

## 第8回リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する研究委員会

### 話題提供資料

震度情報とリモートセンシング情報の統合処理 (能島暢呂)

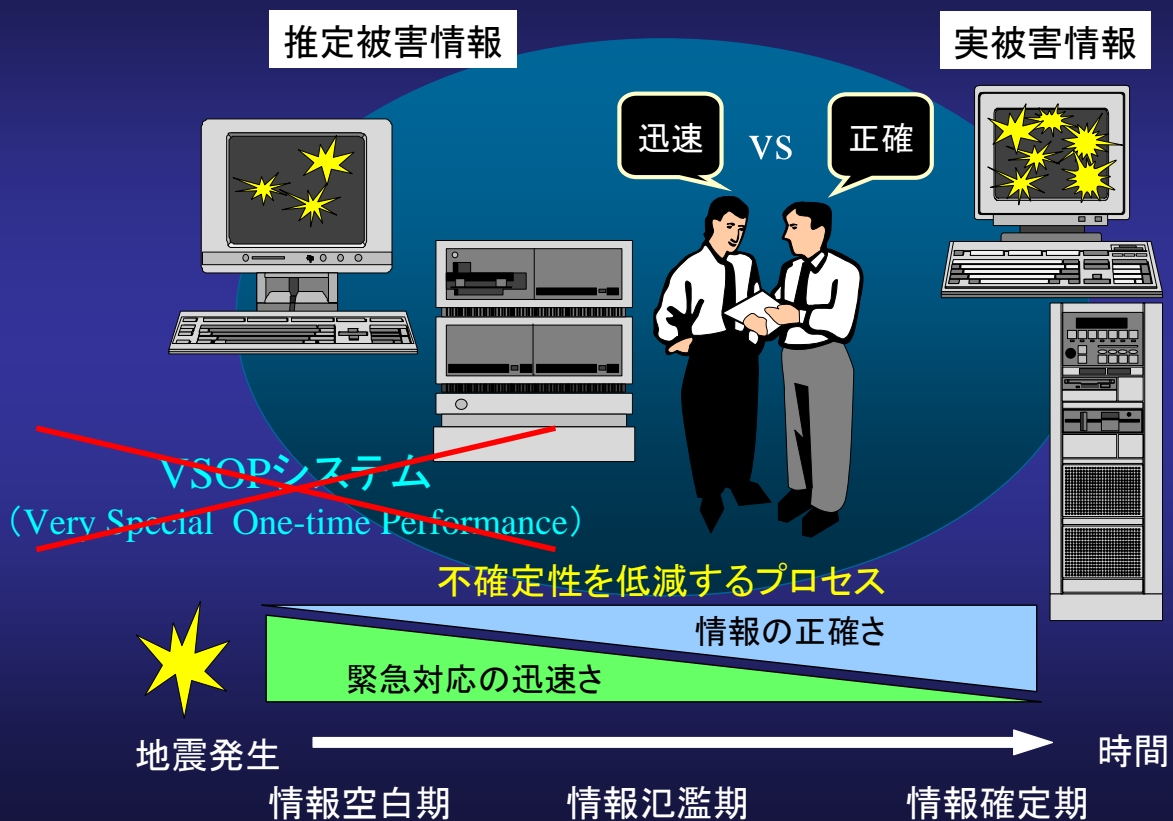
分光観測に基づく光学センサ画像の影補正 (山崎文雄)

# 震度情報とリモートセンシング情報の 統合処理

岐阜大学工学部 能島暢呂

1

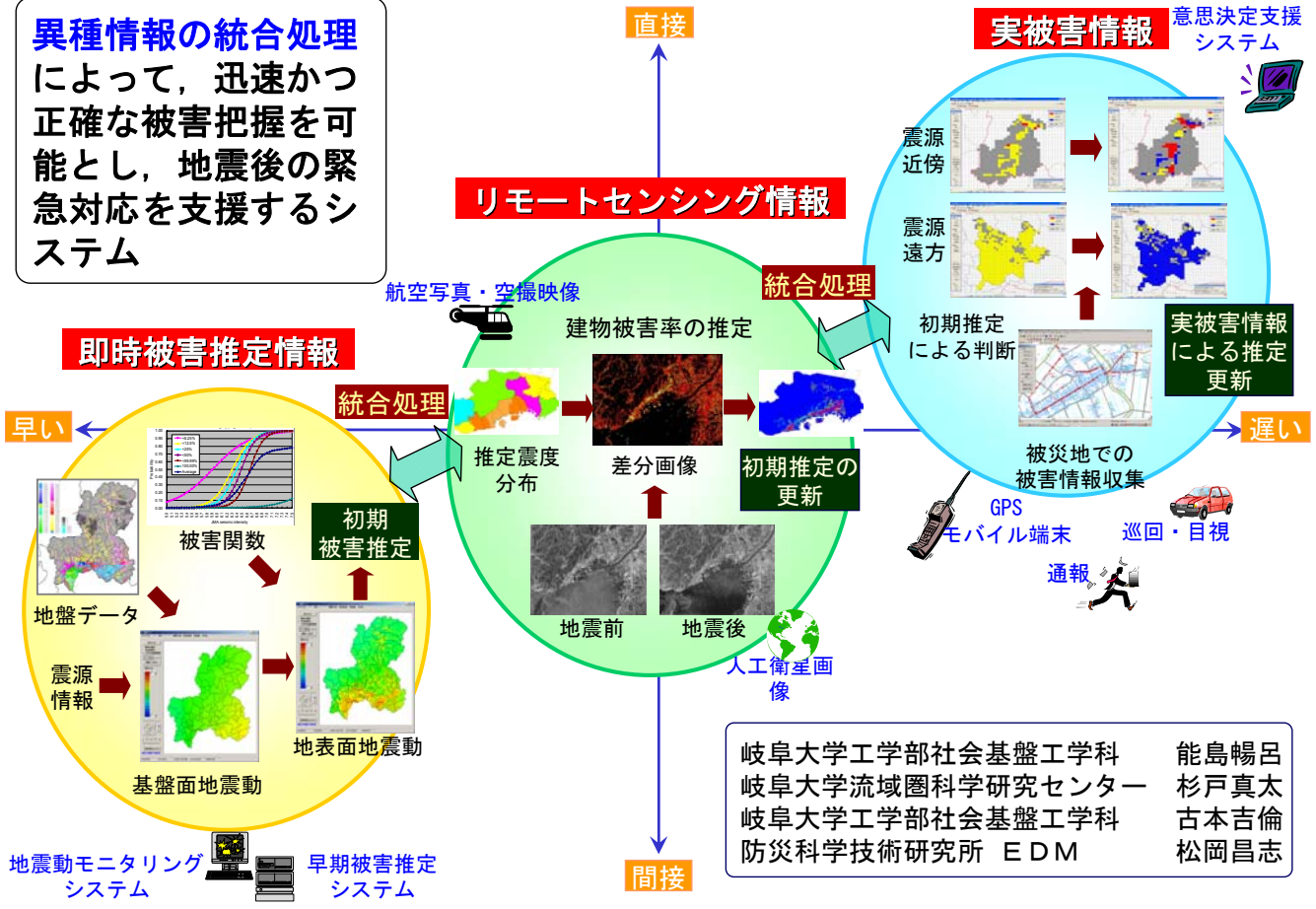
## 緊急対応における「迅速性」と「正確性」のジレンマ



2

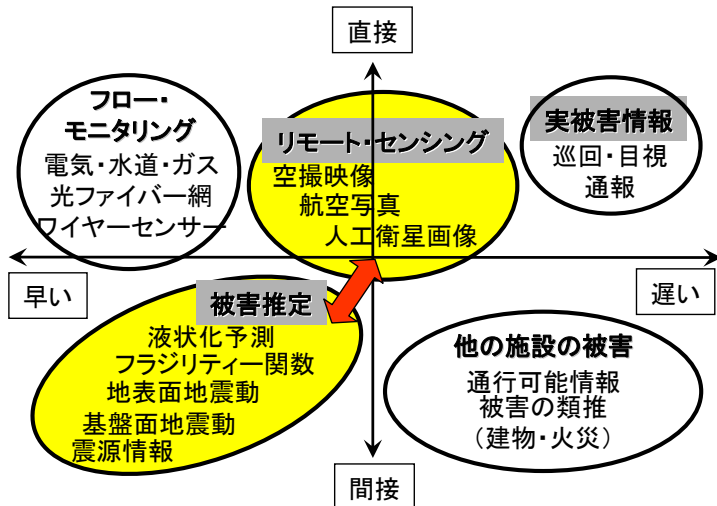
# 地震被害情報の統合処理に基づく緊急対応支援システムの開発

**異種情報の統合処理**  
 によって、迅速かつ  
 正確な被害把握を可  
 能とし、地震後の緊  
 急対応を支援するシ  
 ステム



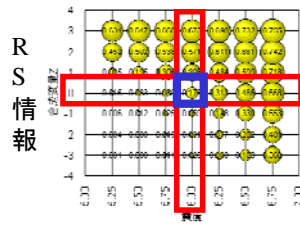
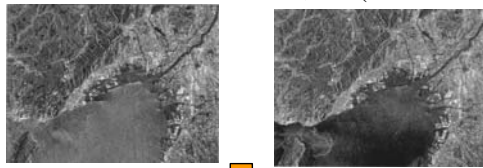
## サブテーマ(2) リモートセンシング情報による 被害早期把握に関する開発

- 空撮画像処理・被災地判定モジュール
- 人工衛星画像処理・被災地判定モジュール

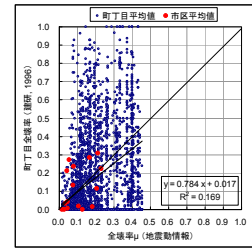


# 地震動情報と人工衛星SAR画像の統合処理

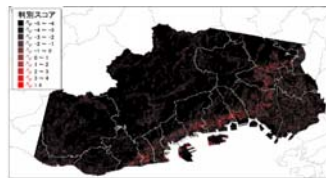
地震前(1994/10/12) 地震後(1995/5/23)



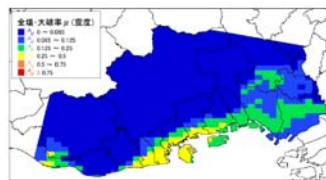
震度情報単独 vs. 実データ



SAR強度画像による予測

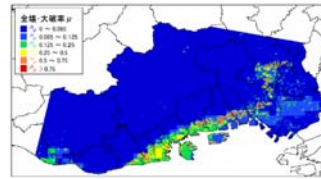


震度による推定全壊率

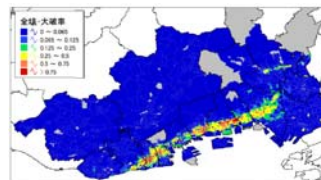


震度情報

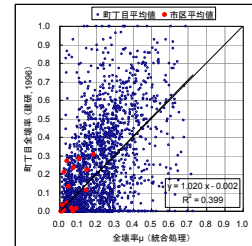
統合処理



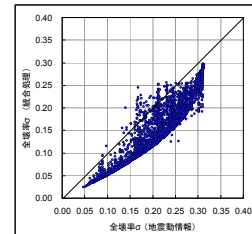
実際の建物被害



統合処理 vs. 実データ



推定幅の低減



## 建物被災地域における人工衛星SAR画像の特徴



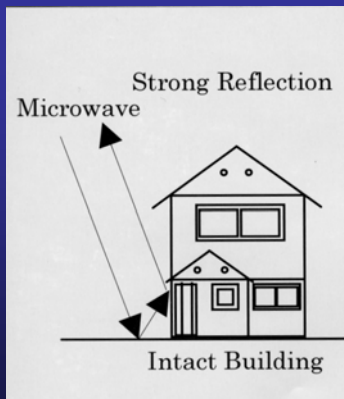
地震前(1994/10/12)



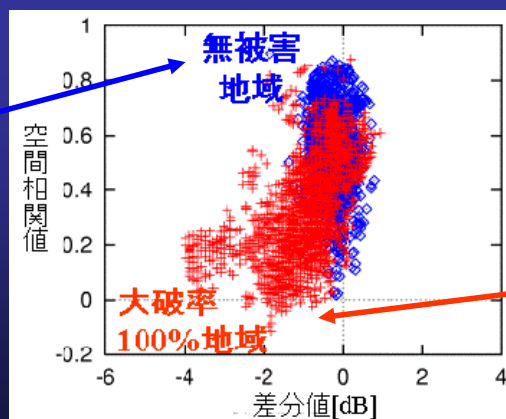
後方散乱強度の  
・差分値[dB]  
・空間相関値



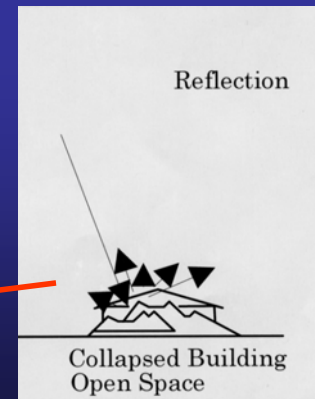
地震後(1995/5/23)



無被害地域

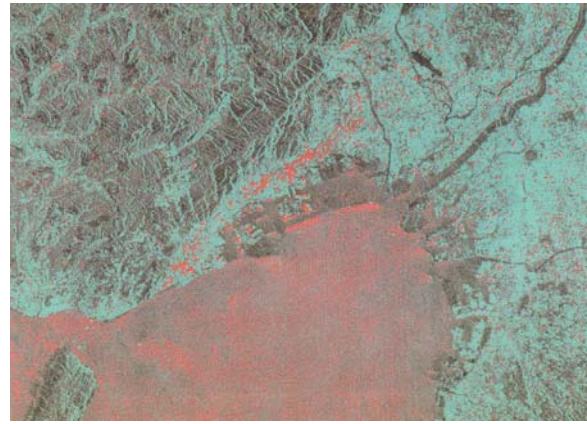
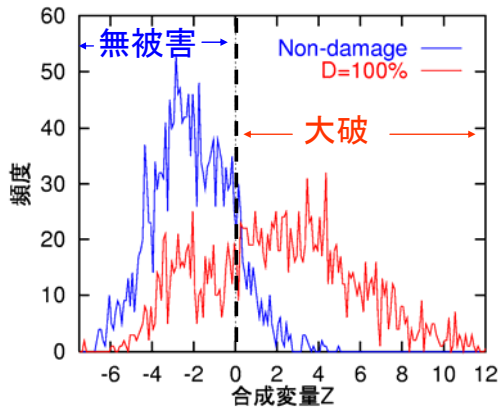


無被害地域と大破率100%地域の分布図



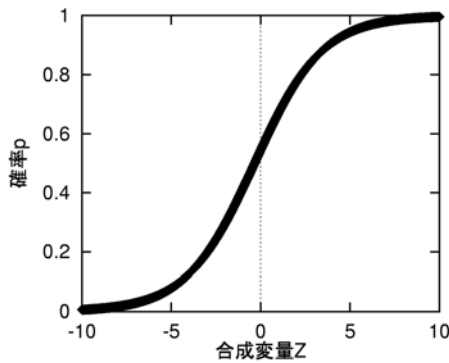
被害地域

# 人工衛星画像(合成開口レーダー/SAR)の処理方法



被害地域の分布 松岡ら, 2001.

判別得点zの頻度分布



二項ロジットモデル

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 \cdot z)}}$$

$$b_0 = 0.181$$

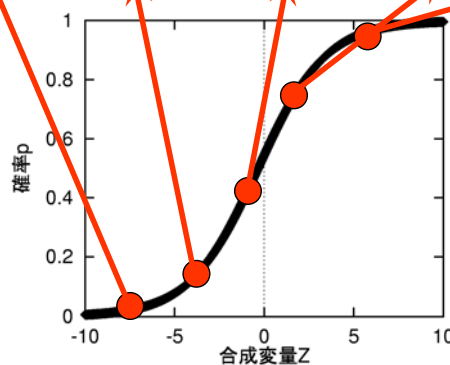
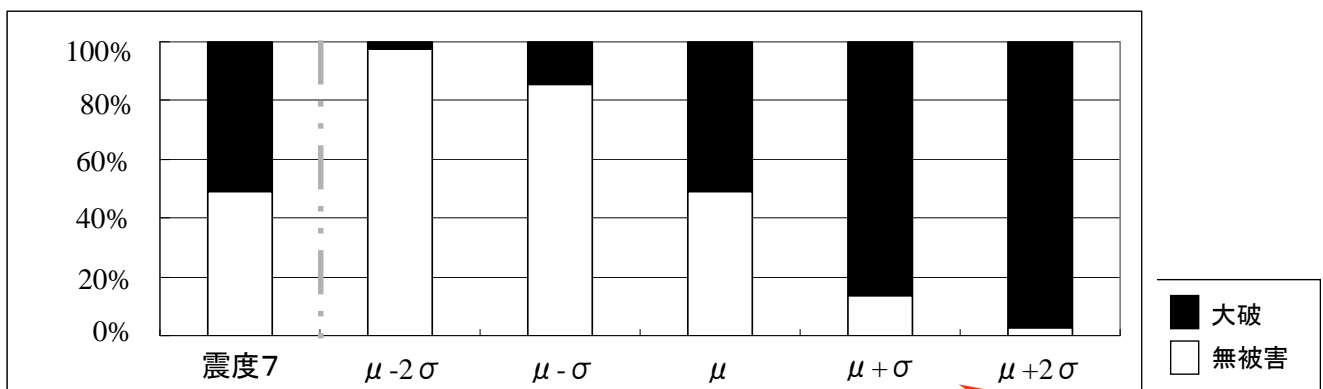
$$b_1 = 0.529$$

的中率: 77%

尤度比: 0.304

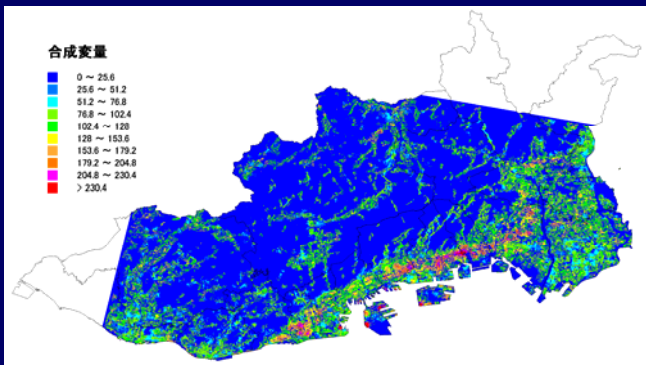
## 被害確率のベイズ更新過程の例

1次情報: 震度7 + 2次情報: 5ケース



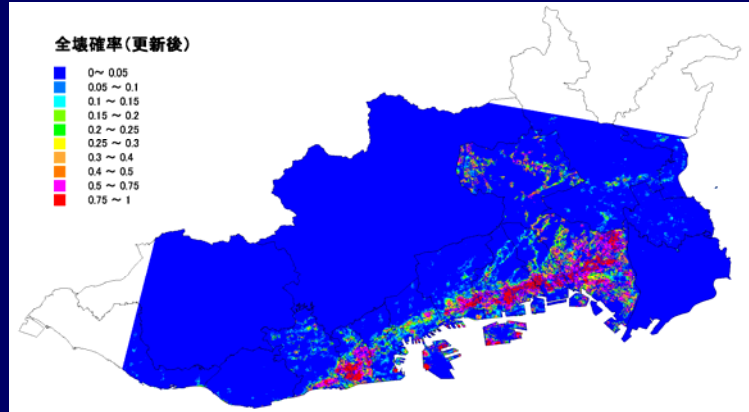
二項ロジットモデル





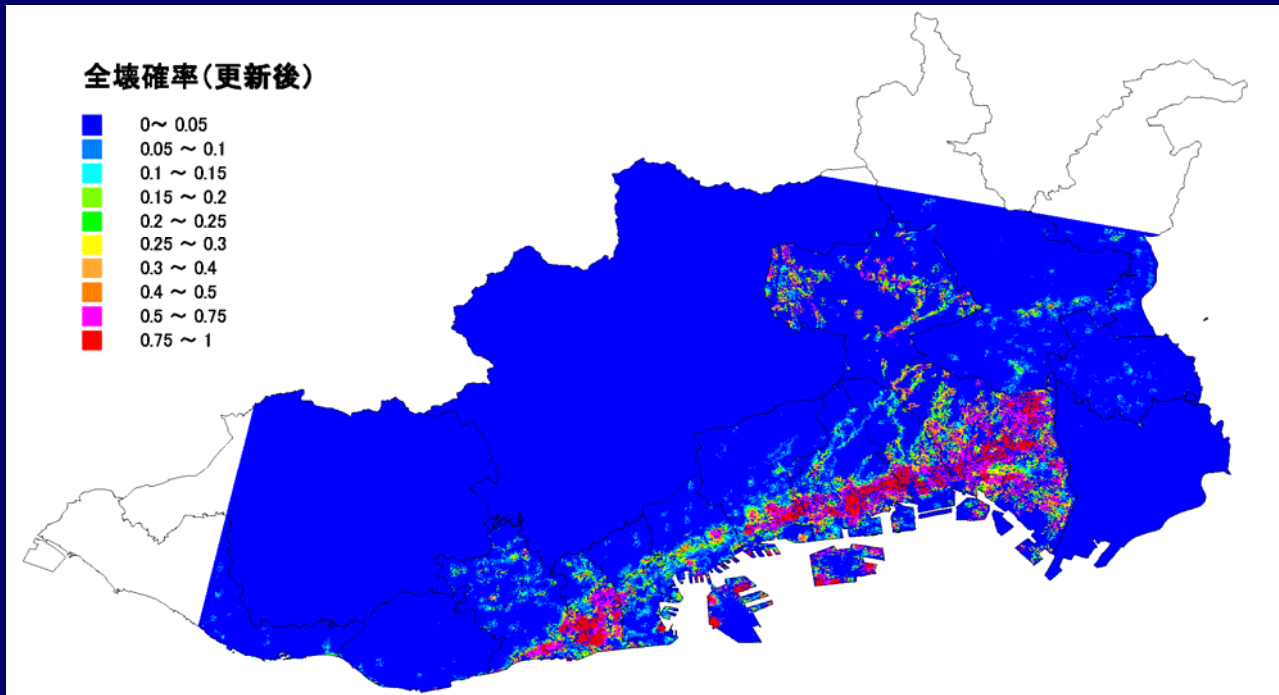
1次情報: 震度分布による全壊確率

2次情報: 人工衛星画像に基づく判別得点Z



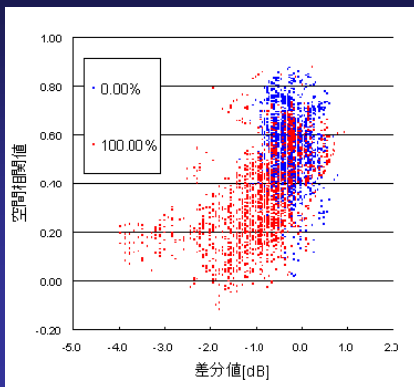
データ統合処理による全壊確率の更新結果

# データ統合処理による全壊確率の更新結果



# 判別分析による判別スコアZの算出

被災区分 2ランク



・二群判別

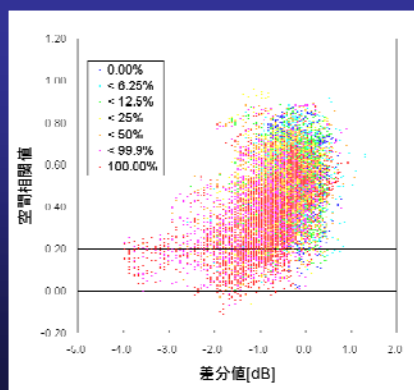
線形判別手法の適用

$$Z = -2.14y_1 - 12.47y_2 + 4.18$$

$y_1$ : 差分値

$y_2$ : 空間相関値

被災区分 7ランク



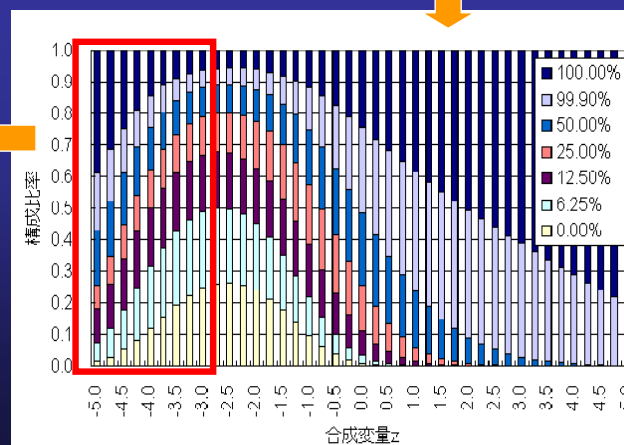
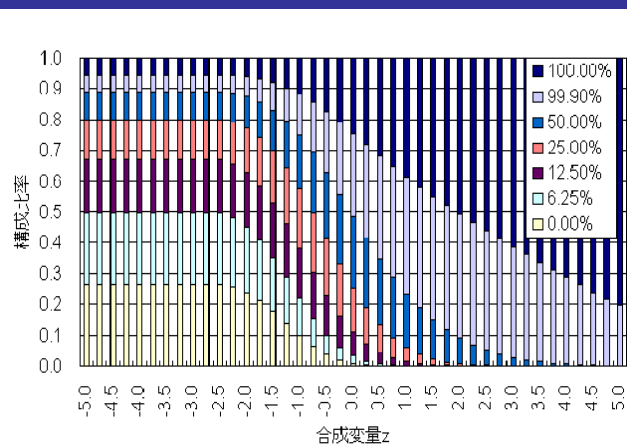
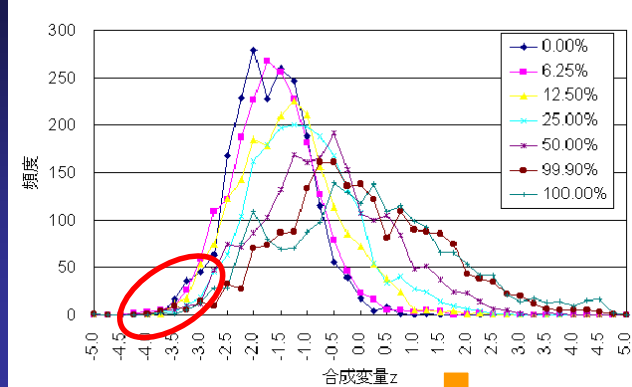
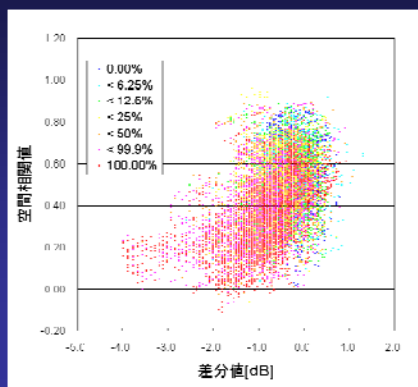
・多群判別

回帰判別手法の適用

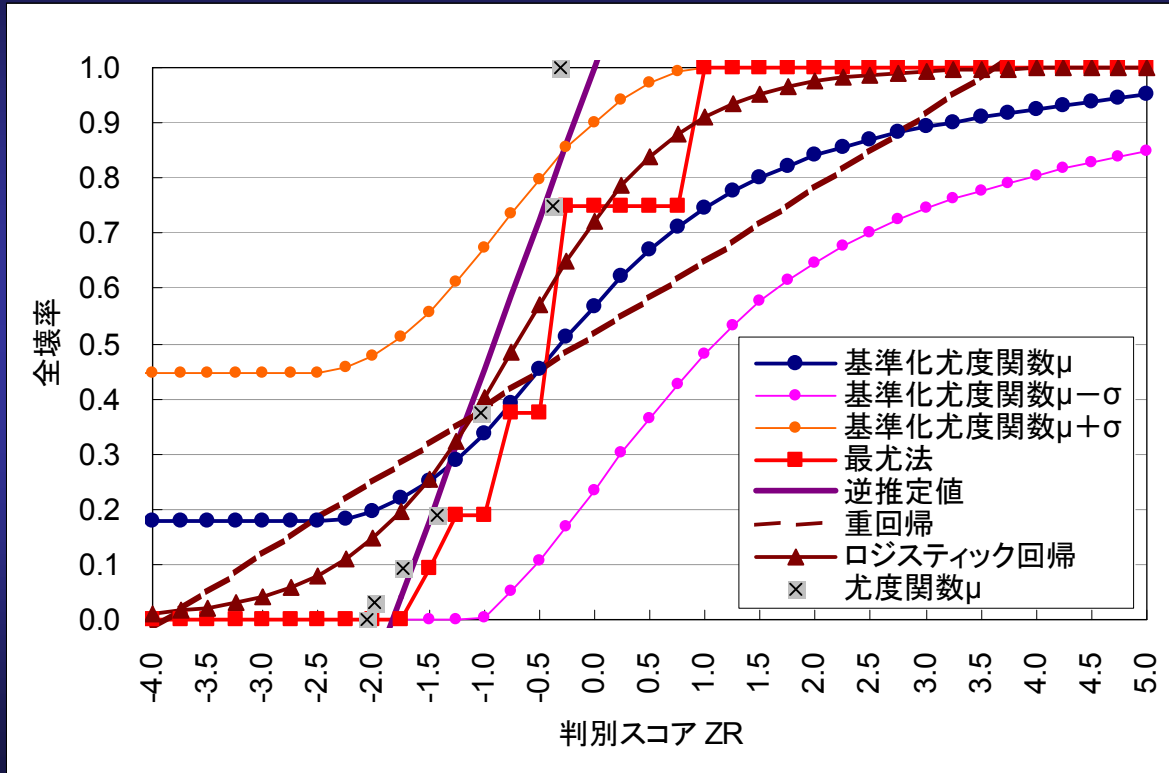
$$Z = -1.12y_1 - 4.36y_2$$

- 被災ランク  $\theta_0$ : 無被害
- 被災ランク  $\theta_1$ : 大破率 6.25% 未満
- 被災ランク  $\theta_2$ : 大破率 12.5% 未満
- 被災ランク  $\theta_3$ : 大破率 25% 未満
- 被災ランク  $\theta_4$ : 大破率 50% 未満
- 被災ランク  $\theta_5$ : 大破率 100% 未満
- 被災ランク  $\theta_6$ : 大破率 100%

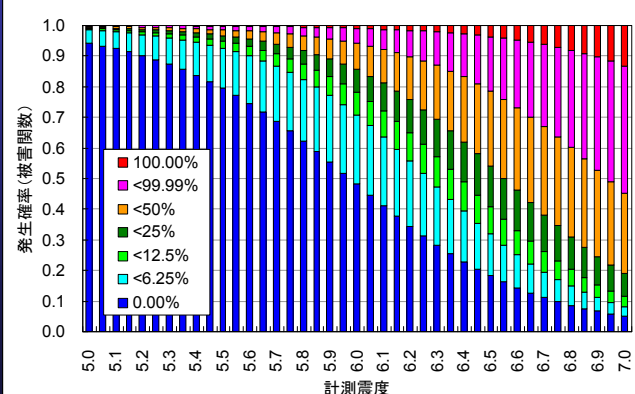
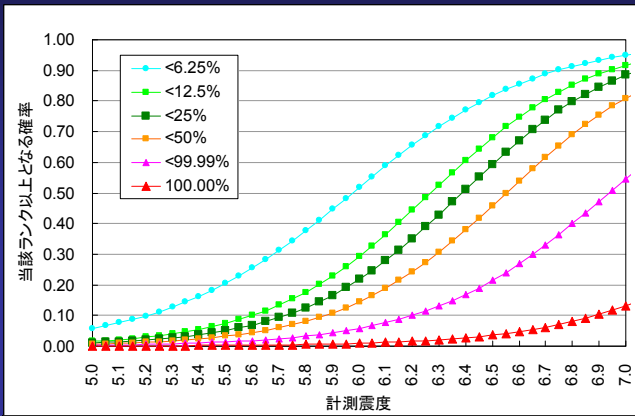
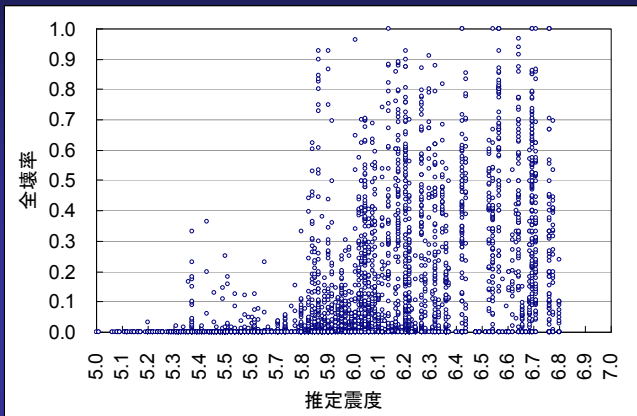
# 多群判別関数による合成変量と尤度関数



# 様々な尤度関数の比較

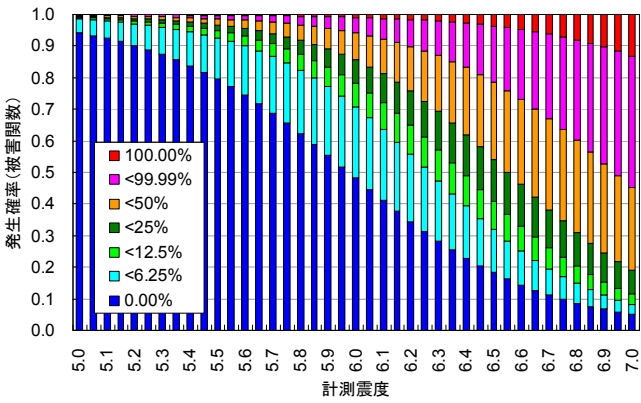
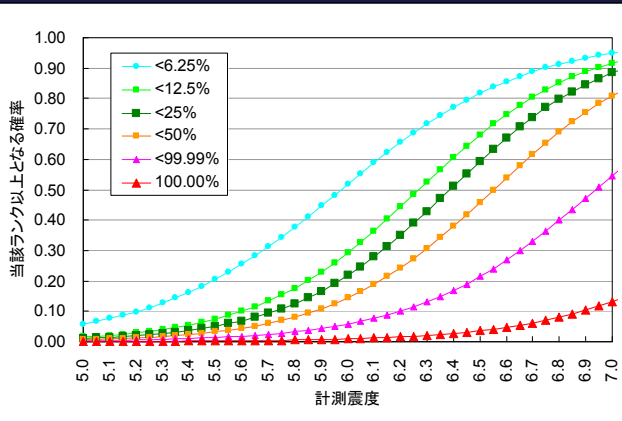


# 兵庫県南部地震の推定震度分布と被災データに基づく被害関数

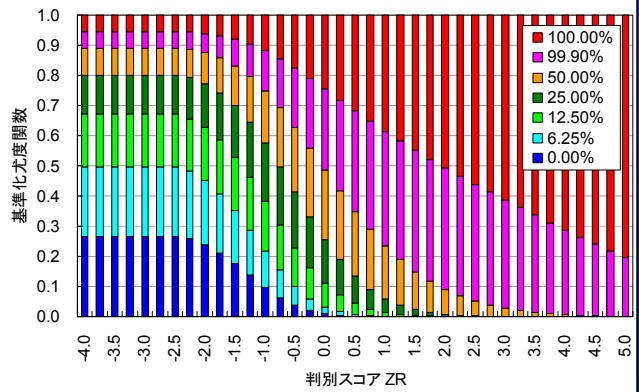
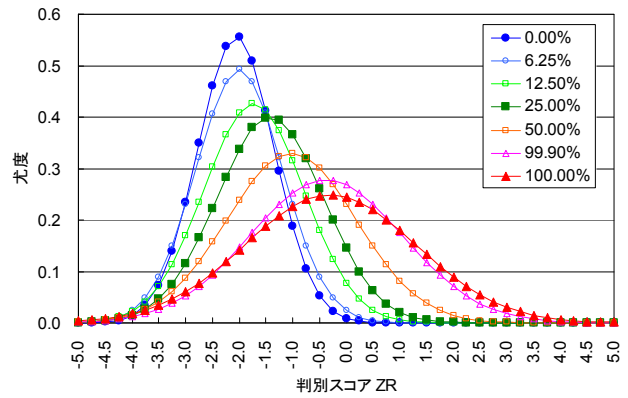




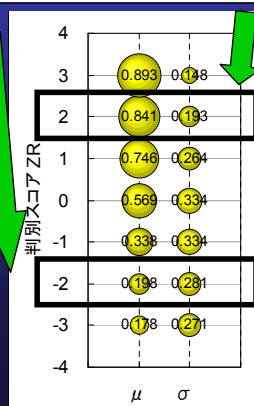
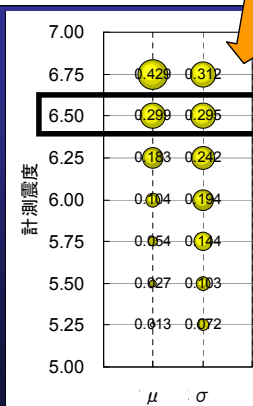
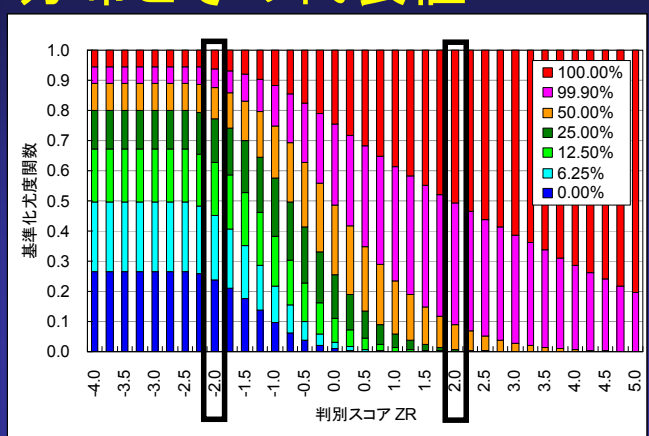
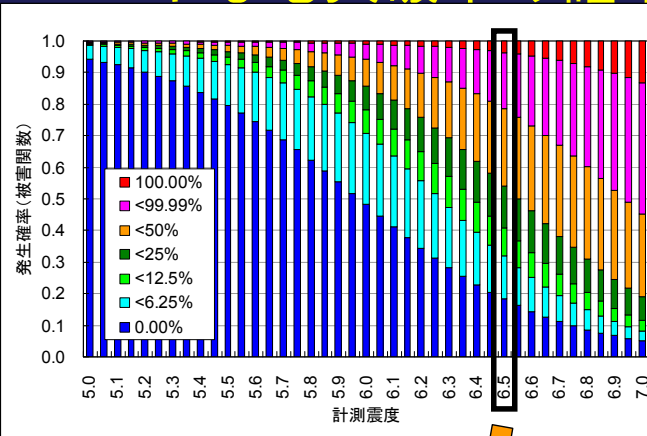
# 震度による被害関数



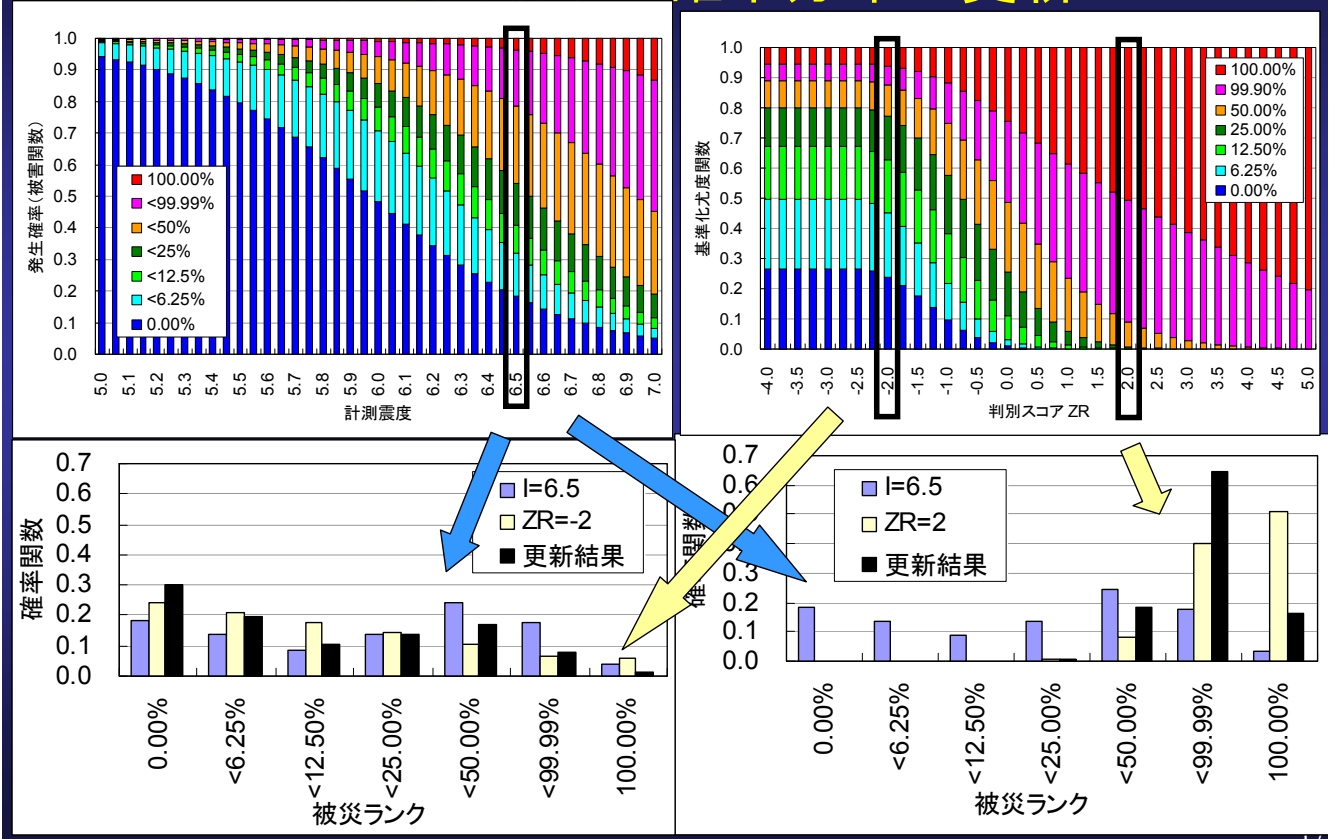
# 人工衛星SAR情報の尤度関数



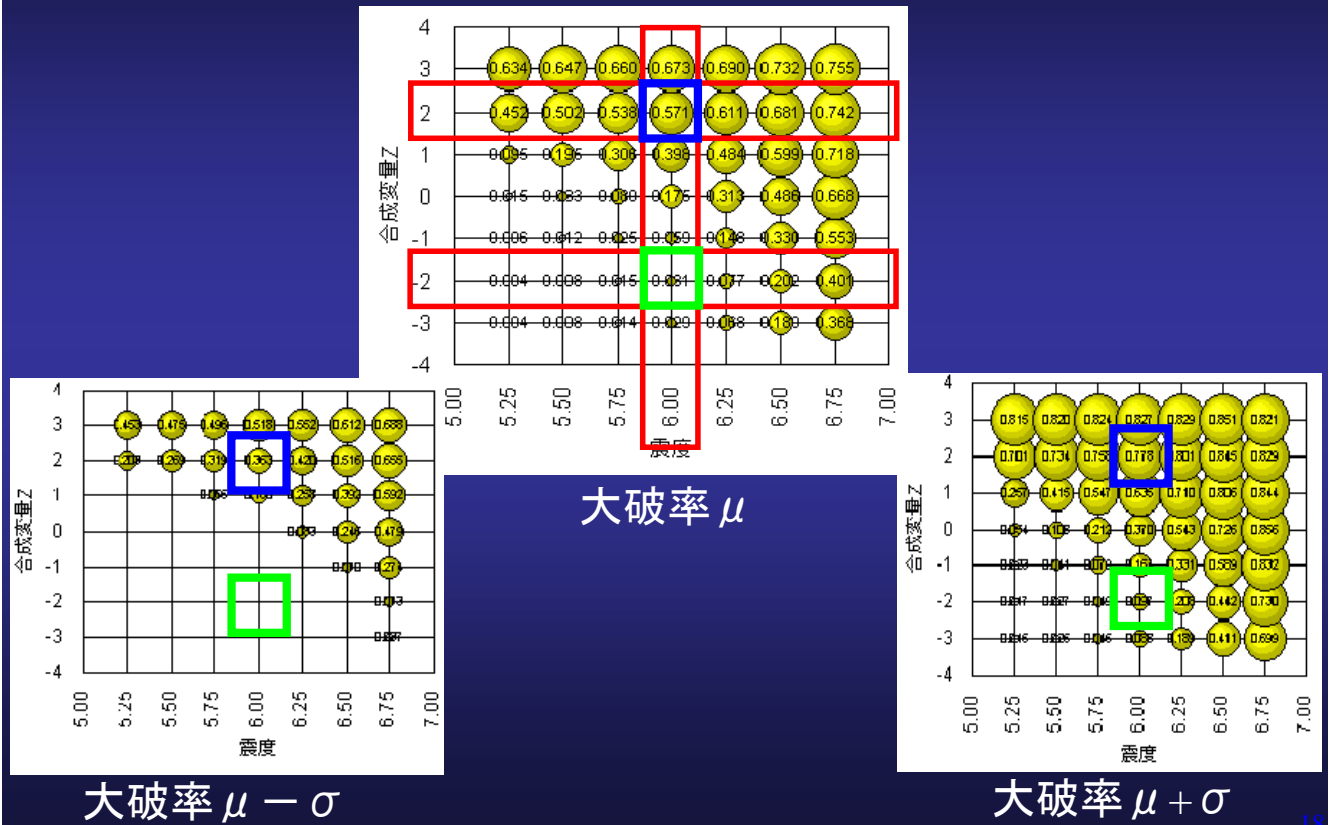
# 震度情報および人工衛星SAR情報の個別利用による大破率の確率分布とその代表値



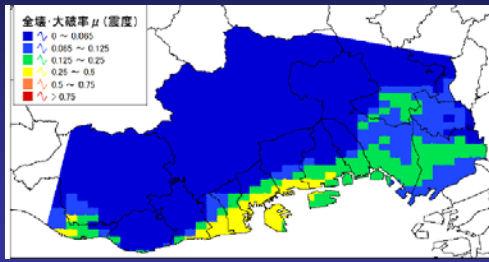
# 震度情報および人工衛星SAR情報の統合処理による大破率の確率分布の更新



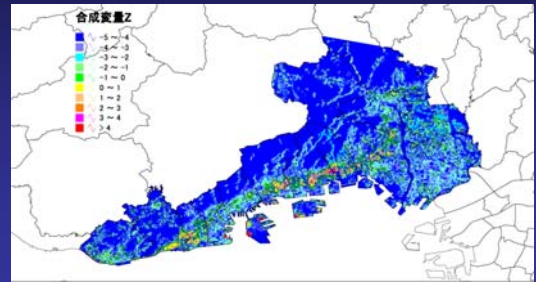
# 震度情報および人工衛星SAR情報の統合処理による大破率の推定幅



# 兵庫県南部地震におけるケーススタディー



震度による大破率



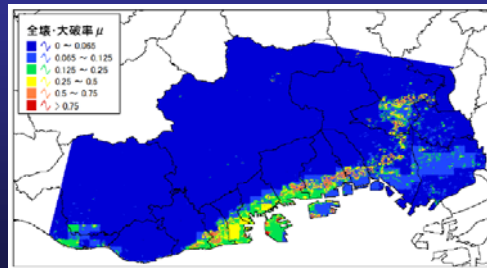
合成変量Z



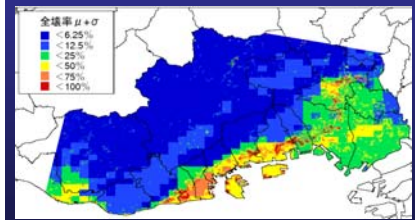
統合処理



全壊率  $\mu - \sigma$



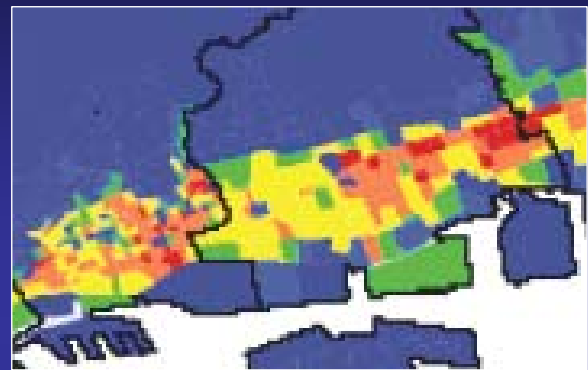
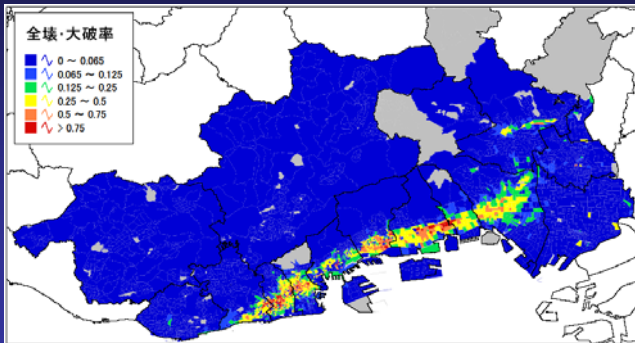
全壊率  $\mu$



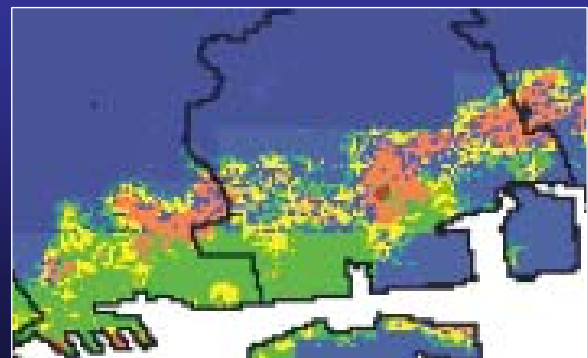
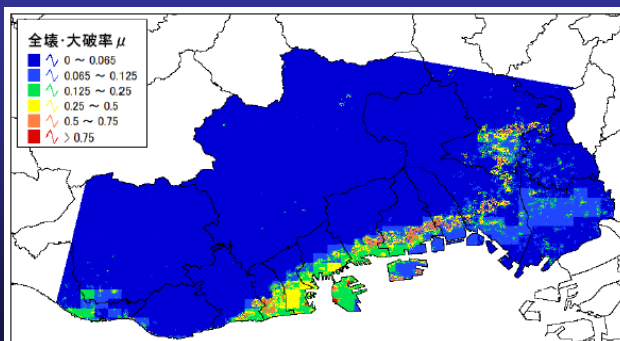
全壊率  $\mu + \sigma$

# 兵庫県南部地震におけるケーススタディー

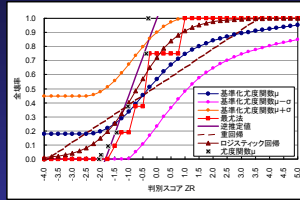
## 大破率(実データ)



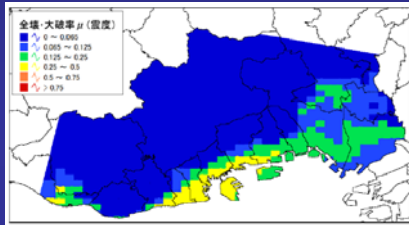
## 統合処理による推定大破率



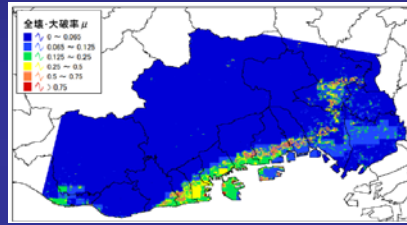
# SAR情報の統合効果の検証



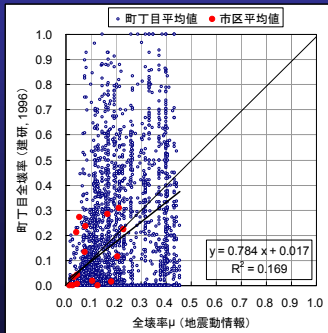
SAR情報の尤度関数  
(被害関数に相当)



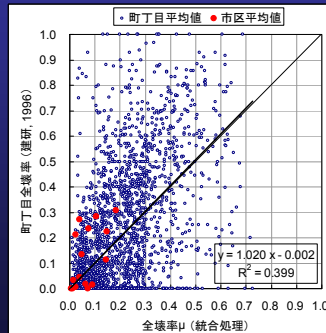
震度情報単独 vs. 実データ



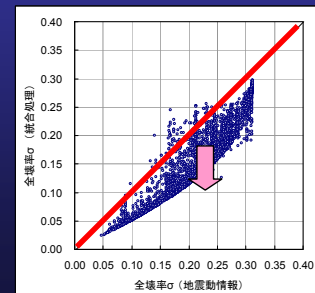
統合処理 vs. 実データ



相関性  
向上

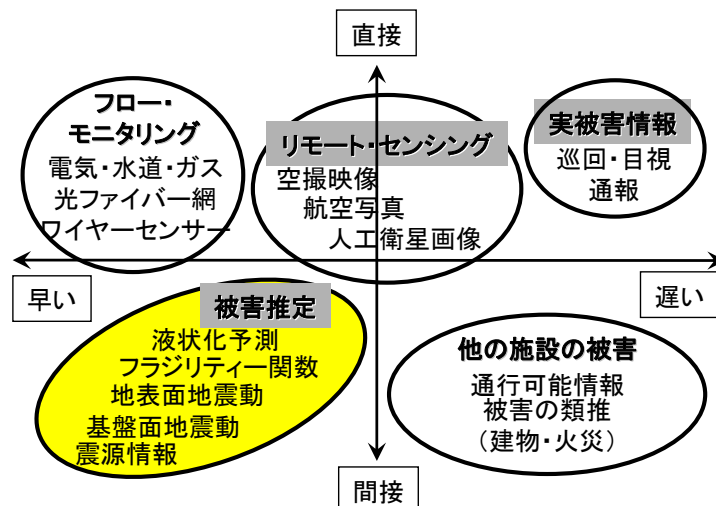


推定幅の低減



## サブテーマ(1) 地震動情報による 被害早期把握に関する開発

- 工学的基盤面における地震動予測モジュール
- 表層地盤における地震動予測モジュール
- 各種被害関数を用いた早期被害推定モジュール





# 震度情報ネットワークによるリアルタイム地震被害推定

～数分

～10分

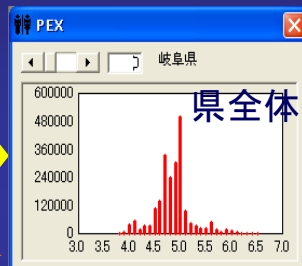
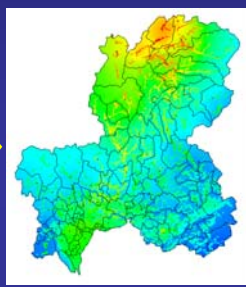
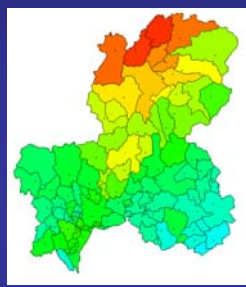
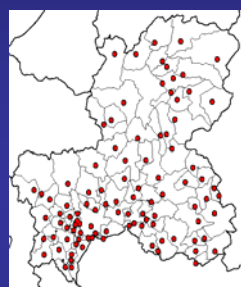


震度情報

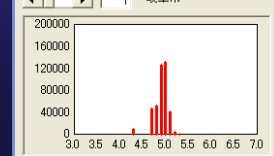
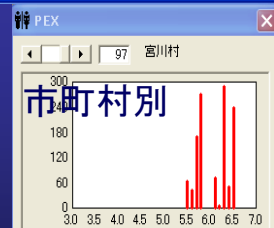
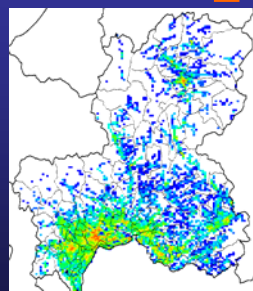
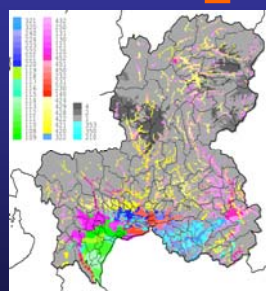
震源情報

詳細な震度情報

被害推定



市町村	震度	人口	建物数	地盤
岐阜市	6.5	440,000	100,000	軟弱
各務原市	6.5	200,000	50,000	軟弱
岐阜県	6.5	1,500,000	300,000	軟弱



市町村別震度

地盤データ

施設データ

市町村	震度	人口	建物数	地盤
武儀町	4.85	567	岩村町	4.59
上之保村	4.85	568	山岡町	4.69
八幡町	5.14	569	明智町	4.72
本和町	5.66	570	東原村	4.66

20xx年関ヶ原-養老断層地震発生

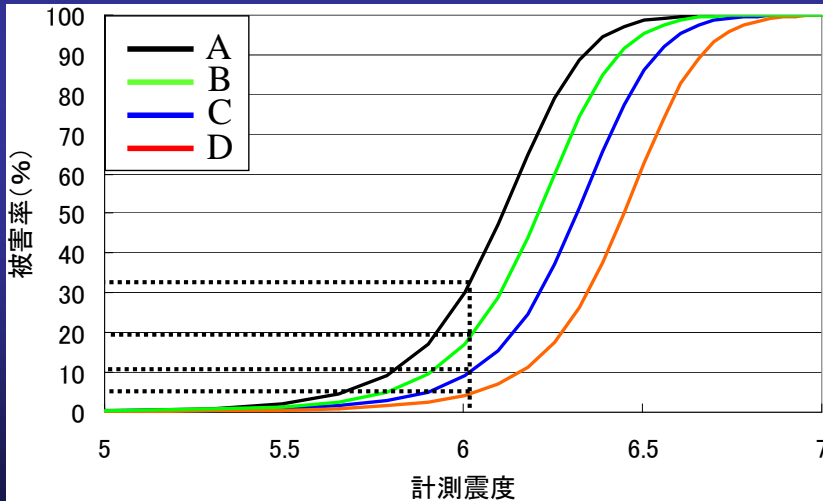


# 震度情報による建物被害推定(一次情報)

## 木造建物のグルーピング(築年・屋根種)

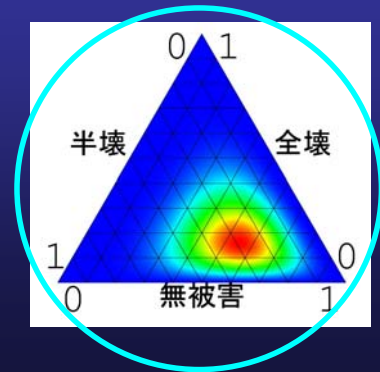
建築年代	~1950	1951~1960	1961~1970	1971~1980	1981~
軽量屋根	A	B	C	D	D
重量屋根	A	A	B	C	D

(「岐阜県被害想定調査報告書」より)



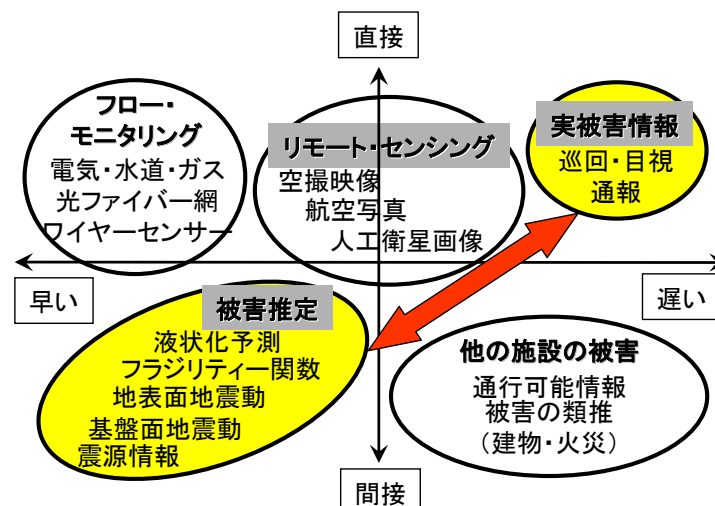
木造建物の脆弱性に応じた被害関数

構造種別を考慮した被害推定		実被害情報	
震度:	6.06	建物総数:	800
木造A:	366	調査済棟数:	0
木造B:	130	全壊棟数:	0
木造C:	163	半壊棟数:	0
木造D:	141	無被害数:	0
決定保留		全壊棟数:	106 ± 73
		半壊棟数:	288 ± 103
		無被害数:	406 ± 108



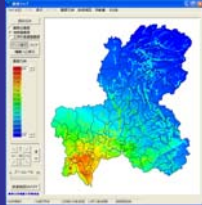
## サブテーマ(3) 異種情報の統合処理による 意思決定支援システムの開発

- 被害情報の統合処理モジュール
- 緊急対応の意思決定支援モジュール

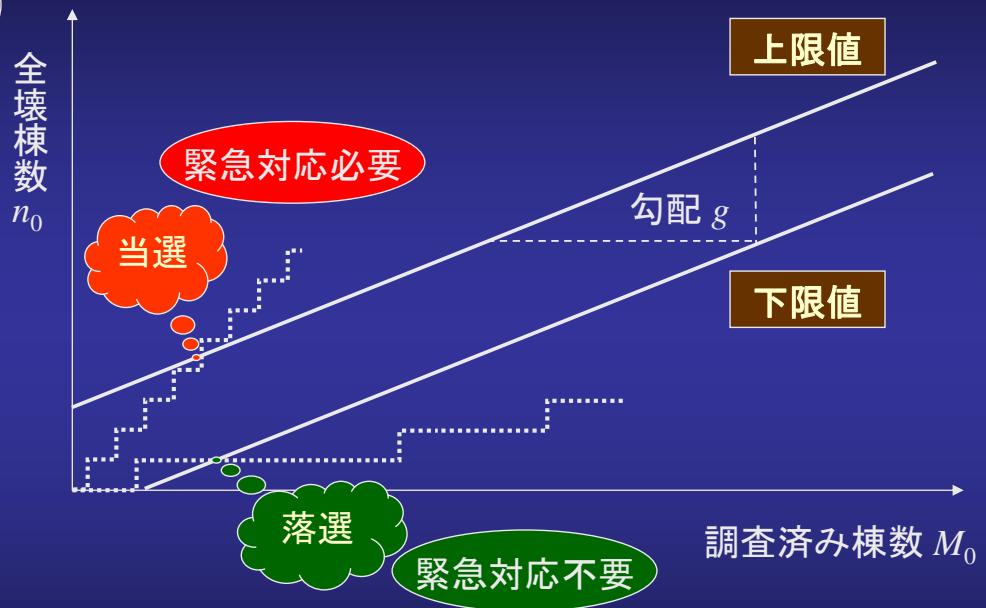


# 逐次確率比検定の概念 開票速報アナロジー

前評判 + 出口調査 (初期推定)



調査結果		実被害情報	
震度:	6.06	調査済棟数:	0
建物総数:	800	全壊棟数:	0
木造A:	366	半壊棟数:	0
木造B:	130	半壊棟数:	0
木造C:	163	無被害数:	0
木造D:	141		
決定保留	全壊棟数: 106 ± 73	半壊棟数: 280 ± 103	無被害数: 406 ± 106



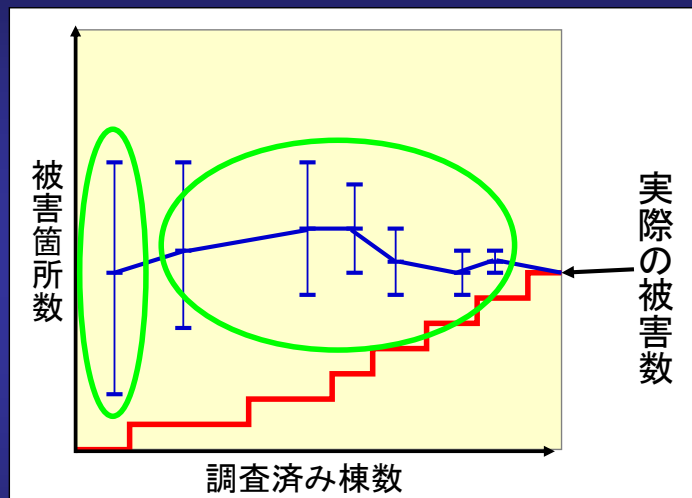
$$\frac{(M_0 + M'_0 + K - 2) \log \frac{1-p_s}{1-p_f} + \log \frac{\beta}{1-\alpha}}{\log \frac{p_f(1-p_s)}{p_s(1-p_f)}} - n'_0 < n_0 < \frac{(M_0 + M'_0 + K - 2) \log \frac{1-p_s}{1-p_f} + \log \frac{1-\beta}{\alpha}}{\log \frac{p_f(1-p_s)}{p_s(1-p_f)}} - n'_0$$

# ベイズ推定法に基づく被害箇所数の逐次推定

推定被害数  $N_T$   
(平均値 ± 標準偏差)

— 確認被害数

初期段階でも被害の概略把握が可能



調査の進展に伴って  
推定精度が向上

# 実被害情報との統合による推定の逐次更新

初期段階

10%進捗

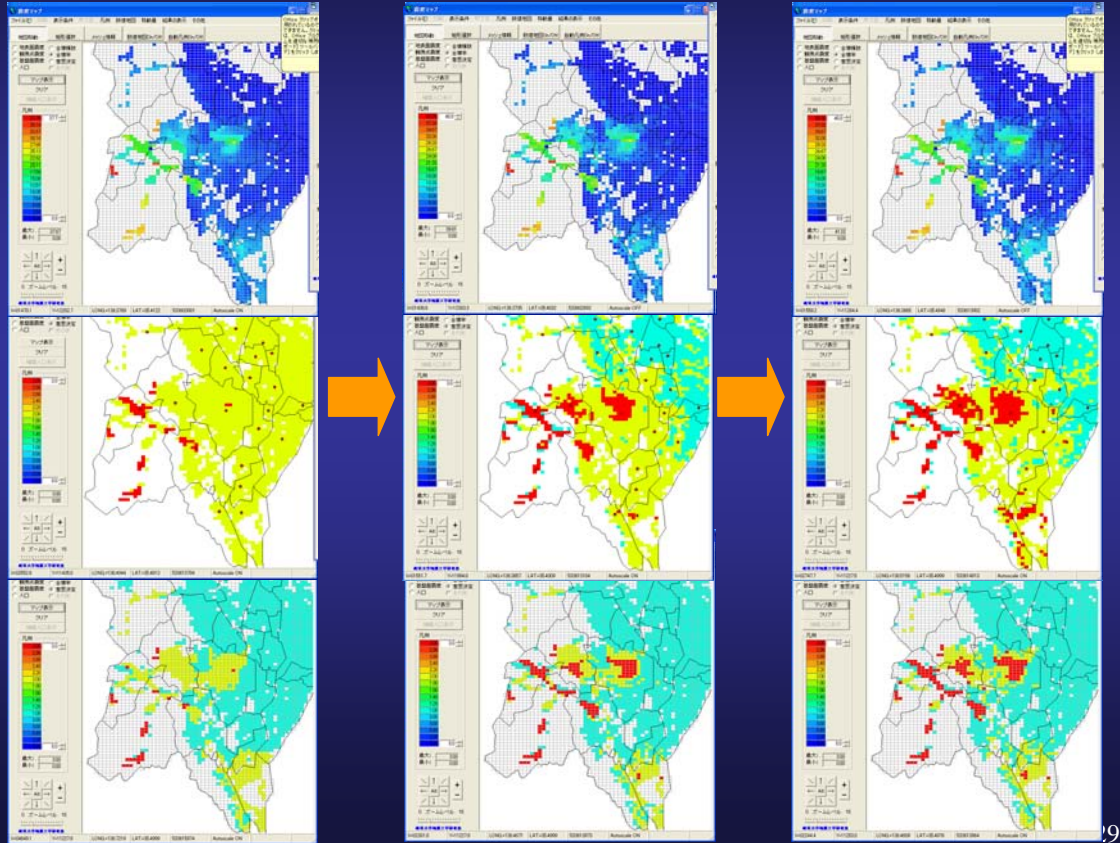
20%進捗

全壊数

意思決定

全壊率  
2.5%レベル

全壊率10%  
レベル



# 実被害情報との統合による推定の逐次更新

初期段階

10%進捗

20%進捗

県全域の被害			県全域の被害			県全域の被害		
県全域の推定被害状況			県全域の推定被害状況			県全域の推定被害状況		
	平均	標準偏差		平均	標準偏差		平均	標準偏差
全壊	2,511	6,080	全壊	10,340	3,860	全壊	11,374	3,199
半壊			半壊			半壊	32,851	5,891
被害			被害			被害	712,027	6,292
市町村別の推定被害状況(全)			市町村別の推定被害状況(全)			市町村別の推定被害状況(全)		
市町村名	平均	標準偏差	市町村名	平均	標準偏差	市町村名	平均	標準偏差
岐阜市	544	1141	岐阜市	6	3	羽島市	482	313
大垣市	3191	2114	大垣市	6	3	恵那市	0	0
高山市	0	0	高山市	0	0	美濃加茂市	0	0
多治見市	0	0	多治見市	0	0	土岐市	0	0
関市	2	9	関市	0	0	各務原市	7	23
中津川市	0	0	中津川市	0	0	可児市	0	0
美濃市	1	3	美濃市	0	0	川島町	19	57
瑞浪市	0	0	瑞浪市	0	0	岐南町	21	68
羽島市	394	618	羽島市	353	347	笠松町	58	131
恵那市	0	0	恵那市	0	0	柳津町	24	57
美濃加茂市	0	0	美濃加茂市	0	0			
土岐市	0	0	土岐市	0	0			
各務原市	19	61	各務原市	10	34			
可児市	0	0	可児市	0	0			
川島町	19	57	川島町	7	24			
岐南町	21	68	岐南町	8	27			
笠松町	58	131	笠松町	65	67			
柳津町	24	57	柳津町	12	29			

# 分光観測に基づく光学センサ画像の影補正

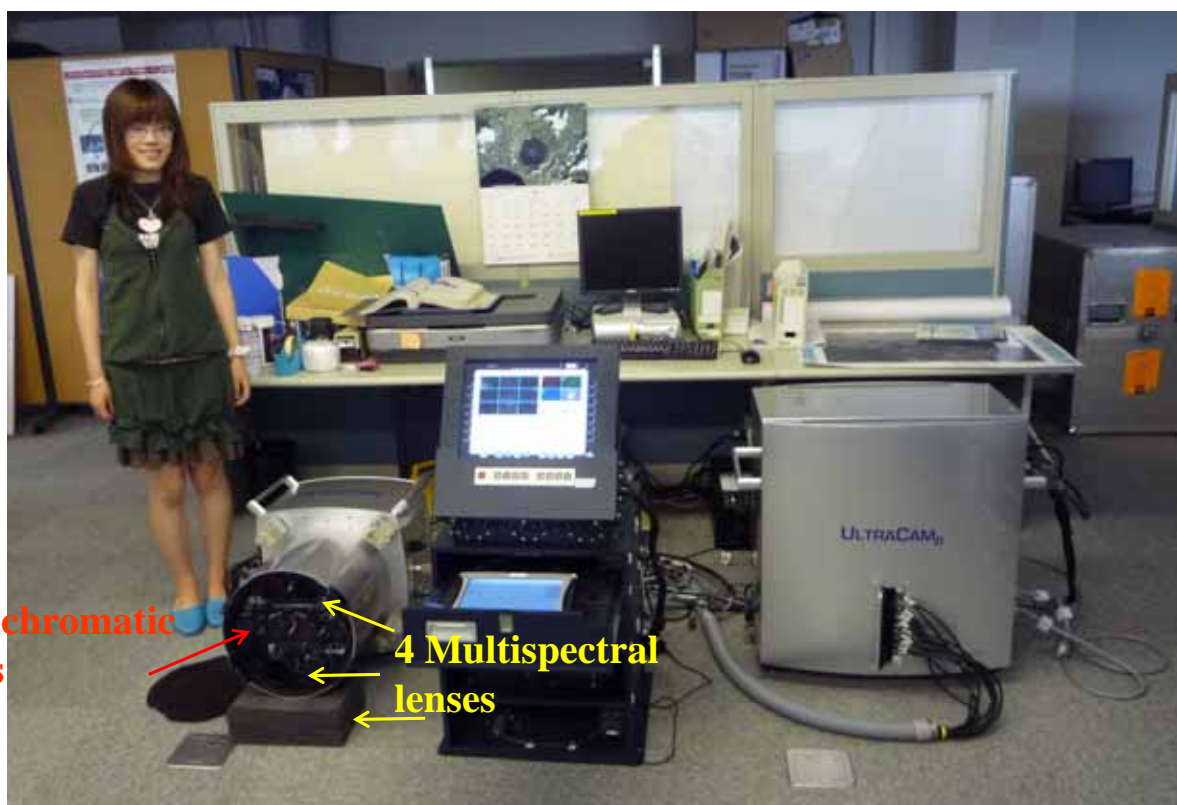
2009/01/29

高崎 真樹子, 山崎文雄

千葉大学

1

## 航空機搭載デジタルカメラ UltraCamD



国土地理院(つくば)

Microsoft's Vexcel Corp.

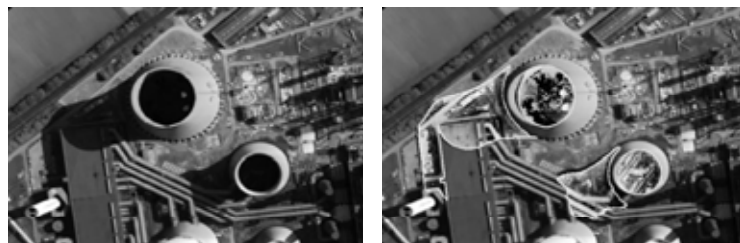
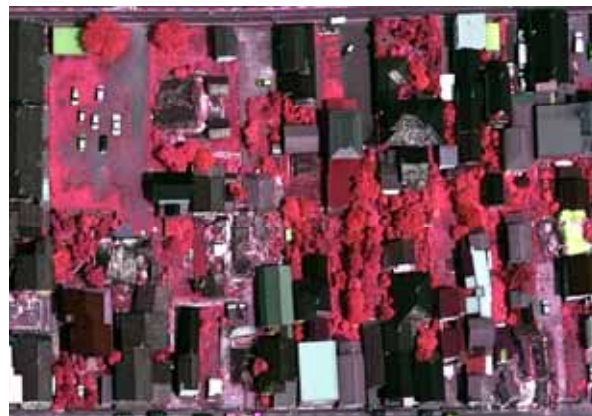
2



# 航空機搭載デジタルカメラ DMC



Intergraph's Z/I Imaging® DMC  
® (Digital Mapping Camera)



<http://www.intergraph.com/dmc/default.asp>

[http://www.ajiko.co.jp/service/space/14\\_digital\\_mapping.html](http://www.ajiko.co.jp/service/space/14_digital_mapping.html)

3

色は同じに見えても、近赤外バンドを使えば違いが分かる

QuickBird

True color

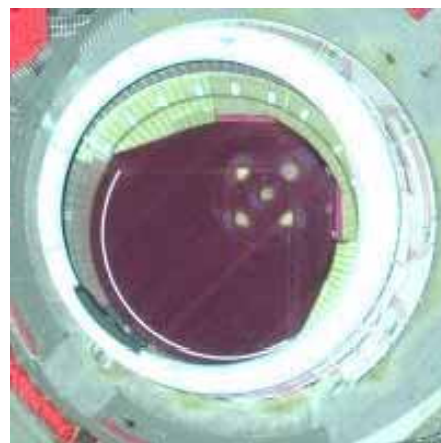
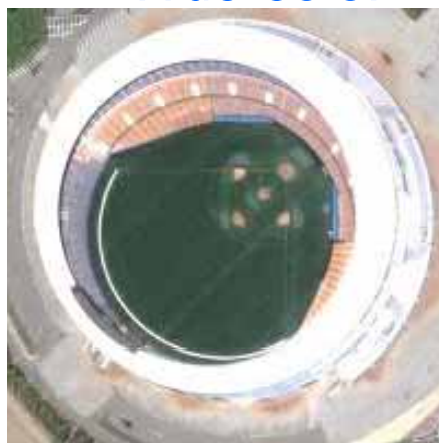
False color

千葉マリスタジアム

人工芝

材質:透水性ナイロン66

芝敷地面積:14,854m<sup>2</sup>



幕張海浜公園

日本庭園

敷地面積:16,000m<sup>2</sup>





# 研究背景・目的

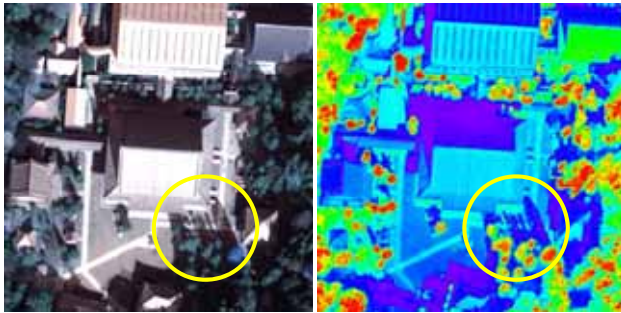
## 【衛星画像の利用】

リモートセンシング画像は、広域性・遠隔性などの利点から自然環境や災害被害の把握等、幅広い分野で利用されている。

## 【問題点】

画像中に影がある場合、影域境界部において輝度値が大きく変化するため影による誤分類や誤抽出が多くなり正しい解析が難しい。

また、解像度が高くなるほどこの影響は大きいと考えられる。



左: True color  
右: NDVI

### NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

正規化植生指標: 植生の有無・多少・活性度を示す

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

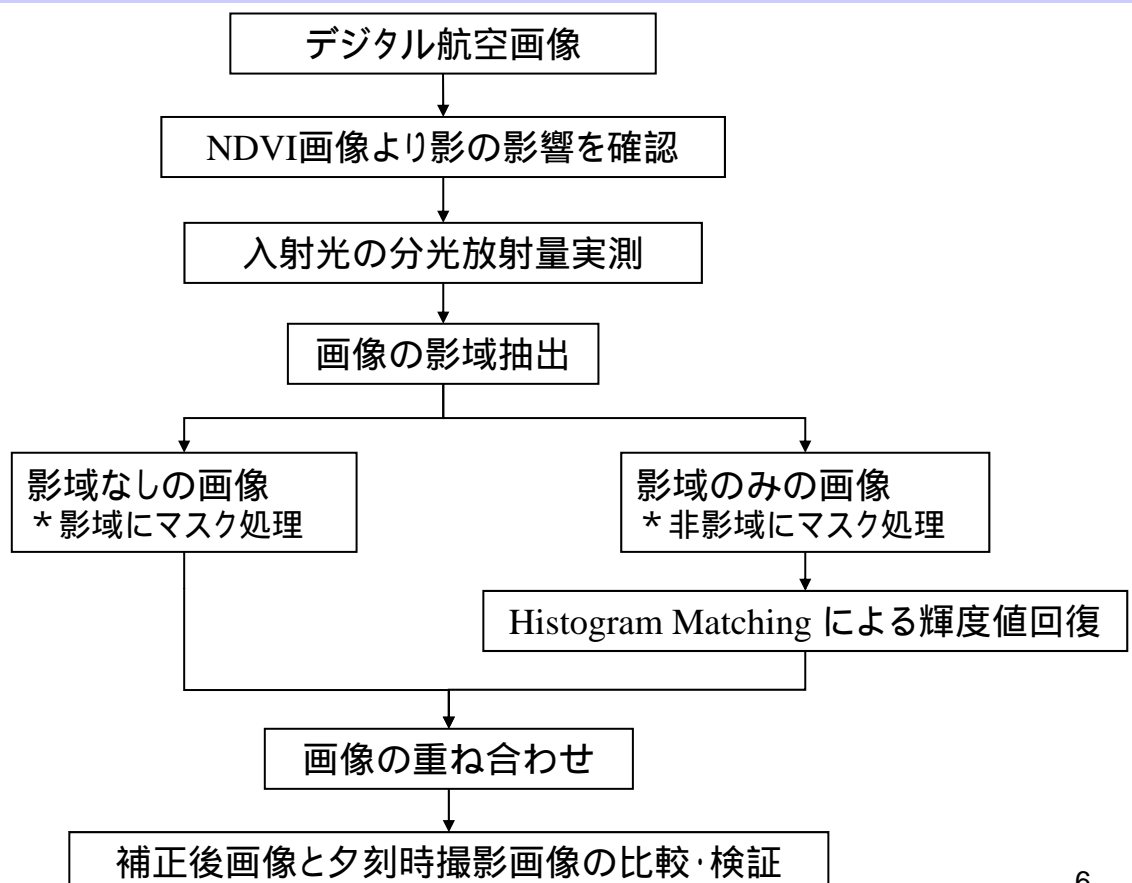
NIR: 近赤外バンドの反射率  
R: 可視の赤バンドの反射率

## 【本研究の目的】

デジタル航空写真と実際の分光実測結果を用いて、太陽光と影の実態を把握しリモートセンシング画像の影域の輝度値補正を行う。

5

# 研究の流れ



6

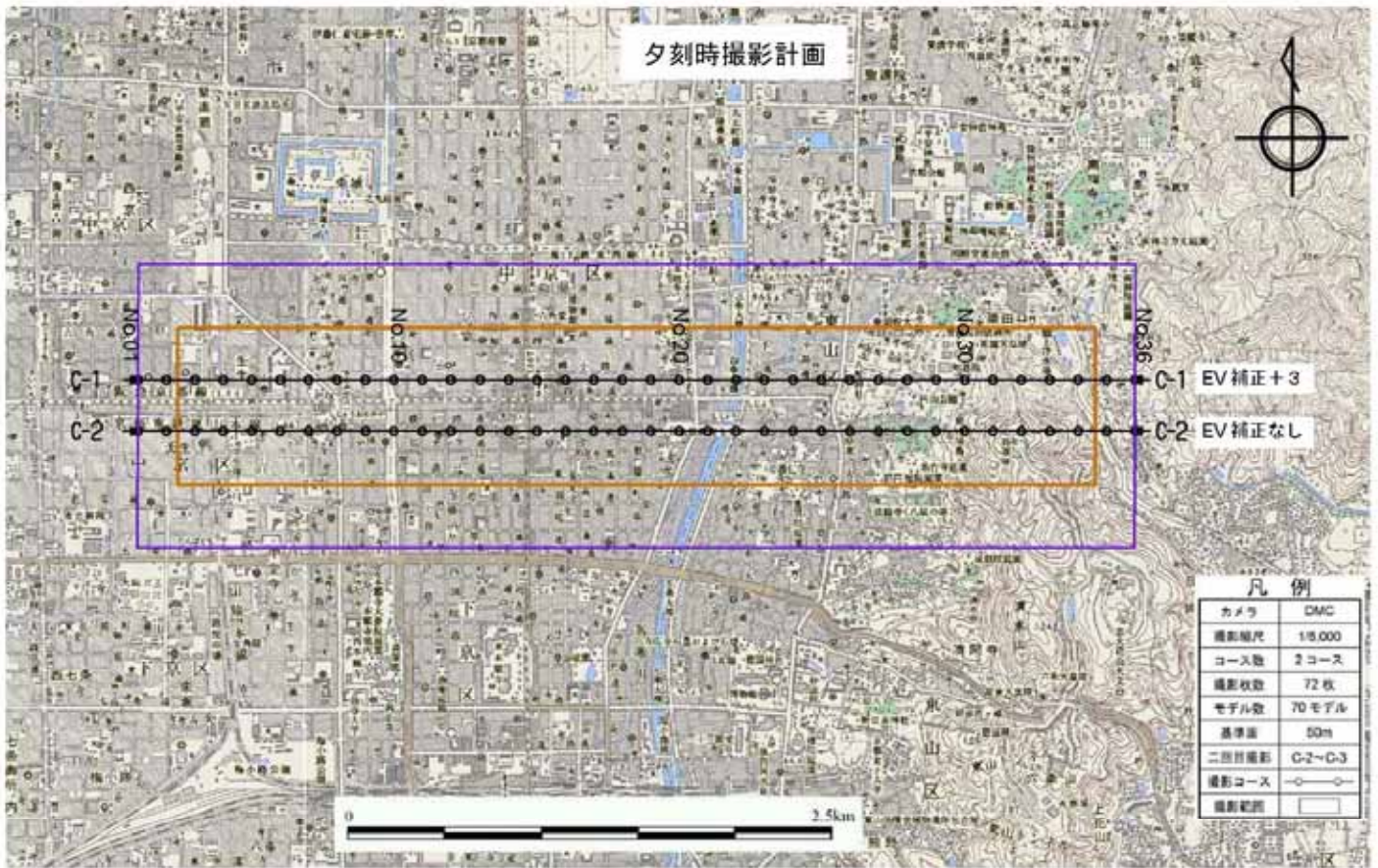


図 4.2 夕刻時撮影計画図

## 京都市東山区のデジタル航空画像 (知恩院・八坂神社周辺)

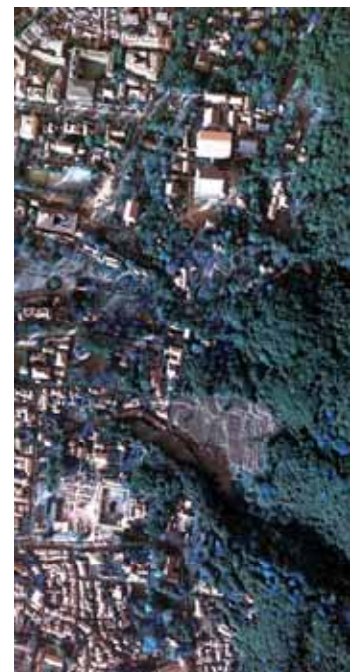
True color  
(R,G,B)=(3,2,1)

### 【画像データ】

対象地域 京都市中心部  
 撮影日時 2007年12月6日  
     通常時 AM 10:27 ~ 10:46  
     夕刻時 PM 14:55 ~ 16:58  
 カメラ DMC (Band1,2,3,4 = B,G,R,NIR)  
 撮影縮尺 1/8000

通常時撮影  
(am 10:30頃)

夕刻時撮影  
(pm 15:10頃)





False color  
(R,G,B)=(4,3,2)

NDVI  
(Band3, 4)

通常時撮影  
(am 10:30頃)

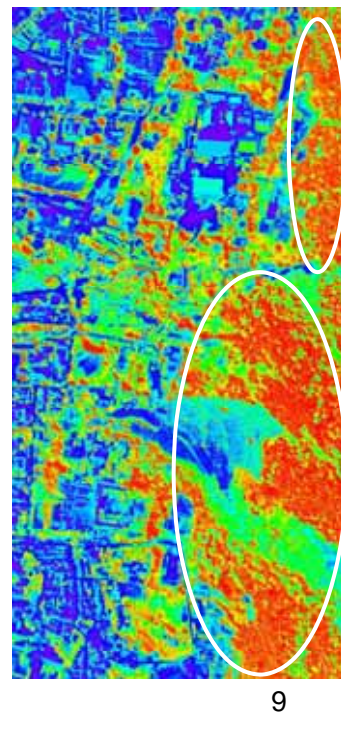
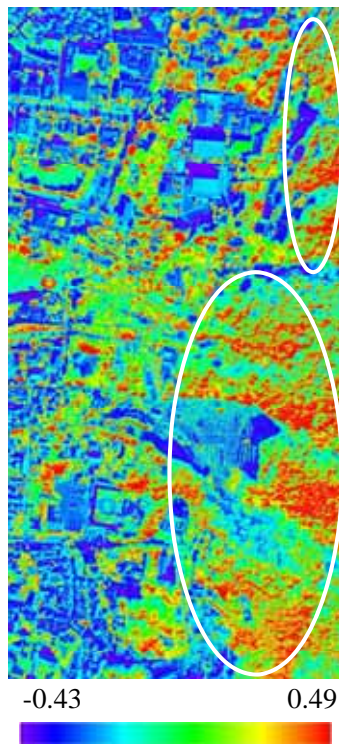
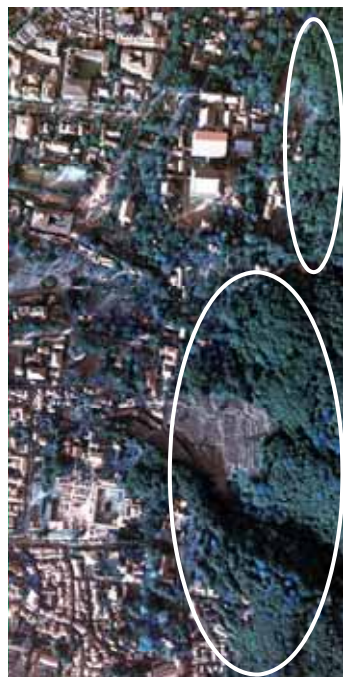
夕刻時撮影  
(pm 15:10頃)

**NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**

正規化植生指標: 植生の有無・多少・活性度を示す

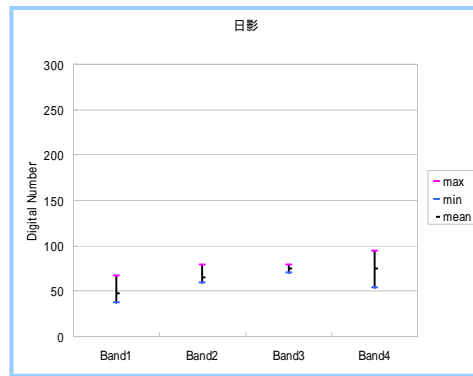
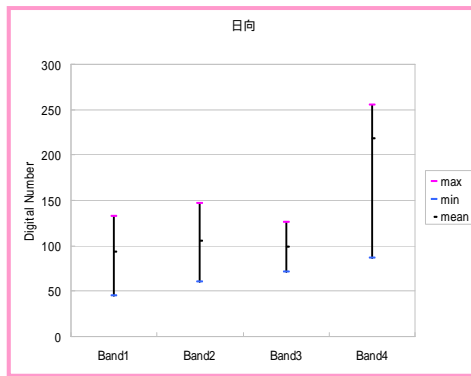
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

NIR: 近赤外バンドの反射率  
R: 可視の赤バンドの反射率



# 影による輝度値の変化

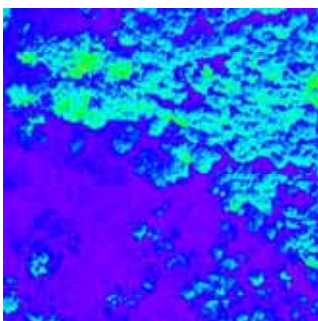
True color (R,G,B) 0~255



\*Band1~4 ... B,G,R,NIR

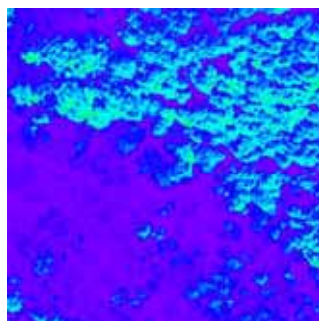
B

DN 36 ~ 177



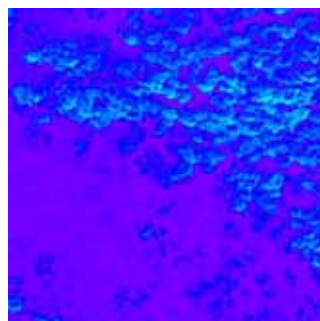
G

DN 56 ~ 159



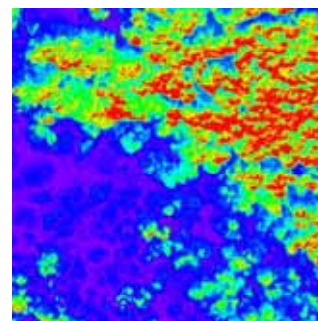
R

DN 68 ~ 127



NIR

DN 53~255



# 入射光の輝度値低下率

白板を用いて太陽の入射光を日向と日影で正午から1時間おきに測定。

- 【測定日時】 2008年12月04日 11:30~16:00
- 【使用機器】 携帯型分光放射計 MS-720 (波長範囲 350~1,050nm)
- 【測定場所】 千葉大学 自然科学研究棟 屋上



\*各時間3回ずつ測定し平均値を計算。

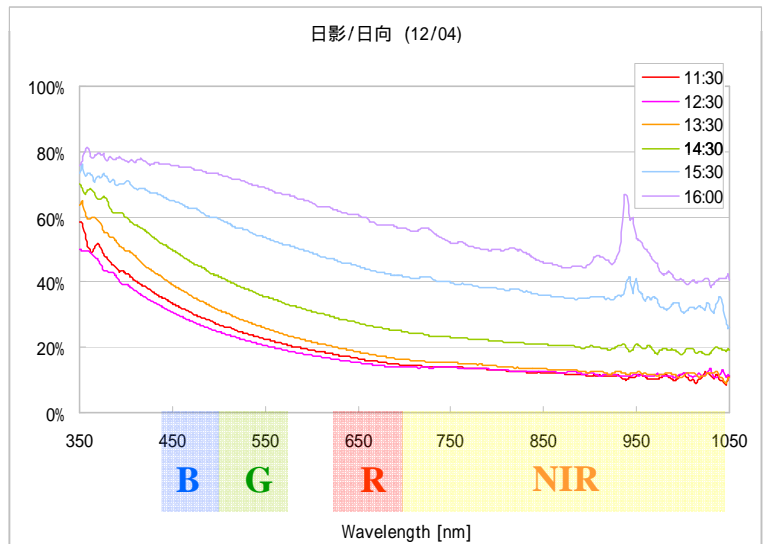
$$\text{輝度値低下率} = \frac{\text{日影の反射量}}{\text{日向の反射量}}$$

\*輝度値低下率が全バンドで一定ならば

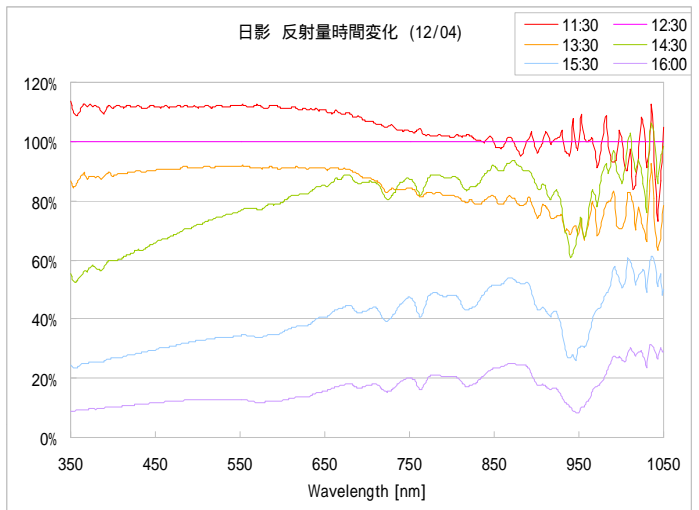
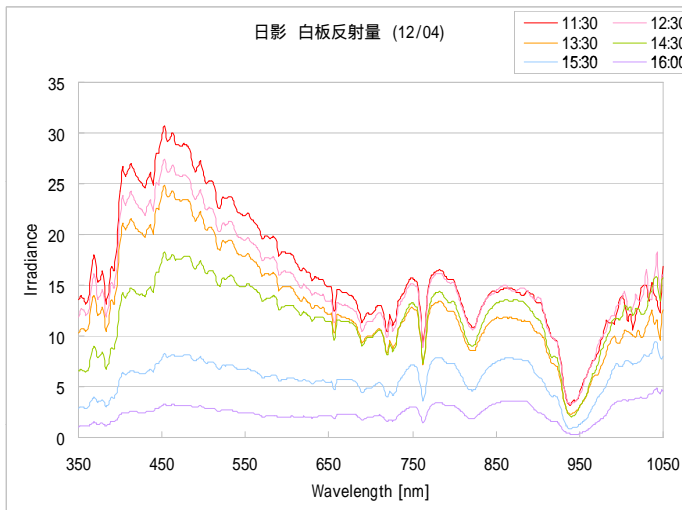
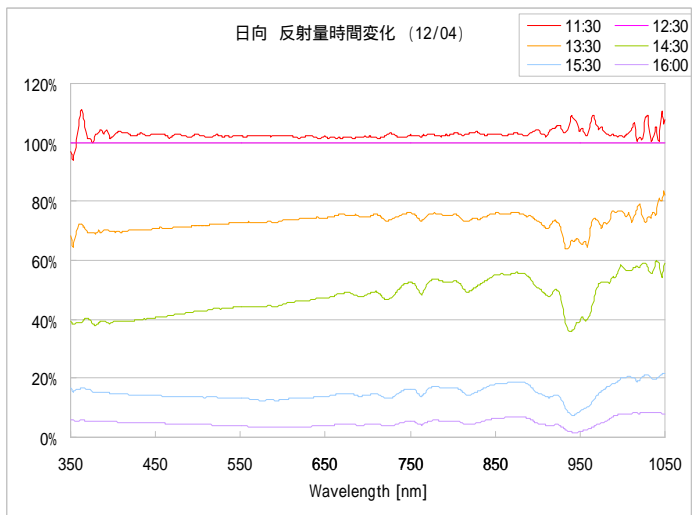
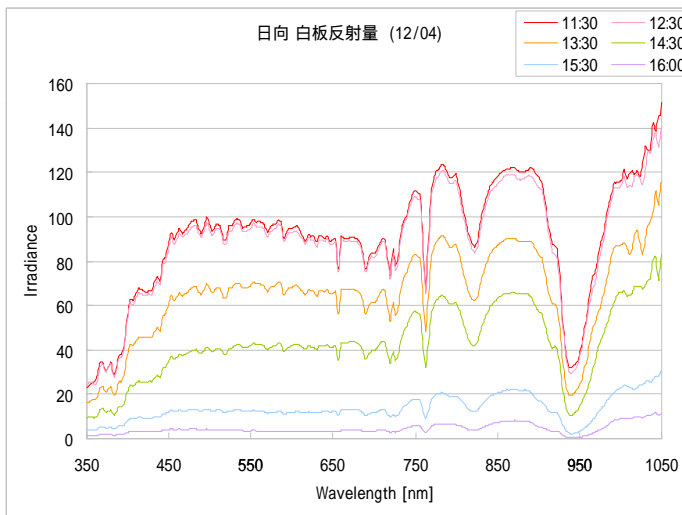
$$\text{日影の輝度値} \times \frac{1}{\text{輝度値低下率}} = \text{日向の輝度値}$$

\*異なるとき

各バンドごとに低下率を求めてから輝度値回復を行い、画像の重ねあわせをする。



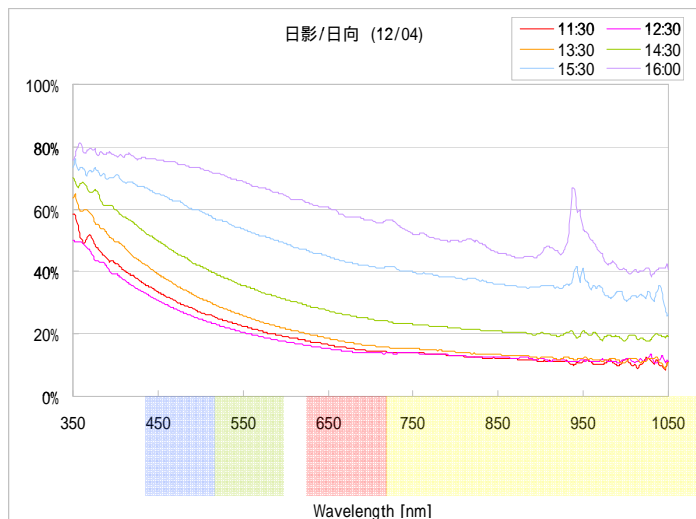
11



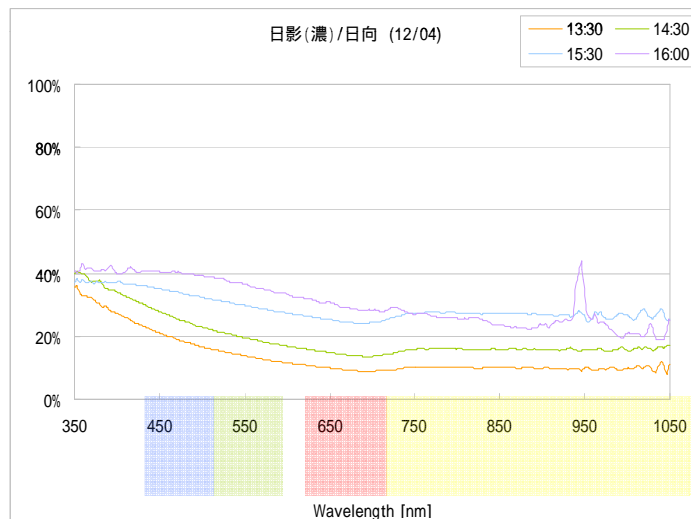


# 入射光の輝度値低下率(2)

比較的薄い影



建物の濃い影



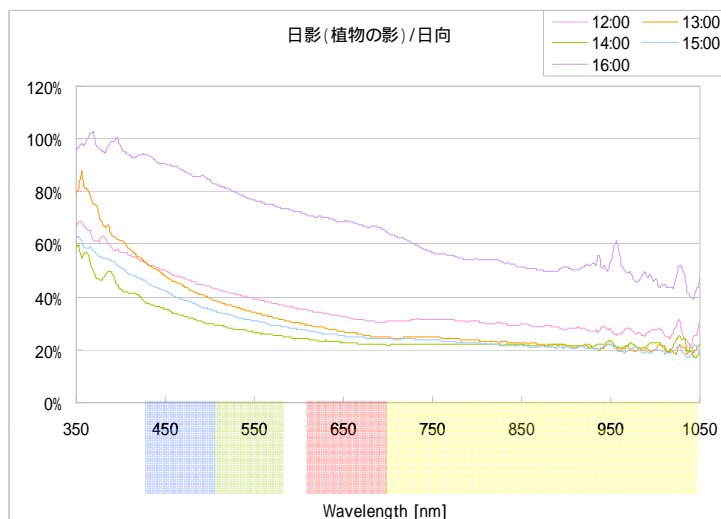
13

## 京都での調査

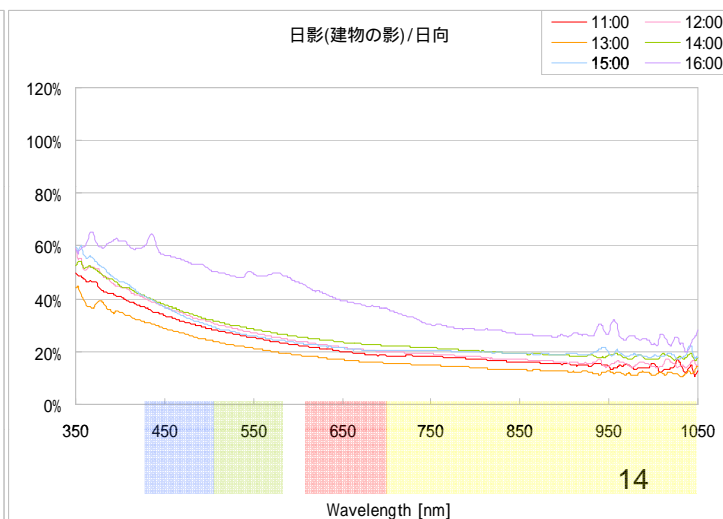
【測定日時】 2008年12月10日 11:30~16:00  
 【使用機器】 携帯型分光放射計 MS-720 (波長範囲 350~1,050nm)  
 【測定場所】 京都市 四条大橋周辺



植物の薄い影



建物の濃い影



14



# 京都の現地の様子

上: デジタル航空写真  
下: 現地写真

通常時撮影  
(10:30頃)



10:30頃撮影



夕刻時撮影  
(16:10頃)



15:40頃撮影



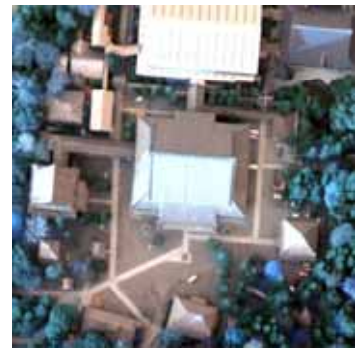
15

# 京都の現地の様子 (2)

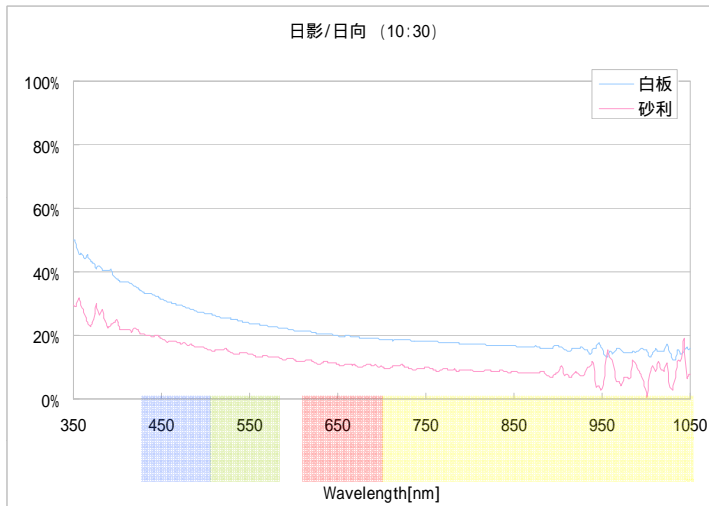
10:30頃



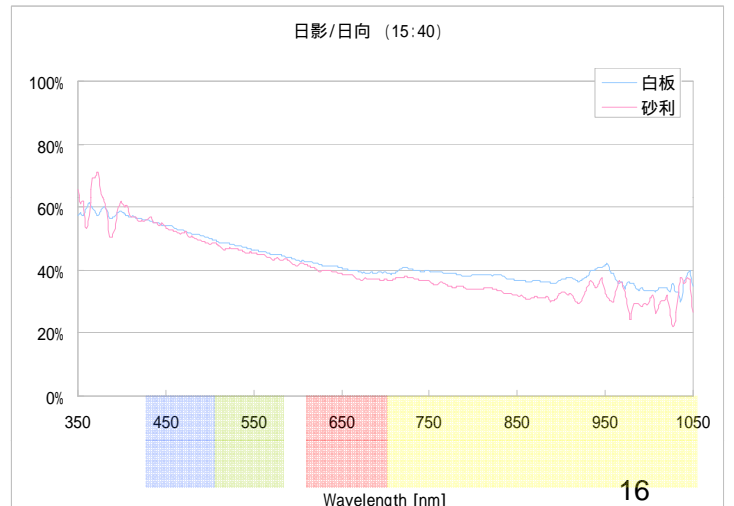
15:40頃



日影/日向 (10:30)



日影/日向 (15:40)



16

# 影域の抽出方法

輝度値を閾値として、影域を抽出する.使用する元画像は以下の3つより選択する.

[1] Band1~4 (RGB,NIR) 画像

[2] Band4 (NIR) 画像

[3] Principal Components 第1主軸の画像

\* [1]については以下の値を定義.

$$DN = \frac{B + G + R + NIR}{4}$$

\* [2]分光測定結果より、NIRが全バンドの中で最も影による輝度値変化が大きいと予想.

True color



[1] 0~255



[2] 0~255



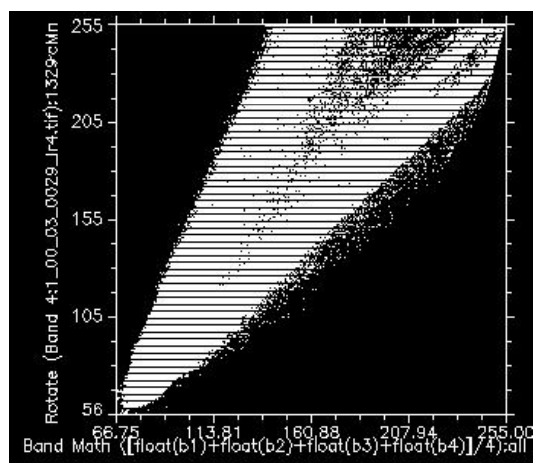
[3] -140~272



17

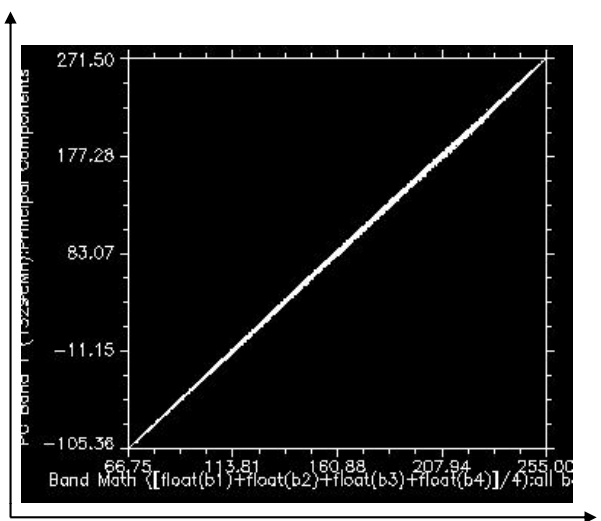
# Scatter Plots

[2] Band4 (NIR) 画像



[1] Band1~4 (RGB,NIR) 画像

[3] Principal Components 第1主軸の画像



[1] Band1~4 (RGB,NIR) 画像

18



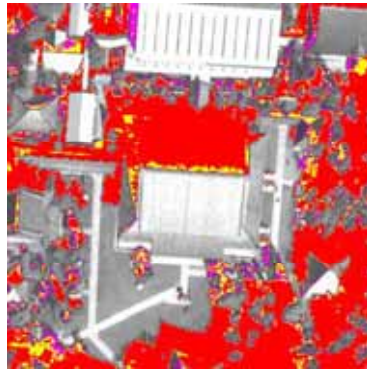
# 影の輝度値

- ◆ 0~90 [Red]
- ◆ 90~100 [Yellow]
- ◆ 100~110 [Pink]

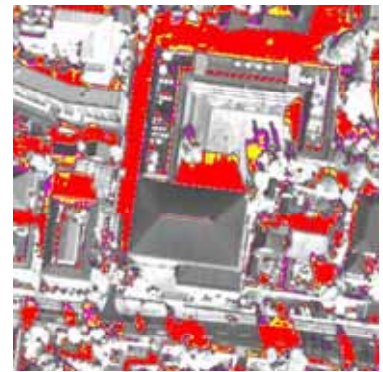
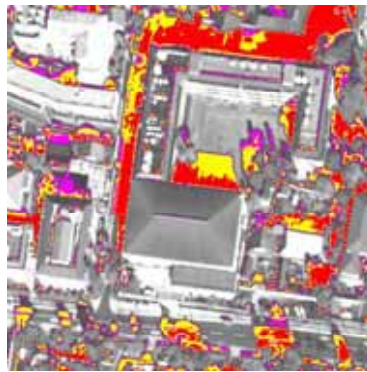
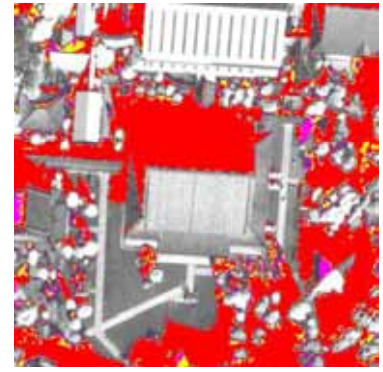
True color



[1] Band1~4 (RGB,NIR) 画像



[2] Band4 (NIR) 画像

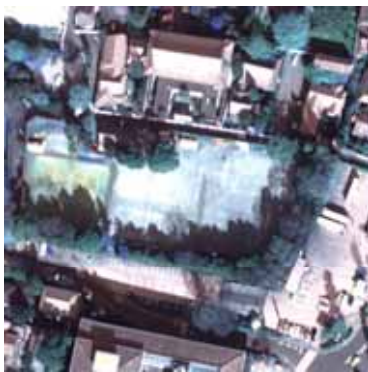


19

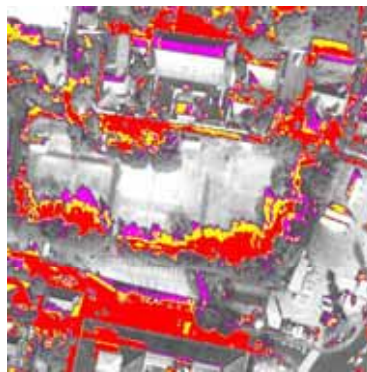
# 影の輝度値(2)

- ◆ 0~90 [Red]
- ◆ 90~100 [Yellow]
- ◆ 100~110 [Pink]

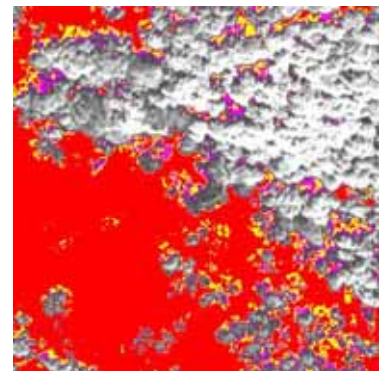
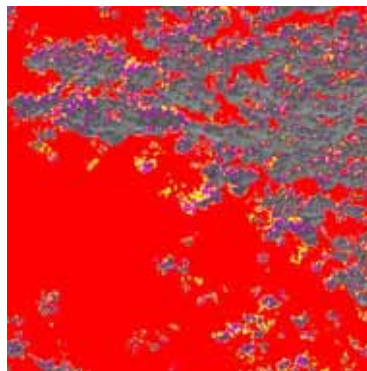
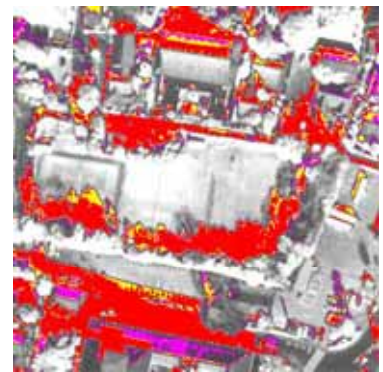
True color



[1] Band1~4 (RGB,NIR) 画像



[2] Band4 (NIR) 画像



20



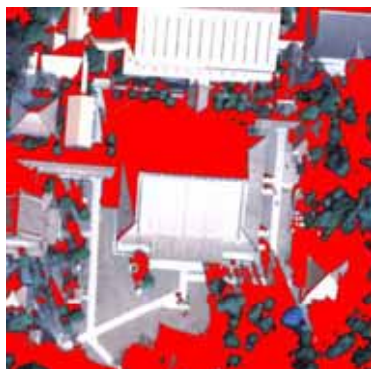
# 影域の抽出

影域なしの画像 (日向)



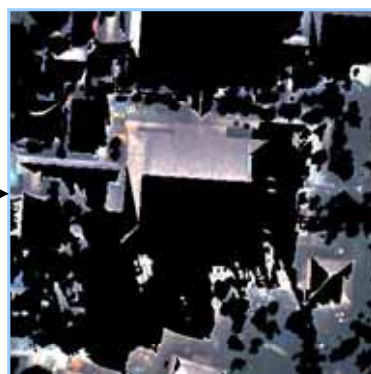
[2] Band4 (NIR) 画像

◆ 0~100 [Red]



影域のみの画像 (日影)

Histogram Matching  
により輝度値を回復



21

# 画像の重ね合わせ

影域なしの画像 (日向)



輝度値回復後の画像



補正後画像



補正前画像

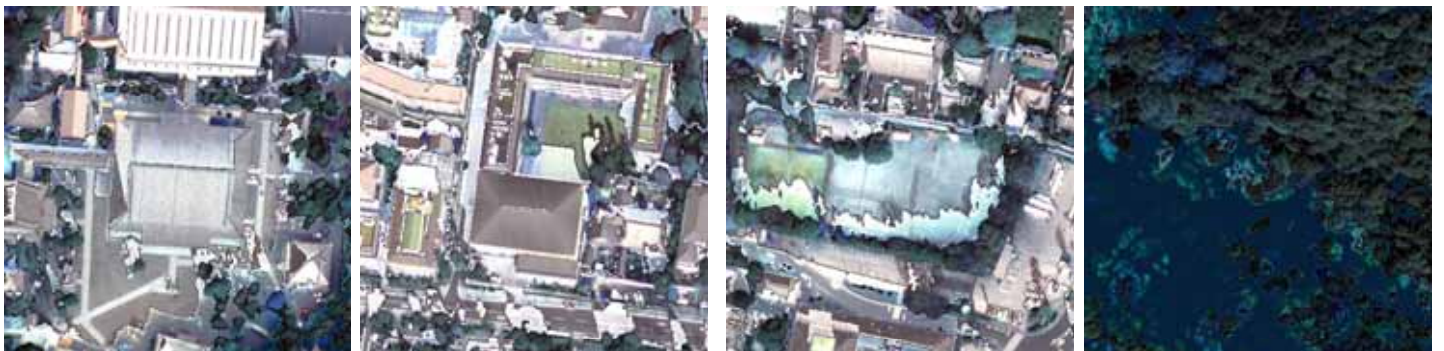
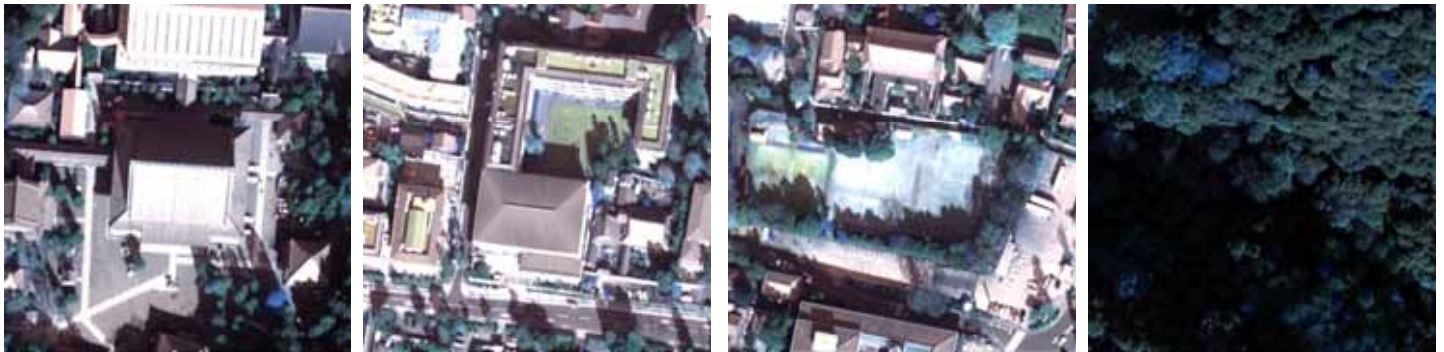




# 補正前後の画像比較(1)

True color

*Before*



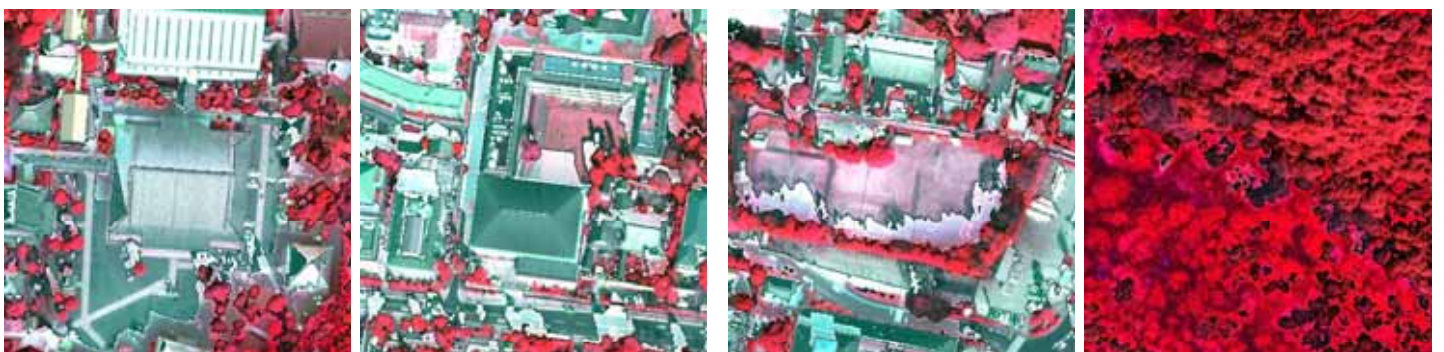
*After*

23

# 補正前後の画像比較(2)

False color

*Before*

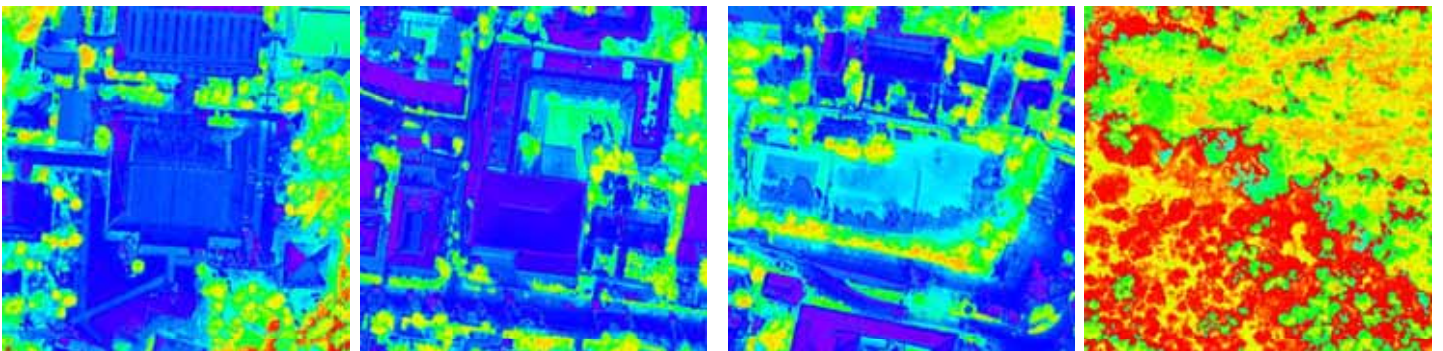
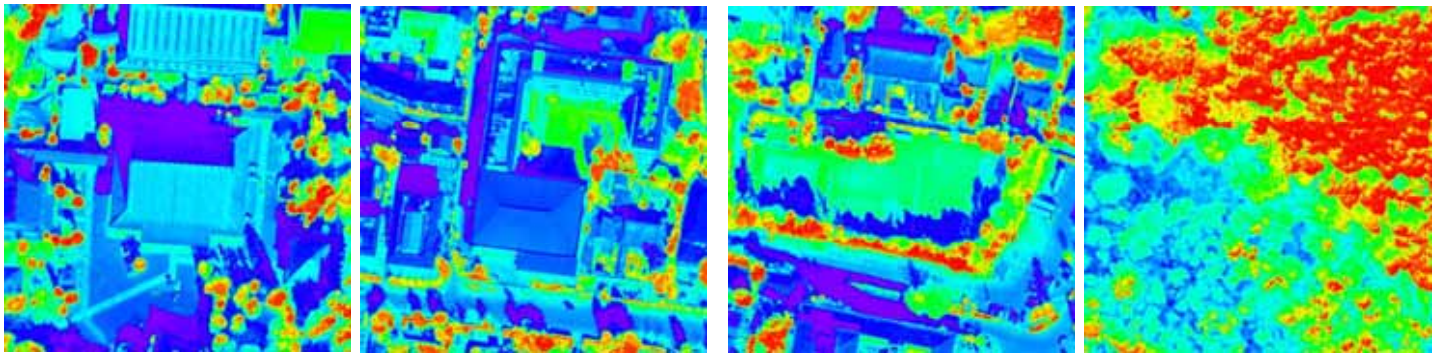


*After*

24



Before



After

25

## まとめ

- 1) リモートセンシング画像の輝度値を利用した解析では影の影響を受けた誤判読が多い. NDVI値はその影響を受けることが多く、同じ日でも時間によって変化する.
- 2) 影のでき方や色の濃さは、画像が撮影された時期・時間・場所や天気によって異なる. また、影の原因物(建物・植物 etc...)の種類によっても影の濃さが異なる. そのため画像内の影を一律に補正することは難しいことがわかる.
- 3) NIRバンド画像を用いた影域の抽出により、デジタル航空写真の影の補正を行った.

指定した範囲内では、境界線は残るが影域の輝度値をほぼ補正できた. False colorやNDVIの画像からも、影の影響を緩和できたと考えられる.