

画像解析の準備

本章では画像解析を始める前の準備段階として画像の購入方法、購入した画像の処理ならびに画像解析の手順や用語について紹介する。

2.1 画像解析の手順

画像解析の手順を簡単に解説する。通常、画像解析を行う場合には、図 2-1-1 のようなフローで行われる。

- ①最初に画像解析を行う対象事象や対象地域あるいは解析目的を決める。
- ②対象地域がカバーされている画像をインターネットなどで検索し、購入する。
 - この時 1960 年代の画像であれば、軍事偵察衛星 CORONA などが利用できる。1972 年～現在までの間では Landsat や SPOT が、最近では ASTER や ALOS、高分解能衛星ならば IKONOS、QuickBird が使える。詳細は第 1 章もしくは 付録を参照してほしい。
- ③入手した画像を処理し、画像表示あるいはカラー合成により目で見えるようにする。
- ④この段階で、人の「目による判読」を行うこともできる。
- ⑤その結果をもとに、画像の階調化やエッジ強調あるいは画像間演算や画像分類などの解析を行う。
- ⑥最終的には、解析成果図あるいは画像を出力し、結果を報告書にまとめる。

以下、図 2-1-1 の画像解析フローにしたがって説明をする。この手順のうち、③と⑤については、第 3 章、第 4 章で詳述するので、本章では概略の用語の説明にとどめる。また、実際の画像処理や解析では専門の画像処理装置が使われる。しかし、本書では、可能な限りフォトショップで処理した事例を第 5 章で紹介するが、一部は専用の画像処理ソフトと装置を用いた部分もあることをお断りしておく。

2.2 衛星データの入手法

衛星画像の入手先は(財)リモート・センシング技術センター (RESTEC)、(財)資源・環境観測解析センター (ERSDAC)、

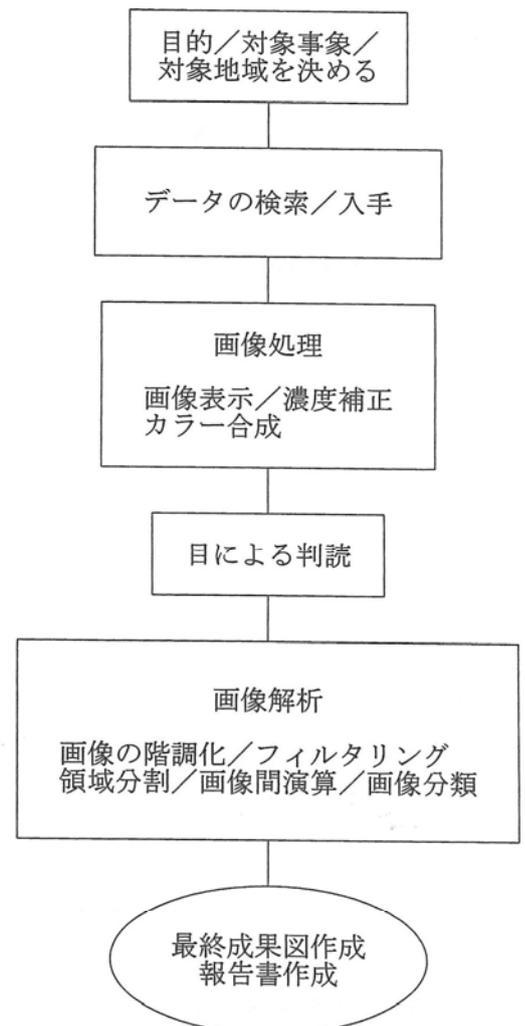


図 2-1-1 画像解析フロー

(財)日本気象協会、日本スペースイメージング(株)などの各提供機関や大学および企業の研究機関があり、入手できる衛星画像の種類もそれぞれ異なる。

2.2.1 店頭での入手方法

おもな衛星データの国内販売は、(財)リモート・センシング技術センターが提供窓口となっており、海外で受信されたデータの取次も行っている。提供を行っている衛星は旧宇宙開発事業団 (NASDA)/宇宙航空研究機構 (JAXA) が打ち上げた MOS-1, JERS-1, ADEOS, ADEOS II, ALOS や海外との契約による Landsat, SPOT, IRS, RADARSAT などがある。Landsat, SPOT, CORONA などの衛星データは、米国地質調査所 (USGS) の EROS DATA CENTER へ直接アクセスしても注文が行える。そのほか(財)資源・環境観測解析センターでは Terra 搭載の ASTER データ、(財)日本気象協会、(株)ウェザーニューズでは NOAA データの提供を行っている。日本スペースイメージング(株)や日立ソフトウェアエンジニアリング(株)、(株)NTT データ、その他民間会社の代理店でも、IKONOS, QuickBird, OrbView-3 の高分解能衛星データの注文を受付けている。

各衛星データのほとんどはインターネットから注文が可能である。注文手続きは各機関販売店のホームページへアクセスし必要項目を入力するか、あるいは注文用紙をダウンロードし必要事項を記入した後 FAX または郵送することで完了する。なおインターネットでデータの検索や注文をするには、あらかじめユーザ登録の必要なサイトもある。支払いの多くは銀行振り込みやクレジットカードなどで行われる。また、データの注文後に返信されるメールや電話で内容を確認しておくことは必要である。

発注してからデータが届くまで 1～2 週間程度であるが、海外機関受信の画像などでは 1 カ月以上かかることがある。各データのおもな問い合わせ先および購入先は巻末付録に示した。

2.2.2 画像の検索

データを購入する際にはデータの有無や雲などによる画像の状態をあらかじめ調べておく必要がある。調べておく内容は観測年月日、観測範囲、衛星およびセンサの種類、雲量などで、これらは直接販売店に問い合わせるか、インターネットにより検索することができる。

画像の検索で最も考慮しなければならないのは、画像中の雲量である。人工衛星は数百 km 上空を航行しているので、地上数千 m 上空にある雲が妨げとなり地表がみえないことが多い。Landsat の場合 16 日おきに同一地点を撮影しており、月 1～2 回のペースである。このため同一地域で雲量ゼロの画像が入手できるのは運のよい年で 1～2 シーン程度である。1 枚も撮影できない年のほうが多く、数年間撮影できないこともある。

画像を購入する場合には、雲量は 10% 以下が望ましいが、実利用面から多くても 20～30% 以下にしたい。それでも肝心な場所に雲がかかっていることがよくある。雲の状態を見るためにはブラウザ画像でチェックすることが必要であり、目的とする場所に雲がないことを確かめてから購入する。なお撮影されている画像すべてにブラウザ画像が用意されているわけではないので留意しておきたい。なお巻末付録に検索画面およびデータ提供機関のアドレス (URL) を示した。

1) (財)リモート・センシング技術センター (RESTEC)

画像の検索は(財)リモート・センシング技術センターに直接出向いて行える。データ配布センター

には数台の検索装置が設置されており、担当者から丁寧に検索方法を説明していただける。また、電話などで直接問い合わせることも可能である。

インターネットを利用したデータ検索は、RESTEC の検索サイトである CROSS（地球観測衛星画像オンラインサービスシステム）を利用して行える。検索は良好な画像（雲量 10%以下）を簡単な操作で行える簡易検索と各種条件で絞り込む詳細検索がある。JAXA/RESTEC が提供するデータのほか EROS DATA Center 提供のデータも検索ができるようになっている。なお、インターネットからの注文には新規ユーザ登録をする必要がある。

2) (財)資源・環境観測解析センター (ERSDAC)

ASTER データの入手は、ASTER GDS ウェブサイトから行うことができる。プロダクツ検索は DPR Search 画面を利用しデータの検索を行えるが、注文には事前にユーザ登録しておく必要がある。

同様に ASTER など地球観測の衛星データに関する検索・注文は、NASA が運用する EOSDIS (EOS Data and Information System) の Earth Observing System Data Gateway (EDG) サイトからも行える。

3) (財)日本気象協会

“ひまわり” および NOAA のデータ販売を行っている財団法人日本気象協会のホームページには検索機能はない。しかし、NOAA のデータは米国海洋大気庁 (NOAA) や東京大学生産技術研究所安岡研究室のホームページからデータ検索が行えるのでこちらを参照されるとよい。

4) その他民間販売会社

a) 日本スペースイメージング(株)

高解像度衛星画像 IKONOS データの販売を行っている。注文は「国内画像整備エリア情報」で該当エリアを確認のうえ、画像注文シートをダウンロードし、所定の項目に記入のうえ、日本スペースイメージング(株)または販売代理店に送付して行う。画像検索は GeoEye の検索サイトで行える。

日本国内の整備エリアは、雲量率 20%以下の画像では 96%が整備 (2006 年 5 月現在) されている。あらかじめライブラリ画像での確認も問い合わせしておく必要がある。

b) 日立ソフトウェアエンジニアリング(株) (略称:日立ソフト)

QuickBird 衛星の画像販売を行っている。アーカイブ画像の検索は Digital Globe 社のサイトから行える。注文は撮影済み画像の場合は注文書等 (PDF) をダウンロードし、必要事項を記入後、この各電子ファイルをメールで送付して行うか、GeoEye の検索サイトから行える。

c) (株)NTT データ GC

米国 ORBIMAGE 社の販売代理店として商用高分解能衛星 OrbView-3 (オーブビュー) が撮影する世界各地の画像データを販売している。同時に Geo コンテンツサービスや SPOT 画像の販売も行っている。撮影済み画像の検索は、メールや電話で問い合わせで行う。

5) 米国地質調査所 (USGS)

USGS International Mapping Division の EROS データセンター (EDC) 検索サイトから衛星データの検索や注文が可能である。検索システムには Earth Explorer, GloVis (Global Visualization Viewer) などがある。Earth Explorer では Landsat, 高々度航空写真のほか 1960 年から 1980 年までの CORONA などの偵察衛星のデータを注文できる。さらに EOS Data Gateway (EDG) へもリンクされており、そこからも注文できる。

Landsat などのアーカイブデータ検索には USGS の National Satellite Land Remote Sensing Data Archive サイトやメリーランド大学の GLCF (The Global Land Cover Facility) でも行える。

6) Sovinformspunik Interbranch Association

ロシアの衛星データは Sovinformspunik Interbranch Association で販売されておりインターネットの ON-LINE CATALOGUE サイトを通じ検索や購入ができる。2000 年 6 月から 1 m 解像度データの販売も行われている。ロシアの衛星データ (KVR-1000, TK-350) は以前は SPIN-2 の名称で販売をされていた。データは KOMETA-19 (1998), KOMETA-20 (2000) シリーズで撮影された画像データである。この画像データはフィルムリターン方式で撮影されたフィルムベースのアナログデータであるため、一度スキャナで読み込みデジタル変換されたものである。

2.2.3 画像の価格

衛星画像の価格は、衛星やセンサの種類、データの処理レベルに応じて異なる。一般の利用目的で購入する場合、価格や解像度、さらに入手が容易なことから JERS-1 の OPS (1 シーン 2,400 円), ADEOS の AVNIR (1 シーン 2,500 円), EOS-Terra の ASTER (1 シーン 9,800 円), ALOS の AVNIR-2 (1 シーン 25,000 円) が適している。ただし、JERS-1 と ADEOS は衛星の運用が停止しているため最新データの入手はできない。配布データの媒体はパソコンでも利用可能な CD-ROM や DVD である。以下に各セクションから購入可能なデータを記す。

1) (財) リモート・センシング技術センター (RESTEC)

巻末資料に(財)リモート・センシング技術センターおよび(財)資源・環境観測解析センターから購入可能な衛星画像データの価格を示す。価格の安い光学センサを用いたデータは 2,400 円 / シーンであるが、高いデータは 20 万円 / シーン以上する。それでもここ数年で価格が世界的に下がっており、日本の衛星画像については 2001 年 4 月から価格が大幅に下げられ、利用者の増加が期待されている。2006 年からは ALOS データも販売され、解像度のよいデータが安く入手できるようになった。

2) (財) 資源・環境観測解析センター (ERSDAC)

ASTER のデータは誰でも購入可能で 1 シーン 9,800 円である。当初は配布対象データの処理レベルが、標準レベル 1A および 1B のみであったが、2002 年 8 月から高次プロダクトについても配布が始まった。各プロダクトの詳細は巻末付録を参照されたい。このなかで相対 DEMZ とオルソ画像データの複合データである高次プロダクトのレベル 3A01 のみは倍の価格である。

3) (財) 日本気象協会

(財)日本気象協会から購入可能な衛星画像データはひまわりと NOAA である。いずれの画像の大きさも日本列島レベル～地球半球レベルであり、細かい地表の状況より大陸レベルの雲や海流の状況などのマクロ的解析に用いることが多い。なお撮影は数回 / 日で、夜間も撮影されている。

4) その他の民間販売会社

a) 日本スペースイメージング(株)

日本スペースイメージング(株)の IKONOS 画像の価格体系は若干複雑である。既撮影データと新規撮影データの場合とで価格は大きく異なる。既撮影のデジタルジオ画像については単価が 5,500 円 / km² であるが、最小注文面積 (国内 25km²) があるため実際の購入では 14 万円近くする。新規撮影の場合

では、さらに最小注文面積 (121km²) 以外に新規撮影料 120 万円が加算され 200 万円近くなるので注意を要する。高解像度の衛星画像を用いて地表のリアルタイムモニタリングを行おうとすると、雲の障害に加えて価格の障害も考慮する必要がある。

b) 日立ソフトウェアエンジニアリング(株)

QuickBird の撮影済み画像プロダクトの場合、フルシーン (272km²) の画像となる基本画像の価格はパンクロマティックまたはマルチスペクトルで 979,200 円 / である。一方、オーダポリゴンによって領域指定して注文する標準画像の単位価格は 3,600 円 / km²、オルソ画像の単位価格は 5,500 円 / km² である。この画像プロダクトの最小注文面積は 25km² (アーカイブ) であるためオルソ画像の価格は IKONOS と同様に 14 万円ほどになる。

c) (株)NTT データ GC

(株)NTT データ GC では、Geo コンテンツサービスの BASEIMAGE として日本全国をカバーした OrbView-3 のオルソ画像を販売している。基本価格は 2 次メッシュ (100 km²) 単位で Standard (2.5 m, 3Band), Standard mono (2.5 m, 白黒), Lite (10 m, 3Band) のプロダクトがあり、価格は 42,000 ~ 157,500 円である。地上分解能 1 m で 3 次メッシュ区画 (約 1 km²) 単位の Fine も販売されている。

5) 米国地質調査所 (USGS)

Earth Explorer の Web サイトから各種衛星画像データが販売されている。CORONA 衛星画像データはオリジナルフィルムからデジタル変換されたデータとして提供されるものである。

CORONA 衛星画像データの価格は 1 フレーム当たり \$24 と安価であるが、ほかにデータのメディア媒体 (FTP : \$30, CD : \$45, DVD : \$60), 手数料 \$5, 送料 \$20 (FEDEX, DHL, USP) がかかる。なお、巻末付録に 1 メディア媒体当たりの最大格納数を示した。

KH-4, 4A, 4B は前方視と後方視の 2 台のカメラで同じ地域を撮影しており、画像データを 2 枚一組で購入しておけば立体視を行うことができる。ちなみに KH-4B の地上解像度は約 2 m, KH-7 は 0.6 ~ 1.2 m, KH-9 は 6 ~ 9 m である。

6) Sovinformspuznik Interbranch Association

SPIN-2 衛星画像データ (KVR-1000, TK-350) は、インターネットの ON-LINE CATALOGUE を通じ販売が行われている。ただし、最小注文面積があり最低でも約 40 万円以上の高価なものとなる。

2.2.4 フリーデータの入手方法

最近では、いくつかの処理を施して無料で画像データを提供している機関がある。日本語で対応できるものでは、以下の機関である。

①東京大学生産技術研究所安岡研究室 : <http://yasulab.iis.u-tokyo.ac.jp>

東京で受信可能な Terra, Aqual, MODIS と NOAA, MTSAT, GMS のデータを処理し無料で提供している。

②東海大学情報技術センター (TRIC) : <http://www.tric.u-tokai.ac.jp/rsite/rl/modis/modisj.html>
東海大学と宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の協力により、日本周辺の MODIS データの準リアルタイム提供を受けられる。

③環日本海海洋環境ウォッチ (環境省・NPEC/CEARAC) : <http://www.nowpap3.go.jp/jsw/jpn/software/p01.html>

NOAA のデータの提供が受けられる。ホームページから pdf でデータのダウンロードの仕方も公開している。

④東京情報大学：<http://www.frontier.tuis.ac.jp/modis/php/index.php>

大学で処理した標準画像での MODIS 画像閲覧とダウンロード用 Web サイトから入手できる。

このほか英語でもよければ、アメリカの NASA から MODIS などのデータを無料で入手できる（ただし、初めにユーザ登録が必要）。また、ベルギーの VITO という機関のホームページからは、一定期間が過ぎた SPOT VEGITATION のデータが入手可能である。こちらもユーザ登録が必要である。

NOAA：<http://daac.gsfc.nasa.gov/data/>（NASA にはほかにも検索ページがある）

VITO：<http://www.vgt.vito.be/>（Free VGT をクリックすること）

このように地球環境をモニターする画像データは、フリー（無料）での入手が複数の機関からできる。上記以外の提供機関と URL は巻末にまとめて表示する。高解像度の画像データについては、一部のサンプルデータを除いてフリーで入手するのは難しい。

2.3 データ・フォーマット

データ提供機関から提供される衛星リモートセンシングデータは、画像情報や注記事項など多くのファイルで構成されている。以前はさまざまな形式があったが徐々に統一され、利用者への便宜も図られてきた。

1) 画像データ

衛星のセンサで感知取得されたマルチスペクトルデータは、画像処理しやすいようにシーケンシャルに順序立て並べられ、イメージファイルとして CD-ROM やテープに格納される。一般に配布される衛星リモートセンシングデータのうち、イメージファイルに格納されたスペクトルデータの配列には、おもに次の三つのフォーマット形式がある。図 2-3-1 に 3 バンドの場合のフォーマット形式を示す。

① BSQ (band sequential) 形式

バンド別の画像として順番に格納される

② BIL (band interleaved by line) 形式

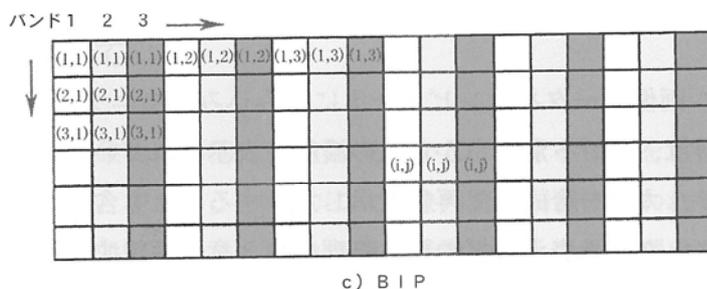
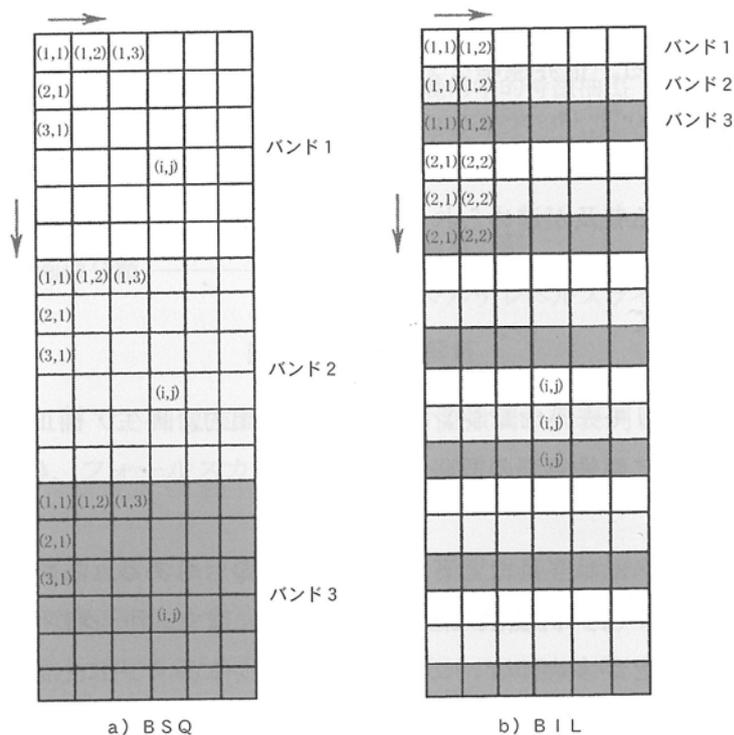
ラインごとにバンド順に繰り返し格納される

③ BIP (band interleaved by pixel) 形式

1 画素ごとにバンド順に格納される

BSQ 形式はバンド別に出力する場合に便利であり、BIP 形式はマルチスペクトル解析や分類を行う場合に多く用いられる。BIL 形式はこれらの中間的な特徴をもっている。販売機関より配布されるデータの多くは BSQ 形式と BIL 形式である。画像表示にはマルチスペクトルデータの複数バンドのうち 3 バンドを RGB のカラーに割り当てることになる。イメージファイルの画像表示にはとくに専用ソフトを必要としないでも可能である。

画像データは一般に 1 画素 1 バイト（8 ビット）であることが多いが、高解像度衛星データではよりダイナミックレンジの広い 11 ビットでも配布される。配布機関により若干のちがいはあるが、衛



- バンド 1
 - バンド 2
 - バンド 3
- (i,j) : ピクセル位置
i : ライン番号
j : ピクセル番号

図 2-3-1 画像データ・フォーマット形式 (3 バンドの場合)¹⁾

星データ 1 シーンの容量は Landsat TM の 7 バンドで約 280 メガバイト, SPOT HRV の 3 バンドで約 90 メガバイト, NOAA AVHRR の 5 バンドで約 45 メガバイトである。

2) ファイル構成

衛星リモートセンシングデータには, イメージファイルのスペクトルデータ以外にもデータ格納方式, データの記述方式, 衛星情報, センサ情報, 画像情報, その他データに関する注記情報が複数のファイルやレコードとしてデータの前後に付属される。このスペクトルデータに付属するシーン情報や補正情報は補助データと呼ばれる。特別な画像解析を行う場合や専用ソフトを使用せず画像処理を行う場合に, これらのデータは重要な情報となる。

スペクトルデータや補助データを含む衛星リモートセンシングデータの記述方法として, 1982 年

以降から世界標準フォーマット (LTWG) 形式が採用されており、国内のデータ提供機関から配布されるデータもこれに準じている。世界標準フォーマットに準拠し、レコードの内容まで規定した形式には、CEOS (Comittee on Earth Observation Satellites) フォーマットや HDF (Hierarchical Data Format) フォーマット、SKINNY フォーマット、FAST-L7A フォーマットなどがある (付録参照)。最近では HDF フォーマットによる普及が進められ、徐々にこの形式へ移行している。

2.4 画像処理について

画像処理とは、入手したリモートセンシング画像の入・出力、再生・補正処理、ならびに変換処理することである。図 2-4-1 に画像処理の概略を示す。

1) 入・出力処理

リモートセンシングデータには写真などアナログ画像の場合もある。これらをコンピュータで処理するには、アナログ・デジタル(A/D)変換処理が必要である。また、データがデジタルレコーダ(HDDT など)に記録されていることが多いので、この場合にはコンピュータにも読み出せる CCT (Computer Compatible Tape) などの汎用的なメディアへ変換する必要がある。

通常(財)リモート・センシング技術センターなどから購入する場合には、コンピュータで読み出せることを確認すれば、フォトショップでの処理は問題ない。

2) 再生・補正処理

再生処理とは、デジタル画像データをコンピュータに読み込み、モニター (CRT) に再生表示することである。原画像データは、バンド別に白から黒の濃度で表示されているが、バンドごとに濃度補正し見やすい画像にしたり、カラー合成して再生表示したりすることも含んでいる。本書では画像表示、一覧画像の作成、ヒストグラム表示などの再生処理を第 3 章で解説する。

補正処理とは、放射量の歪を除去する放射量補正と幾何学的な歪を除去する幾何補正がある。これも(財)リモート・センシング技術センターなどから購入する場合、第一義的な放射量補正と幾何補正は行われているので、本書では扱わない (厳密には完全には補正されていない。これを厳密に処理するには専用ソフトウェアを使わなくてはならない)。

3) 変換処理

変換処理とは、画像データの解析に際し解析者が画像内容を認識しやすいように、解析目的に応じ

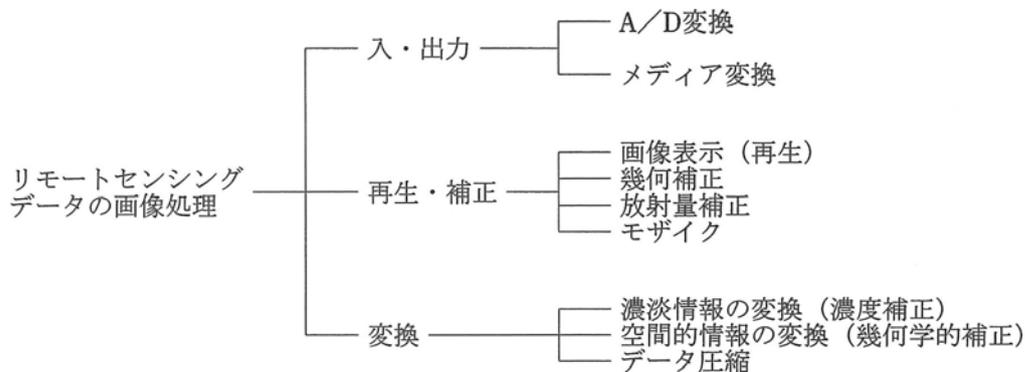


図 2-4-1 画像処理の概略

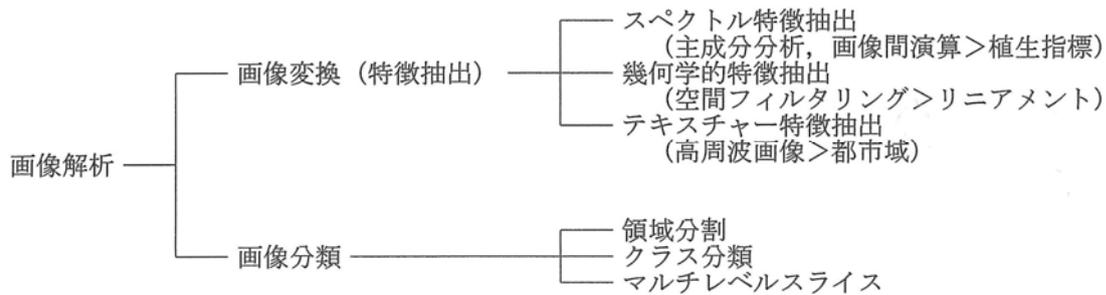


図 2-4-2 画像解析

原画像データを加工することで、画像強調ともいう。画像強調の代表例として濃淡情報の変換（濃度補正）、ヒストグラム変換、フォールスカラーやトゥルーカラー合成などカラー画像作成などの変換処理を第3章で解説する。

空間的情報の変換（幾何補正）では、既存の地形図に衛星画像をオーバーレイ（重ね合せ）する方法、地形図にあわせて幾何補正画像を作成する例を第3章で解説する。フォトショップの機能では目で見て補正を行える簡単な方法であるが、補正方法については理解いただけるものと思う。

画像変換処理には、画像強調と並んで特徴抽出がある。植生指標などをあらわすスペクトル特徴抽出とリニアメントなど幾何学的特徴抽出があるが、これらは次の画像解析で扱う。

2.5 画像解析について

画像解析とは画像から対象物の形態、構造、機能などに関する情報を定性的、定量的に抽出し、画像のもつ意味を解釈することである。一般的には画像判読と同義に扱われている。

リモートセンシング画像処理のうち、変換処理の特徴抽出と分類処理は、最終的に画像のもつ意味が明らかにできることから、本書ではこうした画像処理を「画像解析」とした。図 2-4-2 に画像解析の区分を示す。

本書では、こうした解析のうちフォトショップの機能を使ってできる次のような解析手法を、第4章で詳しく述べる。

画像変換を主体とする解析では、スペクトル特徴抽出の例としてマルチスペクトル画像を用いたバンド間の演算や異なる時期の画像を用いた変化抽出などの画像間演算、とくに植物の植生活性度の画像解析を紹介する。

幾何学的特徴抽出の代表例は、空間フィルタリングである。フィルタ（オペレータ）を利用した画像のエッジ強調によるリニアメントの解析例を紹介する。

画像分類の解析では、濃度分類がある。Landsat TM の熱バンドは、白から黒の画像の濃度値が温度をあらわしている。そこで、画像濃度をいくつかの階調に区分する画像の階調化や一定の濃淡値をもつ領域をラインにより区分する領域分割と、画像の特徴空間を領域分類することで土地利用や植生区分を解析する画像分類の解析方法を紹介する。

実際には読者諸氏が試みたい解析方法を選んで、第4章の該当する解析手法の項目をクリックし挑戦していただきたい。