

DEMを用いた標高変化に基づく人為的な土砂移動量の推計

誌名	環境科学会誌 = Environmental science
ISSN	09150048
著者名	杉本,賢二 黒岩,史 奥岡,桂次郎 谷川,寛樹
発行元	環境科学会
巻/号	28巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 153-161
発行年月	2015年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



一般論文

DEMを用いた標高変化に基づく人為的な土砂移動量の推計

杉本 賢二[†]・黒岩 史・奥岡桂次郎・谷川 寛樹

摘 要

大量の物質フローに特徴付けられた社会経済と自然環境との関わりを分析する上では、物質投入量の大半を占める土石系資源の動態を把握することが重要である。しかし、統計データにおける物質投入量には「隠れたフロー」が付随しているが、物質フローの算定サイクルから外れているために定量的把握が十分に行われていない。さらに、地形の人為的攪拌は大規模な範囲で加速的に引き起こされることが多く、土石資源の損失だけでなく景観や環境保全、地盤災害などの観点からもその動態を把握することが重要である。そこで、本研究では、土砂の移動に伴って標高が変化することに着目し、標高データの経年変化から地理的条件や隠れたフローを考慮した、人為的な土砂移動量を推計することを目的とする。そのために、土砂採取に関する情報が公表されている大阪府泉南郡岬町の多奈川地区を対象としてケーススタディとした。地表面の状態を表すラスターフェスを、地形図と空中写真、および人工衛星による採取前後の標高データを用いて作成し、その体積差分により土砂移動量の推計を行った。その結果、標高の変化に基づく土砂移動量は4,595~4,950万m³となり、地山土量からほぐした採掘土量への土量変換係数を考慮すると7,581~8,168万m³と推計された。これは土砂採取量として公表されている値と比較して8~17%の過大推計となったが、その誤差要因として、標高データの高さ精度に起因するものと、複数の地層による岩石種類のほぐし土量変化率などによる影響が考えられる。また、人工衛星によるDEMを用いた場合に、高さ精度に起因する誤差範囲が大きいものの、航空レーザ測量を用いた場合と推計値に大差がないことから、データが整備されていない地域における土砂移動量の把握に有用であることが示唆される。

キーワード：DEM、人為的攪拌、隠れたフロー、標高変化、土砂採取

1. はじめに

今日の社会経済は、大量の天然資源を自然環境から採取し、様々な形に加工して利用することで、我々は豊かな生活を享受している。日本の平成22年度における物質フローをみると、約13.7億トンの天然資源等投入量があり、その43%にあたる5.8億トンが国内資源に起因している¹⁾。さらに、国内資源の内訳では、岩石や砂利、石灰石といった非鉱物資源である土石系資源が87%を占めている²⁾。したがって、大量の物質フローに特徴付けられた社会経済と自然環境との関わりを分析する上では、こうした土石系資源の動態を把握することが重要で

ある。

しかし、こうした統計データにおける物質投入量には、数値として現れない「隠れたフロー (Hidden Material Flow)」が含まれていないことが課題となっている。隠れたフローとは、「資源採取等に伴い目的の資源以外に採取・掘削されるかまたは廃棄物として排出される物質」のことであり¹⁾、外部経済として地球環境に影響を与えているものの、物質フローの算定サイクルから外れているために定量的把握が十分に行われていない。環境省(2013)によれば、平成16年度における隠れたフローは、天然資源等投入量の約2倍にあたる34.5億トンであり、その内訳として捨石・不用鉱物や建設工事に伴

2014年6月9日受付, 2014年12月8日受理

名古屋大学大学院環境学研究科, 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

[†] Corresponding author: k.sugimoto@nagoya-u.jp

う掘削量といった、土石系資源に関する項目が多くを占めている³⁾。

こうした地形の人為的攪拌は大規模な範囲で引き起こされることが多く、さらにその人工侵食は自然状態での削剥速度の数倍から数百倍に達する⁴⁾。そのため、大規模地形改変は景観を構成する大きな要素である地表面の輪郭を変化させ⁵⁾、表層の土壌や植生が喪失することにより、それを基盤とする生態系の破壊につながる⁶⁾。また、大規模地形改変により形成された造成地において、土砂動態と大地震による斜面崩壊や建物被害との関連性が指摘されている^{4, 7)}。以上のように、地形の人為的攪拌は土石資源の損失だけでなく、景観や環境保全、地盤災害などの観点から、その動態を把握することが重要である。そのため、隠れたフローも含めた土石資源の移動量を、人間活動による自然環境への影響として定量的に把握することが不可欠である。

ところで、近年になって土砂資源をはじめとする表層の状態を捉える情報の一つである数値標高モデル (Digital Elevation Model; DEM) の整備が急速に進められている。DEM とは、標高や勾配などの地形の特徴、あるいは地形情報を数値表現するモデルのことであり⁸⁾、最近の DEM の整備には測量技術の発展と、地理情報システム (Geographic Information System; GIS) の普及に伴って需要が拡大しているという背景がある。特に、航空レーザや人工衛星による測量・観測技術の発展により、国土地理院による基盤地図情報や米国地質調査所による GTOPO30 など、広域を対象とした時系列で整備された高解像度の DEM が利用可能となっている。これまでに時系列の DEM を用いた土砂動態の把握として、谷川・井村 (2001)⁹⁾ は北九州市での宅地造成について、高橋ら (2003)¹⁰⁾ は多摩丘陵における宅地開発について、川原・田中 (2010)¹¹⁾ は武甲山における露天掘り採掘について、それぞれ人工的な地形改変の定量評価を行っている。いずれの研究においても、地形図や空中写真から作成した DEM の標高差分により地形改変量を推計している。一方で、人工衛星の持つ広域性と周期性、高解像度の DEM を活用した研究は土砂災害を対象とした研究^{12, 13)} は多くなされているが、人為的地形改変に関して既往研究は少ない。特に、高橋ら (2003) が指摘しているように、複雑な地形を持つ日本における地形解析には高解像度の DEM を用いたほうが望ましく、広域をカバーする高解像度の人工衛星による DEM の利用可能性を検討することは、全球での土砂動態の把握に資すると考えられる。

以上のように、統計には現れない隠れたフローを

考慮した土砂動態を定量的に把握することは困難であり、広域かつ高解像度で整備と蓄積が進められている人工衛星による DEM を用いた土砂移動量を推計する研究は少ない。したがって、本研究では、土砂の移動に伴って標高が変化することに着目し、人間活動による表層への影響を評価するために地理的条件や隠れたフローを考慮した土砂移動量を、標高の経年変化から推計することを目的とする。この手法により、国内外で利用可能となっている DEM を用いて土砂動態を把握することができれば、全世界での隠れたフローも含めた土砂移動量の定量化を、その地域分布を考慮して推計することが可能となる。そこで、本研究の推計手法の有効性について検証を行うため、DEM が整備されており、かつ土砂移動量と採取期間といった採取に関する情報が公表されている土砂採取地をケーススタディとして、地形図と空中写真、および人工衛星による採取前後の DEM を用いた土砂移動量の推計を行う。

2. 土砂移動量の推計方法

2.1 ケーススタディ対象地

本研究では、人間活動によって標高変化を伴った土砂の移動が行われ、かつ土砂採取期間や採取量等の採取に関する情報が公表されている地域である、大阪府泉南郡岬町の多奈川地区をケーススタディ対象地とした (図 1)。同地区は関西国際空港の二期事業に伴う土砂採取・供給工事の跡地であり、土砂採取に関する情報として採取期間 (2000 年 3 月から 2005 年 5 月) や土砂採取区域 (約 128 ha)、採取土量 (のべ約 7,000 万 m^3) が大阪府より公表されている¹⁴⁾。こうした参考値が存在していることから、DEM の標高変化に基づく土砂移動量との比較により検証が可能である。

土砂移動量の推計フローについて図 2 に示す。まず、地形図と空中写真、および人工衛星による土砂採取前後の標高データについて、土砂採取地の周辺地域の抽出を行う。この際、2008 年に撮影された国土電子基本図オルソ画像から採取地を切り出し、当該地域から 50 m バッファをかけた範囲をケーススタディとした。次に、採取前後の標高データからラスターフェスを作成し、それぞれの体積差分から土砂移動量を推計し、それを公表されている土砂採取量と比較することにより、推計結果の精度検証を行う。

2.2 標高データ

使用した標高データの詳細について表 1 に示す。土砂採取前の標高データとして、航空機により撮影

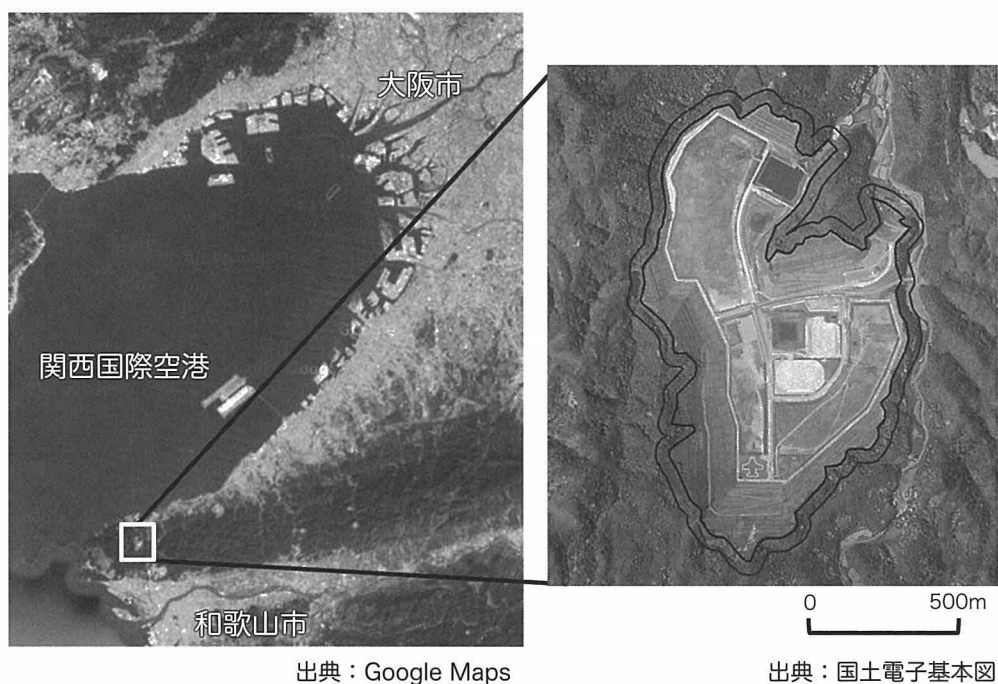


図1 ケーススタディ対象地

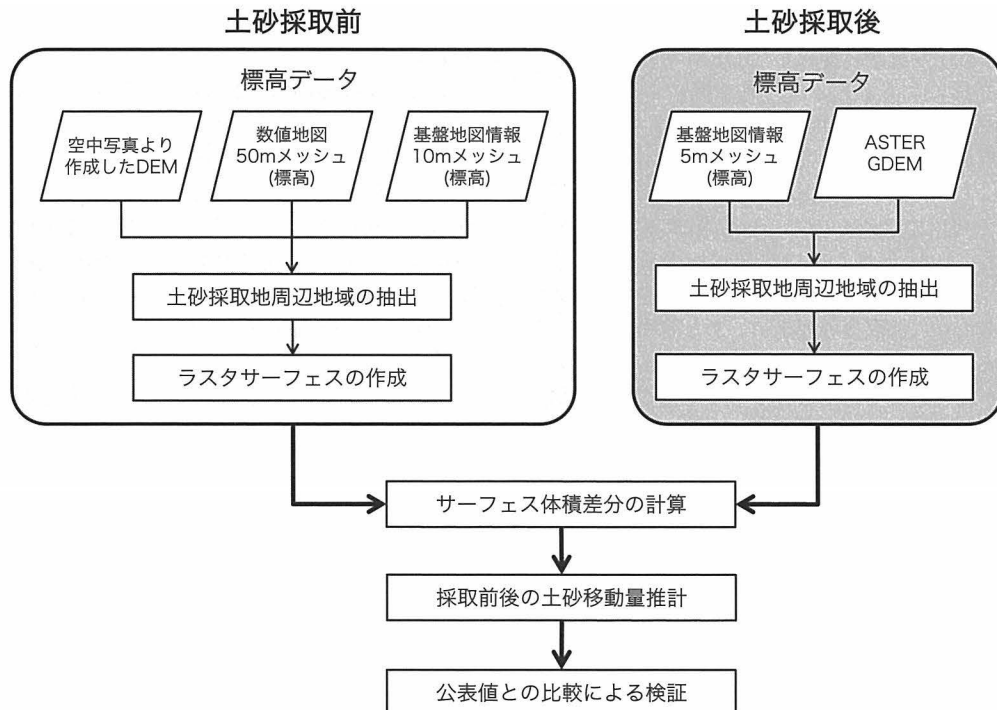


図2 土砂移動量の推計フロー

表 1 土砂移動量の推計に用いた標高データの詳細

	標高データ	作成機関	原 典	測量 / 撮影年	解像度	高さ精度
採取前	空中写真より作成した DEM	玉野総合 コンサルタント	空中写真	1961 年	5 m	0.7 m
	基盤地図情報 10 m メッシュ (標高)	国土地理院	1/25,000 地形図	1972~1999 年	10 m	5.0 m ¹⁵⁾
	数値地図 50 m メッシュ (標高)	国土地理院	1/25,000 地形図	1972~1999 年	50 m	7.2 m ¹⁶⁾
採取後	基盤地図情報 5 m メッシュ (標高)	国土地理院	航空レーザ測量	2008 年	5 m	0.3 m ¹⁵⁾
	ASTER GDEM ver2	経済産業省 / 米国航空宇宙局	地球観測衛星 ASTER	2000~2010 年	30 m	7 m ¹⁷⁾

された空中写真から作成した DEM と、国土地理院が刊行している数値地図および基盤地図情報を用いた。後者は日本全国をカバーしているため広範囲での利用には有効ではあるが、1972~1999 年までの期間に測量された複数の 1/25,000 地形図を原典データとしているため、図葉ごとに表現されている年次が異なる。したがって、複数の図葉にまたがるような広範囲を対象とした、時系列での分析には不向きである。そのため、本研究では撮影年や縮尺といったデータ諸元が明らかである、航空機により撮影された空中写真から作成した DEM を用いる。

空中写真による DEM は、航空機により撮影された空中写真と、採取区域近隣の公共基準点 6 点 (1 級基準点 2 点, 2 級基準点 4 点) とを用いて空中三角測量により作成した。採取区域において図化用写真として利用できるものは、1947 年米軍撮影の空中写真と、1961 年および 1975 年に国土地理院撮影の空中写真、の 3 種類が存在している。空中写真の選定にあたり、採取後の標高データと同様の精度で図化することを考え、撮影縮尺 1/10,000 程度、対象範囲が森林地域であることからなるべく樹高の低い時期、撮影時期が樹木の落葉時期であること、の条件を満たす、1961 年 11 月に国土地理院によって撮影された 5 枚の空中写真 (写真整理番号 MKK-61-09-C3-7, 8 および MKK-61-09-C4-7, 8, 9) を用いた。

また、土砂採取後の標高データについては、採取前と同じく国土地理院による基盤地図情報と、経済産業省 / 米国航空宇宙局による衛星画像から作成された ASTER GDEM を用いた。基盤地図情報 5 m メッシュは、採取前の数値地図 50 m メッシュと基盤地図情報 10 m メッシュとは異なり航空レーザ測量を基に作成されているため、地形図から作成さ

れた標高データより高解像度かつ高精度である¹⁶⁾。航空レーザによる観測は順次進められているため日本全国をカバーしている DEM ではなく、2012 年時点で平野部を中心として日本全国の 45% の標高が提供されているが、ケーススタディ対象地では整備されていることからこれを用いた。また、極地を除くほぼ全球をカバーしている ASTER GDEM を用いて土砂移動量の推計により汎用性の確認ができれば、日本のように DEM が十分に整備されていない国においても、本研究での推計手法が適用可能である。

なお、ASTER GDEM は地表面の標高だけでなく、建築物や樹木といった地物の高さも含めた標高データであることから、地表面の高さそのものではない。例えば、Tachikawa *et al.* (2011)¹⁸⁾ による日本での検証では、平坦な水田では標高誤差の標準偏差は 5.91 m であるのに対し、山間部の森林では 13.26 m であり、初版 (ver.1) と比べオフセットは取り除かれているものの、土地被覆によって標高の精度に差異があることが示されている。本研究のケーススタディ対象地においては土砂採取後の土地利用 / 土地被覆がほぼ裸地となっているため、地表面の標高であるとみなし土砂移動量の推計に用いたが、他地域での適用する際に地物標高を考慮する必要があることは、今後の課題としたい。

2.3 サーフェスの体積差分による土砂移動量の推計方法

標高データは各種測量により計測された、平面位置および標高値の三次元座標がデジタルで表現されており、表層の三次元状態を把握するためには標高データのポイント間の値を空間内挿し、地表面の状態を表すサーフェスモデルを作成する必要がある。本研究ではラスタサーフェスを、各標高データを三

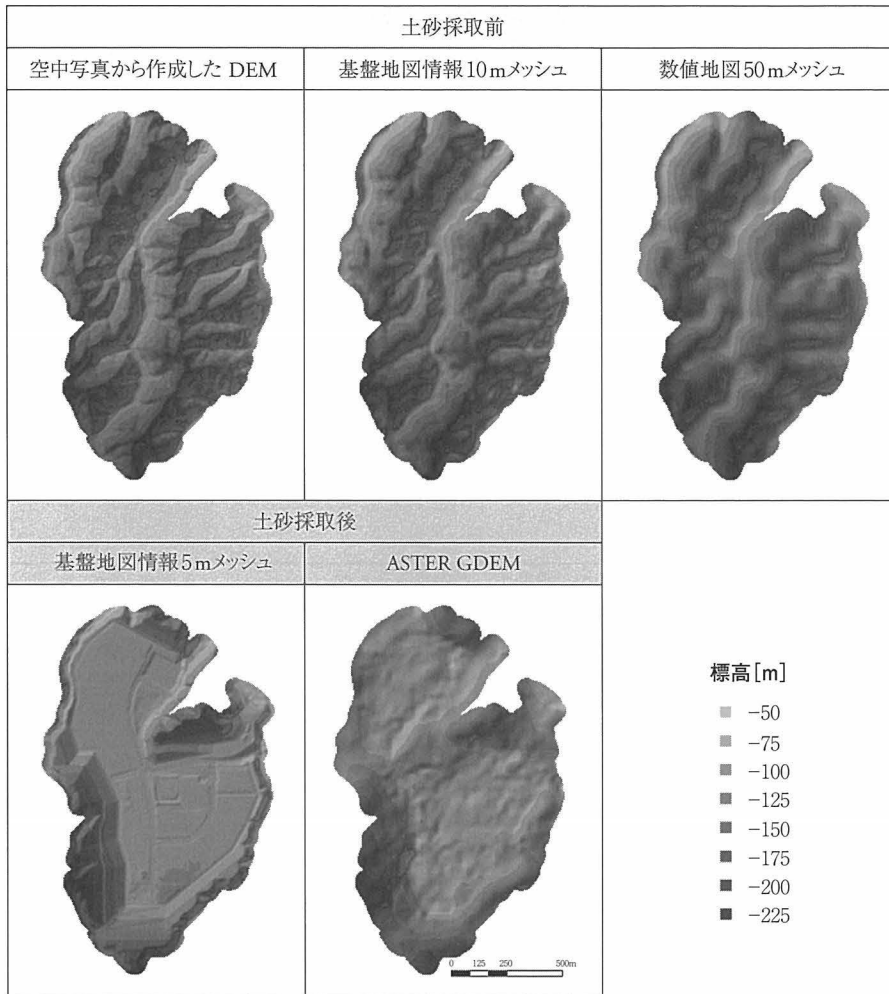


図3 標高データより作成した土砂採取前後のラスターフェス

次折りたたみ内挿法 (Bicubic Interpolation) により 5 m へトリサンプル処理を行うことにより作成した。三次折りたたみ内挿法とは、内挿するラスターの周囲 16 個の値から加重平均を計算する手法であり、今回の標高データのような連続ラスターデータセットに適した内挿法である⁸⁾。ラスターフェスは標高データから容易にサーフェスを作成でき、ラスターごとの演算が可能であることから標高の変化を効果的に視覚化することが可能である。

ケーススタディ対象地における、土砂採取前後の標高データを用いて作成したラスターフェスについて図3に示す。土砂移動量は、採取前後の標高差にラスターのセルサイズを乗じた体積差分により算出する。ラスター i における土砂移動量 SD_i (Sediment Movement) [m³] は、

$$SD_i = (H_{1,i} - H_{0,i}) \times size \quad (1)$$

により求められる。ここで、 H は標高 [m]、 $size$ はラスターのセルサイズ [=25 m²] であり、添字の 0 は採取前、1 は採取後を表している。採取区域の各ラスターフェスに式 (1) を適用し、合計することにより土砂採取による移動量を推計することができる。

3. 推計結果と考察

3.1 標高データの精度検証

表2に各標高データの基本統計量について示す。採取前後で比較すると平均標高は 120.2~121.9 m から 86.2~87.1 m へと減少しており、土砂採取により標高が 35 m 前後低くなっていることがわか

表 2 標高データの基本統計量

		単位：m			
標高データ		最大	最小	平均	高さ精度 ^{注)}
採取前	空中写真より作成した DEM	220.4	41.9	120.9	n.a.
	基盤地図情報 10m メッシュ	211.5	40.9	121.9	6.8
	数値地図 50m メッシュ	206.5	40.5	120.2	8.7
採取後	基盤地図情報 5m メッシュ	219.6	39.5	86.2	n.a.
	ASTER GDEM	199.2	37.3	87.1	9.2

注) 高さ精度は、採取前の標高データは空中写真から作成した DEM との RMSE (Root Mean Square Error)、採取後は基盤地図情報 5m メッシュとの RMSE を表す

表 3 ラスタサーフェスの体積差分による土砂移動量の推計結果

単位：万 m ³						
標高データの組み合わせ						
採取前	空中写真から 作成した DEM	基盤地図情報 10m メッシュ	数値地図 50m メッシュ	空中写真から 作成した DEM	基盤地図情報 10m メッシュ	数値地図 50m メッシュ
採取後	基盤地図情報 5m メッシュ			ASTER GDEM		
増加量	25.8	65.5	115.9	242.6	227.7	256.0
減少量	4837.5	5015.6	4830.8	4934.2	5057.8	4850.8
増減量	-4811.7	-4950.2	-4714.9	-4691.6	-4830.1	-4594.8
採掘土量換算	-7939.4	-8167.8	-7779.5	-7741.2	-7969.7	-7581.4

る。また、採取前後における最も解像度の高い標高データを基準とした場合の高さ精度についてみると、採取前の 10 m メッシュでは 6.8 m、解像度が低い 50 m メッシュの場合には 8.7 m の高さ誤差があり、同様に ASTER GDEM では 9.2 m であるように、解像度が低くなるにつれ高さ精度が低くなる傾向は採取後でもみられた。なお、ASTER GDEM は前述のように地物の高さを含んだ標高であることが、5 m メッシュと比較して、平均標高が高くなる要因となっている。

3.2 土砂移動量の推計結果

サーフェスの体積差分により推計した土砂移動量の増減について表 3 に示す。

標高の変化から推計した土砂移動量は、標高データの組み合わせにより 4,595~4,950 万 m³ となった。また、採取後の標高データとして基盤地図情報 5 m メッシュを用いた場合より ASTER GDEM を用いた方が、土砂増加量が 150~200 万 m³ ほど多くなっており、それが増減量としても 100 万 m³ の差となっている。これは前述のように ASTER

GDEM が樹木の高さも含んだ DSM であることに加えて、データ自体の高さ精度によるものであると考えられる。ただし、人工衛星による DEM を用いた場合でもそれぞれ 2.5% 程度の差異であることは、データが整備されていない地域において土砂移動量の推計に有用であることが示唆される。

しかし、標高変化より推計した土砂移動量は公表値である 7,000 万 m³ と比較して 3 割程度の過少推計となっている。その理由として、統計として公表されている土砂採取量を測定する際に、土石体積に空隙が生じていることが考えられる。本研究の対象地では土砂や岩石は発破工法などで採取された後、大型破砕機で処理され、土運船に積み込まれて埋立て現場に供給された¹⁹⁾。そのため、標高データから推計された土砂移動量は密度が高い「地山の土量」であるのに対して、公表値は発破による空隙が生じていることで体積が大きくなった「ほぐした土量」である。したがって、採取地の大半を占める硬岩¹⁹⁾ に対応する、「地山」から「ほぐした土量」への土量換算係数 1.65²⁰⁾ を乗じることで、「ほぐした

土量」に換算した土砂移動量は7,581~8,168万 m^3 と算出された。

なお、土砂移動量を採取区域の面積(1,388,350 m^2)で除した単位あたりの土砂移動量は54.6~58.8 m^3/m^2 であり、川原・田中(2010)¹¹⁾による武甲山の露天掘り採掘による改変速度61 m^3/m^2 と同程度である。もちろん、標高の変化に基づく土砂移動量には土砂崩れや恒常的な河川の浸食・体積による土砂動態を含んでいるが、その速度は人為的地形改変と比較するとかなり小さい⁴⁾。さらに、多奈川地区での土砂採取事業が6年間で行われたことを考慮すると、対象地区においては、短時間かつ大きな改変強度で人工改変が行われたといえる。

3.3 推計結果の誤差要因と課題

標高変化に基づく土砂移動量をほぐした土量へ変換した採掘土量においても、依然として実際の土砂採取量と比較して8.3~16.6%の過大推計となっている。その誤差要因として、標高データ自体に含まれる高さ精度によるものと、土量換算係数によるもの、自然現象による侵食・堆積作用が含まれていることが考えられる。標高データの高さ精度による誤差について、図4に採取前後の標高データが持つ高さ精度により算出した、土砂移動量の推計値(地山土量換算)と誤差範囲について示す。採取前後で最も高さ精度の良い、空中写真によるDEMと基盤地図情報5mメッシュとの組み合わせにおいても、推計値には約140万 m^3 の誤差を含んでいる。一方で、解像度が低い数値地図50mメッシュとASTER GDEMとの組み合わせでは、増減量の43%にあたる1971万 m^3 が誤差範囲となっている。したがって、表3に示したように中央値で見れば標高データの組み合わせによって土砂移動量は大きな

ないが、特に解像度が低いDEMを用いた場合に、推計値は誤差を含んでいることに留意する必要がある。

また、土量変換係数については、対象地域における岩石種類を最も変化率の大きい硬岩としたが、実際にはそれ以外の岩石も含まれていると考えられることから、推計値が過大となっている可能性が高い。最後に、地形改変は人為的なものだけでなく、土砂崩れや河川の浸食・堆積による自然の土砂移動が起こっている。自然現象による土砂移動速度は人工地形改変と比較すれば改変速度は小さいものの⁴⁾、広域を対象とする場合にはその作用量も少なくはない。自然現象による地形改変と比べ、人為的地形改変後には土地利用が大きく変化している²¹⁾ことから、広域での土砂動態の把握には、土地利用情報に依る検討が不可欠である。

4. まとめと今後の課題

本研究では土砂採取に関する情報が公表されている大阪府泉南郡岬町の多奈川地区において、標高データの経年変化から土砂移動量の推計を行った。標高データとして、地形図と空中写真、および人工衛星によるDEMを用いることにより、広域で整備が進んでいる高解像度DEMを用いた推計の精度検証を行った。本研究で得られた知見について以下にまとめる。

1. 採取前後の組み合わせにより土砂移動量は採掘土量換算で7,581~8,168万 m^3 と推計され、公表されている土砂採取量と比較して8~17%の過大推計となった
2. 過大推計となった理由として、標高データの高さ精度に起因するものと、採掘土量への換算係数によるものが挙げられる
3. 採取後の標高データとして人工衛星によるDEMを用いた推計値は、航空レーザ測量によるDEMを用いた場合と2.5%程度の差異が見られることから、データが整備されていない地域における土砂移動量の推計に、人工衛星によるDEMが有用であることが示唆される

また、本研究では、採掘に関する情報が明らかな採取区域を対象として、土砂動態の定量化を行ったが、使用する標高データの精度や採掘土量への変換係数などによる不確実性が含まれている。特に、人工衛星によるDEMの持つ高さ精度に起因する推計精度については、地形改変前後の土地利用変化も含め他地域でのさらなる検証が不可欠である。

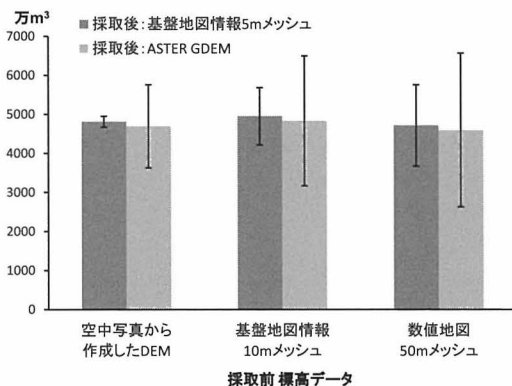


図4 標高データの組み合わせによる土砂移動量の推計誤差

謝 辞

本研究は、文部科学省グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス (GRENE) 事業 環境情報分野「環境情報技術を用いたレジリエントな国土のデザイン」、環境省環境研究総合推進費 (1-1402)「資源価値を引き出す次世代マテリアルストックに関する研究」、日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤研究 (B) 26281056)「ストック型社会の実現へ至要たる 4d-GIS を用いた都市重量の飽和メカニズムの解明」、および日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤研究 (A) 25241027)「世界の長期発展に係る鋼材のダイナミックマテリアルフロー分析」の支援を受けて実施された。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 1) 環境省 (2013) 平成 25 年版環境・循環型社会・生物多様性白書, 434p.
- 2) 環境省 (2009) 日本の物質フロー 2006, 14p.
- 3) 環境省, 環境統計集, <http://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/index.html>, (accessed 2014/03/28).
- 4) 田村俊和・山本 博・吉岡慎一 (1983) 大規模地形改変の全国的把握, 地理学評論, 56 (4), 223-242.
- 5) 山田周二 (2001) 人工的に改変された山地・丘陵地の地形自然度評価, 地理学評論, 74A (11), 643-657.
- 6) Walker, R. L. (2011) Integration of the study of natural and anthropogenic disturbances using severity gradients, *Austral Ecology*, 36 (8), 916-922.
- 7) 森 友宏・風間基樹・佐藤真吾 (2014) 東日本大震災における仙台市の大規模造成宅地の地震被害調査 - 5つの造成地における全域踏査 -, 地盤工学ジャーナル, 9 (2), 233-253.
- 8) 村井俊治 (2004) 改訂版 空間情報工学, 日本測量協会, 228p.
- 9) 谷川寛樹・井村秀文 (2001) 都市建設にともなう総物質必要量の定量化と評価に関する研究 - 住宅地整備のケーススタディー -, 土木学会論文集, 671, II_35-II_48.
- 10) 高橋昭子・小口 高・杉森啓明 (2003) ラスター型 DEM の外造土と地形表現力 - 多摩地域を事例として -, 地理学評論, 76 (11), 800-818.
- 11) 川原一洋・田中 靖 (2010) 武甲山における人工地形改変の定量的評価, 2010 年度日本地理学会春季学術大会 発表要旨集, 410.
- 12) 白石貴司・筒井 健・中川英朗・江崎哲郎 (2008) 高分解能衛星画像を用いた台湾小雪渓流域における土石流に伴う土砂移動分析, 応用地質, 49 (1), 23-33.
- 13) 清水孝一・小山内信智・山越隆雄・笹原克夫・筒井 健 (2008) 衛星観測高精度 DEM によるインドネシア国バワカラエン山の大规模崩壊後の土砂流出の経年変化把握, 日本地すべり学会誌, 45 (2), 95-105.
- 14) 大阪府, 岬町多奈川地区多目的公園計画に係る土砂採取事業, <http://www.pref.osaka.lg.jp/kankyouhosen/assess/tanagawa.html> (accessed 2013/10/13).
- 15) 国土地理院, 基盤地図情報 (数値標高モデル) で提供しているデータについて, <http://fgd.gsi.go.jp/otherdata/spec/2014/DEMgaiyo.pdf> (accessed 2014/10/08).
- 16) 村上広史 (1995) 国土地理院数値地図の制度に関する考察, 情報地質, 6 (2), 59-64.
- 17) 宇宙システム開発利用推進機構, ASTER 全球 3 次元地形データ, <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/J/> (accessed 2014/09/10).
- 18) Tachikawa, T., M. Hato, M. Kaku and A. Iwasaki (2011) Characteristics of ASTER GDEM version 2, 2011 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 3657-3660.
- 19) 江川省三・米田 博・井上 繁 (2002) 大規模連続土工のシステムインテグレーション: 土砂破碎・搬送設備の総合運転監視システムの構築, 建設の機会化, 633, 3-12.
- 20) 土木工事積算研究会 (1999) 平成 11 年度建設省土木工事積算基準, 建設物価調査会, 871p.
- 21) 橋本加代子 (2003) 大阪湾周辺地域における土砂採取地跡利用とその要因に関する研究, 都市計画報告集, 1, 62-65.

Anthropogenic Disturbance Estimation Based on Surface Elevation Change Using DEM

Kenji SUGIMOTO, Fumi KUROIWA,
Keijiro OKUOKA and Hiroki TANIKAWA

(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan)

Abstract

For analyzing the relationship with natural environment and socio-economy that characterized huge materials flow, it is important to understand the dynamics of soil and stone. However, quantitative grasp of "hidden material flow" is not sufficiently performed since it is out of material calculation process. This study presents and discusses the effectiveness of a method to estimate anthropogenic disturbance of soil and sand, based on surface elevation change over time using Digital Elevation Model (DEM). First, a case study was conducted focusing on an area where a large-scale extraction of soil and sand has occurred in Misaki-cho, Osaka Prefecture. In the case study, the viability to estimate the changes of soil movement with GIS by creating raster surface model from DEM based on contour map, aerial photo and satellite image was confirmed. As a result of the estimation sediment movement due to the volume changes as from 75.81 to 81.68 million ton between before and after soil excavation. The differences between estimates and statistics are due to the vertical accuracy of DEM, conversion rate to rock products and natural processes. Despite the estimate error induced by the vertical accuracy, satellite DEM is useful to grasp anthropogenic disturbance in data limited area.

Key Words: DEM, anthropogenic disturbance, hidden material flow, elevation change, soil excavation