

人工知能と言語理解

—人間との協調を目指して—

辻井潤一
研究センター長
産業技術総合研究所
人工知能研究センター

話の流れ

- 人工知能研究センターの紹介
- 人工知能と科学研究（AI for Big Sciences）
- Big Mechanismと言語理解
- おわりに

話の流れ

- 人工知能研究センターの紹介
- 人工知能と科学研究（AI for Big Sciences）
- Big Mechanismと言語理解
- おわりに

自然知能と親和性の高い人工知能



AIクラウド
脳型AI
データ・知識融合型AI

人工知能

人間に迫る人工知能

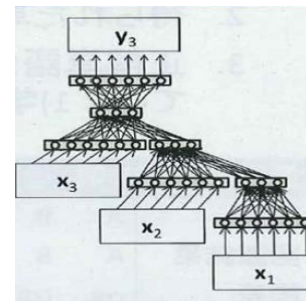
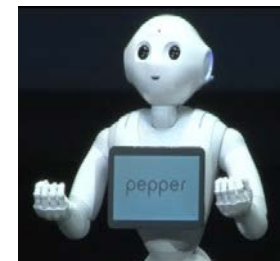
- **IBM ワトソン**: 言語理解、テキストと構造化された知識(事実)、検索と質問応答
- **コンピュータ将棋**: 大規模な探索空間, 機械学習
- **東大入試ロボット**: 言語理解、問題解決、知識に基づく推論
- **会話ロボット**: 身体性をもった知能, 特定の文脈下での言語理解
- **深層学習**: 脳からのヒント、計算原理の变革、自律性をもった機械学習
- **脳科学**: 人間知能の解明



東大入試ロボット模試成績表

科目(満点)	得点	偏差値	全国平均点
英語 (200)	52	41.0	88.3
国語・現代文 (100)	42	44.7	51.5
数学 IA (同)	57	51.9	52.0
数学 IIB (同)	41	47.2	47.6
世界史B (同)	58	55.2	46.6
日本史B (同)	56	56.1	45.6
物理 I (同)	39	48.3	42.0
総合7科目 (900)	387	45.0	459.5

※総合7科目は国語・現代文・数学・物理・化学・生物・地学の合計得点を表す。



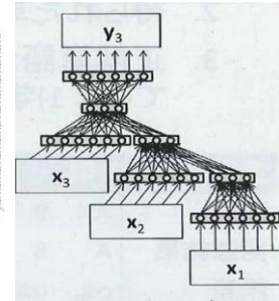
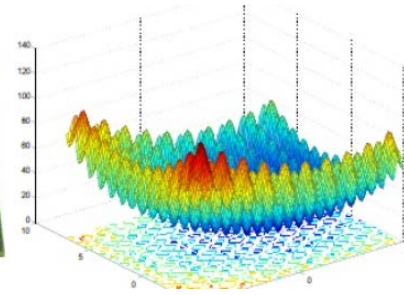
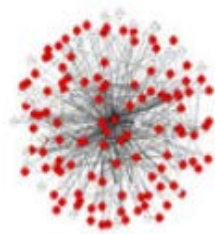
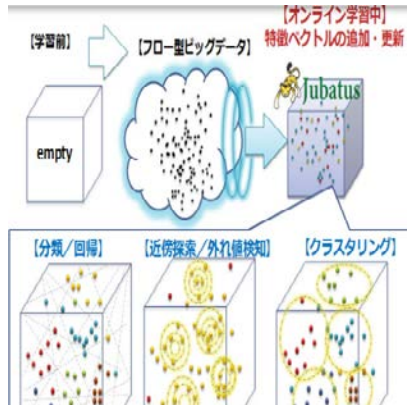
機械学習

大規模グラフ

GPU・スパコン

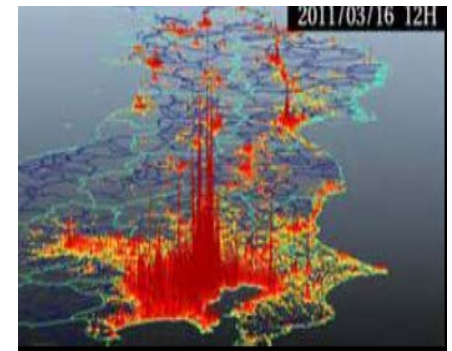
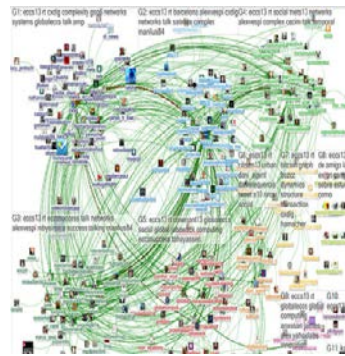
最適化技術

深層学習



もう一つの人工知能

ビッグデータ、データサイエンスからの人工知能
人間を超える人工知能



人間に迫る

人間を超える

2つの流れの統合

AlphaGo (2016)

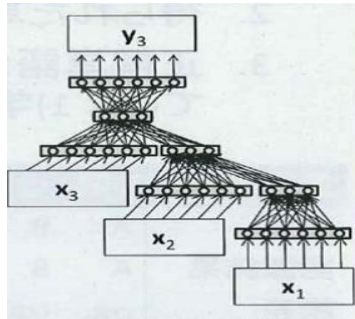
シミュレーションと機械学習

機械学習器

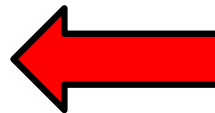
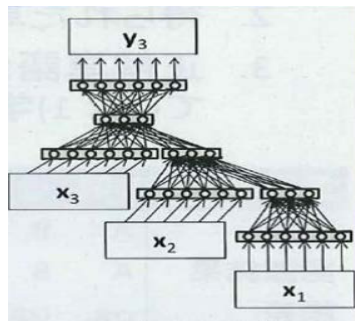


A game of perfect information

$v(s)$



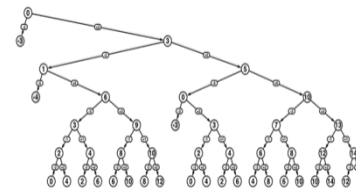
$p(a/s)$



学習データ



プロ棋士の対戦
棋譜データベース



シミュレーション
ゲーム

AlphaGo by DeepMind (2016)



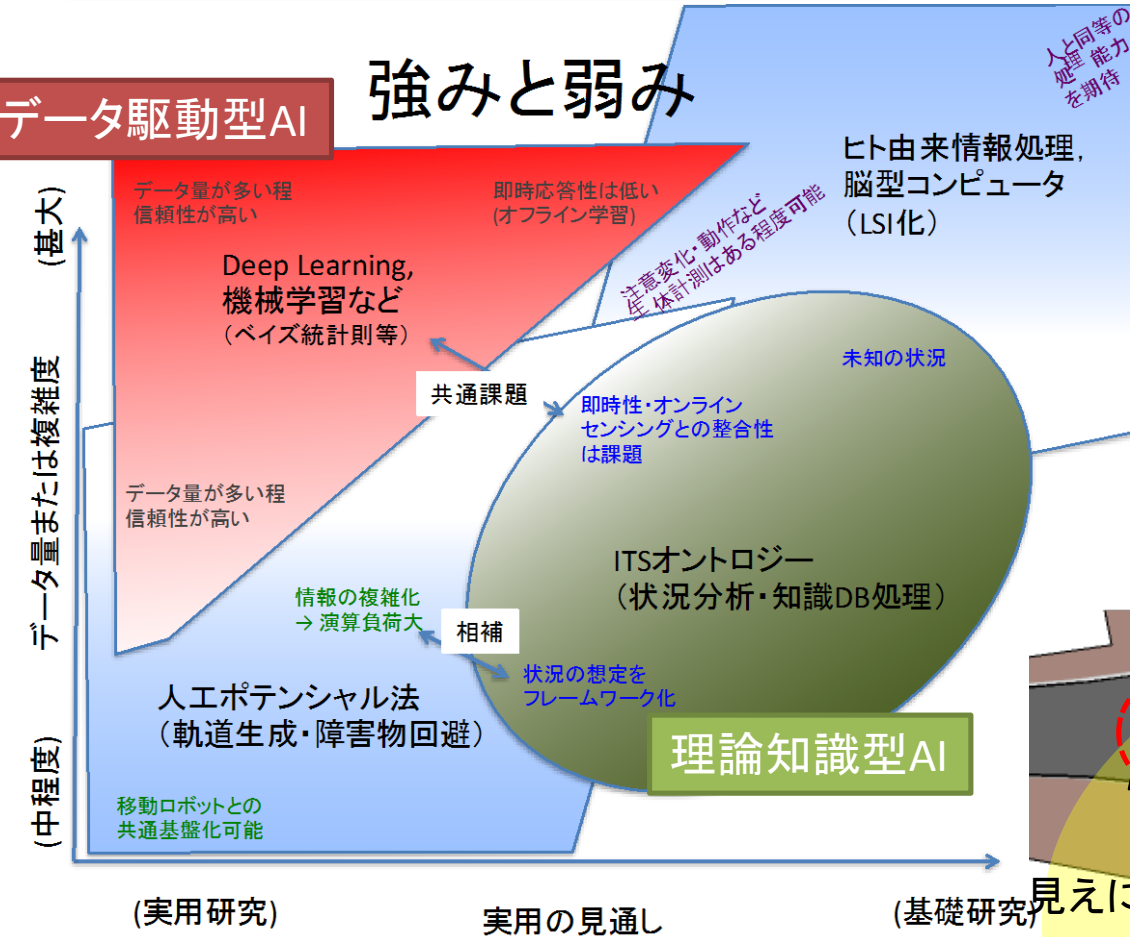
- $v(s)$: 局面の評価
 - 深層学習 (CDNN)
 - ステップ3: ランダムに選択した局面 (30 million) から、 $p(a/s)$ を使った **シミュレーション・ゲーム** で最終局面まで
- $p(a/s)$: 指し手選択
 - 深層学習 (CDNN)
 - ステップ1: 教師付き学習 (**過去の棋譜データベース**)
 - ステップ2: 強化学習 (**シミュレーション・ゲーム** で最終局面)
- **アルゴリズム** (MCTS)、**計算能力** (GPU、CPU)
 - CPU (48, 1,202): シミュレーション
 - GPU (8, 176): 深層学習

言語使用の特定状況へのGrounding 意図と行動計画（稲邑招聘研究員、NII）



我妻、市瀬招聘研究員ら

九工大、NII、早大



目的: 自動運転における危険予測・回避行動判断

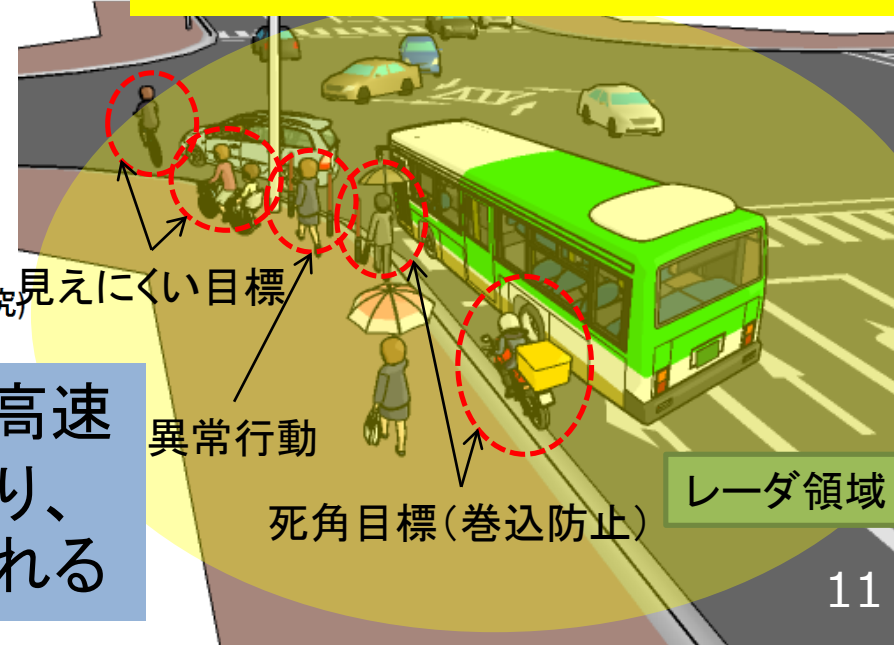
提案方法: 二種のAI組合せの最適化からハイブリッドAI設計法を得る

検証法: AI実用に必須となる車メーカーの製造者責任担保を可能にする。

- ・多種の実車計測データを活用し、ハード化により、ADAS支援の基準10ms-500ms実装を可能にする

- ・オントロジー分枝構造から得られた「状況複雑度指標」を一般・熟練者ドライバー技能と比較、定量的に検証

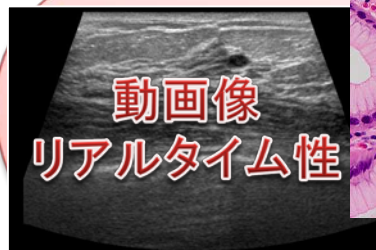
データ駆動型AIと理論知識型AIで、高速かつ「**推論の説明責任**」が可能になり、AIの自動運転分野での実用化が図れる



人工知能応用研究チーム: 医用画像診断支援

医用画像診断

病理組織検査



乳腺超音波検査



カプセル内視鏡



動画・静止画 リアルタイム性

大腸内視鏡検査



**がんの早期発見・早期診断
を支援する研究開発**
-機械学習に基づく画像認識の活用-

診断精度up
安心感up
貢献意欲up

性能向上

医師に
使われる

データ蓄積

フィードバック
検査画像, 知識・経験,
提示結果の確認・修正
診断支援情報,
診断履歴, 貢献度
インセンティブ

画像診断支援
エンジン

診断支援イ
ンタフェース

認識・検索
モデル

画像前処
理技術

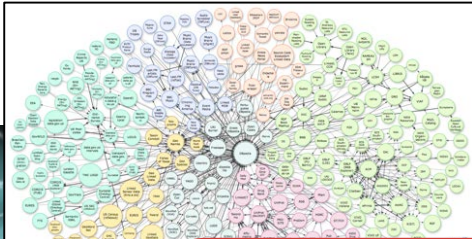
症例DB

特徴抽
出技術

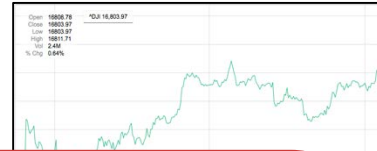
医療現場で使われながら成長する医療支援システム

構造の世界

データベース・オントロジー



センサーデータ・行動データ



意味理解

記号論理

```
SELECT DISTINCT ?uri  
WHERE {  
  ?uri rdf:type  
    yago:StatesOfGermany .  
  ?uri dbp:rulingParty  
    res:SDP_of_Germany .  
}
```

深層学習



世界モデル



知識獲得
質問応答

意味理解
生成

知識獲得
質問応答

一般物体認識
行動認識

テキスト

画像・映像

自然言語処理・画像処理基盤ツール

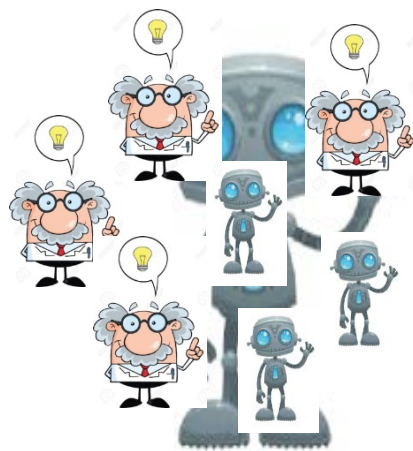
話の流れ

- 人工知能研究センターの紹介
- 人工知能と科学研究（AI for Big Sciences）
- Big Mechanismと言語理解
- おわりに

計算

Open Access Journal/Open Data/Pathway Commons/Unique ID/Linked Data

実験・観察



モデル・理論

データ解析

シミュレーション

Machine Learning/Large Scale Search

人工知能

機械学習

探索

ロボット



計算モデル

仮説の構築

仮説の実証

AlphaGo

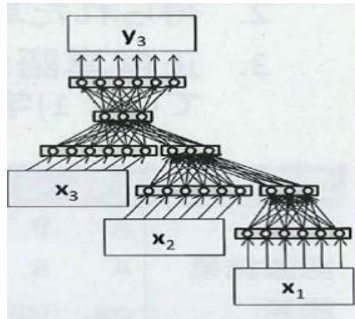
シミュレーションと機械学習



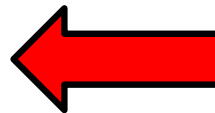
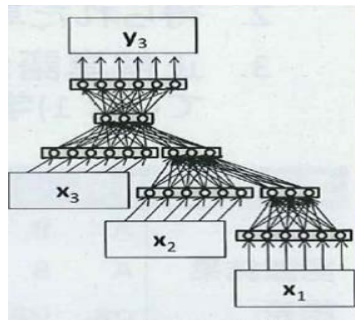
A game of perfect information

機械学習器

$v(s)$



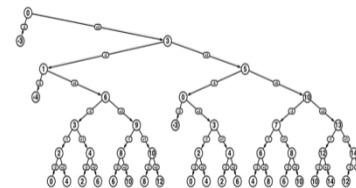
$p(a/s)$



学習データ



プロ棋士の対戦
棋譜データベース



シミュレーション
ゲーム

計算科学と人工知能

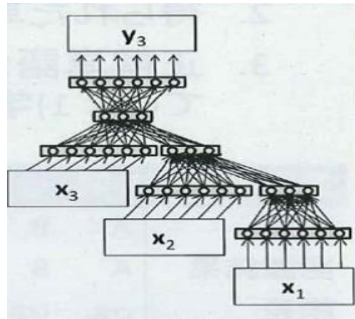
シミュレーションと機械学習



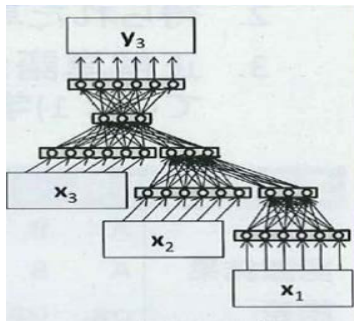
Unknowns of perfect information

機械学習器

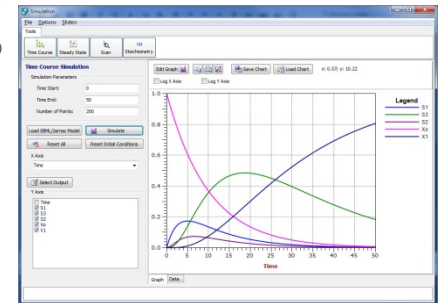
$v(s)$



$p(a/s)$



コンテキストの
異なる観察データ
プロ棋士の対戦
棋譜データベース
多様なオミクスデータ



局所的、あるいは、
不完全なシミュレーション

話の流れ

- 人工知能研究センターの紹介
- 人工知能と科学研究（AI for Big Sciences）
- Big Mechanismと言語理解
- おわりに

Genome-Wide Association Studies (GWAS)



A
T
C
G

... ATTCGGATATTTAAGGC ...

... ATTCGGGTATTTAAGCC ...



Disease
(e.g., Alzheimer, Cancer)



Healthy

2000



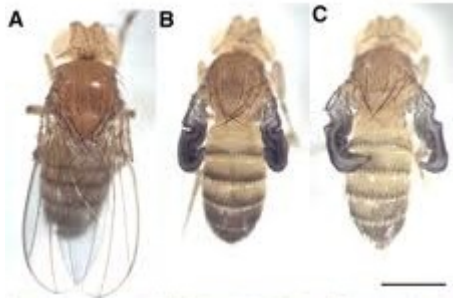
Francis Collins (NIH)

“Genetic diagnosis of diseases would be accomplished **in 10 years** and that treatments would start to roll out perhaps five years after that.”

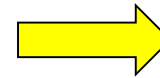
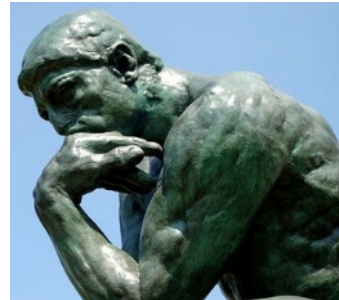
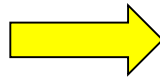
2010

“A Decade Later, Genetic Maps Yield Few New Cures” New York Times, June 2010.

Traditional Biology



Targeted Experiments

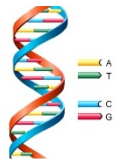


Discovery

One
hypothesis

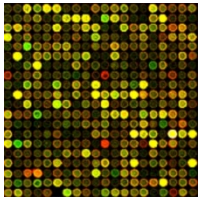
Hoifung Poon (MSR)

Genomics

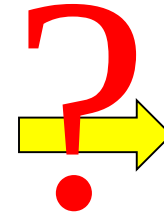
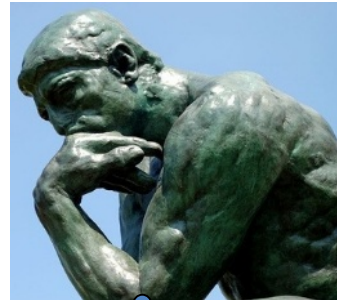
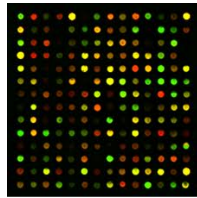


... ATTCGGATATTTAAGGC ...
... ATTCGGGTATTTAAGCC ...
... ATTCGGATATTTAAGGC ...
... ATTCGGGTATTTAAGCC ...
... ATTCGGATATTTAAGGC ...
... ATTCGGGTATTTAAGCC ...

High-Throughput Experiments



.....

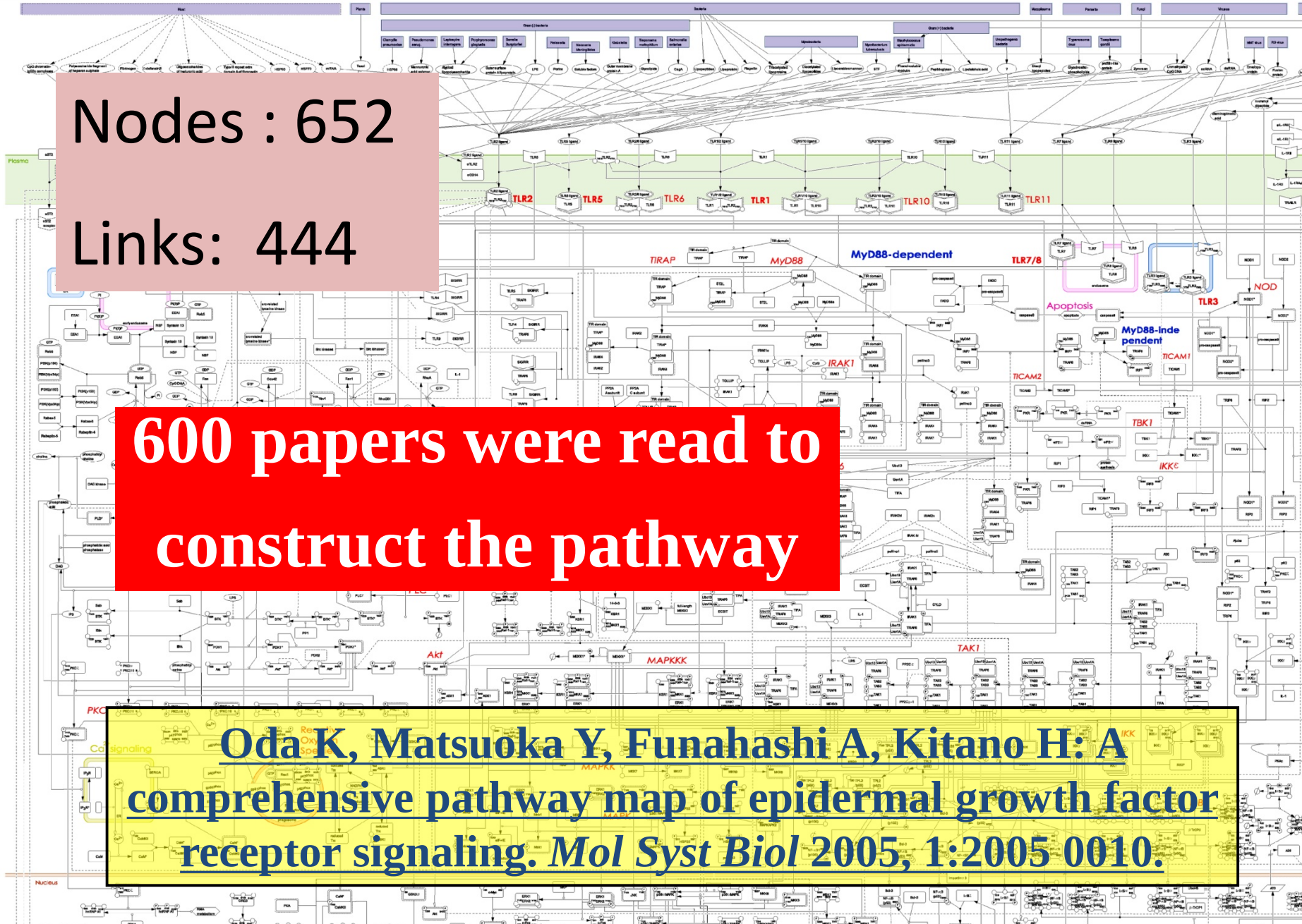


Discovery

Too many
hypotheses

Big Data

Hoifung Poon (MSR)

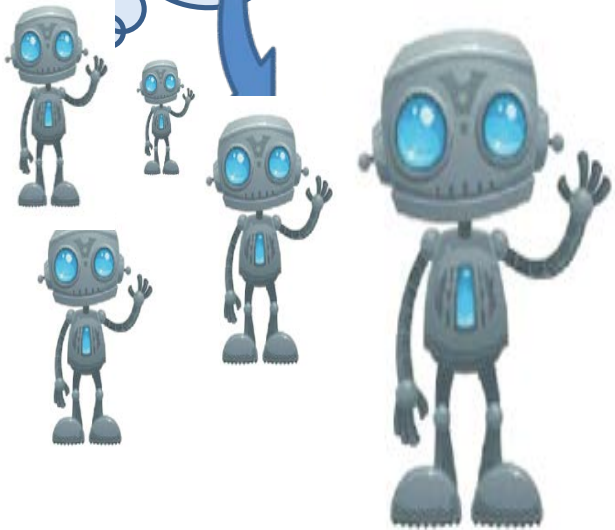


Nodes : 652

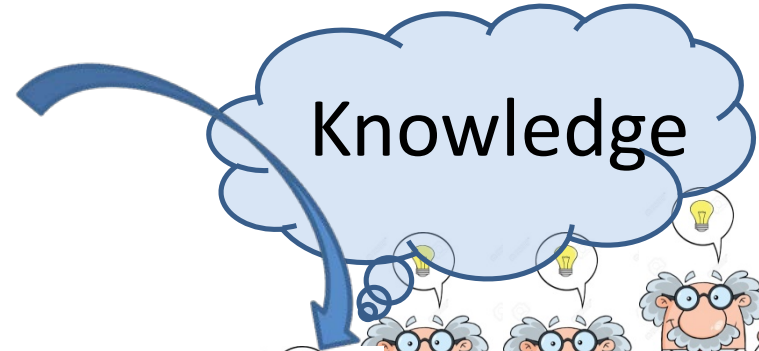
Links: 444

600 papers were read to
construct the pathway

Oda K, Matsuoka Y, Funahashi A, Kitano H: A
comprehensive pathway map of epidermal growth factor
receptor signaling. *Mol Syst Biol* 2005, 1:2005 0010.

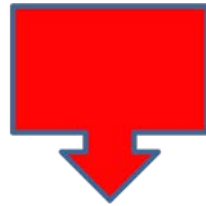


Artificial
Intelligence



Natural
Intelligence

Cooperation



Big Challenges

Big Mechanism: ロボット・サイエンティスト

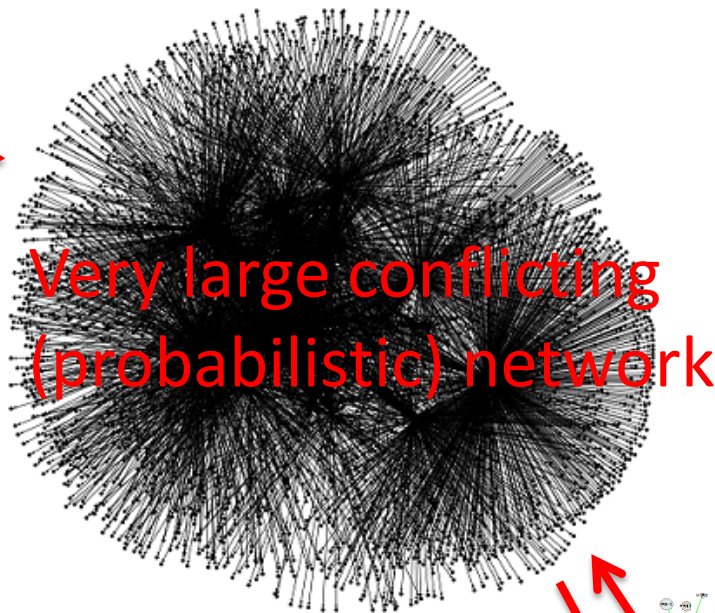
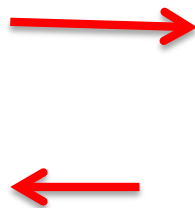
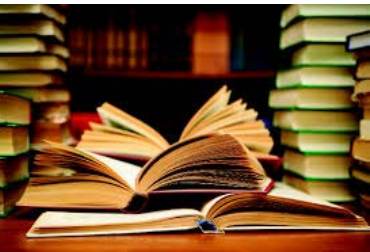
DARPA シカゴ大 マンチェスター大 AIRC



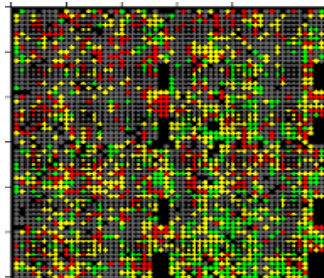
Reading

Assembly

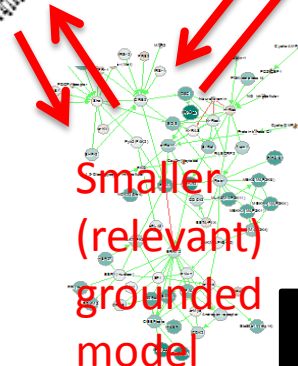
Explanation



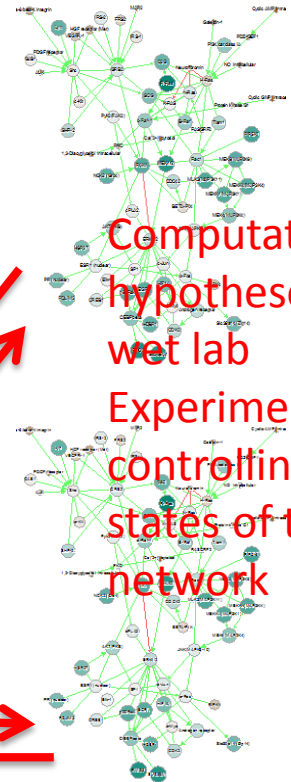
Very large conflicting
(probabilistic) network



Experimental
Data



Smaller
(relevant)
grounded
model



Computational
hypotheses/
wet lab
Experiments
controlling
states of the
network

A.Rzhetsky(U.Chicago)

Big Mechanism

- Project supported by DARPA
- **Some of the systems** that matter most to the Defense Department are **very complicated**. **Ecosystems, brains and economic and social systems** have **many parts and processes**, but they are studied piecewise, and **their literatures and data are fragmented**, distributed and inconsistent. It is difficult to build complete, explanatory models of complicated systems, and so effects in these systems that are brought about by many interacting factors are poorly understood.
- **Big mechanisms are large, explanatory models of complicated systems** in which interactions have important causal effects. The collection of big data is increasingly automated, but the creation of big mechanisms remains a human endeavor made increasingly difficult by the fragmentation and distribution of knowledge. To the extent that **the construction of big mechanisms can be automated**, **it could change how science is done**.

The Need for Text Mining

Types of documents

- Full papers
- Abstracts
- Reports, discharge summaries
- EMR
- Textbooks, monographs
- Grey content, online discussion forums

MEDLINE

- 2005: ~14M
- 2009: ~18M
- 2013: ~22M
- 2015: ~26M

Overwhelming information in textual, **unstructured** format

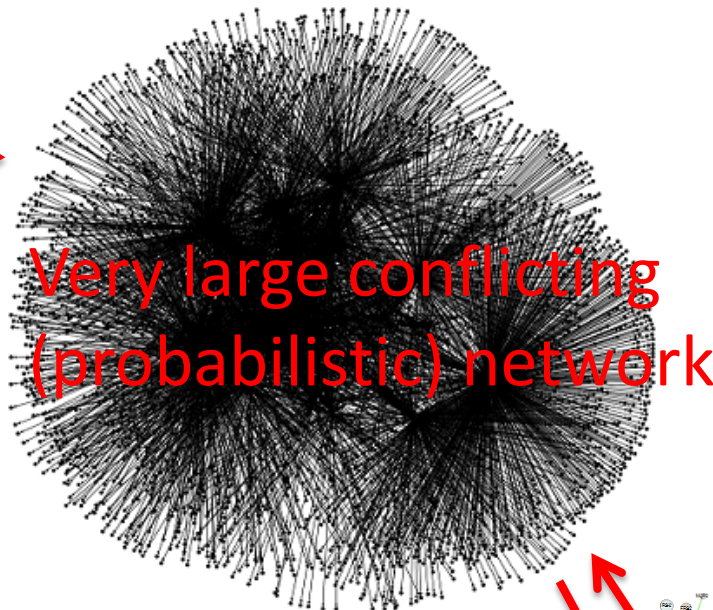
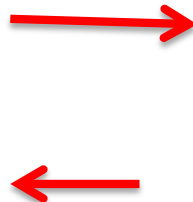
Big Mechanism: Reading-Assembly-Explanation



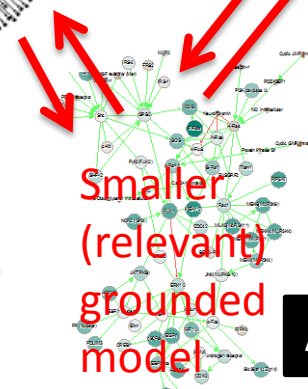
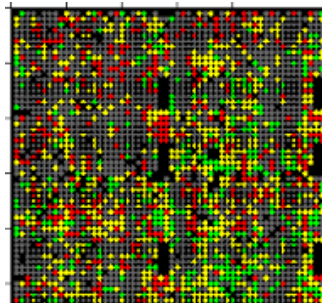
Reading

Assembly

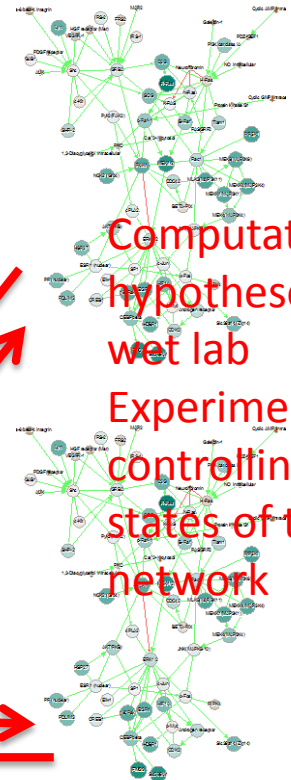
Explanation



Very large conflicting
(probabilistic) network



Smaller
(relevant)
grounded
model



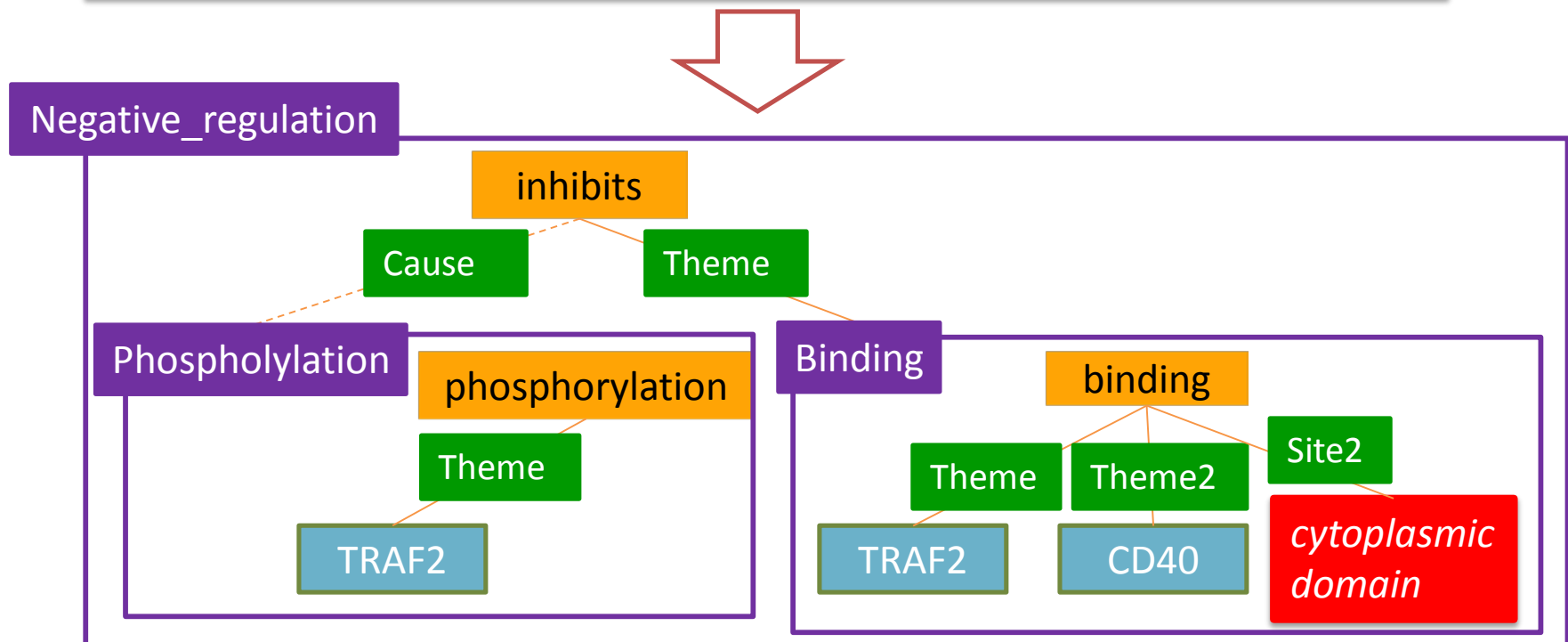
Computational
hypotheses/
wet lab
Experiments
controlling
states of the
network

A.Rzhetsky(U.Chicago)

Event E <http://www.nactem.ac.uk/EventMine/>

Finding events (trigger mentions , event types , and typed arguments including locations) involving genes or gene products

... In this study we hypothesized that the phosphorylation of TRAF2 inhibits binding to the CD40 cytoplasmic domain. ...



Finding Evidence -EuropePubMed Central

- Currently: runs on 2,550, 328 full texts
- 82,198,474 facts in 38,411,661 sentences
- Full parsing used a version of Enju (Mogura)
- Parsing pipeline run on 60 machines at EBI
~30 days



<http://labs.europepmc.org/evf>

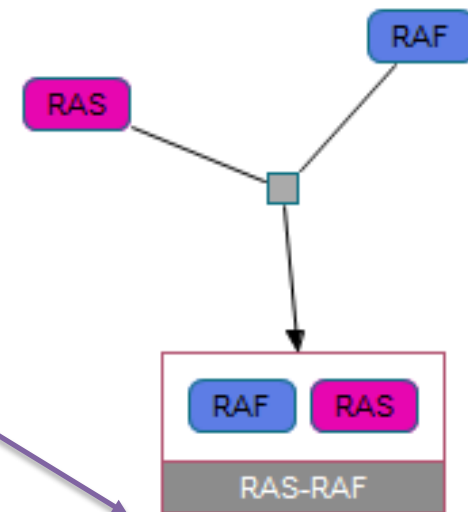
Deep Reading: Reading with a Model

- Goal: evaluate how TM systems process text in relation to what is known about a pathway
- Performers asked to produce
 - Relationship/proposed change to the model (new/corroborating/conflicting information)
 - A model fragment describing the change
 - The source text supporting the change

Reading against a Model (1)

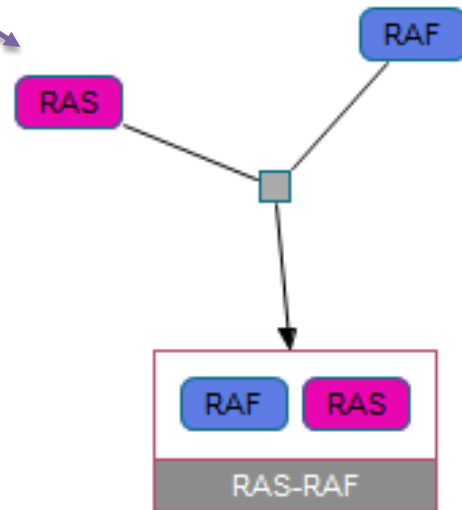
“monoubiquitination of Ras enhances association with the downstream effectors Raf and PI3-Kinase”

CORROBORATING: We know that
Ras binds Raf



Reading against a Model (2)

“monoubiquitination of Ras enhances association with the downstream effectors Raf and PI3-Kinase”



NEW MECHANISM: Ras binds PI3-Kinase.

BEL: `complex(p(PFH:"Ras family"), p("PI3K"))`

Epistemic knowledge

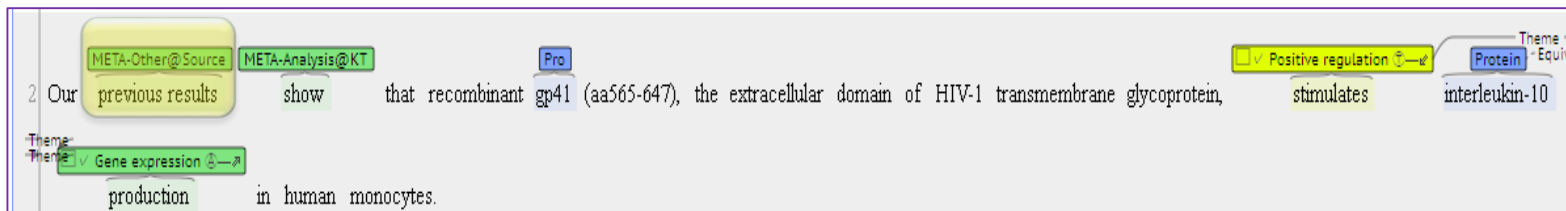
- Enriches event-based search systems
 - Discovery of new knowledge
 - Negation, uncertainty, speculative claims in literature

*... In this study **we hypothesized** that the phosphorylation of TRAF2 inhibits binding to the CD40 cytoplasmic domain. ...*

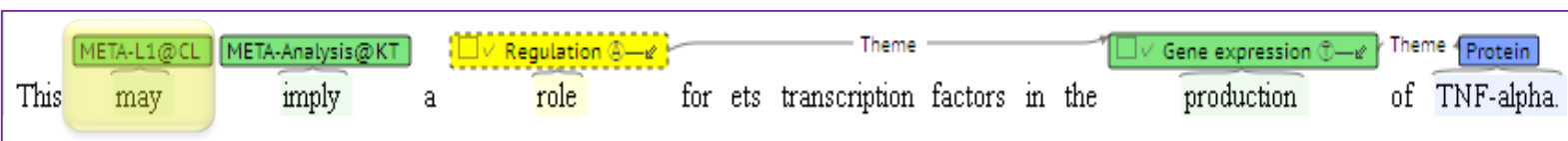
Miwa, Thompson, McNaught, Kell, Ananiadou (2012). Extracting semantically enriched events from biomedical literature. **BMC Bioinformatics** 13, 108

Extracting epistemic knowledge

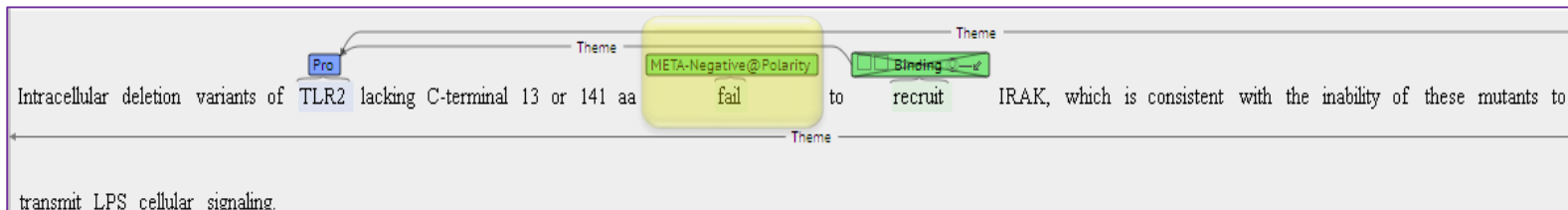
Source



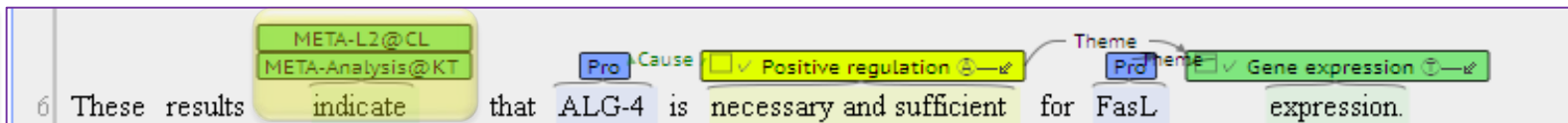
Uncertainty



Negation



Analysis



Named entity recognition

- Summary of evaluation results (NaCTeM)

Type	Precision	Recall	F-score
CellLine	0.94	0.64	0.76
ChemicalOrDrug	0.82	1.00	0.90
Complex	NA	0.00	NA
DrugClass	1.00	0.29	0.44
GeneOrProtein	0.81	0.50	0.62
Pathway	1.00	0.86	0.92
ProteinFamily	0.73	0.88	0.80
SubcellularLocation	1.00	1.00	1.00
OVERALL	0.84	0.66	0.74

Event extraction

- Events scored for recall (NaCTeM)

Counted element	Count
Required events retrieved	106
Required events not retrieved	48
Required events partially retrieved	0
Scored events (required + optional events retrieved)	148

$$\text{Recall} = 106/148 = \mathbf{0.72}$$

Event extraction

- Events scored for accuracy (NaCTeM)

Counted element	Count
Correct events matched, including arguments	95
Events with wrong arguments	5
Partial events	15
Duplicate events	24
Out-of-scope events	14

$$\text{Precision} = (95 + (0.5 * 15)) / 115 = \mathbf{0.89}$$

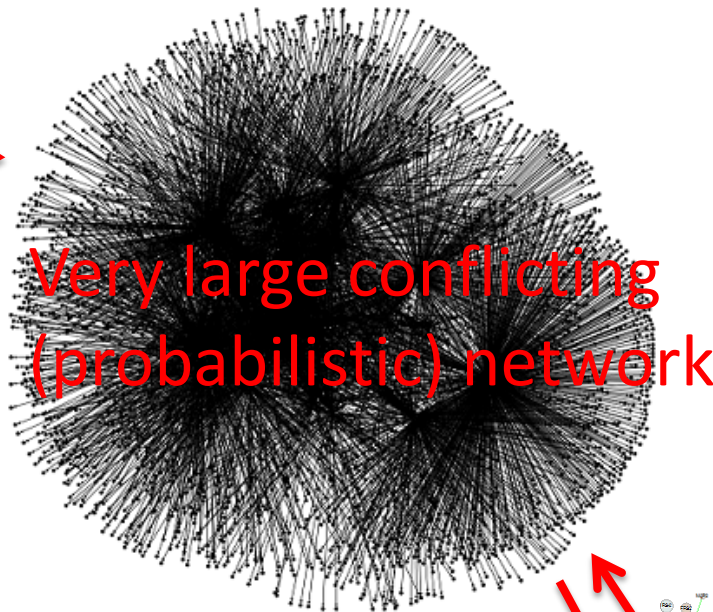
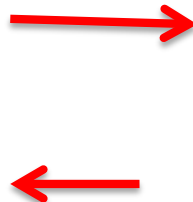
Big Mechanism: Reading-Assembly-Explanation



Reading

Assembly

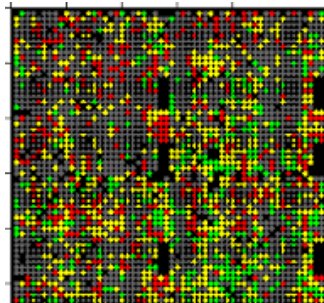
Explanation



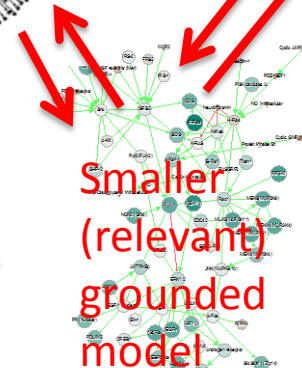
Very large conflicting
(probabilistic) network



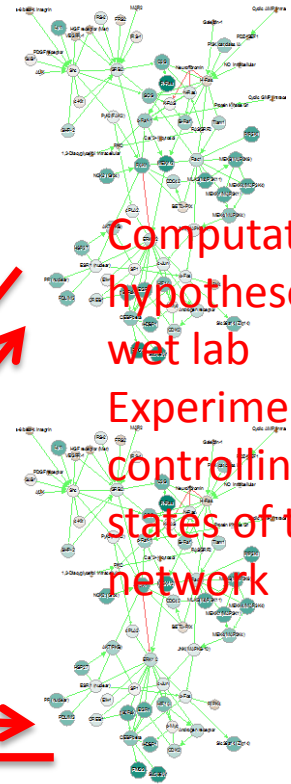
Experimental
Data



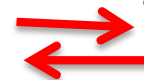
Experimental
Data



Smaller
(relevant)
grounded
model



Computational
hypotheses/
wet lab
Experiments
controlling
states of the
network



A. Rzhetsky

話の流れ

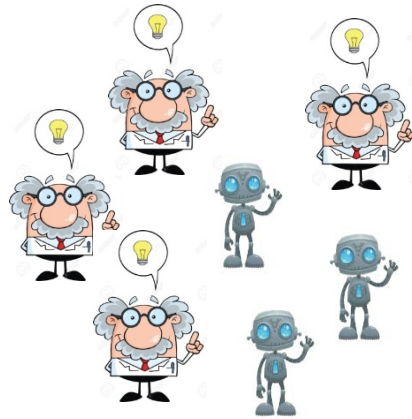
- 人工知能研究センターの紹介
- 人工知能と科学研究（AI for Big Sciences）
- Big Mechanismと言語理解
- おわりに

オープンサイエンス

計算

Open Access Journal/Open Data/Pathway Commons/Unique ID/Linked Data

実験・観察



モデル・理論

データ解析

シミュレーション

Machine Learning/Large Scale Search

人工知能

機械学習
探索
ロボット



計算モデル
仮説の構築
仮説の実証