

機関番号：82636

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20700148

研究課題名（和文）議論スキームに基づくトレードオフに着目した設計意図の表現と獲得

研究課題名（英文）Representation and Acquisition of Design Rationale Based on Argumentation Scheme with Focus on Trade-Off

研究代表者

加藤 義清（KATO YOSHIKIYO）

独立行政法人情報通信研究機構・知識創成コミュニケーション研究センター知識処理グループ・主任研究員

研究者番号：50373444

研究成果の概要（和文）：

本研究は設計のための議論スキーム，中でもトレードオフ関係に関するものを明らかにし，議論学的手法に基づく設計意図の表現と獲得を実現することを目的とする．本研究では議論学的モデルに基づく定性的意思決定モデルと，それに基づく設計意図表現を提案し，実際の設計事例に関わる設計意図を記述し，設計者とのインタビューを通して，議論学的手法に基づく設計意図表現の有効性について評価し，その有効範囲を明らかにした．

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to shed light on argumentation scheme for engineering design, in particular those that are related to trade-off relationship. In this study, we proposed a design rationale representation based on a qualitative decision-making model, which allows argumentative interpretation. Using the proposed representation, we described the design rationale of real-world design cases and evaluated the effectiveness of the representation as well as its limits through interview with designers.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：知識工学

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知識ベース・知識システム、設計意図

## 1. 研究開始当初の背景

現代社会は様々な大規模複雑システムによって支えられている．それらを確実に設計，開発，運用するには関係者がシステムについての知識を共有することが必要不可欠である．設計意図とは，システムがどうしてその

ように設計されたのか，設計の背後にある理論や理由のことを指し，重要な設計知識の一つである．本研究は設計意図を議論学的手法により表現することにより，設計意図の共有と活用を図ることを目指す．

議論学は，近年哲学の分野で非形式論理の方法として，またコミュニケーション学におけ

る批判的思考の方法として研究が進められている。一方、人工知能の分野においては、従来法的推論の分野で議論学的手法が取り入れられてきたが、近年では非単調論理の形式モデルの基礎として、自然言語処理におけるコミュニケーションモデルとして、また知識工学におけるモデル化手法として注目を集めつつある (Reed and Norman, 2004)。議論学は、対立する主張について、主張を支持する議論、あるいは主張に対する反論を考えてそれらの議論構造を表現し、その構造に従って主張の正当性の評価する枠組みである。効用関数を用いる定量的な意思決定支援手法と比較して、定性的な意思決定過程を扱えるのが議論学の特徴の一つである。

これらの特徴から、我々はこれまでに議論学による設計意図表現の可能性に注目し、議論学に基づく論争機能を実装した法的推論システムを用いて、議論学的手法による設計意図表現の研究を行ってきた。その中で、法的推論システムの上での設計意図表現の枠組み **Argumentative Design Rationale Framework (ADRF)**を提案したが、(1) 設計意図記述の対象を「設計中に現れる問題」という一般的なものにしてしまったために、却ってユーザが設計の中でどのように使って良いかとまどってしまう、(2) 設計意図を汎用的なルールという形で記述するのが必ずしも容易でない、などの問題がユーザ実験などから明らかとなった。

そこで、本研究では次に述べる2つのアプローチにより上記問題を克服しつつ、議論学的手法による設計意図表現の有効性を実証しようとするものである。1つ目のアプローチは設計意図の中でも特にトレードオフ問題を扱ったものに焦点を絞ることである。設計の中でトレードオフをどのように採るかによって、設計対象のシステムの性格は大きく変わる。設計意図表現の対象をトレードオフという重要なポイントに絞ることにより、設計意図表現の扱う問題を明確にしつつ設計の要点を抑えて、設計者に対して設計意図記述の意義を明らかにすることができる。2つ目のアプローチは議論スキームを用いることである。議論スキームとは推論の「前提」「結論」およびその推論が成り立たない場合を指摘する「批判(critical question, CQ)」を類型化したものである。例えば、「相関に基づく因果」という議論スキームでは、前提と

して「AとBは正の相関がある」、結論として「AによりBが引き起こされる」、CQとして「AとBの両方の原因となっている3つ目の要因Cはないか?」を持つ。この例でも明らかのように、議論スキームは論理的には必ずしも正しくない推論を扱うが、そのことにより豊かな表現力を許す。一方で、CQの存在により推論の妥当性を検証することが可能となる。このような議論スキームを予め用意しておくことにより、設計意図記述者の負荷を低減すると共に、CQによる妥当性検証が可能となる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、設計のための議論スキーム、中でもトレードオフ関係に関するものを明らかにし、議論学的手法に基づく設計意図の表現と獲得を実現することである。本研究は、設計におけるトレードオフ問題に着目して、設計の場面で良く現れる推論を設計の議論スキームとしてまとめ、実際の設計例を考案した議論スキームに基づいて記述しデータベース化し、ユーザ評価などを通してその有効性を検証することを目指す。

本研究により設計の議論スキームを確立することができれば、設計意図記述のコストが低減されて、広範な設計知識の共有が促されると予想される。また、開発プロセスの中で設計意図の記録することにより、(1) 設計のマイルストーンにおける意思決定の妥当性の確認、(2) 一貫した設計思想に基づく開発プロセスの遂行が可能となることが期待される。以上のことにより、本研究の結果により、現代社会では不可欠となった大規模複雑システムの信頼性・安全性向上に寄与すると期待される。

## 3. 研究の方法

(1) トレードオフ事例の整理：東京大学と国立天文台が共同で開発を進めている超小型赤外線位置天文観測衛星 Nano Jasmine について、電源供給や姿勢制御など人工衛星の基本機能を司るバス部の開発を担当する東京大学中須賀研究室の協力を得て、開発メンバーへのアンケート、聞き取り調査、設計資

料の調査などを通して、重要な意思決定が関わる設計事例の収集と分析をおこなった。この成果により、設計における議論スキームを検討するための基礎資料を得るとともに、トレードオフ事例データベースの事例を収集することができた。

(2) 設計のための議論スキームの設計：

(1) で得られた設計事例とその分析結果に基づいて、設計によく現れる推論様式を抽出し、設計における議論スキームとして整理をおこなった。また、トレードオフ関係に関わる設計意図表現についての理論的な検討として、議論フレームワークの定性的意思決定モデルによる意味付けに基づく設計意図表現の基礎付けについて検討をおこなった。これらの成果により、設計における議論スキームと議論フレームワークを組み合わせることにより説明が付随する意思決定モデルとして設計意図を表現する見通しが得られた。

(3) トレードオフ事例データベースの設計と構築：議論学的意思決定モデルに基づく設計意図表現を前提に、トレードオフ事例データベースの設計および、これまで収集してきた事例に基づきデータベースの構築をおこなった。

(4) 設計意図管理システムの開発：現場の設計者をユーザと想定して、設計開発の過程で現れる設計事例についてその設計意図をデータベースに登録し、後に閲覧、検索するための設計意図管理システムのプロトタイプの開発をおこなった。これにより、本研究で提案する設計意図表現の有効性を検証するユーザ評価のために必要となる評価用システムの準備ができた。

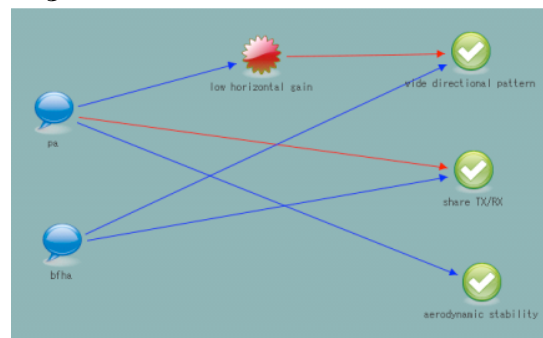
(5) ユーザ評価：前述の Nano Jasmine の開発プロジェクトについて、人工衛星の基本機能を司るバス部の開発を担当する東京大学中須賀研究室の協力を得て、重要な意思決定が関わる設計事例の収集と分析をおこなった。その上で、プロトタイプシステム上のユーザインタフェースで、実際の設計事例に関わる設計意図を記述し、現場の設計者とのインタビューを通して、記述内容の妥当性や、議論学的手法に基づく設計意図表現の有効性について評価し、その有効範囲を明らかに

した。

#### 4. 研究成果

(1) 議論に基づく定性的意思決定モデルの設計意図表現への応用：議論フレームワークの定性的意思決定モデルによる意味付けに基づく設計意図表現の基礎付けをおこない、議論の優先順位という形でトレードオフ関係を表現することが可能な設計意図表現を提案した。これまでに、半構造モデルに基づく設計意図表現に関する研究はあったが、本研究のように、議論学的な意味付けが形式的になされたモデルはなく、本研究が新たな方向性を示したと言える。

(2) 設計意図管理システム：本研究で考案した設計意図表現に基づく設計意図管理システムを開発した。設計意図表現をグラフィカルに記述するためのユーザインタフェースを開発し、システムに組み込んだ（下図参照）。また、設計現場で利用されている不具合管理システムとの連携機能をもたせることにより、設計開発のワークフローの中で利用しやすい工夫をおこなったものとなっている。



図：設計意図のグラフィカル表現

#### (3) 今後の展望

本研究では、収集した設計事例をもとに研究者が設計意図を記述した上で、設計者が評価するというアプローチをとった。次の段階として、本研究で開発した設計意図管理システムを利用して、設計開発のプロセスの中でいかに効率的に設計意図を獲得し、有効に利用することができるのかについての検証が課題となる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

①加藤義清：論証に基づく設計意図記述による設計事例データベース. 人工知能学会第24回全国大会, 2010年6月9日, 長崎ブリックホール (長崎県長崎市).

②加藤義清：議論に基づく設計意図表現に向けた人工衛星設計の事例分析. 日本機械学会第19回設計工学・システム部門講演会, 2009年10月28日, 沖縄県読谷村文化センター (沖縄県読谷村).

③加藤義清：議論スキームに基づく設計における意思決定のモデル化の検討. 人工知能学会第73回人工知能基本問題研究会, 2009年3月14日, 学習院大学(東京都豊島区).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

加藤 義清 (KATO YOSHIKIYO)  
独立行政法人情報通信研究機構・知識創成  
コミュニケーション研究センター知識処  
理グループ・主任研究員  
研究者番号：50373444

### (2) 研究分担者

( )  
研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )  
研究者番号：