

実世界システムとしての人工知能

金出武雄

カーネギーメロン大学
ロボット研究所

人工知能における知能とは何か

結構定義は難しい:曖昧 ないし 哲学的?

- 人が「知能的」と感じるもの?
 - チューリングテスト
 - “Eliza”効果
- 人工的能力が人間以上になると、人は「知能的」と感じない?
 - 仕組みが「完全」に明らかになったとき
 - 「決定的手順(Deterministic Procedure)」が明らかになったとき
 - 問題の複雑さが計算機で解ける範囲に入ったとき
- 「いまだ機械で出来ない“知能的”な能力」という“定義”?
- 特に定義せず、「問題解決、視覚・音声・言語理解、計画、ゲームなど、人間と“同じような”あるいはそれ以上の“いわゆる知的”活動能力」とくらいにしておくほうが有用

人工知能の歴史： 挫折と回帰

- 1966:ピアス勧告 – 「機械翻訳は出来ない」
- 1968:Minsky—Papert – 単層パーセプトロンの限界を指摘
→ 2層非線形要素(シグモイド関数)を含むニューラルネット
- 1973:ライトヒル勧告 – 組み合わせ爆発問題を指摘
→ NP Hard 問題に対する現実的な「近似的」「確率的」解法
→ 「知識」の書き出しと「浅い」探索によるエキスパートシステムの成功
- 1990年代:常識を取り入れる困難さに直面
第五世代プロジェクトの終了と
DAPRAが AIへの“Umbrella Funding” を停止
→ 自動運転などの「実世界システム」の開発
→ 機械学習、中でも“Deep Learning”
→ “Big Data” の活用

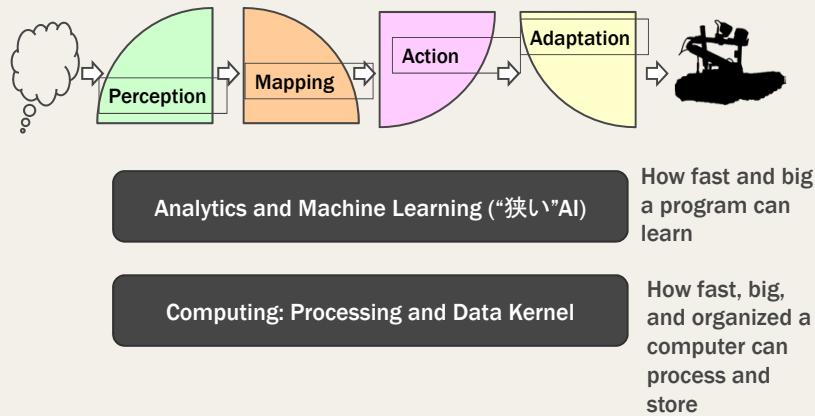
AI ブーム比較

ブーム	“一般”推論機構	人間に勝つゲーム	ロボット	言語・音声・画像	神経回路網？	代表的開発目標AIシステムとその“限界”
1	GPS 述語論理	チェッカー	Hand Eye Project	パターン認識	Perception	機械翻訳 複数意味 (セマンティックス) 計算量の爆発
2	Rule-based Reasoning AIプログラミング言語	チェス	自動運転	Language/Speech/Image “Understanding”	2層非線形NN	エキスパートシステム 知識の獲得 “常識” (Frame Problem)
3	ビッグデータ “推論”	碁	Humanoid	画像・音声 認識の実用化	Deep NN	QA ?

各段階で指摘された問題点は、いまだ完全に解決されたわけではない(永久に解決されないかもしれない)が、その意味や現実的対処法が少しずつわかつてきたということ

Autonomous Robots

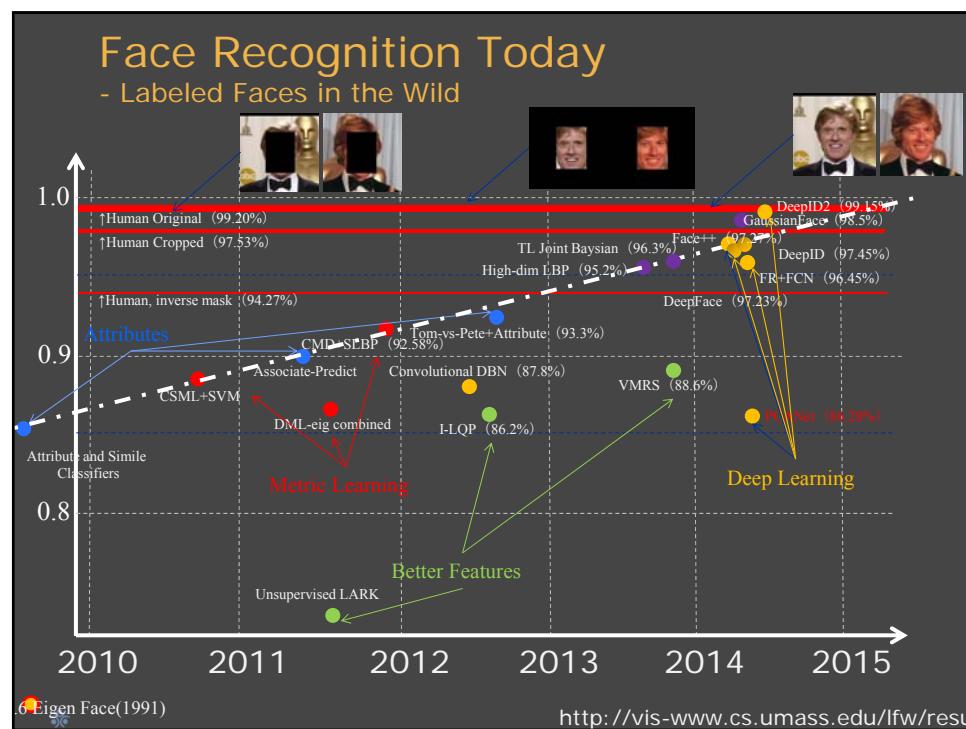
実世界とインターラクションするAIシステム
“Robotics is where AI meets the real world”



明らかな進歩

わたしが係わった例：

- 顔認識
- 自動運転



Autonomous Driving – 30 Years Ago



Navlab 1: 1985-
Park pathway
~20 km/hr, 10km
Cameras, Laser range i
Sun 3s and 4s

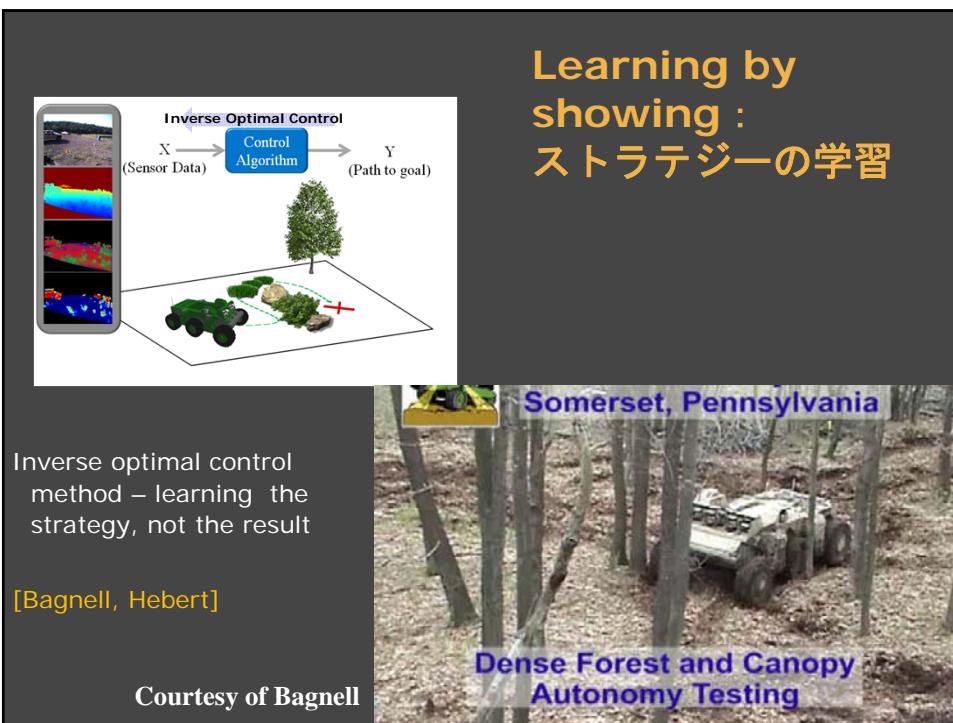
Today: Autonomous Car Becoming Real

Google Car on Public Roads



Uber Automated Taxi Project (2016)





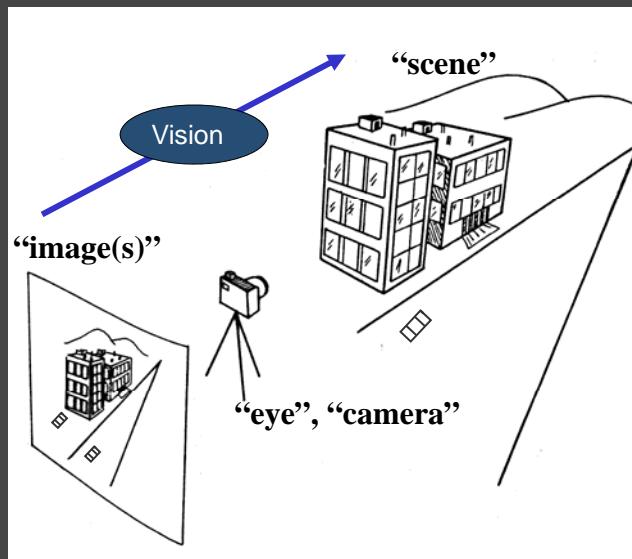
実世界に根ざした 人工知能研究の本質はなにか

コンピュータビジョンを例に使いながら

本質的困難さ、
解決されなければならないこと、

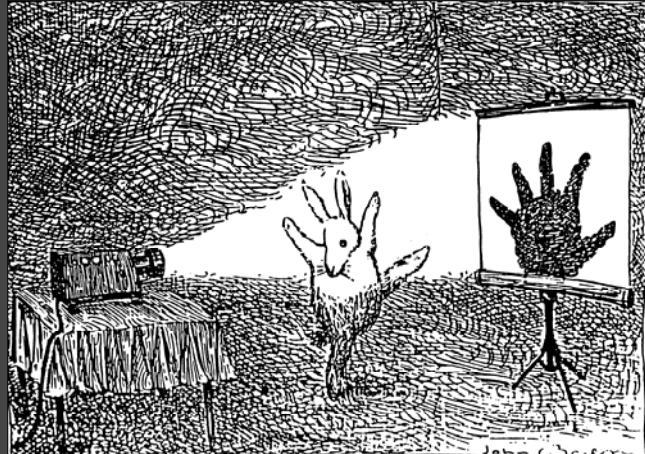
を議論する

What is Vision?



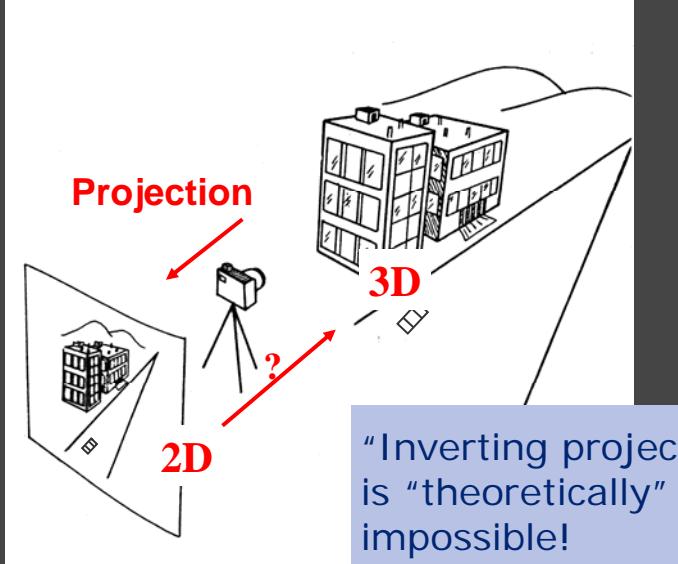
Guessing reality from projection

--- Obviously, a difficult problem



Computer Vision was one of the earliest problems in Artificial Intelligence: e.g. Blocks World, Hand-eye Project
It turns out to be difficult - Minsky's episode

Why vision is difficult: *2D-3D Degeneracy*

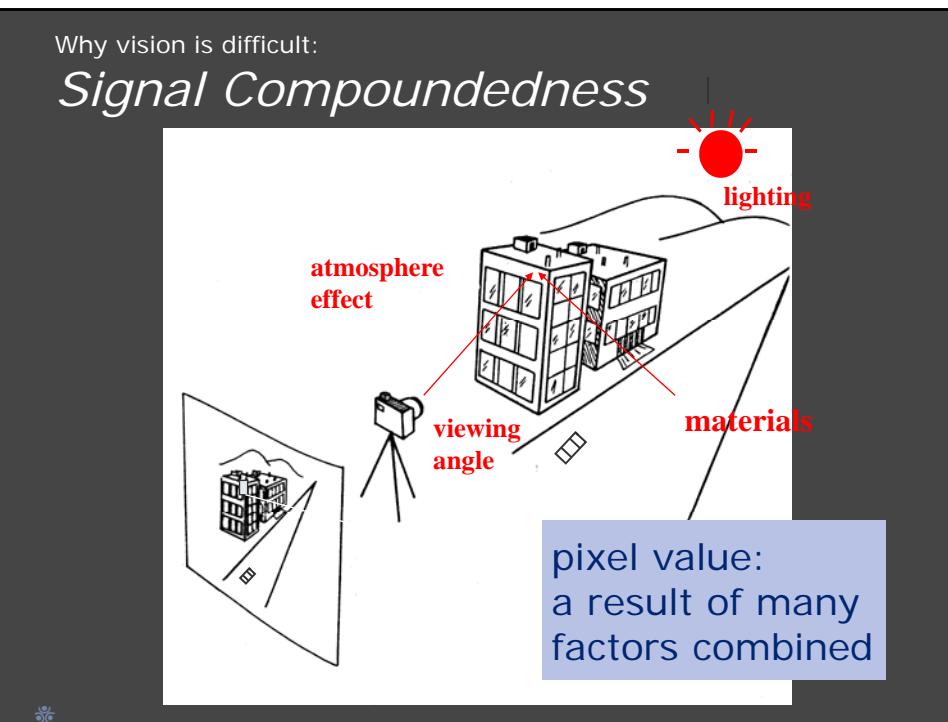


ほとんどの知能問題は”解“がよく定義されていないか、複数答えがある

- 1 2 5 6 、 、
の答えは、実は何を入れても「正解」
- “Time flies like an arrow.”の意味
- 「宣教師とライオン」のクイズ
- 最も”簡単な”、“美しい”答え、答えのあるべき範囲などを陰に規定している
- 一般に「枠組み問題」という

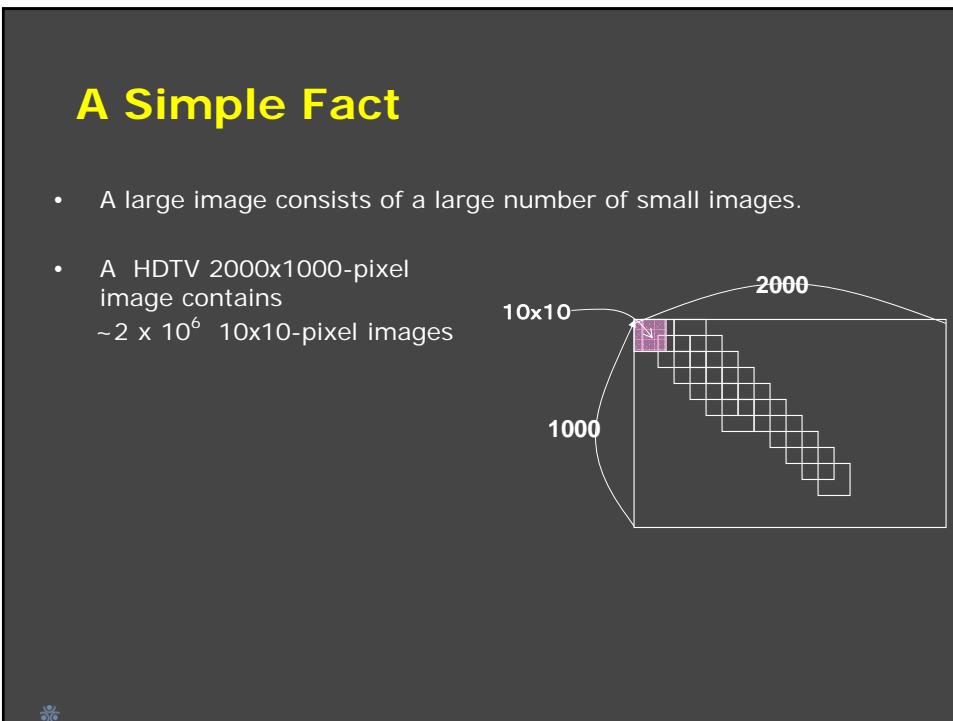
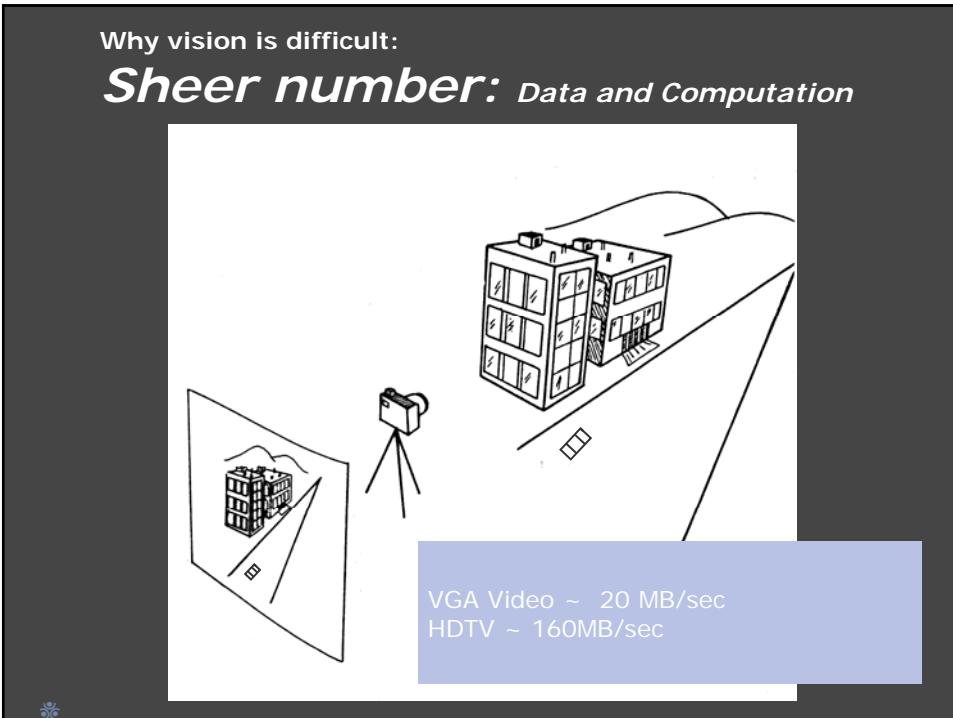
曖昧さを取り除く方法の研究

- 物理現象(光の反射や撮像)をモデル化する
- 人が使っているらしい Implicit(陰)に仮定されている条件を見つけ出す。
- 「普通」の条件 (Probably Situation) に起こっている性質を使って曖昧さを取り除く
→Domain Knowledge(領域特有の知識)の獲得
→人間の解答のデータ(Big Data)をまねする — 現象論的知能 (aka 学習)



物理世界の法則に従わなければ ならない

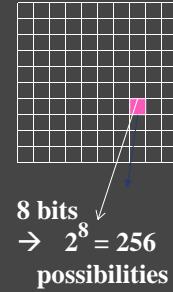
- 物理法則はほとんどが、“Forward” モデル(こうすれば何が起こる)。ただし、解釈やActionの計画には ”Backward” モデル(何を起すにはどうするか)がいる
- 計測(センシング)には必ず、Uncertaintyが伴う
- Signal to Symbol Mismatch (ほとんどの知識はシンボルを使って書かれている。観測をそのレベルに信頼性良く上げることが難しい



Another simple fact

The number of possible
10x10-pixel images is:
(assuming 8-bits/pixel)

$$256^{10 \times 10} = 10^{240}$$



$$>> 10^6 \times 10^{10} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 30 \times 10^6 = 10^{31}$$

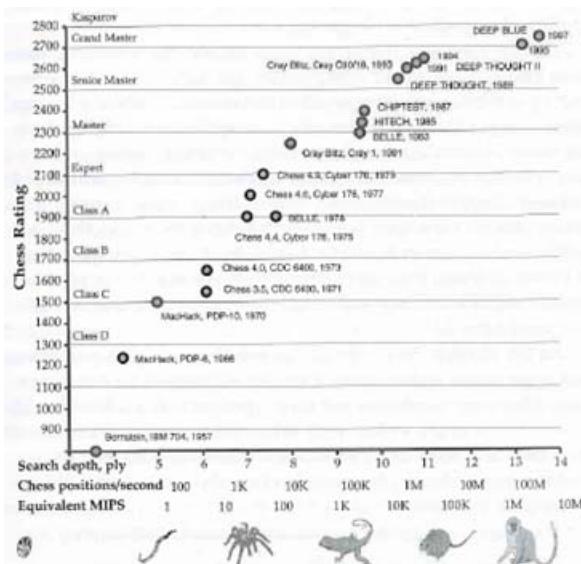
Human kind has not yet seen all of
10x10-pixel images
(Kanade's theorem?)

→ We need fairly bold assumptions!

有限問題(多くのゲーム)でも難しい

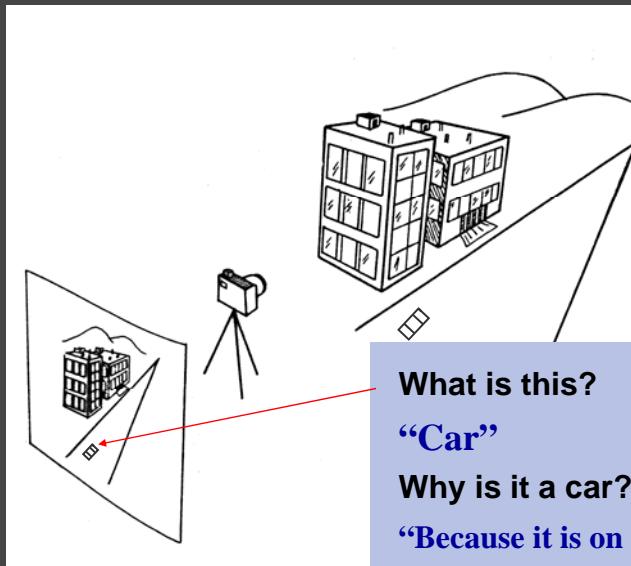
- 解の総数が有限の問題 → 必ず解けるはず
- しかし、NP困難(あるいはNP完全)な問題がほとんど → 問題の大きさに対して 指数関数的に解の困難さが増す(例: トランジッターセルスマントラベル)
- しかし、ある程度以上の計算能力があれば、現実的に(近似的、確率的に)解く方法が見つけられている
 - 新しい最適化手法、ランダムアルゴリズム、整数計画法など
- 計算機の能力が上れば解ける問題が急速に増える

チェスマシーンの計算能力とレーティング

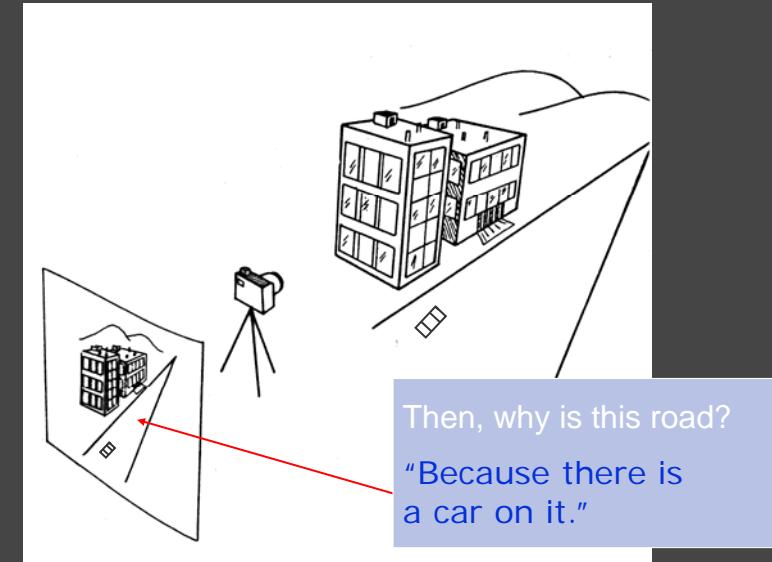
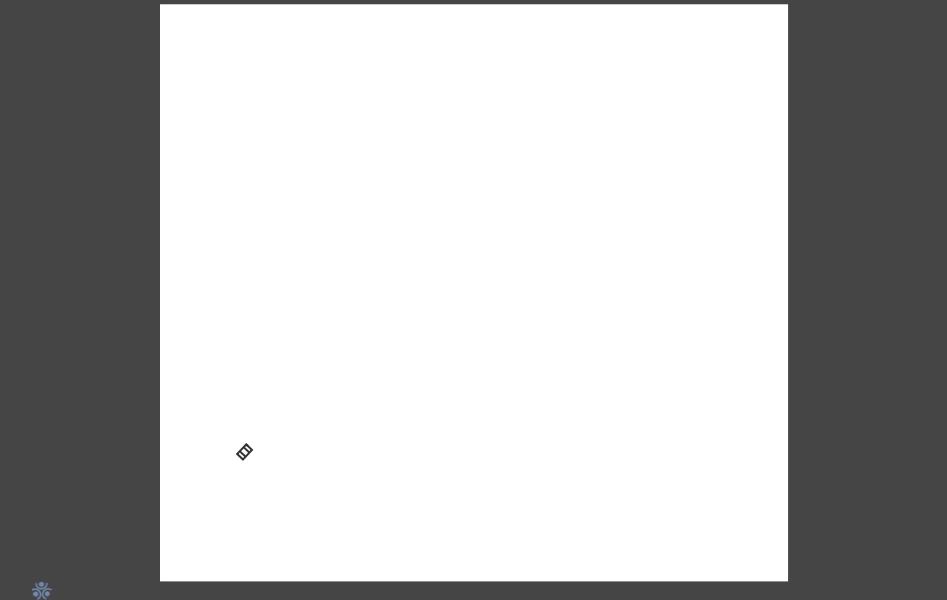


Why vision is difficult:

Context, Knowledge



Context is indeed playing a role



一般的な知識の獲得

- 知識は必ずしも論理的ではないHeuristicなものであり、人から学ぶ必要がある。
- 初期の頃は「人手」による個々のコーディング
- → Cyc Project 人手による集積(84から)
→ 機械学習の応用(現在)
- インターネットは「知識」の宝庫
→ Internet からの知識の自動獲得

例: NELL and NEIL (Never Ending Language and Image Learner)

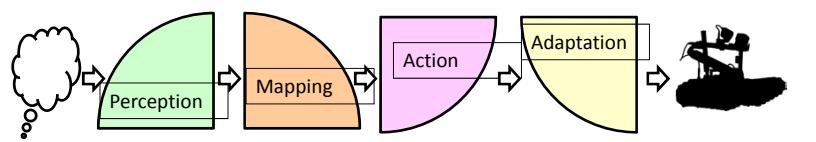
NEIL
NEVER ENDING IMAGE LEARNER
BY DR. ABHINAV GUPTA

Use images on the web
To Automatically build world's largest
Visual Knowledge Base
Running 24 hours a day 7days a week
To learn Concepts and Relationships
Necessary for Visual Understanding

新しいAutonomyは「人」をふくむ

- 人にアダプトする車
- 助ける必要があるときだけ助けるアシスト技術
- 人と協同する生産システム
- → 人の Functional·Behavial モデル
– Digital Human?

Autonomous Robots (再) Total Integrated System



Analytics and Machine Learning ("狭い"AI)

How fast and big
a program can
learn

Computing: Processing and Data Kernel

How fast, big,
and organized a
computer can
process and store

人や物理世界とインターラクションする Autonomous Systems のチャレンジ(再)

- 物理プロセス(センシング、物体の性質、動き、摩擦、、、 マニピュレーションなど)のモデル化
- マップなどの状況表現法
- 雑音、矛盾するデータ・情報の扱い(データと地図)
- Quick ReactionからDeliberate Actionまでの統一的なアーキテクチャ
- システムの一部としての“ひと”のモデル化
- 一つ一つ少しずつ違う物体などの性質をどう扱うか
- Online Learning／Adaptation
- 高レベルのInstructionと低レベルの動きの対応(例:料理のレシピと実際のアクション)
- Hard Realtime性

成功するAI研究

—私の観察—

- 具体的問題、さらに誤解を恐れずに言えば
「役に立つ」問題に絞る
- End to End で研究する
- いわゆる人工知能研究者だけでなく、いろいろな領域の専門家とのInterdisciplinary Teamを作る
 - 心理、神経、社会、経済、機構、、、
- Processor込みの研究
 - 低消費電力、Intelligent Storage、精度vs.速度

チャレンジ問題を作ろう(例)

- 自動議事録 ー 会議に同席して、会議の議事録（誰が何を主張し、何を決め、誰がなにをするかのアクションプラン）を自動的に作る
 - 音声認識・視覚理解・心理解析・言語解析と生成
 - (More advanced version) 会議に参加し、有用な情報・意見を述べる
- アマチュアのゴルフコーチ ー アマチュアのスイングを観察し、欠点を指摘し、その人向きの上達のアドバイスを、スイングを見せながらコーチする
 - 視覚解析・動作解析・動作生成(プランと実行)
 - (More advanced version) 必要ならば多少のうそも交えた激励も言う

人工知能研究の問題点

- 技術の“*Implication*(意味合い)”を人間のすること(していそうなこと)になぞらえて、解釈・解説・誇張がなされ、それに対して技術的な誇張と感情的な拒絶・恐怖がおきる
- マイルストーン的成果は技術的進歩に裏付けられたものであるが、「出来た」の意味のはっきりしないものが“成果”として混ざって主張される。
 - 私の“失敗談”： Soft AI vs. Hard AI
- 計算機の“単純な“計算能力自体が人よりはるかに低い(特に、これまで)にもかかわらず、人との安易な(背伸びした比較)が誤解と失望を招く

使って欲しくないスローガン — 私の好みでない —

- 「X年先を見据えた基礎的」、「X年後に役に立つ」研究 $X > 5 \sim 10$
- 「欧米と違う」、「日本独自の」、「オールジャパンの」研究

人工知能は人を超えるか—Yes!

- 人に出来ることは、同じ程度かそれ以上にできるはず
 - 「知能」は計算機科学のいう「Computation」に過ぎない
 - Computationに必要な生の計算能力は着実に増加し、人のそれ(それほど増加しない)をいずれ超える
 - Computationに必要なデータは着実にデジタル化され、人の記憶しアクセスできる範囲を(多分、既に)超える
 - 計算機の使えるセンターは、人のそれを、種類と能力において(既に、一部は)人を超える
 - 計算機は遺伝によらず、一から学習することなく、能力を極めて能率よく継承できる
- 人は出来ると思っていることのうち、そもそも「本来的に」出来ない(または、出来なさそうな)ことは、人工知能にも出来ない(だろう)。