

氷はなぜ滑りやすいのですか？

氷はなぜ滑りやすいのですか？

Q:氷の上で滑りやすいのはなぜか教えてください

A:当たり前で氷の上では滑る現象だから当然メカニズムがわかっていると思われがちですが、結論から言ってしまうと、「これが真のメカニズムだ」と決定づけられていません。

氷の表面に水の膜ができるからそれで滑ると聞いたことがあると言われる方もいると思う。ではその水はどのように形成されるかという説には変遷があり、圧力により氷が融解する「圧力融解」が当初主流であったが、実際のスキーヤーの体重が氷が形成されるには小さすぎるケースを引き合いに、摩擦による融解「摩擦熱」が提唱された。ところがこの説も万全ではなく、少し難しい説明であるが現在は以下の機構が考えられていて、どの機構になるかは条件次第であるとされている。

準融解層 (quasi-liquid layer, QLL)

氷表面にナノ～数十nmの「液体に近い層」が常に存在し、分子の自由度が高い。

ナノスケールでの滑りや低荷重・低速の条件下で有力な説明になる (Dashらの総説、2006年など、分子動力学の研究も多数)。

摩擦熱 (self-lubrication)

滑りで発生する熱が局所的に氷を溶かし薄い水膜を作る。速度や持続時間、熱の刃 (滑子) への吸収で効果が変わる。

スケート理論 (Bowden & Hughes 1939 以降) で広く扱われるが、醸成される膜厚は非常に薄いことが多い。

圧力融解（**pressure melting**）

圧力で融点がわずかに下がる（**Clapeyron**則）。だが効果は小さく、日常的な圧力だけで広い領域を溶かすには不十分な場合が多い。

局所的に非常に高圧（**HPZ：high-pressure zones**）が生じると局所融解に寄与する可能性あり（特に鋭いインデント下）。

破碎・摩耗とアイスリッチスラリー（**abrasion / slurry**）

高い局所応力で氷が脆性破壊して微粒子が生じ、それが水と混じって粘性の高いスラリーを作る。スラリーが潤滑する場合があります、スケートや砕氷実験で観察されている（**Gagnon** や **Lever** らの観察）。

フラッシュ加熱・接点軟化

微小接触点の短時間高温で部分的に軟化・溶融し摩擦を下げる可能性。滑り条件と接触形状に依存（**Persson** らのモデル的提案）。

境界摩擦・プラウイング（**ploughing**）

薄い膜しかないときは粒子や鋭いアスペリティが氷に食い込み、プラウイング（押し除け）や直接的摩擦が支配する。これが摩擦を増す場合もある。

だからこそスケートのブレード、スキー板が形状や材質、ワックスなどが日進月歩進化している。また、スタッドレスタイヤ、スノーシューズも同様に進化している。

結局「これが真のメカニズムだ」と決定づけられていないので、各用途に合わせてメカニズムを組み合わせ氷の上を滑る技術が開発されている。

文献例：https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmemecj/2018/0/2018_S2310202/_pdf

図：スキー底面と雪面の接触（模式）

- ・断面模式図：接触領域、薄膜、砕氷片を示す
- ・縮尺非等（概念図）
- ・用途：研究・プレゼン用の説明図

作成：自動生成 | 保存：SVG形式

