

地域計画用背景図の疑似立体表現 およびその適用性に関する研究

森田 喬¹

¹ 正会員 情報コミュニケーション科学博 法政大学教授 工学部土木工学科
(〒184 東京都小金井市梶野町3-7-2)

地域計画のための主題図の背景に陰影図を用いると、作成される主題図の説得力が向上する。しかし、陰影図は、光の當て方により凹凸逆転現象が生じたり、地形の表現力に相違が生じる。また、陰影背景図と主題情報の重ね合わせの方法については試行錯誤の域を脱していない。これらについて数値データによりシミュレーションを行い、この方法の基本的枠組みを与え、主題図作成を通してその有効性を検証した。

Key Words : regional planning, background map, hill shading, superposition, geographic information system

1. 背景と目的

(1) GISにおける情報の視覚化

近年、都市や地域の計画において情報のデジタル化が進展し、地理情報システムを用いた分析や計画が行われるようになってきた¹⁾。地理情報システムの基本機能は通常、1)データ入力・変換、2)蓄積・検索、3)分析・編集、4)出力・表現、の四つに分けられる。この中で最後の出力・表現については、従来、結果の単純出力以上の発想に乏しく、前段の3部門に比べて理論的検討が遅れてきた。しかし、表現の自由度の向上は、情報のデジタル化の利点の一つである。与えられた同じデータも図式を変えれば異なった表現が可能となる。そして、そこには図式の与え方によって分かりやすいものとそれが劣るもののが生じる。分かりにくい表現は、結果としてそのデータが持つ情報が利用されない恐れが大きい。ここにデータの有効利用の面から分かりやすい表現を追及する意義がある。特に、ディスプレー上に表示される地図は、解像度との関係で、従来の紙地図に表現されている等高線などの細い線をそのままの縮尺で表示するのは不可能である。一方、コンピュータグラフィックスは、拡大・縮小や色塗り機能をはじめとして图形・画像操作に優れている。従って、デジタル化された地図の表現は、従来の紙地図とは異なる条件を考慮して行う事が必要である。

近年DTM(数値地形モデル)の普及とともに、通常の等高線表示による地形図にかわって疑似立体表現である高さ変化がわかりやすい陰影づけによる陰影図の作成が行われるようになってきた。この陰影図を背景図として用いると、特に全体レベル、すなわち要素レベルではなく全体の分布パターンを観察する場合に、地域の地形の基本骨格を等高線を用いることなく与えることができるため有効である。すなわち、"図"に対して"地"としての地形を直観的に分かりやすく同時に並列的に提供できる。しかし、その場合に背景図として用いる陰影図はどのようなものがよいのであろうか?あるいは、その背景図と主題図の重ね合わせはどのようにすれば良好な主題図が作成できるのであろうか?陰影図は、光の當て方により凹凸の逆転現象が生じたり、地形表現力に相違が生じる。また、背景図と主題図の重ね合わせにおいては、両者の情報を両立させる必要があるがその方法については試行錯誤の域を脱していない。

(2) 既存研究の流れ

陰影表現の研究は、地形図において表現すべき主要関心事の一つが高さ表現であったから、等高線のほかに、ばかり、段彩、ケバ、照射等高線などとして18世紀頃から研究が始まっている²⁾。しかし、これらの表現手法は客觀性はあるものの多分に技術

者の腕にまかされていたので再現性には乏しいものであった。近年これらの表現にデジタル手法が導入され、アルゴリズムを通して再現性のある表現ができるようになってきた。

D T M構築に関しては、ウイーベルとヒーラー(1991)による包括的なレビューがある³⁾。D T Mの表現利用については、ホーン(1981)⁴⁾が様々な技術手法のレビューを行い次の6種類に分類している。1)勾配のみによる反射率・濃度変化表現 2)平均反射率・線間隔(太さ)による変化表現 3)理想反射面および各種近似計算による表現 4)特定光源による勾配・反射率・濃度変化による表現 5)多孔質面を考慮した反射率算定モデルによる表現 6)質感(鏡面など)を考慮した表現、である。

我が国における研究のなかでは、早くは田中による正形浮上り図法(1932)⁵⁾や影塑的水平曲線地図法(1939)⁶⁾があり、これは上記の1)や4)の原則を示し、更に2)の表現手法に関して提案を行ったものである。木下(1985)⁷⁾による陰影図作成は、4)の手法に関するものである。また、リニアディカマスチュラ(1990)⁸⁾は、多重光源シェーディング手法を提案しており、これも4)の範疇に入るものである。この多重光源シェーディング手法は、シェーディングを局所的な地形条件に応じて局所的に調節するものであり熟練地図製図技術者の手法にヒントを得ており、表現としては良好であるが手続きが複雑である。そこで、今回は局所光ではなく、主方向と同様に全体に一様に照射する光線を数方向設定し、その組み合わせによってシェーディングを生成させる方法を検討する。この方法も4)の研究の系列に属するが、写真館の照明に範を得ており、前者のような熟練技術ルールベースによる局所的な操作によるものよりは手続きが単純である。

なお、疑似立体表現としては、斜め上空方向から観察する鳥瞰図やブロックダイアグラムなどもあるが、しかしこれらの表現では手前に高い地形が存在するとその後背地が隠されてしまうため、情報が均質に与えられないし、見る角度により印象も異なってくる。直観的に分かりやすい表現だけに、任意の角度から観察できるシステム環境が提供されない場合は片寄った判断を行う危険性がある。また、高層建築物や地下施設を含む高密な都市地域の3次元表現は、単なる地形表現では不十分である⁹⁾。これらの鳥瞰図、ブロックダイアグラム、都市域の3次元表現については、今回の研究対象からは除外する事

にする。

背景図と主題図の重ね合わせ手法については、主題図作成のための基図の在り方という観点では、ペルタン(1967)¹⁰⁾やロビンソン(1978)¹¹⁾の研究がある。また、例えば二つの主題図の重なり合う部分を取り出すといった图形間演算的な重ね合わせ手法については、各種のG I Sソフトで実現化されている。しかし、陰影図のような面的表現について背景図と主題図を重ね合わせ両者の情報を併存させる方法は、試行錯誤的に行われているだけで理論的研究が不足している。

(3) 本研究の目的

本研究では、まずははじめに、背景図としての陰影図の表現力の向上を目的とし、数値データによるシミュレーションを通じ、照射方法の改良による手法を提案する。

次に、陰影背景図を用いた主題図構築について、背景図と主題図の重ね合わせを画像間演算を通してシミュレーションにより検討し、さまざまな重ね合わせの演算方式の特徴を位置付ける事によって、その利用の基本的枠組みを与える。

最後に、これらの検討結果の応用として実際例に基づいた代表的な主題図を作成し、その適用性について検証を行う。

2. 陰影表現による背景図作成

(1) 陰影図の表現力向上とシミュレーションによる検討

D T Mを用いたデジタル化プロセスによる陰影図の基本的な作成方法は、まずD T Mデータより各グリッドの勾配を算出し、次にこの勾配からこの面の反射光量を求め、最後にこの光量に比例して濃淡を与えて画像化する事によって求められる。

第1段階のD T Mデータは、空中写真や衛星画像より解析図化機や画像相関などを通じて直接取得する方法や、既存地形図の等高線情報を補間法を用いてグリッドデータ化する方法などがあるが、ここではD T Mデータについては与えられるものとする。

第2段階の勾配の推定は、図-1のように、対象グリッドの四隅の標高値 h より法線ベクトル N を求める事である。

第3段階の N 方向への反射光量 R は、図-2のように、入射光ベクトル S (水平面からの高さ ϕ)と法線ベクトル N の内積 $c \cos \omega = S \cdot N$ によって求め

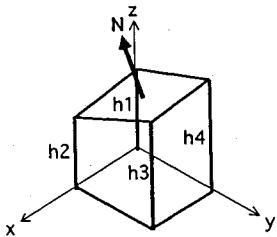


図-1 勾配と法線ベクトル

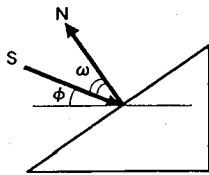


図-2 反射光量

られる。

第4段階の濃淡画像は、反射光量の最大値と最小値の間のグリッド値を、それぞれ白と黒の間の濃度値に対応づけて出力する事によって得られる。

与えられたDTMデータ(東北地方の山村部の20mグリッド標高データ)に対して、上記の方法により、照射する光は北西45度、高度15度の方向から来ると設定して演算を行うと図-3が得られる。しかし、この方法では、光線方向と軸対称同じ勾配を持つ面は同じ光量になってしまう事の欠点が指摘され、対応策も幾つか提案されている。プラッセル(1974)¹²⁾は、熟練地図製図技術者がシェーディングを局所的な地形条件に応じて局所的に調節する方法を、ルールベースのデジタル手続きに置き換えることを試みている。これは(1)地形の基本構造である稜線、谷線を抽出し各グリッドごとに方位と重要度に応じてランクを設定(2)稜線、谷線の方向性と光の照射方向との角度、および当該グリッドに稜線、谷線が無い場合は最寄りのグリッドまでの距離およびランクを考慮して各グリッドの方向補正係数を設定(3)方向補正係数に応じて各グリッド毎に照射方向を回転(最大回転角度は予め定めておく)・補正させ反射光量を調節、するものである。また、リアディカマスチュラ(1990)⁸⁾は、多重光源シェーディング手法を提案しており、これは、(1)グリッド標高データより水系モデルを作成(2)水系モデルより稜線および谷線を抽出(3)3×3(あるいは5×5)のウインドウ内で光線



図-3 1方向からの照射による陰影図

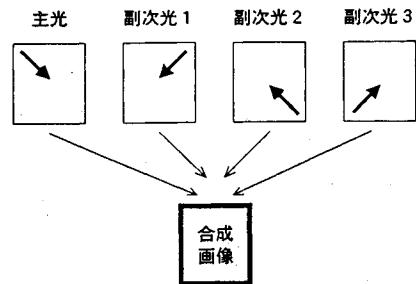


図-4 主光・副次光の合成

方向と等しい連続した稜線または谷線を探索(4)該当するウインドウについて局所的に主光線とは異なる光線を設定し、それらを合成、という手続きで反射光量を求めている。

これらの手続きは熟練技術者の技術に範を求めており複雑である。そこで、本研究では必要に応じて照らす局所光に対して、全体に一様に照射する光線を数方向設定し、その組み合わせによってシェーディングを生成させる方法を検討する。

これは、自然界においては乱反射により陰の部分についてあまり極端にコントラストがつかず特徴観察が出来るのに対し、光線が1方向からだけの照射であると、情報に片寄りが生じるために、副次光を与えることによって、光線の向きにより変化する多方向からの陰影情報を補足する事により地形構造をより的確に表現しようとするものである。しかし、演算が複雑で時間を要する場合は実用性に乏しくなる。そこで、以下のような簡便方法を検討するものである。これは、上記の方法によって、まず主光の陰影図を作成し、さらに同じ方法により光線方向を90度ずつずらした副次光による陰影図を3画面作成し、主光の陰影に副次光の陰影を追加して合成(図-4)するものである。

具体的手順としては、まず、主光を北西からとし、副次光1を北東から、同2を南東から、同3を南西とするそれぞれの画像を得る。なお、光線の水平面

からの高度角については、反射光の強さは光線ベクトルと法線ベクトルの内積であるから高度角に応じて一律に作用するし、また反射光の強さの分布は地形条件にも左右されるので、濃淡が極端にならないように角度を適当に調節して共通の値を定める。これらについて、図-5のように主光>副次光1>副次光2>副次光3の順に各シーンの画像濃度に重みづけを与えた画像に加工する。これは、北西からの光による画像の重みを最も大きくとり、次に同じ北側である北東からの光によって生じる画像を2番目とし、更に南側である南東および南西からの光によるものをそれぞれ3番目、4番目としているものである。これらは、この順序で淡くなっているが、結果として淡い画像ほど相対的に勾配が大きい部分の陰影のみが抽出されているものである。この濃度指定は、図-6のようにそれぞれの画像について重みに応じて濃度を明るい方向に一律に線形変換を行い、暗い部分(勾配が強い部分)を明るくするとともに明るい部分の飽和化(勾配が緩い部分の情報を落とす)を行う事によって与える。これらの4図を重ね合わせる(加算)事によって合成画像を作成する。なお、重みづけによる濃度操作を行わない場合は、向き合った画面はネガとポジの関係になり全ての陰影が消失してしまう。最後に、この合成画像に、ダイナミックレンジを広げる線形変換およびコントラストを改良する(元画像は白近辺のピクセルが多い淡い画像)ヒストグラム平坦化¹³⁾を通して濃度補正を行い最終画像を得る。今回は、まず太陽の高度を15度、照射方向を北西、北東、南東、南西に定めた元画像を4種類作成し、濃度の線形変換については、試行錯誤の結果、主光についてはそのまま、副次光1については最大の明るさMに対して+27%，副次光2に+31%，副次光3に+35%を与えたものを作成し、図-7が得られた。同様に、主光に+24%，副次光1に+27%，副次光2に+31%，副次光3に+35%を与えたものは図-8となる。ここでは主光の比重が減り、4方向からの陰影の重みが相対的に接近して付与されている。このため、南から照射された北半分の影の部分の比重が増加しているように、地表面傾斜の等しい箇所がほぼ等濃度で表わされるようになっている。即ち、傾斜の少ない平地および尾根筋、谷筋と、斜面とが対比された表現となっているので部分の地形構造が捉えやすくなっている。但し、主光が弱くなっているので全体的傾向の特徴がやや捉えにくくなっている。

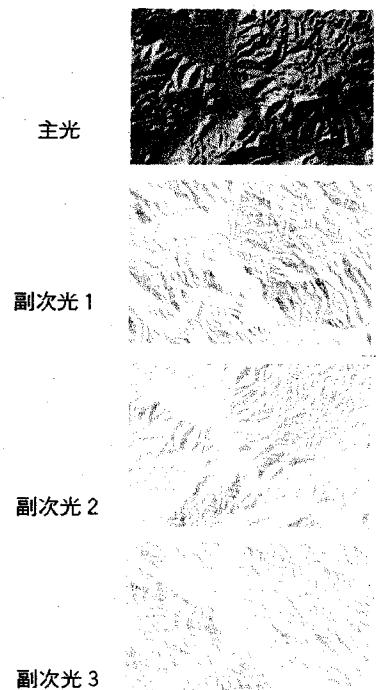


図-5 主光・副次光の濃度

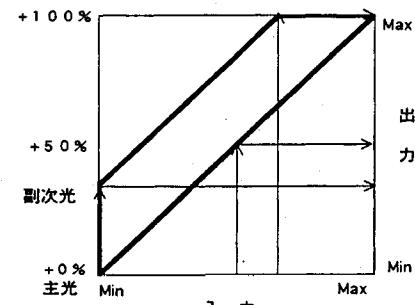


図-6 濃度の線形変換

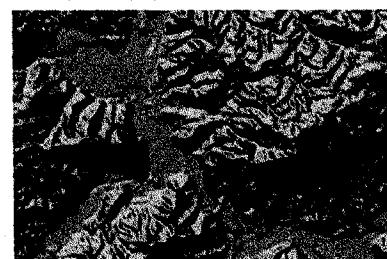


図-7 主光・副次光手法による陰影図

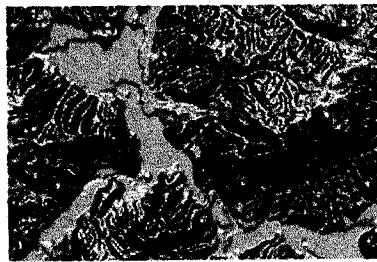


図-8 詳細強調陰影図

従って、背景図として用いるには、図-7が図-3の前述の欠点を改良するとともに地形構造の分かりやすさが向上しており、また図-8は詳細地形構造情報が必要な場合に用いればよい。

(2) 照射光線方向と凹凸逆転現象のシミュレーション

図-7および図-8の作成においては、照射する光線の方向を北西とした。この光線方向は、地図作成上の経験則によるものである。しかし一方、北半球においては自然現象として太陽光線は南から、即ち下から上へと当てられる。事実衛星画像はそのような画像となる。しかしこの場合、地形の凹凸が実態とは異なり逆転して見える場合がある。このことをシミュレーションによって確かめてみよう。

図-9は、(1)北西 (2)北東 (3)南東 (4)南西、のそれぞれ90度ずつ回転した方角から光を照射したものである。図-10は、光の向きを変えるかわりに画像そのものを90度ずつ回転させたものである。現地では、陰影図の中央付近が盆地のように低くなっている。図-9の(3), (4)、および図-10の(3), (4)は、凹凸が逆転して見えるであろう。ただし、これは誰でも100%そのように見えるということではない。図-10について、学生50名(武藏野武術大学基礎デザイン学科3年生)にアンケートを実施したところ表-1のようになつた。これは、図-10の各図をスライド化し、それらを順々に提示し、中央部が凸あるいは凹のいずれに見えるかを問い合わせ、回答を得たものである。全体的傾向として、経験則は妥当といえよう。

この凹凸逆転現象については、なぜそのような現象が生じるのかまで言及して説明を行っている例は極めて少ない。田中¹⁴⁾によれば、「左上方からの斜照は地図並びに一般製図に対して世界的に応用されている規則である。この規則は我々の読書、執筆、

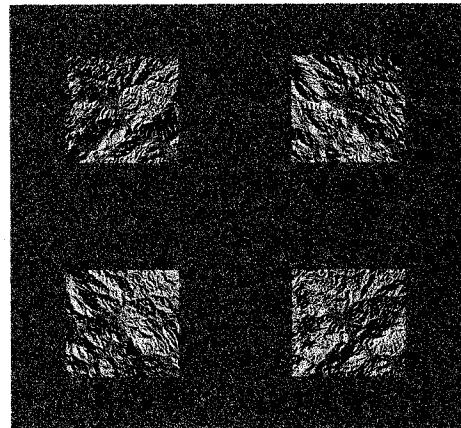


図-9 逆転視シミュレーション(光線方向)

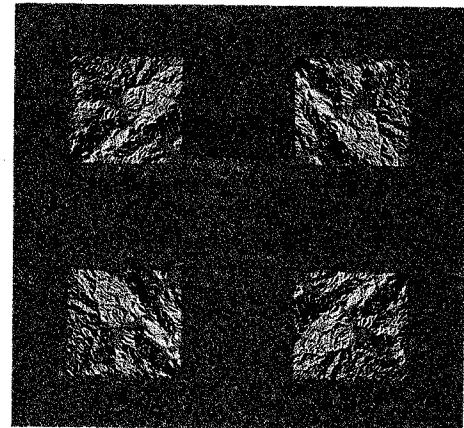


図-10 逆転視シミュレーション(図の回転)

表-1 学生へのアンケート結果

角度	凸	凹
北西	3	47
北東	8	42
南東	38	12
南西	41	9

(単位:人)

手仕事などにおける日常の採光の経験に一致するところから見ると、この規則はこの経験に由来するも

のと思われる。・中略・机上に地形模型を置き、その陰影を観察する場合を想像するのが適当であり、このように想像することにより、元来、不定な自然の山野の照明と我々の採光の経験とが関係づけられる。」としている。ホーン¹⁵⁾は、「我々のすぐ前にある物体を観察するとき、我々自身の身体は背後から来る光を遮る。また、水平面上でものを書いているときに我々の多数である右ききの場合右腕が右からの光を遮っているのがわかる。従って、我々は照明を前方そして左から当てるよう調節している。」としている。即ち、習慣あるいは経験からの説明である。しかし、実用上はショミュレーションのような現象が生じるのであるから、照射角度の若干の振れは許容されるが、下方から上方への照射は避けるべきであろう。

以上の陰影図作成方法をまとめると、図-11(主光・副次光手法による陰影図作成基本フレーム)となる。

3. 背景図と主題図の重ね合わせ

(1) 背景情報と主題図情報の両立

図-11のプロセスにより疑似立体表現である陰影図による背景図を作成するが、これに主題情報を重ね合わせて主題図を作成する。しかし、主題情報によって背景図が隠されてしまうと効果がでないので、背景情報との両立について対策が必要である。すなわち、主題情報が全く不透明な面上に表されている場合は、これを背景図の上に重ね合わせると、下に位置する背景図は見えない。次に透明な面上に主題情報が不透明に表現された場合は、透明部分については下の背景図が見える。つまり、主題情報の占める面積によって背景情報の見える程度が変化する。従って、主題情報が面積の小さな点的あるいは線的に表現されている場合は良いが、それらの面積が大きくなると相対的に背景図の見える面積が減り、更に、面的表現が土地利用図のように対象全域にわたるようになると、背景図は全く見えなくなってしまう。この場合の対策について検討を行う。

(2) 重ね合わせのシミュレーション

主題図情報がどのような表現を用いることができるかといった表現のバリエーションについては、ベルタンが整理を行っている^{16), 17)}。これは、点的、線的、面的表現について、大小、濃淡、きめ、色、

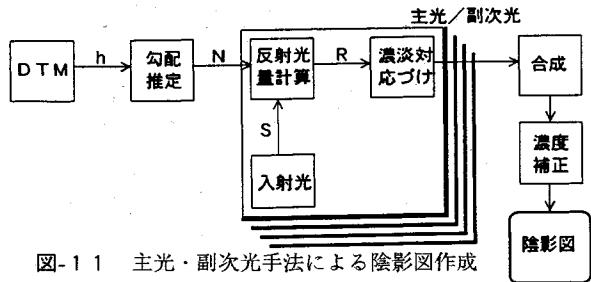


図-11 主光・副次光手法による陰影図作成
基本フレーム

方向、形、のそれぞれの変化による組み合わせとしてまとめたものである。そこで、これらと背景図を組み合わせた場合について、どのような方法が両者の情報を両立させる事ができるのかをシミュレーション的に検証を行うこととする。なお、点的および線的表現は、上述のように面積が小さければ問題が生じないし、面積が大きくなれば面的表現として取り扱えばよいのでここでは省略する事にする。

図-15(カラー一頁参照)は、背景図と主題図の重ね合わせによるシミュレーションの結果である。

(1)は、主題図の面的表現のバリエーションである。上から、「大小」、「濃淡」、「きめ」、「色」、「方向」、「形」の変化による表現となっている。これをAとする。

(2)は、ボタン状の突起が並ぶ陰影表現による模式化した背景図である。これをBとする。このAをBに重ね合わせて画像間の演算を行い合成画像Cを得る。このCについて、どの演算方式が適合するかについて検討する。なお、明るさの最大値をMとする。今回は、それぞれの画像の各ピクセルはRGB各8ビット対応(最小値: 0, 最大値: 255)の下に行った。

(3)は、「置き換え」である($C = (B \rightarrow A)$)。Bのピクセル値をAで全て置き換えるものである。Bに不透明なAが重ね合わせられ、Aの下の背景は全く見えない。

(4)は、Aの「図」のみの置き換えである($C = (B \rightarrow A)$, 但し $A < M$)。Bのピクセル値をAで置き換えるが、Aの「地」である白のピクセル値を持った部分については置き換えを行わない。Aの「地」の部分の背景が透けて見える。しかし、「濃淡」および「色」については、ベタの面についてはBは見えない。

(5)は、「加算」である($C = A + B - M$, 但し $C > M \rightarrow C = M$)。(4)に似ているが「図」の部分の濃度が上がりベタの黒になった部分は背景が見えな

い。また、色調も変化する。

(6)は、「比指定加算」である($C = A \times P + B \times (1 - P)$, 但し $0 \leq P \leq 1$)。AとBの配合の割合を指定して加算するもので、両者とも濃度が低くなりハーフトーンとなる。図例はA:60%, B:40%のものである。AおよびBとも両立はしているが、濃度が下がっただけキレが悪くなっている。

(7)は、「乗算」である($C = A \times B / M$)。ボジのスライドを2枚重ね合わせたような見え方であり、濃度が高くなるが、AおよびBの特徴が比較的よく両立している。

(8)は、「ネガ乗算」である($C = M - ((M - A)(M - B)) / M$)。ネガの濃度が乗算により高くなり、それをボジに反転させたもので全体が薄くなっている。このため、AまたはBの濃度が高いところの情報が落ちてしまっている。従って、中間調を薄めに取り出すのに適している。

(9)は、「H S I 変換」によるものである(C をAのH(色相)とS(彩度)、およびBのI(明度)で合成するもの¹⁸⁾)。Aの「色」以外は無彩色であるため、図が消滅している。即ち、Aの黑白イメージはHもSも持たずIのみを変量として持つので重ね合せられたときには色を出すべきHとSが存在せず、またIはBのIのみを生かすためAのIは捨てられてしまうからである。「色」については、AおよびBの特徴が両立している。

(10)は、「彩色図によるH S I 変換」である。Aの図にすべて彩色をした(ここでは赤)もので、AとBの特徴が両立している。但し、Bの明るい部分では色が落ちている。これに対しては次の(11)のようにすればよい。

(11)は、「彩色図による乗算」である。上記の(7)と同様に濃度が高くなるが色の落ちが防止できる。

(3) 半透明表現、透かし表現

上記のシミュレーションで明らかのように、Aが「色」による面表現の場合は、H S I 変換および乗算がよい。AとBの各々の情報をバランス良く表現しており、A、B 2枚の図が透視されたような印象をうける。両者ともBの濃度の影響を大きく受けるが、H S I 変換では、Aの色落ちを少なくするにはBの濃度分布を均等化(ヒストグラム平坦化)するといい。乗算では結果が暗くなる傾向があるのでBの濃度を明るい方向に平行移動させる線形変換を行うといい。また、ネガ乗算、比指定加算についても色

		図の表現方式			
		点	線	記号面	彩色面
演算方式	図の置き換え	○	○	○	×
	加 算	○	○	○	△
	比 指 定 加 算	△	△	△	△
	乗 算	○	○	○	○ ¹⁾
	ネ ガ 乗 算	×	×	×	△
	H S I 変 換	×	×	△	○ ²⁾

1) 濃い背景図は注意

2) 淡い背景図は注意

図-1 2 重ね合せ演算の基本フレーム

が薄くなるが半透明の印象を受けるので目的によつては利用価値がある。

Aが「色」以外の、「大小」、「濃淡」、「きめ」、「方向」、「形」などの記号による面表現の場合には、記号間の「地」を透明化させることによってBの背景図が透けて見える。これには、上記の演算のうち、図の置き換え、加算、乗算がよい。

以上をまとめると、図-1 2(重ね合せ演算の基本フレーム)となる。

4. 代表的主題図による検証

上述の方法を、地域計画レベルの各種主題図作成に適用を試みた。作成した主題図は、山林都市「川内高原」開発構想・計画¹⁹⁾に際して地理情報システムを用いた土地利用可能性分析として作成された主題図をもとに、その改良を試みたものである(対象は福島県川内村、東西約20km、南北約17kmの地域で、20mグリッド換算で約1000×850ピクセルの範囲)。もとの主題図は全体で図-1 3の通りである。これらは、第1段階は既存資料に基づき主題別に地図化編集された基礎主題図、第2段階は基礎主題図の情報を編集・分析を通して加工した分析・評価図、第3段階は分析・評価図を重みづけして統合化した総合評価図からなっている。その特徴は、(1)基本演算単位であるメッシュの大きさを20mグリッドと小さく設定、(2)評価値について分級のランク値を与えるのではなく閾値を設定して0から100までの得点として与える、(3)結果をコンピュータ画像出力として与える²⁰⁾、となつている。このため主題図が精緻化し細かな表現が可能となっている。しかし一方、一部を除いて背景図

が設定されていないのでこの地域で重要な地形条件との関連性が明確ではない。即ち、主題図情報と地形条件を与える背景図が並存すれば細かな表現の意味が一層分かりやすくなると予想される。そこで、今回これらの主題図を全て陰影背景図と重ね合せ、地形レリーフの上に表現された主題図として作成した。これらのうち四角で囲まれた代表的な主題図について、点的表現、線的表現、面的表現に分けて説明を加える。

(1) 陰影背景図

背景図については、20mグリッドのDTMデータに基づき上述の図-5の仕様により「主光・副次光手法」を用いて作成した。結果は図-14(a)である。この背景図と同時に、重ね合わせの状況によってはこれでは暗い印象を与える場合が生じるので、濃度を明るい方向に平行移動させた明るい背景図(b)も作成した。なお、地形の基本骨格としては中央の盆地状の集落・水田を山が囲んでいる形となっている。このように低地だけではなく山間部も含めた総合的な分析・計画を行う場合は、このような分かりやすい地形情報が有効である。

(2) 主題図への適用

a) 点的表現

図-16の特殊施設図(a)などのように、点記号による分布図の場合である。点記号の面積が小さい場合は、記号自身が目立つ必要があるし、また背景も充分観察可能であるから不透明記号を重ね合わせる「図の置き換え」がよい。また、注記文字が入り、そして背景図部分の面積が大きいので明るい背景図を用いる方が見やすくなる。

b) 線的表現

水系網図(b)、交通網図などの場合である。線記号の網図であり点記号と同様に不透明記号を重ね合わせる「図の置き換え」がよい。線記号については、線の網図としての形状以外に、図のように太さ(場合によっては色)を変化させて部分を識別させることができる。これらの網図が地形と強い相関関係にある事が一目瞭然となっている。

c) 面的表現

面的表現については表示面と背景図との両立が必要である。面的表現も法規制図(c)のように地域全域ではなく一部の面を対象として表す場合がある。このように表示面が全体に占める割合が相対的に小さい場合は、点・線表現と同様に背景図は明るいものがよい。重ね合わせ演算は、乗算およびHSI変換が考えられるが、背景図が明るい場合はHSI変

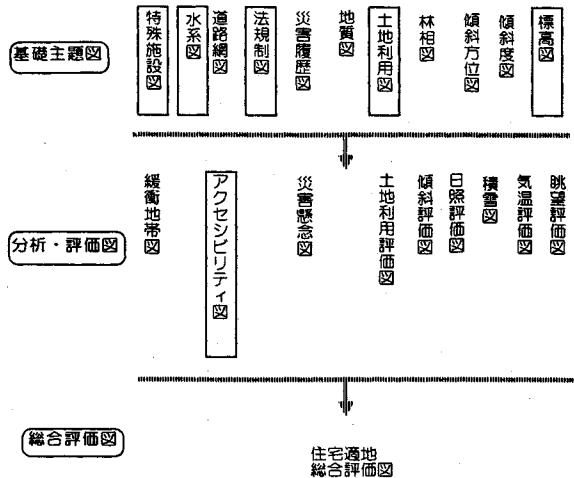


図-13 住宅地評価に関する主題図

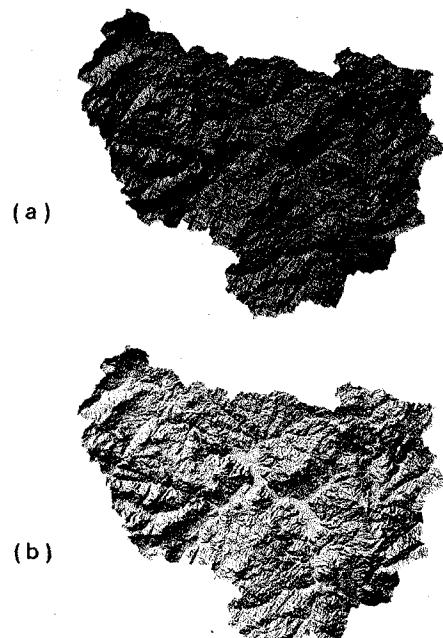


図-14 陰影背景図

換では色が落ちた印象を与える傾向があるので、乗算が適当である。また、法規制のように幾重にも重なった面を区別しなければならない場合は、(c)のように色だけではなく「きめ」、「方向」、「形」などの記号による面表現も併用して区別するとよい。

面表現が全域にわたる時は、明るくない通常の背

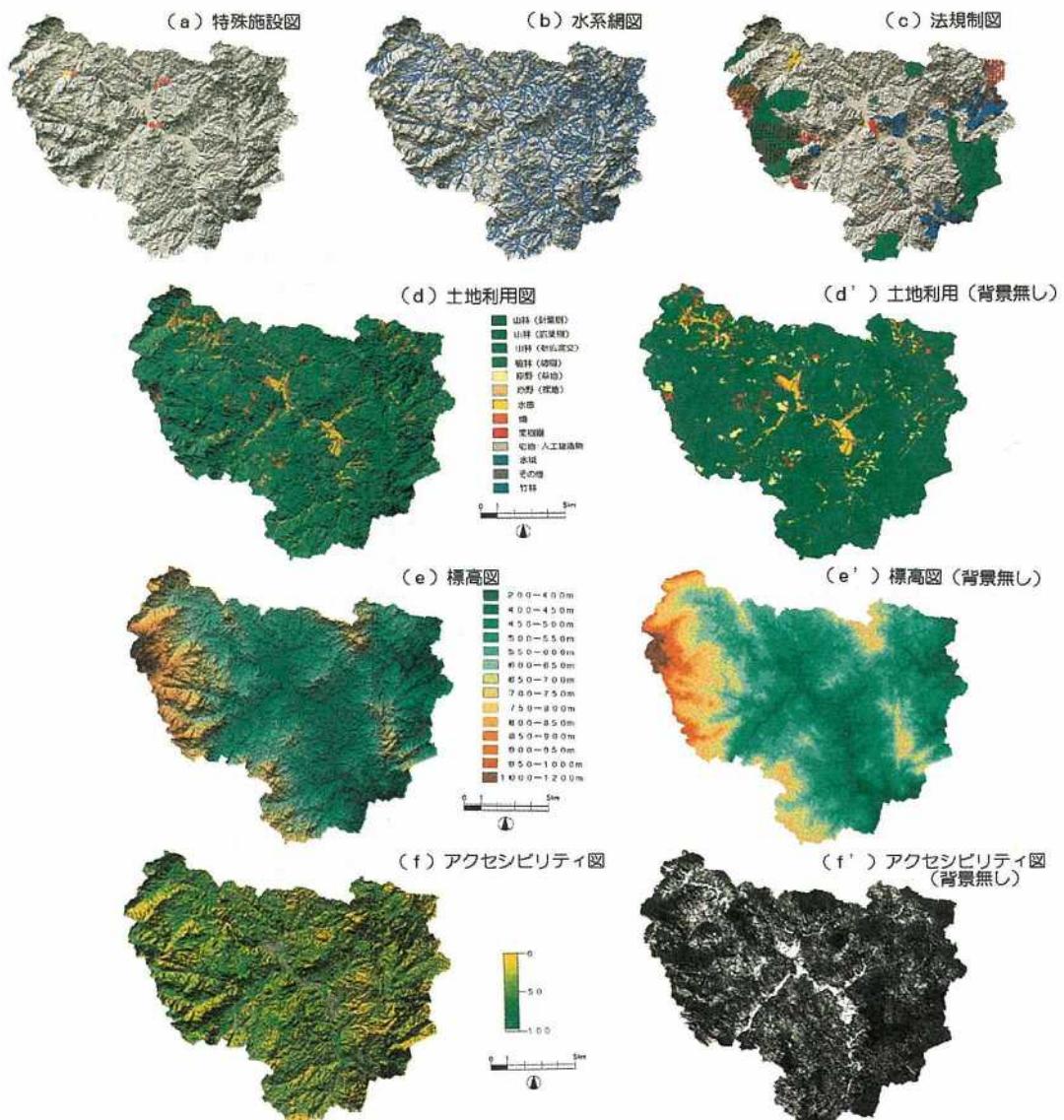
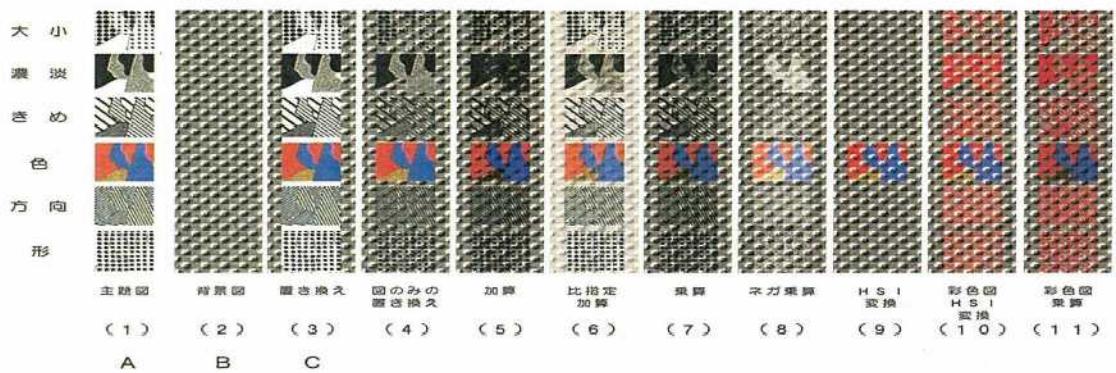


図-1 6 主題図への適用

景図と H S I 変換の組み合せが基本となる。H S I 変換では、I に陰影地形表現が割り振られるから、色面による領域指定は H (色相) と S (彩度) の変化で行うことになる。しかし、彩度を落すと無彩色に近づくから、基本的には色相の変化で指定する。そして各色相の純色は固有の濃度を持っているから、例えば赤(濃) から黄(淡) への変化を用いると色相変化と同時に濃淡が濃から淡へと変化し一種のグラデーション効果が得られる(マンセルの色立体が歪んだ形をしているように、黄は赤よりも明るい²¹⁾、また視覚は色相の違いよりは明るさを優先させて秩序を見い出すと言われている²²⁾)。しかし、例えば標高の段彩のように色利用の慣用性が強いものについては純色に基づいた色相変化だけでは対応できない場合があるので、そのような時は希望のグラデーションを設定し、明るい背景図を用い、乗算を行うとよい。これらの原則により主題図を作成し背景図と重ね合わせる。

結果は、まず比較的単純な色分けによるものとして地質図があり、次に土地利用図(d)のように、色分けによる分割面が小さく、また種類も多くなる場合がある。後者では、色面相互の境界の区別がややしづらい箇所が見うけられる場合がでてくる。しかし、これは区別すべき色面と縮尺のバランスの問題であり拡大してやれば識別できるようになる。それ以上に、(d')の背景図の無いものと比較してみると分かるように背景の地形とのかかわりで全体的の傾向が掴めるようになる利点は大きい。最後にグラデーション表現の場合である。標高図(e)やアクセシビリティ図(f)などである。標高図は、上述のように色利用の慣用性が強いので茶系と緑系で段彩を作成し、明るい背景図との間で乗算を行う。等高線による段彩より大幅に表現力が増しているであろう。アクセシビリティ図は、直近道路への距離および地形的な障害条件に応じて閾数を設定して得点を与えたもので²³⁾、緑から黄への変化を与えている。なお、平地部分のグレーは最高得点の場所であり、凡例のように白抜き(従ってグレーが透けて見える)の部分である。いずれも(e'), (f')と比べて地形条件の影響の大きさが直截的に観察できる。以上のように、陰影背景図は、重ね合わせに際して上述のような基本原則を守って行えば、主題および背景を両立させることができ、主題図の分かりやすさの向上に寄与する。

5.まとめ

第1番目の目的である背景図としての陰影図の表現力の向上については、数値データによるシミュレーションを通して、新たに「主光、副次光陰影表現手法」を提案した。これにより従来の局所光による手法より極めて簡便な方法により表現力を向上させる事ができた。

第2番目の目的である陰影背景図を用いた主題図表現の適切化については、背景図と主題図の重ね合わせを画像間演算を通してシミュレーションにより検討し、さまざまな重ね合わせの演算方式の特徴を一覧表としてまとめた。このことにより、陰影背景図を用いた主題図を表現する場合の重ね合わせ方法の基本的枠組みを与えることができた。

第3番目の目的である代表的な主題図の作成を通じた有効性の検証については、疑似立体表現としての陰影背景図が基本的な主題図表現に組織的に適用可能である事が確認できた。

本研究で提案した、陰影背景図およびそれを用いた各種の主題図は直観的に分かりやすいため、分析・計画作業を行う当事者にとって有効であるとともに、第三者あるいは住民説明にも効果的であると思われる。

表現手法は、感覚やセンスの問題と考えられる事が多いが、その技術が各人の腕のなかにあるのではなく、再現性のあるデジタル化手法であれば議論が可能である。

今回は疑似立体表現に関して検討を行ったが、つぎの段階ではこれらをもとに、視差を持つ二つの画面による更にリアルな立体視への展開が考えられる。G I Sにおいては視覚化技術：ビジュアライゼーションの議論が進みつつあり、本研究もその一環として展開を図る予定である。

謝辞：最後に、本研究の演算処理においては、投稿時に国際航業(株)において同僚であった張長平、猪股隆行、森大の各氏の助力を得た。記して謝意を表するものである。また、検証用の主題図データの利用について快諾頂きました山下和正計画研究所の山下和正氏に感謝致します。

参考文献

- 1) 中村英夫, 川口有一郎, 清水英範, 岩網林, 柴崎亮介: 地理情報システムを用いたシステム分析的都市計画, 土木学会論文集, No.476/IV-21, pp.67-76, 1993.
- 2) Wallis, H. and Robinson, A.: *Cartographical Innovation*, 353p., Map Collector Publications, 1987.
- 3) Weibel, R. and Heller, M.: Digital Terrain Modelling, *Geographical Information System*, Vol.1, pp.269-297, Longman Scientific & Technical, 1991.
- 4) Horn, Berthold K.P.: Hill Shading and the Reflectance Map, *Proceedings of the IEEE*, Vol.69, No.1, pp. 14-47, 1981.
- 5) 田中吉郎: 地形表示法としての正形浮上り図法, 土木学会誌, 18巻3号, 1932.
- 6) 田中吉郎: 影塑的水平曲線地図法の理論と描き方, 地理学評論, 15巻9-10号, 1939.
- 7) 木下章: コンピュータグラフィックによる陰影図(はかし)の作成とその応用, 第14回国土地理院技術研究発表会資料, pp.75-84, 1985.
- 8) リアディカマスチュラ, 村井俊治, 越智士郎: 多重光源を用いたシェーディング手法の研究, 日本写真測量学会年次学術講演会論文集, pp.61-64, 1990.
- 9) 柴崎亮介, 清水英範, 中村英夫: 都市空間の3次元表現手法(デジタル都市空間モデル)の開発, 写真測量とリモートセンシング, Vol.32, No.2, pp.4-14, 1993.
- 10) Bertin, J.: *Semioologie Graphique*, Mouton/Gauthier-Villars, 431p., 1967.
- 11) Robinson, A., et al: *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, 448p., 1978.
- 12) Brassel, K.: A Model for Automated Hill Shading, *American Cartographer*, Vol.1, No.1, pp.15-27, 1974.
- 13) 濃度階調変換・ヒストグラム変換画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, pp.475-481, 1991.
- 14) cf. 6), 10号, p.48
- 15) cf. 4), p.23
- 16) ベルタン, J., 森田喬訳: 図の記号学, 平凡社, p.187, 1982.
- 17) 村井俊治: グラフィックスの書き方, 朝倉書店, p.6, 1985.
- 18) cf. 13), HSI変換および逆変換, pp.485-491, 1991.
- 19) 福島県双葉郡川内村, 山林都市「川内高原」開発構想・計画(第二次), 1994年3月.
- 20) cf. 19), G-1. 適地分析について, pp.240-276.
- 21) Munsell表色系による知覚色の表示, 色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, pp.126-127, 1992.
- 22) cf. 16), p.221
- 23) cf. 19), アクセサビリティ図の作成方法, pp.258-259

(1994.1.27受付)

HILL SHADING BACKGROUND MAPS AND THEIR APPLICATION FOR REGIONAL PLANNING

Takashi MORITA

As the DTM has come to wide use, the building of hill shading maps has become more frequent, because hill shading maps facilitate the understanding of land shapes more than contour maps. Hill shading maps can be used as background maps for regional planning thematic maps; they are more persuasive than those based on contour background maps. But hill shading map can be viewed differently depending on the direction of lighting. The building of such thematic maps using hill shading background map has been done by trial and error. In this paper, the technical framework for building such thematic maps is discussed thorough the simulation and the application by digital processing.