

# GISによる移動時間および実労働時間の分析 ならびに間伐材搬出コスト推定への応用

京都府立大学大学院  
島崎 浩司・田中 和博

## 研究背景と目的

1992年 国連環境開発会議(リオデジャネイロ)  
21世紀にむけた人類の行動計画「アジェンダ21」  
森林原則声明 → 持続可能な森林管理

1992年 国際熱帯木材機関(ITTO)  
熱帯林経営のための基準と指標  
1993年 ヘルシンキ・プロセス  
欧州温帯林・北方林の森林管理のための基準と指標  
1994年 モントリオール・プロセス(日本加盟)  
欧州以外の温帯林の森林管理のための基準と指標

持続的な木材生産 → 持続可能な森林生態系の管理

2001年 森林・林業基本法および関連法の成立  
木材生産重視 → 公益的機能の発揮

## 研究背景と目的

木材生産重視から公益的機能の発揮重視へ

採算性の悪化から国内林業のあり方が問われている

循環的な生産・利用が可能な木材を地域で持続的に  
生産することは地域社会を基盤とした循環型社会の  
構築をめざす理念と合致している → 林業の産業を超えた重要性

木材生産活動から得られる木質バイオマスの利用は  
炭素吸収・固定に大きく貢献し、化石燃料を代替する  
循環的エネルギー資源として期待されている → 木材生産活動の公益性

持続可能な社会の構築を目指す上で木材生産活動は不可欠

## 研究背景と目的

国内林業を取り巻く経済的状況をふまえると全ての人工林を維持・管理  
することは不可能に近い

地域ごとに持続可能な林業経営適地を選定し森林に対して地域住民が  
期待する公益的機能との調和を目指すことが「持続可能な森林管理」の  
最大の課題のひとつである

森林国であるわが国にとっては木質バイオマスによせる期待が大きいが  
国内における事例では製材所の廢材を原料としたものが多く、賦存量が  
最も大きいといわれる間伐材を中心に検討したものは少ない

間伐材の効率的な集荷システムを構築するために、間伐材の生産コスト  
についての情報を整備する必要がある

## 研究背景と目的

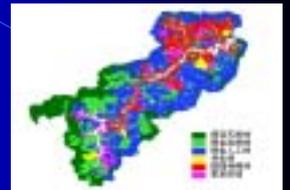
木材の伐採・搬出コストの大部分を人件費が占めるため、現場での  
実労働時間の長さが採算性を大きく左右する

林業経営適地の選定ならびに間伐材集荷システムの構築のためには  
現場における実労働時間の把握が基礎資料として重要になる

### 研究目的

- 現場までの作業用車両および徒歩による移動時間を分析し、現場に  
おける実労働時間を推定した
- 推定した実労働時間を基に一定量の間伐材を搬出する際の総コスト  
を推定した

## 研究対象地



総面積約30,754haの約96%が山林  
民有林総面積約29,328ha  
約55%が人工林  
2001年に森林ゾーニングを行った  
2003年に木質バイオマス発電の  
事業化可能性調査を行った

## 研究内容のフローチャート

現場までの移動時間の推定

作業用車両による移動時間の推定

徒歩による移動時間の推定

現場における  
実労働時間の推定

間伐材搬出コストの推定

集材機設置費用の推定

現場における作業能率の推定

間伐材搬出コストの推定

アンケート調査による  
間伐材搬出コスト推定結果の調整

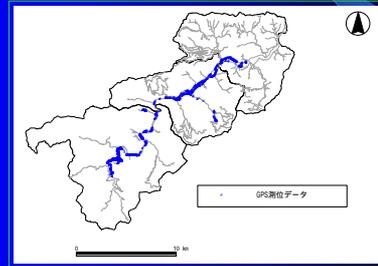
間伐材搬出コスト別の  
森林資源量の算出

## 作業用車両による移動時間の推定

作業用車両による各林地の最寄の林道までの移動時間

カーブによる減速を考慮して推定

作業用車両にGPSを搭載し実際の移動速度と道路のカーブの関係について現地調査を行った



## 作業用車両による移動時間の推定

カーブの回転半径と移動速度の関係をモデル化するために、林道迂回率を考案した

$$C = \frac{100}{L}$$

C: 林道迂回率

L: 100mの道のりの始点・終点を結ぶ直線距離

現地調査のデータを100m毎に区分し林道迂回率を算出した

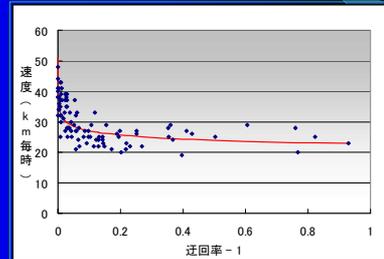
林道迂回率の最小値は1となるが今回の解析では数学的に取り扱い易くするため最小値が0となるように林道迂回率-1として取り扱った

## 作業用車両による移動時間の推定

林道迂回率と移動速度の関係を散布図にとり最も当てはまりがよいべき乗回帰により回帰式を求めた

$$\text{移動速度(時速)} = 22.687(C - 1)^{-0.076} \quad \text{決定係数} 0.55$$

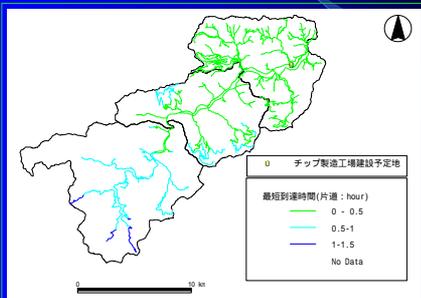
林道迂回率 -1が0となる場合の移動速度を上限値40km毎時とした



## 作業用車両による移動時間の推定

作業用車両による移動時間の推定結果

宮川村全路網データをチップ製造工場建設予定地から100m毎に区分し林道迂回率を算出し、回帰式をあてはめ各林地までの移動時間を推定した



## 徒歩による移動時間の推定

徒歩による最寄林道から各林地までの移動時間

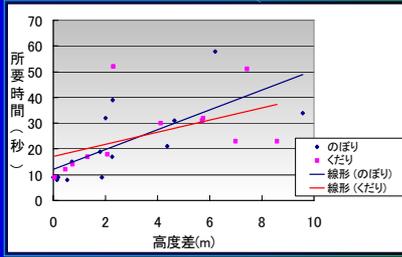
傾斜による迂回を考慮して推定

出発点と終着点を直線で結んだ場合の傾斜が大きいかどうか迂回すると思われるため、水平距離が一定のもとでは高度差によって到達所要時間が大きく左右されると考えた

GPSを携帯して林内を歩行し、ある地点までの高度差と到達所要時間について現地調査を行った

## 徒歩による移動時間の推定

調査データを水平距離10m毎に区分し、高度差と到達所要時間の関係を散布図に表し直線回帰により回帰式を求めた

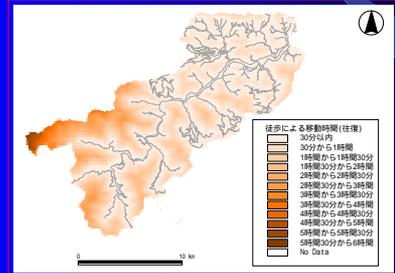


のぼり : 所要時間(秒) = 3.85 h + 12.04 決定係数0.498  
 くだり : 所要時間(秒) = 2.35 h + 17.12 決定係数0.253

## 徒歩による移動時間の推定

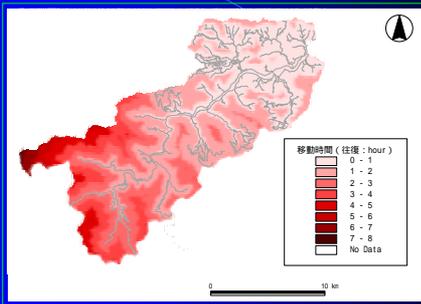
### 徒歩による移動時間の推定結果

最寄の林道から各林地までの水平距離および高度差をGISにより算出し往路をのぼり、復路をくだりとしてそれぞれの回帰式をあてはめ各林地までの往復の移動時間を推定した



## 移動時間の推定

### 車・徒歩による移動時間の推定結果

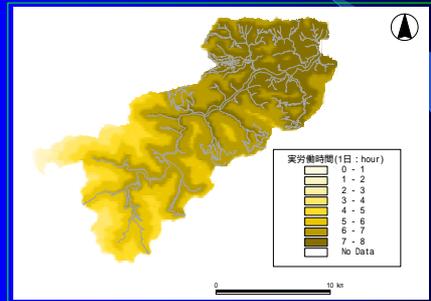


- 大杉谷地区の村境付近では往復の移動時間が8時間程度かかる
- 林道からの距離が大きく影響している

## 実労働時間の推定

1日の最大労働時間を8時間とし、移動時間を差し引いたものを実労働時間として算出した

### 実労働時間の推定結果



## 間伐材搬出コストの推定

移動時間の推定結果を基に宮川村の事例における推定法に基づき間伐材搬出コストの推定を行った

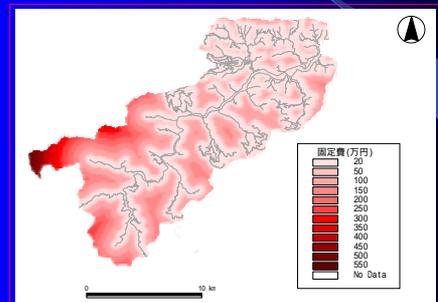
### 宮川村の事例における推定法

- 集団間伐を実施することを前提とし、間伐量を200mとする。
- 経費を人件費と固定費に大きく2分する。
- 人件費は現地での実労働時間、傾斜に応じた作業能率の2要因をもとに算出する。実労働時間はチップ製造工場建設予定地から各林地までの車、徒歩による移動時間から推定する。
- 搬出コストについては各林地から最寄の林道までの距離に応じて算出し、これを固定費とする。
- 人件費と固定費の合計を求め、間伐材生産総コストとする

## 間伐材搬出コストの推定

### 集材機設置の固定費

林道から350mはタワーヤーダーによる集材が可能であるとして20万円 350m以上は架線を用いるものとし500m毎に50万円とした



## 間伐材搬出コストの推定

### 作業能率の推定

現場での作業能率には林況や作業内容、傾斜や作業者の熟練度など様々な要因が複雑に絡み合っており影響している

これらの要因を詳細に分析するためのデータが現段階で揃っていない汎用性を重視し、最も影響が大きいと考えられる要因に絞る

作業能率は傾斜に応じて便宜的に決定した

15° 未満	→	2.0/人/日
15-30°	→	1.5/人/日
30-45°	→	1.0/人/日
45° 以上	→	0.5/人/日

## 間伐材搬出コストの推定

### 間伐材搬出コストの推定

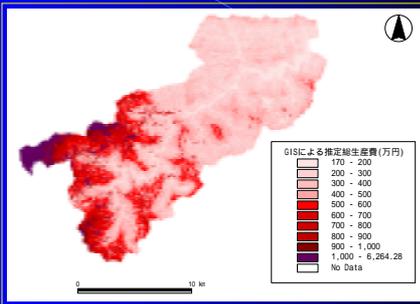
1日の最大労働時間を8時間とし、200m伐り出すのに必要な人数を傾斜に応じた作業能率から算出した

日給を1人当たり15,000円とし、移動時間を差し引いた実労働時間を基に各林地における人件費を算出した

人件費と固定費を合計し、間伐材搬出コストとして算出した

## 間伐材搬出コストの推定

### 間伐材搬出コストの推定結果

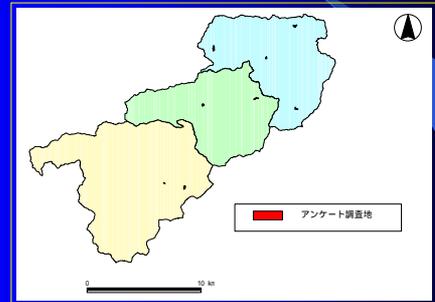


最大労働時間、作業能率、人件費などの仮定に基づくGISによる推定結果であるため算出結果の検証と適否の判定が必要となる

## 間伐材搬出コストの推定

### 間伐材搬出コスト推定値の調整

宮川村森林組合、フォレストファイターズ、藤原林業に対して実施した間伐材搬出コストのアンケート調査結果とGISによる推定値を比較した



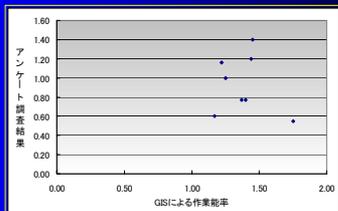
## 間伐材搬出コストの推定

### 間伐材搬出コスト推定値の調整

GISとアンケート調査による作業能率の比較を行った

サンプル数が少なく、GISによる推定値の1.5/人/日となる林地でアンケート調査地が集中している

全体の傾向として両者の間に比例関係を想定することは差し支えないと判断した



## 間伐材搬出コストの推定

### 間伐材搬出コスト推定値の調整

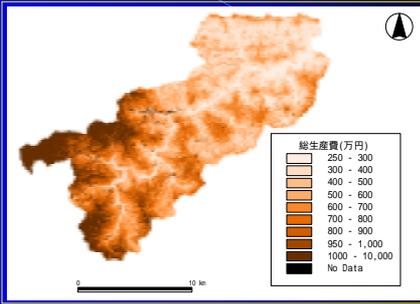
アンケート調査地における総コストの推定値とアンケート結果の比の相乗平均を求め、GISによる推定値を調整した



$$\text{アンケート調査のコスト} = 1.55 \times \text{GISによる推定コスト}$$

## 間伐材搬出コストの推定

### 間伐材搬出コストの推定結果



- 林道からの距離が間伐材搬出コストの大きな決定因子となった
- また、急傾斜地が多く分布する大杉谷地区では著しくコストが高くなった

## 間伐材搬出コスト別の森林資源量の算出

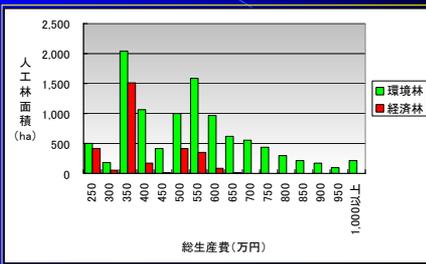
経済林、環境林ごとに間伐材搬出コスト別の森林資源量を算出した

経済林：森林ゾーニングにおいて循環利用林に指定された人工林  
環境林：森林ゾーニングにおいて循環利用林以外に指定された人工林



## 間伐材搬出コスト別の森林資源量の算出

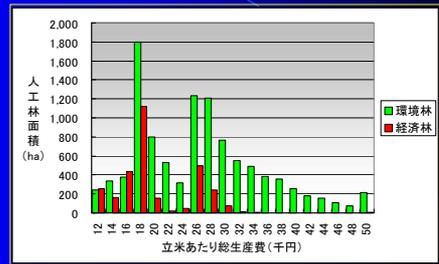
### 総搬出コスト別の森林資源量算出結果



- 環境林・経済林ともに350万円となる人工林が多く、経済林で特に割合が大きい
- 経済林では500万円以上となる人工林が全経済林の約30%を占めている

## 間伐材搬出コスト別の森林資源量の算出

### 立米あたり搬出コスト別の森林資源量算出結果



- 環境林・経済林ともに18千円となる人工林が多い
- 環境林では26～28千円となる人工林も多く、5万円以上の人工林も存在した

## まとめ

- 林道や標高、傾斜といった基礎的なデータを用い、GISを応用した他地域にも応用可能な移動時間ならびに間伐材搬出コストの推定手法を示すことができた。
- 林道からの距離は現場までの移動時間ならびに集材機設置費に大きく影響することから、持続的な木材生産活動の最も重要な条件は路網整備状況であることが推察された。
- 今回GPSを利用して移動時間推定の基本的なモデルを示したがGPS受信が困難なため、検証するための十分な測位データが得られなかった。  
今後さらに調査事例を増やしモデルの精度を向上させる必要がある。