

# 「人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御に関する統合研究」

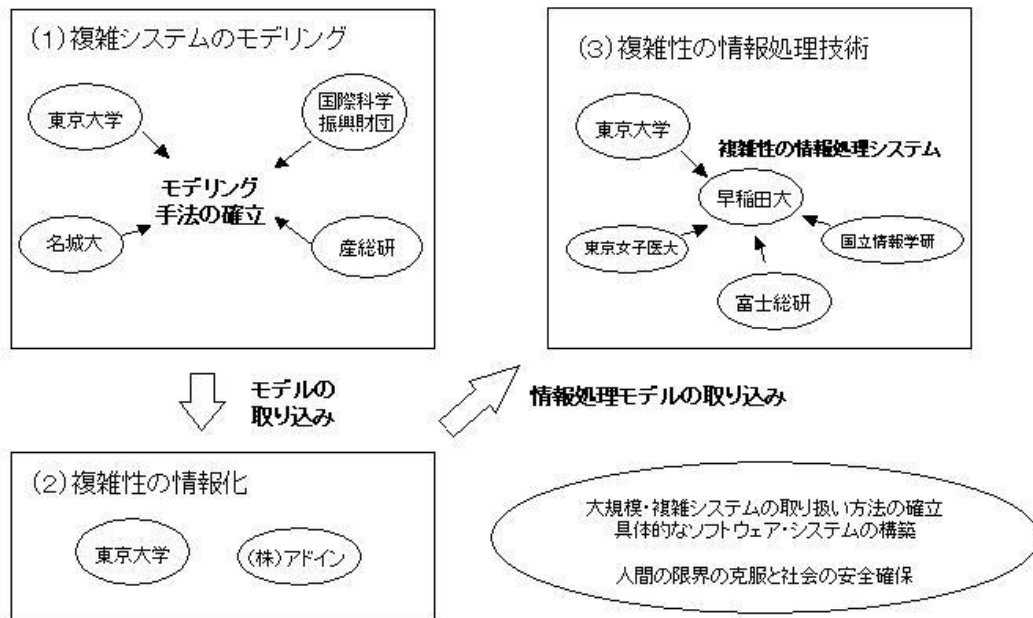
(H13年～H14年、第 期)

研究代表者：大須賀節雄（早稲田大学 教授）

研究体制：早稲田大学 他 8 機関

研究の概要・目標	諸外国の現状等	研究進展・成果がもたらす利点
<p>1. 何をを目指しているのか</p> <p>人間が直接関わる人工システムは近年急速に複雑さを増している。このような大規模・複雑システムを扱うには、従来の方法を一新する革新的手法、方法論を確立する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>5年目の目標</p> <p>第 期で確立した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御及び設計の方法論の統合と、それを実現するソフトウェア・システムの構築の方法論を確立</p> </div> <p>2. 何を研究しているのか</p> <p>大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御及び設計の方法論を確立するとともに、その方法論、概念、モデル等を統合化しソフトウェア・システムとして具体化する。</p> <p>3. 何が新しいのか</p> <p>大規模で複雑なシステムの統合的に扱った研究はこれまでに行われていない。</p>	<p>1. 現状</p> <p>1999年アメリカは、「将来の情報技術に関する大統領の諮問委員会（PITAC）報告」を受けて、2000年度よりNSFを中心として新情報技術開発のミレニアム計画が動き出した。この計画の方針は内容的に本研究計画と重なる部分が多い。</p> <p>2. 我が国の水準</p> <p>本研究のように人間が関わる大規模・複雑システムを一貫して取り扱うための方法論を確立し、それを実現する処理系、言語、ソフトウェアの具体化を目指す研究は世界的にも極めてユニークなものであると同時に必要度の高いものである。</p>	<p>1. 世界との水準の関係</p> <p>具体的な設計システムを目指した研究では世界に先駆けている。本研究計画以外にこの問題を明確に成文化し、研究計画としたのはアメリカであるが、具体的な成果の点では既に3年の研究実績を持つ本研究がその分だけ進んでいる。</p> <p>2. 波及効果</p> <p>研究の進展と方法論の確立により、大規模・複雑システムの品質、開発効率、信頼性などの飛躍的な向上が期待できる。適応可能な具体的なシステムとしては、大規模ソフトウェア、大規模プラント、ライフライン・システム、都市システムなどが挙げられる。</p>

「人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御、設計に関する統合研究」の研究体制



# 「人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御に関する統合研究」

総合研究 第Ⅱ期(平成13年度～14年度)

人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムの  
モデル化、解析、制御に関する統合研究



管理されたシステムでも  
人間の判断が、重大事故を  
引き起こすきっかけ



社会システムでは  
人間の介在が  
複雑化の要因



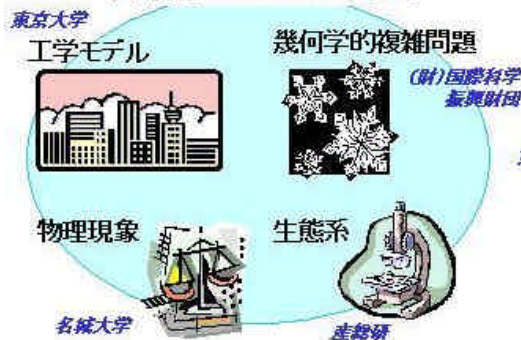
## 複雑システムの管理が急務

- 人の介在するあらゆるシステムが対象
- 人間の限界、認識、判断、誤りを予測
- 知識処理技術を利用して問題解決を自動化

人間の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化と解析、制御、設計に関する統合研究

【第Ⅱ期】

### (1) 複雑システムのモデリング



### (2) 複雑性の情報処理技術



### (3) 複雑性の情報化



人間の介在する複雑システムを対象に、主として人間の思考のモデル化の支援ツールを開発すると共に汎用的な記述手法を構築する。  
これに基づき、計算機上で人間の介在する複雑システムのシミュレーターの開発を進める。

## 所要経費（期）

（単位：千円）

研究項目	担当機関等	研究担当者	H10 年度	H11 年度	H12 年度	所要 経費
人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御、設計に関する統合研究			155,910	154,405	124,578	434,893
1．複雑システムのモデリングに関する研究			41,675	43,307	31,955	116,937
(1)人工物の設計、保全、進化の研究	東京大学 人工物工学研究センター	岩田 修一	11,757	12,065	8,708	32,530
(2)抽象設計概念の具体化(モデル化)の研究	東京大学 大学院工学系研究科	浅見 泰司	5,397	6,147	4,673	16,217
(3)自己組織化の理論的な扱いの確立	東京中央研究所 狛江研究所 原子力システム部	木下 幹康	3,530	3,291	2,501	9,322
(4)複雑性の観測と制御に関する研究	理化学研究所 生化学システム研究室	藤井 輝夫	5,588	5,442	4,179	15,209
(5)データを集約し法則を発見する機構としての逆問題の研究	名城大学理工学部	四方 義啓	7,167	9,073	6,566	22,806
(6)大規模ソフトウェアの設計、保全、進化の研究	航空宇宙技術研究所	小川 哲	3,472	2,277	1,601	7,350
(7)複雑システムの設計に関する研究	工業技術院 産業技術融合領域研究所	三宅 淳	4,764	5,012	3,727	13,503
2．複雑性の科学に関する研究			16,471	12,440	9,993	38,904
(1)複雑カオス系の基礎理論と工学応用に関する研究	東京大学大学院工学系研究科	合原 一幸	5,310	5,030	4,086	14,426
(2)複雑系の幾何学	筑波大学理工学部	小川 泰	7,168	3,487	2,451	13,106
(3)情報縮約した複雑システムの挙動の研究	東京農工大学工学部	高木 隆司	3,993	3,923	3,456	11,372
3．複雑性の情報処理技術の研究			80,945	80,578	69,839	231,362
(1)人間の意図の外在化の支援	東京大学 先端科学技術研究センター	堀 浩一	8,064	8,138	4,519	20,271
(2)分散情報資源の統合的活用	国立情報学研究所	高須 淳宏	5,312	5,548	4,325	15,185
(3)自律的問題解決方式の研究	東京大学 工学系研究科	中須賀 真一	6,252	5,025	4,175	15,452
(4)新知識処理言語および処理系	早稲田大学理工学研究科	大須賀 節雄	30,974	31,429	28,909	84,686
(5)知識の獲得	国立がんセンター研究所	山口 直人	5,394	2,651	3,501	11,546
(6)複雑な対象の構造分析とモデル化	(株)アドイン研究所	早川 光春	13,275	15,446	19,921	48,642
(7)タスク並列処理技術の研究	(株)富士総合研究所	加藤 昭史	11,674	12,341	11,115	35,130
4．複雑性の科学技術のためのソフトウェア・システムの研究開発			16,601	17,798	12,593	46,992
(1)「複雑性の科学技術」のためのソフトウェア・システムの研究開発	(株)富士総合研究所	小池 秀耀	16,601	17,798	12,593	46,992
5．研究推進			218	282	198	698
合計			155,910	154,405	124,578	434,893

## 所要経費（期）

（単位：千円）

研究項目	担当機関等	研究担当者	H13 年度	H14 年度	所要 経費
人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御、設計に関する統合研究			119,623	90,004	209,764
1．複雑システムのモデリングに関する研究			28,118	19,924	48,042
(1)工学モデルの組織化に関する研究	東京大学 人工物工学研究センター	岩田 修一	8,588	6,760	15,348
(2)総合的なモデル化の理論に関する研究	名城大学 理工学部	四方 義啓	6,834	4,206	11,040
(3)生命系モデルの組織化に関する研究	独立行政法人 産業技術総合研究所	三宅 淳	7,046	4,224	11,270
(4)複雑性の科学に関する研究	(財)国際科学振興財団	小川 泰	5,650	4,734	10,384
2．複雑性の情報化に関する研究			29,454	21,961	51,414
(1)複雑システムにおける意図の情報処理モデル	東京大学 先端科学技術研究センター	堀 浩一	10,555	10,158	20,713
(2)人工物における複雑性のモデル	東京大学 人工物工学研究センター	高橋 浩之	6,973	4,224	11,197
(3)人間系組織のモデル化と機能分析	(株)アドイン研究所	早川 光春	11,926	7,579	19,504
3．複雑性の情報処理技術の研究			61,853	47,921	109,822
(1)分散情報資源の統合的活用に関する研究	国立情報学研究所	高須 淳宏	6,820	5,071	11,891
(2)自律的問題解決方式の研究	東京大学大学院 工学系研究科	中須賀 真一	8,420	9,233	17,653
(3)新知識処理体系の研究	早稲田大学	大須賀節雄	18,841	17,257	36,098
(4)知識発見の研究	東京女子医科大学	山口 直人	4,829	4,232	9,061
(5)複雑性の科学技術のためのソフトウェア・システムの研究開発	(株)富士総合研究所	小池 秀耀	22,943	12,128	34,419
4．研究推進			198	198	396
合計			119,623	90,004	209,764

# 研究成果の概要

## ■ 総括

技術が進歩し、人間の活動範囲が拡大するのに伴って、科学技術諸分野の研究対象、環境、安全、金融、産業、流通、医療、企業経営など多くの分野での社会的システム、宇宙、エネルギー、交通、ソフトウェア開発などの技術的システム、など社会のあらゆる面で大規模化、複雑化が進行している。問題の複雑化は現代の最大の特徴であり、システムの開発・管理・運営など関与する人間の負担を増大し、予想していなかった障害をもたらしている。今日、原子力施設、航空管制、医療等で生じる事故が、原因が不明確のまま、現場に最も近い人間の不注意とされる場合が多いが、真の原因は能力限界を越えてまで人間の負担を増やさざるを得ないシステムの欠陥と考えられる例も少なくない。近い将来、この対策のための社会的負担が急増することも懸念される。本研究はこのような見通しに基づき、複雑な問題の本質と、その対策を見出すことを目的としたものである。

複雑な問題の現れ方は多くの場合人間が絡むため多様である。これ迄は個々の問題ごとに解決策を模索するほかなかったが、このままでは複雑性問題の増大に対応できなくなる。問題の本質を明らかにし、解決を図る普遍的な方法論が必要である。

多くの「複雑な問題」の解決が困難な真の理由は、処理量の増大よりも「問題を正しく把握できなくなる」、という問題解決上の質的な困難が発生するためである。本研究の方針は大規模・複雑化に伴う問題が生じるメカニズムを明らかにし、その解決の方法論を見出すこと、例えば人間を含む大規模システム（環境、安全、宇宙その他）の開発・管理手法を見出し、可能な範囲で実現の見通しを付けることである。このため事例研究を通じて、個別性を超えた普遍的方法論を確立し、情報技術によるその実現を図った。

本研究は第 1 期 3 年、第 2 期 2 年を通して、目的を概ね達することが出来た。第 1 期は複雑性を理解すること、それに対してどのようなアプローチをするかを探るといった試行錯誤の色彩が強く、それをしながら、必要と考えられる対応策を準備する過程であった。第 1 期を終了し、第 2 期に入る時点で本研究全体としての最終目標を設定し、組織を再編成した。同時にこれまで個別に研究を行ってきた各研究班、特に新しい組織の第 2、第 3 のグループが共同して、それまでに得た個別の研究成果を統合する活動に入った。これは非常に良い成果を納め、研究計画が正当であったことを立証することが出来た。この意味で本研究はクリアすべき初期の目的をほぼ 100% 達成したと考えている。

## ■ サブテーマ毎、個別課題毎の概要

この目的を達成するために、研究組織を3グループ(分科会)で構成した。

第 1 のグループは現実の複雑性問題をモデル化する研究グループである。複雑性問題を解決する普遍的方法論を確立するには、まず問題を形式化して表現すること、すなわちモデル化が重要である。一般にはモデル表現は問題ごとに異なる。これを普遍化することによって異なる問題の共通な取り扱いが可能になる。第 1 のグループでは未知問題のモデル研究を行った。

第 2 のグループはこの現実の問題を、第 3 のグループが研究する情報システムに乗せるための情報化に関する研究を行った。情報化には、人間の理解した対象を定型化し、情報システムで処理可能な形式に表現することが必要である。これは単に対象の形式的変換ではなく、様々な方法で問題解決に

関わる人間の行為をも含む形式として表現する。情報化は人間と情報システム間の仲立ちであり、人間の観察や発想を情報技術に結び付ける高度のソフトウェアを必要とする。これは広義のヒューマン・インターフェースであるが、従来の情報技術ではきわめて限定されていた人間-コンピュータ関係を大幅に拡大し、人間側の行為と情報システム内の動作が一体となって問題解決を行うような、より緊密に関連し合う関係を実現するものである。これに応じて情報技術の役割が飛躍的に増大し、新しい多くの技術が開発された。

第3のグループでは多様な複雑問題に対応できる普遍的な問題解決方法論を情報技術によって実現した。これは多くの問題表現に共通の普遍的な中間形式を見出し、それに対する問題解決方式を確立することによって達成された。今日、問題のモデルは人間が作るが、その正しさを検証する手段がない。このため、作られたものは正しいと信じる外ない。人間は解を見通して問題を作るが、複雑な問題ではこの見通しが困難なため、表現された問題の解が真に目標を達成することの出来る正しいものである保証はない。その為に結果に誤りが生じる。これは既にソフトウェア開発において多くの事例が示している。ソフトウェア以外では個人的なミスに転嫁されてしまう場合が多いが、潜在的には既に多く発生していると考えられる。本研究の特徴は、人間が、モデルとして表現した問題の内容の正しさを確認しながらそれを処理する方式によって、複雑問題を解決することにある。これは仮に表現された問題を直ちに評価して人間の見通しを助けるものであるが、評価は問題解決そのものを含むため、これは問題解決を行うための情報システムを問題に応じて短時間に生成することを意味する。この目的を達成することが第3グループの中心課題であり、従来と全く異なるアプローチの下で多くの課題がリストアップされ、これらを解決する課程で多くの新情報技術が開発された。

#### ■ 波及効果、発展方向、改善点等

複雑な問題解決が難しい最大の理由は、問題の解への見通しを立てることが難しく、従って問題を正しく表現すること自体が難しいからである。これまで優れた少数の人のみが、感性と経験から比較的正確に見通しを付け、大規模システム開発の計画を作ることが出来た。今日、大規模システムへの社会的需要が急増しているため、能力が十分ではない人による問題解決が行われ、その結果として生じるトラブルが増えることが予想される。これを避けるには複雑性問題の解決を支援するための優れた手段が必要であるが、これまでは複雑性問題の支援システムという発想はなかった。それは、特定の複雑問題ですら困難な大規模・複雑問題の問題解決を普遍化するという更に困難な問題を解決せねばならなかったからである。本研究はこれに成功した。この期待される成果は、(1)複雑問題解決を容易にし、必ずしも非常に優れた人でなくても問題を正しく処理することを可能性にしたことによって、複雑性に起因する社会的問題を減少すること、(2)従来とは異なる、知的な情報システムの開発によって情報技術の新しい局面を切り拓くことにある。この波及効果は、第1は今後の問題解決方式に社会的な変化をもたらすこと、第2は情報技術の新しい発展を可能にすることである。残された課題はこの技術を早急に実用化することより、より使い易いものにしてゆくことである。

# 研究成果公表等の状況

## (1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	第 期 48 件 第 期 6 件	第 期 42 件 第 期 6 件	第 期 88 件 第 期 20 件	第 期 178 件 第 期 32 件
国際	第 期 54 件 第 期 26 件	第 期 16 件 第 期 1 件	第 期 78 件 第 期 28 件	第 期 148 件 第 期 55 件
合計	第 期 102 件 第 期 32 件	第 期 58 件 第 期 7 件	第 期 166 件 第 期 48 件	第 期 326 件 第 期 87 件

## (2) 特許等出願件数

第 期 0 件 (うち国内 0 件、国外 0 件)

第 期 5 件 (うち国内 4 件、国外 1 件)

合計 5 件 (うち国内 4 件、国外 1 件)

## (3) 受賞等

第 期 2 件

1. 岩田修一 科学技術情報振興賞 「データフーウェイ (分散型材料データベース) の構築」平成 10 年度 (10 月)
2. 岩田修一 日本金属学会論文賞工業材料部門 : 定査トンネルスペクトルスコープによる Mn-Zn フェライト焼結体の粒界高抵抗領域の研究」平成 12 年度 (10 月)

第 期 1 件 (うち国内 1 件、国外 0 件)

1. 三宅 淳 国際水素エネルギー学会 Akira Mitsui 賞 (バイオ部門賞) 2002 年 6 月

## (4) 主な原著論文による発表の内訳

\* 発表者氏名 ; 発表題目 ; 文献名, 巻(号), 頁, (掲載年) の順

国内誌 (国内英文誌を含む)

- (1) N.Zhong, J.Z. Dong, and S.Ohsuga; GDT - RS 機能学習システムによる共通データからの知識発見, J.of Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 15, No. 5, (2000)

国外誌

- (1) S. Ohsuga ;Toward Truly Intelligent Information Systems - From Expert Systems To Automatic Programming, Knowledge Based Systems, Vol. 10, 1998
- (2) S. Ohsuga ;Integration of Different Information Processing Methods, Deep Fusion of Computational and Symbolic Processing, (eds. F.Furuhashi, S. Tano, H.A. Jacobsen), Springer, 2000
- (3) S. Ohsuga ;How Can AI System Deal With Large and Complex Problems, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence (IJPRAI), Vol.15, No.3 2001
- (4) Yoshikiyo Kato, Takahiro Shirakawa, Kohei Taketa and Koichi Hori, An Approach to Discovering Risks in Development Process of Large and Complex Systems, New Generation Computing, 21(2):161-174, Ohmsha, 2003.

- (5) H. Takahashi, L. Zhang, T. Kurahashi, M. Nakazawa, M. Misawa, "Digital signal processing based on a new waveform clustering method for CdTe detectors "; Nucl. Instr. And Meth. In Physics Research A, A458, No. 1-2 (2001) 375-381.
- (6) Tomonari Masada, Atsuhiko Takasu, Jun Adachi: "Decomposing the Web Graph into Parameterized Connected Components", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E87-D, No.2, 2004
- (7) Ying Chen, Shuichi Iwata, Yasunori Kaneta and Pierre Villars: Discovery Regularities by Materials Databases, J. of Jpn.Soc. of Information and Knowledge, Vol.13(2003)3-11.
- (8) Shuichi Iwata: Databases and Design Discovering New Ideas in Old Facts, H.Bestougeff et al.(eds.), Heterogeneous Information Exchange and Organizational Hubs, Kluwer(2002) pp.223-240.

6) 主要雑誌への研究成果発表

Journal	Impact Factor	サブテーマ1	サブテーマ2	サブテーマ3	合計
Japanese Journal of Applied Physics	1.25	0	1	0	1
IEEE Trans. on Nucl. Sci.	0.77	0	1	0	1
Nucl. Instr. and Meth. A	1.03	0	1	0	1
Surface Science in press		1	0	0	1
Environmental Toxicology and Pharmacology		1	0	0	1
Journal of Biosensors and Bioelectronics		1	0	0	1
Analytica Chimica Acta		1	0	0	1
Chem Phys		1	0	0	1
Chemical Pharmaceutical Bulletin		1	0	0	1
Journal Chromtography		1	0	0	1
Anal. Biochemistry		1	0	0	1
Photochem PhotoBio		1	0	0	1
Springer		0	0	1	1
Symmetry and Science		0	0	1	1
Acta Cryst		0	0	1	1
IECE Transaction on Information and Systems		0	0	1	1
Knowledge Based Systems		0	0	1	1
International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence	0.298	0	0	1	1
New Generation Computing	0.433	0	0	1	1
Engineering Application of Artificial Intelligence		1	0	0	1
IEICE Transactions on Information and Systems		0	0	1	1