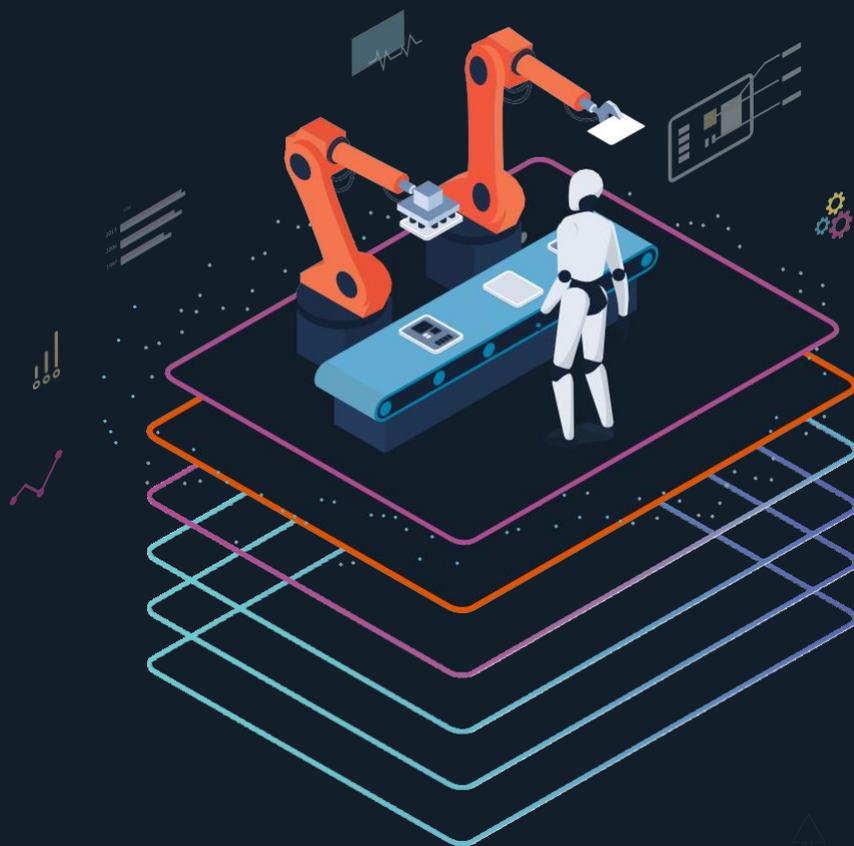


# インダストリー4.0における インパクトある機械学習モデルの価値

by Martin Schmitz



**WHITEPAPER**  
[rapidminer.com](https://rapidminer.com)

# 目次

利益重視のスコアリングで価値を証明する	3
利益重視のスコアリングとは？	3
具体的な例	4
Step 1 : 混同行列	5
Step 2 : ビジネスインパクトマトリクス	7
Step 3 : 価値のマトリクス	8
Step 4 : 比較	9
まとめ	11
著者について	12

## 利益重視のスコアリングで価値を証明する

[Deloitte社のレポート](#)によると、ほとんどの機械学習プロジェクトのROIは、プロジェクトのコストの2倍から5倍程度です。もしそのような高いROIを得るための方法があるとしたらどうでしょうか。可能な限り大きな効果を得るためには、データサイエンスの観点だけでなく、収益の影響という観点からモデルを理解する必要があります。

以前のホワイトペーパー「[A Human's Guide to Machine Learning Projects](#)」で紹介したように、最初からプロジェクトのビジネス価値を意識しておく必要があります。ビジネスに十分な影響を与えないプロジェクトを実行しても意味がありません。時間とコストを節約するために、できるだけ早い段階でその判断ができるようにしたいものです。

ビジネス環境における機械学習モデルのパフォーマンスを理解するための最良の方法は、ROIを現金に換算して計算することです。これには、**利益重視のスコアリング**と呼ばれるデータサイエンスのちょっとしたマジックが必要です。

このガイドでは、再現可能な例を紹介し、円(通貨)を用いてモデルの影響評価をAIやML戦略の重要な要素にする方法を説明します。これにより、モデルを測定・評価する能力が向上するだけでなく、モデルがより多くの投資に値することをリーダーに説得することができるでしょう。

## 利益重視のスコアリングとは？

データサイエンスの領域では、数学やデータサイエンスの観点から見るとモデルの性能を判断する方法がたくさんあります。しかし、モデルがビジネスに強いプラスの影響を与えるかどうかは、どうすれば分かるのでしょうか。データサイエンスの観点からモデルの性能が高いからといって、収益に貢献するとは限りません。

**利益重視のスコアリング**とは、データサイエンスの問題を利益に置き換え、それを使ってモデルの有効性を評価するプロセスです。

ここでは、データサイエンスの問題をビジネスの問題として捉え、ビジネス上の意思決定を行う際になぜそれが重要になるのか、具体的な例を見てみましょう。

## 具体的な例

今回の例では、化学プラントにおける**予知保全**のユースケースを見てみましょう。ある化学製品を作るための大きなタンクがあるとします。この化学物質は多くの泡を発生させる傾向があるため、時々沸騰してしまうことがあります。もしタンクが沸騰してしまうと、化学物質が正しく混合しないため、タンク全体を失うこととなります。さらに、工場を停止して後始末をしなければならぬことにより生産性の低下というコストが発生します。

幸いにも、プロセスに別の化学物質を加えることで、沸騰を防ぐことができます。しかし、この化学物質を加えることによって化学物質を使用する分の追加コストが発生するというデメリットがあります。（また、通常の生産工程に支障をきたすことで、製品の品質が低下する可能性もありますが、ここでは説明を簡単にするためこの例は除外します）当然のことながら、私たちは利益を最大化するために、沸騰を防ぎつつ、この添加剤の使用量をできるだけ減らしたいと考えます。

このユースケースで構築するモデルは、過去8時間の生産工程から最初の1時間のデータを取得して、今後の生産工程で過度な沸騰が発生するかどうかを予測します。このモデルを評価するには、[過去の事例でどれだけ沸騰現象を予測できたか](#)を確認した上で、将来の事例に適用した場合のビジネス価値を検討します。

機械学習の観点から、これは [二項分類問題](#) であり、[RapidMiner Go](#)、[RapidMiner Auto Model](#) または [RapidMiner Studio](#) で取り組むことができます。

このプロジェクトの価値を示すために、4つのステップの分析を行います。まず、データサイエンスの部分の分析として、混同行列を調べてみます。**混同行列**とは、予測した結果（列）と実際の結果（行）を比較したシンプルな表です。これにより、モデルがどのように機能しているかを一目で確認することができます。

### 混同行列

	真の結果を予測	誤りの結果を予測
実際は真の結果	正しいポジティブ予測	誤ったネガティブ予測
実際は誤りの結果	誤ったポジティブ予測	正しいネガティブ予測

ビジネスインパクトマトリクスを定義し、問題のビジネス面に目を向けます。ビジネスインパクトマトリクスは、混同行列と同じレイアウトですが、各セルに予測の数を入れる代わりに、その予測に基づいて行動した結果の**利益**または**損失**を入れます。

混同行列とビジネスインパクトマトリクスの2つを組み合わせたものが価値のマトリクスで、各セル内の予測数に損益を乗じることになります。**価値のマトリクス**には、分析による損益の概要を把握するために必要な情報がすべて含まれています。最後のステップでは、**強力なメッセージ**を作成します。このメッセージは、**調査結果をリーダーに提示し、より多くのリソース、資金、注目を集めるために使用**できます。

ここでは、タンクの中での沸騰を例に、このプロセスを順に追って説明していきます。

## Step 1 : 混同行列

混同行列は、データサイエンスのツールで、モデルの正答率を評価するために使われます。学習後のモデルの予測値を列に入れ、実際の過去の結果を行に入れます。これにより、モデルがどのようになっているかを一目で確認することができます。

### 混同行列

	沸騰を予測	沸騰なしを予測
実際は沸騰した	95	5
実際は沸騰なし	63	837

混同行列は、初めて見ると少し分かりにくいので、セルごとに見ていきましょう。

混同行列は次のように読みとることができます。

- **左上** : 沸騰と予測されたすべての製造ロットのうち、95が実際に沸騰しました。
- **左下** : 沸騰を予測していたが、実際には発生しなかったケースが63ありました。
- **右上** : 沸騰しないと予測していたが、沸騰したケースが5ありました。
- **右下** : 沸騰しなかった837の生産を、沸騰しないと正しく予測しました。

表のように、正しい予測を表すセルはグレー、間違った予測を表すセルは白で示しています。

要約すると、混同行列の各セルは、以下の表のように理解できます。

### 混同行列

	沸騰を予測	沸騰なしを予測
実際は沸騰した	正しいポジティブ予測 タンクが沸騰すると予測し、 実際に沸騰しました。	誤ったネガティブ予測 タンクは沸騰しないと予測しましたが、 実際に沸騰してしまいました。
実際は沸騰なし	誤ったポジティブ予測 タンクが沸騰すると予測しましたが、 そうではありませんでした。	正しいネガティブ予測 タンクは沸騰しないと予測し、 実際に沸騰しませんでした。

データサイエンティストは、この表を使って様々な指標を計算することができます。最も一般的な指標は、**accuracy(正答率)**、**precision(適合率)**、**recall(再現率)**です。これらの指標により、モデルの結果をデータサイエンスの視点から見ることができます。ここでのデータサイエンスの結果はとても良いものでした。私たちのモデルは93%の正答率を示しています。しかし、ここで人々はよく決定的な間違いを犯します。それは、セル各々をビジネスにおいて同じくらい重要であるかのように扱うことです。しかし、**ビジネスにおける重要度は同じではありません**。これが、利益重視のスコアリングの重要な洞察です。

では、表の中のすべての情報を平等に扱うことができないのであれば、どのようにビジネスの意思決定に役立てればいいのでしょうか。ビジネスインパクトマトリクスに変換する必要があります。

### モデルの性能を測る データサイエンスの 一般的な指標

- **Accuracy:** どのくらいの頻度で正しく予測できるか。  
 $(95+837)/(95+837+5+63) = 93\%$
- **Precision:** 沸騰と予測したうち、実際に沸騰をしたのは何回か。  
 $95/(95+63) = 60\%$
- **Recall:** 実際に発生した沸騰のうち、いくつ検出できたか。  
 $95/(95+5) = 95\%$

## Step 2 : ビジネスインパクトマトリクス

ビジネスインパクトマトリクスでは、ある行動(または非行動)から得られる利益または損失を収益の観点から定量化します。これを混同行列のすべてのセルに対して行います。これを、先ほどのユースケース「タンクの沸騰」で一緒にやってみましょう。

沸騰のビジネスインパクトマトリクスは次のようになります。

沸騰のビジネスインパクトマトリクス

	沸騰を予測	沸騰なしを予測
実際は沸騰した	440万円	-1100万円
実際は沸騰なし	440万円	550万円

ここでは、ビジネスマトリクスの各セルで何が起きているかを説明します。

### 沸騰を予測し、実際に沸騰した(左上のセル)

このようなケースを見つけないのです。モデルがタンクの沸騰の予測を過去のデータから示している状況です。これに基づいて、将来的な対策を講じることができ、化学物質の生産を助けることができます。

消泡剤のコストが110万円で、タンクの中の化学物質の販売時価値が550万円とします。そうすると、モデルが沸騰の可能性が高いと予測したタンクに対策を講じることで、440万円の純利益が得られます。

### 沸騰を予測し、実際は沸騰なし(左下のセル)

沸騰すると予測していたのに沸騰しなかった場合、つまり予測が間違っていた場合です。これは、予測によって誤った行動をしたことを意味します。今回のケースでは、沸騰を防ぐために消泡剤を不必要に追加してしまいました。

消泡剤は前述の通り110万円かかるので、コストが発生します。したがって、左下セルのタンクの価値は左上と同じになります。(550万円の価値から消泡剤のコスト110万円を差し引いた)つまり 440万円になります。

### 沸騰なしを予測し、実際も沸騰なし (右下のセル)

一番簡単なケースです。タンクが沸騰すると予測していなかったため、何も行動をしていません。沸騰しなかったため、生産に伴う余分なコストは発生しませんでした。その結果、タンクの中の化学物質を550万円で販売することができました。

### 沸騰なしを予測し、実際は沸騰した (右上のセル)

沸騰しないと予測したのに、実際にはタンクが沸騰してしまった状況を表しています。これは、最もコストが発生する失敗です。タンクの中の化学物質の価値(550万円)を失うだけでなく、清掃や清掃中の停止時間などにも費用がかかり、さらに550万円のコストがかかります。

したがって、右上セルに関連するビジネス価値は、-1100万円となります。

## Step 3 : 価値のマトリクス

各予測のビジネスインパクトにおける知識と、データサイエンスの理解があれば、価値のマトリクスを簡単に計算することができます。混同行列とビジネスインパクトマトリクスの同じセルを掛け合わせるだけです。その結果、次のようになります。

### 価値のマトリクス

	沸騰を予測	沸騰なしを予測
実際は沸騰した	4億1800万円	-5500万円
実際は沸騰なし	2億7720万円	46億350万円

**総売上高: 52億4370万円**

つまり、沸騰を予測して対策を講じたケースでは4億1800万円、沸騰を予測して防止のために薬品を加えたが、加えなくても沸騰しなかったケースでは2億7720万円の利益を得たことになります。しかし、沸騰しないと予測していたのに沸騰してしまったタンクから5500万円の損失が出ています。さらに、沸騰しないと予測したタンクから46億530万円という大きな収益を得ています。

ここから、沸騰を防ぐために行動を起こすタイミングを判断するモデルを導入した場合に、得られる総収益を簡単に計算すると、**52億4370万円になります**。これはすごいことです。

場合にもよるため、モデルがどれほど優れているかを知るためには、何かと比較する必要があります。

## Step 4 : 比較

モデルの良し悪しを判断するためには、モデルを使用しなかった場合と比較する必要があり、これを**基準シナリオ**(ベースライン)と呼んでいます。シナリオは、意思決定に使用されている既存のワークフロー、他のモデル、または最初に思い付く解決策(例えば、消泡剤を追加しない、または常に追加する)などです。これらの単純なシナリオの両方を見てください。どちらも先ほどと同じように計算することができます。

まず、何もしなかった場合を考えてみましょう。つまり、製品に消泡剤を追加することはなく、コストを削減することができます。その一方で、沸騰しすぎた泡が大量に発生し、それに伴うコストが発生します。このシナリオは、常に沸騰なしを予測するモデルと同じなので、混同行列からすべての数値を右の列に入れて、その値を計算することができます。

一度も介入しなかった場合、価値のマトリクスは次のようになります。

### 消泡剤追加なしのマトリクス

	沸騰を予測	沸騰なしを予測
実際は沸騰した	0円	-11億円
実際は沸騰なし	0円	49億5000万円

**総売上高: 38億5000万円**

この方法では、沸騰するケースで多くの損失を出してしまうようです。では、消泡剤を常に追加するとどうなるでしょうか。沸騰が起こることはありませんが、消泡剤のコストが常に発生することを意味します。常に介入するということは、常に沸騰を予測するモデルと同じになります。上記のように、混同行列の数値を左側の列に移動して、価値マトリクスを計算します。

消泡剤を常に追加する場合、価値のマトリクスは次のようになります。

### 消泡剤を常に追加するマトリクス

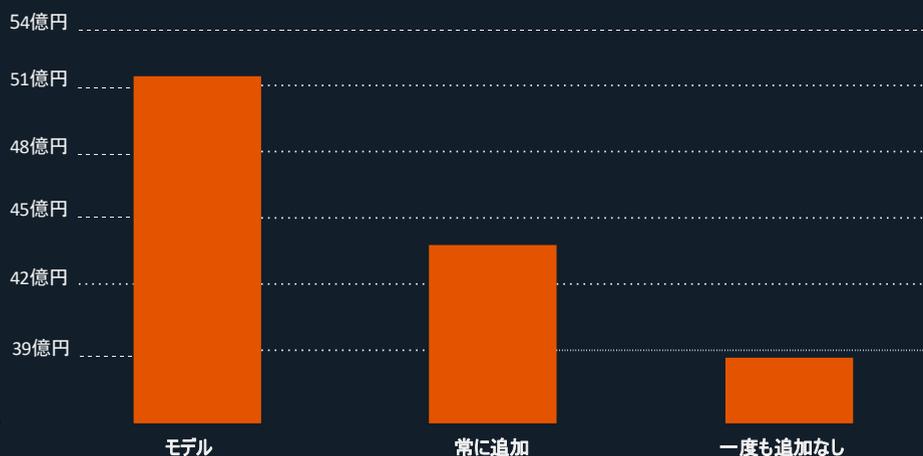
	沸騰を予測	沸騰なしを予測
実際は沸騰した	4億4000万円	0円
実際は沸騰なし	39億6000万円	0円

総売上高: 44億円

棒グラフは、検討中の異なるシナリオを比較するのに便利な方法です。この例では、モデルの結果を2つの基準シナリオと比較すると、次のようなグラフになります。

## 3つの条件を比較

### モデル, 常に追加, 一度も追加なし



消泡剤を一度も追加しないよりは常に追加した方が良く、モデルを使うとさらに良いです。常に追加することで、化学製品の損失と後始末のコストを5億5000万円節約できます。

モデルを使用することで、何もしない場合よりも13億8600万円、消泡剤を常に追加する場合よりも8億3600万円節約することができます。同時に過度な沸騰の発生回数も抑えることができます。

さて、ビジネス上の意思決定を行う際に、利益重視のスコアリングがなぜ重要なのかお分かりいただけだと思います。常に消泡剤を加えるという単純な計算の正答率は90%であり、データサイエンスの観点からは悪くありません。しかし、財務的には収益が大幅に減少してしまっています。

だからこそ、最良のビジネス上の判断を下すためには、(a) モデルが円(通貨)に換算してどれだけ優れているか (b) 現在行っていることと比較してどうなのか、の両方を知る必要があります。

## まとめ

モデルに金銭的な利益と損失を加えることで、状況を理解し、どのような行動を取るべきか容易に理解できるようになりました。これは自分だけでなく、他の人が自分の行っている業務を直感的かつ分かりやすく理解するのにも役立ちます。

利益重視のスコアリングを検討したい場合は、RapidMinerの全てのモデルで確認できます。(”Performance (Costs)”オペレータを探してみてください)。ここで説明したことに加え、これらのツールは、ビジネスにとって最も影響力のある意思決定を行っているかどうかを確認するために、シーンの背後で統計作業も行っています。

ビジネスのAI計画の作成についてさらにサポートが必要な場合は、[無料のAI評価](#)をご利用いただけます。義務ではなく、ビジネスへの影響と実現可能性の観点から選択を検討するお手伝いをします。



## 著者について

Martin Schmitz博士は、RapidMinerのデータサイエンスサービスの責任者です。マーティン氏は、ドルトムント工科大学で物理学を学び、2014年にRapidMinerに入社しました。マーティン氏は、世界中のクライアントのCenter of Excellenceの設立をサポートしています。予測分析の分野で活躍するために、優れたさまざまなスキルレベルのクライアントを指導しています。[Twitter](#)、[LinkedIn](#)、[Medium](#)でも活動。



[RapidMiner](#) は、誰もが積極的に未来を形作る力を持てるように、エンタープライズAIを再構築しています。企業全体であらゆるスキルレベルのデータを扱う人々が、AIソリューションを迅速に作成・運用できるようにすることで、ビジネスに即座に影響を与えることを可能にしています。データサイエンティストには奥深さを、それ以外の人には複雑なタスクを簡素化するユーザーエンドエクスペリエンスを提供します。また、データ準備、機械学習、モデル運用を統合するエンドツーエンドのプラットフォームを提供しています。RapidMiner Center of Excellenceの方法論と[RapidMiner Academy](#) は、経験やリソースレベルに関係なく、顧客の成功を保証します。150か国以上の40,000以上の組織が、収益の増加やコスト削減、リスク軽減のためにRapidMinerを利用しています。