

仮説を立てて考えてみよう Let's Hypothesize and Reason!

井上 克巳 (Katsumi Inoue), 丹生 智也 (Tomoya Tanjo), Nicolas Schwind,
Gauvain Bourgne*1, 佐藤 泰介 (Taisuke Sato)*2, Andrei Doncescu*3

*1: Université d'Artois, *2: 東京工業大学, *3: LAAS-CNRS

何がわかる?

- Intelligent machines:
Thinking like human being.
- Automated discovery of scientific knowledge,
in particular biological knowledge.

どんな研究?

- Automated hypothesis-finding through
deductively complete methods.
- Abduction of missing links in networks.
- Induction of causal laws in action
theories.
- Applications to systems biology.

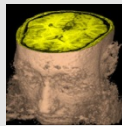
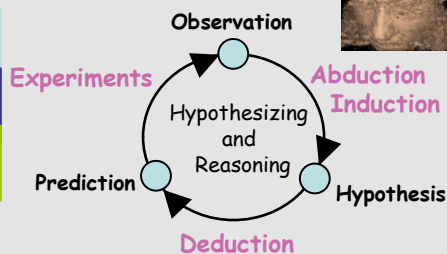
Background

How Human Beings Think?

Everyday Life

Business

Science



The genius people are able to mix these three fundamental modes of reasoning.

Abduction and Induction: Logic

Input:

B : background theory
 E : examples / observations

Output:

H : hypothesis satisfying that

1. $B \wedge H \models E$
2. $B \wedge H$ is consistent

Inverse Entailment (IE)

H can be computed deductively by:

$$B \wedge \neg E \models \neg H$$

Computation and Application

IE for Abduction: SOLAR

(Nabeshima, Iwanuma & Inoue 2003, 2010)

B : full clausal theory, E : conjunction of literals
 H : conjunction of literals

IE for Induction: CF-induction (Inoue 2004, 2007)

B : full clausal theory, E : full clausal theory
 H : full clausal theory

Example: graph completion problem

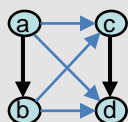
Find an arc which enables a path from a to d.

Axioms:

$\text{node}(X) \wedge \text{node}(Y) \wedge \text{arc}(X, Y) \rightarrow \text{path}(X, Y)$.
 $\text{node}(X) \wedge \text{node}(Y) \wedge \text{node}(Z) \wedge \text{arc}(X, Y) \wedge \text{path}(Y, Z) \rightarrow \text{path}(X, Z)$.
 $\text{node}(a), \text{node}(b), \text{node}(c), \text{node}(d), \text{arc}(a, b), \text{arc}(c, d)$.

Observation: $\text{path}(a, d)$.

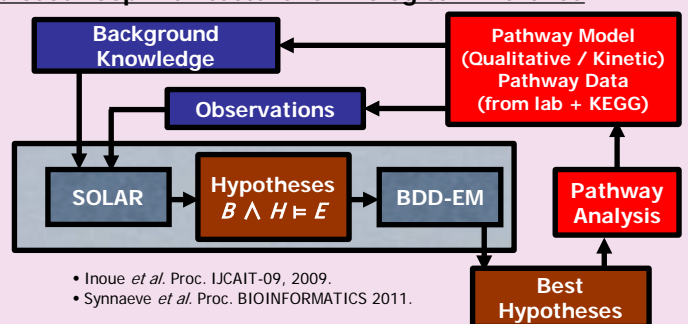
Abducibles: $\text{arc}(_, _)$.



SOLAR outputs four hypotheses.

$\text{arc}(a, d), \text{arc}(a, c), \text{arc}(b, d), \text{arc}(b, c)$.

Closed-loop Architecture for Biological Inference



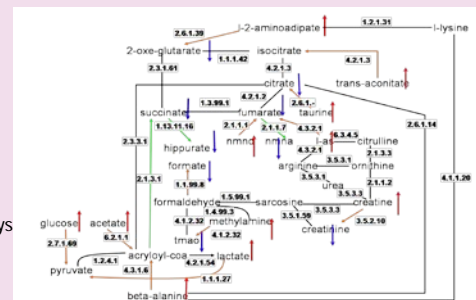
- Inoue *et al.* Proc. IJCAIT-09, 2009.
- Synnaeve *et al.* Proc. BIOINFORMATICS 2011.

Research Goals

- Modeling, explaining and predicting metabolic pathways

Target Problems

1. Predicting the inhibitory effect of toxins including hydrazine with qualitative modeling
2. Explaining dynamic behavior of *E. coli* pathways with kinetic modeling



制約ネットワークと制約充足

Constraint Networks and Solving

井上 克巳 (Katsumi Inoue), 丹生 智也 (Tomoya Tanjo),
Nicolas Schwind, 宋 剛秀 (Takehide Soh, 神戸大学)

何がわかる?

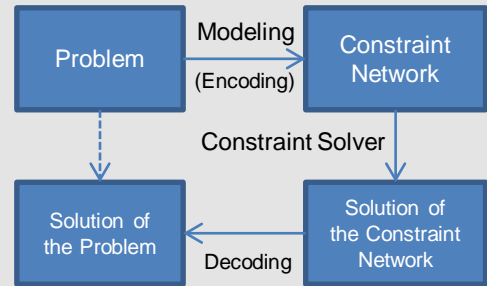
- ・制約ネットワークとして記述された問題を自動的に解くための計算原理の確立
- ・動的に変化する制約に対する計算原理の確立

どんな研究?

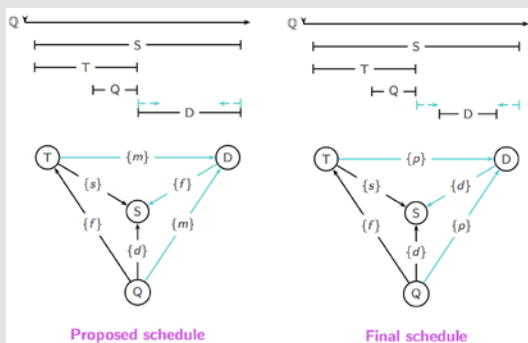
- ・ QCN 間の距離の効率的な特徴解析
- ・ SATソルバーを推論エンジンとして用いた制約ソルバーの開発
- ・ スケジューリング問題等の, 実用的問題への応用
- ・ システムズ・レジリエンスへの応用

背景

- ・ 制約ネットワークは, 各変数を頂点, 変数間の関係を辺として表したグラフ
- ・ 解きたい問題を制約の形で記述する.
- ・ 制約ソルバーは, 記述された制約を満たす解あるいは最適解を自動的に探索する.
- ・ 以下では, 変数間の関係の自然な記述が可能な**定性的制約ネットワーク(QCN)**への取り組みと, 近年活発に研究が行われているSATソルバーを推論エンジンとして用いる**SAT型制約ソルバー**を紹介する.



定性的制約ネットワーク (QCN) 間の距離



- ・ QCN は, 空間や時間に関する関係を, 自然に表現することができる.
- ・ 上の2つのスケジュールは, 直感的には「隣接」しているが, QCN 上では3個の制約が異なっている.
- ・ このため, 2つのQCNの距離を測るのにハミング距離を用いることはできない.
- ・ この問題を解決するため, 以下のことを行った.
 - 要素の「変形」の概念を形式化
 - QCN間での「隣接」の概念を形式化
 - これらの概念の効率的な特徴解析の方法の提供
 - QCN 間の「距離」を定義 (計算量は NP困難)

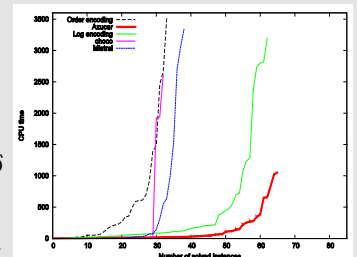
Azucar SAT型制約ソルバー

Azucar とは

- ・ 国際制約ソルバー競技会2年連続複数部門で優勝した, SAT型制約ソルバー Sugar の改良版

Azucar の特徴

- ・ 新しいSAT符号化法であるコンパクト順序符号化を用いて, 大規模な問題を高速に求解が可能
- ・ BSDライセンスに基づくオープンソースソフトウェア
- ・ 制約最適化問題・最大制約充足問題に対応
- ・ 整数有限領域上の非線形制約に対応
- ・ バックエンドのSATソルバーとして, MiniSat や GlueMiniSat を利用可能



URL: <http://code.google.com/p/azucar-solver/>