

ペルーにおける地震・津波減災技術の向上に関する研究

<http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/>

2010年チリ地震・津波災害 JST-JICA地球規模課題 調査報告

2010年5月20日

山崎 文雄

千葉大学 大学院工学研究科

発表の内容

■ペルー地震・津波減災プロジェクトの概要

■JSTチリ地震災害調査の概要

■第1班調査報告：衛星画像による広域被害把握

日本-ペルー共同研究の意義

ペルーと日本はプレート境界に位置する地震・津波常襲国で、よく似た地震環境にある

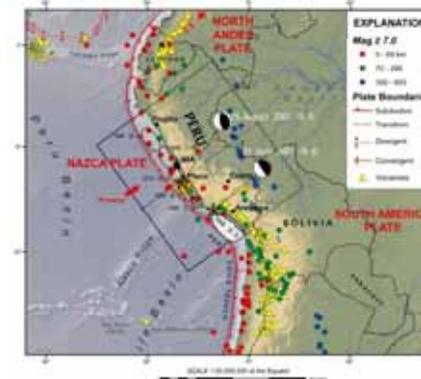
- 日本の防災科学技術がペルーの災害軽減に貢献できる。
- 海溝型地震は事例が少なく、ペルーをフィールドとした研究も、日本の地球科学にとっても大きなメリット。
- 南米のプレート境界地震津波は、太平洋を越えて日本を襲うこともあり(1960, 2010チリ地震津波), 両国は津波リスクを共有。本研究は日本の遠地津波減災にも役立つ。
- 国際共同研究の成果を共有し、両国の減災対策や人材育成が推進される。



ペルーにおける地震防災研究の背景

■プレート境界で2001年ペルー南部地震, 2007年ピスコ地震が相次いで発生し、社会的関心も高い。

■ペルー国立工科大学(UNI)の中に日本-ペルー地震防災研究センター(CISMID)が約20年前にJICAにより設立。中南米の中核研究センターの役割



開発途上国のニーズ

- 持続的発展の継続
- 地震・津波災害の軽減
- 地域に応じた抑止技術開発
- 減災技術の社会実装

ペルー国立工科大学 CISMID(研究総括)

IGP, INDECI, DHN,
URP, UNMSM, OPS
SENCICO, CONIDA,
PCM, PUCP, MINSA

- 災害事例調査
- 地盤調査, 地震観測
- 建物現況調査, 耐震実験
- 被害予測, 減災計画

ペルー側研究体制

国際共同研究

ペルーにおける地震・

津波減災技術の向上

G5千葉大学(研究総括)

日本側研究体制

東北大, 建研, 東工大, 立命館大(地域減災計画)

G1 千葉大学
東工大, 建研, 防災科研
(地盤ゾーニング・地震動)

G2 東北大学
筑波大, 建研, 東電設計
(津波予測・被害軽減)

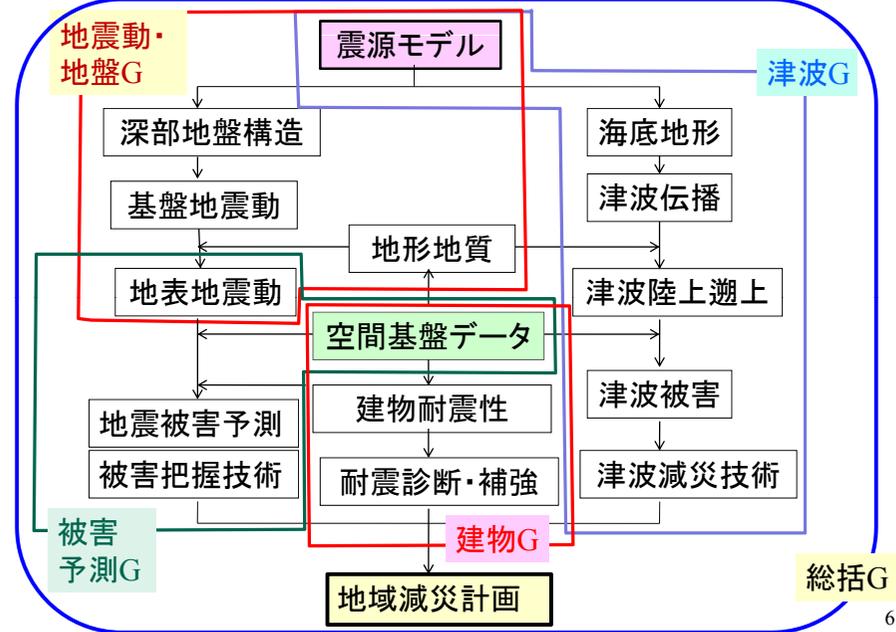
G3 建築研究所
横国大, 秋田県立大, 名大
(建物耐震)

G4 東京工業大学
千葉大, 産総研
(基盤データ・被害予測)

ペルーの地域特性に応じた地震・津波減災技術の開発・実装

アジア・太平洋地域の地震・津波減災力向上へ波及

研究項目と体制



研究計画とその進め方

研究総括と調整連携

研究代表者: 山崎文雄(千葉大学), C. Zavala (CISMID/UNI)

- 研究統括, グループ間・相手側との調整・連携
- Webページによる情報交換・連携・成果公表
- 研究連絡会議, 全体ワークショップを企画・実施



2010年3月15,16日
日本-ペルーキックオフWS

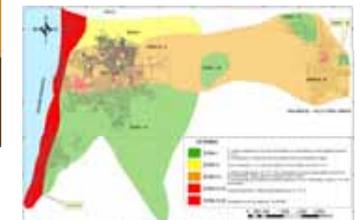
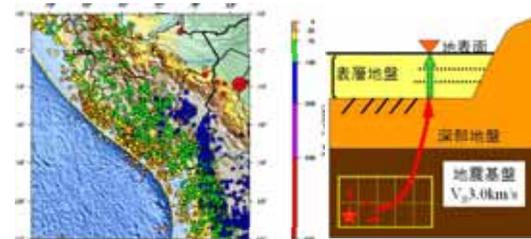


<http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/>

G1:地震動予測と地盤ゾーニング

GL: 中井正一(千葉大学), Z. Aguilar (CISMID/UNI) & IGP
【東工大, 建研, 防災科研】

- 震源モデルと地震動予測
- 微動と強震観測に基づく表層地盤ゾーニング
- 斜面災害に対する危険度評価



G2:津波予測と被害軽減

GL: 越村俊一(東北大学), C. Jimenez (DHN) and IGP
【筑波大学, 建研, 東電設計】

- 津波発生・伝播特性と津波災害の社会的影響把握
- 構造物データと被害関数による構造物被害算定
- 津波減災技術の基盤構築



9

G3:建物の耐震性向上

GL: 齊藤大樹(建築研究所), C. Zavala (CISMID/UNI)
【名大, 横国大, 秋田県立大】

- 組積造建築物に関する耐震データベース構築
- ペルーの建築物の耐震診断・補強技術の開発
- 歴史的建築物の耐震化技術の開発

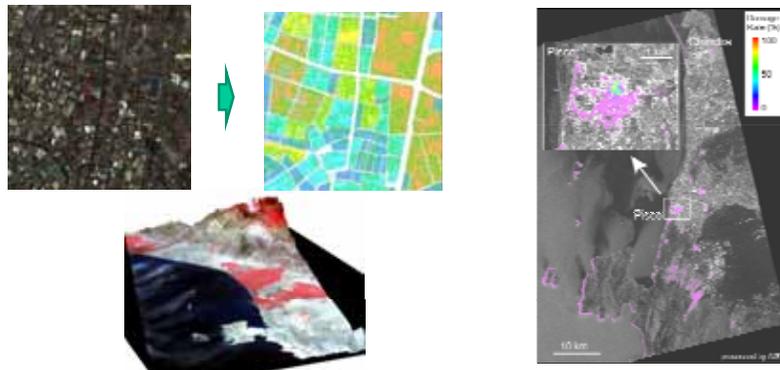


10

G4:空間基盤データ構築と被害予測

GL: 翠川三郎(東京工業大学), M. Estrada (CISMID/UNI)
【千葉大, 産総研】

- 地域空間基盤データの構築
- ペルーに適した被害把握技術の構築
- シナリオ地震に対する被害予測



11

G5:地域減災計画

GL: 山崎文雄(千葉大学), A. Bisbal (INDECI)
【千葉大, 東北大, 建研, 東工大, 立命館大】

- 防災土地利用政策の提案
- 対象地域の地域減災計画の立案
- 防災行政機関や地域社会への普及啓蒙活動



Land-use plan after the 2007Pisco EQ (CISMID)



Technical seminar (JICA-Peru, 2004)

12

研究項目(担当機関)	研究期間 (H21-H26)					
	H21年度 (10ヶ月)	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度 (11ヶ月)
地震動予測と地盤ゾーニング 【千葉大, 東工大, 建研, 防災科研】 1) 震源モデルと地震動予測 2) 微動と強震観測に基づく表層地盤ゾーニング 3) 斜面災害に対する危険度評価		震源モデル	シナリオ地震動予測			
津波予測と被害軽減 【東北大, 建研, 筑波大】 1) 津波発生・伝播特性と津波災害の社会的影響の把握 2) 構造物データと被害関数を利用した構造物被害の算定 3) 津波減災技術の基礎構築		津波伝播計算	詳細浸水計算と影響把握			
建物の耐震性向上 【建研, 名大, 横国大, 秋田県立大】 1) 耐震データベース構築 2) 耐震診断・補強技術 3) 歴史的建築物の耐震化技術		調査, 実験	データベース構築			
空間基盤データ構築と被害予測 【東工大, 千葉大, 産総研】 1) 地域空間基盤データの構築 2) 被害把握技術の構築 3) シナリオ地震に対する被害予測		データ収集	空間基盤データ構築	データベース構築		
地域減災計画と研究総括 【千葉大, 東北大, 建研, 東工大, 立命館大】 1) 研究総括と調整連携 2) 地域減災計画		WS	WS	WS	WS	WS

発表の内容

■ペルー地震・津波減災プロジェクトの概要

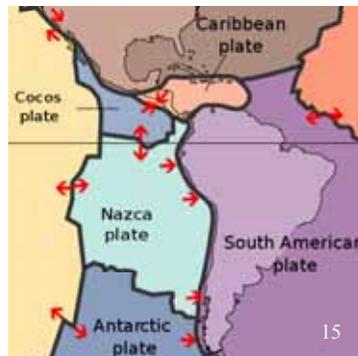
■JSTチリ地震災害調査の概要

■第1班調査報告: 衛星画像による広域被害把握

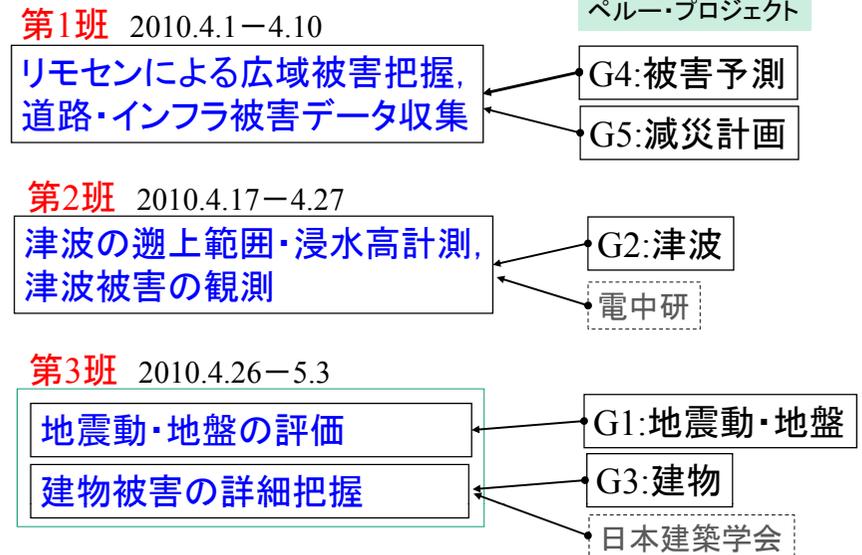
SATREPSペループロジェクト

2010年チリ地震・津波災害調査の目的

- 本課題の対象地域はペルーだが、隣国チリとは、テクニクス環境や自然・社会環境が近似
- チリの巨大地震を研究することは、ペルーに適用できる部分が多く、中南米諸国への波及効果も大きい
- JSTの支援を受け、ペルー研究者と合同で、3班に分けた被害調査を実施



チリ地震・津波災害調査団の構成



チリの国土と行政区域

- 太平洋とアンデス山脈に挟まれ、南北総延長は約4,630km
- 東西幅は平均175km, 面積75万6600km² (日本の約2倍)
- 人口1,690万人 (日本の約1/8)

チリ→15州 (Region) →県 (Provincia)→市町村 (Comunas)

Key	日本語表記	スペイン語表記	州都
I	タラバカ州	Región de Tarapacá	イキケ
II	アントファガスタ州	Región de Antofagasta	アントファガスタ
III	アタカマ州	Región de Atacama	コピアポ
IV	コキンボ州	Región de Coquimbo	ラ・セレーナ
V	バルパライソ州	Región de Valparaíso	バルパライソ
RM	首都州	Región Metropolitana de Santiago	サンティアゴ・デ・チレ
VI	オイギンズ州	Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	ランカグア
VII	マウレ州	Región del Maule	タルカ
VIII	ビオビオ州	Región del Biobío	コンセプション
IX	ラ・アラウカニア州	Región de la Araucanía	テムコ
X	ロス・ラゴス州	Región de Los Lagos	プエルト・モン
XI	アイゼン州	Región Aisén del General Carlos Ibáñez	コイアイエ
XII	マガジャネス・イ・デ・ラ・アンタルティカ・チレーナ州	Región de Magallanes y de la Antártica Chilena	プンタ・アレナス
XIV	ロス・リオス州	Región de Los Ríos	バルディビア
XV	アrika・イ・パリナコータ州	Región de Arica y Parinacota	アrika

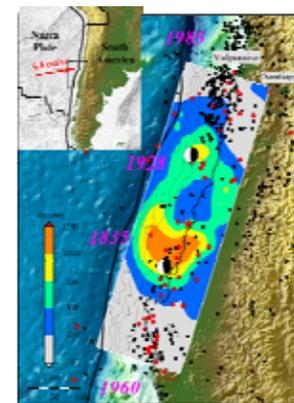
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

17

2010年チリ地震の概要と震源断層

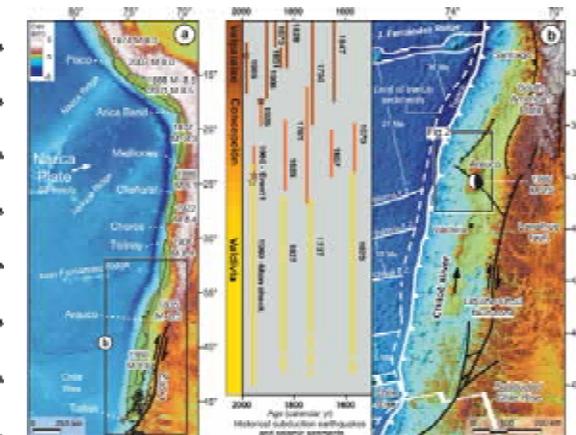
日時: 2010/2/27 3:34 (Local time) 日本時間: +12時間(サマータイム)
 マグニチュード Mw: 8.8
 震源深さ: 35 km

Meknick et al., JGR, 114, B01407, 2009



Shao et al., USCB

http://www.geol.ucsb.edu/faculty/ji/big_earthquakes/2010/02/27/chile_2_27.html



地震が起きると予想されていた空白域

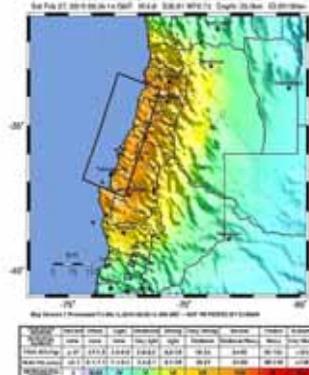
<http://www.agu.org/pubs/crossref/2009/2008JB005788.shtml>

18

2010年チリ地震の被災地域と被害量



死者: 486人 (April 7, GoC)
 行方不明者: 79人
 被災人口: 180万人 (UN OCHA, Mar 28)
 住宅全壊: 37万棟
 被害額: 300億USD (OCHA)



<http://www.nytimes.com/interactive/2010/02/27/world/americas/0227-chile-quake-map.html?ref=americas>

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/us2010tfan/>

19

第1班: 広域被害把握・インフラ被害

メンバー:

- 山崎文雄(千葉大学)
- 丸山喜久(千葉大学)
- 三浦弘之(東京工業大学)
- Miguel Estrada (CISMID)
- 松崎志津子(千葉大学)



丸山 山崎 松崎 driver Miguel 三浦

日程:

- 4月1日 18:05成田発(AA06), Dallas経由
- 4月2日 8:50 Santiago着, Santiago市内調査
- 4月3日—4月8日 現地調査
- 4月8日 21:00 Santiago発, 9日 Dallas経由
- 4月10日 13:10成田着

20

調査日程と調査地点 (第1班)

- 4月2日 Santiago市内調査
- 4月3日 Santiago→ Concepcion
(San Francisco de Mostazal, Talca, Chillan)
- 4月4日 Concepcion, Talca調査
- 4月5日 Tome, Dichato調査
- 4月6日 Biobio州役場にて情報収集
Constitucion市内調査
- 4月7日 Maule州役場にて情報収集
Talca市内調査, Santiagoへ移動
Chile大学訪問
- 4月8日 Valparaiso, Viña del Mar調査



第2班: 津波被害調査

メンバー

- 越村俊一 (東北大学)
- 松岡昌志 (産業技術総合研究所)
- Erick Mas (東北大学)
- Cesar Jimenez (Direccion de Hidrografia y Navegacion)
- 松山昌史 (電力中央研究所)
- 吉井匠 (電力中央研究所)

日程

- 4月17日 成田発
(Dallas経由, Santiago経由)
- 4月18日 Concepcion着
- 4月19日~24日 現地調査
- 4月25日 Concepcion発
(Santiago経由, Dallas経由)
- 4月27日 成田着



22

調査日程と調査地点 (第2班)



- 4月19日
Talcahuano役場にて情報収集,
Talcahuano, Concepcion市内被害調査
- 4月20日
Talcahuano, Tumbes津波調査
- 4月21日
Playa Blanca津波調査,
地震計視察 (San Pedro)
- 4月22日
Arauco, Llico津波調査
- 4月23日
Candelaria, Cantera, Puerto Ingles,
Lenga津波調査
- 4月24日
Tome, Dichato津波調査
- 4月25日
ONEMIIにて情報収集

23

第3班: 建物被害、地震動・地盤調査

JST-JICA調査団

建物被害

- 齊藤大樹 (建築研究所)
- 楠 浩一 (横浜国立大学)
- Carlos Zavala (CISMID)
- Patricia Gibu (CISMID)

日本建築学会・第2次調査団

- 河野 進 (京都大学)
- 日比野 陽 (東京工業大学)
- 谷 昌典 (神戸大学)
- 松井智哉 (豊橋技術科学大学)
- 金 裕錫 (東京大学地震研究所)

地震動・地盤

- Nelson Pulido (防災科研)
- 関口 徹 (千葉大学)
- 庄司 学 (筑波大学)
- Jorge Alva (UNI)
- Fernando Lazares (CISMID)



24

調査日程と調査地点 (第3班)

- 4月26日 成田発、Atlanta経由
- 4月27日 Santiago着
Santiago調査, チリ大学
- 4月28日 Santiago調査, カトリカ大学
- 4月29日 Concepción調査
- 4月30日 コンセプション大学, Concepción調査
Dichato調査, Talcahuano調査
- 5月1日 バルパライソ大学, Viña Del Mar調査
Santiago発
- 5月2日 Atlanta経由 3日 成田着



発表の内容

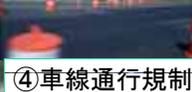
- ペルー地震・津波減災プロジェクトの概要
- JSTチリ地震災害調査の概要
- 第1班調査報告: 衛星画像による広域被害把握

Pan American Highwayの被害 Santiago → Talca → Concepcion



1870年建設, れんが造

2車線対面通行へ



衛星画像とGPSを用いた現地被害データ収集 Concepcion → Talcahuano



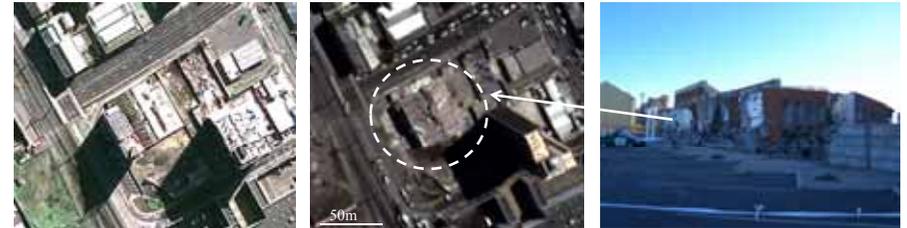


リモートセンシング画像と被害の比較 (Concepcion)

Torre O'Higgins



転倒建物 Edificio Alto Rio



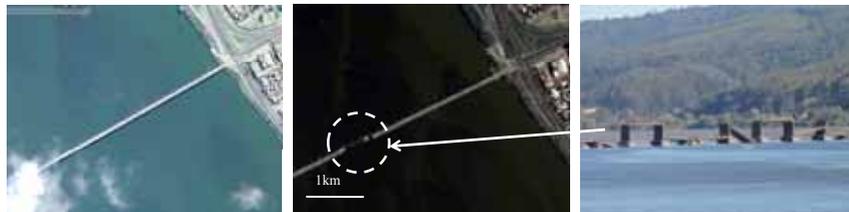
地震前Google Earth
2009/9/2撮影 Ikonos?

地震後WV画像
2010/3/6撮影

現地写真
2010/4/4撮影

リモートセンシング画像と被害の比較 (Concepcion)

旧Bio Bio橋 (1930年代建設, 以前より使用中止)



Juan Pablo II橋 取付部



地震前Google Earth
2009/9/2撮影

地震後WV画像
2010/3/6撮影

現地写真 (応急仮設鋼桁)
2010/4/4撮影

Concepcionの調査ルート



Constitucionの津波被害



建物壁面の津波痕跡



跡形なく流された住宅



津波は川から侵入



津波は住宅街にも侵入

33

ONEMIによる津波浸水域と街区人口、推定被害

<http://hosting.snit.cl/terremoto2010/>

MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

Simbologia

PERSONAS POR MANZANA

6 - 21	113 - 225
22 - 65	226 - 376
66 - 112	Area de Inundación Tsunami

→ Distancia de máximo alcance del Tsunami



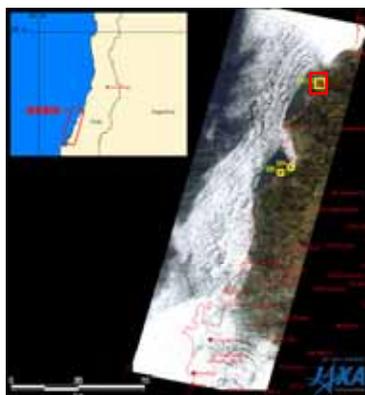
Constitucion市街地の被害

面積: 7.1平方km
津波による被災面積: 2.4平方km(34%)
人口: 36,426人
被災者数(推定): 8,742人(24%)
住宅数: 10,103棟
被災建物数(推定): 2,989棟(30%)

34

だいち(ALOS)搭載光学センサによる緊急観測

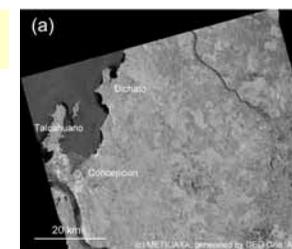
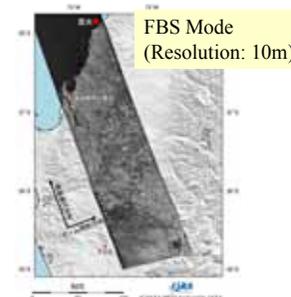
AVNIR-2/PRISM (Mar. 4, 2010) © JAXA



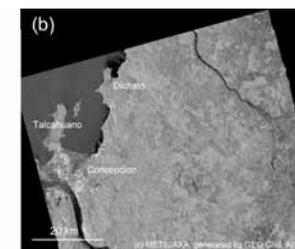
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_opt_chile_100304.htm

35

ALOS/PALSARによる変化抽出 by産総研 松岡



Mar. 11, 2009 (before)

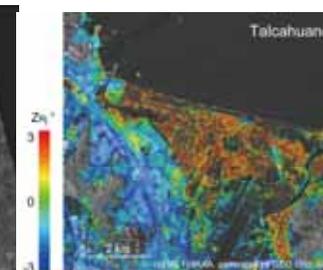
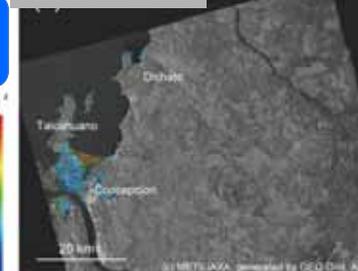


Mar. 14, 2010 (after)

Regression Discriminant Function
 $Z_{R_j} = 1.277 |d| - 2.729 r$

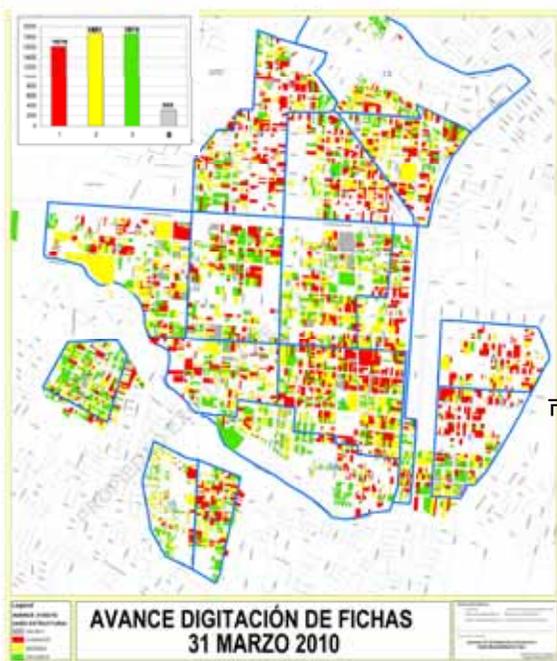
Z_{R_j} : discriminant score
 $|d|$: absolute value of difference (after-before)
 r : correlation

DEM threshold: < 25m



http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_pal_chile_eq2010_05.htm

36



Talcaにおける被害調査データ

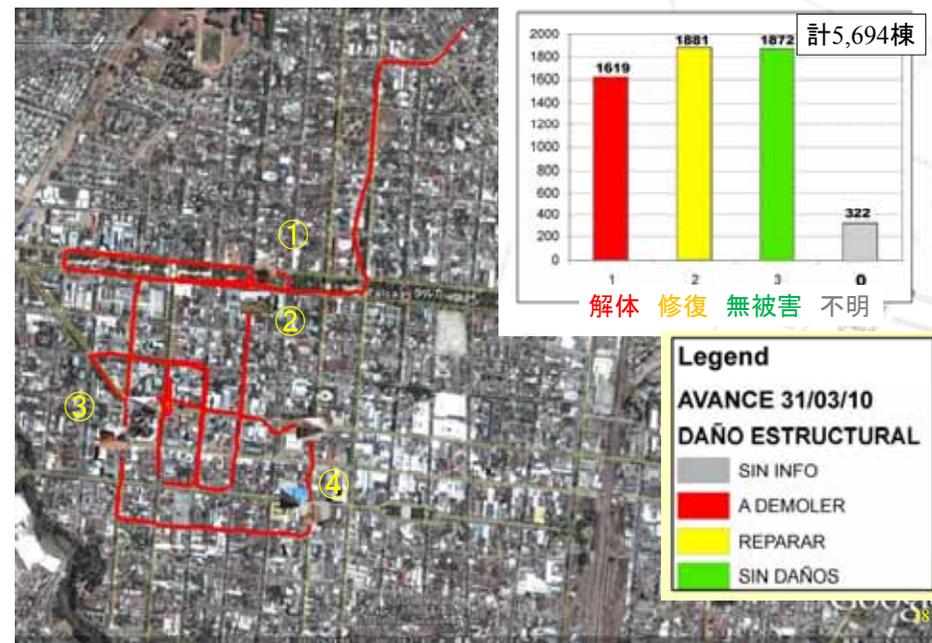
Talca市役所での罹災証明受付



市中心部からGISに被害を入力中



集計中のTalca市の建物被害統計と調査ルート



①市内の様子
低層建物に屋根被害



Talca市内の被害状況

②倒壊は主にレンガ造・アドベ造



③アドベ造が以外と多い



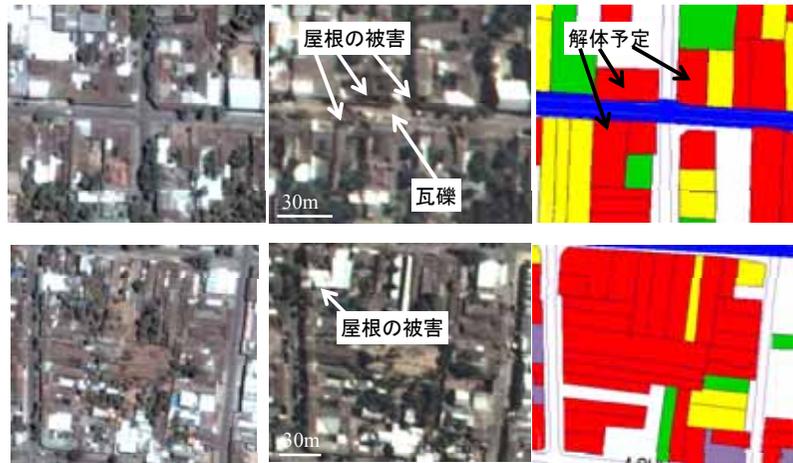
④古いレンガ造の被害と無被害のRC造



Talcaの被害マップとWV衛星画像の重合せ 2010/03/03撮影



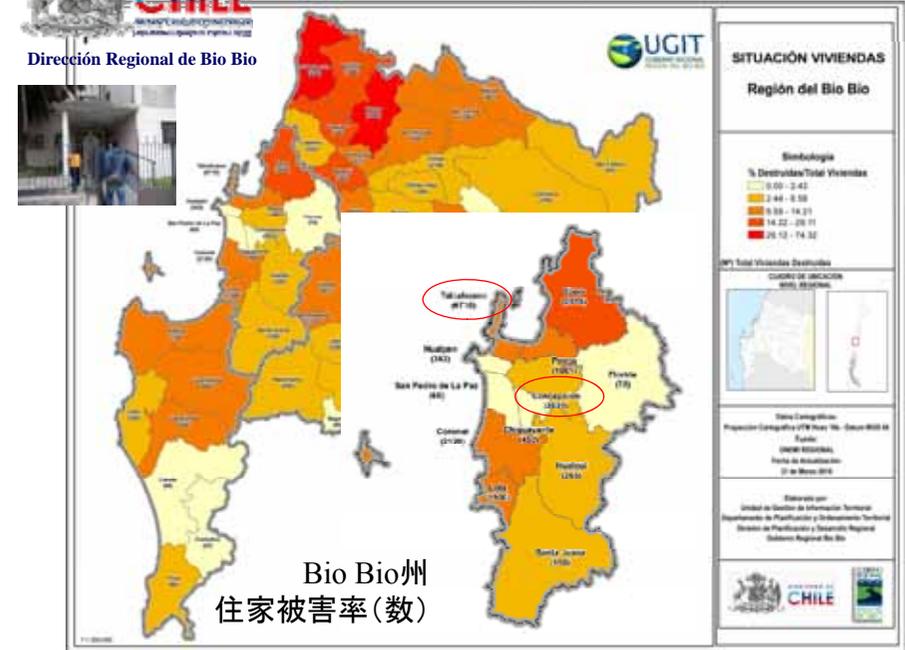
リモートセンシング画像と被害の比較 (Talca)



地震前Google Earth 2008/1/1撮影 QuickBird? 地震後WV画像 2010/3/10撮影 被害マップ (赤:解体予定)

一部の屋根被害や道路に散乱した瓦礫は判読可能であるが、衛星画像から判読が困難な被害建物も多い

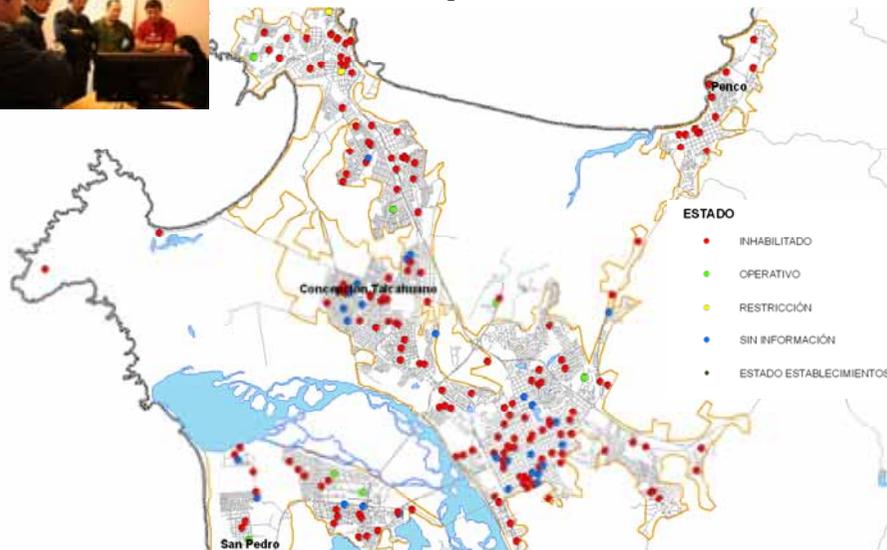
Bio Bio州役場 被害データGIS



Bio Bio州 住家被害率(数)

教育施設の状況 Emergencia Educacion

Concepcion and Talcahuano



被害調査のまとめ

チリ地震の被害調査をJSTの支援を受け、ペルー研究者と合同で実施した

- 第1班は、広域被害把握とインフラ被害調査を目的に、現場状況をGPS付き写真で記録した
- チリ政府、自治体よりGISデータを収集した
- 今後、各種の衛星データを用いた被害把握手法と、GISに基づく被害予測手法の精度向上を目指す