

基礎から理解する 製造業の最適化セミナー

最新の最適化技術で
経営・開発・製造における意思決定をスマートに

講師紹介



株式会社 Fixstars Amplify

小林 隆之

商品企画部 シニアディレクター

大学院修士過程修了後、味の素に入社し、生産技術開発、新事業開発、グループのDX戦略担当等を経験。『最適化技術』を世界に広げるため、株式会社Fixstars Amplifyへ転職。エンタープライズ事業の責任者として、業界を問わず様々な業務の最適化を実現するプロジェクトに参画している。



株式会社 Fixstars Amplify

木下 敦寛

応用技術部 シニアディレクター

東芝にて半導体デバイスやシステムの研究開発・生産技術に従事した。その後、全社技術戦略の策定や新規事業開発を経験した後、三菱UFJモルガン・スタンレー証券に産業調査アナリストとして転職。そこで量子アニーリングや数理最適化技術に将来性を感じ、フィックススターズグループに入社。現在、顧客の課題抽出と課題解決方針の策定を行う最適化コンサルタントとして業務を遂行している。

目次

1. 基礎から理解する最適化技術
2. 最適化クラウドサービス「Fixstars Amplify」
3. 製造業における用途・事例のご紹介
4. Fixstars Amplifyを使うには
5. Q&A

メールにてご案内するアンケートにご回答いただいた方に、
本資料をお送り申し上げます。

本日のゴール

最適化問題に該当する自社の課題を見つけ、
どのように進めれば良いかを知る。

Fixstars Amplify SDKの使い方が知りたい方は、
ぜひ研究開発者向けWebinarにご参加ください！！

基礎から理解する最適化技術

「最適化」とは？



自宅から目的地までのルートの最適化



フリマサイトでの値段の最適化



旅行に最適な気候

最適化とは、ある目的に対して、最もいい状態（最大化または最小化）にすること

製造業における最適化問題の一例



製品・設備の能力を最大化する設計をしたい



製品切替の段取時間を短くして効率的に製品を作りたい



メンバーのスキルを考慮した公平なシフトを作りたい



欲しい特性を持つ原料の配合を知りたい



作業負荷が平準化するように、なるべく違う製品を流したい



効率的なデポ間の輸送をしたい

AIと何が違う？

帰納法

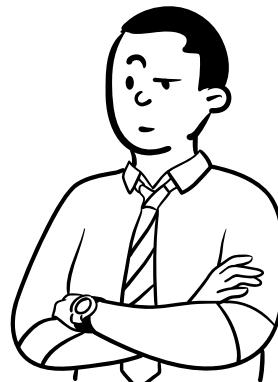
これまでの経験から考えると、こう回答するのが良さそうだな…

演繹法

色々な制約を満たした上で、一番良さそうな計画はこれかな…

機械学習
(いわゆるAI)

- ・ チャットボット
- ・ 異常検知 etc.

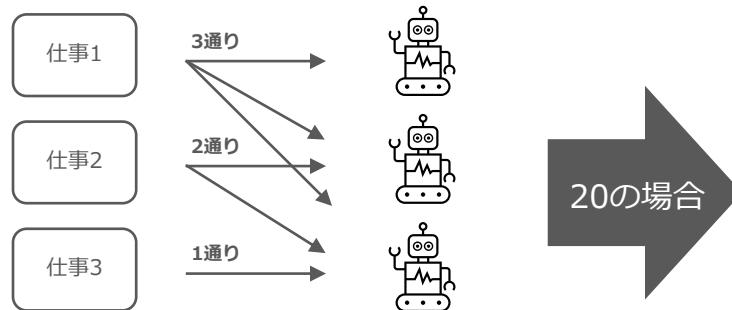


最適化計算

- ・ ○○計画
- ・ 設計開発 etc.

なぜ計画業務は人が担ってきたのか？

3台の装置に3個の仕事を割り当てる



$$3 \times 2 \times 1 = 6\text{通り}$$

$$20 \times 19 \times 18 \times \dots \times 3 \times 2 \times 1$$

= **243京2902兆81億7,664万通り**

スーパーコンピュータでも、膨大な計算時間が掛かり
事実上問題が解けない

ベテラン社員が知識と経験で解を絞り込んできたため、
解き方はマニュアル化できない

複雑な最適化問題も高精度・高効率で解けるようになった

過去

組合せ最適化問題の研究の歴史は長いが、コンピュータの性能が足りず、現実的な時間で解が求められない問題があった。

現在

実用的な問題も高性能のハードウェアと高度なアルゴリズムで良い解が求められるようになった。

* Fixstars Amplify 特許取得

未来

量子コンピュータが、さらに大規模な問題をさらに高速に解く可能性がある。

研究・開発・実務の幅広い現場で利用が拡大しています



ユーザーインタビュー

2023年8月

東京大学

ブラックボックス最適化手法
(FMQA) の開発に成功



ユーザーインタビュー

2024年10月

マツダ株式会社

ブラックボックス最適化を活用
した車両設計最適化



ユーザーインタビュー

2023年11月

株式会社タアフ

多品種少量生産の工程にマッチ
した生産計画アプリを開発



パートナー事例

2022年10月

通販向け物流倉庫の人員最適配
置自動作成サービス

住友商事株式会社と、物流倉庫
での実運用を開始



開発事例

2024年5月

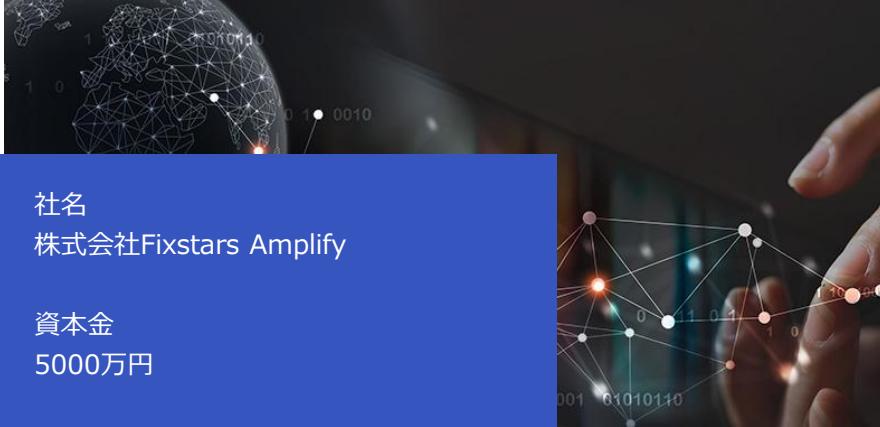
日本テレビ放送網

数理最適化技術で地上波テレビ
の広告取引を最適化

最適化クラウドサービス
Fixstars Amplify

株式会社 Fixstars Amplify

最先端技術で、最適な答えを。
社会を、もっとスマートに。



社名

株式会社Fixstars Amplify

資本金

5000万円

代表者

代表取締役社長 松田 佳希

設立

東京都港区芝浦1-1-1
BLUE FRONT SHIBAURA TOWER

Webサイト

<https://amplify.fixstars.com/ja/>

Fixstars Amplify の歩み

Fixstars Amplifyの高い技術力で
常に最先端のサービスを提供しています

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」

2021年

量子アニーリングクラウドサービス「[Fixstars Amplify](#)」提供開始
Fixstars Amplifyを設立
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

2022年

Fixstars Amplify がGurobi、IBM-Quantumをサポート
累計実行回数1,000万回突破

2023年

新製品 [Fixstars Amplify Scheduling Engine](#) リリース
累計実行回数3,000万回突破

2024年

産総研次世代スパコンABCI-Qへの採用
光量子コンピュータのクラウド化研究
登録組織数 700超

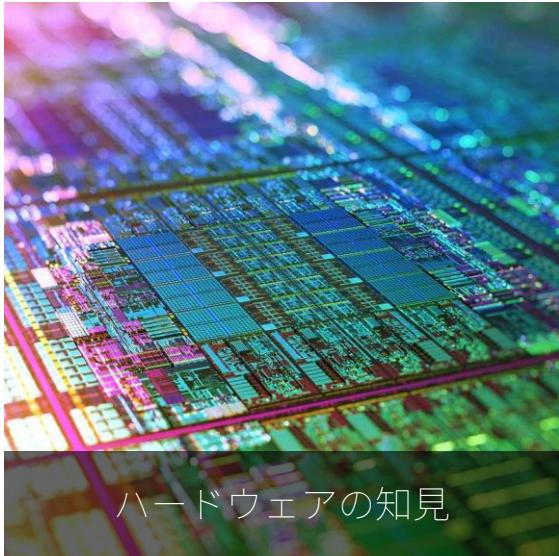
2025年

2025年

Fixstars Amplify AE v1リリース
登録組織数 1000超
累計実行回数 1億回突破

フィックスターズグループの強み

コンピュータの性能を最大限に引き出す、ソフトウェア高速化のエキスパート集団



ハードウェアの知見

目的の製品に最適なハードウェアを見抜き、
その性能をフル活用するソフトウェアを開
発します。



アルゴリズム実装力

ハードウェアの特徴と製品要求仕様に合わ
せて、アルゴリズムを改良して高速化を実
現します。



各産業・研究分野の知見

開発したい製品に使える技術を見抜き、実
際に動作する実装までトータルにサポート
します。

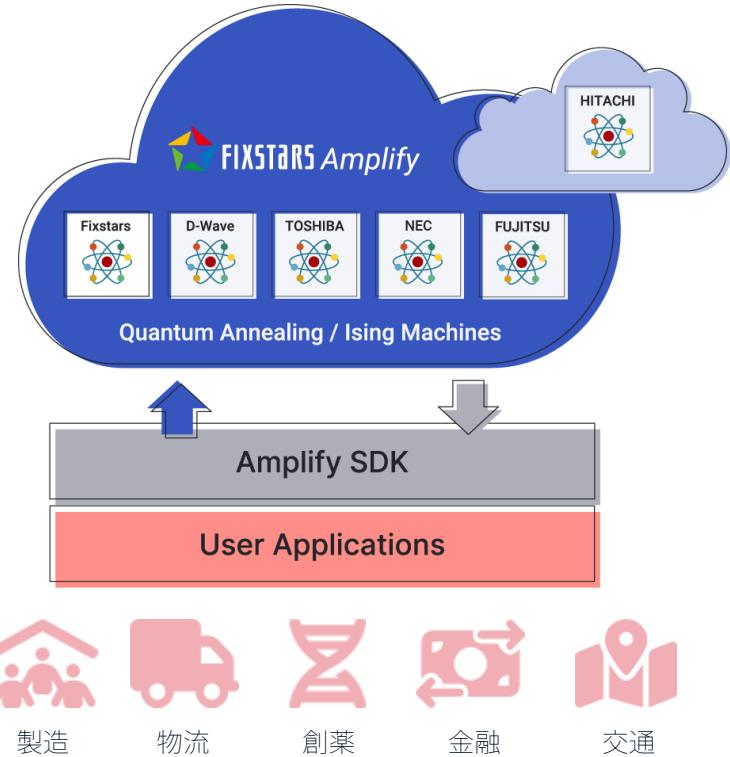
Fixstars Amplify

・・・ 最適化クラウドサービス

量子技術など高性能コンピュータによる
高精度・高効率で使いやすい最適化計算環境を
クラウドで提供しています



累計実行回数
1億 回
以上

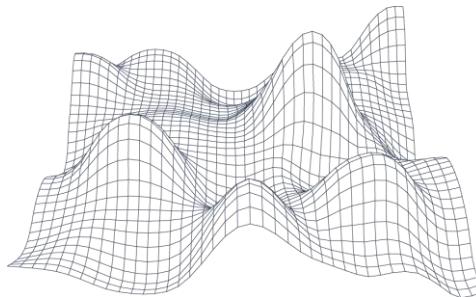
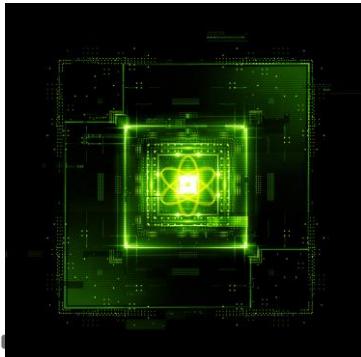


Fixstars Amplifyの強み

ハードウェアの性能を最大限引き出す

Amplify AEは、シミュレーテッドアニーリングを基盤とした独自のアルゴリズムを実装しています。当社の特許技術を用いた並列化手法により、GPUの計算能力を極限まで活用し、探索プロセスを劇的に高速化します。

従来は膨大な計算時間を要した大規模で複雑な問題に対しても、実用的な時間内で精度の高い解を導き出します。さらに、Amplify AEは求解パラメータの調整が不要で、専門知識がない方でも簡単に高い性能を引き出せます。



現実世界の複雑な制約に柔軟に対応

Amplify AEは、最大4次までの多項式で表現される目的関数や制約条件を扱うことが可能です。これにより、現実の複雑な問題の定式化を容易にし、より高度で精度の高い最適化計算を実現します。

さらに、直感的に使える「[Fixstars Amplify SDK](#)」と組み合わせることで、多様な最適化問題をシンプルなコードで記述でき、Amplify AEの強力な計算能力を最大限に引き出すことが可能です。

研究から実用まで、選べる求解モード

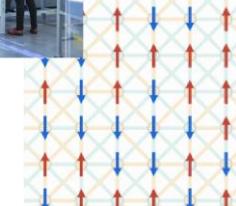
用途に応じた2つのモードを提供しています。

01. 制約モード

実社会の複雑な問題をそのまま入力できるモードです。複雑な制約条件はソルバーが内部で自動的に処理します。

02. PUBO・QUBOモード

量子アニーリングやイギングモデルの研究用途に最適なモードです。高次の項も扱える汎用イギングマシンとして、高精度に動作します。



なぜ『〇〇計画最適化アプリ』ではないのか？



1. 高い柔軟性と適応力で、ニーズにフィット！

計画業務で考慮しなくてはいけないことは会社毎に異なります。アプリにしないことで、目的や制約の自由度が高くお客様のニーズに柔軟にフィットします。

2. 高い拡張性で、既存システムとスムーズに連携！

他システムとのデータ連携が容易なので、今の業務フローを変えずに使えます。また、部分的な最適化に留まらずバリューチェーン全体の最適化に発展できます。

3. 専門チームによる手厚いサポートで導入可能！

スムーズな使いこなし・導入を実現するために優秀なチームが手厚く支援します。また、パートナー企業によるアプリ開発も可能です。

製造業における用途・実例のご紹介

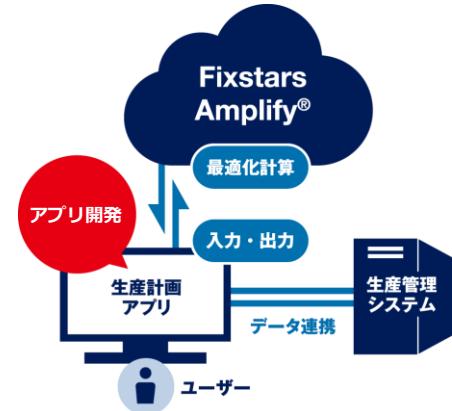
多品種少量生産向け生産計画

TATEYAMA.
株式会社タアフ

株式会社タアフ様

生産計画 × 最適化エンジン

小ロット生産化による在庫削減と特急受注への対応を目指していた。様々な生産計画アプリを比較し『製造リードタイム最小化』と『納期に引き付けた生産』を目的にできるFixstars Amplifyを採用した。



システム構成イメージ図

生産計画の短サイクル化と属人性解消を実現

市販のシステムは最初に要求されるデータが多く用意に手間がかかったりと、我々の思い描いているようなサービスを見つけられませんでした。『生産計画は組合せ最適化問題で、Amplifyはそれを解くサービスだ』と説明を受け、まさに望んでいる機能だと思いました。
— 水口様（株式会社タアフ デジタル推進グループ 取締役）



多品種少量生産向けの生産計画～動作イメージ

製造情報

| 製品ID | 製品名 | プロセス時間 |
|------|-----|--------|
| P001 | 製品A | 3 |
| P002 | 製品B | 2 |
| P003 | 製品C | 4 |
| P004 | 製品D | 2 |
| P005 | 製品E | 2 |
| P006 | 製品F | 6 |
| P007 | 製品G | 4 |
| P008 | 製品H | 4 |
| P009 | 製品I | 2 |
| P010 | 製品J | 6 |
| P011 | 製品K | 3 |
| P012 | 製品L | 2 |

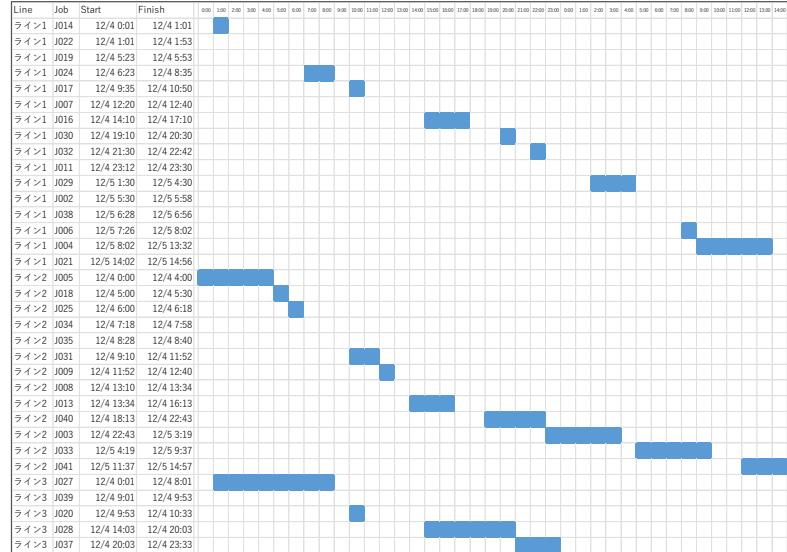
製品ごとの工程時間などの情報や制約条件

オーダー情報

| ジョブID | 製品ID | 製品名 | 生産個数 | プロセス時間 |
|-------|------|-----|------|--------|
| J001 | P010 | 製品J | 3 | 18 |
| J002 | P020 | 製品T | 14 | 28 |
| J003 | P006 | 製品F | 46 | 276 |
| J004 | P010 | 製品J | 55 | 330 |
| J005 | P014 | 製品N | 40 | 240 |
| J006 | P010 | 製品J | 6 | 36 |
| J007 | P017 | 製品Q | 5 | 20 |
| J008 | P001 | 製品A | 8 | 24 |
| J009 | P021 | 製品U | 8 | 48 |
| J010 | P001 | 製品A | 7 | 21 |
| J011 | P002 | 製品B | 9 | 18 |
| J012 | P001 | 製品A | 9 | 27 |
| J013 | P001 | 製品A | 53 | 159 |

どの製品をいつまでにどれだけ製造する必要があるか

生産計画



どの装置でどの工程をいつ処理するか

人員数に合わせた最適な生産計画

食品製造業X社様

生産計画 × 最適化エンジン

いつ、何をどれだけ作るかを、日々の人員数に合わせて計画。事業部との調整も必要なため、生産量の決定に苦労していた。

生産計画担当者の負荷軽減と属人性解消を検討していたが、『日々の人員数に合わせた生産計画』を立てられる生産計画アプリが見つからなかったため、Fixstars Amplifyを採用した。



生産計画立案の負荷の低減（8時間→1時間）を実現

工場の人員計画

| 日付 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| 人員数 | 35 | 38 | 32 | 34 | 28 | 44 |

事業部からの依頼

| 製品名 | 数量 | 時間 | 必要人数 | 納期 |
|-----|------|------|------|------|
| A | 1200 | 54時間 | 6 | 9月3日 |
| B | 850 | 7時間 | 12 | 9月5日 |
| C | 400 | 3時間 | 7 | 9月2日 |
| D | 2450 | 76時間 | 5 | 9月6日 |
| E | 25 | 1時間 | 6 | 9月4日 |
| F | 300 | 5時間 | 4 | 9月6日 |
| G | 500 | 4時間 | 8 | 9月3日 |
| H | 1000 | 11時間 | 7 | 9月3日 |
| I | 280 | 2時間 | 9 | 9月6日 |



生産計画

| 日付 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|---|---|---|---|---|---|
| ライン1 | A | A | A | E | | I |
| ライン2 | | | C | G | | B |
| ライン3 | | | H | D | D | D |

生産性を最大化する人員シフト計画



株式会社ベルメゾンロジスコ様

人員シフト



最適化エンジン

多くの制約条件を満たしながら、業務負荷の偏りが無く、かつ、作業効率が向上する人員配置を自動計算したかった。



計画担当者の負荷軽減（2時間→15分）と生産性向上の両立を実現



現場スタッフの声

「システムが配置案を瞬時に出してくれるので、状況の変化にすぐ対応できる」

「3人組のスキルまで考慮した配置案なので、生産性が上がった」

「人の配置を決めるのは荷が重かったが、今は気持ちが楽になった」

自動倉庫の棚割計画最適化（トラックの荷待ち時間削減）

ROHTO ロート製薬様

物流

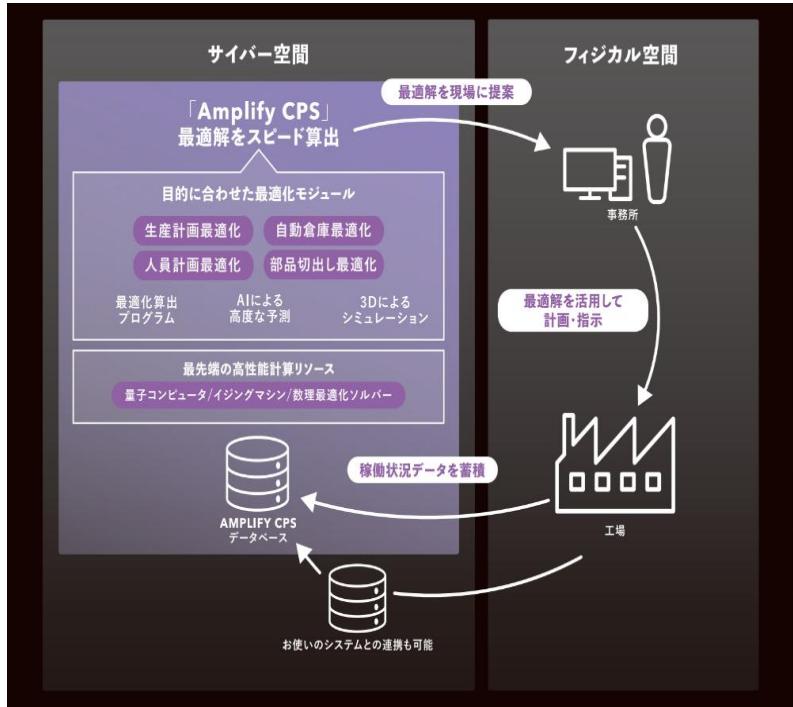


最適化エンジン

サイバーフィジカルシステム（CPS）の取り組みとして、自動倉庫の棚の割当最適化エンジンを共同で開発した。

翌日の出荷情報を踏まえて夜間に最適な位置に荷物を配置することでピッキングの時間を短縮しトラックの荷待ち時間を削減。

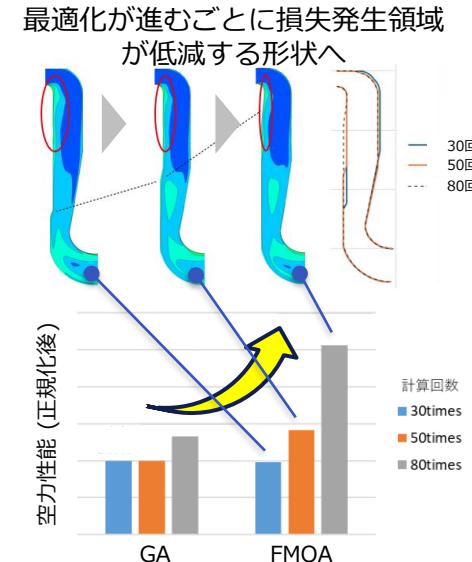
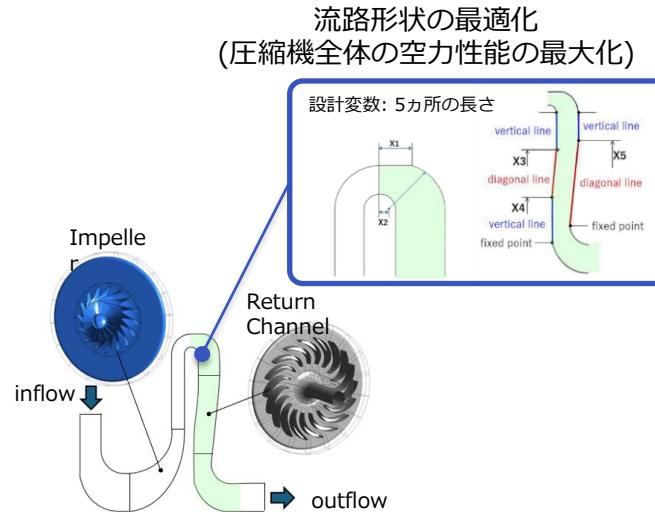
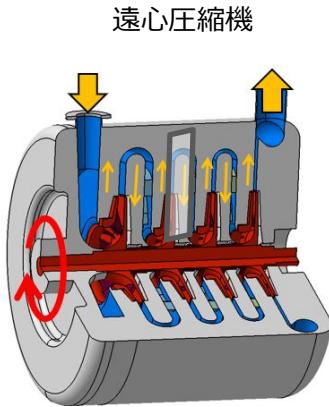
2023年4月から運用開始



CPS (Cyber Physical Systems) : 現実世界で取り込んだデータを仮想空間に取り込み、高度な分析や知識化によって社会に役立てるシステム

事例: ターボ機械の形状最適化 (川崎重工業様)

- 従来より遺伝的アルゴリズム (GA) により形状最適化を行うことが多かった。規模が大きくなると求解までに時間がかかり、開発期間が長期化するといった課題があった
- FMQA により、従来手法と比べ、**同じ計算回数でもより優れた解が得られる**ことを確認。



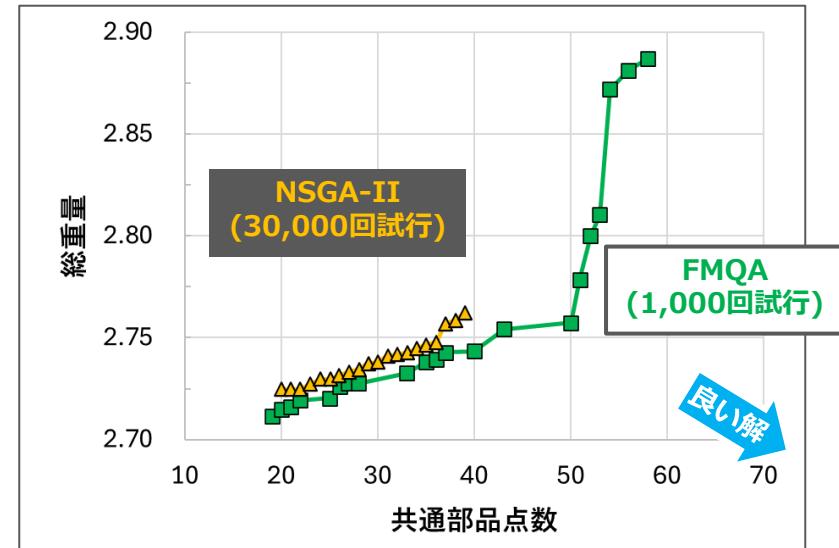
事例: 車両設計最適化 (マツダ様)

Amplify マツダ

検索



- 車体設計の複数車種同時最適化問題。**実数変数200**以上の大規模問題。
 - 車体の軽量化と共通部品数の最大化**の実現 (衝突性能・製造、構造などの制約条件を満たした上で)
 - 国内外研究グループ^{*1,2}により様々な手法が試されてきており、**1～3万回程度の試行**により、ある程度良い解が見つけられることは確認されていた
- FMQA により、**1,000回程度の試行**で、従来手法と同等以上の解を見つけることに成功！



*1 進化計算コンペティション2017開催報告

*2 Multi-objective Bayesian optimization over high-dimensional search spaces



Fixstars Amplifyを使うには

Fixstars Amplifyを使うには?

自立開発

自ら最適化アプリ開発する

SDK（Pythonライブラリ）を使って、アニーリングエンジン、スケジューリングエンジンによる最適化アプリをご自身で開発できます。また、開発中の課題もプロが手厚くご支援します。

●こんな方に最適

- ✓ 研究・開発に最適化計算を取り入れたい
- ✓ 量子コンピューティングを扱いたい
- ✓ 最適化技術を手の内化したい

パートナー開発

最適化アプリの開発を依頼する

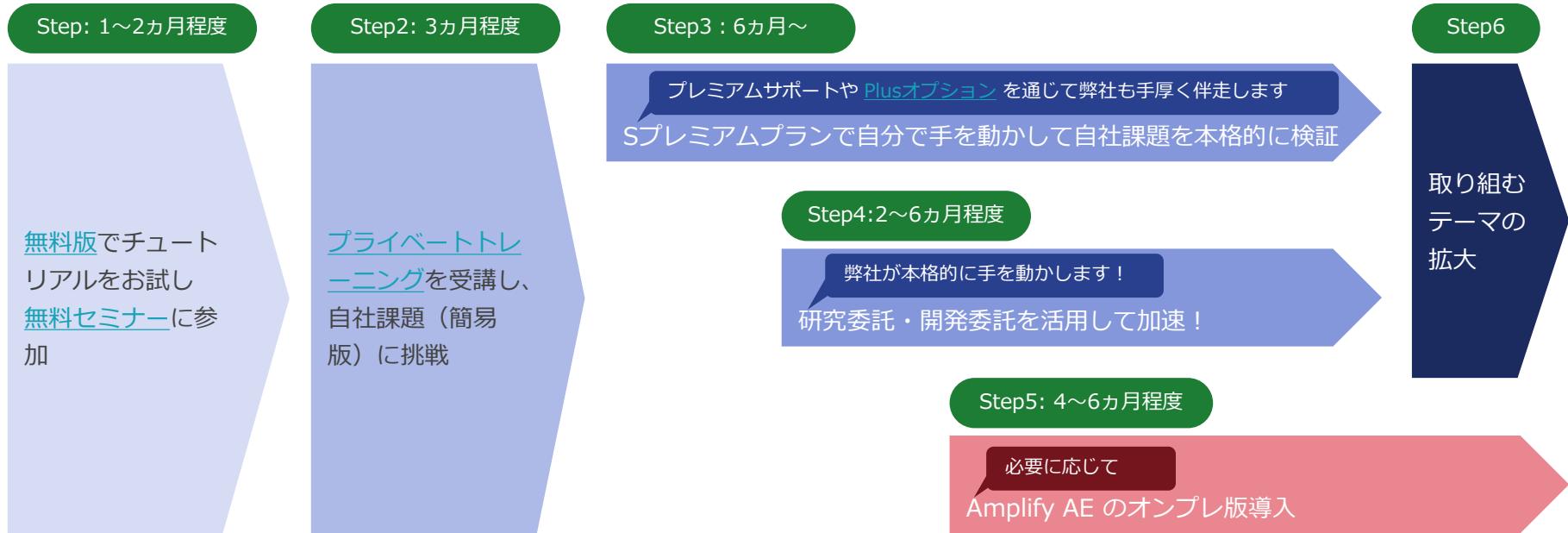
解決したいニーズ・課題があり、最適化アプリの開発を外部に依頼したい方へ、課題解決方法のご提案、開発パートナーのご紹介、最適化エンジンの開発・提供までワンストップでご支援します。

●こんな方に最適

- ✓ 最適化計算で解決したい課題がある
- ✓ 自社の事情にあった最適化アプリがない
- ✓ 開発は最適化技術のプロに任せたい

自立開発：研究・開発者向けおすすめの進め方

二次・非線形を上手に使いこなせるように、[弊社と一緒に](#)取り組みを進めていきましょう！



無料セミナー



無料セミナー・ワークショップ



法人向けプライベートトレーニング

無料セミナー・ワークショップ

生産計画最適化、勤務シフト最適化などの事例を用いた無料のセミナーを開催しています。実際にプログラミングを行う研究・開発者向けと、ビジネスでの活用に注眼を置いたビジネス向けの2種類があります。



研究・開発者向けセミナー

テーマごとに事例を用いて、問題設定の考え方、目的関数や制約条件の定式化、実装のポイントなどを実際のコードを見ながら解説します。また、サンプルコードを用いて、ご自身の環境で実際に皇子アニメーリング・イジングマシンを動かす体験をしていただきます。

AGV 路線最適化
12/18 (木)
受付中



ビジネス向けセミナー

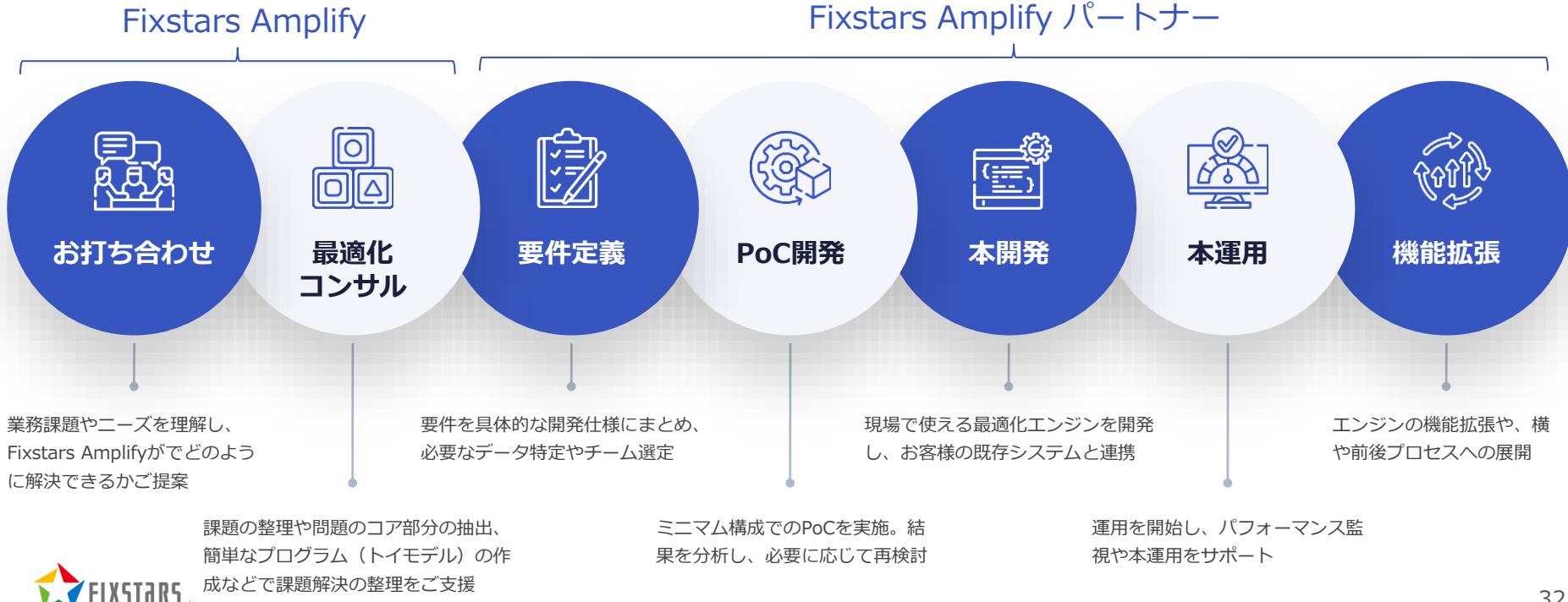
組み合わせ最適化やFixstars Amplifyの概要をご説明した後、テーマごとの事例やデモをご紹介いたします。Fixstars Amplifyを活用することで、どのようなビジネス効果が期待できるかを具体的にご理解いただける内容です。

製造業の最適化セミナー
12/10 (水)
受付中

<https://amplify.fixstars.com/ja/seminar>

パートナー開発：ビジョナリーにおすすめの進め方

Fixstars Amplifyとパートナーが貴社のビジョンの実現を支援します



本日のゴール

- ルールが複雑でベストを見つけるのが難しい**計画業務**
- 欲しいアウトプットを得るために**試行錯誤**している研究・開発

最適化問題に該当する自社の課題を見つけ、
どのように進めれば良いか分かるようになる。

- 手の内化したいなら**自立開発** → 研究・開発者向けウェビナー
- ビジョンを実現させたいなら**パートナー開発** → お問い合わせ

お気軽にお問合せください！

Q&A

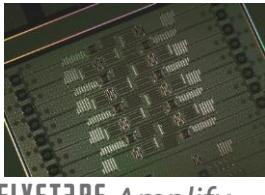
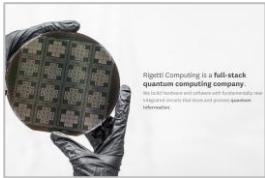
量子コンピュータとその周辺

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。
エラー訂正機能を持たないNISQ型
の実機がクラウド利用可能。

1
量子コンピュータ
IBM/Google/Rigetti/IonQ



2. イジングマシン

二値二次多項式の最適化

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、各社
で商用化されている。

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



3. 量子アニーリング

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。
量子効果を物理的に調整することで、自然計算により低
エネルギー状態が outputされる。