



Gentle GIS Introduction

QGIS Project

2024年03月03日

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	編者からの言葉	2
第 2 章	GIS 入門	3
2.1	概要	3
2.2	GIS についてより詳しく	4
2.3	GIS ソフトウェア / アプリケーションとは何か?	4
2.4	GIS アプリケーションを入手してみよう	9
2.5	GIS データ	9
2.6	わかりましたか?	11
2.7	やってみよう	12
2.8	考えてみよう	12
2.9	より詳しく知りたい場合は	13
2.10	次は?	13
第 3 章	ベクタデータ	15
3.1	概要	15
3.2	ポイント地物の詳細	19
3.3	ポリライン地物の詳細	19
3.4	ポリゴン地物の詳細	20
3.5	レイヤ内のベクタデータ	20
3.6	ベクタデータの編集	21
3.7	縮尺とベクタデータ	21
3.8	シンボロジ	23
3.9	GIS ではベクタデータで何ができる?	25
3.10	ベクタデータの一般的な問題	25
3.11	わかりましたか?	26
3.12	やってみよう	27
3.13	考えてみよう	28
3.14	より詳しく知りたい場合は	28
3.15	次は?	28
第 4 章	ベクタ属性データ	29
4.1	概要	29
4.2	属性の詳細	32
4.3	単一シンボル	33
4.4	段階シンボル	35
4.5	連続色シンボル	36
4.6	一意値シンボル	38
4.7	注意すべき点	39

4.8	わかりましたか?	39
4.9	やってみよう	40
4.10	考えてみよう	41
4.11	より詳しく知りたい場合は	41
4.12	次は?	41
第 5 章	データの取り込み	43
5.1	概要	43
5.2	GIS のデジタルデータはどのようにして保存されていますか?	43
5.3	始める前に計画する	44
5.3.1	例 1: 旅行地図の作成	44
5.3.2	例 2: 川に沿った汚染レベルの地図作成	45
5.4	空のシェープファイルを作成する	46
5.5	シェープファイルにデータを追加する	47
5.6	ヘッドアップデジタイジング	49
5.7	デジタイジングテーブルを使用してデジタイズする	50
5.8	地物がデジタイズされた後...	51
5.9	一般的な問題 / 注意すべき点	51
5.10	わかりましたか?	52
5.11	やってみよう	53
5.12	考えてみよう	53
5.13	より詳しく知りたい場合は	53
5.14	次は?	53
第 6 章	ラスタデータ	55
6.1	概要	55
6.2	ラスタデータの詳細	56
6.3	ジオリファレンス	57
6.4	ラスタデータのソース	57
6.5	空間分解能	58
6.6	スペクトル分解能	59
6.7	ラスタからベクタへの変換	60
6.8	ベクタからラスタへの変換	60
6.9	ラスタ解析	60
6.10	一般的な問題 / 注意すべき点	60
6.11	わかりましたか?	61
6.12	やってみよう	61
6.13	考えてみよう	61
6.14	より詳しく知りたい場合は	62
6.15	次は?	62
第 7 章	トポロジ	63
7.1	概要	63
7.2	トポロジエラー	64
7.3	トポロジルール	64
7.4	トポロジ的工具	65
7.5	スナップ距離	65
7.6	検索半径	66

7.7	一般的な問題 / 注意すべき点	66
7.8	わかりましたか?	66
7.9	やってみよう	66
7.10	考えてみよう	67
7.11	より詳しく知りたい場合は	67
7.12	次は?	67
第 8 章	座標参照系	69
8.1	概要	69
8.2	地図投影法の詳細	69
8.3	地図投影法の 3 つの族	70
8.4	地図投影の正確度	70
8.4.1	正角性を持つ地図投影	71
8.4.2	正しい距離を持つ地図投影法	72
8.4.3	正しい面積を持つ投影法	73
8.5	座標参照系 (CRS) の詳細	74
8.5.1	地理座標系	74
8.5.2	投影座標参照系	75
8.6	ユニバーサル横メルカトル (UTM) CRS 詳細	75
8.6.1	北距 (Y) 値	77
8.6.2	東距 (X) 値	77
8.7	オンザフライ投影	77
8.8	一般的な問題 / 注意すべき点	77
8.9	何を学びましたか?	78
8.10	やってみよう	78
8.11	考えてみよう	79
8.12	より詳しく知りたい場合は	79
8.13	次は?	79
第 9 章	地図製作	81
9.1	概要	81
9.2	タイトルの詳細	82
9.3	地図境界の詳細	82
9.4	地図凡例の詳細	82
9.5	北向き矢印の詳細	83
9.6	スケールの詳細	83
9.7	整飾の詳細	84
9.8	グリッドの詳細	84
9.9	詳細な地図投影の名前	85
9.10	一般的な問題 / 注意すべき点	86
9.11	わかりましたか?	86
9.12	やってみよう	86
9.13	考えてみよう	87
9.14	より詳しく知りたい場合は	87
9.15	次は?	87
第 10 章	ベクタ空間分析 (バッファ)	89
10.1	概要	89

10.2	バッファリングの詳細	89
10.3	バッファの種類	92
10.3.1	複数のバッファゾーン	93
10.3.2	完全な境界または融合された境界を持つバッファリング	93
10.3.3	外側または内側へのバッファリング	94
10.4	一般的な問題 / 注意すべき点	94
10.5	さらなる空間分析ツール	94
10.6	わかりましたか?	95
10.7	やってみよう	95
10.8	考えてみよう	96
10.9	より詳しく知りたい場合は	96
10.10	次は?	96
第 11 章	空間分析 (補間)	97
11.1	概説	97
11.2	空間補間の詳細	97
11.3	逆距離加重 (IDW)	98
11.4	不規則三角網 (TIN)	100
11.5	一般的な問題 / 注意すべき点	101
11.6	その他の補間法	101
11.7	わかりましたか?	101
11.8	やってみよう	102
11.9	考えてみよう	102
11.10	より詳しく知りたい場合は	102
11.11	次は?	103
第 12 章	著者とコントリビュータについて	105
第 13 章	GNU フリー文書利用許諾契約書	107

第1章 はじめに

やさしい GIS 入門

皆さんのための GIS アプリケーション、フリーでオープンソースソフトウェアである QGIS をご紹介します。



T. Sutton, O. Dassau, M. Sutton

資金提供： Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape, South Africa.



パートナーシップ: Spatial Information Management Unit, Office of the Premier, Eastern Cape, South Africa.



Province of the
EASTERN CAPE
OFFICE OF THE PREMIER

Copyright (c) 2009 Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape.

GNU Free Documentation License V1.2 または、フリーソフトウェア財団によって発行されたそれ以降のバージョンの規約に基づき、同ライセンスに必要とされる形式に沿っていない表紙、背表紙、不可変更部分を除いて、このドキュメントに対する複製、頒布、および/または 改変を許可しています。

利用許諾契約書の複製は [GNU フリー文書利用許諾契約書](#) のセクションに含まれています。

上記の著作権の表記は、このドキュメントに付加される可能性がある QGIS ユーザマニュアルは対象外です。これ以上の著作権とライセンスに関する情報については、この QGIS ユーザマニュアルを参照して下さい。

1.1 編者からの言葉

このプロジェクトは、南アフリカ共和国東ケープ州国土局 (DLA) 空間計画・情報課が東ケープ州府空間情報管理課と共同で後援したものです。

GIS は、環境管理、流通、軍事、警察、観光など、私たちの日常生活の様々な分野で、ますます重要なツールとなっています。コンピュータや携帯電話を使用するとき、あなたは気づかずに何らかの形で GIS を使っているのではないのでしょうか。それは、ウェブサイトの地図、Google Earth、案内所、あるいはあなたの居場所を教えてくれる携帯電話かもしれません。著作権のあるソフトウェア（自由に共有したり改変できないソフトウェア）を使えば、ここで説明することやさらに多くのことが可能です。しかし、そうしたソフトウェアは大抵とても高価だったり、そうで無い場合はソフトウェアの複製、共有、改変する自由を制限しています。GIS ベンダは例外を設け、教育活動のためにソフトウェアを安価あるいは無償で提供することがあります。それは教師や生徒が自社のソフトウェアを知れば、他のパッケージソフトウェアを学びたくなることを知っているからです。生徒達が学校を卒業して職場に入ったとき、無料で使える代替ソフトウェアがあることを知らずに、そのベンダのソフトウェアを買うようになります。

我々は QGIS で、費用の意味でフリーであると同時に社会的な意味で自由であるソフトウェアという選択肢を提供しています。好きなだけ複製をして構いません。学習者がいつか学校を卒業したとき、スキルを磨き、業務で課題を解決して世界を良いものにするために、このソフトウェアを使うことができます。

商用ソフトウェアを買うと、将来の選択肢を自ら狭めてしまいます。自由でオープンソースのソフトウェア (FOSS) を学び、使い、共有することで、自分自身のスキルを高め、食料や住居といった重要なことに使うお金を使い、私たち自身の経済を発展させることができます。

DLA はこの資料の作成に協賛することで、若者に知ってもらうための基盤を創設しました。知識とデータの自由な共有という原則を受け入れることで、エキサイティングな可能性が待っています。私たちは DLA に心から感謝します！

Ubuntu の精神に基づき、QGIS を使うことと学ぶことを楽しんで下さることを願っています！



ティム・サットン 2009年4月

第2章 GIS入門



目的： GIS とは何か、何ができるのかを理解する。
 キーワード： GIS, コンピュータ, 地図, データ, 情報システム, 空間解析

2.1 概要

ワープロを使用してコンピュータで文章を書いたり扱ったりできるのと同じように、GISアプリケーションを使用して空間情報を扱うことができます。GISとは地理情報システム（Geographical Information System）のことです。

GISは以下のものから構成されます。

- デジタルデータ --- コンピュータのハードウェアとソフトウェアを使用して表示および分析する地理情報。
- コンピュータハードウェア --- データの保存や画面表示、データ処理などに使われるコンピュータ。
- コンピュータソフトウェア --- ハードウェア上でデジタルデータ処理を実行することのできるコンピュータプログラム。GISの一部を構成するプログラムはGISアプリケーションと呼ばれます。

GISアプリケーションを使うとコンピュータ上のデジタル地図を開いたり、新しい空間情報データを作成して地図に加えたり、必要に応じてカスタマイズした地図の印刷物を制作したり空間解析が出来ます。

GISがどんなに便利なのかちょっと例を見てみましょう。あなたが医療従事者だとして、患者たちの診療日と自宅の位置を記録しているとします。

経度	緯度	病気	日付
26.870436	-31.909519	おたふく風邪	2008年12月13日
26.868682	-31.909259	おたふく風邪	2008年12月24日
26.867707	-31.910494	おたふく風邪	2009年01月22日
26.854908	-31.920759	はしか	2009年01月11日
26.855817	-31.921929	はしか	2009年01月26日
26.852764	-31.921929	はしか	2009年02月10日
26.854778	-31.925112	はしか	2009年02月22日
26.869072	-31.911988	おたふく風邪	2009年02月02日
26.863354	-31.916406	水疱瘡	2009年02月26日

上の表を見ると、1月と2月には多くのはしかが発症していたことがわかります。医療従事者は、それぞれの患者の家の位置を緯度経度で表に記録していました。このデータを GIS アプリケーションで使えば、病気の規則性についてより多くのことを簡単に理解することができるようになります。

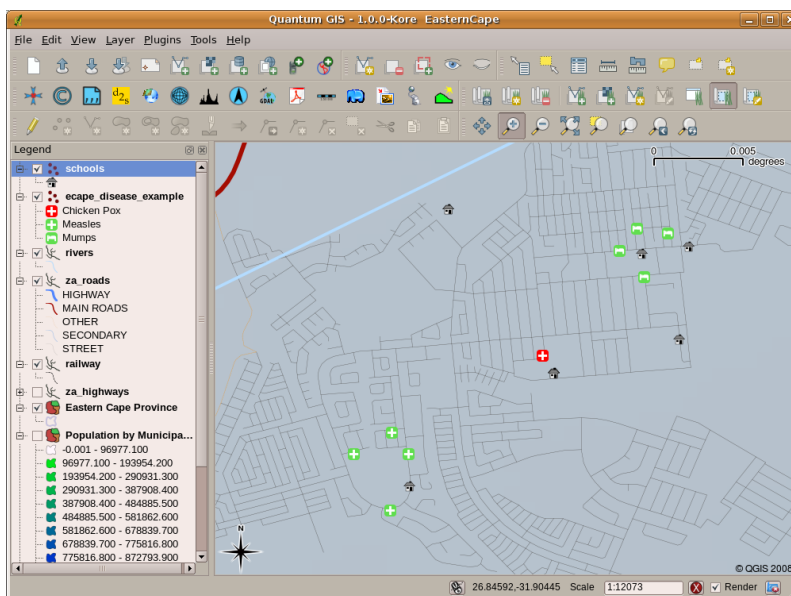


図 2.1: こちらの例では GIS アプリケーションで様々な疾病記録を見せています。おたふく風邪患者同士が近くに居住していることが簡単に見て取れます。

2.2 GIS についてより詳しく

GIS は比較的新しい分野です。始まったのは 1970 年代です。かつてコンピュータによる GIS は、高価なコンピュータ設備のある企業や大学だけで用いられていました。近年では、デスクトップパソコンやノートパソコンを持っていれば、誰でも GIS ソフトウェアを使うことができるようになりました。以前は GIS アプリケーションを使うには多くのトレーニングが必要とされていましたが、長い時間をかけて使いやすいものとなり、専門家以外でも簡単に始められるようになりました。以上のように GIS はただのソフトウェアではなく、様々な局面でデジタル地理情報データを処理し、扱うことができます。続いてのチュートリアルでは、GIS ソフトウェアについて見ていきます。

2.3 GIS ソフトウェア / アプリケーションとは何か?

GIS アプリケーション がどのようなものか例をご覧ください 図 2.1。GIS アプリケーションは通常、マウスとキーボードを使って操作できるグラフィカルユーザーインターフェースを持つプログラムです。アプリケーションにはウィンドウの上部にメニュー があり (プロジェクト、編集 など) マウスでクリックすると、アクション のパネルが表示されます。これらのアクションは、あなたがしたいことを GIS アプリケーションに伝えるための方法です。例えば、メニューを使って GIS アプリケーションに新しいレイヤを表示出力に追加するように指示することができます。

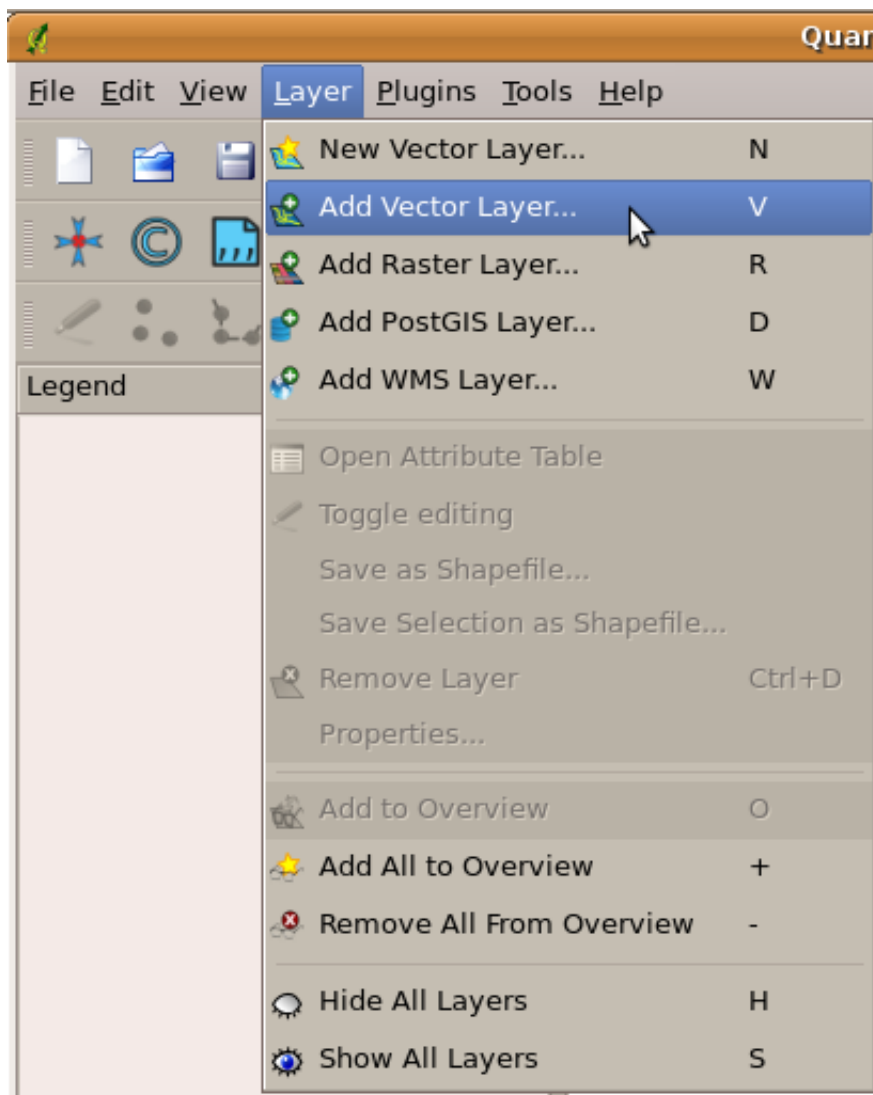


図 2.2: アプリケーションのメニューは、マウスでクリックすると、開いて実行可能な操作の一覧が表示されます。

ツールバー (マウスでクリックできる小さなアイコンが並んでいるもの) は、通常メニューバーの下に配置され、よく使われる操作が簡単に選べるようになっています。

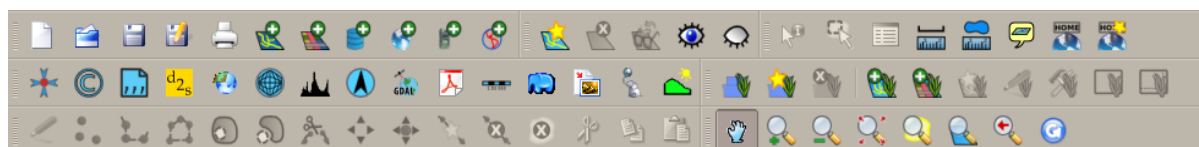


図 2.3: ツールバーでは、よく使う機能にすばやくアクセスできます。アイコンの上にマウスをかざすと、それをクリックしたときに何が起こるかが表示されます。

GIS アプリケーションの一般的な機能としては 地図レイヤ の表示があります。地図レイヤはディスク上のファイルやデータベースのレコードとして保存されます。通常、それぞれの地図レイヤは現実世界の様々なものを表しています。たとえば、道路レイヤは道路ネットワークを表します。

GIS アプリケーションでレイヤを開くと、マップビューに表示されます。マップビューには、レイヤを表すグラフィックが表示されます。マップビューに複数のレイヤを追加すると、レイヤは互いに重なり合って表示されます。図 2.4、図 2.5、図 2.6、図 2.7 を見て、いくつかのレイヤが追加されているマップビューを見てみてください。マップビューの重要な機能は、拡大して大きくしたり、縮小してより広い範囲を見たり、地図内を移動（パン）したりすることができることです。

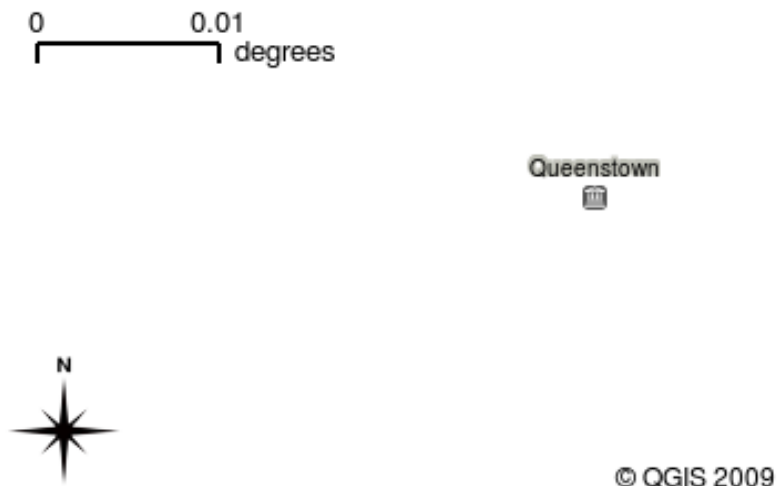


図 2.4: 複数のレイヤが読み込まれたマップビュー。町レイヤがマップビューに追加されている

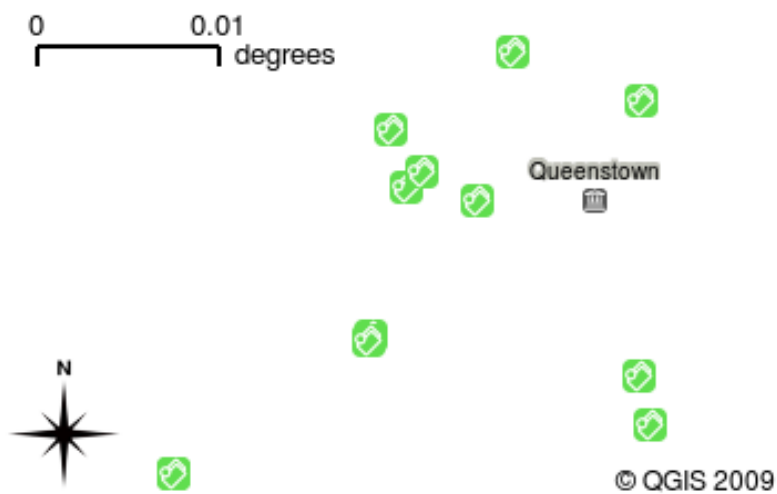


図 2.5: 複数のレイヤが読み込まれたマップビュー。学校レイヤがマップビューに追加されている

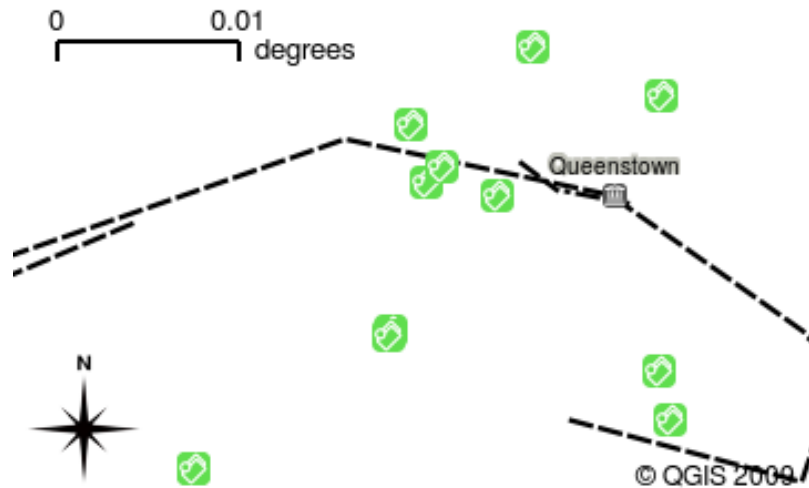


図 2.6: 複数のレイヤが読み込まれたマップビュー。鉄道レイヤがマップビューに追加されている

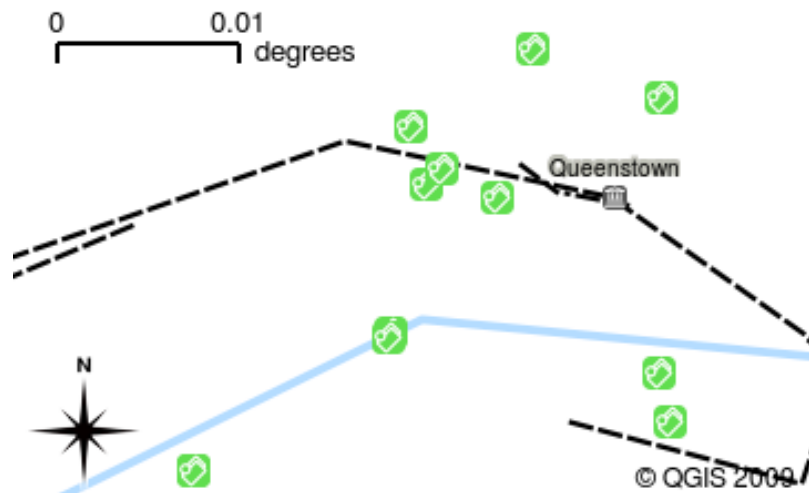


図 2.7: 複数のレイヤが読み込まれたマップビュー。河川レイヤがマップビューに追加されている

GIS アプリケーションのもう一つの一般的な機能は、マップ凡例です。マップ凡例は、GIS アプリケーションに読み込まれたレイヤのリストを提供します。紙の地図の凡例とは異なり、GIS アプリケーションのマップ凡例または「レイヤリスト」は、レイヤの順序変更、非表示、表示、およびグループ化を行う方法を提供します。レイヤの順序を変更するには、凡例内のレイヤをクリックし、マウスボタンを押したまま、レイヤを新しい位置までドラッグしてください。図 2.9 と 図 2.10 では、マップ凡例は GIS アプリケーションウィンドウの左側の領域として表示されています。レイヤの順番を変更することで、レイヤの描画方法を調整することができます。この場合、河川は道路の上ではなく、その下に描画されるようになります。

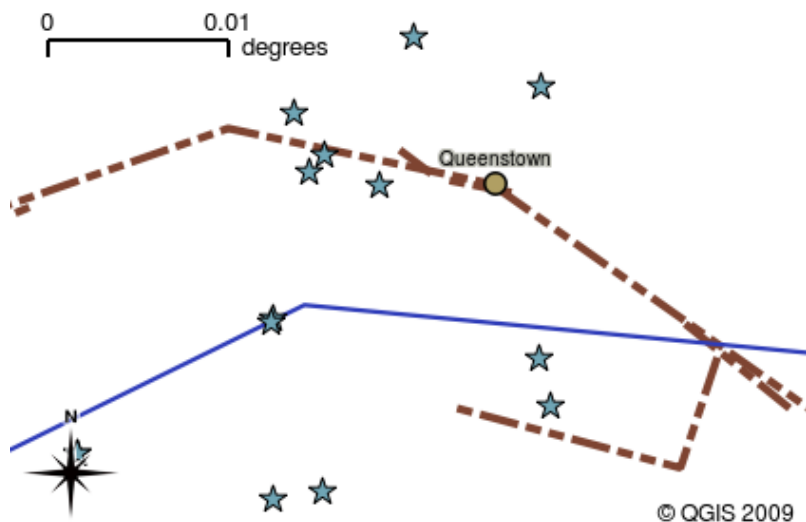


図 2.8: GIS ソフトウェアによって簡単にシンボロジ --- 情報を表示する方法 が変更できます

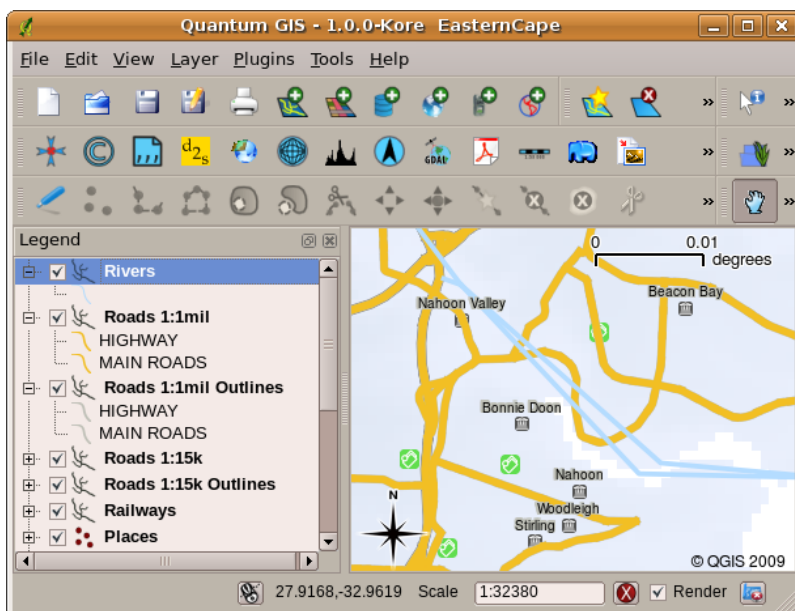


図 2.9: レイヤの順序を変更することで、レイヤの描画方法を調整することができます。レイヤの順序を変更する前は、河川が道路の上に描画されています

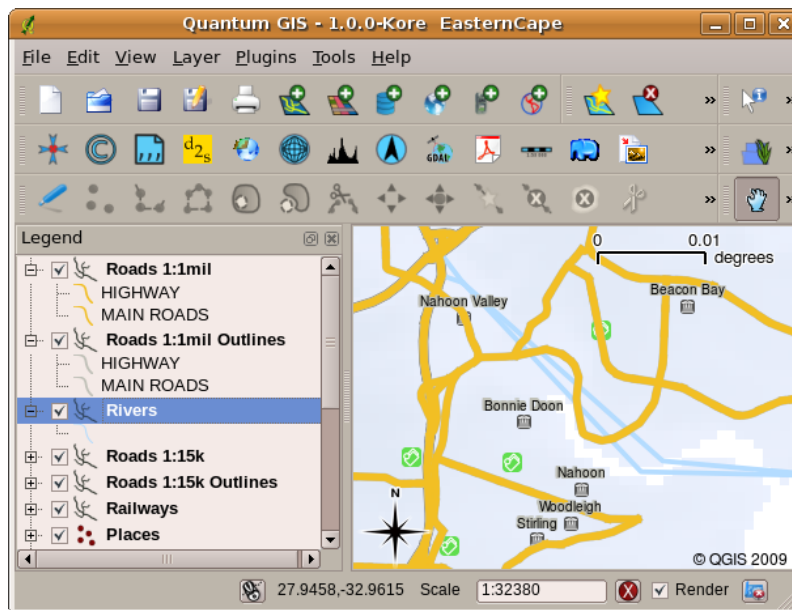


図 2.10: レイヤの順序を変更することで、レイヤの描画方法を調整することができます。レイヤの順序を変更すると、河川が道路の下に描画されています

2.4 GIS アプリケーションを入手してみよう

たくさんの違った GIS アプリケーションが入手できます。洗練された機能を持ち 1 ライセンス当たり 7 万円ほどかかるものもあります。一方で、無料で手に入れられるものもあります。どの GIS アプリケーションを使うかは、どれだけのお金を出せるか、そして個人の好みの問題です。このチュートリアルでは QGIS アプリケーションを使います。QGIS は完全にフリーなので、好きなだけ複製したり友人と共有することができます。もしあなたがこのチュートリアルを印刷物として手に入れたなら、QGIS の複製も一緒に手に入れていることでしょう。そうでなくても、インターネットにアクセスすることができれば、いつでもダウンロードページ <https://www.qgis.org/> にアクセスして無料で手に入れることができます。

2.5 GIS データ

それでは GIS とは何か、GIS アプリケーションは何ができるのか解ってきたところで GIS データについて説明しましょう。データは情報と言い換えることもできます。GIS で使われる情報というのは地理的な側面を持っています。前述の医療関係者の例を考えてみましょう。彼女は症例を記録するために以下のような表を作りました:

経度	緯度	病気	日付
26.870436	-31.909519	おたふく風邪	2008 年 12 月 13 日

経度と緯度の列は地理情報データを持っています。病気と診療日の列は地理情報ではないデータです。

GIS の一般的な機能は、情報（地理情報ではないデータ）を場所（地理情報データ）に関連付けることができることです。実際、GIS アプリケーションは、それぞれの場所に関連付けられた多くの情報を保存する

こと - 紙の地図があまり得意でないこと - ができます。例えば医療従事者たちは患者の年齢や性別といったデータを表に保存できます。GIS アプリケーションがレイヤを描画するとき、性別に基づいたレイヤや病気の種類に基づいたレイヤなどを描画するように指示することができます。このように、GIS アプリケーションを使えば、場所に関連付けられた地理情報でないデータに基づいて地図の外観を簡単に変更することができるのです。

GIS システムでは、さまざまな種類のデータを扱うことができます。ベクタデータは、コンピュータのメモリ内に X、Y の座標ペアとして格納されています。ベクタデータは、点、線、面を表現するために使用されます。イラスト 図 2.11 は GIS アプリケーションで表示される様々な種類のベクタデータを表しています。この後のチュートリアルでは、ベクタデータについてより詳しく説明します。

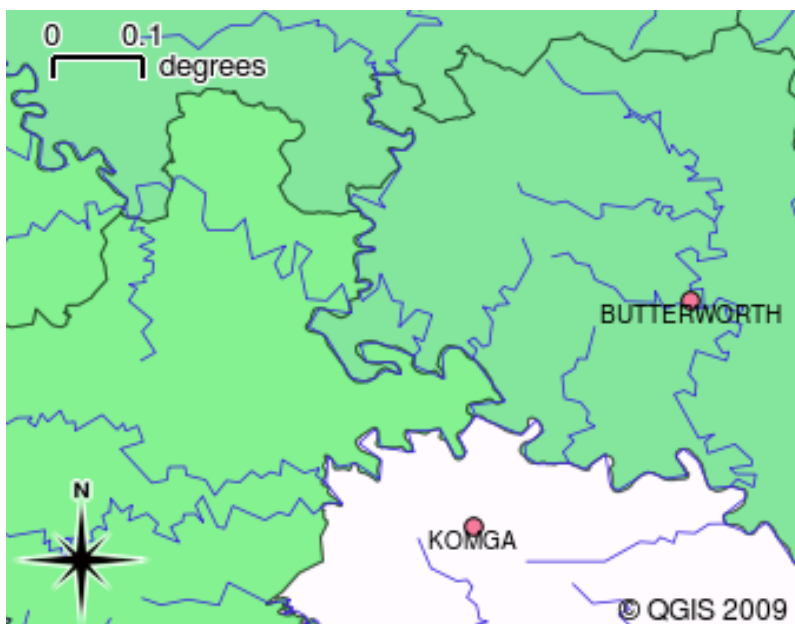


図 2.11: ベクタデータによる点 (町など), 線 (河川など), エリア (行政区) などの表示

ラスターデータは、格子状の数値として保存されています。地球を周回する多くの人工衛星が撮影した写真は、GIS で見ることのできるラスターデータの種類です。ラスターデータとベクタデータの重要な違いの一つは、ラスター画像を拡大しすぎると「ブロック状」に見えてしまうことです (図 2.12 および 図 2.13 を参照)。実際には、これらのブロックは、ラスター画像を構成するデータグリッドの個々のセルです。ラスターデータについては、後のチュートリアルでさらに詳しく見ていく予定です。



図 2.12: 衛星画像のラスタデータ. こちらは東ケープの山岳地帯です.



図 2.13: 同じラスタデータを拡大したもの。データのグリッドの性質が判ります。

2.6 わかりましたか?

ここでは以下のことを学びました:

- GIS とはコンピュータ・ハードウェア, ソフトウェア, 地理情報のシステムです.
- GIS アプリケーション は地理情報データを見ることを可能にし, GIS の重要な部分を占めます.
- GIS アプリケーションは通常、メニューバー、ツールバー、地図ビュー、凡例 から構成されます.

- GIS アプリケーションで使用される地理情報データには ベクタデータ と ラスタデータ があります。
- 地理情報 データは 地理情報ではないデータと関連付けることができます。

2.7 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアいくつか述べていきます:

- 地理情報: このチュートリアルで示すように、GIS のコンセプトを示す概念です。なぜ紙地図より GIS の方が便利なのか、GIS を学習する人たちに 3 つ理由を考えさせてみて下さい。以下にはいくつかの例を示します:
 - GIS アプリケーションを用いることで、同じデータから様々なタイプの地図を作ることができます。
 - GIS はすばらしい可視化ツールで、データそのものやそれらが空間的にどのような関係性を持っているのか (例えば先ほど示した病気の拡大など) をしめすことができます。
 - 紙地図はファイルにして保管しなければならず、見られるまでに時間がかかります。GIS は非常に大きな量の地図データから興味のある地域を簡単に素早く探して見ることができます。
- 地理学: あなたやあなたの生徒たちはどのように衛星データからラスタデータを活用できると思いますか? ここではいくつかアイデアを述べていきます:
 - 災害発生時、対象地域を見るのにラスタデータは便利で、最新の洪水発生時の衛星画像をにより人々がどのあたりで救助を必要としているのかが見ることができます。
 - 人は植物や動物に害を及ぼす危険な化学薬品の廃棄などといった環境に悪影響をもたらす行為をすることがあります。こういった問題は、衛星画像のようなラスタデータをつかって観測することができます。
 - 都市計画を行う人にとっては衛星画像といったラスタデータを使うことにより、どこに居住区域が存在するのかを把握し、インフラ計画に役立てることができます。

2.8 考えてみよう

もしコンピュータが利用できない場合でも、このチュートリアルの多くの項目は、OHP とシートを使って、レイヤ情報の重ね合わせを同様におこなうことで再現可能です。ですが、GIS について正しく理解する目的ならば、コンピュータを使って学ぶ方がよいでしょう。

2.9 より詳しく知りたい場合は

書籍: Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools. (デスクトップ GIS : オープンソースツールで地球を地図化する) 著者: Gary Sherman. ISBN: 9781934356067

QGIS ユーザーガイドでは, QGIS についてより詳細な情報が含まれています.

2.10 次は?

この後のセクションではもっと詳しくどうやって GIS アプリケーションを使うのか掘り下げていきます. すべてのチュートリアルは QGIS で行われています. 次はベクタデータを見てみましょう!

第3章 ベクタデータ



目的: GIS で利用されるようなベクタデータモデルを理解すること

キーワード: ベクタ、ポイント、ポリライン、ポリゴン、頂点、ジオメトリ、縮尺、データ品質、シンボル体系、データソース

3.1 概要

ベクタデータは、GIS 環境内の実際の地物 (feature) を表す方法を提供します。地物とは、風景に見ることのできるものすべてです。丘の上に立っていると想像してみてください。下を見下ろすと、家、道路、木、川などが見えます (図 3.1 参照)。これらのそれぞれは、GIS アプリケーションで表現するときに地物になります。ベクタ地物には属性 (attribute) があり、これは地物を説明するテキストまたは数値情報で構成されます。



図 3.1: 道路、家屋、樹木などの主要な地物が見える景観を見渡したところ。

ベクタ形式の地物は、ジオメトリ (geometry) を用いて形状を表します。ジオメトリは 1 つまたはそれ以上の相互につながった頂点で作られます。頂点は空間における位置を X, Y そして必要に応じて Z 軸を用いて表します。Z 軸がある頂点を持ったジオメトリは、それぞれの頂点の高さあるいは深さ (両方ではない) を表すため、しばしば 2.5D と呼ばれます。

地物のジオメトリが単一の頂点のみで構成されている場合、それはポイント地物と呼ばれます (図 3.2 参照)。ジオメトリが 2 つ以上の頂点で構成され、最初と最後の頂点が等しくない場合、ポリライン地物が形成されます (図 3.3 参照)。3 つ以上の頂点が存在し、最後の頂点が最初の頂点と等しい場合、閉じたポリゴン地物が形成されます (図 3.4 参照)。

Vector Point Feature

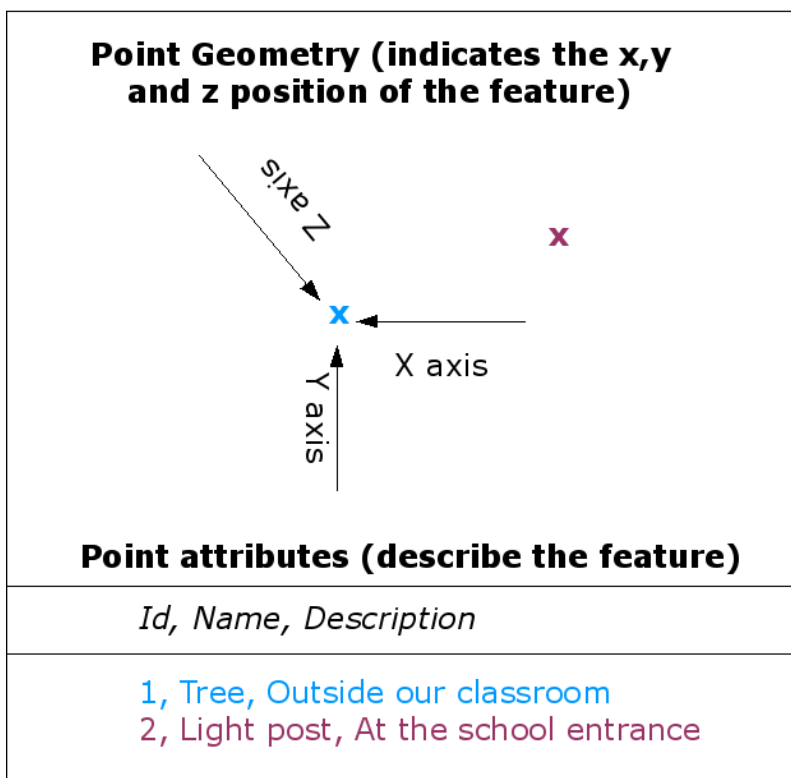


図 3.2: ポイント地物は、X, Y および必要に応じて Z 座標で表現されます。ポイント属性はそのポイントが、例えば樹木や街灯などであることを表します。

Vector Polyline Feature

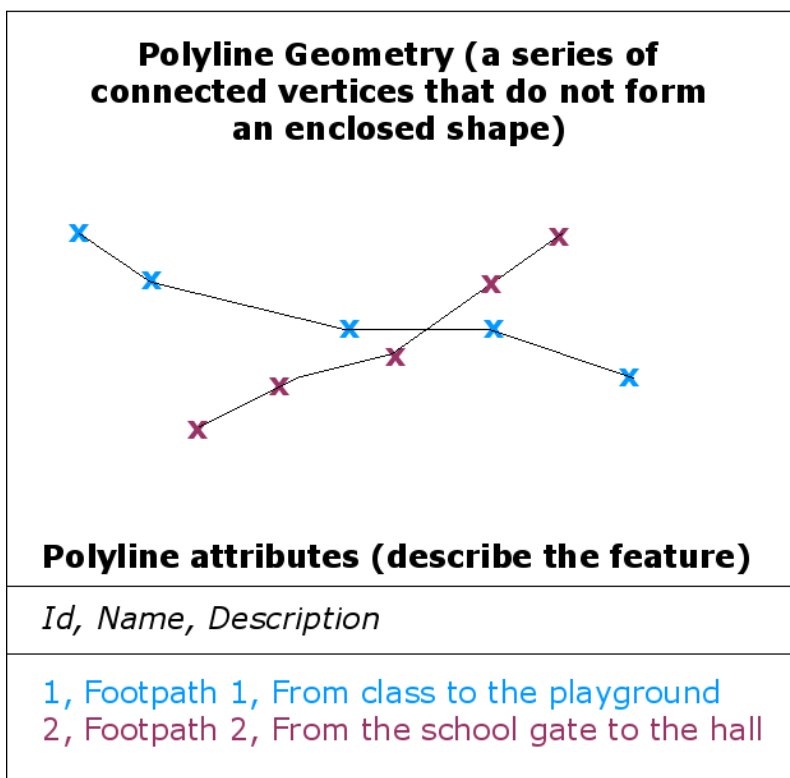


図 3.3: ポリラインは一連の結合された頂点です。それぞれの頂点は X, Y (そして必要に応じて Z) 座標を持ちます。属性はポリラインを説明します。

Vector Polygon Feature

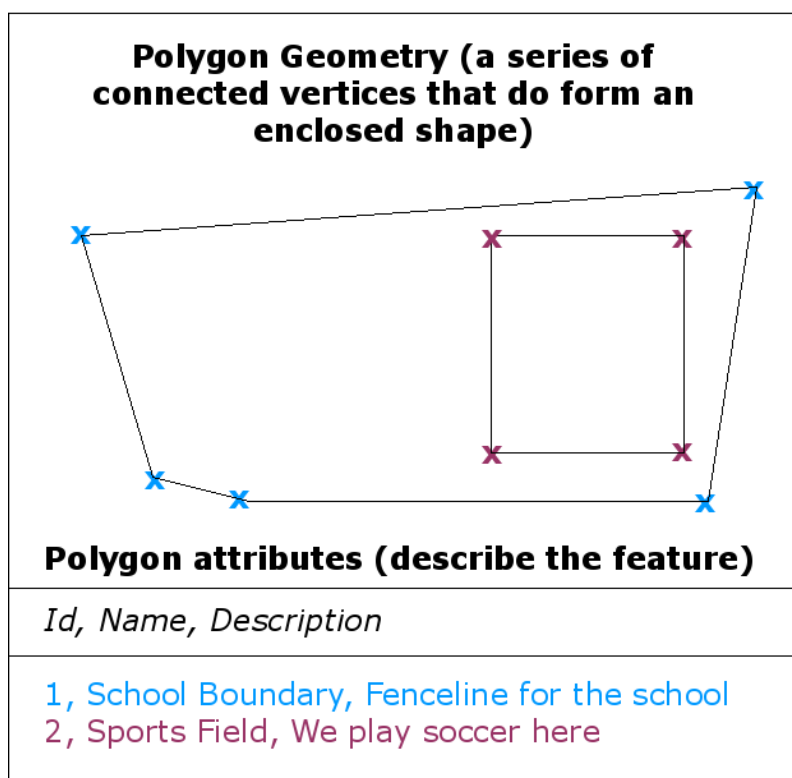


図 3.4: ポリゴンはポリラインのように、一連の頂点です。ただしポリゴンにおいては、最初と最後の頂点は常に同じ位置です。

さらに上に示した風景の写真を振り返ると、GIS が現在それらを表す方法でさまざまな型の地物を見ることができるようです (図 3.5 参照)。

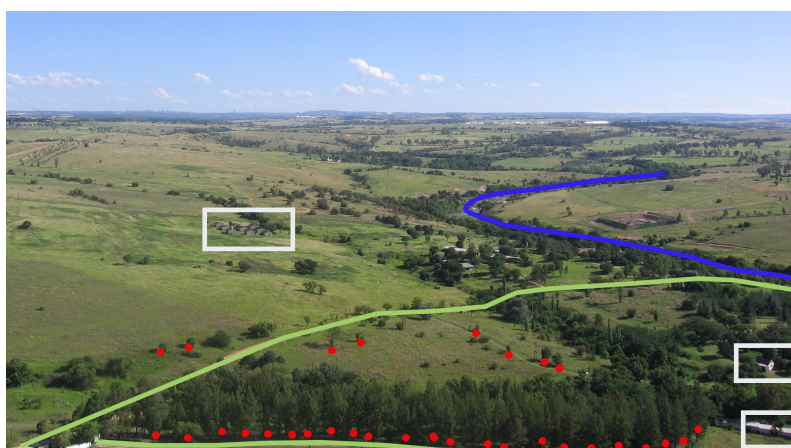


図 3.5: GIS で表現している風景の地物。河川 (青) と道路 (緑) はラインで、樹木はポイント (赤) で、家屋はポリゴン (白) で表現されている。

3.2 ポイント地物の詳細

ポイント地物についていう場合に最初に意識しておく必要があることは、GIS でポイントとして記述するものは、考え方にもよりますが、縮尺に依存することが多いことです。例として都市を見てみましょう。もし(広いエリアをカバーする)小縮尺の地図を見ている場合は、ポイント地物を使用して都市を表すことが適しています。しかし、地図を大縮尺へと拡大させるにつれて、ポリゴンで都市の境界を表示する方がふさわしくなります。

ポイントを使用して地物を表すことを選択する場合は、主に縮尺(その地物からどれだけ離れているか)、効率性(ポイント地物を作成するのはポリゴン地物よりも時間がかからない)、地物の種類(電信柱のようなものはポリゴンとして格納することに意味がない)によります。

図 3.2 に示すように、ポイント地物には、X、Y、およびオプションで Z 値があります。X 値と Y 値は、使用されている座標参照系(CRS)によって異なります。後のチュートリアルで座標参照系について詳しく説明します。今のところ、CRS とは特定の場所が地球の表面のどこにあるかを正確に記述する方法であると簡単に言いましょ。最も一般的な参照系の 1 つは、経度と緯度です。経度の線は北極から南極まで伸びています。緯度の線は東から西に走っています。経度(X)と緯度(Y)を伝えることで、あらゆる地球上の場所を正確に表すことができます。木や電柱について同様の測定を行い、それを地図上にマークすると、ポイント地物が作成されます。

我々は地球は平らではないと知っているので、点の地物には Z 値を追加すると便利です。これは、どれだけの高さにあるかを海拔で示します。

3.3 ポリライン地物の詳細

ポイント地物は単一の頂点ですが、ポリラインには複数の頂点があります。ポリラインは、図 3.3 に示すように、各頂点を通る連続した径路です。2 つの頂点が連結されると、線が作成されます。3 つ以上が連結されると、それらは「複数線の線」またはポリラインを形成します。

ポリラインは、道路、河川、等高線、歩道、飛行経路などの線形の地物のジオメトリを示すために使用されます。時にはそれらの基本的なジオメトリに加えて、ポリラインのための特別なルールがあります。例えば、等高線は互いに接する(例えば崖面で)ことはできますが交わることはありません。同様に、道路網を格納するために使用されるポリラインは、交差点で接続されるべきです。GIS アプリケーションによっては、地物タイプ(例えば道路)に対してこれらの特別な規則を設定できて、そうするとこれらのポリラインが常にこれらの規則に準拠していることを GIS の方で確認してくれるものもあります。

曲線のポリラインの頂点間の距離が非常に大きい場合、表示される縮尺に応じて、角ばったりまたはギザギザに見える場合があります(図 3.6 参照)。このため、データを使用する縮尺に対して十分に小さい頂点間の距離でポリラインをデジタイズ(コンピューターに取り込み)することが重要です。

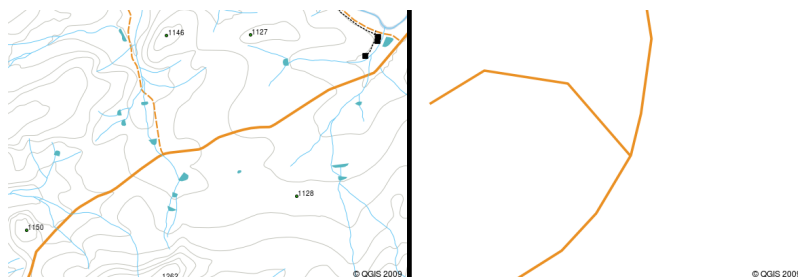


図 3.6: 小縮尺 (左 1:20 000) で見たポリラインは、滑らかに湾曲し表示されるでしょう。大縮尺 (右 1:500) に拡大すると、ポリラインはとても角ばって見えるでしょう。

ポリラインの属性はその特性や特徴を説明します。例えば道路ポリラインはその表面が砂利やタールで舗装されているか、車線はいくつあるか、一方通行かどうかなどを説明する属性を持つことができます。これらの属性は GIS がポリライン地物を最適な色や線種で記号化するために使うことができます。

3.4 ポリゴン地物の詳細

ポリゴン地物は、ダム、島、国境などの囲まれた領域です。ポリライン地物と同様に、ポリゴンは連続線で連結された一連の頂点から作成されます。しかし、ポリゴンは常に閉じた領域を記述しているので、最初と最後の頂点は常に同じ場所でなければなりません！ポリゴンは、多くの場合、共有ジオメトリ ---隣接するポリゴンと共通している境界を有します。多くの GIS アプリケーションには、隣接するポリゴンの境界が正確に一致することを確実にする能力があります。このチュートリアル後の [トポロジ](#) トピックではこれについて見ていきます。

ポイントとポリラインと同様に、ポリゴンは属性を持っています。属性は、ポリゴンごとに記述します。例えば、ダムは深さと水質の属性を持つことができます。

3.5 レイヤ内のベクタデータ

ベクタデータとは何かを説明しましたので、GIS 環境においてベクタデータがどのように管理され使われているかを見てみましょう。ほとんどの GIS アプリケーションでは、ベクタ地物を複数のレイヤに分類します。あるひとつのレイヤ内の地物は、すべてが同じジオメトリ型 (例えばポイント) と、同じ種類の属性 (例えば樹木レイヤならその樹木の種の情報) を持ちます。例として学校の中のすべての歩道の位置を記録したとしましょう。それらは通常、まとめてコンピューターのハードディスクに格納され、単一のレイヤとして GIS の中で表示されます。こうすることの利点は、マウスを 1 回クリックするだけで、このレイヤの地物すべてを GIS アプリケーション上で隠したり表示したりできることです。

3.6 ベクタデータの編集

GIS アプリケーションでは、レイヤのジオメトリデータを作成、修正すること --- このプロセスは デジタイジング と呼ばれます --- ができます。デジタイジングについては、後のチュートリアルで詳しく説明します。あるレイヤ中にポリゴン (例. 農業用貯水池) がある場合、GIS アプリケーションがそのレイヤに作成を許すのは新たなポリゴンだけです。同様に、地物の形状を変更したいとき、アプリケーションは変更された形状が正しいときだけそれを許します。例えば、1つの頂点しかない線を引くことはできません --- 線は必ず 2 つ以上の頂点を有する必要があるということをお忘れください。

ベクタデータの作成と編集は、興味のあるものに対して個人的なデータを作成できる主要な方法の一つであるため、GIS の重要な機能です。たとえば、川での汚染を監視しているとします。GIS を使用すると、雨水排水のためのすべての排水口を (ポイント地物として) デジタイズすることができます。また、川自体を (ポリライン地物として) デジタイズすることもできます。最後に、川の流路に沿って pH レベルを読み取り、これらを読み取った場所を (ポイントレイヤとして) デジタイズできます。

自らデータを作成するだけでなく、無料で入手し利用できるベクタデータもたくさんあります。たとえば、地図測量局 (国土地理院) からは 1:50 000 の地図シートに掲載されているベクタデータを入手できます。

3.7 縮尺とベクタデータ

地図の縮尺は、GIS でベクタデータを操作するときには考慮すべき重要な問題です。データを取得するとき、通常は既存の地図からデジタイズするか、測量記録や全地球測位システム機器から情報を取得します。地図の縮尺は様々なため、地図から GIS 環境にベクタデータをインポートする場合 (たとえば、紙の地図をデジタイズすることにより)、デジタルベクタデータには元の地図と同じ縮尺の問題を抱えることになります。この効果は、イラスト [図 3.7](#) と [図 3.8](#) で見ることができます。地図の縮尺を適切に選択しないと、多くの問題が発生する可能性があります。たとえば、イラスト [図 3.7](#) のベクタデータを使用して湿地保全地域を計画すると、湿地の重要な部分が保護区から除外される可能性があります。一方、地域の地図を作成しようとしている場合は、1:1000 000 でキャプチャされたデータを使用するのがちょうどよく、データを取得する時間と労力を大幅に節約できます。

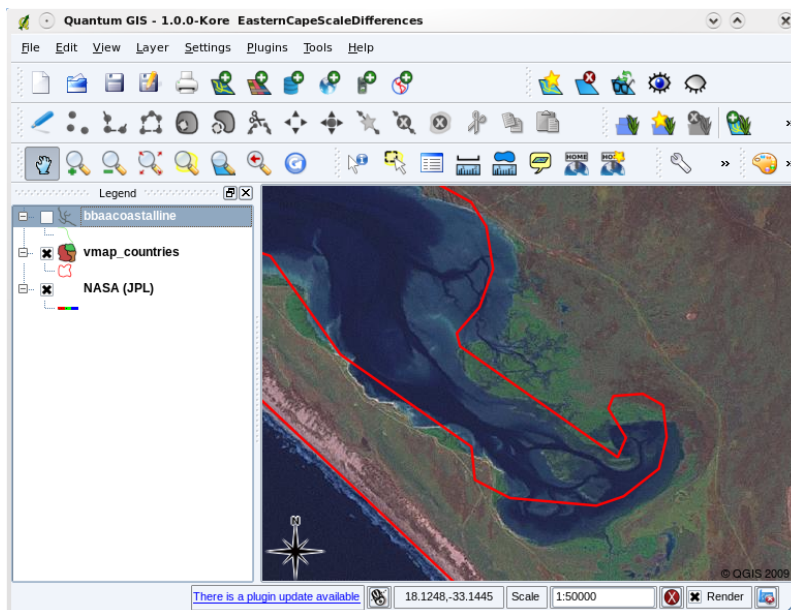


図 3.7: 小縮尺 (1:1000000) の地図からデジタル化されたベクタデータ (赤線)。

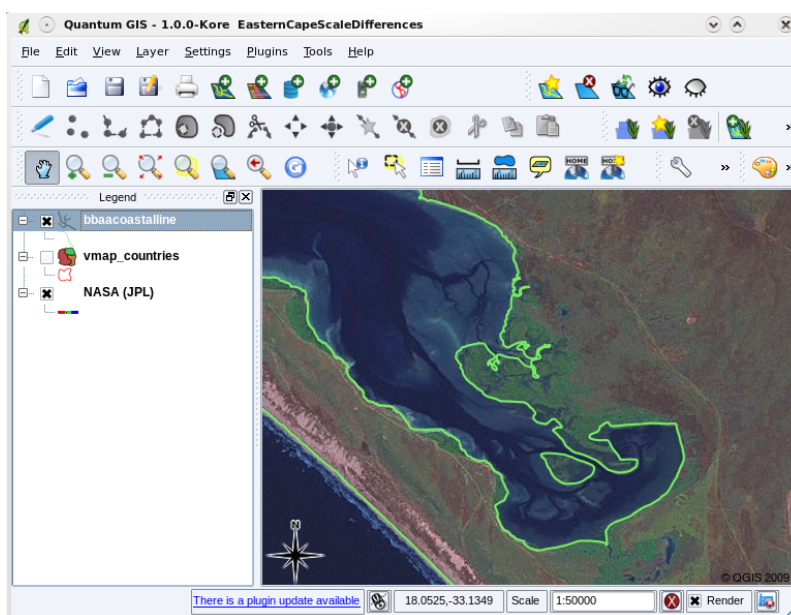


図 3.8: 大縮尺 (1:50000) の地図からデジタル化されたベクタデータ (緑色の線)。

3.8 シンボロジ

GIS アプリケーションのマップビューにベクタレイヤを追加すると、ランダムな色と基本的なシンボルで描画されます。GIS を使用する大きな利点の 1 つは、パーソナライズされた地図を非常に簡単に作成できることです。GIS プログラムでは、地物タイプに合わせて色を選択できます（たとえば、水域のベクタレイヤを青で描画するように指示できます）。GIS では、使用する記号を調整することもできます。したがって、木ポイントレイヤがある場合は、レイヤを最初にロードするときに GIS が使用する基本的な円マーカーではなく、木の小さな画像でそれぞれの木の位置を表示できます（[図 3.9](#)、[図 3.10](#) および [図 3.11](#) 参照）。

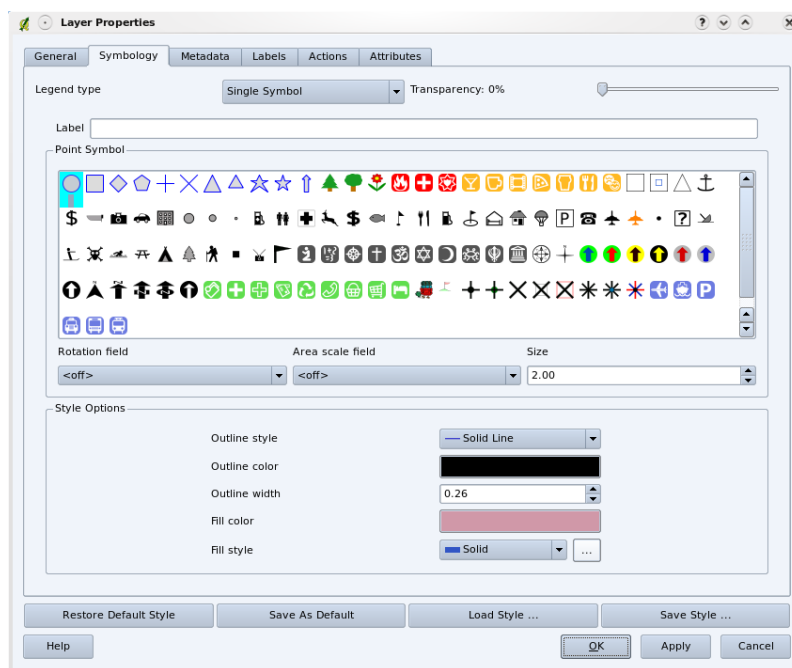


図 3.9: GIS では、レイヤ内の地物を描画する方法を調整する（上記のような）パネルを使用できます。

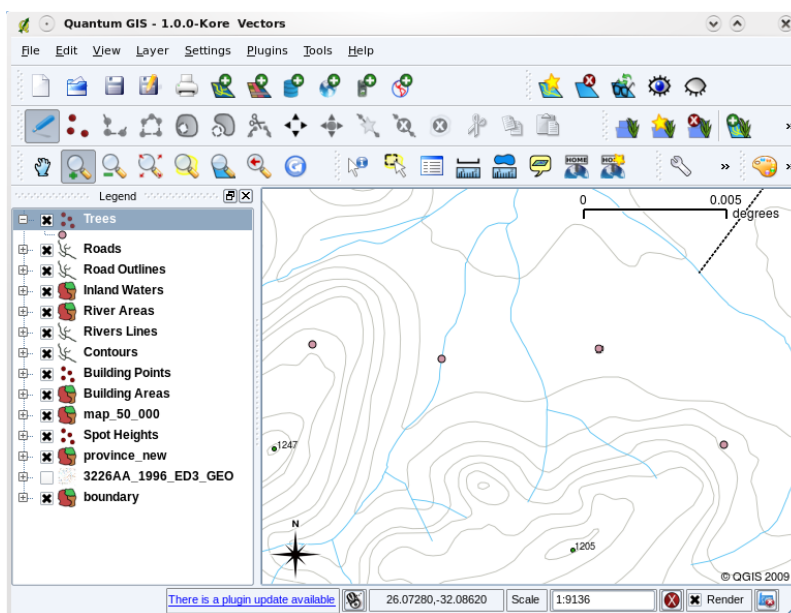


図 3.10: レイヤ (例えば上にある木のレイヤ) が初めてロードされると、GIS アプリケーションは一般的なシンボルを与えます。

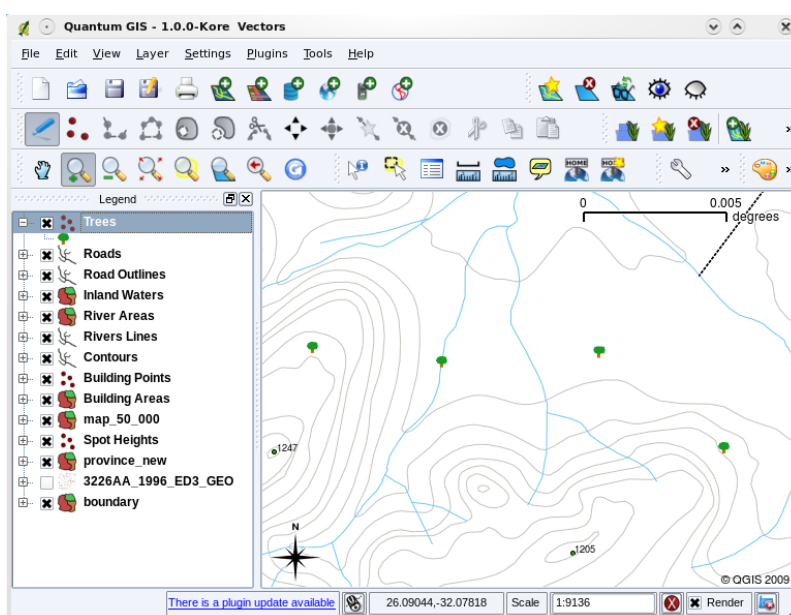


図 3.11: 調整を行った後は、ポイントが木を表すことがずっとわかりやすいです。

シンボロジは強力な機能であり、地図をより生き生きと、GIS 中のデータをより理解しやすくします。後に続くトピック (ベクタ属性データ) では、シンボロジが、ユーザーがベクタデータを理解するのにいかに役立つかを深く探求します。

3.9 GIS ではベクタデータで何が出来る？

最も単純なレベルで通常の地形図を使用するのとはほぼ同じ方法で、GIS アプリケーションでのベクタデータを使用できます。GIS の真の力は、「ある河川の 100 年洪水レベルの範囲内にある家はどれ？」；「なるべく多くの人が簡単に行けるように病院を配置したいが、最適な場所はどこ？」；「どこそこの郊外に住んでいる生徒は誰？」といった質問を尋ね始めたときに発揮され始めます。GIS は、ベクタデータの助けを借りてこれらの種類の質問に答えるための素晴らしいツールです。一般的には、これらの種類の質問に答えるプロセスを空間分析と言います。このチュートリアル後のトピックでは、より詳細に空間分析を見ていきます。

3.10 ベクタデータの一般的な問題

ベクタデータの取り扱いには、いくつかの問題や課題があります。既に挙げた例として、異なる縮尺でベクタデータが作成されることによって起こる問題があります。これに加えて、ベクタデータの正確さと信頼性を担保するためには、多くのメンテナンス作業が必要となることも挙げられます。不正確なベクタデータは、データを作成する際に使用したツールが適切に設定されていない場合、作成者が注意深く作業を行わなかった場合、十分に詳細なデータ収集を行うには時間とお金が足りなかった場合、などに生じ得るものです。

質の悪いベクタデータがある場合、GIS でデータを表示するときこれを検出できることがよくあります。たとえば、スライバは、2 つのポリゴン領域の辺が適切に合わない場合に発生する可能性があります（[図 3.12 参照](#)）。

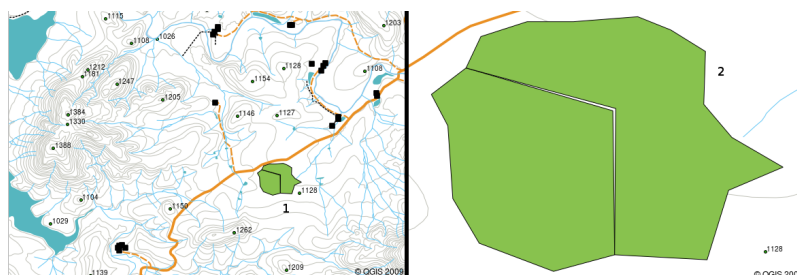


図 3.12: スライバは隣接する二つのポリゴンの境界を構成する頂点がうまく合致していないときに発生します。小縮尺 (ex. 左図 1) ではこれらのエラーを見つけられないかもしれません。しかし大縮尺 (ex. 右図 2) にするとそれらが二つのポリゴンの間の細い領域として顕在化します。

オーバーシュートは、道路などのライン地物が交差点で別の道路と正確に一致しない場合に発生する可能性があります。アンダーシュートは、ライン地物（川など）が、接続する必要のある別の地物と正確に一致しない場合に発生する可能性があります。[図 3.13](#) は、アンダーシュートとオーバーシュートがどのように見えるかを示しています。



図 3.13: アンダーシュート (1) は互いに接合すべきライン地物をびったり接合せずにデジタイズを行うと発生します。オーバーシュート (2) は接合すべきラインの端点が接合対象の地物を飛び越え交差してしまった際に発生します。

このような種類のエラーがあるため、デジタイズを注意深く正確に行うことはとても重要です。これから先のトピックにある トポロジ では、この種のエラーのいくつかについてさらに詳しく検討します。

3.11 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました:

- GIS において、ベクタデータは現実世界を代表する地物を表現するために利用されます。
- ベクタ地物はポイント、ラインまたはポリゴンのジオメトリタイプを持つことができます。
- 各ベクタ地物は、それを記述する属性データを持ちます。
- 地物のジオメトリ (幾何形状) は頂点の観点で記述されます。
- ポイントジオメトリは、1つの頂点 (X、Y および任意で Z) で構成されています。
- ポリラインジオメトリはラインをつないで形成する2つ以上の頂点で構成されています。
- ポリゴンジオメトリは閉じた領域を形成する少なくとも4つの頂点で構成されています。最初と最後の頂点は常に同じ位置です。
- 使用するジオメトリタイプの選択は、縮尺、利便性や GIS においてデータでいたいことに依存します。
- ほとんどの GIS アプリケーションでは、単一のレイヤで複数のジオメトリ型を混在させることはできません。
- デジタイジングは、GIS アプリケーションで描画することにより、デジタルベクタデータを作成するプロセスです。
- ベクタデータにはアンダーシュート、オーバーシュートそしてスライバのような、注意が必要な品質上の問題があります。

- GIS アプリケーションではベクタデータを空間分析に利用できます。例えば、学校に近い病院を見つけるなどです。

GIS ベクタデータ の概念を 図 3.14 にまとめました。

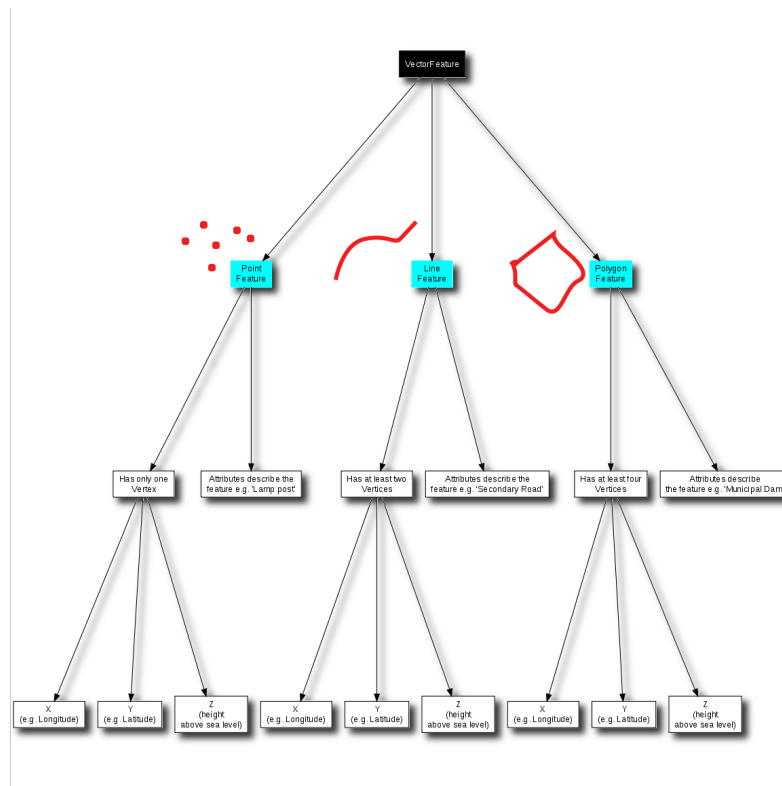


図 3.14: この図は、GIS アプリケーションがベクタデータを扱う方法を示しています。

3.12 やってみよう

ここでは生徒に教える際のアイデアいくつか述べていきます:

- お住まいの地域の地形図のコピー (図 3.15 に示されているものなど) を使用して、学習者がさまざまな種類のベクタデータの例を地図上で強調表示して識別できるかどうかを確認します。
- 学校の敷地にある現実世界の地物を表すために、GIS でベクタ地物をどのように作成するか考えてください。学校の中および周りのさまざまな地物のテーブルを作成し、その後、それらは GIS ではポイント、ライン、ポリゴンのどれで表現するのが最善かを決定する課題を生徒たちに与えます。例えば [table_vector_1](#) を参照してください。

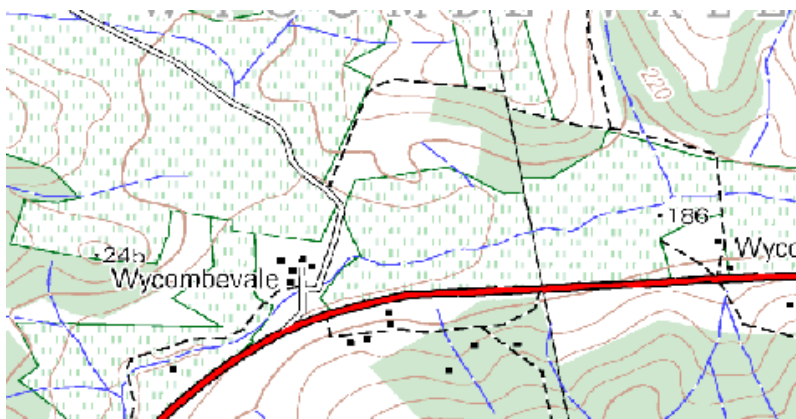


図 3.15: この地図上の 2 つのポイント地物と 1 つのポリゴン地物を識別できますか？

実際の地物	最適なジオメトリ型
学校の旗のポール	
サッカー場	
学校および周辺の歩道	
蛇口のある場所	
Etc.	

表ベクタ 1：このような（ジオメトリ型の列を空に残した）表を作り、生徒たちに適切なジオメトリ型を決めるように問います。

3.13 考えてみよう

利用可能なコンピュータがなくても、ベクタデータを生徒たちに見せるためトポシートと透明なシートを使用できます。

3.14 より詳しく知りたい場合は

QGIS ユーザーガイドでは、ベクタデータの操作についてより詳細な情報が含まれています。

3.15 次は？

次のセクションでは 属性データ について詳しく見て、それがどうベクタ地物を記述するか確認しましょう。

第4章 ベクタ属性データ



目的： ここでは属性データをどのようにベクタ地物と結びつけ、データをシンボル化するのに使うかについて扱います。

キーワード 属性, データベース, フィールド, データ, ベクター, シンボロジド:

4.1 概要

地図上のすべての線が同じ色、幅、太さで、同じラベルが付いていたら、何が起きているのかを理解するのは非常に困難です。またその地図は私達にほとんど情報を与えないでしょう。たとえば 図 4.1 を見てください。

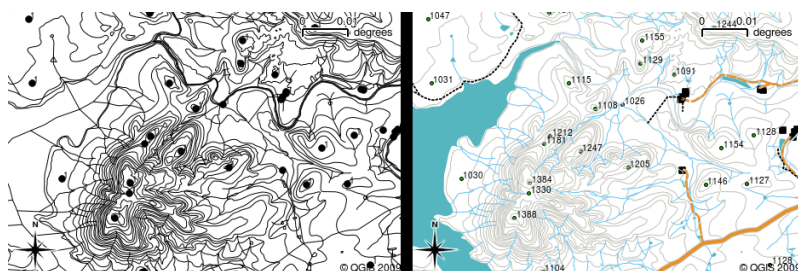


図 4.1: 地図は、異なる地物を区別できるように異なる色やシンボルが使用されていると見やすくなります。左の地図で河川、道路、等高線を区別はできるでしょうか？右の地図の場合はそれが簡単にできます。

このトピックでは、興味深く有益な地図を作成するために属性データがどのように役立つかを見ていきます。ベクタデータに関する前のトピックでは 属性データ がベクタ地物を説明するために使用されることを簡単に説明しました。 図 4.2 の家の写真を見てください。



図 4.2: すべての地物は記述可能な特徴を持っています。それらは目に見えるものもあれば、その地物について知っていること (例. 建築年) もあります。

これらの家の地物の形状はポリゴン (家の間取り図に基づく) であり、記録した属性は屋根の色、バルコニーがあるかどうか、家が建てられた年です。属性は目に見えるものである必要はないことに注意してください---それらは、地物が構築された年など、地物について私たちが知っていることを説明できます。GIS アプリケーションでは、この地物型を家のポリゴンレイヤで表し、属性を属性テーブルで表すことができます (図 4.3 参照)。

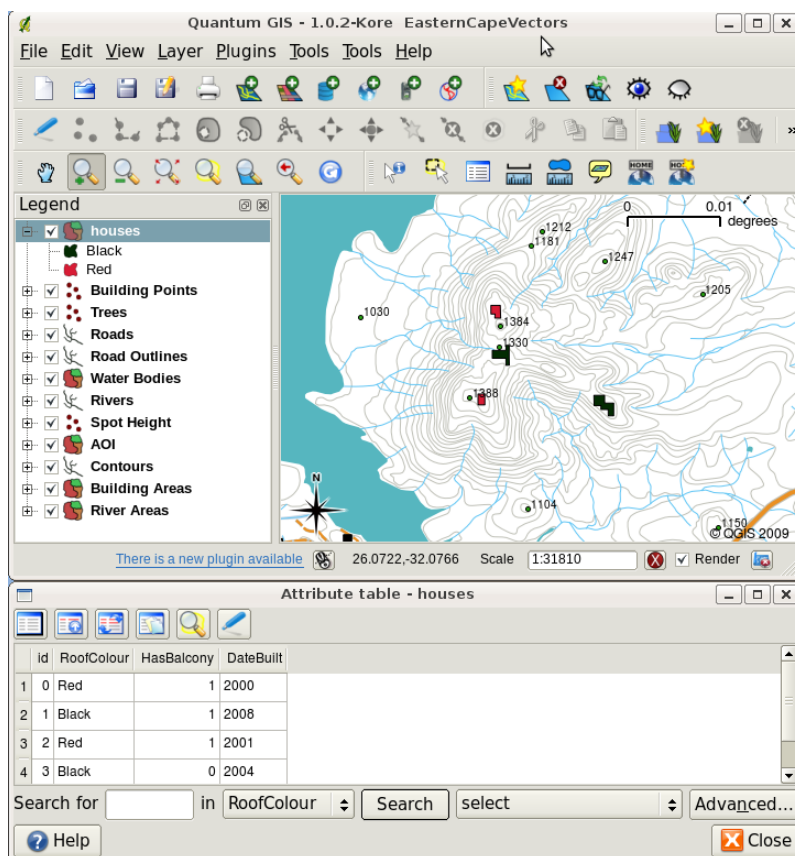


図 4.3: 家のレイヤ。家の地物には、屋根の色等の属性やその他属性情報が記述されています。属性テーブル(下図)には、地図上に示された家エリアの属性のリストが示されています。テーブルの中で地物が強調表示されているときは、地図上では黄色のポリゴンと見えます。

GIS アプリケーションにおいて地物にはジオメトリだけでなく属性もあるという事実は、多くの可能性を開きます。たとえば、属性値を利用して地物を描画するときに使う色とスタイルを GIS に指示できます (図

4.4 参照) 色や描画スタイルを設定する手順は、よく地物のシンボロジを設定すると言われます。

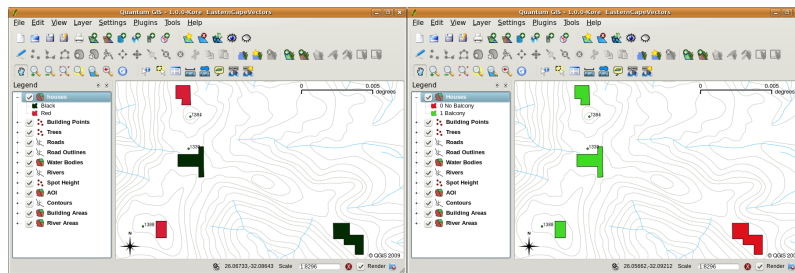


図 4.4: GIS アプリケーションでは、属性に応じて異なる地物を描画できます。例えば左図では、家の屋根の色の属性と同じ色で、家のポリゴンを描画しています。右図では、バルコニーの有無に応じて、家のポリゴンを塗り分けています。

属性データはまた 地図ラベル を作成する場合にも役立ちます。ほとんどの GIS アプリケーションには、各地物にラベルを付けるために使用する属性を選択する機能があるでしょう。

地名や特定の地物を 地図で検索 したことがある人なら、それがどれほど時間がかかるものかわかるでしょう。属性データがあれば、特定の地物をすばやく簡単に検索できます。図 4.5 には、GIS での属性検索の例があります。

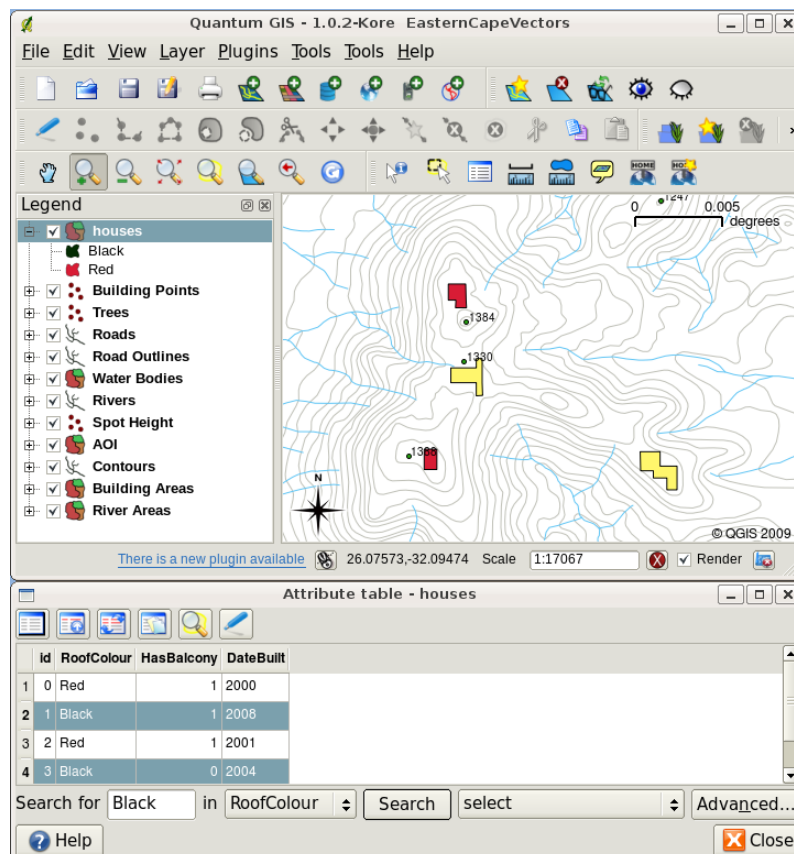


図 4.5: GIS アプリケーションでは、属性に基づいても地物を検索できます。ここでは、黒い屋根の家のための検索を見られます。結果は、地図中では黄色、テーブル上ではターコイズで表示されます。

最後に、属性データは 空間分析 を行う上で非常に役立ちます。空間解析は、その属性情報を持つ地物のジ

オメトリに保存された空間情報を組み合わせています。これは、地物およびそれらがお互いにどう関係するか研究することを可能にします。実行できる空間分析の多くの種類があります、例えば GIS を使用して、特定の領域で赤い屋根の家がどのくらいの数発生するかを見つけることができます。木の地物があれば、GIS を使用して、土地の一部が開発されたときにどの種が影響を受ける可能性があるかを見つけだす試みができます。汚染が流れに入っているかを理解するためには、川の流路に沿って水試料について保存された属性を使用できます。可能性は無限大！後のトピックでは、より詳細に空間分析を探索します。

属性データの詳細に移る前に、簡単にまとめてみましょう。

地物は、道路、敷地境界、変電所サイトなどの現実世界のものです。地物にはジオメトリ（ポイント、ポリライン、ポリゴンのいずれであるかを決定します）と属性（その地物を説明します）があります。これは 図 4.6 に示されています。

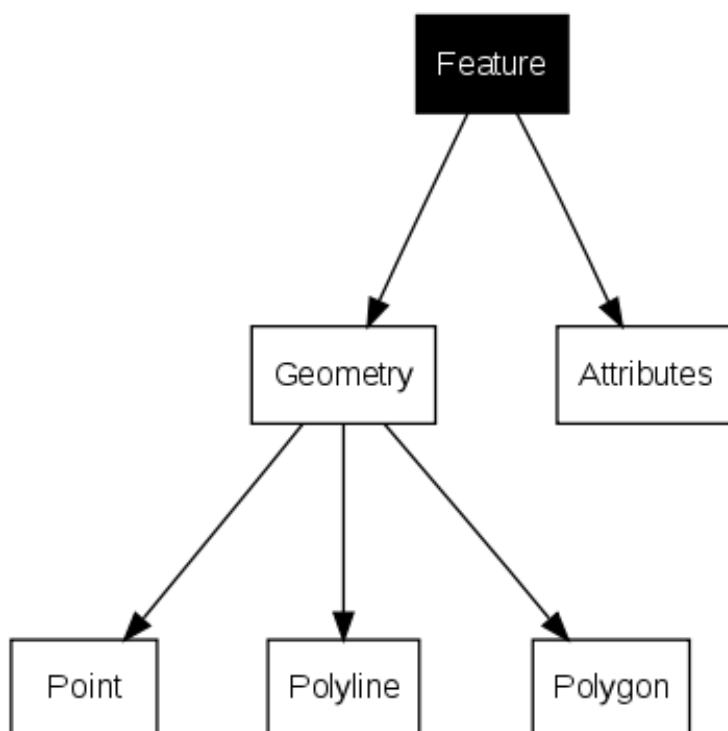


図 4.6: ベクタ地物について簡単に

4.2 属性の詳細

ベクタ地物の属性は、テーブルに格納されます。テーブルとはスプレッドシートのようなものです。テーブルの各列はフィールドと呼ばれます。テーブルの各行はレコードです。テーブル `table_house_attributes` は、属性テーブルが GIS でどのように見えるかの簡単な例を示します。GIS における属性テーブル内のレコードそれぞれが一つの地物に対応しています。通常、属性テーブル内の情報は、データベースのいくつかの種類に格納されます。地図上の地物を選択することで、テーブル内のレコードを検索し、テーブル上の地物を選択することで、地図中の地物を見つけることができるように、GIS アプリケーションは、地物ジオメトリと属性レコードをリンクします。

属性テーブル	フィールド 1 : YearBuilt	フィールド 2: RoofColour	フィールド 3: Balcony
レコード 1	1998	赤	はい
レコード 2	2000	黒	いいえ
レコード 3	2001	銀色	はい

家の属性テーブル：属性テーブルはフィールド (列) とレコード (行) を持っています。

属性テーブルの各フィールドには、特定のタイプのデータ (テキスト、数値、または日付) が含まれています。地物に使用する属性を決定するには、いくつかの検討と計画が必要です。このトピックの前半の家の例では、関心のある属性として、屋根の色、バルコニーの有無、および建設の月を選択しました。以下のような家の他の面を選択することもたやすくできたでしょう：

- 階数
- 部屋数
- 居住者数
- 住居の種類 (RDP ハウス、アパートのブロック、小屋、れんが造りの家など)
- 家が建てられた年
- 家の床面積
- 他には...

それほど多くの選択肢があるのに、どの属性が地物のために必要かをどうしたらうまく選択できるのでしょうか？これは通常、データで何をやる予定かに帰着します。年齢によって家屋を示す色分けされた地図を作成したい場合は、地物に「建築年」属性があると意味があります。このタイプの地図を使用することはないと確かに知っている場合、情報を格納しない方が良いです。不要な情報を収集し格納するのは、情報を調査し取り込むためにコストや時間が必要なので、悪い考えです。非常に多くの場合は、企業、友人や政府からベクタデータを取得します。これらの場合には、特定の属性を要求することは通常不可能であり、得られたもので何とかする必要があります。

4.3 単一シンボル

属性テーブルのデータを使わずに地物を記号化した場合、簡単な描画しかできません。たとえばポイント地物では、色やマーカー (丸、四角、星など) を設定できますが、それが全てです。属性テーブル中のプロパティのいずれかに基づいて地物を描画するよう GIS に伝えることはできません。そのためには、段階、連続 や一意値 シンボルのいずれかを使用する必要があります。これらは、以降のセクションで詳細に説明されています。

GIS アプリケーションでは、通常、[図 4.7](#) に示すようなダイアログボックスを使用してレイヤのシンボロジを設定できます。このダイアログボックスでは、色と記号のスタイルを選択できます。レイヤのジオメトリタイプに応じて、さまざまなオプションが表示される場合があります。たとえば、ポイントレイヤでは、マーカースタイルを選択できます。ラインレイヤとポリゴンレイヤでは、マーカースタイルのオプションはありませんが、代わりに、砂利道の場合は破線のオレンジ、非主要道路の場合は実線のオレンジなど、ラインスタイルと色を選択できます ([図 4.8](#) 参照)。ポリゴンレイヤでは、塗りつぶしスタイルと色を設定するオプションもあります。

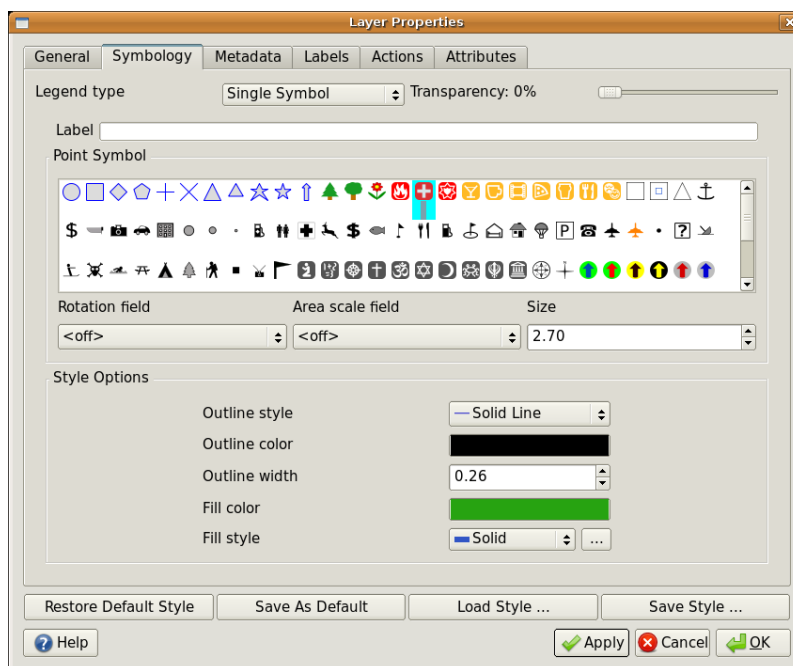


図 4.7: シンプルなシンボルを用いる際、地物は属性情報に応じた描画はできません。これはポイント地物のシンプルなシンボルのダイアログです。

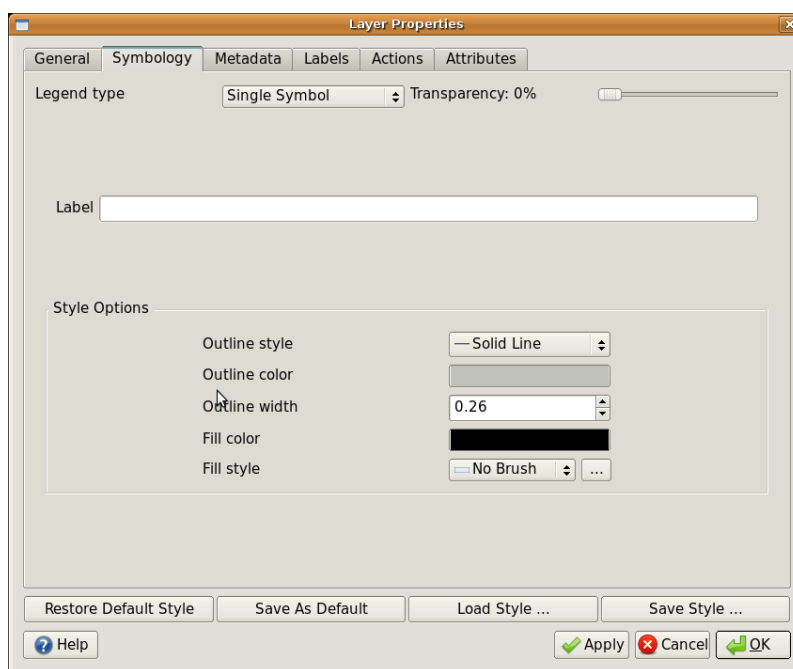


図 4.8: ポリラインとポリゴン地物のシンプルなシンボルを定義するための様々なオプションがあります。

4.4 段階シンボル

ベクタ地物では変化する数値で物事を表現することがあります。等高線はこの良い例です。各等高線には通常、「高さ」と呼ばれる属性値を持ち、その等高線がどの高さを表現するかという情報を格納します。このトピックで前に、すべて同じ色で描かれた等高線を示しました。等高線に色を追加すると、等高線の意味を解釈する助けになりえます。例えば、低地をある色で、中間の高さの地を別の色で、高地を第三の色で描画できます。

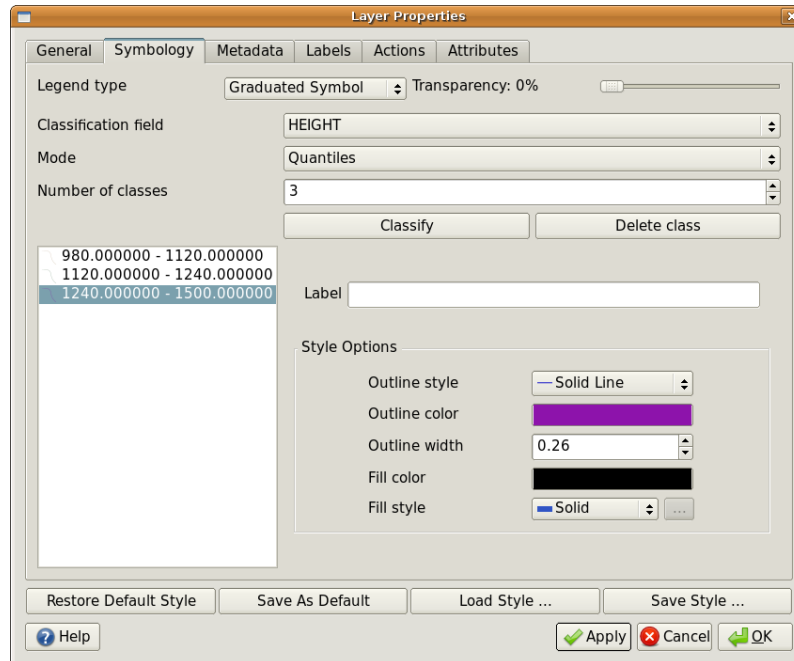


図 4.9: 等高線の高さ属性は 3 つの等級に等高線を分けるために使用できます。980 メートルと 1120 メートルの間の等高線は褐色、1120 メートルと 1240 メートルの間は緑、1240 メートルと 1500 メートルの間は紫で描画します。

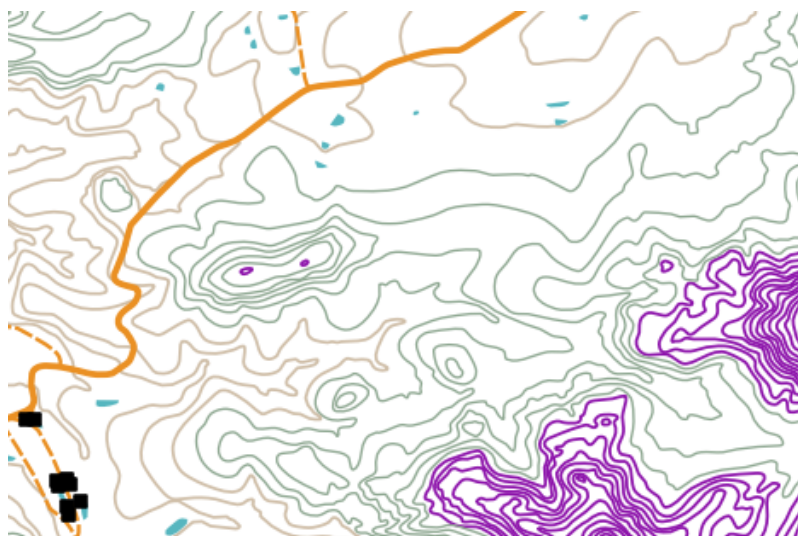


図 4.10: 等高線に段階色を設定した後の地図。

属性値の個別のグループに基づいて色を設定することは、QGIS では段階シンボロジと呼ばれます。このブ

プロセスは、イラスト 図 4.9 および 図 4.10 に示されています。段階シンボルは、異なる値域の属性値を持つ地物間の違いを明確に示したい場合に最も役立ちます。GIS アプリケーションは、属性データ（高さなど）を分析し、要求したクラスの数に基づいて、グループを作ります。この手順は *table_graduated* に示されています。

属性値	クラスと色
1	クラス 1
2	クラス 1
3	クラス 1
4	クラス 2
5	クラス 2
6	クラス 2
7	クラス 3
8	クラス 3
9	クラス 3

Table Graduated：段階色は、属性値の範囲を選択したクラスの数に分割します。各クラスは異なる色で表されます。

4.5 連続色シンボル

段階色シンボルについての前のセクションでは、個別のグループまたはクラスの地物を描画できることを見ました。時には一つの色から別のものに色範囲内で地物を描くのに便利です。GIS アプリケーションでは、地物からの数値属性値（例えば、等高線の高さや流れでの汚染レベル）を使用して使用する色を決定します。表 *table_continuous* では属性値は色の連続的な範囲を定義するために使用される方法を示しています。

属性値	カラー（クラスまたはグルーピングなし）
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Table Continuous：連続色シンボロジは開始色（例えばここでは明橙色）および終了色（例えばここでは暗褐色）を使用し、それらの色の間で色調の系列を作成します。

前のセクションで使用したのと同じ等高線の例を使用して、連続色シンボルを使用した地図がどのように定義され、どのように見えるかを見てみましょう。このプロセスは、図 4.11 に示すようなダイアログを使用して、レイヤのプロパティを連続色に設定することから始まります。

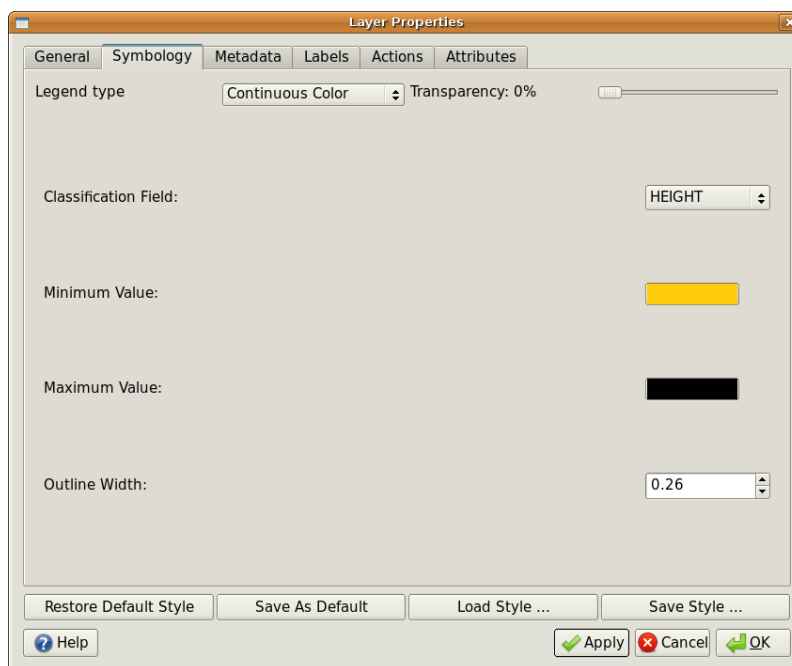


図 4.11: 連続色シンボルを設定します。等高線高さ属性は、色値を決定するために使用されます。色は、最小値と最大値のために定義されています。GIS アプリケーションは、その高さに基づいて地物を描画するための色のグラデーションを作成します。

色の範囲で最小色と最大色を定義した後、描画される色の特徴は、属性が最小と最大の間の範囲のどこにあるかによって異なります。たとえば、値が 1000m で始まり 1400m で終わる等高線地物がある場合、値の範囲は 1000 ~ 1400 です。最小値に設定された色がオレンジに設定され、最大値に設定された色が黒の場合、等高線値が 1400m に近い場合、黒に近く描画されます。一方、1000 m に近い値の等高線は、オレンジに近く描画されます（図 4.12 を参照）。

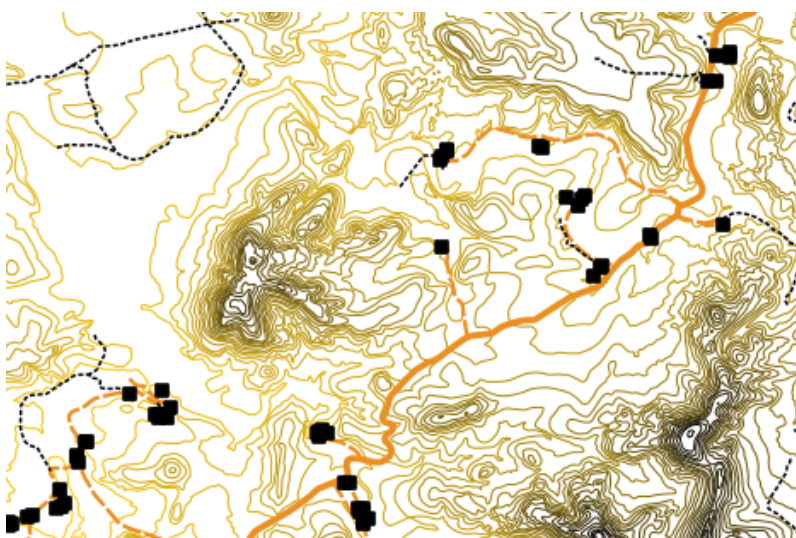


図 4.12: 連続色シンボルを用いた等高線地図

4.6 一意値シンボル

地物の属性が数値でなく、代わりに文字列が使用されていることがあります。「文字列」は文字、数字、その他の書き込みシンボルのグループを意味するコンピュータ用語です。文字列の属性は、多くの場合、名前で物事を分類するために使用されます。それぞれの固有の文字列または数値に独自の色やシンボルを与えるように GIS アプリケーションに伝えることができます。道路の地物は、異なる分類（例えば、「街路」、「周辺道路」、「主要道路」など）を有していて、それぞれは GIS の地図ビュー内で異なる色またはシンボルで描くことができます。これは *table_unique* に例示されています。

属性値	色クラスとシンボル
幹線道路	
主要道路	
周辺道路	
街路	

Table Unique: 地物タイプ (e.g. 道路) の一意な属性値に基づいてそれぞれ独自のシンボルを持つことができます。

GIS アプリケーション内で、レイヤに一意値シンボルを開く/使用することを選択できます。GIS は、属性フィールドのさまざまな文字列値をすべてスキャンし、一意の文字列または数値のリストを作成します。次に、それぞれの一意の値に色とスタイルを割り当てることができます。これは 図 4.13 に示されています。

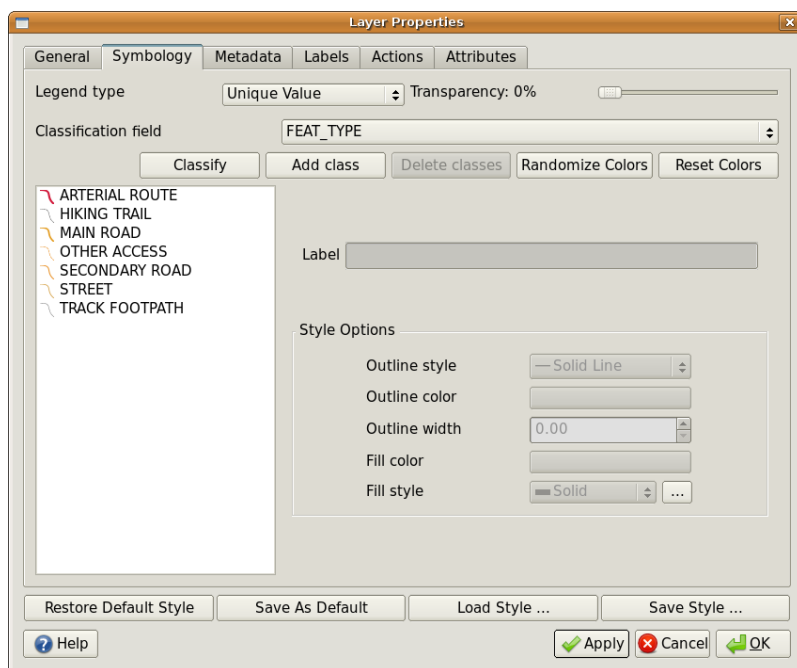


図 4.13: 道路の種類に基づいて、道路に対して一意値シンボルを定義します。

GIS がレイヤを描画するとき、画面に描画する前に各地物の属性を確認します。属性テーブルで選択したフィールドの値に基づいて、道路の線が適切な色と線のスタイル（およびポリゴン地物の場合は塗りつぶしのスタイル）で描画されます。これは 図 4.14 に示されています。



図 4.14: 道路ベクタレイヤは道路の種別ごとに一意の値を用いてシンボル化されます。

4.7 注意すべき点

使用する属性とシンボロジを決定するときは、いづらか計画が必要です。何らかの地理空間データの収集を開始する前に、必要とされている属性が何で、それがどのように記号化されるかを知っているか確かめる必要があります。最初の頃に立てた計画が悪いと、前に戻ってデータを再収集することは非常に困難です。属性データを収集する目的は、空間情報を分析し、解釈できるようにすることであることも忘れないでください。どのようにこれをするかは答えようとしている質問に依存します。シンボロジは、人々が使用された色や記号に基づいて属性データを見て理解できるようにする視覚言語です。このため、理解しやすくするためには地図をどのようにシンボル化したらよいか、思考の多くをつぎ込む必要があります。

4.8 わかりましたか?

ここでは以下のことを学びました:

- ベクタデータは属性を持っています
- 地物の情報を記述する属性
- 属性はテーブルに格納されます
- テーブルの行はレコードと呼ばれます
- ベクタレイヤではそれぞれの地物ごとにレコードがあります
- テーブルの列はフィールドと呼ばれます
- フィールドは地物の持つ情報(例. 高さ, 屋根の色)を表します
- フィールドは、数値, (任意の)文字列, 日付などの情報を含むことができます
- 地物の属性データはシンボルの設定に使用することができます
- 段階色シンボルはデータをいくつかのクラスにまとめることができます

- 連続色 シンボルは、地物の属性情報に基づいてカラーレンジの色を割り当てることができます
- 一意値 シンボルは指定した属性フィールドの中の個別値にそれぞれ異なるシンボル (色やスタイル) を設定することができます
- ベクタレイヤの属性が定義されたシンボル体系を使用していない場合は、単一シンボルを使用して描画されます。

4.9 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアいくつか述べていきます:

- 最後のトピックで作成したテーブルを使用して、地物タイプごとに使用しシンボロジの種類の新しい列を追加し、生徒たちに彼らが使用しているシンボロジの種類を識別させてください (例えば *table_example_symbols* を参照)。
- ベクタ地物は、次のタイプで使用しているシンボロジの種類を特定するようにしてください:
 - 学校のまわりで採集された土壌サンプルの pH レベルを示す点
 - 都市の道路網を示すライン
 - レンガ、木材、あるいは「他の」材料で作られているかどうかを示す属性をもつ住宅ポリゴン。

実際の地物	ジオメトリタイプ	シンボロジの種類
学校の旗のポール	点	単一シンボル
サッカー場	ポリゴン	単一シンボル
学校および周辺の歩道	ポリライン	生徒たちに、学校の前の時間に各歩道を利用する生徒の数を数えさせ、それから段階シンボルを使用して各歩道の人気を示させてください
タップが置かれている場所	点	単一シンボル
教室	ポリゴン	教室にいる生徒たちの学年にもとづくユニーク値。
フェンス	ポリライン	学校の周りのフェンスについて、区間に分離してその各区間を状態に基づいて 1-9 の尺度で採点することで、生徒たちに状態を評価させます。状態属性を分類するために段階シンボルを使用してください。
教室	ポリゴン	各教室における生徒たちの数をカウントし、赤から青に色の範囲を定義するために連続色シンボルを使用します。

表 例記号：地物タイプとそれぞれのために使用するシンボロジの種類を定義するテーブルの例。

4.10 考えてみよう

利用可能なコンピュータを持っていない場合は、別のシンボロジの種類を試して、透明シートと 1:50,000 地図シートを使用できます。例えば、地図上に透明シートを配置し、異なる色のフェルトペンを使用して、すべての行上または 900 メートルに等しい赤色 900 M（または類似の）以下と緑内のすべての等高線を描きます。同じ技術を使用して他のシンボロジの種類を再現する方法を考えることができますか？

4.11 より詳しく知りたい場合は

ウェブサイト: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cartography>

QGIS ユーザーガイドにも、QGIS における属性データとシンボロジについてのより詳細な情報があります。

4.12 次は？

続くセクションではデータキャプチャを詳しく見てみます。ここでベクターデータおよび属性について学んできたことは、新しいデータを作成することによって実践するでしょう。

第5章 データの取り込み



目的： ベクタとその属性データの作り方と編集の仕方を学びましょう。
 キーワード： 編集、データの取り込み、ヘッドアップ、テーブル、データベース。

5.1 概要

先の二つのトピックでは、ベクタデータを見てきました。ベクタデータには、ジオメトリと属性の2つの重要なコンセプトがあるのを見てきました。ベクタ地物のジオメトリは、形状と位置を示し、属性はプロパティ（色、大きさ、年齢など）を示します。

このセクションでは、ベクタデータ（ベクタ地物のジオメトリと属性の両方）を作成し編集する過程を詳しく見ていきます。

5.2 GISのデジタルデータはどのようにして保存されていますか？

ワードプロセッサ、スプレッドシート、グラフィックパッケージはすべて、デジタルデータを作成し編集するプログラムです。アプリケーションの各タイプでは、特定のファイル形式にそのデータを保存します。例えば、グラフィックスプログラムであれば図画を .jpg JPEG 画像として、ワードプロセッサであればドキュメントを .odt OpenDocument か .doc ワード文書として保存できるでしょう。

これらの他のアプリケーションとまったく同様に、GIS アプリケーションではコンピュータのハードディスク上のファイルにそのデータを保存できます。GIS データにはたくさんの異なるファイル形式がありますが、最も一般的なものは、おそらく「シェープファイル」です。この名前は少し奇妙で、シェープファイル（単数形）と呼びますが、実際には *table_shapefile* に示すように、デジタルベクタデータを保存する、少なくとも3つの異なるファイルで構成されています。

拡張子	説明
.shp	このファイルにはベクタ地物のジオメトリが保存されます
.dbf	このファイルにはベクタ地物の属性が保存されます
.shx	このファイルは地物をより早く検索するために GIS アプリケーションを助けるインデックスです。

表 シェープファイル1：一緒に「シェープファイル」を構成する基本的なファイル。

コンピュータのハードディスク上のシェープファイルを構成するファイルを見ると、図 5.1 のようなものが表示されます。シェープファイルに保存されているベクタデータを他の人と共有したい場合は、その人にそのレイヤーのすべてのファイルを渡すことが大事です。したがって、図 5.1 に示されている trees レイヤの場合、trees.shp、trees.shx、trees.dbf、trees.prj および trees.qml を渡す必要があります。

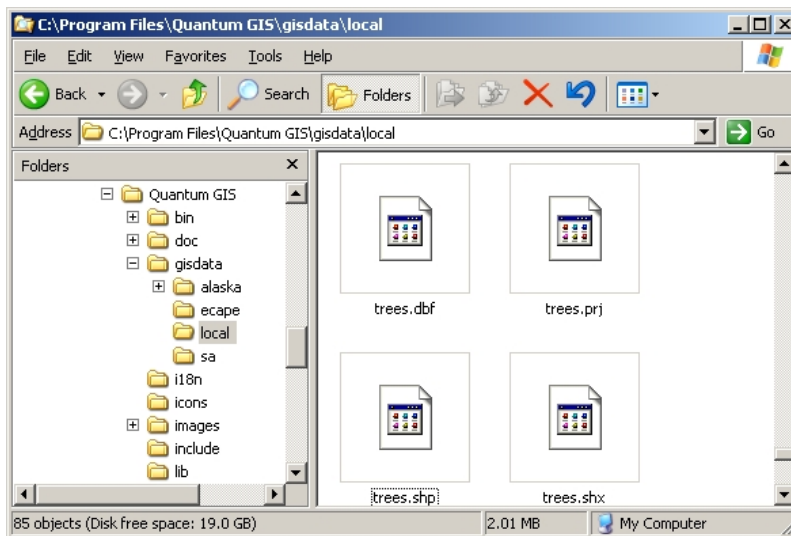


図 5.1: コンピュータのファイルマネージャで見られるような「木」シェープファイルを構成するファイル。

多くの GIS アプリケーションでは、データベース内にもデジタルデータを保存できます。データベースに GIS データを保存することは、データベースは、大量のデータを効率的に保存でき、迅速に GIS アプリケーションにデータを提供できるため、一般的に良いソリューションです。データベースを使用すると、多くの人が同時に同じベクタデータレイヤで作業できます。GIS データを格納するデータベースを設定するのはシェープファイルを使用するよりも複雑ですので、このトピックでは、シェープファイルの作成および編集に焦点を当てます。

5.3 始める前に計画する

新しいベクタレイヤ（シェープファイルに保存される）を作成する前に、そのレイヤの形状（ポイント、ポリラインまたはポリゴン）がどうか、そのレイヤの属性がどうなるか知っている必要があります。いくつかの例を見てみましょう、そうすればこれをやって行く方法がより明確になるでしょう。

5.3.1 例 1：旅行地図の作成

お住まいの地域のために素敵な観光地図を作成したいと思っているとしましょう。最終的な地図に対するビジョンは、観光客への関心のサイトのためにオーバーレイマーカーと 5 万分の 1 のトポシートです。まずは、ジオメトリについて考えてみましょう。ベクタレイヤはポイント、ポリラインまたはポリゴンの地物を使用して表現できることはわかっています。この観光地図にはどれが最も理にかなっていますか？外を見るポイント、記念碑、古戦場などの特定の位置をマークしたい場合はポイントを使用できます。峠を通る風光明媚なルートなど、観光客にルートを案内したい場合は、ポリラインを使用しても意味がありま

す。自然保護区や文化村など、全体が観光上関心のある領域がある場合は、ポリゴンを選択するのが良いかもしれません。

ご覧のとおり、必要なジオメトリのタイプを知るの簡単ではないことがよくあります。この問題に対する一般的なアプローチの1つは、必要なジオメトリタイプごとに1つのレイヤを作成することです。たとえば南アフリカの測量・地図主任局によって提供されたデジタルデータを見ると、河川領域の(ポリゴン)レイヤと河川のポリラインレイヤが提供されています。河川領域(ポリゴン)は広い川の広がりを表し、河川のポリラインは狭い川の広がりを表すのに使用されています。図 5.2 では、3つのジオメトリタイプすべてを使用した場合に、観光レイヤが地図上でどのように見えるかを確認できます。

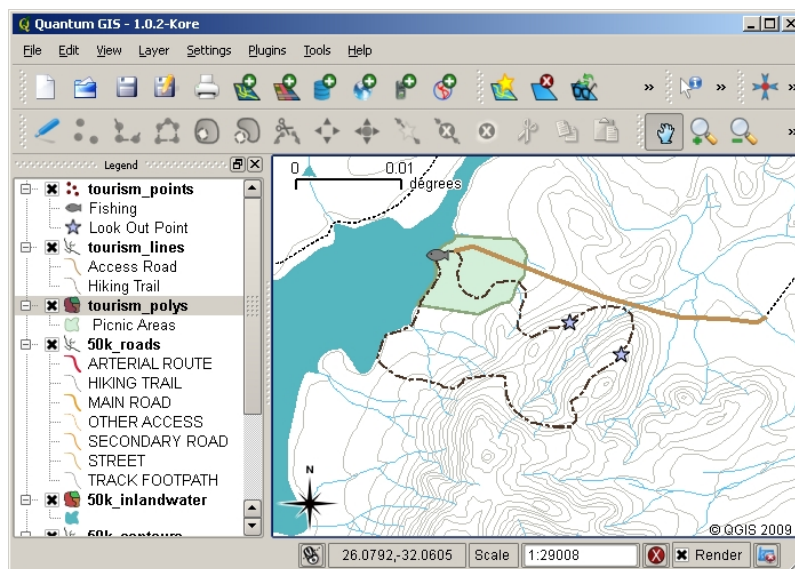


図 5.2: 観光レイヤを有する地図。適切に彼らが必要なすべての情報を与え、訪問者のために必要な地物の種類を表すことができるよう、観光のデータのための3つの異なるジオメトリタイプを使用していました。

5.3.2 例 2 : 川に沿った汚染レベルの地図作成

川の流路に沿って汚染レベルを測定したい場合は、通常はボートで川に沿って移動するか、その土手に沿って歩きます。一定間隔で止まって、溶存酸素 (DO) レベル、大腸菌群 (CB) カウント、濁度レベルおよび pH などの様々な測定値を取ることでしょう。自分の位置を地図したり、GPS 受信機で自分の位置を取得したりする必要もあるでしょう。

GIS アプリケーションでは、このような実習から収集したデータを格納するためには、おそらく点ジオメトリを持つ GIS レイヤを作成します。撮影した各サンプルは非常に限られた場所での条件を表しているため、点ジオメトリを使用することはここでは意味があります。

属性のために、サンプルサイトを説明する各々の物事に対してフィールドが欲しくなるかもしれません。だから `table_river_attributes` のように見える属性テーブルで終わることがあります。

サンプルナンバー	pH	DO	CB	濁り	採取者	データ
1	7	6	N	低い	患者	2009/12/01
2	6.8	5	Y	中程度	Thabo	2009/12/01
3	6.9	6	Y	高い	Victor	2009/12/01

表 河川属性 1：ベクタレイヤを作成する前に、このようなテーブルを描くと、どんな属性フィールド（列）が必要となるかを決定できるようになります。ジオメトリ（サンプルが採取された位置）は属性テーブルに示されていないことに注意してください--- GIS アプリケーションではジオメトリは別に保存されます！

5.4 空のシェープファイルを作成する

どんな地物を GIS に取り込むか、またそれぞれの地物がどんなジオメトリタイプと属性を持つべきか計画したら、空のシェープファイルを作成するための次のステップに進むことができます。

この手順は通常、GIS アプリケーションで「新しいベクタレイヤ」オプションを選択してから、ジオメトリタイプを選択することから始まります（[図 5.3 参照](#)）。前のトピックで説明したように、これは、ジオメトリにポイント、ポリライン、またはポリゴンのいずれかを選択することを意味します。

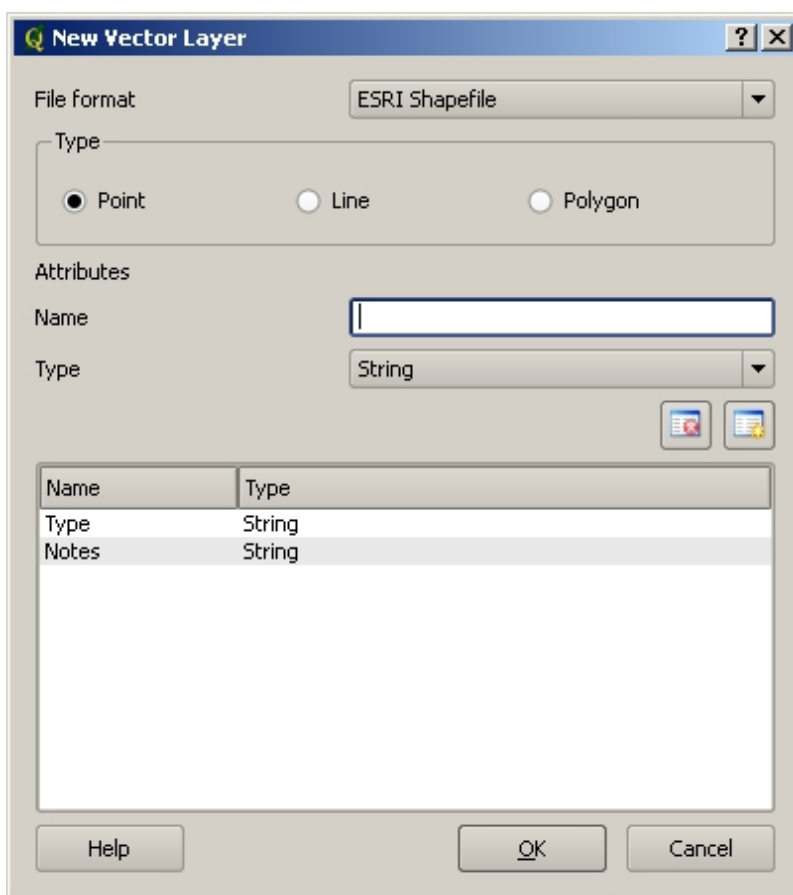


図 5.3: 新しいベクタレイヤを作成することは、フォームにいくつかの詳細に記入するのと同じくらい簡単です。まず、ジオメトリタイプを選択し、それから属性フィールドを追加します。

次は属性テーブルにフィールドを追加します。通常は、短くて空白を含まず、フィールドに格納されている情報の種類を示唆するフィールド名を与えます。フィールド名の例としては「pH」, 「屋根色」, 「道路種別」などでしょう。各フィールドの名前を選択するのと同様に、情報がそのフィールドにどう格納されるかを示す必要があります---つまりそれは数か、単語や文章か、または日付か？

コンピュータプログラムは、通常、言葉や文章の'文字列'で構成された情報を呼び出します。だから通りの名前や川の名前のようなものを保存する必要がある場合は、フィールドタイプに'文字列'を使用する必

必要があります。

シェープファイル形式は、数値フィールド情報を全体の数（整数）または小数（浮動小数点数）のいずれかとして保存できます --- 取り込もうとしている数値データが小数点以下を持っているかどうかを事前に考えておく必要があります。

シェープファイルを作成するための最後のステップ（図 5.4 に示されている）は、シェープファイルに名前とコンピューターのハードディスク上の作成場所を指定することです。繰り返しになりますが、シェープファイルには短くて意味のある名前を付けることをお勧めします。良い例は、「川」、「水質標本」などです。

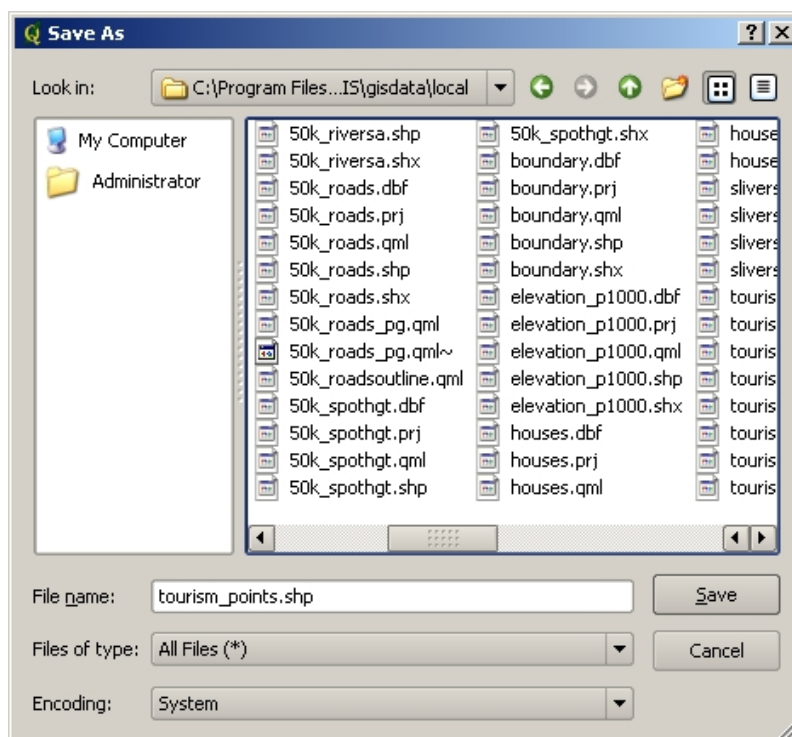


図 5.4: 新しいレイヤのジオメトリと属性を定義したら、それをディスクに保存する必要があります。シェープファイルに短い意味のある名前を与えることが重要です。

再び処理を手短におさらいしてみましょう。シェープファイルを作成するには、最初にそれが保持するジオメトリの種類を指定し、それから属性テーブルのために 1 つ以上のフィールドを作成し、わかりやすい名前を使用してハードディスクにシェープファイルを保存します。1-2-3 のように簡単です！

5.5 シェープファイルにデータを追加する

これまでのところは、空のシェープファイルを作成しただけです。今は、GIS アプリケーションの「編集を有効」メニューオプションまたはツールバーのアイコンを使用してシェープファイルでの編集を有効にする必要があります。シェープファイルが誤って、それらに含まれるデータの変更や削除を防ぐために、デフォルトでは編集のために有効になっていません。次は、データの追加を開始する必要があります。シェープファイルに追加するレコードごとに、2 つのステップを完了する必要があります。

1. ジオメトリの取得
2. 属性の入力

ジオメトリの取得プロセスはポイント、ポリラインおよびポリゴンかによって異なります。

ポイントをキャプチャするには、最初に地図のパンおよびズームツールを使用して、データを記録する予定の正しい地理的領域に到達します。次に、ポイントキャプチャツールを有効にする必要があります。それが終わったら、次に新しいポイント ジオメトリ を表示させたい地図ビューの場所でマウスの左ボタンでクリックします。マップをクリックすると、ウィンドウが表示され、そのポイントのすべての属性データを入力できます（[図 5.5](#) 参照）。特定のフィールドのデータがわからない場合は、通常は空白のままにすることができますが、多くのフィールドを空白のままにすると、データから有用な地図を作成するのが難しくなることに注意してください。

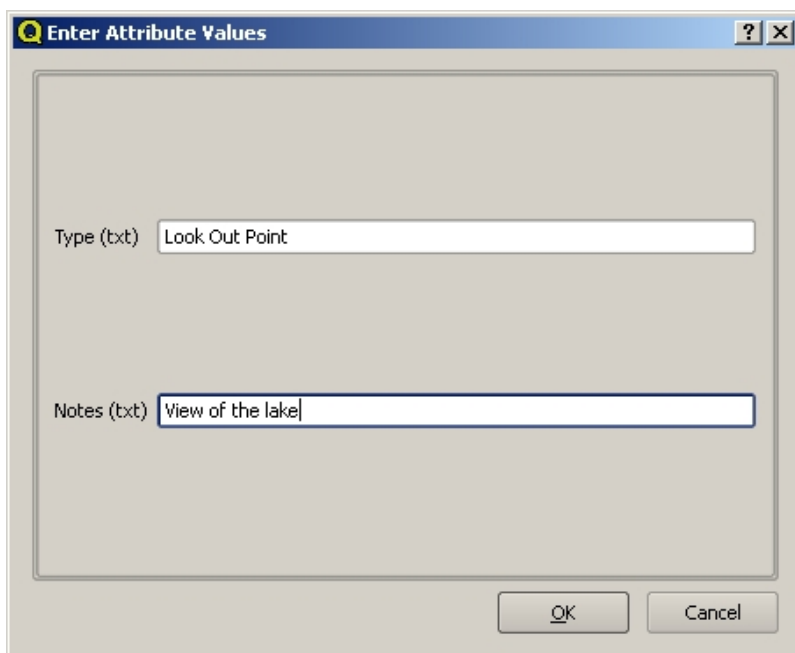


図 5.5: ポイントジオメトリをキャプチャした後は、その属性を記述するように求められます。属性フォームは、ベクタレイヤを作成したときに指定したフィールドに基づいています。

ポリラインをキャプチャするプロセスは、最初にパンツールとズームツールを使用して地図ビューの地図を正しい地理的領域に移動する必要があるという点で、ポイントの手順と似ています。新しいベクタポリライン地物が適切な縮尺になるように、十分にズームインする必要があります（縮尺の問題の詳細については、[ベクタデータ](#) 参照）。準備ができたなら、ツールバーのポリラインキャプチャアイコンをクリックし、地図をクリックして線の描画を開始できます。最初のクリックを行うと、線がゴムバンドのように伸びて、マウスカーソルを動かしながら動き回ることに気付くでしょう。マウスの左ボタンでクリックするたびに、新しい頂点が地図に追加されます。この手順は、[図 5.6](#) に示されています。

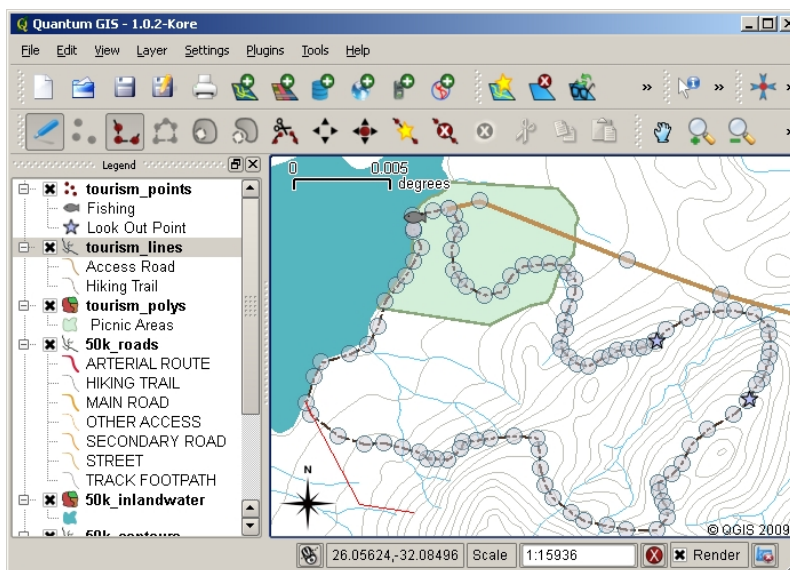


図 5.6: 観光地図のラインをキャプチャします。ラインレイヤを編集する場合、頂点は円形のマーカで示され、ラインのジオメトリを調整するために、マウスで動かすことができます。新しいライン（赤で表示）を追加する場合、マウスをクリックするたびに、新しい頂点を追加します。

ラインの定義が終了したら、編集が完了したことを GIS アプリケーションを伝えるために マウスの右ボタンを使用します。ポイント地物をキャプチャする手順のときと同じように、新しいポリライン地物の属性データへの入力を求められます。

ポリゴンをキャプチャするためのプロセスは、ツールバーでポリゴンキャプチャツールを使用する必要がないことを除けば、ほとんどポリラインをキャプチャするのと同じです。また、画面上の図形を描画する際に、GIS アプリケーションでは常に閉じた領域が作成されることに気づくでしょう。

最初の地物を作成した後に新しい地物を追加するには、ポイント、ポリラインまたはポリゴンキャプチャツールがアクティブな状態で、地図を再度クリックするだけで、次の地物の描画を開始できます。

もう追加する地物がなくなったら、必ず「編集を許可」アイコンをクリックしてそれをオフに切り替えてください。GIS アプリケーションは、ハードディスクに新たに作成したレイヤを保存します。

5.6 ヘッドアップデジタル化

上記の手順を実行した場合、おそらくこれまでに発見したように、参照点として使用できる他の地物がない場合、空間的に正しくなるように地物を描画するのはかなり困難です。この問題の一般的な解決策の 1 つは、背景レイヤとしてラスタレイヤ（航空写真や衛星画像など）を使用することです。そうするとこのレイヤを参照地図として使用できます。また、ラスタレイヤからベクタレイヤに地物が表示されている場合は、それらをトレースすることもできます。このプロセスは「ヘッドアップデジタル化」と呼ばれ、図 5.7 に示されています。

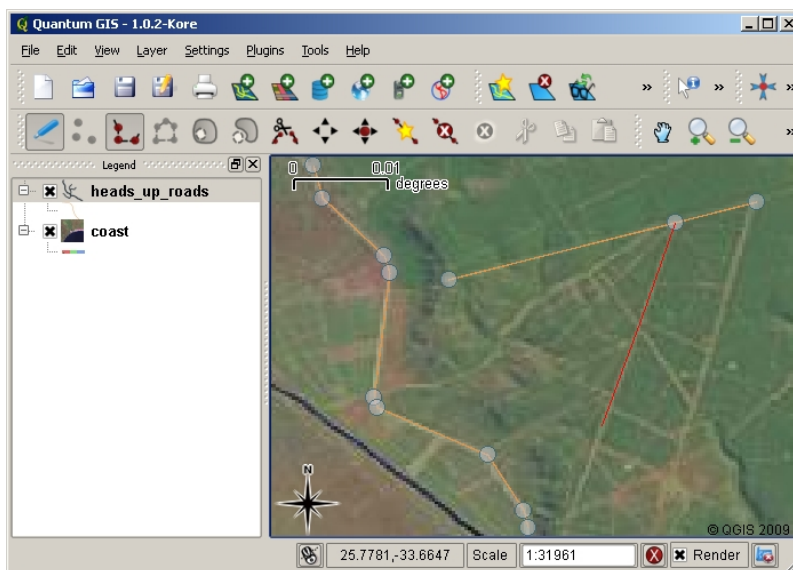


図 5.7: 背景として衛星画像を使用したヘッドアップデジタイジング。画像はその上をトレースすることによってポリライン地物をキャプチャするための基準として使用されます。

5.7 デジタイジングテーブルを使用してデジタイズする

ベクタデータをキャプチャする別の方法は、デジタイズテーブルを使用することです。このアプローチは、GISの専門家以外ではあまり一般的に使用されておらず、高価な機器が必要です。デジタルイズテーブルを使用する手順は、テーブルに紙の地図を配置することです。紙の地図は、クリップを使用して所定の位置にしっかりと保持されます。次に、「パック」と呼ばれる特別なデバイスを使用して、地図から地物をトレースします。パックの小さな十字線は、線と点が正確に描画されるようにするために使用されます。パックはコンピューターに接続されており、パックを使用してキャプチャされた各地物はコンピューターのメモリに保存されます。図 5.8 でデジタイジングパックがどのように見えるかを確認できます。



図 5.8: デジタイジングテーブルやバックは、GIS の専門家が既存の地図から地物をデジタル化したいときに使用されています。

5.8 地物がデジタイズされた後...

地物がデジタイズされたら、前のトピックで学んだ技術をレイヤのシンボルを設定するために使用できます。シンボルを適切に選択すると、地図を見るときにキャプチャしたデータをより良く理解できるようになります。

5.9 一般的な問題 / 注意すべき点

航空写真や衛星画像などの背景ラストレイヤを使用してデジタル化する場合は、ラストレイヤが適切にジオリファレンスされていることが非常に重要です。正しくジオリファレンスされたレイヤは、GIS アプリケーション内部の地球モデルに基づいて、マップビューの正しい位置に適切に表示されます。ジオリファレンスが不十分な画像の影響は、[図 5.9](#) で確認できます。



図 5.9: ヘッドアップデジタル化のために適切にジオリファレンスされたラスタ画像を使用することの重要性。左側には適切に地理記録された道路の地物（オレンジ色）が完全に重なっている画像を見ることができます。（右図のように）画像が下手にジオリファレンスされた場合、地物は十分に揃いません。さらに悪いことに、新しい地物をキャプチャする場合に右の画像が参照として使用される場合、新しく取得されたデータは不正確になります！

また、作成するベクタ地物が有用になるように、適切な縮尺にズームインすることが重要であることを覚えておいてください。ベクタジオメトリについての前のトピックで見たように、キャプチャしたデータを後で 1:50 000 の縮尺で使用するつもりならば、1:1000 000 の縮尺にズームアウトしてデータをデジタル化するのは良くありません。

5.10 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました：

- デジタル化とは、地物のジオメトリと属性の知識を、コンピュータのディスクに保存されるデジタル形式へとキャプチャするプロセスです。
- GIS データはデータベースあるいはファイルとして保存されます。
- 一般的なファイル形式の 1 つはシェープファイルです。これは実際には 3 つ（.shp、.dbf、.shx）またはそれ以上のファイルのグループです。
- 新しいベクタレイヤファイルを作成する前には、それはどのジオメトリタイプでどんな属性フィールドを含めるか、両方を計画する必要があります。
- ジオメトリはポイントまたは、ポリライン、ポリゴンです。
- 属性は整数（整数）、浮動小数点数（小数）、テキスト（文字）または日付でありえます。
- デジタル化プロセスは、の地図ビューでジオメトリを描画して、その属性を入力することで構成されています。これは、各地物ごとに繰り返されます。
- ヘッドアップデジタル化は、多くの場合、背景にラスタ画像を使用してデジタル化する時の幾何学的配置を提供するために使用されます。
- 専門的な GIS ユーザーは時々、紙の地図から情報を取り込むデジタル化テーブルを使います。

5.11 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアいくつか述べていきます:

- 取り込むと興味深いと思うご自分の学校とその周辺の地物のリストを描画します。たとえば、学校の境界、火災避難場所の位置、各クラスの部屋のレイアウト、等々。異なるジオメトリタイプを混ぜて使用してみてください。今、生徒たちをグループに分割し、各グループに取り込むいくつかの地物を割り当てます。彼らは見て、より意味のあるように、彼らに自分たちのレイヤをシンボル化させます。すべてのグループからのレイヤを組み合わせると、学校とその周辺の素敵な地図が出来上がります！
- 地元の川を見つけて、その長さに沿って水のサンプルを取ります。GPS を使用するかトポシートでそれをマークすることで、各サンプルの位置を慎重にメモしておきます。各サンプルについて pH、溶存酸素等などの値を計測します。GIS アプリケーションを使用してデータを取り込み、適切なシンボルを有するサンプルを示す地図を作ります。懸念の領域を何か特定できますか？ GIS アプリケーションはこれらの領域を識別するために助けになりましたか？

5.12 考えてみよう

コンピュータが利用できない場合は、透明シートとノートブックを使用して同じ手順をたどることができます。背景レイヤとして航空写真、オルソシートや衛星画像のプリントアウトを使用してください。お使いのノートブックにページ下の列を描画し、情報を格納したい各属性のフィールドの列見出しを書き入れます。今では識別できるように、次の各地物に番号を書いて、透明シート上に地物のジオメトリをトレースします。今、ノートブックでテーブルの最初の列に同じ番号を書き、次に記録したいすべての追加情報を入力します。

5.13 より詳しく知りたい場合は

QGIS ユーザーガイドには、QGIS でのベクタデータをデジタル化する 詳細があります。

5.14 次は？

次のセクションでは、GIS で画像データをどのように使用できるかのすべてを学ぶために、ラスタデータについて詳しく見てみましょう。

第6章 ラスタデータ



目的 ラスタデータとは何か、GIS でそれがどのように利用可能かを理解します。

キーワード： ラスタ、ピクセル、リモートセンシング、衛星画像、ジオリファレンス

6.1 概要

前のトピックでは、ベクタデータを詳しく見てきました。ベクタ地物はジオメトリ（ポイント、ポリライン、ポリゴン）を使用して実世界を表現しますが、ラスタデータは別のアプローチを取ります。ラスタはピクセルのマトリックス（セルとも呼ばれます）で構成され、各ピクセルには、そのセルがカバーする領域の状態を表す値が含まれています（[図 6.1 参照](#)）。このトピックでは、ラスタデータが役立つ場合、ベクタデータを使用する方が理にかなっている場合について詳しく見ていきます。

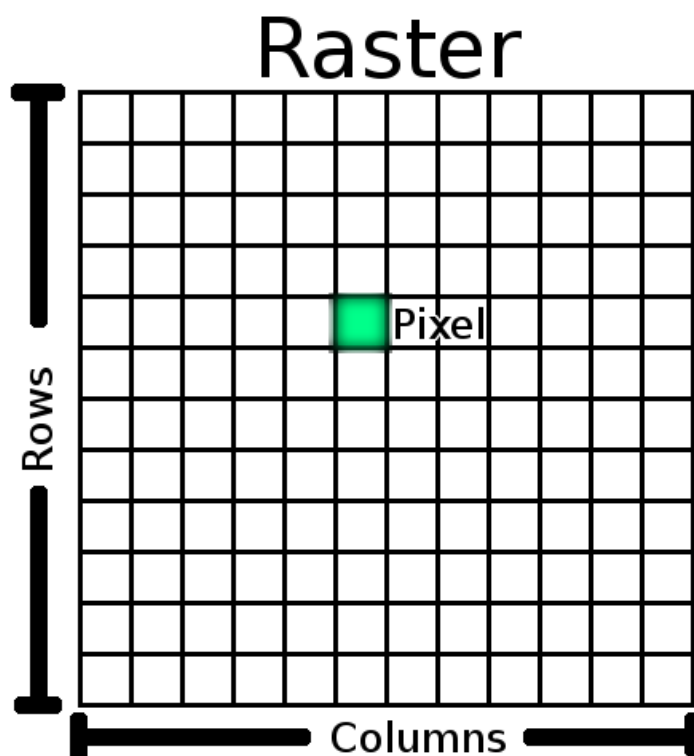


図 6.1: ラスタデータセットはピクセル（セルとしても知られています）の行（横方向）と列（縦方向）で構成されています。それぞれのピクセルは、地理的な領域を表しており、ピクセル中の値はその領域の何らかの特徴を表しています。

6.2 ラスタデータの詳細

ラスタデータは、GIS アプリケーションにおいて、エリア全体で連続していてベクタ地物に簡単に分割できない情報を表示する場合に使用されます。ベクタデータを紹介したとき、[図 6.2](#) で画像を表示しました。ポイント、ポリライン、ポリゴン地物は、樹木、道路、建物のフットプリントなど、この風景のいくつかの地物を表すのに適しています。風景の他の地物は、ベクタ地物を使用して表現するのがより難しい場合があります。たとえば、示されている草地には、色と覆いの密度に多くのバリエーションがあります。各草地エリアの周りに単一のポリゴンを作成するのは簡単ですが、地物を単一のポリゴンに単純化する過程で、草地に関する多くの情報が失われます。これは、ベクタ地物に属性値を指定するとそれらは地物全体に適用されるため、ベクタは全体的に均一（完全に同じ）ではない地物を表現するのがあまり得意ではないためです。取りうるもう一つのアプローチは、草の色のすべての小さなバリエーションをデジタル化し、別々のポリゴンとしてカバーすることです。このアプローチの問題は、優れたベクタデータセットを作成するために膨大な量の作業が必要になることです。



[図 6.2](#): 風景上の地物には、ポイント、ポリライン、ポリゴン（樹木、道路、住宅など）として表現するのが簡単なものもあります。あるいはそれが困難な場合もあります。例えば、草原をどのように表現しますか？ポリゴンとして？草の中に見える色の変化はどうですか？連続的に値を変更して大きな領域を表現しようとするときは、ラスタデータを使用するほうがよいでしょう。

ラスタデータを使用することは、これらの問題の解決策です。多くの人々がラスタデータを、ベクタ情報の意味をより明確にするためにベクタレイヤの背後で使用される背景として使用しています。人間の目は画像を解釈する上で非常に優れているので、ベクタレイヤの背後に画像を使用すると、より多くの意味を持つ地図が得られます。ラスタデータは、現実世界の表面（例えば、衛星画像および航空写真）を描写する画像に適しているだけでなく、より抽象的なアイデアを表現するのにも適しています。たとえば、ラスタを使用して地域の降雨傾向を表示したり、火災リスクを風景上に描いたりできます。この種のアプリケーションでは、ラスタ中の各セルは異なる値、たとえば 1 から 10 の尺度で火災の危険性を表します。

衛星から取得した画像と計算値を示す画像の違いを示す例は、[図 6.3](#) にあります。

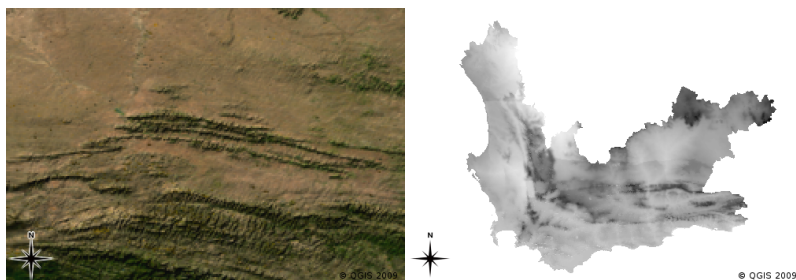


図 6.3: トゥルーカラーのラスタ画像（左）には、ベクタ地物として取り込むのは難しいが、ラスタ画像を見るとときには見やすいような、詳細を多く持つので便利です。ラスタデータには右に示された図のような非写真データもあります。これは3月の西ケープにおける計算された平均最低温度を示しています。

6.3 ジオリファレンス

ジオリファレンスは、地表面のどこに画像データまたはラスタデータセットが作成されたかを正確に定義するプロセスです。この位置情報は、空中写真のデジタル版と共に記憶されます。写真をGISアプリケーションで開くと、写真は位置情報を使用して地図上の正しい場所に表示されます。通常、この位置情報は、画像内の左上のピクセルの座標、X方向の各ピクセルのサイズ、Y方向の各ピクセルのサイズ、および画像が回転される量（存在する場合）です。これらの情報を使用して、GISアプリケーションはラスタデータが正しい場所に表示されることを確実にします。ラスタのジオリファレンス情報は、ラスタに付随する小さなテキストファイルで提供されることがよくあります。

6.4 ラスタデータのソース

ラスタデータは、さまざまな方法で取得できます。最も一般的な方法の2つは、航空写真と衛星画像です。航空写真では、カメラを底に取り付けた飛行機で領域を飛行します。次に、写真がコンピュータにインポートされ、ジオリファレンスされます。衛星画像は、地球を周回する衛星が特殊なデジタルカメラを地球に向け、通過する地球上の領域の画像を撮影することで作成されます。画像が撮影されると、図 6.4 に示されているような特別な受信局に無線信号を使用して地球に送り返されます。飛行機や衛星からラスタデータをキャプチャするプロセスは、リモートセンシングと呼ばれます。



図 6.4: ヨハネスブルグ近くにある Hartebeeshoek の CSIR 衛星アプリケーションセンター。特別なアンテナは衛星が頭上を通過するときに追跡し、電波を使って画像をダウンロードします。

その他に、数値計算でラスタデータを算出できます。たとえば、保険会社は警察の犯罪事件の報告を受け取り、各地域で犯罪の発生率がどれほど高いかを示す全国的なラスタ地図を作成する場合があります。気

象学者（気象パターンを研究する人々）は、気象観測所から収集されたデータを使用して、平均気温、降雨量、および風向を示す州レベルのラスタを生成する場合があります（図 6.4 参照）。このような場合、補間などのラスタ分析手法を使用することがよくあります（トピック 空間分析（補間）で説明します）。

時にはデータの所有者が、使いやすい形式でデータを共有したいために、ベクタデータからラスタデータが作られることがあります。たとえば、道路、鉄道、教区などのベクタデータセットを持つ会社は、従業員がこれらのデータセットを Web ブラウザで表示できるように、これらのデータセットのラスタバージョンを作成することがあります。これは通常、ユーザーが認識する必要がある属性をラベルやシンボルで地図上に表すことができる場合にのみ有効です。通常、ラスタレイヤにはそれに関連付けられた属性データは含まれていないため、ユーザーがデータの属性テーブルを参照する必要がある場合にラスタ形式で提供するのはいずれも悪い選択です。

6.5 空間分解能

GIS のすべてのラスタレイヤには、空間分解能を決定する固定サイズのピクセル（セル）があります。これは、画像を小さな縮尺で見ると（図 6.5 参照）、次に大きな縮尺に拡大すると（図 6.6 参照）明らかになります。

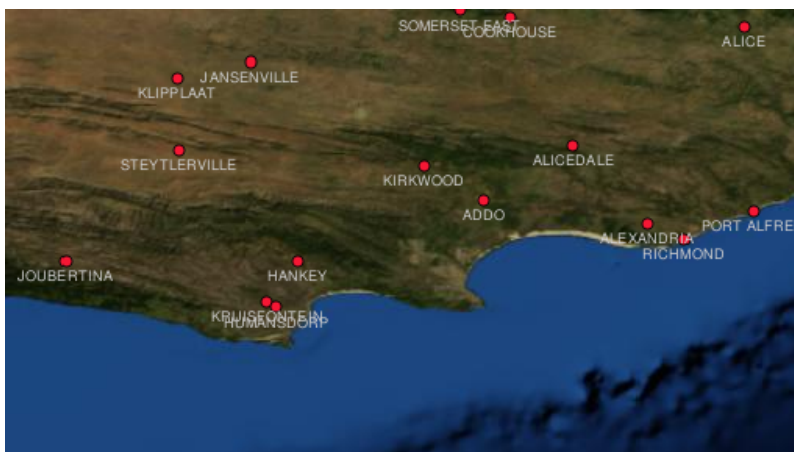


図 6.5: 小縮尺で使用するとこの衛星画像はきれいに見えます...



図 6.6: ... が、大縮尺で見た場合は画像を構成する個々のピクセルが見えてしまいます。

いくつかの要因が画像の空間分解能を決定します。リモートセンシングデータの場合、空間分解能は、通常、画像を撮るために使用されるセンサの性能によって決定されます。例えば、SPOT5 衛星は、各ピクセルが 10m × 10m の画像を撮影できます。MODIS などの他の衛星では、ピクセルあたり 500mx500m の画像しか撮影しません。航空写真では、50cmx50cm のピクセルサイズは珍しくありません。ピクセルサイズが小さい画像は、画像の詳細がよくわかるため、「高解像度」画像と呼ばれます。ピクセルサイズが大きい画像は、画像の細部を示す量が少ないため、「低解像度」画像と呼ばれます。

空間分析によって算出されるラスタデータ（先に述べた降雨量図など）では通常、ラスタを作成するために使用される情報の空間密度が空間分解能を決定します。例えば、高解像度の平均降雨量図を作成したい場合、理想的には互いに近接した多くの気象観測所が必要になるでしょう。

高空間分解能で取り込まれたラスタを知る上で重要なことの 1 つは、記憶容量要件です。3 × 3 ピクセルのラスタを考えてみてください。各ピクセルには平均降雨量を表す数値が含まれています。ラスタに含まれるすべての情報を保存するには、コンピュータのメモリに 9 個の数値を格納する必要があります。今、南アフリカ全体の 1 キロ × 1 キロメートルのピクセルでラスタレイヤを作成したいとします。南アフリカはおよそ 1,219,090 km² です。これは、すべての情報を保持するために、ハードディスクに 100 万を超える数字を保存する必要があることを意味します。ピクセルサイズを小さくすると、必要な記憶容量が大幅に増加します。

低空間分解能を使用した方が、広い領域で作業したくて細部のいずれかの領域を見るのに興味がない場合、便利なこともあります。天気予報で見られる雲の地図はその一例です。全国の雲が見えると便利です。ある雲だけに高解像度でズームインしても、今後の天気を教えてくれることはありません！

その一方、小さな領域に興味があるなら、低解像度のラスタデータを使用することは問題となる可能性があります。画像から個々の地物はたぶん作れなくなるからです。

6.6 スペクトル分解能

デジタルカメラや携帯電話のカメラでカラー写真を撮ると、カメラは電子センサーを使って赤、緑、青の光を検出します。画像がスクリーンに表示されたりプリントアウトされたりすると、赤、緑、青 (RGB) の情報が組み合わされて、目に見える画像が表示されます。情報はまだデジタル形式ですが、この RGB 情報は別々のカラーバンドに保存されます。

私たちの目では RGB 波長しか見ることができませんが、カメラの電子センサーであれば目には見えない波長を検出できます。もちろん、手持ち式のカメラでは、ほとんどの人は自分のペットだの何だのの写真を見ただけなので、スペクトルの不可視部分からの情報を記録するのはおそらく意味がありません。光スペクトルの不可視部分のデータを含むラスタ画像は、しばしばマルチスペクトル画像と呼ばれます。GIS では、スペクトルの不可視部分を記録することは非常に便利です。例えば、赤外光を測定すると水域を特定するのに有用です。

光のマルチバンドを含む画像があると GIS で非常に役立つので、ラスタデータはしばしばマルチバンド画像として提供されます。画像の各バンドは別々のレイヤのようなものです。GIS では 3 つのバンドを組み合わせ、それらを赤、緑、青の 3 つのバンドとして表示するので、人間の目で見ることができます。ラスタ画像のバンド数は、スペクトル分解能と呼ばれます。

画像が 1 つのバンドのみからなる場合は、よくグレースケール画像と呼ばれます。グレースケール画像では、偽色を適用してピクセルの値の差異をより明瞭にすることができます。偽色が適用された画像は、しばしば擬似カラー画像と呼ばれます。

6.7 ラスタからベクタへの変換

ベクタデータの議論では、多くの場合、ラスタデータは、ベクタ地物をデジタル化するためのベースとして使用される背景レイヤとして使用されると説明しました。

別のアプローチは、高度なコンピュータプログラムを使用して画像からベクタ地物を自動的に抽出することです。道路などの一部の地物は、隣接するピクセルからの色の突然の変化として画像に表示されます。コンピュータプログラムは、そのような色の変化を探し、結果としてベクタ地物を生成します。この種の機能は通常、非常に特殊な（しばしば高価な）GIS ソフトウェアでのみ利用可能です。

6.8 ベクタからラスタへの変換

ベクタデータをラスタデータに変換するのは便利ことがあります。これの1つの副作用は、変換が行われるときに属性データ（元のベクタデータに関連付けられた属性）が失われることです。ベクタをラスタ形式に変換すると、GIS 以外のユーザーに GIS データを渡したいときに便利です。より単純なラスタ形式では、ラスタ画像を渡された人は、特別な GIS ソフトウェアを必要とすることなく、単純にコンピュータ上の画像として見ることができます。

6.9 ラスタ解析

ラスタデータに対して実行できる、ベクタデータには使用できない、非常に多くの分析ツールがあります。例えば、ラスタを使用して、地表面上の水の流れをモデル化できます。この情報は、地形に基づいて、分水界や流域ネットワークがどこに存在するかを計算するのに使用できます。

ラスタデータは、作物生産を管理するために、農業や林業でよく使用されます。たとえば、農家の土地の衛星画像を使用すると、植物の生育不良のある地域を特定し、その情報を使用して影響を受けた地域にのみより多くの施肥することができます。森林管理者はラスタデータを、ある地域から採取できる木材の量を推定するために使用します。

ラスタデータは災害管理にとっても非常に重要です。浸水する可能性のある領域を識別するために、デジタル標高モデル（各ピクセルに海拔高度を含む一種のラスタ）の解析が使用できます。これは、救助活動と救援活動を最も必要とされる地域へ向けるために使用できます。

6.10 一般的な問題 / 注意すべき点

すでに述べたように、高解像度のラスタデータは、コンピュータ記憶容量を大量に必要とすることがあります。

6.11 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました：

- ラスタデータは規則的なサイズのピクセルのグリッドです。
- ラスタデータはたえず変化する情報を表示するのに適しています。
- ラスタ内のピクセルの大きさは、その空間分解能を決定します。
- ラスタ画像は1つまたはそれ以上のバンドを含みます。それぞれが空間的なエリアをカバーするが、異なる情報を持ちます。
- ラスタデータは、電磁スペクトルの異なる部分からのバンドが含まれている場合、それらはマルチスペクトル画像と呼ばれます。
- マルチスペクトル画像のバンドの三つは色、赤、緑、青で表示できるので、それらは見るができます。
- 単一バンドの画像はグレースケール画像と呼ばれます。
- 単一バンドのグレースケール画像は、GISにより疑似カラーで表示できます。
- ラスタ画像は、記憶領域を大量に消費することがあります。

6.12 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアいくつか述べていきます：

- どんな状況であればラスタデータを使用し、どんな状況であればベクタデータを使用するか、生徒たちと議論しましょう。
- グリッド線が描かれた A4 の透明シートを使用して、学校のラスタ地図を生徒たちに作成させてください。OHP フィルムをあなたの学校のポスター用紙または航空写真に重ねます。ここで、各生徒または生徒のグループが、特定のタイプの地物を表すセル内で色付けされるようにする。運動競技場、樹木、歩道などがすべて完成したら、すべてのシートを重ね合わせて、あなたの学校の良いラスタ地図表現を作成するかどうかを確認します。ラスタとして表現されたときにどのタイプの地物がうまく機能しましたか？セルサイズの選択は、さまざまな地物タイプを表現する能力にどのように影響しましたか？

6.13 考えてみよう

コンピュータを使用できない場合は、紙と鉛筆を使用してラスタデータを理解できます。サッカー場を表すために、紙の上に四角形のグリッドを描きます。サッカー場の芝カバーの値を表す数字でグリッドを塗りつぶします。パッチが裸の場合、セルに 0 の値を与えます。パッチが裸と覆われている混合の場合は、1 の値を与えます。領域が完全に芝で覆われている場合は、値 2 を与えます。次に鉛筆を使用してそれらの値に基づいてセルを色付けします。値 2 の色のセルは濃い緑です。値 1 は色が薄い緑色になり、値 0 は茶色で色付けされます。色づけが終わったら、サッカー場のラスタ地図ができているはずです！

6.14 より詳しく知りたい場合は

図書:

- Chang, Kang-Tsung (2006). Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. ISBN: 0070658986
- DeMers, Michael N. (2005). Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. ISBN: 9814126195

Web サイト: https://en.wikipedia.org/wiki/GIS_file_formats#Raster

QGIS ユーザーガイドには、ラスタデータの操作についてより詳細な情報が含まれています。

6.15 次は？

次のセクションでは、最高のデータの品質を保証するための トポロジ について詳しく見てみましょう。

第7章 トポロジ



目的： ベクタデータにおけるトポロジの理解
 キーワード： ベクタ、トポロジ、トポロジルール、トポロジエラー、検索半径、スナップ距離、単純地物

7.1 概要

トポロジはGISにおけるベクタ地物（ポイント、ポリライン、ポリゴン）の接続または隣接のような空間的関係を表現したものです。トポロジデータまたはトポロジベースのデータはデジタイジングエラー（例えば、道路レイヤ内の2本のラインが交差点で完全に合っていない）を検出して修正するのに便利です。トポロジは、ネットワーク分析のような、ある種の空間分析を実行するのに必要です。

あなたはロンドンに旅行しているとします。観光ツアーで、まずセント・ポール大聖堂を訪れ、午後にはコベントガーデンマーケットでお土産を買おうと計画しています。ロンドンの地下鉄の地図を見て（[図 7.1](#)を参照）コベントガーデンからセント・ポールまで行くための接続列車を探さなければなりません。そのためには、どこで列車を乗り換えることができるかというトポロジ情報（データ）が必要です。地下鉄の地図を見ると、トポロジ的な関係は接続性を示す円で示されています。

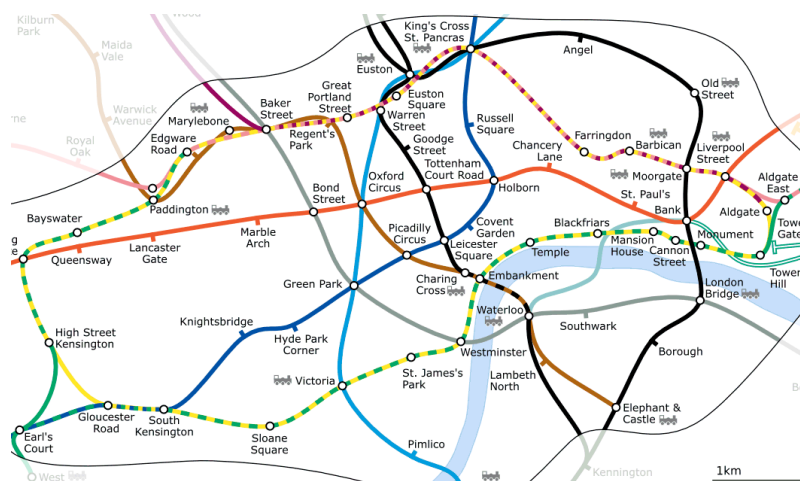


図 7.1: ロンドン地下鉄ネットワークのトポロジ。

7.2 トポロジエラー

トポロジエラーには様々な種類があり、ベクタ地物タイプがポリゴンかポリラインかによってグループ分けされます。ポリゴン地物のトポロジエラーには、閉じていないポリゴン、ポリゴン境界の隙間、ポリゴン境界の重なりがあります。ポリライン地物の一般的なトポロジエラーは、点（ノード）で完全に合流しないことです。このタイプのエラーは、線と線の間隙がある場合はアンダーシュートと呼ばれ、線が接続すべき線を越えて終わっている場合はオーバーシュートと呼ばれます（図 7.2 参照）。

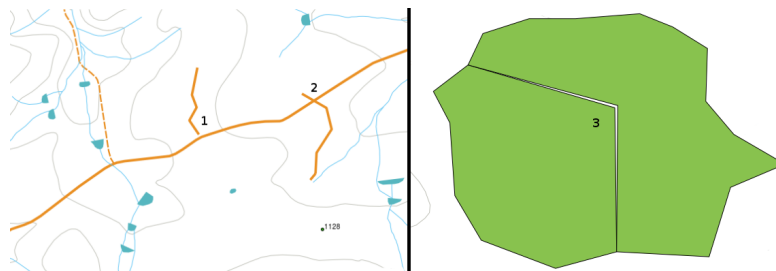


図 7.2: アンダーシュート (1) は、お互いに接続する必要があるデジタル化したベクタラインがまったく接触しないときに起きます。オーバーシュート (2) は、ラインが接続すべきラインを超えて終了したときに起きます。スライバ (3) は、2つのポリゴンの頂点が境界上で一致しないときに起きます。

オーバーシュートとアンダーシュートのエラーはいわゆるラインの端にある 'ぶら下がりノード' です。ぶら下がりノードは、特別な場合、例えば、行き止まりの通りに接続されている場合には許容されます。

トポロジエラーは、地物間の関係を壊します。ネットワーク分析（例えば、道路ネットワークを介して最適なルートを見つける）または計測（例えば、川の長さを見つける）といった手順でベクタデータが分析できるようにするには、これらのエラーを修正する必要があります。トポロジがネットワーク分析と計測に有用であることに加えて、正しいトポロジでベクタデータを作成することが重要かつ有用である他の理由があります。ご自身の地域のために市町村界地図をデジタル化して、ポリゴンが重なっていたりスライバがあったりするとちょっと想像してみてください。このようなエラーが存在した場合、計測ツールは使用はできませんが、得られる結果は不正確になります。どの市町村の面積も正しく知ることはできませんし、市町村間の境界がどこにあるかも正確に定義できません。

トポロジ的に正しいデータを作成し所有することは、自分の解析のために重要なだけでなく、データを渡される人々のためでもあります。データを渡された人はあなたのデータと分析結果が正しいことを期待するでしょう！

7.3 トポロジルール

幸いなことに、ベクタ地物をデジタル化する場合に発生しうる多くの一般的なエラーは、多くの GIS アプリケーションに実装されているトポロジルールで防止できます。

いくつかの特別な GIS データ形式を除いて、トポロジは、通常はデフォルトで適用されません。QGIS のような多くの一般的な GIS は、ベクタレイヤに実装されるように、リレーションシップルールとしてトポロジを定義し、ユーザーがルールを選択できます。

次のリストは、ベクタ地図の現実世界の地物がどのトポロジルールで定義されるかの例を示しています：

- 市町村地図の領域の境界が重なり合っていないはけません。

- 市町村地図の領域の境界にギャップ（細長い隙間）があってはいけません。
- 境界を示すポリゴンは閉じていないといけません。境界線のアンダーシュートやオーバーシュートは許可されません。
- ベクターラインレイヤにおいて等高線はインターセクト（互いに交差）してはいけません。

7.4 トポロジ的工具

多くの GIS アプリケーションでは、トポロジ的な編集用のツールを提供しています。例えば、QGIS では、トポロジカル編集を有効にすることで、ポリゴンレイヤの編集と共通の境界の維持を改善することができます。QGIS のような GIS はポリゴン地図の共有境界を「検出」するので、あるポリゴン境界のエッジ頂点を移動するだけで、QGIS は他のポリゴン境界を 図 7.3 (1) に示すように確実に更新してくれるのです。

もう一つのトポロジ的オプションによって、デジタイズ時にポリゴンの重なりを防ぐことができます（ 図 7.3 (2) 参照）。すでに1つのポリゴンがある場合、このオプションを使用して、両方のポリゴンが重なるように隣接する2番目のポリゴンをデジタイズすることが可能で、QGIS は2番目のポリゴンを共通の境界線にクリップします。

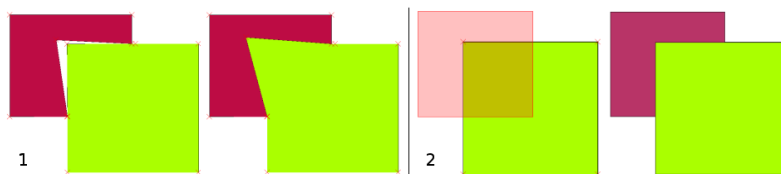


図 7.3: (1) 頂点を移動するとき、共有の境界を検出するトポロジ的編集。頂点を移動するときは、その頂点を共有するすべての地物が更新されます。(2) 新たなポリゴンをデジタイズする（赤色で表示）とき、ポリゴンの重なりを回避する。重なっている隣接する領域が重ならないようにクリップされます。

7.5 スナップ距離

スナップ距離とは、デジタイズする際に、最も近い頂点やセグメントを検索するために GIS が使用する距離のことです。セグメントとは、ポリゴンまたはポリラインのジオメトリにおける2つの頂点間で形成される直線のことです。スナップ距離内にない場合、QGIS などの GIS は、既存の頂点やセグメントにスナップするのではなく、マウスボタンを離れた位置に頂点を置きます（ 図 7.4 を参照してください）。

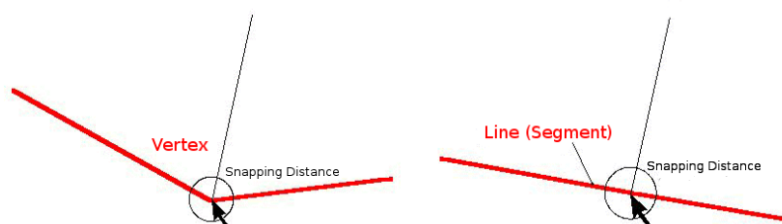


図 7.4: 各頂点やセグメントをスナップするために、スナップ距離（黒い円）は地図単位（例えば 10 進数の度）で定義されます。

7.6 検索半径

検索半径は、地図をクリックしたときに、動かそうとしている最も近い頂点を検索するために GIS が使用する距離です。検索半径内にない場合、GIS は地物編集用の頂点を検索・選択しません。原理的には、スナップ距離機能に極めて類似しています。

スナップ距離と検索半径は両方とも地図単位で設定されていますので、距離値を正しく設定するには試行錯誤する必要があるかもしれません。大きすぎる値を指定した場合、近くに密集した頂点を扱っている場合は特に、GIS は間違った頂点にスナップします。小さすぎる検索半径を指定した場合、GIS アプリケーションは移動または編集する地物または頂点を見つけることができません。

7.7 一般的な問題 / 注意すべき点

トポロジを必要とするデータ分析（例えば、ネットワーク経由のルートを見つけるなど）のためでなく、主に簡単にするためおよび高速なレンダリングのために設計されています。多くの GIS アプリケーションでは、トポロジ的なデータと単純な図形データを一緒に表示できます。両方とも作成、編集、および分析できるものもあります。

7.8 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました：

- トポロジ は隣接するベクタ地物の空間的關係を示します。
- GIS でのトポロジはトポロジ的ツールによって提供されます。
- トポロジは デジタイズのエラーを検出し修正する ために利用されます。
- ネットワーク分析 のように、いくつかのツールではトポロジデータが必要不可欠です。
- スナップ距離 と 検索半径 はトポロジ的に正しくベクターデータをデジタイズするのに役立ちます。
- 単純地物 データは真のトポロジデータ・フォーマットではないが、GIS アプリケーションで一般的に使われます。

7.9 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアをいくつか述べていきます：

- トポシート地図でああなたの地域のバス停に注目しましょう。すると 2 点のバス停間の最短ルートを見つけることができます。
- あなたの町のトポロジ的道路網を表現するために、GIS にベクター地物を作成する方法を考えます。どんなトポロジのルールが重要であり、どのようなツールをあなたの生徒たちが QGIS で使用して、新しい道路レイヤが位相的に正しいことを確認できるでしょうか？

7.10 考えてみよう

利用可能なコンピュータがなくても、バスや鉄道の路線ネットワーク図を使用すれば、空間的な位置関係とトポロジについて生徒たちと議論できます。

7.11 より詳しく知りたい場合は

図書:

- Chang, Kang-Tsung (2006). Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. (地理情報システムの紹介 第3版) McGraw Hill. ISBN: 0070658986
- DeMers, Michael N. (2005). Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. (地理情報システムの基礎。第3版) Wiley. ISBN: 9814126195

ウェブサイト:

- <http://www.innovativegis.com/basis/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Geospatial_topology

QGIS ユーザーガイドには QGIS で提供されるトポロジ編集に関する詳細な情報があります。

7.12 次は？

続くセクションでは、データを球体の地球から平らな地図へとどのように関連づけるかを理解するため、座標参照系についてさらに詳しく見ていきます。

第8章 座標参照系



目的： 座標参照系を理解する

キーワード： 座標参照系 (CRS)、地図投影法、「その場で」投影、緯度、経度、北距、東距

8.1 概要

「地図投影」は、地球の表面や地球の一部を平らな紙またはコンピュータ画面に描写しようとしています。簡単に言い換えると、地図投影は地球を球形（3D）から平面形（2D）に変換しようとしています。

「座標参照系」(CRS) は、GIS に投影された二次元の地図が、地球上の実際の場所とどのように関係するのかを定義します。使用する地図投影と CRS は、対象範囲、分析範囲およびデータの有効範囲により決定されます。

8.2 地図投影法の詳細

地球の形を表現する伝統的な方法は、地球儀を使うことです。しかしながら、この方法には問題があります。地球儀は地球の形状の大半を保存し、大陸サイズの地物の空間的配置を表しますが、ポケットに入れて持ち歩くのは大変困難です。また、極めて小さな縮尺（例えば 1:100,000,000）で使うときのみ便利です。

GIS アプリケーションで一般に使われる大部分の主題地図データは、かなり大きい縮尺です。典型的な GIS データセットは、詳細の度合いにもよりますが、1:250 000 かそれ以上です。このサイズの地球儀は、製作するのが高価で難しく、持ち歩くのも困難です。このため、地図制作者は、球状の地球を二次元で合理的な正確度で表す 地図投影法 と呼ばれる技術を発展させてきました。

近距離で見ると、地球は比較的平坦に見えます。しかし、宇宙から見ると、地球は比較的球形であることがわかります。地図は、次の地図制作の話題の中で見られるように、現実の表現です。それらは、地物だけでなく、地物の形状と空間配置を表すように設計されています。各地図投影法には 長所 と 短所 があります。地図の最適な投影法は、地図の縮尺 がどれほどで、それが使用される目的が何であるかによって変わります。たとえば、ある投影法は、アフリカ大陸全体の地図作成に使用すると許容範囲外の歪みが生じるが、自国内での大縮尺（詳細）地図には優れた選択肢となります。地図投影法の性質は、地図のデザイン面に何かしら影響する場合もあります。投影法は、小領域に適するものあれば、東西に大きく広がる地図領域に適するもの、南北に大きく広がる地図領域に適するものもあります。

8.3 地図投影法の3つの族

地図投影法の作成方法は、不透明な地物を配置した透明な地球儀の中に光源を置くことで最も分かり易く説明できます。そして、その地物の輪郭を2次元の平らな紙に投影します。地球儀を円筒形や円錐形、あるいは平面で囲むなど、さまざまな投影する方法を作ることができます。これらの方法はそれぞれ、地図投影族と呼ばれるものを作り出します。したがって、平面投影の族、円筒投影の族、および円錐投影の族が存在します（[図 8.1](#) 参照）

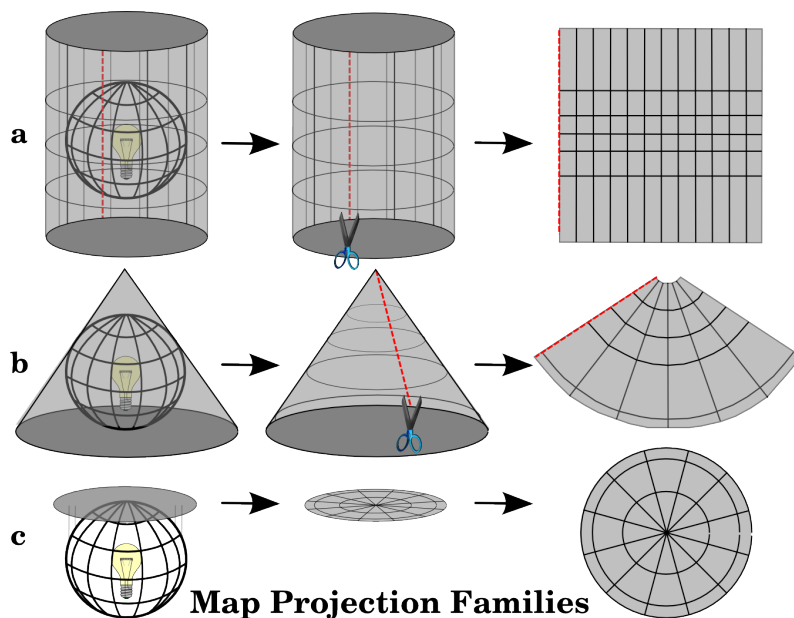


図 8.1: 3つの地図投影の族。それらはa) 円筒投影、b) 円錐投影、c) 平面投影に代表されます。

今日では、もちろん、平らな紙片に球状の地球を投影するプロセスは、幾何学と三角法という数学的原理を用いて行われます。これは、地球を通過する光の物理的な投影を再現します。

8.4 地図投影の正確度

地図投影は決して球体の地球を絶対的に正確に表現しているわけではありません。地図投影プロセスの結果、すべての地図は、角度整合、距離、面積の歪みを示します。地図投影は、これらの特性のいくつかを組み合わせることもあれば、面積、距離、角度整合のすべての特性を、ある許容範囲内で歪める妥協案とすることもあります。妥協した投影法の例として、ヴィンケル図法やロビンソン図法（[図 8.2](#) 参照）があり、これらは世界地図の作成と視覚化によく使われます。

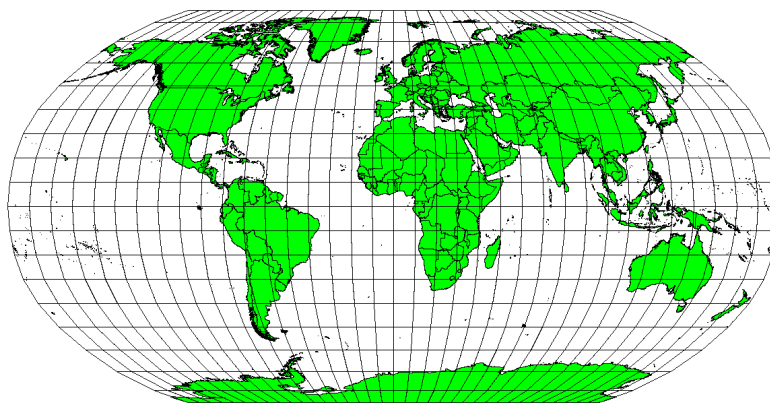


図 8.2: ロビンソン投影は面積、角度整合と距離の歪みが許容される妥協点です。

地図投影で同時にすべての特性を維持するのは通常不可能です。これは、正確な分析操作を実行したい場合、分析のための最良の特性を与える地図投影を使用する必要があることを意味します。たとえば地図上で距離を計測する必要がある場合は、データに対して距離精度が高い地図投影を使用してみてください。

8.4.1 正角性を持つ地図投影

地球儀で作業する場合、羅針図の主な方向（北、東、南、西）は常に互いに 90 度を成します。言い換えれば、東は常に北へ 90 度の角度になります。正しい角度性質を維持することは地図投影上でも保存できません。正角性のこの性質を保持する地図投影は正角または等角投影と呼ばれます。

これらの投影は、角度関係の保存が重要な場合に使用されます。一般的には、航海や気象の仕事に使われます。ただし、地図上で真の角度を保つことは、広い範囲では困難であり、地球の小さな部分でのみ試みるべきであることを覚えておく必要があります。正角型の投影では、面積の歪みが生じます。つまり、地図上で面積を測定すると、不正確な値になります。面積が大きければ大きいほど、面積の測定は正確ではなくなります。例としては、メルカトル図法（図 8.3 にあるように）とランバート正角円錐図法があります。米国地質調査所では、地形図の多くに正角図法を使用しています。

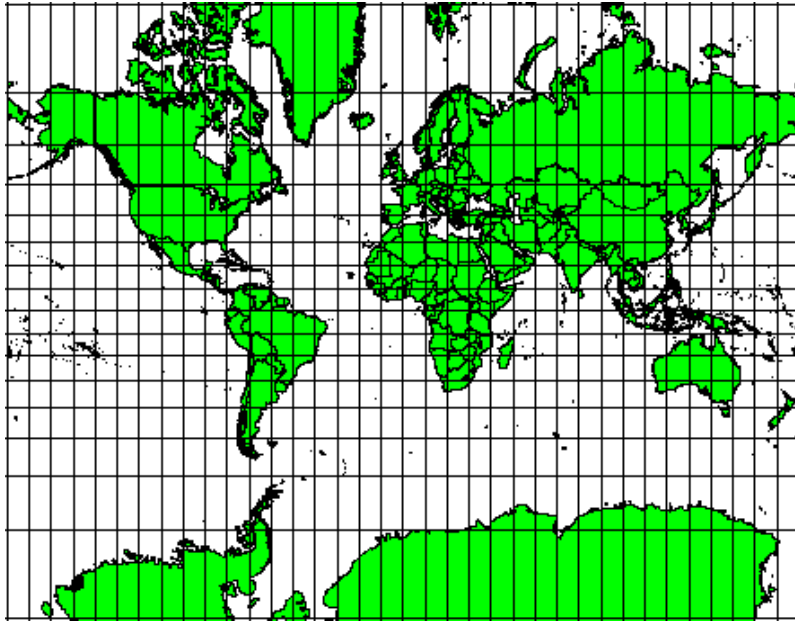


図 8.3: メルカトル図法は、例えば、角度関係が重要である場合に使用されるが、面積の関係が歪んでいます。

8.4.2 正しい距離を持つ地図投影法

地図を投影する際に、距離を正確に測定することが目的であれば、距離をよく保存するように設計された投影法を選択する必要があります。このような投影は、正距図法と呼ばれ、地図のスケールが一定に保たれることが必要です。地図は、投影の中心から地図上の他の場所までの距離を正しく表現しているとき、正距であると言えます。正距図法は、投影の中心から、あるいは与えられた線に沿って、正確な距離を維持します。これらの投影は、電波地図や地震動図、航法に使用されています。プレートカレ正距円筒図法（図 8.4 参照）と正距円筒図法は正距図法の良い例です。正距方位図法は国連の紋章に使われている射影です（図 8.5 参照）。

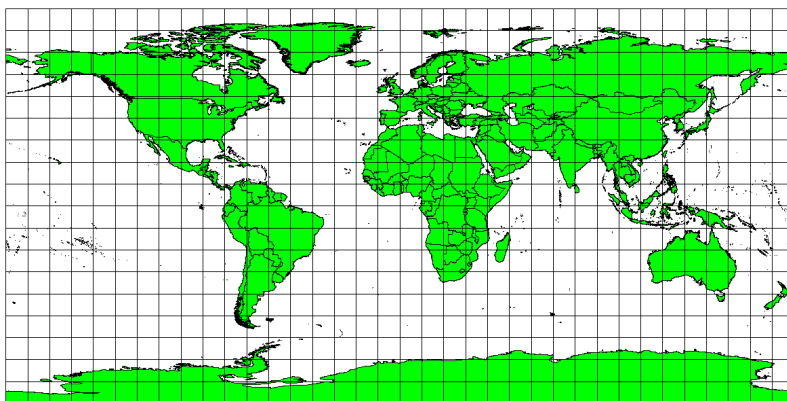


図 8.4: 正確な距離測定が重要であるときは、例えばプレートカレ等距円筒投影が使用されます。



図 8.5: 国際連合のロゴは正距方位図法が用いられています。

8.4.3 正しい面積を持つ投影法

地図に描かれた区域が地球上の区域と同じ比率になるように地図全体に領域を描く場合、その地図は正積図となります。実際のところ、一般的な参考地図や教育用地図では、正積図法を使用することがほとんどです。その名の通り、この地図は面積の計算が主な計算である場合に最適です。例えば、あなたの町のある区域に新しいショッピングモールを作るのに十分な広さがあるかどうか分析しようとする場合、正積図法が最も適しています。一方、分析する区域が広ければ広いほど、他の種類の投影法ではなく、等積図法を使えば、より正確な面積測定が可能になります。一方、大きな面積を扱う場合、正積図法は正角性の歪みを生じさせます。正積図法を使うとき、小さい面積の場合は角度の歪みが少ないです。アルベルス正積、ランベルト正積、モルワイデ正積円筒図法（図 8.6 で示す）は、GIS 作業でよく出会う正積図法の種類です。

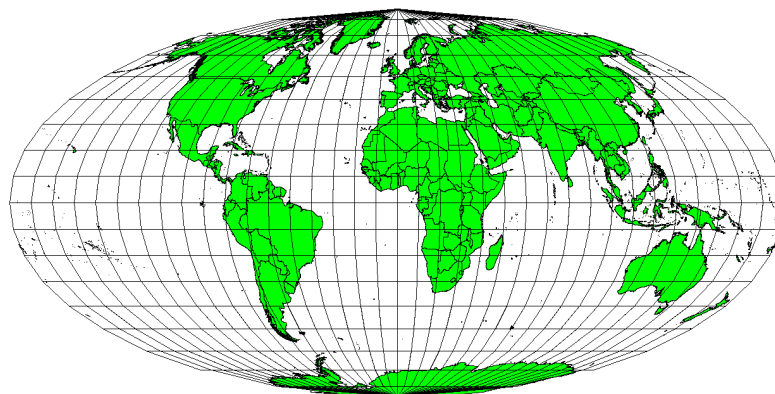


図 8.6: モルワイデ等積円筒投影は、例えば、地図化された領域はすべて、地球上の領域に同一の比例関係を有していることを保証します。

地図投影は非常に複雑なトピックであることに留意してください。世界的な利用可能な異なる投影法は何百もあり、それぞれが紙の平らな部分にできるだけ忠実に地球の表面の特定の部分を描写しようとします。実際にどの投影を使用するかは多くの場合、ご自身のために選択されます。ほとんどの国では一般的に使用される投影があり、人々はデータを交換するときはその国家的傾向に従います。

8.5 座標参照系 (CRS) の詳細

地球上のあらゆる場所は、座標参照系 (CRS) の助けを借りて、座標と呼ばれる 3 つの数字のセットで指定できます。一般に CRS は 投影座標系 (デカルト又は直角座標系とも呼ばれる) と 地理座標系 に分類できます。

8.5.1 地理座標系

地理座標参照系を使用することは非常に一般的です。それらは、地球の表面上の位置を記述するために緯度および経度と、時には高さ値を使用しています。最も一般的なものは **WGS 84** と呼ばれています。

緯線は赤道と平行に走り、地球を北から南 (または南から北) へ 180 等分しています。緯度の基準線は赤道で、各半球は 90 のセクションに分けられ、それぞれが緯度の 1 度を表します。北半球では、赤道上の 0 度から北極の 90 度までが緯度として測られます。南半球では、赤道上の 0 度から南極点の 90 度までが緯度です。地図のデジタル化を容易にするため、南半球の緯度には負の値 (0 ~ -90°) が割り当てられることが多くあります。地球上のどこにいても、緯度線間の距離は同じです (60 海里)。絵で見るとは [図 8.7](#) を参照してください。

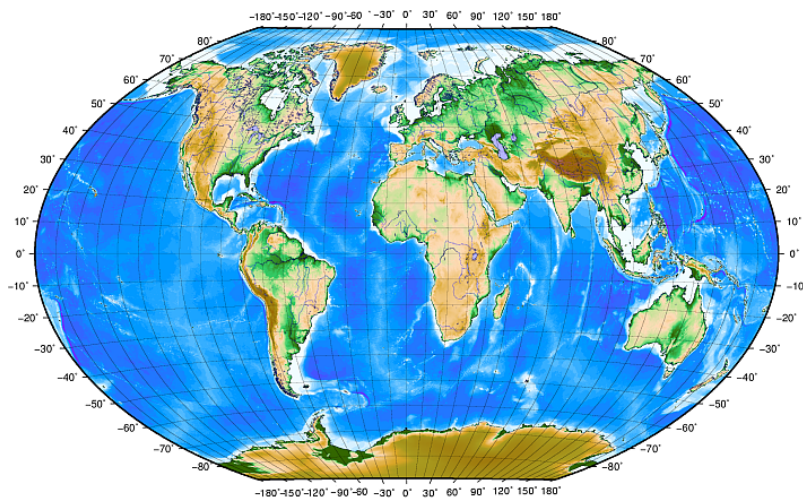


図 8.7: 緯線は赤道に平行で、経線は本初子午線がグリニッジを通る地理座標系。

経線は、一様性という基準にはあまり適いません。経線は赤道に対して垂直に走り、極点で収束します。経線の基準線 (本初子午線) は北極から南極まで、イングランドのグリニッジを通っています。それ以降の経線は、本初子午線から東または西に 0 度から 180 度までの範囲で測定されます。本初子午線より西側は、デジタルマッピングアプリケーションで使用するために負の値が割り当てられていることに注意してください。絵による説明は [図 8.7](#) を参照してください。

赤道で、そして赤道のみで、経度の線で表される距離は緯度1度で表される距離に等しくなります。極の方に移動するにつれ経線間の距離は徐々に小さくなっていき、ちょうど極の位置になると経度の全ての360°は単一の点で表現され、上に指を置くことができるでしょう(手袋を着用したくなるでしょうが)。地理座標系を使用すると、赤道では約12363.365平方キロメートルを覆う正方形に地球を分割する線格子を得られます、---手始めには良いですがその正方形内の何かの位置を決定するのにとても使い易いものではありません。

真に有用であるためには、地図の格子は、(正確度の許容レベルで)地図上の点の位置を記述するために使用できるように、十分小さな部分に分割されなければなりません。これを達成するために、度は分(')と秒(")に分割されます。1度は60分、1分は60秒です(1度は3600秒)。したがって、赤道では、緯度または経度の1秒 = 30.87624メートルです。

8.5.2 投影座標参照系

2次元の座標参照系は、一般に2本の軸で定義されます。互いに直角で、いわゆるXY平面を形成します(図8.8の左側を参照)。横軸は通常Xと表示され、縦軸は通常Yと表示されます。3次元座標参照系では、通常Zと表示されるもう1つの軸が追加されます。この軸もX軸とY軸に直角です。Z軸は空間の3番目の次元を提供します(図8.8の右側を参照)。球面座標で表されるすべての点は、XYZ座標で表すことができます。

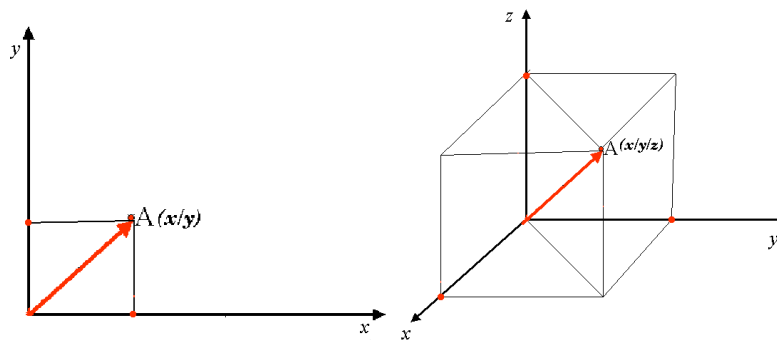


図 8.8: 二次元と三次元の基準座標系。

南半球(赤道南)での投影座標参照系は通常、特定の経度で赤道にその原点を有しています。これは、Y値は南に増加し、X値は西に増加することを意味します。北半球(赤道北)でも、原点は特定の経度での赤道です。しかし今度は、Y値は北に増加し、X値は東に増加します。次のセクションではしばしば南アフリカについて使用されるユニバーサル横メルカトル(UTM)と呼ばれる投影座標参照系を記載しています。

8.6 ユニバーサル横メルカトル(UTM) CRS 詳細

ユニバーサル横メルカトル(UTM)座標参照系は、特定の経度の赤道上に原点を持ちます。ここで、Y値は南に向かって増加し、X値は西に向かって増加します。UTM CRSは世界地図投影法です。つまり、一般的に世界中で使用されています。しかし、上記の「地図投影の正確度」の項で既に述べたように、面積が大きくなればなるほど(例えば南アフリカ)角度整合性、距離、面積の歪みが発生します。そこで、あまり大きな歪みが生じないように、世界を東西に経度6度の幅を持つ60等分ゾーンに分割しています。UTMゾーンには1から60までの番号が付けられており、図8.9に示すように、天底子午線(西経180

度のゾーン 1) から始まり、東に戻って 天底子午線 (東経 180 度のゾーン 60) まで進行するようになっています。

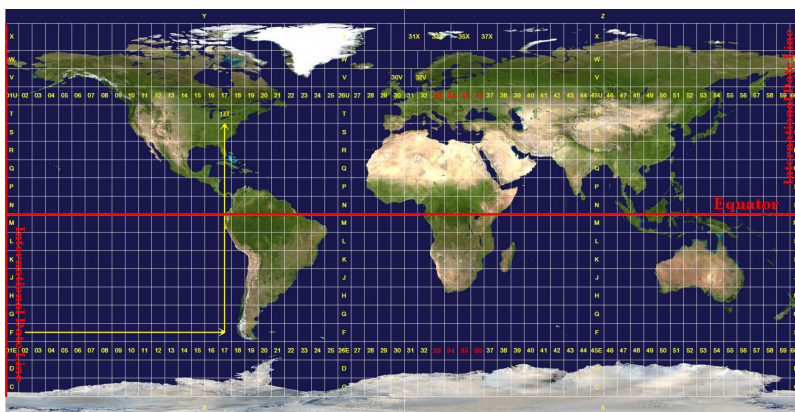


図 8.9: ユニバーサル横メルカトルゾーン。南アフリカには UTM ゾーン 33S、34S、35S、36S が使用されています。

figure_utm_zones`と :numref:`figure_utm_for_sa`にあるように、南アフリカは歪みを最小にするために 4 つの UTM ゾーンに覆われています。これらのゾーンは、UTM 33S、UTM 34S、UTM 35S、UTM 36S と呼ばれています。ゾーンの後の S は、UTM ゾーンが赤道より南に位置していることを意味します。

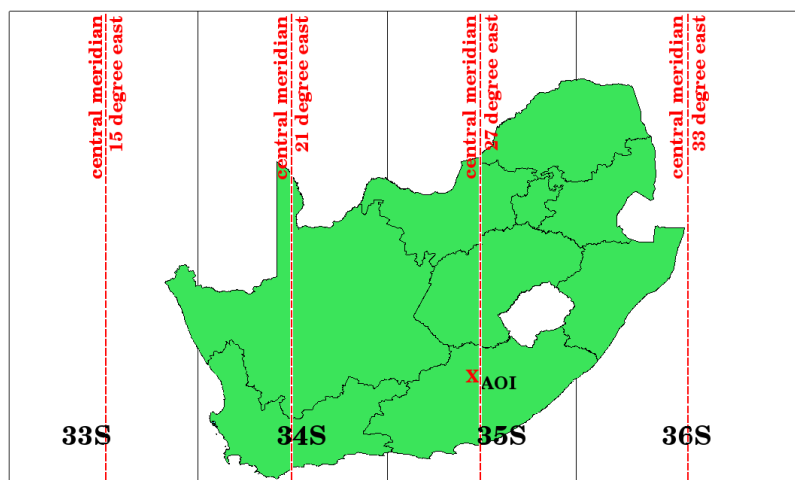


図 8.10: UTM ゾーンは、その中央経度 (経絡) と 33S、34S、35S、36S とは、高い精度で南アフリカを投影するために使用されます。赤の十字は関心領域 (AOI) を示します。

例えば、図 8.10 の赤い十字で示された 関心領域 (AOI) 内の二次元座標を定義したいとしましょう。この領域は、UTM ゾーン 35S 内に位置していることがわかります。つまり、歪みを最小限に抑え、正確な解析結果を得るためには、UTM ゾーン 35S を座標参照系として使用する必要があるのです。

赤道より南の UTM 座標の位置は、ゾーン番号 (35) と、北距 (Y) 値と 東距 (X) 値をメートルで示さなければなりません。北距値は、赤道からの距離 (メートル) です。東距値は、使用する UTM ゾーンの中 央子午線 (経度) からの距離です。UTM ゾーン 35S の場合、図 8.10 に示すように 27 度 East となります。さらに、赤道の南側であり、UTM 座標参照系では負の値は許されないため、北緯 (Y) の値には 10,000,000m のいわゆる 疑似北距値を、東経 (X) の値には 500,000m の疑似東距値を追加しなければなりません。難し

そうなので、例として、関心領域の正しい UTM 35S 座標を求める方法を説明します。

8.6.1 北距 (Y) 値

探している場所は赤道から南 355 万メートルですので、北距 (Y) の値には負の符号が付き -355 万メートルです。UTM の定義に従い、1000 万メートルの偽の北距値を追加する必要があります。ということは、座標の北距 (Y) の値は 645 万メートル (-355 万メートル + 1000 万メートル) です。

8.6.2 東距 (X) 値

まず、UTM ゾーン 35S の中心子午線 (経度) を求めなければなりません。図 8.10 でわかるように、それは東経 27 度です。探している場所は、中心子午線から西に 85,000m のところ です。北距値と同様に、東距値にも負の符号がつき、-85,000 m という結果になります。UTM の定義によると、この座標の東方値は $-85,000 \text{ m} + 500,000 \text{ m}$ の 415,000 m となります。最後に、正しい値を得るために、東距値にゾーン番号を追加する必要があります。

結果として、我々の関心地点の座標、UTM ゾーン 35S に投影されるものは、このように記述されるでしょう: 35 415,000 メートル東 / 6,450,000 メートル北。GIS によっては、正しい UTM ゾーン 35S が定義されその座標系内で単位がメートルに設定されているとき、座標は単に 415,000 6,450,000 として現れる可能性があります。

8.7 オンザフライ投影

おそらく想像できるでしょうが、GIS で使用するデータが異なる座標参照系に投影されている状況はありえます。たとえば、UTM 35S で投影された南アフリカの国境を示すベクタレイヤと、WGS 84 地理座標系で与えられた降雨に関する地点情報のベクタレイヤがあるとします。GIS ではこれら 2 つのベクタレイヤは、投影が異なるので、地図ウィンドウ中で全く異なる領域に配置されます。

この問題を解決するために、多くの GIS には オンザフライ (その場で) 投影と呼ばれる機能が含まれています。つまり、GIS を開始するときに特定の投影法を定義でき、読み込むすべてのレイヤは、それらの座標参照系に関係なく、定義した投影法で自動的に表示されます。この機能を使用すると、異なる参照系にある場合でも GIS の地図ウィンドウ内にレイヤをオーバーレイできます。QGIS ではこの機能はデフォルトで適用されます。

8.8 一般的な問題 / 注意すべき点

地図投影の話題は非常に複雑であり、地理、測量、あるいはその他の GIS 関連科学を研究している専門家ですら地図投影と基準座標系を正しく定義できないことがよくあります。GIS で作業するときは通常、開始するデータをすでに投影しています。ほとんどの場合、これらのデータは、特定の CRS に投影されますので、新しい CRS を作成したり、そのデータのある CRS から別の CRS へ再投影する必要はありません。ですが、地図投影と CRS が意味することについて理解があるといつでも役に立ちます。

8.9 何を学びましたか？

このワークシートで扱ったものをまとめてみましょう：

- 地図投影 は紙またはコンピュータ画面の二次元の平面部分に地球の表面を描きます。
- 全世界的な地図投影はありますが、ほとんどの地図投影は地球の表面の 小領域を投影するのに最適なように作られています。
- 地図投影では、球形の地球を絶対的に正確な表現することは決してありません。それらは 正角性、距離および面積における歪み を示します。地図投影ですべてのこれらの特性を同時に保つことは不可能です。
- 座標参照系 (CRS) は、座標の助けを借りて、二次元の投影図が地球上の実位置にどう関係づけられるかを定義します。
- 異なる 2 つの座標参照系があります。地理座標系 と 投影座標系 です。
- オンザフライ 投影は、別の座標参照系で投影されているレイヤを重ねることを可能にする GIS の機能です。

8.10 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアをいくつか述べていきます：

1. QGIS を始める
2. プロジェクト プロパティ... CRS で CRS なし (または未知 / 非地球) をチェックします
3. 同じ面積で異なる投影法を持つ 2 つのレイヤを読み込む
4. 生徒たちに、2 つのレイヤ上のいくつかの場所の座標を見つけさせましょう。2 つのレイヤを重ねることは不可能であることを示すことができます。
5. 次に、プロジェクトプロパティ ダイアログで、座標参照系を Geographic/WGS 84 として定義します
6. 同じ区域の 2 つのレイヤを再度読み込み、プロジェクトの CRS の設定 (つまり、「オンザフライ」投影を可能にする) がどのように機能するかを生徒たちに見せてください。
7. QGIS で プロジェクトのプロパティ ダイアログを開き、生徒にさまざまな座標参照系を見せれば、このトピックの複雑さを教えることができます。同じレイヤーを異なる投影で表示するために様々な CRS を選択できます。

8.11 考えてみよう

利用できるコンピュータがない場合は、3つの地図投影の族の原則を生徒たちに見せることができます。球体と紙を取得し、円筒、円錐、平面の投影が一般的にどのように機能するかを示します。透明シートの助けを借りると、X軸とY軸を示す2次元の座標参照系を描くことができます。次に、生徒たちに異なる場所の座標（XとYの値）を定義させましょう。

8.12 より詳しく知りたい場合は

図書:

- Chang, Kang-Tsung (2006). Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. ISBN: 0070658986
- DeMers, Michael N. (2005). Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. ISBN: 9814126195
- Galati, Stephen R. (2006): Geographic Information Systems Demystified. Artech House Inc. ISBN: 158053533X

ウェブサイト:

- https://foote.geography.uconn.edu/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html
- http://geology.isu.edu/wapi/geostac/Field_Exercise/topomaps/index.htm

QGIS ユーザーガイドでは、地図投影法の操作についてより詳細な情報が含まれています。

8.13 次は？

続くセクションでは地図投影法について詳しく見ていきます。

第9章 地図製作



目的： 空間情報の地図の理解

キーワード： 地図製作，地図のレイアウト，スケールバー，方位記号，凡例，地図，単位

9.1 概要

地図の作成とは、多くの言葉がなくても、平均的な人がそれが何であるかを理解できるように、1枚の紙に地図要素を配置する過程です。地図は通常、GISの専門的背景を持っていない政治家、市民、または学習者が聴衆や読み手である、発表や報告用に作成されます。このため、地図は空間情報の伝達に効果的でなければなりません。地図の一般的な要素は、タイトル、地図本体、凡例、北矢印、スケールバー、承認、および地図境界です（図9.1参照）。

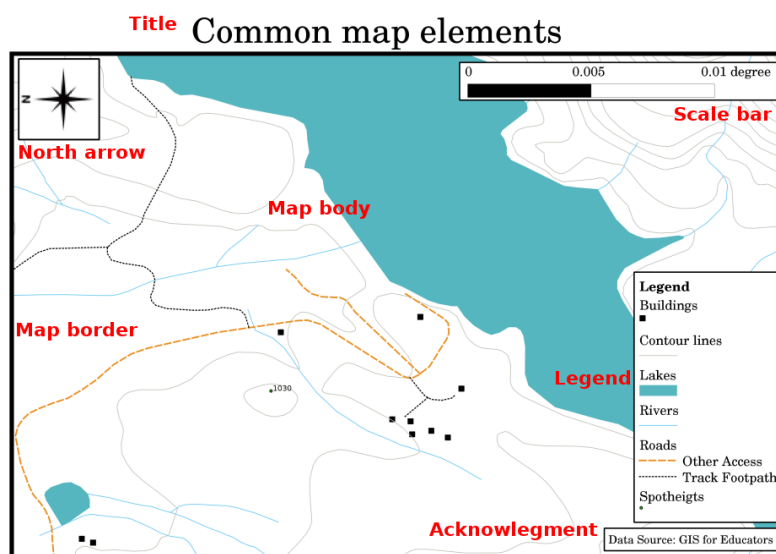


図9.1: 一般的な地図要素（赤でラベル）は、タイトル、地図本体、凡例、方位、スケールバー、承認および地図境界です。

追加されるかもしれない他の要素は、例えば、目盛、または地図投影の名称（CRS）です。一緒に、これらの要素は地図読者が地図上に示された情報を解釈するのに役立ちます。地図本体は、地図情報が含まれているため、当然のことながら、地図の最重要部分です。他の要素は、コミュニケーションのプロセスをサポートし、地図読者が自分自身の方角を定めて地図のトピックを理解するように助けます。例えば、タイトルは主題を説明し、凡例は地図記号を地図化されたデータに関連づけます。

9.2 タイトルの詳細

地図のタイトルは、たいてい読者が地図上で見る最初のもので、非常に重要です。それは新聞のタイトルに比することができます。短くて、読者に地図が何であるかについての最初のアイデアを与える必要があります。

9.3 地図境界の詳細

地図境界は、地図に表示される領域の縁を正確に定義する線です。経緯線を使用して地図を印刷する場合（これについてはさらに詳しく説明します）、[図 9.2](#) に示すように、境界に沿った経緯線の座標情報を見つけることがよくあります。

9.4 地図凡例の詳細

地図は実世界の簡略化された表現であり、地図記号は現実の対象を表すために使用されます。記号がなければ、地図を理解することはできません。人が地図を正しく読むことができるようにするために、地図の凡例を使用して、地図で使用されているすべての記号のキーを提供します。それは、地図が示すものの意味を理解することを可能にする辞書のようなものです。地図の凡例は通常、地図の隅にある小さなボックスに表示されます。アイコンが含まれており、各アイコンは地物のタイプを表します。たとえば、*house* アイコンは、地図上で家を識別する方法を示します（[図 9.2](#) 参照）。

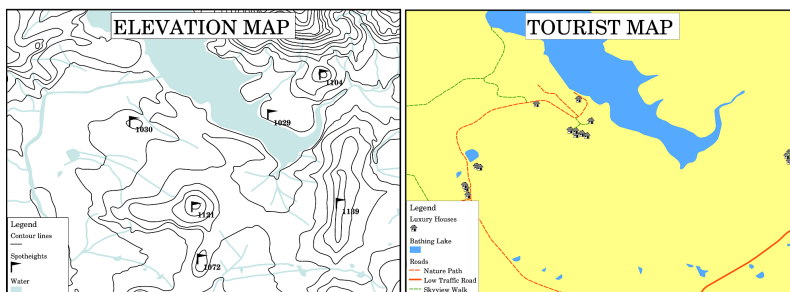


図 9.2: 同じ領域からの 2 つの地図、両方とも背景に水面を持つが、凡例の異なるテーマ、地図記号、色を持つ。

凡例でさまざまな記号やアイコンを使用して、さまざまなテーマを表示することもできます。[図 9.2](#) では、水色の湖に等高線と地点の高さを重ねた地図で、その地域の地形に関する情報を見ることができます。右側には、湖を背景にした同じエリアが表示されていますが、この地図は、観光客が休暇中に借りることができる家の場所を示すように設計されています。それは、より明るい色、家のアイコン、そして凡例のより説明的で魅力的な言葉を使用しています。

9.5 北向き矢印の詳細

方位（時にはバラコンパスと呼ばれる）は主要な方向、北、南、東、西を表示する図です。地図上では、北の方向を示すために使用されます。

たとえば、GIS ではこのことは、この湖から北に位置している家は地図上の湖上に見つけることができることを意味しています。東の道路は、地図上の水面の右側になり、南の川は水面の下になり、湖の西側に鉄道駅を検索する場合、それは地図上の左側に見つかるでしょう。

9.6 スケールの詳細

地図の縮尺は、地図上の 1 単位の距離の値であり、実世界の距離を表します。値は地図単位（メートル、フィート、または度）で表示されます。縮尺は、いくつかの方法で表すことができます。たとえば、単語、比率、またはグラフィカルな縮尺バーとして表すことができます（図 9.3 参照）。

縮尺を単語で表現するは一般的に使用される方法であり、ほとんどの地図利用者が簡単に理解できるという利点があります。単語に基づく縮尺の例は、図 9.3 (a) で確認できます。もう 1 つのオプションは、表現分数（RF）方式です。この方法では、実世界の地図距離と地上距離の両方が、比率として同じ地図単位で指定されます。たとえば、RF 値 1 : 25,000 は、地図上の任意の距離が地上の実際の距離の 25,000 分の 1 であることを意味します（図 9.3 (b) 参照）。比率の 25,000 の値は、**縮尺分母**と呼ばれます。経験豊富なユーザーは、混乱を減らすため、表現分数方式を好むことがよくあります。

表現分数が非常に小さな比、例えば 1:1000 000、を表す場合、小縮尺地図と呼ばれます。一方、比が非常に大きい場合、例えば 1:50 000 地図、大縮尺地図と呼ばれます。小縮尺地図は大きな領域をカバーし、大縮尺地図は小さな領域をカバーする、と覚えておくと便利です！

グラフィックまたはバー縮尺としての縮尺表現は、縮尺を表現するもう 1 つの基本的な方法です。バースケールは、地図上で計測された距離を示します。図 9.3 (c) でわかるように、実世界での同等の距離は上に配置されます。

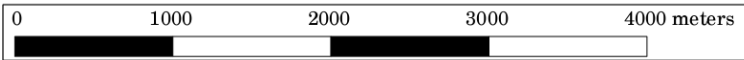
- a) (1 centimeter represents 250 meters)
- b) 1: 25 000
- c) 

図 9.3: 地図の縮尺は、言葉で (a)、比として (b)、またはグラフィックやバースケールとして (c) 表現できます

地図は通常、例えば、1:10000、1:25000、1:50 000、1:100000、1:250 000、1:500000 の標準縮尺で製造されています。これは地図の読者には何を意味するでしょうか？それは地図上での測定距離に縮尺分母を掛ければ現実世界での距離がわかることを意味します。

例えば、1:25000 の縮尺の地図上で 100 ミリメートルの距離を測定する場合、現実世界の距離はこのように計算します：

$$100 \text{ mm} \times 25,000 = 2,500,000 \text{ mm}$$

これは、地図上の 100 ミリメートルは、実世界の 250 万ミリメートル (2500 メートル) と等価であることを意味します。

地図縮尺のもう 1 つの興味深い側面は、地図縮尺が小さいほど、地図内の地物情報がより詳細になることです。図 9.4 にこの例を見ることができます。両方の地図は同じサイズですが縮尺が異なります。左側の画像は詳細を示しています。たとえば、水域の南西にある家は、別々の正方形として明確に識別できます。右の画像では、黒い長方形の塊しか見えず、各家をはっきりと見ることはできません。

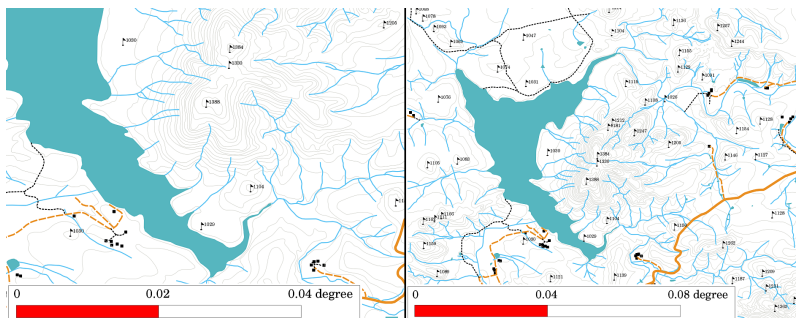


図 9.4: ある地域を二つの異なる縮尺で示す地図。左の地図の縮尺は 1:25,000。右の地図の縮尺は 1:50,000。

9.7 整飾の詳細

地図の整飾エリアでは、重要な情報とテキストを追加することが可能です。例えば、使用されるデータの品質に関する情報は、いつだれによって地図の作成されたかなどの詳細についてのアイデアを読者に与えるために有用であり得ます。自分の町の地形図を見る場合、いつだれによって地図が作成されたか知っておくと便利でしょう。地図がすでに 50 歳であれば、おそらく、もはや存在しないか多分存在しなかった家屋や道路がたくさんあります。地図が公的機関によって作成されたことがわかっている場合は、連絡をとって、それらが更新された情報と、その地図のより多くの現在のバージョンを持っているかどうか尋ねることができます。

9.8 グリッドの詳細

経緯線は、読者が空間的な向きを簡単にするために地図上に重ねられた線のネットワークです。これらの線は参照として使用できます。例として、経緯線の線は、地球の緯線と経度の子午線を表すことができます。プレゼンテーション中またはレポートで地図上の特別な領域を参照したい場合は、次のように言うことができます。「緯度 26.04/経度 -32.11 に近い家は、1 月と 2 月にしばしば洪水被害を受けます」(図 9.5 参照)

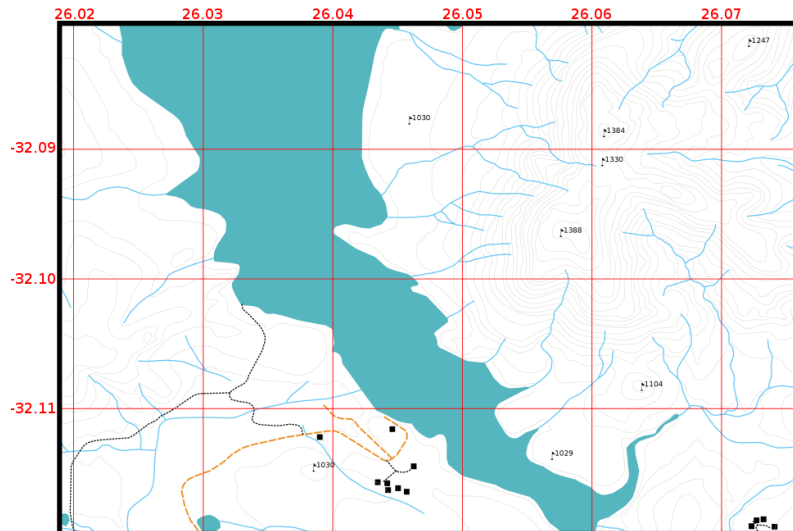


図 9.5: 地球の緯度と経度の経線を表す格子線（赤線）。地図上の緯度と経度の値を地図上のより良い方向付けに使用できます。

9.9 詳細な地図投影の名前

地図投影は、紙の平らなシート上に家、道路や湖のような、そのすべての地物を有する 3 次元地球を表現しようとしています。想像できるように、これは非常に困難であり、さらには何百年も後に世界のどの地域のために完璧に地球を表現することが可能である単一の投影はありません。すべての投影は長所と短所があります。

可能な限り正確に地図を作成できるようにするために、人々はさまざまな種類の投影法を研究、修正、および作成してきました。結局、ほぼすべての国が、自国の領土領域の地図の精度を向上させることを目的として、独自の地図投影法を開発しました（[図 9.6 参照](#)）。

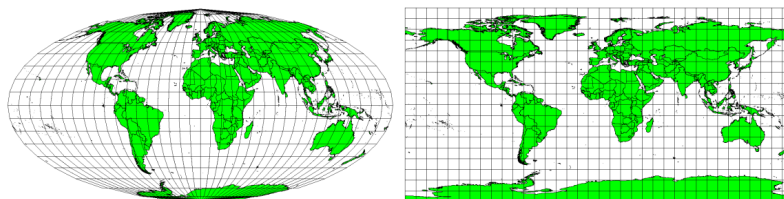


図 9.6: 世界にはさまざまな投影法があります。左は Mollweide Equal Area 投影法、右は Plate Carree Equidistant 円柱投影法。

これを考慮すると、地図に投影の名前を追記しておくことが意味がある理由がわかります。ある地図が別の地図と比較できるかを読者はすばやく確認できます。たとえば、いわゆる等面積投影法の地図上の特徴は、正距円筒図法で投影された特徴とは非常に異なって見えます（[図 9.6 参照](#)）。

地図投影は、非常に複雑なトピックであり、ここで完全にカバーすることはできません。それについての詳細をお知りになりたい場合は、私たちの前のトピック：「参照座標系」を見てみたいかもしれません。

9.10 一般的な問題 / 注意すべき点

読者が知る必要があるすべての情報を表示し説明ながらも、理解しやすく良いレイアウトの地図を作成することが困難な場合があります。これを実現するには、すべての地図要素の理想的な配置と構図を作成する必要があります。地図でどんな物語を語りたいか、凡例、スケールバーと認定などの要素がどのように整理されなければならないかに集中する必要があります。そうすることで、よいデザインの教育的な地図になり、誰が見ても理解できるでしょう。

9.11 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました:

- 地図製作は、地図要素を一枚の紙に配置することを意味します。
- 地図要素は、タイトル、地図、地図境界、凡例、縮尺、方位記号、謝辞です。
- 縮尺は、現実の世界では、実際の距離と、地図上の距離の比率を表しています。
- 縮尺は地図単位(メートル、フィート、度)で示します。
- 凡例は地図の全てのシンボルを説明します。
- 地図は、複雑な情報をできる限り簡潔に説明するべきです。
- 地図は普通北が上で表示されます。

9.12 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアいくつか述べていきます:

- GISに地元の地域のいくつかのベクターレイヤーをロードします。生徒たちが道路の種類や建物などのさまざまなタイプの凡例要素の例を識別できるかどうかを確認します。凡例要素のリストを作成し、アイコンがどのように表示されるべきかを定義します。そうすれば、読者は地図内の意味を簡単に把握できます。
- 生徒たちと一緒に紙の上に地図レイアウトを作成します。地図のタイトル、表示するGISレイヤー、地図上でどのような色やアイコンが必要かを決めます。トピックベクタデータとベクタ属性データで学んだテクニックを使って、それに応じてシンボルを調整してください。テンプレートをお持ちの場合は、QGISの印刷レイアウトを開き、地図レイアウトを計画どおりに配置してください。

9.13 考えてみよう

コンピュータを利用できない場合は、任意の地形図を使用して、生徒たちと地図設計について話し合うことができます。地図が何を伝えたいのか生徒たちが理解しているかどうかを把握します。改善できるものは何ですか？地図がその地域の歴史をどのくらい正確に表現していますか？100年前の地図は、今日の同じ地図とどう違うのですか？

9.14 より詳しく知りたい場合は

図書:

- Chang, Kang-Tsung (2006). Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. ISBN: 0070658986
- DeMers, Michael N. (2005). Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. ISBN: 9814126195

ウェブサイト : [縮尺 \(地図\)](#)

QGIS ユーザーガイドも QGIS で提供される地図作成に関するより詳細な情報を持っています。

9.15 次は？

次のセクションでは、ベクター分析を詳しく見ていきます。GIS で見栄えの良い地図を作成するより以上のことがどうすればできるかがわかります！

第10章 ベクタ空間分析（バッファ）



目的： ベクタ空間分析におけるバッファの利用を理解する
 キーワード： ベクタ、バッファゾーン、空間分析、バッファ距離、境界のディゾルブ、内側方向および外側方向のバッファ、複数のバッファ

10.1 概要

空間分析では、空間情報を使用して GIS データから新たな追加的な意味を抽出します。空間分析はたいがい GIS アプリケーションを使用して行われます。GIS アプリケーションには、地物統計（例えばこのポリラインはいくつの頂点で構成されるか？）または地物バッファリングなどのジオプロセッシングのための空間分析ツールがあるのが普通です。使用される空間分析の種類は、対象領域に応じて変化します。水の管理や研究（水文学）で働く人々は、等高線の分析と、それを横切って移動する水をモデル化することに興味がありそうです。野生生物管理ではユーザーは、野生生物のポイントでの位置と環境との関係を扱う分析機能に興味があります。このトピックにおいてはバッファリングを、ベクタデータで行うことができる便利な空間分析の例として説明します。

10.2 バッファリングの詳細

バッファリングは通常2つのエリアを作成します: 1つは、選択した現実世界の地物から指定距離内のエリア、もう1つは外のエリアです。指定距離内の領域をバッファゾーンといいます。

バッファゾーンは、現実世界の機能を互いに遠ざける目的で機能する領域です。多くの場合、緩衝地帯は、環境を保護し、住宅および商業地帯を労働災害や自然災害から保護するため、または暴力を防ぐために設定されます。一般的なタイプの緩衝地帯は、住宅地と商業地帯の間のグリーンベルト、国の間の国境地帯（[図 10.1 参照](#)）、空港周辺の騒音保護地帯、または河川沿いの汚染防止地帯です。



図 10.1: アメリカとメキシコの境界はバッファゾーンによって分けられています (SGT Jim Greenhill 2006 によって撮影された写真)。

GIS アプリケーションでは、バッファゾーンは常にベクトルポリゴンとして表され、他のポリゴン、ライン、またはポイント地物を囲みます (図 10.2、 図 10.3、 図 10.4 参照)。

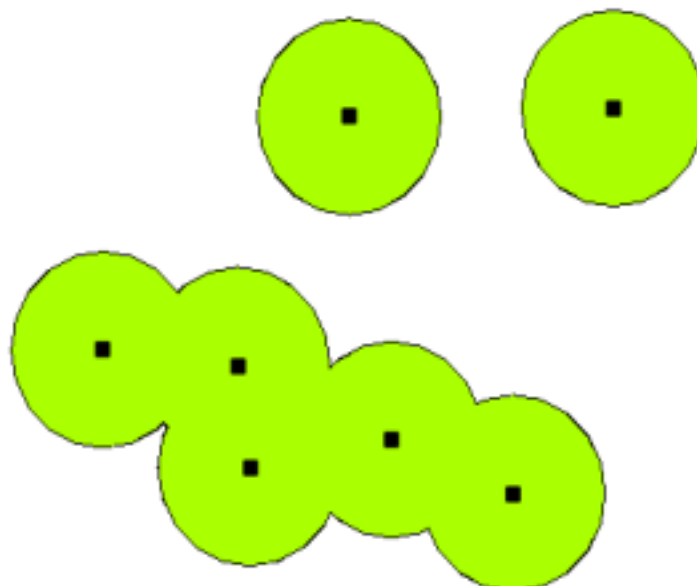


図 10.2: ベクタポイント周辺のバッファゾーン。



図 10.3: ベクタポリライン周辺のバッファゾーン。

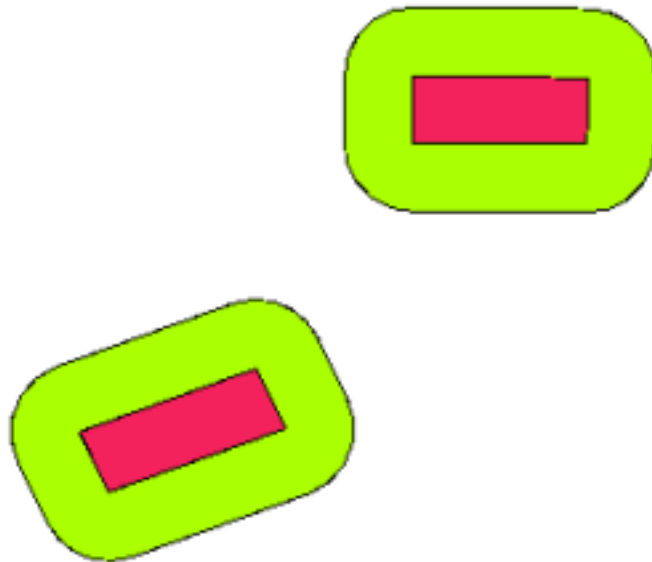


図 10.4: ベクタポリゴン周辺のバッファゾーン。

10.3 バッファの種類

バッファリングにはいくつかのバリエーションがあります。バッファ距離またはバッファサイズは、各地物のベクタレイヤ属性テーブルで提供される数値に応じて変化することがあります。数値は、データで使用される座標参照系(CRS)に従って、地図単位で定義する必要があります。たとえば、川の土手に沿ったバッファゾーンの幅は、隣接する土地利用の強度に応じて変化することがあります。集約的栽培の場合、バッファ距離は有機農業の場合よりも大きくなる可能性があります(図 10.5 および表 *table_buffer_attributes* 参照)。

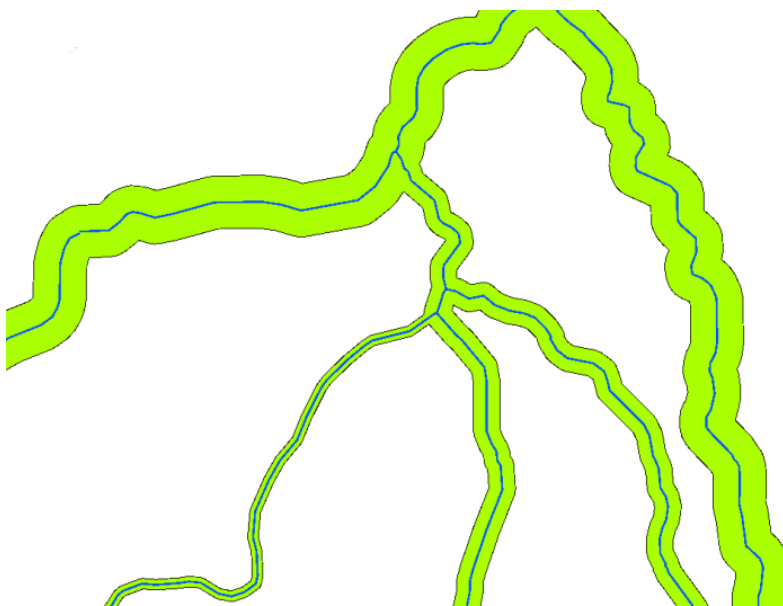


図 10.5: 異なるバッファ距離でバッファリングされた河川

河川	隣接する土地利用	バッファ距離 (メートル)
ブリード川	集中的な野菜耕作	100
コマティ	集中的な綿の耕作	150
オラニエ	有機農業	50
テレ川	有機農業	50

表 バッファ属性 1: 隣接する土地利用に関する情報に基づき河川までのバッファ距離が異なる属性テーブル。

こうした、河川や道路などのポリライン地物の周りのバッファは、ラインの両側にある必要はありません。それらはライン地物の左側または右側のどちらかだけにできます。その場合にどちらが左側か右側かは、デジタイズの際のラインの始点から終点へ方向によって決定されます。

10.3.1 複数のバッファゾーン

地物は、複数のバッファゾーンを持つこともできます。原子力発電所は、10、15、25、および 30 km の距離で緩衝される可能性があるため、避難計画の一環として、発電所の周囲に複数のリングを形成します（[図 10.6 参照](#)）。

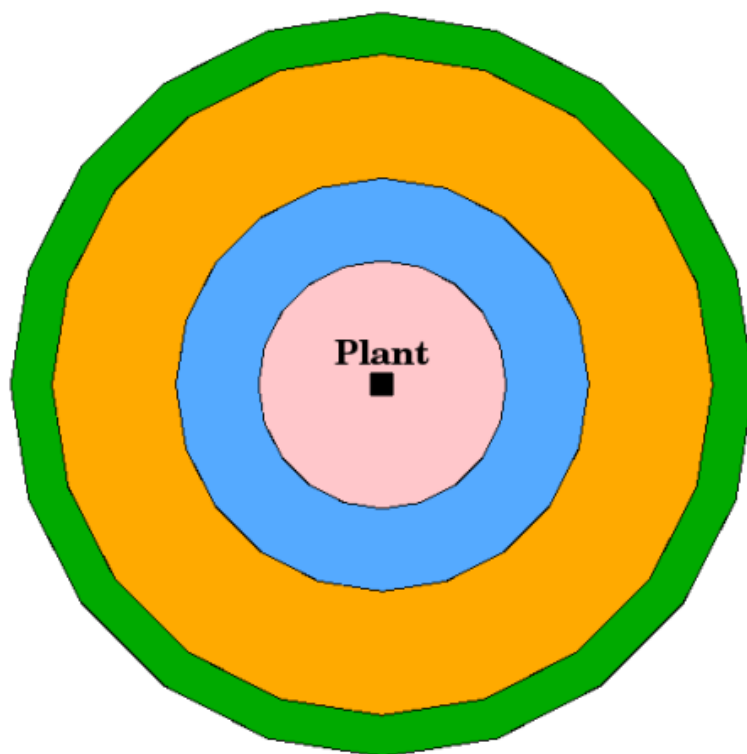


図 10.6: 10km、15km、25km および 30km という距離でポイント地物にバッファを作成する

10.3.2 完全な境界または融合された境界を持つバッファリング

多くの場合、バッファゾーンは境界が融合しているため、バッファゾーン間に重複する領域はありません。ただし場合によっては、バッファゾーンの境界を完全に保って各バッファゾーンを個別のポリゴンとし、重複する領域を識別できるようにすることが有用な場合があります（[図 10.7 参照](#)）。

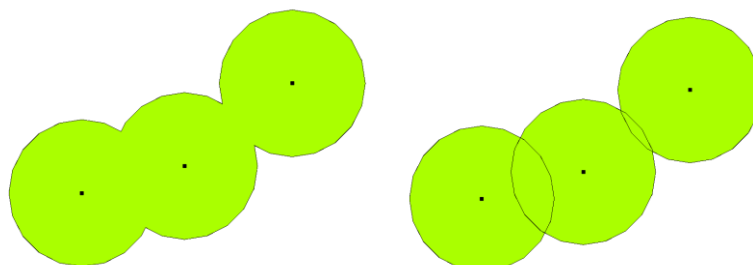


図 10.7: 重複する領域を示す、融合した境界をもつバッファゾーン (左) と完全な境界をもつバッファゾーン (右)。

10.3.3 外側または内側へのバッファリング

ポリゴン地物の周囲のバッファゾーンは、通常、ポリゴンの境界から外側に広がりますが、ポリゴンの境界から内側にバッファゾーンを作成することもできます。例えば、観光省がロベン島の周りに新しい道路を計画したくて、環境法では道路は海岸線から少なくとも 200 メートル内側にあることが要求されるとします。観光省は海岸線から内への 200 メートルラインを見つけるために、内側にバッファを使用して、その線を越えないように自分たちの道路を計画できます。

10.4 一般的な問題 / 注意すべき点

ほとんどの GIS アプリケーションは、分析ツールとしてバッファ作成を提供していますが、バッファを作成するためのオプションはいろいろです。たとえば、ライン地物の左右両側へバッファリングすること、バッファゾーンの境界をディゾルブすること、ポリゴンの境界から内側へバッファを作成することは、すべての GIS アプリケーションでできるわけではありません。

バッファ距離は常に整数（整数）または小数（浮動小数点値）として定義されなければなりません。この値は、ベクターレイヤーの座標参照系（CRS）に従った地図単位（メートル、フィート、小数の度）で定義されています。

10.5 さらに空間分析ツール

バッファ作成は重要かつ頻繁に使用される空間分析ツールですが、ユーザーが GIS で使用して検討できるものは他にも多くあります。

空間オーバーレイは、同じエリアのすべてまたは一部を共有する 2 つのポリゴン地物間の関係を識別できるようにするプロセスです。出力ベクターレイヤは、入力地物情報の組み合わせです（[図 10.8](#) 参照）。

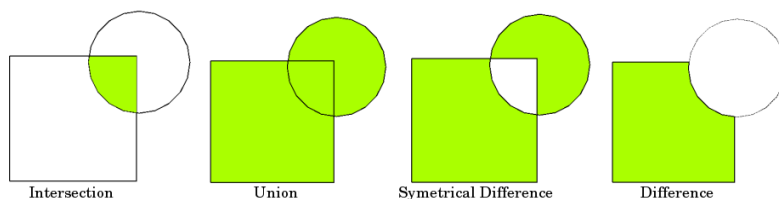


図 10.8: 2 つのベクターレイヤ（a_input = 方形、b_input = 円）の空間オーバーレイ。結果のベクターレイヤは緑で表示されます。

典型的な空間オーバーレイの例：

- インターセクション: 出力レイヤは 2 つのレイヤの重なる（交わる）すべての領域を含みます。
- ユニオン: 出力レイヤは組み合わせた 2 つの入力レイヤのすべての領域を含みます。
- 対称差: 出力レイヤには、入力レイヤのすべての領域が含まれます。ただし、2 つのレイヤが重なる（交わる）領域は除きます。
- 差分: 出力レイヤには、第 2 の入力レイヤと重ならない（交わらない）第 1 の入力レイヤのすべての領域が含まれます。

10.6 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました：

- バッファゾーンは、現実世界の地物の周りの領域を示します。
- バッファゾーンは常にベクタポリゴンです。
- 地物は複数のバッファゾーンを持ちえます。
- バッファゾーンのサイズはバッファ距離によって定義されます。
- バッファ距離は整数または小数点の値でなければいけません。
- バッファ距離は、ベクタレイヤ内の各地物ごとに変えることもできます。
- ポリゴンは、その境界から内側へまたは外側へバッファを作成できます。
- 完全なまたは解消された境界で作成されたバッファゾーン
- バッファ作成の他にも、GISでは通常、空間的な課題を解決するためにいろいろなベクタ解析ツールが提供されています。

10.7 やってみよう

ここでは学習者に教える際のアイデアいくつか述べていきます：

- 交通量が劇的に増加したため、都市計画者は幹線道路を広げ、2番目の車線を追加したいと考えています。道路の周りにバッファを作成して、バッファゾーン内にある資産を見つけます([図 10.9](#) 参照)。
- 抗議グループを制御するために、警察は抗議者を建物から少なくとも 100 メートル離しておくために中立ゾーンを設置したいと思っています。建物の周りにバッファを作成し、バッファ領域がどこにあるかイベントプランナーにわかるように色付けします。
- トラック工場が拡張を計画しています。立地基準には、敷地候補は大型道路の 1 キロ以内でなければならないと規定されています。敷地候補がどこにあるかわかるように、主要道路に沿ってバッファを作成します。
- 酒屋は学校や教会の千メートルバッファゾーン内にあってはいけないと規定する法律を市が導入したいと思っていると想像してみてください。学校の周りに 1 キロのバッファを作成し、それから学校に近すぎる酒屋がないか見に行ってください。

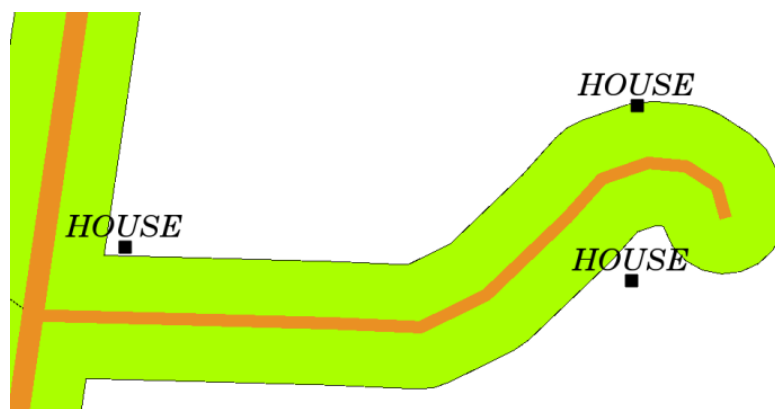


図 10.9: 道路地図 (茶) 周辺のバッファゾーン (緑)。どの家がバッファゾーンに入るかについて見ることができるので、今、所有者に連絡して状況について話すことができるでしょう。

10.8 考えてみよう

利用可能なコンピュータを持っていないならば、建物の周辺にバッファゾーンを作成するために、トポシートとコンパスを使うことができます。コンパスを使って地物に沿って等距離で小さい鉛筆マークを入力してください、それから定規を使ってマークをつないでください！

10.9 より詳しく知りたい場合は

図書:

- Galati, Stephen R. (2006): Geographic Information Systems Demystified. Artech House Inc. ISBN: 158053533X
- Chang, Kang-Tsung (2006). Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. ISBN: 0070658986
- DeMers, Michael N. (2005). Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. ISBN: 9814126195

QGIS ユーザーガイドでは、QGIS におけるベクター分析についてより詳細な情報が含まれています。

10.10 次は？

次のセクションでは、ラスターデータを使った空間解析の例として 補間 について詳しく見ましょう。

第11章 空間分析（補間）



目的： 空間分析の一環としての補間の理解

キーワード： ポイントデータ、補間法、逆距離加重補間、三角形分割補間

11.1 概説

空間分析は、元のデータから新しい情報と意味を抽出するために空間情報を操作する処理です。ふつうは空間分析は地理情報システム（GIS）を使用して実行されます。GISにはたいてい、地物統計を計算し、データ補間のようなジオプロセッシング操作を実行するための空間分析ツールがあります。水文学では、ユーザーは地形解析と水文学モデリング（水の移動をモデル化すること）の重要性を強調するでしょう。野生生物管理の世界では、ユーザーは、野生生物の点位置およびそれらの環境との関係を扱う分析機能に関心があります。それぞれのユーザーは、自分が行っている仕事の種類に応じて、関心を持つものはさまざまに異なるでしょう。

11.2 空間補間の詳細

空間補間は、既知の値を持つポイントを使用して、他の未知のポイントの値を推定する手順です。たとえば、自国の降水量（降雨量）地図を作成するために、地域全体をカバーするのに十分に均等に広がった気象観測所を見つけることはできません。空間補間では、近くの気象観測所での既知の温度測定値を使用して、データが記録されていない場所の温度を推定できます（[図 11.1 参照](#)）。このタイプの内挿されたサーフェスは、多くの場合、統計サーフェスと呼ばれます。標高データ、降水量、積雪量、地下水文、人口密度は、内挿を使用して計算できる他のタイプのデータです。

Temperatures in South Africa
on 15 April, 2009 at 11am

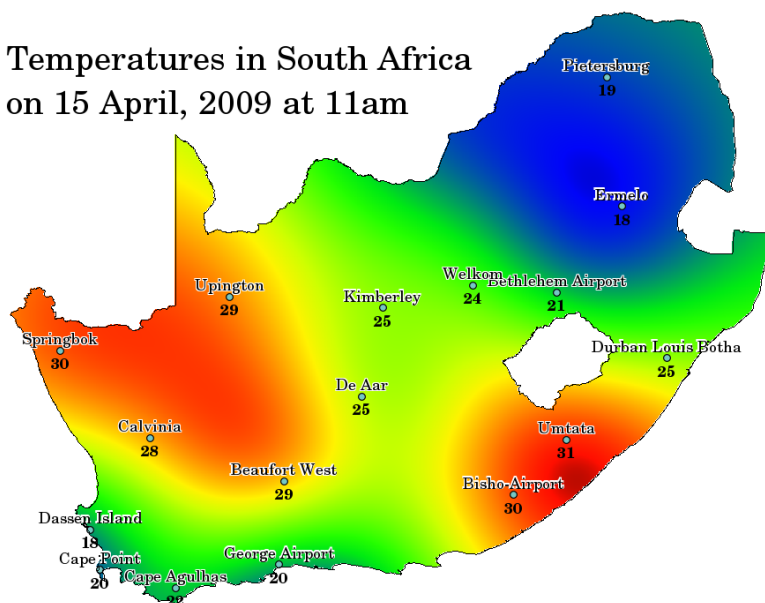


図 11.1: 気温図は、南アフリカの気候条件から補間されています。

データ収集はコストが高く資源は限られているため、通常は選択されたポイント位置で限定された数だけ実施されます。GIS において、これらの点に空間補間を適用すると、全てのラスタのセルに対して行われた推定値を持つラスタサーフェスを作成できます。

連続的な地図を、例えば GPS 装置で計測された高度地点からのデジタル標高地図を生成するためには、適切な補間方法を使用して、サンプルまたは計測が行われなかった場所の値を最適に推定しなければなりません。補間解析の結果はその後、全領域をカバーする解析やモデリングに使用できます。

多くの補間方法があります。本稿では、逆距離加重 (IDW) と不規則三角網 (TIN) と呼ばれる 2 つの広く使用される補間方法を紹介します。その他の補間方法をお探しの場合は、このトピックの末尾にある「さらに読む」セクションを参照してください。

11.3 逆距離加重 (IDW)

IDW 内挿法では、サンプルポイントは内挿中に重み付けされ、作成する未知のポイントからの距離に応じて、あるポイントの別のポイントに対する影響が減少します (図 11.2 参照)。

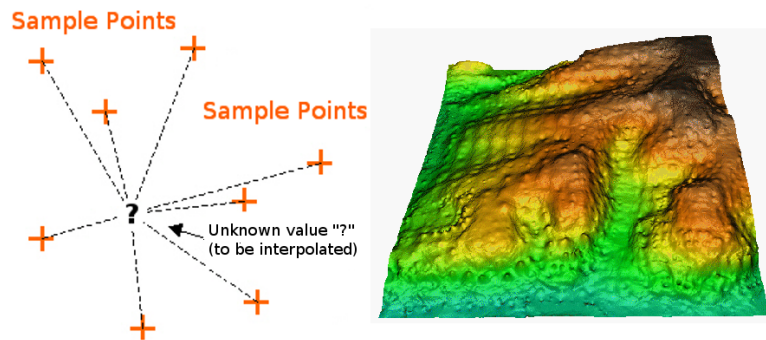


図 11.2: 重み付けられたサンプル点の距離に基づく逆距離加重補間（左）。標高ベクタポイントからの補間 IDW サーフェス（右）。画像元: Mitas, L., Mitasova, H. (1999).

重み付けが、新しい点からの距離が増加するにつれて重み付けの影響がどのように低下 するかを制御する重み付け係数を使用して、サンプル点に割り当てられます。重み付け係数が大きくなるほど、補間処理に与える効果はその未知の点から遠い点ほど小さくなります。係数が増加するにつれ、未知の点の値は最も近い観測点の値に近づきます。

IDW 内挿法には、いくつかの欠点もあることに注意することが重要です。サンプルデータポイントの分布が不均一な場合、内挿結果の品質が低下する可能性があります。さらに、内挿されたサーフェスの最大値と最小値は、サンプルデータポイントでのみ発生する可能性があります。これにより、図 11.2 に示すように、サンプルデータポイントの周囲に小さなピークとピットが生じることがよくあります。

GIS では、内挿結果は通常 2 次元ラスタレイヤとして表示されます。図 11.3 では、GPS デバイスを使用して野外で収集された標高サンプルポイントに基づいた、典型的な IDW 補間結果を確認できます。

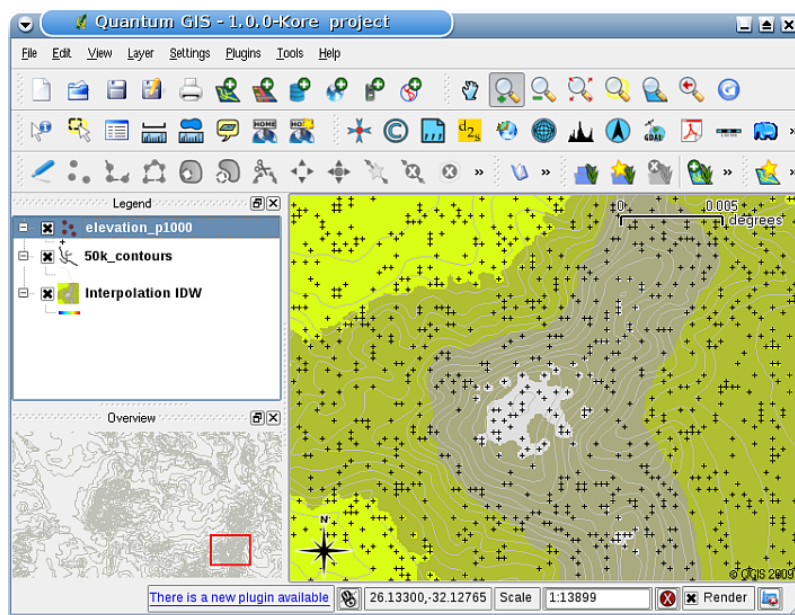


図 11.3: IDW 補間では不規則に集められた標高サンプルポイント（黒十字で示す）から結果が得られます。

11.4 不規則三角網 (TIN)

TIN 補間は、GIS で人気のあるもう 1 つのツールです。一般的な TIN アルゴリズムは、ドロネー三角形分割と呼ばれます。これは、最も近い隣接点の三角形によって形成されるサーフェスを作成しようとしません。これを行うには、選択したサンプルポイントの周囲に外接円を作成し、それらの交点を重なり合わない、可能な限りコンパクトな三角形のネットワークに接続します (図 11.4 参照)。

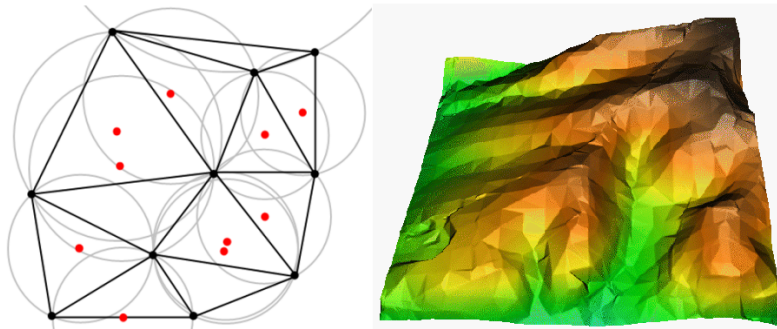


図 11.4: 赤のサンプルデータの周りの外接円とのドロネー三角形分割。標高ベクタポイントから作成された結果として補間した TIN サーフェスを右側に示します。画像元: Mitas, L., Mitasova, H. (1999).

TIN 補間の主な欠点は、サーフェスが滑らかでなく、ギザギザの外観になる可能性があることです。これは、三角形のエッジとサンプルデータポイントでの不連続な勾配が原因で発生します。さらに、三角測量は通常、収集されたサンプルデータポイントのある領域を超えた外挿には適していません (図 11.5 参照)。

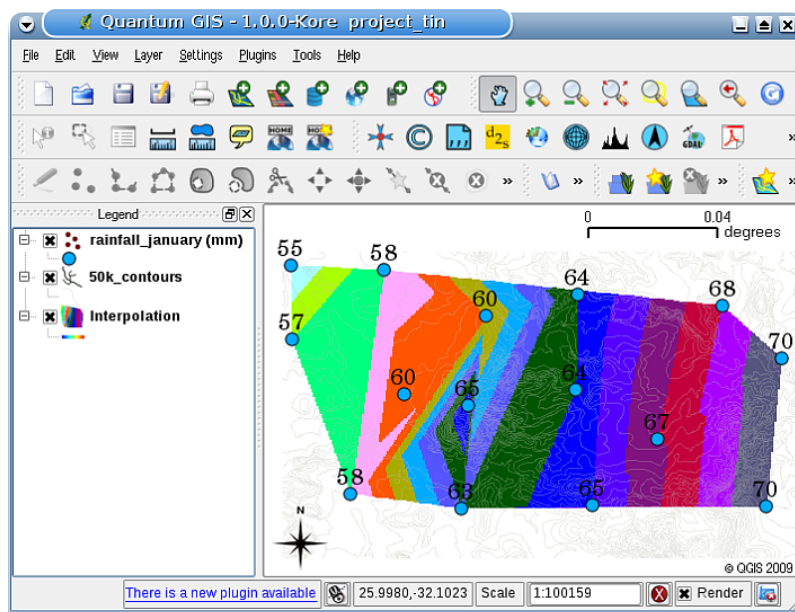


図 11.5: ドローネ TIN 補間は不規則に収集された降水量のサンプルポイント (青い円) に由来します。

11.5 一般的な問題 / 注意すべき点

すべての状況に適用できる単一の補間方法はないことを覚えておくことが重要です。いくつかは他より正確で有用ですが、計算に時間がかかります。それらには長所と短所があります。実際には、どの補間方法を選択するかは、サンプルデータ、生成されるべき表面のタイプおよび推定誤差の許容誤差に応じて変えるべきです。一般的に、3つのステップの手順が推奨されます。

1. サンプルデータを評価します。これはデータが地域にどう分布しているかについてのアイデアを得るために行います。どの補間法を使用するかについてのヒントを提供するかもしれないので。
2. サンプルデータと研究目的の両方に最適な補間法を適用します。疑問がある場合には、利用可能であれば、複数の方法を試してみてください。
3. 結果を比較し、最良の結果と最も適切な方法を見つけます。これは、最初は時間のかかるプロセスのように見えるかもしれませんが、しかし、さまざまな補間方法の経験と知識を得ると、最適なサーフェスを生成するために必要な時間が大幅に短縮されます。

11.6 その他の補間法

このワークシートでは IDW および TIN 補間法だけを取り上げましたが、GIS には、張力付正規スプライン法 (RST)、クリギングまたはトレンドサーフェス補間など、より多くの空間補間方法が用意されています。Web リンクについては、以下の追加の読み物のセクションを参照してください。

11.7 わかりましたか？

ここでは以下のことを学びました:

- 補間 は 全領域をカバーするラスタサーフェスを作成することを目的とし未知の場所で値を推定するために、既知の値を持つベクターポイントを使用しています。
- 補間結果は通常は ラスタ レイヤです。
- 未知の場所の値を最適に推定する 適切な補間法を見つける ことが重要です。
- IDW 補間では、ある点から別の点への影響が推定される新点からの距離で減衰するように、サンプル点に重みを与えます。
- TIN 補間 は最寄りのポイント情報に基づいた三角形で形成されたサーフェスを作成するためのサンプル点を使います。

11.8 やってみよう

ここでは人に教える際のアイデアいくつか述べていきます:

- 農業省があなたの地域で新しい耕作地を計画していますが、土壌の特性とは別に、収穫のために降雨量が十分あるかどうかを知りたいと考えています。利用可能なすべての情報は、周辺のいくつかの気象観測所から得られます。生徒たちといっしょに最高の降雨量がありそうな地域を示す補間サーフェスを作成してください。
- 観光局は、1月と2月に気象条件に関する情報を公開したいと考えています。彼らは気温、降雨量、風力データを持っており、気温や雨量、風の強さなどの気象条件が最適な場所を推測するためにデータを補間するよう求めます。これらの基準を満たす地域を特定できますか？

11.9 考えてみよう

コンピュータを使用できない場合は、トポシートと定規を使用して架空の気象観測所間の等高線または降雨値の標高値を推定できます。たとえば、気象局 A の降雨量が 50 mm で、気象観測所 B の気温が 90 mm の場合、気象観測所 A と B の真ん中での降雨量は 70 mm と推定できます。

11.10 より詳しく知りたい場合は

図書:

- Chang, Kang-Tsung (2006). Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. ISBN: 0070658986
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. ISBN: 9814126195
- Mitas, L., Mitasova, H. (1999). Spatial Interpolation. In: P.Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W.Rhind (Eds.), Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Wiley.

ウェブサイト:

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Interpolation>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation

QGIS ユーザーガイドには、QGIS で提供される補間ツールの詳細な情報が含まれています。

11.11 次は？

これは、このシリーズの最後のワークシートです。私たちは、QGIS を探索し、GIS ソフトウェアで行うことができる他のすべてを発見するために、添付の QGIS 説明書を使えるようになることをお勧めします！

第12章 著者とコントリビュータについて



Tim Sutton --- 編集者&主筆。Tim Sutton は、QGIS プロジェクトの開発者であり、プロジェクト運営委員会メンバーです。GIS を誰でも自由に使えるようにすることに情熱を注いでいます。また、Linfiniti Consulting CC. -- オープンソースの GIS ソフトウェアの学習と使用を支援することを目的に設立された小さな会社の創設メンバーでもあります。 **Web:** <https://kartoza.com> **Email :** tim@kartoza.com



Otto Dassau ---アシスタント著者。Otto Dassau はドキュメントの保守管理者であり、QGIS プロジェクトのプロジェクト運営委員会のメンバーです。Otto は、フリーでオープンソースの GIS ソフトウェアを使用すること、使用できるよう人々を訓練することにおいて、かなりの経験を積んでいます。 **Web:** <http://www.nature-consult.de>, **Email:** otto.dassau@gmx.de



Marcelle Sutton --- プロジェクト・マネージャ。Marcelle Sutton は英語とドラマを研究し、教員資格を持っています。Marcelle はまた、Linfiniti Consulting CC(人々がオープンソースの GIS ソフトウェアを学び使用することを支援することを目標とした中小企業)の創立メンバーです。 **Web:** <https://kartoza.com> **Email:** marcelle@kartoza.com



Lerato Nsibande ---ビデオプレゼンター。Lerato はプレトリアに住む高校3年生です。Lerato は学校で地理学を学び、私たちと一緒に GIS を学ぶことを楽しんでます！



Sibongile Mthombeni --- ビデオプレゼンター。Sibongile は幼い娘と一緒に Johannesburg の近くに住んでいます。目標は研究を続けることと看護婦になることです。このプロジェクトでの成果は Sibongile が初めてコンピュータを使用したことでした。

第13章 GNUフリー文書利用許諾契約書

Version 1.3, 3 November 2008

Copyright 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc <https://www.fsf.org/>

誰もがこのライセンス文書の逐語的なコピーを複製および頒布することは許可されていますが、それを変更することはできません。

はじめに

このライセンスの目的は、マニュアル、教科書、または他の機能的で便利な文書を、自由という意味で「フリー」にすることです。商業的または非商業的、またはそれを修正することなく、誰もがそれをコピーして再配布するための事実上の自由を確保するために。第二に、このライセンスは、他の人によって行われた変更の責任とみなされていないながら、著者や出版社が自分の仕事のためにクレジットを取得する方法を保持します。

このライセンスは「コピーレフト」の一種です。すなわち、文書の派生物自体は同じ意味でフリーでなければなりません。これは、フリーソフトウェアのために設計されたコピーレフトライセンスである GNU 一般公衆利用許諾契約書を、補完します。

フリーのプログラムは、ソフトウェアが行うのと同じ自由を提供するマニュアルが付属していなければならない：フリーソフトウェアはフリーな文書が必要なので、私たちは、フリーソフトウェアのマニュアルのためにそれを使用するために、このライセンスを設計しています。しかし、このライセンスは、ソフトウェアのマニュアルに限定されるものではありません。それは関係なく、主題のか、それが印刷された本として出版されているかどうか、任意のテキストの仕事のために使用できます。私たちは、その目的の命令または参照された作品のため、主にこのライセンスをお勧めします。

1. 適用性と定義

このライセンスは、あらゆる媒体で、任意の手動または他の作業に適用される、それはそれは、本ライセンスの条件の下で配布することができますと言って著作権者に置か通告が含まれています。このような通知は、本明細書に記載された条件の下でその作品を使用して、期間中無制限の世界的な、ロイヤリティフリーのライセンスを、付与します。文書は、以下で、そのようなマニュアルや作業を指します。公共の任意のメンバーは、ライセンシーで、「あなた」として扱われます。あなたがコピーした場合、ライセンスを受け入れ、著作権法の下で許可を必要とする方法で仕事を変更したり、配布します。

文書の「修正版」は、ドキュメントまたはその一部、逐語的、または変更してコピー及び/又は他の言語に翻訳のいずれかを含む任意の作業を意味します。

「補遺部分」は、名前の付録か（または関連事項）文書の全体的な対象への文書の出版社や著者の関係で独占的に扱う文書のフロントマター部であり、それは、その全体的な対象内で直接落下する可能性があります何も含まれていません。（文書が部分的に数学の教科書である場合はこのように、補遺部分は、任意の数学を説明できないことがあります。）関係は主題または関連事項との歴史的な関連の問題であるか、対象

とか、あるいはそれらに関する法的、商業、哲学的、倫理的、あるいは政治的な位置の問題である可能性があります。

「変更不可部分」とは、その題の文書がこのライセンスの下でリリースされていることを述べている通知に、変更不可部分のそれであるとして、指定された特定の二次著作物セクションです。セクションが「二次著作物」の上記の定義に適合しない場合、不変として指定することは許可されません。文書はゼロの変更不可部分が含まれていてもよいです。文書に何も変更不可部分が特定されていない場合は、何もありません。

「カバーテキスト」とは、短い文章であって、文書がこのライセンスの下でリリースされていることを述べている通知中でフロントカバーテキストまたはバックカバーテキストとしてリストされているものです。フロントカバーテキストは最大 5 語、バックカバーテキストは最大で 25 語が許されています。

文書の「透明」コピーとは、機械読み取り可能なコピーで、その仕様が一般公衆に利用可能な形式で表されている、一般的なテキストエディタで、または（ピクセルで構成される画像については）汎用ペイントプログラム、または（図面については）いくつかの広く利用可能な描画エディタですぐに文書を改訂するに適しているもの、そしてテキストフォーマットへの入力に適しているか、テキストフォーマットへの入力に適した様々なフォーマットへの自動翻訳に適したものです。透明ファイル形式で作られたコピーは、そのマークアップが、またはマークアップがないことが、読者が後続の変更を妨害または阻止するように整えられているならば透明ではありません。画像フォーマットは、何かかなりの量のテキストについて使用した場合は透明ではありません。「透明」でないコピーは不透明と呼ばれます。

透明な複製に適した形式の例としては、マークアップなしのプレーン ASCII、Texinfo の入力形式、LaTeX 入力形式、一般に入手可能な DTD を使用した SGML または XML、および標準に準拠した単純 HTML、人間の变更のために設計された PostScript または PDF があります。透明な形式の例には、PNG、XCF および JPG があります。不透明な形式には、商用ワードプロセッサで読み取り編集できる商用形式、DTD および / またはプロセッシングツールが一般に利用可能でない SGML または XML、および機械生成 HTML、いくつかのワードプロセッサによって作成された出力目的のみの PostScript や PDF があります。

「題扉」とは、印刷された書籍、題扉自体、プラスを保持するために必要とされるような以下のページのために、読みやすく、材料は、このライセンスは、題扉に表示されている必要があります。以下のような任意の題扉を持っていないフォーマットの作品については、「題扉」には、テキストの本文の先頭に先行し、作品の題の最も顕著な外観に近いテキストを意味します。

「パブリッシャー」は、公衆への文書のコピーを配布する個人または団体を意味します。

「XYZ という題」セクションには、題を正確 XYZ であるか、XYZ を別の言語に翻訳し、テキストを次の括弧内に XYZ が含まれているいずれかの文書の名前のサブユニットを意味します。（ここで、XYZ は「謝辞」、「献呈」、「裏書」、または「歴史」などのような、下記特定のセクション名を表します）。この定義によると「文書」を修正するときにセクションの題を保持することは、XYZ という題のセクションを残すことを意味します。

ドキュメントは、本ライセンスは、ドキュメントに適用されると述べている通知に次の保証の免責事項を含めることができます。これらの保証免責事項は、この契約書では、唯一の保証を放棄に関して参照により含まれると考えている。これらの保証の免責が持っていることを他の含意は無効であり、このライセンスの意味には影響を与えません。

2. 逐語的に忠実な複製

このライセンス、著作権表示、および本ライセンスが文書に適用されると述べるライセンス通知がすべてのコピーに再現されている、かつ、本ライセンスのものに一切の他の条件を追加していないという条件が満たされる限り、文書は、商業的にも非商業的にも、任意の媒体にコピーして配布できます。作成あるいは

は頒布するコピーの閲覧または再コピーを妨げたり制御するための技術的手段を使用することはできません。ただし、コピーと引き換えに報酬を受け取ることはできます。十分に多い数のコピーを配布する場合は、セクション3の条件にも従わなければなりません。

また、上記と同じ条件の下で、コピーを貸与でき、コピーを公に表示できます。

3. 大量の複製

文書の印刷された複製物（または通常は印刷された表紙を持つ媒体における複製物）を100部を超えて出版し、文書のライセンス通知がカバーテキストを要求する場合、コピーをこれらすべてのカバーテキスト（表紙にフロントカバーテキスト、および背面カバーにバックカバーテキスト）を持ち運ぶカバー内にはっきりと読みやすく、同封しなければなりません。どちらのカバーでもあなたがこれらのコピーの出版者であることがはっきりと法的に確認できる必要があります。表紙には文書の完全な題名を、題名を構成するすべての語が等しく目立つようにして、視認可能な形で示さなければなりません。表紙にさらに他の材料を加えてもよいです。表紙のみを変更した複製物は、それが『文書』の題名を保存し上記の条件を満たす限り、他の点では逐語的な複製物として扱うことができます。

どちらかのカバーに必要なテキストが読みやすく収まらないほど膨大な場合、最初のものを実際の表紙に（適当に収まるくらい多く）記載されている入れて、残りを隣接するページに続けるべきです。

文書の不透明複製物を100部を超えて出版あるいは頒布する場合、それぞれの不透明複製物と一緒に機械で読み取り可能な透明複製物を添付するする必要があります。さもなければ、非透過な複製物と内容的に寸分違わず余計なものが追加されていない完全な『文書』の透過的複製物を、一般ネットワークを使用する公衆が一般に標準的と考えられるネットワークプロトコルを使用してアクセスしダウンロードできるコンピュータネットワーク上の所在地を、それぞれの不透明複製物（あるいはそれに付属する文書）中に記述する必要があります。後者の方法を使用する場合は、複製物の大量の配布を開始するとき、公衆にその版の不透明な複製物が（直接または代理店や小売店を通じて）配布された最後の時から少なくとも1年後まで、この透明複製物が記述された場所からこのようにアクセス可能なままであることを保証するため、十分に慎重な手順を実行する必要があります。

複製物の大量の再配布をするときは十分に前に文書の作成者に連絡し、文書の更新版を提供することができるようにすることを（必須ではありませんが）お願いいたします。

4. 変更

「文書」の「変更版」は、その「変更版」をまさにこのライセンスの下でリリースしていて、その「変更版」が「文書」の役割を満たしている、したがってそのコピーを所有している誰にでも「変更版」の配布、変更を許可している限り、上記のセクション2と3の条件の下でコピーおよび配布できます。また、「変更版」では以下のことを行う必要があります：

- A. 題扉（とカバー、もしあれば）には文書の題、および以前の版（あった場合には文書の「履歴」セクションに表示されているはずです）の題とは異なる題を使用してください。その版の元の出版社が許可を与える場合は、以前の版と同じ題扉を使用できます。
- B. 題扉のリストには、彼らはこの要件からあなたを解放しない限り、著者として、変更版における変更の著作者として責任がある1人以上の人または団体を、文書の主著者の少なくとも5（5より少ない場合その主著者のすべて）と一緒に、列挙します。
- C. 題扉に修正版の出版社の名前を、出版社として、述べます。
- D. 文書のすべての著作権表示を残します。
- E. 他の著作権表示の近くに、あなたの修正のための適切な著作権表示を追加します。

- F. 、すぐに著作権表示の後に、下記の補遺に示されている形で、本ライセンスの条項の下で変更版を使用する公開許可を与えるライセンス通知を含めます。
- G. そのライセンスに保存するには、不変のセクションの完全なリストを気づくと文書のライセンス通知に与えられたカバーテキストを必要としていました。
- H. 本ライセンスの変更されていないコピーが含まれます。
- I. 「履歴」と題するセクションを保持し、その題を保持し、それに題ページに与えられたとして、修正版の、少なくとも題、年、新しい著者、および出版社を明記のアイテムを追加します。文書に「履歴」と題した章が存在しない場合は、その題ページに与えられたとして、文書の題、年、著者、および出版社を述べるものを作成し、その後、前の文で述べたように、変更版を記述する項目を追加します。
- J. もしあれば、文書の透明複製物への公衆がアクセスするため文書中で与えられるネットワークの場所、同様にそれが基づいていた以前のバージョンの文書で与えられるネットワークの場所を保存します。これらは「履歴」セクションに配置できます。ネットワークの場所は、文書自体より少なくとも4年前に出版された作品については、またはそれが参照するバージョンの元々の出版者が許可を与える場合は、省略できます。
- K. 「謝辞」または「献呈」と題された任意のセクションは、セクションの「題を保持」し、セクションの寄稿者の肯定応答および/またはその中に与えられた献呈の各々の全ての物質とトーンを維持します。
- L. その本文および題名を変更せず、文書のすべての不変のセクションを保持します。章番号やそれに相当するものは、セクション題の一部とはみなされません。
- M. 「裏書」と題されたいずれかのセクションを削除します。このようなセクションは、修正版には含まれないことがあります。
- N. 「裏書」または任意の不変セクションとの題で競合する権利を有することに任意の既存のセクションを改称しないでください。
- O. 任意の保証免責を保存します。

修正版は二次著作物セクションとしての資格や文書からコピーされた何の材料を含まない新しいフロントマターセクションまたは付録が含まれている場合、自身の選択によりこれらの一部または全部を不変として指定できます。これを行うには、変更版の利用許諾告知における変更不可部分のリストに自分の題を追加します。これらの題は、他のセクションの題は区別しなければなりません。

「推薦の辞」と題されたセクションを、そこに様々な関係者によるあなたの変更版の推薦しか含まれていないのであれば、追加できます。例えば、ピアレビューのステートメント、またはテキストは、標準の権威ある定義として組織によって承認されたことの声明など。

変更版ではカバーテキストのリストの最後に、バックカバーテキストとして、最大5つのフロントカバーテキストなどの単語、および最大25ワードの通路の通過を追加できます。フロントカバーテキストとバックカバーテキストの1の唯一の通路はによって（またはによって行われた取り決めにより）いずれかのエンティティを添加してもよいです。文書が既に同じカバーするためのカバーテキストが含まれている場合は、以前にあなたによってか、の代わりに動作している同じエンティティによって行われた配置で追加された、別のものは追加できません。しかし、古い文を加えた以前の出版者からの明示的な許可に、古いものを置き換えることができます。

ドキュメントの作者と出版社（単数または複数）は、このライセンスによってのための宣伝のために自分の名前を使用するか、いずれかの修正版の裏書を主張または暗示する許可を与えることはありません。

5. 書類を組み合わせる

文書は、このライセンスの下で発表された文書と結合することが許されます。ただし、変更版に関して上記のセクション4で定義された条件の下で、オリジナルの文書のすべての不変のセクションのすべてが組み合わせて無修正で含まれていて、そしてそれらがすべて組み合わせた作品の不変のセクションとしてリストアップされ、そしてそれらのすべての保証の免責事項を保持していること。

結合後の著作本ライセンスのコピーが含まれているのみ必要とし、複数の同一の不変のセクションは、単一のコピーで置き換えることができます。同じ名前が異なる内容の変更不可部分が複数ある場合は、括弧内に、その最後に追加することによって、そのような各セクション独特の題を作る、そのセクションの原作者や出版社の名前は、他の知られている場合、または一意の番号。結合後の著作物の利用許諾告知における変更不可部分の一覧で、章の題名に同様の調整を行います。

組み合わせでは、「履歴」と題する一つのセクションを形成し、様々なオリジナルの文書中の「履歴」という題のすべてのセクションを組み合わせなければなりません。「謝辞」という題のすべてのセクション、および「献呈」という題のすべてのセクションも同様に組み合わせます。「推薦」という題のすべてのセクションは削除する必要があります。

6. 文書のコレクション

文書および本ライセンスの下でリリースされた他の文書からなるコレクションを作成し、コレクションに含まれる単一のコピーで様々な文書中のこのライセンスの個々のコピーを置き換えることは、他のすべての点で文書の各逐語的にコピーについてこのライセンスの規則に従う限りにおいて、許可されます。

このようなコレクションから単一の文書を抽出して個別に配布することは、このライセンスのコピーを抽出された文書に挿入し、その文書の逐語的なコピーに関して他のすべての点で本ライセンスに従うかぎり、このライセンスの下で許可されます。

7. 独立した作品でのまとめ

編集から生じた著作権は法律上の権利を制限するために使用されていない場合は、他の別個の独立した文書や作品で、またはストレージまたは配布媒体のボリューム上の文書またはその誘導体の編纂は、「まとめ」と呼ばれています、個々の作品は許可している以上、編纂のユーザーの。「文書」がまとめに含まれている場合、それ自体が「文書」の派生物ではないまとめ中の他の作品には、このライセンスは適用されません。

セクション3のカバーテキスト要件文書のこれらのコピーに適用可能である場合文献は、全体集合体の半分未満である場合、次に、文書のカバーテキストは、集合内の文書を囲むカバー上に配置されてもよい、またはカバーの電子同等の文書は、電子形式である場合。そうでなければ、彼らは全体の集計を一括印刷カバーの上に表示される必要があります。

8. 翻訳

翻訳は変更の一種と考えられているので、翻訳で不変のセクションを交換部4の条件の下での文書の翻訳を配布することが彼らの著作権者からの特別な許可が必要ですが、に加えて、一部またはすべての不変のセクションの翻訳を含むことができこれらの不変のセクションの元版。また、本ライセンスの元の英語版およびそれらの通知および免責事項の元版が含まれていることを提供し、このライセンスの翻訳、および文書内のすべてのライセンス通知、および任意の保証免責事項を含むことができます。翻訳と本ライセンスまたは通知または免責条項の元版との間に食い違いが生じた場合は、元版が優先されます。

文書内のセクションは、「謝辞」、「献呈」と題された、または「履歴」である場合、要件(セクション4)はその題(セクション1)を維持するために、典型的には実際の題を変更する必要があります。

9. 終了

コピー、変更、サブライセンス、または明示本ライセンスの下で提供以外の文書を配布することはできま

せん。そうでない場合は、コピー、変更、サブライセンス、またはそれを配布しようとするが無効となり、かつ自動的に本ライセンスの下であなたの権利を終了します。

あなたがこの契約書のすべての違反をやめる場合は、その後、特定の著作権者からライセンスは、著作権者が明示的に、最終的には永久ライセンス、および (B) を終了しない限り、とまでは (a) の仮、著作権者が失敗した場合復活さ中止後 60 日前にいくつかの合理的な手段で違反を通知します。

著作権者は、いくつかの合理的な手段で違反を通知した場合また、特定の著作権者からライセンスを永続的に復活され、これはあなたがその著作権者から (すべての作業のための) 本ライセンスの違反の通知を受けたのは初めてで、そしてあなたは、予告のあなたの受領後 30 日前に違反を治します。

このセクションの下であなたの権利の終了は、このライセンスの下であなたから複製や権利を受け取った当事者のライセンスは終了しません。あなたの権利が終了し、恒久的に回復しないされている場合は、同じ材料の一部または全部のコピーの受領はあなたにそれを使用する権利を与えるものではありません。

** 10. 本契約の将来の改訂**

フリーソフトウェア財団は随時 GNU フリードキュメントライセンスを更新しています。新しいバージョンは既存のバージョンと同様の精神のもとにあります。ときに、新しい課題や関心ごとについて異なる異なる見解をノベル場合があります。詳しくは <https://www.gnu.org/copyleft/> を参照してください。

ライセンスの各バージョンは、バージョン番号によって区別を与えています。文書は、本ライセンスの特定の番号のバージョン「またはそれ以降のバージョンが」それに適用され、あなたがその指定されたバージョンのか、と (いない出版されている任意の以降のバージョンのいずれかの条件を次のオプションを持っていることを指定した場合フリーソフトウェア財団によって草案)。文書が本ライセンスのバージョン番号が指定されていない場合は、フリーソフトウェア財団によってかつてない (ないドラフトとして) 発行されたバージョンを選択することができます。文書がプロキシは、このライセンスの将来のバージョンを使用できるかを決定できるように指定した場合は、バージョンの受け入れのそのプロキシの公開声明は、恒久的に文書のために、そのバージョンを選択するように許可します。

11. 再ライセンス

「大勢の複数著者協働サイト」(または「MMC サイト」) は、著作権の作品を公開して任意のワールド・ワイド・ウェブ・サーバーを意味し、また、それらの作品を編集するために誰のための著名な施設を提供します。誰もが編集できることを公共の wiki は、サーバーの一例です。サイトに含まれる「大勢の複数著者協働」(または「MMC」という。) を MMC サイトで公開著作権保護作品の任意のセットを意味します。

「CC-BY-SA」は、クリエイティブ・コモンズ・コーポレーション (カリフォルニア州サンフランシスコに主たる営業所を持つ非営利企業) によって発行されたクリエイティブ・コモンズ表示 - 継承 3.0 ライセンス、ならびにその同じ組織によって公開されたそのライセンスの将来のコピーレフトのバージョンを意味します。

「組み込む」とは、公開または文書を、全体的または部分的に、別の文書の一部として再発行することを意味します。

MMC は、それが本ライセンスの下でライセンスされている場合、「再ライセンスの対象」であり、すべての作品は、MMC に最初にこの MMC 以外の場所に本ライセンスの下で公開され、その後、全体的にまたは部分的に組み込まれたものならば、(1) 無ましましたテキスト又は不変セクションをカバーし、そして (2) このようにして前 2008 年 11 月 1 日に組み込まれました。

MMC サイトの運営者は、2009 年 8 月 1 日前の任意の時点で、同じサイト上の CC-BY-SA の下のサイトに含まれる MMC を再発行 MMC が再ライセンスの対象となり提供することがあります。

補遺：あなたの文書のために、このライセンスを使用する方法

文書内のライセンスのコピーを含め、書かれている文書で、このライセンスを使用すると、ちょうど題扉の後に、次の著作権およびライセンス通知を配置するには：

著作権© YEAR YOUR NAME。許可は、複製、頒布および/または GNU Free Documentation License の、バージョン 1.3 またはフリーソフトウェア財団発行のそれ以降のバージョンの条項の下でこの文書を修正するために付与されています。変更不可部分、フロントカバーテキスト、ノーバックカバーテキスト。ライセンスのコピーは「GNU Free Documentation License の」という章に含まれています。

あなたは不変のセクションを持っている場合は、フロントカバーテキストとバックカバーテキストは、「テキスト... と。」置き換えます これに伴い：

不変のセクションがリストであるフロントカバーテキストで、LIST その題である、とバックカバーテキストで LIST していると。

あなたがカバーテキストのない不変のセクション、または3の他のいくつかの組み合わせを持っている場合は、状況に合わせて、これらの二つの選択肢を混ぜ合わせます。

文書中にプログラムコードの自明でない例が含まれている場合は、フリーソフトウェアでの使用を可能とするために、GNU 一般公衆利用許諾契約書として、フリーソフトウェアライセンスの選択の下で並行してこれらの例をリリースすることをお勧めします。