

21. 世界の耕地分布推計手法の開発とその検証

DEVELOPMENT AND THE VALIDATION OF A METHOD FOR ESTIMATING GLOBAL CROP LAND USE

増富 祐司*、松岡 譲**

Yuji MASUTOMI, Yuzuru MATSUOKA

ABSTRACT: The global geological land use/cover data is essential to analyze the global environmental problem. Cropland distribution data is one of the most important land use/cover data. Because the spatially distribution of cropland is closely related with global problems, such as food security, water stress, land degradation, material circulation. We present a method for characterizing cropland distribution which links with geographical data such as Global Land Cover Characteristics (GLCC), Global Forest Canopy Density (GFCN) and census statistics of cropland. We also validated the method by comparing with the Japan's land-use with high accuracy, and confirmed that the estimated distribution by our method has high consistency than GLCC.

KEYWORDS: Land use, Cropland, Global environmental problem

1 はじめに

地球環境問題の解明には、地球全体の信頼できる土地利用データが不可欠である。特に耕地分布に関する地理情報は食糧問題、水問題、土地劣化問題、物質循環等の地球環境問題と密接に関わっておりその重要度は非常に高い。

現在、入手可能な世界全域の耕地分布を含む地理情報として衛星データ (AVHRR ; 1992-93) を基に作成された Global Land Cover Characterization (GLCC) と、Ramankutty (1998) らが GLCC と耕地統計とを組み合わせで作成した耕地分布図 (GLCC_Raman) がある。しかしこれらの耕地分布図は GLCC では FAO の統計データとのずれが大きい (図-1)、また日本において国土数値情報の土地利用図とこれらの耕地分布図を比較す

表-1 κ 統計量でみた国土数値情報の耕地分布との一致度

	κ 統計量
GLCC_IGBP	0.386
GLCC_Ramankutty	0.279

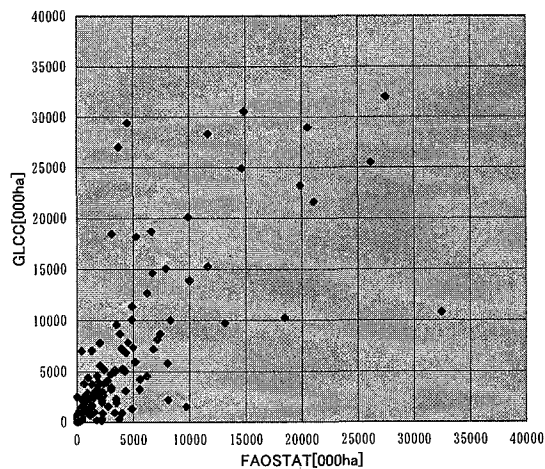


図-1 FAO STAT と GLCC における各国の耕地面積の比較

* 京都大学大学院地球環境学舎地球環境学専攻 Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University.

** 京都大学大学院地球環境学舎 Hall of Global Environmental Research, Kyoto University.

るとよい一致をみせない(表-1)。こうした齟齬は世界の耕地分布に起因する地球環境問題を定量的に検討する上で大きな問題となる。そこで本研究では (a)現在までに得られる耕地分布より精度良く世界全域の耕地分布を推計する手法を開発し、また (b)比較的精緻な土地利用図が得られる日本において手法の定量的検証と分析を行なった。最終的に 5 分×5 分の分解能をもつ世界耕地分布図を作成した。これはさまざまな地球環境問題に対する基礎データとなり得る。

2 GLCC と Ramankutty (1998) らの研究

この章では本研究のベースとなる GLCC の紹介と、GLCC と統計データを用いて耕地分布を推計した Ramankutty(1998)らの研究を紹介する。

2.1 GLCC

GLCC とは U. S. Geological Survey (USGS) が配布しているデジタル版の土地利用・被覆図である。世界全域をカバーし、30 秒×30 秒の分解能をもつ。使用目的に応じた土地利用・被覆分類が数種類用意されているが、本研究では、耕地の分

表-2 GLCC_IGBPの土地分類

1	2	3	4	5
常緑針葉樹	常緑広葉樹	落葉針葉樹	落葉広葉樹	混合林
6	7	8	9	10
密低木林	疎低木林	森林サバンナ	サバンナ	草原
11	12	13	14	15
湿地	耕地	都市	耕地/自然植生	氷雪
16	17			
砂漠	海・湖			

類があり、森林の定義がはっきりしている The International Geosphere - Biosphere Programme Legend (Belward(1996)ら：GLCC_IGBP 分類)を用いる (表-2)。

2.2 Ramankutty (1998) らの研究

Ramankutty(1998)らは GLCC_IGBP 分類より詳細な分類を含む Seasonal Land Cover Regions Legend(GLCC_SLCR 分類)を用いて 5 分×5 分の分解能をもつ耕地の割合を示した世界全域をカバーする地図を作成した。手法は GLCC_SLCR 分類のうち耕地を含むメッシュ(30 秒)に対し、そこに含まれる耕地の割合を 4 段階にわけ可変パラメーターとし、FAO の国レベルの耕地統計、各国が報告している sub-national (県や州) レベルの耕地統計と最も一致するようにパラメーターを決定した。これを大陸(北アメリカ、南アメリカ、ユーラシア、アフリカ、オーストラリア・パシフィック)ごとに行い、最終的に 30 秒メッシュを集計して 5 分の分解能を持つ耕地分布図を作成した。ここで作成された地図は、耕地の持つ機能の重要性を評価する地球規模の気候モデルや生態系モデルに用いられることを目的としたものである。しかし Ramankutty(1998)らの手法は定量的な検証を行なっておらず、その精度と信憑性は不明確である。特に GLCC と統計データを用いることによって、実際に現実の耕地分布との一致度が GLCC より向上するとは限らない。実際、表-1 から明らかなように日本において数値情報の土地利用図との一致度は GLCC_IGBP より低い。他の比較的正確な地図が得られる国や地域において同様の比較・検証を行ってみる必要はあるが、大陸ごとに耕地の割合を 4 段階に分けているとはいえ同一の値を設定する手法は、例えば sub-national なデータを用いて国ごとに求めることで改良される余地があると考えられる。

3 世界耕地分布推計手法

この章では本研究で開発した世界の耕地分布推計手法を説明する。本手法は GLCC をベースとし、その他、地理情報として FAO が行なった世界森林資源調査 2000(FRA2000)のプロジェクトの一環として作成された世界林冠密度図 (Global Forest Canopy Density: GFCD)、統計データとして FAO が発表している各国の耕地統計、面積の大きい国(カナダ、アメリカ、中国、インド、オーストラリア)については各国が報告している sub-national な耕地統計を用いて、耕地分布を推計する。まず 3.1 節で GFCD の説明を行い、3.2 節で推計手法を説明する。

3.1 使用するデータ

世界林冠密度図(Global Forest Canopy Density: GFCD)は1km×1kmの分解能をもち、世界全域の林冠の密度を示した地図である。FAOが世界の森林資源の正確な把握のために行なったFRA2000のプロジェクトの一環として作成された。GLCCと同じく衛星データ(AVHRR:1995)をもとに作成され、詳細な地図が得られる場所における検証により、林冠密度10%による森林・非森林区別に関して86%の正当性を持つことが確かめられている。つまりGFCDで林冠密度10%以上のメッシュを森林、10%以下を非森林とすれば86%の確率で実際に森林、非森林ということがいえる。

3.2 推計手法

推計の流れを図2に示

す。図中の最小の正方形は単位メッシュ(30秒×30秒)を表し、そこに書かれた番号(表2参照)や文字は各メッシュの土地分類

を表す。単位メッシュが4つ集まった正方形は一つの国を表す(図2ではA国とB国)。以下、推計手順を説明する。

手順①: GLCC_IGBPを表3に従って“森林”、“耕地”、“その他”、“森林と耕地とその他の混合”の4種類に再分類をする。この再分類にはGLCC_IGBP分類の定義を参照した。

手順②: GFCDより林冠密度10%以上を森林、10%以下を非森林(森林以外)とし再分類されたGLCC_IGBPに重ね合わせる。このときGFCDでの森林のメッシュは、再分類されたGLCC_IGBPがどの土地分類でも森林に分類し、GFCDで非森林のメッシュは再分類されたGLCC_IGBPが“耕地”と“その他”の場合、変更せず、“森林”または“森林と耕地とその他の混合”の場合、“耕地”と“その他”が混合したメッシュ“X”に変更する。この“X”の“耕地”と“その他”の混合比は次の手順③で統計データとの整合性より決定される。

手順③: 各国の耕地統計よりメッシュ“X”における“耕地”の割合CR(Crop Rate)を次のように決定する(右式参照)。もし各国のGIS上で集計した“耕地”面積が各国の耕地統計より大きいとき、耕地はこれ以上配分しない。つまりCR=0(Iの場合)。もし各国のGIS上で集計した“耕地”面積が各国の耕地統計より小さく、各国のGIS上で集計した“X”の面積と“耕地”の面積の和が各国の耕地

表-3 GLCC_IGBPの再分類

GLCC_IGBP	再分類	図-2での表示
1, 2, 3, 4, 5, 8, 9	森林	森
12	耕地	耕
6, 7, 10, 11, 13, 15, 16	その他	他
14	森林と耕地とその他の混合	混

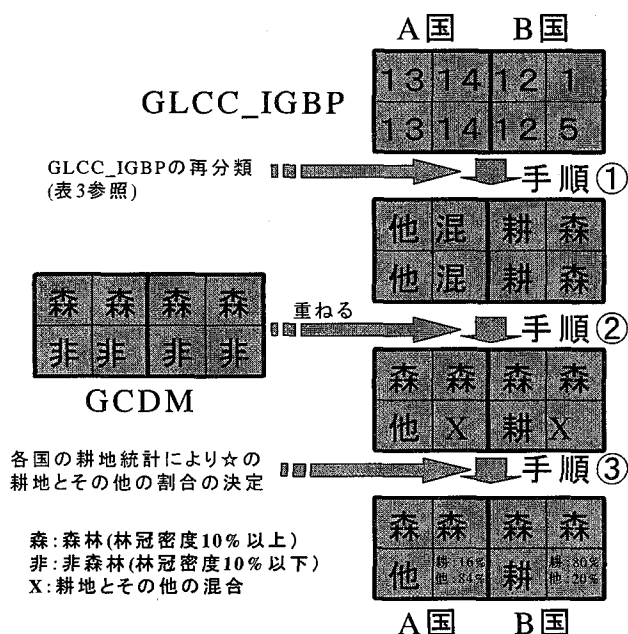


図-2 推計の流れ

$$\begin{aligned}
 &\text{If } \text{Crop_Stats} < \sum_{\text{各国}} \text{Area_Crop}, \text{ then } \text{CR}=0 \quad \text{I} \\
 &\text{Else If } \sum_{\text{各国}} \text{Area_Crop} + \sum_{\text{各国}} \text{Area_X} > \text{Crop_Stats}, \\
 &\quad \text{then } \text{CR} = \frac{\text{Crop_stats} - \sum_{\text{各国}} \text{Area_Crop}}{\sum_{\text{各国}} \text{Area_X}} \quad \text{II} \\
 &\text{Else } \text{CR}=100 \quad \text{III}
 \end{aligned}$$

- $\sum_{\text{各国}} \text{Area_Crop}$ は各国の“耕地”の面積の合計
- $\sum_{\text{各国}} \text{Area_X}$ は各国の“X”の面積の合計
- Crop_Stats は各国の耕地の統計値

ここでSub-Nationalな耕地統計を用いる場合は“各国”を“各県”等に置き換える。

統計より大きいとき、その国の“耕地”だけでは足りない面積を“X”に等しく配分する（Ⅱの場合）。またもし各国の GIS 上で集計した“耕地”面積と“X”の面積の和が各国の耕地統計より小さいとき、“X”に 100%耕地を配分する（Ⅲの場合）。面積の大きい国（カナダ、アメリカ、中国、インド、オーストラリア）に関しては Sub-National レベルの耕地統計を用いて、各県や州単位で同様の操作を行なう。

3.3 結果

3.2 節で推計した各単位メッシュ（30 秒×30 秒）における耕地の割合を求めて、最終的に 5 分×5 分に集計した耕地分布図（GLCC_FRA）を世界全域で作成した。得られた結果図を次に示す。

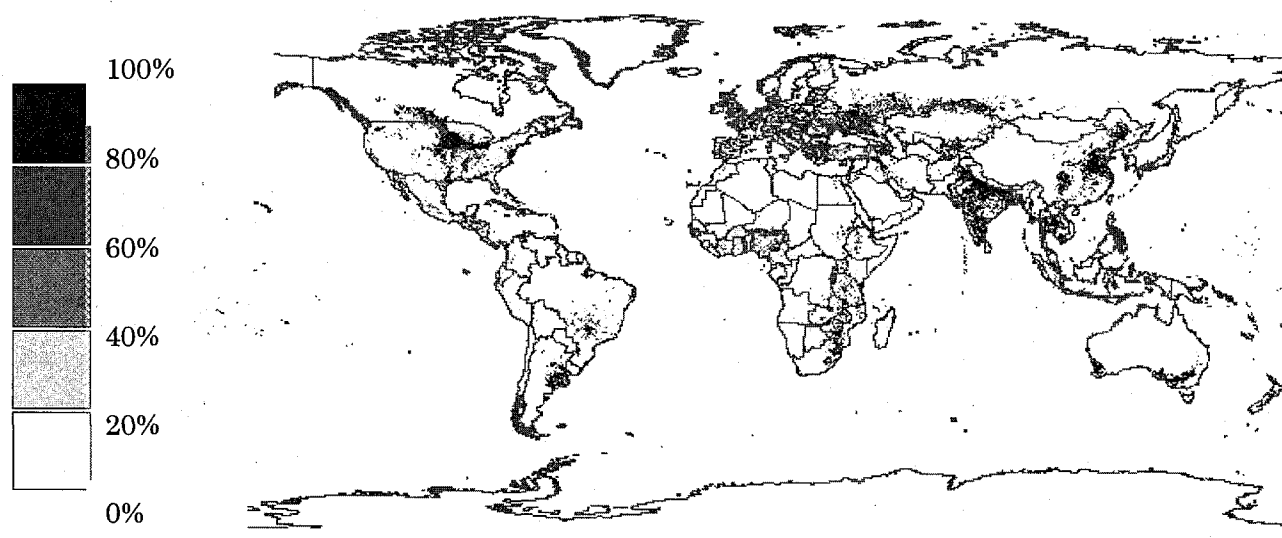


図-3 世界の耕地分布：5分メッシュ内の耕地の割合

4 結果の定量的検証と分析

この章では 3 章で推計された世界全域の耕地分布図の精度と信憑性を、比較的精緻な土地利用図が得られる日本において定量的に検証し、さらに詳細な分析を行なう。まず比較・検証に用いる国土数値情報の土地利用図の説明を行い、次に定量的な検証、分析を行なう。

4.1 国土数値情報の土地利用図

比較に利用した土地利用図は国土地理院が整備、配布している電子化された国土の数値情報の土地利用図であり、100m×100mの分解能、昭和 51 年、昭和 62 年、平成 3 年、平成 9 年の土地利用図が入手可能である。本研究では GLCC の作成基準年（1992・3 年）に最も近い平成 3 年版（1991 年）の

表-4 国土数値情報の土地利用分類の再分類	
国土数値情報	再分類
森林	森林
田、その他の農用地	耕地
荒地、建物用地、幹線交通用地、空き地等、海浜、ゴルフ場	その他

土地利用図を使用する。GLCC との比較のため平成 3 年版の土地利用分類を表-4 のように再分類する。

4.2 κ 統計量による定量的な検証と考察

まず、 κ 統計量

による検証を行な

う。3 章で開発した

手法により作成さ

れた耕地分布図

(GLCC_FRA) 、

IGBP 分類の GLCC(GLCC_IGBP)、Ramankutty(1998)らによって作成された耕地分布(GLCC_Raman)を日本において国土数値情報との一致度を κ 統計量でみる。具体的には 5 分メッシュにおける耕地の割合を 3 段階(0-33%、33%-67%、67%-100%)に分け、同じ段階にあるメッシュを等しいものとして計算した。結果を表-5 に示す。GLCC_IGBP と GLCC_FRA に関しては森林の割合における同様の計算結果も記す。GLCC_FRA において耕地、森林ともに国土数値情報との一致度が GLCC_IGBP より向上した。耕地に関しては“一致しない”から“中程度の一致”へ、森林に関しては“中程度の一致”から“一致”へと一致度が向上した。

つぎにこれをもう少し詳

細に見てみる。表-6 は国土

数値情報で耕地の割合が

80%以上のメッシュと森林

の割合が 80%以上のメッシ

ュについて GLCC_IGBP と

GLCC_FRA で分類されて

表-5 κ 統計量でみた国土数値情報との一致度

	耕地	森林
GLCC_IGBP	0.386	0.496
GLCC_Raman	0.279	
GLCC_FRA	0.531	0.684

表-6 国土数値情報で森林、耕地の割合が80%以上のメッシュにおける GLCC_IGBP、GLCC_FRA の各土地分類のメッシュ数

	森林の割合が80%以上		耕地の割合が80%以上	
	GLCC_IGBP	GLCC_FRA	GLCC_IGBP	GLCC_FRA
森林	208835	234511	9505	8820
耕地	23236	9879	5512	4851
その他	13418	3417	1744	1406
混合	16961	14649	1533	3220

いる土地分類ごとのメッシュ数をカウントしたものである(表-6)。この表により GLCC_IGBP を本手法により加工することによりどのようなメッシュが大きく変化したのかが分かり、修正されるべきメッシュが本手法により正しく修正されているかをみることができる。耕地に関しては国土数値情報で森林の割合が 80%以上のメッシュにおいて本手法による修正後、耕地のメッシュの数が半分以下に大きく減少している。これは数値情報で森林と判断されるメッシュにおいて、GLCC_IGBP で耕地に誤分類されていたメッシュが GFCD を用いることによって修正され、森林へ変更されたからと考えられる。これにより国土数値情報の耕地と森林の一致度向上が見込まれる。また“その他”において大きな減少がみられるが、これは林冠密度が 10%以上のため“その他”から“森林”に修正したためと考えられる。これは耕地の一致度向上には寄与しないが森林の一致度向上には寄与していると推測される。一方、国土数値情報で耕地の割合が 80%以上のメッシュについては、“混合(耕地とその他の混合)”の割合が 50%以上増加している。これは GFCD による林冠密度が 10%以下であるが GLCC_IGBP で森林に誤分類されていたメッシュが修正されたためであると考えられる。この新しく“混合”に分類されたメッシュは各国(県や州)の耕地統計を用いることにより、ある程度正しく耕地へと分類されることが予想される。このことから国土数値情報との耕地分布との一致度の向上が期待できる。ただし“耕地”においては GLCC_IGBP から若干の減少を示しており、唯一国土数値情報の耕地の一致度を下げる要因になっていると思われる。しかし全体としては 3 章で開発した手法は国土数値情報との一致度を向上させるように働いていると考えてよいであろう。

5 まとめと今後

本研究では GLCC をベースとし、林冠密度図 (GFCD)、さらに国際機関や各国が発表する耕地統計を用いることによって世界全域の耕地分布推計する手法を開発した。本研究で開発した手法により作成された耕地分布を比較的精緻な土地利用図が得られる日本において一致度を他の耕地分布図と比較すると、他の分布図に比べ良い一致を

見せた。

今後の改良点としては①sub-national レベルの耕地統計を集め、より精度を確かめること。②精緻な地図が得られる日本以外の国や地域に対し、本手法をその定量的な精度の検証をし、さらに改良を加えることがあげられる。

参考文献

Belward, A. S., (editor), 1996, The IGBP-DIS global 1km land Cover Data Set(DIScover): Proposal and implementation plans. IGBP-DIS working paper 13, Internatinoal Geosphere-Biospere Programme Data and Information Office, Toulouse, France

FAOSTAT: <http://faostat.fao.org/default.jsp>

Global Canopy Density Map (GFCD): <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/fao/index.asp>

Global Land Cover Characterization (GLCC): <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/glcc.asp>

Ramankutty, N., A. Foley (1998): Characterizing patterns of global land use: An analysis of global croplands data, Global biogeochemical cycles, 12(4), 667-685