

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

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*

*静岡大学 情報学部
〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1
E-mail : cs7029@cs.inf.shizuoka.ac.jp

**日産自動車株式会社
〒237-8523 神奈川県横須賀市夏島町 1 番地
日産自動車株式会社 総合研究所 車両交通研究所

概要

本稿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する。このシステムは、カーナビゲーションシステムの機能の一つである目的地設定を拡張し、複数の目的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なうものである。これら複数のパラメータを自然言語対話によって設定する手法について報告する。特にその言語解析部について詳しく検討し、実装したプロトタイプシステムを紹介する。また、試作したシステムの評価を行ない、有用性と問題点を明確にする。

CONSTRUCTING A DRIVE PLANNING SYSTEM WITH A NATURAL LANGUAGE INTERFACE

Keiko Katsuragawa* Michihiro Niwa* Takura Yanagi** Masaki Watanabe**

Toshihiko Itoh* Tatsuhiro Konishi* Yukihiro Itoh*

* Department of Computer Science, Shizuoka University
3-5-1, Johoku, Hamamatsu, Shizuoka, 432-8011, Japan

E-mail : cs7029@cs.inf.shizuoka.ac.jp

**Nissan Motor Co., Ltd.

Electronics and Information Systems Research Laboratory, Nissan Research Center,
1, Natsushima-cho, Yokosuka, Kanagawa 237-8523, Japan

ABSTRACT

In this paper, we propose a drive planning system that supports users in making a plan for a trip. This system 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. It also proposes taking a rest on a long distance trip in order to ensure safe driving. The drive is planned interactively by a dialog with the system through a natural language interface. We propose a method to construct such a drive planning system, describe the implementation of a prototype dialog system and present the result of evaluating its usefulness.

1. はじめに

ITS の発展によって交通網が発達するとともに、交通に関する多量の情報があふれている。道路や施設などをそれぞれの目的に合わせて効率よく利用するためには、これらの情報をうまく活用し、詳細な移動プラン作成を行なう必要があると考えられる。また、移動プランを作成することによって、経路上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。これによって移動プランを前提知識として移動中の情報収集の際に役立てることも出来る。一方、これら事前に作成したプランや移動中の経路設定など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と考えられる。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作成の上で実現可能となる。

しかし、多くのユーザにとって、多量にもたらされる情報の中から自分の目的に合った情報を検索し、最適な移動プランを作成することは、大変煩雑である。そこで本稿では、これらの情報を的確に利用し、個々のユーザに最適な詳細移動プランを簡単に作成するためのシステムであるドライブプランニングシステムを提案する。

2. 基礎的考察

効率的で総合的な移動プラン作成を行なうためには、次のような機能が必要であると考えられる。

1. 目的地の検索と設定または修正
2. 経路の計算と設定または修正
3. 日数や訪問地の訪問順序の設定または修正
4. 移動所要コストの計算による移動行程の管理
5. 適切な対話誘導によるプランニングのサポート

本稿では、このような機能を誰にでも簡単に利用できることを目指し、単純かつ直感的な操作でユーザが自分の意思を正確にシステムに伝えることが可能なシステムインタフェースの構築を目的とする。その方法としては、特定のキーワードに限られた入力方式や、システムからの一方的な問いかけに答える形式では不

十分である。そこで、自然言語対話を用いた、双方主導が可能な対話インタフェースが必要であると考えられる。また、旅行の事前プランニングのみではなく、移動中のプラン作成や修正の必要性を考慮すると、音声認識機能を利用した対話によるシステム操作ができることが求められる。また、ユーザのプランイメージを具体化し、システムが把握している情報をユーザに示すために、訪問地設定中の情報や作成したプランなどの情報をユーザに対して効果的に表示する必要がある。本研究では、自然言語対話を用いたインタフェースによって、移動プラン作成のサポートサービスを提供するシステムの構築を目指す。

3. システム構成

ドライブプランニングシステムでは、移動プラン作成時の複数の訪問地やそれに付随する発着時間、日数、訪問地間の経路などのパラメータを対話によって設定する。我々はこれらのパラメータを設定するための日本語による対話インタフェースを構築した。システムの利用形態としては、まず始めに家庭用のパソコン上でテキスト入力やメニュー選択によってドライブプランを作成する。次にこのプランをカーナビ上にロードして、音声入力やメニュー選択によって詳細変更や項目の追加などを行ないながら、経路案内や計画進捗状況管理などに適用することを想定している。このシステムの構成を図1に示す。まず、言語解析においてユー

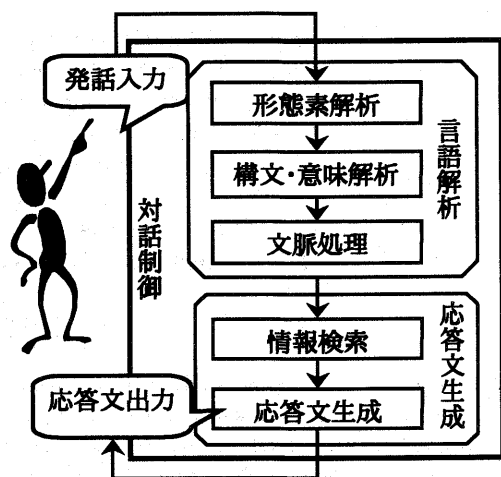


図1：システムの構成

ザの発話を解析し、システムの内部表現へ変換する。その結果に対して文脈から必要な情報を補完し、対話中の発話として解釈できるようにする。それに基づき情報検索を行ない、適切な応答を行なう。

4. 対話手法

この章では、本研究で実現したドライブプランニングシステムの対話インタフェース部分の具体的実現手法を述べる。対話インタフェースにおいては早いレスポンスが必要となる。そこで本システムでは、なるべく簡易な方法で言語解析を行なう方針をとる。

4.1 形態素解析

日本語の文章を解析する際には最初に、文を形態素に分ける必要がある。そのためにまず、あらかじめ用意した形態素辞書とデータベースを参照して、入力文を形態素列へと変換する。形態素辞書には、受理すべき文を想定し、その文に使われる全ての形態素を登録しておく。現在は、約 1400 の形態素を登録している。解析中の形態素が形態素辞書に登録されていない場合は施設名称などを登録したデータベースを参照する。データベースには約 10 万件の施設名や住所を用意している。

各形態素には、4.2 節に示す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、助詞などは、特に必要なもの以外は切り捨てる。また、辞書とデータベースのどちらにも登録のない形態素についても、不必要な形態素であるとして切り捨てる。このようにして生成される形態素列を次に行なう構文・意味解析への入力とする。

4.2 構文・意味解析

構文・意味解析では、構文解析と意味解析を同時に行なうことにより、軽い解析を実現する。

構文解析は、形態素に割り当てられた語義とその順序から解析を行なう。その例を図 2 に示す。構文解析のための文法は文脈自由文法を用いて階層化したオートマトンで記述する。オートマトンは意味解析で用いる意味構造のまとまりの単位にあわせて階層化する。各オートマ

トンには状態を表すノードとノードをつなぐアークを用意する。アークはプリミティブアークとノンプリミティブアークに分けられる。プリミティブアークには受理すべき語義を割り当て、この語義を受理する。この語義は文法を文脈自由文法で表現した際の終端記号に相当する。形態素を受理するとプリミティブアークに沿ってオートマトンを遷移する。また、ノンプリミティブアークでは意味的まとまりを受理するためにオートマトンを割り当てる。この意味的まとまりは非終端記号として扱う。図 2 ではノンプリミティブアークを太線の矢印で示している。この、オートマトン中のノンプリミティブアークに割り当てられたオートマトンを子オートマトンと呼ぶ。子オートマトンから見て、呼び出した側のオートマトンは親オートマトンとなる。ここでは施設オートマトンが親オートマトン、地理制約オートマトンが子オートマトンとなっている。オートマトンを遷移することでノンプリミティブアークに隣接するノードに達すると、ノンプリミティブアークに割り当てられた子オートマトンに遷移する。各オートマトンでは、終了状態に辿り着くとそのオートマトンを呼び出した親オートマトンに遷移する。本システムではオートマトン数が 12、総ノンプリミティブアーク数が 35、総プリミティブアーク数が 312 となっている。ひとつのノードから複数のノンプリミティ

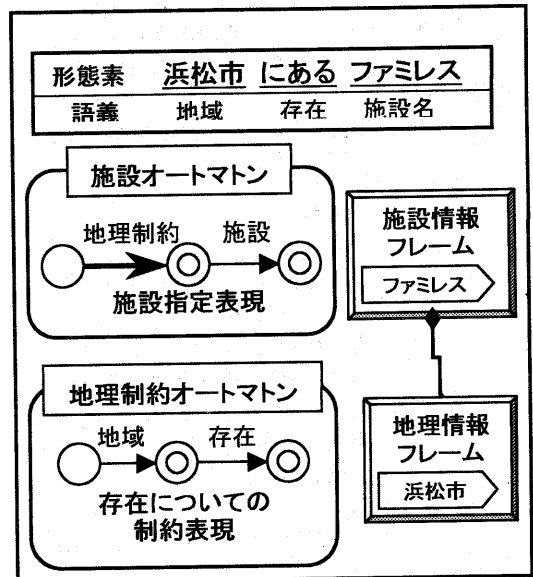


図 2 : オートマトンとフレームの例

ブアークが出ている場合などには、遷移先の候補が複数生成されるが、そのような場合には複数の遷移パスをパラレルに処理する。その際、形態素を受理しても遷移することが出来なくなったパスはその場で削除する。なお、オートマトンは文全体を受理した時点では複数の候補が残らないように設計する必要がある。

ドライブプランを立てる際に最も多く使われると予想される「施設を指定するための表現」を例にとって構文解析のためのオートマトン設計について説明する。施設を指定する表現は、基本的に以下の形で表すことが出来る。

施設指定

- = **{連体修飾句}**
 + 施設名または施設を指す代名詞
 + {動詞}

これをひとつのオートマトンで表す。{}は0回以上の繰り返しを表し、[]は省略可能を表す。太字は、非終端記号を示す。例えば連体修飾句には、距離や時間、地名などを指定する地理制約や、施設の種類を限定する、概念を指定する概念制約があり、それぞれの制約を指定するための規則が連体修飾句を受理するオートマトンの中で定義される。つまり、太字の部分はノンプリミティブアークで定義され、該当するオートマトンを呼び出す。細字部分はひとつ以上のプリミティブアークの連続で定義する。例の中にある「施設名または施設を指す代名詞」には「横浜駅」などといった施設の名称や「もの」「やつ」「の」などの代名詞にあたる語がある。また、「動詞」は「行く」、「にする」などがこれにあたる。施設を指定する文の例を示す。

- ① ファミレス **に行く**
 : 施設名+動詞
- ② 5分以内の **コンビニ**
 : 連体修飾句(地理制約)+施設名
- ③ 近くで **イタリアンの** レストラン
 : 連体修飾句(地理制約)+
 連体修飾句(概念制約)+施設名
- ④ 10km以内の **ファミレス** **に行く**
 : 連体修飾句(地理制約)+
 施設名+動詞
- ⑤ 近くの **もの**
 : 連体修飾句(地理制約)+代名詞

⑤の発話の場合は、施設を指す代名詞「もの」が何を指しているのかを特定する必要がある

ため、4.2節に示す文脈処理で照応先の特定を行なう。

構文解析と同時に進行する意味解析では、発話の意味構造をフレームの単位で表現する。オートマトンの階層構造は、このフレームで表される意味的まとまりに対応している。この意味表現は後の情報検索やGUI操作などで利用する。また、オートマトンの各アークには意味処理関数を用意しておく。構文解析でノンプリミティブアークを辿ることによって子オートマトンに遷移すると、現在見ているフレームと修飾・非修飾の関係を表す意味木(木構造フレーム)となるように新しくフレームを生成し、新しいフレームに移動する(図2では施設フレームから地理制約フレームへ移動している)。それぞれのフレームには必要な情報を書き込むスロットを用意しておき、形態素の受理によってプリミティブアーク上を遷移すると、フレームのスロットに必要な情報を書き込む。

最上階層のオートマトンには、我々が「着目フレーム」と呼ぶフレームを付与しておく。このフレームは発話文における話題の中心となるフレームを指すことになる。これは次の文脈処理の際に用いる。

4.3 文脈処理

言語解析によってユーザの発話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、図3のように代名詞や省略などの表現が使われるため、一つ一つの文を単独で処理するだけでは、必要な情報を全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

システム1: 次はどこへ行かれますか? ユーザ1: 浜松市にあるマクドナルド システム2: 12件が該当します。まずは、10件を表示します。 ユーザ2: 浜松駅の近くのは?

図3: 冗長な表現を避ける対話例

システム1: 次はどこへ行かれますか? ユーザ1: 横浜駅の近くのファミレス システム2: 7件が該当します。検索結果を表示します。 ユーザ2: デニースにする

図4: 下位語での言い換えの対話例

る文脈処理が必要となる。

また、図4のような対話では、ユーザの第2発話中の「デニース」は実際には「横浜駅の近くのデニース」であることを特定する必要がある。すなわち、文脈の照応によって普通名詞の referent を同定する必要がある。我々の日常生活で行な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、省略対称になりやすい。これは前方照応解析の研究のひとつであるセンター理論[2]で示されている。センター理論を考える場合、一般には Walkerらの研究[3]のように、照応先になりやすいものを、トピック(“は”で取り上げられた語)や主語(“が”で取り上げられた語)をランク付けするなどして、照応先を特定する必要がある。しかし、本研究におけるユーザの発話文を考えた場合、“は”や“が”といった表現をすることは、ほとんど無い。なぜなら、ユーザは情報を部分的に発話することが多いためである。そのため、発話文一文において照応先になりそうなものは、着目フレームで表現された対象を想定すれば十分である。したがって本研究では、この性質を利用して対話における話題の中心、すなわちユーザの注意が向けられている対象に注意しながら文脈解析を行ない、言語解析で得られた表現から曖昧性を除去する。

照応先の範囲としては、それまでの対話履歴中の情報全てを考える必要がある。さらに、本研究では4.4節で示すように作成されたプランをGUIで表示しているため、ユーザは画面を見ながら表示されている内容を照応するような発話(例えば既に設定した訪問地を想定し、“そこに行くのはやめる”など)をする可能性がある。したがって、照応先の探索範囲として、対話履歴だけでなく、GUI表示されているプラン中の項目も考えておく必要がある。照応に失敗した場合には照応先についてユーザに質問をすることによって問題を解決する。これは、人間同士の対話でも用いられる自然な振る舞いであり、最も効果的な方法であるといえる。

4.4 対話制御

本研究では、双方主導型の対話システムを目指す。そのために、ユーザからの発話に対しては、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なう。その一方でシステムは、昼時になれば昼食の設定を促すといった、ユーザが効率よ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解釈できるようにし、ユーザの発話の自由度を奪わないようにする必要がある。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。

4.5 GUI

より効率的な対話を行なうためには、それまでの対話によって設定された移動プランや訪問地などの詳細情報とともにシステムがユーザの発話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5に示すようにGUI上で表示する。左側にシステムの応答、ユーザの入力、対話履歴を示すウィンドウがあり、右側にドライブプランを示すウィンドウ、検索結果と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、ユーザの発話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。

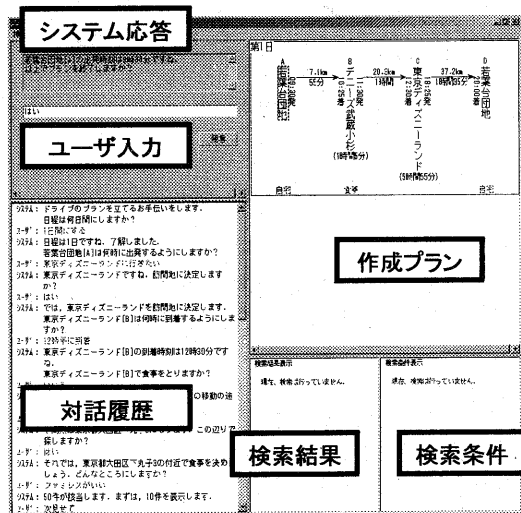


図5: GUI表示

4.6 DBと検索

ユーザから施設検索要求があったときは、DB からユーザ入力の内容にあった施設を検索する。システム内に用意されている情報検索用のデータベースは、全国の施設情報としてレストラン、遊園地、名所・旧跡などを約 94000 件、地域情報として都道府県・市区郡など約 6000 件を持っている。今後想定される移動中などの情報検索では、システム内データのみではなく、渋滞情報などといったリアルタイムでの情報を取り入れる必要がある。

5. 処理例

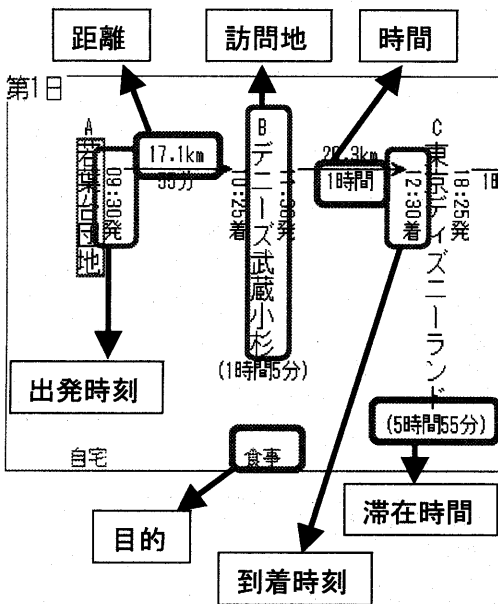


図 6：作成プラン例

次に、本システムで実現する対話例を示す。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: ドライブプランを立てるお手伝いをします。
 日程は何日間にしますか?
 U: 東京ディズニーランドに行きたい。
 S: 東京ディズニーランドですね。訪問地に決めますか?
 U: はい

- ...
 S: 若葉台団地[A]と東京ディズニーランド [B]の移動の途中で食事をとりますか?
 U: はい。
 ...
 U: やっぱり B は削除して。
 S: マクドナルド下丸子店を削除しました。

6. システムの評価

6.1 言語解析部の評価

(1) 評価方法

前章までに述べた手法の有用性を調べるために 2 つの評価実験を行なった。まずひとつ目に、言語解析部の評価としてシステムの言語能力に制限のない場合のユーザの入力をどこまで受け付けることができるかを調べた。

まず始めに工学部系の学生 42 名に対してドライブプランニングシステム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、用意した 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 文ずつ考えてもらった。このとき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)相手の発話であることは意識するように指示をあたえた。なお、設定したタスクに合わせて若干データベースの内容を追加している。

(2) 結果

作成してもらった文の受理率を調べた結果を表 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
 - ・文体の問題：想定していなかった文体を用いた表現
 - ・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前に言う表現
 - ・データベース上の問題：施設名などを省略形で指定する表現
 - ・検索条件：「おいしいレストラン」など、検索側で用意されていない検索条件で指定する表現
 - ・目的による指定：検索条件の問題の中でも「ラーメンを食べたい」「泊まる場所」など、目的のみで施設を指定する表現

表1：収集した例文の受理率

	タスク①	タスク②	タスク③	タスク④	タスク⑤	タスク⑥	合計
平均文節数	2.0	3.5	3.4	4.4	4.3	2.9	4.1
受理可能	25 19.5%	39 30.7%	46 35.7%	66 52.0%	80 63.5%	50 39.7%	306 40.1%
受理不可	103 80.5%	88 69.3%	83 64.3%	61 48.0%	46 36.5%	76 60.3%	457 59.9%
合計	128	127	129	127	126	126	763
受理不可要因							
語彙不足	5 3.9%	8 6.3%	25 19.4%	29 22.8%	10 7.9%	8 6.3%	85 11.1%
文体の問題	6 4.7%	3 2.4%	3 2.3%	7 5.5%	3 2.4%	1 0.8%	23 3.0%
倒置文の使用	1 0.8%	5 3.9%	26 20.2%	24 18.9%	17 13.5%	10 7.9%	83 10.9%
データベース上の問題	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 6.3%	8 1.0%
検索条件	0 0.0%	2 1.6%	8 6.2%	1 0.8%	2 1.6%	0 0.0%	13 1.7%
目的による指定	78 60.9%	70 55.1%	21 16.3%	0 0.0%	14 11.1%	43 34.1%	226 29.6%

タスク①食事をするための店を探す

タスク③エッソ以外のガソリンスタンドを探す

タスク⑤現在地から10分以内で行ける駐車場を探す

タスク②浜松駅の近くで食事する

タスク④現在地から5km以内のコンビニを探す

タスク⑥浜松市内でホテルを探す

・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

受理可能なものが40.1%であるのに対して受理不可能なものは59.9%となっている。また、受理不可能な要因のうち、言語解析部の問題で受理できないものは、語彙不足、文体の問題、倒置文の使用の3つの問題で、収集した文全体の25%がこれらの問題で受理不可能となっている。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文全体の29.9%となっている。今後は言語解析部の問題で受理不可能なものへの対応を検討する必要がある。

(3) 考察

全体的な受理率としては低くなっている。その原因の主なものとしては語彙不足、倒置文の使用、目的による指定が挙げられる。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・意味解析用オートマトン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。これら2つの要因を取り除くことで、言語解析側の受理率を60.2%まで上げることが可能となる。また、全体的な受理率が低くなっている要因として、実際のシステムの機能などを詳細に説明せず、ユーザとして自由に入力する場合に、入力したい文を作成してもらったことも上げられる。このため先に述べた言語解析的対応のほかに「目的による指定はできない」などの簡単なインストラクションによって約90%まで受理

率を上げることも可能となる。しかし、目的による指定のなかでも「食事する」など必要性の高いものの受理については検討の必要がある。

6.2 総合評価

(1) 評価方法

5章までに述べた手法の二つ目の評価として、工学系の大学生と大学院生合わせて6名と事務職員2名に、実際にシステムを使用してもらった。被験者には、2日以内の家族旅行を計画すると想定してもらう。また、自由な対話を引き出すため、被験者に提示する情報は、システム特有の問題点をまとめた最小限のものにとどめた。被験者の入力にはキーボードを使用した。

システムの評価として、定量的な評価および被験者の主観的評価を行なった。定量的な評価では、実験において発話された文から、意味理解率・文脈処理成功率について行なう。これらは、被験者の発話に対して、我々が想定する意味表現(木構造フレーム)が得られた場合に正解とした。また、主観的評価では、実験後に被験者に7段階のアンケートを行なった。

(2) 結果

実験の結果を表に示す。表2には意味理解率、表3には文脈処理成功率を示す。表2の意味理解率において、辞書による失敗は、我々の想定した辞書に無い未知語の入力によって意味理解に失敗した割合を示す。また、構文・意味解

析の失敗は、定義したオートマトンで受理できないものや、意味処理の定義が適切でない場合に失敗した場合である。

文脈処理成功率の失敗原因である直前の意味理解の影響は、直前の意味理解の失敗により、誤った情報を補完してしまう場合である。

主観的評価としてアンケート調査を、7段階で行なった。結果は、使いやすさ(4)、システムの応答時間(5.1)、表示の見やすさ(4.9)、システムからの応答の適切さ(4.6)であった。これらは、どれも平均値(4)を超える結果であったことから、その有用性が感じ取れる。

表2：意味理解率

	成功	失敗	
		辞書	構文・意味解析
頻度	464/509 (91%)	41/509 (8%)	9/509 (2%)

表3：文脈処理成功率

	成功	失敗	
		アルゴリズムの問題	直前の意味理解の影響
頻度	155/188 (82%)	12/188 (7%)	21/188 (11%)

(3) 考察

実験の結果から、意味理解率において辞書が原因で失敗となる場合が8%であることが分かる。したがって、辞書を追加することで、さらに意味理解率は向上することが期待できる。文脈処理成功率においては、意味理解率が上がることでさらに精度が上がると考えられる。一方、アルゴリズムによる失敗としては、検索結

果がヒットしない場合の条件を継承してしまう場合がほとんどであり、検索条件の打ち切りに関しては、今後、さらに検討が必要である。今回の実験は、被験者はキーボード入力であり、また、入力できる文体を見せなかったことから、表4に示すように全体的にキーワード入力が高い割合を占めていた。これに対して言語解析部の評価実験では図7に示したように文節数の平均は4.1個であったが、考察に示した方法をとることで今回の実験と同程度の受理率にすることが可能である。

7. まとめ

本稿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た。現在のところ、実装を行なったシステムでは、自然言語による複数の訪問地や日程の設定が可能となっている。また、訪問地設定の文よりさらに複雑な経路を設定する文に関しても、訪問地設定用の言語解析方法を応用することで解析可能であり、実装に関してもほぼ完了している。

本システムを使った評価実験においては、使いやすさなどの面において好評を得ることができた。今後の課題としては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や、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などが挙げられる。

参考文献

- [1] 秋山泰三, 丹羽教泰, 渡部眞幸, 富樫実, 小西達裕, 伊東幸宏. “カーナビゲーションシステムにおける日本語インタフェースの構築”. 情報処理学会研究報告 Vol.99, No.ITS-2, pp.53-60, 1999.
- [2] Barbara J. Grosz, Aravind K. Joshi, and Scottie Weinstein. “Centering: A framework for modelling the local coherence of discourse”. *Computational Linguistics* 21(2), pp.203-255, 1995.
- [3] Marilyn Walker, Masayo Iida, and Sharon Cote. “Japanese discourse and the process of centering”. *Computation Linguistics* 20(2), pp.193-233, 1994.

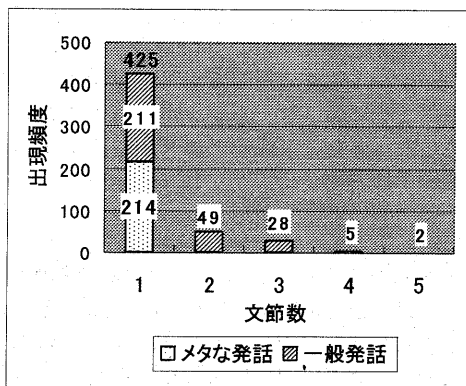


図7：各発話文における文節数