

東京大学で開催された、「バイオミミクリーとブルー・グリーンインフラ：発想転換型都市計画の指標策定共創会議」にて、79期K-ARP72班が発表してきました！

モグラの手を模したスコップの使用感の検証
～バイオミミクリーの実用化に向けて～

The feel of using a shovel modeled after a mole's paw

神奈川県立鎌倉高等学校
有馬ゼミ72班(班員4名)

バイオミミクリーによる現実工学課題への適用および検証 より

https://www.istage.ist.go.jp/article/jsmedsd/2014.24/0/2014.24_2201-1/pdf-char/ja

先行研究でわかっていること わかっていること	モグラなどの「穴を掘る生物」の特徴をトラクターのシャベルに →従来型と性能を比較 ・ 耐久性アップと軽量化 :従来品より軽く(75kg→69kg)なった上で、局所的な負荷(最大応用力)を10分の1に激減させた。壊れにくくなった ・ 作業効率の向上 :堆肥が偏って落ちてくるのを防ぎ、均等に振り撒けるようになった →従来型のシャベルよりも耐久性や効率などの使用感が向上した
わかっていること わかっていないこと	・ 実物大モデルを使った実際の作業での検証 3Dプリンタで作ったプラスチックの縮小模型 →実物大の重い金属製シャベルにした際もシミュレーション通り、頑丈で使いやすいかなのか？ ・ 実際の農作業における水分を含んだ重い土や堆肥への対応力

★掘削作業で用いる道具にモグラの手の形の特徴を応用する、という点→引き継ぐ

★先行研究は大型の掘削用機械を対象としている為、本研究ではより身近な「人間が実際に手で使うスコップ」に適用し、その使用感を検証する。

01 研究テーマ・背景
Research Topic・Motive

気づき

バイオミミクリーのデータや縮小模型での成功例が、日常で使う「実物大の道具」になった時にも同様の効果や使用感が得られるのかという疑問。

背景

災害現場や農作業などのシーンにおいて、重労働である掘削作業の効率向上が常に求められている。
省エネや機能性向上に貢献するバイオミミクリーの技術は、これらの課題解決に役立つと期待が高まっている。

動機

先行研究が示す「モグラの手を模した形状の有効性」を、大型機械ではなく、最も身近な「人間が手で使う実物大のスコップ」に落とし込み、実際の作業環境でその使用感を検証したい。

取り組む意義

先行研究では、トラクター等の大型の機械でバイオミミクリーの掘削への応用をしている。身近かつ、人力で使える小型なスコップで、当事者である私たちが実際に作成し、日常への実用化ができるか、調べる意味がある。

02 先行研究まとめ
Previous Research

“バイオミミクリー” Biomimicry

生き物が長い進化の過程で身につけた優れた機能や構造を真似て、新しい技術や便利なもののづくりに活かす科学技術

私たちが高校生の力で短期間で土台もなしにーからバイオミミクリー分野で研究を進めるのは困難

➡ 先行研究からアイデアを引き継ぐ

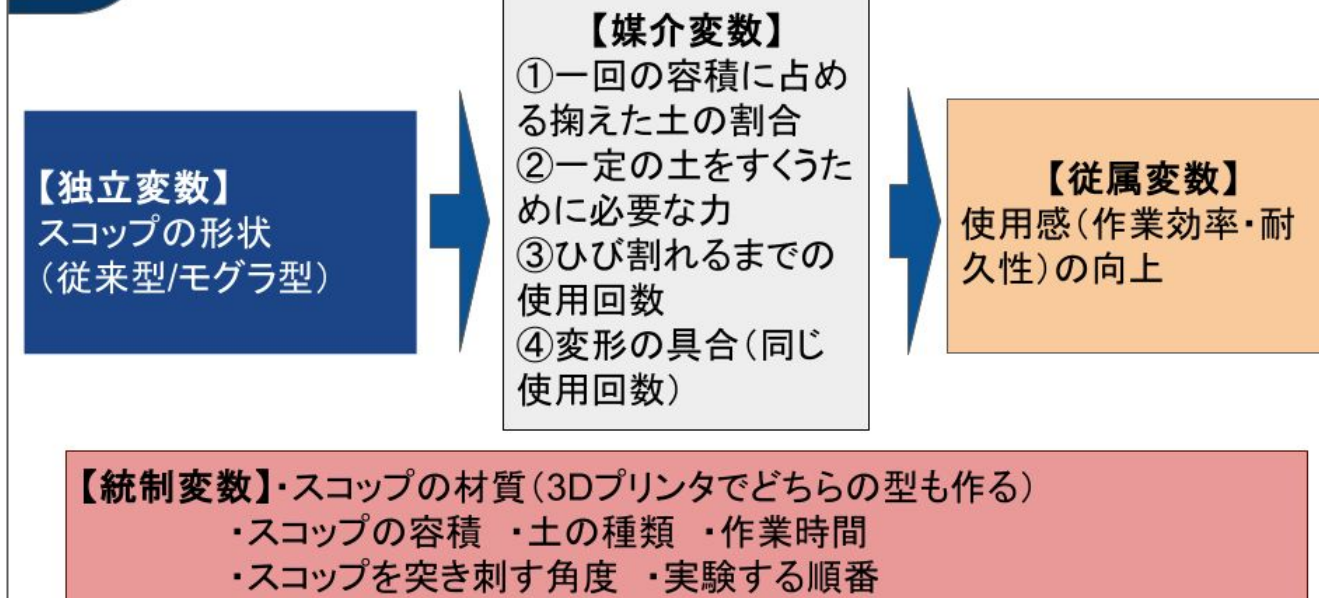
03 研究の問いと仮説
A question and hypothesis of the study

モグラの手の形を模した実際に使用できるスコップを用いると、従来型と比べ使用感(作業効率・耐久性)はどうか

使うスコップがモグラを模したものであれば、従来型よりも使用感が向上する

仮説の根拠:大型機械を対象とした先行研究において、モグラ形の形状による作業効率や耐久性の向上が証明されている為。

04 変数整理アロー図 Arrow figure for variable rearranging



04 変数 使用感を図るため、主観評価である「使った人の疲労感」をここに代入する。

【独立変数】
スコップの形状
(従来型/モグラ型)①掘えた土の割合
②一定の土をすくう
ために必要な力
③ひび割れるまでの
使用回数
④変形の具合(同じ
使用回数)【従属変数】
使用感(作業効率・耐
久性)の向上【統制変数】・スコップの材質(3Dプリンタでどちらの型も作る)
・スコップの容積・土の種類・作業時間
・スコップを突き刺す角度・実験する順番

【疲労感の定義について】About a definition of the fatigue



疲れた

疲れなかった

この表を使い、感じ方の比較をおこなっていく。

【検証ロードマップ】Inspection roadmap

①モデル作成(8月上旬)➡②土硬め・縦型の場合の検証➡③土硬め・横型の場合の検証➡④土普通・縦型の場合の検証➡⑤土普通・横型の場合の検証➡⑥土柔らかめ・縦型の場合の検証

【判定基準 使用感の向上を定義する二つの要素】

①作業効率➡媒介変数①が従来型よりも、〇%以上増え、使用した人の疲労感が、他と比べて少ない
②耐久性➡媒介変数③が従来型よりも〇回以上多くなり、媒介変数④が従来型よりも少ない(または変化なし)こと。

*〇の具体的な数値は今後の実験の中で検討していく

【検証ロードマップ】Inspection roadmap

①モデル作成(8月上旬)➡②土硬め・縦型の場合の検証➡③土硬め・横型の場合の検証➡④土普通・縦型の場合の検証➡⑤土普通・横型の場合の検証➡⑥土柔らかめ・縦型の場合の検証

・想定していたよりも、3Dプリンターの使い方が難しい
・モグラの手の形状についての情報が不足している
①以上のことから、10月にモデル完成を目指す
②、媒介変数④が従来型よりも少ない(または変化なし)こと。

*〇の具体的な数値は今後の実験の中で検討していく

05 検証方法 Inspection method

(1)solidworksを用いたPCでの出力データ作成から従来型を、予備実験の結果に基づき、3Dスキャナーで取得した形状データからモグラ型を、3Dプリンタで作成する。

予備実験ではこの作業の確認をしました

(2)従来型とモグラ型で次の動作1を行い、媒介変数①を測り、比較する

動作1

スコップを手で持ち、土を扱う
(加える力、突き刺す角度などを統制する)1. 一回で掘った土の量※を測定する
(加える力を統制)※土の量の測定方法
あらかじめスコップの容積を満たすような土の質量gを測り、m1とおく。検証時には掘った土の質量を測りm2とおく。m1に占めるm2の割合を求めて従来型とモグラ型で比較する。

③従来型とモグラ型で次の動作2を行い、耐久性を比較する

動作2

掘う動作を繰り返す行う
(使うモデル、力、角度などを統制する)1. スコップを使用した人に、疲労感の評価をしてもらう
(回数を統制)2. ある回数でどれだけ変形しているか比較する
(回数を統制)

3. ひび割れるまでの動作回数を比較(壊れるまで繰り返す)

(2)、(3)を踏まえて使用感の向上を目指す

ここまでの流れを土の硬さ、土に対するアプローチでもそれぞれ分けて検証する

垂直の土を掘る(縦型)か花壇のような地面を掘る(横型)か

【統制変数のコントロール】

同じスコップで①➡④まで一度に実験を行う/検証する媒介変数の順序は、①➡②➡③➡④で固定/加える力※1突き刺す角度[°]

Q.なぜこの順番なのか➡④でひび割れるまでの回数を調べることにし、④が先頭に来る場合、他の変数に支障をきたしてしまうため

※1班員やゼミの先生の協力のもと、なにも伝えずに土を掘ってもらう動作(縦型、横型)をしてもらい、それを撮影する。土に対する角度を平均化し、その角度を統制変数として本実験を実施する。

【サンプリング数】

今回は、スコップの素材となる3Dプリンタの一般的な1kg巻きのフィラメントロール(約330m)一つ分を想定して、スコップを従来型、モグラ型それぞれ5個作る。→検証方法(1)(2)(3)を行い、平均値を出す。

【統制変数のコントロール】

同じスコップで①➡④まで一度に実験を行う/検証する媒介変数の順序は、①➡②➡③➡④で固定/加える力※1突き刺す角度[°]

5個作り検証するのは、今の研究の進み具合から見て厳しいと判断

➡5➡1個に変更し、同様の実験を行う

【サンプリング数】

今回は、スコップの素材となる3Dプリンタの一般的な1kg巻きのフィラメントロール(約330m)一つ分を想定して、スコップを従来型、モグラ型それぞれ5個作る。→検証方法(1)(2)(3)を行い、平均値を出す。

06 予備実験の結果 (7月)

As a result of spare experiment

【実施内容】
3Dプリンタで出力するスコップのデータ作成から出力までの流れや操作方法の確認

【わかったこと・計画への反映】

わかったこと

・従来型のスコップの形状は、YouTube上の動画を参考にデータの作成が可能である

・PCのソフトでは、曲線の再現に限界があること

・モグラの手を模したスコップは再現できるのか

計画への反映

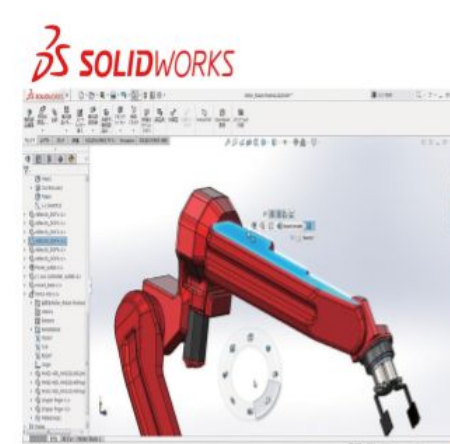
モグラ型においては、当初の手作業でのデータ作成から計画を変更し、曲線部分をより正確に再現する為、3Dスキャナーを用いて実物を取り込むことで形状データを取得する方向にした。

Value 3D MagiX

↑データの作成中

06 予備実験の結果(7月末)

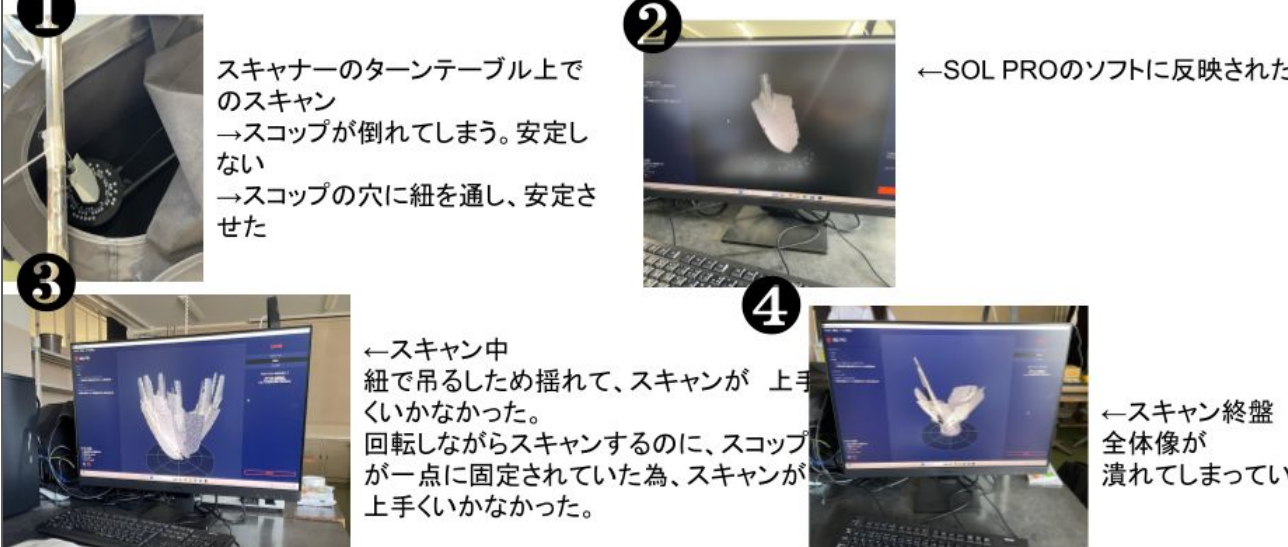
●3Dスキャナーの動作確認



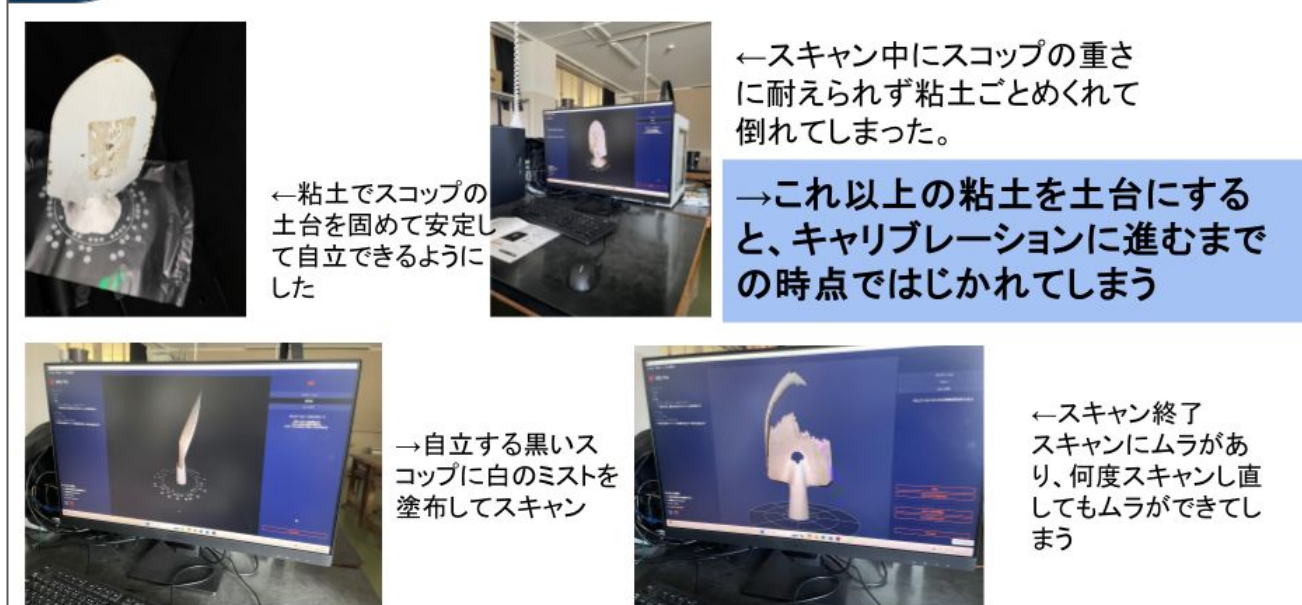
SOL PROと3Dプリント用スライサーソフトでスコップの形状データを得ることができるとわかった。

06 予備実験の結果(8～9月)

まず、従来型スコップの作成に着手した。



06 予備実験の結果(8～9月)



07 今後の計画 Future plan

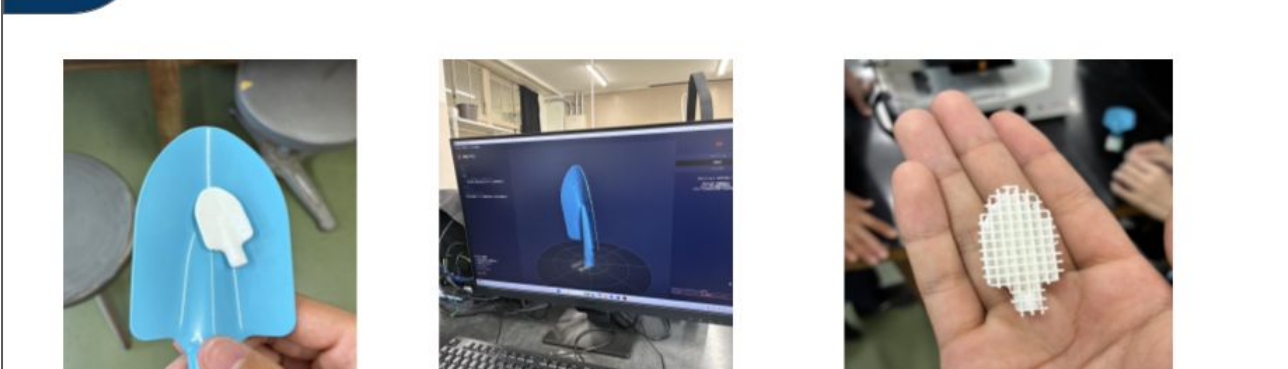
9月以降のスケジュール

9月 ・従来型のスコップの作成	10月 ・モグラ型のスコップの作成	11月 ・動作の検証に着手	12月 ・本発表に向けてまとめる
--------------------	----------------------	------------------	---------------------

残課題

・モグラの手の、スコップに抽出する構造・形状などの要素の再現方法の検討
・モグラの土を掘る動作を再現できるか
・実際にスコップを使ったことが無い

06 予備実験の結果(8～9月)

金属のスコップだとサイズが大きすぎてスキャンが上手くいかなかったと予想
→小さめのプラスチック素材のスコップをスキャンしてみた→スキャンから3Dプリンタでの出力まで成功→このデータをもとに従来型スコップを作成していく

この二次元コードから発表の動画を確認できます。

