

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：82727

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15574

研究課題名（和文）木材の“接触界面その場観察法”によるトライボロジー特性の解明

研究課題名（英文）Clarification of the tribology property in wood by "In-situ observation of contact interface"

研究代表者

飯田 隆一（Iida, Ryuichi）

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）・能力開発院・助教

研究者番号：20803448

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：木材の摩擦、摩耗、潤滑現象が含まれるトライボロジー特性は、木材の材料特性に起因して接触界面の状態が変化し続けることにより複雑な現象である。そこで、本研究課題では、木材と金属とが接触し相対運動する条件において、接触界面の状態をその場観察することで、接触界面の状態変化に伴う木材のトライボロジー特性の解明を試みた。その結果、多孔質体である木材が大きく変形し接触界面が一様になる場合や摩擦に伴う木材の温度上昇が摩擦挙動に対して影響することがわかった。さらに、潤滑物質が介在する条件においては、潤滑物質の粘性の影響を受けて摩擦挙動が変化することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

木材のトライボロジー特性は、木材の変形を伴う接触界面の状態変化の影響を受けることが示唆されていたものの、その影響は詳細に検討されていない。本研究課題による成果は、観察手法を含めて、木材の摩擦・摩耗・潤滑特性を明らかにするための基礎となると考えられる。また、木材の高機能化を目指す加工技術開発の一部にトライボロジー現象を利用した技術開発が国内外で行われている。それら加工技術の更なる高度化に向けても本研究成果は資することができると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Tribological properties of wood, including friction, wear, and lubrication phenomena, are complex, because of the changing the state of the contact interface between wood and other materials. Therefore, this research focused on the state of the contact interface by the method of in-situ observation when wood and metal are in contact. As a result, it was found that the frictional behavior of wood was affected by a large deformation of the wood cells, and by a rise in the temperature of the wood itself. Furthermore, it was found that the frictional behavior was affected by the viscosity of the lubricant under the condition that the lubricant intervened.

研究分野：木材加工

キーワード：木材 摩擦 潤滑 接触界面

1. 研究開始当初の背景

材料同士が接触し相対運動する界面には、摩擦、摩耗および潤滑の条件が生じる。これらのトライボロジー現象を木材の表面処理加工に対して応用することで、木材表面に対して機能性を与える加工技術の開発が行われている。トライボロジー現象の一つである摩擦現象は、材料同士の真実接触部においては、高エネルギーが生じることが知られており、そのエネルギーを活用することができれば、さらなる木材の表面処理技術の高度化や高機能性を有する木材・木質材料の開発につながる可能性がある。

一方、木材の摩擦・摩耗・潤滑現象を含むトライボロジー特性は、木材が多孔質の構造を有するため接触荷重の影響を受けて接触界面が変形する。さらには、木材中に水分を有していることや接触界面に潤滑物質が介在する場合にはそれら潤滑物質の影響を受けることで、木材が物体と接触し相対運動する接触界面の条件は刻々と変化する特徴を有している。そのため、木材に対して摩擦現象を含むトライボロジー現象を活用するためには、木材が他の物体と接触し相対運動する広範囲な条件下における、木材特有のトライボロジー特性を把握することが重要となる。しかしながら、これまでの研究においては、相対運動時における接触界面の状態と摩擦挙動の変化については明らかにされておらず、また、潤滑作用と摩擦係数の変化の関係も不明確な現状にある。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、特に木材と金属とが摩擦する際に着目して、接触界面の状態や潤滑条件を含む摩擦時の接触条件が、摩擦時の特徴の一つである摩擦係数に対してどのような影響を与えるのかを明らかにし、木材特有のストライバック曲線を導くことである。そのため、本研究では、新たに作成する摩擦係数測定装置を使用し、摩擦時の接触界面の“その場観察”を行いつつ、摩擦挙動の変化を調べる。その際に、木材中に水分を含み自己潤滑が生じる条件および潤滑物質を与える条件の下での木材の摩擦挙動を調べることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究課題においては、木材と金属とが相対運動を行う条件における接触界面の状態を観察し、接触界面の状態変化と摩擦挙動の変化との関係を明らかにすることを試みた。図1に本研究課題で用いた実験装置を示す。本装置は、一定速度で回転するSUS製の金属円盤に2分力計に固定した木材試験片を押し付けることにより木材と金属とを摩擦する機構を有している。また、図2に示すように、接触界面の状態を試験装置正面から高速度カメラを用いて、高倍率で観察することにより摩擦時の接触界面の変化状態の観察を試みた。

本研究課題においては、特に、木材を繊維方向に摩擦する際の摩擦挙動に着目し、

- (1) 異なる接触面圧および摩擦速度の条件下による摩擦挙動の変化
- (2) 潤滑物質が介在する条件下における摩擦挙動の変化に関して検討した。

(1)に関しては、見かけの接触面圧が0.2～10MPaおよび摩擦速度が0.34～6.80m/sの条件下における摩擦係数の変化を調べた。接触面圧は、材料試験機により一定荷重を荷し続け、摩擦速度は、サーボモータの回転数により制御した。(2)に関しては、異なる粘性を有するシリコンオイルを一定流量で供給し続けた際における摩擦係数の変化を調べた。

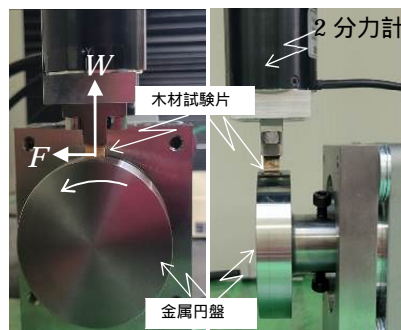


図1 摩擦実験装置
(左)正面, (右)側面



図2 接触界面観察の様子

4. 研究成果

(1) 異なる圧力条件下における木材の摩擦挙動

摩擦時の垂直力(W)を変化させることにより見かけの接触面圧を変化させた際に、金属円盤上で木材試験片を摩擦したときの摩擦係数の測定結果を図2に示す。なお、摩擦係数の値は、一定の摩擦時間(90秒)の平均値を示している。この結果から、金属円盤上で木材を繊維方向に摩擦する際において、見かけの接触面圧が小さい条件においては、摩擦係数が僅かに低く、2MPa程度の見かけの接触面圧を超えると、摩擦係数はほぼ一定の値になることがわかった。

異なる接触面圧の条件下における摩擦時の接触界面の観察結果を図4に示す。見かけの接触面圧が小さい条件においては、顕著な細胞の変形は認められないものの、接触面圧が大きい条件においては、接触界面近傍の細胞が圧縮変形している様子が観察された。すなわち、木材の横圧

縮時における降伏点を超えるような見かけの接触面圧の条件においては、接触界面近傍の細胞が大きく圧縮変形することにより、木材の空隙部分が減少し、一様な接触界面が形成されていることが推察される。そのため、見かけの接触面圧が一定の値を超えることで、木材の摩擦係数がほぼ一定になったと考えられる。

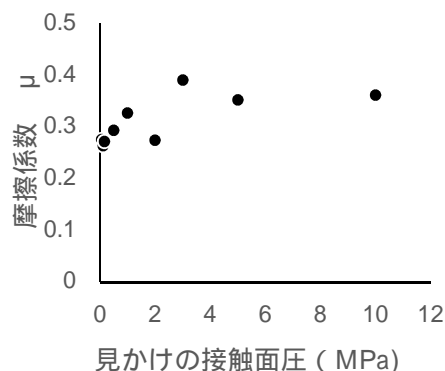


図3 異なる荷重条件下における摩擦係数

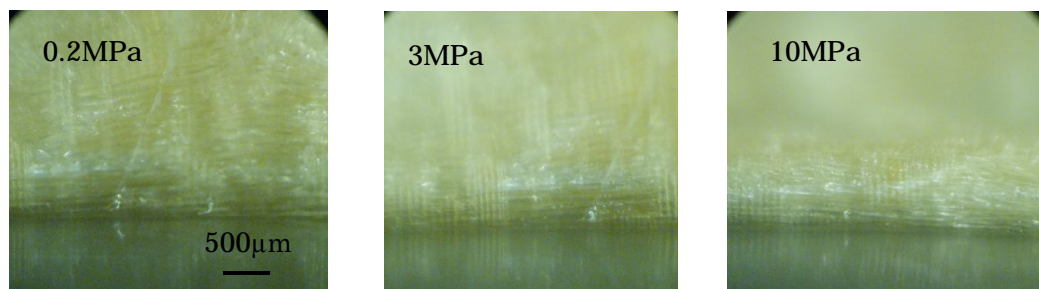


図4 異なる接触面圧条件下における接触界面の状態

(2) 異なる摩擦速度の条件下における木材の摩擦挙動

異なる摩擦速度の条件下における摩擦係数の測定結果の一例を図5に示す。この結果から、摩擦速度が低速の条件下においては、摩擦距離の増加に伴う摩擦係数の変動は認められなかったものの、摩擦速度が速い条件においては、摩擦係数の変動が大きくなる。この摩擦係数の大きな変動は、摩擦による発熱量が一定程度生じた際に生じることが分かった。すなわち、摩擦熱により木材の温度が上昇することによって摩擦挙動が不安定化すると考えられる。加えて、摩擦

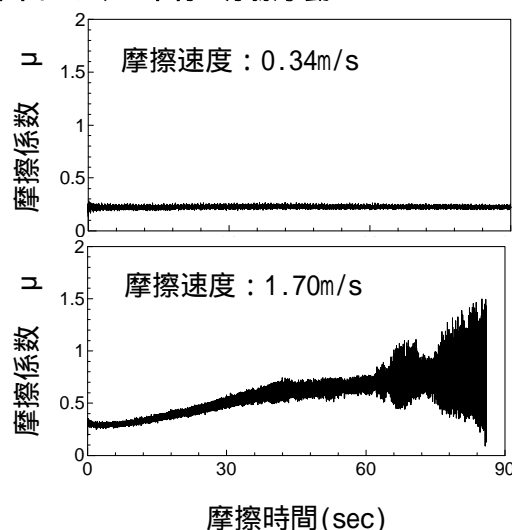


図5 異なる摩擦速度条件下における摩擦係数の変化

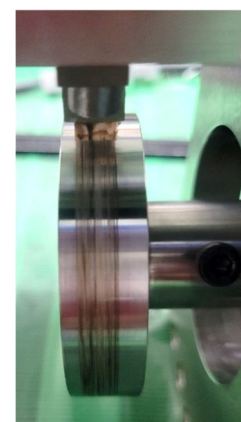


図6 木材成分の金属円盤への凝着

挙動が不安定化した条件においては、実験後に金属円盤上に木材成分の凝着が認められた(図6)。以上の結果から、木材の温度上昇を伴う摩擦条件時においては、温度の上昇により木材成分が金属円盤に強固に付着することで摩擦係数が大きく変動する摩擦挙動へと変化することが推察された。摩擦係数が不安定化する具体的な温度や金属円盤に付着する成分との関係に関しては、より詳細に検討することが必要である。

(3) 潤滑剤が介在する条件下における木材の摩擦挙動

異なる粘度のシリコンオイルを供給し、金属円盤上で木材を摩擦した際における摩擦係数の測定結果を図7に示す。潤滑剤が供給された条件下で木材と金属とが相対運動を行う際の摩擦係数は、潤滑剤の粘性が小さい場合には摩擦係数が大きく、潤滑剤の粘性が大きくなるに従い摩擦係数が減少する変化を示している。すなわち、潤滑剤の粘度に応じて摩擦係数が変化し、その変化の傾向は、接触界面に流体が介在する際の金属同士の摩擦挙動と概ね同様であることがわかった。

以上の結果から，本研究課題により木材が金属と相対運動する際における接触界面の変形に伴う摩擦係数の変化および木材温度の上昇に伴い木材成分の凝着により摩擦挙動が不安定化すること及び潤滑剤が介在する条件における潤滑剤の粘性と摩擦係数の変化挙動についてその一部を把握することができた。これらの知見は，木材加工技術としてトライボロジー現象を活用する場合を含む木材と金属との接触時に生じる課題を解決する際の一助になると考えられる。

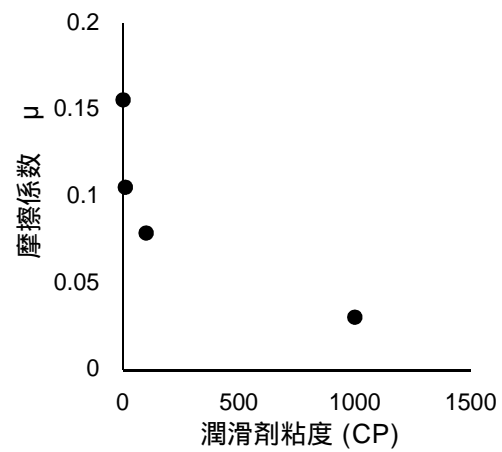


図7 潤滑条件下における摩擦係数の変化

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 飯田隆一，大谷忠
2．発表標題 種々の材料上における木材のスティックスリップ挙動
3．学会等名 日本木材加工技術協会第40回記念年次大会（東京）
4．発表年 2022年

1．発表者名 飯田隆一，大谷忠
2．発表標題 木材の温度上昇を伴う高速摩擦時における木材との金属との摩擦挙動の変化
3．学会等名 第73回日本木材学会大会
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
---------	---------