
進化型要求獲得手法

2008年11月1日

東京大学大学院工学系研究科
システム量子工学専攻 大澤研究室
久代 紀之

基本的な問いと研究目標

●基本的な問い：

問：要求獲得が難しい。

- － 要求がうまく獲得できない。
- － 要求と設計間に距離がある。

問：多様なユーザ要求に答える製品開発をどのように進めたらよいか？

- － イージオーダ型開発体制の構築

●研究の達成目標：

目標1：要求獲得手法の提案

- ・ 見落としがちな要求の前提や制約、要求を選択するための多元的な評価基準を“しゃべらせる問い”によりユーザから直接的な獲得する手法
- ・ 要求獲得から要求分析への連続的な(一気通貫)プロセス

目標2：プロダクトライン開発によるイージオーダ型開発の実践

- ・ 組込みGUIコントローラのプラットフォーム開発(インフラ開発)
- ・ 派生製品の開発(プロダクトライン生産)



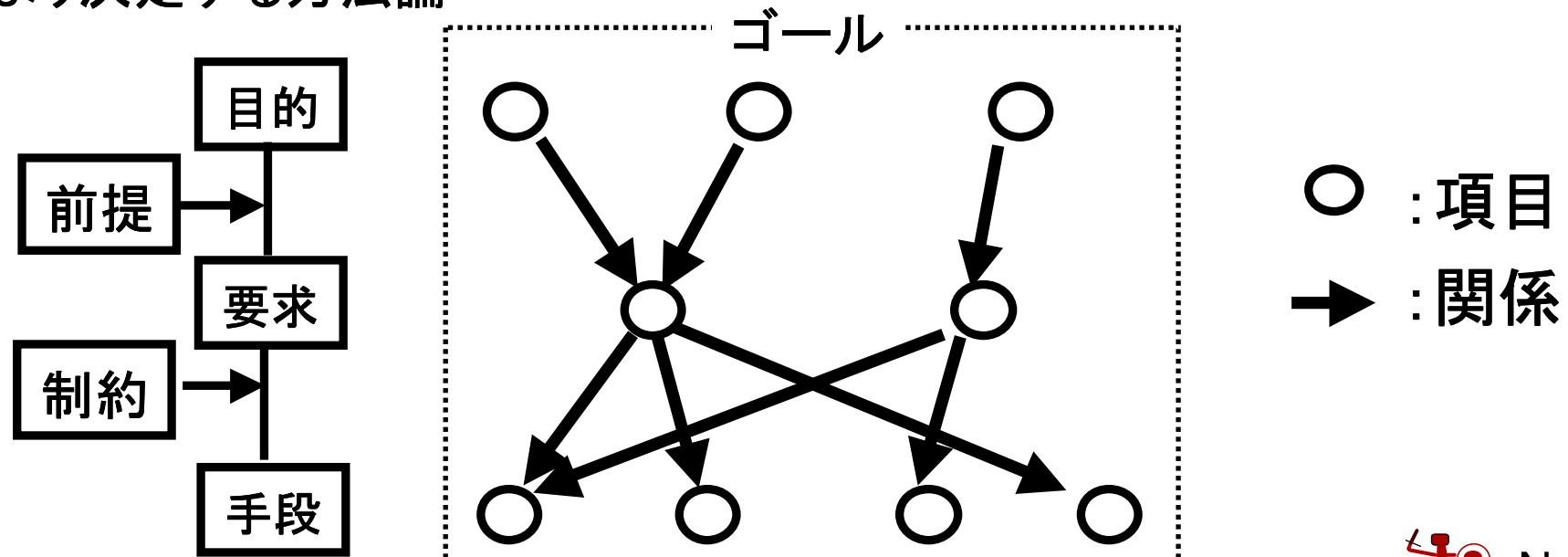
提案手法全体を通す方法論・前提

●前提:

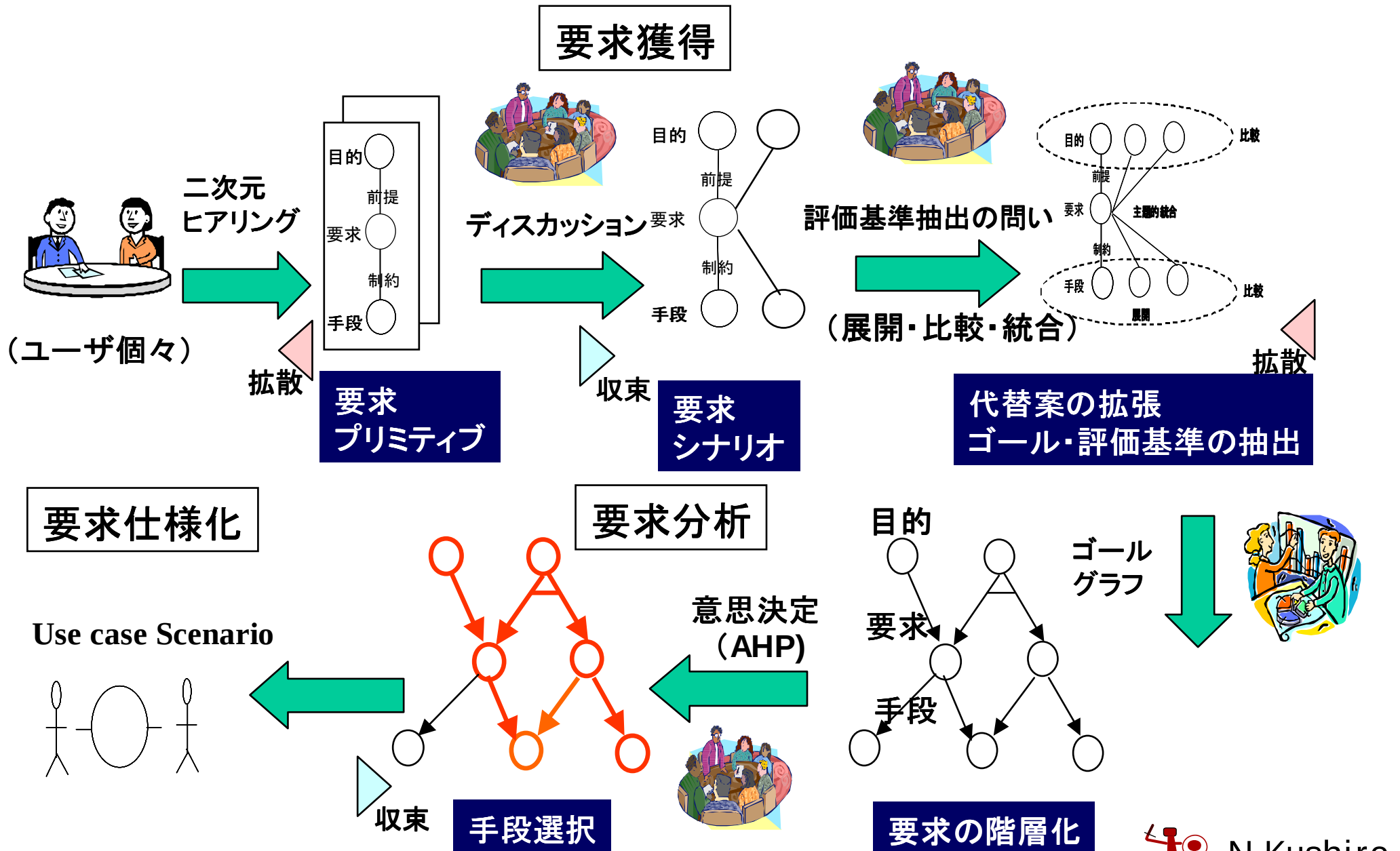
- 対象がオープンで、獲得される要求が不完全情報
 - (自己・相互)発見的アプローチ
 - 暗黙的情報(前提・制約)獲得
- 要求は、相対性/文脈依存性を持ち、具体化の中で変化
 - 多元的な視点を持つユーザのディスカッションを通じ要求を進化

●システム目標論(Loucopoulos)

- システムの機能をゴールを達成するための目的・要求・手段とその結合により決定する方法論



目標とする要求獲得プロセス



先行研究の概要

●ユーザ要求をいかに引き出すか

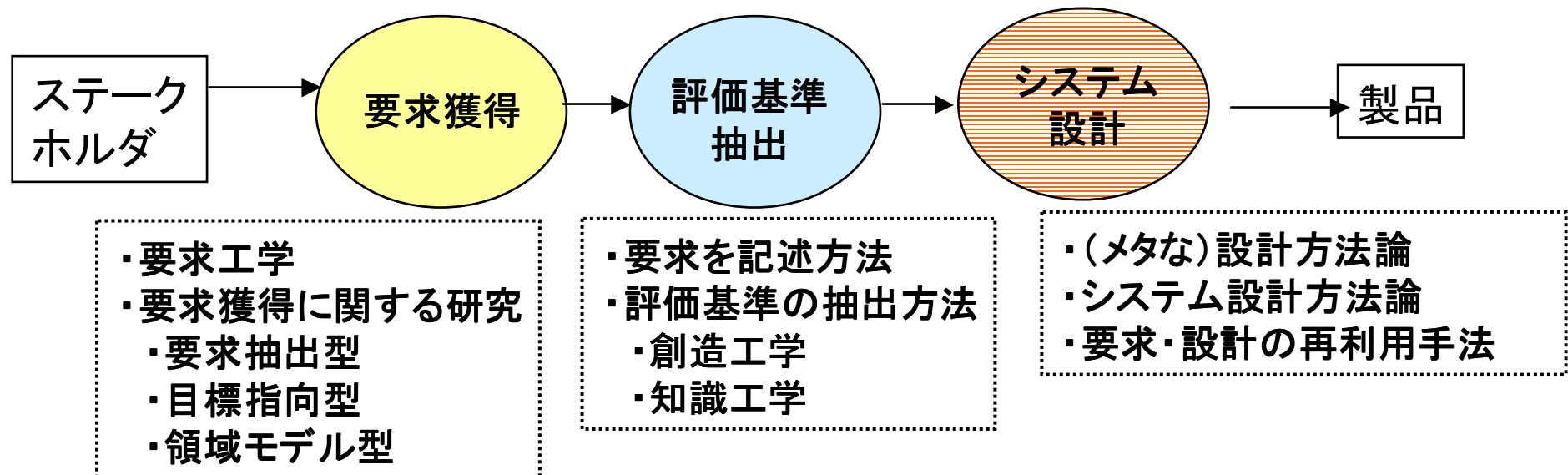
→要求獲得に関する研究

●要求の重み付けを決定する評価基準への気づきをいかに引き出すか

→要求の評価基準の抽出方法に関する研究

●要求に基づき、いかにシステムとして具現化するか

→要求に基づく設計手法に関する研究



先行研究-要求獲得に関する研究

●要求獲得手法分類

- **要求抽出型**:問題領域知識をヒアリングし、そこから要求シナリオを発見
- **目標指向型**:システム目標論をベースとし、目標を系統的に分解し要求を定義する手法
- **領域モデル型**:問題領域をモデル化、モデルに基づき要求発見する手法

●先行研究例

1. 要求抽出型:

1. 直接型:資料収集、アンケート、インタビュー(構造的/半構造的/非構造的)
2. 発見型:観察、概念整列、事象想起、Inquiry Cycle(表現/議論/約束)

2. 目標指向型:

1. Viewpoint(Nuseibuh)、WinWinアプローチ(Boehm)、Martin-Featherの方法
2. Goal Based Approach:ゴール分解(Anton)、i*(Yu)、AGORA(Kaiya)

3. 領域モデル型:

1. OOA/OOD(Coad)、OMT(Rumbaugh)
2. ビジネスモデリング(Eriksson&Penker)



先行研究-要求の評価基準の抽出に関する研究

●要求の記述

- **記述言語**: 自然言語、形式言語、制限言語、図式言語
- **記述形式**: シナリオ、ユースケースアプローチ (Jacobson)、RDD (Wirf-Brock)、ペルソナ (Cooper)、トレードオフ分析 (Carrol)

●要求の評価基準獲得手法 (気づきの支援手法)

- **合議を通じてユーザの視点の相違を抽出し分析的に抽出する手法**
 - WinWin (Boehm), Viewpoint (Sommerville), Martin & Feather
 - SSM (Checkland): Soft Systems Methodology
- **認知プロセスを支援することで発見的に抽出する方法**
 - 哲学/心理学レベルの研究: 設計における創造性の定義 (Gero)、概念空間の変形 (Weisberg)、メンタルリープ (Holyoak)、アクティブマインド (Saeki)、アクションゴール (Thagard)
 - ツールアルゴリズムレベルの研究: 液状化/結晶化 (Hori) 等
 - アプリケーションレベルの研究: レゴを用いた実験 (Miwa) 等



先行研究-システム設計に関する研究

●デザインプロセス研究(メタな設計プロセス)

1. デザインプロセス特性: デザイン問題・解・プロセス (Lawson)、定型的/非定型的デザイン (Gero)、設計時のメンタルリープ (Cross)
2. 質問ベース設計法 (Leifer/Ozgur)

●システム設計手法(方法論・ツール)

1. SA/SD、OOA (Coad)、OMT (Rambough)、UML統合手法 (Texel)
2. ゴール指向アプローチ (Anton), Non Functional Requirements (Chun, Mylopoulos), i* (Yu)
3. モデル駆動開発
4. アスペクト指向開発 (Chitchyan)

●要求・設計の再利用技術

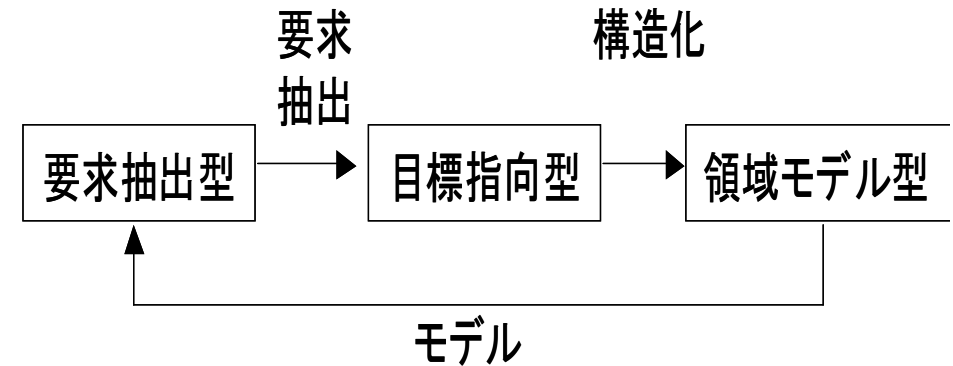
1. 分析、設計、コーディング、プロジェクト管理のためのパターン
2. パターン・フレームワーク
3. ソフトウェアプロダクトライン (Clements) / ソフトウェアファクトリ



本研究の位置づけ

●要求獲得: **しゃべらせる問い(暗黙的前提・制約、多元的な評価基準)**

- 手法: 要求抽出型・目標指向型・領域モデル型の複合手法
 - 半構造型ヒアリングによる問い
 - ユーザ参加による合議
- 仕様記述
 - 自然言語(+可視化)
- 気づきの支援
 - トレードオフ分析(Carrol)
 - アナロジー

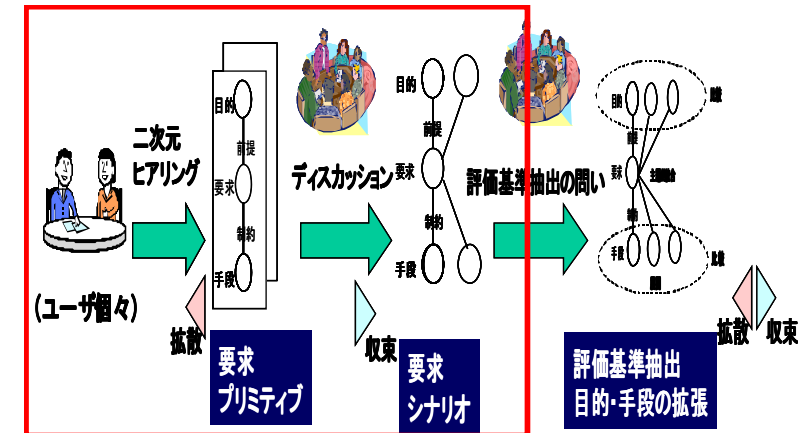


●要求分析: **システム目標論に基づく一貫通貫の要求獲得手法**

- ゴール指向分析(ゴールグラフ)
- 合議による階層的意決定手法(AHP)

研究1：要求獲得と要求シナリオの形成

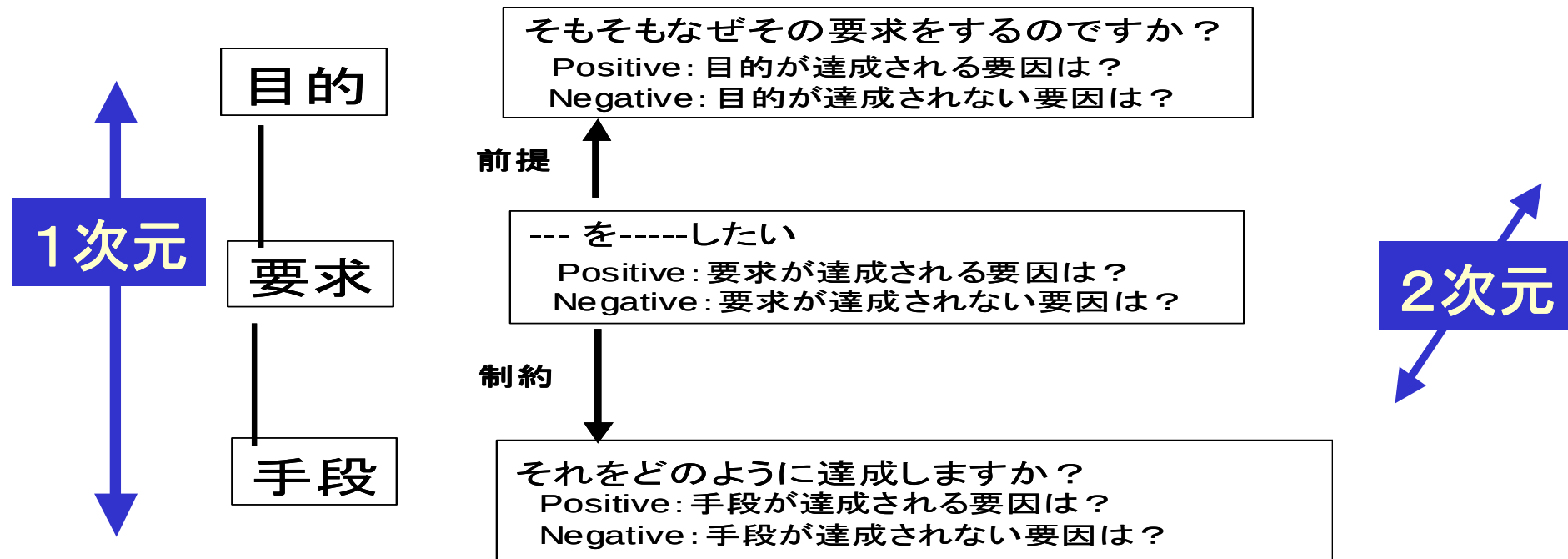
- 目的：ユーザ要求(シナリオ)の獲得
- 課題：要求の**不完全性・文脈依存性**
 - ユーザは、要求を明示的に理解していない。
 - 要求分析者は、要求が理解できない。
 - 多様なユーザの要求の調停・統合が難しい。
- 要求獲得手法の必要要件
 - ヒアリング手法⇒**二次元ヒアリング手法**
 - システム目標論の目的・要求・手段の3階層の知識の獲得
 - 要求の暗黙的知識(前提・制約)の獲得
 - 要求シナリオ獲得プロセス⇒**階層的な要求シナリオ形成プロセス**
 - 多元的な視点を持つユーザからの要求獲得と気づきの促進(拡散)
 - 一連の文脈の中で関連要求を統合するシナリオ形成(収束)



二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つの知識階層(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”な主張理由・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)

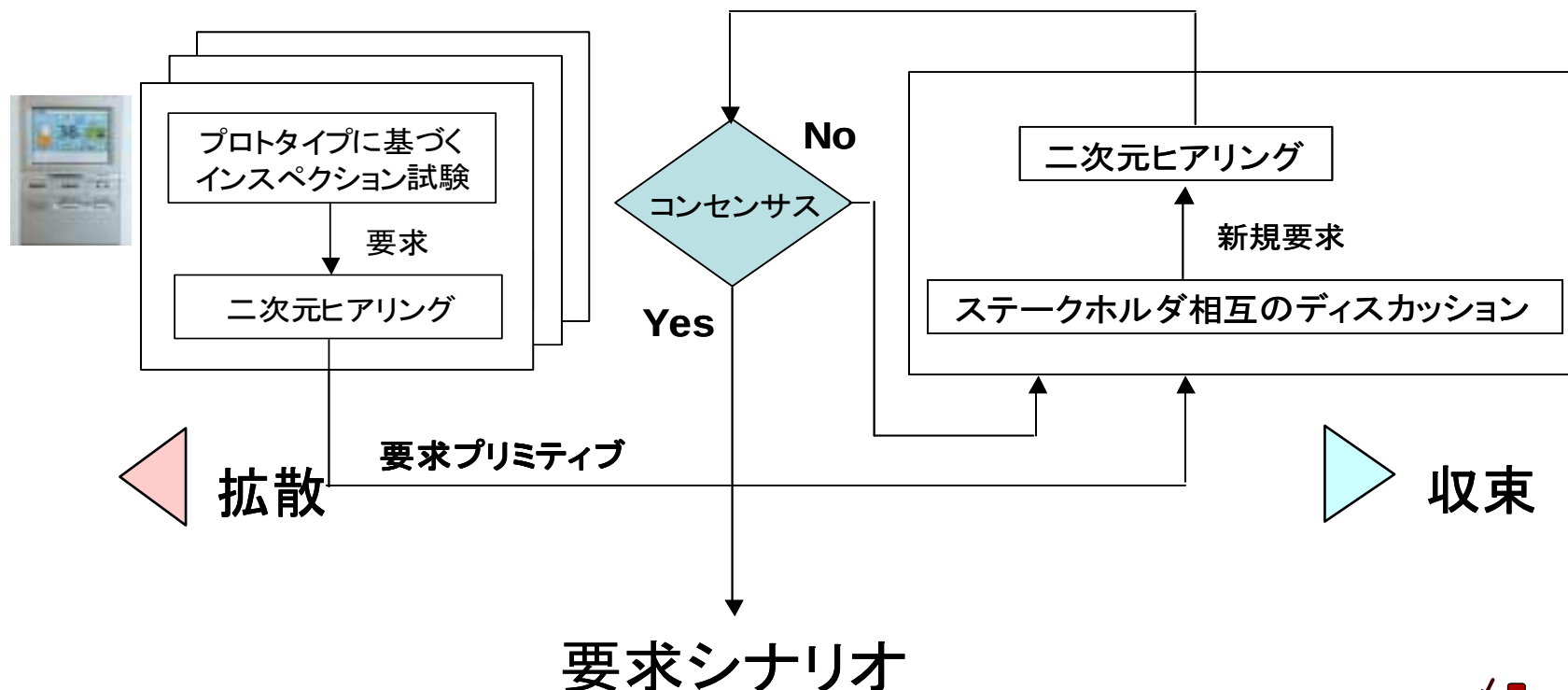


階層的要求シナリオ成長プロセス

- 基本要求獲得のためのインスペクション試験工程＋シナリオへの統合成長のためのディスカッション工程の2階層からなるプロセス

要求プリミティブの獲得

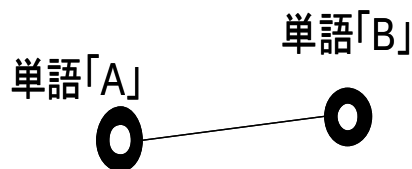
要求補完とシナリオへの統合



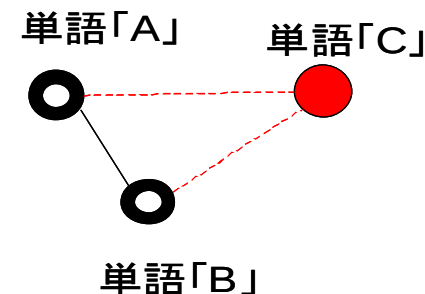
ディスカッション過程(内容)の可視化-KeyGraph

- ディスカッション内容を可視化ツール(Ohsawa)
- 単語(ノード)の結び付きを視覚的に表現することで発言表現することでの可視化
 - 頻度の多い単語のつながりを接続する(島:主張の土台)
 - 頻度は少ないが、ある島とつながりの深い単語(キーワード)を接続する(橋:主張間を関係付ける)。島と島を関係付ける橋により、発言全体の主張を理解

- ひとつの発言に単語「A」、単語「B」が含まれることが多く、さらに多くの発言にこれら単語が含まれている場合にリンクされる(島:文章の主たる主張)



- 単語「C」自体の発生頻度は少ないが、単語「A」、単語「B」で構成された島と共起する頻度が高い場合、赤いノードで表現。(主張を結ぶ言葉:キーワード)



二次元ヒアリングと可視化(要求プリミティブ)

【目的】そもそも、なぜビデオ情報をプレゼンテーションに用いるのですか？

・聴衆の心に訴えるプレゼンテーションを実施したいから

Positive:ビデオ情報が、豊富な情報を含んでいるため、注意をひきつけて感情入をさせる。

Negative:コード化されておらず効率的に検索することができないため、観衆のが削がれる可能性がある。



【要求】

・ビデオ情報を効果的にプレゼンテーションに用いたい。

Positive:視覚的に豊富な表現であり、見るものの心に本質的に訴える効果が

Negative:検索するのが難しく、最初から時間をかけて見なくてはならない。

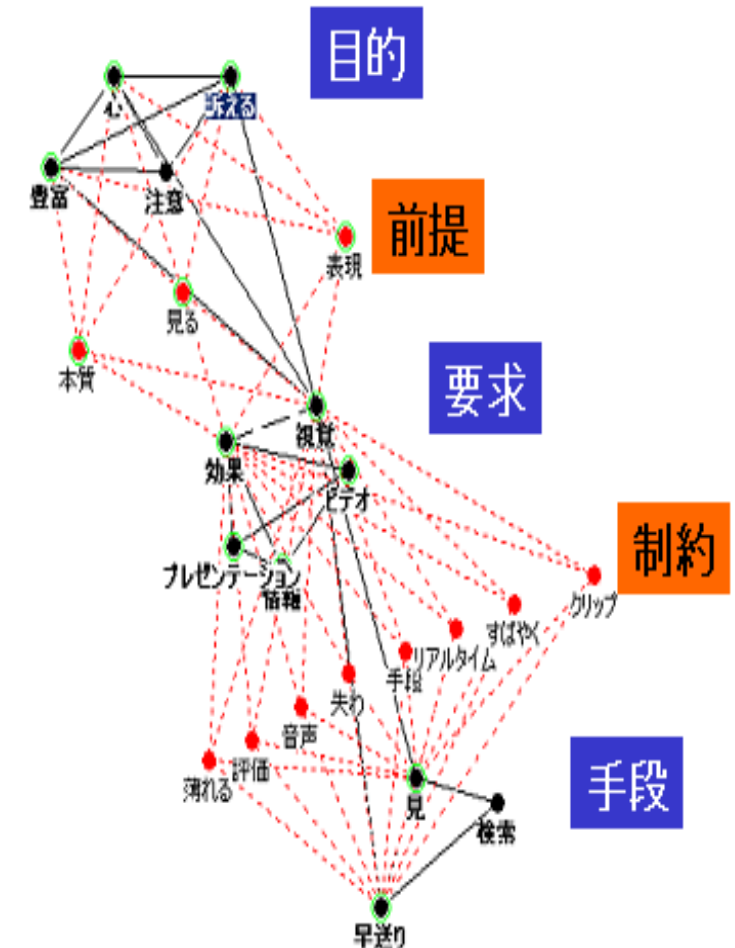


【手段】どのように達成しますか？

・該当画像の検索をし、提示する。検索には早送りを使う。

Positive:検索手段としての早送りは、ビデオクリップをすばやく見て評価ができる

Negative:音声とリアルタイムの視覚情報が失われてしまいプレゼンテーションの効果が薄れる

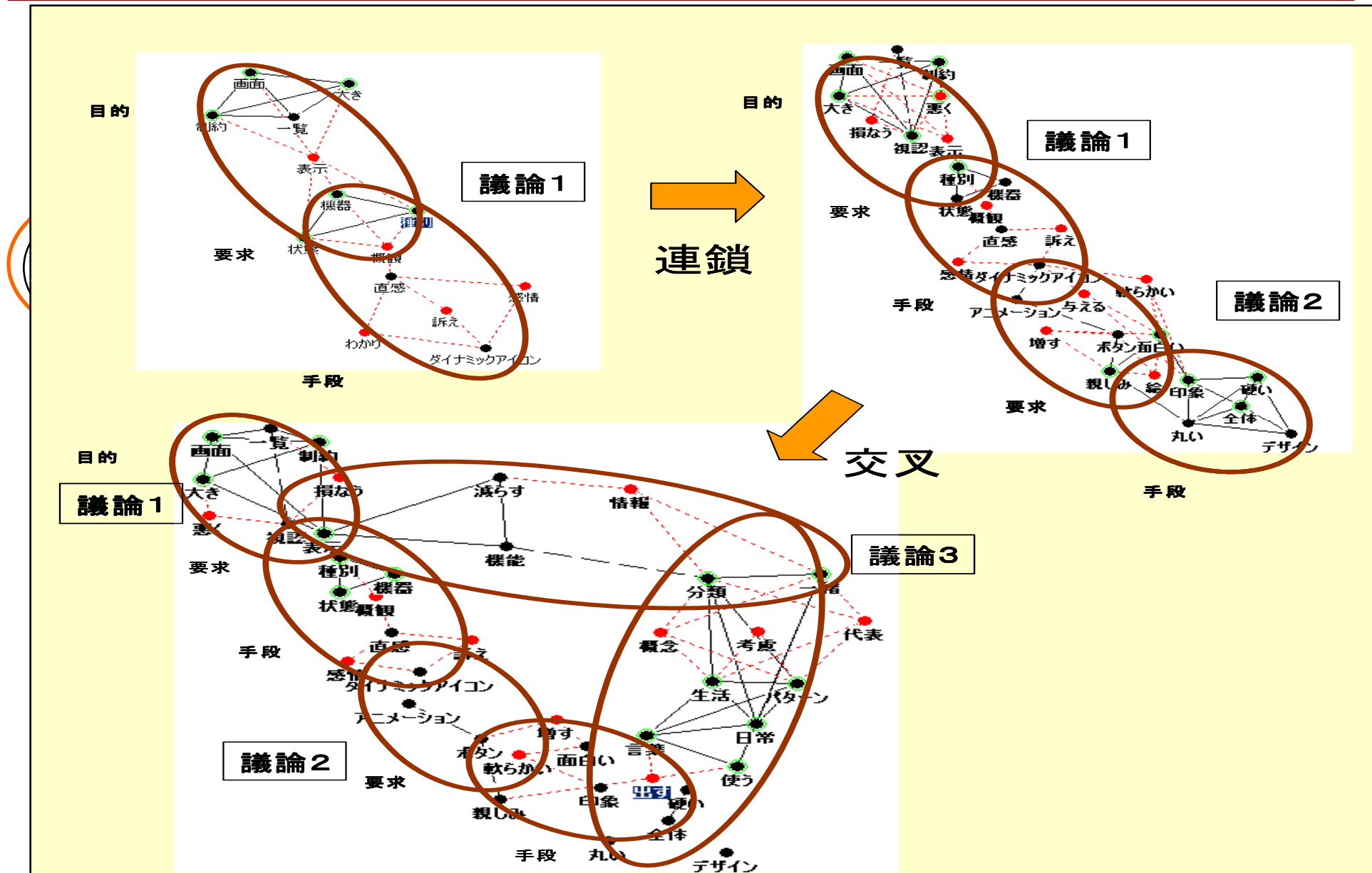


KeyGraphによる可視化結果
(要求プリミティブ)

目的・要求・手段とその制約・前提を構成要素とする双極子(Di-pole)構造



要求プリミティブから要求シナリオの進化



研究2: 評価基準抽出手法

●目的: 代替策の拡張と手段選択のための評価基準抽出

●課題

- アイデア出しや評価基準選定を行う設計会議の効率が悪い。
 - ・ 齟齬による紛糾と解消(8割)
 - ・ 評価基準抽出の支援手法がない。

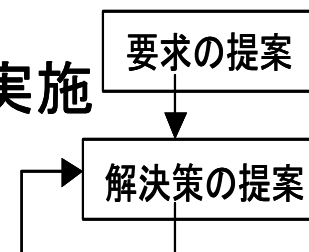
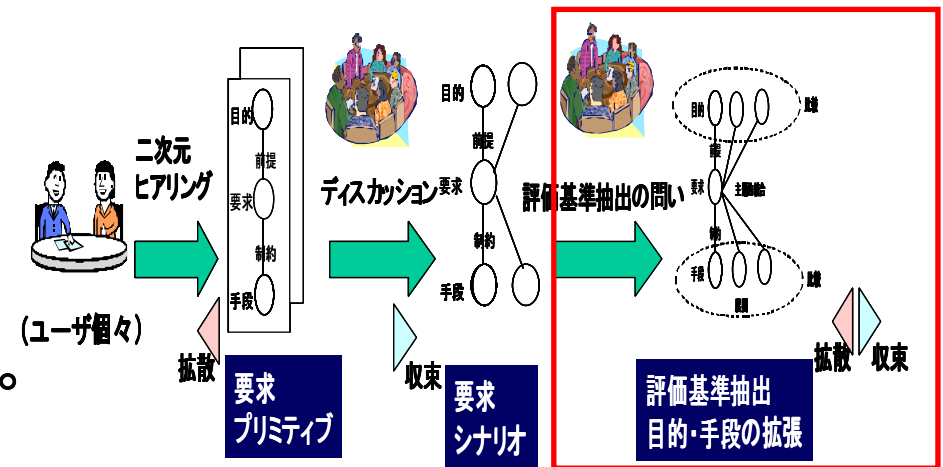
●解決策

- 展開・比較・主題的統合を促す問いによる評価基準形成支援手法

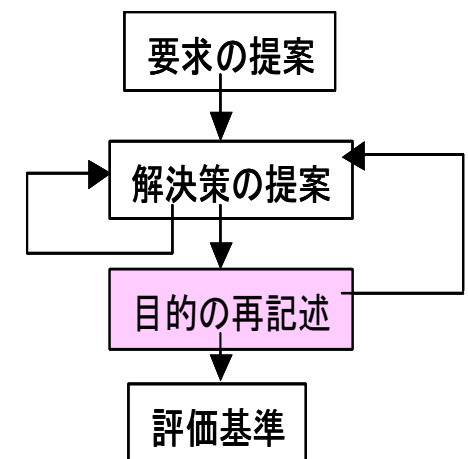
●予備実験:

ブレインストーミングを用いた設計会議の模擬実施

- 要求と単純な解決策の提案(大半)
- 議論が展開され評価基準が形成(まれ)



単発的議論



評価基準抽出



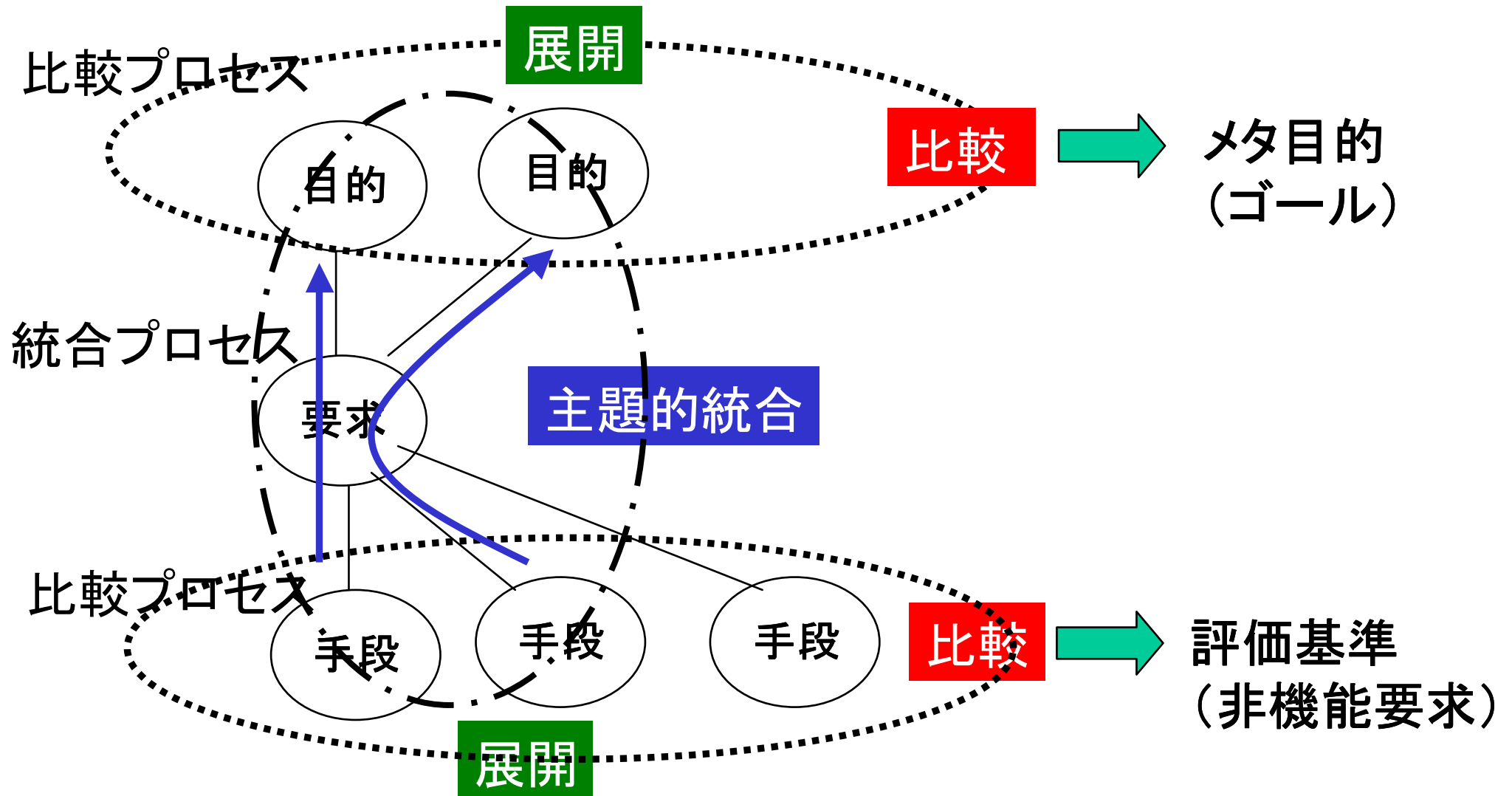
評価基準抽出手法の設計指針

先行研究のサーベイ結果に基づく解決策の検討

- ・ 人は、目的を定義する前に**課題の解決策**を検討しようとする性向がある。
- ・ 単純な議論の繰り返しでは、人の保守性により、境界条件(前提・制約)を見直すことができず根本的な手段展開が期待できない。
- ・ 境界条件の見直しには、**アナロジー**が有効に働く。アナロジーには、**構造上の類似、目的の類似、主題上の類似**などがある。
- ・ 構造上の類似は推論が比較的容易だが、目的・主題上の類似は、その類似性に気づきを促すアクションが必要とされる。
- ・ アクションには、**外在化/内在化、拡散/収束**などの**サイクルの繰り返し**が必須である。



評価基準抽出手法(プロセス)



質問法の先行研究

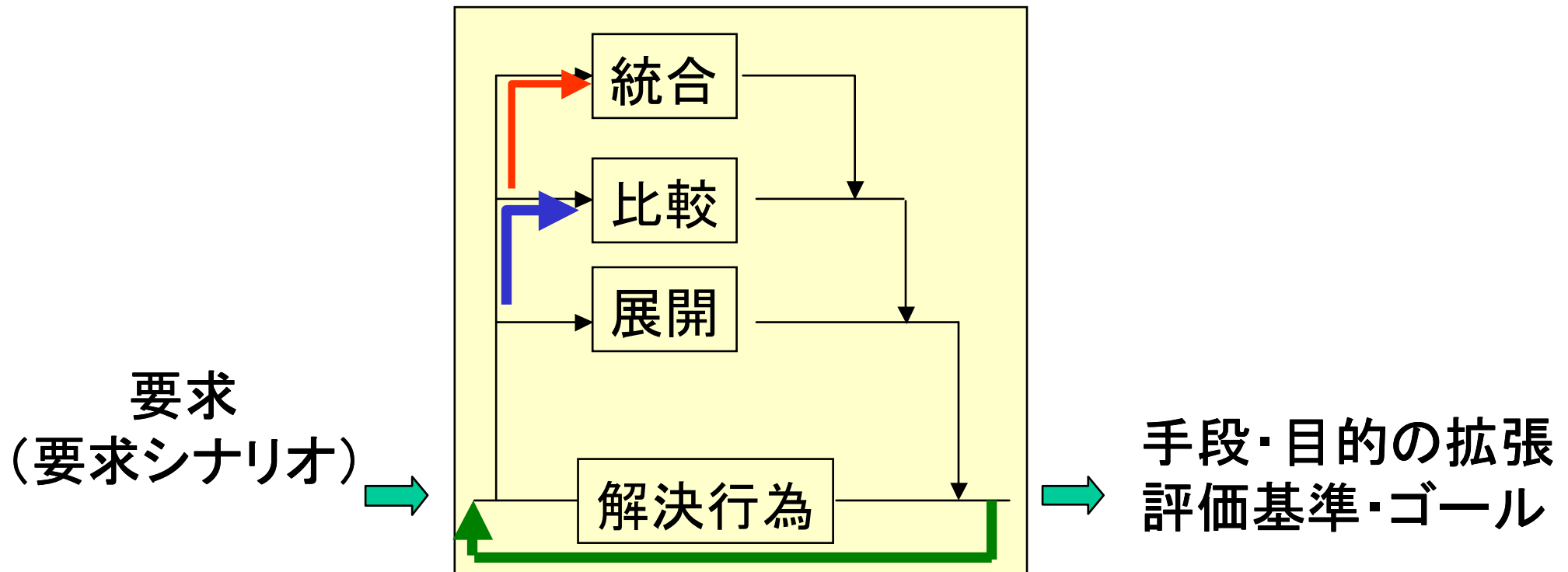
- 設計会議において議論を拡散・収束させる質問(Ozgur研究から)

質問分類	種類	例
展開	Enablement	What allows you to measure distance?
	Method Generation	How can we keep it from slipping?
	Proposal	Can we use a wheel instead of a pulley?
比較	Interpretation	Will it slip a lot?
	Procedural	How does a clock work?
	Causal Antecedent	Why is it spinning faster?
	Causal Consequence	What happened when you pressed it?
	Expectational	Why is the wheel not spinning?
統合	Rationale/Function	What are the magnets used for?
	Scenario Creation	What if the device was used on child?
	Ideation	What can we do with magnets?



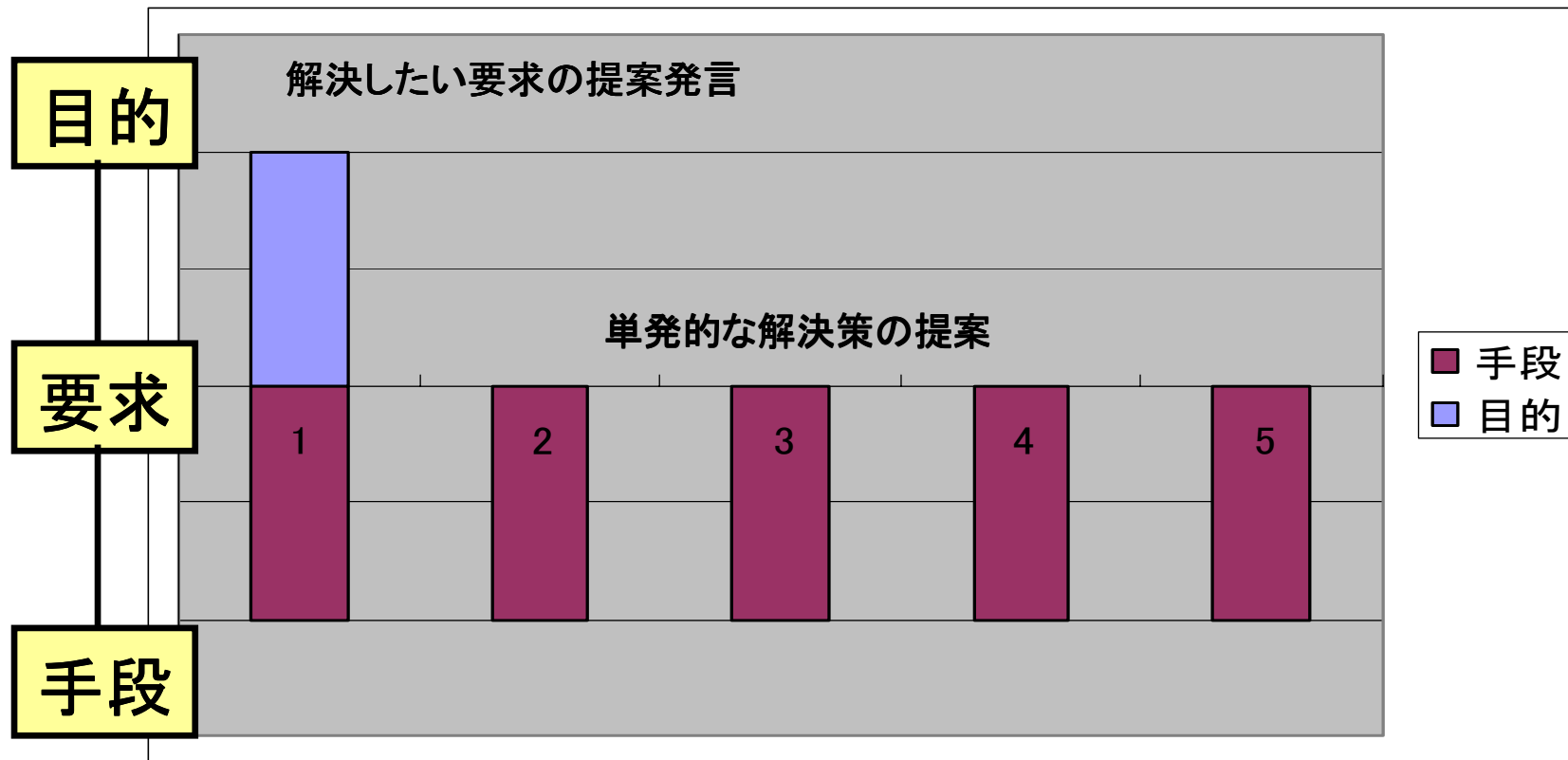
服属アーキテクチャの転用による会議プロセスモデル

- 服属アーキテクチャの転用による評価基準抽出のモデル
 - 解決行為: 目的・要求から解決手段検討行為(生得的な特性)
 - 展開: 目的・手段の展開
 - 比較: 展開された目的・手段間の比較による特徴の把握
 - 統合: 目的-手段、手段-目的のシナリオによる統合化



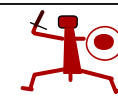
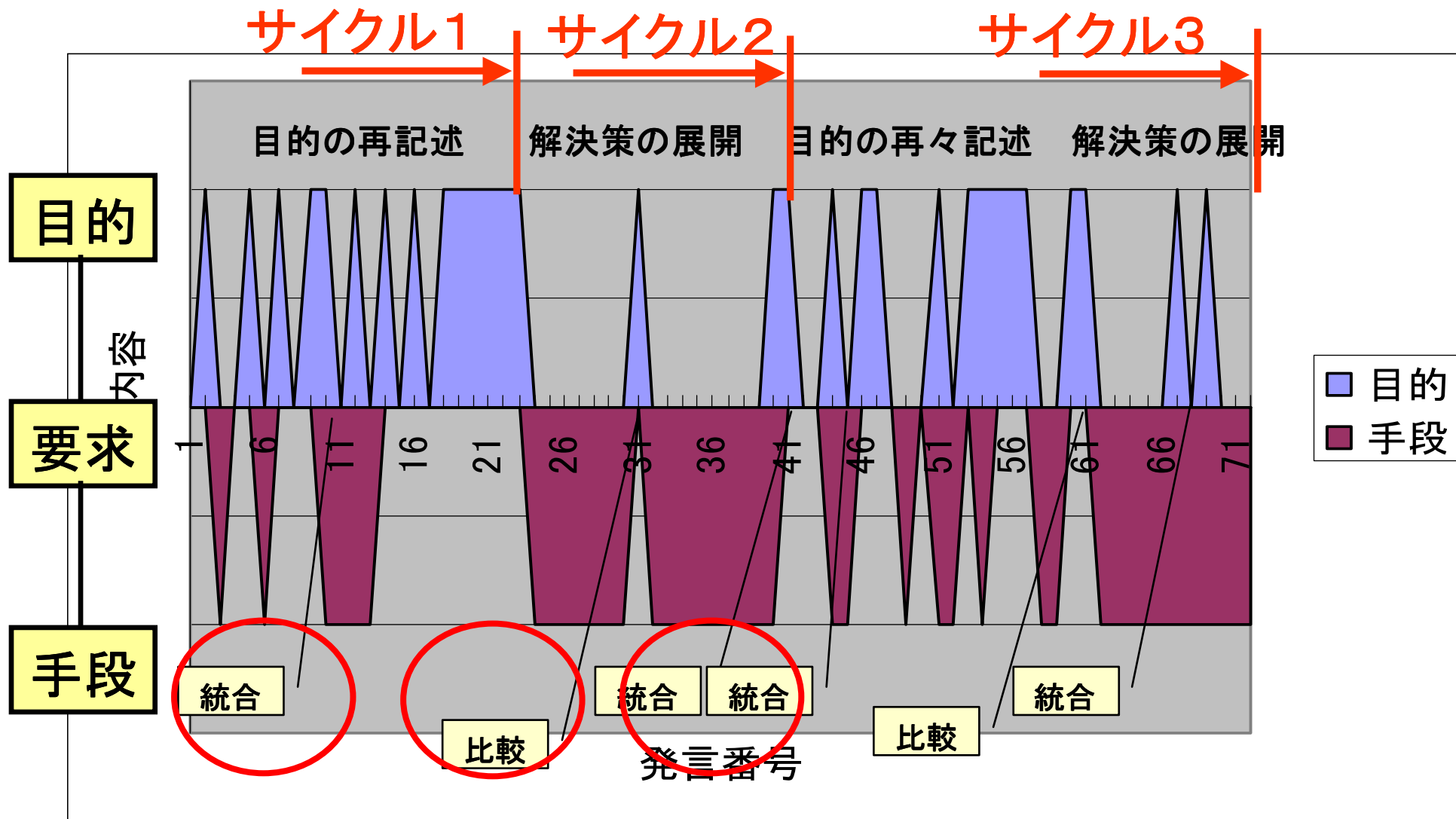
議論プロセス(単発的な議論)

- 単発的な議論



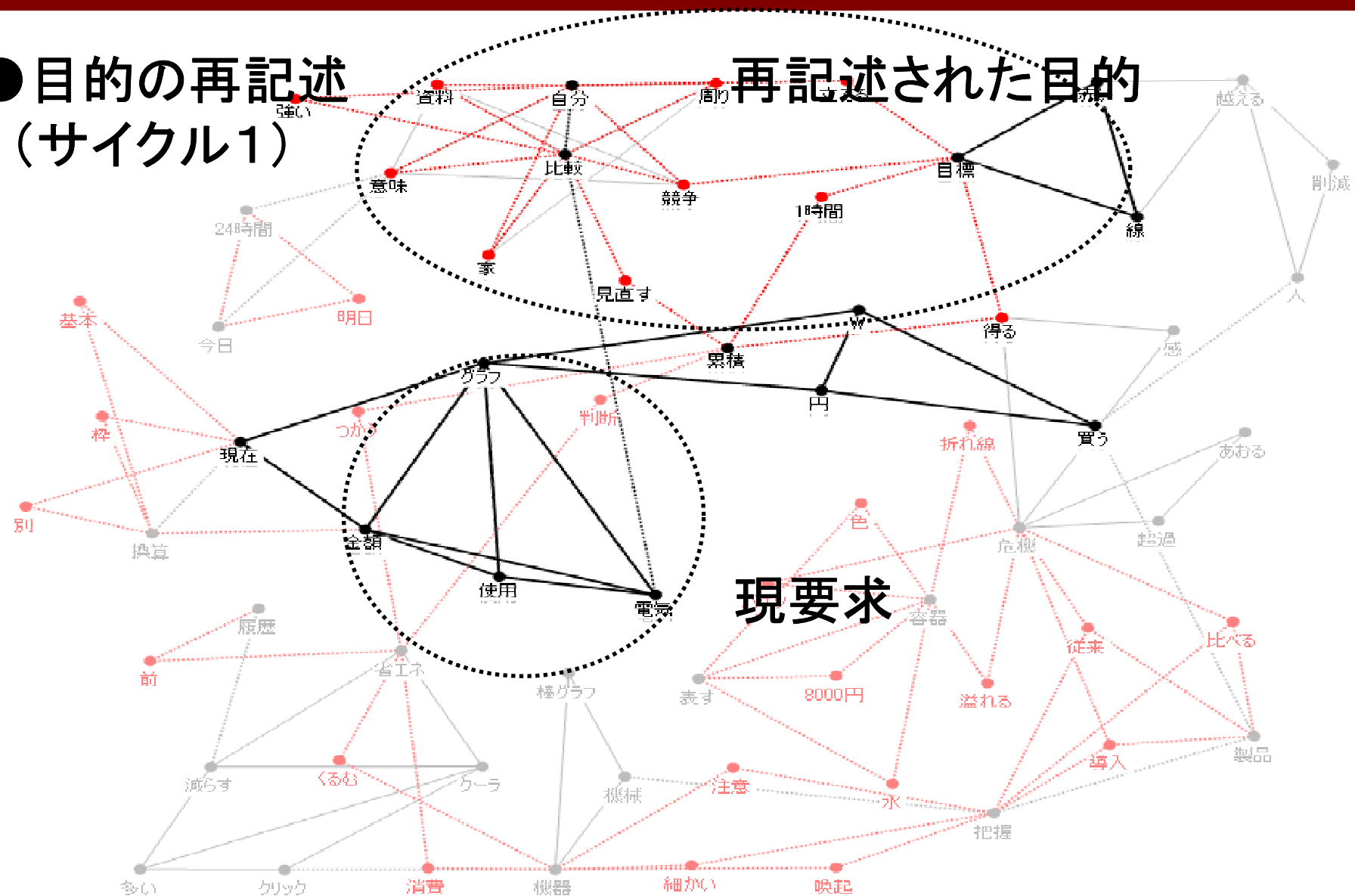
議論プロセス（目的が再記述される場合）

- 目的の再記述・解決策の提案の交番によるディスカッションの継続



ゴール・評価基準抽出の部位(内容)

●目的の再記述 (サイクル1)



●解決手段の提案 (サイクル2)



ゴール・評価基準抽出の部位(内容)

●目的の再々記述と解決手段の提案

(サイクル3)

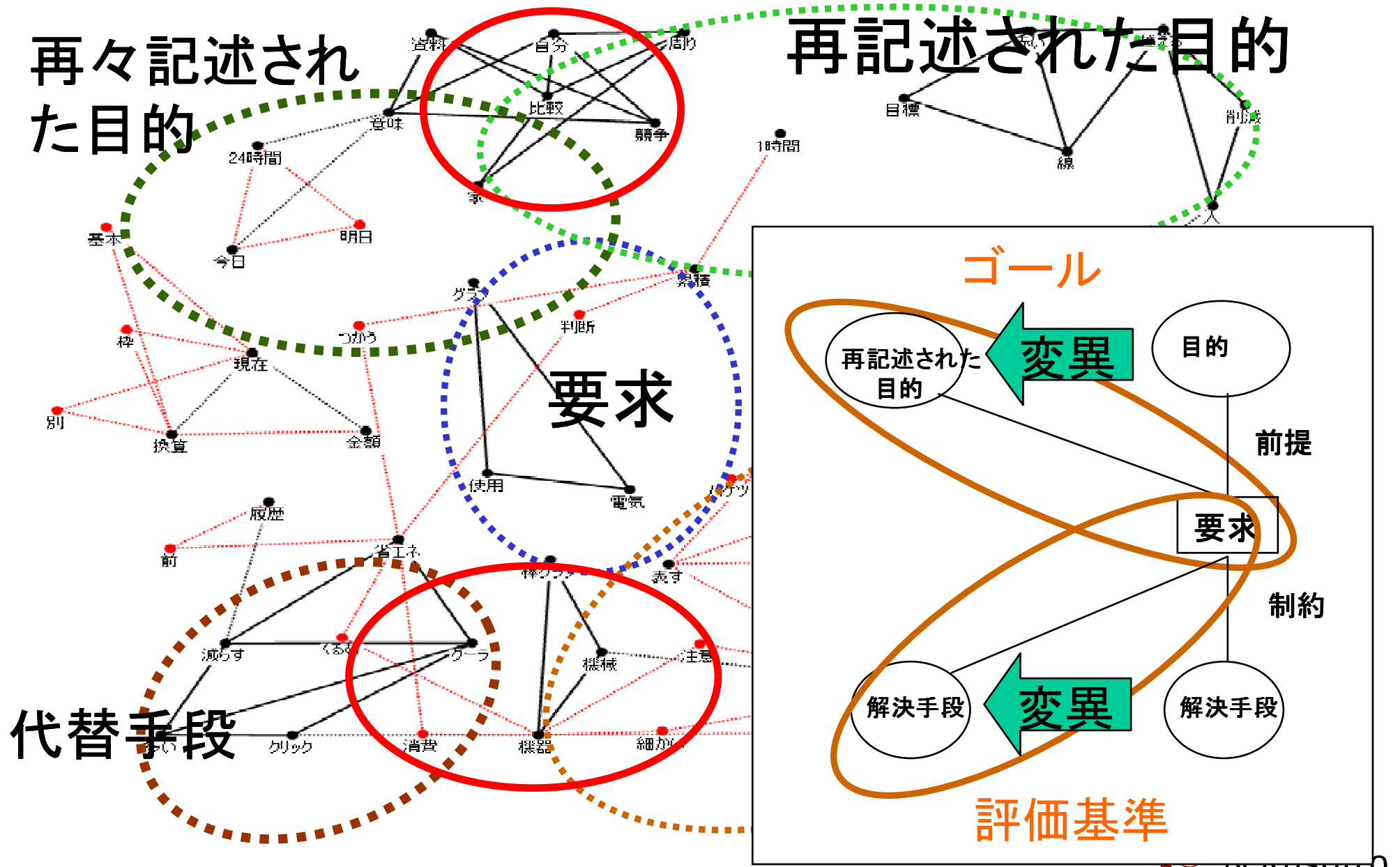
再々記述された目的

要求

解決手段



ゴール・評価基準抽出の部位(内容)



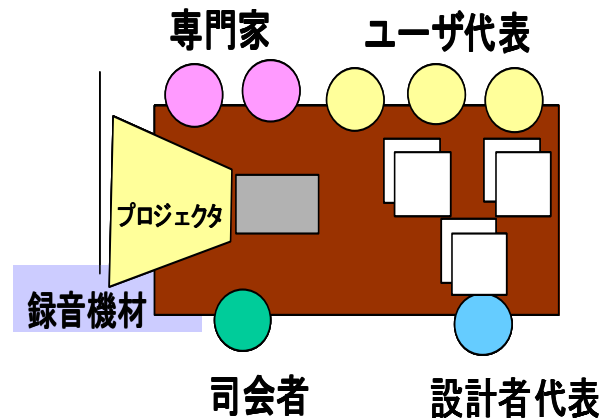
要求プリミティブ・シナリオ獲得実験

● 試験ケース:

- 従来手法: **インスペクション試験**
(Cognitive Walk thorough・Efficient Collaborative Testing手法の組合せ)
- 提案手法: **インスペクション試験+二次元ヒアリング+ディスカッションプロセス**

● 実験参加者

- ユーザ代表(3名)
- 設計者代表(1名)
- HMI専門家(2名)
- 司会者(1名)
- 記録係(1名)



● タスク: ホームコントローラの操作・監視に関する4タスク 温度設定操作、スケジュール操作、初期設定、エラー解除

● 評価:

- **定量的評価**: 単位時間(分)に獲得された要求数
- **定性的評価**: ディスカッション過程の可視化(内容・状態)
 - ・ 内容可視化: KeyGraph
 - ・ 状態可視化: 発話ポテンシャル図

タスク1-1:

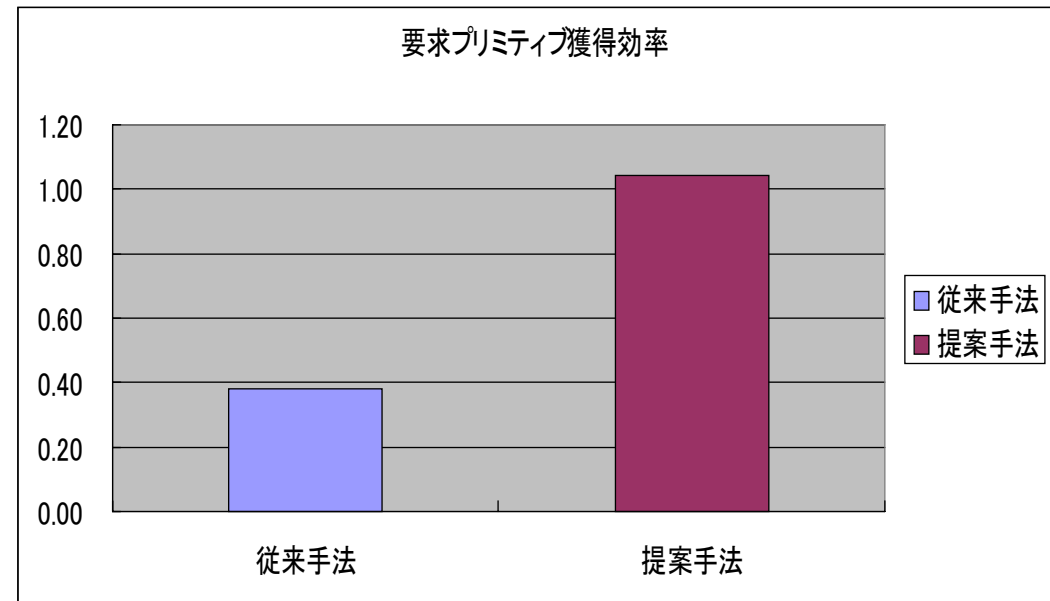
- ・夕食も終わったし、さて後片付けでもするか……。
でも少し、蛇口から出るお湯の温度がスライようです。
適温の40度に設定しましょう。
さて、どのように操作しますか？



実験結果- 定量的評価

要求獲得効率の向上

- 試験時間:
9分⇒31分(4タスク平均)
- 要求の獲得効率:
約3倍(4タスク平均)
- 要求シナリオ:
4タスクともに文脈の一貫した要求シナリオを形成



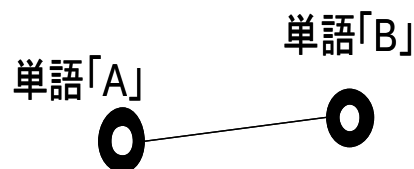
シナリオ番号	概要
1	操作対象となる機器の一貫した提示方法
2	ユーザの文脈毎のメンタルモデルの相違に基づいたアイコンの提示方法
3	ラベル表示の文言の日常性とわかりやすさ
4	パソコン操作のアナロジーを家電機器の操作に適用することの妥当性



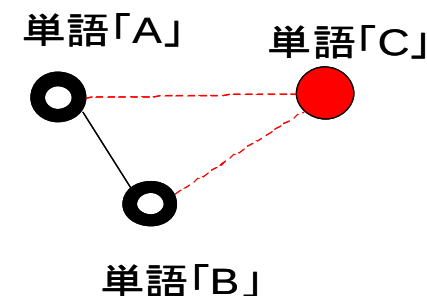
ディスカッション過程(内容)の可視化-KeyGraph

- 文書のキーワードを抽出する可視化ツール(大澤)
- 単語(ノード)の結び付きを視角的に表現することで文章の主張を可視化
 - 頻度の多い単語のつながりを接続する(島:主張の土台)
 - 頻度は少ないが、ある島とつながりの深い単語(キーワード)を接続する(橋:主張間を関係付ける)。島と島を関係付ける橋により、文章全体の主張を理解

- ・ひとつの文に単語「A」、単語「B」が含まれることが多く、さらに多くの文章にこれら単語が含まれている場合にリンクされる(島:文章の主たる主張)

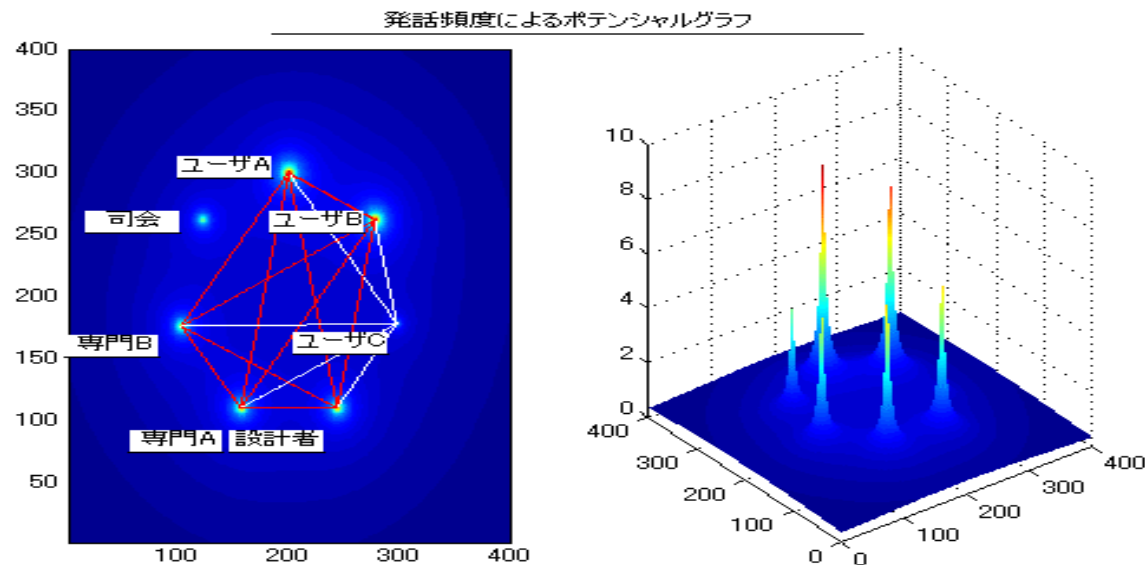


- ・単語「C」自体の発生頻度は少ないが、単語「A」、単語「B」で構成された島と共起する頻度が高い場合、赤いノードで表現。(主張を結ぶ言葉:キーワード)



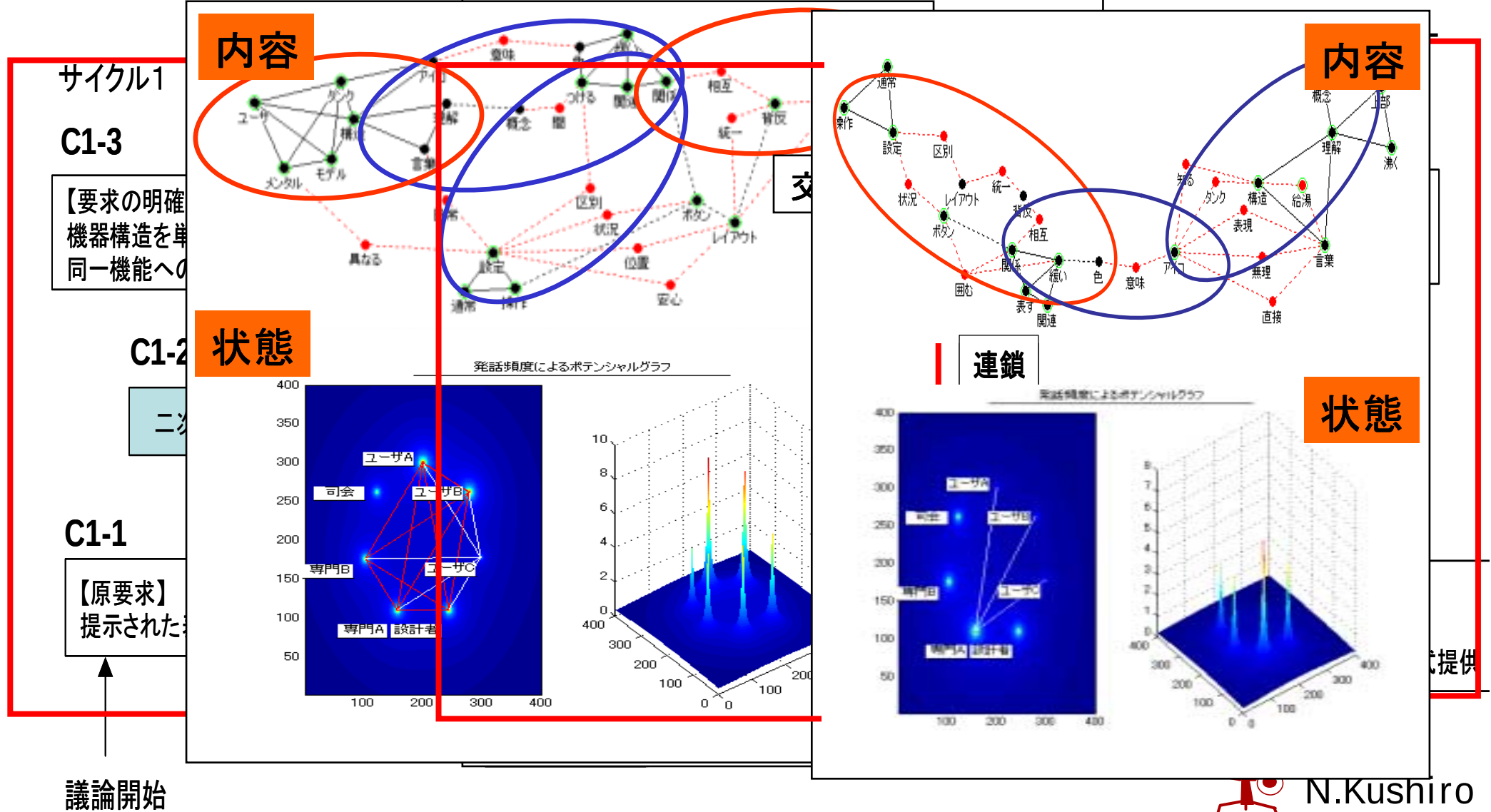
ディスカッション状態の可視化-発話ポテンシャル図

- ディスカッション状態の可視化ツール
 - 発話頻度により会議出席者間の関係を提示
 - 会議出席者を同心円上に配置
 - 発話頻度に応じ、各座標位置の回りにポテンシャル場を発生
 - M : 発話頻度、 R : 距離の時: $P = M / \sqrt{R^2 + 1}$
 - 発言頻度に応じ、発言者間をリンクにて接続
 - 赤リンク: 高頻度発言者間(創発状態)
 - 白リンク: 高頻度発言者と低頻度発言者間(伝達会議形態)



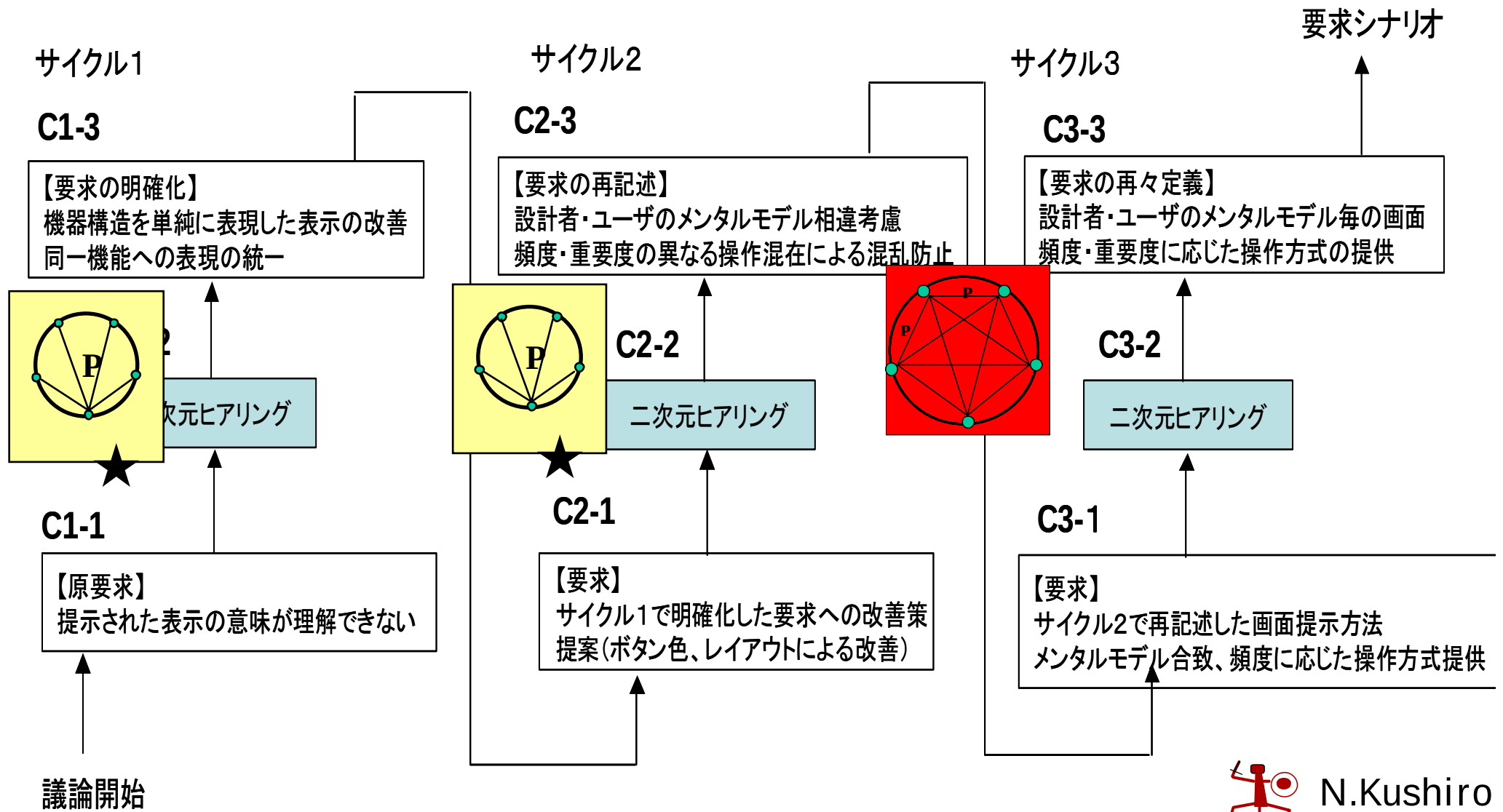
ディスカッションの可視化(シナリオ2の進化)

- ユーザの文脈毎のメンタルモデルの相違に基づいたアイコンの提示方法
- ディスカッションプロセスが **一次元・二次元・三次元・四次元・五次元・六次元・七次元・八次元・九次元・十次元・十一次元・十二次元・十三次元・十四次元・十五次元・十六次元・十七次元・十八次元・十九次元・二十次元・二十一次元・二十二次元・二十三次元・二十四次元・二十五次元・二十六次元・二十七次元・二十八次元・二十九次元・三十次元・三十一次元・三十二次元・三十三次元・三十四次元・三十五次元・三十六次元・三十七次元・三十八次元・三十九次元・四十次元・四十一次元・四十二次元・四十三次元・四十四次元・四十五次元・四十六次元・四十七次元・四十八次元・四十九次元・五十次元・五十一次元・五十二次元・五十三次元・五十四次元・五十五次元・五十六次元・五十七次元・五十八次元・五十九次元・六十次元・六十一次元・六十二次元・六十三次元・六十四次元・六十五次元・六十六次元・六十七次元・六十八次元・六十九次元・七十次元・七十一次元・七十二次元・七十三次元・七十四次元・七十五次元・七十六次元・七十七次元・七十八次元・七十九次元・八十次元・八十一次元・八十二次元・八十三次元・八十四次元・八十五次元・八十六次元・八十七次元・八十八次元・八十九次元・九十次元・九十一次元・九十二次元・九十三次元・九十四次元・九十五次元・九十六次元・九十七次元・九十八次元・九十九次元・百次元**



ディスカッション状態の可視化(シナリオ2の進化)

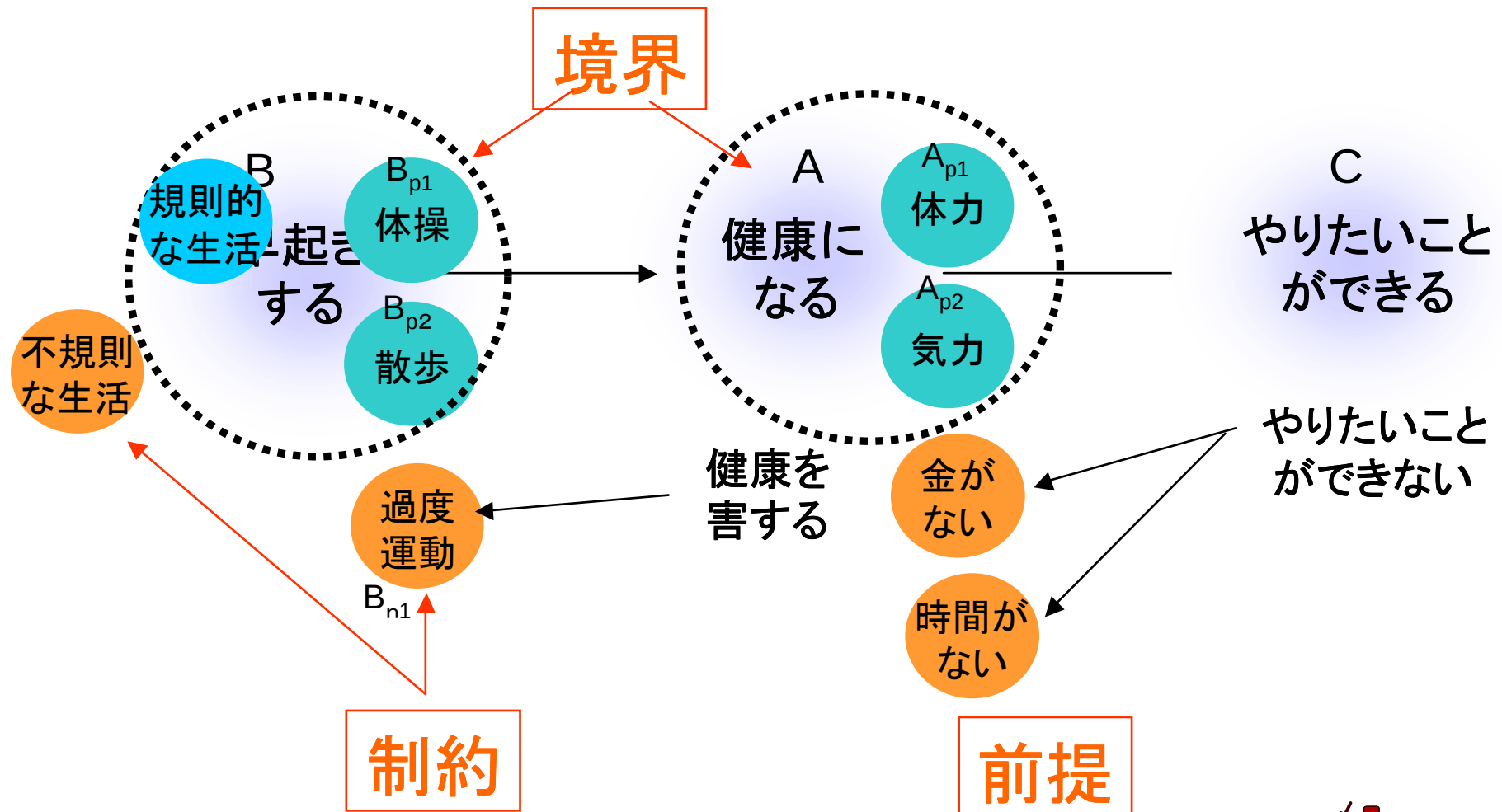
- ・ C3-1: 前提・制約を含む要求シナリオ文脈が理解され**提案が雪崩的に発生**。
C3-3: 要求が、ディスカッションの中で議論された概念で**再帰的に説明**



二次元ヒアリングによる要求シナリオの進化

●なぜ一貫した文脈のもとに多くの要求を獲得できるようになるか？

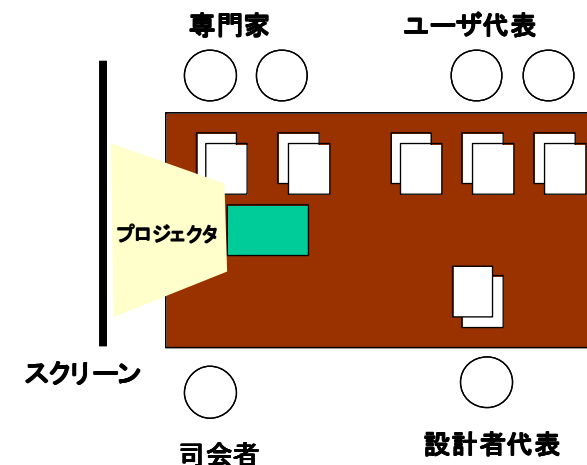
要求：早起して、健康になりたい



評価基準抽出実験

• 代替案・評価基準抽出実験

- 実験方法: 要求シナリオ獲得工程に継続し、設計会議を実施
 - 従来: ナビゲーション無しの設計会議(ブレインストーミング)
 - 提案: 質問によるナビゲーション有りの設計会議の比較
- チーム構成: 同一構成のA/Bチームを編成(チーム構成)
 - HMI専門家(2)、ユーザ(2)、設計者(1)
 - スタッフ: 書記(1)、司会者(1)



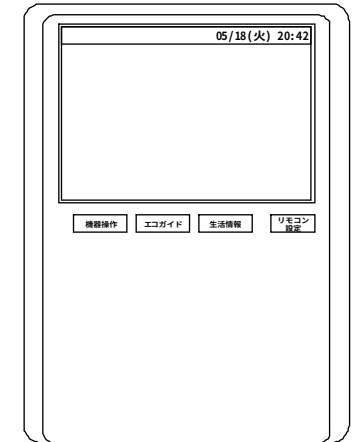
• 評価

- 量的評価: 時間単位に抽出された代替案数
- 質的評価: 第3者による代替案の主観評価
 - 第3者専門家により構成: HMI専門家 2名 設計者 1名
 - 抽出された代替案を3段階評価

実験の設定：タスク課題

●対象：

一般家庭に設置された機器を操作・監視する集中コントローラ。本コントローラは、インターネットに接続され、各種情報の提示(自治体のお知らせ、地区の回覧版など)、機器省エネ運転に関するアドバイス、遠隔地からの機器メンテナンス等のサービスを受けることが可能。

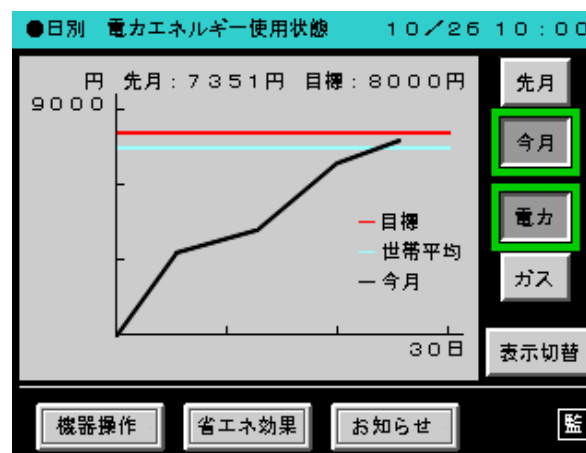


●タスク

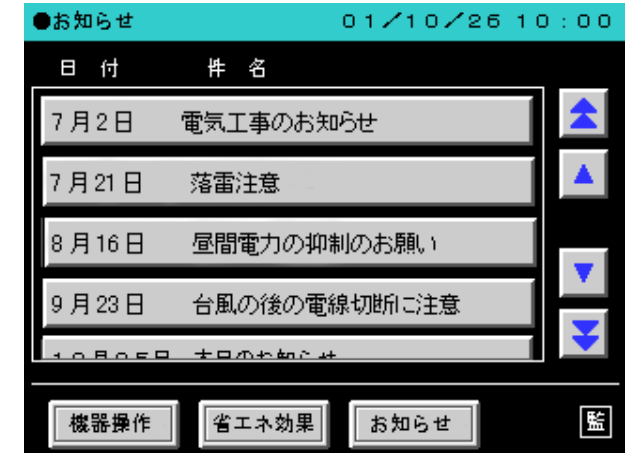
タスク1 機器操作



タスク2 省エネ効果確認



タスク3お知らせ確認



代替案・評価基準抽出(量的評価)

●代替案の抽出数: 評価基準を直接構成する代替案が倍増

- Aチーム: 代替案数・評価基準を直接構成する代替案数増加
- Bチーム: 評価基準を直接構成する代替案が増加

●会議形態: 差異大

(1)ブレインストーミング時:

- ・単発的議論主体

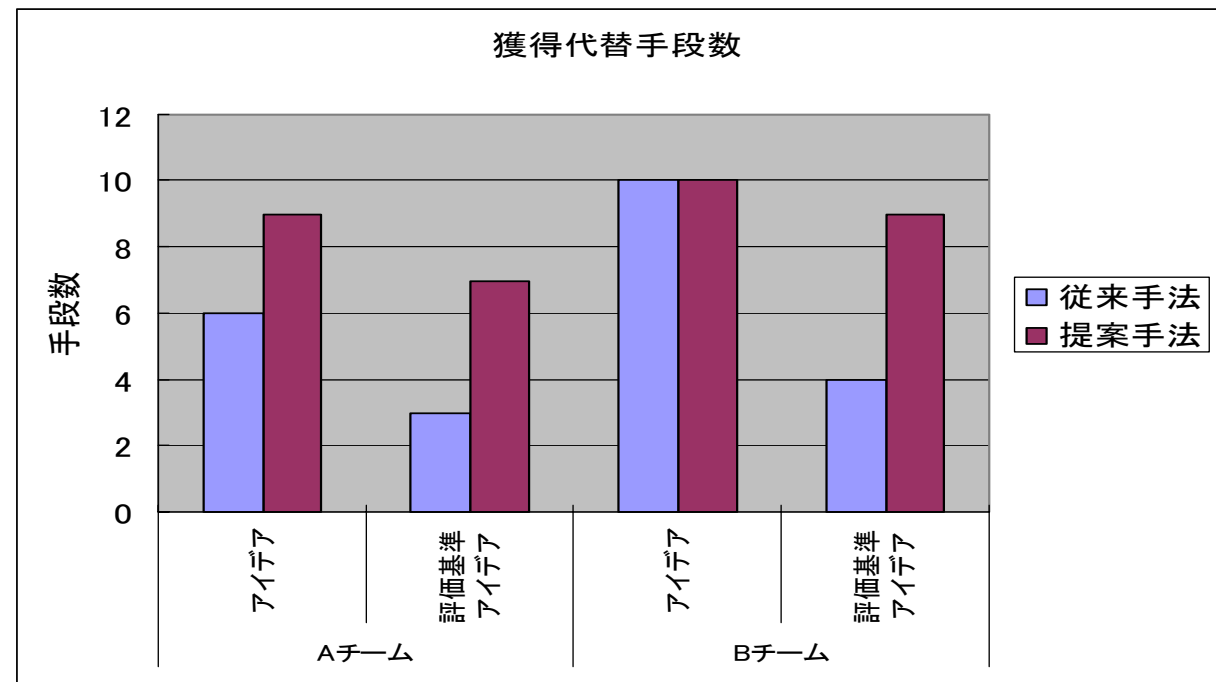
Aチーム: 6/7

Bチーム: 7/8

(2)提案手法時:

- ・議論継続し、
評価基準・ゴールが
抽出された。

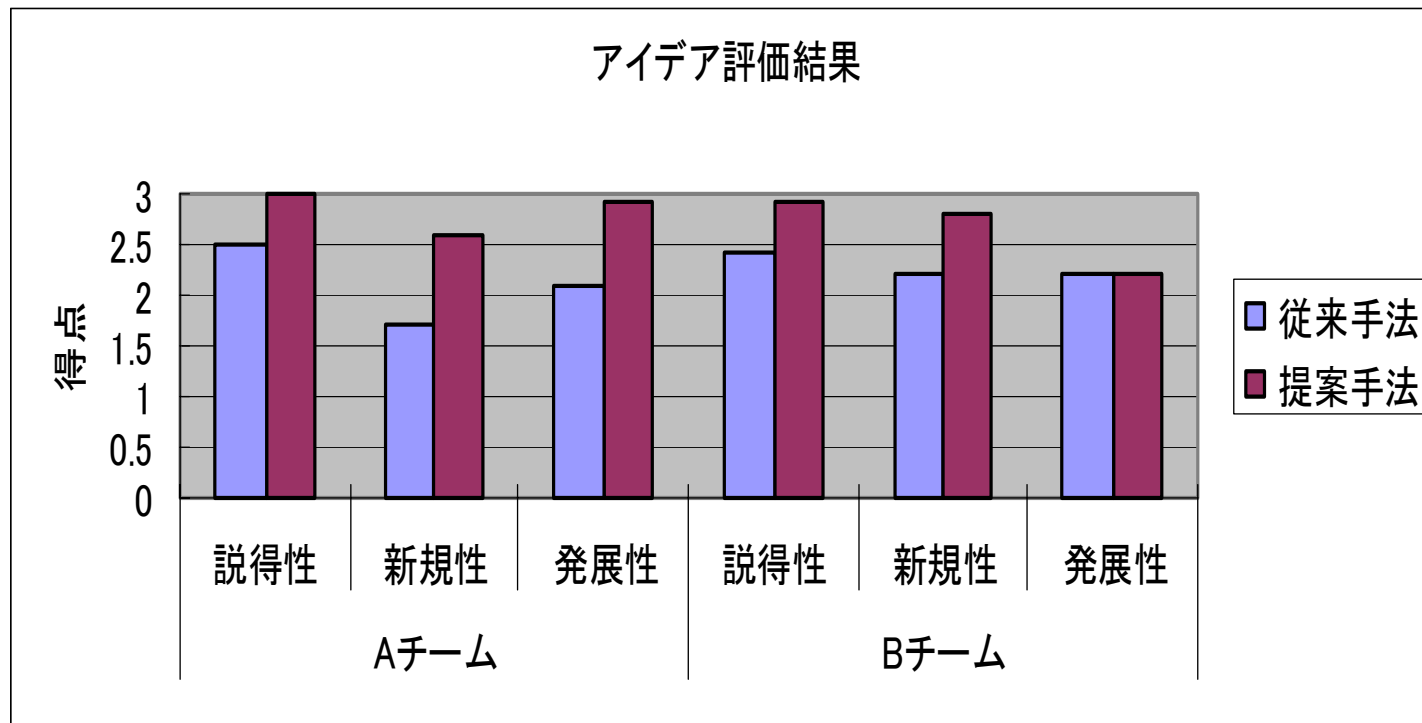
代替案・評価基準の獲得数



代替案・評価基準抽出(質的評価)

- 評価チーム: 第3者の3名の専門家・設計者(HMI専門家2名、設計1名)
- PUG評価指標(Ohsawa)を用い(1-3の3段階 3が最良)評価
PUG: Proposability(説得性)、Unnoticability(新規性)、Growablity(発展性)

代替案・評価基準の質的評価

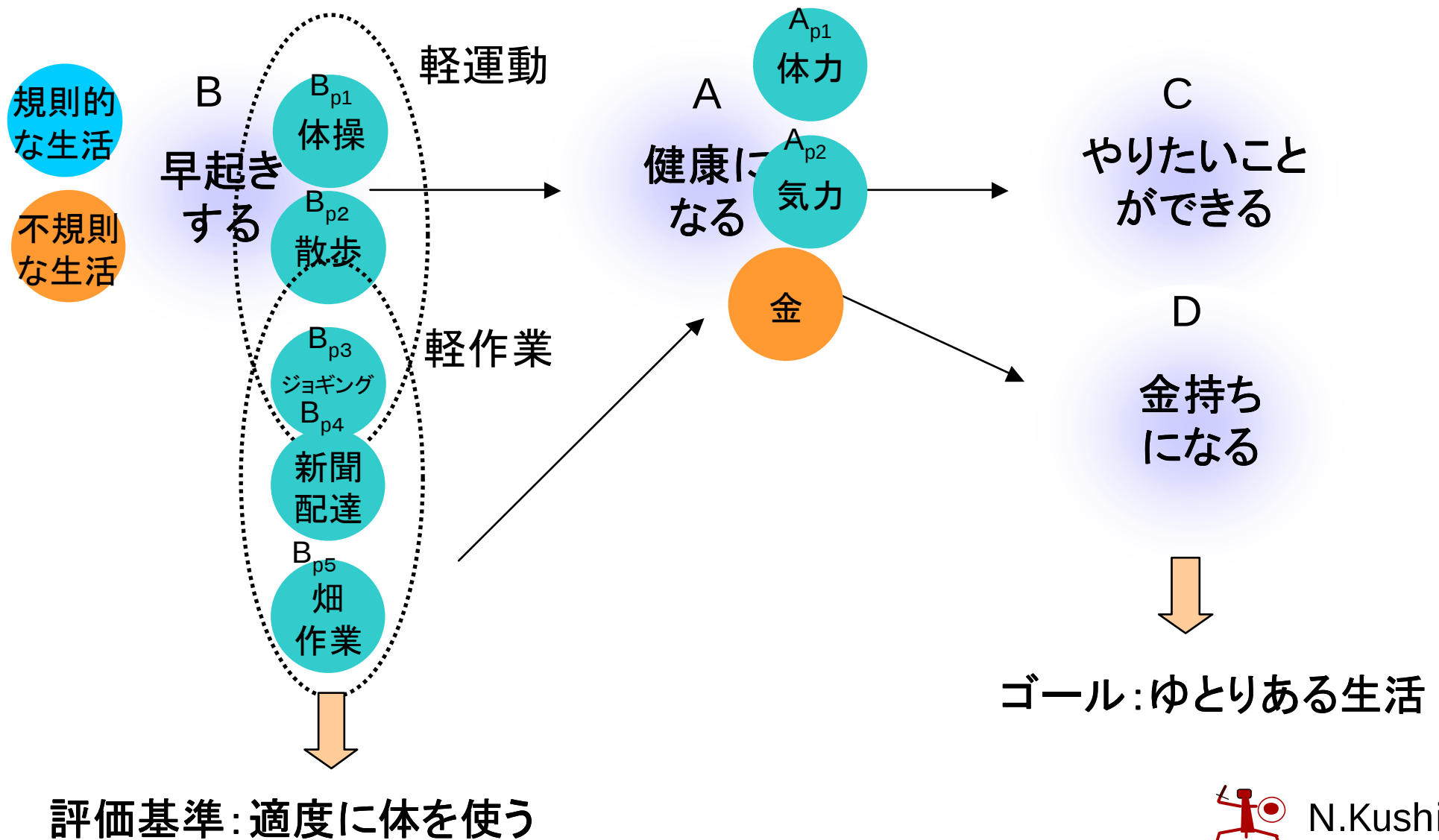


* 新規性のみ統計的に有意(有意水準5%)



展開・比較・主題的統合による要求の進化

●なぜ量・質の高い代替案が獲得されるのか？



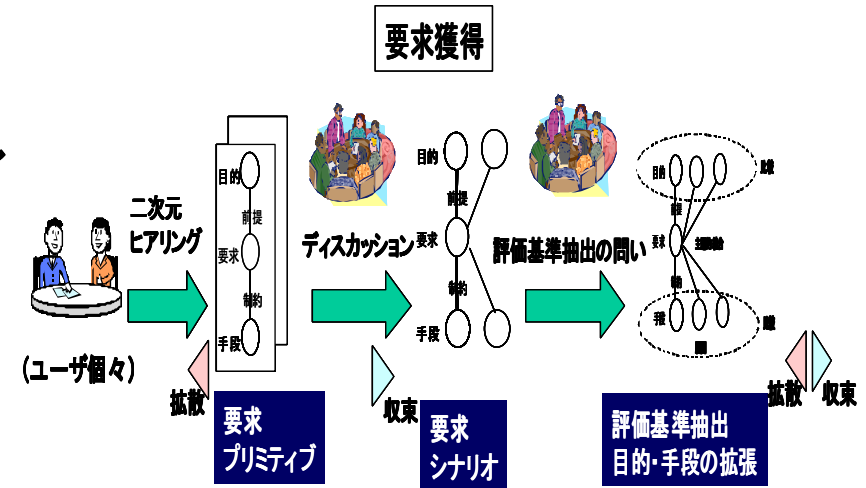
要求獲得手法のまとめ

- (1)二次元ヒアリング手法と階層的要求シナリオ成長プロセスを用いた要求獲得手法を提案し、実験にて“**ユーザに要求をしゃべらせる問い**”の効果(要求獲得数3倍と文脈の一貫した要求の獲得)を確認した。
- (2)展開・比較・主題的統合の問いを用いた代替案・評価基準抽出手法を提案し、実験にて**代替案の量・質の向上への有効性、評価基準の抽出への効果**を確認した。
- (3)これらプロセスの説明に、生物学における**遺伝オペレーション(交叉・連鎖・変異)**のアナロジーを用い、
- 要求シナリオは、要求プリミティブの交叉・連鎖により
 - 評価基準やゴールは、要求プリミティブの変異
- として観察されることを説明した
- ⇒**進化型要求獲得**手法命名の理由のひとつ

研究3: 要求分析

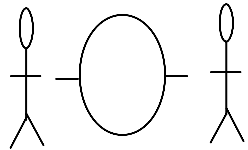
● 要求分析の課題

- ・ 分析者の解釈により要求が変質しやすい
- ⇒ 手法の連続性
- ⇒ ユーザ合議による意思決定



要求仕様化

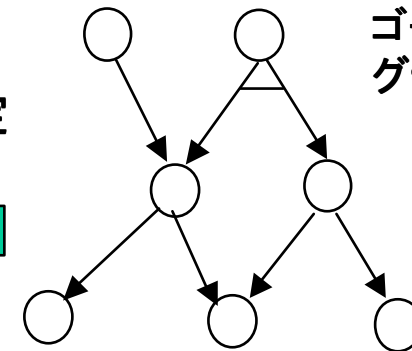
Use case Scenario



要求分析

意思決定 (AHP)

手段選択

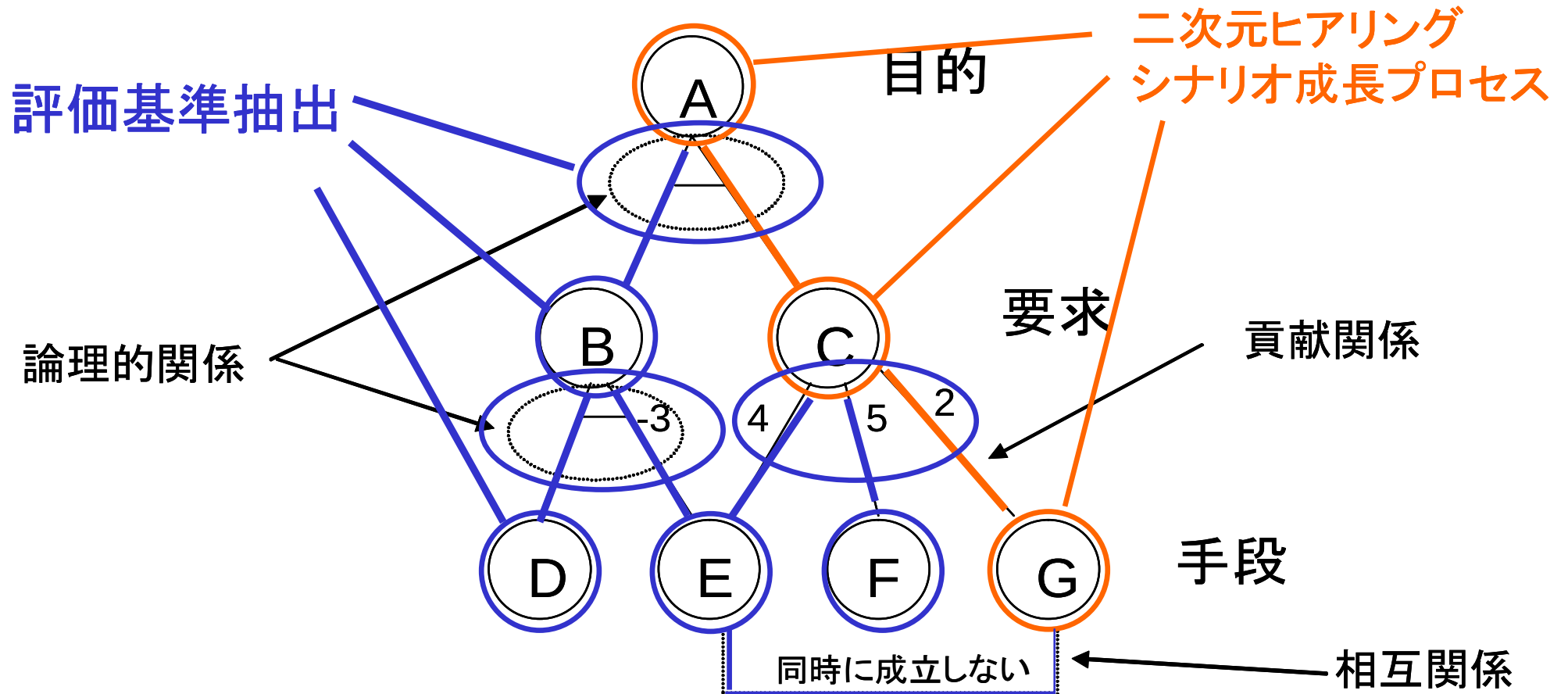


要求の階層化

ゴール
グラフ



ゴールグラフの概要



凡例

A

And

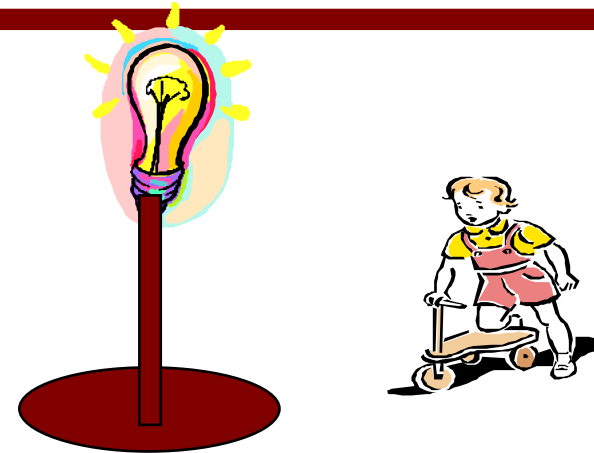
^

Or



街灯システムでの要求設計事例

- 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)



N.Kushiro

街灯システム事例：二次元ヒアリング結果

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、自ら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

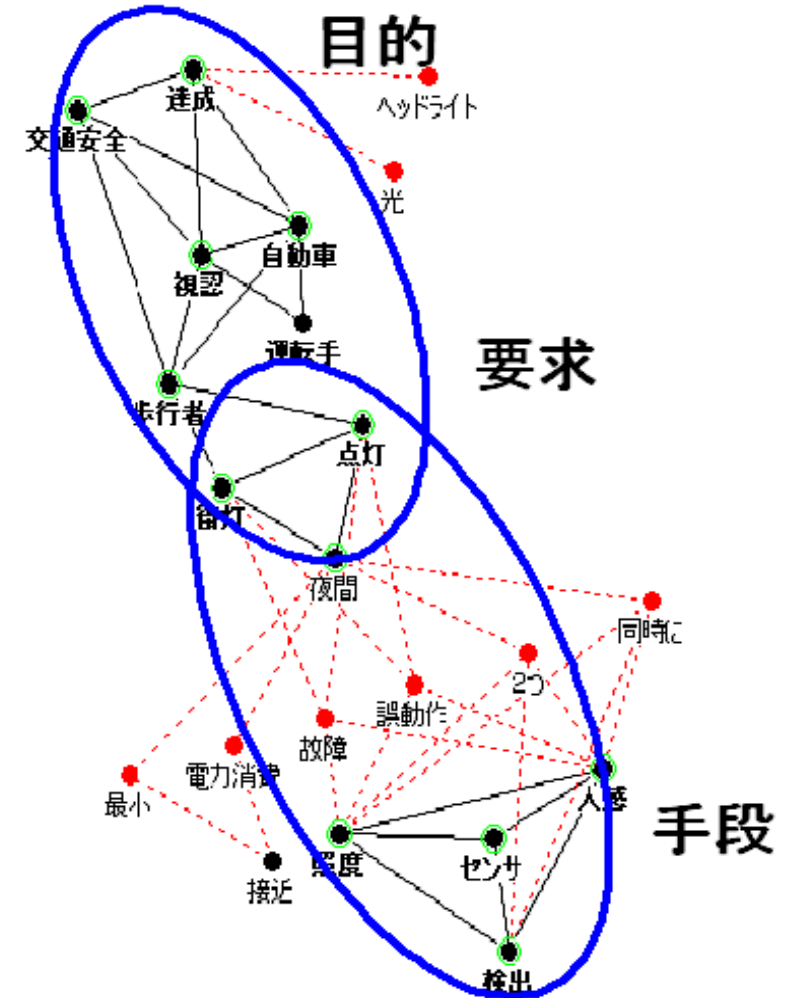
＋：夜間に街灯を点灯することにより、させる。

－：夜間に街灯を点灯することにより、

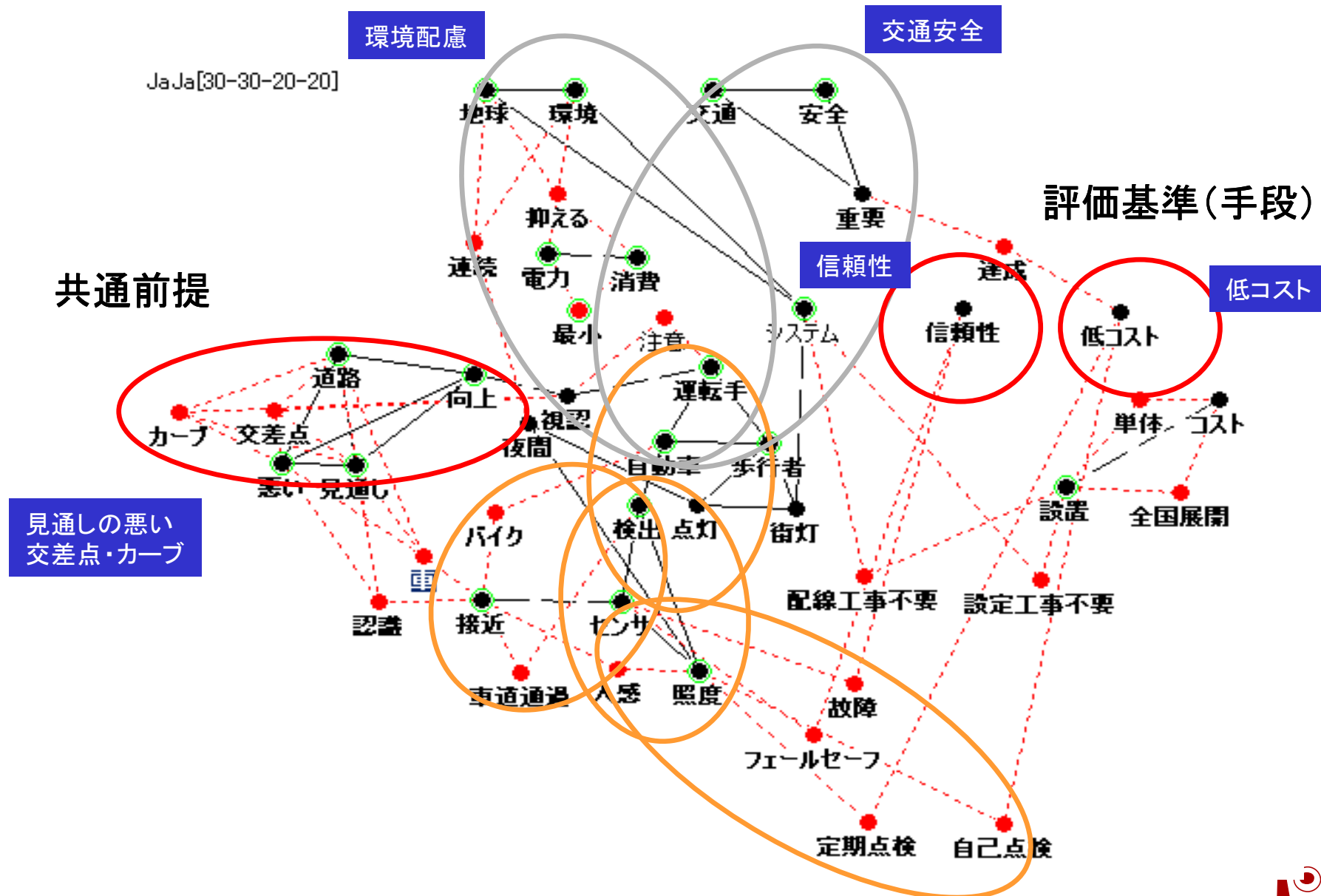
手段：照度センサで夜間を検出する。人感センサ

＋：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歩行者が接近している場合のみ街灯をにする。

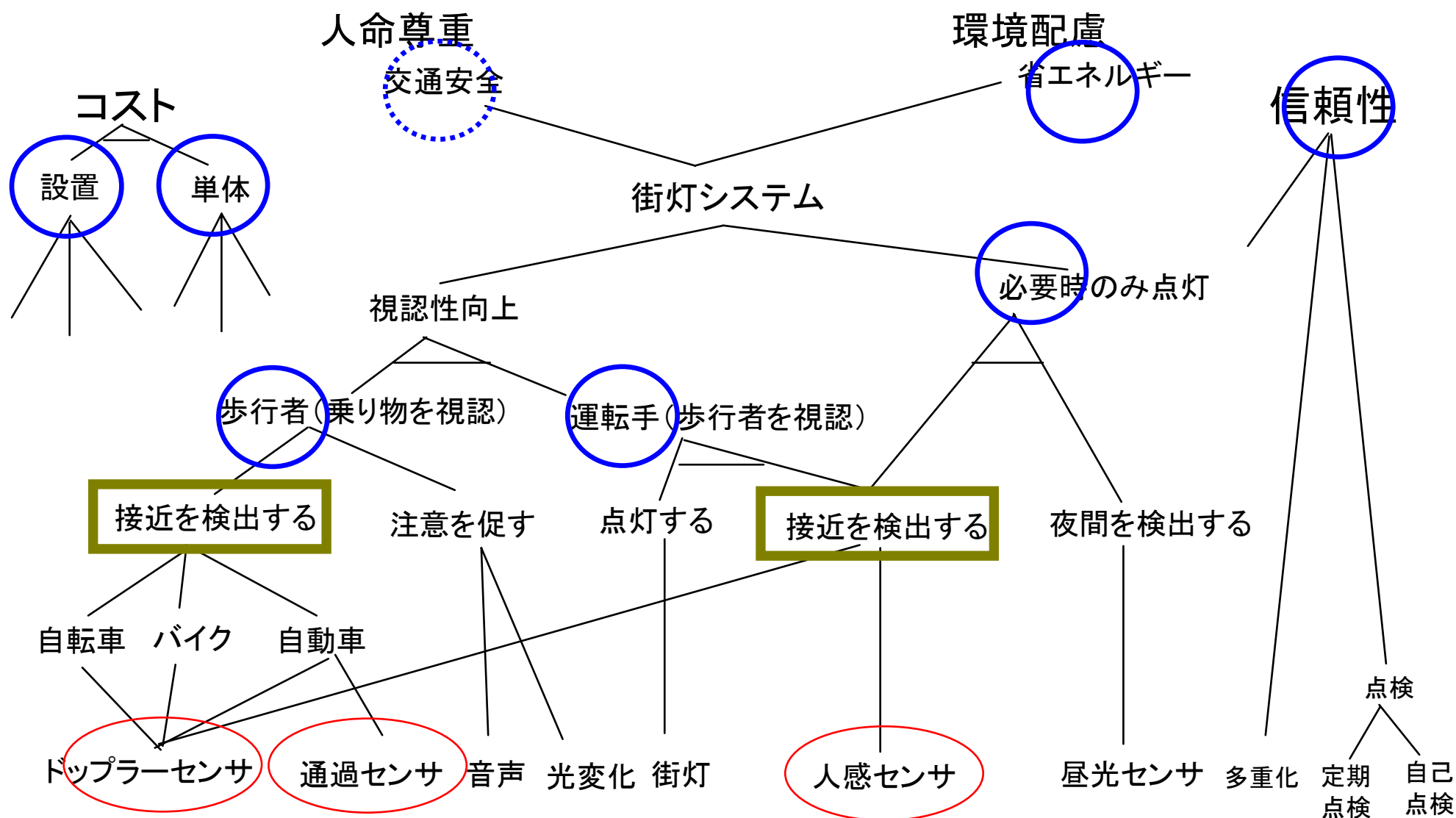
－：照度センサ、人感センサの故障や検出することがある。



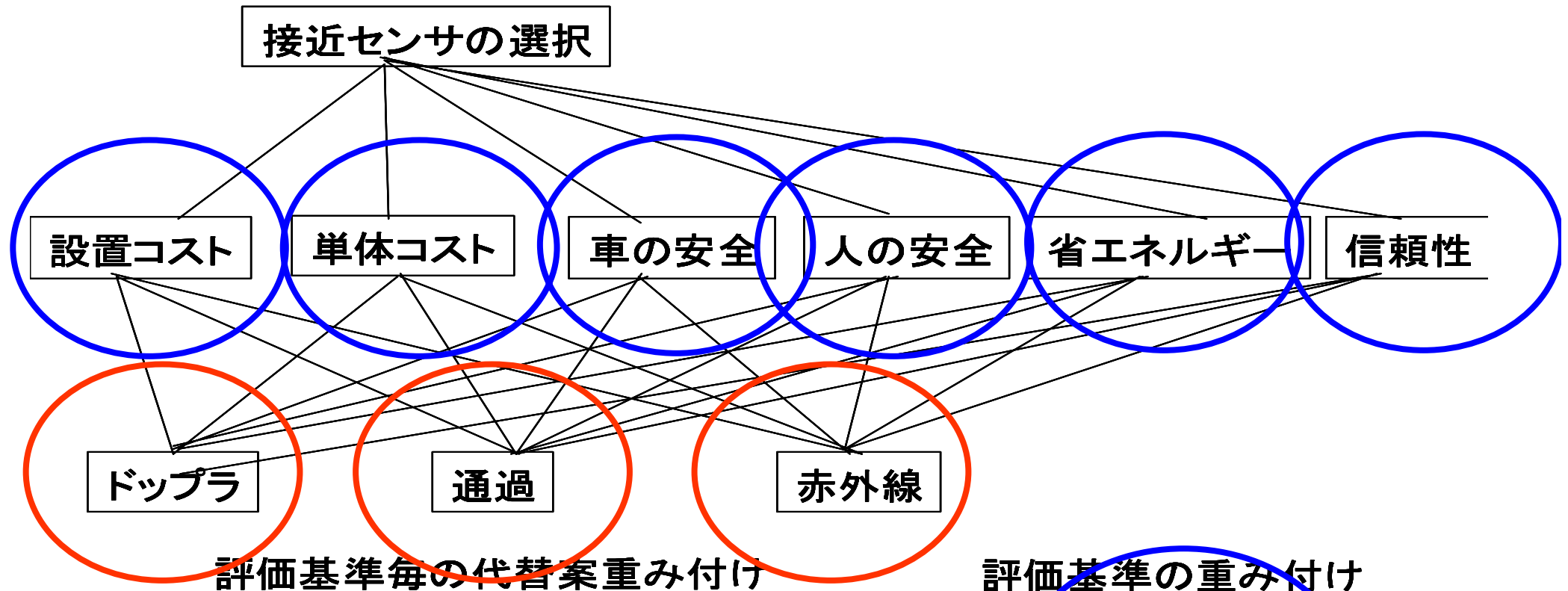
街灯システム事例：評価基準抽出の結果



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



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	0.2902

*

=

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

