

議論情報に対する構造化手法の一提案

増尾 剛、桑名栄二
NTTソフトウェア研究所

ソフトウェア開発の上流工程において、従来の設計ドキュメント等の成果物の他に、なぜそのような成果物が得られたかという検討経緯を表す設計理由(Design Rationale)が重要視されてきている。また、その一環として議論の構造化(Argument Structure)の技術として、様々なモデルや支援ツールの研究が行われている。

本稿では、従来提案されているArgument StructureモデルであるQOCに、Hypermedia技術を適用した新しいモデルの提案とそのプロトタイプの実現について報告している。HypermediaのHyperlink機構による柔軟性と、マルチメディアオブジェクトの取り扱いによる多様性によって、QOCのメリットである簡素さを損なわずに、その表現能力を高めることが可能となった。

A New Model for Argument Structure Based Design

Tsuyoshi Masuo and Eiji Kuwana
NTT Software Laboratories
Nippon Telegraph and Telephone Corporation
1-9-1 Konan Minato-ku, Tokyo 108 Japan

In upper streams of software development, it grows more important that designers explicitly record design rationale which can explain a reason why an artifact is the way it is. And as a part of research of design rationale, various models or supporting tools for argument structure are proposed.

In this paper we describe a new model which is enhanced by applying technology of hypermedia to QOC which is a model for argument structure proposed by A. MacLean, and we also show an implementation of prototype with this model. With pliability of hyperlink and diversity of multimedia objects of hypermedia, we can improve an expressiveness of QOC without a loss of simplicity of QOC which is regarded as an advantage of QOC.

1 はじめに

近年、ソフトウェア開発作業中の要求定義/設計といった上流工程において、従来の成果物である仕様書や設計ドキュメント等（以降、これをFormal Documentとする）の正式な成果物の他に、そのFormal Documentを得るに至った検討/議論の経緯を表す設計理由（Design Rationale: 以下DRとする）が重要視されてきている [島89]。このDRを成果物としてFormal Documentとともに明示的に残すことにより、以下のような利点があるといわれている [Carroll91]。

- (1) 設計作業時において効率的な判断や思考のプロセスを支援する
- (2) その設計に関わった当事者以外の設計者や、後工程（コーディング、保守）に関わる作業員、また場合によっては出荷後に実ユーザとの間において、その設計内容に関するコミュニケーションを支援する
- (3) 蓄積されたDRを設計に関する知識ベースとして発展させ、複数の開発プロジェクト間でこれを共有/再利用していく

上記のうち、特に（1）、（2）を目指したものとして、設計レビューなどで行われた議論を明示的に構造化する（Argument Structure: 以下ASとする）研究が行われており、gIBIS [Conklin88] やQOC [MacLean91] などのモデル/ツールが提案されている。この中でQOCはASを空間的な視点でとらえて構造化することにより、議論の背景にあるinformalな情報を表現しようとするものであるが、表現の記法が簡素なため、実際の設計レビュー時（以下これをリアルタイム設計作業と呼ぶ）への適用、つまり上記の（1）の場合において、設計者（レビューの参加者等）に余分な負担を強いることがない、理解性に優れているなどの点において、有利とされている。しかし、実際の議論においては、QOCで捉え切れないような情報も多く、これらのよりinformalな情報がコミュニケーションの支援に重要な役割を果たすと考えられる。

このような背景のもと、本稿では、2章でまずAS

についての概説及び既に提案されているASモデルの比較を行う。さらにQOCについて、その表現能力の限界等について筆者の考察を示す。次に3章で、QOCにHypermedia技術を適用することにより、QOCの理解性等の長所を保ったまま、表現能力を向上させることが可能なことを示し、この考えに基づいたモデルの提案及びそのプロトタイプシステムの実現について述べる。最後に4章で、このプロトタイプシステムの評価や、リアルタイム設計作業への適用といった今後の課題を示す。

2 ASモデル

2.1 ASの概説

1章で述べたように、ASはFormal Documentには現れてこない、その議論に関する背景等の情報を構造的に明示し、後工程の作業員などプロジェクト内あるいはプロジェクト間のコミュニケーションの支援や、そのリアルタイム設計作業において、作業の品質や効率を高めようというものである。

ASは次の2つの系譜に大きく分類される。

(1) プロセス指向

議論において結論等を得る過程を明示し、記録する。これにより、議論がどのように行われたかという、いわば議論に対するhowを知ることができる。

(2) 空間指向

議論されている設計問題の設計空間を構造的に明示し、記録する。これにより、議論の中で何が議論されたかという、いわば議論に対するwhatを知ることができる。

2.2 ASモデルの比較

本節では、既に提案されているいくつかのASモデルについて紹介する。

(1) gIBIS

IBIS (Issue Based Information System) モデルに基づいた議論プロセス指向のAS手法である。IBISモデ

ルは問題提起 (Issue)、その解決案 (Position)、それに対する議論 (Argument) の3種類のノードよりなり、それらのノード間をSupports、Object-Toなどのリンクによって結んだものである。

gIBISはこのIBISモデルのコンピュータ上での構築を支援する一種のHypertextツールであるが、同時にオリジナルのIBISモデルに、Argumentノード間のGeneralize/Specialize関係を導入することにより拡張しており、IBIS系の代表的なモデルとしても認識されている。gIBISモデルを図1に示す。

gIBISの構造は単純で汎用性があるとされているが、逆にそれが、ある単純な事項を表現するのに持ってまわった表記になってしまい、ユーザビリティに問題が生じる場合もあるとされている [Lee&Lai91]。

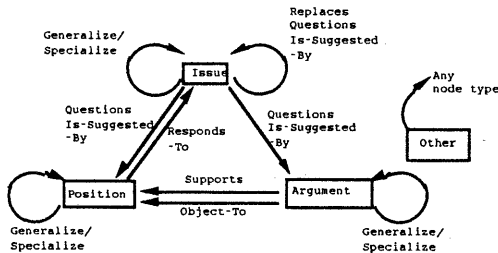


図1 gIBISモデル

(2) QOC

議論空間指向のAS手法である。議論の対象の設計問題の空間を課題であるQuestion、解決案の候補であるOption、その解決案の評価基準となるCriteria (Question, Option, Criteriaを以下それぞれ単に、Q、O、Cと表記する) の3種類のノード及びO、C間のPositive/Negative Assessmentの2種類のリンクを用いた簡単な表記法で構造化するものである。これにより、議論において今対象となっているOが全体の設計空間の中で他のOに対して、Cという視点からどこに位置しているのか設計者が把握しやすくなる。さらに、Assessment Linkに対して、必要に応じてそれがPositive/Negativeと結論づけられた論拠となる客観的なDataやTheory、あるいはその議論の場において承認されたad hocなMini-theoryをリンクさせる。QOCの記法を図2に示す。

QOC自身は、gIBISと異なり純粋にモデルを表す

名称であるが、Xerox Euro Parcにおいて、gIBISと同様のQOCの構築を支援するコンピュータツールのプロトタイプが稼働している。

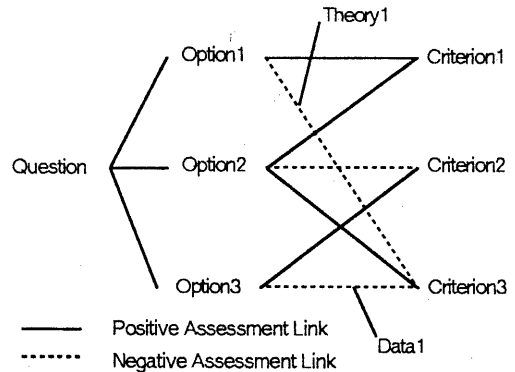


図2 QOCの記法例

(3) SIBYL [Lee&Lai91]

SIBYLはgIBIS等の既に提案されているモデルの表現能力の限界に留意し、5種類のノードとそれらの間の14種類のリンクを持ったDRL (Design Representation Language) を定義し、豊富な表現能力を実現している。DRLによって、プロセス指向、空間指向両方のASを表現できる。プロセス指向のASを表現する場合、gIBISと大きく異なるのは、SIBYLでは評価基準の空間 (Criteria Space) を持っていることが挙げられる。空間指向のASを表現する場合、QOCと大きく異なるのは解決案の評価の議論について豊富な表現能力を持っていることである。つまり、プロセス指向あるいは空間指向の各局面において、相補的にもう一方のASモデルの表現手法をサポートすることが可能になっている。

しかし、このようにノードやリンクの種類を増やすことによる弊害として、理解性の低下やDRLでの記述作業の稼働増大を招いている。

SIBYLはMITが開発したObjectLens [Malone1990] 上に実装されている。

2.3 QOCの表現能力に関する考察

2.2で挙げたモデルのうち、リアルタイム設計作業への適用においてQOCは以下の点で有利である

と考えられる。

(1) 記法が簡単で、理解性に優れるため、設計作業者に余分な負担をかけない。

(2) 同じく、記法が簡単なため、特別なツール等を必要とせず、単に紙とペンでも使用することができる(ただし、ノードの数が50個ぐらいになるとやはりコンピュータによる支援ツールがあった方がよいともいわれている)。

(3) リアルタイム設計作業においては、プロセス的な視点より、空間的な視点の方が有用であると考えられる。これは、そのリアルタイムな設計作業中に閉じたプロセス、つまりその作業中に起こった時系列的な情報は、各作業者はその設計作業中はある程度認識でき、それよりも、全体の設計空間の中で現在どの部分について議論しているかということ各作業者が認識しやすいようにすることの方が有用であると考えられるからである。

[尾上92]では、実際にQOCをリアルタイム設計作業へ適用した場合の効果を確認する実験(以下これを尾上の実験とする)を行ない、QOCを適用することにより、しない場合に比較して、より大きな協調効果があったと報告している。

しかし、このリアルタイム設計作業で得られたQOCを成果物として残し、後工程でのコミュニケーション等に利用することを想定した場合、QOCではその記法の簡素さゆえに、逆に表現能力においていくつか限界があると考えられる。本節ではこの尾上の実験の結果等をもとにした、このQOCの表現能力の限界についての筆者の考察を示す。

まず、尾上の実験の概要について説明する。尾上の実験は、“新たなウィンドウベースのソフトウェアの開発に際し、ウィンドウコマンドメニューをディスプレイ上のどこに配置したら良いか?”という設計問題に対し、ほぼ共通の背景知識を持つ3名づつ2組(計6名)の被験者に対し、1組は従来どおりのフリーディスカッション形式で議論を行い、もう1組はQOCの手法を導入し、QOCを模造紙上に記述しながら議論を進め、両者においてそれぞれ為された設計の品質を比較、評価するというものであった。

本節では、この尾上の実験によって得られたQOC

構造(リアルタイム設計作業中に模造紙上に書かれたもの)と、その実験の全景を撮影、録音したビデオテープを元に、QOCの表現能力の限界等について考察する。

問題点1： 各ノードに対する議論(メタ議論)が表現できない。

例えば、OやCを提案をし、それをQOCに記述する段階で、その妥当性や表現方法についての議論などである。尾上の実験の場合でもOとして、“ブルダウン方式”が挙げられたが、このとき、“ブルダウン方式と同様の方式として、ブルアップ方式、ブルサイド方式というものがあるが、これらをまとめてブルダウン方式としよう”というような議論がなされているが、このような、議論をQOCでは表現することができない。敢えて表現するとすれば、このOの表現の仕方を新たなQとして提案し、それに対し別のQOCによって議論を進め、その結論が出た時点で元のQOCに戻るということになる。

リアルタイム設計作業にQOCを適用する場合、各ノードをいかに適切に表現するかは、それ以降の議論の効率に大きな影響を及ぼすと考えられるので、このようなメタ議論は実際の多くの場合においても生じることが予想される。

なお、[MacLean91]ではCに関する構造化の方法として、Bridging Criteriaを提案しているが、これはC間の抽象性/具体性といった尺度について構造化しているものであり、そのCに対する妥当性や表現方法等のメタ議論を表現しているわけではない。

問題点2： OC間のPositive/Negative Assessment Linkに関する議論が表現できない

つまりQOCによって、もとのQに対してある解Oが採用されたことに関するある程度の背景知識は得られるわけであるが、もう少し詳細に見た場合の、個々のOC間のAssessmentが何故PositiveあるいはNegativeと結論づけられたのかその判断理由が得られないのである。

2. 2で述べたように [MacLean91]では、このようなAssessmentに関する議論を表現する手段として、Assessment Linkにその論拠となったData、

Theory、Mini-theoryをリンクさせることを提案しているが、その用法についてはあまり明らかになっていない。また、このDataやTheoryに自身に関する正当性などの議論が表現できないといった指摘もある [Lee91]。

問題点3： 時間的な要因を表現することができない

これは、2.2で述べたように、本来QOCが目的とするものではなかったわけであるが、場合によっては重大な制約となることが考えられる。

例えば、(1)と若干関連するが、例えばある項目iがCまたはOとして一旦挙げたが、その妥当性の議論において、妥当でないと結論付けられ消去された場合、その生成/消滅について記録することができないといった問題が考えられる。このようなO、Cの生成/消滅は尾上の実験においても実際に観察された現象であり、QOCにおける重要な問題であると考えられる。

このような例以外にも、O、Cの提案された時間的な順序や、各Assessment Linkが張られた時間順序は、その設計に対する有用な背景知識を与えてくれる場合もあると考えられる。

問題点4： Cの優先度や、Assessment Linkの確からしさといった二値情報以外のデータを扱えない

最終的に複数のOから、あるOを選択するさい、必ずしもPositive Assessment Linkの数により、明確に決定される場合ばかりではないと考えられる。尾上の実験においても、最終的にはPositive Assessment Linkの数が一番多かった”固定方式”(Positive Assessment Linkの数は3つ)ではなく、”ポップアップ方式”(同じく2つ)が選択されている。これは、各Cに対して優先度づけがなされたり、各Assessment Linkに対してそのPositive/Negativeの結論に対する確からしさの重み付けがなされたためであるが、そのような情報を明示的に表現する方法についてはQOCでは考慮されていない。

3 Hypermedia技術のQOCへの適用

3.1 表現能力の向上方法

本節では、2.3で挙げた問題点を解決する手段として、QOCにHypermedia技術を適用することを提案する。Hypermediaが持つHyperlink機構による柔軟性や多様なマルチメディアデータを取り扱える能力によって、2.3で挙げた問題点はそれぞれ以下のように解決できると考えられる。

問題点1に対する解決策(各ノードに対するメタ議論の表現)

各ノードとそのノードに対するメタ議論に関連する情報を、Hyperlinkでリンクさせることにより、メタ議論についての背景知識について知ることができる。このとき、リンクさせる情報としては、単なるテキスト情報の他に、新たなQOCを起こして議論を進めた場合にはそのQOCや、議論で用いられたホワイトボードなどに書かれた図をコンピュータ上に書き移したり取り込んだりしたもの、あるいは、そのメタ議論の様子を録音した音声データなどが考えられる。

問題点2に対する解決策(Assessment Linkに関する議論の表現)

問題点1に対する解決策と同様に、各Assessment Linkに対し、Hyperlinkにより、そのAssessmentの議論に関するさまざまなデータをリンクさせる。前章で述べたように [MacLean91] ではこのAssessmentに関する議論としてData、Theory、Mini-theoryをリンクすることを提案しているが、問題点1に対する解決策と同様にテキスト以外の図や音声といったマルチメディアの情報が対象とできる。そして、必要に応じて、リンクづけられたデータからさらにHyperlinkによって、そのデータに関連するデータへと辿ることも可能である。[MacLean91] ではDataやTheoryをQOCと同一面上に記述しているが、これらがあまり多くなると、QOCの持つメリットである理解性が損なわれる恐れがある。このような状況を防ぐためにもHyperlinkは有用であると思われる。

【MacLean91】が指摘しているように、議論の過程というものは必ずしも厳密に構造化されるものではない。このような場合は、無理に不自然なかたちでの構造化に努力を払うよりも、Hypermedia技術で扱えるデータの多様性を生かして、その議論に関するインフォーマルなさまざまなマルチメディアのデータ（そのときの議論の様子を録音した音声データ等）をそのままの形で取り込む方が効果的であるとも考えられる。

問題点3に対する解決策（時間情報の取り扱い）

O、Cの生成/消滅やその生成順序やAssessment Linkの張られる順序等を記録するためには、Hypermediaにおけるアニメーション技術を利用する。つまり、QOCが構築されていく過程を最初のQだけが与えられた画面から、各O、CやAssessment Linkが徐々に生成されていく様子をアニメーションとして記録しておき、必要に応じてそれを再生するという機構で対応できると考えられる。

問題点4に対する解決策（優先度の取り扱い）

これは、Hypermedia技術が持つ、木目の細かい図形情報によって対応できると考えられる。つまり、優先度に従って、各ノードを表す文字の大きさや、リンクの線の太さを変えたり、あるいは色情報を用いることによって優先度を表すことも考えられる。

3.2 プロトタイプシステムについて

3.1で挙げた機能を実現し、評価するために、HypermediaQOCというプロトタイプシステムを構築した。正確には、HypermediaQOCはQOCの構築をコンピュータ上で実現するためのツールという側面と新しい概念を含んだモデルという両方の側面を持つといえる。つまり、IBISモデルにおけるglBISの関係と近いものである。

今回、HypermediaQOCはSparcStationIPX上で¹⁾Hypermedia AuthoringツールであるGainMomentumを用いて作成した。Hyperlinkの作成/管理、マルチ

メディアデータの取り扱い、アニメーション等の機能はこのGainMomentumの機能をそのまま利用している。SPARCStationをプラットフォームに選んだのは、将来的にHypermediaQOCをリアルタイム設計作業に適用する場合（後述）に、分散環境での対応などに有利であると判断したからである。また、マルチメディアの大量のデータを扱ったり、将来的にそれを共有DB化する場合にも有利であると考えられる。

尾上の実験のデータをサンプルとして、まずこの実験で得られたQOCをGainMomentumの作図機能により描画した。さらにこれを核として、各ノードやリンクに関連するマルチメディアデータをHyperlinkによりつなげていった。扱ったマルチメディアデータとしては、今回の例の場合、各Oに対応するウィンドウコマンドメニューの方式の実際例のイメージ図や、実験の全景を撮影したビデオテープから切り出した画像や音声データである。QOCの一つのオブジェクトに対し、複数のオブジェクト（マルチメディアデータ）をリンクすることも当然考えられるので、どのオブジェクトへ辿るかはメニュー形式で選択可能なようにした。

また、音声データの取り込みにおいては、再生時にその音声が誰の発話によるものなのかを明確に表示するために、設計者の顔の画像データに音声に合わせて漫画で用いられるふきだしを表示するようにした。但し、将来的にはふきだしの代りに、まさしく発言しているときの動画像を再生するようにすることも考えられる。

HypermediaQOCの画面例を図3に示す。

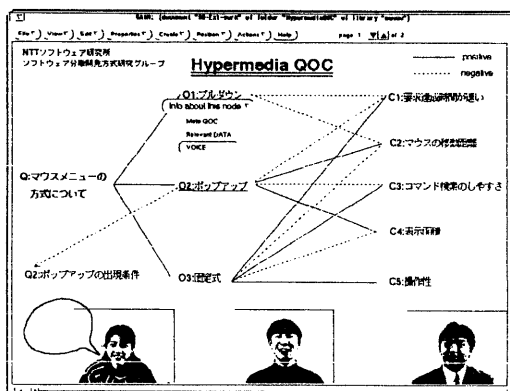


図3 HypermediaQOC画面例

¹⁾ SparcStationはSun Microsystems社の登録商標です。GainMomentumはGainTechnology社の登録商標です

4 今後の課題

本研究においては、まだHypermediaQOCのプロトタイプを実現したに留まっている段階であり、今後解決すべき課題は多い。特に大きなものとして、以下の3点が挙げられる。

課題1：HypermediaQOCの評価

このHypermediaQOCの機能が実際に後工程とのコミュニケーション等においてどの程度有効なのか評価する必要がある。この場合、普通のテキスト（議事録等）、従来のQOC、HypermediaQOCの3者間における比較調査が必要であると考えられる（尾上の実験はリアルタイム設計へのQOCの有効性について検証したものであるが、従来のQOCにおいても後工程とのコミュニケーションに適用した場合の効果の検証報告例は筆者の知る限りない）。

評価においては、さらに以下のような点が課題になると考えられる。

- (1) コミュニケーションの効果についての評価尺度
- (2) Hypermediaで扱う多様なデータのうち、どのデータが効果があり、またどのデータがあまり効果がないのかといった検討
- (3) Hyperlinkの効果的なブラウジング方法に対する検討
- (4) コミュニケーションの効果とHypermediaQOC構築作業のトレードオフ

上記のうち(4)、つまり、コミュニケーションの効果とASの記述に関する稼働の問題は従来手法においても指摘されていることである。ある程度の効果はあったとしても、それに対して構築に莫大な稼働を要するようでは再考が必要である。これは次に挙げる課題2にも関連する。

課題2：HypermediaQOCのリアルタイム設計への適用

本課題は次の2つの動機より挙げられる。

(1) HypermediaQOC構築の稼働削減

今回のプロトタイプ作成の経験からすると、リアルタイム設計において得られた核となるQOCと、そのときの議論の様子を録画したビデオテープなどからこのHypermediaQOCを構築するのは、かなりの稼働を要する。この稼働を削減するためには、模造紙やホワイトボードでQOCや関連する図等を記述して議論を進めるのではなく、rIBIS [Rein91] のようにコンピュータとネットワークを利用してリアルタイムにHypermediaQOCを構築していく必要があると考えられる。

(2) リアルタイム設計作業の協調効果の向上

リアルタイム設計作業中においても、Hypermedia技術が利用できるようになると、その多彩な表現能力により、設計品質や作業効率などのリアルタイム設計作業における協調効果の向上が期待できる。

本課題を達成するには、まず、共有ウィンドウシステムや、分散環境の場合の画像/音声通信といった要素技術が必要である。これらの技術は、デスクトップカンファレンスシステムとして、既の実現されているものもあり、そういった既存の技術とHypermediaQOCを構築するHypermedia技術を、いかにうまく組み合わせるかが課題になると思われる。

Hypermedia技術に関しては、特に発話内容のタイムリーな構造化とその取り込みが重要な問題である。ここで、“リアルタイム”ではなく“タイムリー”としているのは、本質的に今話している内容が有効なものかどうかというのは、厳密な意味でのリアルタイム時には判断不能であるためである（特にO、Cの提案などの場合）。つまり、発話が始まってから、いくらかの時間がたち、その発話が意味をなすものとなり、さらにその発話の意味内容が有効なものだと認識された時点で、その発話の経過時間分を遡って発話の最初からその音声データをHypermediaの1つのオブジェクトとして、コンピュータ上に蓄積するといった技術が必要になると考えられるためである。この機能を実現するためには、リアルタイムに流れる音声データを逐次格納していくバッファ

リング機構と、発話内容の有効性 (HypermediaQOC のオブジェクトとして、取り込む必要のあるもの) について、作業間で即座に合意が取れる機構が必要であると考えられる。

課題3 : データベース化

設計工程において構築されたHypemediaQOCを後工程作業者と共有するために、プロジェクト全体の共通のデータベースとして管理する必要がある。このとき、HypermediaQOC全体をデータベース化すると同時に、Assessmentの論拠となる一般的なData、Theoryなどを1つの単位としてデータベース化することも考えられる。

5 おわりに

本稿では記法が簡素でリアルタイム設計への適用に有利な空間指向のAS手法であるQOCに関して、ASのもう一つの側面であるコミュニケーション支援においてはQOCでは表現しきれないさまざまな情報も必要であることを示した。そして、このQOCにHypermedia技術を適用することによって、QOCの記法の簡素さというメリットは保ったまま表現能力を高める手法を提案し、そのプロトタイプシステムの実現について報告した。

本システムの基本概念は、[MacLean91]が指摘するように、実際の個々の議論というのは必ずしも明確に構造化されるものではないかもしれないということである。このため、表現能力を高めるために、作業者に余分な負担を強いて不自然な構造化を行うより、Hypermediaが持つ多様なデータの表現能力をもとに、リアルタイム設計の場におけるさまざまなインフォーマルなデータをQOCの構造に取り組みといった方向の方が効果があるのではないかと考えている。

今後は評価、特にさまざまなメディアがコミュニケーションに果たす役割の評価とリアルタイム設計への適用といった課題を中心に研究を進めていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたって、貴重な助言を賜りましたNTTソフトウェア研究所の小川裕主幹研究員、尾上裕子社員の各氏に感謝致します。

参考文献

- 尾上、桑名(1992). 設計者間のコミュニケーション構造モデルの一考察 情報処理学会グループウェア研究グループ研究会、3-1
- 島(1989). ソフトウェア設計のための判断履歴の蓄積、利用について 情報処理学会ソフトウェア工学研究会、69-5
- Carroll, J.M. and Moran, T.P.(1991). Introduction to This Special Issue on Design Rationale. *Human-Computer Interaction* Vol.6 Nos. 3&4,197-200
- Conklin,J. and Begeman,M.L.(1988). gIBIS:A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion. *CSCW'88 Proceedings*. ACM,140-152
- Lai, K.-Y. and Malone, T.W.(1988). Object Lens:A "Spreadsheet" for cooperative Work, *CSCW'88 Proceedings*, ACM, 115-124
- Lee,J and Lai,K.-Y.(1991).A Comparative Analysis of Design Rationale Representations. *No. CCS Technical report #121*, MIT
- MacLean, A., Young, A.M., Bellotti, V.M.E. and Moran, T.P. (1991). Questions, Options and Criteria: Elements of Design Space Analysis. *Human-Computer Interaction* Vol.6 Nos. 3&4, 201-250
- Rein, G.L. and Ellis, C.A..(1991). rIBIS: A Real-time Group Hypertext System. *Int. J.Man-Machine Studies*