

The Design of a Tool Kit for Case-Based Design Aids

Eric A. Domeshek, Janet L. Kolodner and Craig Zimring: The Design of a Tool Kit for Case-Based Design Aids, In Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence in Design, pp.109-126 (1994).

本稿では、事例に基づく設計支援 (Case-Based Design Aids: CBDA) の議論を拡張する。CBDA の概念を紹介した後、そのようなシステムの実装の進展を議論し、我々のオリジナルの CBDA (建築設計におけるビルの概念設計支援のために開発) の広範な設計領域に適用可能なツールキットとしての一般化に焦点を当てる。事例を収集して組織化する経験やさらなる使用のシナリオの考慮は、オリジナルの提案の様々な側面の再認識と改良に導いた。ここでは、CBDA ツールキット Design-MUSE を使って、建築設計とジェット機のサブシステム設計のための CBDA を構築した経験を報告する。

1 Case-Based Design Aids: Background and Review

建築設計のための CBDA [Domeshek, Kolodner 1992]

- 焦点
 - 概念設計 (conceptual design) の重要性
 - 概念設計における過去の経験の有用性
- 概念設計
 - 設計の最初期段階
 - 問題分析・解に対して最初にできることを形成
 - 過去の設計の記述・評価提供による支援
 - 例：既存の建物、利点と問題点
- 本稿の内容
 - 上述の支援のレビュー
 - 研究の発想と支援ツールの一般化

1.1 CBDAS: THE MOTIVATION

- CBR の考え・技術適用が効果的な実現例 (Case-Based Reasoning: 事例に基づく推論)
 - 人の設計支援 (自動化システム [Goel 1989; Hinrichs 1992])
 - CBR・設計研究を前進
 - 明確な因果モデルがない領域の事例の区別・特徴付け
 - 概念設計支援のための領域知識構造化に貢献
- 概念設計
 - 設計物のコスト・質に不釣り合いな効果
 - 自由・非形式なプロセス, 計算機指向の業界では研究されていない
- CBR の主張
 - 熟達化の基礎は経験
 - 新しい問題は「利用できる過去の状況」探索から
 - open-ended な問題・強い領域理論がない場合に有効
 - 実世界の設計の観察から得られた考え
- 事例の有用性
 - 問題解決へのアプローチを示唆
 - 解に達しなかった方法に警告
 - 問題記述自体を提供
 - 明確ではない問題を示す, 部分解の評価を提案する

1.2 CBDAS: THE CONCEPT

- 事例の利用
 - 既存事例の広範な調査は概念設計に役立つ
 - CBR の認知モデル, 実際の設計観察
 - 時間的コストがかかる, 省略されがち
 - 例：建築家が雑誌から, 世界中を旅行して
 - 関連する事例を見落とす可能性あり

- 事例ライブラリ
 - CBDA の基本コンセプト
 - 設計のドキュメントとその結果評価
 - 設計問題の教訓用に分割したチャンク
 - 設計のドキュメント・ガイドライン等の特徴付けと相互リンク
- CBDA の賢さ
 - 含まれる情報・情報提示・関係・閲覧の形式
 - 理解すべき項目
 - デザインを考える質問と問題の理解
 - デザインが意思決定において知りたいこと
 - デザインが好む知識の可視化・組織化

MIDAS(Memory for Initial Design of Aircraft Subsystems) [Domesheck,Kolodner 1994] の例

- A-7E ジェット機の油圧装置の表示 (Figure 1)
 - 白黒のドット：装置に関するポジティブ・ネガティブなストーリー
 - 例：ストーリー「MS-6 を使うと部品サイズと装置重量が増えた」
 - MS-6 は MIL-H-5606 と MIL-H-83282 に代わる不燃性として評価されている。これらの流体と比べると、MS-6 は高粘性・高密度・低体積弾性率である。A-7E の高気圧テストでは、MS-6 は MIL-H-5606 の代用品としてパフォーマンスが検証された。
 - システムの内部漏出は極めて低かったが、この流体は泡立って空気を吸収する傾向がある。ポンプ性能が悪く、圧力損失を維持するために線直径を増加させる再設計が必要となった。システム全体の容量が増加したため、貯蔵庫のサイズも充分増やさなければならない。MS-6 流体のための再設計で、11.8%の重量増加と6.3%の容量増加となった。
 - 関連するストーリーとのリンク
 - 例：MS-6 をカバーする問題
 - 伝統的な油圧流体は低いコストと重量で効果的なパワー配給を与えるが、高い可燃性を持つ傾向がある。油圧装置の着火は生命の損失を起し、余剰なコストを発生させる。
 - 例：MS-6 に関する問題への応答
 - 着火によるシステム損失の発生を減らすのに適当であるため、不燃性が耐炎の流体が使用されるべきである。しかしながら、現在開発中の不燃性の流体は重く高コストである。総合的なシステムのトレードは各設計のケースへの適用可能性を決める必要がある。
 - 単独では意味を為さない・解釈できない、各項目の価値を高める関係の提供
- 特徴付け
 - 関連材料へのアクセスのための特徴付けスキーマ
 - デザイナが取り組む問題 (issue) に対するストーリー・問題 (problem) の関連付け

1.3 CBDAS: THE HISTORY

- Archie プロジェクト
 - いくつかのコンセプト・実装から成るシステムプロジェクト
 - 初期・事例データと概念設計支援 [Pearce et al. 1992]
 - 画一的な事例表現は支援効果不十分、ユーザが教訓を記述できず [Domesheck,Kolodner 1991]
 - ストーリー中心のハイパーメディア閲覧システム [Domesheck,Kolodner 1992]
- Archie II [Domesheck,Kolodner 1993]
 - 問題 (issue) ベースの検索と 100 超の事例ライブラリ
 - メモリ組織化・特徴付け実験 [Zacherl,Kolodner 1993]
- MIDAS プロジェクト
 - 汎用性のあるシステム
 - Lockheed Aeronautical Systems Company の技術者との協同
 - 目標：(AI の専門家ではなく) 領域専門家によるメンテナンス
 - Archie II の改良・評価へフィードバック

2 Design-MUSE: A CBAD Tool Kit

- Design-MUSE
 - Archie II・MIDAS の経験から設計された CBDA ツールキット
 - 両システムを Design-MUSE により再実装

- Design-MUSE の支援ユーザ
 - 1) 材料を閲覧するエンドユーザ「閲覧 (browsing)」
 - 2) ライブラリの材料を作る専門家ユーザ「修正 (modifying)」
 - 3) データ構造を作るシステム管理者「定義 (defining)」

2.1 CBDA SCREEN LAYOUT

- CBDA の画面 (Figure 2)
- Notebook ウィンドウ
 - コントローラ
 - デザイナの閲覧時の学習・決定を記録
- Design ウィンドウ
 - 特定の事例のドキュメントを扱う
 - Display：基本的なドキュメントを表示 (Figure 1 のような)
 - Annotation：この事例から学習された教訓のストーリーの概要
 - Description：事例の特徴を選択 (建物・航空機等)
- Lesson ウィンドウ
 - 事例から学習される教訓を組織化・提示
 - Interest：設計問題と事例の部品を指定
 - Problem：選択された問題のネガティブな結果
 - Response：過去試みた改良方法を収集
 - Story：設計を評価する記述
- Source ウィンドウ
 - システムの全情報を引用
- 情報提示の例 (Figure 3)
 - 関連情報を提示，表示は1つずつ

2.2 BROWSING A CBDA

- CBDA の4つの検索・閲覧
 - 興味に基づく検索
 - 問題-応答-ストーリーの閲覧
 - モノ中心の閲覧
 - 記述に基づく検索

興味に基づく検索

- 検索キュー
 - Interest の枠の空欄に入力
 - ユーザの意思決定支援となる教訓の検索
 - 事例の部品や問題を指定
 - 重要な教訓は問題間のインタラクションとして報告
トレードオフ
- 部品
 - 物理的部品・機能的部品
建築設計の例：ロビー (物理的)・水道管 (機能)
- 問題
 - 1) 明示的・暗黙的ゴール (要件・目的)
 - 2) 避けるべき目的・特徴の裏 (設計を失敗させる落とし穴)
 - 3) 特徴・部品・パラメータの仕様
- 「興味」の例 (Figure 4)

問題-応答-ストーリーネットワークの閲覧

- 問題・応答・ストーリーの閲覧
 - 興味に基づく検索後に選択された情報
 - 提示情報間のネットワークのリンクを進む閲覧

- 物語
 - 設計の側面・結果の詳細
例：電気制御系列のルーティングでの失敗（ Figure 3）
 - 他のストーリーの提供
例：ルーティングで起こる他の失敗，ルーティングの成功例
ワイヤー配線と安全性の問題 電気干渉で C-141 が勝手に動いたストーリー
- 教訓ネットワークの縦走
 - 「閲覧」メニューからリンクされた項目を収集

モノ中心の閲覧

- 既存のモノ (artifact) の閲覧
 - 全体の絵・過去の解の閲覧
- 特定の設計からの開始
 - ドキュメント（建物のフロア配置計画・航空機システム）
 - アノテーションからの閲覧（ Figure 1）
問題・応答・ストーリーの閲覧
- 既存のモノからの閲覧は簡単
 - 問題が暗黙的な状況で有効

記述に基づく検索

- 概要
 - 興味に基づく検索と似た方法でモノを検索したい
 - 仕様の一部からの検索
- 狙い
 - 開発時に最も類似する事例を知る
 - プロジェクト開始時に有効

2.3 MODIFYING A CBDA

- 領域専門家による構築・管理- 協同のメモリ
 - 「修正」と「定義」の分離
修正：閲覧と同じインタフェースで簡単に
定義：システムの内部に関する知識が必要
- 修正モード
 - 閲覧モード + 「修正」メニュー
 - データ修正・リンク作成が可能
- 操作
 - 1) 項目の作成・コピー削除
 - 2) 枠内の全項目の選択
 - 3) 表示項目の背景情報の検査・指定

2.4 DEFINING A CBDA

- 定義モード（ Figure 6）
 - 新しいフォーム・データタイプの作成

3 Discussion

- Design-MUSE からの示唆
 - 基本的にはプログラミングのツールキット
 - 3つの目標
 - 1) 様々な CBDA に事例表現を提供
 - 2) 設計の特徴付けに関する一般的理論に貢献
 - 3) Look & feel の改良によるユーザビリティ向上

3.1 THEORETICAL ANALYSIS

- 出現コンセプト
 - ユーザは誰か・何ができそうか・どうやるか・CBDA をどう構築するか
 - 現場デザイナー・デザイナー学生・デザイナーチーム
- 現場デザイナー
 - 有効な教訓の構築
 - 興味は「問題間のインタラクション(トレードオフ)」
 - 有効なコミュニケーションの方法
 - 問題・応答の分離 = 設計状況の分解
- デザイナー学生
 - 問題の分離の意義
 - 設計における問題の深い理解・解の実現可能性
 - 課題：他の設計プロセスとの関連付け
- デザイナーチーム
 - 背景知識・視点が多様な状況
 - 事例を用いたコミュニケーション

3.2 RELATED WORK

本 CBDA と Janus との比較

- Janus [Fisher,Lemke,McCall,Morch 1991; Fisher,Nakakoji 1993]
 - 台所設計の支援環境
 - ルールベースの評価・シミュレーション・事例のカタログ検索
- 事例
 - Janus：完成した設計
 - シンク・コンロ・冷蔵庫・壁等の配置
 - 本 CBDA：ドキュメントの集合 + ストーリ
 - 要件・フロアリング計画・システム概要
 - 部品構成を含まない
 - 概念設計では configuration が重要という仮定
- 設計の教訓
 - 本 CBDA の独自点
 - 設計仮定における意思決定・フィードバックの記録
 - Janus は新規設計が容易だが何も学ばない
 - 完成品の評価のみ
- 他の CBDA
 - 焦点：計算機が設計作業を負担

3.3 OPEN ISSUES

- 本 CBDA の特性と展望
 - 設計ツールというより情報検索ツール
 - より豊富な情報源と確信
 - Janus のようなシステムと統合したい
- 大規模化・一般化
 - データの量と質
- 汎用的 CBDA ツール
 - 領域専門家がデータを準備
 - 領域の調査・データ表現の方法
 - 設計の教訓の一般的な特徴付けへの挑戦