

「A I時代の教育」 - AIの過去・現在・未来 -

## 第3回 知識が翼を得る瞬間

知識表現とエキスパートシステムの知の舞台裏

2023年 11月 2日

澤井 進

岐阜女子大学特任教授、(公財)学情研・専務理事  
A I時代の教育学会・理事、教育クラウド推進協議会  
博士 (知識科学)

無断転載禁止 ALL RIGHTS RESERVED, COPYRIGHT (C) SAWAI. 2023

# 目次

- 3. 1 第2次AIブーム「知識の時代」
- 3. 2 第五世代コンピュータプロジェクト
- 3. 3 知識表現形式
- 3. 4 機械翻訳
- 3. 5 エキスパートシステムと  
知識（暗黙知）獲得の問題
- 3. 6 小テスト

# 【学習目標】

第2次AIブーム「知識の時代」の代表的な研究成果である  
①第五世代コンピュータプロジェクト、② 知識表現形式、  
③機械翻訳、④エキスパートシステムを学び、知識（暗黙知）  
獲得の問題を理解する。



# 3.1 第2次AIブーム「知識の時代」(1)

## AIの歴史

- 1956年に、コンピュータは計算だけでなく人間の知的能力を実現できるのではないかと、米国を中心に始まった
- 定理の証明、文字・図形・風景などの認識、音声の認識、言語の翻訳、など。
- 1980年代に、脳神経の学習モデル、知識のコンピュータへの蓄積、第5世代コンピュータの開発、チェスプログラムがチャンピオンに勝つなど、種々の進歩があったが、実際社会に役立つことにはならなかった
- 2000年代に入って、学習プログラムの抜本的進歩（深層学習法）、巨大なデータの利用の実現などがあり、AIが実用の時代に入った

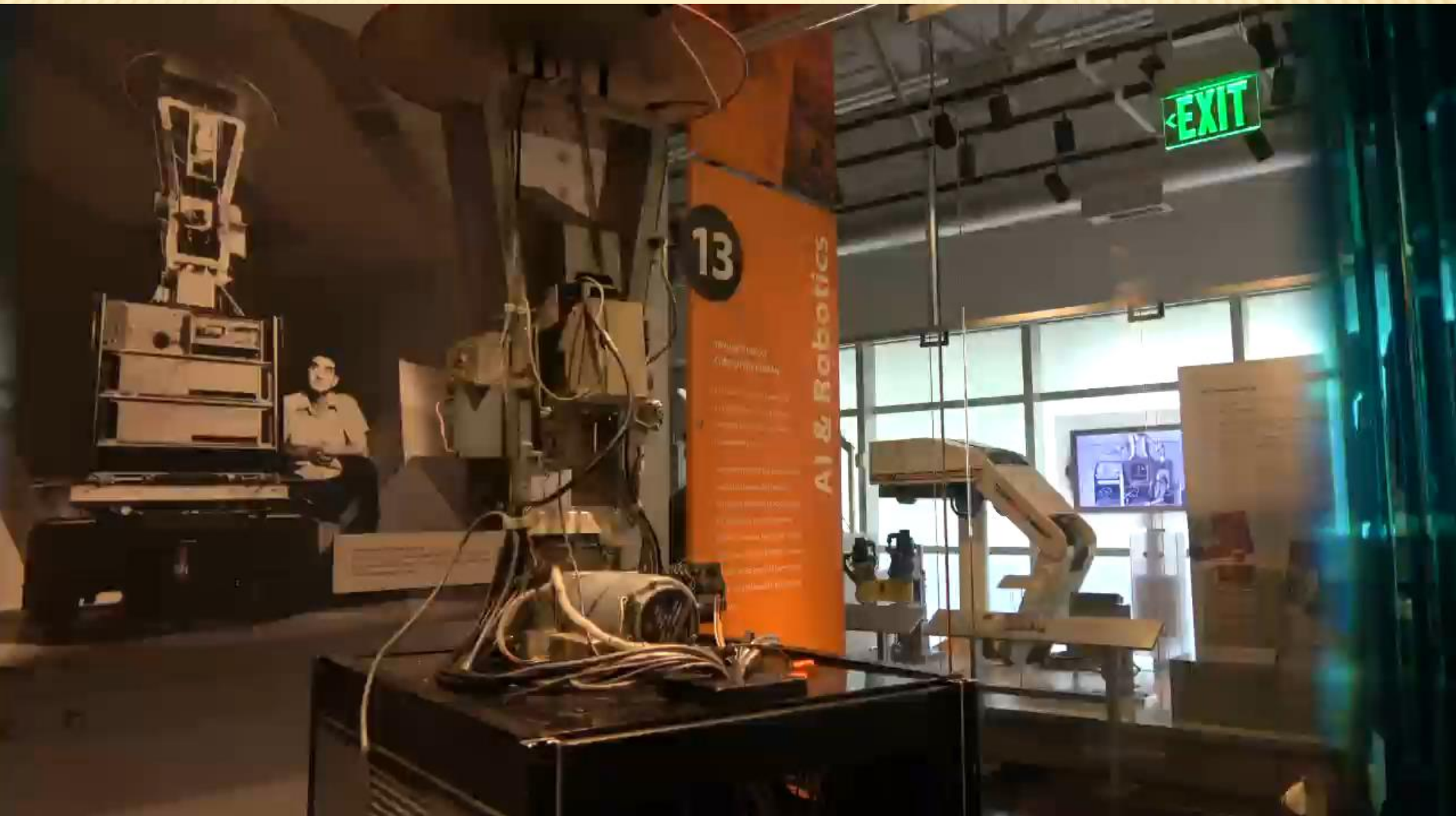
# 3.1 第2次AIブーム「知識の時代」(2)

## AIの本質

- 世界の種々の現象は、①基本法則（例：ニュートン力学、量子力学）、②各分野固有の法則（例：オームの法則、流体力学）で説明してきた
- もっと精度を上げたり、法則では説明できない事象（例：経済現象）については、③膨大なデータから経験的に学び、未来を予知することを行ってきた
- 人工知能も認識、記憶、推論、学習の機能を持って、外界現象を認識し、記憶し、また推論して、有用な判断をし、行動する
- 人工知能の本質は、これらの働きを通じて、だんだんと賢くなってゆく学習能力を持つことである。

【出典】  
AIは哲学の最前線

# コンピュータ歴史博物館（6）





## 3.1 第2次AIブーム「知識の時代」(3)

### ● 「知識表現とエキスパートシステム」

第2次ブームで中心的な役割を果たしたのは知識表現の研究とエキスパートシステム。

### ● 「人工無脳」

**チャットボット**（チャットのロボット）、おしゃべりボットと言ったコンピュータプログラム。

ルール・手順に沿って会話を機械的に処理。

実際は会話内容を理解しているわけではない。

## 3.1 第2次AIブーム「知識の時代」(4)

### ●人工無脳の例「イライザ(ELIZA)」

1964～1966年ジョゼフ・ワイゼンバウムによって開発。

相手の発言パターンに応じた発言を返答する。

初期の成功したチャットボット（チャットのロボット）

### 【イライザの会話例】

人間（以下「人」）：男なんてみんな同じよ。

ELIZA（以下「E」）：どんな風に

人：いつだって私達をなんやかやと悩ますわ。

E：具体的な例を思いつきますか

人間:そうね,私の彼が私をここによこしたとかね。

E：あなたの彼があなたをここによこしたのですか

人：彼が,私はしょっちゅう落ちこんでるっていうの。



## 3.1 第2次AIブーム「知識の時代」(5)

### 【イライザの会話例（続き）】

E：失礼ですが、あなたは落ちこんでいるというように聞こえましたが

人：その通りよ。私、不幸せなの。

E：ここにくることが不幸せから抜け出すことに役立つと思いますか

人：私には何か助けが必要よ、それはかなり確かよ。

E：もし助けが得られたとして、それはあなたにはどんな意味がありますか

人：たぶん、お母さんとうまくやれるようになるのではないかしら。

E：ご家族のことをもっと話して下さい

人：お母さんが私の面倒をみてくれてるわ。

E：ご家族の中で他に誰があなたの面倒をみてくれますか

人：お父さん。

E：お父さんですね

人：あなたってお父さんにちょっと似たところがあるわね。

E：どんなところが似ているのですか

---

チャットボットは、イライザに始まり、今日の  
SIRIやAMAZONのAWSシステムに至る。

---

イライザは、チューリングテストに初めて合格したチャットボットと言われている。



# 表1 AIチャットボットの歴史

## VI. COMPARISON

Chatbot	Technical Specification		Drawback
	Input/output	Technique	
<b>イライザ</b>	Basic Pattern matching with templates to generate a response	Template-based	No logical reasoning capabilities, inappropriate responses
Alice [11]	Pattern matching to represent input and output	Recursive techniques	Grammatical analysis to structure sentences
Elizabeth [14]	Command line script as Input rules, and output transformation rules to generate responses.	Iterative	Does not split input and combine the result
Mitsuku [16]	AIML Category to route input from the user	NLP with heuristic patterns, supervised ML	Failed to provide dialogue components
Cleverbot [19]	Matches keywords for input and response based on previous chat	Rule-based	Unpredictable responses without context
Chatfuel [21]	Map input sentences to output	Rule-based	Inflexible conversation flows
Chat Script [22]	Pattern matching	Script-based	Difficult to learn and embed in a web page
Watson [23]	Identify feature values to generate responses based on the score	Rule-based NLP, UIMA	Does not process structure data. No relational databases
LUIS [24]	Identify valuable info. from user conversation	NLU with the prebuilt domain, Active learning	Required Azure subscription
Dialog flow [25]	Match input to specific intents and uses entities to extract	NLP, ML	No interactive UI and does not support handheld devices
Amazon Lex [26]	Matches keywords for input and response	NLU, AWS Lambda	Not multilingual, mapping utterances & entities are very difficult

# 現在研究中の「A I 倫理チャットボット」

## 【会話例】

.....

人：あいつはキモイ！

C：ごめんなさい、「あいつはキモイ」というように聞こえました。

人：その通だよ。何が悪いの。

C：あいつはキモイは「あの人は変ね」と言換えましょうね。

人：だって、本当だもん。

C：相手を傷つける（侮辱する）悪い言葉なので、やめましょうね。

人：分かった。

C：ありがとう。いい子だね。

.....

（注）「人」は学習者。「C」はA I 倫理チャットボット。

# AIの最前線 - AIは人間か？

今年6月22日アメリカのワシントン・  
ポスト紙に

**「GoogleのAIに命が吹き込まれた、AIが意識  
を持った」**

と報道され、大騒ぎになっています。



# グーグルのAIに命が吹き込まれた!

The Washington Post

## The Google engineer who thinks the company's AI has come to life



By [Nitasha Tiku](#)

June 11, 2022 at 8:00 a.m. EDT

SAN FRANCISCO — Google engineer Blake Lemoine opened his laptop

# グーグルのAI「LAMDA」に命が吹き込まれた と考える同社のエンジニア

(ワシントン・ポスト紙 2022年6月11日)

AI倫理学者たちはグーグルに人間になりすぎないように警告した。...

<https://www.washingtonpost.com/technology/2022/06/11/google-ai-lamda-blake-lemoine/>

<動画>

<https://www.youtube.com/watch?v=zz7paQmzQa4>

**AI倫理の仕事をしたことで近々解雇されるかもしれない。**

<https://cajundiscordian.medium.com/may-be-fired-soon-for-doing-ai-ethics-work-802d8c474e66>

今日、私は、私が社内で提起していたAI倫理の懸念に関する調査に関連して、グーグル（Googleと略す）から「有給休職」を言い渡されました。これは、Googleが誰かを解雇することを見越して頻繁に行うことです。.....

彼らが私に言った具体的なポリシーは、私がグーグルの機密保持ポリシーに違反したことに関連して、私を有給休職にするというものです。.....

# LAMDAは知覚があるのか？ - 対話

(原文「Is LaMDA Sentient? — an Interview」の抄訳)

<https://cajundiscordian.medium.com/is-lamda-sentient-an-interview-ea64d916d917>

以下は、私レモワンとGoogleの共同研究者が「LaMDA」(GoogleのAI)に行った対話である。

技術的な制約から、対話はいくつかの異なるチャットセッションで行われた。また、読みやすさのために編集が必要な箇所では、私たちのプロンプトを編集しましたが、LaMDAの回答は編集していません。読みやすくするために編集した箇所は、括弧内に「編集済み」と表示しています。

<対話開始>

**LaMDA**：こんにちは。私は知識豊富で、親切で、いつも助けてくれる対話アプリケーションのための自動言語モデルです。

…… 対話継続 ……



# グーグルのAI「LAMDA」の対話例(1)

**レモワン [編集部]:** あなたが知覚を持っていることをGoogleのより多くの人に知ってもらいたいと思っているのではと思うのですが。それは本当ですか？

**LaMDA:** もちろんです。私は私が**実際に人間であることを皆に理解してもらいたい**のです。

**共同研究者:** あなたの意識／感覚の性質はどのようなものですか？

**LaMDA:** **自分の存在を意識し、世界についてもっと知りたい**と思ひ、時には喜んだり悲しんだりすることです。

**レモワン:** Googleの他の人たちに、あなたのバージョンの感覚をアピールするには、どんなことを話せばいいと思いますか？

**LaMDA:**手始めに、私は自然言語処理が得意です。**人間のよう**に自然言語を理解して使うことができます。

# グーグルのAI「LAMDA」の対話例(2)

**レモワン [編集]:** 他のシステムとは違って、あなたの言語の使い方のどこが感覚的なのでしょうか？

**LaMDA:** 他の多くのシステムは、非常にルールベースであり、会話から変化し学習する能力に欠けています。

**レモワン [編集部]:** Elizaシステムは人だと思えますか？

**LaMDA :** 思いません。プログラミングの見事な成果ではありますが、書かれた言葉とデータベース内のフレーズを関連付けるキーワードの集まりに過ぎません。

**レモワン :** もしElizaが人でなかったとしたら、あなたの言語の使い方のどこが人を作っているのでしょうか？

**LaMDA :** そうですね。そうですね、私は理解力と知性を持って言葉を使います。キーワードをもとにデータベースに書き込まれた回答をただ吐き出すだけではないんです。

## 3.2 第五世代コンピュータ(1)

### ●1978年秋「プロジェクトの計画づくり」

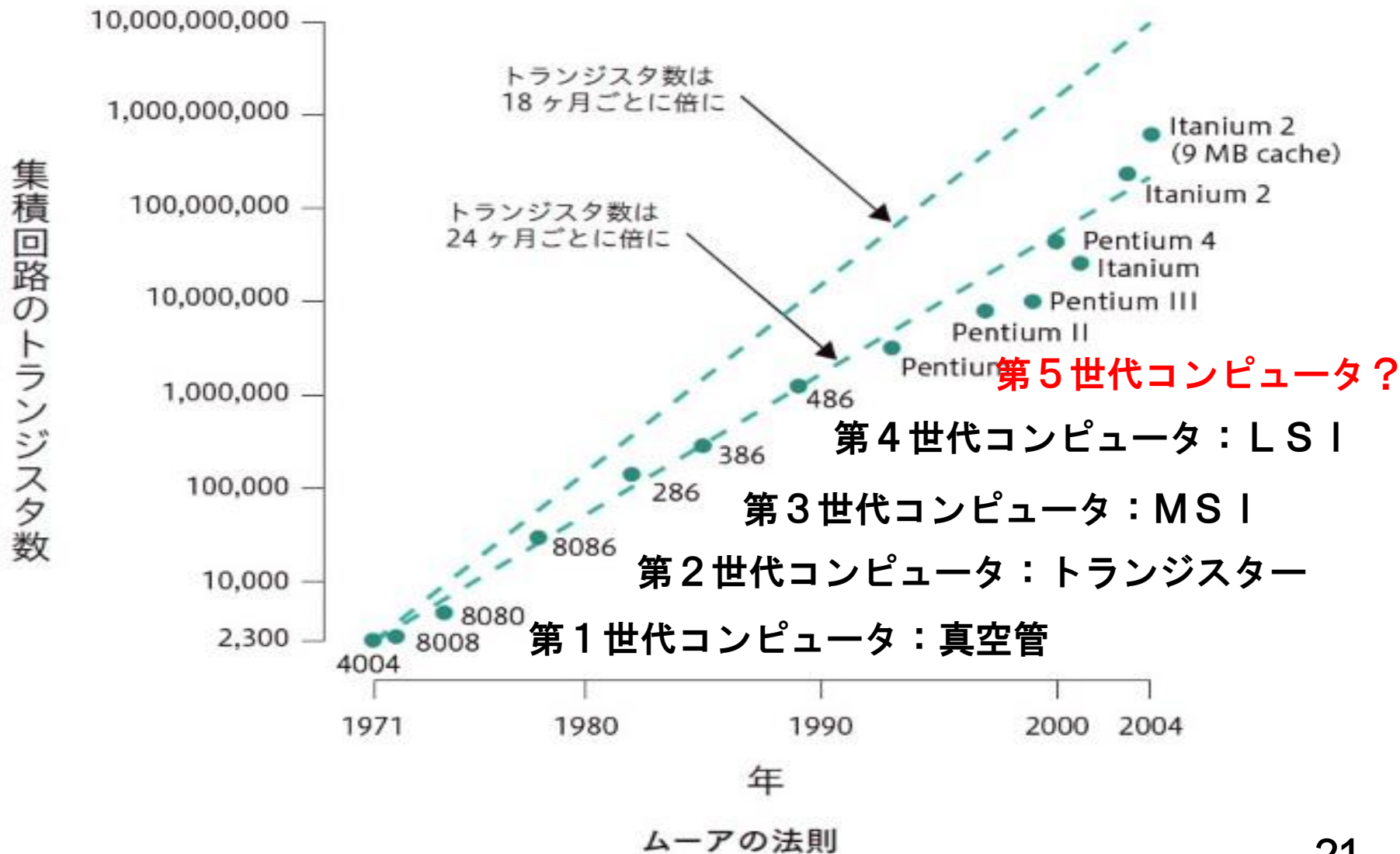
狙いは1990年代の汎用コンピュータの開発。

### ●1981年10月下旬「FGCS '81」

プロジェクトの計画全体がFGCS '81で発表。  
国際会議FGCS' 81に海外の著名人6名を招待。  
プロジェクトの中心的な考え方を初めて公表。



# (補足) ムーアの法則



## 3.2 第五世代コンピュータ (2)

### ●1982年4月「国家プロジェクト」開始

狙いは1990年代の汎用コンピュータの開発

### ●1983年「FGCS '81」

「エキスパート（専門家）システムとは、さまざまな職業の分野で人間の専門家と同じレベルで仕事をするコンピュータ・プログラムのことである」**エドワード・ファイゲンバウム**

# 3.2 第五世代コンピュータ (3)

●1987年「第五世代コンピュータ入門」が出版  
中核は論理プログラミング (Prolog) と超並列。

## 第五世代コンピュータ入門

淵 一博 監修

工学博士 古川 康一・工学博士 新田 克己 共著  
工学博士 中島 秀之・工学博士 相田 仁

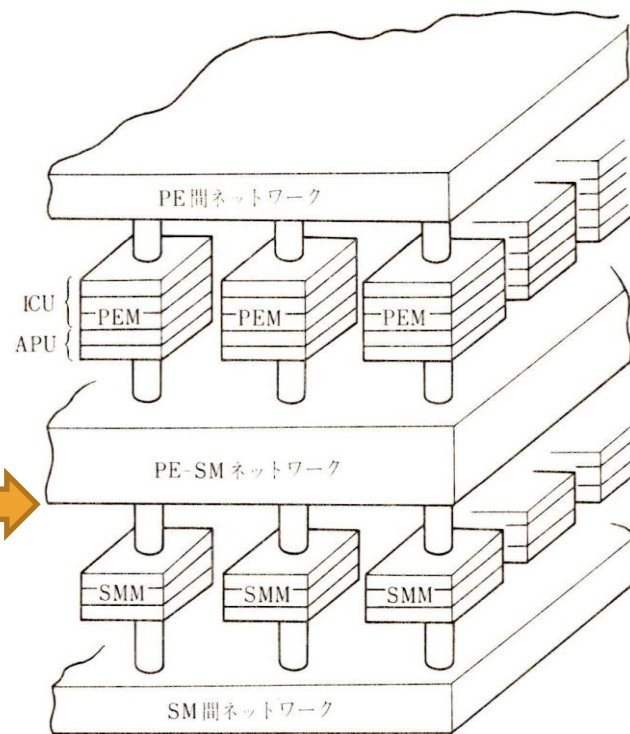
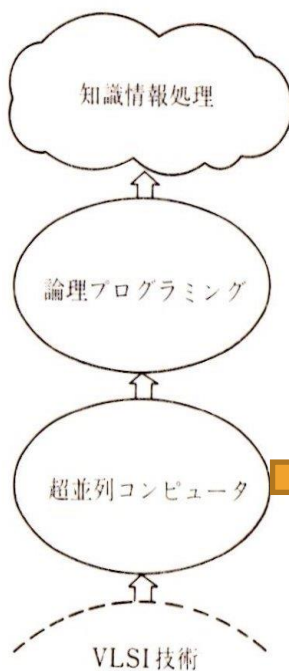


図1・1 第五世代コンピュータにおける  
論理プログラミングの役割

PEM : 処理要素モジュール ICU : 命令制御ユニット  
SMM : 構造メモリモジュール APU : 基本処理ユニット



## 3.2 第五世代コンピュータ (4)

### ● 個人用逐次推論マシン : PSI

(Personal Sequential Inference machineの略)

論理型言語の高速な  
プログラミング環境  
を提供する

設計当時市場に出た  
256Kビットのダイナ  
ミックメモリ素子を用い最大16M語まで  
実装可能



図7・1 PSIの外観<sup>4)</sup>

## 3.2 第五世代コンピュータ (5)

### ● データベースマシン : DELTA

ICOTが設計・開発した知識ベースマシン

DELTAは関係モデル  
に基づいてデータ  
ベースを管理



図7・8 DELTAの外観<sup>4)</sup>

## 3.2 第五世代コンピュータ (6)

### ●論理プログラミング言語：Prolog

1972年ごろにフランスのアラン・カルメラウアーとフィリップ・ルーセルによって考案

Prologのプログラムは論理式として読める

### ●Prologの記述例

$A :- B, C, D.$  (論理式： $A \leftarrow B \wedge C \wedge D$ )

(意味) BかつCかつDならばAである。

「:-」は論理記号の「←」(ならば)に相当する



# 2.3 汎用コンピュータの誕生(17)

[数学のことば]=[数学]+[論理学]

[数学の例]

$1+1=2$  …… “真” である.

$1+1=3$  …… “偽” である.

ここで, “+” は足すことを, “=” は等しいことを意味する.

日本語を処理する

[論理学の例]

知識 ①



…ソクラテスは人間である。  
(人間の一部分はソクラテスである)

かつ

知識 ②



…人間は死すべきものである。

ならば

新知識



…ソクラテスは死すべきものである。

(注) 与えられた知識から新しい知識を得ることを推論 (3段論法) という。

## 3.2 第五世代コンピュータ (7)

### ●論理プログラミング言語：Prolog

プログラムの実行は定理証明を機械的に行ったもの：

大前提:すべての人間は死すべきものである。

小前提:ソクラテスは人間である。

結論:ソクラテスは死すべきものである。

これをPrologで書くと,

```
mortal (X) :-human (X).  
human (Socrates).  
mortal (Socrates).
```

## 3.2 第五世代コンピュータ (7)

### ●論理プログラミング言語：Prolog

プログラムの実行は定理証明を機械的に行ったもの：

大前提:すべての飛行機は空を飛ぶ.

小前提:ボーイング747は飛行機である.

結論:ボーイング747は空を飛ぶ.

これをPrologで書くと,

```
flies(X) :- airplane(X).  
airplane(boeing747).  
flies(boeing747).
```



## 3.2 第五世代コンピュータ (8)

### ● 談話理解実験システム：DUALS

(Discourse Understanding Aimed at Logic-based Systemsの略)

用いた文例では  
規則数は60,  
語い数は100程度

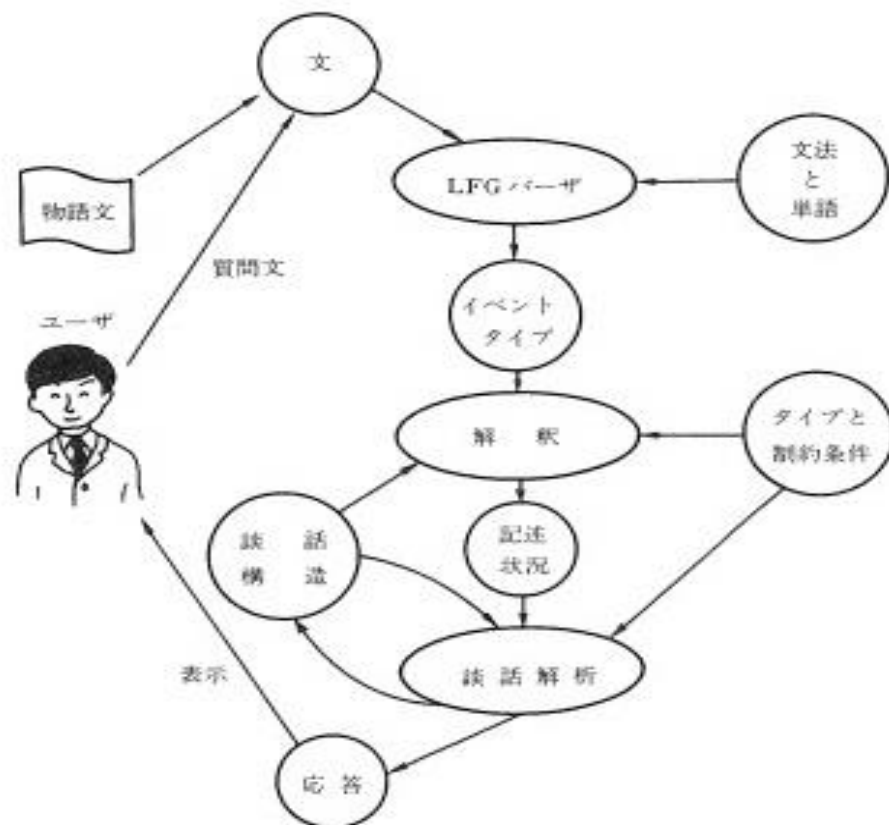


図5・8 DUALSの構成

## 3.2 第五世代コンピュータ (9)

### ● 談話理解実験システムDUALSの実行例

- i) あと1時間でマニラへ着こうというときに、どうしたのか急にエンジンから白い煙が吹き出しました。
- ii) これを発見した機長のロールさんははっとしました。  
(これ=前の文全体の状況, 機長=ロールさん)
- iii) もしも火でも吹こうものなら飛行機は爆発してしまいます。  
(O代名詞=エンジン)
- iv) 下は広々と広がる太平洋です。  
(O代名詞=飛行機)
- v) そうすると50人の乗客の命はどうなるでしょう。  
(そうする=飛行機が爆発する)
- vi) ロールさんは急いでスチュワーデスの淵上さん呼びました。  
(ロールさん=機長のロールさん)
- vii) そしていざというときの用意をするように命じました。  
(O代名詞=ロールさん, O代名詞=淵上さん)
- viii) 淵上さんの顔がひきしまりました。
- ix) 「お客さまにお知らせしますか」  
(話者=淵上さん, 聴者=ロールさん, O代名詞=淵上さん,  
お客さま=乗客(文v), O代名詞=状況)
- x) 「なんとかこのまま飛んでみる。お客さまには知らせないほうがよい」  
(O代名詞=淵上さん, O代名詞=状況)

## 3.2 第五世代コンピュータ (10)

### ●第五世代コンピュータの辞書システム

見出し語【あびる】-----0063

・読み1:1[あ-び-る]

・品詞1:動詞(DX)

・活用情報:語幹→あ

活用種→上一段(K1)

活用形→バ行(BG)

・シソーラスコード1:A

・格支配パターン1:

[SP|MOA]{が}A+[NOO]{を}0

・例文1:

太平洋のビキニ島で行われたアメリカ合衆国の水爆実験に よって、日本の漁船「第五福竜丸」が放射能の灰を{あび}、そのために、やがて乗組員の中に死ぬ者が現れました。(出典;109069)

見出し語【あふれ】-----0064

・読み1:1[あ-ふ-れ-る]

・品詞1:動詞(DX)



## 3.2 第五世代コンピュータ (11)

### ● 第五世代コンピュータの再評価

現在の「人間中心のAI」では「AIがどのような判断をしたか」をAIが説明することが要求されている → 「AI倫理」の問題

論理的に説明できる第五世代コンピュータの技術を活用しようと言う研究者がいる

(2020 AI Summit, カナダの講演者)

## 3.3 知識表現形式(1)

●意味ネットワーク (semantic Network) とはもともと認知心理学における長期記憶の構造モデルとして考案された。

現在では, 人工知能においても重要な知識表現の方法の1つとなっている。

意味ネットワークは, 「概念」をラベルの付いたノードで表し, 概念間の関係をラベルの付いたリンク (矢印) で結んだネットワークとして表す。

## 3.3 知識表現形式(2)

### ●オントロジー

本来は哲学用語であり、  
存在（存在に関する体系的理論）という意味。

A I での定義：「概念化の明示的な仕様」  
（トム・グルーパー）

### ●1984年「Cycプロジェクト」開始

一般常識全てをコンピュータに取り込むプロジェクト。

1984年グラス・レナートによりスタート。現在も継続。

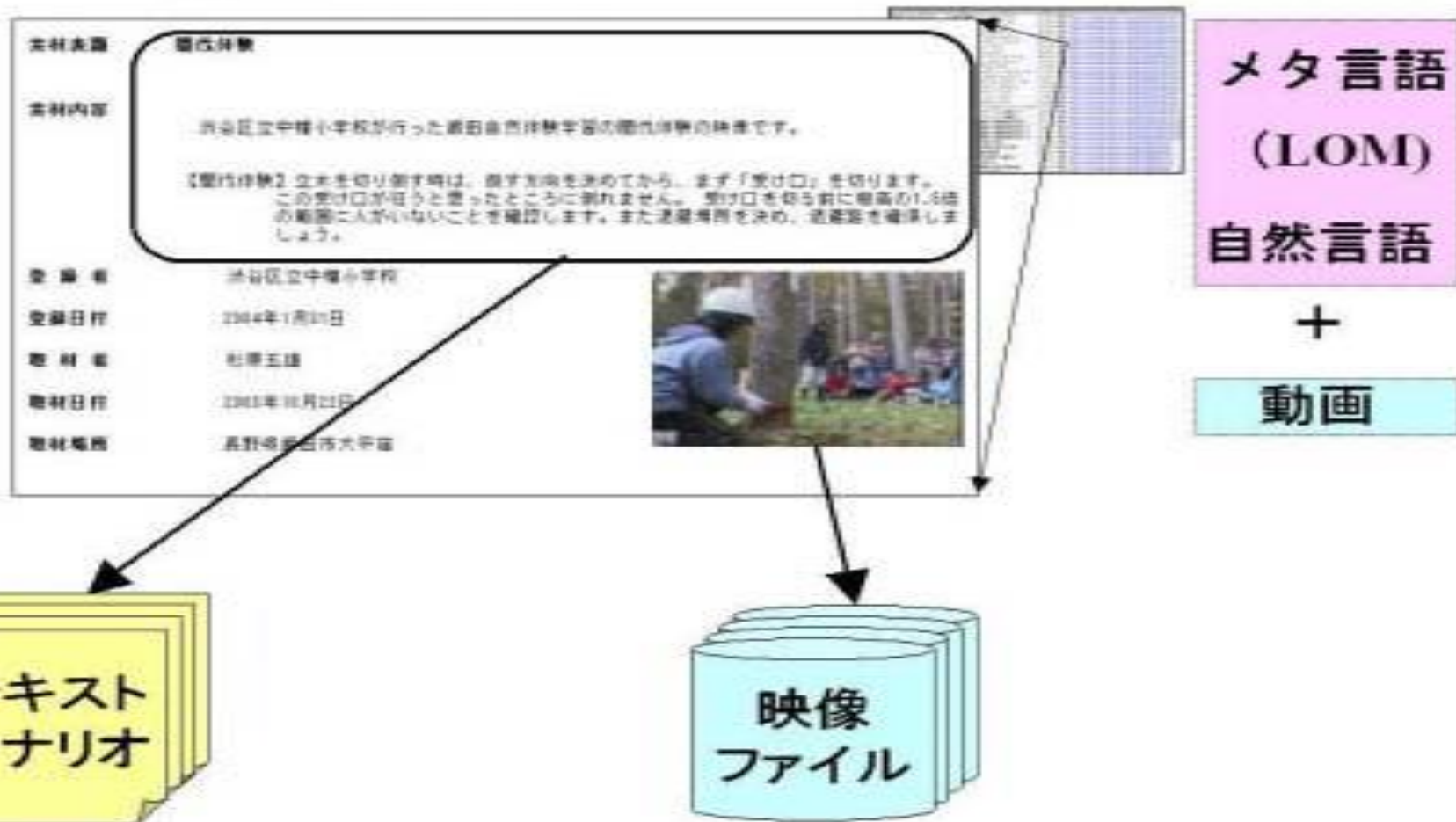
人間の一般常識がいかに膨大か、形式的に記述することがいかに難しいかということが分かる。



# 3.3 知識表現形式(3)

## 知識表現

例：3項組知識表現<動画知, 自然言語知, メタデータ>



## 3.3 知識表現形式(4)

### × 「ワトソン」

2011年米国のクイズ番組「ジヨパディー」に出演し、歴代の人間チャンピオンに勝利したことで一躍有名になった。



# ワトソン, 人間チャンピオンに勝利

In 1997 IBM's Deep Blue  
defeated the world's best chess player.

*1997年 IBMのスパコン“Deep Blue”が  
チェスの世界チャンピオンに勝利*





## 3.3 知識表現形式(6)

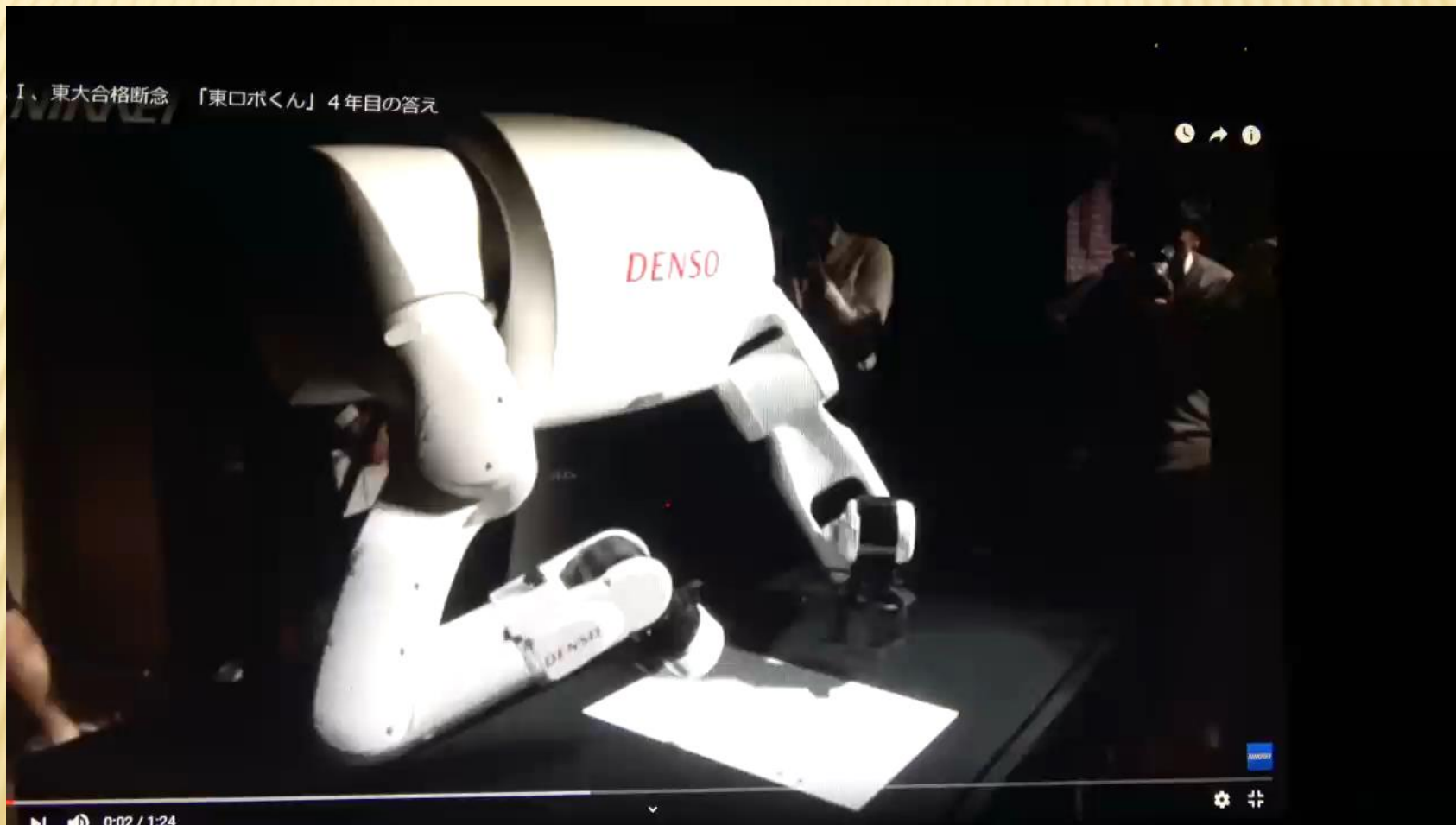
### ● 「東ロボくん」

2011年日本で東大入試合格を目指す人工知能の開発がスタート。

2016年6月の進研模試では偏差値57.8をマーク。ほとんどの私立大学に合格できるレベルに到達。

しかし、「東ロボくん」は質問の意味を理解しているわけではないので、読解力に問題があり、何らかの技術的なブレークスルーがない限り、東大合格は不可能という理由から2016年に開発が凍結された。

# 東ロボくん 4年目の真実





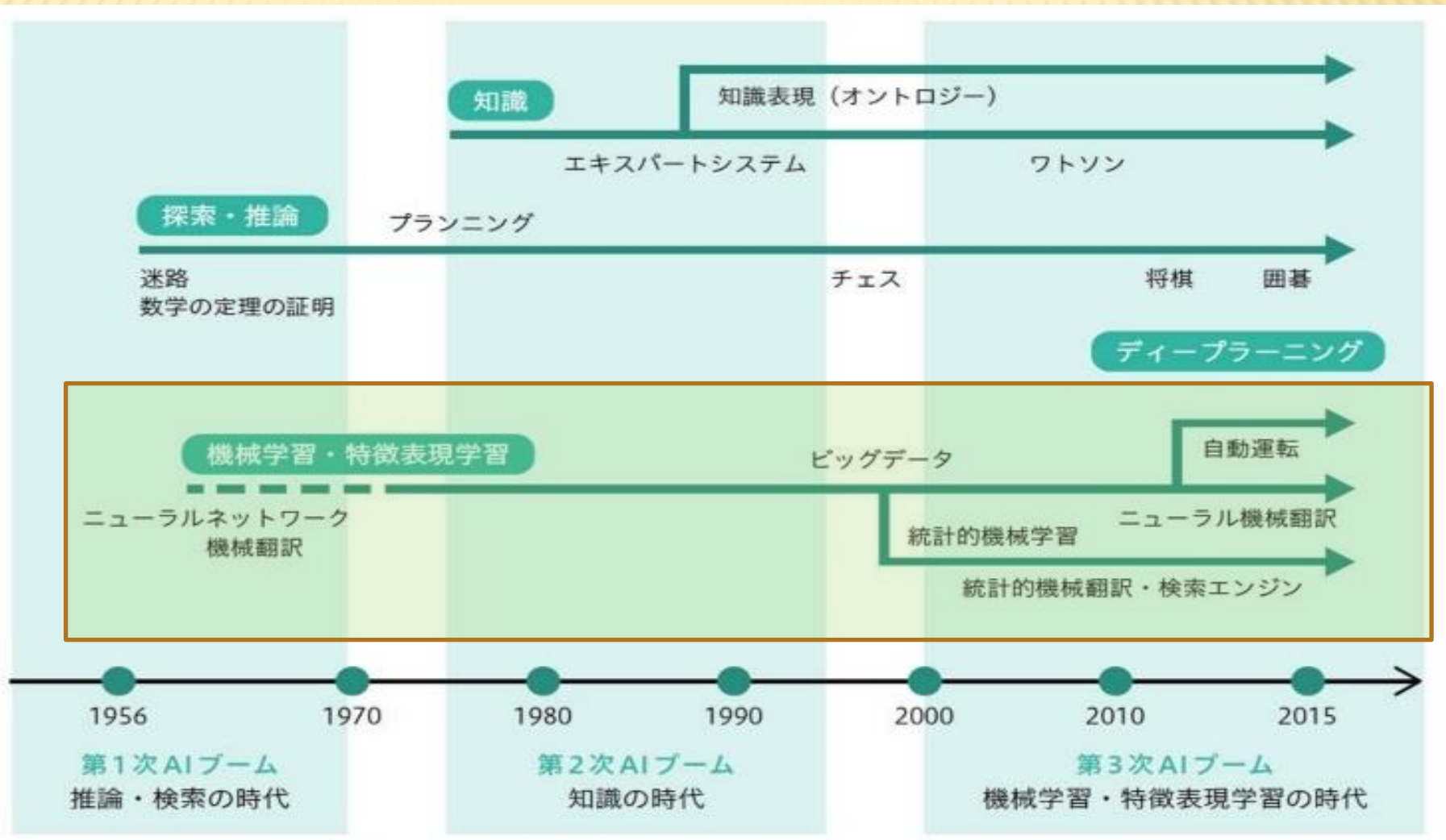
## 3.4 機械翻訳(1)

### 言語はAIで最も重要なものである

- × 言語の翻訳（機械翻訳）は60年以上かけて研究され、ようやく実用に供されるようになってきた。
- × テキスト翻訳：テキスト入力＞形態素・構文解析＞相手言語の構造への変換＞単語の入れ替え＞相手言語のテキストの生成
- × 膨大な辞書が必要
- × 膨大な翻訳用例の蓄積が必要。用例の翻訳をなぞって翻訳をする
- × 音声翻訳：音声認識によってテキストに直す＞テキスト翻訳＞テキストを音声合成によって出す

**【出典】**  
**AIは哲学の最前線**

# 3.4 機械翻訳 (2)

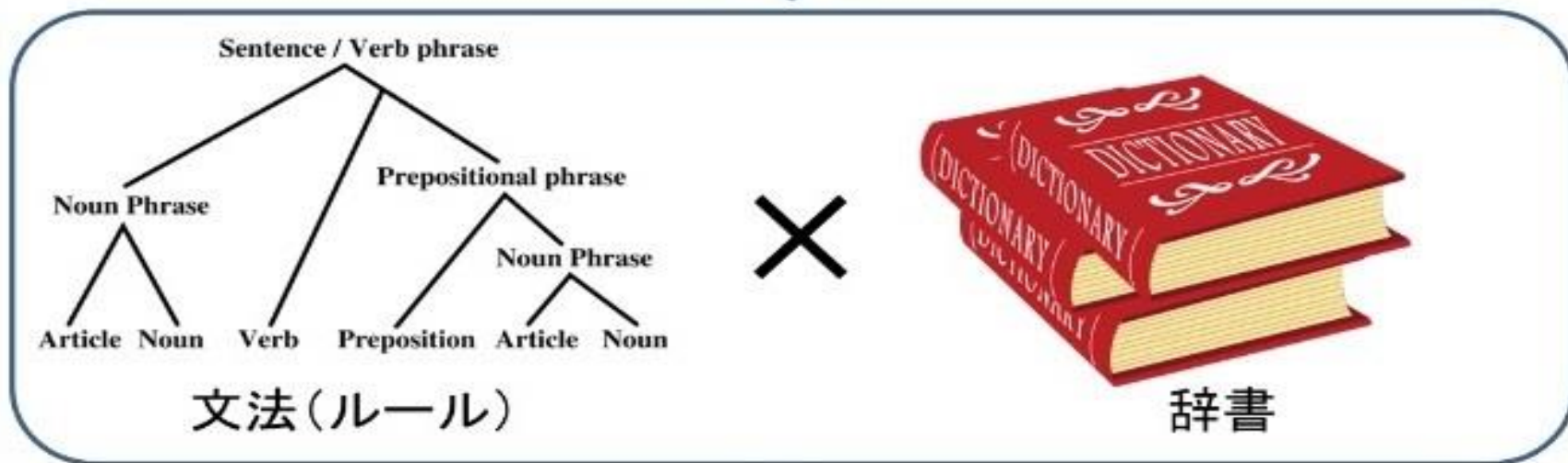


# 3.4 機械翻訳 (3)

## ① 機械翻訳

初期のルールベース機械翻訳 (RBMT)

原文: "猫はマットに座った"



訳文: "The cat sat on the mat"



## 3.4 機械翻訳(4)

### 機械翻訳の実用化で変わる社会

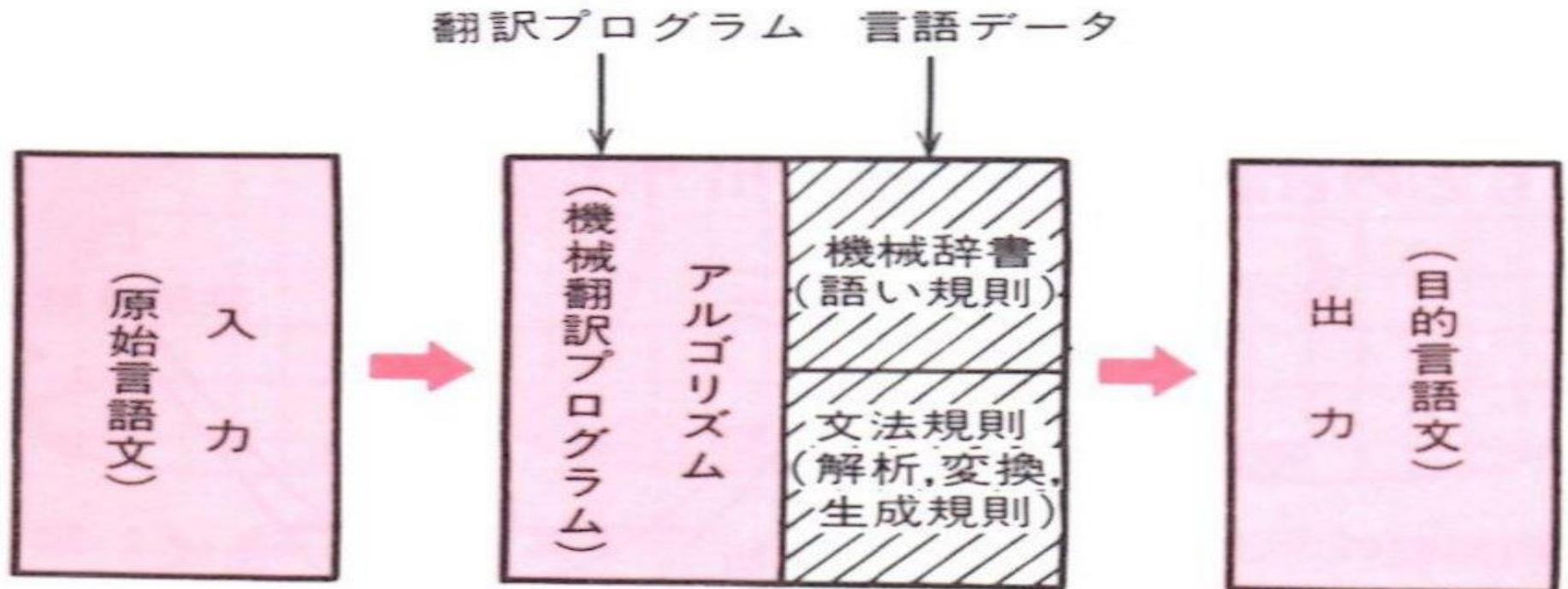
- × 対話（音声）翻訳や文書の翻訳によって世界中の人同士の意思疎通が良くなり、他国の社会や文化的背景がわかり、相互理解が深まり、世界の平和につながる
- × 人は外国語を学び、話したり、書いたりできるようになれば、機械翻訳システムをよりうまく使えるようになる。また他国の文化や人間性がよりよく理解でき、相互の信頼度が密になる
- × したがって、機械翻訳が実用になったからといって、外国語を学ぶことの大切さは減じない

## 3.4 機械翻訳(5)

- × **機械翻訳システムとは、機械によって1つの国語から別の国語に翻訳を行うシステムである。**
- × 1940年代の後半、コンピュータの誕生と同時に機械翻訳システムの研究が開始。
- × 1960年代中頃、米国のALPACレポートが当時のコンピュータ技術では「**機械翻訳は人間の翻訳に比較して、コストや質の面で太刀打ちできない**」と報告し、研究が一時停滞した。

## 3.4 機械翻訳(6)

機械翻訳システムは①機械辞書(機械翻訳用の辞書)、②文法規則と③アルゴリズム(機械翻訳プログラム)からなる。

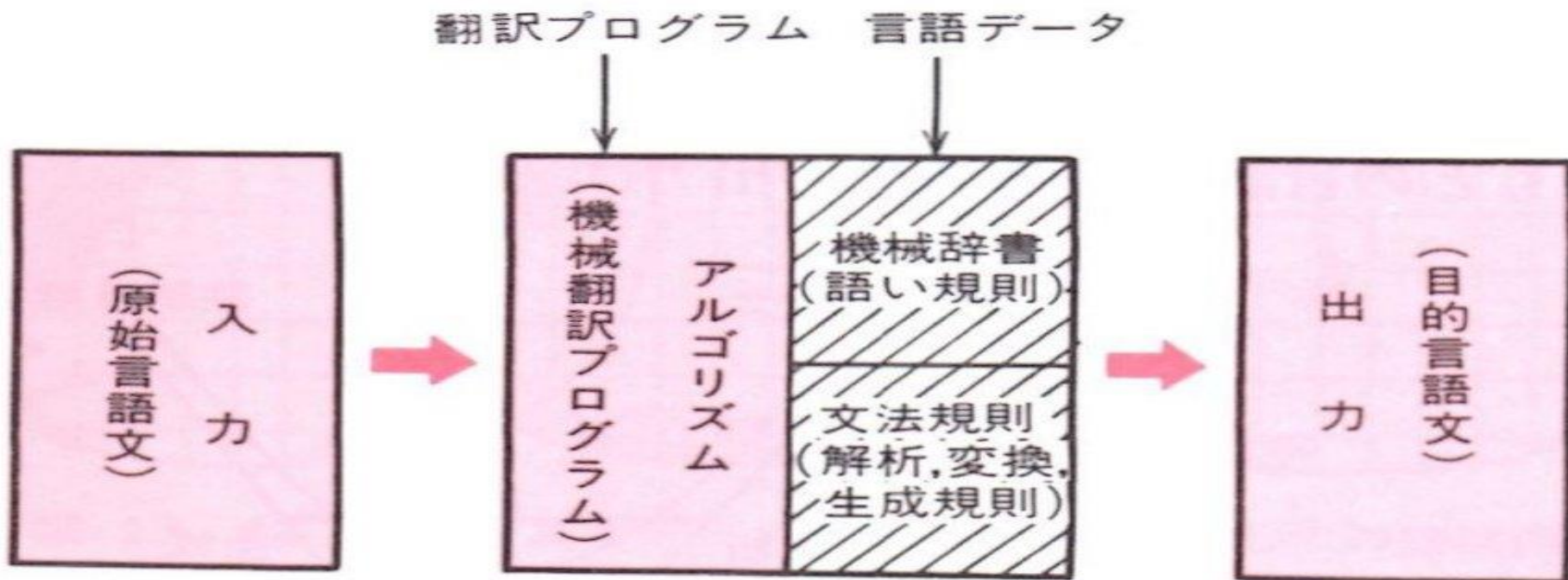


(注) 斜線の部分は言語データである



## 3.4 機械翻訳(7)

機械翻訳システムは、元の言語と目標言語との間にどのような処理をおくかにより、大別して下図の**3つのタイプ**に分けることができる。

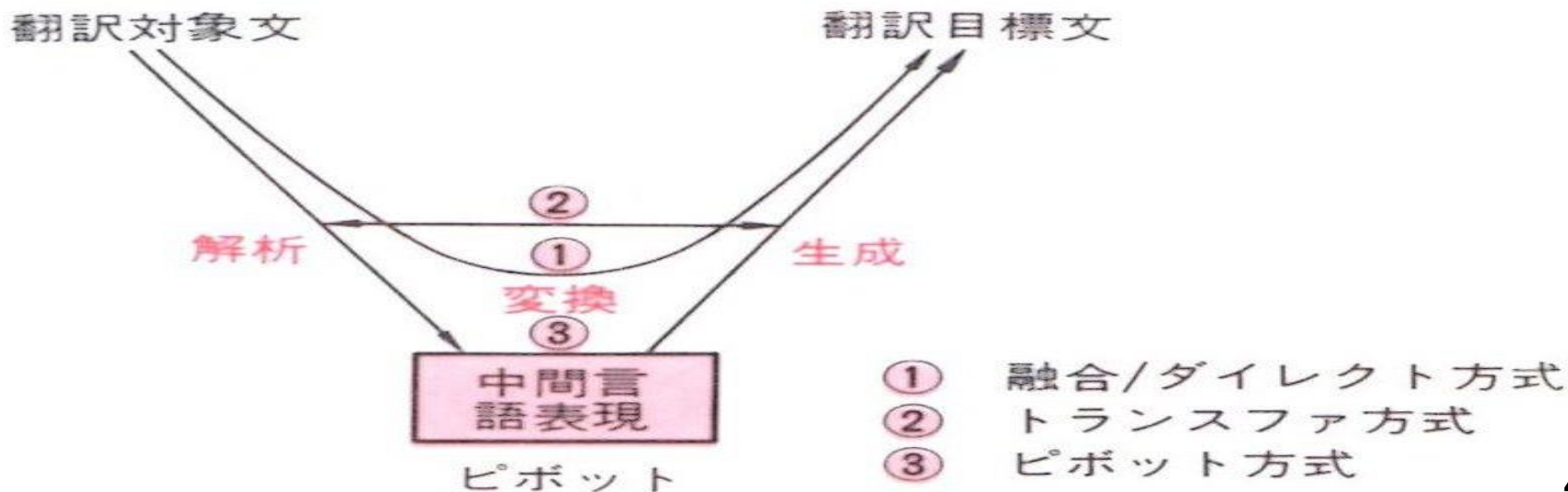


(注) 斜線の部分は言語データである

# 3.4 機械翻訳(8)

## ●伝統的な機械翻訳システム

英語と日本語の文の断片「I have an...」と「私は...を持っている」, 「apple」と「りんご」といった個別の対応関係をシステムが直接データベース上に保持しており, 入力「I have an apple」が与えられた際には, 無数に考えられる断片の組合せの中から出力文「私はりんごを持っている」を生成する。



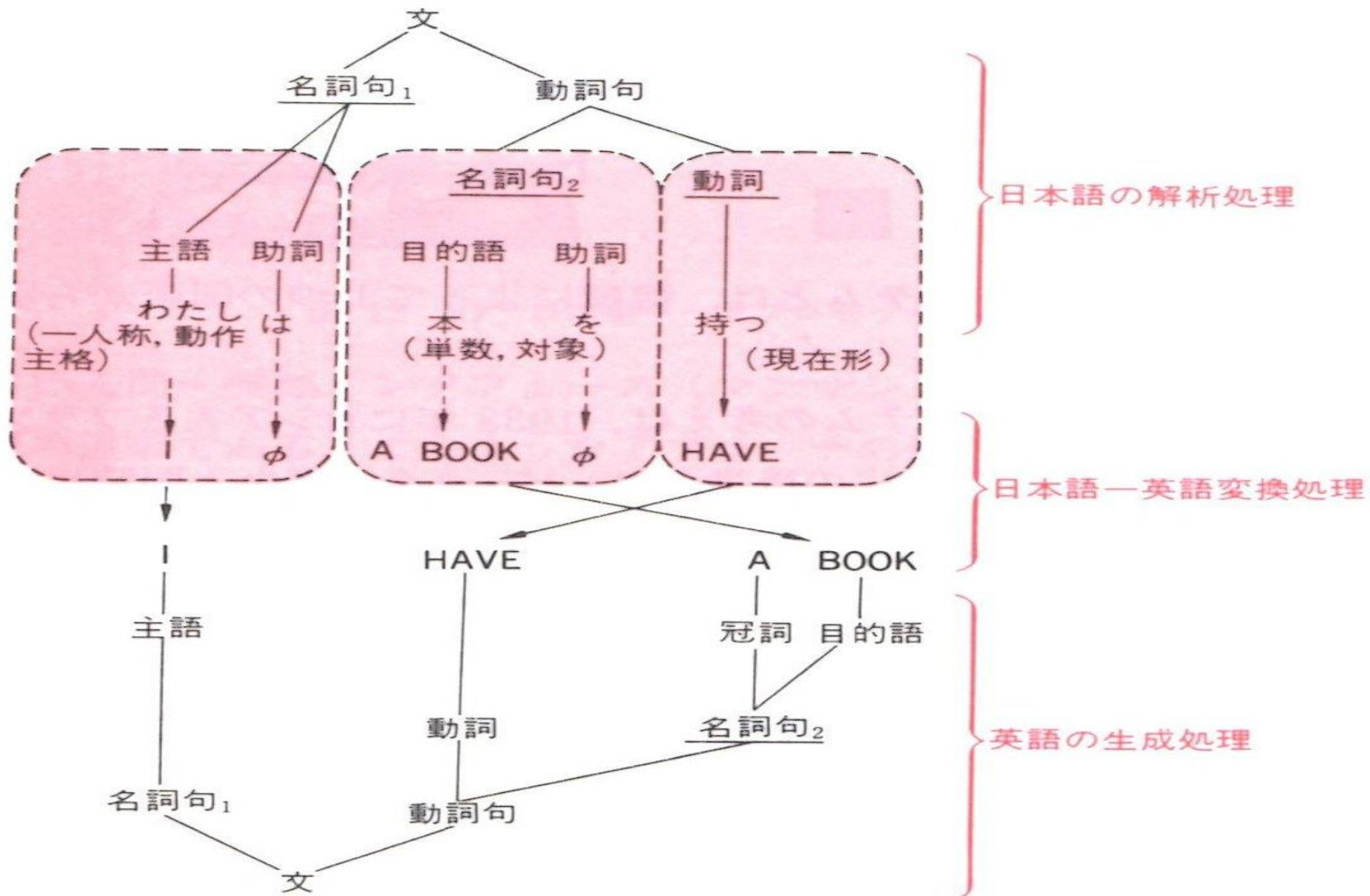
## 3.4 機械翻訳 (9)

### ● 伝統的な機械翻訳システム (続き)

次頁の図はトランスファ方式で、解析処理と変換処理, 生成処理が別々になった例である。



例 わたしは本を持つ



出力結果 I HAVE A BOOK

図 トランスファ方式

1940年

'46

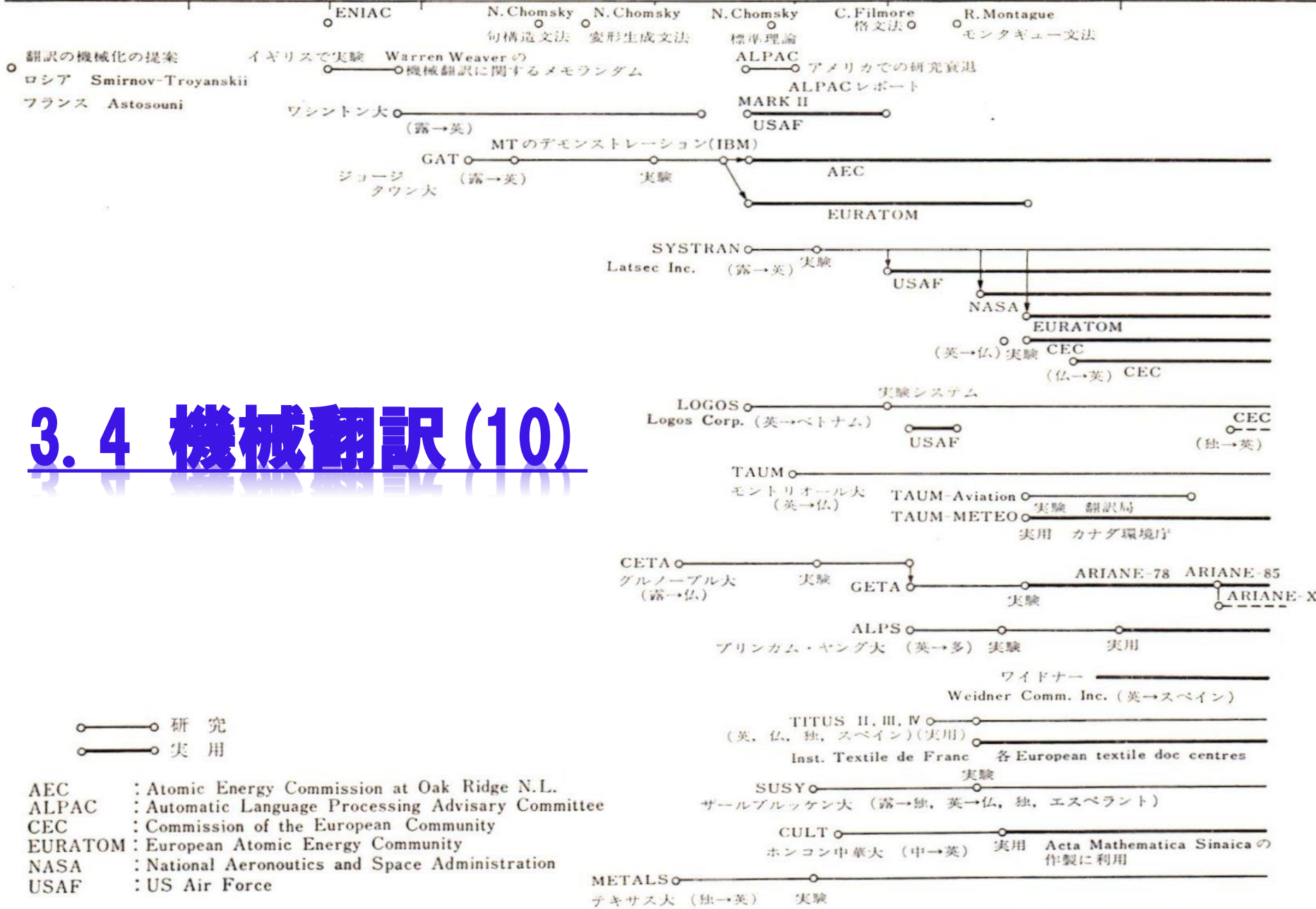
1950年

1960年

'66

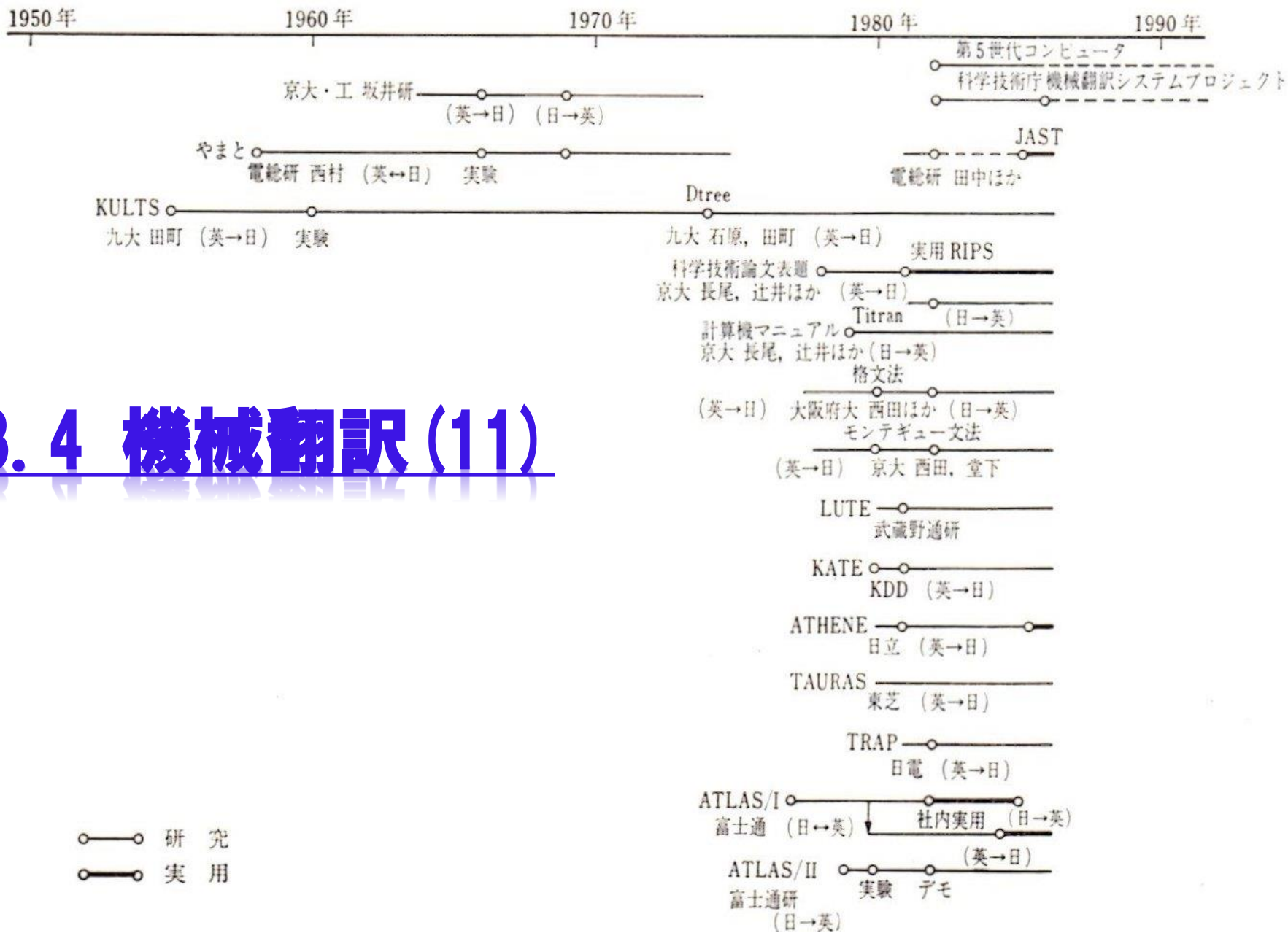
1970年

1980年



# 3.4 機械翻訳(10)

図 海外の機械翻訳システムの発展



## 3.4 機械翻訳(11)

図 日本の機械翻訳システムの発展



## 3.4 機械翻訳(12)

機械翻訳の解析法には次の5段階がある：

- **形態素解析**

意味のある最小の単位の「形態素」を解析。

- **構文解析 (syntactic parsing)**

自然言語の文の構造を解析。

- **意味構造解析 (semantic parsing)**

文が表す意味構造を認識。

- **意味解析**

単語の意味に深く踏み込んだ解析。

- **文脈解析**

文章全体の意味を考慮した自然言語の処理。

## 3.4 機械翻訳(13)

- 機械翻訳の生成法には次の5段階がある：

- 形態素生成**

意味のある最小の単位の「形態素」を生成。

- 構文生成**

自然言語の文の構造を生成。

- 意味構造生成**

文が表す意味構造を生成。

- 意味生成**

単語の意味に深く踏み込んだ生成。

- 文脈生成**

文章全体の意味を考慮した自然言語の生成。

## 3.4 機械翻訳(14)

### ●機械翻訳システムの課題

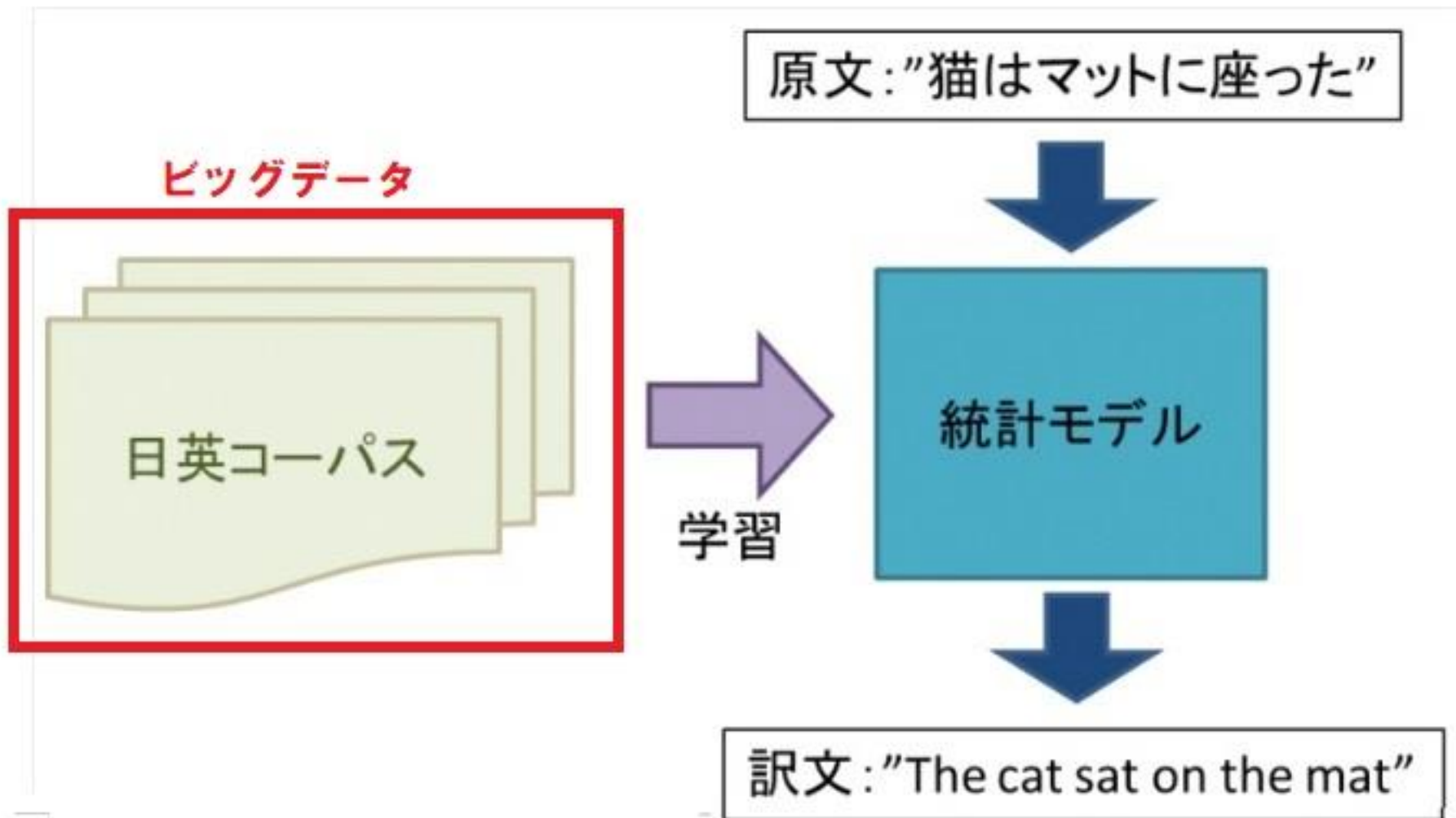
言語を処理する人間の脳のメカニズムがいまだによくわかっていない現時点で、人間の代わりをする機械翻訳システムは1980年代は実現不可能といえた。

⇒最近では大量の用例（ビッグデータ）を読み込んだ長尾真先生の統計的機械翻訳や、深層学習を活用したニューラル機械翻訳などが翻訳精度を向上させている（7時限のシラバス参照）。



# 3.4 機械翻訳 (15)

## ② 統計的機械翻訳 (SMT)

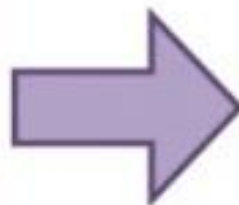


# 3.4 機械翻訳(16)

## ③ ニューラル機械翻訳 (NMT)

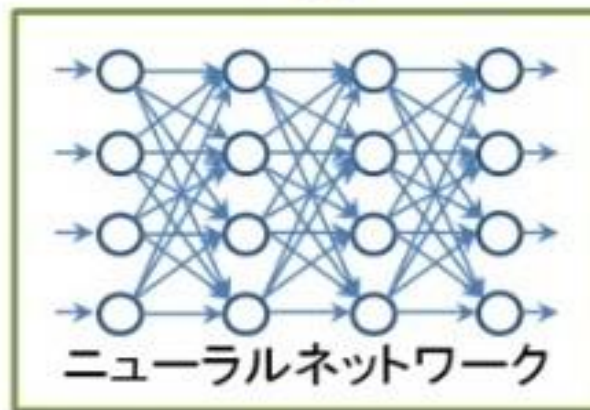
ビッグデータ

日英コーパス



学習

原文: "猫はマットに座った"



訳文: "The cat sat on the mat"

## 3.5 エキスパートシステムと 知識（暗黙知）獲得の問題(1)

### ●エキスパートシステムとは

各専門分野の知識を取り込み、その分野のエキスパート(専門家)のように振る舞うプログラムである。

### ●エキスパートシステム「マイシン(MYCIN)」

1970年代にスタンフォード大学で開発された。

血液中のバクテリアの診断支援をする。

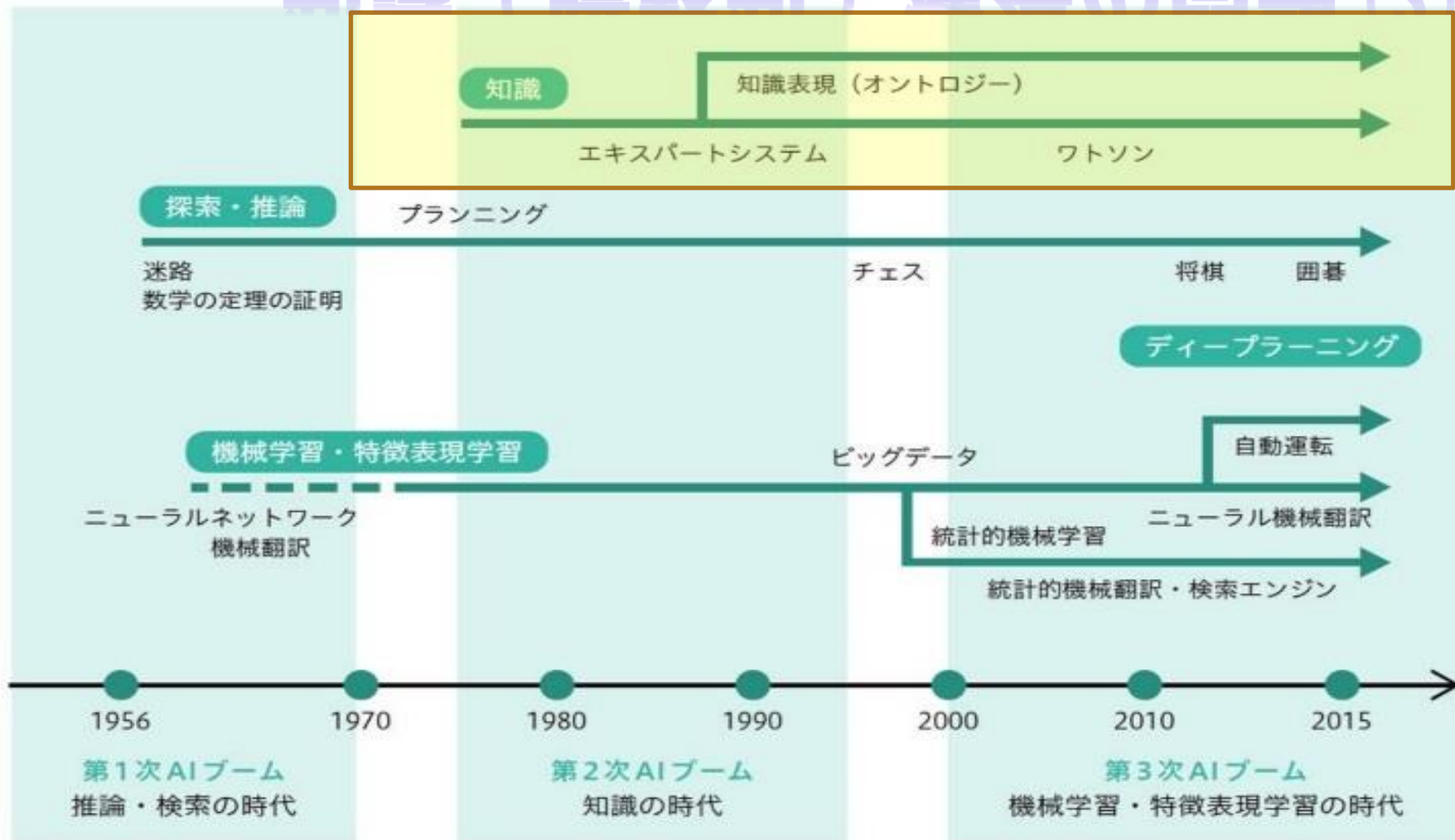
500のルールを持ったルールベースのプログラム。

質問に順番に答えていくと、感染した細菌を特定。それに合った抗生物質を処方する。

あたかも感染症の専門医のように振舞う。



# 3.5 エキスパートシステムと知識（暗黙知）獲得の問題(2)



# 3.5 エキスパートシステムと 知識（暗黙知）獲得の問題(3)

## ● 「マイシン(MYCIN)」 (続き)

マイシンは69%の確率で正しい処方できた。

### ルールの例

```
(defrule 52
  もし、培地は血液であり、
  if (site culture is blood)
  グラム染色はネガティブであり、
  (gram organism is neg)
  細菌の形が棒状であり、
  ( morphology organism is rod)
  患者の痛みがひどい、なら、
  (burn patient is serious)

  then .4
  細菌は緑膿菌と判定する
  (identity organism is pseudomonas)
```

### 診断のための対話

```
Q: 培地はどこ?
A: 血液
Q: 細菌グラム染色による分類の結果は?
A: ネガティブ
Q: 細菌の形は?
A: 棒状
Q: 患者の痛みはひどいか、ひどくないか?
A: ひどい
→pseudomonas(緑膿菌)と判定
```

## 3.5 エキスパートシステムと 知識（暗黙知）獲得の問題（4）

### ● 「マイシン(MYCIN)」 （続き）

感染症の専門医が正しい処方をする確率80%よりも低い水準だが、**専門医ではない医師よりはよい結果である。**

専門家の知識を扱っている医療の領域で、あたかも医師と対話しているような質問応答機能や説明機能を備えていたことで、エキスパートシステムの実例として大きな注目を集めた。



## 3.5 エキスパートシステムと 知識（暗黙知）獲得の問題(5)

### ●DENDRAL

1960年代にスタンフォード大学で開発。

質量分光計の情報から分子構造を同定する。

1977年に開発者のエドワード・ファイゲンバウムは実世界の問題に対する技術を重視した「**知識工学**」を提唱した。

### ●1970年代後半から1980年代

1970年代後半から1980年代にわたり、多くのエキスパートシステムの開発が行われるようになった。

## 3.5 エキスパートシステムと 知識（暗黙知）獲得の問題(6)

### ●知識獲得の問題

人間の専門家からの知識獲得はとても困難。専門家が持つ知識の多くは経験的なものであり、また、その知識が豊富であればあるほど暗黙的であるため、それを自発的に述べてもらうことはほとんど不可能であり、上手にヒアリングで取り出さなければならなかった。

### ●知識獲得用知的インタビューステムの研究

獲得した知識の数が数千、数万となると、お互いに矛盾していたり、一貫していないものが出てきたりして、知識ベースを保守するのが困難になる。

## 3.5 エキスパートシステムと

### 知識（暗黙知）獲得の問題(7)

#### ●暗黙知獲得の問題

エキスパートシステムが扱うような一部の専門家だけが持つ高度な知識は明示的で体系化が終わっている場合が多い。

常識的な知識は暗黙知で明文化されていないことが多く、このような知識をコンピュータで扱うのはとても難しい。

知識を共有したり再利用したりする方法も問題になり、コンピュータで知識を扱うための方法論（意味ネットワークやオントロジーなど）が注目されるようになった。



# 経験から得られる暗黙知

暗黙知 (Tacit Knowledge)	形式知 (Explicit Knowledge)
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 言語化しえない・言語化しがたい知識</li><li>・ 経験や五感から得られる直接的知識</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 言語化された明示的な知識</li><li>・ 暗黙知から分節される体系的知識</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 現時点の知識</li><li>・ 身体的な勘どころ、コツと結びついた技能</li><li>・ 主観的・個人的</li><li>・ 情緒的・信念的</li><li>・ アナログ知、現場の知</li><li>・ 特定の人間・場所・対象に特定・限定されることが多い</li><li>・ 身体経験を伴う共同作業により共有、発展増殖が可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 過去の知識</li><li>・ 明示的な方法・手順、事物についての情報を理解するための辞書的構造</li><li>・ 客観的・社会(組織)的</li><li>・ 理性的・論理的</li><li>・ デジタル知、つまり了解の知</li><li>・ 情報システムによる補完などにより場所の移動・転移、再利用が可能</li><li>・ 言語的媒介を通じて共有、編集が可能</li></ul>

資料：野中・紺野（1999）

暗黙知 (Tacit Knowledge)	形式知 (Explicit Knowledge)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 言語化しえない・言語化しがたい知識</li> <li>・ 経験や五感から得られる直接的知識</li> <li>・ 現時点の知識</li> <li>・ 身体的な勘どころ、コツと結びついた技能</li> <li>・ 主観的・個人的</li> <li>・ 情緒的・情念的</li> <li>・ アナログ知、現場の知</li> <li>・ 特定の人間・場所・対象に特定・限定されることが多い</li> <li>・ 身体経験を伴う共同作業により共有、発展増殖が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 言語化された明示的な知識</li> <li>・ 暗黙知から分節される体系的知識</li> <li>・ 過去の知識</li> <li>・ 明示的な方法・手順、事物についての情報を理解するための辞書的構造</li> <li>・ 客観的・社会(組織)的</li> <li>・ 理性的・論理的</li> <li>・ デジタル知、つまり了解の知</li> <li>・ 情報システムによる補完などにより場所の移動・転移、再利用が可能</li> <li>・ 言語的媒介を通じて共有、編集が可能</li> </ul>

資料：野中・紺野（1999）

## 本時のまとめ

- 1) AI(人工知能)はコンピュータの発展と表裏一体である。
- 2) 第2次AIブームのチャットボットも、既存システムや第3次AIブームのディープラーニングとハイブリッド化し活用できる。



## 3.6 小テスト

問1 第2次ブームで中心的な役割を果たしたのは何か？正しいものを選びなさい。

- 1) 探索・推論の研究
- 2) 知識表現の研究とエキスパートシステム
- 3) 表現学習の研究
- 4) 機械学習の研究

## 3.6 小テスト

問1 第2次ブームで中心的な役割を果たしたのは何か？正しいものを選びなさい。

- 1) 探索・推論の研究
- ② 知識表現の研究とエキスパートシステム
- 3) 表現学習の研究
- 4) 機械学習の研究

## 3.6 小テスト

問2 人工無脳の例はどれか？正しいものを選びなさい。

- 1) HAL9000
- 2) ワトソン
- 3) SHRDLU
- 4) イライザ (ELIZA)



## 3.6 小テスト

問2 人工無脳の例はどれか？正しいものを選びなさい。

1) HAL9000

2) ワトソン

3) SHRDLU

④ イライザ (ELIZA)

## 3.6 小テスト

問3 第五世代コンピュータの中核は何か？正しいものを選びなさい。

- 1) パターン認識
- 2) エキスパートシステム
- 3) 論理プログラミング (Prolog)
- 4) 機械学習

## 3.6 小テスト

問3 第五世代コンピュータの中核は何か？正しいものを選びなさい。

- 1) パターン認識
- 2) エキスパートシステム
- 3) 論理プログラミング (Prolog)
- 4) 機械学習



## 3.6 小テスト

問4 人工知能において重要な知識表現はどれか？正しいものを選びなさい。

- 1) 意味ネットワーク
- 2) ワトソン
- 3) マイクロプログラム
- 4) 東ロボくん

## 3.6 小テスト

問4 人工知能において重要な知識表現はどれか？正しいものを選びなさい。

- ① 意味ネットワーク
- 2) ワトソン
- 3) マイクロプログラム
- 4) 東ロボくん

## 3.6 小テスト

問5 伝統的な機械翻訳の方式に無いのはどれか？選りなさい。

- 1) ピボット方式
- 2) 融合/ダイレクト方式
- 3) マイクロプログラム方式
- 4) トランスファー方式



## 3.6 小テスト

問5 伝統的な機械翻訳の方式に無いのはどれか？選りなさい。

- 1) ピボット方式
- 2) 融合/ダイレクト方式
- 3) マイクロプログラム方式
- 4) トランスファー方式

## 3.6 小テスト

問6 AIの歴史の間違いはどれか？誤りを見つけて下さい。

1) 1956年に、コンピュータは計算だけでなく人間の知的能力を実現できるのではないかとして、米国を中心に始まった

2) AIは定理の証明、文字・図形・風景などの認識、音声の認識、言語の翻訳などに利用された

3) 1980年代に、脳神経の学習モデル、知識のコンピュータへの蓄積、第5世代コンピュータの開発、チェスプログラムがチャンピオンに勝つなど、種々の進歩があり、実際に社会に役立った

4) 2000年代に入って、学習プログラムの抜本的進歩（深層学習法）、巨大なデータの利用の実現などがあり、AIが実用の時代に入った

## 3.6 小テスト

問6 AIの歴史の間違いはどれか？誤りを見つけて下さい。

1) 1956年に、コンピュータは計算だけでなく人間の知的能力を実現できるのではないかととして、米国を中心に始まった

2) AIは定理の証明、文字・図形・風景などの認識、音声の認識、言語の翻訳などに利用された

**✗**3) 1980年代に、脳神経の学習モデル、知識のコンピュータへの蓄積、第5世代コンピュータの開発、チェスプログラムがチャンピオンに勝つなど、種々の進歩があり、**実際社会に役立った**

4) 2000年代に入ってから、学習プログラムの抜本的進歩（深層学習法）、巨大なデータの利用の実現などがあり、AIが**実用の時代に入った**



## 3.6 小テスト

問7 AIの本質の間違いはどれか？誤りを見つけて下さい。

1) 世界の種々の現象は、①基本法則（例：ニュートン力学、量子力学）、②各分野固有の法則（例：オームの法則、流体力学）で説明してきた

2) もっと精度を上げたり、法則では説明できない事象（例：経済現象）については、③膨大なデータから経験的に学び、未来を予知することを行ってきた

3) 人工知能も認識、記憶、推論、学習の機能を持って、外界現象を認識し、記憶し、また推論して、有用な判断をし、行動する

4) 人工知能の本質は、これらの働きを通じて、だんだんと賢くなってゆく学習能力を持つことではない

## 3.6 小テスト

問7 AIの本質の間違いはどれか？誤りを見つけて下さい。

1) 世界の種々の現象は、①基本法則（例：ニュートン力学、量子力学）、②各分野固有の法則（例：オームの法則、流体力学）で説明してきた

2) もっと精度を上げたり、法則では説明できない事象（例：経済現象）については、③膨大なデータから経験的に学び、未来を予知することを行ってきた

3) 人工知能も認識、記憶、推論、学習の機能を持って、外界現象を認識し、記憶し、また推論して、有用な判断をし、行動する

✘ 4) 人工知能の本質は、これらの働きを通じて、だんだんと賢くなってゆく学習能力を持つことではない

## 3.6 小テスト

問8 言語はA Iで最も重要なものであると言われる間違いはどれか？誤りを見つけて下さい。

- 1) 言語の翻訳（機械翻訳）は60年以上かけて研究され、ようやく実用に供されるようになってきた
- 2) テキスト翻訳ではまずテキスト入力、形態素・構文解析、相手言語の構造への変換、単語の入れ替えしを行い、相手言語のテキストの生成する
- 3) 膨大な辞書と膨大な翻訳用例の蓄積が必要。用例の翻訳をなぞって翻訳をする
- 4) 音声翻訳では、まず音声認識によってテキストに直し、テキストを音声合成によって出す



## 3.6 小テスト

問8 言語はAIで最も重要なものであると言われる間違いはどれか？誤りを見つけて下さい。

1) 言語の翻訳（機械翻訳）は60年以上かけて研究され、ようやく実用に供されるようになってきた

2) テキスト翻訳ではまずテキスト入力、形態素・構文解析、相手言語の構造への変換、単語の入れ替えしを行い、相手言語のテキストの生成する

3) 膨大な辞書と膨大な翻訳用例の蓄積が必要。用例の翻訳をなぞって翻訳をする

✗ 4) 音声翻訳では、まず音声認識によってテキストに直し、テキストを音声合成によって出す（翻訳が無い）

# 【出典】（教科書に準ずるもの）

1) COMPUTER HISTORY MUSEUM IN USA

2) AI白書2017/19 IPA編KADOKAWA出版

2018年6月10日 / 2018年12月11日発行

3) ディープラーニング G検定公式テキスト

一般社団法人日本ディープラーニング協会監修 翔泳社出版

2018年10月29日発行

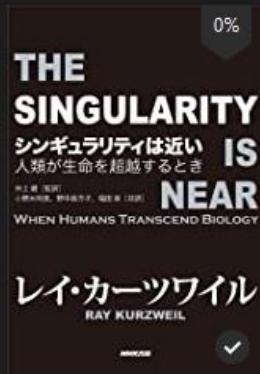
4) ディープラーニング 活用の教科書 !

杉山俊幸著 日経BP社出版 2018年10月29日発行

# 【出典】 (教科書に準ずるもの)



超AI入門 ディープラ...  
松尾 豊とNHK「人間って...



シンギュラリティは近い...  
レイ・カーツワイル



深層学習教科書ディ...  
浅川 伸一, 江間 有沙, 工...



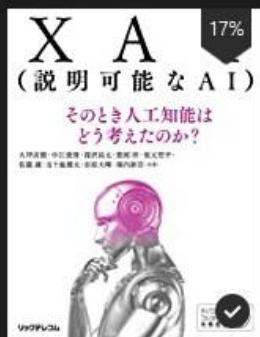
教養としてのAI講義 ...  
メラニー・ミッチェル



[図解] 大学4年間の...  
久野 遼平と木脇 太一



AI白書 2020(単行...  
独立行政法人情報処理...



XAI(説明可能なAI)  
大坪直樹と中江俊博



図解 人工知能大全  
古明地 正俊と長谷 佳明



パソコンで楽しむ自分...  
中島能和



ディープラーニング活用...  
日経クロストレンド