

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 田村 泰彦

本論文は、「不具合に関する設計知識の運用法の構築—知識構造に基づく本質知の獲得と活用—」と題し、全6章から成っており、不具合事例から再利用性の高い設計に関わる本質知を獲得し活用する方法論について論じている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。設計の重要性は論を待たないが、設計不具合は後を絶たない。意外なことに、現実が発生している設計不具合の多くは、当該設計技術分野において既知で簡単な自然科学メカニズムに基づいており、また同じ発生メカニズムの不具合が多く部品、ユニットで発生している。これらの不具合は、設計の失敗経験および不具合に関する設計知識を再利用可能な形で保有し、適切な段階で設計内容の妥当性を検討・評価すれば未然に防げるものである。本論文は、不具合に関する知識が設計に効果的に活用できていない問題点を明確にし、設計不具合から再利用可能な本質知を獲得し、設計に活用することを可能にする設計知識の運用法を構築することを目的とするものである。

第2章では、不具合に関する知識運用と問題点について論じている。不具合に関する知識のあり方を考察するために、設計の現場で設計不具合事例がどのように記述され、どのように知識化されているかを調査している。その結果、知識運用上の問題点として、①因果連鎖の知識自体が不完全であること、②因果連鎖の知識が不具合発生の対象に限定されていること、③獲得した知識から組織共有知識を生成・最適化できていないこと、④設計対象に潜む不具合に関わる概念を網羅的に抽出できないこと、⑤検索において必要十分な知識を収集できないことなどを明らかにしている。問題点①～③の克服の検討を通じて第3章において知識獲得方法を提案し、また問題点④～⑤の克服の検討を通じて第4章において知識活用方法を提案し、これらを基礎として第5章に記述される不具合の知識運用法を構築している。

第3章では、不具合に関する知識獲得の方法を提案している。第2章で論じた問題点①～③を克服するために、不具合に関する設計知識は、網羅性、一般性、分節性という3要件を満たさなければならないとし、これらを満たすために必要な不具合の因果連鎖の知識構造を提案している。提案する知識構造は、設計技術的に考慮すべき望ましくない現象や状態の発生メカニズムを「ストレス-ストレンクスモデル」による分節でとらえ、その分節ごとの論理的な連結によって因果連鎖を体系的に理解するというものである。ストレス-ストレンクスモデルでは、各分節において設計での再利用に必要な重要概念を網羅的に含めるために、「不具合モード」「定義属性」「ストレンクス」「制御属性」「ストレス」という5つの基本概念により構成されている。また、これらの基本概念間の関係を正しく知識化するために、「相対的因果メカニズム」「絶対的因果メカニズム」という2つの不具合モード発生メカニズムの型を提案している。

次に、ストレス・ストレングスモデルで記述される分節の連結については、ある不具合モードが「定義属性の付加」「制御属性の水準変動」「ストレスの付加／水準変動」のいずれかによって次の分節に連結するものと捉えている。また、ある不具合モードがこれら3種の形態をもって次の分節に連結する際に、「形態維持」と「形態置換」の2つの捉え方があるとしている。

特定の設計対象に発生しうる不具合モードを効果的に予測できるためには、定義属性が適切に一般化されていなければならない。広い設計対象に再利用できる概念を形成するために、定義属性として、機能、動作原理、構造、位置／空間、材質、形状、寸法、組立方法、加工方法、構成部品目、複合概念、付加的現象という12の観点を提示しており、これらの観点を多角的、複合的に適用することによって再利用可能な本質的、一般的属性を形成しうるとしている。

第4章では、不具合に関する知識活用の方法を提案している。第2章で論じた問題点④～⑤を克服するために、設計対象に潜む不具合に関わる概念の形成の支援、および設計対象に関連する必要十分な知識の検索を支援する「設計支援辞書システム」を構築している。この辞書は、ストレス・ストレングスモデルを構成する5つの基本概念のそれぞれについて、“Is-a” “Has-part”の関係をいくつかの観点で構築し、さらに概念の内包性や技術的知見をもとに各辞書間の関係付けを行っている。また、設計現場で利用される部品名、ユニット名などの製品構成部品目に関する概念の辞書も同様に構築している。この辞書では、設計対象に潜む不具合に関する本質的な概念を漏れなく抽出できるように各辞書横断的に概念間を敷衍させ、また概念同士の排他的関係や設計対象に与えられない属性・特性も考慮して知識の取捨選択を行っている。

第5章では、第3章、第4章の提案を基礎にした不具合に関する知識の運用法を提案している。このうち重要なのは、不具合情報から知識のエッセンス（構造化知識）を得る過程であるとして、現実に複写機のFuser systemに関わる不具合事例からの本質知の抽出を設計技術者とともに実施し、さらにこれらの知識から設計支援辞書システムを作成し、これを新たに実装した知識検索システムで運用することによって、本論文の提案の有効性を検証している。

第6章では、本研究を通じて得られた成果をまとめ、今後の課題と発展について述べている。

以上要するに、本論文は、設計に関わる知識の中で最も体系化しにくい設計不具合事例に内在する本質知を抽出し活用するための基本的概念、方法論、観点・視点を提案し、同時にそれらを実現する設計支援辞書システムの構造を設計し、実装し、現実の設計の現場に適用して有効性を確認するという、難度の高い主題に対する完成度の高い研究の成果をまとめたものであり、高く評価できる。本研究の成果は、本研究が対象とした分野以外にも適用可能であり、広く「設計」と言われる高度に知的な過程の成熟度を高める理論的枠組みと具体的方法論を与えるものとして、工学的に価値の高いものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。