

公共測量版写真地図品質評価の自動化に向けて

三浦 博之・杉山 史典・羽深 不二夫（朝日航洋株式会社）

1. はじめに

平成 20 年 4 月に作業規程の準則の改正が行われ、公共測量成果において製品仕様書に基づき品質評価表・メタデータを作成する¹⁾ことが義務化された。それに伴い、平成 21 年 2 月に国土地理院によって公共測量における写真地図の品質基準（案）及び品質評価（案）²⁾（以下「品質基準（案）・評価（案）」）について検討され、ホームページ上に公開された。これにより写真地図の標準的な品質評価手法が確立されたが、その品質評価項目は膨大で複雑であり、自動処理を用いることなく工程毎の品質を評価することは現実的ではない。そこで、業務効率の向上と安定した品質を提供するために写真地図品質評価システム（以下、本システム）の開発に取り組んだ。本稿では、本システムの特徴とその有効性について報告する。

2. 「品質基準（案）・評価（案）」の特徴

「品質基準（案）・評価（案）」は、工程毎に品質を評価した結果から最終プロダクトを評価するプロセス指向型を採用しており、作業規程で定められた精度管理表を引用できるという特徴がある。しかしながら、全工程（撮

影・空中三角測量・数値地形モデル・写真地図作成）の評価項目数は 52 項目であり、精度管理表より引用できる項目数は 25 項目である（表 1）。

表 1 より、撮影・空中三角測量の評価項目の内、24 項目については精度管理表より引用できる。しかしながら、数値地形モデル作成及び写真地図作成の評価項目においては、ほぼ精度管理表以外から評価する必要があり作業量の大幅な増加となる。

3. 本システムの考案

このような課題を踏まえた上で、業務効率の向上と安定した品質を提供するために、以下を包含するシステムを考案した（図 1）。

- ・工程毎の品質確認が容易にできるシステムを構築するため、品質管理サーバを設置する。

表 1 工程毎の品質評価項目数と精度管理表より引用可能な項目数

工程名	品質評価項目数	精度管理表より引用可能な項目数
撮影	19	19
空中三角測量	6	5
数値地形モデル作成	6	1
写真地図作成	21	0
合計	52	25

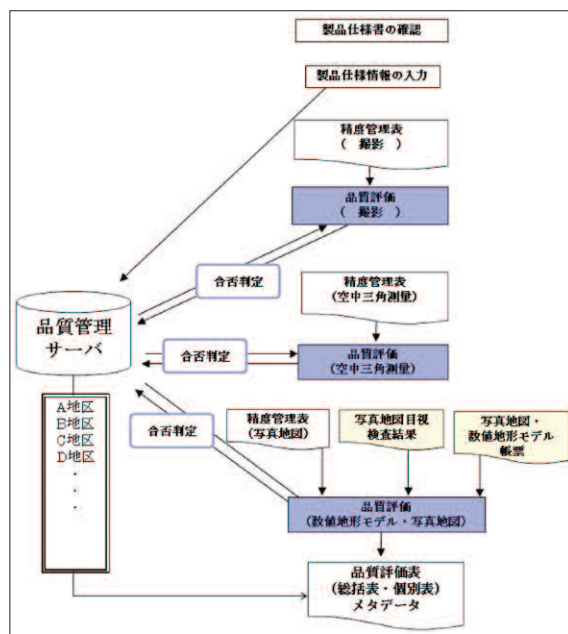


図 1 本システムのイメージ

- ・精度管理表より引用可能な評価項目については、精度管理表の書式及び入力規則の統一を行い、各評価項目の合否判定を自動化するシステムを構築する。
- ・精度管理表より引用不可能な評価項目については、評価資料より帳票作成の自動化を行い、各評価項目の合否判定を自動

化するシステムを構築する。

- ・工程毎の評価結果と製品仕様情報より品質評価表(総括表・個別表)並びにメタデータが作成できるシステムを構築する。

4. 本システム構築に向けての課題の整理

「品質評価(案)・基準(案)」に基づいた品質評価シミュレーションを行い、本システムを構築するための課題を抽出し、その対策を検討した。

4.1 品質評価シミュレーションの実施

数値地形モデル及び写真地図作成の評価手法の確認と作業量の把握のため、品質評価シミュレーションを実施した(表2)。

精度管理表より引用できない評価項目(27項目)に関しては、定量的評価項目と定性的評価項目に分類し、表3のように整理を行っ

表2 品質評価シミュレーション諸元

項 目	内 容
地形分類	中小都市
撮影	新規撮影
使用カメラ	デジタル航空カメラ(DMC)
数値写真地上画素寸法	12cm
コース数	10 コース
写真枚数	200 枚
地図情報レベル	1,000
数値地形モデル	新規作成
写真地図地上画素寸法	16cm
写真地図図郭数	125 面

表3 精度管理表より引用できない評価項目の整理

整理項目	評価資料	評価内容	帳票名(案)
定量的評価項目	撮影	・すべて精度管理表で引用できる。	—
	空中三角測量	・作成範囲	空中三角測量実施範囲確認図
	数値地形モデル	・作成範囲 ・作成年月 ・格子間隔	数値地形モデル精度管理表
	写真地図	・地上画素寸法 ・フォーマット	写真地図画質等精度管理表
		・写真地図への使用範囲	写真地図使用範囲精度管理表
		・白飛び・黒つぶれ	白飛び・黒つぶれ精度管理表
		・写真間接合(急変箇所) ・写真間接合(フェザリング箇所) ・写真間接合(平滑箇所)	写真地図写真間接合精度管理表
定性的評価項目	数値地形モデル	・ブレイクライン	写真地図画質等精度管理表
	写真地図	・作成範囲(内)(外) ・写真間接合(可能箇所) ・写真間接合(不可能箇所) ・ハレーション ・暗影 ・シャドースポット ・雲 ・雲影 ・煙 ・霧 ・雪 ・冠水 ・識別と濃淡	写真地図画質等精度管理表

た。また、図2は品質評価表作成までの流れを示す。この中で定量的評価項目とは、評価資料から評価内容を数値化できる項目とし、定性的評価項目は評価内容を数値化できない項目とした。

4.2 課題と対策

品質評価シミュレーションの結果より、図2で分類した3つの評価項目について課題を整理し、業務効率の向上と安定した品質を提供するための対策を表4にまとめた。

5. 自動化の対応

膨大で複雑な評価内容である定量的評価項目について自動化の検討を行い、評価内容の数値化と帳票作成の自動化を行った。なお、自動化した帳票名と表4の品質評価項目名との対応は表5に示す。

5.1 写真地図への使用範囲

「品質評価（案）・基準（案）」では、『モザイク線で囲まれたそれぞれの正射画像使用範囲について、評価範囲線内に囲まれる部分（図3の斜線部）の面積が使用範囲の80%以上となっていない場合不良とし、検査対象に対する不良の割合（誤率）で評価する。』¹⁾と定められている。本評価項目については、写真地図使用範囲精度管理表を作成することを自動化した。写真地図使用範囲精度管理表作成ソフトは図4の処理画面とし、入力項目はカメラ情報と空中三角測量で得られた外部標定要素、撮影縮尺及びモザイク

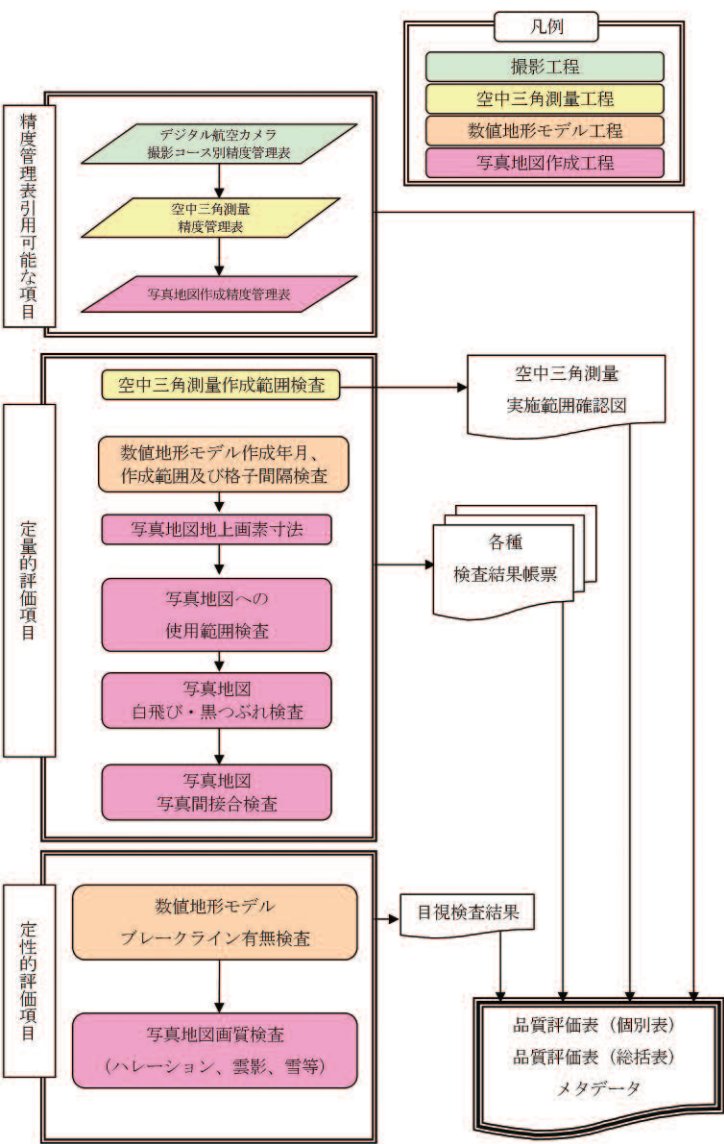


図2 品質評価表作成までの流れ

表4 品質評価シミュレーションの結果

評価項目	課題	対策
精度管理表より引用可能な項目	単純作業且つ膨大である。	精度管理表から数値を引用し、合否判定を自動化する。
定量的評価項目	1. 写真地図への使用範囲 2. 写真間接合 2.1 平滑箇所 2.2 急変箇所 2.3 フェザリング箇所 3. 白飛び黒つぶれ 上記評価内容については、膨大で複雑である。	①評価内容の数値化と帳票作成を自動化する。 ②作成した帳票を引用し合否判定を自動化する。
定性的評価項目	評価内容について数値化することが難しい。	①目視検査結果より帳票作成を自動化する。 ②作成した帳票を引用し合否判定を自動化する。

表5 自動化した帳票名と品質評価項目名

	自動化した帳票名	品質評価項目名
1	写真地図使用範囲 精度管理表	・写真地図への使用範囲
2	写真地図写真間 接合精度管理表	・写真間接合（平滑箇所） ・写真間接合（急変箇所） ・写真間接合（フェザリング箇所）
3	白飛び・黒つぶれ 精度管理表	・白飛び・黒つぶれ

表6 写真地図画像使用範囲精度管理表

写真 番号	モザイク線で囲 まれた面積 (km ²)	評価範囲線とモザイク 線の重複部分面積 (km ²)	評価範囲とモザイク線 の重複部分面積率 (%)	備考
1_0001	0.195	0.174	89.3	
1_0002	0.612	0.513	83.8	
1_0003	0.330	0.267	80.9	
1_0004	0.518	0.435	83.9	
1_0005	0.459	0.389	84.9	
1_0006	0.362	0.287	79.3	大規模建物

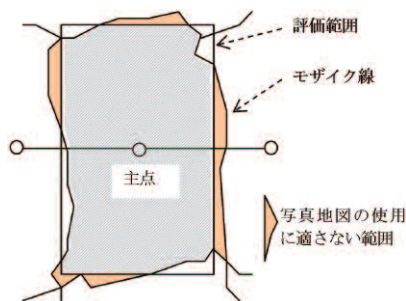
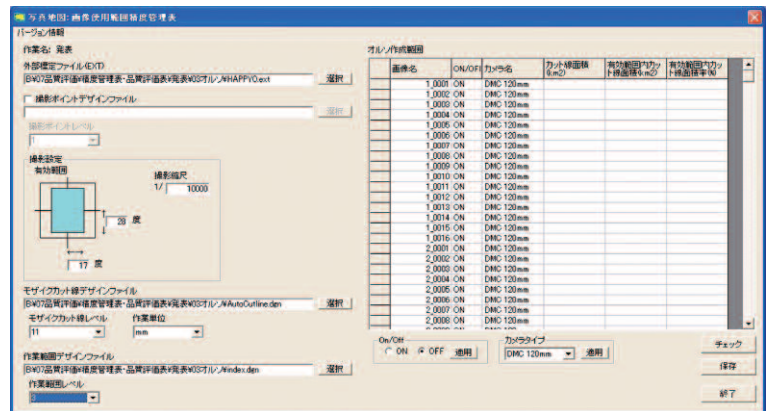
図3 写真地図への使用範囲評価手法の模式図¹⁾

図4 写真地図使用範囲精度管理表作成ソフト処理画面

線とした。処理内容は、『モザイク線で囲まれた範囲面積』と『評価範囲面積(図3の長方形で囲まれた面積)とモザイク線で囲まれた面積の重複部分面積(図3の斜線部分の面積)』を数値化し、その割合を帳票に出力する仕組みとした。(表6)。

また、撮影の諸元、地形及び地物の状況より80%以上とはならない場合がある。そのため、80%未満の場合はモザイク線の入力状況を確認し、備考欄に80%未満の理由を報告できる仕組みとした(表6警戒色)。

この評価項目の自動化により安定した品質と作業量の軽減が実現できるようになった。

5.2 写真間接合

写真地図作成においてモザイク線の入力箇所は品質を向上するうえで重要であり、「品質

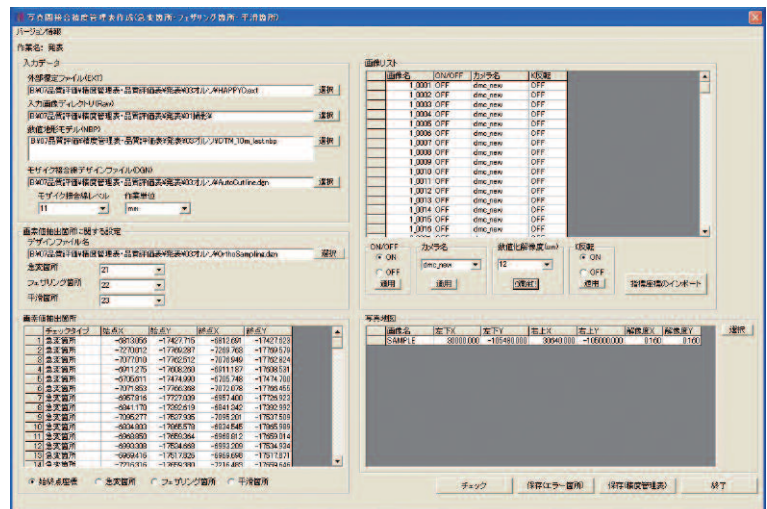


図5 写真間接合精度管理表作成ソフト処理画面

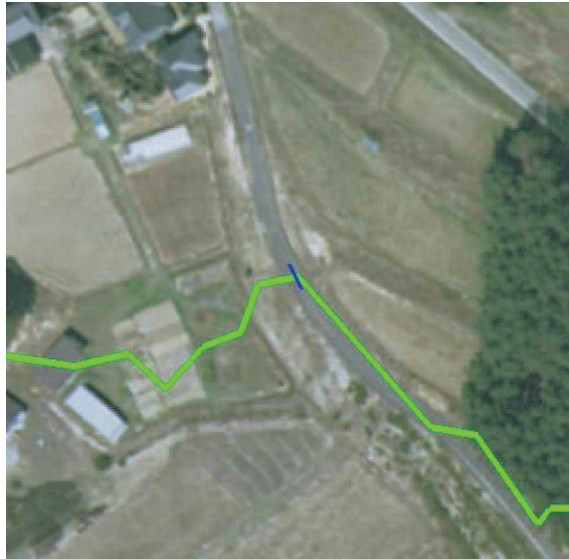
評価(案)・基準(案)」では3つの評価項目が挙げられている。本評価項目については写真間接合精度管理表作成の自動化を行った。写真間接合精度管理表作成ソフトは図5の処理画面とした。

5.2.1 平滑箇所

「品質評価(案)・基準(案)」では、『正射

表 7 写真間接合（平滑箇所）精度管理表

番号	始点 X 座標	始点 Y 座標	終点 X 座標	終点 Y 座標	較差 R	較差 G	較差 B
1	-69136.14	-176089.02	-69135.14	-176092.06	8	7	6
2	-71176.71	-177627.63	-71173.59	-177630.91	11	15	14
3	-70248.98	-176457.97	-70249.27	-176461.21	10	8	19



凡 例	
モザイク線	—
平滑箇所検査箇所	—

図 6 写真間接合（平滑箇所）【表 7：番号 1】の検査箇所

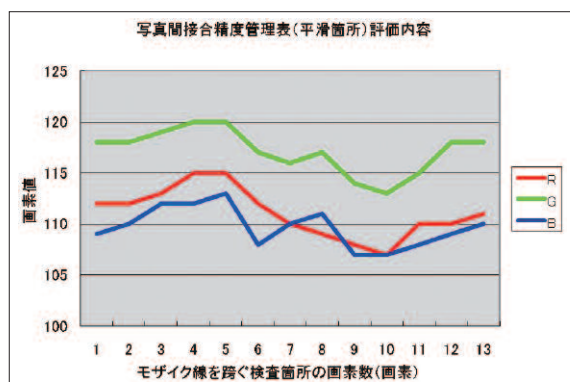


図 7 写真間接合（平滑箇所）【表 7：番号 1】検査箇所における画素値

画像間の接合部において、同一色調の地物で接合線を跨ぐ画素間の色表示値の最大較差が 30 以内であることを確認する。この較差が 30 以上である写真地図数を不良として集計し、検査対象に対する不良の割合（誤率）で評価する¹⁾と定められている。本評価項目については、写真間接合精度管理表（平滑箇所）を作成することを自動化した。なお、写真地図

データより平滑箇所を自動認識することは困難であるため、別途モザイク線を跨ぐ検査箇所を入力した（図 6）。入力項目を写真地図データと平滑箇所に入力したモザイク線を跨ぐ検査箇所とした。処理内容は、モザイク線を跨ぐ箇所の各バンド（R, G, B）の画素値を 1 画素毎に獲得し、各バンドの画素値の最大値と最小値の差（較差）を帳票に出力する仕組みとした（表 7）。なお、図 7 は表 7 の番号 1 における検査箇所 13 画素分の画素値をグラフ化したものであり、各バンドにおいて較差が 5 から 10 であることから基準値である 30 以内を満たしていることが確認できる。

5.2.2 急変箇所

「品質評価（案）・基準（案）」では、『写真地図において接合部で色調が急激に変化する箇所の色表示値の較差と、数値写真上の同一地点における色表示値の較差との較差が 30 を超える箇所がある写真地図数を不良として集計し、検査対象に対する不良の割合（誤率）で評価する。』¹⁾と定められている。本評価項目については、写真間接合精度管理表（急変箇所）の作成を自動化した。なお、写真地図データより急変箇所を自動認識することは困難であるため、別途モザイク線を跨ぐ検査箇所を入力した（図 8）。入力項目を写真地図データと急変箇所に入力したモザイク線を跨ぐ検査箇所、カメラ情報、数値写真、外部標定要素及び数値地形モデルとした。処理内容はモザイク線を跨ぐ検査箇所の写真地図データの始点と終点の各バンド（R, G, B）の画素値と数値写真上の同一地点の各バンド（R, G,



凡 例	
モザイク線	
急変箇所検査箇所	

図 8 写真間接合（急変箇所）の検査箇所の入力方法（写真地図データ）左と（数値写真）右

表 8 写真間接合（急変箇所）精度管理表

番号	始点 X 座標	始点 Y 座標	終点 X 座標	終点 Y 座標	較差 R	較差 G	較差 B
1	-72139.17	-176594.20	-72136.34	-176596.16	4	22	4
2	-69598.96	-176700.59	-69593.63	-176702.72	1	6	4
3	-69688.50	-176593.64	-69688.12	-176590.14	22	22	21



凡 例	
モザイク線	
フェザリング検査箇所	

図 9 写真間接合（フェザリング箇所）の検査箇所の入力方法

に出力する仕組みとした（表 8）。

5.2.3 フェザリング箇所

「品質評価（案）・基準（案）」では、『正射画像間の接合部において、同一色調の地物で接合線位置とフェザリングの両端との画素の色表示値の変化度合いが線形であることを確認する。線形となっていない箇所がある写真地図数を不良として集計し、検査対象に対する不良の割合（誤率）で評価する。』¹⁾と定められている。本評価項目については、写真間接合精度管理表（フェザリング箇所）の作成を自動化した。なお、写真地図データよりフェザリング箇所を自動認識することは困難であるため、別途モザイク線を跨ぐ検査箇所を入力した。入力項目は写真地図データ、フェザリング箇所に入力したモザイク線を跨ぐ検査箇所とした（図 9）。処理内容は、フェザリ

B) の画素値の獲得を自動化し、「品質基準（案）・評価（案）」に基づき計算した値を帳票

表 9 写真間接合（フェザリング箇所）精度管理表

番号	始点 X 座標	始点 Y 座標	終点 X 座標	終点 Y 座標	較差 R	較差 G	較差 B
1	-70061.74	-178739.04	-70061.29	-178736.61	2	7	5
2	-67756.38	-175297.77	-67757.14	-175294.8	3	8	10
3	-70022.34	-179259.29	-70019.68	-179260.65	0	2	3

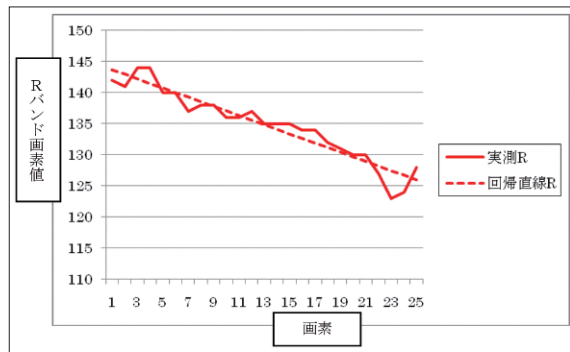


図 10 写真間接合（フェザリング箇所）の評価手法（Rバンドのサンプル）

ング箇所に入力したモザイク線を跨ぐ検査箇所上の各バンド（R、G、B）の画素値を1画素毎に獲得し、各バンドにおける回帰直線を計算の上、実際の画素値との較差を帳票に出力する仕組みとした（表9）。なお、図10は表9の番号1におけるRバンドの画素値をグラフ化したものであり、回帰直線と比較して較差が0から5であることから線形になっていることが確認できる。

なお、フェザリング箇所について「品質評価（案）・基準（案）」では基準値が定められていないため、弊社においては、平滑箇所同様、較差30以内を満たしていることにより合格とした。

写真間接合箇所の評価については、定性的な評価項目とされてきたが、「品質評価（案）・基準（案）」及びソフトの開発により定量的評価が可能となり、安定した品質を提供できるようになった。

5.3 白飛び・黒つぶれ

「品質評価（案）・基準（案）」では『白飛び・黒つぶれの各画素数のいずれかが全画素数の0.2%以上ある写真地図数を不良として集計

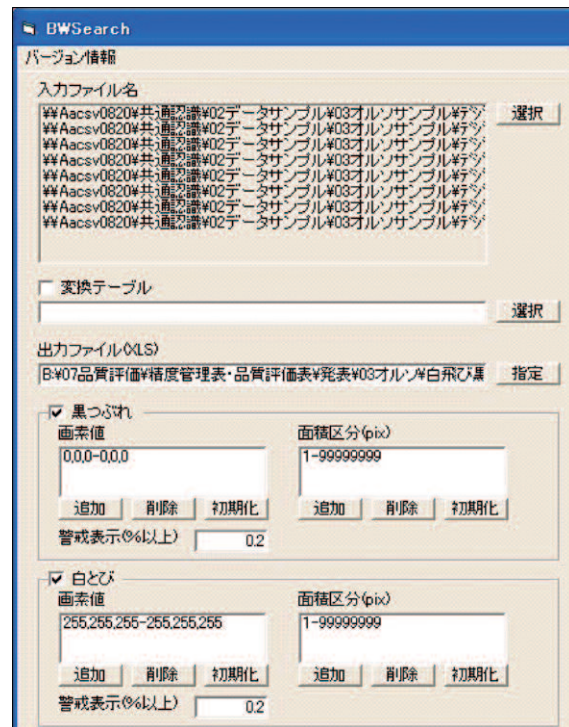


図 11 白飛び・黒つぶれ精度管理表作成ソフト処理画面

し、検査対象に対する不良の割合（誤率）で評価する』¹⁾と定められている。本評価項目については、白飛び・黒つぶれ精度管理表を作成することを自動化した。入力項目は写真地図データとし、処理内容は写真地図データ1ファイルの画素総数に対して白飛び（R、G、B=255, 255, 255）の画素数と黒つぶれ（R、G、B=0, 0, 0）の画素数の割合を出力する仕組みとした。また、判読項目の要望に応じて白飛び・黒つぶれの画素値の閾値及び画素の集合面積の閾値を変更できる仕組みとした。

白飛び・黒つぶれ精度管理表作成ソフトは、図11の処理画面とした。

表10は白飛び・黒つぶれ精度管理表のサンプルである。本ソフトは、写真地図図郭番号、黒つぶれ、白飛びの順に出力している。白

表 10 白飛び・黒つぶれ精度管理表

図郭 番号	黒つぶれ				白とび			
	0,0,0-0,0,0			備考	255,255,255-255,255,255			備考
	箇所	全体			箇所	全体		
		面積 (画素)	%			面積 (画素)	%	
1	5	8	0.00		0	0	0.00	
2	46	85	0.00		0	0	0.00	
3	10	13	0.00		0	0	0.00	
4	8	11	0.00		0	0	0.00	
5	174	284	0.00		1	989604	5.28	背景白

※有効数字小数点第2位までとする。 背景白：全画素数の0.2%以上



図 12 図郭番号 5 の写真地図データ（満図になっていない例）

飛び・黒つぶれの画素の集合箇所数及び白飛び・黒つぶれの画素数及び全体画素数に対する割合が許容値（「品質評価（案）基準（案）」においては全画素数の0.2%以内）以上の場合について警戒色で出力できる仕組みとした。

図郭番号 5 において白飛びが 1 箇所存在し、画素総数の 5.28% となっている。これは、撮影画像がないため、満図ではない写真地図が存在した例（図 12）であり、このような場

合、理由を備考欄に記載し報告できる仕組みとした。

写真地図データの白飛び・黒つぶれは、数値写真の状態に依存する。そのため、数値写真の工程の検査時に利用することにより、より安定した品質と安心した生産が可能となった。

6. 写真地図品質評価システム

「品質評価（案）・基準（案）」における課題及び対策をもとに写真地図品質評価システムを構築した。

6.1 システム概要

本システムのイメージを図 13 に示す。また、

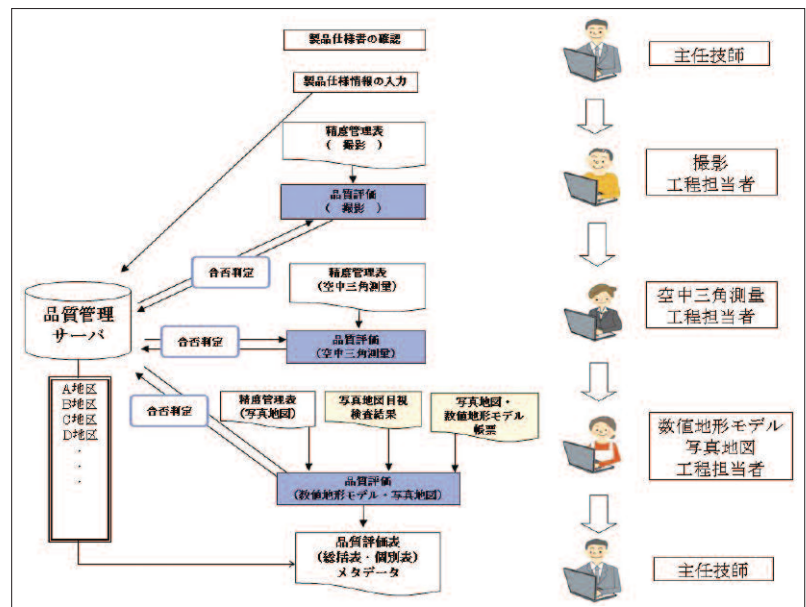


図 13 本システムの流れ

本システムの運用手順は以下の通りとした。

- 1) 製品仕様書をもとに本システムへの製品仕様情報を入力する。入力した製品仕様情報は、品質管理サーバに保存され、各作業担当者が閲覧確認できる。
- 2) 撮影完了後、撮影検査工程担当者は目視検査等の検査結果から撮影コース別精度管理表を作成し、品質管理サーバへ保存する。本システムを用いて精度管理表が品質要求を満たしていることを確認し、空中三角測量の工程へ引き継ぐ。空中三角測量工程担当者は、前工程の品質を把握し作業を行うことができる。
- 3) 空中三角測量完了後、空中三角測量工程

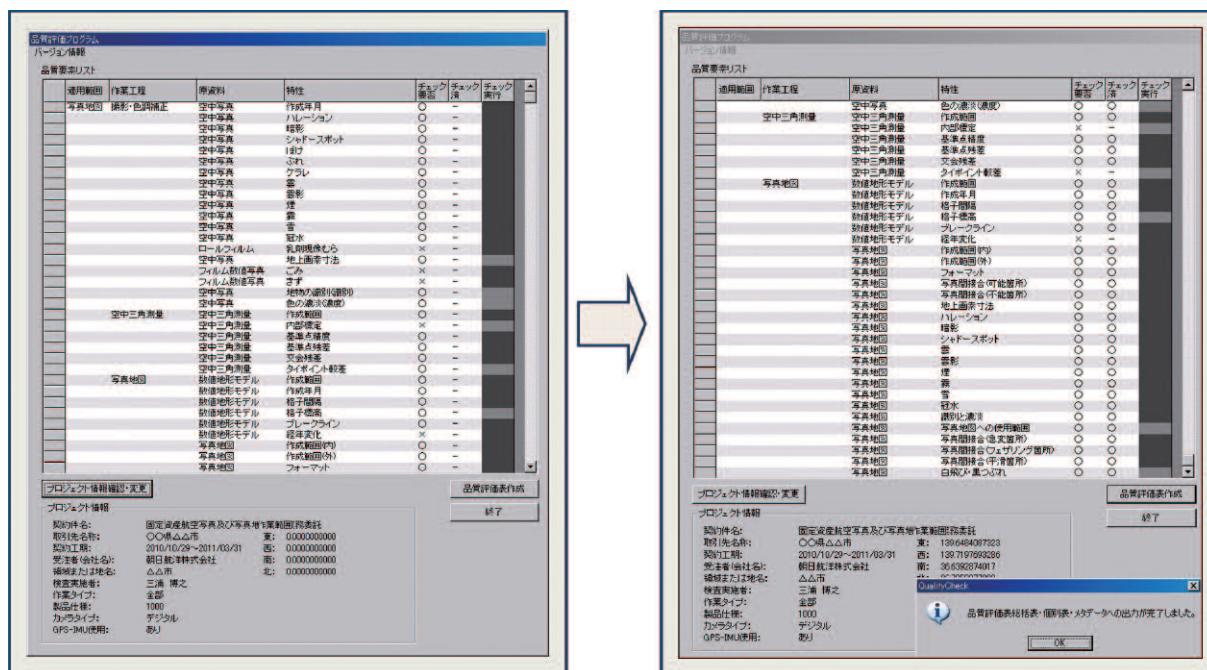


図 14 処理画面（各評価開始前（左）、各評価完了（右））

担当者は、空中三角測量精度管理表を品質管理サーバへ保存する。本システムを用いて精度管理表が品質要求を満たしていることを確認し、数値地形モデル及び写真地図の工程担当者へ引き継ぐ。数値地形モデル及び写真地図作成工程担当者は、前工程の品質を把握し作業を行うことができる。

- 4) 数値地形モデル及び写真地図作成完了後、写真地図作成精度管理表を品質管理サーバへ保存する。また、精度管理表以外から評価する項目を各種帳票にまとめ、品質管理サーバへ保存する。本システムを用いて精度管理表・各種帳票が品質要求を満たしていることを確認し、主任技師へ引き継ぐ。これにより、主任技師はすべての工程における品質を確認し、把握することができる。

- 5) 主任技師が確認完了後、品質評価表（総括表・個別表）、メタデータを作成する。

以上のような手順により、業務効率の向上と安定した品質を提供できるシステムを構築

した。

6.2 システム処理画面

本システムの処理画面は以下の図 14（左）の通りとし、容易に品質評価を行うために、工程順に評価内容を整理し、製品仕様情報に応じて品質評価要否欄（チェック要否欄）を変更可能とした。また、品質評価結果を品質評価済み欄（チェック済み欄）で確認できるシステムとした。すべての評価項目における評価処理が完了後、品質評価表（総括表・個別表）及び JMP2.0 に対応したメタデータを出力可能とした。（図 14（右））

7. 本システム使用の有無による品質評価の比較

本システム使用の有無による品質評価表の比較及び作業量の確認を行った。

7.1 品質評価表（個別表・総括表）の比較

本システム使用の有無により作成された品質評価表の比較を行い、以下に挙げる項目で

作業上の誤りが確認された。

①精度管理表の引用において誤記が発見された。

(ア)契約期間と精度管理表内に入力する日付のつじつまが合わない。

(誤率 2%)

(イ)入力されていない箇所には値の入力がない。(誤率 4%)

②帳票の入力値の調査ミス及び誤記が発見された。

(ア)写真地図への使用範囲の比率計算に間違いがあった。(誤率 5%)

(イ)写真地図接合(急変箇所)の値が異なった。(誤率 2%)

(ウ)白飛び・黒つぶれの数値入力ミスがあった。(誤率 1%)

(エ)雪・雲影・ハレーション等の目視検査結果データの見落としがあった。

(誤率 2%)

これらは、膨大で複雑な作業により発生する人的ミスであった。

7.2 作業量の確認

図 15 は、本システムを使用しなかった場合の作業量を 100 とし、工程別に色分けしたグラフである。このグラフより本システムを使用しない場合は、精度管理表より引用できない評価項目の資料作成に全作業量の 70% を占める結果であったが、本システムを開発することにより、作業工数は 75% の削減効果をも

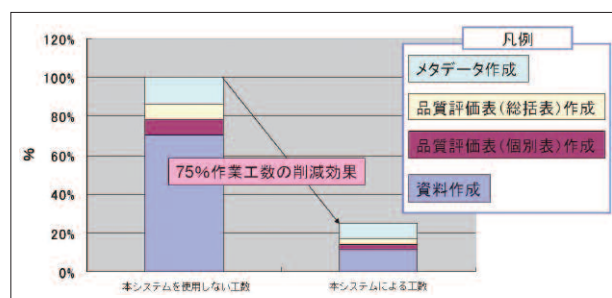


図 15 本システム使用の有無による作業工数の比較

たらずことがシミュレーションにより確認された。

8. まとめ

本システムの開発により、標準的な公共測量版写真地図データ作成業務の効率化と、安定した品質の提供が可能となった。

今後は、弊社写真地図作成システム(Ortho-Station)²⁾と本システムを連動した生産フローの見直しを行い、更なる写真地図作成のシステム化を整備する予定である。また、写真地図だけではなく、数値地形図や航空レーザ測量に対する品質評価のシステム化にも取り組む予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省告示第 413 号 作業規程の準則
- 2) 国土地理院：写真地図作成の製品仕様書(案)
http://psgs.v.gsi.go.jp/koukyou/public/seihinsiyoudata/ortho_siyoudata.pdf
- 3) 杉山 史典・鈴木 寛・三浦 博之・佐野 晃一・スーエンニ：固定資産背景画像用写真地図作成システム(OrthoStation)の紹介、日本測量技術協会、APA No.102, pp.57-63 (2011)

(発表日：2010 年 6 月 1 日)

三浦 博之(みうら ひろゆき)

朝日航洋株式会社 地理情報部

画像解析グループ

hiroyuki-miura@aeroasahi.co.jp

