

SLATS画像による地物変化の感度分析

2020年1月24日

三菱電機株式会社 鈴木 将敬、有井 基文

1. はじめに
2. SLATS画像の感度分析
3. 縮小画像における感度特性評価
4. まとめ

1. はじめに



SLATS定点観測画像 1

1.1 背景と課題

背景

昨今の地球観測衛星利用において、衛星機数の増加による撮像頻度増大や高分解能化に伴いデータ量増大が著しい。

⇒地物の状態変化を自動で抽出する技術(e.g.機械学習)の適用が進む。

課題

センサの物理的特性を除くと、光学画像は次の要素で特徴づけられる。

幾何学的位置関係(ポインティング条件、太陽条件)、**大気条件**、**地物等**

- **地物の物理量変化を抽出するうえで、撮像条件の影響を受けやすい。**



**撮像条件の影響を極力均一化した画像データ群による
地物抽出が有用**

1.2 条件を均一化した観測方法

SLATS運用で実施された**完全回帰軌道**による日々の**定点観測運用**では、以下のような条件で画像を高頻度取得可能

- **観測地点、ポインティング条件(衛星天頂角・方位角)**が日毎に均一
- 短期的には、**太陽条件(太陽天頂角・方位角)**も日毎にほぼ均一とできる。
(短期的に複数回撮像するために、一日で回帰する**完全回帰軌道**であることが重要！)

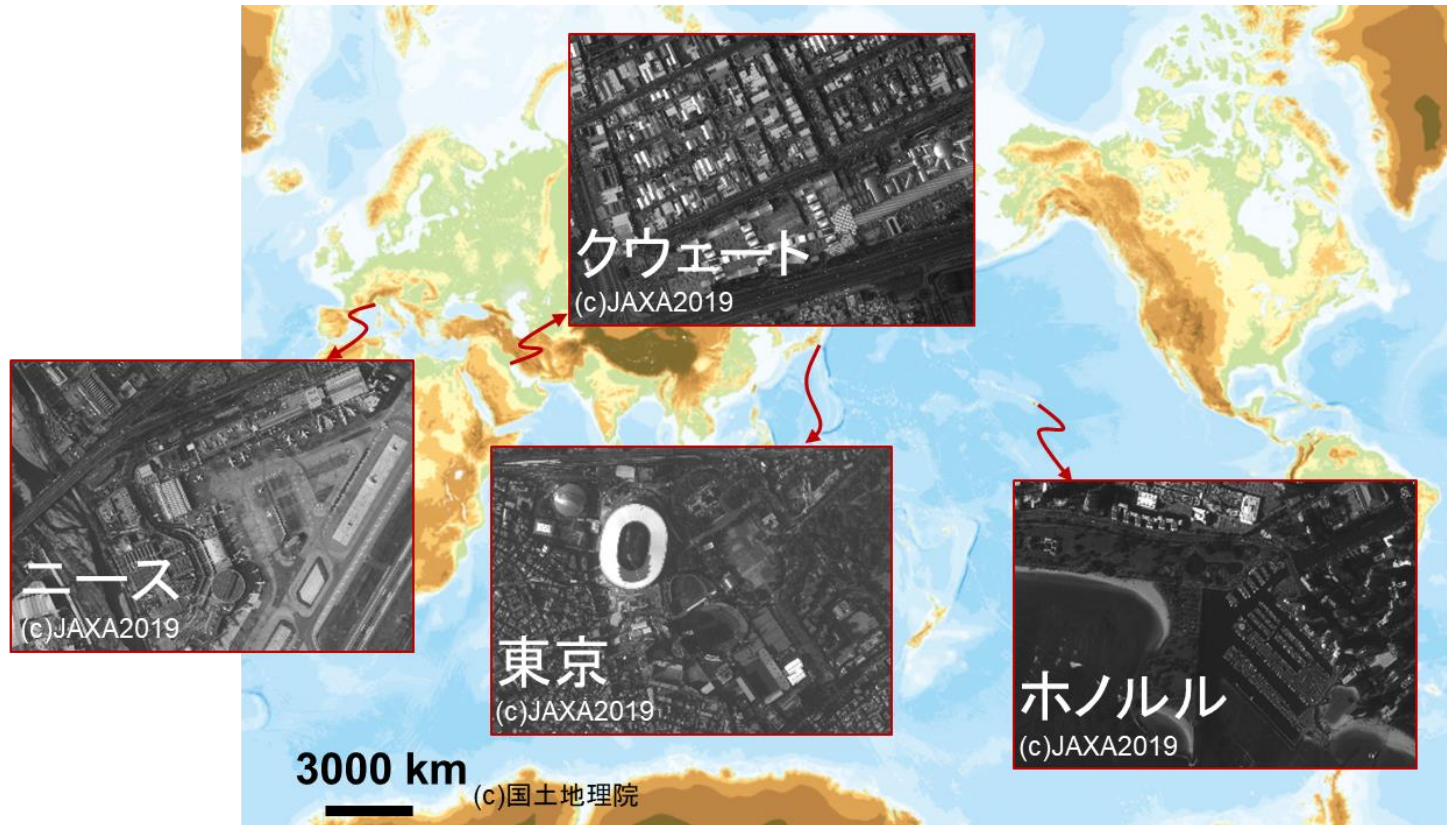
すなわち**日々の定点観測により得られた幾何条件の均一化された画像群**を**適宜、大気の状態**で整理することで、**地物の変化を強調**することが可能となる。

地物の変化は画像上で
どういった変化として現れるのか？
抽出に適した統計量は何？

1.3 本検討の目的

目的

本検討では、日々の定点観測画像による地物変化抽出の第一段階として、**地物の変化がどういった統計量に感度を持つかを調査**する。



SLATSによる定点観測地点

2. SLATS画像の感度分析



SLATS定点観測画像 2

2.1 車両数に対する統計量変化の調査

抽出ターゲット

地物変化抽出の検討においては、以下のような特徴を持つターゲットが好ましい。

- ✓ 日々の変化が比較的大きい
- ✓ 画像から変化を定量的に目視確認可能
(数の変化をカウント可能)
- ✓ 評価可能な領域が多数存在
⇒ 駐車場の車両数変化を抽出

統計量の選択

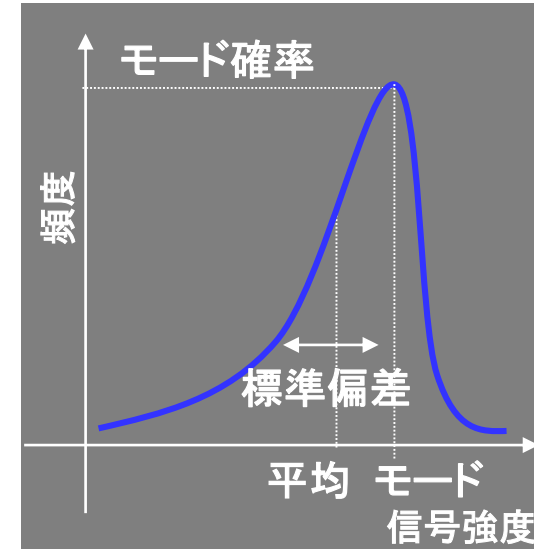
時系列画像から以下の統計量と車両数変化との相関を調査。

① 平均値、② 標準偏差

：一般的な統計量として、平均(信号の大きさ)と標準偏差(信号の空間的なばらつき)の時系列推移を評価。

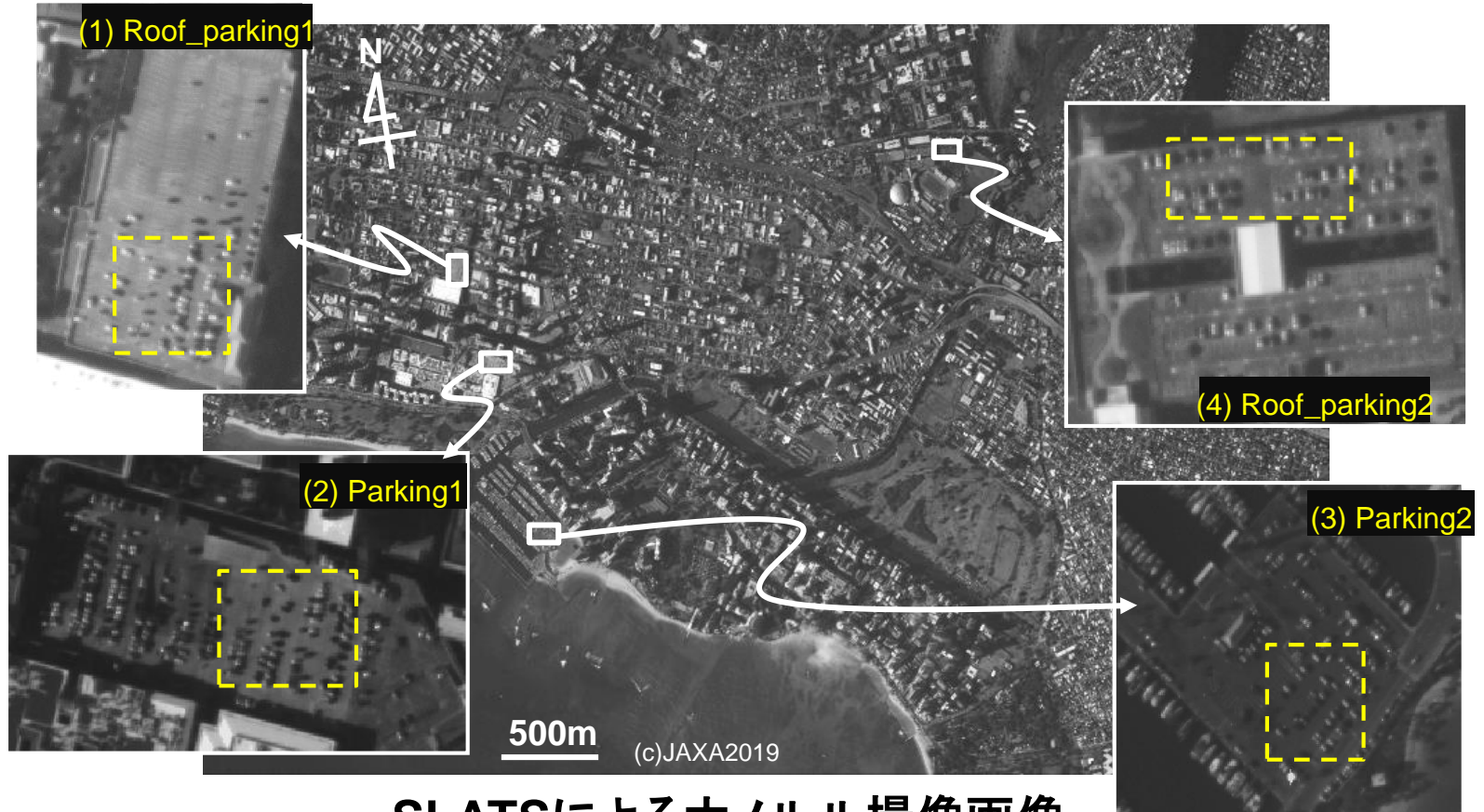
③ モード(最頻値)確率

：画像中で一様な背景(最頻値に該当)が占める領域の割合の時系列推移を評価する。車両が増加することで背景が露出する領域が減少するため、感度を有すると予想。



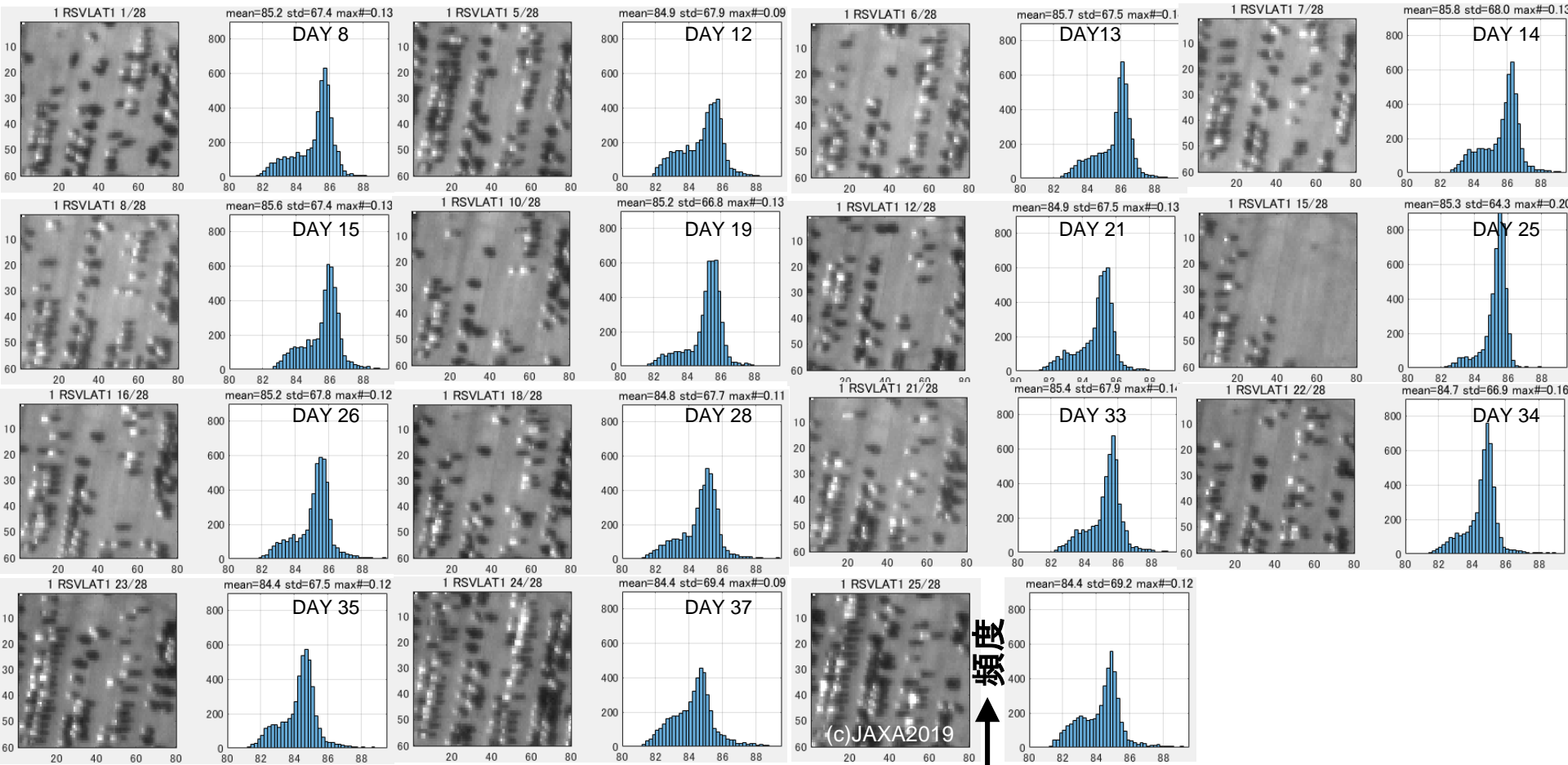
2.2 評価箇所一覧

- 下図に示す4か所の駐車場を評価
- 大気の影響も極力排除するため、画像は晴天時のものを選択

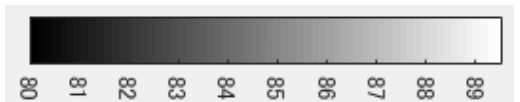


SLATSによるホノルル撮像画像

2.2.1 評価画像一覧((2) Parking1)



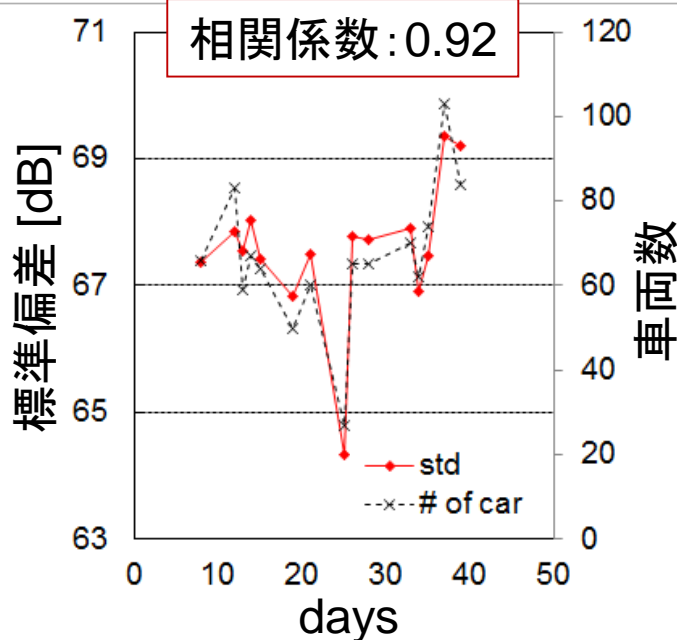
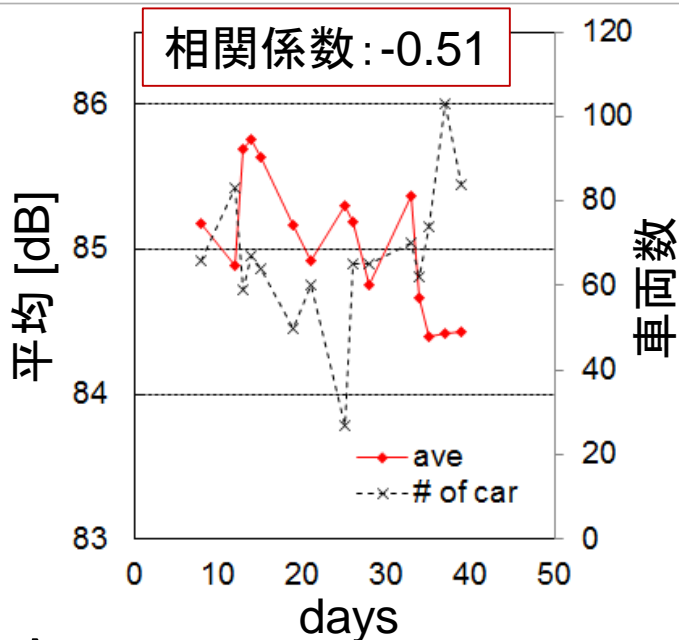
頻度
 信号強度



[dB]

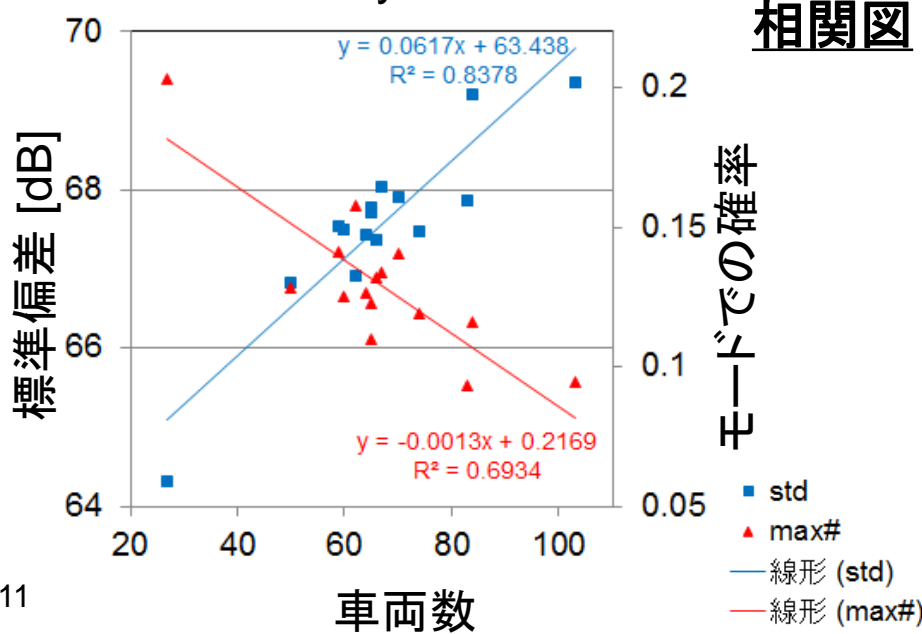
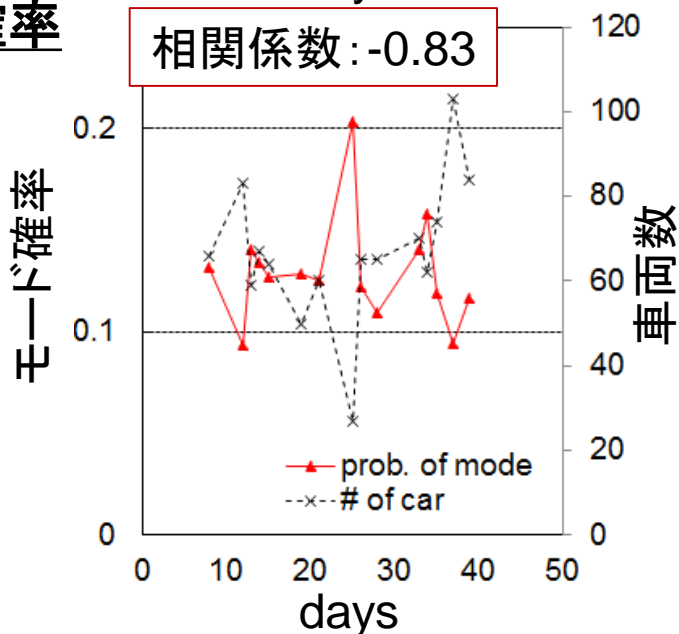
2.2.2 車両数と各種統計量((2) Parking1)

平均

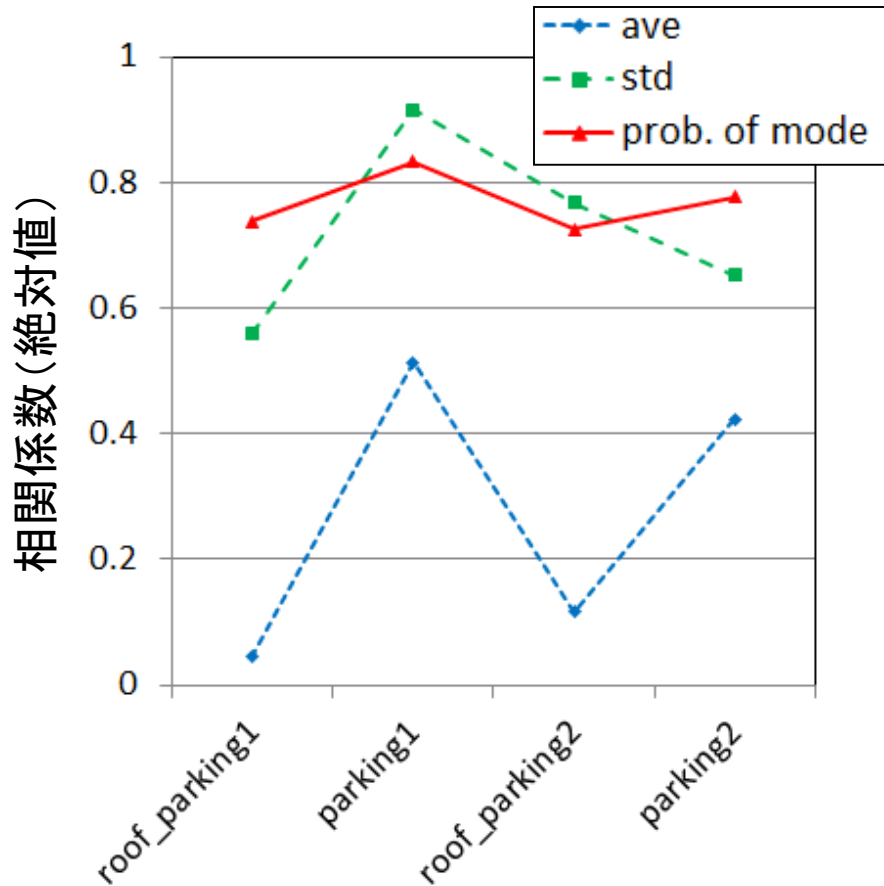


標準偏差

モード確率



2.3 各種統計量の車両数変化に対する相関

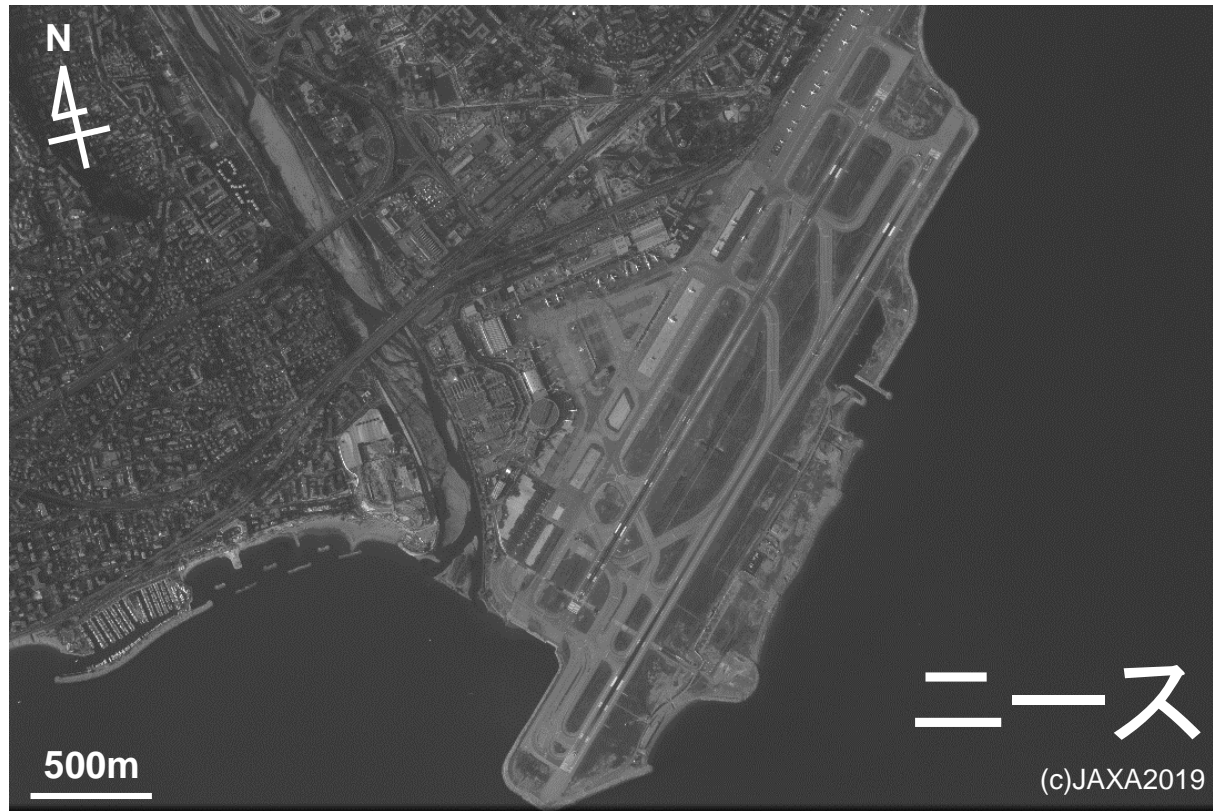


- ✓ 各地点における車両数と統計量との相関係数において、標準偏差とモード確率が高い相関(感度)



撮像条件の影響を均一化することで、**統計量と線形手法のみで地物の変化量を抽出可能**

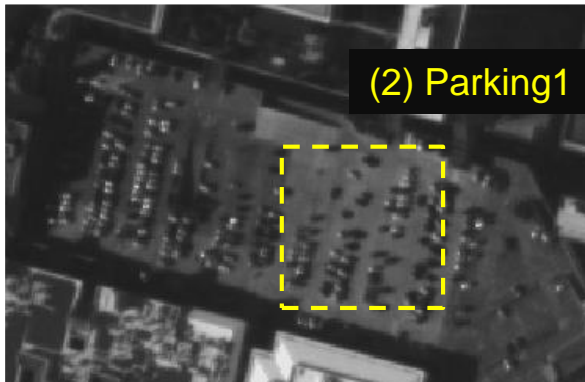
3. 縮小画像における感度特性評価



SLATS定点観測画像 3

3.1 縮小画像での地物抽出

- より現実的な利用に向けて、縮小化した画像(e.g. サムネイル画像)においても統計量が地物変化に対して感度を示すか評価
- ビニングの倍率を変化させながら車両数に対する標準偏差の相関係数を算出



評価対象シーン

- 評価条件

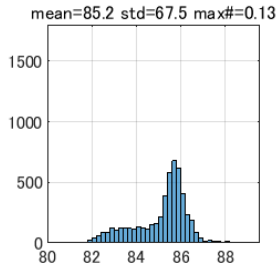
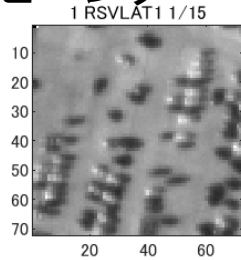
評価シーン: 車両数に対して統計量が最も高い相関係数を示した駐車場((2)parking1)

車両数数評価: 画像より目視評価

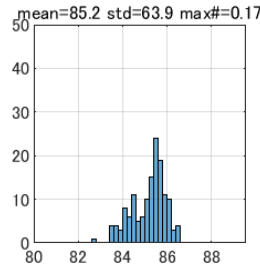
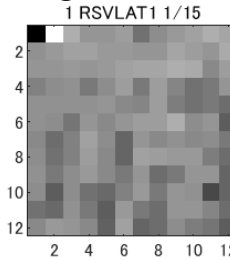
評価画像サイズ: 72 × 72pixel

3.1.1 評価画像一覧

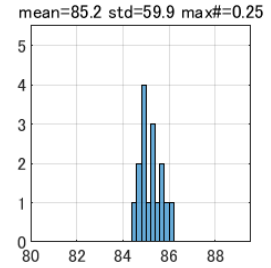
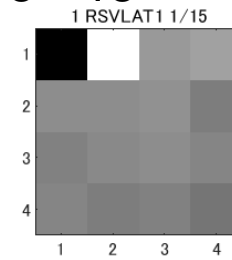
1×1 ビニング



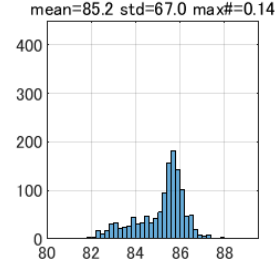
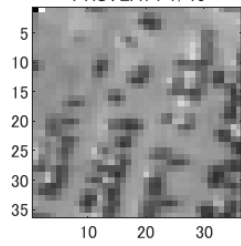
6×6



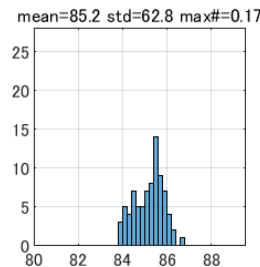
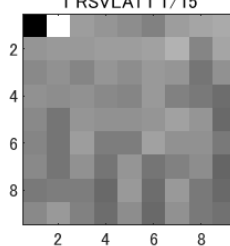
18×18



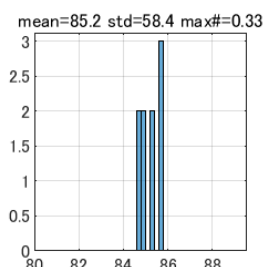
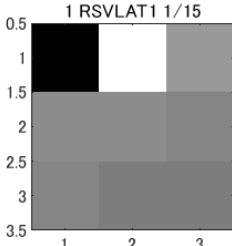
2×2



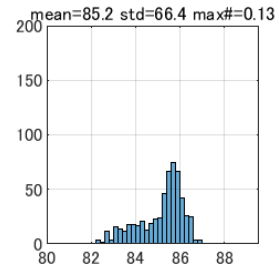
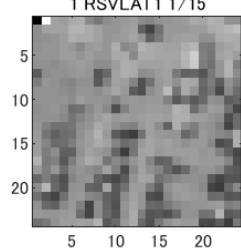
8×8



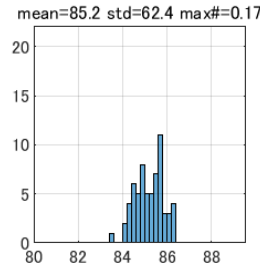
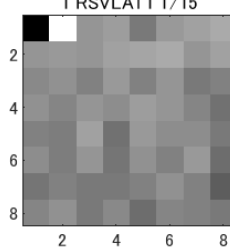
24×24



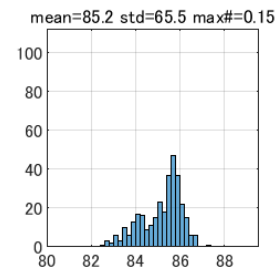
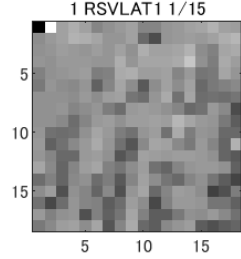
3×3



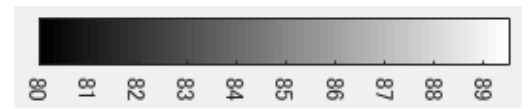
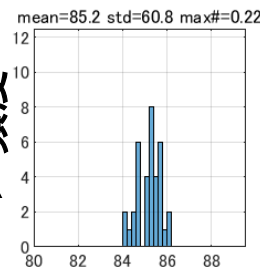
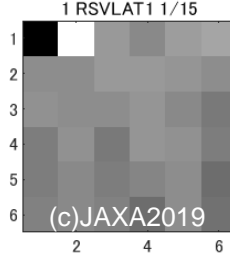
9×9



4×4



12×12



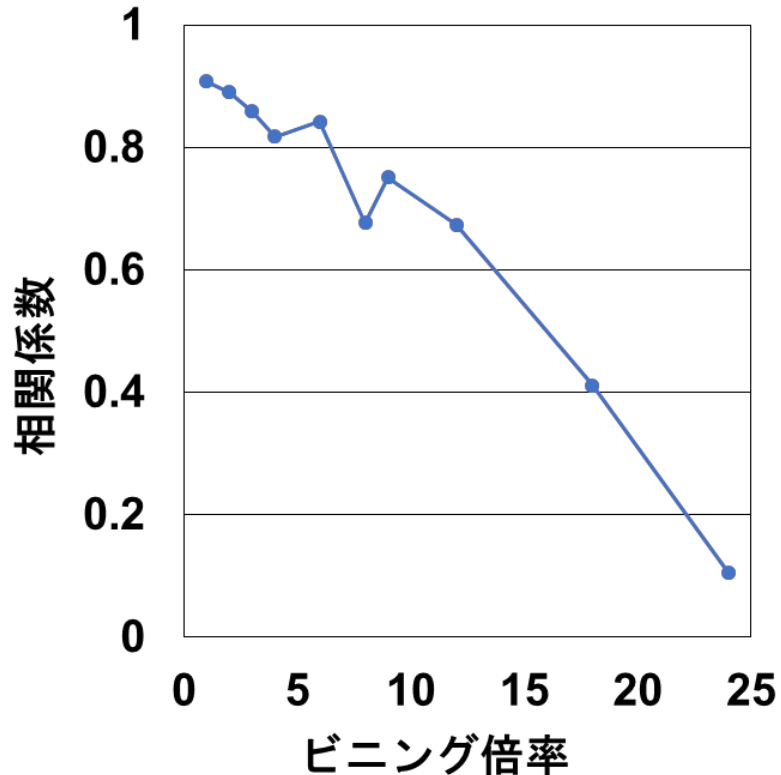
[dB]

頻度 ↑
↓ 信号強度

注)各画像の左上には、画素値の最小値と最大値を示すことで画像間で明るさを比較できる。なお、ヒストグラムの表示や統計量の計算において本来の画素値を用いている。

3.1.2 縮小画像における相関係数特性

相関係数(標準偏差・車両数)



- ✓ ビンニング倍率=6まで高い相関係数を維持
⇒ 分解能1/6のサムネイル画像でも車両数を検出できる可能性

より大きいターゲットや
より小さいターゲットでは？

3.2 大きさの異なるターゲットに対する特性

- 小型航空機の駐機数の変化を抽出
- 車両に比べ大型のターゲット(35m程度)
- どの程度高い相関が保たれるか(画像をとの程度縮小可能か)を調査



- 評価条件

評価シーン:

同程度の大きさの航空機が駐機し、比較的路面のテクスチャが一様な領域@コートダジュール空港(ニース)

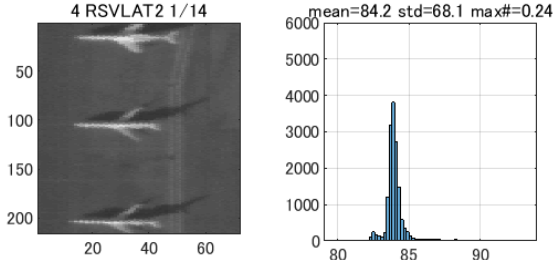
航空機数評価: 画像より目視評価

評価画像サイズ: 72 × 144pixel

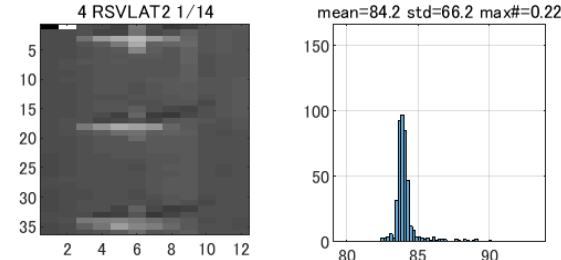
※矩形で領域を切り出すために画像を回転させた。この際、画素値の変化を抑えるために補間方式はニアレストネイバーを選択。

3.2.1 評価画像一覧

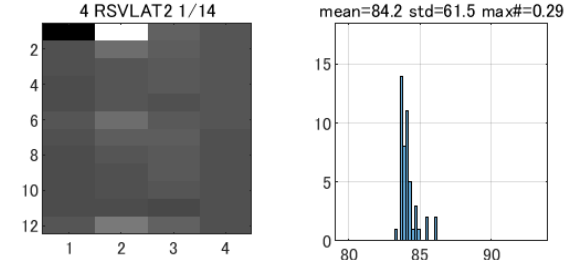
ビンング倍率1×1



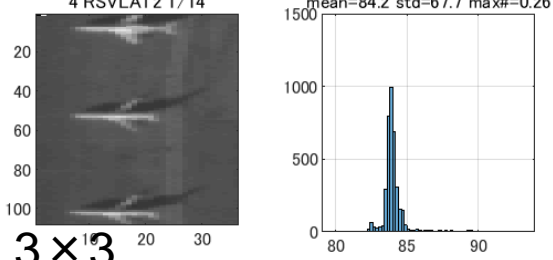
6×6



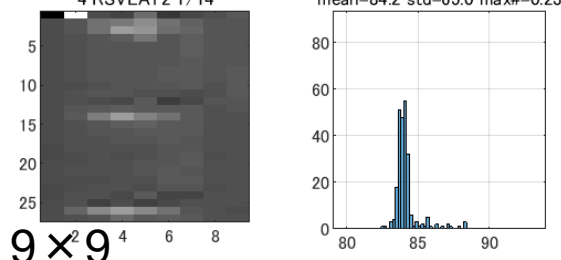
18×18



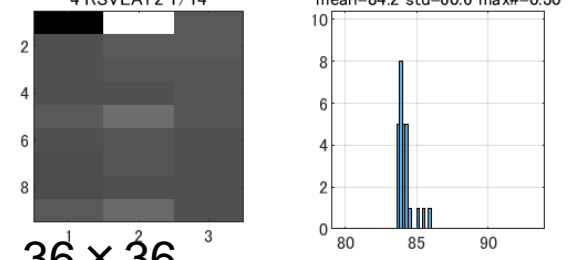
2×2



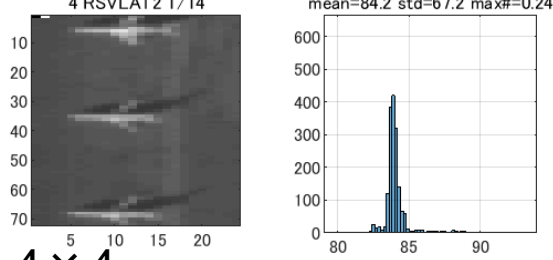
8×8



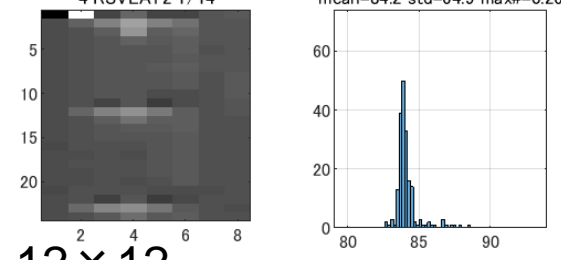
24×24



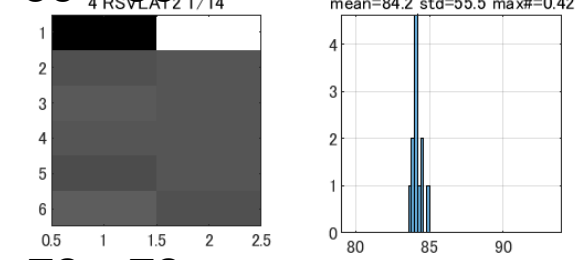
3×3



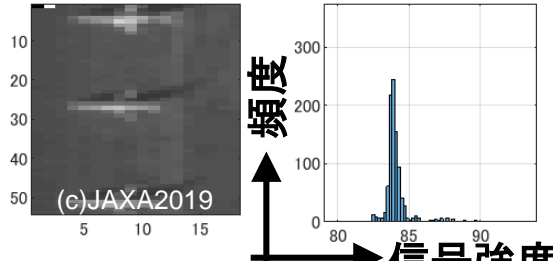
9×9



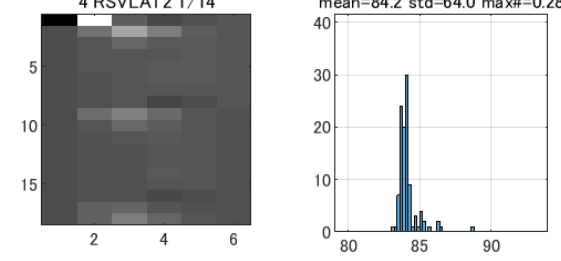
36×36



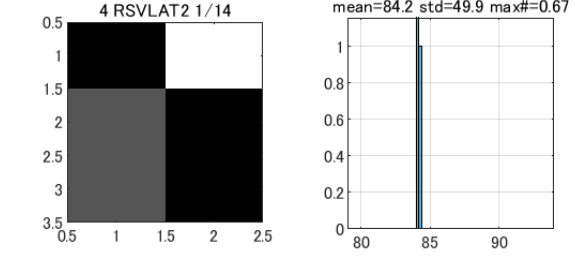
4×4



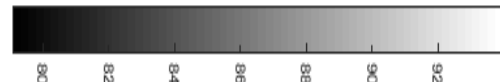
12×12



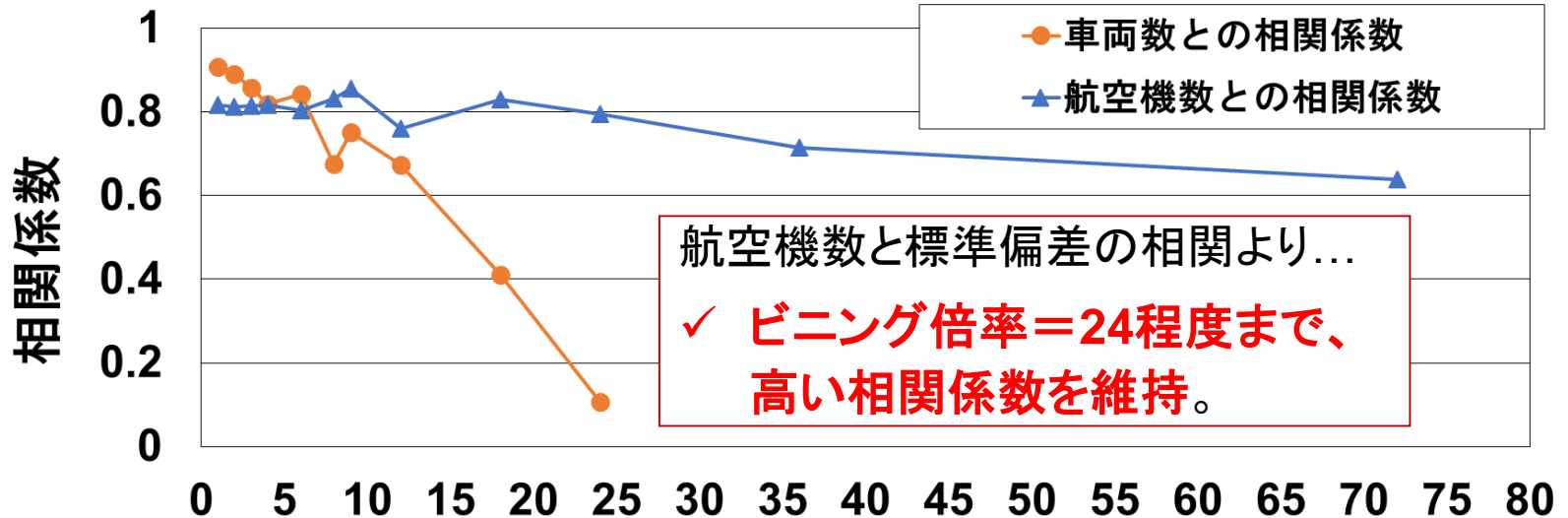
72×72



頻度 ↑
 信号強度 →



3.3 ターゲットサイズによる特性の違い



航空機数と標準偏差の相関より...
 ✓ **ビンニング倍率=24程度まで、**
高い相関係数を維持。

車両数と航空機数の比較より... **ビンニング倍率**

- ✓ 航空機数は車両数に比べて減少が緩やか。
- ✓ **ターゲットのサイズ(画像上で占める画素数)が影響**するものと考えられる。
- ✓ 車両数・航空機数共に、ビンニング後のGSDがターゲットを複数含むようなビンニング倍率であっても0.8~0.6程度の相関値が得られている。



興味のある**ターゲットによって、許容可能な縮小率が異なる**。また、高縮小率画像ではターゲット数の変化は放射輝度値の変化として現れるため、**高い相関を得るためにはラジオメトリック性能も重要**と考えられる。

4. まとめ



SLATS定点観測画像 4

4. まとめ

評価結果まとめ

SLATSによる完全回帰・定点観測画像から以下の成果が得られた。

1. 均一な撮像条件下の駐車場画像において車両数変化と統計量の相関を調査
 - ⇒ 車両数に対して標準偏差とモード確率が高い感度を示した。
2. 縮小画像における統計量・地物変化の特性を調査
 - ⇒ 縮小画像においても地物変化に対して統計量が高い感度を示した。
 - ⇒ 縮小可能な倍率がターゲットの大きさに依存することを確認。

撮像条件の影響を均一化した画像からは、非常にシンプルかつ線形な手法によって、地物の情報を抽出できることを示した。

4. まとめ

今後の衛星開発に期待すること

➤ より多様な地物への変化抽出手法の適用

船舶の停泊数、コンテナの増減、群衆の増減、農作物の生育状況、災害による地上の変化 etc. 様々なターゲットへの適用が可能と期待される。

➤ 完全回帰軌道で運用される衛星群の開発

上記のような様々な地物抽出に活用するため、完全回帰軌道に多数の衛星を投入し、様々な条件・地物の時系列データを蓄積。

