

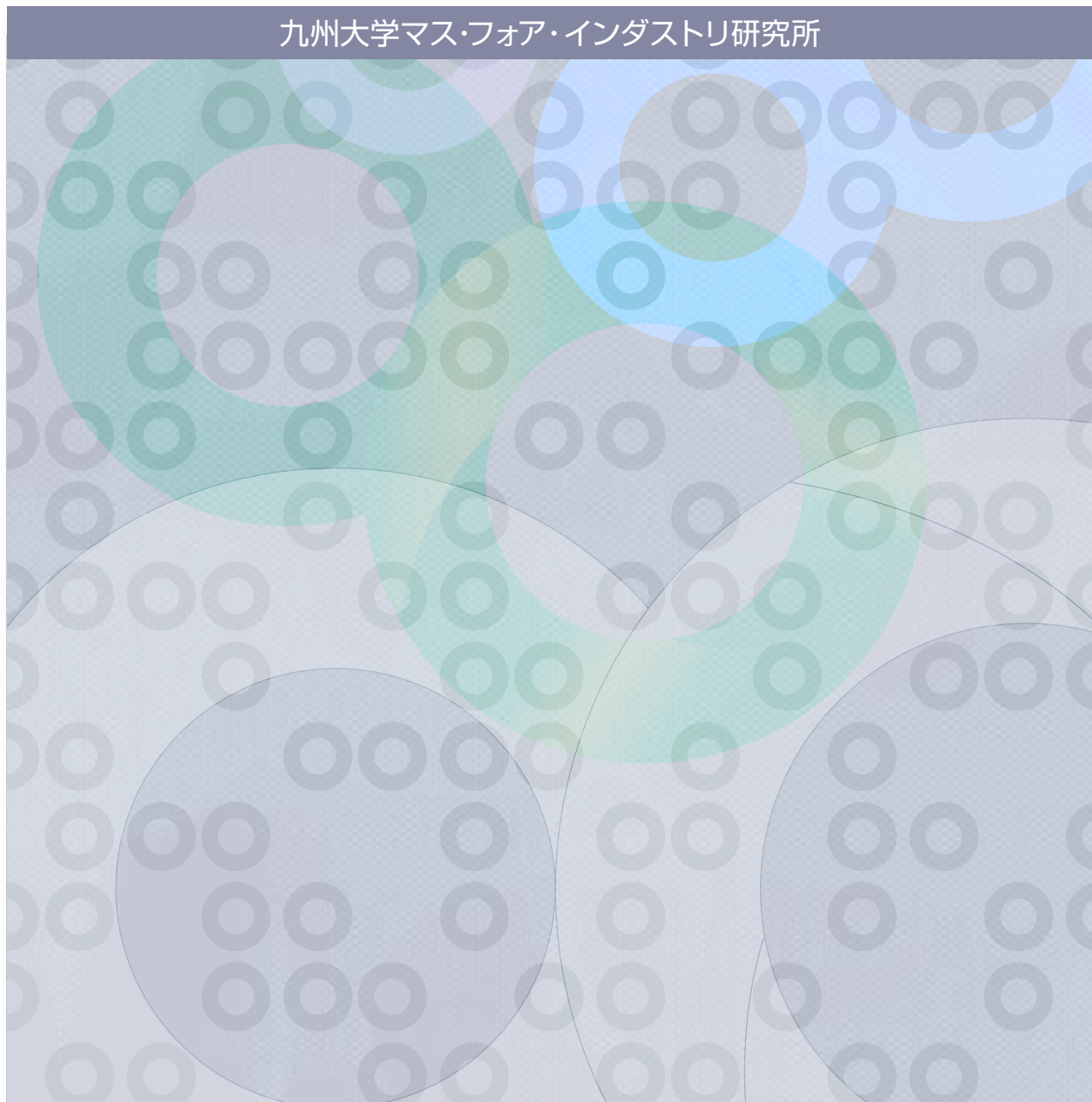


2022年度採択分 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所共同利用研究集会

データ格付けサービス実現の ための数理基盤の構築

編集：中山尚子，谷川拓司，品野勇治，近藤正章，
石原亨，鍛冶静雄，藤澤克樹

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所



2022年度採択分 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会

データ格付けサービス実現のための 数理基盤の構築

編集：中山 尚子，谷川 拓司，品野 勇治，近藤 正章，石原 亨，鍛冶 静雄，
藤澤 克樹

About MI Lecture Note Series

The Math-for-Industry (MI) Lecture Note Series is the successor to the COE Lecture Notes, which were published for the 21st COE Program “Development of Dynamic Mathematics with High Functionality,” sponsored by Japan’s Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) from 2003 to 2007. The MI Lecture Note Series has published the notes of lectures organized under the following two programs: “Training Program for Ph.D. and New Master’s Degree in Mathematics as Required by Industry,” adopted as a Support Program for Improving Graduate School Education by MEXT from 2007 to 2009; and “Education-and-Research Hub for Mathematics-for-Industry,” adopted as a Global COE Program by MEXT from 2008 to 2012.

In accordance with the establishment of the Institute of Mathematics for Industry (IMI) in April 2011 and the authorization of IMI’s Joint Research Center for Advanced and Fundamental Mathematics-for-Industry as a MEXT Joint Usage / Research Center in April 2013, hereafter the MI Lecture Notes Series will publish lecture notes and proceedings by worldwide researchers of MI to contribute to the development of MI.

October 2022

Kenji Kajiwara

Director, Institute of Mathematics for Industry

IMI Workshop of the Joint Usage Research Projects

Construction of Mathematical Basis for Realizing Data Rating Service

MI Lecture Note Vol.90, Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University

ISSN 2188-1200

Date of issue: December 12, 2022

Editors: Naoko Nakayama, Takuji Tanigawa, Yuji Shinano, Masaaki Kondo,

Toru Ishihara, Shizuo Kaji, Katsuki Fujisawa

Publisher:

Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University

Graduate School of Mathematics, Kyushu University

Motooka 744, Nishi-ku, Fukuoka, 819-0395, JAPAN

Tel +81-(0)92-802-4402, Fax +81-(0)92-802-4405

URL <https://www.imi.kyushu-u.ac.jp/>

序文

本会議録は 2022 年度 IMI 共同利用研究 女性研究者活躍支援研究-研究集会（Ⅰ）「データ格付けサービス実現のための数理基盤の構築」における議論をまとめたものである。

近年、DX（Digital Transformation）や AI の急速な発展に際し、産業界ならびに経済界においては、数学の重要性がより一層認識されるにいたっている。たとえば、今後、DX におけるデータの相互利用において、AI の学習データの獲得が目的とされるシーンは増大していくと見込まれるが、そのような場合、データの数理的な品質は必ず各界から求められる。また、形式上の整合性の確認や、重複や誤記、を探して修正・削除するデータクレンジングにおいても、数理的なアプローチを考えることで、一層の自動化が促進される。

本研究集会においては、データの品質を数理的なアプローチにより判定して明示する「データ格付け」の実現に向けて、数理的な側面と現場への適用事例、そして経営者から期待についてそれぞれの立場から議論を行った。

現在の状況をベースとして将来データがどのように生成・収集・解析されるかをビジネスの現場から経営層に至るまでのさまざまな実例をベースに議論が行われ、データ格付けという観点から数学が実生活や産業にどのように適用されていくかの研究内容の発表が行われ、その可能性を大いに感じる事ができた。

今後、データは最も重要な構成要素となり、そのデータの品質についての数学的な理論によるアプローチについて、学術的にも独立した領域として研究されるべき可能性を有しており、その研究を開始する契機が得られた。

本研究集会の成果としては、異なる専門分野や立場を有した参加者が活発に議論を行い、今後の研究の方向性について可能性を得たことを挙げる。

本会議録は、以上の研究集会の成果を纏めたものである。

また、本研究集会と共催された国際ワークショップ：The 6th RIKEN-IMI-ISM-NUS-ZIB-MODAL-NHR Workshop on Advances in Classical and Quantum Algorithms for Optimization and Machine Learning についても別冊にて議事録を纏めた。

谷川 拓司（ソフトバンク株式会社・アイディエーション
ディレクター）

品野 勇治（Zuse Institute Berlin・研究員）

近藤 正章（慶応大学・教授）

石原 亨（名古屋大学・教授）

鍛冶 静雄（九州大学・教授）

藤澤 克樹（九州大学・教授）

中山 尚子（株式会社豆蔵）

データ格付けサービス 実現のための 数理基盤の構築

2022. 9. 21^水 - 22^木

九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 C棟
2階教育情報システム室 (W1-C-201)

Computer Lab (W1-C-201), West Zone 1,
Ito campus, Kyushu University

Construction of Mathematical
Basis for Realizing
Data Rating Service

Program

■9月21日(水)

The 6th RIKEN-IMI-ISM-NUS-ZIB-MODAL-NHR Workshop
on Advances in Classical and Quantum Algorithms for
Optimization and Machine Learning

09:30-11:30 Session 13

Thorsten Koch (ZIB)
João Doriguello (NUS)
Ralf Borndörfer (ZIB)

11:00-11:20 Coffee Break

11:20-12:20 Session 14

Pierre-Louis Poirion (RIKEN)
Akifumi Okuno (ISM / RIKEN)

12:20-13:50 Lunch Break

13:50-15:10 Session 15

Niels Lindner (ZIB)
Inci Yüksel-Ergün (ZIB)
Jaap Pedersen (ZIB)

15:10-15:30 Break

15:30-16:50 Session 16

Uwe Gotzes (Open Grid Europe GmbH)
Ying Chen (NUS)
Osamu Saeki (IMI)
Katsuki Fujisawa (IMI)

■9月22日(木)

10:30-11:10

株式会社豆蔵 執行役員 C.D.O. (DX事業推進統括)
安井 昌男

11:15-12:00

株式会社Fixstars Amplify 代表取締役社長 CEO
平岡 卓爾

12:00-13:30 昼休憩

13:30-14:00

株式会社豆蔵 デジタル戦略支援事業 AI-Techチーム コンサルタント
林 沛萱

14:15-15:00

立教大学 大学院人工知能科学研究科 特任准教授
株式会社豆蔵
デジタル戦略支援事業 AI-Techチームリーダー チーフ・コンサルタント
石川 真之介

15:15-16:00

横河電機株式会社 常務執行役員 (CIO)
デジタル戦略本部 兼 デジタルソリューション本部 DX-Platformセンター長
船生 幸宏

16:15-16:50

株式会社豆蔵 チーフ・コンサルタント
中山 尚子

参加
無料

事前申込制

【研究代表者】

中山 尚子 (株式会社豆蔵)

【組織委員】

谷川 拓司 (ソフトバンク株式会社)
品野 勇治 (Zuse Institute Berlin)
近藤 正章 (慶応大学)
石原 亨 (名古屋大学)
鍛冶 静雄 (九州大学)
藤澤 克樹 (九州大学)

【共催機関】

理化学研究所 (RIKEN)
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI)
統計数理研究所 (ISM)
National University of Singapore (NUS)
Zuse Institute Berlin (ZIB)
NHR Center at ZIB

最新情報

最新情報は、下記のホームページをご覧ください
URL: <https://sites.google.com/view/6th-riken-imi-ism-zib-workshop/program>

参加申込

参加にあたっては、下記の参加申込をお願いします
URL: <https://forms.gle/H3A1D7EmHMGKQIC6>



E-mail: imikyoten@jimu.kyushu-u.ac.jp

<https://joint.imi.kyushu-u.ac.jp/post-6137/>



Joint Research Center for Advanced and
Fundamental Mathematics-for-Industry

文部科学大臣認定「産業数学の先進的・基礎的共同研究拠点」
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

開催日：2022/09/21～2022/09/22

データ格付けサービス実現のための数理基盤の構築 | 共2022a007

カテゴリー：イベント タグ： 女性研究 研究集会I

開催概要

- ・ 開催方法：対面のみ
- ・ 場所：九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 C棟 2階 **教育情報システム室** (W1-C-201)
- ・ 主要言語：(1日目) 英語、(2日目) 日本語
- ・ 共催：理化学研究所(RIKEN)
[九州大学マス・フォア・インダストリ研究所\(IMI\)](#)
[統計数理研究所\(ISM\)](#)
[National University of Singapore \(NUS\)](#)
[Zuse Institute Berlin \(ZIB\)](#)
[NHR Center at ZIB](#)
- ・ 種別・種目：女性研究者活躍支援研究-研究集会(I)
- ・ 研究課題題目：データ格付けサービス実現のための数理基盤の構築
- ・ 研究代表者：中山 尚子（株式会社豆蔵 デジタル戦略支援事業部 チーフコンサルタント）
- ・ 研究実施期間：2022年9月21日（水）～ 2022年9月22日（木）
- ・ 研究計画詳細：https://joint1.imi.kyushu-u.ac.jp/research_chooses/view/2022a007

プログラム

9月21日（水）The 6th RIKEN-IMI-ISM-NUS-ZIB-MODAL-NHR Workshop on Advances in Classical and Quantum Algorithms for Optimization and Machine Learning

09:30-11:30 Session 13

- ・ 09:30-10:00 **Thorsten Koch** (ZIB)
"High-Performance Solving of QUBOs to Proven Optimality"
- ・ 10:00-10:30 **João Doriguello** (NUS)
"Quantum algorithm for stochastic optimal stopping problems with applications in finance"
- ・ 10:30-11:00 **Ralf Borndörfer** (ZIB)
"Multicriteria Shortest Path Algorithms"

11:00-11:20 Coffee Break

11:20-12:20 Session 14

- ・ 11:20-11:50 **Pierre-Louis Poirion** (RIKEN)
"Randomized subspace regularized Newton method for unconstrained non-convex optimization"
- ・ 11:50-12:20 **Akifumi Okuno** (ISM / RIKEN)
"Minimax Analysis for Inverse Risk in Nonparametric Invertible Regression"

12:20-13:50 Lunch Break

13:50-15:10 Session 15

- ・ 13:50-14:20 **Niels Lindner** (ZIB)
"On the geometry of periodic timetables in public transport"
- ・ 14:20-14:50 **İnci Yüksel-Ergün** (ZIB)
"Improving data quality in the presence of superhuman complexity in data errors"
- ・ 14:50-15:10 **Jaap Pedersen** (ZIB)
"Optimal discrete pipe sizing for tree-shaped CO2 networks"

15:10-15:30 Break

15:30-16:50 Session 16

- ・ 15:30-16:00 **Uwe Gotzes** (Open Grid Europe GmbH)
"Spotlights on success stories of public-private partnership"
- ・ 16:00-16:30 **Ying Chen** (NUS)
"Deep Switching State Space Model (DS3M) for Nonlinear Time Series Forecasting with Regime Switching"

- 16:30-16:40 **Osamu Saeki** (IMI, Kyushu University)
"Institute of Mathematics for Industry: its uniqueness, strength and prospects"
- 16:40-16:50 **Katsuki Fujisawa** (IMI, Kyushu University)
"Closing Remarks"

最新の情報は[こちらから](#)ご覧ください

9月22日（木）

10:30-11:10

データ流通とデータ格付け

安井 昌男（株式会社豆蔵 執行役員 C.D.O. （DX事業推進統括））

11:15-12:00

組合せ最適化プラットフォームと業務データの標準化

平岡 卓爾（株式会社Fixstars Amplify 代表取締役社長 CEO）

12:00-13:30 昼休憩

13:30-14:00

少量データ向け機械学習

林 沛萱（株式会社豆蔵 デジタル戦略支援事業 AI-Techチーム コンサルタント）

14:15-15:00

データ中心の説明可能AI

石川 真之介（立教大学 大学院人工知能科学研究科 特任准教授

株式会社豆蔵 デジタル戦略支援事業 AI-Techチームリーダー チーフ・コンサルタント）

15:15-16:00

横河電機のDX戦略とBI/AIの活用について

船生 幸宏（横河電機株式会社 常務執行役員(CIO)

デジタル戦略本部長 兼 デジタルソリューション本部 DX-Platformセンター長）

16:15-16:50

組織的なAIの活用

中山 尚子（株式会社豆蔵 チーフ・コンサルタント）

Contents

Data and Mathematics Business Needs	1
Masao Yasui (Chief Digital Business Officer, Mamezou Co., Ltd, Japan)	
Platform for combinatorial optimization and Standardization of business data	8
Takuji Hiraoka (CEO, Fixstars Amplify Corporation, Japan)	
Few-shot learning	33
Pei-Hsuan Lin (IT Consultant, Mamezou Co., Ltd, Japan)	
Data-centric Explainable AI	34
Shin-nosuke Ishikawa (Graduate School of Artificial Intelligence and Science, Rikkyo University, Japan/ Chief Consultant, Mamezou Co., Ltd, Japan)	
Yokogawa's DX Strategy, AI and BI Utilization	35
Yukihiro Funyu (Senior Vice President (CIO)/ Head of Digital Strategy Headquarters/ Head of DX-Platform Center in Digital Solutions Headquarters, Yokogawa Electric Corporation, Japan)	
Organizational AI Applications	57
Naoko Nakayama (Chief Consultant, Mamezou Co., Ltd, Japan)	

Data and Mathematics Business Needs

Masao Yasui

Chief Digital Business Officer, Mamezou Co., Ltd, Japan

The importance of mathematics in socio-economic activity needs no further mention. Furthermore, the environment in which mathematics is utilized is evolving day by day.

In the world of software where mathematics is the powerhouse, the current focus is on cloud and smartphone applications.

However, in the era when the era of IoT is coming in earnest, the amount of data will increase more explosively than it is now. In situations like these, a mathematical approach to data becomes increasingly important.

So, what kind of environment will mathematics-based applications run in?

In this session, we will discuss the distributed environment and MEC (Multi-access Edge Computing) that utilize various types of data, and consider the new environment where mathematics will be used when the current business enters the full-scale IoT era.

データ流通とデータ格付け

Data and Mathematics Business Needs



MAMEZOU
Your intelligence, We embody it.

今日お話すること Today's theme



今まで、多く言われてきていること popular opinion

- データや数学は、今後のビジネスにとっては不可欠

もはや常識
common sense

いま、現場での現実的な関心は何か
What is the current real interest in business field?



DAY2タイムテーブル

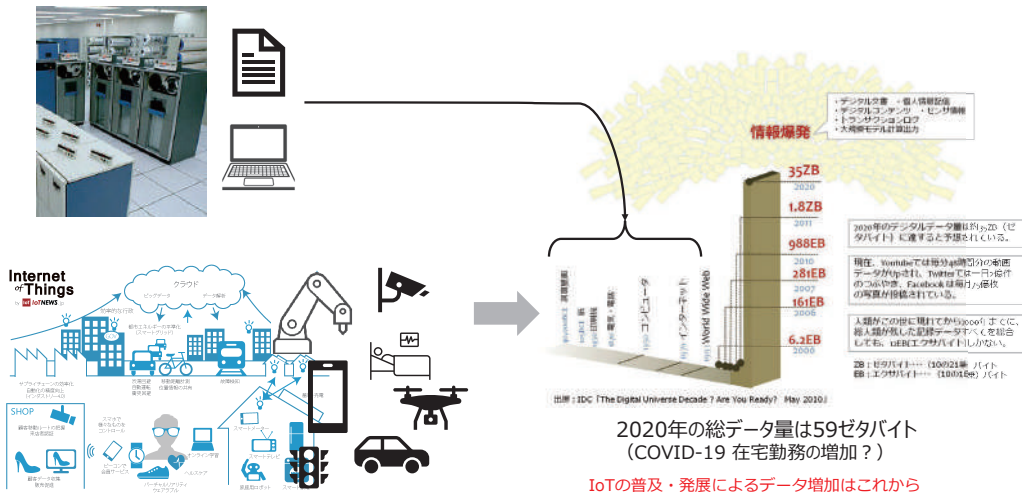
豆蔵

時間	講演
10:30-11:00	「開会の挨拶／データ流通とデータ格付け」 株式会社豆蔵 安井昌男
11:15-12:00	「組合せ最適化プラットフォームと業務データの標準化」 Fixstars Amplify 代表取締役社長 CEO 平岡卓爾
12:00-13:30	昼休憩
13:30-14:00	「少量データ向け機械学習」 株式会社豆蔵 林 沛萱
14:15-15:00	「データ中心の説明可能AI」 立教大学 大学院人工知能科学研究科 特任准教授 株式会社豆蔵 石川 真之介
15:15-16:00	「横河電機のDX戦略とデータ/AIの活用について」 横河電機株式会社 常務執行役員 (CIO) 船生 幸宏
16:15-16:50	「組織的なAIの活用／閉会の挨拶」 株式会社豆蔵 中山尚子

Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

あふれるデータ

豆蔵



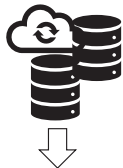
Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

3

ビッグデータの呼ばれていた時代との相違



Big Data (buzzword)



Data explosion



Current interest

- ◆ すべてのデータが必要なのか
Aggregation and distribution
- ◆ そのデータは信頼できるのか
Data reliability

もはや人間ではやっていけない
Humans can't do it anymore

data analysis



new knowledge and intelligence

Automation



Unmanned



Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

4

データ格付け（データの数理的品質の確保）の前提となる環境



Automation



Unmanned



Current interest

- ◆ すべてのデータが必要なのか
Aggregation and distribution

データは分散して生まれ集約されて管理される
Data is born distributed and aggregated and managed

- ◆ そのデータは信頼できるのか
Data reliability

データは壊れたり壊されたりすることがある
Data can be corrupted or corrupted

AIという数理モデルには、数理的に不具合のないデータが必要
A mathematical model called AI requires data that is mathematically flawless

分散（処理/蓄積）と集中に対応した環境
（インフラ・プラットフォーム）

An environment that supports distributed (processing/storage) and centralization
"infrastructure or platform"

依存 dependent on

ルールやセキュリティ技術
Rules and security technology

データ格付け
（データの数理的品質）
Data rating
(Mathematical Quality of Data)

Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

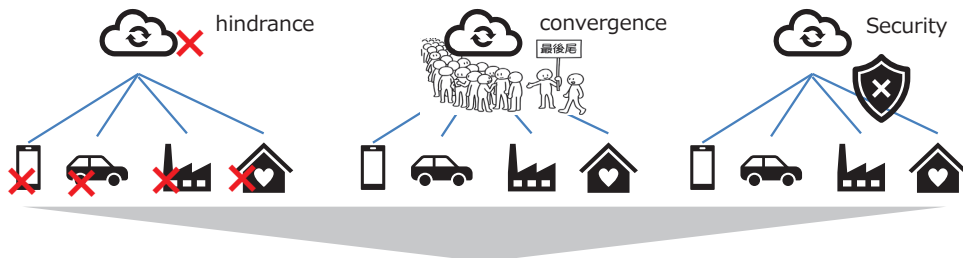
5

現在の環境はデータ爆発に対応できるのか



- クラウド一極集中の弊害

The problem of over-concentration in the cloud



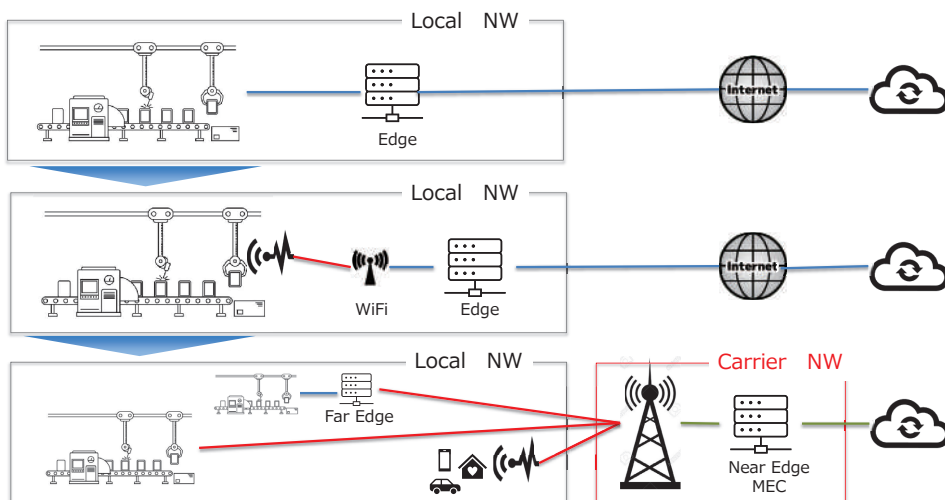
- エッジコンピュータ **edge computer**

ーしかしエッジサーバーはどこに置けばよいのか

Where should I place my edge server?

Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

Far Edge と Near Edge、MEC



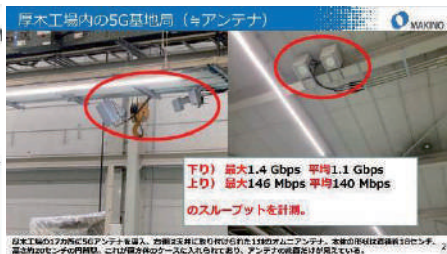
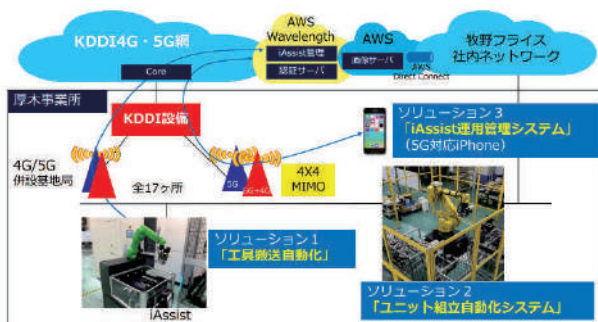
Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

MECに関する各社の取組



「キャリア5G × AWS Wavelength × iAssist で工場にサーバレスで製造の自動化を実現」
https://pages.awscloud.com/rs/112-TZM-766/images/20220407-AWS_SmartFactory_3_MAKINO-Milling.pdf

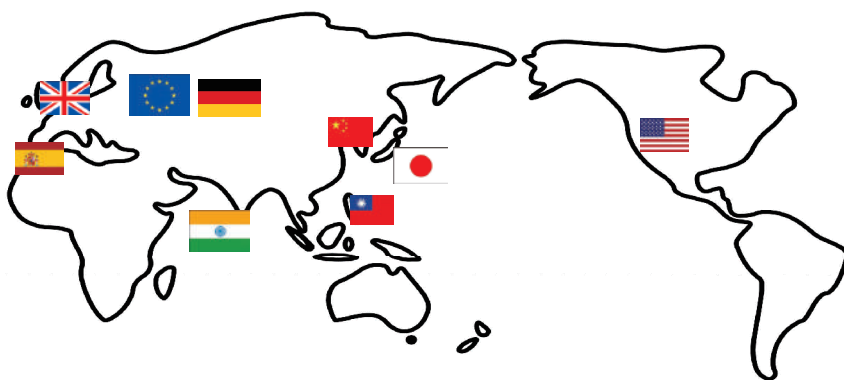
5G・MAKINOモデルSTEP1 (2021年12月10日完成)



Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

8

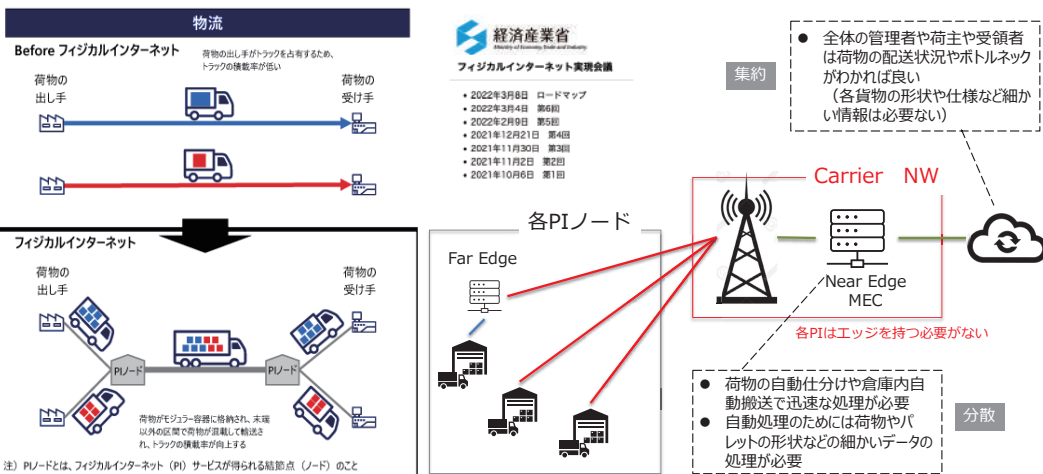
各国のユースケース



Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

有望な領域 フィジカルインターネット

豆蔵

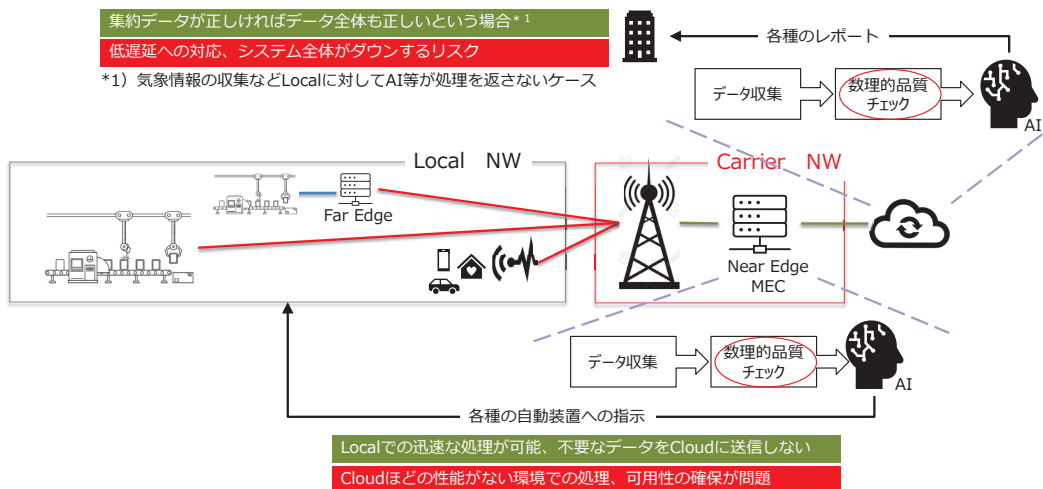


Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

10

データの数理的な品質はどこで確保されるのか

豆蔵



Your intelligence, We embody it. MAMEZOU

11

Platform for combinatorial optimization and Standardization of business data

Takuji Hiraoka

CEO, Fixstars Amplify Corporation, Japan

The company [1] develops and operates its own cloud service for solving combinatorial optimization problems. It supports hardware from various companies, including annealing machines developed in-house that take advantage of parallel computing with GPUs and quantum annealing machines from D-Wave, Inc. In addition to hardware abstraction, the company has an established reputation for its Python SDK that simplifies QUBO formulation.

This presentation will provide an overview of these solutions and share the challenges and efforts in applying combinatorial optimization solutions to the manufacturing industry. In particular, we will present activities in an industry association on how to standardize objective functions and constraints for specific applications.

References

- [1] Fixstars Amplify Corporation Web Page:
<https://amplify.fixstars.com/>

組合せ最適化プラットフォームと 業務データの標準化

2022年9月22日
～データ格付けサービス実現のための数理基盤の構築～
株式会社Fixstars Amplify CEO 平岡卓爾



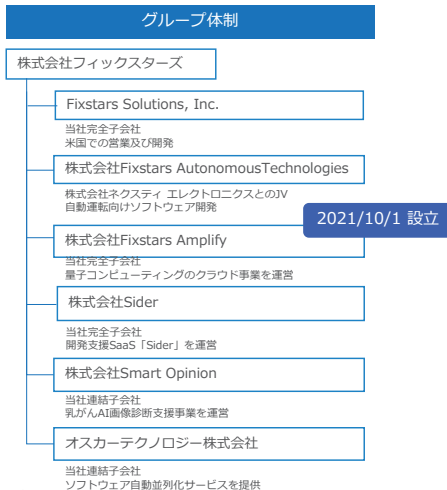
会社紹介

フィックスターズの概要

概要	
会社名	株式会社フィックスターズ
本社所在地	東京都港区芝浦3-1-1 msb Tamachi 田町ステーションタワーN 28階
設立	2002年8月
上場区分	東証プライム（証券コード：3687）
代表取締役社長	三木 聡
資本金	5億5,446万円（2021年9月現在）
社員数（連結）	258名（2021年9月現在）
主なお客様	キオクシア株式会社 株式会社ネクスティ エレクトロニクス 株式会社日立製作所 キヤノン株式会社



Copyright© Fixstars Group



4

ソフトウェア高速化サービス (概要)

- ・ お客様にソースコードをご提供いただき、
- ・ 最適化やアルゴリズムの改良を施して高速化してお返しします



オリジナルソースコードのご提供

当社

高速化したソースコード

お客様



● 性能評価

● ボトルネックの特定

● アルゴリズムの改良・開発

● ハードウェアへの最適化

● レポート作成

● レポートやコードへのQ&A

● 実製品への組み込み支援

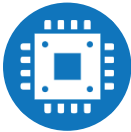


Copyright© Fixstars Group

5

フィックスターズの強み

フィックスターズは、コンピュータの性能を最大限に引き出し大量データの高速処理を実現する、高速化のエキスパート集団です。



低レイヤ
ソフトウェア技術



アルゴリズム
実装力



各産業・研究
分野の知見



Copyright© Fixstars Group

6

フィックスターズの量子技術への取り組み

次世代技術を先取りし
今ある課題の解決を目指す

2017年
日本で初めて
D-Wave Systems
社と提携

2018年
NEDOのプロジェクト
に採択
「イジングマシン共通
ソフトウェア基盤の研
究開発」

2019年
SIPの研究開発に参画
「光・量子を活用した
Society 5.0実現化技術：
光電子情報処理」

2021年

- 2月：量子アニーリングクラウドサービス「Fixstars Amplify」提供開始
- 10月：子会社Fixstars Amplifyを設立
- 11月：Q-STAR 量子技術による新産業創出協議会に特別会員として加入



Copyright© Fixstars Group

7

Fixstars Amplifyの量子技術への取り組み



一般社団法人 量子技術による新産業創出協議会

Fixstars Amplify 代表取締役会長の三木が理事を務めている「量子技術による新産業創出協議会（Q-STAR）」は、量子関連の産業・ビジネスの創出を目的として設立された協議会です。IT企業で開発が進む量子技術を、実際のビジネスにどのように役立てていくのかを研究し、量子技術を活用した新産業を創出する取り組みを加速しています。

2022年5月23日、社団法人化を記念したシンポジウムでは、CEOの平岡が登壇し「量子技術の産業化加速に向けた課題と取り組み」というテーマでパネルディスカッションを行いました。



出展：一般社団法人 量子技術による新産業創出協議会 <https://qstar.jp/>



Copyright© Fixstars Group

東洋経済主催シンポジウム 「ビジネスを劇的に変える量子コンピューティングの可能性」にCEO平岡が登壇しました



モデレーター
九州大学 藤澤克樹教授

パネリスト
ロート製薬株式会社
代表取締役会長 山田 邦雄氏
株式会社東芝
代表取締役社長CEO 島田 太郎氏
株式会社Fixstars Amplify
代表取締役社長 平岡 卓爾

画像：Fixstars Corporation youtubeチャンネルより
<https://www.youtube.com/watch?v=uS-RZevqLq0>

東洋経済新報社主催「量子コンピューティングの実用化に関する」パネルディスカッションの基調講演では、実用可能な段階に入った量子コンピューティングの現状について、専門家の立場から意見を述べました。パネルディスカッションでは、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所の藤澤 克樹教授、東芝株式会社代表取締役社長 CEO で、量子技術による新産業創出協議会（Q-STAR）実行委員長を務める島田 太郎氏、ロート製薬代表取締役会長の山田 邦雄氏も参加され、専門家や経営者のお立場から、量子コンピューティングの現在地を語っています。本セッションは、東洋経済オンライン並びに同社YouTubeで公開されています。

東洋経済オンライン記事：<https://toyokeizai.net/articles/-/583900>

8

事業紹介



チーム

代表取締役社長CEO 平岡卓爾



- 2004年 東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 修了（修士）
量子テレポーテーションの研究で有名な古澤研究室の最初の学部生。ゼロから実験環境を構築する稀有な機会を経験した。
- 2004年 株式会社エリジオン入社
3次元CADデータ、形状処理ソフトウェアの開発。
工場DXに繋がる3次元点群処理ソフトウェア「InfiPoints」の立ち上げを手掛けた。
- 2021年 株式会社Fixstars Amplify入社

取締役CTO 松田佳希



- 2011年 東京工業大学大学院 物性物理学専攻 博士課程 修了
量子アニーリングの理論研究で有名な西森研究室の出身
- 2011年 東京大学 物性研究所 助教
- 2013年 株式会社フィックスターズ入社
- 2017年 量子事業立ち上げ、経済産業省NEDO・内閣府SIPの量子関連プロジェクトに参画。
量子コンピューティング技術を用いたアプリケーション開発プラットフォーム・クラウドサービスの開発責任者として事業開発に取り組む。
- 2020年 早稲田大学グリーンコンピューティングシステム研究機構 客員講師（兼務）
- 2021年 株式会社Fixstars Amplify CTO就任



Copyright© Fixstars Group

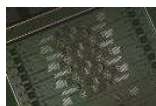
10

量子コンピュータとその周辺

1. 量子コンピュータ

量子ゲート方式

古典汎用コンピュータの上位互換。
量子力学の重ね合わせ状態を制御する量子ゲートを操作し、特定の問題を汎用的かつ高速に処理する。



1
量子コンピュータ
IBM/Google/Rigetti/IonQ

2
イジングマシン
富士通/日立/東芝/Fixstars

3
量子
アニーリング
D-Wave/NEC

2. イジングマシン

二値二次多項式模型

二次の多変数多項式で表される目的関数の最適化問題（QUBO）を扱う専用マシン。変数は0,1または±1。統計物理学におけるイジング模型（磁性体の性質を表す模型）に由来。様々な実装により実現されている。



3. 量子アニーリング方式

量子焼きなまし法

イジングマシンの一種であり、量子焼きなまし法の原理に基づいて動作する。量子イジング模型を物理的に搭載したプロセッサで実現する。自然計算により低エネルギー状態が出力される。



Copyright© Fixstars Group

11

量子コンピュータへの期待

- 超並列計算機 vs ムーアの法則
- 非ノイマン型計算アーキテクチャ
 - cf) アナログコンピュータ？
- 効率的な量子シミュレータ

例) 西森先生の研究

- 1次元物質における量子相転移に伴う物質中の欠陥数の時間変化
<https://www.titech.ac.jp/news/2022/064767>
 - D-Waveの量子アニーリングマシンでの実験

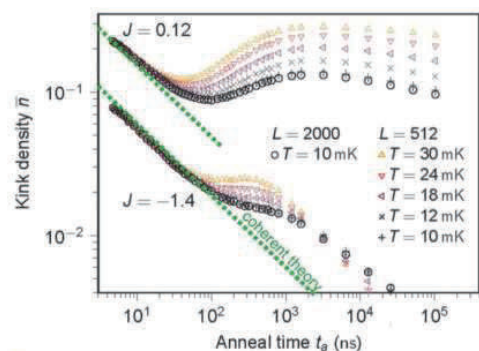


図1. 実験時間（横軸）と欠陥数（縦軸）の関係。○、×、△などの記号で示された量子シミュレーションのデータが、短時間領域（左の方の1ナノ秒から数十ナノ秒の範囲）でノイズのない量子力学理論（緑の破線）とよく一致している。数十ナノ秒を超える時間領域になると、熱雑音の影響が入ってきて理論との乖離が見られる。

量子コンピュータの優位性

- 量子コンピュータとは：
たくさんの状態を「重ね合わせ」で同時に計算することで、劇的な速度向上を図る超並列コンピュータ
- 「古典コンピュータ」：011001...ビットの集まりで情報を表現
 - それぞれの入力に対して計算する
- 「量子コンピュータ」：0と1の重ね合わせ = Qubit
 - N個のQubitがあると、2のN乗通りの入力に対して一度に計算を実行できる

量子コンピュータの実現方法

- 様々な方式が提案されるも、決定打には遠い
 - 超伝導
 - イオントラップ
 - 半導体
 - 光 etc.
- 量子の「壊れやすさ」が課題
 - 理論的には「量子エラー訂正」でノイズやエラーの影響を排除した大規模な量子計算が可能（※ただし数百万Qubit以上に限る）
 - 比較的小規模なシステムでも役に立たせる方法がないか研究が進んでいる

量子コンピュータにできること

- 組合せ最適化
- 量子化学シミュレーション
- データベース検索
- 暗号解読 (↔量子暗号通信)
- (量子機械学習)

数理最適化 / 組合せ最適化問題とは

最適化問題

- 課題を数式で表す
時間、コスト、消費エネルギーetc.
- 制約条件のもとで最大値、最小値を求める

組合せ最適化問題

- 課題に選択肢が含まれる
この装置で生産したら...
この道を通ったら...
- 解くのが難しい

組合せ最適化問題の例

バイクキングで最も安く
必要な栄養が取れる組合せは？

(10g単位)	炭水化物	タンパク質	脂質	金額
ごはん	8g	1g	1g	10円
パン	7g	1g	2g	12円
ハンバーグ	1g	5g	4g	50円
焼き魚	1g	8g	1g	35円

目的関数: 合計金額 (最小化)

制約条件:

炭水化物: 300g以上
タンパク質: 150g以上
脂質: 50g以上

最適メニュー



ごはん: 380g
焼き魚: 140g
金額: 870円

組合せ最適化問題の解法

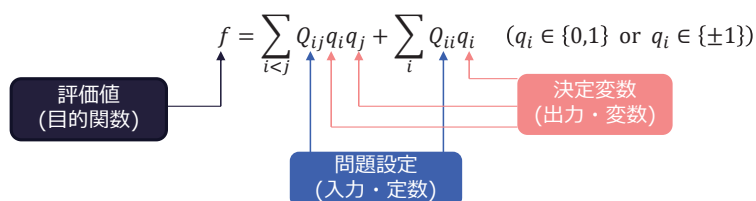
- 多くは指数的に計算時間のかかる問題。一般的に解くのが難しい
- 厳密解法
 - 分枝限定法
 - 動的計画法
- 近似解法
 - 貪欲法
 - 局所探索法
 - メタヒューリスティクス
 - 遺伝的アルゴリズム
 - アニーリング（焼きなまし）← 近年、専用マシンの開発が活発
 - 遺伝的アルゴリズム

二次計画問題

- 最適化問題の分類
 - 組合せ最適化問題
 - 決定変数が離散値（整数など）
 - 整数計画問題（決定変数が整数）
 - 0-1整数計画問題（決定変数が二値）
 - 連続最適化問題
 - 決定変数が連続値（実数など）
- QUBO模型（0-1整数二次計画問題）

- 量子アニーリング・イジングマシン

Quadratic	二次形式
Unconstrained	制約条件なし
Binary	0-1整数（二値）
Optimization	計画



量子アニーリング・イジングマシンと組合せ最適化問題

量子アニーリング・イジングマシン ⇒ 組合せ最適化問題を解くための**専用マシン**

膨大な選択肢から、制約条件を満たし、ベストな選択肢を探索する（組合せ最適化問題）



スケジューリング



配送計画



スマートシティ



集積回路設計



参考: 慶應義塾大学 田中宗 准教授 「量子コンピュータ最前線とイジングマシンの可能性」



Copyright© Fixstars Group

22

Fixstars Amplifyの取り組み

- 通常のコンピュータ技術では取り扱いの難しい問題に
SOTAのソフトウェア&ハードウェアで挑戦し社会に価値を届けたい
 - 組合せ最適化問題
 - QUBO x アニーリング
 - GPU / 量子アニーリング
 - （利用可能なHWは何でも使う）
 - （市販のソルバの活用 / アルゴリズム的な工夫も行う）
 - （顧客の課題に合ったソリューションを開発）



Copyright© Fixstars Group

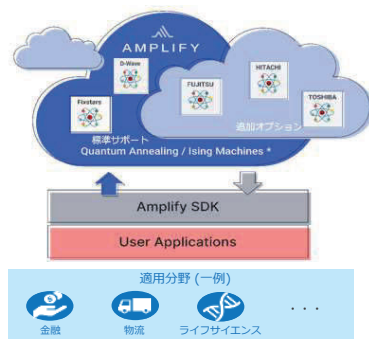
23

技術紹介

クラウドサービス : Fixstars Amplify

様々な量子コンピュータ・イジングマシンに対応したアプリケーションを開発出来る、クラウドプラットフォームです。量子コンピューティング時代を見据え、シンプルで効率的な開発環境の提供を目指しています。

サービス概要



主な特長

様々なマシンに対応

各社が提供する量子アニーリング・イジングマシンを Fixstars Amplify から利用することが出来ます。

シンプルで効率的なアプリ開発

複雑で専門性の高いプロセスを自動化し、効率的にマシンを使うための学習コストを、圧倒的に低くします。

PoCから実問題まで対応

大規模問題の入力と高速実行が可能で、PoCや実問題を視野に入れたアプリケーション開発が行えます。

すぐに開発を開始可能

開発環境と実行環境がセットで提供されるため、すぐに開発を開始することが出来ます。

Amplify の対応マシン

量子アニーリング・イジングマシン FIXSTARS Spreading your business 超導マシン フィックスターズ Amplify Annealing Engine	量子アニーリング・イジングマシン D-WAVE The Quantum Computing Company 超導マシン D-Wave Systems 2000Q / Advantage	量子アニーリング・イジングマシン FUJITSU 富士通 デジタルアニーラ	量子アニーリング・イジングマシン TOSHIBA 東芝 デジタルソリューションズ SBM
量子アニーリング・イジングマシン HITACHI 日立製作所 CMOSアニーリングマシン	数値最適化ソルバー GUROBI OPTIMIZATION Gurobi Gurobi Optimizer	ゲート式量子コンピュータ IBM IBM IBM Quantum	量子回路シミュレータ QILACS Qilacs



<https://news.fixstars.com/2361/> : IBM Quantum対応 (6/14発表)

<https://news.fixstars.com/2199/> : Gurobi対応 (5/18発表)

Copyright© Fixstars Group

26

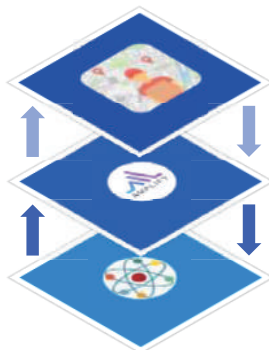
Fixstars Amplify クラウドの構成

アプリケーション

組合せ最適化問題を含むアプリケーションは Amplify SDK を用いることで**効率的かつ簡単に**組合せ最適化の定式化が可能
研究・開発ではAmplifyクラウドは**無償提供**されるため**直ぐに開発をスタート**できる

量子アニーリング・イジングマシン (Amplify AE)

Amplify クラウドが量子アニーリングマシン・イジングマシンの**大規模実行環境を提供**
Amplify SDK で書かれた最適化エンジンは他社製も含め**全ての商用イジングマシンで実行可能**



Amplify SDK

組合せ最適化問題の定式化やマシンを高度に操るための**最先端の技術や知見をライブラリ**化したシンプルなインターフェースを提供
専門知識が不要で量子アニーリングイジングマシンを用いた最適化エンジンの開発に取り組める



Copyright© Fixstars Group

27

イジングマシンの実行手順

1. 数理モデル検討 解きたい課題の「**目的関数**」「**決定変数**」「**制約条件**」を検討する
2. QUBO定式化 (論理) 「**2値決定変数+二次形式**」で「**目的関数**」と「**決定変数**」を記述 (変換) する
「**制約条件**」は直接扱えないので「**ペナルティ関数**」で表現する
3. QUBO定式化 (物理) 各マシンの仕様や制限に準拠した形式にQUBO模型を変換する
(例: 二次項に制約がある場合は「**グラフマイナー埋め込み**」問題を解く)
4. 入力データの準備 各マシンのSDKやAPI仕様に合わせてQUBO模型 (物理) をデータ化する
5. マシンの実行 マシンを実行して出力の変数値やエネルギー値(コスト値)を解析する
上記の逆の手順を辿り解きたい課題の「**決定変数**」を解釈する



Copyright© Fixstars Group

28

Fixstars Amplifyによる課題解決

■ イジングマシンのための革新的な開発環境

簡単	多くのマシンに対応	始めやすい
✓ SDKをインストールするだけですぐに使える (pip install amplify) ✓ ハードウェアの専門知識不要でアプリケーションが開発できる	✓ 進化の早いマシンの発展に追従すべての量子アニーリング/イジングマシンに対応 ✓ 26万ビット級のアニーリングマシン実行環境が利用可能	✓ 研究・開発用途には開発環境と実行環境が無償で利用可能 ✓ 多くのチュートリアル、サンプルコードを整備・拡充

多くの人が始めやすい開発プラットフォームを無料で提供

<https://amplify.fixstars.com>

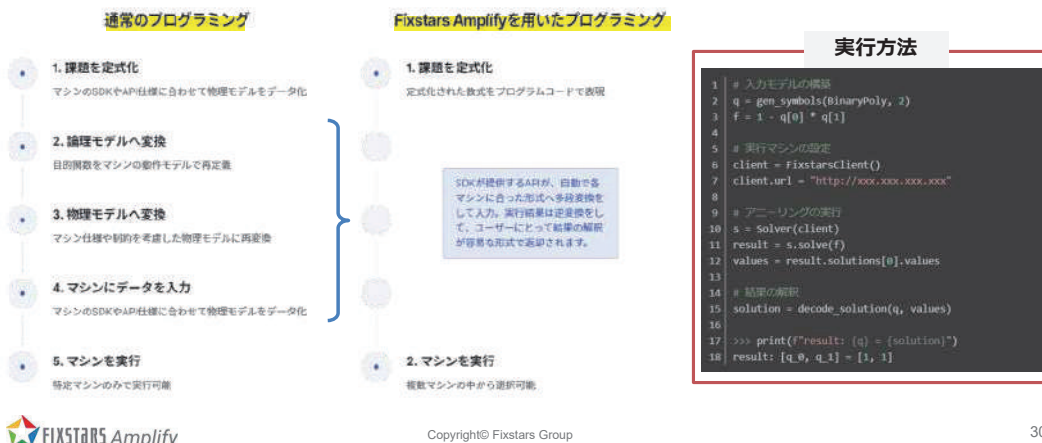


Copyright© Fixstars Group

29

Amplify SDKのワークフロー

■ 従来のプログラミングワークフローとの比較



Amplify SDKによるシンプルプログラミング

数独を解くサンプルアプリ

SDKなし
最適化しても
200行以上

SDKあり
30行程度

5	3			7				
6			1	9	5			
	9	8				6		
8				6				3
4		8		3				1
7			2					6
	6					2	8	
			4	1	9			5
				8			7	9

出典: Wikipedia

富士通・デジタルアニーラの設定用コード

SDKなし
59行

SDKあり
1行

日立CMOSアニーリングマシンの設定用コード

SDKなし
183行

SDKあり
1行



Copyright© Fixstars Group

31

Amplify による巡回セールスマン問題 (TSP) の実装例

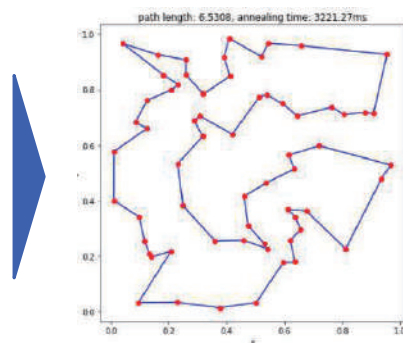
コスト関数

$$\sum_{n=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d_{ij} q_{n,i} q_{n+1,j}$$

制約条件

$$\sum_{i=0}^{N-1} q_{n,i} = 1 \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} q_{n,i} = 1 \quad i \in \{0, 1, \dots, N-1\}$$



Copyright© Fixstars Group

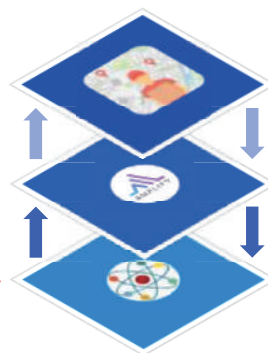
32

Amplify Annealing Engine

- NVIDIA GPU V100/A100 で動作
 - 独自の並列化シミュレーテッドアニーリングアルゴリズム
- WEB経由で計算機能を提供
 - Amplify SDK の実装を直ぐに実行可能
 - 社会課題への取り組み・PoC・検証が加速
- 商用マシンでは最大規模かつ最高速レベル
 - 128Kビット (全結合) / 256Kビット超 (疎結合)



Amplify Cloud



Copyright© Fixstars Group

33

Amplify Annealing Engine

- 実問題やPoCを視野に入れたアプリケーション開発にも対応

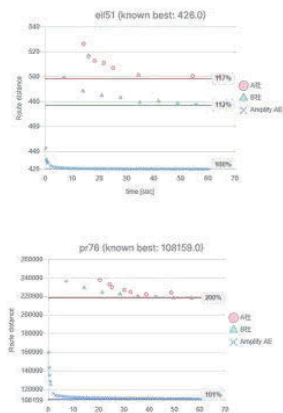
	標準マシン Fixstars Amplify AE	標準マシン D-Wave 2000Q/Advantage	日立 CMOS Annealing	富士通 Digital Annealer	東芝 SBM PoC機
装置形式	GPU	量子回路	デジタル回路	デジタル回路	GPU
最大ビット数	262,144以上	2,048 (16x16x8)/ 5,760 (16x15x24)	61,952 (352x176)	8,192 (DA2)/ 100,000 (DA3)	10,000
係数パフォーマ	デジタル (32/64bit)	アナログ (5bit精度)	デジタル (2bit)	デジタル (16/64 bit)	デジタル (32bit)
結合グラフ	全結合	キメラグラフ/ ペガサスグラフ	キンググラフ	全結合	全結合
全結合後置ビット 数	131,072	64/124	176	8,192 (DA2)/ 100,000 (DA3)	1,000
APIエンドポイン ト	Fixstars Amplify	D-Wave Leap	Annealing Cloud Web	DA Cloud	AWS



※ 東芝SBM PoC機の詳細については東芝セキュラーチップ開発マシン(SBM)公式サイトへ、までお問い合わせをお願いいたします。

研究・開発利用において無償提供

2022年5月 当社調べ



34

Amplify 標準提供マシン



出典: <https://www.nvidia.com/ja-jp/data-center/dgx-2/>

NVIDIA A100/V100
最大26万ビット以上

最先端の並列化技術



最先端の量子技術



D-Wave Advantage
5000量子ビット



FIXSTARS Amplify



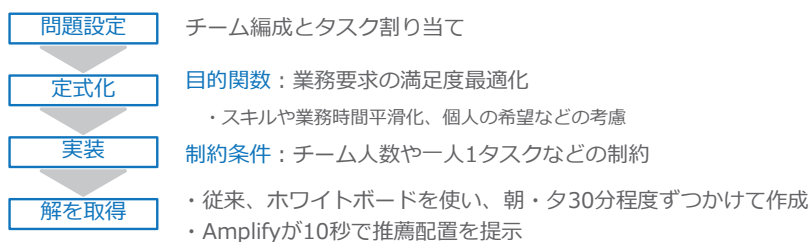
AMPLIFY

Copyright© Fixstars Group

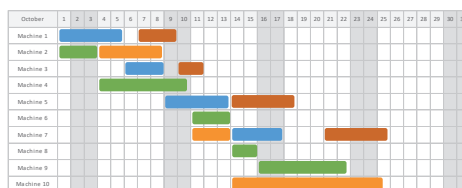
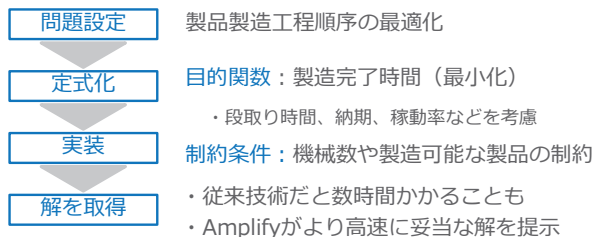
35

製造業における 適用事例

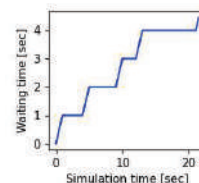
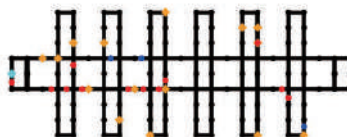
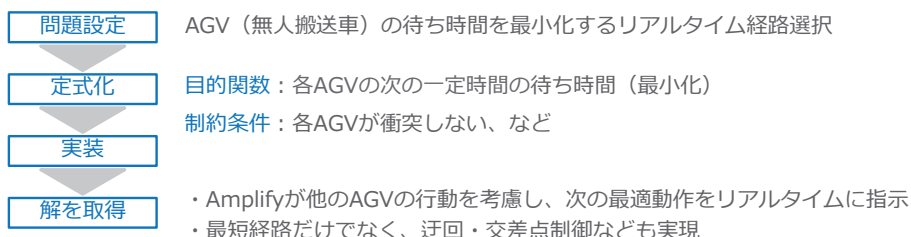
最も効率的な作業員のシフトは？



最も効率的な生産スケジュールは？



最も効率的な部材や製品の搬送方法は？



汎用ベンチマーク問題の作成（取組中）

- 顧客の声
 - 量子技術、特に組合せ最適化問題が役に立つ、と言われても個別事例でイメージしづらい
 - Toyデータではなく、ある程度実務に近い規模や、実務家の言葉で表現された制約条件のもとの結果を知りたい
 - 既存技術（市販の数値最適化ソルバー）に対する優位性や使い所を知りたい
- Q-STAR参加各社の協力を得てベンチマークデータを作成中

製造業における組合せ最適化問題を網羅的に考える

- 製造業の主な要素（≒決定変数）：4つのM

- 装置 (Machine)

- 製造装置
- 搬送装置
- 治具

- 手法 (Method)

- どのジョブを処理するか？
- どの装置で処理するか？
- どの順番で処理するか？
- いつ*処理するか？

- 人員 (Man)

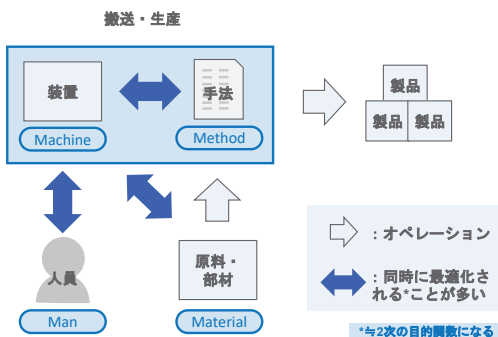
- どの属性（チーム、スキル等）を割当てするか？
- どのジョブを担当するか？
- どのMachineを担当するか？

- 原料・部材 (Material)

- どう配置・割当てするか？
- いつ*処理・発注するか？

*「いつ」は連続変数で
取扱われることが多く
QUBO化が難しい

シンプル化した製造業のオペレーション



製造業の問題類型（イメージ）

- A. Machine × Method
→ 工程スケジューリング
ディスクリート製造業：ジョブショップスケジューリング
連続製造業：連続製造スケジューリング
- B. Man × (Machine, Method)
→ 人員スケジューリング
ジョブ・装置マッチング
- C. Material × (Machine, Method)
→ 装置内の部材割当最適化
→ 製品生産計画
- D. その他
Machine → 装置レイアウト最適化
Method → 切出し・詰込み問題
Man → シフト計画問題
Material → 部材調達スケジューリング問題



Copyright© Fixstars Group

2次の問題
が多い



QUBO優位

1次の問題
が多い



従来技術と
同等

規模にもよるが従来技術に対する優位性は小さめ？

42

以降のスライドは共有資料から削除



Copyright© Fixstars Group

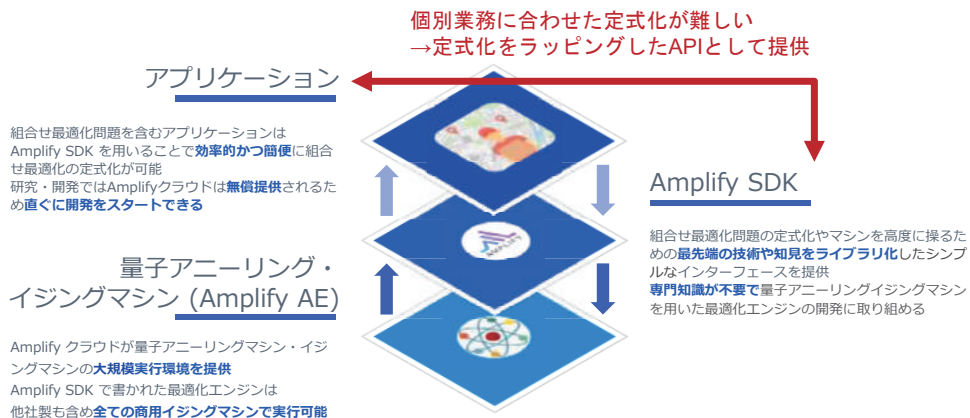
43

組合せ最適化プラットフォームと 業務データの標準化

組合せ最適化技術の普及のために

1. 定式化のパターン化
2. 業務データの標準化
3. クラウド技術の活用

定式化のパターン化



業務データの標準化

- ロジックとして同じ定式化で記述できても、業務ルールや命名則が多様
- 業界ごとの標準化や、BI基盤層での自動意味付け機能が求められる



クラウド技術の活用

- 組合せ最適化問題がNP困難を含む以上、一般解は存在しない
- ハードウェアに前提を置いてチューニング可能なクラウドサービスは比較的優位になりやすいと思われる
- 常に同時代で最適なハード&ソフトの組み合わせでソリューションを提供し続ける

以上

Few-shot learning

Pei-Hsuan Lin

IT Consultant, Mamezou Co., ltd, Japan

Few-shot learning refers to a learning method that aims to recognize novel targets with only a few or even without the corresponding annotated learning data. As a result, it is regarded that few-shot learning could be applicable for shortening AI production, especially in the aspect of annotation tasks. Few-shot learning imitates the way that humans absorb novel knowledge (i.e., learning how to learn), and several approaches have been proposed to achieve few-shot learning. These approaches include deep metric learning-based networks (e.g., Siamese networks [1]), and models based on transformers [2] (e.g., CLIP [3]). In this presentation, I will present the outline of few-shot learning and introduce the approaches that are proposed to accomplish few-shot learning. Also, I will denote the common challenges among these approaches.

References

- [1] Koch, G., Zemel, R., & Salakhutdinov, R. (2015, July). Siamese neural networks for one-shot image recognition. In ICML deep learning workshop (Vol. 2, p. 0).
- [2] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- [3] Radford, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., ... & Sutskever, I. (2021, July). Learning transferable visual models from natural language supervision. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 8748-8763). PMLR.

Data-centric Explainable AI

Shin-nosuke Ishikawa

Graduate School of Artificial Intelligence and Science, Rikkyo
University, Japan

Chief Consultant, Mamezou Co., ltd, Japan

In recent business applications of AI, explanations or interpretations are often desired in addition to inferences by complicated machine learning models such as deep learning models. There are several cases that explanations by methods called explainable AI (XAI) are valuable, and one of the motivations for XAI methods is to provide additional information to confirm a reliability of the model. Many XAI methods focused on processes of inference, and some methods are based on approximations or unrealistic assumptions [1]. There is another approach that focuses on what and how much data the model trained on. This would be an example of a data-centric point of view for AI development instead of traditional model-centric approach [2]. In this presentation, I will present data-centric approach for XAI, and introduce a method we developed based on this concept.

References

- [1] C. Rudin, “Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead,” 2018, Arxiv:1811.10154
- [2] DeepLearning.AI, MLOps: From Model-centric to Data-centric AI by Andrew Ng
<https://www.deeplearning.ai/courses/#h-resources>

Yokogawa's DX Strategy, AI and BI Utilization

Yukihiro Funyu

Senior Vice President (CIO)/ Head of Digital Strategy
Headquarters/ Head of DX-Platform Center in Digital Solutions
Headquarters, Yokogawa Electric Corporation, Japan

Yokogawa Electric Corporation provides advanced solutions in the areas of measurement, control, and information to customers across a broad range of industries, including energy, chemicals, materials, pharmaceuticals, food and so on. We started digital transformation (DX) activities from 2018 as part of its three-year business plan "Transformation 2020 (TF2020).".

In this talk, I will introduce Yokogawa's Approach to DX, AI/Data Utilization use cases with 4 detailed examples, and mention data integration, which is likely to become a growing need in the future.

横河電機のDX戦略と BI/AI活用について

@九州大学マス・フォア・インダストリ研究所研究集会

常務執行役員(CIO)
デジタル戦略本部長 兼
デジタルソリューション本部 DX-Platformセンター長
舩生 幸宏

2022年9月22日

| Yokogawa DX & BI/AI Adoption | Sep 22, 2022 |
© Yokogawa Electric Corporation

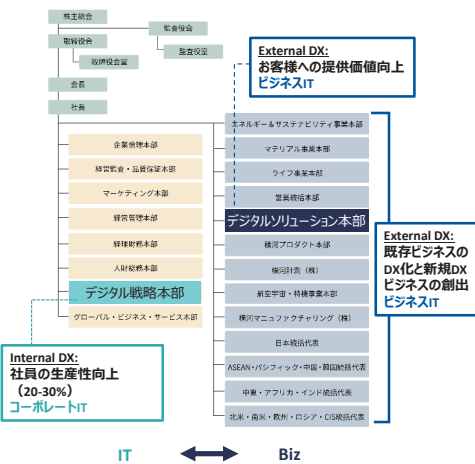
Today's Agenda

1. 横河電機のDX戦略概要
2. 横河電機のBI/AI活用事例について
3. まとめ

Today's Agenda

1. 横河電機のDX戦略概要
2. 横河電機のBI/AI活用事例について
3. まとめ

横河電機のDX組織と自己紹介



■ 現在の役割

- 常務執行役員(CIO)
- デジタル戦略本部長 **Internal DX**
- デジタルソリューション本部 DXプラットフォームセンター長 **External DX**



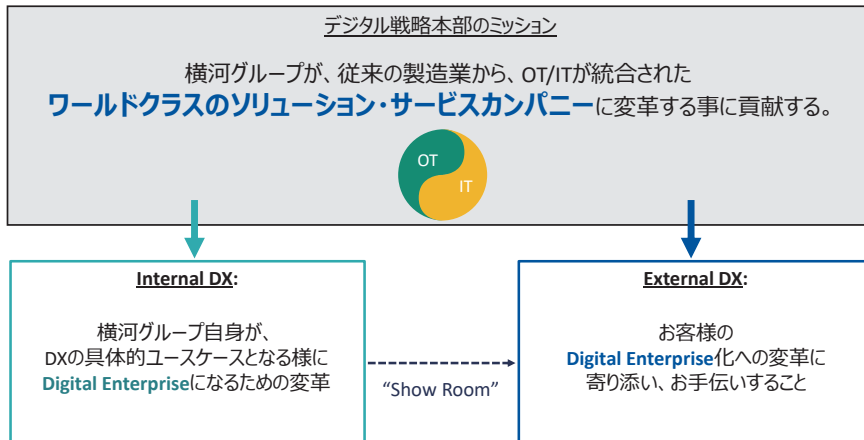
■ 主な経歴

1990 – 2000	NTT Data @Tokyo (10年)
2000 – 2003	Softbank Finance (現SBI) @Tokyo (3年) IT子会社のCIOも経験
2003 – 2018	Sony @Global (15年) Global IT Planning @HQ (6年) Pan Asia IT Planning @Singapore (4年) Global IT Transformation @HQ (1年) Global IT Strategy @HQ (4年)
2018 –	横河電機 (4年)

■ モットー

- IT活用でビジネス成長を
- “変化”を楽しむ

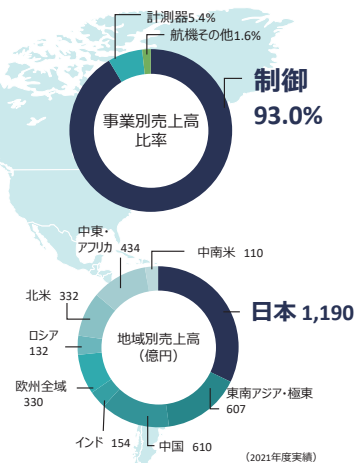
デジタル戦略本部のミッション



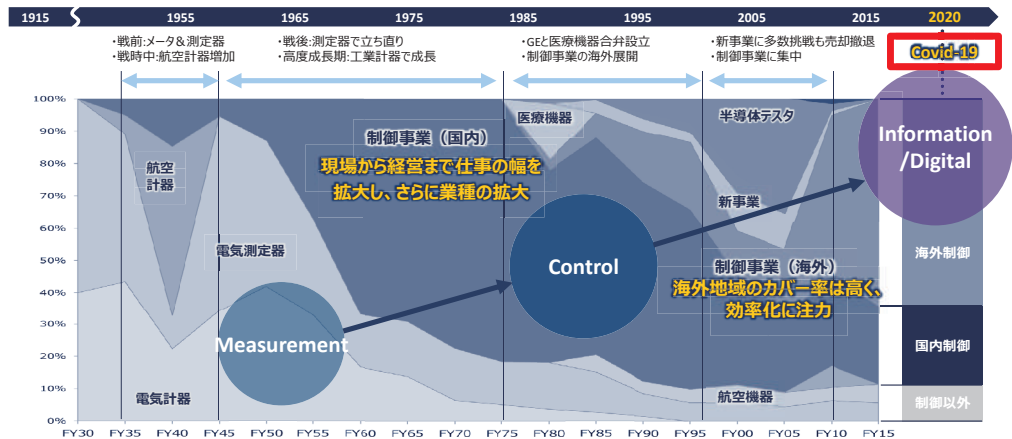
会社概要 (2021年実績)

商 号	横河電機株式会社 Yokogawa Electric Corporation
創 立	大正4年（1915年）9月1日
設 立	大正9年（1920年）12月1日
資 本 金	434億105万円
売 上 高	3,899億円*
営 業 利 益	307億円*
経 常 利 益	358億円*
当期純利益**	213億円*
開発投資比率	7.3% *
従 業 員 数	17,258人*
自己資本比率	60.0%*

*連結 **親会社株主に帰属する当期純利益



変革の歴史～事業内容の変遷

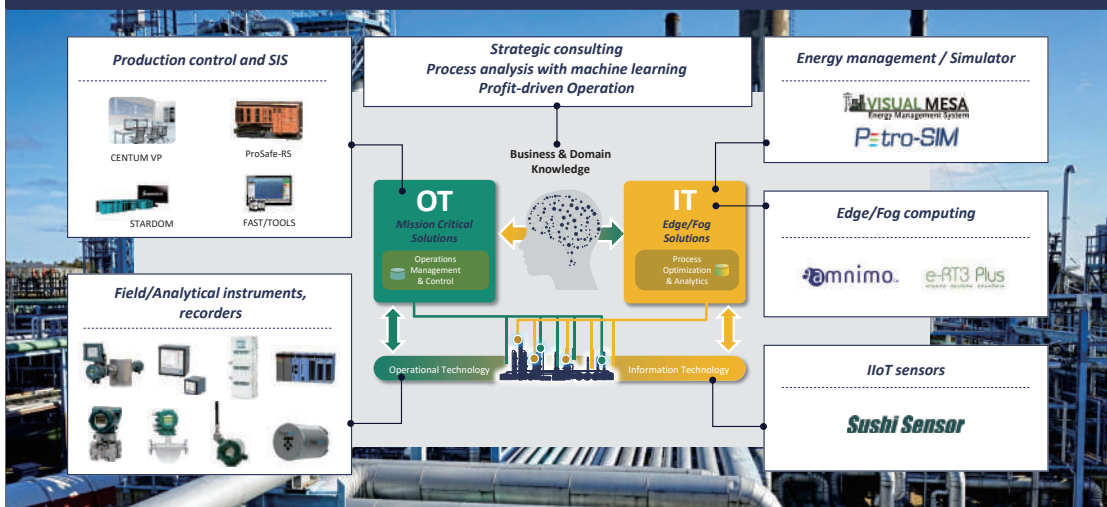


YOKOGAWA ◆ Co-innovating tomorrow

Yokogawa DX & BI/AI Adoption | Sep. 22, 2022 |
© Yokogawa Electric Corporation

7

製品・サービス概要



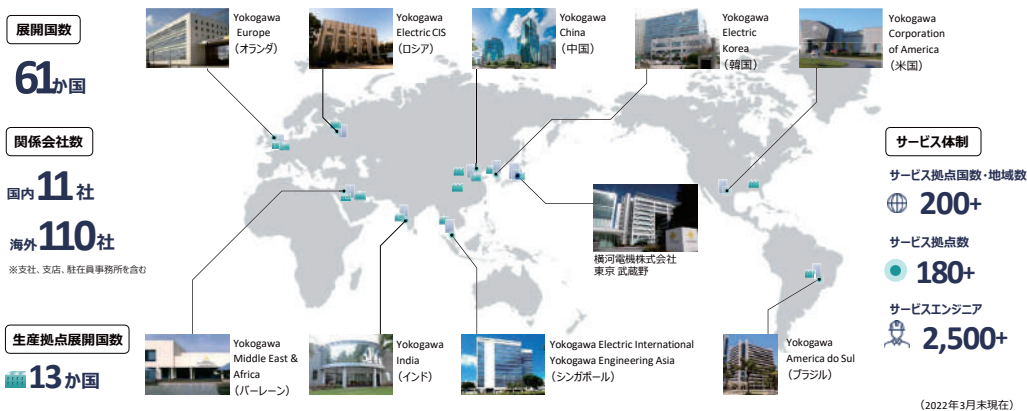
YOKOGAWA ◆ Co-innovating tomorrow

Yokogawa DX & BI/AI Adoption | Sep. 22, 2022 |
© Yokogawa Electric Corporation

8

グローバルサポート体制

ビジネスの発展を支えるグローバル体制



| Yokogawa DX & BI/AI Adoption | Sep. 22, 2022 |
© Yokogawa Electric Corporation

9

Yokogawa's Purpose

測る力とつなぐ力で、
地球の未来に責任を果たす。

Utilizing our ability to measure and connect,
we fulfill our responsibilities for the future
of our planet.

「測る」は、YOKOGAWAの原点であり起点です。ものごとを測り、今ある状態をとらえ、見直し、そこから導き出される情報に価値を見出してきました。また「つなぐ」は、YOKOGAWAが価値ある情報を結びつけるだけでなく、さまざまな産業におけるお客様との信頼関係を築き、企業と企業、産業と産業の結実点となって、さらに価値を共鳴させていくことを意味しています。

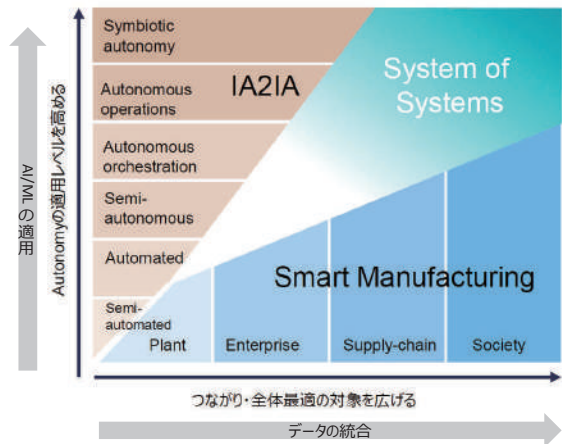
「測る力とつなぐ力」はYOKOGAWAが決して失うことのないコアコンピタンスです。その力を今日の社会課題の解決に生かし、人と地球が共生する未来をかなえたい、そうした思いを「地球の未来に責任を果たす」というコミットに込めています。

10年後におけるお客様への提供価値

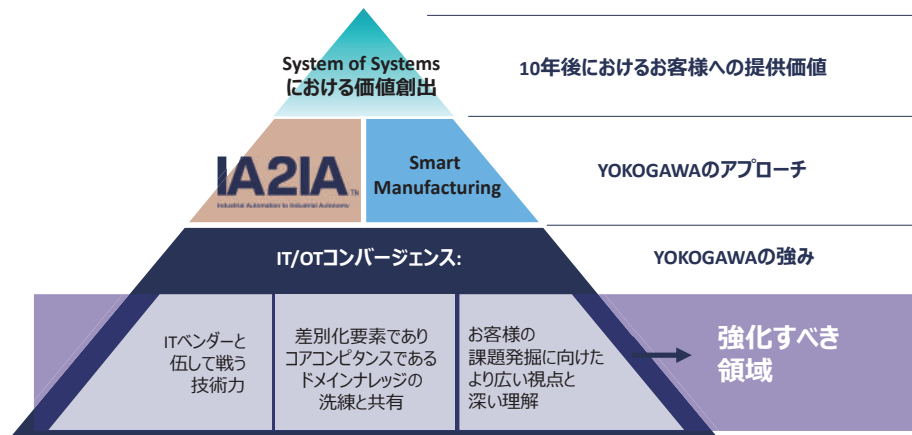
System of Systemsを通じた価値提供

今日、運用とマネジメントの独立性があるシステム同士が連携し、単独では実現できない目的を、システム全体として達成する、System of Systems (SoS) の流れが加速しています。

YOKOGAWAは自律 (Autonomy) の適用レベルを高めるIA2IA (Industrial Automation to Industrial Autonomy)、そして全体最適の対象を広げるSmart manufacturingの2つのアプローチで、統合化・自律化・デジタル化による価値を創出していきます。



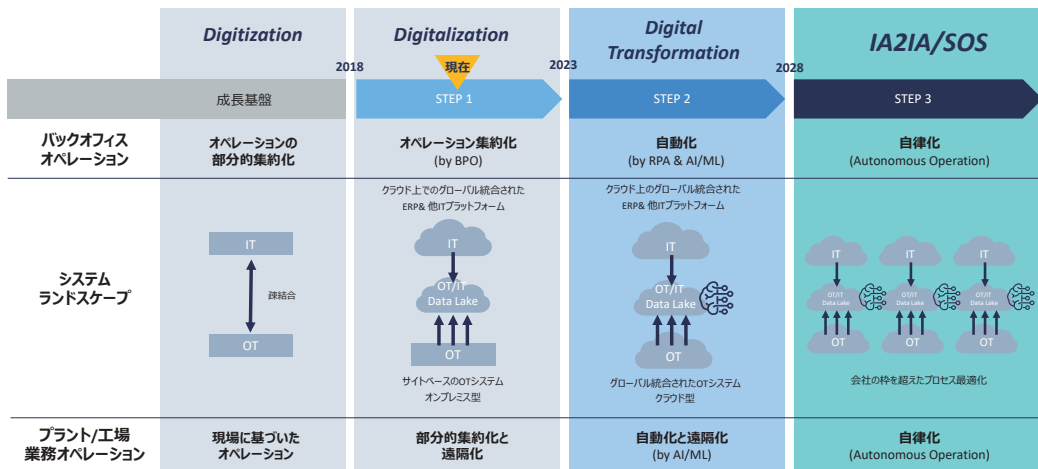
YOKOGAWAが目指す姿 : SoS (System of Systems) インテグレーター



Accelerate Growth 2023 : 4つの基本戦略

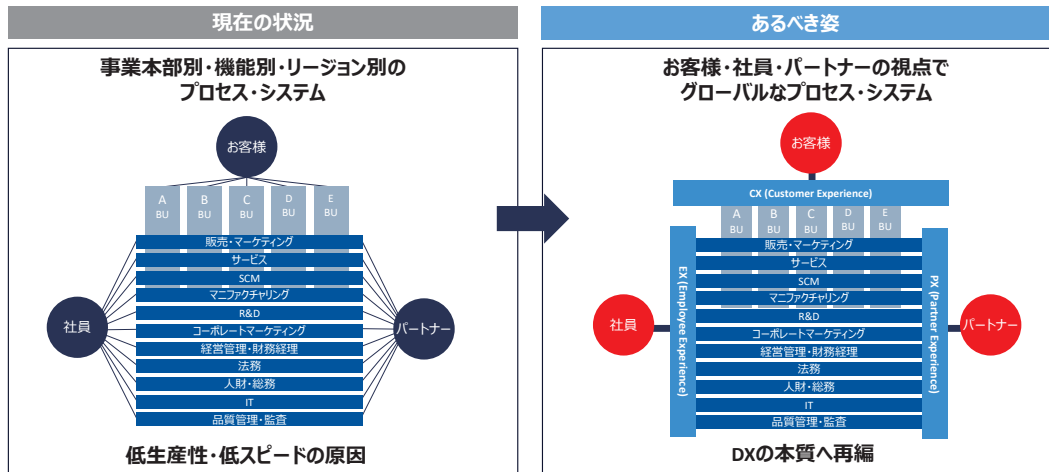


DXの成熟度 : データ統合の成熟度



BPO : Business Process Outsourcing, ERP : Enterprise Resource Planning, RPA : Robotic Process Automation, AI : Artificial Intelligence, ML : Machine Learning

企業におけるDX化の一般的な課題（船生の経験から）



DXターゲット : Digital Enterprise

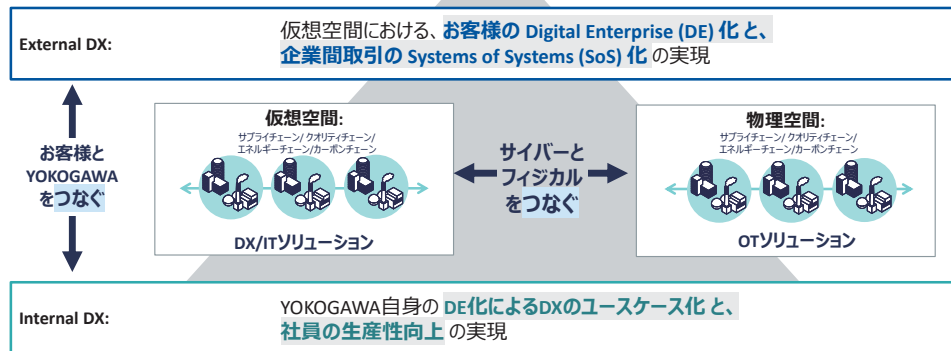
いつでも、どこでも、どの様にでも、
すべての企業活動が手の上で
操作可能

Connecting Automating
Optimizing Sustaining

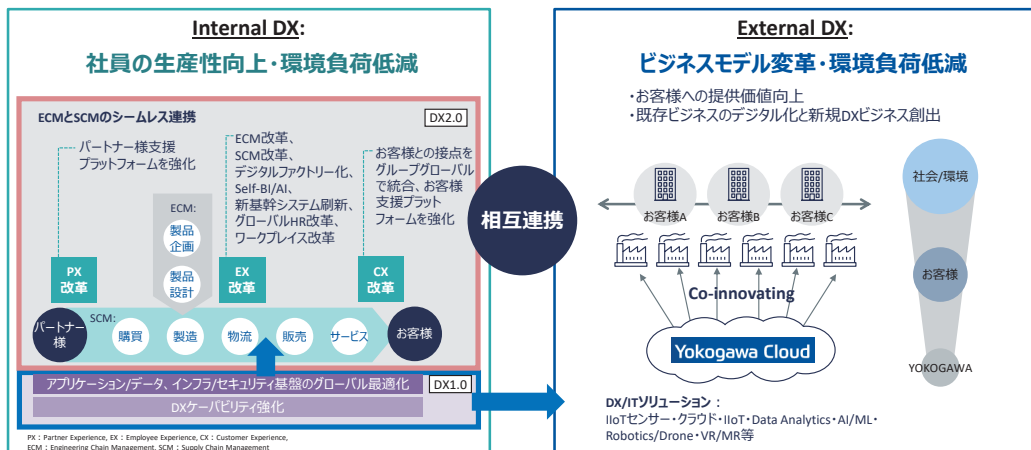
YOKOGAWAのDXの考え方

Yokogawa's Purpose : 測る力とつなぐ力で、地球の未来に責任を果たす。

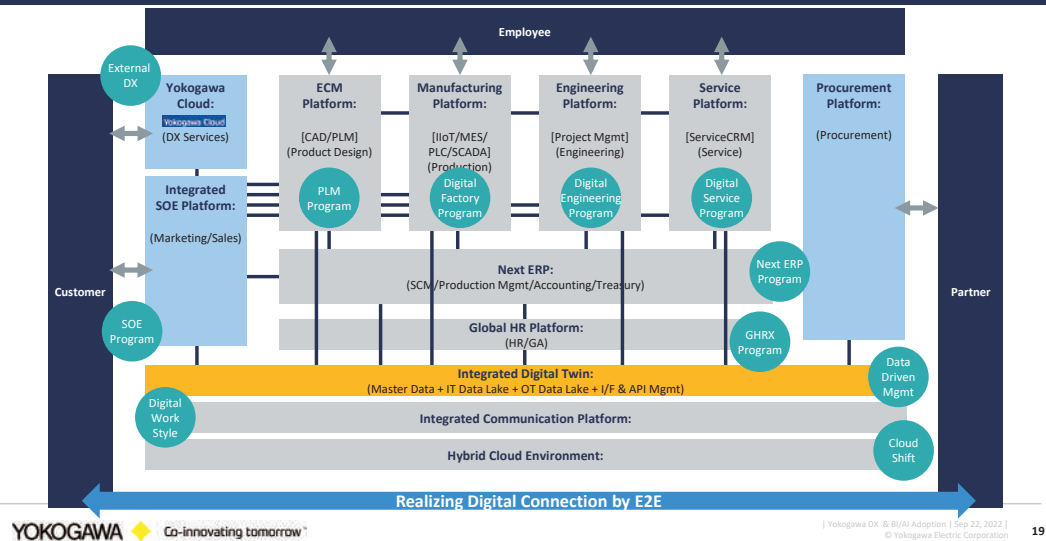
DX方針



DX戦略 (FY21-FY23)

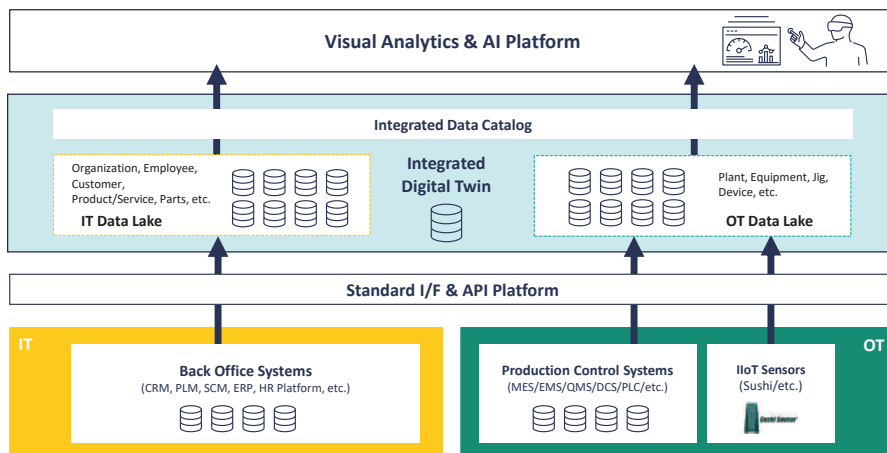


Major DX Initiatives based on Digital Enterprise Architecture



19

弊社のグローバルデータ統合の方向性

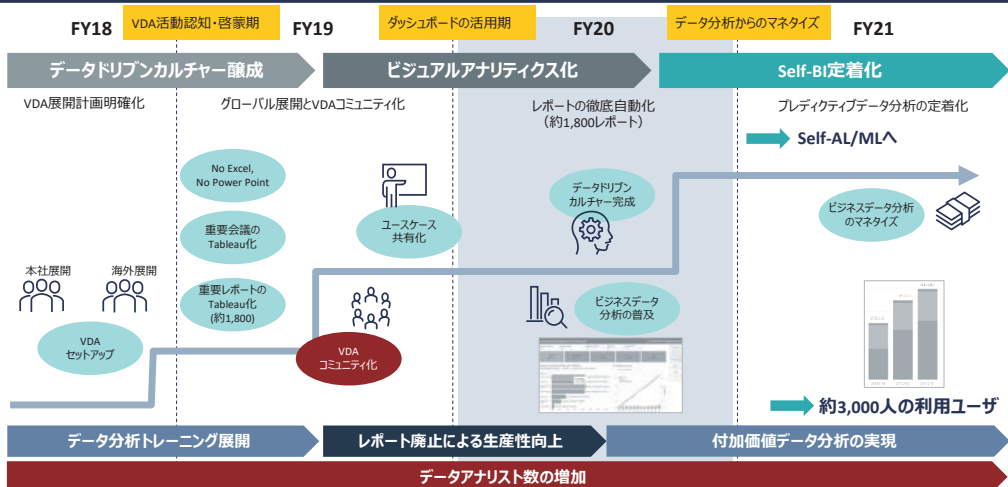


20

Today's Agenda

1. 横河電機のDX戦略概要
2. 横河電機のBI/AI活用事例について
3. まとめ

事例1: Self-BI/AIの取組 (1/4)



事例1: Self-BI/AIの取組 (2/4) VDA活動認知・啓蒙期 (FY18-FY19)

- VDA(virtual Data Analyst) 活動体制
IT部門+ビジネス部門のチームを各地域で結成



- ポータルサイトにVDA活動の目的やSuccess Story、トレーニング資料等を公開して情報共有やコミュニティを促進。

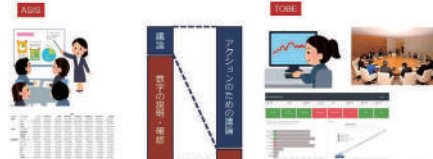


- Self-BI トレーニング

- Step1: Introduction & Tableau hands-on
- Step2: Tableau Explore Training
- Step3: Visualization and Workshop
- Step4: Tableau Desk top Training and Workshop
- Step5: Data Literacy
- Step6: Use Case sharing event



- 良い事例を紹介しマインドチェンジ(良くなる、役に立つと実感してもらう)



- 会議にて実績を全員で数字を確認
- 定期的に定例ミーティングを開催し、参加者には、事前にタスクボード確認、意見をもらって出席
- 定例ミーティングが会議などの場で実施されると、参加者には、事前にタスクボード確認、意見をもらって出席
- 定例ミーティングが会議などの場で実施されると、参加者には、事前にタスクボード確認、意見をもらって出席

事例1: Self-BI/AIの取組 (3/4) ダッシュボード活用期 (FY20)

- 分析スキルを段階的に自ら習得できるようにトレーニングマテリアルを用意

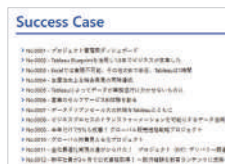
- 基本編・中級編・小技編
- 実践編: 習得したスキルの活かす場面
- Success Case: 他ユーザーの事例を知って、自らのビジネス・業務での活用の仕方のヒントに

- 最後は事例発表会で成果を披露

- Award受賞でモチベーションアップ

- Predictive分析に向けてPoC

- Auto-MLを活用し市民データアナリストのサポートに向けて



事例1: Self-BI/AIの取組 (4/4) データ分析からのマネタイズ (FY21)

•Self-BI + Self-AI (市民データアナリストの高度化)

- AIを使用した予測分析 (Step1: リード型)
- VDA-CoE Global Promoterのメンバーが中心となり、ビジネスメンバーと一緒にAI予測モデルを開発



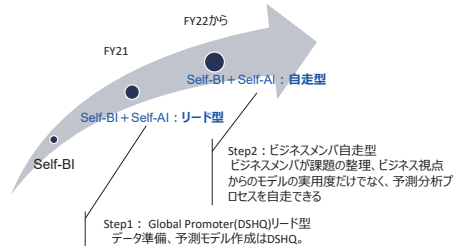
睡眠顧客予測



製品在庫予測



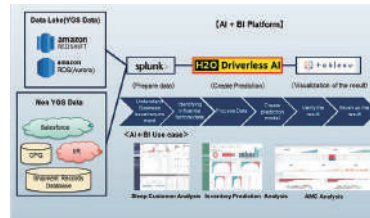
年間保守契約予測



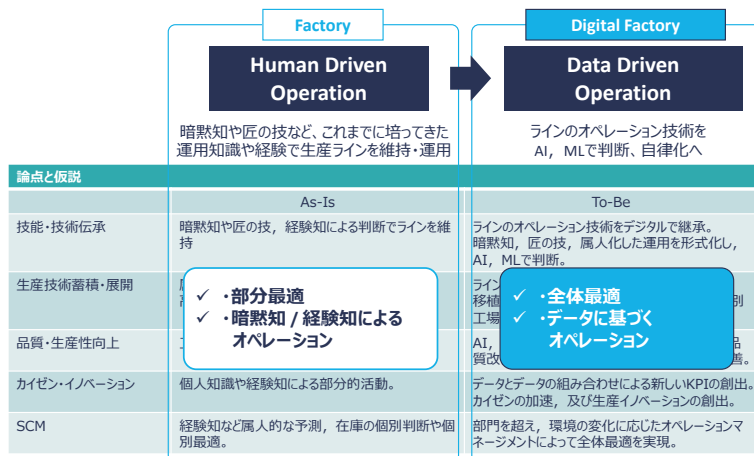
•Boot Camp

データドリブンのマインドセット、データ分析知識・スキルの習得から実践で活かせるようになるまで。

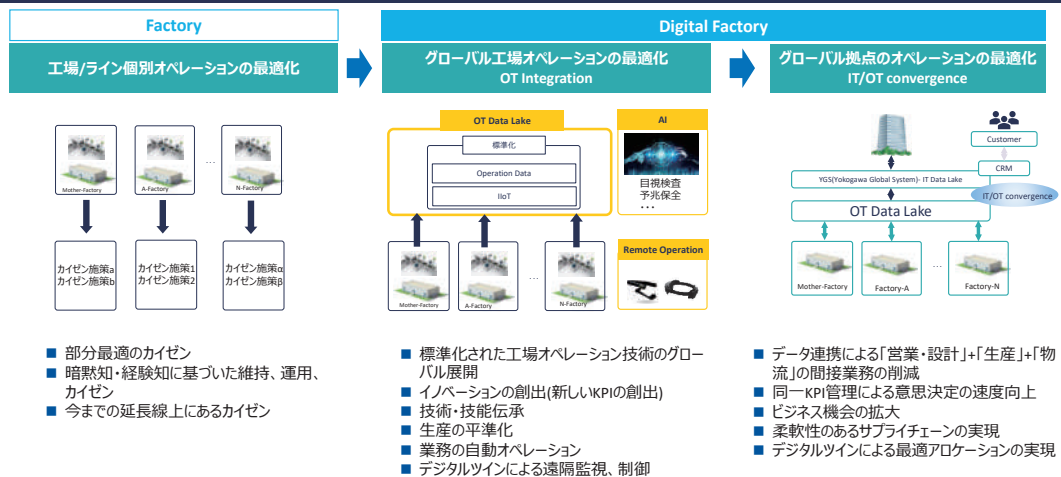
- ビジネス課題を持ったビジネスユーザーが自ら課題解決
- データドリブンの布教：周りの人に影響を与えことができる
- データ分析知識・スキルを習得
- 自らのビジネス課題解決をプレゼンテーション



事例2: Digital FactoryでのBI/AI活用の取組 (1/3)



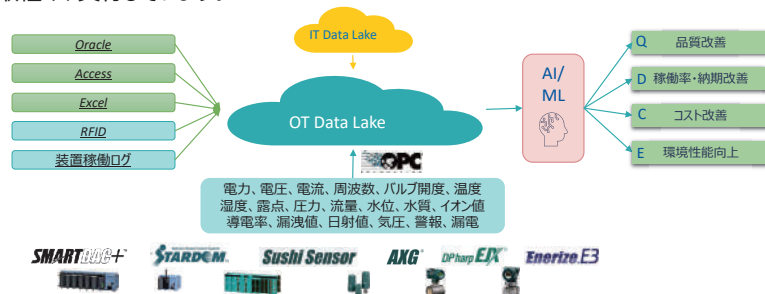
事例2: Digital FactoryでのBI/AI活用の取組 (2/3)



事例2: Digital FactoryでのBI/AI活用の取組 (3/3)

データドリブンオペレーションによるオペレーション改善

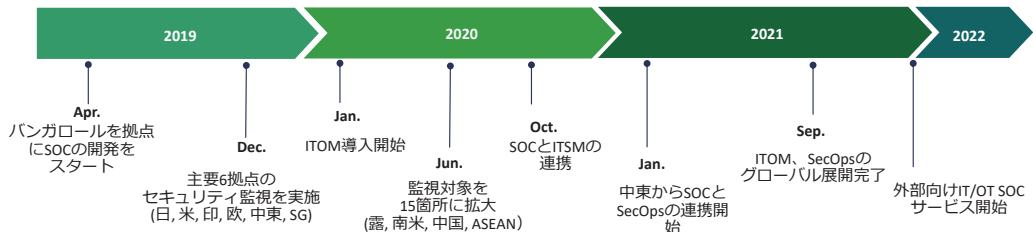
- 改善目標等を設定して以前から取り組んでいるが、その年の状況により、取組をしていたにもかかわらず、効果の確認において、目標未達、過剰達成等バラつきがありました。
- これらの外的要因によるバラつきを無くすロジックをIIoTデータから取得し、組込み、施策の確かさを検証出来る仕組みに取組み、実行しています。



事例3: SOC(Security Operation Center)へのAI/ML適用の取組 (1/4)

- グローバルにシステムを展開しているが、拠点毎にIT部門が存在しITガバナンスが不十分。
- IT資産管理・セキュリティ監視も統一されていなかった (FY18当時)。
- IDS (不正アクセス監視装置) 監視を外部委託していたが、IDSだけではサイバー攻撃のタイムリーな検知、影響範囲の特定が難しかった。
- セキュリティの強度が地域毎に異なり、脆弱な地域から侵入されシステム全体に影響を与えていた。

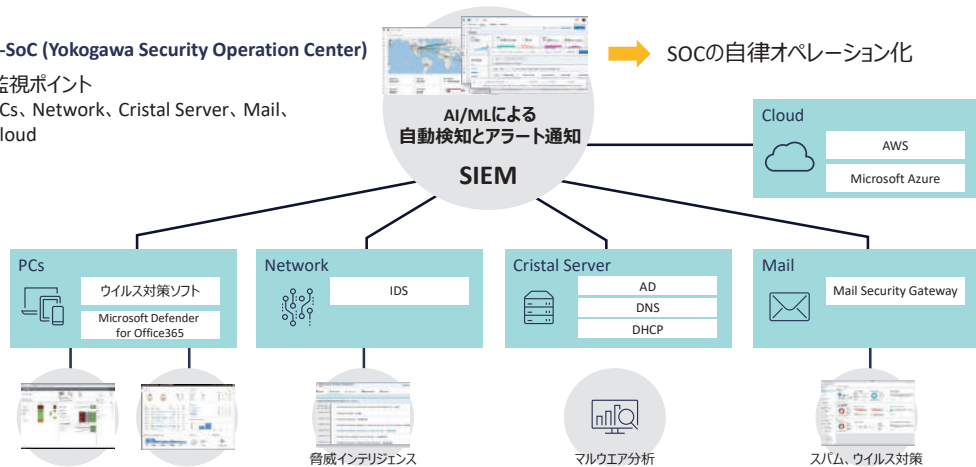
グループ全体のセキュリティ強化が必要



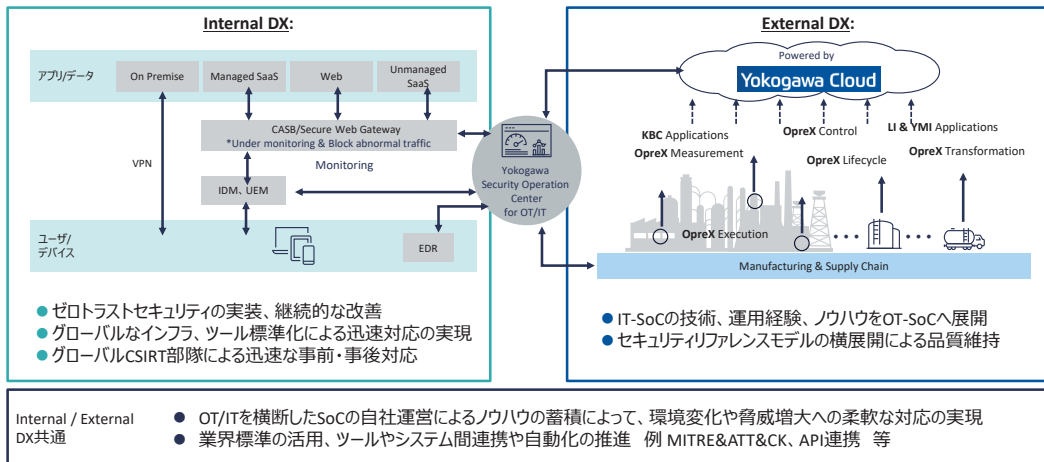
事例3: SOC(Security Operation Center)へのAI/ML適用の取組 (2/4)

Y-Soc (Yokogawa Security Operation Center)

監視ポイント
PCs、Network、Cristal Server、Mail、Cloud



事例3: SOC(Security Operation Center)へのAI/ML適用の取組 (3/4)



事例3: SOC(Security Operation Center)へのAI/ML適用の取組 (4/4)

実績のある横河サイバーセキュリティ監視システムにより、IT/OTにまたがるサイバーリスクを統合的に管理、必要な対策を施すことでIT-OTコンバージェンスに不可欠なセキュリティを確保

お客様のベネフィット

IT-OTコンバージェンスのメリットを最大活用しDXを実現

- ✓ サイバー攻撃対策の継続的な実施
- ✓ ネットワーク、機器の継続的な監視
- ✓ OTシステムとITシステムをリアルタイムに安全に結合（コストや生産性の改善に貢献）

IT/OT セキュリティモニタリング

IoT SoCサービス



- IoT Gateway
- Firewall
- Proxy
- RD gateway
- PLC (eRT-3)
- PCs
- McAfee Elastic end point
- Q365 Defender ATP
- PA Cortex XDR

- ・お客様のニーズに合わせて、様々なログ・イベントの収集
- ・お客様のリスクにフォーカスした検知、防御システムの提供（機械学習と脅威インテリジェンスを利用）
- ・定例会による、リスク対処、改善のコンサルの提供

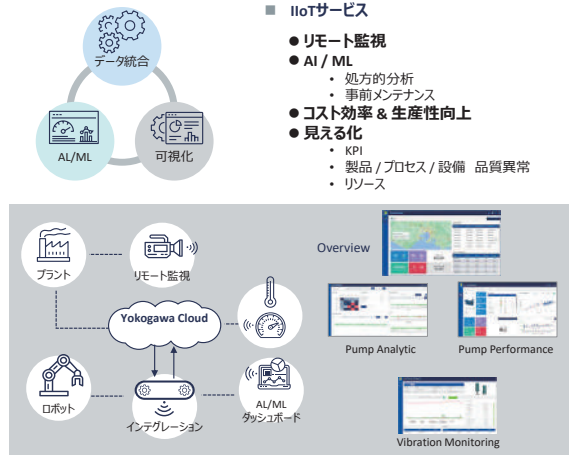
事例4: プラントオペレーションへのAI/ML適用の取組 (1/6)

データ統合、AI/ML(Machine Learning)の活用、リアルタイムで価値のある情報共有による迅速な意思決定と新たな価値の創出をサポート

お客様のベネフィット

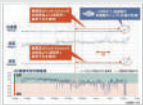
迅速な意思決定と新たな価値の創出

- ✓ 安心・安全操業
- ✓ オペレーションの自動化・最適化
- ✓ 設備保守、管理の効率化
- ✓ 製品品質向上



事例4: プラントオペレーションへのAI/ML適用の取組 (2/6)

- クラウドに集めた様々なデータにAIを活用し継続的なイノベーションを実現
- 最適なAIエンジンの選択、複数のAIエンジンの組合せ
- アナリティクスと自動化サービスの提供 (Analytics as a Service)

	プラント特化型独自AI	C3.ai	Bring Your Own ML
用途	プラント向け	エンタープライズ向け	任意
概要	- プラントでの問題解決経験をベースに進化、プラント問題に特化したAutoMLツール。(SaaS版提供予定) - Sushi SensorのAI Moduleとして回転機の違和感検知をアプリケーション化。(FY22 SaaS提供開始予定) 	- 地域や事業を超えエンタープライズレベルでのデータを扱い、モデル作成、シミュレーションを実行できるプラットフォーム。 - まずは、KBCのシミュレーションソフトウェアとその正確性、拡張性を強化する目的で連携。今後IOC*やSCO**等のアプリケーションでの活用を予定。 *IOC: 統合オペレーションセンタ **SCO: サプライチェーン最適化	Yokogawa Cloudでは使い慣れたツール／使用したいツールとのAPI接続が可能。

事例4: プラントオペレーションへのAI/ML適用の取組 (3/6)

プラント現場の未解決問題は大別すると3つ：設備異常予測・原因特定・製品品質予測

弊社AIデータ解析による解決実例（約60例）

業種	対象	概要	業種	対象	概要
設備異常予測			原因特定		
石油	回転機	無線振動センサ (Sushi Sensor) のデータから回転後の異常を予測	化学	炉	プロセスデータから炉内の原料燃焼の不良原因の特定
石油	リアクター	プロセスデータからメンテナンスを待つ状態の異常を予測	温度	温度制御	運転データから配管温度低下の原因を特定
石油	プラント内配管	プロセスデータから腐食による配管の破損を予測	温度	温度制御	運転データから温度の「悪い状態」「悪い状態」となる原因を特定
石油	プラント	プロセスデータからプラント運転の異常を検知	圧力	圧力制御 (圧力制御)	故障 (圧力制御) の動力 (電力) と品質の関係を特定
石油	加熱炉	プロセスデータから加熱炉の運転状態を予測	電力	ガスヒータ	プロセスデータからガスヒータの結露原因を特定
石油	ポンプ	プロセスデータからポンプの運転状態を予測	製品品質予測		
石油	ポンプ	プロセスデータからポンプの異常を検知	化学	ペーリング	ペーリング不良のOK/NG判定
石油	リアクター	プロセスデータからリアクターの異常を検知	化学	工業原料連続製造装置	10種のデータから品質予測指標の指標を予測
石油	石炭精製プラント	プロセスデータから石炭精製プラントのシャットダウンの予測を予測	化学	日常品製造装置	製造時のデータ (14種) から完成品品質を予測
化学	pHセンサ	振動センサデータからpHセンサの劣化を予測	化学	原料製造装置	プロセスデータより製造される製品の品質値を予測
化学	ポンプ	振動センサデータからポンプの異常を予測	電子部品	半導体製造装置	製造時のデータから製品の品質を予測
電力	モーター	製造装置内で製造物が詰まる状態を予測	電子部品	半導体製造装置	製造時のデータから製品の品質を特定
電力	ポンプ	圧力関連データから配管内のキャビテーションの発生を予測	電子部品	電子部品製造装置	製造時のデータから製品の品質を予測
電力	圧縮機	電力・温度・圧力などの変化から圧縮機の異常を予測	電子部品	電子部品製造装置	製造工場での製品品質をセンサデータで特定
電力	回転機	無線振動センサ (Sushi Sensor) のデータから回転機の異常を予測	石油	製品品質	「製造データ」から品質値の特定
空調	冷凍機	センサデータから冷凍機の異常を検知	石油	製品品質	「製造データ」から品質値の特定
建設機械	pHセンサ	工場排水システムに設置されたセンサの劣化を予測	電池	電池製造装置	品質検査の初期データのみで品質を予測
船舶	電動機 (モーター)	電動機 (モーター) の故障を検知	電池	電池製造装置	センサデータから完成品の品質を予測
電子部品	切削機	センサデータから切削機の異常を予測	食品	食品製造装置	製造時のデータ (10種) から完成品品質を予測
化学	原料製造装置	炉内で発生する製品不良の原因をセンサデータから特定	水道	水質	製造の水質値から今後の水質の予測
原因特定					
石油	コンプレッサ	プロセスデータから、プラントのエネルギーにある冷媒用コンプレッサの効率低下要因を特定			
石油	コンプレッサ	プロセスデータから、プラントのエネルギーにある冷媒用コンプレッサの効率低下要因を特定			
石油	プラント内配管	プロセスデータの異常原因を特定			
石油	ポンプ	プロセスデータからポンプのシャットダウンの原因を特定			
化学	ポンプ	プロセスデータからポンプのシャットダウンの原因を特定			
化学	原料製造装置	炉内で発生する製品不良の原因をセンサデータから特定			

YOKOGAWA ◆ Co-innovating tomorrow

AI Product Solution Bookより
(<https://www.yokogawa.co.jp/ai-products>)

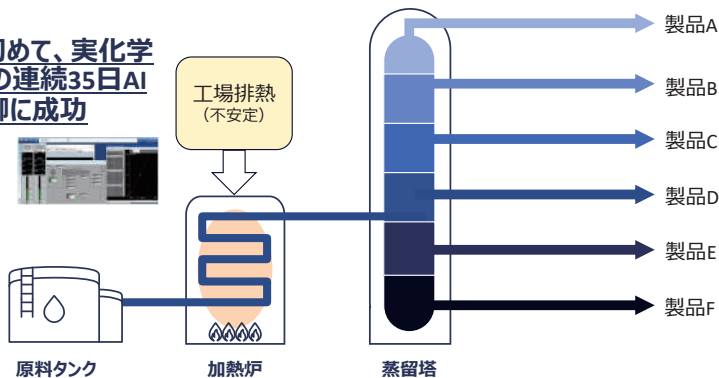


Yokogawa DX & BI/AI Adoption | Sep. 22, 2022 | 35
© Yokogawa Electric Corporation

事例4: プラントオペレーションへのAI/ML適用の取組 (4/6)

熱源として、工場の排熱を利用したエネルギーの有効活用を目指されていました。しかし、排熱は安定性が低く、最終製品の品質に大きく影響。様々な安定制御手法を試されましたが、結局、エキスパートが手動で頻繁に複数バルブを操作されていました。⇒ 弊社AI制御で解決

世界で初めて、実化学
プラントの連続35日AI
自律制御に成功
(2022/3)



YOKOGAWA ◆ Co-innovating tomorrow

Yokogawa DX & BI/AI Adoption | Sep. 22, 2022 | 36
© Yokogawa Electric Corporation

事例4: プラントオペレーションへのAI/ML適用の取組 (5/6)

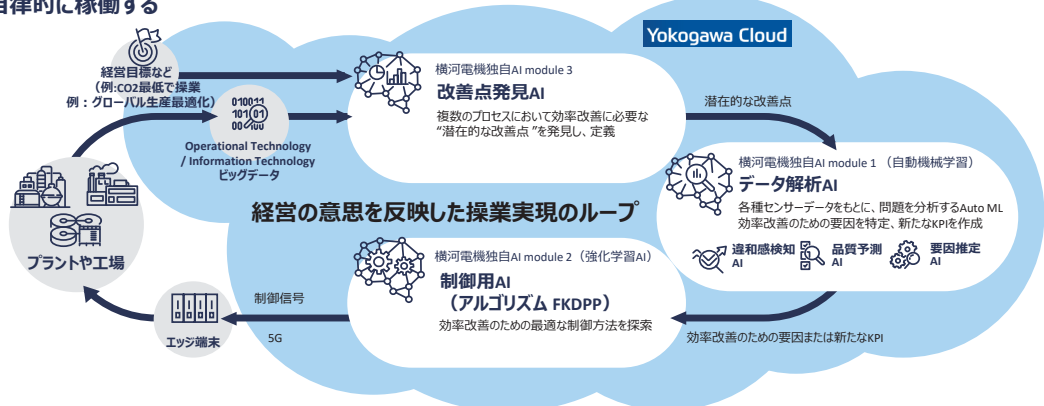
実証実験の成果

自律制御	35日間	「安全な操業」と 「生産性の向上」	コスト、時間的損失 の削減
 PID制御、APCでは制御できなかった 箇所を強化学習AI（アルゴリズム FKDPP）が自律制御	 統合生産制御システム CENTUM™ VP で管理して操業	 「安全な操業」「生産性の向上」 （品質の安定化、高収量、省エネ 制御）を同時に実現	 良品のみが精製されるため、規格外 品が発生することによる燃料や人件 費等の損失、時間的損失がなくなっ た

強化学習を用いた次世代の制御技術「自律制御AI（FKDPP）」が
世界の産業における自律化と、ROIの最大化、環境の持続可能性に大きく貢献できることを提示

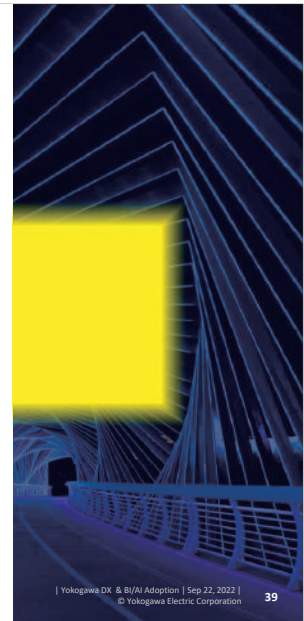
事例4: プラントオペレーションへのAI/ML適用の取組 (6/6)

「経営の意思を反映したAI自律操業」を実現：クラウド上の自律制御AIに経営目標(例: 省エネ操業)などの経営に関する情報を連携させることで、経営の意思を反映した操業を実現する操業改善のプロセスが、24時間365日自律的に稼働する



Today's Agenda

1. 横河電機のDX戦略概要
2. 横河電機のBI/AI活用について
3. まとめ



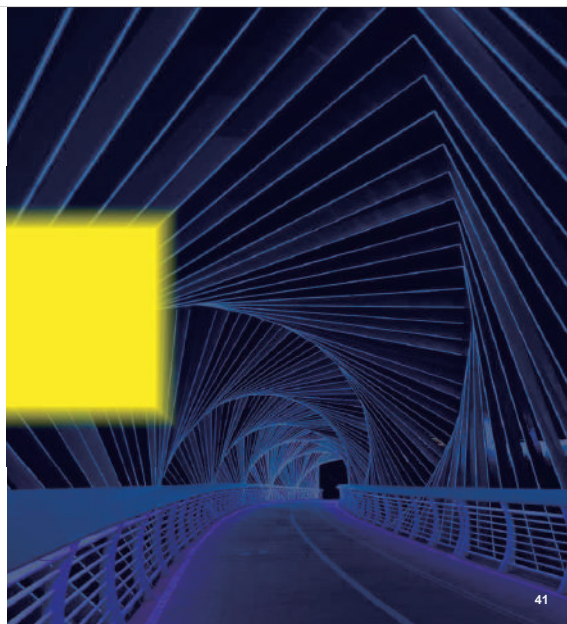
まとめ

- 弊社は、FY18から本格的にDXを開始しており、そこでのターゲットは“**Digital Enterprise**”の実現にある。これは、企業内外のビジネスプロセスがEnd to Endでつながる世界であり、そのためには、データの徹底的な統合とBI/AIの徹底的な活用がポイントとなる。
- そのため、4つの事例で紹介した様に、社員が自らデータ及びAI/MLの活用を進める必要がある。それは、BIの民主化・AI/MLの民主化を意味し、各企業でのデータ活用・AI/ML活用のリテラシーを上げて行く必要がある。
- 同時に、弊社としてIA2IAというコンセプトを打ち出し、プロセス産業におけるオペレーションの自律化を提唱している。ここでも、AI/ML活用は必須であり、様々なユースケースをこれまで積み上げると共に、大量退職時代におけるプラントオペレーションの自律化に取り組んでいる。
- AI/ML適用のためには、データ統合が必要条件であるが、データ品質の問題はいつもついて回る。今後のSystem of Systems時代に向け、企業間でのデータ交換機会の増大が予想される。**本研究会で検討しているデータ品質の格付けというコンセプトについて期待すると同時に、データ品質指標の標準化に期待したい。**



Co-innovating tomorrow™

The names of corporations, organizations, products and logos herein are either registered trademarks or trademarks of Yokogawa Electric Corporation and their respective holders.



41

Organizational AI Applications

Naoko Nakayama

Chief Consultant, Mamezou Co., Ltd, Japan

AI is becoming more prevalent among most corporates, and there is a growing interest in organizational AI applications. In this talk, I will present the current status of AI applications analyzed according to numerous research reports. The content will include a discussion regarding the demand for in-house production of AI, and the key points for the organizational AI applications.

MI レクチャーノートシリーズ刊行にあたり

本レクチャーノートシリーズは、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「機能数理学の構築と展開」(H15-19 年度)において作成した COE Lecture Notes の続刊であり、文部科学省大学院教育改革支援プログラム「産業界が求める数学博士と新修士養成」(H19-21 年度)および、同グローバル COE プログラム「マス・フォア・インダストリ教育研究拠点」(H20-24 年度)において行われた講義の講義録として出版されてきた。平成 23 年 4 月のマス・フォア・インダストリ研究所 (IMI) 設立と平成 25 年 4 月の IMI の文部科学省共同利用・共同研究拠点として「産業数学の先進的・基礎的共同研究拠点」の認定を受け、今後、レクチャーノートは、マス・フォア・インダストリに関わる国内外の研究者による講義の講義録、会議録等として出版し、マス・フォア・インダストリの本格的な展開に資するものとする。

2022 年 10 月

マス・フォア・インダストリ研究所
所長 梶原 健司

2022年度採択分 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会

データ格付けサービス実現のための 数理基盤の構築

発行 2022年12月12日
編集 中山尚子, 谷川拓司, 品野勇治, 近藤正章, 石原 亨, 鍛冶静雄, 藤澤克樹
発行 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
九州大学大学院数理学府
〒819-0395 福岡市西区元岡744
九州大学数理・IMI 事務室
TEL 092-802-4402 FAX 092-802-4405
URL <https://www.imi.kyushu-u.ac.jp/>

印刷 城島印刷株式会社
〒810-0012 福岡市中央区白金 2 丁目 9 番 6 号
TEL 092-531-7102 FAX 092-524-4411

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
COE Lecture Note	Mitsuhiro T. NAKAO Kazuhiro YOKOYAMA	Computer Assisted Proofs - Numeric and Symbolic Approaches - 199pages	August 22, 2006
COE Lecture Note	M.J.Shai HARAN	Arithmetical Investigations - Representation theory, Orthogonal polynomials and Quantum interpolations- 174pages	August 22, 2006
COE Lecture Note Vol.3	Michal BENES Masato KIMURA Tatsuyuki NAKAKI	Proceedings of Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics 2005 155pages	October 13, 2006
COE Lecture Note Vol.4	宮田 健治	辺要素有限要素法による磁界解析 - 機能数理学特別講義 21pages	May 15, 2007
COE Lecture Note Vol.5	Francois APERY	Univariate Elimination Subresultants - Bezout formula, Laurent series and vanishing conditions - 89pages	September 25, 2007
COE Lecture Note Vol.6	Michal BENES Masato KIMURA Tatsuyuki NAKAKI	Proceedings of Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics 2006 209pages	October 12, 2007
COE Lecture Note Vol.7	若山 正人 中尾 充宏	九州大学産業技術数理研究センター キックオフ ミーティング 138pages	October 15, 2007
COE Lecture Note Vol.8	Alberto PARMEGGIANI	Introduction to the Spectral Theory of Non-Commutative Harmonic Oscillators 233pages	January 31, 2008
COE Lecture Note Vol.9	Michael I.TRIBELSKY	Introduction to Mathematical modeling 23pages	February 15, 2008
COE Lecture Note Vol.10	Jacques FARAUT	Infinite Dimensional Spherical Analysis 74pages	March 14, 2008
COE Lecture Note Vol.11	Gerrit van DIJK	Gelfand Pairs And Beyond 60pages	August 25, 2008
COE Lecture Note Vol.12	Faculty of Mathematics, Kyushu University	Consortium “MATH for INDUSTRY” First Forum 87pages	September 16, 2008
COE Lecture Note Vol.13	九州大学大学院 数理学研究院	プロシーディング「損保数理に現れる確率モデル」 ― 日新火災・九州大学 共同研究2008年11月 研究会 ― 82pages	February 6, 2009

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
COE Lecture Note Vol.14	Michal Beneš, Tohru Tsujikawa Shigetoshi Yazaki	Proceedings of Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics 2008 77pages	February 12, 2009
COE Lecture Note Vol.15	Faculty of Mathematics, Kyushu University	International Workshop on Verified Computations and Related Topics 129pages	February 23, 2009
COE Lecture Note Vol.16	Alexander Samokhin	Volume Integral Equation Method in Problems of Mathematical Physics 50pages	February 24, 2009
COE Lecture Note Vol.17	矢嶋 徹 及川 正行 梶原 健司 辻 英一 福本 康秀	非線形波動の数理と物理 66pages	February 27, 2009
COE Lecture Note Vol.18	Tim Hoffmann	Discrete Differential Geometry of Curves and Surfaces 75pages	April 21, 2009
COE Lecture Note Vol.19	Ichiro Suzuki	The Pattern Formation Problem for Autonomous Mobile Robots —Special Lecture in Functional Mathematics— 23pages	April 30, 2009
COE Lecture Note Vol.20	Yasuhide Fukumoto Yasunori Maekawa	Math-for-Industry Tutorial: Spectral theories of non-Hermitian operators and their application 184pages	June 19, 2009
COE Lecture Note Vol.21	Faculty of Mathematics, Kyushu University	Forum "Math-for-Industry" Casimir Force, Casimir Operators and the Riemann Hypothesis 95pages	November 9, 2009
COE Lecture Note Vol.22	Masakazu Suzuki Hoon Hong Hirokazu Anai Chee Yap Yousuke Sato Hiroshi Yoshida	The Joint Conference of ASCM 2009 and MACIS 2009: Asian Symposium on Computer Mathematics Mathematical Aspects of Computer and Information Sciences 436pages	December 14, 2009
COE Lecture Note Vol.23	荒川 恒男 金子 昌信	多重ゼータ値入門 111pages	February 15, 2010
COE Lecture Note Vol.24	Fulton B.Gonzalez	Notes on Integral Geometry and Harmonic Analysis 125pages	March 12, 2010
COE Lecture Note Vol.25	Wayne Rossman	Discrete Constant Mean Curvature Surfaces via Conserved Quantities 130pages	May 31, 2010
COE Lecture Note Vol.26	Mihai Ciucu	Perfect Matchings and Applications 66pages	July 2, 2010

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
COE Lecture Note Vol.27	九州大学大学院 数理学研究院	Forum “Math-for-Industry” and Study Group Workshop Information security, visualization, and inverse problems, on the basis of optimization techniques 100pages	October 21, 2010
COE Lecture Note Vol.28	ANDREAS LANGER	MODULAR FORMS, ELLIPTIC AND MODULAR CURVES LECTURES AT KYUSHU UNIVERSITY 2010 62pages	November 26, 2010
COE Lecture Note Vol.29	木田 雅成 原田 昌晃 横山 俊一	Magma で広がる数学の世界 157pages	December 27, 2010
COE Lecture Note Vol.30	原 隆 松井 卓 廣島 文生	Mathematical Quantum Field Theory and Renormalization Theory 201pages	January 31, 2011
COE Lecture Note Vol.31	若山 正人 福本 康秀 高木 剛 山本 昌宏	Study Group Workshop 2010 Lecture & Report 128pages	February 8, 2011
COE Lecture Note Vol.32	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Forum “Math-for-Industry” 2011 “TSUNAMI-Mathematical Modelling” Using Mathematics for Natural Disaster Prediction, Recovery and Provision for the Future 90pages	September 30, 2011
COE Lecture Note Vol.33	若山 正人 福本 康秀 高木 剛 山本 昌宏	Study Group Workshop 2011 Lecture & Report 140pages	October 27, 2011
COE Lecture Note Vol.34	Adrian Muntean Vladimír Chalupecký	Homogenization Method and Multiscale Modeling 72pages	October 28, 2011
COE Lecture Note Vol.35	横山 俊一 夫 紀恵 林 卓也	計算機代数システムの進展 210pages	November 30, 2011
COE Lecture Note Vol.36	Michal Beneš Masato Kimura Shigetoshi Yazaki	Proceedings of Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics 2010 107pages	January 27, 2012
COE Lecture Note Vol.37	若山 正人 高木 剛 Kirill Morozov 平岡 裕章 木村 正人 白井 朋之 西井 龍映 柴 伸一郎 穴井 宏和 福本 康秀	平成23年度 数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワーク ショップ 拡がっていく数学 ～期待される“見えない力”～ 154pages	February 20, 2012

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
COE Lecture Note Vol.38	Fumio Hiroshima Itaru Sasaki Herbert Spohn Akito Suzuki	Enhanced Binding in Quantum Field Theory 204pages	March 12, 2012
COE Lecture Note Vol.39	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Multiscale Mathematics: Hierarchy of collective phenomena and interrelations between hierarchical structures 180pages	March 13, 2012
COE Lecture Note Vol.40	井ノ口順一 太田 泰広 寛 三郎 梶原 健司 松浦 望	離散可積分系・離散微分幾何チュートリアル2012 152pages	March 15, 2012
COE Lecture Note Vol.41	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Forum “Math-for-Industry” 2012 “Information Recovery and Discovery” 91pages	October 22, 2012
COE Lecture Note Vol.42	佐伯 修 若山 正人 山本 昌宏	Study Group Workshop 2012 Abstract, Lecture & Report 178pages	November 19, 2012
COE Lecture Note Vol.43	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Combinatorics and Numerical Analysis Joint Workshop 103pages	December 27, 2012
COE Lecture Note Vol.44	萩原 学	モダン符号理論からポストモダン符号理論への展望 107pages	January 30, 2013
COE Lecture Note Vol.45	金山 寛	Joint Research Workshop of Institute of Mathematics for Industry (IMI), Kyushu University “Propagation of Ultra-large-scale Computation by the Domain-decomposition-method for Industrial Problems (PUCDIP 2012)” 121pages	February 19, 2013
COE Lecture Note Vol.46	西井 龍映 栄 伸一郎 岡田 勘三 落合 啓之 小磯 深幸 斎藤 新悟 白井 朋之	科学・技術の研究課題への数学アプローチ —数学モデリングの基礎と展開— 325pages	February 28, 2013
COE Lecture Note Vol.47	SOO TECK LEE	BRANCHING RULES AND BRANCHING ALGEBRAS FOR THE COMPLEX CLASSICAL GROUPS 40pages	March 8, 2013
COE Lecture Note Vol.48	溝口 佳寛 脇 隼人 平坂 貢 谷口 哲至 島袋 修	博多ワークショップ「組み合わせとその応用」 124pages	March 28, 2013

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
COE Lecture Note Vol.49	照井 章 小原 功任 濱田 龍義 横山 俊一 穴井 宏和 横田 博史	マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会 II 数式処理研究と産学連携の新たな発展 137pages	August 9, 2013
MI Lecture Note Vol.50	Ken Anjyo Hiroyuki Ochiai Yoshinori Dobashi Yoshihiro Mizoguchi Shizuo Kaji	Symposium MEIS2013: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis 154pages	October 21, 2013
MI Lecture Note Vol.51	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Forum “Math-for-Industry” 2013 “The Impact of Applications on Mathematics” 97pages	October 30, 2013
MI Lecture Note Vol.52	佐伯 修 岡田 勘三 高木 剛 若山 正人 山本 昌宏	Study Group Workshop 2013 Abstract, Lecture & Report 142pages	November 15, 2013
MI Lecture Note Vol.53	四方 義啓 櫻井 幸一 安田 貴徳 Xavier Dahan	平成25年度 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会 安全・安心社会基盤構築のための代数構造 ～サイバー社会の信頼性確保のための数理学～ 158pages	December 26, 2013
MI Lecture Note Vol.54	Takashi Takiguchi Hiroshi Fujiwara	Inverse problems for practice, the present and the future 93pages	January 30, 2014
MI Lecture Note Vol.55	栄 伸一郎 溝口 佳寛 脇 隼人 洪田 敬史	Study Group Workshop 2013 数学協働プログラム Lecture & Report 98pages	February 10, 2014
MI Lecture Note Vol.56	Yoshihiro Mizoguchi Hayato Waki Takafumi Shibuta Tetsuji Taniguchi Osamu Shimabukuro Makoto Tagami Hirotake Kurihara Shuya Chiba	Hakata Workshop 2014 ～ Discrete Mathematics and its Applications ～ 141pages	March 28, 2014
MI Lecture Note Vol.57	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Forum “Math-for-Industry” 2014: “Applications + Practical Conceptualization + Mathematics = fruitful Innovation” 93pages	October 23, 2014
MI Lecture Note Vol.58	安生健一 落合啓之	Symposium MEIS2014: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis 135pages	November 12, 2014

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
MI Lecture Note Vol.59	西井 龍映 岡田 勘三 梶原 健司 高木 剛 若山 正人 脇 隼人 山本 昌宏	Study Group Workshop 2014 数学協働プログラム Abstract, Lecture & Report 196pages	November 14, 2014
MI Lecture Note Vol.60	西浦 博	平成26年度九州大学 IMI 共同利用研究・研究集会 (I) 感染症数理モデルの実用化と産業及び政策での活用のための新たな展開 120pages	November 28, 2014
MI Lecture Note Vol.61	溝口 佳寛 Jacques Garrigue 萩原 学 Reynald Affeldt	研究集会 高信頼な理論と実装のための定理証明および定理証明器 Theorem proving and provers for reliable theory and implementations (TPP2014) 138pages	February 26, 2015
MI Lecture Note Vol.62	白井 朋之	Workshop on “ β -transformation and related topics” 59pages	March 10, 2015
MI Lecture Note Vol.63	白井 朋之	Workshop on “Probabilistic models with determinantal structure” 107pages	August 20, 2015
MI Lecture Note Vol.64	落合 啓之 土橋 宜典	Symposium MEIS2015: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis 124pages	September 18, 2015
MI Lecture Note Vol.65	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Forum “Math-for-Industry” 2015 “The Role and Importance of Mathematics in Innovation” 74pages	October 23, 2015
MI Lecture Note Vol.66	岡田 勘三 藤澤 克己 白井 朋之 若山 正人 脇 隼人 Philip Broadbridge 山本 昌宏	Study Group Workshop 2015 Abstract, Lecture & Report 156pages	November 5, 2015
MI Lecture Note Vol.67	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	IMI-La Trobe Joint Conference “Mathematics for Materials Science and Processing” 66pages	February 5, 2016
MI Lecture Note Vol.68	古庄 英和 小谷 久寿 新甫 洋史	結び目と Grothendieck-Teichmüller 群 116pages	February 22, 2016
MI Lecture Note Vol.69	土橋 宜典 鍛冶 静雄	Symposium MEIS2016: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis 82pages	October 24, 2016
MI Lecture Note Vol.70	Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University	Forum “Math-for-Industry” 2016 “Agriculture as a metaphor for creativity in all human endeavors” 98pages	November 2, 2016
MI Lecture Note Vol.71	小磯 深幸 二宮 嘉行 山本 昌宏	Study Group Workshop 2016 Abstract, Lecture & Report 143pages	November 21, 2016

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
MI Lecture Note Vol.72	新井 朝雄 小嶋 泉 廣島 文生	Mathematical quantum field theory and related topics 133pages	January 27, 2017
MI Lecture Note Vol.73	穴田 啓晃 Kirill Morozov 須賀 祐治 奥村 伸也 櫻井 幸一	Secret Sharing for Dependability, Usability and Security of Network Storage and Its Mathematical Modeling 211pages	March 15, 2017
MI Lecture Note Vol.74	QUISPEL, G. Reinout W. BADER, Philipp MCLAREN, David I. TAGAMI, Daisuke	IMI-La Trobe Joint Conference Geometric Numerical Integration and its Applications 71pages	March 31, 2017
MI Lecture Note Vol.75	手塚 集 田上 大助 山本 昌宏	Study Group Workshop 2017 Abstract, Lecture & Report 118pages	October 20, 2017
MI Lecture Note Vol.76	宇田川誠一	Tzitzéica 方程式の有限間隙解に付随した極小曲面の構成理論 —Tzitzéica 方程式の楕円関数解を出発点として— 68pages	August 4, 2017
MI Lecture Note Vol.77	松谷 茂樹 佐伯 修 中川 淳一 田上 大助 上坂 正晃 Pierluigi Cesana 濱田 裕康	平成29年度 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会 (I) 結晶の界面、転位、構造の数理 148pages	December 20, 2017
MI Lecture Note Vol.78	瀧澤 重志 小林 和博 佐藤憲一郎 斎藤 努 清水 正明 間瀬 正啓 藤澤 克樹 神山 直之	平成29年度 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 プロジェクト研究 研究集会 (I) 防災・避難計画の数理モデルの高度化と社会実装へ向けて 136pages	February 26, 2018
MI Lecture Note Vol.79	神山 直之 畔上 秀幸	平成29年度 AIMaP チュートリアル 最適化理論の基礎と応用 96pages	February 28, 2018
MI Lecture Note Vol.80	Kirill Morozov Hiroaki Anada Yuji Suga	IMI Workshop of the Joint Research Projects Cryptographic Technologies for Securing Network Storage and Their Mathematical Modeling 116pages	March 30, 2018
MI Lecture Note Vol.81	Tsuyoshi Takagi Masato Wakayama Keisuke Tanaka Noboru Kunihiro Kazufumi Kimoto Yasuhiko Ikematsu	IMI Workshop of the Joint Research Projects International Symposium on Mathematics, Quantum Theory, and Cryptography 246pages	September 25, 2019
MI Lecture Note Vol.82	池森 俊文	令和2年度 AIMaP チュートリアル 新型コロナウイルス感染症にかかわる諸問題の数理 145pages	March 22, 2021

シリーズ既刊

Issue	Author／Editor	Title	Published
MI Lecture Note Vol.83	早川健太郎 軸丸 芳揮 横須賀洋平 可香谷 隆 林 和希 堺 雄亮	シェル理論・膜理論への微分幾何学からのアプローチと その建築曲面設計への応用 49pages	July 28, 2021
MI Lecture Note Vol.84	Taketoshi Kawabe Yoshihiro Mizoguchi Junichi Kako Masakazu Mukai Yuji Yasui	SICE-JSAE-AIMaP Tutorial Advanced Automotive Control and Mathematics 110pages	December 27, 2021
MI Lecture Note Vol.85	Hiroaki Anada Yasuhiko Ikematsu Koji Nuida Satsuya Ohata Yuntao Wang	IMI Workshop of the Joint Usage Research Projects Exploring Mathematical and Practical Principles of Secure Computation and Secret Sharing 114pages	February 9, 2022
MI Lecture Note Vol.86	濱田 直希 穴井 宏和 梅田 裕平 千葉 一永 佐藤 寛之 能島 裕介 加葉田雄太朗 一木 俊助 早野 健太 佐伯 修	2020年度採択分 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会 進化計算の数理 135pages	February 22, 2022
MI Lecture Note Vol.87	Osamu Saeki, Ho Tu Bao, Shizuo Kaji, Kenji Kajiwara, Nguyen Ha Nam, Ta Hai Tung, Melanie Roberts, Masato Wakayama, Le Minh Ha, Philip Broadbridge	Proceedings of Forum “Math-for-Industry” 2021 -Mathematics for Digital Economy- 122pages	March 28, 2022
MI Lecture Note Vol.88	Daniel PACKWOOD Pierluigi CESANA, Shigenori FUJIKAWA, Yasuhide FUKUMOTO, Petros SOFRONIS, Alex STAYKOV	Perspectives on Artificial Intelligence and Machine Learning in Materials Science, February 4-6, 2022 74pages	November 8, 2022

MI Lecture Note Vol.89

松谷 茂樹
落合 啓之
井上 和俊
小磯 深幸
佐伯 修
白井 朋之
垂水 竜一
内藤 久資
中川 淳一
濱田 裕康
松江 要
加葉田雄太朗

2020年度採択分 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
共同利用研究集会
材料科学における幾何と代数 III 362pages

December 7, 2022



Institute of Mathematics for Industry
Kyushu University

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
九州大学大学院 数理学府

〒819-0395 福岡市西区元岡744 TEL 092-802-4402 FAX 092-802-4405
URL <http://www.imi.kyushu-u.ac.jp/>