

本書は、京都大学工学部地球工学科の3回生を対象に開講している「空間情報学」での説明資料を中心に作成された。その講義の前身は「応用測量学」であり、測量学の枠組みで説明されていた測量技術（写真測量、リモートセンシング）に、地理空間情報を統合する情報システムを併せて説明してきた。

「空間情報学」は大別すると、(1) 地理空間情報の計測および処理する技術、(2) 地理空間情報を保存、管理、解析、表示する技術の二つの技術に関連があるといえる。計測技術に関して、本書では写真測量とリモートセンシングについて説明している。本格的にリモートセンシングを説明しようとする、センサの仕組みや電磁波が大気中を伝播する様子を表した放射伝達式の知識が必要である。また、マイクロ波リモートセンシングに関しては、アンテナ工学のような知識も必要になる。本格的な知識はそれぞれの専門書に譲るとして、本書では(1)の概念やよく用いられる式の背景を説明するように心掛けた。

また、(2)に関しては、従来の同様の教科書に比べて、地理空間情報の取扱いに頁数を割き、詳述を試みている。地理空間情報へのかかわり方は、研究目的で地理情報システム（geographic information system, GIS）やそれを応用したサービスなどで地理空間情報を表示し、空間解析を試みる方もいれば、公的機関や民間企業において地理空間情報の作成、管理、公開といった実務に携わる方など、多岐にわたると思われる。本書では基本的な概念だけでなく最近の動向も含めて紹介しているので、実務に携わる方にも参考になると考えている。

本書は、1章で空間情報学の問題や関連用語について概説し、第I部として計測技術、第II部として地理空間情報の管理、分析技術と分けて解説している。

第 I 部を構成する 2 章では、近年コンピュータビジョン等の情報系の分野でも注目を集めている写真測量を解説する。3, 4 章ではリモートセンシングを取り扱い、そのうち 3 章では可視光線から赤外線を対象とする光学リモートセンシングを、4 章ではマイクロ波を対象とするマイクロ波リモートセンシングを説明する。第 II 部を構成する 5 章では、地理空間情報を取り扱う基盤となる GIS の特徴、6~9 章では、地理空間情報を取り扱うための基礎技術、モデリング、分析手法、共有技術について解説する。

第 I 部では、3, 4 章はリモートセンシングを取り扱っているものの、おのおのの特徴や使われる数学的知識がまったく異なっている。よって、2~4 章の各章は独立しているので、関心のある章、必要な章から読んでも差し支えない。極力事前知識が要らないような記述を心掛けたが、それでも 2 章の写真測量では座標系の回転等の幾何学の知識が、4 章では電磁気学の基礎知識が求められる。4 章のマイクロ波リモートセンシングの一部の説明では、専門書のレベルに踏み込んでいるところもあるため、数学的な理解が困難と感じられたら読み飛ばしていただきたい。第 II 部では、地理空間情報の取扱いについて、要点を絞り、できるだけ網羅的に学べるように書いているが、基本概念となる 5, 6 章に加えて、地理空間情報の管理ならば 7 章を、分析ならば 8 章を、公開や共有ならば 9 章を重点的に読むことを推奨する。

本書の執筆において、田村正行教授、梶本宗義氏（京都大学）、吉岡博貴教授（愛知県立大学）、小野朗子氏（奈良女子大学）、布施孝志准教授（東京大学）、織田和夫氏（アジア航測）、津留宏介氏、柳秀治氏（日本測量協会）、村尾吉章氏（日本 IBM）、太田守重氏（国際航業）の諸氏に助言をいただいた。また、三菱電機株式会社の西川啓一氏には MMS（2.7.1 項）の画像提供で協力をいただいた。ここに謝意を表す。最後に、本書執筆の機会を与えてくださった京都大学大学院工学研究科の小林潔司教授に深く感謝の意を表す。

2013 年 8 月

須崎 純一、畑山 満則

1 章 序 論

- 1.1 概 説 2
- 1.2 空間情報学を構成する分野 3
- 1.3 本書の構成 4

第I部 計測技術

2 章 写 真 測 量

- 2.1 写真測量の概念 7
 - 2.1.1 用 語 8
 - 2.1.2 標 定 9
 - 2.1.3 視 差 10
- 2.2 座 標 系 12
 - 2.2.1 座標系の定義 12
 - 2.2.2 回 転 13
 - 2.2.3 共 線 条 件 16
 - 2.2.4 射 影 変 換 16
- 2.3 内 部 標 定 17
- 2.4 外 部 標 定 18
 - 2.4.1 バンドル調整 18
 - 2.4.2 共 面 条 件 23

2.5	パスポイントおよびタイポイント	25
2.5.1	面積相関法	25
2.5.2	SIFT	25
2.5.3	エピポーラ線	28
2.5.4	前方交会法と後方交会法	29
2.6	精度評価	30
2.6.1	平面精度と奥行き精度	30
2.6.2	複数個所の撮影位置を考慮した位置精度	31
2.7	レーザー測量	31
2.7.1	MMS	32
2.7.2	点群データの処理	33
2.7.3	航空機レーザーデータを用いた建物の3次元モデリング	39
	演習問題	41

3 章 光学リモートセンシング

3.1	光学リモートセンシングの概念	44
3.1.1	観測波長帯	45
3.1.2	センサの特徴	47
3.2	データ処理・物理量変換	49
3.2.1	放射輝度・放射照度	50
3.2.2	反射率	53
3.2.3	大気補正	55
3.2.4	植生指数	57
3.2.5	BRDF	59
3.2.6	アルベド	63
3.2.7	プランクの法則	65
3.2.8	放射率	66
3.2.9	幾何補正	67
3.3	土地被覆分類	70

3.3.1	原	理	70	
3.3.2	最	尤	法	72
3.3.3	分類手法の比較	73		
3.3.4	都市化領域の抽出	74		
演習問題			77	

4 章 マイクロ波リモートセンシング

4.1	マイクロ波リモートセンシングの概念	81	
4.1.1	マクスウェル方程式	81	
4.1.2	観測波長帯	84	
4.1.3	散乱	85	
4.1.4	滑らかな表面の定義	86	
4.2	合成開口レーダ (SAR)	87	
4.2.1	レーダ	89	
4.2.2	レーダ方程式	91	
4.2.3	パルス圧縮	92	
4.2.4	アジマス圧縮	96	
4.3	物理量・データ処理	98	
4.3.1	幾何補正	98	
4.3.2	スペckルノイズ除去	100	
4.3.3	後方散乱係数	102	
4.4	干渉 SAR	102	
4.5	多偏波 SAR	107	
4.5.1	散乱行列	108	
4.5.2	多偏波 SAR 解析手法	109	
4.5.3	多偏波 SAR の応用	112	
演習問題			114

第 II 部 地理空間情報の管理, 分析技術

5 章 地理情報システムの特徴

- 5.1 地理情報システムの定義 117
- 5.2 GIS の 歴 史 117
- 5.3 GIS を巡る社会の動き 120
 - 5.3.1 標準化の動向 120
 - 5.3.2 地理空間情報活用推進基本法 121
- 5.4 GIS のおもな機能 123
 - 5.4.1 可 視 化 123
 - 5.4.2 空間データベース管理 124
 - 5.4.3 空 間 分 析 125
- 5.5 GIS の 構 成 125
- 5.6 GIS ソフトウェア 126
- 5.7 GIS を支える技術 127
- 5.8 GIS の応用分野 128
 - 5.8.1 統 合 型 GIS 129
 - 5.8.2 カーナビゲーションシステム 131

6 章 地理空間情報活用のための基礎知識

- 6.1 紙地図から電子地図へ 134
 - 6.1.1 地球のモデル化 134
 - 6.1.2 投 影 法 136
 - 6.1.3 座 標 系 137
 - 6.1.4 高 さ 139
 - 6.1.5 縮 尺 と 精 度 139
 - 6.1.6 主題とレイヤ構造 140
- 6.2 空 間 参 照 141

6.3	データ形式	144
6.4	属性情報	145
	演習問題	146

7章 地理空間情報のモデリング

7.1	モデリングのための基本事項	148
7.1.1	スキーマ	148
7.1.2	地物	149
7.1.3	空間の基本構成要素	149
7.1.4	幾何情報と位相情報	151
7.2	空間のモデリング	152
7.2.1	空間スキーマ	152
7.2.2	幾何スキーマ	153
7.2.3	位相スキーマ	155
7.3	時空間のモデリング	156
7.3.1	時間スキーマ	156
7.3.2	時空間モデル	158
7.4	被覆のモデリング	159
7.5	3次元空間のモデリング	162
7.5.1	オブジェクト中心のモデルとフィールド中心のモデル	162
7.5.2	等高線	163
7.5.3	数値標高モデル	164
	演習問題	165

8章 地理空間情報を用いた分析

8.1	空間分析とは	168
8.1.1	空間分析の考え方	168
8.1.2	空間分析のための操作	169
8.2	新たな領域の生成による分析	170

8.2.1	空間分割	170
8.2.2	バッファリング	173
8.3	空間要素の重ね合わせによる分析	173
8.4	空間要素の絞り込みによる分析	175
8.5	空間内挿による分析	176
8.6	空間配置に関する分析	178
8.7	ネットワークを用いた分析	180
	演習問題	181

9 章 地理空間情報の共有

9.1	地理空間情報共有の課題	184
9.2	メタデータとクリアリングハウス	185
9.3	交換フォーマットの標準化	188
9.4	Web 配信でのデータ共有	191
9.5	応用スキーマ	192
9.5.1	応用スキーマの作り方	192
9.5.2	応用スキーマの具体事例	194
	演習問題	196

付録 UML (Unified Modeling Language) 198

付1	UML とは	198
付2	クラス図	198
付3	パッケージ図	200

引用・参考文献 201

演習問題解答 207

索引 217

1 章

序 論

◆本章のテーマ

本章では、空間データ・空間情報の定義や空間情報学を構成する分野について述べる。

◆本章の構成（キーワード）

1.1 概説

1.2 空間情報学を構成する分野

リモートセンシング、写真測量、GNSS、地理空間情報の作成、管理、共有

1.3 本書の構成

◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ 空間データ、地理空間情報
- ☞ 空間情報学を構成する分野
- ☞ 空間データを計測する技術と解析する技術
- ☞ 地理空間情報を作成、管理、共有する技術

1.1 概 説

情報通信技術（information and communication technology, ICT）の急速な発展に伴い、さまざまなデータや情報が蓄積され、それらを解析する技術を必要とする情報爆発の時代を迎えている。

Google 等の Web 検索サービスにおいても、知りたい店を地図に示すだけでなく、最寄駅へのルートや所要時間、乗換案内等、実空間上の位置に関連する情報を連結して提示することがごく一般的になってきた。このように、特に位置を示す情報がさまざまなサービスにおいて注目を集めるようになってきている。

特に、平成 19 年に「地理空間情報活用推進基本法（Basic Act on the Advancement of Utilizing Geospatial Information）」が制定され、測量業界のみならず、情報系や電気系等のさまざまな分野から空間情報分野におけるデータ作成、サービス提供の動きが活発化してきた。「地理空間情報活用推進基本法」では計測した空間データや処理加工した空間情報に対し、共有できるものは極力共有して有効活用を図ることも目的の一つとされる。

他方、情報系のコンピュータビジョン（computer vision, CV）では単カメラの動画像や、複数カメラの動画像・静止画像からおもに移動体の 3 次元座標を推定したり、移動体を追跡したりする研究が盛んである。CV において、従来は写真測量で取り扱われてきたバンドル調整法（bundle adjustment method）（2.4.1 項）の理論が整理され、幅広く活用されている。

このように空間上の位置を推定したり、管理したりする需要が高まる中で空間情報学の重要性が高まってきているといえる。

ここで、前提知識として「情報」と「データ」の違いを示す。「情報」の定義については諸説あるが、本書では Adrian M. McDonough による「特定の状況における価値が評価されたデータ」¹⁾と定義し、これに対応する形でデータとは「客観的な事実を数値や文字、図形、画像、音声などで表したもの」とする。本書で主として取り扱う地理空間情報（geospatial information）は、地理空間情報活用推進基本法において「空間上の特定の地点又は区域の位置を示す情報」

と定義されていることから、空間（地上のみならず地下、宇宙も含めた空中を含む）に関するデータであり、特定の目的に対して意味や価値を持つものであるといえる。

空間上の対象物のなんらかの物性を計測した値は「空間データ」であり、それを特定の目的に沿って処理することで「地理空間情報」になることが多い。

例えば、衛星リモートセンシングの光学センサを用いて、地表面の反射率を計測する状況を想定する。センサで直接計測するのは放射輝度であり、放射輝度は離散化されたデジタルナンバー（DN）として記録される。利用者は既知の変換係数を適用して DN から放射輝度を求め、大気補正を経て反射率が得られる。この反射率という「情報」を知りたい人にとっては衛星画像に記録されている DN は「データ」に過ぎない。一方、反射率から得られる植生指数を知りたい人にとっては、反射率は「データ」になる。

1.2 空間情報学を構成する分野

空間情報学（geoinformatics）は、従来、おもに工学部の土木系や農学部の農業土木系で教えられてきた測量を基礎に持ち、その関連分野で構成されている。つぎに示す分野がおもな構成分野として考えられている。

- ◎ 空間データの計測技術
 - 測量（基準点測量、写真測量、レーザ測量等）
 - リモートセンシング
 - 汎地球測位航法衛星システム（global navigation satellite system, GNSS）
- ◎ 地理空間情報の作成、管理、分析
 - 地理情報システム（geographic information system, GIS）
 - 測量学（surveying）、測地学（geodesy）
 - 地図学（cartology）
 - データベース（database）

- 空間統計学 (spatial statistics)

空間データの計測技術は、測量が地表面、地下、上空（航空機）と幅広いのに対し、リモートセンシングは衛星、航空機、GNSS は衛星という上空のプラットフォームを用いた計測を指す。ちなみに、衛星を利用した代表的な測位システムとして GPS (global positioning system) が有名で、日常生活にも浸透している。GPS が米国が運用している測位システムに限定されるのに対し、ロシアの GLONASS、欧州の GALILEO 等、同様のシステムも存在あるいは提唱されており、GNSS という一般的な表現が使われるようになってきている。

地理空間情報の作成、管理、分析に関しては、空間情報基盤技術を具現化した地理情報システムというソフトウェアが中心的な役割を果たす。測地系に基づいた座標情報そのものや地名や住所など座標に変換可能な情報を持つ地理空間情報は、測量や GNSS による測位により直接取得する方法や紙地図をデジタル化する手法で作成される。これらは、データベースとしてコンピュータで管理され、空間統計学などの理論を応用して分析されることになる。

1.3 本書の構成

本書では GNSS を対象外とし、第 I 部 (2~4 章) で空間データの計測技術である写真測量とレーザ測量、衛星リモートセンシングを、第 II 部 (5~9 章) で地理空間情報を利活用するための管理、分析技術について説明する。2 章で写真測量を説明し、その中でレーザ測量の概念や特徴も述べる。また、衛星リモートセンシングは使用する電磁波の波長 (周波数) によって、可視光線から赤外線を対象とする光学リモートセンシングと、マイクロ波を対象とするマイクロ波リモートセンシングに大別される。両者の特徴は大きく異なるため、3 章で光学リモートセンシング、4 章でマイクロ波リモートセンシングと、章を分けて説明する。第 II 部となる 5、6 章では、地理空間情報を取り扱うための基本技術と GIS について、7 章では地理空間情報のモデリング、8 章では地理空間情報を用いた分析、9 章では地理空間情報の共有について解説する。

第I部

計測技術

2章

写真測量

◆本章のテーマ

本章では、異なる位置から撮影された複数枚の2次元の写真群から3次元座標を計測する写真測量の原理を解説する。また、最近普及しつつあるレーザを用いた計測やそのデータ処理についても説明を加え、3次元空間上でのデータの取扱いを説明する。

◆本章の構成（キーワード）

2.1 写真測量の概念

光束，内部標定，外部標定，絶対標定，視差

2.2 座標系

カメラ座標系，モデル座標系，絶対座標系，回転，共線条件，射影変換

2.3 内部標定

レンズひずみ，補正式

2.4 外部標定

バンドル調整，共面条件

2.5 パスポイントおよびタイポイント

SIFT，エピポーラ線，前方交会法，後方交会法

2.6 精度評価

2.7 レーザ測量

MMS，点群データの処理

◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ 標定の種類
- ☞ 内部標定と外部標定
- ☞ バンドル調整を用いたパラメータ推定
- ☞ 2次元点群への直線，3次元点群への平面の当てはめ

2.1 写真測量の概念

写真測量 (photogrammetry) とは、写真に写った対象物体の写真座標から、対象物体・レンズ・フィルムを結ぶ線を利用して、対象物体の3次元座標を求める技術を指す。1枚の写真になんらかの条件を加えて行う単写真測量 (single photogrammetry) と、2枚以上の写真を用いて行う立体写真測量 (stereo photogrammetry) が存在するが、以降は立体写真測量を単に「写真測量」と称して説明する。

写真測量を大別すると、おもに航空機を用いて行われる空中写真測量 (aerial photogrammetry) または空中三角測量 (aerial triangulation) と、地上で行われる近接写真測量 (close-range photogrammetry) に分けられる。前者は1台のカメラで重複させながら連続撮影し、後者では2台のカメラまたは1台のカメラを移動させて対象物を重複させながら撮影する。

両者とも、2枚ずつ重複撮影した写真上の対応点を立体視して3次元座標を測定していく。

図 2.1 には両者の様子を示している。地上座標系の座標を持つ点 P が投影中心 O_1, O_2 を持つカメラ 1, 2 によって、投影面上に p_1, p_2 として記録されている。

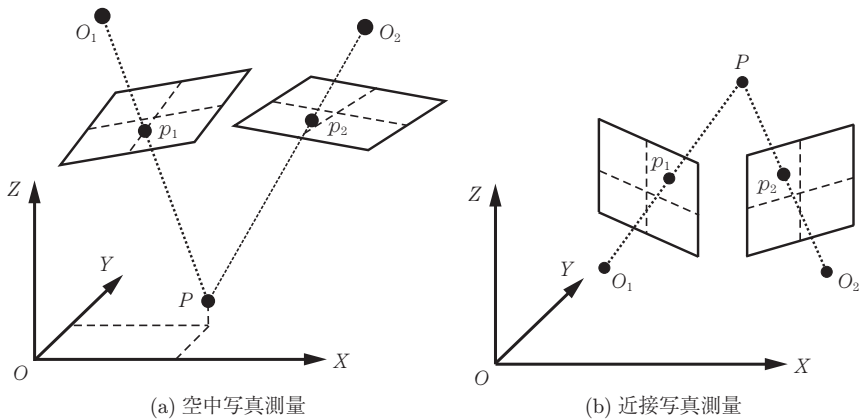


図 2.1 写真測量の概念

る。図 2.1 は、投影中心と対象物の間に投影面が存在するポジティブフィルムを仮定しているが、処理の面では投影面と対象物の間に投影中心が存在するネガティブフィルムとまったく変わらない。

空中写真測量と近接写真測量の両者には、(1) 対物距離が大きく異なる、(2) 空中写真測量では安定した精度が得られる平行撮影で行われるのに対し、近接写真測量では撮影条件が悪くて平行撮影とは限らず、そのため品質の確保が難しいという違いが存在するが、データ処理においては本質的には差はない。

2.1.1 用 語

図 2.1 に示す光線 O_1p_1P や O_2p_2P のように無数の光線の集まりを光束 (bundle) と呼ぶ。外部標定が完了していると、2本の光線が前方交会法 (intersection) (2.5.4 項) で交わる結果として、 P の 3 次元座標が得られる。 P 以外の写真上の像も前方交会することで、モデル (model) と呼ばれる立体像が得られる。モデルは異なる位置から撮影された 2 枚の写真から生成される。

図 2.2 に示すように写真中心 (center of photograph) は写真枠の中心であるのに対し、主点 (principal point) は写真面に直角に入射してきた光線と写真面との交点を指す。本書では、写真中心と主点位置とのずれは (x_p, y_p) で表す。

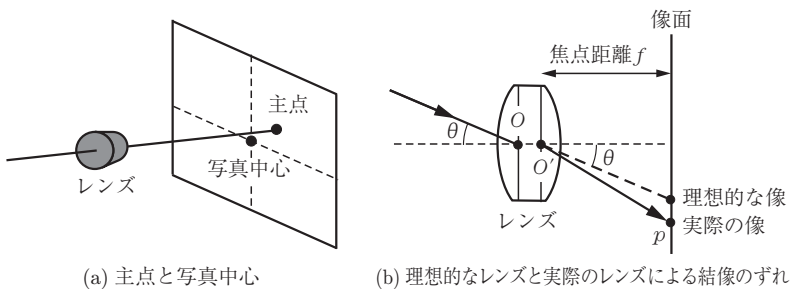


図 2.2 レンズに関するずれ

実際のカメラは複数枚のレンズから構成されているが、図 2.2 には単純化した構成を示す。光線は前側レンズの中心 O を通り、後ろ側レンズの中心 O' を通って像面の p に達する²⁾。しかし、写真測量の理論においては、地上点と写

索引

【あ】		円偏波 circular polarization 84	干渉縞 interferogram 103	
アジマス azimuth 87		【お】		
アジマス分解能 azimuth resolution 97		応用スキーマ application schema 192	観測幅 swath 48	
アフィン変換 affine transformation 68		オーバーレイ overlay 173	観測方程式 observation equation 20	
アプリケーションプログラミング インタフェース application programming interface 125		オブジェクト単位の分類 object-based classification 70	【き】	
アルベド albedo 63		オフナディア角 off-nadir angle 98	規格化後方散乱断面積 normalized radar cross section, NRCS 102	
アロングトラック along-track 103		【か】		
アンラッピング unwrapping 106		カーナビゲーションシステム car navigation system 131	幾何散乱 geometric scattering 51	
【い】		カーネル kernel 61	幾何情報 geometric information 151	
位相幾何学 topology 150		外部標定 exterior orientation 9	幾何補正 geometric correction 67	
位相空間 topological space 150		外部標定要素 exterior orientation parameters 9	擬似アフィン変換 pseudo-affine transformation 68	
位相情報 topological information 151		可視化 visualization 123, 168	軌 跡 trajectory 159	
【う】		可視光線 visible light 45	軌道縞 orbital fringe 104	
ウィーンの変位則 Wien's displacement law 65		画素単位の分類 pixel-based classification 70	輝度温度 brightness temperature 66	
運用経費 running cost 129		可変単位地区問題 modifiable areal unit problem 175	基盤地図情報 fundamental geospatial data 122	
【え】		画面距離 principal distance, calibrated focal length 9	逆距離加重法 inverse distance weighted method 178	
エピポーラ線 epipolar line 28		干渉 SAR Interferometric SAR, InSAR 102	共一次内挿法 bi-linear interpolation method 69	
エピポール epipole 28			教師データ training data 71	

共線条件
collinearity condition 16

共面条件
coplanarity condition 24

鏡面反射
specular reflection 85

共有空間データベース
common geospatial
database 130

近接写真測量
close-range
photogrammetry 7

【<】

空間外挿
spatial extrapolation 177

空間参照
spatial reference 141

空間情報学
geoinformatics 3

空間スキーマ
spatial schema 152

空間データベース管理
spatial database
management 124

空間統計学
spatial statistics 128

空間内挿
spatial interpolation 176

空間分解能
spatial resolution 47

空間分割
spatial tessellation 170

空間分析
spatial analysis 125

空中三角測量
aerial triangulation 7

空中写真測量
aerial photogrammetry 7

組合せ最適化問題
combinatorial optimiza-
tion problem 181

グラウンドレンジ
ground range 87

クリアリングハウス
clearing house 186

クリギング
kriging 178

クロストラック
cross-track 103

【け】

計算幾何学
computational geometry
128

系統補正
systematic correction 67

【こ】

交換フォーマット
exchange format 188

交差
intersection 176

合成開口レーダ
synthetic aperture radar,
SAR 87

光東
bundle 8

構築経費
initial cost 129

高度道路交通システム
intelligent transport
systems, ITS 121

後方交会法
resection 29

後方散乱係数
backscatter coefficient
102

後方散乱断面積
backscatter cross section
91

国際標準
international standard
120

国際標準化機構
international organiza-
tion for standardization
120

黒体
black body 66

誤差
error 19

コヒーレント
coherent 89

【さ】

最確値
most probable value 19

最近隣内挿法
nearest neighbor
interpolation method 69

最短経路探索問題
shortest path problem
180

差分干渉 SAR
differential interferomet-
ric SAR, DInSAR 105

残差
residual 19

残差逐次検定法
sequential similarity de-
tection algorithm, SSDA
25

三次畳込み内挿法
cubic convolution
interpolation method 69

三成分分解法
three component
decomposition 110

散乱
scattering 85

散乱行列
scattering matrix 108

散乱体
scatterer 89

【し】

ジオイド
geoid 139

ジオコーディング
geocoding 131, 141

時間スキーマ
temporal schema 157

時間分解能
temporal resolution 47

視差
parallax 11

視差差
parallax difference 11

自治体
local government 129

実開口レーダ
real aperture radar 87

射影変換
projection transform 16

写真測量
photogrammetry 7

写真中心
center of photograph 8

縮尺
scale 139

主成分分析
principal component analysis 38

主題図
thematic map 140

主点
principal point 8

巡回セールスマン問題
traveling salesman problem, TSP 181

準拠楕円体
reference ellipsoid 134

焦点距離
focal length (distance) 9

侵入深さ
penetration depth 84

【す】

垂直偏波
vertical polarization 84

水平偏波
horizontal polarization 84

数値地形モデル
digital terrain model, DTM 99, 164

数値標高モデル
digital elevation model, DEM 99, 105, 163

数値表層モデル
digital surface model, DSM 99, 164

スキーマ
schema 148

ステファンの法則
Stefan's law 66

ステファン・ボルツマン定数
Stefan-Boltzmann constant 66

スペckル
speckle 100

スラントレンジ
slant range 87

【せ】

精度
accuracy 140

製品仕様書
product specification 196

絶対標定
absolute orientation 9

セルフキャリブレーション
付きバンドル調整法
bundle adjustment with self calibration 10

前方交会法
intersection 8, 29

【そ】

相互相関法
cross correlation algorithm 25

相互標定
relative orientation 9, 23

属性情報
attribute information 145

測地基準系
geodetic reference system 134

【た】

体積散乱
volume scattering, volumetric scattering 51, 86

タイポイント
tie point 9, 25

楕円体高
ellipsoidal height 139

多偏波 SAR
polarimetric SAR, PolSAR 107

単写真測量
single photogrammetry 7

単体
simplex 150

【ち】

地域メッシュコード
grid square code 142

地形縞
topographic fringe 105

地表面温度
land surface temperature, LST 65

地物
feature 149

地名辞典
gazetteer 141

チャープ変調
chirp modulation 93

直線偏波
linear polarization 84

地理空間情報
geospatial information 2, 117, 122

地理空間情報活用推進基本法
Basic Act on the Advancement of Utilizing Geospatial Information 2, 119, 121

地理空間データベース
geospatial database 125

地理識別子
geographic identifier 141

地理情報システム
geographic information system, GIS 117

地理情報標準
Japanese standards for geographic information, JSGI 148

地理情報標準プロファイル
Japan profile for geographic information standards, JPGIS 148

地理データファイル
geographic data files 121

【て】

デジタルナンバー
digital number 52

テクスチャ
texture 69

デスクトップ GIS
desktop GIS 125

【と】

統一モデリング言語
unified modeling language 148

投影中心
center of projection 9

統合型 GIS
integrated GIS 129

等高線
contour 163

透磁率
magnetic permeability 81

導電率
conductivity 81

道路交通情報通信システム
vehicle information and communication system, VICS 131

土地被覆
land cover 45

土地利用

land use 46

ドローネ三角形分割
Delaunay triangulation 172

【な行】

内挿
interpolation 69

内部標定
interior orientation 9

内部標定要素
interior orientation factor 9

ニアレンジ
near range 87

2 回反射散乱
double bounce scattering 86

日本測地系
Tokyo datum 134

日本測地系 2000
japanese geodetic datum 2000 135

ネットワーク分析
network analysis 180

【は】

排他的論理和
exclusive or 175

波数
wavenumber 83

パスポイント
pass point 9, 25

波長分解能
wavelength resolution 47

バッファリング
buffering 173

パルス圧縮
pulse compression 93

反射係数
reflectance factor 54

バンド
band 46

バンドル調整法
bundle adjustment method 2, 9

【ひ】

非系統補正
non-systematic correction 68

被覆
coverage 160

標高
altitude 139

標準プロトコル
standard protocol 192

標定
orientation 9

表面散乱
surface scattering 51, 85

【ふ】

ファーレンジ
far range 87

フォアショートニング
fore shortening 98

不規則三角網
triangulated irregular network 165

複体
complex 150

符号化方式
encoding 188

Fraunhofer's 基準
Fraunhofer's criterion 87

ブラッグ散乱
Bragg scattering 86

プランクの法則
Planck's law 65

プローブ情報
probe information 132

分光反射率曲線
spectral reflectance curve 45

【へ】

ベイズの定理
Bayes' theorem 72

平面直角座標系
plane rectangular
coordinate system 137

平面波
plane wave 83

ベクトル形式
vector graphics 144

ヘルムホルツ方程式
Helmholtz equation 83

変動縞
deformation fringe 105

偏波面
polarization plane 84

【ほ】

包含
inclusion 176

放射伝達
radiative transfer 56

放射率
emissivity 66

ホットスポット
hot spot 59

ボロノイ分割
Voronoi tessellation 170

【ま】

マクスウェル方程式
Maxwell's equations 81

マップマッチング
map matching 131

マハラノビス距離
Mahalanobis distance 73

マルチルック処理
multilook processing 100

【め】

メタデータ
metadata 185

面積相関法
area-based matching 25

【も】

モデル
model 8

モノスタティックレーダ
monostatic radar 108

モバイルマッピングシステム
mobile mapping system,
MMS 32

【ゆ、よ】

ユークリッド空間
Euclidean space 149

誘電率
electric permittivity 81

ユニバーサル横メルカトル座
標系
Universal Transverse
Mercator coordinate
system 137

横波
transverse electro-
magnetic wave 84

四成分分解法
four component
decomposition 110

【ら】

ラスタ形式
raster graphics 144

ラスタデータ
raster data 160

ラスタ DEM
raster DEM 164

らせん散乱
helix scattering 110

ラッピング
wrapping 105

ランベルトの余弦則
Lambert's cosine law 52

ランベルト面
Lambert surface 51

【り】

立体写真測量
stereo photogrammetry 7

臨界基線長
critical baseline 106

隣接
contiguity 176

隣接効果
adjacency effect 56

【る】

ルックアップテーブル
lookup table, LUT 55

【れ】

レイオーバー
layover 99

レイヤ
layer 141

レイリー
Rayleigh 86

レイリーの基準
Rayleigh's criterion 86

レイリー・ジーンズ近似
Rayleigh-Jeans
approximation 66

レーダ
radar 89

レーダシャドウ
radar shadow 99

レーダ方程式
radar equation 92

レンジ
range 87

レンジ分解能
range resolution 92

【ろ】

論理積
intersect 175

論理和
union 174

[B]	[I]	PSInSAR
BRDF	ISO/TC204 121	permanent scatterers in-
bidirectional reflectance	ISO/TC211 120	terferometry synthetic
distribution function 60	ITRF 系	aperture rader 107
[C]	international terrestrial	[S]
Coherency 行列	reference frame 134	SAR
Coherency matrix 108	ITS	synthetic aperture radar
[D]	intelligent transport	87
DEM	systems 121	SAVI
digital elevation model	[L]	soil-adjusted vegetation
99, 105, 163	Lee フィルター	index 58
DSM	Lee filter 101	SIFT
digital surface model	LiDAR	scale-invariant feature
99, 164	light detection and	transform 25
DTM	ranging 32	SR
digital terrain model	[M]	simple ratio 58
99, 164	MODIS	SRTM
[E]	moderate resolution	shuttle radar topography
EVI	imaging	mission 100
enhanced vegetation	spectroradiometer 48	[W]
index 58	[N]	WebGIS
[F]	NDVI	web geographic
FOSS4G	normalized difference	information system 125
free and open source soft-	vegetation index 58	WGS 系
ware for geospatial 127	NRCS	world geodetic system
[G]	normalized radar cross	134
GCP	section 102	[X]
ground control point 68	[P]	XML 形式
GIS	POA	extensible markup lan-
geographic information	polarization orientation	guage Format 186
system 117	angle 111	~~~~~
	POI	[ギリシャ文字]
	point of interest 146	α -H 法
		α -H decomposition 109

— 著者略歴 —

須崎純一（すさき じゅんいち）

【執筆担当章：1～4章】

- 1995年 東京大学工学部土木工学科卒業
- 2000年 東京大学大学院工学系研究科社会
基盤工学専攻博士課程修了
博士（工学）
- 2000年 東京情報大学助手
- 2001年 東京情報大学専任講師
- 2002年 千葉大学客員助教授
- 2004年 東京大学専任講師
- 2005年 アジア工科大学院 JICA 長期派遣
専門家
- 2007年 京都大学助教授
- 2007年 京都大学准教授
現在に至る

畑山満則（はたやま みちのり）

【執筆担当章：1, 5～9章】

- 1992年 大阪大学基礎工学部制御工学科卒業
- 1994年 大阪大学大学院基礎工学研究科博
士前期課程修了（物理系専攻）
- 1994年 株式会社日立システムテクノロジー
入社
- 1996年 京都大学防災研究所総合防災研究
部門研究生
- 1998年 日本学術振興会特別研究員
- 2000年 東京工業大学大学院総合理工学研
究科博士後期課程修了（知能シス
テム科学専攻）
博士（工学）
- 2000年 京都大学 COE 研究員
- 2000年 財団法人日本デジタル道路地図協
会嘱託研究員（兼任）
- 2002年 京都大学助手
- 2005年 京都大学助教授
- 2006年 スイス連邦工科大学客員研究員
- 2007年 京都大学准教授
現在に至る

空間情報学

Geoinformatics

© Junichi Susaki, Michinori Hatayama 2013

2013年12月11日 初版第1刷発行

検印省略

著者 須崎 純一
畑山 満則
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 三美印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-05638-9 (中原) (製本：愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします