

# 1 広島大学災害情報解析室

## 1.1 災害情報解析室の整備

2002年度（平成14年度）の地域防災ネットワーク構築事業において、地域の防災行政機関とのより高度な協働作業の推進のために広島大学東広島キャンパスに災害情報解析室を設置し、広島市地震情報ネットワークシステムや広島大学霞キャンパス新入院棟の地震観測システムとの接続を行った。そして、GISサーバ、データベースサーバ、災害情報可視化装置等を整備して、様々な災害情報を解析しデータベースとして構築していく体制を整えた。本年度は災害情報解析室の東広島キャンパス内での移転に伴う情報通信網の再構築とセキュリティの強化を行い、さらに広島県震度情報ネットワークシステムの観測機器との接続をして、各観測点の地震加速度波形情報の収集サーバを新たに整備することにより、防災情報の接続拠点となる災害情報解析室の機能を強化した。

### 1.1.1 灾害情報解析室の再整備とセキュリティ対策

図1.1.1は災害情報解析室の移転に伴う情報通信網の整備図であり、図1.1.2は再構築された災害情報解析室内の各種サーバ機器の配置図である。なお参考までに、移転先の先端物質科学研究科総合研究実験棟ならびに新災害情報解析室を写真1.1.1と写真1.1.2にそれぞれ示す。情報通信網は広島大学情報ネットワーク（HINET）の幹線と、移転先の先端物質科学研究科総合研究実験棟の幹線とを借用して再構築したものであるが（付録参考資料A-3）、昨年度と同様に、広島市消防局の広島市地震情報ネットワークシステムとの間は、高度のセキュリティを確保する必要があるために、専用線により接続している。また、広島大学霞キャンパス新入院棟の地震観測システムとの間も昨年度と同様に、



写真1.1.1 移転先の先端物質科学研究科総合研究実験棟

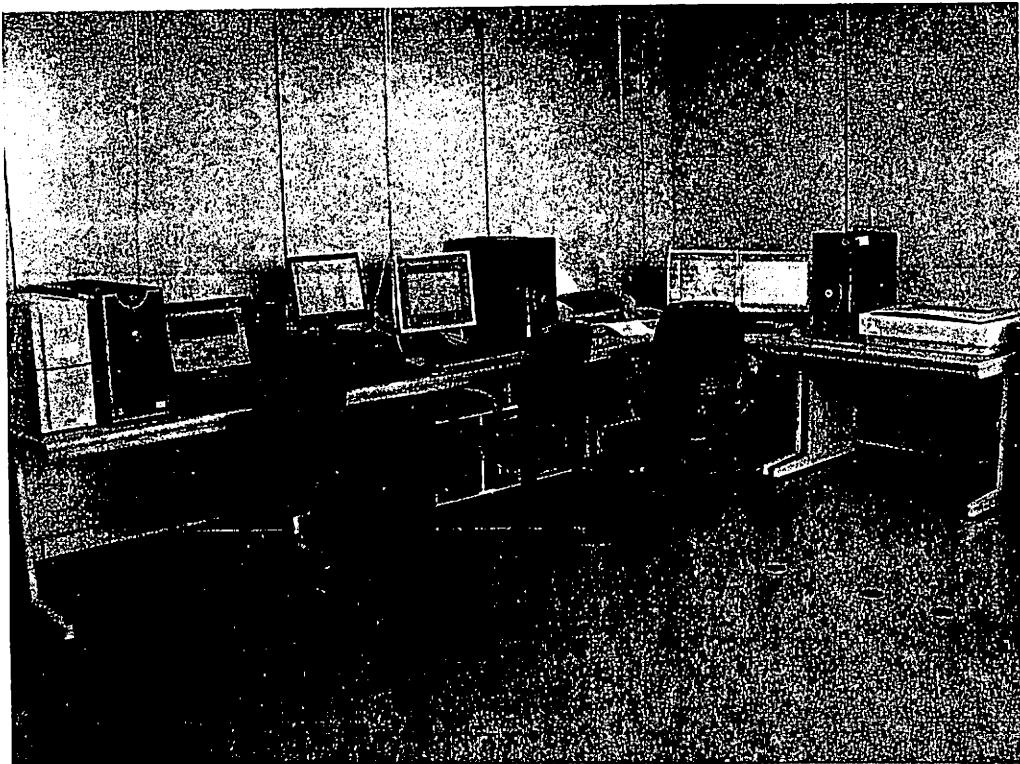


写真 1.1.2 新災害情報解析室

HINET 下の V-LAN により接続されており、災害情報解析室と同一のサブネット内のシステムとして再構築した。ただし、先端物質科学研究科総合研究実験棟の幹線部分については、移転先の新災害情報解析室まで、V-LAN の延伸設定作業を行った。また、今回の移転に伴い、災害情報解析室内の各種サーバ機器のセキュリティレベルの向上を目指し、図 1.1.2 中に示すセキュリティ機器を導入した。まず第 1 の改良点は、その機能上、24 時間の連続運転が要求される GIS サーバ、データベースサーバ、ならびに今年度新たに設置した広島県震度情報ネットワークシステムの地震加速度波形情報収集サーバの接続網にレイヤー 3 (L3) スイッチを前置したことである。L3 スイッチの MAC アドレスフィルタリング機能により、24 時間連続運転しているサーバ類への接続制限を設定することが可能となり、予め登録して認証された通信機器からのアクセス以外は全て遮断する。ただし、GIS サーバやデータベースサーバの利用にあたり、基図等の大容量データの通信を行う場合の遅延を極力回避するために、高速の MAC アドレスフィルタリング機能を持つ L3 スイッチを選定した。さらに、24 時間の連続運転を必要としない災害情報可視化装置（アニメーションサーバ）や災害情報解析室内での作業用 PC の接続についても、簡易なブロードバンドルーターを前置し、NAT 機能により内部の通信機器の保護を行った。

### 1.1.2 災害情報解析室の利用規程の制定

以上のハードウェアの再整備に加え、新災害情報解析室における各種サーバ機器のセキュリティレベルの向上、ならびに様々な災害情報等が蓄積されつつある災害情報データベースの信頼性を確保するために、新たに災害情報解析室の利用規程を定め、利用にあたっては災害情報解析室の利用申請と V-LAN によるサーバ機器の遠隔利用申請を義務化した（付録参考資料 A-4）。したがって、新災害情報解析室のサーバ機器への接続は、正式に登録された MAC アドレスを持つ通信機器からのみ可能で、解析作業と連携利用の便を図るために 24 時間運転を行っている GIS サーバやデータベースサーバのセキュリティレベルと信頼性は格段に向上した。

広島大学地域貢献特別支援事業・地域防災ネットワーク構築事業の  
「災害情報解析室」の移設に伴う情報網の再構築

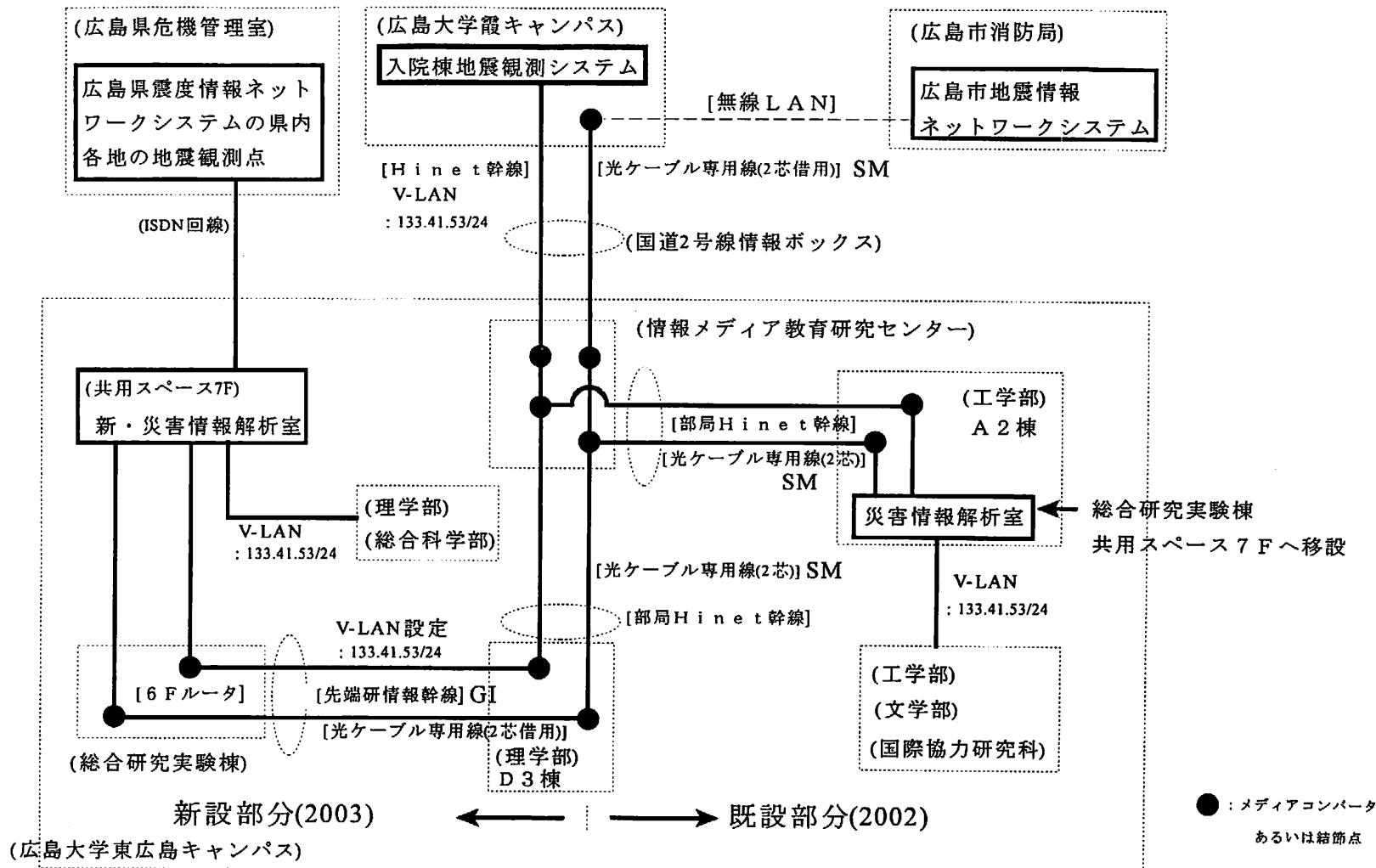


図 1.1.1 地域防災情報ネットワークの通信網構成図

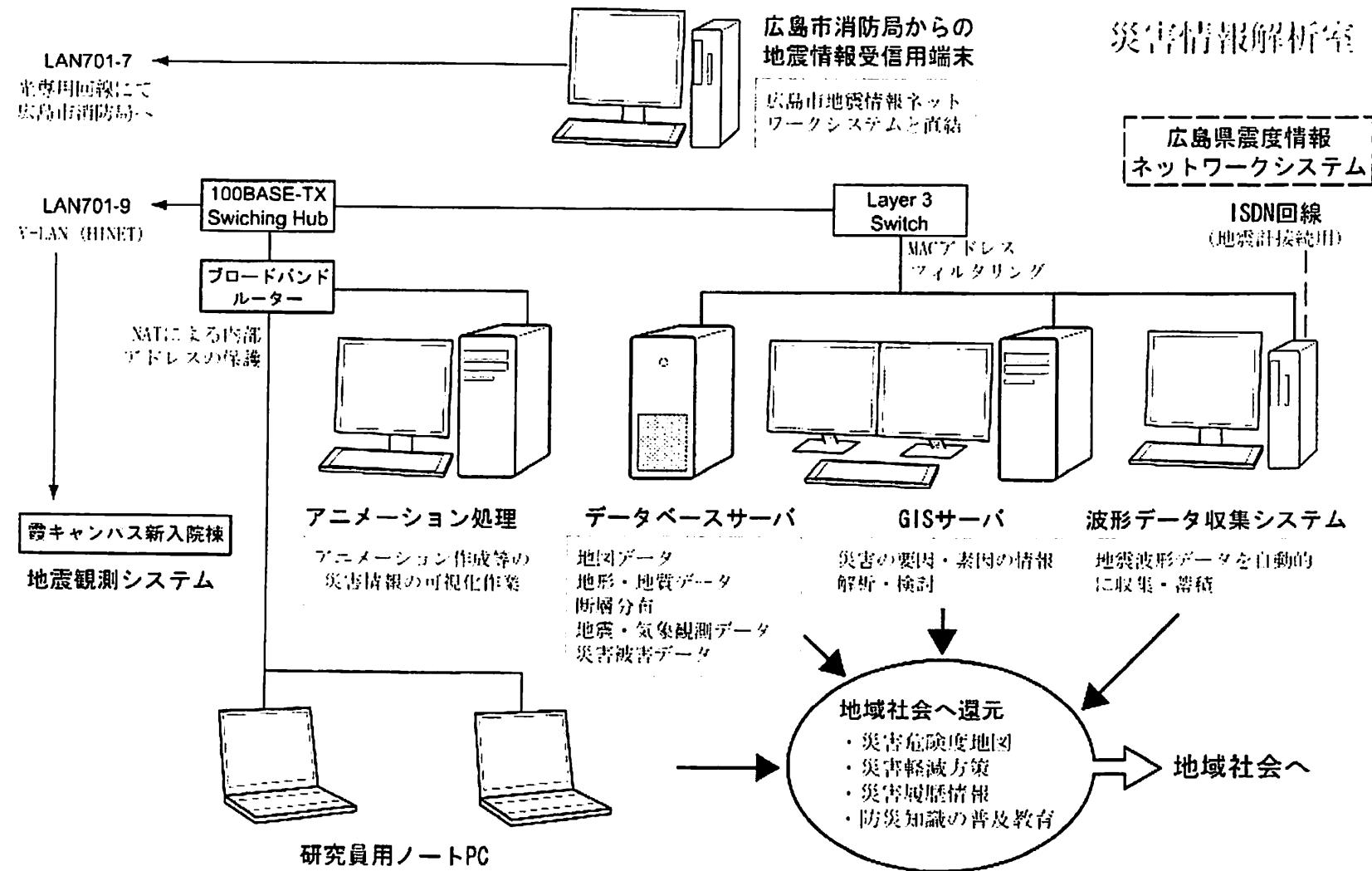


図 1.1.2 再整備された災害情報解析室の機能

## 2 高精細 DEM による地形解析

### 2.1 宅地造成地の切盛り区分データの構築と高精度化

昨年度、造成前後の 50m メッシュ標高データ (Digital elevation model: DEM) を用いて広島市周辺の宅地造成地の災害素因について検討したが<sup>1)</sup>、個々の住戸の大きさのレベルでの調査を行うにはメッシュ間隔が粗く、さらに詳細な検討を行うためには都市計画図等の大縮尺地形図から細かいメッシュで標高値を読み取り、データベース化する必要がある。したがって、本節では、1/2500 大縮尺地形図から詳細な三次元地形メッシュデータを作成する方法を示し、具体的に高精度な DEM を試験的に作成・解析した内容について述べる。

#### 2.1.1 宅地造成地の切り盛り区分データ構築の必要性について

土石流などの斜面崩壊や、建築・建設物に被害を与える地盤被害のような災害は、豪雨や地震などが誘因となって発生する。このような災害の発生場所を予測し、その対策を講じることは重要である。しかし、同規模の豪雨や地震などの発生時に必ずどこにでもそのような災害が起きるわけではない。地盤や地質の状態、地形形状、土壤水分、植生その他様々な状態が災害素因となって、実際の災害発生の有無が決定される。

災害素因は現在の状態だけでなくその場所の経歴も影響する。特に宅地造成地においては、自然地盤を切盛り造成されることに加えて住戸が密に建築されるため、造成地盤自体の崩壊危険性の検討のみならず、その上に建つ住戸の被害形態との関係において、地震被害が発生するたびに様々な検討がなされてきた。特に 1978 年の宮城県沖地震における丘陵地造成地の大規模崩壊被害の発生以降、重要視されるようになった。

兵庫県南部地震における宅地造成地関連の被災宅地では、崩積土の堆積地と傾斜地の盛土、古い地すべり地を推察させる緩傾斜地で、地盤が緩く基盤に比べてごく軟らかいために地震動が増幅され、かつ地盤変形が生じ、両者が重畠して家屋に損傷を与えている。このような場所では個々の宅地だけではなく、造成地全域にわたる流動や全体の下方移動による被害を生じている箇所すらあり、宅地の被災形態は以下に示すタイプに分類されている<sup>2)</sup>。

- ① 摩擦壁に亀裂を生じたり、摩擦壁と裏込めが変形・破壊する。
- ② 摩擦壁が背面の盛土を伴って崩壊する。
- ③ 谷部を埋めた盛土、浅い谷部への崩積土、古い地すべり地が下方へ移動する。
- ④ 盛土が振り込まれて沈下を生じ、また傾斜方向へ変位する。
- ⑤ 盛土、切土斜面がすべる。

①と②のタイプは主に古い石積みやコンクリートブロック摩擦壁で生じ、摩擦壁の強度不足、基礎や背面盛土の軟らかさが推察される。これらのタイプは③のタイプに随伴していることが多い。③のタイプは丘陵部の深い谷部を埋める崩積土上に直接、あるいは盛土して造った宅地、古い地すべり地の上と思われる宅地の典型である。規模が大きく 1ha を越える地域で下方に移動している地すべり型の被害を発生しているものもある。またさらに、切盛り境界のような地盤の硬軟の境界で④のタイプの変形を伴い、地盤面に亀裂や不同沈下を生じているものもある。⑤のタイプは高盛土や急傾斜の切土斜面に生じる変形・すべり崩壊で、比較的大規模な宅地の一部に見られ、中には非常に多くの犠牲者を出した崩壊もあった。

この種の地すべり災害は、元々谷地形であった部分が造成により人工埋没谷となっていた箇所や盛土部分に関連して発生しており、埋没谷上で発生した地すべりブロックは元の谷地形を復元するよう谷筋に沿った形状をしている場合が多い<sup>3)</sup>。このような造成地全体あるいは広範囲にわたる地すべり

り災害に対して、宅地造成地上の家屋の被害は、盛土側にある家屋ほど被害程度が大きく、また切盛境界付近においても被害が多いことも明らかにされていることから、宅地造成地の地震時の被害予測や防災上の検討等を行うには次のような情報が必要であることを指摘した<sup>1)</sup>。

- 1) 造成地全体の面積・盛土部分の面積・盛土量
- 2) 造成前の地形情報、特に谷地形の有無とその傾斜角度
- 3) 造成地全体の平均的な傾斜角度
- 4) 切土・盛土斜面の有無とその傾斜角度および高さ
- 5) 擁壁の有無とその長さおよび高さ
- 6) 造成年代（宅地造成等規制法の前後）
- 7) 土質条件と排水網の整備状況

ただし、上記の諸量を得るには、造成時の様々な造成計画資料等の収集が必要であるが、年代を経た造成地についてはこのような資料が散逸しており、ほとんど入手できない。したがって造成前後の地形図から造成域内の等高線データを読み取りデータベース化することが必要となる。このようにデータベース化すれば、上記の1)~4)の諸量の算定が可能となる。なお7)については当初の造成計画資料等が必要であるが、6)については定期的に刊行される開発動向図等を参照すれば必要な情報が得られ、5)は現地調査により入手可能である。

一方、災害危険性の判定を紙による地形図や現地調査のみで行う場合、非常に大きな労力が必要となる。広域的に行えば狭い規模での詳細な検証は容易ではなく、精度を上げて調査を行えばそれを広域的に行なうことは作業量の問題から困難である。しかし計算機システムを使用すれば、近年の計算機能力自体の向上と地理情報システム（Geographic Information Systems : GIS）の発達によって、このような被害予測を広域的に、かつ高精度で実現する事が可能である。GISは地形やその場所の様々な状態をデータとして取り扱えるシステムであり、計算機上で地図を作成・保存するだけでなく、地理的に分布する情報を「位置を表す空間情報」と「性質を表す属性情報」として管理・利用するためのものであり、空間におけるさまざまな問題を取り扱うことが可能で、応用範囲も限りなく広い。また、紙の地形図と比較して、一度データを整備すれば複製、修正、更新などが容易であり、利用価値が飛躍的に向上する。

以上のような宅地造成地における災害時の状況と今後の利用環境を考慮し、現在宅地造成地となっている地域について、紙による大縮尺の旧地形図から高精細な造成前地形のデジタル標高モデル（Digital Elevation Model: DEM）を作成し、これを解析することを試みる。

## 2. 1. 2 宅地造成地の地形解析と切盛り厚さデータ

### (1) 地形データの取得方法

現在大規模な住宅団地になっている東広島市高美が丘団地を具体的な対象地域に定めて、本住宅団地を含む近隣の地域について、造成前の旧地形データの取得と解析を行った。これには、東広島市役所・建設部維持課より提供頂いた、1973年（昭和48年）の東広島市1/2,500地形図（図割番号30および40）を用いた。平面直角座標の第Ⅲ系原点から、東に56,500m～59,000m、南に169,250m～172,750mの距離の範囲である。まず、これらの地形図を高解像大型スキャナで読み取り、ラスター・ベクター交換ソフト（ScanSurveyVc:土木サポート・システム（株）製）を用いてベクトルデータに変換し、CADソフトで扱えるようにする。このとき、データは全てポリラインと呼ばれる線分が一つ以上連結された状態とし、この状態が図2.1.1である。

つぎにCADソフト（AutoCAD2004:autodesk社製）を用いて修正作業ならびに標高値（TP基準）の入力を行った。修正作業としては、等高線以外のポリラインデータを消去し、寸断されている等しい標高値を持つ等高線を連結すること等がある。ただし、建物や道路他で長く分断されている場合や、崖などのために等高線が引かれていない部分では、原図をよく確認した上で、最終的には推定しながら等高線を連結することになる。これは実際との誤差の原因となるが、大縮尺地形図を用いて等高線

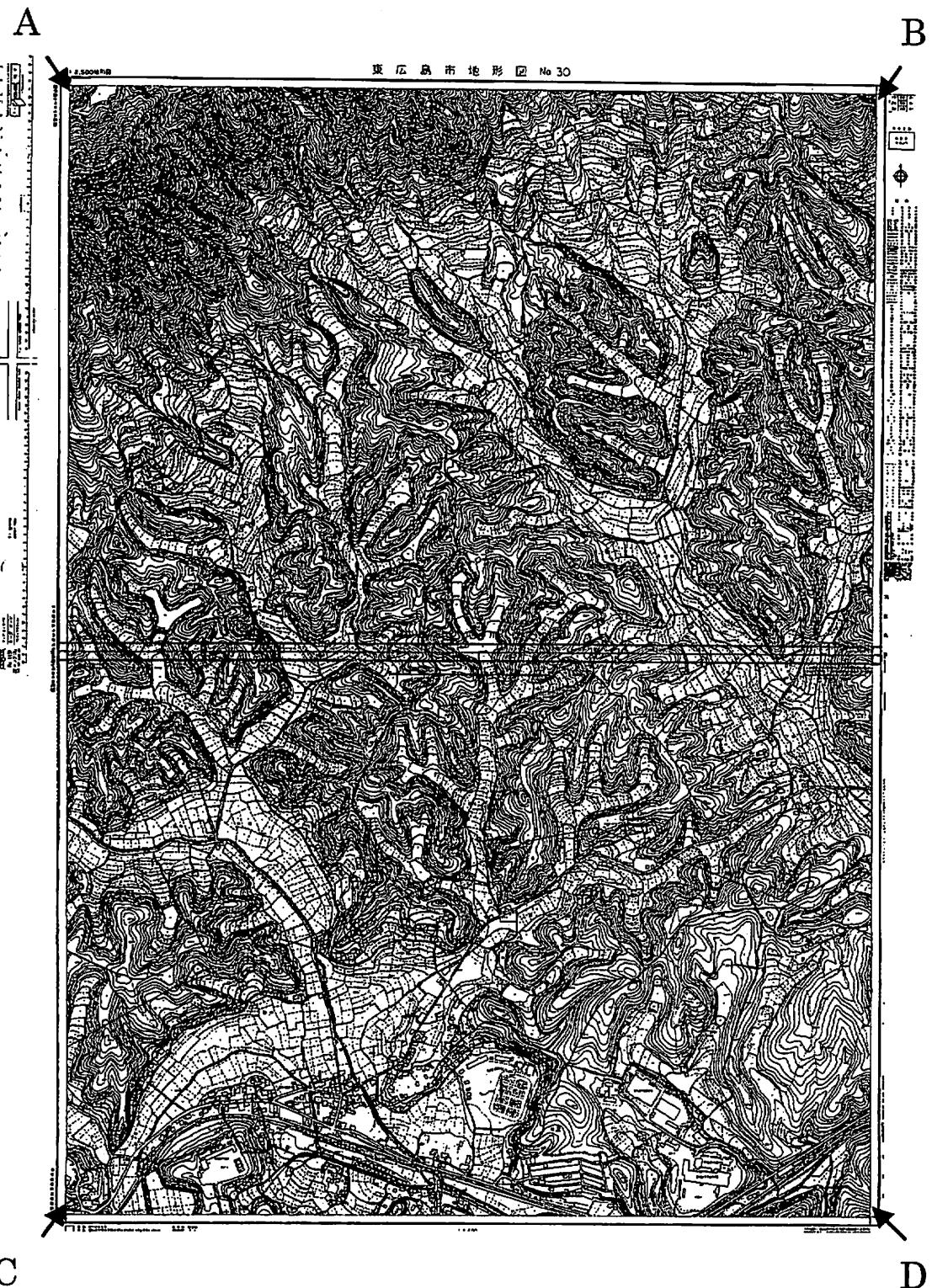


図 2.1.1 東広島市 1/2,500 地形図 (1973 年(昭和 48 年):図割番号 30/40)

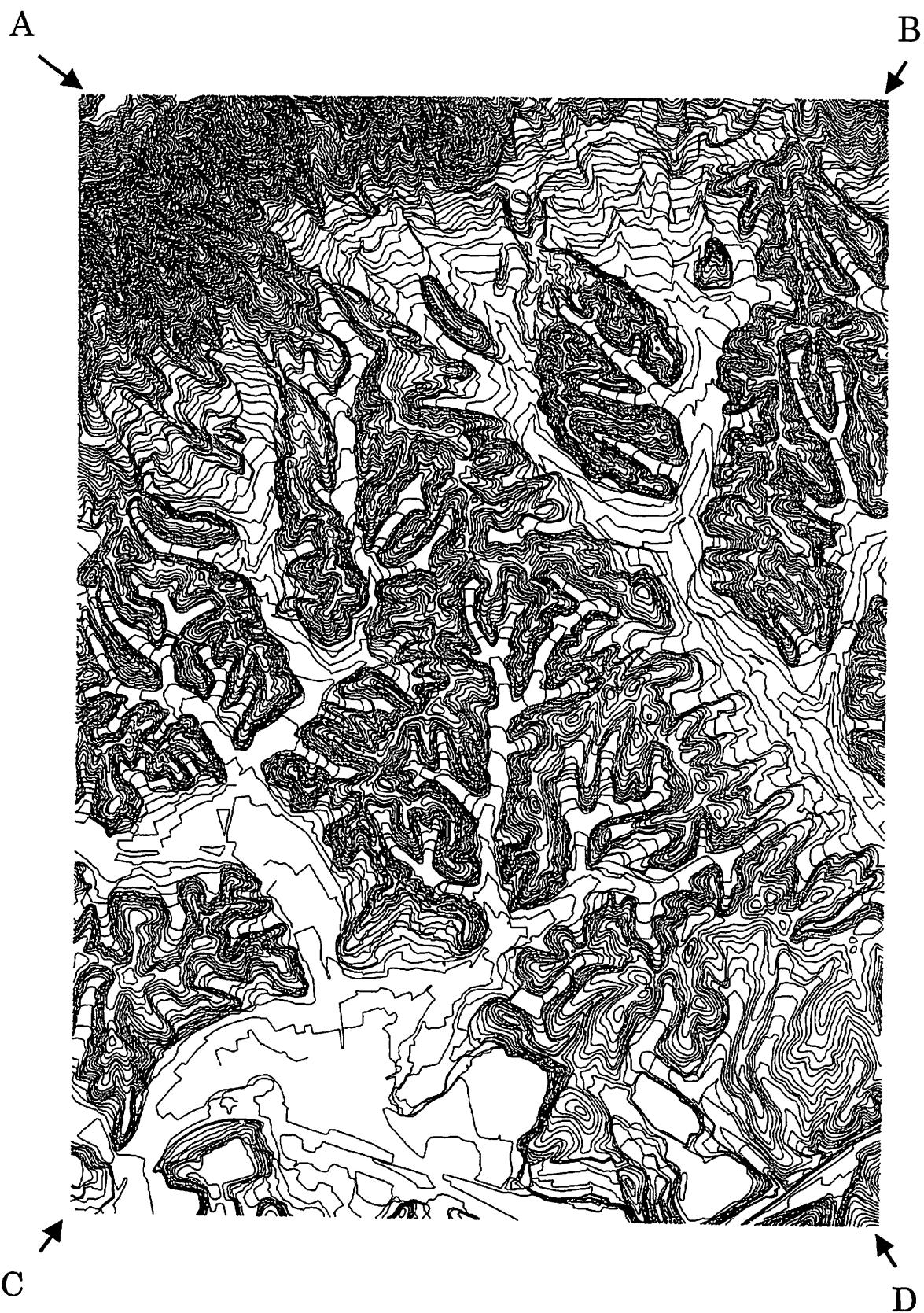


図 2.1.2 東広島市 1/2,500 地形図（1973 年(昭和 48 年):図割番号 30/40）のベクトル等高線図

間隔（2m）も細かいため、地形解析で必要な精度にもよるが、それほど大きな誤差は発生しないものと考えられる。

こうして等高線のみとなった状態を図 2.1.2 に示す。なお同図中に途切れた等高線が一部存在しているのは、2m 間隔の主曲線の間に描かれていた 1m 間隔の補助線である。それぞれの等高線に対応する標高値を入力し、ポリラインを全て分解して細かな線分（ショートライン）とし、CAD 汎用のデータである DXF という規格のデータを作る。このデータには全等高線の線分の始点と終点の X,Y,Z 座標が出力される（図 2.1.2 の例では、約 20 万本の線分データ）。ただし、等高線であるから始点と終点の Z 座標は等しい。この DXF データはテキスト形式であるので、一般的なプログラム言語を用いて直接解析することが可能となる。また、等高線そのものの三次元データを作成しているので、これから任意の間隔の三次元地形メッシュデータを作成することや、標高値の算定点を既存の現地形の DEM に合致させたメッシュデータの出力が可能である。

このデータから、旧地形の DEM を作成する。後述のように現地形の DEM と比較し切盛り情報を取得するためには、新旧 DEM の格子点の位置を等しくするほうが便利である。今回は、現地形の DEM として、北海道地図（株）より購入した GISMAP Terrain (10mDEM) を利用した。GISMAP Terrain は国土地理院発行の 1/25,000 地形図の等高線（10m 間隔）から生成された一葉あたり、縦 1000 × 横 1000 メッシュの DEM であり、図 2.1.3 は 1/25,000 地形図「白市」と東広島市 1/2,500 地形図 30 および 40 の位置関係を示したものである。地形図 30 の北側の端点 A,B と地形図 40 の南側の端点 C,D の第Ⅲ系平面直角座標での XY 座標と、それを変換した経緯度の関係は次のようになる。なお、X 座標は第Ⅲ系原点からの南北方向の距離（北側を正）、Y 座標は東西方向の距離（東側を正）である。

A : (-169250m, 56500m)	→ 北緯 34 度 28 分 21.39 秒 東経 132 度 46 分 54.47 秒
B : (-169250m, 59000m)	→ 北緯 34 度 28 分 20.88 秒 東経 132 度 48 分 32.48 秒
C : (-172725m, 56500m)	→ 北緯 34 度 26 分 27.78 秒 東経 132 度 46 分 53.63 秒
D : (-172725m, 59000m)	→ 北緯 34 度 26 分 27.28 秒 東経 132 度 48 分 31.58 秒

これをもとに、標高を求める格子点を決定する。実際の作業は、元になる 1/25,000 地形図「白市」の 1000×1000 の格子点のうち、横方向に 251 番目、縦方向に 331 番目である点 P から、横方向に 471 番目、縦方向に 725 番目である点 Q までの旧地形の DEM を作成することとした。1/25,000 地形図「白市」の最北西点である北緯 34 度 30 分、東経 132 度 45 分から点 P, Q の経緯度は次のように求められ、その経緯度から第Ⅲ系平面直角座標系の XY 座標が求められる。

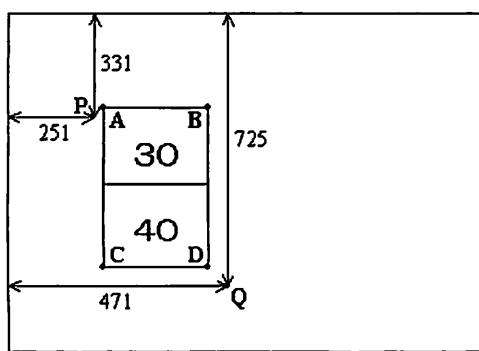


図 2.1.3 1/25,000 地形図「白市」と  
東広島市地形図 30/40

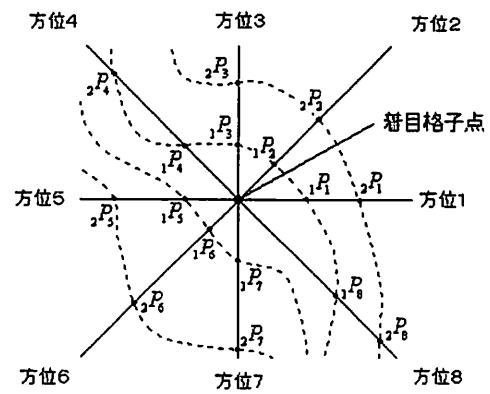


図 2.1.4 格子点から延ばした直線と  
周囲の等高線との位置関係

$$P: \text{北緯 } 34^\circ 30' - 0.3 \text{ 秒} \times 330.5 = 34^\circ 28' 20.85 \text{ 秒}$$

$$\text{東經 } 132 \text{ 度 } 45 \text{ 分} + 0.45 \text{ 秒} \times 250.5 = 132 \text{ 度 } 46 \text{ 分 } 52.725 \text{ 秒}$$

→ (-169266.714m , 56455.634m)

$$Q: \text{北緯 } 34^\circ 30' - 0.3 \text{ 秒} \times 724.5 = 34^\circ 26' 22.65 \text{ 秒}$$

$$\text{東經 } 132 \text{ 度 } 45 \text{ 分} + 0.45 \text{ 秒} \times 470.5 = 132 \text{ 度 } 48 \text{ 分 } 31.725 \text{ 秒}$$

→ (-172910.892m , 59011.692m)

## (2) 格子点位置の標高値の計算手順

以上のようにして定めた領域において格子点位置の標高値を求めるが、国土地理院が 1/25,000 地形図から数値地図 50m メッシュ（標高）を作成している方法<sup>4)</sup>を参考にして、次の手順に従って計算を行った。ただし、格子点間隔は前述の現地形の格子点標高値である GISMAP Terrain (10mDEM) の算定点に一致させるために、格子点間隔は 1/25,000 地形図「白市」における緯度方向 0.3 秒の実距離 9.244m（南北方向）と経度方向 0.45 秒の実距離 11.491m（東西方向）とした。

- 1) 標高を求める格子点（以後これを着目格子点と呼ぶ）から 8 方位に直線を延ばし、周囲の等高線（分割された細かな線分群）との交点  ${}_kP_j$  を定める。このとき  $j$  は方位を指定する添字であり、 $k$  は方位直線と等高線の線分群との交点のうち格子点に最も近いものを  $k=1, 2$  番目に近いものを  $k=2$  とする。（図 2.1.4 参照）
  - 2)  $j=1 \sim 8$  および  $k=1, 2$  の少なくとも 1 つについて、交点  ${}_kP_j$  が見つけられない着目格子点については、標高値を計算せず、欠損点とする。
  - 3)  ${}_kP_j$  の座標を  $({}_kX_j, {}_kY_j, {}_kZ_j)$  とする。なお、平面直角座標系であるため  ${}_kX_j$  および  ${}_kY_j$  は、それぞれ第Ⅲ系原点からの南北方向と東西方向の距離であり、 ${}_kZ_j$  は方位直線が交わる等高線の標高値となる。
  - 4)  $j=1 \sim 4$  の少なくとも 1 つについて、 ${}_1Z_j \neq {}_1Z_{j+4}$  が成立するとき、着目格子点は傾斜地にあるものとし、6), 7) の [傾斜地処理] を適用する。
  - 5)  $j=1 \sim 4$  のすべてについて、 ${}_1Z_j = {}_1Z_{j+4}$  が成立するとき、着目格子点は平地にあるものとし、8) の [平地処理] を適用する。

### [傾斜地處理]

- 6)  $j=1 \sim 4$ について、式(2.1.1)の値が最大となる方位  $j$  を着目格子点の最急方位とし、このとき  $j=m$  とする。この方位  $m$  に沿った断面を模式的に示したものが図 2.1.5 である。

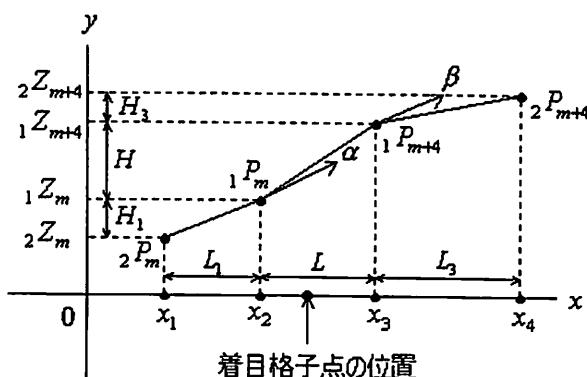


図 2.1.5 最急方位に沿った地形断面

$$\frac{|{}_1Z_j - {}_1Z_{j+4}|}{\sqrt{({}_1X_j - {}_1X_{j+4})^2 + ({}_1Y_j - {}_1Y_{j+4})^2}} \quad \text{--- (2.1.1)}$$

- 7) 最急方位に沿って交点  ${}_1P_m$  および  ${}_1P_{m+4}$  で指定される区間を  $L$  とし、3次エルミート関数を用いて滑らかに補間し、これを用いて着目格子点の標高を算出する。  
まず、3次関数  $f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$  について、次の4条件から未定係数  $a \sim d$  を決定する。

$$(A) \quad f(x_2) = {}_1Z_m$$

$$(B) \quad f(x_3) = {}_1Z_{m+4}$$

$$(C) \quad \left. \frac{df(x)}{dx} \right|_{x=x_2} = \alpha$$

$$(D) \quad \left. \frac{df(x)}{dx} \right|_{x=x_3} = \beta$$

$\alpha, \beta$  は一次差分法を使用して、式(2.1.2)で指定された定数となる。

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = \frac{H_1 + H}{L_1 + L} \\ \beta = \frac{H + H_3}{L + L_3} \end{array} \right\} \quad \text{--- (2.1.2)}$$

ここで、 $\mu = H/L$  を用いて  $\beta$  を変形すると、式(2.1.3)が得られ、 $L$  が増大するに従い、 $\beta/\mu$  は 0 から単調に  $(1+H_3/H)$  に漸近していくことが分かる。

$$\frac{\beta}{\mu} = \left( 1 + \frac{H_3}{H} \right) \times \frac{L}{L + L_3} \quad \text{--- (2.1.3)}$$

1/2,500 地形図の等高線は、一般に 10m ごとの計曲線と 2m ごとの主曲線で描かれているが、緩斜地には 1m ごとの補助線が用いられる。したがって、 $H$  と  $H_3$  の組み合わせならびに  $\beta$  の極限

表 2.1.1  $\beta$  の極限

$H(m)$	$H_3(m)$	$\beta$ の極限
2	2	$2 \mu$
2	1	$1.5 \mu$
1	2	$3 \mu$
1	1	$2 \mu$

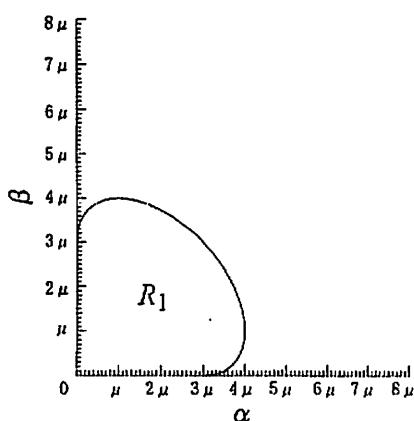


図 2.1.6 3次エルミート関数が常に滑らかな補間となる範囲

は、表 2.1.1 のようにまとめられる。 $\alpha$ についても同様である。 $(\alpha, \beta)$  の極限が図 2.1.6 の領域  $R_1$  内にあるとき、3 次エルミート関数が常に滑らかな補間となることが知られており<sup>4)</sup>、以上の方法により着目格子点の標高値を計算することが可能である。

### [平地処理]

8)  $k = 1 \sim 2, j = 1 \sim 8$  に対する  ${}_k P_j$  の座標を、 $i = 1 \sim 16$  として  $(x_i, y_i, h_i)$  とする。二次曲面の回帰分析を適用し、最小二乗法にて着目格子点の標高を算出する。求める二次曲面を式(2.1.4) とすると、残差平方和  $\pi$  は式(2.1.5) で表される。

$$z = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 \quad \text{--- (2.1.4)}$$

$$\pi = \sum_{i=1}^{16} \left\{ h_i - (A + Bx_i + Cy_i + Dx_i^2 + Ex_iy_i + Fy_i^2) \right\}^2 \quad \text{--- (2.1.5)}$$

極値条件、 $\frac{\partial \pi}{\partial A} = \frac{\partial \pi}{\partial B} = \frac{\partial \pi}{\partial C} = \frac{\partial \pi}{\partial D} = \frac{\partial \pi}{\partial E} = \frac{\partial \pi}{\partial F} = 0$  から式(2.1.6)が得られ、

$$\begin{bmatrix} 16 & \sum x_i & \sum y_i & \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum y_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i^3 & \sum x_i^2 y_i & \sum x_i y_i^2 \\ \sum y_i & \sum x_i y_i & \sum y_i^2 & \sum x_i^2 y_i & \sum x_i y_i^2 & \sum y_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^2 y_i & \sum x_i^4 & \sum x_i^3 y_i & \sum x_i^2 y_i^2 \\ \sum x_i y_i & \sum x_i^2 y_i & \sum x_i y_i^2 & \sum x_i^3 y_i & \sum x_i^2 y_i^2 & \sum x_i y_i^3 \\ \sum y_i^2 & \sum x_i y_i^2 & \sum y_i^3 & \sum x_i^2 y_i^2 & \sum x_i y_i^3 & \sum y_i^4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum h_i \\ \sum x_i h_i \\ \sum y_i h_i \\ \sum x_i^2 h_i \\ \sum x_i y_i h_i \\ \sum y_i^2 h_i \end{Bmatrix} \quad \text{--- (2.1.6)}$$

これを解いて未定係数  $A, B, C, D, E, F$  を求め、式(2.1.4)と着目格子点の XY 座標から標高値を得る。

### (3) 地形解析結果

以上の手順に従い、1973 年（昭和 48 年）の東広島市 1/2,500 地形図 30 および 40 から作った DEM 全体を図 2.1.7 に示す。ただし、DEM から作成したワイヤーフレーム図の外周に近い格子点での標高値の算定には、今回設定した領域外の等高線データが必要となるが、等高線との交点が存在せず作成手順(2)において欠損点としたため、そのような格子点を含む列を除いて表示してある。また平面の縦横方向に対し、高さ方向を 3 倍に強調しており、真上から下に 60 度、正面から東に 15 度の位置から俯瞰した図となっている。

さらに、造成地の部分のみに着目して見られるよう、北緯 34 度 27 分 01 秒～34 度 28 分 00 秒および東経 132 度 47 分 05 秒～132 度 48 分 10 秒の範囲に限定して、現地形の DEM と作成した旧地形の DEM を比較する。この領域に格子点は東西方向に 144 個、南北方向に 199 個含まれている。図 2.1.8 は現地形、図 2.1.9 は旧地形となる。どちらも平面の距離に対して高さ方向を 5 倍に強調しており、真上から下に 60 度、正面から東に 10 度の位置からの俯瞰図となる。また、ワイヤーフレームの間隔は格子点 2 個分であり、ワイヤーフレーム図の下の枠は標高 200m の位置となる。さらに、同地形の等高線図を DEM から描き、現地形と旧地形とをそれぞれ図 2.1.10 と図 2.1.11 に示している。

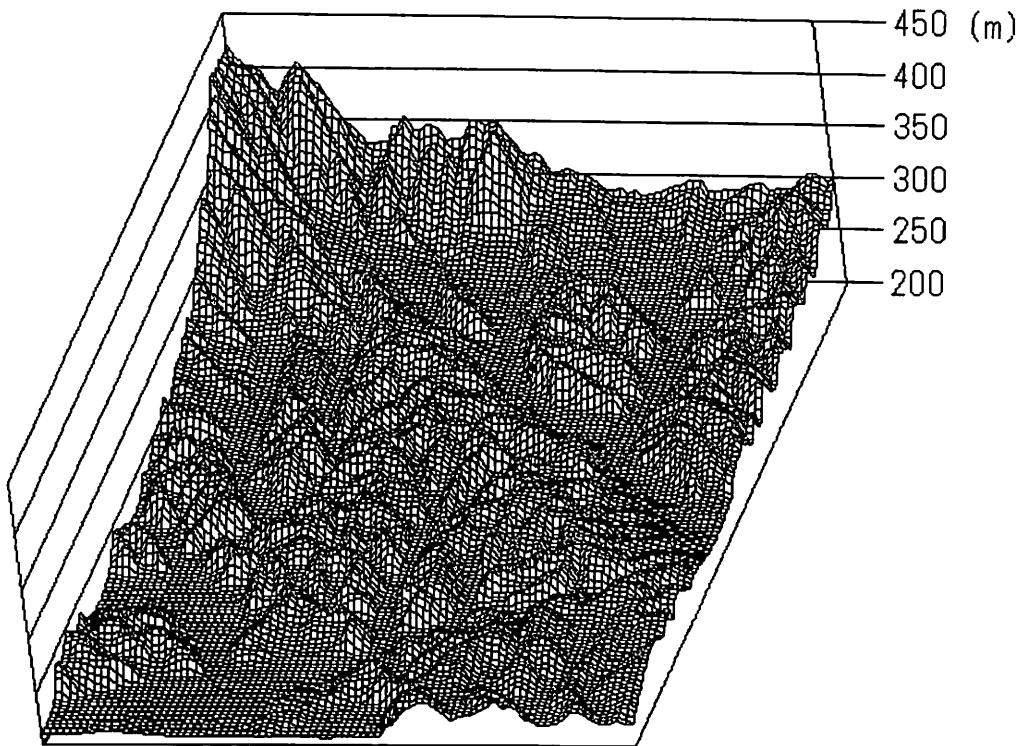


図 2.1.7 東広島市 1/2,500 地形図 30/40 による旧地形 1973 年  
(昭和 48 年) のワイヤーフレーム地形図

これらの新・旧のワイヤーフレーム地形図ならびに等高線図から、図の左上（北西部分）と右上（北東部分）の山地部はほぼ同じ形をしていることが分かる。新・旧の地形図そのものを確認すると人工的に改変されている部分ではないため、自然現象による浸食や斜面崩壊等がなければ、全く同じでなければならないものと考えられる。しかし、ワイヤーフレーム地形図の非造成山地部分において、旧地形よりも現地形の方が、ややなだらかに見えるが、これは現地形の DEM を作るために使用された地形図が 1/25,000（等高線間隔:10m）であるのに対して、旧地形の DEM を作るために使用した地形図の縮尺が 1/2,500（等高線間隔:2m）と大縮尺で、そのためにできた差であると考えられる。一方、左上の山地部の手前を南北に通っている谷部や右上の山地部の手前を南東に向かって通っている谷部では、新・旧地形の DEM に違いほとんど無い。この点については、非改変山地部で最大 2m 程度の違いが発生していることを数値的に確認したが、標高値が狭い範囲で急変する部分では注意を要する。つまり、1/25,000 地形図を基にした DEM は非常に詳細な計算を用いて作成され、原理的には非常に細かな格子間隔の標高値の出力が可能ではあるが、等高線が密な部分においては、その精度は用いた原地形図の精度に左右されてしまうものと考えられる。したがって、必要とする解析精度を考慮して種々の DEM を利用する必要があり、今回対象にした個々の住戸の大きさのレベルでの宅地造成地の災害素因検討用の DEM においては、大縮尺 1/2,500 地形図等からのデータ生成が必須である。

今回、新・旧地形の DEM は同じ場所についての標高値データを作成したので、直接そのまま差をとると、造成の際に切土となった部分および盛土となった部分と、その切盛高さを求めることができる。図 2.1.12 は切土厚さ、図 2.1.13 は盛土厚さを示す。なお、図 2.1.13 については認識しやすくするために上下を反転させて表示した。これを重ねて切盛高さで色分けし、GIS ソフト（SIS:Informatix 社製）を用いて現在の地図と重ねたものが図 2.1.14 である。同図においては切土厚さを正、盛土厚さを負として表示した。図 2.1.15 は盛土厚さ等厚線図である。これらにより、高美が丘団地の造成を行った際に、どの場所においてどの程度切盛りを行ったのかを詳細に検討することが可能である。

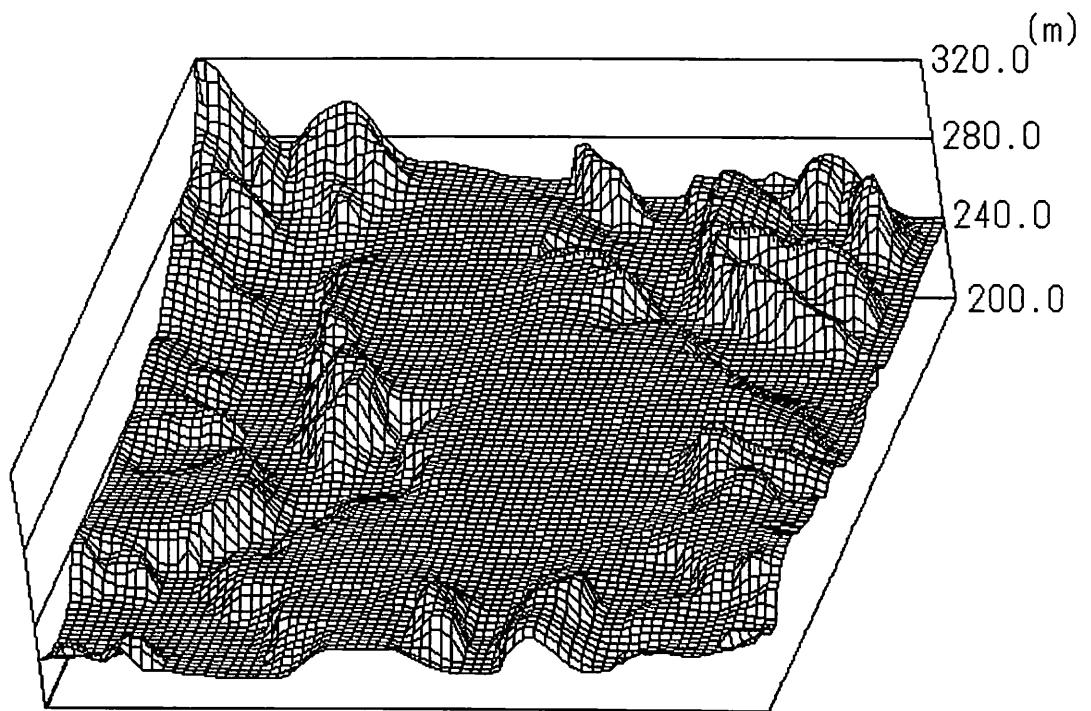


図 2.1.8 現在の「高美が丘」住宅団地付近のワイヤーフレーム地形図

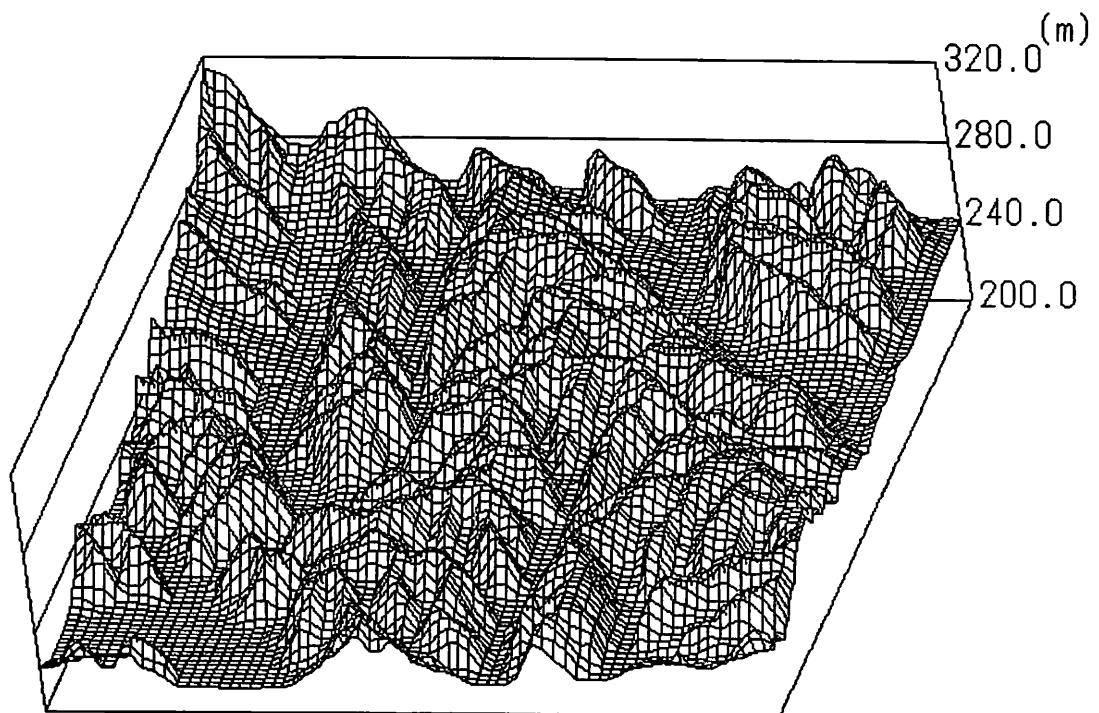


図 2.1.9 1973 年(昭和 48 年)当時の「高美が丘」住宅団地付近のワイヤーフレーム地形図

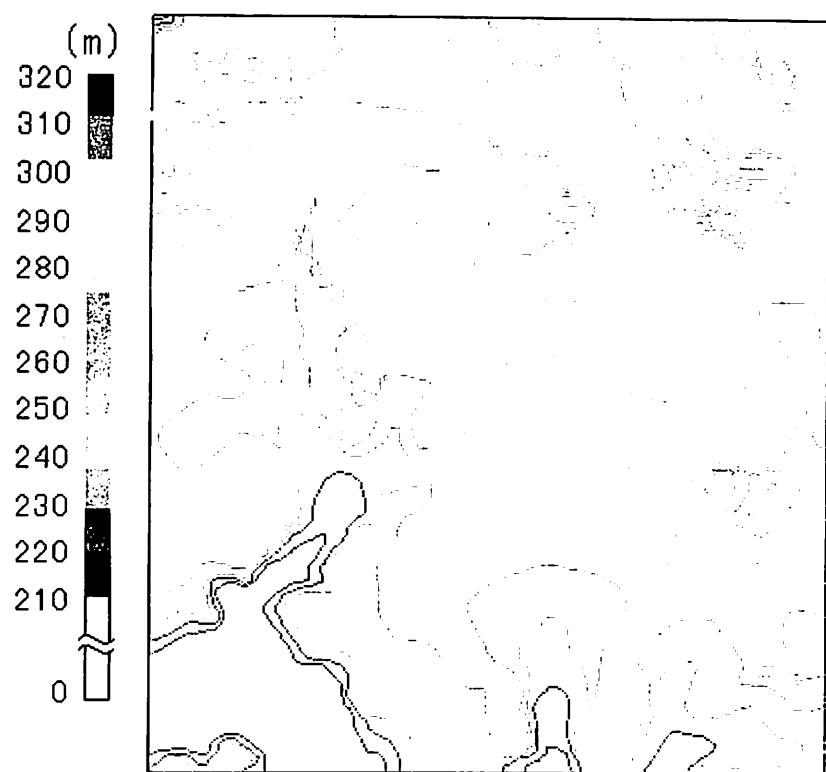


図 2.1.10 現在の「高美が丘」住宅団地付近の等高線図

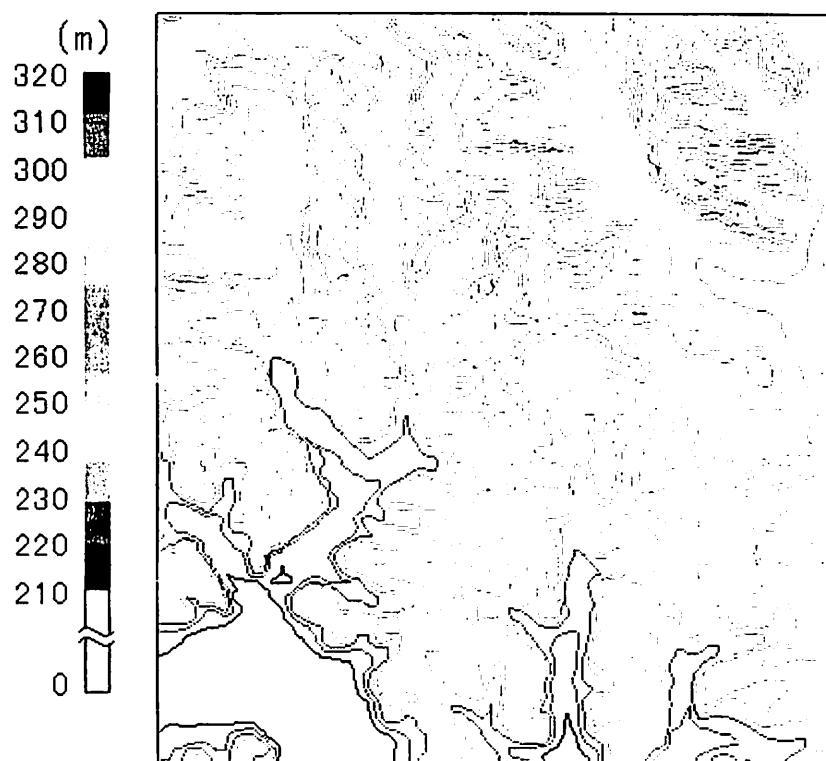


図 2.1.11 1973年(昭和 48年)当時の「高美が丘」住宅団地付近の等高線図

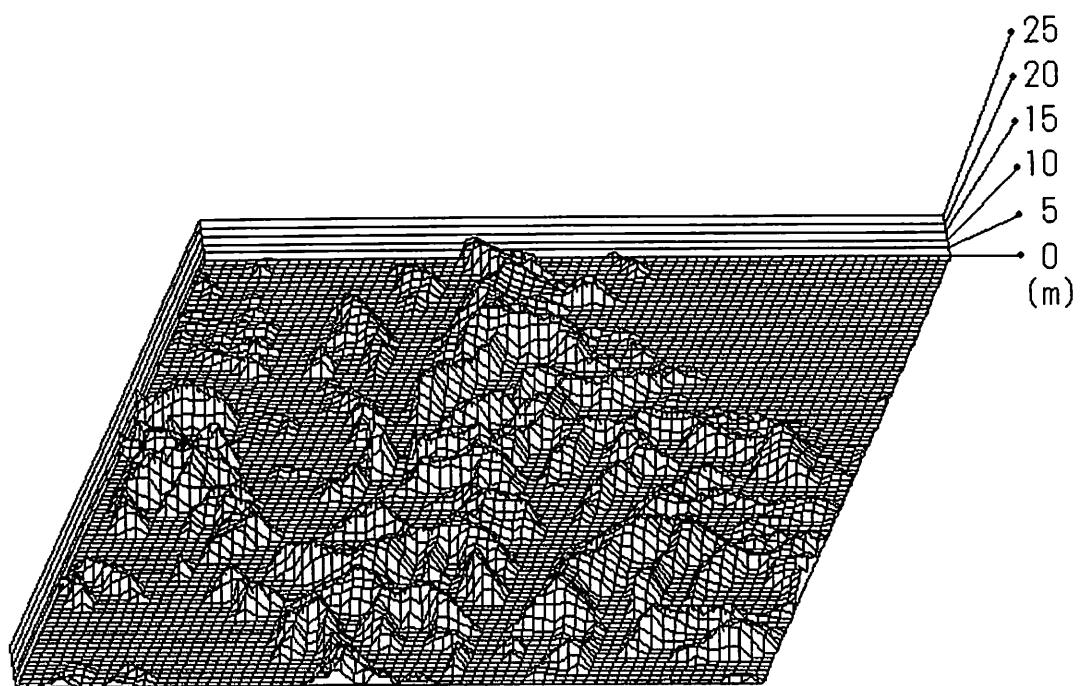


図 2.1.12 切土厚さワイヤーフレーム図

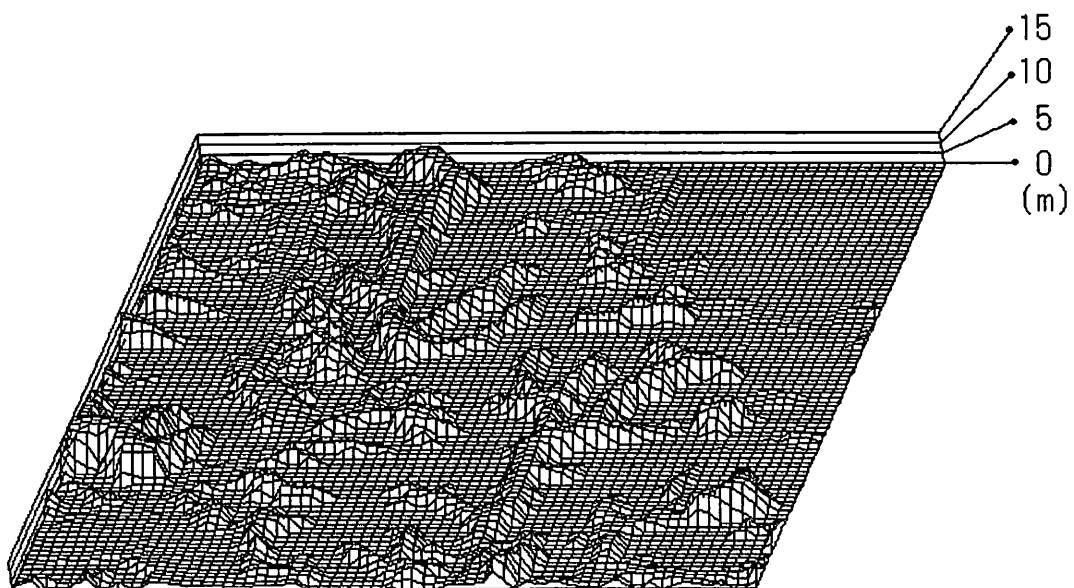


図 2.1.13 盛土厚さワイヤーフレーム図

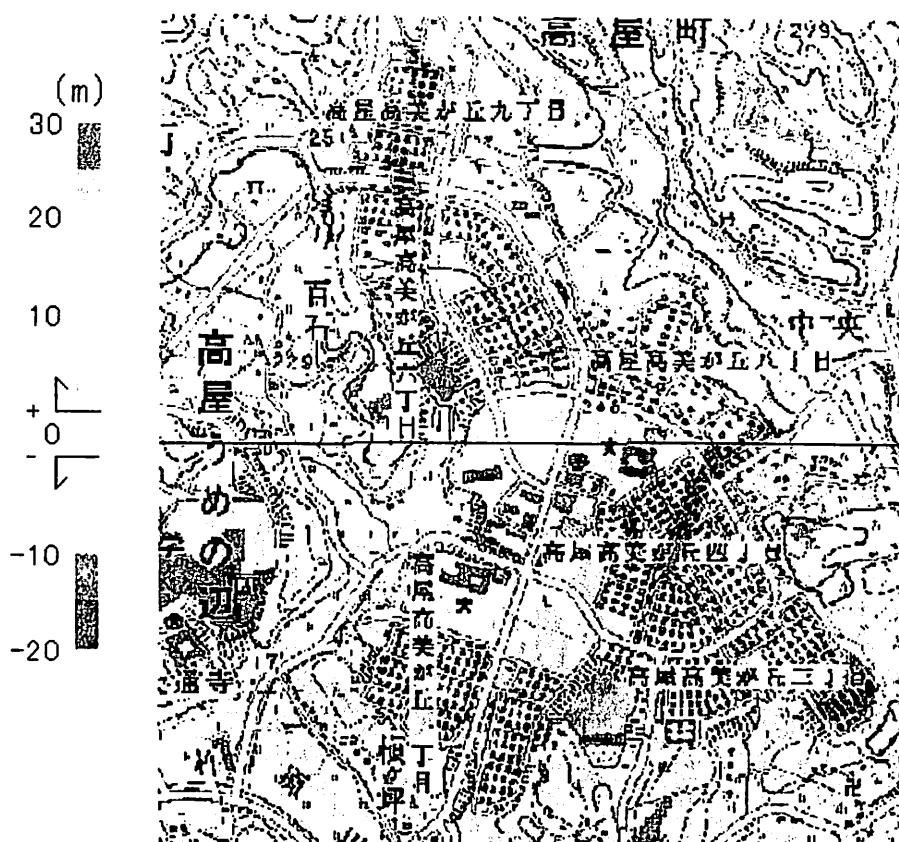


図 2.1.14 「高美が丘」住宅団地付近の切盛り厚さ分布図

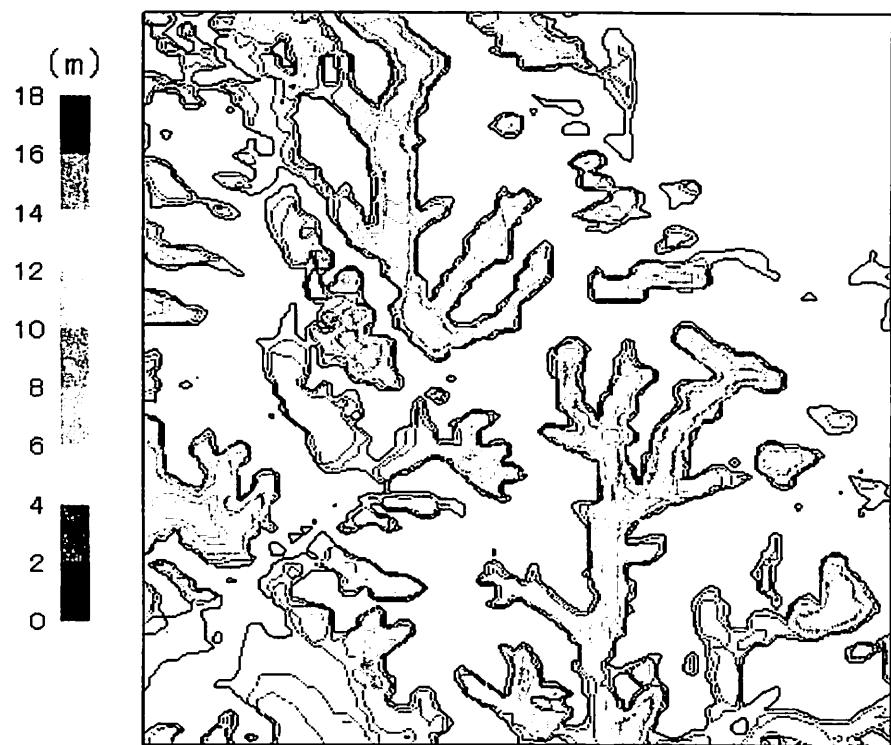


図 2.1.15 「高美が丘」住宅団地付近の盛土厚さ等厚線図

### 2.1.3 宅地造成地における災害素因の検討例

宅地造成地における災害素因としては、地震時の宅地造成地における家屋被害事例報告<sup>5)</sup>を参考にする。この報告によれば、盛土下の旧地形の傾斜角が大きくなるほど被害率が高くなる傾向にあり、特に勾配 20 度以上のところでは被害規模自体も大きく、地盤崩壊に至る個所も急増している。盛土厚も増加すると被害率が高くなる傾向にあり、盛土 5m 以下と 5m 以上の場所を比較すると、全壊家屋は 5 倍弱、半壊家屋は約 2.5 倍の被害率の差が見られた。これらより表 2.1.2 に従って災害素因の分類を行うこととした。ただし、この分類において、災害危険性も災害規模も、A が最小、ついで B、最大が E であることは明らかであるが、B と E の間の、C と D とではどちらが大きいのかは明らかではない。

表 2.1.2 造成地の災害素因分類

	盛土下傾斜角度 20 度以下	盛土下傾斜角度 20 度以上
切土／ 非造成地	A	
盛土 5m 以下	B	C
盛土 5m 以上	D	E

図 2.1.15 に示した盛土厚さ等厚線図の格子点位置の盛土厚さと同位置の最急傾斜角度を算定し、表 2.1.2 に従って分類した災害素因を基に、これらを画像化し、前述の GIS を用いて地図と重ねたものが図 2.1.6 である。同図において、実際には非造成地であるにもかかわらず、現地形の DEM と旧地形の DEM との誤差によって盛土 5m 以下であると判定されている部分が、主に表 2.1.2 のタイプ B に存在する。特に図 2.1.16 の左下（南西部分）などに多く存在するが、ある程度の盛土厚さを誤差と見積もりタイプ A に判定してしまうことは、切盛り境界自体を誤認識してしまう結果になるため適切ではない。この問題は前述のように、より高精度の DEM が提供されることにより解決できる。

同図より、現在全く同条件に見える宅地造成地であっても、微細な位置の違いで災害素因に大きな差があることは明らかである。災害発生率を低下させるような全体的な対策はもちろんのこと、特に危険性の高い箇所においては、災害発生時にその被害を抑制するような事前の対策が非常に重要であると考えられる。したがって、当然、災害素因については慎重な検討が必要であるが、このような宅地造成地に関する詳細な地形履歴情報を作成し、保存し、必要に応じて公開していくことが今後必要なのではないかと考える。

### 2.1.4 今後の課題について

宅地造成地について、造成前の時点の 1/2,500 地形図から現地形の格子点標高値データと同じ位置での DEM を作成し、旧地形の地形形状を解析すると共に、現地形の DEM との比較から地形変化を読み取り、造成による切盛り量の詳細を明らかにした。さらに、盛土厚さと造成前の旧地形の斜面勾配である盛土下傾斜角が災害発生率や災害規模に大きく影響を与えるという既往の研究を参考にし、造成前の地形の解析を行った。得られた結果は画像化し、GIS を用いて地図と重ね合わせ、個々の建築物を確認ができる大きさのレベルで細部を詳しく見ることと、全体を俯瞰することの両立を可能にした。

以上から、宅地造成地の造成前の地形図から古い地形情報を取得して、詳細な DEM を作成し、これを利用して地形形状の変化のデータを作成した上で、地形変化の履歴を解析することの意義と効果は明らかであるが、2.1.2 項の「地形データの取得方法」で述べたように、紙ベースの大縮尺 1/2,500 地形図のスキャナ読み取り、ラスター・ベクター交換から CAD ソフトによる修正作業ならびに等高

A  
B  
C  
D  
E



図 2.1.16 「高美が丘」住宅団地付近の災害素因の分類図

線への標高値の入力までの作業には、多大な経費と時間を要する。したがって、今後、他の地域の詳細な DEM を作成し地形改変の履歴を解析するにあたり、極力修正作業の手間を減らし、等高線への標高値入力等が自動化できる体制の整備が必要である。

#### 参考文献

- 1) 山本春行：人工造成地盤の切盛り区分情報，平成 14 年度・広島大学地域貢献特別支援事業「地域防災ネットワーク構築事業成果報告書」地域防災ネットワーク構築事業実行委員会編，2003.3, pp. 80-85
- 2) 阪神・淡路大震災調査報告，土木編 2 卷，3.6 節 宅地，1997, pp. 207-212
- 3) 釜井俊孝（他）：1995 年兵庫県南部地震による都市型地すべり災害と地形改変，第 30 回土質工学研究発表会，第 1 分冊，1995.7, pp. 83-84
- 4) PRIMA Oky Dicky, 横山隆三：高精度の DEM を作成するためのアルゴリズムの開発，写真測量とリモートセンシング，Vol. 40, No.5, 2001, pp. 52-62
- 5) 小野里啓（他）：G I S を用いた 1993 年釧路沖地震による宅地造成地の家屋被害の要因分析，日本建築学会構造系論文集，No.504, 1998, pp. 57-64