

作成方法の違いによるデジタルオルソフォトの位置 精度の比較：TNTmipsを用いた事例研究

光田，靖
九州大学農学部生物資源環境科学研究科

高田，佳夏
長崎県庁(現)

溝上，展也
九州大学農学部生物資源環境学科

吉田，茂次郎
九州大学農学部生物資源環境学科

他

<https://doi.org/10.15017/14822>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 81, pp.1-11, 2000-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

論 文

作成方法の違いによるデジタルオルソフォトの 位置精度の比較*

TNTmips を用いた事例研究

光 田 靖**・高 田 佳 夏***・溝 上 展 也****
吉 田 茂二郎****・今 田 盛 生****

抄 録

パソコン上で作動する GIS ソフト (アメリカ microimages 社製 TNTmips) を用いて, 3 種類の作成方法でデジタルオルソフォトを作成し, その精度を比較した.

2 枚 1 組のステレオペア写真から発生させた数値地形図 (Digital Elevation Model: DEM) を用いてオルソフォトを作成する方法 1, 既存している等高線をデジタル化したベクターデータから作成した DEM を用いて作成する方法 2, 市販の数値地図 50m メッシュ (標高) を用いて作成する方法 3 について, それぞれオルソフォトを作成した. 作成したオルソフォトの精度を測定した結果, 方法 1 の精度が最も良く, ついで方法 2, 3 の順であった. また作成に関する手順や作業量について比較すると, 方法 2 および 3 に比べ方法 1 が格段に手順も多く作業量も大きかった. これらの労力と作成されたデジタルオルソフォトの精度を考慮すると, 方法 3 の作成法を用いてデジタルオルソフォトを作成することが最も効率的であると考えられた.

次に GCP 点数を 7, 68, 96, 237, 327 および 365 点と変えて作成したオルソフォトについては, GCP 点数が多いほど精度が良くなるといった正の相関関係は見いだされなかったが, GCP がオルソフォトの精度に大きな影響を及ぼしていると考えられた. また作成したオルソフォトの精度を正確に評価することが難しいことが考察された.

キーワード: デジタルオルソフォト, GIS, パーソナルコンピュータ

* MITSUDA, Y., TAKATA, K., MIZOUE, N., YOSHIDA, S. and IMADA, M.: Comparison of Digital Orthophoto Making Methods for its Position Accuracy : A Case Study Using TNTmips.

** 九州大学農学部生物資源環境科学研究科

Division of Bioresource and Bioenvironmental Science, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581

*** 現在 長崎県庁

Department of Agriculture and Forestry of Nagasaki prefecture, Nagasaki 850-8570

**** 九州大学農学部生物資源環境学科

Department of Bioresource and Bioenvironmental Science, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581

1. はじめに

空中写真のもつ情報については、「位置に関するものと色に関するものに大別できるが、前者の情報をもとに行われる作業が一般に写真測量 (Photogrammetry) と呼ばれるものであり、後者が写真判読 (Photointerpretation) である」(芝, 1998) とされている。1960 年以降, これらの解析技術に関する研究が多々なされてきた (例えば 中島・長谷川, 1962; 北川, 1992; 石川, 1996)。これらのうち判読者の知識・経験そして技能に大きく依存する空中写真のアナログ解析に代わり, パソコン上で解析を行うデジタル解析が注目され始めている。その中でも特に注目されているのがデジタルオルソフォト (Digital Orthophoto) を用いた解析である。オルソフォトは空中写真の持つ中心投影特有の幾何学的歪みを取り除き, 地図と同質の位置情報を持つよう補正された画像である。このオルソフォトをパソコン上で取り扱えるようにしたデジタルオルソフォトは, 一般的な衛星リモートセンシングデータの解像度よりも高い解像度を持ち, 地図と等質の位置情報を持っており, さらにパソコン上で自由に解析が可能であるという利点を持っている。すなわち, デジタルオルソフォトは空中写真の持つ詳細な土地被覆情報と, 地図の持つ測地的情報の両方を兼ね備えた画像であり, その処理は従来の写真判読と写真測量をリンクした解析となる (芝, 1998)。そのため, デジタルオルソフォトを用いた解析は非常に有効で詳細な情報を提供することができ, 近年その利用に関する研究が活発になってきている (例えば Duham et al., 1997; Shiba, 1996)。

これまでオルソフォトの作成には特別な装置や専門的な技術を必要としてきたが, 近年オルソフォト作成の機能を持つコンピューターソフトウェアが市販されるようになってきた。そのようなソフトウェアの中には高価なワークステーション上だけでなく, 安価なパーソナルコンピューター上で作動するものもあり, デジタルオルソフォトを手軽に作成および利用できる環境が身近になってきた (小林, 1998)。ただし, コンピューター上でオルソフォトを作成できるようになってきたとはいえ, その作成過程には経験や技能が必要な部分が多く存在する。よって特定のソフトウェアを用いたオルソフォト作成に関して報告し, さらにその成果であるオルソフォトの精度について検討することが必要である。そこで, 本研究ではオルソフォト作成機能だけでなく画像処理や地形解析なども可能な総合的 GIS 環境を提供するアメリカ MicroImages 社の TNTmips というソフトウェアを用いて, オルソフォトを 3 種類の方法で作成しその精度を比較した。本研究では TNTmips という特定のソフトウェアを用いるが, 特定のソフトウェアを想定しないで GIS に関する作業や解析を説明することは不可能である (野呂, 1997)。そこで, 本研究の目的を考慮して, オルソフォト作成過程については TNTmips 中での操作方法および用語を用いて説明する。

なお, TNTmips を用いたオルソフォト作成に関する研究は日本国内では小林 (1998) によるものがあるのみであり, 本報告が小林 (1998) の報告とともに今後オルソフォトを作成する際の参考になれば幸いである。

2. 対象地および資料

本研究の対象地は九州大学農学部附属宮崎演習林三方岳団地内 20~30 林班で、細胞式皆伐作業法試験林の一部である。対象地における標高の最高点は 1470 m、最低点は 740 m であり、極めて急峻な地形をなしている。

オルソフォト作成のもととなる空中写真は 1989 年撮影のモノクロ写真を用いた。また 1994 年に日本林業技術協会により撮影および作成されたモノクロオルソフォト（縮尺 1/5000）を参照資料として用いた。1989 年および 1994 年に撮影されたモノクロ空中写真の諸元を表 1 に示す。またオルソフォト作成に不可欠な地表面の標高情報を得るために、宮崎演習林作成の 1/5000 地形図、村上ら（1996）による数値地図および国土地理院発行の数値地図 50 m メッシュ（標高）を用いた。

表 1 空中写真の諸元
Table 1 Properties of aerial photos

	1989 年撮影写真 photo in 1989	1994 年撮影写真 photo in 1994
撮影日 Date	9, March, 1989	16, May, 1994
撮影時刻 Time	AM 11:45	PM 15:00
撮影縮尺 Scale	1/16000	1/16000
撮影高度 Altitude	4500 m	4700 m
焦点距離 Focal Length	208.29 mm	214.03 mm

3. 方 法

3.1. オルソフォト作成手順

空中写真にはカメラの角度、距離、標高などを原因とする系統的な歪みが含まれている (MicroImages, 1999b)。これら空中写真の歪みは、空中写真が中心投影であることに起因するものと、撮影時のカメラの傾きによるものとに分けられる。空中写真はレンズを中心とした中心投影であるため、主点にあたる地点との高低差および主点からの距離に応じてひずみ、その地点の標高に応じて縮尺が変化する。また、空中写真は気流・風向き・動揺のため厳密に垂直に撮影されたわけではなく、カメラの傾きによっても画像が歪む (水尾, 1998)。オルソフォトは地図と同じく正射投影であるため、中心投影である空中写真からオルソフォトを作成するためには、以上に挙げた歪みを補正しなければならない (図 1)。

TNTmips ではカメラの傾きによる歪みを補正した後、地表面の標高情報を用いて中心

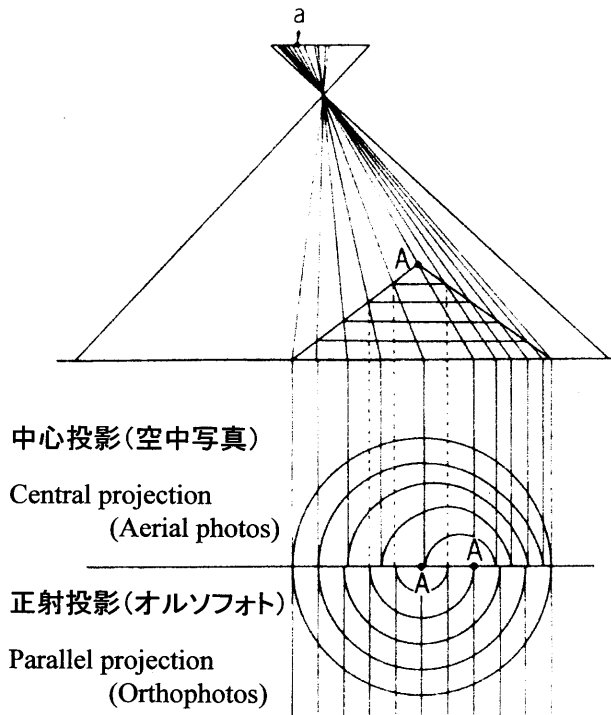


Fig. 1 Central projection and parallel projection (Mizuo, 1998)

図1 中心投影と正射投影(水尾, 1998より)

投影固有の歪みを補正しオルソフォトを作成する。この標高情報をもたらすのが数値標高モデル (Digital Elevation Model ; DEM) である。本研究では次の3種類のDEMを準備し、それぞれについてオルソフォトを作成した。3つの作成方法のうち、1番目は一組のステレオペア写真から TNTmips の機能を利用して作成した DEM を用いる方法 (以下、方法1とする)。2番目は 1/5000 地形図の等高線をデジタイズし、これを用いて作成した DEM (村上ら, 1996) を用いる方法 (以下、方法2とする)。3番目は市販されている国土地理院発行の数値地図 50 m メッシュ (標高) を用いる方法 (以下、方法3とする) である。

以下に TNTmips によるオルソフォト作成の手順を示す。まず各方法に共通する事前準備として空中写真をカラーキャナーで取り込み、これに GIS 上で地上基準点 (Ground Control Point ; GCP) を与え座標付けを行う。空中写真の取り込みには EPSON 製カラーキャナー ES-8000 を用い、取り込み解像度は 400dpi とした。座標付けを行う場合、GCP の座標は地形図から読みとることが多いが、本研究の対象地のように目標地物の少ない山中では困難なことが多い。そこで、本研究では 1994 年に林業技術協会によって作成されたオルソフォト (以下、1994 年オルソフォトとする) を利用した。1994 年オルソフォトには画像の端に座標が記載されており、この座標を用いて簡単に GIS に取り込むことができた。この座標付き 1994 年オルソフォトを参照画像として、空中写真と 1994 年

オルソフォートの同一地点を GIS 上で指定していくことにより GCP を与えた。ただし、方法 1 を用いる場合、ステレオペアのうち一方の写真には GCP を与える際に X, Y 座標だけでなく標高も与えなければならない。この標高情報を与えるにあたっては、1/5000 地形図を 1 m 単位で読みとった値を用いた。なお、本研究で与えた GCP は 62 点である。

方法 1 でオルソフォートを作成する場合、ステレオペア写真に含まれる標高情報を抽出して DEM を作成しなくてはならない。その手順を簡略に述べると、まず内部標定 (Interior Orientation) を行い、次に方位連結点 (Orientation Tiepoints) を設定して相互標定 (Relative Orientation) により外局 (epipolar) 画像を得た後、視差連結点 (Parallax Tiepoints) を設定して DEM を得る。この過程の詳細はマニュアル (MicroImages, 1999b) に譲るが、本研究においては設定した方位連結点は 20 点、外局画像に含まれる GCP は 42 点、設定した視差連結点は 605 点であった。また作成された DEM のメッシュサイズは、空中写真のメッシュサイズと等しく約 1 m であった。

本研究では上記の過程において生成された外局画像を基礎となる画像として用い、それぞれの DEM を用いてオルソフォートを作成した。TNTmips においてオルソフォートを作成する際、DEM および基礎となる画像のメッシュサイズが等しい必要がある。方法 2 で用いる村上ら (1996) による DEM は 30 m メッシュであり、方法 3 で用いる国土地理院発行の DEM は 50 m メッシュである。一方、基礎となる外局画像のメッシュサイズは約 1 m である。そこで、村上ら (1996) による DEM および国土地理院発行の DEM についてリサンプリングを行い、両 DEM のメッシュサイズを外局画像のメッシュサイズと等しくした。なお、リサンプリングには大きいメッシュサイズからより小さいメッシュサイズに変換する際有効であるとされる (MicroImages, 1999a) 共 1 次内挿法 (bi-linear method) を用いた。

方法 3 については、空中写真に与える GCP 点数の違いが作成されるオルソフォートの位置精度に与える影響を調べるため、GCP を 7, 68, 96, 237, 327 および 365 点と変えてそれぞれオルソフォートを作成した。なお、この際にはステレオペア写真から作成した外局画像ではなく、単一の空中写真を用い、これに上記のとおり GCP を付与したものを利用した。

3.2. オルソフォートの精度比較

各方法で作成されたオルソフォートについて、その位置精度を比較した。まず 1994 年オルソフォートを用い対象地の中で鮮明に判別できる点を 8 点基準点として選出し、オルソフォート画像の中心点からこれらの測定基準点までの距離を計測し、これを真値とした。次に作成した 3 種類のオルソフォートについても同様の計測を行い、真値からの残差の平均 (以下、平均残差とする) を求め、この値によりオルソフォートの精度比較を行った。また小林 (1998) にならぬオルソフォート変換後における GCP の残差の平均 (以下、平均 GCP 残差とする) を算出し、これによっても精度比較を行った。また同様の計測による平均残差および平均 GCP 残差による精度比較を、GCP 点数を変えて作成したオルソフォートについても行った。

4. 結 果

方法1, 2および3により作成したオルソフォトを図2から4に示す. また各オルソフォトについて各基準点の位置精度を表2に示す. どのオルソフォトについても基準点1についての位置精度が最も悪く, 基準点6については比較的良好な位置精度が得られた. その他の基準点においては, 位置精度がよい基準点はどのオルソフォトについても位置精度がよく, 逆に位置精度が悪い基準点はどのオルソフォトについても位置精度が悪かった. しかし, 画像中心からの距離が大きいほど誤差も大きいというような関係は見いだされなかった.

各オルソフォトについての平均残差および平均GCP残差を表3に示す. 各オルソフォトについて平均残差を比較すると, 方法1で平均残差が最も小さく, ついで方法2, 最後



Fig. 2 Orthophoto of method-1
 図2 方法1で作成したオルソフォト



Fig. 3 Orthophoto of method-2
 図3 方法2で作成したオルソフォト



Fig. 4 OrthoPhoto of method-3

図4 方法3で作成したオルソフォト

に方法3の順となった。平均GCP残差についても同様の順序であった。

GCP点数を変えて作成したオルソフォトについて各基準点の位置精度を表4に示す。各オルソフォトについて最も位置精度が悪かったのは基準点3であった。その他の基準点については、位置精度の良し悪しがGCP点数によって異なっていた。また作成方法を違えてオルソフォトを作成した場合と同じく、各基準点について画像中心からの距離と位置精度に明確な関係は見いだされなかった。

GCP点数を違えて作成した場合の平均残差および平均GCP残差を表5に示す。平均残差および平均GCP残差についてもっとも精度が良かったのはGCP点数68点で作成したオルソフォトであった。平均残差でもっとも精度が悪かったのはGCP点数327点のオルソフォト、平均GCP残差でもっとも精度が悪かったのはGCP点数237点のオルソフォトであった。

表2 それぞれの方法によるオルソフォトにおける各基準点の真値との残差
Table 2 Residual of each points in orthophotos derived from each method

基準点 Test Points	真値 (m) True Length	測定値 - 真値 (m) Measurement - True Length		
		方法 1	方法 2	方法 3
		Method-1	Method-2	Method-3
1	1159.28	69.51	61.58	60.39
2	973.38	29.62	32.35	35.12
3	769.72	43.75	48.61	48.57
4	922.56	18.59	18.27	24.66
5	1228.76	11.02	17.09	20.41
6	651.91	4.56	7.48	9.04
7	502.38	17.00	9.79	5.10
8	215.18	9.32	11.03	12.31

表3 各方法によるオルソフォトの位置精度
Table 3 Position accuracy of orthophotos derived from each method

	平均残差 (m) Mean Pesidual	平均 GCP 残差 (m) Mean GCP Residual
方法 1 Method-1	25.42	12.01
方法 2 Method-2	25.78	16.88
方法 3 Method-3	26.95	17.46

表4 それぞれの GCP 点数によるオルソフォトにおける各基準点の真値との残差
Table 4 Residual of each points in orthophotos derived from each GCP points

基準点 Test Points	真値 (m) True Length	測定値-真値 (m) Measurment-True Length					
		GCP の点数 Number of GCP					
		7	68	96	237	327	365
1	1559.90	-5.73	10.58	-6.96	-3.75	41.91	4.26
2	1014.26	-23.26	-4.20	2.83	3.87	4.73	-1.83
3	1172.40	53.52	36.77	67.33	69.92	78.43	52.14
4	867.48	-39.27	-11.99	-21.76	-22.41	-14.29	-21.08
5	490.43	6.95	15.59	13.04	15.82	19.24	19.88
6	393.78	-1.47	-2.49	8.49	8.08	5.23	4.80
7	290.19	3.89	-0.67	13.09	12.08	12.46	8.40
8	286.80	-6.21	-4.08	-1.94	-3.18	2.63	1.69

表5 それぞれの GCP 点数によるオルソフォトの位置精度
Table 5 Position accuracy of orthophotos derived from each GCP points

GCP 点数 Number of GCP	平均残差 (m)* Mean Pesidual	平均 GCP 残差 (m) Mean GCP Residual
7	17.54	22.88
68	10.42	16.50
96	16.93	37.15
237	17.39	48.53
327	22.37	42.72
365	14.26	37.41

* 残差の絶対値による平均

5. 考 察

オルソフォト作成に用いられた DEM のメッシュサイズと作成されたオルソフォトの位置精度の関係を見ると、DEM のメッシュサイズが細かいほどオルソフォトの位置精度は良かった。ここで方法 1 と 3 についてさらに比較してみる。両者の平均 GCP 残差の差は 5 m 以上で、両者の差が 0.6 m であった小林 (1998) の例とは異なり、方法 1 および 3 で作成されたオルソフォトの精度がかなり異なる。地形図上に表示される各種表現対象物の平面位置の精度を図上 0.7 mm 以内とするれば (高橋, 1988), 許容誤差は縮尺 1/5000 で 3.5 m, 縮尺 1/25000 で 17.5 m であるから、両者とも平均 GCP 残差は 1/25000 地形図レベルでの基準を満たすものの、平均残差では 1/25000 地形図レベルですら満たさない。西村 (1972) によれば、1/25000 地形図で誤差は最大でも 11.8 m であるが、両者ともこの精度を下回る。このように方法 1 を用いた場合でも、作成されたオルソフォトの利用には位置精度による制限がある。また方法 1 によりオルソフォトを作成する場合、多大な労力が必要となる。今回の例では約 15 時間ほどで作成したが、初めて作成する場合の試行錯誤などを考慮すると、この数倍の時間は必要であると思われる。一方、方法 3 で用いる国土地理院発行の 50 m メッシュ DEM は、日本全国を 3 枚の CD-ROM でカバーしており 1 枚 7500 円で容易に購入できる。以上のような位置精度による利用制限、作業労力および DEM の入手の容易性を考慮すると、小林 (1998) の提案と同じく国土地理院発行の 50 m メッシュ DEM を用いてオルソフォトを作成するのが最も効率的かつ実用的であると考えられる。

オルソフォトの精度に関する GCP の影響についてみると、平均残差および平均 GCP 残差ともに GCP が多いほど精度が良くなるといった正の相関は見られなかった。以降で述べるような理由で、与える GCP の位置情報にも誤差が含まれていることから、ある一定以上の GCP を与えても作成されるオルソフォトの精度は向上しない可能性が示唆された。

各 GCP 点数で作成されたオルソフォトについて、画像中心からの距離と標高による散布図を図 5 に示す。平均残差および平均 GCP 残差ともに精度が最も良かった GCP 点数 68 点の場合、これ以上の GCP を与えた場合と比較して標高の高い GCP や中心から離れた GCP が少ない。オルソフォト作成の原理を考えると主点との比高差が大きいほど、また主点からの距離が離れているほどより大きな補正がかけられることとなる。オルソフォト作成に関して与えた情報の精度や TNTmips のオルソフォト作成機能の限界などを考えると、これらの比高の高い点や主点から離れた点の補正がうまく行われなかった可能性がある。つまり、GCP が比高の高い点や主点から離れた箇所に無い場合、実際のオルソフォト全体の精度に対して平均 GCP 残差が不当に小さくなることが考えられる。よって GCP 点数の違いによるオルソフォト精度の比較に平均 GCP 残差のみを用いるのは不相当である。そこで、GCP が平均残差に及ぼす影響についてみる。同じ GCP を用いて方法 1, 2 および 3 について作成したオルソフォトに関しては、各オルソフォトにおける各基準点の位置精度の順序がほぼ同じであった。一方、GCP を変えて作成したオルソフォトに関しては各オルソフォトにおける各基準点の位置精度の順序がそれぞれ異なっていた。これ

らを考慮すると、オルソフォト作成に関して GCP の位置が局所的な地点の精度に与える影響が大きいと考えられる。つまり測定基準点と GCP の位置関係により、平均残差がオルソフォト全体の精度の代表値から離れてしまう可能性がある。このように平均残差および平均 GCP 残差を用いたオルソフォトの精度評価に関して、GCP の位置が大きな影響を与えていると考えられる。そのため作成したオルソフォトの精度を評価するのは難しく、加えて真値とした 1994 年オルソフォトにもオルソフォト自体の誤差および GIS に取り込む際の誤差などがあり、厳密に精度の評価を下すことは難しい。しかし、平均残差と平均 GCP 残差の評価を両方行うことによりある程度の精度は把握できると考えられ、利用目的にもよるが事前にこれら位置精度の評価を行うことが望ましいと考えられる。

6. お わ り に

本研究をまとめると、オルソフォトの作成に関して最も実用的であるのは国土地理院発行の 50 m メッシュ DEM を用いる方法であること。GCP の設定がオルソフォトの精度に大きく影響するが、精度向上に寄与する GCP 点数には限りがあること。オルソフォト利用に際して精度を厳密に把握することは困難であるが、平均残差と平均 GCP 残差の両方を行うことによって、ある程度の精度の評価が可能であることが考察された。

現在では解像度 1 m の衛星写真も市販されるようになり、今まで空中写真やオルソフォトで行ってきた用途でも利用可能になってきている。しかし、過去の森林の状況を把握し、経年的な森林の変化を捉えるためのデータソースは、空中写真が存在するのみである。空中写真をデジタルオルソフォト化し、ある地域についてデータを蓄積していくことは今後の新しい衛星データを有効に活用する上でも重要なことである。そのためにデジタルオルソフォト作成の技術が浸透し、デジタルオルソフォトが普及していくことが望ましい。デジタルオルソフォトの作成に関しては、これまでみてきたように作成者の技術に依存する部分が多い。よって今後も万人が同様の精度を持つオルソフォトが作成できるよう、GCP の設定法や連結点の設定についての基準やコツを明らかにするため、デジタルオルソフォト作成方法に関する研究を続けていく必要がある。また併せてデジタルオルソフォトの利用技術についても、向上させて行かなければならない。

引 用 文 献

- DUHAIME, R.J. AUGUST, P.V. and WRIGHT, W.R. (1997) : Automated vegetation mapping using digital orthophotography. PE&RS 63(11) : 1295-1302
- 石川善朗 (1996) : 空中写真濃度による林分の識別. 森林計画誌 26 : 65-72
- 北川勝弘 (1992) : 解析写真測量と紹網計画. 森林航測 168 : 1-4
- 小林裕之 (1998) : 自分で作るオルソフォト. 森林航測 185 : 1-8
- MicroImages (1999a) : Rectifying Images. MicroImages, Nebraska, pp.1-19
- MicroImages (1999b) : Making DEMs and Orthophotos. MicroImages, Nebraska, pp.1-19 (Open GIS 社 監訳)
- 水尾藤久 (1998) : 写真測量. 佐々波清夫監修. 山海堂, 東京, pp.1-272

- 村上拓彦・寺岡行雄・今田盛生 (1996) : 標高データを用いた衛星リモートセンシングデータの輝度補正. 日林九支研論 49 : 29-30
- 中島 巖・長谷川訓子 (1962) : 林相の相違による航空写真像の濃度測定と解析法の研究 (予報). 林試研報 141 : 31-49
- 西村蹊二 (1972) : 地図縮尺の選び方. 森林航測 90 : 7-12
- 野呂春文 (1997) : デジタル地質図とデジタル地形図の作成. 地質調査所報告 283 : 1-102
- SHIBA, M. (1996) : Imagery Data Processing System Using Aerial Photography for Sensitive Site Investigations in the Route Selection Process. J. For. Eng. 7 : 53-65
- 芝 正己 (1998) : 航空写真判読・測量法. 森林航測 185 : 9-16
- 高崎正義 (1988) : 地図学. 朝倉書店, 東京, pp.1-266

(1999年11月4日受付; 2000年2月24日受理)

Summary

Photogrammetry and photointerpretation have been developed previously. However, all aerial photographs contain systematic distortion caused by camera angle, distance and surface elevation. As a result, their internal geometry differs from the ideal geometry, and they are therefore limited to use in geospatial analysis. Orthophotographs have map-like geometry and are useful as an accurate image base for geospatial analysis. Although orthophotographs are useful, creating orthophotographs has previously been very expensive and has required professional knowledge, advanced techniques and special machines, so orthophotographs have not been widely used yet. Recently, however, GIS software that runs on personal computers and can create digital orthophotographs has become available. TNTmips is one such software program. In this paper, we present a procedure for creating digital orthophotographs on TNTmips and report their accuracy.

Because aerial photograph distortion results from camera angle, distance and surface elevation, orthophotographs must be compensated for these factors. A digital elevation model (DEM) provides surface elevation information, so we used several types of DEMs to compare accuracy of digital orthophotographs derived from them. There are three types of DEMs. The first is a DEM created from a pair stereo aerial photograph (Method-1). The second is a DEM created from a digital line graph (Method-2). The third is a DEM published by the Geographic Survey Institute (Method-3).

To compare the accuracy of these orthophotographs, we calculated the difference between the measured value and true value at some points and determined the residual of the GCP. In comparing the accuracies of these three methods, we found that the best method is Method-1 and the worst one is Method-3. It was too costly to make orthophotographs by Method-1, so we recommended Method-3.

In addition to comparing the accuracy of orthophotographs derived from different DEMs, we also compared the accuracy of orthophotographs with differing GCP values. As a result, we found that the accuracy of orthophotographs increased with increasing GCP up to a point but was not affected beyond that point. We also found that evaluating the accuracy of orthophotographs was too difficult because the calculated accuracy was strongly affected by GCP positions.

Key words : digital orthophotograph, GIS, personal computer