

ハニカム構造を利用した紙製ベッドの保温・圧力分散効果

学校法人静岡理工科大学 星陵高等学校 理化学探究部 3年 上杉朋花

背景・目的

大規模な自然災害の増加

避難所利用の増加

災害関連死対策が必須！

静岡県 富士・富士宮市役所での調査

感染症対策

大人数の受け入れにはパーティションが必須

UP!
段ボール
需要

But
感染症対策優先

[提案]

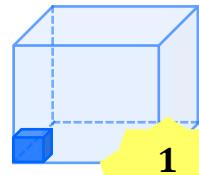
段ボールベッド

↓
ハニカムペーパー

段ボールベッド

供給量 Down..

収納体積



$\frac{1}{46}$

費用



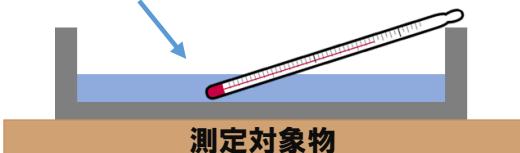
$\frac{1}{13}$

段ボールベッドが注目されている

【保温】水の温度変化

熱源の温度変化の比較

40℃のお湯



測定対象物

容器はアルミバットを使用

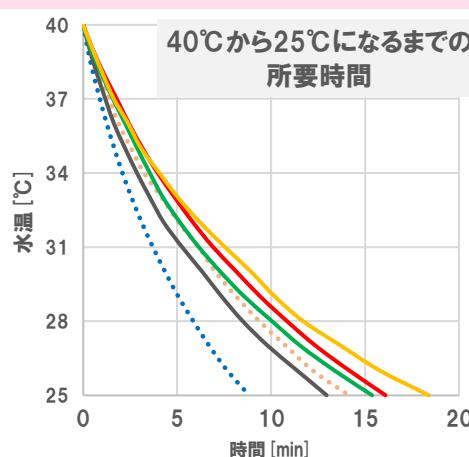
外気

熱源

水量: 30 ml
室温: 18℃
回数: 4~12回

水温: 40から25℃に低下するまでの所要時間を1℃ごと測定

ハニカムは保温効果はタオルケットと同程度だが、タオルケットと組み合わせることで効果が約30%高まる。



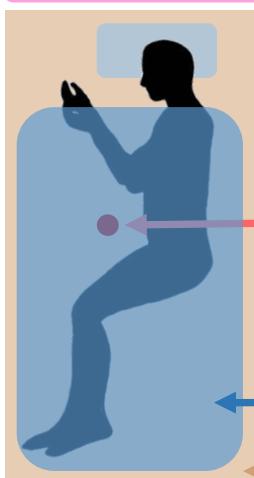
保温効果

- 😊 マットレス (+108%)
- ハニカム + タオルケット (+80%)
- 敷布団 (+67%)
- タオルケット (+56%)
- ハニカム (+52%)
- 😞 床 (基準 0%)

測定対象物: ①床 ②ハニカム(厚み:6cm) ③敷布団(厚み:約3cm) ④タオルケット ⑤ハニカム+タオルケット ⑥マットレス
(敷布団・タオルケットは綿100% ⑤はハニカムの上にタオルケットをのせた)

【保温】布団内の温度変化

周囲環境の温度変化の比較



被験者: 男性(20代)
体温 36.3℃
室温 : 20℃

外気

布団の中

熱源

温湿度計(データロガー)

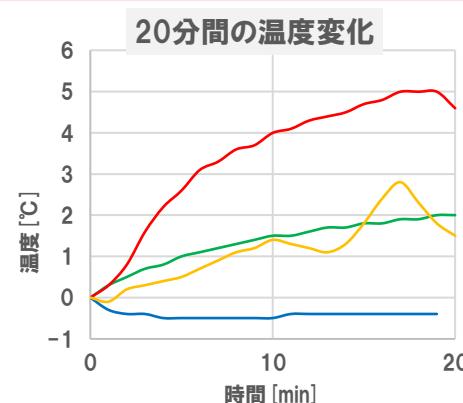


計測時間: 20分
計測間隔: 1分

上に被せる

タオルケット(1枚)

評価対象物 (① ③ ⑤ ⑥)



保温効果

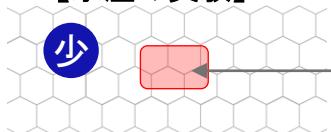
- 😊 ハニカム+タオルケット
- マットレス
- 敷布団
- 😞 床

ハニカム+タオルケットの保温効果はマットレスよりも高い(測定開始から終了までに約5℃上昇)

考察

【水温の実験】

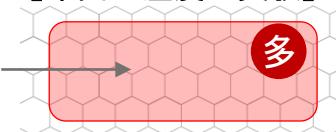
平面図



少

接触面積
(セルの数)

【布団内温度の実験】

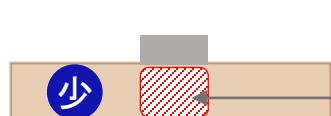


多

【水温の実験】: アルミバット近辺のセルのみが保温効果を発揮した

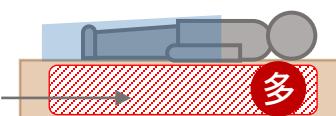
【布団内の実験】: セルとの接触面積の増加により、空気の総量が増加し、保温効果がより高まった

側面図



少

空気量



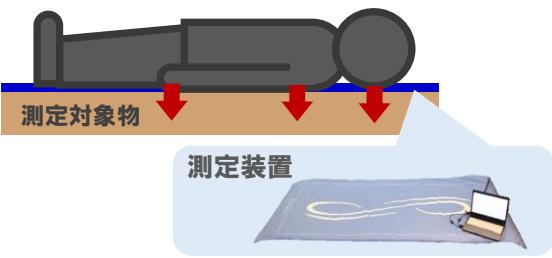
多

ハニカムの断熱性 熱伝導率の低い空気の層をつくることで成立

ハニカムとタオルケットの組み合わせは
マットレスより保温効果が高い!

【圧力分散】

接触面積（圧力）の比較

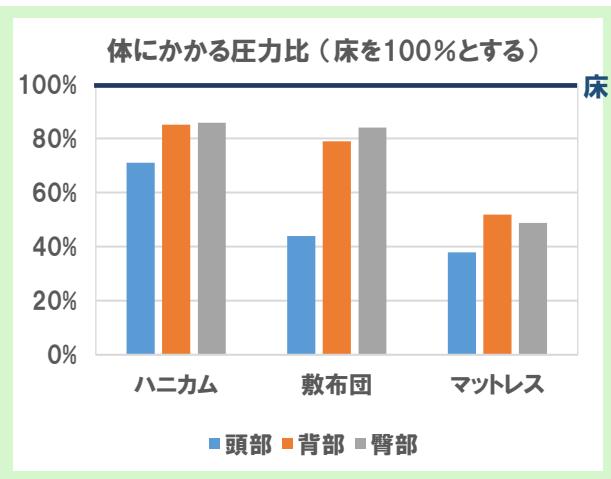
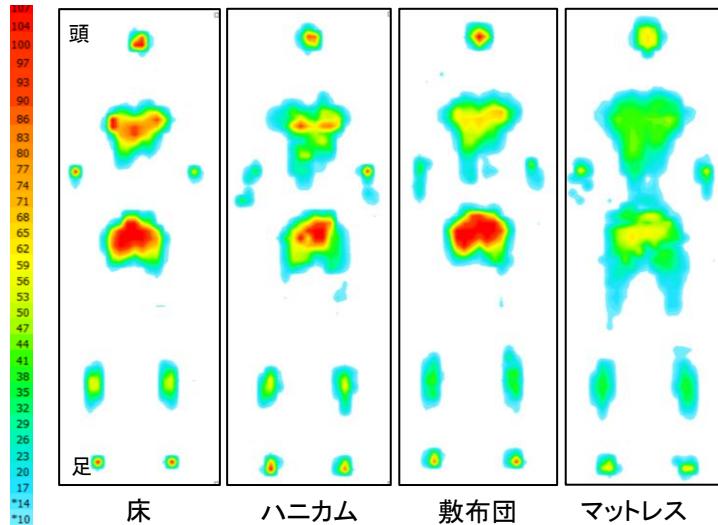


測定装置：住友理工 SRソフトビジョン
 (測定面積1800×700mm²
 測定範囲15-110mmHg)

被験者：17名
 身長 161±11cm
 体重 56.5±12.5kg

仰向けに寝た時の圧力分布を測定

部位ごとに数値化



※ 測定上限(圧力)146hPa以上は赤色で表示

測定対象物：① 床 ② ハニカム ③ 敷布団 ④ マットレス

考察

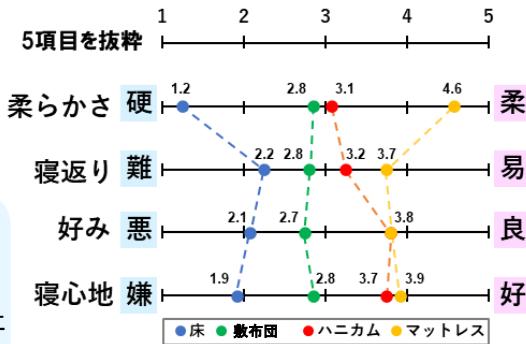
寝心地に関するアンケート調査

評価対象物 (① ② ③ ④)

実験結果 まとめ

内容：10項目・5段階
 対象：10代～50代
 人数：17名

〈ハニカムの感想〉
 自分の体の形に
 潰れてフィットしている感覚があった。
 手や足で容易に潰せるので、好みの固さに
 カスタマイズできて良かった。



圧力分散効果

ハニカム < 敷布団 < マットレス

各部位でのばらつき

敷布団 > ハニカム ≒ マットレス

〈寝具としての最適な条件〉

圧力分散効果 が高い かつ 各部位でのばらつき が少ない

敷布団 < ハニカム < マットレス

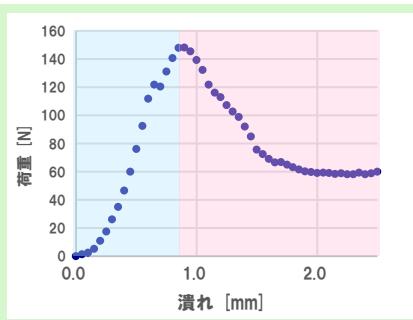
ハニカムの寝心地をマットレスを近づけるには？

圧力分散効果を上げる＝強度を下げる

潰す 材料特性からアプローチ

設計変更

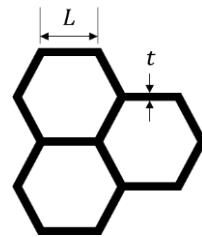
構造特性からアプローチ



リングクラッシュ試験
 0.05mmずつ圧縮し
 荷重を測定
 一定量潰れると
 小さな力でも変形した
 最初に潰しておくことで
 ハニカムが変形しやすくなる

$$P_C \propto \sigma_{ys} \cdot \left(\frac{t}{L}\right)^{\frac{3}{5}}$$

P_C : ハニカムの強度
 σ_{ys} : 素材の強度
 L : 辺の長さ
 t : 紙の厚さ



辺の長さLを大きく または 紙の厚さtを小さくし
 ベッドとして最適な強度を検討する

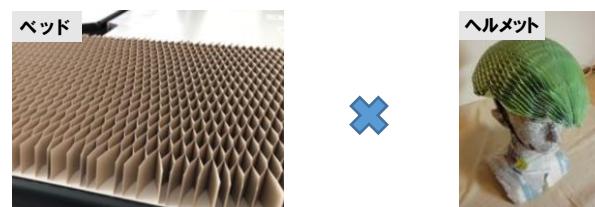
ハニカムを潰す & 設計変更でマットレスに近い性能のベッドを製作できる！

実用化に向けて

追加実験

- ① 気候の違いによる保温効果の変化(夏季/冬季)
- ② 人が長時間寝た時の温度変化・感覚の違い
- ③ 長期間の使用におけるハニカムの耐久性
- ④ 睡眠に最適なハニカムの設定

防災セット



〈謝辞〉 ナゴヤ芯材工業株式会社様よりご提供いただいた資料を使用しています。 静岡大学の島村教授の熱心なご指導に感謝いたします。