

氏 名 (本 籍)	こ 泉 寿 男 ( 福 島 県 )
学 位 の 種 類	博 士 ( 情 報 科 学 )
学 位 記 番 号	情 博 第 13 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 3 月 26 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 , 専 攻	東 北 大 学 大 学 院 情 報 科 学 研 究 科 ( 博 士 課 程 ) 情 報 基 礎 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	コ ン プ ュ ー タ 支 援 に 基 づ く 協 調 設 計 技 法 と そ の 応 用 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	( 主 査 ) 東 北 大 学 教 授 白 鳥 則 郎 東 北 大 学 教 授 宮 崎 正 俊 東 北 大 学 教 授 亀 山 充 隆

## 論 文 内 容 要 旨

顧客ニーズや市場変化の多様性に対応して、情報・電子制御機器及びそのシステムの設計技術の高度化、創造性の発揮、開発期間の短縮方法が強く求められており、設計技術の改善が極めて重要な課題になっている。このためには、異質の複数のシステム構成要素に対して、分業して独立に設計するのではなく、システム全体を統一かつ協調的に設計する必要がある。しかし、現状ではこのような協調設計の技法は十分には確立されていない。

本論文は、コンピュータ支援に基づく協調設計技法を提案し、情報・電子制御機器とソフトウェア開発における協調設計技法およびその応用の研究をまとめたものであり、全編5章よりなる。

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。

第2章では、コンピュータ支援に基づく協調設計技法を提案し、その基本的概念について述べている。まず、従来の設計方法の課題を述べ、次に、協調設計技法の狙いと基本概念を論じている。従来、異種の複数構成要素の組み合わせからなるシステムの設計は、設計者の担当範囲を決定し、互いの中に定めたインタフェースを守りながら設計していた。このため、全体システムの性能、機能を最適にしようとしても、個々の構成要素内で最適化するしかなく、多様化する顧客ニーズ、市場動向への対応が困難であった。協調設計技法は、システム全体を統一かつ同時協調的に設計することにより、全体としての最適化、創造性発揮を目的とする。

本章で提案する協調設計技法の狙いは、(1)設計上流段階での顧客要求の具体的ビジュアル化、(2)専門別の部分設計から全体統合設計への移行、(3)逐次的設計からコンカレント設計への移行、(4)人間の感性要素を考慮した創造型設計、(5)設計仕様の決定における意思決定支援、の課題を実現することにある。そのためには、システム設計者は、まず、設計対象の概略仕様を表現するモデリングと、設計対象によって駆動または制御される外部装置系のモデリングを行う。次に、これら2つのモデルを融合した統合モデルをコンピュータ上につくり上げ、設計結果を見通しながら設計を進化的にすすめていくことを協調設計技法の基本概念としている。

情報・制御システムは、情報・電子制御装置のハードウェアとシステムを稼働させるソフトウェアから構成されるため、システムの協調設計は、ハードウェアを主とした設計対象とする協調設計、ソフトウェアを主とした設計対象とする協調設計に区分される。前者は、例えば、画像処理アルゴリズムの電子回路、後者は、情報・電子機器に組み込まれるソフトウェアやクライアント・サーバ・システム上で動作するソフトウェア等が設計対象となる。ハードウェアとソフトウェアの構成比重はシステムの内容によって異なるが、協調設計は各種の場合に適用される。

第3章では、第2章で述べた協調設計技法の基本的概念をもとに、モデル統合による制御系の協調設計技法を提案し

ている。この技法は、ハードウェアの比重の大きい情報・電子制御機器の設計における協調設計技法である。本章では、設計対象のモデルと外部装置系のモデルとを統合して表現した統合したモデルを用いて、設計対象の仕様、設計過程および制御対象の状態をビジュアル表示し、制御対象に応じたアルゴリズムや制御回路を設計する技法を与えている。この技法は、設計対象の動作モデルを ASIC (Application Specific Integrated Circuit) の論理回路に置き換え、設計結果である ASIC の規模、性能、コスト等と動作モデルを比較吟味しつつ、アルゴリズムの修正、検証、回路規模の決定を行っていくことを可能としている。

本方式の実現に要求される協調設計環境として、(1)モデルを統合したコ・デザインシミュレーション環境、(2)設計者に対し設計過程と予想結果を表示する仮想計測システム環境、(3)設計対象の動作モデル、機能モデル、論理合成によって生成される論理モデル間の置換を行うリプレースメント環境、この3つを統合した協調設計環境を実現している。

この協調設計環境は、ESD (Electronics System Design) ツールに次のような機能拡張を行って実現している。すなわち、(1)のコーデザインシミュレーション環境のためには、異なるモデル間の動作同期タイミング、およびスーパーバイザ機能によってデータのやりとりを取り行う結合方法を実現している。(2)の仮想計測システム環境のためには、信号の発生、観測、操作を行う仮想計測器機能とアプリケーション・プログラム・イカタフェースを設けている。(3)のリプレースメント環境のためには、動作モデル、機能モデル、論理モデル間のリプレースメントを支援し、各モデル間を比較照合して不一致箇所を表示する機能をもたせている。

この協調設計方式を、3種類の実際の設計に応用して、その有効性を確認している。

1つは、モータ制御系の制御回路設計であり、直流電動機に対する PID 制御回路の ASIC 化に適用している。仮想計測機能のビジュアル表示を使い、設計過程でトレートオフを行いつつ、制御回路として約 4 Kゲート規模での実現可能性を得ている。この応用例では、PID 制御回路のモデルと直流電動機の特徴モデルの統合、制御アルゴリズムと ASIC ゲート数規模とのトレードオフが協調設計の主要点である。

2つ目の応用は、カラーテレビ映像回路のデジタル化設計である。仮想計測機能によってコンピュータ上に表示されるテレビ静止画像と回路の主要点の信号をみながら画像処理設計を行い、信号処理の正しさを確認しつつ ASIC のゲート数規模、性能を最適に設計する方法を実証している。

3つ目は、音声デジタル処理設計への応用である。スピーカの周波数特性、位相特性の逆特性をデジタルフィルタによってスピーカに与えて特性補正する電子回路の ASIC 設計に適用し、人間の耳で音質を評価しつつ、ゲート数と性能のトレードオフを行っている。

以上の3の応用例によって、本章で提案した協調設計技法の有効性を確認している。これは、コンピュータ支援に基づく協調設計技法を確立する上で基礎となる有効な技法である。

第4章では、第2章で述べた協調設計技法の基本的概念をもとに、ソフトウェア開発方式における協調設計技法を提案している。この技法は、ソフトウェアの比重の大きい情報システムの設計において、要求仕様を与えるユーザと開発者との協調作業に CSCW (Computer Supported Cooperative Work) を適用し、プロトタイプによる基本仕様確認の段階から、実用版設計、改良版設計までを進化的に進めるための協調設計方式である。CSCW に基づく開発方式の各種の研究が発表されているが、これらの研究は、ソフトウェア開発作業における情報の交換や仕様書、ソースコードの転送、内容のチェックに主体が置かれており、ライフサイクルの一部をコンピュータによって支援している。

本章で提案している方式の基本的な考え方は、協調作業者同士が、遠隔地間のコンピュータ画面上に表示されるプロトタイプの実行結果をもとに、協調プロセスを繰り返しつつ意思決定し、目標とするソフトウェアを開発する方式であり、新しいソフトウェアライフサイクルの構築をめざすものである。

ユーザと開発者との協調作業において、まず、ユーザは、ユーザ側の業務の仕様のキーワードをコンピュータ画面に入力し、開発者は、本方式で提案する仕様形成要素に解釈しなおしてプロトタイプを作成する。プロトタイプはパッケージソフトの組み合わせによって作成する。仕様形成要素は、開発者がユーザの業務の仕様を解釈し、これをプロトタイプ作成の仕様へ変換する媒介要素であり、データベース、計算処理順序、マンマシンインタフェースの各要素からなり、それぞれパッケージソフトのパラメータ群に対応している。作成したプロトタイプの実行結果を画面上でユーザに返して反応を要請し、その結果をもとにプロトタイプの変換を繰り返していく。これで1つ目の機能が実現されると、2つ目の機能に対する同様の協調作業に移り、全部の機能が終了した段階で、目的とするソフトウェアができ上がる。実使用

後のソフトウェア改良も同様な協調作業によって行うことにより、ソフトウェア・ライフサイクル全体を協調設計対象にしうる。

本章で述べている情報交換基盤上で協調作業を行うことにより、ユーザと開発者が遠隔地に所在していても同一場所での作業に近い状態での協調作業が行える。

本章で提案している協調設定方式を、実際に在庫配置モニタシステムのソフトウェアの開発に適用して、その有効性を確認している。このソフトウェアは、在庫推移状態の表示、品切れ・過剰在庫の警告、最適在庫シミュレーションを目的とするものであるが、この協調設計方式を適用して、実際のソフトウェア開発が可能であることを実証している。実証システムへの適用にあたっては、業務データベースへのアクセス、計算、出力の処理に対し、仕様形成要素によるユーザ仕様の解釈を経て、データベースソフト、スプレッドシートパッケージソフトのコマンド群の組み合わせによってプロトタイプを作成している。実用版についてはプロトタイプを出発点として、ユーザとの協調作業を繰り返して進化的に作成している。実証システムのソフトウェア開発の生産性については、開発工数が従来の開発方法と比較して約1/2に近い効率で行える可能性を見えだしている。

協調設計においては、仕様の決定等の意思決定支援が重要課題である。本章では、意思決定プロセスを協調作業の一環としてとらえ、解決策の逐次的検索を経て満足解を得る支援方式を提案している。基本的な考え方は、意思決定プロセスモデル、意思決定対象モデルの両方を協調作業によって具体的なモデルに仕上げていく方法である。提案した方式を製品コスト設定の実証システムに適用してその有効性を確認している。

以上のように、本章で提案し、実際の実用システムに適用してその有効性を実証しているソフトウェア開発方式における協調設計技法は、協調設計技法を確立する上で有意義な方法であり、実用上興味深い結果である。

第5章は結論であり、本研究で得られた結果を統括している。

以上、本論文は、情報・電子制御機器および情報システムの設計における協調設計に関する研究を行い、コンピュータ支援に基づく協調設計技法を提案し、その応用によって本技法の有効性を示すことにより、高度なシステム設計のための有用な基礎を与えるものであり、情報科学の発展に寄与することが期待される。

## 審 査 結 果 の 要 旨

顧客要求や市場変化の多様性に対応して、情報・電子制御機器及びそのシステムの設計技術の高度化、開発期間の短縮方法が極めて重要な課題になっている。このためには、異質の複数のシステム構成要素に対して、分業して独立に設計するのではなく、システム全体を統一かつ協調的に設計する必要がある。しかし、現状ではこのような協調設計の技法は十分には確立されていない。そこで、著者はコンピュータ支援に基づく協調設計技法を提案し、情報・電子制御機器とソフトウェア開発における協調設計技法およびその応用の研究を行った。本論文はその成果をまとめたものであり、全編5章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、まず、従来の設計方法の課題を述べ、次に、コンピュータ支援に基づく協調設計技法を提案している。

第3章では、第2章で述べた協調設計技法の基本的概念をもとに、ハードウェアの比重の大きい情報・電子制御機器の設計において、設計対象のモデルと設計対象によって制御される外部装置系のモデルとを統合して表現した、モデル統合による協調設計技法を提案している。統合したモデルを用いて、設計対象の仕様と設計過程及び制御対象の状態をビジュアル表示し、制御対象に応じたアルゴリズムや制御回路を設計する技法を与えている。また、この協調設計方式を、実際にモータ制御系の制御回路設計、カラーテレビ受像機のデジタル回路設計に適用して、その有効性を確認している。これは、コンピュータ支援に基づく協調設計技法を確立する上で基礎となる重要な成果である。

第4章では、ソフトウェアの比重の大きい情報システムの設計において、要求仕様を与えるユーザと開発者との協調作業にCSCWを適用し、プロトタイプによる基本仕様確認の段階から、実用版設計、改良版設計までを進化的に進めるための協調設計方式を提案している。基本的な考え方は、協調作業同士が、遠隔地間のコンピュータ画面上に表示されるプロトタイプの実行結果をもとに、両者の協調作業を繰り返しながら、目標とするソフトウェアを開発する方式であり、新しいソフトウェアライフサイクルを構築するための基礎となるものである。また、この協調設計方式を、実際に在庫配置モニタシステムのソフトウェアの開発に適用して、その有効性を確認している。これは、実用上興味深い結果である。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は、情報・電子制御機器および情報システムの設計におけるコンピュータ支援に基づく協調設計技法を提案し、その応用によって本技法の有効性を示すことにより、高度なシステム設計のための有用な基礎を与えたもので、情報基礎科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。