

# デジタル航空センサー ADS40 による オルソ画像を用いた耕作放棄田の把握

福本昌人\*・吉迫 宏\*・小川茂男\*\*

## 目 次

I 緒 言	307	3 耕作放棄田の判読性	310
II 調査方法	308	IV 考察	313
1 調査地域	308	1 耕作放棄田の判読性の整理	313
2 ADS40 による航空撮影	308	2 オルソ画像による現地調査の省力化	313
3 現地踏査	308	3 活用可能なオルソ画像	314
4 オルソ画像の目視判読	308	4 オルソ画像プリントの活用	315
III 調査結果	308	V 結 言	315
1 転作田の判読性	308	参考文献	316
2 不作付田の判読性	309	Summary	317

## I 緒 言

農林水産省は、耕作放棄地の解消を図るため、耕作放棄地全体調査と呼ばれる現地調査を市町村・農業委員会を通じて2008年度に全国規模で実施した。この調査は、市町村全域のすべての農地を踏査し、耕作放棄地の位置と状況を一筆毎に把握するものである。この調査で「農地」と判断された耕作放棄地は営農再開や保全管理（草刈り、耕起等）が求められ、その実施を確認する追跡調査が行われることになっている。しかし、その実施が確認されても、その後再び耕作放棄地になる可能性がある。また、2008年度には耕作放棄地でなかった農地が新たに耕作放棄地になる可能性もある。このため将来、再度、現地調査を行う必要が生じると考えられる。しかし、現地調査は多大な労力を要し、容易には実施できないため、現地調査の省力化が喫緊の課題となっている。

耕作放棄地の現地調査の省力化を図る方法として、衛星画像や航空撮影画像の利用が考えられる。これらを用いた水田利用状況の把握可能性の調査（福本，2004）が、農林水産省の行政対応特別研究「中山間地域等の農地基盤の適正管理のための情報管理分析システムの開発（2000～2002年度）」で行われた。その調査では、衛星

画像については、IKONOS衛星データを利用し、画像分類に基づいて区画単位で水田利用の判別が行われ、耕作放棄田の正答率は80%であったと報告されている。また、航空撮影画像については、デジタル航空センサーADS40によるオルソ画像（正射投影画像）を利用し、目視判読により水田利用の識別が行われ、耕作放棄田の識別可能率は78%であったと報告されている。

このように衛星画像や航空撮影画像のみでは耕作放棄田を100%近い精度で把握することはできないが、衛星画像や航空撮影画像は、耕作放棄地の現地調査において、踏査を要する水田の事前の絞り込み（スクリーニング）に用いることができると考えられる。しかし、そのような利用に関する研究はこれまでに行われていない。そこで、本研究では、上記の調査で取得したADS40によるオルソ画像を用いて耕作放棄田等の目視判読性を雑草タイプ等の面から詳細に検討し、航空撮影画像を用いた耕作放棄田の調査手法を事例的に提案する。なお、耕作放棄地の現地調査のためだけに航空撮影を行うことはコスト的に難しいが、別途、水土里情報活用促進事業等により、地理情報システム（GIS）データの整備・更新のために最新のオルソ画像が作成されていれば、そのオルソ画像を現地調査に利用することができる。また、ここでは目視判読はパソコンのディスプレイにオルソ画像を表示して行うが、オルソ画像のプリントも現地調査において有用であることから、そのオルソ画像プリントの活用についても述べる。

\* 農地・水資源部土地資源研究室

\*\* 農地・水資源部

平成21年12月9日受理

キーワード：ADS40, 航空撮影, オルソ画像, 目視判読, 耕作放棄地, 水田利用状況

## II 調査方法

### 1 調査地域

調査地域は福島県の旧東和町（現二本松市）である。同町は阿武隈山系の起伏の激しい中山間地に位置し、水田の多くは谷間に立地している。2000年農林業センサスによると、田の経営耕地面積は550ha、田の耕作放棄地面積は70ha（耕作放棄地率は11%）である。また、2000年度の生産調整実績データ（東和町、2000）によると、転作作物の作付面積は57haで、その約50%を大豆（16ha）と永年性牧草（13ha）が占めている。調整水田（作付けは行われていないが、水張りが行われている水田）の面積は14haであり、自己保全管理水田（作付けや水張りは行われていないが、草刈りや耕起が年に1～2回程度行われている水田）の面積は136haである。

### 2 ADS40による航空撮影

水稻生育初期である2002年6月7日にデジタル航空センサーADS40による航空撮影（セスナ；飛行高度約2,000m）を行い、地上解像度20cmのオルソ画像を作成した。ADS40は、3ラインスキャナ、GPSおよびIMU（慣性計測装置）から構成され、Fig.1に示すように、前方視、直下視、後方視の3方向のパンクロマティック画像（白黒写真画像）、および直下視のマルチスペクトル画像（青、緑、赤、近赤外の計4バンド）をスキャニング方式により同時撮影する。オルソ画像の作成方法については、福本ら（2003b）の文献に記述している。なお、ADS40によるオルソ画像は、従来の航空写真撮影によるオルソ画像と比べて、①近赤外バンドのデータを有するため植生の識別が容易である、②11ビット（2048階調）のデータであるため陰影部でも地物を比較的明瞭に識別できる、③スキャニング方式による撮影のため飛行進行方向への建物や樹木等の倒れ込みがない、という特徴がある。

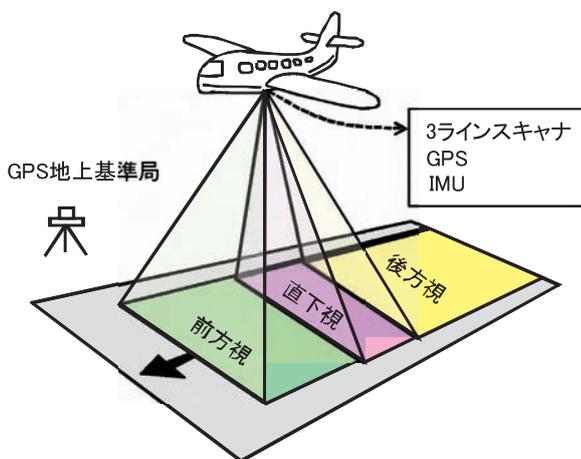


Fig.1 デジタル航空センサー ADS40の撮影概要  
Outline of photography by an ADS40 digital airborne sensor

### 3 現地踏査

航空撮影の1週間後の2002年6月14日に現地へ赴き、水稻作が行われていなかった131枚の水田を踏査した。踏査した水田の位置をFig.2に赤色の点で示す。踏査した水田は、現況から利用状況を判断し、転作田、不作付田および耕作放棄田に区分した。ここで、水稻以外の何らかの作付けが行われていた水田を転作田とした。また、転作田以外のうち、草刈りや耕起が行われていた自己保全管理水田や、水張りが行われていた調整水田等を不作付田とし、それ以外を耕作放棄田とした。草刈りや耕起が行われているか否かは、多年生の雑草の繁茂状態や、前年の草刈りの痕跡（切断された枯草）の有無を指標にして判定した。

### 4 オルソ画像の目視判読

ADS40によるオルソ画像をGISに取り込み、踏査した各水田の画像をディスプレイに順次、拡大表示して目視判読を行い、オルソ画像から利用区分（転作田、不作付田、耕作放棄田）がどの程度判読できるのかを調べた。オルソ画像は、可視域の青・緑・赤バンドのデータを用いてTrue Color（赤バンド、緑バンド、青バンドをそれぞれ赤色、緑色、青色に割り当て）で表示した。

## III 調査結果

踏査した131枚の水田のうち、27枚が転作田（うち21枚が大豆作）、69枚が不作付田（うち51枚が自己保全管理水田）、35枚が耕作放棄田に区分された。転作田の現地写真とオルソ画像をFig.3の〈1〉～〈6〉、不作付田の現地写真とオルソ画像をFig.4の〈7〉～〈15〉、耕作放棄田の現地写真とオルソ画像をFig.5の〈16〉～〈24〉に示し、各利用区分の判読性（目視）を以下に述べる。

#### 1 転作田の判読性

〈1〉と〈2〉は、大豆が作付けられていた水田である。出芽直後であり、地表面はほとんど裸地状態かつ乾燥していたため、画像は明るいクリーム色を呈する。〈1〉のように畝がある場合には、畝筋が画像上で認識できるので転作田であると判断できる。しかし、〈2〉のように畝がない場合には、〈8〉のような耕起直後の不作付田と区別できない。

〈3〉は、牧草のイタリアンライグラスが作付けられていた水田である。播種は前年秋に行われている。草丈の低い黄緑色のイタリアンライグラスが密に繁茂していたため、画像は一様に明るい黄緑色を呈する。草丈の低い黄緑色の越年生雑草（ヒメジョオン）が密に繁茂していた〈10〉や〈11〉のような不作付田とは区別できないが、耕作放棄田とは区別できる。

〈4〉は、永年性牧草のシロツメクサが作付けられてい

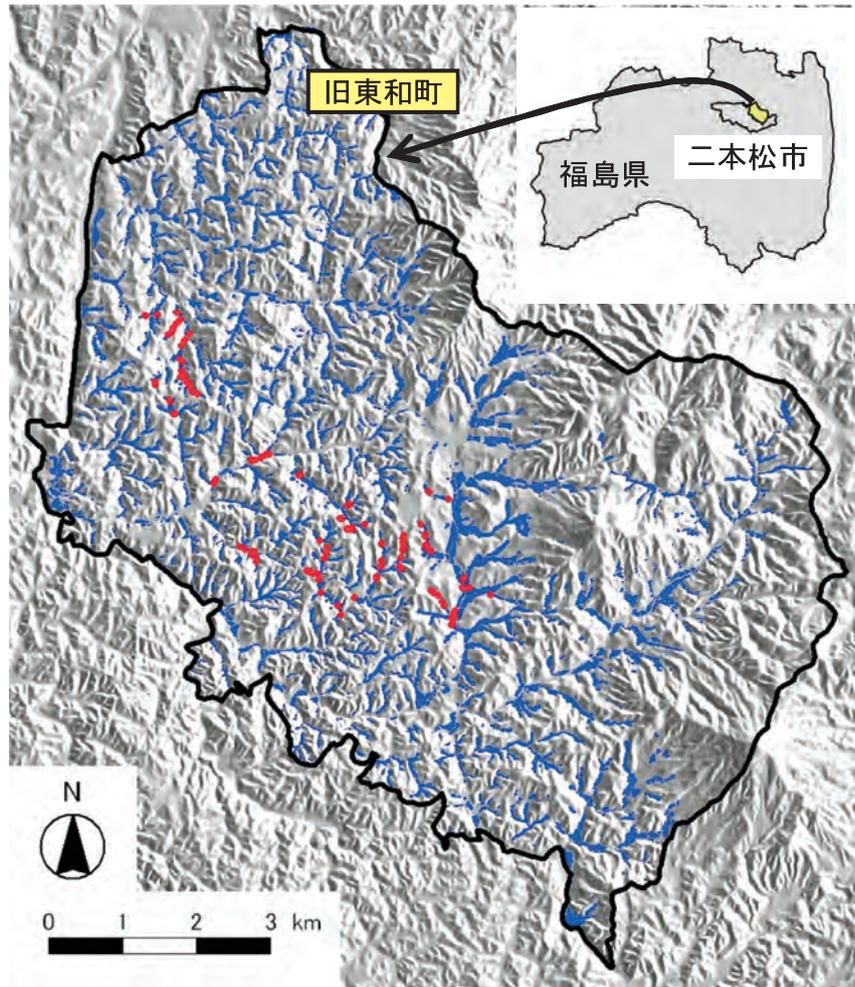


Fig.2 調査地域における水田の分布(青)と踏査した水田の位置(赤)  
Distribution (blue) of paddy fields and location (red) of surveyed paddy fields in study area

た水田である。画像上で植被の筋が認識できるので転作田であると判断できる。植被が筋状であるのは、大豆作付け時の畝跡が多少残った状態でシロツメクサが播種されたためと推察された。植被が筋状でない場合や、雑草が繁茂している場合には、不作付田や耕作放棄田との区別が難しいであろう。

〈5〉と〈6〉は、花木が作付けられていた水田である。〈5〉はサツキの花の赤色が画面で認識できるため転作田であると判断できる。〈6〉は耕作放棄田との区別が多少難しいが、画像が一様に濃い緑色を呈し独特であるので、作付けと画像との対応関係が明確になれば転作田であると判断できるであろう。

## 2 不作付田の判読性

〈7〉は、草刈りが行われて間もない自己保全管理水田である。枯草に起因して画像がざらついて見えるので不作付田であると判断できる。

〈8〉は、耕起直後の自己保全管理水田である。〈2〉のような出芽直後でかつ畝がない大豆作の転作田と区別できない。

〈9〉は、耕起が行われて少し時間が経ち、雑草が繁茂し始めていた自己保全管理水田である。画像上で植生が部分的に確認できるため、不作付田であると判断できる。

〈10〉と〈11〉は、草丈の低い黄緑色の越年生雑草(ヒメジョオン)が密に繁茂していた自己保全管理水田である。〈11〉の水田には、草丈の低い緑色の越年生雑草(アレチノギク等)も繁茂していた。〈3〉のようなイタリアンライグラス作の転作田とは区別できないが、耕作放棄田とは区別できる。

〈12〉は、ヨモギ、クズ等の地下茎で増える多年生雑草が侵入し、繁茂していた自己保全管理水田である。多年生雑草が繁茂していたのは、草刈りのみの管理が長年続いていたためと推察された。耕作放棄田との区別が難しい。

〈13〉は、水張りが行われていた調整水田である。水稻は生育初期であり、水稻作が行われていた水田(水稻作田)の植被率は8%程度で非常に小さかった。このため、現地写真では水稻作田との違いは明らかであるが、画像では水稻作田と区別できない。

〈14〉と〈15〉は、前年にそれぞれ調整水田、水稻作

田であったが、その後放置された不作付田である。調整水田であった〈14〉の水田は、水生雑草であるイの枯草で覆われている。いずれも発芽直後でかつ畝がない大豆作の転作田と区別がやや難しい。

### 3 耕作放棄田の判読性

〈16〉と〈17〉は、灌木が生えていた耕作放棄田である。灌木の樹冠が画像で認識できるので耕作放棄田であると容易に判断できる。

〈18〉～〈24〉は、灌木が生えていなかった耕作放棄

田である。繁茂していた多年草の雑草は、〈18〉と〈19〉がススキ（前年の枯草あり）、〈20〉と〈21〉がガマ（前年の枯草あり）、〈22〉がセイタカアワダチソウ、〈23〉がヨシ、〈24〉がクズである。地上で見ると植生が多いように見えるが、上空から見ると植生は比較的疎であり、画像の色調はかなりまだら（ランダムな明暗）である。画像の植被部の色が暗い緑の場合（〈19〉～〈22〉）には、耕作放棄田と判断できるが、明るい緑の場合（〈18〉、〈23〉、〈24〉）には、〈12〉のような多年生雑草が繁茂している不作付田との区別が難しい。

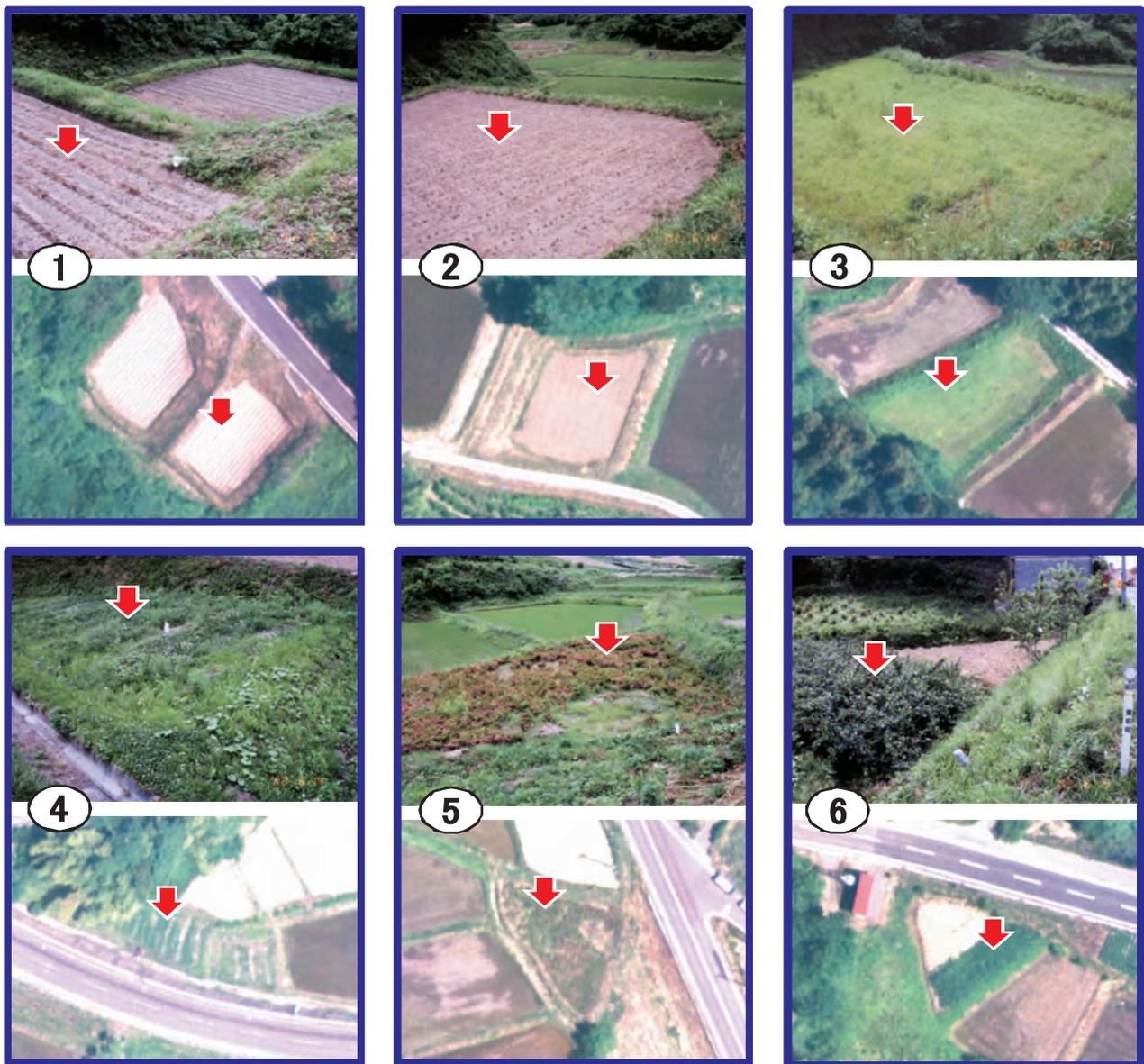


Fig.3 転作田の現地写真（上）とオルソ画像（下）  
On-site photographs (upper) and ortho images (lower) of fields planted with upland crops

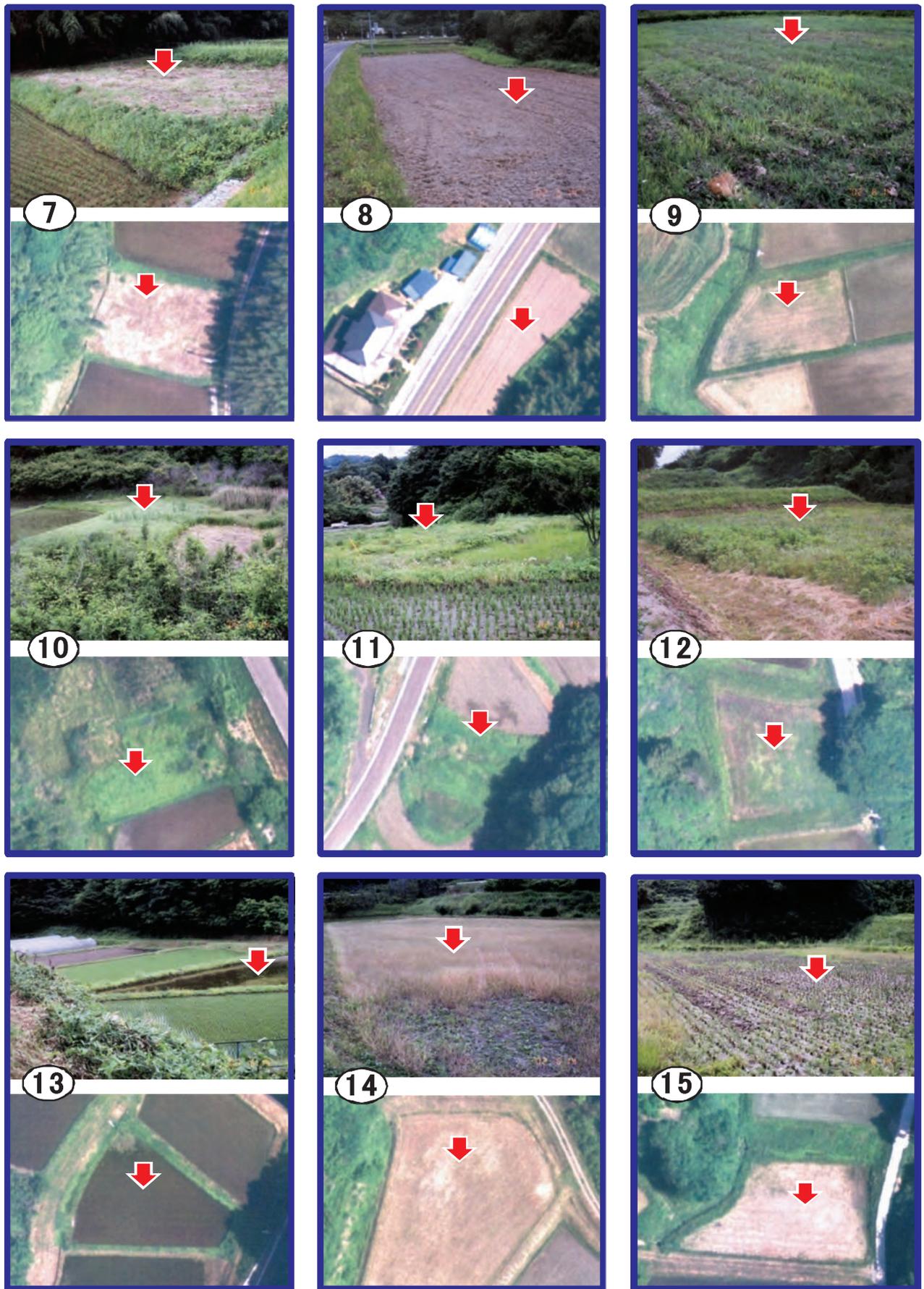


Fig.4 不作為田の現地写真（上）とオルソ画像（下）  
On-site photographs (upper) and ortho images (lower) of fallow fields

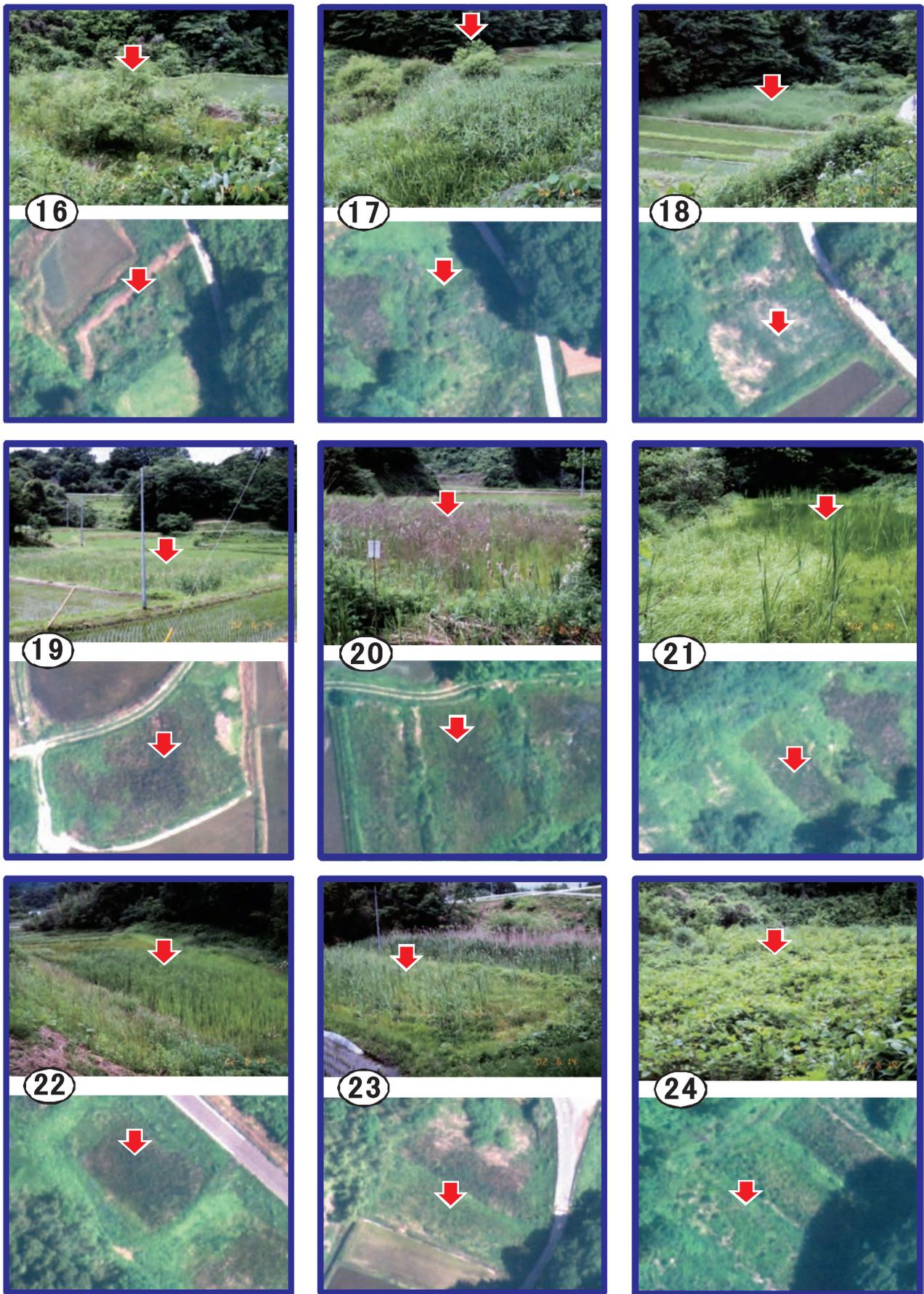


Fig.5 耕作放棄田の現地写真（上）とオルソ画像（下）  
On-site photographs (upper) and ortho images (lower) of abandoned fields

## IV 考察

### 1 耕作放棄田の判読性の整理

以上の結果より耕作放棄田の判読性をまとめると Fig.6 のようになる。水稻は生育初期、大豆は出芽直後であるため、水稻作田と大豆作の転作田には植被はほとんどない。また、不作付田のうち、草刈りや耕起が行われてからそれほど時間が経っていない自己保全管理水田や調整水田等にも植被はほとんどない。これらの水田は、画像に緑系の色つまり植被がほとんど見られないため、耕作放棄田ではないと判断することができる (Fig.6 の耕作放棄田以外①; 該当した踏査水田は 75 枚)。さらに、色調がまだらではなく、区画全体にわたって一様 (筋状を含む) である水田も耕作放棄田ではないと判断することができる (Fig.6 の耕作放棄田以外②; 該当した踏査水田は 11 枚)。

耕作放棄田については、灌木の樹冠らしきものが画像に認められれば、耕作放棄田であると容易に判断できる (Fig.6 の A; 該当した踏査水田は 3 枚)。また、画像の

色調がまだらで、かつ植被部が暗緑色であれば、耕作放棄田であると判断できる (Fig.6 の B; 該当した踏査水田は 20 枚)。しかし、画像の色調はまだらであるが、植被部が暗緑色でなければ、耕作放棄田であるかどうかは判断できない (Fig.6 の C; 該当した踏査水田は 22 枚、うち 12 枚が耕作放棄田)。すなわち、耕作放棄田である可能性があるが、多年生雑草が繁茂している不作付田 (自己保全管理水田)、あるいは、多年生雑草がかなり混入している永年牧草作の転作田である可能性もある。

### 2 オルソ画像による現地調査の省力化

ADS40 で撮影されたオルソ画像は Fig.7 のようにして耕作放棄田の現地調査に活用することができる。その調査手順は、①オルソ画像を目視判読して Fig.6 の A、B に該当する水田と Fig.6 の C に該当する水田を区別して抽出する、②前者の水田はこの時点で耕作放棄田と確定する、③後者の水田のみを現地踏査して耕作放棄田であるかどうかの現地確認を行う、というものである。このようにして調査を行えば、市町村全域の水田をくまなく

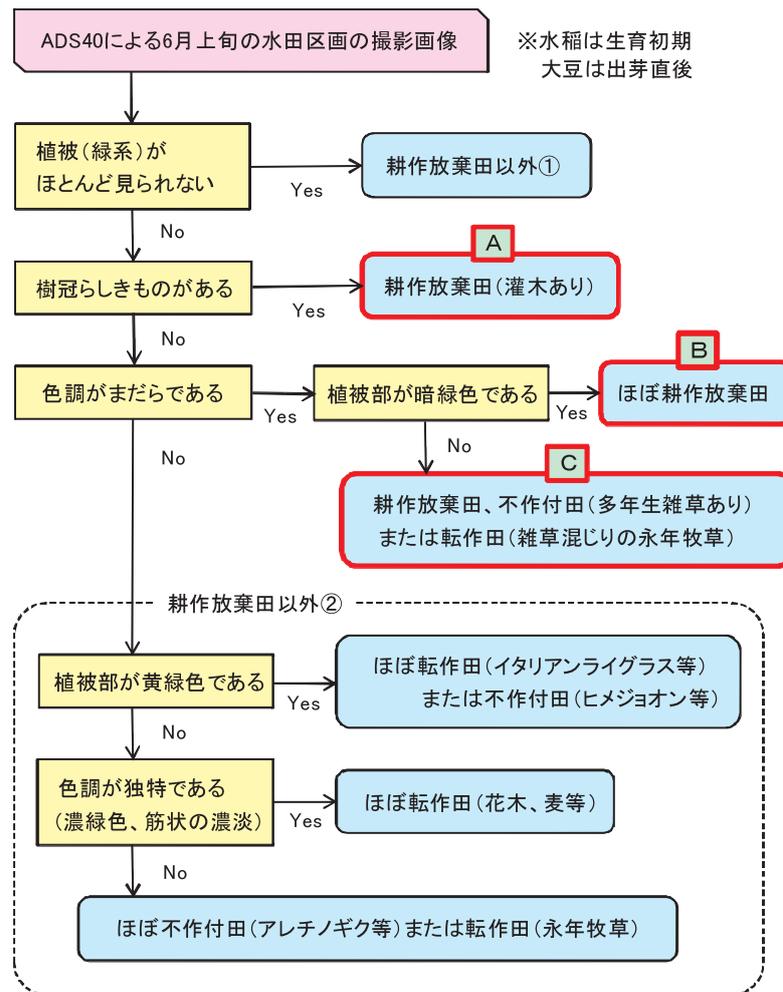


Fig.6 耕作放棄田の判読性  
Visual interpretation of abandoned fields using ortho images

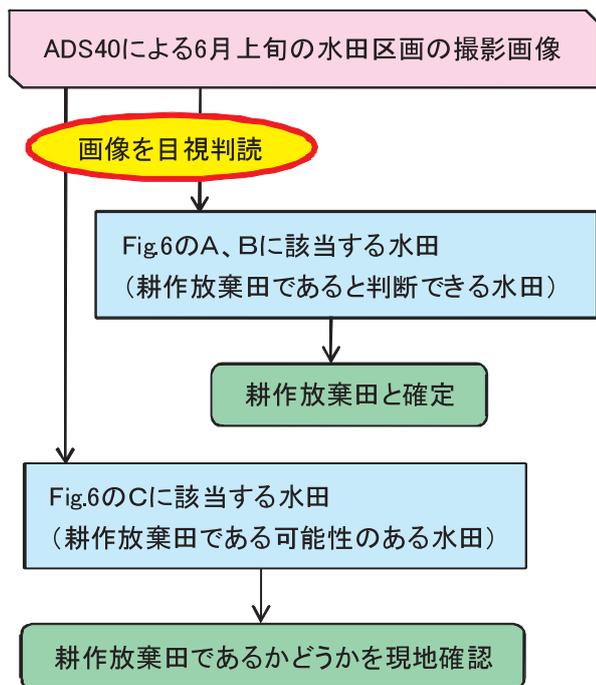


Fig.7 オルソ画像を用いた耕作放棄田の調査手順  
Investigation procedure of abandoned fields using ortho images

踏査する必要がなくなり、現地調査を省力化できる。

なお、水田団地全体が耕作放棄されて原野化しているために水田であるか林地であるかが画像から判断できない場合や、水田であるか畑であるかが画像から判断できない場合がある。そのような場合には、Fig.8のaに示すような地籍図の田データや、Fig.8のbに示すような1975年に撮影された航空写真のオルソ画像を参照すると良い。前者は、国土調査事業で整備された国土庁フォーマットのデータをGISのshapeファイル形式に変換し、田のみを抽出したものである。後者は、国土交通省のオルソ空中写真ダウンロードシステム (<http://orthophoto.mlit.go.jp/>) よりダウンロードしたものである。1974～1978年に撮影された全国（北海道の一部を除く）の航空写真のオルソ画像が同システムからダウンロードできる。

### 3 活用可能なオルソ画像

Fig.9のI～IVは、様々なオルソ画像を同じエリア（Fig.5の17, 18および21を含むエリア）で比較したものがある。

Iは、これまでに示してきたADS40による2002年6月7日撮影のTrue Colorのオルソ画像である。近赤外バンドのデータを用いてそれをFalse Color（近赤外バンド、赤バンド、緑バンドをそれぞれ赤色、緑色、青色に割り当て）で表示するとIIようになる。植生は近赤外の光を強く反射するので、False Colorで表示すると植被が際立つ画像になるが、True Colorで表示しても植被は十



Fig.8 地籍図の田データ (a; 黄色のポリゴン) と1975年撮影の航空写真オルソ画像 (b)  
Paddy field data (a; yellow polygon) of cadastral map and ortho image (b) of aerial photograph taken in 1975

分に認識することができた。すなわち、可視域の青・緑・赤バンドのデータがあれば十分であった。

IIIは、従来の航空写真撮影（撮影縮尺1/10,000）によるオルソ画像である。撮影日は2000年5月30日、地上解像度は25cmである。現地踏査の2年前に撮影されたものであるため判読性に関する調査は行っていないが、Iのオルソ画像と比較したところ、植被部の緑の発色はあまり鮮やかでないものの、灌木の樹冠を認識することができ、また植被の写り具合もほぼ同じであることから、このオルソ画像も耕作放棄田の現地調査に十分に活用できると考えられた。このオルソ画像は、中山間地域等直接支払制度の導入にあたって農林水産省の農地環境緊急対策事業で2000年に整備されたものである。現在は日本水土総合研究所の日本水土図鑑GIS (<http://www.nngis.jp/>) からダウンロードできる。

IVは、ADS40による2002年4月6日撮影のオルソ画像（True Color）である。耕作放棄田の雑草は枯れていて画像に緑系の色がほとんどないため、耕作放棄田の判読は困難である。すなわち、雑草が枯れている時期に撮影されたオルソ画像は、耕作放棄田の現地調査には活

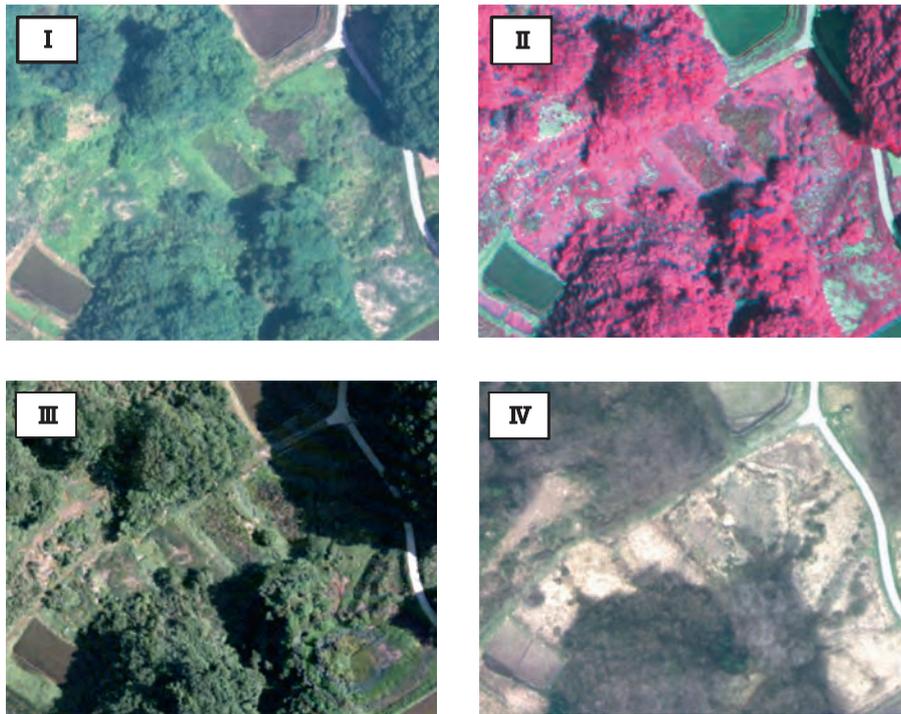


Fig.9 様々なオルソ画像の比較

(IはADS40による2002年6月7日撮影のTrue Colorのオルソ画像, IIはADS40による2002年6月7日撮影のFalse Colorのオルソ画像, IIIは航空写真撮影による2000年5月30日撮影のオルソ画像, IVはADS40による2002年4月6日撮影のTrue Colorのオルソ画像)

Comparison of various ortho images

(I is true color ortho image taken on June 7, 2002 with an ADS40 sensor; II is false color ortho image taken on June 7, 2002 with an ADS40 sensor; III is ortho image of aerial photograph taken on May 30, 2000; IV is true color ortho image taken on April 6, 2002 with an ADS40 sensor)

用できない。様々な時期に撮影されたオルソ画像の比較は行っていないが、水稲作田や大豆作の転作田が耕作放棄田と容易に区別できるという点で、田植え後から水稲生育初期までの時期（本調査地域では5月下旬～6月上旬）に撮影されたオルソ画像が耕作放棄田の判読に最も適していると考えられる。

#### 4 オルソ画像プリントの活用

Fig.10は、農地環境緊急対策事業で整備されたオルソ画像（Fig.9のIII）に地籍図の田データ（Fig.8のa）を重ねて表示した状態で図郭毎に1/5,000縮尺でA4紙に印刷し、各紙を住宅地図のように束ねたオルソ画像のプリントである。2002年当時、調査協力へのお礼として、旧東和町役場にこのオルソ画像プリントを2部（現地携帯用とカラーコピー用原本）提供したところ、水稲生産調整や中山間地域等直接支払制度等に関わる水田の毎年の現地確認において活用され、非常に重宝された。地籍図のプリントでは位置がわかりにくいので、それまでは役場担当者は地元の方に同行してもらって現地確認を行っていたが、オルソ画像プリントを携帯することにより、地元の方の同行がなくても現地確認ができるようになったとのことである。なお、2007年に旧東和町役場にその後の利用状況を問い合わせたところ、2004年に水稲生産調整の現地確認の事務が大幅に簡略化されたことも

あり、オルソ画像プリントの使用頻度はかなり少なくなったが、現在でも災害調査等で町内を巡回する際に携行することがある、という回答を得た。

近年、耕作放棄地や産業廃棄物の不法投棄等に関する農地パトロールが農業委員会により実施されている。特に中山間地域では、この農地パトロールの際に上記のようなオルソ画像プリントを携行すると、水田の位置や周辺状況が良く把握でき、非常に役立つと考えられる。2006年度から始まった土里情報利活用促進事業でオルソ画像の整備と農地情報（区画、地番等）のGISデータベース化が進められている。そのオルソ画像と農地情報データベースを用いて上記のようなオルソ画像プリントを作成・配布すると、多くの関係者が様々な実務に役立てることができるであろう。

#### V 結 言

本研究では、福島県の中山間地において水稲生育初期の2002年6月7日にデジタル航空センサーADS40による航空撮影を行い、地上解像度20cmのオルソ画像を作成した。また、航空撮影の1週間後に現地踏査を行い、水稲作が行われていなかった131枚の水田を転作田、不作付田および耕作放棄田に区分した。そして、オルソ画像を用いて各水田の区分がどの程度目視判読できるのか

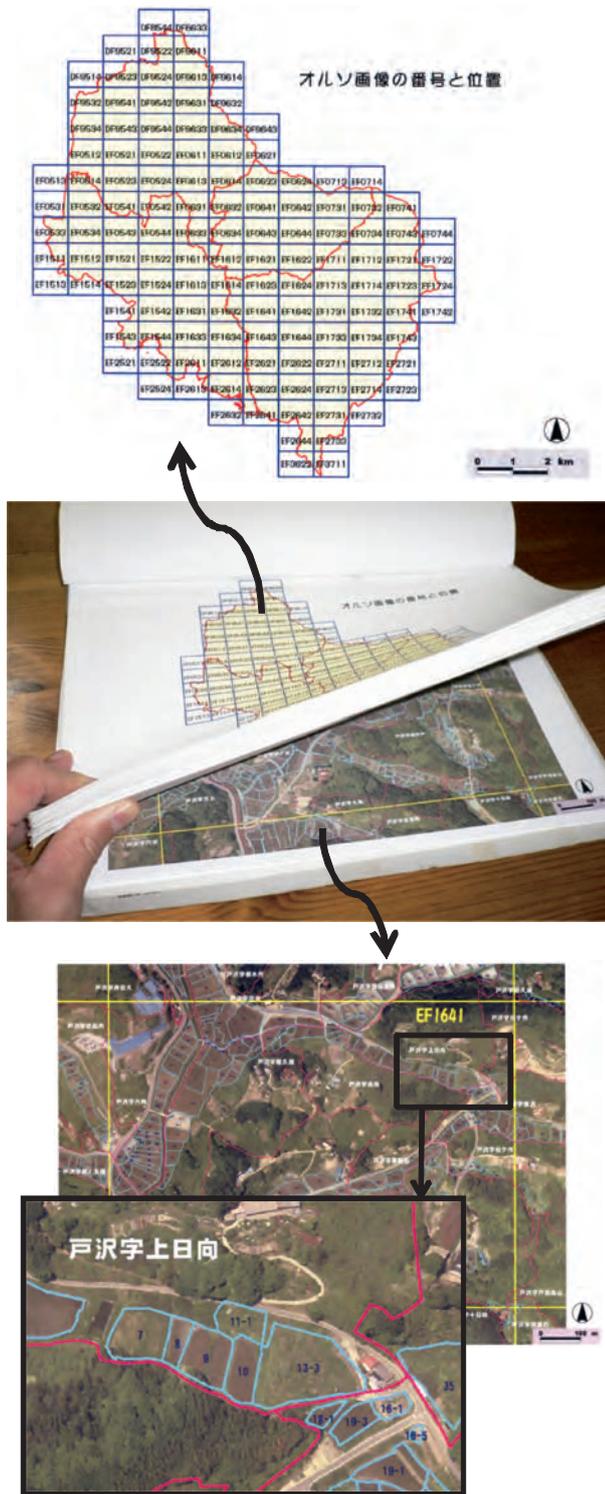


Fig.10 オルソ画像のプリント  
Ortho images print

を調べた。その結果、耕作放棄田の判読性に関して次のことがわかった。

①画像に灌木の樹冠らしきものが認められれば、耕作放棄田であると容易に判断できる。

②画像の色調がまだらで、かつ植被部が暗緑色であれば、耕作放棄田であると判断できる。

③画像の色調はまだらであるが、植被部が暗緑色でなければ、耕作放棄田であるかどうかは画像からは判断できない。

①と②に該当する水田を目視判読で耕作放棄田と確定し、③に該当する、耕作放棄されている可能性のある水田のみを現地踏査して耕作放棄田であるかどうかを現地確認する。こうすれば市町村全域の水田をくまなく踏査しなくてもすべての耕作放棄田を把握することができる。

ところで、航空撮影時には水稻は生育初期、大豆は出芽直後であったため、水稻作田と大豆作の転作田の画像には植被はほとんどなく、耕作放棄田と容易に区別できた。耕作放棄田の判読には、この時期に撮影されたオルソ画像が最も適していると考えられたが、水稻と大豆の生育が進んだ時期(7月～9月)に撮影されたオルソ画像であっても、水稻作田や大豆作の転作田の画像は独特の色調(株間に起因した筋状の濃淡等)を有し、耕作放棄田との区別は可能であると推察される。その検証については今後の検討課題としたい。

参考文献

- 1) 福本昌人・島 武男・小川茂男 (2003a) : IKONOS 衛星データを用いた水田利用タイプの判別精度, システム農学, 19 (1), p.80-85
- 2) 福本昌人・島 武男・小川茂男・上杉昇平 (2003b) : デジタル航空センサー ADS40 によるデジタルオルソ画像と標高データの位置精度, 農業工学研究所技報, 201, p.47-53
- 3) 福本昌人 (2004) : 高解像度衛星データによる農地管理状況のセンシング技術の開発, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 研究成果 424 (中山間地域等の農地基盤の適正管理のための情報管理分析システムの開発), p.20-27
- 4) 東和町 (2000) : 平成 12 年度「水田を中心とした土地利用型農業活性化対策」の実績について, <http://www.city.nihonmatsu.lg.jp/towa-old/nousei/tensaku/jisseki-12.PDF>

# Detection of Abandoned Fields Using Ortho Images Obtained with an ADS40 Digital Airborne Sensor

FUKUMOTO Masato, YOSHISAKO Hiroshi and OGAWA Shigeo

## Summary

In this study, we carried out aerial photography using an ADS40 digital airborne sensor on June 6, 2002 at the initial stage of rice crop growth in the mountainous regions of Fukushima Prefecture, and made ortho images with a 20cm ground resolution. In addition, one week after the aerial photography, we surveyed 131 paddy fields and divided them into fields planted with upland crops, fallow fields, and abandoned fields. We then examined how well we could identify each type of paddy field by visual interpretation using ortho images. The following results were obtained for determining if fields are abandoned.

- (1) We can judge easily whether a paddy field is abandoned in the ortho images, if there is the crown of a shrub in the image of the paddy field.
- (2) We can judge whether a paddy field is abandoned in the ortho images, if the tone of the paddy field image is dappled and the color of the vegetation is dark green.
- (3) We cannot judge whether a paddy field is abandoned in the ortho images, if the color of the vegetation is not dark green, even though the tone of the paddy field image is dappled.

Therefore, the paddy fields that correspond to (1) or (2) by visual interpretation can be fixed as abandoned fields, and the paddy fields that correspond to (3) must be confirmed by an on site field survey. If this method is incorporated, all abandoned fields can be detected in the entire area of a city even without surveying all paddy fields.

**Keywords :** ADS40, aerial photography, ortho image, visual interpretation, abandoned paddy field, utilization of paddy field