

歩行者ナビゲーションにおける情報伝達の利用者適応の分析

杉山 聡 赤埴 淳一 小暮 潔

NTT コミュニケーション科学基礎研究所
〒 619-0237 京都府相楽郡精華町光台 2-4
{sugiyama,akahani,kogure}@cslab.kecl.ntt.co.jp

本稿では、歩行者を目的地までナビゲートする対話において、歩行者にどのように適応して情報が伝達されているかを分析した結果について述べる。計算機システムを誰もが使いやすいように設計するためには、利用者に適応して情報を伝達する技術が重要となる。特に、歩行者をナビゲートする対話システムでは、利用者の周辺地理に関する知識などに応じて、目的地までの経路を案内しなければならない。我々は、このような対話システムを実現するために、人間が歩行者をナビゲートする際に、どのように歩行者に適応した情報を伝達しているのかを収集し、分析した。対話データを分析した結果、歩行者の周辺地理に関する知識の有無に応じて、発話ターン数に統計的に有意な差があることを示す。さらに、ランドマークや方向指示の表現が、歩行者に応じて選択されていることを示す。

Analyses of User Adaptive Interaction in Route Advice Dialogues

Akira Sugiyama Jun-ichi Akahani Kiyoshi Kogure

NTT Communication Science Laboratories
2-4, Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-0237 Japan

This paper describes empirical analyses of user adaptive interaction in route advice dialogues. User adaptation is an important technology to design computer systems so that everyone can use the systems without any barriers. In particular, interactive route advice systems should show users the way according to the users' properties, especially to users' knowledge on the region in question. To realize such dialogue systems, we have collected and analyzed how adaptively people advises routes. In this paper, empirical analyses show that there are significant differences in the number of dialogue turns according to users' knowledge on the region. We also show that landmarks and directions are described differently according to users.

1 はじめに

計算機の発展とともににより多くの人が計算機を使うようになり、計算機システムを誰もが使いやすいように設計することが重要になってきている。計算機システムを誰もが使いやすいように設計するためには、利用者に適応して情報を伝達する技術が重要である。具体的には、歩行者を音声やテキストでナビゲートする対話システムでは、利用者の周辺地理に関する知識や利用者自身の特性などに応じて、目的地までの経路を案内しなければならない。このような対話システムを実現するために、人間が歩行者をナビゲートする際の対話を収集し、どのように歩行者に適応した情報の伝達の仕方をしているのかを分析した。

計算機を使いたくない利用者などに使いやすいインターフェイスとして、対話システムの実現を目指した研究が行われてきた。プランニングの技術を利用した対話システムの研究では、対話相手の背景知識の有無などで対話の進め方を適応させる方法が提案されているが、対話の進め方の規則の構築が困難であることなど、実用的な対話システムに適用するのは容易ではない。音声認識技術の進展とともに、実用的な音声対話システムの実現を目指した研究が盛んに行われるようになった。これらのシステムでは、比較的容易に対話の進め方の規則が構築できる。しかし、現状の対話システムの多くは、典型的なユーザを想定してもっともらしい動作をするように設計されていて、利用者の背景知識や特性などに適応して動作するようには出来ていない。一方、Web 検索などの分野では、検索の精度を高めるために利用者の示した興味のある分野の情報や閲覧履歴などを利用する方法が提案され、その効果が示されている。対話システムにおいてもこのような利用者への適応、すなわち、利用者に適応して対話を進めることや表現を選択することが重要である。

本稿では、実際の対話において対話の進め方や使う表現にどのような適応現象がみられるのかを分析する。対象としては、携帯電話のみで歩行者をナビゲートする対話を使用する。

以下では、まず情報提供における利用者適

応に関連した研究を概観する。3節でナビゲーション対話を収集した実験の概要を述べ、4節でナビゲータの対話の進め方や表現の選択の利用者への適応を分析した結果を述べる。

2 関連研究

これまでに、利用者に適応した表現の生成や応答をする研究が、プランニングの技術を用いたテキスト生成や対話システムの研究で行われてきた。テキスト生成の研究では、同じ内容を異なる表現で生成する方法が提案されている [5]。この研究では、文章が読み上げられる場の環境や、内容に対する聞き手の知識や興味や態度などに応じた生成の方法をプランニング技術の枠組みで提案している。同様の技術を用いた対話システムの研究では、利用者の背景知識に応じて説明方法を適応するシステム [1] や、利用者の信念などを把握することで問題解決の際に適切な証拠を提示する [2] などの利用者への適応に関する研究が行われてきた。これらの研究では、利用者適応の各側面をプランで扱うためのモデルが示されている。本研究では、人間が歩行者をナビゲートする対話で、歩行者の特徴をどのように獲得し、どのような利用者適応の現象がみられるのかを改めて調査する。

近年、音声認識技術の発達もあり、タスク遂行を目的とした実用的な音声対話システムを実現するための研究が行われている。これらの研究で提案されているシステムでは、オートマトンやフレームを用いてシステムの内部状態がモデル化され、内部状態に応じたシステムの動作の規則が対話の進め方の知識として記述される。これらのシステムを構築するには、対話の進め方に関する知識や、意図から表現を生成する知識をシステムの設計者が記述しなくてはならない。設計者は、内省や、人間どうしの対話などから、経験的に対話の進め方の知識を構築する。対話の構造のモデル [4, 7] や、会話分析から得られた知見なども利用されるが、これらは対話の一般的な現象をモデル化したものである。現在ある対話システムの多くは、典型的な利用者を想定してもっともらしい動作をするように設計されている。

設計者が経験的に構築していた対話の進め方の知識を、発話行為タグを付加した音声対話コーパスから、強化学習の手法を利用して構築しようとする研究 [6] や、システムの発話にかかるコストを定義し、発話コストが最小となる発話を選択することで最適な対話の規則をモデル化する方法の提案がされている [3]. これらの研究においては、学習の際の評価基準や発話コストをどのように定義するかが問題となる。これらには、タスクの達成度や発話数などが用いられ、ここでも利用者の特性に応じた最適化は考えられていない。しかし、利用者は利用者自身の評価尺度を持っているため、利用者に満足されるためには、そのような評価尺度の固有性を考慮しなければならない。このような利用者固有の評価尺度と、利用者の観測可能な特性との間の関連性を得ることが本研究の目的である。

3 歩行者ナビゲーション対話の収集

本節では、人間どうしの音声での道案内対話の収録実験の環境などを説明する。

3.1 歩行者ナビゲーションタスク

本研究の目的は経路を説明する際の対話の進め方やランドマークなどの表現方法の利用者の特性への依存性を調べることである。したがって、歩行者の特性以外の条件がなるべく同一になるように実験を設計した。具体的には、ナビゲータ役の被験者が歩行者役の被験者をあらかじめ指定された目的地まで、あらかじめ指定された経路で誘導する課題を使用する。この際、ナビゲータは歩行者の持つ携帯電話を介して音声のみで誘導する。

3.2 実験設定

誘導するコースは京都市内の繁華街周辺に3コース設定した。各コースとも徒歩で10分程度の距離である。ナビゲータ役と歩行者役の両方とも、実験のために被験者として外部から募

	知識あり		知識なし	
	男性	女性	男性	女性
学生	3	3	3	3
社会人	3	3	3	3
中高年	3	3	3	3

表 1: 歩行者役のカテゴリ別の人数

集した。

ナビゲータ 条件をそろえるため、各コースのナビゲータを固定した。したがって、ナビゲータ役の被験者は3人である。ナビゲータ役として集めた被験者は、コースの周辺の地理に明るい人を集めた。また、実験の前に一度コースの下見をさせている。ナビゲータ役には、あらかじめ定められたコースに沿って歩行者を誘導すること、コースの途中に定めた地点に歩行者が到着したら、歩行者に回りの状況を聞くことの2つの制約以外は、自由にナビゲーション対話を進めるように教示した。ナビゲータは実験ブースの中から電話を通して歩行者と対話する。また、ナビゲータ用の資料として地図を用意した。

歩行者 歩行者役の被験者は、実験者によってスタート地点に連れられ、携帯電話を渡される。歩行者役は、ナビゲータからかかる通話を携帯電話で受け、その誘導にしたがって移動するように指示した。目的地に到着するまでは電話を繋いだままとし、いつでもどちらからでも、自由に話して良いと教示した。目的地やコースはあらかじめ教えられておらず、地図をみるとや周りの人に聞くことは禁止した。

本実験では、ナビゲーション対話の進め方や、誘導の際に利用するランドマークの選択などに、歩行者の周辺地理の知識の有無や年齢などが関係すると仮説を立て、年齢層(学生、社会人、中高年)、京都市内の地理に関する知識の有無、性別で均等に分布するように歩行者役の被験者を合計36人集めた(表1)。

各歩行者が3コース歩くので、合計108対話が収録された。対話例を図1に示す。

N その道にできましたよね
 W はい
 N その道をえ右の方へ
 W はい
 W 四つ角を右ですね
 N はい曲がっていただけますか

図 1: 対話例 (N: ナビゲータ, W: 歩行者)

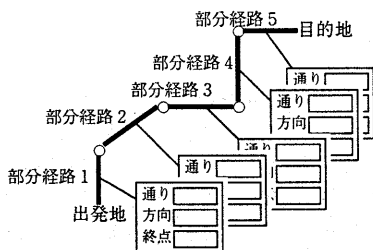


図 2: ナビゲーションタスクのモデル

4 分析

4.1 ナビゲーション対話の構造

音声でのナビゲーションでは、テキスト表示の場合のように目的地までの経路を一度に伝えるのではなく、いくつかの部分経路に分割して、歩行者の移動に合わせて部分経路ごとに経路情報が伝達されることが観測された。部分経路への分割は、歩く通りが変わる場合や大きな道路などを横断する場合に分割されている。ナビゲーションタスクは、図2に示したように経路を、通りや方向や終点などを属性として持つ部分経路に分割し、それぞれの部分経路の属性の値を歩行者の移動に合わせて適切に伝達していくタスクであるとモデル化できる。

収録したナビゲーション対話では、部分経路の通りや方向などを指示することを目的とした部分対話と、歩行者の位置を確認しあうことを目的とした部分対話の2つの部分対話で主に構成されている。例えば、図2の1番目の部分経路の通りと方向と終点を指示することを目的とした部分対話が行われたのち、歩行者の位置を確認しあう対話が行われる。歩行者

者が終点に近づくと、2番目の部分経路の通りと方向を指示する対話が始まるというように対話が構成される。

一度の部分対話で指示する経路情報の量や部分対話の出現のパターンは一定ではない。例えば、図2の3番目と4番目の経路情報を一度に指示する部分対話が現れたり、歩行者の位置を確認しあう対話がなかったりする場合が見られる。利用者に適応した対話システムの構築という観点では、1) どこまで先の部分経路の経路情報をどのタイミングで指示するか、2) どれだけ歩行者の位置を確認しあうかなどの選択の基準に、利用者の特性がどのように関係しているかを知ることが必要である。

それぞれの部分対話の進め方にも様々なものが観察された。例えば、次の通りを特定する対話では、通りを直接表現する(通りの名前や大きさなどの特徴で表現する)方法や、ランドマーク(看板や店)などを利用して間接的に表現するなどの方法が観察された。

また、同じ対象を伝える表現も様々みられ、例えば通りを伝える場合でも、名前で伝える場合や通りの大きさで表現する場合などが見られる。

4.2 発話ターン数

出発地から目的地までに発話された発話ターン数¹で、歩行者の年齢層、京都市内の地理に関する知識の有無、性別ごとで違いがみられるかを調べた。コース1をナビゲートする32対話を対象に、それぞれの特性をもった歩行者との対話ごとに集計した、発話ターン数の平均と分散を図3のグラフに示す。横軸に分類した特性を、縦軸に発話ターン数を取り、平均発話ターン数を中心に標準偏差の分だけ上下に伸ばした縦棒で表した。性別による差はあまり見られない。一方、知識の有無では明確な違いがあり、知識がない歩行者を相手にした対話の方が発話ターン数が多いことが見て取れる。知識の有無に関するt検定では、 $p < 0.01$ で有意な差が確認された。また、年齢層では、高齢者になるほど発話ターン数が増える傾向にある。

¹話者の交代または400msの空白を発話単位の区切りとした。

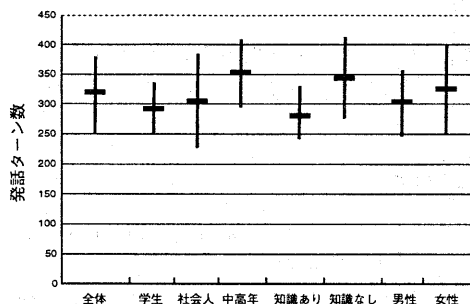


図 3: 発話ターン数の比較 (コース 1)

三者間での分散分析では、 $p < 0.05$ で有意な差がみられた。Scheffe の方法による多重比較では、学生と中高年のグループ間で $p < 0.07$ で差が確認された。他の 2 コースでも同様の傾向が見られた。

4.3 利用者適応の分析

経路情報の伝達方法 経路情報を伝えていく方法は、現在の部分経路の終点をまず指示し、歩行者が終点に近づいてから次の通りと方向を指示する方法と、終点は直接指示せず、次の通りと方向を指示する二通りが主に観察された。どの部分経路で、どちらの方法をとるか、またどのタイミングで情報を伝達するかに関して、相手への適応の現象は認められず、だいたい一定している。この選択には、対話相手の特性よりも、地理的な要因による説明の難しさや分かりやすさが影響していると思われる。例えば、次の部分経路が狭い道を通る場合や、近くに別の道路がある場合などは終点まで誘導してから次の通りを説明する方法をとるが、大通りの場合には直接通りを指示するなどの選択がなされている。

また、コース 1 を担当したナビゲータの対話を分析したところ、経路情報を使う際に利用する店舗や看板などのランドマークは、利用者によらず一定していた。

現在地の確認の頻度 本実験で収集した対話では、歩行者の位置を確認しあう部分対話が頻繁に観察された。歩行者の位置を確認しあ

	知識あり	知識なし	t 値
発話ターン数	58.6	81.2	1.70*
問いかけの数	6.0	8.4	2.37**

表 2: 歩行者の位置を確認する対話の発話ターン数とナビゲータの問いかけの数の平均の比較 (コース 1) [* $p < 0.01$, ** $p < 0.02$]

う部分対話には、移動中に歩行者が目につく店や看板などを伝える対話や、歩行者が指示された場所に近づいたことをナビゲータに伝える対話、そこが正しい場所であることを確認しあう対話などが含まれる。

歩行者の位置を確認しあう部分対話の頻度と知識の有無の間の関係を分析した。対象としてコース 1 の対話を取り上げ、(1) この部分対話に費やされた発話ターン数、(2) ナビゲータが位置を問かける発話の一对話あたりの出現数を比較した。ここでナビゲータが問かける発話とは、例えば、「まわりに何が見えますか?」「角の店の名前はわかりますか?」のような発話である。結果を表 2 に示す。統計的に有意な差で、知識のない歩行者に対してときの方が多くの発話数が歩行者の位置の確認の対話で費やされ、歩行者の位置の問いかけが多くされていることがわかる。知識のない歩行者を相手にした場合には、より慎重に位置を確認しあう傾向があることがうかがえる。

ランドマークや通りの表現 店舗や看板などのランドマークや、次の通りなどを歩行者に伝える際の、表現の使い分けに適応の現象がみられるかを、コース 1 の対話を対象に調べた。まず、経路の途中に「四条通り」という通りを通るところがあり、ナビゲータのこの通りを説明する表現の使い分けをみると、32 人の歩行者に対して「大きな通り」や「四条通りという大きな通り」という表現を使い、「四条通り」と通りの名前だけで伝えたのは 4 人に対してだけであった。この 4 人との対話では、四条通りに到達するまでに歩行者が四条通りに言及していた対話が 2 つあり、他の 2 つの対話でも「ここは祇園縄手通りですね」などのように歩行者が別の道を、通りの名前を使って発話し

ていた。相手が通り名を使っていたということが、このナビゲータの場合の表現の選択に影響していると思われる。

また、「セブンイレブン」があることを歩行者に伝える場合にも、「セブンイレブン」と表現する場合は21対話で、「セブンイレブンというコンビニエンスストア」というように、店の種類まで表現する場合は15対話あった。中高年の年齢層に属する歩行者12人中の11人に対して店の種類まで伝えていた。この場合の表現の選択と、歩行者の年齢に依存関係があることが観察された。

方向の指示表現 方向を指示する場合に、右や左といった利用者の状況に依存する表現を使う場合と、東西南北のような絶対的な表現で指示する場合がある。これらの表現の使い分けに、歩行者への適応の現象がみられた。具体的には、歩行者が東西南北を使って位置を説明したり、右や左を使ったナビゲータの指示を東西南北で言い換えて確認した場合、ナビゲータはその後の指示で、東西南北を使うようになる現象がみられた。

5 まとめ

本研究では、歩行者を対象とした人間どうしのナビゲーション対話を、利用者適応という観点から分析した。実験設定で経路を固定したこともあり、部分経路への分割で適応の現象はみられなかった。また、部分経路ごとの経路情報の伝達の方法やタイミング、説明に利用する目印などに差は見られなかった。歩行者の位置を確認する部分対話の発話数や、ナビゲータが位置の情報を要求する数は、歩行者の周辺の地理の知識の有無で違うことが分析された。また、ランドマークや方向の指示表現も、歩行者の使う表現に合わせる傾向が見られることも観察された。

今後は、より詳しく利用者への適応の現象を分析するとともに、利用者に適応した情報提供をおこなうモデルを構築し、ナビゲーション対話システムの構築を行っていく予定である。

謝辞

本研究は、科学技術振興事業団CRESTプロジェクトとの共同研究により行われました。

参考文献

- [1] Alison Cawsey. *Explanation and Interaction*. The MIT Press, 1992.
- [2] Jennifer Chu-Carroll and Sandra Carberry. Collaborative response generation in planning dialogues. *Computational Linguistics*, Vol. 24, No. 3, pp. 355-400, 1998.
- [3] 堂坂浩二, 相川清明. 対話コスト最小化原理に基づく対話制御. 言語処理学会第7回年次大会発表論文集, pp. 518-521, 2001.
- [4] Barbara J. Grosz and Candace L. Sidner. Attention, intentions, and the structure of discourse. *Computational Linguistics*, Vol. 12, pp. 175-204, 1986.
- [5] Eduard Hovy. Generating natural language under pragmatic constraints. *Journal of Pragmatics*, Vol. 11, pp. 689-719, 1987.
- [6] Diane J. Litman, Michael S. Kearns, Satinder Singh, and Marilyn A. Walker. Automatic optimization of dialogue management. In *Proceedings of 18th International Conference on Computational Linguistics*, 2000.
- [7] David R. Traum. *A Computational Theory of Grounding in Natural Language Conversation*. PhD thesis, University of Rochester, 1994.