

.....

衛星画像解析による異動判読について

愛知県半田市総務部税務課
神谷 知己 氏
中日本航空株式会社 調査測量事業本部
技術部 コンサルタント統括 環境グループ
宇野女 草太 氏

.....

衛星画像解析による異動判読について

半田市総務部税務課 神谷 知己
中日本航空株式会社 宇野女 草太

■はじめに

近年、全国的に増加傾向にある固定資産税の課税誤りを受け、半田市においても各所要の補正の適用条件や補正率、画地計測の実施方法の見直しとともに固定資産評価業務の適正化と効率化を進めてきました。

画地計測では、「紙の図面」を手作業で計測する方法ではなく、ベクタデータを用いて地番図による計測を行い、計測結果や所要の補正を自動取得する固定資産 GIS を導入したことにより、職員毎の計測結果の差異が無くなることで、精度が向上するとともに、評価時間の短縮にも繋がりました。

また、所要の補正、特に高低差補正については、平成 30 年度の固定資産評価研究大会にて発表しましたが、これまで職員が現地に出向いてメジャーポール等を使用して高低差を計測する方法を見直し、平成 29 年度に航空機によるレーザ測量を実施したことで、これについても精度を向上させることができました。

しかしながら、土地評価における課題は依然として存在しています。今回は、衛星画像を活用した固定資産の異動判読による市内全域調査の実現に向けた取り組みについて紹介させていただきます。

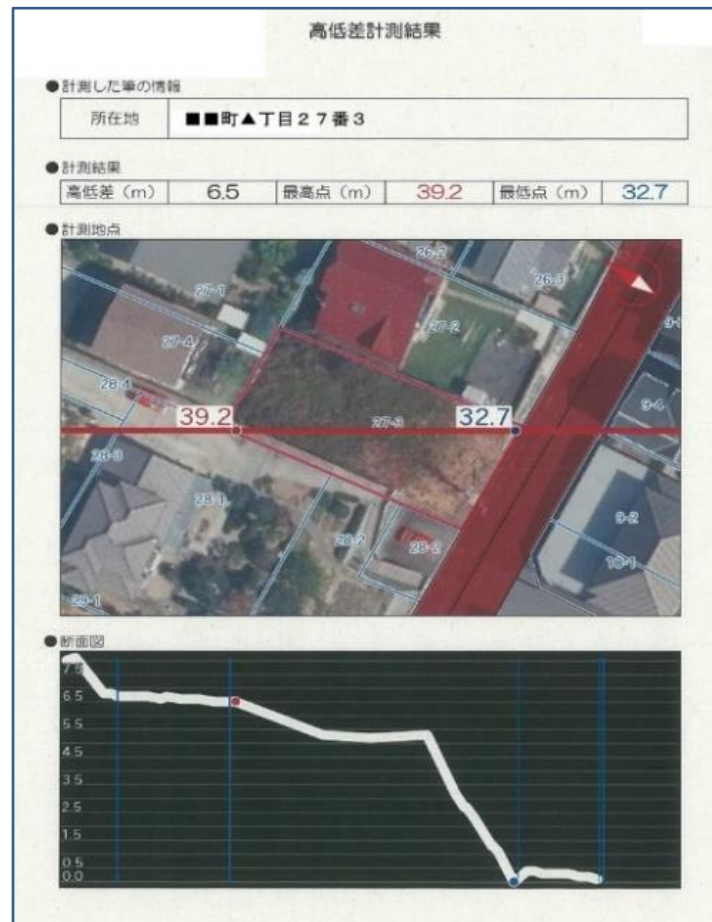


図 1 平成 29 年度 航空レーザ測量の成果

■半田市の概要

本市は、名古屋市の南、中部国際空港の東にあり、知多半島の中央部東側に位置しています。昭和12年に誕生し、平成20年には人口が12万人に達しました。古くから海運業、醸造業などで栄え、知多地域の政治・経済・文化の中心都市として発展してきました。

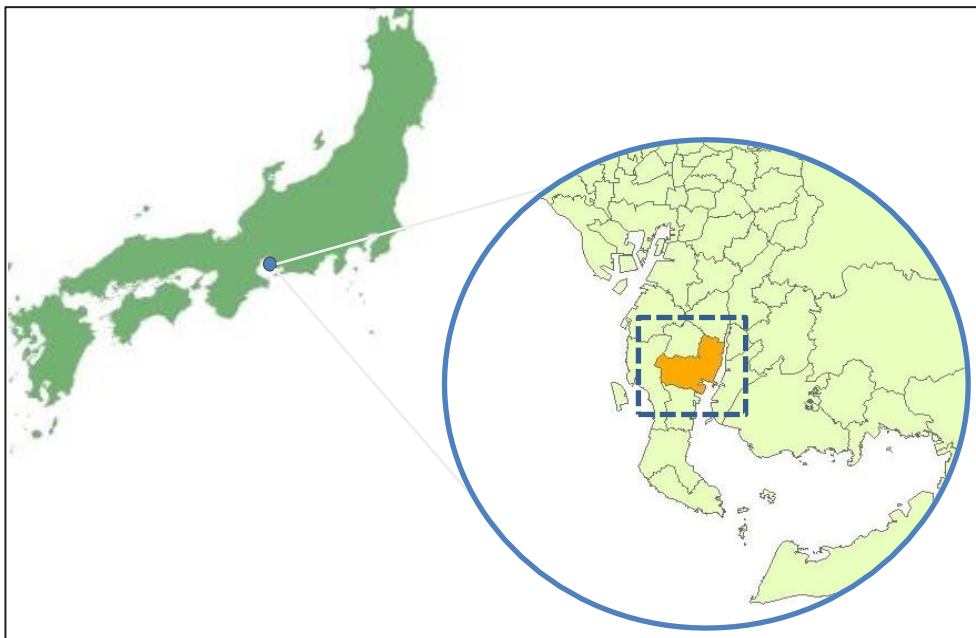


図2 半田市の位置

- 面積：47.42 km²
- 人口：117,385人（53,009世帯）【R5.8.1時点】
- 歳入
 - ・市税：227億1,383万円
 - ・固定資産税：110億9,982万円
 - ・都市計画税：18億3,571万円

表1 半田市の固定資産税の概要

	納税義務者数	筆数・棟数	課税筆数・棟数	年間異動数	担当職員
土地	37,534人	114,171筆	80,622筆	約2000筆	7人
家屋	37,146人	57,670棟	57,481棟	約1500棟	8人

■全国及び愛知県における実地調査の現状

前提として、実地調査については地方税法第 408 条において、「市町村長は、固定資産評価員又は固定資産評価補助員に当該市町村所在の固定資産の状況を毎年少なくとも一回実地に調査させなければならない」と規定されています。これは強行規定ではなく訓示規定とされており、固定資産の現況（異動状況）を知り得る程度に行うことができれば、現地に赴き、土地・建物を人の目で確認することまでは求められていません。

また、「航空写真を活用した固定資産の現況調査の推進について（平成 5 年 6 月 22 日付け自治評第 26 号自治省税務局資産評価室長通知）」により、航空写真を活用することが最も優れた方法であり、事務の合理化及び予算の効率的執行の観点から、複数の自治体が共同して航空写真撮影を行うことが望ましいと考えられてきました。

他調査では、図 3 に示すとおり、全国に対して平成 30 年度に行われた国土交通省の航空写真調査があり、撮影頻度が「3 年に 1 回」が 44.6%と多く占めており、「毎年撮影」は全体の 10.4%との結果でした。

なお、撮影周期について令和 5 年度に愛知県内の全 54 市町村に対してヒアリングを行った結果、これについても「3 年に 1 回」が全体の 50%で最も多いことが分かり、「毎年撮影」は 13 自治体で 24.1%との結果が出ました。傾向としては、規模が小さい自治体ほど毎年撮影できていませんでした。また、ヒアリングの中で毎年撮影したいという声は多く挙がりましたが、財源が確保できないために、逆に撮影周期が延びてしまう自治体もありました。

全国や直近の愛知県内だけを見ても、効率的である航空写真では毎年 1 回の撮影ができず、異動状況の把握が満足に行えていないことが分かります。

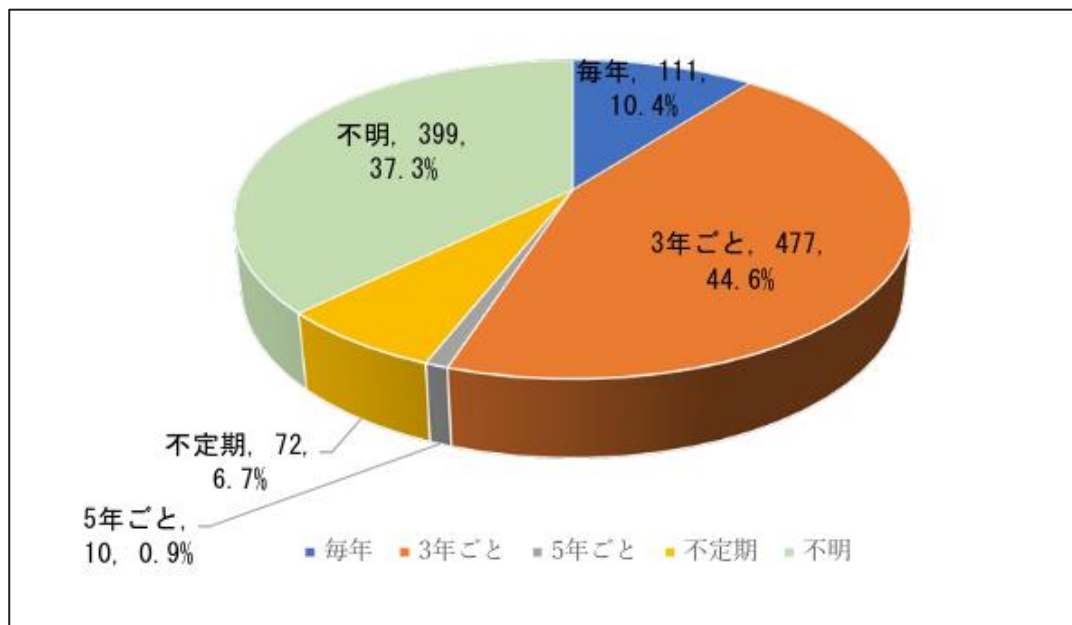


図 3 航空写真の撮影周期

出典：国土交通省（2018）固定資産税調査用空中写真撮影の実態に関する調査業務

■半田市における実地調査の現状と課題

これまで半田市では航空写真を3年に1回撮影し、この写真を使用して職員が目視により3年前との比較を行い、実地調査を行っていました。また毎年、税務通知、農地転用、建築確認申請、納税者からの問い合わせ、さらには山林伐採届や建設リサイクル法による届出などにより、固定資産の異動把握に努めてきました。

しかし、本調査に基づいた固定資産評価により納税通知書を送付したところ、賦課期日時点で既に「土地利用を変更している」「建物を取り壊している」など現況異動に関する問い合わせが多く寄せられました。原因としては、市内全域調査が十分に行えていないことでしたが、撮影年度の翌年度であれば上記の問い合わせが無い、というわけではなく、実際は目視確認であるために確認漏れも発生していました。

また、納税者から現年度もしくは過年度に対して「現況を変更したため課税を修正してほしい」との申し出があった場合は、原則、賦課期日時点の状況が分かる根拠資料（取壊し証明など）を求め、無い場合については改めて実地調査を行った翌年度からの修正としています。この際、ほとんどの納税者は資料を保有していないため、対応に苦慮する場面が多くありました。

以上を踏まえた上で、実地調査について改善の余地があると考え、毎年、市内全域の異動状況の把握を行うとともに、極力職員の負担を増やさずに低コストで実施できる方法について検討を始めました。

表2 半田市における実地調査の現状と課題

- 市内全域の異動状況を「毎年全て」把握できていない
- 「住民や企業からの現況変更申し出」に基づき修正されている
- 目視による異動状況の把握では、職員の「主観的判断による偏り」あり
- 職員で見回りを行うも職員数の減少により「持続的な運用が困難」
- 賦課期日時点の根拠資料不足により「納税者からの信頼を失う」

■衛星画像による異動判読の構築に向けて

表3に示すとおり、多くの航測会社様にご協力いただき、固定資産の異動を把握する様々な手法をご紹介していただきました。

一般的には、航空写真を毎年撮影したうえで、1年間の差分解析も委託することがベストではありましたが、半田市の規模では航空写真だけでも1回あたり約800万円であり、差分解析も委託するとコスト負担が大きすぎたため、別手法を検討しました。

他手法を検討した際、MMS（モバイルマッピングシステム）では道路面からしか情報を取得できないため全域調査に向かず、ドローンにおいては検討段階では本市がD I D地区内のため、許可申請が下りない可能性が高く、また、持続的な運用は困難であるとの結論に至りました。このように、費用対効果や持続的な運用が可能かどうかという視点で検討を行った結果、最終的に衛星画像を活用することとしました。

衛星画像に決めた理由は、航空写真よりは解像度が落ちるものの格段に安価であることから1年間の中で複数枚取得可能であり、準リアルタイムで市内全域の定期観測ができると考えたからです。

表 3 異動把握の手法検討

	全域調査が可能か	金額は高くないか	持続可能か
航空写真	○	△	○
衛星画像	○	○	○
MMS	△	△	×
ドローン	△	○	△
職員調査	○	△	△
業務委託	○	×	○

■使用する衛星の選択

現在打上げられている衛星は数多くありますが、固定資産調査として利用するためには、衛星画像で地上の土地被覆状況が分かること（高解像度であること）、定期的に観測が可能であることが重要であると考えました。

上記要件を考慮した結果、表 4 に示すとおり、高解像度（50cm 以下）の可視（RGB）及び近赤外画像が取得可能な光学衛星が複数ありました。また、Pleiades 衛星では定期観測用の観測プランがあり、半田市全域（47.42km²）を 1 回 17 万円程度の低価格で衛星画像を取得できることが分かりました。

このため、半田市では Pleiades 衛星を用い、家屋や土地の異動状況を迅速に把握するため 2 か月に 1 回の間隔（年間 6 回）で定期観測することとしました。

表 4 高解像度画像が取得可能な衛星情報一覧

衛星	事業者	解像度	概算価格（当時）
WorldView-3, 4	Maxar Technologies （米国）	30cm	¥1,840,000
WorldView-2 GeoEye-1	Maxar Technologies （米国）	40cm	¥520,000
WorldView-1	Maxar Technologies （米国）	50cm	¥420,000
Pleiades	AirBus （仏国）	50cm	¥168,000

■航空写真との比較

従来、固定資産調査に使用してきた航空写真との相違を確認するために、航空写真と衛星画像を比較しました。

その結果、図 4 に示すとおり、従来の 10～20cm 解像度で撮影される航空写真と比較して、50cm 解像度の衛星画像では再現性が劣り、少しぼやけたような画像であることが確認されました。これは単に解像度の違いだけではなく、高解像度の衛星画像では通常パンシャープ処理（高解像度化のための合成処理）等の画像処理が施されており、航空写真のような鮮明さは得られにくいことが原因と考えられます。

ただし、衛星画像でも家屋や植生、道路等の外観状況は確認可能であり、固定資産調査（異動判読）のために使用することは可能であると判断しました。



図 4 航空写真と衛星画像の比較

■衛星画像を用いた異動判読作業について

半田市では、昨年度に「衛星画像解析による地目判読業務委託」（3 年間の債務負担）を発注し、当該業務を「中日本航空株式会社 様」が受注しました。この業務の中で昨年度構築した衛星画像を用いた異動判読作業の工程を図 5 に示します。

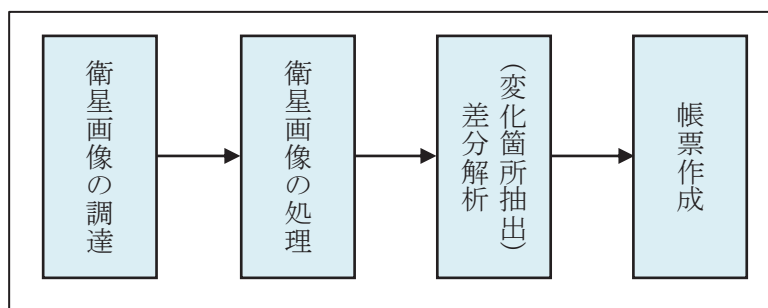


図 5 衛星画像を用いた異動判読の作業フロー

以下では、昨年度実施した事例をもとに、上記工程ごとの作業内容を詳述します。

■衛星画像の調達

表 5 に示すとおり、昨年度は年 6 回の衛星画像を取得しました。なお、衛星画像を購入する際は、通常、画像内に雲が一部含まれていても購入するという条件が定められており、今回は雲量 10%以下としました。

衛星観測は、2022 年 5 月から 2 か月ごとに観測する予定で概ね計画通り実施できましたが、5 月は快晴日が少なく条件を満たす衛星画像を取得できなかったため、観測期間を延長して 6 月上旬に雲のない衛星画像を取得しました。

表 5 調達した衛星画像の観測諸元

データ調達計画	衛星画像データ調達			
観測依頼年月	観測年月日	雲量	入射角	備考
2022 年 5 月	2022 年 6 月 3 日	0.0%	11.0 度	快晴日が少なく観測期間を延長
2022 年 7 月	2022 年 7 月 25 日	8.0%	17.6 度	
2022 年 9 月	2022 年 9 月 7 日	2.6%	19.4 度	
2022 年 11 月	2022 年 11 月 5 日	0.0%	4.9 度	
2023 年 1 月	2023 年 1 月 9 日	0.0%	10.6 度	
2023 年 3 月	2023 年 3 月 3 日	0.0%	12.0 度	

■衛星画像の処理

調達した衛星画像は、半田市全域が 4 つに分割（タイル化）されたデータファイルで提供されたため、これらのデータを 1 ファイル（オリジナルデータ）に結合処理しました。また、オリジナルデータのファイル構造は、16bit 型の 4 バンドデータであり、このままでは汎用的なビューワーソフト等で確認ができないため、一般的な画像データ構造（8bit 型 3 バンドレイヤ構造）の TIFF 形式（位置情報を含む）に変換しました。

これらのデータは観測後すぐに確認できるため、現況の土地被覆状況を迅速に把握したり、住民からの問い合わせの際などで使用したりすることができます。

表 6 衛星画像の処理データファイル情報

ファイル内容	ファイル形式	バンド数	解像度	データ型
オリジナルデータ	TIFF 形式	4 バンド (R/G/B/IR)	50 cm	16bit Unsigned Integer
トゥルーカラー画像	TIFF 形式	3 バンド (R/G/B)	50 cm	8bit Unsigned Integer
フォルスカラー画像	TIFF 形式	3 バンド (IR/R/G)	50 cm	8bit Unsigned Integer

■差分解析（変化箇所抽出）

【作業手順】

調達した衛星画像（オリジナルデータ）をもとに、直近で観測された画像と 2 か月前に観測された画像で差分解析しました。作業の処理手順を以下に示します。

なお、衛星画像では家屋以外の土地の利用状況を詳細に把握することは難しい場合があります。このため、本解析では地番図を使用して土地被覆の状況が変化した地番（地目変化候補箇所）を特定することを目的としています。

- ① 使用する 2 時期の衛星画像の輝度値を合わせるために、輝度補正を行う。
- ② 最新の地番図（ポリゴンデータ）と HSV 色空間に変換した衛星画像を用いて、1 筆単位でその範囲内に含まれる衛星画像の色情報（H：色相、S：彩度、V：明度）の平均値を集計する。なお、陰影部は計算範囲から除く。
- ③ 集計した 2 時期の色情報（HSV 平均値）を用いて、解析指標値となる HSV 距離を算出する。

$$HSV \text{ 距離} = \sqrt{(u1 - u2)^2 + (r1 - r2)^2 + (v1 - v2)^2}$$

ここで $ui = \cos Hi \times Si$ 、 $ri = \sin Hi \times Si$ 、 $vi = Vi$

（H=色相、S=彩度、V=明度、i=1 は 1 時期目、i=2 は 2 時期目のデータを代入）

- ④ 解析指標値（HSV 距離）が大きいほど色の変化が大きく地目に変化している可能性が高いことを示しており、HSV 距離が一定以上の地番を抽出する。
- ⑤ 目視確認でも判読できないような面積が極めて小さい地番は、抽出結果から除外する（面積 10 m²以下）。
- ⑥ 田んぼ等の自然な植生変化による過剰抽出を軽減するために、NDVI（植生指数）計算により抽出された植生変化箇所は、抽出結果から除外する。
- ⑦ 前工程までの自動処理された抽出結果に対して、2 時期の衛星画像を目視確認し、明らかな誤抽出結果を除外する。
- ⑧ 抽出した地目変化の候補箇所に対して、目視確認で推定される土地被覆の変化状況を分類する。分類項目は、新築、滅失、改築、その他の 4 項目とする。

【解析結果】

差分解析処理で得られた抽出結果を表 7 に、抽出された箇所（地番）の衛星画像を図 6～図 8 に示します。

本結果より、各時期 200～400 筆程度の地目変化の候補箇所が確認されました。また、解析した全期間では合計 1,440 筆となり、その内半数程度は家屋異動（新築、滅失、改築）の可能性が高いことが確認されました。

表 7 差分解析結果

解析時期	2022 年 6 月-7 月	2022 年 7 月-9 月	2022 年 9 月-11 月	2022 年 11 月-2023 年 1 月	2023 年 1 月-2023 年 3 月	全期間 の合計
新築	52	56	66	107	72	353
滅失	37	29	56	39	67	228
改築	0	0	1	2	1	4
その他	121	102	195	233	204	855
合計	210	187	318	381	344	1,440

【抽出事例】

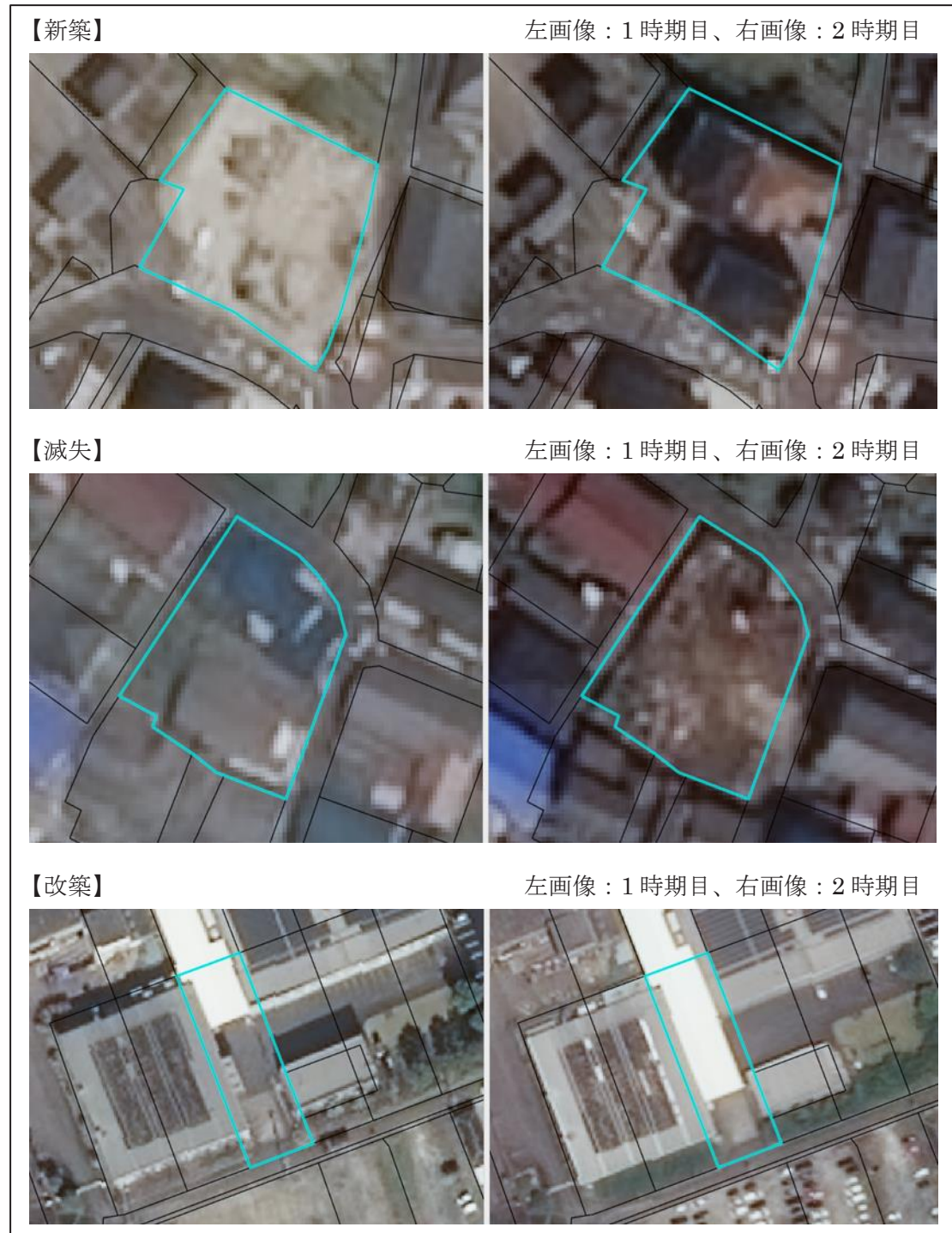


図 6 抽出事例（新築、滅失、改築）

【抽出事例】

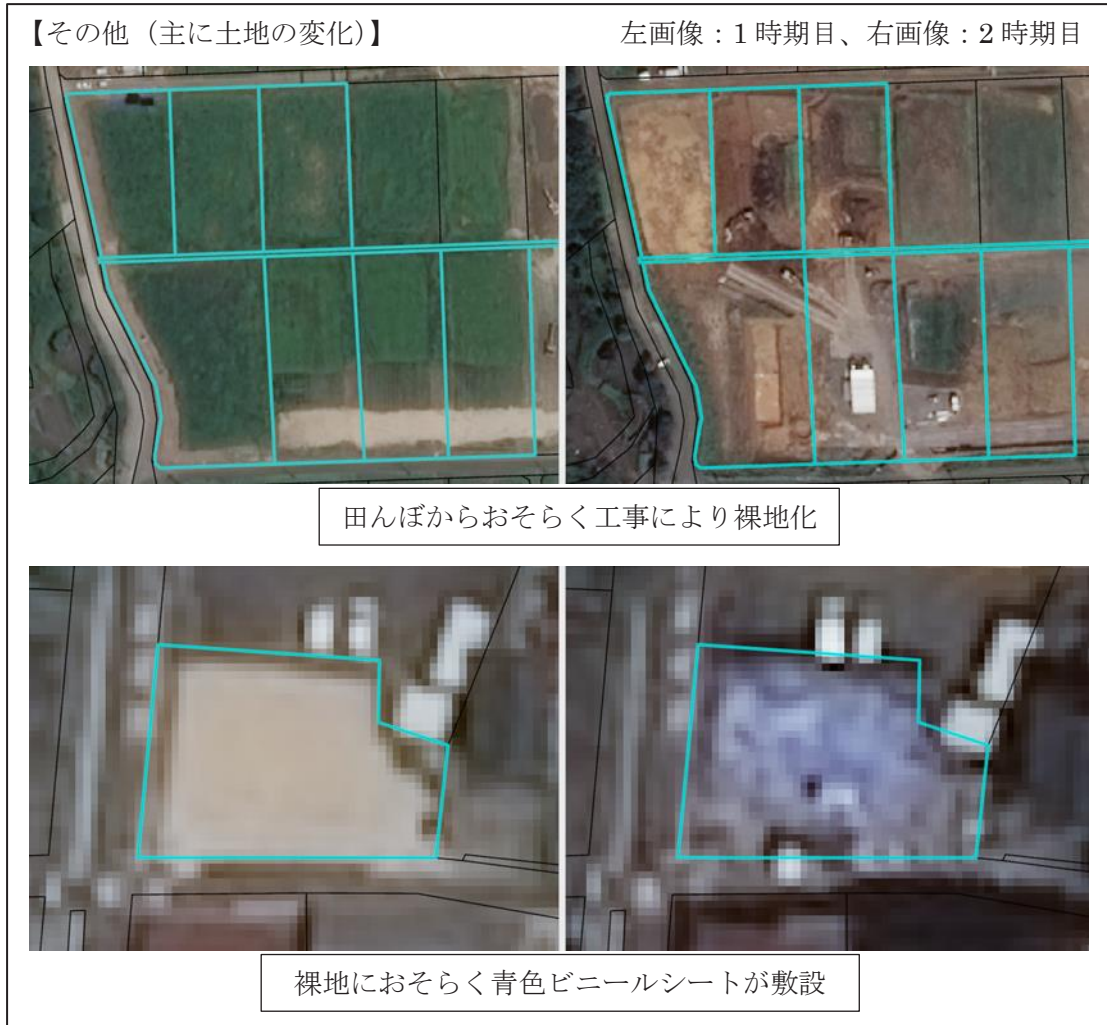


図 7 抽出事例（その他）

【抽出事例】

以下に示す地域では、家屋の新築や滅失が繰り返されている様子が一目で分かり、その異動時期を2か月単位で把握できることが確認されました。このように高頻度に衛星画像を取得することで、航空写真と比べて解像度は劣りますが、地目変化の状況や異動時期を効率的かつ効果的に把握することができ、課税根拠の基礎データや住民への説明資料として有用な情報となることが期待されます。

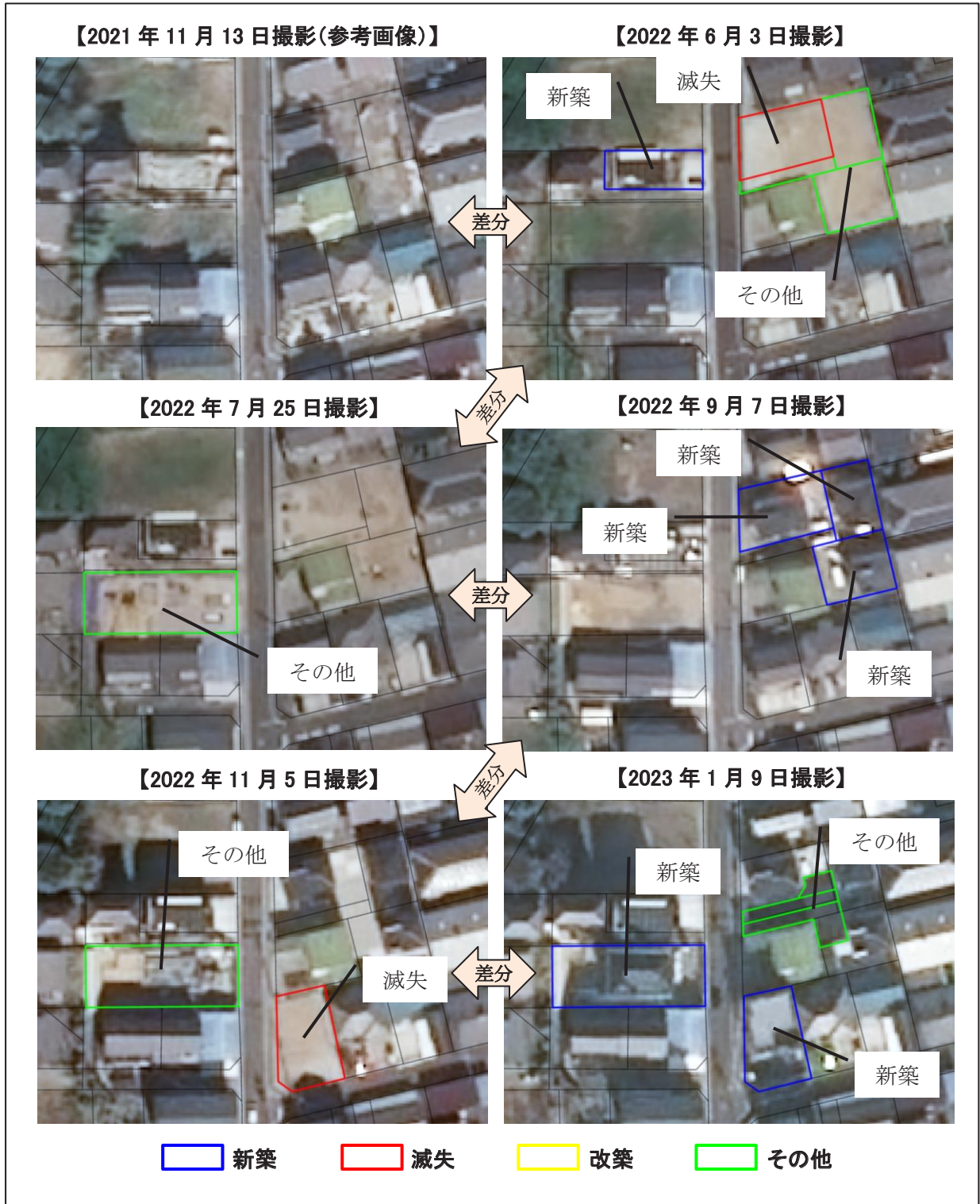


図8 抽出事例（地目異動が頻発している地域）

【精度検証】

本手法による解析結果の抽出精度を検証するために、目視判読結果と比較して、抽出率を確認しました。なお、衛星画像による目視判読のみでは、土地の利用状況を表す地目を正確に判定することは困難であるため、主に土地被覆が変化した可能性がある箇所を変化箇所としました。

精度検証結果を表 8 に示します。本結果より、各時期において約 82～89%の抽出率で地目変化の候補箇所が捉えられました。また、地目変化の可能性が高い家屋異動（新築・滅失・改築）のみを対象にした場合では、約 89～94%とさらに高精度に抽出されていることが確認されました。

一方、抽出漏れは、土地区画が未整理で地番ポリゴンが土地現況と整合していない場合、比較的面積の大きい地番ポリゴン内の一部分のみが変化している場合、地番ポリゴン内の色（平均値）が酷似している場合等で確認されました。これらの抽出漏れは、地番ポリゴン内の色変化を捉える本解析手法において完全に無くすことは困難ですが、今後解析手法の改善等を行い、より抽出漏れを低減することを検討していきたいと考えています。

なお、本手法の自動処理工程までの抽出数は、表 8（下段）にあるとおり各時期約 4,000～25,000 筆ですが、半田市全域の地番数は約 11 万筆あります。このため、自動処理による判読作業でも、若干の抽出漏れは生じますが、すべてを目視判読した場合と比較して約 77～96%効率化できることが確認されました。また、自動処理後の目視確認は業務請負業者が行うため、半田市職員が確認する必要がある地番は各時期約 200～400 筆と半田市全体の約 0.2～0.4%であり、異動判読作業にかかる職員の負担を大幅に軽減できることが分かりました。

表 8 抽出精度検証結果

解析時期	2022年 6月-7月	2022年 7月-9月	2022年 9月-11月	2022年11月 -2023年1月	2023年1月 -2023年3月
目視抽出	230	210	325	330	380
解析抽出	210	187	318	381	344
解析抽出 正解	189	170	288	281	327
抽出率	82.17%	80.95%	88.62%	85.15%	86.05%
家屋異動のみを対象とした場合					
目視抽出	99	98	131	166	155
解析抽出 正解	89	87	123	148	140
抽出率	89.90%	88.78%	93.89%	89.16%	90.32%
(参考) 目視確認前の自動処理工程までの処理結果					
解析抽出 総数	3,966	20,194	24,654	15,079	13,049

■帳票作成

差分解析により抽出された地目変化候補箇所については、図 9 に示すとおり、各時期 1 筆単位で帳票データ（PDF 形式）を作成し、固定資産調査（現況地目の特定）の重要な情報の 1 つとして活用しています。



地目変化箇所			
抽出ID		2206-2207-00001	
●住所			
所在地	[REDACTED]		
●地番図属性情報			
市街化区分	市街化区域	MSTKEY	103000200130002001
課税地目名	宅地	課税区分	課税
●解析結果（2時期の衛星画像による地目変化解析）			
1時期目	2022年6月3日撮影	2時期目	2022年7月25日撮影
判読結果	新築	解析指標値 (HSV距離)	53.74
●判読地点（赤色枠：対象箇所、黄色枠：その他変化箇所、2時期目 2022年7月25日撮影）			
			
●参考（左：1時期目 2022年6月3日撮影、右：2021年11月13日撮影）			
			

図 9 帳票サンプル

■衛星画像解析による異動把握に基づいた成果

本差分解析については、手法検討や精度向上に時間を要したため令和4年度は全域調査が間に合わないと判断し、「市街化調整区域の土地」に絞って調査を行いました。

差分解析処理で得られた成果については、課税している約80,000筆に対して、中日本航空様から納品いただいた異動判読箇所が各時期で約200筆～400筆となっています。再度税務課で机上調査や実地調査を行った結果、53筆の土地に対して課税修正を行い、結果として約200万円の税収増となりました。

表9 課税地目の修正

変更前課税地目	変更後課税地目				
	雑種地	宅地	田	畑	農業用施設
田	12	2		5	2
畑	10	2			
原野	5				
山林	11		4		
計	38	4	4	5	2

■まとめ

□衛星画像を活用した成果

- 衛星画像のみでも、家屋や土地の外観状況は目視で確認可能
- 1年間に複数枚取得可能であり、準リアルタイムで市内全域の変化が把握可能
- マンパワーに頼らず、異動している可能性がある箇所のみ絞り実地調査を行うため、業務の効率化に繋がる
- 市内全域の一律調査であるため、課税の適正化や公平化に繋がる

□導入に向けた課題点

- 面積の大きい土地の一部分のみが変化している場合や、建替えなどでも画像の色が酷似している場合では抽出漏れの可能性あり
- 航空写真のようにオルソ画像を作成しないため、高層ビルが密集している地域では建物の倒れ込みにより、本市と同様の効果が得られない可能性あり

□今後に向けた取り組み

- 令和4年度で計6枚の衛星画像を取得して差分解析をしたため、同時期に撮影した令和5年度との1年間隔の差分解析を実施して効果検証を行う
- 衛星画像に対してAIを活用し、土地・家屋の異動状況の絞り込みを行う
- 農業分野や都市計画、防災分野でも活用を検討中

■半田市における土地評価の今後

図 10 に示すとおり、本市ではマンパワーに頼らず、人間（職員）の手作業・判断を「極力排除」したシステム構成や意思決定を行う上での「根拠」を明確に示すことができるように仕組みを構築しており、今回は時間の都合上、その中の衛星画像についてご紹介させていただきます。

本衛星画像の取り組み以外については、主に平成 31 年度に構築した固定資産GISがあります。これには、画地認定候補の表示や所要の補正の自動取得、画地計測の自動化の機能を構築しており、限りなく少ない工数で評価フローに沿って土地評価を行えます。また、この計測結果については RPA を介して入力することにより、ヒューマンエラーによる誤入力を防止しています。

その他には、日本土地評価システム株式会社 様と名古屋大学大学院情報政策学科 様、中部大学工学部 様との AI を活用した土地地目判読等の精度向上や実地調査の効率化なども進めており、ここにも本衛星画像を使用していきます。これが実務で活用できることになれば、業務の大幅な効率化により職員負担の軽減に繋げることができると考えています。

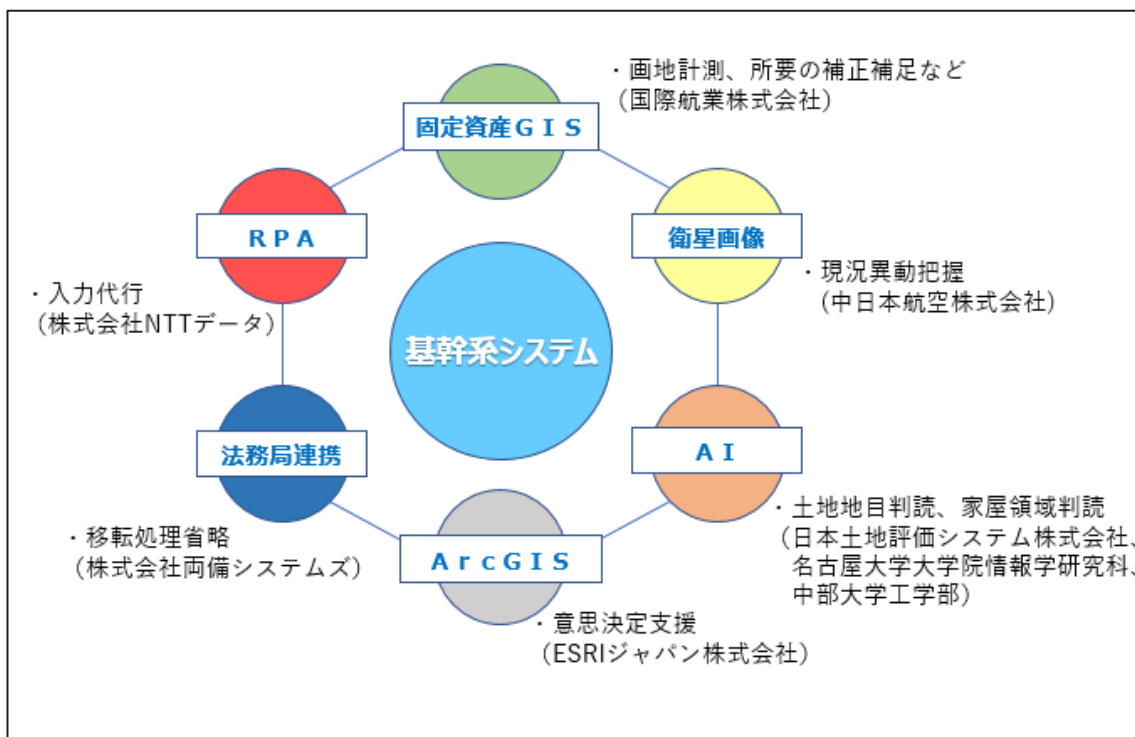


図 10 半田市システム構成

■おわりに

数ある税金の中でも賦課課税方式を採用している固定資産税は、申告課税方式の諸税と比べても、納税者の方にとっては内容が分かりづらい税金の1つだと思います。また、3年間隔で行われる評価替えや、適正な評価額を算出するための複雑な評価方法は、職員にとっても理解に時間を要します。

固定資産評価を行う私たち税務課の職員が、納税者への説明責任を果たし、課税に対する信頼確保に努めるためには、根拠資料の整備が必要不可欠です。今回の衛星画像の活用には、評価の基礎となる地方税法第408条（実地調査）の実現を後押しする取り組みであり、これが課税の適正化、職員負担の軽減に繋がるとともに、納税者への信頼確保にも繋がっていくことであると実感しています。

固定資産税分野での衛星画像活用は全国にも前例がない中でのチャレンジではありましたが、周りに支えられながら実現できることとなりました。これからも固定資産分野で活用されていなかった技術や前例がない方法にも着目しながら、精度が高く効率的な確認作業が実施できるように努めていきます。

本稿が全国の固定資産評価担当の一助になることを祈念して、括りとさせていただきます。

■本研究発表に関するお問い合わせ先

半田市役所 総務部税務課 土地担当
神谷 知己
TEL（代表）：0569-21-3111（内線267）
Mail（代表）：zeimu@city.handa.lg.jp
Mail（個人）：kamiya-t4979@city.handa.lg.jp

中日本航空株式会社 調査測量事業本部 技術部
コンサルタント統括 環境グループ
宇野女 草太
TEL（代表）：0568-28-4851
Mail（代表）：nagoyashiten@nnk.co.jp
Mail（個人）：souta.unome@nnk.co.jp