

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]

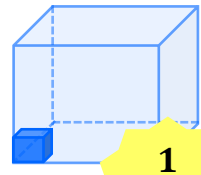
段ボールベッド

↓
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



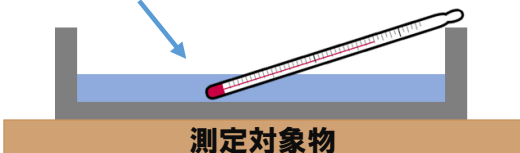
$\frac{1}{13}$

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



容器はアルミバットを使用

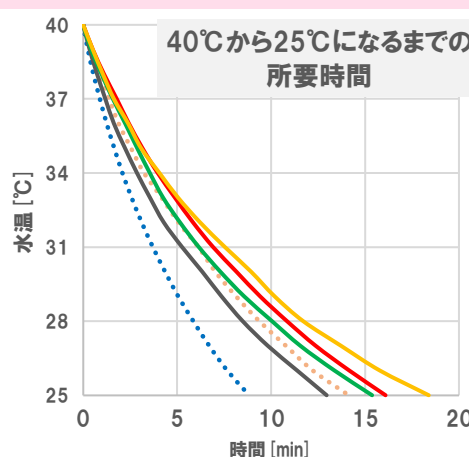
外気

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。



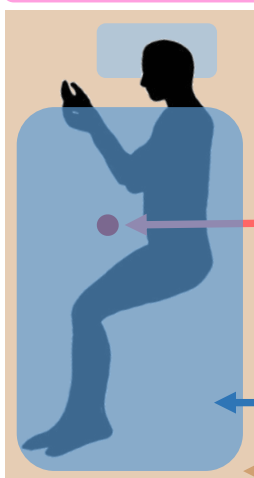
保温効果

- 😊 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

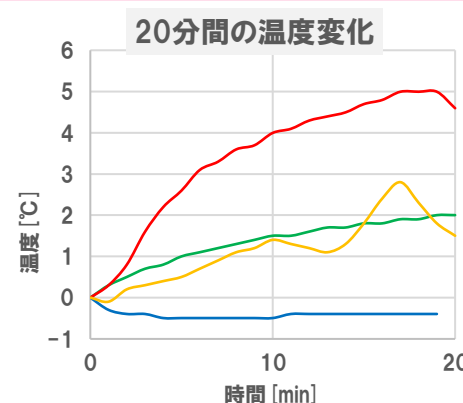
温湿度計(データロガー)



計測時間: 20分
計測間隔: 1分

タオルケット(1枚)

評価対象物 (① ③ ⑤ ⑥)



保温効果

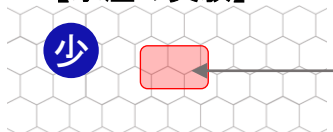
- 😊 ハニカム+タオルケット
- マットレス
- 敷布団
- 😞 床

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

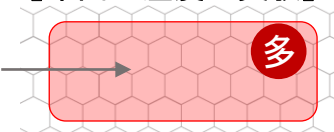
【水温の実験】

平面図

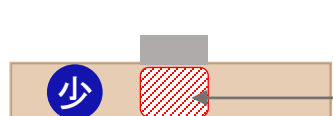


接触面積 (セルの数)

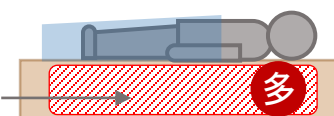
【布団内温度の実験】



側面図



空気量



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

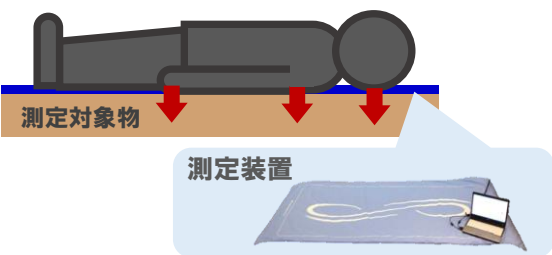
【水温の実験】: アルミバット近辺のセルのみが保温効果を発揮した

【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

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

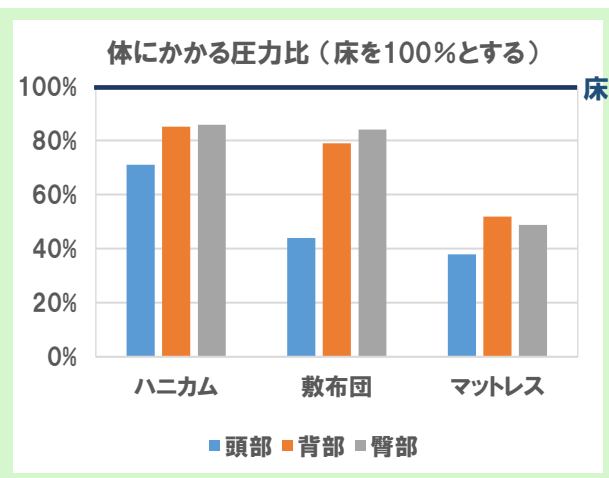
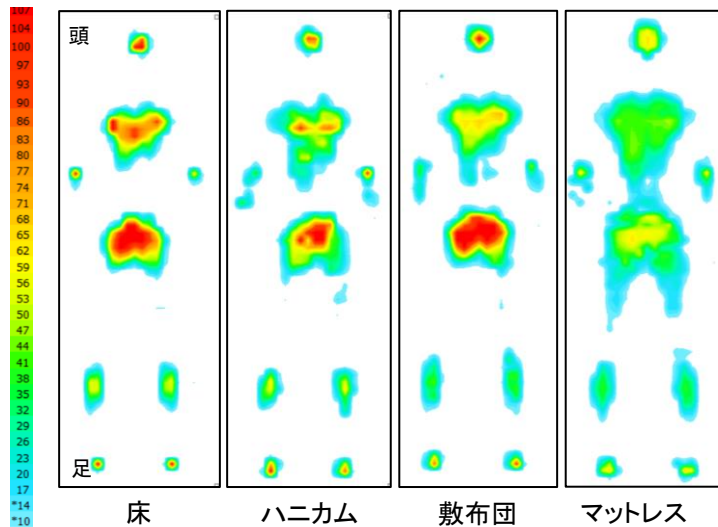


測定装置：住友理工 SRソフトビジョン
 (測定面積1800×700mm²
 測定範囲15-110mmHg)

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

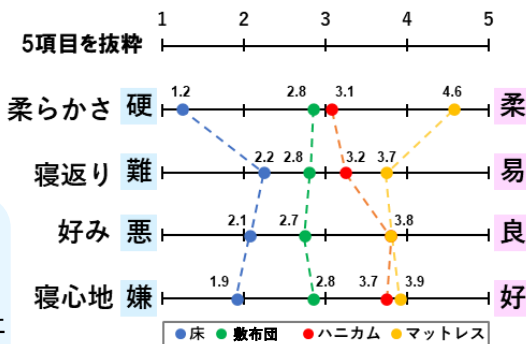
寝心地に関するアンケート調査

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



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**

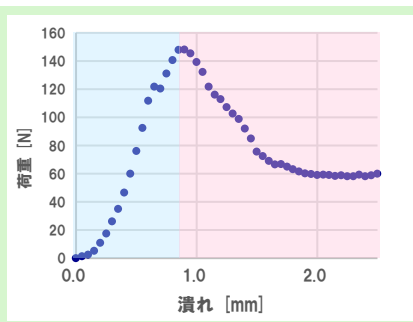
☹️ 敷布団 < ハニカム < マットレス 😊

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



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

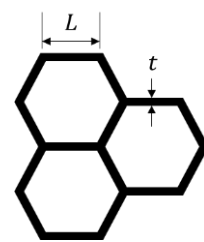
最初に潰しておくことでハニカムが変形しやすくなる

設計変更

構造特性からアプローチ

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

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を小さくして、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

