

ものづくりにおけるBAYONETとオントロジーによる知的生産モデルの実現

～ 欠陥や不具合分析のインテリジェント化 ～

平成27年11月20日

鳥取大学 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻

北村 章

kitamura@ike.tottori-u.ac.jp

知的生産モデルのコンセプト

生産に関わる
3つのパラダイム

生産(現場)情報
プロセスデータ
統計モデル

■データの統計解析

- ・大量データの統計解析で統計モデル
- ・統計モデルでは外挿(予測)できない
- ・統計情報だけでは新製品の設計はできない

生産に関わる理論・データ・ノウハウの融合により
知的ものづくりの実現 → 新製品の早期量産化

理論・技術・数式
(形式知)

■基礎理論

- ・生産の全てを理論で説明できない
- ・理論モデルで新製品の基本特性を予測できる

技能・スキル・経験
ノウハウ(暗黙知)

■生産ノウハウ

- ・経験とノウハウの蓄積によって生産されている
- ・ノウハウは個人に帰属し、共有化できない
- ・経験だけでは新製品の早期量産化はできない

知的生産モデルのコンセプト

GP

(Genetic Programming)

■データの統計解析

- ・大量データの統計解析で統計モデル
- ・統計モデルでは外挿(予測)できない
- ・統計情報だけでは新製品の設計はできない

生産(現場)情報
プロセスデータ
統計モデル

ブラックボックス
モデリング

グレイボックス
モデリング

物理的特性を考慮

理論・技術・数式
(形式知)

技能・スキル・経験
ノウハウ(暗黙知)

■生産ノウハウ

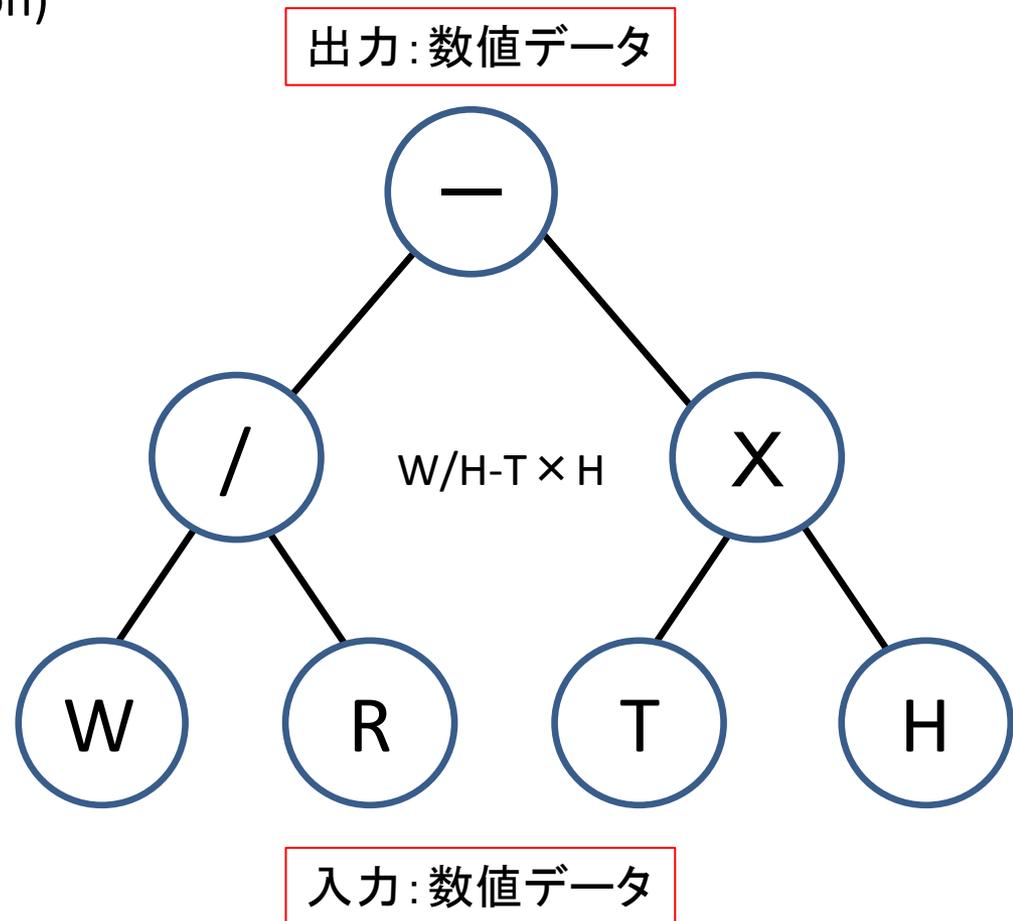
- ・経験とノウハウの蓄積によって生産されている
- ・ノウハウは個人に帰属し、共有化できない
- ・経験だけでは新製品の早期量産化はできない

ホワイトボックス
モデリング

GPによるモデリングの事例

■ GPのアルゴリズム

- ・初期集団の**木構造**の生成(Initialization)
- ・適合度計算(Evaluation)
- ・選択(Selection)
- ・**交叉**(Crossover)
- ・**突然変異**(Mutation)



知的生産モデルのコンセプト

GP

(Genetic Programming)

ブラックボックス
モデリング

生産(現場)情報
プロセスデータ
統計モデル

X-means method(クラス分類)
SVM(Support Vector Machine)
One class SVM(外れ値検出)

グレイボックス
モデリング

物理的特性を考慮

理論・技術・数式
(形式知)

技能・スキル・経験
ノウハウ(暗黙知)

ホワイトボックス
モデリング

■生産ノウハウ

- ・経験とノウハウの蓄積によって生産されている
- ・ノウハウは個人に帰属し、共有化できない
- ・経験だけでは新製品の早期量産化はできない

X-means method

ベイズ情報基準 (BIC: Bayesian Information Criterion) でクラス数を決定

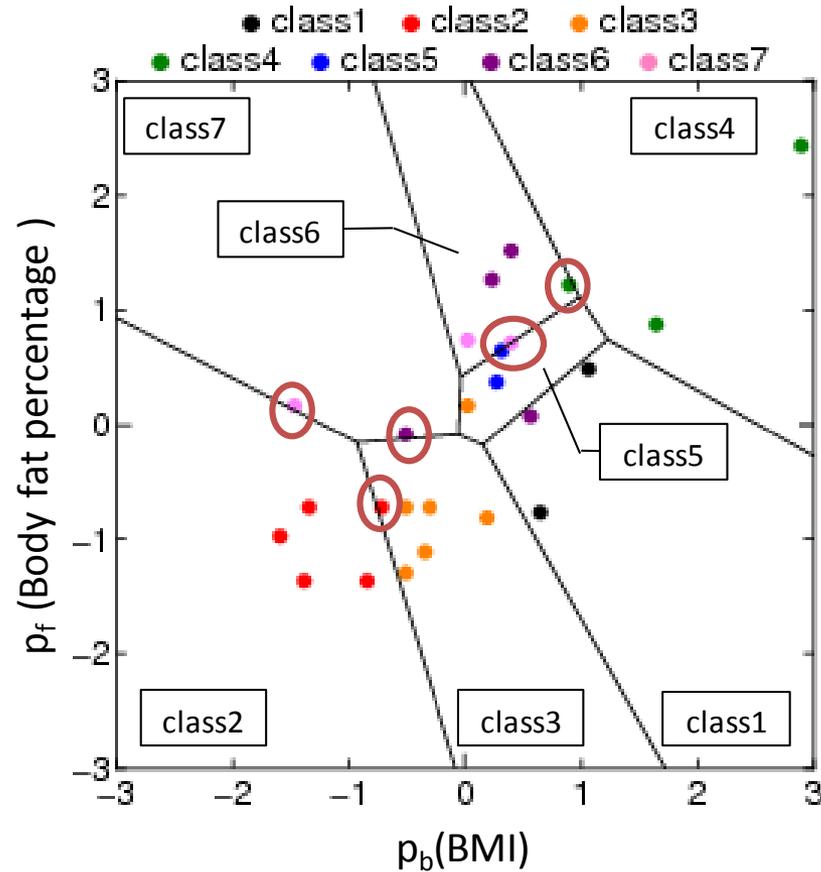
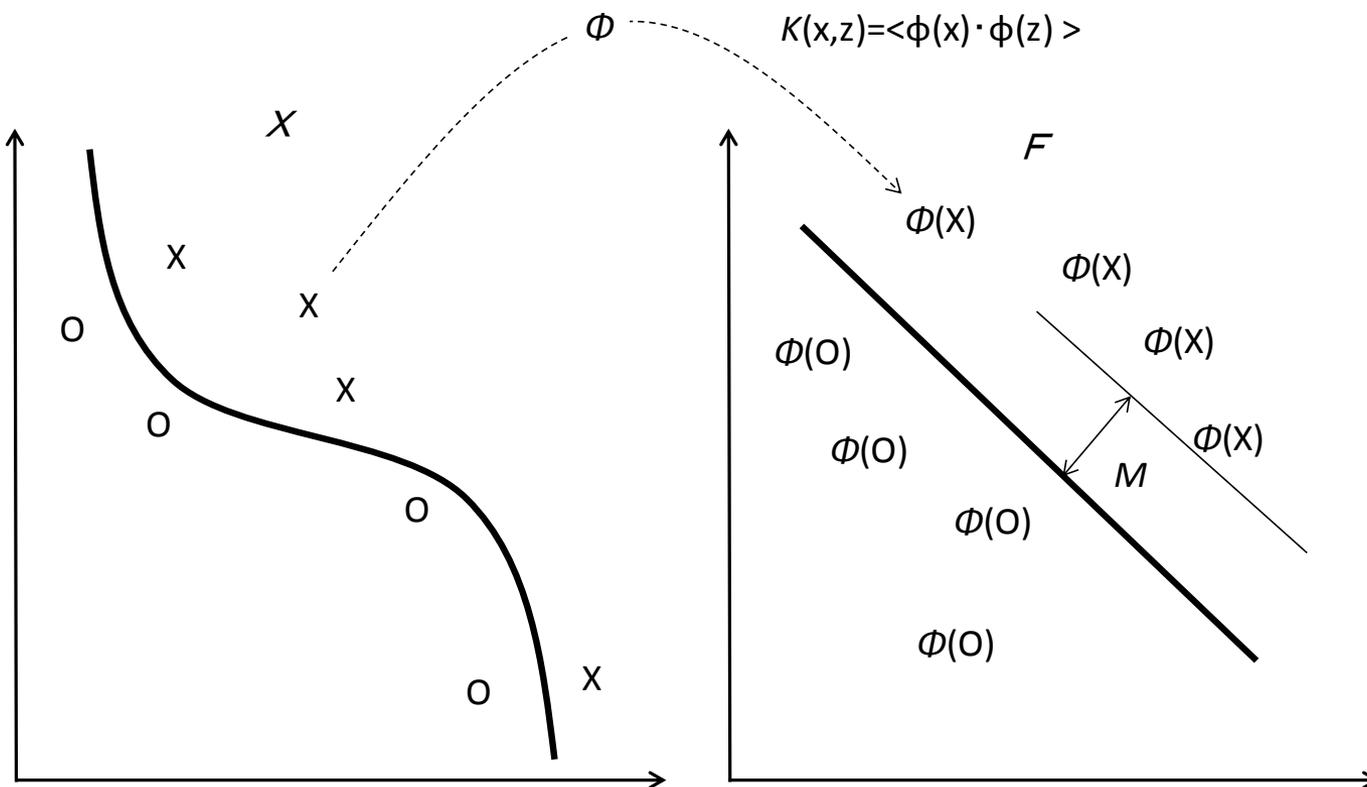


Fig.3 Clustering result by X-means method

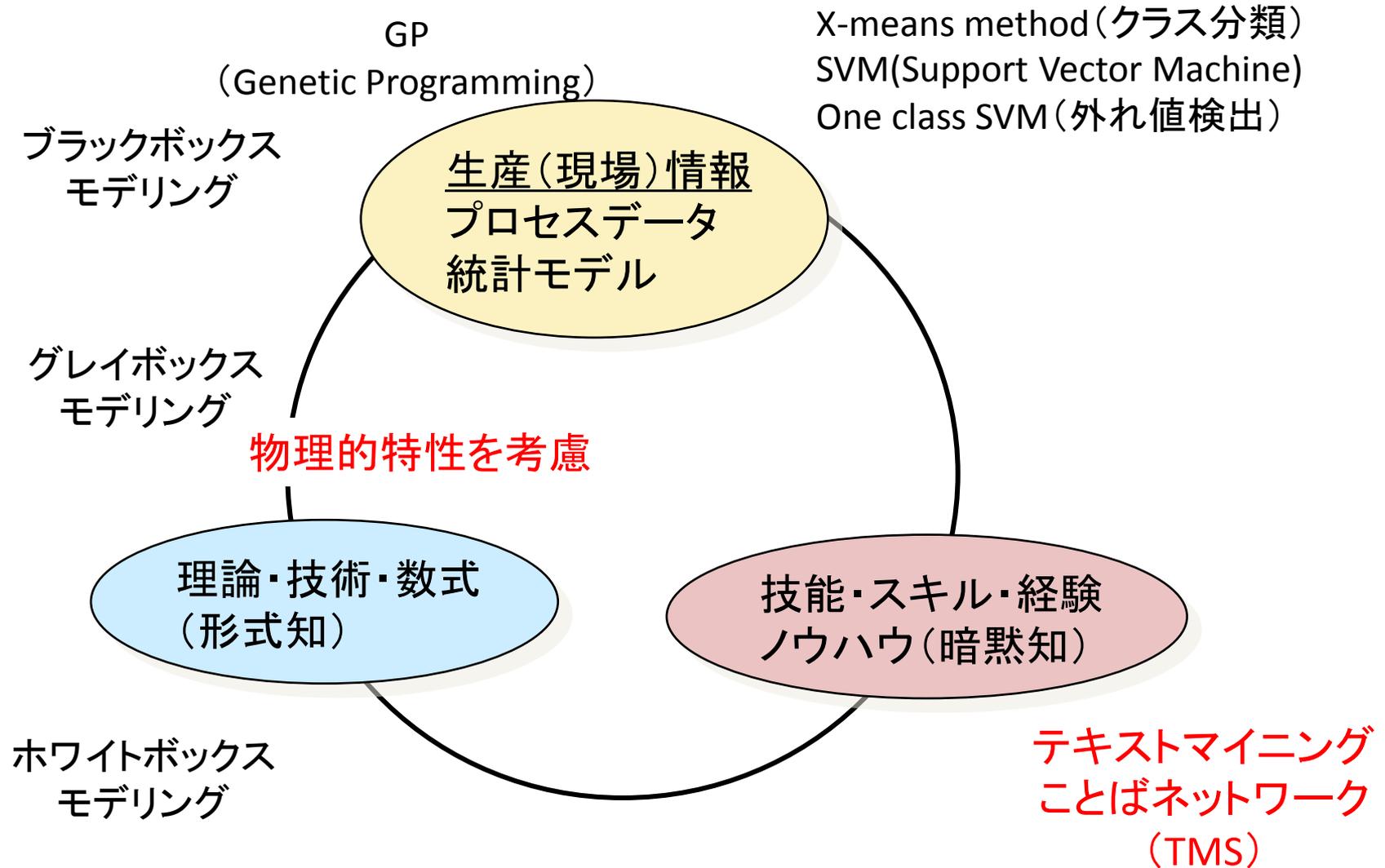
サポートベクターマシン

(Support Vector Machine : SVM)

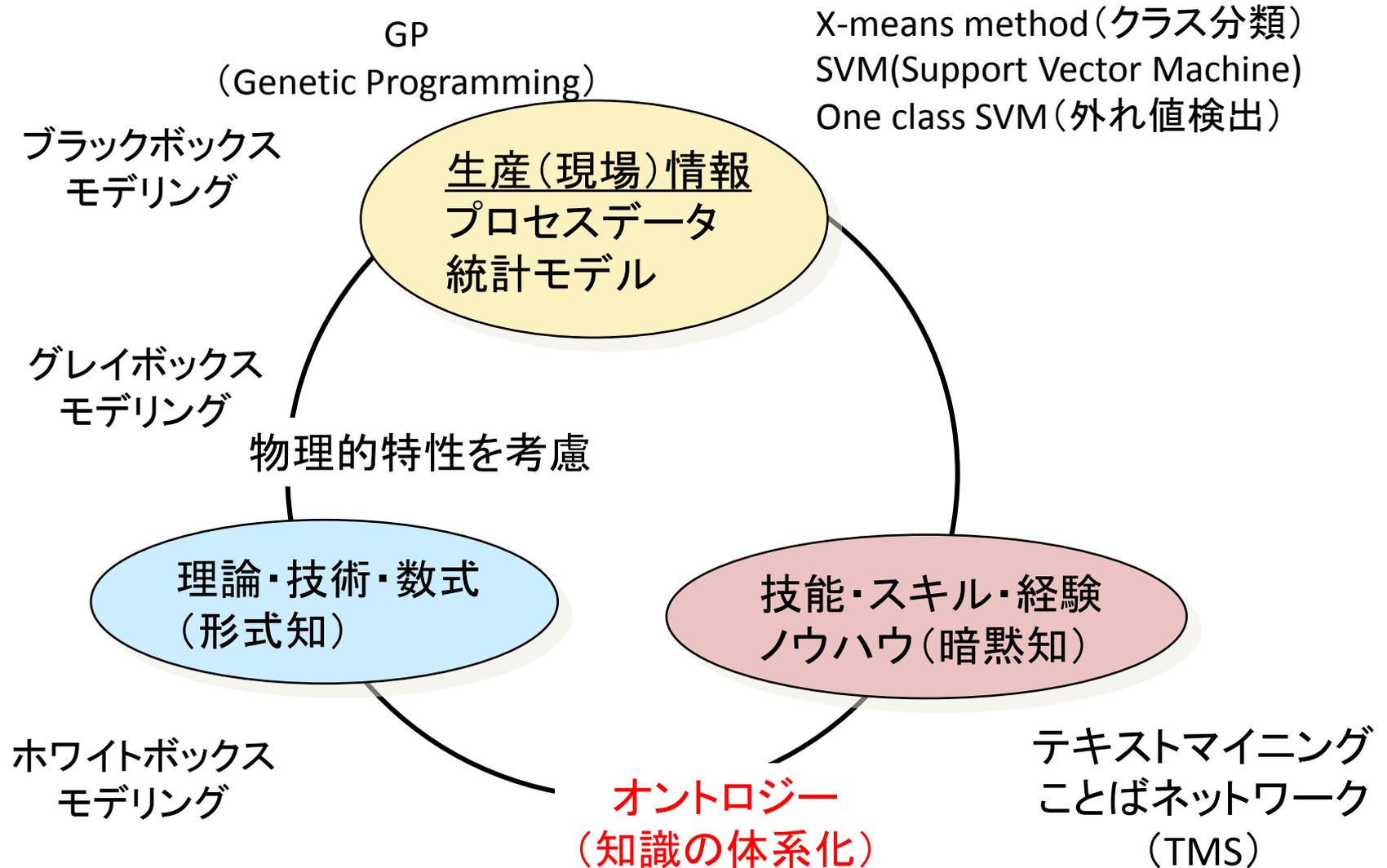
- ・ノンパラメトリックな手法. 識別境界の位置を決定する明確な基準
- ・汎化能力が高い
- ・マージンが最大になるような分離超平面を求める.
- ・非線形判別問題への拡張



知的生産モデルのコンセプト



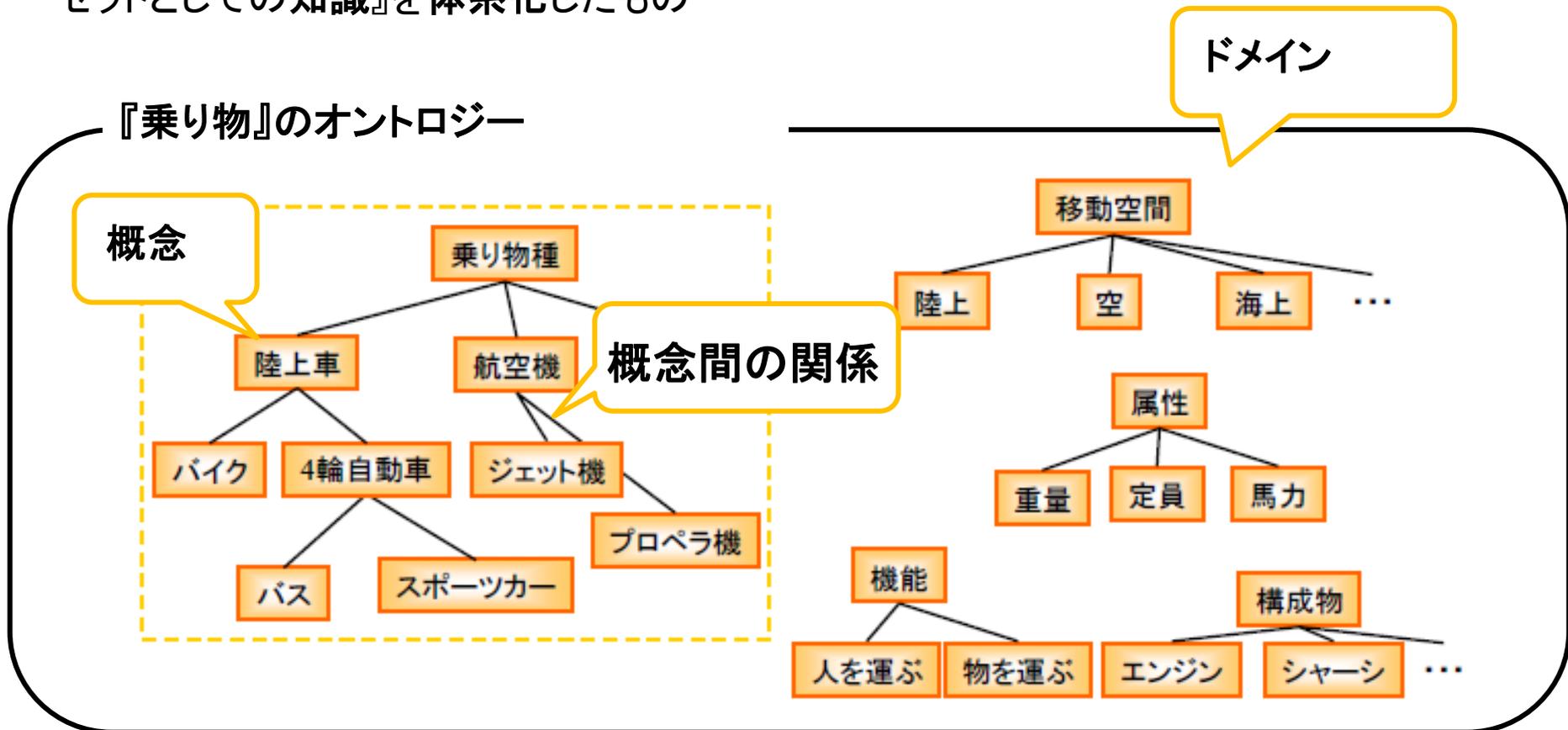
知的生産モデルのコンセプト



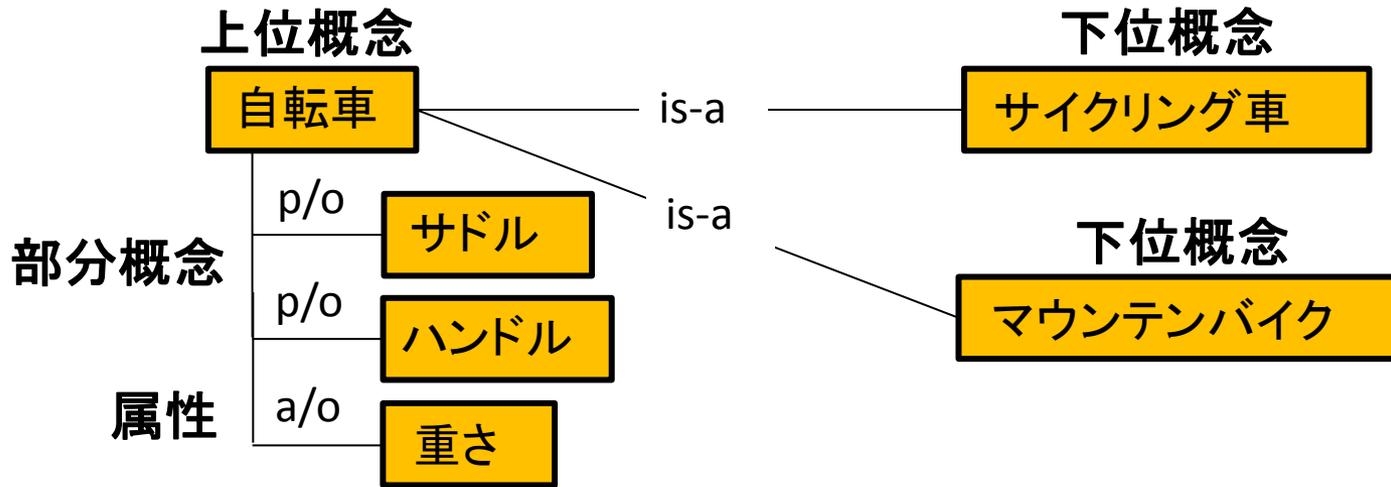
オントロジーの概要

■ オントロジーの定義

あるドメイン(領域)内の『概念とそれらの概念間の関係のセットとしての知識』を体系化したもの

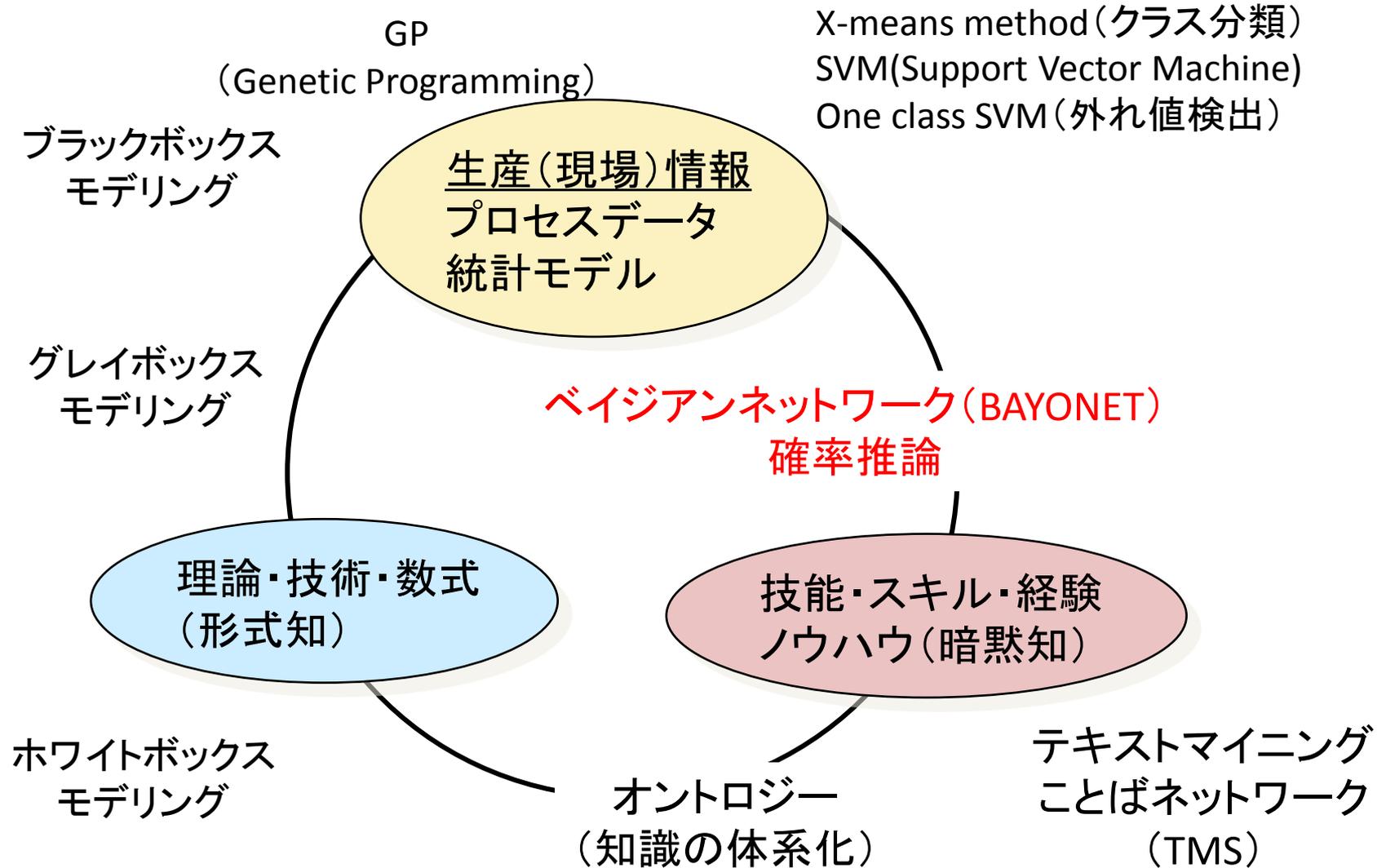


オントロジーの構成要素



- ・概念: ノードで表現(ある領域内の構成要素)
- ・is-a関係: 下位概念は上位概念の一種であることを表す(一般化-詳細化)
『サイクリング車 is-a 自転車』『マウンテンバイク is-a 自転車』
- ・part-of関係: 概念が複数の部分(部分概念)から構成されていることを表す
『サドル part-of 自転車』『ハンドル part-of 自転車』
- ・attribute-of関係: 概念に強く結びついている性質(属性)を表す
『重さ attribute-of 自転車』

知的生産モデルのコンセプト

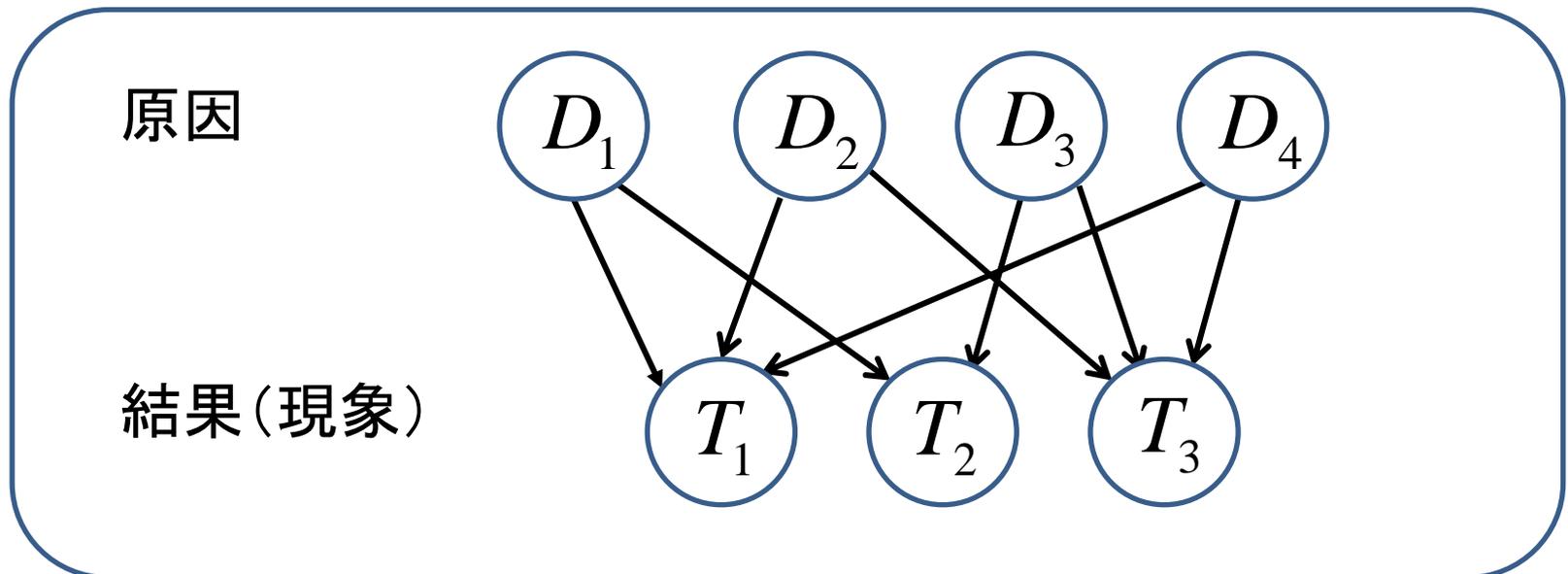


ベイジアンネットワークの事例

原因: D_1, \dots, D_4 結果(現象): T_1, \dots, T_3 とし, 7つの頂点(ノードともいう)と8つの有向辺(矢印のこと)からなる有向非循環グラフ

原因 D_i が存在 $D_i = 1$
原因 D_i が存在しない $D_i = 0$

現象 T_j が発生 $T_j = 1$
現象 T_j が発生しない $T_j = 0$



ベイジアンネットワークの基本原理

同時分布

$$p(D_1, D_2, T_1)$$

周辺分布

$$p(D_1, D_2) = \sum_{t=0}^1 p(D_1, D_2, T_1 = t)$$

条件確率

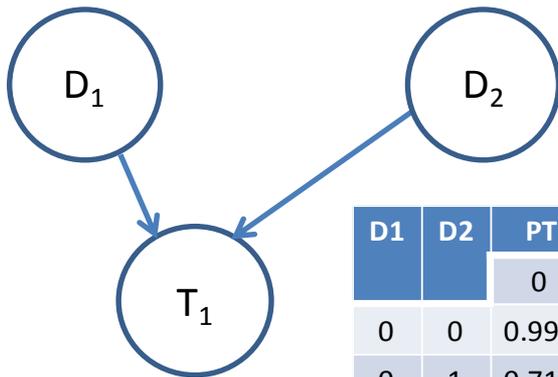
$$p(T_1, |D_1, D_2) = \frac{p(D_1, D_2, T_1)}{p(D_1, D_2)}$$

ベイジアンネットワークの事例

グラフ構造: 確率変数間の定性的な関係を表
各ノード: 条件付確率が定量的な関係

D1	P(D1)
0	0.999
1	0.001

D2	P(D2)
0	0.998
1	0.002



D1	D2	PT1 D1,D2)	
		0	1
0	0	0.999	0.001
0	1	0.710	0.290
1	0	0.060	0.940
1	1	0.050	0.950

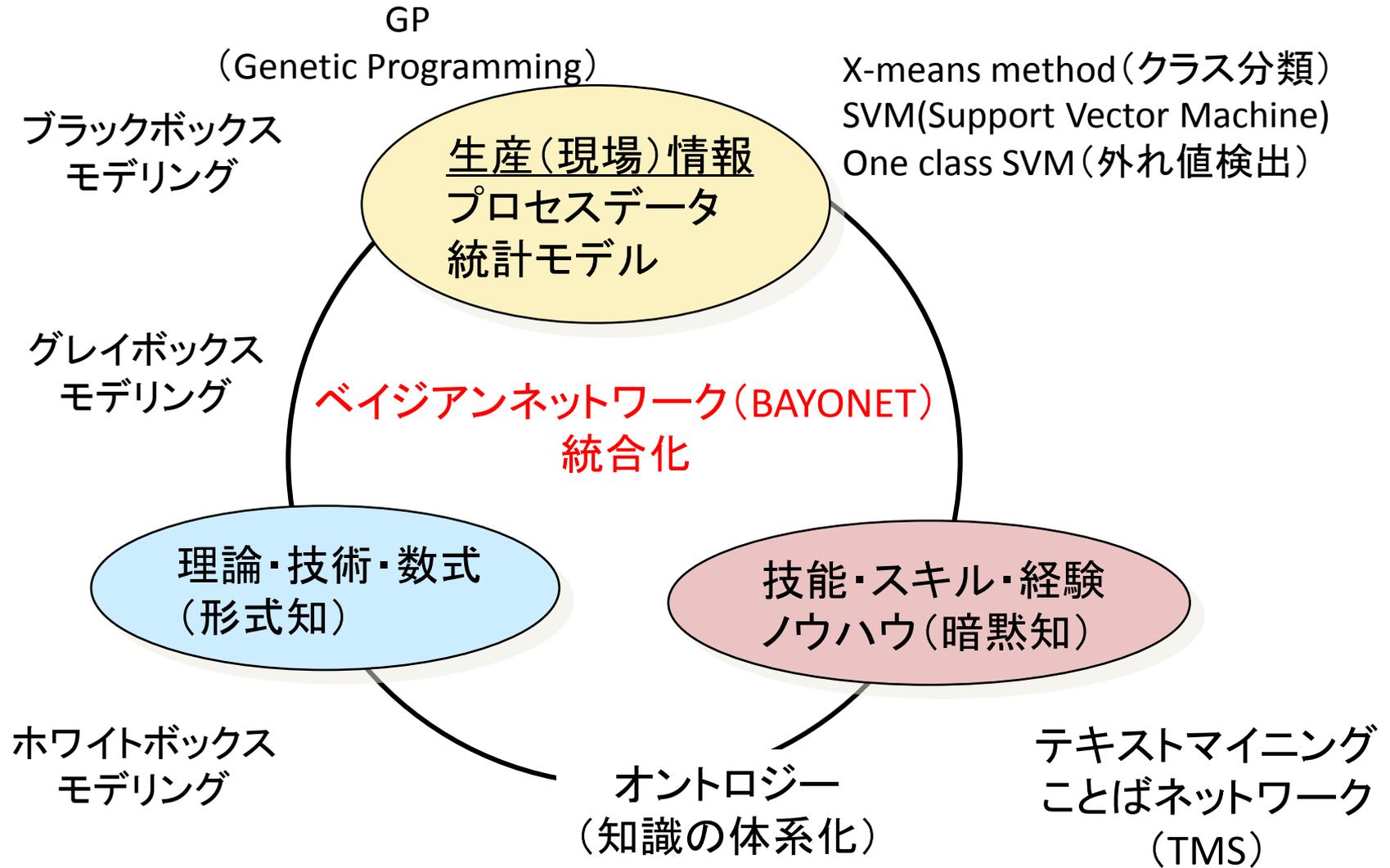
条件付確率表

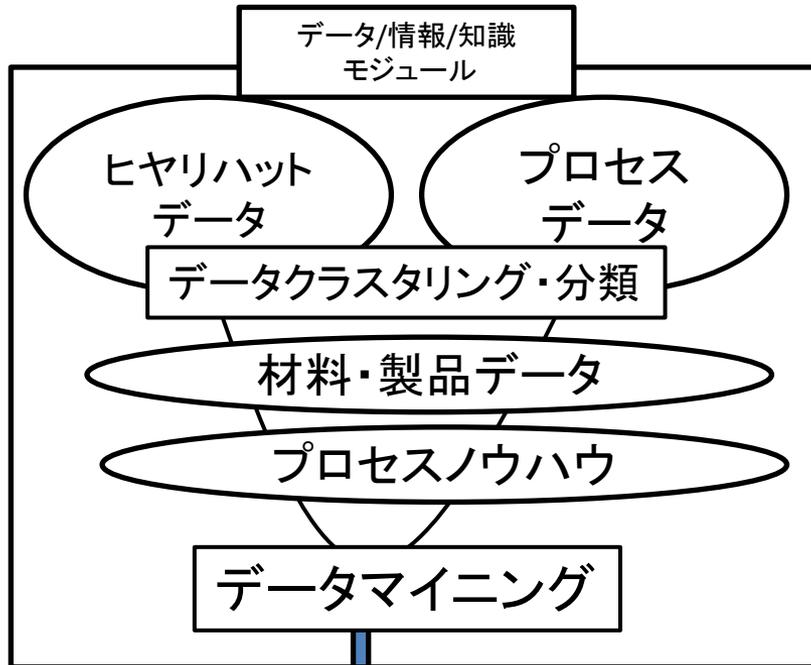
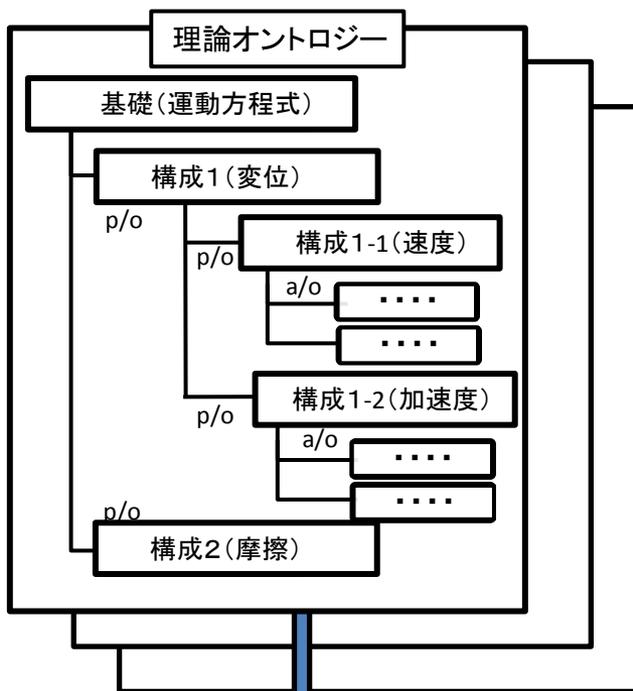
(CPT:Conditional Probability Table)

2つの原因 $D1, D2$ が存在しないとき
($D1 = 0, D2 = 0$)

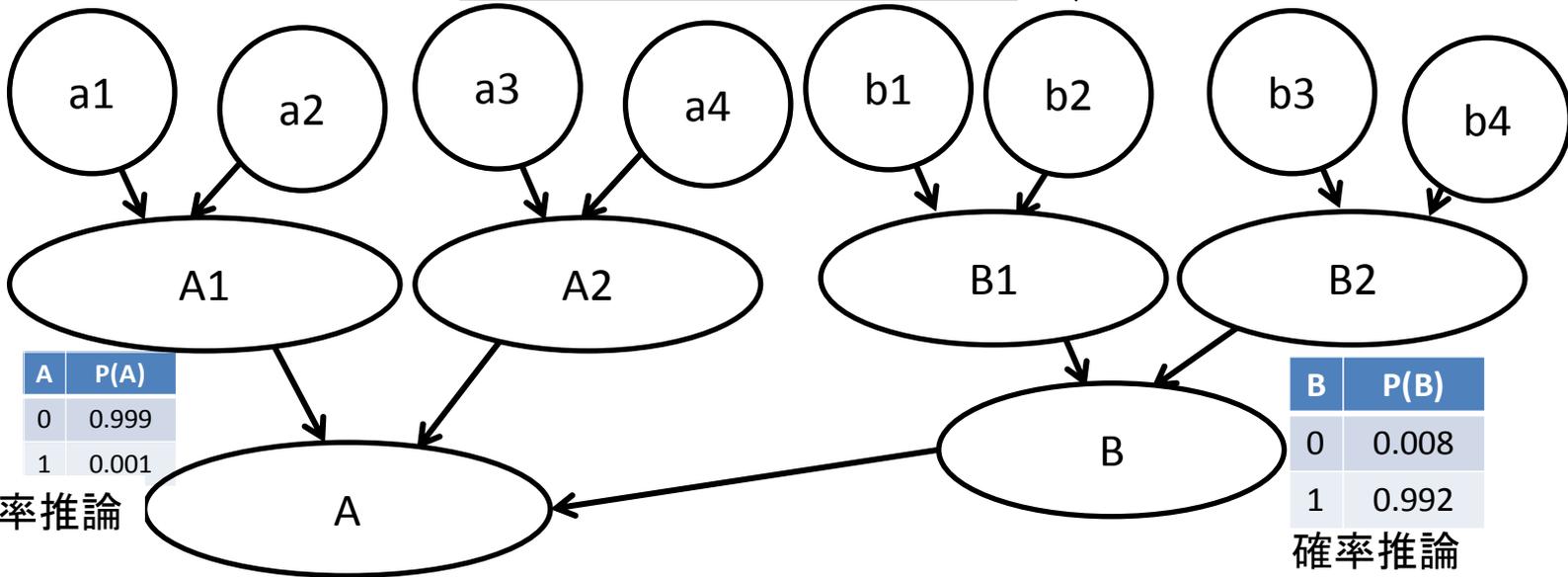
現象 $T1$ が発生しない ($T1 = 0$) 確率は, 0.999

知的生産モデルのコンセプト





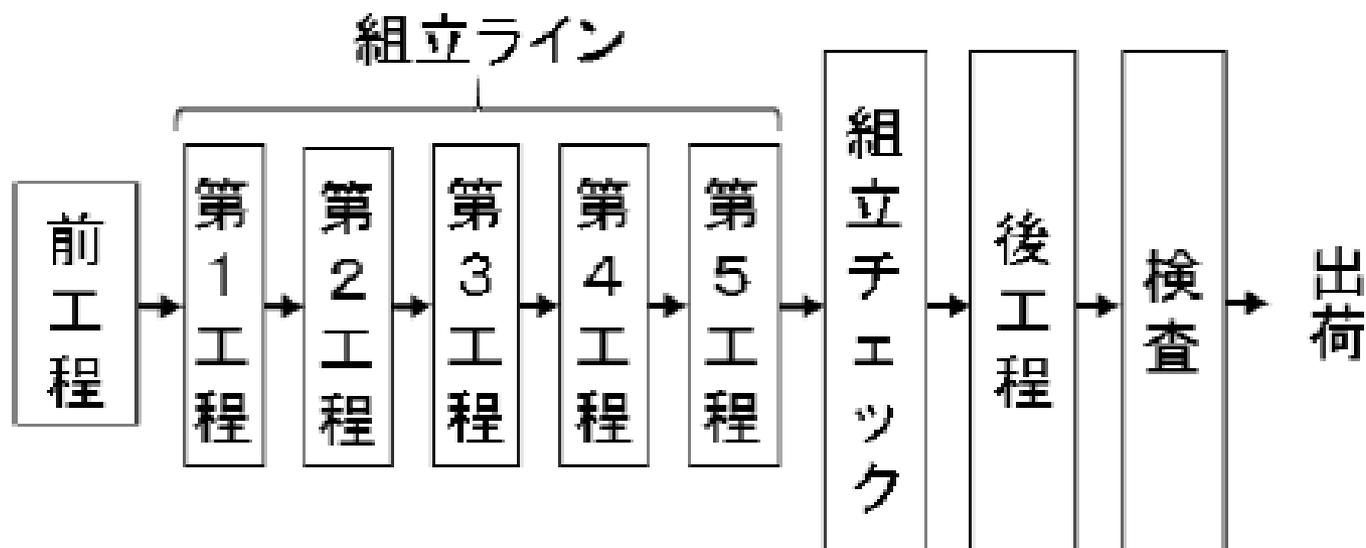
ベイジアンネットワーク(BAYONET)



ベイジアンネット (BAYONET) を核とする 知的生産モデルの事例紹介

1. 溶接電源組み立て工程の不具合分析
2. IT関連製品の製造工程の欠陥分析
【詳細当日】
3. 経産省)平成27年度石油精製業保安対策事業(コンビナートにおける情報・データの活用を通じた自主保安の高度化に関する調査研究)への取り組み
【詳細当日】

1. 溶接電源組み立て工程の不具合分析



情報・知識:

不具合情報

作業容量書

アンケート

目的: 真の原因の追及

現場で判断される原因 (1次原因)

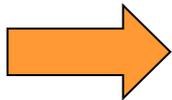
間違った部品の混入
方向を確認していない
ネジの締付確認忘れ

作業者のミス

全作業者が発生させる可能性のある原因(2次原因)

ネジの機構により締付が把握できない **設計の問題**

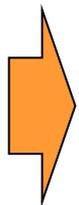
与えられた作業時間が短く見逃した **作業手順の問題**



不具合に潜む真の原因の特定

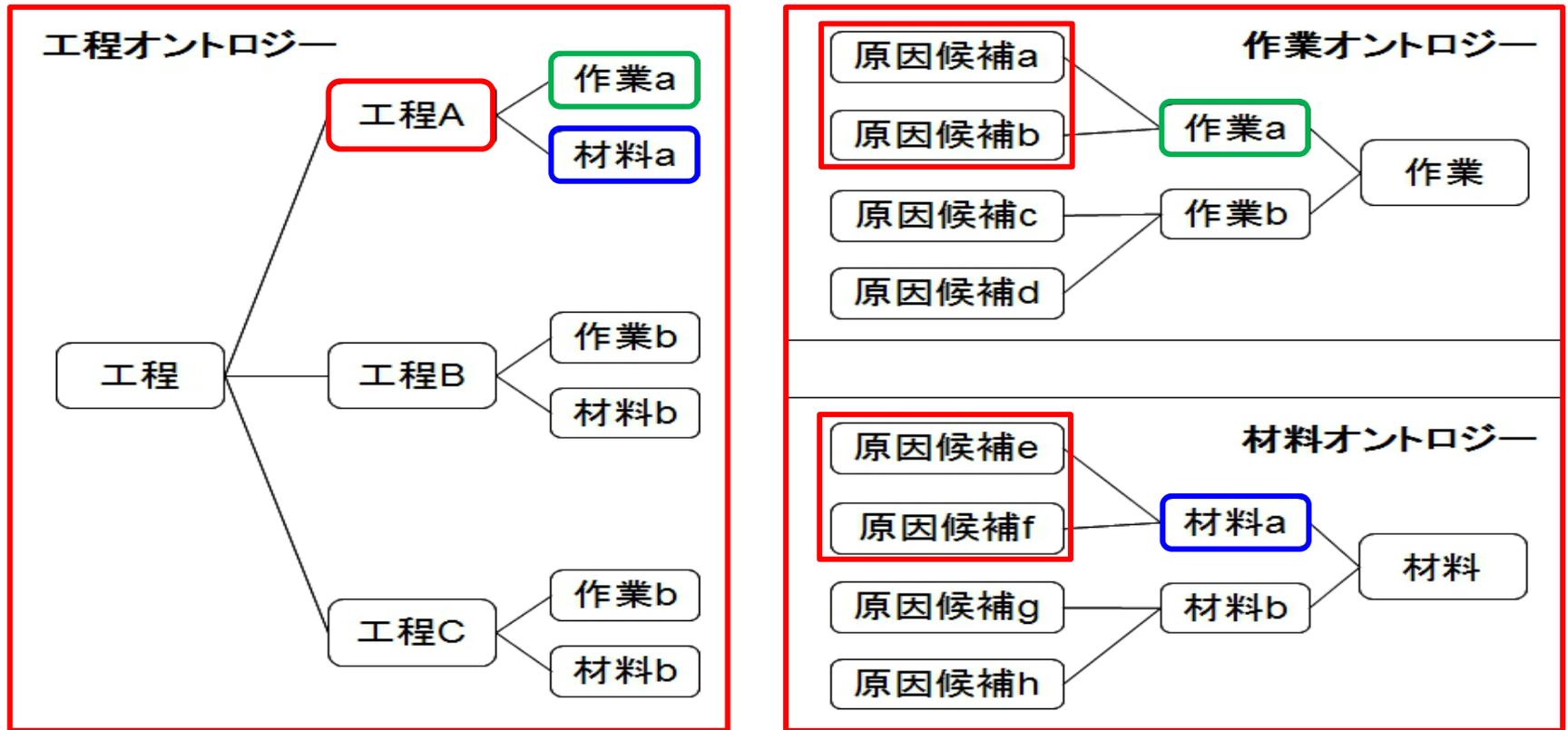
手段：知識の結合

不具合原因追究に用いる情報



3種類の情報を組み合わせた定量的な
不具合原因推論システムの作成

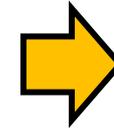
製造オントロジーの活用



入力: 不具合発生工程

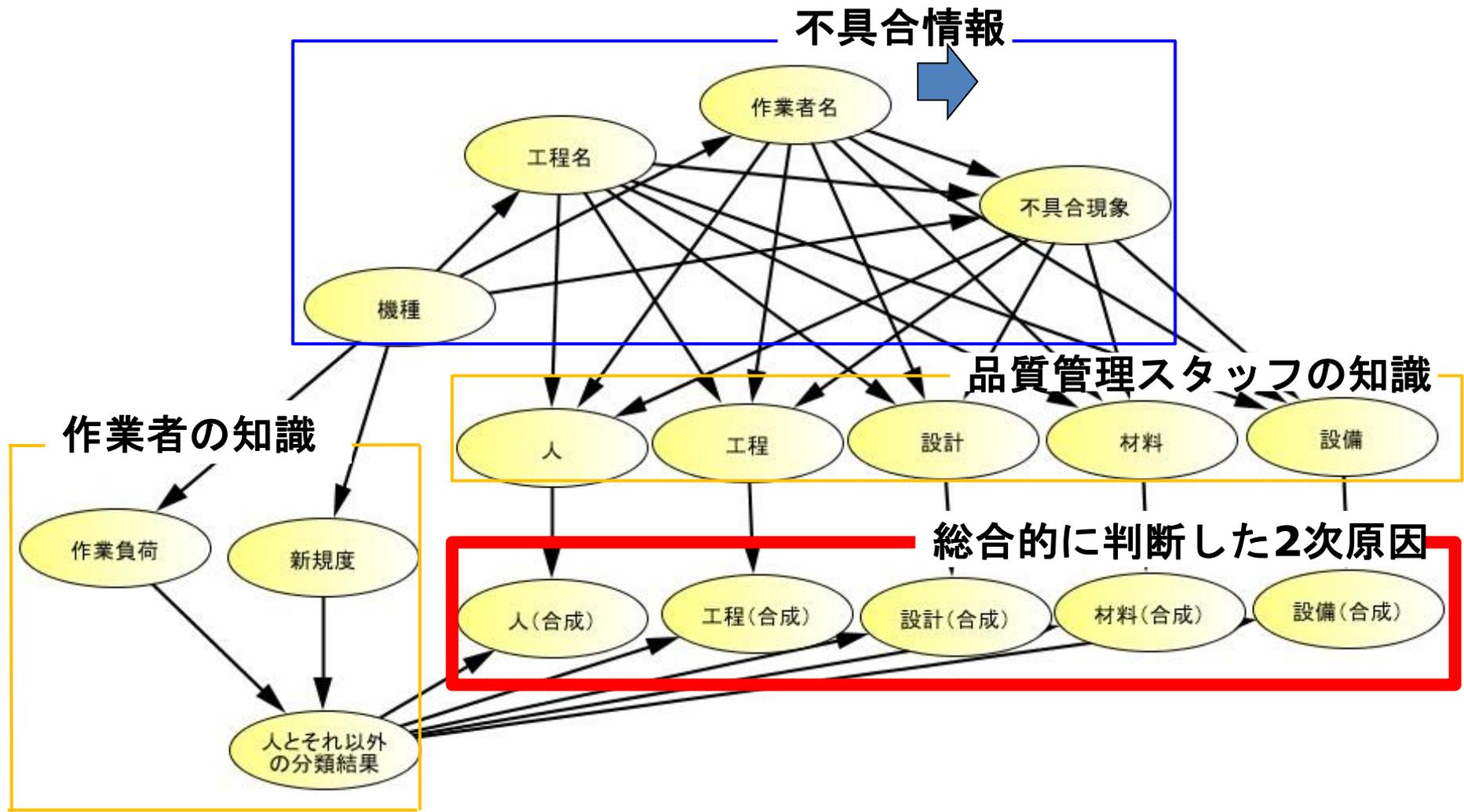


出力: 不具合原因候補



データ列として
ベイジアンに
入力し原因分析

ベイジアンネット(BAYONET)への統合



不具合原因探索ベイジアンネットワーク (BAYONET)

The screenshot displays the BAYONET software interface, which consists of multiple windows, each representing a node in a Bayesian network. Each window contains a table with '状態名' (State Name) and '値' (Value).

部位 (Part):

状態名	値
LF	0.0161
その他	0.0322
カバー	0.0566
コイル	0.0106
シャーシ	0.0124
スイッチ	0.012
ダイオード	0.0111
トランス	0.0148
ネオスポ	0.0124
ネジ	0.077
ハンダ	0.0111
パネル	0.0857
ヒートシンク	0.0106
プリント板	0.0699
メタコン	0.0106
ランプ	0.0144
付属品	0.0127
側板	0.0106
前板	0.0137
台枠	0.0124
右側板	0.1552
天板	0.0264
左側板	0.1158
左右側板	0.0194
後板	0.048
抵抗	0.0198
端子	0.0111
端子台	0.0191
膜付きグロメ...	0.0236
表示板	0.0106
配線	0.0174
金具	0.0136
電磁接触器	0.0134

箇所 (Location):

状態名	値
その他	0.0489
カバー	0.0431
キャップ	0.0431
コネクタ	0.0383
ダイオード	0.0397
ネオスポ	0.0368
ネジ	0.5314
ハンダ	0.0423
ピン	0.0447
配線	0.0488
金具	0.041
針金	0.0419

知識 (Knowledge):

状態名	値
ケーブル位...	0.0722
差し込み深...	0.0685
無し	0.7851
線の固定位...	0.0742

類似知識 (Similar Knowledge):

状態名	値
傷に注意	0.0533
無し	0.7455
線の固定に...	0.051
線の固定位...	0.0462
線の固定位...	0.058
配線角度注意	0.046

発見時間 (Discovery Time):

状態名	値
10:00 - 12:00	0.2427
12:45 - 15:00	0.1836
15:00 - 16:55	0.2195
17:10以降	0.1592
8:10 - 10:00	0.195

機種 (Model):

状態名	値
機種A	0.0901
機種B	0.1331
機種C	0.4495
機種D	0.067
機種E	0.1148
機種F	0.1456

作業者名 (Operator Name):

状態名	値
*組立	0.1573
*組立	0.0953
*組立	0.0008
*組立	0.0105
*組立	0.0129
*組立	0.0007
*組立	0.17
*組立	0.0032
*組立	0.0069
*組立	0.0054
*組立	0.0014
*組立	0.1032
*組立	0.0311
*組立	0.0203
*組立	0.0236
*組立	0.0014
組立	0.0213
組立	0.0086
組立	0.0013
組立	0.0016
組立	0.0035
組立	0.0186
組立	0.0113
組立	0.0014
組立	0.0099
組立	0.2784

不具合現象 (Defect Phenomenon):

状態名	値
その他	0.0
ハンダ不良	0.0
ロック不良、...	0.0
圧着不良	0.0
折損、破損	0.0
絶縁距離不...	0.0
線の挟み込...	0.0
締付不良	1.0
誤配線、誤...	0.0
部品取付方...	0.0
部品(ビス含...	0.0
部品(ビスサイ...	0.0
配線忘れ(未...	0.0

作業負荷 (Workload):

状態名	値
False	0.5233
True	0.4767

作業新規度 (Work Novelty):

状態名	値
False	0.7066
True	0.2934

人かそれ以... (Person or otherwise...):

状態名	値
それ以外	0.4402
人	0.5598

人 (Person):

状態名	値
FALSE	0.2973
TRUE	0.7027

工程 (Process):

状態名	値
FALSE	0.2973
TRUE	0.7027

設計 (Design):

状態名	値
FALSE	0.6833
TRUE	0.3167

材料 (Material):

状態名	値
FALSE	0.7027
TRUE	0.2973

設備 (Equipment):

状態名	値
FALSE	0.6776
TRUE	0.3224

工程名 (Process Name):

状態名	値
トランス	0.018
プリント板	0.018
工務	0.018
総組立 Aラ...	0.5527
総組立 Bラ...	0.1756
総組立 ビッ...	0.025
総組立 ライ...	0.0263
総組立 ライ...	0.0228
総組立 ライ...	0.028
総組立 ライ...	0.025
総組立 ライ...	0.018
総組立 ライ...	0.018
総組立 ライ...	0.0231
総組立 ライ...	0.0316

不具合現象 (入力)

機種 (出力)

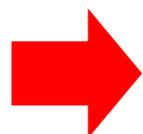
The screenshot shows a software interface with several windows. The '不具合現象' window (input) is highlighted with a red border and contains the following table:

状態名	値
その他	0.0
ハンダ不良	0.0
ロック不良、...	0.0
圧着不良	0.0
折損、破損	0.0
絶縁距離不...	0.0
線の挟み込...	0.0
締付不良	1.0
誤配線、誤...	0.0
部品取付方...	0.0
部品(ピス含...	0.0
部品(ピスサイ...	0.0
配線忘れ(未...	0.0

The '機種' window (output) is highlighted with a blue border and contains the following table:

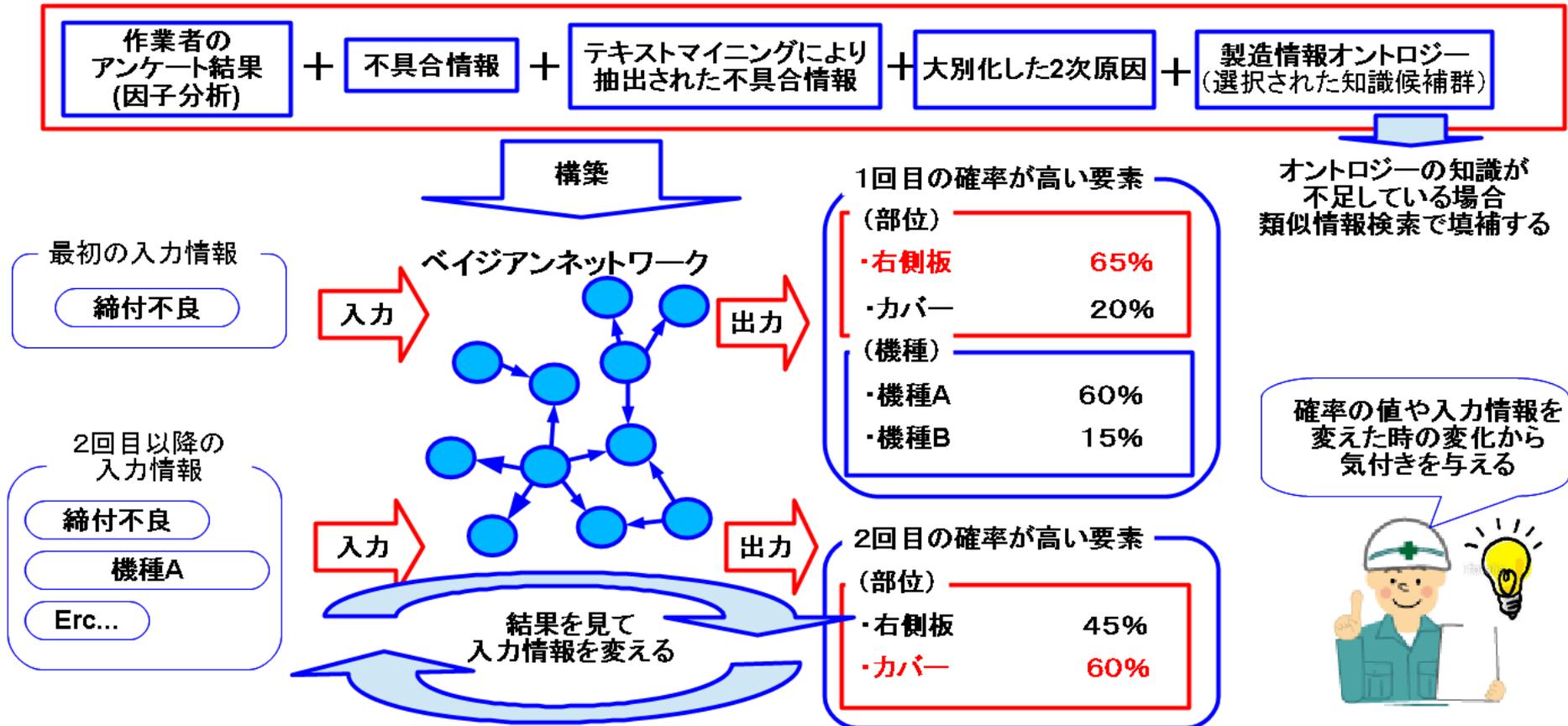
状態名	値
機種A	0.0901
機種B	0.1331
機種C	0.4495
機種D	0.067
機種E	0.1148
機種F	0.1456

Other windows in the background include '発見時間', '類似知識', '作業新規度', '設計', '材料', and '設備', each displaying similar state-value tables.



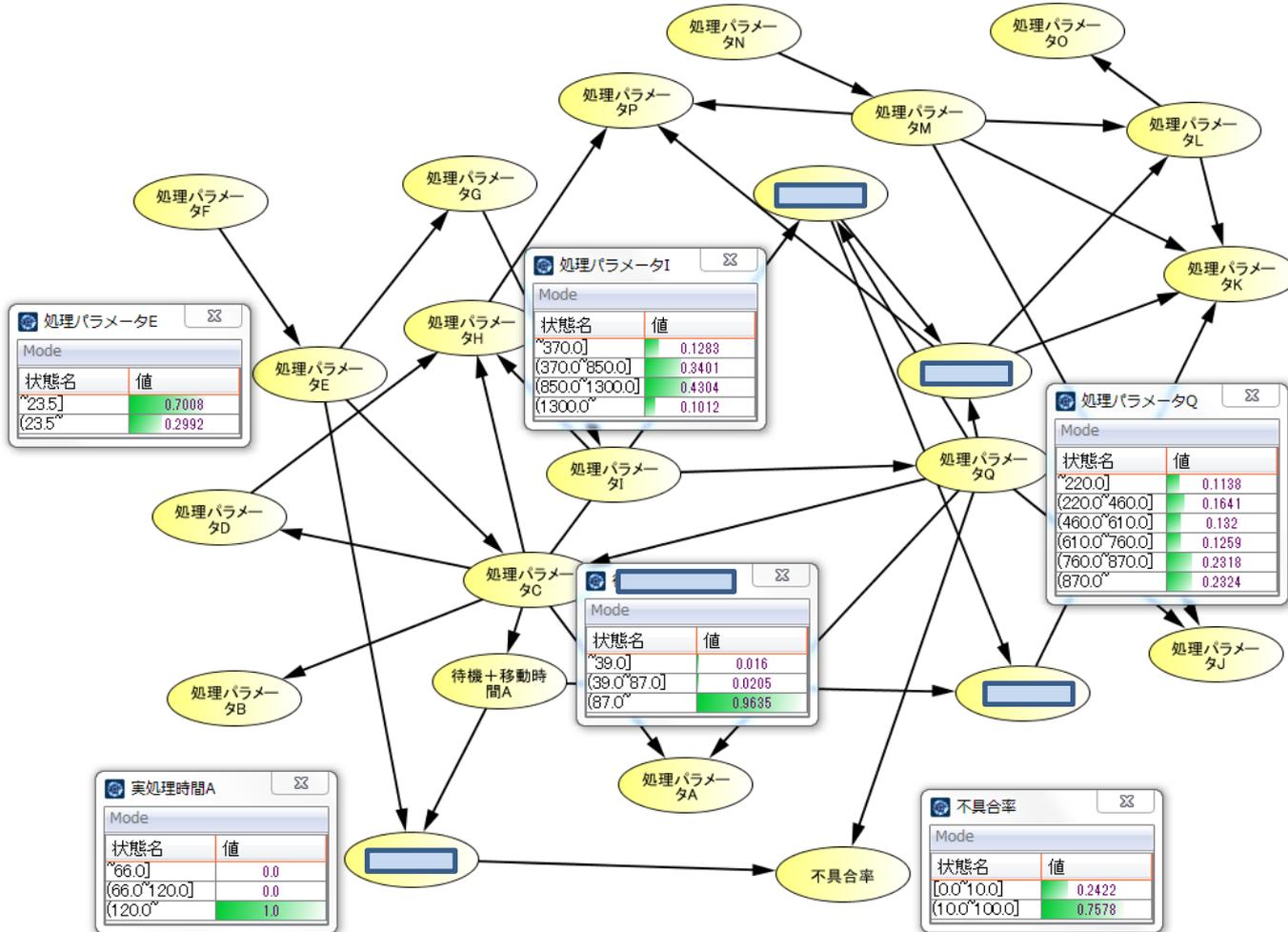
各ノードの事後確率から「気付き」を与える.

ベイジアンネットワーク(BAYONET)を核とする 組み立て工程の不具合分析システム



2. IT関連製品の製造工程の欠陥分析

【ベイジアンネット(BAYONET)の例】



3. 経産省)コンビナートにおける情報・データの活用を通じた自主保安の高度化に関する調査研究

【調査研究プラットフォーム】

