

液状化発生範囲及びその影響

土木学会調査団

地盤工学会調査団

清田隆

東京大学生産技術研究所

調査地概要図



Kaiapoi

Kaiapoi 南部

撮影：安田教授、東京電気大学



2010年の地震後

川の南側にある公園
2010年は噴砂が生じた

2011年の地震後、昨年生じたク
ラックに噴砂を確認（再液状化）
前回よりも規模はかなり小さい



2011年の地震後

撮影：Orense准教授、Auckland Univ.

Kaipoi 北部



2010年の地震後

河川堤防側の宅地で顕著な液状化

2010年に被災・沈下した2階建て家屋が、**2011年に更に15cm程度沈下**

この家屋は周囲の平屋住宅よりも沈下量が大きい

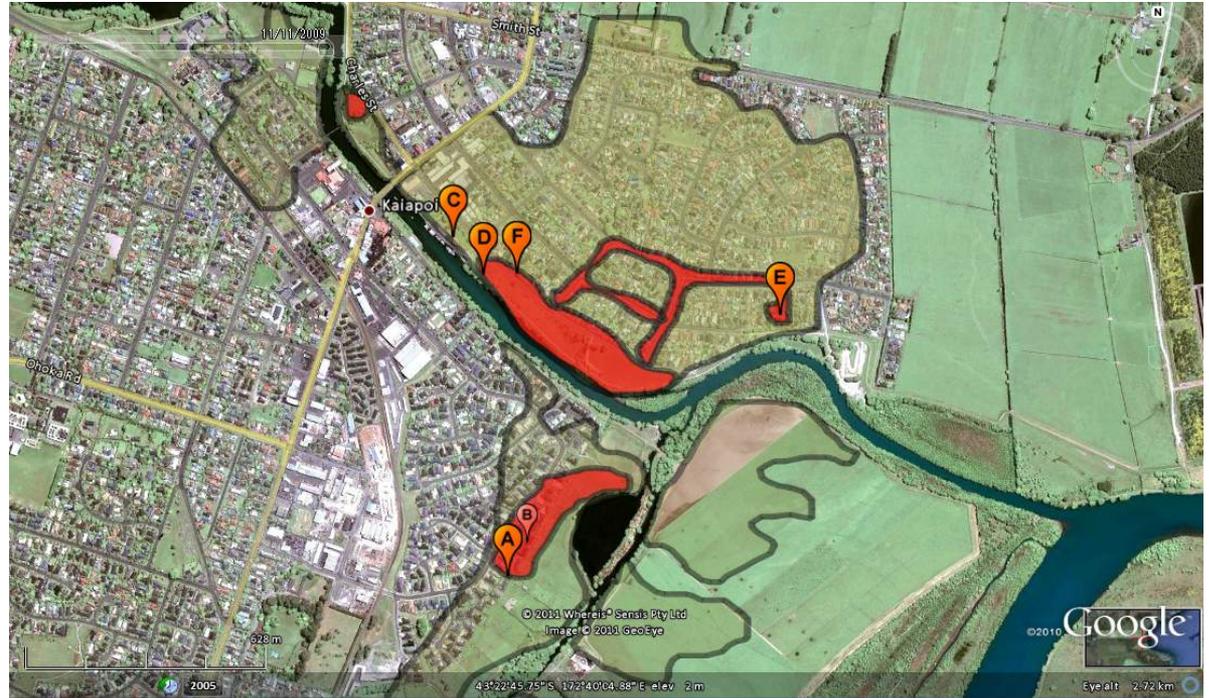


2011年の地震後

Kaiapoiにおける液状化被害の特徴

2011 Christchurch EQ
今回の調査で液状化を
確認した範囲

2011 Darfield EQ
(GEER Report 2010)



Kaiapoi 南部

前回の地震で生じたクラックに噴砂を確認

前回に比べて地盤変状は相当小さく、液状化範囲も狭い

Kaiapoi 北部

河川堤防背後の宅地で顕著な液状化

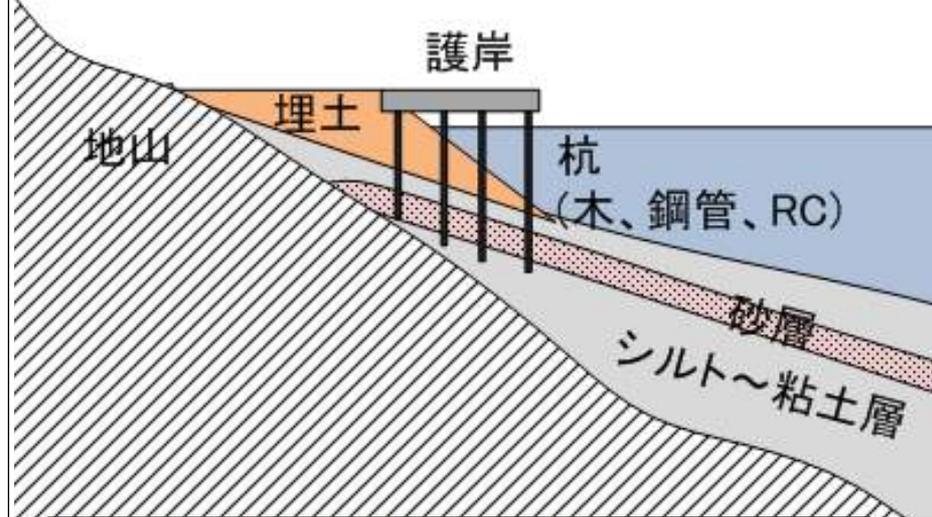
地盤変状は流動よりも沈下が目立つ

いずれにしても昨年の地震より液状化の程度は低い

調査地概要図



Lyttelton港護岸の基本構造



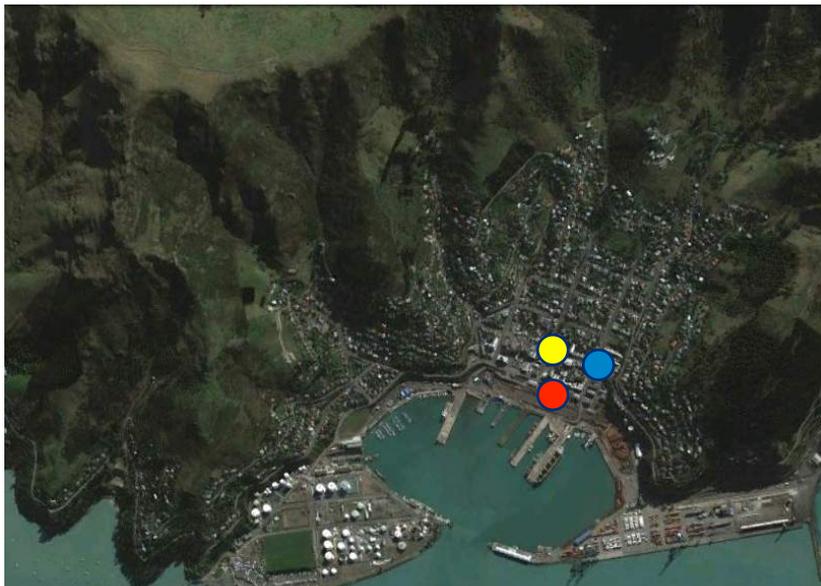
1950年代から60年代にかけて建設

2010年Darfield地震による被害は小規模だった

2011年Christchurch地震によりコンテナヤードが閉鎖され、調査できず。

市街地およびLPGタンクヤードの調査を実施

Lyttelton



Lyttelton市街地：台地の斜面上に街がひろがる。液状化の痕跡は無い。主にレンガ造建造物の被害が目立つ

Lyttelton

LPGタンクヤード：
パイプラインには大きな変状は無い。

盛土護岸に10～20cm程度の亀裂が入り、
変位・沈下が生じている。
噴砂の痕跡は認められない。



Lyttelton

LPGタンクヤード：
タンク周辺部において噴砂痕を確認

スロッシングが発生した可能性も考えられるが、ヤード内の被害は軽微であった



調査地概要図



Christchurch市街地

Avondale周辺

Avon川

Avonside周辺

市街地中心部

クライスト
チャーチ

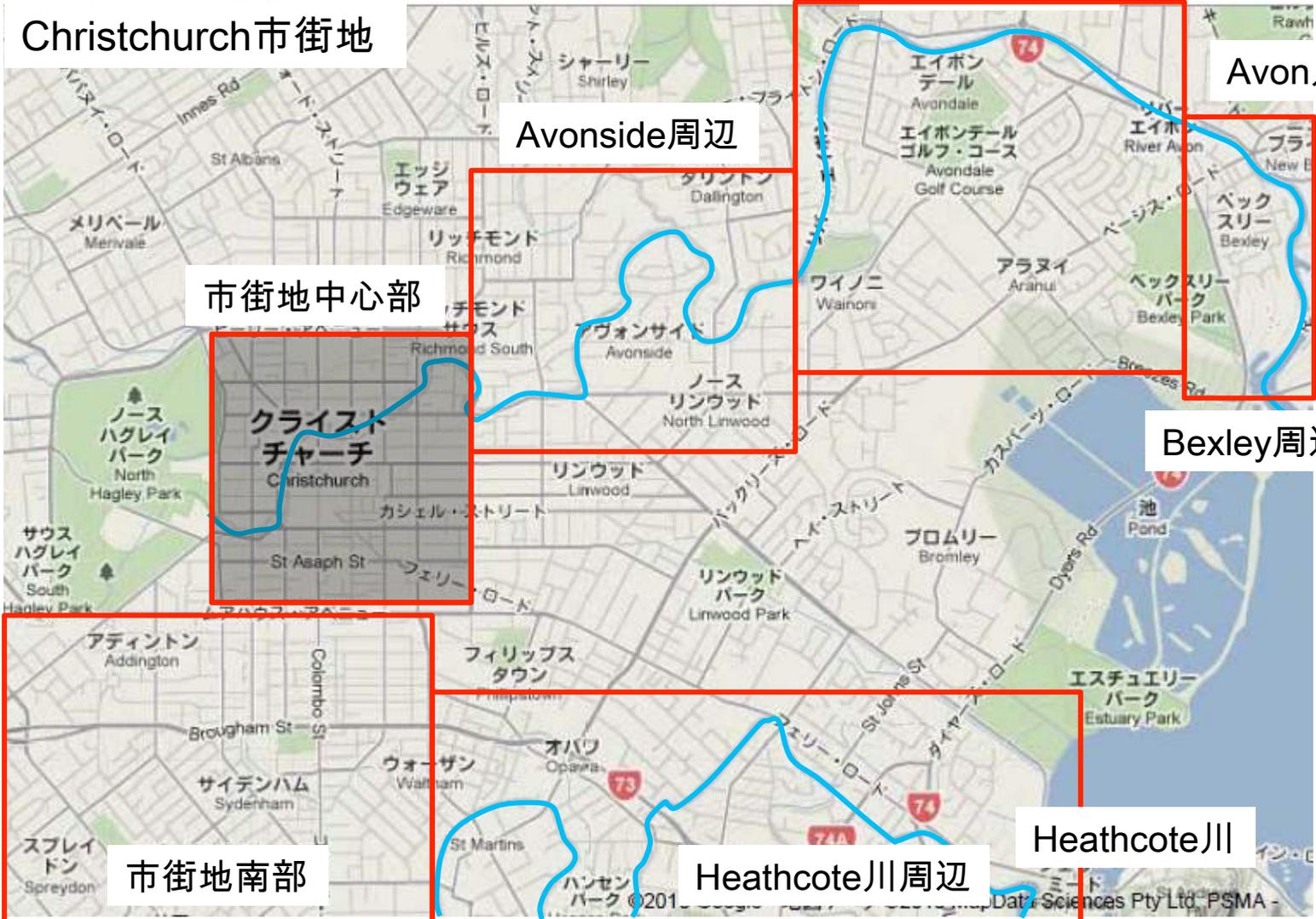
Christchurch

Bexley周辺

市街地南部

Heathcote川周辺

Heathcote川



Avonside周辺：液状化に伴う**橋梁、道路、家屋、埋設管の被害**多数。流動を伴う被害はAvon川沿いに多い

Christchurch市街地



Avonside周辺

Avon川

Heathcote川

Avonside周辺

橋梁の被害例：
橋桁と盛土の境界で段差や沈下が生じる。

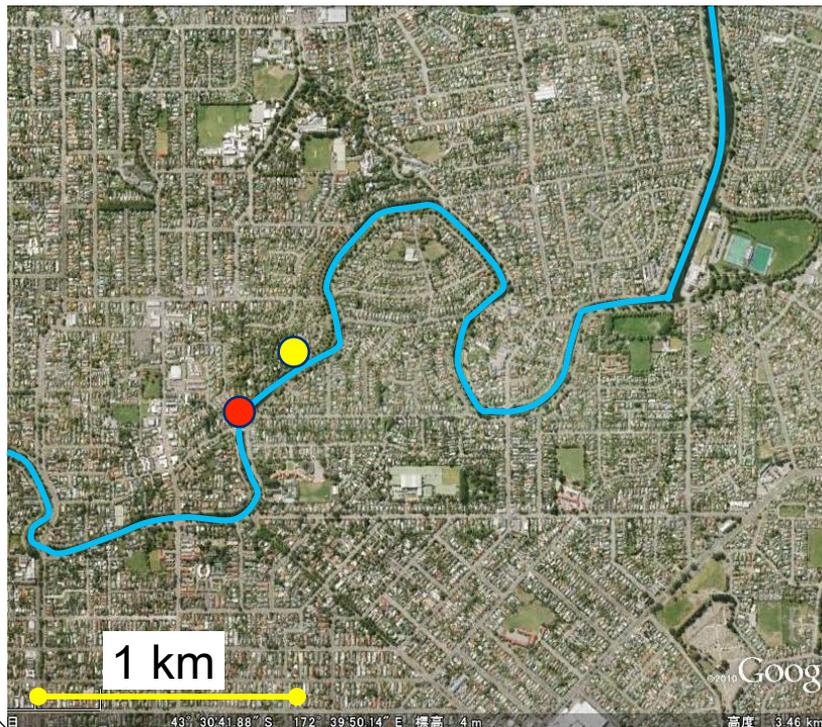
背後地盤、基礎地盤の液状化に伴う橋台の変位



Avonside周辺

道路の被害例：
川沿い道路が大きく沈下・変状
最大3.5mの幅が沈下。川に向かって変位

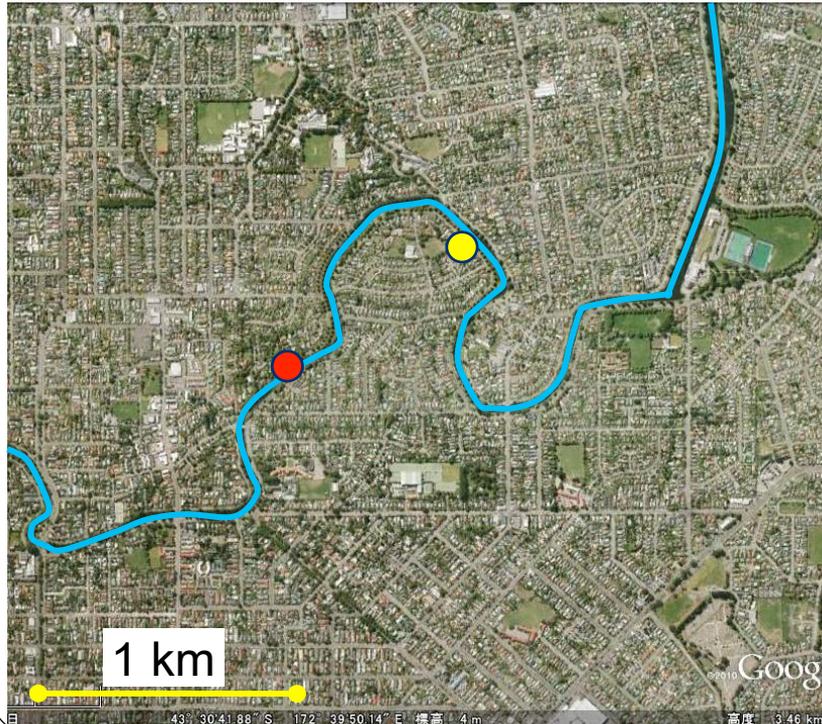
埋設管敷設時の埋戻し土



Avonside周辺

家屋の被害例：
液状化により河道に向かう地盤変位に
巻き込まれる家屋が多数。

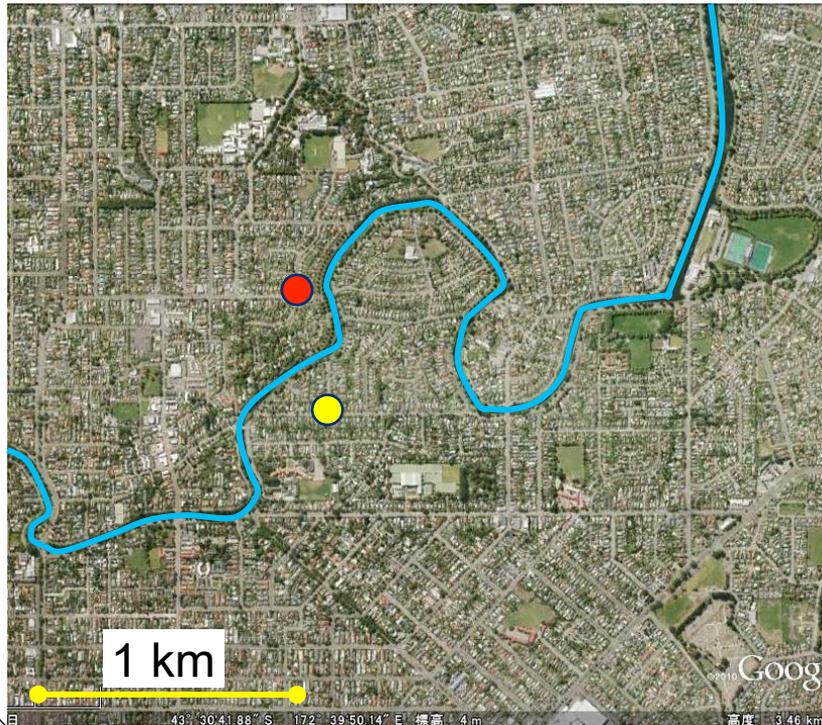
上屋の構造は無事でも、基礎に被害が
生じた家屋多数



Avonside周辺

路面の様子：調査2/28（地震2/22）

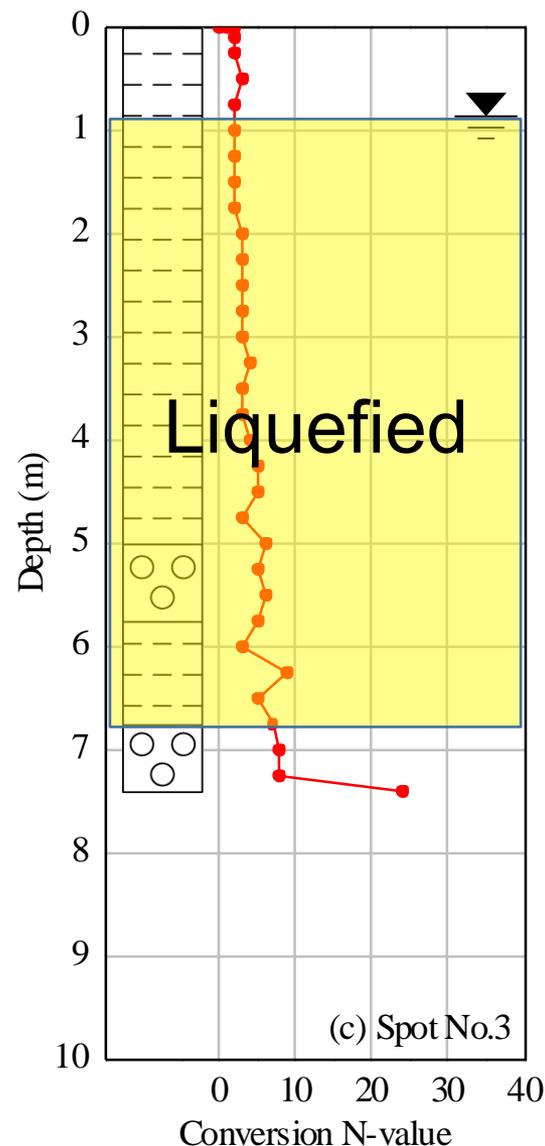
路面が水浸しであるが、これは**水道管の損傷**のため。水道管の損傷は非常に多くの箇所で発生している。





Avonside周辺におけるSWS試験結果 (2010年Darfield地震後に実施)

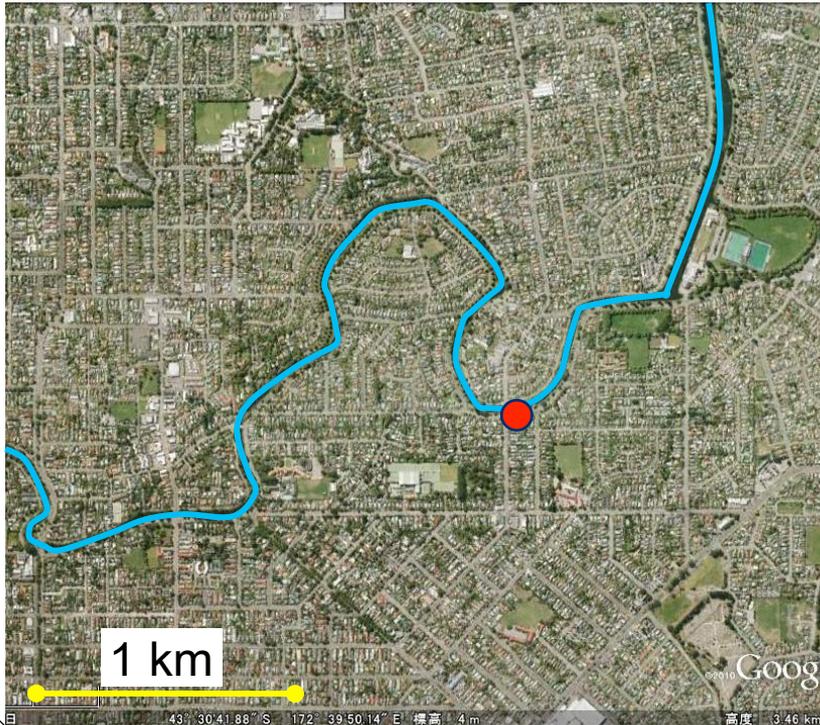
- 地下水位はGL-1m以浅
 - GL-5m以浅はN値2~5の非常に緩い砂質土
 - GL-5m付近に礫質土。非常に緩い
 - GL-7.5m付近でN>20を記録
-
- 採取した噴砂は青灰色、貧配合の細砂



Avonside周辺

無被害の家：
川沿いであっても、液状化が発生して
いない地域もある

Avon川の蛇行経路が微地形に影響を及
ぼしている可能性



Avondale周辺：圧倒的な噴砂量。液状化に伴う構造物の沈下、変状多数。



Avondale周辺

路面の様子：
大通りの噴砂は比較的早急に撤去されたが、路地にはまだ**大量の噴砂**が残っている。

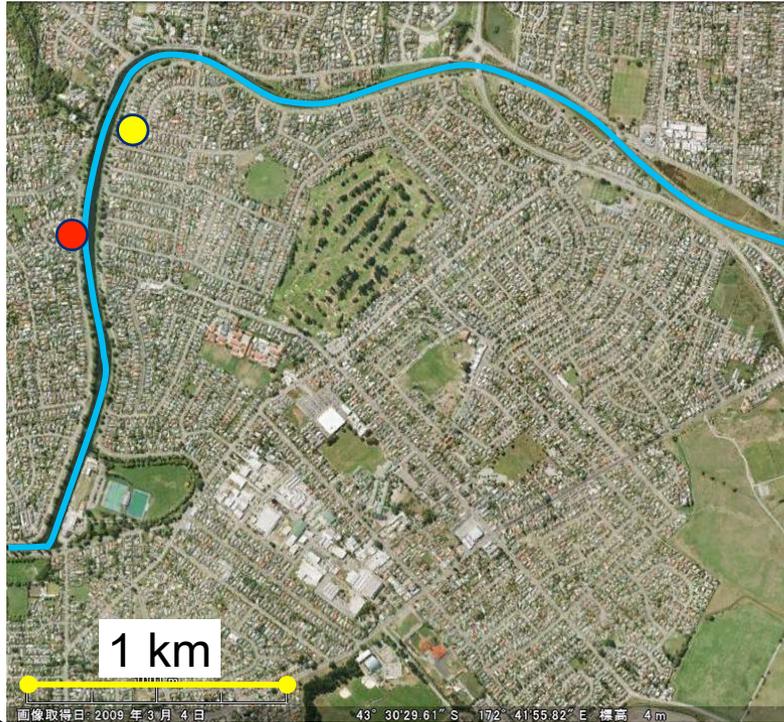
2009年9月の噴砂よりも今回の噴砂の方が**3~4倍**多い（住民談）。



Avondale周辺

家屋の被害：
Avon川沿いの**家屋の多くが沈下した**。

河道に向かう**地盤変位**の影響を受けている家屋もある。



Avondale周辺

プールの被害：
幅5m，長さ13.5mのコンクリート製の
プールが**最大140cm浮上**。地震時は水
は無かった。

2010年9月の地震時は水があり、沈下
した（住民談）

下流部も**噴砂量は非常に多い**

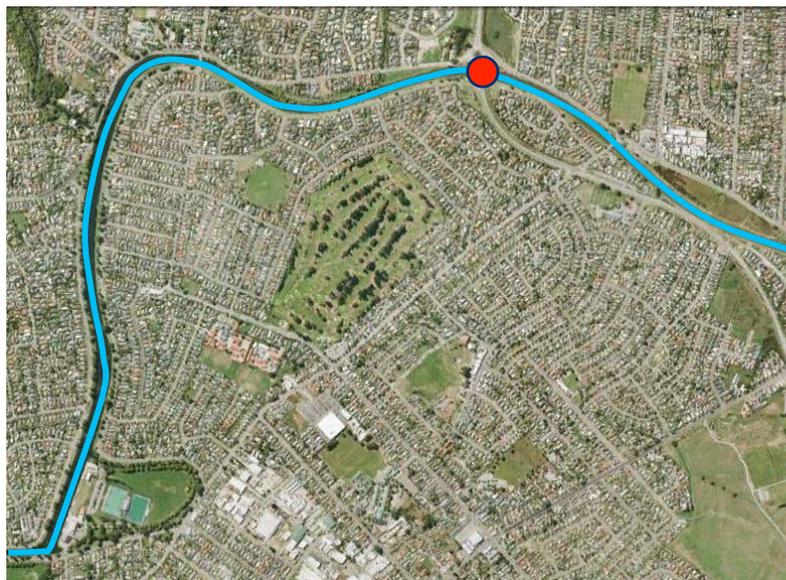


Avondale周辺



右岸

6°



左岸

5°

水没

ANZAC橋（橋長50m）の被害：基礎地盤・背後地盤の液状化による取付け盛土の沈下、橋台の沈下・変状

Bexley周辺：約5年前に住宅地として埋立てられる。今回調査における最大の噴砂層厚を確認。液状化に伴う埋設物損傷、家屋の沈下・変状多数。

Christchurch市街地



Bexley周辺

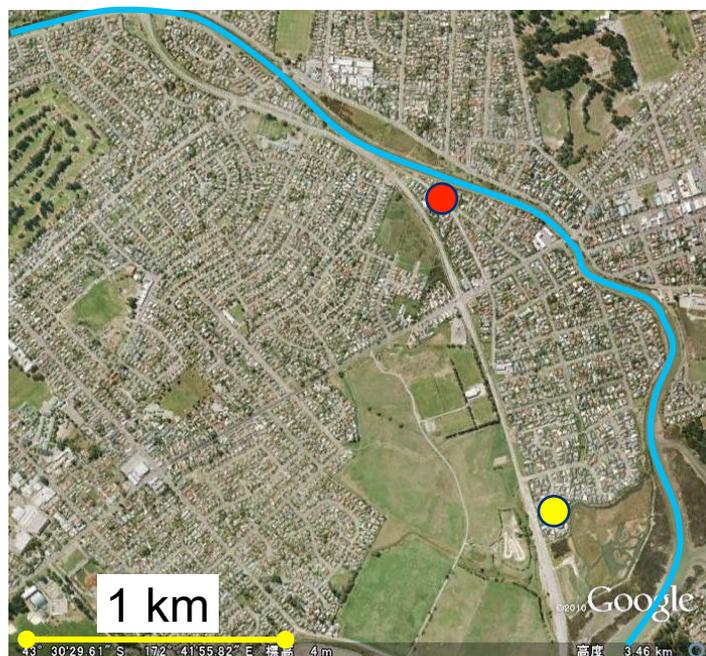
Heathcote川

Bexley周辺

道路の様子：
水道管の破損。修復が進められている。

噴砂の層厚約60~70cm。今回調査で確認した最大層厚

造成時の締固めが十分でなかった可能性

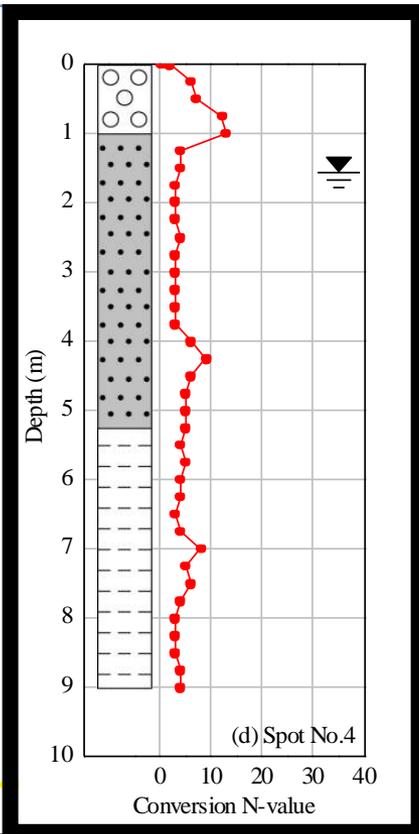


Bexley周辺

噴砂量の比較：

Bexleyは**2010年9月の地震でも**、大量の噴砂が発生し、多大な被害が生じた。

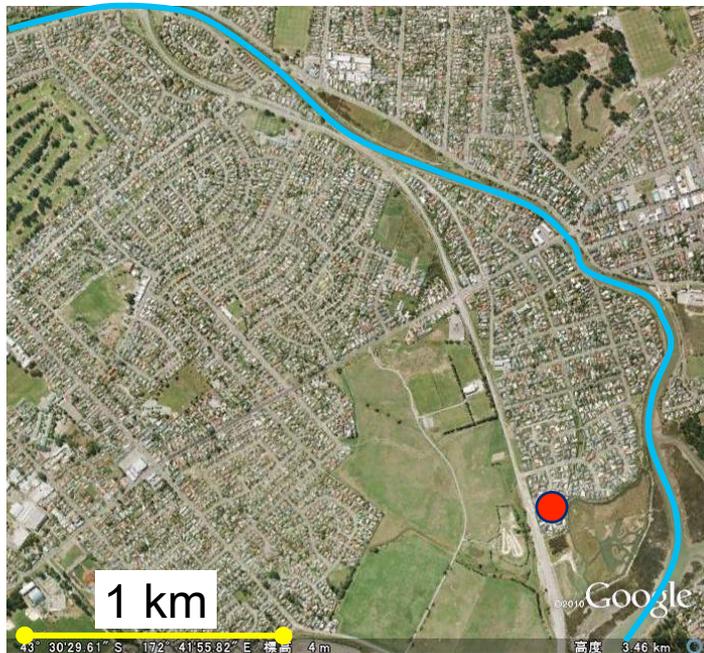
今回の地震による噴砂量は、**昨年よりも圧倒的に多い**。窓には**赤紙**
2010年地震後のSWS試験では、**GL-9m**まで軟弱な砂-シルトが連続



Bexley周辺

家屋内の様子：
噴砂と泥水が家屋内にもひろがる

床に生じた亀裂から入ってきた
(住民談)



撮影：安田教授、東京電気大学



撮影：安田教授、東京電気大学

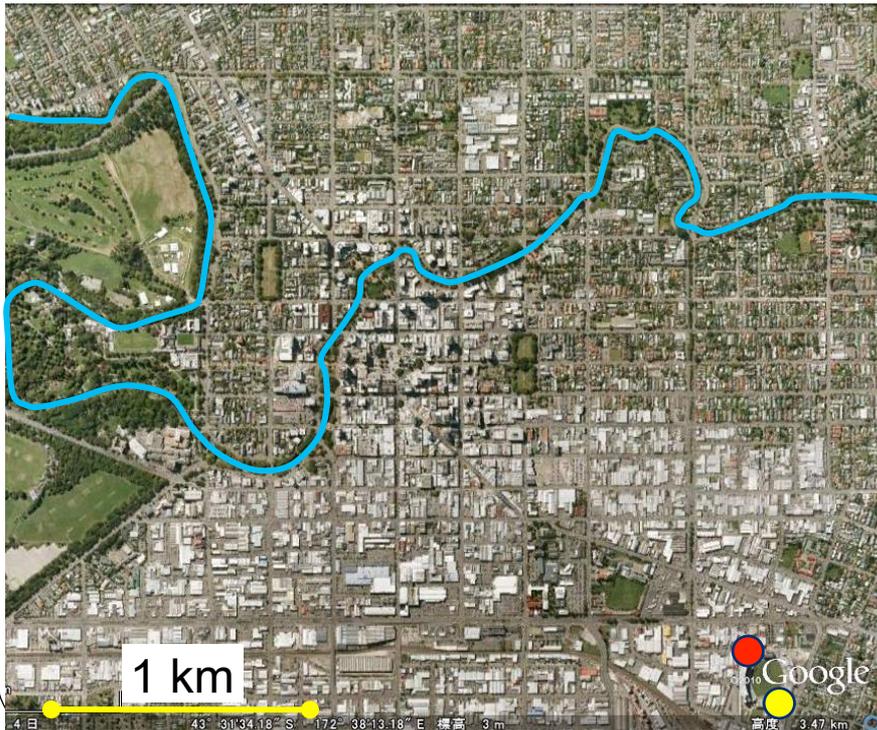
市街地中心部周辺：南東部のスタジアムでは、**地盤改良**が行われていた

Christchurch市街地



市街地中心部

スタジアム周辺の様子：
地盤改良が施されていたというスタジアム周辺では、**顕著な液状化**が発生していた。



市街地中心部

スタジアムの地盤改良効果：
スタジアムの地盤は、**ストーンカラム**が施工されていた（詳細は不明）

敷地内に多少の噴砂や不陸が見られたが、周辺と比較して明らかに**液状化の発生は低減**されている



市街地南部：市内における液状化発生マップを作成（カンタベリー大学と地盤工学会の共同作業）

Christchurch市街地



市街地南部

液状化発生マップの作成：

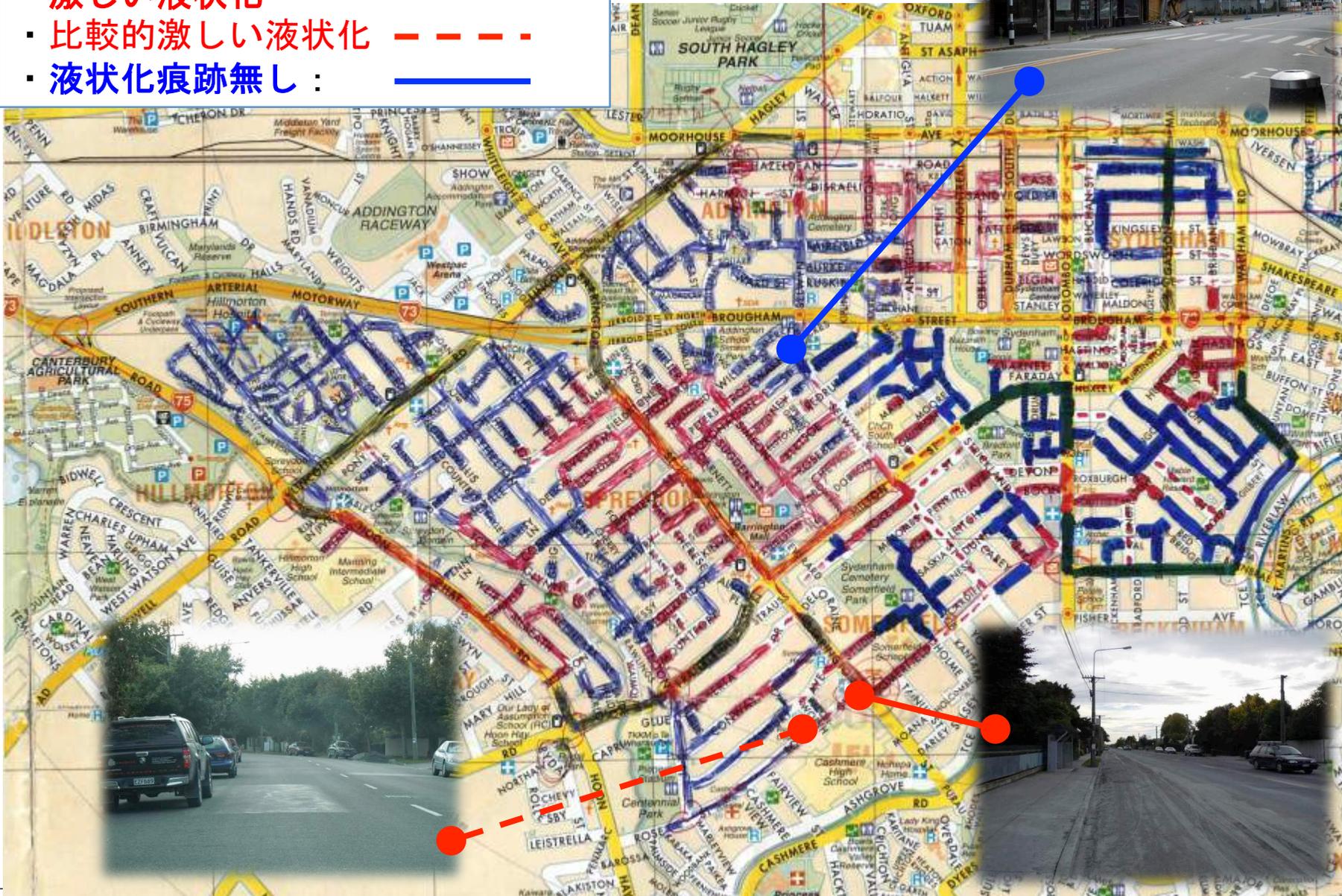
全ての道路を確認

- ・ **激しい液状化**：道路が完全に噴砂で覆われている。路面に変状がある。
- ・ **比較的激しい液状化**：道路の一部が噴砂で覆われている
- ・ **液状化の痕跡無し**



液状化は地盤構造の影響を受けるが外観上は解り難い。
液状化の分布が微地形を浮き彫りにしている

- ・ 激しい液状化 —————
- ・ 比較的激しい液状化 - - - - -
- ・ 液状化痕跡無し : —————



液状化発生マップ (2011年2月Christchurch地震)

カンタベリー大学と地盤工学会で調査した 液状化発生地区(中間報告)

激しい液状化が発生

比較的激しい液状化が発生

Avon川

Heathcote川

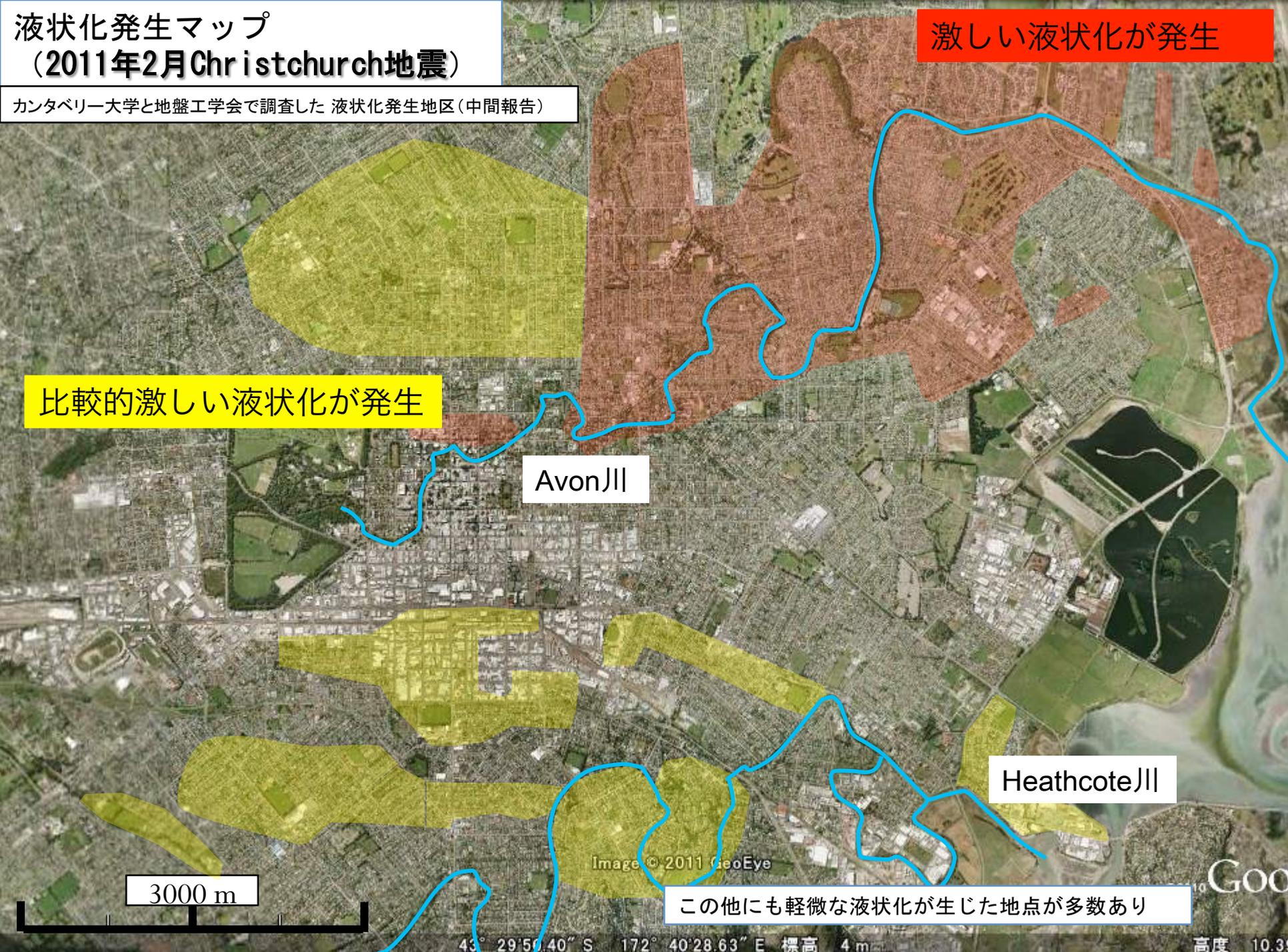
3000 m

Image © 2011 GeoEye

この他にも軽微な液状化が生じた地点が多数あり

43° 29' 50.40" S 172° 40' 28.63" E 標高 4 m

高度 10.3



液状化発生マップ
(2010年9月Darfield地震, 清田隆 東京大学)

激しい液状化が発生

Avon川

液状化の程度が低～中程度

液状化の痕跡無し

Heathcote川

3000 m

色のない場所は未調査
液状化の程度の基準は必ずしも2011年の液状化マップと一致しない

Image © 2011 GeoEye

43° 29' 50.40" S 172° 40' 28.63" E 標高 4 m

高度 10.3

Avon川、Heathcote川周辺：液状化流動影響範囲マップを作成（液状化による側方流動）

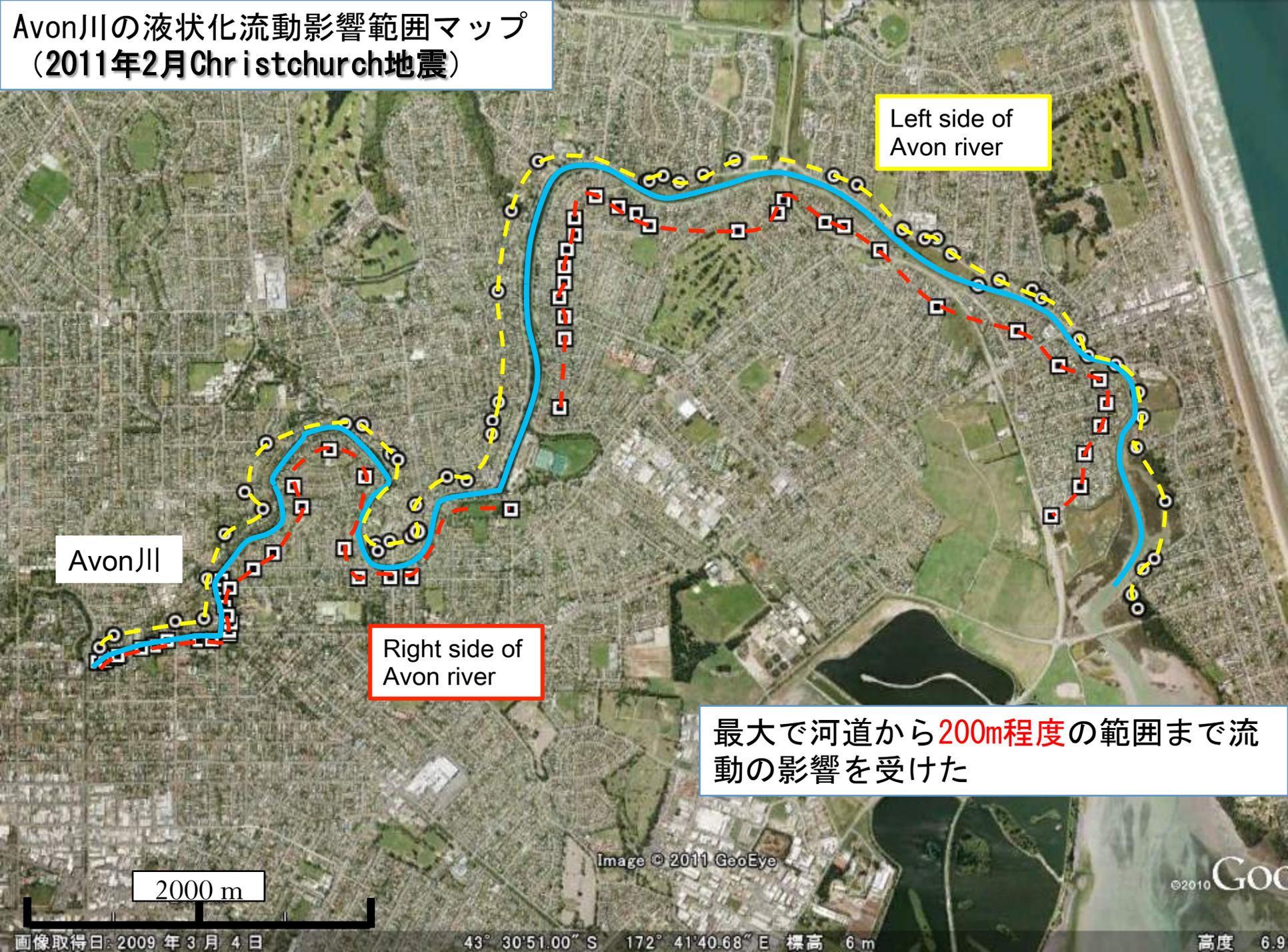
Christchurch市街地



液状化流動影響範囲マップの作成：
河道付近の**道路に変状が見られる範囲**を流動影響範囲と仮定



Avon川の液状化流動影響範囲マップ (2011年2月Christchurch地震)



Left side of Avon river

Avon川

Right side of Avon river

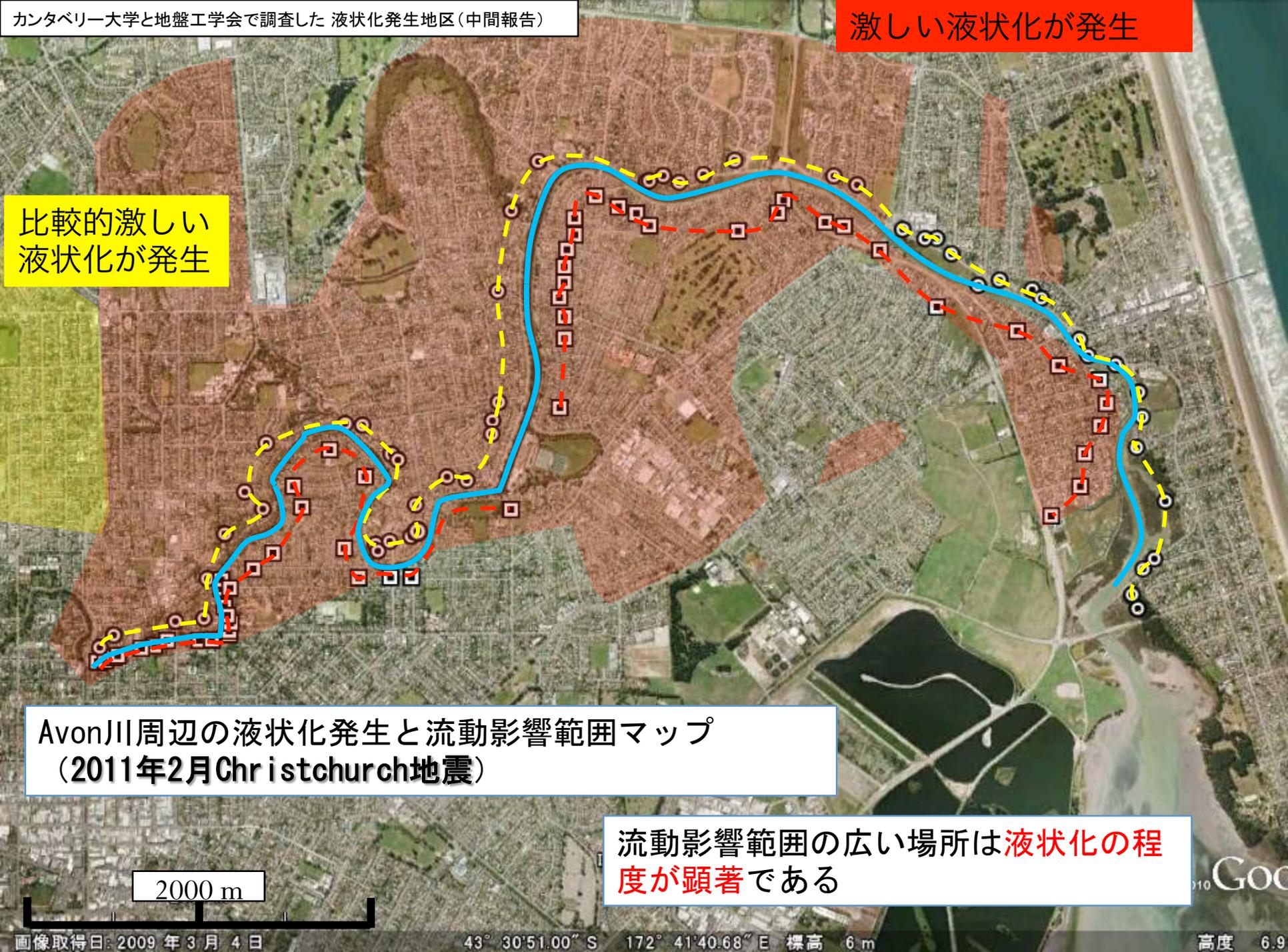
最大で河道から**200m程度**の範囲まで流動の影響を受けた

2000 m

Image © 2011 GeoEye

©2010 Google

比較的激しい液状化が発生

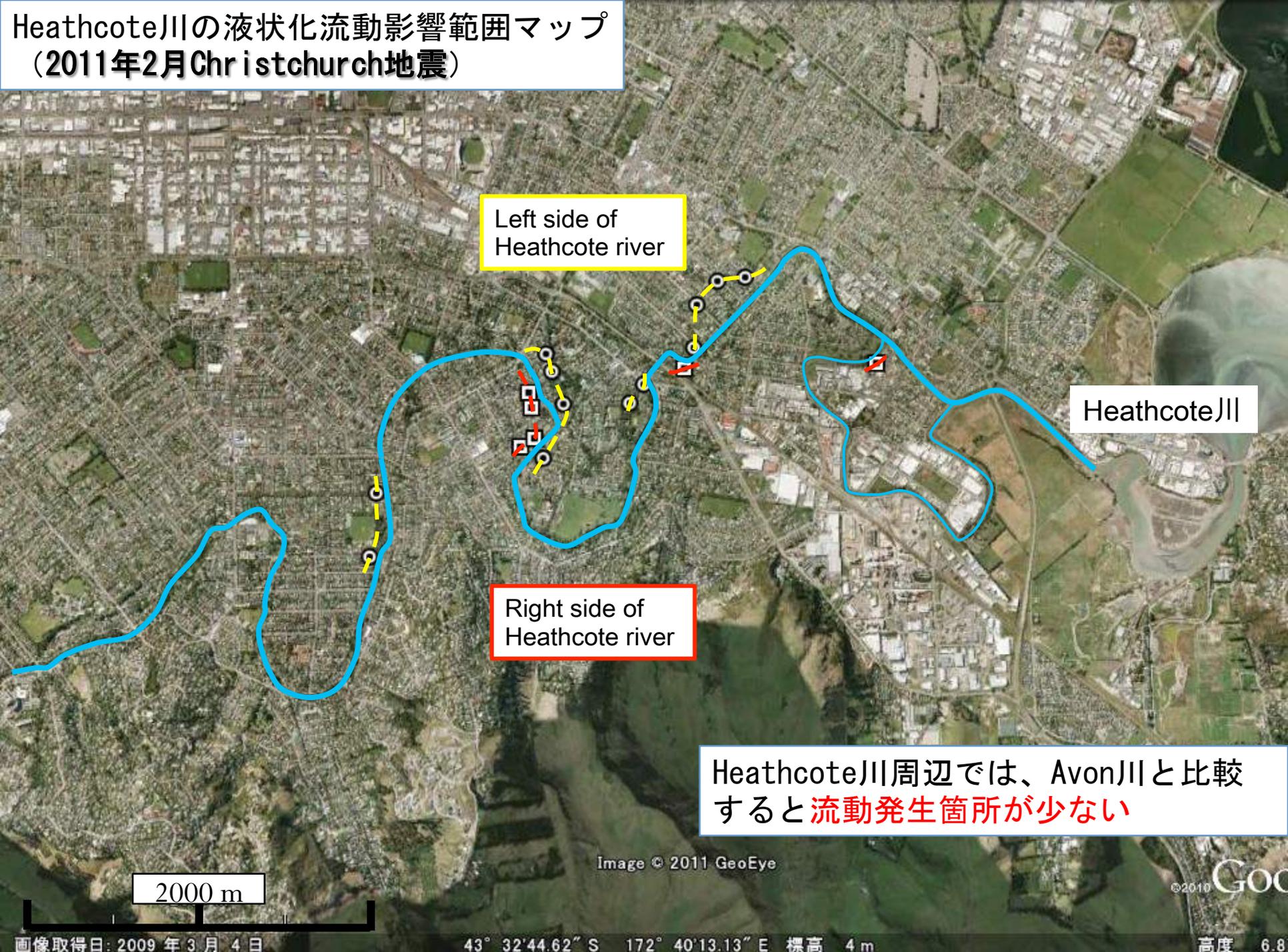


Avon川周辺の液状化発生と流動影響範囲マップ (2011年2月Christchurch地震)

流動影響範囲の広い場所は液状化の程度が顕著である

2000 m

Heathcote川の液状化流動影響範囲マップ (2011年2月Christchurch地震)



Left side of Heathcote river

Heathcote川

Right side of Heathcote river

Heathcote川周辺では、Avon川と比較すると流動発生箇所が少ない

2000 m

Image © 2011 GeoEye

©2010 GeoEye

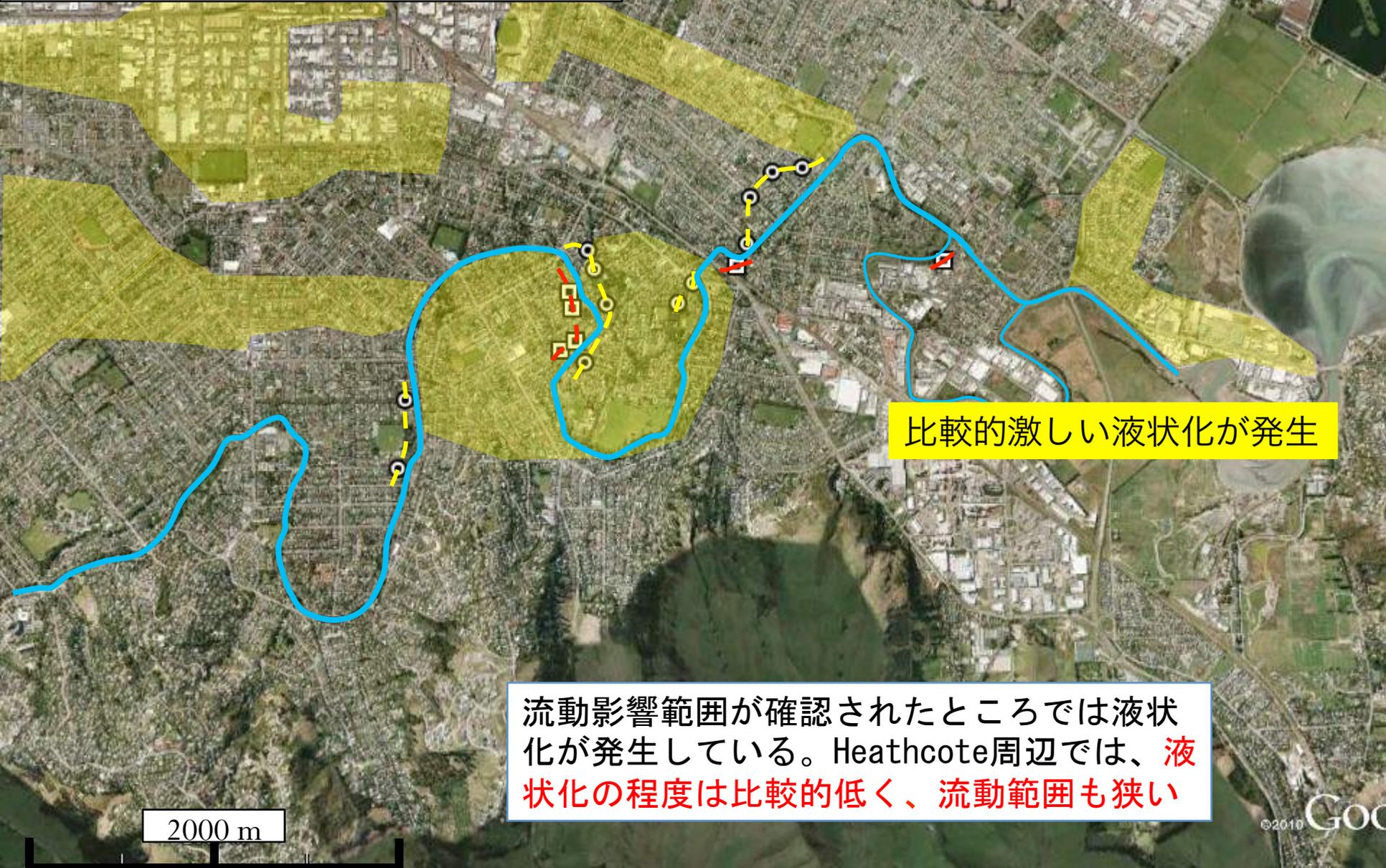
画像取得日: 2009年3月4日

43° 32' 44.62" S 172° 40' 13.13" E 標高 4 m

高度 6.8

Heathcote川周辺の液状化発生と流動影響範囲マップ (2011年2月Christchurch地震)

カンタベリー大学と地盤工学会で調査した 液状化発生地区(中間報告)



比較的激しい液状化が発生

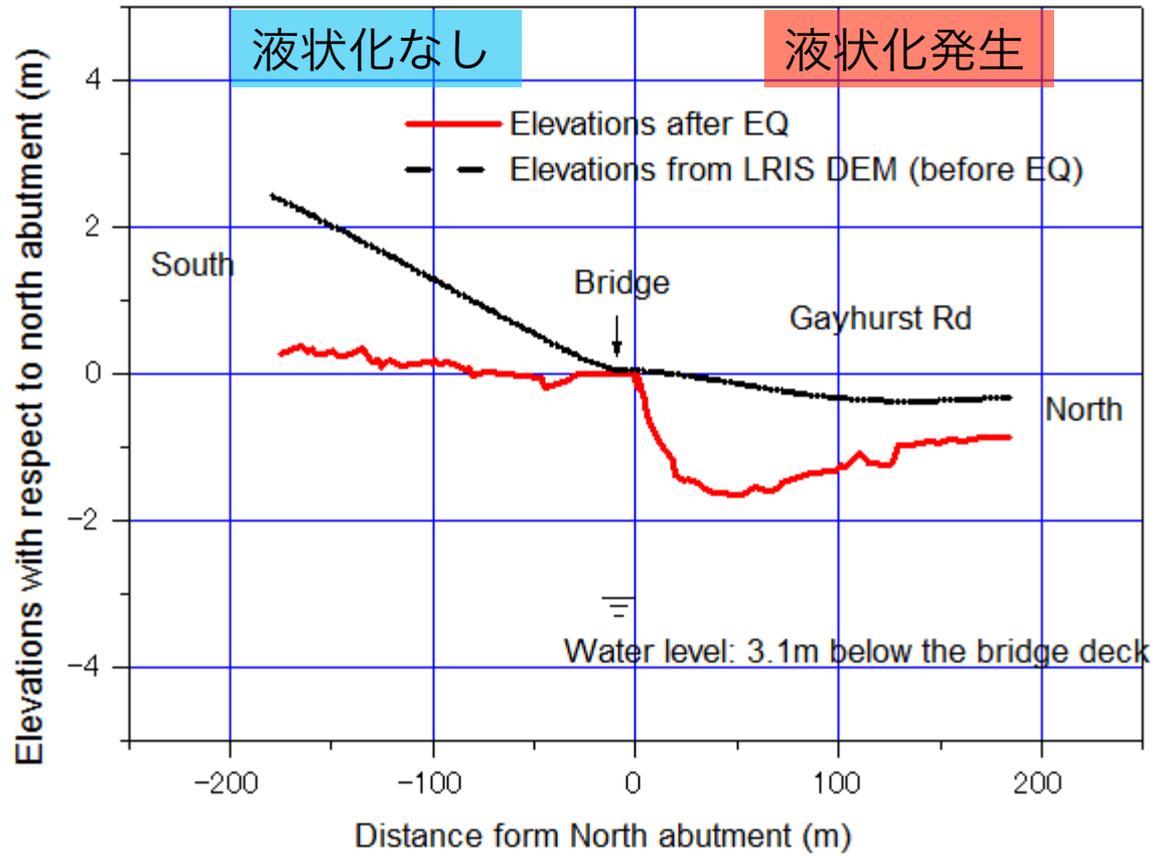
流動影響範囲が確認されたところでは液状化が発生している。Heathcote周辺では、液状化の程度は比較的低く、流動範囲も狭い

2000 m

河道横断方向の沈下

計測：小長井教授、東京大学
細野助教、豊橋技術科学大学

- 液状化による地盤沈下の影響

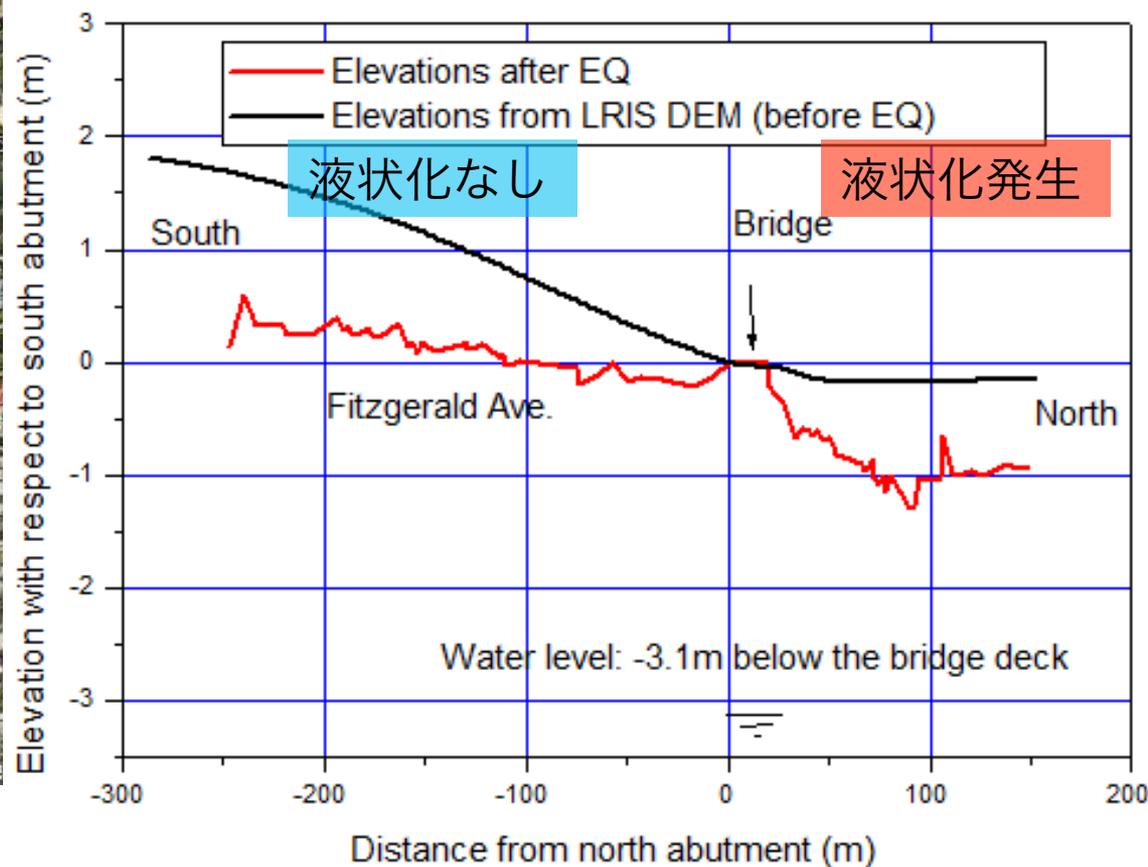


Gayhurst 通り沿いの沈下：蛇行内側・外側斜面の沈下の傾向が異なる。

DEMは地形図から作成されたもの。詳細な地形を反映していない可能性あり。目安程度

河道横断方向の沈下

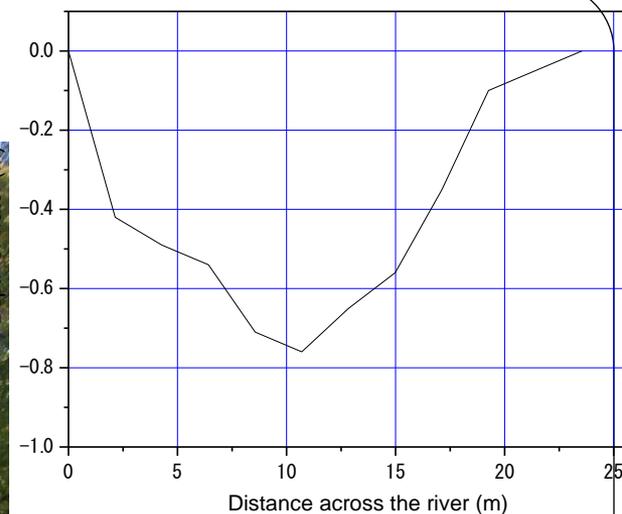
計測：小長井教授、東京大学
細野助教、豊橋技術科学大学



Fitzgerald 通り沿いの沈下：蛇行内側・外側斜面の沈下の傾向が異なる。

DEMIは地形図から作成されたもの。詳細な地形を反映していない可能性あり。目安程度

撮影：小長井教授、東京大学



河床勾配； 0.38×10^{-3}
(DEMより推定)

径深；0.5m程度
(現地にて計測)

流速；0.4m程度
(現地にて計測)

側方流動により河道が
狭まり通水能力低下
洪水の懸念

液状化の発生範囲およびその影響のまとめ

再液状化が発生した

- Kaiapoi
 - 液状化した範囲、規模共に2010年の地震よりも小さい
 - 2010年の地震よりも地震動が小さいため
- Lyttelton
 - 市街地は台地の斜面上にあり、液状化は発生していない（昨年と同様）
 - LPGタンクヤードに噴砂を確認したが、被害はほとんどない（昨年と同様）
- Christchurch
 - 主にAvon川沿いに顕著な液状化が発生。傾向は昨年と似ているが、噴砂量は3～4倍
 - 下流に向かうほど液状化の程度が大きくなる傾向
 - 昨年は報告されなかったHeathcote川沿いでも液状化が発生
 - 道路、橋梁、家屋、埋設管の損傷（沈下・流動変位）
 - 地盤改良の効果が確認された。
 - 側方流動の影響範囲は、河道から最大200m程度。液状化の程度に依存する。
 - 液状化の発生や程度は微地形の影響を受ける（蛇行経路、旧河道の影響）
 - 液状化に伴う地盤沈下した地域では、今後洪水対応・下水道復旧対応に懸念が残る

Thank you for your kind attention



強風により舞飛ぶ噴砂
マスクなしには出歩けない