

# 論証に基づく設計意図獲得システム

## Design Rationale Capture System Based on Argumentation

加藤 義清\*<sup>1</sup>    堀 浩一\*<sup>2</sup>  
Yoshikiyo Kato    Koichi Hori

\*<sup>1</sup>情報通信研究機構

National Institute of Information and Communications Technology

\*<sup>2</sup>東京大学先端科学技術研究センター

Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo

Although the importance of recording design rationale has been recognized, it has not been widely accepted in practice. This study aims to overcome the capture bottleneck of design rationale by employing computable design rationale representation. In this paper, we present a design rationale capture system DRC based on Argumentative Design Rationale Framework (ADRF), a computational model of design rationale based on a formal argumentation framework. We report a user study in which we had subjects describe design rationale with DRC in order to evaluate the expressiveness of ADRF. The results show both merits and limits of ADRF in expressing design rationales.

### 1. まえがき

大規模・複雑システム的设计・製造・運用を円滑におこなう為には、関係者の間でシステムに関する知識が十分に共有されている必要がある。システムに関する重要な知識の一つとして、設計意図 (design rationale) が挙げられる。設計意図は設計者間で互いの設計を良く理解する為に重要であることは当然であるが、設計以降のフェーズにおいても関係者がシステムを理解するのに役立つ。

設計意図が重要な設計知識の一部であることが認識され、様々な研究がなされてきたが [Moran 96], 現場において設計意図を記録し、活用する活動が必ずしも広く普及していないのが現状である。その原因としては、1) 設計意図を記述するコストが高いこと (コスト), 2) 記述をしても即時的な効果が得られないこと (短期的効果), 3) 記録として残しても有効な活用が難しいこと (長期的効果) 等が挙げられる。特に、1) に関して、設計意図の記述のコストの高さについて報告されている [Conklin 91, Buckingham Shum 94, Shipman 99].

本研究は、計算可能な設計意図表現による短期的効果の向上を狙い、それに基づく設計意図獲得支援の枠組みの構築を目指している。本稿では、論証による設計意図表現の枠組み Argumentative Design Rationale Framework (ADRF) [加藤 05, Kato 05] に基づいた設計意図獲得支援システム DRC について述べ、DRC の一部の機能を実現した DRC0 を用いたユーザ実験について報告する。

### 2. Argumentative Design Rationale Framework

Argumentative Design Rationale Framework (ADRF) は Sartor らによる論証の枠組み [Sartor 93] の上で、システム工学におけるシステム設計評価\*<sup>1</sup>に用いられる要素を定義し、形式的に設計意図に記述できるようにしたものである。以下、ADRF

連絡先: 加藤 義清, 情報通信研究機構, 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1, 042-327-5603, 042-327-5295, ykato[at]nict.go.jp

\*<sup>1</sup> システム設計評価の詳細については [Blanchard 98] の Section 2.5 を参照されたい。

の概略について述べる。詳細については [加藤 05, Kato 05] を参照されたい。

ADRF に現れる要素の間の関係を図 1 に示す。以下、各要素について説明する。

**検討項目 (Design Concern)** 設計を進める上で、検討をし、何らかの判断を下す必要のある事項。

**設計案 (Design Option)** ある検討項目について、設計の候補。

**性能指標 (Performance Measure)** 解析や試験等により導かれる設計案についての客観的な性能指標。

**根拠 (Evidence)** ある設計案が特定の性能指標を持っていることの根拠を与える理論、解析や実験の結果、文書等。

**設計基準 (Design Criteria)** 設計に対する要求から導かれる設計案に対する評価尺度。性能指標に比べて主観的なものを表す。

**判断 (Judgment)** 設計基準における評価に基づいて、各設計案を採用するかしないかの最終的な判断。

**判断基準 (Stand Point)** 設計基準を与える評価や判断は、その前段階に得られる結果をどのように解釈するかによって変わってくる主観的なものである。複数ある判断基準は主観的な設計基準や判断の間に優先順位を定義して、設計者の主観的な判断を明示化する。

### 3. 設計意図獲得支援システム DRC

本節では、前節で述べた ADRF に基づく設計意図獲得支援システム DRC について述べる。

本研究の狙いは計算可能な設計意図表現を導入することにより、設計者に対して設計意図を記録することによる短期的効果を実現し、設計意図の獲得を促進することである。DRC の目的は設計に関する情報を集約し、その上で計算可能な設計意図表現 ADRF による設計意図の記述、ADRF に基づく設計意図に対する評価などの機能を提供することにより、設計意図の効果的な共有を実現することである。

DRC はプロジェクトメモリ管理システムを基盤に設計意図獲得支援システムを実現する。プロジェクトメモリ管理システムとは具体的には設計会議の議事録、設計検討の資料、解析に

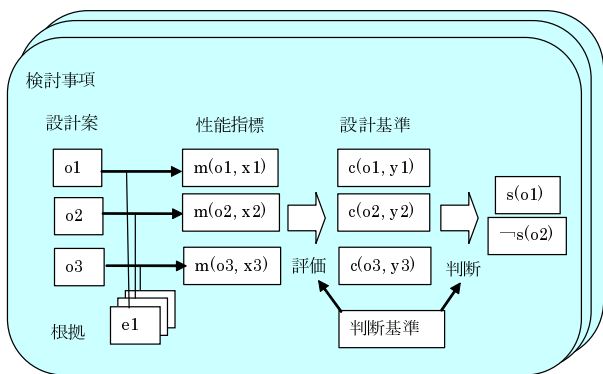


図 1: Argumentative Design Rationale Framework の概要

関する資料、試験の計画書やデータ、報告書などで、実際の設計開発作業の中で成果物や、副産物として出てくる資料やデータを管理するシステムである。

DRC では設計意図獲得支援機能として (1) 論証構造としての設計過程の記録・表示, (2) 設計意図表現によるプロジェクトメモリの索引付け, (3) 論駁推論による設計過程の評価, の 3 つを想定している. 本研究ではこれまでに (1) を実現した DRC0 を開発し, 後述するユーザ実験をおこなった.

論証構造としての設計過程の記録・表示機能の意義は, 設計の過程を設計意図表現に従う形でシステムに入力してもらうことにより, 論証構造として設計過程を獲得することにある. 獲得された設計過程は論証構造として可視化することにより, 設計がどこまで進んだか, 検討が足りない箇所はないかとう, 設計者に対して設計過程を見通しよくする効果が期待される.

図 2 に今回実装した DRC0 の画面を示す. DRC0 は ADRF に基づく設計意図を記述・共有するための機能を有している. 検討項目ごとに, 設計案, 性能指標, 設計基準, 判断を入力でき, それらの要素の間の関係をツリーとして表示する (図 2 下部). 同じグループに属するユーザは同じ設計意図データを閲覧, 編集できるようになっており, 設計チーム内で設計意図を共有するための機能を提供している.

#### 4. 実験

本節では, ADRF による設計意図の表現力を評価する目的でおこなった設計意図入力実験について述べる.

##### 4.1 目的

設計意図獲得支援システム DRC0 を利用して ADRF に基づいて設計意図を被験者に入力させ, 設計意図を記述するのに ADRF が十分な表現力を有しているか, ユーザが違和感なく記述することができるかを検証する.

##### 4.2 方法

被験者に, DRC0 を利用して自らがおこなった設計についての設計意図を入力させた後, 設計意図の内容や ADRF の表現力についてのアンケート, およびインタビューを実施した. 被験者は 2 名で, いずれも実験当時, 航空宇宙工学科の学部 4 年生であった. 被験者が卒業設計の課題として自らが設計した宇宙機の設計に基づいて, 設計中に検討した項目について DRC0 を用いて設計意図を記述させた. なお, 2 人は一緒の設計に取り組んだのではなく, それぞれ別の設計をおこなった.

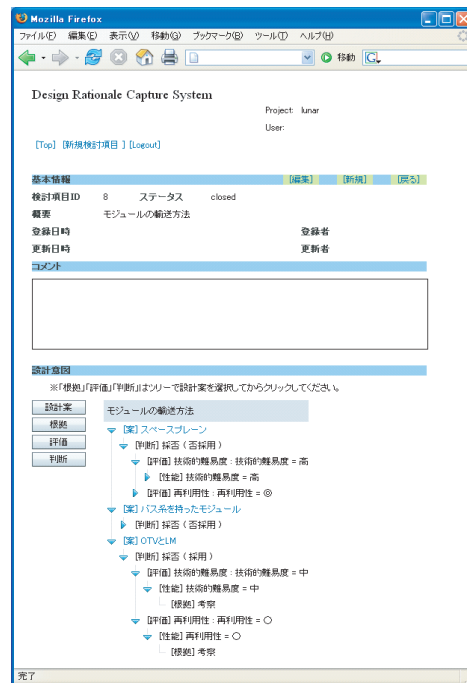


図 2: 設計意図獲得支援システム DRC0 の画面. 画面上部には検討項目に関する情報が, 画面下部には検討項目についての設計意図がツリーとして表示されている

#### 4.3 結果

2 人で合わせて 19 件の検討項目について記述された. 入力に要した時間は述べ約 10 時間ほどであり, 検討項目 1 件あたり約 30 分強, 要したことになる.

#### 5. 議論

本節ではアンケートおよびインタビューの中で被験者から得られたコメントを元に, ADRF の表現力および DRC0 の有効性について議論する.

##### 5.1 ADRF の表現力

ADRF では, 検討項目について最初に設計案を与えてから, 性能指標, 設計基準における評価, および最終的な判断を与える構造となっている. この構造は, 設計案が与えられている状態で, 個々について評価して比べるのには向いている. 一方, 設計においてはあるモデルを仮定して計算の結果出た値をそのまま設計案として採用することがよくある. このような場合は複数の設計案を比較する訳ではないので, ADRF の表現では記述しにくいと被験者は述べている.

ADRF では設計案の性能指標を評価の根拠として記述するが, 詳細設計段階ではともかく, 概念設計段階では定性的な判断に基づいて設計を進めることが多く, そのような段階での設計意図を記述するのは難しいと感じた, と被験者の一人は述べている. 定量的な設計基準であれば, 「重量は x グラム以下」のように不等式の形で書くことは容易であるが, 定性的な規準は明示化して記述することが比較的難しいことに起因すると思われる. 定性的な判断や基準の記述には, 設計意図の記述方法への慣れとともに, ある程度, 設計者の熟練度も求められる. 設計支援や教育として, 定性的な判断や基準についての事例を収集し, オントロジーとして体系化することにより, この問題

はある程度解決されるとともに、より高度な設計知識共有が実現できると考えられる。

ADRF では記述が難しい設計意図として、被験者により機器配置などの空間的な判断が関係してくる設計が挙げられた。そのような設計では、総合的な判断を元に設計をおこなうので、設計意図として論理的に記述することが難しいと被験者は述べている。全ての設計意図を一つの記法で取り扱うことは困難であり、空間的な判断が伴う設計意図に関しては、CAD の操作履歴を設計意図として記録する手法などと組み合わせることにより解決していく必要がある。

## 5.2 DRC の有用性

今回の実験は、設計が全て終了してから設計意図を入力させるというものであった。実験終了後のインタビューで被験者の一人は、設計途中でシステムを利用することが出来れば、設計の過程を紙に残す代わりにシステムに記録を一元的に整理された形で残すことができ、役に立ったはずであると述べている。ADRF という枠組みが、設計過程を整理して残すための指針となりうることを示されたと言える。

また、過去の設計例や、設計意図に基づいた製作結果まで残っていることにより、後の設計者が参考にできるはずであるとのコメントが得られた。ADRF とプロジェクトメモリシステムとの統合による効果の検証は今後の課題である。

## 6. むすび

本稿では、論証による設計意図表現の枠組み Argumentative Design Rationale Framework(ADRF) に基づいた設計意図獲得支援システム DRC について述べ、DRC の一部の機能を実現した DRC0 を用いたユーザ実験について報告した。

実験の結果から、ADRF により記述できる設計意図の範囲が明らかとなった。今後の課題は、DRC0 により入力されたデータをルールへの変換、および変換されたルールを用いた論証推論による設計意図評価の有効性についての検証と、プロジェクトメモリシステムとの統合によるシステム全体としての有効性の実証である。

## 謝辞

実験の実施にあたってご協力頂いた東京大学の中須賀真一教授、および実験の被験者の方々に感謝の意を表す。本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金若手研究 (B)No.16700158 による。

## 参考文献

- [Blanchard 98] Blanchard, B. S. and Fabrycky, W. J.: *Systems Engineering and Analysis*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 3rd edition (1998)
- [Buckingham Shum 94] Buckingham Shum, S. and Hammond, N.: Argumentation-based design rationale – what use at what cost, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 40, No. 4, pp. 603–652 (1994)
- [Conklin 91] Conklin, E. J. and Yakemovic, K. B.: A Process-Oriented Approach to Design Rationale, *Human-Computer Interaction*, Vol. 6, pp. 357–391 (1991)

[Kato 05] Kato, Y. and Hori, K.: A Computational Model of Argumentative Design Rationale, in *IJCAI-05 Workshop on Computational Models of Natural Argument, Working Notes*, pp. 18–26 (2005)

[Moran 96] Moran, T. P. and Carroll, J. M. eds.: *Design Rationale – Concepts, Techniques, and Use*, Computers, Cognition, and Work, Lawrence Erlbaum Associates (1996)

[Sartor 93] Sartor, G.: A Simple Computational Model for Nonmonotonic and Adversarial Legal Reasoning, in *Proceedings of the Fourth International Conference on Artificial Intelligence and Law*, pp. 192–201 (1993)

[Shipman 99] Shipman, F. M. and Marshall, C. C.: Formality Considered Harmful: Experiences, Emerging Themes, and Directions on the Use of Formal Representations in Interactive Systems, *Computer-Supported Cooperative Work*, Vol. 8, No. 4, pp. 333–352 (1999)

[加藤 05] 加藤 義清, 堀 浩一: 論証の枠組みに基づく設計意図の獲得, 2005 年度人工知能学会全国大会 (第 19 回) 論文集 (2005), 1C4-01