The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	意図を利用した問題解決支援に関する研究
Author(s)	山岡, 孝行
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144069
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

意図を利用した問題解決支援に関する研究

1998年1月

山　岡　孝　行

①

意図を利用した問題解決支援に関する研究

1998年1月

山　岡　孝　行

内容梗概

計算機が幅広い対象の様々な問題解決に利用されるようになり，外面的な使いやすさとともに，ユーザの信頼を得るための内面的な親和性を持つシステムの開発が重要視されてきている．本論文は，ユーザとの内面的な親和性を備えるシステムの核となる概念として意図に注目し，意図を利用する支援機能を備えた問題解決支援システム構築のための技術について論じたものである．

最初に，支援システム構築に向けた工学的利用の観点から，問題解決における意図の概念についての考察を行った．ここでは，意図するという行為の主観性と慣性により，意図の利用がユーザに対して内面的親和性を持ち，効率的な支援を可能にすることについて論じた．また，従来の研究を整理して本研究の位置づけを明らかにした．

問題解決支援の具体的な研究対象として，まず，協調的目標指向対話の音声言語理解という問題領域を取り上げ，音声言語処理システムとその中の音声認識候補削減という課題に対する意図の分析的利用を論じた．ここでは，対話の意図を表現し管理するための対話構造表現と，その構造を推定するための階層型プラン認識技術を導入し，そこから次発話の意図と話題の内容とを予測する手法を示した．さらに，予測した情報を利用して音声認識候補の削減を行う手法を提案し，発話の意図に関する知識やデータを整理した上で，プロトタイプシステムを構築して実験を行い，本手法の発話の意図表現の候補削減に対する有効性を明らかにした．

次に，非定型的な合成型タスク遂行による問題解決の対象として，レイアウト設計を取り上げ，意図の建設的利用による支援について論じた．ここでは，主観的で状況依存的な意図を捉えるための技術として，事例を利用した意図推定手法を提案し，意図に応じて支援情報を提示する設計支援方式を提案した．また，提案した手法に基づくプロトタイプシステム **YAAD** を開発し，試用を通して提案した支援方式と機能の有効性を確認した．

さらに，人間同士のコラボレーションによる問題解決の対象として，ユーザ参加型設計を取り上げ，参加者の立場の違いによる相互理解の問題とその支援について論じた．まず，協同設計における情報仲介者のモデル化を行い，意図の推定と変換伝達という仲介のための基本機能を抽出した．次に，上記事例による意図推定手法を援用して基本機能を実現する手法を示し，ユーザ参加型設計での相互理解の支援に対して，わかりやすい表現による意図の伝達と考えの差を提示する機能を実現した．また，プロトタイプの開発とそれによる支援機能の検証について述べた．

目次

1 序論 **1**
1.1 研究の背景 1
1.2 本研究の課題と目的 1
1.3 本論文の構成 2

2 問題解決支援における意図に関する基礎的考察 **5**
2.1 緒言 5
2.2 意図に関する基礎的考察 6
2.3 従来の研究 9
2.4 本研究の位置づけ 12
2.5 結言 13

3 音声言語処理への応用 — 話し手の意図を表す表現の曖昧さの解消 — **15**
3.1 緒言 15
3.2 対象対話の表現の分類と特徴 16
3.3 対話理解と次発話の予測 18
3.4 文脈情報を利用した音声認識候補選択 24
3.5 意図表現に関する知識 28
3.6 実験 35
3.7 評価と考察 39
3.8 結言 41

4 設計支援への応用 — 設計意図を考慮にいれた事例ベース設計支援システム — **43**
4.1 緒言 43
4.2 意図を考慮した設計支援方式 44

4.3 事例を利用した意図推定手法 47
4.4 システムの実装 53
4.5 考察 61
4.6 結言 63

5 協同作業支援への応用 — 事例を利用した意図伝達によるユーザ参加型設計支援システム — 65

5.1 緒言 65
5.2 協同設計と支援モデル 66
5.3 事例を利用した協同設計支援手法 70
5.4 システム設計 73
5.5 プロトタイプ実装と考察 78
5.6 結言 82

6 結論 85

謝辞 89

参考文献 91

研究発表一覧 98

表一覧

2.1 問題領域での従来の研究と課題 12

3.1 発話のモダリティと話題の属性の分類 30
3.2 電話対話における情報伝達行為のタイプと表層表現 (Demand class) 31
3.3 電話対話における情報伝達行為のタイプと表層表現 (Response, Confirm class) 32
3.4 発話対の構成 33
3.5 実験結果 38

4.1 レイアウト設計における意図構造の構成データ 48

5.1 協同設計における参加者の属性 67
5.2 情報仲介者のタスクと知識 69

図一覧

1.1 本論文の構成 3

3.1 対話例と音声認識候補 (国際会議に関する問い合わせ対話の一部) 16
3.2 プランスキーマの記述例 19
3.3 対話管理のスタック 21
3.4 プランインスタンスの例 22
3.5 音声言語処理システムの構成 25
3.6 文脈情報による音声認識候補選択処理 27
3.7 情報伝達行為解析 34

4.1 設計支援処理の流れ 46
4.2 レイアウト設計の意図構造の例 48
4.3 部分意図構造の合成 50
4.4 意図推定処理の流れ 51
4.5 意図構造の類似度計測 52
4.6 設計支援システムのモジュール構成 54
4.7 設計例画面 1 ; 部品入力による検索結果 57
4.8 設計例画面 2 ; スコープによる事例検索結果 58
4.9 設計例画面 3 ; 部分意図構造の合成による意図推定結果 59
4.10 設計例画面 4 ; 配置の修正と意図構造の編集 60

5.1 ユーザ参加型設計におけるユーザと設計者の属性の関わり 67
5.2 ユーザ参加型協同設計支援システムの構成 70
5.3 意図構造変換・伝達手法の概要 72
5.4 共有画面の表示例 74
5.5 設計者画面の例 75

5.6 ユーザ画面の例 76
5.7 支援システムを構成する基本オブジェクトのクラス階層 77

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

近年，計算機は幅広い対象の様々な問題解決に利用されるようになってきた．しかし，計算機はやはり使いにくいと感じている人が多いのではないかと思われる．豊富なオンラインヘルプ機能があるにもかかわらず，近くにいる人に尋ねてしまうのは，現在の計算機は人と違って気が利かないからではなかろうか．

人と計算機の協調システムを考える HCI(Human-Computer Interaction) 研究における計算機機能の追求は，ユーザインタフェースに代表される外面的なアプローチとユーザモデルに代表される内面的なアプローチとに区別することができる．二つのアプローチは完全に独立したものではなく，むしろ相補うことにより高度な機能が発揮されるだろう．今日の計算機のめざましい普及は，いわゆるユーザインタフェースの高度化に依るところが大きいが，今後より深く社会に浸透していくためには，ユーザとの内面的な親和性を持った計算機の出現が望まれる．

現在の計算機が気が利かない理由として，人間とは違いユーザの意図を捉えていないことを指摘できる．内面的な親和性を備えた協調システムの核となる概念としてユーザの意図を位置づけた時，意図の役割と機能を理解した上で，その表現方法と推論方法を明らかにし，有効な問題解決への応用を行うための工学的枠組を与えることは急務である．

1.2 本研究の課題と目的

本研究は，上述したような背景をふまえた HCI 研究の観点から，われわれが意図と呼ぶ概念を利用した支援機能を備える問題解決支援システムの構築へ取り組んだものである．

具体的な対象として，音声言語理解，レイアウト設計支援システム，およびユーザ参加型設計支援システムを取り上げ，協調問題解決システムにおけるインタラクション，非定型的なタスクの遂行，人間同士の共同作業（コラボレーション）に関する意図を利用した支援の課題を議論する．以下で，各対象の問題点とそれに対する研究の意義について述べる．

まず，音声対話理解のための音声言語処理システムにおける音声認識候補の削減という課題に注目する．特に，話題に関する表現への取組みとは対称的に，話者の意図に関する表現を対象とした候補削減は，従来あまり行われていなかった．対話における話者の意図をはっきりと捉え伝えることは，円滑なインタラクションを実現する上で重要である．協調問題解決で行われている対話を理解することにより，計算機は効果的な支援ができるようになると考えられ，この課題に取り組む意義は大きい．

次に，非定型的な合成型タスク遂行による問題解決として，レイアウト設計を取り上げる．設計支援では，計算機による設計者の意図の認識と援用が重要視されている．設計の意図が明確になることで，設計に対する適切な示唆を与えたり，概念設計段階の思考過程を支援できることが期待できる．また，設計意図が明確な設計物（製品）は使う方にとってもわかりやすい．このような点で，意図を考慮に入れた設計支援を考えることは意義深いものである．

さらに，人間同士のコラボレーションの具体的対象としてユーザ参加型設計を取り上げる．ユーザ参加型設計では，ユーザと設計者の立場の違いが相互理解を困難にし，設計効率を落していることが問題になる．相手を理解するために意図の果たす役割は大きいと考えられ，意図伝達によるコラボレーションの支援に取り組む意義は大きい．

本研究の目的は，以上のような課題に対して，人工知能技術を基礎にした工学的アプローチにより，意図を利用した応用システム構築の枠組を考案し，問題解決支援に対する機能と有効性を明らかにすることである．

1.3 本論文の構成

本論文は，以上の目的に対して行った研究をまとめたものであり，本章を含む6つの章をもって構成する．本論文の構成と流れおよび各章の概要を図1.1に示す．第**2**章では，問題解決支援と意図について基礎的な考察を行うとともに，3つの対象分野における意図利用に関連した従来の研究を概観し，本研究で言及する意図という概念の性質や役割についての輪郭を与える．**3**, **4**, **5** の各章は，前節で述べた各課題へ意図を応用した研究について論じている．第**3**章では，音声言語処理における音声認識候補削減という課題に対し

て，プランベースの意図推定手法とその応用による解決方法を提案し，その有効性について述べる．第**4**章では，非定型的なレイアウト設計の支援という課題に対して，事例ベースの意図推定手法とその応用により支援情報を提供するシステム構築手法を提案し，システムの機能と有効性について述べる．第**5**章では，ユーザ参加型設計における相互理解の支援いう課題に対して，第**4**章で提案した手法とシステムを基に，意図を伝達する仲介者機能による支援の枠組とシステム構築手法を提案し，システムの機能検証について述べる．第**6**章は，本論文の結論であり，第**2**章から第**5**章までで得られた成果をまとめるとともに，今後の課題について述べる．

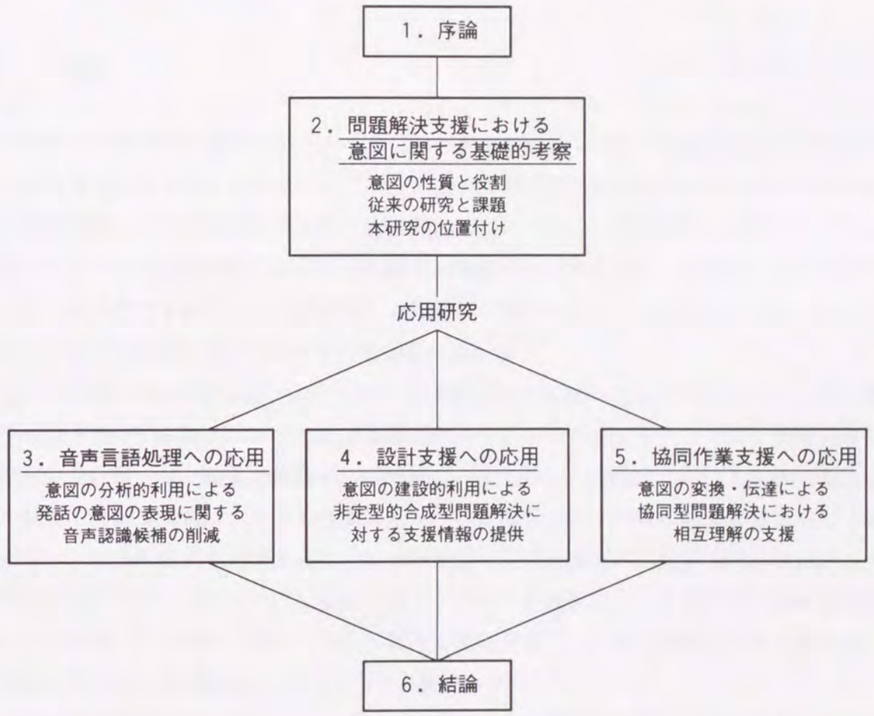


図 1.1: 本論文の構成

第 2 章

問題解決支援における意図に関する基礎的考察

2.1 緒言

人間同士が効率的に協同作業を行うことができる理由の一つに，相手の意図を理解していることを挙げることができる．人間同士の協同作業で意図が問題となるのは，双方の理解状態が乖離しているときであろう．協調問題解決において，相互理解の乖離は，コミュニケーションと問題解決双方の面で効率的な目的達成の支障になる．意図は，相互理解に至っていないときに顕在化するだけで，相互理解の状態にあっても暗黙的に了解され，それに基づいて問題解決が進められていると考えられる．

人と計算機の協調問題解決においても，計算機が人の意図を把握し利用することが，効率的で効果的な問題解決のための重要な機能の一つになると考えるところに，本研究の出発点がある．例えば，論文の推敲は問題解決の一例である．本論文では，**1.3** 節の論文構成の説明を「簡潔に書く」ことを意図した．この意図を満たす文章に仕上げるために，辞書を引き，文書作成の参考書を読み，多くの先達の文章を参考にしたりして，少なからずの時間を要した．いまここに，「簡潔に書く」という意図に応じた支援を行う論文推敲支援システムとそうでない支援システムが利用できると仮定し，他の条件を同じとすれば，2 つのシステムの差は歴然としているように感じられる．

では，意図とは何であろうか．上のように例をあげて意図を説明することにあまり苦労しない．それにもかかわらず，具体的な例を離れてしまうと，この問いに回答することが困難になる．

本章では，工学的利用の観点から，本研究で言及する意図の概念をできる限り明確化することを目的として，問題解決支援における意図の性質と役割についての考察を行う．さらに，その考察を受けて，**3,4,5** の各章で取り組む対象領域における意図利用に関連した

従来の研究について整理し，本研究の位置付けを明らかにする．

本章の狙いは，日常的に使われる意図の概念の一般的な定義を与えることではなく，意図の問題解決支援に対する有効性を予見することにある．

2.2 意図に関する基礎的考察

2.2.1 問題解決支援と意図

まず，問題解決とその支援に関する概念を整理する．

一般に問題解決は与えられた課題を達成することであり，解答を導く手段の計画とその実行が含まれる．従って，問題解決の支援には，計画に対する支援と実行に対する支援を考えることができる．前者は思考に対するものであり，例えばアイデアプロセッサのようなものが考えられる．後者は行動に対するものであり，単なるワードプロセッサを対置できる．

支援の価値は，問題解決にかかるコストと結果の質との関係から評価できる．すなわち，作業に要する時間を抑えたり，より良い結果を導くことができれば，有効な支援ができたといえる．このことから，問題解決のプロセスに対する支援と結果に対する支援が考えられることを指摘できる．例えば，ガイド機能は前者であり，テンプレートは後者と見ることができる．

問題解決の対象となる問題のタイプは，解析型と合成型に区別することができる．解析型は対象の構造を同定する問題であり，合成型は構造を生成していく問題である．論文の推敲は，合成型の一例であり，論文を精読し解釈することは解析型の例になる．また，問題の解決方法は，決まった解決方法がある定型的なものから，方法が決まっていない非定型的なものまで様々である．理工系の論文での推敲は，文芸作品のような文章に比べ，ある程度定型化されたパターンが存在する問題解決といえる．

協調問題解決では計画や実行が分担して行われることになるが，その分担は参加者の能力，問題のタイプ，問題解決状況などの関係に応じて適切に配分されることが望ましいと考えられる．人間同士を含む人と計算機による協調問題解決の対象となるのは，現状の計算機の能力だけでは解決が困難であり，人の能力が必要となるある意味で複雑な問題であろう．そのような問題解決の場面では，多かれ少なかれ人が主たる問題解決者になり，計算機は支援する立場にまわることになる．現状では，計算機が論文の内容（アイデア）を生み出すのは困難であり，メモのための道具であったり，せいぜい人の出したアイデアやその展開に対して参考となる情報を提供することができる程度であろう．

上の例のような支援が効果的なものなるためには，問題を解決するという基本的な目的を充足するとともに，問題解決者との内面的な親和性を保つという観点から問題解決者の態度に適合する必要があると考えられる．本研究で言及する“意図”は，後者に対して中心的な役割を果たす概念として位置づけられる．例えば，論文構成の説明を「簡潔に書く」という意図に適合したガイドラインやテンプレートにであった時，筆者は支援の恩恵を強く受ける．

2.2.2 意図の性質と役割

問題解決の目的が客観的に決定される概念であるのに対して，意図を持つという行為は主観的であるといえる．目的は問題に所与であるが，意図は人に帰属する心の状態と捉えることができる．ある目的を達成するやり方は，人によって様々である．この意味で，論文に必要な「論文の構成を示す」目的に対して，「詳しく書く」ことでなく「簡潔に書く」ことは，筆者が意図したことに他ならない．

上記のように目的から区別される意図の主観性は，問題解決支援において問題解決者の考え方に応じた支援を可能にするという役割を与えている．この役割を果たすことで，問題解決者の信用を得ることができるであろう．意図の利用が内面的な親和性の一端を担うと考える理由は，以上の点にある．

Bratman [6] は，人間が合理的な行為者であるという前提の下で，意図は計画の熟慮と調整に制約を与え，計画に基づく実行を直接コントロールしており，再考慮に抵抗する慣性を持つことを指摘した．この慣性ゆえに，問題解決者はひとたび意図したことを簡単には変更せず，計画の調整と実行に対して意図が一貫性のある理由を与えている．これは，意図が明確になることにより，行動の予測が可能になることを示唆している．行動の予測に応じた適切な支援は，問題解決全体に渡って有効になることが期待できる．従って，意図に応じた支援は，問題解決の効率化に貢献すると考えられる．例えば，**1.3** 節を「簡潔に書く」意図はパラグラフ全体に一貫し，そのことを理解したシステムは，例えば余分な修飾節を付けないように適切なガイドをしてくれるはずであり，そのガイドに従えば効率的に推敲作業を終えることになる．

ここで注意しなければならないのは，上記の慣性は，問題解決に対する意図が決して変更できないことを示してはいないという点である．意図は，例えば実現が困難なことが判明した時など，問題解決の状況に応じて変化しうる．

ところで，問題解決のプロセスは計画が実行された行動の系列であり，結果はプロセスを経て産み出された状態である．プロセスや結果には，ある意図にしたがった一貫性のある計画や実行によって，その意図が反映されていると考えられる．われわれは，人のやり方やそれにより作り出されたものを見て，その人の意図を推測できることがあるが，それはプロセスや結果に一貫性のある意図が反映されているためであろう．

上記に示した意図とプロセスや結果との関係は，意図に即したプロセスや結果を提示したり利用できるという支援の可能性を示唆している．論文の構成を「簡潔に書く」という意図は，それが成功裏に達成されれば，容易に文章から推測されるであろうし，その文章は将来同じ意図を持つ執筆者に役立つであろう．

上記のように推測した意図を問題解決に利用していく方向性として，分析的 (interpretive) な利用と建設的 (constructive) な利用を考えることができる．分析的利用は，意図をプロセスや結果を同定するために利用することであり，建設的利用は，妥当なプロセスや結果の可能性を示すことに利用することである．明らかに，分析的な利用は解析型の問題に適しており，逆に建設的利用は特に非定型的な合成型の問題に適していると考えられる．

本研究で取り上げる問題領域の一つである音声対話の理解は，対話の構造を同定したり音声を認識する解析型の問題である．目標達成のために行われる協調的な対話では，相手との円滑なコミュニケーションを図るために，常識的に理解可能な発話を行わなければならず，そのために話者は規範的な思考に則って対話を行っていると考えることができる．従って，対話における音声認識候補の選択という解析型のタスクでは，規範的な思考に基づく話者の意図を分析的に利用していくことが有効であると考えられる．ここでの規範的な思考は，常識的に理解されうる方法の中での選択であり，上記の意図するという行為の主観性を打ち消すものではないと考える．

一方，レイアウト設計の問題は非定型的合成型問題の典型例である．レイアウトでは，配置のプロセスや配置された結果に設計者の意図が反映されると考えられる．このような時の意図は主観性が強く，その主観性に適合するような可能性を提示する建設的利用が有効になると考えられる．

次に，以上の考察に基づいた意図を，問題解決支援システムに取り込んでいくための工学的アプローチに必要となる要件を考察する．

2.2.3 工学的アプローチに向けて

本研究の最終的な目的は，意図を利用した問題解決支援システムを計算機上で構築することにある．そのための要件として，意図の表現，推論，応用の方法を明らかにすることが必要になる．

意図の表現は，先に示した意図とプロセス・結果との関係を記述する枠組を提供することである．工学的な表現の枠組では，構造と内容を明らかにする必要がある．意図の内容には，例えば，文章を「簡潔に書く」ことや対話において「質問」をするといったように言葉で説明しやすいものがある一方で，絵を書いたりやり方を示したりすれば，うまく説明できるといったようなものもある．これは，意図の内容を一般的に定義することを困難にしている一方で，意図とプロセスや結果との繋がりを強調している．また，**2.3.1** で示すように，意図の内容は，ある一つの行動の意図とまとまった行動の意図で区別される．以上のような点をふまえ，さらに対象のドメインやタスクのレベルを考慮して，意図の適切な表現を考える必要がある．

意図の推論には，観察可能なプロセスや結果からその意図を認識することに加え，理想的には推定した意図から問題解決全体に関与する情報を生成できる仕組みが必要であると考えられる．また，協調問題解決の中で意図を利用することを考えれば，作業途中でも意図に関して推論できる必要がある．これは，断片的な観察の入力から推論できる能力を要求している．また，高度な推論機構の実現には，意図に関する知識が必要になるであろう．客観的な目的に関する知識は規範的に用意できる可能性が高いが，意図を持つという心の状態は主観的であるがゆえにこの問題を困難にしていると考えられる．

応用の問題では，問題領域やその中で必要とされるタスクのレベルに応じて，意図の利用が貢献できる支援の対象を考え，そのための仕組みを考えなければならない．この時，支援が逆に問題解決の負担（余計なお世話）にならないように，人と計算機の役割分担を適切に見極める必要がある．

次節では，以上の意図の表現，推論，応用の観点から，具体的研究領域における従来の取組みを整理する．

2.3 従来の研究

2.3.1 対話における意図の研究

対話研究は，古くから意図の概念が導入されてきた研究分野である．

対話における意図の研究の基礎は，Grice の意味に関する理論 [12][13] と Austin と Searle の発話行為論 [4][37] によるところが大きい．Grice は，発話の意味は話し手の意図によって決まり，話し手は発話の意図が認識されることを意図して発話を行うと考えた．この考えに従えば，発話を理解するには話し手の意図を同定することが必要となる．では，話し手の意図とはどのようなものになるのか．その一つの解答が発話行為論で示される．発話行為論では，発話を行為として捉え，行為としてのタイプを与えることが試みられた．すなわち，発話の意図を理解することは，発話に込められた行為のタイプを同定することになると考えられるのである．しかし，一つの発話を理解しただけでは，対話の意図を理解したことにはならない．

Grosz ら [15] は，談話という発話のまとまりに対して明確な構造表現を与えた．彼女らの談話構造理論によれば，対話の構造は相互に関係しあう 3 種類の構造から構成されるとしながら，その基礎は意図の構造にあると主張した．すなわち，対話の背後には階層的な談話単位の意図があり，それらが対話を生み出しているとした．この対話の意図は，Grice の発話レベルの意図同様，認識されるように意図されている．従って，対話を理解することは，談話単位の意図を理解すること，つまり談話構造を構築することに等しいと考えることができる．いま対話によって何らかの問題解決が行われることを想定すれば，対話の構造を作り出すことによって，行われている問題解決の意図を認識することができることになるといえる．

Allen ら [2] は，人工知能の技法を利用して発話の意図を認識するプラン認識の技法を定式化した．この定式化により，対話の構造が行為を記述したプランの連鎖で表現され，一群の認識規則とヒューリスティクスによって推定できることにが示された．Allen らは，この手法を利用して，列車の乗車ホームを尋ねた質問に対して，出発時間まで答えられるような親切な応答が可能になることを示した．Allen らの基本的技法は，多くの研究者によって拡張あるいは一般化されてきた [8][27][36][20]．

談話構造理論やプラン認識は，自然言語理解の諸問題に適用されると同時に，人間と計算機による協調問題解決のための対話システムとしての応用が行われた [42][1][3][63]．近年ではマルチエージェントによる協調問題解決への応用も行われている [19]．また，近年では円滑なコミュニケーション実現において，表情や身振りなどで伝達されるノンバーバル情報の研究も注目されている [55]．

2.3.2 設計支援での研究

設計支援の分野では，CAD 技術の高度化と知識情報処理の発展があいまって，知的 CAD への取組みが盛んになった．CAD が知的であるための要件の一つとして，設計者の意図の理解が重要視された [64]．知的 CAD の研究における設計意図の利用には，設計過程記述言語による設計意図モデルの生成 [52] などが提案されている．

一方，ソフトウエア工学や concurrent engineering の分野を中心に，設計理由 (Design Rationale) の研究が盛んになっている [40][26]．設計理由による設計支援の特徴は，従来利用されてきた構造モデルなど設計物中心の設計情報から，打ち合せの議事録など設計プロセス中心の情報を記録し利用していくところにある．これにより，意志決定の迅速化や無駄な繰り返しを回避することができ，設計の効率化が見込まれるようになる．

設計理由が表現する対象には 3 つの層がある [26]．1 つめは意志決定に関連した内容であり，議論内容，選択肢，評価基準といったものをあげることができる．現状の設計理由の研究では，この層を対象にしたものが多い [10][25][21]．2 つめは，設計物に関連した情報であり，例えば，設計部品と要求仕様との機能的・因果的関係の記述 [9] がある．3 つめの層が，意図，戦略，目標といった，設計の意志決定に対するメタ情報である．この層の一例として，設計の目的，制約条件，機能，目標といった属性で設計意図を表現し，設計理由全体の表現にとり入れた DRIM[33] モデルがある．

計算機が設計理由を捉える方法に関しても，3 つの方向性が指摘されている [26]．1 つめは，設計者がある決められた規範的プロセスに従って設計を行い，計算機はその内容を観察し，それを適切に説明する設計理由を推定する方法である [30]．この場合，設計理由の表現もある程度規範的なものになる．2 つめは，1 つめのようなやり方に加え，場合によって設計者が対話的に修正を加えていく方法である [11]．この方法には，利用の状況に応じた設計理由を生成し，利用することができる特徴がある．3 つめは，設計の実行履歴や結果から自動的に設計理由を生成したり，推定する方法である [33]．このアプローチには，高度な知識処理や機械学習の技術が必要となろう．

設計理由は，設計作業そのもののや設計物の保守の支援，設計者の学習支援，設計文書の自動化といった，設計に関わる幅広い対象に応用されている．

2.3.3 協同作業支援での研究

設計理由の概念は，グループワークやそこでの再利用を視野に入れた性質上，自然な形で協同設計に応用されている．Peña-Mora[32] は，DRIM を拡張した Shared-DRIM とい

うモデルにより設計に関する情報の共有を行い，大規模な協同設計における参加者間のコミュニケーション支援や競合の解消に応用した．

仲谷 [67] は，ソフトウエア開発者の意図を劇場モデルで表現し，意図伝達によるソフトウエア開発のコミュニケーション支援に利用した．劇場モデルによる設計対象 (ソフトウエア) に対する意図の表現は，メタファによる表現の一種と考えることができる．

また，仲谷ら [66] は，階層型組織での協調作業における意図を目標とその達成のための戦略として捉え，それを視覚化し伝達することで，協調意志決定の支援の問題に適用した．

なお，協同作業における意図の基礎的な研究には，Searle の共同意図に関する考察 [38] や，Grosz の協同プラン [16] の研究がある．Searle は，集団の意図は個々の個人の意図に還元できないことを指摘し，Grosz も同様に，集団の計画は個人の計画の単純な合成にはならないことを指摘した．

2.4 本研究の位置づけ

以上で述べた従来の研究の概要と本研究で取り上げる課題を，表 2.1 に整理する．

表 2.1: 問題領域での従来の研究と課題

問題領域	対話	設計	協同作業
問題のタイプ	定型的解析型タスク	非定型的合成型タスク	非定型的協同型タスク
基礎的研究	意味の理論 [12][13] 発話行為論 [4][37]	概念構造 (Englebart) 議論の構造 (Toulmin)	共同意図 [38] 協同プラン [16]
表現の研究	談話構造理論 [15]	意志決定理由 [10][25][21] 機能因果関係 [9] メタ情報 [33]	Shared-DRIM[32] 劇場モデル [67]
推論の研究	プラン認識 [2]	規範的手法 [30] 対話的手法 [11] 自動化手法 [33]	—
応用研究	自然言語理解 対話システム	設計支援・再利用 意志決定・学習	競合解消 意図伝達
課題	音声言語理解 音声認識候補削除	設計物に対する意図 設計中の意図推定	立場の異なる参加者 相互理解

談話構造やプラン認識を基礎とした意図の対話システムへの従来の応用の多くは，人間

(ユーザ) はキーボードを使い自然言語に近いコマンドを入力としていた．一方，80 年代後半から音声処理と言語処理を融合した音声言語処理技術が発展した [69]．同時に，より本格的な音声言語処理の実現には，対話構造のような高次の情報の必要性が認識された．音声対話による情報交換は，協調問題解決におけるインタラクションを飛躍的に容易にする．本研究では，目標を達成するために協調的に行われる音声対話の理解を対象として，音声言語処理における音声認識候補の削減という課題を第 **3** 章で取り上げる．**2.2.2** で触れたように，協調的対話という対象では，質問と応答による文型の違いなど，意図の表出が比較的規範的に整理できる．この観点から，プラン認識による意図推定とその分析的利用による課題解決のアプローチを試みる．

設計支援に対する設計理由の研究では，問題解決プロセスを中心とした情報表現の研究が主流であり，設計物そのものに対する設計者の主観的な意図の表現と利用を扱った研究は少ない．また，人と計算機の協調設計の中で，計算機が場面に応じて設計者の意図を推論し，動的に応用していく支援のアプローチは少なかった．特に試行錯誤を繰り返す合成型タスク特有の解の自由度が大きい非定型的設計のような問題では，設計者の主観や状況に応じた支援が大切になると考えられる．第 **4** 章では，以上のような点を踏まえて，レイアウト設計を対象にした支援の課題に取り組む．**2.2.2**で触れたように，レイアウトは非定型的設計の典型例であり，意図に関する規範的知識の記述が困難な対象である．本研究では，設計意図と設計物の関連を談話構造理論を援用した構造として表現し，それを事例として蓄積し建設的に再利用することにより，支援情報を提供するアプローチを試みる．

協同作業を対象にした意図の応用研究では，同一組織内での情報共有や意図伝達による支援が主流であった．そこでは，作業参加者の立場や視点といった点の違いが，明示的に扱われていなかった．また，設計支援同様，積極的に参加者の意図を推定するメカニズムを組み込んだ支援の研究は少ない．第 **5** 章では，ユーザ参加型設計を対象にして，立場の違う参加者による人間同士の協同作業への計算機の支援に取り組む．視点や立場の違いは，意図の違いを引き起こす．本研究では，第 **4** 章で提案した事例ベースの手法を基に，計算機が仲介者の立場を担い，お互いの意図を受け手のわかりやすい表現に変換し伝達することによる相互理解の支援を試みる．

2.5 結言

本章では，支援システム構築に向けた工学的利用の観点から，問題解決における意図についての考察を行った．問題解決者が意図を持つという行為は主観的であり，慣性を持つ．

この意図することの主観性により，意図の利用が問題解決者との内面的な親和性を醸し出す役割の一端を担い，慣性を持つがゆえに効率的な支援を可能にしていることを示した．また，意図の利用には，問題のタイプに応じて，分析的利用と建設的利用を区別できることを示した．さらに，意図を利用した支援への工学的アプローチに向けて，意図の表現と推論，応用の手法の指針を示した．

意図の研究は対話研究の分野で発展し，発話行為論，談話構造理論，プラン認識技法といった意図の表現と推論に対する基本的考え方が構築された．一方，設計支援の分野では，設計対象モデルによる支援の限界の認識から，設計の考え方を表現する設計理由の概念の利用が盛んになった．本章の後半では，これら従来の研究を整理するとともに，本研究で取り組む課題の位置づけを明らかにした．以下の各章では上記の対象領域における，意図を利用した支援手法を提案し，意図の問題解決支援に対する有効性を検証していく．

第 3 章

音声言語処理への応用 — 話し手の意図を表す表現の曖昧さの解消 —

3.1 緒言

協調問題解決の中で行われる情報交換を理解できれば，問題解決の状況に応じた有効な支援が可能になる．情報交換で利用されるモダリティは音声，表情，手振りなど様々であるが，音声言語は，コミュニケーションにおいて自然で基本的なモダリティの一つである．音声対話の認識と対話内容の理解を兼ね備えた音声言語処理システム実現のためには，曖昧さのある音声入力から発話の内容を正しく取り出さなければならない [69]．そのためには言語情報の利用が必須となる．現在の音声認識技術では，完全な音声認識を行なうことは不可能であり，多くの場合複数の曖昧な候補を残す．

この問題に対して，一文内での言語情報を利用した音声認識候補削減手法が提案されている [62][54]．しかし，一文内の言語情報あるいは知識では，文章として的確な候補がいくつか出現し，曖昧さを残すことが多い．例えば，図 3.1の (u2-a,b) のような話し手の発話の意図を表す表現の曖昧さや，(u3-a,b) のような会話に特有な簡略化された慣用的な表現の曖昧さは，一文内の整合性のみでは解消できないことが多い．

このような問題を解決する一手段として，一文を越えた高次情報，いわゆる文脈の情報の利用が考えられる．一般に対話にはさまざまな形態があるが，協調問題解決でのインタラクションのような目標指向の対話では，円滑なコミュニケーションを図るために規範的な考えに則って行われることが多い．このような対話に対象を限定すれば，対話を実現する際の常識を音声認識候補の絞り込み処理に利用することができると考えられる．

本章では，協調的目標指向型対話を対象とした音声言語処理システムにおける，音声認

発話者	発話	音声認識候補	
事務局：	「お名前を，お願いします．」	—	(u1)
質問者：	「鈴木真弓です．」	「鈴木真弓 です．」	(u2-a)
		「鈴木真弓 ですか？」	(u2-b)
事務局：	「わかりました．」	「わかりました．」	(u3-a)
		「ありました．」	(u3-b)

図 3.1: 対話例と音声認識候補 (国際会議に関する問い合わせ対話の一部)

識の曖昧さの解消という課題に対して，対話の意図を理解した上で，次発話を予測し表現を選択するアプローチを取る．以下では，**3.2** 節で協調的目標指向型対話について述べた後に，**3.3** 節でプラン認識手法 [2] に基づいた対話の意図の推定手法と，談話の意図構造 [15] に依拠した構造による理解状態の管理手法について説明し，理解状態を次発話の予測に応用する．**3.4** 節では，予測情報を利用した音声認識候補選択手法を提案する．さらに，**3.5** 節で話し手の意図を表す表現についての知識の設定について述べ，**3.6** 節でプロトタイプシステムによる実験結果を示し，本手法の有効性を明らかにする．

3.2 対象対話の表現の分類と特徴

3.2.1 協調的目標指向型対話

協調問題解決で行われる対話の多くは，ある目的を達成するための協調的な情報交換が営まれる対話であろう．本章では，そのような協調的目標指向型対話を対象とし，問題解決者として合理的な対話参加者 (rational agent) を仮定する．合理的な対話参加者とは，対話に関する常識を備え，かつ行なわれている対話の目的や状況を的確に判断できる行為者である．対話が協調的に営まれるとは，直観的には，Grice の会話の協働原則 [13] を狭義に解釈し，それに基づいた対話が行なわれることを仮定する．例えば，比喩的表現や皮肉による応答などは広義に協働原則を遵守しているかも知れないが，ここでは協調的であるとは解釈しない．すなわち，協調的目標指向型対話とは，合理的な対話参加者が対話の目的を達成するために上記の意味で協調的な情報交換を行なう対話である．例えば，不用意な話題の逸脱 [14] や問い返し [7] などを，ここでは扱わない．このような問題を，本章で提示する手法に組み込んでいくことは将来の課題となる．

3.2.2 発話の表現の分類と特徴

協調的目標指向型対話における発話の表現は，その機能に着目して，下記のように分類することができる．(() の中は，その表現が最も一般に現れる文章中の位置を示している．)

- 一般的な陳述を行なう表現
  - 発話の意図を表す表現 (文末)
  - 発話の命題内容を構成する表現 (自立語)
  - 文章構成のための機能語 (付属語)
- 対話で固定化された表現 (断片的一発話)

一般に情報交換における陳述は，伝達したい情報の内容を表す命題部分と発話の目的に従った話し手の意図を表す部分とに切り分けて考えることができる．命題内容は，述語とその格要素から構成される．命題内容を構成する要素は，自立語として表現される．一方，発話の意図を表す表現は，文末の付属語や接続詞といった補助的な語で表現されることが多い．例えば図 3.1の対話例の (u2) では，「名前は鈴木真弓である」という命題についての情報を要求しているか提供しているかという話し手の意図が，文末に疑問の終助詞「か」の有無を決定している．協調的対話における話し手の意図は，情報伝達行為 [61] で抽象化される．

対話で固定化された表現は，例えば「わかりました」のようにある状況で習慣的に発せられる一つの発話である．これは『情報交換成立の確認』といった，それ自体固有の情報伝達行為を持つ．

このような表現の機能的特徴による分類は，**3.3** 節で述べるプランによる予測の対象の違いに対応させることができる．この対応は文脈からの予測情報の種類と文を構成する語の位置との対応を取ることになるので，複雑な構文解析を伴わない簡便な絞り込み処理が可能になる．

以下では，「国際会議に関する問い合わせ」のドメインにおける対話コーパスを対象として，説明を行なう．なおここでは，韻律による発話意図の変化を含むような表現は対象としない．

3.3 対話理解と次発話の予測

3.3.1 階層型プラン認識モデル

階層型プラン認識モデル [61] は，対話運用に関するプランと話題領域固有のプランを利用して，Grosz の意図構造 [15] に相当する対話の構造を構築するモデルである．構築された対話の構造 (以下，対話構造と呼ぶ) は，システムの理解状態としてスタックにより管理する．

対話理解

本モデルでは入力となる発話を以下のように表現する：

(情報伝達行為　話し手　聞き手　主題　命題内容)

情報伝達行為の設定については，**3.5** 節で詳しく述べる．命題内容は，述語とその格要素で表す．例えば，図 3.1対話例の **u1** の発話の表現は，次のようになる：

```
(ASK-VALUE　事務局　質問者　名前
  ((predicate　IS) (object　名前) (identifier　?id)))
```

現在，プランには以下のものがある:

- **対話運用に関するプラン**:
  - インタラクションプラン: ある情報交換が話し手と聞き手の間の順序付けられた発話で実現できるという知識
  - コミュニケーションプラン: ある場面でどのような対話により行動目的を達成していくかという知識
  - ダイアログプラン: 対話全体の構成に関する知識
- **話題領域固有のプラン**:
  - ドメインプラン: 話題に応じた行動手順の知識

プランはスキーマの形で記述する．インタラクションプランの記述の一例を図 3.2を示す (先頭に "?" のついている項は変項を表す．また，constraint スロットの :ordered は，decompostion 要素に実行順序があるという条件の記述である)．インタラクションプラン

は，本モデルにおいてもっとも下位のプランであり，情報交換における談話の最小単位である質問 – 応答のような発話対の知識が記述される (**3.5** 節参照).

```
((header
  (GET-VALUE-UNIT ?sp ?hr ?tpc
    ((predicate IS) (object ?obj) (identifier ?id))))
 (precondition
  (KNOW ?hr ?obj ?id))
 (decomposition
  (ASK-VALUE ?sp ?hr ?tpc
    ((predicate IS) (object ?obj) (identifier ?id)))
  (INFORM-VALUE ?hr ?sp ?tpc
    ((predicate IS) (object ?obj) (identifier ?id)))
  (CONFIRMATION ?sp ?hr ?tpc
    ((predicate IS) (object ?obj) (identifier ?id))))
 (effect
  (KNOW ?sp ?obj ?id))
 (constraint
  (:ordered)))
```

図 3.2: プランスキーマの記述例

このモデルによる発話理解の処理は，発話の表現から階層的にプランを適用して現在の対話構造への連鎖を求めることである．発話の表現とプランのスロットあるいはプランのスロット間のマッチングは，単一化により行なう．従って，例えば発話表現において省略された格要素に関する情報などは，連鎖しているプランスキーマを伝搬し，対話構造の中で一意に決定されている．このモデルに基づく処理により，プランの階層性による効率的なプラン探索と各発話の対話全体における関係付けの明確化が可能となる．

対話管理

対話構造と理解状態を管理するスタックには，以下のものを用意する:

I: 未充足プランスタック

C: 充足プランスタック

S: 理解事項スタック

スタック **I, C** はプランスキーマのインスタンスを要素とするプッシュダウンスタックであり，各要素はプランの階層性と発話順に従った順序に基づいてプッシュされる [61]．**I** には充足されていないプランインスタンスが入る．発話のプラン認識により充足されたインスタンスは，**I** から **C** へ移す．プランが充足されるとは，一般的には precondition 及び decomposition スロットが他のプランインスタンス，入力発話または **S** の要素である共通理解事項と連鎖している状態をいう．一方，**S** には共通理解事項として充足されたプランの effect スロットに記述された命題が入る．共通理解事項は，例えば，前文脈で対話参加者の名前が明らかになっていれば，再び名前を尋ねるプランを実行する必要がないといったように，プランの前提条件充足に関する冗長な繰り返しを回避するために利用することができる．

一般に、対話処理中には複数の理解状態が存在し得る．1 組のスタックは，ある 1 つの対話構造と理解状態を管理する．図 3.3に 1 組のスタックによる対話管理の簡略化したイメージを示す．図の (a) では，入力発話の連鎖と次発話の予測のイメージを示している．インスタンスや発話間の連鎖は，リンク (図中の矢印) とポインタ (図中 # で始まる文字列) で指示する．入力発話は，通常最も下位のプランであるインタラクションプランのインスタンスのスロットに単一化される．例えば，図の (a) の入力発話 (u1) を図 3.1の対話例の発話 **u1** だとすれば，連鎖に成功したプランインスタンス (#p2) は，図 3.4のように表現される．ここで #u1 の具体値は，上に示した発話の表現である．また，#p1 は #p2 の実行をサブゴールとする上位のプランであり，例えば対話例の前文脈において「登録用紙を送って下さい．」といった発話がなされていれば，『登録用紙送付』のためのドメインプランなどに対応する．この時，図の破線部分が予測部分になる．次発話の予測については **3.3.2**で説明する．

図の (b) では，プラン認識によりプランが充足された時のイメージを示している．発話 u2 により充足されたインスタンス #p2 は **C** に移され，同時にその effect スロットの命題 (#e1) が **S** に登録される．図の右側は，このスタック内で管理されている対話構造を図示したものである．

図の (c) は，充足されたインスタンスが **I** の先頭のものでない時の処理を示している．この時は，充足されたインスタンスから **I** の先頭までのインスタンスも **C** へ移す．これは，

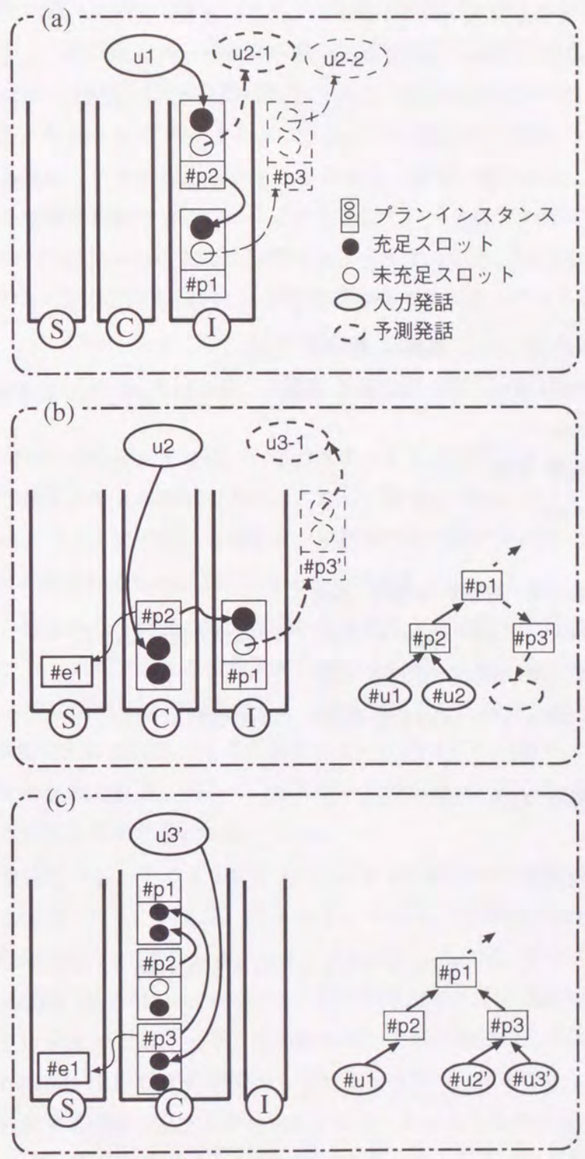


図 3.3: 対話管理のスタック

```
((header
  #p2(GET-VALUE-UNIT 事務局 質問者 名前
       ((predicate IS) (object 名前) (identifier ?id))))
 (precondition
  (KNOW 質問者 名前 ?id))
 (decomposition
  #u1
  (INFORM-VALUE 質問者 事務局 名前
    ((predicate IS) (object 名前) (identifier ?id)))
  (CONFIRMATION 事務局 質問者 名前
    ((predicate IS) (object 名前) (identifier ?id))))
(effect
  (KNOW 事務局 名前 ?id))
(constraint
  (:ordered)))
```

図 3.4: プランインスタンスの例

対話の流れの中で，ある発話やある話題に関するやり取りが省略された時に起こる．例えば，図 3.1対話例の **u2-a** の後に **u3-a** でなく，「それでは用紙を送ります」(u2')，「よろしくお願いします」(u3') などという対話が続いた場合が，この場合である．この時，行為提示の発話対 (#p3) の充足により登録用紙送付 (#p1) も充足されるので，#p1 よりスタックの先頭方向にあった #p2 も **C** に移すことになる．この処理は，対話において話題や発話対の交差が起こらないことを仮定していることになる．より一般的には，未充足のまま **I** からポップされた要素を格納する別のスタックを準備し，「先ほどの件ですが」などの手がかり語 (clue word) が発せられた時に参照するようにすることが考えられるが，ここでは協調的で合理的な対話参加者を仮定した対話管理機構の基本的モデルに話を限定する．

3.3.2 次発話の予測

協調的目標指向型対話を仮定すれば，上述のスタック **I** を参照することにより，次発話の抽象的内容を予測することが可能である．これは，未充足であるプランインスタンスの満たされていないスロットに対応する発話は，対話の目的達成のために必要であると考えられるので，後に発話されることが期待されるからである．

各プランの持つ機能から，発話の意図に関する表現および対話で固定化された表現はインタラクションプランに記述された情報伝達行為のタイプとして予測できる．また，命題内容を構成する表現は話題領域の知識であるドメインプランに記述された主題 (あるいは格要素) から，抽象化された内容として予測される．予測された情報は，プランの連鎖により下位のプランに伝搬される．従って，各発話の予測情報は，情報伝達行為のタイプと命題内容に関する話題との組で表される．

予測情報は，次発話の話し手により変化する．これは予測された発話の表現の話し手のスロットを参照して得られる．例えば，図 3.3の (a) を図 3.1対話例の (u1) の処理後であるとすれば，**I** の先頭は図 3.4のようなインスタンスである．この時，質問者の発話に対して最初に予測される情報 (図 3.3(a) の u2-1) は，情報伝達行為タイプ INFORM-VALUE と話題に関する『名前』の概念になる．一方，次発話の話し手が事務局である場合は，概念『名前』に関する CONFIRMATION は予測情報として取り上げない．なぜなら，応答の満たされていない発話対に対する確認は成立しないからである．このような条件は，インタラクションプランのように実行順序が重要なものには適用できるが，より上位のプラン，特にドメインプランに対しては強過ぎる場合がある．従って，このようなプラン実行に関する固有の条件は，各スキーマの制約条件スロットに記述する．

次発話に関する予測情報は，発話順とプランの階層性による優先順位を持つ．これは，基本的にスタック I にプッシュされた順序に従う．すなわち，システムは最近の話題に関するやり取りを満たすような発話を期待していることになる．例えば，図 3.3の (a) の u2-1 と u2-2 は双方とも予測可能な発話であるが，一段上のプラン #p1 からそのサブゴールを満たすためのプラン #p3 を介して予測された u2-2 よりも現在対象となっているプラン #p2 から予測された u2-1 の方が優先順位が高い．

3.4 文脈情報を利用した音声認識候補選択

3.4.1 音声言語処理システムの構成

図 3.5に本研究での音声言語処理システムの構成を示す．各モジュールの機能は，以下の通りである:

(1) 音声認識: 文節区切り発声による音声入力を HMM-LR 音声認識手法により音声認識を行ない，認識候補の文節ラティスを出力する [51].

(2) 構文情報による絞り込み処理: 係受けデータによる文章の整合性の評価により文節候補を絞り込む [54].

(3) 文脈情報による絞り込み処理: 対話理解部からの予測情報を利用して，文節候補を選択する． **3.4.2** で詳しく説明する．

(4) 構文・意味解析: ユニフィケーションベースパーサにより素性構造意味表現を出力する [50].

(5) 情報伝達行為解析: 素性構造意味表現から発話の意図 (情報伝達行為) と命題を抽出し，発話の表現 (**3.3.1**) を出力する． **3.5.2** で詳しく説明する．

(6) 対話理解: 階層型プラン認識モデルにより，発話の目的を解析し，対話構造を構築する． **3.3.1** 参照.

(7) 次発話の予測: 構築された対話構造と対話の知識 (4 階層プラン) を利用して次発話に関する情報を抽出する． **3.3.2** 参照.

上記音声言語処理システム全体の基本動作は，予測情報の優先順位による優先処理を行なう．すなわち，(3) でより優先度の高い予測情報により選択された文候補が (6) におい

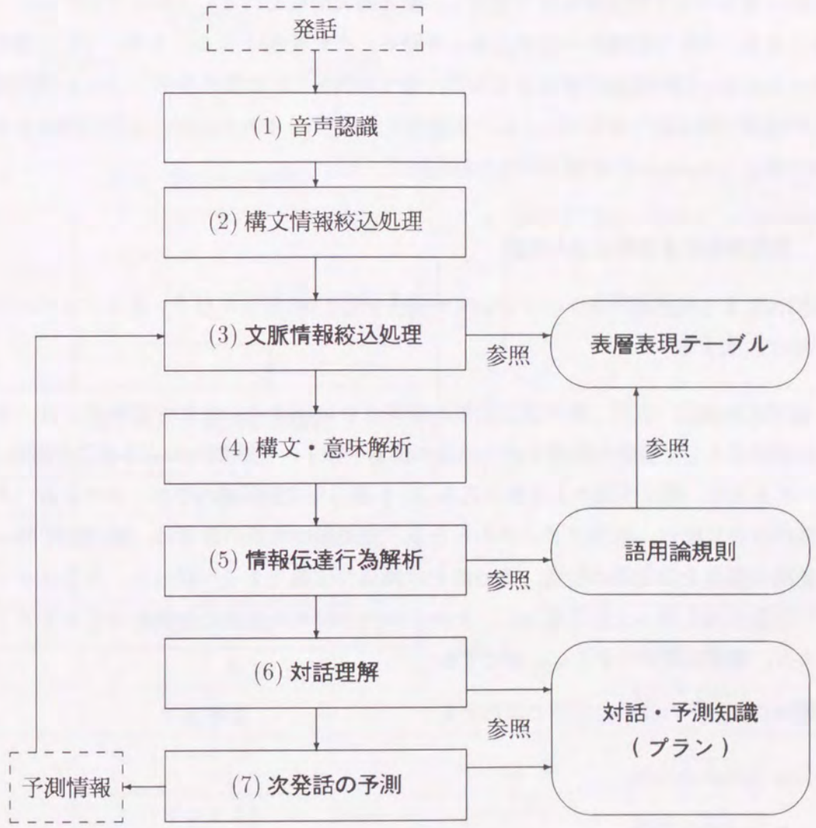


図 3.5: 音声言語処理システムの構成

て成功すれば (7) を行ない次発話 (1) へ，失敗すれば (3) において残りの予測情報により以上の処理を行なう．ここで (6) における成功とは，入力発話表現が現在のスタック内で連鎖可能であることとする．この処理は，現在のところ逐次的な処理を仮定していることによるが，将来並列処理可能な装置の導入により処理速度向上が期待できる．

このアルゴリズムは，構文情報による文章として確からしい音声認識候補の中で対話の流れに沿ったものを文脈情報により選択し，優先的に解析を行なっていくと捉えることができる．なお，(2) で候補が一つに定まった時は，それを解とする．また，(3) で適切な解が見つからない時や複数が解となる時は，全ての解を (4) に受け渡す．((4) の解析機構内の音声認識候補選択手法については，文献 [59] を参照)．これらの時，文脈情報による表現候補の補正 (correction) や提示は行なわない．

3.4.2 文脈情報による絞り込み処理

文脈情報による絞込処理 (3) のモジュール構成を図 3.6に示す．以下，各モジュールの処理について説明する．

(3.1) 曖昧点の検出: まず，音声認識結果の曖昧点を検出する．ここで曖昧点とは，音声認識結果として複数の候補を持つ単語の位置を指す．文脈情報による絞込処理部 (3) への入力は，構文情報による絞り込み (2) を通した文節候補のラティスである．ラティス内の各文節は，単語ラティスからなる．文節内の単語の位置は，接頭辞を除いた先頭の要素を自立語の位置，その他を付属語の位置とする．従って，入力ラティスで複数候補を持つ文節を検出し，その文節内の曖昧な単語の位置を同定することにより，曖昧点を検出することができる．

曖昧点は以下の 3 つの位置で区別する:

- 文中の自立語,
- 文中の付属語,
- 最終文節 (文末の表現).

このような位置的区別で表現との関係付けを行なうことは，MINDS[18] のなどの構文パタンの利用や SPURT-I の ASP[48] のような専用パーサに比べ，構文的・意味的な精密さは落ちる．しかし，構文解析でなく音声認識結果の曖昧さ解消のための独立した処理としては，簡便な処理が望ましい．ここでの処理は，文節・単語ラティ

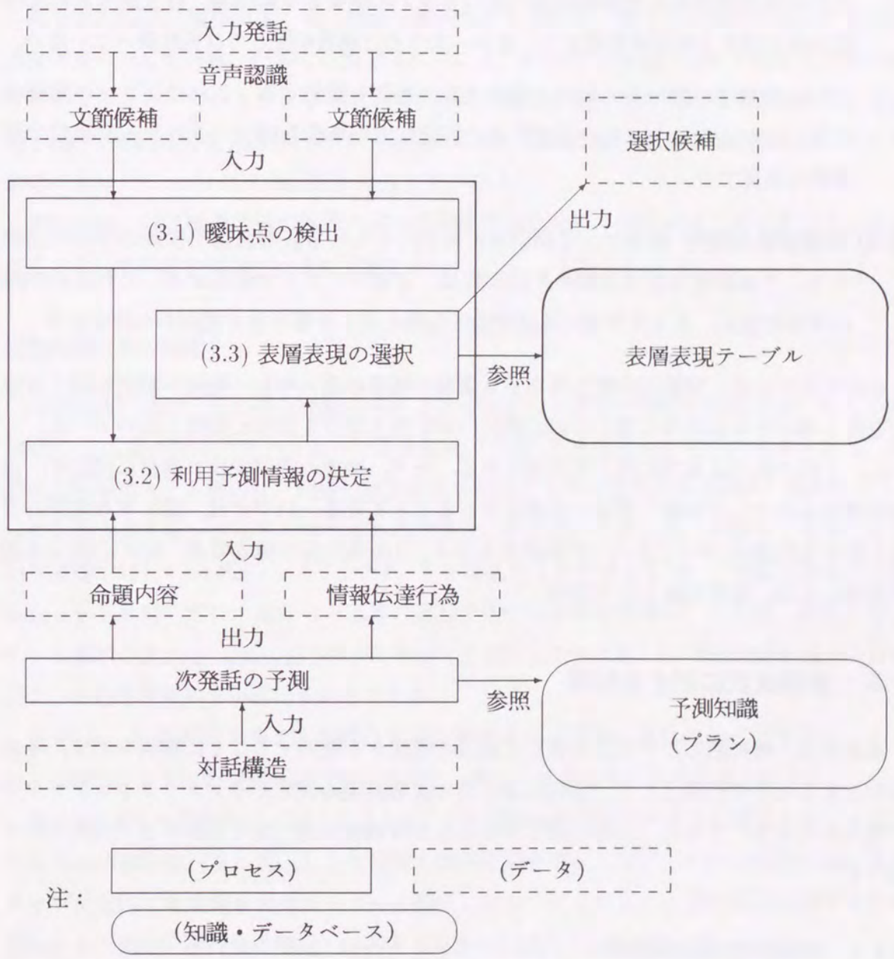


図 3.6: 文脈情報による音声認識候補選択処理

スによる入力と発話の表現の分類と位置の対応関係から，簡便な処理による表現の意味的区別が可能である．

(3.2) 利用情報の決定: 上記曖昧点により利用する予測情報を決定する．すなわち，曖昧点が最終文節であれば情報伝達行為のタイプに関する予測情報，自立語であれば命題内容に関する情報を利用する．なお，文中の付属語に関しては現在扱っていない．

文内に曖昧点が複数ある時は，最終文節の処理を優先する．これはプランの階層性に従っている．なお，音声認識候補に固定化表現を含む時は，それを一文単位で優先的に処理する．

(3.3) 表層表現の選択: 最後に，予測情報に対応付けられる表層表現を候補の中から選択する．予測情報と表層表現の対応知識は，表層テーブルで管理する．これらの知識の具体的値は，**3.5.2** で述べる語用論的知識を表した書き換え規則から決定する．

このシステムは，発話の分類と利用する情報の種類の違いから，発話の意図に関する表現を扱う部分と命題内容に関しての表現について扱う部分を分けて開発を進めている．しかし，上記の処理は双方に関して共通である．ただ，最後の表層表現の選択に関して，表現の機能に依存した知識の設定・処理を考えることになる．以下では，話し手の意図の表現に関する知識について述べ，実験結果を示す．(命題内容の構成要素，特に名詞句の選択に関しては，参考文献 [45] を参照．)

3.5 意図表現に関する知識

本節では，特に話し手の意図を表わす表現の曖昧さを解消することに焦点を当て，それを解決するための知識として，情報伝達行為と表層表現の対応とインタラクションプランの整理を行なう．さらに，実際の構文解析結果から情報伝達行為を抽出する手法について述べる．

3.5.1 情報伝達行為と発話対

情報伝達行為は，対話において話し手が何らかの情報を聞き手に与える発話を行なう時に観察される行為である．情報伝達行為は，話し手の発話内容に関する信念と聞き手の信念に与える影響の違いに着目すれば，大きく次のようにに区別することができる．まず，聞き手に与える影響が，与えられた命題内容に関する聞き手の発話を促す**要求** (Demand) の情報伝達行為と，要求の発話に対する**応答** (Response) の情報伝達行為とに分けられる．また，情報交換の成立の確認の意味で発せられる発話の情報伝達行為を**確認** (Confirm) の情報伝達行為とする．

ここで，協調的に行なわれる情報交換を仮定すれば，Demand の情報伝達行為に対する聞き手の応答の義務が生じる．情報交換成立のためには，聞き手が Demand により受けた信念に対して何らかの形で情報を与えること，すなわち Response の発話を行なわなければならない．このようなある話題についての情報交換成立のための Demand と Response の発話の対を**発話対**と呼ぶ．発話対には，要求した話者が情報交換成立に対する確認の意味で Confirm の発話を行なうことがある．

発話対は，対話構造構築のための基本的構成要素になる．発話対は，インタラクションプランとして対話の知識ベースに記述する．

情報伝達行為の設定

情報伝達行為は，いわゆる発話のモダリティの部分と話題の属性で表現する．ここでの“話題”は広義の意味で用いており，**3.3.1** の“主題”とは概念として別のものである．話題の属性を導入する理由は，同様の意図による発話でもその話題となる事柄の属性により，特に応答表現に違いが出ると考えるからである．例えば，「名前を，お願いします．」という表現に対して「(名前は，) ...です．」と答えることができるが，「登録用紙を，お願いします」に対しては，異なった応答の表現が使われる場合が多い．これは，話題となっている事柄の違い — ここでは“名前の尋問”(オブジェクトの値) と“登録用紙の送付”(行為) — によって応答表現に違いが出るからである．

表 3.1に，発話のモダリティの部分を表わすタイプと話題の属性のタイプを示す．さらに，INFORM を下位の情報伝達行為に分割し，話し手の態度を区別することにする．

表 3.1のような分類から，表 3.2, 3.3のような情報伝達行為のタイプを設定する．また，これらの情報伝達行為に対応した代表的な表層表現を併せて示す．これら情報伝達行為のタイプに対応した表現を表層テーブルに記述しておくことにより，音声認識候補の選択に利用する．情報伝達行為の解析・対応する表現の生成は **3.5.2** で述べる．

固定化表現の設定

さらに，問い合わせ対話などにおいて，慣習的に発話される固定化された表現 (以下**固定化表現**と呼ぶ) を設定する．(表 3.2, 3.3右欄の“*”のついた表現)

表 3.1: 発話のモダリティと話題の属性の分類

1. 発話のモダリティのタイプ	
INFORM	: 事柄の事実について述べる。
	: （平叙文）
ASK	: 未知の事柄について質問する。
	: （疑問詞を伴う疑問文）
CONFIRM	: 事柄の真偽について質問する。
	: （疑問文）
REQUEST	: 相手に行動を依頼する。
	: （命令文）
OFFER	: 自分の行為を拘束する。
	: （動作動詞を述語とした平叙文）
GREETING	: あいさつ。
	: （おもに固定化された表現）
（）内は代表的な文形式を表している。	
2.INFORM の下位属性のタイプ	
AFFIRMATIVE	: 話題の内容を肯定する。
NEGATIVE	: 話題の内容を否定する。
ACCEPT	: 行為を受け入れる。
REJECT	: 行為を拒む。
CONFIRMATION	: 情報交換成立の確認。
3. 話題の属性のタイプ	
ACTION	: ある行為・行動についての話題
VALUE	: ある事物の属性についての話題
STATEMENT	: ある事物の状態をについての話題

表 3.2: 電話対話における情報伝達行為のタイプと表層表現 (Demand class)

Demand Class	
ASK-ACTION	: 「*ACT* は *WH* ですか。」
CONFIRM-ACTION	: 「*ACT*（する／できるの）ですか。」
REQUEST-ACTION	: 「*ACT* して下さい。」
	: 「*ACT* していただけますか。」
	: 「*ACT* していただきたいのですが。」
OFFER-ACTION	: 「*ACT* します。」
	: 「*ACT* させていただきます。」
ASK-VALUE	: 「*OBJ* は *WH* ですか。」
	: 「*OBJ* をお願いします。」
	: 「*OBJ* を教えて／聞かせて下さい。」
	: 「*OBJ* を聞くことができますか。」
	: 「*OBJ* をお聞きしたいのですが。」
CONFIRM-VALUE	: 「*OBJ* は *VAL* ですか。」
	: 「*OBJ* は *VAL* ですね。」
ASK-STATEMENT	: 「*STA* は *WH* ですか。」
CONFIRM-STATEMENT	: 「*STA* ですか。」「*STA* ですね。」
GREETING-OPEN	: 「もしもし。」*
GREETING-CLOSE	: 「失礼します。」*「さようなら。」*
	: 「ありがとうございました。」

表 3.3: 電話対話における情報伝達行為のタイプと表層表現 (Response, Confirm class)

Response Class	
INFORM-ACTION	:「*ACT* して下さい。」
	:「*ACT* しなくてはいけません。」
	:「*ACT* です。」
INFORM-VALUE	:「*OBJ* は *VAL* です。」
	:「*VAL* を／が *STA* ます／です。」
INFORM-STATEMENT	:「*STA* です（が）。」
	:「*STA* したい（のですが）。」
AFFIRMATIVE	:「はい。」*「そうです。」*
NEGATIVE	:「いいえ。」*
	:「（否定表現）。」
ACCEPT-ACTION	:「わかりました。」*
	:「*ACT* は問題ありません。」
REJECT-ACTION	:「*ACT* できません。」
ACCEPT-OFFER	:「ありがとうございます。」*
	:「（よろしく）*ACT* 願います。」
REJECT-OFFER	:「（いいえ）結構です。」
GREETING-OPEN	:「はい。」*
GREETING-CLOSE	:「失礼します。」*「さようなら。」*
	:「どういたしまして。」*
Confirm Class	
CONFIRMATION	:「わかりました。」*「そうですか。」*

表層表現内のイタリック文字は変項を表し、それぞれ *ACT* は ACTION に関する内容、*OBJ* は OBJECT に関する内容、*STA* は STATEMENT に関する内容、*WH* は疑問詞を表す。また、／は選言を表し、() 内は付いても付かなくても良い表現である。

固定化表現は，表に示した情報伝達行為による発話が行われる時，対話中に断片的な一発話として現れることが多い．従って，これらの表現が音声認識候補となっている時は，入力文全体に対して優先的に予測情報との対応を見るようにする．このような表現を優先して処理することは，システムの処理効率の向上につながる．

発話対の設定

前述したように協調的なやり取りを仮定すれば，表 3.2, 3.3で設定した情報伝達行為は，表 3.4のような発話対を構成する．これらをインタラクションプランのスキーマの decomposition スロットの値として，Demand Class，Response Class，Confirm Class の順で記述し，対話理解ならびに次発話の予測に用いる．

表 3.4: 発話対の構成

Demand Class	Response Class
ASK-ACTION	INFORM-ACTION
CONFIRM-ACTION	AFFIRMATIVE,NEGATIVE INFORM-ACTION
REQUEST-ACTION	ACCEPT-ACTION,REJECT-ACTION
OFFER-ACTION	ACCEPT-OFFER,REJECT-OFFER
ASK-VALUE	INFORM-VALUE
CONFIRM-VALUE	AFFIRMATIVE,NEGATIVE INFORM-VALUE
ASK-STATEMENT	INFORM-STATEMENT
CONFIRM-STATEMENT	AFFIRMATIVE,NEGATIVE INFORM-STATEMENT
GREETING-CLOSE	GREETING-CLOSE

3.5.2 情報伝達行為の抽出

階層型プラン認識による発話解釈を行なうための前処理として，構文解析の出力から情報伝達行為と命題内容を抽出し，発話の表現を作り出す機構が必要となる (**3.4.1** の (5))．ここでは，情報伝達行為抽出のための語用論的知識として，久米らの発話行為推論 [24] を

参考にして，独立した発話内で解釈可能な社会慣習上の伝達様式に関する知識を記述する．また，推論エンジンとして，動的な書き換え環境を指定できる書き換えシステム [17] を用いる．この書き換えシステムでは，書き換え環境を推論過程内で動的に変化させることにより，効果的なデータの書き換えを行なうことができる．さらに，モジュラリティの高い知識ベース (書き換え規則) の管理が可能である．この枠組では，一文として考えられる発話の解釈をすべて出力する．そして，その出力をプラン認識するにより文脈に沿った解釈を得る．

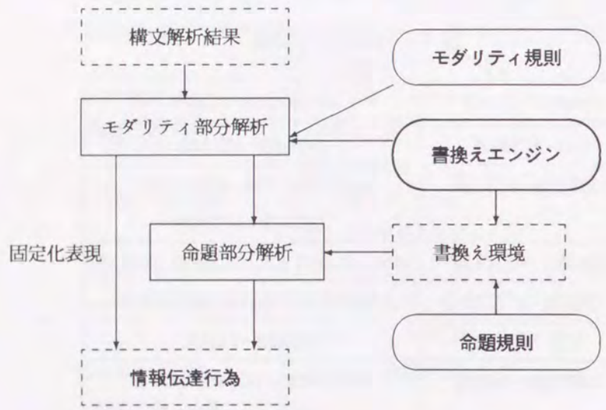


図 3.7: 情報伝達行為解析

3.5.1 で述べたような話題の属性に依存した情報伝達行為の抽出のために，表現のモダリティ部分に関する知識と話題 (命題内容) 部分に関する知識を分離して記述しておき，双方の知識適用による相互作用から可能な情報伝達行為を決定する (図 3.7)．上の書き換えシステムの規則記述様式の特徴により，モダリティ部分の規則内で書き換え環境を制御し，その環境下での命題内容部分の規則適用の成否により，可能な情報伝達行為の抽出を行なうことができる．例えば，**3.5.1** の例「お名前を，お願いします．」という表現の情報伝達行為の抽出は，命題内容の解釈に依存することを述べた．上述の方法に従えば，このような発話の情報伝達行為抽出の戦略は:

1. モダリティ部分「お願いします」に適用可能な規則により，情報伝達行為の可能性を示す; ここでは REQUEST-ACTION, INFORM-ACTION, ASK-VALUE になる．

2. 各々の規則に指定された書き換え環境下において，命題内容部分 (「お名前」) の規則を適用し，話題の属性を決定する; ここでは，VALUE の環境下で規則適用に成功する．

3. 2. において規則適用に成功した 1. の出力を，この発話の情報伝達行為とする; 結局ここでは ASK-VALUE になる．

さらに，上記 2. において命題内容部分の述語に対応する格要素の抽出を行ない，その構造を出力することにより発話の表現を得る．述語の格要素の指定は，解析用語彙規則を参照して書き換え規則内に記述する．各述語の環境設定は，その語義から決定する．さらに，発話のアスペクトによって環境設定を異なるものにしている．また，「お願いします」のように多様な情報伝達行為を取り得る表現については，各情報伝達行為内での解釈に従った格要素指定をその書き換え規則内で行なう．例えば「お願いします」の場合，ASK-VALUE の規則内の命題内容の構造は (IS ?obj ?idn) であり，他の ACTION に関する 2 つの規則内では (?act ?obj ?rest) となる．後者の場合，前文脈から変項が与えられる場合が多い．

問題は，モダリティ部分としてどのような表現を指定すれば良いかである．これに関した網羅的あるいは手続き的な分析研究はない．本研究では，ATR 対話コーパス中の「国際会議に関する問い合わせ」に関する約 4700 発話の分析から規則を設定した．規則は，素性構造意味表現 [50] を入力部とし，発話の表現 (**3.3.1**) に対応した素性構造を出力部とする．入力部の意味表現に対応した代表的表層表現が，表 3.2, 3.3右欄の値である．より効率的な規則生成のためには，付属語等の語彙規則と生成用文法を利用した自動的な規則設定方法の開発が必要となる．

3.6 実験

3.6.1 概要

以上で述べた枠組の実験プロトタイプシステムを作成し，サンプル対話 7 対話 (総発話数 138 発話) について応答・確認発話の意図表現の絞り込みを対象とする実験・評価を行

なった．実験システムは，Common Lisp によりインプリメントした．このシステムには，**3.4.1** の (3),(6),(7) が含まれる．

実験範囲・対象

実験では，

1. ドメインプラン設定による理解状態の組合せ的爆発とそこから予測されるパープレキシティの増大，
2. 命題内容に関する表現の知識記述の困難性，

の理由から，知識として**3.5.1**で述べたインタラクションプランのみを利用し，実験の対象を応答・確認発話の意図表現に限定した．

実験対象とした7対話は，すべて「国際会議問い合わせ」に関する協調的目標指向型対話である．表3.5の1段目にその中の発話の内訳を示す．各発話の情報伝達行為のクラスの内訳は，設定したインタラクションプランによるプラン認識の結果から算出した．内訳の合計が総発話数より多いのは，一つの発話に対して複数の情報伝達行為を有している場合があるためである．

3.6.2 入力

(a) 音声認識候補: **3.4.1** の (1)，(2) による文節候補ラティスを入力とした．平均文候補数は1.83であった．また，文末表現の曖昧さを残したものは26発話，固定化表現を含む曖昧さを残したものは31発話であった．このうち，応答・確認クラスに属する発話は，文末の曖昧さを残したものが11発話，固定化表現の曖昧さを残したものはすべてこれらのクラスであった．

(b) 構文解析結果: **3.4.1** の (4) への入力は，音声認識絞り込みにより正解が出力されなかったものでも，正解を入力として解析した．解析結果に曖昧性が残ったものは，尤度の最も高いものについてのみ以降の処理を行なった．なお，ここでは文脈情報による構文解析時の曖昧性解消は行わなかったが，最大尤度で選択した解析結果は，直観的な解釈上，正しい解釈としてみることができた．

(c) 語用論的知識: 情報伝達行為解析のための書き換え規則として，**3.5.2** に従いモダリティ部分に関して47規則，命題内容に関して43規則を設定した．これらの規則は，対象としたドメインに依存したものとなっている．

(d) プラン: 対話理解・次発話予測の知識として，**3.5.1** の表3.4で定義したインタラクションプラン (21スキーマ) を利用した．スキーマ数は，表3.4の組合せの他に GREETING-OPEN, GREETING-CLOSE に関するバリエーションを加えた数字である．

(e) 表層表現テーブル: (c) のモダリティに関する規則から，発話意図を表す表層表現テーブルを作成した．**3.5.1** の表3.2, 3.3で定義した20の情報伝達行為に対して，平均文末表層表現候補は3.60である．また，同表で設定した固定化表現 (6情報伝達行為に対して13表現) を表層表現候補として持っている．

3.6.3 実験結果

対象7対話に対して，以上のような入力で行なった実験結果を表3.5にまとめる．

(イ) 情報伝達行為解析: 入力発話に対して上記入力 (b)(c) により情報伝達行為の抽出を行なった結果，抽出された情報伝達行為数をまとめると以下のようになる:

抽出情報伝達行為数	1	2	3
発話数	88	47	3

発話あたり平均は全体で1.38であり，これは発話表現の発話意図に対する曖昧性を表している．

(ロ) プラン認識: 上記結果 (イ) と入力 (d) からプラン認識を行なった．システムの初期状態として GREETING-OPEN を予測するプラン (これはダイアログプランに相当する) を設定した．従って，対話の最初の発話が GREETING-OPEN の情報伝達行為であれば，認識に成功したものとした．

最終対話構造数は，対話を通したプラン認識の結果，最終的に残った対話構造であり，平均対話構造数は，各発話時点で保持されている対話構造の平均である．実験の結果，それぞれの全対話平均個数は20.14と5.33であった．これらは，最終的あるいは対話中での対話の解釈の曖昧性を示している．平均発話対数は，最終対話構造の中で完成された (確認発話はなされていなくてもよい) 発話対の平均であり，全対話平均6.14個であった．

(ハ) 次発話予測: 上記 (ロ) の対話構造から次発話の予測を行なった．表中および以下では，次発話の話し手が予め与えられたものとして，その話し手に関する予測情報のみの数字を説明する．

平均予測情報伝達行為数は，各発話時点で保持されている全ての対話構造から予測される情報伝達行為数をまとめたものであり，全体の平均は1.82個であった．なお，同じ話し手に対して同じ情報伝達行為タイプが予測されていた場合は，1つの予測情報としてカウ

表 3.5: 実験結果

対話番号	1	2	3	4	5	6	7	合計
総発話数	19	18	20	21	16	22	22	138(発話)
(要求)	8	7	9	8	5	8	8	53
(応答)	8	7	8	7	4	8	7	49
(確認)	2	2	2	2	2	2	1	13
(その他)	1	3	1	5	5	4	7	26
(イ) 情報伝達行為解析								平均
平均情報伝達行為数	1.32	1.39	1.30	1.52	1.36	1.36	1.41	1.38
プラン認識後 (平均)	1.05	1.06	1.00	1.19	1.00	1.05	1.18	1.08
(ロ) プラン認識								平均
最終対話構造数	6	3	4	24	2	6	96	20.14
平均対話構造数	3.52	3.17	2.05	4.05	2.25	5.18	15.27	5.33
平均発話対数	7	7	8	6	5	6	4	6.14
(ハ) 次発話予測								平均
平均予測情報伝達行為数	1.95	1.94	1.95	1.19	1.31	2.36	1.91	1.82
平均予測レベル	2.32	2.89	2.85	2.19	1.86	1.77	4.06	2.59
(ニ) 音声認識候補選択 (全体)								
文候補数 (延べ)	36	32	39	41	24	43	37	252
(平均)	1.89	1.78	1.95	1.95	1.50	1.95	1.68	1.83
選択候補数 (延べ)	29	27	31	37	22	35	34	216
(平均)	1.53	1.50	1.55	1.76	1.38	1.59	1.55	1.56
音声認識候補選択 (意図表現が曖昧な応答・確認発話)								
対象発話数	7	5	8	5	3	11	3	42
平均文候補数	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
平均選択候補数	1.00	1.00	1.00	1.20	1.33	1.27	1.00	1.12

ントし，同じ情報で予測レベルに違いのあるものは，低い予測レベル (高い優先順位) のものを残した．また，予測レベルはある対話構造から予測される予測情報の最大の深さを表し，表の平均予測レベルは予測情報を持つ対話構造あたりの平均である．この全体の平均は 2.59 であった．

(ニ) 音声認識結果選択: 上記 (ハ) の結果と入力 (e) により音声認識候補 (a) の選択を行なった．

結果は，全体で発話あたり平均 1.83 であった文候補数を 1.56 に削減することができた．候補削減に成功した発話は 37 発話であった．ここで，6.1 節で述べたように対象を意図表現の曖昧さを持った応答・確認発話に限定すれば，平均 1.12 まで候補が絞り込めていることがわかった．

3.7 評価と考察

3.7.1 評価・考察

(イ) 情報伝達行為解析: プラン認識後の発話あたり平均情報伝達行為数は，解析時の平均より減少し，理想的な値である 1.00 に近付いている．この結果は，発話対という局所的な文脈を利用した発話意図の解釈の有効性を示している．この数字は，**3.5.1** で設定した発話対を協調的発話実行のための前提とすれば，その対話内の発話の情報伝達における解釈明瞭性，あるいは対話参加者の協調性の指標であると考えられる．

(ロ) プラン認識: 対話 4 および 7 で多くの最終対話構造が残った理由はいくつか考えられるが，特にある発話対に付随して同様の話題で繰り返される発話対が要求発話のみ (例えば REQUEST-ACTION の後の ACCEPT に続く OFFER-ACTION など) で応答されない場合が影響している．対話 7 で発話数に比べ発話対数が少ないのは，このような現象が多いためである．これらは，次節で考察するコミュニケーションプランの的確な設定により解決できる．一方，技術的問題として，現在はスキーマ中に選言記述を許していないために，応答のない未充足発話対が多く残ってしまった．選言記述を可能にすることにより，ほぼ 2 つ程度の理解状態しか残らないと推察される．

(ハ) 次発話予測: 実験結果の平均予測情報伝達行為数に入力 (e) の表層表現候補数を掛け合わせると，次発話の意図表現のパープレキシティに相当する．これは，全体の発話平均で 6.55 であり，効果的な絞り込みを行なっているといえる．また，平均予測レベルが大きい対話構造は，それまでの発話対が完成されず，別の話題に対する発話対が出現する構造

を示している．従って，逆にこの値が低いほど協調的な情報交換が局所的になされていると考えられる．

(ニ) 音声認識結果選択: 音声認識結果選択により候補削減に成功した発話は，すべて応答・確認クラスの発話であり，かつ，文末文節あるいは固定化表現に曖昧さを持つものである．また，全てが優先順位1位で予測された情報伝達行為タイプにより選択された．一方，予測情報により間違った候補が選択されることはなかった．従って，対象を応答・確認発話の意図を表す表現のみに限定すれば，ここで述べたシステム構成により音声認識結果の曖昧さをかなり削減することができるといえる．

実験により選択されなかったものには，あいづちの「はい」(2発話)がある．(例えば，質問者:「参加料はいくらですか」，事務局:「はい」)これらは，設定したインタラクションプランでは認識・予測することができない．このような対話現象を扱うためには，応答のメカニズムのより細かいレベル分けと知識としての切り分けが必要とされる．しかしながら，きめ細かな知識の設定は予測情報の増大につながり，候補選択の制約を緩めることになる．また，GREETING-CLOSE(2発話)は，ともに最初に終了の挨拶を行なった話者の発話であったので，厳密には応答クラスとはいいにくい．これらは，実験結果(ロ)のところで触れたように，より上位レベルのプランであるコミュニケーションプランによる繰り返しの制御などが必要であろう．

このように，本章のモデルで扱えない対象を処理するためには，発話対を越えた対話運用の知識の利用が重要になる．インタラクションプランは情報交換における規範的な知識として考えることができるが，実際の対話では発話対の埋め込みや応答の省略・言い替えなど多様な現象が表れる．その多様性を対話における間接的な推論の実行と捉え，その推論に関する知識としてコミュニケーションプランの枠組の詳細化を検討する必要がある．つまり，コミュニケーションプランによるインタラクションプランの適用制御を行なうことで，不完全なやり取りについても認識・理解を可能にする．これにより，応答・確認発話のみならず，要求の発話の処理や発話対に属さない説明のための陳述などの予測が可能になる．

3.7.2 関連研究との比較

音声言語処理システムへの文脈情報利用を試みる研究は，80年代後半から盛んに行われた[53][18][48][28][44][47][58]．

MINDS[18]は，談話レベルの知識を用いて次発話の内容を表す意味ネットワークを生成

し利用することにより，音声認識結果が向上することを示した．しかし，MINDSではスクリプトベースの対話管理のため，本章で示したような階層的なプランの合成による柔軟な予測ができない．

音声理解システムSPURT-I[48]の中の対話管理機構MASCOTS[44]は，ユーザと計算機の対話に応じた対話知識(SRプラン)をスタックで管理することにより，ユーザの次発話の内容の予測を行ない，そのトップダウンの予測情報と音響認識部からのボトムアップの情報により，表現候補の選択が効率的に行なえることを示した．MASCOTSをはじめ従来の研究の予測の対象は，話題に関連した文の命題内容が中心である．対話では主題の省略など内容語が現れない場合がある．また，話し手の意図を表す表現は，対話理解において重要な役割を果たす．本章では，意図に関する語用論的知識を設定し，その言語表現選択を明示的に示した点に特徴がある．

永田[58]は，意図表現選択の問題をコーパスベースの統計的手法で扱っている．一方，本章のアプローチは一般性の高い知識ベースに基づいており，採用する対話理解モデルの性質から，話題展開の知識などより高次の知識利用への拡張が可能であるところに特徴がある．

3.8 結言

協調的目標指向対話を対象にした階層性プラン認識モデルによる対話の理解と，対話構造による理解状態の管理について述べ，その応用として，次発話の予測手法と，予測情報を活用して音声認識結果の候補選択を行なう手法を提示した．特に，発話対という局所的な対話の知識の利用と意図表現に関する語用論的知識の設定による実験を通して，従来扱われていなかった話し手の意図を表す表現の選択に対する本手法の有効性を示した．

文脈情報の広範な利用には残された問題は多い．多様なやり取りを扱えるようにするためには，特に話題領域の知識と関連付けたコミュニケーションプランの整理と詳細な記述が必要であると考える．また，本章の対話理解モデルと次発話予測手法を利用した名詞句表現の選択手法[45]を統合したシステムの開発は今後の課題である．

第 4 章

設計支援への応用 — 設計意図を考慮にいれた事例ベース設計支援システム —

4.1 緒言

設計のようないわゆる合成型タスクの難しさは，一般に入力を満たす解候補が複数存在し，組合せの爆発を引き起こしてしまう点にある．合成型問題解決の基本は，さまざまな制約条件を解いていくことであるが，あらかじめ与えられた制約条件だけでは決定的な解を導出できないことが多い．しかし，最終的に一つの納得のいく解答が要求されるので，設計者は何らかの決定的な解決策を施さなければならない．つまり設計者は，可能な解候補の中からの選択という意志決定を必要とする．

設計者の意図は，上記のような意志決定に影響を与えるものとして捉えることができる．特に解の自由度の高い合成型タスクでは，意図は主観的でありかつ状況依存的であると考えられるので，意図に関してアプリオリな規則を記述することは難しい．従って，設計者の意図の把握には，第 **3** 章で示したような規範的なプランによるアプローチが困難であると考えられる．

本章では，非定型的な合成型タスク遂行による問題解決としてレイアウト設計を取り上げ，事例ベース推論 (CBR: Case-Based Reasoning) の枠組に基づいて対話的に設計者の意図を推定する手法と，その結果に応じて情報提示に行なっていく設計支援方式を提案する．以下，**4.2** 節で設計タスクの分析を基に意図を考慮した設計支援の枠組を示す．**4.3** 節では，レイアウト設計における意図の表現と意図推定手法について説明する．**4.4** 節では，支援システムの構成とプロトタイプ **YAAD**(Yet Another computer Aided Design system) について述べる．

4.2 意図を考慮した設計支援方式

4.2.1 従来の設計支援

現在実用化されている CAD システムは，構造の図式化や部分的な数値解析など設計の下位工程を支援・代行するものが多いといわれている．知的 CAD の分野では，従来の CAD の各フェーズに知識工学的アプローチを採用することによって，より簡便な利用と高度な処理の支援を目的としているが，定型的作業を代行支援するという側面が大きい．また，エキスパートシステムやシミュレータも設計支援の一部として考えることができるが，それらは高度化・複雑化する対象の分析・計算・評価を自動化・代行するものである．以上のようなシステムでは，特に設計意図が絡んでくるような場面での，柔軟な意志決定を支援するという面には直接貢献していないように思われる．

一方，ユーザインタフェースの研究は，CAD の研究が直接扱っていなかった部分を補完するものになるであろう．その目的は，システムの使い易さを追求することであり，人間と計算機の意志疎通を潤滑化することであるといえる．前者にはマルチメディア化が，後者では対話的処理などが考えられている．ユーザインタフェース構築はメディア技術に負うところが大きいが，現状のメディア技術は表面的な表示形態に力点をおく傾向がある．特に思考の支援ということを考えれば，ユーザの望んだ情報を的確に示すことが重要になるが，現状のメディア技術はそのようなユーザの意図をつかむ技術を提供していないように思われる．

本章では，対象への直接操作を許すインタフェースを実現し，そこでの操作の結果現れた状態からの類推により意図を推定する手法を示し，その結果に基づいた情報提示により，主に設計の上流過程を支援する手法を提案する．

4.2.2 意図を考慮した支援の形態

本章では，設計者の意図に基づいて選択された具体的解決策を，意図を実現した“方策”と呼ぶ．例えば，与えられた要求仕様を満足し，かつ全く同等の機能を提供する二つの部品から，デザインが美しいという理由で一方を選択したとき，設計者は美しく仕上げたいという意図を持ち，そのために美しい (と思った) 方の部品を使用するという具体的方策を取ったということができる．このように，解を決定するために与えられた制約条件以上の条件を課すことにより問題解決していく設計を，“意図的”な設計と呼ぶ．また，意図と方策の因果関係の構造を“意図構造”と呼ぶことにする．

設計過程において設計者の意図が明確になれば，それに応じた支援が可能になる．設計者の意図を反映した結果は，最適ではないかもしれないが，本質的に満足の行く解になる．

設計における意図が問題となる状況としては次ようなものが考えられる：

1. 意図ははっきりしているのだが，具体的方策が思い浮かばない．
2. 部分的な方策を示すことができるが，全体としての方向性 (意図) をうまく説明できない．
3. いろいろ考えがあるが，とりあえず何か参考にしたい．

例えば，1. は初心者がよく遭遇する状況である．2. はある程度熟練した設計者が嗜好や感性といったものを取り込むような状況であろう．また，3. は新しい未知の問題に取り組む時などが考えられる．多くの設計過程では試行錯誤が繰り返されるので，上に示したようなフェイズが入れ替わり立ち替わり現れることが多い．

このような状況に対応した支援形態には，以下のようなものが考えられる：

1. 設計者が示した意図を満足するような具体的方策を提示する．
2. 部分的方策や状態から意図を推定し，その意図やより全体的な方策を提示していく．
3. いろいろな切り口の意図・方策の実例を提示する．

いずれにせよ，このような形態の支援を実現するためには，意図と方策の関係に関する知識を持っていなければならない．特に 2. のような時は，設計者の振舞いから意図を推定していく必要がある．

4.2.3 設計支援方式

Kolodner[22] は，人間の創造的作業，芸術的判断を伴うような意志決定に対する CBR による支援の有効性を主張した．本章では，意図的設計の本質を設計者の感性や嗜好に基づく非定型的な意志決定と捉え，CBR によるアプローチを考える．

CBR の特徴には，1) 問題に対する詳細な規則の記述が不要であること，2) 修正／修復機能により柔軟かつ多様な結果提示を行なえること，更に，3) 問題解決にともなって知識の拡張が可能になることなどを挙げることができ，意図に関する困難な規則記述の回避と，建設的で多様な情報提示機能の実現が可能となる．

現在の計算機の能力を考えれば，創造的な判断は人間に委ねるべきだと考える．逆に，多くの事例の中から必要なものを検索することなどは，人間には面倒な作業であるが，計算機は労を厭わない．本章で目指す支援の基本的形態は，計算機による設計の自動化ではなく，情報の検索・提示により人間の設計活動の促進を図るものである．このアプローチでの計算機の主な役割は，問題解決に関する情報・知識を蓄積・保持し，その内容を設計の状況やユーザの要求・意図に応じて提示していくことである．

意図を考慮した支援実現のために必要な基本機能には，事例検索・事例修正・事例記憶など従来の CBR の機能に加え，以下の機能が必要になる：

意図による参照： 意図が入力された時，それを反映した事例を検索し提示する．

意図推定： ユーザの操作により変化した状態から意図を推定する．

図 4.1: 設計支援処理の流れ

このような機能を利用した設計支援の処理の流れを図 4.1に示す．この方式の特徴は，従来の CBR の事例修正・修復の拡張機能として，上述した意図に関する機能により，設計者の意図を事例に反映させる点にある．図中の 3. と 5. は，設計者が明確な意図を持っているか否かで選択することができる．意図がはっきりしていれば，関連する情報の参照を求め，そうでなければ，提示された類似事例の納得のいかない部分の変更操作を行なう．

前者の場合，システムは入力された意図を持つ意図構造を検索する (4.)．一方後者では，変更された状態を入力にして，意図の推定を行なう (6.)．いずれも場合も，その結果を現在の解候補に反映し，設計者に提示する (7.)．意図推定の詳細は **4.3** 節で述べる．

一般に設計事例や意図構造の検索では，複数の解候補が出てくる可能性がある．本章の方式では，非定型的な設計過程を側面から支援することが目的であること，及び検索効率とインタラクションにおける待ち時間の観点から，複数の解を検索提示せず，検索の優先処理に従いシステムが類似していると判断した事例を提示するようなアプローチにしている．しかしながら，図 4.1の 2. や 6. で複数の候補を保持し，ユーザの要求により提示を変更するような複数解を扱う方式への拡張は可能である．

以上で示したような設計支援は以下の特徴を持つ：

- 設計者に自由な操作・修正を許すことにより，状況に応じた柔軟な設計が可能になる．
- 意図推定とその修正により，設計者とシステムの意図の相互理解・意志疎通を行なうことができる．
- 設計者は，要求・仕様に対する類似事例と設計意図を反映した事例を参照することができるので，多様な解候補を合成できる可能性がある．

4.3 事例を利用した意図推定手法

第 **3** 章で示したプラン認識手法など従来の意図を推定する技術の問題点は，あらかじめ完全な知識 (プラン) が与えられることを仮定しているところにある．合成型問題解決における人間の意図や欲求・信念といったものを厳密に記述し，規範的知識としてあらかじめ用意することは非常に困難であると考えられる．また，そのような知識が記述できたとしても，従来のプラン認識の枠組では状況に応じた柔軟な出力を得ることができない．ここでは，CBR の枠組を採用することにより，知識記述・獲得のボトルネックを回避するとともに，柔軟な出力を行なう意図推定手法を提案する．

4.3.1 意図構造の表現

提案する手法では，事例として意図と方策からなる意図構造を利用する．レイアウト設計における意図構造は，ボキャブラリ・部品・状態をノードの構成要素としたグラフ構造

で表現する (図 4.2, 表 4.1). 図 4.2の例は，ある電気設備を「美しい」という意図の基で配置した設計例を表現している.

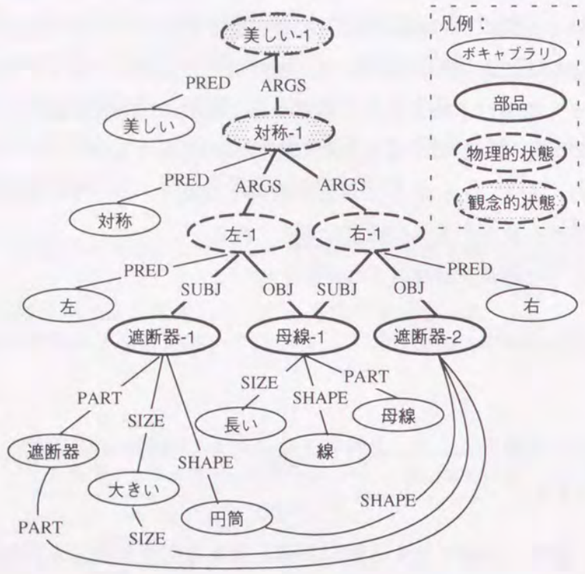


図 4.2: レイアウト設計の意図構造の例

表 4.1: レイアウト設計における意図構造の構成データ

データ	内容
ボキャブラリ	システムが利用できる概念を表す基本的データ
部品	設計対象物を構成する部品を表すデータ
	名前および属性ラベルとその属性値のリストで構成
状態	部品間の関係を表すデータ
	その状態を表す述語と対象となる引数で構成
物理的状態	主に上下左右といった空間的位置関係を表す状態
観念的状態	“美しい”, “経済的” など人間が感じる概念を表す状態

この表現に従えば，レイアウト設計における意図は，図 4.2の「美しい」や「対称」のよ

うに，主に観念的状態で表される．また，方策は，図 4.2の「右」や「左」のような物理的状態の集合になる．また，意図構造とは，ある観念的状態ノードから辿ることのできる下位ノードのグラフである．上位に観念的状態ノードを持つ意図構造を，特に “部分” 意図構造と呼ぶことにする．ある設計事例は，いくつかの部分意図構造の集まりで表すことができる.

4.3.2 漸次的部分合成と意図修正

意図推定は，設計者の操作によりできた状態を入力とし，意図構造を蓄積した事例ベースを対象として事例検索することにより実現する．しかしながら，この方法で検索された意図は，設計者の意図を的確に表している保証はない．その理由には，事例不足によるもの，個人差によるものが考えられる．本手法では，漸次的部分合成と対話的な意図構造の修正により，設計者に意図の確認を行っていくことで，より的確な意図の相互理解を行なっていく方法を示す.

漸次的部分合成は，設計者の操作により変化した状態を随時入力として，その部分的な意図を推定 (部分意図推定) し，それを現在システムの捉えている意図構造へ合成していくこと (部分意図構造合成) を，設計過程の進展にともない繰り返し行なっていく処理である．設計全体の目標は，分割された副目標の合成により達成できると考えることができる．同様に，設計全体の意図は，部分的な対象に対する意図の合成から構成されると考えることができる．いま，設計者がある部分的な意図を達成しようとした時，その実現に集中して作業すると仮定すれば，設計のあるフェイズで為された方策のみに着目し，その部分の意図を推定し，それらの合成により全体の意図を推定していくことは妥当である.

部分意図推定における事例検索は，事例の部分意図構造を対象として行なう．検索結果は，類似度が同じであれば，より少ない観念的状態ノードからなる意図構造を優先する．検索結果の部分意図構造を含む事例は，後の検索では優先的に検索対象とする.

部分意図構造合成の基本は，部分的な意図を包含するような上位の意図を再度検索することになる．部分意図構造の合成の例を図 4.3に示す．図の例は，推定した「整然」の部分意図と以前のフェイズで推定した「ゆったり」の部分意図との合成により，より上位の意図として「美しい」を推定したことを示している．これは，二つの部分意図に類似したノードを含む意図構造を，以前に検索結果となった事例あるいは事例ベースから検索することにより実現される．なおこの時，必ずしも方策の部分が類似している必要はないと考える．この理由は，具体的方策の設計とより上流の概念設計はある程度分離できると考え

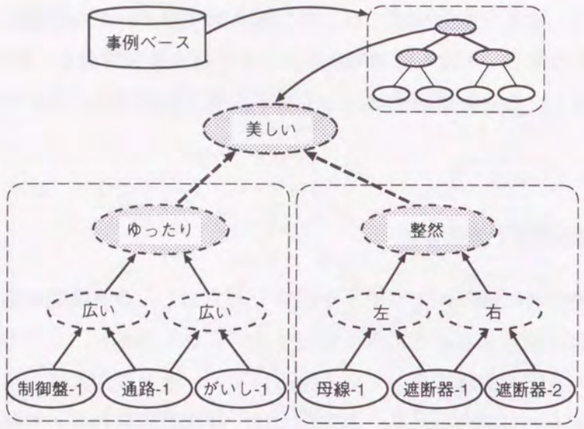


図 4.3: 部分意図構造の合成

るからである.

意図構造の修正は，任意のフェイズで推定された意図構造を現状に合わせて変更していくことを，設計者自身に許すことである．これにより，推定された意図と実際に設計者が思い描いているものとの乖離を是正していく．設計者は，任意の観念ノードの名前を変更することができるようにする.

意図修正により修正された事例は，蓄積されて新たな知識となる．また，漸次的部分合成は多様な事例を横断的に利用し，設計中に新たな構造を動的に作り出すことになるので，事例不足による乖離を少なくできると考えられる．個人差の問題は，使用するボキャブラリの違いや状況による差が考えられるが，現在のところ修正機能を使い設計者が対話的に是正していく以外ない．本章で目指す支援の観点で考えれば，このような対話的処理の介入は，全体の設計に支障のないものであると考える.

以上説明した意図推定処理の流れを図 4.4に示す．図の実線は処理対象のデータの流れを，破線は事例検索の対象となる意図構造事例の流れを表している．検索対象の参照順位は，2. では A,B,C の順に，3. では B,C の順に検索する．推定意図構造と優先バッファは設計開始時点では空である．優先バッファは，2. と 3. の処理でシステムが類似事例と判断した部分構造を含んでいた事例を一時的に格納しておくプッシュダウンスタックである．従って，最近対象となった事例から対象を絞って検索することになり，検索処理の効率化

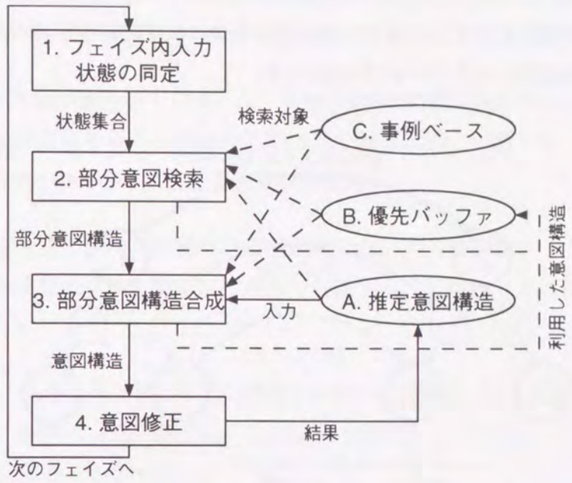


図 4.4: 意図推定処理の流れ

が期待できる.

4.3.3 類似度計測と事例検索方法

事例の類似度計測は，ボキャブラリデータベースを利用した距離計測とグラフ構造マッチングにより行う．ボキャブラリデータベースは，利用されるボキャブラリとそれらの間の距離を定義したデータベースである.

任意の二つのデータ構造 (グラフ) 間の類似度は，一般に以下のように定義できる：

1. ボキャブラリ同士の類似度はボキャブラリデータベースから求められる距離である.
2. ボキャブラリ以外のデータ構造間の類似度は，その下位ノード間の類似度組合せの内の最小総和である.
3. 下位ノードの数が違うとき，組合せのない余ったノードに対し，一定のペナルティを上位の類似度に加える.

なお，上記 3. において余分な下位ノードへのペナルティは，入力側に対してのみ行なわれるべきである．なぜなら，検索対象側が余分な下位ノードを持っていたとしても，組合せ

可能なノードの類似度が小さければ，その構造が入力に類似した (副) 構造を有していることになるから，情報提示による支援という目的からすれば支障は生じない．

この類似度計測処理のイメージを図 4.5に示す．

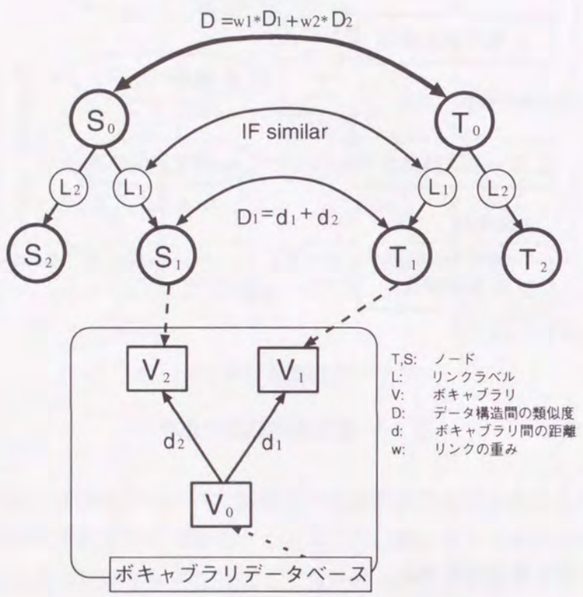


図 4.5: 意図構造の類似度計測

上記 2. の計算は，入力に対して指数オーダの計算量を必要とする．そこで以下の規則により対処する：

- 状態間の下位ノードの組合せは引数のリンク名でのみ対応を取る．
- 観念ノードの下位ノードの組合せ処理順序は，入力側に対して，設計者が操作した順序の逆順に従う．

後者は，最近行った操作対象の状態に注目して類似度を計ることになる．これは，**4.3.2** で述べた目標集中の仮定に加え，設計が進み参考情報が増えれば意図の変化が起こることがあり，より最近に行なった操作の方がその意図を反映しているという観察に基づく．

これまで述べてきた手法の中の事例検索処理は次の通りとなる．

- **4.2.3** の類似事例検索 (2.) では，入力は主に部品の集合となるので，各部品に対する類似度の総和が小さい事例を類似事例と判断する．
- **4.3.2** の部分意図検索 (2.) では，入力は操作後の物理的状態の集合となるので，各状態に対する類似度の総和の小さな意図構造を類似構造と判断する．この入力状態間には，設計者の操作順序による処理順位がある．
- 同部分構造合成の際の上位意図構造の検索では，入力は観念ノードの集合となるので，その各状態に対する類似度の総和で判断する．このときも，操作順序による優先処理を行う．

いずれの検索も，より小さな範囲の意図構造 (より少ない観念ノードをもつ構造) を優先して検索対象とし，検索の成否判断には一定の閾値を設定する．同様に，検索結果についてもより小さな意図構造を優先する．

4.4 システムの実装

以上で提案した意図推定機能を備えた設計支援手法を実現するシステム構成とプロトタイプシステム **YAAD** について述べる．

4.4.1 システム構成

システムのモジュール構成を図 4.6に示す．

ユーザインタフェース部は，ユーザとシステムの対話性の確保するためにグラフィカルインタフェースを採用する．作業領域では，設計対象の描画・編集・移動などを行う．コマンドメニューは，システムに対するコマンド入力をメニューなどを使って行う．また，意図構造のようなデータの表示および編集機能を提供するインタフェースとして，ネットワークエディタを実現した．

入力解釈部は，部品と状態のデータベースを参照して，設計者の操作によってできた状態を計算機内部表現 (物理的状態のグラフ) に変換する．スコープ設定で，現フェイズで操作対象となった部品を特定し，状態データベースに記述された解釈規則を適用して，スコープ内部品間の物理的状態を内部生成する．

推論部は，支援に必要な情報を生成する．ボキャブラリデータベースは，ボキャブラリをノードし，リンクの重みとして距離を与えたネットワークとして記述した．従って，ボ

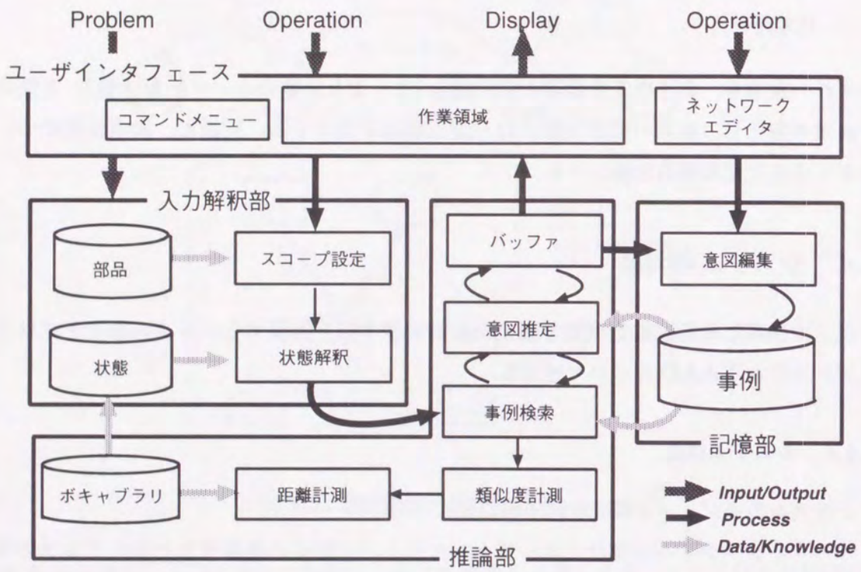


図 4.6: 設計支援システムのモジュール構成

キャブラリ間の距離計測は，グラフ最短経路探索により 2 点間の距離を求めることに相当する．ボキャブラリ間の距離計測アルゴリズムには，双方向最短経路探索アルゴリズム [35] を，また，類似度計測アルゴリズムにはグラフ単一化 [41] をベースにしたグラフ構造マッチングを実装した．事例検索部，意図推定部は，**4.3**節で説明した処理を行う．バッファは，**4.3.2**で説明した優先検索のための事例を管理するバッファである．

記憶部の意図編集機能は，**4.3.2**で述べた意図構造の対話的修正をネットワークエディタを利用して実現する．

4.4.2 レイアウト設計支援システム YAAD

YAAD は電気設備のレイアウト設計支援を対象としたシステムである．**YAAD** は，UNIX マシン上に C 言語と Motif ライブラリを利用して実装されている．

YAAD ではグラフィカルインタフェースを利用し，ほとんどの処理をマウス操作のみで行なうことができる．**YAAD** の画面例を図 4.7〜図 4.10に示す．画面例の左側のウインドウは作業領域，右側は事例領域であり，各々下のウインドウに意図構造を表示する．現在の実装では，作業領域上でのマウス操作により，設計者がスコープを特定する．

YAAD では，より詳細な情報参照を支援するため，各ウインドウ間でのデータ参照機能を実現した：

- 意図構造の任意のノードから対応する作業領域の部品 (群) への参照.
- 作業領域の部品／物理的状態から事例領域の対応する部品／物理的状態への参照.
- 推定意図構造の任意のノードからその基となった事例の対応する状態の参照.

これら参照機能は，類似度計測時のマッチングの過程で対応情報を残しておくことにより実現可能である．このような機能は，システムの説明機能を実現していることになり，設計者はシステムの振舞いを理解することが容易になる．

4.4.3 YAAD による設計例

変電所の機器配置のような電気設備のレイアウト設計は，個別の立地条件や出力仕様を勘案して行なわれる．設計グループは上のような条件に加え，受注先からの要請の充足や設計の特徴を出すために，さまざまな視点から設計方針を検討する．機器配置では，特に「美観」，「経済性」，「保守・拡張性」などといった抽象的な方針を鑑みて設計される

ことが多い．また，実際の図面作成では，設計者は CAD ツールを利用し，細かい部分の描画などは過去に蓄積したものを利用することがある．しかしながら，どのような例を参照するか，またどのような例が過去に存在したかなどについては，整理されたツールがなく，設計者の経験によって検索される．このように，検討した方針の具現化は，設計者の経験によるところが大きい．

このような配置設計を支援するツールとして **YAAD** プロトタイプを作成した．プロトタイプのデータとして，12 部品データ，6 状態についての規則，そして総数 132 の電気設備などに関連したボキャブラリを登録した．ボキャブラリは，類語事典 [60] の分類を参考にしたシソーラス形式になっている．また，初期事例として 4 つの過去の設計例を入力した．事例中の意図構造は，実際の設計資料などを参考に，GIS 設計に関する延べ 54 の意図構造を登録した．

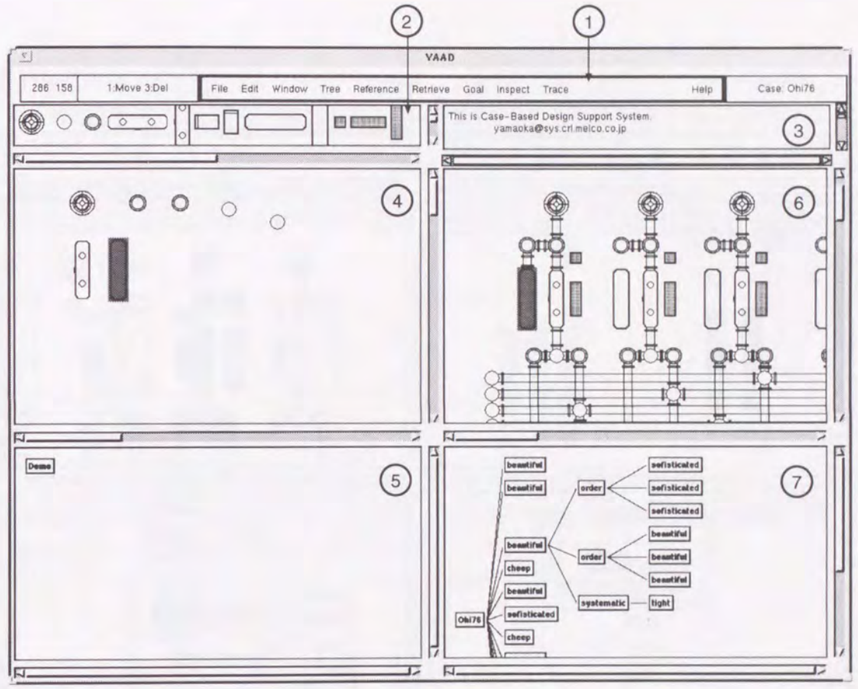
以下では，そのプロトタイプを利用した設計の例を説明する．設計例の画面のスナップショットを図 4.7, 4.8, 4.9, 4.10に示す．

図 4.7の画面 1 は，入力された部品から全体検索を行なった結果を表示している．反転している部品は，類似度計測で対応した部品を参照したものである．

図 4.8の画面 2 は，設計者が作業領域において大雑把な配置をした後に，スコープを特定し事例検索を行なった結果である．ここでは一つの意図構造内 (“beautiful”) で類似事例が見つかっている．事例領域では，スコープに対応する意図構造の部品が反転表示される．また，その意図は推定意図表示ウインドウ (左下のポップアップウインドウ) と作業意図構造ウインドウへもコピーされる．このようにして，設計者は，現在の状態に類似した過去の配置例とその意図を参照することができる．

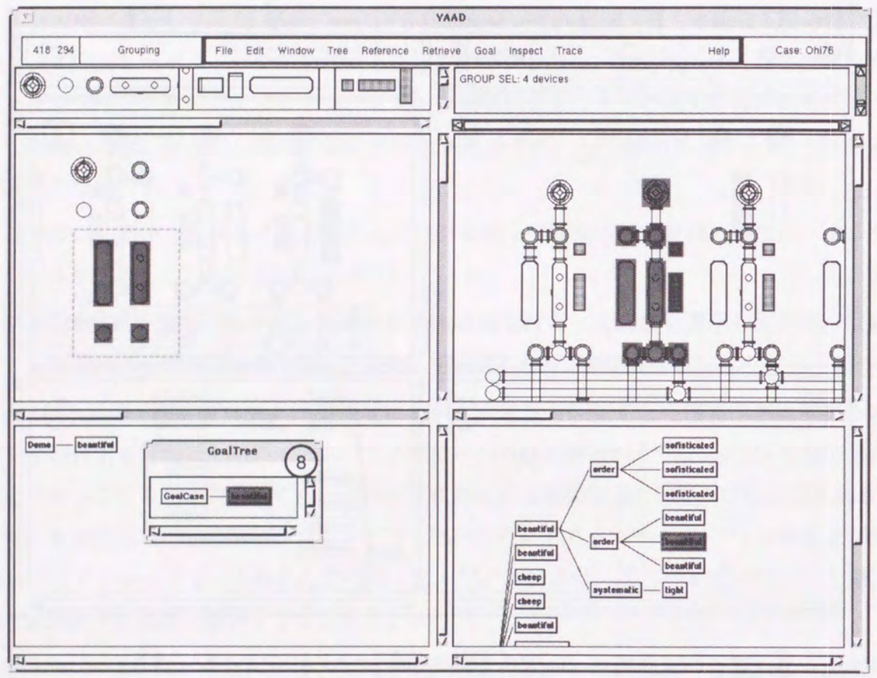
図 4.9の画面 3 は，さらに別のスコープで検索を行ない，意図構造の合成により上位の意図を推定した結果である．部分意図検索ではまず，“sparse” という部分意図構造が出力され，その意図の上位意図 (“economy”) と図 4.8の画面 2 の時の上位構造 (“order”) により，意図構造の合成が行なわれたことが，推定意図表示ウインドウに表示されている．

図 4.10の画面 4 では，図 4.7画面 3 で推定された上位の意図 (“economy”) の方策を事例領域に表示し，それを参考にして作業領域の配置を修正したところである．さらに，作業意図構造ウインドウにおいて，最初の “beautiful” を “COST” に変更し，上位に “economy” を追加するという意図構造の編集を行なっている．このようにして設計者は，様々な情報を参考にすることにより，今の自分の意図を満足するような配置とその構造を作りだし，それを事例として記憶させておくことが可能になる．



① コマンドメニュー: ファイル操作・描画モードなどのコマンド入力を行なうメニュー．
② 部品ウインドウ: 設計に用いる部品を表示するウインドウ．
③ ログウインドウ: コマンド・編集履歴やメッセージを表示するウインドウ．
④ 作業領域ウインドウ: マウス操作により配置作業を行なうウインドウ．
⑤ 作業意図構造ウインドウ: 作業領域ウインドウの意図構造を表示・編集するウインドウ．
⑥ 事例表示ウインドウ: 検索結果の事例の配置図面を表示するウインドウ．
⑦ 事例意図構造ウインドウ: 検索結果の事例の意図構造を表示するウインドウ．

図 4.7: 設計例画面 1；部品入力による検索結果



⑧ 推定意図表示ウインドウ: 意図推定結果を表示するポップアップウインドウ.

図 4.8: 設計例画面 2；スコープによる事例検索結果

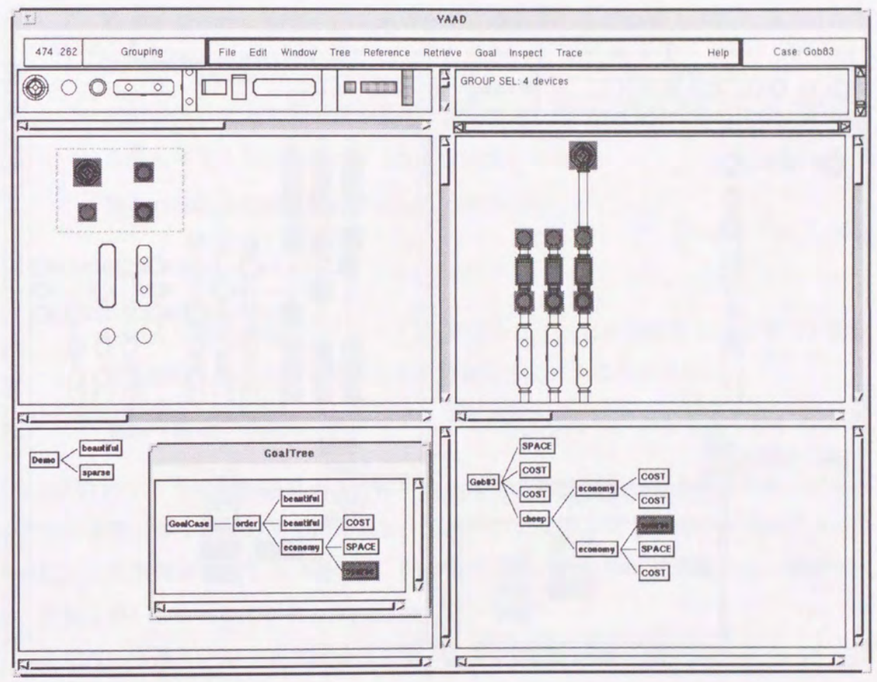


図 4.9: 設計例画面 3；部分意図構造の合成による意図推定結果

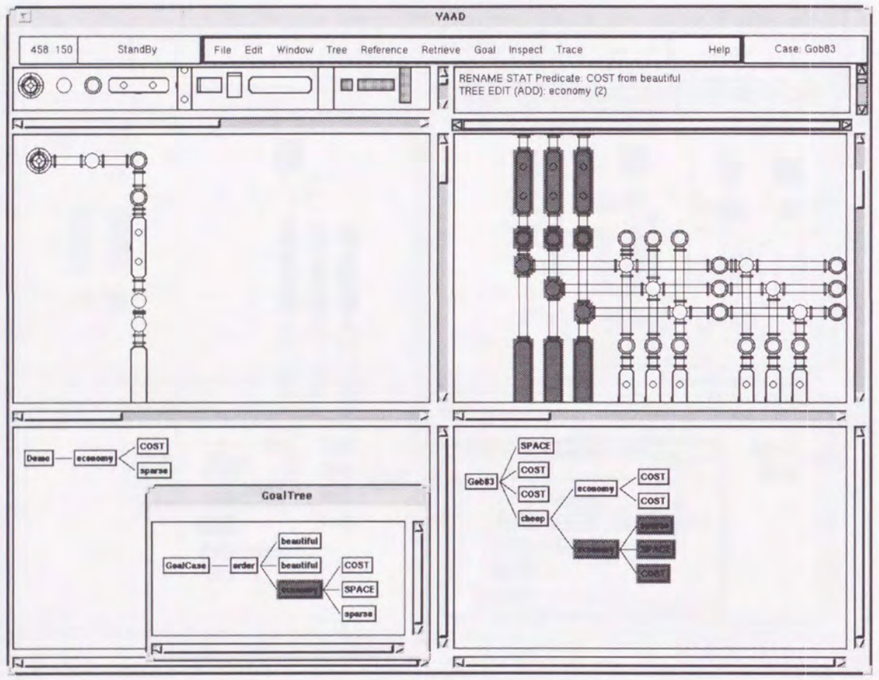


図 4.10: 設計例画面 4；配置の修正と意図構造の編集

4.5 考察

本システムを設計技術者に試用してもらった．情報提供機能や意図推定機能の評価について以下のような主観的な意見を得ている：

- 満足の行く点：
  - 新しい問題に対していろいろな考えを参照できることは有効だ．
  - 適当な操作から推定されたある意図表現をきっかけに考えが膨らみ，その関連情報の検索の手間が省けた．
  - 意図が同じでも方策が違う事例を吟味でき，問題の状況に応じて部分的に違った考えを取り入れることができるのは良い．
  - 過去の事例の意図構造がやりたいことを説明してくれた．
- 不満な点：
  - たびたび部品の範囲 (スコープ) を指定することは面倒である．定型的に配置できる部分もあるのでそのような部分は自動化したほうがよい．
  - 意図の修正では過去の例のボキャブラリに影響され，修正を迷ってしまう．

YAAD のような対話的システムでは，それなりの応答速度が要求されるが，プロトタイプでの検索の多くは実時間であったが，スコープの範囲が大きくなりかつ事例ベースに十分類似した事例が存在しない場合は，類似度を求める時のリンクの組合せで爆発が起こり，回答を得られないことがあった．

以下では，**YAAD** のコンセプトの評価として，関連研究との比較を行ない，その特徴を明らかにする．

4.5.1 関連研究との比較

CAD に関する研究

岡田ら [52] は，計算機援用設計における情報交換の場面での設計意図モデルを用いた支援方法を示している．この方法は本方式と概念的に一致したアプローチであると考えられるが，岡田らのシステムでの設計意図モデルの生成は，設計過程記述言語内で定義された規則からの演繹であり，計算機の意図識別能力としては柔軟性にかける．それに対して，

本手法では類似度計測による事例検索を行っているので，システムは知識の不足に対して頑健であり，より柔軟な対応をとることができる．

岸 [49] は，概念設計過程における設計者の思考の重要性に注目し，設計の論理的知識とそれを引き出すためのコネクショニストモデルによる連想機構を備えた支援方法を提案している．一方，本方式では，設計知識と思考に対する両面を，事例による知識表現を含めて CBR の枠組で統一的に実現した．また，本方式に基づくプロトタイプでは意図表現における言語表現とともに，グラフィカルインタフェースによる図形表現を備え，対話的に直示操作を許しているので，設計者が描く概念をより的確に表出できることになると考えられる．

CBR を利用した設計

Kolodner[22] は，CBR による意志決定支援の有効性を主張し，その一例として建築設計の例を挙げて説明している．本章のアプローチは，基本的に Kolodner の描いたストーリーと同じであるが，設計意図でまとめられた事例の表現により，単なる類似事例とは違ったな解候補の提示ができる．また，支援方式の実装を明らかにした点では，Kolodner の提案の拡張といえる．

吉浦 [68] は，事例修正に部分的な事例を利用していく CBR によるレイアウト設計システムを示した．服部ら [46] も同様な手法による機械設計システムを示している．しかしながら，これらはともに設計の自動化を目指したものであり，修正部分問題の切り出しは与えられた規則 (機器干渉知識や設計対象モデル) に基づくものになっている．さらに，これらはどの部分をどのように修正したいかという設計者の意図を考慮しない．本章のアプローチは，設計者である人間の支援に焦点をあて，最終的判断は人間に委ねており，その判断にしたがった支援を行なう枠組である．従って，吉浦らのアプローチは well-structured な配置問題や設計の自動化には効果的であるかもしれないが，本章で対象とした設計者の意図を反映できる方法にはなっていないと考える．

4.5.2 今後の課題

YAAD では，本章の主目的である設計意図を推定し利用する支援機能を実現したが，システムとしての性能向上には以下のような課題をクリアしていくべきだと考えている．

- ボキャブラリ設定：一般に CBR システムの出力は類似度計測に大きく左右される．類似度は，ボキャブラリ間の距離に依存しており，その変更は，配置／意図推定双方の処理結果に大きく影響する．逆に意図の表現には個人差や状況による差があり，これらを反映させることも問題となる．今後は設計者が簡便に設定を変更できるような，ボキャブラリデータ編集機能を考える必要がある．また，帰納学習などによる自動的な変更機能を付加することも考えられる．
- 検索計算の爆発：CBR では，蓄積事例の増加にともなう検索計算量の爆発は避けることのできない問題であろう．意図の伝承に対して適切で有用な事例について考察するとともに，再利用に効果的な事例の管理手法 [65] を検討する必要がある．また，並列処理・リアルタイム処理など，迅速かつ頑強な計算処理技術の導入も効果が期待できる．
- 従来の設計支援技術との統合：現在の **YAAD** の目的は，設計者の嗜好が重視されるような場面の支援である．機能仕様や制約条件に対する設計案の評価やコンフリクト解消など，設計作業全体の支援ということを考えれば，**YAAD** の事例ベース検索に加え，従来からの設計対象モデルなどを利用するアプローチやシミュレータによる評価モデルとの結合を行なっていく必要があろう．

4.6 結言

設計意図を考慮した設計支援方式と事例を利用した意図推定手法を提案し，それに基づいたプロトタイプ **YAAD** を開発した．

提案した支援方式では，設計者の操作により変更した状態に応じて意図を推定する機能を備えることにより，設計者の意図を考慮した支援情報を提供できる．また，CBR の元来の特徴である事例の格納により，意図に関する知識記述の負担を回避している．さらに，電気設備配置を対象にしたプロトタイプ **YAAD** の試用を通してその機能の有効性を確認した．

今後の課題としては，設計のような合成的タスクに対する支援の効用の評価手法を確立することがある．評価手法を確立するとともに，本方式を他分野へ適用し，さらに有効性を確認する必要がある．

第 5 章

協同作業支援への応用 — 事例を利用した意図伝達によるユーザ参加型設計支援システム —

5.1 緒言

多様化するユーザニーズを的確に把握して，満足のゆく製品を迅速に作り上げることは，設計の現場では常に追い求められている目標である．ユーザ参加型設計 [23][39] におけるユーザと設計者や協同設計プロジェクトの専門チームのような，立場の違う人たちで行われる共同作業では，視点や知識・語彙など参加者の属性の違いから，お互いの考えを理解することに時間やコストがかかり，設計全体の効率を落としていることが指摘されている [31][56]．参加者間の相互理解が不十分であれば，ユーザや設計プロジェクト全体が満足するような合意に基づいた結果を生み出すことが困難になる．

CSCW の分野では，協同作業を支援するためのツール（グループウエア）が提案されている [34]．ユーザ参加型設計の効果的な支援には，一方の考えを他方にわかりやすく伝えることが重要になるが，従来のグループウエアでは設計参加者が同等の知識を持つという前提が強く，立場の異なる相手を理解するための効果的な支援ツールの提案は少ない．本章の狙いは，立場の異なる設計参加者の相互理解と合意形成を促進することにより，設計全体の効率を上げるとともに，ユーザの満足度と良い設計物を作ろうとする設計者の意欲とを維持向上させるような支援ツールを提供することにある．

第 4 章では，システムが設計者の意図を捉えることにより，効果的な支援が可能になることを示した．ユーザ参加型設計においても，ユーザが設計者の設計の意図を理解し，逆に設計者がユーザの要求の意図を理解できるようになれば，協同設計は効率的になると考えられる．

本章では，第 4 章の手法を基に，ユーザ参加型設計における相互理解を支援するシステムの枠組と意図構造の変換伝達による支援機能の実現手法を提案する．以下，**5.2** 節で，協同設計の分析と支援機能の整理を行う．**5.3** 節で，支援の全体的枠組と支援機能の実現手法を提案する．**5.4** 節では，支援システムの設計とレイアウト設計を対象にしたプロトタイプについて述べる．

5.2 協同設計と支援モデル

5.2.1 協同設計の諸相と問題点

視点や知識・語彙が異なる参加者が協同して行う設計には，例えば，電気や機械さらには建築といった分野の技術が必要となる発電プラントの設計や，ユーザの要求をインタラクティブに取り込んでいくマイホーム設計のようなユーザ参加型の設計がある．以下では，参加者の立場が大きく異なると考えられるユーザ参加型の協同設計に焦点を当てた支援を考える．

協同設計における参加者の属性は，表 5.1のように整理することができる．従来の研究を支援対象という側面からみれば，オントロジの分野で行なわれている知識の共有再利用を狙いとした研究 [29] では，タスクや視点よりもドメイン知識の違う設計者を対象とした支援が中心であった．グループウエアでは，ドメイン知識や語彙も共有している利用者を仮定しているものが多い [34]．海谷 [56] は，視点の違う参加者を対象として，認識の不一致を捉えるアプローチから共同作業支援の基礎研究を行っているが，参加者はドメイン知識を共有している．また，福田ら [57] は，OR 技術を利用してユーザの要求理解を行う手法を提案しているが，このアプローチは設計自動化システムの一部として位置づけられており，対話的な要求理解支援環境への拡張には更に研究が必要になる．

本章で対象とするユーザ参加型設計は，上記すべての属性が違う参加者による協同設計の典型例である．図 5.1は，ユーザ参加型設計でのユーザと設計者の属性の関係を図示したものである．協同設計の過程では，ユーザは製品に対して，どう使うかといった機能的視点を持ち，機能を分析的に展開していくタスクを行っている．一方設計者の立場では，どう作るかといった製造的視点に立ち，合成的なタスクを行っている．ユーザ要求仕様（機能系列）やそれに対する設計者の設計案は，各々の方針や意図を反映しており，ドメイン知識に基づいて各々の語彙で表現されたものになる．本章では，上述したユーザと設計者のような属性の違う設計参加者を，単に立場の違う参加者と呼ぶことにする．

表 5.1: 協同設計における参加者の属性

属性名	例，説明
ドメイン知識	プログラミングの知識，モータの知識など．
タスク	合成的タスク，分析的タスクなど．
視点	機能的視点，製造的視点，販売的視点など．
方針	組織的に決められた方向性で，設計プロセス全体を統御している概念．
意図	方針に比べ個人的で状況依存的な当事者の考え方．
語彙	分野の専門用語や所属集団で文化的によく利用される言葉．

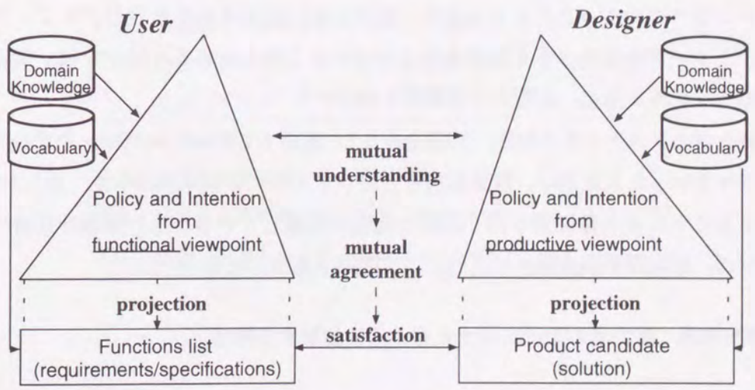


図 5.1: ユーザ参加型設計におけるユーザと設計者の属性の関わり

ユーザや設計者の立場の差は，方針や意図といった設計に対する考え方の差となって現れる．従って，ユーザ参加型設計ではユーザと設計者の間の相互理解に時間やコストがかかり，設計全体の効率を落としていることが問題となる．例えば，設計の初心者には，顧客の要求や説明を理解するのが困難な場面が多い．また，熟練設計者であっても，新規顧客の要求の理解には時間がかかることがある．

協同設計の遂行には，参加者が相互理解を介して，設計に対する合意を形成していくことが大切である．第 4 章では，設計者の意図構造を捉えた設計支援手法を開発し，意図を活用した情報提示による支援の有効性を示した．本章では，協同設計における相互理解を相手の方針や意図（図 5.1の三角形の部分）を理解することと捉え，立場の違う参加者の意図の差を明確化することによる支援のアプローチを考える．参加者は意図の差を認識することにより，その点について方針変更や自己主張など対応に集中できるようになり，改善や納得を繰り返していくことで，設計に対する合意形成が進み，双方が納得する質の良い設計結果が生まれると考える．

5.2.2 協同設計支援における情報仲介者モデル

実世界の協同設計では，情報を仲介するエージェントが相互理解と合意形成を支援する役割を果たしている．情報仲介者は，例えば，セールスマンであったり，顧客と接するシステムエンジニアであったりする．また，複数の専門集団からなる設計プロジェクトのプロジェクトリーダもこのような役割を果たしていると考えられる．以下では，情報仲介者の役割の一モデルを示し，必要な支援機能を抽出する．

情報仲介者のタスクとその特徴，知識を表 5.2に整理する．セールスマンやプロジェクトマネージャといった人たちは，設計参加者とのコミュニケーションの中で，表 5.2のタスクを遂行することにより参加者の相互理解の促進を支援している．この情報仲介者のモデルに基づけば，相互理解の支援には次の 2 つの機能が基本になる：

1. **理解機能**：参加者の設計に対する考え方を理解する機能，

2. **変換伝達機能**：一方の考え方を理解し他方にわかりやすく伝える機能．

以上 2 つの基本機能をベースとして，判断能力 (C-2) や自律性 (C-3) といった特徴を備えることにより，より効率的な作業支援を遂行できると考えられる．また，表 5.2に示したような知識の多くを伝承や経験により習得することで，能力の向上ができる考えられる．

表 5.2: 情報仲介者のタスクと知識

タスク	
T-1	ユーザの要求を解釈し，設計者に設計仕様として伝える．
T-2	設計仕様に対する設計者の設計案を理解し，ユーザに対して説明する．
T-3	協同設計の過程では，機能や設計案に対する双方からの要求や修正点，さらにそれらに対するアイデアを聞き出し，上記の T-1,T-2 同様の流れを繰り返していく．
タスク遂行の特徴	
C-1	解釈，理解した内容を，相手がわかりやすい表現に変換している．
C-2	必要な点，重要な点を判断し，強調して伝達している．
C-3	自分で応答でき，かつ伝達の必要のない内容を自律的に処理している．
必要になる知識	
K-1	表現を解釈理解するための知識．
K-2	変換するための知識．
K-3	必要／重要な点を押さえるための知識．

以下では，上記2つの基本機能の実現に焦点を当てた協同設計支援の環境の実現を目指す．基本機能の実現により，立場の違う参加者の考え方の違いを提示していくことが可能になり，相互理解の支援を行うことができると考える．

5.3 事例を利用した協同設計支援手法

5.2 節の基本機能を過去の事例データを利用して実現する手法を示す．以下では，参加者がユーザと設計者の2人の場合を例に説明する．なお，3人以上の参加者による場合の支援への拡張は今後の課題である．

5.3.1 協同設計支援の枠組

情報仲介者モデルに基づいた協同設計支援システムのモジュール構成を図5.2に示す．システムは主に，以下のモジュールで構成される．

1. ユーザの要求仕様の意図を認識するモジュール，
2. 設計者の設計案の意図を認識するモジュール，
3. 上記(1)(2)の出力を相互に処理・伝達するモジュール．

(1),(2)は**5.2.2**で示した情報仲介者の理解機能を，(3)は変換伝達機能を実現するモジュールである．

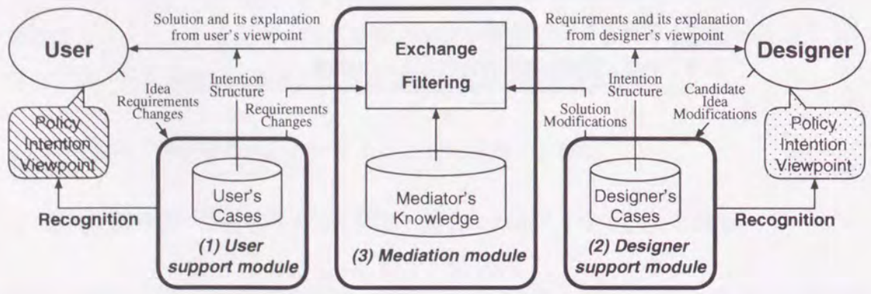


図5.2: ユーザ参加型協同設計支援システムの構成

ここでは，過去の事例の利用により上記モジュールを実現するアプローチを考える．Blomberg ら[5]は，ユーザ参加型設計における共同作業を支援するツールとして，事例ベースシステムの有効性を示唆した．また，Kolodner ら[22][43]は，創造的な設計における仕様の再構成や評価を機会主導的(opportunistic)に支援するアプローチとして，CBR(Case-Based Reasoning)の有効性を主張している．本章で対象としているようなユーザ参加型設計の多くは，定型的な設計ではなく，設計中に相手とのくいちがいを解決するためのアイデアを考案することが大切になるので，創造的で機会主導的な作業であるといえる．

情報仲介者の理解機能の実現手法には，第**4**章の意図推定手法を利用する．この手法では，最終的に設計が決まった時点で，設計者が満足した設計が事例として事例ベースに蓄積され，事例ベースは意図の解釈・理解に利用されるので**5.2.2**のK-1に対応した知識になる．

機能的視点の意図推定

5.2.2で述べたように，ユーザと設計者の意図構造の違いは，設計に対する視点の違いが大きい．設計者の意図が製造的視点からの意思決定の理由と捉えられるのに対し，ユーザの意図は機能的視点からの意志決定理由であるといえる．ユーザの具体的方策は，意図した使い方を満たすような機能系列である．具体的な機能系列は，設計者に提示する要求仕様であり，ユーザの機能展開の出力である．これは，上記レイアウト設計の物理的状態の層に対応している．従って，例えば「安全性」を意図したために「通路を広くする」「操作を遠隔にする」という仕様を出したといったように，設計者同様，ある意図に従って展開された意図構造を考えることができる．

上記のようにユーザの機能展開の意図構造を想定すれば，それらを事例ベースのデータとして第**4**章の手法を適用し，ユーザが提示・変更した機能系列からユーザの意図構造を推定することができると考えられる．

5.3.2 事例による設計意図変換手法

5.2.2で示した情報仲介者の変換伝達機能は，一方の意図構造を他方の意図構造に変換して提示することで実現できると考えられる．ここでは，仕様と設計の対応事例を利用したアプローチを考える．図5.3は，変換伝達処理の概要を図示したものである．

変換に利用する事例は，機能的視点から見た仕様と製造的視点から見た構造との対応知識(**5.2**のK-2)であり，本章では仕様記述（機能系列）とその設計解との組の事例で構成

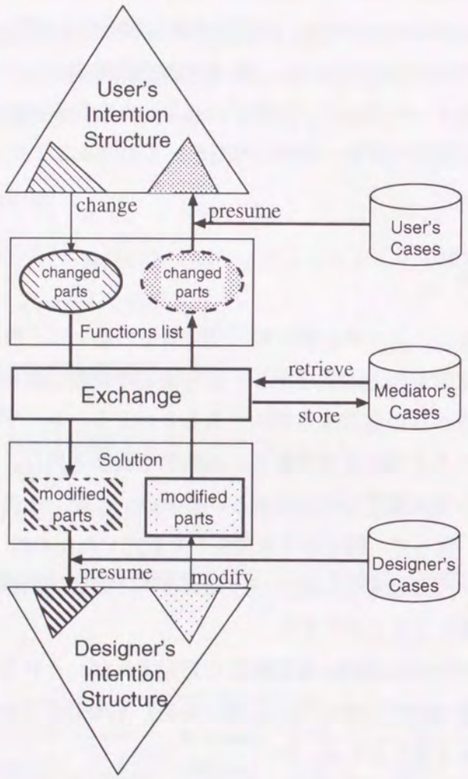


図 5.3: 意図構造変換・伝達手法の概要

する．機能系列と設計解のデータ表現には，第 **4** 章で導入した方策と同じ表現を用いる．設計の修正や仕様の変更は，設計の進展に伴って部分的に行われるので，各事例の中では，仕様と設計解の部分的な対応が取れたデータを蓄積していくことができる．

なお，**5.4** 節で示す支援システムを利用していけば，参加者の意図構造を付加した形で対応事例を残していくことはできるが，ここでは初期事例収集の容易さを考えて，変換事例の方策にはユーザや設計者の部分意図構造を付加しないアプローチを取った．システムの拡張性を考えれば，仲介者の知識と参加者の知識は切り分けるべきだという観点から，この事例の持ち方は妥当であると考える．

設計途中での変換処理への入力は，機能系列の変更部分あるいは設計案の修正部分である．変換処理は，入力部分が類似した過去の事例を変換事例から検索し，対応する設計案あるいは機能系列を出力する．さらに，その出力部分を入力として，受け手の事例ベースを利用した **4.3** 節の手法により推定した意図構造を受け手に提示する．変換事例の機能系列および設計案が方策として表現されているので，変換の事例検索は **4.3** 節同様の類似度計算機能を利用できる．

設計参加者間の意図の差の提示は，システムに 2 つの表示領域を設けることで行う．すなわち，一方の領域に **4.3** 節の理解機能で推定された利用者自身の意図構造を表示し，他方の領域に上記変換伝達機能による相手の意図構造を表示する．これら 2 つの意図構造を比較することで，利用者は意図の差を認識することができるようになると考える．具体的な画面例を **5.4** 節で示し，提案した処理によって意図構造の差を提示した例を **5.5** 節で詳しく説明する．

上記のように変換伝達機能を事例ベースで実現することは，理解機能との間でデータ構造や検索処理といった基本機能の一部を共有できるのみならず，システム全体でのデータの受け渡しが簡便になり，全体システムの実装の負荷を軽減できるという長所がある．

5.4 システム設計

提案した手法に基づいた協同設計支援システムのオブジェクト指向による設計を行った．

5.4.1 ユーザインタフェース

支援システムは，基本的に 3 つのインタフェースを備える．支援システムの 3 つの画面例を図 5.4, 5.5, 5.6に示す．遠隔利用など参加者が別々のマシンでシステムを利用する時

は，ユーザ・設計者の各マシンには，共有画面と各々の参加者の画面とをそれぞれ表示することで対応できる．以下に，各画面に表示される情報内容を説明する：

共有画面 (図 5.4)： ユーザの出力である要求仕様の機能系列 (F_0) と設計者の出力である設計案 (P_0) を表示する．ユーザ・設計者ともに，ポインティングデバイスなどを利用して，機能系列や設計案を操作することができる．

設計者画面 (図 5.5)： システムの理解機能により得られた設計者の設計案に対する意図構造 (D_s) と，変換伝達機能によるユーザの要求に対する意図構造を設計者の視点でみたもの (D_o) とを表示する．

ユーザ画面 (図 5.6)： システムの理解機能により得られたユーザの要求仕様の機能展開に対する意図構造 (U_s) と，変換伝達機能による設計者の設計案に対する意図構造をユーザの視点でみたもの (U_o) とを表示する．

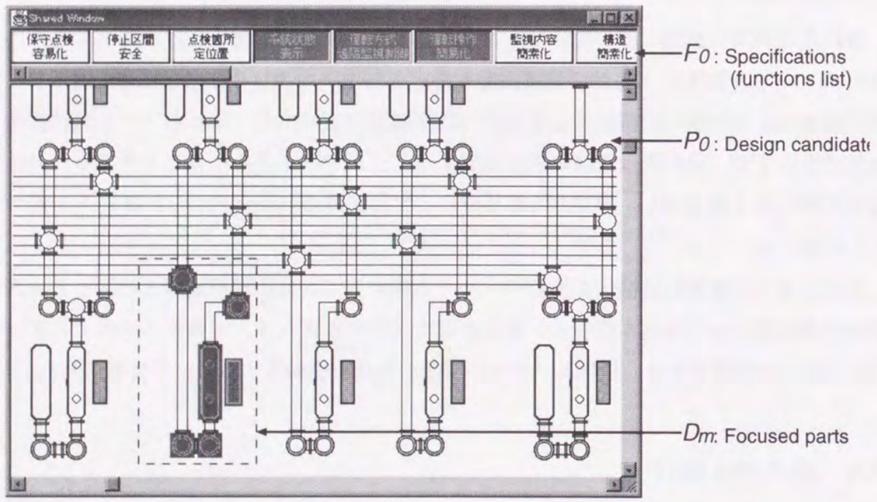


図 5.4: 共有画面の表示例

5.4.2 オブジェクト指向によるモジュール設計

支援システムを構成する基本クラスの階層図を図 5.7に示す．

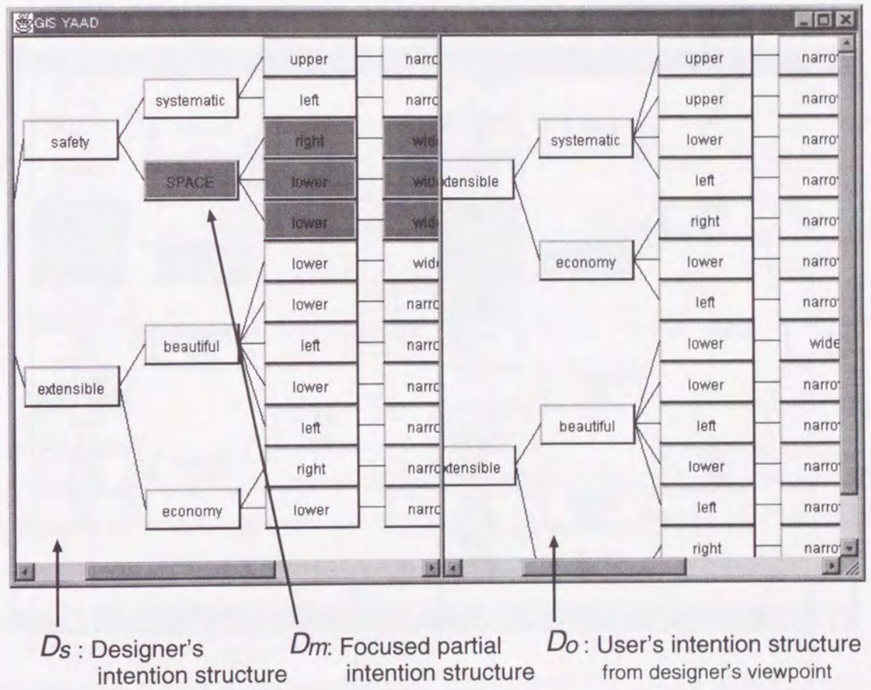


図 5.5: 設計者画面の例

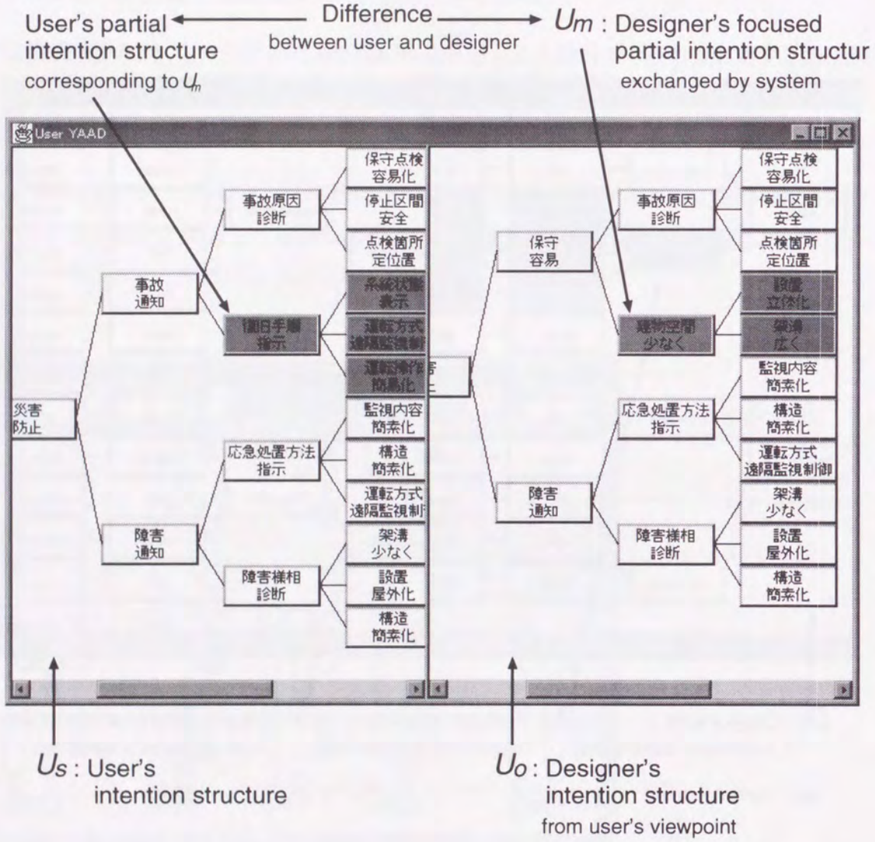


図 5.6: ユーザ画面の例

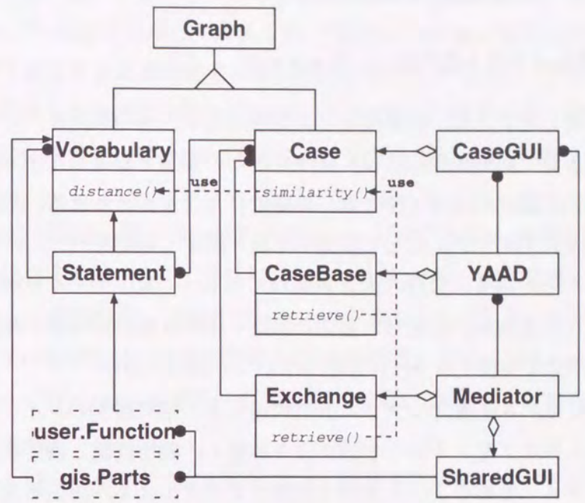


図 5.7: 支援システムを構成する基本オブジェクトのクラス階層

図中の YAAD クラスは，ユーザや設計者の個別支援ツールとして，第 4 章のシステムを実装したものである．例えば，ユーザの個別支援ツールでは，事例ベース (CaseBase) にはユーザの機能展開事例を扱うインスタンスが入ることになる．

仲介者モジュール (Mediator) は，変換事例ベースオブジェクト (Exchange) およびユーザと設計者の YAAD インスタンスオブジェクトで実装される．**5.4.1** で説明した支援システムのユーザインタフェースは，共有画面表示オブジェクト (SharedGUI)，およびそれぞれ 2 つの事例表示インスタンスオブジェクト (CaseGUI) からなるユーザ画面および設計者画面で実装される．

以上のようなオブジェクト指向設計によるシステムでは，基本データ構造クラスやその表示機能クラスを継承・再利用により，分野の違う個別支援ツールを効率的に作成でき，さらに，仲介者の変換知識ベースや表示部分には，個別支援ツールのデータや表示モジュールを援用することで，対象分野が変化した場合でも修正の必要が少ないという長所がある．

5.5 プロトタイプ実装と考察

5.5.1 電気設備レイアウト協同設計プロトタイプ

第4章でも説明したように，変電所など大規模な電気設備の設計は，非定型的な部分の多い受注設計である．初期設計時には，発注先からの要請を勘案した仕様策定と概念設計のために，発注先と設計担当者（仲介者）の間で打ち合せが行われる．設計担当者は，実際の設計を行う設計グループに対して要請や仕様に関する説明を行う．時には担当者自ら設計に参加することもあり，負荷の大きい業務である．CAD ツールや電子メールを利用できる環境は整ってきたが，考え方の適切な伝達や説明は設計担当者の経験によるところが大きく，この部分を支援するツールは整っているとは言い難い．

この問題に対して，**5.4** 節のシステム設計に基づき，電気設備のレイアウト設計支援を対象としたプロトタイプを，JAVA 言語により実装し，動作確認と機能検証を行った．プラットフォームフリーである JAVA 言語で実装することにより，参加者間で異なった環境でも利用することが可能になる．さらに，JAVA 言語のネットワーク機能により，遠隔利用への拡張が容易になる．

プロトタイプの設計事例データは，第4章のレイアウト設計のものを利用した．各々の設計事例に対応したユーザの機能展開事例データは，設計時の資料を参考にして筆者が作成した．機能仕様表現は，前記設計資料および電気工学ハンドブック中の変電所の機器配置を参考にして，「常時監視制御」や「雷害対策」などの語彙を抽出した．さらに，類語辞典を参考にして抽出した語彙間の関係を定義した．

同時に，各設計事例について機能仕様とそれを実現した配置設計の対応データを，仲介者の初期変換事例データとして登録した．電気設備のレイアウト設計には，部品選択とその配置の2つの側面があるが，プロトタイプでは，設計者やユーザの嗜好や意図が入りやすいと考えられる部品配置の場面のみを対象とした．従って，仲介者の変換事例は，機能仕様記述と配置状態の対応データのみを利用した．

動作例

実装したプロトタイプを利用して，配置設計の模擬実験を行い，意図構造の変換提示機能と，意図構造の差を可視化する機能の検証を行った．以下，模擬実験のスナップショットである **5.4.1** の画面例 (図 5.4, 5.5, 5.6) をもとに，設計支援の流れとプロトタイプの動作について説明する．

P-1: ユーザの機能展開 まず，模擬的に「災害防止」を意図した要求仕様を，機能展開支援ツール (UserYAAD) を利用して作成した．UserYAAD は，意図入力による事例の参照や，機能仕様の変更による意図推定と類似事例の提示により，ユーザの作業を支援するツールである．作成した際の意図構造 (U_s) が，ユーザ画面 (図 5.6) の左側に表示される．また，決定した全体の機能仕様リスト (F_0) は，共有画面 (図 5.4) の上部に表示される．

P-2: 設計者の初期設計 設計者は設計支援ツール (GISYAAD) を利用して，P-1 の F_0 に対する初期設計案を作成する．GISYAAD では，F_0 の部分意図構造ごとの機能系列を配置事例に変換し，意図推定・合成を行ったものを初期事例とした．設計者画面 (図 5.5) の右側部分が，その初期事例の推定意図構造 (D_o) である．この D_o は，P-1 の機能仕様を仲介者モジュール (Mediator) が解釈して，設計者の知識と語彙により製造的視点から表現したものに相当する．

受注設計では，要求仕様とともに設計によって設計条件が異なることが多く，過去の事例をそのまま適用できる例は少ない．設計者は，上記 D_o を基に，GISYAAD の支援機能を利用しながら，現在の設計条件と設計意図を考慮して設計案を修正していく．なお，GISYAAD には第4章のプロトタイプを利用し，JAVA 版との間でデータの受け渡しを行った．また，UserYAAD も協同支援システムのユーザ画面と独立して実装している．これらの YAAD の画面を，協同支援システムの画面に統合したツールの実装は今後の課題である．

模擬実験では，設計者は D_o の "economy" の部分に注目し，現状の条件を勘案した上で，"SPACE" 重視の意図の基で修正を行った．修正後の意図構造 (D_s) は，設計者画面左側に表示される．修正により初期設計案が決定されれば，共有画面にその設計案 (P_0) が表示される．この時点でユーザは，機能仕様に対する初期設計案を参照することができる．

P-3: 設計者の修正意図の伝達 初期設計案が決定された時点で，設計者の意図構造がユーザに対して提示される．この時の処理は，システムの Mediator が，P-2 の P_0 の配置状態の記述を対応事例により変換し，ユーザの事例を使って意図構造を推定する．ユーザ画面の右側にその結果 (U_o) が表示される．

設計の初期段階では，Mediator は設計案全体に対して変換伝達を行うが，設計が進展してゆくに従い，仕様の変更や設計の修正は部分的になってくるので，変換伝達の扱う範囲も部分的になってくる．以下では，上記初期設計案の修正部分に注目し，意図構造変換提示機能の説明を行う．

まず，修正部分の明示（反転表示）により，参加者は現在の設計の焦点を把握することが可能になる．P-2での設計者の修正部分は，設計者画面の D_m（“SPACE”の部分意図構造）である．修正に連動して，共有画面の P_0 の中の D_m に対応した箇所が反転表示される．また，修正部分が満たそうとしている機能仕様 F_0 の対応部分も反転表示される．この対応は，P-2のはじめにユーザの要求仕様を D_o に変換する処理で取られている．

次に，より深い理解を支援するための情報として，修正部分に対する設計者の意図をユーザへ伝達する．この時Mediatorは，修正部分 D_m に対して，対応する部分意図構造 (U_m) を推定し，U_m をユーザ画面例 U_o の中に合成する（反転表示部分）．この例では，P-2で設計者が修正した部分意図構造 (“SPACE”) が，ユーザの視点と知識から見れば，「建物空間を少なく」する意図で要求を行った事例に対応したことを示している．さらに，その部分意図構造をそれまで推定していた全体の意図構造に合成すると，「保守を容易」にしたいという意図で説明できることが示される．

さらに，ユーザ画面の U_s の中で，U_m に対応する部分（「復旧手順の指示」）が反転表示される．これは，共有画面の F_0 の反転部分を含む部分意図構造に対応する．U_s と U_o の反転部分は，設計者の行った修正に対するユーザと設計者の意図の差になっていると考えることができる．

以下，画面例には示さないが継続する操作に関して説明する．

P-4: ユーザの仕様変更と意図伝達 ユーザは，P-3の結果である設計案 P_0，あるいはその考え方を示している U_o および U_m に納得しなければ，設計者に再設計を依頼するか，仕様の変更を行うことになる．設計途中では再設計を依頼する際にも，条件の緩和が必要になるなど，仕様変更が行われることは多い．

ユーザの仕様変更は，共有画面の F_0 の記述を編集することにより行うことができる．この時，P-3同様の処理により，設計者画面に仕様変更部分にに対応した部分意図構造を合成することで，設計者にユーザの意図構造を伝達することができる．例えば，画面例の反転部分の一部を変更した時の処理は，P-3の D_s,D_o,D_m と U_s,U_o,U_m とを置き換えた処理になる．

P-5: ユーザ・設計者の提案 P-3とP-4は，ユーザ・設計者各々の担当部分を変更・修正する時の処理であったが，ユーザが設計案の修正を提案したり，設計側が仕様の変更を申し出たりすることがある．このような場合は，ユーザ画面・設計者画面でのMediator処理の出力先を逆転することで対応する．例えば，こうした方がきれいだなどといったように，ユーザの意図が直感的に表出する場合など，何かの事情で設計案を修正した時は，Mediatorにより変換・推定したユーザ事例を U_s に合成し，逆に設計側では直接意図推定を行い D_o に合成する，といったようになる．

5.5.2 考察

以上の説明した動作例における支援機能について考察する．

動作例P-3における U_m を反映した U_o は，設計者の修正をユーザの視点からユーザの知識と語彙により表現したものである．これはユーザにとって，設計者の意図構造である D_s を直接提示されるのに比べ，U_s との比較が容易になる．また，表現に利用されている事例がユーザ自身の経験に基づくものなので，理解も容易になると考えられる．実際には，参加者の事例ベースには，例えば同僚が利用したものなど，同じような立場の人のものも利用でき，その際の理解にもあまり負荷はかからないと思われる．さらに，U_o と U_s の反転部分を比較できることは，自分の行った要求の意図とその部分に対する設計者の意図の差を認識する手がかりになるといえる．

同様にP-4における D_s と D_o にもユーザと設計者の意図の差が現れる．それにより設計者は，ユーザとの間で考え方に差があることを認識できる．また，部分的な対応が明示されていることにより，再設計や修正対象の焦点を絞ることができるようになる．さらに，この差の内容を参考にしてGISYAADにより事例を検索するなど，ユーザの納得する方向で再設計を進める手がかりとすることができる．

設計参加者は，上記P-3, P-4あるいはP-5を繰り返すことで，問題の焦点を絞り，対話的に協同設計を遂行していくことができるようになる．作成したプロトタイプはそのための支援環境を提供している．

以上のように，提案した手法により，意図の差を提示する基本機能と，ユーザと設計者という立場の違う利用者による協同設計の支援環境とが実現できることが示された．相互理解の促進およびユーザ参加型設計支援の全般的な評価は，難しい課題であり，提案したシステムの試用を通して可能性を探っていきたい．以下では，プロトタイプの考察を基にシステムの特徴を明らかにし，今後の展開を議論する．

事例の利用による特徴 第4章でも示したように，事例ベースで本章のような支援機能を実現することには，(1) 設計の意図のような主観的で状況依存的な情報に対する詳細な規則記述を回避できる，(2) 例外に対する情報検索が頑健であり，何らかの支援の可能性を

提示できる，(3) 自身の経験した事例は比較的理解が容易になる，(4) 問題解決に伴って知識の拡張ができる，などの特徴がある．

一方，プロトタイプにおける視点の違う 2 つの意図構造表現 (D_s と U_o,U_s と D_o) に関して，完全な同一性を保障することはできない．それは，情報仲介者 (システム) のバイアスが入ることによる．しかしながら，本章の目的である相互理解の支援では，相手の考え方を解釈できる可能性を示すということが大切になると考えられる．このような可能性の提示による支援の一例として，翻訳における意訳がある．この観点から上記 (2) と (3) といった特徴を持つ情報提示機能は，支援に対して有効であると考えられる．

より有用な支援情報を提供する方法として，仲介者機能を高度化することが考えられる．事例を用いた手法では，上記 (4) の特徴から，蓄積された対応事例を利用することにより，効率的に実現できる機能がある．例えば，部分的な対応事例の利用頻度により，重要だと思われる部分を強調表示することなどがあげられる．

事例の部分性による特徴 プロトタイプでは，P-2 の初期事例の作成を機能仕様を部分的に変換・検索する方法で行ったが，このフェーズでは，機能仕様全体を一つの機能系列として Mediator への入力にすることもできる．前者では部分間の明確な対応が取れたところから開始できるため，設計の焦点を絞って協同設計を進めていく場合に有用である．逆に，設計参加者に設計全体に対する明確な意図がないような場合には，後者の検索はたたき台を提供する意味で有用であると考えられる．さらに，システム利用者が，検索対象の粒度を設計進展の状況に合わせて設定できるようにするなど，対応事例の検索範囲を柔軟に扱えるようにすることで，多様な支援が可能になると考えられる．

プロトタイプの試用では，小規模な例しか扱っていないが，大規模な設計事例になれば，ある部分で合意した部分的な対応事例を随時残しておき，同じ設計の別の部分で再利用することが有効になると考えられる．本手法では，対応事例を部分的に保持できるので，設計途中の部分的な対応事例を事例ベースに追加し，再利用していくことは容易である．これは，一貫性を保った設計を行うことに貢献する特徴である．

5.6 結言

人間同士のコラボレーションとしてユーザ参加型設計を取り上げ，立場の異なる参加者による協同作業における相互理解を支援する枠組を提案した．また，事例を利用して意図構造の差を可視化する機能を実現する手法を提案した．さらに，オブジェクト指向による

システム設計について述べ，プロトタイプにより機能の検証を行った．

提案した機能とシステムによる支援の特徴をまとめる：

- 設計参加者の意図構造を推定し，受け手の知識や語彙を利用して，わかりやすい表現に変換して提示する．
- 設計中のお互いの考えの差を意図構造の比較によって可視化することで，問題点の把握ができる協同設計支援環境を提供する．
- 事例ベースでの実装により知識の拡張性を備えた支援環境を実現した．

本章で提案した支援機能は，従来の基本的なグループウエアを効果的に活用していくための拡張機能として位置づけることができ，様々な機能との統合により，より効果的なグループウエアの構築が期待できる．

今後の課題として，設計の重要な点を捉えたり，理解に必要なポイントを強調するといったような，仲介能力の高度化につながる自律判断機能の検討と実装がある．

第 6 章

結論

本論文は，HCI 研究における内面的アプローチの観点から，意図を利用した支援機能を備える問題解決支援システムの構築へ取り組んだ研究をまとめたものである．問題解決者の意図を捉え利用していくことにより，従来にはなかった問題解決支援機能を実現できることを明らかにした．以下に，各章の研究成果の要点をまとめる．

第 **2** 章では，支援システム構築に向けた工学的利用の観点から，問題解決における意図に関する考察を行い，以下に示す点を明らかにした：

1. 問題解決者が意図を持つという行為は主観的であり，その主観性ゆえに，意図を的確に捉え利用することが，問題解決者との内面的な親和性を醸し出す役割の一端を担うことになる．

2. 問題解決における意図の慣性は，問題解決のプロセスや結果に一貫性を与える．それゆえに意図の利用により効率的な支援が可能になる．

3. 問題解決支援に対する意図の利用には，問題のタイプに応じて，分析的利用と建設的利用を考えることができる．

また，このような役割を持つ意図を積極的に利用していく支援への工学的アプローチに向けて，意図の表現と推論，応用の手法の指針を示した上で，従来の研究を整理し，本研究の位置づけを明らかにした．

第 **3** 章では，解析型問題解決に対する意図の分析的利用の対象として音声言語理解を取り上げ，協調的目標指向対話を対象にした音声言語処理システムと音声認識候補の削減手法を提案した．研究成果の要点は以下の通りである：

1. 意図を表現し推定する技術として，階層性プラン認識モデルによる対話の理解と対話構造による理解状態の管理手法を導入し，対話のプランと理解状態を応用した次発話予測手法を示した.

2. 次発話予測による情報を文脈情報と捉え，それを活用した音声認識結果の候補選択手法を実現した.

3. 発話対という局所的な対話の知識の利用と意図表現に関する語用論的知識の設定による実験を通して，提案した手法が話し手の意図を表す表現の選択に対して有効であることを示した.

第 **4** 章では，非定型的な合成型タスク遂行による問題解決としてレイアウト設計を取り上げ，事例を利用した意図推定手法と設計意図を建設的に利用する設計支援方式を提案し，それに基づいたプロトタイプ **YAAD** を開発した．研究成果の要点は以下の通りである：

1. 設計者の操作により変更された状態に応じて意図を推定する機能を，事例ベース推論 (CBR) の枠組で実現した.

2. 意図推定機能を備えることにより，設計者の意図を考慮した支援情報を提供できる.

3. CBR の元来の特徴である事例の格納により，意図に関する知識記述の負担を回避している.

4. 電気設備配置を対象にしたプロトタイプ **YAAD** の試用を通して，提案した支援方式の機能の有効性を確認した.

第 **5** 章では，人間同士のコラボレーションとしてユーザ参加型設計を取り上げ，立場の異なる参加者による協同作業の相互理解を意図伝達により支援する枠組と支援機能の実現手法を提案し，プロトタイプにより機能の検証を行った．研究成果の要点は以下の通りである：

1. 設計参加者の意図構造を推定し，受け手の知識や語彙を利用したわかりやすい表現に変換して提示することによる支援機能を実現した.

2. 設計中のお互いの考えの差を意図構造の比較によって可視化することで，問題点の把握ができる協同設計支援環境を実現した.

3. 事例ベースでの実装により知識の拡張性を備えた支援環境を実現した.

今後の課題には以下のものがある：

1. 規範的なアプローチとの統合
   特に設計支援では，これまでの CAD や設計対象モデルの研究による多くの成果がある．本論文の **4**, **5** 章では，主観的な意図を離れて規範的に決定される部分の検討を行わなかったが，支援システムの機能向上には，規範的なアプローチとの有機的な統合が必要である.

2. 外面的なアプローチとの統合
   支援システム全体の親和性は，内面外面の両面が融合されることによりさらに高まると考えられる．本研究の成果を外面的なアプローチへ有機的に取り入れていく研究が望まれる.

3. システムの親和性の評価
   人にとって親しみやすいシステムとはどんなものか，その評価は難しい．しかしながら，一定のガイドラインを示すことにより，HCI 研究はさらに発展すると考えられる.

謝辞

本研究は，筆者が大阪大学大学院基礎工学研究科，三菱電機 (株) 先端技術総合研究所 (元中央研究所)，および (株) エイ・ティ・アール自動翻訳研究所で行ったものを，大阪大学基礎工学部西田正吾教授のご指導のもとにまとめたものです．終始ご懇切なご指導とご助言を賜りました西田正吾教授に深く感謝いたします．本研究は，多くの方々のお力添えを得てはじめて所定の結果を挙げることができました．ここにお名前を書き記し，あらためて感謝の意を表します．

本論文をまとめるにあたり貴重なご示唆を賜りました大阪大学基礎工学部井口征士教授，同田村坦之教授，同谷内田正彦教授に厚く御礼申し上げます．また，本論文の内容についてご懇切なるご助言を賜りました大阪大学基礎工学部吉田哲也助手に深く感謝いたします．

本研究の機会をお与え頂くとともに，研究を遂行する上で多くのご理解と心温まる励ましを頂いた三菱電機 (株) 中央研究所システム基礎研究部元部長武田捷一博士，同研究部第 2 グループ元グループマネージャ福島正俊氏，同社先端技術総合研究所先導技術部門統括渡邊治氏，同研究所情報科学部部長平山正治博士，(株) エイ・ティ・アール自動翻訳電話研究所元社長 (現在，電気通信大学教授) 榑松明博士に深く感謝いたします．特に三菱電機 (株) 中央研究所システム基礎研究部第 4 グループ元グループマネージャ西田正吾博士には，終始並々ならぬご指導とご鞭撻を賜りました．あらためて御礼申し上げます．

本研究の遂行と実現にあたり多大なるご助言とご指導を頂いた (株) エイ・ティ・アール自動翻訳電話研究所言語処理研究室元室長飯田仁氏，三菱電機 (株) 先端技術総合研究所情報科学部知的情報研究チーム元チームリーダ有田英一氏，同部意識情報研究チームチームリーダ辻野克彦博士，同チーム主事仲谷美江博士に深く感謝いたします．また，本研究の遂行にあたり貴重なご教示を頂いた同社伊丹製作所 (現在，系統変電・交通システム事業所) 開閉機器製造部の方々に深く感謝いたします．

最後に，いつも温かく惜しみないご援助とご協力を頂いている三菱電機 (株) 先端技術総合研究所情報科学部の同僚諸氏，大阪大学基礎工学部西田研究室の皆様，企業の枠を越え

て多大なご協力と有益なご教示を頂いた(株)エイ・ティ・アール自動翻訳電話研究所の研究者諸氏にに心から感謝の意を表します.

参考文献

[1] Allen, J. F., Frisch, A. M. and Litman, D. J.: ARGOT: The Rochester Dialogue System, *AAAI'82*, pp. 66–70 (1982).

[2] Allen, J. F. and Perrault, C. R.: Analyzing Intention in Utterances, *Artificial Intelligence*, Vol. 15, No. 3, pp. 143–178 (1980).

[3] Allen, J. F. and Schubert, L. K.: An Overview of the Train Project, *The 3rd International Forum on the Frontier of Telecommunications Technologies*, Tokyo, pp. 41–52 (1991).

[4] Austin, J. L.: *How To Do Things With Words*, Harvard University Press, Cambridge (1962). 2nd Ed.

[5] Blomberg, J., Suchman, L. and Trigg, P. H.: Reflections on a Work-Oriented Design Project, *Human Computer Interaction*, Vol. 11, No. 3, pp. 237–265 (1996).

[6] Bratman, M. E.: *Intention, Plans, and Practical Reason*, Harvard University Press (1987). 邦訳：「意図と行為 — 合理性，計画，実践的推論 —」, 門脇 俊介，高橋久一郎 訳, 産業図書, 1994.

[7] Carberry, S.: A Pragmatics-Based Approach To Ellipsis Resolution, *Computational Linguistics*, Vol. 15, No. 2, pp. 75–96 (1989).

[8] Carberry, S.: *Plan Recognition in Natural Language Dialogue*, The MIT Press, Cambridge (1990).

[9] Chandrasekaran, B., Goel, A. K. and Iwasaki, Y.: Functional Representaion as Design Rationale, *COMPUTER*, Vol. 26, No. 1, pp. 48–56 (1993).

[10] Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work(CSCW'88)*, Portland, Oregon, pp. 140–152 (1988).

[11] Fischer, G. and Nakakoji, K.: Making Design Objects Relevant ot the Task at Hand, *Proceedings of the 9th National Conference on Artificial Intelligence(AAAI'91)*, pp. 67–73 (1991).

[12] Grice, H. P.: Meaning, *Philosophical Review*, Vol. 66, pp. 377–388 (1957).

[13] Grice, H. P.: Logic and Conversation, *Syntax and Semantics 3* (Kimball, J. P.(ed.)), Academic Press, pp. 41–58 (1975).

[14] Grosz, B. J. and Sidner, C. L.: Discourse Structure and the Proper Treatment of Interruptions, *Proceedings of the 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence(IJCAI'85)*, Los Angeles, CA, pp. 832–839 (1985).

[15] Grosz, B. J. and Sidner, C. L.: Attention, Intention and the Structure of Discourse, *Computational Linguistics*, Vol. 12, No. 3, pp. 175–204 (1986).

[16] Grosz, B. J. and Sidner, C. L.: Plans for Discourse, *Intentions in Communication* (Cohen, P. R., Morgan, J. and Pollack, M. E.(eds.)), The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, chapter 20, pp. 417–444 (1990).

[17] Hasegawa, T.: A Rule Application Control Method in a Lexicon-driven Transfer Model of a Dialogue Translation System, *Proceedings of the 10th European Conference on Artificial Intelligence(ECAI'90)*, pp. 336–338 (1990).

[18] Hauptmann, A. G., Young, S. R. and Ward, W. H.: Using Dialog-Level Knowledge Sources to Improve Speech Recognition, *Proceedings of the 7th National Conference on Artificial Intelligence(AAAI'88)*, pp. 729–733 (1988).

[19] Huber, M. J. and Durfee, E. H.: An Initial Assessment of Plan-Recognition-Based Coordination for Multi-Agent Teams, *Proceedings, Second INternational Conference on Multi-Agent Systems(ICMAS-96)*, pp. 126–133 (1996).

[20] Kautz, H. A.: A Formal Theory of Plan Recognition and its Implementation, *Reasoning About Plans* (Allen, J. F., Kautz, H. A., Pelavin, R. N. and Tenenberg, J. D.(eds.)), Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, chapter 2, pp. 69–125 (1991).

[21] Klein, M.: Capturing Design Rationale in Concurrent Engineering Teams, *COMPUTER*, Vol. 26, No. 1, pp. 39–47 (1993).

[22] Kolodner, J. L.: Improving Human Decision Making through Case-Based Decision Aiding, *AI Magazine*, Vol. 12, No. 2, pp. 52–68 (1991).

[23] Kuhn, S. and Muller, M. J.: Participatory Design, *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 4, pp. 24–28 (1993).

[24] Kume, M., Sato, G. K. and Yoshimoto, K.: A Desciptive Framework for Tramslating Speaker's Meaning – Towards a Dialogue Translation System between Japanese and English –, *Proceedings of European Chapter of ACL'89*, pp. 264–271 (1989).

[25] Lee, J.: SIBYL: A Tool for Managing Group Decision Rationale, *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work(CSCW'90)*, Los Angeles, CA, pp. 79–92 (1990).

[26] Lee, J.: Design Rationale Systems: Understanding the Issues, *IEEE Expert Intellegent Systems and Their Applications*, Vol. 12, No. 3, pp. 78–85 (1997).

[27] Litman, D. J. and Allen, J. F.: A Plan Recognition Model for Subdialogues in Conversations, *Cognitive Science*, Vol. 11, No. 2, pp. 163–200 (1987).

[28] Matrouf, K., Gauvain, J. L., Neel, F. and Mariani, J.: Adapting Probability-Transitions in DP Matching Process for an Oral Task-Oriented Dialogue, *Proceedings of ICASSP'90*, pp. 569–572 (1990).

[29] Mizoguchi, R. and Vanwelkenhuysen, J.: Task Ontologies for Explaining Expertise in Problem Solving Context, *Proceedings. of the 11th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'94)*, Amsterdam, The Netherlands, pp. 224–233 (1994).

[30] Neches, R., Swartout, W. R. and Moore, J. D.: Enhanced Maintenance and Explanation of Expert Systems through Explicit Models of Their Development, *IEEE Transactions of Software Engineering*, Vol. SE-11, No. 11, pp. 1337–1351 (1985).

[31] Novick, D. and Wynn, E.: Participatory Conversation in PD, *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 4, p. 93 (1993).

[32] PeñaMora, F., Sriram, R. D. and Logcher, R.: SHARED-DRIMS: SHARED Design Recommendation-Intent Management System, *Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, IEEE Press, pp. 213–221 (1993).

[33] PeñaMora, F., Sriram, R. D. and Logcher, R.: Conflict Mitigation System for Collaborative Engineering, *AI EDAM - Special Issue of Concurrent Engineering*, Vol. 9, No. 2 (1995).

[34] Peng, C.: Survey of Collaborative Drawing Support Tools, *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 1, No. 3, pp. 197–228 (1993).

[35] Pohl, I.: Bi-Derectional Search, *Machine Intelligence*, Vol. 6, pp. 127–140 (1971).

[36] Pollack, M. E.: Plans as Complex Mental Attitudes, *Intentions in Communication* (Cohen, P. R., Morgan, J. and Pollack, M. E.(eds.)), The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, chapter 5, pp. 77–103 (1990).

[37] Searle, J. R.: Indirect Speech Act, *Syntax and Semantics 3* (Kimball, J. P.(ed.)), Academic Press, pp. 59–82 (1975).

[38] Searle, J. R.: Collective Intentions and Actions, *Intentions in Communication* (Cohen, P. R., Morgan, J. and Pollack, M. E.(eds.)), The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, chapter 19, pp. 401–416 (1990).

[39] Sharrock, W. and Schmidt, K.: Special issue on Studies of Cooperative Design, *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 5, No. 4, pp. 337–339 (1996).

[40] Shum, S. B.: Design Argumentation as Design Rationale, *The Encyclopedia of Computer Science and Technology*, Vol. 35, No. 20, pp. 95–128 (1996).

[41] Tomabechi, H.: Quasi-Destructive Graph Unification with Structure-Sharing, *COLING'92* (1991).

[42] Wilensky, R., Arens, Y. and Chin, D.: Talking to UNIX in English: An Overview of UC, *Communications of the ACM*, Vol. 27, No. 6, pp. 574–593 (1984).

[43] Wills, L. M. and Kolodner, J. L.: Towards More Creative Case-Based Design Systems, *Case-Based Reasoning – Experiences, Lessons, and Future Directions* (Leake, D. B.(ed.)), The MIT press, chapter 4, pp. 81–91 (1996).

[44] Yamamoto, T., Ohta, Y., Yamashita, Y., Kakusho, O. and Mizoguchi, R.: MASCOTS: Dialog Management System for Speech Understanding System, *IEICE Transactions*, Vol. E74, No. 7, pp. 1881–1888 (1991).

[45] 有田英一, 山岡孝行, 飯田仁: 電話対話における次発話内の名詞句表現の予測, 情報処理学会 研究会資料 NL-81-13 (1991).

[46] 服部雅一, 田中利一, 末田直道: 事例ベース推論による機械設計, 人工知能学会誌, Vol. 9, No. 1, pp. 82–90 (1994).

[47] 荒木雅弘, 河原達也, 西田豊明, 堂下修司: キーワード抽出に基づく意味解析による音声対話システム, 電子情報通信学会研究会資料 SP91-94, pp. 25–32 (1991).

[48] 堀雅洋, 辻野克彦, 溝口理一郎, 角所収: 音声理解システム SPURT-I – 動的クラスタリング方式と文節発声による性能評価 –, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J72-D-II, No. 8, pp. 1291–1298 (1989).

[49] 岸義樹: 設計の思考モデル: 概念操作とインテリジェント CAD, インテリジェント CAD(上) – 理念とパラダイム – (吉川弘之, 冨山哲男 (編)), 朝倉書店, chapter 6, pp. 142–181 (1989).

[50] 小暮潔, 堂坂浩二, 加藤進: SL-TRANS における言語解析, 情報処理学会第 39 会全国大会講演集 4G-7 (1989).

[51] 北研二, 坂野俊哉, 保坂順子, 川端豪: SL-TRANS における文節音声認識 – HMM 音韻認識と LR 構文解析法による文節音声認識 –, 情報処理学会第 39 会全国大会講演集 4G-5 (1989).

[52] 岡田公治, 荒井栄司: 設計意図モデルと設計過程記述言語に基づく計算機援用設計, 第 10 回設計シンポジウム 講演論文集, pp. 21–30 (1992).

[53] 新美康永, 小林豊: 対話音声理解システムにおける話題管理とキーワード予測, 電子情報通信学会 研究会資料 NLC87-19, pp. 45–50 (1987).

[54] 柿ヶ原康二, 森元逞: SL-TRANS における文節候補の削減 – 係受け関係を用いた文節候補の選択 –, 情報処理学会第 39 会全国大会講演集 4G-6 (1989).

[55] 新田恒雄: GUI からマルチモーダル UI(MUI) に向けて, 情報処理, Vol. 36, No. 11, pp. 1039–1046 (1995).

[56] 海谷治彦: 仕様作成作業における認識の不一致を検出するための基礎実験, 情報処理学会研究会報告 97-GW-22-7, 情報処理学会, pp. 37–42 (1997).

[57] 福田収一, 松浦慶総: 協調設計への一つの試み, 第 10 回 設計シンポジウム講演論文集, pp. 165–171 (1992).

[58] 永田昌明: 統計的な対話モデルの試みとその音声認識への利用, 人工知能学会研究会資料 SIG-SLUD-9202-11 (1992).

[59] 永田昌明, 小暮潔: 音声言語日英翻訳実験システム SL-TRANS における日本語解析, 情報処理学会 研究会資料 NL-78-20 (1990).

[60] 大野晋, 浜西正人: 角川類語新辞典, 角川書店 (1981).

[61] 飯田仁, 有田英一: 4 階層プラン認識モデルを使った対話の理解, 情報処理学会論文誌, Vol. 31, No. 6, pp. 810–821 (1990).

[62] 好田正紀: 音声認識における言語処理, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 4, pp. 424–430 (1988).

[63] 上原達也, 上原邦昭, 豊田順一: ユーザモデル上のシミュレーションによる質問意図の推定, 人工知能学会研究会資料 SIG-HICG-8902-2, 人工知能学会, pp. 11–20 (1989).

[64] 冨山哲男: インテリジェント CAD をいかにして作るか, インテリジェント CAD(上)– 理念とパラダイム – (吉川弘之, 冨山哲男 (編)), 朝倉書店, chapter 1, pp. 7–52 (1989).

[65] 渡辺博芳, 奥田健三: 忘却に基づく事例ベースの管理, 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 6, pp. 1422–1432 (1995).

[66] 仲谷美江, 山岡孝行, 細野善久, 西田正吾: 階層型組織における協調型意思決定支援方式の提案, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J79-A, No. 2, pp. 216–226 (1996).

[67] 仲谷美江, 西田正吾, 坂口敏明, 後藤卯一郎: 劇場モデルに基づいたソフトウエア意図伝達支援ツール COMICS, 情報処理学会論文誌, Vol. 31, No. 1, pp. 124–135 (1990).

[68] 吉浦裕: 計算機室のレイアウト, 人工知能学会誌, Vol. 7, No. 4, pp. 592–596 (1992).

[69] 森元逞: 音声言語処理, 人工知能学会誌, Vol. 6, No. 3, pp. 321–327 (1991).

研究発表一覧

[学術論文]

1. Iida, H., Yamaoka, T. and Arita, H.: Predicting the Next Utterance Linguistic Expressions Using Contextual Information, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E76-D, No. 1, pp. 62–73, January 1993.

2. 山岡孝行, 飯田仁: 階層型プラン認識モデルを利用した次発話予測手法 — 話し手の意図を表す表現についての音声認識結果曖昧性の解消 —, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J76-D-II, No. 6, pp. 1203–1215, June 1993.

3. 山岡孝行, 西田正吾: 設計意図を考慮にいれた事例ベース設計支援, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J79-A, No. 2, pp. 175–186, February 1996.

4. 仲谷美江, 山岡孝行, 細野善久, 西田正吾: 階層型組織における協調型意思決定支援方式の提案, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J79-A, No. 2, pp. 216–226, February 1996.

5. Yoshida, T., Yamaoka, T., Tsujino, K. and Nishida, S.: Supporting Configuration Design with Intention Structure, *AI-EDAM(Artificial Intelligence for Engineering, Design, Analysis, and Manufacturing)*, (submitted).

6. 山岡孝行, 辻野克彦, 吉田哲也, 西田正吾.: 事例を利用した意図伝達によるユーザ参加型設計支援, 情報処理学会論文誌, (投稿中).

[国際会議]

1. Hosono, Y., Kumagai, H., Shimizu, H., Sumida, M., Takeuchi, A., Takiguchi, N., Wake, T. and Yamaoka, T.: Knowledge Media Station, *Logic Programming'89, Proceedings of the 8th Conference*, pp. 107–133, July 1989.

2. Yamaoka, T. and Iida, H.: A Method to Predict the Next Utterance Using a Four-layered Plan Recognition Model, *Proceedings of the 10th European Conference on Artificial Intelligence(ECAI'90)*, pp. 726–731, August 1990.

3. Iida, H., Yamaoka, T. and Arita, H.: Three Typed Pragmatics for Dialogue Structure Analysis, *Proceedings of the 13th International Conference on Computational Linguistics(COLING'90)*, pp. 370–372, August 1990.

4. Yamaoka, T. and Iida, H.: Dialogue Interpretation Model and Its Application to Next Utterance Prediction for Spoken Language Processing, *Proceedings of 2nd Conference on Speech Communication and Technology(EuroSpeech'91)*, Genova, pp. 849–852, September 1991.

5. Yamaoka, T., Iida, H. and Arita, H.: Predicting Noun-Phrase Surface Forms Using Contextual Information, *Proceedings of the 15th International Conference on Computational Linguistics(COLING'92)*, Nantes, pp. 1152–1156, July 1992.

6. Yamaoka, T. and Nishida, S.: A Case-Based Method to Support Creative Design Incorporating Intention Recognition, *Symbiosis of Human and Artifact(Proceedings of the HCI'95)*, Yokohama, pp. 77–82, July 1995.

7. Nakatani, M., Nishida, S., Hosono, Y. and Yamaoka, T.: Coordinated Interfaces for Real-time Decision Making in Hierarchical Structures, *Proceedings of IEEE SMC'95*, Vancouver, Canada, pp. 1568–1573, October 1995.

8. Yamaoka, T. and Nishida, S.: A Case-Based Design Support Method Incorporated With Designer's Intention Recognition, *Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer-Aided Design of User Interfaces(CADUI'96)* (Vanderdonckt, J.(ed.)), Namur, Belgium, pp. 303–319, June 1996.

[口頭発表]

1. 山岡孝行, 熊谷秀光, 和気朝臣.: 知識メディアステーション (4) 推論機構, 第 37 回情報処理学会 全国大会 7G-6, pp. 1252–1253, September 1988.

2. 山岡孝行, 有田英一, 飯田仁: 階層型プラン認識モデルによる対話理解と次発話の予測手法, 談話理解とその応用シンポジウム, ATR, 情報処理学会, pp. 53–64, November 1989.

3. 山岡孝行, 飯田仁: 文脈を考慮した音声認識結果絞り込み手法, 情報処理学会研究会資料 NL-78-16, pp. 121–128, July 1990.

4. 山岡孝行, 飯田仁: 音声言語処理システムへの文脈方法の適用手法, 第 41 回情報処理学会 全国大会 3S-5, pp. 3 141–142, September 1990.

5. 有田英一, 山岡孝行, 飯田仁: 電話対話における次発話内の名詞句表現の予測, 情報処理学会 研究会資料 NL-81-13, pp. 95–102, January 1991.

6. 山岡孝行, 飯田仁, 有田英一: 文脈情報を利用した次発話内の名詞句表現の絞り込み手法, 第 42 回 情報処理学会全国大会 5E-9, pp. 3 170–171, March 1991.

7. 山岡孝行, 飯田仁: プラン認識アルゴリズムの制御, 第 43 回 情報処理学会 全国大会 4H-4, pp. 3 231–232, October 1991.

8. 有田英一, 山岡孝行, 飯田仁: 問い合わせ対話における名詞句表現の構成, 電子情報通信学会 研究会資料 NLC-91-42, pp. 41–48, Decenber 1991.

9. 山岡孝行, 西田正吾: 事例を利用した意図認識手法, 情報処理学会 研究会資料人工知能 86-6, pp. 41–48, January 1993.

10. 仲谷美江, 山岡孝行, 細野善久, 西田正吾: 階層型組織における協調型意思決定支援 — リアルタイム問題解決を対象として —, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション研究会資料 HC93-21, pp. 7–14, July 1993.

11. 山岡孝行, 西田正吾: 意図を考慮した設計支援方式の提案, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション研究会資料 HC93-23, pp. 23–30, July 1993.

12. 山岡孝行, 西田正吾: 設計意図を考慮にいれた事例ベース設計支援システム, 人工知能学会 研究会資料 SIG-KBS-9401-6, pp. 41–48, May 1994.

13. 山岡孝行, 西田正吾: 視覚的インタフェースと意図理解機能を備えた設計支援システム, 第 10 回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム, pp. 115–122, October 1994.

14. 山岡孝行, 辻野克彦: 問題解決における個性の表現と利用, 日本認知科学会第 12 回大会, pp. 138–139, June 1995.

15. 山岡孝行, 辻野克彦, 吉田哲也, 西田正吾.: 視点の異なる参加者による協同設計の支援手法の提案, 人工知能学会 研究会資料 SIG-HIDSN-9701-4, pp. 19–24, June 1997.

[その他]

1. 山岡孝行, 飯田仁: 話し手の考えを予測しながら対話を理解する計算機モデル, ATR ジャーナル, Vol. 1991 秋, No. 10, pp. 15–20, 1991.

2. Yamaoka, T. and Iida, H.: Method for Predicting Utterances Using a Layered Plan Recognition Model – Disambiguation of Speech Recognition Candidates by Focusing on Speaker Intentions –, *Systems and Computers in Japan*, Vol. 25, No. 4, pp. 74–91, June 1994.

3. Yamaoka, T. and Nishida, S.: A Case-Based Design Support Method Incorporating Recognition of the Designer's Intentions, *Electronics and Communications in Japan*, Vol. 80, No. 2, pp. 46–62, February 1997.