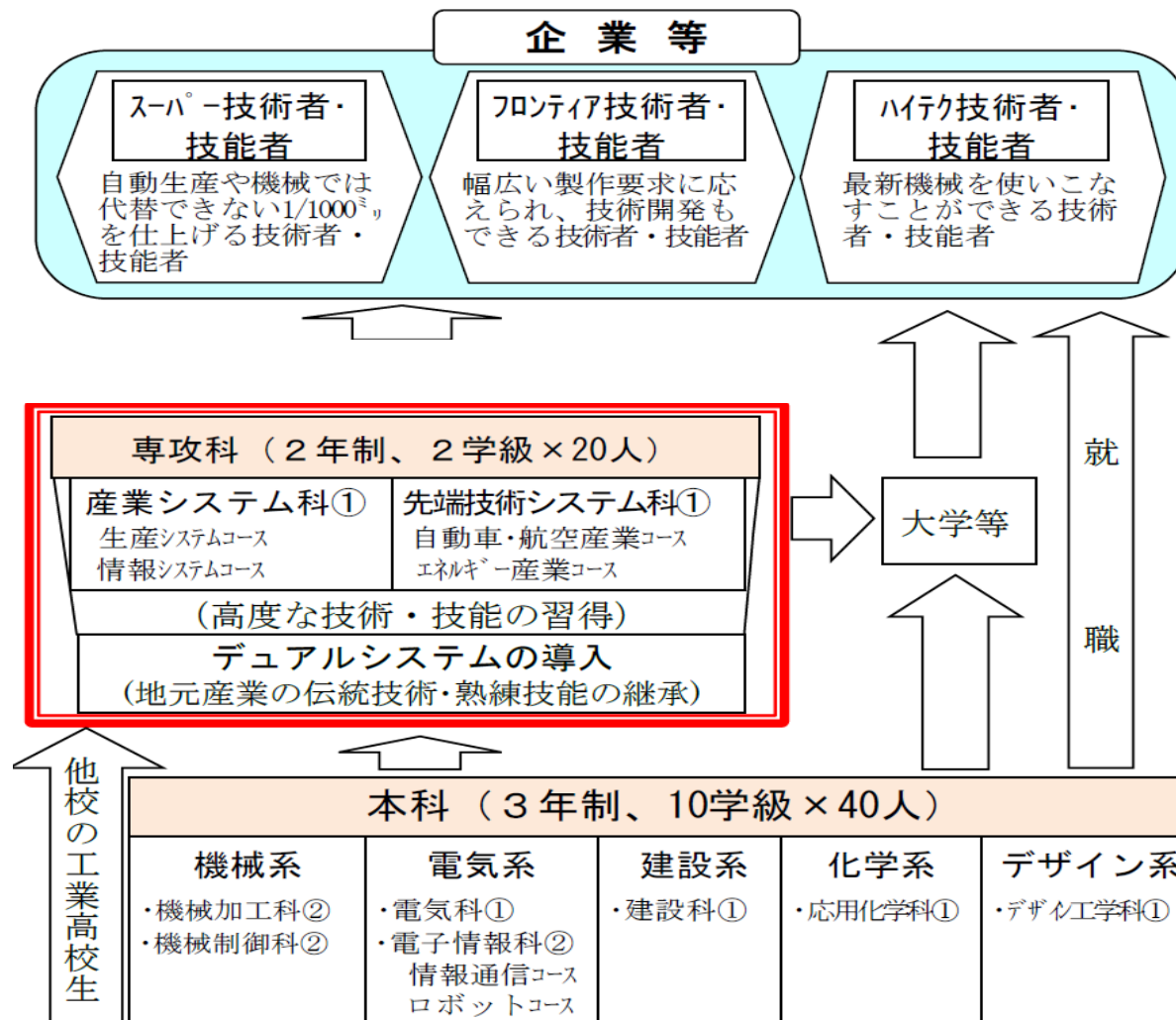


高等学校専攻科におけるオープンCAEを用いた計算力学実習カリキュラムの検討

発表者 田渕英樹（愛知総合工科高校 専攻科）
柴田良一（岐阜工業高等専門学校）
藤井成樹（元アンデン）

愛知総合工科高等学校 専攻科



※○数字は、1学年あたりの学級数

対象生徒 自動車・航空産業コース 2年次 9名

教科		科目	教科		科目	教科		科目
共通科目	国語	文書表現Ⅰ	産業システム科	生産システムコース	工業力学Ⅰ	先端技術シ	自動車・航空産業コース	工業力学Ⅰ
		文書表現Ⅱ			工業力学Ⅱ			工業力学Ⅱ
	数学	基礎数学Ⅰ			材料学・材料力学Ⅰ			材料学・材料力学Ⅰ
		基礎数学Ⅱ			材料学・材料力学Ⅱ			材料学・材料力学Ⅱ
		線形代数Ⅰ			機械機構学			機械機構学
		線形代数Ⅱ			熱力学			熱力学
		微分・積分Ⅰ			電気理論			電気理論
		微分・積分Ⅱ			流体力学			流体力学
	理科	物理学Ⅰ			弾塑性力学Ⅰ			自動車工学Ⅰ
		物理学Ⅱ			弾塑性力学Ⅱ			自動車工学Ⅱ
	英語	英語コミュニケーションⅠ			パワーエレクトロニクスⅠ			航空工学Ⅰ
		英語コミュニケーションⅡ			パワーエレクトロニクスⅡ			航空工学Ⅱ
		英語コミュニケーションⅢ			電子機械制御			設計製図
		英語コミュニケーションⅣ			計測			計測
		科学技術英語Ⅰ			生産システム実習Ⅰ			自動車・航空産業実習Ⅰ
		科学技術英語Ⅱ			生産システム実習Ⅱ			自動車・航空産業実習Ⅱ
	体育	体育実技Ⅰ			組込ソフトウェア技術Ⅰ			電気基礎Ⅰ
		体育実技Ⅱ						電気基礎Ⅱ
		体育実技Ⅲ						電気基礎Ⅲ
		体育実技Ⅳ						電気基礎Ⅳ
	特別活動	ホームルーム						電気基礎Ⅰ
								電気基礎Ⅱ
共通専門科目		生産管理技術Ⅰ		ハコース	電子回路Ⅱ	業コース		電気機器Ⅱ
		生産管理技術Ⅱ			通信システム工学Ⅰ			通信システム工学Ⅰ
		制御工学Ⅰ			通信システム工学Ⅱ			通信システム工学Ⅱ
		制御工学Ⅱ			ネットワークシステムⅠ			計測Ⅰ
		安全工学Ⅰ			ネットワークシステムⅡ			計測Ⅱ
		安全工学Ⅱ			情報システム実習Ⅰ			エネルギー産業実習Ⅰ
		キャリアプランニングⅠ			情報システム実習Ⅱ			エネルギー産業実習Ⅱ
		キャリアプランニングⅡ						
		総合実習Ⅰ						
		総合実習Ⅱ						
		総合実習Ⅲ						

8単位

6週毎に様々な実技実習を行う
その中の一つとして実施

教育目標

弾塑性力学の基礎を学んだ事のある**CAE未経験者**が、本カリキュラムの修了することで、抵抗感を払拭し、CAEに対する『**興味**』を高め、将来的にCAE技術者としての仕事にも従事できる『**自信**』をつけさせる。また、アクティブラーニング形式の講義を通して、生徒の『**問題解決能力**』や『**コミュニケーション力**』の育成を図る。



基礎編：弾性応力解析

- ① 構造解析システムの構築や概要説明
- ② 弾性応力解析の概念と解析演習
- ③ 片持ち梁設計による最適化構造解析と実験値の検証



① 開発環境の整え方

Linuxの使用方法



② CAEの基礎基本
解析練習問題

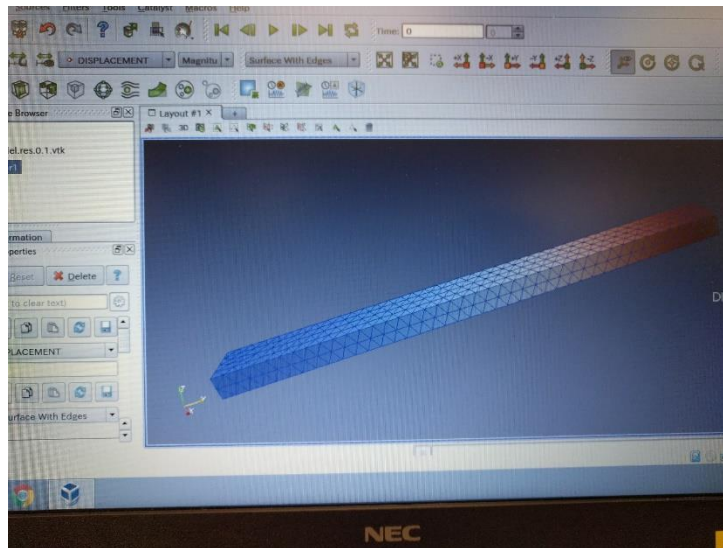


③ グループワーク
片持ち梁の設計

基礎編：弾性応力解析 技能習得ポイント

【ポイント①】 解析解と理論解の検証作業

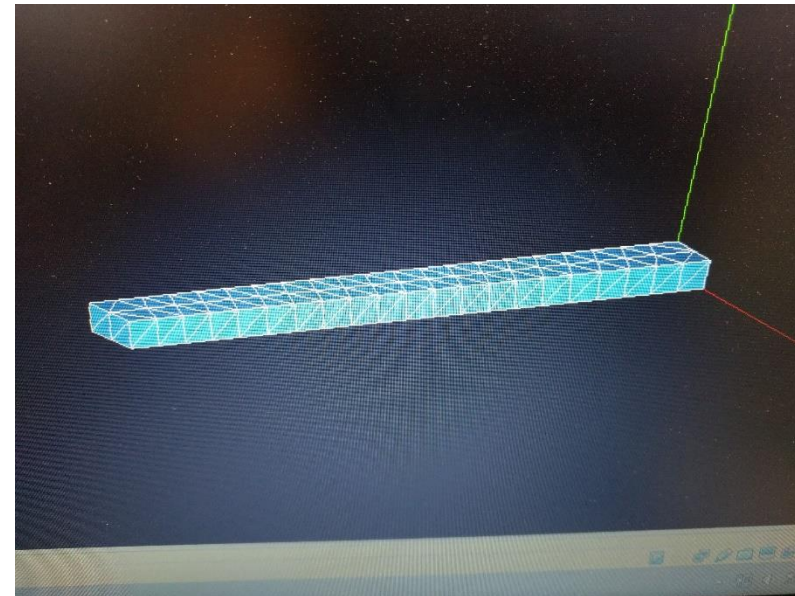
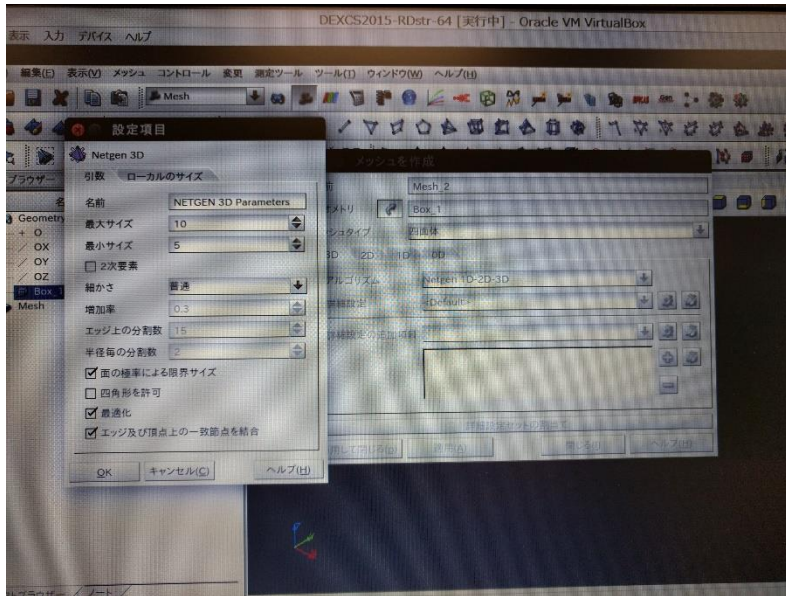
今回解析した梁のような単純な形状では、フックの法則によって導いた理論解の信頼性が高いため、メッシュ生成・材料特性や、入力間違いがなければ、その解はほぼ一致する。ここでは、**解の一致を目指し、操作方法を習得する。**



基礎編：弾性応力解析 技能習得ポイント

【ポイント②】最適な解析の設定

解析解と理論解を一致させたのち、あえてメッシュ生成の設定を変化させる。それらの解の変化と、計算に掛かる時間の変化を体験することで、**最適な設定を行うノウハウをつける。**



① 構造解析システムの構築や概要説明

構造解析の基礎理論 (90分×1コマ)

開発環境の構築 (90分×1コマ)



講義型授業
基礎知識の習得
操作方法の習得

チームティーチング
パソコン初心者
への対応

② 弾性応力解析の概念と解析演習

梁の応力解析（90分×4コマ）

理論解と解析解の検証

（片持ち・両持ち・サイズ変更・応力変更等で、比較しながら）



講義型授業

作業性の向上
ノウハウの蓄積

チームティーチング

習熟度別の指導
上位層の知識の深化
下位層の底上げ

③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証 (90分×6コマ)



グループワーク
コンテスト形式

知識の定着と深化
コミュニケーション力の育成
問題解決能力の育成



3Dプリンタで
梁の製作



実験・検証

③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

Aチーム

平均よりも習熟度が少し高いメンバーが集まっている。

Bチーム

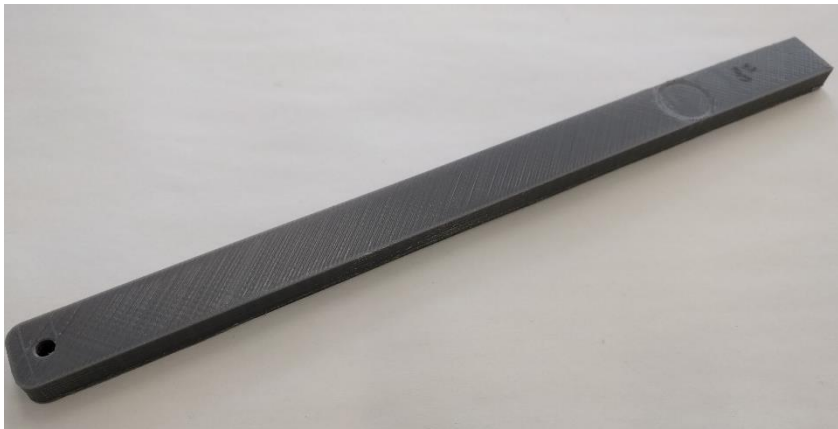
習熟度は高いが、チームワークが取れない生徒が集まっている。

Cチーム

学力が高い者と低い者が集まり、実習での習熟度も離れている。

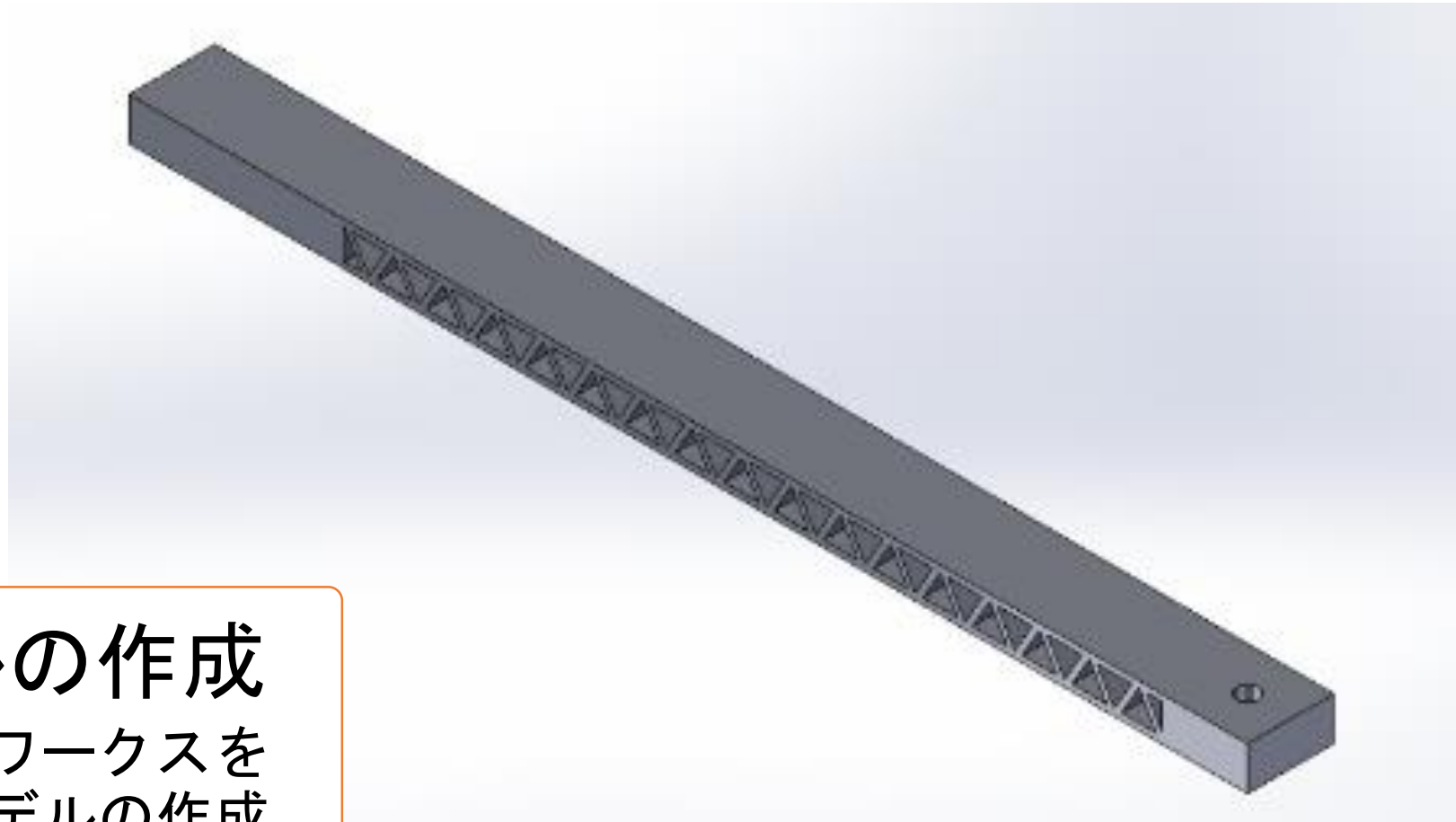
③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

以下の条件を満たしたうえで、設定された荷重を加えたときに、ひずみ30mmまでで耐えられるかぎり軽量の片持ち梁を設計せよ。



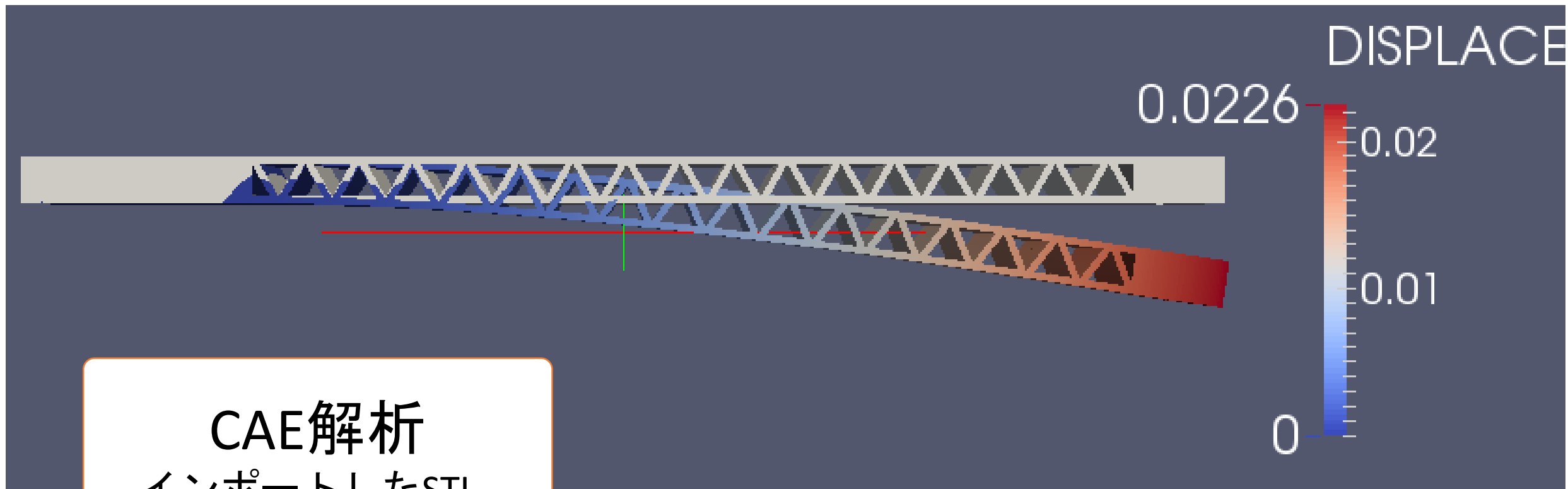
幅	20mmまで	材料	P L A 積層成型
高さ	9mmまで	ヤング率	1.16GPa
長さ	200mm	ポアソン比	0.3
荷重	1.004kg	密度	1300

③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証



モデルの作成
ソリッドワークスを利用したモデルの作成。

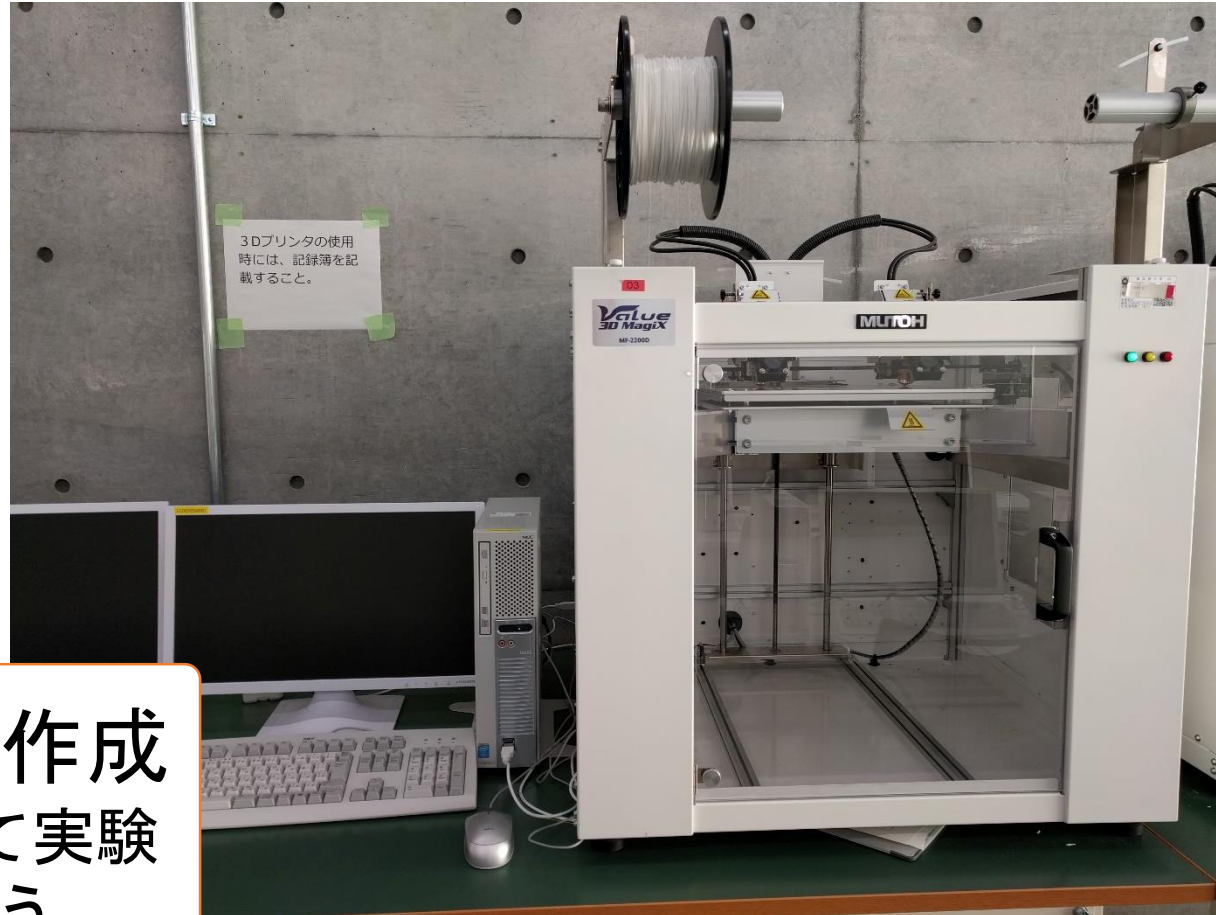
③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証



CAE解析

インポートしたSTL
データを解析する。

③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証



実験モデルの作成
3Dプリンタにて実験
モデルの印刷を行う。

③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

Aチーム



③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

Bチーム①



③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

Bチーム②



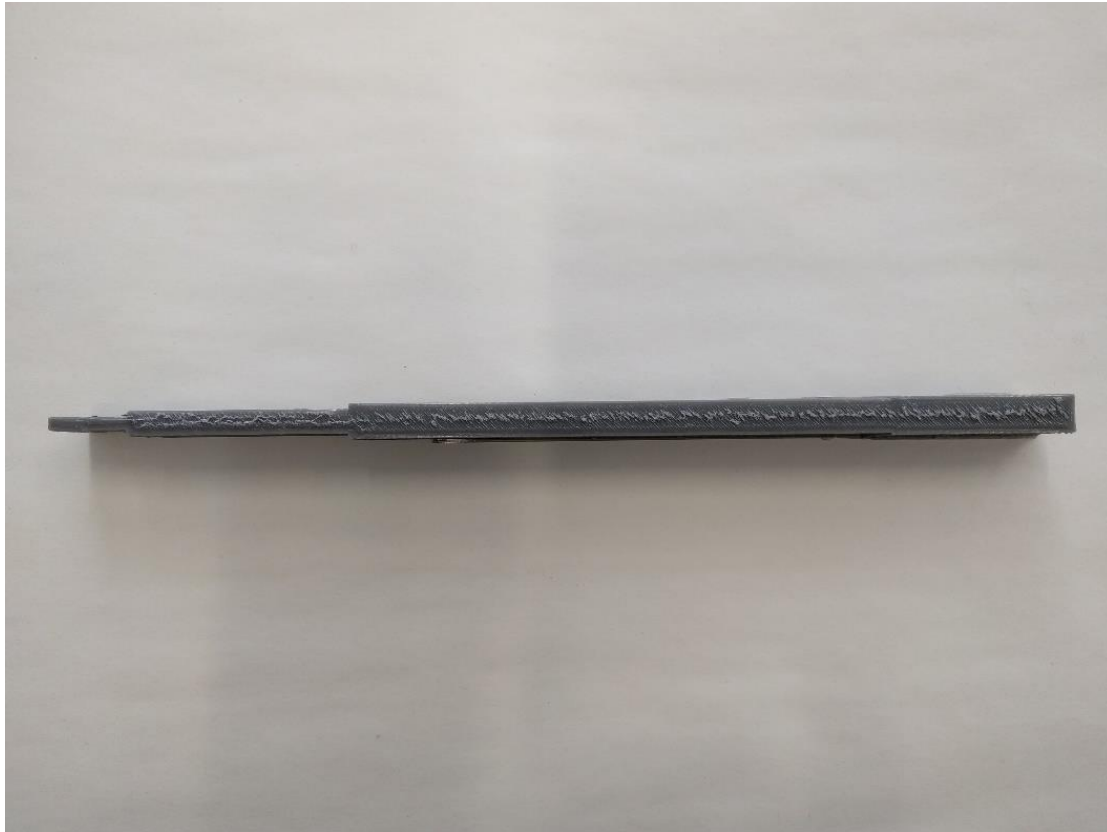
③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

Bチーム③



③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

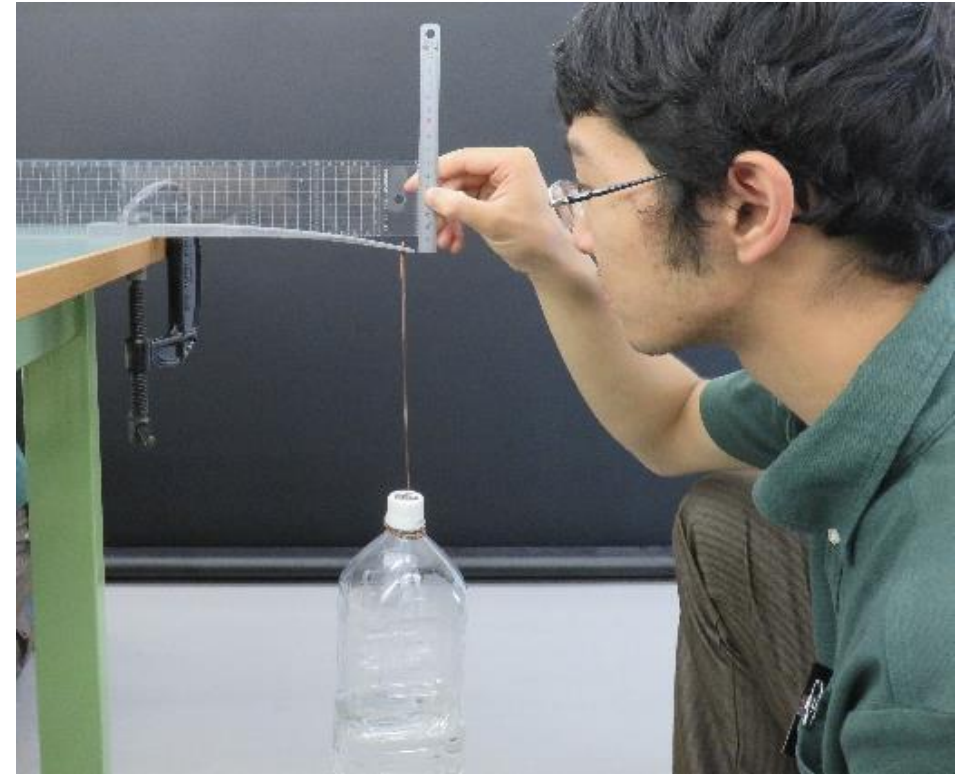
Cチーム



③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証



測定（重量・サイズ）



歪みの計測

③ 片持ち梁設計による 最適化構造解析と実験値の検証

	歪みの解析値 【mm】	歪みの実験値 【mm】	梁の重量 【g】
Aチーム	30	11	57
Bチーム①	5.0	20	33
Bチーム②	22.6	9	41
Bチーム③	---	9	54
Cチーム	20	9	46

基礎編：弾性応力解析 まとめ

①工学知識の活用について

今回実施した梁の演習問題に関しては、フックの法則、ヤング率を十分に理解したうえで履修することで、座学で学んだ**工学知識の復習から発展**に結びつけられた。生徒のアンケート結果からも、**理論値と解析値、実験値各々の関係性から、工業的に“正しい”値を導き出すトレーニング**としては良いカリキュラムだと考えられる。

②解析ソフトウェアの利用方法の習得について

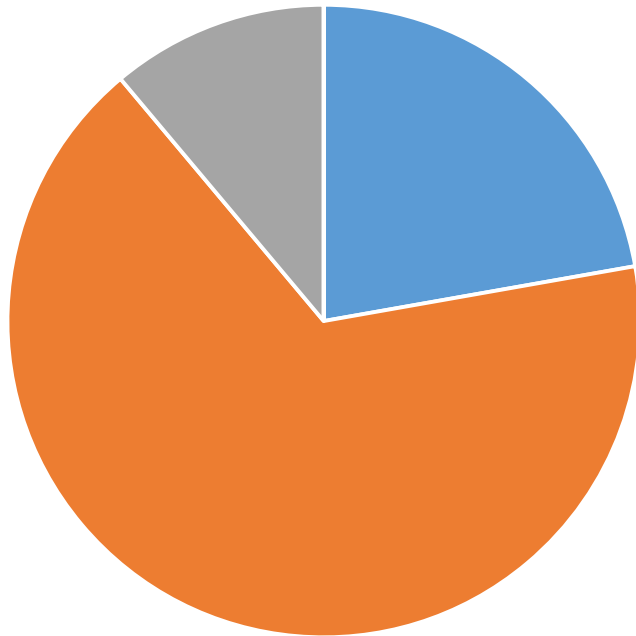
Linuxに全く触れたことのない集団だったが、約半日で解析までの一連の流れを経験し、グループワークにて、解析条件や新しい演習課題を解いていくことにより、**片持ち梁の演習程度なら全員が15分から40分程度で解ける**までとなった。講義形式ではなく、グループワーク形式の実習を行うことで、理解度の高い生徒は、作業の遅い生徒へ教えることでさらに習熟度を高められ、かつ習熟度の低い生徒の底上げにもつながっていた。

基礎編：弾性応力解析 まとめ

- **思っていたよりも簡単**で使い方もすぐに覚えることができた。
- CAEを使うまでは**解析精度はあまりよくないと思っていた**。
- 実際に使って実験と比較するとほぼ同じ結果になったので、**精度がよいことが分かった**。
- **CAEの数値だけに頼るのはとても怖いこと**だということがよくわかった。
- **3つの要素を見比べながら適切な判断をするのが大切**だと感じた。
- 今まで学んできた材料力学など活用できる場面が多々あったので**機会があれば利用していきたい**と思いました。
- SALOMEで**ノードを細かくして、10000ノードぐらいにした**ら、コンピュータが時々フリーズをしてしまい、すごく時間がかかってしまった。**今回の実習ではいらなかったのかもしれないと思った**。
- CAEで解析すると**今まではわからなかったところや自分が思っていないところに力がかかっていたことに気づけて楽しかった**です。

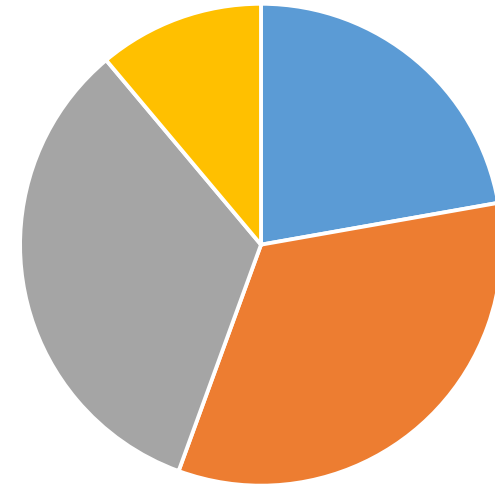
基礎編：弾性応力解析 まとめ

【ポイント①】 解析解と理論解の検証作業 解の一致を目指したCAE作業について



- 自信がある
- 作業ができる
- 自信は無いができる
- できない

【ポイント②】 最適な解析の設定 最適な設定について



- 解の結果を考慮して考えられる
- 自信は無いが判断できる
- 最適で無いのはわかるが、できない
- できない

応用編：DEXCS－Wistrを用いたCAE解析の 要素技術の習得

- ① 並列解析 (90分×2コマ)
- ② 接触解析 (90分×2コマ)
- ③ 周波数応答解析 (90分×2コマ)
- ④ 熱解析 (90分×2コマ)
- ⑤ 流体解析 (90分×4コマ)

ポスターセッション
にて発表中