

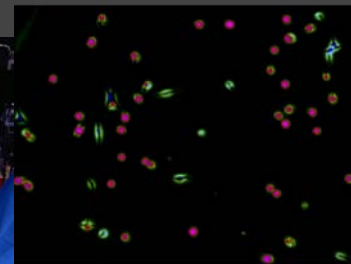
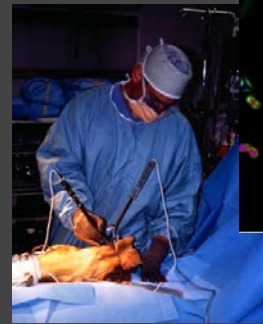
役にたちインパクトのある 実世界AIを

金出武雄

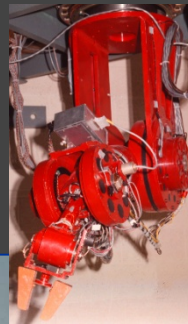
カーネギーメロン大学ロボット研究所

What Kanade did or got involved

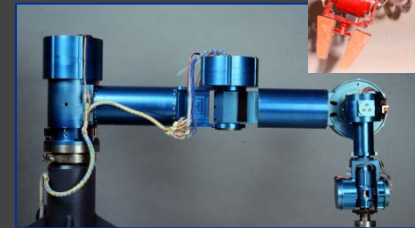
Computer Vision
face, color,
stereo, motion,
video, 3D recognition
etc. etc



$$C\Psi = (\Psi_{m_1}, \Psi_{m_2}, \Psi_{m_3})$$

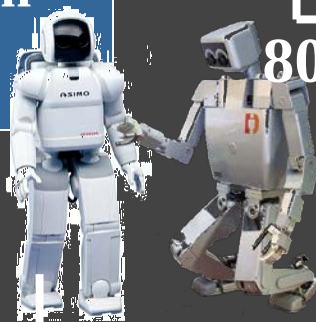


Medical Robotics



**Manipulator Design
and Control**

80 90 00 10



Humanoid

80 90 00 10



Vision-based

Autonomous Air Vehicle



**Autonomous Ground
Vehicle**

Virtualized Reality

80 90 00 10



多少のインパクトがあった例：

自動走行車 (NAVLAB) プロジェクト (~ 1984)



Terregator: ~1985
Campus pathway
<100m/hr, 100m total
Camera, Off-board computing

Navlab 1: 1986-89

Park pathway
~20 km/hr, 10km

Cameras, Laser range finder
Sun 3s and 4s



Navlab II: 1990-92

Natural Terrain, 20km/hr
Freeway, 70km/hr, 150km

Cameras, Laser range
finder, Sparc 20s

Navlab 1 - 10 lineups

Navlab 1-5: 1985-1995
Experimental systems

Navlab 6-10: 1997

**Integration of cameras,
radars, GPS, motion sensors,
PCs**

AHS Demo 1997 in San Diego
1500 riders, 125,000 miles



No Hand Across America: 1995



The **Navlab 5** steered 98.2% of the distance from Washington, D.C. to San Diego CA. (2797 miles out of 2849) by a computer-vision program.



Navlab 5 mingling with the stars!



EyeVision

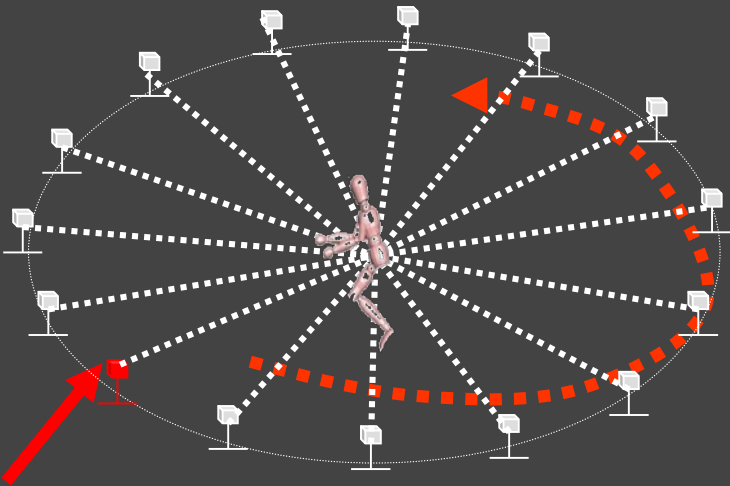
(アイビジョン)

at Super Bowl XXXV

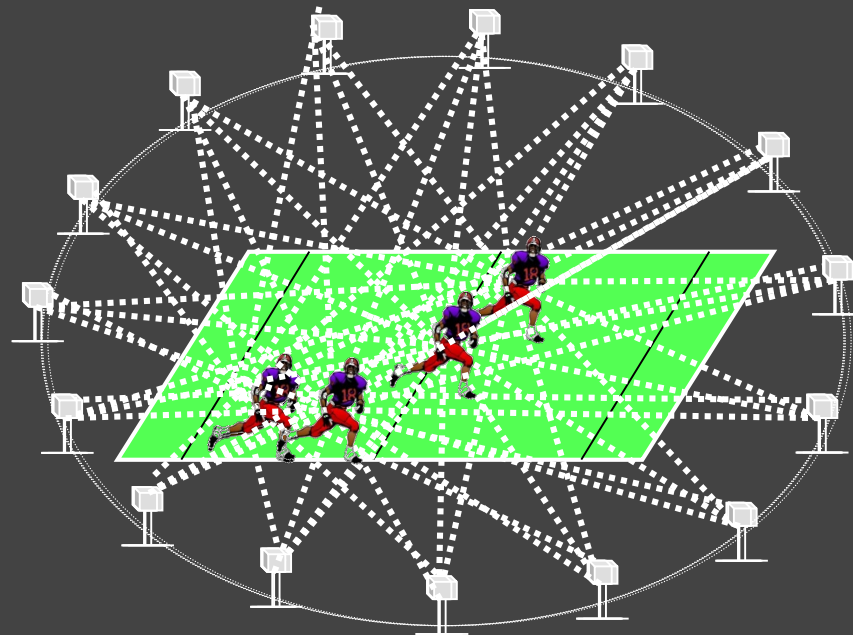
2001

映画マトリックスのようなリプレーを
アメリカンフットボール場のどこでも

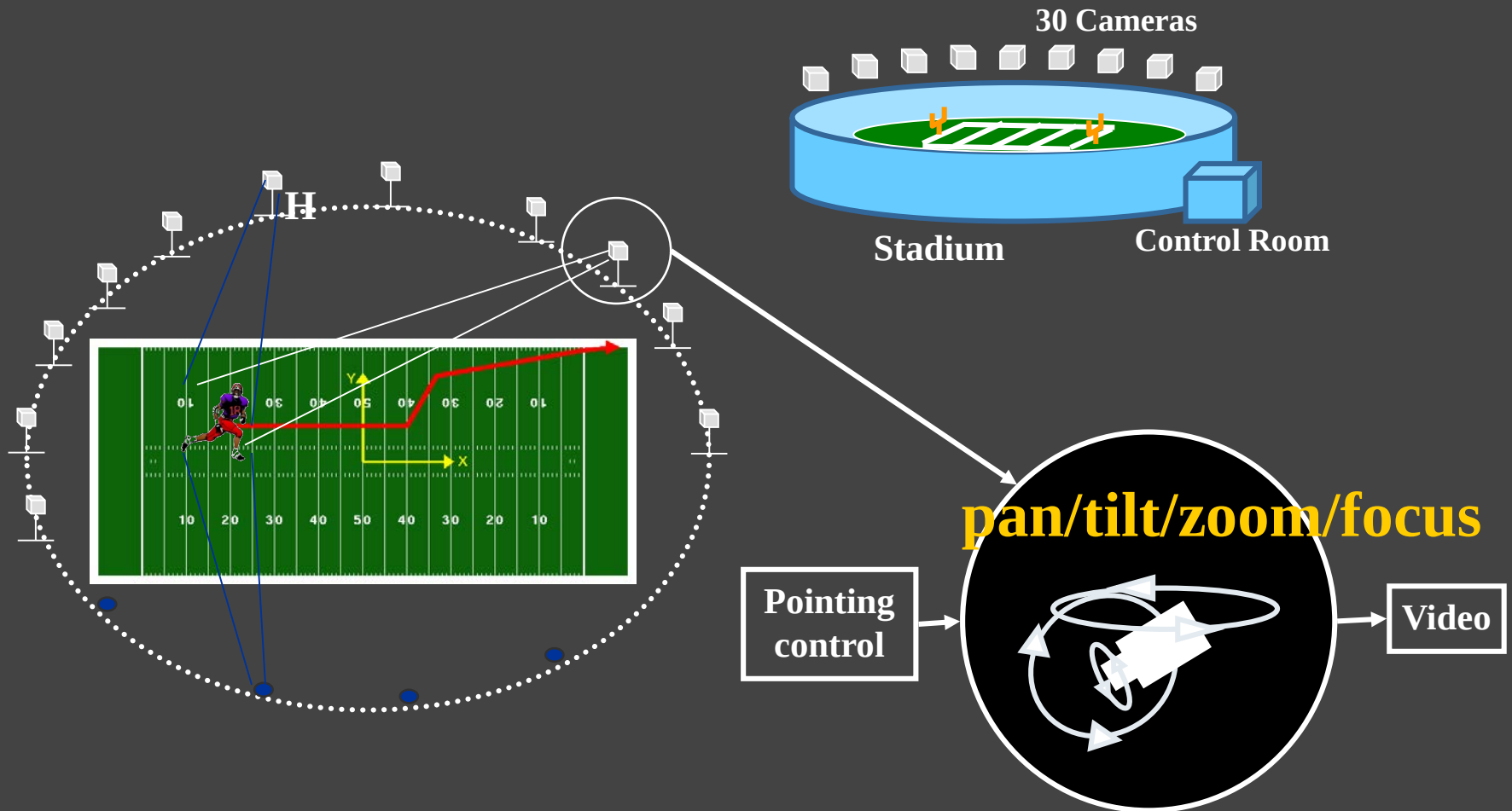
Movie Matrix



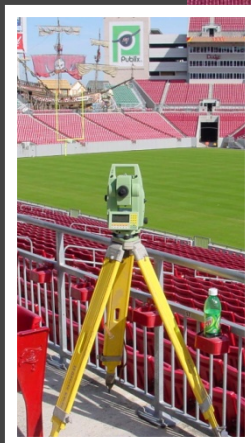
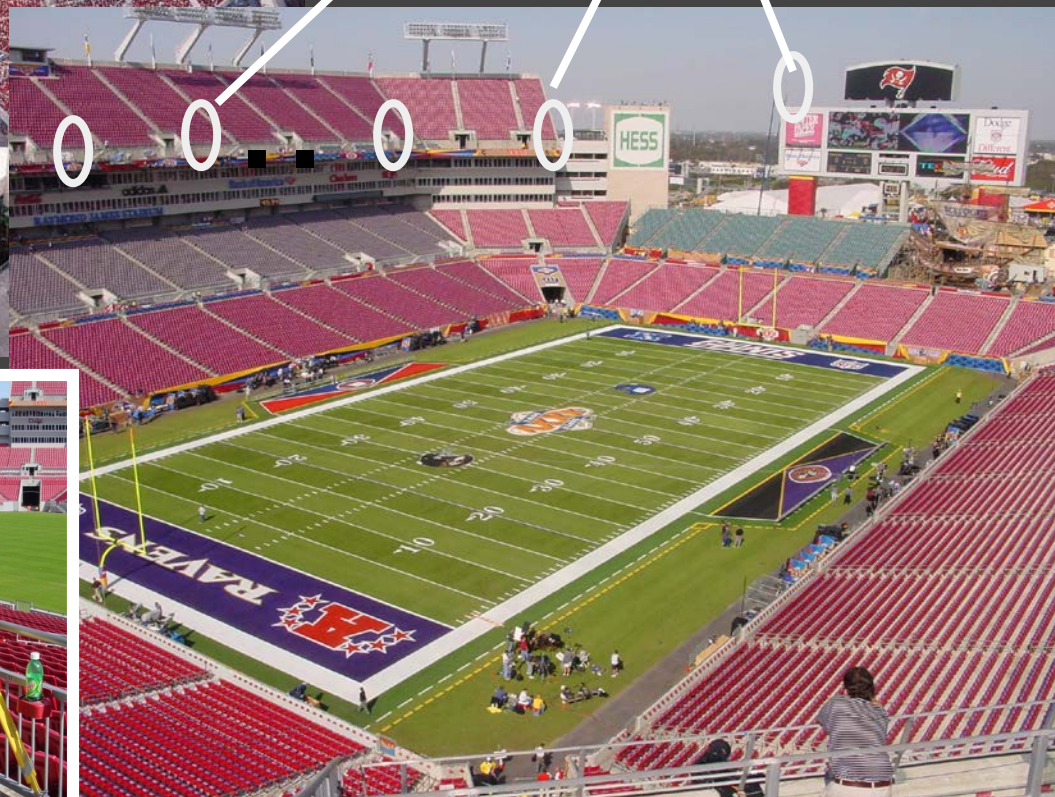
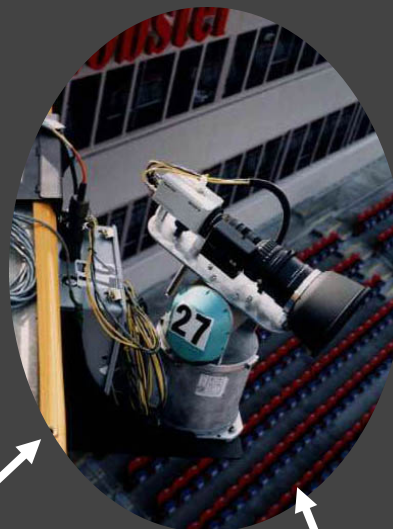
EyeVision



EyeVision



フロリダ州タンパ



Trailer and wires



EyeVision “Best of”



研究者の仕事と希望は？

「良い研究をすること」

「良い」研究とは？



カーネギーメロン大学

故アラン・ニューウェル(Allen Newell)教授

“Good science responds to real phenomena or real problems.”

良い科学は現実の現象、現実の問題に
答える。

“Good science is in the details.”

良い科学はちょっとしたところにある。

“Good science makes a difference.”

良い科学は差を生む。つまりインパクト

インパクトのある研究： 差を生むシナリオを作る

- 成功を描く
 - どこに、どう役に立ち使われるか
 - 何が起こるか
- 大きく楽しく考え、ストーリーを広げる
 - 話がどんどん広がる
 - 「面白い」と人に話すことができる
- 他の人が参加することができる

多数カメラ・システム

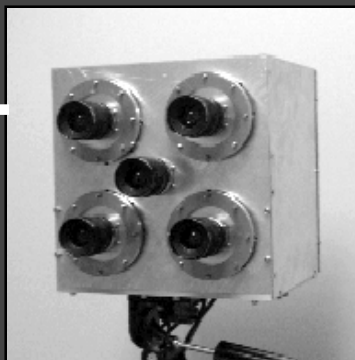
EyeVision につながった研究

ダイナミックな実世界を
実時間でコンピュータに取り込めるか
～1990

実時間で3次元距離画像をつくりだす CMU ステレオマシーン (～ 1992)

カラー画像

256 x 256 x 24 bits



距離画像

200 x 200 x 8 bits

at 30 fps

“3D カメラ”



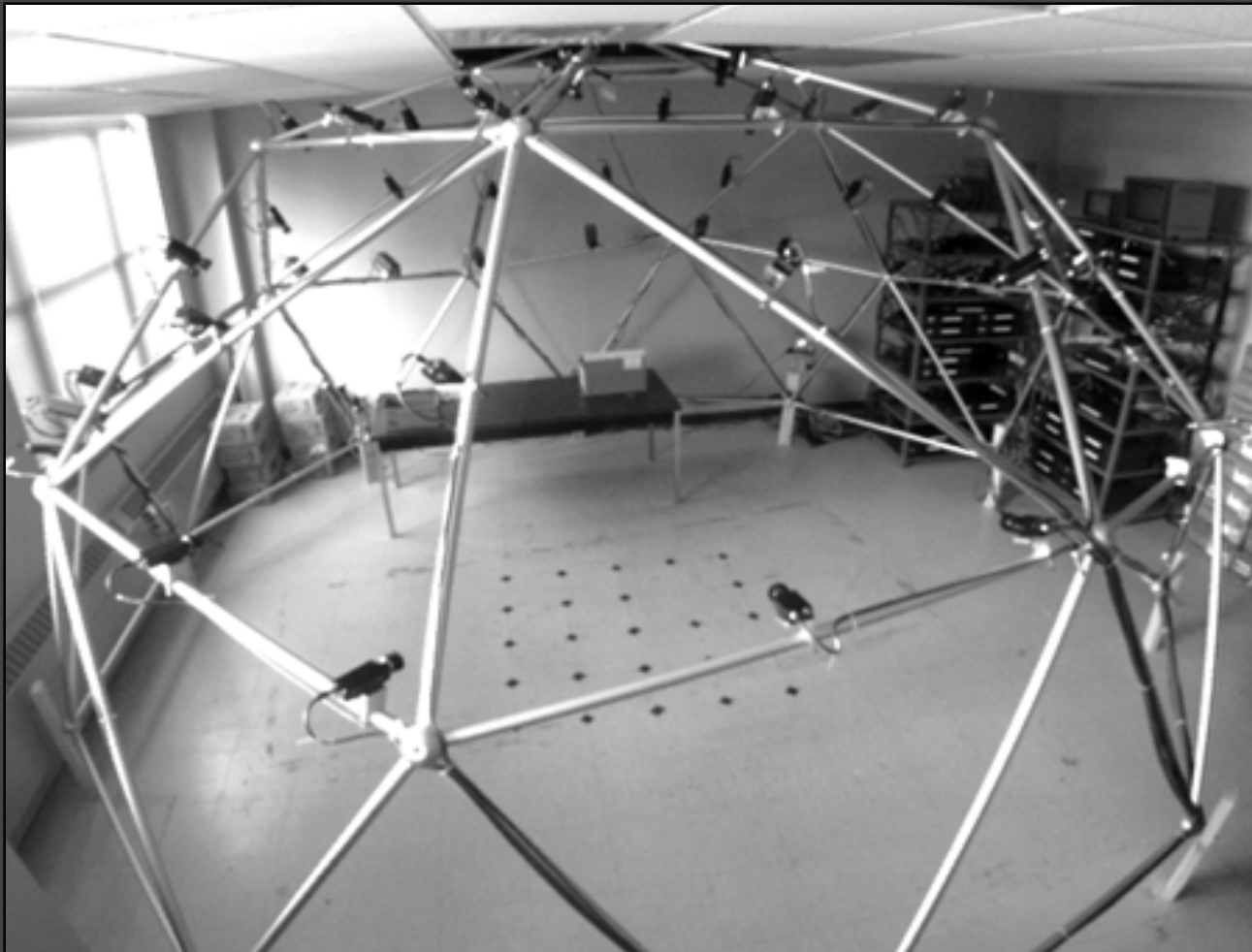
←→
aligned
pixel by
pixel



[with Kimura, Kano, Tanaka, Oda]

3D Dome (with 51 Cameras)

- Analog system, circa 1995



4D Digitization (1995)

Example:

3-Man Basketball



Synthetic court

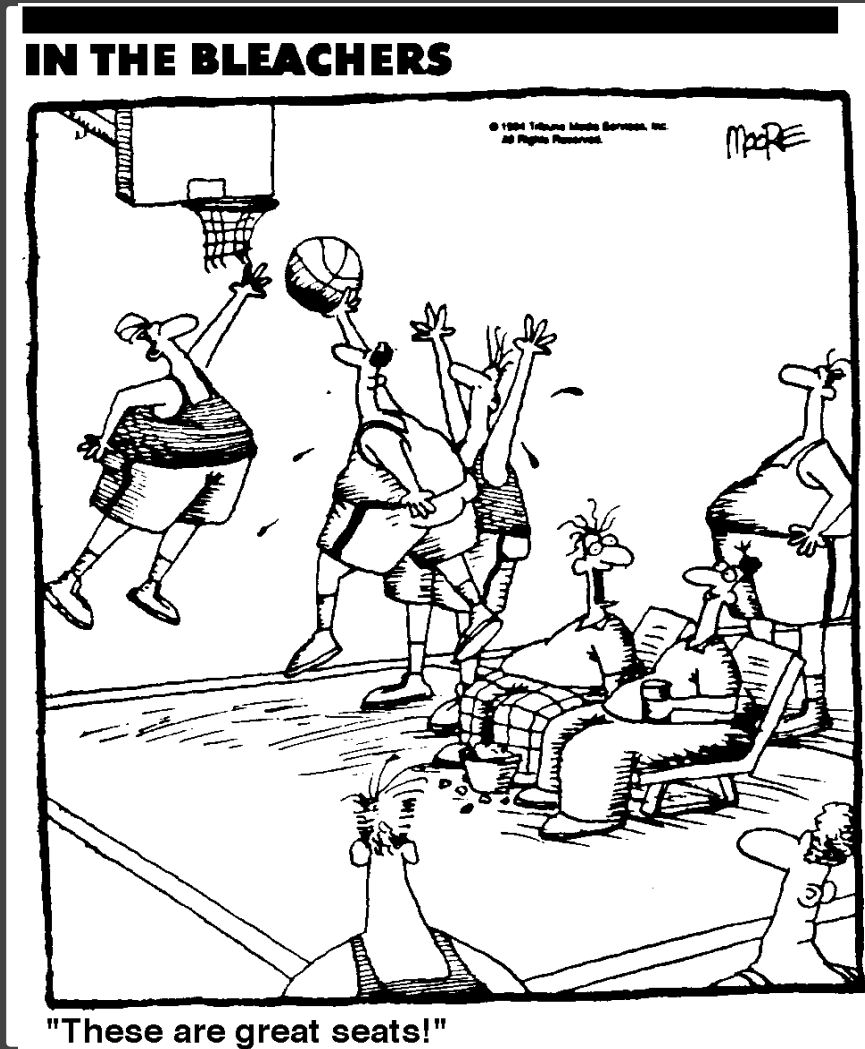


4D Model



仮想化現実 (Virtualized Reality)

“Let’s Watch the NBA on the Court”



今日、

多数カメラ 技術は普通に使われている

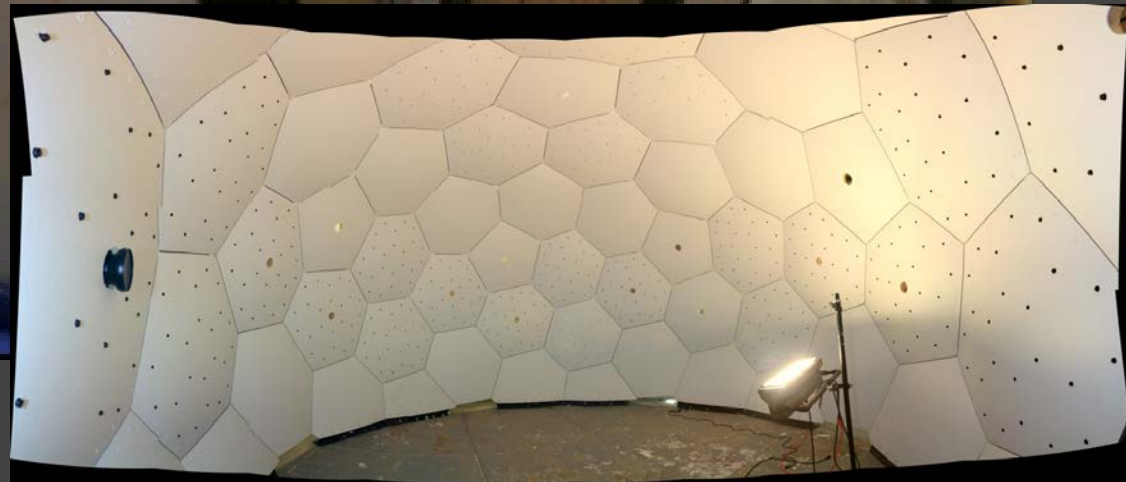
- Entertainment – Eye-vision like sports video
- Large-area 3D modeling
- Human modeling –Facebook/Oculus
- New Cameras – Everywhere in-focus, Microscope
- Security – Surveillance

実は、最初の Multi-camera stereo の論文
は **Reject**（掲載不可）された。

“こんな不必要な数のカメラを使う、高価な道具は使
われないだろう” （査読者のコメント）

Panoptic Studio

The 1000-Camera Virtualizing Engine Room (Currently 480 cameras)



人のポーズを認識する

[Hanbyul Joo, Yaser Sheikh, 2017]

10.0 fps



実世界AI

現実存在する社会的、経済的、工業的、、
、、（あらゆる的）に価値のある問題に解決
を与え、差を生み出す人工知能

The objective is to “catch mice,” not build a “better
mouse trap.” (a DARPA’s AI Project Manager)

知識を得たいならば、現実を変革する実践に参加しなければ
ならない（毛沢東「実践論」）

それは ”応用”研究？

AIの新しい強力な手法は具体的問題と困難を追求する中で生まれてきた（例）

Logic Theorist、ゲーム

→ 手段と探索の組み合わせ（GPS）

化学構造式の同定・医学診断

→ エキスパートシステム知識の塊表現と浅い推論）

不確実性と因果（拘束）関係をもつ計画問題

→ グラフモデルと

→ NPハード問題の近似的・確率的解法

チェックの文字認識

→ CNN深層学習

AI冬の時代は人工的に作られた“問題”を “手段”に押し込めようとするものが引き 起こした（例）

Micro World のアプローチ

（例）積み木世界

問題の自己定義とその世界での解法

（例）”Analogical Reasoning”

Logic Programming

（例）第五世代コンピュータ

Hard AI, Soft AIの話

人工的に作られた問題の「解法」は実社会の問題に無
能で、価値を生み出さず、期待を裏切る

実世界AI の Focus-worthy 問題例

教育AIシステム

教育はひとの生産的社会的価値の源泉

Personalized Education — 生徒のCognitiveプロセスとレベルを知って、問題解決法を教える。

人の教師はその役割に徹する

他の「知能システム」の動きを解析する

実世界AI の Focus-worthy 問題例

製品検査、システムの異常検知

生産における最重要問題

今までの負の例が少数で、かつ次ぎに実際に起こる負の現象は例とは異なる新しいタイプである可能性が高い問題を学習する方法

センサーデータから始める一貫した研究が必要

実世界AI の Focus-worthy 問題例

会議に参加貢献できるAIシステム N+1

会議の議事録を作る

会議でなにが話されているかを知って、建設的に参加できるもう一人の参加者になれるか

DARPAのIPO Summer Study

本当に“人のように、人以上に有能な”システムの実現にはフレーム問題と信号接地問題が現れる

実世界AI の Focus-worthy 問題例

「真の」 自然言語理解AI

ジョークと皮肉がわかるAIシステム

Time flies like an arrow. (5つの意味の可能性)

私は先週、山口と広島に行った vs. 私は先週、山際と広島に行った (新井紀子氏)
(実は、これらの文はともに人名・地名のすべての組み合わせの可能性がある)

ほとんどすべてのAIシステムのもと

知識と推論と言葉 — 「常識」と称されるものの正体

Rule とその例外 (文法と文法破り)、統計的偏り

実世界AI の Focus-worthy 問題例

自分の決定を説明できる AI

「内省し、ユーザにわかる形で説明」できるAIシステム
DARPA の XAI (Explainable AI) プログラム
(DNの解剖、外付け、例使用などの方法を研究)

注： 共通具体的システム課題で研究！！ (自律ロボット、軍事情報解析AIシステム)

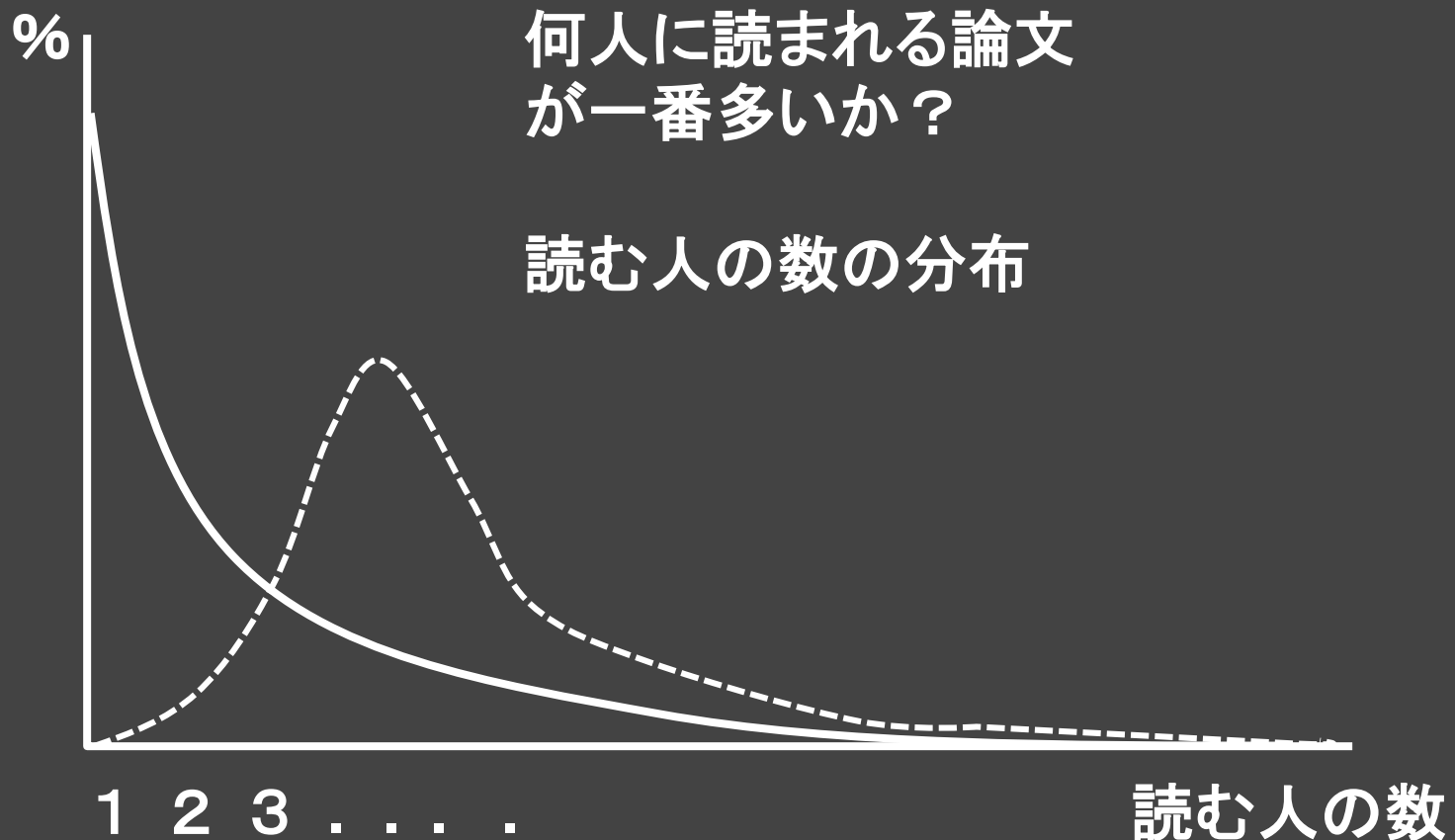
問題と知識の表現 — 知能の根本的問題

DNNは知識の分散的表現である。一方、人が通常通信につかうのは（主に）自然言語・記号・式による離散的表現。これらの融合とそれらの効果的な使用が必要 データは万能ではない。

野球選手と Newton's Law, 長嶋茂雄

ほとんどの研究者にとって、論文が
インパクトを与える通信手段である

だから、論文は読まれなければ意味がない

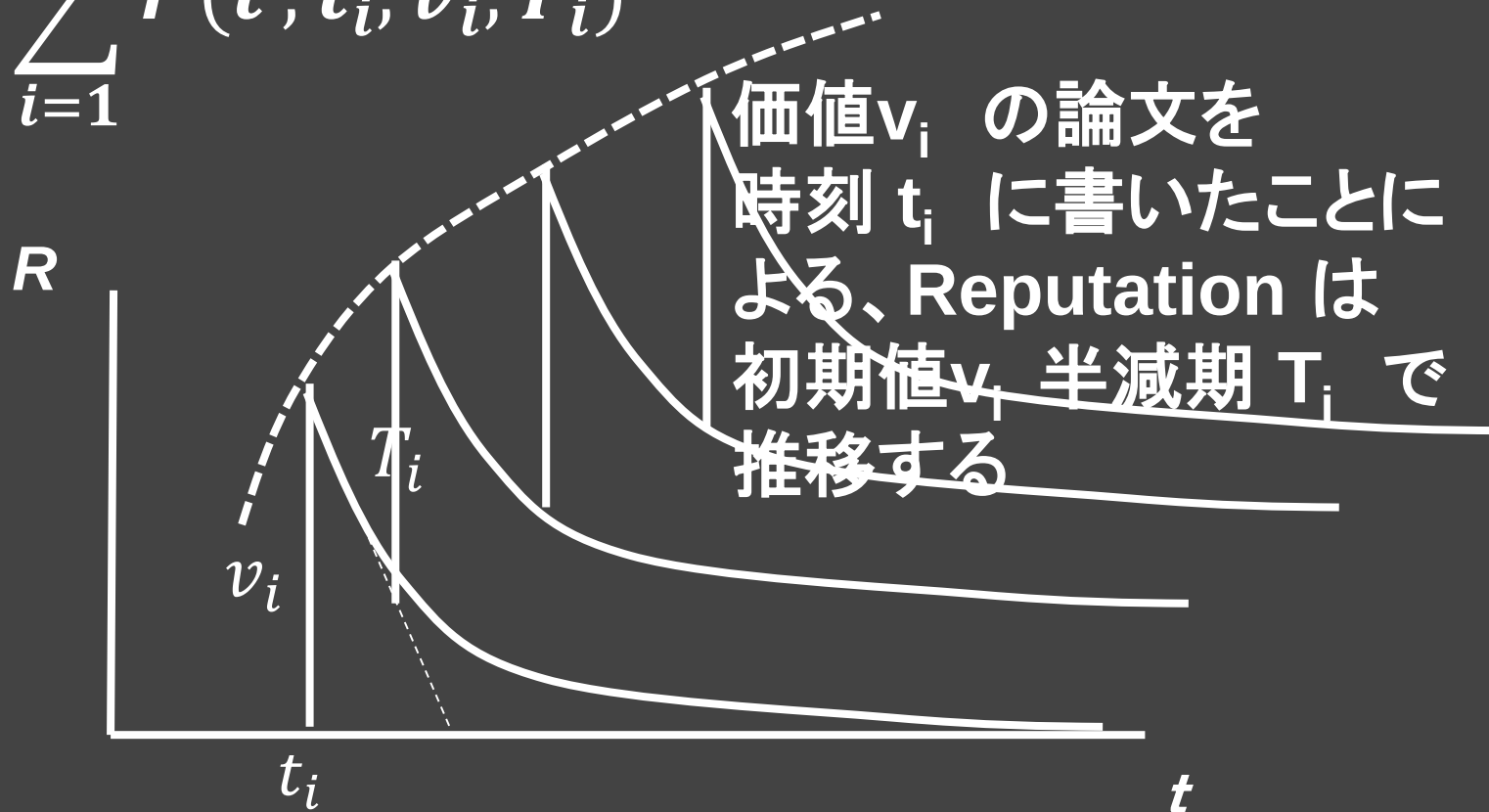


金出の Reputation Theory

たくさん書くと

$$R(t) = \sum_{i=1}^N r(t; t_i, v_i, T_i)$$

$$r(t; t_i, v_i, T_i) = v_i e^{-\frac{t-t_i}{T_i}}$$



金出の Reputation Theory (2)

$$r(t; t_i, v_i, T_i) = v_i e^{-\frac{t-t_i}{T_i}}$$

価値 v_i の大きな論文は
半減期 T_i も長い



金出の Reputation Theory (3)

$$R(t) = \sum_{i=1}^N r(t; t_i, v_i, T_i)$$

価値 v_i の低い論文は
半減期 T_i が短い。



あなたの論文は読まれているか

引用数, h-index

Google Scholar ですぐわかる

読まれない論文によくある問題点

そのアイデアがなければ解けない

最も“簡単”な例が言えない

Ed Clark - Formal Verification of Hardware and Software

論文からスタートする論文

- “Recently, TOPIC T is becoming important. A did X, but ... Then, B did Y, but... C did Z but Therefore, we will..

「新しさ」、「違い」そのものを強調する

- “Newness is not virtue, Usefulness is”. <T. Kanade>

“良いこと”が多すぎて、結果が中途半端

結局、

本当に動くものが人を納得させる

If they ask

“Your method is interesting. How does it work so well”, they are not yet convinced.

If they were,

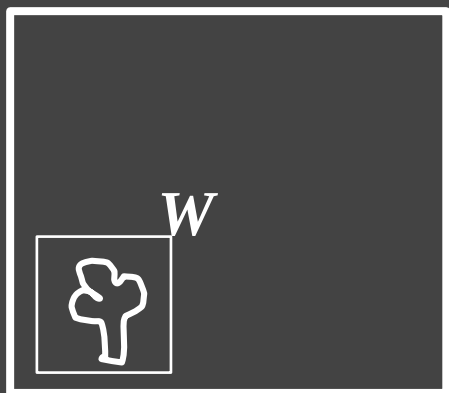
they would ask “How much is it?”

<Takeo Kanade>

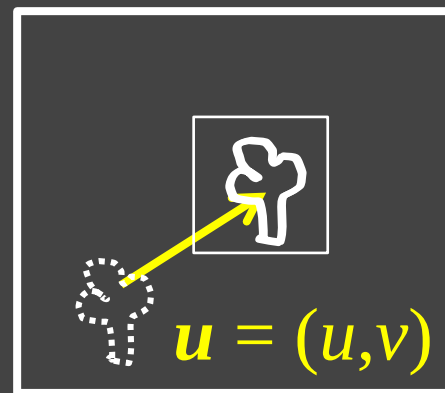
それにしても論文の価値の予測は難しい！！

パターンの追跡問題

$G(x)$



$F(x)$



前後の画像のパターンの差

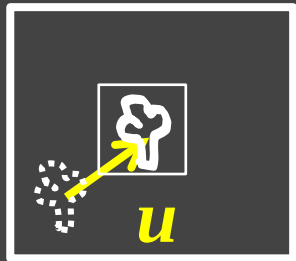
$$E(u) = \sum_{x \in W} (G(x) - F(x + u))^2$$

この SSD 誤差を最小化する u を見つければよい



Bruce Lucas

Lucas-Kanade Optical Flow [Lucas, Kanade 81]



最小化し
たい式

$$E(u) = \sum_{x \in W} (G(x) - F(x + u))^2$$

u は小さい $\rightarrow F(x+u)$ は Taylor 展開できる

$$F(x + u) \cong F(x) + \frac{\partial F^T}{\partial x} u$$

$\rightarrow E(u)$ は u の2次式になる

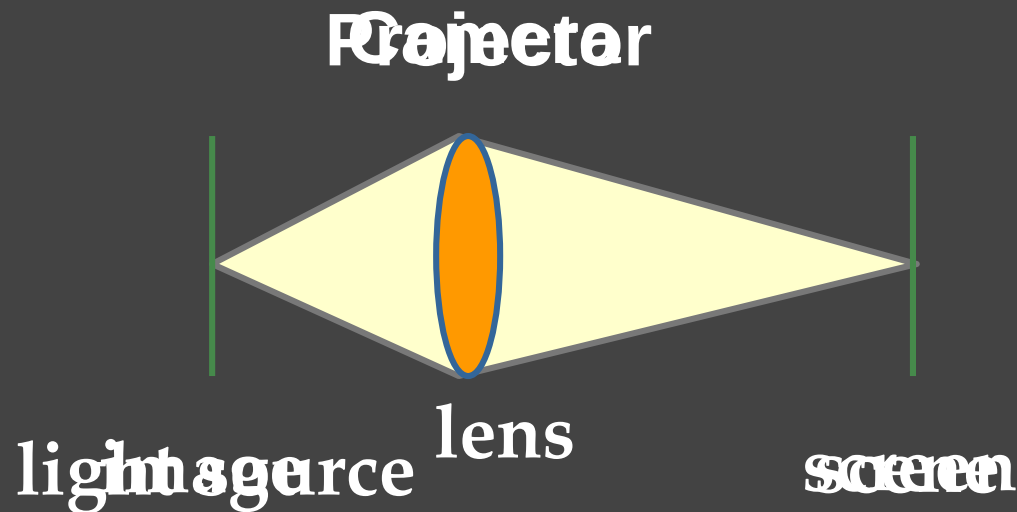
$\rightarrow$ 最小化する u は簡単に求められて

$$u = \sum (G(x) - F(x)) \frac{\partial F}{\partial x} \left[\sum \frac{\partial F}{\partial x} \frac{\partial F^T}{\partial x} \right]^{-1}$$

もう一つのシナリオ

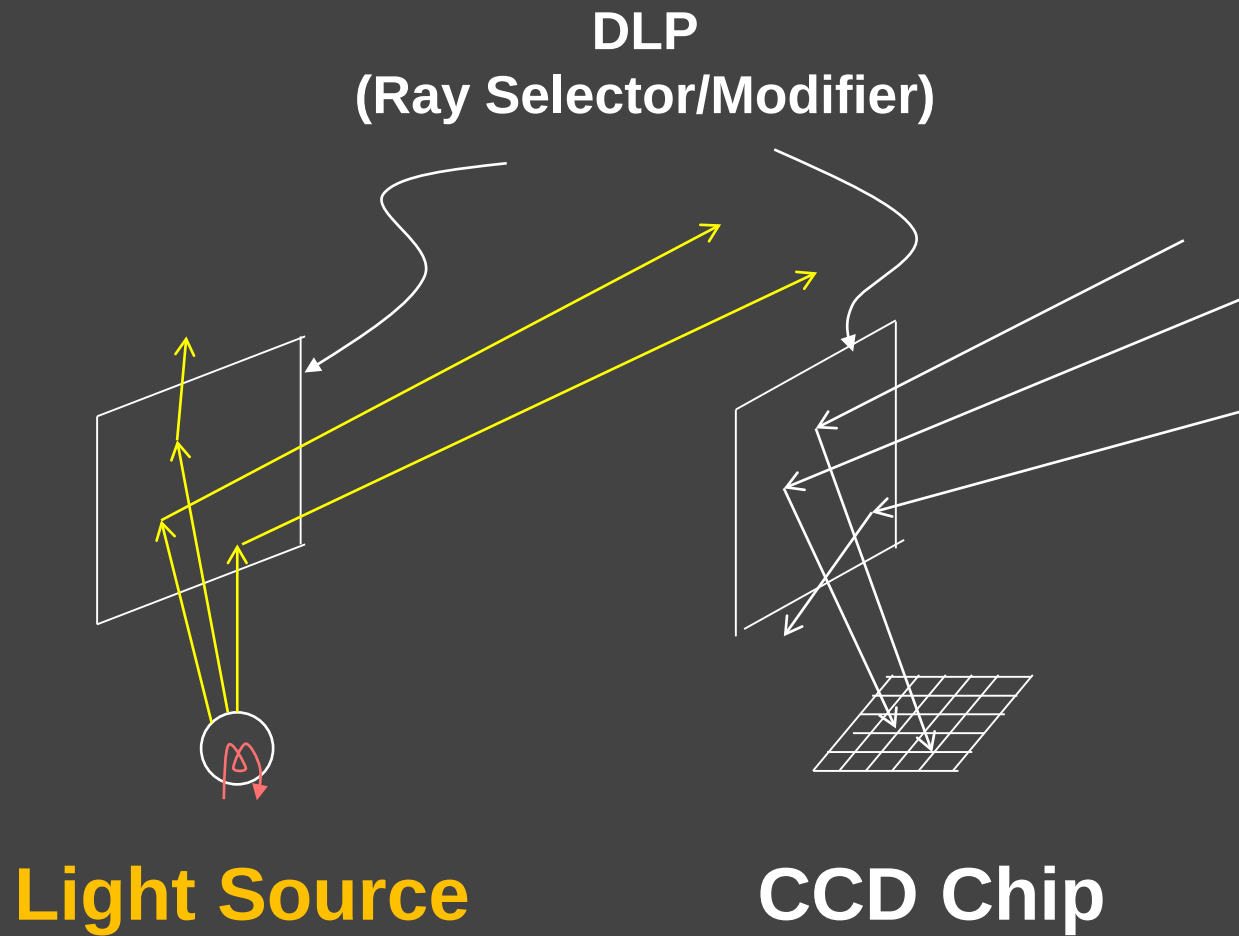
Projector-Camera Systems

Duality: Camera and Projector



→ スマートヘッドライト

Projector and Camera

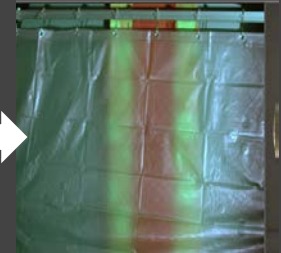
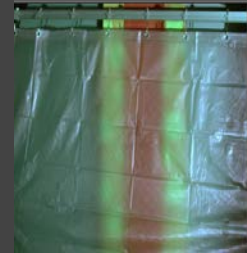
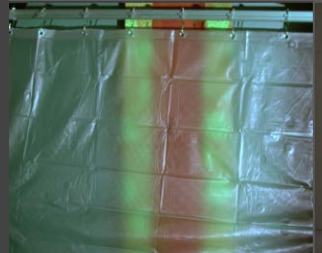


Camera-Projector Systems

courtesy of Professor Srinivas Narasimhan

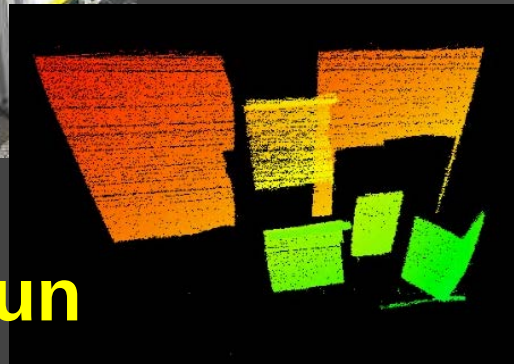
Shape recovery:

shower curtain

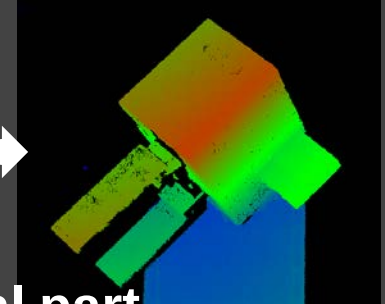
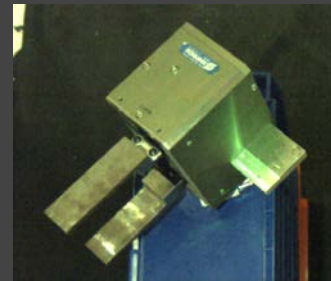


metal lamp shade

translucent object



under direct sun



Industrial part

shiny object

インパクトのある実世界AI研究を

差を生み出すシナリオを作る

具体的な問題から出発して、

何がどうしてどうなって、どこでどんな風に役に立つ

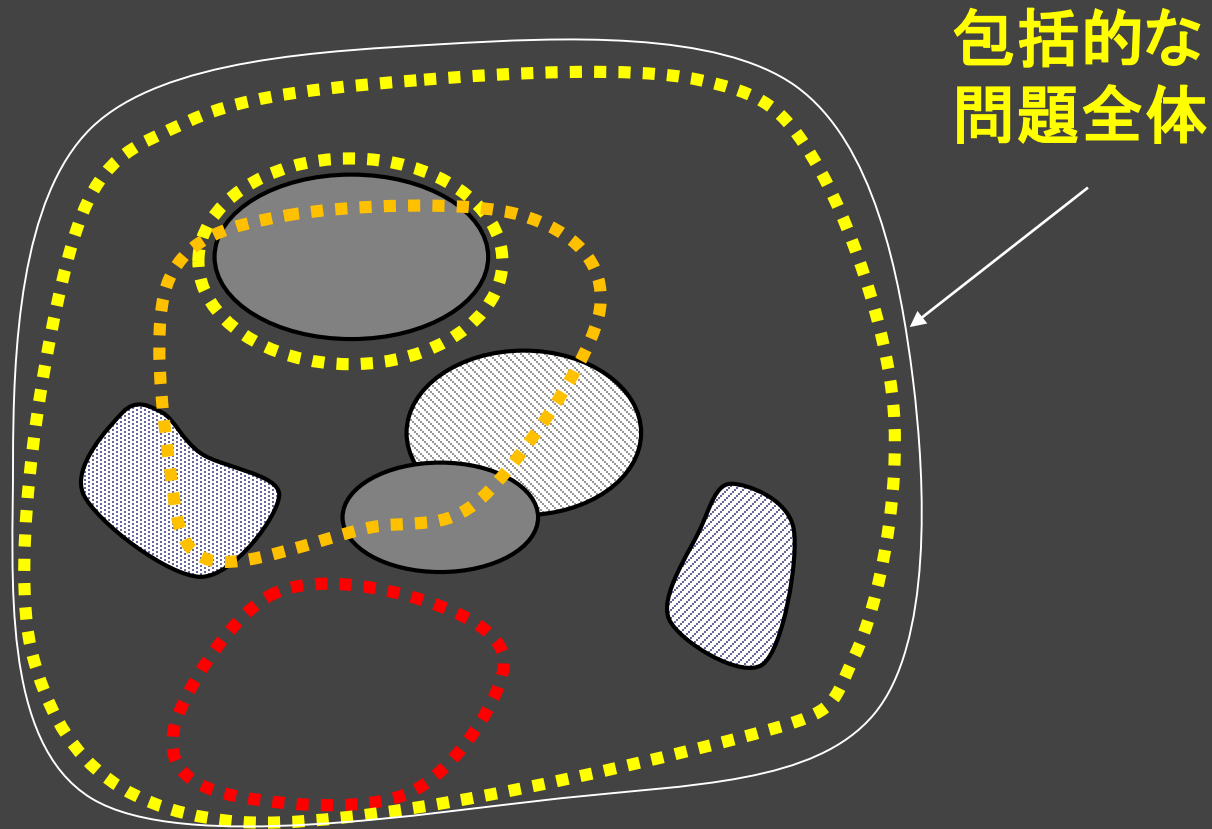
広く、大きく、自由に、楽しく考える

どんどん話が広がり、面白くなり、人に話せる

”理論的“(と称する)研究は、”応用・システム研究”
と以上に「明確な」シナリオが要る

問題を構想する

解けて意味のある、つまり役に立つ問題を
構想する



“A problem well put is half solved.” - John Dewey

“If I had an hour to solve a problem I'd spend 55 minutes thinking about the problem and 5 minutes thinking about solutions.” - Albertt Einstein

“There are many problems that are solvable, but only few are useful. There are many useful problems, but only few are solvable – Takeo Kanade

「役立つ」？

- 「役立つ」・「問題解決」とは
- 問題意識の明白な基礎研究ほど役立つものはない
 - DNAの構造発見に至るストーリー
 - 今日のインターネットに至る研究と開発
- 何の現実の問題が解きたいのか：それが研究の方針
 - 方向・重み付け・スピードをドライブする
 - アンソニー・ホーア卿 と クイックソート
- 焦点の定まった目には、思わぬ現象の解釈力がある
 - フリッツ・ゼルニケ と 位相差顕微鏡の発明
 - “幸運は準備された心に宿る” <パスツール>

「問題はあなたが解いて
くれるのを待っている」