

# 空中写真を用いたAIによる建物変化検出

布施 健・蘇 しゅう (朝日航洋株式会社)

## 1. はじめに

近年、AIというワードをよく耳にする。我々の身近なものでは、インターネットの検索エンジンに活用されており、入力されたキーワードに連想される候補が即座に推奨され、時間に追われる現代社会には必要不可欠になりつつある。

写真判読の分野では、空中写真オルソ画像を使用した建物の変化検出において、スペクトル情報や数値表層モデル (DSM) などを用いた様々な自動化への取り組みが行われてきた。しかし、図1に示すように植生や影などの建物以外の変化の影響による検出漏れや過剰検出など多くの課題が残されている。

これらの課題に対して、私たちは深層学習の畳み込みニューラルネットワーク (以下、CNNs) を用いて、課題解決に取り組んできた。

本稿では、検出漏れや過剰検出を解決するため、空中写真オルソ画像を用いて、深層学習によるAIを活用した建物変化の検出手法の考案および検証結果を報告する。

## 2. 深層学習

AIの主たる手法には、人間の脳神経回路をモデル化し、CNNsを用いた深層学習がある。本稿では、地物のセグメンテーションに使用されることが多く、特定の物体の位置情報を把握するのに特化しているU-Net<sup>1)</sup>をベースに改良したモデル (以下、Model S) を研究開発対象とし、比較検証用として、画像分類において高く評価されるVGG19<sup>2)</sup>を用い、建物状況変化の検出における画像分類手法の定性的・定量的評価を実施した。



図1 スペクトル情報および数値表層モデル (DSM) を使用した自動検出による新築・取り壊し等の誤検出例  
《自動抽出凡例》赤：新築、青：取り壊し、緑：色変化、橙：テクスチャー変化

### 3. AIの学習と予測

#### 3.1 データ加工処理

使用するデータは2時期の空中写真オルソ画像と建物領域画像である。

空中写真オルソ画像および建物領域画像に対して、該当する建物にバッファを発生させ、建物の大きさや形状の数的分布状況を考慮し、4サイズ (48×48pixel、96×96pixel、192×192pixel、384×384pixel) の学習データを作成した。このように建物領域を含む一定範囲を判定対象とすることで、空中写真オルソ画像の特徴である倒れこみをAIが許容できると仮定した (図2)。

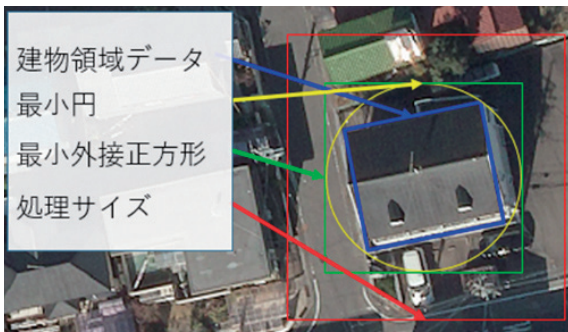


図2 建物のクロッピング処理

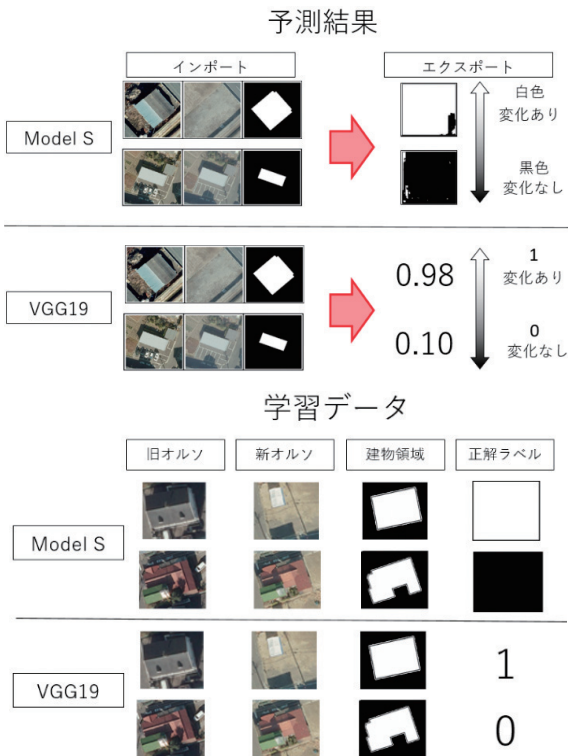


図3 学習データ・予測結果

#### 3.2 モデルの学習および予測結果

VGG19の正解ラベルは、クロッピングした2時期の空中写真オルソ画像と建物領域画像に対して、建物の状況変化が認められる場合には“1”をセットし、状況変化が認められない場合には“0”をセットし学習する。AIの予測結果は0~1の間の値で出力され、値がより1に近いほど建物の状況変化の可能性が高いことを示す。一方でModel Sの正解ラベルは、建物に状況変化が認められる場合には白色の画像をセットし、状況変化が認められない場合には黒色の画像をセットすることで、AIの予測結果は白黒の混在した画像データで出力される。白色のピクセルの割合が多いほど、建物の状況変化の可能性が高いことを示す (図3)。

### 4. 定量的評価

#### 4.1 クロスバリデーション検証

本稿では地域特性や建物種類による精度の偏りを防ぐため、東北地方、関東地方、中部地方、近畿地方にある9つの市町村データを使用して、変化のある建物の件数と変化のない建物の件数が同等となるように3つのグループに区分し、クロスバリデーションによる精度検証を実施した。

AIモデルの精度は、式(1)に示したRecall (検出漏れ) とPrecision (過剰検出) および全体的

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F-score = \frac{2 \cdot Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$$

		実際の	
		変化あり	変化なし
予測の	変化あり	TP	FP
	変化なし	FN	TN

図4 混合行列

表1 クロスバリデーションによる Recall・Precision・F-score の評価結果

検証	建物	データ		学習データ		予測データ		Recall		Precision		F-score			
	サイズ	変化		グループ	変化		グループ	変化		VGG19	Model S	VGG19	Model S	VGG19	Model S
	(pixel)	あり(棟)	なし(棟)		あり(棟)	なし(棟)		あり(棟)	なし(棟)						
グループ1	48×48	318	1636	グループ2 + グループ3	999	1981	グループ1	318	1636	0.918	0.745	0.644	0.897	0.91	0.942
	96×96	527	434		1157	1951		527	434	0.935	0.937	0.982	0.98	0.955	0.955
	192×192	491	2391		814	4310		491	2391	0.936	0.81	0.96	0.982	0.982	0.963
	384×384	51	760		61	294		51	760	0.764	0.215	0.067	0.68	0.426	0.93
グループ2	48×48	466	1125	グループ1 + グループ3	851	2492	グループ2	466	1125	0.841	0.806	0.82	0.87	0.899	0.907
	96×96	463	849		1221	1536		463	849	0.978	0.967	0.935	0.945	0.968	0.968
	192×192	421	812		884	5889		421	812	0.98	0.942	0.919	0.934	0.964	0.957
	384×384	25	68		87	986		25	68	0.88	0.84	0.814	0.954	0.914	0.945
グループ3	48×48	533	856	グループ1 + グループ2	784	2761	グループ3	533	856	0.881	0.842	0.863	0.883	0.901	0.896
	96×96	694	1102		990	1283		694	1102	0.963	0.972	0.89	0.883	0.94	0.94
	192×192	393	3498		912	3203		393	3498	0.964	0.936	0.895	0.922	0.985	0.985
	384×384	36	226		76	828		36	226	0.833	0.861	0.66	0.264	0.923	0.706
平均値															
										0.906	0.823	0.787	0.85	0.897	0.925

《着色凡例》 赤：VGG19 < Model の場合 青：Model S < VGG19 の場合

な精度バランスを評価するためF-scoreを指標として評価した<sup>3)</sup>。なお、式の変数は図4の混合行列に示す実際と予測の変化の有無を意味している。それぞれの評価値は1に近いほど精度が高く、モデルとしてのバランスが良好であることを示す。

表1に示した評価結果から、Model Sの予測結果はVGG19に比べて過剰な検出が少なく、検出漏れが多いことがわかる。F-scoreによる評価結果では、Model Sの値がVGG19に比べ高い値であることを確認できた。また、グループ1のクロッピングサイズ384×384pixelのF-scoreは、他のクロッピングサイズの数値に比べて低い結果が確認できた。384×384pixelは、他の3サイズに比べて学習データ量が少ないことから、VGG19は学習データ量に依存しやすい可能性があるかと推察される。一方、Model Sでは精度の低下傾向を確認できないことから、堅牢性が高いと判断される。

#### 4.2 市町村単位のモデル検証

先行研究<sup>4)</sup>では市町村単位の検証実績が少ないため、約6万棟の建物がある1市町村全域に対して、VGG19とModel Sの精度比較および追加学習によるモデルの修正効果を評価した。

学習データは予測する市町村以外の3つの市町村の約25万棟の建物を使用した。予測結果の偏りを防ぐため、変化の有無に関して建物の学習データ量を同一条件とし、学習量を増加させるため、クロッピングした画像を左右反転、ランダム回転によるデータ量の拡張を実施した。

VGG19とModel Sに3市町村の約25万棟のデータをもとに学習させた場合(以下、ケース1)、更に約2万棟の当該自治体の別時点の学習データを追加学習した場合(以下、ケース2)で比較検証した。

図5のケース1およびケース2のRecall(検出漏れ)とPrecision(過剰検出)のVGG19とModel Sの結果からそれぞれRecallとPrecisionの値が8割以上を示し、高いモデル精度であると評価できる。Model SのRecallとPrecisionの値はVGG19と同等以上であり、特にPrecisionの値がVGG19よりも高く、少ない過剰検出であった。また、RecallとPrecisionの値を比較し、Precisionの値に比べRecallの値が高く、両モデルともに過剰検出に偏る傾向が見受けられた。

次に、RecallとPrecisionのバランス関係を把握するためROC曲線によるモデルの精度評価を実施した。ROC曲線の右下の面積(以下、AUC値)が“1”に近いほどモデルバランスが良

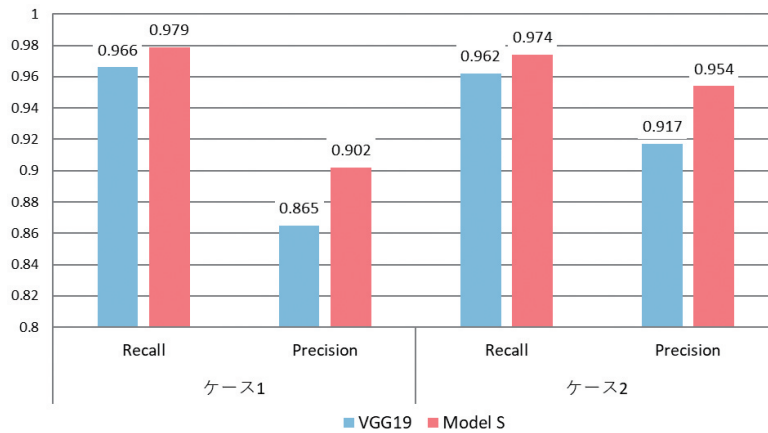


図5 ケース1・ケース2のRecallおよびPrecisionによる予測結果

いと評価される。

ケース1とケース2のROC曲線を図6および図7に示す。対象市町村の全棟である約6万棟の建物に対し予測した結果、両モデルは精度の高い曲線を描き、Model SはVGG19と同等な精度であった。さらに、ケース2ではケース1に比べ、Model Sの曲線が左上を通り、より二次曲線に

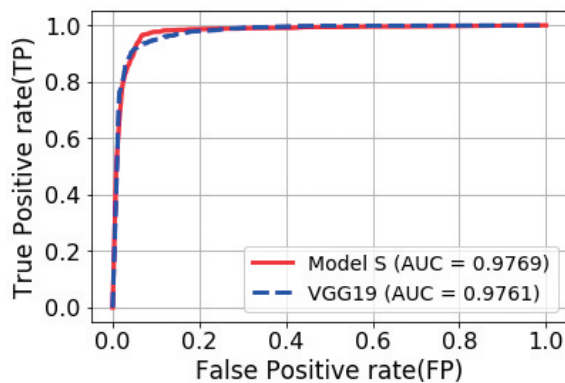


図6 ケース1のROC曲線

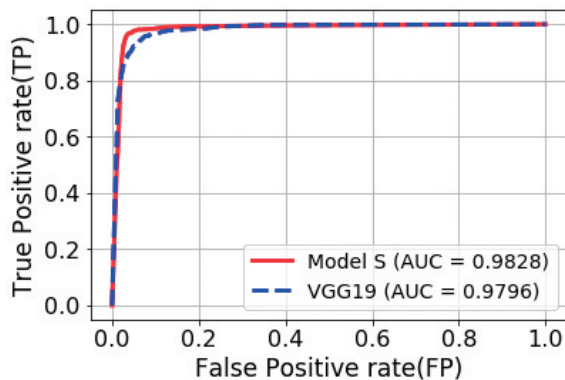


図7 ケース2のROC曲線

近いカーブを描いていることから、精度が安定していると判断される。このことから、Model Sは世界的に高く評価されるVGG19と同等の精度を有し、追加学習により高い修正効果が期待できることを確認できた。

### 5. 定性的評価

Model Sは、図8に示す予測結果より、数値表層モデル (DSM) やスペクトル情報による自動検出手法の私たちの課題であった都市部の小規模な建物や樹木、影に覆われる建物の過剰検出において、予測画像は黒色の割合が多く、予測結果の妥当性を確認することができた。

これは、建物変化の予測結果を画素単位で分類し、その評価を対象建物の隣接画素も含めて判断するためであり、評価のあいまい性を総合して判断するModel Sの特徴が効果を発揮したものと判断される。

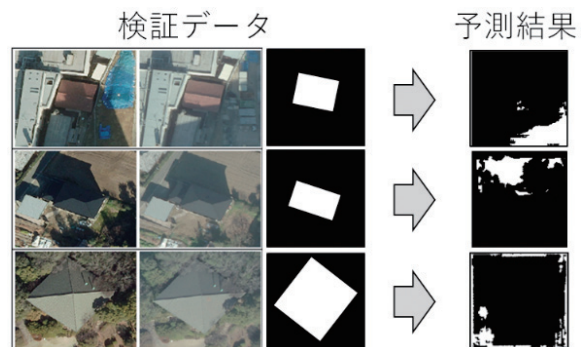


図8 小規模な建物や樹木、影に覆われる建物の予測結果

## 6. まとめ

本稿では、建物の状況変化の可能性をセグメンテーションとして出力する深層学習の手法「Model S」について評価検証を行い、その有効性を確認した。

その結果VGG19と比較し、過剰検出の精度および追加学習により、高い修正効果を期待できることが認められた。

今後はより安定した検出手法を確立するために、引き続き様々な状況を想定した検証を行い、深層学習の課題である学習データをより効率的かつ迅速に作成する手法についても検討する。

## ■参考文献

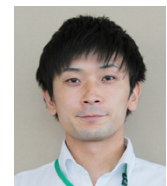
- 1) Ronneberger, O. : U-Net : Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, Springer, LNCS, (Vol.9351, pp.234-241)、2015
- 2) Simonyan, K. and Zisserman, A. : Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, International Conference on Learning Representations

(ICLR) 2015, San Diego, USA, May 7-9, 2015. [http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/research/very\\_deep](http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/research/very_deep), 2019

- 3) Ali, O., Caglar, S. and Baris, Y. : Automated detection of arbitrarily shaped buildings in complex environments from monocular VHR optical satellite imagery, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, (vol.51, no.3, pp.1701-1717), 2013
- 4) Pang, S., Hu, X., Cai, Z., Gong, J. and Zhang, M. : Building Change Detection from Bi-Temporal Dense-Matching Point Clouds and Aerial Images, Sensors (Basel), May 24, 2018

## ■執筆者

布施 健 (ふせ たける)  
朝日航洋株式会社



(共著者) 所属は筆頭執筆者に同じ  
蘇 しゅう (そ しゅう)  
朝日航洋株式会社