

2018年大阪府北部地震による高槻丘陵造成地における 屋根瓦被害と地盤特性

西岡奈央¹⁾・三田村宗樹²⁾

1) 大阪市立大学理学研究科 e-mail:m19sc017@wy.osaka-cu.ac.jp

2) 大阪市立大学理学研究科 e-mail:mitamura@sci.osaka-cu.ac.jp

2018年大阪府北部でM6.1の地震が発生した。高槻丘陵を中心とする範囲で二階建て瓦葺き木造建物の屋根瓦被害の有無の調査を行い，屋根瓦被害と大規模宅地開発地域での切り盛り状況，地質構造，震源域距離，宅地開発時期を比較対象要素として検討を行った。

Key words : 2018年大阪府北部地震，盛土地，宅地造成地，屋根瓦被害

1. 研究の背景と目的

2018年6月18日7時58分，大阪府北部で深さ13km，M6.1の地震が発生した。大阪府では大阪市北区，高槻市など5つの市で震度6弱を観測した¹⁾。この地震では，住宅やブロック塀の倒壊，屋根瓦の落下，火災など様々な被害が見られた。大阪府高槻市に位置する高槻丘陵は大規模宅地開発地であり，少なからず建物，特に屋根瓦被害が存在している。

そこで本研究では，高槻市の高槻丘陵を中心とする範囲で二階建て瓦葺き木造建物を対象建物として屋根瓦被害の有無を調査し，2018年大阪府北部地震での屋根瓦被害と，大規模宅地開発地域での切り盛り状況，地質構造，震源域距離，宅地開発時期を比較対象要素として検討を行った。研究地域を図1に示す。

2. 大阪府北部地震について

大阪府北部地震の発震機構の解析から西北西－東南東方向に圧力軸を持つ型であった²⁾。周辺には，ほぼ東西方向に延びる有馬－高槻断層帯，および南北方向に延びる生駒断層帯と上町断層帯などが存在している。地震波形の解析や余震分布から，2枚の震源断層面が想定されている。その一つは南北走向の逆断層型のすべりを生じ，M6.1の本震を発生させた震源域である。もう一方は主に北東－南西走向の右横ずれ型のすべりで本震直後の震源域である²⁾。



図1 研究地域

大阪府北部地震の震央と震源域は京都大学防災研究所（2018）²⁾の解析による

3. 研究手法

高槻市域では、1955年以降市域南部に広がる沖積低地やその北に続く台地・丘陵地に大規模な宅地開発が行われ、市街地が拡大していった。高槻駅や富田駅周辺の既存市街地に隣接する地域から開発が開始された³⁾。高槻市の北部丘陵地域では1965年前後から1970年代にかけ、大阪・京都のベッドタウンとして、比較的規模の大きい住宅地開発が進み、松ヶ丘、安岡寺、日吉台の大規模宅地開発が進められてきた。本研究では、脆弱性が高いと考えられる盛土地域の抽出を行った。谷埋め盛土の抽出は、新地形図と旧地形図を比較することによって図学的に抽出した。旧地形図と新地形図を重ね合わせる。旧地形図と新地形図の標高が同じであるところに点を打ち、その点を結び、切り盛り境界を検出する。この切り盛り境界を境に、新地形図が旧地形図よりも標高が高い場合、その地域は盛土が行われた地域と判断することができ、新地形図が旧地形図よりも標高が低い場合、その地域は切土が行われた地域と判断できる。盛土地域の抽出にあたって旧地形図としては「高槻」⁴⁾（1/25000，国土地理院，1960年発行）と大阪府航空写真地図⁵⁾（1/10000，大阪府知事室企画課，1962年発行）を、新地形図としては国土交通省国土地理院が作成した基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュを利用した。

屋根瓦は、震度6の揺れで落下するとされる⁶⁾。そのため、二階建ての瓦葺き木造建物の個別住宅を対象建物とし、屋根瓦を地震時の揺れの指標として屋根瓦被害の悉皆調査を行った。本研究で対象とする調査は、7月4日～7月14日の7日間で行った。対象建物の屋根瓦がブルーシートで覆われており、瓦が壊れている被害が見られるものを被害有とし、対象建物の瓦が壊れていないものを被害無とした。また、鉄筋コンクリート造建物・新建材スレート瓦葺き建物・新建材軽量瓦葺き建物などは対象外建物として3種類に区分した。これら対象外の屋根の被害は調査地域内でほとんど認められなかった。

図2、図3、図4に現地で見られた屋根瓦について示す。図2は被害有に区分される住宅である。従来の屋根瓦がみられる二階建ての瓦葺き木造建物で一部分ブルーシートでおおわれている。右側は棟瓦の破損が見られ土の部分が見えている。図3は被害無に区分される住宅である。従来の屋根瓦がある瓦葺き二階建て木造建物でブルーシートや屋根瓦の落下などの被害が見られない。図4は対象外に区分される住宅である。背後にみられる住宅は鉄筋コンクリート造の建物で手前にみられる住宅は新建材スレート瓦葺きの建物である。



図2 被害有に区分される調査対象の
二階建て瓦葺き木造建物の個別住宅



図3 被害無に区分される調査対象の
二階建て瓦葺き木造建物の個別住宅



図4 調査対象外に区分される住宅

屋根瓦被害率は、調査で得た壊れた屋根瓦の被害を対象となる屋根瓦の建物に対して各区分に沿って割合で算出した。本研究では、調査地域内100mメッシュ区分、震源域距離200m間隔区分、真上断層距離200m間隔区分、住宅開発履歴区分の4種類に分けて屋根瓦被害率を出した。

震源域距離区分の方法を示す。大阪府北部の地震の震源域については、京都大学防災研究所（2018）²⁾が評価、推定している。この震源域の本震を発生させた震源面のうち20cm以上の変位の示す領域を基にして各地表面までの最短震源距離を算定し、200m間隔で5つに区分した。真上断層距離区分の方法を示す。真上断層は、西山団体研究グループ（1970）⁷⁾に記載されている真上断層を用いた。真上断層は真上町を通過し、名神高速道路と天神町の間を通る東西方向の断層である。地表に現れる真上断層を基準に0mとし、そこからの距離を200m間隔で北側・南側をそれぞれ区分した。住宅開発履歴区分は、高槻市史(1984)³⁾や国土交通省国土地理院が公開する空中写真⁸⁾を比較することで検討した。使用した空中写真は、1948年、1961年、1975年、1982年、1990年、2007年に撮影さ

れた空中写真である。

4. 結果

(1) 谷埋め盛土地域の分布

図5に抽出した谷埋め盛土地域の分布を示す。盛土地域は芥川支流系の南もしくは南西方向に丘陵地に発達する谷部を埋積するように分布している。抽出した谷埋め盛土の長さの平均は約370mで、幅の平均は約170mである。谷埋め盛土の厚さは、5m以下の薄い盛土から20m程度の厚い盛土がある。

(2) 屋根瓦被害の分布

現地調査で得た屋根瓦被害の分布を図6に示す。調査した全体の棟数は24351棟、対象建物全体の棟数は3439棟、屋根瓦被害有の建物は522棟であった。屋根瓦の比率は、調査地域全体では14.1%、調査地域南部の天神町や真上町周辺の地域は4.6%、松が丘・安岡寺町周辺など北部の地域は7.8%である。調査地域全体の屋根瓦被害率は2.1%、対象建物の屋根瓦被害率は15.2%であった。調査地域南部の地域の屋根瓦被害率は34.1%、北部の地域の屋根瓦被害率は4.9%で南部の地域の屋根瓦被害率が大きかった。被害の程度としては、北部の地域では屋根瓦全体が壊れている住宅はほとんどなく、屋根瓦の一部分のみがブルーシートでおおわれる住宅がほとんどであった。一方、南部の地域では、屋根瓦全体がブルーシートでおおわれていて、屋根瓦の破損が大きな住宅が多くあった。図7より、地盤種別で屋根瓦被害率をみると、沖積地での屋根瓦被害率が26.6%と最も大きい。また、丘陵切土地と盛土地を比較すると、盛土地の屋根瓦被害率は15.5%、丘陵切土地の屋根瓦被害率は10.8%と盛土地の屋根瓦被害率のほうが大きくなっている。

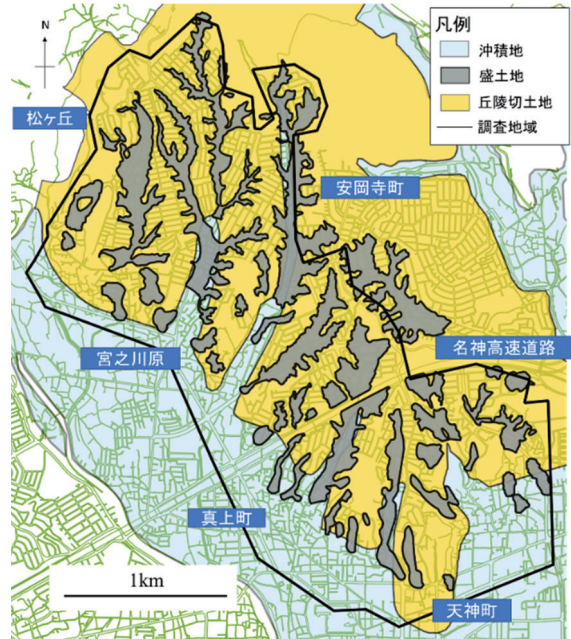


図5 抽出した谷埋め盛土地域

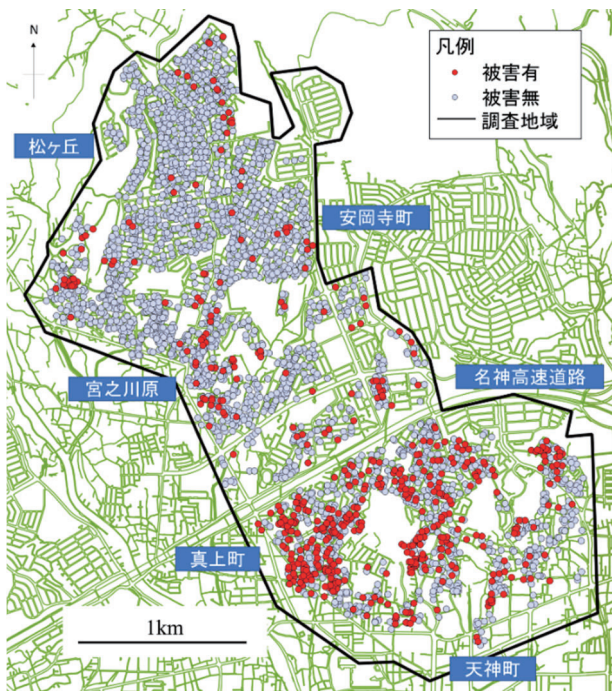


図6 屋根瓦被害調査結果

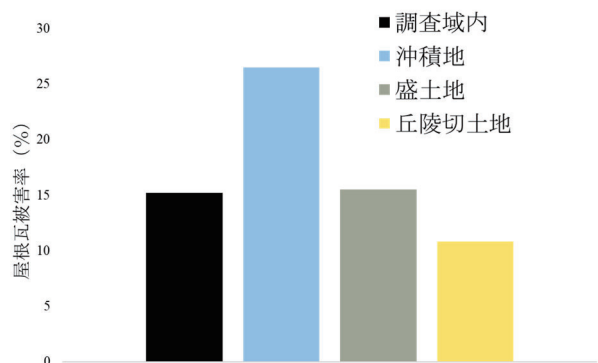


図7 調査地域全域の屋根瓦被害率

屋根瓦被害がある住宅は雨漏りを防ぐためにブルーシートでおおわれている。ブルーシートでおおわれているため屋根瓦被害の程度を見ることはできないが、雨漏りが危惧されるくらいの被害が想定される。また、屋根瓦が壊れていてもブルーシートでおおわれていない住宅（図8）もみられた。図8の住宅は棟瓦が飛んでいて土部分がむき出しになっている。ブルーシートでおおわれていて見ることができない屋根瓦被害は、図8のように瓦が飛び、土部分がむき出しになっていると考えられる。屋根瓦被害の他にも住宅の応急危険度判定で「危険」の赤色の張り紙が貼られている住宅（図9）や宅盤が地すべりを起こし引っ張られることによって沈下した住宅（図10）、外壁に窓枠から斜め45度の方向に入る軽微な破損（図11）、外壁の崩壊（図12）などが見られた。



図8 ブルーシートでおおわれていない屋根瓦被害の例
 図9 住宅の応急危険度判定で「危険」の赤色の張り紙が貼られている住宅の例
 図10 線の左側が沈下した住宅の例



図11 窓枠から45度方向に入っている外壁の破損の例

図12 外壁の崩壊の例

(3) 屋根瓦被害率

a) 100mメッシュ区分

調査地域を100mメッシュで区分した地域内に位置する屋根瓦被害率を図13に示す。松ヶ丘・安岡寺町・宮之川原周辺の北部の地域では、屋根瓦被害率20%以下の100mメッシュが184区画あり、屋根瓦被害率40%より多い100mメッシュは7区画である。名神高速道路より南部の地域では、屋根瓦被害率20%以下の100mメッシュが66区画あり、屋根瓦被害率40%より多い100mメッシュが46区画である。南部の地域は屋根瓦被害率が大きい地域が多く、北部は屋根瓦被害率が小さくなっている。南部の地域の中でも真上町付近では、屋根瓦被害率40%より多い100mメッシュが23区画と被害が集中している。

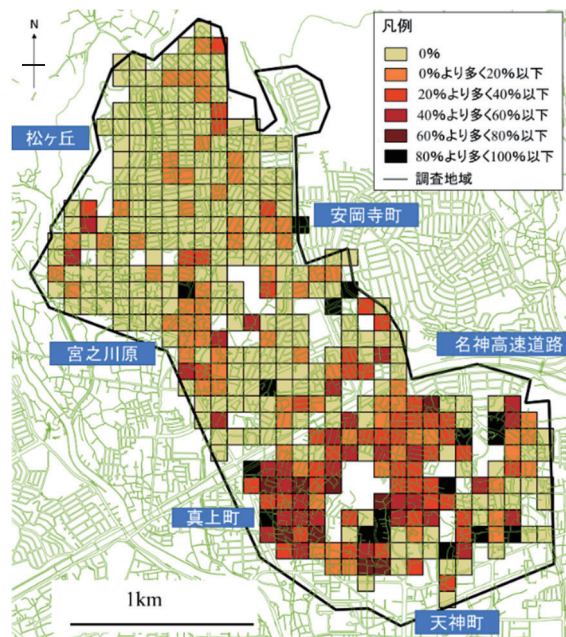


図13 100mメッシュ区分屋根瓦被害率

b) 震源域距離区分

震源域距離 200m 間隔で区分した調査地域を図 14 に示す。また、震源域距離区分の屋根瓦被害率のヒストグラムを図 15 に示す。震源に近い震源域距離 11.8-12.0 km の範囲では屋根瓦被害率が 36.6% であり、震源から遠くなる震源域距離 12.0-12.2 km の範囲では屋根瓦被害率が 15.7% となる。震源から離れると屋根瓦被害率は小さくなる。沖積地・盛土地・丘陵切土地のどの地盤でも、震源域に近い震源域距離 11.8-12.0 km の範囲の屋根瓦被害率が最も大きくなっている。また、概ね丘陵切土地より盛土地の方が被害率は大きい傾向がみられる。

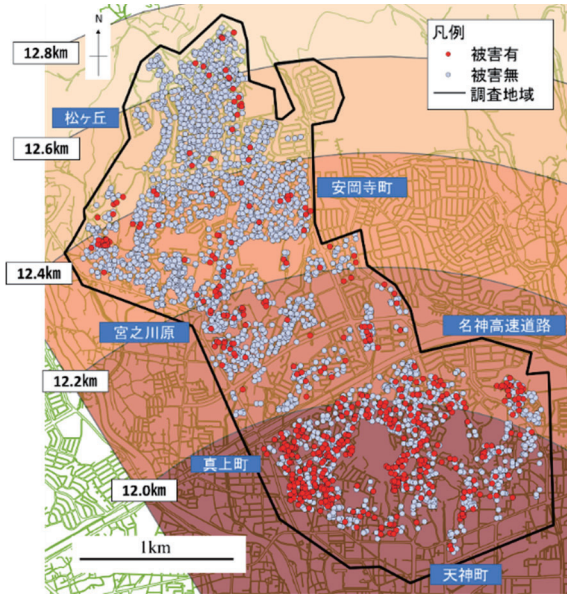


図 14 震源域距離 200m 間隔区分

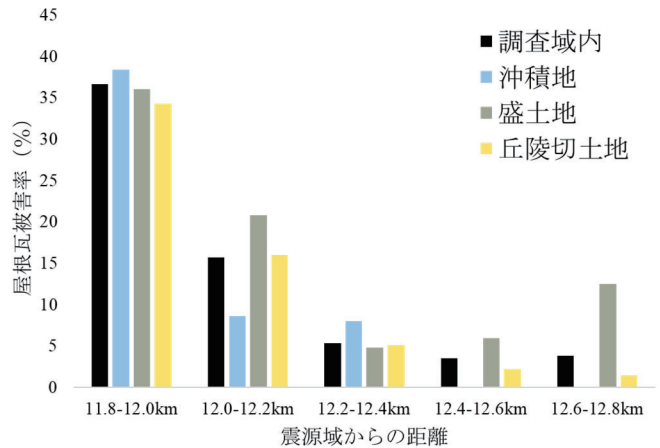


図 15 震源域距離区分の屋根瓦被害率

c) 真上断層距離区分

真上断層距離 200m 間隔で区分した調査地域を図 16 に示す。また、真上断層距離区分の屋根瓦被害率のヒストグラムを図 17 に示す。真上断層北側 0-200m の屋根瓦被害率は 38.1%，真上断層北側 200-400m の屋根瓦被害率は 35.9%，真上断層南側 0-200m の屋根瓦被害率は 40.0% であり、真上断層周辺では被害が大きい。また、概ね丘陵切土地より盛土地の方が被害率は大きい傾向があるといえる。

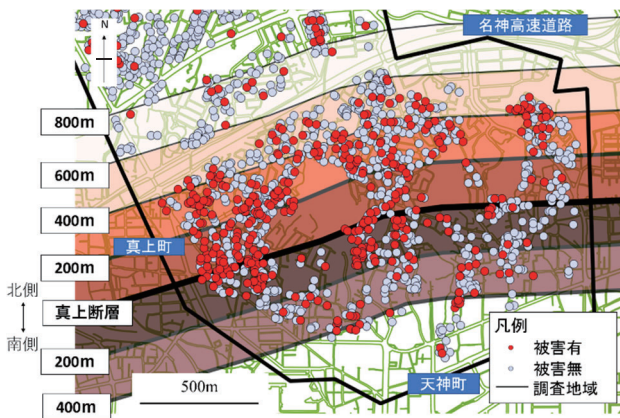


図 16 真上断層距離 200m 間隔区分

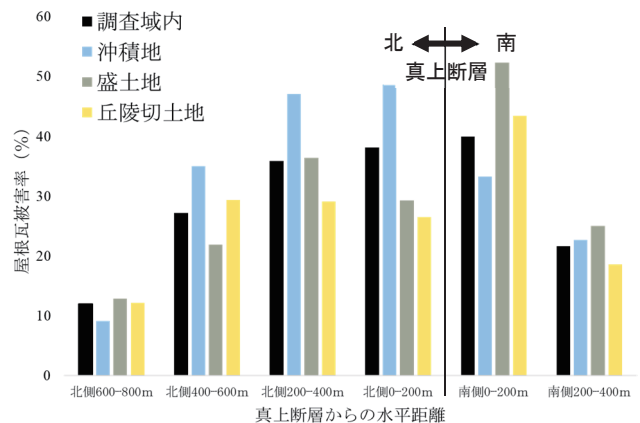


図 17 真上断層距離区分の屋根瓦被害率

d) 住宅開発履歴区分

住宅開発履歴で区分した調査地域を図 18 に示す。また、住宅開発履歴の屋根瓦被害率のヒストグラムを図 19 に示す。開発時期 1948 年以前の屋根瓦被害率は 28.6%，開発時期 1949-1961 年の屋根瓦被害率は 29.2% と被害が大きい。古い時代に住宅が建てられた地域の屋根瓦被害率が大きく、開発年代が新しくなると小さくなっている。

1961年以前に開発された地域の地盤の多くは沖積地で、1961年に制定された宅地造成等規制法以前の開発地でもある。沖積地は軟弱な地盤のため地震波が増幅し、大きな被害が発生したと考えられる。また、宅地造成に伴う崖崩れや土砂の流出による災害の防止のために制定された宅地造成等規制法の基準を満たしていない宅地も多い。1948年以前の盛土地は真上町周辺に限られて小規模開発がなされており、そこでの被害率が局所的に高くなっている。1962年以降に開発された丘陵部の地域には盛土地が多く分布している。概ね丘陵切土地より盛土地の方が被害率は大きい傾向があるといえる。

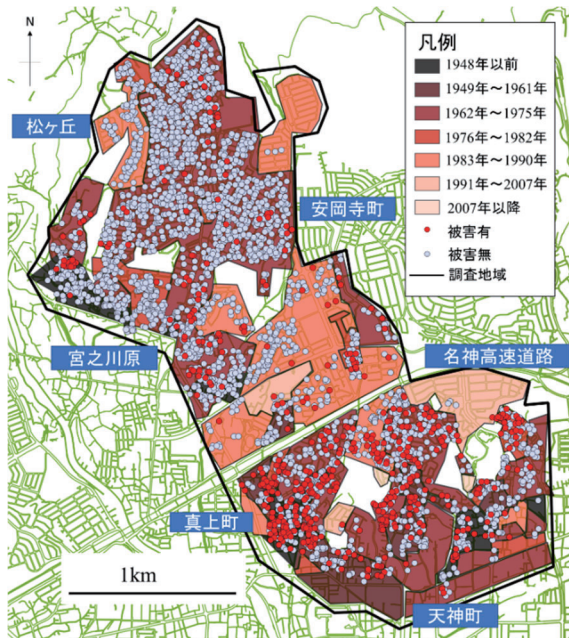


図18 住宅開発履歴区分

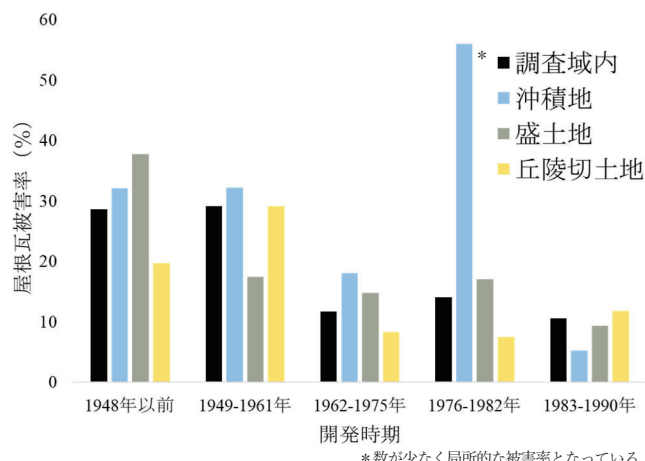


図19 住宅開発履歴区分の屋根瓦被害率

5. まとめ

被害調査結果により以下のことが明らかになった。

- ① 全般的に沖積低地・盛土地では切土地より被害が大きい。切土地に比べ盛土地のほうが地震波増幅が大きかったとみられる。
- ② 震源から遠ざかると距離減衰によって被害が小さくなる。真上断層南側の地域では大阪層群が厚く分布し、地震動増幅の効果も加わり被害が大きい。
- ③ 古い時期に開発された宅地ほど被害が大きく、家屋の耐震性の影響が認められる。

以上のような傾向が認められるが、各要因独自の寄与の程度や相互の関係性などを今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁 地震調査研究推進本部 地震調査委員会 (2018) : 2018年6月18日大阪府北部地震の評価.
- 2) 京都大学防災研究所 地震災害研究部門 地震調査委員会 (2018) : 2018年6月18日7時58分大阪府北部の地震の震源過程.
- 3) 高槻市史編さん委員会 (1984) : 高槻市史, 第2巻, 高槻市役所, p1187, p1221-p1224.
- 4) 国土地理院 (1960) : 2万5千分の1地形図「高槻」.
- 5) 大阪府 (1962) : 大阪府航空写真地図 (1万分の1), 大阪府知事室企画課発行, 52葉.
- 6) 海野哲夫 (1995) : 地震に強い住まいづくり (第二版) /阪神大震災の教訓から, 株式会社彰国社, p148.
- 7) 西山団体研究グループ・桂高校地学クラブ (1970) : 高槻北方丘陵の大阪層群—近畿地方の新期新生代層の研究, その17—, 地球科学, 24巻6号, p211.
- 8) 国土交通省 国土地理院, 地図・空中写真閲覧サービス, <https://mapps.gsi.go.jp/>.