

機関番号： 32407
 研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2008 年度 ~ 2010 年度
 課題番号： 20500807
 研究課題名(和文) もの作り教材学習支援システムに関する研究

研究課題名(英文) Research on the educational support system for teaching materials on making

研究代表者

長坂 保美 (NAGASAKA YASUMI)
 日本工業大学・工学部・教授
 研究者番号： 70316701

研究成果の概要(和文): 本研究成果は、もの作り教育に必要な CAM システムの操作、および NC 工作機械の NC 操作盤の操作を自分で学ぶことができる教材支援システムを開発した。前者の CAM システムの操作は、既に開発済みの CAD システムと同様、動画手法による CAM 教材を開発した。一方、後者の NC 操作盤の操作は、NC プログラムの編集機能を組み込んだ教材 (NC 操作盤 CAI ソフト) を開発した。これら教材により、CAD/CAM システムや NC 工作機械の操作を自分で学ぶことができると考えている。

研究成果の概要(英文): This study results developed the teaching material support system that was able to learn the operation of CAM system and the operation of NC operating panel of numerically controlled machine tool for ourselves. The operation of CAM system developed CAM teaching material by the animation technique, already as well as the developed CAD system. On the other hand, the operation of NC operating panel developed the teaching material (CAI software for NC operating panel) that had the edit function of NC program. By using these teaching materials, we think that we can learn the operation of CAD/CAM system and the NC machine by ourselves.

交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野： 総合領域

科研費の分科・細目： 科学教育・教育工学

キーワード： 教授学習支援システム、機械学習、設計工学、CAD/CAM

1. 研究開始当初の背景

もの作り教育は、CAD/CAM システムや工作機械などを扱う実践的な経験が必要となるため、担当できる教員が慢性的に不足している。また、限られた設備と時間の中で、多くの学生を指導しなければならない、といった課題を抱えている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、もの作り教育に必要な CAD/CAM システムや NC 工作機械の操作を自分で学ぶことができる教材学習支援システムを開発することである。学習者が自分で学べるには、学習者が CAD/CAM システムなどを操作する際、マニュアルを動画化するこ

とで、システム側が学習者の操作を誘導することができる。また、学習者が操作を誤った際、正しい操作手順に誘導する機能（ナビゲーション機能と呼ぶ）なども重要となる。我々は、3次元CADシステム(SolidWorks)を例に、マニュアルを動画化し、ナビゲーション機能を組み込んだCAD教材の開発に成功し、3次元CAD教育システムとして実用化している。

そこで、本稿は、3次元CADシステムの後工程であるCAMシステムの操作を学習するCAM教材、およびNC工作機械のNC操作盤を学習するためのNC操作盤CAIソフトを開発し、多人数でも、もの作り教育が実施できる授業の実用化について、その研究成果を報告する。

3. 研究の方法

CAM教材、およびNC操作盤CAIソフトの開発は、以下方法で各々の開発を行った。

(1)CAM教材の開発

- CAMシステムの基本操作を整理
- CAMシステム操作の動画化
- ナビゲーション機能の組み込み
- 機械設計教材支援(CAI)システムに組み込む(学習履歴の管理)

(2)NC操作盤CAIソフトの開発

- NC操作盤の基本機能を整理
- NC操作盤パネルの開発
- NC操作盤のプログラム編集機能の開発
- 工具軌跡シミュレーション機能の開発

(3)授業での運用(実用化)

- 多人数を対象とする運用体制
- 授業「CAD/CAM/CAE演習」での運用

4. 研究成果

(1)CAM教材の開発

- CAMシステムの基本操作を整理

本教材は、CAMシステムの基本操作手順を以下のように設定し、これを基に後述の動画化が図った。

- ・モデルの読込(CAD/CAMが異なる場合)
- ・加工する材料の選択
- ・各工程(荒・中・仕上)の工具選定
- ・各工程の加工範囲の設定
- ・各工具の加工条件(回転数等)の設定
- ・NCデータの生成

- CAMシステム操作の動画化

図1は、開発したCAM教材の初期画面(CATIA版)を示したものである。本教材(動画マニュアル)は、上記の基本操作に沿って4つのコマンドから構成される。例えば、

コマンド「素材の作成」は、モデルの読込、加工する材料を選択するまでの操作が動画化されている。また、コマンド「2.5軸加工」と「3軸加工」は、各工程の工具を選択し、加工範囲を設定した後、工具の加工条件(回転数等)を設定するまでの操作が動画化されている。

図2と図3は、動画マニュアル(2.5軸加工)の例を示したものである。図例は、CAMシステム(CATIA, FF/CAM)がツールパスをシミュレートしている例で、各々の用途は後述の運用(実用化)で述べる。学習者は、図中下側の再生ボタン、シークバーなどを使って、必要な箇所を何度でも(理解できるまで)再生することができる。



図1 CAM教材の初期画面



図2 動画マニュアル(CATIA版)の例

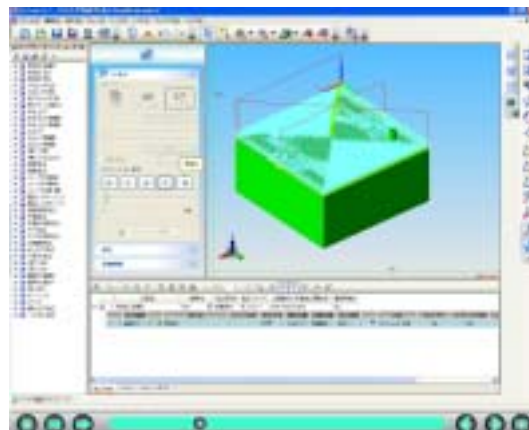


図3 動画マニュアル(FF/CAM版)の例

ナビゲーション機能の組み込み

当初、3次元CADシステム(SolidWorks)のナビゲーション機能を参考に、上記CAM教材の動画マニュアル(図2, 図3)に同様な機能の組み込みを試み、一部の機能は終了した。しかし、CAM教材の場合、CAD教材のような初心者を対象としていないこと。また、学習者は既にCADシステムを操作しており、誤った操作をした際の対処の方法をある程度理解していることなど、CAD教材と状況が著しく異なっている。

そこで、CAM教材にナビゲーション機能を組み込むことにより、後述のもの作り教育が実施できる授業での運用(実用化)が重要と考え、ナビゲーション機能の組み込みとその運用は、実際の運用の中で検討することとした。

機械設計教材支援(CAI)システムに組み込む(学習履歴を管理)

図1のCAM教材(動画マニュアル)で学習する際、CAMシステム上で具体的な工具の選定、工具の加工条件(切削速度、回転数)などを設定する必要がある。そこで、本教材は、CAMシステムの操作を学習しながら、同時に加工条件を学ぶため、本学で開発した機械設計教材支援システムに組み込まれている。

図4は、本学で開発した機械設計教材支援システム(チェックモード)の例を示したものである。図例は、加工条件(切削速度)の設定方法を学ぶもので、図例右上に全問30問中の1問目であることを示している。図例の正誤の状況が学習者個人の学習履歴に自動的に格納されるので、教員はその学習履歴を参考にきめ細やかな指導が可能となる。



図4 機械設計教材支援システムの例

(2) NC操作盤CAIソフトの開発

NC操作盤の基本機能を整理

図5は、当初、パソコン上に開発された市販ソフトを使用する予定になっていたNC操

作盤(NCGuide:ファナック社)を示したものである。しかし、NC操作盤を学習する上で最も重要な後述のNCプログラム編集機能などが存在しないため、後述の学習用NC操作盤シミュレータ(NC操作盤CAIソフト)の開発を行った。

そこで、まずNC工作機械に使用されているNC操作盤の基本機能を調査した。その結果、汎用的なファナック系で本学でも数多く使用されているマシニングセンターMCV350(OKK)のNC操作盤を参考にすることとなった。



図5 市販ソフトNC操作盤(NCGuide)

NC操作盤パネルの開発

図6は、本学工作センターのマシニングセンターMCV350(OKK)のNC操作盤パネルを参考に開発したNC操作盤CAIソフトの入力画面を示したものである。図5のNC操作盤(NCGuide)が有する機能は全て組み込まれている。

例えば、画面左上は各軸の座標値やNCプログラムが表示され、右上はプログラム編集機能のスイッチを示している。また、画面下側は各軸操作スイッチ、非常ストップ用スイッチなどを示している。



図6 NC操作盤CAIソフトの入力画面

NC 操作盤のプログラム編集機能の開発

図7は、開発したNC操作盤CAIソフト(図6)のNCプログラム編集機能の例を示したものである。NCプログラム編集機能は、作業現場で直接工具補正を行ったり、工具の入れ替えや空運転操作など、実際の工作機械を操作する上で非常に重要な機能となる。

本CAIソフトのNCプログラム編集機能は、この点を考慮し、NCプログラムの変更、挿入、削除、あるいは各プログラムの先頭位置への移動なども可能となっている。また、編集後に格納(登録)する機能も有しているため、実際のMCV350(OKK)のNC操作盤パネルと同等の機能を実現している。

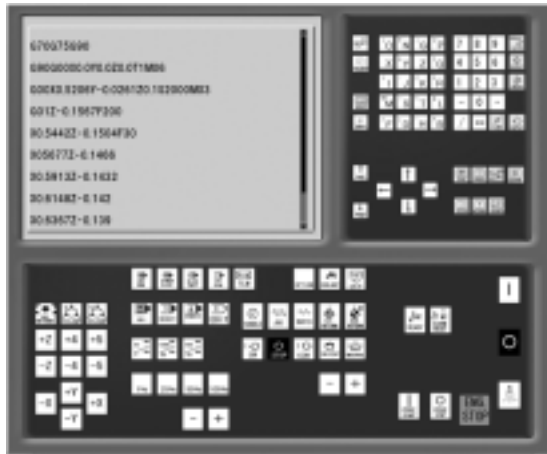


図7 NCプログラム編集機能の例

工具軌跡シミュレーション機能の開発

図8は、本教材用に開発した工具軌跡シミュレーション機能の例を示したものである。NC操作盤(図6)を操作する際、特にNCプログラムの順、あるいは工具がワーク原点からワーク(材料)に進入する位置などが重要となる。そのため、CAMシステムの工具軌跡とは別に、最終的な工具軌跡をNC操作盤上で確認する必要がある。通常、NCプログラム入力画面(図7の画面左上)に表示されるが、本CAIソフトでは別画面として用意されている。

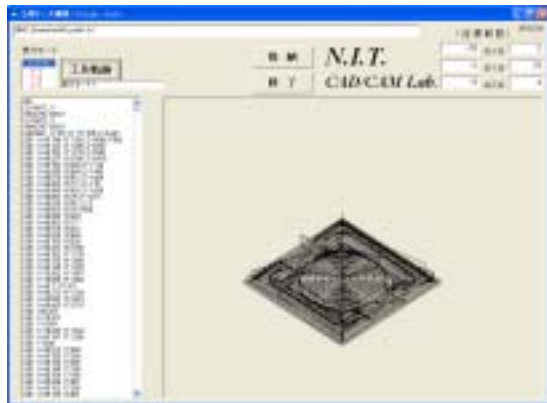


図8 工具軌跡シミュレーション機能の例

本CAIソフトは、NCプログラムの学習も兼ねているので、NCプログラムの指定した位置(図8左側)から1ステップずつ工具軌跡を表示することができるのも大きな特徴である。

(3) 授業での運用(実用化)

多人数を対象とする運用体制

上記CAM教材ならびNC操作盤CAIソフトは、多人数の学生を対象とする、という目的で開発されている。そのため、使用する設備等を考慮した運用体制が必要となる。

図9は、本学の設備等を考慮した多人数を対象とするもの作り(切削加工)教育の運用体制を示したものである。なお、図中の塗りつぶし部分が本報告に関係する部分である。授業は以下手順で実施される。

- ・CAD(CATIA)でモデリングを行う。
- ・CAM(CATIA)で工具軌跡を作成する。ただし、金属を加工する場合、CATIAによる工具軌跡は不具合が多いため、図中のCAM(F/CAM)で行われる。
- ・工具軌跡(CLデータ)を出力する。
- ・ポスト処理(CL→NC変換)で、NCデータ(NCプログラム)に変換する。なお、ポスト処理は自動的に処理されるので、学生は意識する必要がない。
- ・NC操作盤CAIソフトでNCプログラムの編集等を行う。
- ・NC工作機械で加工を行う。



図9 もの作り(切削加工)教育の運用体制

授業「CAD/CAM/CAE演習」での運用

本学の授業「CAD/CAM/CAE演習」は、20名程度が受講し、教員1名で担当している。それ故、上記の多人数を対象とする運用体制が必要となる。

図10は、本授業のCAMシステム(CATIA)の工具軌跡の作成方法を学習する様子を示したものである。図中の左画面がCAM教材の動画マニュアル(図2:CATIA版)で、学生は本マニュアルを参考に右画面のCAMシステムでNC加工法を学習する。また、動画マニュアル中で切削加工に関する技術的な課題が生じた場合は、機械設計教材支援システム上に組み込んだ切削加工条件等を参考に、具体的な数値を独自に決定する。

図11は、NC工作機械(MODELA Pro MDX-500:ローランド社)によるNC加工の実習の例を示したものである。現在、マシ

ニングセンターを使用するための安全教育，あるいは工程管理が十分でないため，金属加工を実施するに至っていない．近い将来，安全教育を徹底した上で，金属加工も可能にしていく予定である．



図 1 0 工具軌跡の作成を学習する様子



図 1 1 NC 加工の実習の例

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 6 件)

宮本裕也，長坂保美，平野重雄：

Development of Educational 3-D CAD Self-Learning System (Processing of Automatic Scoring and Guidance)，International Society for Geometry and Graphics, The 14th International Conference on Geometry and Graphics Conference, 2010 年 8 月 6 日，Kyoto

濱野大介，長坂保美：動画手法を用いた教育用 CAD/CAM 教材の開発 (CAM (CATIA) 教材の開発)，日本設計工学会，2010 年 5 月 23 日，早稲田大学

宮本祐也，長坂保美：機械設計教材支援システムの開発 (学習履歴の有効利用)，日本設計工学会，2009 年 10 月 24 日，広島国際大学

安藤昭宏，長坂保美：機械設計教材支援システムの開発 (NC 操作盤 CAI ソフトの開発)，日本機械学会，2009 年 9 月 26 日，群馬工業高等専門学校

宮本祐也，長坂保美：機械設計教材支援システムの開発 (科目別 CAI の構築)，日本設計工学会，2009 年 5 月 2 日，東京都市大学

安藤昭宏，長坂保美：動画手法を用いた教育用 CAM 教材の開発 (加工に必要な基礎知識について)，日本設計工学会，2008 年 5 月 24 日，明星大学

6．研究組織

(1) 研究代表者

長坂 保美 (NAGASAKA YASUMI)

日本工業大学・工学部・教授

研究者番号：70316701

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：