

適合度を導入した設計空間モデルPowerDRの提案

堀川 桂太郎 桑名 栄二

{horikawa,kuwana}@mickey.ntt.jp

NTT ソフトウェア研究所

3K-6

1. はじめに

グループによるソフトウェア設計作業では、提案された多数の設計案を効率的に管理するモデルが重要である[1]。本稿では、問題-解決案-判断基準(QOC: Question, Option, Criteria)の手法[2]に基づいて設計作業を表現する。そして設計過程で作られたすべての解決案を保存し、それらを後の設計作業に有効に再利用するために、各設計者が検討した案に明示的に適合度を付加することを提案する。

2. QOCによる設計空間の構造化

QOCに基づく構造化によって、ソフトウェアの設計空間は問題=設計項目(Q), 解決案=設計案(O), 判断基準=選択理由(C)の3つの概念で整理して表現できる。またQOCに基づく議論構造を設計者間のコミュニケーションに導入した研究も行なわれ、その有効性が確認されている[3]。

しかしながら実際のアプリケーション設計作業にQOCに基づく構造化を適用する場合、次のような問題が経験的に認識されている：

問題(1) 設計に関わる全ての情報は膨大であり、個人で管理できる限界を越えている。

問題(2) 設計の過程で目的/方針/価値観などの変更が起ると、それまで作られた膨大な量の設計案をすべて人手で見直すことが必要になる。

3. QOCの上位-下位分割と適合度の導入

上記の問題(1)に関して、大規模な問題は全体を副問題に再帰的に分割して扱う(divide and conquer)のが有効

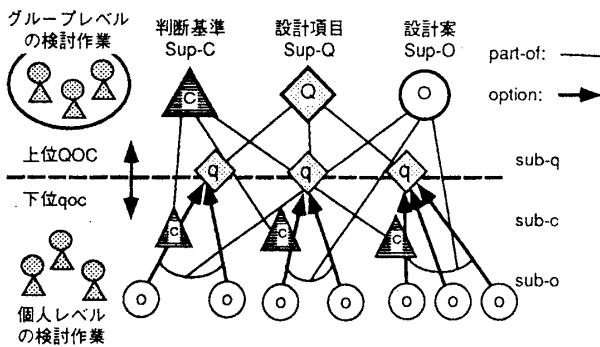


図1. QOCの上位(Sup)-下位(sub)構造

である。上位の問題(Sup-Q)から下位の問題(sub-q)を抽出すれば、対応してSup-O, sub-o, Sup-C, sub-cが得られ、規模が十分小さいsub-qは個人レベルの検討作業で解決できると考える。そこで本検討では、QOCの再帰的な分割と各sub-qを個人レベルの設計者に割り当てることを基本とする(図1)。しかしながら、

問題(3) アプリケーションの設計全体を完全に独立な副問題に分割するのは困難であり、別々の設計者が作り出した設計案の間で矛盾、無駄、不完全さが発生する可能性がある。

という問題は依然として未解決である。

問題(2)については、一部の設計案の変更や代替案への置き換えが発生しても、それらの再評価に対し計算機の支援を与えるための客観的な判断基準の考案を検討作業に明示的に取り入れるという方針から、適合度(fitness measure)という概念を導入する。適合度とは、解決すべき問題(つまり設計項目)に対し提案する候補案がどれくらいの度合で適切であるかを評価するための定量的な尺度である†。

4. 提案する設計空間の枠組

図2に本稿で提案する設計空間のモデルPowerDRを示す。アプリケーション設計のある時点で、Sup-Q(Qと記す)とそれを分割したいくつかのsub-q(qiと記す)つまり設計項目が与えられる。一つのsub-qに対して、複数のsub-o(oi\*で総称する)が提案される。一つのqiに対し任意のoi\*を選択することをSup-Qを構成するsub-q全体について繰り返すことで、ひとつのSup-O(Ohと記す)が構成される。つまりsub-oの組合せの数だけSup-Oが存在し得る。sub-q(qi)とsub-o(oi\*)の間には、oi\*がqiに対しどれくらいの度合で適正かを評価する基準であるsub-cつまり適合度(c<sub>i</sub>(q<sub>i</sub>,o<sub>i</sub>\*)と記す)が付加される。従来のQOCにおいてOに直接リンクしていたCが、本モデルではOとCの関係に対してより客観的な適合度としてリンクしている。Sup-C(C(Q,Oh)と記す)は、Sup-Qに対し、Sup-Oを構成するsub-oの間で矛盾がないか、冗長性がないかを総合的に評価すると同時に各sub-cの評価値を合成するものである。

このように、本モデルは個人レベルとグループレベルの設計作業の効果的な協調のために、QOCの3つの概念それぞれについて「上位-下位の(再帰的な)構造」を明示的に取り入れている。これにより、本モデルに基づく設計作業の進め方は次のように分類できる：

(1) 個人レベルで責任をもつ作業

(i) 設計案(sub-o)の修正/新規追加

PowerDR: A proposal for the design space model using the fitness measure.

Keitaro HORIKAWA, Eiji KUWANA

NTT Software Laboratories.

1-9-1 Kohnan, Minato-ku, Tokyo 108, Japan

†この評価関数定義についての方法論は本検討の対象外であるが、ひとつの設計項目の規模を十分に小さくすれば、設計案の特徴量の抽出と関数定義は実現可能と考ええる。

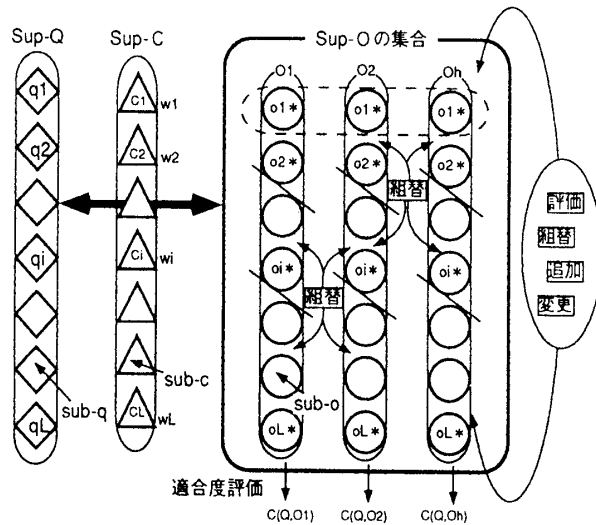


図2. 適合度を導入した設計空間モデルPowerDR

(ii)適合度 (sub-c) の修正/新規追加

(2) グループレベルで責任をもつ作業

(i)上位の適合度 (Sup-C) の合成

(3) 計算機による支援可能な作業

(i)既存の項目案 (sub-o) の組替え操作によるSup-Oの構成とその評価 (Sup-Cの適用)

(2)-(i)について、Sup-Oを完全に独立なsub-oに分割できる場合や、各設計者の判断結果を完全に信用する場合は、Sup-Cは例えば $C = \sum w_i c_i$ あるいは $C = \sum c_i^{w_i}$  (いずれも $w_i > 0$ )などで定義でき、グループレベルの作業は重みパラメタ $w_i$ を調節するだけですむ。そうでない場合に問題(3)が発生する。この場合、必要なsub-oとsub-cの詳細を理解し、無矛盾性・非冗長性・不完全性をチェックするアルゴリズムを取り入れたSup-Cの合成を行う必要がある。ここで、各sub-qを担当した設計者のコミュニケーションと協調が必要となる。

(3)-(i)について、各sub-oの特徴量を与えることで適合度Sup-Cが自動的に計算できるならば<sup>†</sup>設計作業のダイナミズムにおいて、膨大な量の設計案の再評価とその組み替え (sub-oからSup-Oを構成する作業) に対して強力な計算機の支援が得られる。したがって、膨大な数の設計案の全てを効率的に管理できると考えられる。また本モデルを用いることで、複雑なアプリケーション設計作業が上記の作業の系統的な繰り返しに帰着できる。

なお、以下の作業は本モデルのメタレベルの作業に相当するのでベースレベルの検討作業とは区別して扱うべきである：

- ・Sup-Qからsub-qを分割する方法の検討。
- ・新しい設計項目の派生によるsub-q体系の変更。
- ・個々の設計者への設計項目の割り当て方の検討、など。

<sup>†</sup> 適合度定義のためのおおまかな方向性としては、状態やオブジェクトごとにsub-qを設定することで可能な限り独立な問題に分割することである。sub-oを機械的に評価できる形で表現し、状態(オブジェクト)を一意に識別し、その状態における各種イベントの特徴量をパラメタ化することが少なくとも必要である。

## 5. 個人とグループの協調的な設計作業

個々の設計者による個人レベルの検討作業では、自分の好みの手法で検討作業を進めることができる (局所的な自律性の満足)。ただし設計者は適合度sub-cを定義し各設計案sub-oの仕様 (特徴量に関する情報) をグループレベルへ伝達する責任をもつ。一方グループレベルの検討作業においては、設計者が各々の検討作業で作りに出した断片的な設計案sub-oを統合する時に、矛盾や無駄が生じていないかを調整する (大域的な整合性の満足) 必要がある。本モデルを導入することにより、この大域的整合性の実現 = 「自グループで管理している複数の設計項目sub-qの適合度sub-cを合成/定義すること」となり、グループ討論における設計者間のコミュニケーションに明確で限定された目的を与えることができる。

## 6. 考察と検討すべき課題

現在、「共有ウィンドウの設計」という具体例について、本モデルの適用実験を行なっている。本モデルの実用性について評価はまだ行なっていないが、次のような効果が期待できると考えられる。

- ・設計案の機械的な組替えにより、当初予想もしなかった設計案の組み合わせが見い出せる。
- ・設計案の拡張、新規追加が比較的容易に行える。
- ・個人レベルとグループレベルの設計作業に系統的な手順を与えられる。
- ・設計案の組み替えや適合度の評価には、遺伝的アルゴリズム(GA)[4]の操作が効果的に適用可能である。

今後は具体例について実験を行い、上記の考察事項を検証し、本モデルに基づく設計作業の進め方を詳細化する必要がある。

## 7. おわりに

QOCをベースに、適合度と上位-下位構造を導入したソフトウェアの設計空間モデルPowerDRを提案した。また、本モデルに基づいた「個人レベル」「グループレベル」の作業の進め方を整理し設計のガイダンスを与えた。設計案の組み替えと評価を計算機支援することで多数の案sub-oを効率的に管理できる見通しを得た。

**謝辞** 本研究の機会を与えてくださった当研究所ソフトウェア開発技術研究部 長野宏宣部長、中村雄三主幹研究員をはじめ、本研究に関しご討論くださった手塚祐一社員ほか当研究所の皆様様に深謝いたします。

## 参考文献

- [1] T.Moran AND J.Carroll(Eds.). Design Rationale, Lawrence Erlbaum Associates,1994.To appear.
- [2] A.MacLean AND R.M.Young. Questions,options,and criteria: elements of design space analysis. In Human-Computer Interaction 6,201-250,1991.
- [3] 尾上,桑名. 設計者間のコミュニケーション構造モデルの一考察. In グループウェア研究グループ研究会,1992.
- [4] 北野. 遺伝的アルゴリズム. 産業図書,1993.
- [5] 松下. 図解グループウェア入門. オーム社,1991.