

# 機能量に基づく機能表現 (第五報) ー 論理的設計モデルに基づく FEP の定式化 ー

○三田工業 下村芳樹, 西野博文, 奈良先端大 武田英明, 東大工 梅田靖, 富山哲男

## 要旨

本報では、著者らが提案している設計過程表現手法 FEP(Functional Evaluation Process) モデルに対して、非標準論理を含む論理的な枠組による設計過程表現を投影することにより、FEP モデルにおいて提案される概念的なオペレーションを再定義し、その定式化を行なう。

## 1. 緒言

前報では、実際の設計事例の分析を行なうことにより、設計における機能展開の在り方と要求仕様の明確化の過程の関係について考察を行い、この結果から、設計対象表現の機能評価に基づく詳細化過程を表現する枠組 FEP(Functional Evolution Process) モデルを提案した<sup>1)</sup>。本報では、FEP モデルに対して、非標準論理を含む論理的な枠組による設計過程表現を重ね合わせることで、FEP モデルにおいて提案される概念的なオペレーションを再定義し、その定式化を行なう。

## 2. FEP モデル

FEP モデルは、設計過程における設計対象に対する評価と詳細化という繰り返し過程を、設計対象の機能的表現の進化過程として表現するものである。具体的には設計過程の各時点での対象の構造を対象を機能概念を含んでモデリング可能な手法である FBS(Function, Behavior and State) モデル<sup>2)</sup>を用いて表現し、そして FBS モデルによって表現される各設計時点における個々の対象モデルを機能表現の変遷として連続的に管理することにより実現している(図 1)。そしてこの機能表現の変遷は、設計者による設計対象の機能的な評価結果によって駆動されるものとしてモデル化している。

このため、FEP モデルは単に設計対象の実現過程だけでなく、設計仕様明確化の過程、すなわち外部から与えられた不完全な仕様が設計者によって明確化されていく過程をも同時に表現することを可能としている。

### 2.1. FEP のサイクル

FEP モデルにおいては、機能実現 (Functional Actualization)、機能評価 (Functional Evaluation)、機能記述 (Functional Description) の 3 つを設計進行の基本サイクルとして考える<sup>3)</sup>。

機能実現とは、注目機能に対してその実現方法である物理的挙動の提案を行なうことであり、機能に関する知識を用いることによって、機能的な記述から挙動に関する記述を得るステップに相当する。著者らはこれまでに機能実現に用いられる機能に関する知識に対して機能プロトタイプと呼ばれる知識記述の方法を提案している<sup>4)</sup>。

機能評価とは、提案された実現挙動に対する機能的な観点での評価を行なうことである。すなわち機能評価は、

挙動記述を用いて機能記述に対する確認を行なうことであり、提案された挙動記述によって意図した機能がどれほど充足されているかという評価を行なうことを意味する。

機能記述とは、設計者による設計対象の機能的な記述作業であり、設計過程の各ステップにおいて設計者によって更新的に行なわれる。

### 2.2. 機能記述の種類と機能的進化

FEP の 1 サイクルとは、機能実現および機能評価を通じて、新たな機能記述を行なうことである。機能記述はそれが意味する対象表現の機能的進化内容の違いによって以下の 6 種類に分類され、これらは異なる機能および機能修飾子間の関係<sup>3)</sup>として表現される。

**機能分解** 設計者が機能をより実現が容易な下位機能に分解する機能的進化であり、その結果として複数の下位機能とそれらと上位機能をつなぐ *decomposed-into* 関係が機能的表現に追記される。

**条件機能の同定** 設計者がある機能の実現挙動の物理的な前提条件となるような挙動を発見し、その挙動に対する機能抽出を行なう機能的進化であり、その結果として挙動とそれに対して機能抽出した結果である機能、およびその機能と元の機能をつなぐ *conditioned-by* 関係が機能表現に追記される。

**補強機能の同定** 設計者が機能評価を行なった結果、対象機能の機能修飾子が十分に満たされていないと判断し、対象機能の実現挙動に対して補強的に作用し、機能修飾子に対する充足度を向上させるような新たな挙動の発見と、それに対する機能抽出が行なわれる。この機能的進化の結果として、挙動とそれに対して機能抽出した結果である機能、およびその機能と元の機能をつなぐ *enhanced-by* 関係が機能表現に追記される。

**機能修飾子分解** 主に 機能分解後に、機能修飾子の複数のより細かな表現への置き換えが行なわれる。これは機能を下位機能に分解する際に、各下位機能に対する評価を可能とするために設計者が行なうある種の翻訳作業である。この機能的進化の結果として、複数の機能修飾子、およびその機能修飾子と元の機能修飾子をつなぐ *described-as* 関係が機能表現に追記される。

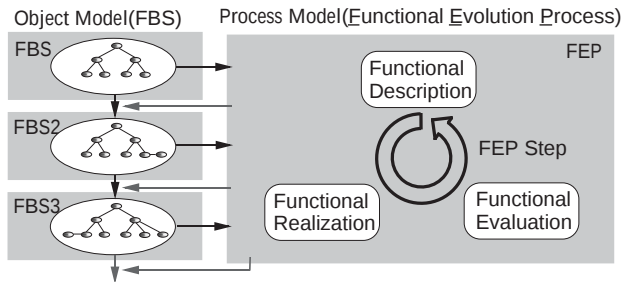


図 1: FEP モデルによる設計過程表現

副機能の同定 機能評価によって、ある機能の実現挙動に対して設計者が当初予期しなかった別の機能を発見し、その結果を機能記述に反映する機能的進化である。この機能進化の結果として、該当する挙動に対する機能が機能表現に追記される。

副機能修飾子の同定 機能評価によって、ある実現挙動を与えられた機能に対して設計者が当初予期しなかった評価基準を発見し、その結果を機能修飾子として機能記述に反映する機能的進化である。この機能的進化の結果として、該当する機能に対する機能修飾子が機能表現に追記される。

### 3. 論理的設計過程モデルとの対応

以下では FEP の各設計ステップに対して従来の論理的設計過程モデルにおける論理操作との対応をとる等によって、概念操作的な意味づけを行なう。

武田らは、計算機上で実現可能な設計過程モデルを構築することを目的として、設計を問題解決としてとらえ、認知的な設計過程の分析を行なうことによって論理に基づく計算可能モデルに関する提案を行なっている<sup>5)</sup>。ここでは、設計者の思考を、問題提起、提案、展開、評価、決定の 5 つの段階に分類し、さらに各々の段階をアブダクション、演繹、サ - カムスクリプションといった論理的操作によって表現することを試みている (図 2 参照)。ここで FEP の基本サイクルである機能実現、機能評価、及び機能記述は、各々問題解決の分類における提案、問題提起と評価、そして展開と決定に対応づけることが可能である。このとき、挙動と機能間の知識に注目すると、知識と対象表現は図 3 のような関係にあるといえる。

このモデルにおいて FEP の機能実現・機能評価の基本サイクルはそれぞれアブダクションと演繹として定式化され、例えば、機能プロトタイプによる機能実現は、機能記述の中の注目する機能に対して、チャンク化された機能・挙動知識を適用して新たな挙動記述を得ることである (アブダクション)。さらに 2.2 項で述べた各機能的進化は次のように定式化される。

機能分解: 機能間知識を利用した機能による機能の仮説生成 (abduction)

条件機能の同定: 挙動・機能間知識を利用した機能による挙動の仮説生成 (abduction)

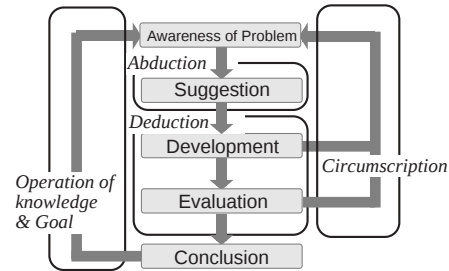


図 2: 論理的設計過程モデル

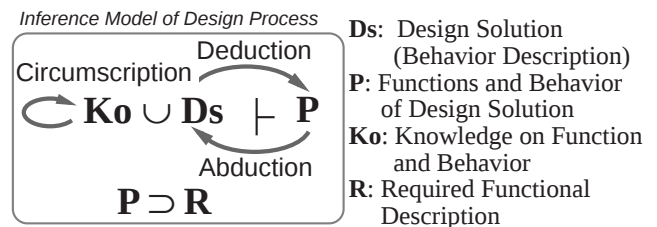


図 3: 知識と対象記述の関係

補強機能の同定: 機能と挙動による挙動・機能関係の知識の修正 (circumscription)

機能修飾子の分解: 機能間知識を利用した機能による機能修飾子の仮説生成 (abduction)

副機能の同定: 挙動・機能間知識を利用した挙動による機能の導出 (deduction)

副機能修飾子の同定: 挙動・機能間知識を利用した挙動による機能修飾子の導出 (deduction)

### 4. 結論及び展望

本報では、設計対象表現の機能評価に基づく詳細化過程を表現する枠組 FEP モデルに対して、非標準論理を含む論理的な枠組による設計過程表現を投影することにより、FEP モデルにおいて提案される概念的なオペレーションを再定義し、その定式化を行なった。

今後は、ここでの定式化内容の正当性をさらに検証し、本設計過程表現手法の設計支援への応用可能性について検討を行なっていく。参考文献

- 1) 下村芳樹, 他. 機能量に基づく機能表現 (第四報) -FEP モデルに基づく設計過程表現-. 1994 年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集, pp. 375-376, 1994.
- 2) 梅田靖, 他. FBS ダイアグラムに基づく概念設計支援手法の提案. 1993 年度精密工学会春季大会講演論文集, pp. 291-292, 1993.
- 3) Y. Shimomura *et al.* Representation of design object based on the functional evolution process model. In *Proceedings of Design Theory and Methodology - DTM'95-*, ASME, 1995. (in printing).
- 4) T. Tomiyama *et al.* A CAD for functional design. In *Annals of the CIRP '93*, volume 42/1, pp. 143-146. CIRP, 1993.
- 5) 武田英明, 他. 設計過程の計算可能モデルと設計シミュレーション. 人工知能学会誌, Vol. 7, No. 5, pp. 877-887, 1992.