

## ドライブプラン作成・編集のための PC版サブシステムDPS-PCの構成と評価

桂川 景子<sup>†</sup> 柳 拓良<sup>†</sup> 大野 健<sup>†</sup>  
渡部 眞幸<sup>†</sup> 伊藤 敏彦<sup>††</sup>  
小西 達裕<sup>††</sup> 伊東 幸宏<sup>††</sup>

本論文では車での移動を前提とした旅行やドライブのための移動プラン作成をサポートするドライブプランニングシステムを提案し、その主要なコンポーネントとなるPC上でドライブプランを作成・編集するためのサブシステムDPS-PCの構成と評価について述べる。我々は、移動体の移動プランを前もって登録しておくことは、各種ITSサービスの質的向上を支援しようと考えている。DPS-PCは、カーナビゲーションシステムの機能の1つである目的地設定や経路設定機能を拡張し、複数の訪問地やそれに付随する発着時間、日数や経路などの設定を行うものである。本論文では、まず、目的施設や経路の指定のためにどのような機能が必要かを考察する。その機能を実現するためには、データベースの拡充や検索アルゴリズムの改良が必要であるが、それに加え、条件指定をしやすいインタフェースを工夫する必要がある。そのためDPS-PCでは、自然言語インタフェースを採用する。本論文では、DPS-PCが受理すべき条件指定表現を分析し、入力文の解釈手法を考案して、自然言語インタフェースを有するプロトタイプシステムを紹介する。また、プロトタイプシステムの評価実験を行い、その有用性を示す。10名の被験者に対し、本システムを用いて家族旅行の計画を立案させたところ、入力文の92.4%を受理でき、平均15分程度で全員が1泊2日の旅行計画を立案することができた。また、入力文の65%はGUIベースのインタフェースでは1アクションでは入力不可能な内容を含んでおり、自然言語インタフェースの有用性を確認した。

### Construction and Evaluation of a Sub System DPS-PC Which Supports Users in Making and Editing a Drive Plan

KEIKO KATSURAGAWA,<sup>†</sup> TAKURA YANAGI,<sup>†</sup> KEN OONO,<sup>†</sup>  
MASAKI WATANABE,<sup>†</sup> TOSHIHIKO ITOH,<sup>††</sup> TATSUHIRO KONISHI<sup>††</sup>  
and YUKIHIRO ITOH<sup>††</sup>

In this paper, we propose a drive planning system that supports users in making a plan for a trip. We introduce a sub-system named DPS-PC which runs on stand-alone PC. We think if we can register our trip plan to an ITS system previously, the ITS services it provides for us will be more rich. DPS-PC has the function to help users decide several factors of a trip: multiple destinations and waypoints, arrival and departure times, the number of days that the trip will take and the route. The drive is planned interactively by a dialog with the system through a natural language interface. We discuss what conditions such a drive planning system should accept, describe the implementation of a prototype of DPS-PC, and present the result of evaluation of its usefulness. We make 10 subjects construct each drive plan for 2 days trip by using DPS-PC. It accepts 92.4% sentences that the subjects input and all subjects can construct their plan in 15 minutes. Moreover, we confirm that our natural language interface can accept various requirements in one sentence, while it takes multiple actions to designate such requirements by using usual GUI.

#### 1. はじめに

今日のITSの発展によって交通の情報化が進んできており、安全に、経済的に、かつ快適に移動するための支援が得られるようになってきている。自動車に対するナビゲーションはすでに商用サービスとして定着

<sup>†</sup> 日産自動車株式会社  
Nissan Motor Co., Ltd.

<sup>††</sup> 静岡大学情報学部  
Department of Computer Science, Shizuoka University

している。また、TOYOTA の G-BOOK<sup>1)</sup> のような自動車を含む移動体への情報提供についての研究、視覚障害者のためのナビゲーション<sup>2)</sup> や自動車の走行支援あるいは自動走行<sup>3)</sup> などの研究も進められている。

このようなサービスの多くは、移動体の移動プランの事前把握によって質的向上が期待できる。たとえば、経路の渋滞情報や経路沿いの施設情報など移動中に必要となる情報が事前に明確になる。さらに、移動プランを前提知識として移動中の情報収集に役立てることもできる。一方、事前プランや移動中の経路設定を集約することによって交通量の予測やコントロールの基礎データとすることも可能である。また交通システムのインターモダル化は、詳細な移動プランの存在を前提とすると、より効果的に実現可能となる。さらに、移動プランの登録により、同時に同一経路を移動しようとする複数車両をグループ化することが可能になり、車車間通信グループを形成したり、集団自動走行を支援することが容易になると考えられる。

しかし、多くのユーザにとって、必要な情報を検索しつつ最適な移動プランを作成することは、大変煩雑である。そこで我々は、的確な情報収集と最適な詳細移動プラン作成のためのドライブプランニングシステムを開発している。

ドライブプランを作成、利用するシステムとしては、PC 上で複数訪問地を含むドライブプランを作成し、カーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）での経路案内などに役立てる HONDA のインターナビ<sup>4)</sup> などがある。また、Clarion の AutoPC CADIAS<sup>5)</sup> は車載器に WindowsCE を搭載し、PC と同様にインターネット検索などが行える。Sony のナビン・ユー<sup>6)</sup> や、住友電工システムズの AtlasMate<sup>7)</sup> では PC 上で複数経由地を含む経路を設定し、GPS と連携させて PC 上で経路案内を受けることができる。

しかしながらこれらのシステムでは、訪問地を名称やジャンル、履歴、自車位置や目的地の周辺などで検索できる程度である。また、経路の検索時には、高速道路の使用・不使用など大まかな指定しかできない。しかし、実際にユーザが訪問地を検索したり経路を設定したりする場合、その意図をこれらの条件の組合せだけでは満たすことができないことが多い。

この問題の解決には、データベースのコンテンツの幅の拡充、DB コンテンツを利用しうる検索アルゴリズムの改良が必要であるが、我々はそれだけでは不十分であると考えている。多様な検索条件が使用可能となり、さらにそれらを組み合わせて訪問地や経路を指定しようとする、通常の GUI ベースのインタフェー

スでは煩雑になりすぎる。PC 上で設定したプランを車載器で変更・修正する際には、PC システムと車載器のユーザインタフェースが統一的に作成されていることが望ましいが、車載器では画面の大きさやスイッチの数などから、GUI ベースで複雑な条件を指定することの困難は増すものと思われる。

そこで我々は、自然言語（日本語）対話インタフェースを検討する。自由入力を許す自然言語インタフェースであれば、ドライブプラン作成で使われる多様で複雑な条件を簡単に指定でき、また、音声認識と組み合わせれば車載器に対しても統一的なインタフェースを提供しうる。そこで、本論文ではドライブプラン作成・編集のために用意すべき機能を整理し、それらを容易に活用可能な日本語対話インタフェースの構成と評価について述べる。

自然言語対話インタフェースに関する研究は数多く行われているが<sup>8)</sup>、ドライブプランの作成・編集という分野に適用した例はない。また、音声対話を用いたインタフェースの研究は数多く行われているが、多くは新幹線や飛行機の予約などの単純なタスクを想定している<sup>9)</sup>。車載器との音声対話インタフェースへの要求は高く、自動車内の音声対話の利用を目指して対話コーパスを収集して分析する研究も行われている<sup>10)</sup>。

本論文では、2 章で我々が想定するドライブプランニングシステムの全体像を示し、既存の類似システムで実現されている機能と新たに追加すべき機能をあげ、それらを実現しようとする際にユーザインタフェースの能力の向上が 1 つのポイントとなることを示す。3 章では、ドライブプランニングシステムの主要コンポーネントである PC 上でドライブプランを作成・編集するサブシステム DPS-PC のプロトタイプについて、自然言語インタフェースの構成を中心に述べる。4 章ではプロトタイプシステムの評価について述べる。

## 2. ドライブプランニングシステム

### 2.1 ドライブプランニングシステムの概要

ドライブプランニングシステムでは、家庭やオフィスの PC であらかじめ移動プランを作成し、プランデータをオンラインサーバ上にアップロードする。このデータをカーナビでの経路案内などの情報提供に利用する。ドライブプランニングシステムの構成を図 1 に示す。本システムでは、ドライブプランデータに対し、PC、車載のカーナビ、および携帯電話あるいは PDA などの携帯端末のいずれの機器からもアクセスできるように設計を進めている。このため、最終的にはクライアント・サーバ型でシステムを構成する必要

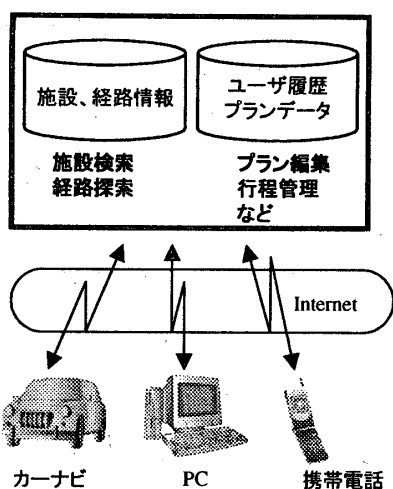


図 1 システム全体像

Fig. 1 Outline of the system.

があるが、現在は PC システムと車載システムをそれぞれ単独に設計試作し、各々の性能評価を進めている段階である。本論文では、PC 上で単独に動作し、ドライブプランの設定を行うシステムである、DPS-PC の構成と評価を中心に述べる。

DPS-PC における施設あるいは経路検索能力は、データベース中にどのようなデータが格納されているかに依存する。たとえば「インターネットが使えるホテル」「新緑がきれいな道」などの検索を行うためには、施設や経路の属性としてそれらの要求と照合可能な情報がデータベースに保持されていなければならない。また、「いつものゴルフ場」「この前使った道」などの条件を利用するためにはドライブの履歴が蓄積されている必要がある。このため、利用可能なデータに関する制約を明らかにしておく必要がある。本論文では、既存のカーナビ用データベースが保持している程度のデータベースにユーザの訪問履歴を加えたデータベースを前提として考えることとする。

## 2.2 既存機能の概要

まず、訪問地検索、経路検索、プラン編集に関してこれまでのカーナビや類似システムで実現されている機能を整理する。

### 訪問地検索

- (a1) 「浜松駅」「ガスト住吉店」あるいは個人商店の名称など具体的な施設名称による訪問地検索
- (a2) 「ファミレス」「コンビニ」「ガスト」などの種別による訪問地検索
- (a3) 「静岡県浜松市城北 2 丁目」「静岡市」など県名や市区町村名・字などの地名による訪問地検索
- (a4) 現在地や駅などの特定の施設やあらかじめユーザが検索した施設などの周辺での訪問地検索
- (a5) 検索履歴からの選択による訪問地検索

- (a6) あらかじめユーザが登録した施設からの選択による訪問地検索
- (a7) 電話番号による訪問地検索
- (a8) 施設情報提示  
経路検索
- (a9) 最速経路検索
- (a10) 最短経路検索
- (a11) 高速道路や具体的な道路名の経由や非経由を指示する経路検索
- (a12) あらかじめユーザが検索した地点を經由地や非經由地に指定する経路検索
- (a13) 経路情報提示  
プラン編集

- (a14) 訪問地の追加・削除

## 2.3 付加すべき機能

DPS-PC に新たに加えるべき機能を、訪問地検索、経路検索、プラン編集にわけて整理する。

### 訪問地検索

- (b1) ある地点からの距離や時間の指定による検索
- (b2) 一意には決定できない複数の基点候補の近傍あるいはそこから距離や時間の指定による検索
- (b3) 利用頻度や訪問時期（日時）などの指定による訪問地検索

これまでのカーナビの周辺検索では、現在地や駅などの特定施設の周辺での検索が主であった。しかし、主たる目的地の近隣で特定種別の施設を検索する必要が生じることは少なくない。たとえば「東京ディズニーランド」に行きたいが、入園前にその近くのファミレスで食事を済ませておきたい場合などには、「東京ディズニーランドの近くのファミレス」を検索したくなる。既存のカーナビの中にも既登録施設を基点とした周辺検索機能をサポートしているものがあるため、ここでは (a4) として既存機能に分類しているが、現状のカーナビでこの機能をサポートしているものは多くはない。さらに、「ここから 5 km 以内のファミレス」「浜松駅から 10 分以内で行けるスタンド」など、基点となる施設からの距離や時間などが指定されることも考えられる (b1)。また、「中央高速のインターの近くにあるスキー場」「浜松市の銀行の近くのファミレス」のように、基点が一意には決まらないような条件を指定される (b2) 可能性もある。

履歴の利用という観点では、これまでは過去に検索した施設の羅列からの選択のみであることが多かったが、「いつものコンビニ」「先週行ったファミレス」など、利用頻度や訪問時期（日時）などを利用する検索も有用である (b3)。

**経路検索**

- (b4) 経由・非経由道路の多様な条件の指定による経路検索
- (b5) 使用道路の起点・終点の指定による経路検索
- (b6) 地点検索と同時にそこを経由・非経由地点に指定する経路検索
- (b7) ある地点からの距離や時間を指定してその範囲内の経由・非経由を指定する経路検索
- (b8) 一意には決定できない複数の経由・非経由地点候補の指定による経路検索
- (b9) 一意には決定できない複数の基点候補からの一定の距離や時間範囲内領域の経由・非経由を指定する経路検索
- (b10) 経由・非経由地域指定による経路検索
- (b11) 地域からの距離や時間を指定してその範囲内の近隣経由・非経由指定による経路検索

これまでの経路検索では、道路属性の指定は (a11) の範囲に限られているが、「渋滞していない道」、「桜並木」のように、名称や種別以外の属性を用いて道路を指定される場合も考えられる (b4)。また、「浜松インターから高速を使う」「静岡インターまでは高速を使わない」のように経由道路の起点や終点や、非経由区間が指定されることもある (b5)。

また、これまでの経由地点設定は (a12) のようにすでに検索済みの施設の選択でしかできないことが多かったが、「途中で静岡大学に寄る」や「掛川バイパスの袋井料金所は通らない」のように経由地点や経由しない地点の検索を経路検索時に同時に行えると利便性が増す (b6)。また、「東京タワーの近くを通る」のように、指定された地点から一定距離内の任意の地点を経由する経路検索や「浜松駅の近くは通りたくない」などで、指定された地点から一定距離内のすべての点を経由しない経路が指定される可能性もある (b7)。さらに、経由地を具体的レベルで指定するのは困難で、たとえば種別のみで指定して途中で都合のよい施設を検索したい場合もある (b8)。「静岡の辺りでコンビニに寄る」などがこれにあたる。

(b9) の経由指定とは「JR の駅の近くを通る」などであり、非経由指定とは「駅の近くは避ける」などの指定である。前者の場合、いずれかの JR の駅の近くを通る経路の要求であり、後者の場合は、混雑を避けるためにいずれの駅の近くも通りたくないというような場合の要求である。

また、詳細な経路については特に希望はないが、「静岡市内を通る」「市内は避ける」などのようにある地域の経由や非経由を指定したり (b10)、「静岡市の辺り

を通る」「浜松市の近くは通らない」など、地域の近隣の経由・非経由を指定したり (b11) することによって、希望する経路のおおむねの方向のみを伝え、詳細は検索に任せるというような場合も考えられる。

**プラン編集**

- (b12) プラン日程設定
- (b13) 訪問地の到着・出発時刻・滞在時間の設定と変更
- (b14) 訪問地の訪問目的の設定と変更

プラン編集に関しては、既存のカーナビや類似のドライブプラン作成支援システムではあまり考慮されておらず、訪問地の挿入と削除程度の機能 (a14) しか持たないものがほとんどである。プラン日程設定 (b12) とは、「日程は 2 日間」などの指定のように、何日間のプランを作成するかを決める操作である。訪問地の到着時刻設定、出発時刻設定 (b13) とは、「遊園地に 10 時に着く」「コンビニは 11 時に出発する」などの操作で、訪問地の滞在時間設定とは「コンビニに 15 分いる」など訪問地に滞在する時間を決定する操作である。訪問地の滞在目的設定 (b14) とは「ホテルに泊まる」「ガストで食事する」など、訪問地に訪問目的を設定する操作である。

**2.4 問題点の整理**

以上、訪問地検索、経路検索、プラン編集について DPS-PC が満たすべき機能を列挙した。このうち、プラン編集機能は、従来のカーナビや類似システムではあまり考慮されていなかったが、ここであげた機能を実現することはそれほど困難ではない。また、訪問地検索、経路検索で追加すべき機能としたものも、その多くは既存のカーナビの技術で比較的容易に実現できる。以下に (b1) から (b11) までの各機能について、既存機能の組合せによる実現方法について考察する。

「距離や時間の指定」を受理する検索 (b1), (b2), (b7), (b9), (b11) では、2 地点間の距離や移動時間を用いて検索結果にフィルタをかける必要がある。既存のカーナビでもこれに必要な情報を保持しており、フィルタリング操作も比較的単純なもので済む。

(b2) は距離計算の基点となる地点が複数求まるため、各々の基点から近傍検索を行い、それらの結果の中から適当な基準 (たとえば、基点からの距離が最小など) で候補を選択すればよい。(b3) も訪問履歴が蓄積されていると仮定すれば困難なく実装可能である。(b4) は指定される道路属性が定まっていれば、既存の「高速優先検索」など同一のアルゴリズムで実現できる。(b5) は起点・終点を経由点として、経由点前後で使用道路の使用/不使用を切り替えて検索すれ

ばよい。(b6)は経路検索時に経由・非経由地点を同時に指定できる点がポイントであり、検索自体は経由地点・非経由地点の検索と経由・非経由条件下での経路検索の組合せである。

(b8), (b9)では経由・非経由地点あるいはその基点の候補が複数存在する。非経由が指定された場合、経路検索時に非経由地点(あるいは領域)に達する経路候補についてはただちに枝刈りをするようにすればよい。経由地点が指定された場合には、出発地から経由地までの経路検索と経由地から目的地までの経路検索を組合せて実現しようとする、経由地候補の数が多き場合には計算量が大きくなりすぎて現実的ではない。経由地候補の数が多く一定の密度以上で分布するような場合には、経由地を意識しない通常の目的地までの経路検索の解からどの経由地候補も経由しない場合を排除するというアルゴリズムの方が効率的である。(b9), (b10)は経由・非経由を領域で指定されるという特徴を持つ。この場合、領域内に一定の密度以上で分布する基点候補を選択すれば、(b8)と同様の検索で近似的に実行することができる。

以上のように、訪問地検索、経路検索ともに、検索機能自体の拡張はそれほど問題にはならないと思われる。我々はむしろ、既存機能も含め上述のような機能を持つDPS-PCを構築する際には、簡便に指定したい条件を伝えられるユーザインタフェースをいかに実現するかが問題であると考えている。たとえば既存のカーナビは、GUIベースでのリモコン操作が最も一般的である。音声入力可能な場合でも、GUIのメニュー構造に従って音声入力ができるものがほとんどである。また、ドライブプラン作成を支援する類似システムもGUIをベースとしている。

しかしながら、上述のほとんどの機能がGUIベースでは1アクションで要求を伝達することができず、煩雑な操作を要求する。(a2)の場合、施設の種別は階層的に整理されており、数階層をたどらなければ目的とする種別の指定ができないことが多い。また、どこからたどってゆけば目的の種別に行き着くか分からないための迷いも生じやすい。(a3)は地名数が膨大なため、メニュー形式では複数階層でかつ1階層の選択肢数も大きくなりすぎる傾向がある。(a4)や(b1)から(b11)まででは、施設と距離または時間など、複数項目の指定を必要とする。また、訪問地検索・経路検索の中で基点や起点・終点の指定を必要とする機能では、基点・起点・終点の指定のために訪問地検索と同等の手数が必要となる。また、「浜松駅の近くで、先週行ったファミレス」では、「浜松駅」という施設名称による

基点の検索(a1)と「浜松駅の近く」という基点の周辺検索(a4)、履歴を利用した検索(b3)に検索対象の種別の指定(a2)が加わった検索条件が使用されている。このように複数の機能が組み合わせて用いられることもあり、相当程度の手数をかけなければ1つの訪問地・経路を特定できないようなことも起こりうる。

本論文では、自然言語による対話インタフェースを用いてこの問題を解決することを試みる。自由な文体での自然言語入力を許すと、上述の機能のほとんどすべてを1文の入力で利用することが可能である。そこで次章では、DPS-PCのプロトタイプシステムで本章であげた検索機能を用いてドライブプラン作成・編集するという状況を想定し、自然言語インタフェースの構築と評価を中心に論ずる。

### 3. プロトタイプシステム

#### 3.1 取り上げる機能とシステム構成

我々は、DPS-PCのプロトタイプシステムの試作にあたり、2.4節で示した機能のうち、電話番号による検索(a7)を除くすべての機能と呼び出せる言語解析部を実装した。訪問地検索と経路検索機能は、現時点ではデータベースにデータがあるもののうち使用される可能性の高いもののみを選択して実装した。

(α) 検索機能も含めて完全に取り扱うもの

訪問地検索:(a1)~(a4), (a8), (b1), (b2)と, (a5)

の同一プラン中の検索履歴を参照するもの

経路検索:(a9), (a10), (a13)と, (a11), (a12), (b6)~(b11)の経由指定

プラン編集:(a14), (b12), (b13), (b14)

(β) 検索機能は実装せず、入力文を受理して検索条件を整理するところまでサポートするもの

訪問地検索:(a6), (b3)と, (a5)の過去に作成したプラン中の検索履歴を参照するもの

経路検索:(b4), (b5)と, (a11), (a12), (b6)~(b11)のうち非経由指定

(γ) 入力文の受理も考えないもの

訪問地検索:(a7)

試作したDPS-PCプロトタイプの構成を図2に示す。システムに入力文が入れると、形態素解析、構文・意味解析、文脈処理を施し(言語解析)、後述するフレーム形式の意味表現を生成する。システムは、意味表現と状態変数を参照し、対話制御ルールを用いて状態変数を書き換えたり、情報検索を実行したりして応答文を含む応答画面を生成して出力する。

データベースは、現在のところ2つの別個のものを用意している。1つは、施設を中心に全国をカバーす

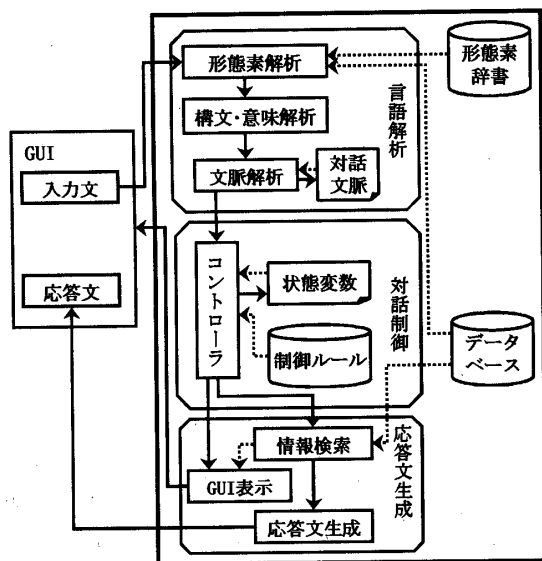


図2 PC上のシステムの構成  
Fig. 2 Outline of the system on PC.

るものであり、レストラン、遊園地、名所・旧跡などを約 94,000 件、都道府県・市区町村・字など約 6,000 件が格納されている。もう 1 つは、経路指定で利用する道路情報を加えたもので、これは静岡県西部から中部と愛知県の一部に限定してあり、施設情報を約 6,000 件、都道府県・市区町村・字など約 2,500 件、道路などの情報を約 300 件持っている。

### 3.2 言語解析

対話インタフェースは、将来的に車載器や携帯電話端末でも利用可能としたい。そのため、比較的廉価な CPU でも早いレスポンスが必要となる。そこで本システムでは、なるべく高速処理可能な方法で言語解析を行う方針をとる<sup>11),12)</sup>。

#### (1) 形態素解析

形態素解析のための形態素辞書として、受理すべき文で使われる語彙（約 2,000 語）とその語義を登録しておく。ただし施設や道路の種類と固有名称と都道府県・市区町村名称などは 3.1 節で述べたデータベースを利用する。形態素解析では、最長一致法で形態素分割を行う。分割された各形態素には、次に述べる構文解析で使用する「語義」を割り当てる。形態素によっては複数の語義を割り当てられるものもある。ここでは後の構文・意味解析での処理を軽くするために、辞書とデータベースのどちらにも登録のない語は、不必要なものとして切り捨てる。

#### (2) 構文・意味解析

( $\alpha$ ) および ( $\beta$ ) の機能呼び出すために入力される可能性がある文を収集し、それらを分析して文法を定義した。文法は CFG で記述し、構文解析は ATN パーサを用いてトップダウンに実行する。ここでは、

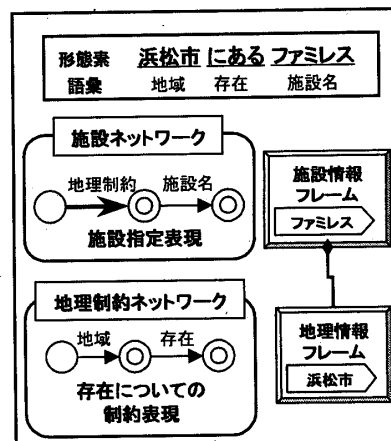


図3 言語解析例  
Fig. 3 Example of language processing.

文法的な厳密性よりも実用的な観点を重視する。

構文解析と意味解析は同時に実行し、データベース検索やプラン編集などのための意味データを 1 パスで出力するようにする。このために、ネットワークの構造を DPS-PC の検索モジュールの入力データである木構造フレームの形式と整合するように調整する。これによって、アーク関数として意味処理関数を記述することができるようになる。具体的なネットワークでは、施設ネットワークから地理制約ネットワークや履歴制約ネットワークを呼び出し、地理制約ネットワークでは基点となる施設を受理するために施設ネットワークを呼び出せるようになっている。また、基点からの距離や移動時間に関する表現は地理制約ネットワークの中で受理できるようになっている。

この場合、push アクションをとるアークには、新たなフレームを定義してフレーム間のリンクを張る関数を対応付ければよい。そうでないアークにはフレームに読み取った単語の意味データを代入する操作を対応付ける。フレームは話題の中心となるフレームを指す着目フレームをトップとして、ネットワークの呼び出し関係に応じて施設フレームや地理制約フレームなどを接続し、意味的まとまりごとの情報を格納できるように木構造に構成される。ATN を使った構文・意味解析の例を図 3 に示す。

図 3 では push アクションを行うアークを太線の矢印で示し、pop アクションを行うノードを◎で示している。形態素が割り当てられたアークを遷移することで形態素を受理し、push アクションの割り当てられたアークによって意味的まとまりを受理する。ここでは、施設ネットワークで受理した情報を施設フレームの中に格納し、地理制約アークによって地理制約ネットワークが起動され、地理制約ネットワークの中で受理した情報は地理情報フレームに格納される。

本システムではネットワーク数が 12, push を行うアーク数が 35, push を行わないアーク数が 312 となっている。

### (3) 文脈処理

言語解析によってユーザの入力文の意味情報をシステムの理解できる表現に変換できる。しかし、日本語の対話においては、代名詞や省略などの表現が使われるため、1つ1つの文を単独で処理するだけでは、必要な情報をすべて抽出することができない。そこで、代名詞の指示対象や省略された対象を特定する文脈処理が必要となる。

我々の日常生活で行っている対話を考えると、それまでに話題にしていたことを継続して話題にすることが多く見られる。そのため、話題の中心となっているものは代名詞の指示対象や、省略対象になりやすい。これは前方照応解析の研究の1つであるセンター理論<sup>13)</sup>で示されている。本研究においてはこの性質を利用して、代名詞などの照応先は話題の中心である着目フレームで表現された対象であることが多いと想定して文脈解析を行い、言語解析で得られた表現を補完する。

### 3.3 対話制御

本研究では、混合主導型の対話システムを構築する。ユーザからの入力文に対しては、制限をできるだけ少なくし、いつでも自由に入力ができるような制御を行う。その一方でシステムは、ユーザが効率良くプランの設定ができるような応答をする。

つまり、ユーザに特定の情報の入力を促すような応答をしつつ、それに対する答えにならない文が入力されても正しく対応できるようにし、ユーザの入力の自由度を奪わないようにする。このため、本システムではルールベースによる対話制御手法を適用する。実装したシステムでは、140のルールを用いて対話制御を実現している。

ルールは、(A)ドライブプランの状況と対話文脈中の現在の話題の中心から、次に設定すべき事項を提案する文を出力するためのルール群、(B)検索要求を受け付けたらデータベース検索を呼び出すためのルール群、(C)検索結果の個数に応じて、検索結果の有無、件数、具体的施設や道路を提示するためのルール群、(D)施設情報提供要求を受け付けたら、データベースから情報を取り出して提示するためのルール群、(E)プラン編集操作要求を受け付けたら要求に沿ってプラン編集を行うためのルール群、などから構成される。

システムが起動されると(A)のルール群中のプランがまったくない状態に対処するルールが働き、プラン

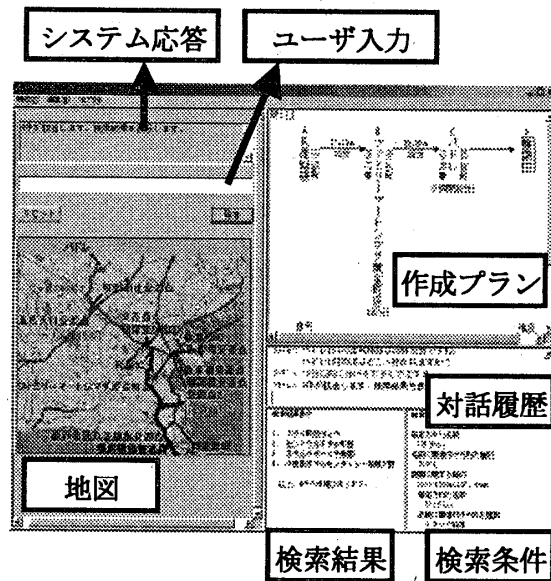


図4 GUI表示

Fig. 4 Example of GUI.

の日程を質問する。この状態で、ユーザが「2日」など、日程を制限する内容を入力すると、(E)のルールが起動され、ドライブ日程を1泊2日にセットしてGUI上に表示する。引き続きシステムは、(A)のルールによって最初の訪問地を設定するように促す。

システムが日程を問いかけている状態であっても、ユーザは「遊園地に行きたい」などと、自分の希望を表明することができる。この場合、(B)のルールが発火して遊園地を検索し、次いで(C)のルールにより、具体的な遊園地を提示したり、件数のみを提示して条件の絞り込みを促したり、該当施設がない旨を伝えたりする応答文を返す。

このように、プランの状態から次の設定項目を促す行動に出ようとするルールと、ユーザの入力からそれに応じる行動に出ようとするルールの双方を用意することによって、混合主導の対話を実現している。この機能により、たとえば、訪問地が設定されればその訪問地の出発時刻などをユーザに問いかけたり、作成中のプランが昼時を含んでいれば昼食の設定を促したり、施設間の移動時間が長くなった場合には休憩場所の設定を提案したりすることも可能となっている。

なお、具体的な制御ルールの構成や制御ルールで参照するシステムの状態変数の構成については、本論文では省略する。

### 3.4 GUI

より効率的な対話を行うためには、それまでの対話によって設定された移動プランやシステムがユーザの入力文をどのように理解したかを示す必要がある。そこで本システムでは、これらの情報を図4に示すよう

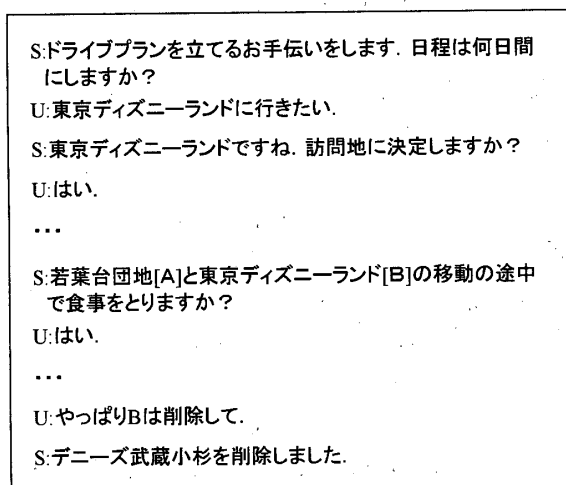


図 5 対話例

Fig. 5 Example of the dialog.

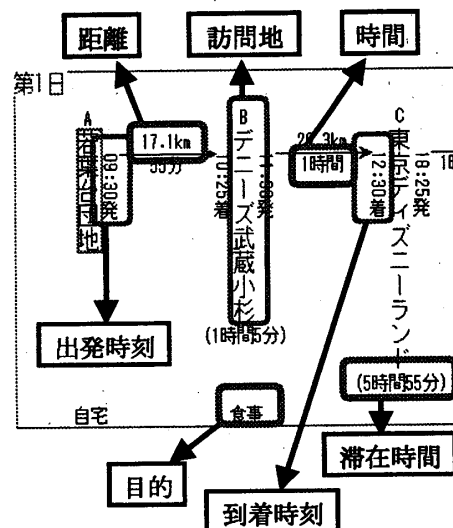


図 6 作成プラン例

Fig. 6 Example of the plan.

に GUI 上で表示する。左側にシステムの応答，ユーザの入力，地図を示すウィンドウがあり，右側に作成中のプランを示すウィンドウ，対話履歴，検索結果，検索条件を示すウィンドウがある。この検索条件のウィンドウには，ユーザによる自由文入力から得られた施設などの検索条件を表示する。これらによってユーザは，自分の意図をシステムが正確に把握できているかを確認できる。

### 3.5 処理例

自宅である若葉台団地から東京ディズニーランドまでのドライブプランを設定する対話例を図 5 に示す。またその結果設定されるプラン表示の例を図 6 に示す。“S:” はシステムの出力文，“U:” はユーザの入力文である。

最初にシステムがプラン日程を設定するように問いかけるが，ユーザはそれを無視して希望する訪問地を指定している。「東京ディズニーランド」を訪問地に設定した後，青葉台団地の出発時刻やそこまでの経路を設定する対話が続くが，図では省略している。次に，システムは移動距離と出発時刻から，昼食時間を挟む移動であることを認識して，「青葉台団地」から「東京ディズニーランド」までの移動途中で昼食をとることを提案している。また，ユーザは GUI 中のプラン内で示されている記号を使って訪問地を参照することもできる。図の最後の入力では，その機能を用いて「デニーズ武蔵小杉店」を削除している。

## 4. 評価実験

我々は試作したプロトタイプシステムを評価するために 2 つの評価実験を行った。1 つ目は，予備実験であり，ユーザに自由に入力文を作成させた場合にどの

ような文体で入力されるかを調べ，自然言語インタフェースがそれらをどの程度受理可能かを調べるためのものである。この結果をうけて文法や辞書を拡張した上で 2 つ目の本実験を行った。本実験では，実際にシステムをユーザに使用させ，言語解析の成功率の評価を行った。また同時に，GUI で複数アクションを必要とする要求を 1 文で表現したものが全入力文中で占める割合を調べ，アンケートによる主観評価とあわせてユーザインタフェースとしての有用性を評価した。

### 4.1 予備実験

#### (1) 実験の目的と方法

この実験では ( $\alpha$ )，( $\beta$ ) の範囲内で我々が用意した文法の受理率を調べ，同時に，文法拡張のためのデータを収集することを目的とする。

まず初めに工学系の学生 42 名に対して DPS-PC について自然文で入力できるシステムであることを説明した。次に，以下に示す 6 個のタスクのそれぞれを達成するためのシステムに対する入力文を 3 文以上ずつ回答させた。

1. 食事をするための店を探す。
2. 浜松駅の近くで食事をする。
3. エッソ以外のガソリンスタンドでガソリンを入れる。
4. 現在地から 5 km 以内のコンビニを探す。
5. 現在地から 10 分以内で行ける駐車場を探す。
6. 浜松市内でホテルを探す。

これらのタスクは，プロトタイプシステムで実装した検索機能で実現可能なものの中から，種別の指定，近傍の指定，距離の指定，移動時間の指定，市区町村名の指定など訪問地検索で指定されうる要素 (ATN



上ではサブネットワークに対応する)をひととおりカバーできるように設定した。被験者に対して文体や使用する語については制約を与えないが、システム(機械)相手の入力文であることは意識するように指示した。

収集した文を分析し、 $(\alpha)$  または  $(\beta)$  の範囲内の要求を伝えるものとそうでないものとの割合を求め、さらに範囲内のものに対して、用意した文法による受理率を求めた。この実験では被験者に実際にシステムに入力させることはせず、実験者がまとめてシステムに入力して解析の成功/失敗を判定した。システムには、全国版のデータベースを組み込んで使用した。

## (2) 結果

分析の結果、収集した全文中の約 32%が  $(\alpha)$  および  $(\beta)$  の範囲を逸脱する検索条件指定であった。我々が想定していなかった検索条件として、「食事をする」など目的のみを指定する表現が約 30%見られ、残り 2%は「カードが使えるスタンド」などであった。これは、タスクの指定の仕方に引きずられたためと考えられる。これらの表現は、入力を受理できたとしても、訪問目的から訪問地の種別を導く推論ができないと取り扱うことができない。このため、当面は取り扱う対象外とする。実際上は、システムの使用に先立って「目的指定は扱えない」という直接的なインストラクションを与えることで対処できると考えている。

以上の考察に基づいて、我々が  $(\alpha)$  および  $(\beta)$  の範囲を想定して用意した文法での受理率を、上述の 32%の文を除いた残りを母数として計算した。結果を表 1 に示す。受理不可要因は以下のものである。

- 語彙不足：形態素辞書に登録されていない語が含まれている表現
- 倒置文の使用：文体の問題の中でも「ファミレスで近くの」など、連体修飾語を施設名の後に言う表現
- 文体の問題：想定していなかった文体を用いた表現

表 1 入力文の受理率

Table 1 Acceptance rate of input sentences.

| 受理 |        | 文数(割合)    |
|----|--------|-----------|
| 可能 |        | 306(58%)  |
| 不可 | 語彙不足   | 85(16%)   |
|    | 倒置文の使用 | 83(16%)   |
|    | 文体の問題  | 23(4%)    |
|    | DB上の問題 | 8(2%)     |
|    | 特殊な表現  | 19(4%)    |
| 小計 |        | 218(42%)  |
| 計  |        | 524(100%) |

- DB上の問題：施設名などを省略形で指定する表現
- 特殊な表現：文としておかしいものまたは目的の意味にはとれないもの

このうち、言語解析部の問題で受理できないものは、語彙不足、倒置文の使用、文体の問題の3つの問題で、全体の 36%にあたる。これに対して、データベース上の問題など、言語解析部以外の問題によって受理不可能なものは全体の 6%となっている。

## 4.2 システムの改良

全体的な受理率を低下させている原因の主なものとしては語彙不足、倒置文の使用があげられる。語彙不足については語彙を形態素辞書に登録することで解決できる。また、倒置文についても構文・意味解析用ネットワークに倒置文を受理するアークを加えることで受理可能となる。そこで、我々はこの結果を受けて、語彙の追加とネットワークの変更を行った。その結果、予備実験で収集したデータに対し、 $(\alpha)$  と  $(\beta)$  範囲内(全体の 68%)のうち 87%(全体の 60%)まで言語解析の受理率を上げることができた。経路検索のための入力文に対しても、予備実験の結果を参考にして文法の見直しを行い、語彙の追加を行った。この修正後のネットワークと辞書を利用して次に述べる本実験を実施した。

## 4.3 本実験

### (1) 実験の目的と方法

システム全体の評価のために、静岡中西部と愛知の一部をカバーするデータベースを組み込んで、工学系の大学生 10 名の被験者に実際にシステムを実際に使用して 2 日以内の家族旅行を計画させた。また、被験者には、検索に使用できる条件をあらかじめ提示した。被験者の入力にはキーボードを使用した。

プラン作成完了後に被験者の主観的評価を調査するためのアンケートに回答させた。アンケートは、以下の 5 種類であり、いずれも 7 段階評価である。

- システムの使いやすさ (7: 使いやすい, 4: 普通, 1: 使い難い)
- システムの応答内容 (7: 適切, 4: 普通, 1: 不適切)
- システムからの休憩や食事の提案をどう思うか (7: 適切, 4: 普通, 1: 不適切)
- システムの応答のテンポをどう思うか (7: 快適, 4: 普通, 1: 不快(遅過ぎ・早過ぎ))
- 画面表示の分かりやすさ (7: 分かりやすい, 4: 普通, 1: 分かりにくい)

その後、ログを分析して入力文の言語解析成功率(構文・意味解析で入力文を受理し、さらに文脈解析

も成功したものの割合)を求めた。また、自然言語インタフェースで効率良く要求を伝達できているか否かを評価するために、GUIで複数アクションを必要とする要求を1文で表現したものが全入力文中で占める割合を求めた。

## (2) 結果

結果を表2に示す。いずれの被験者も2日間の旅行プランを問題なく作成することができた。プラン作成には、平均で7カ所程度の訪問地と6程度の経路を含むプランで、15分程度の時間がかかった。また、プラン作成のための対話の全ターン数は平均66.9回で、うち41.2%は「はい」「いいえ」などのメタ入力であった。1ターンあたりの平均所要時間は、13.5秒程度であり、キーボード入力時間を考慮すれば比較的スムーズに対話が進行していると見ることができる。入力文全体の言語解析成功率は92.4%と高い結果を得ることができた。予備実験では、入力文の受理率が全体の61%であったのに対して本実験では大幅に高い値となっている。これは以下の5つの要因によるものと考えられる。

- 訪問地検索に使用できる条件に関して事前にインストラクションを与えたため
- システムからのフィードバックがあるため、一度受理されなかったものは再度入力され難いため
- 予備実験ではなるべく多様な表現を収集するために同一内容の入力文を3つずつ作成するように指示したが、本実験では、プランを作成することを目的に設定したため、受理されやすい表現が使用されたため
- 実際に機械相手だと受理されやすい表現が使われやすいため
- 予備実験では、検索の条件として複雑なものを指定したため

言語解析部の失敗は、「食事をする」「安いホテル」などの条件での訪問地検索のように、システムに必要な機能のうち、まだシステムに組み込まれていないため受理できない文を入力されたものがほとんどである。

表2 総合評価の結果  
Table 2 Result of evaluation.

|              |            |      |
|--------------|------------|------|
| 訪問地設定数       | 6.8        |      |
| 経路検索数        | 5.8        |      |
| タスク達成時間(分:秒) | 15:05      |      |
| 全ターン数        | 66.9       |      |
| 1訪問地検索平均ターン数 | 9.8        |      |
| 入力文解析成功      | 92.4%      |      |
| 入力文解析失敗      | 意味解析部までの失敗 | 6.6% |
|              | 文脈解析部の失敗   | 1.0% |
|              |            | 7.6% |

また、訪問地の検索は全被験者の合計で93回行われた(指定した条件では絞込みきれずに条件を追加した場合はあわせて1回とする)。そのうち、これまでのシステムでは1アクションで行えない操作を1文で入力したものは60文(全体の65%)であった。内訳は以下のようになっている。

- A 下位階層種別の直接指定: 6件(6%)
- B 市区町村名の直接指定: 37件(40%)
- C 地名と検索対象の種別指定の組合せ: 30件(32%)
- D あらかじめ検索された施設の周辺検索と検索対象の種別指定の組合せ: 12件(13%)
- E 基点からの距離の指定: 4件(4%)
- F 基点からの距離と検索対象の種別指定の組合せ: 1件(1%)

Aは「マクドナルド」など、上位階層の種別(この場合は「飲食店」など)を指定しないでいきなり下位階層の種別が入力されたものである。なお、どのような種別が最上位階層にくるかは、データベースの構成に依存する。このため、ここでは既存の訪問地検索機能を持つドライブプラン作成支援システムを参考にし、その第1階層9種(「食べる」「遊ぶ&観る」など)と第2階層92種(「和食」「ファミレス」「遊園地」)を第1階層に置かれる種別と考え、それ以外のもののみをカウントすることにした。Bは「浜松市」など、県名を指定しないでいきなり市区町村名が入力されたものである。Cは「浜松市のファミレス」など、地名と検索対象の種別の指定が同時に行われたものである。Dは「この近くのコンビニ」など、すでに検索された基点となる施設などからの距離条件と検索対象の種別条件を同時に指定するものである。Eは、今回追加した機能(b1)を利用するものである。Fは、「1キロ以内のガソリンスタンド」という文であり、文脈から求めた基点からの距離を指定してガソリンスタンドを検索しようというものであった。なお、「浜松市のファミレス」などは市区町村名の直接指定Bと、地名と種別の組合せCの2つの機能が使用されているので、それぞれで数えている。このような重複のためAからFの合計が60を超えている。

主観的評価のためのアンケート調査では、使いやすさ(4.2)、応答の適切さ(4.4)、休憩や食事の提案の適切さ(5.6)、システムの応答時間(5.9)、表示の見やすさ(3.6)であった。表示の見やすさでは、地図の表示が小さいことなどから評価が中間値(4)を下回ったが、それ以外の項目ではどれも4を超える肯定的な評価であった。

これらのことから次の結論を得ることができる。

- DPS-PC は、実用的レベルの受理率で入力文を受け付けることができる。
- DPS-PC は、GUI で複数アクションが必要な要求を 1 文で受け付けることができる。
- DPS-PC は、主観評価でも肯定的に受け入れられた。

GUI による複数アクションとキーボードからの 1 文入力とでは、単純に比較を行うことは困難であるが、自然言語インタフェースには、メニュー構造に迷うことがないため直感に従った入力ができるという利点があると考えられる。特に、ドライブプランニングタスクの場合、訪問地の種別や名称および住所表示などは総数が膨大であり、場合によっては全国の職業別電話帳から 1 施設を検索する程度の手間がかかる。また、基点からの距離や移動時間によって特定の種別の施設を選択する場合などは、基点を一意に選択する手間、距離や移動時間を指定する手間、検索すべき施設の種別を選択する手間の合計が 1 要求を伝達する際に必要になる。これをただか 10 から 20 文字日本語文入力で済ませることができることは利便性の向上に寄与できるものと考えられる。

## 5. ま と め

本論文では旅行やドライブの前に詳細なプラン作成をサポートするドライブプランニングシステムを提案し、その主要コンポーネントである DPS-PC が必要とする機能を整理した。また、そのほとんどの機能を呼び出すことのできる日本語対話インタフェースを持つ DPS-PC のプロトタイプシステムを実装した。現在のところ、プロトタイプシステムでは、ドライブの日程の設定、複数の訪問地の設定、経路の設定が可能である。特に、一意には決定できない複数の基点候補の近傍の施設検索、基点からの距離や移動時間を指定した施設検索、一意に決定できない複数の経由地候補を経由する経路検索など、従来の類似システムでは実現できていない検索も可能になっている。プロトタイプシステムでの入力文受理率は 92.4%であった。さらに、自然言語インタフェースを用いているため、ほとんどの条件指定が 1 アクションで設定可能である。実際、評価実験で被験者が入力した文の 65%が通常の GUI のインタフェースでは 1 アクションで要求を伝えることが困難な検索条件を指定するものであった。被験者へのアンケート調査による主観評価においても、使いやすさなどの面において好評を得ることができた。

予備実験の結果、施設検索の際に目的のみが指定される可能性が高いことが明らかになったため、今後シ

ステムへの機能追加を検討する必要がある。また、実際に施設や経路を検索する際に使用されやすい条件として 2 章で整理した条件と訪問目的の指定以外にどんなものがありうるかを調査することや、道路情報を含む全国版のデータベースを構築することも順次進めていく必要がある。さらに、今回のプロトタイプシステムで実装していない、あらかじめユーザが登録した施設からの選択による検索 (a6) や、過去に作成したプラン中の検索履歴を参照する訪問地検索 (a5)、利用頻度、訪問時間などを参照する訪問地検索 (b3)、経由・非経由道路の多様な条件の指定による経路検索 (b4)、使用道路の起点・終点を指定する経路検索 (b5)、地点または道路の非経由を指定する経路検索 (a11), (a12), (b6)~(b11) などの検索機能を実装する必要がある。

車載器や携帯端末などを含んだクライアント・サーバ型のドライブプランニングシステムに拡張すること、音声認識システムを組み込むことによってより自然な対話の実現をすること、電車や徒歩による移動も対象とするインターモーダルな移動プラン作成に拡張することなども今後の課題としてあげられる。

## 参 考 文 献

- 1) TOYOTA: G-BOOK. [http://g-book.com/pc/service\\_menu/top/](http://g-book.com/pc/service_menu/top/)
- 2) 後藤浩一: サイバーレールと鉄道向けパーソナルナビゲーションシステム, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol.2002, No.3, pp.65-84 (2002).
- 3) 国土交通省: 道路局 ITS ホームページ. <http://www.its.go.jp/ITS/j-html/index/indexAhs.html>
- 4) HONDA: インターナビ. <http://www.internavi.ne.jp/>
- 5) Clarion: AutoPC CADIAS. <http://www.clarion.co.jp/japanese/index.cfm>
- 6) Sony: ナビン・ユー. <http://www.vaio.sony.co.jp/software/>
- 7) 住友電工システムズ: AtlasMate. <http://www.sesys.co.jp/product/atlasmat/index.html>
- 8) 牧之内顕文, 吉野利明, 泉田義男: 移行性のあるデータベース自然言語インタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.29, No.8, pp.749-759 (1998).
- 9) 中野幹生, 堂坂浩二: 音声対話システムの言語・対話処理, 人工知能学会誌, Vol.17, No.3, pp.271-278 (2002).
- 10) 松原茂樹, 河口信夫, 外山勝彦, 武田一哉: 音声対話コーパスの収集と利用, 人工知能学会誌, Vol.17, No.3, pp.279-284 (2002).
- 11) 桂川景子, 丹羽教泰, 柳 拓良, 渡部眞幸, 伊藤敏彦, 小西達裕, 伊東幸宏: 自然言語インタフェースを持つドライブプランニングシステムの構築,

情報処理学会研究報告, Vol.2001, No.83, ITS-6, pp.229-236 (2001).

- 12) Katsuragawa, K., Niwa, M., Yanagi, T., Watanabe, M., Itoh, T., Konishi, T. and Itoh, Y.: Constructing an Interactive Natural Language Interface for a Drive Planning System, *SNLP COCODA*, pp.237-242 (2002).
- 13) Grosz, B.J., Joshi, A.K. and Weinstein, S.: Centering: A framework for modelling the local coherence of discourse, *Computational Linguistics*, Vol.21, No.2, pp.203-255 (1995).

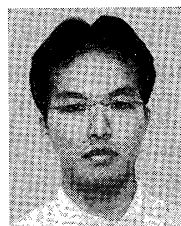
(平成 15 年 3 月 31 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)



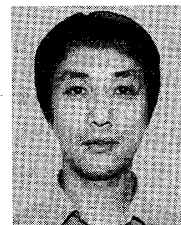
桂川 景子

昭和 53 年生。平成 13 年静岡大学情報学部情報科学科卒業。平成 15 年静岡大学大学院情報学研究科情報学専攻修了。同年日産自動車(株)入社。自然言語処理、音声言語インタフェース等に興味を持つ。



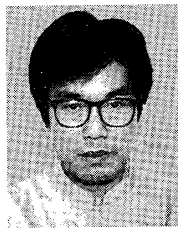
柳 拓良

昭和 49 年生。平成 9 年筑波大学第三学群情報学類卒業。平成 11 年筑波大学大学院工学研究科電子・情報工学専攻修士課程修了。同年日産自動車(株)入社。平成 14 年ブリテッシュコロロンビア大学心理学部客員研究員。操作デバイス等の物理的な面から認知工学や計算モデル論等のメンタルな面までヒューマンマシンインタフェース全般に興味を持つ。ACM, HFES 各会員。



大野 健

昭和 41 年生。平成元年筑波大学第三学群基礎工学類卒業。平成 3 年筑波大学大学院理工学研究科物理工学主専攻修士課程修了。同年日産自動車(株)入社。車両用距離センサや音声インタフェースの研究開発に従事。



渡部 眞幸 (正会員)

昭和 38 年生。昭和 61 年東京大学工学部電子工学科卒業。昭和 63 年東京大学大学院工学系研究科情報工学専門課程修士課程修了。同年日産自動車(株)入社。設計エキスパートシステムや車載情報システムの研究・先行開発に従事。



伊藤 敏彦 (正会員)

昭和 46 年生。平成 11 年豊橋技術科学大学大学院工学研究科博士後期課程電子・情報工学専攻修了。同年静岡大学情報学部情報科学科助手に赴任。博士(工学)。音声言語情報処理研究に従事。



小西 達裕 (正会員)

昭和 39 年生。昭和 62 年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。平成 4 年早稲田大学大学院博士後期課程修了。平成 3 年早稲田大学理工学部情報学学科助手。平成 4 年静岡大学工学部情報知識工学科助手。現在、同大学情報学部情報科学科助教授。博士(工学)。知的教育システム、知的対話システム等に興味を持つ。電子情報通信学会、教育システム情報学会、日本認知科学会各会員。



伊東 幸宏 (正会員)

昭和 32 年生。昭和 55 年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。昭和 62 年早稲田大学大学院博士後期課程修了。同年、同大学理工学部電子通信学科助手。平成 2 年静岡大学工学部情報知識工学科助教授。現在、同大学情報学部情報科学科教授。工学博士。自然言語処理、知的教育システム等に興味を持つ。電子情報通信学会、言語処理学会、教育システム情報学会、日本認知科学会各会員。