

空中三角測量の全自動化による オルソ画像作成効率化に関する研究

【研究期間】

平成26年4月～平成29年3月（3年間）

【予算】

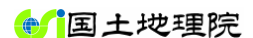
特別研究経費 22,272千円（3年間の総額）

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室



Geospatial Information Authority of Japan

研究の背景



※新規課題提案時の説明資料を元に作成

国土地理院保有の空中写真は、平成24年度までに過去のものを含めてデジタル化された。

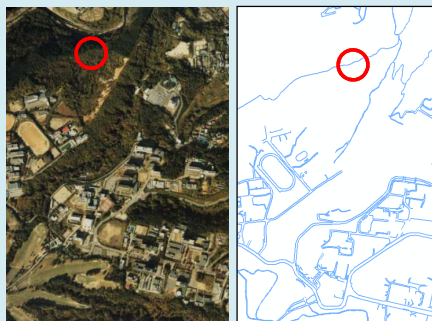
しかし、空中写真は、さらにオルソ化することにより、格段に使いやすくなる

空中写真

国土の記録
として重要

写っているものがわかる
しかし、**地図と位置合わせができていない**

空中写真に写されている場所が地図上のどこかを知るのは、目標物が無い場所では、困難で、誤差も大きい。



オルソ化

オルソ化とは
空中写真の歪みを取り除き、
地図と重なるように画像処理すること

空中写真には、地形等に起因する歪が存在するため、無理やり合わせようとしても地図とは合わない。

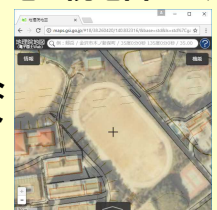


オルソ画像

位置合わせができていて、
誰でも、地図を見るように使える

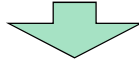


国土地理院の地理院地図では、
誰でも、
オルソ画像と
地図や様々な
情報を重ね合
わせてみるこ
とができる。



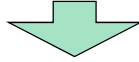
問題

過去の空中写真のオルソ化が必要だが、
従来手法では膨大な経費を要する



研究成果

オルソ化手法の効率化(本研究)



研究成果
の活用

開発された手法を用い、
国土地理院内でオルソ化



アウトカム

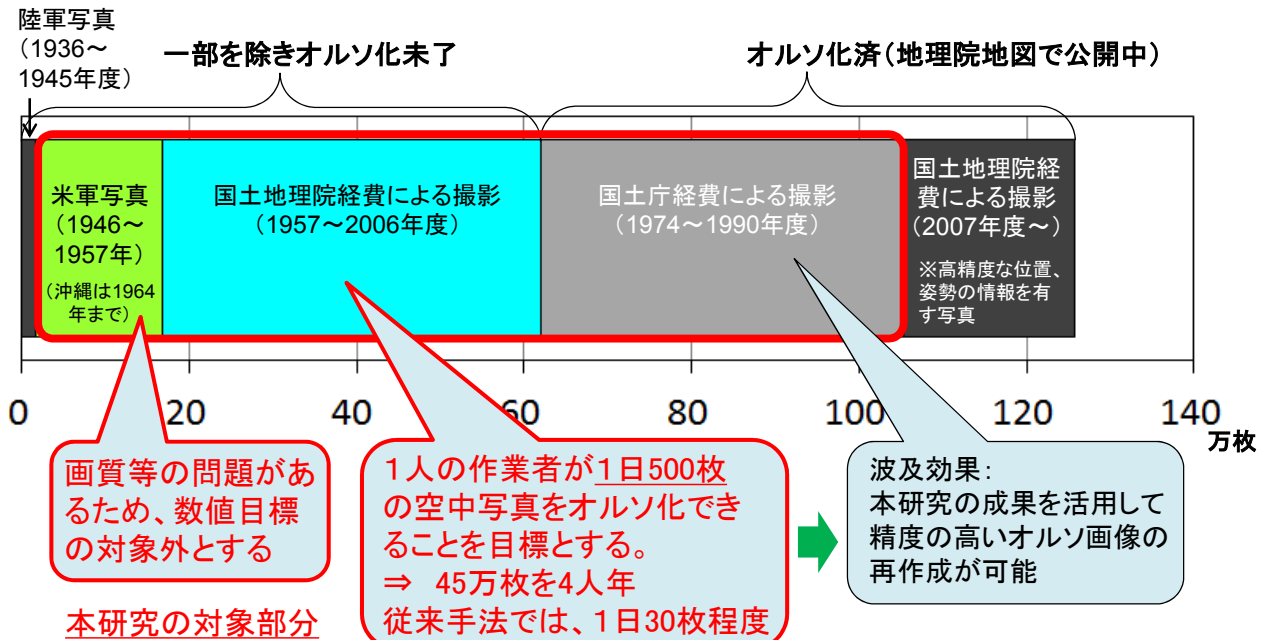
地理院地図等を通じ、国民にオルソ画像を提供



環境、災害調査等で、
幅広く利用

3

研究対象の空中写真と目標



現代では、オルソ化に有利な高精度な位置姿勢センサ情報が利用できるが、
本研究では、位置姿勢センサ実用化前の空中写真が対象であるため、
空中写真の画像のみから効率的にオルソ化する手法を開発しなければならない点が、既存研究との相違点。

4

空中写真からオルソ画像作成までの大まかな工程

- 画像の前処理、幾何条件の統一（←研究開発内容②の）

- カメラ位置と向きの推定（←研究開発内容①の）

- 地上基準点の付与（数値目標達成のために新たに研究開発が必要となった
⑥ 地上基準点自動選点システム）

- 調整計算（←研究開発内容③の）

- オルソ化・写真の接合処理（←研究開発内容④の）

①、③、④は、既存のプログラム等を使用して構築することとしていたところ。
本研究では、「PhotoScan Professional」をベースに開発することとした。

達成目標

開発の数値目標：1人の作業者が1日500枚の空中写真をオルソ化※

※ただし米軍・旧日本陸軍写真を除く

さらに

- ⑤ これらを米軍写真に適用する手法の開発。特に写真指標の検出手法の開発。

※研究開発内容の番号は、新規課題提案時の番号としているため、工程順とは異なります。

5

研究開発成果の概要(1)

- ②入力データ点検システム（画像の前処理、幾何条件の統一）

・写真指標をテンプレートマッチングで検出し、主点座標を算出する機能を開発したことにより、主点位置のズレ、指標間の距離が検出でき、画像の向きや縮尺の自動検出を実現

- ①空中写真マッチングシステム（カメラ位置と向きの推定）

・SfMソフトが十分な精度を有することを確認。「PhotoScan」をベースシステムとして導入

- ⑥地上基準点自動選点システム（地上基準点の付与）

・地理院地図オルソタイルを教師とし、面的な相関を調べることで地上基準点を選点するシステムを開発。これにより地上基準点選点に要する時間の大幅な低減を実現（条件が揃えばすべての地上基準点の自動選点も可能：CKT911X、KT951、KT971など）
・教師とするオルソタイルの撮影時期が目的の空中写真と近いほど選点数が多いことを確認

- ③空中三角測量自動化システム（調整計算）

・PhotoScanのスクリプト機能を使用し、GCPの基準点残差と交会残差を指標として、残差が大きい点を削除しつつ、一定の値以下となるまで反復して調整計算を実施する機能を実装

- ④オルソ化システム（オルソ化・写真の接合処理）

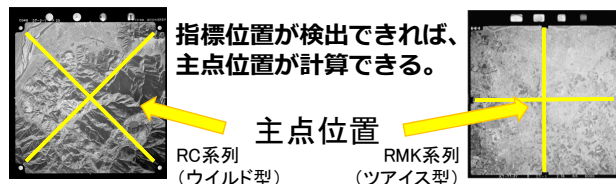
・PhotoScanのオルソモザイク機能をそのまま利用できたため、研究開発要素はほぼ無し。

古い空中写真を効率的にオルソ化する流れが完成

6

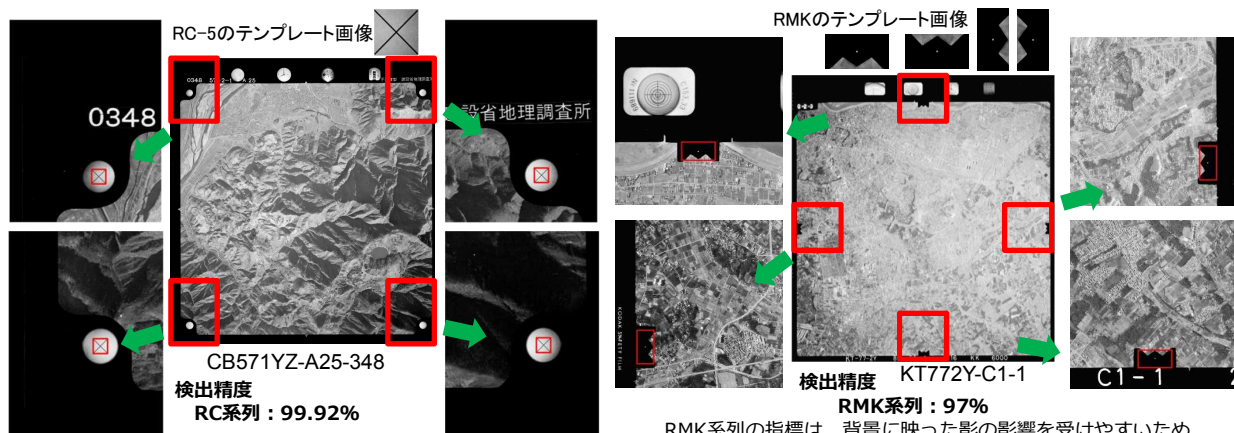
「空中写真画像（1270dpi）」
「写真のおおまかな主点位置情報」

入力



入力データ点検システム

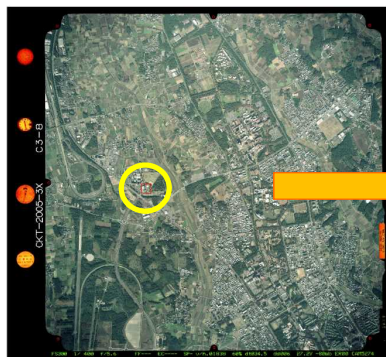
- ・ テンプレートマッチングによる「写真指標の自動検出」
- ・ 指標から算出した主点のばらつき方を評価する「写真の向きと解像度の点検」



7

⑥地上基準点の自動選点システムの開発

- オルソタイルに空中写真の向きと縮尺を揃えるとテンプレートマッチングが可能。
オルソタイルと合致する範囲があれば、その中心の座標が特定できるという考え方



※本図は元の空中写真の向きと縮尺に戻した画像であるため、
テンプレート画像の範囲を示す赤枠は正方形にはなっていない

- ・ 地理院地図のタイル（256px×256px）
を教師画像とし、空中写真の中で
面的に合致する場所を探索
- ・ 双方にSobelフィルタをかけて
選点率を向上するなどの工夫

地上基準点の付与は最も作業時間を
要する工程。ある程度でも自動化で
きた効果は大きい。



8

- **米軍写真、陸軍写真を除き、1人の作業者が1日500枚の空中写真をオルソ化できるシステムの開発**

本システムを用いた生産性の検証結果

31日間(11月1日～2月23日実働)で70地区(18300枚)の空中写真をオルソ化

= 590枚／人日

**従来比約20倍の生産性を実現し、
数値目標を達成**

9

研究開発成果の概要(2)

⑤ 研究開発成果の米軍写真への適用。特に写真指標の検出手法の開発。

● 写真指標の検出手法の開発

- ・テンプレートマッチングを用いる検出手法を適用。T-11型カメラによる画像では正常な指標の自動検出率99%を実現。K-17系統のカメラによる画像では約71%にとどまった

● ⑥地上基準点自動選点システムの適用

- ・1960年代のオルソタイルを教師とし、GCP自動選点システムを適用。教師タイルが存在する範囲では、近代の写真と同レベルの選点結果が得られた

● ①～④の研究開発成果の適用

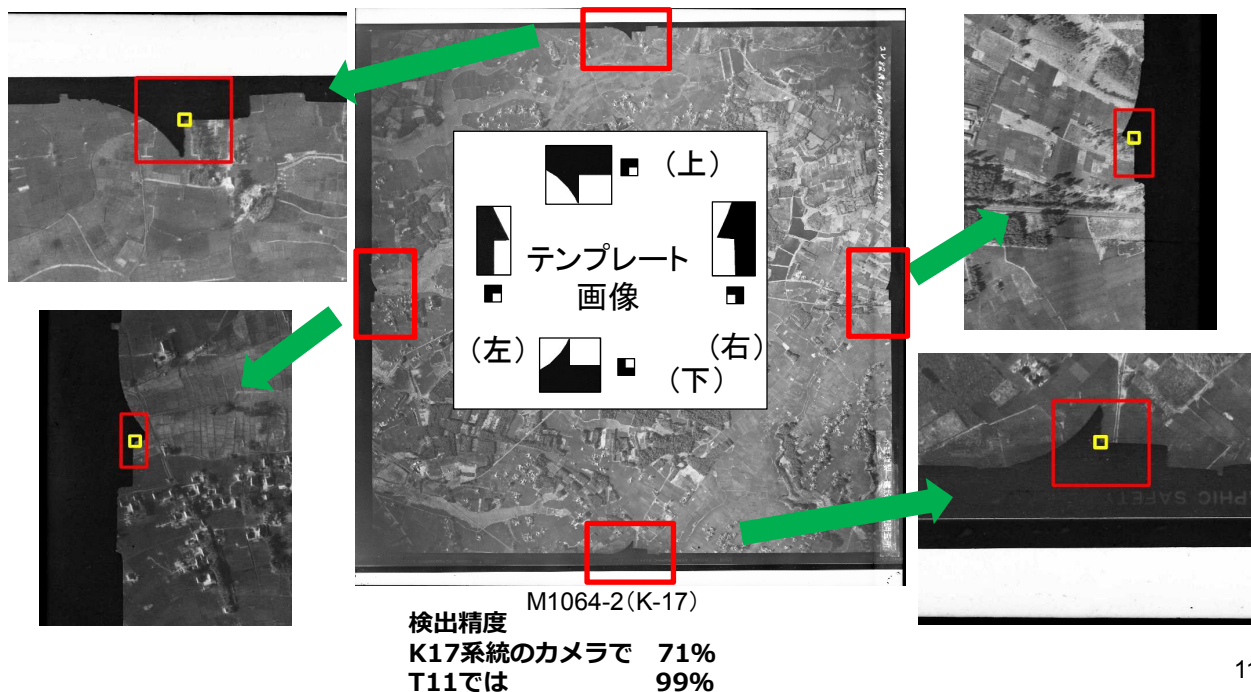
- ・②入力データ点検システムのみ適用不可能であった。写真の仕様(orスキャンの仕様)が異なり、指標の位置関係から向きを一意に求めることができなかったことが理由
- ・①、③、④は問題なく適用可能であることを確認。スクリプトによる処理にも対応



米軍写真への適用は、入力画像の点検部分を除き、近代の空中写真と同様にオルソ化処理の効率化が可能。

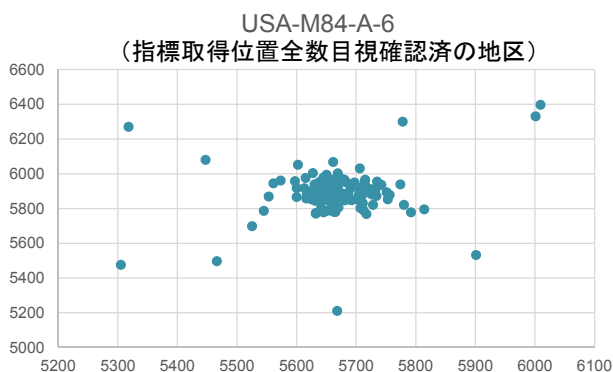
⑤米軍写真向けの写真指標検出手法の開発

- ・ RMK系列の指標抽出方法を準用するが、より影の影響を受けやすい
- ・ K17では検出精度を高めるため、大きなテンプレートで概略位置を求め、小さなテンプレートで指標位置を特定する2段階の検出方法に改良

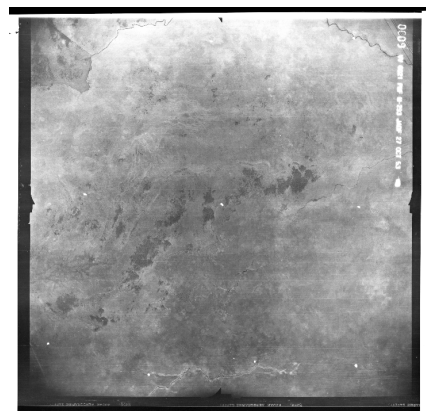


11

⑤ 入力データ点検システムの米軍写真への適用



正常なものでも1000px前後の範囲にばらつくため、異常なものとの差別化が困難

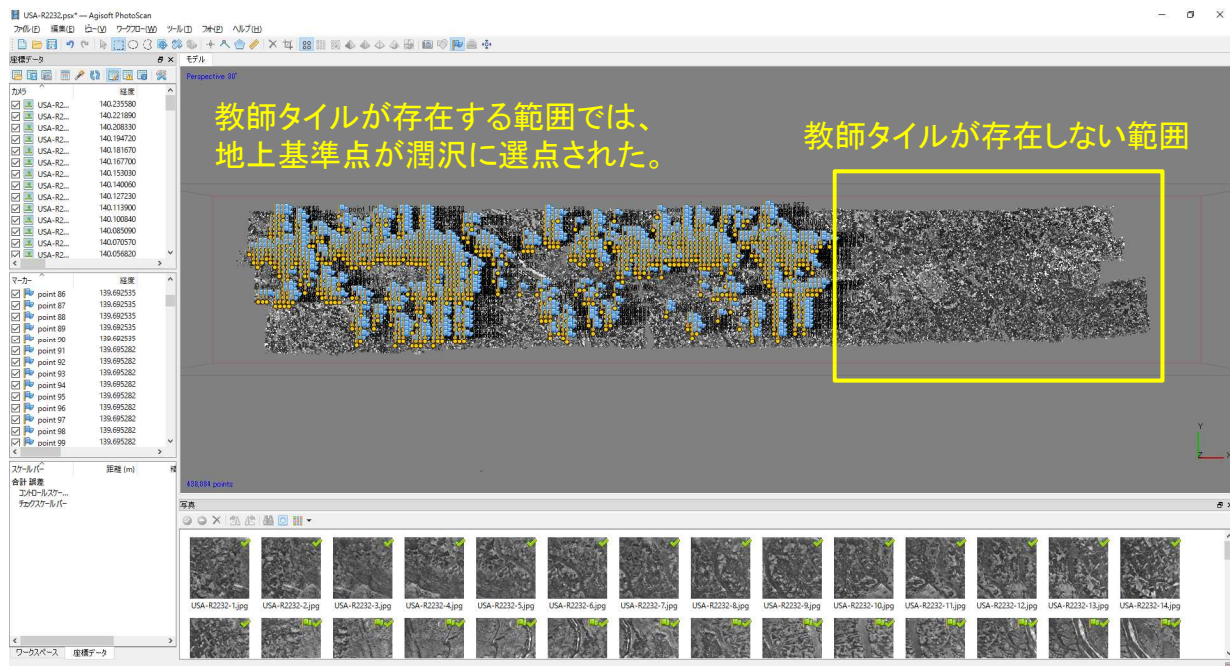


元画像がほぼ正方形にクリッピングされていることから、主点のばらつきによる向きの異常の検出が困難

入力データ点検システムは適用困難

12

USA-R2232(1960年代タイルを教師:1109点)



米軍写真を本格的にオルソ化するには、教師データとなる1950～1960年代のオルソ画像を作成することが先決。

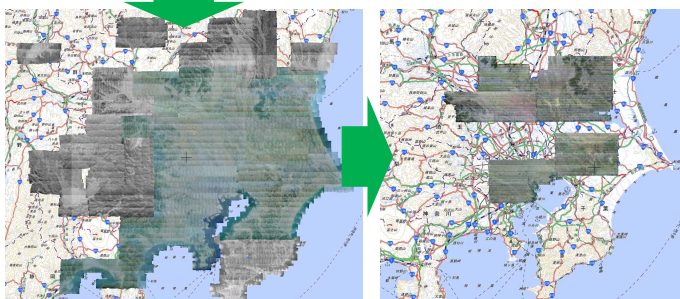
13

成果活用の見込み(直接的な活用)

●開発したオルソ化システム

調製したオルソタイル画像を新たな教師としてさらに古い年代のオルソ画像作成を繰り返し、1940年代までの地理院地図用タイルを調製

●品質が確認できたものから地理院地図等により配信



最新のタイルを教師として
調製済の関東地方
1990年代のオルソタイル

調製中の関東地方
1980年代のオルソタイル

本研究の手法により、
米軍写真、国土庁経費による撮影分も含む
合計約103万枚のうち、
島嶼部や特殊なカメラによる撮影地区を除く約9割について効率的にオルソ化(高精度化を含む)できる見込み。

約9割の空中写真のオルソ化ができれば、1940年代(米軍写真)、1970年代は全国のオルソ画像が、平野部では概ね5年おきのオルソ画像が地理院地図で見られるようになる(アウトカムの実現)

14

●オルソタイルによる地上基準点抽出手法

オルソタイル、つまり、既知の範囲で切り出された画像が位置の基準として活用できる可能性を示した。



これは、新たな位置参照手法の提案であり、リアルタイムな災害情報収集や測定の効率化の実現に結び付く可能性があることから、今後の研究につなげていく。

本手法活用の可能性

- ・高精度な位置姿勢センサを持たないカメラで撮影された画像（テレビの空撮映像など）の位置特定に適用できる可能性
- ・より解像度の高いオルソタイル（ZL19：画素寸法25cmクラス、やZL20：同10cmクラスのタイル）でも同様のことが可能であれば、測量への適用の可能性

15

参考資料

16