



項目をクリックすることで当該記事に進みます

論説

CAE から MBD へ

マツダ株式会社 統合制御システム開発本部
MBD 革新部 部長 津村 信一氏

SIC戦略提言要約シリーズ - I 「ヘルスケア」サブワーキンググループ戦略提言

「人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築」

目次

I センター情報

- ① SIC2024年度連続講義「現代システム科学講座(第二回)」第5回『状態推定と予測』
(9月27日(金)-28日(土))オンライン開催案内
- ② SIC2024年度連続講義「現代システム科学講座(第二回)」第3回『最適化』開催報告

II センター活動

- ① 2024年度第6回SICフォーラム開催案内
【日時】 2024年8月27日(火) 13:15-14:30 (オンライン開催・会員限定)
【タイトル】 貨物鉄道輸送 次世代への挑戦・進化
～DX・GX 推進、新システム連携等による次世代カーボンニュートラル型
全国物流ネットワーク構築へ～
【講師】 篠部武嗣 氏 日本貨物鉄道株式会社(JR 貨物)
取締役兼常務執行役員経営統括本部長
- ② 2024. 7. 19 15:00-16:15 2024年度第5回SICフォーラム開催報告
【タイトル】 「分散 PDS とパーソナル AI」
【講師】 橋田 浩一 氏 理化学研究所革新知能統合研究センター
分散型ビッグデータ チームリーダー
- ③ 2024. 7. 23 15:00-17:00 2024年度第7回実行委員会開催報告

III 会員一覧

筆者は、現在 MBD 革新部という部署でパワートレインや車両、そして制御も含めたクルマ全体での MBD の技術開発や量産開発適用を行っています。今回のテーマは非常に大きなテーマで、筆者ごときに語れるかどうか、甚だ自信はありませんが、特に筆者が深くかかわってきた車両開発の領域を中心にマツダの CAE/MBD の発展について、弊社の歴史も踏まえ論じていきたいと思っております。

まず、最初にマツダにおける CAE(Computer Aided Engineering)と MBD(Model Base Development)の言葉の定義について述べさせていただきます。一般的には、MBD はもともと制御モデルと制御対象モデルを用い、机上で制御開発を行うことを意味しています。しかし、車のシステムが複雑化したことにより、個々のシステムの相互影響を考えると、制御の対象が車全体へと広がりつつあります。この広がりにより、従来、CAE モデルと呼んでいた衝突、強度、振動、燃焼、車両運動などを扱うモデルのほとんどが、制御対象モデルとしての役割(プラントモデル)を求められるようになりました。また、マツダでは将来、開発の全てを机上化するという理想を掲げているため、CAE モデルと制御対象モデルを区別することは意味がなくなってきました。このため、数値モデルによる検討なども含め机上開発全てを MBD と定義しています。ということで、以降(特に7章以降)では、CAE/MBD という言葉は、あまり区分せず使用しております^[1]。

それでは、ここからマツダにおける CAE の歴史を述べますが、私の入社(1990年)以前の内容については、CAE の発展に貢献された諸先輩の記録を流用させていただいております。

1. CAE 創世期(1965-80ごろ)

マツダにおいて、CAE(もしくは数値解析)を始めたのは1965年ごろのようです。有名大学の先生を指導教官として解析係を発足し、数値計算法を学び、内製のプログラムを用いて線形・非線形構造解析を始めました。有限要素法による強度剛性、振動、衝突、大変形解析では世界トップの技術レベルであったようです。この時代は世界中の有名な先生を2年に一度程度招聘してスキルアップを図っていました。

その後、オイルショックを経験し、立ち直る為に、技術開発要員を量産開発にシフトした結果、CAE の技術開発はストップし、技術力は業界下位レベルになったが、応用技術は進みました。

(※:余談であるが、1965年ごろに発案された、プロ野球巨人の“王シフト”は、マツダ社員が社内のコンピュータで解析した。その当時から、コンピュータなど新し物好きの社風があったと言われている。)

2. 外部技術導入時代(1980-82)

それまでの内製ソフトによる解析に代わり、現在も NVH 解析などの基幹 CAE システムとして用いられている NASTRAN の企画導入、教育により、業界上位レベルに復興しました。この時代以降、基本的に CAE ソフトは汎用のソルバーを導入することとなりました。

3. 車全体の解析時代(1982-95)

それまでは、車体解析が中心でしたが、解析適用範囲をシャシー領域まで拡大発展させました。また、解析専任者が CAE を行うだけでなく、設計者でも解析を行うことや、増えてきた解析工数を効率化する目的で、マツダ独自の WISE(Widely Covered Intelligent System)、CPAS(CAE Process Automation System)など、CAE プロセスをサポートするシステムの開発が始まりました。

4. ル・マン優勝への MBD の貢献(1991)

筆者が入社して2年目に、マツダはル・マンで日本車初優勝という快挙を達成しました。残念ながら、当時私は関わっていませんでしたが、自分の周りにも手弁当でレース車両の解析などしながら貢献していた人はいました。

今回、この投稿を行うに当たり、ある役員から、ぜひル・マン優勝の陰で活躍した MBD を紹介してほしいと、いくつかの資料をいただきました。その一部は、自動車技術会誌^[2]にも公開されていますが、あらためて、その内容を紹介します。

以下、自技会誌からの抜粋>>>

①サーキットシミュレーションでの戦略策定

総合優勝は、優れた技術力あつてのことだが、優勝するには技術だけでは十分でない。よく、ル・マンには魔物が住んでいるといわれる。24時間、この魔物とどのように戦うかの戦略が大切だ。我々は、ル・マンを知ることからはじめた。まず、シミュレーション技術を駆使して、ル・マンサーキットの路面をモデル化した、そしてそこを走るための、車のモデル、ドライバーのモデル、を開発した。それを用いて最高の戦略を立てた。



ル・マンのサーキットはご存知の通り一般公道であり、年に一回この公道をサーキットにかえてレースが開催される。何人たりとも事前テストはできない。この頃コースの一部が変更され、各社ともその攻略法に悩んでいた。徹底したシミュレーション実験から、ル・マンのサーキットを走るためだけに必要な車の性能を明確化し、不要な贅肉はそぎ落とした。まさにル・マンを走るために開発された車だった。このサーキットに適合させるための、ブレーキ性能、空力ダウンフォース、エンジン性能が設計された。すべての SPEC は戦略的に作りこまれた。そして、ドライバーのモデルを用い、このサーキットを最も早く24時間走り続けるための運転のし方がコンピュータではじき出された。スピードが早いだけがいいのではない。ブレーキでの熱の発生のさせ方を管理し24時間壊れないようにしないとならぬし、エネルギー節約と早さのベストバランス点を見つけ、少ない給油回数、少ないタイヤ交換で、ピットインのロスタイムを減らさねばならない。最善の方法がコンピュータ実験され、その結果がドライバーに指示された。

最初は半信半疑だったプロドライバーも、国内での模擬テストで、シミュレーションの正しさを付きつけられ、一番良い走り方を全ドライバーが共有化できた。必勝パターンをデータ化した。

②1991年 ル・マン開戦

最高の戦略が決まったあと、車を仕上げるまでの時間余裕はなかった。ル・マンに送る車はヨーロッパで組み立てたが、車両完成はル・マン本番の直前だった。その最終仕様車をテストする場所も時間もなかった。最高車速350km/hにもなるこの車のテストには長い直線路が必要だった。急遽、イギリスのとある空港に飛び込みで掛け合い、滑走路を占有させてもらい最終テストは無事完遂した。

そしてル・マンが始まった。787Bからはリアルタイムで、ドライバ操作とメカの生データ信号が通信システムでピットへ送信された。ピットでは、必勝パターンのデータと適合しているかどうかをマネジメントし、ずれがある場合、リアルタイムで改善指示が飛んだ。

優勝した年、マツダは世界中でだれよりも、ル・マンのサーキットと、その攻略法を理解していた。そしてその戦略をチームの全員が共有していた。最高の技術と最高の戦略でル・マンを制した。24時間で、1周13.6kmのサーキットを実に362周、平均時速205.133km/h。これは前年度優勝したジャガーを上回るものだった。

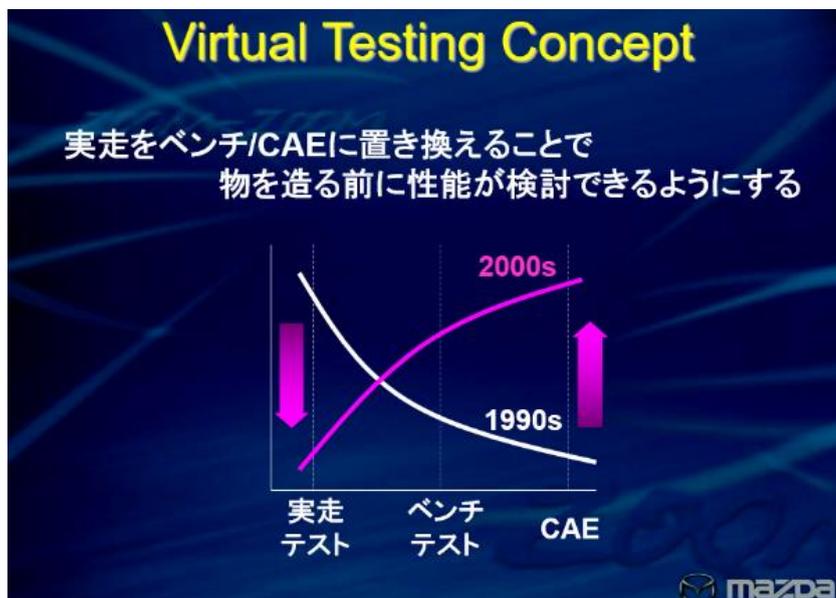
<<<< 以上

ここに書かれている「シミュレーション技術」こそ、当時の技術研究所を始めとするエンジニアが開発したクルマ一台モデルによる MBD 技術で、これを駆使して戦略を立て、優れたレースチームがこれを踏襲した結果、優勝という結果に結びついたのである。驚くべきは、当時の技術、計算リソースでクルマ一台モデルによるシミュレーションを作成していたことと、それを成果に結び付けていたことある。

5. MDI プロジェクト時代(1996-2003)

1996 に MDI(Mazda Digital Innovation)Project が開始されました。このプロジェクトは、開発効率の大幅な向上を目的に、デジタル技術を活用しようとするものでした。CAD ソフトの汎用化などいくつかのプロジェクトがありましたが、その一つに実研革新という領域があり、Virtual Testing というコンセプトの下で進められていました。これまで実機の実走テストでしか評価できていなかった性能を、ベンチテストへ、さらには CAE 評価への置き換えを可能とすべく、最新の実験計測装置や CAE ソフトの導入が行われました。この活動により、テストコースで実走

評価をメインにしていた車両の耐久強度性能やロード NVH 性能などの一部が、ベンチで評価することが可能となりました。また、ベンチでロバストな計測が行えるようになったことで、CAE 結果との整合取りが容易となり、CAE の予測精度も格段に向上しました。



Virtual Teasing のコンセプト

6. Ford(Ford Motor Company)からの CAE 技術の導入(1996-2008)

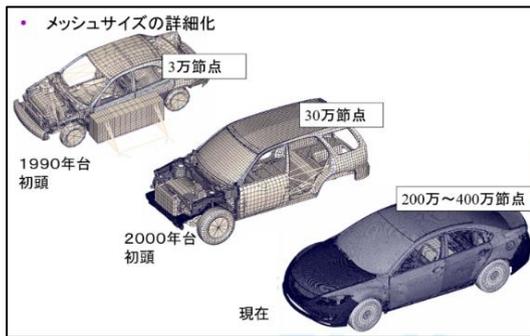
上記の MDI 開始とタイミング同じく、1996年に Ford がマツダの株式の33.4%を取得し、マツダは Ford グループの一員となりました。同時に、Ford の様々な情報がマツダに対して公開されるようになり、Ford の持つ高い CAE 技術を学び、導入することが可能となりました。1990年代の Ford の CAE 技術は質/量とも世界一で、スーパーコンピュータも世界一の容量を確保していました。また、Ford の CAE エンジニアは、世界中から集まっており、その数は約900人で、半数は博士号を持った研究者でした(当時のマツダの CAE 関係者は約100人で、博士号保持者は1人だった)。マツダ社員も Ford のイントラネットが閲覧可能となり、その中にある CAE 標準や解析手順を見ることができるようになりました。当時、私は耐久強度や NVH の CAE を担当していましたが、解析モデル作成から解析実施、結果評価に至るまで詳細なプロセスが文書化されていることや、耐久強度における寿命評価や NVH における音圧評価までが CAE で予測可能であることに衝撃を受けました。

1997年には、マツダの CAE エンジニア数名が Ford を視察するために、アメリカの R&D 拠点であったミシガン州の Dearborn 市に赴きレクチャーを受けました。それ以降、Ford との共通車台の開発も兼ねて、毎年数人のエンジニアが渡米し、Ford の CAE 技術を吸収しました。それらの技術を、次々に車種開発適用し、マツダの CAE 技術は一気に世界レベルに追いついていきました。現地で学ぶ以外でも、定期的なテレビ会議で技術交流を行い、Ford はマツダの CAE エンジニアのスキルアップにも大きく貢献してくれました。

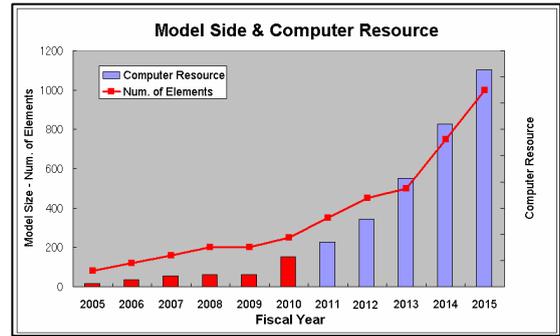
また、技術だけでなく、量産開発における CAE のプロセスや CAE ソフトのライセンス、計算資源なども共有しました。元々 Ford グループのソフトライセンス数はマツダより桁違いに多く、Ford 価格はマツダ購入価格のおおよそ1/3の割安で購入されていた。この価格でマツダは購入できるようになるという経営的なメリットも発生しました。プロセスにおいても、Ford はとても洗練されたプロセスを持っていたが、スピードにおいてマツダが勝っており、この点はマツダが貢献できる数少ないポイントでした。

7. SKYACTIV 以降(2008-現在)

Ford グループを離れて以降も MDI2 プロジェクトなどを通じて、マツダの CAE は大きく発展していきました。特に PT 領域における SKYACTIV エンジンの開発が顕著な事例ですが、これに関してはマツダ技報など多くの文献が出ているので、ここでは割愛します。車両領域で言えば、衝突解析領域の発展が顕著であり、下図のように解析モデルの詳細化や計算機能力の増強と相まって、開発の効率化に大きく貢献しました(データは2015年時点)。



衝突モデルの詳細化



スーパーコンピュータ容量とモデル規模の推移

8. CAE から MBD へ

SKYACTIV の開発を通じて、パワートレイン、車両系とも CAE 技術は大きく発展しました。また、CAE の活用は開発領域にとどまらず、生産・製造部門にも広がり始めました。しかし、それぞれが個々に発展していったため、領域毎の進度にばらつきがあることや、ツールの導入やリソースの活用などにダブリなど無駄が発生していました。さらに、今後の電動化を見据えた場合、パワートレインと車両を別々に開発するのではなく、制御も含めたクルマ一台モデルで開発を行う必要が出てきました。そこで、2018 年にパワートレインと車両系の CAE を統合した MBD 革新部が立ち上がりました(その後、制御系も加わる)。この部門の役割は、①企画段階から製造に渡る一貫通貫した CAE プロセスを考案やクルマ一台モデルに準ずる CAE 技術の開発、②生産・製造部門やサプライヤとの共創活動のリード、③社内の MBD に関わるツールやリソースなどの集約、など MBD を用いた開発の革新を担っています。

現在、MBD 革新部では、“より「深く」、より「広く」、より「早く」”の方針を掲げて、日々活動しています。その内容を、少し詳しく述べます。



◆より「深く」

これまで培ってきた CAE の技術をさらに突き詰める、またはその技術を応用して電駆など新しい領域に活用していくことを目指します。

例えば、欧州や米国などでますます厳しくなる環境規制に対応するため、従来別々に行ってきた燃焼系の解析と後処理の解析を統合して行う MBD 技術を開発し、相互作用も活用して環境負荷低減の検討を可能にします。また、SKYACTIV の内燃機関の解析で磨いてきた流体系の MBD 技術を、EV の電池の温度管理や熱暴走の解析に応用して、早期に解析技術を創り上げます。

◆より「広く」

ここでの「広く」の意味は、2つの方向での広がりを意味します。一つは、これまでのようにパワートレイン/車両/制御を個々に検討するのではなく、全てを統合したクルマ一台モデルを用いて、リアルワールドでの振る舞いを検討できるモデル、解析技術の開発と適用を実現すること。もう一つは、社内の関連部門だけでなく、マツダの自動車開発に協力いただいているサプライヤ殿の MBD 活動や共同研究を行っている大学や研究機関との共創という形での領域の広がりである。例えば、前者では、生産部門の塗装工場での粉塵飛散の問題を設備自体をモデル化し、流体解析を用いて粉塵飛散のシミュレーションを実施することで改善案を検討するなどし、後者では、特に広島に拠点を置くサプライヤ殿と、解析モデルの流通を行ったり、MBD の技術サポートを行うなどしている。

◆より「早く」

ここでの「早く」には、“Fast”と“Early”の2つの意味を込めている。すなわち、より高速に、より効率的に解析活動を行うことと、開発の早い段階で物事を決める Front Loading の2つの意味である。前者に関しては、MBD と親和性の高い AI を活用したり、最適化の技術を活用した自動化などに取り組んでいる。後者に関しては、開発初期の形状がまだ決まっていない段階(車形や諸元、大まかなレイアウトのみ決定)で扱える粒度の粗いモデルの開発とそれを用いた生存空間の探索や性能間の背反見える化などが行える MBD 技術の開発や適用を実施している。

9. おわりに

今回、「CAE から MBD へ」というテーマで、マツダの CAE/MBD の進化をテーマに書き進めてきました。この領域は、これまでも急速に進化してきましたが、業界は100年に1度の変革期を迎えており、電動化・自動化など、対応すべき課題は大幅に増えています。制御や AI など、新しい技術を取り入れながら、これまで以上のスピードでの進化を果たさねばならないと改めて認識している今日この頃です。

■参考文献

- [1]藤川智士:マツダの目指すモデルベース開発:マツダ技報 第31号(2013)
- [2]自動車技術会誌 2003年9月号 技術の窓

(2024年7月23日原稿受領)

「人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築」

現在の日本は、世界で最も高い高齢化率を誇る「超高齢社会」である。すなわち、「長い人生」を送っている人の割合が最も多い国となっている。その高齢者の個人々々にとって本来あるべき幸せな生活(快適で豊かで長い人生)を実現するためには、単に長生きできることだけではなく、その中身、すなわち QOL(Quality Of Life)を維持した上で長生きできるということが重要であろう。

高齢者が QOL を維持しつつ豊かな老後を過ごせるということは、個人の Well-Being を実現できるだけでなく、社会全体の Well-Being、すなわち社会保障費の削減といった社会負担の軽減や、労働人口減少に伴う国内総生産・成長力低下への対応、国内消費の維持拡大、そして何よりも将来に対する漠然とした不安の解消にもつながるものと考えられる。高齢者の QOL の維持は、日本社会にとってあらゆる観点で重要な課題といえよう。

このような問題意識から、一般社団法人システムイノベーションセンター(SIC)での戦略提言活動において、ヘルスケア・サブワーキンググループでは「人生100年時代における豊かな健康長寿社会」を実現するために解決すべき社会システム上の課題について議論した。その結果、超高齢社会の社会システム課題として考えるにふさわしい、現実的、かつ、具体的なテーマである「超高齢社会を前提としたモビリティ社会の将来像」をディスカッションテーマとした。そして、その中でも特に一定年齢以上の高齢ドライバー全員が直面する、「高齢ドライバー免許更新制度」、「運転免許証自主返納制度」をめぐる諸問題に関し調査、議論を行い、その結果を「SIC戦略提言」の一つとして、「人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関する提言」と題してまとめた。すなわち、高齢者の自動車運転にかかる社会システムとして、次の4つの社会システム構築を提言する。

■提言 1:

デジタル技術を活用した運転能力の把握と安全を適切にサポートするシステム、および、それらを搭載したデジタルサポートカーの開発導入を促進すべきである。

現在、自動運転を目指した技術開発が進んでいる。その完全な実現には、まだ、かなり時間がかかるであろうが、その途中で利用できる高齢ドライバーサポート技術がたくさんある。実際、例えば高齢者に限らず、健康状態が悪化してドライバーが運転できない状態になった時に側道に車を寄せるという技術も開発されていて、実装し始めている。今後次々に出てくるであろう自動運転への技術を、運転能力の把握と安全を適切にサポートするために積極的に取り入れていくべきである。

■提言 2:

資金的支援を含めた”デジタルサポートカー認定制度”の充実と、その制度を理解し体験できる普及啓発活動の場づくりを進める。

デジタルでの運転サポートを装備したデジタルサポートカーの認定制度を充実させる。現在、その資金援助が予算関係で十分ではない。制度自体はあっても、利用するには高額である。車の買い替え時に、サポートカーとするため支援策が必要である。また、様々なデジタルでの運転サポートを装備した車を体験していく普及啓発の場づくりも必要である。運転免許の更新や車検というタイミングに、普及啓発を図っていくと良いのではないかな。

■提言 3:

健康状態を測定・解析しつつ運転能力の維持・向上にも資するデジタル技術(ドライビングシミュレーター技術等)の研究開発を進める。

健康状態を測定解析しつつ運転技能の向上維持向上を進めるデジタル技術を取り込んだドライビングシミュレーターを開発して、運転免許の教習所や車のディーラーなどに置いて、高齢ドライバーに活用してもらう。このような、健康状態と運転技能、そしてその関連を日常的に確認するという装置を用意するべきであろう。

■提言4:

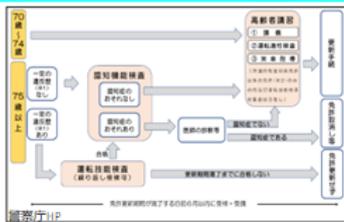
日常の健康データと、運転能力の関連性を解析し、運転寿命延伸に効果的な運動・生活習慣の特定とその普及啓発活動の推進をはかる。

ヘルスケアIoT技術による日常生活での健康データと、ドライバーの運転能力や心身の健康状態のデータとの関連性を解析することで、より精度の高い運転能力の診断や事故リスク評価を行う。これらの研究を通じて疾病の予兆検知やQOL向上のための運動や生活習慣改善策の普及のための研究開発を推進する。

今後、これらの提言の実現を通して、運転サポート技術やドライビングシミュレーター技術などの高度化と共に、ドライバーの運転能力や心身健康状態を正確に測定できるようになれば、ヘルスケアIoTで取得できる日常生活での心身の健康データと合わせて解析することができ、より精度の高い運転能力の診断や事故リスク評価が可能となる。またそれらのデータから、自動車の運転能力と日常の運動や生活習慣の関連性を解析することができ、効果的な運動や生活習慣を高齢者の日常生活に取り入れることが可能となると考えられる。個人の状況に応じた運転能力や健康状態の維持策を実施することが、今後さらに進む超高齢化社会においても、高齢者が自由に移動できる、生き生きとした健康長寿社会を目指すことができる。

人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関する提言

現行の制度は結果的に高齢者への免許返納圧力が高いものになっている



- ・75歳以上のドライバー全員が認知機能検査
- ・3年間違反なしの人は講習・運転適性検査器材指導、実車指導
- ・3年間で違反ありは、運転技能検査（実車テスト：更新期間満了までに合格点取れるまで実施）
- ・しかし全員が運転能力を実車テストしていない
- ・高齢ドライバーの事故がセンサーショナルに報道
- ・また自治体などで免許返納の勧奨も増加

制度の厳格化はもとより、現行の制度であっても、個人、社会ともにコスト負担は大きくなる可能性が高い

実車試験、医師判定は大きなコスト負担

運転能力の判断には、海外のように、実車試験を導入することや、医師の判定などを取り入れる方法もあるが、個人、社会ともさらにコストがかかる可能性が高い

免許返納者増加も行政コストが増加

免許返納する人の増加で、高齢者の移動などに関して家族や自治体などに負担がかかることが危惧され、行政の面からは問題視される（國學院大学法学部高橋信行教授）

高齢者、特に地方の人にとってはクルマの運転は生活を維持する上で重要

- ・特に地方においてはクルマの移動の重要性は高く、運転免許を返納予定無しは50%以上
- ・一方、高齢者の免許更新厳格化に対しては一定以上の理解（72.5%）が見られる
- ・運転中止は、抑うつ症状の増加リスクを約2倍に高める。元運転者の死亡率は、現運転者より高く4~6倍、あるいは68%高い（以上、3000人調査とシステムティックレビューから）

社会システム変革にデジタル技術を活用できないか

ドライバーを支えるデジタル技術の発展が進み、またドライバーの期待も高い

開発が進むデジタル技術

- 衝突被害軽減ブレーキ
- ペダル踏み間違い急発進抑制装置
- 標識認識の見落とし防止支援技術
- 側方衝突警報装置
- V2X（Vehicle to X（Everything））



標識認識の見落とし防止支援技術



側方衝突警報装置

75歳以上でテクノロジーによる運転機能を搭載した車限定の免許の発行を望む人も30%以上（3000人調査より）

そのために以下の科学的研究・政策課題を進めることを提言

デジタル技術を活用し、安全性を確保しつつ高齢者の運転寿命を延伸させるSociety5.0の社会システムの構築が必要

課題①

デジタル技術を活用した、運転能力の把握と、安全運転を適切にサポートするシステム“デジタルサポートカー”の開発・導入

課題②

資金的支援も含めた“デジタルサポートカー認定制度”とその制度を理解し体験できる普及啓発活動の場づくり

課題③

健康状態を測定・解析しつつ運転能力の維持・向上にも資するデジタル技術（ドライビングシミュレーター技術等）の研究開発

課題④

日常の健康データと、運転能力の関連性を解析し、運転寿命延伸に効果的な運動・生活習慣の特定とその普及啓発活動の推進

図1 4つの提言の概要

■提言の社会実装に向けて

人生100年時代にふさわしい高齢者の自動車運転にかかる社会システム構築に関しての4つの提言をした。その社会実装に向けた考察を以て、本提言書のまとめとしたい。実装上の場を想定すると、以下の3つの段階の3つのアイデアがあるのではないかと考えている(図2)。

まず、本提言の基礎となる技術開発を担う自動車業界は、一つのシングルインダストリーとみなすことができ、自動車運転から「運転機能の低下やその前兆の判定」ができるシステムまでを、独自に構築できる。それによって、特定ブランド、ディーラーのサービスの一つとしてクルマの運転データから運転機能の低下やその前兆のレベル判定を行い、運転寿命の延命、サポートカーの推奨、さらには新たな移動手段の提供や資産管理サービスの提案などのビジネスにつなげることができよう。

第2のアイデアとして、自動車運転と日常生活から「運転機能の低下やその前兆の判定」をマルチインダストリーでの活動へ広げ、クルマの運転データと日常のライフログを、車の運転に限らない日常生活での支援サービスの提案などのビジネスにつなげる。

第3のアイデアは、運転機能の低下やその前兆の早期発見を、様々なサービスを利用することで健康を維持すると同時に新たなビジネスを創造する。認知機能が低下した際に、例えば将来に備えての資産管理であるとか、保険の加入形態を少し変えるとか、そういったビジネスを拡大することも考えられる。

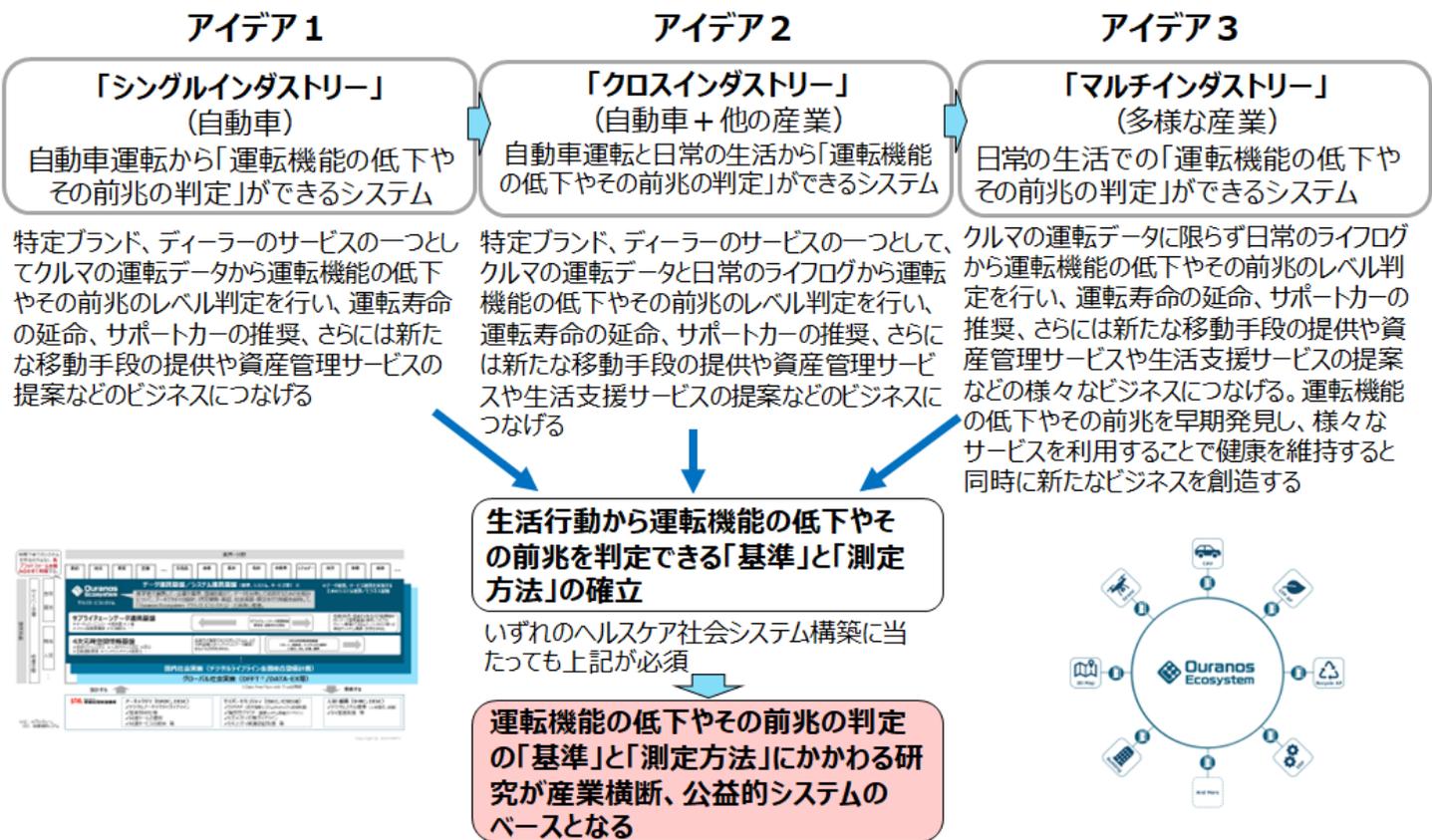


図2 ウラノス・エコシステムを想定した、提言の社会実装へ至るアイデア

まずは、運転機能の低下の前兆を判定できる基準と測定の方法を、今後の研究によってしっかり確立することが重要である。それができれば、自動車運転をサポートする技術に基づくマルチインダストリーとしてのエコシステムが構成でき、例えば、まさにウラノス・エコシステムといった業界をまたぐ協創の対象となる展開ができてくる。

社会的なヘルスケアの維持としての高齢者の QOL の向上の一つとして、高齢者の自動車運転を取り巻く環境、特に運転免許制度について考察し提言を行ってきたが、その提言の実現がビジネスの環境を含めた産業横断、公益的システムのベースとなり、人生100年時代にふさわしい社会システム構築につながることを願っている。

SIC戦略提言「ヘルスケア」サブワーキンググループ・メンバー

リーダー：山本義春(東京大学 大学院教育学研究科)
サブリーダー：中村亨(大阪大学 データビリティフロンティア機構)
幹事：高橋透(株式会社ニューチャーネットワークス)
委員：岸哲史(東京大学 大学院医学系研究科)
菊田孝司(SOMPO システムズ株式会社)
福岡泰彦(三井住友信託銀行株式会社)
関忠雄(三井住友信託銀行株式会社)
高見明秀(マツダ株式会社)
原利宏(マツダ株式会社)
根来哲司(SCSK株式会社)
宮前義彦(富士通株式会社)
張凌雲(株式会社ニューチャーネットワークス)
永田諒(株式会社ニューチャーネットワークス)

注：所属は提言書完成時点(2024年1月)

本提言書は下記URLからご覧いただけます

https://sysic.org/center_activity/3837.html

I センター情報

① SIC2024年度連続講義「現代システム科学講座(第二回)」 第5回『状態推定と予測』(9月27日(金)-28日(土))開催案内

SIC人財育成協議会では、2024年度6回連続講義「現代システム科学講座(第二回)」を企画しました。本連続講義は一般公開で、6回通しでの申込みを原則としていますが、各回単位の個別受講も可能となっています。

全体を通じての教科書として、木村英紀著「現代システム科学概論」(東京大学出版会、2021. 6)を使用します。

第5回のテーマは『状態推定と予測』で、オンライン(MS-Teams)開催です

【プログラム】

① 9月27日(金) 13時30分—17時30分

「状態推定と予測」 講師:木村英紀氏(東京大学・大阪大学名誉教授)

● カルマンフィルター

「演習」 講師:滑川 徹氏(慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科教授)

② 9月28日(土) 9時30分—12時

「データサイエンス特論」 講師:片山 徹氏(京都大学名誉教授)

● 粒子フィルター

● 状態推定特論

各講師の略歴は <https://sysic.org/news/3934.html> から開催案内の講師略歴を参照ください

個別受講受講料 SIC正会員・準会員所属の方 受講料 7,000円(教科書代4,000円別)/回・人
非会員の方 受講料10,000円(教科書代4,000円別)/回・人

受講希望者は [SICイベント参加登録ページ](#)

(<https://sysic-org.sakura.ne.jp/SICregistration.html>)

より、記載の案内に沿ってお願いします

テキスト等の手配がありますので、締め切り等の詳細はSIC事務局にお問い合わせください。

SIC事務局 メールアドレス office@sysic.org

電話 03-5381-3567

② SIC2024年度連続講義「現代システム科学講座(第二回)」第3回『最適化』 開催報告

開催日時： 6月28日(金)13:30-17:30、 29日(土)9:30-12:00 (MS-Teams オンライン開催)
参加申込者数： 全6回申込者:38名、個別申込者:5名 計43名(会員:37名、非会員:6名)

受講者ルポ① (6月28日(金)13:30-17:30)

講義3-1「最適化の基礎」講師:木村英紀先生(東京大学・大阪大学名誉教授)

本講義は、現代システム科学全体において共通原理でもある最適化について、以下の項目に沿ってご説明いただいた。

- ① 最適化とシステム構築
- ② 最小二乗法
- ③ 連続最適化
- ④ 線形計画法
- ⑤ 多目的最適化

まず、システム構築のプロセスは多くの可能性の中から選択を行う意思決定の連鎖であるため、最適化は重要なツールであると述べられた。また、システムが広域化、大規模化するにつれて、部分最適から全体最適に力点が移っており、近年難しさが増しているとのことである。

次に、もっとも古い最適化手法である最小二乗法について説明された。1801年に新しく発見された小惑星 Ceris の軌道を、ガウスが19回の観測データから予測したエピソードについて述べられた。ガウスは非線形の最小二乗法を用いて、軌道の6つのパラメータを推定した。

続いて、最適化問題の原型ともいえる連続最適化問題について説明された。連続最適化は、非線形連立方程式の求解に帰着できるが、求められた解はあくまでも大域最適解の必要条件に過ぎない。一方、局所最適値が必ず大域最適値となる特別な例として、凸計画問題をご紹介いただいた。

続いて、目的関数と制約条件が共に線形である線形計画法(LP)について説明された。最大値は端点で達成されるため、端点を探索して最大値を見つける方法がシンプレックス法である。一方で、内点法は内部の点から出発して勾配法で解に収束させる方法であり、多項式オーダーの手間で解が得られる。欠点は、初期値を内点に取らなければならないことである。

続いて、評価関数が複数個ある場合の多目的最適化について説明された。評価関数に重みを付けるやり方は簡単であるが、思ったほど上手くいかないとのことである。また、多目的最適化問題の核となるパレート最適という概念についても説明された。最近では、全体最適化という言葉が一般的にも使われるようになったが、“言うは易く行うは難し”であり、現状は試行錯誤で求めているそうである。

最後に、離散化最適化に関する計算の複雑性、および線形計画法の双対定理について触れられた。

講義3-2「最適化演習」大規模問題への線形計画法 講師:松橋誠壽先生(元北陸先端科学技術大学院大学 シニアプロフェッサー)

ダム群の最適運用課題に対して、九州電力の耳川水系の3つのダムをモデルとした試算・検討について、演習形式でご説明いただいた。

ダム群にかかわる水の収支および発電量を数式モデル化し、これに線形計画法を適用させ、ダム群の24時間の運用計画をいくつかのケースに対して試算した結果を示された。その結果、基本的な制約だけでなく、運用にかかわる制約(時変性制約)の導入が有用なことを示された。また、目的関数や制約条件の妥当性に関連して、種々な感度解析を行ってLP 求解アプローチの全容を把握することが、実用に向けての課題であると述べられた。

(ルポ:中村友希(構造計画研究所))

受講者ルポ② (6月29日(土)9:30-12:00)

講義3-3「最適化の現状」講師:松井知己先生(東京工業大学工学院経営工学系教授)

本講義では、最適化問題の種類や性質、計算量とそれを低減するための緩和法についてご説明頂いた。

まず初めに、最適化問題の記述方法や種類(線形計画、0-1 整数計画、整数計画、混合整数計画)について述べられた。また最適化問題の解法として、厳密解法、近似解法、発見的解法についてご紹介頂いた。

最適化問題例として、もっとも簡単な整数計画問題として「ナップサック問題」が取り上げられ、簡単な例をもとに定式化の方法について述べられた。例えば「作業員の雇用費に制限がある中で、生産量を最大化する」など、現実の様々な問題がナップサック問題に帰着されるという内容が印象的であった。また定式化が困難な問題として「巡回セールスマン問題」を、そして混合整数計画問題として「施設配置問題」について解説頂いた。施設配置問題は、輸送量(連続変数)と配置有無(整数変数)が混在する非常に難しい問題であるが、配置する施設の組み合わせごとの輸送問題に帰着させることができる。

その後、「問題の難しさ」の要素である「計算量」に話題が移った。計算量は変数の数とアルゴリズムのスピードに依存しており、組合せ爆発により現実的な時間で解けない場合がある。またコンピュータの速度が増したとしても、アルゴリズムの速度差の影響はむしろ拡大し、ひいては顧客が待機する時間=ソルバーの競争力の差が拡がることになる、という内容が印象的であった。計算量の例として、ナップサック問題を題材に、分枝限定操作により全列挙と比較して計算量が低減されている様子がよく分かった。

続いて「緩和法」についてご説明頂いた。先ほどのナップサック問題の分枝限定法に緩和法を適用し、緩和問題がなぜ元の問題を解くことに繋がるのか、またアルゴリズムがどう高速化されるかについて理解することができた。その例題を踏まえ、緩和法の定義や理論に話が移った。線形緩和法、部分列挙法、ラグランジュ緩和法について、図解や途中式の証明を交えながら講義が進んだ。

最後に、発見的解法として貪欲解法や局所探索法についてご説明頂いた。巡回セールスマン問題をもとに、貪欲解法のアルゴリズム例や、局所探索法を経てルートが変遷する様子について示された。



講義中の松井知己先生

(ルポ:木橋正樹(構造計画研究所))

各講師の略歴は <https://sysic.org/news/3934.html> から開催案内の講師略歴を参照ください

7月26日(金)に開催された第4回『学習・AI』(スクーリング:対面)の開催報告は次号に掲載予定です。

Ⅱ センター活動

① 2024年度第6回SICフォーラム開催案内

【日時】 2024年8月27日(火) 13:15-14:30(講演60分+質疑15分)

(MS-Teams によるオンライン開催)

【タイトル】 **貨物鉄道輸送 次世代への挑戦・進化**
～DX・GX 推進、新システム連携等による次世代カーボンニュートラル型
全国物流ネットワーク構築へ～

【講師】 篠部武嗣 氏 日本貨物鉄道株式会社(JR 貨物) 取締役兼常務執行役員経営統括本部長

【参加申込】 (会員限定) SICイベント参加登録ページ

(<https://sysic-org.sakura.ne.jp/SICregistration.html>)

より、記載の案内に沿ってお願いします。

【講演概要】

2024年問題やカーボンニュートラルへの期待に応えるため、JR 貨物は、物流事業者と連携してフェーズフリーのモーダルコンビネーションを推進している。この動きを DX・GX を強力に推進するとともに、荷主に設置される CLO(物流管理統括者)との連携を深めて、全体最適な物流システムに進化させていく。さらには貨物鉄道と自動運転・自動物流道路等との連携も視野に入れ、次世代の持続可能な省人化型・環境低負荷型全国物流ネットワークを構築していく。新たな時代に挑戦する JR 貨物グループの取組みを紹介する。

【講師プロフィール】

篠部武嗣(しのべ たけつぐ)氏

1986年 3月東京大学法学部卒業、同年4月運輸省入省

2007年 7月国土交通省大臣官房参事官(鉄道局 JR 担当)

2008年12月 同 海事局外航課長

2010年 8月 同 大臣官房参事官(航空予算)

2016年 6月株式会社日本政策投資銀行常務執行役員

2020年 1月日本貨物鉄道株式会社経営統括本部副本部長

2022年 6月 同 取締役兼常務執行役員経営統括本部長



② 2024. 7. 19 15:00–16:15 2024年度第5回SICフォーラム開催報告

参加者数： 50名(申込者数61名)(MS-Teams、会員限定)

【タイトル】 「分散 PDS とパーソナル AI」

【講師】 橋田 浩一 氏 理化学研究所革新知能統合研究センター
分散型ビッグデータ チームリーダー
(元・東京大学大学院情報理工学系研究科教授)

司会 SIC実行委員長 松本隆明

【講演要旨】

自治体の持つ(保険、医療、教育、税などに関する)パーソナルデータ(PD)を人権リスクなしに名寄せして本人に集約する分散管理(データは暗号化されている)が望ましい。ただし、集団の全体最適化には集中管理が必須。PLR(Personal Life Repository)の標準アプリを使うことで蓄積・管理して自らの意思で他者と簡単に共有することができる。現在行っている実証実験として医療分野の EMR(電子カルテ)と HER(電子健康記録)と PHR(個人健康記録)の統合や、医療機関と連携した電子母子手帳等の例を紹介された。また検体データと診療データを自動的に正規化して名寄せした検体提供者の PLR と製薬会社や研究機関を仲介業者(メディエータ)を通じて運用する「分散バイオバンク」の例を紹介された。

パーソナル AI(PAI)とは、特定個人に専属し分散 PDS(Decentralized Personal Data Store)のデータを用いて利用者との対話に応じて多様なサービスを仲介(選定・実行)する AI である。人間はアプリや Web サイトを操作しなくても PAI に言えばいろいろなサービスを受けられる。これにより、高齢者や子供のデジタルデバインドが解消すると力説された。

各 PAI 利用者の手もとには仲介されたサービスに関連するデータが自ずと集約され、それを分散 PDS に保管することにより、そのデータを PAI がフル活用してデータの価値を最大化できる。さらに、分散 PDS のデータを多くの利用者から収集し分析することにより各 PAI の価値を評価でき、各利用者はその評価が高い PAI に簡単に乗り換えることができるので、PAI の価値が保証される。また、PAI のエコシステムのフレームワークも解説された。

PAI の安全性を守る法律を作るのは困難なので既存の国際標準を満たせば OK とすることになっているとのことである。また、サービス提供者は分散 PDS 経由で PAI につながることでサービスの利用を大幅に増やすことができる。一方、利用者の認知バイアス等に付け込んで注意や行動を操作することができなくなるので、注意経済と監視資本主義が終焉する。また将来 PAI の付加価値は GDP の30%を超えると予測している。最後に以下の様にまとめられた。

- ① PAI の普及(10年以内)は不可避
 - 個人端末の SLM(Small Language Model)でサービス仲介を実現可能
 - デジタルデバインド解消 → サービス利用増大
 - 利用者本人の手元に PD を集約 → 分散管理
 - ・ その PD をフル活用すれば付加価値が最大化、
 - ・ PD の分散管理に基づく品質・リスク管理も可能
- ② 品質・リスク管理も同時に普及させる必要がある

- 法律+国際標準化
- ③ 注意経済と監視資本主義の終焉
 - PAI がオンラインの行動操作を阻止
- ④ PAI の付加価値>GDP30%
 - 品質・リスク管理によるトラストが前提
- ⑤ PAI/分散 PDS 事業の創造と拡大
 - 仲介対象サービスを増やす
 - ・ 公的個人認証、行政、社内手続き、小売・・・

(文責:中野一夫(SIC実行委員))

【講師プロフィール】

橋田 浩一(はした こういち)氏

1981 年東京大学理学部情報科学科卒業
 1986 年同大学院理学系研究科博士課程修了 理学博士
 1986～2001 年電子技術総合研究所
 1988～1992 年(財)新世代コンピュータ技術開発機構(出向)
 2001～2013 年産業技術総合研究所
 2013～2024 年東京大学大学院情報理工学系研究科教授
 2020 年～ 理化学研究所革新知能統合研究センター社会における
 人工知能研究グループグループディレクター、
 言語処理学会会長、日本認知科学会会長などを歴任。
 最近の研究テーマはパーソナル AI とそれに基づくオープン市民科学。



講演中の橋田浩一氏

以上

③ 2024. 7. 23 15:00-17:00 2024年度第7回実行委員会開催報告

開催形式：MS-Teams によるオンライン開催

出席者数： 実行委員9名、副センター長・監事・事務局各1名、出席者合計12名

司会 松本隆明実行委員長

議題

1. 報告事項

1. 1 SIC連続講義「現代システム科学講座」第4回、第5回の開催について 久保忠件事務局次長
未定であった第5回『状態推定と予測』の9月28日(土)「データサイエンス特論」の
講師が片山徹氏(京都大学名誉教授)に確定
1. 2 2024年度第4回SICフォーラム開催(6/25)報告 同上
1. 3 2024年度第5回SICフォーラム開催(7/19)報告 同上
第6回は8月27日(火)13:15-14:30 開催予定で、
第7回は9月24日(火)10:00-11:15 開催予定で準備中
1. 4 SoS 分科会 活動報告 宮前義彦実行委員
1. 5 戦略提言に向けたSWG(サブワーキンググループ)の活動状況報告
・エネルギーSWG の提言書は近日公開予定(船橋誠壽氏)
・金融 SWG 状況報告(事務局代理報告)
・防災・レジリエンス SWG 状況報告(宮前義彦氏)
1. 6 ウラノス・エコシステム推進センター 会員状況の報告 久保忠件事務局次長
<https://www.ouranos-ecosystem-promo-center.org/member>
1. 7 戦略提言シンポジウム開催に向けた検討について 松本隆明実行委員長
SWG リーダ+αで具体的企画案を策定するチームを立ち上げる
1. 8 SIC2024年度上半期予算・決算報告 久保忠件事務局次長
1. 9 広報活動について 同上
- ① FaceBook、X、Youtube 等の SNS を使った広報活動について
特に Youtube を使った広報活動について議論
- ② 会員拡大活動のための情報発信媒体の紹介
イ) 経産省 NEDO スタートアップ向け
JOIC(オープンイノベーション・ベンチャー創造協議会) メルマガ(火曜日発行)
ロ) 国交省:スマートシティ官民連携プラットフォーム 企業、学術機関、政府関係向け
メルマガ [スマートシティ官民連携プラットフォーム \(mlit.go.jp\)](http://mlit.go.jp) 登録会員向け
- その他 次回(8月号)ニュースレター8月6日(火)発行予定 中野一夫実行委員
論説「CAE から MBD へ」 マツダ 統合制御システム開発本部 MBD 革新部 部長 津村信一氏
8月号から戦略提言要約シリーズを掲載予定、1回目は「ヘルスケア」

次回、次々回の実行委員会開催予定日時

2024年度第8回実行委員会 8月27日(火) 15:00-17:00

2024年度第9回実行委員会 9月24日(火) 15:00-17:00

以上

Ⅲ 会員一覧

正会員

SCSK株式会社	NTTコムウェア株式会社
株式会社NTTドコモ	株式会社クエスト
株式会社構造計画研究所	株式会社JSOL
株式会社テクノバ	株式会社東芝
株式会社ニューチャーネットワークス	株式会社野村総合研究所
株式会社日立国際電気	株式会社日立産業制御ソリューションズ
株式会社日立システムズ	株式会社日立製作所 研究開発グループ 社会システムイノベーションセンター
損害保険ジャパン株式会社	東京ガス株式会社
東京電力パワーグリッド株式会社	日鉄ソリューションズ株式会社
日本郵船グループ株式会社MTI	ファナック株式会社
富士通株式会社	マツダ株式会社
三菱電機株式会社	横河電機株式会社
ロジスティード株式会社(旧日立物流株式会社)	

準会員

電腦バンク株式会社(準1)	三菱重工業株式会社 デジタルイノベーション本部(準2)
---------------	--------------------------------

(準1)インキュベーション会員、(準2)人財育成限定会員
(2024年8月1日現在:五十音順)

©SIC 2024.8

発行者: 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 浦川伸一
編集者: SIC実行委員 中野一夫 (構造計画研究所)
事務局 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 B-19 号
URL: <https://sysic.org> E-mail: office@sysic.org Tel.Fax: 03-5381-3567