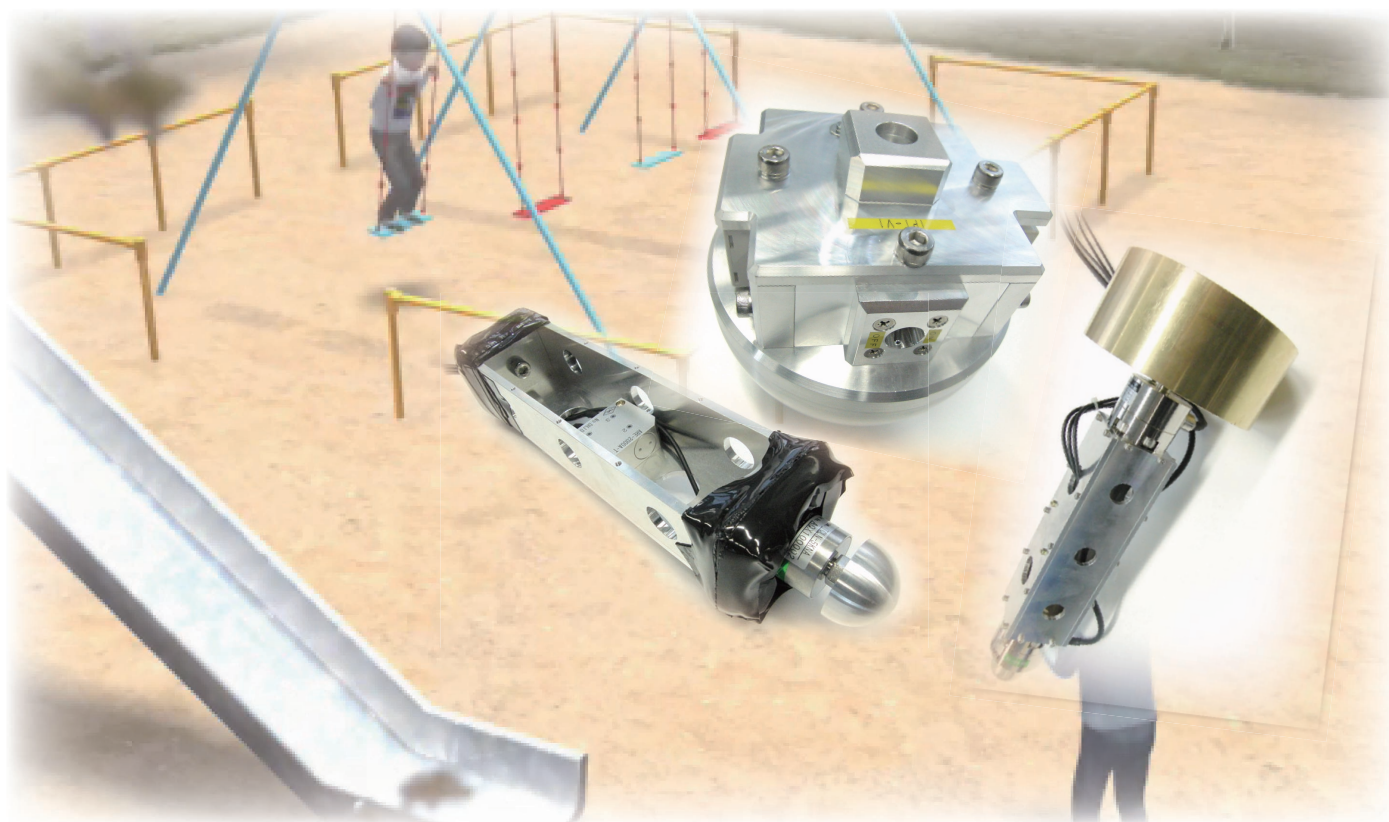


遊具の安全性を高めるための 衝撃吸収特性に関する調査

大永ドリーム株式会社



目的

衝撃加速度と衝撃力を計測可能なインパクトを開発

転落・転倒場面を想定し、様々な材質（または場所）において、頭部、前腕骨、大腿骨が受ける衝撃加速度および衝撃力を測定可能なインパクトを開発し、加速度データを用いた材質特性（エネルギー吸収率）算出アプリケーションを開発し、検証を行う。

実施方法

頭部・大腿・前腕インパクトによる計測から材料特性算出ソフトウェアを開発

測定装置は、頭部インパクト、大腿インパクト、前腕インパクト、そして錘で構成される（図 1）。

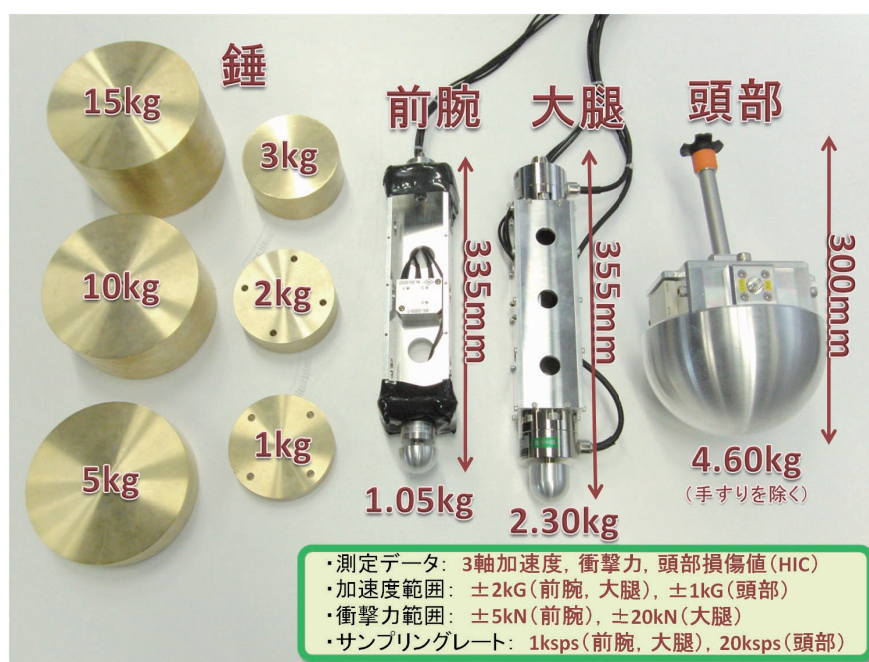


図 1. 測定装置構成

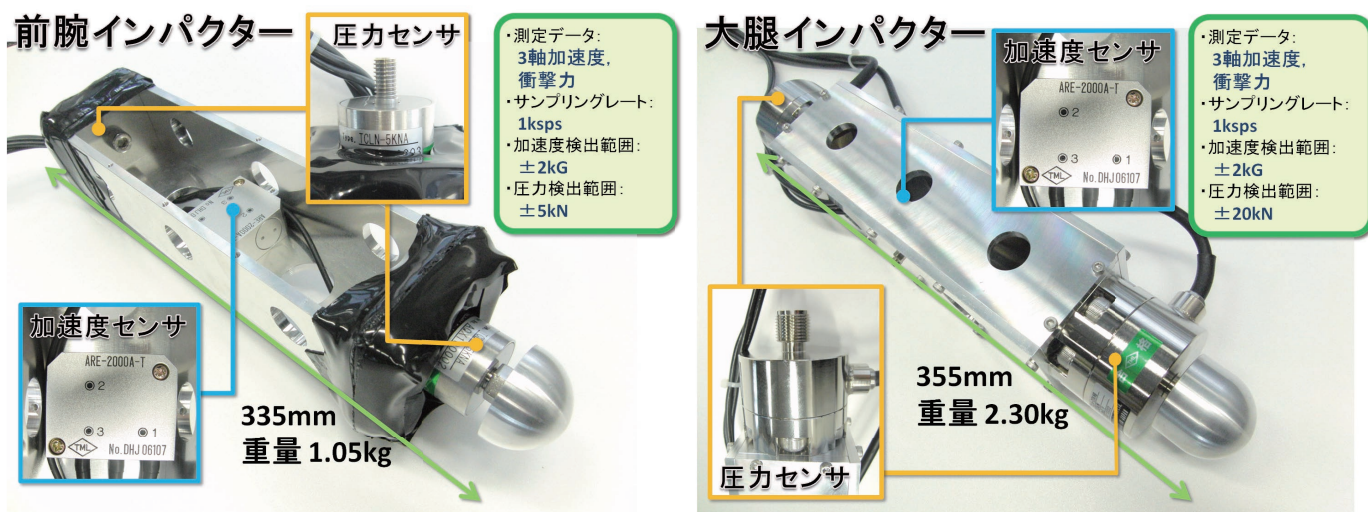


図 2. 前腕インパクトター (左), 大腿インパクトター (右)

1. 前腕インパクトター, 大腿インパクトター

前腕インパクトターおよび大腿インパクトターを図 2 に示す。両インパクトターには、3 軸加速度センサと本体の両端（人間の関節を想定）に圧力センサが内蔵されており、図 3 のように、インパクトターの先端に錘を装着し、落とし込むことで、衝突時の加速度変化や両端における衝撃力を測定することが可能である。

2. 頭部インパクトター

頭部インパクトターを図 4 に示す。頭部インパクトターには、3 軸加速度センサが内蔵されており、手すり先端にあるボタンを押し込むとインパクトターが手すりから分離され落下し、その際の加速度変化が記録される。さらに、落下距離、頭部損傷値（HIC）が算出され、インパクトター内蔵メモリに記録される。

3. 材質特性（エネルギー吸収率）算出ソフトウェア

各インパクトターから取得される加速度データを用いることで、材質特性が算出できる（図 5）。

インパクトターの重さを m 、加速度を a とすると、時刻 t における力 F および変位 x は、

$$F(t) = m \cdot a(t) \quad (1)$$



図 3. 測定方法

頭部インパクトター

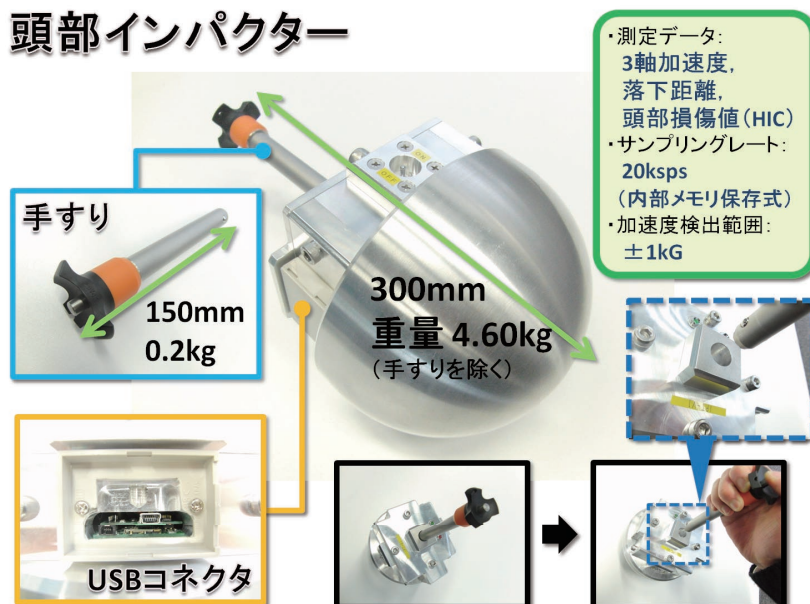


図 4. 頭部インパクトター

$$x(t) = \int \int a(t) dt dt \quad (2)$$

で求められる。そして、吸収されるエネルギー E_a および吸収率 R_a は、

$$E_a = \int F(x) dx \quad (3)$$

$$R_a = \frac{E_a}{\int_0^{x_{\max}} F(x) dx} \quad (4)$$

である。

結果と考察

落下試験によって6種類の材質の衝撃吸収特性を導出

今回整備した頭部インパクトを用いて、芝、ゴム、土、砂、鉄板、木での落下試験を行い、アプリケーションで材質特性を算出した結果を図6～図11に示す。エネルギー吸収率は、砂が92.8%で一番高く、土（91.1%）、

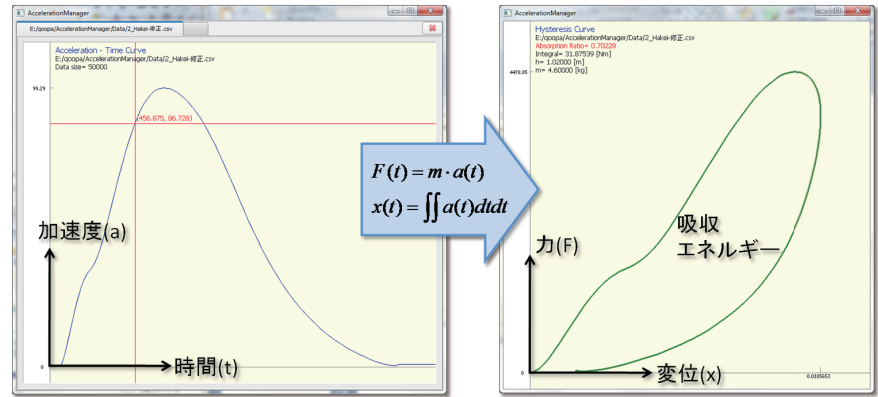


図5. 材質特性（吸収エネルギー）算出ソフトウェア

芝（87.0%）、木（80.8%）、ゴム（72.2%）、鉄板（38.8%）の順であった。エネルギー吸収率が高いほど戻って来るエネルギーが小さくなり、安全であるともいえる。

今回整備した測定装置およびアプリケーションを用いることで、様々な材質の特性や、転落・転倒時に頭部、前腕骨、大腿骨が受ける衝撃力が測定可能であり、結果をその場で確認することができる。事故再現にはもちろん、製品開発において安全性を考慮する上でも定量的に材質の検証が可能

であると考えられる。

今後の展開

開発したインパクトを用いた様々な材質の衝撃吸収特性値の整備へ

転落・転倒に関する事故の多い遊具や公園等だけでなく、日常生活における様々な場所やモノを対象に安全性を検討する際に、今回製作した装置の活用が期待される。

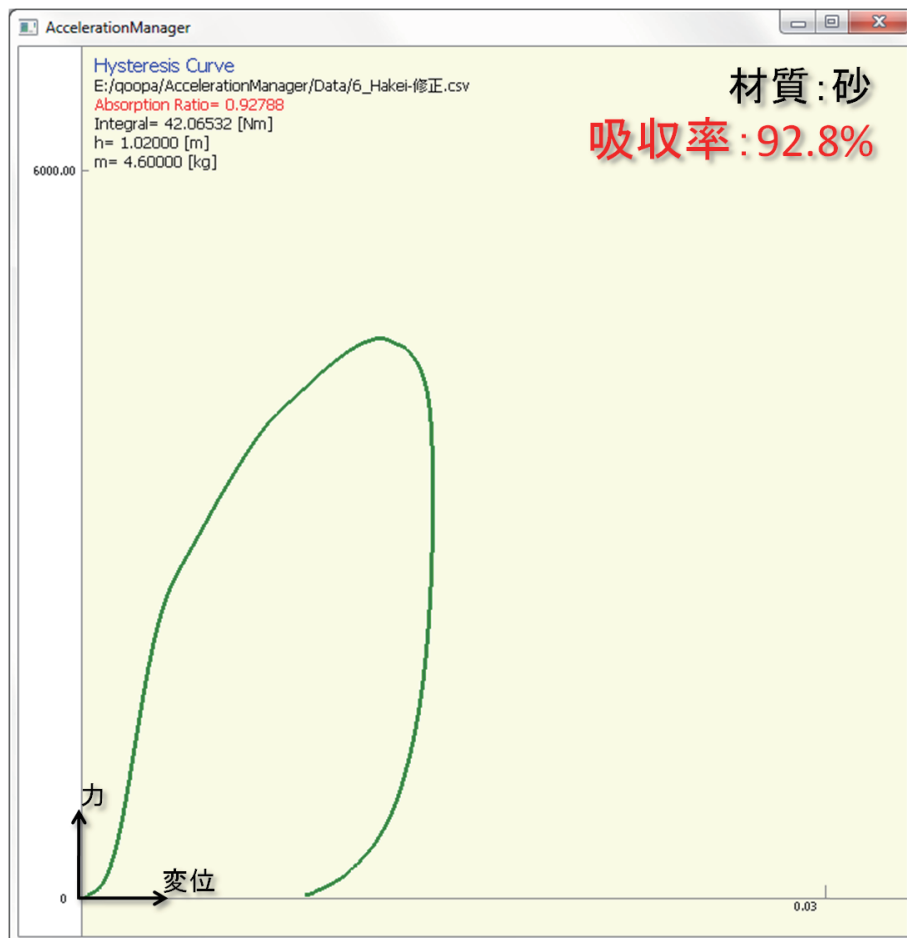


図6. 砂の材質特性

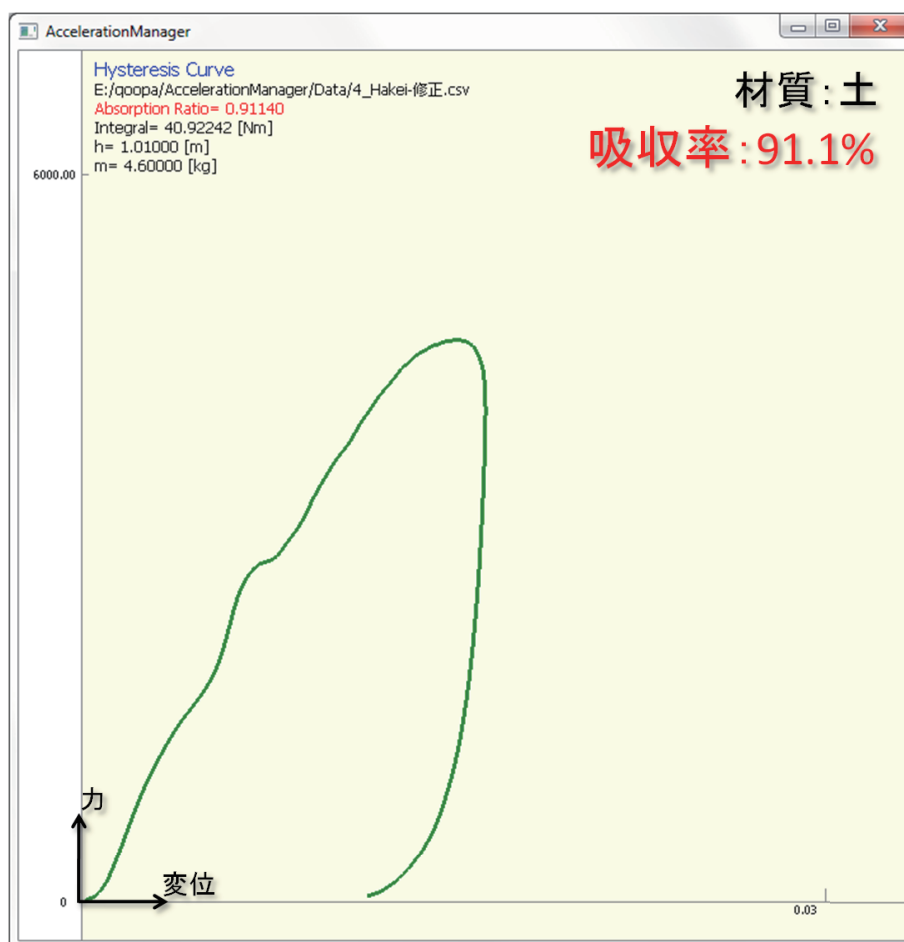


図 7. 土の材質特性

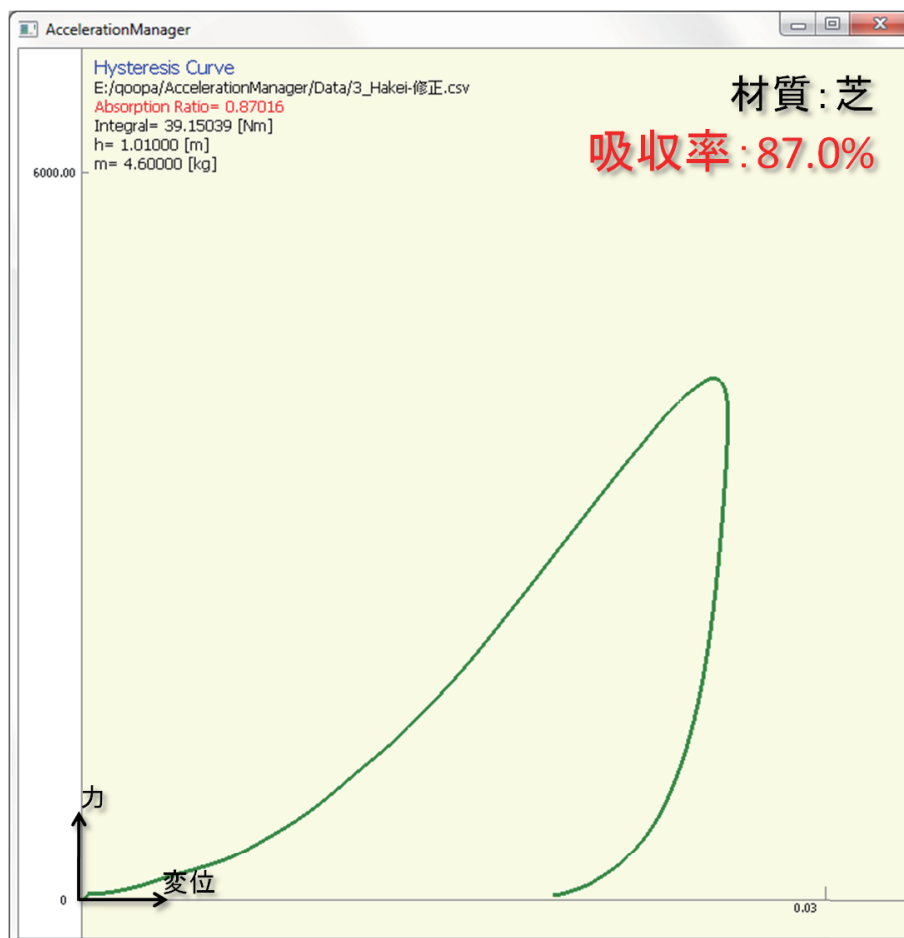


図 8. 芝の材質特性

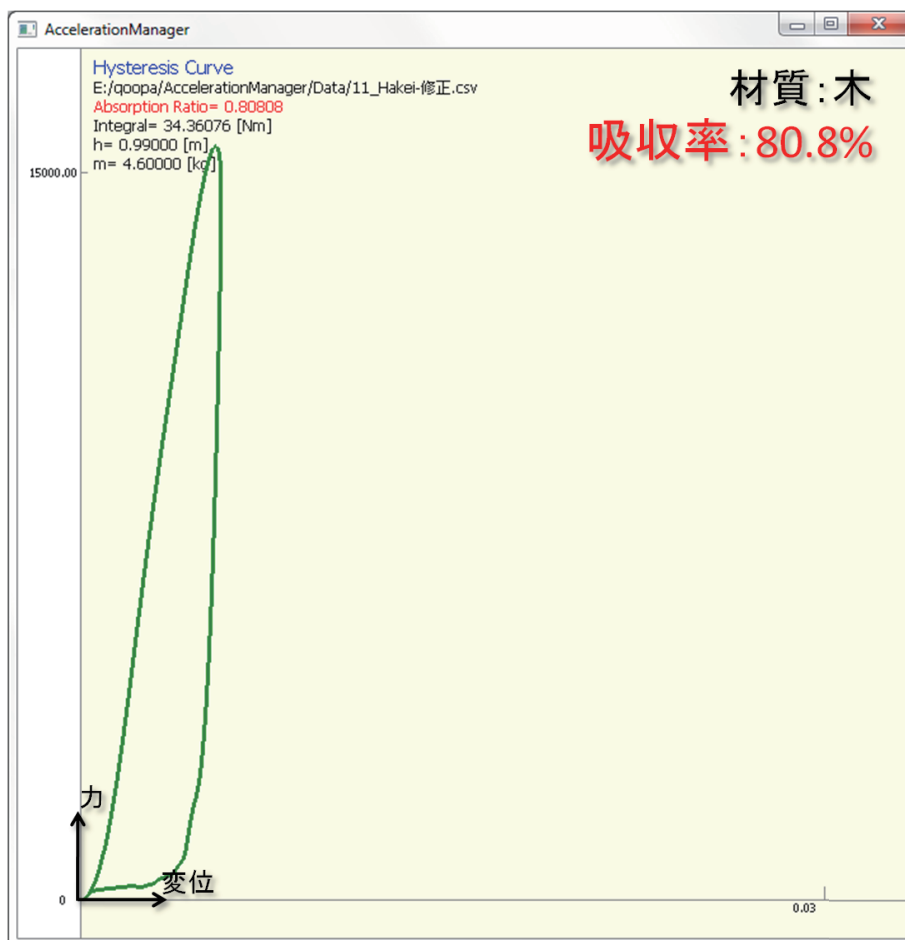


図 9. 木の材質特性

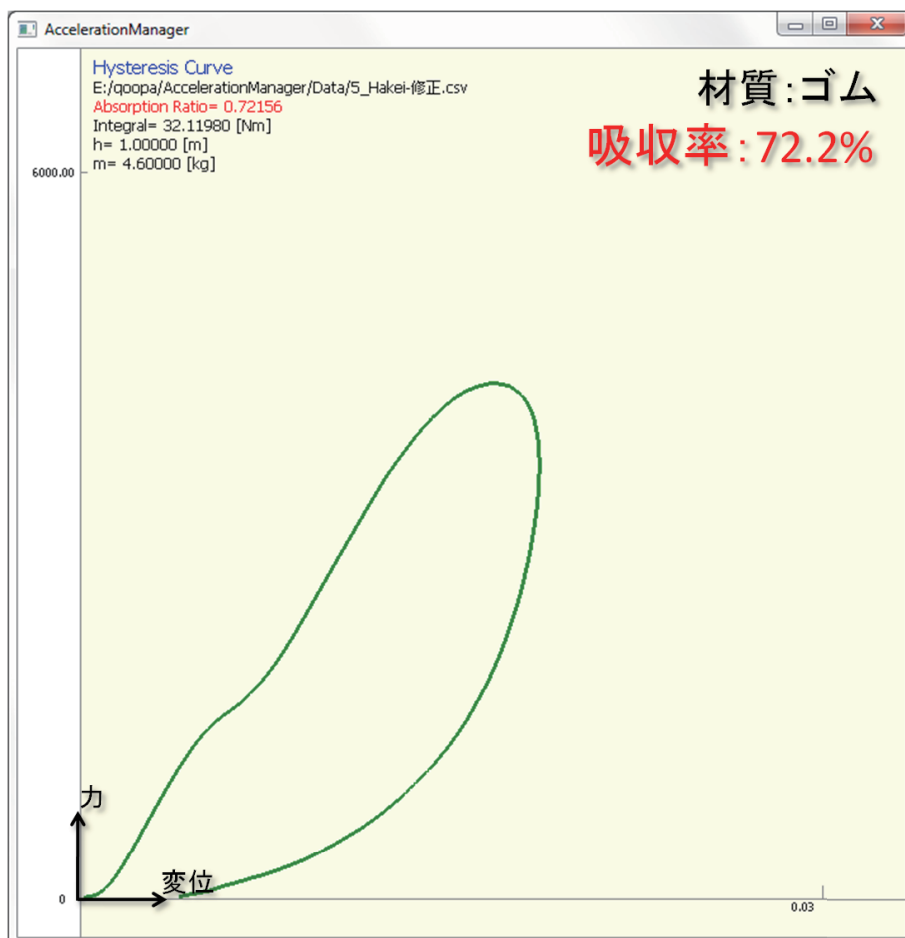


図 10. ゴムの材質特性

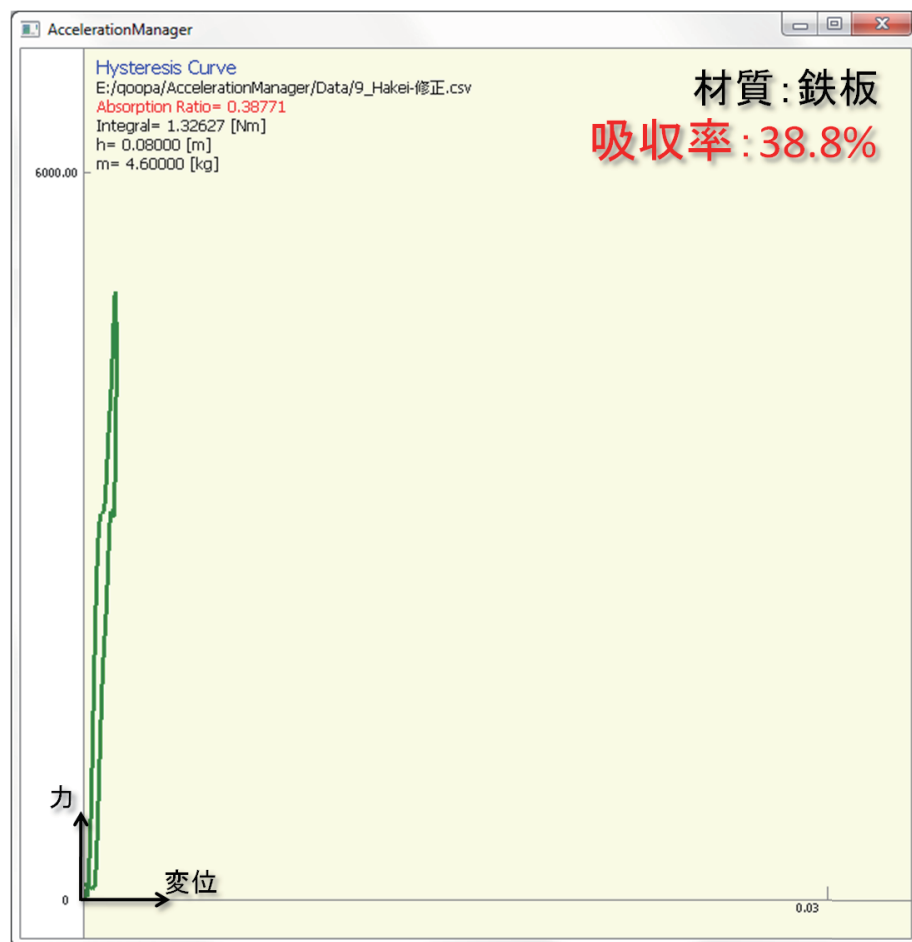


図 11. 鉄板の材質特性