

特集：SS リーグ研究報告

毛皮はなぜ暖かい？ ～衣服を暖かくするためには～

後藤 優佳（中学3年）

■研究の背景

冬になると毛皮のコートや手袋、マフラーなどをしている人をよく見かけるようになる。この理由の一つには毛皮が暖かい、ということが挙げられる。ただ、毛皮製品があるということはその数だけ動物の命が奪われているということだ。そこで、動物の毛皮のように暖かく過ごせる衣服を人工的に作ることができれば毛皮を着る必要性を減らし、ひいては動物の命を奪う機会を減らすことができるのではないかと考えた。

■目的

保温性の高い衣服を作るためには保温性の違いを生じさせる原因を知らなければならない。そのため、保温性の違いを明らかにし、差を生じさせる原因を探ることを目的とした。

■観察

はじめに動物の種類による毛の生え方の違いを調べた。動物には二種類の毛がある。①オーバーコート：長く、硬く、真っ直ぐな表面上に出ている毛②アンダーコート：短く、柔らかく、ウェーブしている毛

3種類の動物についてそれぞれオーバーコートとアンダーコートの観察および測定を行った。

- ・毛の長さ…皮膚とつながっているところから先端までの長さを測った。ウェーブしている毛は伸ばさずに波打った状態で長さを測った。

- ・毛の太さ…それぞれの動物のアンダーコートとオーバーコートを顕微鏡で同倍率で見て、太さを比べる。

- ・毛の本数…それぞれの毛皮を1cm四方の正方形に切り、中に生えている毛を根元で切った。切った毛の1本1本をセロハンテープに貼り付けて数えた。

- ・全体における毛の体積の割合… $\left\{ \frac{\text{各動物の毛の太さ} \times (\text{アンダーコートの長さ} \times \text{本数} + \text{オーバーコートの長さ} \times \text{本数})}{\text{底面積} \times \text{毛皮の毛の長さ}} \right\} \times 100$ (%)

■結果

各動物のオーバーコートとアンダーコートの写真。



キツネ

ウサギ

ヒツジ

	キツネ	ウサギ	ヒツジ
長さ (cm)	オ：7 ア：4	オ：3.5 ア：3	5
本数 (本)	オ：376 ア：10216	オ：372 ア：5180	区別なし
総合本数 (本)	10592	5552	6528
毛の割合 (%)	14.76	5.46	0.5

オーバーコートはオ、アンダーコートはアで示す。また、羊にはオーバーコートとアンダーコートの区別がなかった。

■実験1

各動物の毛皮を用いて保温能力の違いを調べた。

実験方法

1.ウサギ・キツネ・ヒツジの毛皮でそれぞれ袋（縦：約20cm 横：約15cm）を制作した。

2.4本の同じペットボトルを用意し、ペットボトルの蓋に穴を開け、温度計を水に触れるようにして差し込んだ。

3.水を張った大鍋に4本のペットボトルを入れ加熱した(30～60分)。

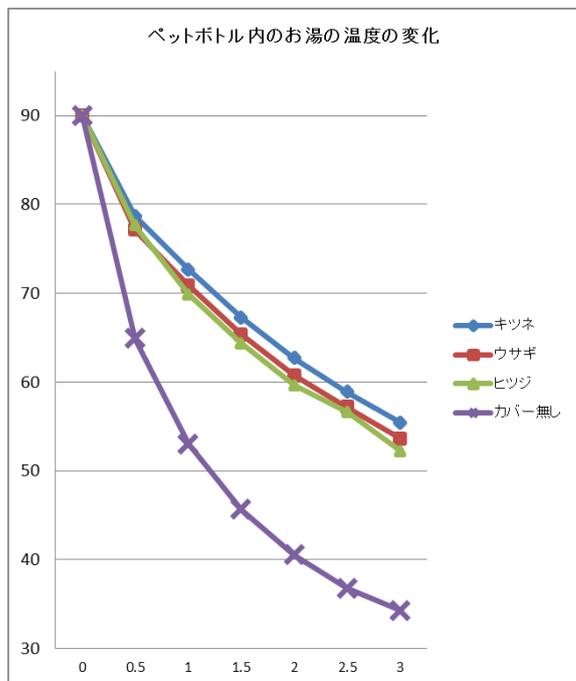
4.温度が安定したら(90℃まで)、3本をそれぞれウサギ、キツネ、ヒツジの袋に入れ、残りの1本はそのまま部屋の中に置いた。

5.30分毎に全ペットボトルの水温を計測した。

この実験(方法1～5)を12回繰り返して、全ての数値の平均を出しグラフに表した。

実験の様子





縦軸：水温 (°C) 横軸：経過時間 (時間)
 結果を比較しやすくするためにペットボトル内の水温が90°Cから60°Cに低下するまでの時間を保温指数とする。
 保温指数 (分) キツネ：156 ウサギ：111 ヒツジ：102

■観察と実験1の考察

毛が細く密集しているキツネが、毛が太く量が少ないウサギより保温性が高かったことから保温力を高めるためには細い繊維で密集させるとよいと考えられる。空気の体積の割合が最も小さかったキツネが最も保温力があり割合が最も大きかったヒツジが最も保温力がなかったことから保温力を高めるためには内部に空気を含まない方がよいと考えられる。また、このことから毛と空気では毛の方が空気よりも熱を伝えにくいと考えられる。

■実験2

実験1ではキツネ・ウサギ・ヒツジの毛皮を用いてそれぞれの特徴と保温性との関係性を調べた。しかしそれでは毛皮のどんな要素が保温性に大きな影響を及ぼすのかを特定するのは難しい。そこで実験2においては毛皮の構造に近く、条件を統一できるような人工素材を用いることにした。さらに実験1の結果からは空気の含有率は小さいほうが保温性が高いと考えられた。しかし一般に空気は保温性が高いと言われており、これと矛盾する。そこで実験1の結果の解釈が正しかったのかどうか調べるため、再度空気に着目した実験2を行った。

方法

毛皮のモデルとしてフェイクファーとモップを用いて以下の実験を行った。

1.水温を90°Cに揃えた4本のペットボトルを表のAからDの実験材料を入れたプラスチック容器の中に入れた。数字は、Aに入れた材料の長さ、割合を1とした時のものである。

	A	B	C	D
長さ	1	フェイクファー2 モップ1/2	1	0
毛皮の割合	1		1	2

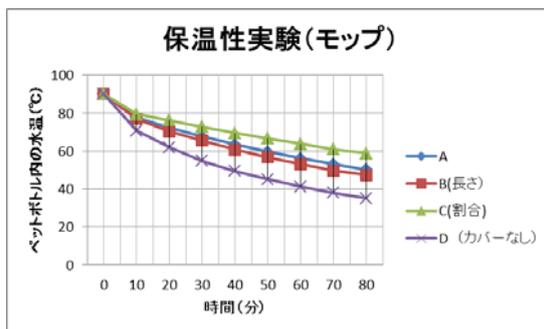
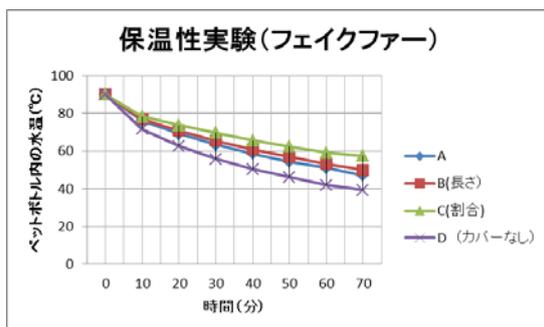
2.実験1と同様に温度計を差しこみ、10分毎に全ペットボトルの水温を計測した。

実験の様子



■実験結果2

フェイクファーは20回、モップは10回行った実験の平均をグラフに表した。



■考察2

フェイクファー・モップともに毛の割合が多いCの保温性が高いということから毛の割合が多いと保温性が高くなると考えられる。また、フェイクファーではAより毛の長さが長いBの保温性が高く、モップではAより短いBの保温性が低かったことから毛が長いとわずかに保温性が高くなるということがわかる。

■実験3

実験2でも毛が多い方が保温性が高いという結果となった。しかしこれは実験2は、空気が動くことが可能な状況にありそれゆえ空気が動いているためではないかとも考えられたので、空気が動かないようにプラスチック容器に蓋をして同様の実験を行った。

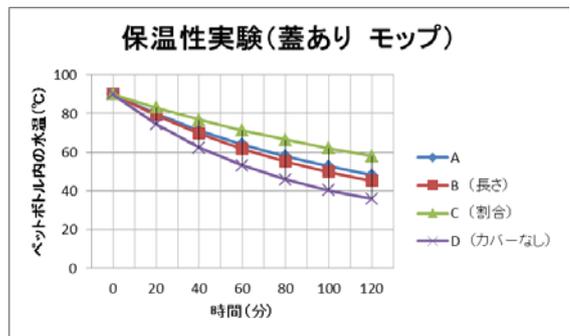
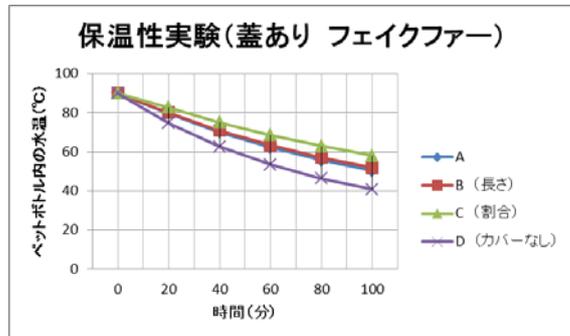
実験方法

実験2と同様。

実験の様子



■実験結果3



■考察3

実験2よりも3の方が温度の減少が緩やかであることから、空気の動きがない方が保温性が高まると考えられる。また、実験2と同様、毛の量を2倍にすると保温性は大幅に良くなった。これには、(a) 空気よりも毛の方が熱伝導が悪い、(b) 毛によって容器内の空気の対流が抑えられている、の2つの原因が考えられる。

■今後の展望

今回の実験で、毛の割合が多い時、空気の対流が少ない時に保温性が高まることがわかった。今後はこの結果をもとにして、モデル素材を利用しながら、究極の保温性を持つ布地の構造を提案し、実験で検証していきたい。さらに、その保温性の高い構造に、熱伝導率が低い素材・熱の放射率が低い素材を組み合わせ、究極の保温性を持つ衣服を作りたい。

■謝辞

この研究を行うにあたり、筑波大学濱健夫先生、神田晶申先生には大変お忙しい中、熱伝導について、実験の検証、考察の検証、修正などをご指導いただき、またSSリーグ尾嶋好美先生は常に的確なご指摘をくださった。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

Communicated by Takeo Hama, Received July 31, 2013.