バリューチェーン協議会

2018年度　運用制御プロセス ワーキンググループ資料

順不同、敬称略

主査	大石 高至	NECキャピタルソリーション
メンバ	大三川 越朗	日本ビジネスプロセス・マネジメント協会
	高寺 正人	MRIバリューコンサルティング・アンド・ソリューションズ
	山本 邦雄	横河ソリューションサービス
	小松原 聡	青森中央学院大学
	開 一弘	日立製作所
	寺邊 正大	(元)三菱総研
オブザーバ		
	酒匂 秀敏	ブレイズ・コンサルティング
	渡邊 和宣	プロセスデザインエンジニアリング

WG設置の背景要因と活動目的

- WG設置の背景要因
  1. 外的要因例：
     - ICT関連技術（AI, IoT, Data Science, etc.）の進歩に即したプロセス制御環境の実現
     - 製造業のサービス価値化の進展に対応したプロセス制御環境の実現
  2. 内的要因例：
     - 匠人材の枯渇、人に蓄積された知見の伝承不足
     - SEが満たすべき将来要件と現状のミスマッチ

- WG活動の目的
  1. AI/IoT時代に相応しい運用制御プロセス群を再定義し、全体を俯瞰するスキームを提供する。
  2. 運用制御プロセス群をリエンジニアリングするため適応プロセスを整備する。
  3. 運用ライフサイクルと一致した適応プロセスと情報システムを強く意識した業務遂行を実現し、運用ライフサイクルを高速に進化させるための組織的基盤を確立する。
  4. 組織的基盤の核となる、自動化システムとの高度な運用コミュニケーションスキルを保有した人材を定義する。

抜粋　セミナー資料

運用サポートサービスに於ける

運用制御プロセス群

コンセプト検討

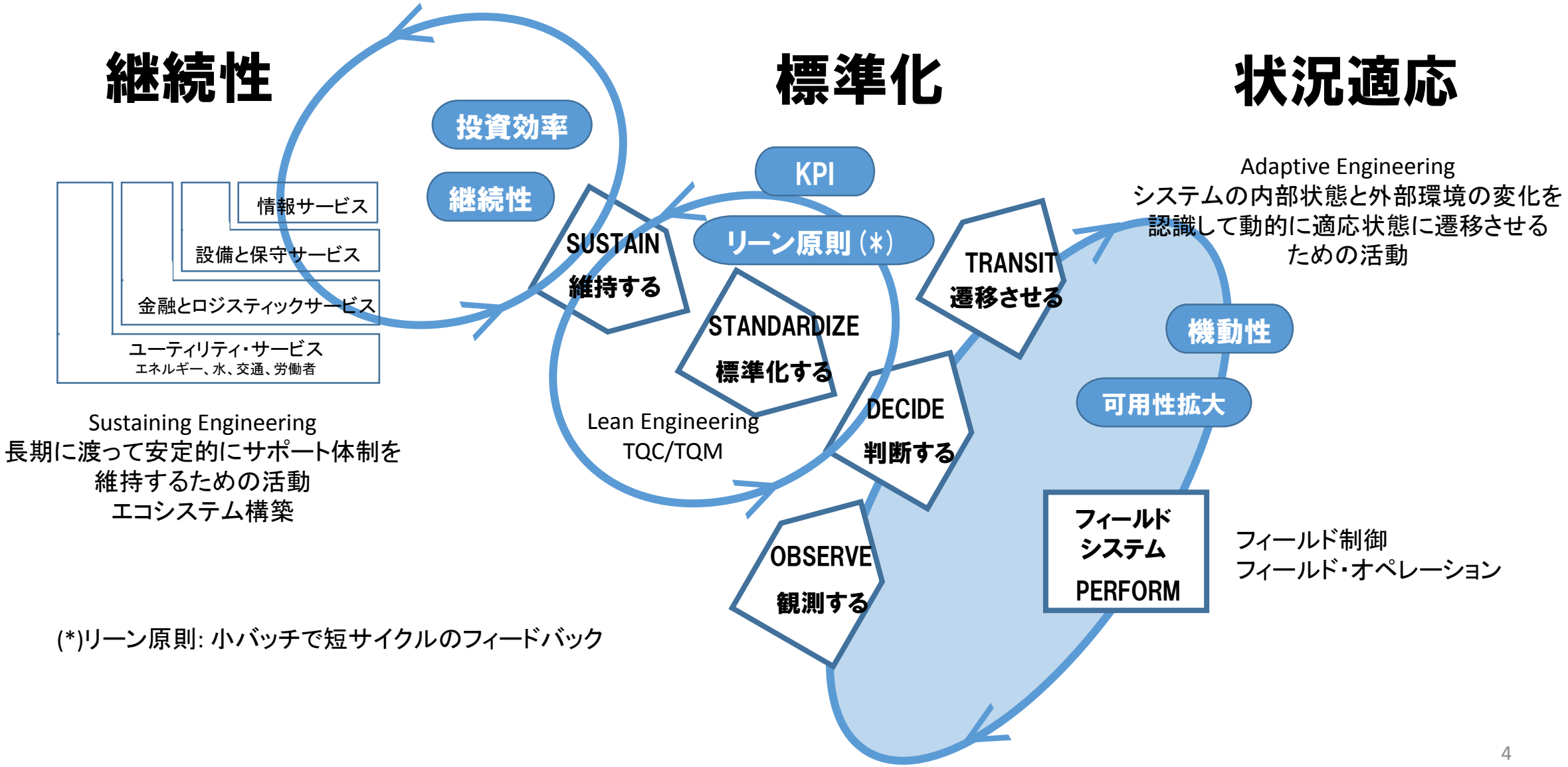
AI/IoT時代に相応しい運用制御プロセス群を再定義し、リエンジニアリングしたい

検討方針（Policy）

人間が理解して分析できる
人間が合理的に使用できる
人間が保守して更新できる

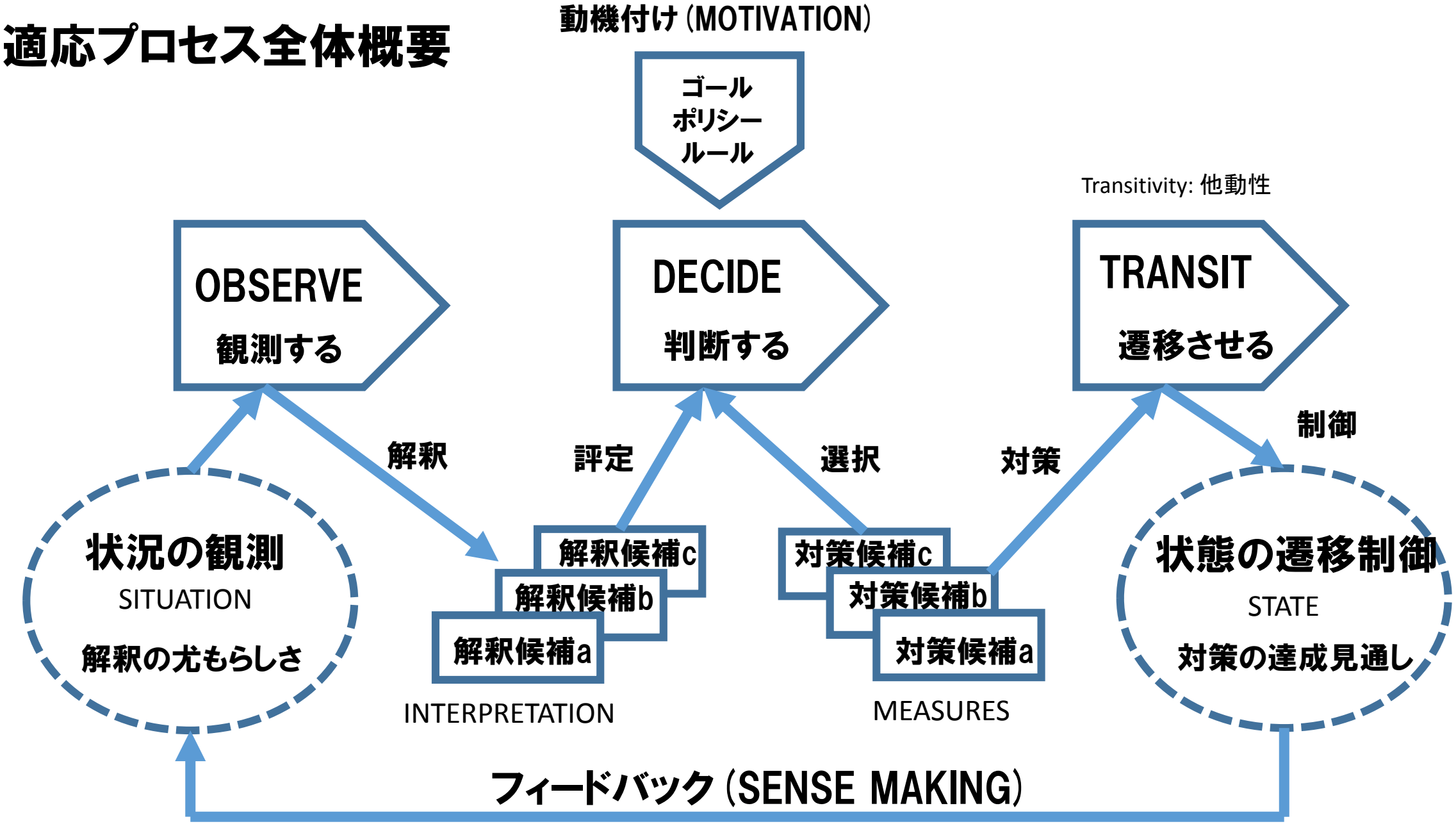
20190215
作成　大石

運用制御プロセス群の主要活動テーマ



(*)リーン原則: 小バッチで短サイクルのフィードバック

適応プロセス全体概要


動機付け (MOTIVATION)
ゴール
ポリシー
ルール
Transitivity: 他動性
OBSERVE
観測する
DECIDE
判断する
TRANSIT
遷移させる
解釈
評定
選択
対策
制御
状況の観測
SITUATION
解釈の尤もらしさ
解釈候補c
解釈候補b
解釈候補a
INTERPRETATION
対策候補c
対策候補b
対策候補a
MEASURES
状態の遷移制御
STATE
対策の達成見通し
フィードバック (SENSE MAKING)

適応プロセス事例

インコ飼育を通して適応プロセスを考える

インコ飼育の紹介

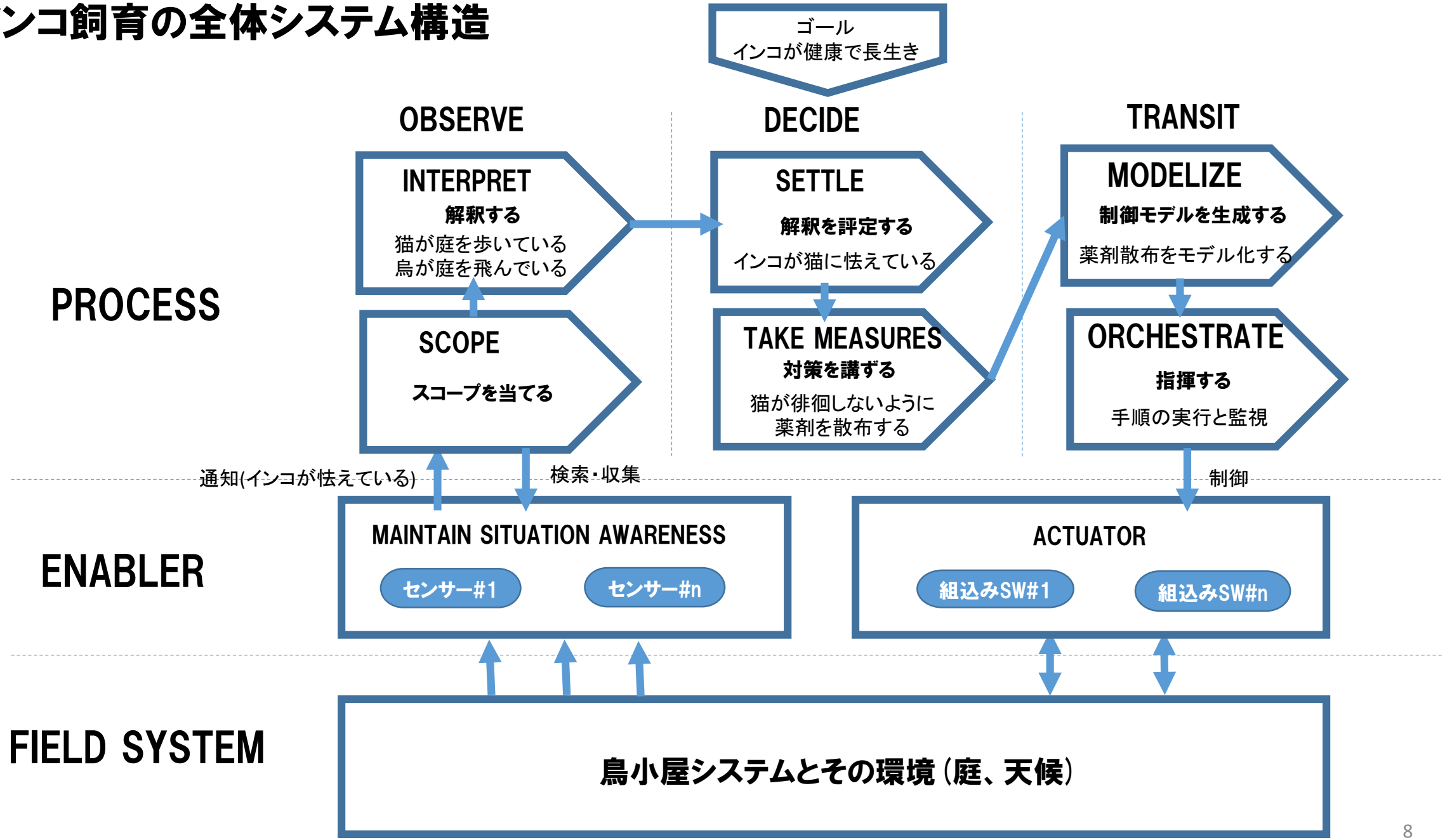
遮光ネット（遮光率80%）

・2.4m×3.6m　サンルーム
・鳥かご　6セット
・防寒と避暑設備あり
・インコ　5羽（12/28現在）
・飼育歴　5年

最盛期は12羽飼育していたが
飼育運用システムが不完全であったため
5羽に減少した。
現在は運用方式が確立し、比較的
手がかからず安定した運用になっている。

猫返しネット

インコ飼育の全体システム構造



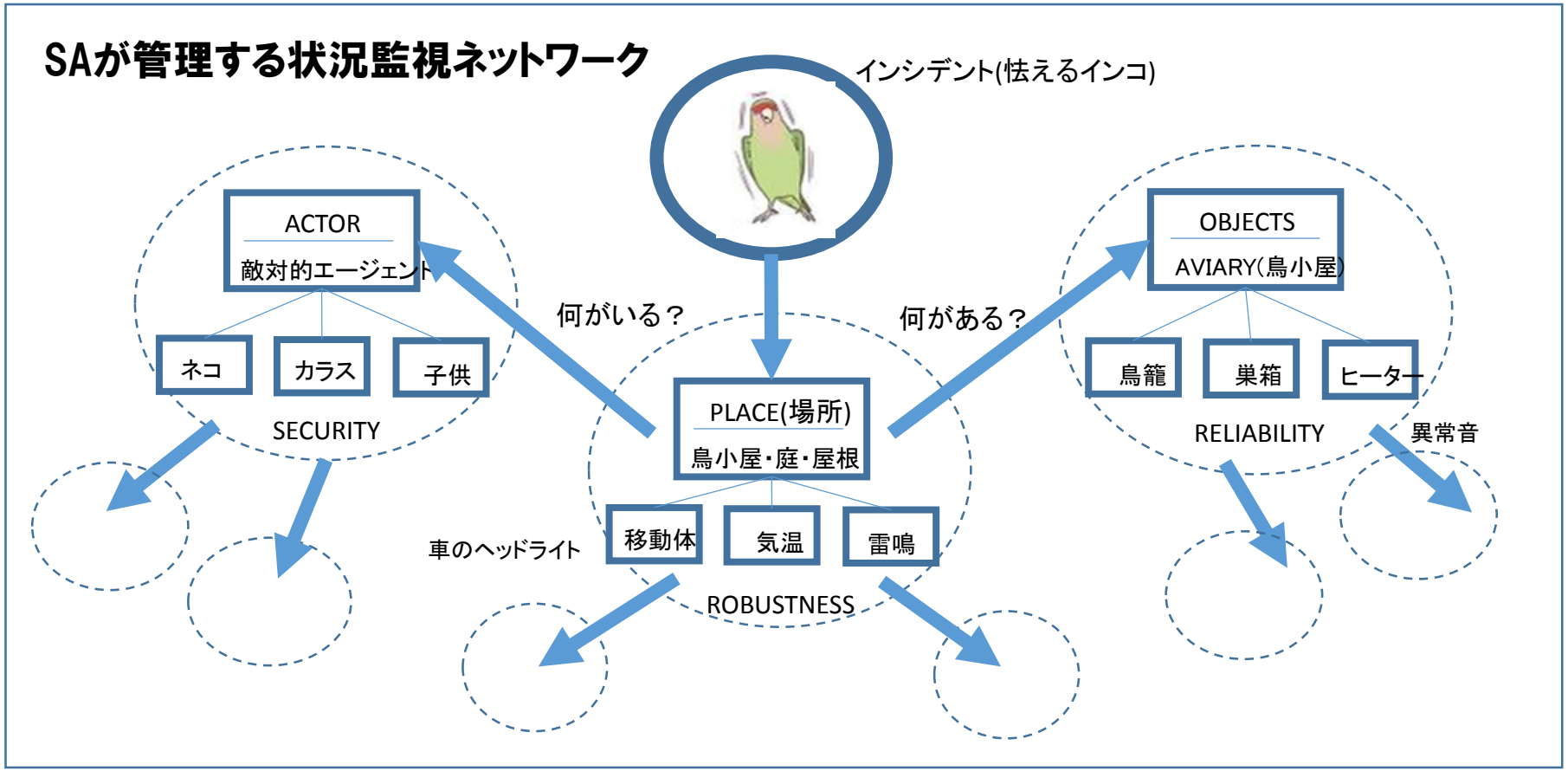
OBSERVE

スコープを当てる (SCOPE)
と解釈 (INTERPRET)

SITUATION AWARENESS (*)

(*) Situation Awareness(SA)は、Mica Endsley女史によって提唱された概念です。

SAは動的に変化する世界状況を最新に維持します。そのために状況監視（SERVEILLANCE）ネットワークを管理します。状況監視ネットワークは物理的なセンサーネットワークに対応した論理空間と考えることもできます。

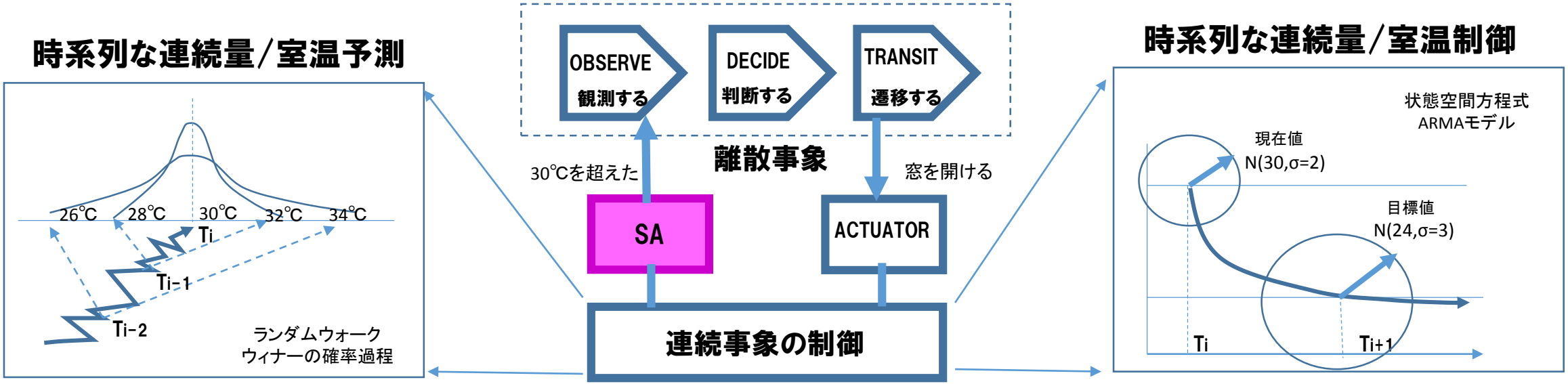


SAと離散事象、パターン認識

「室温が30℃を超えた」「インコが怯えている」は離散事象です。適応プロセスは離散事象を扱います。

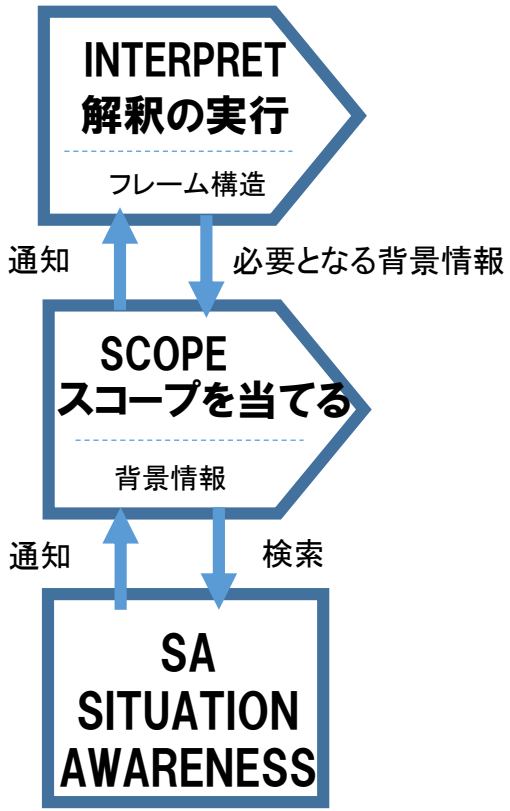
SAは室温のような連続事象の中から離散事象「室温が30℃を超えた」「室温が10分後に30℃を超える」等を観測したり予測したりしてOBSERVEプロセスに通知することになります。(時系列分析/STOCHASTICS)

また、SAはパターン認識技術を活用することにより、「インコが何か騒いでいる」と言った曖昧な状況を「インコが怯えている」「インコが喧嘩している」「インコが要求している」等、具体的な状況に識別してOBSERVEに通知することも行います。



SCOPEプロセス

SITUATION AWARENESS (ENABLER) からの離散事象通知に対して、INTERPRETプロセスが解釈を行うために必要となる背景情報を収集します。それは、状況監視ネットワークの特定部分にSCOPEを当てて行います。



本資料では、左図で表すように二つのプロセスと1つのENABLERが連携して解釈を実行する考え方を採用しています。

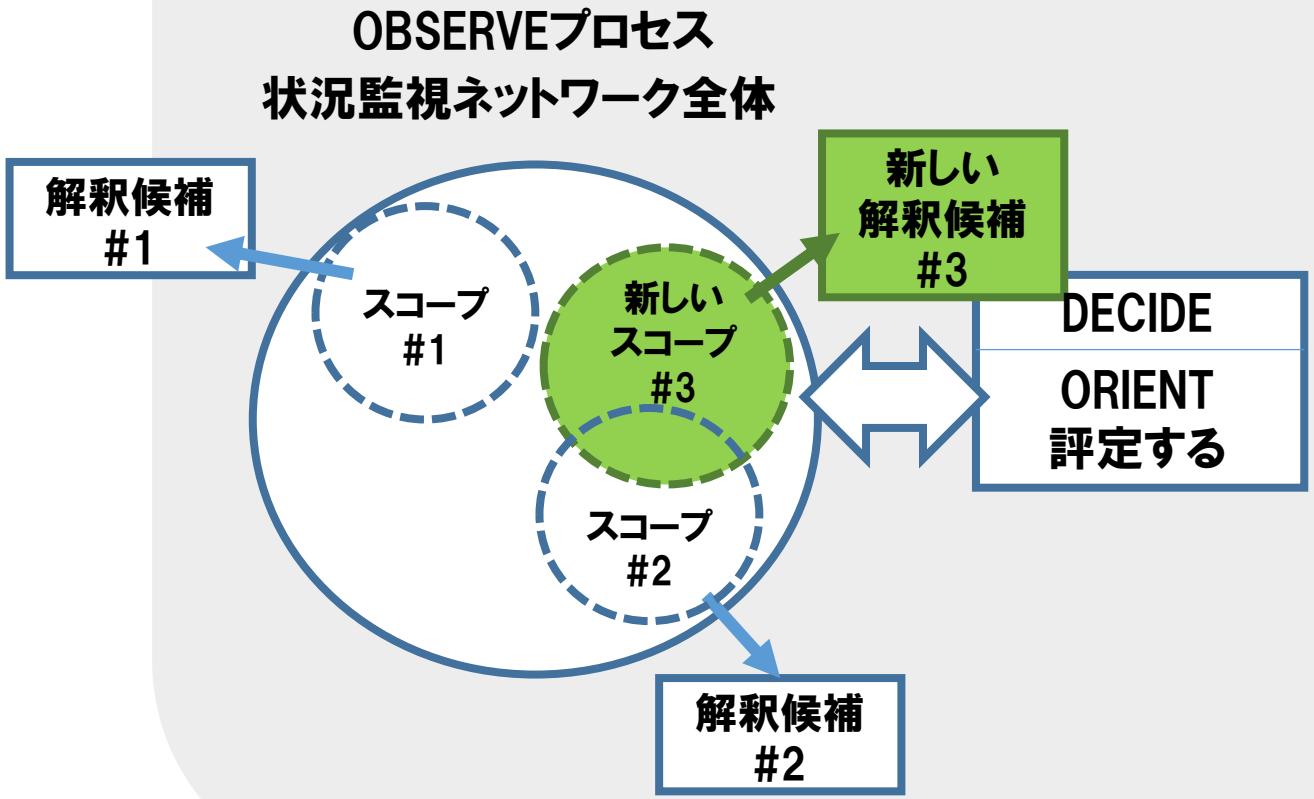
その中でもSCOPEプロセスは、心理学的に言うと注意 (ATTENTION) に相当する部分です。

このような三階層の考え方は、A.K.Deyによって提唱されたContext-Aware Applicationsに依拠しています。

出典: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications.　By　A.K.Dey and G.D.Abowd, Daniel Salber

重要概念　　SCOPE（焦点化する）

SCOPEは先に述べたように状況監視ネットワークの特定部分に注意を向ける（ATTENTION）行為で、それによってSAを介した情報収集が可能となります。

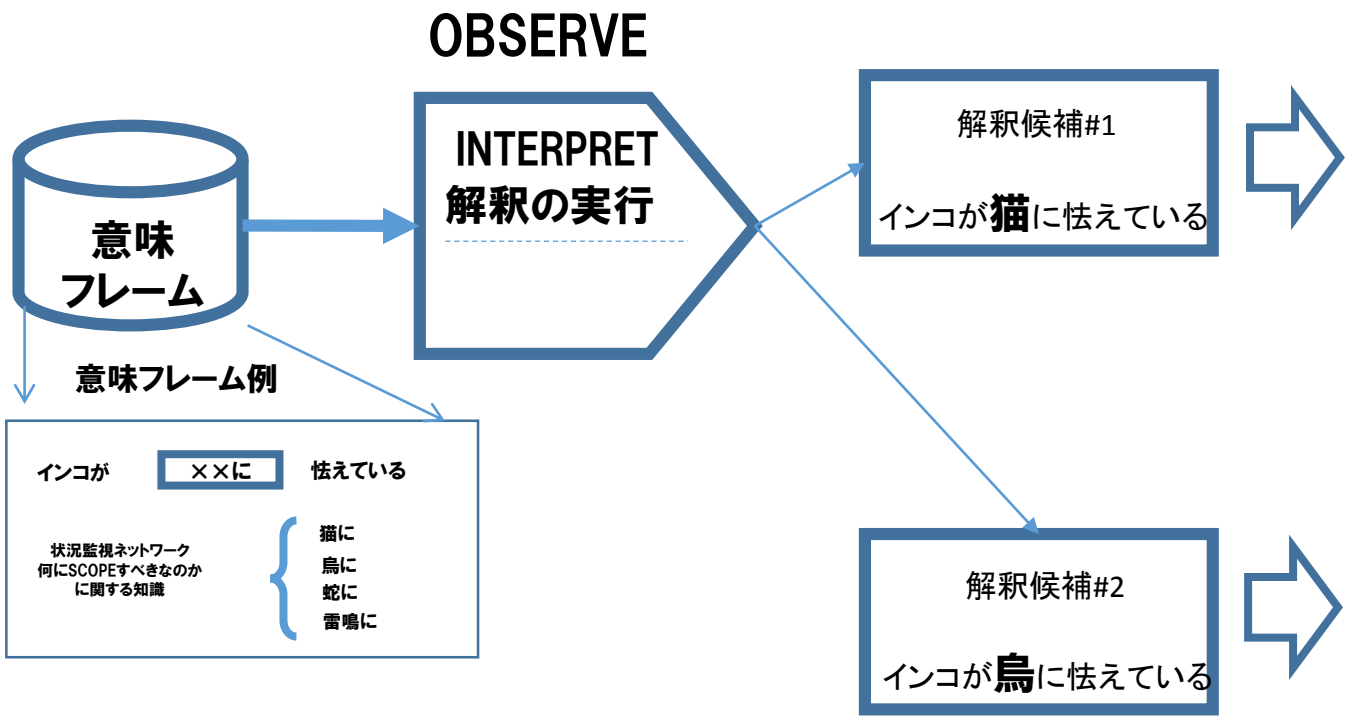


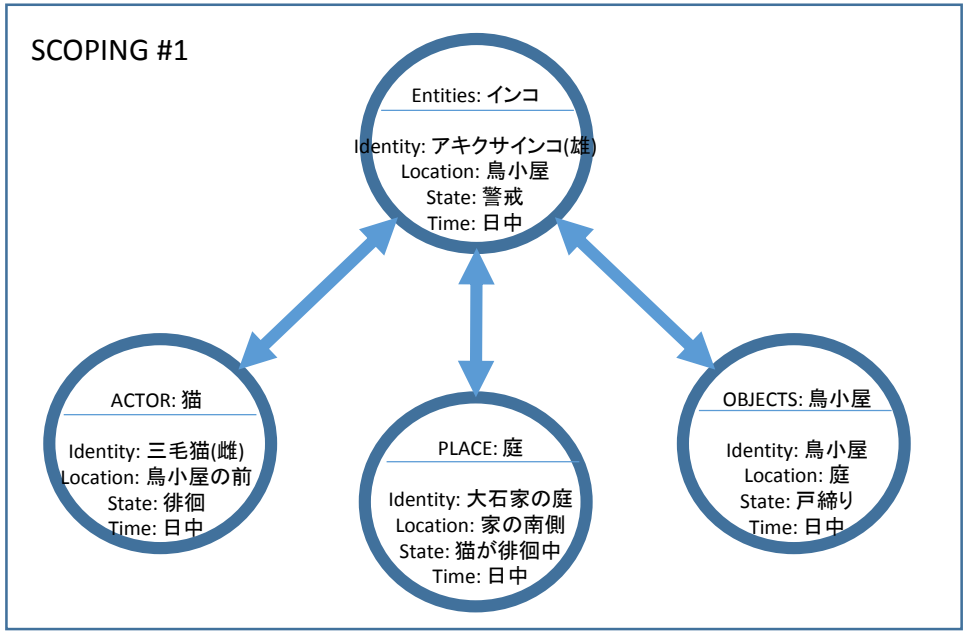
SCOPEは、認知文法では前景化（FOREGROUNDING）とも呼ばれています。

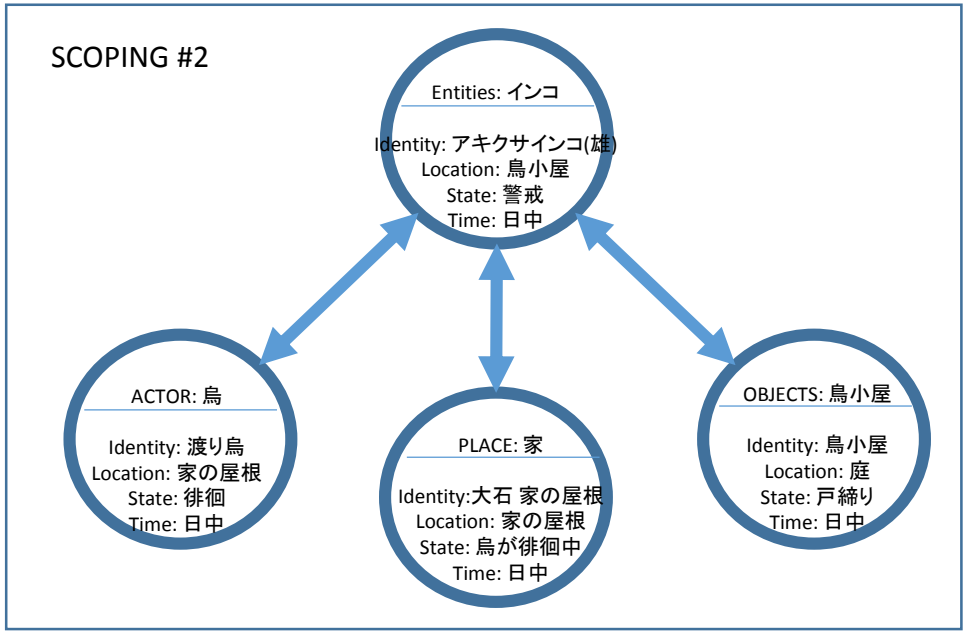
Cognitive Grammar by Ronald W. Langacker

SCOPEで注目（前景化）された背景情報はSAを介して能動的に収集されてインスタンス化されます。

INTERPRETプロセス





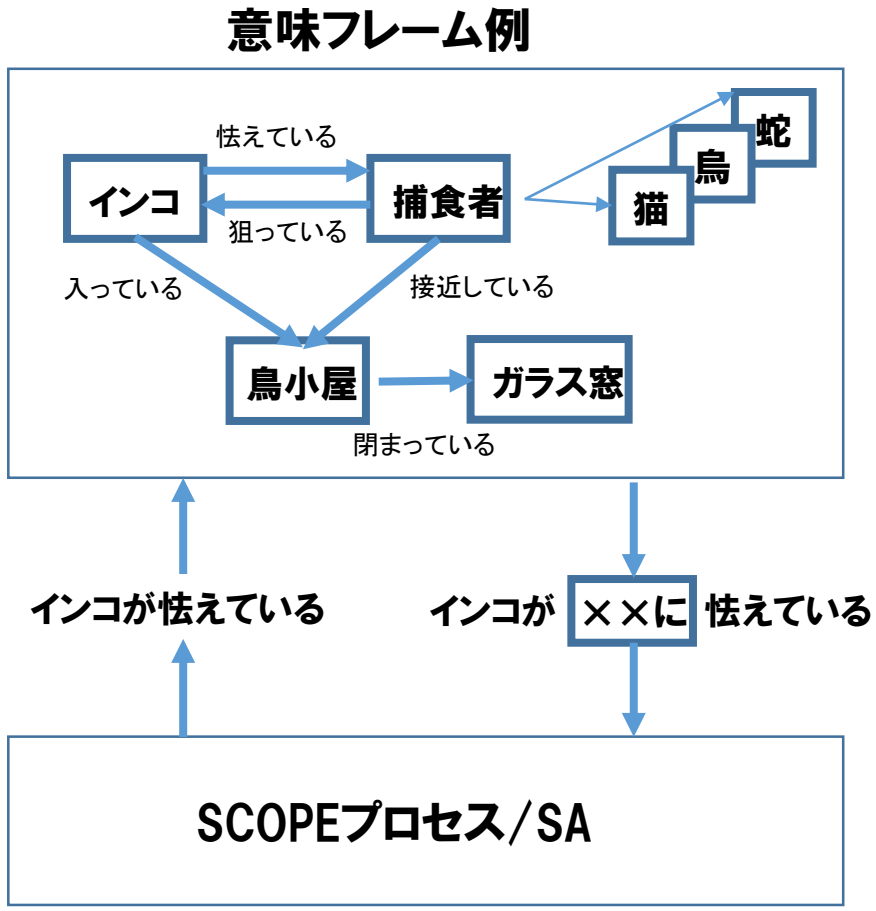


「インコが怯えている」に関して何に怯えているのか、意味フレームを参照してSCOPEプロセスに情報収集を依頼します。そして、得られた情報に基づき解釈を組み立てます。

異なる解釈を行うためには状況監視ネットワークの中の異なる部分にSCOPEする必要があります。(SCOPEの機能)

意味フレーム

意味フレームは、Charles J. Filmoreによって提唱された文法理論です。



意味フレームが表すものは状況に関する背景知識です。

SCOPEプロセスから「インコが怯えている」と言う通知が上がって来た時、INTERPRETプロセスは意味フレーム（左図）を参照して、

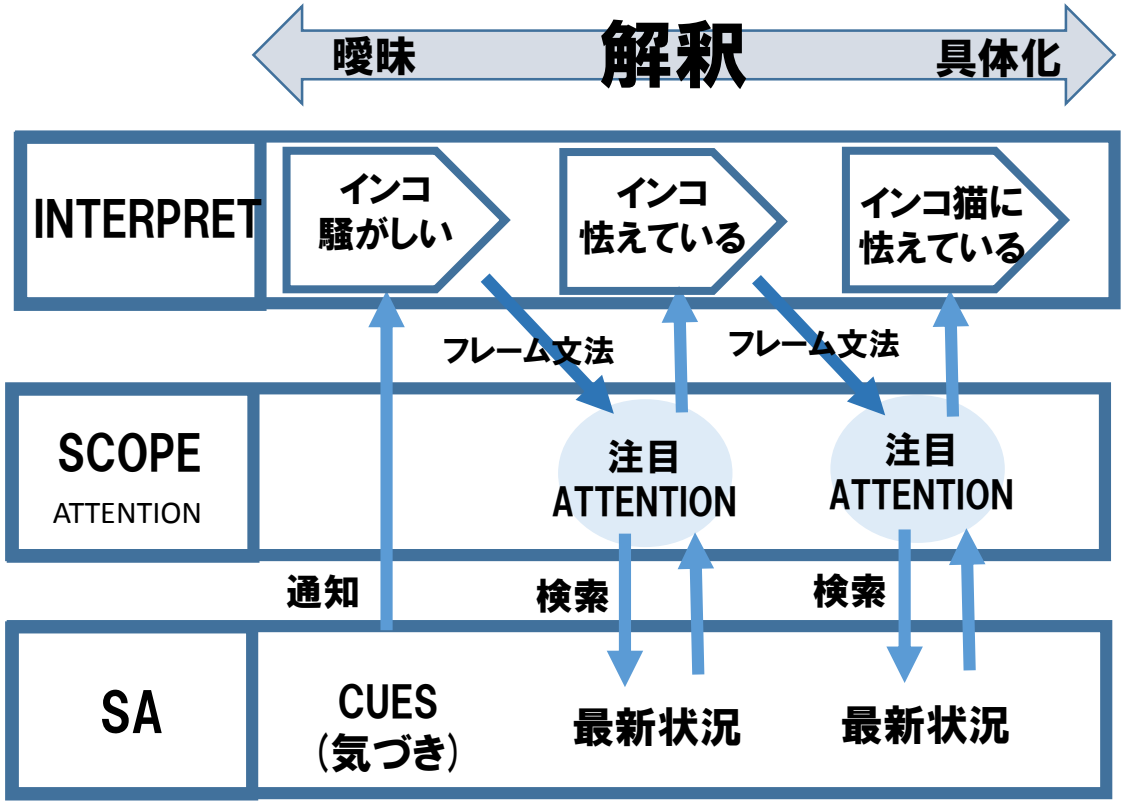
インコが ××に 怯えている

と言うフレーム文法を生成して、（猫、鳥、蛇）の存在を探索するようにSCOPEプロセス/SAに依頼します。

もちろん、知らない存在を探索することは出来ませんので、意味フレーム中で捕食者は全て列挙されている必要があります。

OBSERVEプロセスでの解釈の具体化（SHAPING）

OBSERVE各プロセスの連携により、解釈を曖昧なものから具体化（SHAPING）されたものへと発展させます。
このような解釈の具体化（SHAPING）は、状況監視ネットワーク等に関する知識蓄積によって促進されます。

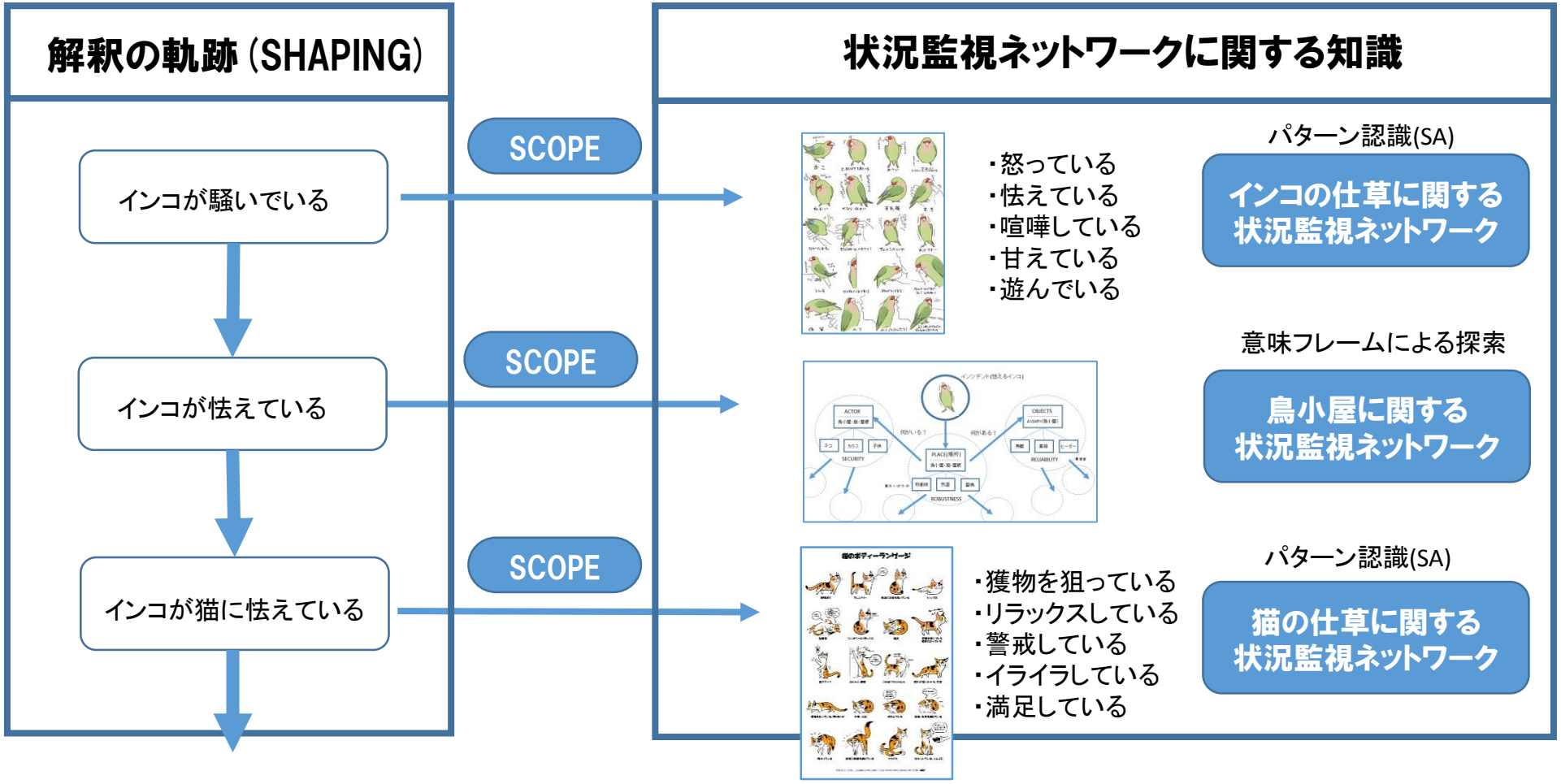


想定外の状況に遭遇した時、一般的には
念入りな観測を継続して解釈をSHAPING
していきます。（ハヤブサ2のイトカワ遭遇）
しかし、実際には時間との戦いになって
見切りで次のプロセスに進みます。

どれだけ迅速にSHAPINGできるかが勝負となり
そのためのソリューションは重要視されます。

状況監視ネットワークと解釈SHAPINGの限界

どこまで解釈をSHAPINGできるかは所有している状況監視ネットワークに関する知識に依存します。
状況監視ネットワークは有限個しか持てませんので、解釈SHAPINGには限界があります。

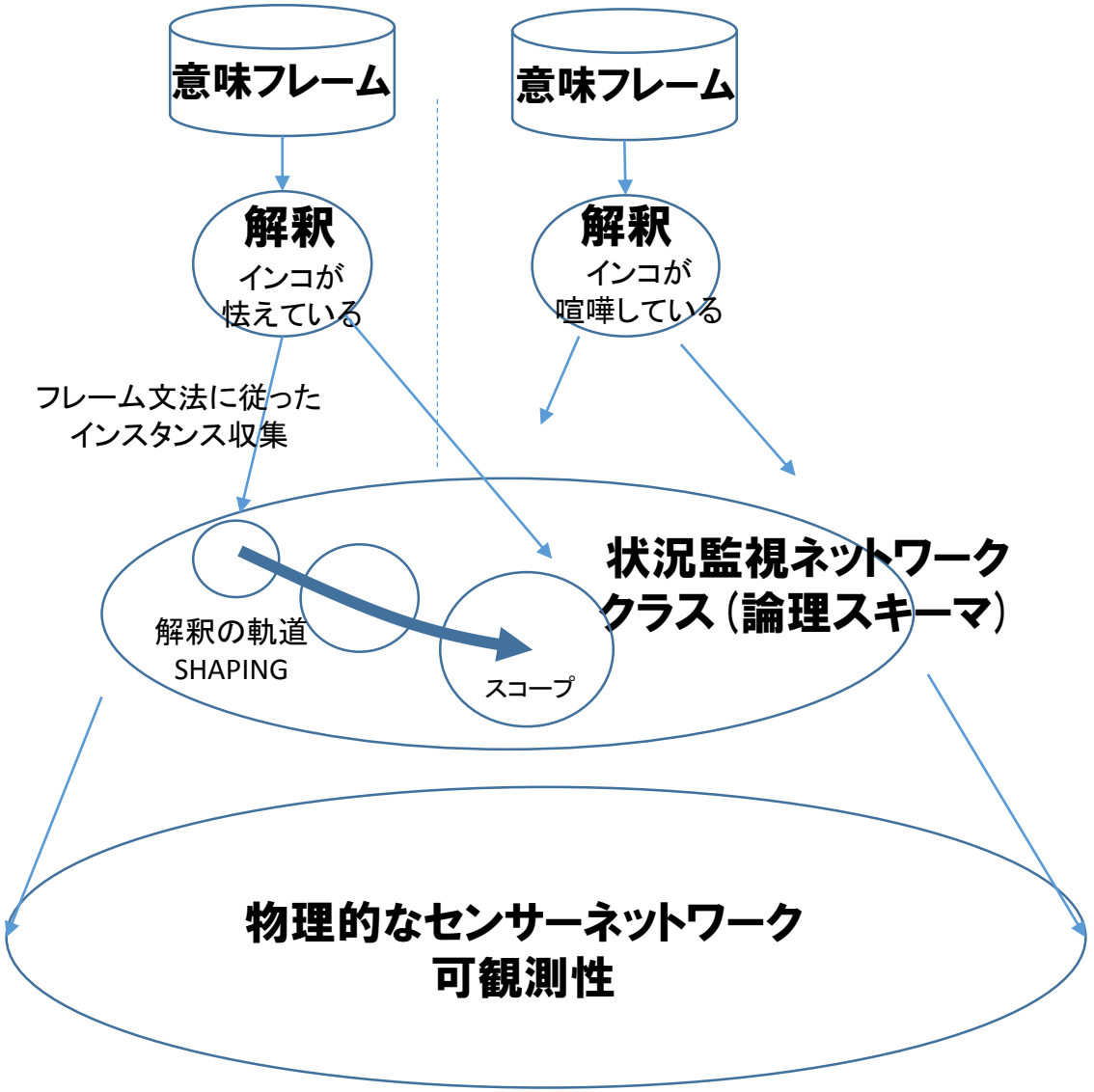


「解釈」に関したまとめ

IoTは物理的なセンサーネットワークと論理的な状況監視ネットワークの分析・設計・構築に責任を持ちます。

状況監視ネットワークの論理情報をリアルタイムに維持するのはSA（SITUATION AWARENESS）です。

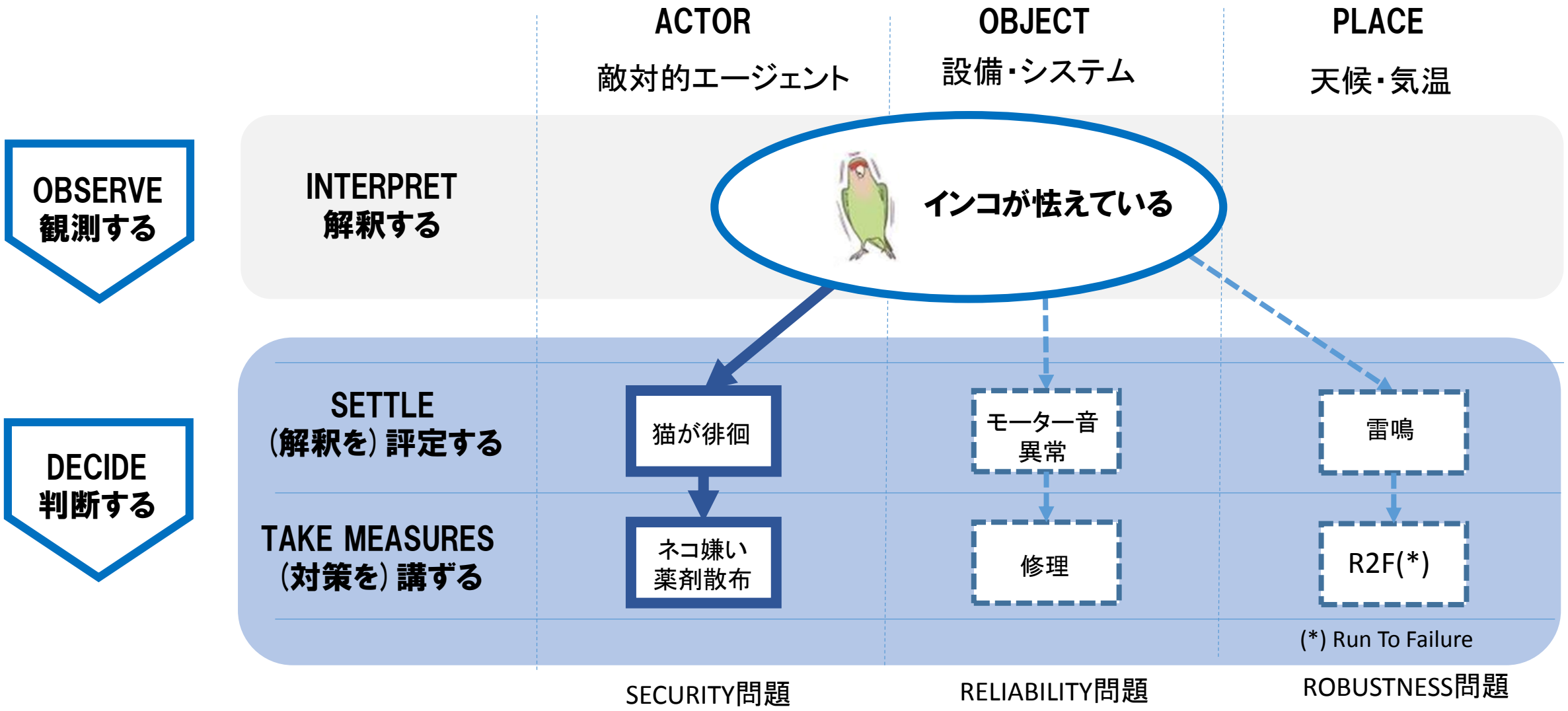
各々の「解釈」はアプリケーションの位置づけとなり、意味フレームを参照してトップダウン的　且つヒューリスティック（経験的）にインスタンスを観測（SCOPE）して解釈をSHAPINGしていきます。



DECIDE

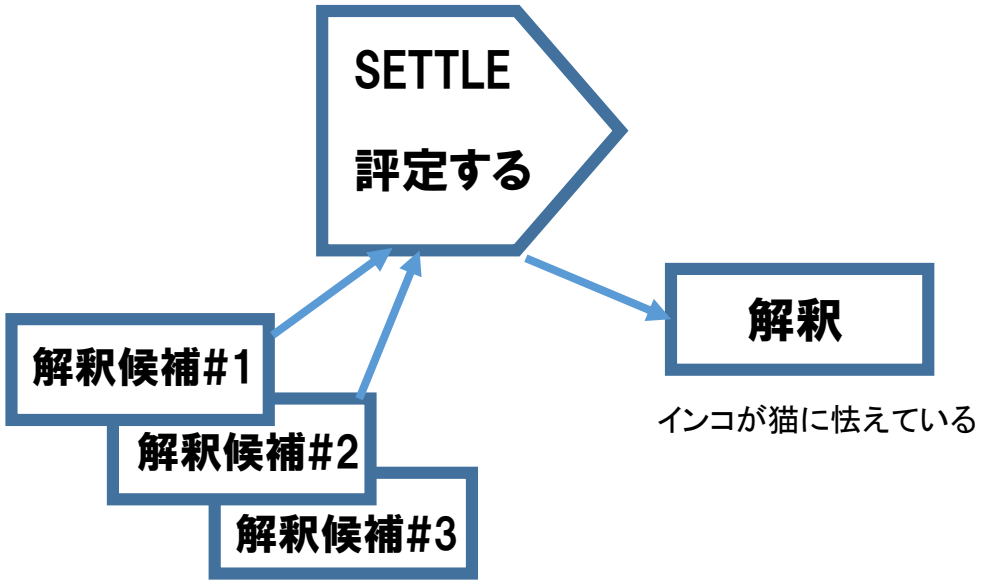
解釈を評定する(SETTLE)
対策を講ずる(TAKE MEASURES)

DECIDE（判断する）プロセスの活動範囲



SETTLEプロセス

「解釈を評定する」とはどのようなことか？



解釈候補#1	猫が庭を歩いている	猫を確認 ◎
解釈候補#2	烏が庭を飛んでいる	背景情報無し ✕
解釈候補#3	ヘッドライトが眩しい	背景情報無し ✕

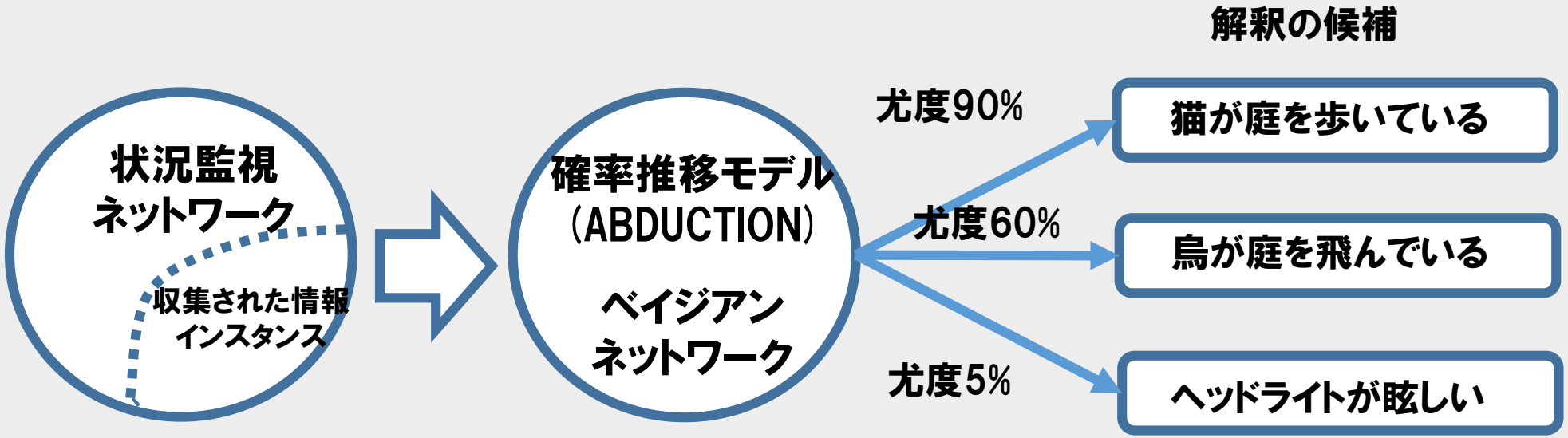
複数の解釈候補の中から最も蓋然性（尤度）の高い解釈を選定することです。

選定出来ない場合は解釈喪失となります。

重要概念　　LIKELIHOOD（尤度）

観察された情報（インスタンス）がどのような原因から発生したものであると考えることが尤もらしいのか、即ち、どのように「解釈」することが尤もらしいのか評価する確率的指標としてLIKELIHOOD（尤度）があります。

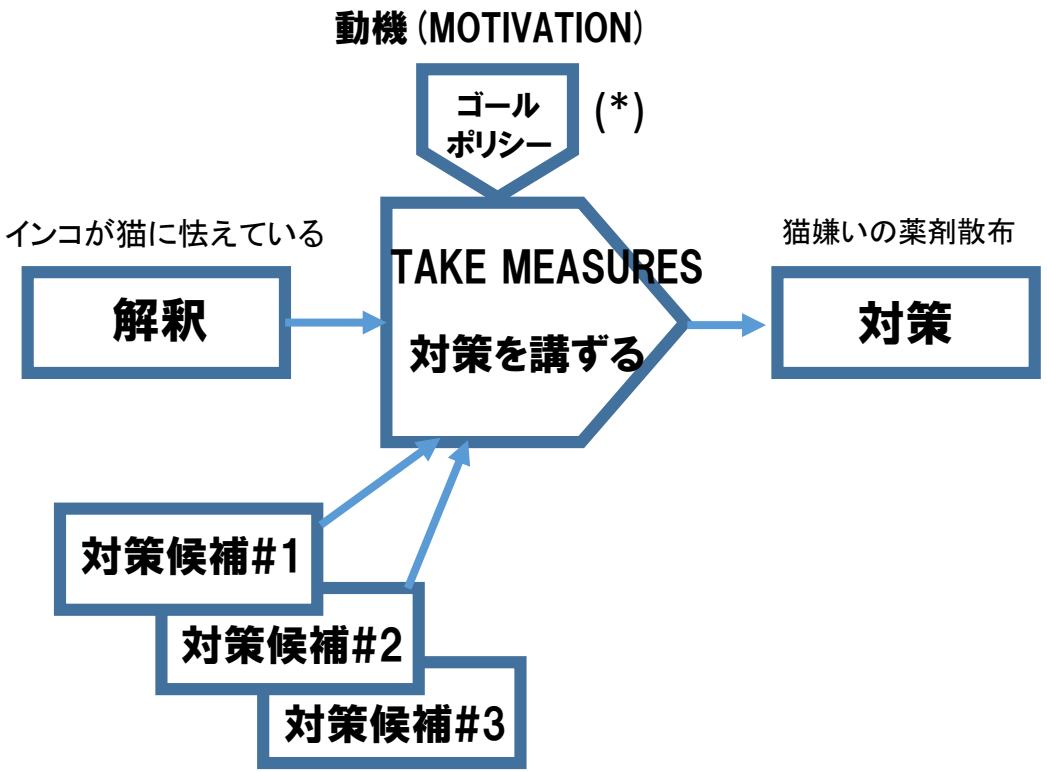
SETTLE（評定する）プロセスは、最尤の解釈を選定することになります。 (*)
下図の例では、SCOPEプロセスで収集された観測データで推論（ABDUCT）する限り、解釈「猫が庭を歩いている」が最尤であることを示しています。



(*)ABDUCT、ABDUCTION; 結果から原因を推定する

TAKE MEASURESプロセス

「対策を講ずる」とはどのようなことか？



評定された解釈状況に対処するためにゴールを達成しポリシーに準拠する対策（状態遷移）を選択したり、改良したりします。

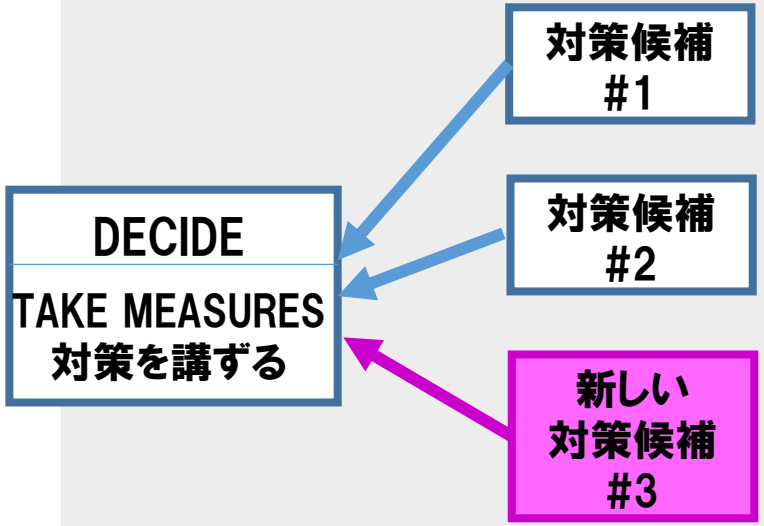
適切な対策（遷移）が存在しない場合は、新たに考案する必要があります。

対策候補#1	猫嫌いの薬剤を散布	達成可能性 大 ◎
対策候補#2	猫がいない場所に 鳥小屋を移す	達成可能性 無し ×
対策候補#3	猫を××する	**ポリシー違反** ×

(*) ゴールやポリシーを体系的に扱うBRMS(Business Rules Management System)がありますが説明を割愛します。

重要概念　　PROJECTION（見通し）

PROJECTION（見通し）はTAKE MEASURESプロセスを実行する上での重要な概念です。
達成見通しが低い「対策」を選択することは普通行いません。



挺子にすべき
因果関係
の探索

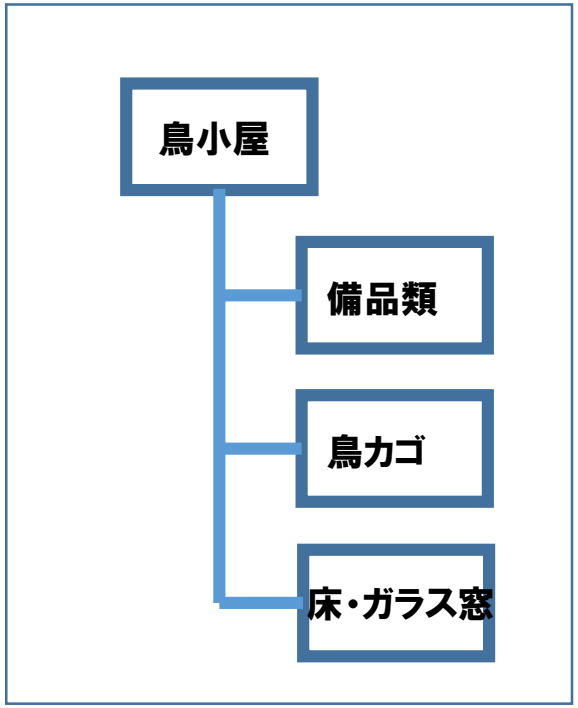
PROJECTION（達成見通し）の評価軸として

①目標とする状態への到着率（必ずそうなる）
②時間内に完了するかどうか
③効果の恒久性・安定性（ずっとそうなる）
④実現コスト（省力化）・リスク
等がありますが、当初から完全な評価が出来るわけではなく
試行錯誤で経験を迅速にフィードバックし改善する必要が出てきます。

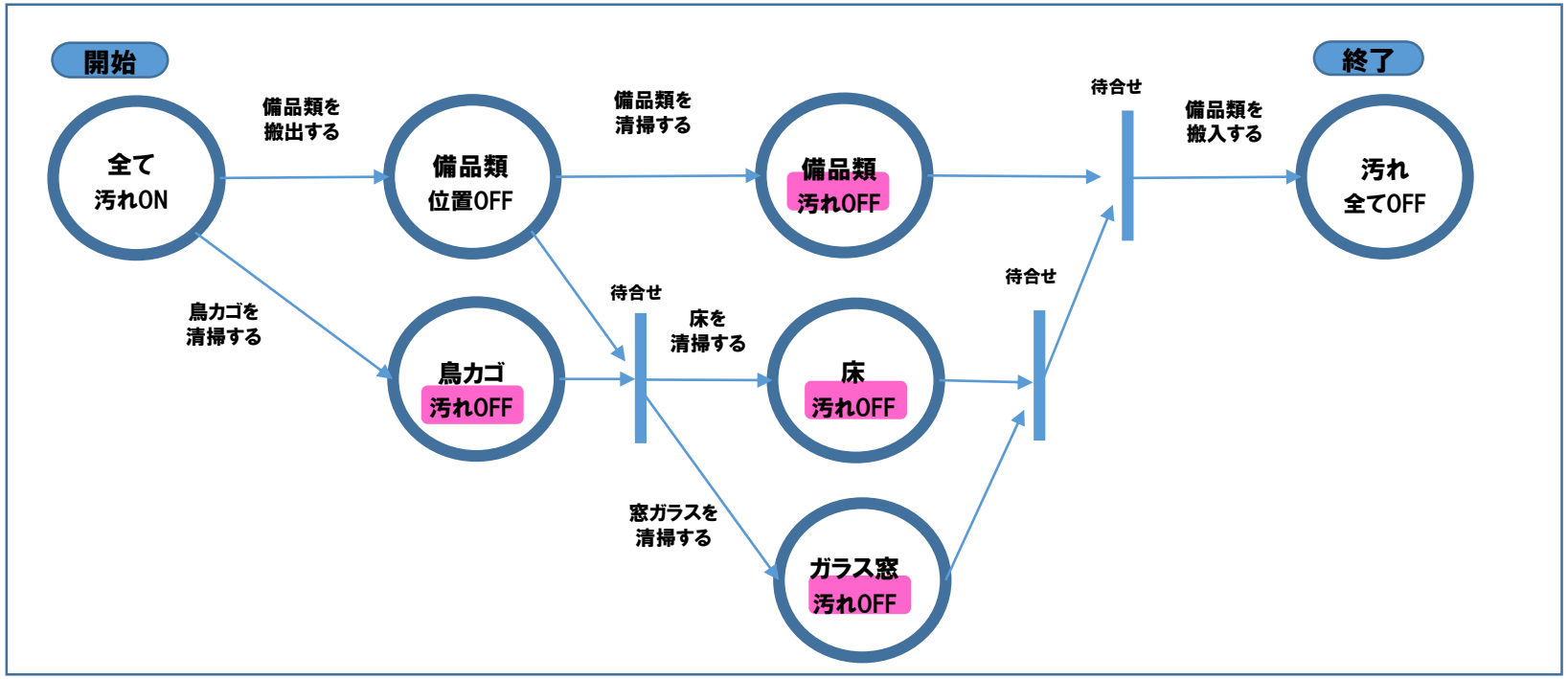
状態遷移ネットワーク

見通し（PROJECTION）が立つかどうか分析するためのフレームワークとして、因果関係の原因−結果系変化を状態遷移ネットワークで記述します。下図は、対策「鳥小屋を掃除する」の状態遷移ネットワークを記述したものです。

オブジェクト構造

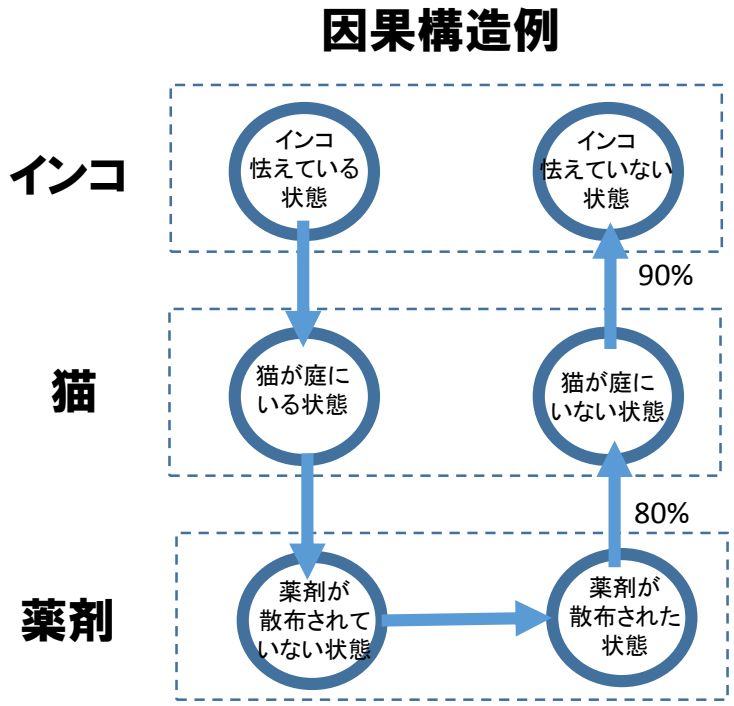


状態遷移ネットワーク例



因果構造探索

「対策」を立てるに当たって先ず問題になることは、どのような因果関係を使って所望の状態変化を引き起こすかです。



例えば、怯えている状態のインコを怯えていない状態のインコにするためには、有効な因果関係（離散型）をヒューリスティックに発見する必要があります。（インコを直接説得してもムダです）

元々、猫と猫嫌い薬剤との因果関係は、他の経験から有効性が確認されています。これと怯えるインコと猫の関係を組合わせて全体的な因果構造を完成させています。（左図）

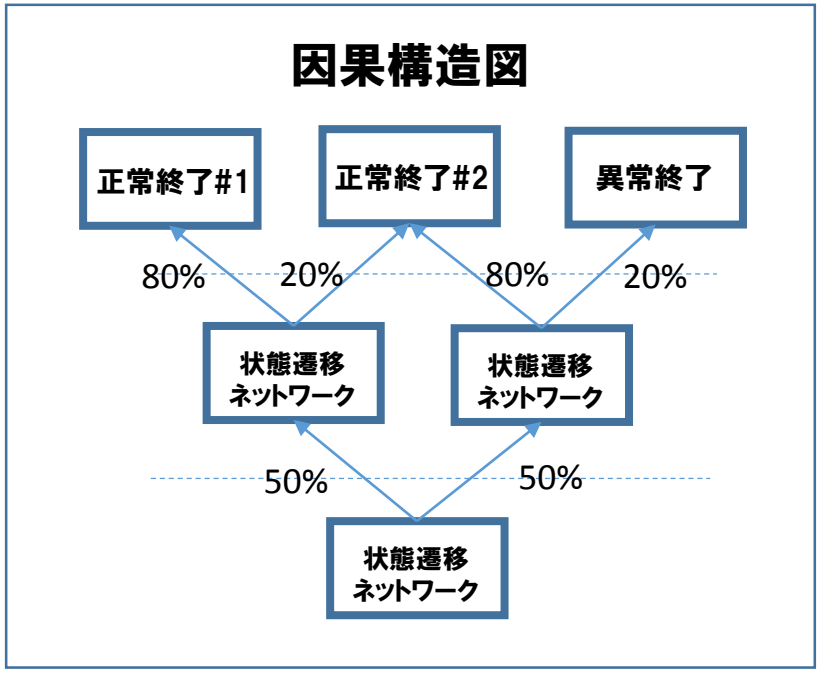
しかし、自明な因果関係のみで対策を考案できることは稀です。実際は「不明な因果関係がある中で複雑に関係が絡みあっています。したがって、一定の結果が導かれるために、どの原因がどれだけ関与するのか判断するのは容易ではありません。」
黒木 学　統計数理研究所

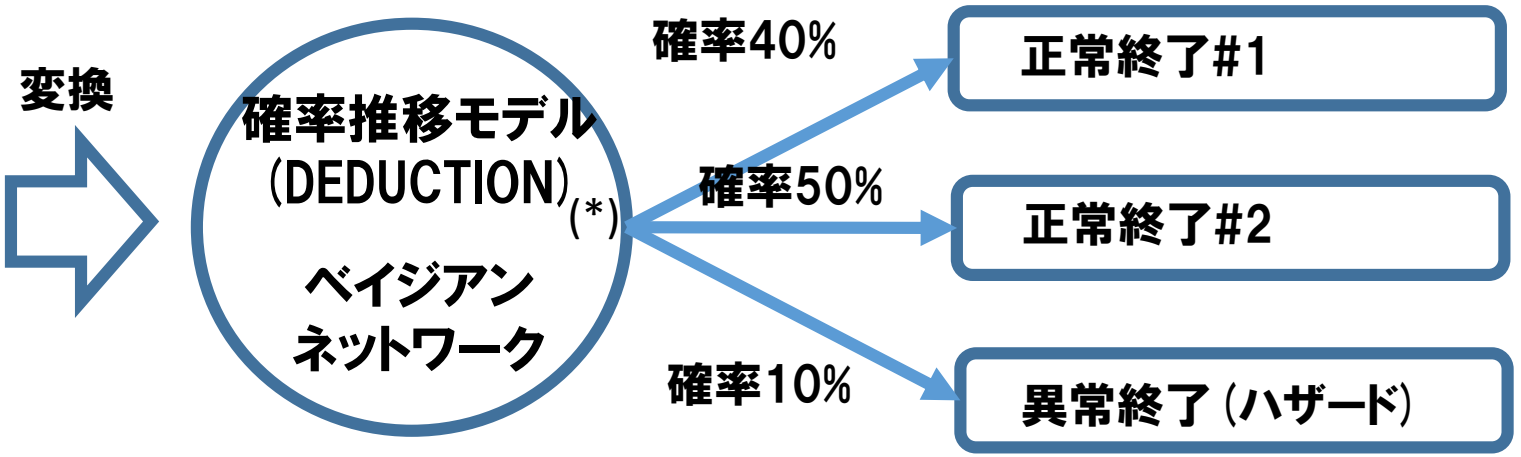
統計的な因果構造探索が必要となります。（説明割愛）

因果構造図

因果関係が多階層で、且つ、確率的である場合、複数の終了状態を持つ因果構造図で記述すると便利です（下図）。普通は非巡回有方向性グラフによる記述となります。このような確率的な因果関係を梃子にして対策を実行する場合は、各因果関係ごとに結果を観測して毎回判断し直す必要が生じます。(CONTINGENT PLANNING)

因果構造と状態遷移ネットワークの良し悪しは、好ましくない結果（下図の異常終了10%）の確率によっても評価されます。安全性の観点からは、好ましくない結果の確率密度が低いことが重要であり、そのために状態遷移ネットワークを単に記述するだけでなく、最適化する活動も重要となります。





(*) DEDUCTION: 原因から結果の予測、演繹です

TRANSIT

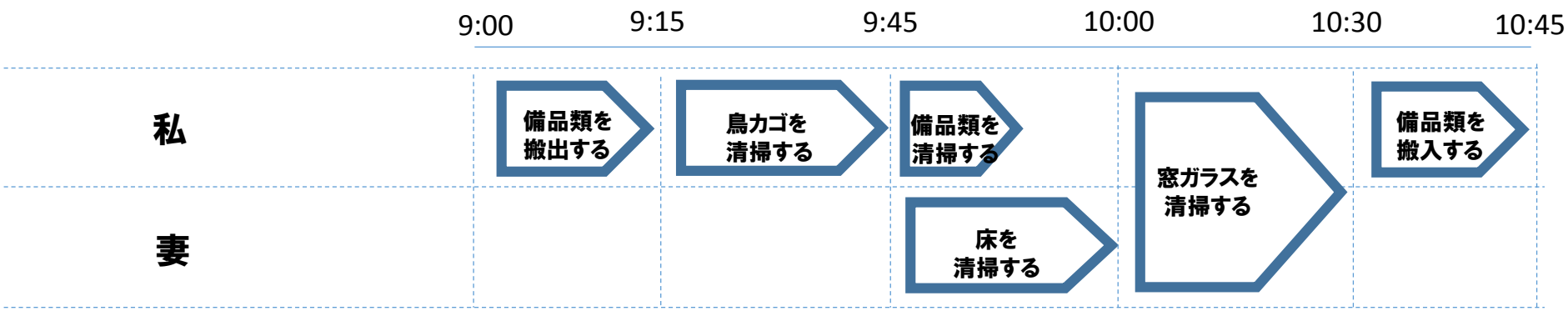
制御モデルを生成する(MODELIZE)
指揮する(ORCHESTRATE)

TRANSITプロセスを説明するに当たって

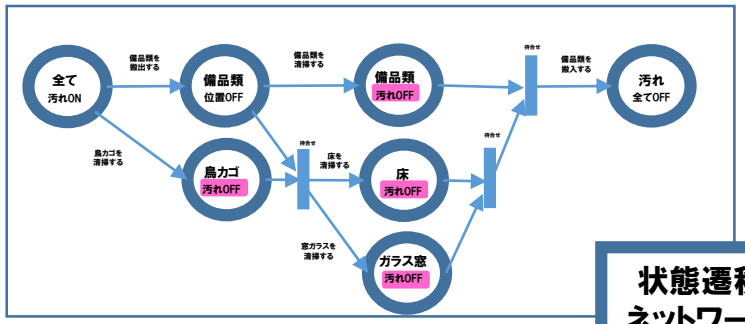
TRANSITプロセスを説明しやすくするために、対策「鳥小屋を掃除する」事例を使用することにします。
解釈「鳥小屋が汚れている」は既に成立している前提です。

理解の一助として簡単な鳥小屋掃除のスケジュールを示します。
週末の午前中、二時間以内に全行程を終了させるため、私と妻が共同で作業します。
大まかに紹介すると、先ず備品類を鳥小屋から搬出した後、鳥かごを掃除する先行手順があり、
その後に床、窓ガラス、備品類を掃除する順序となります。

対策「鳥小屋を掃除する」スケジュール例



MODELIZEプロセス　　状態遷移のための制御モデルを仕様化する。



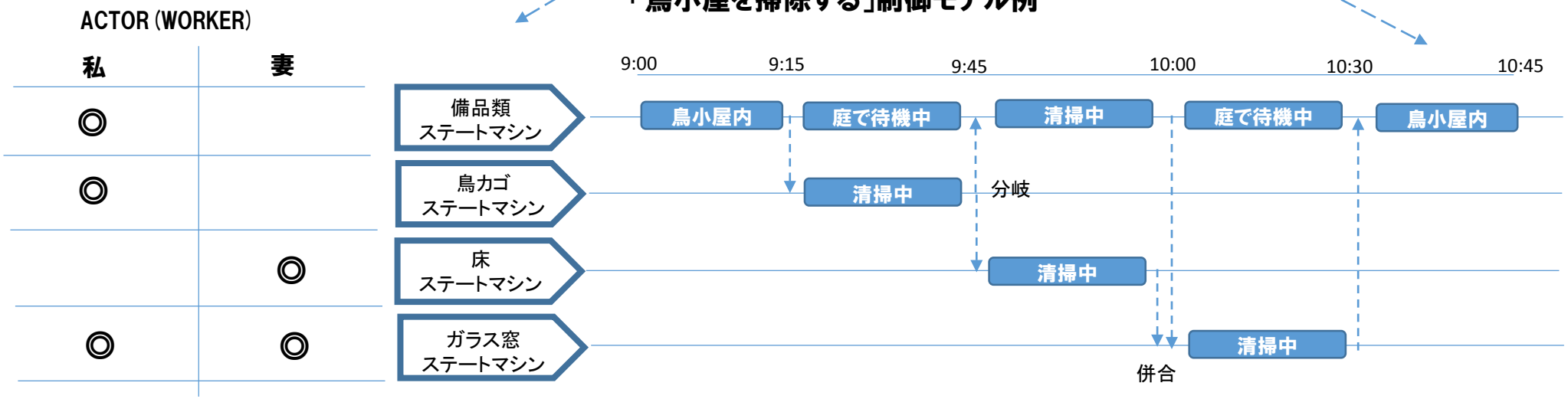
状態遷移記述例

資源制約や順序制約を考慮して、状態遷移を実行するための制御モデルを生成します。

RCPPS: Resource Constrained Project Planning System

状態遷移ネットワーク → MODELIZE 制御モデル生成 → 制御モデル

「鳥小屋を掃除する」制御モデル例

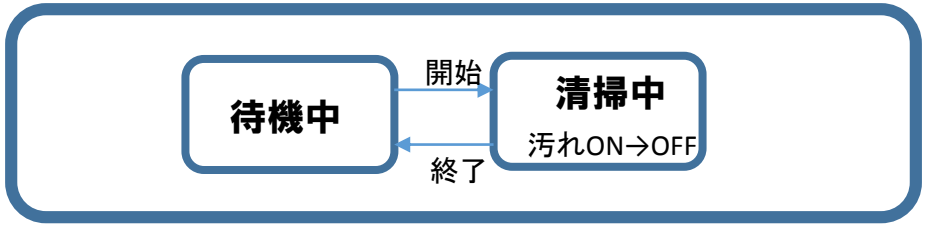


制御モデル

制御モデル作成の目的の一つにシミュレーションがあります。

備品類オブジェクトのステートマシン

鳥カゴ、床、ガラス窓オブジェクトのステートマシン



制御モデルでは各オブジェクト（備品類、鳥カゴ、床、ガラス窓等）のステートマシンが定義されています。（左図）

各ステートマシンは内部に幾つかの状態を持って独立に動作するソフトウェア・コンポーネントとしてコンピュータ内に生成できます。

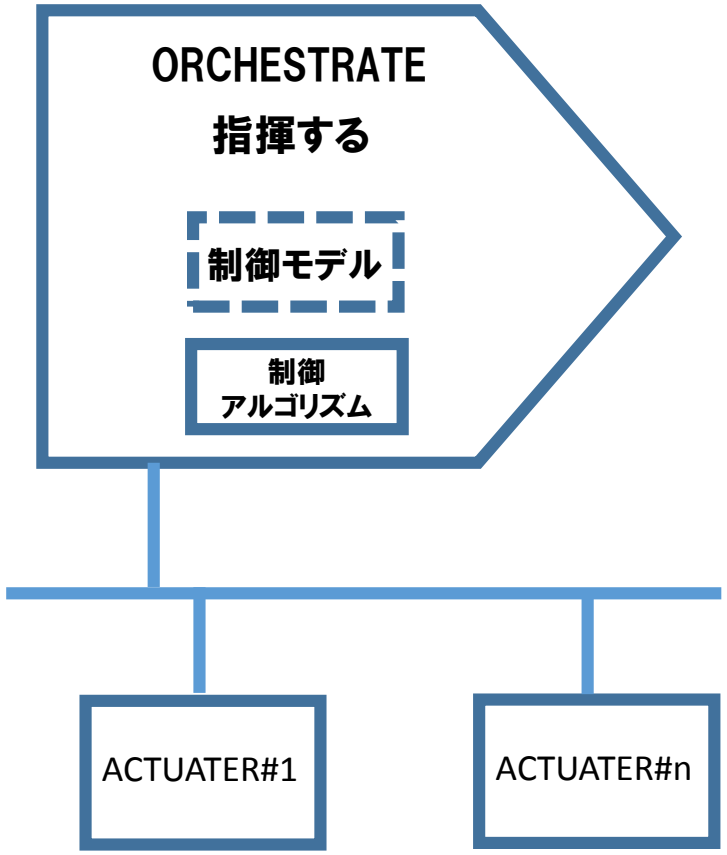
それらを制御モデルのシーケンスに沿って動作させることにより到着可能性や時間的制約、資源制約等をシミュレーションすることができます。 (*)

このようなシミュレーション・ソフトはリアルタイムUML表記で統一された汎用的なものを開発することが可能です。MDD（モデル駆動型開発）の方法論との接続が図られ実装される制御系との整合性が担保されます。

(*)リアルタイムUML第2版　by　ブルース・ダグラス

ORCHESTRATEプロセス

設定された制御モデルに基づき、各ACTUATERに遷移を指示し、結果を監視（MONITOR）します。



ORCHESTRATEプロセスでの関心事は、制御アルゴリズムと
制御モデルになります。

対策を実現するための仕様として制御モデルを生成してきました。
ORCHESTRATEプロセスでは、その制御モデルを現実のコントロール
構造の中に嵌め込んでいかなければなりません。何故ならば
現実のコントロール構造（次頁）はGIVENだからです。
（設計時に決定されています）

制御アルゴリズムは制御モデルが示すシーケンスに沿ってコマンド
順序制御とその監視を実行して行くことになります。

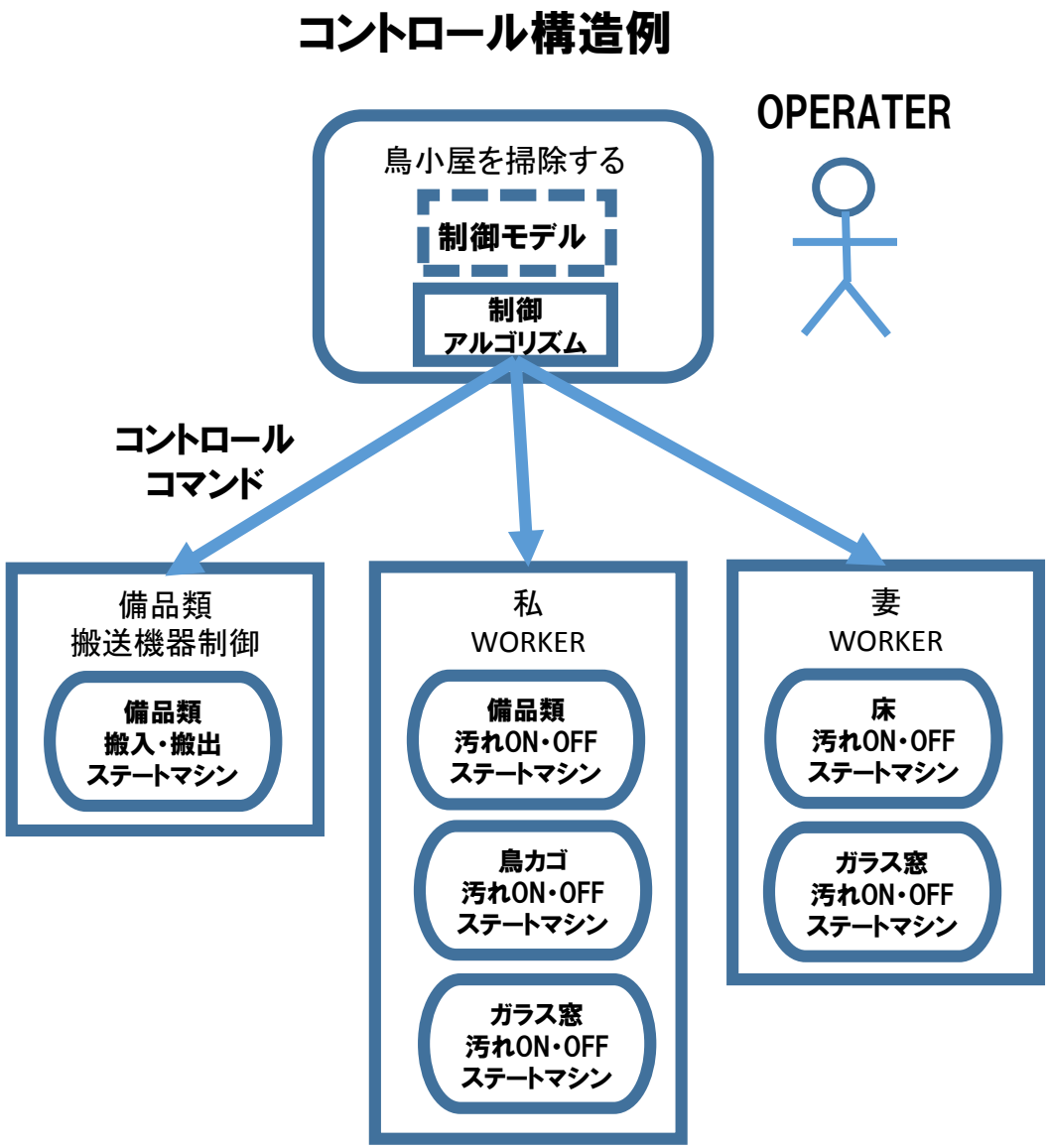
コントロール構造（1）

右図が「鳥小屋を掃除する」ORCHESTRATEプロセスが参照するコントロール構造例です。

ORCHESTRATEプロセスの制御アルゴリズムは、下位の機器制御（ACTUATOR）やWORKER（私・妻）に対してコントロールコマンドを発行することにより、制御モデル（状態遷移ネットワーク）を他動（TRANSIT）していきます。

右図では参考のために備品類の搬送は仮想的に機器制御されている前提になっています。
自動化されていない人手作業は、WORKERとしての私と妻がACTUATEします。（人間ACTUATER）

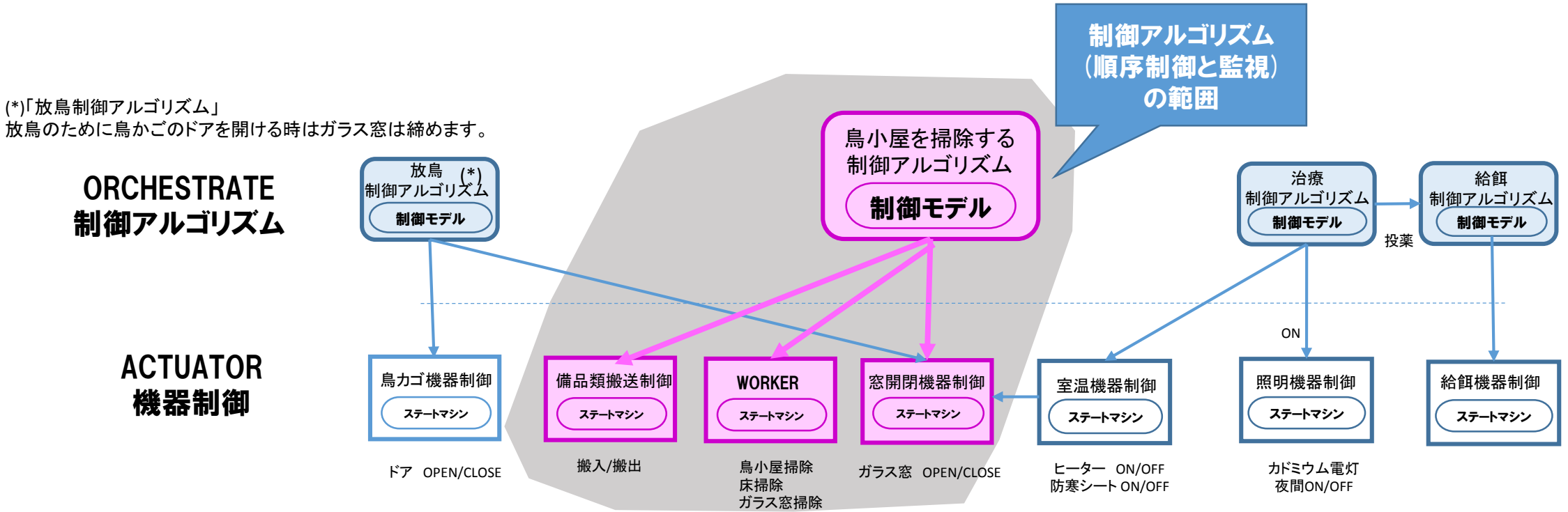
OPERATERとWORKERは同じHUMANですが区別して考えます。



コントロール構造 (2)

全体コントロール構造の中に嵌め込まれた「鳥小屋を掃除する」制御アルゴリズムの範囲を下図に示します。

ここで、「鳥小屋を掃除する」制御と窓開閉機器制御と室温機器制御の間には依存関係があります。極端な表現をすれば、鳥小屋の掃除をするためにガラス窓をオープンしたが、鳥かごのドアもオープンしていたためインコが逃げてしまう事例もあり得ます。制御アルゴリズムにはこのような干渉があるため事故 (ACCIDENT) を避けるために安全性制約が必要となります。



「対策」に関したまとめ

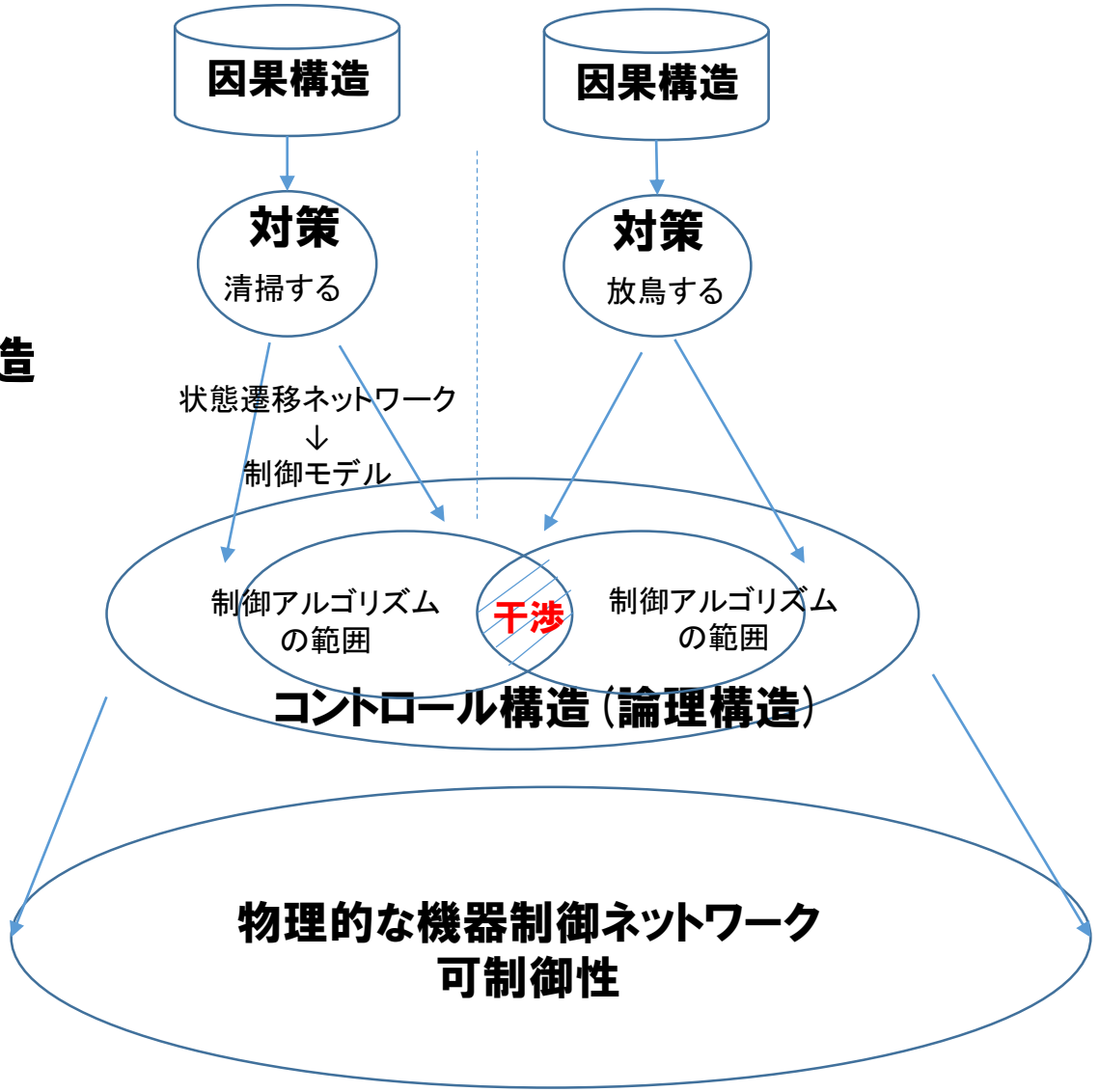
物理的な機器制御ネットワークとコントロール構造は
設計時に決定されます。

「対策」は因果構造を参照して遷移のための制御モデル
（状態遷移ネットワーク）に変換されます。異なる因果構造
が採用されれば異なる制御モデルとなります。

制御モデルを実行するためにコントロール構造の中で
制御アルゴリズム（順序制御と監視）を実行する範囲が
決定されます。

制御アルゴリズムは他の制御との間で干渉があるため
安全性制約が必要となります。

制御モデルと制御アルゴリズムは繰返し実行する経験を
通して改善されていきます。

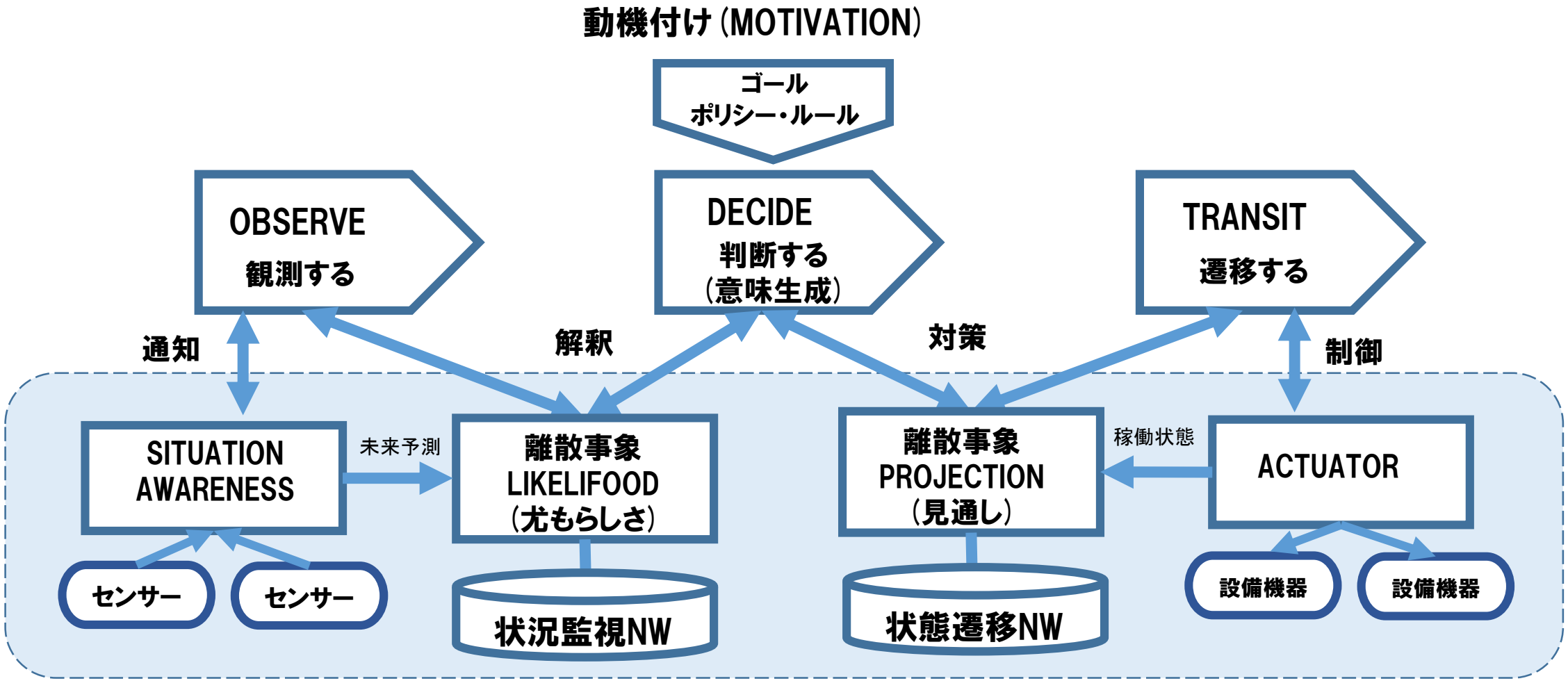


PROCESS ENABLER

離散事象ENABLER

離散事象ENABLERの必要性

離散事象ENABLERの存在無しでは、とても適応プロセスがスムースに動くとは思えません。



離散事象ENABLERsの定義

SA (SITUATION AWARENESS) とACTUATER等、明確に離散事象ENABLERとして定義できるものの他に、下記のPROJECTIONやLIKELIHOODがあります。さらには未だ定義されていない離散事象ENABLERも存在すると思います。しかし、本資料の中では詳細は詰めておらずに下記の二つのENABERを仮置きするレベルに留めています。今後の議論が期待されます。

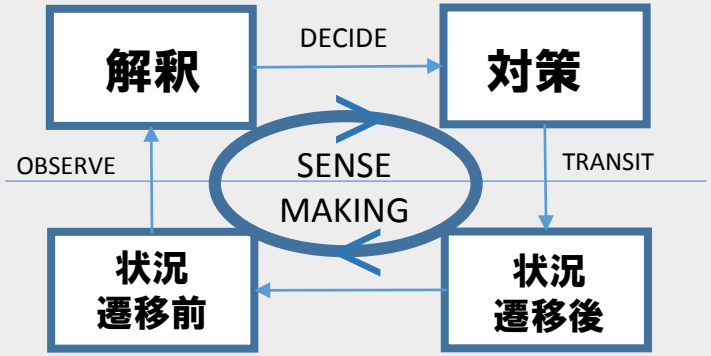
LIKELIHOOD	解釈の尤もらしさ (LIKELIHOOD) を高め、解釈の具体化 (SHAPING) をサポートするための機能 宣言型知識を取り扱う
PROJECTION	対策の見通し (PROJECTION) を高め、対策の実施計画 (制御モデル生成) をサポートするための機能 手続型知識を取り扱う
例えば・・・ EXPLANATION	情報システムとオペレータの判断する解釈と対策が食い違う場合、合意を形成するためのコーディネーション機能を取り扱う

SENSE MAKING（意味生成）
と
運用ライフサイクル

重要概念　　SENSE MAKING

SENSE MAKINGは意味生成、あるいは意味形成と訳されます。解釈と対策の関係性を定義します。

解釈と対策の関係性



狭義には、①対策が講じられるレベルまで解釈をSHAPINGする。
②対策が解釈に対してどのような効果を及ぼすか経験して
（フィードバック）有効性を判断する等、の行為を示します。
猫嫌いの薬剤を撒くことによって、猫が庭を徘徊している
状況にどのような影響を与えるか、やってみて確認します。
しばしば、「やってみないと分からない」という言い訳を聞き
ますがSENSE MAKINGの一種でしょう。

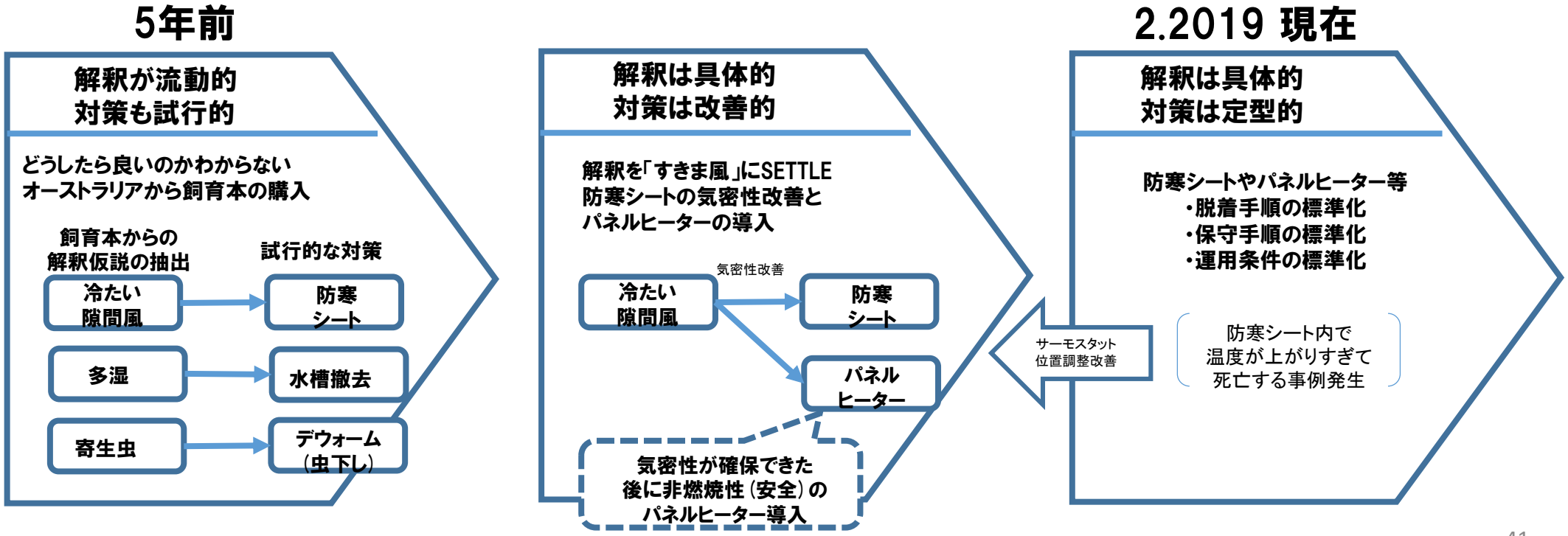
しかし、SENSE MAKINGはこのような狭義な使われ方だけではなく、もっと広範な概念範囲でも
使用できます。即ち、経験的（フィードバック）を通して対策だけでなく解釈評定（SETTLE）も
その妥当性を問うことになります。例えば、以下のような事例です。
「猫嫌いの薬剤を撒いたがインコは未だに怯えている。本当に猫の徘徊が原因なのだろうか？
良く調べてみたらモーター音の異常に怯えていた。」

解釈自体が間違っていることは良くあることなので、上記の①②に加えて③解釈再評定もSENSE
MAKINGの定義に加えるとより包括的なものになると思われます。

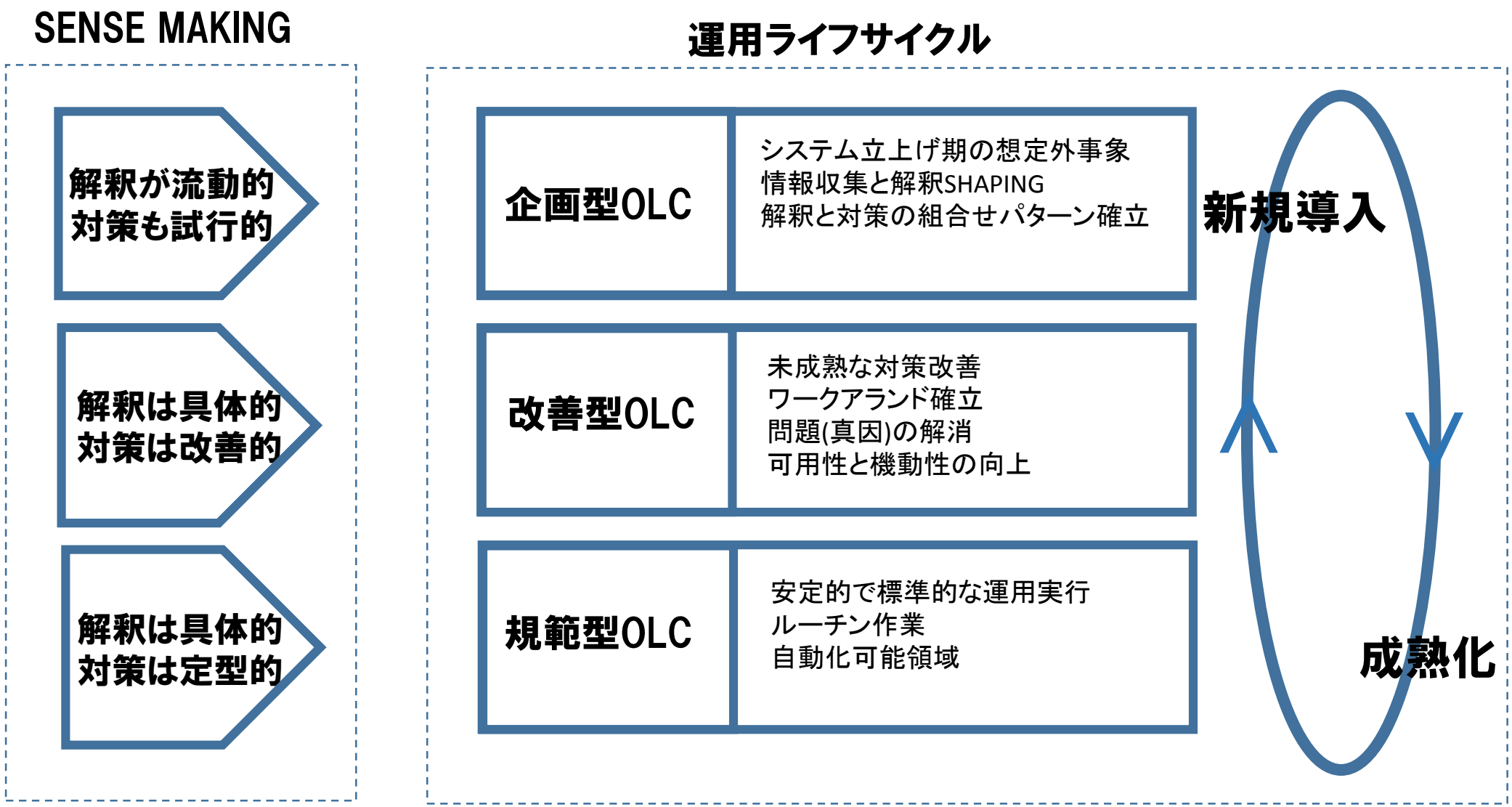
SENSE MAKING に於ける「解釈と対策の関係性」進化

解釈と対策との関係性は、解釈も対策も流動的で試行的な状況から、具体化（SHAPING）された解釈に対する定型化・標準化された対策まで段階的に進化していくと考えられます。

簡単な事例を示します。
インコが簡単に病気になって虹の橋を渡ってしまう。（落命のこと）
鳥専門病院への通院と治療費（7-8千円）は大きな負担で何とかしなければならない。



SENSE MAKINGと運用ライフサイクル（OLC）を対応づける



OLCに対応した適応プロセス特性

企画型OLCに於いては、知識蓄積が不十分であり、曖昧な解釈と試行的な対策しか実行できません。
逆に規範型OLCですと具体的（SHAPING）な解釈と実証された対策によって文字通り安定した運用が可能となります。
このように考えたとき運用ライフサイクル（OLC）毎に適応プロセス特性は異なります。（下図）
本資料では定義しませんが、下位プロセスの表現型は下記特性を反映したものにする必要があります。
今後の議論に期待します。

	SENSE MAKING上の特性	OBSERVE	DECIDE	TRANSIT
企画型OLC	**解釈が流動的 対策も試行的**	解釈を 探索する	対策を 仮説する	対策を 試行する
改善型OLC	**解釈は具体的 対策は改善的**	解釈を 分析する	対策を 設計する	対策を 実装する
規範型OLC	**解釈は具体的 対策は定型的**	解釈を 分類する	対策を 選択する	対策を 実行する

運用サポートサービスの組織構造

OLC上の課題

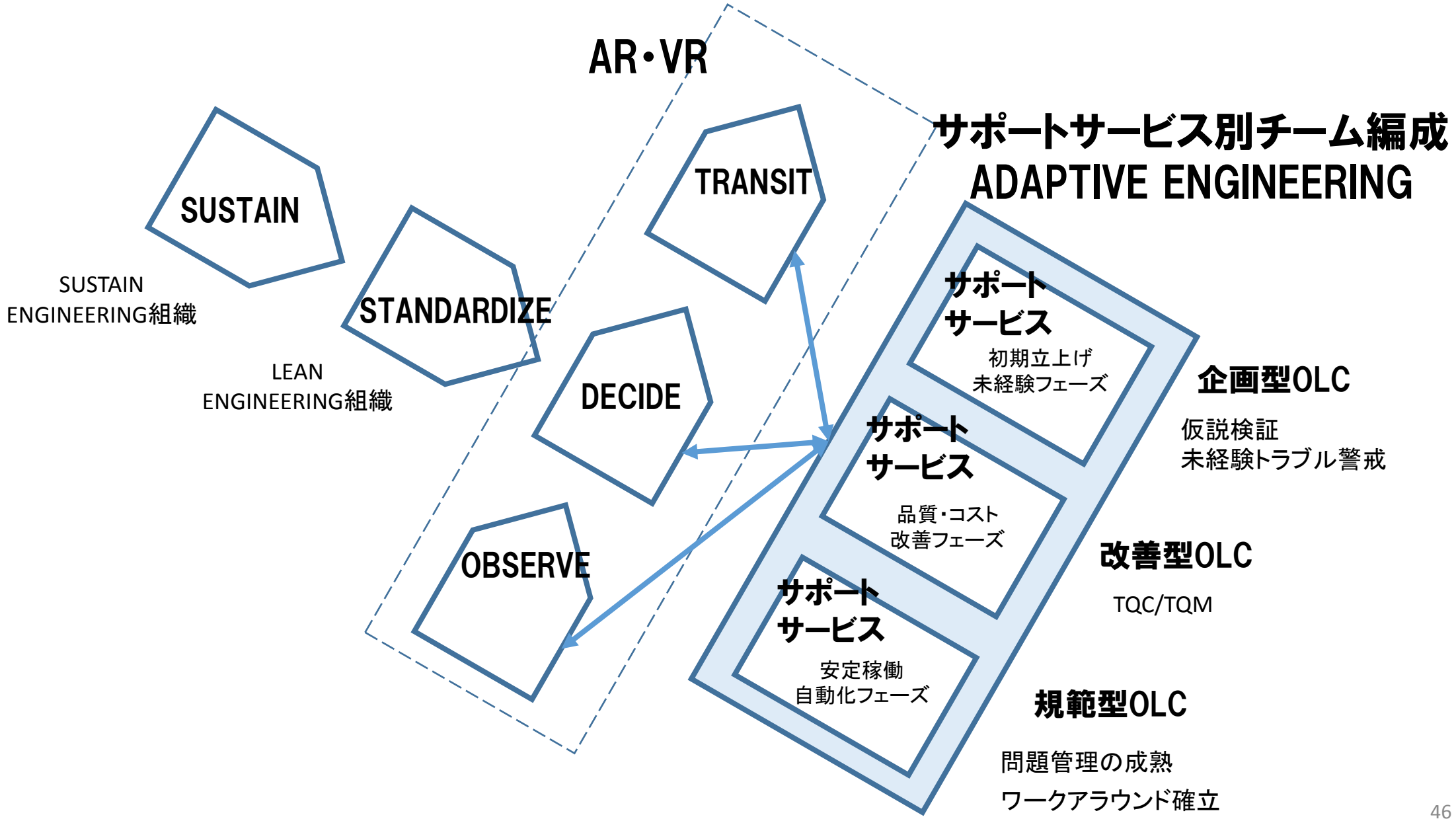
大規模な社会インフラシステムは多くの独立したサブシステムの集合体であり、それらの運用ライフサイクルに注目した場合、企画型、改善型、規範型の単一カテゴリーで統一できるものではありません。むしろ、あるサブシステムは改善型、別のサブシステムは企画型（新規導入）であるように運用ライフサイクルは混在していると考える方が普通です。

したがって、各サブシステムに運用サポートチームを配置した場合、各運用サポートチームは運用ライフサイクルに一致した適応プロセスと情報システムを強く意識して業務を遂行する必要があります。

また、多くのサポートサービスビジネスは、解釈が具体的な改善型や規範型のOLC中心で運営されています。
これはリスクを嫌っているからです。

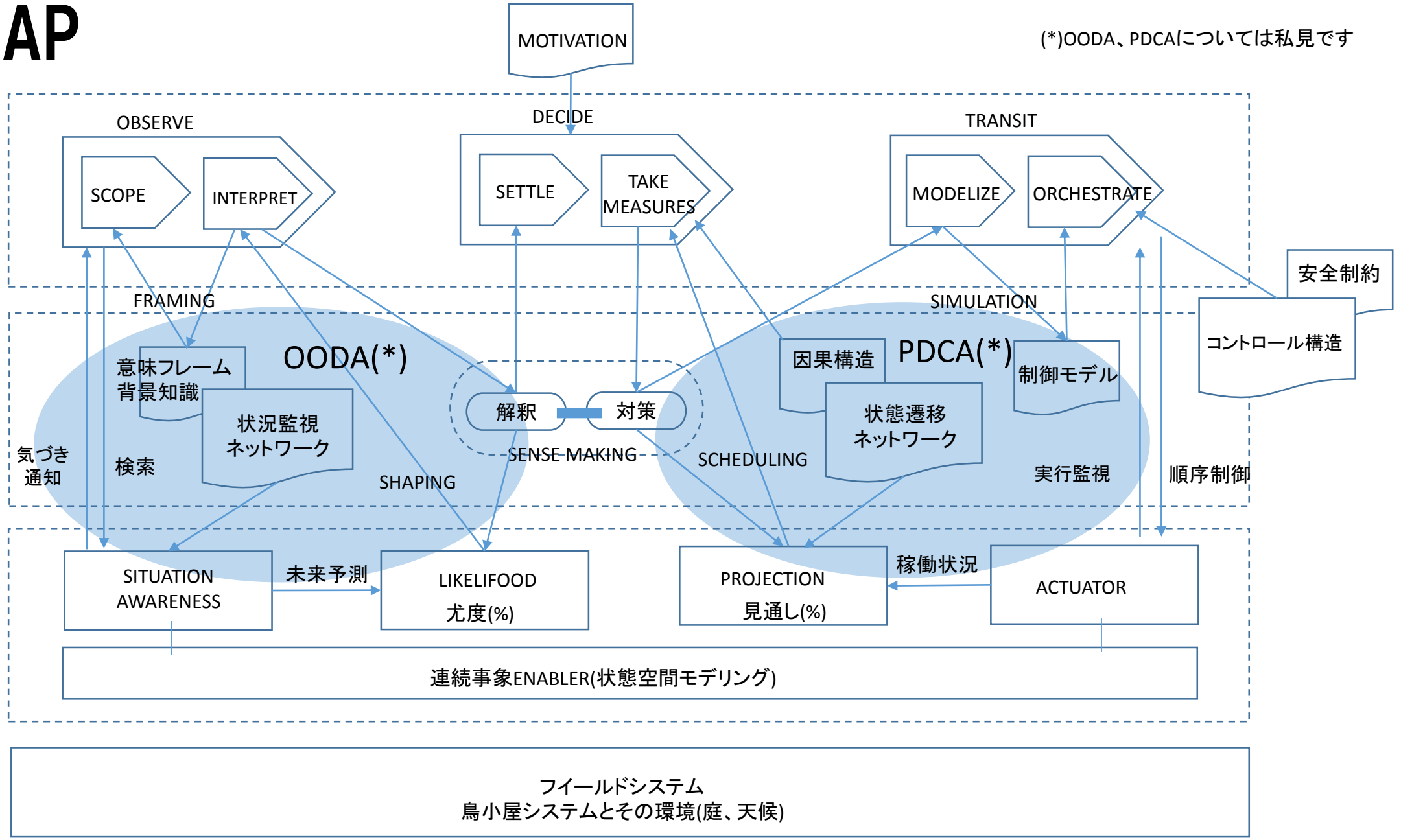
しかし、改善型や規範型では新しい状況に迅速に対応することはできません。（女児虐待やいじめ問題等）
企画型OLCのプロセスを標準化し、AI/IoTを活用して迅速なサポートサービス基盤を確立することは日本の組織風土に於いて最重要の課題と考えます。

運用サポートサービスの組織構造イメージ



RECAP

(*)OODA、PDCAについては私見です



終わりに

運用ライフサイクルに適合した形で解釈と対策を組合わせ、SENSE MAKING（意味生成）する能力が重要です。その能力発現を支援するENABLERの存在を前提としてOBSERVE、DECIDE、TRANSIT各適応プロセスの定式化を試みました。

また、上記の各プロセスをヒューマンとマシンが共同して実行するためのコミュニケーションメデアとして、状況監視ネットワークと状態遷移ネットワーク（制御モデル）を考えました。これにより、ヒューマンとマシンが相補的にお互いの解釈と対策を説明し、ズレが生じた場合はその理由を確認するための基盤が形成されます。

ヒューマンとマシンが緊密に連携したリアルタイム系システムに対して、本資料で説明してきた適応プロセス概念に基づき、自動化システムとの高度で正確な運用コミュニケーションスキルを保有した人材育成がこれから必要となります。

このような人材スキル集団をコアコンピタンスとして、規範型、改善型、企画型運用ライフサイクル全般のサポートサービスビジネスを展開すべきと考えます。

来期活動に向けて、検討視点

スネークイーター（私）

必要なのは新しい世界の眺望なのだと思います。
そのためにブルドーザで整地しました。
でも、まだ荒地です。
次は一般の人が往来できるように道路を作りましょう。

検討する視点は、プロセス、ENABLER、エンジニアリング・メソッド、BRMS、マネージメントと組織等、何を議論してもOK。
皆さんで決めてください。
但し、全体的な視点は失わないようにお願いします。

また、議論を発散させないために具体的な事例（仮想的でOK）を決めて活動することを推奨します。

活発な議論の展開を期待します。

EOD