

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：34419

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K14948

研究課題名(和文) 樹幹表面積の保存則の新たな展開

研究課題名(英文) New developments of the conservation rule of stem surface area

研究代表者

井上 昭夫 (Inoue, Akio)

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：80304202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：Inoue and Nishizono (Eur J For Res, 2015)において発見した「樹幹表面積の保存則」に関し、さらに研究を進め、以下の成果を得た。(1)樹高と胸高直径の積を変数とする樹幹表面積の回帰モデルは、地域、樹種、樹幹サイズ、人工林と天然林との違いに関係なく普遍的である。(2)樹幹表面積に基づく林分密度指標を提案し、人工林のデータを用いて、従来の密度指標と比較したところ、両者に強い関連性が認められた。(3)樹幹表面積の保存則は、人工林だけでなく天然林においても成立する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、森林動態の理解については、現存量(バイオマス)または幹材積をもとに取り組みられてきた。しかし、樹木の場合、樹幹内部の大部分が死細胞によって構成されており、生活細胞は樹幹表面近くの限られた部分にしか存在しない。この点において、森林の動態を理解する上で、表面積を基礎とすることには高い合理性がある。このような背景から生まれた「樹幹表面積の保存則」に関し、本研究ではそのさらなる検証と応用について研究を進めたものである。得られた成果については、森林動態の理解に新たな視点を与えるという学術的な意義にとどまらず、密度管理(間伐)への応用という実用的な意義も有している。

研究成果の概要(英文)：I studied the conservation rule of stem surface area proposed by Inoue and Nishizono (Eur J For Res, 2015). Main results are as follows: 1) The regression model between stem surface area and the product of tree height and diameter at breast height is general independent of the district, species, stem size and stand type (plantations or natural forests). 2) An index for quantifying the stand density was proposed in relation to the conservation rule. The comparison of the proposed index with the previous one demonstrated the strong correlation among them. 3) The conservation rule might hold for both plantations and natural forests.

研究分野：森林科学

キーワード：樹幹表面積 針葉樹人工林 自己間引き 森林計測 密度指標 針葉樹天然林 森林動態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

樹木の場合、樹幹の大部分は死細胞によって構成されており、生活細胞は樹幹表面近くにしか存在していない。したがって、自己間引きのような林木の枯死を考える際には、従来の研究のように樹幹の体積(幹材積)ではなく、樹幹表面積で考える方が合理的だと考えられる。

Inoue and Nishizono (European Journal of Forest Research, 2015) は、過密な針葉樹人工林の場合、単位土地面積あたり樹幹表面積合計の値に上限が存在し、その値は樹幹サイズや林分密度によらず一定であることを明らかにした。そして、この法則を「樹幹表面積の保存則」と名付けた。

2. 研究の目的

本研究では、「樹幹表面積の保存則」に研究の関する新たな展開として、以下の4点を明らかにすることを目的として研究を実施した。

- (1) 樹幹表面積を正しく計測するための方法について検討する。
- (2) 樹幹表面積を推定するための回帰モデルについて再検討する。
- (3) 樹幹表面積に基づく密度指標を提案し、その妥当性について議論する。
- (4) 老齢針葉樹天然林における樹幹表面積の動態を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 樹幹表面積の計測方法

モウソウチクを材料として、稈表面積の計測方法について検討した。まず、fine resolution analysisにより9本のモウソウチクの稈形を詳細に測定し、その結果から稈表面積を算出した。次いで、稈を高さ方向に2等分、5等分、10等分および20等分した位置における稈直径を求め、区分求積法によって稈表面積を求めた。そして、稈高と胸高直径あるいは地際直径をもとに、稈を円錐形と仮定することで、表面積を推定した。さらに、これらの結果を比較することで、稈表面積の計測に最適な方法について検討した。比較方法の概要を図1に示す。

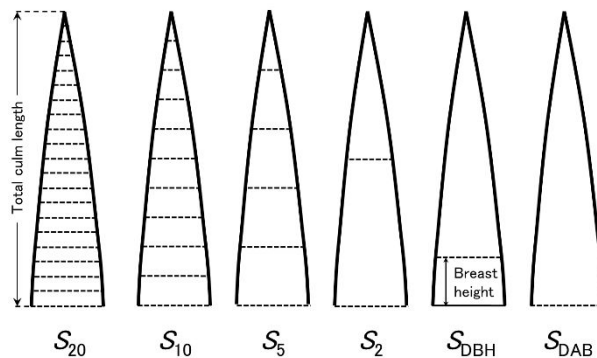


図1 比較に用いた表面積の計測方法の概要

(2) 樹幹表面積の回帰モデル

マダケ属3種(モウソウチク、マダケおよびハチク)を対象として、Inoue (Journal of Forest Research, 2004) や Inoue and Suga (Journal of Forest Research, 2009) と同様の方法により、稈表面積と他の稈指標(胸高直径や稈高)との関係を解析した。モウソウチクは1地域から200本、マダケは4地域から520本、ハチクは2地域から170本収集した試料を解析に供した。比較には、胸高直径を変数とするモデルならびに稈高と胸高直径の積を変数とするモデルの2つを比較した。

また、針葉樹天然林において収集された8樹種(ヒノキなど)122本の伐倒木データを解析に供した。解析方法は、上述したマダケ属3種の場合と同様である。また、樹幹表面積をもとに、幹呼吸量を推定する際に用いられる円錐近似モデルとの比較も試みた。さらに、モンテカルロ法により、回帰モデルの推定において必要となるサンプル数についても検討した。

(3) 樹幹表面積に基づく林分密度指標

樹幹表面積の保存則をもとに、新しい密度指標を開発した。この指標は、単位土地面積あたり樹幹表面積合計 S_{max} と現実林分における樹幹表面積合計 S の比により与えられる ($= S/S_{max}$)。したがって、この指標は理論的には0から1の範囲の値をとり、林分が密なほど1に近い値をとる。わが国におけるスギ(14地域)、ヒノキ(11地域)のデータを用いて、この指標と従来からの密度指標である収量比数や相対幹距とを比較した。

(4) 針葉樹天然林における樹幹表面積の動態

老齢針葉樹天然林 4 林分において 10 年間隔で 20 年にわたり継続的に収集された計 3 回の森林調査データをもとに、樹幹表面積の動態を解析した。樹幹表面積の推定においては、(2)で明らかにした樹高と胸高直径の積を変数とする回帰モデルを用いた。

4. 研究成果

(1) 樹幹表面積の計測方法

Fine resolution analysis によって得た稈表面積を真値と仮定し、いくつかの方法によって求めた稈表面積の計測方法を比較したところ、稈を高さ方向に 10 等分した位置における直径(十分位直径)を測定し、区分求積法によって表面積を求めることが最適であると判断できた(図 1 の S_{10})。この成果については「Inoue A and Sakamoto M (2017) Comparing the methods for quantifying the culm surface area of bamboo, *Phyllostachys pubescens*. Ecological Research 32(3): 445-450」において公表している。

(2) 樹幹表面積の回帰モデル

マダケとハチクについては、種間、地域間で回帰モデルを区別する必要がない一方、モウソウチクについては稈の細りと形状比の変異のため、他の 2 種とは異なるモデルが必要と考えられた。また、推定のための変数としては、胸高直径と稈高の積よりも、むしろ胸高直径のみの方が有用であることが示唆された。この成果については「Inoue A, Miyazawa Y, Sato M and Shima H (2018) Allometric equations for predicting culm surface area of three bamboo species (*Phyllostachys* spp.). Forests 9(6): 295」において公表している。

針葉樹天然林において収集されたデータにより、樹高と胸高直径の積を変数とする回帰モデルでは、林分や樹種とは無関係に回帰係数の値が安定していることがわかった。また、得られた天然林での回帰係数を人工林での回帰係数 (Inoue, Journal of Forest Research, 2004) と比較したところ有意な差は認められなかった。一方、円錐近似モデルを用いた場合、樹幹表面積が約 20%過小評価されることも明らかになった。さらに、モンテカルロ法による解析からは、樹高と胸高直径の積を変数とする回帰モデルの場合、20 本程度のサンプルがあれば、安定した回帰係数が得られることも示唆された。この成果については「Inoue A, Koyama R, Koshikawa K, Yamamoto K (submitted) Comparison of the models for estimating stem surface area of coniferous trees grown in old-growth natural forests.」として論文にまとめ、2020 年 1 月に投稿している。

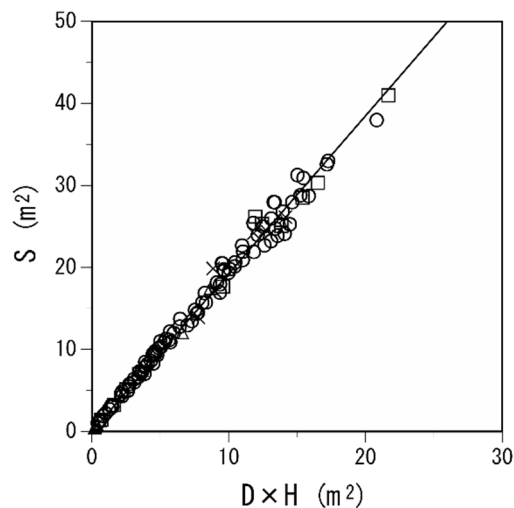


図 2 針葉樹天然林における樹高と胸高直径の積と樹幹表面積との関係
図中の凡例の違いは、樹種の違いを示す。

(3) 樹幹表面積に基づく林分密度指標

新しい密度指標は収量比数と同様、理論的に 0 から 1 の値をとる一方で、その範囲については新しい密度指標の方が広がった。このことから、新しい指標の方が、収量比数に比べて密度の変化に対し、より敏感な指標であることが示唆された。また、これらの指標間の関係は、指数曲線によって上手く表現でき、指標間での互換性のあることがわかった。しかし、その関係式の係数は、地域や樹種によって若干異なることがわかった。この成果については「井上昭夫・西園朋広 (2017) 樹幹表面積に基づく林分密度指標の提案. 第 73 回九州森林学会大会」ならびに「井上昭夫・西園朋広 (2017) 樹幹表面積に基づく林分密度の表現. 森林計画・計測における統計理論の応用に係わる若手研究集会」として口頭発表を行い、現在、論文化の作業を進めているところである。

(4) 針葉樹天然林における樹幹表面積の動態

針葉樹天然林における単位土地面積あたり樹幹表面積合計の値は、解析の対象とした4つの林分のいずれにおいても20年間にわたり安定した値で推移した。この事実は、Inoue and Nishizono (European Journal of Forest Research, 2015) の提案した「樹幹表面積の保存則」が針葉樹人工林だけでなく、針葉樹天然林においても成り立つことを示唆している。しかし、樹幹表面積合計の上限値は林分ごとに異なっていた。一方、樹幹表面積の動態を単木スケールでみた場合、(1) 林木の成長による樹幹表面積の増加、(2) 林木の成長が検出されないことによる樹幹表面積の安定、(3) 林木の枯死による樹幹表面積の減少という3つのパターンが認められた。したがって、上述した単位土地面積あたり樹幹表面積合計の安定性は、林木の成長にともなう表面積の増加と枯死にともなう表面積の減少の均衡した動的平衡状態としてみられるべきであろうと考えられた。この成果については、現在、学会発表ならびに論文化に向けての準備を進めているところである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Inoue, A. and Shima, H.	4. 巻 33
2. 論文標題 Survival time of Princess Kaguya in an air-tight bamboo chamber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forma	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5047/forma.2018.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Inoue, A., Miyazawa, Y., Sato, M. and Shima, H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Allometric equations for predicting culm surface area of three bamboo species (<i>Phyllostachys</i> spp.)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 295
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/f9060295	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Inoue, A., Sato, M. and Shima, H.	4. 巻 425
2. 論文標題 Maximum size-density relationship in bamboo forests: case study of <i>Phyllostachys pubescens</i> forests in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forest Ecology and Management	6. 最初と最後の頁 138-144
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.foreco.2018.05.044	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Inoue, A., Shimada, M., Sato, M. and Shima, H.	4. 巻 30
2. 論文標題 Estimation of culm volume reduction factors in five bamboo species (<i>Phyllostachys</i> spp.)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Forestry Research	6. 最初と最後の頁 2069-2078
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11676-018-0767-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jeong, S., Otsuki, K., Inoue, A. and Shinohara, Y.	4. 巻 24
2. 論文標題 Marked difference of rainfall partitioning in an unmanaged coniferous plantation with high stand density	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 107-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2018.1551116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷祐貴・亀山侑平・宮川 奨・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕	4. 巻 75
2. 論文標題 竹の維管束配列と曲げ応力の関係に関する理論的考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 A-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Inoue, A., Koshikawa, K., Harada, R. and Kirimura, S.	4. 巻 43
2. 論文標題 Measurement of stem form of Japanese cedar (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) trees in the Takakuma Experimental Forests, Kagoshima University (1)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Research Bulletin of the Kagoshima University Forests	6. 最初と最後の頁 67-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ito, K., Ota, T., Mizoue, N., Yoshida, S., Sakuta, K., Inoue, A., Ito, S. and Okada, H.	4. 巻 22
2. 論文標題 Differences in growth responses between <i>Cryptomeria japonica</i> and <i>Chamaecyparis obtusa</i> planted in group selection openings in Kyushu, southern Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 126-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2017.1283978	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 永野美穂・井上昭夫・三小田憲史・宮沢良行・丸山篤志・高木正博・大槻恭一	4. 巻 99
2. 論文標題 阿蘇地域のヒノキ高齡低密度人工林における遮断率の観測	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本森林学会誌	6. 最初と最後の頁 70-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4005/jjfs.99.70	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Inoue, A. and Sakamoto, M.	4. 巻 32
2. 論文標題 Comparing the methods for quantifying the culm surface area of bamboo, <i>Phyllostachys pubescens</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 445-450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-017-1453-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato, M., Inoue, A. and Shima, H.	4. 巻 12
2. 論文標題 Bamboo-inspired optimal design of functionally graded hollow cylinders	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLoS ONE	6. 最初と最後の頁 e0175029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0175029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyazawa, Y., Inoue, A., Maruyama, A., Otsuki, K. and Giambelluca, T.W.	4. 巻 32
2. 論文標題 Transpiration under varying environmental conditions: comparison of modeled and measured transpiration for trees in a cool temperate forest in Mt. Aso, Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 547-557
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-017-1471-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Inoue, A., Tochihara, S., Sato, M. and Shima, H.	4. 巻 31
2. 論文標題 Universal node distribution in three bamboo species (Phyllostachys spp.)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 1271-1278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-017-1546-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井上昭夫	4. 巻 907
2. 論文標題 「理論的材積式」の開発, 検証, 普及	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 森林技術	6. 最初と最後の頁 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀山侑平・宮川 奨・谷垣俊行・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕	4. 巻 74
2. 論文標題 竹の異方性および維管束配置を考慮した円筒構造における断面扁平抵抗の定式化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 A-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 齋藤太郎・宮川 奨・谷垣俊行・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕	4. 巻 74
2. 論文標題 竹の組織配列に学ぶ複合円筒構造の応力負担最適化に関する考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 A-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤太裕・谷垣俊行・佐藤諭佳・島 弘幸・井上昭夫	4. 巻 72
2. 論文標題 竹の節・組織構造が織り成す円筒体としての合理的な構造特性の理論的解明	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 25-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Inoue, A., Nagano, M. and Sankoda, K.	4. 巻 22
2. 論文標題 Rainfall interception in an intensively managed low density stand of bamboo, <i>Phyllostachys pubescens</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 53-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2016.1273086	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 越河一樹・太田徹志・溝上展也・山本一清・井上昭夫	4. 巻 102
2. 論文標題 地上レーザスキャナによる樹高推定のための望高法の改良	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本森林学会誌	6. 最初と最後の頁 133-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jeong, S., Otsuki, K., Shinohara, Y., Inoue, A., Ichihashi, R.	4. 巻 -
2. 論文標題 Stemflow estimation models for Japanese cedar and cypress plantations using common forest inventory data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 末松直輝・太田徹志・志水克人・福本桂子・溝上展也・井上昭夫・北里春香・草野秀雄・甲斐博文・大政康史	4. 巻 54
2. 論文標題 3. 地上レーザスキャナによる林分構造の推定精度に下層植生とスキャナの設置間隔が及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 森林計画学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Inoue, A., Koshikawa, K., Sato, M., Shima, H.	4. 巻 24
2. 論文標題 Allometric equations for predicting the aboveground biomass of square bamboo, <i>Chimonobambusa quadrangularis</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 376-381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2019.1690723	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳井駿斗・亀山侑平・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕	4. 巻 75
2. 論文標題 竹の種別による形状の違いとその力学特性に関する考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 A-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 古川菜生・亀山侑平・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕	4. 巻 75
2. 論文標題 シホウチクの断面形状から得られる力学的合理性の考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 A-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷祐貴, 亀山侑平, 宮川 奨, 島 弘幸, 井上昭夫, 佐藤太裕	4. 巻 2019
2. 論文標題 竹の維管束配列と曲げ特性の関係に関する理論的考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会 M&M2019材料力学カンファレンス	6. 最初と最後の頁 0S1525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計47件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 佐藤太裕・谷垣俊行・宮川 奨・亀山侑平・島 弘幸・井上昭夫
2. 発表標題 剛性の巧みな傾斜配列にみる竹の力学的最適化戦略とその定量化
3. 学会等名 第21回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀山侑平・宮川 奨・谷垣俊行・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の維管束分布が円周方向曲げ剛性に与える影響について
3. 学会等名 第21回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島 弘幸・佐藤太裕・井上昭夫
2. 発表標題 軽くて丈夫な竹の智慧
3. 学会等名 第85回形の科学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shima, H., Inoue, A. and Sato, M.
2. 発表標題 Bamboo-inspired principle of optimal design: Toward less-material and high-strength structure
3. 学会等名 International Conference on Processing and Manufacturing of Advanced Materials: Processing, Fabrication, Properties, Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上昭夫・佐藤太裕・島 弘幸
2. 発表標題 正形数と形状指数
3. 学会等名 第74回九州森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 末松直輝・太田徹志・溝上展也・井上昭夫・吉田茂二郎・北里春香・草野秀雄・甲斐博文・大政康史
2. 発表標題 地上レーザースキャナーを用いた立木の計測における誤差要因についての検討
3. 学会等名 第74回九州森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jeong, S., Shinohara, Y., Inoue, A. and Otsuki, K.
2. 発表標題 Stand-scale estimation of throughfall and stemflow for Japanese coniferous plantations
3. 学会等名 Joint Conference on Forests and Water 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷祐貴・亀山侑平・宮川 奨・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の維管束配列と曲げ応力の関係に関する理論的考察
3. 学会等名 土木学会北海道支部平成30年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上昭夫・佐藤太裕・島 弘幸
2. 発表標題 モウソウチク林における密度管理図の調製
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 越河一樹・溝上展也・山本一清・井上昭夫
2. 発表標題 地上レーザスキャナのための樹高推定の理論の構築
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上昭夫・西園朋広
2. 発表標題 樹幹表面積に基づく林分密度の表現
3. 学会等名 2017年度森林計画学会秋季発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上昭夫・西園朋広
2. 発表標題 樹幹表面積に基づく林分密度指標の提案
3. 学会等名 第73回九州森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上昭夫・佐藤太裕・島 弘幸
2. 発表標題 竹林の自己間引き
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮川 奨・佐藤太裕・谷垣俊行・島 弘幸・井上昭夫
2. 発表標題 剛性の傾斜分布にみる竹の力学的最適化戦略
3. 学会等名 第20回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高島愛果・秋葉祐里・井上昭夫・島 弘幸
2. 発表標題 柱状節理の亀裂パターン：沖縄県久米島・畳石でのケーススタディ
3. 学会等名 第20回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高島愛果・秋葉祐里・井上昭夫・島 弘幸
2. 発表標題 GISを用いた柱状節理の亀裂パターン解析
3. 学会等名 第28回日本情報地質学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mizoue, N., Ota, T., Inoue, A., Sakuta, K. and Ito, S.
2. 発表標題 Group/strip selection systems in conifer plantations in Japan: Insight from 15-year research experiences
3. 学会等名 IUFRO 125th Anniversary Congress 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashima, A., Akiba, Y., Inoue, A. and Shima, H.
2. 発表標題 Crack pattern analysis of Tatami-ishi: A volcano-derived polygonal fracture in Okinawa
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 亀山侑平・宮川 奨・谷垣俊行・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の異方性および維管束配置を考慮した円筒構造における断面扁平抵抗の定式化
3. 学会等名 土木学会北海道支部平成29年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤太郎・宮川 奨・谷垣俊行・鳥 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の組織配列に学ぶ複合円筒構造の応力負担最適化に関する考察
3. 学会等名 土木学会北海道支部平成29年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jeong, S., Shinohara, Y., Inoue, A. and Otsuki, K.
2. 発表標題 Rainfall partitioning in an unmanaged dense Japanese cypress forest: occurrence of inner change in sub-canopy
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 末松直輝・太田徹志・溝上展也・井上昭夫・吉田茂二郎・北里春香・草野秀雄・甲斐博文・大政康史
2. 発表標題 地上LiDARを用いた林分構造の推定精度に下層植生および計測パターンが与える影響
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上昭夫・鳥 弘幸
2. 発表標題 Reineke式再考
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池田 正・太田徹志・岩永史子・福本桂子・吉田茂二郎・保坂武宣・作田耕太郎・井上昭夫・溝上展也
2. 発表標題 群状・帯状伐採地におけるスギ・ヒノキ植栽木の成長
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷口寛昭・太田徹志・保坂武宣・岩永史子・福本桂子・吉田茂二郎・作田耕太郎・井上昭夫・溝上展也
2. 発表標題 スギ・ヒノキ人工林の帯状伐採による針広混交化の可能性
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鄭 聖勲・大槻恭一・井上昭夫・片山歩美・篠原慶規・智和正明
2. 発表標題 Rainfall partitioning in an unmanaged dense stand for Japanese cypress (<i>Chamaecyparis obtusa</i>).
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秋葉祐里・高島愛果・井上昭夫・島 弘幸
2. 発表標題 ドローン空撮による柱状節理の幾何構造解析
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮川 奨・谷垣俊行・井上昭夫・島 弘幸・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の特異な組織配列から学ぶ円筒構造の傾斜剛性の最適化に関する考察
3. 学会等名 土木学会北海道支部平成28年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷口寛昭・太田徹志・保坂武宣・岩永史子・福本桂子・吉田茂二郎・作田耕太郎・井上昭夫・溝上展也
2. 発表標題 針葉樹人工林の帯状伐採による針広混交林化の可能性
3. 学会等名 第72回九州森林学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 池田 正・太田徹志・岩永史子・福本桂子・吉田茂二郎・保坂武宣・作田耕太郎・井上昭夫・溝上展也
2. 発表標題 帯状択伐林と一斉林のヒノキ植栽木の成長比較 - 大分県長期育成循環施業モデル団地での事例 -
3. 学会等名 第72回九州森林学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nagano, M., I, F., Shima, H. and Inoue, A.
2. 発表標題 Allometric relationship between stem diameter and sapwood area
3. 学会等名 The 2016 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tanigaki, T., Sato, Y., Sato, M., Shima, H. and Inoue, A.
2. 発表標題 Rational bending properties of wild bamboo with peculiar tissue structures and nodes
3. 学会等名 The 2016 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shima, H., Sato, M. and Inoue, A.
2. 発表標題 Unveil the bamboo wisdom: plant-mimetic design toward less-material and high-strength structure
3. 学会等名 The 2016 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 永野美穂・井上昭夫
2. 発表標題 竹林の管理は水資源に影響を及ぼすのか？
3. 学会等名 平成28年度不知火海・球磨川流域圏学会研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shima, H., Inoue, A. and Sato, M.
2. 発表標題 Bamboo: A masterpiece of high-strength and light-weight structure from nature
3. 学会等名 11th International Congress on Mechanics: The Hellenic Society for Theoretical and Applied Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 越河一樹・溝上展也・山本一清・井上昭夫
2. 発表標題 地上レーザスキャナによる樹高計測のための樹幹形の解析
3. 学会等名 平成31年度不知火海・球磨川流域圏学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Orrego, M., Kajisa, T., Tanizaki, Y., Ugawa, S., Inoue, A., Koga, S., Kume, T. Hishi, T. and Enoki, T.
2. 発表標題 Regional scale factors influencing early stage litter decomposition in Moso bamboo stands
3. 学会等名 15th European Ecological Federation Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshikawa, T., Kawamata, Y., Matsumoto, M., Nakasaka, Y., Inoue, A., Sato, M. and Masuda, T.
2. 発表標題 Delignification of bamboo via organosolv treatment using 1-butanol/water biphasic system
3. 学会等名 1st International Lignin Symposium in Sapporo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 越河一樹・太田徹志・溝上展也・山本一清・井上昭夫
2. 発表標題 地上レーザスキャナのための樹高推定の理論の改良
3. 学会等名 第75回九州森林学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷祐貴・亀山侑平・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の維管束配列と曲げ特性の関係に関する理論的考察
3. 学会等名 日本機械学会 M&M2019 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川菜生・亀山侑平・鎌田弥成・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 シホウチクの断面形状から得られる力学的合理性の考察
3. 学会等名 土木学会北海道支部令和元年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳井駿斗・亀山侑平・島 弘幸・井上昭夫・佐藤太裕
2. 発表標題 竹の種別による形状の違いとその力学特性に関する考察
3. 学会等名 土木学会北海道支部令和元年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上昭夫・小山僚太・山本一清
2. 発表標題 針葉樹天然林における樹幹表面積の回帰モデル
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 越河一樹・太田徹志・溝上展也・山本一清・井上昭夫
2. 発表標題 地上レーザ計測における樹高推定式の理論的誘導
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重松友希・太田徹志・溝上展也・井上昭夫・藤本登留・樋口 稔・名取政明・山中正樹
2. 発表標題 地上レーザースキャナによるアカマツ林の形質評価
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎浩司・山本一清・島田博匡・溝上展也・井上昭夫
2. 発表標題 地上レーザによる森林計測の検討課題
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋葉祐里・高島愛果・井上昭夫・石平 博・島 弘幸
2. 発表標題 冷却速度は火成岩の亀裂形状に関係するのか？
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 熊本県立大学くまもと食育ガイドブック作成委員会編	4. 発行年 2017年
2. 出版社 オーエムエス出版	5. 総ページ数 217
3. 書名 くまもと食育ガイドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----