

# Airborne and spaceborne images for earthquake damage detection of expressways and buildings

Yoshihisa Maruyama (Chiba University)

Fumio Yamazaki (Chiba University)

Yoshihisa Yano (Chiba University)

3rd International Workshop on Remote sensing for post disaster response  
September 13, 2005

## Objective

Remotely sensed imagery data from satellites and airborne platforms have become important tools to grasp damage distribution due to large earthquakes.

In this study, visual damage inspection for two recent large earthquakes (2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquake and 2005 Fukuoka-ken Seiho-Oki Earthquake) was conducted for expressways and wooden houses.

Then, the applicability of remote sensing technology for early damage detection because of earthquakes is discussed.

# Contents

## 1. Niigata-ken Chuetsu Earthquake

- Relationship between seismic intensity and damage of expressways
- Damage detection of expressways using aerial photograph

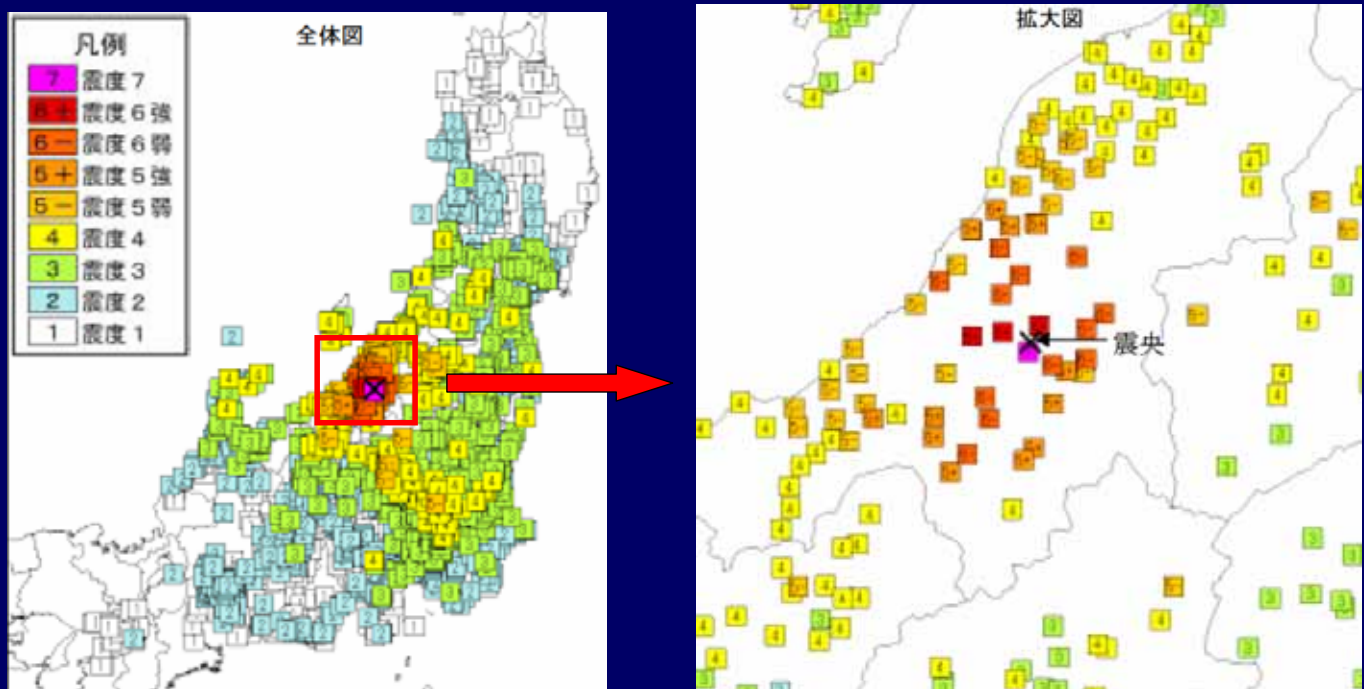
## 2. Fukuoka-ken Seiho-Oki Earthquake

- Visual damage Inspection of wooden houses in Genkai-jima island using aerial photograph

# 2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquake

$M_{JMA}=6.8$ ,  $M_w=6.6$       October 23, 2004

Distribution of JMA Seismic Intensity (from JMA)



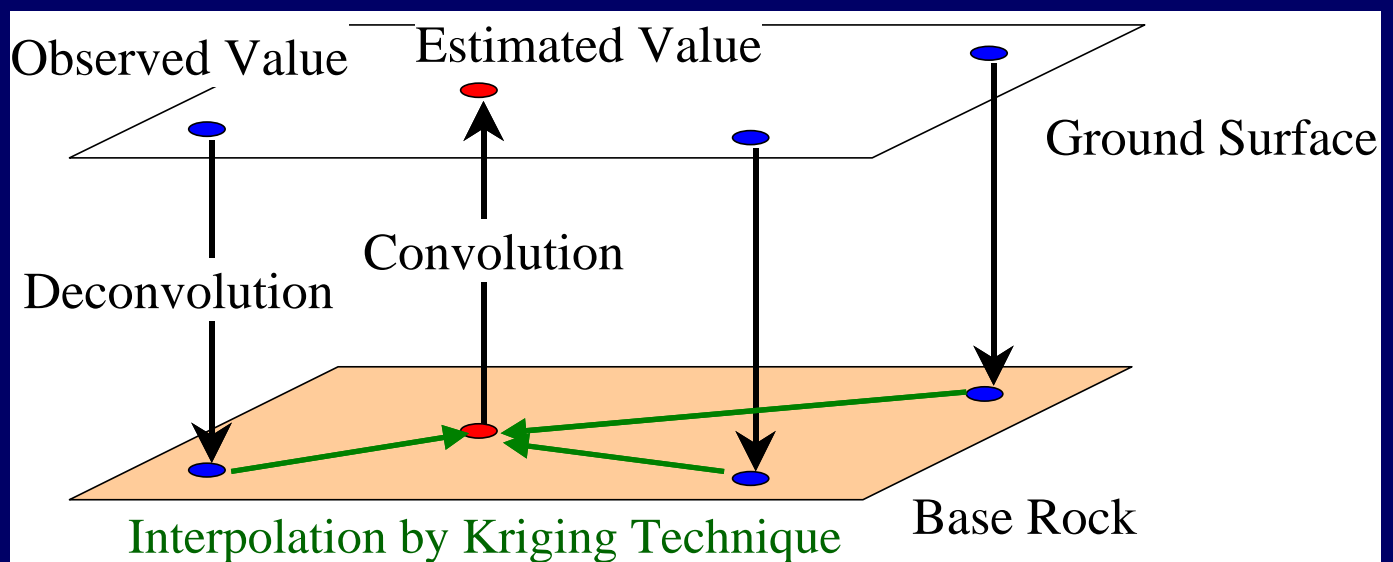
# Damage of Expressways



## Estimation of the Distribution of JMA Seismic Intensity

Kriging technique, a method of stochastic interpolation, is employed.

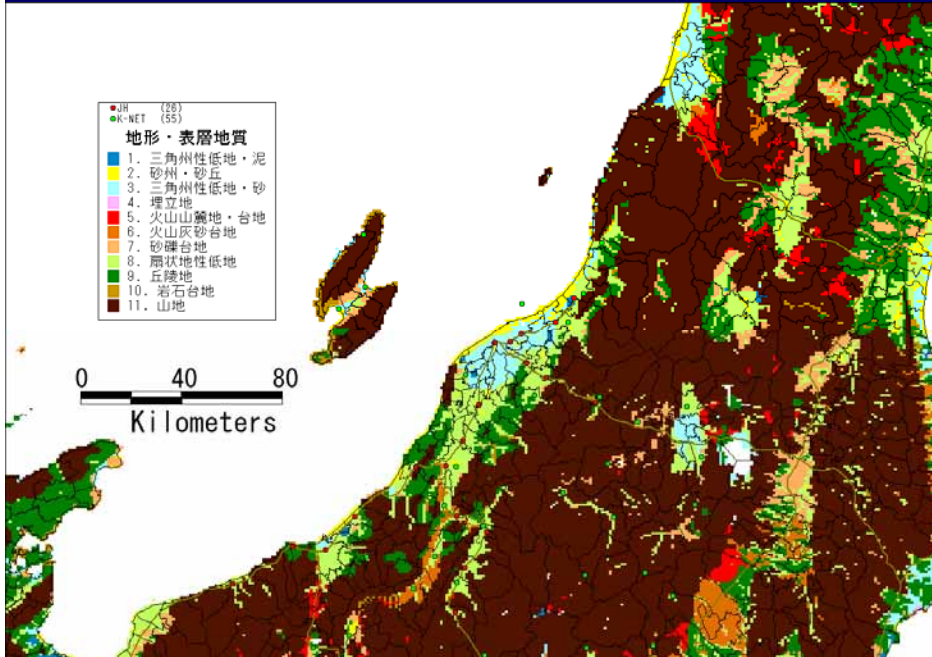
184 ground motion records (K-NET: 132 stations, JH: 52 stations)



# Estimation of the Distribution of JMA Seismic Intensity

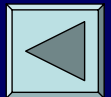
Deconvolution of surface ground motions to (outcrop) base

Soil Classification (Yamazaki et al., 2000)



$$I_{bi} = I_{si} - ARI_i$$

*ARI*: amplification of JMA Seismic Intensity based on soil classification

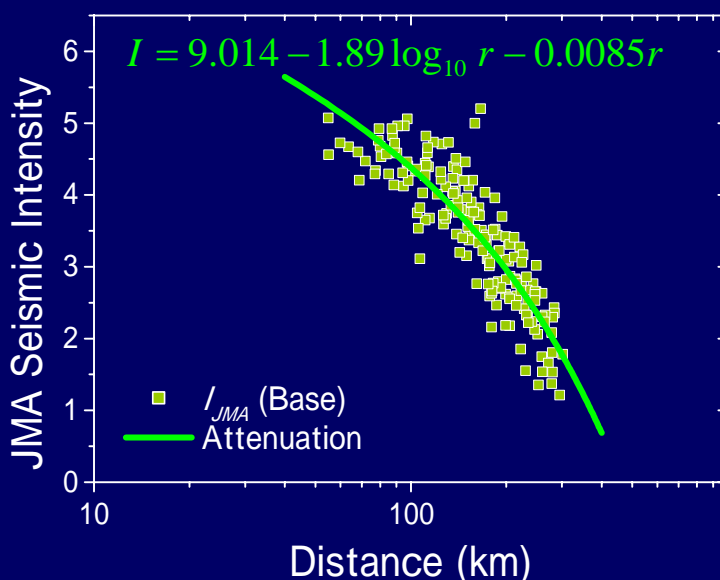


# Estimation of the Distribution of JMA Seismic Intensity

Kriging interpolation at base rock

Attenuation Relation (Trend Component)

Attenuation Relationship

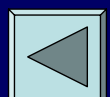


Residual Component

$$X_{li} = I_{bi} - I_{mi}$$

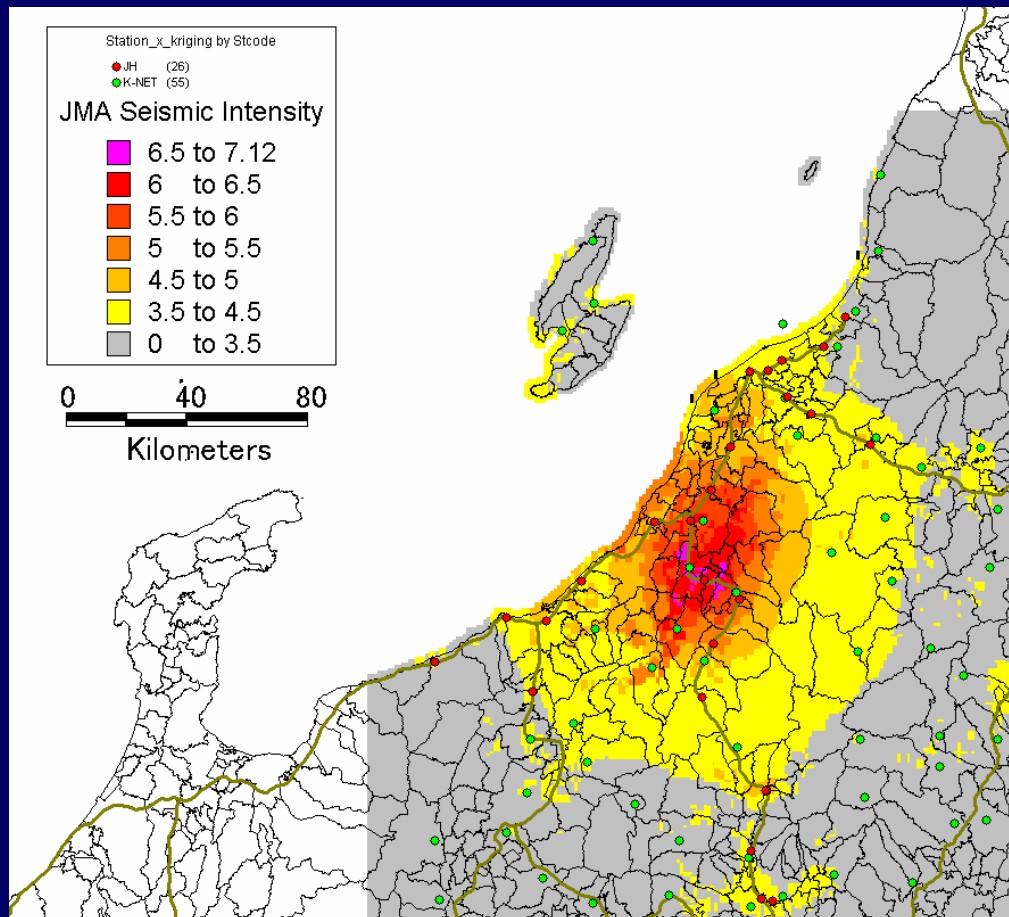


Interpolated by Kriging Technique

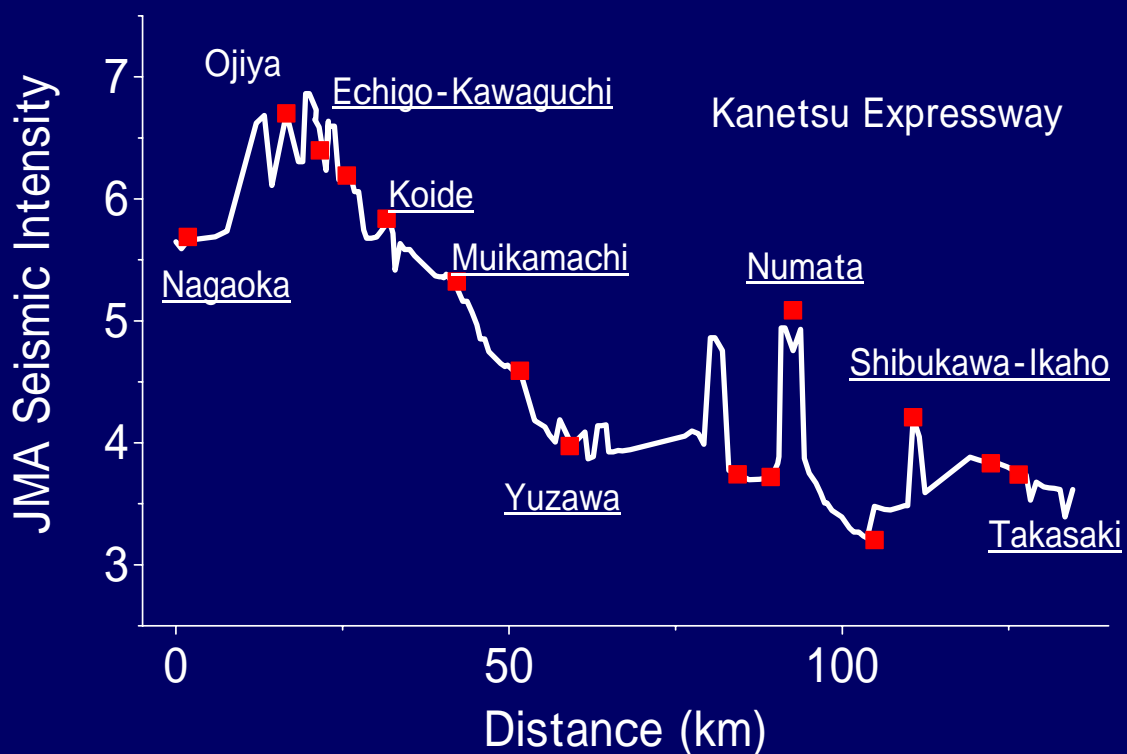


# Estimated Distribution of JMA Seismic Intensity

Convolution  
to Ground  
Surface

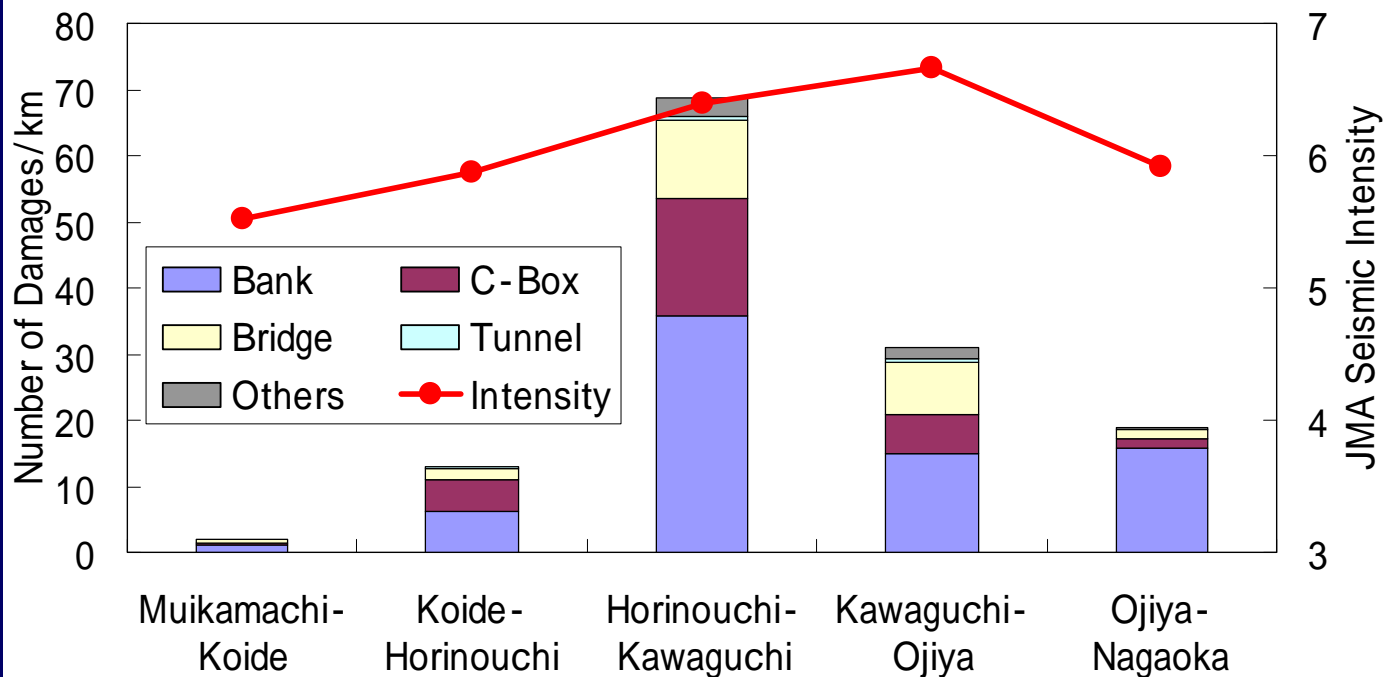


## Distribution of JMA Seismic Intensity along the Expressway



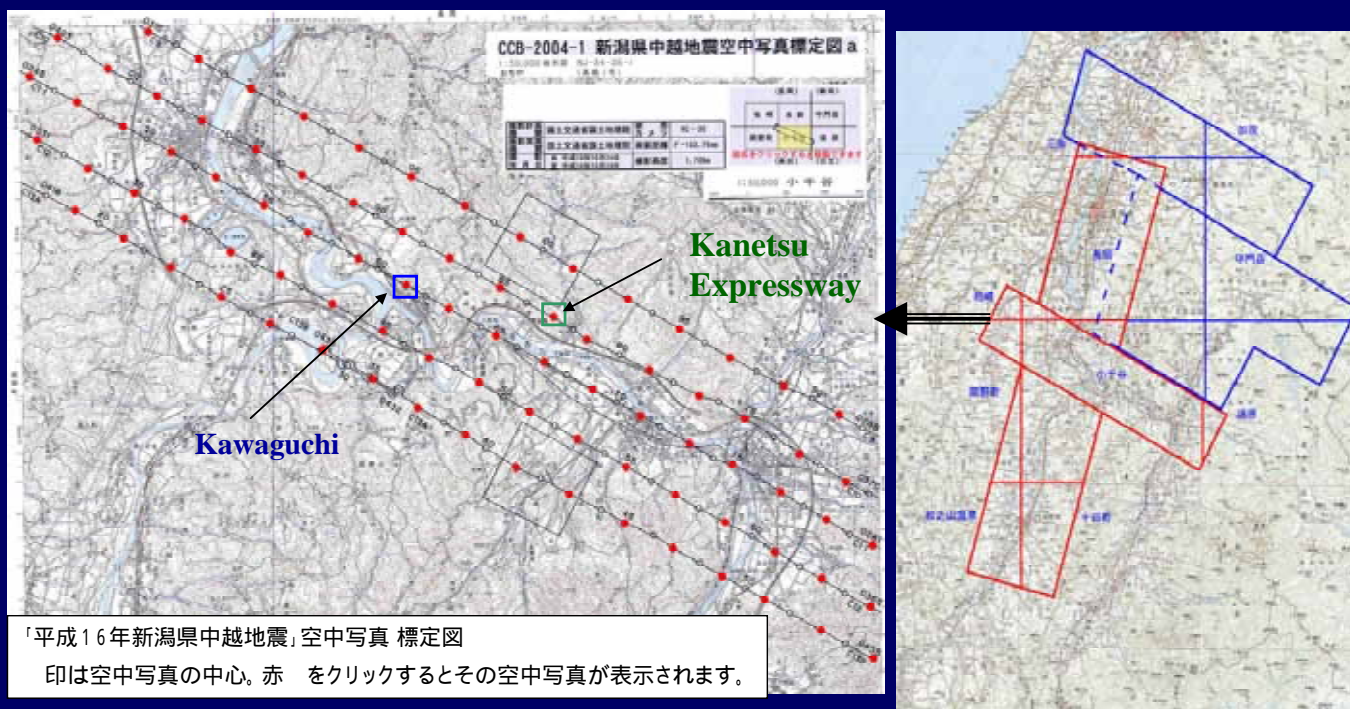


# Relationship between the number of damages and JMA Seismic Intensity



# Damage Detection of Expressways using Aerial Photograph

## Aerial Photographs taken by Geographical Survey Institute



# Aerial Photograph taken by Geographical Survey Institute



## Damage Detection of Expressways using Aerial Photograph

Echigo-Kawaguchi Interchange

Horinouchi Interchange





213.7 kp



Aerial Photo



Field Photo

Gap of road surface (20 cm)



213.9 kp



Aerial Photo



Field Photo

Gap of bridge joint  
Depression of road shoulder





214.9 kp



Aerial Photo



Field Photo

Depression of road shoulder  
4 panels were fallen down



215.2 kp



Aerial Photo



Field Photo

Depression of road surface



Aerial Photo



Field Photo

Gap of road surface

# Damage detection based on images with various resolutions

List of resolutions of satellite images

Satellite	Resolution
QuickBird	60 cm
IKONOS	100 cm
SPOT-5	250 cm

# Damage detection based on images with various resolutions

214.5 kp



Aerial Photo



QuickBird (60cm)



IKONOS (100cm)



SPOT-5 (250cm)

# Damage detection based on images with various resolutions

213.7 kp



Aerial Photo



QuickBird (60cm)



IKONOS (100cm)



SPOT-5 (250cm)

# Damage detection based on images with various resolutions

215.2 kp



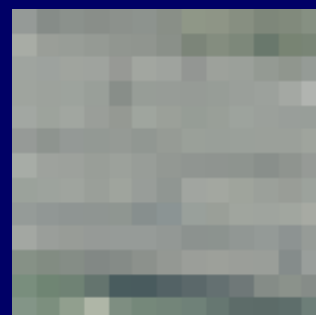
Aerial Photo



QuickBird (60cm)

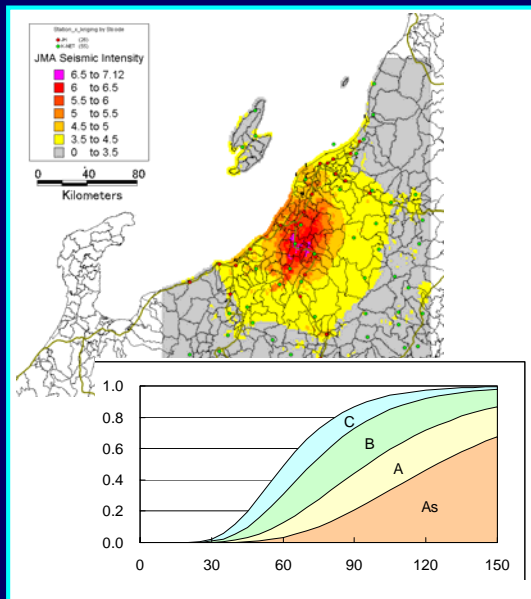


IKONOS (100cm)

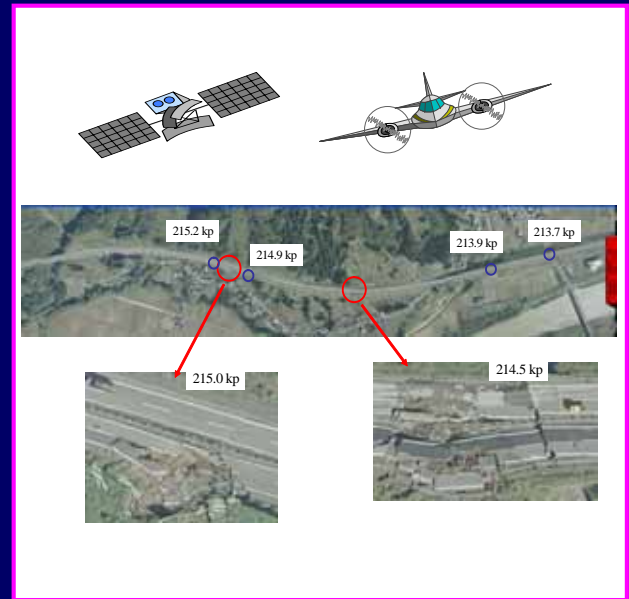


SPOT-5 (250cm)

# Real-Time Earthquake Disaster Mitigation System for Expressway Network



+



## Contents

### 1. Niigata-ken Chuetsu Earthquake

- Relationship between seismic intensity and damage of expressways
- Damage detection of expressways using aerial photograph

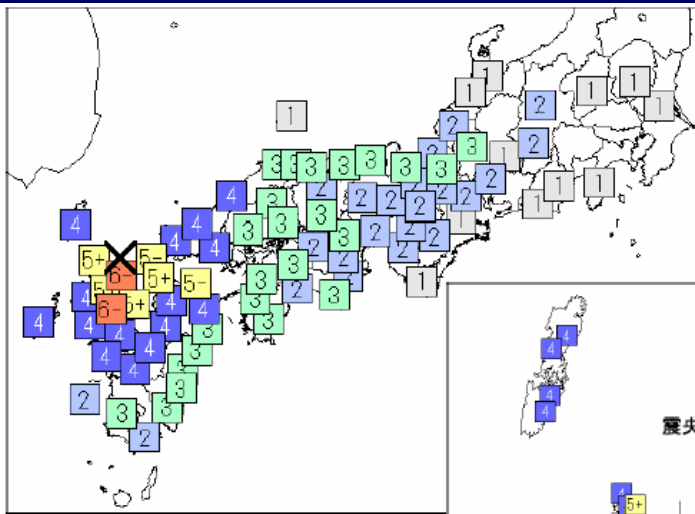
### 2. Fukuoka-ken Seiho-Oki Earthquake

- Visual damage Inspection of wooden houses in Genkai-jima island using aerial photograph



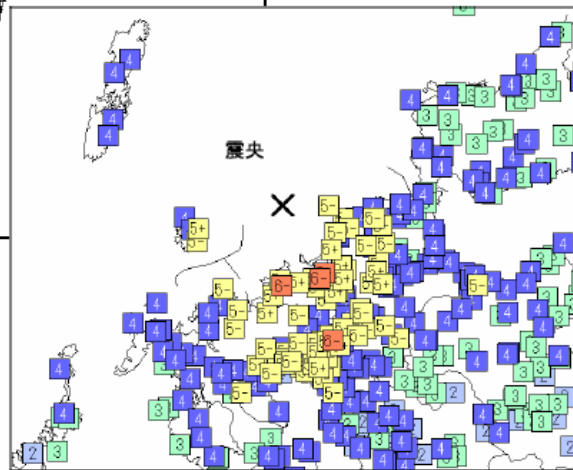
# 2005 Fukuoka-ken Seiho-Oki Earthquake

$M_{JMA}=7.0$ ,  $M_w=6.6$  March 20, 2005



各地域点の震度分布

Distribution of JMA Seismic Intensity (from JMA)



各観測点の震度分布

## Genkai-jima Island

Field Survey (2005.04.25 and 05.01)



Field photograph of each wooden house was taken.



# Field Photographs



## Comparison between Satellite Image and Aerial Photograph Elementary School



IKONOS Image



Aerial Photo





# Comparison between Satellite Image and Aerial Photograph

## Wooden Houses



IKONOS Image



Aerial Photo



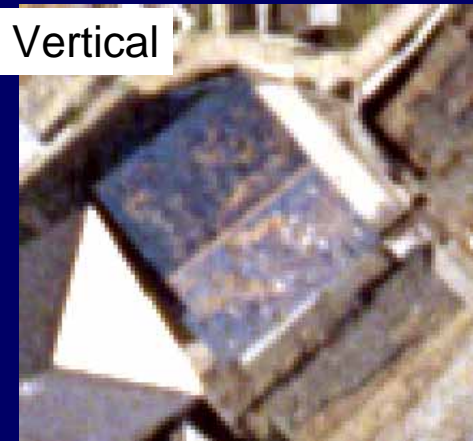
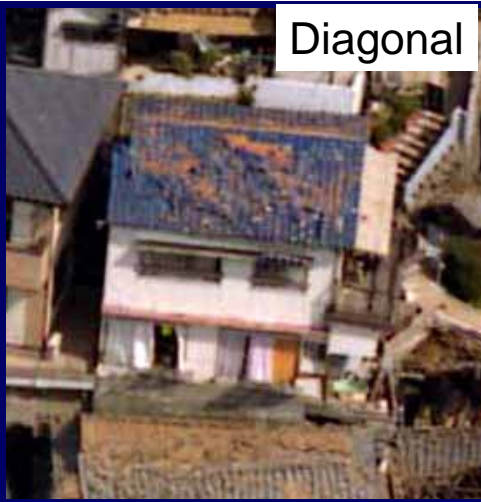
# Classification of Damage to Wooden Houses

Okada and Takai, 1999

**D0**  
Minor  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
**Major**  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
**D5**

Damage Grade			Damage Index					
被害の程度	D0	0.0	無被害		Nd0	無被害		Nd0
	D1	0.1	屋根の電線及び外装材の被害の被害。		Md1	屋根の電線及び外装材の被害の被害。		Md1
	D2	0.2	屋根瓦、屋根の平らな部分等の被害の被害。		Md2	屋根瓦、屋根の平らな部分等の被害の被害。		Md2
被害の程度	D3	0.3	2階建建型		Ud3	1階建建型		Gd3
	D4	0.4	2階建建型		Ud4	1階建建型		Gd4
	D5	0.5	2階建建型		Ud5	1階建建型		Gd5
被害の程度	D6	0.6	2階建建型		Ud6	1階建建型		Gd6
	D7	0.7	2階建建型		Ud7	1階建建型		Gd7
	D8	0.8	2階建建型		Ud8	1階建建型		Gd8
被害の程度	D9	0.9	2階建建型		Ud9	1階建建型		Gd9
	D10	1.0	2階建建型		Ud10	1階建建型		Gd10
	D11	1.1	2階建建型		Ud11	1階建建型		Gd11
被害の程度	D12	1.2	2階建建型		Ud12	1階建建型		Gd12
	D13	1.3	2階建建型		Ud13	1階建建型		Gd13
	D14	1.4	2階建建型		Ud14	1階建建型		Gd14
被害の程度	D15	1.5	2階建建型		Ud15	1階建建型		Gd15
	D16	1.6	2階建建型		Ud16	1階建建型		Gd16
	D17	1.7	2階建建型		Ud17	1階建建型		Gd17
被害の程度	D18	1.8	2階建建型		Ud18	1階建建型		Gd18
	D19	1.9	2階建建型		Ud19	1階建建型		Gd19
	D20	2.0	2階建建型		Ud20	1階建建型		Gd20
被害の程度	D21	2.1	2階建建型		Ud21	1階建建型		Gd21
	D22	2.2	2階建建型		Ud22	1階建建型		Gd22
	D23	2.3	2階建建型		Ud23	1階建建型		Gd23
被害の程度	D24	2.4	2階建建型		Ud24	1階建建型		Gd24
	D25	2.5	2階建建型		Ud25	1階建建型		Gd25
	D26	2.6	2階建建型		Ud26	1階建建型		Gd26
被害の程度	D27	2.7	2階建建型		Ud27	1階建建型		Gd27
	D28	2.8	2階建建型		Ud28	1階建建型		Gd28
	D29	2.9	2階建建型		Ud29	1階建建型		Gd29
被害の程度	D30	3.0	2階建建型		Ud30	1階建建型		Gd30
	D31	3.1	2階建建型		Ud31	1階建建型		Gd31
	D32	3.2	2階建建型		Ud32	1階建建型		Gd32
被害の程度	D33	3.3	2階建建型		Ud33	1階建建型		Gd33
	D34	3.4	2階建建型		Ud34	1階建建型		Gd34
	D35	3.5	2階建建型		Ud35	1階建建型		Gd35
被害の程度	D36	3.6	2階建建型		Ud36	1階建建型		Gd36
	D37	3.7	2階建建型		Ud37	1階建建型		Gd37
	D38	3.8	2階建建型		Ud38	1階建建型		Gd38
被害の程度	D39	3.9	2階建建型		Ud39	1階建建型		Gd39
	D40	4.0	2階建建型		Ud40	1階建建型		Gd40
	D41	4.1	2階建建型		Ud41	1階建建型		Gd41
被害の程度	D42	4.2	2階建建型		Ud42	1階建建型		Gd42
	D43	4.3	2階建建型		Ud43	1階建建型		Gd43
	D44	4.4	2階建建型		Ud44	1階建建型		Gd44
被害の程度	D45	4.5	2階建建型		Ud45	1階建建型		Gd45
	D46	4.6	2階建建型		Ud46	1階建建型		Gd46
	D47	4.7	2階建建型		Ud47	1階建建型		Gd47
被害の程度	D48	4.8	2階建建型		Ud48	1階建建型		Gd48
	D49	4.9	2階建建型		Ud49	1階建建型		Gd49
	D50	5.0	2階建建型		Ud50	1階建建型		Gd50
被害の程度	D51	5.1	2階建建型		Ud51	1階建建型		Gd51
	D52	5.2	2階建建型		Ud52	1階建建型		Gd52
	D53	5.3	2階建建型		Ud53	1階建建型		Gd53
被害の程度	D54	5.4	2階建建型		Ud54	1階建建型		Gd54
	D55	5.5	2階建建型		Ud55	1階建建型		Gd55
	D56	5.6	2階建建型		Ud56	1階建建型		Gd56
被害の程度	D57	5.7	2階建建型		Ud57	1階建建型		Gd57
	D58	5.8	2階建建型		Ud58	1階建建型		Gd58
	D59	5.9	2階建建型		Ud59	1階建建型		Gd59
被害の程度	D60	6.0	2階建建型		Ud60	1階建建型		Gd60
	D61	6.1	2階建建型		Ud61	1階建建型		Gd61
	D62	6.2	2階建建型		Ud62	1階建建型		Gd62
被害の程度	D63	6.3	2階建建型		Ud63	1階建建型		Gd63
	D64	6.4	2階建建型		Ud64	1階建建型		Gd64
	D65	6.5	2階建建型		Ud65	1階建建型		Gd65
被害の程度	D66	6.6	2階建建型		Ud66	1階建建型		Gd66
	D67	6.7	2階建建型		Ud67	1階建建型		Gd67
	D68	6.8	2階建建型		Ud68	1階建建型		Gd68
被害の程度	D69	6.9	2階建建型		Ud69	1階建建型		Gd69
	D70	7.0	2階建建型		Ud70	1階建建型		Gd70
	D71	7.1	2階建建型		Ud71	1階建建型		Gd71
被害の程度	D72	7.2	2階建建型		Ud72	1階建建型		Gd72
	D73	7.3	2階建建型		Ud73	1階建建型		Gd73
	D74	7.4	2階建建型		Ud74	1階建建型		Gd74
被害の程度	D75	7.5	2階建建型		Ud75	1階建建型		Gd75
	D76	7.6	2階建建型		Ud76	1階建建型		Gd76
	D77	7.7	2階建建型		Ud77	1階建建型		Gd77
被害の程度	D78	7.8	2階建建型		Ud78	1階建建型		Gd78
	D79	7.9	2階建建型		Ud79	1階建建型		Gd79
	D80	8.0	2階建建型		Ud80	1階建建型		Gd80
被害の程度	D81	8.1	2階建建型		Ud81	1階建建型		Gd81
	D82	8.2	2階建建型		Ud82	1階建建型		Gd82
	D83	8.3	2階建建型		Ud83	1階建建型		Gd83
被害の程度	D84	8.4	2階建建型		Ud84	1階建建型		Gd84
	D85	8.5	2階建建型		Ud85	1階建建型		Gd85
	D86	8.6	2階建建型		Ud86	1階建建型		Gd86
被害の程度	D87	8.7	2階建建型		Ud87	1階建建型		Gd87
	D88	8.8	2階建建型		Ud88	1階建建型		Gd88
	D89	8.9	2階建建型		Ud89	1階建建型		Gd89
被害の程度	D90	9.0	2階建建型		Ud90	1階建建型		Gd90
	D91	9.1	2階建建型		Ud91	1階建建型		Gd91
	D92	9.2	2階建建型		Ud92	1階建建型		Gd92
被害の程度	D93	9.3	2階建建型		Ud93	1階建建型		Gd93
	D94	9.4	2階建建型		Ud94	1階建建型		Gd94
	D95	9.5	2階建建型		Ud95	1階建建型		Gd95
被害の程度	D96	9.6	2階建建型		Ud96	1階建建型		Gd96
	D97	9.7	2階建建型		Ud97	1階建建型		Gd97
	D98	9.8	2階建建型		Ud98	1階建建型		Gd98
被害の程度	D99	9.9	2階建建型		Ud99	1階建建型		Gd99
	D100	10.0	2階建建型		Ud100	1階建建型		Gd100
	D101	10.1	2階建建型		Ud101	1階建建型		Gd101
被害の程度	D102	10.2	2階建建型		Ud102	1階建建型		Gd102
	D103	10.3	2階建建型		Ud103	1階建建型		Gd103
	D104	10.4	2階建建型		Ud104	1階建建型		Gd104
被害の程度	D105	10.5	2階建建型		Ud105	1階建建型		Gd105
	D106	10.6	2階建建型		Ud106	1階建建型		Gd106
	D107	10.7	2階建建型		Ud107	1階建建型		Gd107
被害の程度	D108	10.8	2階建建型		Ud108	1階建建型		Gd108
	D109	10.9	2階建建型		Ud109	1階建建型		Gd109
	D110	11.0	2階建建型		Ud110	1階建建型		Gd110
被害の程度	D111	11.1	2階建建型		Ud111	1階建建型		Gd111
	D112	11.2	2階建建型		Ud112	1階建建型		Gd112
	D113	11.3	2階建建型		Ud113	1階建建型		Gd113
被害の程度	D114	11.4	2階建建型		Ud114	1階建建型		Gd114
	D115	11.5	2階建建型		Ud115	1階建建型		Gd115
	D116	11.6	2階建建型		Ud116	1階建建型		Gd116
被害の程度	D117	11.7	2階建建型		Ud117	1階建建型		Gd117
	D118	11.8	2階建建型		Ud118	1階建建型		Gd118
	D119	11.9	2階建建型		Ud119	1階建建型		Gd119
被害の程度	D120	12.0	2階建建型		Ud120	1階建建型		Gd120
	D121	12.1	2階建建型		Ud121	1階建建型		Gd121
	D122	12.2	2階建建型		Ud122	1階建建型		Gd122
被害の程度	D123	12.3	2階建建型		Ud123	1階建建型		Gd123
	D124	12.4	2階建建型		Ud124	1階建建型		Gd124
	D125	12.5	2階建建型		Ud125	1階建建型		Gd125
被害の程度	D126	12.6	2階建建型		Ud126	1階建建型		Gd126
	D127	12.7	2階建建型		Ud127	1階建建型		Gd127
	D128	12.8	2階建建型		Ud128	1階建建型		Gd128
被害の程度	D129	12.9	2階建建型		Ud129	1階建建型		Gd129
	D130	13.0	2階建建型		Ud130	1階建建型		Gd130
	D131	13.1	2階建建型		Ud131	1階建建型		Gd131
被害の程度	D132	13.2	2階建建型		Ud132	1階建建型		Gd132
	D133	13.3	2階建建型		Ud133	1階建建型		Gd133
	D134	13.4	2階建建型		Ud134	1階建建型		Gd134
被害の程度	D135	13.5	2階建建型		Ud135	1階建建型		Gd135
	D136	13.6	2階建建型		Ud136	1階建建型		Gd136
	D137	13.7	2階建建型		Ud137	1階建建型		Gd137
被害の程度	D138	13.8	2階建建型					









Diagonal



Vertical



Field Photo

## Visual damage Inspection of wooden houses in Genkai-jima island using Aerial Photograph



- \* D0~D2
- \* D3
- \* D4
- \* D5

Damage Grade	Number
D0 ~ D2	79
D3	113
D4	8
D5	18
Sum	218

# Conclusions

Using aerial photographs, visual damage interpretation was conducted for two recent large earthquakes.

The result of photo interpretation was compared with the ground truth data, and our visual damage inspection seems to give reasonable accuracy.

The remote sensing technology can be used for the detection of damage because of large earthquakes. Combining the spatial distribution of seismic intensity with the remotely sensed image, proper emergency response to earthquake disaster can be conducted.

Thank you very much!