



◆ 寄稿 「デジタル社会における人と機械の新たな関係」

野中 洋一 様

株式会社日立製作所 研究開発グループ
テクノロジーイノベーション統括本部 生産イノベーションセンタ 主管研究長

目次

I センター情報

1. 「システム構築のための最適化講座」開催報告
2. ヘルスケアIoTコンソーシアムとの共同研究

II 活動報告

1. 会合報告
2. 会合予定

III 正会員一覧(正会員1社入会)

◆ 寄稿 「デジタル社会における人と機械の新たな関係」

野中 洋一 様

株式会社日立製作所 研究開発グループ
テクノロジーイノベーション統括本部 生産イノベーションセンタ 主管研究長

これまでの3度の産業革命を通じてグローバル化が加速し、多くの人々が雇用を求めて国境を越えて移動するようになった。経済は、総人口に占める子供(0~14歳)の割合が30%未満、高齢者(65歳以上)の割合が15%未満の場合に劇的に成長する飛躍的経済成長の機会があると考えられており、これに基づくドイツの飛躍的経済成長の機会は1950年以前に始まり1990年に終了し、日本は1965年に始まり1995年に終了している[1]。そして現在、両国の社会は、労働力の成熟化、機械やインフラの老朽化といった社会的な問題が懸念されている。

これらの問題を解決し、生産効率を高く維持したまま持続可能な社会を構築するために、両国はサイバーフィジカルシステム(Cyber Physical System, CPS)、AI(Artificial Intelligence, 人工知能)、ロボティクスなどのデジタル技術を、ドイツではIndustrie 4.0、日本ではSociety 5.0と呼んで社会の次世代の成長エンジンとして適用を進めている。

このデジタル社会においては、人が機械とやり取りする振る舞い(相互作用)と、人と人が直接やり取りする相互作用にそれほど違いがないものになってきており、その結果として、コミュニケーションの対象としての人と機械のギャップが薄まりつつある。この技術発展におけるコミュニケーションの変化に対して、社会の変革が追いついていないとは言えず、老朽化した社会インフラや旧来のコミュニケーション手段が残る現代社会に対して、大きな変革力をもたらしている。そしてこの変革力は生活の隅々にまで行き渡り、人と機械の相互作用に大きな影響を及ぼし、仕事の手順や雇用条件にも影響を与えている。

この問題について、今回、ドイツIndustrie4.0の中心的人物の一人である **Henning Kagermann** 教授(略歴参照)をリーダー、筆者をサブリーダーとし、ドイツ工学アカデミーacatechのプロジェクトとして、ドイツと日本の産学の有識者が集まった。そして、スマート社会、スマートマニュファクチャリングに関する以下のような点について、両国の現状と将来に対する考え方について議論を重ねた。

- ✓ 労働の構造・品質・生産性の変化、その将来
- ✓ 人種・文化・社会インフラ・働き方が更に多様化する社会における課題、その中で持続的イノベーションを起こすための考え方
- ✓ 人と機械の共生のあり方

そしてこの議論の結果をディスカッション・ペーパー **“Revitalizing Human-Machine Interaction for the Advancement of Society”**として上梓した[2]。

このプロジェクトでは、人と機械の新しい相互作用の仮説、および、その仮説を実現するための社会的要件を提言した。すなわち、社会的課題がデジタル技術によって解決すると一般に考えられているが、それまで人が行っていた認識を必要とする定型的な作業を機械が代替していくため、デジタル技術による

社会的課題の解決には社会変革や労働構造の変化が必要となる。そして、この変化の中で、持続可能な社会を確立するためには、人が付加価値の高い仕事を継続的に創造し、かつ、時代遅れになりそうな仕事から高付加価値の仕事にいつでも移行できるようになることが必要となる。さらに、機械が付加価値の低い仕事を負うだけでなく、機械が人とやり取りすることによって付加価値の高い仕事を継続的に生み出していく仕組みになることも必要となる。こうした要件によって、人が生涯を通してスキルを向上し、付加価値の高い仕事を継続的に創造する、人間中心の製造システムを実現できると提言した。このシステムにより人と機械の相互作用が活性化し、人と機械の両方がデジタル社会を構築する役割を担うことができる。

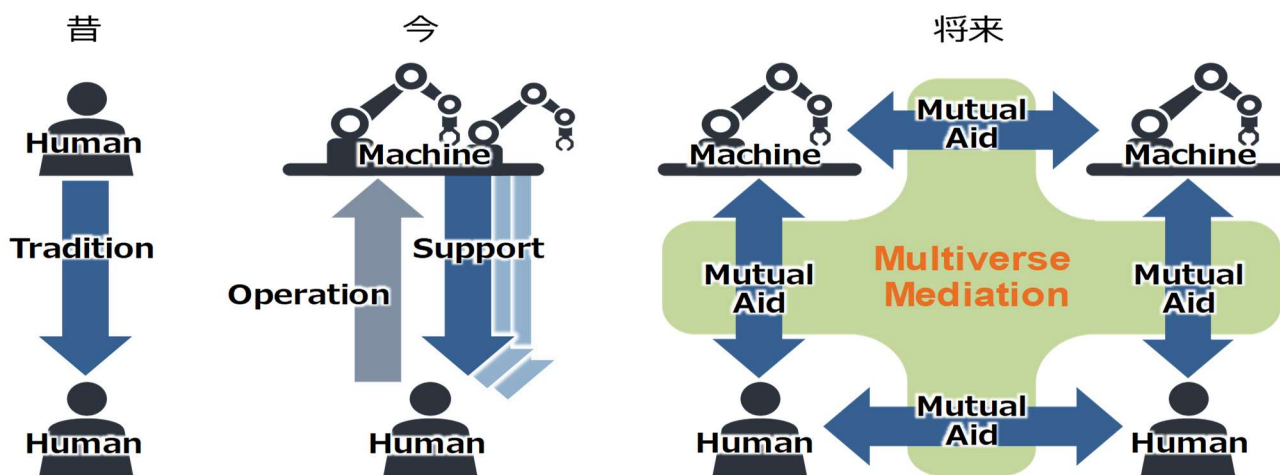


図1. 人と機械の相互作用の昔、今、将来(Source: 日立)

この提言の中で、人と機械の相互作用について、昔、今、そして将来の姿を議論した[3]。図1はその議論をまとめた模式図である。左側の図は、昔の人と機械の相互作用を表現している。いわゆる人と人の間の伝統的なモデルであり、技能者が知見やスキルを初心者言葉や身振りで伝えることで技術伝承や技術の洗練化を図る。この方法は、変化が激しく瞬時に情報が社会を駆け巡るデジタル社会では、知識の伝達という意味では効率的ではない。中央の図は、現在の人と機械の相互作用を表現しており、自動車、家電、スマートフォンのように、機械は人の行動範囲を飛躍的に広げ、作業の効率を飛躍的に向上させ、知識の伝達・共有の広さ、深さ、速さを飛躍的に高めた。このように機械は人の能力不足を補うために機械は不断の支援を人に与えているが、その支援が過度になると人が本来備えるべき能力を退化させていくリスクを含み、持続的社会的実現に課題があると今回論じた。これは医療の現場で観察される”Learned non-use”と呼ぶ現象、外界からの刺激に対して反応する身体は、刺激がなくなるとその特定の身体機能が退化していく現象について、例えばスマートフォンによって情報を瞬時に取得できる一方で検索や洞察などの力が衰えていくリスク、自動車などの移動手段の多用によって歩行能力が衰えていくリスクなども同様の現象とみることができると今回論じた。すなわち、機械からの過度の支援は、人が本来備えるべき身体能力やクリエイティビティを退化させる可能性があり、デジタル社会における人と機械の相互作用のあるべき姿は今とは違う別の何かが必要と結論付けた。

そこで今回、人と機械の両方の持続可能な成長を促すために、人と機械が共有するデジタル知識基盤が社会的に必要であると提言し、“Multiverse Mediation”と今回名付けた。この共有デジタル知識基盤が人-人、人-機械、機械-機械の相互作用を随時補助し、補助して得た人と機械の振る舞いや知見を蓄積し共有していく。例えば人と人のコミュニケーションにおいて言語の随時変換だけでなくその時々で参考と

なる情報を提供しコミュニケーションを活性化する、人と機械のコミュニケーションにおいて機械の操作方法の提供だけでなく人のスキルの成熟度に応じた運用方法の提供でコミュニケーションを活性化するなど、人のクリエイティビティを持続的に発揮させ、人と機械が持続的社会的実現に向けて効果的に貢献することを説いた。

この Multiverse Mediation という概念は未だ議論尽くされておらず、蓄積した人と機械の知見を、個人、家族、企業、国などの階層でどう共有していくかなど、知識共有の構造や運用について、これから更に議論し設計していく必要がある。いずれにせよ、今まではデジタル技術の社会適用が個人や企業など私的な目的と価値が主体であったものが、持続的社会的を築いていくためにはデジタル技術の公共性をどうしていくかが鍵となると結論付けた。

また、この概念を実現するために関係する組織論や技術開発の萌芽についても議論し、事例を持ち寄り整理してディスカッション・ペーパーに掲載した。例えば労働構造の変化に対する労働者の再学習・再就職に関する社会的支援の方針や仕組みについては、ドイツと日本の間で類似点・相違点など多く指摘され、非常に興味深い議論となった。

この日独共同プロジェクトは、ディスカッション・ペーパーを上梓し一旦区切りをつけたが、議題の重要性を鑑み、議論の枠組みを日独で拡大し、新たにプロジェクトを起こして推進していく計画である。

今回、社会的に解くべき課題をどう認識しているか、どう解決していこうとしているのか、ドイツと日本の類似性と相違性を改めて相互認識する良い機会となった。両国は同じゴールを目指しているものの、歴史的背景や社会構造の違いから、解決策を見出すまでの過程が同じとは限らないことを双方知りえたことは、貴重な経験となった。社会的に解くべき課題を世界全体で議論し解決させていくためには、こういった多様性を尊重し共通のゴールを目指していく姿勢が重要となろう。

Kagermann 教授ご略歴(ご本人の許可をもらって掲載)



Prof. Dr. Henning Kagermann

Henning Kagermann is the former president of acatech – National Academy of Science and Engineering and holds the chair of its Board of Trustees. acatech provides independent and science-based advice to policymakers and civil society.

In 2017, Henning Kagermann was appointed Global Representative and Advisor of the Platform Industrie 4.0 by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy and the Federal Ministry of Education and Research.

Moreover, Prof. Kagermann holds the chair of the Steering Committee of the Innovation Dialogue between the German government and the scientific and business communities. The Steering Committee of the National Platform Future of Mobility (NPM) is also chaired by him.

As a former member of the German Federal Government's HighTech Forum and the Industry-Science Research Alliance, Prof. Kagermann plays a key role in the promotion of strategic projects such as Industrie 4.0, web-based service innovations (Smart Services) and autonomous systems.

Henning Kagermann holds a post-doctoral thesis in physics and is former CEO of SAP.

参考文献

- [1] 米国国家情報会議, "2030年 世界はこう変わる アメリカ情報機関が分析した「17年後の未来」", 講談社, 2013年4月
- [2] H.Kagermann, Y.Nonaka, "Revitalizing Human-Machine Interaction for the Advancement of Society", acatech DISCUSSION, October 2019
<https://en.acatech.de/publication/revitalizing-human-machine-interaction-for-the-advancement-of-society-perspectives-from-germany-and-japan/>
- [3] ㈱日立製作所, "Multiverse Barrier Free - Revitalize Human-Machine Collaboration", Hitachi Brand Channel, 2019年5月
<https://www.youtube.com/watch?v=fKjN3PPbUhk>

著者プロフィール



野中 洋一 様

㈱日立製作所 研究開発グループ

テクノロジーイノベーション統括本部 生産イノベーションセンタ 主管研究長

1992年 ㈱日立製作所 生産技術研究所入社、産業用ロボット応用システム、デジタルエンジニアリング技術、生産制御技術などの研究開発に携わる。2001年米MIT 客員研究員。2017年からIEC/ISO Joint Working Group 21 "Smart Manufacturing Reference Model(s)" Task Force 5 リーダ、2018年から京都大学大学院 情報学研究科 数理工学専攻 連携教授、2019年からIEC System Committee "Smart Manufacturing" Working Group 3 コンビナなど兼務。日本機械学会、精密工学会、計測自動制御学会、CIRP、日本工学アカデミーの会員。2015年10月より現職。工学博士。

(2020. 1. 24 原稿受理)

I センター情報

1. システム構築のための最適化講座(主催 SIC 人財育成協議会)開催報告

大道 茂夫 (SIC 実行委員(個人会員 東芝デジタル&コンサルティング株式会社))

開催日・場所・参加者・オーガナイザー

開催日:2020年1月10日(金)、11日(土)、場所:政策研究大学院大学

参加者:正会員企業8社18名、非会員企業1社1名、計19名

オーガナイザー:土谷 隆 政策研究大学院大学教授

システム構築のための最適化講座とは

「システム構築のための最適化講座(以下、最適化講座)」は、SIC が掲げる基本方針の一つである「システム(化)人財」の育成のために SIC 人財育成協議会にて企画された講座の1つである。企業がデジタルトランスフォーメーションやシステムイノベーションを実現するために必要な最適化のための有用な基礎、最前線の知見を最適化研究の第一線で活躍している研究者から提供するとともに、講義を受けた参加企業が持つ具体的問題について研究者との共有が行える相談会を付与したユニークなプログラムとなっている。

最適化講座のプログラム

1日目	2日目
システムイノベーションにおける最適化 木村 英紀(早稲田大学)	数理最適化の視点から機械学習の紹介 武田 朗子(東京大学・理研 API センター)
最適化入門 土谷 隆(政策研究大学院大学)	混合整数計画 松井 和巳(東京工業大学)
連続最適化について 村松 正和(電気通信大学)	数理最適化に「仕事させる」方法 田辺 隆人(NTT データ数理システム)
離散的最適化とモデリング 池上 敦子(成蹊大学)	相談会

① システムイノベーションにおける最適化

SIC 木村副センター長からシステムイノベーションの歴史とそれが技術の進歩に果たした実例とその役割が示された。生物そのものが 40 億年の進化の歴史によって作られたシステムということや我々を取り囲むシステムについて説明頂いたことで、システムが非常に身近な存在であり、その必要性・重要性を再認識することができた。

白熱電灯で知られるエジソンが電力をシステムとして捉えていたことは、プロダクトの概念に囚われやすい思考を持つ者には非常に良い視点提供となり、フォードに続いて複数のシステム構築の例が示され、歴史に学ぶことで未来の外挿可能性を高めることができると感じた。中でも重要な示唆としては、産業革命には必ず科学革命が先行しているということである。第四次産業革命の中での競争優位を形成するには、我々は先行する科学革命についての理解が必要であり、まずは「システムを科学する」ことが重要であると帰結される。



土谷教授による開催挨拶



木村副センター長による講義の様子

② 最適化入門

2 日間の最適化講座への導入として、「実社会における課題と最適化分野の要素のマップ」により、それぞれのキーワードがどう相関するかを概観することができ、「最適化の見取り図」では数々の数理最適化の領域が非常に簡潔な形でまとめられており、知識の導入には非常に適切であった。後に続く 1.5 日の講義を意識して、入門としての用語導入が行われた。

③ 連続最適化について

「連続最適化」が計算機概念すら存在しない 17 世紀にその発祥を見ることを知り、昨今の計算機の進化によって力任せになりがちであることは反省すべきことである。計算機登場後についても最適化発展の歴史を概説頂き、最適化は「戦争に勝利するためのツール」であった事が分かると、戦争になぞらえる事の多い「事業」において、企業人は最適化の活用を考える必要がある。21 世紀の線形計画として最新の領域については難解になるので詳細説明は避けられ、連続最適化の応用例として将棋や変速機への適用例が紹介された。ボナンザ等の社会実装における工夫について垣間見ることができた。

④ 離散的最適化とモデリング

最適化において非常に重要な概念として「双対性」が存在する。一見符号が反転しただけにしか見え

ない模式図によって説明されがちな「双対性」であるが、初級者にとってその概念の本質を理解するには不十分なことが多い。ハンガリー法の演習で実際に手を動かすことにより、問題の持つ特性を損なうことなく変形し、人手であっても計算機より高速に解けることを示し、最適化の力について体感することができた。それにとどまらず、変形してできた式が双対問題と同一であることが示されたことで、「双対性」の概念が如何に重要かを理解することができた。また、なぜ最適化の研究者が双対性に美しさを見出すのかについても理解できた気がする。

⑤ 数理最適化の視点から機械学習の紹介

最適化の動機は将来の意思決定にあることが多く、最適化の仕事は日本ではあまり知られていない Decision Scientist に分類されるようである。予測というと昨今は機械学習と深層学習がトピックとして挙がってくるが、それらにどう最適化の道具が使われているかについての説明が行われた。研究の先端領域としてビッグデータにおいて予測精度を向上できるスパース最適化では非凸のまま扱えるということで今後広い社会適用が期待される。

⑥ 混合整数計画

整数計画問題と混合整数計画問題にはどのようなものがあり、それらの難しさに関する説明の後に定式化に関する考え方を提示頂き、発見的解法なども紹介頂いた。時間の関係上テキストすべての説明は行われなかったが、テキストは非常にボリュームのある形でご提供頂けたので、後の活用が期待できる。

⑦ 数理最適化に「仕事させる」方法

テキストが提供されないことから、後に理解を深めることは難しいが、数理最適化ができる貢献としては、「制約を厳密に定義できる」、「人間の『納得』の定式化」、「未知の状況への対処」があり、社会実装では予算(≒制限時間)に目配りしながら分析ループをまわすプロデューサーが必要とのことであった。これは武田先生から指摘のあった Decision Scientist と通じるものだと思われる。

⑧ 相談会

講座開始前からの持ち込みに限らず、2日間の講義からの疑問等も受け付ける、講師陣による相談会が行われた。講義の内容に関する学習をどう深めていけばよいかといった相談もあれば、企業における具体的な課題に対しても持ち込まれ、終了時間を押しての会となり今後の産学連携が期待できる。



最適化講座の講師と受講者



相談会の様子

2. ヘルスケア IoT コンソーシアムとの共同研究

2020年1月27日、ヘルスケア IoT コンソーシアム(会長 山本義春(東京大学))の PoC 部会(HIT-PoC)と一般社団法人システムイノベーションセンター(代表理事・センター長 齊藤 裕)のシステムヘルスケア分科会(SCI-SH)は、「“人生100年時代”のヘルスケアづくり構想とその実証」の研究題目で共同研究を行うことを双方合意しました。

(研究目的)

“人生100年の時代”における高齢者の生き方や健康維持、社会生活など、長寿社会での「個人の生き方」と「高齢者が多数を占める社会の在り方」について議論・検討を行い、今後日本が目指すべき健康長寿社会の姿を個別業界、企業、行政を超えた新社会システムとして構想する。その一部については概念実証を行い、構想システム実現と新たなエコシステム・ビジネスモデルスタートの端緒とする。

(研究内容)

長寿社会の現状課題・問題意識等を検討し明らかにすると同時に、“人生100年時代”のヘルスケアづくりの在り方、さらにはそれが実現された社会における新たな問題・課題等についても検討・整理する。全体を俯瞰した上で、“人生100年時代”の社会システムとしてのヘルスケアづくり(人生のマルチステージにおける生き方や社会経験価値創造)やエコシステム・ビジネスモデル(シェアリングエコノミーによる生産活動や社会参加による well-being の向上、新たな補償システムなど)を検討・構想する。構想システム実現・実証のための概念実証(PoC)を企画し実施する。

本件に関する HIT-PoC と SIC-SH の会員限定の共同勉強会が2月18日(火)に東京大学本郷キャンパス教育学部棟158講義室で開催されます。以下 URL を参照のこと。

<https://event-seminar012.peatix.com/view>

ヘルスケア IoT コンソーシアム(HIT)とは

ヘルスケア IoT コンソーシアム(HIT)は個人の健康・行動・環境等のデータを個人が管理・運用し、個々人が自身の生活の質を向上させるために健康意識を高め行動変容を起こす「ヘルスケア情報流通インフラ」とそれを支える「IoT プラットホーム」を構築し、ヘルスケア関連産業の活性化、新規事業の創出支援、国民医療の経済性向上を目的とした産業界横断的組織です。以下 URL を参照のこと。

<https://healthcareiotcons.com/>

Ⅱ 活動報告

1. 会合報告

2020.1.20(月) 16:00~18:00 第8回実行委員会開催報告

場所:ダイワロイネットホテル西新宿 2F会議室

参加人数: 副センター長、実行委員11名(全実行委員18名)、事務局長、計13名

議題

- ① 2019 年度の報告 業務及び財務の実績報
- ② 2020 年度の事業計画と事業予算案の審議
- ③ 人材育成協議会企画の「システム構築のための最適化講座」実施報告
- ④ 外部団体との連携について
- ⑤ SIC 知財の管理について 分科会運営規則の改定案
- ⑥ その他

以上

2. 会合予定

2020 年度第1回理事会開催予定

日時: 2月12日(水) 13:30~14:45

場所: 住友不動産新宿グランドコンファレンスセンター 5F

以上

2020 年度第 1 回産学交流会開催案内

日時： 2月12日(水) 15:15~17:00

場所： 住友不動産新宿グランドコンファレンスセンター 5F

参加対象： 正会員企業メンバー、学術委員、個人会員(事前登録制)

テーマ「システム化とAIの展望」

話題提供 松尾 豊 様 東京大学大学院工学系研究科教授

(兼)ソフトバンクグループ株式会社取締役(社外)

概要

人工知能の技術が進展している。深層学習が多くのタスクで従来技術を大きく上回る性能を挙げ、顔認証や画像診断、自動運転、機械翻訳などさまざまな形で応用されている。

また、最近では、自己教師あり学習と呼ばれる手法により環境や行動のモデル化を行う世界モデルという技術の研究も進んでいる。本講演では、深層学習の技術動向を俯瞰するとともに、それが今後さまざまな産業におけるシステム化の可能性をいかに広げるか、そして、広く科学技術全般の考え方にいかに影響を与えるかについて述べる。

以上

第1期定時社員総会招集案内

日時： 2月12日(水) 17:15~18:00

場所： 住友不動産新宿グランドコンファレンスセンター 5F

参加者：議決権を持つ正会員企業代表者、他会員もオブザーバーとして参加可

議題

- 1) 2019 年度事業報告(案)及び同決算書(案)の承認の件【決議事項:第 1 号議案】
- 2) 2019 年度監査報告 【報告事項】
- 3) 2020 年度事業計画及び同予算書の報告の件 【報告事項】
- 4) 正会員の状況について 【報告事項】

以上

2020年度第1回 SIC フォーラム開催案内

日時： 2月20日(木) 15:00~17:00

場所： 住友不動産新宿グランドコンファレンスセンター 5F

参加対象： 正会員企業メンバー、学術委員、個人会員(事前登録制)

<セッション1>

【タイトル】 農業データ連携基盤 WAGRI の推進

【講師】 林 茂彦 様 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業情報研究センター 農業データ連携基盤推進室 室長

【講演概要】

農業データ連携基盤(WAGRI)は、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」において、農業 ICT サービスを提供する民間企業等がデータの連携や提供を行うプラットフォームとして開発された。WAGRI は農業 ICT の普及・推進のための重要なインフラとなること、長期にわたる安定的な運用、中立性・公平性が求められることから、2019 年度より農研機構が WAGRI の運営母体となり本格運用を開始した。本講演では、WAGRI の構造や特徴に加え、提供するサービスや利活用事例などを紹介する。

<セッション2>

【タイトル】 Lumada の設計思想とエコシステムの実現に向けて

【講師】 岩寄正明 様 日立製作所 研究開発グループ 技師長

【講演概要】

様々な分野でデジタル化が加速しているが、実は、既存システムと深層学習等の新技術の統合を容易化する System-of-Systems の概念が重要である。また、様々な分野の専門家との協創を可能とする共通「言語」が必要となる。加えて、様々な開発環境やプログラミング言語の混在を許容し、アプリケーション実行のロケーションフリー化を実現するコンテナ技術も重要である。さらに、頻繁に試行錯誤を繰り返す Agile 開発においては、来歴管理や CI/CD ツールも必須であり、エコシステム確立にはユーザ間での知識共有支援も不可欠である。

本講演では、これらの要件を満たす Lumada プラットフォームの設計思想を述べる。

今後開催予定の会合の正式な案内は詳細が確定後事務局からご案内します

Ⅱ 正会員一覧（正会員1社入会）

NTTコミュニケーションズ株式会社

KDDI株式会社

株式会社 NTT データ

株式会社構造計画研究所

株式会社 JSOL

株式会社テクノバ

株式会社野村総合研究所

株式会社日立物流

株式会社三井住友銀行

損害保険ジャパン日本興亜株式会社

デンソー株式会社

日鉄ソリューションズ株式会社

ファナック株式会社

マツダ株式会社

三菱重工業株式会社 ICT ソリューション本部

横河電機株式会社

NTTコムウェア株式会社

SCSK株式会社

株式会社 NTT ドコモ

株式会社 Cogent Labs

株式会社ソビー

株式会社東芝

株式会社日立製作所 横浜研究所

株式会社みずほフィナンシャルグループ

株式会社三菱 UFJ 銀行

帝人ファーマ株式会社

トヨタ・リサーチ・インスティテュートインク

東日本旅客鉄道株式会社

富士通株式会社

三井不動産株式会社

三菱電機株式会社

青字は新入会正会員

以上31社(五十音順)

次号 2020 年 3 月初め発行予定

発行: 一般社団法人 システムイノベーションセンター(SIC)

代表理事・センター長 齊藤 裕

URL: <https://sysic.org>

事務局 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 1F B-19 号

E-mail: office@sysic.org Tel.Fax: 03-5381-3567

編集責任者: 広報担当業務実行委員 中野一夫(構造計画研究所)