2-2-3 我が国に眠る莫大な資源，その把握と情報管理

Enormous Resources Buried in Our Land, Its Database and Measurement

白井裕子　今冨裕樹

1. は じ め に

このような機会を頂きましたことに，心より感謝申し上げます．せっかく頂戴しました機会ですので，最初に，日本林業の特異性を幾つか解説したいと思います．その中から森林資源を取り上げ，その把握と情報管理について述べてまいります．我が国の森林，林業，そして木材供給と流通において，ICT の導入は緒に就いたばかりです．本稿で，読んで下さった皆様の新しい技術開発への構想を駆り立てたいと思います．

2. 日本林業の特異性

日本林業の特異性について，本稿では労働災害と技術開発，補助金について取り上げて解説する．日本林業の特異性については既報[1]でも解説している．

2.1 労働災害と技術開発

林業は，欧米では「森」で行われている，一方，我が国では「山」で行われている（図 1）．これが大きな違いである．

林業の死傷事故は 1970 年には 1 年に 16,000 件を超え，死亡者は 250 人近くに上っていた[2]．死傷事故は 2011 年まで 2,000 件を切らず，近年では 2010 年に 59 人の死者を出している[2]．生産性も低いが，その前に安全性に問題がある．

林業機械には，チェーンソー等の在来型林業機械に対して，大型の高性能林業機械がある．また切った木を車両により集める（車両系）か，また空中にワイヤロープを張って，そこにつるして集める（架線系）かの違いもある．この高性能林業機械は，その多くが欧米で開発された大型機械である．我が国では建設機械をベースに海外で開発，製造，そして輸入，または模倣して造られたアタッチメントが取り付けられている．またベースごと輸入している場合もある．研究開発の主は欧米である．高性能林業機械は 1988 年の 23 台から 2015 年には 7,686 台に急増している[3]．林業機械も補助金（補助率 1/2）を利用して購入できる．しかしこの急増に伴い，生産量が増えたり，死傷事故が減ったりはしていない．

図 2 に静岡県の傾斜分布図を示す．30 度近くなると，大型車両の走行と作業には危険を伴う．大型の高性能林



図 1　我が国の山林（著者撮影）

本会誌では，用語は①文部省（文部科学省）学術用語集電気工学編，②本会編の改訂電子情報通信用語辞典，③本会編のエンサイクロペディアハンドブック，に基づき統一している．本稿中の「大型」は，上記①，②に従うと「大形」であるが，ここでは著者の希望により「大型」で掲載した．

白井裕子　慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
今冨裕樹　東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科
Yuko SHIRAI, Nonmember (Graduate School of Media and Governance, Keio University, Fujisawa-shi, 252-0882 Japan) and Yuki IMATOMI, Nonmember (Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, 156-8502 Japan).
電子情報通信学会誌　Vol.100 No.11 pp.1236-1241 2017 年 11 月
©電子情報通信学会 2017

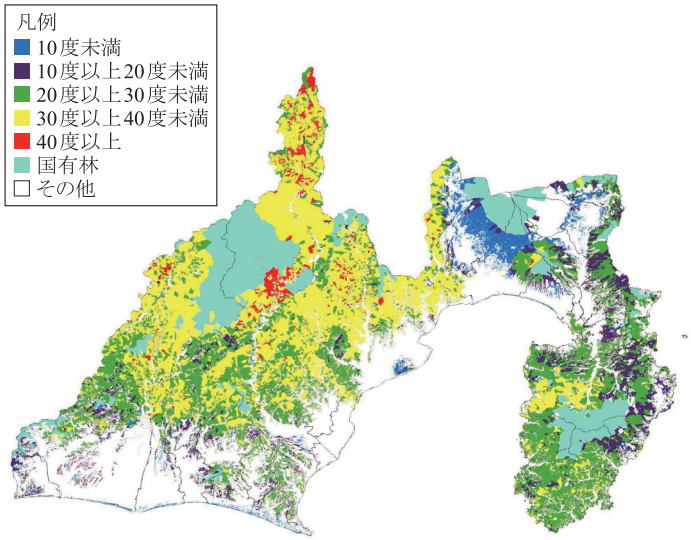


図2　静岡県の傾斜分布図（提供：静岡県庁）

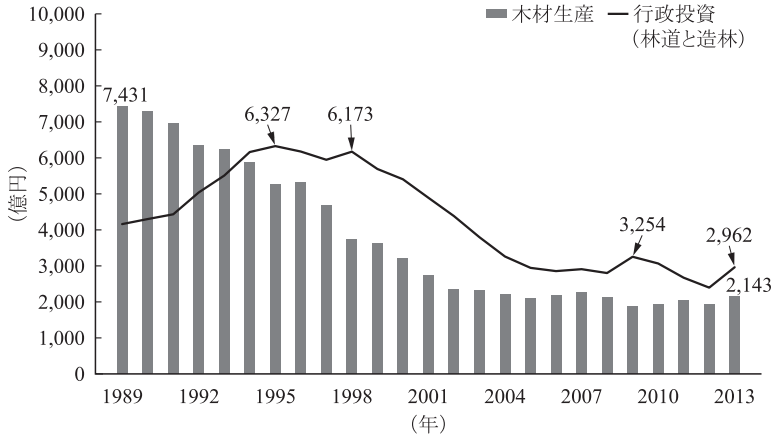


図3　行政投資額と木材生産額

業機械が走行する道を，急傾斜地に整備すること自体危険で，むやみな造成で土砂崩れも発生している．

また排ガス規制への対応で，林業機械用エンジンに困り，また部品の供給停止で製造が中止になった機械もある．林業機械は日本の技術力が見えない分野でもある．

このような状況を踏まえ，筆者らは，日本の山林と林業の実情に立脚した技術開発に挑戦している．立木を伐り倒す2種類のマニピュレータ[4]~[7]と山林内の不整地を走破するモビリティ[8]を開発している．このほか森林情報を可視化するシステム[9]や地形条件等から山林内の林業用の路網を自動生成するシステム[10]を手掛けている．

用　語　解　説

齢級　樹齢1から5年生を1齢級，2から10年生を2齢級と称し，樹木の年齢の5年を1齢級と換算する．

施業　ドイツ語のWaldwirtschaftを訳した森林施業を意味したもので，原語の厳密な意味は森林に関する経済活動，すなわち林業を意味するが，日常的な森林に対する人為的な諸作業の意味に使われる[27]．

毎木調査法　輪尺や測高器などの測定器具を用いて，一定面積内の全立木を1本ずつ測定することにより，主として材積を算出するために行われる調査である．同時に，毎木調査は林分成長量の測定，林分構造を明らかにするための基本的な調査方法である[27]．

2.2　林業の補助金

林道，造林の補助金だけで2,962億円／年[11]，木材生産額2,143億円／年[12]を超えている（図3）．現在の日本林業は，その時々の補助金を得るために，行政の指示どおりに作業を行っている事業体も多い．そして補助金自体もそのときの時勢によっているだけで，そこにルールが見えない．本来イノベーションが生まれるのは現場である．しかし現行制度は，現場が試行錯誤し，創意工夫できる余地が少ない．外国の高官が，日本林業は補助金王制だと形容した．こういった制度疲労も日本林業の特異性の一つである．

このほか林業には，国有林野事業特別会計（2012年から国有林野事業債務管理特別会計）がある．この特別会計の累計債務は3兆8,000億円（1998年）に達し，このうち2兆8,000億円を一般会計に帰属させ，つまり一般会計に返してもらい，残る1兆円を，国有林の特別会計で2048年までに返済することになっている[13]．

国有林に掛かる費用を一般会計で出すことができる．一般会計で費用を出し，しかしそこで収穫された木材から得られる収益が，特別会計に入ることがある．また国有林内にある貴重な森林資源が伐採されて販売されていることも一般メディアで問題として取り上げられてきた．

仮にシビアにコストを見なくてもいい木材が，公の力を借り，大量に市場に出回ると，木材価格はどうなるだろうか．また先に述べた補助金の誘導で，全国から一斉に，同じような木材が，市場に出されれば，木材価格は，どのような現象を引き起こすだろう．かたや補助金などに頼らず，通常の産業活動に等しく自社で生産費を賄い，民有林において木材生産をし，販売している事業者もいる．彼らが競争力を持ち続けることができるだろうか．産業自体も健全性を保つことができるだろうか．

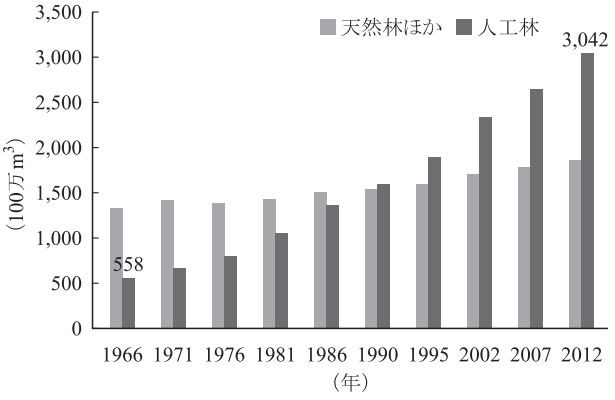


図4　天然林と人工林の蓄積量（文献(15)から作成）

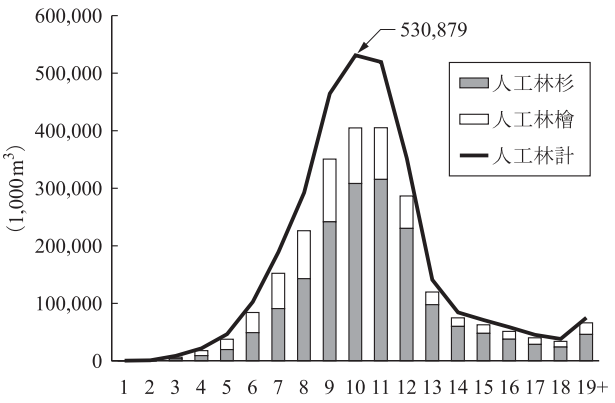


図5　人工林の齢級[用語]別蓄積量（文献(15)から作成）

2.3　資源量

我が国は国土の67%が森林で，面積（2,500万ha），蓄積（49億m^3）と，資源そのものの絶対量[14]も多い．特筆すべきは，単位面積当りの蓄積量が大きいことである．更にその蓄積量が増え続けている．また量を増やしているのは，人が植えた人工林である（図4）．またその中でも，戦後植林した杉，檜に資源分布が片寄っている（図5）．杉，檜はいずれ収穫するものとして，人為を加えて植えたものである．手を入れず，放置すれば，いずれ土砂崩れの危険もある．

また1年間に木が成長する量を成長量といい，欧州の林業国では，毎年，成長量の約7割[16),(17]を収穫している．一方，我が国では成長量の約2割[17),(18]しか収穫していない．林業のみならず，自然環境の保全のためにも，我が国では森林資源を利用すべきである．これが木を切らなければならないと言われるゆえんである．

3. 資源の把握と情報管理

結論から述べると，以上の森林資源の数量は推計値であり，この増え続ける莫大な資源について，どこに，どのようなものが，どれだけあるかは，正確には把握されていない．そして，その資源には，所有者や所有境界が不明なものがある．そしてこの資源の計測のほとんどが，現在も手作業である．

欧州は我が国と状況が異なり，森林資源は重要な産業用の資源で，むしろ供給が需要に追い付かず，その生産効率を図るため，情報通信技術の開発も盛んである．ここでは，林産企業が集まって開発したStanForD: Standard for Forest machine Data and Communicationを挙げる．これは，元々は林業機械間のデータの規格を定めたデファクトスタンダードである．現在，北欧を中心とした林産メジャーで使われている．StanForDが拡張され，林業における生産，流通の一つの情報通信基盤を作りつつある．

オペレータが，重機の腕先で立木をつかむと，キャビネットの画面にはその立木の直径，そしてどの長さに切ると，幾らで販売できるかが表示される．これにより瞬時に生産の最適化を図ることができる．これに比べ，日本は，誰が幾らで買うか分からないまま切り出される（生産される）ことが多く，そして市場に滞り買いたたかれる．これも日本林業の特異性である．

3.1　資源の把握

日本で森林の資源状況を示す資料は，森林簿である．都道府県ベースで整備されている．しかしこの森林簿も実態と合っていない．これはどうしてだろうか．

まずどのような調査が行われてきたか見ていく．戦後の我が国では「1949年からおよそ10年を費やして全国

一斉に実施された森林の一筆調査以降こうした悉皆調査は行われたことがない[19]」．以降は，全数調査ではなく，標本調査であり，つまり全国値は推計値である．

それから調査は 1954 年（プロット数：3,000 点），1961 年（第 1 回全国森林資源調査，プロット数：1 万点），1966 年（第 2 回全国森林資源調査，プロット数：全国都道府県 7,907 点，国有林営林局 1 万 677 点）が行われている[20]．なお 1970 年に民有林森林生産力調査が行われている[20]．

その後，全国レベルの調査は，ようやく 1999 年に，森林資源モニタリング調査(注1)として再開される[20]．このモニタリング調査より前の調査（前述）は，森林簿のデータを集める調査である．しかし再開後の 1999 年以降は 1995 年のモントリオール・プロセス，サンチャゴ宣言に基づくもので異なる[20]．このデータはそのまま国に集められ，（国際的に森林経営の持続可能性を評価するための）基準・指標に用いられる以外に利用されることは考えられていない[22]．またこのほかにも京都議定書に対応した国家森林資源データベース[23]も開発されている．

では，話を戻し，森林簿の大本の生データの精度は，どのようなものであったのだろうか．1949 年から始まった調査（悉皆調査）は「同調査に携わった経緯によると（筆者注：この文章の作者が調査に携わっている），未熟な調査員が大動員されたこともあって調査成果の精粗に大幅な較差があった[19]」そして「その後の蓄積成長量は五年ごとに行われてきた「地域森林計画」の改定に際して個々の林分ごとの推定成長率による蓄積増加量を机上（コンピュータによる）で加算してきたこと（既に十数回に及ぶ）などの理由によって精度的にはやや劣ることは否めない．[19]」

また 1954 年の調査報告書のはしがきに「当時標準地または目測による調査が一般的で（中略）その調査は目測を主体として行われて来たため，資源の実態は把握されていない状況である[20]」とある．

このように森林簿の大本の生データが，いつ頃のものであり，そして，その精度はどのようなものか，そこから推計を重ねて，近年に至っている経緯が分かるだろう．空撮等で面積の精度は出ても，そこから上に課題がある．

この森林簿に対して，2016 年の森林法の一部改正で，新たに林地台帳[24]の創設がうたわれ，2019 年をめどに整備される予定になっている．森林簿の作成主体が都道府県に対して，林地台帳は市町村になっている[24]．

森林簿や森林計画図を元に，所有者等の情報は伏せ，森林 GIS（Geographic Information System，地理情報システム）として公開している都道府県もある．所有者で林業をしている者は，この森林 GIS を見て，実際との違いが分かるため，申告している者もいる．

3.2 山林の所有境界

上空に伸びる資源から次に大地に広がる林地について話を移す．地積調査の全国の進捗率は 51%（2016 年 3 月）[25]である．この地籍調査では土地の境界線などを調査しており，それが国土の半分しか終了していないことを意味する．山林内の所有境界に至っては，目印となるのは，木や岩などである．筆者も現場で「ここが境界です」と見せてもらう．しかし言われなければ，判別は難しい．不在村地主も多く，また山林内の所有境界を把握している方が既に御高齢で，彼らを山中に連れて行くことすら難しくなっている．

また登記簿の公図も，調査が終わっていなければ，団子図（場所を示した程度の図）が多く，現況と一致するものではない．登記簿に記された面積より実際の面積の方が広く，これを縄延びと呼び，登記簿より実際の面積が小さいことは余りない．「幽霊山林」と呼ばれる山林が存在することは，拙著「森林の崩壊」[26]でも述べた．登記簿に記録されている土地の面積を足し合わせても，日本地図は完成しない．上空に伸びる資源のみならず，大地に広がる地面についてもこの状態である．

このような状況で，現在いろいろな取組みが始まっている．しかし現場から見ると，記録に見る資源情報も，現実と乖離したものであったり，今にも崩れそうな山林があっても，どこまで誰の山林なのかが分からず，調べるのに手間が掛かり，結局，何もできなかったりしている．

地籍調査の遅れは，先進国では珍しい．所有境界についても，例えばフランスでは，日本の森林簿に相当する帳簿に，地籍調査が完了した地図に対応した番号がきれいに振られていた．

以上に述べた生データから先については，近年，様々な取組みがなされ，森林 GIS をはじめ，森林クラウドも始まっている．

3.3 計測の技術

計測の目的は，大きく二つある．先に述べた全国を対象にした，森林の状況を把握するための調査と林業の作業（施業(用語)）ごとに行う「毎木調査(用語)」である．ここで制度の話を補足すると，補助金を得るためにも毎木調査は必須である．しかしこの調査結果が自動的に森林簿等にリンクするわけではない．

現実的には，まだ計測の大半は手作業である．立木の直径測定には輪尺が使われ，樹高の測定にはブルーメラ

（注 1） 1999 年からの森林資源モニタリング調査は，2010 年から森林生態系多様性基礎調査に代わり，5 年で全国を一巡するようになっている．第 1 期 1999～2003 年，第 2 期 2004～2008 年，第 3 期 2009～2013 年，現在，第 4 期 2014 年～が行われている．国土全域に 4 km メッシュを想定し，その交点を調査プロットとし，そのプロット面積は 0.10 ha で，調査対象地点数は 14,838 点となっている[21]．

イス，そして超音波測定器，レーザ測定器も使われる．どれも人が手に持ち，カメラのファインダーをのぞく要領で計測する．筆者も計測を手伝うが，これが重労働である．我が国の急峻な林地を歩くこと自体，大変な労力を要する．

山林の所有境界の確定についても，別の大変な労力が掛かっている．現在は所有者を探し出し，所有者が探し出せた場合には，所有者が現地に立ち会うか，所有者のところへ出向き，図面や写真で説明する等の手法が取られている．この技術開発には，土地の所有権に関する社会制度も横たわるだろう．

3.4 ICT 導入のはじまり

平成 28 年度の森林・林業白書には「ICT の活用」が，言葉として登場し，平成 29 年度の林業成長産業化のモデルにも，ICT をうたった地域が出てきた．

まず上空からの航空機レーザ測量を用いた ICT 活用[28]がある．熊本，秋田で実験が行われている．実験は森林組合等の単位が対象であり，まだ個々の事業者に手が届くものではない．これからデータの帰属や経年変化の測量等も議論になるだろう．

また航空機に搭載したレーダ（L バンド合成開口レーダ）を用い，バイオマス量の計測事例[29]もある．このほか公の衛星を使ったレーダ測量については，現在，一般利用可能な分解能（ALOS-2「だいち 2 号」陸域観測技術衛星 2 号に搭載された PALSAR-2 の分解能）は 1 m×3 m[30]で，まだ林業の現場で使用できる精度ではない(注2)．

林業では地上で実物を測ることが重要である．上空からのレーザ測量による毎木調査でも，立木の直径等は推計値であり，その計算のために，地上で相当数の立木を，人が測る必要がある．また直径以外にも「矢高」といい，これは，樹幹の垂直方向の曲りを示す指標で，この計測も，実際の立木を目の前にしなければ難しい．

地上で計測する機器として，森林三次元計測システム OWL（アウル）[31]が開発されている．(株)森林再生システム（速水　亨代表）と(株)アドイン研究所が中心に開発したものである．OWL はレーザスキャナを用い，そのデータを元に三次元マップを生成する．(株)森林再生システムの速水氏から，OWL は矢高まで分かり，そして 2017 年現在，スキャンデータを取得後，三次元マップの生成に要する計算時間が 1 分を切るまでになったと聞いている．価格も一式 423 万円（2017 年 1 月）[31]まで下がっている．このほか森林立体視ソフト（もりったい）[32]も開発されている．

(注 2)　我が国で最高の分解能を持つ ASNARO（高性能小型衛星システム）は 0.5 m の地上分解能を持つ．しかし取得データは非公開で，また森林の計測が目的ではない．

また研究者の調査にも，樹種を目視で，同定する作業がある．しかし専門家でも見間違える樹種がある．現在の OWL でも，樹種の特定までは難しい．このほか，毎木調査では，樹皮を評価の対象とすることもある．樹皮の様子から，例えばその土地の主な風向が分かることがある．ここから，樹皮をむいた下がどうなっているのか，技能者は推察する．実際に立木を収穫するにあたり，様々な立木の様子を捉え，そこから内部の様子を思い浮かべる．樹木の外観から，その地域に，いつ間伐が入ったか等も推し量ることもある．

高価な木材ほど，技能者個人の経験や勘に頼る傾向がある．樹皮を取り去り，製材してみなければ，一般人の目には見ることができない，材木としての価値を，技能者は，山中に立っている立木の状態で見極めようとする．彼らの頭には，その土地の歴史も入っている．これぱかりは技術に置き換えるのは，難しいのかもしれない．

3.5 林業における ICT のこれから

ICT の導入は，本稿で取り上げた資源の把握と情報管理の次にある，流通段階でも始まっている．

近年，公の事業で各地に木材を加工する工場が建設され，そこへ向け，チップや合板，集成材になる木が集められている．逆に建設された工場の規模に見合う量が集まらない所さえある．山から町へ木材が出ることは良いことだが，大量に安価な木だけを出し続ければ，山は，いろいろな意味で衰える．伐採後，そのまま放置される山が問題になっている．

またこれらは，国産にこだわらない工業製品用の材料である．一方，木を木として扱う，付加価値の高い木材が流通しにくくなっている．耐久性を重視する木造建築は，同じ気候風土で生育した国産材を好む．戦後の拡大造林では，本来この目的で使われる杉，檜を植えている．数値には表現しにくい木材の価値が，山に再生産の意欲と現実的な費用を還す．木材をコンクリートや金属と等しく扱うべきではない．山林から木材，木造に至る分野には，戦後，急速に進んだ工業化の過程で見失ったものが，凝縮されてある．今後の ICT の発達で，何を失う可能性があるのか，常に考える必要があると思う．

一方で，新しい技術開発を生かすための社会制度の用意も求められるであろう．また山林は個人のものでありながら，同時に国土であり，皆のもの，公共財でもある．今後の技術開発で，そこから得られるものを，どう扱うのか，公と私にまたがる，その役割をどう考え，それをどう社会制度に創り込むかも重要であろう．

4. お　わ　り　に

我が国において，政策や制度をつかさどる意志決定の世界が，それを実際に実行しなければならない現場とは

同じ世界には思えないことがある．二つの別の世界がある．例えば，補助金で入れた海外の林業機械を，どこで動かせるか，探す現場もある．海外では採算を合わせるため，夜間も動かすことがある．日本ではフルには動かせない，この高価な機械の採算を，これから，どう合わせていくのだろう．そしてこの現実は，もう一つの別の世界には伝わらない．日本林業の技術開発では，これを使ったらよい，これを作ったらよいと，そこにいない人に言われたものから，その先の持続性と発展を得るのは難しい．

中欧の行政担当者は，それが省庁の担当官であっても，現場に精通していた．そうでなければ担当官とも，専門家とも呼ばれないのであろう．産官学の立場と役割の違いを尊重し，意思疎通ができていた．一方，我が国では，日本的な序列が上から下へ長く伸びる縦割りが，問題を解きにくくしている．この違いも日本林業の特異性の一つに加えたい．

現場で調査しているときに「研究者がサボっている」とお叱りを受けたことがある．それが自分の専門ではない分野でも，彼らには行政の縦割りと同じように，意味がない．学問分野の壁や行政の所轄は，学費や税金などで作られる仮想現実の世界でしか，成立しないのかもしれない．同じ「鹿」対策にも，農林水産省，林野庁，環境省の違いがある．鹿は，自分がどの省庁の事業で撃たれたかは，知らない．

自ら現場へ行き，現場の一人として発想しなければ，正に机上の空論である．筆者はフィールド重視で分野の障壁のない，高い社会性を帯びる大学にいる，ここから見える日本の山林は，研究の宝の山に映る．

文　　献

（1） 白井裕子，“日本林業の蘇りを目指した新たな技術開発―日本林業の特異性を克服する伐倒マニピュレータの提案―，”Synthesiology（AIST），vol. 9, no. 4, pp. 235-251, 2016.
（2） 林業・木材製造業労働災害防止協会，林材業労働災害防止関係統計資料，http://www.rinsaibou.or.jp/cont03/03_frm.html（2017年5月25日閲覧）
（3） 林野庁，高性能林業機械の保有状況，http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/daisuu.html（2017年5月25日閲覧）
（4） 白井裕子，飯塚隆真，“伐倒ポータブルマニピュレータ巽TATSUMIの開発，”日本機械学会論文集，vol. 81, no. 831, 15-00169, 2015.
（5） 樹木の伐倒システム，樹木情報検出装置及びそのプログラム，特願2013-63309，出願日2013年3月26日．
（6） Y. Shirai and Y. Matsuo, “Tree felling manipulator with drill bit-fitted end mill,” Journal of the Japan Forest Engineering Society, vol. 32, no. 3, pp. 59-69, 2017.
（7） 樹木の伐倒装置，特願2013-63308，出願日2013年3月26日．
（8） Y. Shirai and H. Endo, “Crawler-type transport mechanism that can travel over forest land,” Journal of the Japan Forest Engineering Society, vol. 31, no. 3, pp. 113-120, 2016.
（9） T. Kato, A. Kato, N. Okamura, T. Kanai, R. Suzuki, and Y. Shirai, “Musasabi, 2D/3D intuitive and detailed visualization system for the forest,” SIGGRAPH 2015 Posters, no. 79, 2015.
（10） 路網ルート設計装置及びそのプログラム，並びに路網ルート生成表示システム，特願2016-95747，出願日2016年5月12日．
（11） 総務省，行政投資実績，1992～2016.
（12） 農林水産省，生産林業所得統計，1991～2016.
（13） 会計検査院，平成10年度決算検査報告，http://report.jbaudit.go.jp/org/h10/1998-h10-0551-0.htm（2017年5月25日閲覧）
（14） 林野庁(編)，森林・林業統計要覧2015，日本林業協会，2015.
（15） 林野庁，森林資源の現況，http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/index.html（2017年5月25日閲覧）
（16） United Nations Economic Commission for Europe : UNECE Statistical Database, Forestry（FOREST EUROPE/UNECE/FAO），http://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/STAT_26-TMSTAT1_005-TM15Others（2017年5月25日閲覧）
（17） 石井　寛，神沼公三郎，ヨーロッパの森林管理，日本林業調査会，2005.
（18） 林野庁，木材需給表 長期累年統計表，2016.
（19） 島崎洋路，増補版山造り承ります，山辺書林，2010.
（20） 吉田茂二郎，“現行の全国森林資源モニタリング調査と戦後のわが国の森林資源調査について，”日本森林学会誌，no. 90, vol. 4, pp. 283-290, 2008.
（21） 林野庁，森林生態系多様性基礎調査，http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tayouseichousa/houhou.html（2017年5月25日閲覧）
（22） 後藤淳志，光田　靖，今村光晴，吉田茂二郎，今田盛生，“森林資源モニタリング調査のデータ管理システムの構築，”日本林学会九州支部研究論文集，no. 54, pp. 17-18, 2001.
（23） 松本光朗，粟谷善雄，家原敏郎，高橋正通，京都議定書に対応した国家森林資源データベースの開発，森林総合研究所平成18年度研究成果選集．
（24） 林野庁，林地台帳制度，http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/rinchidaityou/rinchidaichou.html（2017年5月25日閲覧）
（25） 国土交通省，全国の地籍調査の実施状況，http://www.chiseki.go.jp/situation/status/index.html（2017年5月25日閲覧）
（26） 白井裕子，森林の崩壊，新潮社，2009.
（27） 日本林業技術協会(編)，森林・林業百科事典，丸善，2001.
（28） アジア航測株式会社，航空レーザ計測による森林資源解析と森林計画への応用＜事例紹介＞，http://www.ajiko.co.jp/product/detail/ID4TCIEEM21/（2017年5月25日閲覧）
（29） 加藤　顕，航空レーザー測量およびPALSARを用いた森林整備に伴うバイオマス量変化の把握，（環境省HP），https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/special/houkoku/data_h23/RF-1006.html（2017年5月25日閲覧）
（30） 宇宙航空研究開発機構，ALOS-2 SOLUTION BOOK，宇宙航空研究開発機構，2014.
（31） (株)アドイン研究所，森林3次元計測システムOWL(アウル)，http://www.adin.co.jp/service/detail_8.html（2017年5月25日閲覧）
（32） 一般社団法人日本森林技術協会，日本森林技術協会の販売物・出版物，http://www.jafta.or.jp/contents/publish/6_list_detail.html（2017年5月25日閲覧）

（平成29年6月5日受付　平成29年7月31日最終受付）



白井　裕子（しらい　ゆうこ）

早大・理工・建築卒．稲門建築会賞受賞．ドイツバウハウス大留学．早大大学院理工学研究科修士課程了．野村総合研究所勤務．早大で博士（工学）．学振特別研究員PD．フランス国立科学研究機構研究員等．現在早大理工学術院・客員教授兼職．



今冨　裕樹（いまとみ　ゆうき）

国立研究開発法人森林研究・整備機構にて林業生産の効率の向上，森林作業の省力化，労働安全の向上，路網の整備計画，林業機械の開発や改良等の研究に従事，同機構の林業工学研究領域長，四国支所長．現在，東京農大・地域環境科学・森林総合科学・教授．