

英国における材料摩耗研究の一調査※

澤本 章*、藤田武男**、桑野正司***、宮川 昇****、野久保俊一*****
I.M.Hutchings*****、 Pengzhu Wang*****、Damian Kelly*****、福井 昂*****

An Investigation of Research on Wear of Materials in United Kingdom

Akira Sawamoto, Takeo Fujita, Masashi Kuwano, Noboru Miyakawa,
Shunichi Nokubo, I.M.Hutchings, Pengzhu Wang, Damian Kelly and Takashi Fukui

(Received September 26, 2003)

Abstract

An investigation of research on wear of materials in United Kingdom was carried out. About thirty universities in UK have attended to study on wear of materials. Almost all of the domestic meetings on wear in UK were held by the support of both the Institution of Mechanical Engineering and the Tribology Group of the Institute of Physics. The results of wear testings were evaluated referring to dynamics and physics. The tribological study on metal, skin, bone, polymer has carried out. There was a call for making data-bases on wear testing co-operating together with UK, USA and JAPAN.

1. はじめに

英国は世界に先駆けて科学技術文明や諸制度（議会制度、郵便制度など）が発達した。材料の摩耗についても、英国では、古くから摩耗の研究が行なわれており、研究報告も多い。また、トライボロジー（摩擦にともなって起こる現象を研究する学問分野）という言葉も英国で約40年前（1966年）にはじめて作られた。ここでは、英国における材料摩耗研究の状況の調査を、学会参加、文献調査により試みたので、その結果を報告する。

2. 調査方法

著者のうちの一人は、2001年3月から10ヶ月間、英国に在外研究する機会に恵まれた。その期間に、①学会等に参加する、②研究所を訪問して調査する、また、③資料によって調査する、などにより英国の材料摩耗研究の調査を行い、日本の摩耗研究の場合と比較した。また、帰国後、調査結果を共同で議論して整理した。参考にした資料は文献に記したとおりである。

※日本鑄造工学会第142回全国講演大会（早稲田大学理工学部）にて一部発表、平成15年6月1日
*山口大学教育学部技術教育、**山口大学工学部機械工学科、***宇部工業高等専門学校、
****山口県岩国中学校、*****（社）高圧ガス保安協会、
***** University of Cambridge、*****（元）山口大学教育学部技術教育

3. 結 果

3.1 英国の建築構造物にみられる科学技術

図1(a)は、英国ロンドンのテムズ川(手前)河畔にある英国国会議事堂(左手)とビッグベンの時計台(右手、矢印A)である。上部の先端が直線的で天を指向しており、中世のゴシック様式の建築物の流れを受け継いでいる。建物の外側には、精巧な彫刻が施されている。石つくりの建物である。朝日の陽光を受け輝いている。建造は、中世の11世紀半ばであり、当時の建築技術の高さが推定される。世界の議会政治の発祥となった英国の政治を担う国会議事堂である。図1(b)は、英国市内にある観光用の観覧車(通称、ロンドン・アイと呼ばれている)(図中左、矢印B)であり、直径約135mであり、観覧車としては、世界最大の大きさである。約30分で1回転し、ロンドン市内を展望できる。2000年に建設された。図中の右側は、旧ロンドン市庁舎(矢印C)を示す。石造りの建物である。図2(a)、(b)は、ウェストミンスター寺院である。西暦1000年にはこの教会は建立されていた。歴代の英国王室を祭っている。図2(b)中の矢印Eで歩いている人を示すが、これと比較して、この構造建築物がいかに大きいかかわかる。図2(a)は、ウェストミンスター寺院の正面玄関付近の写真である。人をかたどった精巧な彫刻(矢印D)が配置されており、当時の建築をはじめとする美術、造形の技術の高さが伺われる。このように、中世から、英国では、科学技術が盛んであったことがわかる。

以上のことから察して、科学技術を基礎とした材料の摩耗の研究も古くから活発に行なわれていたものと推察される。

3.2 英国の摩耗研究

著者の中の一人は、在外研究中に、留学先の研究所が別の建物へ移動するので、その移動の手伝いを行なった。大学院生とともに、廊下に置いてあった書架の中の雑誌を取り出し、運ぶために籠の中に詰め替えていた。その中には、WEARの雑誌が多くあった。近くを通りかかった顔見知りの英国人の老紳士のProfessor(教授)の先生が、運搬用の籠に入っていたWEARの雑誌を見られた。関心があったのか、1冊手にとられた。そして、図3に示すように、両手でWEARの本を持ち、胸にかざされた。日常、ご多忙であり、かつ、年配のため、ご自分が身体的、精神的に「摩耗」していると自覚されており、思わずそのようなしぐさをされたものと推察された。このようなことから、WEARとは、磨り減る、摩耗することである、ということをも再認識させられた。英語辞書では、WEARは「減らす、すり減らす、すり切らす、消耗させる、やつれさせる」、という意味がつけてある。

トライボロジー(Tribology)(摩擦にともなって起こる現象を研究する学問分野)という言葉も英国で約40年前(1966年)にはじめて作られ、現在では、世界に広く普及している。

英国では、摩耗の研究は古くから行なわれており、英国のケンブリッジ大学のBowdenとTaborらの凝着摩耗に関する膨大な研究がある¹⁾。また、英国のArchard、Hirst、Lancasterもこれらを受けて研究を行なった¹⁾。

3.3 英国の摩耗研究機関

英国の摩耗研究機関については、I.M.Hutchingsが次のように述べている²⁾。英国の大学で、摩耗に関する研究を主として行なっているのは、約30ヶ所である²⁾。英国の摩耗研究を推進している(元)国立の研究機関は、独立法人物理研究所(NPL: National Physical Laboratory)

と AEA Technology (Atomic Energy Authority) である²⁾。これらは、現在、民营化されている。英語が国際言語であるために、摩耗関係の国際的な学術雑誌の発行元の大部分は、英国と米国である。英国の機械学会 (ImechE: Institution of Mechanical Engineers) と物理学会の摩耗研究グループが摩耗に関する国内会議のほとんどを共同開催している²⁾。

表 1～3 は、I.M.Hutchings の調査による英国内の大学の摩耗研究の状況を示したものである²⁾。

これから、トライボロジー、摩耗に関する研究が活発に行なわれていることが理解できる。とくに、広範囲で裾野の広い研究が行なわれていることが伺われる。

3.4 英国の摩耗に関する学会の状況

摩耗に関する 2 つの学会の状況を以下 (3.4.1 及び 3.4.2) に示す。なお、National Physical Laboratory (NPL) 及び Institute of Physics (IoP) は、ここでは、便宜上、それぞれ独立法人物理研究所、物理研究機構と和訳した。著者の一人は、学会に参加したが、研究発表においては、摩耗現象の結果の提示だけでなく、その機構 (メカニズム) を物理、力学、数式などを用いて解析する姿勢がとくに伺われた。

3.4.1 Abrasion Testing, UK Forum on Friction and Wear Testing³⁾

In association with The Institute of Physics Tribology Group, 20th September 2001,
Society of Chemical Industry

(アブレーション試験、摩擦と摩耗試験に関する英国 (UK) フォーラム)

(物理研究機構のトライボロジー部門との共催、2001年9月20日、化学産業協会会館にて)

アブレーションの学会では、以下の 8 件の発表が行なわれた。英国を代表する最先端の研究を行なっている大学及び企業の研究者の発表 7 件とベルギーの研究者の発表 1 件が行なわれた。1 件の発表時間と質問時間は、合計 30 分であった。プログラムの英文を和訳すると以下のとおりである。

① “Introduction to Abrasion”, M.G.Gee (National Physical Laboratory, UK)

・ (アブレーション摩耗への導入)、M.G.Gee, (独立法人物理研究所、英国)

② “Wear Testing in Corus R&D”, J. Ellius (Corus, UK)

・ (コーラス R-D 社における摩耗試験)、J.Ellius, (コーラス、英国)

③ “A Comparison between Wet and Dry Testing in Abrasion”,

P. Shipway, (Nottingham University, UK)

・ (アブレーション摩耗における湿式及び乾式試験の比較)

P.Shipway, (ノッチンガム大学、英国)

④ “Assesment of Abrasion Resistance of Materials by Multiple Pass Scratch Testing”,

M.G.Gee, (National Physical Laboratory, UK)

・ (複式パス・スクラッチ試験における材料の耐アブレーション摩耗性の評価)

M.G.Gee, (独立法人物理研究所、英国)

⑤ “Micro Abrasion Testing of CVD Films”, R.J.K. Wood,

(Southampton University, UK)

・ (CVD 薄膜の微視的アブレーション試験),

R.J.K Wood, (サウスアンプトン大学、英国)

⑥ “Effect of Chemical Environment on the Wear of WC/Co Hardmetals”

A. Gant, (National Physical Laboratory, UK)

・(WC/Co 超合金の摩耗に及ぼす化学環境の影響)、

A.Gant, (独立法人物理研究所、英国)

図4 (a)、(b) は「Abrasion」のフォーラムで紹介されたアブレシブ摩耗試験機である。

図4 (a) は、ASTM G65規格の試験機であり、砂粒をアブレシブ粒子として、上部から注ぎ、円筒形のドラムにゴムをはりつけ、このゴムと板状試料との間に砂粒を流し込む構造となっている。砂粒により試料がアブレシブ摩耗をうける。これを Stevenson と Hutchings が改良したのが、図4 (b) の、DSRW 法によるアブレシブ試験機である。ゴムを貼り付けたドラムの上に、試料を水平方向に設置して、アブレシブ砂粒子をゴムと試料との間に挿入し、摩耗試験を行なう構造となっている。また、水管が設置されており、この水管を伝わって、水が噴射され、湿式の腐食環境下で摩耗試験が実施される。

⑦ “Predictive Models Applicable for Ranking the Resistance of Materials”,

P.Descamps, J-P Erauw, J Tirlocq and Cambier,

(Belgian Ceramic Research Centre (BCRC)、Belgium)

・(材料の抵抗性のランク付けへの適用可能な予測モデル)

P.Descamps, J-P Erauw, J Tirlocq, Cambier,

(ベルギー・セラミック・センター (BCRC)、ベルギー)

⑧ “Standards for Surface Engineering”,

Mark Gee, (National Physical Laboratory, UK)

・(表面工学の基準化)、M.Gee, (独立法人物理研究所、英国)

⑧の発表者 M.Gee は、物理研究所の摩耗関係のリーダーであり、摩耗試験に関するデータベースを英国、米国、日本で協力して作成することを呼びかけていた。

この学会では、独立法人物理研究所の研究者の発表が多かった。日本では、摩耗の研究は、通常、工学系の研究機関で行なわれる。しかし、英国では、物理研究所が工学的分野の研究まで行なっているような印象を受けた。配布された前刷り(概要集)は、カラー刷りであり、発表者が、説明に使用した図、画像を編集してあり、総ページ数は約102ページであり、分厚い豊富な内容が織り込まれていた。

なお、会議の始まる前及び昼食後には、紅茶、コーヒータムが設けられてあり、上等のテークアップを片手にして、リフレッシュできるように、配慮されており、英国的雰囲気は漂っていた。

3.4.2 Stick-Slip Processes in Tribology⁴⁾, Organized by the Tribology Group of the Institute of Physics, 6th December 2001, Institute of Physics London

(トライボロジーにおける「突きさし-滑り過程」)(物理機構のトライボロジー部門企画、12月6日2001年、物理機構(ロンドン)にて)

「Stick - Slip」は、バイオリンの弦を弓で弾くときに生ずるように、弦と弓は、相互に相手材を、押し付け、食いつき、突きささり、滑り運動を繰り返す。このような場合でも摩耗が進行する。衣類と人の皮膚についても相互にこすれ合うので、同じような摩耗が考えられる。このような現象についての研究発表が行なわれた。

フランスから1件とスウェーデンから1件、英国から5件の研究者も含んだ、合計7件の発表が行なわれた。1件の発表時間と質問時間は、合計30分であった。

- ① “Dynamic Friction”, Professor K L Johnson, (Cambridge University, UK)
・(力学的摩擦) K L Johnson 教授、(ケンブリッジ大学、英国)
- ② “The Intermittent Motion of Fibre-Fibre Sliding Contacts”,
Dr S. Johnson, (Unilever Research, Port Sunlight Laboratory, UK)
・(糸-糸の滑り接触にともなう間欠的運動)
S.Johnson 博士、(ユニレバー、ポートサンライト研究所、英国)
- ③ “Stick - Slip and the Friction of Skin”,
Dr M.Mullier (Gillette Research, UK)
・(突きさし-滑りと皮膚の摩擦)、M.Muller 博士 (ギレット研究所、英国)
- ④ “Stick - Slip Bifurcation Analysis as a Tool to Investigate State-and Rate-Dependent Friction”, Professor T.Baumberger (Groupe de Physique des Solides, Universites Paris, France)
・(状態や速度依存する摩擦を研究するための方策としての突きさし-滑り 分岐解析)、
・T.baumberger 教授、(パリ大学、固体物理部門、フランス)
- ⑤ “Friction Phenomena of Breaks Related to Squeal”,
Professor S.Jacobson (Uppsala University Sweden)
・(きゅーきゅーと音を発することが途切れることの摩擦現象)、
・S.Jacobson 教授、(ウプサラ大学、スウェーデン)
- ⑥ “Violin Bowing : a Stick - Slip Phenomenon Solved?”,
(Professor F.Woodhouse (Cambridge University, UK))
・(バイオリンを弾くこと、突きさし-滑り現象は解析されたか?)
F.Woodhouse 教授、(ケンブリッジ大学、英国)
- ⑦ “Shear - Induced Solid - to - Liquid Transitions in Thin Films”,
Professor J.Klein (Oxford University, UK)
・(薄膜における固体から液体への遷移に導かれたせん断)
・ J.Klein 教授、(オックスフォード大学、英国)

ヨーロッパでは、音楽が盛んなためか、上記のように、バイオリンを弾くときなどに生ずる (Stick - Slip Process) 摩耗現象にも関心が高いことが伺われた。ここでも、活発な討論が行なわれていた。図5は、本会議で写した研究者の発表状況である。図5③(図中の左上)は、「Stick-Slip Processes in Tribology」の会議において発表する英国人女性研究者である。とくに、摩耗のような地味な工学分野においても、女性の研究者が発表しており、英国の研究者の裾野の広さが感じられた。

3.4.3 英国の Professor I.M.Hutchings's トライボロジー研究所

英国ケンブリッジ大学は、材料の摩耗の研究を以前から行なっていた。また、世界的な国際学会誌「WEAR」の事務局を担当していた。編集事務局の編集長 (Editor-in-Chief) は、Professor I.M.Hutchings 先生であった。なお、以前から、事務局はこの研究室が担当してきた。事務局には女性 (Jenny Hornett 氏) が1名おられ、学会誌の編集事務などの重要な業務を担当されていた。

実験室の扉には、「Tasteful Top Flight Tribology Laboratory」と標語が掲げられてあり、「(興味深い摩耗の最高水準の研究所)の意味)、I.M.Hutchings 先生の研究にかける姿勢、熱意が伺われた^{5),6),7)}。

以下に、この研究室で近年、行なわれている研究内容を記した。これらは、実験室の壁にポスターとして掲げられていたものである。

図6(a)、(b)、(c)にそれぞれ、模式的に図を描いたが、図6(a)は、人骨を真似て、人工のひざ関節を作製し、その摩耗挙動の研究が行なわれていたことを示す。図6(b)は、自動車の塗装面に砂の吹き付けによるアブレーション摩耗試験を行い、塗装面の耐久性を評価・解析していることを示す。図6(c)は、3体摩耗試験を行い、その解析的研究が行なわれていたことを示す。その他に、(d)ガラスとアルミニウムの上にゾルーゲル状の被覆を行い、その硬さ測定法を検討する研究も実施されていた。図6(a)~(c)及び(d)に示した研究は、以下の研究題名が付けられていた。

(a) Tribological performance of artificial knee joints

(b) Abrasion of automotive paint top coats

(c) Three body abrasive wear of soft materials

(d) Hardness testing of sol-gel derived coatings on glass and aluminium

研究は受託研究も多く、英国内の企業と共同で研究している。大学院の学生へ企業がスポンサーとなり奨学生を提供している例が多い。海外からの博士課程進学者が多い。2001年10月には、ブラジル、インドからの留学生が博士課程へ進学していた。その前の年度では、中国、日本からの留学生が就学していた。基本的に博士課程3年間で、Ph.D を取得するように予定されている。

3.5 英国と米国の摩耗研究

英国と米国とは、歴史的な背景や言語が英語で共通していることから、お互いに連携して研究を行なっている。ASTM規格は米国の規格であるが、英国でもこの規格にもとづいて、摩耗試験を行なっている研究チームがあった。なお、米国には耐摩耗材料や耐摩耗合金鋳鉄に関するASTM規格があるが、日本にはこれに相当する規格は無い。WEARの国際会議は、例年、北米やヨーロッパの研究者が多いことから、北米やヨーロッパで例年開催されていた。

日本では、耐摩耗材料に関する研究が熱心に行なわれていることが、英国でも知られており、日本の研究への評価が高いことも伺われた。

4. まとめ

英国の摩耗研究の状況を調査した。その結果、以下のようなことが明らかになった。

- (1) 英国の摩耗研究においては、摩耗現象の結果の提示だけでなく、その機構、メカニズムを力学的、物理的、科学的な観点から追及する研究姿勢にあることが理解された。
- (2) 日本と同じように、材料の摩耗に関する研究が活発に積極的に行なわれていた。
- (3) 英国、米国、日本が中心となり、摩耗試験の規格化、標準化を行ない、データベースを作成しようとする動きが見られた。
- (4) 英国は歴史的な背景から、世界各国とのつながりが深い、また、英国が科学技術の先進国であること及び、英語が国際語となっているために、英語を習得した外国からの留学生が極めて多い。摩耗のみならず、材料研究のために、英国に留学する海外からの学生数、研究者数が極めて多い。

謝 辞

おわりに臨み、著者のうちの一人は、文部科学省在外研究員として英国に派遣させていただきました(2001年3月1日~12月20日、10ヶ月間)。訪問先は、九州大学大学院工学研究院 材料プロセス専攻 大城桂作教授の紹介勧めによるものでした。在外研究の受け入れは、Univ. of Cambridge, Institute for Manufacturing, Professor I.M.Hutchings 教授に快諾していただきました。また、(元)山口大学教育学部 福井 昂教授より、かねてから、在外研究の勧めがありました。海外研修中の留守中は、山口大学教育学部技術教育の教官をはじめとして、関係の先生方、事務官の方々にご迷惑をおかけしました。在外研究を許可していただきましたご寛容に、深く、謝意を表する次第であります。

以上、あわせて各位のご厚意に、心からお礼申しあげます。

文献

- 1) 野呂瀬 進 他：摩耗機構の解析と対策 (テクノシステム) 1992.
- 2) I.M.Hutchings (岩井 善郎 訳)：トライボロジスト (2001) 第46巻、第1号、p17-23..
- 3) 「Abrasion」,UK Forum on Friction and Wear Testing, In association with The Institute of Physics, Tribology Group, 20th September 2001.
- 4) 「Stick-Slip Processes in Tribology」, Programme and Abstracts, Organized by the Tribology Group of the Institute of Physics, 6th December,2001.
- 5) I.M.Hutchings, Donald Julius Grosen Prize Winning Lecture “Abrasion Processes in Wear and Manufacturing”, Organized by the Tribology Group of the ImechE, 6th December 2000.
- 6) I.M.Hutchings: “Tribology, Friction and Wear of Engineering Materials”, (Butterworth, Heinemann) (1992)
- 7) I.M.Hutchings, ed. “New Directions in Tribology”, Mechanical Engineering Publications, Bury St. Edmunds, England 1997



図 1 英国の建築技術の一例
(a) 英国国会議事堂、
(b) 観覧車（ロンドン・アイ）とロンドン市庁舎

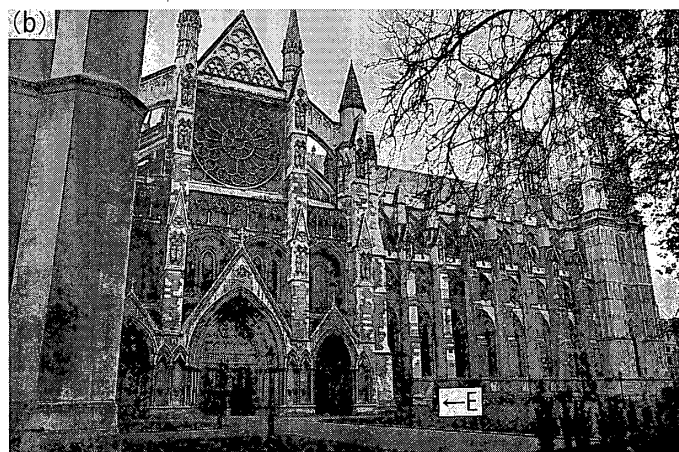
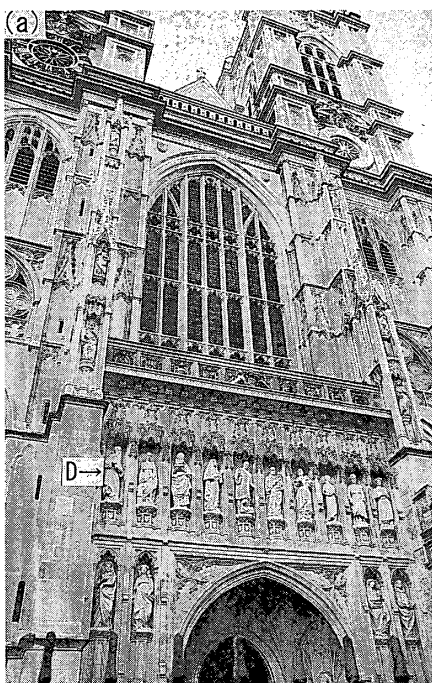


図 2 英国の建築・工芸技術の一例
(a) ウェストミンスター寺院、正面から臨む、精密な彫刻が施され、彫像が設置されている。(矢印：彫像)
(b) ウェストミンスター寺院、側面から臨む（英国、ロンドン）



図3 WEARは「すり減った、摩耗した、着古す」ことを身を持って示す英国人研究者（教授）Professor showed that WEAR means CONSUME or TEAR by his behaviour.

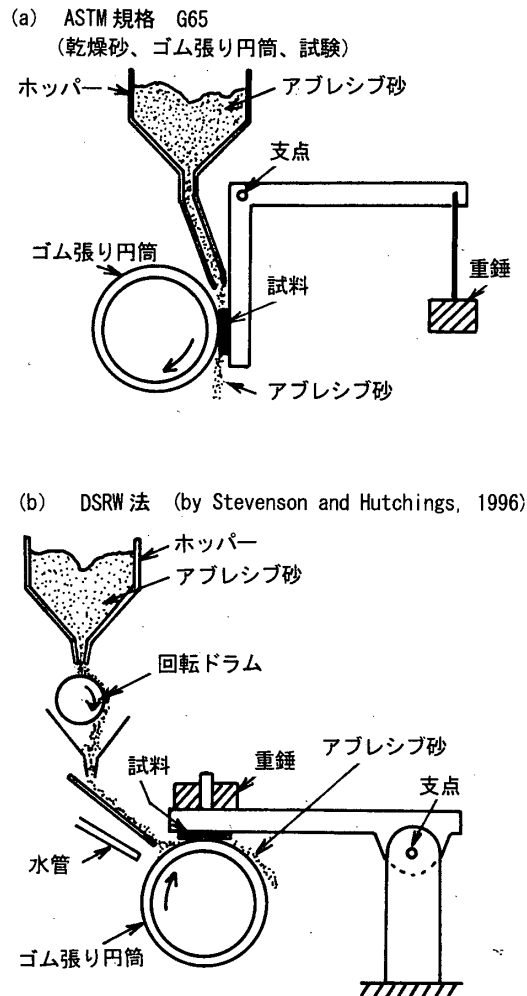


図4 アブレシブ摩耗試験機、(a) ASTM G65規格の試験機、(b) DSRW法による試験機 [StevensonとHutchingsによって(a)を改良(1996年)、湿式の摩耗試験も可能]

表 1 英国の大学のトライボロジー研究の一覧 (by I. M. Hutchings)²⁾

(出典 : I. M. Hutchings (岩井善郎訳) : トライボロジスト (2001) 第46巻、第 1号、p17-23.

大学	学科	連絡先	トピックス
1. アストン (Aston)	機械工学・ 応用科学科 (Engineering and Applied Science)	Prof. J. L. SULLIVAN	磁性媒体、 情報保存 (Magnetic Media and information storage)
2. バーミンガム (Birmingham)	製造、 機械工学科	Dr. C. J. Hooke	接触機構、 機械要素、 潤滑 (Contact Mechanics)
3. バーミンガム (Birmingham)	金属工学・ 材料学科	Prof. T. Bell, Dr. S. N. Kukureka	表面工学、 高分子
4. ボーナマウス (Bournemouth)	設計、工学、 コンピュータ 学科	Dr. M. Hadfield	環境学、 ころがり接触
5. ブルネル (Brunel)	機械工学科	Prof. T. A. Stolarski	機械要素、 接触機構、 潤滑
6. ケンブリッジ (Cambridge)	工学部	Dr. J. A. Williams Dr. M. P. P. Sutcliffe Prof. M. E. Welland	機械要素、 接触機構学、 潤滑
7. ケンブリッジ (Cambridge)	工学部	Prof. I. M. Hutchings	アブレーション、 エロシブ摩耗、 表面工学
8. セントラル・ ランカシャー (Central Lancashire)	工学部・製品 設計	Dr. I. Sherrington	流体フィルム 潤滑、 表面トポグラ フィー
9. クランフィールド (Cranfield)	産業・ 製造科学科	Prof. J. R. Nicholls	高温エロー ジョン

表2 英国の大学のトライボロジー研究の一覧 (by I. M. Hutchings)²⁾
 (出典: I. M. Hutchings (岩井善郎訳): トライボロジスト (2001) 第46巻、第1号、p17-23.)

大学	学科	連絡先	トピックス
10. ダーハム (Durham)	工学部	Prof. A. Unsworth	微生物トライボロジー
11. グリーンウィッチ (Greenwich)	固体ポルフソンセンター	Dr. M. S. A. Bradley	粉体輸送
12. ヘリオット・ワット (Herriot-Watt)	機械工学・化学工学科	Dr. A. Neville	潤滑化学、エロージョン・コロージョン
13. フル (Hull)	表面工学研究センター	Prof. A. Matthews	表面工学
14. 帝国大学、ロンドン (Imperial College, London)	化学工学科	Prof. B. J. Briscoe	高分子、接触機構、粉体
15. 帝国大学、ロンドン (Imperial College, London)	機械工学科	Prof. H. A. Spikes, Dr. R. S. Sayles, Dr. A. V. Oliver	潤滑化学、境界潤滑、EHL、表面トポグラフィ、機構学、条件モニター
16. リーズ (Leeds)	機械工学科	Prof. C. M. Taylor, Prof. T. H. C. Childs, Prof. J. Fisher	内燃機関トライボロジー、薄膜潤滑、製造、微生物トライボロジー
17. ニューカッスル・アポン・タイネ (Newcastle-upon-Tyne)	機械、材料、製造工学科	Dr. S. K. Bull, Prof. T. F. Page	表面工学、歯車、切れ込み機構
18. ノッティンガム (Nottingham)	材料工学科・材料設計	Dr. P. H. Shipway	アブレシブ、コロシブ摩耗、表面工学
19. オックスフォード (Oxford)	工業科学	Dr. A. Korsunsky	接触機構学
20. オックスフォード (Oxford)	材料学科	Dr. S. G. Roberts	セラミックス

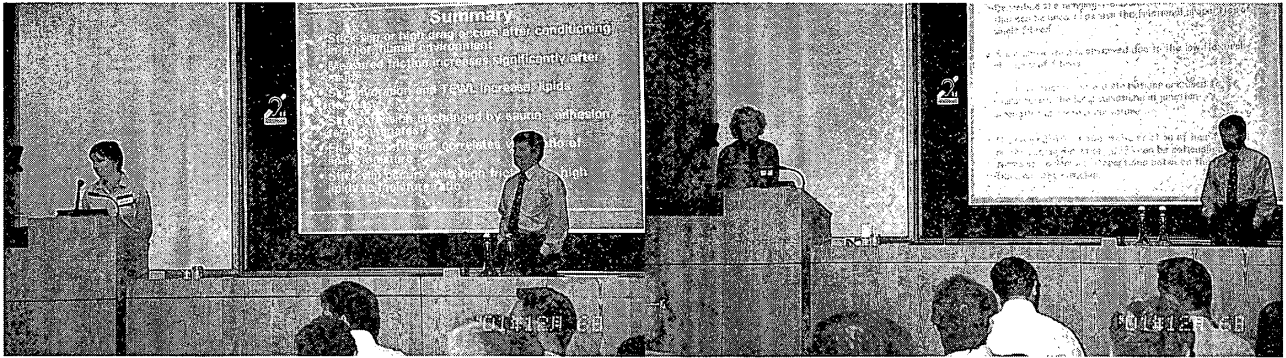
表3 英国の大学のトライボロジー研究の一覧 (by I. M. Hutchings)²⁾

(出典: I. M. Hutchings (岩井善郎訳): トライボロジスト (2001) 第46巻、第1号、p17-23.

大学	学科	連絡先	トピックス
21. シェフィールド (Sheffield)	機械工学科	Dr. A. Kapoor	接触機構学
22. シェフィールド (Sheffield)	機械工学科	Prof. J. H. Beynon, Dr. R. Dwyer-Joyce	ころがり接触、 金属加工、 流体薄膜潤滑、 潤滑摩耗
23. シェフィールド (Sheffield)	機械工学科	Dr. W. M. Rainforth,	材料の摩耗、 セラミックス
24. サウスハンプトン (Southampton)	機械工学科	Dr. R. J. K. Wood	エロシブ摩耗、 エロージョン・ コロージョン
25. ウミスト (Umist)	腐食・ 防食センター	Prof. F. H. Stott, Dr. M. M. Stack	酸化、エロー ジョン・コロ ージョン
26. ウェールズ、 カーディフ (Wales, Cardiff)	工学部	Prof. R. W. Snidle, Dr. H. P. Evans	EHL、機械要素
27. ウェールズ、 スワンシー (Wales, Swansea)	工学部	Dr. B. Roylance	潤滑摩耗、 条件モニター リング
28. デ・montフォート (De Montfort)	化学・物理学科	Prof. M. F. Fox	潤滑化学

③ 「Stick-Slip and the Friction of Skin」
Dr. M. Mullier, (Gillete Research)

② 「The intermittent Motion of Fibre-Fibre Sliding Contacts」
Dr. S. Johnson, (Unilever Research, Port Sunlight Laboratory)



① 「Dynamic-Friction」
Prof. K. L. Johnson (Cambridge Univ.)

⑦ 「Shear-Induced Solid-To-Liquid Transitions in Thin Films」
Prof. J. Klein (Oxford Univ.)

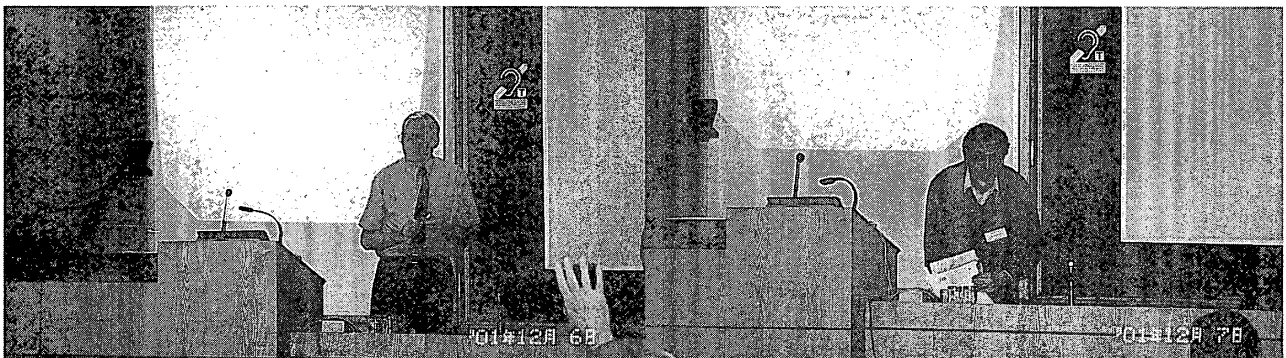


図5 「Stick-Slip Processes in Tribology」の学会で発表する英国人研究者(12月6日 2001年、英国ロンドン、Institute of Physicsにて)

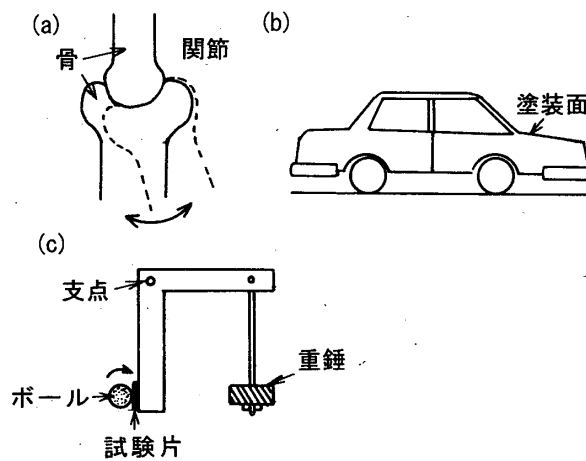


図6 摩耗研究の例 (I. M. Hutchings 教授 トライボロジー研究所) (Professor I. M. Hutchings Tribology Laboratory)
 (a) 作製した人工ひざ関節の摩耗挙動の研究
 (b) 自動車の塗装面のアブレーション摩耗評価
 (c) 3対摩耗試験