

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580225

研究課題名(和文) 樹木個体情報を基礎にした森林管理手法の体系化

研究課題名(英文) Systematization of forest management methods based on the information of individual trees

研究代表者

田中 和博 (tanaka, kazuhiko)

京都府立大学・生命環境科学研究科(系)・教授

研究者番号：70155117

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年、LiDARと呼ばれる航空機レーザープロファイラ技術の普及に伴い、森林管理手法が革新的に変わろうとしている。なぜなら、LiDARデータを解析することにより、高齢林であれば1本1本の立木の樹高や樹冠面積を計測することが可能であるからである。従来は林分を単位として、胸高直径を基盤的情報として森林管理が行われてきた。本研究では、樹木個体を単位として、樹高を基盤的情報として森林を管理する手法を提案した。また、従来の方法と組み合わせることによって森林管理手法の体系化を試みた。LiDARデータや衛星リモートセンシングデータから個々の樹木の属性情報を取得する方法についても新たな改良を加えた。

研究成果の概要(英文)：With the spread of airborne laser profiler technology called LiDAR(Light Detection and Ranging), the method of forest management is drastically changing, because by analyzing the LiDAR data, it is possible to measure the height and crown size of trees in the forest of advanced age. In traditional forest management, the unit of management is forest stand and dbh is the fundamental information of forest survey. In this study, however, we proposed new forest management methods in which the unit of forest management is individual trees and tree height plays central role as the fundamental information of forest survey. In addition, we made challenge to the systematization of forest management methods which combine the traditional methods and new methods. We also improved the methods of data acquisition about individual trees from the LiDAR data and satellite remote sensing data.

研究分野：森林計画学

キーワード：森林管理 LiDAR GIS オルソフォト リモートセンシング 単木 樹冠 ナラ枯れ

1. 研究開始当初の背景

本研究は、樹木の個体情報を基礎にした森林管理体系の構築を目指すものであるが、その必要性や学術的な背景は、次の4つに集約できる。

(1) 人工林における施業の多様化への対応

これまで通常の森林計画や森林経営では、場所的な概念を表す基本的な単位として林分を用いてきた。現在では、全ての都道府県に森林GIS(地理情報システム)が導入されているが、GISにおいても、土地区画を表すポリゴンは林分ごとに作成されており、そのポリゴンの属性情報として、森林簿の林分のデータが使われている。このように、森林計画では、林分を単位として、森林管理の体系が構築されており、個別の樹木の個体情報は、森林管理や森林計画には直接的には利用されてこなかった。

しかしながら、国内林業が衰退していく中で、間伐を主体とした長伐期施業が広く行われるようになり、また、列状間伐をはじめとして各種の間伐が実施されるようになった結果、林分を森林管理の基礎単位として、そこに森林簿のデータや収穫表を対応させる従来型の森林計画では、施業の違いによる林分の細かな相違を表現することが難しく、より適切な森林管理体系の構築が求められている。

(2) 天然林における環境保全型森林管理体系の必要性

持続可能な森林経営では、環境保全的な側面が強調されており、それに対応できる森林管理体系ならびに次世代型の森林簿が求められている。しかしながら、里山の二次林等は放置されていることが多く、これまで適切に管理されてこなかったし、管理体系も無いに等しい。

(3) ナラ枯れ等の病虫害への対応

ここ数年、京都市近郊でもナラ枯れが発生し、マスコミ等でも大きく報道されたとともに、現在の森林管理手法の不備や脆弱性も明らかになった。結果として、対応に遅れが生じたとともに、被害の拡大を防ぐことはできなかった。ナラ枯れ等の伝染性の病虫害に対しては、被害木の迅速な処理に加えて、事前の予防的措置も必要となるが、被害が特定の樹種に集中することや、穿入生存木が存在することから、単木的な森林管理技術が必要になる。

(4) 森林計測技術の向上

近年のリモートセンシング技術の発展にはめざましいものがあり、特に画像の解像度が著しく向上したことから、大径木であれば一本一本の林冠を判別できる状況にある。最近では、WorldView-2の画像(解像度0.5m)が入手可能であり、単木的な森林モニタリ

ングが可能になりつつある。加えて、航空機レーザプロファイラ技術を用いれば、大径木であれば一本一本の立木の識別や樹高の計測もある程度まで可能なレベルに達している。

2. 研究の目的

現在の森林管理体系では、森林を林分の集合体として捉えて森林計画を作成している。都道府県が管理している森林簿も林分を基本単位にしており、森林GISもそれに合わせて林分ごとにポリゴンと呼ばれる区画を作成している。しかし、林分を基本単位とする考え方は、人工林経営における皆伐を前提にしたものであり、今日の間伐を主体とする長伐期施業や天然林の管理、さらには、近年猛威を振るっているナラ枯れの防除には、情報が粗すぎて有効に機能していない。

そこで本研究では、個々の樹木情報を森林管理の基礎にし、リモートセンシング画像等も活用して、単木を基準にした森林管理体系を、人工林、天然林、そしてナラ枯れ等被害木のそれぞれについて、実践的な視点から構築することを研究の目的とした。

3. 研究の方法

本研究の内容は、樹木の個体情報を基礎にした森林管理体系の構築に関する部分と、個々の樹木に関する情報をリモートセンシングデータから入手する方法を考案、改良した部分との2つに大きく区分することができる。前者の管理体系の構築については、主に文献調査と考察によって構築したものであって、研究手法は主に思索である。後者の個々の樹木データの入手方法については、3つの方法を試みた。高齢な人工林を対象にした研究では、高解像度オルソフォトを用いる方法と航空機レーザ計測、いわゆるLiDAR(Light Detection and Ranging)のデータを用いる方法の2種類、そして、天然林については、高解像度の衛星リモートセンシングデータを用いる方法である。画像解析等の手法については一般的な方法を組み合わせて用いているので、詳細について割愛することにする。以下、研究成果を報告する中で、個別に研究方法の概要を述べる。

4. 研究成果

(1) レーザ測量時代における人工林の管理体系

近い将来、航空機レーザプロファイラ計測による森林モニタリングが一般的に普及することを前提として、本研究では、樹木個体を単位とする森林管理手法を、林分を単位とする従来の森林管理手法と対比して考察するとともに、両手法の特徴を活かした新しい森林管理手法を構築し、体系

化を試みた。その概要は次の通りである。

幼齢林：胸高に達するか否かの林分については、平均樹高の情報だけで十分である。航空機レーザ計測によって樹高の地理的な分布状況が把握できるので、すなわち、地位の分布が把握できるので、林分あるいは地形等に応じて細区分した区域毎に平均樹高を求めて、これを管理指標とする。

若齢林：航空機レーザ計測によって得られた樹高情報を基に、必要に応じて林分を地位別に細区分する。航空レーザ測量によって得られた立木本数密度（ N ）と上層木平均樹高（ H ）のデータを基に、林分密度管理図を用いて林分蓄積（ V ）を推定し、主に、相対幹距を用いて森林を管理する。育林体系にしたがって除間伐や枝打ちを実施する。

壮齢林：航空機レーザ計測によって得られた樹高情報を基に、必要に応じて林分を地位別に細区分する。航空機レーザ計測および地上プロット調査によって得られた立木本数密度（ N ）、平均胸高直径（ D ）、上層木平均樹高（ H ）、林分断面積（ G ）、林分蓄積（ V ）の5つの指標値に林齢（ t ）を加えたもの、および、相対幹距と林分形状比を用いて森林を管理する。森林カルテのシステムを別途構築し、除間伐等の林分履歴情報ならびにシステム収穫表の入力情報として使用する林分表（直径階別本数分布表）と樹高曲線に関する情報を入力する。施業履歴等を参考にして、森林の現況に応じた間伐計画を作成し実施する。

高齢林：航空機レーザ計測によって得られた樹高情報を基に、必要に応じて林分を地位別に細区分する。また、路網や地形、傾斜等を考慮して、伐採・搬出の条件に応じて林地を細区分する。経済林として管理すべき森林については、航空機レーザ計測および地上レーザ測量によって得られた情報を基にして樹木個体情報を基礎にした森林管理手法を適用する。なお、樹木個体情報はGISで管理する。森林簿には、プロット調査によって得られた立木本数密度（ N ）、平均胸高直径（ D ）、上層木平均樹高（ H ）、林分断面積（ G ）、林分蓄積（ V ）の5つの指標値に林齢（ t ）を加えたもの、および、相対幹距と林分形状比を登録して森林を管理する。森林カルテに記録してある間伐等の履歴情報ならびにシステム収穫表による成長予測結果を参考にして、森林の現況に応じた間伐計画を作成し実施する。なお、非経済林については、壮齢林の場合に準じる。

(2) 異齢混交林の管理体系

異齢混交林を対象にした森林管理では、調査経費をあまりかけられない場合が多いので、その管理手法もある程度簡略化せざるを

得ないことは仕方がない。そこでタイルポリゴンの概念を用いて、様々なリモートセンシングデータの解析結果をタイルポリゴン単位で属性データとして登録し、土地利用管理に供することが考えられる。

その場合のリモートセンシングデータは予算に応じて空中写真であったり、衛星リモートセンシングデータであったりするが、航空機レーザ計測のデータも使用できる場合には、さらに精度が高い森林管理が可能になる。すなわち、教師木反復抽出法を適用することにより、リモートセンシングデータを一部の樹種について樹種区分することができ、その結果をラスターデータに反映させることができる。そのラスターデータと航空機レーザ計測で求めたDCHMをオーバーレイさせることにより、DCHMのメッシュを樹種別に区分できるようになるので、結局、樹種別の樹高階別頻度分布をタイルポリゴン毎に求めることができる。

航空機レーザ計測結果とリモートセンシングデータを用いる場合は樹冠を構成する樹木の樹種についてしか解析できないが、地上レーザ測量の結果も活用できれば、林内の樹種別の階層構造を樹高階別、直径階別に解析できるようになると期待される。なお、タイルポリゴンの属性情報を年度別に登録できるようにしておけば、GISを使って年度別の林相区分の変遷を容易に表現することができる。

注1) タイルポリゴン：

タイルポリゴンとはメッシュ状のポリゴンのことである。見た目はメッシュであるが、長方形のポリゴンで構成されているので複数の属性情報を登録することができる。1辺が50mメッシュのタイルポリゴンは、南北が1.5秒、東西が2.25秒になる。いま、タイルポリゴンの中心で半径7.98mの円形プロット（0.02ha）調査を実施し、その調査結果をそのタイルポリゴンの代表値として取り扱うことにしよう。現在のGNSS測位精度では、ずれは最大でも10m程度であるので、1辺が50mのタイルポリゴンであれば、円形プロットはほぼ必ずタイルポリゴン内に設定できることになる。

注2) DCHM：航空レーザ測量データの解析結果はメッシュデータとしてまとめることができる。ファーストパルスのデータから作成されるメッシュデータは、樹冠表面を表す数値表層モデル（DSM：Digital Surface Model）となり、ラストパルスのデータから作成されるメッシュデータは地表面を表す数値標高モデル（DEM：Digital Elevation Model）となる。なお、DSMとDEMの差で与えられるメッシュデータは森林の樹冠高を表現する数値樹冠高

モデル(DCHM: Digital Canopy Height Model)になる。DCHMは樹高に準じたものとして取り扱われる。

注3) 教師木反復抽出法

樹種別の詳細な情報を知りたい場合は、以下に述べるように、教師木反復抽出法を適用することにより林相区分図の精度を高めることも考えられる。リモートセンシングデータを用いて林相区分図等を作成する場合に、教師データを採用するが、ここでは教師データとなる樹木のことを教師木と呼ぶことにする。教師木反復抽出法とは、撮影時期の異なる複数のリモートセンシングデータを交互に解析していくことにより、教師木を反復的に次々と増やしていき、その結果、リモートセンシングデータによる樹種判別精度を高めていく方法のことである。

(3) 高解像度オルソフォトから得られる樹冠情報の活用

本研究では、安価に効率よく森林をモニタリングする手法としてオルソフォトから得られる樹冠情報の活用について検討した。兵庫県多可町加美区清水に所在する、面積1.37ha、樹齢65年のスギ・ヒノキ人工林を研究対象地として、2012年に胸高直径の毎木調査を、2013年に樹高の毎木調査を行い、一部については樹冠幅も測定した。また2004年時の胸高直径の毎木調査結果ならびに一部の樹高測定データを用いて成長量・成長率を求めた。2012年9月26日に撮影された地上解像度8cm/pixelの高解像度オルソフォトをもとにGISを用いて樹冠画像を手作業によってポリゴン化した。

解析の結果、2012年の調査で計測した樹冠投影面積の平方根と胸高直径の間には線形関係が認められたが、樹冠ポリゴンの面積と胸高直径の間には相関関係はほとんど認められなかった。今回作成した樹冠ポリゴンは面積が大きくなるにつれて、実測した樹冠幅から求めた樹冠投影面積よりも過小になる傾向があったからである。手作業で作成した樹冠ポリゴンは、日が当たった部分のみが抽出された可能性もある。したがって、目視判読によって作成した樹冠ポリゴンの大きさは不正確な場合があり、その数値から胸高直径を推定することは無理であるといえる。

しかし、森林を一边が25mの正方形ポリゴン(タイルポリゴン)に区切って、各タイルポリゴンの平均樹冠ポリゴン面積の平方根と平均胸高直径との関係を調べてみると、立木密度が551本/ha以上のタイルポリゴン、すなわち、平均樹冠ポリゴン面積が10m²前後の比較的小さいポリゴンでは、両者の間に相関関係が認められた。このことは、森林を管理する上で必要とされる平均胸高直径を平均樹冠ポリゴン面積から推定できる可能性を示すものである。

以上のことから、日陰等に影響されない航

空機レーザー計測の結果を用いて、樹冠ポリゴン面積をより正確に作成することができれば、樹冠ポリゴンの大きさから胸高直径を推定することは、少なくとも、タイルポリゴンを単位とする平均値レベルでは可能性があることが示唆された。

(4) 樹木個体計測を目的とした

Fusion/LDVによるLiDARデータ解析

近年、広域の森林資源調査において航空機レーザー計測技術の利用が増加している。2011年には佐賀県が、2013年には長野県が県全域の森林について航空機レーザー計測を実施している。航空機レーザー計測はLiDARとも呼ばれている。本研究では、LiDARデータを使用し、樹木個体計測における樹高・樹冠底高・樹冠幅を対象に、米農務省森林局で開発されたFusion/LDVソフトウェアの機能及び精度について現地計測データと比較して検証を行った。

使用したLiDARデータは、林野庁近畿中国森林管理局京都大阪森林管理事務所が2013年11月24日、26日に撮影したもので、調査地は大日山・南禅寺山国有林内の3箇所に設定した。

Fusion/LDVは様々な機能を有しており、解析ツールとして有用であった。今回は、樹木個体計測を目的として、Fusion/LDVで自動抽出された樹木を選定し現地計測を行ったが、その解析精度は、検証の結果、樹高についてはある程度ばらつきがあるものの誤差は1m以内であり、実務で利用するには十分に小さいものであった。樹冠底高や樹冠幅についてもある程度の誤差やばらつきはあるものの、目的を絞って解析すれば有効な手段であると考えられる。

(5) 航空機LiDARを用いた

樹冠傾斜角による単木抽出の試み

リモートセンシング技術を用いた単木抽出では主にLMF法が使用されているが、この手法は、フィルタリングサイズを手動で決定する必要があり、そのサイズによって抽出結果が左右されてしまう等の問題が生じる。また研究対象としている樹種はスギが多く、ヒノキの研究事例は少ない。そこで本研究では航空機LiDARを用いて、スギ、ヒノキを対象とした、フィルタリングサイズに左右されない新しい単木抽出法を検討した。また、基本データを(a)DCHMと(b)DSMの2種類で行い、その違いによる抽出精度も比較した。

解析方法は、画像のエッジ抽出の理論を応用し、(a)DCHMまたは(b)DSMの一次微分の結果が0となるような点を梢端として抽出し、この手法をslope0法とした。また、二次微分の結果が0となるようなセルを結んだ領域を樹冠とし、これを傾斜変換点法とした。さらに現地調査結果からスギ、ヒノキそれぞれで樹冠傾斜角の95%信頼区

間を求めた。その結果スギでは71~77°、ヒノキでは68~80°となった。これらの角度を有するセルを抽出し、セル同士をつなぎ合わせることで樹冠形状を作成した。これをスギ傾斜角法またはヒノキ傾斜角法とした。

樹冠傾斜角を用いた傾斜変換点法ではスギ、ヒノキともに全体精度は向上し、特に単木抽出が難しいとされているヒノキの全体精度が、25%から42%の約1.5倍に向上したことが確認された。このことから、樹冠傾斜角を用いた手法ではスギ、ヒノキの全体精度を向上させることが期待できると考えられる。

(6) 航空機レーザ計測データを用いた Valley-following 法による単木抽出手法の開発

近年、LiDAR 技術を用いた航空機レーザ計測による広域での森林情報の取得が注目されているが、単木抽出については、梢端が明瞭であることを利用している手法が中心で、梢端が不明瞭な場合での単木抽出は困難である。しかし、実際の森林は梢端が明瞭でない場合があり、これらの単木抽出手法がそのまま適用できるとは限らない。そこで、本研究では、航空機レーザ計測により取得された点群データを用いて、国内のLiDAR 研究では事例がない、Valley-following 法による単木抽出手法を開発した。

この手法は、樹冠と樹冠の谷部を抽出して単木の領域を確定する手法である。具体的には、レーザ点群データから作成したDCHM に対して、4 方向から局所の最小値すなわち樹冠の境界部分を抽出し、閉じきれていない樹冠境界に値を補間後、樹冠境界のライン化を経て、ラインで閉じられた領域を樹冠領域として抽出した。また、本法と既往の単木抽出法であるLMF 法、Watershed 法、目視による樹冠領域の決定、との比較および検討を行い、単木抽出の有効性について考察した。

対象地は京都市北区にある近畿中国森林管理局京都大阪森林管理事務所神山(こうやま)国有林内の「小班11は」と「小班11に」である林齢98年と林齢60年のヒノキ人工林である。立木数と樹高について、現地と抽出梢端の比較を行った。結果、本研究で開発したValley-following 法は、林齢60年のヒノキ人工林においては、単木抽出率101.8%となり、他の単木抽出法よりも単木抽出率が高かった。一方、林齢98年のヒノキ人工林では単木抽出率134.5%の過大抽出となった。過大となった原因は、樹冠サイズが大きいことにより、樹冠境界が本来補間されるべき形で補間されず、結果として細かい樹冠が多数形成されたためであると考えられる。本法と既往の単木抽出法を比較したところ、本法では、既往の単木抽出法では困難であった、周りよりも低い樹高を持つ立木の抽出が可能であることが示された。また、林分樹高の推定誤差が既往の単木抽出法よりも低い結果となった。これらと先の単木抽出率から、値補間作業に

についての課題が残るものの、本法は単木抽出法として有効であることが示された。また、既往の単木抽出法では難しかった立木密度の高い林分での単木抽出が、本法では有効である可能性が示された。今後の課題として、値補間について、セル二つ分やそれ以上の値を補間するアルゴリズムの開発およびフォーカルフロー値の組み合わせと抽出段階の検討、誤抽出により作成された小さな樹冠を取り除く面積の閾値設定の検討、他のメッシュサイズでの本手法の適用の可能性の検討が必要である。

(7) 高分解能衛星画像を用いた 広葉樹の単木抽出

高分解能衛星の打ち上げにより、樹木の単木的な判別の可能性が高まったものの、それらの分類技術、特に広葉樹に関する分類技術は十分確立されていないのが現状である。そのため、本研究では広葉樹の反射特性を明らかにし、樹種分類の精度を向上させることを目的として、商業衛星分野では世界最高の分解能を持つGeoEye-1 と、商業用衛星としては観測バンドが最も多いWorldView-2 の画像を用いて解析を行った。

本研究では、京都市左京区にある宝が池公園とその周辺地域、京都府立植物園を研究対象地とした。コナラ、シイ、ソヨゴ、アベマキ、カシ、クスノキ、モミジ、サクラの広葉樹8種とスギ、ヒノキ、アカマツの針葉樹3種について単木抽出を試みた。なお、本研究で用いたGeoEye-1 画像の撮影時期は2010年4月、WorldView-2 画像の撮影日は2012年7月である

GeoEye-1 画像で行った通常の樹種判別では、モミジとシイが高い精度で抽出できたが、他の樹種は精度が悪かった。そこで、針葉樹と落葉広葉樹と常緑広葉樹を分けて行った林分抽出法では、ほとんどの樹種で精度は高くなっていた。

WorldView-2 画像で行った樹種判別では、シイやモミジ、アベマキ、クスノキの教師データとしての信頼性は高かった。また、多くの樹種で、GeoEye-1 画像の解析で用いた林分抽出法をWorldView-2 画像でも適用すれば、高い精度で分類される可能性が示唆された。

今回用いた教師データの数にはばらつきがあり、ソヨゴなどの教師データはスギやヒノキに比べてかなり少なく、作成者精度が低いことで分類精度の低下を招いたとも考えられる。また、作成者精度が低下するもう一つの可能性として、教師データの反射特性の類似も考えられる。そこで、ソヨゴを例に挙げると、最尤法分類の結果でソヨゴと判定された箇所を実際に現地調査し、正しく分類されていたならば、それをまた教師データに追加し、教師データの数を増やしていく。この作業を繰り返す

行うことで信頼できる教師データの数が増え、より正確な分類ができる可能性が高まる。これは、コナラやアベマキなど、反射特性が類似する樹種に対しても効果的であると考えられる。田村(2010)は、この現地調査による確認で信頼できる教師データを増やしていく作業のことを、森林モニタリングシステムと名付け、その有用さの可能性を示している。

今回の解析では、解像度、撮影時期、バンド数が異なる2種類の画像について解析を行った。その結果、それぞれの画像において、高い精度で分類されなかった樹種も存在したが、各画像で樹種の反射特性を明らかにすることができた。GeoEye-1 画像においては、林分抽出法を用いても、常緑広葉樹を高い精度で分類することは難しかった。しかし、WorldView-2 画像で最適バンドの組み合わせを考えて分類すれば、常緑広葉樹を高い精度で分類できる可能性が示された。

(8) 京都市市街地周辺における

ブナ科樹木萎凋病の拡大要因、発生要因
本研究では、カシナガの穿入に伴うブナ科樹木萎凋病の被害が発生しやすい場所の環境を把握することを目的に、ヘリコプターによる調査によって把握された京都市市街地周辺の枯死木を対象として、GIS と統計解析ソフト R を用いて様々な解析をした。また、気象条件と被害量との関係を解明するための解析も行った。

その結果、京都市市街地でも、前年枯死木から半径 500m 以内で半数以上の枯死木が発生しており、前年枯死木から 2km 以上離れた場所では、新たな枯死木の発生はほとんどなかった。また、被害の拡大に伴って、ブナ科の大径木があれば、どこでも被害が発生すると考えられた。被害発生初期木(前年の被害地から 6km 以上離れた場所で飛び火的に発生した枯死木)は、低地の西~南西斜面で、日射が当たりやすい尾根などの急傾斜地で発生しやすい傾向が認められた。船岡山を対象にした解析では、明るい場所の大径木が被害を受けやすい傾向が認められた。気象条件については、通説化している夏の高温よりも、冬の高温や春の降水量の増大が影響していることが示唆された。以上のことから、何らかの原因で衰弱した樹木にカシノナガキクイムシが穿入し、これが起点となって被害が拡大していると考えられた。

以上の研究の結果、現在の技術水準では、LiDAR データや衛星リモートセンシングデータを森林管理に活用できるケースは限られているが、個々の樹木情報を基礎単位とする森林管理体系を提示することによって、現状の問題点や解決すべき課題等を明確にすることができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

小林 正秀、吉井 優、竹内 道也、気象がナラ枯れ(ブナ科樹木萎凋病)に及ぼす影響に関する初歩的研究、樹木医学研究、査読有、18(4)、2014、95-104

[学会発表](計2件)

上野 操子、田中 和博、長島 啓子、航空機 LiDAR による樹冠傾斜角を利用した単木抽出の試み、第 126 回日本森林学会大会、2015 年 3 月 27 日、北海道大学農学部

田中 和博、森林情報解析における LiDAR データ活用の発展方向性、第 65 回応用森林学会大会、2014 年 11 月 2 日、京都府立大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 和博(Kazuhiro, Tanaka)
京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・教授
研究者番号：70155117

(2)研究分担者

美濃羽 靖(Yasushi, Minowa)
京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・講師
研究者番号：80285246

長島 啓子(Keiko, Nagashima)
京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・助教
研究者番号：40582987

小林 正秀(Masahide, Kobayashi)
京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・共同研究員
研究者番号：10468259