

もりったい

森林立体視ソフトウェア

成果活用マニュアル

ver 1.0

株 式 会 社 パ ス コー般社団法人 日本森林技術協会

成果活用マニュアル

最新更新日:2013年3月4日

Copyright ©PASCO Corporation 2012

Copyright ©Japan Forest Technology Association 2012

株式会社 パスコ 〒153-0043 東京都目黒区東山 1-1-2 東山ビル TEL (03) 5722-7600 http://www.pasco.co.jp

一般社団法人 日本森林技術協会 〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 TEL (03) 3261-5281 / FAX (03) 3261-5393 http://www.jafta.or.jp

本書の全部あるいは一部を断りなく転載または複写(コピー)することは、著作権の侵害になることがありますのでご注意ください。

更新履歴

2013年3月4日 初版

本マニュアルの最新バージョンは、下記をご参照ください。 日本森林技術協会 ホームページ>販売品・出版物>森林立体視ソフトもりったい http://www.jafta.or.jp/contents/publish/6_list_detail.html

このマニュアルは、「デジタル森林空間情報利用技術開発事業のうち現地調査及びデー タ解析・プログラム開発事業」の開発プログラムのうち「分析機能」により作成される 森林資源情報を活用していただくために作られました。その内容は、森林・林業分野に 特化して、できるだけ実務的にお役に立つように構成しています。

マニュアルは3つの章からなります(下図参照)。

まず「1 マニュアルの適用範囲」では、作成データの利用環境など、使い始める前に ご承知いただく事項を説明します。また、データの内容や品質、想定される活用の種類 についても説明します。

- 「2 基礎編」では、作成データの基本的な使い方を具体的に説明しており、「そのまま 参照」する作業に有用です。
- 「3 応用編」では、作成データの補正や追加データと組合せた分析作業について説明 しており、「分析」する作業に有用です。
- 「2 基礎編」と「3 応用編」において、各テーマの構成は、
- ①目的、②背景、③手順、④備考 でほぼ構成されています。

< このマニュアルの構成 >

かならず お読みください

マニュアルの適用範囲

- 1.1 ソフト・ハードの要件
- 1.4 活用内容
- 1.2 「もりったい」データの精度など 1.5 森林区画
- 1.3 想定されるユーザー

そのまま参照 する場合

「もりったい」の 作成データを

分析 などする場合

2 基礎編

- 基礎 1 「もりったい」データの修正確認
- 基礎 2 「もりったい」データの使い方
- 基礎 3 数値による区分表示
- 基礎 4 インターネット上の参考情報

3 応用編

- 応用 1 「もりったい」データの補正
- 応用 2 テーブル結合
- 応用3 複数属性を用いた評価
- 応用 4 森林簿・森林 GIS との比較

④備考

- 応用 5 路網整備状況の把握
- 応用6 路網からの到達距離

②背景 ①目的 **③手順**

目 次

1	₹.	ュアルの	の適用範囲	. 1
	1.1	ソフト	• ハードの要件	. 1
	1.2	「もり:	ったい」データの精度など	. 3
	1.3	想定され	13ユーザー	. 4
	1.4	活用内容	容	. 5
	1.5	森林区區		14
2	基礎	≛編		16
	2.1	基礎 1	「もりったい」データの修正確認	17
	2.2	基礎 2	「もりったい」データの使い方	19
	2.3	基礎 3	数値による区分表示	25
	2.4	基礎 4	インターネット上の参考情報	30
3	応用]編		34
	3.1	応用 1	「もりったい」データの補正	35
	3.2	応用 2	テーブル結合	43
	3.3	応用 3	複数属性を用いた評価	46
	3.4	応用 4	森林簿・森林 GIS との比較	52
	3.5	応用 5	路網整備状況の把握	56
	3.6	応用6	路網からの到達距離	69

1 マニュアルの適用範囲

1.1 ソフト・ハードの要件

解析プログラム「もりったい」を使うソフトやハードに必要なスペックは、次のとおりです。ソフトについては、デジタルオルソ写真による林相区分、空中写真の立体視については「もりったい」を用います。また、「もりったい」により得られた林相区画とその属性データを活用するための GIS ソフトとして ArcGIS10 を想定します。それぞれのソフト、ハードの要件は、次のとおりです。

なお、ArcGIS 以外の GIS ソフトでも、基本操作を身に付けた方であれば、特に基礎編の内容は容易に同等の操作が行えます。無料で使用できる GIS ソフトにも優秀なものが増えています (Quantum GIS など)。それぞれがご利用の GIS ソフトの操作に置き換えて本マニュアルをご活用ください。

1) ソフトウェア要件

- (ア)「もりったい」関係
 - ① 「もりったい」のインストール・プログラム
 - Quador グラフィックドライバーおよび 3D Vision エミッタードライバー http://www.nvidia.co.jp/Download/index.aspx?lang=jp
 - ③ OS: Windows® XP、Vista、7 (32bit および 64bit 対応)

(イ) ハードウェア要件

- ① CPU : Intel Core2Duo 以上(最新の高速な CPU を推奨)
- ② RAM : 最低 1GB 以上(2GB 以上推奨)
- ③ HDD : 200MB 以上の空き容量が必要

 *上記 HDD の容量はシステムをインストールする際に必要な容量です。別

 途、空中写真データを格納するための容量を確保してください。
- ④ マウス:ホイール付マウス
- ⑤ グラフィックカード:
 アナグリフ表示(赤青メガネ): OpenGL をサポートしているグラフィックカード
 - 3D Vision を使用した表示: NVIDIA Quadro シリーズ
- ⑥ ディスプレイ: 1024 × 768 以上(3D Vision を使用する際は対応ディスプレイを使用)
- ⑦ ステレオ表示装置: NVIDIA 3D Vision(推奨)

(ウ)機能別の必要要件

上記(ア)②、(イ)⑤、⑥、⑦は立体視機能を利用する場合に必要であり、 本マニュアルの説明の中心となる分析機能のみの利用には不要です。ただし、 分析機能の出力結果の確認、修正には立体視機能を使用します。 例えば、大量のデータ処理を行う場合に分析機能のみの PC セットを処理専用に用意することが考えられます。立体視機能が使える PC セットと組み合わせて利用してください。

2) GIS

(ア) ソフトウェア要件

本マニュアルは一例として ArcGIS10 での操作を示していますが、他のソフトでも同様の機能がありますので、現在ご利用されている GIS ソフトの操作に置き換えることも可能です。

- 1 ArcGIS10
- ② 次の機能については、Spatial Analyst が必要となります。
 - 1. 林道からの到達距離計算に使う「コスト距離」の機能
 - 2. 傾斜区分の機能(DEM/DTM データを区分)
 - 3. ラスタ演算機能(斜距離などを計算)

(イ) ハードウェア要件

次の事項が推奨されています。

CPU 速度	2.2 GHz 以上、HTT(ハイパースレッディング テクノロジ)またはマル チ コアを推奨
プロセッサ	Intel Pentium 4、Intel Core Duo、または Xeon プロセッサ、SSE2(ま
プロピック	
	たはそれ以降)
メモリ/RAM	2 GB(またはそれ以上)
表示プロパティ	24 ビット カラー
画面解像度	標準サイズ(96 dpi)で 1024 x 768 以上を推奨
スワップ領域	オペレーティング システムに依存(最小 500 MB)
ディスク容量	2.4 GB
	さらに、Windows のシステム ディレクトリ(通常は
	C:\footnote{C:\footnote{Windows\footnote{System32}} に最大 50 MB のディスク容量が必要になりま
	,
	す。10.0 の各コンポーネントで必要なディスク容量は、セットアップ プ
	ログラムで確認できます。
ビデオ/グラフィ	最小 64 MB の RAM、256 MB 以上の RAM を推奨。NVIDIA、ATI、
ックス アダプ	および Intel のチップセットをサポート
タ	24 ビット対応グラフィックス アクセラレータ
	OpenGL バージョン 2.0 以降のランタイムが必要で、Shader Model
	3.0 以降が推奨されます。必ず最新のドライバを使用してください。
ネットワークハ	ライセンス マネージャには、簡易 TCP/IP、ネットワーク カードまたは
ードウェア	Microsoft Loopback Adapter が必要です。
III # : A = CIC Date	0+1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-

出典:ArcGIS Recources のサイトより

参考情報は、次のとおりです。

- 1) ArcGIS リソースセンター ArcGIS Desktop 10 のシステム要件 http://resources.arcgis.com/ja/content/arcgisdesktop/10.0/arcgis-desktop-system-re quirements
- 森林立体視ソフト「もりったい」
 http://www.jafta.or.jp/contents/publish/6_list_detail.html

1.2 「もりったい」データの精度など

「もりったい」により作成されるデータの精度はある程度の誤差を含むものです。 ご使用になる前に、必ずお読みください。

1) 数値の精度

「もりったい」は空中写真に基づき解析を行うため、空中写真には写らない樹冠下の情報については考慮できません。立木本数、樹高などの推定は上層木を対象としたものであり、下層木を含む現地調査結果とは整合しません。

九州地方のスギ林分における精度検証の結果、およそ下表の誤差があることを確認 しています。林分の状況、写真の状況如何により精度は異なることが想定されます ので、現地調査による検証を実施してください。

分析機能では蓄積等が詳細な数値で求められますが、これは誤差を含むものです。 数値そのものではなく、数値の大小を3カテゴリ程度に区切って利用することが適 切です。

図表 1 「もりったい」による推定結果およその誤差率(%)

+네스 스타	∵ - ¥/ा	拉 克	蓄	積
機能	立木本数	樹高	本数・樹高から	樹高から
立体視	15	10	20	_
分析	30	10	30	25

※詳細は、平成 24 年度デジタル森林空間情報利用技術開発事業のうち現地調査及びデータ解析・プログラム開発事業報告書 p83~87 を参照

2) 適用スケール

「もりったい」の立体視機能、分析機能はそれぞれ異なる空間スケールを対象として開発されました。目的に応じて機能を使い分ける必要があります。

それぞれの機能が対象とする空間スケールと用途は下表の通りです。立体視機能は 単木単位から林分単位で森林現況を把握でき、現地での標準地調査の代替などと考 えることができます。分析機能はオルソ画像の図郭単位に半自動で結果を求めます。 結果を GIS で複数図郭分表示することで、より広域の現況を把握することができま す。

図表 2 「もりったい」の空間スケール

	. 0 7 3 7 6 7 13 8 3		
機能	空間スケール	取得可能な情報	用途
立体視	単木~林分~	単木把握	枯損木、境界木等の確認
	単写真(モデル)	林分単位の蓄積推定	標準地調査の代替
		概況把握	現地調査、施業等の事前概査
分析	林相区画~図郭	半自動で生成される林	広域の概況把握
	$(3km \times 4km) \sim$	相区画における蓄積等	
	複数図郭	推定	

1.3 想定されるユーザー

ユーザーは、森林・林業について専門知識をお持ちの方々を想定し、その GIS 分野での能力に対応して「基礎編」と「応用編」に分けてマニュアルを構成しています。

- 1) GIS をみることができる方
 - (ア) 色分けなどができる。
 - (イ) GIS 上の距離、スケールがわかる。
- 2) GIS 機能を用いて分析ができる方
 - (ア) 実測したデータを参照して、「もりったい」の作成データの信頼度を判断し、 補正の要否を判断できる。
 - (イ) 空間分析機能(Spatial Analyst)による解析が理解できる。

1.4 活用内容

1.4.1 活用対象とした行為

解析プログラム「もりったい」の活用範囲として、森林計画の策定に重点を置きました。 特に森林計画制度の中で、最も具体的な計画期間、スケールが求められる森林経営計画 について検討し、代表的な計画作成に必要となる作業手順のうち、1)資源状況の把握、 2)間伐候補地の選定について活用することを検討しました。これらの計画行為には、「も りったい」の作成データ以外にも追加データが必要となりますが、「もりったい」の作 成データが計画行為の改善に大きく貢献することが期待されます。

このほか森林計画制度における森林経営計画の事業体レベルとともに、市町村、都道府県のレベルでの活用内容については箇条書きにして後述します。

▼活用対象とした行為

1) 資源状況の把握

木材生産面で施業を優先すべき林分を把握し、資源利用における施業の参考情報を作成します。施業の参考情報は、現場作業従事者の作業に有用な情報として、次の3つを作成します。

(ア) 傾斜

- (イ)路網からの到達距離
- (ウ) 作業システム適用におけるリスク関連情報 ここでは、森林作業道の路線選定で脆弱な地盤などを回避するための情報と します。
- 2) 間伐候補地の選定

制度要件を満たしながら、立地条件を参照した妥当な選定を行います。

資源状況や間伐候補地に係る GIS データを準備すれば、別途得られる林齢、施業履歴などの関係情報について、量、質、位置の面で確認する基盤情報がもたらされます。これらの情報は GIS 上で一体的に管理され、資源情報の検索、選択肢の比較検討、検討過程や情報の共有といった作業の質的向上、効率化が進みます。

これらの活用対象としたデータは、次のとおりです。

▼この項で活用するデータ

「もりったい」で作成するデータ

- 立体視機能
 - ▶ 距離
 - ▶ 高さ(樹高または地物)
 - ▶ 面積
 - ▶ 林分材積
- 分析機能
 - ▶ 林相区分(林相区画、樹種、 日向率、平均樹冠高、本数密 度、蓄積、収量比数)
 - 地形解析(傾斜角、方位角、 谷尾根指標の画像)
- 植生指数
- 広葉樹林率

森林 GIS に格納されているデータ (例)

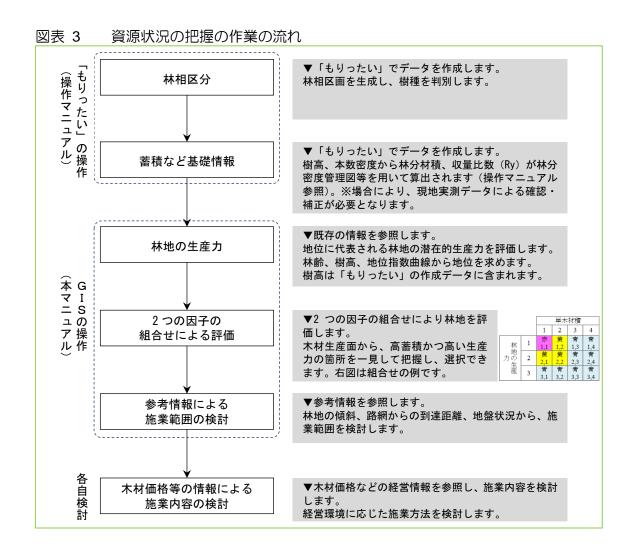
- 標高モデル
- 林齢
- 施業履歴
- 地位級
- . . .

1.4.1.1 資源状況の把握

木材生産面から資源管理を改善する場合、現況の資源量と潜在的な生産力を合わせた検討が有効です。「もりったい」では、樹高、蓄積、収量比数(Ry)などの基礎的資源情報を作成します。このような現在の資源情報とともに、潜在的な林地の生産力のデータを、地位情報を通じて別途入手すれば、現況と今後の資源状況を合わせて評価する図面を作成できます。

これらの情報により、木材生産を優先した単層林の施業を進めるべき候補地として、例えば高蓄積かつ高成長といった林地を選択することができます。一方、森林の環境機能を優先させ、抜き伐りなどによる複層林といった施業を進めるべき候補地として、低蓄積かつ低成長の林地などが考えられます。

このような資源状況の把握に係る作業の流れは、次のとおりです。



作成される基礎的資源情報の地理的最小単位は、解析プログラム「もりったい」による

林相区画となります。林相区画の最小単位は、4m メッシュで構成され、0.02ha 程度ですので、一般的な小班面積よりかなり小さい区画となります。実際に使う場合は、これらの林相区画のデータを積み上げ、小班のデータとして代表させることになります。

これらの現在と今後の資源状況に係る情報とともに、どのように施業を最適化するには、 さまざまな制約因子を合わせて検討する必要があります。ここでは、GIS データのうち 有用なものとして、傾斜、路網からの到達距離、地盤状況について説明します。

▼傾斜

傾斜は作業システムの機械的可否を決定するとともに、アクセス、費用、時間を制約する最重要な因子です。標高データを入手できる場合、作業システムの適用範囲に応じて傾斜区分ができます。例えば、車両系作業システムは、35°未満の傾斜地に適用できますが、35°以上の箇所には適用できないことと一般的にされています。そのような箇所を避けるルートや35°未満の箇所のまとまりなどをみるために、35°以上の箇所を着色してGIS上で表示させます。

※データの区分表示の方法については、「2.3 基礎3 数値による区分表示」を参照

▼路網からの到達距離

路網から林地までの到達距離は、施業の採算範囲を判断する重要な指標の一つです。ここでは、路網から各林地(またはセル)までの到達距離を、ArcGIS のコスト距離を用いて算出します。距離の推定に当たっては、斜面の傾斜及び森林作業道の縦断勾配に応じた最短に相当する距離をセルごとに想定し、ArcGIS のコスト距離機能を用いて最短加重距離(累積移動コスト)を算出します。これにより路網からの距離について、森林作業道の縦断勾配の制約を踏まえた上で近似的な推定ができます。

また、「路網」という線形を、「土場」のような点に絞り込めば、より具体的な集材箇所 を想定した到達距離の把握ができます。

※コスト距離機能の詳細は、「3.6 応用 6 路網からの到達距離」を参照

▼地盤状況

森林作業道を作設する上で、安定した地盤状況が望まれます。不安定または脆弱な地盤の把握には過去の災害履歴などが有効な手がかりです。全国的に得られるデータとして、防災科学技術研究所の地すべり地形分布データがあり、参照情報として有用です。

※地すべり地形分布図の詳細は、「2.4 基礎 4 インターネット上の参考情報」を参照してください。

最終作業要素である「木材価格等の情報による施業内容の検討」については、「もりったい」による作成データ以外の経営情報から、主伐の是非などを検討することが考えられます。このような経営情報は各事業体に固有のものとして検討していただくことになります。

1.4.1.2 間伐候補地の選定

森林経営計画における間伐を要する林分の条件は、森林法施行規則に示されています。 このうち、GIS を活用できる制度要件について情報を整理・活用して、候補地を選択し、 その中から計画に入れる間伐予定地を選択します。

間伐候補地の選定の流れは、次のとおりです。

図表 4 間伐候補地の選定 ▼「もりったい」でデータを作成します。 もりったい」 林相区分 (操作マニュアル) 林相区画を生成し、樹種を判別します。 の操作 ▼「もりったい」でデータを作成します。 蓄積など基礎情報 樹高、本数密度から林分材積、収量比数(Ry)が林分 密度管理図等を用いて算出されます(操作マニュアル 参照)。※場合により、現地実測データによる確認・ 補正が必要となります。 ▼間伐対象となる人工林を選定します。 人工林の選択 林相区分データにより、スギ、ヒノキの人工林を把握 します。 ▼森林経営計画の認定要件を満たす候補地を、森林簿 間伐の制度要件への適合 本マニュアル G や施業履歴も参考にしながら、選択します。 ISの操作 条件として、最近間伐を済ませた林分を除く、収量比 数(Ry) > 0.9 の林分を選ぶ、などが想定されます。 ▼参考情報を用いて、候補地から間伐予定地を選択し 候補地の検討 ます。 【参考情報】 傾斜、路網からの到達距離 施業容易度(傾斜×路網からの到達距離の組合) ▼2 つの因子の組合せにより林地を評価します。 2つの因子の組合せ 施業の容易度を傾斜と路網からの到達距離から評価 による評価 し、傾斜が緩くかつ路網により近い箇所を一見して把 握し、選択できます。下記は組合せの例です。 路網からの到達距離 各自検 300m< 500m ≦300m ≦500m 赤 1,1 黄 2,1 < 25° 青 1,3 間伐予定地の決定 25° ≤ <35° 青 2,3 35° 青 3,1 青 3,2 青 3,3

人工林の選択については、「もりったい」の林相区分より、スギ、ヒノキからなる人工 林を選択し、広葉樹林、施業対象外林分を除くこととなります。

間伐の制度要件への適合のうち、最近間伐を済ませた箇所に係る条件は次の2つからな

- り、これらを間伐対象外とします。
 - ・標準伐期齢未満、過去5年以内の間伐箇所
 - ・標準伐期齢以上、過去 10 年以内の間伐箇所

これらの情報については、施業履歴、林齢の情報が必要となり、「もりったい」の作成 データ以外の情報源が必要となります。

林分の密度管理においては、原則として樹冠疎密度 80%以上が間伐対象となります。 「もりったい」の作成データでは、樹高と本数密度より収量比数(Ry)を算出して用いることとしました。

候補地の検討における参考情報として、上述のデータのうち傾斜と路網からの到達距離 を組合せた施業容易度判定図を作成し、候補地の中から間伐予定地を選択します。

樹種別の標準伐期齢や間伐の間隔(年)ですが、地域により異なるので適宜上位計画などで確認する必要があります。

間伐の制度要件は、上記の条件だけではありません。属地、属人の選択、間伐面積の規模、要間伐森林の除外などありますが、これらについては別途関係情報を入手して検討していただくことになります。

これらに、事業体が必要とする経営要件を加えた検討を行い、最終的に間伐予定地が決定されます。

1.4.2 活用する関係者の想定

活用する関係者は、林業関係の事業体、市町村、都道府県を想定しています。それぞれにおける活用内容としては、次の事項を想定しました。

▼活用する関係者に応じた活用内容

- 1) 事業体 適切な森林施業のための情報基盤(最新の資源・地形情報)
 - (ア)森林経営計画
 - (イ)路網計画
 - (ウ) 集約化適地選定・合意形成
 - (工) 境界確認・立体視による計測
 - (オ) 提案型施業プラン
 - (力) 人材育成
- 2) 市町村 森林現況の把握の情報更新、効率化、高精度化
 - (ア) 市町村森林整備計画の策定 特に①ゾーニング、②路網計画、③森林経営計画の認定 ※また、合意形成の説明用ツールとして
 - (イ) 伐採・造林行為の把握
 - (ウ)要間伐森林の把握
 - (工) 施業に必要な土地使用権設定手続き
 - (オ)人材育成 森林の写真像(オルソ写真や「もりったい」の立体像)による最新の森林情報の提供や共有サービスの改善
- 3) 都道府県 森林現況の把握の情報更新、効率化、高精度化
 - (ア) 地域森林計画の策定
 - (イ) 伐採・更新の基準・指針の決定
 - (ウ)人材育成

計画策定において、事業体は、蓄積などの森林情報とともに、標高データによる地形情報を森林経営計画策定に活用できます。また、市町村では、市町村森林整備計画に必要な森林情報が入手できるとともに、事業体が必要とするレベルの情報提供も可能となります。つまり、市町村森林整備計画の地域における森林のマスタープランとしての充実に活用できるだけでなく、事業体対応を含む行政サービスの充実にも活用できることとなります。都道府県においても、さまざまな作業における参照データとして活用できます。

また、全体の関係者に共通する事項で、GIS ゆえの特長として、情報提供・共有のために有用です。集約化、ゾーニングなどの局面において、オルソ画像や「もりったい」の立体像による森林の写真像を見ることを通じて、情報の受け手がわかりやすいサービスが提供できます。

関係者ごとの活用内容について、「もりったい」の機能に分けてまとめた表は、次のとおりです。

図表 5 活用する関係者に応じた活用内容

図表 5 活用 9 る関係者に心しに活用内谷 解析プログラム「もりったい」					
BB/27-14-1					
関係者の	二関連作業	分析機能によるデータ	立体視機能によるデータ		
1) 事	業体				
(F	7) 森林経営計画	広域の森林情報(樹高、本数密度、蓄積)の入手検索機能等による計画作業の効率化施業履歴の記録	● スポット的に詳細な森林情報(樹高、本数密度、蓄積)の入手		
(1) 路網計画	● 地形情報	● 既存の路網、木々と地形の関係を 立体像により把握		
(ウ) 集約化適地選定·合意 形成	● 計画対象林分の周辺の林況、路網 状況などの把握	● 立体像上のランドマークの把握		
,) 境界確認・測量	● 地籍データ、測量データの表示・参照	● 立体像上の地籍・測量データの参 照		
,	r) 提案型施業プラン	● 計画対象林分の位置図作成	● 計画対象林分の立体像による計画 内容の確認		
(力) 人材育成	● 位置情報による計画事項の共有	● 立体像による具体的な計画事項な どの共有		
	町村				
,	7) 市町村森林整備計画の策定 ①ゾーニング ②路網計画 ③森林経営計画の認定 ※また合意形成の説明用 ツールとして	 広域な森林情報の 位置情報、関連する立地因子による説明力の向上 検索機能等による計画作業の効率化 森林経営計画策定支援のための情報提供(ゾーニング、路網計画、計画認定) 	詳細な森林情報の入手立体像による見た目による直接的な説明力の向上森林経営計画策定支援のための情報提供(局所的情報)		
(1) 伐採・造林行為の把握	 ● 対象箇所の資源状況把握による説明力の向上 	● 詳細な森林情報の入手による説明 カの向上		
•) 要間伐森林の把握	• 11	• 11		
,) 施業に必要な土地使 用権設定手続き	● 位置情報による説明力の向上	● 立体像による見た目による直接的 な説明力の向上		
(オ	·) 人材育成	● 位置情報による説明情報の共有、 説明力向上	● 立体像による見た目による一次的 な情報の共有、説明力向上		
	道府県				
	?) 地域森林計画の策定	● 広域な森林情報の更新● 位置情報、関連する立地因子による説明力の向上● 検索機能等による実態把握の効率化	● 詳細な森林情報の入手● 立体像による見た目による直接的な説明力の向上		
,) 伐採・更新の基準・指針の決定	広域な森林情報の更新位置情報による確認情報の入手検索機能等による実態把握の効率 化	● 詳細な森林情報の入手● 立体像による見た目による確認情報の入手		
(ウ) 人材育成	● 位置情報による説明情報の共有、 説明力強化	● 立体像による見た目による一次的 な情報の共有、説明力強化		

1.5 森林区画

森林区画は、計画や施業の単位であるとともに、森林簿や GIS における情報の単位でもあります。さまざまな文書・図面の作成、現地作業を効率的に行うために、一貫した位置付情報は不可欠です。

森林区画の根拠情報としては、次のものが想定されます。

▼森林区画の根拠情報

- 1) 簿冊関係
 - (ア)土地登記簿の地籍情報
 - (イ) 森林簿
 - (ウ) 森林基本図などに記入された位置が明確な情報
 - (工) GIS データ(上記の情報について)
- 2) 解析プログラム「もりったい」の作成データ
 - (ア) 林相区画

※GIS データの内容については、メタデータとデータの品質を確認した上で、利用を検討する必要があります。品質の確認事項は、「2.4 基礎 4 インターネット上の参考情報」の「2.4.4 備考」を参照してください。

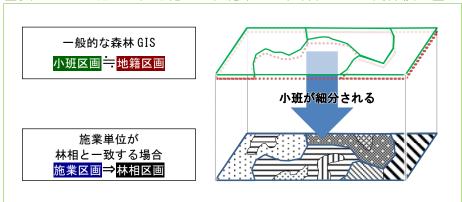
計画策定における森林区画は、半永久的に変わらない区画と、施業実施などを通じて林 地の実態に応じて変わる区画があります。林業では、前者を林班、後者を小班と一般的 に呼びます。

「もりったい」の作成データは、空中写真に基づき実態に即した林相区画が作成されます。その林相区画ごとに、森林情報の属性が与えられ、より正確な小班レベルの資源情報が入手できます。

「もりったい」の林相区画の最小単位は 0.02ha 程度となり、一般的な小班面積よりも小さいため、林班や小班に応じて属性値の代表値をまとめる必要があります。その際は、属性値の一致の度合い、属性の利用目的などを踏まえて、合計、平均、最大といった計算方法の適否を検討することとなります。

これらの位置付情報を一貫して管理するためには、それぞれの区画間の関係を整理する必要があります。森林計画図に基づいて都道府県が作成した森林 GIS の区画データでは、多くの場合、小班区画が地籍区画と一致しています。施業における実態は、小班を細分した「施業区画」に基づき施策が行われますが、この区画が GIS データ化されていることはほとんどありません。「もりったい」の林相区画を施業区画の代替とすることができます。

図表 6 小班区画、地籍区画、施業区画、林相区画の関係模式図



事業体によっては、森林区画の林班レベルを地籍情報と整合させ、小班レベルを「施業区画」とし、それを細分した区画を「もりったい」の林相区画とする場合があります。この場合、森林計画策定には小班までの区画単位の情報で十分ですが、事業体にとってはより詳細な林相区画ごとの情報を入手することになります。

図表 7 ある事業体の森林区画の事例

情報源	地籍	計画図	施業計画	空中写真	
情報管理主体	市町村など	都道府県	事業体など	利用者	
区画名	字 地番 枝番、カナ番	林班、小班 枝番	施業区画 (通し番号)	林相区画	
データ種類	GIS データ	GIS データ	紙	GIS データ	
整合状況	GIS の区画形状ほぼ同じ		森林簿と一対	写真から半自	
	ただし、内容は森林簿と		一で整合	動生成(施業	
	一対一では	整合しない		区画と類似)	

2 基礎編

基礎編では、「もりったい」により生成されるデータの基礎的な取扱事項などについて 説明します。

基礎編の項目は、次のとおりとしました。

- 基礎 1 「もりったい」データの修正確認
- 基礎2 「もりったい」データの使い方
- 基礎3 数値による区分表示
- 基礎 4 インターネット上の参考情報

2.1 基礎 1 「もりったい」データの修正確認

2.1.1 目的

林相区分を実施して出力された SHP ファイルにおいて、林相区画線の誤り、樹種の誤りがある場合に、立体視で確認しながら修正を行います。

2.1.2 背景

半自動の林相区分の精度は8割から9割程度であり、写真の状況、森林の状況により変わります。精度を高めるため、立体視での確認、修正が必要です。

2.1.3 手順

1) 林相区分の実施

林相区分のメニューを実施します。林相区画 SHP の属性に樹種があることを確認してください。

2) 立体視のプロジェクトを開く

立体視上に林相区画 SHP が表示されます。「図形高度付加」にチェックを入れてください。(高さを持たない 2 次元の Shape ファイルに対して常にフローティングマークの高さを与えるように操作します。)



3) 林相区画 SHP を修正する

属性(樹種)の修正のみの場合は、「もりったい」の操作マニュアル「9.データ入力編集」を参照し、樹種を修正してください。

区画線を修正する場合は、隣接するポリゴン同士を同時に修正する機能が「もりったい」にはないため、GIS ソフトの編集機能を使用した方が簡単に編集できます。

2.1.4 備考

「もりったい」によるデータの修正確認を行うには、次の事項に留意しましょう。

- □ 半自動の林相区分の結果の修正には、立体視や現地調査結果との照合などが必要です。
- □ 空中写真の状況があまり良くない場合(日影の部分が多い、撮影日が異なる写真を 接合している)には誤分類が多くなるので修正作業の必要性も高まります。

2.2 基礎 2 「もりったい」データの使い方

2.2.1 目的

ここでは「もりったい」により作成されるデータの使い方について説明します。使い方は2つに分け、「直接使う場合」と「別のデータと組み合わせて使う場合」とについて説明します。

2.2.2 背景

「もりったい」の作成データは、林相(主要樹種)、平均樹高、本数密度、蓄積、収量比数(Ry)からなり、森林資源の属性情報として一般的なものです。特に木材生産に重点を置いた計画行為では、これらの属性値が直接使われ、伐採量推定、林分密度管理に役立ちます。このようにそのまま用いることを、「直接使う場合」としました。

これらの森林資源情報は別のデータと組み合せて、多様な価値と結び付けて森林管理に 役立てることができます。このような場合を「別のデータと組み合わせて使う場合」と しました。さまざまなケースが考えられますが、ここでは広葉樹林化の候補地選択と耐 風性を高める間伐のあり方について述べます。どちらも、長伐期施業を含む今後の森林 施業にとって重要な事項あり、その対応に「もりったい」のデータが貢献できればと考 えています。

2.2.3 直接使う場合

直接使うデータは、林相、平均樹高、本数密度、蓄積、収量比数(Ry)であり、それぞれ林況の評価や施業内容の決定において使われます。ここでは、収量比数(Ry)の使い方について説明を進めます。

木材生産面では、スギやヒノキによる人工林における林分の密度を表す収量比数(Ry)により、間伐の要否を判断することができます。Ryの使い方については、人工林林分密度管理図(1999、日本森林技術協会)において、地域別、樹種別に、林分密度管理図が示され、Ryをどのような数値の範囲で使うかなどが説明されています。

木材生産面以外では、水土保全、生物多様性保全に関する指標としての利用も考えられます。両保全に共通して貢献する事項として、下層植生の良好な発生と生育が考えられます。その目安となる光環境は相対照度でおよそ 20%以上とされています。この相対照度は、収量比数(Ry)と高い相関を示すことが知られており、Ryが 0.65 以下で相対照度 20%を確保できる場合が多いことが知られています。

このような指標値は、他にもさまざまな種類のものがあります。 林分の密度管理については、次のようなものがあげられます。

図表 8 間伐(密度管理)に係る指標

指標の名称 /望ましい値	計算式	意 味
樹冠疎密度 <80%	樹冠疎密度(%) =樹冠投影面積(m²)÷地表面積 (m²)	高いほど密度が高い。通常空中写真判 読から得る。80%で樹冠が相互にほぼ 接触する。
収量比数 0.6~0.8	収量比数(Ry) =林分の幹材積÷最多幹材積(最多 密度)	高いほど密度が高く、自己間引きが始まる。
相対幹距比 16~20%	Sr (%) =平均幹距(m)÷平均樹高(m)×100	値が小さいほど密度が高い。
形状比 ≦70 ※間伐後同じ	H/D ratio(一) =樹高(m)÷DBH(m)	大きいほど風雪害のリスク高い。 間伐による密度低下により、形状比の 減少(リスク減少)が期待される。
樹冠長率 40~60% ※間伐後同じ	C/H ratio(%) =樹冠長(m)÷樹高(m)×100	小さいと風雪害のリスク大、樹高・肥大の両成長が期待薄。 間伐による密度低下により、樹冠長率の増加(リスク減少)が期待される。
胸高断面積合計 50m²程度	BA(m²/ha) =π×(平均胸高直径(m)÷2)²x本 数密度(本/ha)	目安として調整する。 超えると過密。
相対照度 15~40%	相対照度(%) =林内の照度÷裸地の照度×100	高いほど下層植生の生育が良い。 広葉樹の稚樹の侵入・成長には、20% 以上が必要とされる。

出典:(社)日本森林技術協会(2001/05)森林・林業百科事典など

注:「望ましい値」とは一般的なおよその目安であり、地域、樹種等により異なります。

このような指標値と森林情報の関係の把握状況は、地域、樹種等によりさまざまですので、行政や研究機関への照会が望まれます。

2.2.4 別のデータと組み合わせて使う場合

さまざまな組合せが考えられますが、ここではマニュアル等が整備されている事項のう ち、広葉樹林化や耐風性を高める間伐の活用事例について説明します。

2.2.4.1 活用事例:広葉樹林化の候補地選択

「もりったい」の作成データは林相区分により広葉樹林の位置情報をもたらします。人工林での広葉樹の実生更新の場合、散布種子数は広葉樹林からの距離に依存して減少することが知られています。広葉樹林からの距離は、広葉樹林化が容易かどうかを判断する指標として重要であり、候補地の適正評価に活用できます。

参考にしたマニュアルによれば、針葉樹の人工林に広葉樹が侵入・定着(広葉樹林化)するためには、種子供給源となる広葉樹林からの距離が近いほど適地となります。この距離は、「もりったい」の林相区分を用いて、GIS のバッファリング機能などにより把握できます。

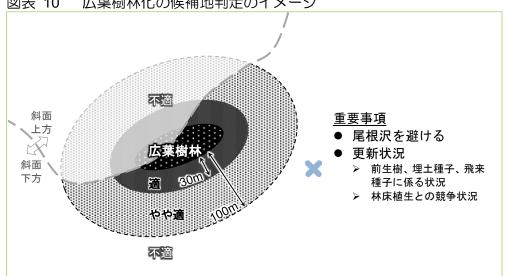
図表 9 広葉樹林化の候補地の適地判定

			広葉樹林からの距離		距離
不適地	判定	過去の土地利用形態	≦30m	30<≦100m	100m<
Á	1	荒地			
Λ	2	荒地		•	
/\		針葉樹林 等			•
/\	3	荒地	•		
/ \		針葉樹林 等			
/ \		広葉樹林•針広混交林			•
/ \	4	針葉樹林 等	•		
1 \		広葉樹林•針広混交林			
適地	5	広葉樹林 • 針広混交林	•		

出典:森林総研(2010)森林総合研究所(2010年2月)広葉樹林化ハンドブック 2010-人工林を広葉樹林へと誘導するために- このような距離も含めた手順は、次のとおりです。

▼広葉樹林化の候補地の選定手順

- 1) 候補地の選択:100m 以内の斜面上方に広葉樹林が存在《GIS、「もりったい」を
- 2) 対象地の除外: 尾根、谷(生物多様性保全、水土保全上の配慮) 《経験と GIS を活
- 3) 候補地の比較:広葉樹林からの距離により適性判断
 - (ア) 距離の細分: ≦30m、30<≦100m《GIS で検討》※更新状況に応じて
 - (イ) その他の検討: 林床に更新樹種(高木性)がある《地上調査結果》
 - (ウ) その他の検討:伐採翌年から5年後までに更新完了できること《経験》



図表 10 広葉樹林化の候補地判定のイメージ

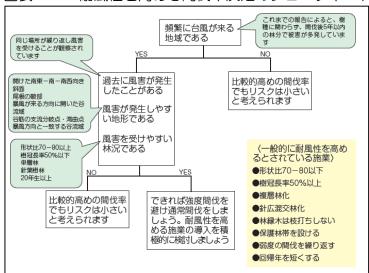
なお、広葉樹林の位置の精度を改善するためには、オルソ画像や「もりったい」の立体 像による目視による確認が有効です。

また、更新状況の補足情報として、検討対象地の類似箇所について、GPS のレシーバ ーを用いて更新稚樹や林床植生などの観察データを位置付で入手し、候補地の選定に役 立てることも重要です。

2.2.4.2 活用事例:耐風性を高める間伐のあり方

林分の密度管理に使う収量比数(Ry)は、施業内容を決めるための指標とすることが できます。耐風性を高める間伐のあり方については、次のフローチャートが与えられて おり、「一般的に耐風性を高めるとされている施業」として「弱度の間伐を繰り返す」 ことが知られています。

図表 11 耐風性を高める間伐率決定のフローチャート



出典:森林総研四国支所(2010/7)間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント

風害のリスクが高いため通常間伐を行う場合、「強風下では、Ry0.9 のとき本数間伐率 10~20%以下、Ry0.8、Ry0.7 のとき 20~30%以下で根返りの発生確率が低い」とありますので、「もりったい」の作成データの収量比数(Ry)を活用して、安全な本数間伐率を算出することができます。

また、地形データから「もりったい」により、斜面方位なども把握でき、立地面でのリスクも把握できます。さらに、災害履歴の蓄積・分析ツールとして GIS は有用であり、GPS レシーバーによる測位データによる情報の蓄積が期待されます。

2.2.5 備考

参考情報は次のとおりですが、これら以外にも目的・地域性に応じた技術文書はたくさんあります。その中から、ニーズに合ったものを参照しましょう。

1) 施業関係

- (ア)上浮穴林材業振興会議(2010/03)久万地方・21世紀の森林づくり手法
- (イ) 石川県林業試験場(2010/03)よくわかる石川の森林・林業技術 NO.7 改訂版 スギの長伐期施業
- (ウ) 宮崎県環境森林部(2008/03) 宮崎県長伐期施業技術指針
- (工) 藤森隆郎(2006/07) 林業普及双書 N0.153 長伐期林を解き明かす
- (オ) 三重県科学技術振興センター(2008/3) 三重県における針広混交林化施業のポイント
- (力) 森林総合研究所(2010年12月) 広葉樹林化ハンドブック 2010-人工林を広 葉樹林へと誘導するために-

- (キ)秋田県農林水産部(2007/03)複層林施業マニュアル
- (ク) 長野県林務部(2008/01) 災害に強い森林づくり指針
- (ケ) 愛媛県農林水産部(1987/03) 森林の気象災害防止指針
- (コ) 諫本信義ほか(1992/12)1991 年 9 月,台風 19 号により発生した大分県における森林被害の要因解析
- (サ) 石井 弘ほか(1983/10) 冠雪害をうけたスギ人工林の直径分布, 形状比分布と被害の関係、日本林學會誌 65(10), 366-371, 1983-10-25

2) 間伐関係

- (ア) 森林総研四国支所(2010/7)間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント
- (イ)秋田県農林水産部(2003/03)間伐技術指針
- (ウ) 滋賀県甲賀森林整備事務所(2009) 相対幹距比(Sr)の早見表
- (工)(社)日本森林技術協会(1999)人工林林分密度管理図

3) 路網関係

- (ア) 林野庁(2010/11/17) 森林作業道作設指針
- (イ) 大分県農林水産部(2012)大分県森林作業道作設指針
- (ウ) 長野県作業路作設マニュアル作成検討委員会編(2011/3) 長野県森林作業道作 設マニュアル 監修:長野県林務部
- (工) (一社) フォレスト・サーベイ (2011/02) 「研修教材 2010 森林作業道づく り」
- (オ) 林業土木コンサルタンツ/林業土木コンサルタンツ技術研究所(2005/06)森 林土木ハンドブック 監修:南方康、秋谷孝一

2.3 基礎3 数値による区分表示

目的 2.3.1

GIS上のデータを、区分数や閾値を設定して、区分表示します。

「もりったい」の出力結果である蓄積、収量比数(Ry)などの数値は誤差を含むもの であり、3区分程度の幅でとり扱うことが適正と考えられます。

背景 2.3.2

GIS データを属性値に応じて色分け表示する機能は、GIS の最も基本的な機能です。 データの内容に応じて、区分の数、区分の閾値、各区分の色を自在に決めて表示するこ とができます。また、これらの区分の基準を簡単に調整し、区分結果を随時みながら区 分を見直せることは、GIS の特長です。

ここでは、区分の種類について説明し、区分表示の具体例を示します。

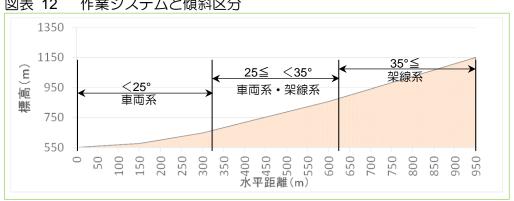
2.3.3 手順

1) 区分基準の検討

データを区分する基準は、法令、定説、経験により与えられます。 各基準に応じて、区分数、閾値が与えられます。

基準の事例としては、次のようなものがあります。

- (ア) 森林計画制度の要件:間伐材積は対象林分材積の3割未満など
- (イ) 林分密度管理図の解説:維持すべき収量比数(Ry)は0.6~0.8
- (ウ) 作業システムの基準:斜面傾斜に応じた適用範囲(次図参照)



図表 12 作業システムと傾斜区分

経験による基準については、法令や定説の値の施業対象の林分への適合度合を判断 して、経営要件に適合するように閾値を調整します。森林施業の採算性は複雑な与 件に影響されるものの、経験的に基準になるような条件があるはずです。

もし、その情報が GIS 上の情報でカバーされており、区分基準が明らかであれば、 資源の価値や管理の在り方を、位置を明確にしながらより適正に区分して示すこと ができます。「もりったい」開発における事例調査では、採算が合う集材範囲として 「土場からの集材距離が 1km」という条件が事業体の経験から得られ、集材距離を 評価するようなデータを提供しました。

さらに、GIS にはデータの分析機能があり、データの属性値の分布状況に応じて区分数(クラス)、閾値を調整して決めることができます(具体的な手順は後述します)。

どのように区分数や閾値を設定するかは、その情報についての基準、利用目的、判断の効率を踏まえて決めることになります。

2) 区分表示

ここでは、上述の作業システムの傾斜区分の事例について作業順に述べます。

(ア)区分数と閾値の設定

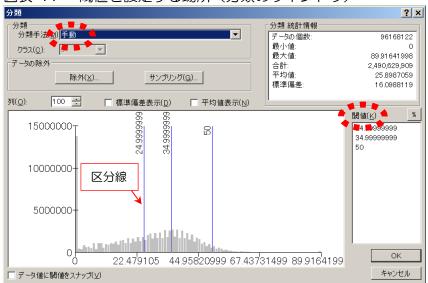
レイヤのプロパティ(下図参照)の「シンボル」というタグを表示させ、「表示(S)」の「分類」を選択すると、次のようなウィンドウが示されます。 区分数の設定は、「クラス(C)」で設定でき、ここでは「3」とします。 閾値の設定は、右側の「分類(Y)」を押すと閾値を設定するウィンドウが示され、そこで設定できます。



図表 13 GIS による区分表示箇所(レイヤのプロパティウィンドウ)

「分類」のウィンドウでは、作業システムに応じた傾斜区分について、「分類手法(M)」の「手動」を選択し、右下の「閾値(K)」に閾値を入力し設定し

ます。



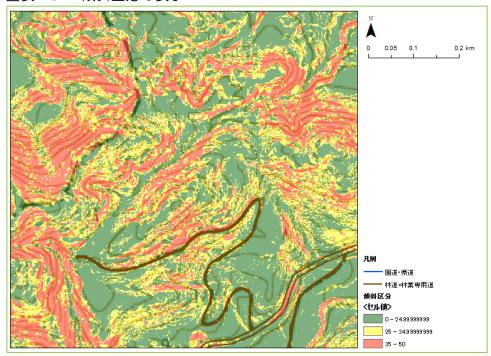
図表 14 閾値を設定する場所(分類のウィンドウ)

(イ)区分結果の表示

GIS の区分結果は次のように表示されます。

図の右側の方位、縮尺、凡例は、「表示(V)」の「レイアウトビュー(L)」により挿入、編集ができます。

図表 15 傾斜区分の表示



区分した結果はやや透明にして、他のレイヤを透かして見ることにより、複数の属性情報を見比べることができます。レイヤのプロパティの「表示」のタブのメニューに「透過表示(T)(または(N))」があり、ここで透過の割合(%)を決めることができます。まったく透過しない場合は「0」を入力しますが、下のレイヤを透かしてみたいときなどは「50%」などと入力します(上図参照)。

これはレーザ計測の標高データより求めたものですが、各森林区画を代表する 属性値として最大値や平均値を計算することも GIS 上でできます。

背後の等高線は国土地理院の2万5千分の1地形図のもので標高 10m 間隔です。

(ウ)区分数や閾値が特にない場合

区分数や閾値が特にない場合は、分類のウィンドウの「分類手法(M)」のメニューから「手動」「等間隔」「指定間隔」「等量」などの区分方法と、「クラス(C)」の数を組合せて、分類結果を比較できます。

また、区分数 (クラス) 決定後であれば、同じ分類のウィンドウ内のデータの度数分布図を参照しながら区分線をドラッグして動かすことにより閾値を設定できます。その際、右上の「分類 統計情報」を参照しつつ、度数分布図上に「標準偏差 (D)」、「平均値表示 (N)」を表示しながら、区分の手がかりを得ることができます。

(工) その他

1 つのレイヤで区分を行い、その結果を残したまま、異なる区分基準で区分を比較したい場合は、レイヤをコピーして上述の手順で異なる区分基準を適用すれば、同じデータで異なる区分基準による区分結果が得られます。

2.3.4 備考

区分表示の目的に応じて、次の事項の確認に心がけましょう。

□ 区分数□ 閾値の設定(「以上」、「未満」などの設定も含む)□ 各属性のシンボルと区分目的との一致(見たいものがわかりやすい表示か)□ 各属性のシンボルと他のレイヤのシンボルとのバランス(見分けやすく、区分目的に沿っているか)

参考情報は、次のものがあります。

- 1) ESRI ジャパン株式会社 (2011/8/1) ArcGIS Desktop 逆引きガイド (バージョン 10対応)
- 2) ArcGIS ヘルプ ライブラリ 等級シンボル用の数値フィールドの分類 http://help.arcgis.com/ja/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/00s50000001r000 000/

2.4 基礎 4 インターネット上の参考情報

2.4.1 目的

インターネット上で入手できる既成の GIS データのうち、森林計画策定に活用できる 参考情報を入手します。

2.4.2 背景

森林管理に関係するデータはたくさん公開されており、それらは GIS 上で組合せて活用できます。ここでは、森林計画の策定に関連するデータのうち森林作業道の路線選定に有効な地すべり地形分布データについて紹介します。

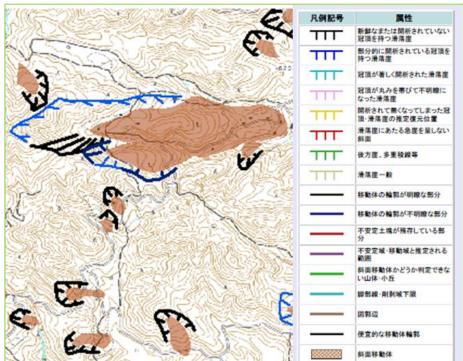
2.4.3 入手方法

森林作業道の路線選定にとって、地形、地質、土質等に関する情報の収集は不可欠です。 その中で、既往災害履歴等から、崩壊や地すべりが発生しやすい地形・地質条件を有しているかどうか把握することも有効です。防災科学技術研究所による地すべり地形分布図は、空中写真の実体視判読によって地すべり地形をマッピングしたものです。全国をカバーしており、森林作業道のルート設計において注意を要する不安定な地盤を把握するのに有効です。

インターネット上で次のサイトから GIS データとして入手でき、GIS 上で「もりったい」の作成データの参考情報として活用できます。

● 地すべり地形 GIS データ: ダウンロード(防災科学技術研究所) http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/gis-data/index.html

図表 16 地すべり地形分布図の事例



既成の GIS 情報には、地域的に用意されているものもあり、適宜探して活用し、「もりったい」の作成データとともに相乗的効果を発揮していただけたらと思います。

また、これ以外に入手できるデータとしては、次のものがあげられます。

▼行政機関の提供データ

- 1) 森林簿のデータ(林齢、地位など)※ない場合あり
- 2) 地籍データ ※ない場合あり
- 3) 基盤地図情報ダウンロードサービス(国土地理院)

http://fgd.gsi.go.jp/download/ ※利用者登録制

<関連データ>

- (ア)数値標高モデル(10m メッシュ) ※場所により 5m メッシュあり
- (イ) 基盤地図情報(縮尺レベル 25000) 海岸線、行政区画の境界線及び代表点、道路縁、軌道の中心線、標高点(数値標高モデルを除く)、水涯線、建築物の外周線
- 4) 国土数値地図の情報

国土数値情報ダウンロードサービス(国土交通省)

http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/gml_datalist.html

く関連データン

(ア)指定地域

自然公園地域(面)、自然保全地域(面)、農業地域(面)、森林地域(面)、鳥獣保護区(面)、豪雪地帯(面)、特殊土壌地帯(面)振興山村(面)、特定農山村地域(面)、土砂災害危険箇所(面、線、点)

(イ) 自然

標高・傾斜度5次メッシュ(50メッシュ)、平年値メッシュ

(ウ) 国土骨格

行政区域(面)、湖沼(面)、河川(線、点)、流域メッシュ

この他の参考情報としては、「自分で用意すると便利なデータ」があります。携帯型の GPS レシーバーを活用し、施業に関係したデータを入手すれば、それらを GIS 上で確認することができます。データとしては、次のようなものがあげられます。

- 1) 路網データ
- 2) 測樹箇所の測位データ
- 3) 施業箇所の測位データ(施業履歴に相当)
- 4) 定期的観測地点(山地災害、病虫害、気象害の被害箇所等)

2.4.4 備考

一般的な GIS データの品質に係る確認事項としては、次の事項が考えられます。

- □ 要求範囲のデータについて、漏れ・過剰はないか。(完全性)
- ロ データの値の範囲、データ書式、幾何(位相)構造は正しいか。(論理一貫性)
- ロ 地物や土地被覆の所在位置(座標、住所など)やそれらの相互の位置関係などのズレは要求範囲内か。(位置正確度)

- □ 時間測定のズレは要求範囲内か、順序関係は正しいか、記録・記載された時間や時刻は要求範囲に対して妥当か。(時間妥当性)
- □ 主題属性の分類やコードは正しいか、記録内容の誤りは要求範囲内か。(主題正確度)

この他、次の事項に留意しましょう。

- □ 参考情報は重複し始めると混乱を招きかねません。利用上の目的に沿ったデータを 選びましょう。
- □ 入手したデータについては、どの程度の精度なのかを検証することも考えられます。 例えば、公開されている道路データと GPS レシーバーによる測位情報をデジタル オルソ画像上で比較するなどの方策があり、データに求めているカバレージ、位置 精度の確認ができます。

参考情報は、次のとおりです。

- 1) 地理空間情報活用推進会議 基準・ガイドライン (地理情報標準等) http://www.gis.go.jp/contents/service_guideline_st.html
- 2) 橋本 雄一(2009/07) 地理空間情報の基本と活用
- 3) 橋本 雄一 (2012/07) GIS と地理空間情報—ArcGIS10 とダウンロードデータの活用

3 応用編

応用編では、森林計画制度においてよく使われる機能について、GIS の手順を具体的に示します。

応用編の項目は、次のとおりとしました。

- 応用1 「もりったい」データの補正
- 応用 2 テーブル結合
- 応用3 複数属性を用いた評価
- 応用 4 森林簿・森林 GIS との比較
- 応用 5 路網整備状況の把握
- 応用 6 路網からの到達距離

なお、手順をフローチャートで示す場合、各構成要素の意味は次のとおりです。

図表 17 フローチャート中の構成要素の意味



3.1 応用1 「もりったい」データの補正

3.1.1 目的

現地調査データにより、「もりったい」の分析機能の推定精度の向上を図ります。

3.1.2 背景

「もりったい」の分析機能では、本数、樹高、林分蓄積、収量比数(Ry)、日向率(樹冠疎密度の指標)などが出力できますが、林分の状況、空中写真の状況などにより精度が異なることが想定されます。また、「もりったい」で示している蓄積推定は地域ごとの林分密度管理図、および全国の現地調査結果に基づく関係式に基づいて行われます。

地域毎、樹種毎などに、推定式を新たに作成する、または推定結果の補正式を作成することにより、推定精度の向上が期待されます。

3.1.3 手順

本数、樹高の推定をもとに、林分蓄積、Ry を求めることから、補正の考え方には①本数、樹高を補正することで林分蓄積、Ry の精度が向上する、②目的とする林分蓄積、Ry を直接補正する、という2通りがあります。

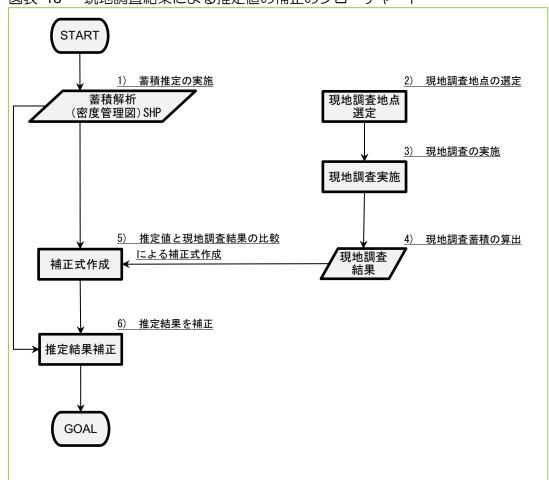
ここでは、②目的とする林分蓄積、Ry を直接補正する方法を示します。また、日向率から樹冠疎密度を求める方法を示します。

「もりったい」の蓄積推定の方法には、(A) 本数密度と樹高(樹冠高)から林分密度管理図により蓄積を推定する方法、(B) 樹冠高のみから直接蓄積を推定する方法があります。林分密度管理図を新たに作成することは困難なため、(A) を用いる場合は推定結果の補正、(B) を用いる場合は新たな推定式の作成を行うことが適しています。

以下では、蓄積推定の(A)に対応した「現地調査結果による蓄積推定値の補正」と、 (B)に対応した「現地調査結果による蓄積推定式の作成」を示します。

3.1.3.1 現地調査結果による蓄積推定値の補正

現地調査結果による推定値の補正の作業のフローチャートは、次のとおりです。



図表 18 現地調査結果による推定値の補正のフローチャート

1) 蓄積推定の実施

「もりったい」により林相区分を実施し、蓄積解析までの手順を実施します。「蓄積解析(密度管理図)SHP」の属性テーブルに「蓄積密度」の値が算出されていることを確認してください。

2) 現地調査地点の選定

現地調査地点は、蓄積推定を行った林相区画内に設定します。以下の点に注意して、 プロットを設定する林相区画を選定してください。

▼現地調査地点を設定する林相区画の選定における注意点

- (ア)目的とする樹種、蓄積区分(200m³/ha 以下、200~600、600~800、800 以上)ごとに 5 箇所程度以上を選ぶ
- (イ) 林相区画の境界にプロットがかからないよう、ある程度の大きさの区画を選ぶ
- (ウ) 混交していない、均一な林相の区画を選ぶ

従来の密度管理図の精度は、蓄積区分 200~600m³/ha の範囲で比較的高く、それ以外(特に高齢級で蓄積が大きい林分)で低くなる傾向があり、補正する際に留意してください。

3) 現地調査の実施

選定した林相区画に確実にプロットが設定できるよう、空中写真を印刷する、GPS ナビゲーションを利用するなどしてください。

現地調査は、単位面積あたり蓄積の算出に必要な内容としてください。

▼現地調査項目

- (ア)プロットの大きさは、樹高以上の大きさを目安とする
- (イ)空中写真の推定値と比較するため、写真で確認できる上層木のみを対象木とする
- (ウ) 胸高直径は対象木をすべて計測する
- (工) 樹高は一部を計測し、樹高曲線による推定でもよい

4) 現地調査蓄積の算出

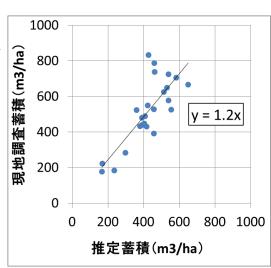
胸高直径、樹高から幹材積表、材積式等を利用して単木材積を求め、プロット内の 単木材積を総計して面積あたり蓄積を算出します。 Ry を算出します。

5) 推定値と現地調査結果の比較による補正式作成

「蓄積解析(密度管理図)SHP」の属性値「蓄積密度」をX軸、現地調査結果をY軸に散布図グラフを作成します。現地調査結果を目的変数、推定値を説明変数として、回帰式を求めます。回帰式の種類は、切片0の直線、対数式などが考えられます。

エクセルの場合は、データを右クリック、 近似曲線の追加とします。

例えば 600m³/ha 以上のみに対し補正式をあてはめる、等の方法も考えられますので、グラフをよく吟味し、補正方法を検討してください。



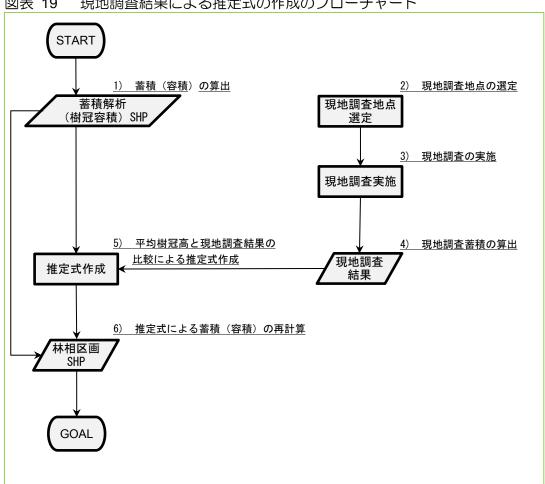
6) 推定結果を補正

「蓄積解析(密度管理図)SHP」の属性テーブルを ArcGIS で表示します。フィールドを追加し、名前「補正蓄積」、種類「Float」とします。属性テーブルの「補正蓄積」フィールドのフィールドヘッドを右クリックし、「フィールド演算(F)」を選択します。

「蓄積(密度)」のフィールドに対し、5)で求めた補正式を適用します。

3.1.3.2 現地調査結果による蓄積推定式の作成

現地調査結果による推定式の作成の作業のフローチャートは、次のとおりです。



図表 19 現地調査結果による推定式の作成のフローチャート

1) 樹冠容積の算出

「もりったい」により林相区分を実施し、蓄積解析までの手順を実施します。「蓄 積解析(樹冠容積)SHP」の属性テーブルに平均樹冠高の値が算出されていること を確認してください。

2) 現地調査地点の選定

現地調査地点は、林相区画内に設定します。以下の点に注意して、プロットを設定 する林相区画を選定してください。

▼現地調査地点を設定する林相区画の選定における注意点

- (ア)目的とする樹種、平均樹冠高区分(15m以下、25m以下、25mより大など)ごと に5箇所程度以上を選ぶ
- (イ) 林相区画の境界にプロットがかからないよう、ある程度の大きさの区画を選ぶ
- (ウ) 混交していない、均一な林相の区画を選ぶ
- 3) 現地調査の実施
- 4) 現地調査蓄積の算出

現地調査の実施、蓄積の算出については、「3.1.3.1 現地調査結果による推定値の補正」の3)、4)と同様です。

5) 平均樹冠高と現地調査蓄積の比較による推定式作成

「蓄積解析(樹冠容積)SHP」の平均樹冠高(H)を X 軸、現地調査蓄積(V)を Y 軸に散布図グラフを作成します。推定値を目的変数、現地調査結果を説明変数と して、回帰式(V=aH+b)を求めます。回帰式の種類は、切片 0 の直線を基本としますが、状況に応じて係数 b も検討してください。

6) 推定式による蓄積(容積)の再計算

回帰式(V=aH+b)の係数を設定する「樹冠容積係数.csv」は、以下のフォルダにあります。

WindowsXP の場合・・・C:\Program Files\Morittai

Windows7 64bit の場合・・・C:\Program Files (x86)\Program Files (x86)

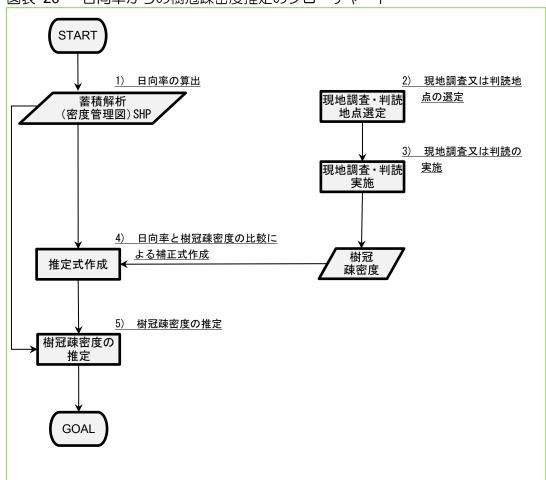
CSV ファイルの 1 列目に樹種 (スギ、ヒノキ、マツ、カラマツ、広葉樹、混交林)、2 列目に係数 a、3 列目に係数 b を入力します。

オリジナルの「樹冠容積係数.csv」も残しておき、元に戻せるようにしてください。

蓄積解析のメニューを実行すると、新たな係数に基づき「蓄積解析(樹冠容積)SHP」がします。

3.1.3.3 日向率からの樹冠疎密度の求め方

現地調査や判読により日向率からの樹冠疎密度推定式を作成する作業のフローチャートは、次のとおりです。なお、間伐の指標としては樹冠疎密度のほか、Ry も利用できます。



図表 20 日向率からの樹冠疎密度推定のフローチャート

1) 日向率の算出

「もりったい」により林相区分を実施し、蓄積解析までの手順を実施します。「蓄積解析(密度管理図)SHP」の属性テーブルに「日向率」の値が算出されていることを確認してください。

2) 現地調査又は判読地点の選定

現地調査又は判読地点は、林相区画内に設定します。以下の点に注意して、設定する林相区画を選定してください。

▼現地調査又は判読地点を設定する林相区画の選定における注意点

- (ア)目的とする樹種、日向率区分(4分割程度)ごとに5箇所程度以上を選ぶ
- (イ) 林相区画の境界にプロットがかからないよう、ある程度の大きさの区画を選ぶ
- (ウ) 混交していない、均一な林相の区画を選ぶ

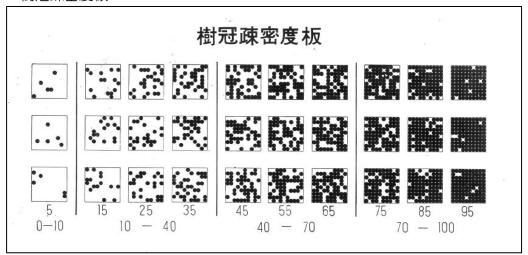
3) 現地調査又は判読の実施

現地調査では選定した林相区画に確実にプロットが設定できるよう、空中写真を印刷する、GPS ナビゲーションを利用するなどしてください。高木層の樹冠投影面

積がプロット面積に占める割合を樹冠疎密度としてください。

判読は、空中写真オルソまたは「もりったい」による立体視を利用してください。 下図の樹冠疎密度板と写真を見比べて樹冠投影面積の割合を判読してください。下 図を透明な OHP シートなどにコピーし、写真やオルソに重ねると判読しやすくなります。

▼樹冠疎密度板



※10 点 x10 点(100-白抜き個数)=樹冠疎密度(%) 実物は透明 出典:(一社)日本森林技術協会 樹冠疎密度板

4) 日向率と樹冠疎密度の比較による補正式作成

「蓄積解析(密度管理図)SHP」の「日向率」をX軸、現地調査又は判読で求めた 樹冠疎密度をY軸に散布図グラフを作成します。樹冠疎密度を目的変数、日向率を 説明変数として、回帰式(Y=aX+b)を求めます。

単純に樹冠疎密度 80%以上(間伐が必要な林分)を求める場合は、判読により樹冠疎密度 80%の地点を 10 力所程度抽出し、その地点の日向率平均値を樹冠疎密度 80%相当と考えることができます。

5) 樹冠疎密度の推定

「もりったい」から出力された「蓄積解析(密度管理図)SHP」の属性テーブルを ArcGIS で表示します。フィールドを追加し、名前「樹冠疎密度」、種類「Float」と します。属性テーブルの「樹冠疎密度」フィールドのフィールドヘッドを右クリックし、「フィールド演算(F)」を選択します。

「日向率」のフィールドに対し、4)で求めた補正式を適用します。

3.1.4 備考

推定結果の補正、推定式の作成を行うには、次の事項に留意しましょう。

- □ 現地調査地点を空中写真上で正確に特定しましょう。GPS では 10m 程度の誤差が 発生する可能性もあるので、実際の写真画像の確認も必要です。
- □ 日向率は、太陽高度、地形によって変化します。撮影日が異なる写真では太陽高度が異なり、日向率と樹冠疎密度の関係性も異なるため、撮影日ごとに樹冠疎密度の推定式を作成する必要があります。

3.2 応用 2 テーブル結合

3.2.1 目的

GIS のフィーチャの属性テーブルに、表計算ソフトのテーブルの属性を追加します。

3.2.2 背景

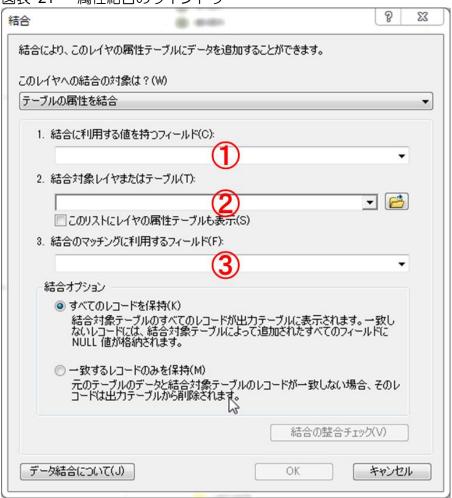
GIS 上で森林簿の情報を閲覧・解析するには、森林区画 GIS ファイルの該当オブジェクトとそれに対応する森林簿のレコードを紐付けする必要があります。この紐付け作業を「テーブル結合」と呼びます。ここでは森林簿が Excel ファイルであることを想定し、テーブル結合の手順を説明します。

このテーブル結合は、森林簿以外のデータを追加する場合にも応用できます。結合用 ID フィールド名さえ一致すれば、このようなデータの追加ができます。テーブル結合を行うことで、追加したテーブルの属性を用いた GIS 上の閲覧・解析ができるようになります。

3.2.3 手順

- 1) 林相区画 SHP ファイルと森林簿 Excel ファイルの結合用 ID を作成します。 まず、両ファイルに結合用 ID フィールドを追加します。そのフィールドに結合用 ID を入力します。この際の結合用 ID は、両ファイルで同じ区画を示すレコードに 対し、共通かつ固有な値でなければなりません。
- 2) ArcGIS 上に林相区画 SHP ファイルを表示します。
- 3) コンテンツウィンドウ上で林相区画 SHP ファイルを右クリックし、「属性の結合とリレート/結合(J)」を選択します。
- 4) 結合用 ID フィールドを指定します。 レイヤへの結合の対象を「テーブルの属性を結合」にし、次のように入力します。

図表 21 属性結合のウィンドウ



- ① 予め定めておいた森林計画図 SHP ファイルの結合用 ID フィールド名
- ② 結合する森林簿 Excel ファイルの該当シート
- ③ 予め定めておいた森林簿 Excel ファイルの結合用 ID フィールド名
- 5) SHP ファイルの属性テーブルを開き、データの値と区画の位置を照らし合わせ、 正しく結合できているか確認します。
- 6) 多くの場合、1 つの森林区画(小班)に対し、複数行の森林簿データが対応しています(1 つの小班にスギ、ヒノキが植栽されている場合、それぞれについて森林簿情報があります)。施策と GIS データの一致を考えると、森林区画を森林簿データに合わせて分類し、「1 区画、1 行」の結合とすることが望まれます。

3.2.4 備考

テーブル結合を行うには、次の事項に留意しましょう。

ロ 結合する森林簿などの Excel ファイルと SHP ファイルの属性テーブルそれぞれの 結合用 ID フィールド名を一致させる必要はありません(ただし、一致させると作

業が確実です)。それ以外のフィールド名は元の属性テーブルのフィールド名と重複してもかまいませんが、別々のものであることが分かりやすいようにしておきましょう。

- ロ 上述した Excel ファイルとの結合は、ArcGIS10 の事例で、ArcGIS9 の場合は属性 データを dbf ファイルや csv ファイルにする必要があります。
- □ 結合用 ID フィールド名は、自然数を使い、ハイフンを用いた枝番表記はしないでください。また、1 対 1 の関係(共通かつ固有)としてください。
- ロ GIS におけるフィールド名は、次の制約を踏まえて構成してください。
 - ▶ フィールド名の文字数は 10 文字未満
 - ▶ 属性の最大レコード長は 4000 バイト
 - ▶ フィールド最大数は全部で 255 個
- ロ 結合結果については、主要データについてソートして極端な値の一致をみるなどの 方策により、上記の1対1が正確に紐付けられているか確認してください。

参考情報は、次のとおりです。

1) ArcGIS ヘルプ ライブラリ テーブル結合 (Add Join) (データの管理) http://help.arcgis.com/ja/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/00170000064000 000/

3.3 応用3 複数属性を用いた評価

3.3.1 目的

複数の属性を組合せて森林区画を色分けします。

3.3.2 背景

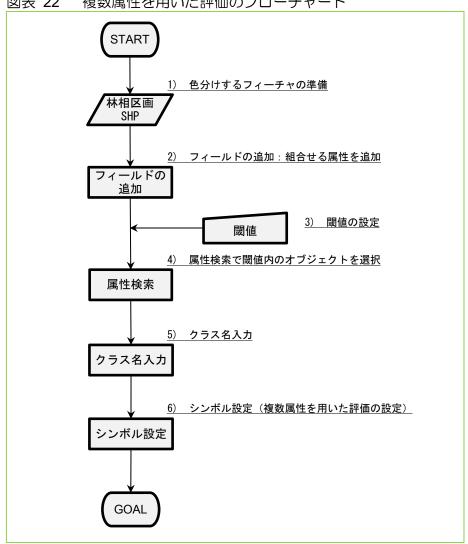
いくつもの立地属性を重ねて表示できるのは GIS の特長の一つですが、ある程度重要な属性を絞り込むことができ、その組合せの重要度を決めて表示させれば、複数の属性を一つのレイヤにして参照できます。

例えば、あらかじめ樹種、樹冠疎密度などのような制度要件を満たす間伐候補地がある場合、どこを優先して施業するかを判断する情報として、林地の路網からの到達距離と傾斜は、それぞれ採算性と作業システムの適用可能性を判断する指標として重要です。

ここでは「路網からの平均到達距離」と「平均傾斜」を組み合わせて、森林区画を色分けします。これにより、施業の比較的容易な森林区画が一目でわかります。

3.3.3 手順

複数属性を用いた評価の作業のフローチャートは、次のとおりです。



複数属性を用いた評価のフローチャート 図表 22

1) 色分けするフィーチャの準備

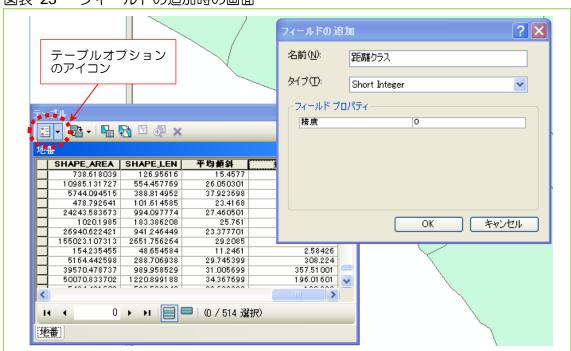
評価に用いる属性フィールドを持つ林相区画 SHP ファイルを用意します。ここで は「路網からの平均到達距離」と「平均傾斜」フィールドを持つ SHP ファイルで す。対象ファイルを ArcGIS 上に表示し、属性テーブルから対象フィールドがある ことを確認します。

2) フィールドの追加

対象属性をクラス分けした結果を入力するためのフィールドを追加します。ここで は「距離クラス」と「傾斜クラス」のフィールドです。

※フィールド名の文字数制限から「平均」を略します。

テーブルオプションから「フィールドの追加(F)」を選択します。フィールドの「名前」にクラス名を入力し、「タイプ(T)」が「Short Integer」になっていることを確認します。OKをクリックし、テーブルに該当フィールドが追加されていることを確認します。



図表 23 フィールドの追加時の画面

3) 閾値の設定

クラス分けする際の閾値を設定します。この閾値は評価での閾値と一致させます。 ここでは次のようにクラス分けすることにしました。

平均到達距離 「300m 未満」「300m 以上 500m 未満」「500m 以上」

平均傾斜 「25°未満」「25°以上35°未満」「35°以上」

4) 属性検索で閾値内のオブジェクトを選択

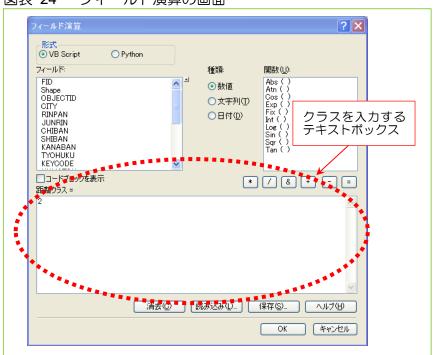
クラスを新たに入力するオブジェクトを選択します。ここでは、平均到達距離が「300m以上 500m未満」の森林区画の選択を例に説明します。

5) クラス名入力

選択された閾値内の属性を持つ区画に、クラスを割り当てます。ここでは、前項で選択した区画に対して、「距離クラス」フィールドに「2」を入力します。

属性テーブルの「距離クラス」フィールドのフィールドヘッドを右クリックし、「フィールド演算(F)」を選択します。テキストボックスにクラスとして「2」を入力します。OK をクリックし、該当区画のクラスが「2」になっていることを確認します。

全てのクラスに対して、4)と5)を繰り返します。



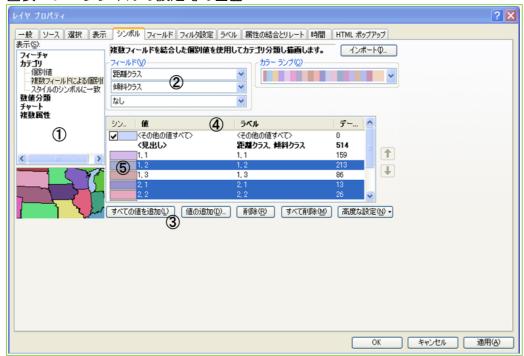
図表 24 フィールド演算の画面

6) シンボル設定(複数属性を用いた評価の設定)

クラスを入力し終えたら、シンボルを設定することで、クラスに応じた区画の色分けを行います。

コンテンツウィンドウ上で対象レイヤを右クリックし、「プロパティ(I)」をクリックし、「シンボル」タグを選択し、以下のように入力します

図表 25 シンボルの設定時の画面



- ① 「表示(S)」から「カテゴリ/複数フィールドによる個別値」を選択します。
- ② クラスフィールドを選択します。ここでは、「距離クラス」と「傾斜クラス」フィールドです。
- ③ 「すべての値を追加(L)」ボタンをクリックします。
- ④ 同じ色で表示するクラスの組合せを、Ctrl キーを押しながら、複数選択します。選択されている状態で右クリックし、「値のグループ化(G)」を選択します。ここでは、下表を参考にグループ化を行います。

		単木材積			
		1	2	3	4
生産力の	1	赤 1,1	黄 1,2	青 1,3	青 1,4
	2	黄 2,1	黄 2,2	青 2,3	青 2,4
	3	青 3,1	青 3,2	青 3,3	青 3,4

⑤ 色シンボル上でダブルクリックし、解り易い色やシンボルを設定します。 全てのクラスに対して設定ができたら、OK をクリックします。

結果は、次図のとおりです。

図表 26 複数属性を用いた評価の結果画面

3.3.4 備考

複数属性を用いた評価を行うには、次の事項に留意しましょう。

- □ 複数属性による評価結果は、判断したい条件を十分満たしているでしょうか。 特に、優先または強調したいところが表示されているか確認しましょう。
- □ 複数属性を用いた評価の内容は、組合せる因子の種類、区分の数や閾値により変わりますが、複雑な組合せは、意思決定の混乱や原因把握の困難などを伴います。要件を満たす範囲で、関連する根拠に沿った簡明かつ適切な内容にとどめることが望まれます。複数属性を用いた評価に取り掛る前に、各因子の区分基準が妥当かどうか事前に十分確認することも必要です。

参考資料としては、次のものがあります。

ArcGIS ヘルプ ライブラリ カテゴリを使用したレイヤの描画
 http://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.1/index.html#/na/00s50000003m000000/

3.4 応用 4 森林簿・森林 GIS との比較

3.4.1 目的

「もりったい」で算出した値と森林簿・森林 GIS の情報を比較します。

3.4.2 背景

森林簿のデータが現況と乖離しているという問題が指摘されています。「もりったい」 からは、空中写真の現況に基づいた客観的な情報を得ることができます。

「もりったい」の出力値も誤差を含むものですが、森林簿と比較し、大きく差がある部分を抽出し、現地調査、立体視等で確認することで正確な情報を得ることができます。

3.4.3 手順

森林簿・森林 GIS との比較の作業のフローチャートは、次のとおりです。

1) 蓄積等の算出

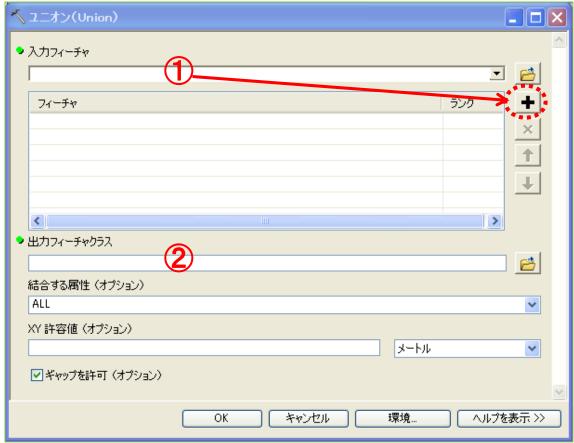
「もりったい」により林相区分を実施し、蓄積解析までの手順を実施します。「蓄 積解析(密度管理図)SHP」の属性テーブルに蓄積等の値が算出されていることを 確認してください。

2) 「蓄積解析(密度管理図)SHP」と計画図 SHP の合併(ユニオン) 「蓄積解析(密度管理図) SHP」と計画図 SHP を重ねて、双方の属性を持つ合併 SHP を作成します。ArcGIS のユニオン機能により、「蓄積解析(密度管理図)SHP」 と計画図 SHP から、双方の区画線と属性値を持った新たな SHP を作成します。

SHP の合併(ユニオン)のイメージ 計画図 SHP 属性 樹種:スギ 「蓄積解析(密度管 蓄積:200m3/ha 理図)SHP」属性 樹種:ヒノキ 蓄積:300m3/ha 計画図SHP 蓄積解析(密度管理図)SHP 0 - 100以下(m3/ha) 100 - 200以下 200 - 400以下 400より大 合併 SHP 属性 計画図樹種:スギ 計画図蓄積: 200m3/ha 蓄積解析樹種:ヒノキ 蓄積解析蓄積:300m3/ha 合併SHP

GIS のツールは、Arc Toolbox の「解析ツール/オーバーレイ/ユニオン(Union)」を用い、次のように入力します。

図表 29 解析ツール/オーバーレイ/ユニオン(Union)のウィンドウ



- ① 蓄積解析(密度管理図)SHP を選択して「+」、計画図 SHP を選択して「+」(フィーチャのリストに二つの SHP が表示される)
- ② 出力される合併 SHP の名前

3) 蓄積等推定値と森林簿の比較

合併 SHP の属性テーブルには、「蓄積解析(密度管理図)SHP」と計画図 SHP の 双方の属性値を持っています。例えば「蓄積解析(密度管理図)SHP」の蓄積と、 計画図 SHP の蓄積の差分を新たに属性値として算出し、その差が大きい区画を色 表示します。

合併 SHP の属性テーブルを ArcGIS で表示します。フィールドを追加し、名前「蓄積差分」、種類「Float」とします。属性テーブルの「蓄積差分」フィールドのフィールドヘッドを右クリックし、「フィールド演算(F)」を選択します。

計画図蓄積と解析蓄積の差を式として入力します。

フィールド演算で求められた蓄積差分が大きい場合に色表示をし、その区画に対し

現地調査、立体視判読などを行います。

3.4.4 備考

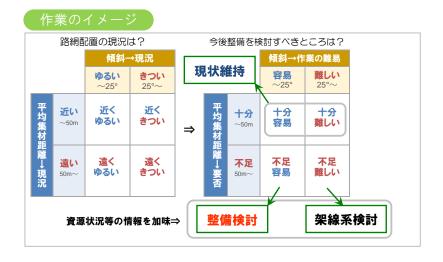
森林簿・森林 GIS との比較には、次の事項に留意しましょう。

- ロ 「もりったい」の分析機能の出力結果には誤差を含んでいます。「3.1 応用 1 「もりったい」データの補正」を参照し、現地調査による補正なども活用してください。
- ロ 森林簿の値と現状の差が大きい地点の抽出に活用し、最終的には現地調査の実施が 望まれます。

3.5 応用 5 路網整備状況の把握

3.5.1 目的

森林経営対象の森林について、平均集材距離を指標として現在の路網の整備状況を分析 し、路網を優先的に整備すべき箇所を選定します。



3.5.2 背景

路網や土場は森林施業の低コスト化及び継続実施のために不可欠な林業経営の基盤となります。路網の作設にあたっては、これまで多くの地域で見られた伐採収穫に一時的に利用する、いわゆる使い捨ての作業道ではなく、簡易で耐久性のある路網の作設(恒久的に利用することを想定した作業道)が必要とされています。そのため、これまで以上に、長期的な視野を持って戦略的に路網の配置計画を検討する必要があります。

戦略的な路網の配置計画のためには、まず現状の基盤整備状況を把握する必要があります。現状の基盤整備状況を踏まえた上で、今後の基盤整備の対象地域を選定していくことになります。

路網の整備状況を示す指標として路網密度(m/ha)があります。路網密度は単位面積(ha)あたりの路網延長(m)で計算されます。比較的簡易に計算できるため森林・林業再生プランにおいても具体的な数値目標として示されるなど最も普及している評価指標といえます。

しかし、路網密度は面積と路網延長のみで算出する値であるため路網の配置の違いを表現することはできません。また、対象とする森林内の路網の延長を評価対象とするため、 実際には利用可能な森林外の路網が配置されていても評価対象に含まれないといった 問題もあります。

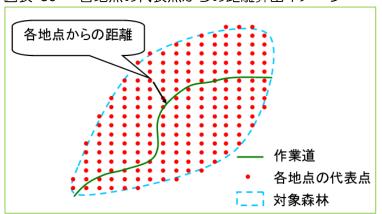
路網密度と同様に実務的でわかりやすく、かつ路網の配置の違いも表現できる指標とし

て、平均集材距離(m)を用いることができます。平均集材距離は、対象とする森林の各地点から最寄りの路網までの距離の平均値として計算されます。平均集材距離が短いほど、林地へのアクセスが容易となり、伐採収穫や保育の作業上有利となります。

GIS を用いて平均集材距離の算出を行い、現在の路網整備状況を把握し、地形条件や森林資源の状況と重ね合わせることで、林業経営の重点地区として路網整備を推進すべき地域を選定することができます。

3.5.3 平均集材距離の算出方法

GIS を用いて平均集材距離を求める方法としては、主に2つの方法があります。 ひとつは、対象森林の各地点の代表点をポイントデータとして整備し、各ポイントから 最寄りの路網までの距離を計算し、距離の合計をポイント数で除す(距離の平均値をと る)方法です。直感的にわかりやすく、手順も単純であり、対象森林の各地点を詳細に 区別することにより正確な値を計算できます。



図表 30 各地点の代表点からの距離算出イメージ

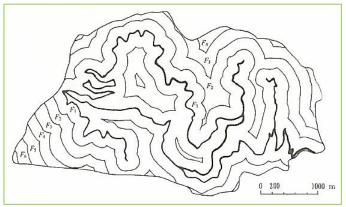
もうひとつは、バッファ機能を用いる方法です。この方法は堀 高夫ら(日林誌 53 巻 11 号、1971)によって与えられた理論に基づきます。この方法による平均集材距離の計算手順は次の通りです。

- ① 路網から一定距離のバッファを発生させ、バッファ領域が対象森林の面積に対して占める面積割合を計算します。
- ② ①で発生させたバッファの外側へ同じ距離のバッファを発生させ、同様にバッファ領域が対象森林に対して占める面積割合を計算します。この操作をバッファ領域で対象森林が埋まるまで繰り返します(図表 31 参照)。
- ③ ②までの結果を、横軸にバッファ距離、縦軸にバッファ領域の面積割合として 折れ線グラフを描きます。この折れ線グラフの内側の領域の面積を計算します (図表 32 の斜線部)。
- ④ 対象森林における路網からの最も遠い地点までの距離を求めます(最大集材距

離 (m))。

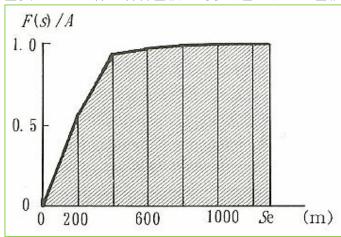
⑤ 最大集材距離から③で計算した面積を減算した値が平均集材距離となります。

図表 31 一定距離のバッファイメージ



出典:酒井秀夫(2009)作業道ゼミナール

図表 32 全体の森林面積に対する各バッファ面積の累加割合

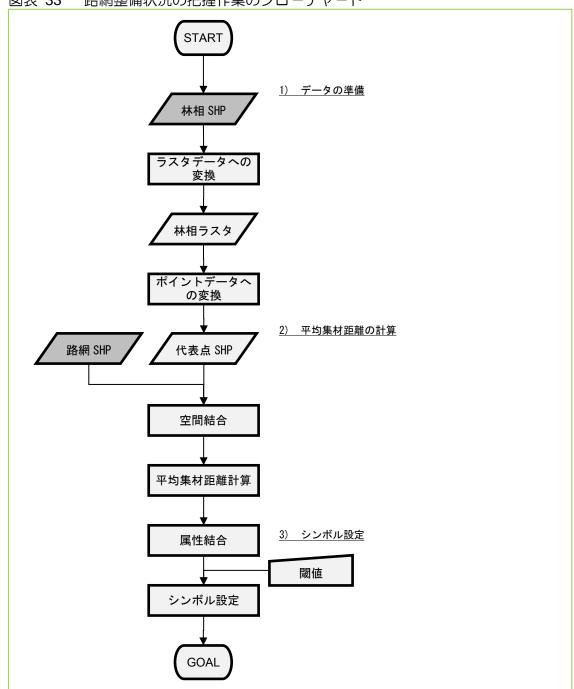


出典:酒井秀夫(2009)作業道ゼミナール

ここでは、より簡便な方法として対象森林の各地点の代表点をポイントデータとして整備し、各ポイントから最寄りの路網までの距離を計算し、距離の合計をポイント数で除す方法を説明します。

3.5.4 手順

路網整備状況の把握作業のフローチャートは、次のとおりです。



図表 33 路網整備状況の把握作業のフローチャート

1) データの準備

対象森林の各地点の代表点のポイントデータを準備します。

まず、対象森林のポリゴンデータを準備します。平均集材距離を計算する単位となります。 林相を用いる場合や、地番の境界を用いる場合が考えられます。

ArcToolBox の「ポリゴン→ラスタ (Polygon to Raster)」によりポリゴンデータを ラスタデータへ変換します。ラスタデータへ変換することにより、対象森林が格子 状のメッシュデータに変換されます。

図表 34 ポリゴン→ラスタのウィンドウ

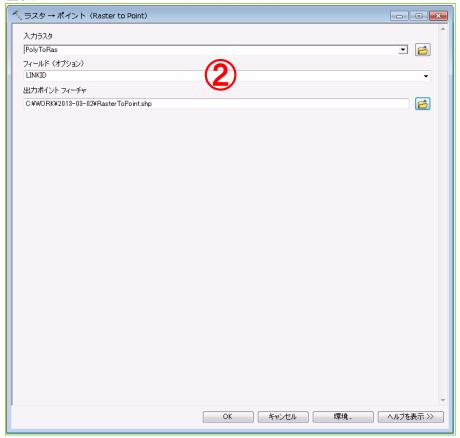


- ① 対象森林のポリゴンデータ名
- ② 計算の単位となる林分を識別する番号を格納したフィールド名
- ③ 林分の各地点の代表点の間隔(10m ならば 0.01ha に 1 点となる)

ポリゴンから変換したラスタデータをポイントデータに変換します。ポイントデータに変換することで、ラインデータである路網データとの空間的な距離を計算することができようになります。

ArcToolBox の「ラスタ→ポイント(Raster To Point)」によりラスタデータをポイントデータへ変換します。

図表 35 ラスタ→ポイントのウィンドウ

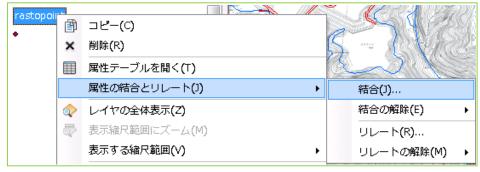


- ① ラスタデータの名称
- ② 計算の単位となる林分を識別する番号を格納したフィールド名

2) 平均集材距離の計算

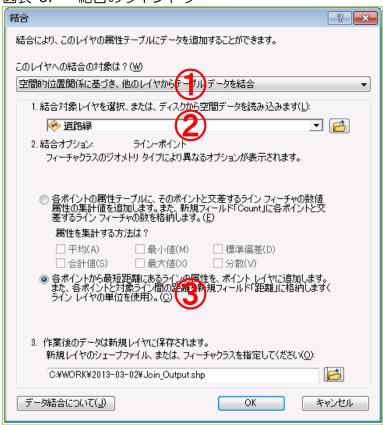
ラスタデータから変換したポイントデータと路網のラインデータの空間的な位置 関係に基づき、空間結合処理により各ポイントからの最短距離を計算します。 ポイントデータの右クリックメニューから「結合」を選択します。

図表 36 属性の結合とリレートメニュー



ラスタデータから変換したポイントデータと路網のラインデータの空間的な位置 関係に基づき、空間結合処理により各ポイントからの最短距離を計算します。 ポイントデータの右クリックメニューから「結合」を選択します。

図表 37 結合のウィンドウ

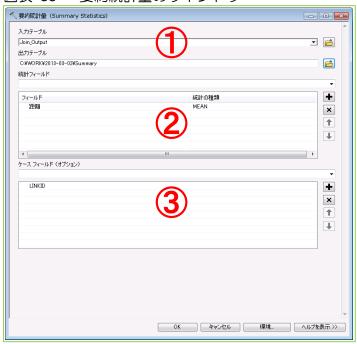


- ① 「空間的位置関係に基づき、他のレイヤからテーブルデータを結合」を選択
- ② 平均集材距離の基点となる路網データ名称
- ③ 各ポイントから最短距離にあるラインの属性と距離を計算

最寄りの路網までの距離が属性値として格納されたポイントデータが出力されます。この時点では各ポイントの集材距離(路網までの距離)が計算された状態であるため、計算の単位となる林分ごとの平均値を計算します。

ArcToolBox の「要約統計量(Summary Statistics)」によりポイントに格納された 距離の平均値を計算します。

図表 38 要約統計量のウィンドウ



- ① 路網までの距離を属性に格納したポイントデータの名称
- ② 統計をとる対象のフィールド名と統計の種類 フィールドに「距離」、統計の種類に「MEAN」(平均)を指定
- ③ 計算の単位となる林分を識別する番号を格納したフィールド名

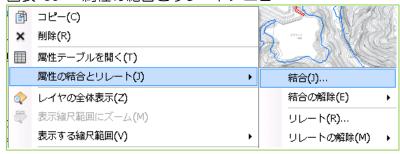
計算の単位となる林分を識別する番号ごとの平均集材距離が格納されたテーブルが出力されます。

3) シンボル設定

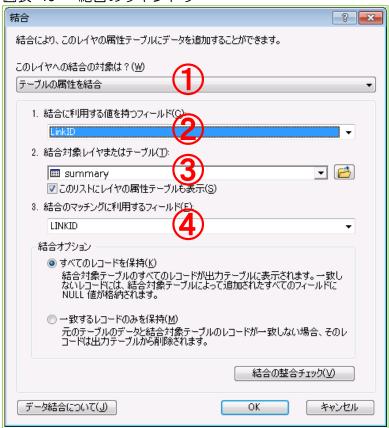
平均集材距離の計算結果を図示するために、対象森林のポリゴンデータに計算結果のテーブルを結合します。

ポリゴンデータの右クリックメニューから「結合」を選択します。

図表 39 属性の結合とリレートメニュー



図表 40 結合のウィンドウ

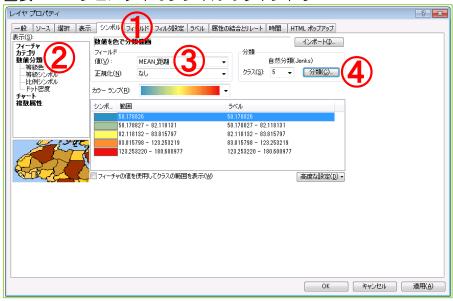


- ① 「テーブルの属性を結合」を選択
- ② ポリゴンと平均集材距離の計算結果のテーブルの結合に利用するキーとなるポリゴン側のフィールド名称
- ③ 平均集材距離の計算結果のテーブル名称
- ④ ポリゴンと平均集材距離の計算結果のテーブルの結合に利用するキーとなる計算結果テーブル側のフィールド名称

平均集材距離の計算結果のテーブルが対象森林のポリゴンの属性テーブルに結合されます。結合した平均集材距離の計算結果に基づき、ポリゴンを色分け表示します。

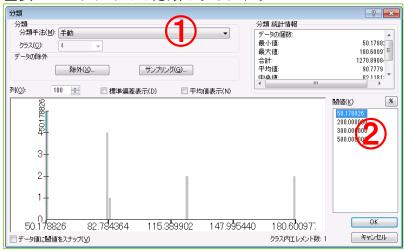
ポリゴンデータの右クリックメニューから「プロパティ」を選択します。

図表 41 プロパティのシンボルのウィンドウ



- ① 「シンボル」タブを選択
- ② 「数値分類」を選択
- ③ 「値」に平均集材距離の計算結果が格納されたフィールド名称を選択
- ④ 閾値を設定するために「分類」ボタンをクリック

図表 42 シンボルの分類のウィンドウ



- ① 「分類手法」から「手動」を選択
- ② 「閾値」を入力

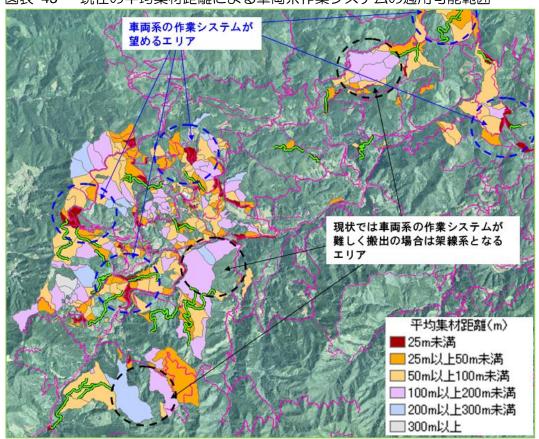
平均集材距離の計算結果でポリゴンが色分け表示され、平均集材距離の値ごとの分布図が表現されます。

搬出間伐や主伐の時期に達する樹高が平均集材距離を評価する際の判断基準と考えられます。樹高が 20m 程度に達している場合は、平均集材距離が 25m 以内であれば、伐倒によりいずれかの作業道からグラップル等で直接集材が可能な範囲に梢

端が達することとなり、車両系作業システムの集材に有利となります。

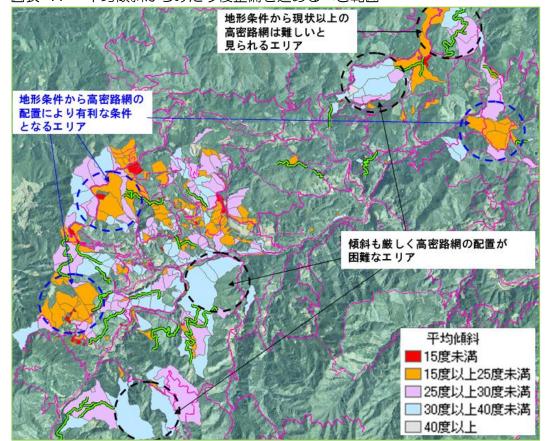
それ以上の距離でも 100m 以内の平均集材距離であれば、軽架線など簡易な集材方法と組み合わせた車両系の作業システムを検討することができます。

平均集材距離が 100m を超える場合は、現状の基盤整備状況下での車両系作業システムでは切り捨てが発生することが予想されます。ただし、今後の基盤整備の推進(または新設、復旧)により平均集材距離を短くすることで車両系作業システムによる集材範囲の拡大が考えられます。



図表 43 現在の平均集材距離による車両系作業システムの適用可能範囲

ここで算出した平均集材距離と、その他の手順で得られる地形の状況や立木の生育 状況を示すデータを組み合わせることで、戦略的な基盤整備計画の検討が可能とな ります。例えば、地形条件(平均傾斜)の区分図と重ね合わせることにより、今後 基盤整備を進めることで車両系作業システムによる集材範囲を拡大する選択肢を 検討できます。一方、地形条件が厳しく、基盤整備を進めること自体が困難とみら れる森林については、架線系作業システムの適用あるいは育成・利用方針の転換を 行うなどの選択肢を検討できます。



図表 44 平均傾斜からみた今後整備を進めるべき範囲

3.5.5 備考

路網整備状況の把握あたっては、次の事項に留意しましょう。

- ロ 平均集材距離の計算は、計算する林分の単位(小班や地番単位など)を予め検討しておく必要があります。ここで紹介した方法によれば、どのような単位でも計算することが可能ですが、路網整備を検討する事業単位と整合をとっておくことが望ましいと考えられます。
- □ 平均集材距離の基点となる路網のデータをできるだけ正確に把握しておく必要があります。路網のデータが不完全な状態(一部のデータのみ保持している等)では正しい評価結果は得られません。また、計算に含める路網の種別も重要となります。路網と一言にいっても、集材搬出に利用できる作業道や作業路のレベルの路網と、主に見回りや機材運搬にのみ利用できる管理道のレベルの路網は、計算時に混在すべきではありません。
- □ 路網整備状況の把握は、それのみでは長期的な経営計画の作成にあたって十分な情報とはなりません。地形条件や森林資源の情報などと組み合わせることにより、経営方針に合致した基盤整備の計画作成につなげていくことが可能となります。その

際、本事業の解析プログラムによるデータを活用できます。現在の基盤整備状況と 森林資源の状況、地形条件も加味した上で、基盤整備を進めるべきか否か、どの程 度の整備目標を定めるかといった判断を行うことが望ましいと考えられます。

参考資料としては、次のものがあります。

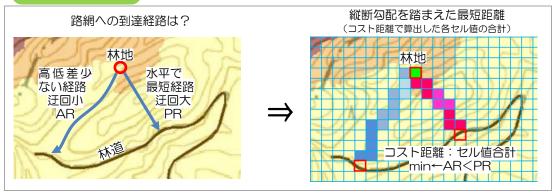
- 1) 堀 高夫 , 北川 勝弘 , 長谷川 好正 (1971) 林内到達距離の分布に関する研究 日本林學會誌 53(11), 355-358, 1971-11-25
- 2) 酒井秀夫(2009)作業道ゼミナール 基本技術とプロの技

3.6 応用 6 路網からの到達距離

3.6.1 目的

各林地から土場までの最短距離の計算について、コスト距離を用いて推定します。土場は、林道のような線形でも地点のような点でも構いません。ここでは、既存の林道からなる路網を土場と想定して説明します。

作業のイメージ



3.6.2 背景

集材作業における土場から施業を行う区画までの距離は、伐採・搬出作業の損益分岐を 考える際の重要な因子の一つです。その距離を精密に計算することは、より正確な経営 判断に貢献します。

車両は急傾斜地に対して、迂回するか、九十九折に走行する必要があります。そのため水平距離や斜距離では林地までの到達距離を過小に評価してしまいます。そこで、斜面傾斜とともに森林作業道の最大縦断勾配を考慮して、実際に車両が走行するだろう路網からの仮想的な経路の距離を計算することとし、距離別の区分図を作成します。

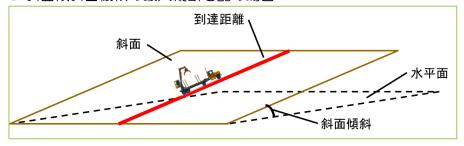
ここでは車両系作業システムの適用を前提とし、集材作業を行う車両は森林作業道の最大縦断勾配の制限の下で、急斜面を迂回しながら進むことを想定します。森林作業道の最大縦断勾配は、作業効率とともに走行時の安全も配慮され、10~12°程度で各都道府県により設定されています。

3.6.3 到達距離の考え方

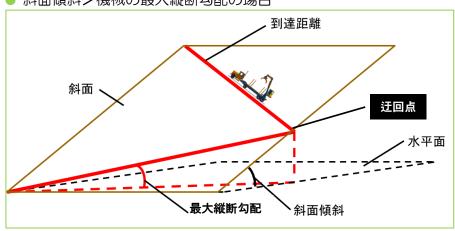
傾斜角が森林作業道の最大縦断勾配以下であれば、到達距離は斜距離と等しくなります。 最大縦断勾配以上であれば、車両は迂回した経路をとる必要があるので、到達距離は斜 距離よりも大きくなります。

図表 45 到達距離のイメージ

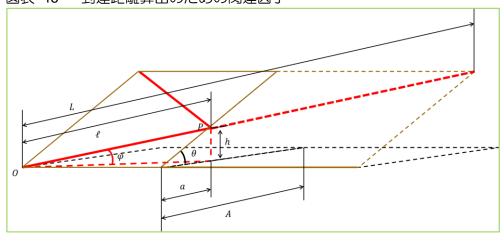
● 斜面傾斜≦機械の最大縦断勾配の場合



● 斜面傾斜>機械の最大縦断勾配の場合



図表 46 到達距離算出のための関連因子



θ:斜面傾斜角

φ:森林作業道の最大縦断勾配

斜面傾斜角 θ 、水平距離Aの斜面を考えます。

斜面傾斜角 θ が森林作業道の最大縦断勾配 φ 以下である場合 $(\theta \le \varphi)$ 、作業車両がこの斜面を横切るには、水平距離で A 進むための斜距離は $A/\cos\theta$ となります。しかし、より急斜面となり $\theta > \varphi$ の場合は、斜面方向と並行した路線とすることはできません。そのため九十九折に路線を配置することとなり、同じように水平距離 A を進む

ために登坂距離 L の距離を行くことになります。セルの頂点0から最大縦断勾配で登坂を行うと、点Pにおいてセルの辺に達して迂回することになります。この迂回する点Pまでの登坂高度を h、水平距離を a、登坂距離を ℓ とすると、以下のような式が成り立ちます。

$$\ell : a = L : A$$

$$\ell = \frac{h}{\sin \varphi}$$

$$a = \frac{h}{\tan \theta}$$

これを解くと、次のとおりです。

$$L = A \times \frac{\ell}{a}$$
$$= A \times \frac{\tan \theta}{\sin \varphi}$$

 ℓ : 迂回する点Pまでの登坂距離 a: 同左の登坂距離に伴う水平距離

L:水平距離Aを進むために登坂距離 A:斜面の水平距離

h: 迂回する点Pまでの登坂高度 θ : 斜面傾斜角

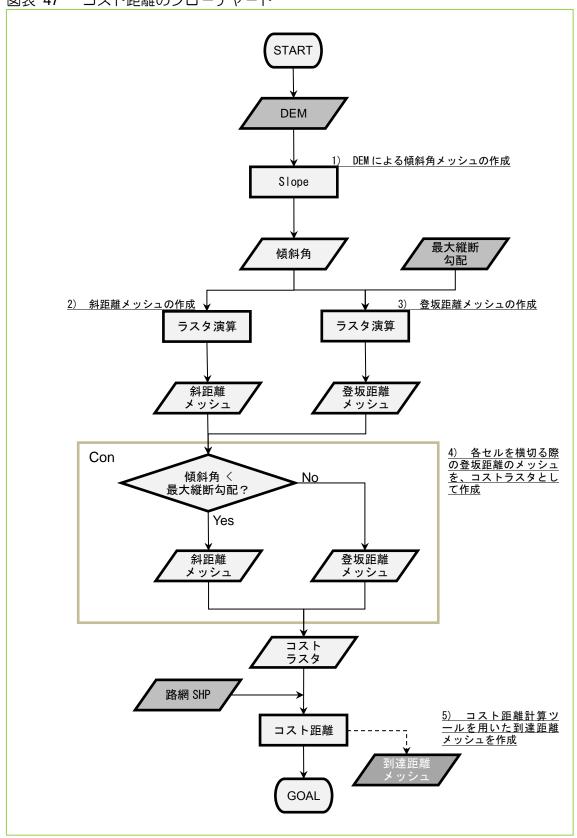
arphi:森林作業道の最大縦断勾配

ある点からある点に向かうとき、その到達距離は横切る全てのセルの、登坂距離Lの合計値となります。Lの合算が最小となる経路を採用することで、各斜面から路網に到達する際の到達距離がわかります。このセルごとの値の合計値の最小値を算出する機能がArcGISのコスト距離です。

3.6.4 手順

コスト距離の作業のフローチャートは、次のとおりです。

図表 47 コスト距離のフローチャート

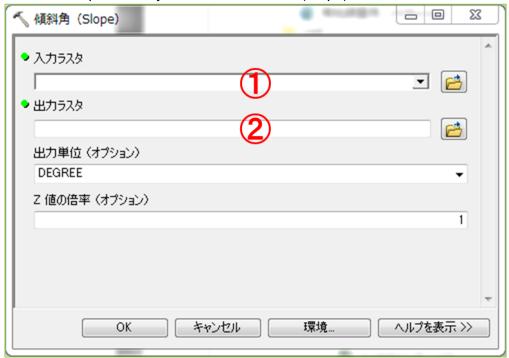


登坂距離Lの合計値が最小となる経路を採用した時の到達距離を計算するため、ArcGIS 10の Spatial Analyst のコスト距離ツールを用います。作業フローは図に示したとおりです。各作業は次のとおりです。この際、斜面を DEM のセルごとに区切ることを想定しています。

1) DEMによる傾斜角メッシュの作成

周りのセルの標高と比較することで、各セルの傾斜角度を算出します。GIS のツールは、Arc Toolbox の「Spatial Analyst/サーフェス/傾斜角(Slope)」を用い、次のように入力します。値はラジアンではなく、角度で出ます。

図表 48 Spatial Analyst/サーフェス/傾斜角(Slope)のウィンドウ



- ① DEMのファイル名
- ② 出力するファイル名(「傾斜角メッシュ」)

2) 斜距離メッシュの作成

傾斜角から、各セルの斜距離を算出します。斜距離は、傾斜角の余弦の逆数で求められます。GIS のツールは Arc Toolbox の「Spatial Analyst/マップ代数演算/ラスタ演算(Raster Calculator)」を用います。ダイアログに次のように入力し、実行します。ここで「slope」は、手順 1)で作成した「傾斜角メッシュ」のことです。

|10(DEM のメッシュサイズ)/Cos(slope * 3.1415/180)|

また、出力ファイル名(「斜距離メッシュ」)を入力してください。

3) 登坂距離メッシュの作成

傾斜角と森林作業道の最大縦断勾配から、各セルの登坂距離を算出します。森林作 業道の最大縦断勾配は、12°(21%)を想定します。GIS のツールは、「Spatial Analyst/マップ代数演算/ラスタ演算(Raster Calculator)」を用います。 ダイアログに 次のように入力し、実行します。ここで「slope」は、手順 1)で作成した傾斜角メ ッシュのことです。

10(DEMのメッシュサイズ) * Tan(slope * 3.1415/180)/Sin(12 * 3.1415/180)

また、出力ファイル名(「登坂距離メッシュ」)を入力してください。

4) 各セルを横切る際の登坂距離のメッシュをコストラスタとして作成 前述したとおり、傾斜角が最大縦断勾配以下であれば、セルを横切る際の登坂距離 は斜距離に等しいと考えられます。そこで、傾斜角が最大縦断勾配以下であれば斜 距離を、以上であれば登坂距離を採用することになります。各セルでこの判断を行 い、結果をコストラスタとして作成します。GIS のツールは「Spatial Analyst/条件 /Con」を用い、次のように入力します。

0 \mathbb{X} Con 入力条件ラスタ ▼ | 👛 条件式(オプション) SQL 条件式が TRUE のときの入力ラスタ、または定数値 ▼ 条件式が FALSE のときの入力ラスタ、または定数値(オブション) ▼ 出力ラスタ ri Ciri OK キャンセル 環境... ヘルプを表示 >>

図表 49 Spatial Analyst/条件/Con のウィンドウ

- ① 「傾斜角メッシュ」ファイル名
- ② "VALUE" < 12
- ③ 「斜距離メッシュ」ファイル名
- ④ 「登坂距離メッシュ」ファイル名
- ⑤ 出力先ファイル名(「到達距離コストメッシュ」)
- 5) コスト距離計算ツールを用いた到達距離メッシュを作成

土場から各セルへの到達距離を計算します。土場は、林道のような線形でも、地点のような点でも構いません。

「Spatial Analyst/距離/コスト距離(Cost Distance)」ツールを用います。このツールは、各セルを横切る際のコストをラスタとして予め示すことで、指定した地点に到達するために要する総コストをコスト距離として算出するものです。この際、総コストが最小となる経路が自動的に選択されるため、コスト距離はその経路を通った際の総コストになります。次のように入力します。

図表 50 Spatial Analyst/距離/コスト距離(Cost Distance)のウィンドウ

- ① 「土場」ファイル名
- ② 「到達距離コストメッシュ」ファイル名
- ③ 出力ファイル名(「到達距離メッシュ」)
- ④ 計算する必要のある最大の距離(指定することで、計算が早くなります)

3.6.5 備考

コスト距離を行うには、次の事項に留意しましょう。

- ロ コスト距離を測る対象であるソースは土場を想定し林道全体を土場の候補地として、林道などの路網をソースとしています。もし、この土場の候補地を絞り込めれば、より高い精度の距離の推定ができます。経験上の過去の土場の位置を参照して、土場の候補地を絞り込みましょう。
- コスト距離機能により算出した路網からの到達距離は、森林作業道の最大縦断勾配

を配慮した仮想的な距離です。実際の路線の斜距離とは必ずしも一致しません。

- □ コスト距離機能によるセルとフィーチャ間の最短加重距離(累積移動コスト)算出は、さまざまな因子について応用ができます。データは、次の2つが必要となります。
 - ▶ 移動コストを示す抵抗/摩擦サーフェスラスター(移動しにくさのデータ)
 - ▶ 移動コストを積み上げる対象となるソースレイヤ(目標とする対象)

次のような事例がみられます。

- ▶ 道路を含む土地利用の種類に移動しにくさの値を与えて、ある目標物(例 製材所、貯木場など)への到達しやすさを評価します。既存の施設への到達しやすさを比較できます。
- ▶ 野生動物の移動しにくさを森林率などのデータとともに重みづけして移動コストを算出し、移動しにくさから野生動物の生息域の動向を推測します。

参考情報は、次のとおりです。

- 1) 岩崎亘典 (2008) GIS とコスト距離を利用した野生生物の移動評価。2008 年度 生態計測研究会資料、43-47。
- 2) ArcGIS ヘルプ ライブラリ コスト距離ツールの詳細 http://help.arcgis.com/ja/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/009z00000025000 000/