

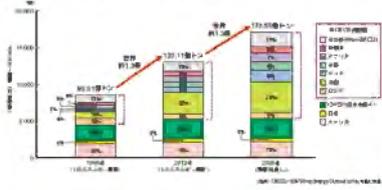
プログラム - 3

夜間光衛星画像の分析による 途上国のエネルギー需要量推計

千葉大学大学院 工学研究院
地球環境科学専攻 都市環境システムコース
吉村彰大, 網引将司, 松野幸也

背景 将来的なエネルギー消費の増大

世界のエネルギー需要の実績と予測 [1]



- ✓ 2035年のエネルギー消費量は、1990年比で1.7倍に増加と予想
- ✓ 消費増の大半は非OECD加盟国 (=発展途上国)
- ✓ 途上国では電力不足が指摘
- ✓ 将来的に不足が拡大すると予想 [2,3]

途上国での電力需要の把握が重要
⇕
途上国では関連するデータが不足

[1] <https://www.eia.com/energy/future/growth/energy-demand-growth-2018-2035.pdf>
[2] <https://www.eia.com/energy/future/growth/energy-demand-growth-2018-2035.pdf>
[3] <https://www.jetro.go.jp/press/energy/Report/017/01/1705-06-2018-100116.pdf>

背景 夜間光衛星画像による統計データの補完

	統計データ	夜間光画像
先進国	✓	✓
途上国	✗	✓

✓ 先進国は統計データが豊富
 ↔ 途上国は統計データに欠ける
 ✓ 夜間光画像は先進国/途上国ともに豊富

夜間光画像を元に、
 不足する統計データを補完可能

これまでに鋼材量^[2]の推計などを実施
 → エネルギー消費量の推計に応用

[1] <http://www.eia.com/energy/future/growth/energy-demand-growth-2018-2035.pdf>
[2] 吉村, 彰大. 鋼材量. 2010, 517-523

背景 夜間光衛星画像の撮影に用いられる衛星センサ

- ✓ 撮影には初期はDMSP/OLS. 近年はVIIRSを使用
- ✓ VIIRSはDMSP/OLSの欠点を大幅に解消
- ✓ ただし、VIIRSはノイズ除去が不十分

	DMSP/OLS	VIIRS
稼働年	1995~2013	2011~
夜間観測時間	20:30~21:30	1:30
観測幅	3000 [km]	3000 [km]
地上分解能	5 [km]×5 [km]	742 [m]×742 [m]
情報量	6 [bit]	14 [bit]
感度	5E ⁻¹⁰ [W/cm ² ・sr]	2E ⁻¹¹ [W/cm ² ・sr]
緯度への校正	不可	可
データ解像度	30 [arcsec]	15 [arcsec]

DMSP/OLS
 ✓ 撮影時の感度記録なし
 ✓ 情報量が6 bit (64段階)であり容易に飽和
 → 緯度への変換ができない
 ✓ 2013年で更新終了
 → 古いデータであり実態と乖離

VIIRS
 ✓ 撮影時に感度記録あり
 ✓ 情報量が14 bit (16,384段階)により解像度が大幅に向上
 ✓ オーロラや火災など、ノイズを含む (2017年まで)

[1] <http://www.eia.com/energy/future/growth/energy-demand-growth-2018-2035.pdf>
[2] 吉村, 彰大. 鋼材量. 2010, 517-523

背景 夜間光と電力消費に関する既存研究

Kaifangら^[1]: VIIRS画像による中国のGDPと電力消費量の推定

	解像度	感度	ノイズ	利用の可否
DMSP/OLS	△ (低解像度)	✗ (飽和あり)	○ (補正済み)	○
VIIRS (補正前)	○ (高解像度)	○ (飽和なし)	✗ (補正なし)	✗
VIIRS (補正後)	△ (低解像度)	○ (飽和なし)	△ (補正済み)	○

- ✓ DMSP/OLSのデータを元にノイズを抽出
✓ 上記ノイズを元にVIIRSのデータを補正
- ✓ DMSP/OLSベースでの修正のため、低解像度化でVIIRSの高解像度を活用不可
- ✓ ノイズのデータが2013年ベース
- ✓ VIIRSの元データに比べて解像度が低下
- ✓ 古いデータを使うため、今後実態との乖離が続く

[1] Kaifang et al., Remote Sens., 6(2014), 1705-1724

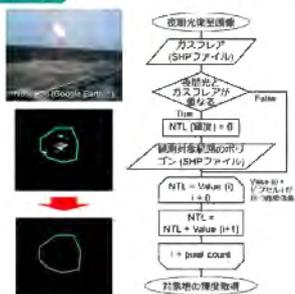
本研究の目的および研究手法

これまで	夜間光画像	2017年以降	夜間光画像
既存研究	統計	本研究	統計
先進国	✓	先進国	✓
途上国	✗	途上国	✗

DMSP/OLS補正による低解像度のVIIRS画像
 VIIRS本来の高解像度画像

- 目的**
 夜間光衛星画像を利用した
 現在から将来に渡る
 途上国の電力需要量推計
- ✓ ノイズの除去など VIIRS夜間光衛星画像の整備
 - ✓ 日本/アメリカなどを対象に先進国での相関解析
 - ✓ 途上国の消費電力の推計および将来予測

手法 (1) 夜間光衛星画像の整備

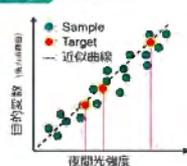


- ✓ ガスフレアなど、人間活動との相関が低いノイズを画像から除去
- ✓ ピクセルを積算してゆき、県別の夜間光を取得 (日本)
- ✓ 同様の手法を各国に適用し、メッシュごとの夜間光を取得



6

手法 (2) 夜間光と消費電力の相関分析、将来予測



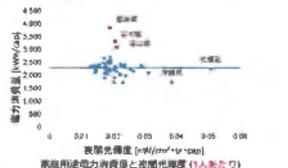
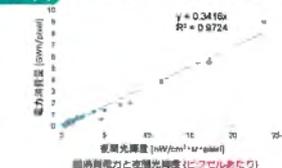
- ✓ 日本を対象に、県別の消費電力と夜間光を比較
- ✓ 消費電力は { 工業用途, 第三次産業用途 } に分類
- ✓ 消費電力と夜間光の回帰式を得る



- ✓ 日本で得られた回帰式を他国に適用
- ✓ アジア各国を対象に消費電力を推計
- ✓ 将来の電力需要推計と合わせ、需給の過不足を予測

7

結果 (1) 日本を対象とした相関分析



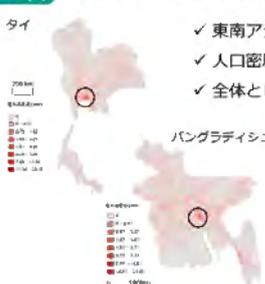
- ✓ 工業以外(家庭、第三次産業)の用途で、電力消費量と夜間光強度の相関関係を確認
- 途上国でも電力消費量が推計可能
- ✓ 1人あたりの家庭用途電力消費量は飽和する事が示唆
- 人口とあわせ将来的な電力需要量が推計可能

	決定係数R²	傾き
総電力消費量	0.97	0.34
工業用途	0.32	0.05
第三次産業用途	0.95	0.19
家庭用途	0.97	0.10

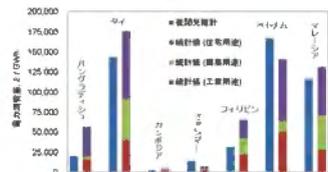
2019年の消費電力 経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー消費統計」

8

結果 (2) 途上国の電力消費量推計 (家庭向け、現状)

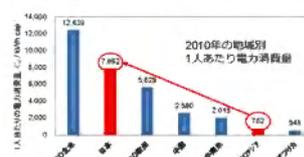
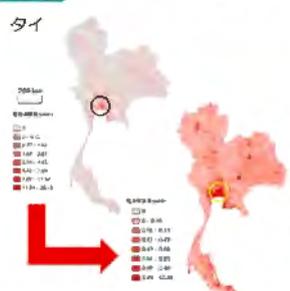


- ✓ 東南アジア各国で、家庭向け消費電力を推計
- ✓ 人口密度の大きい首都での需要大
- ✓ 全体としては過大に見積もられる傾向がある



9

結果 (3) 途上国の電力需要量推計 (家庭向け、将来予測)

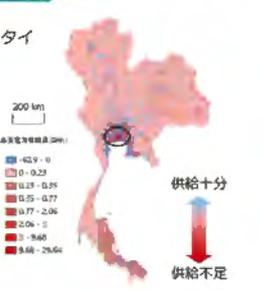


- ✓ 東南アジア各国で将来的な電力需要を推計
- ✓ 日本並の需要では全土で大幅な需要増大
- ✓ 特に人口集中地での増加幅が大きい

http://www.enecho.met.go.jp/press/2013/03/20130320_2-3.html

10

結果 (4) 将来的な電力需給バランスの可視化

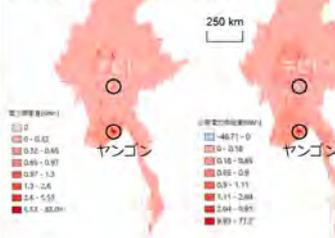


- ✓ 経済発展にともない、広範囲に渡って電力需要の増加が見込まれる
- ✓ 特に人口集中地での増加幅が大きい
- ✓ 一部地域では既に電力供給が十分
- 首都近辺では赤(将来的な供給不足)と青(供給過剰)が入り交じる結果に
- ✓ 将来的な人口分布の変化を考慮せず
- より詳細な検討が必要

11

結果 (5) 特異な事例: ミャンマー

電力消費量
(2015年推計)



✓ 他国の首都では将来電力不足と供給過剰が入り交じるが、ミャンマーでは全域で供給過剰

✓ ミャンマーでは2006年に遷都(ヤンゴン→ネピドー)
旧首都ヤンゴンは人口が多く電力不足がたびたび指摘*

新首都ネピドーは政治的中心で、電力需要は小さく供給も潤沢

➡ ミャンマー特有の事情が可視化

<http://www.mca.go.jp/csmr/00123820.pdf>
http://www.mca.go.jp/mca_jp/reports/25FY/000217.pdf

12

本研究の結果と課題、および今後の展望

本研究の結果

- ✓ VIIRS衛星画像と電力消費量について、日本での相関関係を得た
- ✓ 日本の結果を元にアジア各国の家庭向け消費電力を推計した
- ✓ 将来予測を通じて、家庭向け電力の需給バランスを予測した

課題・今後の展望

- ✓ 人口分布の変化、家庭用途以外の電力消費を考慮していない
- 家庭用途以外の電力消費も含め、人口の変化も考慮しつつ他のパラメーター(1人当たりGDPなど)から推計を行う

13

謝辞

本研究では、山崎文雄教授、近藤昭彦教授(環境リモートセンシング研究センター)のご指導をいただきました。

また、平成30年度CEReS共同利用研究(P2018-3)の支援を受けて行われました。ここに記して謝意を表します。

10