

AIの進化が拓く インフラメンテナンスの未来

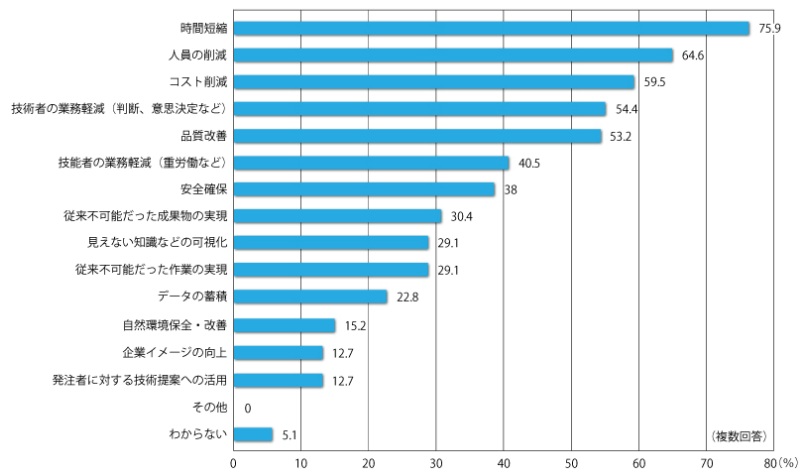
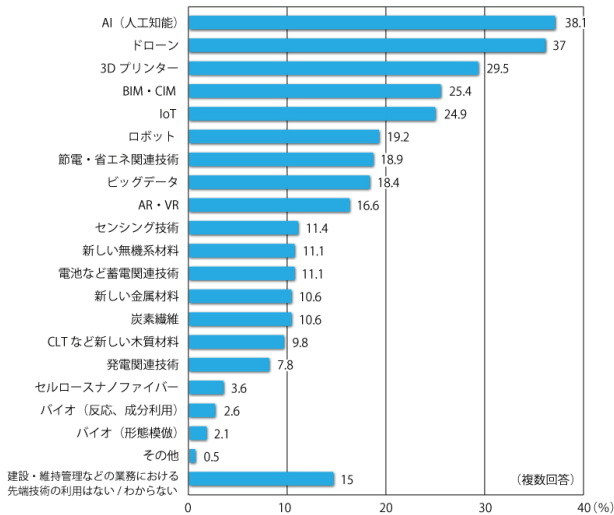
愛媛大学大学院 理工学研究科 准教授
全 邦 釘 (ちょん ぱんじょ)

2018/9/28 設立10周年記念CAESAR講演会@一橋講堂

自己紹介

- 東京大学で土木を学ぶ(学部・修士)
- Wayne State University(米国)で橋梁設計・解析により生計を立てながらPh.D.を取得
- Yonsei University(韓国)でコンクリートの研究
- 愛媛大学で橋梁・舗装の維持管理+ICT技術についての研究
- 内閣府SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」地域実装チーム研究責任者
- 土木学会「構造工学でのAI活用に関する研究小委員会」委員長
- 問い合わせはchun@cee.ehime-u.ac.jpまで

AIの人気

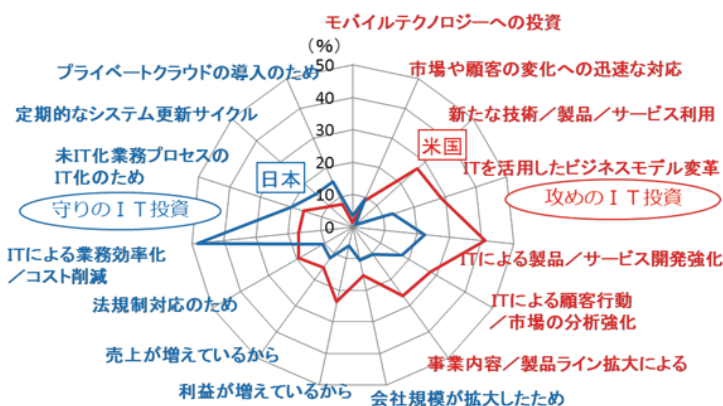


Q1 : 今後、建設・維持管理などの業務で役立てたい先端技術は？

Q3 : AIを活用した技術に期待する効果は？

ICT技術の現在・未来

- ・ 日本企業: 業務効率化・コスト削減を目的とした「守りのICT投資」(従来型の延長)
- ・ 米国企業: 「ICTによる製品・サービス開発強化」, 「ICTを活用したビジネスモデル変革」などの「攻めのICT投資」(業務形態の拡張・変革)



攻めのICT投資に必要となるのは、
 ➤ 短期的な利益を追求しない姿勢。
 ➤ 初期投資に対する理解。
 ➤ 将来像に対する想像力
 ➤ 目標・目的を設定する能力・哲学・気概

AIが人気なのは・・・
 目標・目的を設定せずとも人間を幸せにしてくれるという誤解？

IT予算を増額する企業における増額予算の用途の日米比較

出典) JEITA「ITを活用した経営に対する日米企業の相違分析」(2013年10月)

人工知能とは

●人工知能学会誌より引用

- 人工的につくられた、知能を持つ実体
- 人間の頭脳活動を極限までシミュレートするシステム
- 人間と区別がつかない人工的な知能
- 人工的につくられた人間のような知能
- 人の知的な振る舞いを模倣・支援・超越するための構成的システム
- 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

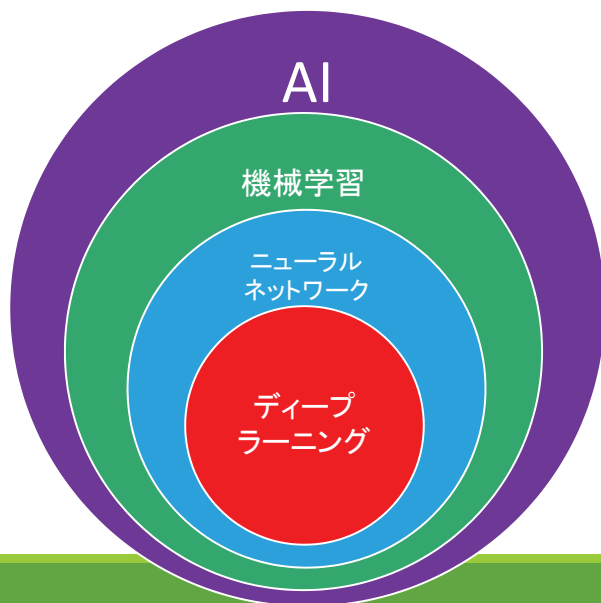
●強いAIと弱いAI

- 強いAI・・・**汎用の人工知能**，人間の知能に迫る，人間のように意識を持っている。
ドラえもんとかアトム。
- 弱いAI・・・**特化型の人工知能**．心を持つ必要はなく，限定された知能によって一見知的な問題解決が行えればよいとする立場．自分で考えず、所定の手続きにしたがって処理を実行するだけの人工知能。
役に立つ人工知能という意味で，Intelligence amplifier(IA)とも呼ばれる。

(特化型AIという前提の上で)人工知能とは

- 人工知能とは、人間の知的営みをコンピュータに行わせるための技術のこと、または人間の知的営みを行うことができるコンピュータプログラムのことである。(IT用語時点バイナリより)
- 人間や生物の知能を、機械によって実現したもの、あるいはその研究分野。
具体的には、コンピュータを処理の中心とし、各種入出力機器を結合したシステムである。
その主要なテーマは、チェス、将棋等のゲームを典型的問題とする問題解決・推論、文字、パターン等の認識、言語の理解、診断等の現象の分析、経験からの学習等がある。
(日本オペレーションズリサーチ学会)
- 学習・推論・判断といった人間の知能のもつ機能を備えたコンピューターシステム。(大辞林)
- 現在の人工知能は、膨大なデータと機械学習アルゴリズムに頼った技術でしかありません。
単に、「データから作り出されるブラックボックス化されたなにかをやってくれるもの」がいまの人工知能です。なんでもかんでも人工知能で解決できるというわけではありません。
(橋本泰一:「データ分析のための機械学習入門」(2017)の序文より)

AIと機械学習とディープラーニング



ディープラーニングの機械学習との違い：
特徴量を自動的に獲得できる。
(特徴量とは、データの中のどこに
注目するかということ)

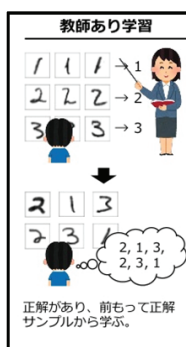
7

教師あり機械学習

特徴量

萼片 の長さ	萼片 の幅	花弁 の長さ	花弁 の幅	種類
5.1	3.5	1.4	0.2	Setosa
5.1	3.7	1.5	0.4	Setosa
7.0	3.2	4.7	1.4	versicolor
5.1	2.5	3.0	1.1	versicolor
6.3	2.9	5.6	1.8	Virginica
5.9	3.0	5.1	1.8	virginica
6.4	3.1	5.5	1.8	?

アヤメの分類



こういった問題を解く機械学習手法としては、
ニューラルネットワーク・Random Forest...
様々な方法がある。

特に機械学習に頼らずとも、エクセルで出来るような
重回帰分析などで出来るのでは？

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \alpha$$

→ 出来る。

では機械学習手法の存在意義は？
→用いる側としては、主に予測精度

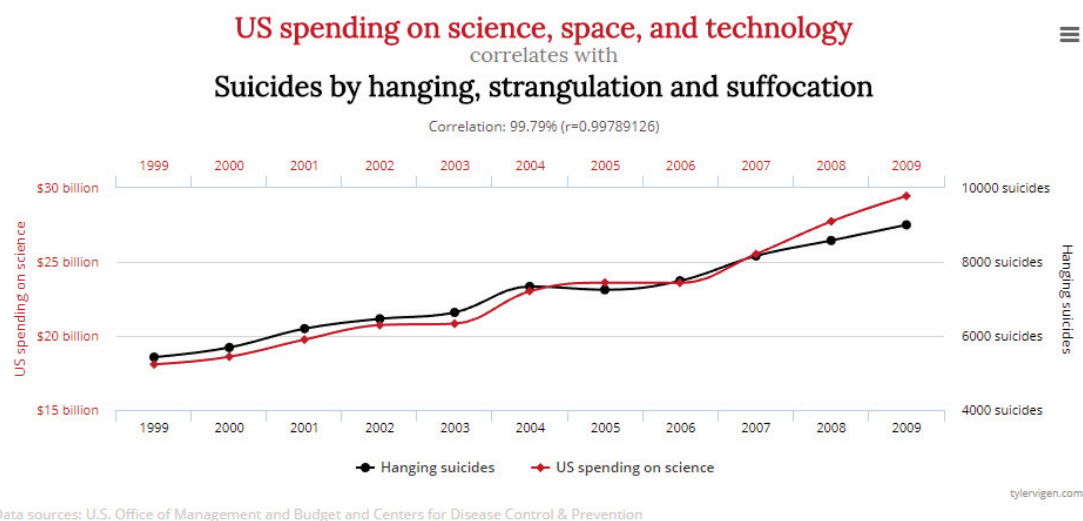
8

現状のAIは・・・

- 精度の非常に高い分類・回帰
- ただし、魔法のツールではない。
現状のAIは内挿であり、外挿ではない。
- ビッグデータによる高密度な内挿が精度を高める。
データを大量に集めて解析する。
- そうしたプロセスで得られるのは相関関係である。
(因果関係ではない)

9

相関関係の危険性の1つ：擬似相関の例

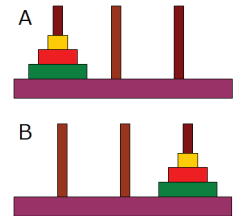


AIの歴史

- 第1次AIブーム(1956～1960年代):探索・推論の時代「知能＝探索能力」

- ダートマスワークショップ(1956)
 - 人工知能(Artificial Intelligence)という言葉が決まる
 - 世界最初のコンピュータENIAC(1946)のわずか10年後
- 数学の定理証明、チェスを指す人工知能等

考えるのが早い人工知能



- …冬の時代

- 第2次AIブーム(1980年代):知識の時代

- エキスパートシステム
- 医療診断、有機化合物の特定、...
- 第5世代コンピュータプロジェクト:通産省が570億円

「知能＝知識」

ものしりな人工知能

「知識獲得のボトルネック」

- …冬の時代

- 第3次AIブーム(2013年～):機械学習・ディープラーニングの時代「知能＝学習」

- ウェブとビッグデータの発展
- 計算機能力の向上

データから学習する人工知能

http://www.soumu.go.jp/main_content/000400435.pdfより

現状の性能理解と、将来への期待

➤なぜかAIの話においては、

- **現状**で実現できること
- **近い未来**に実現しそうなこと
- **遠い未来**にならないと実現しそうもないこと

が同じテーブルに載せられて議論されている。

➤期待と実際を合わせるため、AIで出来ることを知るべき。

➤内挿で何が出来るか、という整理の仕方が有効

➤出来ることをやる、出来ないことをやらない、というのはAIに限らず大切なこと。

第三次AIブーム

翻訳

最近, Google翻訳の能力がすごく向上していることに気付かれていますか。

膨大な英訳和訳例, 自然な日本語文章例, 自然な英語文章例を集め, やはり内挿

日本語 英語 韓国語 言語を検出する

父は母がバッグを忘れたことを怒った

17/5000

英語 日本語 韓国語 翻訳

My father got angry that my mother forgot her bag.

情報の修正を提案

日本語 英語 韓国語 言語を検出する

父は母が鞆を忘れたことを怒った

15/5000

英語 日本語 韓国語 翻訳

My father got angry that my mother forgot his bag.

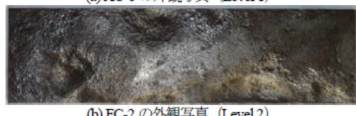
情報の修正を提案

山本一成「人工知能はどのようにして「名人」を超えたのか」記載の例を自分で2017/7/18に試した結果

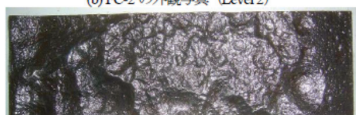
腐食鋼板の残存耐力



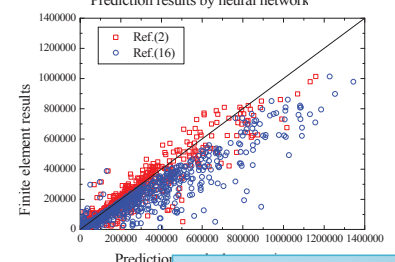
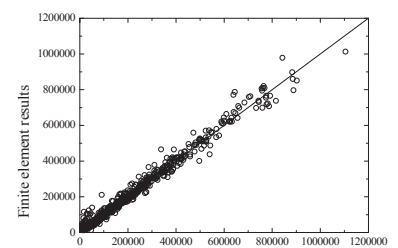
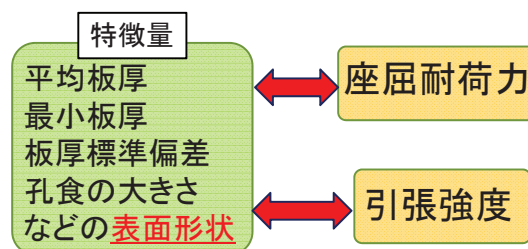
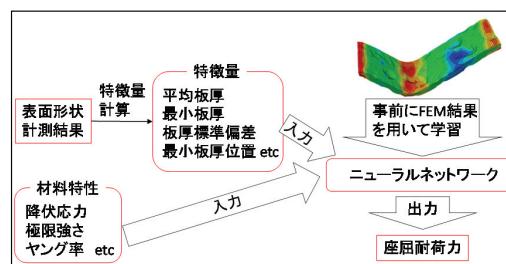
(a) AC-6の外観写真 (Level 1)



(b) FC-2の外観写真 (Level 2)



(c) AC-17の外観写真 (Level 3)



予測精度の向上

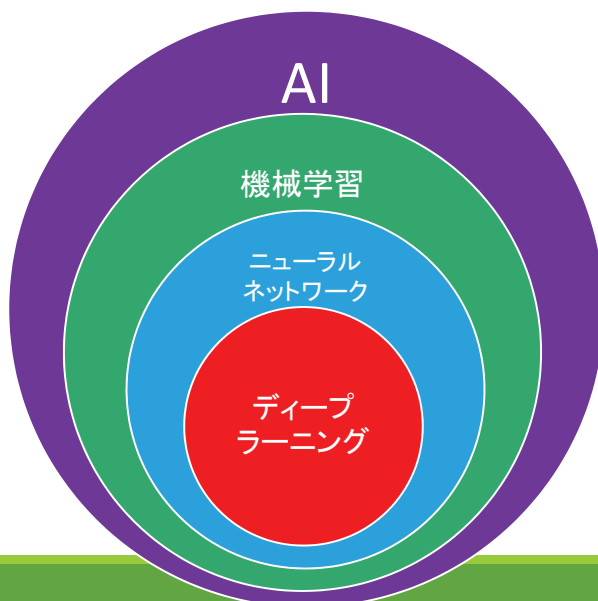
C.N.N. Karina, P. Chun et al. Steel and Composite Structures, Vol. 24(5), pp.635-641, 2017.

従来型の機械学習の課題

- 特徴量の設計が大変。データの中のどこに注目するかを手作業で設定するには、どれほど対象を熟知していたとしても限界がある。
- 例えば人間なら、橋のどこを見ればいいのかわかる。例外にも対応可能。
- 手作業で定めることが出来る程度のオーダーの特徴量では、環境や状況の変化、例外、そういったものに対応することができない。
- この解決が出来る可能性があるのが、「ディープラーニング」



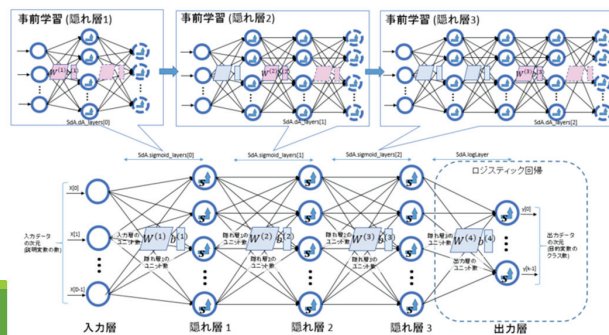
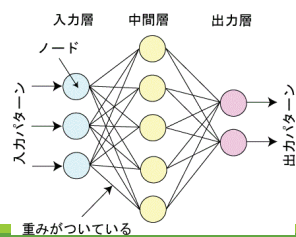
AIと機械学習とディープラーニング



ディープラーニングの機械学習との違い：
特徴量を自動的に獲得できる。
(特徴量とは、データの中のどこに注目するかということ)

ディープラーニング

- 画像分類で圧倒的な精度
- 囲碁では過去十数年世界トップ、あるいはトップクラスだった棋士を破る (AlphaGO)
- 十分なデータ量があれば、人間が介在しなくても特徴量を自動で獲得してくれるという特長を持つ
- 多層構造のニューラルネットワークを用いた機械学習 (Wikipedia)
- 多層構造にしたことで何が変わる？



特徴量の自動抽出

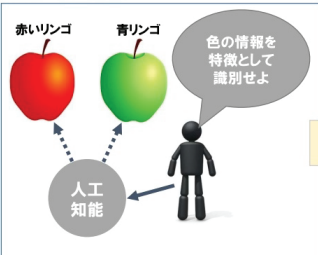
1. 第三次AIブームの到来

ディープラーニング (深層学習) とは

従来の機械学習とディープラーニングの違い

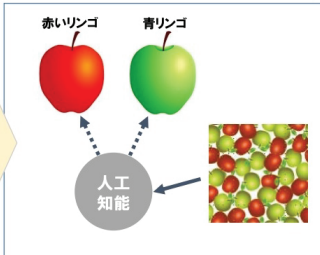
- ディープラーニング (深層学習) は、機械学習の手法の一つ
- 従来の機械学習では、人間が特徴を定義
→ 複雑な特徴を表現できない
- ディープラーニングでは、人工知能が学習データから特徴を抽出

従来の機械学習



人間が特徴を定義

ディープラーニング



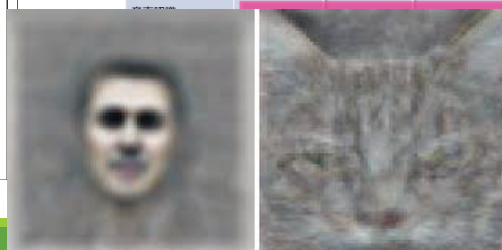
人工知能が学習データから特徴を抽出

5

2. 実用段階に入ったディープラーニング

ディープラーニングの適用領域

- ディープラーニングの主な適用領域は、「音声認識」、「画像認識」、「言語処理」の3つ
- 1. 音声認識: Skype Translatorで活用されるなど、システムへの適用が拡大中。
- 2. 画像認識: 物体認識率が大幅に向上。
商品検索、商品検査、衛星画像処理などで商用利用が拡大中。
- 3. 言語処理: 全般的には研究段階だが、機械翻訳などへの実適用も始まる。
- ロボットなどの制御、異常検知、マーケット分析、不正検知などの分野での利用も拡大しつつある。

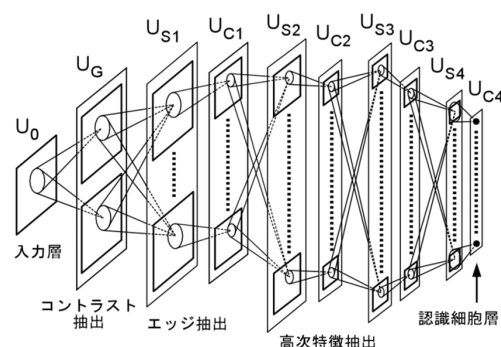
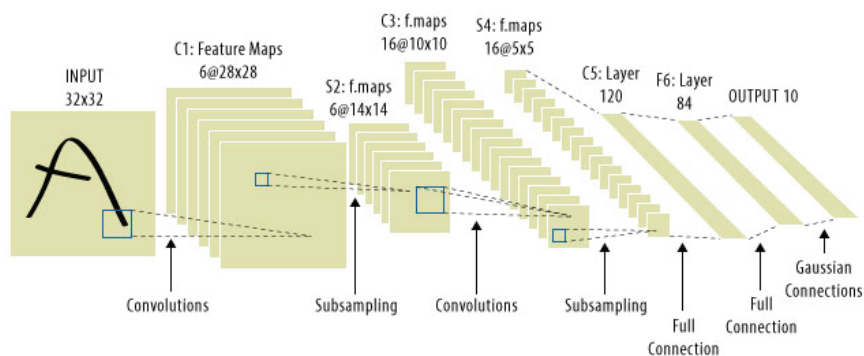


野村総研HPより

18

特に画像認識・解析に強い

畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: CNN)と呼ばれる方法が非常に強力



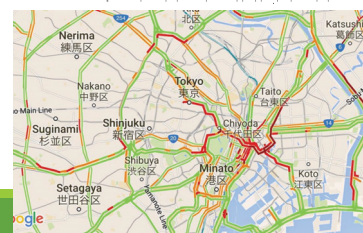
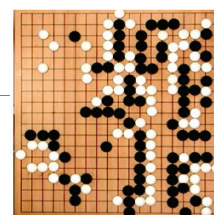
ネオコグニロン

<https://dbnst.nii.ac.jp/pro/detail/498より>

<http://systemdesign.altera.co.jp/can-you-see-using-convolutional-neural-networks/>より

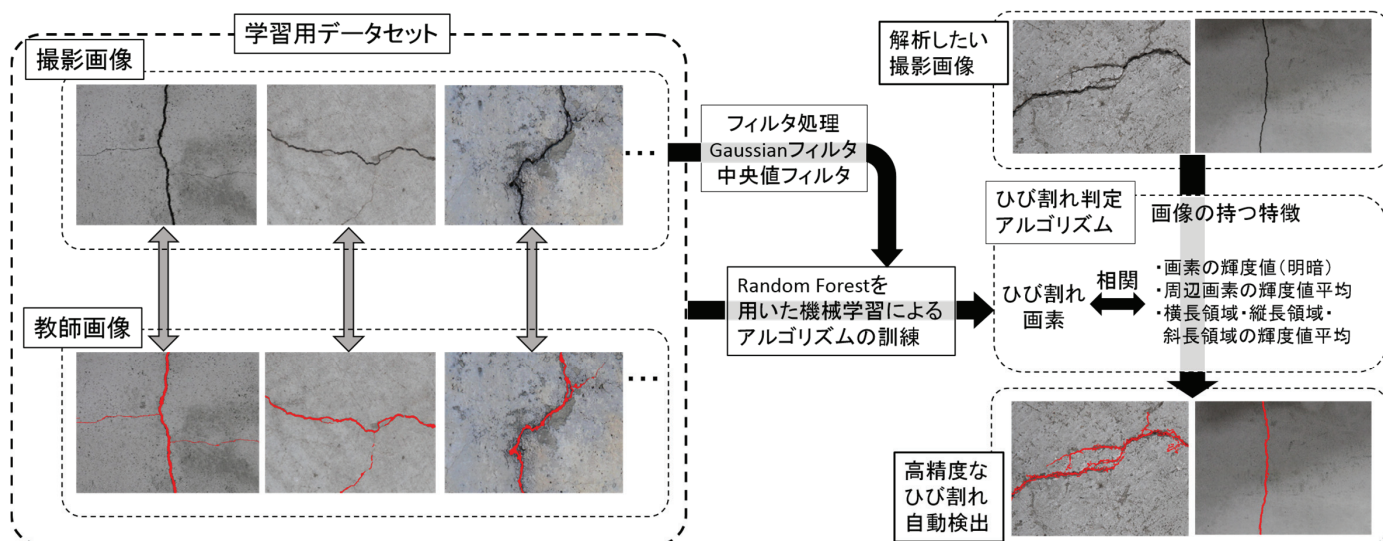
特に画像認識・解析に強い

- 畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: CNN)と呼ばれる方法が非常に強力
- 強力なので、これまでの研究のやり方では画像として扱われないようなものまで無理やり画像に変換して解析している事例も多い
 - Alpha GO
 - 振動波形を一次元画像として
 - コンクリートのクラック(疲労など)
 - 腐食減肉
 - 交通ネットワーク etc
- 理にかなっていないようで、案外理にかなっている側面も。人間は、上記の内容も結構視覚的に判断している。

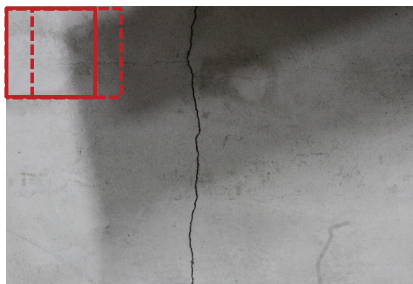


維持管理分野, 防災分野での 適用例

コンクリートのひび割れ自動検出



ディープラーニングによるスクリーニング手法



撮影画像: 3456 × 5184ピクセル

学習データ: 256 × 256の小領域に分割する
(64ピクセルずつずらしながら切り取る)

モデル: GoogLeNetをマイナーチェンジしたもの

2種類のモデルを用いて、各画像がそれぞれのクラスに属する確率を算出する

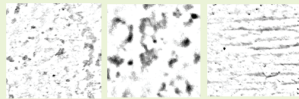
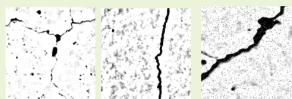
モデル1 ひび割れの大まかな位置を検出

Crack Noncrackの2クラスに分類

データ概要

Crack : 973248枚

Noncrack : 1000000枚



モデル2 直線(継ぎ目)を検出

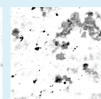
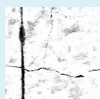
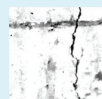
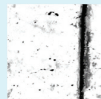
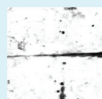
line line-crack non-lineの3クラスに分類

データ概要

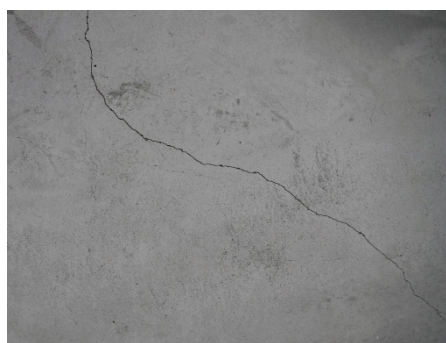
Line : 10570枚

Line-crack : 10029枚

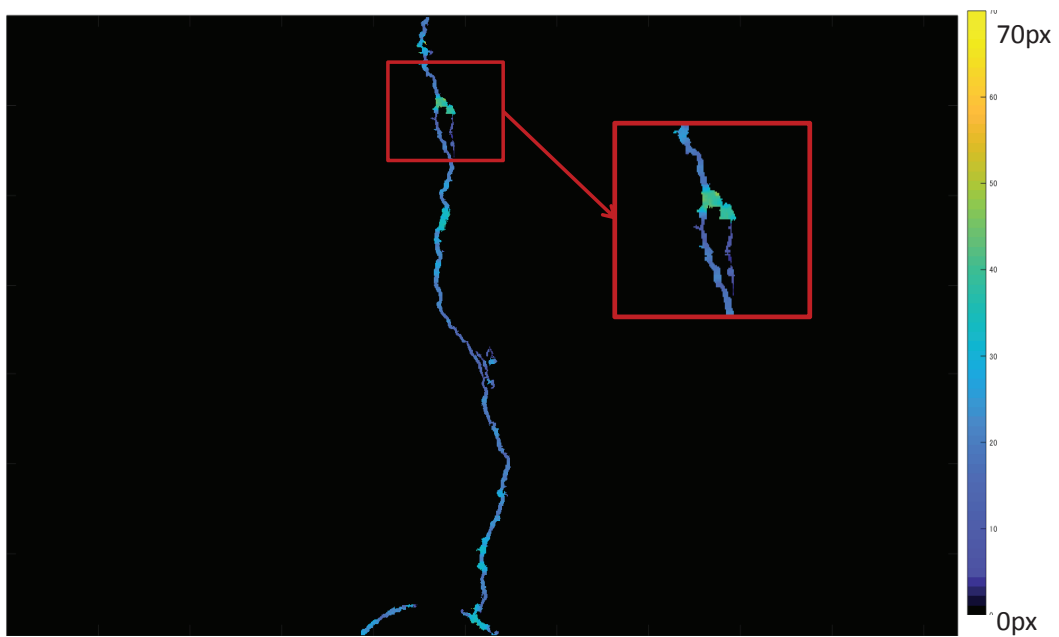
Non-line : 10579枚



検出結果1



検出結果3

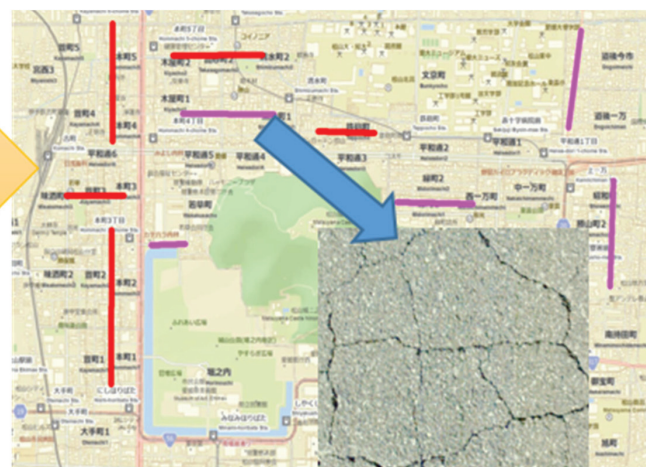


ひび割れ幅の可視化結果

ディープラーニングによる舗装損傷検出



GISへのマッピング

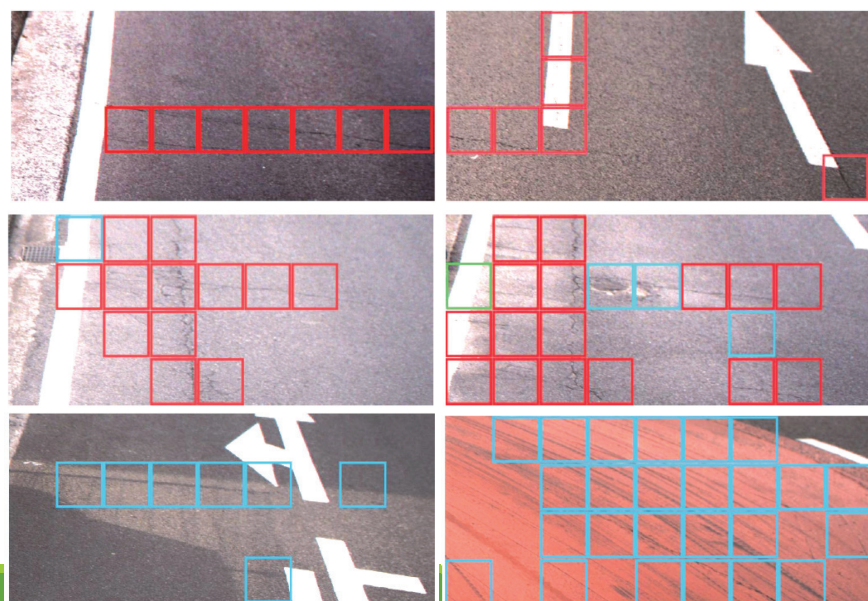


亀甲状ひび割れと判定

車を走らせるだけで、悪い舗装が自動的にマッピングされるシステム

全 邦釘ら, 土木学会論文集E1, Vol.73(3), pp.I_97-I_105, 2017.

解析結果



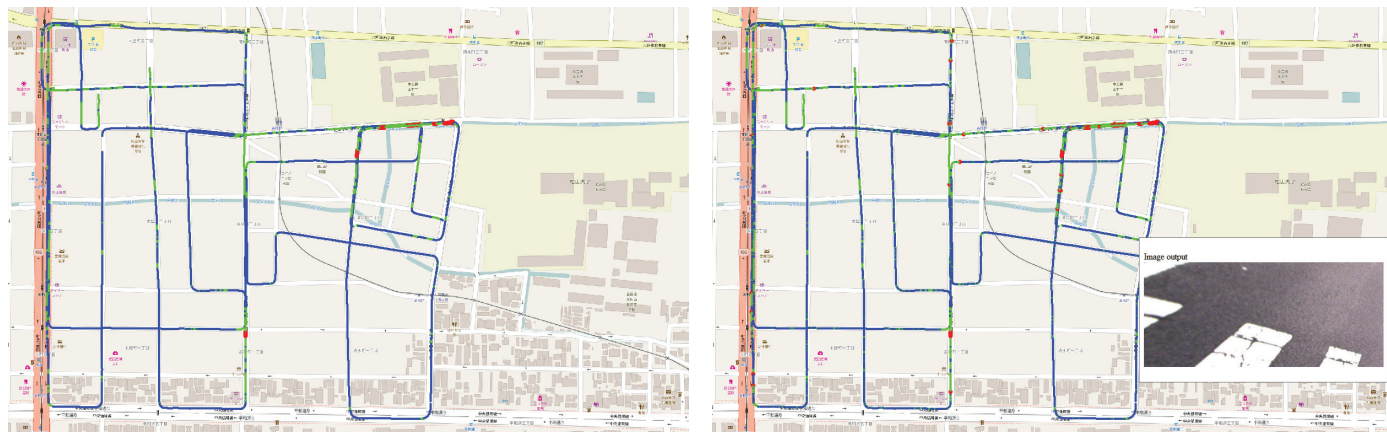
解析による分類結果(6クラス)の混合行列

解析 目視	1	2	3	4	5	6
1	1664	112	42	53	38	91
2	48	1703	40	73	75	61
3	52	9	1652	175	55	57
4	22	41	271	1524	37	105
5	163	20	179	99	1352	187
6	96	60	100	85	241	1418

解析による分類結果(2クラス)の混合行列

解析 目視	ひび割れあり	ひび割れなし
ひび割れあり	5197	803
ひび割れなし	930	5070

GIS上へのマッピング(管理システム)



衛星による災害被害モニタリング

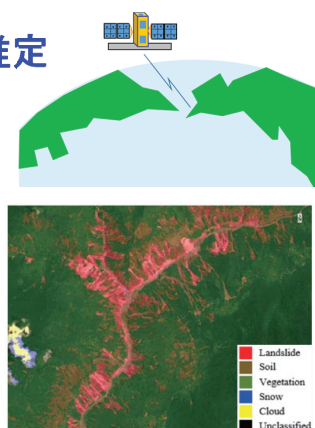
被害分布情報の把握体制

- 実務上は、各公的機関による**現地確認などの情報を集約**
- 研究段階では、震度などの情報に基づく**間接的な即時被害推定**

衛星による撮影画像からの災害被害の検知

- 光学衛星画像やSAR衛星画像の活用
 - 地滑り, 火山, 洪水, 津波, ...
- 高解像度も進んでおり, **構造物被害などミクロレベルの被害検知に対する適用の研究**も進められている

**大量の仕事の自動化, 高速化
→災害時に求められる**



2015年ネパールゴルカ地震による
斜面崩壊域の抽出(土田 他, 2016)

衛星による災害被害モニタリング

研究目的:

衛星画像に対する深層学習手法の適用による,
大地震時における1棟単位での住宅被害の自動判別手法の開発

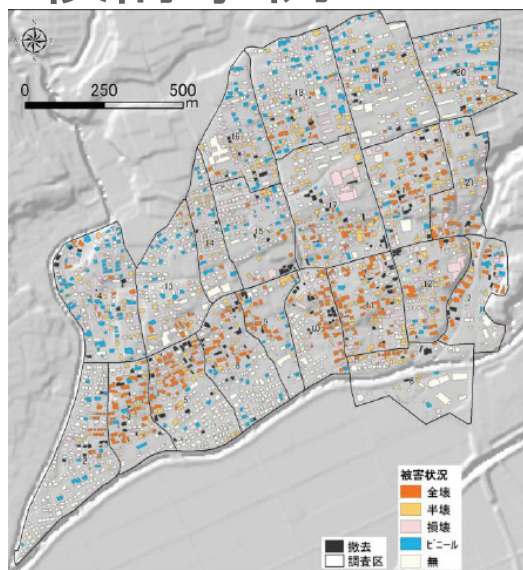
1. 衛星画像からの個別住宅画像の抽出手法の開発
2. 抽出された住宅画像に対する, 被害判定のための深層学習モデルの開発と検証

→ ・1棟単位での住宅被害分布を即座かつ直接的に検知する技術を実装
・災害被害の全体像の把握を迅速化し, 災害直後の対応の効率化を図る

大量の仕事の自動化, 高速化

31

検討事例



全数調査による熊本県益城町の被害分布
(黒木 他, 2016)



光学衛星画像による被災後の益城町撮影画像
(2016/4/29撮影, 1.5m分解能)

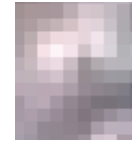
山梨大学
宮本先生提供

検討事例

熊本地震時の光学衛星画像を用いてCNNによる学習・分類を試行

データ概要

- 訓練データ: 全壊住宅画像254枚, 無被害住宅画像253枚
 - 90°回転4パターン×鏡像反転2パターン→8倍にデータ拡張
- 検証データ: 全壊画像254枚, 無被害画像536枚
- 各画像を20×20ピクセルにリサイズ



(a)全壊画像



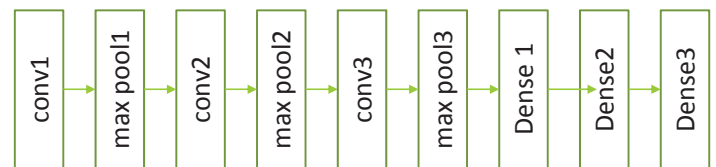
(b)無被害画像

訓練データとなる画像例
(リサイズ前:1.5m分解能)

全体正解率 約75%

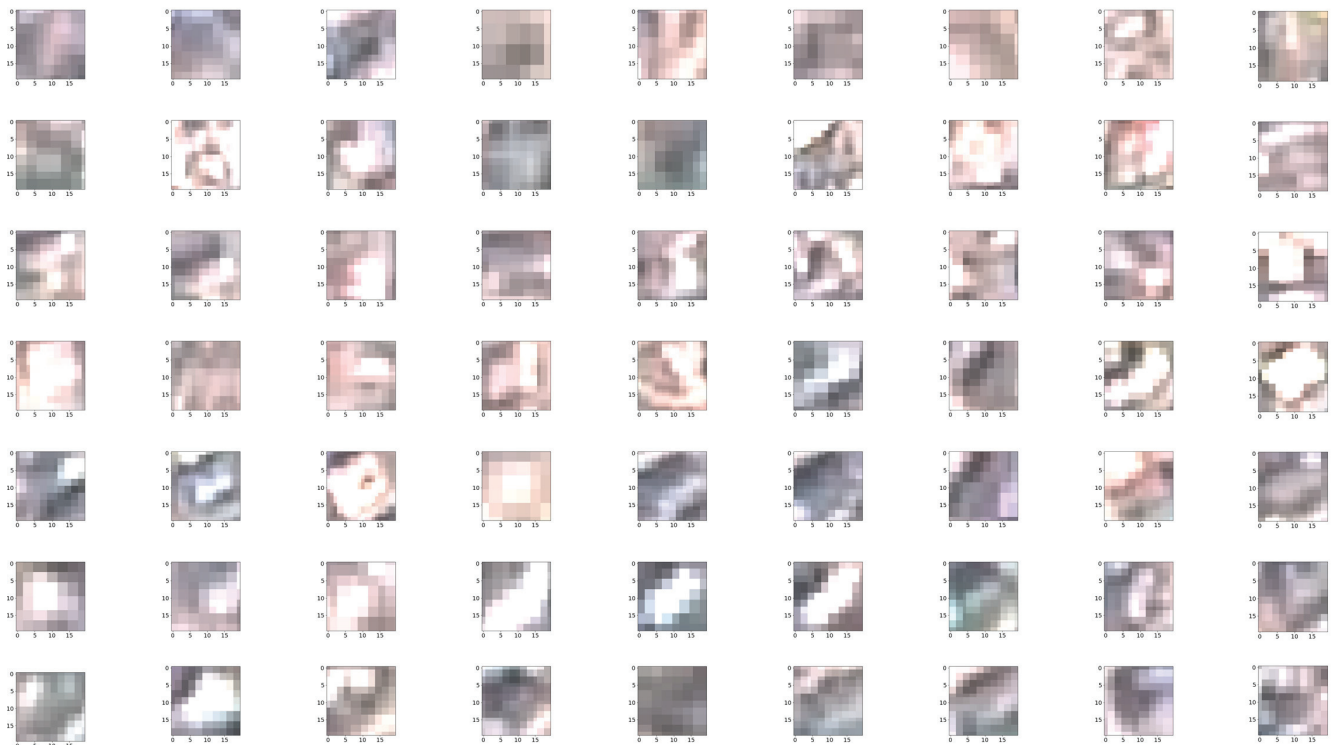
全壊画像判定: 140/254

無被害画像判定: 451/536



山梨大学 宮本先生提供

検証データ





現在のAIの得意なこと

人間の代替・
補完AI

超人間AI

- ◆ 人間の作業の自動化に非常に強い
- ◆ 超高次元の特徴空間の中の判断
- ◆ 損傷検出・顔認識・自動運転etc
- ◆ イノベーションの創出
- ◆ 異次元のデータ収集
- ◆ AI+ビッグデータによる特異点発見

精度のよい内挿を活かすという視点
大規模データの収集・整理が結局のところ重要である
解釈性と性能のトレードオフに留意

将来的な維持管理プロセスへの応用

- 分類・回帰・検出に対して非常に強力ではあるが・・・
- 論理についてのアプローチが、現在・将来を考えた時に必須となる.
 - 論理的な診断結果が措置のために必要
 - 論理的な診断結果なしに措置を正確に行うのは難しい.
意図を全て伝えられるロボットが出来るようになるほうが早い感じがする.
- 自然言語処理との連携
- 知識ベースのシステムとの連携

ドローン・ロボットの実証実験(SIP)

愛媛県東温市新横河原橋において実施(2017/11/21)

1. 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム
(新日本非破壊検査株式会社)
2. 複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム
(富士フイルム株式会社・株式会社イクスリサーチ・首都高速道路技術センター)

産官学、県内外から150名を超える参加者・多数のマスコミ報道

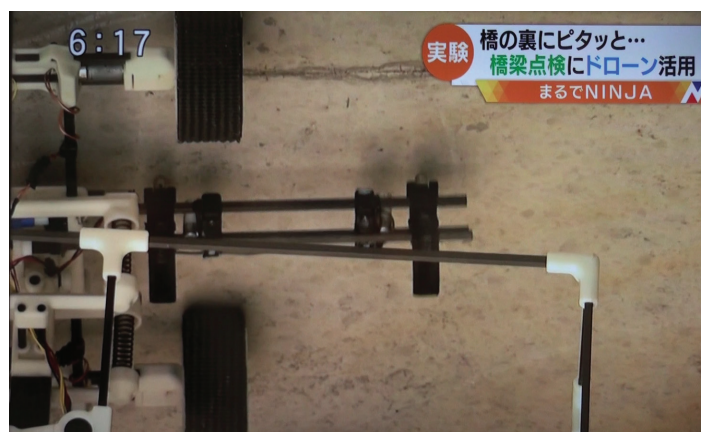
ドローン・ロボットの実証実験



ドローン・ロボットの実証実験

愛媛県東温市新横河原橋において実施(2017/11/21)

産官学、県内外から150名を超える参加者・多数のマスコミ報道



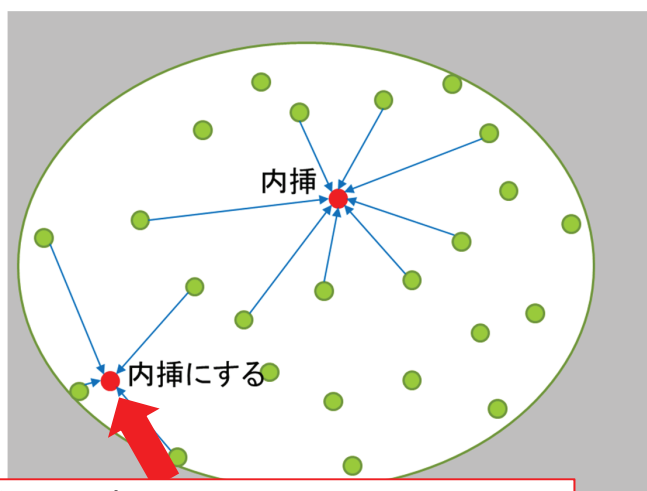
(あいテレビ・Nスタえひめより)

ドローン・ロボットによる点検

現状、高所や狭隘部にあり、アクセスしづらいところでも見る／叩くことができる。でも・・・

- 自動的に、自律的に見るべき部分に飛んでいって見て欲しい
 - 内挿できないような、データからはわからないものに対しても判定ができるようにする(外挿)
 - 損傷原因のストーリーを構築し、説明・解釈できるようにする
- ✓画像や言語などの入力情報を**抽象化**し、状況・意味・境界条件を理解した上で、**演繹的な解釈**を行いたい
- ✓演繹的な解釈が難しくとも、損傷の様子、原因、対策を言語的に表現したい。
- ✓効果的な補修補強手法を考え、自動的に行ってほしい

外挿の手段



知識の転移
抽象化・モデル化による演繹的解釈

人間は、外挿したい(しないといけない)シーンでは、類似の経験をもとに外挿を行う。
(知識の転移・モデル化／抽象化)

画像や言語などの入力情報を**抽象化**し、状況・意味・境界条件を理解した上で、**演繹的な解釈**、**仮説推論**を行う

あるいは、実験・解析などにより、データ集合を広げて、内挿にするようにする。

写真の説明 (Image Captioning) による 抽象化



I think it's a group of people posing for a photo and they seem 😊😊😊😊😊😊😊😊.

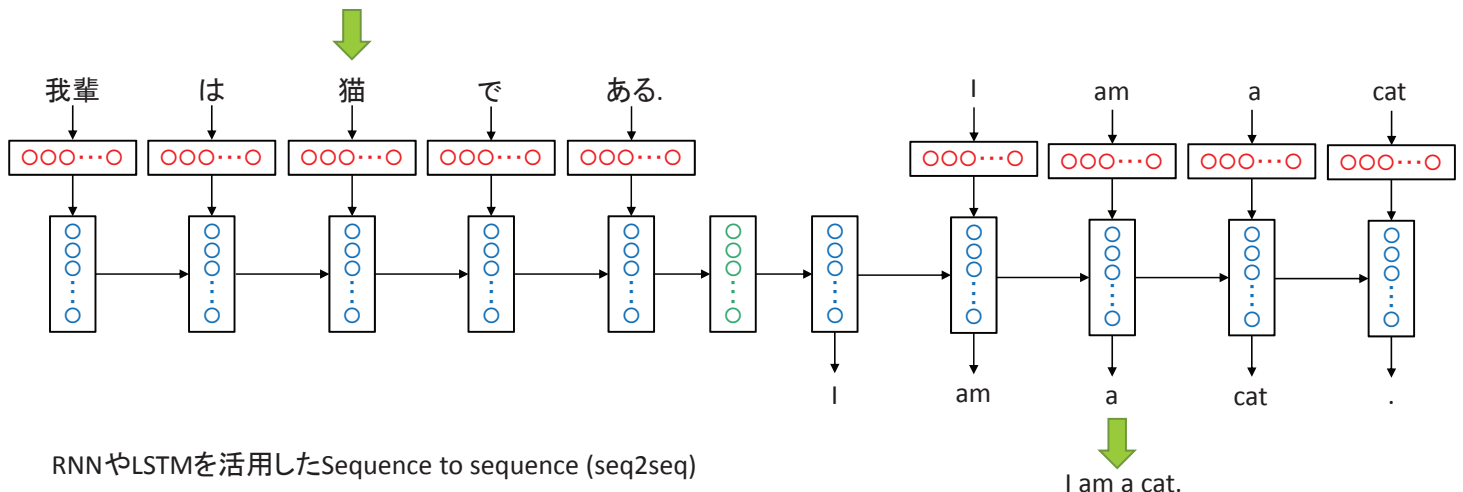


I think it's a car driving on a city street filled with lots of traffic.

<https://www.captionbot.ai/>

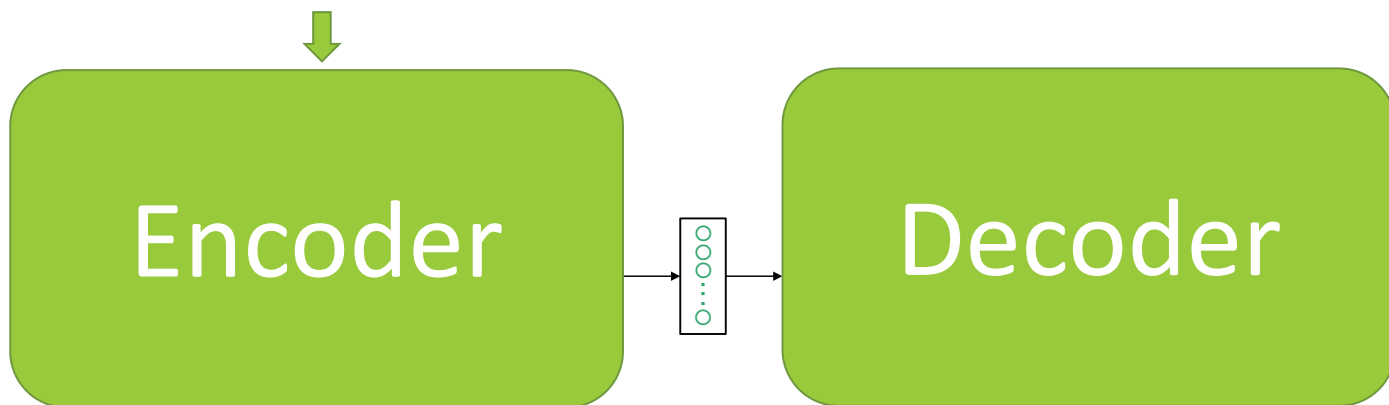
Encoder-Decoderモデル(翻訳の場合)

吾輩は猫である。



Encoder-Decoderモデル(翻訳の場合)

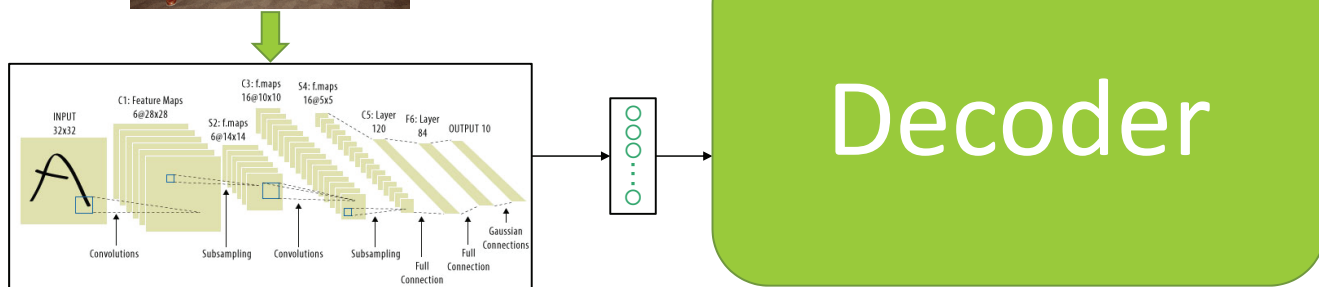
吾輩は猫である.



RNNやLSTMを活用したSequence to sequence (seq2seq)

↓
I am a cat.

Image caption generationへの応用



RNNやLSTMを活用したSequence to sequence (seq2seq)

I think it's a group of people posing for a photo and they seem 😄😐😄😄😄😄

写真の説明 (Image Captioning) による 抽象化



排水口が腐食している



床版に遊離石灰がある



路面に亀甲状ひび割れがある



桁端が腐食している



床版にひび割れ
遊離石灰がある



路山している



抽象化により状況説明ができれば
それを解釈したい. そのために知識が必要

エキスパートシステムなど知識ベース システムによる理解・対策決定

エキスパートシステムは、一般的には時代遅れとされている。

ところが、土木の場合、文脈で規定された知識で有用な知識が一定数あるため、**エキスパートシステムの活用は有効に働く可能性がある。**

例外に弱いけどピンポイントの知識に強い

例：丸鋼が使われている橋梁は昭和40年代より前に建設された橋

パラペットのひび割れは橋台の移動や沈下が原因

F11TやF13Tは遅れ破壊の危険性がある

(日経コンストラクション 老朽橋探偵と学ぶ 謎解き！橋の維持・補修より)

特に、データドリブンなAI解析を行う前段階として有用か？

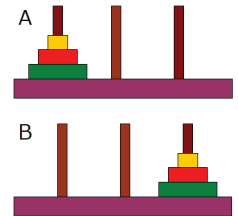
他、知識ベースのシステムとして、オントロジーがある。

AIの歴史

第1次AIブーム(1956～1960年代):探索・推論の時代「知能＝探索能力」

- ダートマスワークショップ(1956)
 - ・ 人工知能(Artificial Intelligence)という言葉が決まる
 - ・ 世界最初のコンピュータENIAC(1946)のわずか10年後
- 数学の定理証明、チェスを指す人工知能等

考えるのが早い人工知能



...冬の時代

第2次AIブーム(1980年代):知識の時代

- エキスパートシステム
- 医療診断、有機化合物の特定、...
- 第5世代コンピュータプロジェクト:通産省が570億円

「知能＝知識」

ものしりな人工知能

「知識獲得のボトルネック」

...冬の時代

第3次AIブーム(2013年～):機械学習・ディープラーニングの時代「知能＝学習」

- ウェブとビッグデータの発展
- 計算機能力の向上

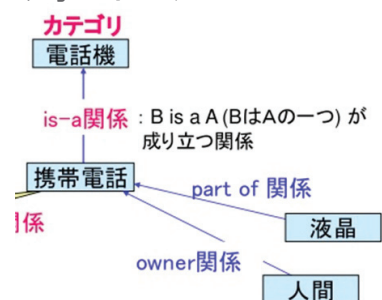
データから学習する人工知能

http://www.soumu.go.jp/main_content/000400435.pdfより

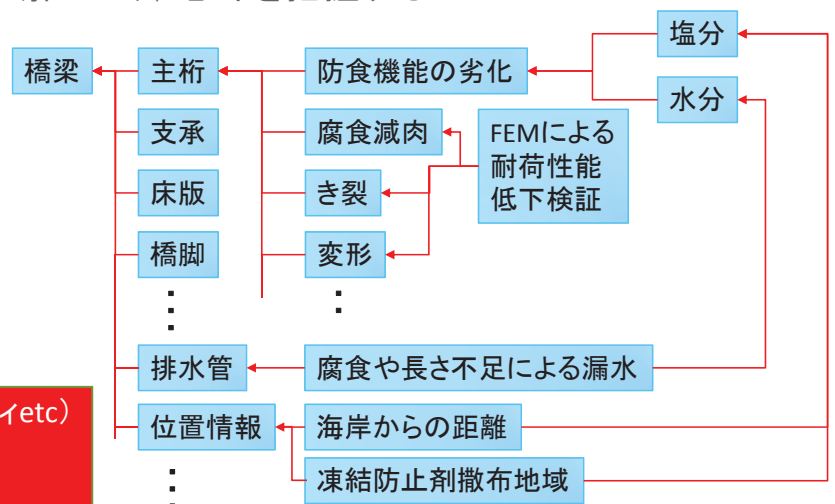
オントロジーによる知識の整理

演繹的推論, 仮説推論を機能させるためには, 概念間の関係の理解が必要.
抽出された特徴間の関係の理解により, 意味を把握する.

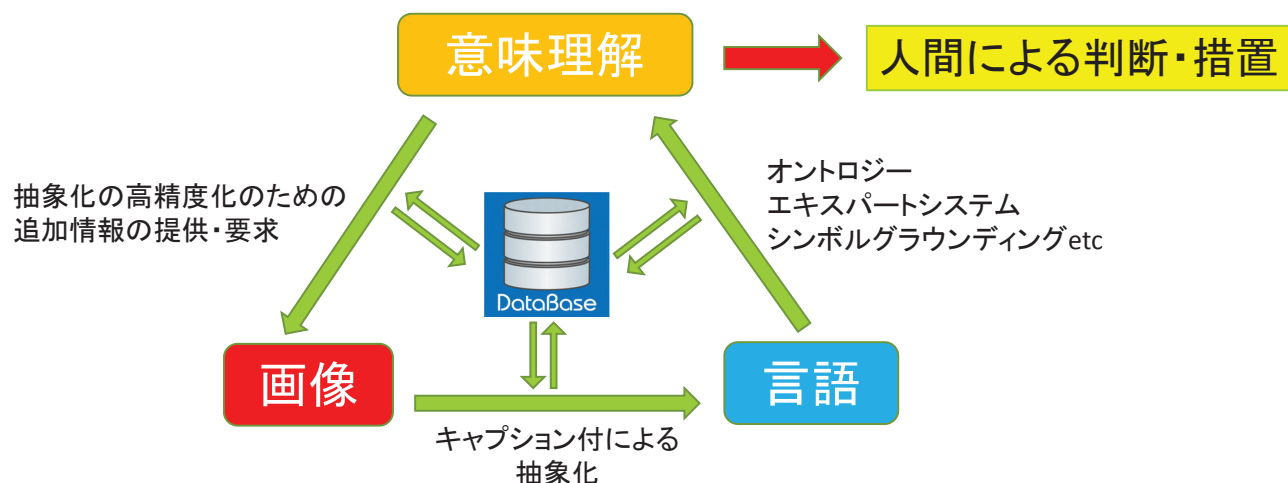
→オントロジー



言語学とのリンク(ソーシャル, メルロ=ポンティetc)
「思考や認識は言葉に規定される」
「土木言語学」の必要性



画像一言語一意味の三位一体



ここまでの流れを、維持管理に当てはめる

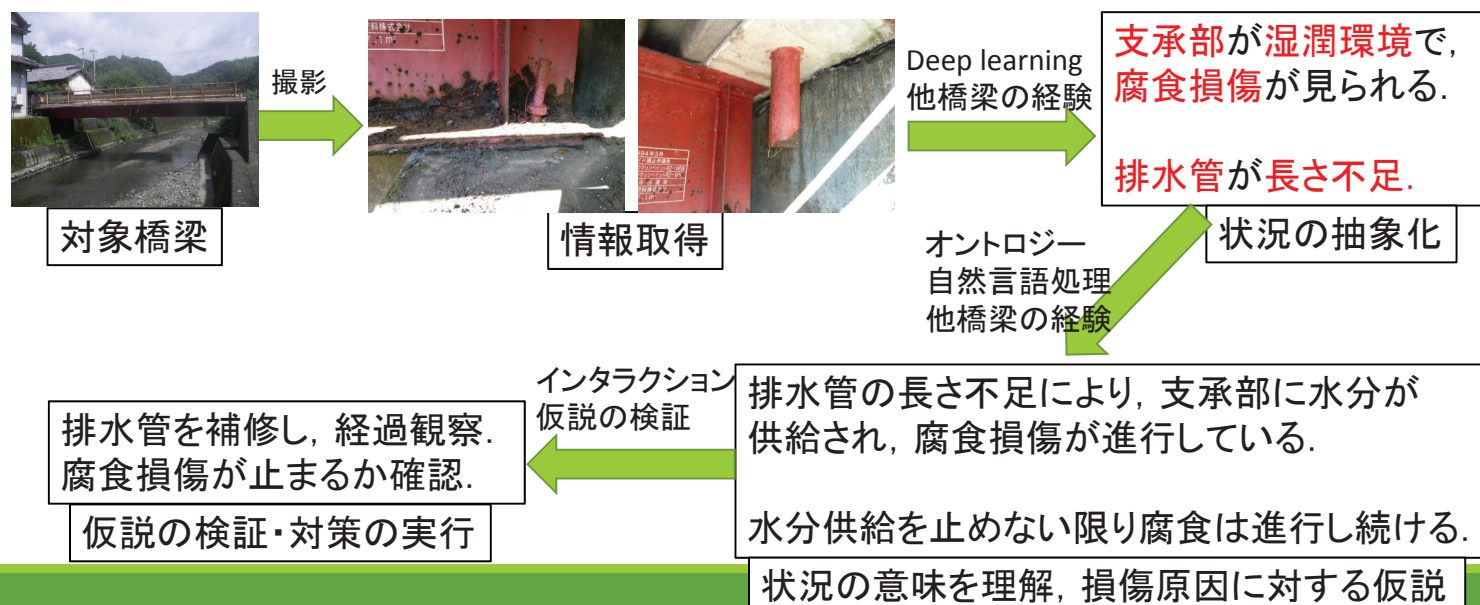
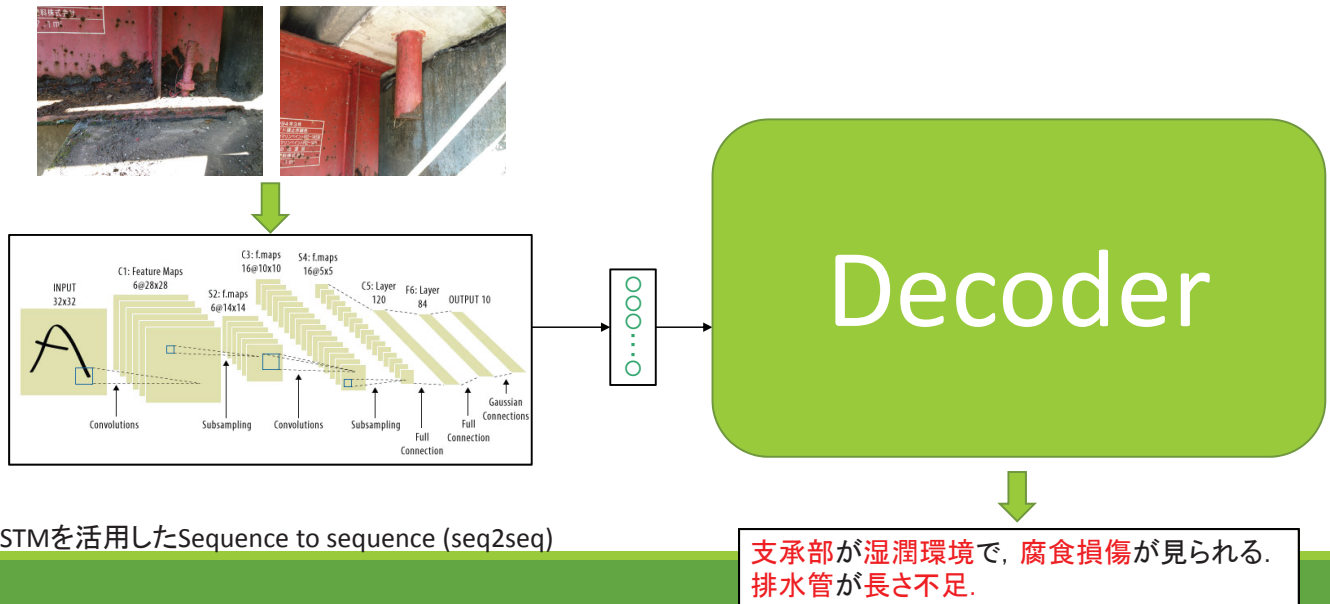


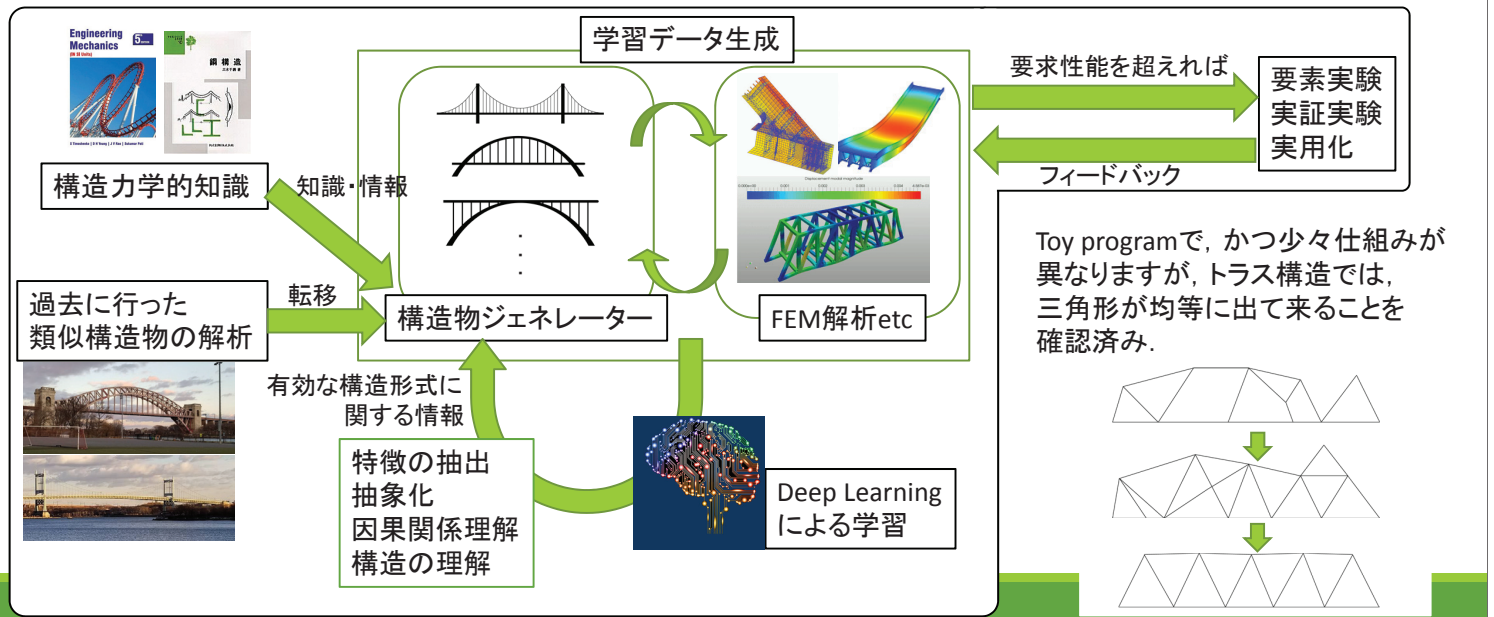
Image caption generationへの応用



構造工学への応用

- 目的の設定→観察などによる状況の抽象化→状況の意味の理解→仮説提示→検証のサイクル, スパイラルアップがこれから来る (かもしれない) 新時代のAIのポイント
- 既存構造物の維持管理において, 目的に応じた必要な計測・解析・実験を計画し, また準備し, そして結果の検証などのPDCAを自律的に行う
- 新規構造物について, 目的に応じた構造物を設計・作成する.
 - 似たような構造物が多くあるタイプの構造物であれば, 知識の転移も有効.
 - 意匠についても, 人間が好む意匠のパターンを学習すれば, そこから発展させることで人間側のニーズはある程度は満たせそう. 意匠のオリジナリティについては不明.
 - これまでにないようなオリジナルな構造物の発明・設計. 例えば, 疲労クラックが生じないような構造を作れ, という目的を設定すると, 膨大な計算の結果, 見つけることができるかも. (将棋の新戦法の例)
- 制御できるような構造物を作成するという発想も, 目的に応じて当然出てくる.

オリジナルな構造物／形式の提示



さらに遠い未来の話

目的の設定→観察などによる状況の抽象化→状況の意味の理解→
仮説提示→検証のサイクル, スパイラルアップがこれから来る
新時代のAIのポイント

- 街の中の必要な場所に必要な構造物を自動で建設, 維持管理
- ...
- そして, 街全体の知能化へ
- 人工知能が進化しても残る仕事とは.
土木技術者だから出来ることとは.

人工知能が進化しても残る仕事とは

- 過渡期には当然いろいろな仕事がある。土木においては、人工知能（＋ロボット）はほとんどの場合、コストパフォーマンスが合わない。
- 過渡期を超えても、人工知能でオリジナリティのあるものを作るには膨大な計算資源が必要。あるいは、アシストで計算コストを落とすことができる。
- 合意形成などの人間一人間のインターフェース部分
- 意思決定など、サンプル数の非常に少なく、責任が要求される場面
- どのような目的を与えるか。異なる価値観の共存する社会で大切なのは何か。対立する幸せの中で、トレードオフをどう考えるか。

これらは土木技術者には昔から求められてきたことであり、そしてその価値は損なわれず、それどころか更に重要性を増していく。

AIで描く未来—土木AI進化論— (1990, 土木学会)



二〇一〇年, 木田家の金曜日

- 地震によるインフラ施設への影響予測と、それに対する最適な対策をシミュレートするシステムが紹介されています。
- 今日の建設構造物は、最適設計システムや高強度材料の開発、老朽化診断システム、環境制御システム、補修ロボット等が普及したことにより、ますます大規模かつ複雑になっているが、同時に安全性も大きく向上しています。高層ビルに至っては高さ1000mのものがまさに着工されようとしているのです。
- 新東京国際空港までの最短の経路を自動運転システムにセットします。木田の車は交通流制御システムで渋滞のなくなった首都高速道路を走り、予測時間どおりに空港に到着できました。
- 重機械はすべて臨場感認識による誘導システムで制御されています。(中略)。半無人化された最新の土木工事現場です。
- 予知システムは、(中略)、トンネル近傍で海底地滑りが発生することを高い確率で予測しています。
- 会議では言語処理システムが使用され、話された言葉は整理された上で英語、日本語両方でスクリーンに表示されるとともに、同時翻訳システムにより音声で聞けるようになっています。
- サンゴ礁の群生や魚介類の生態系への影響、さらには自然景観について50年後の予測、評価も含めた「自然環境評価・予測シミュレーションシステム」による検討結果が報告されました。

ご清聴ありがとうございました.

スライドや委員会についての質問やご意見は,
chun@cee.ehime-u.ac.jpにお送りください.

