



これまでとこれからの研究

— 九州飯塚で考えたこと —

2012年3月17日

九州工業大学 情報工学部
久代 紀之



自己紹介

- 電機メーカーの研究所勤務(～2012年2月)
 - (居住)環境制御システムの要素技術開発
 - 人事:技術系採用マネージャ(10年)
- 2012年3月から
 - 九州工業大学 情報工学部 知能情報工学科 知能情報アーキテクチャ部門
 - 大学院 情報創成工学専攻 システム創成工学講座



研究室からの風景

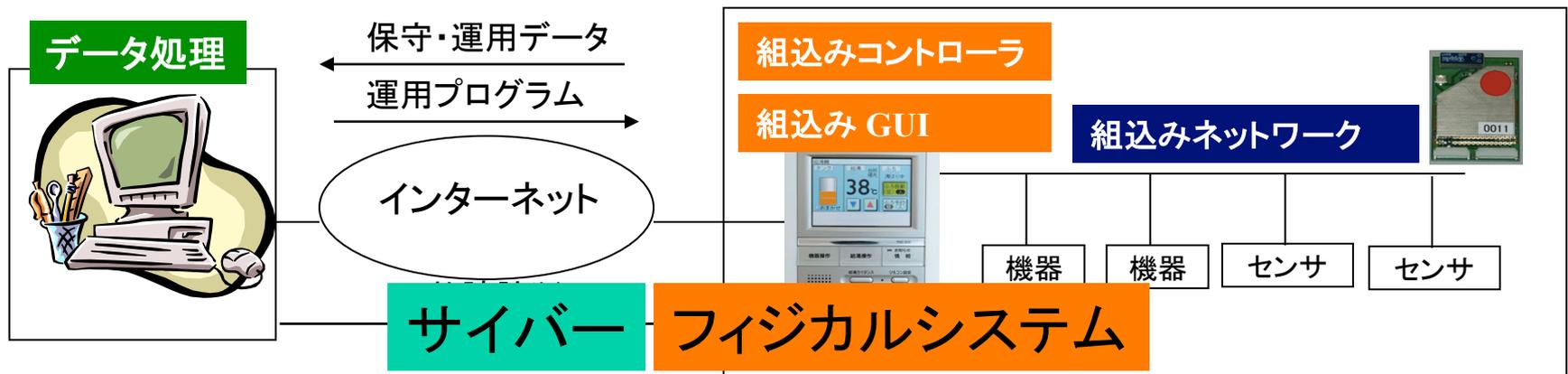




研究内容

研究内容

- サイバーフィジカルシステムおよびその要素技術開発
 - ・ 組込みネットワーク: 有線／無線通信、電力線搬送通信
 - ・ 組込みコントローラ: 組込み GUI、リアルタイムコントローラ
 - ・ 故障診断／運用支援、インテリジェントセンサ
- システム開発・評価手法: 多様なステークホルダ要求に基づく設計・評価手法
 - ・ 要求獲得手法／コンセプト構築手法、(見えない)要求の漏れの検出手法
 - ・ 要求をベースとした一貫したシステム分析・設計手法



サイバーフィジカルシステム(CPS)とは？

【例】

- ・スマートシティ
- ・スマートグリッド
- ・スマートビル
- ・スマートハウス
- ・遠隔医療システム
- ・広域交通システム
- ・災害速報システム
- ・超高収穫型農業

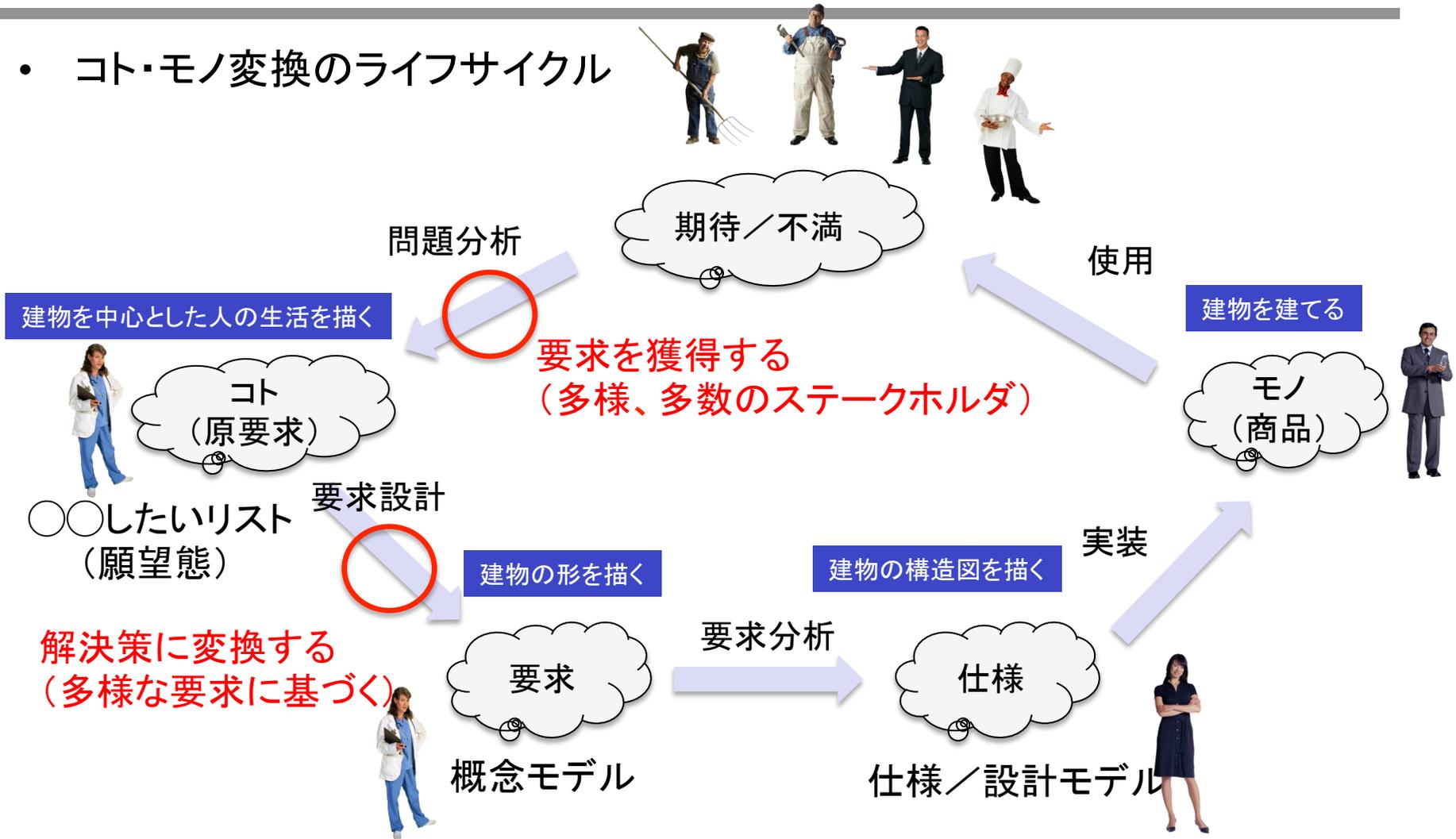


設計・検証手法に確立されたものはない。

- ・多様なステークホルダからの多様な要求への対応
- ・人間活動を含むソフトシステム(人が最も重要なコンポーネントの一つであること)
- ・システムの記述方法(決定論/確率論的)
- ・物理世界からの多くの種類のノイズへの想定と対処方法の設計
- ・時間制約、並行性、信頼性

システム開発ライフサイクル(コト・モノ変換)

- コト・モノ変換のライフサイクル



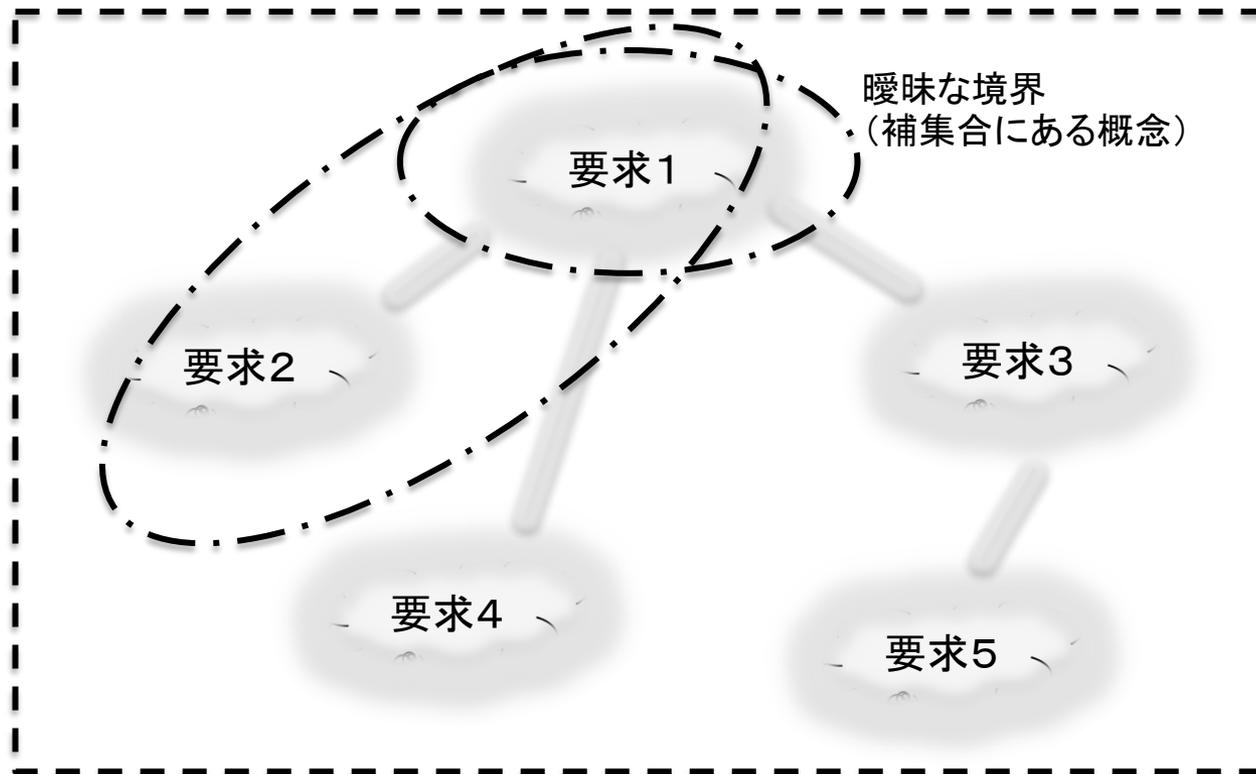
分析: 知識を伝達し、理解を深める活動
設計: 設計者の中で行われる、変換作業

見玉: UMLモデリング(日経BP)改



要求を獲得することの課題

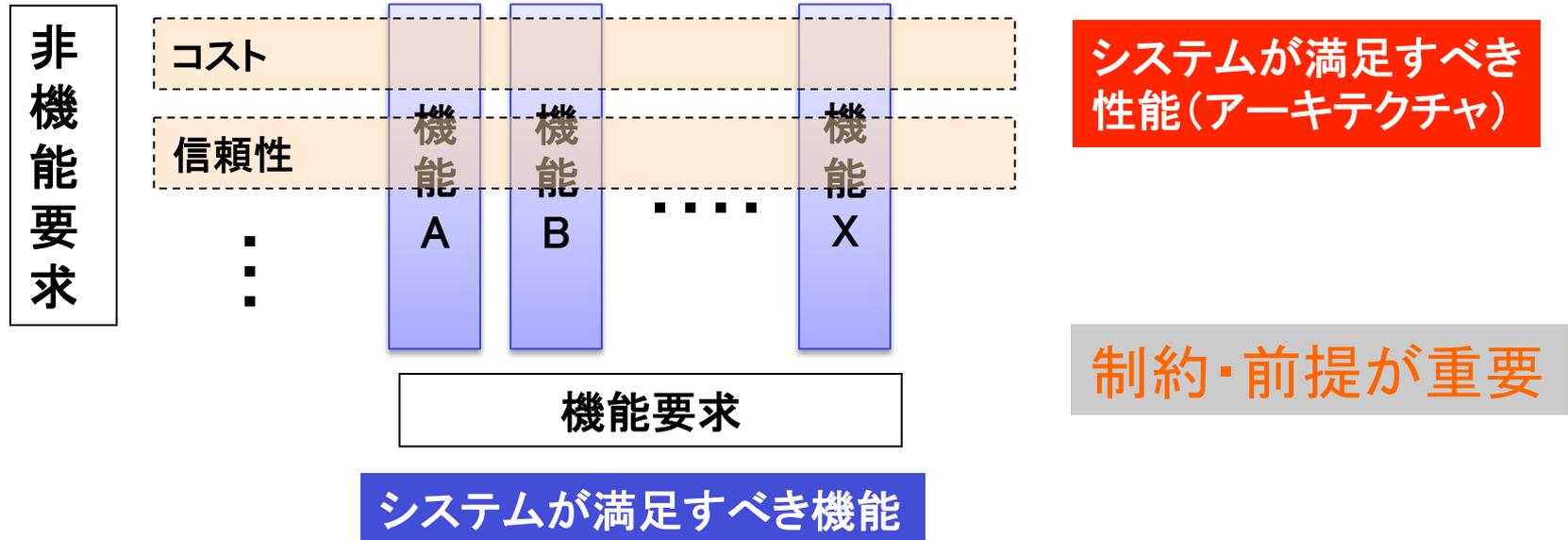
- 要求を獲得することの課題(多様なステークホルダを対象とするPCSでは顕著)
 - (1)獲得される要求は**不完全な情報である(喋れない、知らない、理解できない)**
 - (2)要求は、文脈依存性(相互の関係の中でしか理解できない)を持つ
具体化の過程の中で変化する
 - (3)対象ドメインが**オープンで一意に決定できない**





システム開発と要求

- システム(製品)設計の失敗要因:  **制約条件への考慮不足**
 - ・ 種々の制約により実現できないシステム
 - ・ なんとなく思ったものと違う(性能、操作性、形状等)システム
- 要求の種類: 機能要求と非機能要求
 - ・ **機能要求**: システムが実現すべき機能
 - ・ **非機能要求**: 機能実現に際し満足すべき制約





制約の重要性(豚汁とけんちん汁)



豚汁



豚肉

出汁(鰹節)

酒、酒粕、味噌

けんちん汁



巻織(野菜、豆腐、湯葉)

出汁(昆布、椎茸)

ごま油

醤油、味噌

牛蒡、大根、人参

里芋、ジャガ芋、薩摩芋

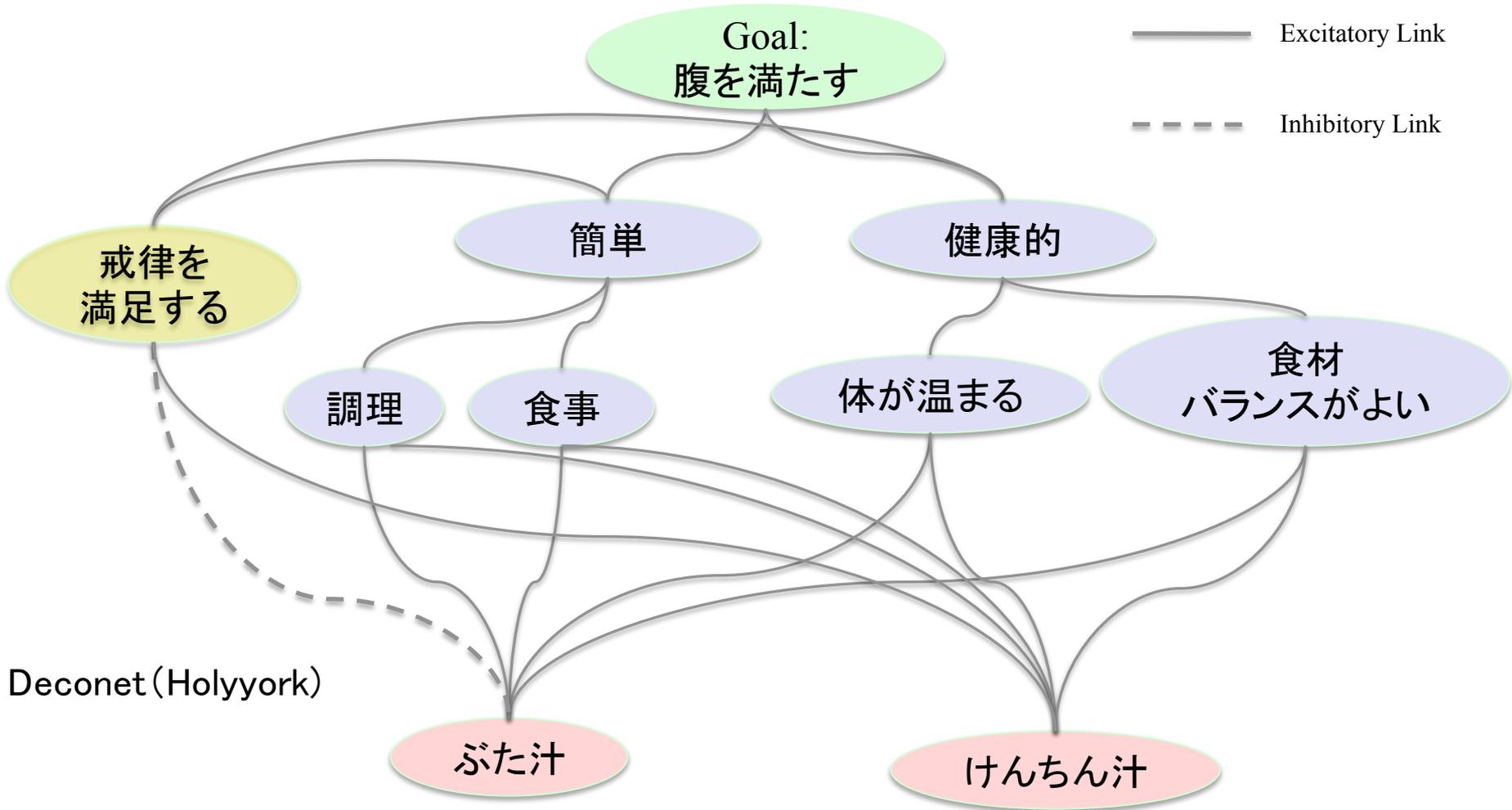
蒟蒻

長葱、玉葱

豆腐、油揚、焼き豆腐



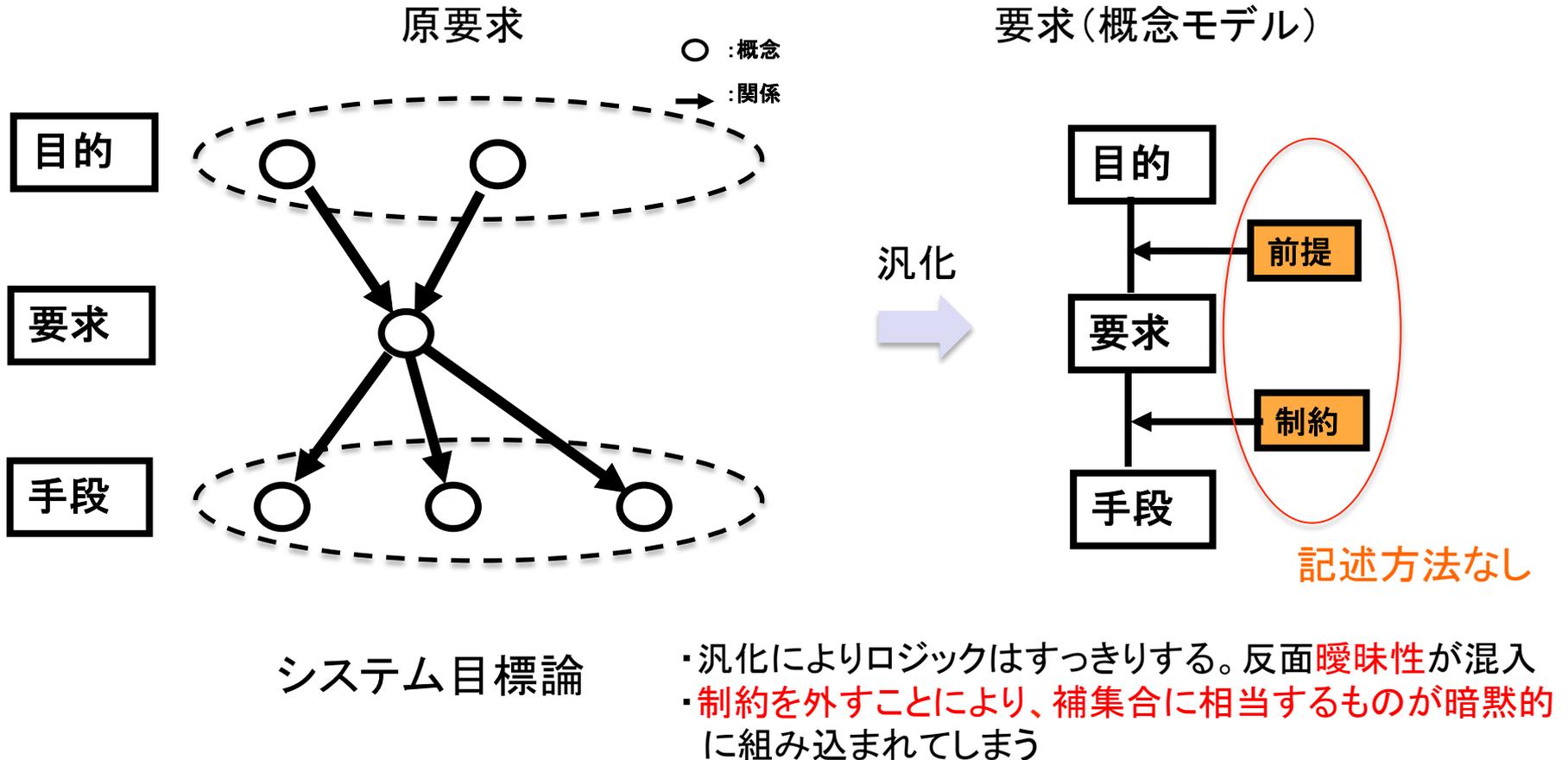
制約の重要性(豚汁とけんちゃん汁)





要求の構造

●要求の構造





コト・モノ変換の関連技術

項目	手法例
コト・モノの発見・抽出	(1) 要求抽出型: ・直接型: インタビュー、ブレインストーミング、ラダリング ・発見支援型: 認知プロセス支援、概念整列・事象想起 (2) 目標指向型: 目標を系統的に分解し要求を定義 Viewpoint (Nuseibuh)、WinWin (Boehm)、Martin-Feather (3) 領域モデル型: 対象領域をモデル化し、モデルから発見・抽出
コト・モノの記述・知識化	(1) 記述: 自然・形式言語(論理/時相論理)、制限言語、図式言語 (2) 知識化: パターン(名前-前提-問題-解決方法を記述) アナリシス/デザイン/アーキテクチャ/プログラム/マネジメント...
コト・モノの変換構造把握 ・縦: 目的・手段、因果関係 ・横: 論理関係 (AND/OR/排他)	(1) システム工学からのアプローチ: Goal Based Approach (Anton)、Non Functional Requirements (Yu)等 (2) 人工知能からのアプローチ: 多重制約理論DecoNet (Holyork)等 (3) 経営工学からのアプローチ: 論理思考プロセス (Goldratt)等
コト・モノ変換の意思決定	(1) システム工学アプローチ: i*(Yu) (2) 人工知能・心理学的アプローチ: 会話行動モデル (Winograd)、Behavior Contingency (Skinner)等



要求会議

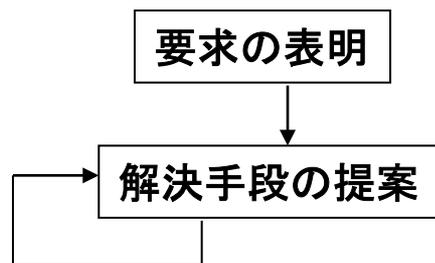
●要求会議によく適用される手法

(1)ブレインストーミング

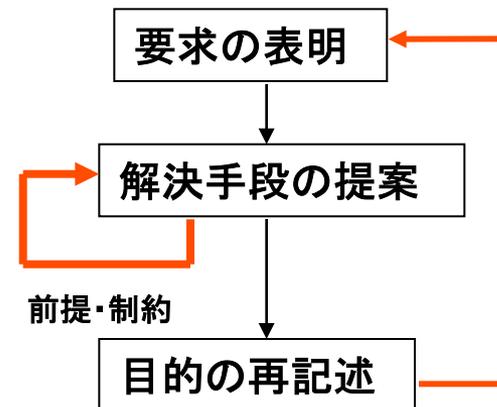
(2)ユーザ、設計者等へのインタビュー(ラダリング)

●よくある会議形態

議論が停滞する時(良くある)



議論が活性化する時(まれに)





ブレインストーミングの罫

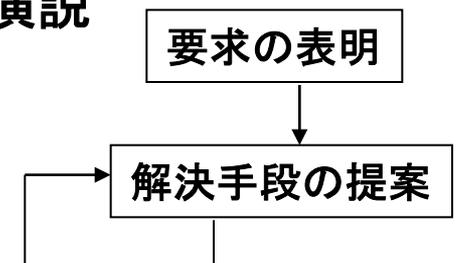
ブレインストーミングの罫

Step1: アイデア抽出

- 否定的な判断も肯定的な判断も後回し(否定の禁止)
- 想像力を飛翔させる: 会議環境を作る
- 数多くのアイデアを出す: 時間を制限して時間内にアイデアを出す。行き詰っても割り当てた時間は使いきる
- アイデアを変更し結合

Step2: アイデア集約

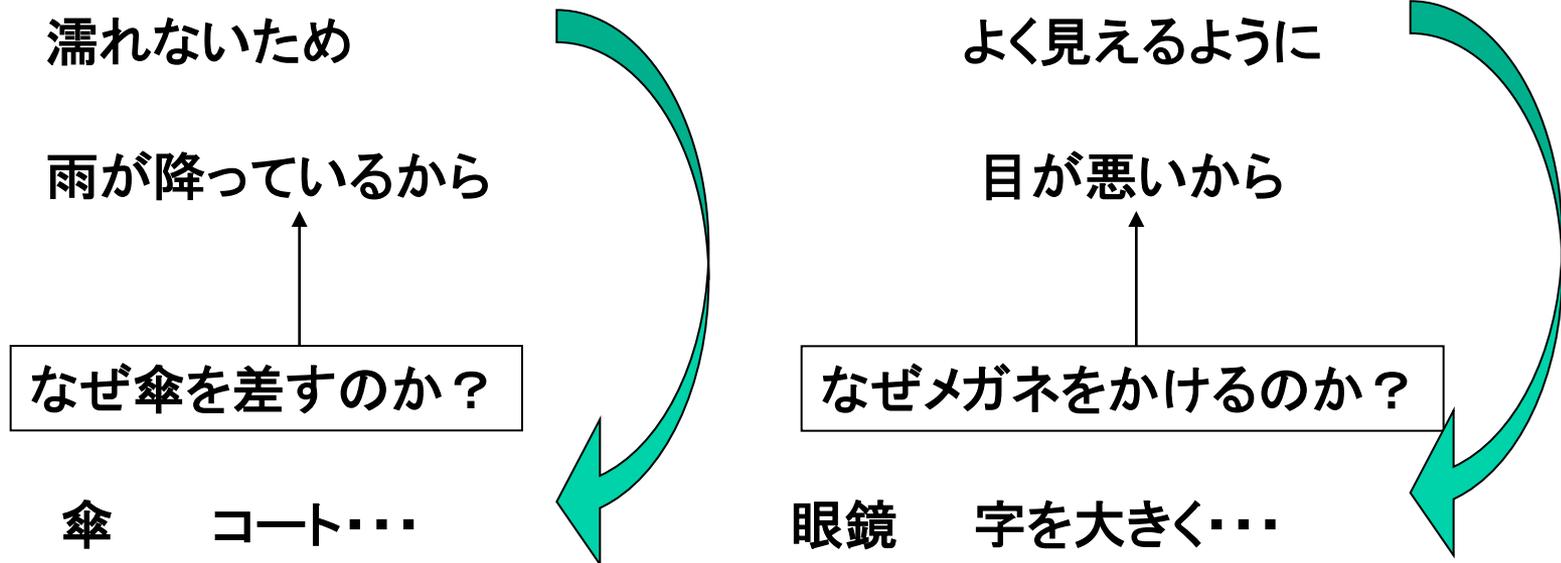
- 閾値付きの投票: 票を与えて上位のものへの絞りこみ。
- 応援演説付きの投票: 良い点についての応援演説
- アイデアを混ぜ合わせる





ラダリングの罫

- 形式的な目的 - 要求 - 手段の関係 (Skinner)
 - なぜ傘を差すのか？
 - なぜメガネをかけるのか？





要求会議を活性化する戦略

●戦略1: 前提・制約への**気づきの促進**

・回答を支持する肯定的理由、支持しない否定的な理由を問う。

・要求シナリオ: $B \Rightarrow A$

A: 耐久性の高いカーマフラーを実現する。

B: カーマフラーをステンレス製とする。

・否定的理由の問い:

解釈1: $\neg B$ を検討し、Aが成立する条件を考える ($\neg B \Rightarrow A$)

B1: 丈夫な新素材、B2: 柔良く剛を制する強化ゴム

$B \vee \textcircled{B1} \vee \textcircled{B2} \Rightarrow A$

代替案・制約抽出

解釈2: $B \Rightarrow A$ の否定を考える

$B \Rightarrow \neg A$

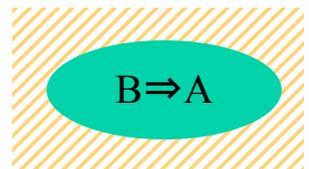
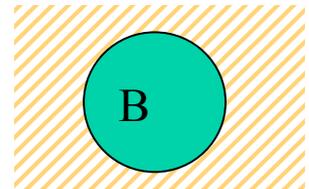
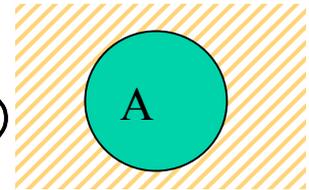
ステンレス製であっても、砂漠のような悪環境では耐久性が得られない。

C: 砂漠では走らない

$B \wedge \textcircled{C} \Rightarrow A$

前提・制約抽出

否定的の問い



●戦略2: **目的の再記述**の促進

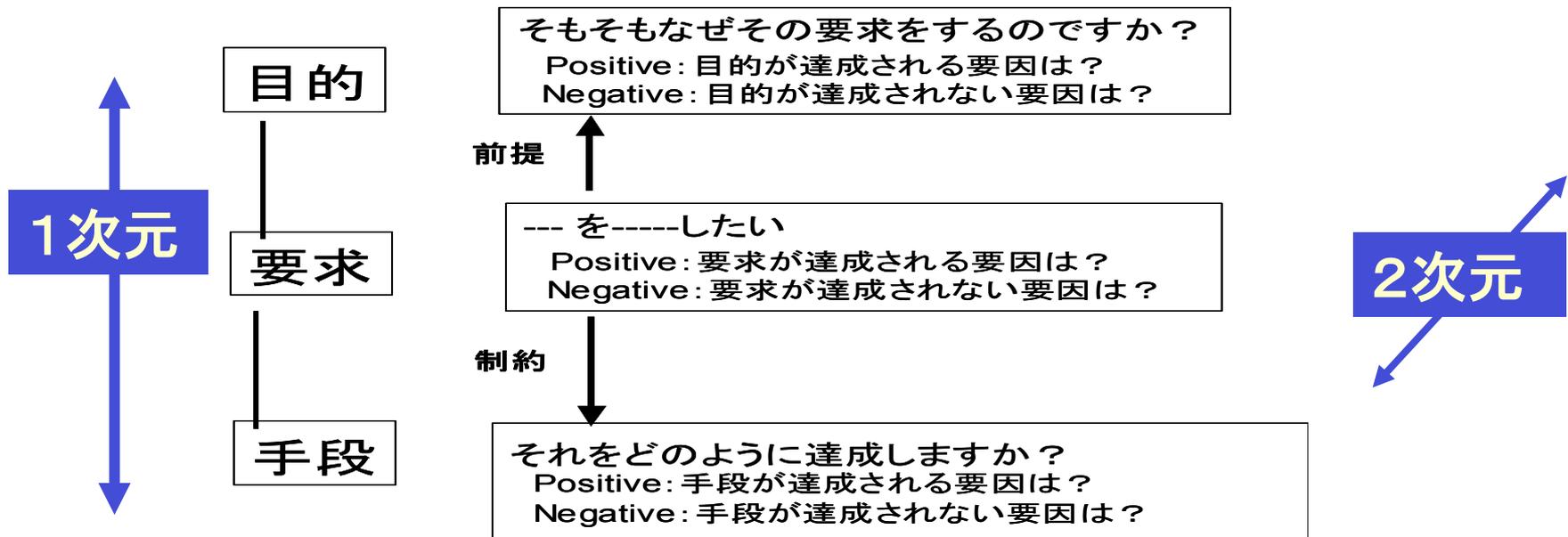
・目的の再記述を促す問いを行う。



質問法:2次元ヒアリング手法

二次元ヒアリング手法:要求プリミティブの獲得

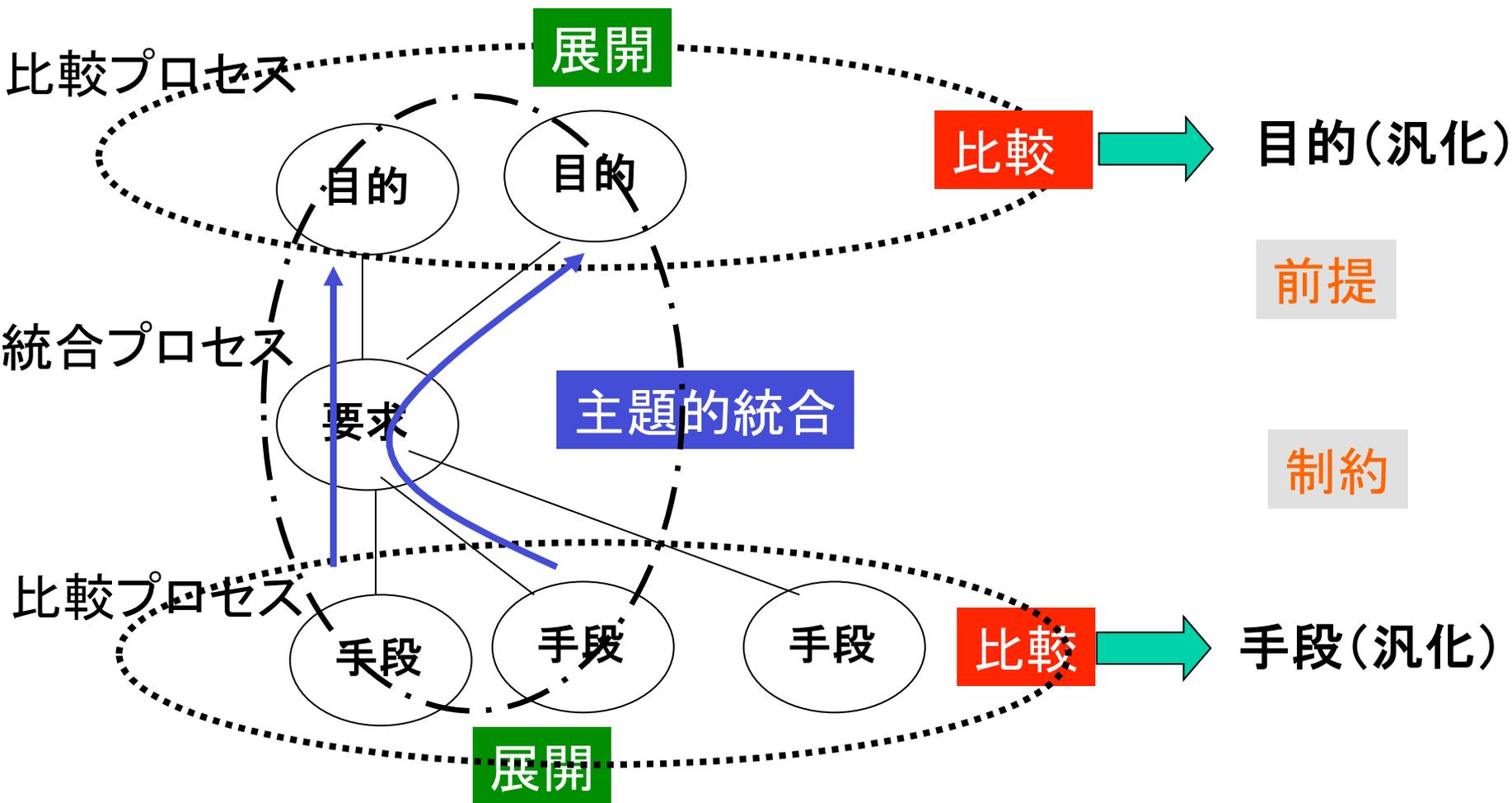
- ・3階層(目的、要求、手段)の質問(1次元)
- ・各階層の前提・制約を獲得するための“Positive”“Negative”な理由・要因の質問(2次元)



完結した小さな要求シナリオ
(要求プリミティブ)



会議運営法：目的の再記述を促す会議プロセス

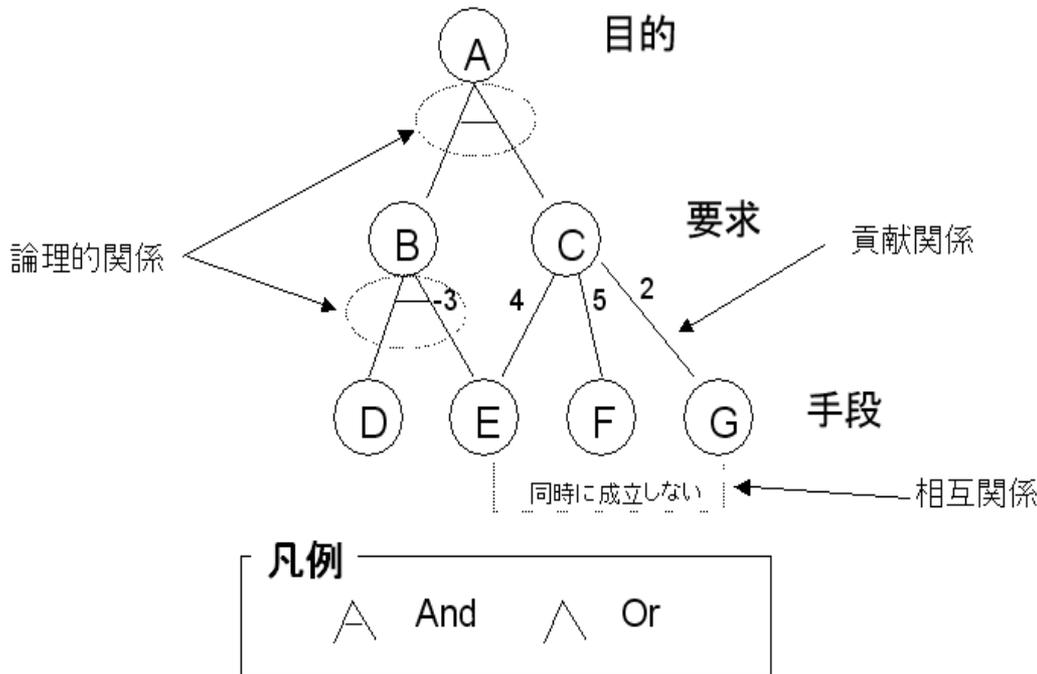




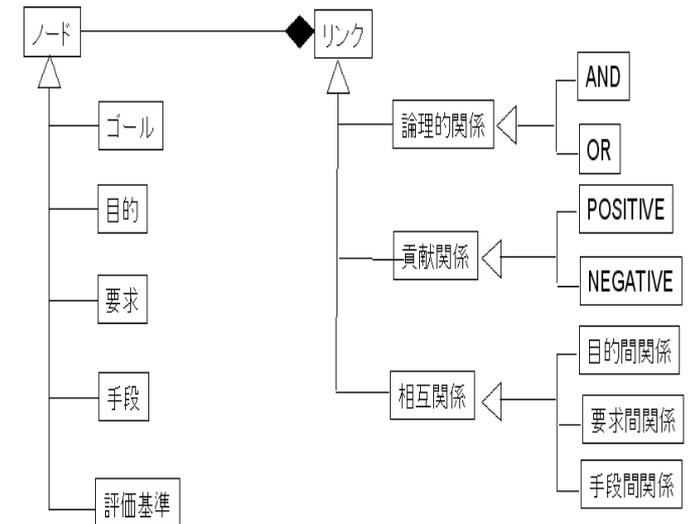
ゴールグラフ

ゴールグラフとは？

- 要求をゴールを視点として、階層化することで整理する手法
- 要求獲得で獲得された目的・要求・手段とその前提・制約、評価基準・ゴールをゴールグラフ上に整理することで要求シナリオを人間に理解しやすい形で構造化し、この構造に基づいて要求仕様を決定する

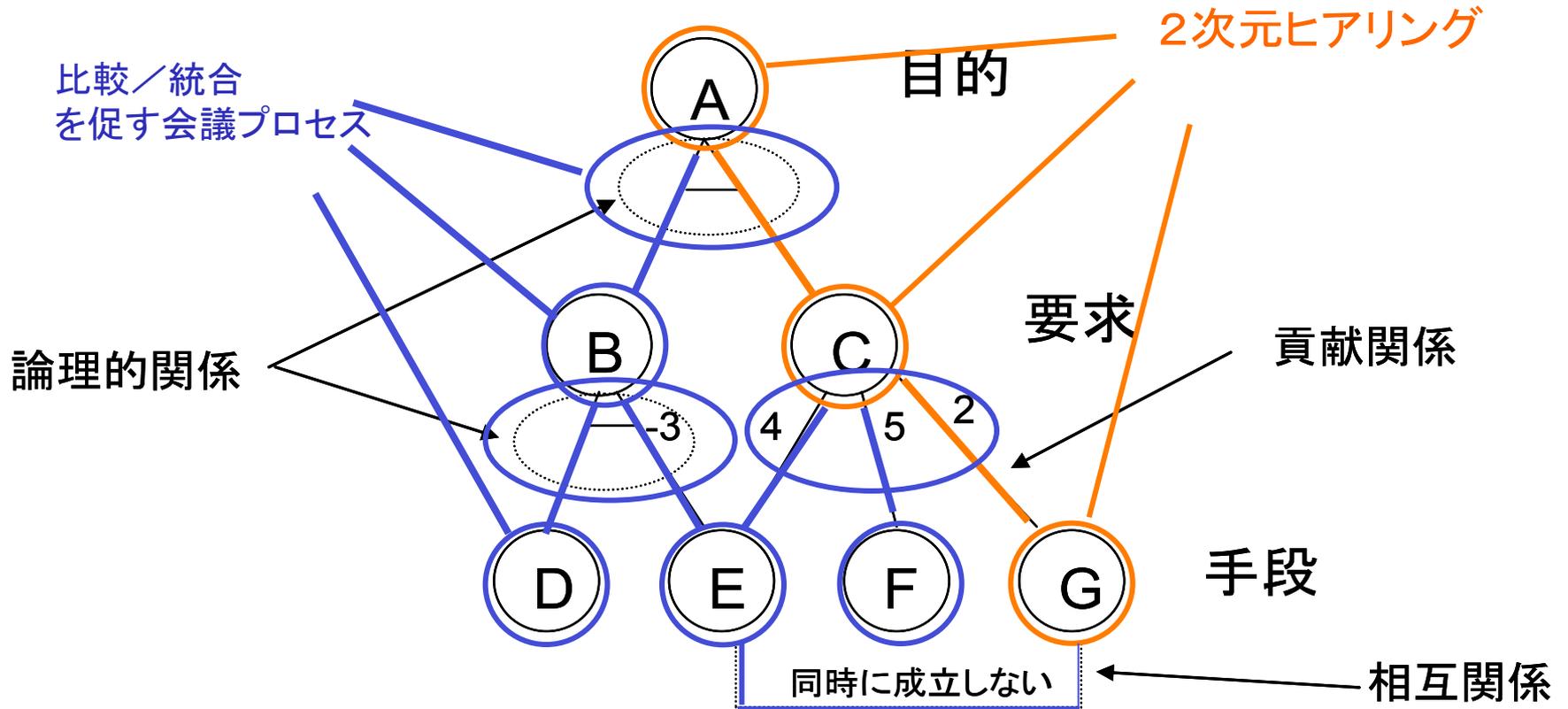


関連の種類





ゴールグラフと要求会議



凡例

A

And

^

Or



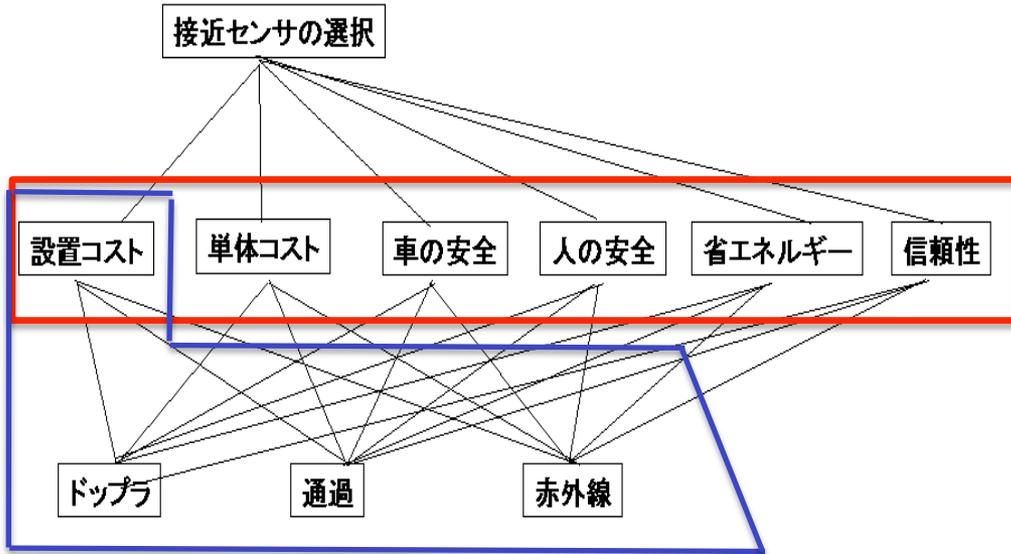
AHP

- AHP (Analytic Hierarchy Process) とは？ : 階層的 + 一対比較 + 感度分析
 - 目標設定や研究企画・計画段階での意思決定の手法 (非定性的 / 複雑な問題の意思決定を支援)
 - 研究の目標を設定する段階での意思決定の特徴
 - 構造があいまい: 定性的な判断が必要
 - 複数の相反する評価基準: 意見の対立は評価基準の差異が原因
 - 利害が相反する関係者: 声の大きい人の意見がとおる?
 - 複数の代替案: どれがほんとに良いの?
- 手順
 - 問題を階層構造に分割する
 - 各レベルの要素間の重み付け一対比較により行う
 - 各レベル間の重み付けを元に、階層全体の重み付けを行い、目的に対して手段のプライオリティを決定する。



AHP

ステップ1: 評価基準の重み付け



	設置コスト	単体コスト	車の安全	人の安全	省エネ	信頼性
設置コスト	1	1/2	1/2	1/5	1/5	1/3
単体コスト	2	1	1/2	1/5	1/5	1/3
車の安全	2	2	1	1/3	1/3	1/2
人の安全	5	5	3	1	1	1/2
省エネ	5	5	3	1	1	1/2
信頼性	3	3	2	2	2	1

ステップ2: 手段間の重み付け

設置コスト A1			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	3
通過	1/5	1	1/5
赤外線	1/3	5	1

単体コスト A2			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	1	1/3
通過	1	1	1/3
赤外線	3	3	1

車の安全 A3			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	5
通過	1/5	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

人の安全 A4			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	5
通過	1/5	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

省エネ A5			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	2	5
通過	1/2	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

信頼性 A6			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	5
通過	1/2	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

ステップ3: 手段間の重み付け

評価基準毎の手段間の重み付け

Q1	設置コスト	単体コスト	車の安全	人の安全	省エネ	信頼性
ドップラ	0.6175	0.2	0.7089	0.7089	0.5954	0.5954
通過	0.086	0.2	0.179	0.179	0.276	0.276
赤外線	0.2969	0.6	0.1125	0.1125	0.1283	0.1283

評価基準の重み付け

Q2	
設置コスト	0.0526
単体コスト	0.0663
車の安全	0.103
人の安全	0.2439
省エネ	0.2439
信頼性	0.2903

*

=	ドップラ	0.6097
	通過	0.2273
	赤外線	0.163

AHPによる意思決定の例(コントローラのOS選択)

目標	評価基準		代替案
2世代プラットフォームのOS,JavaVMを選定する 1.000	機能 0.036	OSの機能 0.006	MR3220+JAE 0.185
		Javaの機能 0.030	MR3220+JAE+JIT 0.189
	性能 0.081	リアルタイム性能 0.014	T-Kernel+intent 0.151
		Javaの性能 0.068	Linux+JAE 0.149
	コスト 0.301	イニシャルコスト 0.050	Linux+SuperJEngine 0.099
		ランニングコスト 0.250	Linux+Jeode 0.109
	拡張性 0.123	追加容易性 0.123	BSD+JAE 0.117
	開発環境 0.113	環境の充実度 0.010	
		サポート体制 0.051	
	技術保有度 0.346	社内(リ本)技術保有 0.346	



要求分析・要求設計の事例

- 街灯点灯システム
 - アクタ: 歩行者、自動車
 - システム: 街灯
 - オブジェクト: 時間帯、ライト
 - 仕様



事前条件

- 夜間である。
- 街灯が消灯している。
- 歩行者が街灯から遠い。

基本系列

- 歩行者が街灯に近づく。
- 人感センサが歩行者を検出する。
- 街灯が点灯する。

事後条件

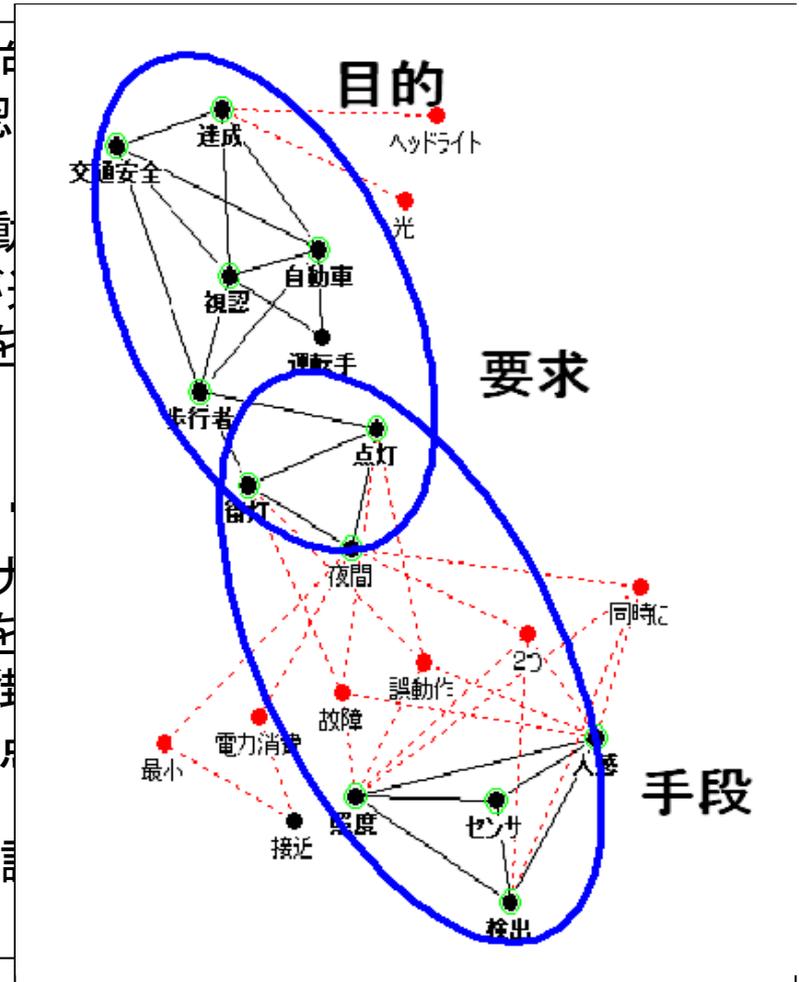
- 街灯が点灯している。
- 歩行者が街灯に近い。
- 人感知センサが歩行者が近いことを検出している。

(三瀬06より)



街灯システム事例:ヒアリング結果

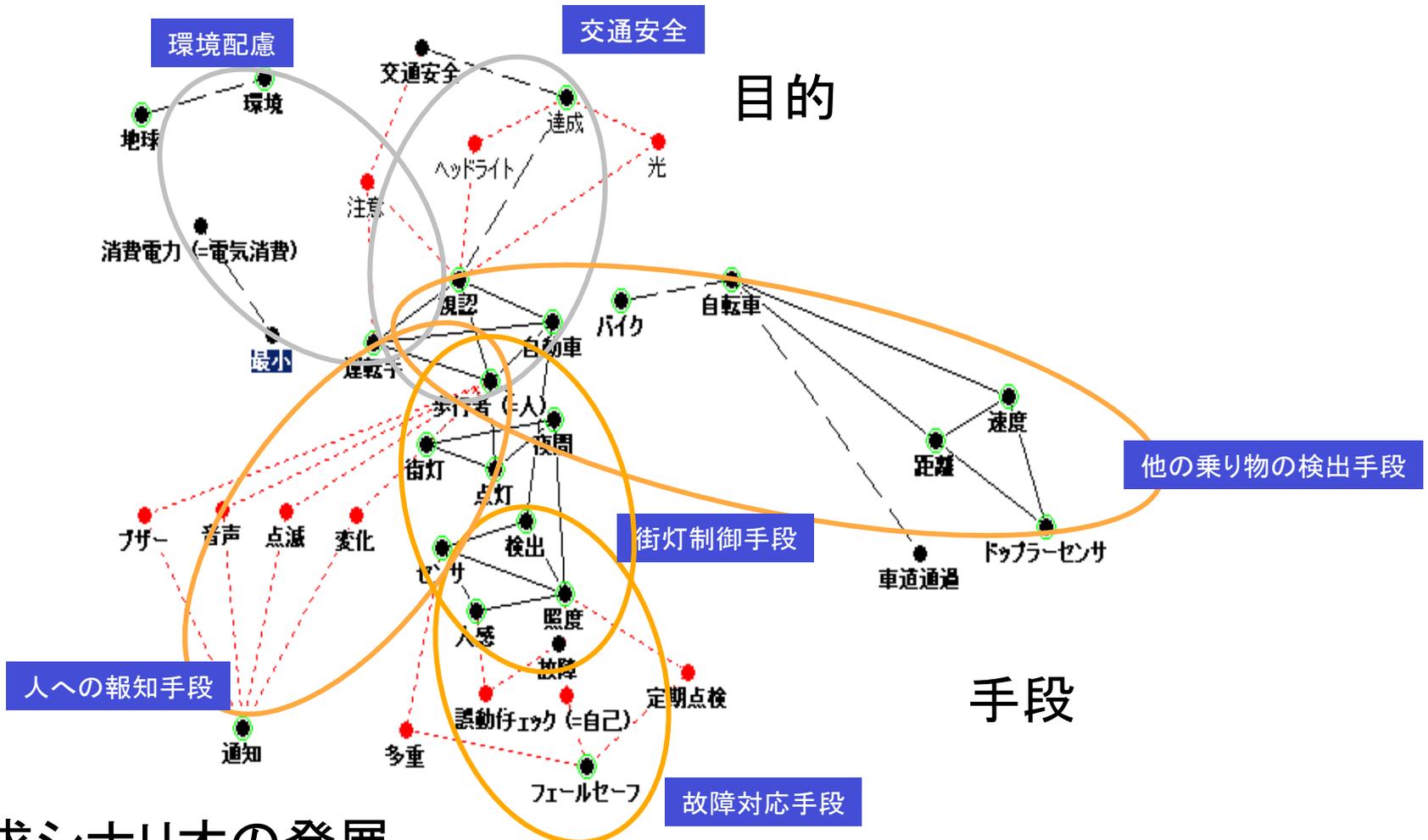
- 目的: 自動車の運転手の歩行者への視認性の向上
- + : 自動車の運転手が、歩行者を視認し、交通安全を達成する。
 - : 歩行者が、街灯の点灯により、自動視認しないことがあり、交通安全が
- 要求: 夜間の歩行者の交通安全のために街灯を
- + : 夜間に街灯を点灯することにより、させる。
 - : 夜間に街灯を点灯することにより、
- 手段: 照度センサで夜間を検出する。人感センサ
- + : 夜間を照度センサにより、歩行者をつが同時に検出されたときにのみ街灯者が接近している場合のみ街灯をにする。
 - : 照度センサ、人感センサの故障や言



基本要件

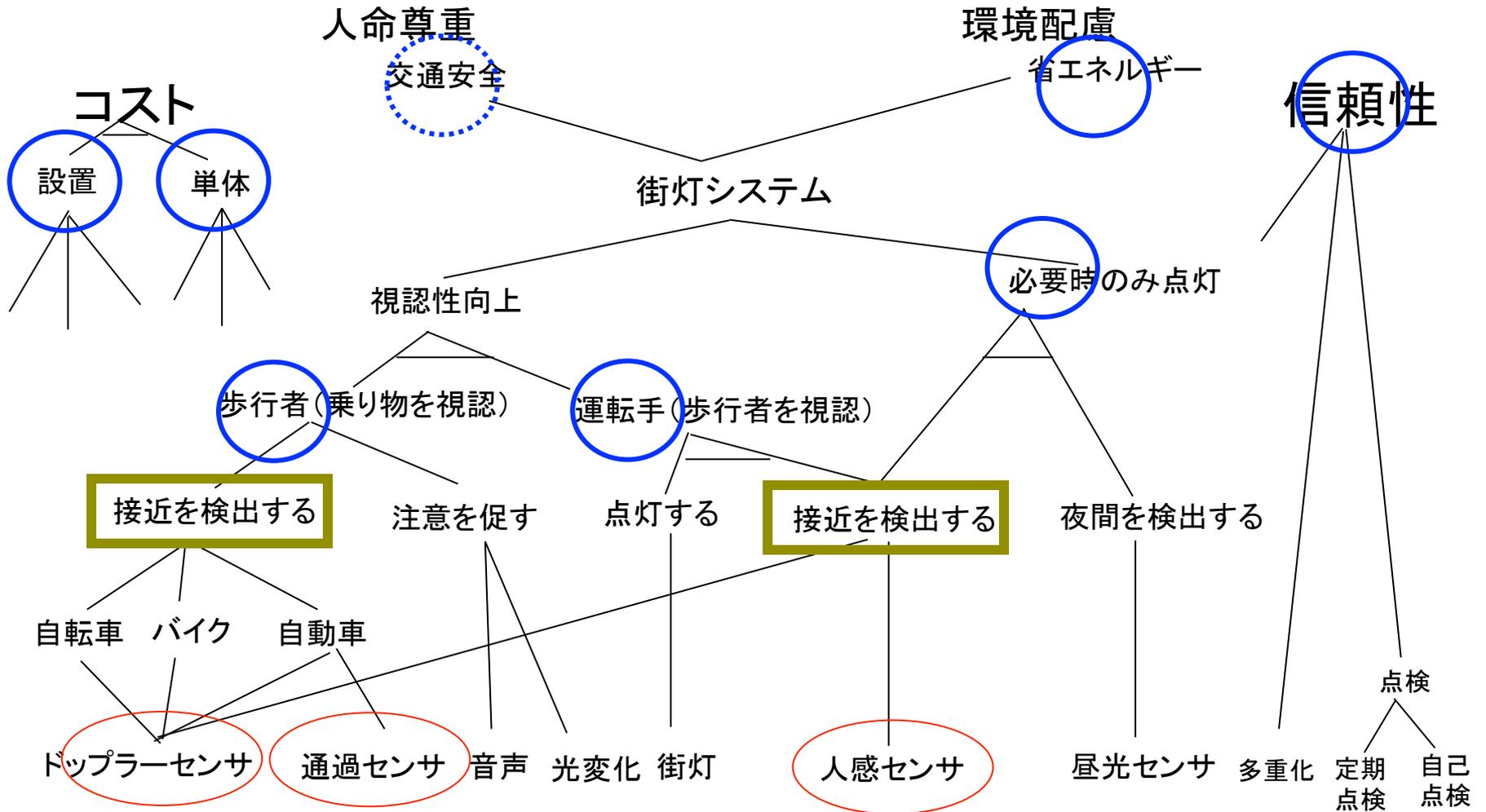
街灯システム事例 (Key Graphによる可視化結果)

JaJa[30-30-20-20]



要求シナリオの発展

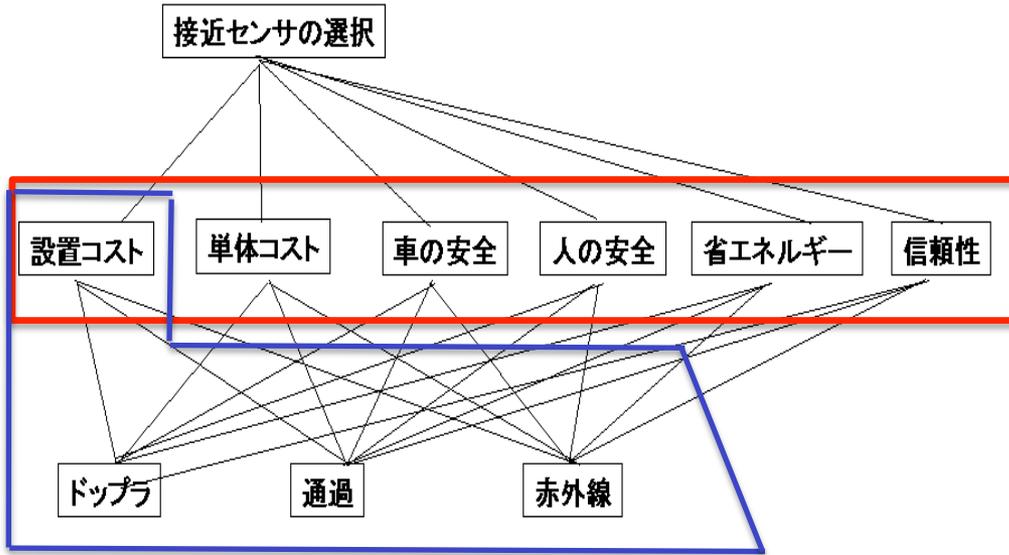
街灯システム事例:ゴールグラフによる要求分析





街灯システム事例：AHPによる意思決定

ステップ1：評価基準の重み付け



	設置コスト	単体コスト	車の安全	人の安全	省エネ	信頼性
設置コスト	1	1/2	1/2	1/5	1/5	1/3
単体コスト	2	1	1/2	1/5	1/5	1/3
車の安全	2	2	1	1/3	1/3	1/2
人の安全	5	5	3	1	1	1/2
省エネ	5	5	3	1	1	1/2
信頼性	3	3	2	2	2	1

ステップ2：手段間の重み付け

設置コスト A1			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	3
通過	1/5	1	1/5
赤外線	1/3	5	1

単体コスト A2			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	1	1/3
通過	1	1	1/3
赤外線	3	3	1

車の安全 A3			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	5
通過	1/5	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

人の安全 A4			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	5
通過	1/5	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

省エネ A5			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	2	5
通過	1/2	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

信頼性 A6			
ドップラ	通過	赤外線	
ドップラ	1	5	5
通過	1/2	1	2
赤外線	1/5	1/2	1

ステップ3：手段間の重み付け

評価基準毎の手段間の重み付け

Q1						
	設置コスト	単体コスト	車の安全	人の安全	省エネ	信頼性
ドップラ	0.6175	0.2	0.7089	0.7089	0.5954	0.5954
通過	0.086	0.2	0.179	0.179	0.276	0.276
赤外線	0.2969	0.6	0.1125	0.1125	0.1283	0.1283

評価基準の重み付け

Q2	
設置コスト	0.0526
単体コスト	0.0663
車の安全	0.103
人の安全	0.2439
省エネ	0.2439
信頼性	0.2903

*

=	ドップラ	0.6097
	通過	0.2273
	赤外線	0.163



街灯システム事例：要求分析結果

