

事例2 科目「機械設計」における「情報化とネットワーク化に対応できる技術者」を育成するための指導の工夫改善

1 ねらい

新学習指導要領において、教科「工業」の改訂のポイントの一つに、「情報化とネットワーク化への対応」が挙げられている。そのため、これまでの科目「マルチメディア応用」においてコンピュータシステムに関する学習の充実を図り、新科目では「コンピュータシステム技術」と名称変更が行われた。さらに、新学習指導要領第3章「専門教育に関する各教科」第2節「工業」第3款「各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い」には、「2 各科目の指導に当たっては、コンピュータや情報通信ネットワークなどの活用を図り、学習の効果を高めるよう配慮するものとする。」と記載されている。

本事例では科目「機械設計」の授業を通して、このことに関する調査研究を行った。情報機器や他機関とのネットワークを利用し、生徒が興味・関心を高め、積極的に学習・言語活動を行うことのできる授業をねらいとした。本校の中庭のベンチ（【図1】参照）を自ら設計する学習活動において、3次元CADを利用した解析（シミュレーション）を行わせることにより、理解の深化を図り、自ら設計したベンチについて考察させ、発表させた。また、この学習のCADデータを他校の建築科に送り、助言をいただくといった、情報ネットワークを利用した試みも行った。

これらの例として、3時間目、4時間目、5時間目の授業の内容をここに示す。



【図1】 中庭ベンチ（生徒作品）

2 授業実践

(1) 指導内容

- ・CAD/CAM/CAE、3次元CADについて理解させ、これらの技術の利用方法を考察させる。
- ・3次元CADを活用しベンチを設計させ、その解析結果を踏まえ、設計の改善をさせる。
- ・自分自身の設計物の解析結果を踏まえ、科目「機械設計」の「はりに加わる力」に関連させて発表させる。

(2) 評価規準

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	技能	知識・理解
①機械や構造物を構成している部材やこれからの産業界に関心をもち、意欲的に考えようとしている。	①機械や構造物の構成部材に作用する様々な力の関係を考察し、材料の適切な使い方を総合的に考えて判断し、表現している。	①機械や構造物の構成部材に関する様々な計算法を身に付け、計算の過程や結果を示している。	①機械や構造物の構成部材に生じる様々な力の概念を理解している。また、材料の適切な使い方を理解している。
②ベンチの設計に主体的に関わり、課題を解決しようとしている。	②機械や構造物を構成する部材の破壊の原因や対策について考察している。	②与えられた課題に取り組み、結果をまとめている。 ③CADソフトを用いて図面を描くことができる。	

(3) 単元の指導計画

時間	学習活動	評価					
		関	思	技	知	評価規準	評価方法
1	・ベンチの設計に必要な知識の概要を知る。 ・ベンチの設計（スケッチ）を行う。	①		①		・ベンチの設計に対し関心を示し、考えようとしている。 ・ベンチの設計（スケッチ）に取り組み、結果を示すことができる。	学習活動の観察 ワークシート
2	・自動車産業界のネットワークの歴史や取り組みを知る。 ・CAD/CAM/CAEとコンカレントエンジニアリングについて調べ、考察する。	①	①	②		・歴史に関心を示し考えようとしている。 ・設計手法について思考している。 ・コンカレントエンジニアリングについて調べたことをまとめている。	学習活動の観察 学習活動の観察 学習活動の観察（ノート）
	・3次元CADの使い方を習得			③		・CADソフトを扱うこ	学習活動の観察

3	・ 3次元CADで片持ちばりの計算やシミュレーションを行う。			①	・ とができています。 ・ 最大曲げ応力の計算ができています。	学習活動の観察 (ノート)
4	・ ベンチの仕様書を作成する。 ・ 1時間目で設計したベンチをCADで描く。 ・ シミュレーションを行い、不具合を改善する。	②		①	・ ベンチへ座るときの衝撃力や人数を考慮して仕様書が作成できている。 ・ 不具合を判断して改善しようとしている。	学習活動の観察 ワークシート 学習活動の観察 ワークシート
5	・ 設計したベンチについて発表する。		①	②	・ シミュレーションの結果をまとめることができています。 ・ シミュレーション結果をまとめ、発表している。	ワークシート 学習活動の観察

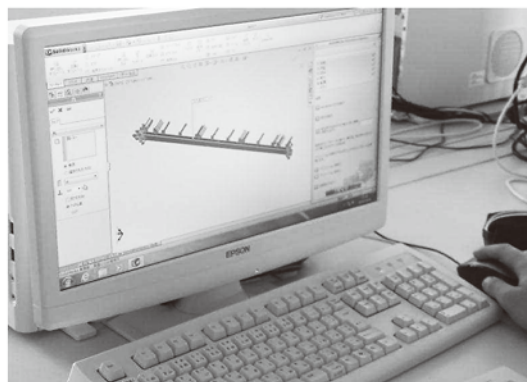
(4) 授業の概要

ア 3時間目の授業

段 階	学習活動	指導上の留意点
導 入	・ アンケートに回答する。 ・ 3次元CADの概要を知る。	・ 3次元CADで使用する機能（計算機能、シミュレーション機能）の概要を説明する。
展 開	・ 3次元CADの使い方を習得する。 ・ 片持ちばりの計算やシミュレーションを行う。	・ プロジェクタでソフトの使い方を説明する。字が小さく見にくい部分は、画面拡大ソフトを利用し、丁寧に説明する。
まとめ	・ 本時の学習内容を振り返る。	・ 知識の定着を図る。 ・ 次時の授業からは、ベンチを実際に設計し、シミュレーションを行うことを予告する。

第3学年を対象に授業を行った。3時間目は、3次元CADの使い方の指導を行った。簡単な片持ちばりを題材に、手計算、CADソフトの計算機能とシミュレーション機能の三つにおいて計算結果を比較させた。手計算とCADソフト上の計算結果が同じになり、さらに、シミュレーションでは固定端付近で最大応力が発生していることが確認できた。このことによって、片持ちばりの最大曲げ応力等について、これまでに学んできたことの理解を深めることができた。

シミュレーションでは、アニメーションで変位を見ることができるとともに、応力の度合いを色で確認することができるので、生徒は関心をもち、理解が深まったようであった。【図2】にその様子を示す。



【図2】 3次元CADの使い方 実践の様子

○授業アンケートから

1 科目『機械設計』に対するイメージを教えてください。

- ・ 設計図を作成してから機械を製作する
- ・ 物理の基礎
- ・ 計算が難しい
- ・ 物理の授業が増えた
- ・ 計算が多くて難しい
- ・ 自分たちが知っていることを改めて数学的にやると難しい

2 つまようじに下図のような外力を加えたとき、一番早く破損するのはどれですか。

(1)



(2)



(3)



(1)縦方向の外力（引張）	3%
(2)縦方向の外力（圧縮）	26%
(3)横方向の外力（曲げ）	72%

3 今までの木材加工の経験をもとに、以下の質問に教えてください。

(1)木材でものづくりをしたとき、設計図を描きましたか。

ア 描いた	72%
イ 描かない	28%

(2)本棚などを製作したとき、組み方を考えましたか。

ア 考えた	23%
イ 考えない	77%

4 コンピュータのネットワーク化が進んでいます。ネットワークをベンチの製作にどのように生かせると思いますか。

- ・安くて強度の高いものをつくる
- ・C A Dで設計する
- ・3 Dで多面的に見る
- ・木の強さを調べ、少ない材料の量でつくれるようにコストを考える
- ・安全な設計であるか調べる

5 個人的にベンチを作るとき、4で述べたようなことや設計を行い、製作すると思いますか。

(1) 設計など強度計算をする	82.0%
(2) 設計や強度計算をしない	18.0%

6 次の言葉を聞いたことがありますか。

(1) C A D

ア 聞いたことがある	100%
イ 聞いたことがない	0%

(2) C A M

ア 聞いたことがある	100%
イ 聞いたことがない	0%

(3) C A E

ア 聞いたことがある	0%
イ 聞いたことがない	100%

7 6で『聞いたことがある』と答えた人に尋ねます。意味や内容は知っていますか。

(1) C A D

ア 知らない	31.0%
イ 知っている	69.0%

(2) C A M

ア 知らない	62.0%
イ 知っている	38.0%

8 機械の設計と情報化・ネットワーク化は関係があると思いますか。

ア 関係ある	82.0%
イ 関係ない	18.0%

理由

- ・ネットワークを使うことにより情報を素早く伝達することができ、製作の速度も上がる。
- ・機械を設計するとき人の手で行うには手間も時間もかかる。コンピュータで行えば一度に大量に処理できるので設計とネットワークは関係している。
- ・機械を設計するとともにネットワーク上から情報を得る。
- ・情報化することによって製品の管理が容易になり、自動で製造できたりするので関係がある。
- ・設計に必要な情報をコンピュータでシミュレーションしたりするときに情報化の必要性がある。
- ・機械の設計は形などの見た目だけではなく、質量や強度も考える必要があるので、計算を行うのにコンピュータが必要である。
- ・設計したものをネットワークを介して共有すれば、同じものをどこでもつくることができる。
- ・ネットワークを利用して設計を行えば、世界各地の設計者が、24時間交代で設計をすることができる。

アンケートより、1から、科目「機械設計」は、物理の知識が必要であり、さらに計算力も必要とされ難しいイメージもっていることが分かる。このアンケートを実施するまでに、力のモーメントや重心、速度や加速度などの授業を行っていた。このことが、機械設計は難しい物理であるという認識になったと思われる。現物等の目に見える教材を用いて力学をイメージとしても捉えられるように授業展開していたが、不十分であったようである。

2より、棒状の材料が縦方向の圧縮や引っ張りに強いことは経験上知っているようである。

3より、(1)から、ものづくりにおいて設計図を描いた経験はあるものの、(2)より構造など余り深く考えずにものづくりを行ったことが分かった。

5より、設計を学んだ後は、知識を生かしたものづくりを行いたい生徒が約8割いることが分かった。このことは、設計に対する興味の表れと捉えられる。

6、7より、設計等に必要なCAD、CAMの認知度は高く、CAEの認知度は低いことが分かった。

8より、「設計」と「情報化とネットワーク化」の関係の自由記述の質問では、情報化、ネットワーク化の必要性を認識していることや、多くの生徒が興味・関心をもっている記述があった。

イ 4 時間目の授業

段 階	学習活動	指導上の留意点
導 入	・ベンチの仕様書を作成する。	・1時間目に描いたベンチのスケッチに、どの程度荷重をかけるのか、仕様書を作成しながら考えさせる。
展 開	・ベンチの設計を行う。	・ベンチを描き、シミュレーションを繰り返しながら、設計の修正、改善を行わせる。
まとめ	・本時の学習内容を振り返る。	・知識の定着を図る。 ・次時、設計したベンチの発表準備をさせる。

4時間目は、1時間目のスケッチをもとにベンチの設計を行った。「ベンチの仕様書」【資料1】を配布し、実際に製作する場合の条件や、荷重に耐えられるかなどのシミュレーションを行う際のデータを決めさせた。【図3】はシミュレーションを行っている様子である。材料によってパラメータの設定もあり、手間のかかる設計ではあったが、熱心に取り組んでいた。安全率が1を切ってしまう危険なベンチを設計してしまう生徒もいたが、降伏強さや応力、安全率を確認しながら設計の修正を行っていた。設計のための基礎的な知識がなければ、これらの値の意味が理解できず、修正や改善はできなかったもので、これまでの学習は、成果があったものと判断した。

【資料1】ベンチの仕様書

ベンチ仕様書

設計者名 _____

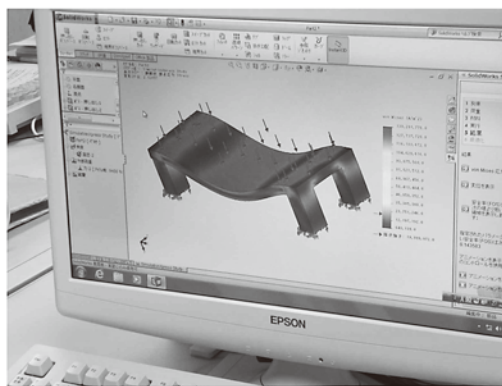
設計者名 _____

- ① 何人掛けのベンチにする？（1人当たりのスペースは 40cm×60cm とする） [] 人
- ② 1人当たりの体重設定は何 kg にする？ [] kg
- ③ ベンチにかかる荷重は
③ [] × ② [] = [] kgf
- ④ ベンチにかかる荷重の単位を [N] に変換（1kgf≒10N）すると
④ [] × 10 = [] N
- ⑤ ④の荷重はあくまでも静的な荷重（そっと座ること）です。しかし、飛び乗ったりすることも考えられるので衝撃力を考慮しなくてはいけませんね。衝撃力は静的な荷重の数倍になります。君たちは何倍に設定する？
[] 倍
- ⑥ 衝撃力を考慮した時の荷重は
⑥ [] × ⑤ [] = [] N

ここまで計算したら①と⑥の条件をみたすベンチを設計してください。

<参考>

	エソマツ	スギ
弾性係数 (kgf/cm ²)	95000	80000
圧縮強度 (kgf/cm ²)	350	350
引張強度 (kgf/cm ²)	1200	900
せん断強度 (kgf/cm ²)	70	60
ポアソン比	0.4	0.4
降伏強さ (kgf/cm ²)	350	350
質量密度 (kgf/cm ³)	0.00052	0.004



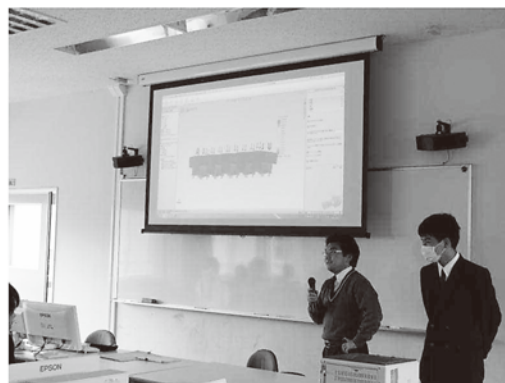
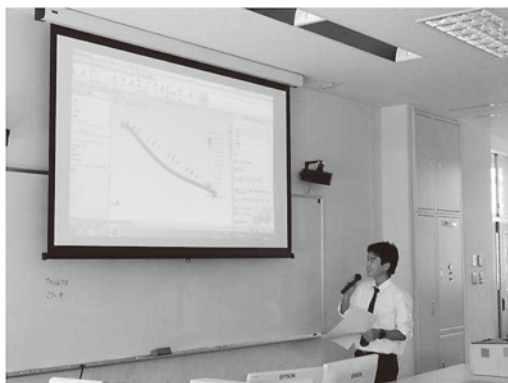
【図3】シミュレーションの様子

ウ 5 時間目の授業

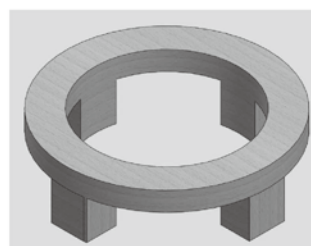
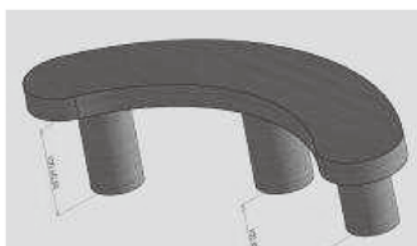
段 階	学習活動	指導上の留意点
導 入	・ 前時までの学習を振り返る。	・ 設計に必要な知識が身に付いているか確認させる。
展 開	・ 設計したベンチについて発表を行う。	・ 発表をよく聞き、疑問点があれば質問させる。
まとめ	・ 本時の学習内容を振り返る。 ・ アンケートに回答する。	・ 設計と情報化、ネットワーク化との関連について助言し、知識の定着を図る。

5 時間目は、設計したベンチについての発表を行った。すでに学習した「はりに加わる力」に関連付けけることに注意させた。また、メモをとるように助言したところ、発表をよく聞き疑問点を質問するなど、お互いに評価し合う態度が見られた。前時 1 時間という短い時間での設計であったが、シミュレーション上、安全に問題ないものを設計していたことから設計への興味関心の高さがうかがえた。発表においては、安全面（安全率）をアピールする生徒が多かった。しかし、事前アンケート 4 の記述にあった、コスト面については触れる生徒はいなかった。コストまで設計に反映させるには、もっと時間をかける必要があった。最後にアンケートを実施した。以下にアンケートの結果及び【図4】に発表の様子、【図5】に生徒の作品を示す。

授業にて金属の性質は詳しく学んだが今回のベンチの材料は木材である。木材の強度計算を専門性の高い他校の建築科に協力を依頼した。単元の時間外になってしまったが、データを送付し、シミュレーションに使用した各種強度パラメータのチェックや構造上の問題点等について助言を頂くことにした。その助言をもとに改善したところ、安全率が 3 倍以上大きくなったものもあった。つまり、生徒が設計したベンチは、構造上の改善を行えば材料の使用を減らすことができ、設計通りの安全率を確保することができることが分かった。この取組により、生徒は、離れたところでも設計に参加できるネットワーク利用の可能性を感じることができた。



【図4】 発表の様子

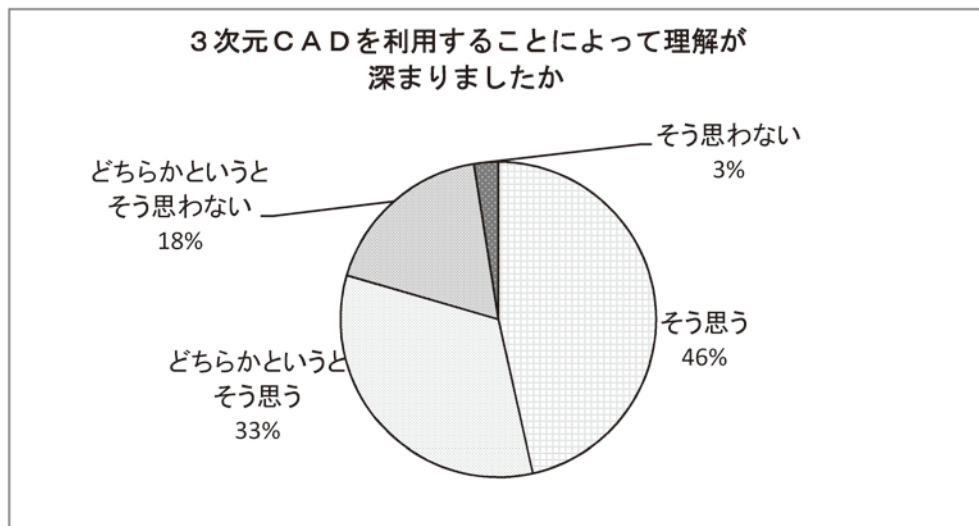


【図5】 生徒の作品

○授業アンケート（5時間目終了後）

5時間目終了後に、簡単なアンケートを行った。結果は以下のとおりであった。

1 3次元CADを利用することによって理解が深まりましたか。



2 今後、ものづくりをするとき、きちんと設計をしますか。

する	87.0%
しない	13.0%

アンケートから、1より、3次元CADを使うことにより理解が深まったという生徒が約半数おり、2より、設計の意識も高まったことが分かる。また、感想には、以下のような意見があった。

- ・自ら考える想像力も身に付くのでよい。
- ・3次元CADを使うことで、最先端の技術が身に付いた。
- ・実際に設計したベンチを製作してみたい。
- ・自分の考えたものを設計し、壊れないかシミュレーションできたので楽しかった。
- ・視聴覚教材を利用すると、場面場面でしっかりメモをとらないといけないので集中できた。
- ・視聴覚教材はよいと思うが、進みが速すぎて追いつけない。
- ・もっと3次元CADを使って授業をしたい。

3 まとめ

(1) 成果

3次元CADを活用したベンチの設計を通して、高度な理論（計算）とCADソフトの計算機能やシミュレーション機能とを関連付けたことによって、理論（計算）の理解度を高めることができたと思われる。生徒たちの会話の中に「赤の表示は安全率1未満だから壊れる」や「この赤の表示は最大応力だけど降伏強さを超えてないから問題ない」などがあった。自ら設計したベンチに対して主体的に判断し、改善を行う姿が見られ、大きな学習効果が得られたと考える。設計したベンチについての発表では、メモを取りながら聞くように助言したことで、設計したベンチの発表に意欲的に参加させることができた。

3次元CADを活用したベンチの設計を通して、シミュレーション機能を活用し設計を行い、改善している状況、設計したベンチについての発表の態度を見ると、目的は概ね達成できたと考える。また、他校の建築科の助言により安全率が向上するなど、ネットワーク利用の有効性の一部を体験させることができた。

(2) 課題とまとめ

今回の研究によって改めて情報機器の有効性を実感した。学校にある情報機器のさらなる有効かつ効率的な利用方法を考えることが今後の課題と考える。

今回のように設計を行わせた場合は現物をつくらせることが、より理解度を高めることにつながると考える。生徒たちも現物化することを望んでいる。また、ものをつくることによってより達成感を味わうことができ、この成功体験は学習の記憶となると思われる。

しかしながら、授業後のアンケートより、「きちんと設計してからものづくりをする」と回答した生徒が87%いた。このことは、設計に対する興味の表れと捉えたい。

〈参考文献〉

- ・『高等学校学習指導要領解説 工業編』文部科学省（平成22年5月）