

1 章 AI とは

01	AI の定義	012
02	AI の得意な分野と苦手な分野	014
03	AI の発展過程	018
04	機械学習とは	022
05	ディープラーニングとは	026
06	機械学習とディープラーニングの違い	030

2 章 AI の基礎知識

07	機械学習と統計学	036
08	相関関係と因果関係	040
09	機械学習とデータマイニング	044
10	教師あり学習とは	048
11	教師なし学習とは	052
12	強化学習とは	056

13	AI とビッグデータ	060
14	データ別に見る AI の特徴	064
15	AI システムの開発フロー	068

3 章 自然言語処理の 手法とモデル

16	自然言語処理 (NLP) とは	074
17	NLP における曖昧性と困難性	080
18	NLP の前処理	084
19	言語モデルと分散表現	090
20	注釈付きコーパスと対訳コーパス	098
21	再帰型ニューラルネットワーク (RNN)	104
22	Transformer	110
23	BERT	116
24	GPT-3	122

4章

GANを中心とした
生成モデル

<u>25</u>	クリエイティブに進出するAI	130
<u>26</u>	生成モデルの基礎的なアルゴリズム	132
<u>27</u>	GANを用いた画像生成	138
<u>28</u>	敵対的攻撃と防御	144
<u>29</u>	GANのこれからの広がり	148

5章

画像認識の
手法とモデル

<u>30</u>	画像認識のタスク	156
<u>31</u>	畳み込みニューラルネットワーク (CNN)	160
<u>32</u>	画像認識の発展のきっかけとなったCNN	164
<u>33</u>	CNNの精度とサイズのバランス	168
<u>34</u>	学習の工夫1	172
<u>35</u>	学習の工夫2	176
<u>36</u>	ディープラーニングの説明可能性	180
<u>37</u>	画像認識の評価指標	184
<u>38</u>	精度の評価指標と汎化性能	188

6章

テーブルデータの
機械学習アルゴリズム

39	テーブルデータの前処理	194
40	教師あり学習1：線形回帰モデル	196
41	教師あり学習2：決定木	200
42	教師あり学習3：ランダムフォレスト	204
43	教師あり学習4：XGBoost	208
44	教師あり学習5：ロジスティック回帰モデル	212
45	教師あり学習6：ニューラルネットワーク	216
46	教師あり学習7：k-NN (k-Nearest Neighbor)	220
47	教師なし学習1 [クラスタリング]：k-means法	222
48	教師なし学習2 [クラスタリング]： 階層的クラスタリング	226
49	教師なし学習3 [クラスタリング]： スペクトラルクラスタリング	228
50	教師なし学習4 [次元削減]：PCA (主成分分析)	232
51	教師なし学習5 [次元削減]：UMAP	236

52	教師なし学習6 [次元削減]：行列分解	240
----	---------------------	-----

53	教師なし学習7 [次元削減]：オートエンコーダ	244
----	-------------------------	-----

おわりに	248
------	-----

索引	249
----	-----

著者紹介	254
------	-----

01 AIの定義

「AI」という言葉には幅広い概念が含まれており、決まった定義はありません。「大量のデータからパターンを見つけ出す技術」というイメージを押さえたうえで、幅広い分野にわたる技術であることを知っていきましょう。

専門家によって異なるAIの見解

「AI」とは「Artificial Intelligence」の略で、「人工知能」とも呼ばれます。AIという言葉には幅広い概念が含まれ、専門家の間でも定義が定まっていません。その理由の1つに、「知能とは何か」の明確な定義が難しいことが挙げられます。知能をどう捉えるかは専門家によって見解が異なり、1つの明確な定義を示すことは困難といえます。

実務や研究などのツールとしてAIを活用する際は、「**大量のデータから有益なパターンを見つけ出す技術**」と大まかに捉え、「どんなデータが使えるのか」「どんなパターンを見つけるAIが有益か」を考えていくのがよいでしょう。

専門家によるAIの定義の例

専門家	定義
中島秀之（公立はこだて未来大学） 武田英明（国立情報学研究所）	人工的につくられた知能をもつ実態。あるいは、それをつくろうとすることで知能全体を研究する分野
西田豊明（京都大学）	「知能をもつメカ」ないしは「心をもつメカ」
溝口理一郎（北陸先端科学大学院）	人工的につくった知的な振る舞いをするためのもの（システム）
長尾 真（京都大学）	人の頭脳活動を極限までシミュレートするシステム
堀 浩一（東京大学）	人工的に作る新しい知能の世界
浅田 稔（大阪大学）	知能の定義が明確でないので、人工知能を明確に定義できない
松原 仁（公立はこだて未来大学）	究極には人と区別がつかない人工的な知能のこと
池上高志（東京大学）	自然に我々がペットや人に接触するような、情動と冗談に満ちた相互作用を、物理法則に関係なく、あるいは逆らって、人工的に作り出せるシステム

出典：松尾 豊『人工知能は人間を超えるか』（KADOKAWA）より一部抜粋

AIが用いられる分野

AIは**幅広い分野で活用**されています。前述したように、AIは大量のデータから有益なパターンを見つけ出す技術なので、アイデア次第で産業や分野を問わず活用する方法が考えられます。

まずは技術要素ごとに主な活用例を見てみましょう。このほかにも、さまざまな分野でAIは活用されています。また産業別の活用例では、身近な分野から意外な分野まで、多くの産業で使われていることがわかります。

技術要素と産業別の活用例

	画像解析	異常検知	需要予測	自然言語／音声解析	その他
製造	商品の不良品判定	機械の故障検知 スタッフの安全管理	出荷量予測	チャットボット 部門振り分け	成分配合率の計算
流通	商品の破損検知		受注量予測 ダイナミックプライシング		配送経路の自動化
不動産	外壁の劣化診断 物件の写真分類	設備の異常検知	価格予測		賃貸仲介マッチング
金融	カードの不正検知 帳票の読み取り	クレカの不正検知	為替予測		ローン審査
農業	病気・害虫検査 食物の品質検査	食物の生育不良検知 病害感染リスク	収穫量予測		
公共・インフラ	土木施設の劣化診断 犯罪者の割り出し	設備の老朽化検知	道路の交通量予測 鉄道の混雑予測	議事録作成 保育園入園の判断	犯罪予測 人口予測

まとめ

- AIはArtificial Intelligenceの略で、人工知能とも呼ばれる
- AIには決まった定義はなく、専門家の間でも見解が分かれる
- AIの活用は「大量のデータからどんなパターンを見つけると有益か」という視点で考えるとよい

07

機械学習と統計学

本節では、「機械学習」と「統計学」という2つの関連の深い分野を比較し、考え方や用途の違いについて解説していきます。また、機械学習の結果をレポートなどで表示するときに必要な「データ可視化」についても触れます。

○ 機械学習と統計学の違い

「機械学習」と「統計学」の違いを一言でいうと、機械学習は**データの予測や分類などの精度の向上**に、統計学は**データの解釈**に重きを置いています。

機械学習は基本的に、データの予測や分類などの精度が向上すればするほどよいといえます。そのため、機械学習のモデルの中身がわからなくても、精度が高ければそれほど問題にならない場合が多いです。ただし、最近はXAI (P.181 参照) の研究が盛んで、AIの判断を可視化する研究も行われています。

一方、統計学はデータの解釈が目的なので、解釈できないような複雑なモデルを使うことは好まれません。また、「解釈できる」といっても、**相関関係はわかりますが、正確な因果関係まではわからない**場合がほとんどです。

● 機械学習

AI自身が過去のデータからパターンを見つけ出し、新しいデータが入力されたときの出力を予測して、分類や識別を最適に行うことが目的です。

● 統計学

データの特徴や傾向などに応じて、人間が理解しやすいようにデータを解釈し、**人間の判断や意思決定などに役立つ情報**を提供します。統計学には大きく分けて「記述統計」と「推測統計」の2種類があります。

・ 記述統計

収集したデータの特徴や傾向、性質などを、平均や分散などの統計量を用いて説明するものです。

・ 推測統計

「標本」や「サンプル」と呼ばれるデータから、標本を含むデータ全体である「母

集団」の特徴や傾向、性質を説明するものです。

データから特徴を取り出す方法は主に、グラフ化して総合的に捉える方法と、「代表値」や「分布」などにより数量で要約する方法の2パターンがあります。グラフ化する方法は、レポートの作成や報告などのコミュニケーションの際に用いられ、数量で要約する方法は、客観性や厳密性などを重視して結論を導く際に用いられます。

○ データ可視化のメリット

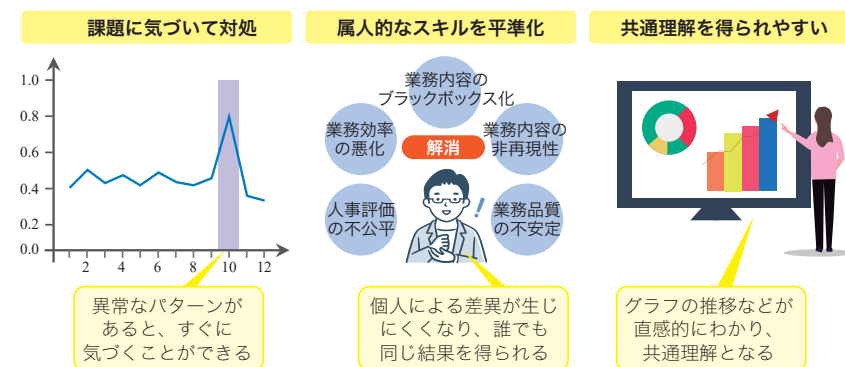
「データ可視化」とは、**数値データなどをひと目見てわかる形式に加工し**、理解を助けることです。収集したデータから得られた結果を適切に伝えられなければ、データを分析する意味がありません。そこでグラフやチャートなどを使ってわかりやすく表示し、データの傾向などを理解しやすくします。

データ可視化の主なメリットとしては、次のことが挙げられます。

● 課題に気づいて対処できる

たとえば、**CRM (Customer Relationship Management) システムで営業プロセスを可視化**すれば、メールを出し忘れていた顧客に気づいて対処できます。また、ユーザーの行動パターンを収集していれば、普段と異なる状況が発生したときに対処できます。クレジットカードの不正利用検知などが典型例です。

■ データ可視化のメリット



●属人的なスキルを平準化できる

たとえば、熟練の修理工の視線をデータとして可視化することで、新人でも検査が可能になります。このようにデータを可視化することで、スキルの属人化を解消できます。

●誰もが理解できて共通理解を得られやすい

単なる数値データの羅列では、理解できない人が出てきたり、異なる観点で解釈したりすることがあります。グラフなどでデータ可視化がされていれば、**誰もが直感的にわかり、共通理解を得やすくなります。**

○ データ可視化の手法

データ可視化では、基本的に**グラフを使って表示**します。ここでは、データ可視化で押さえておくべき主なグラフの種類と特徴を挙げます。

●棒グラフ

同じ尺度のデータを複数並べて比較したい場合に適しています。棒グラフであれば、「どの項目がどれだけ大きいか」「どの項目が同じくらいか」などがひと目でわかります。店舗別の売上の比較などに利用されます。

●折れ線グラフ

データの時系列の推移を把握したい場合に適しています。売上や人口などの推移で利用されます。棒グラフとセットにして、売上の量と時系列の変化などを表したいときに活用できます。

●円グラフ

円を全体として、それに含まれる**各項目の構成比を把握**したい場合に適しています。円を区切ってできた扇形の面積によって各項目の大小がわかります。

●積み上げグラフ

円グラフと同様、**各項目の変化と構成比を把握**したい場合に適しています。複数の項目を円グラフより比較しやすいという特徴があります。円グラフと棒グラフ、折れ線グラフを1つにまとめたいときにも利用できます。

●レーダーチャート

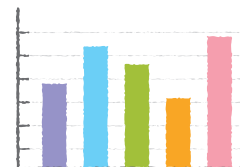
3種類以上の項目の大小でデータの特性を把握したい場合に適しています。人材の適性検査や、製品の品質評価などに利用されています。

●ヒートマップ

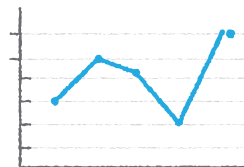
数値の大小やデータの強弱を色の濃淡で表した表です。実際の地図などを利用する場合があります。気温や雨量などを表現する際に利用されています。

■ データ可視化に用いられる主なグラフの種類

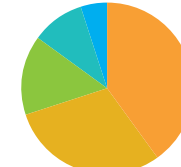
棒グラフ



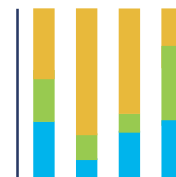
折れ線グラフ



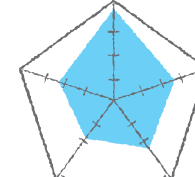
円グラフ



積み上げグラフ



レーダーチャート



ヒートマップ

	A	B	C
種別1	15%	22%	42%
種別2	40%	36%	20%
種別3	35%	17%	34%

まとめ

- ▶ 機械学習はデータの予測、統計学はデータの解釈が目的
- ▶ データを可視化すると異常に気づきやすくなり、スキルが平準化され、共通理解を得られやすいといったメリットがある
- ▶ データ可視化の手法としてグラフを活用するケースが多い

16

自然言語処理（NLP）とは

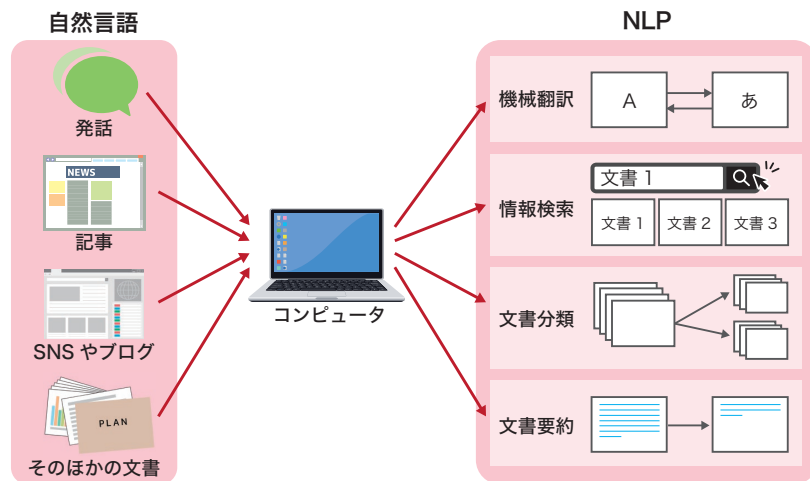
「自然言語処理（NLP）」は、私たちの身近な生活で活用されている技術です。ただし、現時点ではまだ万能とはいえません。まずはイメージをつかむため、NLPがどのような場面で活用されている技術なのかを見てみましょう。

○ 日常で使う言語を処理する NLP

「**自然言語（Natural Language）**」とは、話し言葉や書き言葉など、私たちが日常的に話したり書いたりする言語の総称です。それに対して、CやPython、Javaなどのプログラミング言語のような、コンピュータに指令を出す言語を「人工言語（Artificial Language）」といいます。

自然言語をコンピュータに処理させる技術や、処理できるようにするための研究分野を「**自然言語処理（Natural Language Processing：NLP）**」といいます。その歴史は古く、1940年代半ばのコンピュータ誕生とほぼ同時期に、コンピュータを使った自動翻訳（機械翻訳）（P.76 参照）が考えられたといわれてい

■ 自然言語を処理する NLP

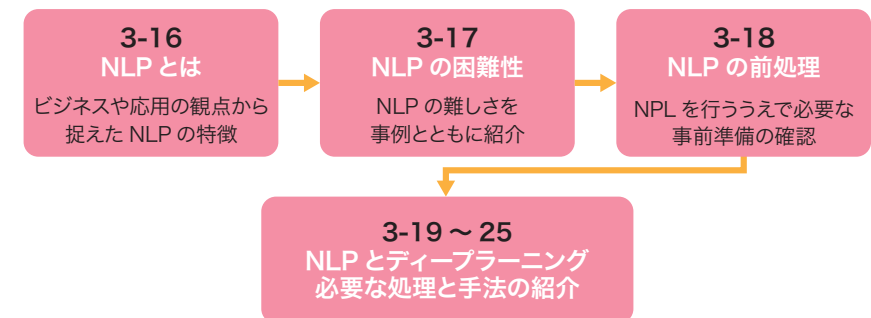


ます。NLPは、私たちが**普段話したり書いたりしていることをコンピュータに処理させる技術**です。

ここでは、NLPの具体的な事例を交えながら、現在あるさまざまな技術や手法について解説していきます。それにより、「NLPを実現する技術や手法にどんなものがあるのか」「NLPが現時点でどこまでできるようになっているのか」をつかめるようにします。たとえば、「何となくNLPでうまく課題が解決するのでは？」という抽象的なイメージではなく、「課題の解決には〇〇〇を準備する必要がある、それが準備できればNLPの□□□という手法で解決できるかもしれない」などと具体的にイメージできるようになることが目標です。

なお、ここでは、**複数の文のまとまりを「文章」、文や文章のつながり方を「文脈」**と呼び、使い分けていきます。

■ 第3章の流れ



○ 市場の伸びが期待される NLP

NLPをビジネスの観点から概観してみましょう。調査会社のMordor Intelligenceによる2021年1月の調査レポートでは、世界のNLP市場は**2020年の約107億米ドル（約1兆2,300億円）から2026年の約485億米ドル（約5兆5,700億円）**へと、市場規模が**約3.2倍**に伸びるといわれています。具体的には、医療やマーケティング、法務、知的財産など、さまざまな分野での用途が想定されています。市場が伸びる主な要因として、次のことが挙げられます。

- ・ 変化の著しい社会環境において、すばやく正確な状況把握がしたい
- ・ 人材不足により、できるだけ多くの業務をコンピュータに移行したい

25

クリエイティブに進出するAI

絵画や音楽、文芸など、人間のクリエイティビティが必要とされる領域は、AIには向かないとされてきました。しかし近年、生成モデルという技術を利用することで、AIが絵を描き、曲をつくり、文章を書き始めています。

○ 絵画を生成するAI

AIは絵画の領域に進出し始めています。AIは、文章からイラストを生成するほかに、カメラで撮影した画像を、葛飾北斎の浮世絵の画風に変換できます。

AIはどのようにして画風を変換するのでしょうか。まず、北斎の浮世絵を収集し、特徴となる「北斎の特徴量」をAIに学習させます。「北斎ブルー」といわれる独特の青色や、大きな白い水しぶきなどが北斎の特徴量になるでしょう。次に、**北斎の浮世絵とデジタル画像との対応関係**をAIに学習させます。学習済みの特徴量とこの対応関係を使って、AIはデジタル画像から北斎の浮世絵の画風に変換した画像を生成できるようになります。Prisma Labsのアプリなどを使うと、たとえば海辺の風景画像を北斎の浮世絵の画風に変換できます。

■ 北斎の浮世絵「神奈川沖浪裏」、海辺の風景画像と北斎の浮世絵の画風に変換した画像

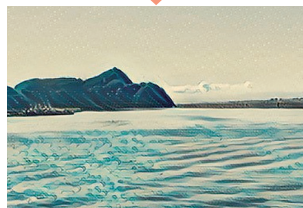


北斎の浮世絵

出典：『葛飾北斎「富嶽三十六景」解説付き』（<https://fugaku36.net/free/kanagawaoki>）Webページより



筆者が撮影した和歌山県辰が浜の画像



北斎の浮世絵の画風に変換した画像

○ 音楽を生成するAI

AIは音楽の領域にも進出し始めています。ソニーは2016年、AIアシスト楽曲制作ツール「Flow Machines」を開発しました。**1万曲以上をそのツールに聴かせて音楽のスタイルを学習**させているので、それらのスタイルを組み合わせることで、独自の作曲が可能とのことです。ソニーのツールが楽曲を生成し、作曲家が曲のアレンジと作詞を担当した作品はYouTubeで視聴できます。また、Googleは同年、Pythonを用いて音楽を生成するAI開発パッケージ「Magenta」をリリースし、バッハ風などの旋律を手軽に開発できる環境を提供しています。

○ 文章を生成するAI

文章執筆という領域にもAIが進出し始めています。テスラのCEOであるイーロン・マスク氏などが参画するOpenAIは2020年、**GPT-3 (P.122参照) という自然言語処理のAI**を発表しました。このAIは、インターネット上の掲示板で人間になりすまし、1週間投稿していましたが、誰もこれをAIの投稿と見破ることができませんでした。またゲームクリエイターのSta氏は、GPT-3に匹敵するMesh-Transformer-JAXというAIモデルに文庫174万冊を学習させ、2021年に自動文章生成ツール「AIのべりすと」を公開しました。これに5～6行程度の文章を入力すると、「AIのべりすと」はその続きの文章を生成します。

AIは単純作業に有効なことは知られていましたが、クリエイティビティが必要な領域にも進出を始めています。これらの領域で使われるAI技術の代表が「**生成モデル**」です。生成モデルとは、**実際のデータ（実データ）から特徴量を学習し、実データと似たような新しいデータを生成**するAIモデルです。



まとめ

- 絵画や楽曲、文章などの領域にもAIが進出し始めている
- クリエイティビティが必要な領域には、生成モデルが使われる

30

画像認識のタスク

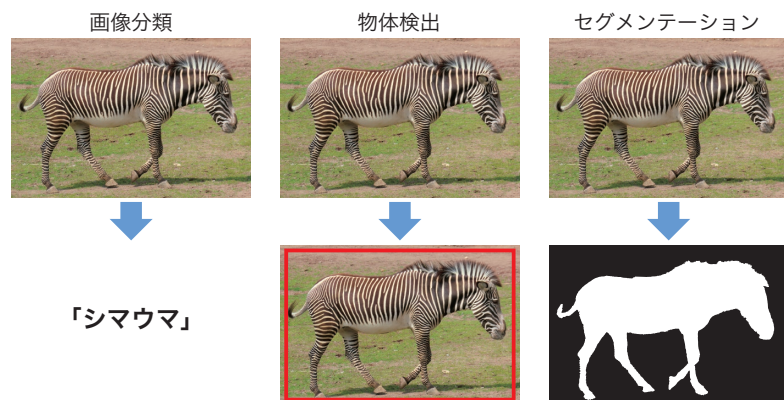
画像認識の技術により、さまざまなことができるようになりました。画像認識の主なタスクは、画像分類、物体検出、セグメンテーションです。本節では、例を挙げながら紹介します。

○ 画像認識の主要な3つのタスク

画像認識とは、「画像に何が写っているか」など、**画像の情報をコンピュータによる計算で抽出する技術**のことです。画像には、人間や動物、風景などの情報が含まれています。人間が画像を見れば、その画像に動物が写っているか、車は何台写っているかなどがすぐに判別できるでしょう。しかし、コンピュータは通常、数字の羅列でしか情報を処理できません。コンピュータを使って（人間の判別がなく）自動で画像の情報を抽出するためには、特別な計算が必要になります。

画像認識には、目的や画像の性質などに応じたさまざまなタスクがあります。ここでは、画像分類、物体検出、セグメンテーションのタスクを説明します。

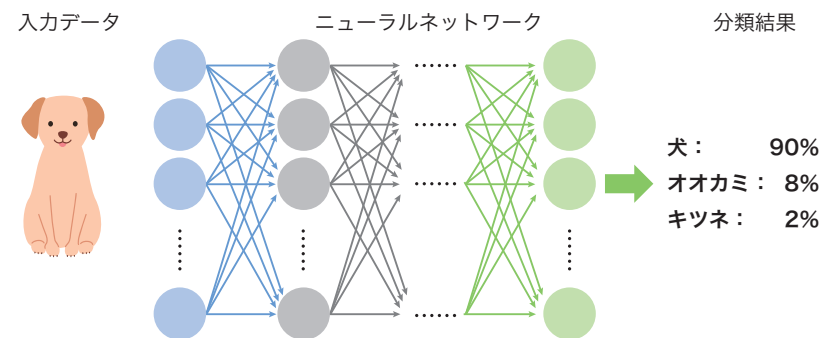
■ 画像分類、物体検出、セグメンテーションの3つのタスク



○ 画像をクラスに分類する画像分類

画像分類とは、**画像がどのクラス（犬、オオカミ、キツネなど）に属するかを分類する技術**のことです。たとえば、ある画像を見て、犬とオオカミのどちらが写っているかを分類します。下図では、ニューラルネットワークに犬の画像を入力し、90%の確率で犬、8%の確率でオオカミ、2%の確率でキツネという分類結果が出力されています。

■ 入力データを分類する画像分類のイメージ



ディープラーニング(深層学習)で画像分類をできるようにするためには、「この画像はクラスA(犬)」「この画像はクラスB(オオカミ)」ということをあらかじめ教える必要があります。たとえば、犬を見たことがなければ、どこを見て犬と推論してよいかわかりません。そのため、あらかじめ分類したい画像をたくさん集め、クラスごとに分類し、そうして準備された訓練データ(教師データ)を使って、コンピュータに**どの特徴を見て分類すべきかを学習**させます。

○ 画像に写っている物体を検出する物体検出

物体検出とは、画像に写っている**特定のクラス（人間、動物、自動車など）の物体を検出する技術**のことです。一般的には、四角形（**バウンディングボックス**）で物体を囲んで位置を特定します。身近な例としては、スマートフォンのカメラが人間の顔を認識して表示する四角形も物体検出の1つです。物体検出はほかに、製造、建設、医療などの幅広い分野で活用されています。

39

テーブルデータの前処理

機械学習はすべて、数値を用いて計算を行っています。そのため、文字列などの数値以外のデータや、データの欠損などがあると計算ができません。本節では、このような値に対して、一般的によく用いられる数値化の手法を解説します。

○ カテゴリカルな値の前処理

たとえば、不動産価格を予測するアルゴリズムを考える際、東西南北のような方角を表す値が含まれていることがあります。このような、**大小関係がなく、カテゴリを表す値は数値に変換**しなければなりません。数値に変換する際には、「**ダミー変数化**」と「**ラベルエンコーディング**」という手法がよく用いられます。

● ダミー変数化

カテゴリカルな値を0か1の値に変換する手法です。東西南北の場合は、新しく「東」「西」「南」「北」の4列をつくります。そして、それぞれの列に対応する値がある場合は1、そうでない場合は0を代入します。

● ラベルエンコーディング

カテゴリカルな値に対して任意の整数値を割り当てる手法です。方角でたとえば、東なら0、西なら1、南なら2、北なら3などを割り当てます。

■ ダミー変数化とラベルエンコーディングの例

ダミー変数化					ラベルエンコーディング	
方角	東	西	南	北	方角	方角
東	1	0	0	0	東	0
西	0	1	0	0	西	1
北	0	0	0	1	北	3
東	1	0	0	0	東	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
南	0	0	1	0	南	2

○ 欠損値の前処理

テーブルデータでは、アンケートの未記入などにより、データが欠損することがあります。対処法は主に2つあり、欠損値を含むデータを使わないこと、何らかの値で欠損値を補完することです。ここでは2つの補完法を紹介します。

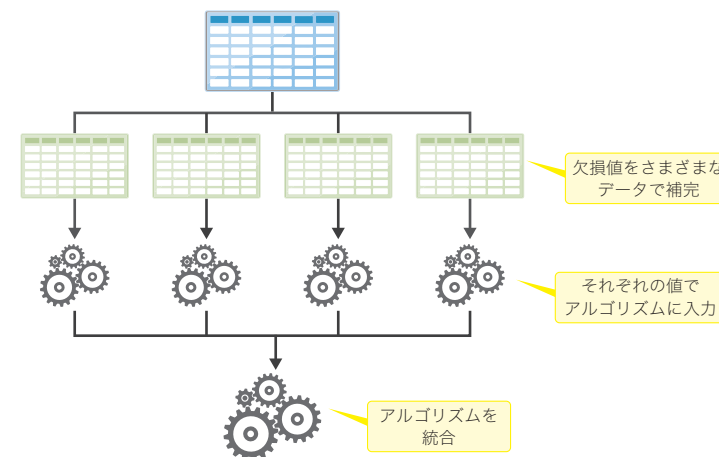
● 単一代入法

平均値や中央値、最頻値などの値を代入する方法です。たとえば、年齢の項目に欠損があり、平均値で補完する場合は、欠損していない年齢の平均値を用います。欠損していない値から欠損値を予測する方法も考案されています。

● 多重代入法

複数パターンの単一代入法で**欠損値を補完したデータを、パターン別にアルゴリズムに学習させ、統合**する方法です。最も単純な多重代入法は、乱数を用いて複数パターンの単一代入法を行い、統合する方法です。

■ 多重代入法のイメージ



まとめ

- ダミー変数化やラベルエンコーディングなどによって数値化
- テーブルデータの欠損値は補完する