

1. 「サイバーマニュファクチャリング」教育方法の研究・開発

青山学院大学 玉木 欽也

AML II プロジェクト「WP52 サイバーコンカレントマネジメント」では、「サイバーマニュファクチャリング」の教育方法を新たに開発した。この教育方法は後に示すが七つの演習で構成している。新規開発した本教育方法の有効性を実証するために、実証実験授業を 2001 年後期に実施した。本節では、この教育方法の概要と、実証実験授業による検証の進め方を示す。

まず、本教育方法の概要について説明する前に、「サイバーコンカレントマネジメント」の概念を紹介して、「サイバーマニュファクチャリング」において開発した各演習の位置づけについて述べたい。

1.1 「サイバーコンカレントマネジメント」の概念と各演習の位置づけ

(1) 「サイバーコンカレントマネジメント」の概念

本総研叢書の「はじめに」のところでも多少ふれたが、「サイバーコンカレントマネジメント」の概念を図 1.1 に示した。その概念とは、仮想的に製品企画・製品設計・生産システム設計・作業システム設計・生産準備・製造をするシミュレーションモデルを構築して、できるだけ早期な企画段階や基本設計段階で新規プロジェクト案を検証しながら、同時にそれらと連携して管理システムと情報システムをも設計・開発し、それらのシステムをも仮想的に運用していくことである。そして、システム全体の運用ノウハウを蓄積した上で、現実生産それらのプロジェクト案から生まれた新たなビジネスモデルや情報管理システムを有効に活用していく方法論のことである。なお、主に対象としている管理・情報システムには、例えば、生産管理、生産現場の生産情報管理、物流管理、管理会計、さらには部門間および企業間での情報共有・情報交換を促進するためのエクストラネットなどを現在のところ考えている。

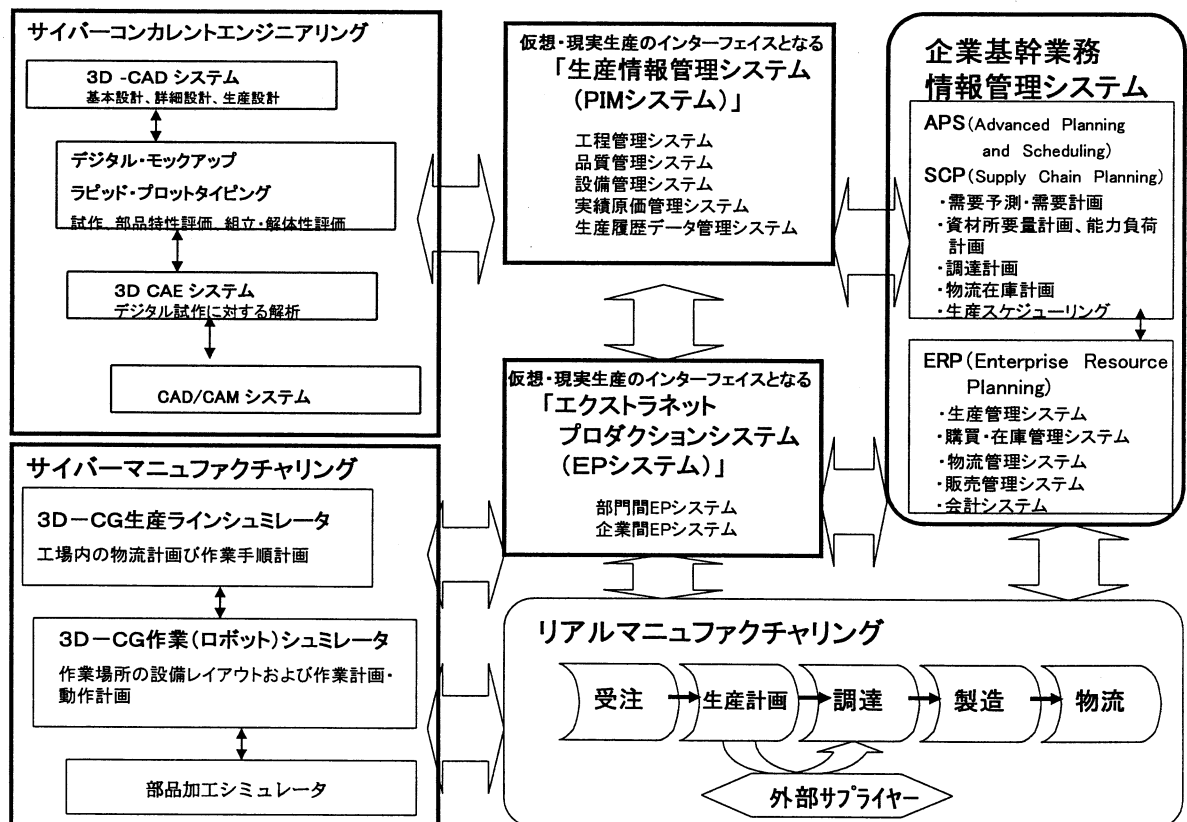


図 1.1 サイバーコンカレントマネジメントにおける各種の管理・情報システムとシミュレータの関連性

「サイバーコンカレントマネジメント」を実現する方策の1つとしてサイバー技術や3次元コンピュータグラフィック（3D-CG）シミュレータを用いた製品設計および生産システムのモデリング方法と、それらに対応した情報管理システムについて述べる。前者についてはサイバーコンカレントエンジニアリング（Cyber Concurrent Engineering、以降 CCE とする）およびサイバーマニュファクチャリング（CM）、後者については生産情報管理システム（Product Information Management System、以降 PIM システムとする）およびエクストラネットプロダクションシステム（Extranet Production System、以降 EP システムとする）というトピックスとして取り上げたい。特に、サイバー技術を利用して前者に関する開発期間の短縮や効率化が可能なものは、製品や部品の設計段階や試作段階であり、一方、後者に関する生産準備や生産の期間に関しては、金型・治工具や、生産システムさらには作業システムの設計・計画などの段階が対応する。

図 1.1 にコンカレントマネジメントの概念、CCE と CM およびそれらに関連する情報管理システムを示した。製品・部品・治工具などの開発・設計のために 3D-CAD やデジタルモックアップシステムを適用するのが CCE である。一方、生産システムの設計・計画および生産に関する業務プロセスのモデリングのために、3D-CG 生産ラインシミュレータ、3D-CG 作業シミュレータなどを利用するのが CM である。

また、それらの CCE や CM に関連する情報管理システムには、PIM システムと EP システム、さらには企業基幹業務管理システムがある。PIM システムは、リアルマニュファクチャリング（現実生産）からの生産実績や、CM からのシミュレーション結果である仮想生産データなどのアップロード系情報や、企業基幹業務情報管理システムからの計画情報や作業指示などのダウンロード系情報を管理するシステムである。

一方、EP システムは、現実生産および仮想生産から PIM システムに収集・蓄積された情報を、関連部門や外部サプライヤーとの情報共有や、企業基幹業務情報管理システムに包含される ERP やスケジューラから生産計画などの情報を獲得して、生産現場や外部サプライヤーなどに伝達するための情報交換ツールの役割を果たす。

その企業基幹業務情報管理システムとは、基幹業務プロセスの処理系である ERP (Enterprise Resources Planning) や、さらにはサプライチェーンマネジメントの観点から計画性を重視した APS (Advanced Planning and Scheduling) や SCP (Supply Chain Planning) などのスケジューラから構成される全社的な基盤情報システムを指すものである。

（2）「サイバーコンカレントマネジメント」における各演習の位置づけ

今回開発した七つの演習とは次のようなもので、それぞれの演習の位置づけを、サイバーコンカレントマネジメントの領域にあてはめてみたい。

- ①エクストラネットデザインレビュー
- ②レイアウト・マテリアルハンドリング
- ③生産システム設計
- ④作業システム設計
- ⑤需給マネジメント
- ⑥生産計画（MRP）システム
- ⑦エージェントベース・エクストラネットプロダクション

まず、①および②は「エクストラネットプロダクション・システム」に関連するもので、まず、前者は製品開発段階でのコンカレントエンジニアリングについて、特に、デジタルモックアップ（仮想に試作）を利用した「デザインレビュー（設計審査）」を、遠隔地間で行うことを想定した演習である。後者はもう少し下流の業務に対するもので、企業間・部門間でのエクストラネットを活用した情報交換を、エージェントを用いてネットワーク中に分散して存在している XML データの収集・統合について学ぶ演習である。

②および③、そして④は、「サイバーマニュファクチャリング」に関係するものである。まず、②は生産工場内の職場配置や「物」の流れを決める運搬に関する演習であり、③は生産ラインをはじめとする生産システムを計画する演習であって、3D-CG 生産ラインシミュレータの適用が期待できる。そして、④は、人間または機械の「作業システム」を計画する演習であって、仮想ヒューマンモデル型シミュレータや、ロボットシミュレータの活用が期待できる。実際に、「④作業システム設計」の演習では、仮想ヒューマンモデル型シミュレータを利用して、作業環境と作業者をモデル化した人間作業を、計測する実習を実施した。

⑤および⑥は、企業基幹業務情報管理システムに関連するもので、前者は需要予測、販売と生産を調整する需給計画に関する演習である。すなわち、この「需給マネジメント」は、基準生産計画（MPS）を決定する意義をもっている。その基準生産計画（MPS）にもとづいて、資材所要量計画や能力負荷計画、そして生産管理や購買・在庫管理に関係しているのが、「⑥生産計画（MRP）システム」の演習である。

1.2 「サイバーマニュファクチャリング」の新教育方法の概要

（1）「サイバーマニュファクチャリング」の演習概要

本教育方法の特色は、技術や技法のみの教育だけでなく、経営・生産戦略を常に意識した、実践的な業務プロセス志向のカリキュラム体系にある。そのカリキュラムは次のような七つの演習から構成されている。すなわち、製品開発段階のデザインレビュー（設計審査）、レイアウト・マテリアルハンドリング、生産システム設計、作業システム設計、需給マネジメント、生産計画と購買・在庫管理、エクストラネット・プロダクションである。そして、そのカリキュラムにそった講義と、デジタル教材や教育ソフトウェアを利用した実習を並行し、基礎理論に基づいた実践的な技法や技能が身につく e-Learning 教育を実現することにある。

さらにすべての演習では、講義と実習を、教室内やその他の分散環境で自習する際に、WP21 で開発した「サイバーキャンパス基盤システム」を、教育ソフトウェアを積極的に活用する。

特に「エクストラネットデザインレビュー」演習では、本システムのうちの「ネットワークコミュニケーション機能」を利用して、学生は2人ないしは6人で1グループをつくり、教育スタッフと各グループ、さらにはグループ間でネットワークコミュニケーションをしながら実習をすすめる「協調型学習」をめざす。また、この演習では、製品の生産設計や仮想試作の検討を実施する際に、3D-CG デジタルモックアップ・シミュレータを利用する。

加えて、「作業システム設計」演習では、3D-CG 仮想ヒューマンモデル・シミュレータを活用して、作業者の作業を観測・解析する実習を実施する。

（2）受講対象

学習対象者は、理工系のみならず社会科学系の学部3、4年生向けを想定している。今後、大学院生や社会人などの高度専門職業人用演習の新規開発をも含めて、受講対象者層を拡大していきたい。すなわち、設計や製造、生産管理などの技術者や管理者のみならず、製品企画や営業などに関連する担当者にも興味をもてるカリキュラムであり、実務担当者も体系的な業務プロセスと、プロジェクト業務が身につく内容にしていきたい。

（3）教育目標と人材育成

本授業は、経営および経済学部などの社会科学系、さらに理工系において、製品設計や生産システムなどの設計・計画技術、生産管理や物流管理および生産現場管理などの管理技術、生産情報システムおよびエクストラネットなどの情報技術を学ぼうとする、学部3・4年生への全般的な業務プロセスや、それに対応する管理技術ならびに情報技術の仕組みが仮想疑似体験できる、入門的な実習である。

ここで学んだ管理技術や情報技術の仕組みは、大学院でのさらなる上級実習授業の受講に役に立つだけでなく、社会に出て企業人となった際、業務遂行に対する知識や技術ともなりえるものである。

本授業では、製品計画、生産システム設計、作業設計、生産管理、生産情報システムなどの業務プロセスを業務横断的に理解し、自ら業務を遂行できる生産管理者や技術者などの育成を目的としている。

1.3 「サイバーマニュファクチャリング演習」実証実験授業の計画

（1）受講対象者と実証実験授業の教室

①青山学院大学 青山キャンパス 1144 教室

- ・青山学院大学経営学部 玉木研究室所属の3・4年生 15名から25名（社会科学系）
- ・電気通信大学 松井研究室所属 4名（理工系）

②成蹊大学工学部 情報処理センター 201 室

- ・成蹊大学 98名（11月29日、12月6日に「生産システム設計」演習のみ実施した）

表1.1に、青山学院大学における実証実験授業を実施した、七つの演習テーマを示す。第2・3回目の「エクストラネットデザインレビュー」演習ならびに第4・5回目の「レイアウト・マテリアルハンドリング」演習には、玉木研究室所属の学生25名（松井研究室所属の学生4名を含めて、計29名）が、実証実験授業に参加した。そ

れ以降の実証実験授業には、計 19 名の学生が参加した。

今回の実証実験授業の特色として、社会科学系と理工系の学生が同時に参加して、開発した教育方法の有効性を検証できることがあげられる。

さらに「生産システム設計」演習については、成蹊大学工学部における理工系 90 名の実証実験結果と、青山学院大学での小規模人数でしかも社会科学系が多数を占めている実証実験結果と、比較研究ができるところが興味深い。

(2) 実証実験授業スケジュールと担当者

1) 演習時間と開講コマ数

- ・ 1 演習テーマ分の授業は、講義と実習からなり、2 コマ×2 回=計 4 コマ (1 コマは 90 分間) で完了するものとした。

2) 七つの演習テーマと授業担当者

表 1.1 青山学院大学における実証実験授業の演習テーマ

第 1 回	オリエンテーション
第 2 回	エクストラネットデザインレビュー (1)
第 3 回	エクストラネットデザインレビュー (2)
第 4 回	レイアウト・マテリアルハンドリング (1)
第 5 回	レイアウト・マテリアルハンドリング (2)
第 6 回	生産システム設計 (1)
第 7 回	生産システム設計 (2)
第 8 回	作業システム設計 (1)
第 9 回	作業システム設計 (2)
第 10 回	需給マネジメント (1)
第 11 回	需給マネジメント (2)
第 12 回	生産計画 (MRP) システム (1)
第 13 回	生産計画 (MRP) システム (2)
第 14 回	エージェントベース・エクストラネットプロダクション (1)
第 15 回	エージェントベース・エクストラネットプロダクション (2)

①9 月 18 日 (火) 13:30~16:00 「オリエンテーション」

青山学院大学 玉木欽也、斎藤裕

- ・ 授業参加のために各受講生側の準備 (グループ分け、使用機器のセットアップ)
- ・ AML II プロジェクトの紹介、WP52 活動における本演習の実証実験授業の位置付け
- ・ 本演習のカリキュラム内容の概要説明
- ・ サイバーキャンパス基盤システムの利用方法
- ・ 実証実験授業の進め方と注意事項

②9 月 19 日 (水) 「エクストラネットデザインレビュー (1) (2)」

2 時限 ; 11~12:30、3 時限 ; 13:10~14:40、4 時限 ; 14:45~16:15、5 時限 ; 16:20~17:50

青山学院大学 斎藤裕、(授業補助、青山学院大学大学院経営学研究科 大網千鶴)

③9 月 20 日 (木) 「レイアウト・マテリアルハンドリング、」

2 時限 ; 11~12:30、3 時限 ; 13:10~14:40、4 時限 ; 14:45~16:15、5 時限 ; 16:20~17:50

東海大学 八木英一郎

*以下の授業は、火曜日 4・5 時限 (14:45~16:15、16:20~17:50) に実施

④9 月 25 日、10 月 2 日 (火) 「生産システム設計 (1) (2)」

成蹊大学 渡辺一衛、高橋道哉、(授業補助、成蹊大学大学院工学研究科 寛宗徳)、
電気通信大学 山田哲男

⑤10月9日、16日(火)「作業システム設計(1)(2)」

青山学院大学 玉木欽也

⑥10月23日、30日(火)「需給マネジメント(1)(2)」

電気通信大学 松井正之、(授業補助 電気通信大学システム工学科 斎藤篤)

⑦11月13日、20日(火)「生産計画(MRP)システム(1)(2)」

広島大学 高橋勝彦、(授業補助 電気通信大学システム工学科 斎藤篤)

⑧11月27日、12月4日(火)「エージェントベース・エクストラネットプロダクション(1)(2)」

早稲田大学 吉江修

1.4 実証実験授業を通じた新教育方法の有効性の評価方法

1) 使用する教材

- ①講義用テキスト
- ②実習用学生手引書
- ③実習用ワークシート、レポート
- ④小テスト

2) 有効性評価の手段

- ①アンケート(択一選択式、自由記述式)
- ②小テスト結果
- ③演習ワークシート、レポートの採点結果
- ④学習履歴に関連したシステム・ログ・データの解析結果

なお、表1.2に示したようにアンケートについては、択一形式と自由記述形式による22の質問を用意した。択一形式については、選択肢1“非常にそう思う”を5点、同じく2“そう思う”を4点、3“普通”を3点、4“そう思わない”を2点、および1“まったくそう思わない”を1点と重みづけして、回答の平均を求めることにより、総合評価した。なおこの設定により、回答の平均を求めたものの最大値は5点、最小値は1点となる。ただし、問2、問3、問6、問15、問16、問19、問21、および問22については、選択肢を重みづけして総合評価できない形式にした。

さらに、それらのアンケートに問題は、表1.3に示したように、総合評価および教育方法、教材、教育ソフトウェア、サイバーキャンパス基盤システムに関して分類した評価を問うものである。

表 1.2 アンケート表（択一選択形式）

問 題 の 内 容	
重みづけで総合評価できる問題	問 1 今回の授業内容に対する本教育方法の総合評価
	問 4 実習内容や実習の流れに対応した教育用ソフトウェアは適切だったと思いますか
	問 5 協調型実習でのコミュニケーションによる授業内容理解の促進
	問 7 各教授の教材によって、より多くの知識をより早く得られたと思いますか
	問 8 各教授の教材によって、正確な知識や総合的な知識が得られたと思いますか
	問 9 各教授の教材によって、楽しく授業を受けられたと思いますか
	問 10 教育ソフトウェアの使い勝手（操作感）についてどう思われましたか
	問 11 教育ソフトウェアを楽しく（興味をもって）業務の遂行疑似体験型の学習ができましたか
	問 12 教育ソフトウェアによる実習の遂行疑似体験は授業内容を理解する上で役立ちましたか
	問 13 楽しく興味をもって他の学生と協働して実習をする教育ソフトウェアの遂行疑似体験ができましたか
	問 14 他の学生と協働して作業をする教育ソフトウェアの遂行疑似体験は、学習の理解に役立ちましたか
	問 17 グループ間・内での話し合いは、テレビ会議、掲示板、質問箱等のネットワークコミュニケーション機能を利用して容易にできましたか
	問 18 掲示板、質問箱等のネットワークコミュニケーション機能を使って授業の理解は深まりましたか
	問 20 出席登録機能による出席確認、教材配信機能による教材の受け取り、提出物機能によるレポート等の提出等の授業支援機能は便利でしたか
重みづけで総合評価できない問題	問 2 今回の授業内容に対する理解度の確実性: 今回の授業内容は、どの段階で理解が確実になりましたか 1. 教師の講義終了後 2. 教師の実習に関連したデモンストレーション後 3. 自分自身の実習実施後 4. 自分が所属するグループ内での実習実施後 5. 教師からの実習の解答後
	問 3 講義内容や、実習内容、教材は適切だったと思いますか。以下の選択肢から適切な項目を選んでください 1. 講義も実習も理解できない 2. 講義のトピックスはわかったが、技法が理解できない 3. 講義のトピックスと技法も理解できた 4. 講義のトピックスや技法は理解できたが、実習は講義で学んだ事に対応つけられなかった 5. 講義のトピックスも技法を内容に対応づけて実習も理解できた
	問 6 各教授の以下の教材によって、簡単に理解できたと思いますか 1. 講義用パワーポイント 2. 小テスト 3. 実習用手引書 4. 実習用ワークシート又はレポート
	問 15 あなたは友人にも教育ソフトウェアを使った遂行疑似体験型の授業（講義と実習）を薦めたいですか 1. はい 2. いいえ
	問 16 もっと上級用の教育ソフトウェアを使った遂行疑似体験型の授業を受けたいですか 1. はい 2. いいえ
	問 21 今回の授業で使用したサイバーキャンパス基盤システムの機能で、授業にもっとも必要と感じた機能はどれですか 1. 出席機能 2. 伝言板 3. 掲示板 4. 質問箱 5. 教材配信機能 6. 提出物機能 7. アンケート 8. 小テスト機能 9. 成績管理 10. なし

表 1.3 アンケート問題の分類区分とその評価内容

アンケート問題分類区分		評 価 内 容
アンケート	問 1～問 5 問 22	総合評価、講義内容の理解度、実習内容の適切性、 協調グループ学習による理解促進
	問 6～問 9	教材の有効性
	問 10～問 16	教育ソフトウェアの有効性
	問 17～問 21	サイバーキャンパス基盤システムの有効性

参考文献：

- [1.1] 斎藤裕、玉木欽也：サイバーマニュファクチャリングにおけるエクストラネットプロダクションとシステム要件定義、日本設備管理学会誌、Vol. 12、No. 4、pp.123-134(2001)
- [1.2] 玉木欽也、斎藤裕、大網千鶴：サイバー・コンカレントマネジメントの概念とフィールドファクトリ事例研究による仮想生産情報システムの構築、IEレビュー、Vol. 42、No. 2、pp. 43-48(2001)

執筆者所属：

青山学院大学経営学部 玉木 欽也
 (青山学院大学総合研究所 兼担所員)
 〒150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25
 TEL 03-3409-8115 (内 12722)
 FAX 03-3797-6870
 E-mail : ytamaki@agub.aoyama.ac.jp