

令和 5 年 5 月 9 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06123

研究課題名（和文）立木の枝葉は立木の振動にどのように影響するのか？

研究課題名（英文）How do branches and leaves affect the vibration of standing trees?

研究代表者

松本 武（Matsumoto, Takeshi）

東京農工大学・（連合）農学研究科（研究院）・准教授

研究者番号：40555869

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：風や強制振動を受けた際の立木の振動特性と枝葉の影響の解明には、立木に生じる振動を各部位で同時に計測するためシステムが必要である。また、複数の立木を同時に計測する場合にはさらに多数の計測システムが必要になる。本研究では、市販の高価なシステムに代わり、安価な計測システムを開発し、複数の立木の各部位に生じる振動を同時に計測することを可能にした。また、枝・葉の影響を確実に評価するためには同じ振動を発生させて枝葉の有無で比較するのが確実な方法であるが、自然条件下での主に風によって発生する振動では振動をコントロールするのが困難である。そこで、現地の立木に常に一定の強制振動を与える手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では立木の各部位に生じる振動を同時に計測かつ、安価に製造可能なシステムを開発した。本システムにより複数の立木の各部位に生じる振動も同時に計測が可能となった。本システムにより、落葉・着葉、剪定前後の振動モードの変化を把握することが可能となる。このことは、都市緑地、街路樹、民家周辺の立木や樹林帯等の振動を指標とした施業・剪定・管理指針の策定につながる。

研究成果の概要（英文）：In order to clarify the vibration characteristics of standing trees and the influence of branches and leaves when subjected to wind or forced vibration, a system is required to simultaneously measure the vibration generated in the standing tree at each part. In addition, when measuring multiple standing trees at the same time, more measuring systems are required. In this study, I developed an inexpensive measurement system to replace the expensive system on the market, and made it possible to simultaneously measure the vibration generated in each part of multiple standing trees.

Furthermore, in order to reliably evaluate the effects of branches and leaves, it is a reliable method to generate the same vibration and compare with and without branches and leaves. However, it is difficult to control the vibrations mainly caused by the wind under natural conditions. Therefore, we developed a method to apply constant forced vibration to standing trees.

研究分野：森林科学

キーワード：振動モード 多点同時計測 システム開発

1. 研究開始当初の背景

立木は樹冠部に風を受けると葉、枝、梢端部は風が吹く方向にしなり、風が弱まるもしくは止むと反発し、以後はしなりと反発を繰り返し振動し、減衰して静止する。強風下では樹幹全体がしなりと反発を繰り返し、台風などきわめて風が強くなる場合には、このしなりと反発が繰り返された結果、枝や樹幹の弾性限界を超え内部破壊が発生し、樹幹が曲がったまま戻らなくなる、あるいは樹幹が折れる等の被害の他、風による樹幹・樹冠の変位が根系の支持力を超えた場合には転倒する等の風倒被害が発生する。

立木に生じる振動について、低木の比較的分岐の少ない果樹では立木樹幹の固有振動数が確認されていたが、枝が多数分岐する高木については固有振動数を始めとする振動特性は不明であった。また、梢端部や枝先の葉はわずかな風でもそよぎ振動が発生し、その振動が伝播する過程では、枝が太くなるにつれ、樹幹と合流するにつれ振動は小さくなっていくが、この末端の振動が枝や樹幹中に伝播・減衰・拡散していくプロセスについても明らかになっていない。加えて、申請者が樹上において最も下部にあり発達した力枝と呼ばれる枝を切除した後に切除前より樹上の振動が大きくなったという経験を何度かしているが、こうした現象を示す知見は見当たらなかった。

2. 研究の目的

本研究は、風などにより生じる立木の振動に枝葉がどのように影響しているかを明らかにすることを大目的とした。そのために、以下の3点の課題を設定して研究を進めた。自然条件下での立木の枝葉や樹幹に発生する振動の長期間モニタリングにより、風を受けた際の振動の発生から伝播過程の解明。強制振動を与えた際の各部の応答。立木の枝を段階的に除去した場合の振動特性の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

上記の目的を実現するために、研究は以下の手順で行うことを計画した。a)立木の樹幹・枝各部に生じる振動を同時に計測するための多点同時振動計測システムの開発。開発した計測システムをもちいて、b)自然条件下および強制振動を与えた場合の立木各部の振動・挙動のモニタリング、c)落葉前後の振動計測およびd)段階的に枝を除去していった場合の立木各部の振動・挙動のモニタリング。こうした計画に基づいて、研究初年度の令和2年度には、立木の各部位に生じる振動を同時に計測する多点同時振動計測システムの開発および、試験対象地と試験対象木の選定に着手する予定であった。しかしながら、研究初年度の令和2年度は新型コロナウイルス感染流行に伴う緊急事態宣言発出と都道府県をまたぐ移動が制限されたことと所属大学である東京農工大学の規制のため、研究対象地である東京農工大学演習林であるFM唐沢山に行くことはできなかったため実験地及び試験対象木の選定ができなかった。それだけでなく、大学への出勤も長らく停止され、オンライン業務が継続したため、計測システムの材料調達のおよび工作も著しく制限されたため、基本設計とシミュレーションに留まった。令和3年度は出勤規制および移動制限は緩和されたが、今度は全世界的な半導体不足のあおりを受け、計測システムのプラットフォームに予定していたマイコン、センサーが供給不足となり、十分な数を調達できなかったことと、研究代表者が入退院を繰り返したため、プロトタイプの開発にとどまった。

令和 3 年度にはプロトタイプによる実証試験を繰り返し、実用システムの制作にこぎつけた。令和 3 年の 11 月には着葉状態のコナラ立木に強制振動を与え 10 か所の振動計測を行い、令和 4 年 3 月に着葉直前の落葉状態の同じコナラ立木に同じ強制振動を与え 10 か所の振動を計測した。

4．研究成果

最終的に開発した実用システムは、1 システムにつき、10 の計測ユニットで 10 か所の振動を同時計測が可能である。なお、必要に応じてこの計測ユニットは 10 以上に増設することも可能である。それぞれの計測ユニットは、400Hz の b プリングレートをもち、振動データは SD カードに記録される。内部バッテリーでは最大 10 時間の連続計測が、外部電源を利用することにより最大 1 か月間の連続記録が可能である。1 システムあたりの制作費は 5 万円を切り、大型の外部資金を得られなくとも、計測が可能な範囲に収めることができた。

実際の計測に際し、FM 唐沢山にて 12～15m のコナラ立木 4 本を試験木として選定し、そのうちの 2 本に強制振動を付加することとした。その際、このサイズの立木に常に同じ振動を非破壊方式で与える方式を開発し、これにより電気や内燃機関を伴う機械類を林内に持ち込まずに現地で強制振動を与えることが可能となった。2 本の試験木に対して落葉前と落葉後にそれぞれで同じ強制振動を与える試験を実施した。落葉前の強制振動試験は令和 3 年の 11 月に実施したが、落葉後の強制振動試験は葉が着用する直前の令和 4 年の 3 月中旬に実施したため落葉前後の振動モードの変化の有無については現在解析中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 松本 武	4. 巻 74
2. 論文標題 立木に生じる振動の同時多点計測システムの開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 125-128
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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松本 武
2. 発表標題 立木に生じる振動の同時多点計測システムの開発
3. 学会等名 2022年度関東森林学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本 武
2. 発表標題 ヒノキ林におけるかかり木が残存立木間を通過する際の通過仕事
3. 学会等名 第134回日本森林学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------