

衛星画像および既存の土地被覆図の組合せによる全球都市域マッピング手法に関する研究

Study on Automatic Global Urban Mapping Method
using Satellite imagery and the existing Land Cover Data

学籍番号 66842
氏名 田中 絢子 (Tanaka, Ayako)
指導教員 柴崎 亮介 教授

1 はじめに

近年気候変動による人間活動への影響が危惧されている。気候変動による影響は海面上昇や洪水などの自然災害リスクのみにとどまらず、伝染性疾病の拡大といった健康リスクなど多岐にわたる (McMichael et al., 2006)。例えば、地球温暖化により、地球規模でマラリアの拡大が懸念されているが、Guerra らは地理空間情報を用いてグローバルなリスク分析を行っている。この研究では、分析のためのデータソースとして GRUMP (Global Rural Urban Mapping Project)の全球都市域データおよび人口データを利用している。このように人間活動へに対する様々なリスク分析のため、都市域の空間分布データの整備が重要である。

既存の全球都市域データは、夜間光から抽出された DMSP-OLS stable night lights データや、DCW(1993), GRUMP (Balk et al., 2004) urban extent などがあるが、分解能が粗く、作成時期が古いことなどから、精度や空間分解能の面で十分なデータではないため、より高品質な空間データの整備が望まれている。また、衛星画像からの都市域抽出は古くから行われてきたが、ローカルな規模にとどまっており、全球展開を

目的とした手法の開発は行われていない。

2 目的

そこで、可視・近赤外域波長帯において 15mの分解能を持つ ASTER 画像および既存の都市域データの組合せによる、高分解能・高精度な全球都市域マップの作成手法の提案および手法の自動化を目的として分類手法を検討し、103 のテストエリアにおける都市域分類および精度検証を行った。

3. データソース

既にグローバルアーカイブが完成しており、可視・近赤外域波長帯において 15m の分解能を持つ ASTER 画像を利用する。ASTER 画像単独で都市域を分類した場合、多くの誤分類が発生することがわかっているが、この影響を取り除くため、既存の全球都市域データのひとつである GRUMP/urban extent データおよび全球土地被覆図の MOD12 を利用する。どちらも分解能は 1km であるが、GRUMP は人間活動域を直接的に拾い出しており、MOD12 は季節変動の影響を取り除いたデータとなっているため、これらのデータの組合せにより、都市域分類精度の向上を図る。

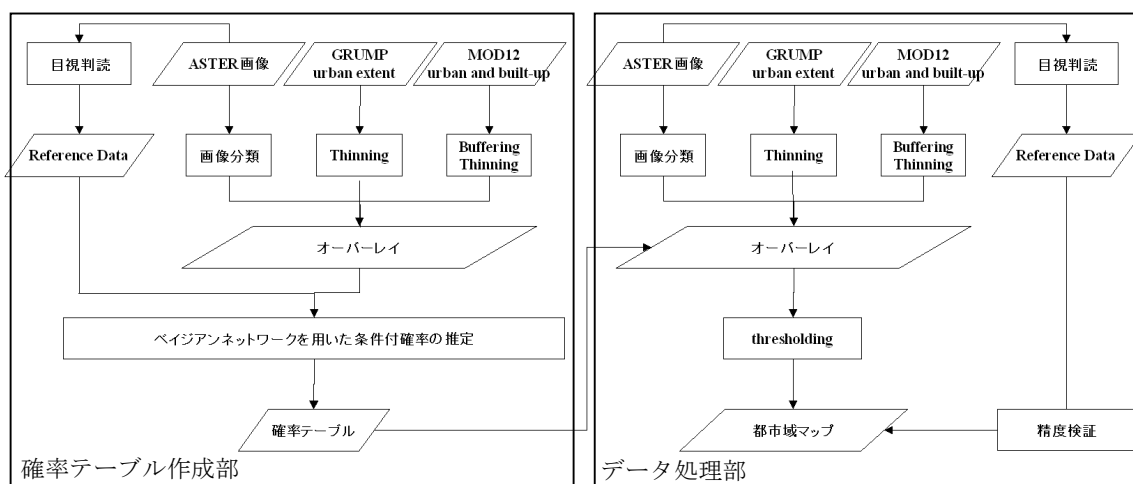


図1 データ処理の流れ

4. 都市域マッピング手法について

本研究では、始めに図1に示したデータ処理手法を設定し、手法の自動化を行った。

(1) データ処理の流れ

本システムは「確率テーブル作成部」および「データ処理部」からなる。「確率テーブル作成部」はデータ処理部で用いる確率テーブルの作成を目的としており、「データ処理部」は実際に都市域をマッピングすることを目的としている。

「確率テーブル作成部」では、始めにASTER画像の目視判読により教師データを作成する。次にGRUMPおよびMOD12のbufferingおよびthinningを行う。さらにASTER画像の画像分類を行い、加工された既存の都市域データとオーバーレイする。目視判読結果を教師データとして、ベジアンネットワークを用いた条件付確率の推定により、確率テーブルを作成する。

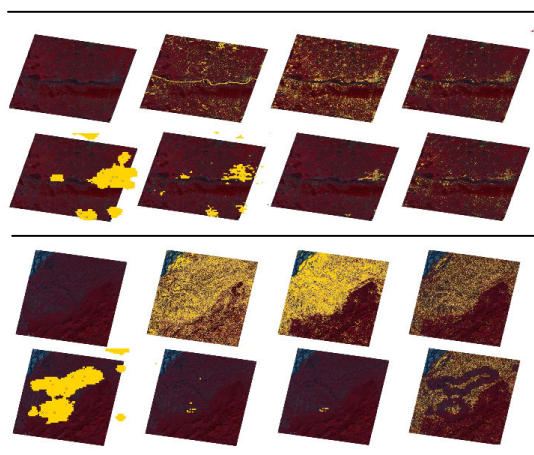
「データ処理部」では、確率テーブル作成部同様に検証用データの作成、GRUMPおよびMOD12の加工ASTER画像からの都

市域分類を行い、オーバーレイする。先に作成された確率テーブルを用いてオーバーレイ画像の各画素の条件付確率を計算し、閾値処理によって都市域をマッピングする。都市域マッピング結果は検証用データを用いて精度検証する。

(2) ASTER 画像分類手法の検討

ASTER画像の画像分類には自動化の簡単な教師なし分類手法を用いた。教師なし分類は通常、「トレーニングデータの抽出」→「母集団の統計量の推定」→「分類」→「ラベリング」→「精度検証」という手順をとる。本研究においてもこの手順に則って分類を行うが、この過程を自動化する際に問題となるのが、ラベリングである。教師なし分類ではラベルの貼られていないランダムにサンプリングされたデータを訓練データとして利用する。このため、クラスとカテゴリが対応付けられていない。そこでラベリング方法の異なる以下の3つの画像分類手法を提案し、各手法の分類精度を検証する。

手法①：教師なし分類の後、各クラスと各



Novi Sad, Serbia (Population: 299,294)			
ASTER画像	手法①でASTER 画像分類	手法②でASTER 画像分類	手法③でASTER 画像分類
GRUMP	MOD12	手法②で都市域 マッピング	手法③で都市域 マッピング
Sibsagar, India (Population: 1,052,802)			
ASTER画像	手法①でASTER 画像分類	手法②でASTER 画像分類	手法③でASTER 画像分類
GRUMP	MOD12	手法②で都市域 マッピング	手法③で都市域 マッピング

図 2 都市域分類の例

カテゴリの RGB 値の平均を求め、RGB 空間上において各クラスから最も近い距離にあるカテゴリのラベルを貼る。

手法②: 教師なし分類の後、MOD12 で都市とされたエリアにおける面積シェアが閾値以上(ここでは150%と設定)のクラスに都市のラベルを貼る。

手法③: 教師なし分類の後、MOD12 で都市とされたエリアにおける面積シェアが最も高いクラスに都市のラベルを貼る

(3)都市域マッピングの精度評価

①～③の手法を用いて 103 都市のテストエリアについて都市域マッピングを行い、分類精度を評価する。ASTER 画像単独での分類結果および最終的に作成された都市域マップの両方に対して精度検証を行う。こ

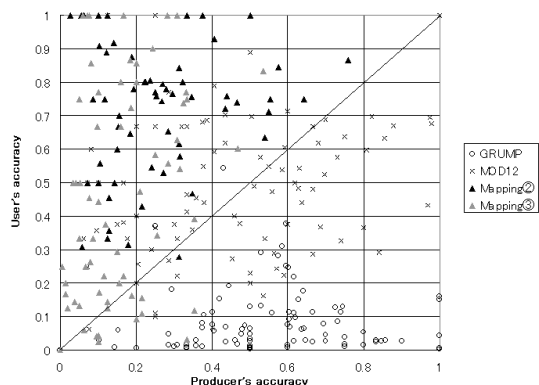


図 3 都市域マッピング精度

の 3 手法のうち、精度よく都市域を分類した手法を全球展開の際の ASTER 画像分類処理手法として採用する。また、分類結果を分析し、これらの手法を用いて分類処理を行ったときに見られる誤分類を明らかにする。

5. 結果と考察

手法①～③を用いて ASTER 画像を分類し、結果の精度を検証した。手法①では、全体的に分類精度が低く、103 都市中 86 都市における分類精度が 10%以下であり、最大でも 28.10%であった。手法②は、①～③の中で最も精度が高く、103 シーン中 91 シーンで他の手法を用いた場合よりも精度よく都市域を分類することができた。手法③を用いた場合、手法②と比較して精度よく分類されたのは 6 シーンであり、その他のシーンでは②よりも低い精度となった。また、GRUMP および MOD12 と分類精度を比較し、精度の改善が見られた都市数をカウントしたのが表 1 である。手法②では既存のデー

表 1 既存データと比較した時の精度改善ケース数

	GRUMP/urban extent			MOD12/urban and built-up		
	手法①	手法②	手法③	手法①	手法②	手法③
worsen	69	9	26	94	16	78
improved	34	94	77	9	87	25

表 2 既存データと比較した時の精度改善ケース数

	GRUMP/urban extent		MOD12/urban and built-up	
	手法②	手法③	手法②	手法③
worsen	5	19	14	51
improved	98	83	89	51

タと比較して精度のよい都市域分類ができることがわかった。

次に本研究で提案された都市域マッピング手法を用いた都市域分類結果の精度検証を行った。既に手法①では ASTER 画像の分類精度が低くなることがわかったので、ここからは手法②、③について検討することとした。分類結果の精度を図 3 にプロットした。x 軸が Producer's accuracy, y 軸が User's accuracy をあらわしており、右上方に行くほど分類精度がよいことを示している。また、この表は右下方の点ほど面積が過大評価されており、左上方ほど面積が過小評価されていることを表す。よって、本手法によって分類された都市域は、全体的にやや過小評価となっていることがわかる。

さらに分類された各シーンについて、特徴的な誤分類をまとめた結果、以下のような特徴が見られた。

- ・ 雲の陰を都市域として分類する。
- ・ 水域を都市域として分類する。
- ・ 畑を都市域として分類する。
- ・ 都市域と非都市域が逆転する。
- ・ 山岳地帯などの小都市において都市域以外(山影等)を都市に分類する。
- ・ 都市域を抽出していない。

雲の陰に関しては、ASTER 画像の前処理段階で雲除去ステップを盛り込み、雲周辺のエリアまで除去することで改善できる可能性がある。水域について、都市域の外には大きな水域が見られないが、都市域内に池がある場合などに水域を都市と誤分類し

ていた。水域は近赤外域の反射が極端に低く、閾値処理によりこの誤分類は回避できると考えられる。畑を都市域として分類してしまう場合は、最も分類しやすい時期の画像データを選択する必要がある。

6. まとめ

本研究により、自動的に都市域をマッピングすることが可能となった。また、各処理過程において、最適な手法あるいはパラメータを検討することにより、精度よく都市域をマッピングする手法を提案することができた。

さらに、本手法を用いて 103 都市の都市域マッピングを行った結果、既存の都市域データと比較して 95%以上のシーンで、既存の土地被覆図と比較して 90%程度のシーンで精度が向上した。この結果、本手法を用いた都市域マッピングにより既存のデータと比較して精度の高い全球都市域マップが作成できる可能性が示された。

また、本手法を用いて作成した都市域マップでは、雲の陰を都市として誤分類する、画像の取得時期によって、畑を都市として誤分類するなどの問題が発生することが明らかになり、精度向上を目指す上で改善すべき点を明らかにした。

謝辞

本論文の作成にあたって独立行政法人産業総合研究所グリッド研究センター地球観測グリッドチームより提供いただきました ASTER 画像を使用させていただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- McMichael, A., Woodruff, R.E., Hales, S.: "Climate change and human health: present and future risks", *Lancet*, 367, pp. 859-869 (2006).
- Balk, D., Pozzi, F., Yetman, G., Deichmann, U., Nelson, A.: "The Distribution of People and the Dimension of Place: Methodologies to Improve the Global Estimation of Urban Extent " (2004).