

YNU 研究イノベーション・シンポジウム 報告書

YNU 研究イノベーション・シンポジウム 2017

“企業のモノ”をサービスに換える

Society5.0 実現に向けた横浜国立大学の提言

2017年11月28日（火）開催

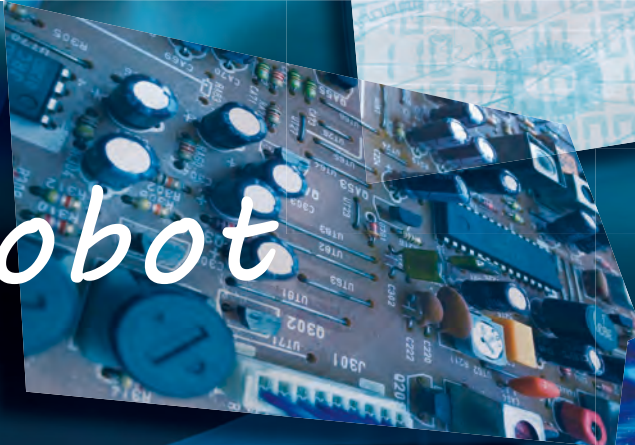
ICT



AI



Robot



Innovation



YNU研究イノベーション・シンポジウム報告書

YNU研究イノベーション・シンポジウム2017

“企業のモノ”をサービスに換える

Society5.0実現に向けた横浜国立大学の提言

2017年11月28日（火）開催

YNU 横浜国立大学

目 次

1. 開催概要	1
2. 発表内容	5
2. 1 Society5. 0実現に向けた“横浜国立大学の戦略”	5
2. 2 Society5. 0実現に向けた“横浜国立大学の強み”	13
2. 2. 1 ICT	13
2. 2. 2 人工知能	25
2. 2. 3 ロボット	37
2. 2. 4 イノベーション	49
参 考	58
YNU情報・物理セキュリティ研究拠点	59
YNU人工知能研究拠点	60
YNUロボティクス・メカトロニクス研究拠点	61
YNU文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点	62

1. 開催概要

教育及び学術の実績に加え、産学連携の優劣が大学の価値を高める大きな要件となっている。産学連携を通じたイノベーションに貢献することで、社会に新たな価値をもたらしていく役割が、大学に強く求められている。

こうした産学連携を基盤とするイノベーションを実現するには、その前提となる「質の高い産学連携」、すなわち「企業が本気で取り組む産学連携」を構築しなければならない。

そこで横浜国立大学は、この度、神奈川県に研究拠点を有する企業等との連携強化を目的に、下記内容の全学的シンポジウムを開催した。

- ・ 名称

YNU 研究イノベーション・シンポジウム 2017

“企業のモノ”をサービスに換える

Society5.0 実現に向けた横浜国立大学の提言

- ・ 主催

国立大学法人横浜国立大学

- ・ 後援

神奈川県

横浜市経済局

地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所

- ・ 日時

2017 年 11 月 28 日（火） 13:00～17:00

- ・ 場所

ランドマークホール(横浜市西区みなとみらい 2-2-1 ランドマークプラザ 5F)

1.1 開催趣旨

本シンポジウムの開催趣旨は、以下の通りとした。

これからの日本が目指す方向として、人々に豊かさをもたらす超スマート社会、Society5.0 という未来ビジョンが掲げられている。実世界とサイバー空間をつなぐ「CPS（サイバーフィジカルシステムズ）」を駆使することで、社会に新たな価値

値を生み出す試みになる。

では、実際にどうすれば豊かさが生まれてくるのか。私達、横浜国立大学は「“企業のモノ”をサービスに換える」ことに着目した。ICT（情報通信&コミュニケーション）、人工知能、ロボットを中核とする CPS を実現することで、あらゆる“モノ”がサービス化され、新たな産業が生まれてくるシナリオになる。

このシナリオを考えるための場として、この度、YNU 研究イノベーション・シンポジウムを開催することとした。シンポジウムでは、最初に“本学の強み”である ICT、人工知能、ロボット、そしてイノベーションに取り組む 4 つの研究拠点の活動を説明する。その上で、シナリオ実現の駆動力として、これらの研究拠点が中心となり“本気の産学連携”を構築していくための具体策を提言する。

1.2 プログラム

本シンポジウムのプログラムは、以下の通りとした。

-
- ・ 13:00～13:10 開会挨拶

横浜国立大学 理事（研究・評価担当）・副学長 森下信

第一部 Society5.0 実現に向けた“横浜国立大学の戦略”

- ・ 13:10～13:30 産学連携ビジョン

横浜国立大学 研究推進機構 産学官連携推進部門 部門長・教授 金子直哉

第二部 Society5.0 実現に向けた“横浜国立大学の強み”

- ・ 13:30～14:00 I C T

「サイバー攻撃等に対する情報・物理セキュリティ研究の多面的展開」

YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点 拠点長

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授 松本勉

- ・ 14:00～14:30 人工知能

「最近の AI ブームの次に来る人工知能：進化的機械学習・人工知能の高信頼化と産業応用」

YNU 人工知能研究拠点 拠点長

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授 長尾智晴

- ・ 14:30～15:00 ロボット
「機械工学、電気工学の高度な連携・深化に根ざす YNU ロボティクス技術」
YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点 拠点長
横浜国立大学 大学院工学研究院 教授 藤本康孝
- ・ 15:00～15:30 イノベーション
「文理連携による大学発イノベーションの実現への取り組み」
YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点 拠点長
横浜国立大学 大学院国際社会科学研究院 教授 真鍋誠司
- ・ 15:30～15:50 休憩

第三部 “本気の産学連携”を構築するための具体策

- ・ 15:30～16:50 パネルディスカッション
パネリスト：松本勉（ICT） 長尾智晴（人工知能） 藤本康孝（ロボット）
真鍋誠司（イノベーション）
モデレーター：金子直哉
- ・ 16:50～17:00 閉会挨拶
横浜国立大学 学長 長谷部勇一

1.3 開催結果

2017 年 11 月 28 日に、YNU 研究イノベーション・シンポジウムを開催した。今年度から導入した全学的シンポジウムで、神奈川県に研究拠点を有する企業等との連携強化を目的としている。

会場のランドマークホールには産学官から約 180 名の参加があり、この中で“本気の産学連携”を構築するための「横浜国立大学の戦略」を説明し、その土台となる「横浜国立大学の強み」を示した。

取り上げたテーマは、Society5.0 という未来ビジョン。実世界とサイバー空間をつなぐ CPS（サイバーフィジカルシステムズ）を駆使することで、社会に新たな価値を生み出そうという試みである。

シンポジウムでは、最初に Society5.0 を実現する戦略として、「“企業のモノ”をサービスに換える」という方向を提示した。ICT（情報通信&コミュニケーション）、人工知能、ロボットを中核とする CPS を活用することで、あらゆる“モノ”がサービス化され、新たな産業が生まれてくるシナリオになる。その上で、土台となる本学の強みとして 4 つの研究拠点を紹介した。

第一が、ICT の「YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点」。拠点長の松本勉教授より、本学の強みとして「ソフトとハード、実世界とサイバー空間をつなぐ“情報・物理セキュリティ”」が示された。

第二が、人工知能の「YNU 人工知能研究拠点」。拠点長の長尾智晴教授より、本学の強みとして「機械学習や解法そのものを進化的に自動構築する次世代の人工知能“進化的機械学習”」が示されている。

第三が、ロボットの「YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点」。拠点長の藤本康孝教授より、「製造現場や暮らしの場で共存するための“人に優しいロボティクス”」が本学の強みとして紹介された。

加えて第四の強みとなるのが、イノベーションの「YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点」。拠点長の真鍋誠司教授より、本学の強みとして「実際の技術を社会的な価値として実現していくプロセスの研究」が示されている。

その後、これらの強みに基づく連携構築の具体策を議論した後半のパネルディスカッションでは、会場からいくつもの意見が出され、参加者へのアンケートを通じ 60 名の方から「実際に連携を検討したい」旨の回答を得ることができた。これらの回答の受け、現在、連携具体化に向けた取り組みを行っている。

シンポジウムは今後も毎年開催する計画であり、YNU 研究イノベーション・シンポジウム 2018 に向けた準備を進めている。

2. 発表内容

本シンポジウムにおける提言として、「第一部 Society5.0 実現に向けた“横浜国立大学の戦略”」及び「第二部 Society5.0 実現に向けた“横浜国立大学の強み”」にて発表した内容を、以下にまとめて示す。

2.1 Society5.0 実現に向けた“横浜国立大学の戦略”

産学連携ビジョン

横浜国立大学 研究推進機構 産学官連携推進部門 部門長・教授 金子直哉

最初に、横浜国立大学の産学連携ビジョンについて説明する。私共の産学連携ビジョンは、企業との本気の連携を構築することだ。

少子高齢化、環境・エネルギー問題を筆頭に、社会課題を解決するための大学と企業の本気の連携が求められている。課題解決につながる新事業や商品を生み出す主役は産業界だが、産業界だけでは全ての課題を解決できない時代に入っている。優れた研究パートナーとしての大学の力が必要で、大学が研究開発に関与していくことが求められている。

つまり、課題解決につながるイノベーションを引き起こすには、大学と企業が本気で連携しなければならない。

大学を取り巻く環境も変わってきた。産学連携の優劣が大学の価値を高める要件になっている。

第4期科学技術基本計画で科学技術イノベーション政策が打ち出され、2013年以降、科学技術イノベーション総合戦略に基づく各種施策が展開されている。昨年は産学官連携による共同研究強化のためのガイドラインが導入された。来年からは官民研究開発投資拡大プログラムが導入される計画になっている。

つまり、我々大学にとって、産学連携で優れた成果を出すことが大学の評価を高め、様々な機会の獲得、例えば大型外部資金の獲得などへとつながっていく。大学が経営基盤を強化するには産学連携を通じたイノベーションで高い評価を得る必要があり、そのためには質の高い産学連携、すなわち企業が本気で取り組む産学連携を構築しなければならない。

では、本気の連携を構築するにはどうすればいいか。行きついた結論が、未来ビジョンに基づく大型連携である。つまり、未来ビジョンを踏まえ、長期の展望に立った、大型の産学連携を構築していく。

具体的には、これからの社会、2030～2050年の社会情勢について、企業の皆さんと一緒に未来ビジョン、独自のシナリオ作りから始めていく。その上で、シナ

リオに基づく大きな研究構想を示せば、大学と企業の本気の連携が生まれるという考えだ。

そのためには学内の体制も変えていかなければならない。そこで、企業との連携研究のための企画、提案、契約、推進などの活動を一体的に進める仕組みを整備・強化している。

こうした活動の一環として、本日のシンポジウムを開催している。

今回のシンポジウムは、未来ビジョンに基づく大型連携という考えを基本に、皆さんとの本気の連携を構築することを目標としている。そのための未来ビジョンとして Society5.0 を選んだ。そして、ビジョン実現の戦略として、企業のモノをサービスに換えるというシナリオを提示している。

これまで未来ビジョンについて検討してきた経緯を紹介する。

2050 年の未来ビジョンとして、日本社会はどこに向かうのか。第一が人口構造の変化、少子高齢化だ。確実に高齢化が進行し、人口減少が生ずる。その中で我々の豊かな経済社会を維持していくために、一人当たりの生産性の向上、付加価値の向上が必要になってくる。

第二が産業構造の変化。日本を含む先進国は、ペティクラークの法則に従い、サービス産業が7割を超える状況に至っている。こうした状況下で生産性の向上、付加価値の向上を実現するために、あらゆる産業がサービス化、システム化に向かっていくことになる。

第三が社会構造の変化。情報科学技術、つまり ICT、人工知能、ロボットなどは、これまではビジネスのクリティカルインフラだったが、これからは社会のクリティカルインフラへと進化していく。

その結果、人口構造の変化と産業構造の変化に呼応した社会構造の変化として、実世界とサイバー空間の一体化が起こってくる。だから、Society5.0 なのだというので、このテーマに行き着いた。

これからの日本が目指す方向として、人々に豊かさをもたらす超スマート社会、Society5.0 という未来ビジョンをテーマに選ぶ。実世界とサイバー空間をつなぐ CPS を駆使することで、社会に新たな価値を生み出す試みだ。

そして、ビジョン実現の戦略として、企業のモノをサービスに換えるというシナリオに着目する。つまり、CPS の出現により、全ての産業セグメントで、アナログのプロセスがデジタル化していく。そのため、事業立地が変化し、今までモノを作っていた会社がサービス化される。この結果、企業のモノをサービスに換えるための新たなビジネスモデルが必要になってくる。

つまり、モノづくりをコトづくりに変えることで新たなサービスを生み出し、サービスを通じて人々に豊かさをもたらしていくシナリオが、未来の鍵を握るよ

うになってくる。

そこで、私達、横浜国立大学は、ICT、人工知能、ロボット、そしてイノベーションに取り組む4つの研究拠点を本学の強みとして、本気の連携を構築していく。YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点、YNU 人工知能研究拠点、YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点、YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点、この4つだ。

それぞれの拠点がどのような役割を担うのか。ICT、人工知能、ロボットの拠点は、CPS による企業のモノのサービス化を支援する。そして、イノベーションの拠点は、サービス化による事業創出を支援する。

では、具体的にどうやって支援するのか。Society5.0 を実現する横浜国立大学の戦略として、企業のモノをサービスに換えるために、4つの研究拠点が中心となり、4つの解決策を提供していく。

第一の解決策が、CPS のセキュリティ。システム化、サービスが進むと、ソフトとハード、フィジカルとサイバーをつなぐセキュリティが重要になってくる。そこで鍵を握るのが、セキュリティを論理と物理の両面で捉える情報・物理セキュリティ。YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点の取り組みになる。

第二の解決策が、次世代の人工知能。システム化、サービスが進むと、膨大なデータ、複雑なプロセスに対応できる人工知能が重要になってくる。そこで鍵を握るのが、コンピューターの処理内容を人が理解できる、少ない学習データでも学習できる、未知データに対する精度保証ができることなどを可能とする次世代の人工知能、進化的機械学習。YNU 人工知能研究拠点の取り組みだ。

第三の解決策が、人に優しいロボット。システム化、サービスが進むと、製造現場でも暮らしの場でも、人と共存できるロボットが重要になってくる。そこで鍵を握るのが、人に優しいロボットであり、そのためのロボットの制御。YNU ロボティクス・メカトロニクスの取り組みになる。ここではバックドライバビリティや力触覚などの様々な先端技術が研究されている。

そして第四の解決策が、社会価値実現プロセス。サービス化、システム化が進むと、実際の技術を社会的価値として実現していくプロセス、技術とビジネスモデルを同時に考えることが重要になってくる。そこで鍵を握るのが、文理連携であり、技術開発への社会科学の関与。YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点の取り組みになる。ここでは自然科学と社会科学の専門家が連携し、実際の技術を社会的な価値として実現していくプロセスを研究している。

では、これらの強みをもとに本気の連携をどうやって構築していくのか。最後に、そのための仕組みについて説明する。二つの仕組みを用意している。

第一の仕組みが、先ほど説明した未来ビジョンに基づく大型連携。これは、組

織対組織で連携することが基本になる。その上で、未来ビジョンを定め、ビジョン実現のシナリオを示し、これらをもとに大きな研究構想を描き出す。今回は、未来ビジョンは Society5.0、そのためのシナリオは企業のモノをサービスに換えると決めているので、これらに合った大きな研究構想を作ることになる。

その際に必要となるのが、トップダウン型とボトムアップ型の検討会合。トップダウン型の会合には、大学からは執行役員、企業からは経営幹部、つまりそれぞれの意思決定者が参加する。そして、未来ビジョンなどの全体像を固めていく。これに対し、ボトムアップ型の会合は、大学、企業双方の研究者が中心となる。ここでの議論をもとに、研究テーマや検討課題が具体化される。

こうして二つの検討会合を繰り返すことにより、ビジョン、シナリオ、研究構想を具体化していく。

第二の仕組みが、Society5.0 実現化研究拠点。企業のモノをサービスに換えるための共通課題を解決するプラットフォームだ。ここでは、最初是非競争領域において、企業のモノをサービスに換えるための知的資源、人的資源を蓄積・強化していく。

そのために、4つの YNU 研究拠点を一体化したハイパー研究体制を立ち上げる。その上で、多様な分野から複数の企業が参画する異業種コンソーシアムを組成し、参加メンバーの知的資源や人的資源を拠点活動に投入していく。得られた研究成果は、原則として参加メンバーで共有する。

そして、これらの活動を通じ共通課題の解決が可能になった段階で、競争領域に移行し、個別分野へと展開していく。

この二つが、本気の連携を構築するための仕組みになる。



Society5.0実現に向けた“横浜国立大学の戦略”

【YNU研究イノベーション・シンポジウム2017】

2017年11月28日

横浜国立大学 研究推進機構 教授
産学官連携推進部門長 金子直哉

 YNU YOKOHAMA National University

1-1. 産学双方の経営基盤を強化する新たな連携

- 少子高齢化や環境・エネルギー問題を筆頭に、社会課題を解決するための「大学と企業の“本気の連携”」が求められている。
- 課題解決につながる新事業や商品を生み出すには、担い手である産業界の取り組みに加え、これを支える優れた研究開発パートナーとしての大学の力が必要になる。
- つまり、課題解決につながるイノベーションを引き起こすために、大学と企業が本気で連携することが強く求められている。
- 実際に、教育及び学術の実績に加え、産学連携の優劣が、大学の価値を高める大きな要件となっている。第4期科学技術基本計画で科学技術イノベーション政策が打ち出され、2013年以降、科学技術イノベーション総合戦略に基づく各種施策が展開されていることが背景にある。
- 2016年度に導入された「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」、2018年度から導入される「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）」の動きに代表されるように、産学連携の優劣が「国立大学法人の評価」及び「国等の施策（大型競争的資金など）での採択」に直接、かつ大きな影響を与えるようになってきた。
- 大学の経営基盤を強化するには、産学連携を通じたイノベーションで高い評価を得る必要があり、そのために「質の高い産学連携」、すなわち「企業が本気で取り組む産学連携」を構築しなければならない。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

1

1-2. 産学双方の経営基盤を強化する新たな連携

- この「本気の連携」を実現する方策として、YNUは、従来型とは異なる「未来ビジョンに基づく大型連携（未来ビジョンを踏まえ、長期の展望に立った、大型の産学連携）」に取り組んでいる。
- 具体的には、2030～2050年の社会情勢について独自のシナリオを定め、将来を見据えた大きな研究構想を示し、これをもとに「中長期的未来を考える使命を持つ大学」と「企業」が連携する仕組みを導入した。
- その上で、これらを支える学内体制として、企業との連携研究に求められる「企画」「提案」「契約」「運営」等の活動を、本学の研究推進機構などが主体となり一体的に推進していく仕組みを整備・強化している。
- YNU研究イノベーション・シンポジウムは、この「未来ビジョンに基づく大型連携」の仕組みを用い、「大学と企業の“本気の連携”」を構築することを目標としている。
- そのために2017年度は、連携テーマとして「人々に豊かさをもたらす超スマート社会、Society5.0」という未来ビジョンを取り上げ、ビジョン実現の戦略として「“企業のモノ”をサービスに換える」というシナリオを掲げる。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

2

2. 2050年の未来ビジョン／“日本社会はどこに向かうのか”

- 「人口構造の変化」として、確実に高齢化が進行し、人口減少が生ずる。その人口減少下で豊かな経済社会を実現するために、一人あたりの生産性の向上、付加価値の向上が必要になってくる。
- 「産業構造の変化」として、ベティクラークの法則に基づき、日本を含む先進国ではGDPに占めるサービス産業の割合が70%を超える状況に至っている。こうした状況下で一人あたりの生産性の向上、付加価値の向上を実現するために、あらゆる産業が「サービス化＆システム化」へと向かっていく。
- 「社会構造の変化」として、情報科学技術（ICT：情報通信＆コミュニケーション、人工知能、ロボットなど）の役割が、従来の「ビジネスのクリティカルインフラ」から「社会のクリティカルインフラ」へと進化していく。
- その結果、「人口構造の変化」と「産業構造の変化」に呼応した「社会構造の変化」として、「実世界」と「サイバー空間」の一体化が起こってくる。



- 連携テーマを「Society5.0という未来ビジョン」に設定。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

3

3-1. Society5.0実現のための産学連携

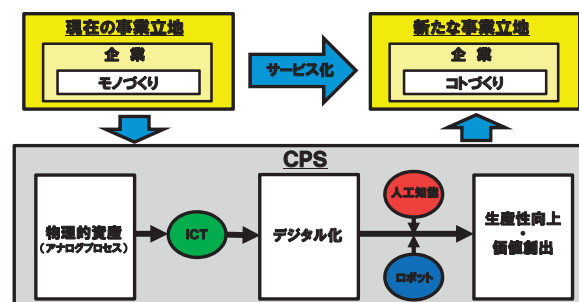
- これからの日本が目指す方向として、人々に豊かさをもたらす超スマート社会、Society5.0という未来ビジョンが掲げられている。実世界とサイバー空間をつなぐ「CPS（サイバーフィジカルシステムズ）」を駆使することで、社会に新たな価値を生み出す試みになる。
- YNUは、Society5.0を実現するための方策として、「“企業のモノ”をサービスに換える」ことに着目した。ICT（情報通信＆コミュニケーション）、人工知能、ロボットを中核とするCPSが出現することで、あらゆる“モノ”がサービス化され、新たな産業が生まれてくるシナリオになる。
- ▼CPSの出現により、全ての産業セグメントで、アナログのプロセスがデジタル化していく。
- ▼そのため、事業立地（誰を相手に何を売るか）が変化し、今までモノを作っていた会社がサービス化される。
- ▼この結果、「“企業のモノ”をサービスに換える」ための新たなビジネスモデルが必要になってくる。
- つまり、「モノづくり」を「コトづくり」に変えることで新たなサービスを生み出し、サービスを通じて人々に豊かさをもたらしていくシナリオが、未来の鍵を握るようになってくる。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

4

3-2. Society5.0実現のための産学連携

- 全ての産業セグメントで、アナログのプロセスがデジタル化していく。
- その結果、事業立地が変化し、今までモノを作っていた会社がサービス化される。



Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

5

3-3. Society5. 0実現のための産学連携

●YNUは、Society5. 0の実現に貢献するため、ICT、人工知能、ロボット、そしてイノベーションに取り組む4つの研究拠点を“本学の強み”として企業に提示し、企業が本気で活動できる環境を提供することで、質の高い産学連携を構築する。

▼ICT: YNU情報・物理セキュリティ研究拠点

▼人工知能: YNU人工知能研究拠点

▼ロボット: YNUロボティクス・メカトロニクス研究拠点

▼イノベーション: YNU文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点

●「ICT」「人工知能」「ロボット」のYNU研究拠点は、「CPSによる“企業のモノ”のサービス化」を支援する役割を担う。

●「イノベーション」の拠点は、「サービス化による事業創出」を支援する役割を担う。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

6

4-1. Society5. 0実現のための“YNUの強み”

●ICTに関する“本学の強み”として、「YNU情報・物理セキュリティ研究拠点」が活動している。

●拠点の概要及び特徴

▼情報セキュリティについて、現実の問題や技術を合理的に捉えるには、セキュリティの論理的側面に目を向けるだけでなく、論理を支える物理的側面をも総合的に捉えることが必要であると考え、「情報・物理セキュリティ」という学術分野を掲げている。

▼情報の論理的側面と物理的側面や、人の思考・行動をも総合的に考え、人・モノ・データ・お金・ソフトウェア・ハードウェア・ネットワーク・生活・ビジネス・社会に係るセキュリティの基礎から応用までの未解決問題を研究対象としている。

▼組込みと汎用、IoT、サイバーフィジカルシステムズを含む領域を対象として、「インフラストラクチャ向け組込みセキュリティ技術の革新」「ソフトウェア・ネットワークセキュリティ技術の革新」「暗号理論の革新」「端末・ハードウェア・人のセキュリティ技術の革新」「未知先端課題の探求」のためのトップクラス研究を展開している。

●拠点を構成する研究者

- ・環境情報研究院 松本勉 教授(拠点長)
- ・環境情報研究院 四方順司 教授
- ・環境情報研究院 吉岡完成 准教授

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

7

4-2. Society5. 0実現のための“YNUの強み”

●人工知能に関する“本学の強み”として、「YNU人工知能研究拠点」が活動している。

●拠点の概要及び特徴

▼人工知能として「深層学習(Deep Learning)」などの統計的機械学習が注目されているが、これらには「コンピュータの処理内容を人が理解できない」「学習に膨大な数のデータが必要になる」などの複数の問題が存在する。

▼本拠点は、「コンピュータの処理内容を人が理解できる」「少ない学習データでも学習できる」「未知データに対する精度保証ができる」「人の感性が分かる」「複雑な構造の人工脳が作れる」ことを実現するための次世代の人工知能「進化的機械学習」の研究開発と産業応用に力を入れている。

▼具体的には、「機械学習や解析そのものを進化的に自動構築する進化的機械学習」「処理の見える化」「説明可能で安心して利用できる人工知能」「機械学習の精度保証」などの研究を展開している。

●拠点を構成する研究者

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| ・環境情報研究院 長尾智晴 教授(拠点長) | ・環境情報研究院 白川真一 講師 |
| ・環境情報研究院 田村直良 教授 | ・環境情報研究院 上田純也 研究員 |
| ・環境情報研究院 森辰則 教授 | ・工学研究院 濱上知樹 教授 |
| ・環境情報研究院 岡嶋克典 教授 | ・工学研究院 島圭介 准教授 |
| ・環境情報研究院 安本雅典 教授 | ・工学研究院 酒津文哉 助教 |
| ・環境情報研究院 富井尚志 准教授 | ・工学研究院 中田雅也 助教 |
| ・環境情報研究院 白石俊彦 准教授 | |

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

8

4-3. Society5. 0実現のための“YNUの強み”

●ロボットに関する“本学の強み”として、「YNUロボティクス・メカトロニクス研究拠点」が活動している。

●拠点の概要及び特徴

▼本拠点では、機械工学や電気工学などの異なる基幹工学の研究者を連携することで、要素技術からシステムとしての応用までをカバーしたロボティクス・メカトロニクス分野の広範な研究活動が展開されている。

▼「モーションコントロール(システムの運動制御技術)」「モーションプランニング(システムの運動計画技術)」「アクチュエータ(電気・機械エネルギー変換技術、アクチュエーション技術)」「パワーエレクトロニクス(電気エネルギー変換技術)」「センサ(センシング技術、信号処理技術)」「システムインテグレーション(工作機械、産業用ミニビュレータ、マン・マシンインターフェイスなど)」を主な活動領域としている。

▼研究活動を基盤とする教育プログラムも展開されており、ロボティクス・メカトロニクス分野における学際的人材の育成に貢献している。

●拠点を構成する研究者

- | | |
|---------------------|-----------------|
| ・工学研究院 藤本康孝 教授(拠点長) | ・工学研究院 淵脇大海 准教授 |
| ・工学研究院 河村篤男 教授 | ・工学研究院 下野誠通 准教授 |
| ・工学研究院 濱上知樹 教授 | ・工学研究院 加藤龍 准教授 |
| ・工学研究院 前田雄介 准教授 | ・工学研究院 杉内肇 講師 |

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

9

4-4. Society5. 0実現のための“YNUの強み”

●イノベーションに関する“本学の強み”として、「YNU文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点」が活動している。

●拠点の概要及び特徴

▼本拠点では、「先端技術の研究者(自然科学)」と「イノベーションやマーケティングなどを専門とする研究者(社会科学)」が連携し、「実際の技術を社会的な価値として実現していくプロセス」の研究に取り組んでいる。

▼経営学を中心とする社会科学者と、実際に技術を開発している自然科学者が一体となって、大学で研究開発されている技術の社会への普及ダイナミズムを明らかにしている。

▼そのために、「潜在的ユーザーへの売り込み」「顕在化したユーザーとの関係性構築」「技術のフォローアップ(アフターサービス)体制」「特許の管理」「国内外標準化」などのマネジメントに着目した研究を進めている。

●拠点を構成する研究者

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| ・国際社会科学研究院 真鍋誠司 教授(拠点長) | ・工学研究院 尾崎伸吾 准教授 |
| ・国際社会科学研究院 ヘラー・ダニエル 教授 | ・工学研究院 鷹尾祥典 准教授 |
| ・国際社会科学研究院 鶴見裕之 准教授 | ・工学研究院 島圭介 准教授 |
| ・国際社会科学研究院 大沼雅也 准教授 | ・環境情報研究院 安本雅典 教授 |
| ・工学研究院 中尾航 教授 | ・環境情報研究院 吉岡完成 准教授 |
| ・工学研究院 丸尾昭二 教授 | ・研究推進機構 齊藤孝祐 特任准教授 |
| ・工学研究院 福田淳二 准教授 | ・研究推進機構 矢吹命大 特任准教授 |

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

10

5-1. Society5. 0を実現する“YNUの戦略”

●Society5. 0を実現する戦略として、「“企業のモノ”をサービスに換える」というシナリオを選択する。

●「“企業のモノ”をサービスに換える」ために、YNU研究拠点が中心となり、4つの解決策を提供する。

●CPSのセキュリティ

▼システム化、サービス化が進むと、「ソフトとハード」「フィジカル(実世界)とサイバー」をつなぐセキュリティが重要になってくる。

▼そこで鍵を握るのが、「情報・物理セキュリティ」。

●次世代の人工知能

▼システム化、サービス化が進むと、膨大なデータ、複雑なプロセスに対応できる人工知能が重要になってくる。

▼そこで鍵を握るのが、コンピュータの処理内容を人が理解できる、少ない学習データでも学習できる、未知データに対する精度保証ができる、ことなどを可能とする次世代人工知能「進化的機械学習」等。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

11

5-2. Society5. 0を実現する“YNUの戦略”

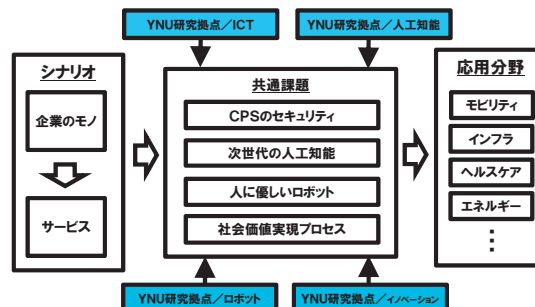
- 人に優しいロボット
- ▼システム化、サービス化が進むと、製造現場でも、暮らしの場でも、人と共存できるロボットが重要になってくる。
- ▼そこで鍵を握るのが、「人に優しいロボット」であり、そのための「ロボットの制御（バックドライバビリティ、力触覚など）」。
- 社会価値実現プロセス
- ▼システム化、サービス化が進むと、実際の技術を社会的価値として実現していくプロセスを検討する（技術とビジネスモデルを同時に考える）ことが重要になってくる。
- ▼そこで鍵を握るのが、「文理連携」であり、「技術開発への社会科学（経営学、経済学など）の関与」。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

12

5-3. Society5. 0を実現する“YNUの戦略”

- YNU研究拠点を中心に、企業のモノをサービスに換えるための共通課題を解決する。
- 見つけた解決策を、多様な分野（モビリティ、インフラ、ヘルスケアなど）に展開する。



Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

13

6-1. “本気の連携”を構築する仕組み／未来ビジョンに基づく大型連携

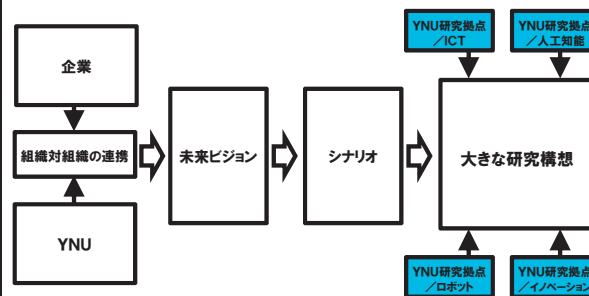
- 第一に、“組織対組織”の連携を基本とし、「未来ビジョンに基づく大型連携」を構築していく。
- ▼ここでは、最初に、「Society5. 0」という未来ビジョン、「企業のモノをサービスに換える」というシナリオに合致した「大きな研究構想」を描き出す。
- ▼そのために、「トップダウン型（大学の執行役員、企業の経営幹部などが参加するワークショップ等）」と「ボトムアップ型（大学、企業双方の研究者を中心とするタスクフォース等）」の検討会合を繰り返す。
- ▼導出した構想に基づき、企業のモノをサービスに換えるための共通課題（CPSのセキュリティ、次世代の人工知能、人に優しいロボット、社会価値実現プロセス）の中から、対象とすべき研究課題を選択する。
- ▼その上で、選択した課題を解決するための「YNU研究拠点との連携」を具体化する。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

14

6-2. “本気の連携”を構築する仕組み／未来ビジョンに基づく大型連携

- 最初から「競争領域」において、企業独自の判断に基づき「大きな研究構想」を描き出す。
- その上で、大きな研究構想をもとに「YNU研究拠点（ICT、人工知能、ロボット、イノベーション）」との連携形態を定める。



Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

15

7-1. “本気の連携”を構築する仕組み／Society5. 0実現化研究拠点

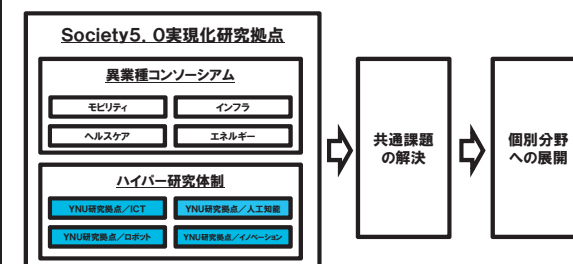
- 第二に、企業のモノをサービスに換えるための共通課題（CPSのセキュリティ、次世代の人工知能、人に優しいロボット、社会価値実現プロセス）を解決するプラットフォームとして、「Society5. 0実現化研究拠点」を立ち上げる。
- ▼そのために、4つのYNU研究拠点（ICT、人工知能、ロボット、イノベーション）をさらに連携した「ハイパー研究体制」を構築し、課題解決に向けた基礎的・基盤的研究に取り組む。
- ▼多様な分野から複数の企業が参画する「異業種コンソーシアム」を組成し、参加メンバーの知的資源や人的資源を拠点活動に投入する。
- ▼得られた研究成果については、原則として、参加メンバーが共有する。

Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

16

7-2. “本気の連携”を構築する仕組み／Society5. 0実現化研究拠点

- 最初「非競争領域」において、企業のモノをサービスに換えるための知的資源、人的資源を蓄積、強化していく。
- その上で、競争領域の「未来ビジョンに基づく大型連携」へと展開する。



Research Initiatives and Promotion Organization, Yokohama National University All Rights Reserved.

17

8. “本気の連携”実現に向けたアクション

- 産学双方の経営基盤を強化する新たな連携として、本シンポジウムを契機に「大学と企業の“本気の連携”」を構築していく。

▼シンポジウムにおける「この後のプログラム」

- ▼第二部 Society5. 0実現に向けた“横浜国立大学の強み”
- ▼第三部 “本気の産学連携”を構築するための具体策

▼シンポジウムでの「アンケート」

- ▼4つのYNU研究拠点（ICT、人工知能、ロボット、イノベーション）
- ▼YNUのシナリオ「“企業のモノ”をサービスに換える」
- ▼YNUの産学連携の仕組み
- ▼YNUとの産学連携

▼シンポジウムに基づく「企画・提案」

- ▼未来ビジョンに基づく大型連携
- ▼Society5. 0実現化研究拠点

2. 2 Society5. 0実現に向けた“横浜国立大学の強み”

2. 2. 1 ICT

「サイバー攻撃等に対する情報・物理セキュリティ研究の多面的展開」

YNU情報・物理セキュリティ研究拠点 拠点長

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授 松本勉

横浜国立大学は、日本で最初に情報・物理セキュリティの研究拠点を立ち上げたところで、1980 年くらいから情報・物理セキュリティの研究に取り組んでいる。ソフトウェア、ハードウェア、端末、ネットワーク、インフラのセキュリティなど様々なテーマがあり、電力、自動車などのモビリティ、さらには金融などへと、その応用分野も多岐に渡る。

本学には、これらを支える先進的な暗号理論や論理的枠組みの研究はもちろん、情報・物理セキュリティ全体をトータルに捉えることができるメンバーが揃っている。

世の中では情報セキュリティという言葉が定着しており、情報に関するセキュリティという考えが広がっている。

これに対し私共は、そうではなくもっと物理的なものとの関係でセキュリティをきちんと捉えるべきだという考えから、情報・物理セキュリティという言葉を使ってきた。

本来、情報は論理的なものだが、それを現実に対処しようとすると、何らかの物理現象がバックグラウンドとして必要になる。量子力学の世界から古典力学の世界まで色々あるが、いずれにしても何らかの媒体がないと情報が伝わらない。スマートフォン、コンピュータ、これらをつなぐネットワークは全て物体だ。つまり、モノと情報の両者を一体として捉えていかなければならない。

いわゆるインターネットオブシングス IoT やサイバーフィジカルシステム CPS についても、その重要性を早期から認識しており、産学官連携の IoT セキュリティフォーラムを 2015 年から開催している。スタート当時は、IoT セキュリティという名前の集まりはまだなく、これが最初の取り組みとなった。

このほかに、マルウェア感染による IoT の危機的状況を世界で初めて解明したり、ロボット革命イニシアティブの産業セキュリティアクショングループへの貢献などを果たしている。

IoT、CPS と呼ばれている仕組みは、あらゆる機器が対話をすることで様々な新

しい価値を創出することを意味している。そのためにセンサやアクチュエータなどの末端部分、それからゲートウェイやネットワーク機器などの通信部分、さらにはインターネットがあって、サーバやクラウドにつながっている。

したがって、そこに偽の情報が流されたり、情報漏洩が起こったり、色々なアタックがなされると、単に機械が壊れるということに止まらず、生命、社会、インフラなどに大きなダメージを与える。

我々は、早くからこのシステムへの攻撃を、論理的な攻撃、ソフトウェアへの攻撃、ハードウェアへの攻撃という形で体系的に捉えてきた。こうした観点から、YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点を作った。

Society5.0 ととも呼ばれる今後の情報社会を支える機能は単純化すると、データ収集、データ蓄積・解析、そして現実世界へのフィードバックからなり、この三つがぐるぐる回っている。この三つを通信でつないでいるのが、IoT であり、CPS になる。

現状はどうかというと、いわゆる垂直統合、ドメイン毎に一つの企業ないしは複数の企業群がこうした世界を設計して作っている。その上で、ドメイン間の情報連携は、クラウドなどの上位のレイヤーでつながっている。

これが 2030 年頃になると、オープンな IoT へと進化する。つまり、ドメインや事業を問わず、様々なレイヤーでデータが流通するようになり、メッシュ化していく。その結果、サービスが多層化し、仮想化する。そうすると、様々なステークホルダーが混在する形になるわけで、その世界をどうやって信頼あるものにしてくかが大きな課題として浮上してくる。

現段階での IoT のセキュリティがどのような状況にあるのかを調べるため、私共は、横浜国立大学発の IoT セキュリティ観測網、IoTPOT と呼ぶハニーポットが中心であるが、の研究を展開している。国際学会等でアイデアを発表し、海外機関と連携して世界各地に観測拠点を置いている。この観測網を用い、様々な分析を行っている。

攻撃の観測方法にはパッシブ型とアクティブ型がある。パッシブ型の場合は、例えば、実際には使われていないアドレスに対し、マルウェアなどが攻撃をしかけてくるのを観察する。受動的な分析にはなるが、複数の箇所から同じ攻撃を受けている、あるいは特定の時刻をきっかけに攻撃の挙動が変化しているなど、相当な情報を得ることができる。

アクティブ型の場合は、マルウェアなどの攻撃に対し脆弱な機器を用意することで、マルウェアなどの攻撃をわざと受け、感染する。そして、感染によりどんな影響を受けるのか、感染がどのような挙動をもたらすのかを、実際には安全な環境、サンドボックスと呼んでいるが、この中で動かして解析する。しかしながら、最近のマルウェアは自身が観測されていることが分かると作動しないものも

出てくるようになっている。このためマルウェアをいかにだまして作動させるかが重要になってきている。

マルウェアの攻撃はコンピュータ以外の様々な機器へも行われ、攻撃を受けると、DNS と呼ばれるインターネットの基幹機能、どのデータにアクセスするかを定める分散データベースの機能が麻痺してしまうことがある。このため、昨年、北米等で大問題が生じた。私共では、こうした攻撃を観測していて、現象を分析している。いわゆるコンピュータらしいコンピュータ以外の機器にも感染が広がっていることを把握しており、非常に深刻な状況で抜本的解決策が求められている。

では、どうすればよいのか。最新の研究成果を二つ紹介する。

第一が、末端のセンサに係るセキュリティの研究である。計測セキュリティと呼んでいるが、センサ系のセキュリティになる。つまり、フィジカルな世界とデジタルな世界をつなぐ界面におけるセキュリティが非常に重要になる。

第二が、暗号に関する研究。暗号技術は極めて重要で、例えば、暗号文のまま大規模データベースを検索する仕組み、IoT のネットワークセキュリティを効率良く管理する方法などが求められている。そのための新しい暗号の研究が進んでいる。

まず、第一の計測セキュリティの研究について概要を説明する。

重要インフラやロボット、自動車や医療機器など、私達の社会はセンサを利用したさまざまな IoT 機器によって支えられている。これらの IoT 機器は、距離や角度、温度などのデータをセンサで計測することで動作している。

IoT の普及によって、これまで見落とされがちだったセンサのセキュリティが重要になっている。センサに干渉し計測データを狂わせるという、いわばセンサをだます手口は潜水艦やステルス戦闘機など軍事の分野では昔からよく知られていた。しかし、IoT 時代を迎えた今、その脅威は産業用機器の制御や車の自動走行といった私達の身近な分野にまで及んでいる。

例えば、今後実用化が期待される自動運転の車にはさまざまなセンサが搭載されている。中でも対象物との距離を測るセンサは正面に車や人が飛び出してきた時に停止するため、なくてはならない。このセンサを特殊な信号によりだますと、物との距離が測れなくなり、目の前の物にぶつかってしまう。

さらに渋滞中の高速道路等で悪用されると、車同士を追突させるなど、交通インフラに大きなダメージを与えることも可能だ。また、近年さまざまな場面で利用されているドローンには自分の姿勢を制御するためのジャイロと呼ばれるセンサが搭載されている。このセンサに超音波を浴びせると、機体は安定を保てなくなり墜落してしまう。この他にもロボットや重要インフラなど、センサを妨害することで社会に大きな危険をもたらす可能性がある。

しかし、こうしたセンサへの攻撃に対して、現在は十分な対策が採られていな

い。そこで重要になるのがセキュリティの高いセンサの開発。そのための基準づくりと検証、そして普及活動になる。メーカーが作るセンサに対して一定のセキュリティ基準を設けることで、ハッキングされやすいセンサが流通するのを防ぎ、機器のセキュリティを守ることができる。

計測セキュリティについては、非常に大きなプロジェクトを複数の機関と連携して進めている。評価技術、強化技術、保証スキームの三つに大別される。データを計測する際のセキュリティで、これまではあまり認知されていなかった。

例えば、制御のための計測セキュリティ。ロボットがものをつかむには、ロボットの手のマニピュレータを制御することになり、ものとの位置関係の計測結果を正しく伝えないと空をつかむことになってしまう。制御において計測というのは非常に重要で、このようにフィジカルとデジタルをつなぐセキュリティについて先進的研究を行っている。

つまり、センサ、計測システムが何かを測る時に、様々な外乱の影響を受ける。通常センサの研究開発は、この外乱の影響をいかに軽減するかでしのぎを削っているわけだが、現在生じている問題への対応だけでなく、将来起こり得る課題を先取りした研究が求められている。

例えば、センサそのものを狂わせてしまう攻撃への対処。光、電波、音波などを用いて対象物を計測している媒体が攻撃されると、測定環境全体に狂いが生じてしまう。さらに、観測情報を遺漏させてしまう攻撃。不法侵入を監視するカメラなどのケースでは、どこの何を計測しているかが分かれば、観測から逃れることができる。つまり、観測情報の漏洩が大きな脅威となる。

具体例として、光を対象物に当てて返ってきた光をカメラで撮影することで距離を測る Time to Flight という方式がある。光の走行時間を距離に換算する方法で、非常に多く使われている。この際、カメラから出された光の一部を傍受して、故意に変換した光を測定物に照射すれば、計測結果を大きく狂わせることができる。

また、レーザー光線を用いる LIDAR という方式では、車載用などに使われているが、投光されたレーザー光線を電子回路で遅延させて得た攻撃光を、(偽装された) 反射光としてセンサに戻すことで、現実とは全く異なる観測結果が生じてしまう。

こうした攻撃を防ぐために、計測セキュリティの先端研究を展開している。

次に、第二の暗号技術について概要を説明する。

さまざまな物がインターネットに接続されることで、物同士が情報交換し、相互に制御し合うテクノロジーである IoT の普及によって、私達の生活はより便利なものになったが、一方でそのシステムはますます複雑化しており、従来の方法では処理が追いつかない。よりスピーディな通信や処理を実現するためには垂直統合型から水平統合型への移行が不可欠となっている。

国内の河川の水量センサを例に考えてみる。

従来の垂直統合型という方式の場合、ある河川のセンサが計測した水位のデータは市から県に送られて管理されており、他の市からは県庁を経由しなければシステムにアクセスすることはできない。

水平統合型への移行が実現すると、センサはインターネットに接続され、適切なアクセス権限さえあれば、誰もが必要な情報に瞬時にアクセスすることができるようになる。さらにセンサ同士もつながることによって、高度な IoT ネットワークの構築が実現する。一方で、全ての機器がつながっているため、1つのセンサが乗っ取られると、システム全体をハッキングされる恐れがある。

このように水平統合型の IoT ネットワークを安全に運用するためには、従来の暗号技術を飛躍的に発展させた高機能暗号の実装が重要となる。この高機能暗号のうち、秘匿検索と集約署名という2つの技術について見てみる。

最初に、秘匿検索について。ユーザーがクラウド上の暗号化データベースから必要な情報を取り出す場合、現在の技術では一度データベースをクラウド内で復号してからでないと利用することができない。暗号化された大量のデータを復号して検索する。このプロセスにかかるエネルギーロスは膨大だ。

水平統合型のネットワークに秘匿検索技術を採用すると、必要な部分だけを暗号化されたデータのまま検索してダウンロードし、復号して利用することができる。これによってクラウド上の大きな暗号化データベースも快適に利用することが可能になる。また、情報提供側がアクセスできるユーザーを適切に制限することでセキュリティが実現される。

次に、集約署名について。同じシステムにつながった数千、数万の IoT 機器からのデータを認証する際、サーバは1対1の処理を繰り返しているのが現状だ。しかし、これでは時間がかかり過ぎ、巨大な IoT ネットワークでは使うことができない。IoT 機器からのデータを集約、まとめた形で通信し、一括して認証できるのが集約署名という技術になる。これによって情報処理のスピードを格段にアップすることができ、さらなる処理速度が求められる水平統合型ネットワークにも対応できるようになる。

こうした特徴を兼ね備えた高機能暗号を本格的に実用化するため、私達は高機能暗号の方式とその応用技術の開発、高機能暗号を支えるペアリング計算を実装する高度な半導体チップの開発、パッケージング技術の最適化、さらには半導体チップを活用したアプリケーション処理性能の向上など、多面的なアプローチから研究開発に取り組んでいる。

高機能暗号の実用化は非常に重要な課題である。クラウド等で大規模の秘匿検索を行う場合、暗号化されたままのデータベースを用意しておく情報漏洩に対して強いので、多くの機微情報を含むデータベースでは暗号化が必須の扱いになっている。一方で、暗号化されたままでは、データの検索や活用が非常に難しい。そこで、平文の状態に戻すことになるが、戻すためには膨大なエネルギーや時間

が必要となり、情報漏洩のリスクも高まる。そこで、暗号化されたデータベースのまま検索する先進的方法を研究しており、本格実用を目指している。詳細な説明は省くが、楕円曲線と呼ばれる 3 次曲線上の 2 つの点に対して値を対応させる双線形写像（ペアリング）という高度な数学に基づく方法を検討している。

それから、IoT のセキュリティ管理を高度化するため、集約署名の技術を研究している。例えば、監視カメラのデータがどのカメラでいつ計測されたものかを特定するために、メタデータを付けた上でデジタル署名して送付する方法などが想定できる。現状はデジタル署名できるカメラは僅かだが、将来これが現実的になった場合に、データを一括して検索する技術なども研究している。

このように、高機能暗号は IoT や CPS を支える大きな役割を果たすことが期待されており、これらを実現するための先端研究を展開している。

以上、IoT、CPS、Society5.0 のための先端技術について述べてきた。現在はまだ認知されていない未知の検討課題も含め、ソフトウェアだけではなく、ハードウェア、機器、システムを融合した解決策の創出を目指し、先進研究に取り組んでいく。

YNU 研究イノベーション・シンポジウム 2017
2017年11月28日(火) ランドマークホール(横浜西区みなとみらい)

サイバー攻撃等に対する 情報・物理セキュリティ 研究の多面的展開

YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点 拠点長
横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授
松本 勉

YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点 <http://ipsr.ynu.ac.jp/>
Research Center for Information and Physical Security

研究テーマ: サイバー攻撃等に対する情報・物理セキュリティの未解決問題への挑戦
コアメンバー: [環境情報研究院] 松本 勉 教授, 四方順司 教授, 吉岡成成 准教授
キーワード: 持続可能性と情報・物理セキュリティ, より厳しい環境でのセキュリティの充実

標的型サイバー攻撃の早期検知, 攻撃コード・マルウェアの解析

【ソフトウェア・ネットワークセキュリティ技術の革新】 【将来・ハードウェア・人のセキュリティ技術の革新】

【符号理論の革新】 【インフラストラクチャ向け組み込みセキュリティ技術の革新】

【未知先導課題の探索】

情報・物理セキュリティという考え方

- 情報セキュリティ/物理セキュリティ だけではない。
情報・物理セキュリティ
= 情報セキュリティ ∪ 情報と物理の絡むセキュリティ ∪ 物理セキュリティ

情報

情報を担う媒体

情報を扱うシステム

- 情報のセキュリティは、それを扱う物理的実体を伴う機器やシステムのセキュリティと一体のものとして捉えることが望ましいケースが多い。
✓ICチップ、モバイル機器、車、端末、設備、建物、サーバ、データセンタ、情報ネットワーク、電力ネットワーク、インフラ、環境、人間、社会、・・・
✓CPS (Cyber Physical System), IoT (Internet of Things)、・・・

YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点

主要メンバー	主な研究成果	主な外部資金獲得状況
拠点長 松本 勉 教授 大学院環境情報研究院・教授 先端科学高等研究院・ユニットリーダー	1980年代初頭から暗号アルゴリズム・プロトコル、ハードウェア/ソフトウェア耐タンパー技術、バイオメトリクス、人工物メトリクス、自動車セキュリティ、計測セキュリティ等の 情報セキュリティ・ハードウェアセキュリティの教育研究をリードするパイオニア 。日本学会会議連合会、暗号技術検討会座長、国際暗号学会IACR元理事、ハードウェアセキュリティ研究会創設、文部科学大臣表彰・科学技術賞(研究部門)、ドコモ・モバイル・サイエンス賞等、受賞。	● SIPサイバーセキュリティ【セキュア暗号ユニットの研究開発】(2015-2019) ● SIP自動走行(2015-2016) ● NEDO IoT横断技術開発【Sensor-to-Cloud Security】(2016-2020) ● セコム財団助成(2015-2018) ● 民間企業等との大型共同研究多数
四方 順司 教授 大学院環境情報研究院・教授	暗号理論における数論的テーマで幅広く研究。特に、長期的セキュリティをもち、 量子計算機でも解読できない暗号の理論研究 において世界をリード。英国計算機学会表彰The Wilkes Award、文部科学大臣表彰・若手科学者賞等の受賞10件、論文70編、解説12編、招待講演29件、特許12件	● 科研費挑戦的萌芽(2014-2016) ● 科研費基盤B(2015-2017) ● 総務省委託研究(2017-2019)
吉岡 成成 准教授 大学院環境情報研究院・准教授	ネットワーク攻撃分析、マルウェア対策等、我が国のサイバーセキュリティ研究をリード。特に マルウェア大量感染によるIoTの危機的状況を独自観測技術により世界初で詳細に報告 。文部科学大臣表彰・科学技術賞(研究部門)、産官連携功労者表彰総務大臣賞。論文58編、招待講演38件	● 科学技術振興調整費(2005-2006) ● 科研費若手B(2011-2013) ● 科研費若手A(2013-2015) ● 総務省委託研究(2011-2015) ● NICT委託研究(2016-2018)

国際的ネットワーク・研究機関/産業界との連携サンプル

国際・産学連携研究活動のサンプル

横浜国立大学 先端科学高等研究院 (IAS-YNU) 情報・物理セキュリティ研究ユニット

区分	氏名	本籍	IAS-YNU
学内	松本 勉	YNU	環境情報研究院 学内主任研究者
学内	四方 順司	YNU	環境情報研究院 共同研究者
学内	吉岡 成成	YNU	環境情報研究院 共同研究者
学内	徐 浩源	YNU	都市イノベーション研究院 共同研究者
学内	志村 俊也	YNU	情報基盤センター 共同研究者
海外	Christopher Kruegel	University of California, Santa Barbara	海外主任研究者
海外	Engin Kirda	Northeastern University	連携研究者
海外	William Robertson	Northeastern University	連携研究者
海外	Michel van Eeten	Technical University of Delft	連携研究者
海外	Christian Rossow	Saarland University	連携研究者
産業界	中塚 康二	NICT/KDDI	産業界主任研究者
産業界	他、多数	NTT, KDDI, NEC, 富士通, 三菱電機, ...	連携研究者

外部資金プロジェクトのサンプル

SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保 「IoTのセキュリティを実現する超低電力暗号実装技術」

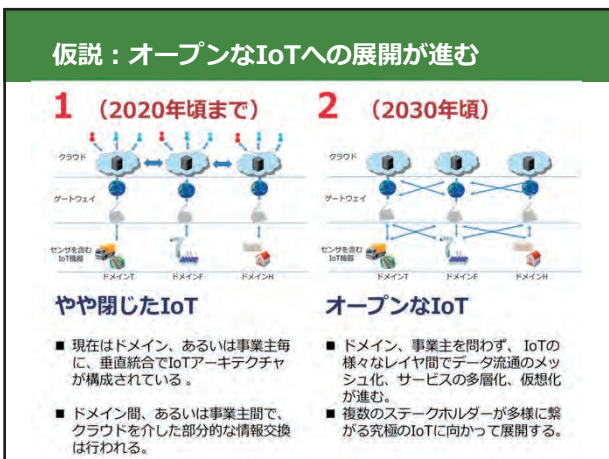
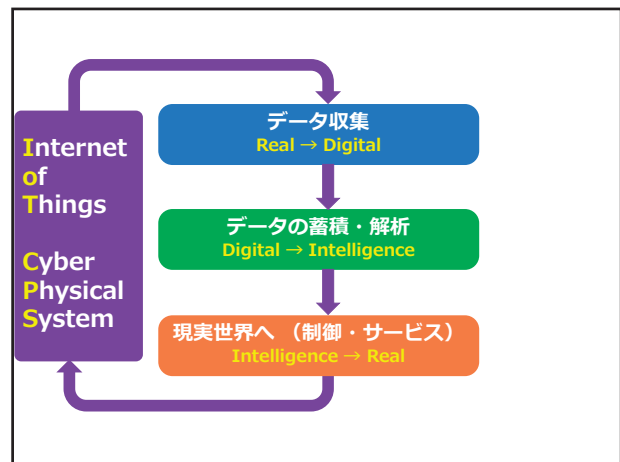
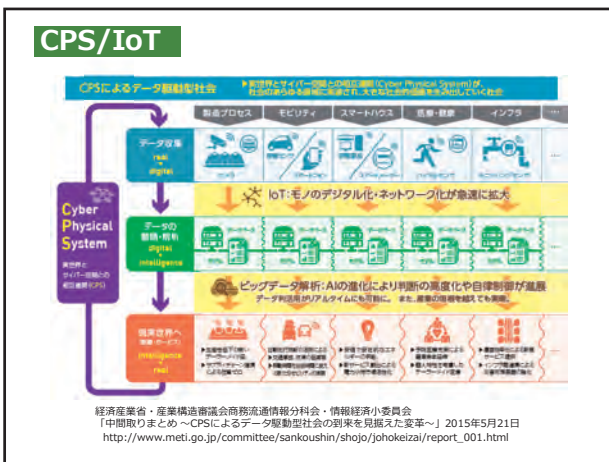
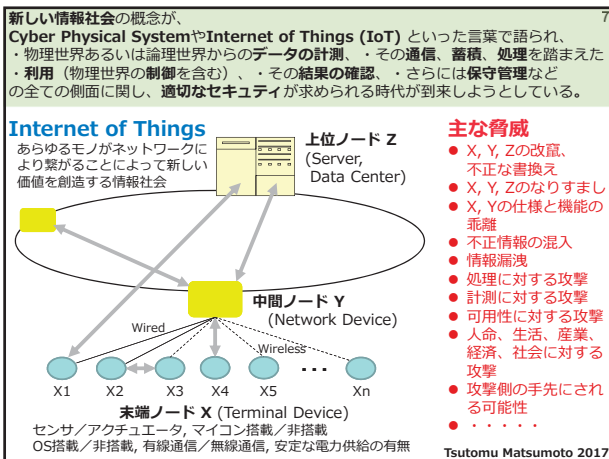
研究開発実施体制

YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点

IoT Security Forum 2016
9月15日(金) 16日(土)
Sole City Hall | 東京 有明コロシアム

「攻撃者の意図を暴け - 攻撃者はIoTをどう攻める、ならはそうする -」
2016年9月15日(金) 9:30-11:00

- IoTサイバーフィジカルシステムのセキュリティ分野、特に「情報・物理セキュリティ解析力強化プログラム」などIoTサイバーフィジカルセキュリティに係る教育研究を1980年代からリード。産官学連携の我が国初の「IoTセキュリティフォーラム」を2015年より開催。
- マルウェア大量感染によるIoTの危機的状況の世界初の解明を独自観測技術で行う等、我が国のサイバーセキュリティ研究をリードする。
- RRI(ロボット革命イニシアティブ)産業セキュリティAG主査も務める。



攻撃の観測方法

受動(passive)型:

観測用ネットワークで攻撃が来るのを待つ

- ダークネットモニタリング
- ハニーポット

能動(active)型:

インターネット上の攻撃ホスト情報・脆弱性等を自ら探索する

- Web, Telnet, FTP等へのアクセスによる機器、システムの判定
- バックドアポート等の確認

Tsutomu Matsumoto 2017

ダークネットによる攻撃の観測

ダークネット:

パソコンや機器等のエンドホストが接続されていないIPアドレス帯



マルウェア(不正プログラム)に感染して外部に無作為に攻撃を行っているパソコン、機器からの攻撃の観測に有効

Tsutomu Matsumoto 2017

ハニーポットによる攻撃の観測とマルウェアの捕獲・詳細解析

脆弱なIoT機器を模擬した**図システム(ハニーポット)**

IoT POTにより攻撃元と通信を行い、攻撃を観測しマルウェアを捕獲して、詳細解析を行う

攻撃元機器
(マルウェアに感染済)

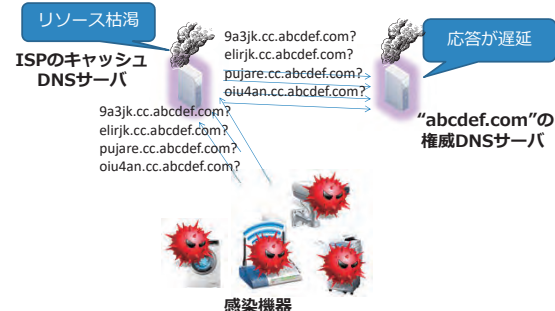


攻撃者が用意した
ダウンロードサーバ



Tsutomu Matsumoto 2017

IoT機器に感染したマルウェアはDoS攻撃に加担



Tsutomu Matsumoto 2017

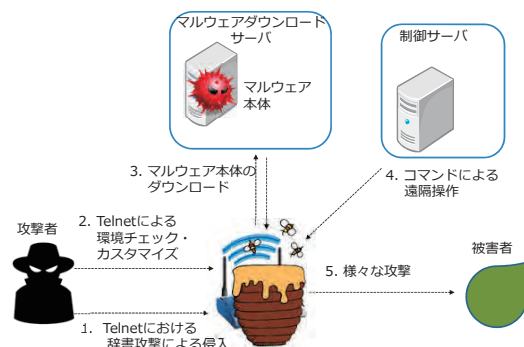
他の機器の探索・感染

同様のTelnetサービスが動作する機器を探索し感染を広める



Tsutomu Matsumoto 2017

例: Telnetベースのマルウェア感染の流れ



Tsutomu Matsumoto 2017

IoT POT (横浜国大発案のIoTハニーポット)で観測して判明した感染機器の種類 19 <500種類以上>	
機器はWebおよびTelnetの応答から判断	
- 監視カメラ等 - IP カメラ - デジタルビデオレコーダ - ネットワーク機器 - ルータ・ゲートウェイ - モデム、ブリッジ - 無線ルータ - ネットワークストレージ - セキュリティアプライアンス - 電話関連機器 - VoIPゲートウェイ - IP電話 - GSMルータ - アナログ電話アダプタ - インフラ - 駐車管理システム - LEDディスプレイ制御システム	- 制御システム - ソリッドステートレコーダ - インターネット接続モジュール - センサ監視装置 - ビル制御システム - 家庭・個人向け - Webカメラ、ビデオレコーダ - ホームオートメーションGW - 太陽光発電管理システム - 電力需要監視システム - 放送関連機器 - 映像配信システム - デジタル音声レコーダ - ビデオエンコーダ/デコーダ - セットトップボックス・アンテナ - その他 - ヒートポンプ - 火災報知システム - ディスク型記憶装置 - 医療機器(MRI) - 指紋スキャナ

国内メーカーの機器の感染事例も複数確認。感染機器情報はJPCERT/CC、NISC (内閣サイバーセキュリティセンター)に提供、または、メーカーに直接提供。

IoT POTなどを用いた観測から

IoT機器の大量マルウェア感染は深刻

- 感染機器数が増加(侵入に使用されるid/passwordも増加)
- 2016年夏ごろから急増(横浜国大では9月に100万超観測)
- IoT機器が標的のマルウェアMirai等の影響が大と想定
- 国内の感染機器数も増加、国内メーカーの感染事例も確認
- 大規模サービス妨害攻撃に加担(1Tbps級の攻撃も)
- インターネットのインフラ(DNSサービス)に対する攻撃も
- IoT機器そのものの本来の機能を奪うマルウェアも

Tsutomu Matsumoto 2017

最新研究トピックス

センサ

✓ 計測セキュリティ (センサ系のセキュリティ)

データの計測および制御に伴う計測のセキュリティにつき、

- (1) 評価技術、(2) 強化技術を研究開発し、
- (3) 保証スキームの社会実装を目指す。

暗号

✓ 高機能暗号 (秘匿検索・属性ベース暗号・集約署名など) の実用化

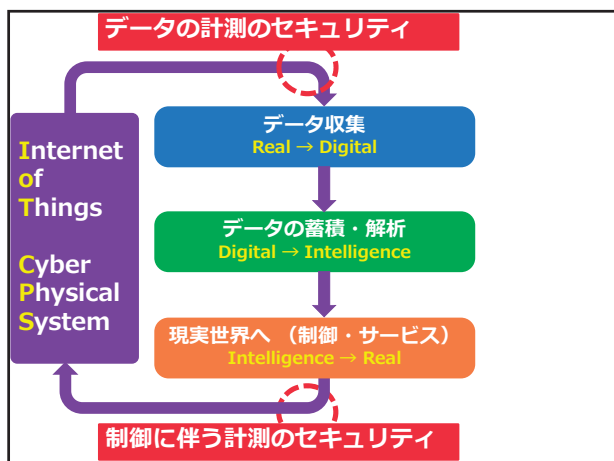
- (1) 暗号文のまま大規模データベースが検索が検索できる
秘匿検索技術の本格的実用化
- (2) IoTのセキュリティを効率よく管理できる高機能暗号の新展開

計測セキュリティ

世界初の公的プロジェクトによる体系化

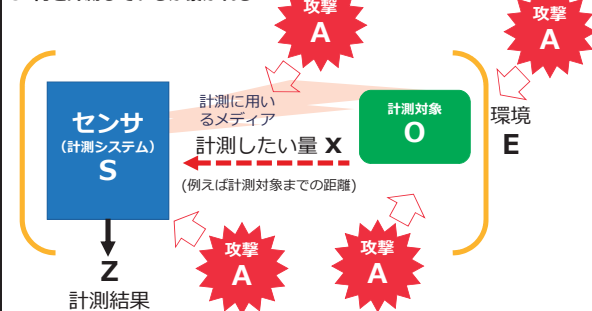
- (1) 評価技術の研究開発
- (2) 強化技術の研究開発
- (3) 保証スキームの社会実装

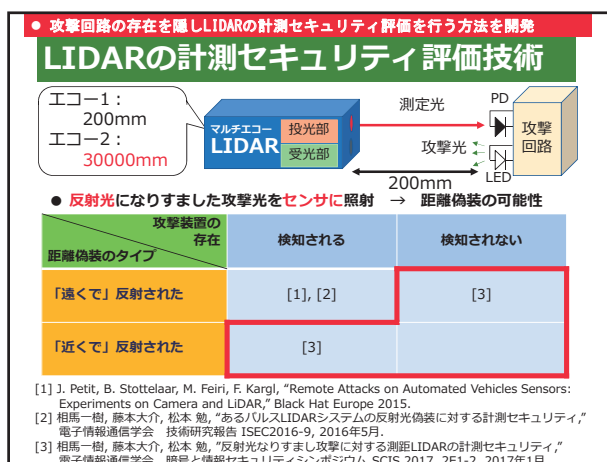
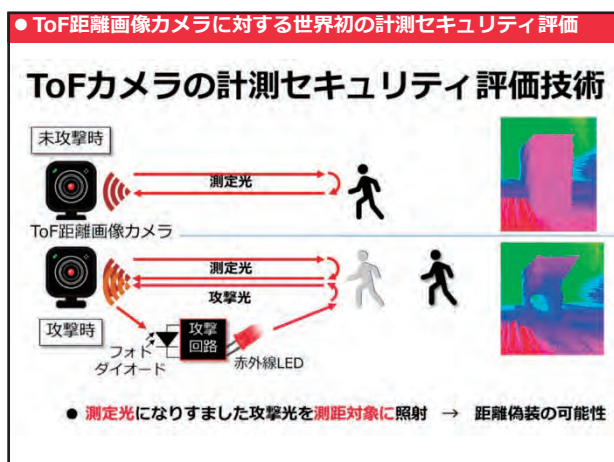
ビデオ



計測セキュリティの体系化を推進

1. 計測結果が実際と異なる
2. 計測できない
3. 何を計測しているか暴かれる





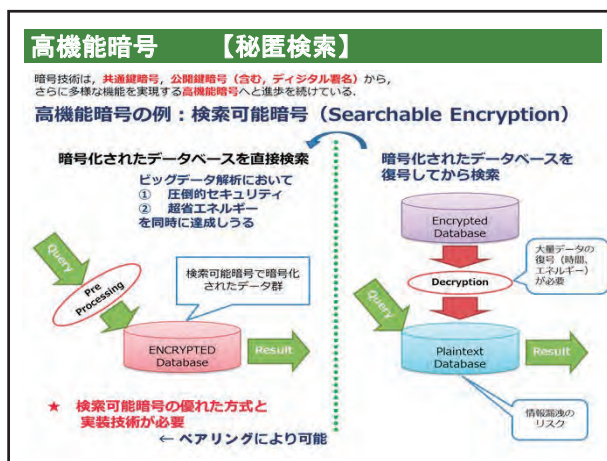
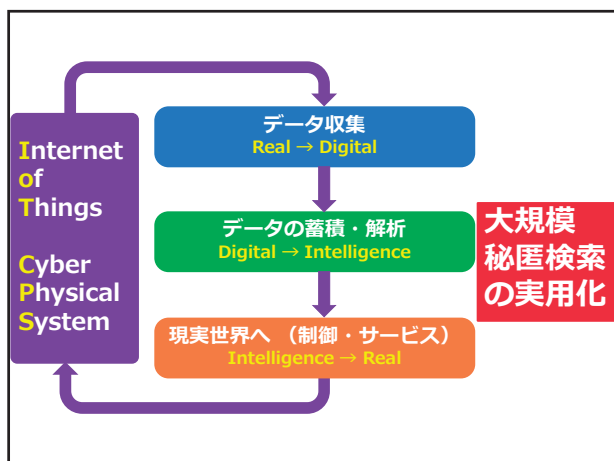
計測セキュリティ

世界初の公的プロジェクトによる体系化
 (1) 評価技術の研究開発
 (2) 強化技術の研究開発
 (3) 保証スキームの社会実装

高機能暗号

- ✓ 大規模でセキュアな秘匿検索を、最先端ハードウェアにより、超高速・超低エネルギーで現実化
- ✓ IoTのセキュリティ管理の抜本的効率化

ビデオ



楕円曲線とペアリング： 高機能暗号実現の構成要素

有限体 K 上の3次方程式 $y^2 = x^3 + ax + b$ を満たす点 (x, y) と無限遠点からなる集合が楕円曲線 G である。 G 上の点には加算が定義でき、 G は加法群をなす。 G 上の点 A を整数 s 倍 (スカラー倍) した点を sA と書く。 暗号技術で用いられる G は、点 A, B に対し、 $B = sA$ なるスカラー (離散対数) s を求めることが極めて困難であるようにパラメータ K, a, b を選ぶ。

ペアリング e とは
楕円曲線 G の加法部分群 G_1 、有限体 K の拡大体の乗法部分群 G_2
$$e: G_1 \times G_2 \rightarrow G_2$$

なる写像であり、双線形性 $e(sA, tB) = e(A, B)^{st}$ を満たす。

ペアリング⇒高機能暗号の実現の汎用ツール

- しかし、ペアリングは非常に複雑な写像である。
- 例えば、 K が256ビット程度のときペアリング e の計算には、 K の乗算10万回以上相当の計算量がかかる。
- ペアリングの活用と、高度実装を可能とするアーキテクチャ等の研究開発が必要である。

高機能暗号プロトタイプシステムの構築

高機能暗号アプリケーション

高機能暗号モジュール

高機能暗号クラウドサーバシステム

アーキ探索
FPGAチップ
【第一世代】
(H28着手、
H29完成)

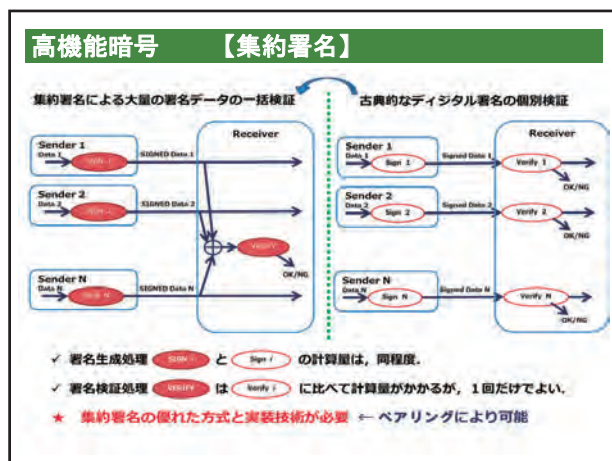
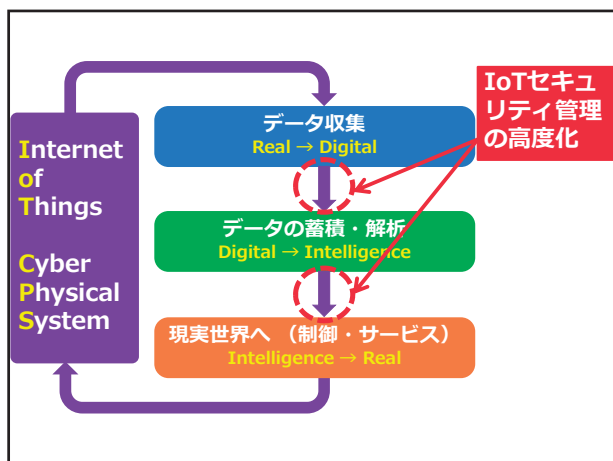
IoTノード
ASICチップ
【第二世代】

クラウドサーバ
ASICチップ
【第二世代】

- ◆ 第一世代: SW/HW統合によるプラットフォームを確立。
- ◆ 第二世代: 先端実装モジュール及びデモシステムを構築。
- ★ スケーラブル・ペアリング計算エンジンを開発。

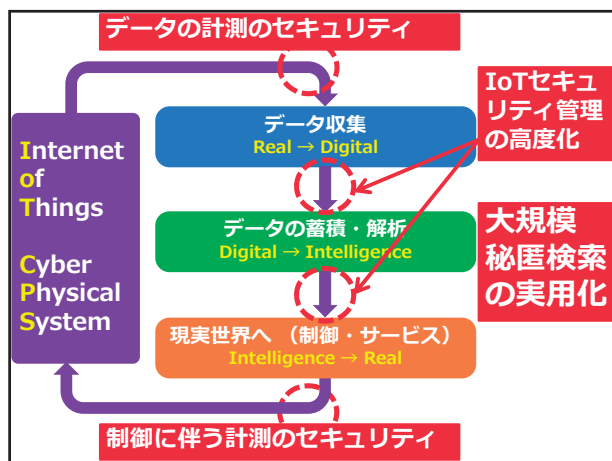
高機能暗号を用いた秘匿検索ソフトウェア開発

ゲートウェイ向けソフトウェア開発



高機能暗号

- ✓ 大規模でセキュアな秘匿検索を、最先端ハードウェアにより、超高速・超低エネルギーで現実化
- ✓ IoTのセキュリティ管理の抜本的効率化



2. 2. 2 人工知能

「最近のAIブームの次に来る人工知能:進化的機械学習・人工知能の高信頼化と産業応用」

YNU 人工知能研究拠点 拠点長

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授 長尾智晴

ここでは、三つの話題を取り上げる。第一が、昨今の AI ブーム、特にディープラーニングについて。どういうところが問題であるのかという話をする。第二が、横浜国立大学の AI 研究について。本学のオリジナリティを紹介する。最後に、第三として、AI をどのように企業に導入すべきかを説明する。

現在、AI ブームが急速な高まりを見せているが、これまでの発展の歴史を振り返ってみる。

まず、第一世代というのは比較的単純なロジックに基づく世界で、例えば自動販売機に見られるように、これを入れたらこうなりますという論理に基づく世界だった。

これに対し、エキスパートの知識を導入し、使えるものにしたのが第二世代になる。ただし、これらの知識は人手で入力する形だった。

それでは大変なので、知識導入を自動化するのが機械学習をベースとする第三世代。今ブームとなっているディープラーニングも、この第三世代の AI になる。ところが、ここではまだ人がコンピューターに解き方を教える形となる。こういう枠組みを作り、そこにたくさんのデータを入れよ、というようなことを人が設定する。

これに対し、第四世代に入ると、解き方を含めコンピューターが自らすべてをやるようになる。さらには、人の気持ちも分かるようになり、人の脳と同じような機能のものができてくる。これが、将来の AI になる。

現状はどの辺りかと言うと、第 3 世代から第 4 世代に該当する。私共の YNU 人工知能研究拠点や私の研究室は、第 3 世代の AI はもちろんとして、その先を見越した研究に取り組んでいる。

さて、今はやりのディープラーニングとは何か。簡単に言うと、階層型のニューラルネットワークで、データを入力して出力を取り出す。この入力と出力のペアを学習例として数多く、1 万例とか 10 万例くらい用意する。するとこれらの学習例をもとに、入力に対する理想的な出力を自動で作るようになる、これがディープラーニングである。

何だ、それだけかと思われるかもしれないが、人間のふるまいを見ても、感覚器官からの入力に対し適切な行動を取っている。つまり、入力に対し適切な出力

を決める、これが自動でできれば様々な用途に使える、という認識が急速に高まってきた。特に、画像認識への応用などで注目され、これは凄いということになった。さらに AlphaGo などの囲碁のソフトとしても活用されたことから、第 2 世代のエキスパートシステムに失望した人達の中でも、AI への関心が再び高まっている。

ディープラーニングの長所は、データを用意して入力しさえすれば、理想的な出力を得ることができる。こうした点が非常に優れているものだ。

しかしながら、これですべてが解決されるわけではなく、研究サイドから見ると次のような課題が残る。つまり、ディープラーニングにおける入力と出力は分かっているのだが、その処理がブラックボックス化されている。したがって、得られた結果を本当に安心して使えるのかとなった時に、結局は説明できない。このことが問題となる。

例えば、ディープラーニングによって新たな検査装置を作った場合。これを現場に導入しようとする、実際に未知の事象に対応できるのかが問われる。結局、現場に導入するために非常にたくさんの学習データを用意しなければならないなど、様々な問題が生ずる。

こうした問題をどうすれば解決できるのか。いくつかの方法がある。私共の研究室および YNU 人工知能研究拠点では、そのための解決策として、処理の可視化、精度保証、ニューラルネットワークの学習法、学習データの水増し、ハイパーチューン、そして構造最適化の研究に取り組んでいる。

構造最適化については、同僚の白川真一講師とともに最近の発表で論文賞を取っている。ディープラーニングの構造を全自動で最適化する方法だ。私共の方法を用いると、2 台のパソコン、グラフィックコントローラを使って 14 日間程度の計算量になるものが、同じ問題を解くためにグーグルは数百台を必要とする。その理由は我々の優れた進化計算にあり、世界トップレベルだと自負している。

AI の最適化も図れる。現在の機械学習は人手による構造設計・チューニングに頼らざるを得ない。そこで、これを強力な最適化法である進化計算法で最適化・効率化していく。

3 名、4 名の進化計算学者が揃って活動しているのは本学だけなので、グーグルと競っても勝てるほどの強みを持っている。

進化計算とは何か、簡単に説明する。コンピューター内の自然淘汰と解の組み換え操作でランダムな解の集団をより良い解に進化させる方法で、ちょうど生物が進化するようなプロセスを経ることで自動的に良い解を見つけていく。このため、対象とする探索空間が膨大であっても、僅かな探索回数で求めるものを探し

出すことができる。

これをもとに開発した進化的画像処理ソフトウェア CRAFT-IT の会社を起業している。

ぼやけている画像があった場合、目標とする鮮明画像を与えると、進化計算により自動的に現状の最良出力画像が得られ、その処理の流れを視覚的に確認できる。前段に画像処理フィルターを追加することで、認識率が大きく向上する。実際に製鉄所の熱延鋼板の画像分析などに適用され、大きな効果を発揮している。これをさらに改良した SIFTER では、特徴量の選択や前段のフィルター処理がすべて可変になっていて、さらに精度の高い改良画像が得られている。

ディープラーニングは画像認識に優れているが、深くすればよいというものではない。深くする理由は、前段でリッチな特徴を作るため。したがって、リッチな特徴を多数作れば、その後の判定はそれらの組み合わせによる浅いニューロネットワークやサポートベクターマシンでも十分に働く。

進化計算は、このほかにも様々な用途で効果を発揮する。

例えば、多指ハンドによる様々なピッキングの自動生成。目標物の位置を指定するだけで、どのようにつかめばよいか、コンピューターが自ら見出してしまう。将来的にはアマゾンなどの集配センターの自動化が可能になる。

ロボットの複雑環境下における協調行動にも適用できる。複雑な制御プログラムの作成に人手をかけることなく、ロボット同士が協調することでよりたくさんのものが運べたという経験を通じ、全自動で事態に対応できるようになっていく。

株の売買にも適用することが可能だ。売買シミュレーション実験を行ったところ、進化計算に基づく投資戦略から得られた結果は、従来手法よりも優れた投資効果を示した。この手法に適した業種や銘柄を選択していくことで、より大きな投資効果を得ることが期待される。

それから、静止画像の分析への応用としての欠陥検出。製品の傷の有無を自動検出する手法としても有効だ。

動画像を対象とするケースでは、設置環境に自律的に馴れる監視カメラが実現可能だ。具体的には、最初のうちは動くものすべてに反応している監視カメラが、監視環境に馴れてくると、定常的に往来する人には反応せず、突然侵入してきた自転車だけに反応するようになる。設置環境に順応する監視カメラが作れるわけだ。

さらには、人に分かりやすい分類器の進化的自動生成。処理内容が分かる自動生成器を作り出せる。説明に自然言語を用いることができる。相手に応じた説明も可能で、例えば忙しい人には1分で説明するようなことも可能になってくる。

それから、最近特許出願したのだが、浸透学習法という画期的な新手法がある。学習時のみ使えるデータと、学習時と試験時の両方に使えるデータがあった場合、

その両方を学習することを通じ、学習にしか使えなかったデータを試験にも使えるようにしてしまう。つまり学習時のみ使えるデータを、学習時と試験時の両方に使えるデータの中に浸透させてしまう。これを浸透学習法と言う。

例えば、ドライバーの心理状態を測定する場合。実験室では脳波とカメラの両方を使ってデータを得ることができるが、実際に運転しているドライバーに脳波計を装着してもらうことはできない。つまり、運転時はカメラからのデータしか得られない。こうしたケースで実験室の脳波データを浸透できれば、例えば運転中のドライバーの眼の縁がびくっと動いたことを基にして、その心理状態を把握できるようになってくる。

それから、学習時には未来のデータも使うことができる。これに対し、例えば株の売買などがそうだが、実際の運用の際に得られるデータは現在のものだけ。つまり、こうした分野に浸透学習法を応用していくことで、未来を予測したようなふるまいが可能になってくる。これらの研究成果についても、今後発表していく予定だ。

最後に、AI の企業への導入方法について述べる。

まず、最初から AI で全てをまかなおうとする、あるいは AI 系の仕事を請け負う機関にすべてをまかせるような形を取るのは良くない。そうではなく、これまで人手をかけていた業務の一部を AI で代替していくという発想が必要だ。現在の AI の長所・短所を十分に理解し、AI が不得意な点を人が補うことも重要になってくる。

したがって、社内に AI 系の仕事を一定レベルまでは担える部署を作ることが必要だ。ただし、専門の研究開発部署まで作ろうとすると、そのための人材を確保する必要があり、かなり大変なので、必ずしも勧めない。

AI 系の大学等の研究室と連携することも有効に働く。連携相手によっては、即戦力となる手法の開発、共同研究に従事した優秀な人材を確保できるなどの成果につながる。最新の手法・情報を入手する面でも有効だ。

以上をまとめると、第一に、今後は AI 技術の導入が必須になるということ。第二に、AI は企業人材の敵ではなく味方で、意思決定のための強力な支援ツールとして働くということ。そして第三に、AI はまだ万能ではないので、社内の専門家が AI とタッグを組み、互いの欠点を補完し合う形で進めていくことが重要だ。

横浜国立大学 教授：長尾智晴

「YNU 研究力 / プラティファイン」掲載

2000年まで東京工業大学大学院助教授。
2001年から横浜国立大学教授。現在に至る。
大学発ベンチャー(株)マシントラニクス取締役CTO。

● 専門： 知能情報学・知能ロボティクス・感覚知覚情報処理など、
人と機械の知能に関するあらゆること

● H29年度秋学期： ● 研究分野：

学 年	人 数		
	男	女	計
秘 書	—	2	2
D3	6	—	11
D2	1	—	
D1	2	2	
M2	5	2	15
M1	6	2	
B4・B3	5	0	5
研究生	0	1	1
学生数	25	7	32

共同研究等累積120社以上。常時5～10社と共同研究を実施中。大学発ベンチャー設立済み。

YNU 研究 / ページンションポリシー

参考

YNU「人工知能」研究拠点

RCAI: Research Center for AI, Yokohama National Univ.

ビジネス・産業・社会・世界の構造変化

人工知能(AI)技術の必要性の増大!

加齢化・高齢化・高齢化

ビッグデータの蓄積・解析
ニーズの爆発的な急増

IoT (internet of things)
第4次産業革命 Industry 4.0

クラウドコンピューティング

ネットワークサービス

PC・携帯端末など
の通信機器の普及

電子計算機の登場

**学問的・社会的
ニーズ**

経済学・社会学
・テキストマイニング技術
・データ処理ビジネスの急増

生産工程・販売効率の最適化
・センサシステムによる管理自動化
・企業間の情報化対応が必須に

計算資源の提供
・データ収集

・商品推奨システム・
・センサネットワーク
・セキュリティ技術

・インフラの整備・低価格化
・アプリケーションソフト開発

YNU「人工知能」研究拠点

経済学 法学 認知科学
社会科学 経営学 心理学
情報学・情報工学
機械工学 教育学
センサ工学 電気・電子 ロボット

なぜYNUなのか?

- ・YNU独自の人工知能:「進化的機械工学」
- ・大学として文理融合を促進

研究内容・方法

- ・次世代AIの学術的研究の推進: AIの高信頼化など
- ・産学官連携活動の促進: 共同研究・大型予算の獲得など
- ・日本を代表するAI拠点としての国際的活動: IoT など

・「進化的機械工学」従来までの**統計的機械学習**を超えて、コンピュータが自ら問題を解決を見出す**次世代の人工知能**。すでに米国に支えられた横浜国立大学東洋文庫センター(横)「シンタックス」を2008年に起して大方向性を見出す研究の実施を図る。

AI・機械学習ブームの実際

●多くの日本企業が置かれている状況(大手/中小問わず)

- 社長の「我が社も AI をやるぞ! さもないとライバルに負けてしまう!」という号令に対して、実際のところ、困惑、あるいは混乱しているのが実情である。
- AI人材の確保と育成が急務となっている。資本力がある会社は、AI系企業への大型出資・買収などを盛んに行っている。
- AI 技術が社内になく場合、当面は外注に頼らざるを得ないが、AI ベンダーから得たものは社内技術として蓄積されない。
- そもそも AI で何ができる／できないのか? もよくわからない。
- 情報技術を軽視してきた日本の国政・産業界にも問題がある。

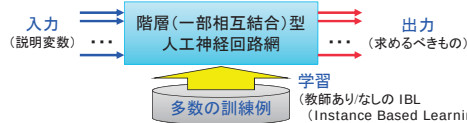
AI 技術の導入と産業構造の改革が求められている

人工知能の発展 ~知能化技術は第4の産業革命~



Deep Learning (深層学習)のまとめ

【定義】多数の訓練例から、入力変数と出力を関係づける画像を作る統計的機械学習を行う深層型の(階層型)人工ニューラルネットワークモデル。



- 【原理】入力変数を多段の非線形・線形関数で変換(原空間の変換)。
- 【特徴】従来の3~4層のFF-NNでは学習できなかった複雑な画像を獲得できる場合が多い(ただし入力変数が足りない場合は当然不可能)。特に画像認識はCNNによる特徴量の次元圧縮が有効で高精度の認識精度を実現可能。入出力を対応づけることで問題解決ができるあらゆる分野で利用可能。例)画像処理・画像認識、データ分類・時系列予測など
- 【現状】一時の狂信的ブームは去ったがライブラリの充実化とともに利用者は増えて高いニーズがある。特に大学での研究・企業での検討は花盛り。
- 【今後】構造最適化技術とともに機械学習の普及に貢献すると考えられる。

Deep Learning の長所

- ① 高性能な分類性能を有している: これまでに様々なベンチマーク問題や実問題に対して適用され、その高性能な有効性が示されている。
- ② 学習用データを入力するだけで画像を作ることができる: 分類アルゴリズムを自分で考えなくても、機械学習により変換が自動生成される。
- ③ 適用範囲が非常に広い: 入出力応答の近似・モデル化は、現象の記述、データの処理・分類・認識、予測など、様々な分野で利用することができる。
- ④ データ数に偏りがあるクラス分類(異常検知など)にも適用可: 正常データに対するAutoencoderの利用によって良品のみの学習が実現可能。
- ⑤ 人工脳モデルとしての位置づけ: Neocognitronのような深層タイプのニューラルネットワークモデルとして、ニューラルネットワーク研究を活性化している。
- ⑥ 各種の開発環境・ライブラリが充実している: TensorFlow, Chainer, Keras などの環境・ライブラリが充実しており、機械学習に不慣れな人でも比較的容易に実験・利用することができる。

Deep Learning の問題点(研究面)

- ① 処理がブラックボックスになる: 生成された回路が実際に行っている処理の内容を人が理解することが困難である。 → 対策: 処理の可視化
- ② 未知データに対する性能が保証できない: DLに限らない課題であるが処理がブラックボックス化されるDLでは特に深刻である。 → 対策: 精度保証
- ③ 潤沢な計算資源が必要: 多数の結合荷重を決定するために高性能GPUを搭載した多数のPCが必要である(数百台?)。 → 対策: 計算資源の確保
- ④ 最適化・学習に時間を要する: 結合荷重を決定する学習(確率的勾配降下)に長い計算時間を要する。 → 対策: NNの新しい学習法の開発
- ⑤ 多数の学習データを必要とする: 少ないデータで作られる処理は信頼性が低く使えない。 → 対策: 学習データの増強
- ⑥ 多数の学習パラメータの最適化が困難: 学習のためのパラメータが多く、最適なパラメータを探すのに長い時間がかかる。 → 対策: ハイパーチューン
- ⑦ 回路網の構造・構成が人手で決定されている: 経験に基づく人為的な構造決定に頼っており構造の最適化がなされていない。 → 対策: 構造最適化
- ⑧ 回路規模が大きくハードウェア実装が困難: 回路網が大規模かつ複雑なためハードウェアによる回路化が高コストである。 → 対策: 専用チップの開発
- ⑨ 既存構造としての処理の性能限界: 回路網構造を決めることによる処理の限界が当然ある。 → 対策: 任意構造のNNの自動構築(=進化型NN)

Deep Learning の問題点(企業・大学)

- ① 処理がブラックボックスになる: 説明責任を果たせないので使えない(企業)
 - ② 未知データに対する性能が保証できない: 訴訟のリスクがある(企業)
 - ③ 潤沢な計算資源が必要: 実験にコストを要する(企業・大学)
 - ④ 最適化・学習に時間を要する: 人的コストが見積れない(企業・大学)
 - ⑤ 多数の学習データを必要とする: 訓練データの収集が困難(企業・大学)
 - ⑥ 多数の学習パラメータの最適化が困難: 実験に長い時間がかかる(企業・大学)
 - ⑦ 回路網の構造・構成が人手で決定されている: 自社特許化が困難(企業)
 - ⑧ 回路規模が大きくハードウェア実装が困難: 製品への搭載が困難(企業)
 - ⑨ 既存構造としての処理の性能限界: DLを超える手法の開発が難しい(大学)
- 【オマケ: 一般の企業特有の悩み】
- ① 自社技術化の悩み: 社長命令で社員がDLの習得に苦労/迷惑している。
 - ② DL専門業者との付き合い方: コスト感が不明。アウトプットは結局使えない。
 - ③ 置いて行かれる危機感: とは言え、やらないと他社から遅れる脅迫感あり。
- 【オマケ: 一般の大学特有の悩み】
- ① 流行っているのに学生が皆やりたがる: 使うだけでは、もはや論文にならない。
 - ② ベンチマーク問題: 数値勝負の下らないレースに参加せねば評価されない。
 - ③ 論文よりアーカイブ重視: 信頼性は二の次でとにかく結果を早く公表する風潮。
 - ④ 地道な手法が時代遅れに: 従来型研究に価値がないとみなされかねない。

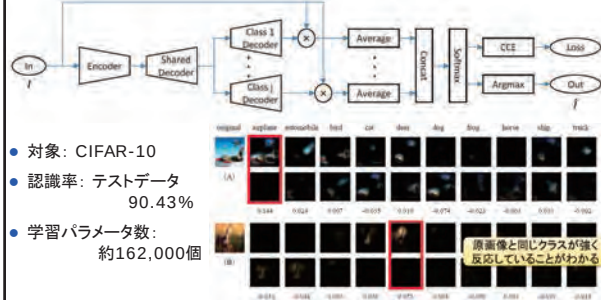
Deep Learning の対策・改善策(1)

- ① **処理の可視化**: DLによって構築されたネットワークがどのような処理を行っているのか、あるいは内部のどの部分でどのような処理が行われているのか、を数値あるいは画像などで示すことで「見える化」を行うことが考えられ、現在、長尾研でも研究中。
- ② **精度保証**: 特徴空間やその中の訓練データの分布を可視化して適用可能範囲を直観的に理解できるようにする(可視化)方法や、数値的に示す方法について研究されている。現在、長尾研でも研究中。
- ③ **NNの新しい学習法の開発**: 多数の結合荷重の決定を行う方法として、従来の定評ある手法に加えてさらに性能が高い学習法の開発が期待されている。探索空間を如何にして効率よく探索するかという探索の問題である。現在、長尾研でも進化計算法を基にした探索法を研究中。
- ④ **学習データの水増し**: 昨今流行りの手法であり、訓練例が少ないときに特徴空間中のそれらの点の近傍を仮の訓練例として「発生」させ、学習に用いる。半教師つき学習、画像認識のCNNなどでは、画像をシフト・回転などして訓練画像の枚数を増やすことなどが行われている。長尾研では、進化的画像処理を使って学習データを水増しする方法の研究に着手。また、実際の手法を共同研究を通して性能評価している。

13

参考 長尾研による CNNの“見える化”例

Generative Contribution Mapping



荒井 敏, 長尾 智晴: 畳み込みニューラルネットワークを用いた画像分類タスクの直感的可視化方法, 情報処理学会第111回数理モデル化と問題解決研究会, 2016年12月12日~13日, 電気通信大学 (2016)

14

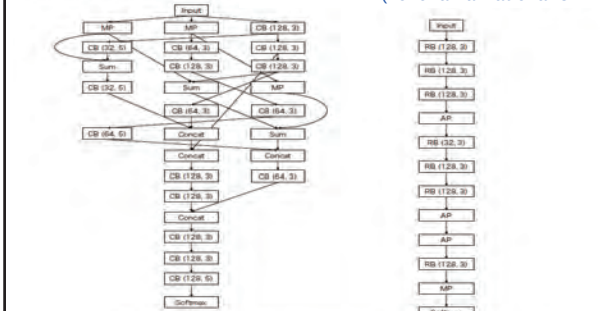
Deep Learning の対策・改善策(2)

- ⑤ **ハイパーチューン**: 学習パラメータの最適値を求めるためには、現在、パラメータを様々に変化させてDLの学習を行い、結果的に得られたDLの性能によってパラメータを決定する全探索を行っているところが多いが、それを効率的に行うためのチューニングアルゴリズムが研究されている。学習率その他のパラメータの最適設計を行うために、NNの探索空間を解析したり、次のパラメータを決定する方法などが検討されている。
- ⑥ **構造最適化**: DLの回路網構造(各ユニットの接続状態)やパラメータを人が与えるのではなく、最適化法によって決定する試みが最近、googleやMIT, 横浜国立大学(菅沼・白川・長尾)などによって行われて注目されている。最適化法としては強化学習や進化計算法が用いられている。これによって、人の職人芸に頼らずに高性能の構造を自動構築することができるので、次のようなDLユーザー(主として企業?)に対しては、ここ1~2年(最適化を含めてツール化されるまで)はニーズが高いと考えられる。
 - DLを適用してみたい題材・データがたくさんあるが、1つ1つを作るのに外注するとコストが高くつく、自社内では人を充てるのが困難。しかも「それが本当に最適なのか?」といった問いには答えられない。
 - もっと手軽に簡単にDLを作って試してみたい。もし簡単に作れるなら、作ってそれを他社に売りたい。

15

参考 長尾研が自動構築した CNN 構造例

M. Suganuma, S. Shirakawa and T. Nagao (Yokohama National Univ.)



<https://arxiv.org/abs/1704.00764>

16

CNN 最適化の世界トップクラスの研究比較

手法	エラー率	モデル構築最適化の計算時間
Network in Network	8.81	人手での設計
VGG	7.94	人手での設計
ResNet	6.61	人手での設計
CGP-GP (@YNU) [3]	5.98	2 GPUで14日程度
Large-scale Evolution (@Google Brain) [4]	5.9	250 GPUで10日程度
Neural Architecture Search (@Google Brain) [5]	3.84	800 GPUで実験
MetaQNN (@MIT) [6]	9.09	10 GPUで10日程度

今後はCNNの進化計算・強化学習による構造最適化が普通に

17

2. 次世代の人工知能: 進化的機械学習・長尾研のAI



統計的機械学習から進化的機械学習へ

- 現在の機械学習は人手による構造設計・チューニングに頼らざるを得ない。例)DNNの構造やパラメータチューン。
- これを強力な最適化法である**進化計算法**(Evolutional Computation)で最適化・効率化する必要がある。すなわち、**機械学習の進化的最適化を行う進化的機械学習**が必要である(長尾の持論)。
- 第3世代AIから第4世代AIへ。
- 海外のAIに追いつき、追い越すために**必須のAI技術**。
- 長尾ら進化計算学者が複数居る人工知能拠点/センターは、日本に**横浜国立大学のYNU人工知能研究拠点**だけ。

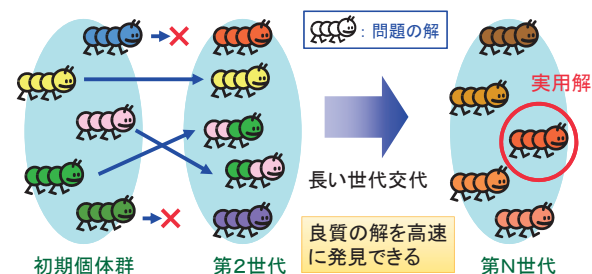
YNU

19

進化計算法 ～現在、最も強力な最適化法～

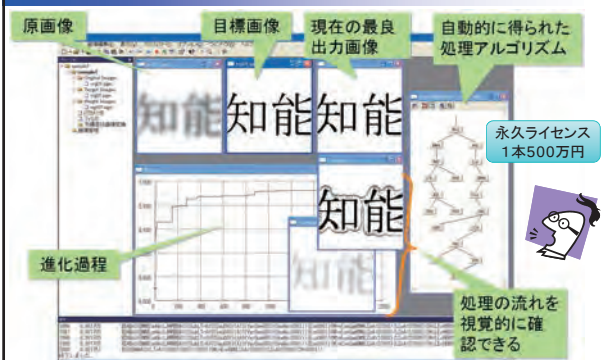
- コンピュータ内の**自然淘汰**と**解の組み換え操作**で、ランダムな解の集団を、より良い解に“**進化**”させる。

長尾研では1990年代から研究中：世界トップレベル



20

① 進化的画像処理 ～画像処理の全自動化・最適化～

進化的画像処理ソフトウェア **CRAFT-IT™** の実行画面横浜国大発ベンチャー(株)マシンインテリジェンス: <http://machine-intelligence.co.jp/>

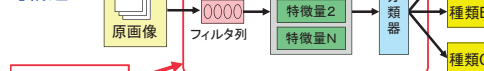
② 進化的画像認識 ～特徴量最適化1～

フィルタ列追加型進化的画像認識

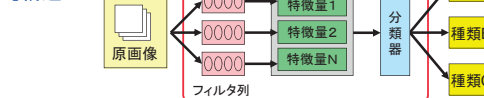
横浜国立大学・長尾研
特許第4660765号

- 前処理によって分類器(例:SVM)に入力する特徴量ベクトルを全自動で最適化

●[1対全]構造:



●[1対1]構造:

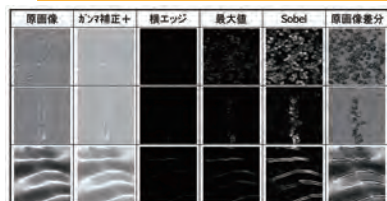


本手法(ACSYS)は横浜国立大学登録ソフトです。試用されたい方は長尾までお問い合わせ下さい。

22

認識率と前処理画像の例

手 法		認識率
フィルタなし（通常のSVM）		0.82
[1:全] 構造	フィルタ数 1	0.84
	フィルタ数 5	0.95
	フィルタ数 9	0.96
	フィルタ数 13	0.97
[1:1] 構造	フィルタ数 1	0.99



[1:全]構造5フィルタ

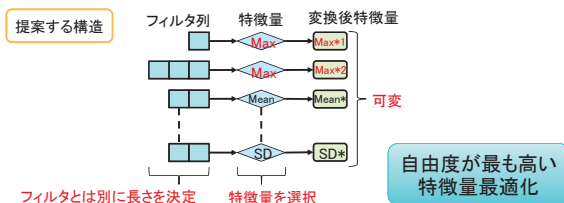
このような前処理を設計することは人手では不可能

23

③ 進化的画像認識 ～特徴量最適化2～

ACSYS の改良手法 **SIFTER**

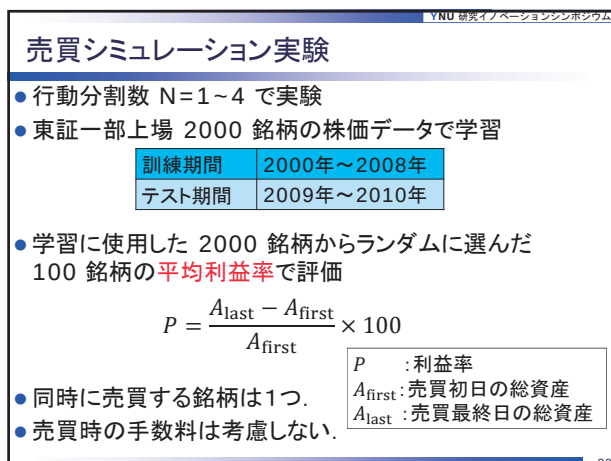
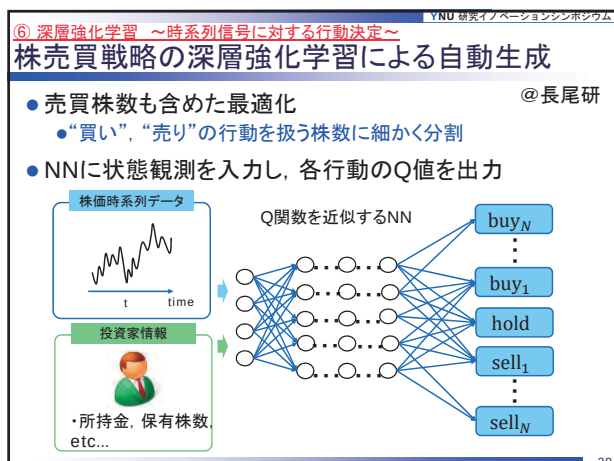
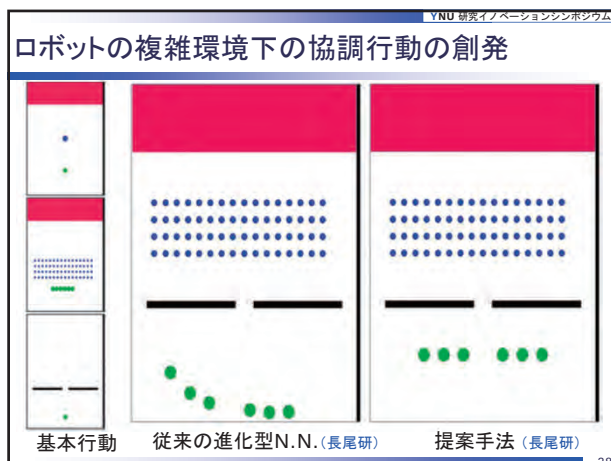
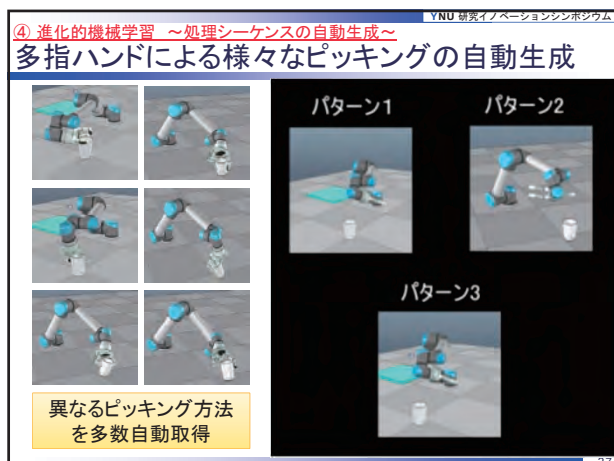
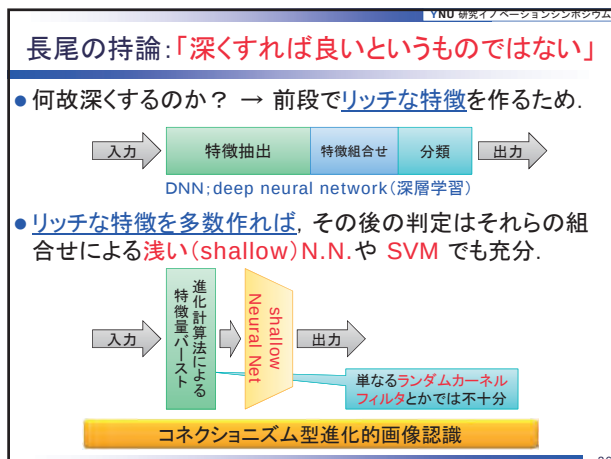
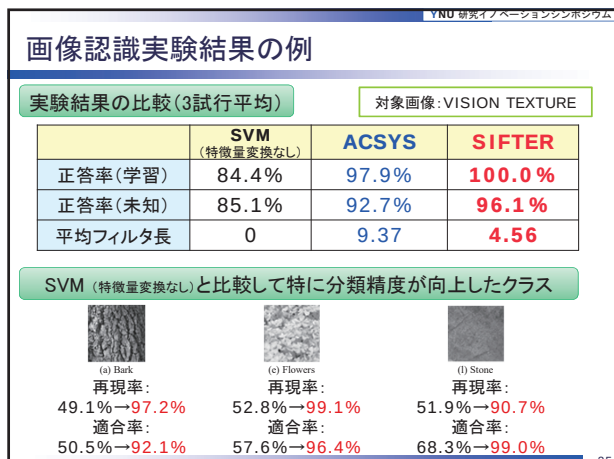
Serially-filtered Image FeaTure based Evolutionary Recognizer



提案手法の改良点

1. 明示的に可変なフィルタ列
2. 特徴量選択の導入
3. 一つの特徴量に対する複数の画像処理フィルタの適用

24



実験結果

100銘柄平均利益率 [%]

	B&H	GC&DC	MACD	RSI	ST	random
訓練期間	38.6	62.7	40.8	29.6	26.8	34.3
テスト期間	14.5	17.3	21.2	11.2	8.0	8.4

※ randomは10000回平均

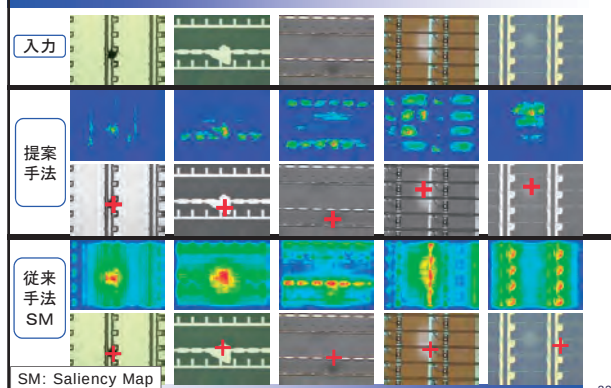
	Proposed (N=1)	Proposed (N=2)	Proposed (N=3)	Proposed (N=4)
訓練期間	86.84	80.19	81.19	93.07
テスト期間	24.42	30.67	29.65	29.49

- 提案手法は、行動分割数Nによらず従来手法より優れていた。業種を絞れば、さらに高い利益率を達成可能。

31

⑦ 違和感検知のためのニューラルネットの提案1 ～対象:静止画像～
疵(きず)画像の自動検出

@長尾研



32

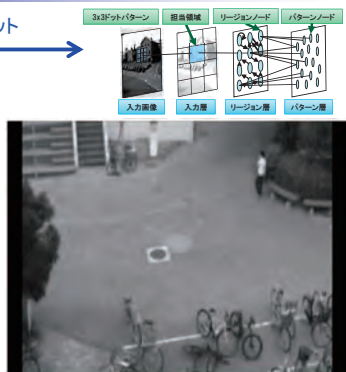
⑧ 違和感検知のためのニューラルネットの提案2 ～対象:動画～
設置環境に自律的に馴染む監視カメラ映像処理

- 人の馴化機能を独自のネットワークモデルでモデル化。

- 動画画像中の“目新しい物・普段と異なる物”を自動的に検知することに成功(右の動画)。

- 人と同様に早期に異常に気付く知的監視システムの実現。

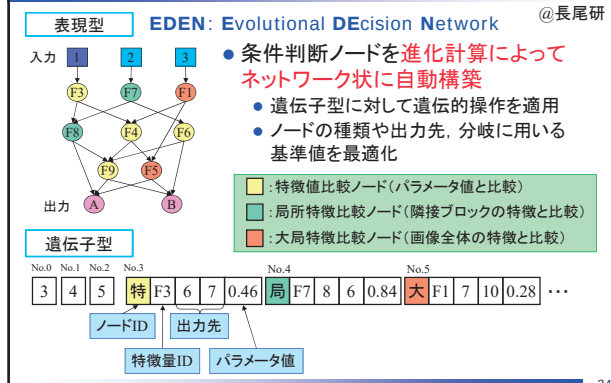
@長尾研



33

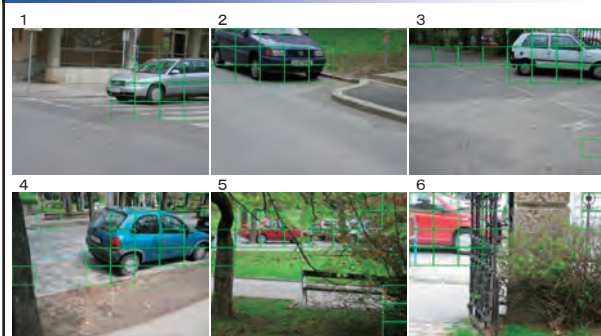
⑨ 人に分かり易い分類器の進化的自動生成
進化的条件判断ネットワーク EDEN特許番号:
5548990号

@長尾研



34

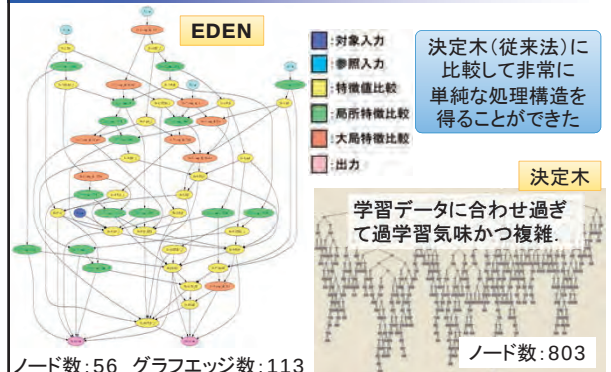
画像からの自動車領域抽出例

対象画像:Graz-02
(自動車検出)

やや過検出気味であるが良好な抽出結果が得られた

35

得られた構造例(EDEN vs 決定木)



36

YNU 研究イノベーション・シンポジウム
⑩ 分類器(決定木・EDEN)の処理の見える化 @長尾研
決定木・EDENの処理の自然言語による説明
特許出願中:特願2015-041313

◆ 決定木による異常に関する説明文

白っぽい部分があって, $(0.6 < \text{Max L} \leq 0.8)$
輪郭がはっきりしていなくて, $(0.0 \leq \text{Edge} \leq 0.2)$
色数がとても少ないため, $(0.0 \leq \text{SD H} \leq 0.2)$
異常である。

正解率: 88.2% ノード数: 127

※権利関係の問題で画像をぼかしています。

◆ EDENによる正常に関する説明文

くすんだ色で, $(0.2 < \text{Mean S} \leq 0.4)$
ある程度明るくて, $(0.4 < \text{Mean V} \leq 0.6)$
白っぽい部分がないため, $(0.4 < \text{Max V} \leq 0.6)$
正常である。

正解率: 85.5% ノード数: 21

※権利関係の問題で画像をぼかしています。

崎津実穂, 宮沼雅徳, 土屋大樹, 長尾智晴: 決定木及び決定ネットワークによる画像分類過程の説明文の自動生成.
情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用(TOM), Vol. 9, No. 1, pp. 43-52 (2016)

YNU 研究イノベーション・シンポジウム
⑪ マルチモーダル認識法の画期的な新手法
浸透学習法(Percolative Learning) 特願2017-153613 (発明者: 柳元・長尾)

1) 始めに **Main + Aux** で学習して浸透データを決定。
2) 次に **Aux** の出力信号(ピンク色の結線)の結合荷重を下げつつ, 浸透データに影響が出ないよう赤色の結線の結合荷重を調整。
3) **Aux** からの入力があっても浸透データには変化がない状態にする。

Auxiliary data (学習時のみ利用可能な情報)
Main data (学習時と試験時(運用時)の両方で用可能な情報)

Aux-sub network
Main-sub network
Integrated network
浸透データ(percolated data)
認識結果

YNU 研究イノベーション・シンポジウム
マルチモーダル認識などへの応用 ©2017 Yanagimoto & Nagao All Rights Reserved

1) マルチモーダル認識への応用例

	パターン1	パターン2	パターン3
Aux data	音声データ	音声データ	音声データ
Main data	顔画像	顔画像	顔画像

2) 時系列予測その他への応用例

	時系列予測	セグメンテーション	静的分類
Aux data	未来データ	セグメント結果	クラス(Vector)
Main data	現在データ	画像	データ(Matrix)

図作成: 柳元美玖

YNU 研究イノベーション・シンポジウム

3. AI・機械学習の企業での導入方法

脳画像, 脳ネットワーク図, 脳と光のイメージ

AIチップ, キーボード, データビジュアライゼーション

YNU 研究イノベーション・シンポジウム
産業界で機械学習を利用する場合の問題点

- 学習データについて: 多数用意できるのか? 何個用意すれば今の問題に対して必要十分なのか?
- 精度・性能について: 精度・性能が充分でない場合, どうすれば良いのか?
- 開発期間・コストについて: どれだけ時間・人的コストをかければ実用に足るものが出来るのか?
- 処理の信頼性について: 学習後, 未知データに対して正しく処理できるのか? 暴走しないのか?
- 処理の可読性について: 出来上がった処理内容について現場の人間が理解し, 納得できるのか?
- メンテナンスについて: 今後, 対象が変わったときどうなる? 手離れが悪いのでは?

YNU 研究イノベーション・シンポジウム
それでも機械学習を産業応用する必要がある

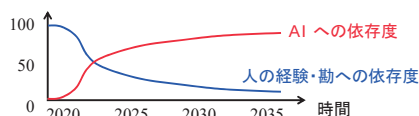
- 機械学習が唯一の問題解決法であることや, 他の手法より性能が良いという場合がよくある。
- 他社に先行され, 優先権を取られる危険性もある。
- 機械学習をよく理解していれば, 製品開発に応用することができるし, 他社よりも高い性能を出すことが可能!

↓

今後は機械学習を製品・サービス開発に積極的に利用することが望まれる。

人工知能・機械学習とのつきあい方

- 当面の間は、AI は意思決定のための有効なツールの1つであると考えて、人のエキスパートと協力しながら業務に利用するところから始めましょう。
- 最初から AI を全面的に信用することは危険です（未学習のデータに対する精度保証が現状では不完全です）。
- 運用しながら、AI への依存度を増やしましょう。



そのためには、AI の特性(得意・不得意)をよく理解し、適材適所で利用する必要がある

43

現在の AI の長所・短所

●現在の AI が得意な点

- 計算能力が極めて高く、膨大なデータを解析することができる。
- 入出力の規則・関数を、大量の学習データから決定可能。
- 深層学習や進化計算法によって全自動での最適化が可能。
- 感情がなく、お金についても常に合理的な判断を行なえる。

●現在の AI が不得意な点

- 処理・判定プロセスを人に説明することが難しい。
- 抽象度が高い知識の取り扱いが難しい。
- 「常識」の取り扱いが難しい。
- 入力情報が乏しいと有意義な入出力が作れない。
- 大所高所からの状況判断を行うことが難しい。
- 創造性に乏しい。



今のところ、AI が不得意な点を人が補う必要がある

44

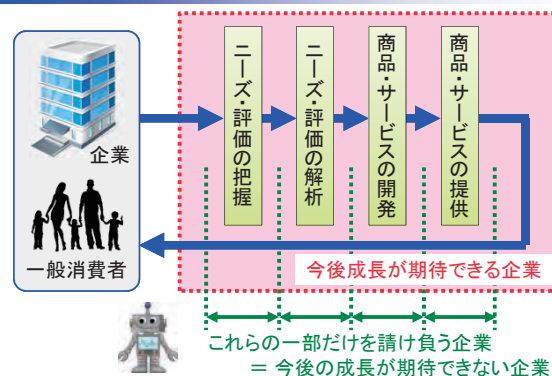
経営的な観点から見た AI とのつきあい方

●AI の導入方法

1. AI 系の仕事を請け負う企業・大学に丸投げする ✕
 - ・自社内にノウハウが蓄積されない。
 - ・データが変わるごとに対価が請求される。
 - ・データ解析の難易度が分からず高額に請求されることもある。
2. AI 系の仕事もできる部署を自社内に作る ◎
 - ・解析をある程度社内で実行でき、修正も容易、運用もし易い。
 - ・場合により外注する必要があるが難易度が分かるのでボラれない。
3. AI 系専門の研究開発部署を自社内に作る △
 - ・本気でやるならかなり優秀なスタッフを集める必要があり大変である。
4. AI 系の大学等との研究室との共同研究を行う ○
 - ・研究室によっては即戦力となる手法を開発してくれる場合もある。
 - ・共同研究に従事した優秀な人材を確保できる場合がある。
 - ・最新の手法・情報を入手可能(大学院生が最先端の情報をもつ?)

45

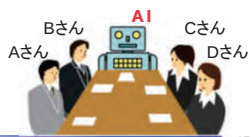
AI ビジネス成功の鍵：データ循環システム



46

私が主張したいこと

1. 今後は人工知能(AI)技術の導入が必須！
 - 好き嫌いではなく、導入しないと他社に負けます！
2. AI は“敵”ではなく“味方”！
 - AI は意思決定のための強力なツールの1つ。専門家に取って代わるのは随分先の未来の話！
3. AI と人の専門家の協力が最強！
 - AI は今はまだ万能ではない。専門家とタッグを組むことで互いの欠点を補完し合える！



47

Q&Aコーナー

- ご質問があればお願い致します。

- シンポジウム終了後も、メールでのご質問やご相談をお受けします。(1～2回程度は無償です)

- お近くにお越しの際はお寄り下さい。



ご連絡先

横浜国立大学 教授 長尾 智晴
(大学発ベンチャー(株)マシンインテリジェンス取締役CTO兼務)
メールアドレス: nagao@ynu.ac.jp
研究室URL: <http://nagao-lab.ynu.ac.jp/>

48

2. 2. 3 ロボット

「機械工学、電気工学の高度な連携・深化に根ざす YNU ロボティクス技術」

YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点 拠点長

横浜国立大学 大学院工学研究院 教授 藤本康孝

ロボティクス・メカトロニクス技術は、従来主に工場の中で生産を自動化する一つのツールとして使われてきた。サプライチェーンを例に取れば、資材を確保して消費者まで届けるというプロセスの中で、これまでは物理的に物をハンドリングするプロセスにロボット技術が使われてきた。これからは物流全体を対象に、実際に消費者に届ける場所などの様々な場面でロボティクスが必要になってくる。すなわち、ロボットの守備範囲が広がってくると考えられる。

現状では世界のロボット市場は約 1.7 兆円であり、それほど大きくはない。裾野を含めるともう少し大きくなる。全体の約三分の二を工場で使われる産業ロボットが占め、残りの三分の一がサービスロボットやパーソナルロボットとなっている。ただし 2000 年頃には産業ロボットが 97%を占めていたので、この十数年間でサービスロボットやパーソナルロボットが大きく伸びていることが分かる。

産業ロボットの応用先を見ると、自動車産業や電子・電機分野が多くを占める。

サービスロボットについては、防衛産業、農業、医療、物流などとなっている。

パーソナルロボットについては、第一が家庭用、掃除ロボットや芝刈りロボットなど、第二にエンターテインメント用となっている。

ロボットの新しいアプリケーションとして、まず、流通の自動化が挙げられる。アマゾンの倉庫などに代表されるように、非常に大きな規模で導入が進んでいる。交通の自動化においても自動運転の技術が活発に研究されている。このほかに農業の自動化や土木、災害対応などが挙げられる。また工場のものづくりについても、人がラインで作業しているすぐ隣でロボットが働くという、協働ロボットの形態が拡大している。医療支援や福祉支援への応用も進められている。

私共は、こうした将来のアプリケーションを見据え、様々な研究開発に取り組んでいる。

二つの視点、人との距離、環境認識の必要性を評価軸として整理すると、人との距離が遠く、環境認識の必要性もあまりないのが従来の産業ロボットだった。産業ロボットは安全柵によって人が入れない状況にして使用することが大前提になっている。柵の扉が開いたらロボットは停止するよう規格で定められている。

一方、これからのアプリケーションでは人との距離が近くなる。したがって、人と接触してもきちんと対応できるロボット、そのための新しい技術が必要にな

ってくる。さらにオープンなスペースでロボットを使うようになると、環境をきちんと認識し、それに対応できるロボットが必要になってくる。

これまでロボット市場について多くの成長予測が出されたが、過去 10 年以上に渡り大きな変化は生じなかった。ようやく成長が本格する兆しが見えており、ロボットの研究も出口を強く意識したものに変わりつつある。

今後、ロボットが多様な場面で使用されるようになれば、社会に大きなインパクトをもたらす。結果として人と接触する場面も増えるので、安全面での配慮が重要になってくる。

ロボットの基本構成について説明する。ロボットというのは中心にコンピュータがあり、コンピュータの指令に従い電気エネルギーや他の外部エネルギーを力学エネルギーに変換し、環境に働きかけを行い、仕事をするという、そういうシステムになっている。環境に関する情報はセンサを通して取得する。つまり、コンピュータの世界と物理的な世界の二つが互いにやり取りをする。それにより、成立している世界になる。

模式的に表すと、ロボットのハードウェアがあり、ハードウェアは基本的に物理系なのでニュートンの運動方程式に従う。つまり、巨大な微分方程式で記述される。これが環境と相互作用することで、その振る舞いが決まってくる。

一方、制御用のソフトウェアはコンピュータの中に構築をされていて、いわゆるサイバーの世界にある、このため、物理的な世界とサイバー世界の間で、情報のやり取りやアクチュエーションが生じることになる。

こうしたシステムの制御方法として、ロボットの振る舞いを表す微分方程式を計算機の中で解いて、その解に沿うようにロボットを制御する方式があるが、あまり使われず、非常に限られた場合でしかうまくいかない。

実際には、微分方程式は物理世界そのものに解いてもらい、それに合わせる形で制御ソフトウェアの入力を決める。こうした構図が成り立っている。

その際、問題になるのが環境との相互作用で、あらかじめ分かっていたらよいが、未知の要素が大きい場合、非常に難しくなってくる。

これをロボット工学における構造化されない環境下での制御問題と呼んでいる。従来のロボットの場合、工場の中で、限られた既知環境下での制御問題を扱っていたので、先ほどの解は容易に予測が可能となる。

一方、これからのロボット工学では屋外とか住環境とか、いろいろな未知の環境下で制御問題を扱わなければいけないので、解は環境からの影響を大きく受けることになる。したがって、認識技術が必要になるし、その環境に対して適切に

働きかけができるような機構が必要になってくる。この二つが重要になる。

こうした状況を受けて、YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点ではどんな活動が展開されているか、主な研究を紹介する。

下野誠通准教授のところでは、バイラテラル制御、力と位置の情報を相互に伝達するシステムの研究が行われている。

ロボットが風船をつかむケースを考えてみよう。ロボットの指先が風船をつかむときの力の感触がある。この感触がロボットを操作する手元まで伝わってくれば、割らないように優しく操作して風船をつかむことができる。一方、感触が伝わらなければ風船を押しつぶしてしまう。これを手術用ロボットに置き換えると、臓器を傷つけるようなことが起こり得る。現状の手術用ロボットにはまだ力のフィードバック機能が備わっておらず、こうした課題を解決していくのがバイラテラル制御だ。

この技術を用いると、ロボットがポテトチップスのような壊れやすいものをつかめるようになる。さらに、ポテトチップスをつかむ操作をロボットがいったん覚えると、その後は覚えた時の何倍もの速さで素早くつかむことも可能になってくる。腹腔内手術用デバイスへの応用が進められている。

ほかにも、力触覚の増幅・記録機能を持つ医療デバイス、下肢筋機能支援ロボット、移乗支援ロボットなどの研究が展開されている。

前田雄介准教授のところでは、ピッキング技術が研究されている。ステレオビジョンを使って、乱雑に置かれているバネをロボットが一つずつピッキングして移していくシステムを、日本発条との共同研究の形で行っている。この技術を使うと、乱雑な環境下でもロボットが対象物を認識できるようになる。

このほかに衝撃を用いた未知物体検出、三次元多指ケーシング、ケーシングベースト把持などが研究されている。

ロボットへの教示の研究も進んでいる。ロボットへの教示を簡素化することが重要な課題になっていて、簡素化による自動化コスト低減などの大きな効果が期待されている。

さらに、ものづくりへの応用可能性を持つ 3D ブロックプリンタの研究も行われている。

杉内肇講師のところでは、二足滑走ロボットの研究が進められている。4つのモータを使い平面をスケートで移動するロボットを対象としていて、非常にシンプルで高効率な移動形態が研究されている。

淵脇大海准教授のところでは、マイクロロボットの研究が進められている。9センチメートルくらいの小さなロボットで非常に精密な位置決めができるので、

これを使うと、これまでマニピュレータで行っていた組み立て作業や検出作業を置き換えられる。複数のマイクロロボットを使って作業を行うことで、省スペースや省エネルギーによる大幅なコスト削減が見込まれる。非常にユニークな研究で、生産形態そのものを大きく変革する可能性を持っている。

河村篤男教授のところでは、ロボットのエネルギー変換の革新につながる研究が進められている。変換効率 99.9%の電力変換器が研究されていて、従来の損失 4%を大きく凌駕する。これが実現されれば、発熱が非常に少なくなり、装置も小型化できる。その結果、例えば、電気自動車のインバータが小型化され、水冷装置が不要になるなどの大きな効果が期待される。電力網への適用では、グリッド間のエネルギー変換ロスが極小化され、スマートコミュニティ実現につながる可能性がある。これまでの研究により、すでに 99.5%の効率が実証されている。

最後に、私、藤本康孝教授のところで行っている研究を紹介する。

まず、自律移動ロボットを研究している。2次元の LIDAR を使って車いすの自動運転を可能にする研究だ。多くのセンサをつける必要がなく、レーザのセンサだけでロボットを動かすことができる。屋外の複雑な環境でも自己位置が推定でき、非常に汎用性の高い研究だ。この場合は 2次元の LIDAR だが、3次元の LIDAR を用いた地図構築も研究している。

先ほど述べたように、これからは人と接する場合のロボットの柔らかい動きが大きな鍵を握る。そこで、そのためのアクチュエーターの研究を進めている。ギアを用いずにロボットを駆動する研究で、らせん形状の直接駆動型のモータを開発している。従来のものと比べて摩擦が非常に少なく、制御性が良く、非常に大きな力が出せるという特徴を持つ。また、精密制御や力の制御が可能で、位置も制御できる。ロボットの動きを柔らかくするアクチュエーターを作ると、通常は位置の制動が悪くなるが、この場合は柔らかさと精密さの両方を実現することができる。

アクチュエーターの減速機用ギアの研究も進めている。従来のギアは、外から力を加えてもほとんど動かすことができない。これに対し、このギアを使うとモータ側で様々な制御を行うことができ、ロボットのアームが人にぶつかった場合でも、柔らかな制御で衝撃を回避することが可能になる。基盤技術としての波及効果が大きく、いろいろな企業が高い関心を示している。エネルギー効率も高く、実際のロボットに適用することで消費エネルギーを五分の一くらいに低減する効果が見込まれている。

ほかには、非常に高出力で災害対応のロボットに使えるようなモータの研究、力の伝送として 3次元的に触った感覚を手元に伝える研究、アシストロボットの役割を果たすジャイロを搭載した 3次元の杖、安定性を高めたセグウェイタイプのロボットの研究などを展開している。

機械工学、電気工学の高度な連携・深化に 根ざすYNU ロボティクス技術

YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点 拠点長
 横浜国立大学 大学院工学研究院 教授



藤本 康孝

1

YNU ロボティクス・メカトロニクス 研究拠点のメンバー



藤本 康孝 教授
 専門: 電気機器工学
 アクチュエーション研究



河村 篤男 教授
 専門: 電気工学
 パワーエレクトロニクス研究



濱上 知樹 教授
 専門: 情報工学
 自律分散システム研究



下野 誠通 准教授
 専門: 制御工学
 モーションコントロール研究



前田 雄介 准教授
 専門: ロボット工学
 ロボットマニピュレーション研究



杉内 肇 講師
 専門: ロボット工学
 ロボットハンド研究



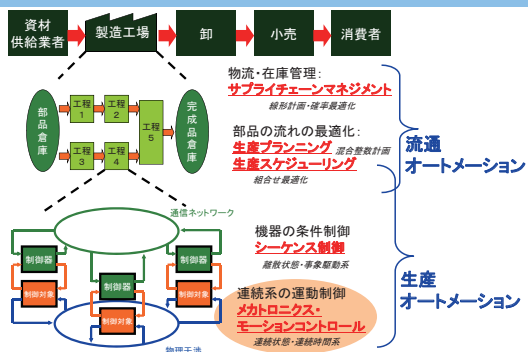
瀧脇 大海 准教授
 専門: 精密工学
 マイクロロボット研究



加藤 龍 准教授
 専門: 知能機械学
 サイバーロボティクス研究

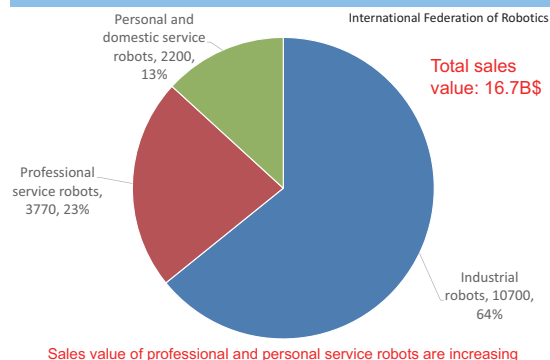
2

ロボティクス・メカトロニクス関連領域

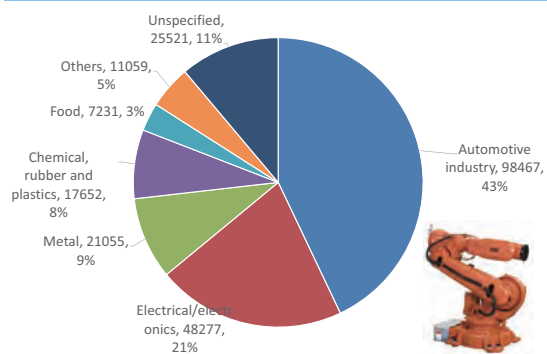


3

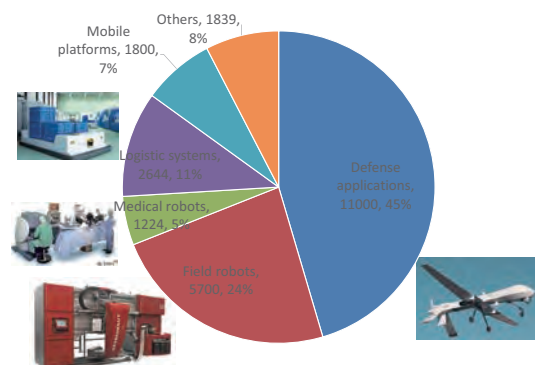
Annual Sales Value of Robots in 2014 (M\$)



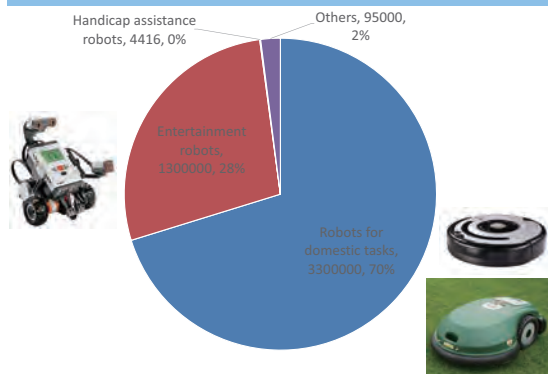
The Number of Sales of Industrial Robots in 2014



The Number of Sales of Professional Service Robots in 2014



The Number of sales of Personal Service Robots in 2014

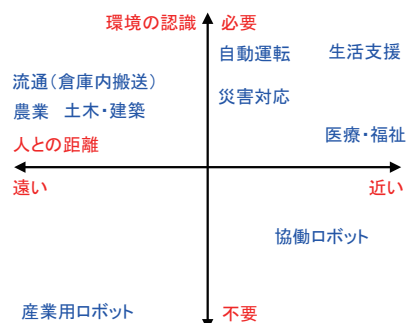


ロボット技術の新しいアプリケーション

- ロジスティクスの自動化
 - 大規模倉庫内の搬送自動化(先行事例: Kiva Systems, Swisslog)
- 交通の自動化
 - 自動運転自動車
- 農業の自動化
 - 収穫の自動化
- 土木・建築の自動化
- 災害対応
- モノづくりの自動化
 - 小規模製造業における自動化(協働ロボット)
 - より高度な自動化
- 生活支援
 - 装着型(アシストスーツ)
- 医療支援
 - 手術支援ロボット
- 福祉支援
 - 自立支援や介護従事者支援

8

ロボット技術の新しいアプリケーション



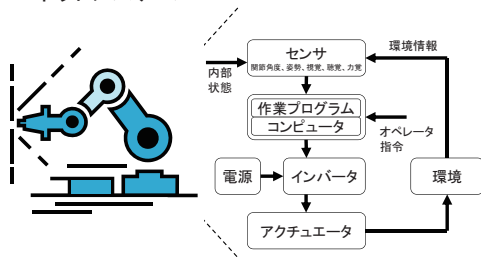
9

ロボット技術の新しいアプリケーション

- 長いこと成長の鈍かったサービス・パーソナルロボット産業が、ターニングポイントを迎えている
- ロボット研究は、出口を強く意識した研究に変わりつつある
- これら技術は社会に大きなインパクトを与える
- 人との直接的な接触を伴うアシストロボットには、安全面で課題がある

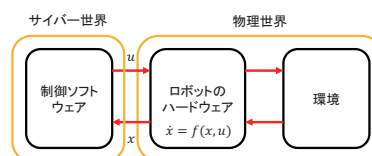
ロボットの基本構成

・ ロボットシステム



ロボットの基本構成

・ ロボットの制御



× 微分方程式を計算機で解いて、解に沿うようにロボットを制御

○ 微分方程式は物理世界に解いてもらう
(計算機は解が望ましくなるように u を操作)

新しいアプリケーションにおける課題

- ロボット工学における課題 (Structured Environment と Unstructured Environment)
 - 従来のロボット工学: 工場内など限られた既知環境下での制御問題を扱う(解は容易に予測可能)
 - これからのロボット工学: 屋外や住環境など未知の環境下での制御問題を扱う
(認識と機構の両面に関わる課題)

YNU ロボティクス・メカトロニクス 研究拠点の取り組み

14

工学研究院 准教授 下野誠通

力触覚技術 (ハプティクス)
 力の感覚を伝送・記録・再現する
 最先端ロボット制御技術

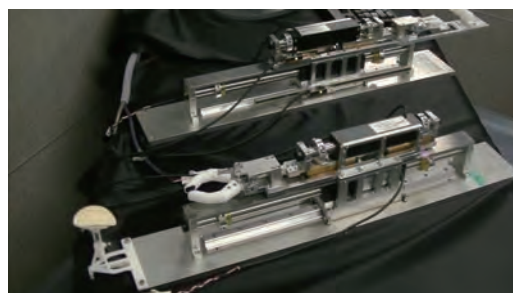


力の感覚がないロボットがいかに恐ろしいかが
 お分かりいただけるかと思います



15

モノを優しく掴む動きの記録と再生



16

神奈川県立産業技術総合研究所 (KISTEC) 「力を感じる医療・福祉介護次世代ロボット」プロジェクト

新しいモータ・センサの研究
 <ハードウェア的研究>



力触覚技術の応用研究
 <ソフトウェア的研究>



動作の解析、身体機能の評価、etc.

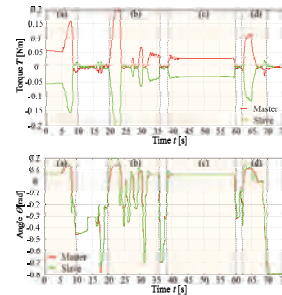
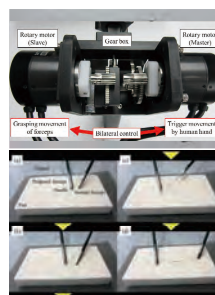
人に優しい次世代ロボット
 <システムインテグレーション研究>



17

力触覚の増幅・記録機能を持つ医療デバイス

力触覚を有する医療デバイスの開発研究 (マスタ・スレーブ型型鉗子)

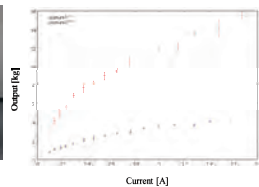


18

YNU YOKOHAMA National University

下肢筋機能支援ロボット

下肢の筋力をサポートし、体重を支える



基礎実験により十分な抗重力効果を確認

今年度は更なる実証実験を行う

19

YNU YOKOHAMA National University

移乗支援ロボット



20

前田研究室

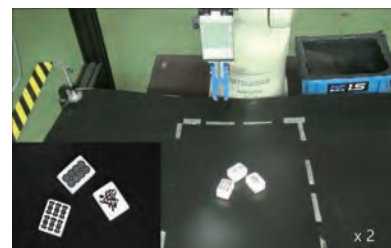
巻ばねのピンピッキング

・ばら積みのばねを自動ピッキング(ニッパツとの共同研究)



衝撃を用いた未知物体検出

・衝撃を与えて物体を微小移動させることで、未知物体の位置と形状を個別に認識してピッキング



三次元多指ケーシング

・対象物をしっかり把持するのではなく、幾何学的に逃げられないように拘束する



ケーシングベースト把持

・剛体部で物体をケーシングし、柔軟部で最終的に把持する



空間掃引を利用したロボット教示 (1)

- ・ ロボットを「適当に」動かすだけで教示が可能に



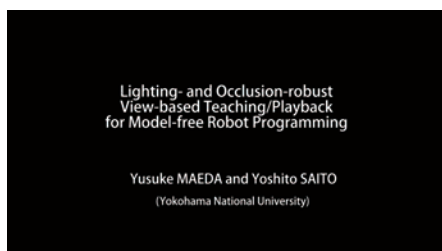
空間掃引を利用したロボット教示 (2)

- ・ より教示を容易にするための AR (拡張現実) 技術の導入



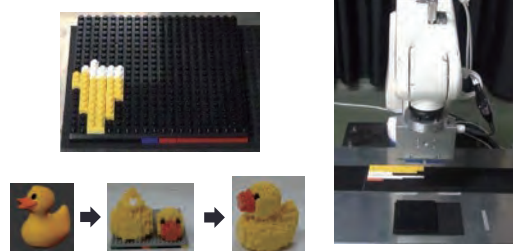
ビューベース教示再生

- ・ 画像に基づくロボット教示



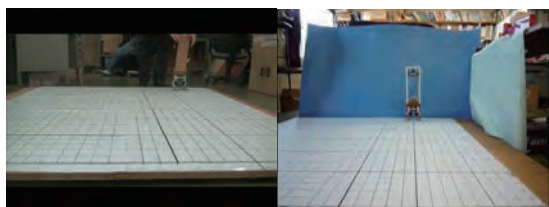
3Dブロックプリンタ

- ・ CADモデルからロボットが形状を自動組立



杉内研究室

- ・ 2足滑走ロボット

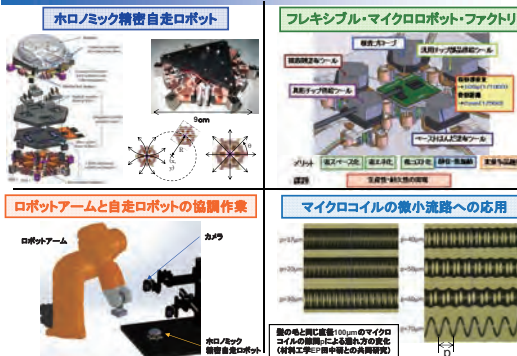


29

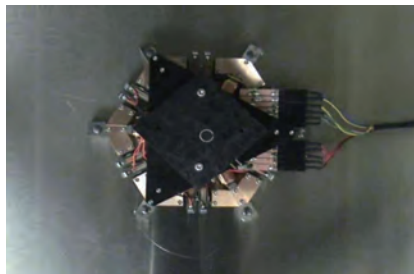
マイクロ・ロボメカ研究室 (測脳研究室)

独自の微小なロボット・メカニズムの研究と応用システムの開発

Fuchiwaki Lab. as
 Micro Robot & Mechanism Lab.
 for Unique & Creative Innovation



Fuchiwaki Lab. as
Micro Robot & Mechanism Lab.
for Unique & Creative Innovation



損失が少ない → 発熱が少ない → 小型軽量

太陽光発電用11kWインバータの比較



本研究で目指す
超高効率インバータ

効率96.1% 損失3.9%(434W)  効率98.8% 損失1.2%(130W)  効率99.9% 損失0.1%(11W)

損失3分の1 → 体積3分の1 損失10分の1 → 体積10分の1

この高い水準では、たとえ0.1%の効率向上でも非常に大きな意味を持つ

NEDO:「パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発」成果報告書

32

従来方式

全電気エネルギーを半導体デバイスを介して変換

- 効率向上に限界がある
- 数kWクラスの小電力での高効率化が特に難しい

提案方式

新しいアプローチ: 部分電力変換の原理

一部の電気エネルギーのみを半導体デバイスを介して変換

- ➡ 原理の説明(最初はチョツパ、次にインバータ)



①EV—充電走行距離の延伸



- インバータの超小型軽量化
 - 水冷装置の排除
- 合計で50kg程度の軽量化が可能
 効率向上 & 車体軽量化の相乗効果

一充電走行距離の大幅延伸

②持続発展可能グリーン社会

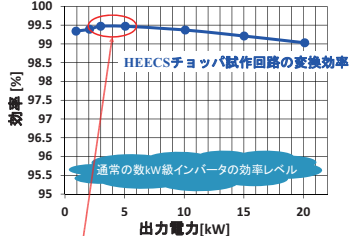


➡ 従来の電力往復による1割の損失がほぼ0

- エネルギーロスのない電力網
- フレキシブルな電気エネルギーの融通

目次リストへ<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E7%B4%A3%E3%83%B3%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%B9>

2014-2016年度実施の基盤研究(A)の成果



直流-直流チョッパにおいて、効率99.5%を実証済み
→直流-交流変換(インバータ)について本申請で提案(さらに難しい)



直流-直流チョッパの試作回路 (HEECSチョッパ)

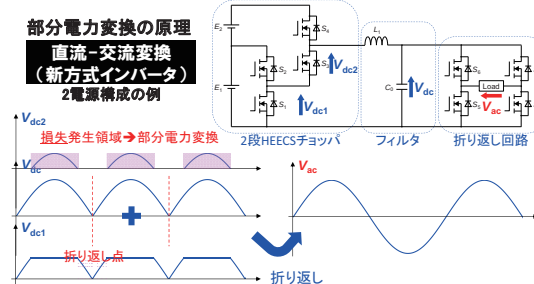


35

部分電力変換の原理

直流-交流変換 (新方式インバータ)

2電源構成の例



3電源HEECSインバータの場合の手計算結果(付録で)

→理論効率 99.9%が実現可能 (2種類のデバイス、出力5kW, at 400Vac, 25Aac)

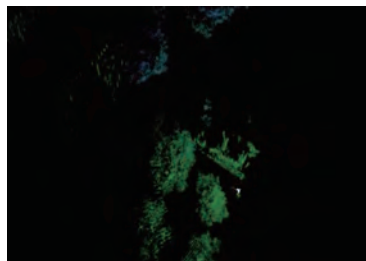
藤本研究室: 自律電動車いすロボット

- ・ 操作ミスによる事故の防止
- ・ 単一センサ(レーザ距離計)のみから自己位置推定 & 地図構築
- ・ オンラインの**最適化計算**によるマッチング



3次元LIDARによる自己位置推定と地図構築

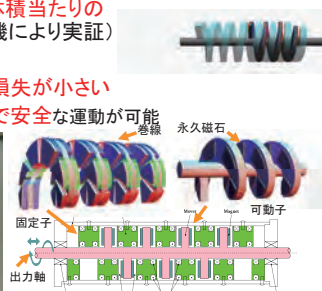
- ・ 単一センサ(レーザ距離計)のみから自己位置推定 & 地図構築、オンラインの**最適化計算**によるマッチング



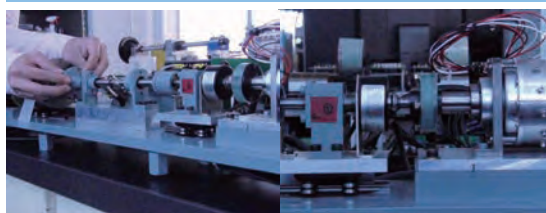
ギアを用いない新構造の電磁モータ ～ スパイラルモータ ～

らせん形状の固定子と可動子からなる**直動モータ**

- ・ 漏れ磁束が少なく、**体積当たりの推力が大きい**(試作機により実証)
- ・ ギアが不要
 - － 摩擦が少なく、**機械損失が小さい**
 - － 制御性が良く、**柔軟で安全な運動が可能**

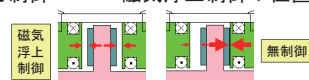


ギアを用いない新構造の電磁モータ ～ スパイラルモータ ～



磁気浮上制御+力制御
(柔軟な制御)

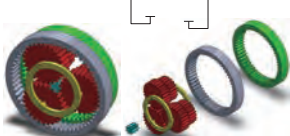
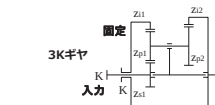
磁気浮上制御+位置制御



バックドライブ可能な安全なロボット用ギヤ

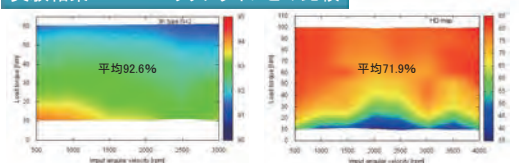
複合遊星歯車機構

- ・ 通常のロボット用ギヤは負荷側から動かせず柔軟な動作が困難
- ・ 逆駆動伝達効率が低いため、運動エネルギーの回収が困難
- ・ 提案ギヤ: **動力伝達効率を最大化する設計手法を提案**



減速比 1/97 の開発ギヤのバックドライブの様子

実験結果: ハーモニックドライブとの比較



提案減速機の効率マップ

ハーモニックギヤ (CSQ-25-100-UH) の効率マップ

減速機	定格トルク[Nm]	質量[kg]	減速比	逆駆動トルク[Nm]	バックラッシュ
提案減速機	90	1.13	97.15	0.033	23 arcmin
ハーモニック	87	1.1	100	11	0.15 arcmin

- ・ 全負荷領域で提案減速機が高効率
- ・ ハーモニックギヤは低トルク時に低効率(低トルク時に逆駆動が困難)
- ・ 提案減速機はハーモニックドライブと比べて、
 - ・ 平均効率**20%増**、逆駆動トルク**1/300倍**、バックラッシュ**150倍**

パワーアシストロボットへの応用

- 上腕アシストロボット(前橋工科大学)の肩関節駆動に適用

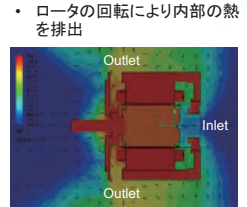
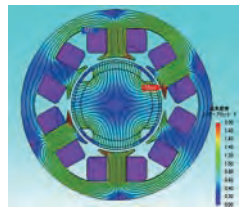


43

高速高出力密度モータの開発

電磁界有限要素シミュレーション

熱流体有限要素シミュレーション



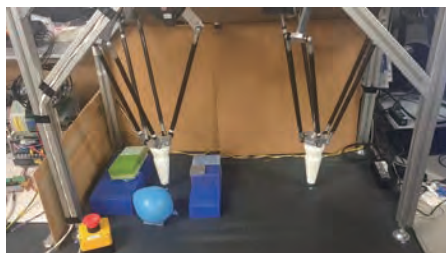
試作モータ

従来モータの4倍の
出力密度を実現

44

多自由度力触覚技術(ハプティクス)

- デルタ型ロボットによる力触覚伝送実験



45

アシスト杖ロボット

- 杖に全方向車輪を組み込み歩行支援



46

アシスト杖ロボット

- 2輪型アシスト杖ロボットによる歩行支援



まとめ

- 未知環境下においては、環境認識技術が必須
- 人との接触が想定されるロボットでは柔らかさを実現することが重要(力の情報が重要)
- 高度なタスクの実現においても、認識技術、力情報が重要
- YNUロボティクス・メカトロニクス研究拠点において、多くの関連研究を実施中

未解決問題とチャレンジ

- 人が制御ループ内に存在するシステムの安全性の保証
- 機械的な柔らかさの実現は第一ステップ
- 危険な状況を的確に判別できる能力が必要

48

2. 2. 4 イノベーション

「文理連携による大学発イノベーションの実現への取り組み」 YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点 拠点長 横浜国立大学 大学院国際社会科学研究院 教授 真鍋誠司

最初に、イノベーションの考え方や定義について述べる。具体的には、我々が考えるイノベーションの特徴として、発明とイノベーション、価値の創造・普及・獲得、イノベーションの対象、既存知識の新結合、社会プロセスの 5 点について説明する。

一般的には、イノベーションは何か新しいものを取り入れる、既存のものを変えるということを意味する。

少し前まではイノベーションとは何かと聞くと、技術革新だという答えが返ってきた。今はだいぶ変わっている。どう変わったかという、経済成果をもたらす革新として捉えるようになった。経済成果をもたらさなければイノベーションではないという考え方である。

イノベーションの第一の特長として、発明とイノベーションの関係について説明する。イノベーションは経済性の追求という側面があり、発明が市場で受け入れられて初めてイノベーションとなる。しかしながら、多くの特許が使用されずに終わる。つまり、発明の中にイノベーションとして結実しないインベンションが含まれている。もちろん防衛目的の特許はあるが、発明の中でイノベーションに結びつくのは全体の一部にすぎない。

二つ目の特長は、イノベーションとは価値の創造と普及と獲得だということだ。イノベーションの担い手にとって、価値の創造だけでなく、その価値をいかに受け手へ届けるかが求められる。バリュークリエーションだけではなく、バリューデリバリー、バリュー・キャプチャーが必要になる。種をまいて、水をやる。それで実ができて良かったではなく、ちゃんと収穫して初めてイノベーションになると考えることができる。

三つ目の特長が、イノベーションの対象についてである。新しい製品やサービスだけでなく、新しい生産技術や原材料、流通や保守・修理・サポートを提供する新しい技術や仕組み、新しい組織や企業間システム、新しいビジネスモデル、新しい市場、これらがすべてイノベーションの対象となる。

四つ目の特長が、イノベーションとは物や力を従来とは違う形で結合するとい

うこと。新たな結合という捉え方だ。

五つ目の特長が、社会的プロセスが重要になるということ。イノベーションが生まれる時、人々は多様な解釈をする。異なる経験・問題・関心を持つ人々や集団が、独自の解釈や問題解決の方向・手段を携えて、技術・人工物に接する。この多様な解釈と問題解決のやり取りの中で技術は変化し、人工物が形成されていく。つまり、技術の社会的構成が生ずるわけだ。技術に固有のロジックだけがその行方を導いていくのではなく、社会的な要因が大いにかかわっていくという見方が求められる。

次に、私共、YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点について説明する。

本拠点の目的は、社会科学研究者と自然科学研究者が協力し、社会価値を実現するイノベーションのダイナミズムを研究すること。先に述べたように、イノベーションには社会プロセスが非常に強く関わるので、科学技術を専門とする自然科学研究者と社会を研究対象とする社会科学研究者が、対等の立場で様々な影響を与え合いながら研究することが必要になる。

それによってイノベーションの複雑なダイナミズム、それまで想像もしていなかったような社会での使い方が分かってくる。そこまで含めて研究していく。すぐれた技術であることが社会に広く普及・浸透するための十分条件とはならない、という立場で研究に取り組んでいる。

そのためのポイントが、文理連携というコンセプトである。文理融合ではなくて文理連携としているのは、融合だと一つに溶けあって原型を留めないというイメージになるが、ここでは連携なので、それぞれの強みを保持したまま連携して課題を解決する、こうした取り組みを目指している。

もう一つのポイントが、自主的な研究グループを母体として立ち上がった拠点であること。他所で見られるトップダウン型の集まりとは根本的に違う。まずコアになる人間がいて、ほかにこんな人がいるのだが拠点メンバーに入れないうか、といった話が自然に出てくる。いわゆる友達の輪方式でメンバーが増えていく。だから、非常に腹を割った話ができる集まりになる。

現在、自然科学研究者が 7 名、社会科学系研究者が 7 名、合計で 14 名。さらに、自然科学系から 3 名、社会科学系から 1 名が合流予定なので、実質的には 18 名の集まりとなっている。

拠点活動の中核となるのが、先端的技術、例えば、大学発の先端的技術を対象に選び、複雑な社会普及のダイナミズムを解明していこうというもの。そのために文理連携を構築している。

社会科学系では、社会価値の評価・測定、ビジネス・エコシステムの構築、国際標準化の促進、知財戦略などを専門とする人材が集まっている。

理工系では、自己治癒材料、3次元マイクロナノ造形法、毛髪再生医療技術など、多様なテーマの研究者が集まっている。

そして、集まった人材が連携して、イノベーションのダイナミズムを解明していく。

研究活動としては、YNU コロキウムという場を設けていて、現在・将来の社会システム、そこで必要なイノベーションについて分野横断的な議論を行っている。2014年にスタートし、2017年までに14回開催した。最近では、「最先端外科手術を創生する医工学エンジニアの目に映る外科手術現場の実際」というテーマの研究会を開催した。その後、この研究会をきっかけに、東京女子医科大学の先端生命医科学研究所への訪問なども実施している。

文理連携による活動では、本学の建築学棟に設けられた緑化壁をテーマとする研究を行った。建物の壁に作られた植物のカーテンの価値測定だ。例えば、コスト面で評価したらどうなるか。見た目はどうか。温度や光の効果を測定するとどうなるかなど。現在も測定を継続しているが、一区切りついた段階で研究成果を学会発表している。

教育活動としては、普段は分かれて研究・教育している文系と理系の学生を集め、卒業研究やビジネスプランの発表を同じ場所で同時にやるというチャレンジな試みを実施した。お互いの専門は全く分からないのだが、分からないなりに質問をすると、分からないことが分かってくるという効果が生まれている。

また、非常に重要な成果なのだが、産学連携活動として2017年5月から大手メーカーA社との本気の連携を構築する中で、メーカーA社の技術を活かした新規事業開発を促進するために、拠点の経営系メンバーが貢献している。

具体的には、将来社会について数十年後の未来ビジョンを描いた上で、A社の保有技術を活かした新事業を開発するための戦略のメカニズム、ビジネス・エコシステム、ビジネスモデルなどの視点から、A社に寄り添う形で、新規事業プランを共同で検討している。

これらの活動に加え、今後の展開として、アクションリサーチを進めていこうと考えている。

これは、人文社会系の研究者が対象とする現場に入り、現場の人と一緒に研究を行っていくものだ。例えば、先端的技術を開発している現場に入り、実用化の障壁は何か、普及面での問題は生じないかなど、ヒアリングを通じて課題

を抽出しながら、その解決策を提案していく取り組みになる。

従来の研究を研究医に例えれば、アクションリサーチは臨床医に当たる。つまり、対象から離れて観察したり話を聞くというやり方ではなく、対象とする現場に入り、現場の人にも研究に加わってもらい、時には現場の人が主役となって、共同で現場を変える努力をするというやり方を指向していく予定である。

こうした取り組みを通じ、大学発の技術を効果的・効率的に普及する方法やプロセスを解明し、将来社会における大学発技術の価値を検討し、将来価値を踏まえた技術開発の支援へとつなげていく。

2017年11月28日(火)
YNU研究イノベーション・シンポジウム2017

文理連携による 社会価値実現プロセス研究拠点

横浜国立大学
国際社会科学研究院
教授 真鍋 誠司
manabe-seiji@nifty.com
<http://manabe-seiji.o.oo7.jp/index.html>

YNU 横浜国立大学
YOKOHAMA National University

構成

1. 自己紹介
2. イノベーションの考え方
3. 本拠点の目的/特徴/概要
4. 本拠点の研究活動
5. 本拠点の教育活動
6. 本拠点の産学連携活動
7. 今後の展開

YNU 横浜国立大学
YOKOHAMA National University

自己紹介(真鍋誠司)



職位: 大学院 国際社会科学研究院 教授
専門領域: 技術経営論 / イノベーション論
学内業務: ①YNU「文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点」拠点長
②横浜国大成長戦略研究センター企業部門長
③横浜国大大学院 国際社会科学研究院 RPO (Research planning officer)
学外業務: ①経営学関連学会: 研究・イノベーション学会 編集理事、組織学会
企画定例委員会委員、日本経営学会 編集委員
②超3D造形ものづくりネットワーク 理事 ③日本生産性本部経営アカデミー
技術経営コース グループ担当講師
略歴:
2001年9月 神戸大学大学院経営学研究科 博士課程後期修了 博士(経営学)
2002年3月 神戸大学経済経営研究所 専任講師
2004年4月 横浜国立大学 経営学部 助教授
2011年4月 スイス連邦工科大学チューリッヒ校 上級研究員(2013年3月まで)
2013年4月より現職

YNU 横浜国立大学
YOKOHAMA National University

研究テーマ

■ **オープン・イノベーションのマネジメント**
オープン・イノベーション(OI):「技術・知識・アイデアの源泉と活用を社外に求めることによって、イノベーションを興して成果を得ること」
(共同研究)
・メーカーF社におけるOI導入のアクション・リサーチ
(国際会議報告/論文)
・S. Manabe, (2016), "What is Nidec's Research, Acquisition and Development (RAD) Strategy for Open Innovation?" 2016 INFORMS International Conference, Invited Session, Hilton Waikoloa Village, Hawaii.
・真鍋誠司・米山茂美(2017)「アウトバウンド型オープン・イノベーションの促進要因: 森下仁丹株式会社におけるシームレスカプセル技術の事例」『日本知財学会誌』第14巻第1号.

YNU 横浜国立大学
YOKOHAMA National University

2017年12月6日 共編著『オープン化戦略ー境界を超えるイノベーションー』(有斐閣)発売!



YNU 横浜国立大学
YOKOHAMA National University

イノベーションの考え方

- ・ イノベーションの定義
- ・ 特徴①: 発明とイノベーション
- ・ 特徴②: 価値の「創造/普及/獲得」
- ・ 特徴③: イノベーションの対象
- ・ 特徴④: 既存知識の新結合
- ・ 特徴⑤: 社会プロセス

YNU 横浜国立大学
YOKOHAMA National University

イノベーションの定義

- 「何か新しいものを取り入れる、既存のものを変える」(一般的な意味)
- 「技術革新」(狭義の考え方)
- ✓「**経済成果をもたらす革新**」
(一橋大学イノベーション研究センター, 2001)

YNU 横浜国立大学

**イノベーションの特徴①
発明とイノベーション**

- 経済成果の追求
- 市場で受け入れられてはじめてイノベーション。
- 少なからぬ特許が使用されずに終わるのは、イノベーションには結実しないインベンションが含まれているため。

イノベーション ≧ 発明(インベンション)

YNU 横浜国立大学

**イノベーションの特徴②
価値の「創造/普及/獲得」**

- イノベーションの担い手にとっては、価値の創造だけではなく、その価値をいかに受け手へ届け、価値を獲得するかが重要。



<https://fisher.osu.edu/executive-education/online-open-enrollment-programs/innovation-practice>

YNU 横浜国立大学

**イノベーションの特徴③
イノベーションの対象**

- 新しい製品やサービスの創出
- 新しい生産技術/原材料の開発
- 流通や、保守/修理/サポートを提供する新しい技術や仕組み
- 新しい組織や企業間のシステム
- 新しいビジネスモデル
- 新しい市場の開発

イノベーション ≧ 技術革新

YNU 横浜国立大学

**イノベーションの特徴④
既存知識の新結合**

- イノベーションとは、物や力を従来と異なるかたちで結合すること。**(新結合)**



YNU 横浜国立大学

**イノベーションの特徴⑤
社会的プロセス**

- イノベーションが生まれるとき、人々は多様な解釈をする。異なる経験や問題関心をもつ人々や集団が、独自の解釈や問題解決の方向・手段を携えてある技術・人工物に接する。
- この多様な解釈と問題解決のやり取りの中で技術は変化し、人工物が形成されていく。
- ・「**技術の社会的構成**」: 技術に固有のロジックだけがその行方を導いていくのではなく、社会的な要因が多いに関わっていくという見方。

YNU 横浜国立大学



本拠点の目的

- 社会科学研究者と自然科学研究者が協力して、**社会価値を実現するイノベーションのダイナミズム**を研究すること。
- 大学・企業の研究所・公的研究機関、及びそれらの連携によって、多くの優れた先端的な技術が生まれている。しかし、優れた技術であることは、社会に広く普及・浸透することの十分条件ではない。

YNU 横浜国立大学



本研究拠点の特徴

- 正式名称: 横浜国立大学 **文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点**
- 大学が認定した**自主的**な研究グループ
- 現在、自然科学系研究者7名+社会科学系研究者7名の計14名。自然科学系3名+社会科学系1名が合流予定。**文理合計18名へ。**

YNU 横浜国立大学



拠点活動の概要

先進的技術の複雑な社会普及ダイナミズム解明

ー経営・政治ー
社会科学

アクション・リサーチによる社会研究

社会価値の評価 / 測定
エコ・システム構築支援
知財戦略の策定と実行
国際標準化の促進

ー理工ー
自然科学

横浜国立大学 学内文理連携

YNUコロキウム
現在・将来の社会システムやそこで必要なイノベーションについて、文系・理系の学際・若手教員が分野横断的な議論を深めていくための研究会

文理合同教育
文系・理系の大学院研究室メンバーや学部ゼミ生間の研究交流を通じて、双方の研究テーマや方法論、技術的知識・経営的知識を学生が相互学習する機会

横浜国立大学 先進的技術の深化

自己治癒材料
3次元マイクロナノ造形法
毛髪再生医療技術
etc.

YNU 横浜国立大学



YNU(横浜国大)研究拠点/ユニット間の連携

YNU 横浜国立大学



拠点のメンバー(2017年11月28日現在)

氏名	所属・部門・分野・職名	役割分担等
真鍋 誠司	国際社会科学研究院・経営学	オープン・イノベーション論の活用
鮎見 裕之	国際社会科学研究院・経営学	マーケティング手法応用
大沼 雅也	国際社会科学研究院・経営学	イノベーションの普及メカニズム解釈
Daniel Heller	国際社会科学研究院・経営学	国際的共同研究/連携の推進
安本 雅典	環境情報研究院・経営学	国際標準化活動の推進
中尾 航	工学研究院・工学	自己治癒材料研究データの提供/分析/解釈
丸尾 昭二	工学研究院・工学	マイクロ光造形法データの提供/分析/解釈
福田 淳二	工学研究院・工学	毛髪再生医療技術データの提供/分析/解釈
吉岡 克成	環境情報研究院・工学	情報セキュリティ技術データの提供/解釈
尾崎 伸吾	工学研究院・工学	固体変形・接触・摩擦現象のモデリング
鹿尾 祥典	工学研究院・工学	宇宙開発のスラスター技術データ提供/解釈
島 圭介	工学研究院・工学	知能ロボット技術データの提供/解釈
齊藤 幸祐	研究推進機構・国際政治経済学	社会と科学技術の関係性解釈
矢吹 命大	研究推進機構・国際政治経済学	科学技術政策の影響分析

YNU 横浜国立大学



本拠点の研究活動

- YNUコロキウム**: 現在・将来の社会システムやそこで必要なイノベーションについて、分野横断的な議論を深めていくための研究会。

昨今の学術的・社会的問題にかかわるキーワードのほか、本学で提案しているプロジェクトや政府政策上の重点項目もテーマ。
2014年～2017年現在までで過去14回開催。

YNU 横浜国立大学

研究会テーマ一覧

- Regulatory Scienceとは何か
- YNUのグローバル戦略とは
- 大学における新しい若手研究者像
- YNU中長期ビジョンをどう考えるか
- “標準化”とその重要性～ビジネス戦略と標準化～
- “本気の産学連携”を作るにはどうすればいいか
- アクティブラーニングによる社工連携教育
- 横浜国立大学の研究戦略
- 横浜市のオープンデータ/オープンイノベーションと地域創生
- 文理協働教育『研究報告会』
- 最先端外科手術を創成する医工学エンジニアの目に映る外科手術現場の実際
- 超小型宇宙推進系の狙い～NewSpaceからCisLunarまで～
- 物質・材料研究機構における標準化活動と変革
- 「文理協働研究教育シンポジウム」

YNU 横浜国立大学

18

文理連携による研究成果

- 2017年8月30日 **東野友哉・田中稲子・鶴見裕之・真鍋誠司**「コンジョイント分析による壁面緑化の利用者選好評価—大学教育施設を対象として—」日本行動計量学会 第45回大会、静岡県立大学。



YNU 横浜国立大学

19

本拠点の教育活動

- 文理合同卒論発表会/文理協同教育研究会



YNU 横浜国立大学

20

Maker Faire Tokyo 2016参加

- 2016年8月6日～7日「Maker Faire Tokyo 2016」に**自然科学系学生**(丸尾研究室)と**社会科学系学生**(真鍋ゼミ)が**合同で出展**。
- ロボットアームでミクロな絵を描く3Dプリンターの展示。



YNU 横浜国立大学

21

本拠点の産学連携活動

- 2017年5月～大手メーカーA社との大型連携。
- A社の**技術を活かした新規事業開発**の促進。
- 経営系拠点メンバーが参加。
- 将来社会とA社の保有技術を前提に、「**戦略のメカニズム**」、「**ビジネス・エコシステム**」、「**ビジネスモデル**」の視点から、A社の新規事業プランを共同で検討。

YNU 横浜国立大学

22

今後の展開:アクション・リサーチ

“Nothing is so practical as a good theory.”

- アクション・リサーチ(AR)の創始者、Kurt Lewin(社会心理学、1890-1947)の言葉。
- Stringer(2007)による**ARの定義**:
「人が系統立てられた研究に参加することや、期待する目標を達成するための適切な設計図を探索することに意味を与え、またその効果を評価すること」

YNU 横浜国立大学

23



アクション・リサーチの特徴

- Pope & Mays (2001):

- ①研究が現場に入り、その現場の人たちも研究に参加する「参加型」。
- ②現場の人たちとともに研究作業を進めていく「民主的活動」。
- ③学問(社会科学)的成果だけではなく、「社会そのものに影響を与えて変化をもたらす目的」。

- 江本(2010):

特定の現場密着型研究であるARは、研究結果に一般性を求めるものではない。(しかし、適用可能性がある。)



他の質的研究法との比較

- **アクション・リサーチ**: 現場の人(参加者、研究対象者)に実際に研究に加わってもらう。時には主役になってもらい、研究者とともに現場を変える努力をする。
- **一般的な質的研究**: 参加者(研究対象者)は、研究者と共にその研究を担っているとは思えない。研究者は、対象から離れて観察したり、話を聞く。



アクション・リサーチのアクションに向けて

目的: 大学発技術の効果的・効率的普及方法とプロセスの解明。

目標:

- ①将来社会における大学発技術の価値検討。
- ②将来価値を踏まえた技術開発の支援。
- ③ARジャーナル等への投稿/書籍の出版。

工学系研究室での普及に関する困りごととは何か、明らかにする必要がある。→

- 技術の広報と社会的理解。
- 技術開発と普及のためのパートナー探索。
- 技術の新しい活用。ビジネスモデル考案。



本研究拠点の情報

- 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点のホームページ

<http://social-value.ynu.ac.jp/>

- 2017/12/15掲載予定 『産学官連携ジャーナル』(12月号特集 文理連携・組織的連携) 科学技術振興機構(JST)

「文理連携によって科学技術が将来社会で実現する価値」
<https://sangakukan.jp/journal/>

参 考

参考として、本シンポジウムで紹介した 4 つの YNU 研究拠点の活動概要を、以下にまとめて示す。

- ・ YNU 情報・物理セキュリティ研究拠点
- ・ YNU 人工知能研究拠点
- ・ YNU ロボティクス・メカトロニクス研究拠点
- ・ YNU 文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点

情報・物理セキュリティ研究拠点

拠点長 環境情報研究院教授 松本 勉



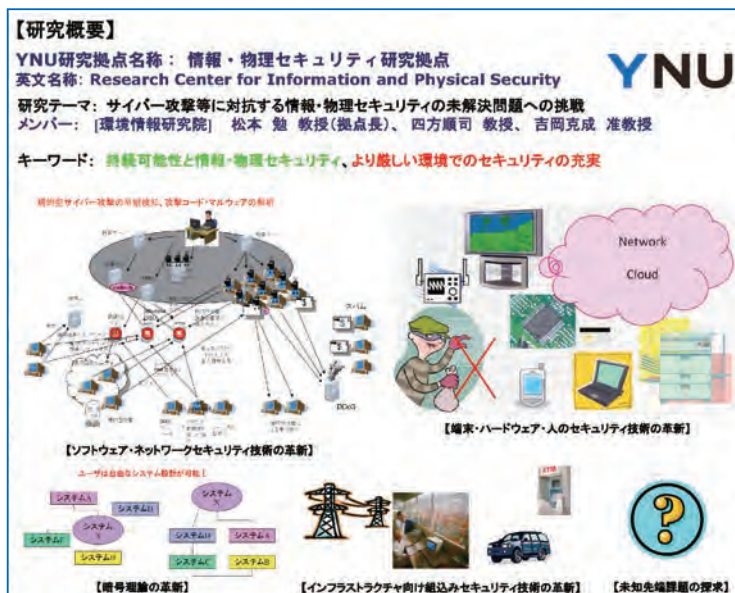
YNU「情報・物理セキュリティ研究拠点」は、「情報・物理セキュリティ」分野における未解決問題の特定と解決を目指し学術面で貢献するとともに、社会への実展開を志向する研究実践グループです。本拠点がベースとなり国際連携と産学連携を実施する先端科学高等研究院(IAIS-YNU)の「情報・物理セキュリティ研究ユニット」が活動しています。さらに、本拠点では高度な研究を通じたセキュリティ解析力(対象のセキュリティの本質を見抜くセンス)を強化するための教育方法論の開発も併せて実践しています。

今日、「情報セキュリティ」という概念とその重要性は広く認知されていますが、現実の問題や技術を合理的に捉えるには、セキュリティの論理的側面に目を向けるだけではなく、論理を支える物理面をも総合的にとらえることが必要であると考え、「情報セキュリティ」分野を部分として含むより広い分野を表すために「情報・物理セキュリティ」という分野名を採用しています。このため必然的に、組込みと汎用、IoT、サイバーフィジカルシステムといったキーワードで示される分野を包含しています。

サイバー攻撃等や電子化・情報化に起因する多様なリスクを軽減し、セキュリティが維持された持続可能な社会を構築することは大きな課題です。本拠点では、情報の論理的側面と物理的側面や、人の思考・行動をも総合的に考え、人・モノ・データ・お金・ソフトウェア・ハードウェア・ネットワーク・生活・ビジネス・社会に係るセキュリティの基礎から応用までの未解決問題を研究対象としています。特に、計算リソースの制約、リアルタイム性のニーズ、ユーザビリティとの相反などにより、従来はセキュリティ技術を導入できなかった厳しい環境においても利用可能となるセキュリティ技術を考案するという重要な課題に取り組んでいます。さらに、セキュリティの評価に関し高い納得性が得られるという意味で信頼できるセキュリティ技術の方法論の開拓に取り組んでいます。具体的には、以下のサブテーマ群につきトップレベルの研究を実施しています。

- インフラストラクチャ向け組込みセキュリティ技術の革新：クラウド型情報処理を支える高機能暗号実装技術、自動車の内部ネットワークセキュリティと外部通信セキュリティを強化する技術、計測セキュリティ技術、サイバーテロ対策、等の研究とその教育方法論開発
- ソフトウェア・ネットワークセキュリティ技術の革新：標的型サイバー攻撃の早期検知、動向把握、攻撃コード・マルウェアの解析、信頼できるネットワーク対応ソフトウェアシステム、機能の不当な改変や秘密データの不当な読出しに強いソフトウェア(耐タンパーソフトウェア)の作成技術、等の研究とその教育方法論開発
- 暗号理論の革新：情報理論的セキュリティを有する暗号、高機能暗号、セキュアな合成が保証される暗号プロトコル設計論、等の研究とその教育方法論開発
- 端末・ハードウェア・人のセキュリティ技術の革新：IoTを支えるハードウェアセキュリティ技術・デバイスの耐タンパー性・耐クローン性強化、ナノ人工物メトリクス、バイオメトリクスセキュリティ評価、等の研究とその教育方法論開発
- 未知先端課題の探求：未知の重要セキュリティ課題群の発掘と研究実施

■拠点トップページ <http://ipsr.ynu.ac.jp/index.html>



氏名	所属部局・部門分野・職名	現在の専門	役割分担・最近のトピックス
松本 勉	大学院環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	情報学	組込みソフトウェア・ハードウェア技術、人工物・バイオメトリクスをベースとする研究および全体統括
四方 順司	大学院環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	情報学	暗号理論、情報理論、理論計算機科学、計算数論をベースとする研究
吉岡 克成	大学院環境情報研究院・社会環境と情報部門・准教授	情報学	サイバーセキュリティ、情報システムセキュリティ、マルウェア対策をベースとする研究

人工知能研究拠点

拠点長 環境情報研究院教授 長尾 智晴



この度YNU研究拠点として新たに「人工知能」研究拠点が発足し、活動を開始しました。昨今、IoTやIndustrie 4.0などに関連してビッグデータの解析や利活用、知能化技術の利用、AIによる企業の戦略形成など、人工知能に関わる企業からの相談が毎週のように私のところに来ています。また、多くの企業がAIやデータサイエンスがわかる人材を求めています。このような社会状況を鑑みて、人工知能の研究開発と産官学連携活動の推進、世界的な研究拠点の形成などを目的として当拠点が作られました。当拠点は環境情報研究院の情報系の教員を中心にして、所属部局に関係なく人工知能技術に興味がある教員が参加しており、今後さらにメンバーを拡充する予定です。AIに基づくイノベーションを推進するためには理系教員だけでは不十分であり、文系教員の方々のご協力が不可欠です。当拠点は文理融合の研究拠点なのです。昨今、機械学習の手法としてDeep Learning（深層学習）に過度の注目が集まっていますが、深層学習には、構築された処理の内容が理解しづらい、学習に膨大なデータが必要である、調整が困難である、などの課題が多く、決してオールマイティな手法ではありません。このため企業で利用する際も問題が多いのが現状です。当拠点は深層学習だけに頼っているような他大学・企業等の研究機関とは異なり、現在の深層学習ブームの次に来る、次世代の人工知能の開発を行っています。具体的には、機械学習や解法そのものを進化的に自動構築する進化的機械学習、処理の見える化、説明可能で安心して利用できるAI、機械学習の精度保証、企業における人工知能技術の活用とその社会実装などです。だからこそ、当拠点でなければ実現できないことが多く、企業からの引き合いが非常に多いのです。今後の当拠点の活動にご注目頂けると幸いです。



氏 名	所属部局・部門分野・職名	現在の専門・学位	役割分担等
長尾 智晴	環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	知能情報学・工学博士	拠点運営、機械学習、画像処理、進化計算法、進化型ニューラルネットほか
田村 直良	環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	自然言語処理・工学博士	文脈解析、文章理解、作文や物語文章の解析
森 辰則	環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	自然言語処理・工学博士	情報検索、情報抽出、言語情報処理
岡嶋 克典	環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	知覚情報処理・工学博士	感覚知覚、色覚、感性情報処理ほか
安本 雅典	環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	経営学/社会学・社会学修士	国際ビジネス解析とイノベーション、オープン化、システム設計ほか
富井 尚志	環境情報研究院・社会環境と情報部門・准教授	データ工学・博士（工学）	ビッグデータ管理、データベース設計
白石 俊彦	環境情報研究院・人工環境と情報部門・准教授	機械力学/制御・博士（工学）	ニューラルネットワーク、非線形現象論、振動制御、機械のインテリジェント化
白川 真一	環境情報研究院・社会環境と情報部門・講師	知能情報処理・博士（工学）	進化計算、機械学習、画像処理、画像認識
上田 純也	環境情報研究院・社会環境と情報部門・研究員	感性情報処理・修士（工学）	インターネットサービス、機械学習、AR、感性情報処理ほか
濱上 知樹	工学研究院・知的構造の創成部門・教授	知能システム・博士（工学）	機械学習、システム情報処理
島 圭介	工学研究院・知的構造の創成部門・准教授	生体医工学・博士（工学）	パターン認識、確率ニューラルネット、生体信号解析、医療福祉支援システム
濱津 文哉	工学研究院・知的構造の創成部門・助教	知的計測・博士（工学）	最適化、画像処理、知的計測
中田 雅也	工学研究院・知的構造の創成部門・助教	進化計算・博士（工学）	進化的最適化、進化的機械学習、データマイニング

ロボティクス・メカトロニクス研究拠点

拠点長 工学研究院教授 藤本 康孝



メカトロニクス技術やロボット技術は、行為支援と労働力の提供、本邦国際的競争力の向上、危険環境下での作業代行などの観点から、極めて期待されている技術分野です。ところでこれは、非常に幅広い工学分野にわたる横断的な技術です。機械工学、電気工学などの個々の技術の発展だけではなく、それらが高度に連携して、全体として発展・深化してゆくことが不可欠となっています。

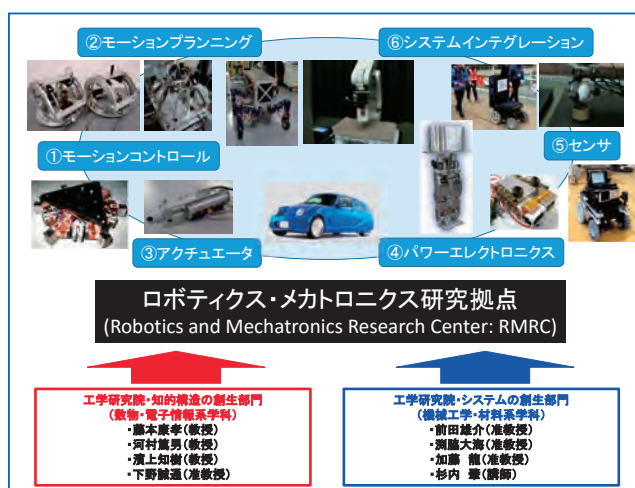
本学には、機械工学、電気工学など異なった技術分野のメカトロニクス・ロボット技術研究者が数多く在籍しています。すでに個々人で国際的に高いレベルで研究教育活動を行っているところですが、本研究拠点活動により、研究者間や産業界等との連携をより一層強化し、この分野での本学の国際的競争力の向上と、最先端技術の産業界への普及による社会貢献をめざしています。

本拠点の活動は、下記の通り、基盤となる要素技術研究から、システムとしての応用研究まで、この分野に関連する幅広い内容を対象としています。

- ① モーションコントロール（システムの運動制御技術）
- ② モーションプランニング（システムの運動計画技術）
- ③ アクチュエータ（電気・機械エネルギー変換技術、アクチュエーション技術）
- ④ パワーエレクトロニクス（電気エネルギーの変換技術）
- ⑤ センサ（センシング技術、信号処理技術）
- ⑥ システムインテグレーション（例えば工作機械、産業用マニピュレータ、手術支援ロボット、二足歩行ロボット、インテリジェント車椅子、電気自動車、電気鉄道、マン・マシンインターフェイスなど、システムとしての統合・応用技術）

また本拠点の活動として、研究活動に加えてその成果の教育への還元も行っています。理工学部各系学科や工学府の各コースでの教育を対象にするだけでなく、「ロボティクスメカトロニクス副専攻プログラム」での教育にも本研究成果を反映させています。これにより、本分野における学際的な視野を有する次世代の人材育成にも努めています。

URL <http://www.fujilab.dnj.ynu.ac.jp/RCRM/index.html>



氏名	所属部局・部門分野・職名	現在の専門	役割分担・最近のトピックス
藤本 康孝	工学研究院・知的構造の創生部門・教授	電気機器学	統括・アクチュエーション研究
河村 篤男	工学研究院・知的構造の創生部門・教授	電気工学	パワーエレクトロニクス研究
濱上 知樹	工学研究院・知的構造の創生部門・教授	情報工学	自律分散システム研究
前田 雄介	工学研究院・システムの創生部門・准教授	ロボット工学	ロボットマニピュレーション研究
淵脇 大海	工学研究院・システムの創生部門・准教授	精密工学	マイクロロボット研究
下野 誠通	工学研究院・知的構造の創生部門・准教授	制御工学	モーションコントロール研究
加藤 龍	工学研究院・システムの創生部門・准教授	知能機械学	サイバーロボティクス研究
杉内 肇	工学研究院・システムの創生部門・講師	ロボット工学	ロボットハンド研究

文理連携による社会価値実現プロセス研究拠点

拠点長 国際社会科学研究院教授 真鍋 誠司



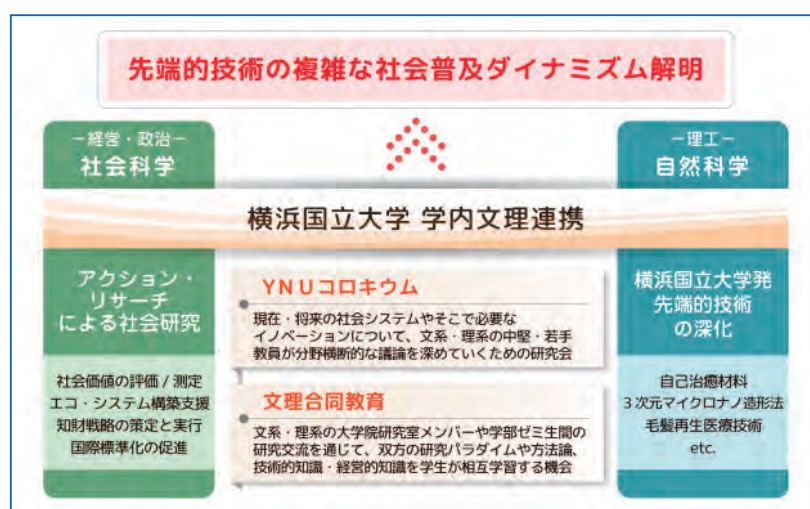
本拠点の研究目的は、「社会科学研究者と自然科学研究者が協力して、社会価値を実現するイノベーションのダイナミズムを研究すること」です。

大学・企業の研究所・公的研究機関、及びそれらの連携によって、多くの優れた先端的な技術が生まれています。しかし、優れた技術であることは、社会に広く普及・浸透することの十分条件ではありません。社会的に普及するためには、潜在的ユーザーへの売り込み、顕在化したユーザーとの関係性構築、技術のフォローアップ（アフターサービス）体制、特許の管理、国内外標準化への取り組みといった、技術の研究開発そのものの以外のマネジメントが必要になります。

本研究拠点では、以上のような視角に立脚し、経営学を中心とする社会科学者と、実際に技術を開発している自然科学研究者が一体となって、大学で研究開発されている技術の社会への普及ダイナミズムを明らかにしていきます。

具体的には、「自己治癒材料イノベーションが未来社会に与える影響の分析」（工学研究院×国際社会科学研究院）、「壁面緑化の利用者選好評価」（都市イノベーション研究院×国際社会科学研究院）等の共同研究活動が始まっています。その成果の一部については、国内外の会議や学会で発表も行いました。

また、「研究と教育は一体である」という考え方に立ち、文理で連携した学生への教育活動にも力を入れています。例えば、「ロボットアームでミクロな絵を描く3Dプリンターの展示（Maker Faire Tokyo）」（工学府×経営学部）、「先端医療技術を用いたビジネスプランの考案」（工学府×経営学部）等があります。文理の境界を越えた学生と研究者同士の交流から、相互の領域に関する深い学びと知識の創造に取り組んでいます。



氏 名	所属部局・部門分野・職名	現在の専門・学位	役割分担等
真鍋 誠司	国際社会科学研究院・国際社会科学部門・教授	技術経営論・博士（経営学）	研究統括、オープン・イノベーション論の活用、アクション・リサーチの推進
鶴見 裕之	国際社会科学研究院・国際社会科学部門・准教授	マーケティング論・博士（社会学）	技術価値測定とビッグ・データ分析、マーケティング手法の応用
大沼 雅也	国際社会科学研究院・国際社会科学部門・准教授	イノベーション論・博士（商学）	技術普及論の応用、イノベーションのメカニズム解釈
ヘラー・ダニエル	国際社会科学研究院・国際社会科学部門・教授	ものづくり経営論・博士（経済学）	国際的共同研究/連携の推進、ものづくり価値の解釈
安本 雅典	環境情報研究院・社会環境と情報部門・教授	製品開発管理・修士（社会学）	国際標準化活動の推進、研究者のネットワーク分析
中尾 航	工学研究院・システムの創生部門・教授	材料工学・博士（工学）	自己治癒材料研究に関するデータの提供/分析/解釈と知見の活用
丸尾 昭二	工学研究院・システムの創生部門・教授	3Dプリンティング・博士（工学）	マイクロ光造形法に関するデータの提供/分析/解釈と知見の活用
福田 淳二	工学研究院・機能の創生部門・准教授	生物工学・博士（工学）	毛髪再生医療技術に関するデータの提供/分析/解釈と知見の活用
吉岡 克成	環境情報研究院・社会環境と情報部門・准教授	情報システムセキュリティ・博士（工学）	情報セキュリティ技術に関するデータの提供/分析/解釈と知見の活用
尾崎 伸吾	工学研究院・システムの創生部門・准教授	材料力学・博士（工学）	固体の変形・接触・摩擦現象の実践的モデリングに関するデータの提供/解釈と知見の活用
鷹尾 祥典	工学研究院・システムの創生部門・准教授	航空宇宙工学・博士（工学）	宇宙開発におけるスラスラ技術に関するデータの提供/解釈と知見の活用
島 圭介	工学研究院・知的構造の創生部門・准教授	生体医工学・博士（工学）	知能ロボット技術に関するデータの提供/解釈と知見の活用
齊藤 孝祐	研究推進機構・特任教員（准教授）	安全保障論・博士（国際政治経済学）	技術価値データの収集/分析、社会と科学技術の関係性解釈
矢吹 命大	研究推進機構・特任教員（准教授）	科学技術政策論・修士（国際政治経済学）	技術価値データの収集/分析、科学技術政策の影響分析

YNU研究イノベーション・シンポジウム2017

“企業のモノ”をサービスに換える

Society5.0実現に向けた横浜国立大学の提言

2017年11月28日(火) 開催

2018年3月

国立大学法人横浜国立大学 研究推進機構 産学官連携推進部門

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

電 話 045-339-4447

F A X 045-339-4387

U R L <http://www.ripo.ynu.ac.jp>

©Yokohama National University/Research Initiatives and Promotion
Organization

許可無く複写／複製することを禁じます。
引用を行う際は必ず出典を記述願います。

YNU 国立大学法人 横浜国立大学

研究推進機構 産学官連携推進部門

〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

TEL : 045-339-4447

