

人為作用による下総台地の地形変化の定量的可視化 —千葉県立青葉の森公園周辺の例—

山中 蛭*・高橋直樹

千葉県立中央博物館

〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2

*E-mail: t_yamanaka@chiba-muse.or.jp

(2024年11月30日投稿；2025年1月15日改訂；1月21日受理)

要 旨 下総台地における人為的地形変化の程度や特徴を明らかにすることを目的に、1990年代前後に大規模な切土盛土造成が行われた千葉県立青葉の森公園周辺を例として、GISによる標高差解析を行った。その結果、大規模な地形変化域が同公園とこれに隣接する千葉寺土地区画整理事業地区に集中する一方、周囲の相対的に古い宅地では自然地形が残存することが明示された。上記の公園と事業地区における移動土砂量は約117万 m^3 と見積もられる。ここでは、1980年代まで農林地が広く残存したことで計画的な開発が可能となり、大規模地形変化が生じたと考えられる。また、自然堆積物露頭の情報から、開発で消失した台地上面は下総上位面と千葉第1段丘に対比された。

キーワード：下総台地、地形変化、切土盛土造成、数値標高モデル、旧版地形図、標高差解析、千葉県立青葉の森公園

地球は、プレートテクトニクスと水の存在に特徴付けられる岩石惑星であり、この星の地形は、内側から働く地殻変動と火成活動の作用（内作用）、風、雨、河川、波浪、氷河などの外側から働く作用（外作用）、そして天体衝突（外来作用）からなる自然の諸作用により形成されてきた。生物の誕生後も、造礁サンゴ以外の生物が小地形スケール以上の地形を直接つくり出すことは稀だった。しかし、第四紀後期になると、地形に対する人間の介入（人為作用）が局所的に見られるようになり、土木技術が発達した現代では、ついに世界各地で大規模かつ急速な地形変化をもたらしている（貝塚, 1998）。地球の地形は、過去に経験したことのない新たな外作用による大変換の時代を迎えている。

日本では、高度経済成長を迎えた1950年代半ば以降、住宅用地、工業用地、農業用地、レクリエーション用地の開発に伴う大規模な地形改変が全国的に増大した。これらによる全国の平均的な土砂移動速度は、湿潤温帯における自然状態での平均的侵食速度の数十倍～百数十倍であり、首都圏ではさらに一桁大きいと推算される（田村ほか, 1983）。大規模な地形変化を引き起こす人為作用には、臨海部や湖沼における埋立と干拓、山地や丘陵、台地における切土盛土造成、そして、河川改修、さらには鉱山や土砂の採掘などがある。採掘を除くと、これらの改変は土地の生産性向上を目的として行われ、自然状

態では形成され得ない特異な地形を生み出している。特に開発著しい日本の平野部では、現在見られる地形の成り立ちを理解する上で、自然作用だけでなく人為作用の影響まで考慮すべき場合が少なくない。

千葉県北西部は、高度経済成長期以降、人為作用による地形変化が大規模に生じた東京都市圏に含まれる。東京湾岸は、京葉臨海工業地帯やニュータウン等の開発のために埋め立てられ、海底地形や海岸線の位置形状が大きく変化した。また、千葉県北部の地形を代表する下総台地では、切土盛土造成による宅地や工業団地、ゴルフ場などの開発が行われ、その面積は東京湾岸の埋立地を上回る程である。切土盛土造成では、台地から削り取った土砂で谷を埋めて起伏をならし、幾何学形態を持つ特徴的な平坦面もしくは緩傾斜面が形成される。このような改変は、台地を構成していた自然堆積層や表層土壌を喪失させ、生物環境や水文環境などにも不可逆的な変化を及ぼす（田村, 2012）。今日の下総台地の自然環境を評価する上では、人為作用による地形変化の程度を明らかにすることも重要と考えられる。

盛土地や切土盛土境界では、地震や集中豪雨などによる地盤災害の発生危険度が高いことが知られ（佐々・福岡, 1995など）、防災の目的から、全国の自治体が国の補助を受けて「大規模盛土造成地マップ」を作成している（例えば、千葉市, 2020）。しかし、これらの地図には、

大規模盛土造成地の範囲が示されるのみであり、切土および盛土によってどこどの程度地形が変化しているかを読み解ける資料とはなっていない。本研究では、人為作用による下総台地の地形変化の程度とその特徴を明らかにすることを目的に、千葉市中央区に位置する千葉県立青葉の森公園（以下、青葉の森公園と略す）とその周辺を例として、公園建設前後における地形変化量分布図を作成した。青葉の森公園は、緑地が広がり、千葉県立中央博物館本館や生態園が位置するなど、千葉県における環境教育活動および自然誌研究の拠点となっている。広さ 53.7 ha の公園内には、部分的に台地と谷の自然地形が残る一方、周囲では公園建設と同時期に宅地開発が行われ、切土盛土造成による大規模な地形変化が生じた（高橋・八木, 2024；八木, 2024）。本研究では、公園建設前後の標高データ（旧版地形図と数値標高モデル）を用いた分析によって地形変化量分布を地図化するとともに、その結果と工事現場等で観察された自然堆積物の露頭にもとづき、造成で消失した段丘面の対比を試みた。

下総台地の地形・地質と造成地分布の概要

下総台地は、関東平野南東部に広がる台地であり、中部～上部更新統の下総層群より構成される。台地は三角形の平面概形を持ち、西を東京低地、北を利根川下流低地、南東を九十九里浜低地、南を上総丘陵に面する（図1）。台地の南西縁は1960年代まで直接東京湾と面していたが、現在は埋立地となっている。台地の上には周囲の低地より20–90 m 高い平坦面が広がり、これを樹枝状

に延びる無数の河谷（開析谷）が刻む。このような地形は、最終間氷期最高海面期（海洋酸素同位体ステージ（MIS）5e；約12.5万年前）に現在の関東平野に広がっていた浅い海（いわゆる「古東京湾」）の平坦な堆積面が、その後の海面低下と地盤の隆起によって段階的に陸化し、河川侵食を受けるようになったことで形成された（杉原, 1970）。下総台地に幅広く分布する段丘面は、高位のものから下総上位面、下総下位面と呼ばれ、離水時期はそれぞれ MIS 5e（約12.5万年前）、MIS 5c（約10万年前）とされる（杉原, 1970；小池・町田, 2001）。下総上位面を構成する海成層は下総層群木下層と呼ばれる。下総台地を刻む河川沿いには、下総上位面および下総下位面よりも低位の段丘面群が分布し、これらは千葉段丘と呼ばれる（杉原, 1970）。千葉段丘は上位から千葉第1段丘と千葉第2段丘の2面に細分され、MIS 5a（約8万年前）以降の海面低下に対応する河川の段階的な下刻に伴って形成された河成段丘と考えられている（杉原, 1970）。千葉段丘を構成する河成堆積物は千葉段丘砂礫と呼ばれる。なお、「谷津」と呼ばれる下総台地の開析谷底の低地や、台地周辺の大規模な低地は、後氷期にあたる MIS 1（約7,000年前～現在）の高海面を基準として形成された最新の平坦面であり、沖積層によって構成される。

上記の各段丘面を構成する海成層および河成層の直上には、火山噴出物起源の風成塵を主体とする関東ローム層が堆積する（関東ローム研究グループ, 1964）。関東ローム層は、古い段丘面ほど厚く堆積することや、鍵層とな

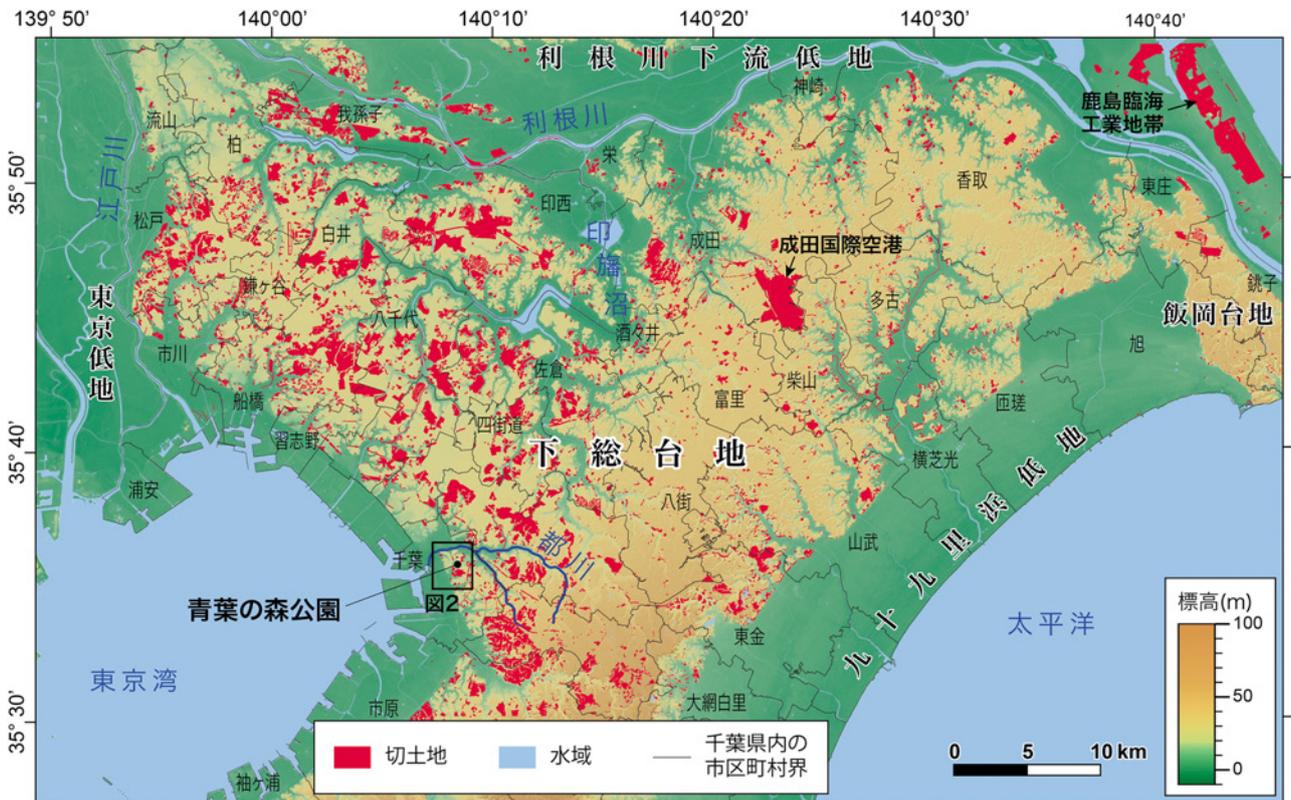


図1. 下総台地の地形と切土地の分布。基盤地図情報（国土地理院発行）の数値標高モデル5mメッシュデータと水涯線データ、および国土数値情報（国土交通省発行）の2024年版行政区画データを加工して作成。切土地の範囲は数値地図25000（土地利用）（国土地理院発行）にもとづく。

複数のテフラが挟在することから、関東平野に分布する段丘面の対比や離水時期を解明するための指標として用いられてきた。下総台地に分布する関東ローム層は、下位から下末吉ローム層、武蔵野ローム層、立川ローム層に区分される。下総上位面にはこれら全てのローム層が載り、下総下位面には下末吉ローム層の上部以上のローム層が載る。下総台地では、下末吉ローム層相当層が凝灰質粘土層として産出する 경우가多く、これは常総粘土層と呼ばれる。千葉第1段丘には、武蔵野ローム層以上のローム層が載り、その下部に箱根東京軽石(Hk-TP; 60-65 ka) (町田・新井, 2002) が挟在する。また、武蔵野ローム層の上部には始良 Tn 火山灰(AT; 26-29 ka) (町田・新井, 2002) が挟在する。千葉第2段丘には立川ローム層のみが載る (杉原, 1970)。

図1に、下総台地周辺の切土地の分布を示す。切土地は、一般に台地や丘陵などの高台に見られ、元の地形面が消失した範囲にあたることから、台地における大規模造成地の分布概況を示す指標となる。大規模な切土地は、下総台地の西部に密集して分布し、東部では成田国際空港用地およびその開港に前後して開発されたニュータウン用地を除くと少ないことがわかる。これらの土地造成は、大部分が宅地、工業団地、およびゴルフ場の開発を目的とし、1960年代以降に行われた。大規模な切土地が密集する範囲は、東京都心50 km圏内と概ね一致し、これは都心への鉄道1時間圏内にあたる。台地東西での都心へのアクセスの違いが、地形の改変程度の差として現れていると考えられる。なお、利根川下流低地の臨海部にも大規模な切土造成地が分布するが、これは鹿島臨海工業地帯の開発に伴う鹿島砂丘の開削地である。

空中写真に見られる青葉の森公園建設前後の変化

本研究の対象地域である青葉の森公園周辺は、都川左岸に広がる台地の北西端付近に位置する (図1)。青葉の森公園周辺の台地は、都川河口付近の低地に中世に成立した千葉市街地の背後に位置し、台地の北西端には亥鼻城が置かれていた。青葉の森公園は1987年に開園し、その建設前後にあたる1983年と2009年に国土地理院によって撮影された空中写真から、土地利用や植被などの変化を読み取ることができる (図2)。

図2には、空中写真の実体視判読により、撮影時に残存したことが認められる台地縁(段丘崖と低地の境界線)の位置を黄色の実線で図示した。また、1983年の空中写真 (図2左) には、これ以前の時代の空中写真では認められ、1983年時点では消失している台地縁を、黄色の点線で図示した。台地縁には、台地内部に複雑に入り込む部分(開析谷底の低地)が数多く見られる一方、西縁の県庁から宮崎にかけては直線的である。開析谷底の低地は、最終氷期に現在よりも低い海面を基準とする河川侵食によって深く谷が形成された後、その谷にMIS2からMIS1への海進(いわゆる「縄文海進」)に伴って堆積した沖積層の堆積面である。一方、台地西縁の直線的な崖線は、MIS1の海進絶頂期(約7,000年前)以降に台地が波食を受けて形成された海食崖であり、かつての海岸線にあたる(貝塚ほか, 1979)。

残存する台地縁の分布から、1983年時点では、下総台地の自然地形がよく残されていたことがわかる。矢作町、星久喜町、宮崎町、宮崎では、部分的に小規模な切土盛土造成による台地縁の消失が見られる、また、京葉道路の開削部が比較的規模の大きい改変地形として存在

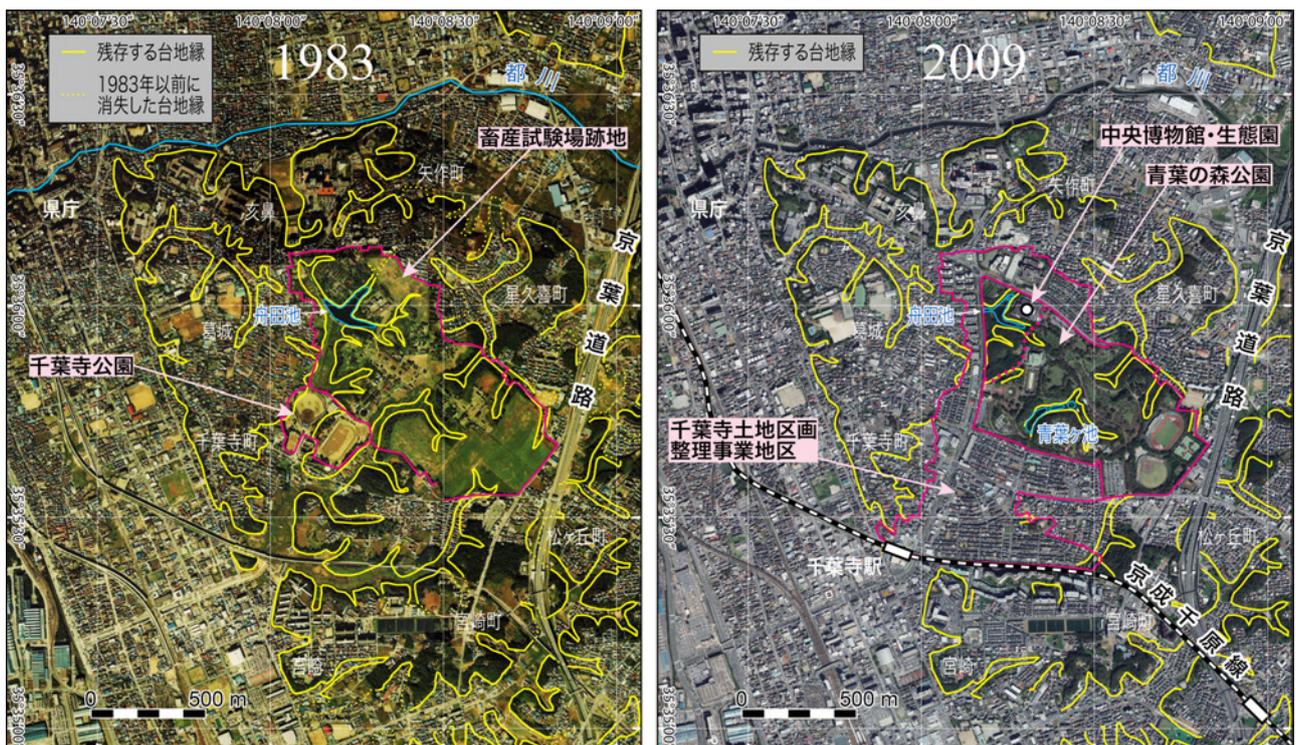


図2. 青葉の森公園建設前後に撮影された周辺地域の空中写真(オルソ画像)。地理院タイル(国土地理院配信)を加工して作成。左: 青葉の森公園建設前(1983年国土地理院撮影)。右: 青葉の森公園建設後(2009年国土地理院撮影)。

した。林地は台地縁に沿って分布し、段丘崖の多くが斜面林に覆われていたとみられる。千葉寺町東部では、後の京成千原線となる用地の周囲に台地と開析谷が残り、田畑や斜面林となっている。現在の青葉の森公園付近は、1980年までは農林水産省畜産試験場であり、その敷地は台地と開析谷をまたいで広がっていた。畜産試験場は1980年に茨城県つくば市に移転したが、1983年でも施設や草地がほぼ元のまま残存する。畜産試験場跡地の南西に隣接する千葉寺公園には、開析谷底に野球場、台地上に陸上競技場があった。この頃に存在する住宅地は、都川沿いや海食崖以西の広い低地を除くと、街区の範囲や街路の向きが台地や開析谷の広がりにはほぼ制約されていた。

その後の2009年の空中写真(図2右)では、畜産試験場跡地の大部分と旧千葉寺公園の一部を範囲として青

葉の森公園が広がる。公園内には、畜産試験場の頃の林地が残存するだけでなく、生態園など新たな林地も設けられ、周囲の市街地と対照的である。旧千葉寺公園のスポーツ施設機能は、青葉の森公園の南東部に再生された。青葉の森公園の周囲では、1983年と比較して、公園以外の畜産試験場跡地と旧千葉寺公園を含む千葉寺町東部の宅地化が著しい。この宅地化区域は、旧住宅都市整備公団による千葉寺土地区画整理事業地区にあたる。同地区内では、街区の広がりや街路の向きが自然地形の制約をほとんど受けず、整然としている。同地区の南縁に沿っては、京成千原線が開通している。千原線以南でも開析谷底の宅地化が著しいが、街区の広がりには自然地形の制約を受ける。

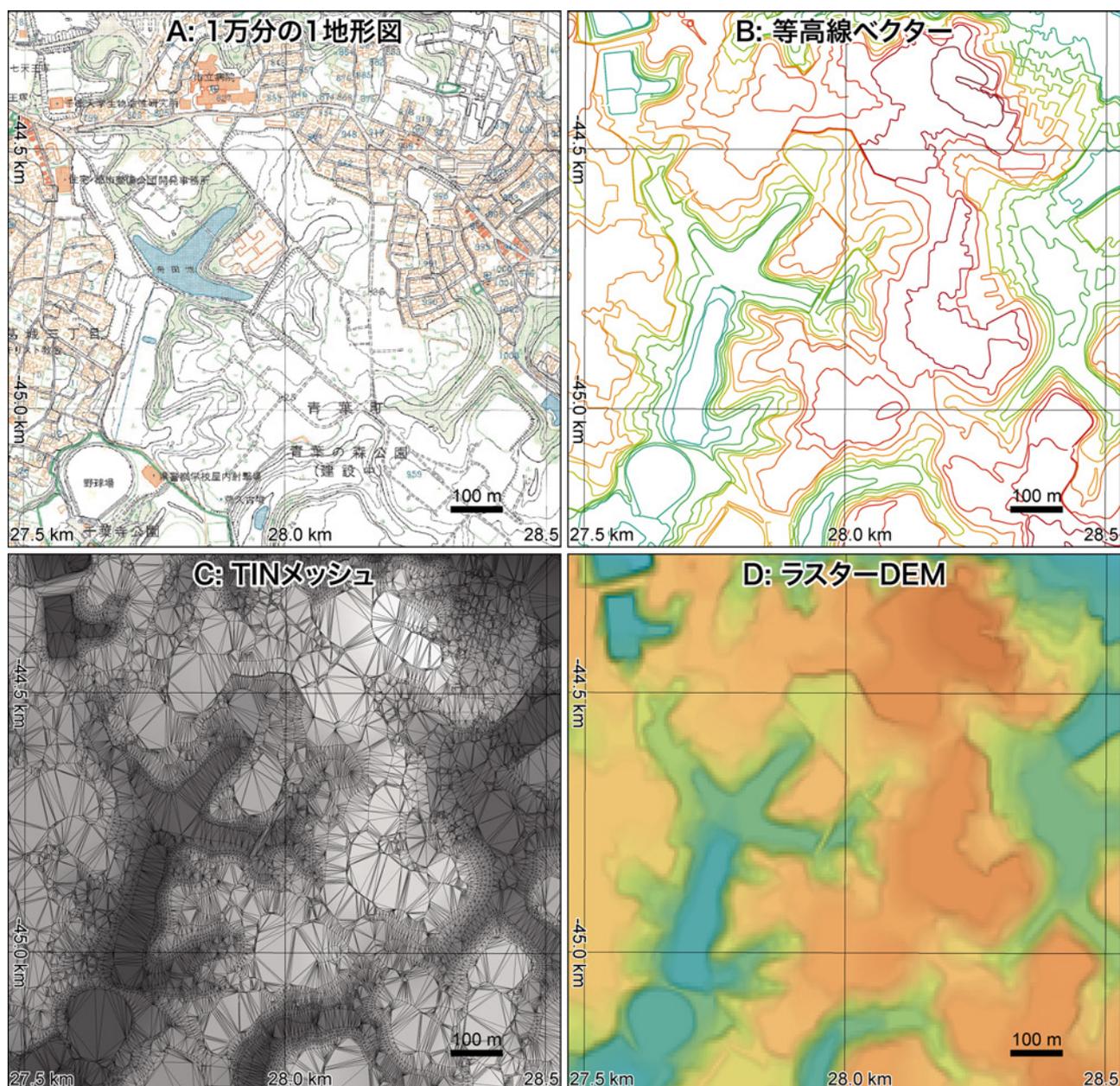


図3. 旧版地形図にもとづく数値標高モデル (DEM) の生成手順。A: 1万分の1地形図「千葉東部」(1986年国土地理院発行)の一部。B: 1万分の1地形図の等高線をトレースして作成したベクターデータ。C: 等高線ベクターデータをもとに生成した不規則三角網 (TIN) メッシュ。D: TINメッシュをラスタライズした数値標高モデル (DEM)。

材料と方法

青葉の森公園の北西端部に位置する生態園では、園の整備に伴う地形変化量の分布が、整備前後の時期の土地区画整理事業計画図などの等高線の変化にもとづいて計算され、20 m メッシュ間隔で明らかにされている（山口・中村，1994）。このように、複数時期の標高データの差分から地形変化量分布を明らかにする手法は、標高差分解析と呼ばれる。本研究では、青葉の森公園周辺の地形変化量分布を明らかにするため、公園建設および土地区画整理事業実施の前後の時期の地形を表す標高データを用いて、標高差分解析を実施した。本研究では、広範囲の解析を比較的高精度かつ効率的に行うため、標高データにラスタ型の数値標高モデル（Digital elevation model; DEM）を用い、地理空間情報システム（Geographic information system; GIS）によって計算および地図化を行った。GIS ソフトウェアは、QGIS Ver. 3.34.7 を使用した。

公園建設後の標高データには、国土地理院が発行する数値標高モデル 5 m メッシュデータを用いた。同データには、航空レーザ測量にもとづくもの（DEM5A）と、写真測量にもとづくもの（DEM5B）の 2 種類があり、DEM5B は、より精度の高い DEM5A の空白域を補うように整備されている。本研究の対象地域は、大部分が、2010 年に実施された航空レーザ測量にもとづく DEM5A の整備範囲であるが、一部では未整備であるため、その範囲は DEM5B で補うこととした。

一方、公園建設前の地形を表す標高データは、DEM

として整備されていない。そこで、対象地域を含む 1 万分の 1 地形図「千葉東部」および「蘇我」（国土地理院 1985 年調査，1986 年発行）それぞれの一部範囲の等高線をもとに、GIS を用いて DEM を生成した（図 3）。1 万分の 1 地形図の基本的な等高線は 2 m 間隔だが、平坦地には 1 m 間隔の補助線が引かれることから、対象地域では実質的に 1 m 間隔となっている範囲が多い。DEM の生成作業を行うために、まず、1 万分の 1 地形図をスキャンして画像データとした（図 3A）。次に、この地図画像を GIS に読み込み、ジオリファレンスを行なって地理座標を付与した。基準点には、地図に引かれている平面直角座標系第 IX 系にもとづく 500 m 間隔グリッドの交点を用いた。これによって地理座標上に配置された地図画像から、等高線のみをトレースし、等高線のベクターデータを作成した（図 3B）。個々の線データには、属性情報として標高値を入力した。次に、等高線ベクターデータをもとに不規則三角網（TIN）メッシュを生成し、面形状への変換を行った（図 3C）。最後に、TIN メッシュをラスタライズし、DEM を生成した（図 3D）。ラスタデータのメッシュ間隔は、等高線ベクターデータの平面的な最低間隔が約 5 m であることから、その精度を維持するために 5 m とした。生成されたラスタ DEM は、1985 年の地形を表す。

以上の手順で用意した公園建設前後（1985 年と 2010 年）の 5 m メッシュ DEM をもとに、GIS で標高差分解析を行った。解析では、2010 年の標高から 1985 年の標高を引き、この間の地形変化量を求めた。なお、上記手

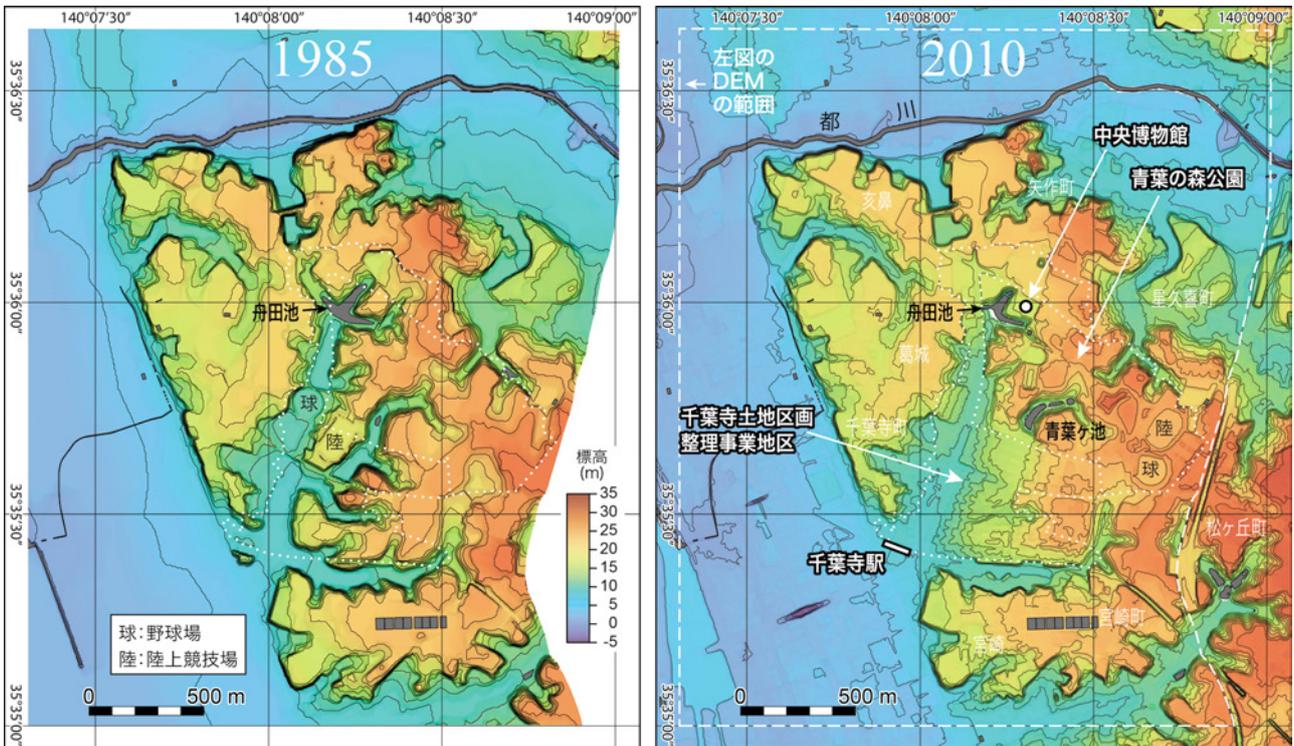


図 4. 青葉の森公園建設前後の周辺地域の地形の比較。左：1985 年の地形。1 万分の 1 地形図「千葉東部」・「蘇我」（1986 年国土地理院発行）をもとに本研究で生成した DEM を用いて作成。等高線間隔は 2 m（標高 0 m 基準）。右：2010 年の地形。基盤地図情報数値標高モデル 5 m メッシュデータ（国土地理院発行）を加工して作成。大部分は 2010 年国土地理院実施の航空レーザ測量成果にもとづいて整備される。北緯 35 度 36 分 00 秒と北緯 35 度 36 分 30 秒の間のみ写真測量成果にもとづく。等高線間隔は 2 m（標高 0 m 基準）。

順による標高差解析の場合、±1 m 程度の誤差が含まれることを考慮する必要がある（国土地理院，2010）。

結果

1. 青葉の森公園建設前後の地形の比較

1 万分の 1 地形図をもとに本研究で生成した DEM と、国土地理院発行の DEM をもとに、青葉の森公園建設前後の時期にあたる 1985 年と 2010 年の地形を比較する（図 4）。図 4 には、異なる時期の地形における同一箇所を認識するための目安として、青葉の森公園と千葉寺土地区画整理事業地区の範囲を白色の点線で示す。

1985 年の地形（図 4 左）では、対象地域のほぼ全域で、尾根状に分布する台地と樹枝状に延びる開析谷の自然地形が良好に残る。千葉寺土地区画整理事業地区の南西端付近には、海食崖の位置に孤立小丘が存在した。千葉寺公園の野球場は、開析谷底をグラウンドとし、東西の谷壁に観戦席が設けられていた。また、グラウンド北側の観戦席は、開析谷中に小規模な盛土をして設けられていた。野球場が置かれた谷の上流部では、谷が 3 つに分岐する位置に溜池（舟田池）があり、その水域は、西、北、東の 3 方向に延びる支谷内に延びて広がっていた。舟田池の北側支谷では、上流部の谷が浅く広くなり、その周囲に旧畜産試験場の敷地境界に沿う急崖が分布するという、不自然な地形が認められる。ここでは、自然地形の谷（図 2 左）が 1965 年撮影の空中写真まで認められ、1970 年撮影の空中写真で図 4 左と同様の地形となることから、畜産試験場時代に行われた切土盛土造成とみられる。

2010 年の地形（図 4 右）では、千葉寺土地区画整理事業地区内に幾何学形態の緩斜面が複数出現し、台地と開析谷をならず大規模な切土盛土造成が行われたことがわかる。舟田池付近では、西側支谷全体と、北側支谷および東側支谷の上流部が消失し、その範囲には台地と同じ高さの平坦地が出現した。舟田池下流の谷の中軸は、1985 年時点は北北東—南南西方向に直線的に延びていたが、2010 年の地形では東に張り出す弧状の形態に変化しており、中軸が東に移動している。この谷の中軸にあった千葉寺公園野球場の跡地には、同一区画に東向き緩斜面が出現した。青葉の森公園の南部を西流する開析谷は、下流部が消失し、残った上流部に調整地（青葉ヶ池）が形成された。青葉の森公園内の台地上には、小規模な凹凸が複数形成された。千葉寺駅付近では、駅南方にあった孤立小丘と駅北方にあった痩せ尾根状の台地が消失した。宮崎と宮崎町が位置する台地では、北縁の段丘崖が削り取られて直線的になり、その麓の谷底は微高地に変化した。

2. 標高差解析結果

1985 年と 2010 年それぞれの地形を表す DEM を用いた標高差解析結果を図 5 に示す。解析結果の 5 m メッシュデータを、標高が増加した範囲と減少した範囲で塗り分け、変化量が大きいメッシュほど濃い色となるよう

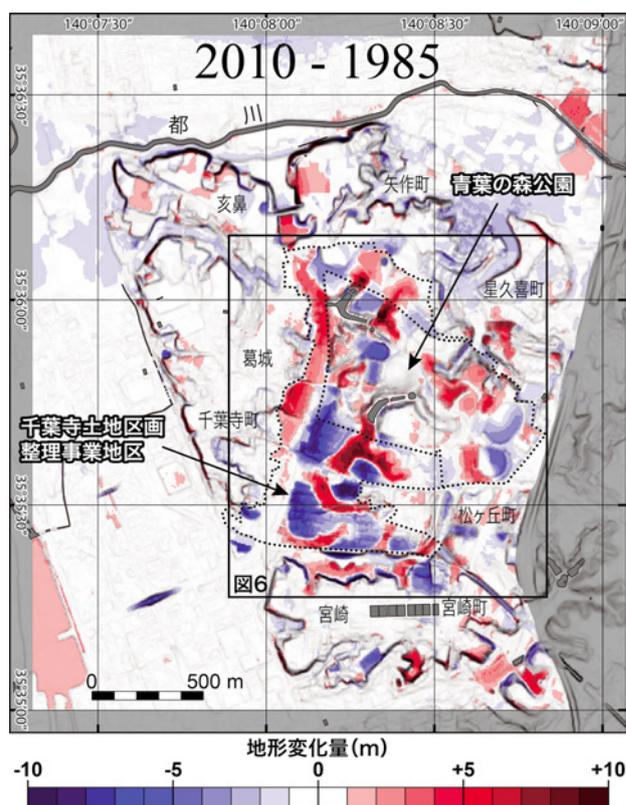


図 5. 青葉の森公園周辺地域における 1985 年～2010 年の地形変化量の分布。1985 年と 2010 年の DEM の標高差解析により作成。基図の傾斜量は基盤地図情報数値標高モデル 5 m メッシュデータ（国土地理院発行）を加工して作成。

に表現した。これにより、中心部の変化量が 5 m を超えるような地形変化域は対象地域内では青葉の森公園および千葉寺土地区画整理事業地区内に概ね集中し、変化域の面積も両地区の周囲に比べて大きいことが示された。また、宮崎と宮崎町が乗る台地でも、台地縁辺の斜面とその麓の低地で変化が大きい。一方、千葉市街地中心部に近接する矢作町西部、亥鼻、葛城、千葉寺町西部では、自然地形の保存が良好である。なお、北緯 35 度 36 分線と北緯 35 度 36 分 30 秒線の間の東西に延びる帯状の範囲では、標高の微減を示す領域が不自然に多い。この範囲は、青葉の森公園建設後の標高データの DEM5A の未整備範囲にあたり、これを補うために DEM5B を使用した範囲と一致することから、DEM の標高精度が相対的に低いために誤差が大きくなっていると考えられる。

図 6 には、図 5 中で特に大規模な地形変化域が集中する青葉の森公園と千葉寺土地区画整理事業地区の地形変化量分布を拡大した地図を示し、変化量 2 m ごとに等値曲線を加えた。地形変化域では、青葉ヶ池東方の地形変化を除くと、基本的に台地があった範囲の標高が減少し、開析谷があった範囲の標高が増加している。標高の減少量は千葉寺町東部の -10.3 m が最大であり、増加量は舟田池東側支谷上流の +10.7 m が最大である。青葉ヶ池東方では、台地の標高が増加した箇所も複数認められ、公園内にマウンド状の凸部が設けられた範囲と一致する。

青葉の森公園と千葉寺土地区画整理事業地区の造成工事は、両者の境界を超えて連続的に行われており、両区

域を一括して移動土砂量を集計した。その結果、この区域内での増加土砂量は約 117 万 m³、減少土砂量は約 116 万 m³であり、ほぼ同量である。したがって、青葉の森公園および千葉寺土地区画整理事業地区の造成工事では、切土地で削り出された土砂が直接盛土にあてられた可能性が高い。なお、増加量と減少量のうち、より大きい値である 117 万 m³をこの工区の移動土砂量とすると、これは千葉マリンスタジアム (106 万 m³) 1.1 杯分にあたる。

3. 切土盛土造成前後の地形断面

図 7 には、1985 年および 2010 年それぞれの地形を表す DEM より計測した、舟田池下流の谷を横切る切土盛土造成前後の地形断面図を示す。

a-a' 断面は、葛城の台地から旧千葉寺公園野球場 (舟田池下流の谷)、旧千葉寺公園陸上競技場の台地、青葉ヶ池下流の谷を横切り、千葉寺町東部の台地に至る地形断面である。1985 年の地形には、段丘崖の急斜面を境に 2 つの谷と 3 つの台地が認められるが、2010 年の地形

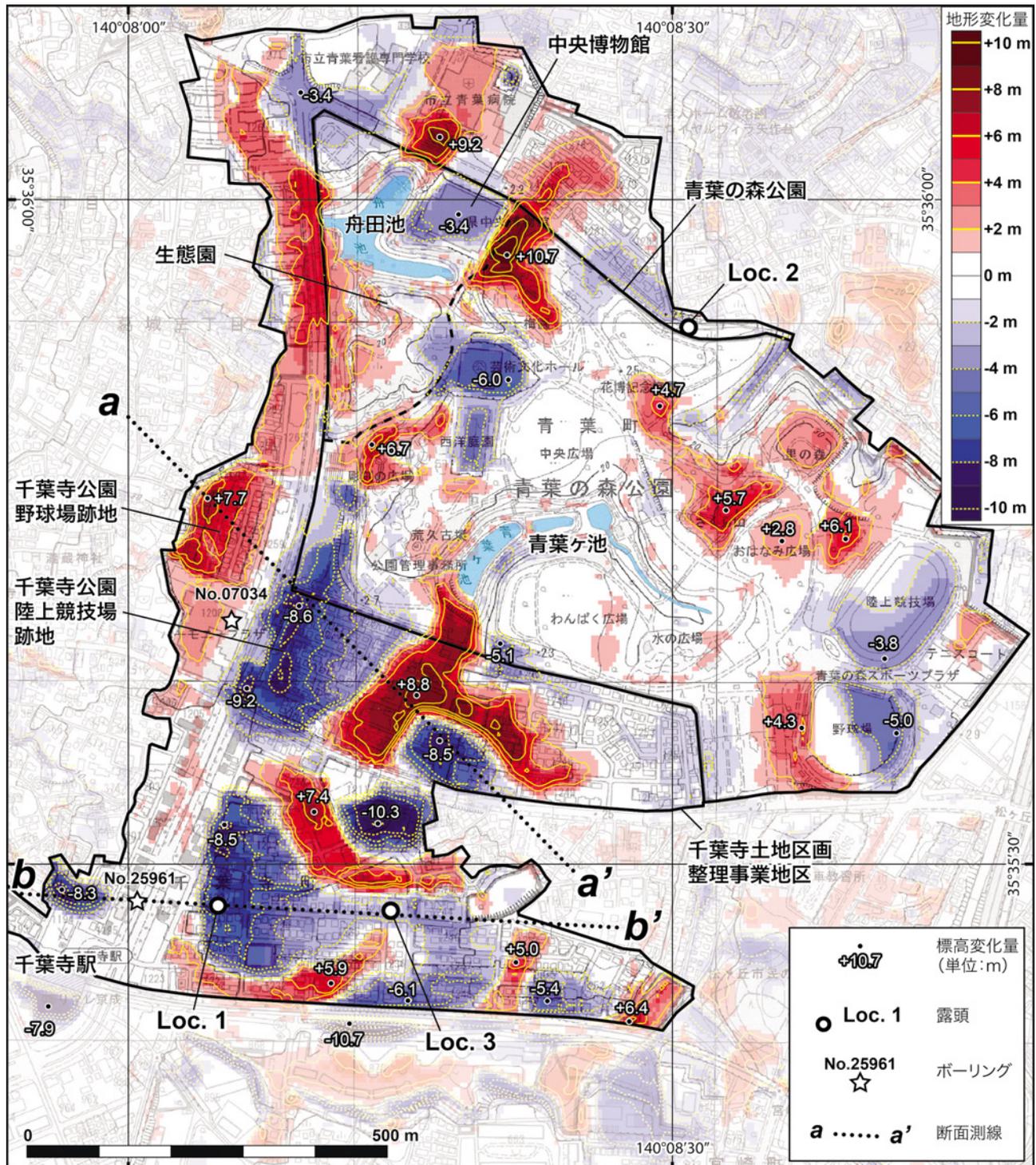


図 6. 千葉寺土地区画整理事業地区および青葉の森公園域における 1985 年～2010 年の地形変化量の分布。1985 年と 2010 年の DEM の標高差分解析により作成。等値曲線は地形変化量 2 m ごとに描画し、標高増加域では実線、標高減少域では破線で示す。増減量 0 m の等値曲線は描画していない。基図は 1 万分の 1 地形図「千葉東部」(2008 年国土地理院発行) を使用し、水域に着色して加工。

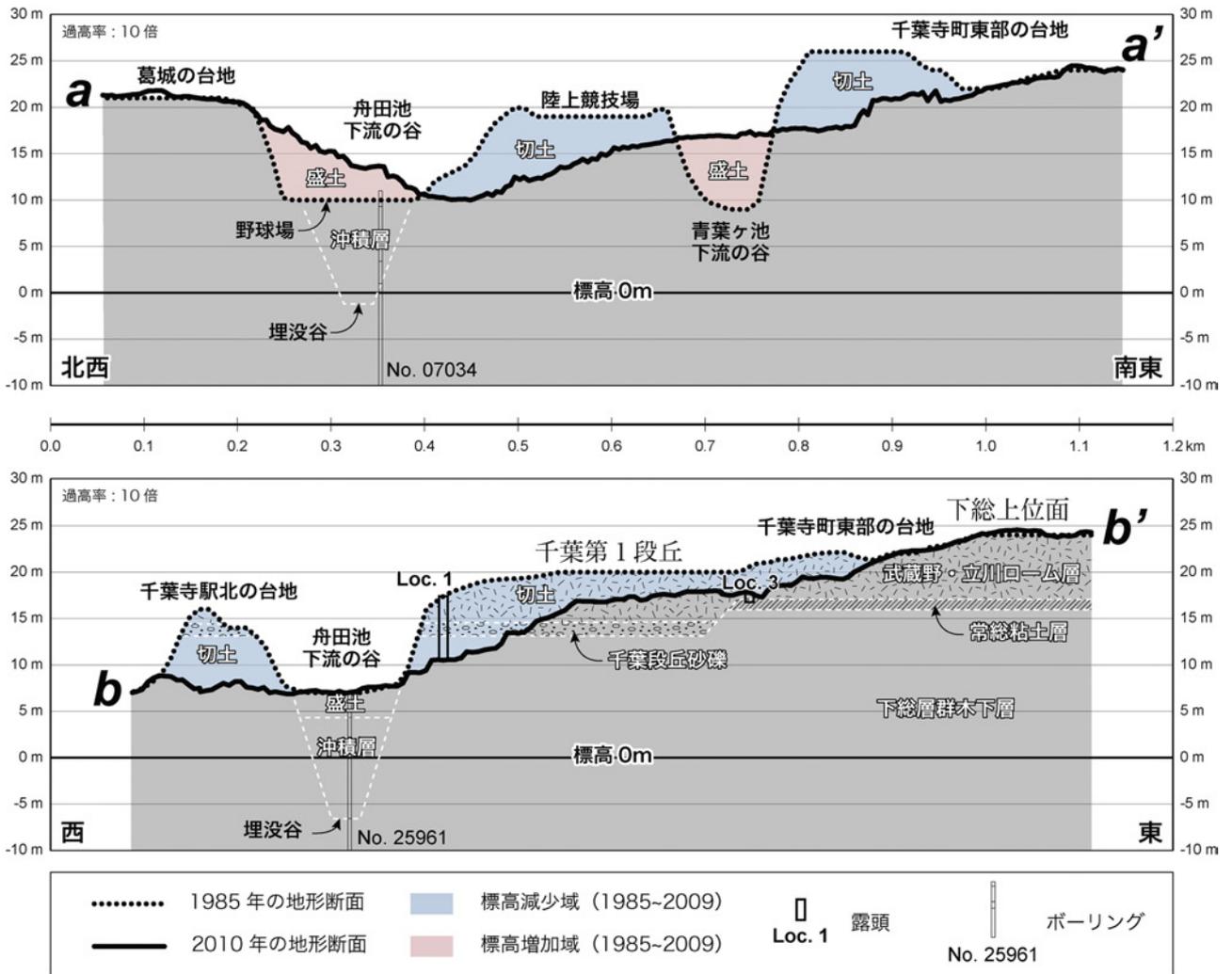


図7. 地形断面図. 1985年の地形断面は1万分の1地形図「千葉東部」・「蘇我」(1986年国土地理院発行)をもとに本研究で生成したDEMにより計測. 2010年の地形断面は基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュデータ(国土地理院発行)により計測. 断面測線の位置は図6に示す. ボーリングデータは千葉県地質環境関連データベースの地質柱状図を「ちば情報マップ (<https://map.pref.chiba.lg.jp/pref-chiba/Portal>)」より取得. 沖積層基底面(埋没谷)はボーリングデータにもとづき推定.

断面では、陸上競技場の台地と青葉ヶ池下流の谷が消滅し、千葉寺町東部の台地と葛城の台地それぞれから舟田池下流の谷に緩やかに下る斜面が出現した。舟田池下流の谷の中軸も、その東のかつて段丘崖だった位置へ約100 m移動している。陸上競技場の台地と千葉寺町東部の台地の西側は切土によって低下した一方、野球場および青葉ヶ池下流の谷は最大8 m程度の盛土で埋没し、切土盛土造成の特徴がよく現れている。

b-b'断面は、千葉寺駅北方の台地から舟田池下流の谷を横切り、千葉寺町東部の台地に至る地形断面である。1985年の地形断面では、舟田池下流の谷を挟み、東西に台地が分布していた。一方、2010年の地形断面では、千葉寺駅北方の台地が消失し、千葉寺町東部の段丘も西向きの緩斜面に変化している。この測線上では、切土のみが行われ、盛土は行われなかったとみられる。なお、千葉寺町東部の台地には、1985年の地形において、西側に広がる標高20 mの面と、東側に広がる標高約24.5 mの面の、異なる高度の段丘面が認められ、両者の間は緩斜面状の段丘崖となっていた。

4. 下総台地を構成する堆積物の露頭

千葉寺土地区画整理事業地区では、造成工事中や、造成完了後の新たな工事現場等において、下総台地を構成する自然堆積物の露頭が観察されている(図8)。

Loc.1(図8A)は、造成工事中の1997年に千葉寺駅東方(図6)に露出した大規模露頭の一部であり、1985年の地形(図4左)では千葉寺町東部において東西方向の尾根状に延びていた台地の西端付近にあたる。現在では、台地全体が削り取られ、露頭は消滅している。この露頭は高さ約7 mであり、法面中腹には小段が設けられていた。露頭下部には、層厚2 m以上の明瞭なクロスラミナを伴う砂主体の堆積物が見られ、下総層群木下層と考えられる。露頭中部には、層厚約2 mで上方細粒化を示す砂礫層が見られる。砂礫層の下部には礫もしくは偽礫が多く含まれ、木下層を侵食して堆積する。したがって、本砂礫層は下総下位面もしくは千葉段丘を構成する堆積物と考えられる。露頭最上部には、赤褐色で層厚約3 mの関東ローム層が見られ、下位の砂礫層との境界は漸移的である。写真の地点では、関東ローム層の下端よ

り20–30 cm 上には厚さ 10 cm 前後の Hk-TP が分布することから、この露頭における関東ローム層は武蔵野ローム層以上と考えられる。以上の層相および層序から、露頭中部の砂礫層は千葉段丘砂礫（杉原，1970）である可能性が高い。

Loc.2 (図 8B) は、青葉の森公園北縁に沿う切り通し（図 6）に露出する関東ローム層の露頭である。現在では露頭の中下部が崩土に覆われているが、上部は観察可能である。露頭の上部から下部まで連続サンプリングを行い、各サンプルを椀かけ洗浄した後に顕微鏡で観察した結果では、上部に AT 起源とみられるバブルウォール型火山ガラスの濃集層準が認められた。中部から下部では Hk-TP 起源の火山ガラスおよび鉱物の濃集は認められないことから、この露頭では武蔵野ローム層の上部が露出すると考えられる。

Loc.3 (図 8C) は、2024 年 7 月に千葉寺町東部の工事

現場（図 6）で掘削されたピット壁面の露頭である。露頭の深度は地表下約 1 m であり、地表から深度 70 cm 付近まで赤褐色の関東ローム層が分布し、その下位に灰色の常総粘土層が認められた。この地点は、1985 年の地形では台地にあたり（図 4 左）、現在の地表は台地があった頃より約 3 m 低い（図 6、図 7）。この露頭は、造成工事によるこの地点での地形変化がほぼ全て切土によるものであったことを示す。また、この露頭により、この地点における常総粘土層の上面高度は標高約 17 m であることが明らかになった（図 7）。

考察

1. 青葉の森公園周辺における地形変化の特徴

青葉の森公園建設前後の DEM を用いた標高差分解析により、地形変化量の分布が得られた（図 5、図 6）。これにより、大規模な地形変化域は、1980 年代以降に開

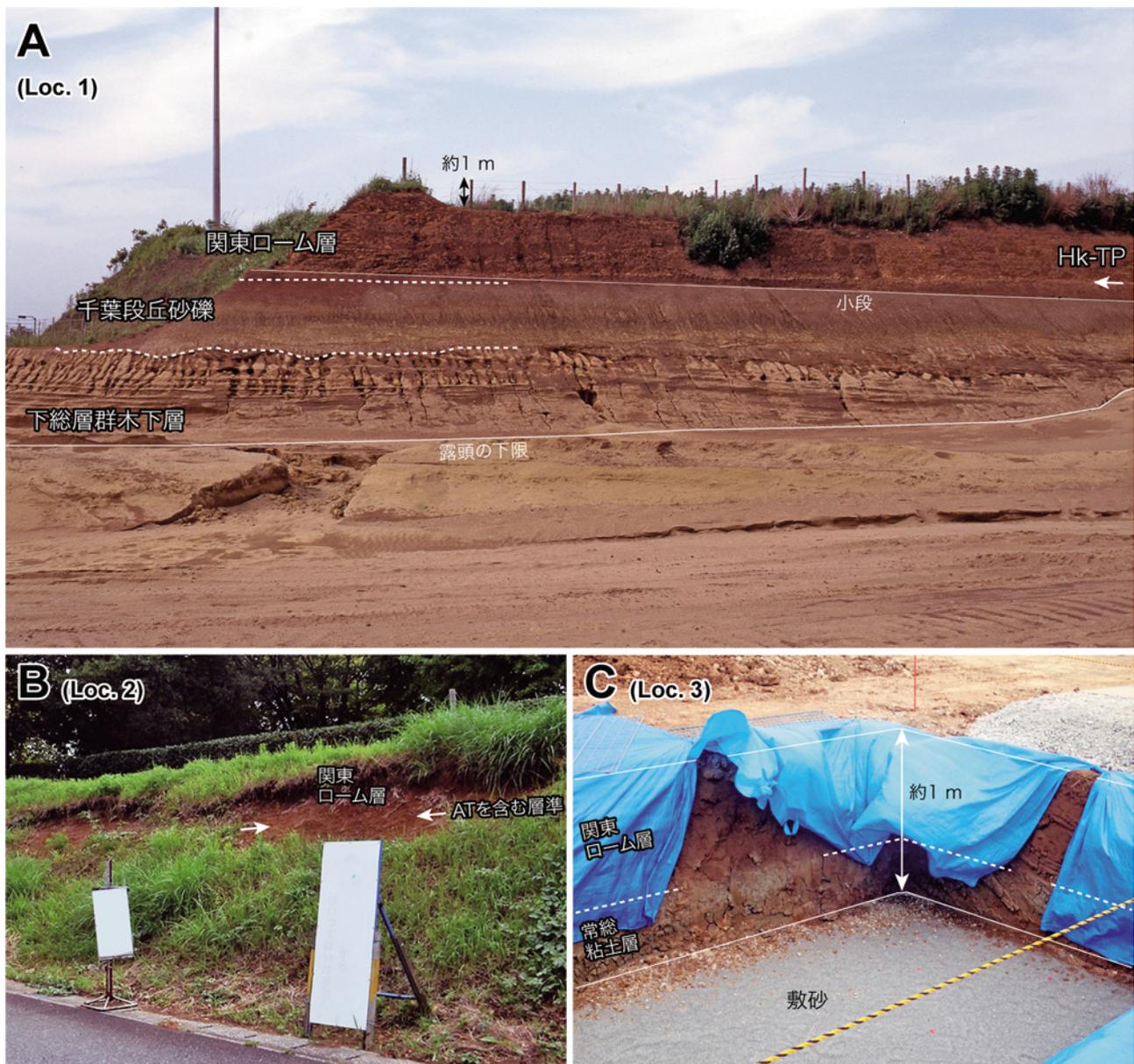


図 8. 露頭の写真。A：Loc.1 の露頭（1997 年 6 月高橋撮影）。B：Loc.2 の露頭（2017 年 10 月高橋撮影）。C：Loc.3 の露頭（2024 年 7 月高橋撮影）。露頭位置は図 6 に示す。

発された青葉の森公園および千葉寺土地区画整理事業地区に概ね集中することが示された。一方、両地区の周辺では、1980年代以前に宅地が形成されているものの、自然地形が広く残存する(図2右)。本研究の対象地域では、第二次世界大戦以降も畜産試験場や谷津田として長らく開発が進まなかった区域が、1980年代後半以降の宅地開発と公園建設により、一転して周囲の相対的に古い宅地よりも大規模な切土盛土造成地に変貌するという現象が見られる。畜産試験場跡地の自然や地形をそのまま活かして作られたと謳われる青葉の森公園も例外ではなく、公園用地の半分程度の範囲で人為的な地形変化が生じている。

上記のような選択的な大規模地形変化が生じた要因として、青葉の森公園および千葉寺土地区画整理地区には、周辺部の宅地化が先行して進む中で、1980年代まで広い農林地がまとまって残されていたことが挙げられる(図2左)。対象地域の台地は、千葉市の中心部に隣接することから、戦前および戦後の早い時期に市街化が進み、切土盛土造成が大規模に行われる1950年代中盤よりも前から畜産試験場の周囲(千葉寺町東部を除く)に住宅地が散在し、その間を埋めるように1970年代までに宅地化が進んだ。そのため、これらの古い開発は台地の地形を大きく変えることはなく、地形に制約された住宅地となったと考えられる。これに対し、千葉寺土地区画整理事業地区と青葉の森公園の建設は、1980年の畜産試験場移転を契機としており、予定地の大部分が農林地であったことから、困難を伴う宅地の用地買収を必要とせず、土地の大規模な形質改変を伴った計画的な開発が可能になったと考えられる。

このような、対象地域における1950年代中盤以前からの住宅地と、新興の住宅地および公園用地に見られる地形改変程度の違いは、首都圏の陸域における地形改変の縮図となっていると言える。すなわち、1950年代中盤以前に既に大規模な市街地となっていた東京都区部では、武蔵野台地の地形を地区規模で大規模に改変した場所は極めて稀であり、現在でも台地の原型はよく残されている。これに対し、多摩丘陵や下総台地西部をはじめとした東京都区部周辺の地域では、1960年代以降に急速に宅地開発が進み、それまでの農地や林野が大規模な切土盛土造成の対象となり、現在では原型をとどめないほど改変された地形が広がっている。首都圏においては、開発時期の異なる市街地における農林地の残存状況の違いが、スケールを変えて地形変化の程度の差として現れている可能性がある。

2. 消失した段丘面の対比

台地上の大規模な切土では、段丘面と同時にそれを構成していた堆積物も消失し、造成後にその地域の地形地質発達史を調査することが困難となる場合が多い。本研究では、造成前の地形を面的データとして復元できたことに加え、幸運にも過去の大規模造成工事および最近の小規模工事に伴う露頭データが得られ、両者を組み合

わせることで消失した段丘面の対比に制約を与えることが可能になった。

図7のb-b'地形断面に、Loc.1およびLoc.3の露頭位置を示した。Loc.1では、関東ローム層下に千葉段丘砂礫とみられる堆積物が分布し、常総粘土層は見られない(図8A)。一方、Loc.1の350m東に位置するLoc.3では、関東ローム層下に明瞭な常総粘土層が確認された(図8C)。したがって、両露頭の間には、常総粘土層を千葉段丘砂礫が侵食した際に形成された段丘崖が存在すると推定される。1985年の地形断面では、前述の通り千葉寺町東部の台地に2つの高度の段丘面があることが認められ、その境界となる緩傾斜の下端はLoc.3の位置に極めて近い(図7)。以上の地形地質の制約から、Loc.3以东の常総粘土推定分布域に広がる高位の段丘面は下総上位面の可能性が高く、Loc.3の西にあった低位の段丘面は千葉段丘砂礫が構成する千葉第1段丘の可能性が高い。Loc.3は、b-b'断面における常総粘土層分布域のほぼ西端にあたる可能性が高い。杉原(1970)では、この付近の露頭柱状図は示されていないものの、千葉寺町付近における高位の段丘面を下総上位面、低位の段丘面を千葉第1段丘として分類しており、本研究による地形地質の検討はその分類を支持する結果となった。

千葉寺町にあった千葉第1段丘は、構成層直上に層厚20–30cmのロームを挟んでHk-TPが載ることから、武蔵野台地のM2a–M2c面(遠藤ほか, 2019)に対比できる可能性が高い。したがって、MIS5aからMIS4にかけての段階的な海面低下に応答した河川の下刻によって形成されたと考えられる。しかし、千葉寺町付近はMIS1の海食崖に近く、海食崖以西の下総台地が波食で消失しているため、段丘面および開析谷系を手掛かりに古水系の分布を知ることが難しい。どのような河川が当地の河成段丘を形成したかという点は、下総台地の第四紀後期における地形発達史を明らかにする上で重要であり、今後、東京湾東岸に残存する千葉段丘の地形地質調査によって解明を目指していきたい。

まとめ

本研究では、青葉の森公園周辺の下総台地および開析谷を対象に、公園建設前の縮尺1万分の1の旧版地形図にもとづいて生成した数値標高モデル(DEM)と、公園建設後の航空レーザ測量にもとづくDEMを用いて、標高差解析による地形変化量分布図を作成した。また、公園建設前後の地形断面と自然堆積物露頭の情報をもとに、消失した段丘面の地形地質を検討した。それにより、以下の結果と考察が得られた。

- ・青葉の森公園周辺の1985年と2010年の間における大規模な地形変化域は、青葉の森公園と千葉寺土地区画整理事業地区に集中し、その周囲の住宅地では自然地形が比較的良好に残存する。

- ・青葉の森公園および千葉寺土地区画整理事業地区の地形変化域では、概略的にもともと台地だった範囲で標高が減少し、開析谷だった範囲で標高が増加している。増

加量と減少量の最大値はともに 10 m 台である。

・青葉の森公園と千葉寺土地区画整理事業地区における土砂の増減量は、増加量が 117 万 m³、減少量が 116 万 m³と、ほぼ同量であり、台地からの切土で出た土砂をそのまま谷埋めに用いていると考えられる。移動土砂量を 117 万 m³とした場合、千葉マリスタジアム 1.1 杯分にあたる。

・青葉の森公園と千葉寺土地区画整理事業地区の地形変化が、その周囲の旧来の住宅地と比較して大規模に生じた要因には、周囲の宅地化が進む中で開発直前まで農林地が広くまとまって残されていたことが挙げられる。これと類似した関係は、より広いスケールで見た時、下総台地西部と東京都区部の武蔵野台地との関係にも当てはまる。

・造成区域の切土地では、造成工事中やその後の時代に、下総台地を構成する関東ローム層、常総粘土層、千葉段丘砂礫、下総層群木下層の堆積物を観察可能な露頭が見られた。これらの層序と分布高度、復元された造成前の地形断面を合わせて検討した結果、青葉の森公園の南方にかつて分布した高位の段丘は下総上位面に、低位の段丘は千葉第 1 段丘にそれぞれ対比される可能性が高い。

・テフラとの関係から、青葉の森公園の南方にかつて存在した千葉第 1 段丘は武蔵野台地の M2a-M2c 面に対比され、MIS5a から MIS4 にかけての海面低下期に形成されたと考えられる。

謝辞

本研究は令和 5 年度～令和 7 年度千葉県立中央博物館重点研究課題「下総台地西部の自然」の一部として実施した。千葉県立中央博物館共同研究員の八木令子氏には、絶版となっている 1 万分の 1 地形図を提供いただいた(図 6 の基図に使用)。八木氏と編集委員の加藤久佳氏には、本稿を改善する上で有益な助言をいただいた。記して感謝申し上げる。

引用文献

- 千葉市. 2020. 千葉市大規模盛土造成地マップ(全市版).
- 遠藤邦彦・千葉達朗・杉中佑輔・須貝俊彦・鈴木毅彦・上杉 陽・石綿しげ子・中山俊雄・舟津太郎・大里重人・鈴木正章・野口真利江・佐藤明夫・近藤玲介・堀 伸三郎. 2019. 武蔵野台地の新たな地形区分. 第四紀研究 58: 353-375.
- 貝塚爽平. 1998. 発達史地形学. 153 p. 東京大学出版会, 東京.
- 貝塚爽平・阿久津 純・杉原重夫・森脇 広. 1979. 千葉県の海岸と低地と海岸における完新世の地形変化. 第四紀研究 17: 189-205.
- 関東ローム研究グループ. 1964. 関東ローム—その起源と性状—. 66 p. 築地書館, 東京.
- 小池一之・町田 洋. 2001. 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会. HTML 版.
- 国土地理院. 2010. 工変地形データ抽出のための手順書(詳細版). 19 p.
- 町田 洋・新井房夫. 2002. 新編火山灰アトラス. 130 p. 東京大学出版会, 東京.
- 佐々恭二・福岡 浩. 1995. 西宮市仁川地すべりと発生予測. 所収 日本地すべり学会 兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩

壊研究委員会, 兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊報告書, pp. 145-170.

- 杉原重夫. 1970. 下総台地西部における地形の発達. 地理学評論 43: 703-718.
- 高橋直樹・八木令子. 2024. 地域を見る目を育てる—地域博物館の使命. 所収 鈴木寿志・伊藤 孝・高橋直樹・川村教一・田口公則(編), 変動帯の文化地質学, pp. 467-484. 京都大学出版会, 京都.
- 田村俊和. 2012. 日本の地理学関連分野における人工的地形改変の研究. 地球環境研究 14: 57-65.
- 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: 223-242.
- 八木令子. 2024. 鳥瞰図で見る青葉の森公園周辺の景観変化. 千葉中央博研究報告 特別号(12): 5-6.
- 山口 剛・中村俊彦. 1994. 生態園の整備に伴う地形, 土壌, 植被の変化. 千葉中央博自然誌研究報告 特別号(1): 19-31.

Quantitative Visualization of Anthropogenic Topographic Change in Shimousa Upland: A Case Study in the Vicinity of Aoba-no-mori Park, Chiba City

Tomoru Yamanaka* and Naoki Takahashi

Natural History Museum and Institute, Chiba
955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan

*E-mail: t_yamanaka@chiba-muse.or.jp

The western part of the Shimousa Upland, adjacent to center of Tokyo, has been rapidly urbanized since the Japanese economic miracle era that began in the mid-1950s. In this area, the topography of the upland has been significantly changed by anthropogenic processes, especially cutting and filling construction. The purpose of this study is to clarify the characteristics of topographic changes in the Shimousa Upland due to manmade changes, and GIS-derived differential elevation analysis was conducted using the area around Aoba-no-mori Park as an example, which experienced large-scale topographic changes around 1990s. The analysis was conducted using digital elevation models based on old version topographic maps before the manmade change and aerial laser surveying after the change, and the distribution of the amount of elevational change was mapped. These maps indicate that large-scale topographic changes are concentrated in the park and the land readjustment project area next to the park, while natural landforms remain in the surrounding relatively old residential areas. The amount of transported mass in the above development area is estimated to be 1,170,000 m³. The major reason for this selective topographic change is thought to be that, while urbanization was progressing in the central part of Chiba City, agricultural and forestry lands were widely preserved in the park site until the 1980s, allowing for planned development. In addition, based on the reconstructed topographic model and outcrop records, we examined the correlation of the artificially lost terrace surfaces. The lost higher and lower terraces were correlated to the Shimousa Upper Surface, marine terraces formed in MIS5e, and to the Chiba 1 Surface, fluvial terraces formed in MIS5a-4, respectively.

Key words: Shimousa Upland, Topographic change, Cutting and filling construction, Digital elevation model, Old version topographic map, Differential elevation analysis, Aoba-no-mori Park

