

システム技術開発調査研究

16 - R - 19

21世紀における社会システム推進のための
課題と施策に関する調査研究

報 告 書

- 要 旨 -

平成17年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 株式会社ドゥリサーチ研究所



この事業は競輪の補助金を受けて実施したものです。

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人 機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとに、機械システムの開発等に関する補助事業、新機械システム普及促進補助事業等を実施しております。

特に、システム開発に関する事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 放送大学 副学長 中島尚正 氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究事業を民間の調査機関等の協力を得て実施しております。

この「21世紀における社会システム推進のための課題と施策に関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が株式会社ドゥリサーチ研究所に委託して実施した調査研究の成果であります。

今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成17年3月

財団法人機械システム振興協会

はじめに

本報告書は、財団法人機械システム振興協会より、株式会社ドゥリサーチ研究所が平成16年度事業として受託した「21世紀における社会システム推進のための課題と施策に関する調査研究」の成果をまとめたものである。

21世紀に入り、我々を取り巻く社会環境は大きな変化を遂げつつあり、世界的な規模で進む環境問題を始めとして、少子高齢化が進むことによる人口減少社会の進展やそれに伴う社会構造の変化は、社会的ニーズに適應する機械システムに対しても大きな影響を与えている。

このような機械システムを巡る環境変化の中で、本調査研究では、未来社会に役立つ機械システムとは何かを検討することを目的として実施してきた。特に大きな社会構造の変化に伴うパラダイムシフトへの対応として、社会に貢献する機械システムの提示するため、

- ・ 社会資本ストック活用のための機械システム
- ・ 高齢者の生産者化を支援する機械システム
- ・ 国民に対して安全・安心な環境をつくる機械システム

の3分野について、また産業競争力という観点から、現在、総合科学技術会議を中心として進められている重点四分野から生み出される多種多様な技術シーズを日本の特性・感性を生かして統合化する機械システムを提示するために、

- ・ 日本独自の資質・特性を生かした統合型機械システム

に関するワーキンググループ、計4つのワーキンググループを設置し、有識者による議論検討を行った。

議論を通じて明らかになったこととしては、大きな構造変化の中で、機械システムは規制や制度、社会との連携といった俯瞰的な視野から、社会システムとしての機械システムというものを考えていく必要があるということである。

この調査研究が、機械システムの新しい方向性を示し、21世紀の国民生活に資する機械システムの技術開発を行う際の一助となれば幸いである。

平成17年3月

株式会社ドゥリサーチ研究所
調査研究担当一同

21世紀における社会システム推進のための課題と施策に関する

調査研究報告書

- 要旨 -

目次

序

はじめに

1 . 調査研究の目的.....	1
2 . 調査研究の実施体制.....	2
3 . 調査研究成果の要約.....	9
3 - 1 背景.....	9
3 - 2 統合型機械システムのふたつの側面.....	10
3 - 3 前提としての未来社会のシナリオ.....	19
3 - 4 利用システムとしての統合型機械システム.....	26
3 - 5 生産システムとしての統合型機械システム.....	50
4 . 調査研究の今後の課題と展開.....	56

1. 調査研究の目的

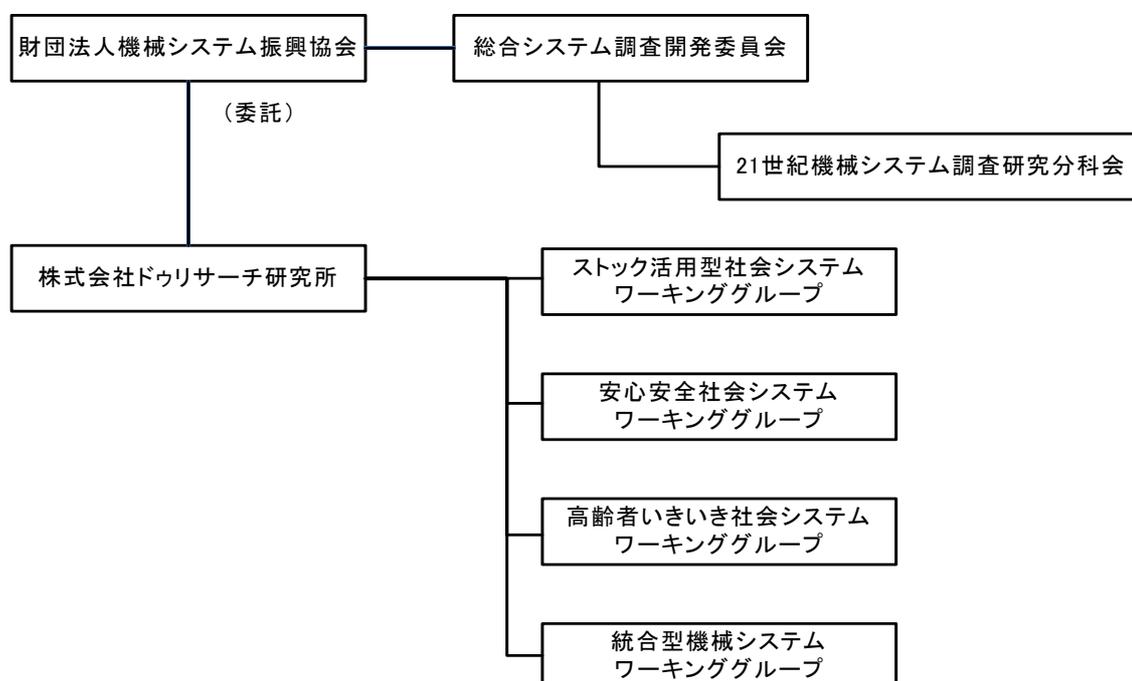
少子高齢化や地球規模の環境問題など、21世紀のわが国を巡る環境は大きな変化を遂げている。また経済的にも長期に亘る不況、デフレ、そして中国をはじめとするアジア諸国の産業発展もあり、わが国の産業構造も大きな転換を迫られている。

本調査研究は、このような社会経済情勢下において、今後のわが国における機械システム技術開発の方向を探るとともに、21世紀機械システムとして重点的に取り組むべき分野について調査検討を行うものである。

平成15年度の調査研究においては、このような認識に基づき、21世紀における新しい機械システムそのものの定義を検討し、種々の分野における課題と社会システムとの関連について調査・検討を行った。本年度は、機械システムを単なる機械の集合体としてではなく、マネジメントや制度等のソフトとハードが一体化した機械システムという観点からこうした課題抽出をベースに、大きく変化する社会ニーズに対応すべく優先される分野・領域別に具体的な開発課題および施策について調査・検討を行う。

2. 調査研究の実施体制

本調査研究は、財団法人機械システム振興協会の委託を受けて、株式会社ドゥリサーチ研究所が、所内に学識経験者および専門家で構成される4つのワーキンググループ（ストック活用型社会システム、安心安全社会システム、高齢者いきいき社会システム、統合型社会システム）を設置し、以下の体制で実施したものである。



総合システム調査開発委員会

委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 副学長	中 島 尚 正
委 員	政策研究大学院大学 政策研究科 教授	藤 正 巖
委 員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学 大学院工学系研究科 助教授	藤 岡 健 彦
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 コーディネータ	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 シニアリサーチャ	志 村 洋 文

2 1 世紀機械システム調査研究分科会

委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 副学長	中 島 尚 正
委 員	株式会社 東芝 執行役常務	有 信 睦 弘
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 コーディネータ	太 田 公 廣
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 教授	大 場 善次郎
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 シニアリサーチャ	志 村 洋 文
委 員	内閣府 総合科学技術会議 議員	柘 植 綾 夫
委 員	東北大学大学院 工学研究科工学部 教授	中 島 一 郎
委 員	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授	大 和 裕 幸

ストック活用型社会システムワーキンググループ

委員名簿

(敬称略・五十音順)

氏名	所属	役職
(主査)		
大場 善次郎	東京大学大学院 工学系研究科 教育プロジェクト室担当	教授
(メンバー)		
青木 茂	株式会社青木茂建築工房	所長
朝倉 紘治	財団法人エンジニアリング振興協会	研究理事
五十嵐 泰夫	東京大学大学院 農学生命科学研究科 応用生命工学専攻	専攻長 / 教授
薄井 充裕	日本政策投資銀行 総合企画部	部長
永壽 伴章	独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門	研究副部門長
坂口 光一	九州大学 ユーザーサイエンス機構	助教授
田辺 孝二	島根県民ファンド投資事業組合 東京工業大学社会理工学研究科	運営責任者 特任教授
野口 恒久	清水建設株式会社 土木事業本部技術第一部 リニューアルグループ	担当部長
村上 達彦	東京電力株式会社 企画部	企画G課長

高齢者いきいき社会システムワーキンググループ

委員名簿

(敬称略・五十音順)

氏名	所属	役職
(主査)		
大和 裕幸	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	教授
(主査代理)		
太田 公廣	独立行政法人産業技術総合研究所	産学官連携コーディネータ (情報通信分野担当)
(メンバー)		
跡見 順子	東京大学大学院 総合文化研究科生命環境科学系	教授
見持 圭一	三菱重工業株式会社 先進技術研究センター (兼)本社 技術企画部	先進情報・電子グループ長 主席部員
新野 秀憲	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 メカノマイクロ工学専攻	専攻長 / 教授
西田 泰	警察庁科学警察研究所 交通部 交通安全研究室	室長
橋本 久義	政策研究大学院大学	教授
星川 安之	財団法人共用品推進機構	専務理事兼事務局長

安心・安全社会システムワーキンググループ

メンバーリスト

(敬称略・五十音順)

氏名	所属	役職
(主査)		
中島 一郎	東北大学大学院 工学研究科 技術社会システム専攻	教授
(メンバー)		
安藤 恵一	セコム株式会社 SI営業部プロジェクト開発室	室長
犬塚 博誠	三菱重工業株式会社 技術本部 技術企画部	主席部員
太田 大州	富士通株式会社 パブリックセキュリティソリューション本部 ソリューション統括部	統括部長代理
河野 浩一	東日本旅客鉄道株式会社 J R東日本研究開発センター 安全研究所	所長
清永 賢二	日本女子大学 人間社会学部	教授
小鍛治 繁	独立行政法人産業技術総合研究所 知能システム研究部門	副部門長
定行 恭宏	株式会社損害保険ジャパン リスク管理部	部長
別府 信宏	川崎重工業株式会社	顧問

統合型機械システムワーキンググループ

委員名簿

(敬称略・五十音順)

氏名	所属	役職
(主査)		
浦 環	東京大学 生産技術研究所	教授
(メンバー)		
有信 陸弘	株式会社東芝	執行役常務 / 研究開発センター長
石出 孝	三菱重工業株式会社 技術本部 高砂研究所 (兼)本社 技術企画部	製造技術開発センター長 主席部員
伊東 乾	東京大学大学院 情報学環・学際情報学府	助教授
梅田 靖	大阪大学大学院 機械工学専攻	教授
木戸出 正繼	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科	教授
佐久間 一郎	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	教授
白井 泰雪	東北大学 未来科学技術共同研究センター 未来情報産業創製研究部門	助教授
永岡 文庸	株式会社日本経済新聞社	論説委員
松木 則夫	独立行政法人産業技術総合研究所 ものづくり先端技術研究センター	副センター長
元橋 一之	東京大学大学院 工学系研究科	助教授

(オブザーバー)

柘植 綾夫	内閣府 総合科学技術会議	議員
-------	--------------	----

第2回ワーキングまでは主査として参加、第3回以降、現職就任に伴い、オブザーバーとして参加。

3 . 調査研究成果の要約

3 - 1 背景

平成16年度『21世紀における社会システム推進のための課題と施策に関する調査研究』（以下前年度調査報告）では21世紀の機械システムのあるべき姿としての「統合型機械システム」を提示した。本調査研究は、これに関する議論をさらに進め、21世紀社会のシナリオを描くことを通じ、未来社会の経済社会活動に必要な「統合型機械システム」をより具体的な形で提示することにある。そのためには、「統合型機械システム」を大きく、つくる側で求められる「統合型機械システム」と使う側で求められる「統合型機械システム」に分けて検討することが必要である。前者においては、国際競争力という観点から目指すべき統合型機械システムが保有すべき要素を検討し、後者においては、前年度調査で明らかになった課題分野として「ストック活用」「高齢者の活性化」「安心・安全の確保」を取り上げ、21世紀のシナリオから派生する諸課題を抽出するとともに対処方向を明示し、「総合型機械システム」の果たす役割や具体的イメージを明確にした。

3 - 2 統合型機械システムのふたつの側面

前年度調査報告で着目したのは、ダイナミックに変貌するパラダイムシフトの実相であった。20世紀型の古い枠組みが崩れ、それに代わる新しい枠組みが現出する事態を「パラダイムシフト」と捉え、そのパラダイムシフトを促す要因として、人々の価値観の多様化、情報・知識の爆発的増大、経済のグローバル化、ユビキタス社会の実現等による影響範囲の拡大とその速度の高速化、人工構造物の人々の生活や環境に対する影響、フローからストック社会への転換などがとりあげられた。こうした新しい枠組みへの転換によって生じる新たな社会的ニーズを満足させるには機械システム概念を「21世紀型機械システム」、すなわち「統合型機械システム」として捉え直す必要がでてきた。

「統合型機械システム」は従来の機械システムが包含する範囲を超え、社会システムと呼ぶにふさわしい範囲にまで拡大、再定義することが必要である。こうした範囲の拡大は、利用する側での構成要素の拡大という側面と作る側での製作プロセスにおいて考慮すべき範囲の拡大という側面において生じる。ここでは、前年度の成果も含めて、統合型機械システムの考え方を整理する。

3 - 2 - 1 拡大する機械システム概念

(1) 機械システムの再定義の必要性

1) 再定義が必要な背景

今回の調査研究において機械システムの再定義の必要性が出てきた背景として以下の4点があげられる。

- ・ 従来の機械要素だけをくみ上げた機械システムでは、本来の目的とする社会的ニーズを実現できないこと
- ・ 機械を利用する人の意識や枠組みとしての組織、制度の有り様が機械システムの有効性に大きな影響を与えること
- ・ 情報化社会やユビキタス社会の登場が従来の機械と人間との関係を大きく変えること
- ・ 「インターフェース」という考えは、情報で置き換えられない物理的システムや人間、ネットワーク情報空間を独立なものとしてとらえ、それらの接点を受け身的にどうするかというものであるが、科学技術の進歩によってこれらが、相互干渉しお互いの行動基準あるいは意識を変えることができる可能性がでてきたこと

2) 機械システムの認識論

情報通信技術やバイオ技術等の科学技術の進歩によって、社会が従来に見られなかった知識の広がりや深さを持ちはじめている。また、こうした知識によって人類が作り出した

人工物は地域や社会、地球全体に大きな影響を与え、従来は認識されなかった問題が問題としてクローズアップされるようになってきている¹。こうした中で、従来のアプローチである精神と身体を分離して考える二元論の哲学体系によるデカルト的方法論の限界に突き当たっているのではないのか、また、学術分野で一般的に使用されている演繹、帰納的推論の方法では扱えない複雑な関係をもった課題が生まれてきているのではないか²、という根本的な問いが発せられつつあり、人間と機械システムに対する認識論の議論が必要となっている。

二元論的方法論で突き進んできた科学技術研究者は細分化された研究分野に閉じこもり、創造した知識が社会の福祉や生活の向上に役立つという本来の目的を果たすことができなくなっているという批判や反省がでてきている。すでに量子の世界に深く立ち入り始めた物理学者たちが直面した問題が「精神」の問題で、二律背反として、物質と精神が存在するのではなく、お互いが相通ずる回路が存在することであった。こうした指摘は情報科学や医学の分野にも現れている。

こうした観点から、機械システムの進化は人間の意識の変化をもたらし、逆に人間の意識の変化は、機械システムに新しい期待を寄せるようになり、それが相互に影響しながら新しいパラダイムを作り上げていくという命題が生まれる。機械システムと人を対立概念でとらえるのではなく、融合一体化する方向に向かうという認識である。

また、企業の中にある暗黙知や組織知といった目に見えない資産に対する理解が軽視され、全体を俯瞰するという態度を弱めてきたのは、複雑な経営の問題を単線的な論理（帰納法、演繹法）でしか説明できなかったことにもよる³。

人工物による環境破壊や医師たちがデータから患者を診るだけで人間としての患者を診ないという批判、さらには近年の日本におけるリストラによる中高齢者の首切りによる熟練スキルの低下、人件費カットのための自動化技術の導入への疑問など、科学技術の進歩が果たして、人間の幸福に貢献してきたのかという疑問に答えていかなければならないが、上記の機械システムの概念の再定義はきわめて有用であると考えられる。

3) 機械システムの技術開発に求められるもの

¹ 従来の観測技術では問題だとして認識されていなかったものがコピキタスな情報化の進展とともにそのリスクを知るようになってきている。こうした新たな問題が爆発的に増えてきている（プロブレム・インフレーション）。一番分かりやすいのが、地球環境で、温暖化やオゾンホールで、今まで全く認識されていなかったものである。

² 伊東乾：リストラからテクトラへ（第四回統合型機械システムWG資料）（ヒトゲノム解析では）一人の人間の頭脳では理解不可能であるので、その全体を俯瞰し、必要に応じて構造を生成し、必要のないもの、わからないものは捨象する。そして新しい知見が出てきたらそれを付加していく。それは、Deduction や Induction やどちらでもないようなもの、すなわち Abduction を用いた「良い加減な論理」で、「コンピュータ・エイデッド・アブダクション」に到達する。

³ 経営が一般論で語られる中で、定量的な指標だけでなく、現場を自分の目で見歩く経営者はこうした暗黙知や組織知の重要性を肌感覚で理解している。

機械システムは人類が科学技術の恩恵を具体的な形として直接、間接的に提示する役割を担っている。世界第二位の経済規模を誇る日本は、国際環境に対応したフロントランナーとしての日本の役割を果たすためにも、機械システムの技術開発を進めていく必要がある。中でも機械システムを構成する技術要素の研究開発は機械システムそのものの核となるものであるため、きわめて重要で、フロンティアとなる技術開発への公的支援は国家戦略上、国際競争力強化の観点から不可欠である。

一方、機械システムが巨大化、高度化していく中で、個別の民間企業では対応できないケースも多くなると考えられ、産官学等、異分野の複数の組織体が連携し、うまい役割分担と効率的、効果的なマネジメントが行われるか否かが問われることになる。すなわち、複雑、高度なニーズに対応するような 21 世紀機械システムの技術開発にあたっては、異分野の技術や人間、組織をマネジメントする技術および仕組みの重要性が高まる。

(2) 広がる機械システムの範囲

1) 機械システムにおける関連性の広がり

機械システムの広がりには、機械そのものが関係する相手によって大きく 3 段階に分けられる関連性の広がりがあると考えられる。

機械や要素技術の組み合わせで構成される機械システム

CAD/CAM 装置や数値制御装置、生産ロボットなど、制御機能を用いた機械中心の機械システムで狭義の機械システムである。一般的には機械系の専門家はこのカテゴリを機械システムと呼ぶ。

情報システムを介して機械と人とが接点をもつ機械システム

ユビキタスネットワーク、エネルギーシステム、ネットワークロボット、マンマシンインターフェースなど、情報通信システムを介して機械と人間が接点をもつ機械システムである。ここでは機械は情報通信システムでネットワーク化され、人はそれを用いるという関係である（機械と人は対立概念）。機械のネットワークと人間のネットワークとは別の世界にあり入出力端末を窓口にして情報交換する。

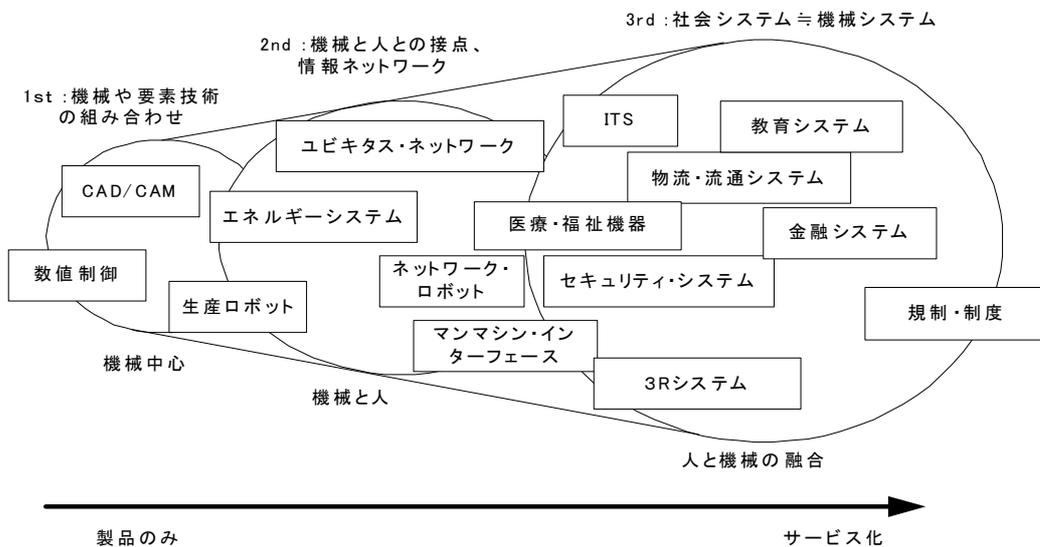
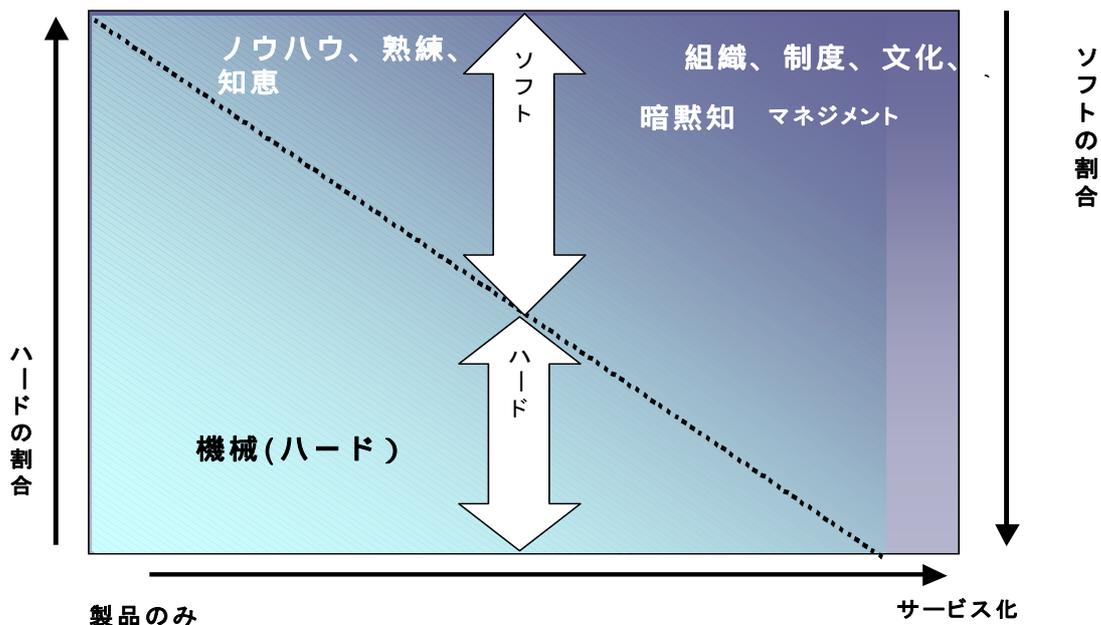
社会システムと融合する機械システム

セキュリティシステム、教育システム、金融システム、3R システム⁴、規制や制度など、社会システムそのものとしての機械システムであり、システムの中に人が包含される。すなわち、人の行動や学習行為がシステムの中に組み込まれ設計されるため、人と機械が融合するイメージになる。また、当然であるが、人の行動を律するための制度や組織などのあり様にも大きくかかわらざるを得ないため、既存の制度や組織との間で摩

⁴ Reduce、Reuse、Recycle のことで、循環型社会構築のための重要な手段となっている。

擦が生じたりすることがでくる。ここではこうした機械システムを広義の機械システムと呼ぶ。

図表1 機械システムの幅の広がり



第一段階から第三段階に至るまでの特徴としては、ソフトの果たす役割の大きさであり、サービスの割合の高さである。第一段階の機械システムでは、機械のハード部分が大半を占め、製品の中にノウハウや知恵が組み込まれる⁵。第二段階の機械システムは、機械間のネットワーク化が進んだ段階である。情報ネットワークによって既存の組織の壁を突き破ることになるため、規制、利用者間での慣習や文化の違い、情報の取り扱いや情報セキュリティ、さらには情報にからむ利権やパワーバランスなどが大きな問題となってくる。第三段階の機械システムでは、人を内包したシステムであるので、人が機械とのやり取りの中で変容していくことになる。安全システムにおいて、一定の条件のときに警報が鳴ることになっていても、慣れによって人間が無視してしまうことが生じる。普段からの訓練や教育などもシステムの一環として含めなければ、効果的なものにはならない。また、人がグループで適切に監視していることで、機械との相乗効果をあげることもできる。

2) インテグレーションにおけるマネジメント技術の重要性

前年度調査報告では、パラダイムシフトによって引き起こされるメガトレンドの方向を踏まえて、以下のような21世紀に求められる機械システムの特性を提示した。

技術シーズを社会ニーズに合わせ、人々が「幸せを感じ」「使って賢くなる」ようにするために不可欠なシステム技術をコアとして保持すること。

製品を作ることだけでなく、それらが循環し廃棄されるまでの過程を制御できるような「製品リサイクル」の循環構造を、設計段階から付与すること。

社会ニーズに合わせるためには、単に製品を生産するだけではなく、価値を創造するためのサービスも含まれること。ここで重要になるのが、インテグレーションをコアとするビジネスモデルの構築である。それは同時に我が国の国際競争力を確保する上からも重要な戦略である。

機械システムには人を内包した、あるいは「人間が関与できる要素」を組み入れることが重要であること。それは「機械と人間の対話」を通じ、機械システムが日々と更新され、人間の期待に応えていくことを意味する。

人間と機械との齟齬を回避するため、その関係において、コンフリクトミニマムを実現し、使って「幸せになる」ことを、実感できる機械システムであること。

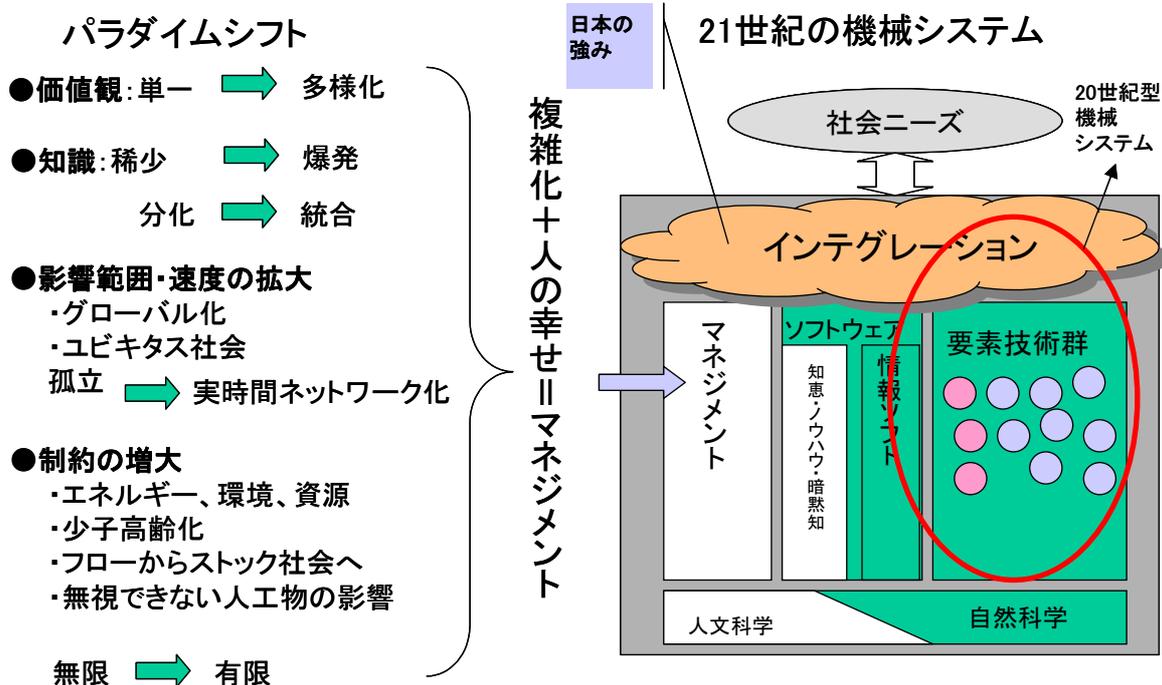
すなわち、21世紀の機械システムは、マーケティングの手法であるニーズのセグメンテーションにもとづき設計思想を明確にし、それぞれの購買者あるいは利用者が「使って幸せになる」「使ってより賢くなる」ように価値を設計するものとする。機械システムが

⁵ 従来はメカニズムの中に組み込まれていたが、情報処理技術の発展で容易にソフトウェアのプログラムやデータとして体化させることができるようになってきている。そのために、容易に長年蓄積してきたノウハウや知恵が流出することになった。

こうした考え方や条件を満たすためには「インテグレーション」という概念がコア技術としてとりあげられなければならない。

機械システムに直接関与する関係者はもとより、利用者あるいは周辺の人びとを含めた関係者間のコミュニケーションや「すり合わせ」が重要となる。

図表2 21世紀型機械システムに求められる特性



21世紀型機械システムに寄せられる負荷は、要素技術で個別課題に対応するだけでは不十分であり、技術シーズを社会的ニーズに対応させ、インテグレートする新たな技術開発が必要となる。

インテグレーションは日本の得意とする分野でもあったが、新たなインテグレーションを実現するにはマネジメント要素が重要になるものと考えられる。ここでいうマネジメントとは、組織や制度を含めたもので、全体を俯瞰し、上手に処理する能力のことを指し、20世紀型から21世紀型の機械システムへと進化するには、このようなマネジメント能力は不可欠であり、その人材の養成を含め喫緊の課題となっている。

3 - 2 - 2 統合型機械システムのふたつの拡大方向：使用する側と作る側

(1) 統合のもつ意味

そもそも「統合」とは何かを統合技術において比較的整理されているソフトウェアとの対比で考え、その定義を試みる。

1) 機械システムとソフトウェアのアプリケーションとの対応関係

20世紀型のひとつの機械システムはひとつのソフトウェアアプリケーションに対応し、機械を構成するモジュールはソフトウェアのコンポーネントに対応していると考えられる。モジュールやコンポーネントにはインターフェースが定められている。従って、ある機械システムがモジュールの組み合わせで出来ているということは、あるアプリケーションがコンポーネントの組み合わせで出来ているという対応が成り立つと仮定する。こうした前提を基に「統合型機械システム」の概念で重要な言葉である、統合型、インテグラル、擦り合わせをどう理解するかを検討する。

用語を正確にするために言葉の定義をしておく。藤本隆宏氏は設計思想 = アーキテクチャとしているが、この使い方は設計製造手法の思想、経営方針のような意味と理解できる。藤本氏はインテグラル vs. モジュラー、オープン vs. クローズドという設定の中で、擦り合わせはクローズド・インテグラル型としている。一方、この検討で意味するアーキテクチャとはデザインアイデアとも言え、個別の設計対象、例えば、セルシオを作るために必要となる設計情報を決めるための基準やその基となる考え方である。すなわち、どのようにモジュール化していくか、その基準を決めるものが設計思想であるとして議論を進める。

2) インテグラでは「 のために」を実現する要件が重要

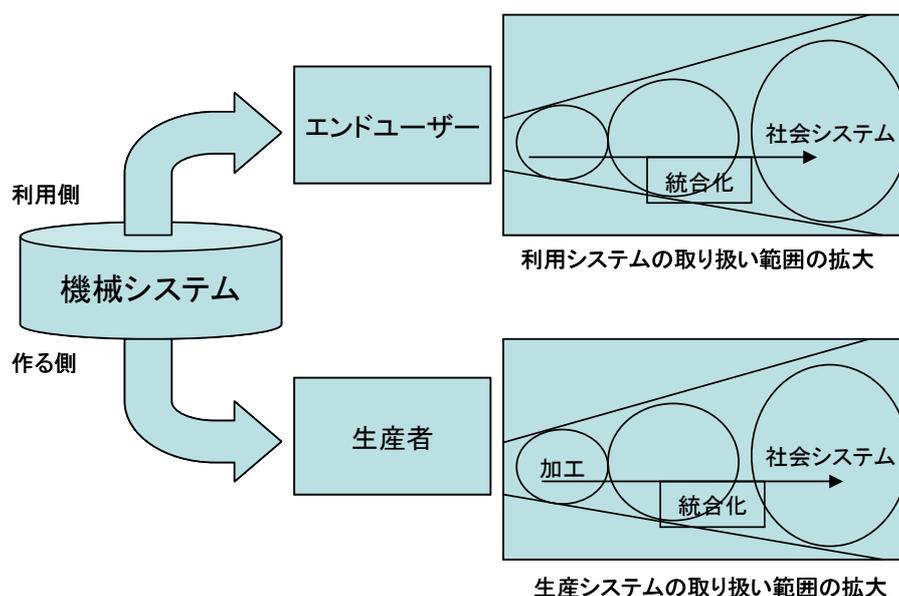
設計におけるインテグラル = 擦り合せ = 統合型をどのように理解すればよいのか。イメージとして、例えばエンジンの設計の場合を考える。モジュラー的発想をするとエンジンカバーの主たる要件は蓋をすることである。しかし、実際には、静かなエンジンの設計のために「固有振動数をエンジン本体と異なったものにする」というのが重要な要件となる。これが擦り合わせの発想である。概略設計したときに、簡単なファーストオーダーアナリシスとしてずれているかどうか重要となる。

3) 機械システムにおける生産者とエンドユーザの視点

機械システムをどの視点から捉えるかも重要である。1つは機械システムを構築する側、例えば自動車だと車を作る人、道路を作る人、道路規則を創る人等、つまり「生産者」という視点と、機械システムを利用する側、車に乗る人、つまり「エンドユーザ」という視点がある。広義と狭義で言えば、広義のシステム、いわゆる社会システムとしての機械システムはユーザの視点で「統合」されると考えると理解しやすい。一方、狭義の機械シス

テムは生産者の視点、すなわち生産システムとして範囲の拡大と「統合」がなされるとして捉える。この場合、製造する機械システムは狭義のものであっても、生産システムは社会システムとして「統合」される可能性はある。利用システムとしての機械システムと生産システムとしての機械システムは特性がかなり異なることからここでは分離して扱うことにする。

図表3 機械システムの「統合」におけるふたつの側面



(2) 利用システムとしての機械システム = 社会システムのゴール (エンドユーザの視点) と課題

アプリケーションの究極のゴールは、ソフトウェアを使う人、つまりユーザがある問題解決手段をもったアプリケーションをプログラムレスで利用できるようになることである。機械システムに置き換えると、モジュール (あるいは機械) のインターフェースを熟知することなく、それらを組み合わせることができるようになることとなる。

利用システムとしての機械システム = 社会システムのゴールとなる統合型機械システムとは、マネジメント、ノウハウ、人文・社会的な知識等を統合化した機械システムとなっている。そう考えるとユーザの持つ問題に対して専門的な知識なしに統合的な解決手段が得られることがゴールとなるのではないかと。例えば病気を治したいという場合は各種機能 (どの病院に行くのかといった予備自己診断、予約、病院、医師、介護保険、連絡など) をユーザが組み合わせて問題を解決していく必要がある。しかし、これらのインターフェースは従来ばらばらで、医療システム、通信システム、交通システム、保険システム

の統合が必要となる。こう考えると、利用システムとしての広義の機械システムのゴールの案とは、「ある問題解決を行うときに、機械・モジュールを意識することなく、統合的に解決を支援してもらえるような環境の構築と、それらを自由に享受できる社会の実現」となる。

経済産業省の出口産業である情報家電を例にすると、操作をユーザの好みに合わせてプログラムしたい、また外観は家財・建築材と一体化したい、高齢者・障害者・外国人にも利便性を向上したい、といった要望に対して、家電+ガス器具+家財+建築の統合=電気・ガス・上下水道・電話・インターネットの統合といったことが必要になってくる。インターフェースの部分の統一を考えると、全てを合わせた統合的なものが必要になってくる。すなわち、ここではモジュール化(コンポーネント化)、インターフェースの統合、規制緩和等が必要となる。ただ現状では、エンドユーザによる構築は困難であるため、昔の町の電気屋のような産業の見直しが必要ではないかと思われる。つまり小規模な統合的コンサルタント産業の創出である。「そばに居てくれて安心だ」という産業がでてくる可能性がある。

これが利用システムにおける広義の機械システムに対するイメージである。それぞれの社会システムの要素が個別のアプリケーション(ソリューション)として独立していて、社会システムの要素を他の要素と結合可能なモジュールとして再構成することが必要である。ここで問題となるのは、どの視点でモジュール化すればいいのかという「設計思想」であり、社会システムとしての、広義の機械システムの課題である。

(3) 生産システムとしての機械システムとそのゴール(作る側の視点)

生産システムにおける機械システムとして、「価値ある新しい機械システムの創造が可能となる環境」といったものを考えるべきである。作る側としては、製造サイクルの中でどのようにそれが可能になるかという視点で機械システムを考えるということである。生産システムにおける機械システムのゴールとしては、新規のモジュール分割技術と擦り合わせパラメータの明示化、さらに設計思想の共有化を迅速に行う技術を確立することが重要である。ちなみに、生産システムにおける機械システムのサイクルとしては、新しいニーズに基づいて、設計思想を創出し、先行開発をし、モジュール分割して、新規モジュールの創出をしていくことが重要である。

3 - 3 前提としての未来社会のシナリオ

21世紀のシナリオを描く前提として、人口減少・高齢化・少子化、情報・知識の累乗的な爆発、匿名化する巨大都市空間における安心安全に対する脅威などをとりあげた。これらは今回検討する利用システム分野での統合型機械システムと関連が強い共通のトレンドである。

3 - 3 - 1 人口減少・高齢化社会の未来図

(1) 半世紀で4,000万人減少

日本の人口はどれくらい減少するか。藤正巖政策研究大学院教授の推計によると、日本人の人口は2030年には1億790万人と、2000年に比べて1,760万人減少。1950年の人口は8,280万であった。半世紀で五割以上の増加であり、先進国としては異例の速度の人口増加を経験したが、これからの半世紀でほぼ同数の人口減少を経験することになるわけである。すなわち、今後半世紀で約4,000万人の人口は減少する勘定となる。

しかもそれは必然的なものであり、避けることはできない。なぜならば、主として人口の高齢化による死亡者数の急増という、すでにこの世に存在する人々の年齢構成からくる問題であり、少なくともこれから生まれる人の問題ではないからである。私たちは、人口減少を前提として、今後の経済設計・社会設計を考えていくほかないのである。

(2) 社会経済構造の変化

人口減少は経済社会にいろいろな影響を与える。まず経済である。国内生産が拡大するためには、そのための労働力を必要とする。貯蓄があって、それを投資に回すとしても機械設備を動かす労働者がいなければ、国内生産は拡大しない。その国の経済規模、つまりGDPは労働者の数によって決まる。GDPの伸び率が経済成長であるから、各国の経済成長率の相対的な関係は労働者数の増減率によって決まる。この観点から今後の日本と他の先進国との関係を考えてみれば、日本の経済成長は鈍化せざるを得ない。

ちなみに、日本では生産年齢人口はすでに95年を境にマイナスに転じ、今後も大きく減少する見通しである。生産年齢人口の推移をみれば、今後日本経済の成長率は他の主要先進国の成長率を下まわることが確実である。70年代には労働人口の急増が日本の高度経済成長をもたらした。今度は労働人口の減少が経済成長を抑える要因として働く。実は今後の人口減少と高齢化により、日本経済の成長を大幅に低下させるだけでなく、経済を縮小に向かわせる。つまり経済はマイナスとなるのである。経済が縮小するのは、技術進歩による労働生産性の上昇率を労働者数の減少率が上回るからである。

仮に出生率が劇的に向上したとしても、その人たちが働き手になるのは20年後のことであり、問題の解決にならないばかりか、被扶養者の増加は貯蓄率の低下となり、それが投資を抑制し、経済成長の低下要因となる。税制に着目するならば、国家財政も圧縮せざるを得ない。おそらくこれまでのように、公共事業への投資も不可能になり、医療や介護など行政の公共サービスの提供も圧縮せざるを得ない。年金問題についていえば、負担者の負担能力を引き下げ、逆に問題をより深刻にする可能性をはらむ。税制を含めた社会保障体制の抜本見直しを迫られているのは、このためである。

(3) 人口減少がもたらす経営面での構造変化

まず問題になるのは労働力率である。近年では女性就労の高まりから、女性の労働力率は上昇傾向にある。他方、平均寿命の向上によって、今後は高齢者も働く人が多くなるとものとみられる。つまり「働く意志のある人」の割合は上昇傾向にあることから、労働力率は大きくは減少しないという予測もある。しかし、問題は上昇率を、どの程度見込むかということである。そしてもう一つの問題は制度(システム)である。高齢者について、企業には受け入れの意志がなく、高齢者雇用を促進する社会制度もなく、とても就業できる環境にないとするならば、働く意志があっても、労働力としては無価値となる。つまり今後の労働力の動向については、個人の意志に加えて、就業のための社会的な基盤や制度がどうなるかによって大きく左右される。

問題は人口減少と労働力の減少が急激な勢いで押し寄せてくることである。いわゆる「団塊世代」の退職は早くも始まり、数年のうちにピークを迎える。指摘されるところの「2007年問題」の発生である。この急激な変化に対応できないとすれば、日本経済は暗い見通ししか立てることができない。私たちが初めて経験する人口減少と労働力減少という構造変化という事態に対処するには、あまりにも残された時間が少なくなっている。経済が縮小するということは、慢性的な不況期に突入することを意味する。企業経営も拡大志向から縮小経済に対応できるように方向転換を迫られる。

というのも、人口減少経済のもとでは、最初に労働力の縮小によって生産能力そのものが低下するからである。不況のように生産能力に見合う需要が得られず、つくるのに売れないのではなく、人口減少による経済の縮小は供給側から起きるのである。同時に人口縮小経済のもとでは、労働力の縮小によって需要も縮小することから、需要が供給能力を超えて物価が上がることはない。また適切な賃金水準が維持されれば、供給超過の事態が、つまり売れ残りが発生することもない。労働力の縮小に沿った形で生産設備が縮小されれば遊休設備は発生せず、投資資金の返済や利払いに苦勞することもない。すなわち、経済拡張のもとでの不況と異なるのは、こうした点である。ただしそれは、賃金水準が適切

であり、遊休設備を最小化することを前提とする人口縮小経済の再生モデルを実現できるかどうかにかかってくる。

3 - 3 - 2 21世紀前半に更新時期を迎える社会資本ストック

これまでの人口増加社会では、右肩上がりの経済成長は当然のこととして考えられ、社会基盤としての道路や橋梁、港湾、工業用水などのインフラストラクチャーは拡充され続け、社会資本ストック額は大きく積み上がってきている。

このような高度成長期に整備されてきた大量の社会資本ストックは、21世紀前半にほとんどの更新時期を迎え、新規投資から更新・維持に対する投資が必要となってくる。ある民間シンクタンクの試算によると、2001年度から25年度までに必要な更新投資額は約113兆円、維持管理費を含めると約328兆円が必要とされ、現在の公共投資額（2002年度実質公的固定資本形成額）33兆円をそのまま維持するとしても、2025年度には全体の25%を更新費に、維持更新費には全体の60%強を充当する必要がある。

また耐用年数からみると1970年代に建築された学校・学術施設や社会教育施設などの文教分野と下水道、公共賃貸住宅、公園といった生活分野の更新費が、今後20年以内に顕在化してくると考えられる。次いで、20～30年後に交通分野が、また耐用年数の長い砂防やダムなどの国土保全分野では30年以降に顕在化する。

また化学プラントや工場といった民間の産業資本構造物（ストック）についても、高度成長期及びそれ以前に建設されたものが多く、運転条件の厳しい中、設備劣化が進行している。実際に、石油・化学プラントなどでは、設置後20～25年を経過したプラントが400ヶ所程度ある。

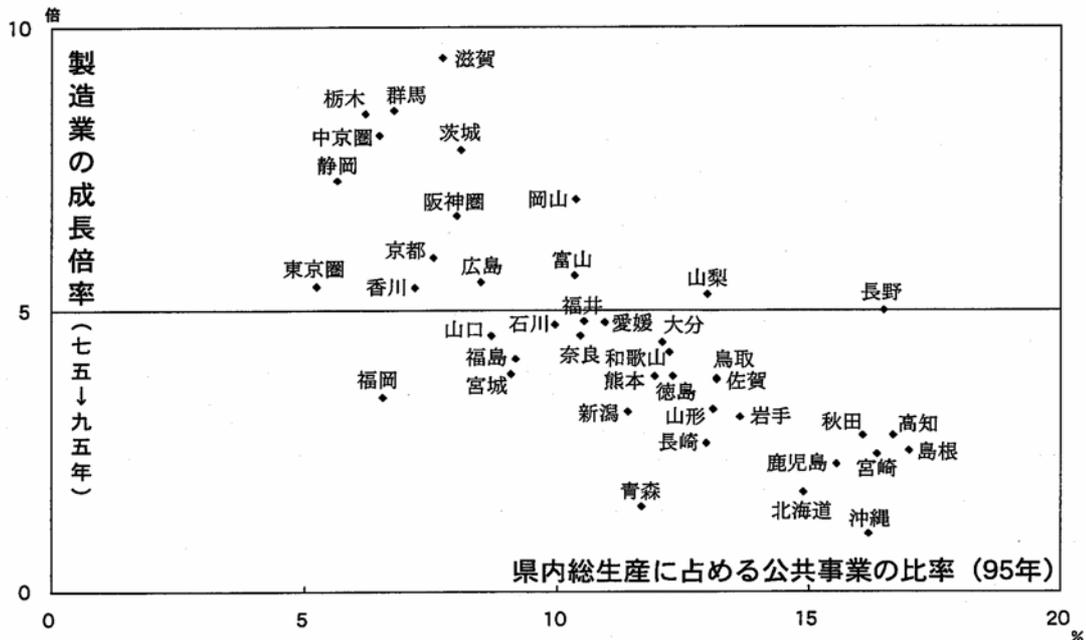
3 - 3 - 3 人口減少社会の大きな課題：地域経済への影響

また公共投資の減少は、疲弊している地方経済を直撃する。公共事業や地方交付税等の補助金によって多分に支えられている現在の地域経済では、本来の社会資本ストックが産業振興に活用されず、所得保障の意味合いが強くなっている。

このように今後も疲弊が予想される地方地域経済に対して、どのようなシステムが求められているのか検討する必要がある。

公共事業の停滞を受け、北海道における建設業の多くが異業種へと進出しており、その大部分は環境・農業分野への進出である。

図表4 製造業の成長倍率と公共事業依存度



出所：松谷教授（政策研究大学院大学）講演資料

3 - 3 - 4 情報ビッグバン 知識社会への対応

(1) 知識・情報生産の加速化の光と影

情報ビッグバンは、実はグローバル化によって刺激され、加速された現象である。もうひとつはコンピュータとIT技術が、知識・情報生産を加速させたのであった。例えば、DNA解析では、コンピュータ技術とITは計り知れない恩恵をもたらした。ただし、ここでいう情報ビッグバンには二つの意味が内包される。ひとつは文字通りの情報・知識の累乗的爆発であり、ある人の表現を借用すれば、事態は「ビッグバン」である。他のひとつは、情報過多による弊害である。

情報ビッグバンを肯定的に捉えるならばひとつには専門領域の深化を意味し、それは未知の分野に光をあて、デカルト以来の近代科学が求めた専門領域の確立に大きく貢献しているとも評価できるのである。

別な言い方をすれば、情報・知識が日夜量産されることは、例えば、ナノテクや遺伝子工学の分野では、これまで困難とされてきた難病を克服し、新たな素材の開発を可能とした。しかし、知識・情報の爆発には、必ずしも良いことだけではない。例えば、ユーザビリティの視点から言えば、科学技術は巨大化し、人々には見えにくくなっていることである。つまり、それが必要なシステムであるとの認識を得たとしても、たいていの場合、人

間の認識は印象や体験、観念に限られていて、モノの本質と実在についての、最後の根拠となる科学の本質を知ることが、よほどの専門家でもない限り不可能である。

人々が科学技術に不必要な警戒心を抱くのは、そのためであり、科学技術自体がブラックボックス化しているからである。例えば、安全安心に関連させて言えば、安全の確保のため「監視装置」の必要を認めたとしても、システムの複雑さと高度化が、自らの生体情報がどのように利用されるかのかわからず、人々は基本的なところで困惑し、警戒心を抱かせるのである。すなわち、そこではプライバシーと個人情報保護の問題が惹起される。

問題はそればかりではない。知識・情報の累乗的生産が引き起こす悲喜劇である。指摘されることの第一は、知識・情報が「深掘り」された結果、知識・情報のプラットフォームを喪失し、実を言うと知識・情報の生産主体である科学者にとってもコントロール不能な状態に陥ることである。情報の氾濫はあたかも過密化した巨大都市の迷路のようでもある。科学技術は相互の連関を確保するための知的基盤（プラットフォーム）を喪失し、科学技術は相互の連携を保つことを拒絶されるのである。

科学技術は 20 世紀に入って飛躍的な発展をし、これまでは謎とされてきた現象や未知の領域ゆえに畏敬の対象であった「物事」の仕組みが次々と解明された。科学技術は間違いなく人類の繁栄に貢献している。だが、同時に科学が人間社会に大きな陰を落とす。研究開発に関わった科学者すらも予想できなかった負の影響も少なくない。科学技術は自然界の仕組みや物事を、明確に識別できるよう「白黒」をはっきりつけられるようになったかに錯誤される。しかし、科学が言い当てることができるのはせいぜい確率である。その分、白とも黒とも言い切れないグレーゾーンが飛躍的に増え、社会の不確定さが逆に増加してきている。

（ 2 ）ユビキタス化の光と影

90 年代以降、ビジネス現場や社会のいたるところで情報化・IT 化を進めてきたが、情報化も IT 化も必ずしもいいことだけではない。銀行の巨大化されたオンラインのシステムダウンは、私たちに大きな衝撃を与えた。米国の電力ダウンも、IT システムの脆弱さを露呈させた。一連の事故は、偶発なのか人為なのか、その原因特定を含め、この事態にどう対処するか、まだ十分な解は用意されていない。

情報ビッグバンはリスクを生む。現代社会では、オンライン、ブロードバンド、ユビキタスなど通信ネットワークのリスクを、当然想定しておかなければならない。もちろんリスクはチャンスと表裏の関係にあり、ビジネスモデルを構築できるならば、危機は好機に転じられる可能性を秘める。ユビキタス化はいたるところで危機を生み出し、好機を作り出しているのがその例証である。適切なヘッジで産業化やビジネス化も可能となる。そのため、状況を構造化し、可視化していくことが必要である。可視化とは説明責任を含む 21 世紀の機械システムが負うリスクヘッジと定義できる。

従来概念では本来、IT 活用により生産力、競争力の強化につながるはずであった。確かに IT 活用により生活環境は大きく変わった。しかし日本の実態は日々の情報・知識の絶え間ない再構成を意味するリストラクチャリングが「リストラ」に異質化し、闇雲な人員整理が実施され、による人的基幹競争力を喪失してしまった。これは「2007 年問題」の遠因をなす。

3 - 3 - 5 匿名化する巨大都市空間における安心安全に対する脅威

(1) 高齢化が進みスラム化する大都市とコミュニティの崩壊

人口減少社会の予測を地域別にブレイクダウンすると、高齢化は大都市で大幅に進み、東京における年齢構造は現在の島根県に相当する程度になるとされている。すでにその兆候は東京圏でまだら模様に出始めており、局所的に活力を失っている地区がみられる。

都市の利点でもある匿名性が地域に住む住民間の結束を希薄にしていることは多くの識者が指摘していることであり、神戸淡路の大震災でも都市部におけるコミュニティの欠如が被害の拡大を招いたといわれている。そのため、まちづくりや防災関係者などの間ではコミュニティの復活や再構築に対する継続的な努力が行われてきているが、まだまだ十分な成果が上がっていないのが現状である。

一方、人口減少社会の項で述べたように、新規公共投資が行われなくなるという事態が想定されることから、従来のように公共投資による街の再開発等で安心・安全を確保するというアプローチはなかなか進んでいかないと考えなければならない。

さらに、グローバル化の影響で、文化や宗教、価値観の違う外国人との共存が余儀なくされることから、柔軟なコミュニティや寛容さが求められてくるが、長年の潜在的な意識の変革の難しさや生活習慣の違いなどから多くの問題が都市部で生じてくるものと思われる。

ユビキタス社会の到来によって情報や知識の爆発的創出と迅速な伝播が行われるために、社会不安を駆り立てやすくなることや、従来は一部の人にとどまっていた新しい技術や知識が広く行き渡ることによって今までの認識を超えた新たな形の犯罪が生まれやすくなるという負の影響が社会的に出てくる可能性がある。テロなどはこうした背景によるものである。

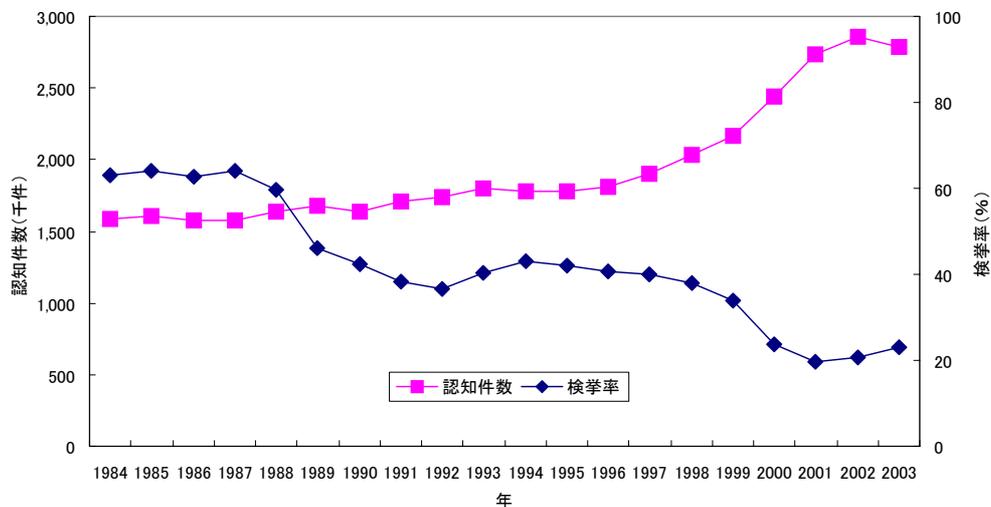
このように、社会が不安定化する要素は増大してくるが、税収の減少によって警察の人員増大も多くは期待できにくく、対応しなければならない対象が複雑で高度になってくることから、安心・安全確保のための公的なサービスも低下していくことが想定される。こうした中で、公的なサービスのみならず、住民個々人が何らかの形で自らの努力で防衛するという動きは大きな流れになってくるとと思われる。

(2) 安心・安全への意識の高まり

我が国では社会生活一般において、「安心・安全」を深く考える必要がなく、いわゆる「安全神話」が定着していた。しかし、1990年代以降、検挙率が低下し始めると共に刑法犯認知件数が急増し、なかでも凶悪犯罪や少年犯罪の増加によって国民の安心・安全に対する関心は高まっている。それでも、検挙率は2001年を最低に回復傾向にあり、刑法犯の認知件数も2002年をピークに減少傾向を示しており、2004年には殺人や強盗等の重要犯罪も9年ぶりに減少し、街頭犯罪・侵入犯罪も減少傾向にある。この点、国際的な比較をすると、日本は主要な犯罪の認知件数も人口10万人当りの認知件数である発生率も少ないが、検挙率が急激に下がっており、英米と同水準となっている。

これに対して、2004年10月に警視庁が都内の成人男女3,000人に対して実施した体感治安についての調査によると、「ここ1、2年治安が悪化している」と感じている人は62%であり、一方「良くなった」と感じている人は3%という結果であった。特に子供連れ去り・振り込め詐欺・住宅対象侵入強盗等の身近な犯罪を中心に、体感治安は依然厳しい状況である。

図表5 刑法犯の認知・検挙状況の推移



出所：犯罪白書

3 - 4 利用システムとしての統合型機械システム

3 - 3で描いた未来社会を前提として、ここでは、都市型ストック活用・保全、地域の持つストックの活用・保全、高齢者活性、都市空間の安心安全、といった4つの分野についての統合型機械システムの検討結果を示す。

3 - 4 - 1 都市型ストック活用・保全分野

(1) 都市型ストック活用・保全分野での課題

将来社会のシナリオで見たように、我が国は巨額な財政赤字を抱え、その上に税収減少という事態を迎える。社会保障制度の見直しをはじめ、各種公共サービス、公共投資・インフラ整備などに対する投資余力は急激に縮小し、社会基盤としての道路や橋梁、港湾、鉄道などの輸送、電力、水道、ガスなど各部門において投資は事実上凍結される最悪の事態に陥ることが予想される。

一方、高度成長期に整備されてきた大量の社会資本・ストックは、21世前半に更新投資の時期を迎える。また化学プラントや民間生産設備（産業総資本）についても、高度経済成長期前後に建設されたものが多く、設備の劣化が進行している。民間設備の保全については「メンテナンスフリー」の方向性が示されているが、実際に現場で働く人が少なくなっており、全体を把握できる人材がいなくなっている。

また、社会基盤として重要な地位を占めている情報システムについても、いわゆるレガシーシステムと新規システムとの共存は大きな問題になっている。21世紀に入り、一段と厳しくなる国際競争に対応する統廃合・業務改革に柔軟に対応できなくなった企業は、情報システムの再構築を避けられない状況にある。そこで、情報システム業界において、システムユーザー企業と提供企業とも、従来システム（レガシーシステム）を理解できる情報技術者のいる現在が、再構築（レガシーマイグレーション）の機会として、検討に入っている。その場合に、TCO（Total Cost Ownership）でも安価で、柔軟で拡張性のある分散・オープン系システムは重要な検討事項となっている。

(2) ストック活用の経済的効果と環境問題

ストック活用は経済的な制約だけではなく、環境制約からも検討される必要がある。適正なメンテナンスが行われることで、社会資本や民間資本の寿命・耐用年数が延び、新規設備への更新が抑制され、更新に伴う建設廃棄物を減量化する効果がある。例えば、建築分野でのストック活用方法としては「リファイン建築」と呼ばれるものがある。従来のリニューアル、リフォームの概念と比較すると、環境保護（廃棄物が少ない）、用途変更（用途・機能が全く違う建物への変更が可能）、資産管理（耐震性能向上、建物の寿命の延命化）、ローコスト（新築に比べてローコスト）、デザイン性（新築を上回る

デザインに一新)などが特徴としてあげることができる。もう一つは、環境負荷の軽減が期待されることである。

人口減少社会においては、新規投資が減少し、維持・更新費が増加することは上述してきたとおりである。ストック活用の経済的側面に関して言えば、メンテナンスなどを通じたストック活用の一義的な意味はコストミニマムからの発想である。しかし、この時に注意する必要があるのは、単に直接的なコストを考えるだけでなく、環境面も含めた社会的コストをミニマイズする維持管理が求められている、という点である。この概念にはリサイクルや「省資源・省エネルギー」が含まれる。

環境負担の軽減というと、廃棄物をどのように再資源化するか、と言う点が強調されがちであるが、使用済み製品を原材料に戻す材料リサイクルや、エネルギーを取り出すエネルギーリカバリーは、廃棄物処理の代替手段であり、製造業者が積極的に取り組むには、あまり魅力的なものではない。もっと積極的にリサイクルをとらえて、それを製造工程の不可欠な一部として、全体として環境負荷を最小化し、経済的にもリサイクルを行う方が、コストパフォーマンスが高いため、そのようになる生産方法を考えてゆくべきである。しかし、リサイクル・再資源化はコストの面で問題を抱えており、コスト低減の技術開発が課題となる。その場合、環境に対する負荷軽減をコスト構成要素から減ずるなどの規制措置も必要である。

(3) ストック活用型社会を目指した機械システム技術開発の方向性

1) 活用ストックを認識すること：可視化技術

ストックの活用は安全・安心と連結する。社会資本の不備による事故は、場合によっては社会活動をストップさせ、人命を脅かし、安心・安全を脅威にさらすからである。社会資本構造物を維持し、引き続き利用する上で、それ自体が安全であるか、構造物の診断が重要である。技術的には対象構造物の現状を把握し、安全かどうかを判断する可視化技術が重要である。工場設備のメンテナンスも同じことが言え、センシング技術・設備診断技術、リスク評価技術などは保全・保守には不可欠な技術である。

近年注目されるのは光ファイバによる可視化である。これは光センシングが有する特徴に加え、光ファイバ特有の特徴が加味され、特殊な環境下での計測や非接触計測、遠隔計測などを可能とするだけでなく、干渉現象などの光波の特徴を活用することで超高感度計測や多点型ないし分布型計測が可能になるという重要な特徴を有している。適用分野も広く、石油産業、土木・建築、航空機、交通、エネルギーインフラ、通信インフラといった幅広いストックの計測を可能にする。これら可視化されたデータを分析し、構造物の傷み具合、破損状況などのリスク評価や寿命診断など一連のコンサルティングで大きな成果を上げていることはよく知られることである。

他方、トンネルや橋梁といった構造物の保守・メンテナンスには、対象となる構造物へのアクセスが難しくなることから、検査方法も限定される。このような場所で必要とされるのは、自己完結型の検査ロボットである。センシング機能を持ち、どのような場所でも行動が自由で、検査結果を発信できるロボットである。このようなロボットは災害時、危険な場所において人命救助などで活躍していることはよく知られている。自動検査ロボットは産業用あるいは公共財・ストックの維持管理に役立つものと考えられる。

2) 2つの目的・2つの機能：デュアルコース技術

メンテナンスは一般的にコストのかかるものとして捉えられやすいが、環境への対応、危機管理といった、潜在的な社会的コスト負担を軽減している効果を考えると、必ずしもコストアップの要素ばかりではない。しかし実際には、限定的な経済制約の中で、必ずしも目に見える形で環境問題や災害がやってくるわけではないため、メンテナンスの持つ本来の役割が、薄まって捉えられているところはある。従ってメンテナンス技術を導入する際には、常に2つの目的・機能を同時に達成する設計が必要である。光ファイバ技術で言えば、情報通信機能とメンテナンス機能という具合である。

3) 二分化設計の概念の導入：「活用するもの」と「捨てるもの」の区別

住宅、橋梁、道路、トンネル等のストックを活用する上では、コストミニマムは基本的な原則になる。もちろん、必要なところには必要な資金を投入するべきではあるが、メンテナンスを目的化し余計な資金投入がされるべきではない。すなわち「活用する」と「捨てる」とは区別する必要がある。二分化設計とは、部品のリユースが進んでいるコピーなどの事務機器において導入されている概念で、設計段階から構成する部品を大きく2つのカテゴリに分ける考え方である。

例えば、その事例に住宅におけるSI（スケルトン・インフィル）工法を上げることができる。SI工法は、二分化設計の一つである。これは、スケルトン（柱、外壁など）は耐震性や耐久性を重視した材料を、インフィル（非構造部材）はメンテナンスのしやすさや可変性を重視したものを用いる。屋根や柱といった構造部材については、長寿命化部材として、耐食性の高いステンレス屋根やタイル外壁を用いたり、耐食性溶融メッキ材を用いたりすることで、従来の2～3倍の寿命を実現することが可能となっている。

4) 社会資本ストックのマネジメントと人材育成

メンテナンスについては、ただ資金を投入すればよい、というものではないことを指摘した。社会資本の寿命を通して最適な管理を行う事で、十分な社会資本サービスを提供しながら環境負荷・財政負担を極小化し、更に施設の組み合わせによって全体として価値を創り出す発想、すなわちライフサイクル・マネジメント（LCC）が重要である。欧米におい

ては、石油精製・石油化学を中心として、RBM（リスクベースメンテナンス）手法が開発され、リスク評価を元に、適正なメンテナンスを施すことが求められている。

メンテナンスに重要な技術の一つとして、光ファイバ技術を上げたが、一方ではこれを使いこなす人材やシステムがない。このため、新技術の導入によって、それまで技術に頼らずにやってきた「感覚」の伝承が途切れ、結局、技術によって代替された機能が分からなくなってしまう。ものを作る技術については優れているが、今まさに使っている技術に対する開発が遅れているのではないかと、という指摘もある。

社会資本の維持・保全には、必要な総合的知識を有する新たな人材の育成が求められている。しかし従来の工学教育は上流（製造）側を念頭に構成されている。維持・保全に必要な人材の多くは「現場」から誕生するものであるが、工学教育においても、このようなストック活用を行うための人材育成に務める必要がある。特に石油設備や化学プラントなどでは、経済的な不況のため、熟練労働者のリストラとメンテナンスフリー化が進められてきた。そのため、維持・保全を行う人材の質が低下しているといわれる⁶。

5) 保守・メンテナンスの産業化

高度に蓄積された社会資本（ストック）や民間の既蓄資本財を活用し、環境負荷を軽減しながら、コストミニマムを実現するには、以下のような方向が考えられる。すなわち、メンテナンス産業の育成、保守・保全を支える人材の養成、の視点である。技術的には、適切な設備診断技術、構造物などストック評価技術、ストックを維持管理するマネジメント能力の向上、人材の育成などである。

ストック活用 WG ではストックの維持管理を「産業化」する必要性が指摘された。ストックの維持管理にはコストが膨らみ、それが産業化を阻害する要因となっている。産業化にとって重要なことは、産業化を支える要素技術、メンテナンスを支える熟練した技術力を有する人材の有無である。要素技術の開発に関しては、多くの要素技術が開発され、また既存技術の活用など、その基盤は整備されつつある。

日本の強みとして、製造段階での品質管理からくるアフターフォローというものがある。メンテナンスについても、アフターフォローとして産業化していくことが重要である。また従来、日本には儒教の風土が残り、高齢者を尊重する風土があった。しかし残念ながら、近代化は儒教精神を否認した結果、高齢者を尊重する社会風土自体も希薄となっている。高齢者の活用を通じ、社会ストックを再生することが求められる。

ただし産業として考えた場合、雇用する人数は限定的で、大きな産業と言うよりも付加価値型の産業として位置づけることが重要である。もしくは知識・技術ストックを活用す

⁶ 経済産業省による「産業事故調査結果の中間取りまとめ」（平成 15 年 12 月 16 日発行）によれば、平成 14 年以降発生した製造業を中心とする 100 件の産業事故の事例を調査した結果、その発生要因として人的要因によるものが 76 件、設備的要因によるものが 18 件であった（調査中が 6 件）。

るという意味で、高齢労働者・退職者などを多数集めた組織形態とすることも検討が必要である。これは「高齢者いきいきワーキンググループ」での議論にも出てくることだが、熟練労働者を活用するスタイルも考えられる。すなわち、補修・補強に際してその人材を活用することも、一つの方法である。高齢者は経済的にも時間的にも恵まれているところがあり、社会に貢献しているという使命感があれば期待以上の成果が生まれる。各人のナレッジを活用しようとしてもなかなかうまくいかないが、逆に豊富な失敗経験を積んでいる人材を活用する方策の検討が必要であると考えられる。

人材に関しては、熟練技能を持つ高齢労働者の活用することの必要は、すでに指摘した通りである。要素技術もあり、人材もある。それにも関わらずメンテナンス事業がなぜビジネス化できないのか。メンテナンス事業が産業化できるかどうかは、適正な利益を確保できるかどうかにかかるといえる。その意味でモデル事業を展開し、メンテナンス事業のビジネスモデルを構築することは重要である。

6) システム再構築の今後の方向

国際的な業務展開を考え、長期的な視点で、運用・改善・変更しやすく、拡張性・柔軟性に富んだ分散型オープンシステムを再構築することが今後の企業戦略になるが、それらを進める高度なソフトウェア技術者不足が情報システム産業界の悩みである。産官学が共同して、高度情報システム人材育成に取り組み始めようとしているところであるが、産業界と大学教育の実態の乖離は想像以上に大きく、解決するには思い切った制度改革、対応が必要である。

国の政策として技術者育成問題が大きく取り上げられると共に、大学では博士課程修了者の産業界での活躍可能な方法等の検討、経産省のオープン系のオペレーティングシステム活用・普及のOSS推進フォーラム、高度情報技術者育成のSEC (Software Engineering Center) の設立、経団連等の技術者育成検討等がなされている。

特に、情報通信、バイオ、環境・エネルギー、ナノ・材料等の複合・融合領域での国際的に活躍できる高度な技術者不足と育成が重要な課題となっている。

このような人材を育成する場合には、一般解ではなくて特殊解を求める方法をまず議論し、決めることであろう。

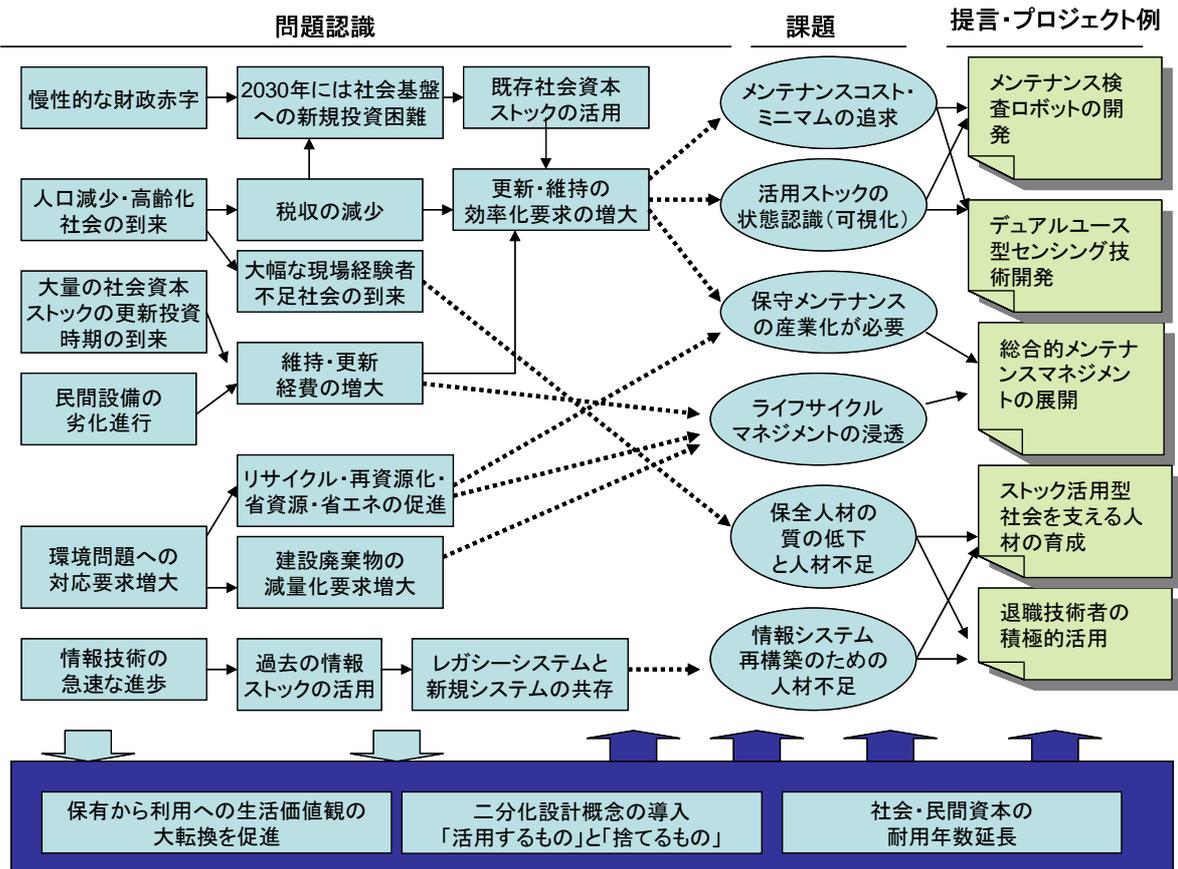
例えば、情報システム分野で、大規模システムを推進可能な人材育成とレガシーマイグレーションを兼ねて、行政部門のシステム再構築を優秀な人材を集めて実行し、その過程をオープンにして再構築の課題解決方法・人材育成方法を成果として築く、技術推進機構の設立検討等である。

(4) 統合型機械システムとしてのプロジェクトイメージおよび今後の課題と展開

1) 概要

都市型ストック活用・保全分野での議論とその結果としてのプロジェクトイメージ、提言をまとめたものが、図表6である。

図表6 都市型ストック活用・保全分野での議論とプロジェクトイメージ・提言



2) 統合型機械システム・プロジェクトイメージ

デュアルユース型センシング技術の開発

巨大な構造物に対して、あらゆるところに光ファイバを巡らせ、センサを配置することは労力がかかり、コスト的にも実現が難しい。一方で、日本は国を挙げてGクラスの光ファイバ網の整備が進められている。このインフラ網を活用する、もしくは通信とモニタリングのデュアルユースを前提としたセンシング技術の開発を新規インフラ整備とともに実施することで、現在から将来にかけてのライフサイクルコストを低減させることが可能となる。

一般的に伝送用の光ファイバと診断用のそれとは、用いることが想定される環境が異なるため、構造も異なるが、必要な機能を兼ね備えたセンシング技術を組み合わせた通信と診断のデュアルユース型メンテナンス・システムの開発が求められる。これはさらに、海

底通信網を使った防衛監視情報と気象情報などのデュアル型観測システムにも応用が可能である。

メンテナンス検査ロボット技術の開発

トンネルや橋梁といった構造物のメンテナンスは、検査対象となるものへのアクセスが限られる場合が多い。橋梁であれば、高所、海上・河川上、他の交通（鉄道など）の上など危険な場所にあることが多く、検査できる部位や方法も限られている。また通常は屋外であるので、電源の確保も難しい。このような場所で必要とされるのは、自己完結型のロボットである。このような検査を行う自己完結型ロボットは、災害時の危険部位の検査でも活用することができる。

3) 今後の課題と展開

総合的なメンテナンス・マネジメントの展開

高度に蓄積した社会資本ストックや民間資本ストックを活用し、環境負荷低減を図りながら、コストミニマムを図るためには、適切な診断技術、評価技術、マネジメント能力、人材を有するメンテナンス産業の育成が欠かせない。しかし、メンテナンスについては、従前からその必要性は叫ばれているものの、必ずしも産業化に結びついていないのが現状である。

要素技術としては確立しているメンテナンス技術を産業化していくためには、ビジネスモデルの構築が必要である。現在は、個々の技術が分野ごとそれぞれに提供されているが、分野をまたがり、共通の技術は共通化し、各分野でカスタマイズが必要なところはコンサルティングによる調整を行っていくことによって、メンテナンス全体にかかるコストも低減していくと考えられる。

ストック活用型社会を支える人材の育成

現状において、メンテナンス産業を支え、ストック活用型社会システムに対応した人材というのは、残念ながら不足していると言わざるを得ない。従来の製造工程順の工学教育ではなく、総合的・俯瞰的な視野を持った技術者がストック活用型社会システムでは求められる。特にメンテナンス技術者は、OJTによる経験とOffJTによる知識の裏付けの両方が必要であり、さらに常に知識をアップデートする継続教育（CPD：Continuing Professional Development）が求められる。

3 - 4 - 2 地域の持つストックの活用・保全分野

(1) 農林水産地域におけるストックの活用の課題

1) 農業の課題

森林や休耕田を、ストック・資源という観点から見直し、それを活用することは重要である。休耕田の問題はいくつかある⁷。ひとつは若い労働力が集まらないこと、第二はつくらない人に補助金を与えるという異常な状態が続いていることである。第三に水田は長い年月の中でつくられるものであり、一度つぶす（休耕田化）と、二度と戻らないことである。食べもしないのになぜつくるのか、農業が突きつけられる最大の問題である。しかし、長い年月をかけて作り上げてきた水田土壌の維持には、作り続けることが必要なのである。これから農業は、こうした観点からの、サステイナブル農業であると同時にハイブリッドライスというようなものが必要となってくるものと思われる。肝心な問題は「もうかる」農業を再構築することである。もうかる産業には若者も集まり、「かっこいい」産業になる可能性を秘める。

2) 林業・畜産業の課題

国土面積の約 80% を占める森林は、その 9 割以上が未活用の状態にあるが、そのポテンシャルは大きい。しかし、林業についていうなら、一部のブランド木材以外を除き、外国製品に太刀打ちできないのが現状である。このため山林は荒廃し、このままの状態が続くと、林業は生業であり続けることが困難となる。国土が狭く資源に恵まれない日本の国情からすれば、こうした森林活用は重要なテーマである。その可能性の一つとして「地域起こし」と関連させた事業の展開が考えられる。例えば、グリーンツーリズム、ボランティアや NPO 活動などに支えられた森林保護などの運動がある。しかしながら、国土の 80% を占める森林を、ビジネスとして捉え、それをストックとして生かす方向はまだ研究の段階にあり、解は用意されていない。

環境保護やグリーンツーリズムなど、人々の意識も変わってきていることも事実である。しかし、林業を産業としてとらえれば、それはやらないよりもましという程度のことに過ぎず、根本的な解決策とはならない。やはり林業を生業・産業として考えていく必要がある。

畜産業はさらに悲惨な状態にあり、畜産廃棄物法がまともに実施（2005 年 4 月施行）されると、畜産業は壊滅的な打撃を受ける可能性がある。畜産業が抱える最大の問題は排泄物の処理である。我が国で最も豊富な資源は有機性廃棄物であるが、なかでも豊富なリン

⁷ 休耕田の総面積は約 100 万 ha である。おおよそ 1ha 当たりの米生産量は 5 トン（玄米換算）である。そのうち籾が 20%、白米は 3.7 トン。あとは稲藁と籾殻。かつて稲藁は農業用など各種の用途があり、再利用されていたが、現在は処理に困っている。

資源を含む動物性排泄物であり、年間排出量は3億トンと推計される。そのため有機性廃棄物の処理は大きな問題となっている。

(2) 地域ストック活用型社会を目指した機械システム技術開発の方向性

1) 活用ストックを認識すること：地域の可視化

地域についても、都市型ストックの場合と同様、まずは可視化することが重要である。地域にある資源を認識することで始めて地域活性化につながる。また地域資源を認識するためには、行動することが求められる。

特に閉鎖性の強い地域においては、モデル事業を実施していくことで地域の資源が発掘される場合もある。事業をする前から評価しても仕方がない。結局、やらないとゼロであり、結晶化しない。

行動の支援としてのコミュニティファンドの創設もひとつの手段である。この仕組みの重要な点は、地域が有する資産として、見えざる資産を発掘する、可視化する点である。連携・連帯ができる社会という意味での社会資産や地域の誇り、生活の知恵といった価値資産は、地域の見えざる資産として存在している。これをコミュニティファンドという方式で、顕在化させるのである。

2) 2つの目的・2つの機能：デュアルユース設計

都市型ストック活用・保全で述べたように、メンテナンスは一般的にコストのかかるものとして捉えられやすいが、環境への対応、危機管理といった、潜在的な社会的コスト負担を軽減している効果を考えると、必ずしもコストアップの要素ばかりではない。しかし実際には、限定的な経済制約の中で、必ずしも目に見える形で環境問題や災害がやってくるわけではなく、メンテナンスの持つ本来の役割が、薄まって捉えられているところはある。こうした問題は特に中山間地域における山林や農地の保全と災害防止、環境保全、水資源の確保といった機能をどう経済的に両立させえるのかというきわめて今日的な問題をはらんでいる。

こうした中で、一部の地域ではグリーンツーリズムのような観光との両立を図っている。いずれにせよ、メンテナンス技術を導入する際には、常に2つあるいはそれ以上の目的・機能を同時に達成し、メンテナンス価値を顕在化するような設計が必要である。

3) 地域における「二分化設計」：「活用するもの」と「捨てるもの」の選り分け

わが国では、都市と地域との格差を解消する名目で公共事業が行われてきた。必要不可欠な社会資本ストックが充実し、価値観が多様化した今日では、格差ではなく差異として認めていくことが重要である。

「村たたみ」という言葉がある。地域振興の名の下に行われている公共事業をやめ、今、そこに住んでいる高齢者たちに幸せな余生を送ってもらう施策に注力することである。これは縮小するというのではなく、新しいライフデザインを描くという意味であり、そのための機械システムというものも十分に考えられる。

中核的な地域都市においては、社会的な価値や文化的な価値についても活用するストックとして考慮すべきである。例えば、リファインによって、過去の伝統を引き継ぎながらも、古いものと新しいものが交わりあって重層的な都市を作ること重要な地域づくりである。ヨーロッパでは、都市のリノベーションと呼ばれる自然、文化を活かした都市整備が行われている。

多様な価値観とは、必ずしも動的なものに向いているのではなく、静的な、その人にとっての「幸せ」や「やすらぎ」を確保することも重要である。すなわち安心・安全な社会の構築と適正な人間関係を維持できる機会を与えるような方向である。

4) 地域マネジメントの重要性

村おこしをするにも、村たたみをするにも、必要なのは明確なビジョンを示し、それを効率的に運用することである。

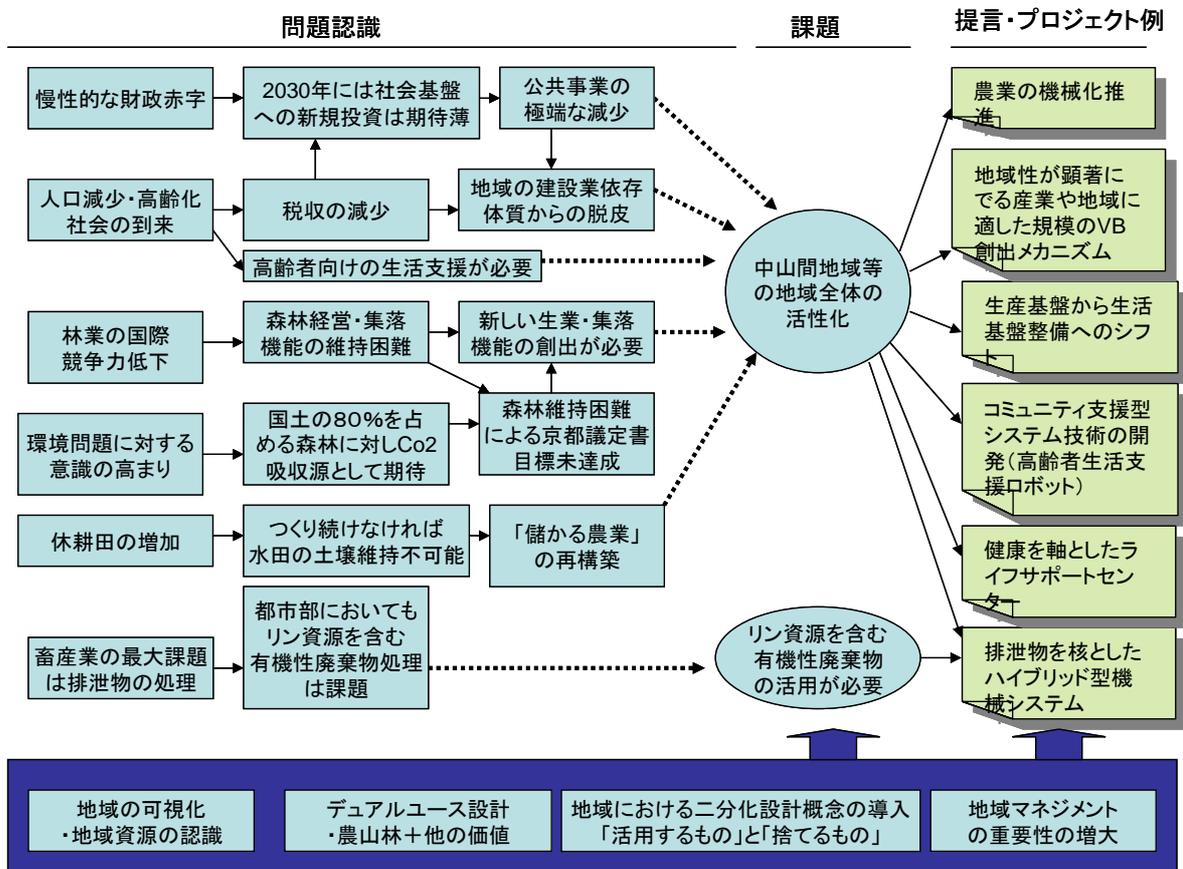
また地域振興と機械システムとの関連性から言えば、どこか一つの分野に特定するのではなく、社会システム開発のための仕組みを作り、複合産業を立ち上げる、という視点が必要である。

(3) 統合型機械システムとしてのプロジェクトイメージおよび今後の課題と展開

1) 概要

地域の持つストックの活用・保全分野での議論とその結果としてのプロジェクトイメージならびに提言をまとめたものが図表7である。

図表7 地域の持つストックの活用・保全分野での議論とプロジェクトイメージ・提言



2) 統合型機械システム・プロジェクトイメージ

コミュニティ支援型システム技術の開発

高齢者が生活を行っていく上での、それを支援したり、介護を提供したりするようなシステム、ロボットが求められる。

「村たたみ」を選択した地域には、高齢者を支えるための“ロボット”を提供し、ロボットが見守る農村社会の構築を目指していく。

- ・ 話しかけると応えてくれるロボット
- ・ 早くなくともよいが、段差があってもスムーズに移動できる乗り物
- ・ 重い荷物の運搬をしてくれる自走式ロボット

こうした技術は、全てをロボットが行うのではなく、何か行動を起こそうとしたときに、障害となることを取り除いてくれる（支援してくれる）ものが望ましい形である。

ところで、高齢者向けの介護型医療福祉ロボットを考えると、産業ロボットと違い、人間との共存・協調環境で使われるため、産業用ロボットと異なる安全対策が必要である。

生活支援型システム技術の開発

過疎化、高齢化が進む地域社会においては、地域資源を生かしながら、高齢者に住みやすい生活基盤としてのストックを提供していく必要がある。

地域社会では、これまでの公共事業によって様々な施設が作られ、利用率が低いものが見られる。これを利用し、高齢者と健診による要対象者へ、日常での生体情報を元に、適切な日常生活での健康指導や運動指導、影響指導をサポートする機械システムを構築していくことが重要である。すなわち健康を軸としたライフサポートセンターの提供である。

また、都市に蓄積する廃棄物とその処理および災害対応型システム（五十嵐委員提案）も都市部においては考えられる。これは、都市に多く蓄積する炭素資源（排泄物）からでるリンを有効利用し、コミュニティセンター、地域エネルギーセンター、廃棄物集配・第一次処理センター、防災センターを兼ねたハイブリッド型の機械システムである。

3) 今後の課題と展開

生活基盤としての地域社会と社会ストックのあり方

経済社会が投資主導型から消費主導型に大きく舵をきることになるので、21世紀型の社会ストックは生産基盤ではなく、生活基盤に立脚したものにシフトする。ここで求められるのは、人間を内包し、人と機械とを結ぶインターフェースを重視したものである。例えば、柔らかな材料を用いることであったり、ユーザーサイドの視点に立った製品設計であったりする。

また、産業面では、バイオを含めた農林水産業といった地域性の顕著に出る産業や地域に適した事業規模のベンチャービジネスの創出メカニズムを地域社会システムの中に組み込むことが必要である。

農業の機械化の推進

今後、就労人口の減少・高齢化が進むと考えられることから、より労働生産性の高い野菜工場などの大規模機械化が進められるべきである。そのためには、農業の大規模化・株式会社化の妨げになっている各種規制が撤廃されるべきである。また全国に100万ha存在する休耕田の有効利用も同時に図られるべきである。農業の雇用吸収余地の拡大を見据え、就農支援のための新しい取り組みとして、東京・大手町で「コメ、野菜工場」が稼働している。現在、雇用創出のためのトレーニングへの場の提供の意味合いが強いが、大規模機械化農業、植物工場の試験的実践の場としても注目される。今後、実際の農業生産に繋がっていくことが期待される。

3 - 4 - 3 高齢者の活性化分野

(1) 高齢者活性化の課題

1) 高齢者の継続労働参加のための就業環境の整備

第二章の未来社会のシナリオで述べた少子高齢化は、第一に若年労働者の減少と高齢労働者の増加を意味し、そのため、第二に労働力の供給構造が変わり、第三に労働総人口の減少が懸念されることである。他方、現役世代の減少により、社会保障制度も揺らぎが生じる。ある計算によると、現役世代3人で1人の高齢者を養わなければならないという。社会保障の給付制限は必然的な流れとなる。したがって高齢者もまた、健康である限り、継続労働参加は必然である。

また、経験豊かな基幹的研究者・技術者がごっそりと退職する「2007年問題」は長期的に日本企業にとってきわめて重要である。放置すれば、再び彼らは大陸に渡り、海峡を渡り、現地企業に迎え入れられ、3年後5年後、そのツケが回ってくる。ボランティア精神に富む彼らは、現地の若い技術者を相手に、もてるすべてを分け与えることに励み、技術はたちまち流布する。そして、それによって海外のライバル企業は確実に体力をつけ、日本を追い上げてくるのである。

急がなければならないのは高齢者を迎え入れる就業環境の整備である。人口減少にどのように対処すべきか。日本が引き続き豊かな社会であり続けるためには私たちが何をなすべきか。多くの論者は悲観的な見通しを立てている。日本経済が早晚縮小に向かうことは避けられないからである。しかしながら、たとえ経済が縮小したとしても一人当たりの所得はなお高水準を保つことができるので、消費主導の経済への転換や少子高齢化に対応する新たな技術開発を進めるなど、個人も企業も政府も、発想の転換とシステム全般にわたる大幅な変革を進めることで未来社会の展望を切り開くことが可能かも知れない。

2) 高齢化に伴う労働能力のミスマッチ

労働能力低下の恐れは、年齢が増すとともに大きくなる⁸。しかし、労働科学が問題とする生産性は、そうした絶対的基準における生物としての個体の生産性から判断するのではなく、企業、工場あるいは作業場などの集合体全体の生産性を問題にするのであり、またそこから逆に労働者1人当たりの生産性が概算されるのが一般的である。1974年、アメリカのブロムリーは、労働力の高齢化はある程度生産性を低下させるが、工程全体の稼働水準の枠内では、そうしたことはない指摘している。

このことは高齢労働者の生産性を考える上で重要な問題提起となり、人口高齢化が顕著である我が国において、高齢労働力は低生産性なるがゆえに、定年後の再就職が閉ざされ

⁸ フィンランドの研究(加齢への配慮 Respect for aging)では研究対象11年の期間において、労働者の30%に労働能力の低下が観察された。

ているとする議論は誤りである。高齢者の作業に適合したラインをつくるとか、さまざまな工夫を講じれば、一般に言われるほど生産性は後退しない。

他方、職業履歴や職業的体験からくる職業的属性の影響を受ける「労働能力のスペック」によっても「働く意欲」と「働ける可能性」が異なってくる。中小企業において定年制に寛容な態度をとるのは、要求される職業的属性が「技」にあるからで、彼にとって代わるべき人材がないのが理由である。しかし、大企業で働くサラリーマンの多くは管理的仕事に就いているため、労働意欲があっても、就労機会に恵まれない。日本人の伝統的価値観からいえば、やはり「年上は使い難い」のである。その点、役割分担が明確化されている米国では、職制をしっかりと設計している。しかし、日本ではポストが上がるにつれ、専門性を失い、管理的仕事に専念するようになり、退職後の転身を難しくしている。

こうした状況の中、高齢者については体力の面だけでなく、企業は「新たな業務への適応力」や「再訓練・教育」の必要性を、高齢者に求めている。

高齢者が持つ「労働意欲」と、彼がどのような仕事をしたいのか、そこには大きなギャップがある。経験を生かせる仕事ならば問題はないが、経験のない新たな仕事の場合は彼自身のチャレンジ精神や、スキル、キャリアアップを図る意欲が必要となる。さらに言えば意欲があっても、心身がついてこないなどの問題も指摘できる。

3) 世代を超えた安心できる生活基盤の再構築

社会の中に高齢者をどのように迎え入れ、彼らの日常をどのように支えていくのか、人間関係の絆が希薄になった地域社会のもとので、コミュニティを再構築する課題と併せて、今後の高齢化社会の最大の問題といえる。

4) 高齢者のスキルアップ 大学との連携

企業も定年退職者に新たな技術習得機会を与え、転職しやすくするため各種の研修を行っている。他方、高齢者自身も積極的に自らのスキルアップのため、大学院大学に入り、研究や学位取得の学習を行うようになっている。一方、こうした実務経験豊かな高齢者が現場経験を理論付けすることで、従来は霧散していた現場の知を社会的な知的ストックとすることができ、国際競争力の強化に寄与するものと思われる。

5) 要介護者への対応

誰しも人間は病におかされ、いずれ身体を失うときが確実にくる。問題は体の自由を失った高齢者で、そうした人向けの個別の介護機器に関して言えばかなりの程度の開発が進み、多くが実用化され、介護の現場で成果を上げている。しかし、介護の基本は人間にあり、人間の労働力に頼らざるを得ない。症状にもよるが、高齢者の介護は重労働であり、介護者は厳しい作業環境にさらされている。

他方、被介護者自身の自助を支援する介護機器の活用は、高齢者や障害者本人が、その人らしい生活を実現する、有効な手段のひとつであり、また、介護する家族の介護負担を軽減するために、大変重要な役割を果たしている。

こうした介護は財政負担を課すので、介護にならないような予防に力点が置かれるようになりつつあり、予防手段の提供が求められている。

(2) 高齢者の活性化に向けた機械システム技術の開発方向

1) 働く意欲と働ける可能性のギャップを埋める方策

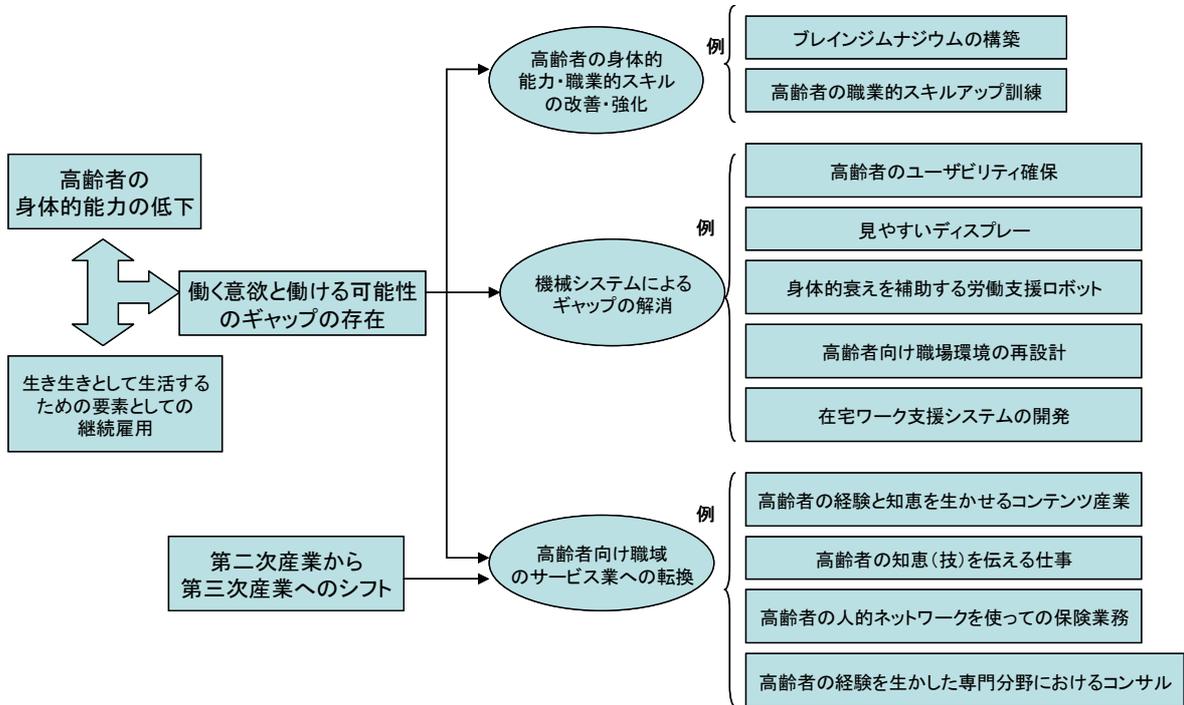
高齢者の働く意欲と働ける可能性のギャップを埋める方策として、大きく3つの分野がある。高齢者の身体的能力・職業的スキルの改善・強化、機械システムによるギャップの解消、高齢者向け職域のサービス業への転換である。

一般的に言えば、加齢によって劣化した心身能力をカバーするための機械システムは必要である。それによって、高齢労働者も生産現場への復帰が可能となり、要求される生産性を確保できる。ただし、それは生産現場など限られた職場であり、21世紀の経済社会では、第二次産業から第三次産業へのシフトが予想されることから、従前に蓄積したスキルは陳腐化し、新しい職種に対応できなくなる。すなわち、高齢者向けの職場として生産現場がメジャーでないため、高齢者向け職域をサービス産業に転換することが必要である。

他方、劣化しつつある身体機能を必要以上に機械的にサポートすることは、心身劣化を早める結果になるという指摘もある。つまり「いたれり、つくせり」は、逆効果であるということであり、問題は高齢労働者の身体機能の特性を十分に考慮し、そのバランスを考えることが大切であるという指摘である。

以上の事柄を踏まえつつ、高齢者の移動をスムーズにするためのモビリティの確保や身体的能力の特性を考慮し、高齢者の労働環境に適応できる機械システムを開発することは有用であると考えられる。また高齢者にとって「使い勝手のいい機械(システム)」、さらに移動が困難な高齢者労働者向けには在宅ワークを支援するシステムの開発も急ぐ必要がある。その場合、通信手段としてのネットワーク構築が重要である。

図表 8 働く意欲と働ける可能性のギャップ解消の方策



2) 要介護者向けの技術開発の方向

体の自由を失った高齢者に対する機械システムによる支援は有用であると考えられる。例えば、介護ロボット、モビリティ、医療機器の開発、最新の機器を備えた介護施設などのハード整備のほか、ソフト面でも、例えば、バリア対策など高齢者に優しいまちづくり、要介護高齢者を支援するためのコミュニティづくり、介護人材養成を含めた公的介護制度の整備などを挙げることができる。

介護者に関しては作業負担を軽減し、介護を快適化する人に優しい機械システムの開発が望まれている。上下運動をする電動ベッドや移動風呂など各種機器があるが、高齢者介護の現状を考えたとき、既存機器の改良に加え、新機種の開発が望まれる。

被介護者向けの製品の多くは中小の専門メーカーによって手がけられてきたが、最近では福祉ベンチャーや大手の家電メーカーの参入もみられるようになってきている。そこでは被介護者の人権やプライバシーに留意した、被介護者の自立への意欲を促す製品の開発が急がれる。

3) 介護予防についての機械システムの開発の方向

介護保険の改正案では、介護予防に力を入れる方向に進んでおり、予防活動に関する各種支給制度が整備される。人間の心身は使わなければ、劣化を早め、萎縮する。こうした

心身の萎縮に対応するには、意識的に筋力を使い、頭を働かせることがもっとも有効な対処療法なのである。その意味で東京大学大学院総合文化研究科の跡見順子教授が提唱する「ブレインジムナジウム計画」は、その先駆的研究として注目される。

4) 高齢者向け職場環境の再設計

公的機関及び民間シンクタンク、大学などの研究機関において高齢者の就労促進を目的に、高齢者向けの新しい職域の開発や高齢者活用型生産方式あるいは高齢者が働きやすい職場・環境づくりなど、各種の研究やモデル構築、コンセプトが提示されている。

その代表的なものに「ミレニアムプロジェクト」(厚生労働省)の一環として行われた「製造業における高齢者活用モデルの構築に関する研究」がある。従来は生産システムの自動化が中心であったものを、ここでは1人あるいは数人のチームで製造全工程を受け持つ作業集約方式を採る。これをベースに高齢者活用の視点を盛り込んだ人間中心の「新しい生産システム」または「高齢者活用型生産方式」を実際に稼働させ、生産性の向上を達成している。

また、中小企業を対象に、従来のIE(インダストリアル・エンジニアリング)的視点に加え、作業負担、作業姿勢、作業環境などの人間工学ならびに作業者の職務意識、満足度など産業心理学の観点から現場改善の具体化を図ろうというものもある。

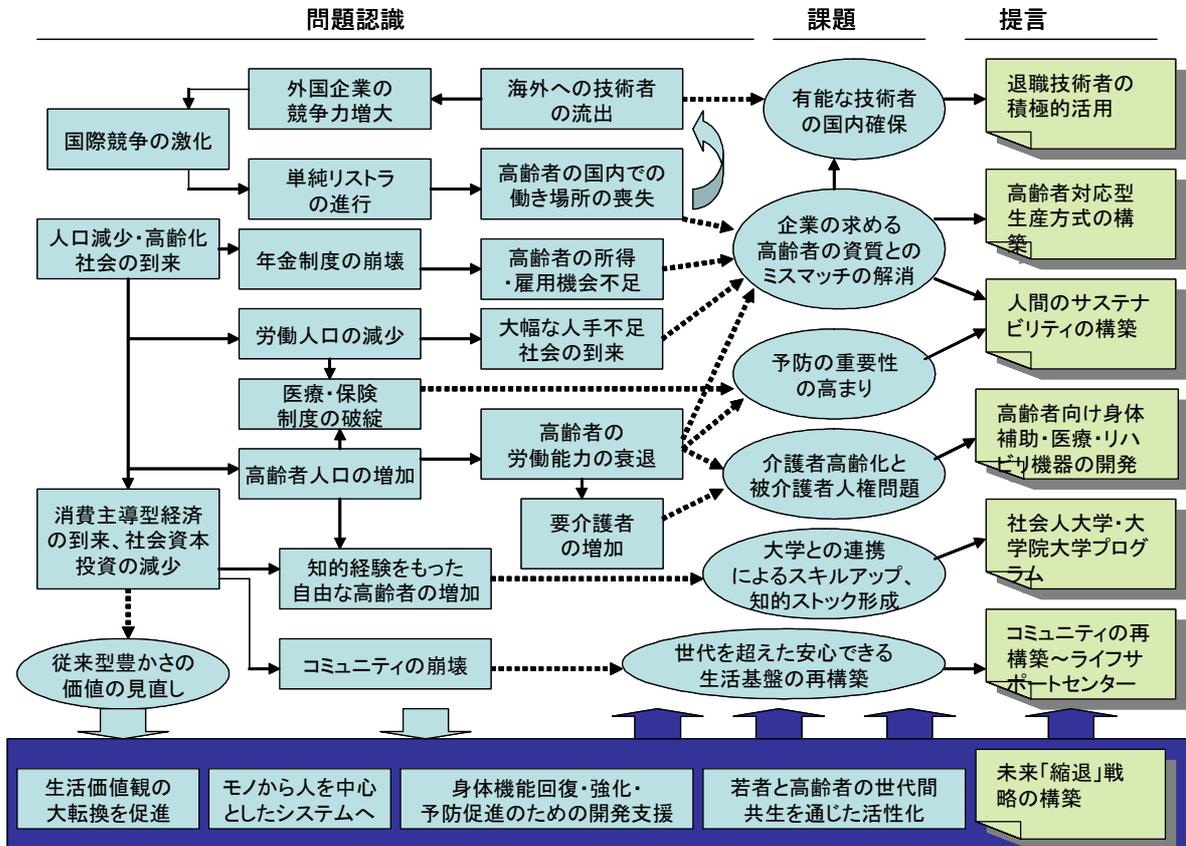
こうした事例は、なかなか企業間で共有できないため、「改善」のノウハウや経験を共有できる「データベース」の構築が必要とされている。これらの努力のひとつとして「Webを活用した作業改善支援システムに関する研究」(旧労働省)などの事例がある。

(3) 統合型機械システムとしてのプロジェクトイメージおよび今後の課題と展開

中長期的には人口減少は避けられないならば、この不可避な現象を涵養しながら、少子化と高齢化が進む社会に対応できるシステムを構築する必要がある。例えば生産主導の経済から消費主導の経済へと大転換し、GDP成長神話の呪縛を解き放ち、豊かさとは何かを再考する「縮退戦略」である。

縮退戦略を実行に移すためには、革命的ともいえる発想の転換と新たな価値観の創造が必要である。縮退戦略を構築し、社会システムの大改革を行う上で、あるいは本調査研究の主題である「高齢者いきいき社会システム」を構築する上で機械システムの役割はすこぶる大きい。こうした機械システムは、モノではなく人を中心としたシステムであること、身体機能回復・強化・予防促進のための開発支援が組み込まれていること、さらに、若者と高齢者の世代間共生を通じた活性化が実現されていることが必要である。ここでは、これまでの分析をまとめ、高齢者いきいき社会を構築するための楽観的な将来の見取り図を提示する(図表9)。

図表9 未来「縮退戦略」の構築と提言プログラム



3 - 4 - 4 都市空間の安心・安全分野

(1) 都市空間の安心・安全の課題

1) 人を内包するシステム

安心・安全は人をそのシステムの中に内包するため、新しい技術を導入する際には社会の受容性が重要な関心事となる。特に、街頭カメラの設置や生体認証等の個人プライバシーと深く関係する分野では、その設置基準や運用等において検討すべき課題が多い。

また、社会制度の不備や人間が慣れ親しんできた慣習や文化、行動規範などとのコンフリクトによって、受け入れが困難になる場合もある。このように、制度の不備の解消や心理的側面からの対応が必要である。

2) リスクとコストのバランス

これまでのわが国では、安心・安全を脅かすリスクはゼロに抑え込み、安心・安全を100%担保する完全主義が前提であった。しかし、「リスクゼロ」は実質不可能であると考えられるため、安心・安全な社会を構築するコストとリスクのバランスをマネジメントすることが重要であり、この社会的合意形成が必要である。

(2) 都市空間の安心・安全に向けた技術開発の方向

1) メンテナンスコストミニマム化

特に近年では、石油化学工場やタイヤ工場の爆発事故、設備事故あるいは自動車のリコールにみられるような欠陥部品による事故などが頻発している。前者では保守点検の不備が指摘され、後者ではコンプライアンスの欠落が指摘されている。このような災害が発生した場合、企業は甚大な被害を受け、巨額なコストを負担するだけでなく、社会的な信頼性を失うことになり、また一方で、これらの事故は社会に不安感をもたらす。ある試算によれば、予防コストをXとすると復旧コストはX乗数規模に達すると報告されているため、企業の死活問題にも直結する。このような産業事故に関しては、保守点検の徹底、

保守要員の確保、安全教育の徹底などの措置を取ることが指摘されており、ここに機械システムの役割を見出すことが出来る。すなわち、「メンテナンスコストをミニマム化」させるような機械システムである。

2) 「個」の対応から「面」のセキュリティへ：柔防備都市の構築

都市型犯罪やテロ等では、これまでも個別的な対応は実施されてきているが、都市空間を面として捉えた対応は遅れており、同様の事は情報セキュリティについても指摘できる。例えば、都市生活における防犯では、「個」の防犯強化も重要であるが、そのベースには「コミュニティ」での防犯が必要である。そのため、都市空間として「どのように安心・安全を担保するのか」を設計していくことが重要であり、社会システムとしてセキュリテ

2) 統合型機械システム・プロジェクトイメージ

デュアルユース型機械システム

災害（自然災害と人為的災害）には、様々な分野の系統的かつ有機的なリスクマネジメント・システムが必要である。

コストミニマム化を解決していく機械システムとして、安心・安全を担保するためのシステムとそれ以外の機能を並行して利用、共用できる機能を相乗りすることで相互のコストを抑えるシステムが必要である。

デュアルオペレーション型の機械システム（平常時と緊急時で切り替え利用が可能な機械システム）

- ・ レーザ光等による破損箇所の可視化や非破壊検査の技術向上による危険予知・検知システムと災害時のデュアルオペレーション
- ・ 画像情報等による道路渋滞等の道路情報と災害時の避難、援助物質や復旧資材の運搬等に資する情報の提供

デュアルユースによるセキュリティ技術開発

- ・ 監視画像等の画像情報と警備員等の人間が連動するソフトウェアやシステム開発

個人のプライバシー保護等と両立するセキュリティシステム

個人のプライバシー保護を考えると、必要な時に限定し自分から積極的に監視を受けられるシステムが必要である。

- ・ 常時・受動的ではなく、必要な時に簡単な操作によって、自ら能動的に監視を受けられるようなシステム
- ・ 予め設定した行動を逸脱した場合や異常な行動やその予兆が認識された場合などに、自動的に監視や自動化となるようなシステム

犯罪を管理するための機械システム

パトロール型ロボットといった心理的な壁となる「周囲の目」の構築を行う機械システムが必要である。

- ・ 特定のエリアを循環し、不審者等に対する周囲の目となりうる巡回型ロボット

3) 今後の課題と展開

社会システムとしてのセキュリティ、「柔防備都市」の構築

現在の安心・安全における議論は主に「個」の問題として、個々の対応が中心となってきたが、社会システムとして「どのように安心・安全を担保するのか」を考えることが重要である。同様の事は、情報セキュリティについても指摘できる。

人を内包した社会システムとして、監視システムはもちろんのこと、都市計画面、建築デザイン面、コミュニティ活動面、犯罪心理面など、地理的、社会階層的、専門分野的な繋がりや拡がりを有する「柔防備都市」の構築が必要である。

新技術に対する社会的受容性の確保

通常、法律等の社会制度は、「技術」の普及に追随する形で整備されるため、新しい技術に関するリスク評価や責任分担等についての早急な対応（制度面からの対応）が必要である。

標準化やルール化による技術開発・実用化への指針

新しい技術を開発する側が安心して開発・実用化できる環境を整備する事が重要である。企業間の「規格争い」は企業だけではなく消費者にも多大な負担を強いることになると考えられるため、早い段階での規格あるいは技術指針の策定に取り組むことが必要である。

リスクマネジメントの必要性と人材教育

科学技術の発展がもたらすリスク評価について、「リスクゼロ」を当然とする考え方から、社会的に許容できるリスクの度合いを評価したうえで、リスクヘッジする方向に変わらなければならない。そのために、個人・機関・集団間等での情報や意見のやり取りの相互作用的過程である、「リスクコミュニケーション」の促進が重要である。この場合、「リスク恒常性」が発生に留意し、システムの利用者の「慣れ」等に由来するリスク、すなわち人的要因によるリスクを低減するような啓発活動も必要である。

3 - 4 - 5 まとめ

以上の各分野での統合型機械システムと関連する課題についてまとめたものが図表 1 1 である。全体を通してみると、統合型機械システムが留意すべき課題としては以下の 8 つが抽出される。

- 既存資産の価値の見直しへの転換
- 心身予防への転換(PPK (ピンピンコロリ) 社会)
- 高齢者の持つ価値の見直し
- 知識拡大・深化対応分散型統合の仕組みづくり
- 社会的受容性の促進
- 人と共生する機械システム技術の促進
- 迅速な標準化やルールづくり
- 新たな社会づくりの基盤となる人づくり

図表 1 1 利用システムとしての統合型機械システムの分野別課題とシステム例

領域 課題	都市型ストック活用・保全分野	地域の持つストックの活用・保全分野	高齢者の活性化分野	都市空間の安心安全分野
1. 既存資産の価値の見直しへの転換	●	●		○
2. 心身予防への転換(PPK社会)		○	●	
3. 高齢者の持つ価値の見直し	○	○	●	
4. 知識拡大・深化対応分散型統合の仕組みづくり	○	○	○	○
5. 社会的受容性の促進		○		●
6. 人と共生する機械システム技術の促進	○		○	○
7. 迅速な標準化やルールづくり	○		○	●
8. 新たな社会づくりの基盤となる人づくり	●	●	○	○
機械システムの例	<ul style="list-style-type: none"> ・デュアルユース型センシング ・メンテナンス・検査ロボット 	<ul style="list-style-type: none"> ・コミュニティ支援型システム ・生活支援型システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢者対応生産方式の開発 ・コミュニティ再構築 ・サステナビリティ構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・デュアルオペレーション型機システム ・デュアルユースによるセキュリティ技術開発 ・プライバシー保護と両立するセキュリティシステム ・犯罪を管理するための機械システム

注： ● は分野にとって重要な課題 ○ は分野にとって関係がある課題

3 - 5 生産システムとしての統合型機械システム

3 - 5 - 1 擦り合わせ、設計思想共有化、モジュール化

(1) 擦り合わせと設計思想（デザインアイデア）との関係

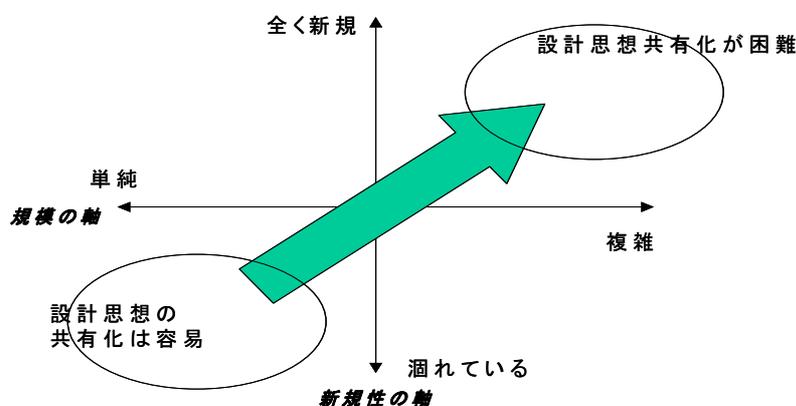
擦り合わせと設計思想の関係について、まず1つ目の仮説は、製造業において、設計部門、製造部門のそれぞれの内部で擦り合わせを行うことは、特に日本のお家芸とは言えないのではないかとということである。ただし、製造部門における擦り合わせには優位性があるかもしれない。2つ目の仮説としては、製造部門の強さと製造から設計への修正提案が、日本の擦り合わせの特徴ではないかということである。すなわち、これでは作れない、ここは修正すべきといった意見の頻繁なフィードバックである。3つ目は、擦り合わせが可能になるのは、設計思想（デザインアイデア）が共有されているからなのではないかということである。

(2) 設計対象の新規性と規模と設計思想の共有化の関係

枯れた設計と全くの新規設計とではかなり手法が異なる。ただ、実際の設計対象は「枯れた」と「全く新規」の間にあり、程度の問題である。全く新規の設計においてはモジュール化が難しい。設計対象の類似性が高まると設計思想の共有化が容易になるし、枯れた設計では、製造現場が十分設計思想を共有している。日本の強みは、枯れた設計を繰り返すことで現場が設計思想を十分共有し、良いものができるものと思われる。

一方、設計対象の規模の問題がある。巨大建造物や有人ロケットなどの複雑な設計のものとデジカメや携帯電話等とは設計はかなり違う。設計対象が複雑になればなるほど、設計思想の共有は困難になる傾向がある。

図表 1 2 設計における規模、新規性と設計思想の共有化の関係



(3) モジュール化サイクルの構築

非常にモジュール化しにくい段階であれば(全く新規の設計であればあるほど)、コンポーネントに向かないものとなる。恐らく産業化していくときに、インテグラル型の擦り合わせでなければならないものはビジネスとして成立しないため、モジュール化を早めるサイクルの構築を支援する必要がある。つまり、いかに早くモジュラー化していくのか、そのために隠れた要素を抽出し、明示可能なインターフェースの構築支援が出来れば、次のインテグラルにまわりながらも、前のモジュラーを製品として販売することができる。「止まったら追いつかれる」という状況では、いつまでも暗黙知のままにしておくことは出来ないため、モジュラー化がスピード化に繋がっていくと考えられる。

(4) イノベーション・ソフトインフラ(人に付随する暗黙知と場に存在する知)の強化

競争力の源泉が、知識の広さと深さを統合する能力であると同時に普遍化する生産システムへの対応力であることは上述した。社会が知識化に向かうと、常に新しい技術の創出によって新規な設計が要求され、設計思想の共有化が難しい状態に置かれる(図表13のA、B)。しかし、これらは時間が経つにつれて枯れた技術となり、普遍化する。そうしたものは中国等の労働力コストの安い国による競争にさらされるはめになる。この普遍化するスピードを遅くできるのは、暗黙知であるといわれるが、これは2つに分ける必要がある。ひとつは「ひとに付随する熟練といわれる形式化されない知」である。もうひとつは「場に存在する知」で、組織知、あるいは関係知、システム知、社会資本ともいわれるもので、規律や信頼関係、行動様式、文化、価値観などである。この「場に存在する知」は企業や工場、あるいはパートナー企業グループといった中に存在する。

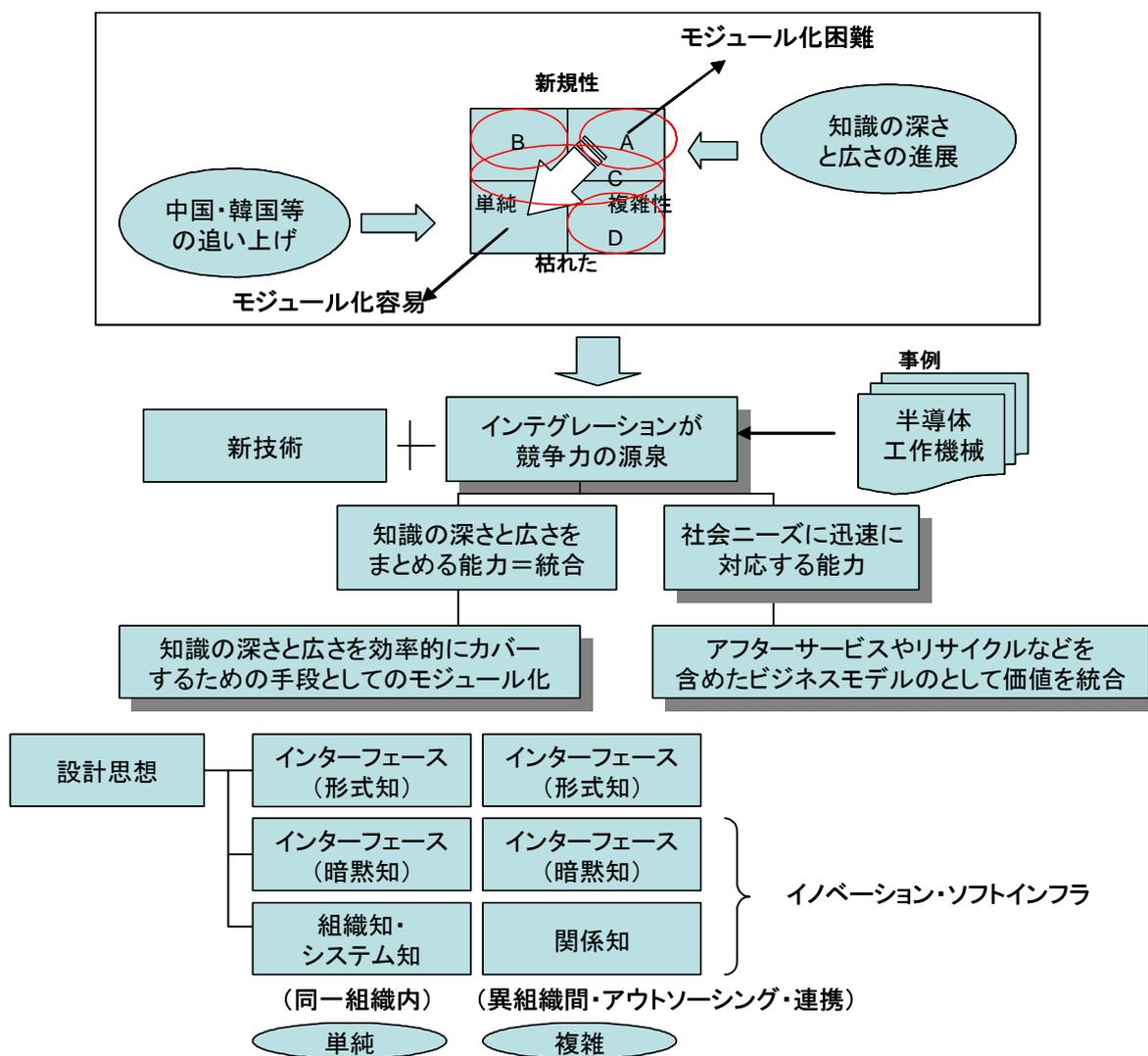
企業内の場合は、企業教育などで企業の組織文化を身につけるが、今後、知識の広がり、深みに対応するために不可欠なアウトソーシングなど外部ネットワーク企業との連携における「場に存在する知」をどのように構築するのも大きな課題となる。すなわち、設計思想の浸透を、「場に存在する知」は容易にしてくれる。個人と組織、あるいは組織群のなかに形式化されていない知はイノベーションにとって、イノベーション・ソフトインフラと呼べるもので、このインフラの質の高さによって生産の質や効率が高められる。

また、社会のニーズに迅速に対応するためにはアフターサービスや修理・保守等のビジネスをアウトソーシングせずに、内部で統合することで、得られた知識や情報の蓄積を製品設計に反映することも重要である。

さらに、擦り合わせをできるだけ少なくし、効率化するためには、あらかじめ設計段階でかなりの情報を保有し、その情報によって擦り合わせ(科学的擦り合わせと呼ばれる)をあらかじめ行っていることが必要である。設計に必要な情報を広範囲のネットワークやデータベースの中で入手することができる環境が存在しているか否かが、設計時の情報保

有量を決定的にする⁹。これは社会システムそのものに関係してくる。図表14はこうした統合調整能力の日米欧比較を試みたものであり、製造現場における日本の情報共有の効率的な場の存在とは別に、研究や設計での情報共有の効率的な場は十分とはいえないと考えられる。

図表13 統合化能力とイノベーション・ソフトインフラ



⁹ 藤本隆宏教授はこうした組織面での違い、すなわち産学協働などのシステムの違いや従業員の組織間移動の容易さなどといった社会システムが科学的擦り合わせの力の差を生んでいるため、複雑で高度な技術に関しては日本企業の製品競争力が劣るという説明をしている。藤本隆宏「アーキテクチャの比較優位に関する一考察、RETI Discussion Paper Series 05-J-013」2005年3月

図表 1 4 製品化における各段階別の日米欧統合調整能力の比較

統合調整		研究	設計	製造
日本		×	△	○
欧米		○	△	×
統合のための知識の欠如状態と擦り合わせの必要性からみた日本の状況		組織を超えた連携・知識共有化の遅れ＝研究の生産性の低さ（産学連携や知識構造化等）	大型プラントの設計知識の弱体、ビジネスモデルの弱体。モジュール設計での弱さ	企業内での情報共有化。設計での弱みを製造の擦り合わせでカバー。
形式知となっていない知識＝統合力の源泉	個人	研究ノウハウ	設計方法のノウハウ	製造ノウハウ（熟練）
	組織	知識共有のための社会システム	設計に必要な知識の流通・共有システム	工場内の工程間情報共有組織

3 - 5 - 2 今後の課題と展開

(1) 生産システムとしての具体的な統合・情報共有手段

上述の国際競争力を生み出す統合調整能力との関係を具体的な統合手段としてどのようなものがキーになっているかを整理したものが図表 1 5 である。

図表 1 5 生産プロセスの各段階での統合調整手段

機械システムの視点	製品開発				
			生産システム		
段階	市場創造	開発	設計概念	製造	アフターサービス・販売・配送
背景	追従型ではない、自らが市場を育てるリスクをとる段階に入っている	技術の深さ追求と学問分野の融合が新技術を生み出す	標準化によるコストダウンは市場拡大寄与するが、国際的コスト競争力で劣位	製造拠点の海外進出と国内空洞化、生産技術の流出	製造者責任や環境問題の発生と市場のグローバル化による異文化への対応
国際競争の命題	新市場開拓	分野を超えた連携・迅速	戦略性	最適性	顧客満足・メンテナンス情報の蓄積
範囲	核顧客	・自社以外の技術の吸収 ・産学連携	モジュールからビジネスモデルまで	グローバル最適製造から生産技術流出保護	グローバルサービスと回収責任
統合の手段	・規制見直し ・顧客教育 ・リスク分散	・理論ベースの開発（産学） ・コンセプトを核にした社内組織、社外パートナーから技術、人材、顧客情報を集める（イノベーションプラットフォーム）	・モジュールとインテグラル ・絶え間ないモジュール化によるコストダウンと競争力の源泉である「摺り合せ」の導入 ・差別化できる独自モジュールの組み込み ・リース等による内部分解できない仕組み	・スキル ・製造パートナー協働システム ・生産技術保護システム（統合されたスキルは教えない） ・価値創造型生産システム	・信頼 ・メンテナンスなどの情報の設計・製造へのフィードバックメカニズム ・顧客管理/顧客対応インフラ
概念	・新しい価値の社会への普及	・ニーズ指向のR&D	・機能以外の新たな付加価値をもたらす テーマを自分で決める	・即応・高品質生産システム ・低コスト、スピード	・顧客満足最大のためのサービスの提供

開発段階では産学連携の本来の役割を示す理論をベースとした開発における他組織との擦り合わせ、あるいは、コンセプトを核としてイノベーションプラットフォームと呼ぶ社内組織、社外パートナーとの情報共有組織体制の作りこみがうまくできるかどうかを鍵を握っている。

設計概念段階では、いわゆるインテグラルとモジュール化というサイクルをどのようにうまく制御できるかが重要となる。新たなものの開発と標準化のサイクルをどのように設計レベルで効率的にできるかということである。新たな開発製品が設計レベルでの情報で修正もなく製造が完全にでき、設計機能を実現できる場合、擦り合わせは製造現場ではいらないことになる。こうした情報が得られるためには繰り返し製造現場での擦り合わせ、修正が行われたものがストックされる必要がある。

製造段階では、熟練労働者のスキルレベルの維持、あるいは生産全体を分断して全体をわからないように保護する方法を採用したり、価値創造型生産システムといわれる生産システムの情報の共有化促進をおこなったり、いろいろと工夫をこらして、統合調整力の高度化、保護を行おうとしている。

アフターサービス、販売の段階では、製品のメンテナンス情報の設計や開発へのフィードバックの良否が鍵を握る。多くは生産性の低いということで外注化（アウトソーシング）するが、統合型機械システムという競争力の源泉の視点から見ると、外注化の再評価をおこなうことが必要である。

市場創造の段階では、リスクの分散、顧客教育、規制見直しなどが鍵を握る。これは統合型機械システムにおいてはかなりソフトの部分を検討しなければ機械システムそのものの市場受け入れが行われなためである。

（２）今後の課題と展開

国際競争力ある生産システムとしての統合型機械システムを育成していくためには、以下の項目について今後検討する必要がある。

戦略的分野の抽出

- ・ 将来の社会ビジョンをベースにした技術開発分野の探索の必要性
- ・ 設計思想で分類した産業分析と戦略の推進

インテグラル・マネジメント（構築）手法 - - 最適な手法と組織化方策の提案

- ・ 新たな産学連携方法（産業界と学界の役割）
- ・ 社内でのマネジメント（モジュール化とインテグラル部分の最適化、バリューチェーン分析によるアウトソーシング戦略の見直し）

大型プロジェクトのマネジメント技術の開発

イノベーション・ソフトインフラ強化（暗黙知・組織知の強化・見直しの推進）

- ・ 価値創造型生産システム開発の推進（縦割りからの脱却と情報・知識の共有化～スキルリソースオーガナイザ）
- ・ ネットワーク型イノベーションインフラ整備とアウトソーシング戦略の見直し
- ・ 組織 IQ 測定等による組織の知のモニターや社内教育による組織知の強化
- ・ 退職高度技能者を通じた海外への技術流出の防御

国全体のイノベーションシステムの改革という観点からの人材育成

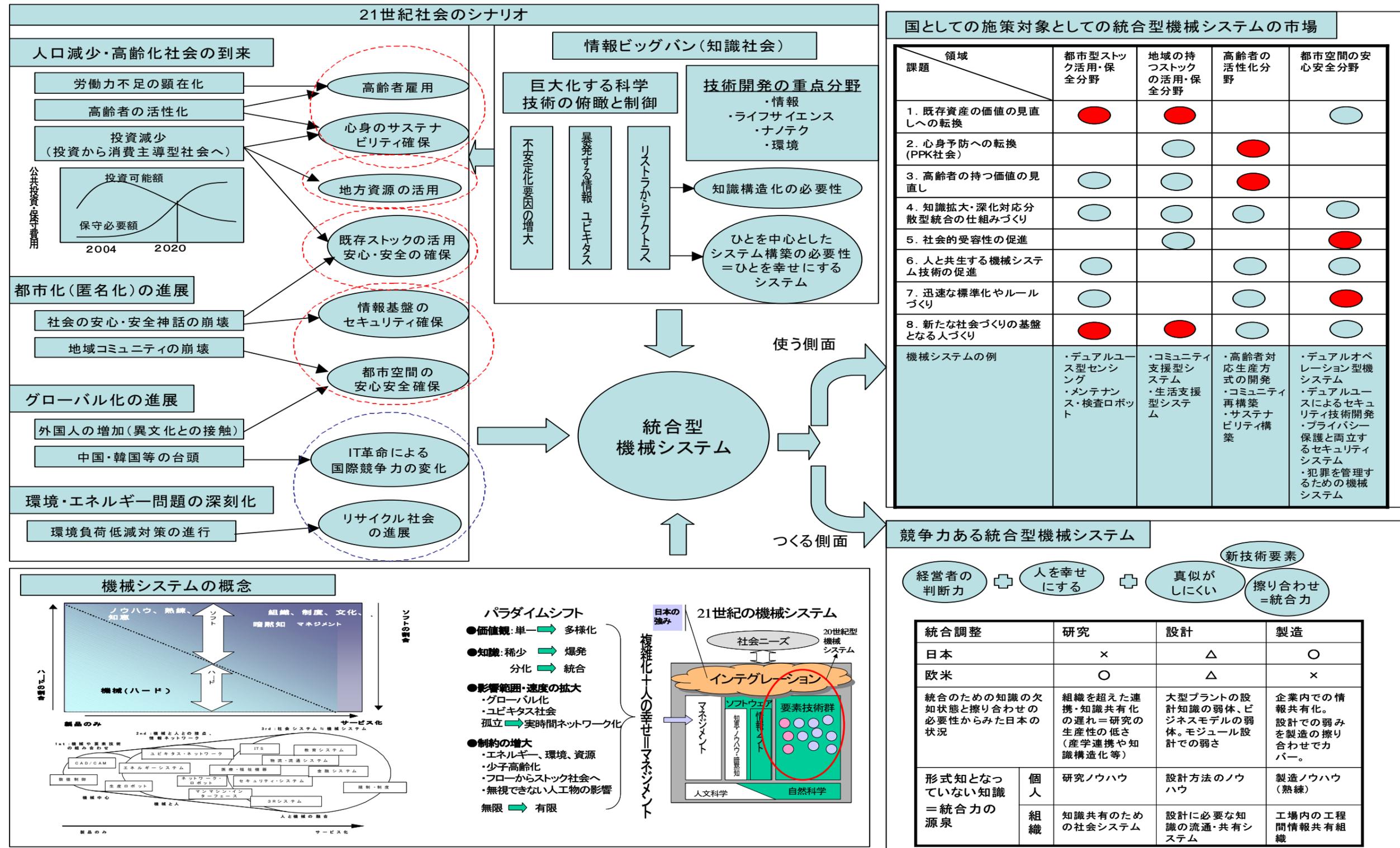
- ・ 全体がわかる構想力ある人材の育成
- ・ リスクをとれる経営者の育成、戦略本社機能の強化
- ・ 製造工程のなかでも全体、あるいは前後の工程がわかる仕組みづくり
- ・ 大学における統合能力の育成の仕組みづくり

4 . 調査研究の今後の課題と展開

本調査では、前年度において 21 世紀の機械システムを研究し、従来の機械システムを狭義のものと位置付け、社会システムとほぼ等しい範囲まで機械システムがカバーするという考えをもたなければならない時代に来ていることを示した。こうした機械システムを統合型機械システムという概念で整理した。本年度は、こうした統合型機械システムの国際競争力という観点から見た場合のあるべき姿やそのための社会や制度のあり方などを示し、機械システムを利用システムとしてみた場合のものと生産システムとしてみた場合のものに分け、それぞれの統合型機械システムに求められる課題や今後期待されるシステムを例示的に検討した。

図表 1 6 は本年度の検討プロセスと得られた結果についての概観図である。ここでは大きなトレンドとして、人口減少社会というわれわれの経験したことのない大きな変化が 2030 年まで続くこと、また、情報化、ユビキタス化の進展によってわれわれの経験をしなかった情報ビッグバンが生じ、大量の情報によって社会システムが不安定化する可能性があり、それへの対処として知識の統合化や再編成が重要になってくることがある。統合型機械システムはそうした中で「ひと」を中心に「人を幸せにする機械システム」であるつづけることがコアの概念であると考えている。技術が一人歩きする中で、こうした「ひと」をキーワードにして技術を統合していく統合型機械システムはまさに、21 世紀にもとめられる機械システムであり、国家として重点的に育成する環境の整備をおこなっていく必要があると考えられる。

図表 1 6 統合型機械システムに関する検討内容と成果の構造



機械システムの概念

● 価値観: 単一 → 多様化

● 知識: 稀少 → 爆発
分化 → 統合

● 影響範囲・速度の拡大
・グローバル化
・ユビキタス社会
孤立 → 実時間ネットワーク化

● 制約の増大
・エネルギー、環境、資源
・少子高齢化
・フローからストック社会へ
・無視できない人工物の影響
無限 → 有限

日本の強み

21世紀の機械システム

社会ニーズ

インテグレーション

ソフトウェア
ハードウェア
要素技術群

人文科学
自然科学

複雑化 十人の幸せ = マネジメント

禁無断転載

システム技術開発調査研究 16 - R - 19

「21世紀における社会システム推進のための課題と施策に関する調査研究」
報告書（要旨）

平成17年3月

作成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目4番地28号
TEL：03 - 3454 - 1311

委託先 株式会社ドゥリサーチ研究所
東京都港区赤坂二丁目17番地62号
ヒルトップ赤坂3F
TEL：03 - 5570 - 0841