMについては、基盤地図情報ダウンロードサービス より取得した。
<https://fgd.gsi.go.jp/download/>
- 断面に沿った標高データについては、地理院地図を利用した。
<https://maps.gsi.go.jp/>



力強い復興を祈念いたします