

## 電通大菅平宇宙電波観測所

### 「スキーと雪の摩擦研究プロジェクト」の紹介

電気通信大学自然科学系列

仁木國雄

#### 1, 研究目的

スキーが良く滑るのは、スキーと雪の間の摩擦面に発生する水が潤滑剤として働くためであると言われている。しかし、実際のスキーの滑走面に発生した水を直接観察した報告はまだ無い。また、「スキーが良く滑るのはなぜか?」というテーマは、スキー科学研究会(1952～)をはじめ沢山の研究が行われたが、実際のスキーと雪の摩擦現象を解明した報告はない。

私たちは、摩擦面における水の発生状況に焦点を絞り、本当に摩擦により計測可能な量の水が発生するのか、もしそうだとすれば摩擦面における水の働きどのようなものかを検討することを通して、雪とスキーの示す特別に小さい運動摩擦係数の謎を明らかにすることを当面の目標とする。

#### 具体的計測のテーマ

- (a) スキーと雪の摩擦により、どんな条件でどのくらいの量の水ができるか。
- (b) 水はどんな状態になるのか。(膜状の水による潤滑か。水がコロの働きをするか。マクロな水の膜が必要か。

#### もう一つの目的

研究室、学科、大学、企業あるいは、自然科学と工学の枠を超えた自由な共同研究を行い学生により広い視野を与える。

#### 2, 研究方法の特色

従来からの熱電対による滑走面の温度と静電気の計測の他に、新たにスキーと雪両方の摩擦面の状態の画像計測を組み合わせ、摩擦現象を広く検討する。

#### 今回の新しい計測方法、あるいは試み

- (a) 画像計測による、スキー滑走前後の雪面状態及びスキー滑走面の変化の定量化。
- (b) 光学ガラスをスキー滑走面にはめ込み、スキーと雪の境界面の状況や摩擦により引き起こされる諸現象を同時にまた画像情報として求めることを試みる。
- (c) 蛍光物質をトレーサーとして用いる光学的方法により摩擦面の水の動きを計測する。

#### 測定は

- (a) 先ずモデルスキーを用い、屋外に建設中の直線運動における摩擦係数測定装置で予備実験、測定装置の開発行う。
  - (b) 最終的には自然のなかの実際のスキーの摩擦現象を計測する。
- また、スキーの摩擦現象を理解するには色々な分野からの総合的なアプローチが必要である。従って、このテーマに興味を持つあらゆる分野の研究者やメーカーと協力して研究を進める。さらに、このテーマは複雑だけでなく、高速、低温、屋外と言う条件下における高度な測定技術としての興味もある。また、研究成果も長期的に見ればスキーの設計、滑走面の素材やワックスの開発、あるいはスキー技術の科学的な分析や指導に応用することの他に、タイヤ、靴底、屋根材などの関連分野での設計開発にも応用できると考えている。

## これまでの我々の活動

平成8、9年度の電気通信大学菅平宇宙電波観測所公募の共同研究の研究費を受領した。

研究課題名「スキーと雪の摩擦の研究」

代表者 仁木國雄

灰塚正次, 石井 明 電通大・機械制御

磯 守, 武川征宏 農工大・工

富澤一郎

電通大・菅平宇宙電波観測所 安本康彦

家政学院大

木村和彦

電通大・自然系

平成8年度は研究の初年度で、このテーマに関する調査と予備的測定を行った。

- (1) スキー科学の研究動向調査としては、国内の各専門家を講師として招き、第一回スキー科学セミナー、共同スキー計測会と卒研究生を対象とした3回の菅平専門セミナーを開催し、研究討論会を行った。
- (2) スキー滑走時のスキーと雪の境界面の現象を理解するための予備測定
  - ・スキーと雪の摩擦熱の計測：スキー滑走面に複数の熱電対のアレイを埋め込み、滑走による温度変化を計測した。その結果、滑走により文献報告にあるように確かに温度上昇を示す場合もあったが、気温、雪温、日照具合等の気象条件や、滑走面の場所によりその様子は大きく変わることが新たに分かった。
  - ・スキー滑走による滑走面及び雪表面の変化の可視化計測：CCDカメラ及びVTRを用いて、顕微鏡下の測定をした。滑走面のワックスに関してはある程度計測できるが、雪表面は条件により雪粒子の大きさや表面の状態が異なり、滑走による変化は必ずしも認められなかった。
  - ・その他に、着色ワックスの消耗具合から滑走面の摩擦状況の目視による検討や、摩擦による静電気の計測を試みた。

これらの予備測定の結果、予期した通りスキーと雪の摩擦面の状況は自然の気象条件やワックス等により大きく変わり、実験室の測定結果だけではスキーの摩擦現象は説明しきれないことが明らかとなった。例えば、対馬と吉田の亚克力板と氷を長時間摩擦する回転式摩擦係数測定装置による実験結果は、摩擦により水のできる事を示した物理学の研究で、実際のスキーが良く滑る原理とはまだ言い切れない。

我々がしなければならないことは、どんな条件（雪質、温度）で、どんなスピードのときに水がどのようにできるかを明らかにすることであると言う結論に達した。

平成9年度具体的に取り組んでいること

(a) 自然条件の摩擦現象への影響を検討するために、直線運動における摩擦係数測装置を観測所の屋外に建設している。（機械制御工学科4年伊藤、電子工学科4年太田）

・・・セミナー中にデモンストレーションを予定・・・

(b) ワックスの浸透度は滑走面材の性能の一つとして、重要なファクターである。電子顕微鏡により滑走面材の高密度ポリエチレン表面のクラックをワックスが埋めることは判ったが、ポリエチレンとワックスのなじみ具合は判らない。ポリエチレンに浸透したワックスの固体高分解能核磁気共鳴スペクトルの測定に成功した。このデータの解析により、浸透したワックスの定量や運動性、滑走面との相互作用（なじみ具合）等の分子レベルの情報が得られるものと考えている。（電子物性工学科M1小林）

## スキー科学セミナーの歩み

### 第1回スキー科学セミナー 平成9年1月10日(金)～1月12日(日)

電気通信大学菅平宇宙電波観測所研究棟会議室

1月10日(金) 18:00～22:00

- ・オリエンテーション(観測所の紹介と研究プロジェクトの説明)
- ・基調講演 講師: 黒岩茂隆氏(信州大学名誉教授)「スキーの界面科学」
- ・研究情報交換会

1月11日(土) 9:30～21:00

- ・スキーロボット教室(雪上討論会)
  - (1) スキーロボットの動作を実物で紹介(河村隆・信州大学)
  - (2) スキーロボットのビデオによる紹介(香川博之・金沢大学)
- ・研究討論会
  - (1) スキー滑走面の光・電波による計測技術(富澤一郎・電気通信大学)
  - (2) ターン時に雪面からスキー板に作用する力の測定(香川博之・金沢大学)
  - (3) スノーボーディング型移動ロボットに関する研究(河村隆・信州大学)
  - (4) スキー教育のためのエキスパートシステム(益田誠也・玉川大学, 森本信雄・玉川学園)
  - (5) スキーの振動特性(風間武・長野県工業試験場)
- ・懇親会

1月12日(日) 9:30～12:00

- ・観測所研究施設見学ならびに研究打ち合わせ

### 第1回スキー科学雪上計測会 平成9年3月18日(火)～3月20日(木)

電気通信大学菅平宇宙電波観測所研究棟会議室

3月19日(水) 8:30～25:00

- ・雪上トレーニング
- ・雪上計測会
- ・雪上計測会
- ・研究討論会

### 第1回菅平専門セミナー 平成9年4月26日(土)～4月27日(日)

電気通信大学菅平宇宙電波観測所研究棟会議室

4月26日(土) 17:30～23:00

- ・オリエンテーション
- ・研究紹介

4月27日(日) 9:00～15:30

- ・専門セミナー
  - (1) 電磁気的手法による地殻変動の研究(富澤一郎・電気通信大学)
  - (2) 画像処理による視覚作業の自動化(石井明・電気通信大学)
  - (3) 分子の構造, 状態, 環境と分子スペクトル  
-分子スペクトルから何がわかるか?- (仁木國雄・電気通信大学)

第2回菅平専門セミナー 平成9年7月5日(土) 13:30~18:30

電気通信大学東4号館8階815室

・講演

- (1) 歯車の摩擦係数—スキーを意識して? (灰塚正次・電気通信大学)
- (2) 計測データの統計処理—スポーツを事例として (木村和彦・電気通信大学)
- (3) 高速度撮影と光学計測 (山本芳孝・東海大学総合科学技術研究所)

・研究経過報告

・懇親会

第3回菅平専門セミナー 平成9年10月10日(金)~10月12日(日)

電気通信大学菅平宇宙電波観測所研究棟会議室

10月10日(金) 10:00~22:30

- ・研究室分科会・参加者発表会
- ・ゲレンデ調査(ウォーキング)
- ・スキー科学共同研究の進捗状況報告および今後の計画
- ・懇親会

10月11日(土) 9:00~17:00

・専門セミナー

- (1) 筋肉の科学とストレッチング実習 (水口長・アイオーエム)
  - (2) 光化学・原理と応用 (山田修三・電気通信大学)
- ・研究自由討論+リクレーション

第2回菅平スキー科学セミナー開催 平成10年1月9日(金)~1月11日(日)

電気通信大学菅平宇宙電波観測所研究棟会議室

1月9日(金) 20:00~22:00

・オリエンテーション&研究情報交換会

1月10日(土) 9:30~24:00

- ・雪上討論会
- ・基調講演  
スキーの物理学 (高木隆司・東京農工大学)
- ・研究討論会
  - (1) スノーボーディング型移動ロボット (河村隆・信州大学)
  - (2) スタッドレスタイヤの冰雪上性能の向上 (山口宏二郎・ブリヂストン)
  - (3) 雪面からスキー板に作用する力の測定 (香川博之・金沢大学)
  - (4) スキー技術はどう分類できるか (國見保夫・益田誠也(玉川大学), 森本信雄(玉川学園))
- ・パネルディスカッション
  - (1) スキーと雪の摩擦の研究プロジェクトの紹介 (仁木国雄・電気通信大学)
  - (2) スキー滑走面の摩擦現象 (黒岩茂隆・信州大学名誉教授)
  - (3) 実際の計測装置・計測の初期データ・今後の展望  
(冨澤一郎・伊藤善範・太田康洋・石井明・仁木国雄・電気通信大学)

・懇親会

1月11日(日) 9:00~12:00

・研究討論会

- (5) 雪質のリモートセンシングを目指して  
その1. マイクロ波を用いた水の誘電率測定法 (矢加部利幸・電気通信大学)
- ・観測所研究施設見学ならびに研究打ち合わせ