

# 戦略ソフトウェア創造人材養成

## 計画の目標・概要

### 1. 目標

次世代情報社会の鍵を握り、我が国から世界へ発信する戦略ソフトウェアを創造できる人材を養成する。戦略ソフトウェアを創造できる人材は、情報科学技術の基礎分野の素養、卓越した戦略の着眼力に加え、品質が高く高効率なソフトウェアを著作するためのプログラミング的意味合いでの文筆力を併せ持つことが求められる。本申請の目標は、情報理工学に関する研究の場とソフトウェア創造の場を密に結合することにより、真に創造的であり、かつ情報システムを活用するための基礎力を持つ人材を育成することである。本申請の具体的養成目標は以下のとおりである： 養成の対象は大学院生とポスドクである、人材養成開始後3年目において、下記3個の戦略ソフトウェア分野において、各々2名、計6名の大学院生またはポスドクを戦略ソフトウェア作成の専門家として育成し、公開ソフトウェアを作成する。人材養成開始5年後には、育成した人材各分野4名、計12名が、戦略ソフトウェアを創造するプロジェクトのプロジェクトリーダーレベルまで養成する。

### 2. 内容

東京大学大学院情報理工学系研究科内に、戦略ソフトウェアの創造できる人材を育成する教育ユニットである「戦略ソフトウェア創造」ユニットを設置し、研究科に既存の5専攻と企業からの連携教官で構成される戦略型IT連携客員講座の教官と協力して、世界に広く流通可能な戦略ソフトウェアを著述し、完成させる能力を持った人材を育てる。そのための教育担当者として、既に広く流通する戦略ソフトウェア作成に従事した、極めて室の高いソフトウェア製作者、戦略的ソフトウェア分野の実験実証に携わっている研究者、高い国際性を持った若手研究者を選定し、教育実務を実施する。また、戦略ソフトウェア分野として、計画発足時には（1）デペンダブル情報環境、（2）認識行動システム、（3）大域移動分散システムをとり上げる。

## 諸外国の現状等

### 1. 現状

米国ではコンピュータサイエンス教育組織の規模が我が国と比較して遥かに大きいため、ソフトウェアの実践的な教育に関するスタッフが充実し、高いソフトウェア創造欲を持つ人材養成が大規模に行われている。欧州における現状は、下記我が国の状況と類似であり、欧州発のソフトウェアが少ない要因となっている。

### 2. 我が国の状況

コンピュータサイエンス教育組織の規模が著しく小さいため、教育システムは標準的なコンピュータサイエンス・カリキュラムをカバーするだけで精一杯であり、ソフトウェアの創作力を高める教育は行われていない。我が国発のソフトウェアが、基本ソフトウェアとアプリケーションの両面で少ない原因となっている。

## 計画進展・成果がもたらす利点

本申請が提案する戦略ソフトウェア創造の人材養成ユニットを情報理工学系研究科に組み入れることにより、現在組織的教育が全く行われてない戦略ソフトウェア分野において力を発揮する人材から、次世代戦略ソフトウェアを発信することが可能となる。芸術の分野においても芸術大学に見られるような、組織的な能力・創造力涵養が重要であるように、ソフトウェアの創造という分野においても、学生が持つ力を十分に引き出す組織的アプローチは重要である。



## 人材養成計画の趣旨・概要

### 【人材養成計画の趣旨】

20 世紀後半の計算機技術・通信技術の急速な進展により、情報システムは人手では全く不可能だった大量のデータを入手・蓄積し、詳細に解析、その結果を利用できる潜在能力を持つに至った。また、通信技術の著しい発展に支えられたインターネットとワイヤレスネットワークの出現は分散的な情報の利用を可能とし、社会システムを変革しうるまでの影響力を持ち始めた。今後その歩を緩めずこの能力の伸長を継続すれば、近未来に社会全体が情報技術から享受しうる恩恵は莫大なものとなるであろう。しかしながら、現在の情報環境ではその潜在能力を十分に発揮し、利用することは困難である。実際、現状の情報システムは使い難く、信頼できず、セキュリティに欠け、持続性を持たない。

これら現状の情報システムが持つ問題点を解消し、真に人類と共生する情報システムを作り上げるためには、新しい情報システムに対する研究開発を推進することが重要であるとともに、それらを実現するための鍵となる戦略的ソフトウェアを実際に構築するソフトウェアの創造力に富んだ、非常に優れた人材を得ることが不可欠である。

戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムでは、情報流通の道具から巨大データベース、科学技術計算までの広い適応分野にわたって万人が利用できるソフトウェアを創造する人材養成を行う。この目的を達成するため、戦略ソフトウェア創造共通講義ユニットと戦略ソフトウェア創造実験ユニットの二つのサブユニットを設置する。対象分野のソフトウェアは、近未来的に最も重要な情報システム分野となることが予測される、デベンダブル情報環境、大域移動分散システム、認識行動システムの3分野である。

このような戦略ソフトウェアを創造できる人材は、情報科学技術の基礎分野の素養、卓越した戦略の着眼力に加え、品質が高く高効率なソフトウェアを著作するためのプログラミングの意味合いでの文筆力を併せ持つことが求められる。人材養成プログラムの目標は、情報理工学に関する研究の場とソフトウェア創造の場を密に結合することにより、真に創造的であり、かつ情報システムを活用するための基礎力を持つ人材を育成することである。

具体的養成目標は以下のとおりである：

- ・人材養成ユニットの対象者は、大学院学生、特に博士課程後期の学生とポスドクである。人材養成開始後3年目において、下記3個の戦略ソフトウェア分野において、各々2名、計6名の大学院生またはポスドクを戦略ソフトウェア作成の専門家として育成し、公開ソフトウェアを作成する。人材養成開始5年後には、育成した人材各分野8名、計24名を、戦略ソフトウェアを創造するプロジェクトのプロジェクトリーダーレベルまで養成する。

### 【人材養成計画の概要】

東京大学大学院情報理工学系研究科内に、戦略ソフトウェアの創造できる人材を育成する教育ユニットである「戦略ソフトウェア創造」ユニットを設置し、研究科に既存の5専攻と企業からの連携教官で構成される戦略型IT連携客員講座の教官と協力して、世界に広く流通可能な戦略ソフトウェアを著述し、完成させる能力を持った人材を育てる。そのための教育担当者として、既に広く流通する戦略ソフトウェア作成に従事した、極めて質の高いソフトウェア製作者、戦略的ソフトウェア分野の実験実証に携わっている研究者、

高い国際性を持った若手研究者を選定し、教育実務を実施する。この目的を達成するために、以下に述べる二個の人材養成サブユニットを形成する。

#### (1) 戦略ソフトウェア創造共通講義ユニット

戦略ソフトウェア創造共通講義ユニットは、1名の専任助教授、1名の専任研究員を教育担当教官として擁し、養成コースの講義を行うとともに、兼任教官による講義をコーディネートし、養成コース1年次を主に担当する。更に、戦略ソフトウェア創造共通講義ユ

ニット教官は、養成コースが備える先進的情報システム基盤の維持・管理と養成コース全体の企画立案を担当する。養成コースの講義内容は、後述する。

戦略ソフトウェア創造養成コースの受講者は、第一年次には共通講義ユニットに属し、講義を受講するとともに、実験課題のうち一つを実施する。共通講義ユニットでは、3年度終了時まで12名、5年終了時まで24名の受講生を受け入れ、講義による基礎教育を実施する。

## (2) 戦略ソフトウェア創造実験ユニット

戦略ソフトウェア創造実験ユニットは、戦略ソフトウェア創造人材養成ユニットのなかで、具体的な戦略分野別の実験をコーディネートし、養成受講生を受け入れて戦略ソフトウェア創造実験を実施する。この目的を達成するため、(1)デペンダブル情報環境、(2)認識行動システム、(3)大域移動分散システムの3分野に関して各々1名の専任助教授と専任助手、すなわち3名の専任助教授と6名の専任助手を配し、非常にインテンシブな実験教育を実施する。

戦略ソフトウェア創造養成コースの受講者は、第一年次には共通講義・実験ユニットに属し、第二年次には戦略ソフトウェア創造実験ユニットに属する。

(1)デペンダブル情報環境分野では、デペンダブル情報システムソフトウェアが戦略ソフトウェア創造の対象である。具体的には、ソフトウェアにデペンダビリティを与えるため、システム安全性技術と、分散したオブジェクト技術を中心にして要素組み合わせに適したシステム構成技術を得ることと、低信頼性ソフトウェアを用いてデペンダブル情報システムを構築するためのソフトウェアを対象とする。

(2)認識行動システム分野では、メカとAIの間を充実させ、パターン情報処理(学習理論を含む)などを中心に据えて人間の認識・行動システムを理工学的・統合的に捉え、同時に、外面的な意味での人格や個性の実現、自動獲得、表出なども扱う。従来のハードウェアとしてのロボットと、ソフトウェアとしてのエージェントの概念を区別せず、実現形態によらない人格と個性を持つ複合体(すなわち究極的にはサイバー人間)の実現を目指す。

(3)大域移動分散システム分野では、新世代超高速インターネットおよびワイヤレスネットワークを介して情報と情報処理を個々の計算機システムから解放し、仮想化することにより、人間生活に密着した情報家電的環境から、非常に高い情報処理能力を持つ広がりを持った計算環境までを実現するとともに、個々の情報処理ハードウェアに囚われない永続性を持ち、信頼できる情報インフラストラクチャを与えるソフトウェアを対象とする。

戦略ソフトウェア創造実験ユニットでは、実験の実施に必要な基礎環境の整備を実施するとともに、3年目に、各分野4名、合計12名を受け入れ、5年目までに、各分野8名、合計24名の教育を実施する。

【人材養成ユニットの実施体制】

項 目	担当機関	担当者
1. 養成業務従事予定者の招聘	東京大学	田中英彦
2. 養成対象者の選考	東京大学 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学	平木 敬 武市正人 石川正俊 坂井修一 稲葉雅幸
3. 講義・研究開発		
(1) 戦略ソフトウェア創造共通講義ユニット		
講義・構成的ソフトウェア論(戦略ソフトウェア講究)	東京大学	武市正人
デペンダブル情報システム論(並列分散処理プログラミング)	東京大学 東京大学	坂井修一 田浦健次郎
大域移動分散システム(コンピュータ科学特論)	東京大学 東京大学	平木 敬 稲葉真理
認識機械(リアルタイムシステム)	東京大学	稲葉雅幸
キラーアプリケーションと戦略ソフトウェア論(戦略ソフトウェア特論)	東京大学	稲葉真理
コンピュータ科学夏期特別講義	東京大学	平木 敬
システム情報学特別講義	東京大学	鈴木隆文
ソフトウェア特論	東京大学	水内郁夫
	東京大学	岡田 慧
	東京大学	西脇光一
ソフトウェア開発実践セミナー	東京大学	金子 勇
	東京大学	土村 展之
ソフトウェア演習	東京大学	水内郁夫
	東京大学	岡田 慧
	東京大学	西脇光一
アプリケーションソフトウェアフォーラム	東京大学	鈴木隆文
	東京大学	関口大陸
ディペンダブルコンピューティングフォーラム	東京大学	田原鉄也
	東京大学	Sam Joseph
	東京大学	南 正輝
戦略ソフトウェア創造共通講義ユニット運営	東京大学	稲葉真理
	東京大学	亀澤寛之
(2) 戦略ソフトウェア創造実験ユニット		
デペンダブル情報環境分野の実験		
認識行動システム分野の実験	東京大学	Sam Joseph
	東京大学	南 正輝
	東京大学	鈴木隆文
	東京大学	関口大陸

大域移動分散システム分野の実験	東京大学 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学	田原鉄也 水内郁夫 岡田 慧 西脇光一 稲葉真理 亀澤寛之
-----------------	--	--

(注：全体計画の代表者には を付す)

【所要経費一覧（平成13年度、14年度は決算額、平成15年度は予算額を記入）】

平成13年度	平成14年度	平成15年度
101 百万円	114 百万円	126 百万円

【所要経費の内訳（平成13年度、14年度は決算額、15年度は予算額を記入）】

(単位：百万円)

	13年度	14年度	15年度
調整費充当計画			
1. 人件費 小計	13.0	63.3	78.0
(1)特任助教授・講師	0 (0名)	11.1 (2名)	33.7 (4名)
(2)特任助手・研究員	5.0 (8名)	51.5 (10名)	24.3 (4名)
(3)養成ユニット対象者	8.0 (22名)	0.7 (2名)	20.1 (6名)
2. 試験研究費 小計	86.9	50.6	47.5
(1)備品	27.8	5.2	6.5
(2)消耗品	20.7	3.7	0.3
(3)雑役務費	8.0	0.2	0
(4)電子計算機借料等	29.7	33.6	33.6
(5)非常勤職員社会保険料	0.6	5.7	7.0
(6)賃金	0	2.1	0
3. 旅費 小計	1.1	0.3	0.1
(1)試験研究旅費	0	0	0
(2)外来研究員等旅費	0.1	0.3	0.1
(3)外国旅費	0	0	0
(4)外国人招聘旅費・滞在費	1.0	0	0
計	101.0	114.2	125.6

## 成果の概要

### 【人材養成計画の進捗状況】

人材養成の実施計画は、戦略ソフトウェアに関する共通講義の実施（戦略ソフトウェア創造共通講義ユニット）、および 選抜した被養成者に対するインテンシブなソフトウェア実験教育の実施（戦略ソフトウェア創造実験ユニット）に分けて立案された。

- (1) 戦略ソフトウェア創造共通講義ユニットでは、計画書に記載された講義を開講することに加え、国内外の戦略ソフトウェア創造者による講義を実施した。平成15年度においては、特別講義として、米国 Microsoft 社による「ウィンドウズ・インターナル」講義において、Windows オペレーティングシステムの詳細な内部構造、開発思想に関する講義を実施し、また米国 SUN Microsystems 社による「Latest Topics in Java」講義においては、モバイル機器からハイエンド・コンピューティングまでを統一的に扱い得る Java 言語に関する講義を実施した。特別講義では、おのこの70名、34名の受講者を得た。講義の開講数、受講者数は、ともに当初の計画を大きく上回り、想定以上の成果を得た。また、当初の予定通り、海外からのソフトウェア開発者の招聘・講義の実施をおこなっている。

戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムの受講者選抜に関しては、平成14年度に4名、平成15年度では前半で4名を選択し、講義の受講および、実験を実施している。平成15年度後半で、更に4名の受講者を選抜する予定であることを考慮すると、当初の予定通りの人数の受講者に対する養成プログラム実施が達成されている。

- (2) 戦略ソフトウェア創造実験ユニットでは、選抜した受講者に対して、隔週に実施される全員の進捗状況プレゼンテーションを軸に、密な個別的ソフトウェア創造に対する指導を実施し、各実験項目における実験を実施した。受講者の分野別内訳は、(ア) 移動分散ソフトウェア実験：2名、(イ) 認識学習ソフトウェア実験：3名、(ウ) システムソフトウェア実験：3名の配属で行った。

更に、ソフトウェア創作課題の実施では、個々の受講生が複数の教官とディスカッションを高頻度で実施することにより、平成14年受講生に関しては、計画より早期に課題の設定が完了し、現在、創作課題の制作を行っている。

このように、戦略ソフトウェア創造共通講義ユニット、戦略ソフトウェア創造実験ユニットは、ともにプログラム発足時に立案した実施計画を超える実施状況であった。また、その実施過程の中間成果に対して、外部から高い評価を得た。具体的には、(1) 大域移動分散システム分野において、720台のノートPCを用いたグリッド計算による将棋プログラム実験を実施し、また、(2) 認識行動分野において、タブレットPCを用い、手書き認識・音声認識を活用した新しい概念のプレゼンテーションソフトウェアを開発し、マイクロソフト社によるソフトウェアコンテストに上位入賞した。これらは、受講生が開発した、戦略ソフトウェアのプロトタイプである。

【目標に対する達成度】

養成する人材のレベル	実績（目標）	15年度ユニット所属者数 （うち15年度終了見込み数）
・博士課程 ・ ・ ・	8人（12人）	8人（4人）

（実績は15年度までに当該課程を終了または終了見込みの者を記載）

戦略ソフトウェア創造人材養成に関して、計画では毎年5個の講義を開講し、戦略ソフトウェア創造に関する知識・考え方の普及を計画した。平成15年の実績では、前記5個の講義に加え、2個の国外企業講師による特別講義、戦略ソフトウェアセミナーなど様式1に記載した多数の講義・演習を実施した。

【養成された人材の概要】

現在養成中の戦略ソフトウェア創造人材養成プログラム受講者は8名である。受講者の分野および現在取り組んでいるソフトウェアは以下のとおりである。

- (1) 大域移動分散システム：空いているPCを用いるGrid計算システムと、将棋への応用。

これまで、Grid計算は、専用のシステム・ネットワークによる構成を用いるものか、またはSETI at Homeに代表される、空いているPCに独立したJOBを割り当てるクライアント・サーバ方式を用いていた。プログラム受講者が現在開発中のソフトウェアは、サーバなしで多くのネットワークで接続されているPCに、相互に依存している仕事をさせる点が従来方式から優れているもので、今後の遊休PCを用いたGridシステムの基礎となるものである。受講者(1)は、そのシステム上のアプリケーションとして将棋を実装し、最強の将棋ソフトウェアも同時に目指している。戦略ソフトウェア創造者としての将来性は、それを評価する客観的基準を与えることは困難であるが、分散コンピューティング分野の若手研究者・開発者として論文発表やシステムのデモンストレーションを通じて既に確立した評価を得ている。

今後は、Gridコンピューティングおよびクラスタコンピューティングの基盤ソフトウェア分野において活躍することが期待される。

- (2) 大域移動分散システム：超分散型ゲーム

受講者(2)は、プログラム理論に基づく分散システムが専攻分野であり、戦略ソフトウェア人材養成プログラムでは、基礎理論に基づいた超分散型ゲーム分野におけるソフトウェアを対象として活動している。本受講生は、平成15年から開始しているため、現在戦略ソフトウェア創造に関する基礎講義を受けるとともに、実験を行っている段階である。将来は、プログラム理論を実際のプログラミングと結びつける分野において創造的な仕事をすることが期待される。

- (3) ディペンダブル情報システム：P2Pファイル交換システムに対するアクセス管理機構



受講者（３）は、インターネット・バックボーンに関する分野で実践的な仕事を行ってきており、ルーティングの理論と運用などに深い経験を持っている。戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムでは、この経験を生かし、インターネットの新しい使い方を制御するための P2P ファイル交換システムを、秩序をもち様々な権利を生かして使うための基盤ソフトウェアを目標として活動している。本受講者は、今後インターネットの新しい使用形態を開拓する分野で活躍することが期待される。

（４）ディペンダブル情報システム：細粒度時間制約を満たす動的記憶管理方式

受講者（４）は、動的記憶管理の方法であるガーベジコレクションを専門分野とする学生である。戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムでは、動的記憶管理を必要とするソフトウェアのさまざまな場面を想定した、動的記憶管理方式の実現をテーマとして活動を行っている。特に、非常に厳しい時間的制約を満たすことを目的とした、スナップショット方式によるガーベジコレクションの実現と、Lisp, Java システムへの組み込みがショートレンジのソフトウェア創造の目標である。養成プログラム終了後は、記憶管理だけでなく、基盤ソフトウェアへの新しい基本ソフトウェア分野において活躍することが期待され、日本発のソフトウェア発信に貢献する資質を持っていると期待している。

（５）ディペンダブル情報システム：インターネットを用いた仮想知識システム

受講者（５）は、インターネットで接続された様々な形態の知識蓄積の手段を統合的に用いて問題を解決するシステムに興味を持ち、戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムにおいて基礎的なソフトウェア創造に関する方法論を学習している。人材養成プログラム終了後は、インターネット利用に関する基盤ソフトウェア分野において、新しい使い方を開拓するソフトウェア創造が期待される。

（６）認識行動システム：脱オブジェクト指向プレゼンテーションシステム「ことだま」

受講者（６）は、これまでのオブジェクト指向の考え方に基づくプレゼンテーションツール・作図システムの限界を打ち破ることを目的に、全体の関係に基づき動作し、手書き入力・音声入力を総合的に用いるプレゼンテーションツール・作図システムである「ことだま」をタブレット PC 上で考案・開発した。「ことだま」は、実際にプレゼンテーションを対話的に行う場で直接マテリアルが創造される特質をもち、今後の発展が期待される。なお、この成果はマイクロソフト社が主催するソフトウェア創造コンテストにおいて、金賞なしの銀賞を獲得している。

（７）認識行動システム：楽譜生成ソフトウェア

受講者（７）は、MIDI に代表される演奏情報から、テンポとリズムを理解し、楽譜を生成するソフトウェアを課題として取り組んでいる。本ソフトウェアを実用のレベルで完成させるためには、中心的なテンポ・リズムの解析ソフトウェアだけでなく、入力システム、楽譜生成システム、グラフィックス、ヒューマンインタフェースなど総合的なソフトウェアの創造力が求められる。本人材養成プログラムでは、専任の特任教官と密に結合して活動することにより、総合的ソフトウェアとして仕上げる能力の獲得を目標にしている。人材養成プログラム終了後は、我国における音楽情報処理システム分野において先導的立場で創造を行っていくものと期待している。

( 8 ) 認識行動システム：楽音解析ソフトウェア

受講者( 8 )は、複数の楽器が、複数の音を発している状況で、音を分離し、各々の楽器ごとに演奏記録を可能とするためのソフトウェアを創造することを目標として、活動を行っている。戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムでは、戦略ソフトウェアに関する専門性の高い教官群とともに開発を行うことにより、従来単旋律以外ではまったく不可能であった複数音の理解を可能とし、受講者( 7 )との協力によりまったく新しい、実用的な音楽情報ソフトウェアを作り上げることを目標としている。人材養成プログラム終了後は、我国における音楽情報処理システム分野において、先導的立場で創造を行っていくものと期待している。なお、受講者( 8 )は、これまでに開発したソフトウェアに関して、学会から賞を受賞している。

【想定外の成果、困難について】

国外の基盤ソフトウェア開発者による講義は、受講者などに大きな影響を与え、効果的であった。講義の開設自身は当初計画に含まれるものであるが、その大きな成果は人材養成プログラム専任教官による長期間の講義内容計画の調整の結果である。その効果の大きさは多くの受講生、特任教官の受賞にみられるように、学生の質の向上と特任教官の人材養成プログラムを介しての成果は、当初の想定を大きく超えるものであった。