

# 公共交通利用に際した個人特化型情報提供手法に関する研究

中村, 啓之

<https://doi.org/10.15017/1785420>

---

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

公共交通利用に際した個人特化型  
情報提供手法に関する研究

中村 啓之

平成 28 年 7 月

情報知能工学専攻

# 目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.1.1 はじめに	1
1.1.2 公共交通と情報提供に関する要件	3
1.1.3 エージェントによる情報提供の意義	3
1.1.4 情報提供手法の定義	4
1.2 本論文の目的	5
1.2.1 情報提供手法の研究目的	5
1.2.2 PATRASH の提案	6
1.2.3 Adaptive User Interface(AUI) とエージェントを用いた手法の目的	7
1.3 本論文の構成	7
第2章 関連研究	8
2.1 公共交通利用における情報提供に関する研究	8
2.2 AUI を用いた情報推薦に関する研究	9
2.3 GPS 等を用いた, 出発地点・到着地点を推測する手法に関する研究	11
第3章 バスの遅れを考慮した情報提供法	14

---

3.1	バスの遅れ考慮手法概略 . . . . .	14
3.2	バスの遅延モデル . . . . .	14
3.3	遅延に対する補正情報の提供法 . . . . .	16
3.4	BDAPI の評価 . . . . .	17
<b>第 4 章</b>	<b>ユーザの行動と情報提供手法の提案</b>	<b>19</b>
4.1	情報提供手法の提案 . . . . .	19
4.2	AUI エージェントの提案 . . . . .	25
4.2.1	提案概要 . . . . .	25
4.2.2	MR 法 (Manual Route finding method) . . . . .	25
4.2.3	TF 法 (decision Tree Finding method) . . . . .	26
4.2.4	TFP 法 (decision Tree Finding Plus method) . . . . .	26
4.2.5	TFD 法 (decision Tree Finding with Displayed result method) . . . . .	26
4.3	ユーザの移動履歴 . . . . .	27
4.4	ユーザと環境に依存するのコンテキスト . . . . .	27
4.4.1	動的なコンテキスト . . . . .	27
4.4.2	静的なコンテキスト . . . . .	28
<b>第 5 章</b>	<b>事前調査とサンプルの評価</b>	<b>30</b>
5.1	情報提供の対象地域と特性 . . . . .	30
5.1.1	九州大学伊都キャンパスの特性 . . . . .	30
5.1.2	伊都キャンパス周辺の交通環境 . . . . .	31
5.2	K サンプルの収集 . . . . .	33
5.2.1	K サンプルの概略 . . . . .	33

---

5.2.2	K サンプルの特性評価 . . . . .	33
5.3	公共交通利用者の利用ルート分類 . . . . .	33
5.3.1	ルーチンルートと非ルーチンルート . . . . .	33
5.3.2	K サンプルの利用ルート分類 . . . . .	35
<b>第 6 章</b>	<b>ユーザの行動履歴による推薦精度比較</b>	<b>40</b>
6.1	推薦精度比較概要 . . . . .	40
6.2	推薦手法の提案 . . . . .	41
6.2.1	N 方式 . . . . .	41
6.2.2	F 方式 . . . . .	41
6.2.3	TF 方式 . . . . .	42
6.2.4	TFP 方式 . . . . .	42
6.3	K サンプルを用いた精度比較 . . . . .	42
6.4	精度のまとめ . . . . .	43
<b>第 7 章</b>	<b>試作システム PATRASH 初版の試行</b>	<b>47</b>
7.1	試作システムの概要 . . . . .	47
7.2	試作システムの評価 . . . . .	49
7.3	評価結果 . . . . .	50
<b>第 8 章</b>	<b>PATRASH による情報提供評価</b>	<b>53</b>
8.1	概要 . . . . .	53
8.1.1	クライアントアプリ概略 . . . . .	53
8.1.2	サーバサイドエージェント概要 . . . . .	54
8.2	サービスの提供 . . . . .	55
8.3	他のサービスとの比較検討 . . . . .	56

---

第9章 結論	70
9.1 本論文のまとめ . . . . .	70
9.2 終わりに . . . . .	71
謝辞	74
参考文献	77

# 図目次

3.1	BD-API: バス遅延 API	18
4.1	メイン画面	22
4.2	MIC 表示画面	23
4.3	検索画面	24
5.1	伊都キャンパス周辺の路線図	31
5.2	ID1 被験者の移動履歴	35
5.3	ルーチン・非ルーチンなルート選択比率	37
5.4	午前における, ルーチン・非ルーチンなルート選択比率	38
5.5	午後における, ルーチン・非ルーチンなルート選択比率	39
6.1	精度比較	45
6.2	平均精度比較	46
7.1	画面の遷移・相関図 (PATRASH 初版)	48
8.1	PATRASH3D を斜め上から俯瞰した図	58
8.2	起動時の画面 (PATRASH3D)	59
8.3	MIC を選択し右に回転した図	60
8.4	MIC を選択し右に 2 度回転した図	61

8.5	出発地点, 到着地点を設定 PATRASH3D . . . . .	62
8.6	検索時刻を設定. PATRASH3D . . . . .	63
8.7	エージェント構成図 . . . . .	64
8.8	バス運行情報データベース構成 . . . . .	65
8.9	ユーザの検索履歴情報 . . . . .	66
8.10	ユーザアカウントの管理情報 . . . . .	67
8.11	PATRASH がインストールされた回数 2016年2月1日から3月20日	68
8.12	PATRASH が起動された回数 2016年2月1日から4月20日 . . . . .	69
8.13	頻繁に利用するユーザと試用のみするユーザの割合 . . . . .	69



# 表目次

3.1	Performance of Response of BDAPI . . . . .	17
4.1	サービスの対象者となる九州大学の構成, (2015 年度) . . . . .	29
5.1	K サンプル被験者 . . . . .	34
5.2	被験者の利用バス停・駅, 総数 . . . . .	34
5.3	出発地と到着地のペアとなる割合 . . . . .	36
6.1	推薦精度の比較 . . . . .	44
6.2	相関係数 . . . . .	44
7.1	クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Yahoo) . . . . .	50
7.2	クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Jorudan) . . . . .	50
7.3	被験者 . . . . .	51
7.4	平均クリック回数 . . . . .	51
7.5	検索時間 (被験者 3 名) . . . . .	51
7.6	クリック回数の減少率 (被験者 3 名) . . . . .	51
7.7	クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Yahoo) . . . . .	52
7.8	クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Jorudan) . . . . .	52
8.1	3つの乗換え案内アプリの比較 . . . . .	57

---

8.2 画面を更新する際にかかるコスト比較 . . . . .	57
---------------------------------	----

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 研究の背景

#### 1.1.1 はじめに

より高性能な携帯端末の普及により，現代の社会生活は大きな転換期を迎えている．かつて予想されていた以上の速度でコンピューティング環境は進化している．<sup>[40]</sup> 特に，携帯端末とインターネット，センサ類の性能向上は著しい．それらにより利用者は多大な利便性の向上を享受している．現実世界においては，情報の移動だけでなく，物品の移動も<sup>[1][6]</sup>は多くがネット上のサービスを利用することで円滑に行われる．しかし，ユーザ自身の移動を考える場合，そのコストを劇的に下げる手段は存在していない．従来通り，近距離であれば徒歩や自転車を用いるのが自然である．また，中距離・遠距離の移動を行う際，旅行者は飛行機・電車・バス，自動車の中から移動手段を選択することになる．この場合，利用者にとって公共交通機関が最も利用可能な手段となる場合が多い．日本に於ける公共交通網は，他国と比べても十分，利用者にとって発達しているといえる<sup>[13]</sup>．公共交通の利用は，エネルギー問題や自動車の渋滞緩和などの観点からし

でも施策として推奨されている。

本論文は、公共交通を利用するユーザにとって、どのようなサービスの情報提供が携帯端末を通して行うこと有益であるかを論じる。一つの手法としてエージェントによる情報提供が様々な応用例として研究されている。本論文では、携帯端末を通じ適切な情報を個人々人に対して提供する枠組みを提案する。これを個人特化型情報提供と定義する。また、エージェントを用いて、ユーザのコンテキストや利用履歴情報をユーザ毎に収集し、そのフィードバックを情報提供に利用する。これにより、さらにエージェントは個人的した情報提供の確度を増すことができる。また、公共交通を利用するユーザは、ある程度行動パターンに規則性<sup>[24]</sup>を持つ場合が多いと想定している。<sup>[28]</sup>において、公共交通機関の利用者には(降車後の行動に於いて)明確な行動パターンがあることが分かった。この行動パターンをエージェントは学習する。同時に、エージェントが規則性を持ったユーザに対しては、ユーザ自身のコンテキスト、及び、サービスの利用履歴(ヒストリ)により、適した情報提供(推薦)が行えることを示す。

本論文に於いて、構築し運用を行なったシステムを特に PATRASH と呼称する。PATRASH は Personalized Autonomous TRANsportation recommendation System considering user context and History の略称である。本論文では、PATRASH による、公共交通の情報提供手法を通し、よりユーザの立場にあった個人に特化した手法に関して論じる。特に、本論文で述べる PATRASH の主要となるユーザは、九州大学伊都キャンパスと生活が密接に関係する人々となる。これにより、地域性を限定することで、システムはサービスの提供の実証する際に有用なユーザコンテキストを限定できる。ユーザの利用履歴に関してもはユーザがサービスを提供を受けていく上で必要となる情報以外は取得しない。言い換えると、PATRASH 上では、全てのユーザが匿名性を持って扱われている。本論文では、PATRASH3D と呼称するクライアントシステムを iOS 版・Android 版を作成・公開した、誰でも入手・使用できるよう、App Store, Google Play を通じて公

開している．本論文はその配布結果についても言及する．

### 1.1.2 公共交通と情報提供に関する要件

本論文において述べる，公共交通機関は利用者が日常的に用いる交通機関と限定する．従って，海外への船・飛行機による旅行や，タクシーを用いた車での移動は除外した上で，バス・地下鉄・鉄道を公共交通の要件とする．情報提供もそれらの公共交通機関の範囲内での路線情報，特に交通機関の時刻案内及び路線・乗換案内に限定する．乗換え案内を含めた経路探索の手法は<sup>[53][47]</sup>等多く研究されている．本論文では，経路探索の手法は扱うバス・電車の路線を限定した為，特に新しい手法は用いていない．また，日常的な利用との観点から，一部実験においては，携帯端末の GPS 機能をシステム起動時に利用することを仮定した上で実験・評価を行っている．しかしながら，現状，他の多くの実験においては常に携帯端末のセンシング機能を有効にした上で実証を行っている例も多く散見できる<sup>[50]</sup>．本論文では，ユーザの行動履歴の収集はシステムの起動・操作時のみを行うことを前提としている．起動時におけるユーザとのインタラクション及び，操作履歴の収集は，次の情報提供における有用性がある．また，システムはユーザは各々にあった情報を個人に特化した形で提供できる．のみならず，ユーザへのプライバシーを考慮した上での情報提供を行える．

### 1.1.3 エージェントによる情報提供の意義

今般における，ソフトウェアシステムの大部分がインターネットを介したクライアント・サーバ間の処理によって実現されている．加えてクラウドコンピューティング<sup>[46]</sup>の普及により，サービスも高度・大型化している．敢えて，各機能をエージェントと呼称せずともソフトウェアは与えられた情報と，それによって起こるインタラクションの結

果，求められた処理を高速・適切に行うことができるメリットがある．しかし，各機能を独立したエージェントの単位にまとめる事は<sup>[18]</sup>，システムの冗長性を大きくするよりも，システム自体を柔軟・拡張性の高いものへと構築可能なものとする．同時に，最も重要な意義として，エージェントを動的に入れ替える事で，ユーザはより自分自身にあったサービスの提供を受ける事ができる．例えば，ユーザ A にとって不必要な機能を持つエージェント N は，システムから分離してサービスのレスポンスを上げる事ができ，同時に他の機能を持つエージェント M のサービスを受ける事で必要なサービスを受ける事が一つのシステム内で可能になる．ただし，エージェントと通常の機能ソフトモジュールの差異として，あるプロトコル<sup>[27][30]</sup>による通信がモジュール間で行われている事を前提とする．これは，エージェントの持つ特性の中で，協調性と社会性を保つためであり，システムの拡張性，つまりエージェントの追加・削除に大きく影響する．本論文で例示するシステムにおいて，一つのアプリケーションシステムのモジュールをエージェントとして分割し実装している．エージェント間の通信は，一部例外となるモジュールを除き，CSV 形式の命令・情報と返信情報によって構築した．

#### 1.1.4 情報提供手法の定義

情報提供手法は，インターネットと携帯端末による手法だけによるものではない．古くから一般に紙を媒体とした情報提供・収集手法が存在し，現在でも新聞や各種雑誌といった媒体の需要は大きい．また，マスコミの主流といえるテレビを媒体とした情報提供も広く行われている．しかし，インターネットを情報提供の手段と用いることで，我々は単に情報を入手するのみならず，発信することも容易になった．情報を一つのセグメントとすることで，多くのサービスをそのユーザにあった形で提供することが可能である．ユーザへあった提供手法を情報の個人化と定義することができる．本論文において明示する手法は，情報の個人化をサービスに適用・運用する事である．一般に，ユーザは

情報を入力する際に、画一的な情報を最初に接し、其の後、自身の要求や目的、経験に基づき必要な情報に接する事となる。例えば、交通機関の情報提供の中核である、乗換え案内サービスを例にすると、ユーザは多くの場合、初期画面として、出発地点と到着地点の検索を行うための画面が起動する。本論文では、“First Show, Second Find”と呼称する手法を示す。本手法では、起動後の最初の画面にユーザが欲しいとシステムが判断した検索結果を表示し、その検索結果に不足があった場合のみユーザは検索画面に移動し目的のルートを入力する。このため、最初の検索結果の精度が高ければユーザは求める情報の提供を受けるだけでよく、その他の操作を行う必要がない。このように、情報提供の手法を大きく起動後に検索画面が現れるものと、検索結果が先に現れる手法に定義し、本論文ではその比較を行う。

## 1.2 本論文の目的

### 1.2.1 情報提供手法の研究目的

現実世界の中には、多くの情報が多くの場所に散乱し蓄積されている。これらの中から、ユーザが必要な情報を効率良く、低いコストで取得することは難しい。従って、情報提供手法は多くの研究者・開発者にとって対象となっている事象である。本論文では、多くの情報の中から、交通機関の利用時におけるユーザへの情報提供手法を主眼として論じている。特に、公共交通機関の利用時におけるユーザの最大の関心事は、出発地点と到着地点の時刻表情報である。同時に、情報を取得をする際に、ユーザが出発地点および到着地点となるバス停・駅の情報を円滑に提供するシステムの必要性は高い。現在、広く提供されている乗換え案内アプリは、最初に出発地点・到着地点の情報をユーザ自身に入力を求めるシステムである。その煩わしさを低減するために、ブックマークやGPSを利用した近隣のバス停・駅情報、また、入力した駅の補完を行っている。まず本論文で

論じるのは、先に述べ定義した二つの手法の比較と利用法である。多くの利用者に、どのような情報提供が求められるのか、また、提供可能かを論ずる。

### 1.2.2 PATRASH の提案

本論文で論述するPATRASHは、PATRASH3Dの名称で2016年2月1日から現在(2016年7月1日に至る)に不特定のユーザに対してサービスを行っている。システムのクライアントは「PATRASH3D」の名称で、iOS,Androidの公式ストア(App Store, Google Play)から無償で提供している。本システムは、ユーザの移動履歴を蓄積し解析することで、ユーザの行動パターンを推測し、システム起動時にユーザが要求するであろうルートの情報提供を行う。PATRASHの提案コンセプトの第一は、前述の”First Show, Second Find”の実現であり、その情報提供内容の検討・妥当性検証を行うことである。ユーザへの最初の情報提供内容がユーザの要求に適応した場合、ユーザはその後、操作することなくシステムを終了することができる。本論文で提案し評価を行った、一連の検討結果は、公共交通機関の情報提供をPATRASHを通じてより、個人の操作や検索を容易かつ低コストで行うことが目的となる。本システムでは、情報提供できる範囲を、ルート及び乗換え情報、時刻表情報に限っている。これは、多くのユーザの利用目的が、何時にどの場所に行くために公共交通をつかう際にサービスを利用するからである。多くのサービスは、関連する事象、例えばショッピングや駅構内の情報といった事も含めて情報提供を行う。これらの有益な情報ではあるが、必ずしもすべてのユーザに対して有用とはならない情報はPATRASHでは現時点では取り扱っていない。



### 1.2.3 Adaptive User Interface(AUI) とエージェントを用いた手法の目的

エージェントを用いたシステムは、サービス提供の際、エージェントを使わない他のシステムと多くの点で差異が生じる。エージェントは、その名称の通り、ユーザに代わり可能なサービスを自律的に構成し、ユーザに提供することができるシステムである。本論文では、公共交通機関の利用に際して、Adaptive User Interface(以後、AUI と呼称する)<sup>[31]</sup>を採用し、インタフェースを構築した。AUI は、ユーザの振るまいによって、動的にインタフェースを構成しユーザに情報を効率良く提供する仕組みである。この枠組みを、エージェントが情報を動的に判断し、ユーザ毎に異なる表示おこなうインタフェースシステムを構築した<sup>[49]</sup>。ユーザの動的な選択を、エージェントがどのように判断し、提供情報を変化させる仕組みに関して本論文で述べる。

## 1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。第 2 章にて、本論文に関連のある研究に関して述べる。第 3 章で、バスの遅れ情報を考慮した情報提供法について述べる。第 4 章でユーザの行動と、それに伴う情報提供手法に関して述べる。第 5 章において、本論文での、地域的特性と、評価のためのサンプルの収集とその妥当性を述べる。第 6 章で、サンプルとしたユーザの移動履歴を元に、効果的な推薦情報の提示手法を検討する。第 7 章において、試作システムを用いた PATRASH システムの妥当性を試行した。

また、第 8 章において、公式に公開したシステムの紹介と、運用結果の概略を述べる。第 9 章でまとめとする。

## 第 2 章

## 関連研究

### 2.1 公共交通利用における情報提供に関する研究

本論文を執筆するにあたり、公共交通利用に関連性の高い研究を本節で述べる。“MyBus”<sup>[29]</sup> はオンラインでバスの現在位置を測定する最初の試みであった。運行会社のタイムテーブルとリアルタイムのバスの位置情報 (AVL) を用いて、“MyBus” は各バス停でのバスの出発時刻の予想を行っている。一方で、“Opportunity Knocks”<sup>[36]</sup> は、乗換え案内を用いてわかりやすい情報を提供する。“Opportunity Knocks” は GPS 情報を用い、ユーザの現在位置から、ユーザのルートと目的地点をユーザからの情報入力を行わずに推測する。もしもユーザがルートから離れてしまった場合は警告をだし、ユーザに現在の状況を説明する機能を有している。特に、現在地点と到着地点が重要となる本論文の情報提供手法には関連する部分が多い。

“OneBusAway”<sup>[19],[20]</sup> はリアルタイムのバスの乗換え情報を提供し、シアトルの乗客に対して、Web や電話、SMS・携帯端末といった様々なインタフェースを用いサービスを提供する。“OneBusAway” はバスの乗客に、バスの待ち時間を予測し提供する機能を有している。当該、バス情報提供サービスのユーザへの調査では、乗車の際の待ち時間が

減少しており、また予測した待ち時間と、実際に測定した待ち時間には差が存在した。”Tiramisu”<sup>[42][39]</sup>は乗客と乗換え案内をつなぐことを目的とした Web2.0 のシステムである。また、乗客は携帯端末を通じて GPS を用い、位置情報を共有することで乗換え情報の補完を行っている。この情報をシステムは、リアルタイムの到着時間の予想に利用している。乗客はシステムを用いることで、あえて商用のシステムをインストールする必要がない、加えて、”Tiramisu”は自身のサービスへの問題点や乗換えサービスに関する問題点を、乗客から常にリクエストされる仕組みを持っている。また、それらの改善されたのか、改善中の状況なのかを乗客側に提示する機能を有している。

伊藤<sup>[43]</sup>らの研究では、AVL を取得する為に、スマートフォンをバスの車載機として搭載することで、小規模なバス運行会社(小規模都市)でも、容易にバスロケーションデータの取得を可能にしている。また、他の ITS システムと連携することで、バスの遅れ情報を低コストでユーザに提供することに成功している。

一方で PATRASH はユーザのコンテキストを利用する際、GPS による位置の測定は行わない。しかしながら本論文では、乗客に対してルートを提供する機構に関して述べる。このシステムのルート情報提供手法を実現する為、エージェントベースの ユーザによる検索と履歴に基づく個人化したルート推薦システムを提案する。同時に、PATRASH は自分自身だけでなく、他のユーザーの利用履歴や使われるとあらかじめ予測されたルートを、システムを最初に利用した際には表示する機能を有している。

## 2.2 AUI を用いた情報推薦に関する研究

本節では、本論文で情報提供の際に用いるユーザインタフェースの核となる AUI に関して研究を幾つか紹介する。

旅行者に対して、旅先で観光案内や宿泊先を旅行者の興味や嗜好に反映して提示するシステムは数多く提案されている。また、観光地などの目的地とそれに至る経路を情報

提供するシステムは、公共交通機関の乗換案内サービスと共通点が多い。同時に、情報を提供するインタフェースとして AUI(Adaptive User Interface) を用いる手法は有用と考えられる。<sup>[38]</sup> では、場所ごとに興味を抽象化して情報の整理を行い、ユーザの興味と比較する事で旅程の情報提示、推薦を行っている。比較を行う際にシステムは出発地点や出発時刻や場所ごとの属性をパラメータ化しスコアを算出する。ユーザに対してスコアの高い順に情報提供を行っている。

PATRASH はスコアによる情報提供手法を採用していないが、パラメータとしては、出発地点、到着地点と出発時刻を取り扱う。これらのパラメータと公共交通の時刻表を元に、最も早く到着する路線情報をユーザに提供する。本研究における情報提供は、情報の精度は絶対的に求められ、スコアの良し悪しによる曖昧さ・誤差は許容されない。旅行における興味の抽出の汎用的手法は、ユーザコンテキストのより効果的な収集法と考えられ、応用手法として有用といえる。

<sup>[37]</sup> では、ユーザの置かれている状況とユーザの興味を基に、旅程の推薦を行うツールを提案している。ユーザの置かれている状況と周りの環境は膨大な情報量が想定され、ユーザの行動によって更に状況の分岐が生じる。提案システムでは、スケジュールをあらかじめユーザに入力させ、何時に到着するのか、何時に出発するのかといった情報をもとに旅程の推薦を行っている。一方、本システムは、ユーザ状況はそのユーザの現在地点と日時情報にもとづき、過去の移動履歴にさかのぼり経路推薦を行う点で異なる。使用頻度が多い場合、本システムの方が推薦を得る際の毎回の手間が少なくなると考えられる。<sup>[23]</sup> は個人毎に興味や重要な事象が異なる点と、旅程における時間情報に主眼を置いて推薦を行うツールを開発している。また、旅程の推薦を行う際に公共交通機関(バス)と、徒歩といった手段をユーザの好みに応じて推薦することができる。この先行研究においてもスコア付けによる推薦経路の算出を行う。更に旅行者は一度しかその場所を訪れないといった前提に立ちシステムを構築している。本稿においては、ユーザが一

度しか場所を訪れないという前提には立たず，むしろ，複数回対象となるバス停・駅を利用する事を想定している．ただし，ヒューリスティックを利用するという点に関しては同一といえる．

AUI はユーザの振舞やコンテキストを基に，ユーザが必要とする情報を表示方法や要素を最適化し提供する．現在，多様なユーザとその状態を扱うための研究が盛んに行われている．<sup>[15]</sup> では，かつてはソフトウェア開発の際，ユーザの能力は静的で固定したものと考えて設計されてきたが，ユーザの能力により動的に変化させた方が望ましいという立場に立っている．そのために三つの要素（ユーザ，コンテキスト，デバイス）によってモデル化した手法を提案している．”ユーザ”はその経験が重要であり，”コンテキスト”には環境，”デバイス”はスマートホンのスペックといった”インタフェース”によってモデル化している．本稿では経験は，移動履歴，コンテキストとしては公共交通機関，デバイスは一般のスマートフォンとあてはめることができる．これらのモデルをさらにブレイクダウンすることでより良い AUI の設計が可能といえる．<sup>[21]</sup> ではマイクロソフトオフィスにアダプティブに変化するツールバーを付け，その利用時間の割合を測定することで，インタフェースの使い勝手の良さを測定する手法を提案している．本稿に於いても，システムの利用時間が短いことは使い勝手が良いことの尺度となることを想定するとともに，クリック数をシステムの優劣の基準としている．

## 2.3 GPS 等を用いた，出発地点・到着地点を推測する手法に関する研究

本論文では，交通機関利用者の行動履歴を元にした，出発地点と到着地点の推定を重要な要素としてあげる．昨今，スマートフォンやカーナビゲーションシステムでは GPS による位置情報からの情報提供が標準的なサービスとして行われている．特に，到着地

点の推定は、ユーザの行動が未知であり、推定が正立した場合には多くの関連情報の提供が行われる為、研究の対象として多くなされている。

長らの研究<sup>[50]</sup>では、携帯端末のセンサ群(GPS 及び、加速度センサ)を用いて、ユーザが普段使う電車やバスの路線・経路情報を蓄積する。その上で、現在のユーザが移動する可能性のある場所をリスト化し、その場所への交通情報の提供を行う。将来行動の予測には、ユーザとの対話やセンサからの現在状況を用いて、予測精度向上を目指している。システム起動後に候補のリスト表示を行い、出発地・到着地の修正(対話)を行う。更に、移動中のナビゲーションも可能である。

田中らの研究<sup>[51]</sup>では、日常時にはカーナビのナビゲーション機能の操作が殆ど使われない点に着眼し、日常の目的地を推測し経路を提示する目的予想型のシステムを構築している。目的地型のシステムは、日常運転における目的地入力の手間をかけずに、目的地に関する情報を提示することができる。この為、目的地を過去の運転状況と走行履歴を元に予測している。基本手法としては、運転履歴と現在の走行経路の一致から目的地を推測する手法を採用している。

吉岡らの研究<sup>[45]</sup>では、エントロピーを用いて、走行履歴から到着地の推定をおこなっている。吉岡らの手法では、ノードの推移から構成される時間軸データから、頻出するパターンを抽出し、所定のノードデータを元に以降のデータを推測する手法はとっていない。走行時における移動先の分散度合いを表現する指標として移動先エントロピーを提案している。走行履歴の移動先エントロピーを算出することで、到着地を推定する困難さや、推定を行う変数の決定の指針として用いている実証に際しては、走行数が増加するほど走行先エントロピーは増加し所定の値に収束した。到着地の推定をおこなった結果、移動先エントロピーと推定精度には大きな相関があり、走行開始から 5~10 分で移動先エントロピーの減少・推定精度向上が観測できた。

田島らの研究<sup>[52]</sup>では、カーナビゲーションにおいて、到着地を推定するため、どのよ

うな走行属性が有意かの検討を行っている。結果，有効性が高い情報として，走行時刻と出発地・はじめに通過した二つの主要交差点が到着地推定に寄与することを明らかにした。

丸山らの研究<sup>[44]</sup>では，交通案内サイト利用履歴を元にしたユーザの移動予測をおこなっている。この研究においては，サイトの利用履歴から「存在確率」と「行動確率」を抽出している。存在確率は，地名と時刻の情報から最尤法により各時刻における移動時間長を重みとして各地点の尤度を算出する。また，既知情報以外は，ユーザの嗜好性・習慣性を元に履歴を補完し行動確率を算出する。結果として，候補地が少ない場合は，高い精度で行動の推定に成功しているものの，候補値が増えるほど精度が低下した。

以上のように，到着地を推測する手法は多く検討されており，それぞれの場面にあった推測方法を取捨選択することができると言える。

## 第3章

# バスの遅れを考慮した情報提供法

### 3.1 バスの遅れ考慮手法概略

本研究で作成したシステムでは、バスの遅れを考慮し最適な情報を提供する仕組みの実現には至っていない。しかし、<sup>[35]</sup> に於いて、バスの遅れと、ユーザの履歴を加味した情報提供手法の検討を行った。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト 平成 24 年「移動体データ銀行で実現する次世代都市交通情報共通基盤アジアモデルの構築」において、バス運行事業社から実際の遅れ情報の提供を受た。そのバスプローブデータを元にして、リアルタイムで遅れを考慮したルート情報提供 API を試作した。本章では、この情報提供手法に関して述べる。

### 3.2 バスの遅延モデル

利用者が、三つ組  $(t, o, d)$  の情報を考えるとする。  $t$  は現在の時刻，  $o$  利用者の出発駅，  $d$  利用者の到着駅とする。システムは  $n$  個の経路を推薦できるとする。  $n$  のルートは早



く  $d$  に到着する順に並んでいる。この場合、提供される情報は  $t$  に依存している。ここで、バスの遅延を求める API(BDAPI) があり、そこからバスの遅延情報 (BDInfo) が得られるものとする。BDInfo を考慮するよって  $n$  個の路線の時刻情報は修正できる。

BDAPI によって、時刻情報と路線を最適に利用者に示すモデルを図 3.1 に示す。本モデルは、BS-S1 を出発地と BS-E1 を到着地とする二つのバス停間の路線情報提供を想定している。この場合、それぞれのバス停で考えられる、 $dt_1$ 、 $dt_2$  の 2 つの遅れを想定できる。

BS-S1 と BS-E1 の二つのバス停を考える場合、バスの遅れもそれぞれのバス停ごとに 2 つ考える。

$dt_1$  と  $dt_2$  とそれぞれ定義する。The bus delay model considers the following three cases to deal with the two delays. バスの遅延モデルを考える際、3 つのケースを 2 つの遅延に対して場合分けする。

case 1  $dt_1 > 0$  かつ  $dt_2 = 0$

このケースでは、BS-S1 に到着する以前に遅れが生じている。しかし、粉の遅れは、BS-E1 に到着する前に解消される。

case 2  $dt_1 = 0$  かつ  $dt_2 > 0$

この場合 BS-S1 に到着するまでは遅延は発生していない。しかし、バスが BS-E1 に到着するときには遅延が発生している。

case 3  $dt_1 > 0$  and  $dt_2 > 0$  この場合、バスは BS-S1、BS-E1 に到着する際、どちらでも遅延が発生している。もし  $dt_1 = dt_2$  であると、BS-S1 と BS-E1 を走行中には遅延は発生していない。または、 $dt_1 < dt_2$  の場合、BS-S1 と BS-E1 の走行中に遅延が大きくなっている。 $dt_1 > dt_2$  の場合は、 $dt_1$  の遅延は無くなっているものの、遅延は短くなっている。

### 3.3 遅延に対する補正情報の提供法

時間軸の関係を以下に示す．時刻  $t_a$  と  $t_b$  に対して， $<_t, \leq_t$  の関係を定義する． $=_t, >_t, \geq_t$  は以下の通りである．

- $t_a <_t t_b$  と示す際は  $t_a$  は  $t_b$  より早い，
- $t_a \leq_t t_b$  と示す際は  $t_a$  は  $t_b$  より早いか同時である．
- $t_a =_t t_b$  と示す際は  $t_a$  は  $t_b$  は同時である．
- $t_a \geq_t t_b$  と示す際は  $t_a$  は  $t_b$  より遅いか同時である．
- $t_a >_t t_b$  と示す際は  $t_a$  は  $t_b$  より遅い．

BS-S1 のにおいて，バスに乗車する場合を考えると以下通り．

現在時刻とバスが BS-S1 を出発する時刻をそれぞれ， $t_0$  and  $t_1$  と定義する．

探している経路が 三つ組  $(t_0, \text{BS-S1}, d)$  である場合， $t_1 \geq_t t_0$  の状態であれば ( $d$  を考慮する事ない)，case 1 と case 3 に於いては，多くのバスの出発時刻が， $t_1 <_t t_0$  かつ  $t_1 >_t t_0 - dt_1$ ，とする  $t_1$  の条件のにある場合，経路の推薦一覧は，それぞれのバスの遅延を考えて提供するべきである．この場合，新しく検索する際に三つ組の  $(t_0 - dt_1, \text{BS-S1}, d)$  は  $dt_1$  の遅延を考慮する必要がある．

BS-S2 は BS-S1 と BS-E1 の間の経路で推薦される乗換に用いるバス停とした場合． $t_{3e}$  and  $t_{3l}$  を BS-S2 を最も早く出発する時間と遅く出発する時間とする．BS-S2 をバスが発車する時刻は  $t_3$  such that  $t_3 =_t t_1 - t_0 + dt_1 + \delta_0 + dt_2 + \delta_1$ . より遅くならないといけない

もし  $t_3 \geq_t t_{3e}$  と  $t_3 \leq_t t_{3l}$  である場合には  $t_3$  と  $t_{3l}$  の間に出発するバスはは推薦路線として成立する．この場合，推薦経路の補正方法は二つある．一つは， $t_{3e}$  and  $t_3$  間に出発する路線に変更する方法である．この場合，BS-S2 のバス停をスタートする乗換は， $dt_1$  and  $dt_2$  の遅れに影響されない．しかし，このようなバスの選択は BS-S2 において，同

表 3.1: Performance of Response of BDAPI

レスポンスタイム	時間 (msec)
平均	2073.3
最小値	91
最大値	7873
標準偏差	2375

様の  $dt_2$  の遅延が生じる事があり得る . So, the other way is to search new routes with a query  $(t_3, BS-S2, d)$ . 従って, 他の方法として, 新しい路線を三つ組  $(t_3, BS-S2, d)$  で検索することができる。これは, 推薦ルート最適化を行うための方法であり, 更に再帰的に行うことで路線の推薦を行うことが可能である。

### 3.4 BDAPI の評価

以上の, 手法を元に API を試作し評価実験を行った . 表 3.1 に API を評価した際のレスポンスに掛かった時間を示す .

API として, 実際の使用に耐えることのできるシステムにはならず, コードやデータベースの改良が必要とされた .

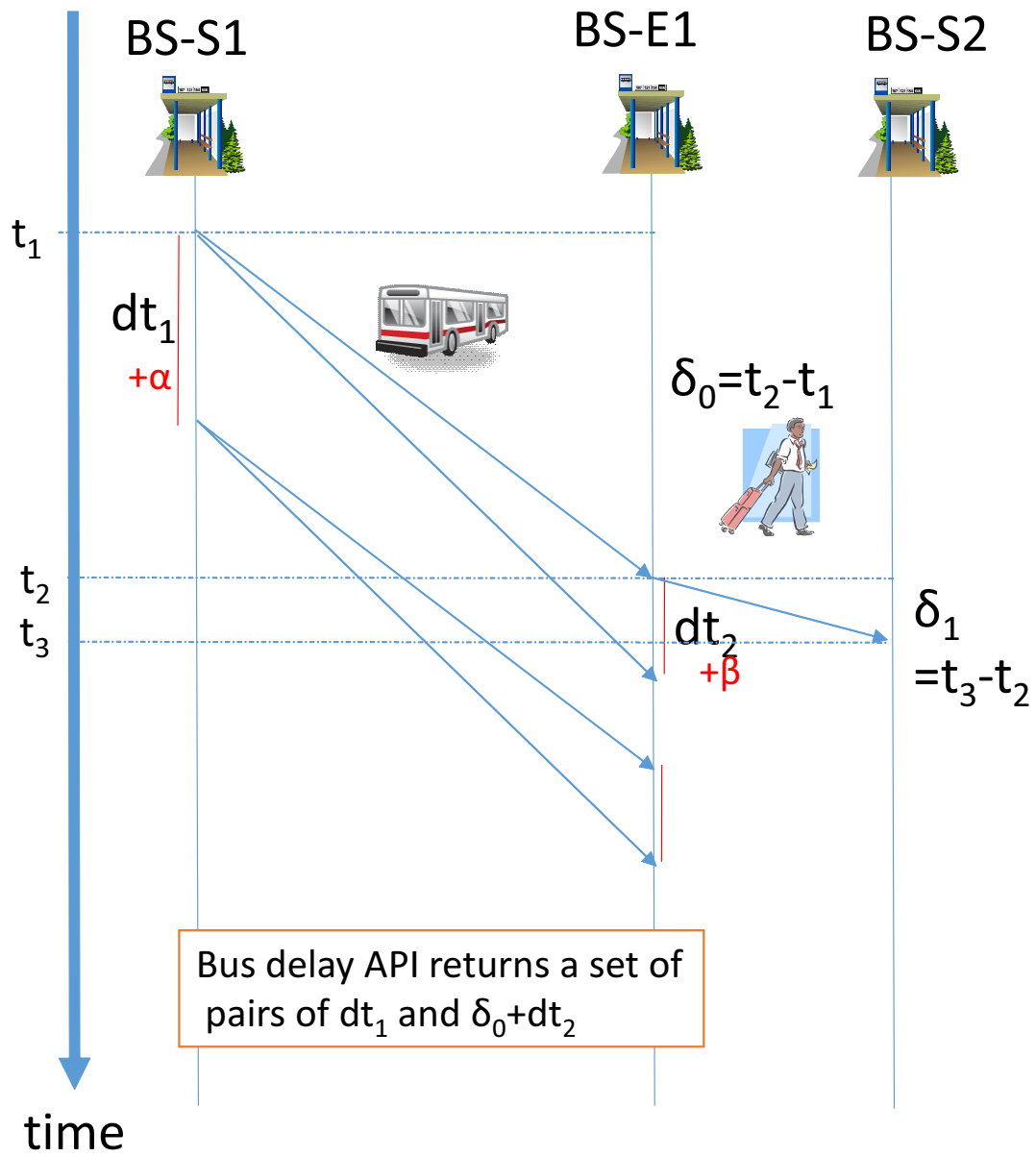


図 3.1: BD-API: バス遅延 API

## 第 4 章

# ユーザの行動と情報提供手法の提案

### 4.1 情報提供手法の提案

本システムは、従来の乗換情報システムと同様に出発地点となるバス停・駅および、到着地点のバス停・駅の指定を行うことで、最適なルートとタイムテーブルの提供を行う。

従来の多くの乗換情報システムではルートとタイムテーブルを検索するために、以下の手順を踏む。

1. システムを起動する。
2. 出発地点となるバス停・駅を入力する。
3. 到着地点となるバス停・駅を入力する。
4. 必要に応じて時間などのオプションを選択する。
5. 検索ボタンを押し、乗換情報を取得する。

本システムは、ユーザの移動履歴を基に、2ステップで必要とされる情報の提供を行う。

1. システムを起動する。

## 2. ユーザが必要とする乗換情報をシステムが表示する .

ここで、本稿で述べる移動履歴の定義は、それぞれのユーザが過去に公共交通機関を用いて出発したバス停・駅と、到着したバス停・駅、出発時刻（検索を行った日時）からなる 3 つ組である .

また本システムでは、ユーザのシステムへの操作をより低減する仕組みを AUI を用いて提供する . 従来の多くの乗換情報システムでは、出発地の履歴、到着地点の履歴をそれぞれ別個に保持している . これを HoI (Histories of Independent departure and arrival station) と本論文では呼称する . 一方 PATRASH は、MIC (More detailed route Information Containers) と呼ぶコンテナをシステム起動時に表示する . コンテナは図 4.1 で示すように画面上に配置される . MIC には HoP (Histories of a set of Pairs of departure and arrival stations) と呼ぶ出発地点と到着地点をペアにした履歴を基に構成される . メイン画面上の MIC は、出発地点と到着地点とタイムテーブルの情報を含む .

また、PATRASH はルートのおすすめ時に最短時間で目的地に到達するルート（乗換地点の有無等を含む）を MIC として順に推薦する . MIC をさらにクリックすることで、図 4.2 のようにユーザは現時刻から昇順に複数のタイムテーブル情報を参照することができる . MIC はユーザのニーズ（本稿では、目的地に着く）に合うとシステムが判断したルートから順に表示される . ユーザは、推薦・表示された経路・時間情報の中から自分に合った移動方法を移動手段として用いることができる .

表示された MIC の中に、ユーザが必要とするルート・時刻情報が含まれない場合のみ、図 4.3 で示す検索画面を選択し任意のバス停・駅を指定する . この場合、バス停・駅検索画面では、従来と同様に HoI を履歴として使用する . 現在の多くのシステムでは、HoI が使われており、出発地点・到着地点をユーザが別々に入力する必要がある . MIC と HoP を組み合わせることで、本システムでの 2 ステップでの推薦を可能としている . また、MIC はユーザのそれまでの移動履歴と日時、出発地点に応じて、表示順やルート

情報を変える．このような動的な情報推薦によって，ユーザはその時々により必要とする乗換情報を入力することができる．

本システムでは，各ユーザの移動履歴を基にした推薦を行う．移動履歴の収集はいくつかのケースとそれぞれの異なるタイミングで行われる．出発地点の情報が移動履歴のデータベース内に存在する場合と，存在しない場合に分けることができる．出発地点が履歴上にない場合，ユーザは検索画面を利用した経路の検索を行う．この場合は，ユーザは出発地点と到着地点を入力する．このタイミングで移動履歴が生成されシステム上で記録される．また，検索画面での検索を行わなかった場合は未検索としてシステム上で記録される．一方，データベース上に出発地点とユーザの利用するバス停・駅と一致する履歴が残っている場合，推薦情報がデバイスに表示され，MIC をクリックすることでユーザは詳細なタイムテーブルを確認できる．同時にシステムはクリックした MIC から出発地点と目的地点の推測を行い，検索日時を付加して移動履歴のレコード（移動履歴のインスタンス）がシステムのデータベースに追加される．

また本システムは運用時，ユーザによるシステム操作ログと GPS による位置情報を基に出発地点・到着地点を推定し移動履歴とすることを前提としてインタフェース側のエージェントを構築している．本論文では出発地点をユーザの最寄りのバス停・駅と一つに絞っている．ここでユーザが実際に利用するバス停・駅と一致しないことが考えられるが，ユーザの現在地の最寄りのバス停・駅を複数指定して検索・推薦を行う方法をとることによりこの問題は解決できる．

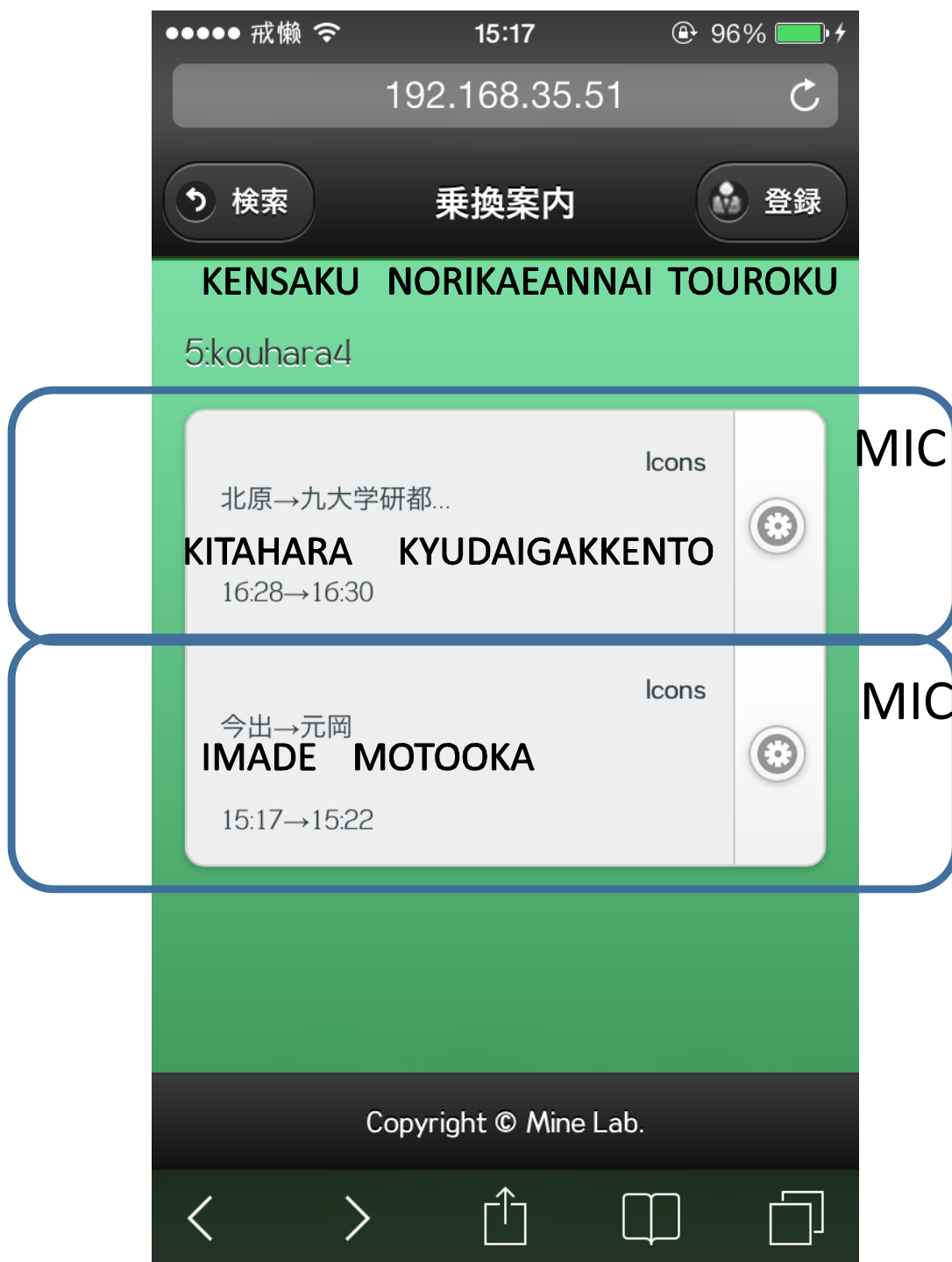


図 4.1: メイン画面





図 4.2: MIC 表示画面

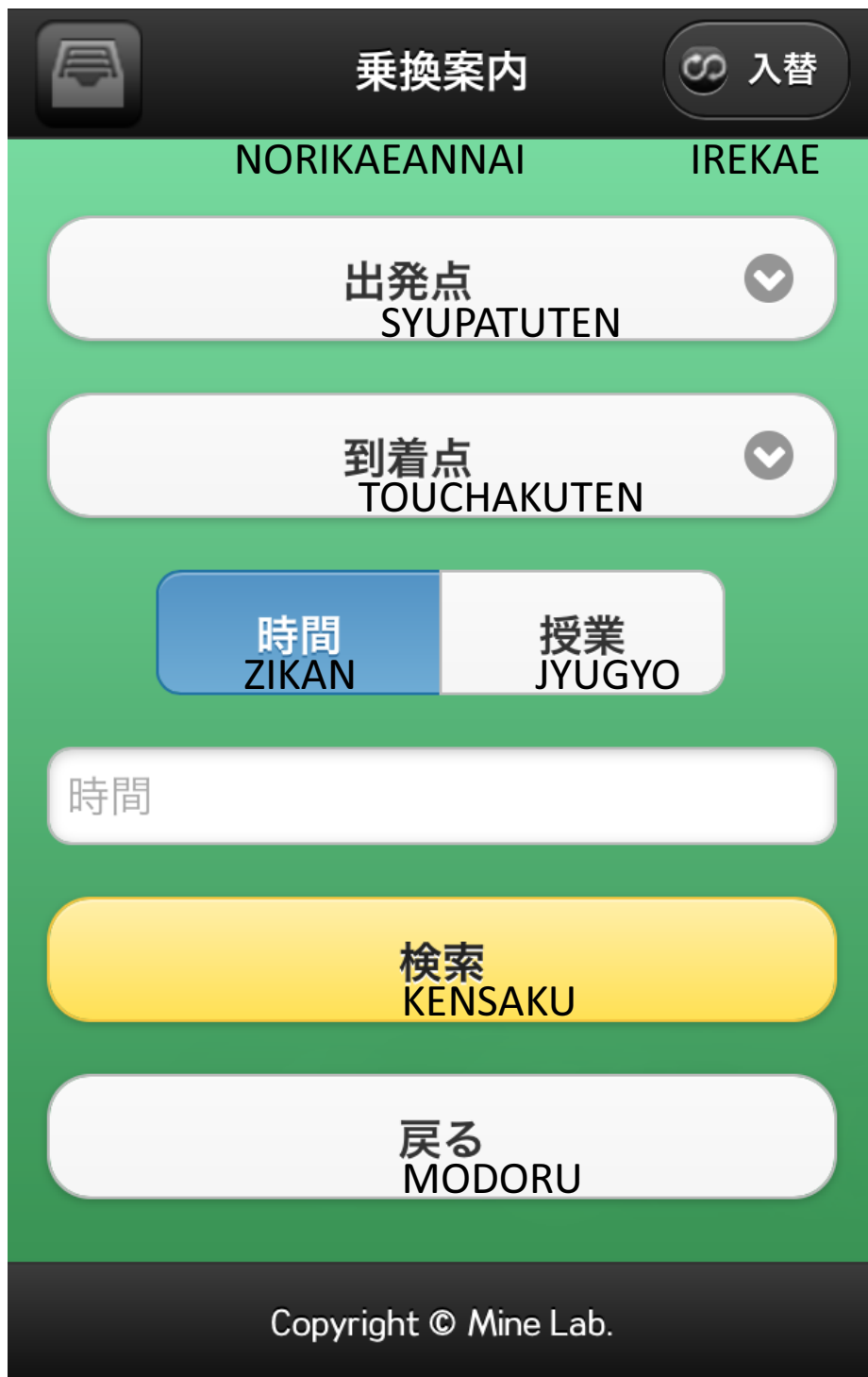


図 4.3: 検索画面

## 4.2 AUI エージェントの提案

### 4.2.1 提案概要

MIC のユーザ毎の動的な情報提供手法は AUI をエージェントが提供することで実現している。本論文で述べるシステム PATRASH では、前述の通り、出発地点と到着地点とその間のタイムテーブルを情報として提供する。この三つ組の情報をエージェントが過去のユーザの移動履歴から生成する<sup>[34] [33]</sup>。情報の生成及び、情報の表示を行う仕組みを AUI エージェントと呼称する。本論文では、MIC の取り扱い方法として、4 つの方式を提案する。それぞれの方式は全て、ユーザの過去の検索履歴を元に、ルート・タイムテーブルの情報を処理した上でユーザに提供する。4 種類の AUI エージェントからユーザは自分にあった方式を情報提供手法を選択し公共交通システムの情報提供を受けることができる。

### 4.2.2 MR 法 (Manual Route finding method)

ユーザが検索した結果は全て残され、次回システムが起動時に検索した MIC の一覧が検索した時間が近い順に表示される。また、表示している MIC をユーザが不必要と判断した場合には MIC をフリックすることで消去できる。ユーザによって GPS 機能が使えない、あるいは情報提供の自動化が必要とされない場合を想定している。MR 法はユーザの検索履歴を RDB に格納しておき、その内の最近性を加味して表示する方法である。エージェントは、特にシステムとしては過去の履歴をたどる役割を担う。

### 4.2.3 TF 法 (decision Tree Finding method)

ユーザの現在位置を元に過去の移動履歴から決定木を随時生成し候補を提供する。候補の数は、5 ないし 10 に設定することができる。決定木の作成の際には、分類木により、変数となる、出発地点と時刻、曜日から到着地点を推測する。候補を多数算出するため、決定木の生成結果を元に、類推した到着地点を最大とするスコアリングを行っている。

### 4.2.4 TFP 法 (decision Tree Finding Plus method)

ユーザの現在位置を元に過去の移動履歴から決定木を随時生成し候補とするのに加え、現在地点から、目的地点に移動した際、目的地から現在地へ戻るルートをスタックが保持する。該当の目的地から更に移動を行う際、スタックからもルートの候補を表示する。出発地点があらかじめ与えられるため、次回以降その地点を利用する際の候補となりうる。

### 4.2.5 TFD 法 (decision Tree Finding with Displayed result method )

ユーザがシステムを起動した日時、曜日を元に過去の移動履歴から決定木を生成し候補を表示する。提供候補には、ユーザがルート及び時間を検索した履歴から 2 つの MIC、以前に表示された際に、初期状態の MIC でユーザの要求が充足しシャットダウンした場合候補として上がっていた MIC の履歴からによる候補を 2 つ生成する。最後に検索したルートの MIC が 1 つ追加され、以上の 5 つの MIC を提供する。

### 4.3 ユーザの移動履歴

公共交通を利用するユーザは日々の生活の中で様々な行動をとる。この点で、公共交通を利用するユーザが他の交通機関を用いて移動を行う人々との差異は、公共交通の時間的制約（時刻表）に縛られ点が大い。また、出発地点と到着地点との間に公共交通の路線が入る事となり、出発地点から最寄りのバス停（駅）へ、到着地点付近のバス停から到着地点への時間も考慮する必要がある。徒歩や、バイク・自転車・自動車を利用するユーザは、出発時間・到着を自分自身の実体験に即した方法で見積もり移動する。この点を考慮し、ユーザの端末のセンサにより、緻密な行動履歴を蓄積しユーザの目的地を推測する研究は多くなされている。しかし、本論文で扱うユーザの行動履歴は、アプリケーションを立ち上げた際にユーザの携帯端末とサービスを提供するサーバ間のインタラクションにおける情報の蓄積を主眼としている。同時に、多くのユーザは最初に提供される経路・時刻情報によって補完されない経路等の入力を行う際に生じる、サーバへの問い合わせを行動履歴として扱っている。

### 4.4 ユーザと環境に依存するのコンテキスト

#### 4.4.1 動的なコンテキスト

本論文における動的に変化するコンテキストとは、複雑な相関を持って存在し、個人の事象と環境依存の事象とに分けられる。個人のコンテキストは、公共交通を利用する時間や多く利用するバス停、特に出発地点と目的地点のペアなどが挙げられる。つまり、個人の住居や通勤・通学先がコンテキストといえる。対象者が学生である場合は、その学生の時間割なども含まれる。また、環境依存の事象として、その日の天候や、バス停の混み具合、バス内の環境や道路の渋滞状況が考えられる。

#### 4.4.2 静的なコンテキスト

地理的な事象においては、静的なコンテキストの種類はよく現れる。バス停の位置や、液の場所など位置が変化することは稀であり、静的なコンテキストに分類することができる。バス停・駅の位置は、移動がないことにより、ユーザは最寄りの駅なりに移動し、目的の列車を待つことができる。ユーザ個人のコンテキストもまた、色々な場面で情報提供に活用できる。ユーザの所属する学部・学科やサークル。または、その人の性別や年齢は静的なコンテキストと分類する。しかしながら、バス停や駅の場所が、何らかの理由によって変わるのと同様、学部や年齢は一定の時期を経て変わるものと言える。本論文において、静的なコンテキストを分類する際に、対象者のカテゴリーを以下の通り分類した。

- 学生 … 学部生及び大学院生：授業期間中は曜日によって、公共機関の利用に規則性を持つと予想される。これは、曜日により学生が受ける授業がある程度、固定化されることによる。
- 教員 … 大学にて教鞭をとる者：一定の時刻に、登校すると考えられるが。しばしば、外部の仕事の都合により移動する機会も多いと想定できる。
- 職員 … 大学にて仕事に従事する者：週日は決まった時刻に出勤し、決まった時刻に退勤する。休日に登校することはない。
- 訪問者 … 大学を訪れる者：不特定な日時、時刻に来校する。出発地は空港や駅になることが多い。

参考として、2015年時の学生と大学院生、職員・教員の人数を表 4.1 に示す<sup>[7] [8]</sup>。

表 4.1: サービスの対象者となる九州大学の構成, (2015 年度)

九州大学	人数
学部生	11759
大学院生	6833
職員・教員	4334

## 第5章

# 事前調査とサンプルの評価

### 5.1 情報提供の対象地域と特性

#### 5.1.1 九州大学伊都キャンパスの特性

現在，九州大学は伊都キャンパスへの統合を一部の学部・学府を除いて行っている途中である．これは，六本松キャンパスからの移転，箱崎キャンパスからの移転と順を追って行われている．当初の，移転完了時期からはかなりの遅延が生じているものの，各学部が移転を見越した施作を順次行っている．施設・建物等の建設も引き続き行われている現状であり移転完了の時期については不明確と言える（2016/6 現在）．以上のような移転に伴う，学生の移動や教員・職員の動線は学期が変わり，施設の完成によって大きく変わってくる．例えば，現在，学部1年で伊都キャンパスに通う学生であっても，2年は箱崎，3，4年は伊都キャンパスに通学するということが現実的に起きている．



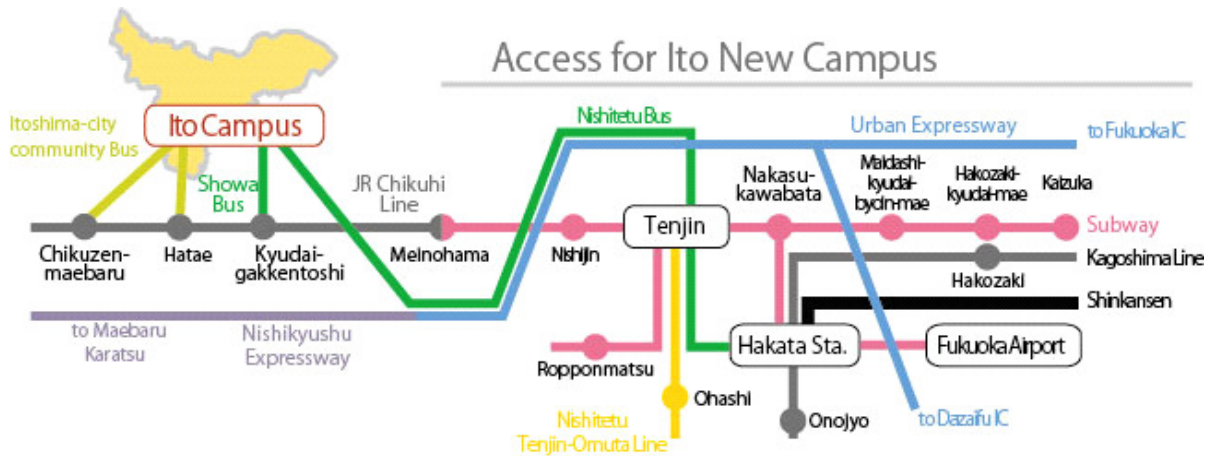


図 5.1: 伊都キャンパス周辺の路線図

### 5.1.2 伊都キャンパス周辺の交通環境

九州大学伊都キャンパスに通学する多くの学生は公共交通機関を利用する。九州大学伊都キャンパス周辺の路線図を 5.1 に示す。<sup>[12]</sup> また、キャンパス近郊に住む学生も多くが、買い物や用務によっては、公共交通機関を利用することが多い。主要な交通機関は昭和バスであり、福岡市の中心部に向かうためには、市営地下鉄（一部 JR 九州）を利用する。

昭和バス … 昭和バスは佐賀県唐津市に本社を置く、ローカル路線を提供する昭和自動車株式会社<sup>[10]</sup> が運行している。伊都キャンパスと九大学研都市駅の間を定期運行する唯一の公共交通機関である。また、九州大学の学生に向けに運賃の割引を行うなど、学生にとっては主要な交通機関である。

キャンパスと駅間のバス路線は大きく、横浜廻りと周船寺廻りが運行されている。

この為、一部は異なるバス停に停車する。また、伊都キャンパス構内にも複数のバス停が存在し利便性の優れたサービスを提供している。

昨今では、運賃の値上げを行うなど乗客に強い影響力を持っている。

また、通学・通勤の時間帯には、バスの容量的問題により乗客できない場合や、路線上

の混雑により所定の時刻に間に合わないといった問題が生じている。

同時に線の拡張バス停の増減や時刻表の改定など公共交通機関の情報提供におけるモデルとして有為である表にバス停の一覧とバス停それぞれの付帯情報を挙げる

昭和バスは大手乗換案内サービスのサポートを対象外の路線を運行している。乗換案内サービスを行う上では、昭和バス路線をサポートする事はユーザに大きなメリットをもたらす。

西鉄バス…西鉄バスは西日本鉄道株式会社<sup>[11]</sup>が運行する路線バスである。西鉄バスは、伊都キャンパスと天神地区を結ぶ路線を運行している。本路線は、福岡都市高速道路を利用し、短時間で伊都キャンパスへのアクセスを可能としている。ただし、運行本数及び、出発地・目的地が天神地区及び、伊都キャンパスに限られるため、主要な交通手段としては用いられていない。一方で、西鉄バスは日本におけるバス交通網の規模では、最大の交通網を有し、このため、ほぼ全ての大手乗換案内サービスが路線・運行情報を取り扱っている。このため、昭和バスが対応していない地域に関して、西鉄バスが対応している場合、実際の路線選択として不整合を起こす場合がある。例として、ユーザが西新駅から九大伊都キャンパスへ路線検索した場合、地下鉄で学研都市駅まで行けるルートが最短であるのに、天神まで戻り西鉄バスに乗り換えて、九大伊都キャンパスへ向かうといったルートが提供されてしまう。

糸島市コミュニティバス<sup>[9]</sup> 学研都市駅を中心とした路線ではないが、伊都キャンパスと前原駅方面の各バス停を運行する、小型のバスである。運行会社は糸島市であり、はまぼう号の名で親しまれている。伊都キャンパス学内循環バス、及び、キャンパス間連絡バスも九州大学により運行されている。伊都キャンパス学内循環バスのバス停数は、キャンパス間連絡バスは、教員を優先させるなどの規則が存在しているが、伊都・箱崎キャンパスをダイレクトに繋いでおり、有用な交通手段といえる。

## 5.2 K サンプルの収集

### 5.2.1 K サンプルの概略

本研究で構築を進めていたシステム PATRASH は、前段階として評価を行うための移動履歴の収集を行った<sup>[32]</sup>。収集を行ったサンプルを Kyushu University にちなんで K サンプルと呼称する。K サンプルは九州大学の同一サークルに属する 10 人の学生を被験者とし、一ヶ月間の公共交通を利用した移動履歴を収集し基礎データとした。

調査期間は 2013 年 8 月 1 日から 8 月 31 日までの一ヶ月間である。8 月は、九州大学の学生にとっては、夏季休暇期間にあたり、通常の授業期間と異なる。しかしながら、九州大学のサークルに所属する学生であることから、伊都キャンパスに来校する被験者もあった。本論文では、K サンプルを正答例として幾つかのシミュレーションを実施し、システムの妥当性の評価に用いている。

### 5.2.2 K サンプルの特性評価

被験者の性別・年齢を 5.1 に示す。被験者の利用したバス停あるいは、駅の総数を 5.2 に示す。それぞれの被験者が利用した異なるバス停・駅の平均 11.2 であり、これらはほぼ釣鐘型の形をなしている。移動履歴の例として被験者 ID1 の移動履歴を図 5.2 に示す。

また、5.3 に ID1 の出発地と到着地のペアとなる割合を移動履歴を基に示す。

## 5.3 公共交通利用者の利用ルート分類

### 5.3.1 ルーチンルートと非ルーチンルート

被験者（ユーザ）の利用する路線（ルート）の規則性を定義するにあたって、バス停と電車の駅を区別せず、駅と呼ぶ。ルートは出発駅と到着駅の対からなる。

表 5.1: K サンプル被験者

ID(U#)	Age	Gender	ID(U#)	Age	Gender
1	19	女性	6	21	女性
2	22	男性	7	20	男性
3	19	男性	8	19	男性
4	22	男性	9	21	男性
5	20	女性	10	19	男性

表 5.2: 被験者の利用バス停・駅, 総数

利用回数	被験者数
120 ~ (160)	1
90 ~ 119	2
60 ~ 89	5
30 ~ 59	2
~ 29	0

定義 5.3.1 (ルーチンルート) 関数  $freq(r)$  をルート  $r$  が利用された回数を返す関数とし,  $r_{ij}$  をユーザ  $i$  が  $j$  番目に利用したルートとする.  $R_i$  はユーザ  $i$  が利用したルート  $r_{ij}(j = 1..m)$  の集合とする. ここで  $m$  はユーザ  $i$  が利用したルートの総数である. また,  $Ave(R_i)$  をユーザ  $i$  が利用したルートの利用数の平均とし,  $Stdev(R_i)$  を標準偏差とする.

この時, もしユーザ  $i$  が利用したルート  $r_{ij}$  が, 次の条件を満たすとき,  $r_{ij}$  はユーザ  $i$  のルーチンルートと呼ぶ.

$$freq(r_{ij}) \geq Ave(R_i) + Stdev(R_i)$$

定義 5.3.2 (非ルーチンルート) ルーチンルートでないルート  $r_{ij}$  を非ルーチンルートと呼ぶ.

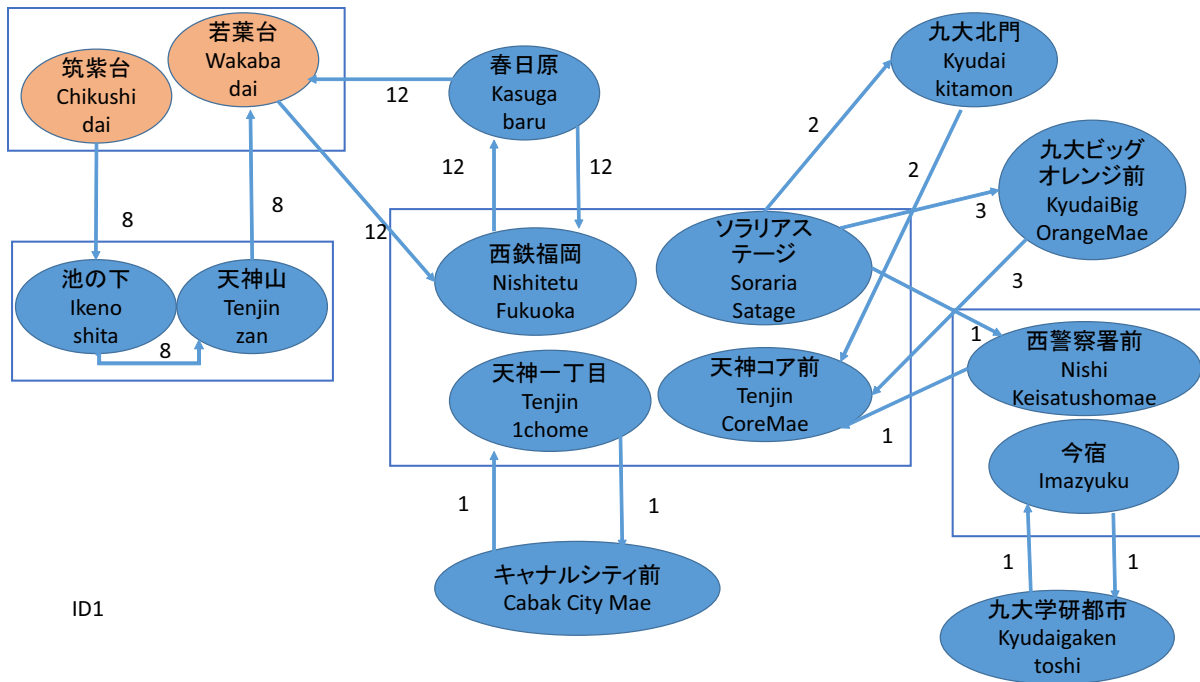


図 5.2: ID1 被験者の移動履歴

ルーチンルート の定義には、平均と標準偏差を利用しているが、サンプルの利用形態が釣鐘型、すなわち正規分布に沿った頻度で利用がおこなわれていることから閾値に利用している。

### 5.3.2 K サンプルの利用ルート分類

K サンプルに含まれる被験者を公共交通機関の利用ユーザとして、前節で述べた、ルーチン・非ルーチンルートのどちらのルートを通る場合があるのかを算出した。結果は、図 5.3 図 5.4 図 5.5 の通り、ID4 の被験者はルーチンルートのみを利用し、ID7, 8, 10 の 3 被験者は、非ルーチンルートしか利用していないなど、被験者により個人差が大きいことがわかる。この 3 被験者が、非ルーチンルートしか利用しないことが起きるのは、調査期間が、8 月という夏期休暇の時期が大きく関与していると考えられる。

表 5.3: 出発地と到着地のペアとなる割合

出発地	到着地	午前 (6-12)	午後	夜間 (18-24)
春日原	若葉台	100(7)	42(5)	0
	西鉄福岡	0	58(7)	100(5)
西鉄福岡	春日原	0	100(7)	100(5)
若葉台	西鉄福岡	100(9)	100(3)	0
筑紫台	池の下	0	100(7)	100(1)
池の下	天神山	0	0	100(8)
ソラリアステージ	九大北門	40(2)	0	0
	九大ビッグオレンジ前	60(3)	0	0
	西警察所前	0	100(1)	0
九大北門	天神コア	0	100(2)	0
九大ビッグオレンジ前	天神コア	0	100(3)	0
西警察所前	天神コア	0	0	100(1)
今宿	九大学研都市	0	100(1)	0
九大学研都市	今宿	0	0	100(1)
天神一丁目	キャナルシティ前	0	100(1)	0
キャナルシティ前	天神一丁目	0	0	100(1)

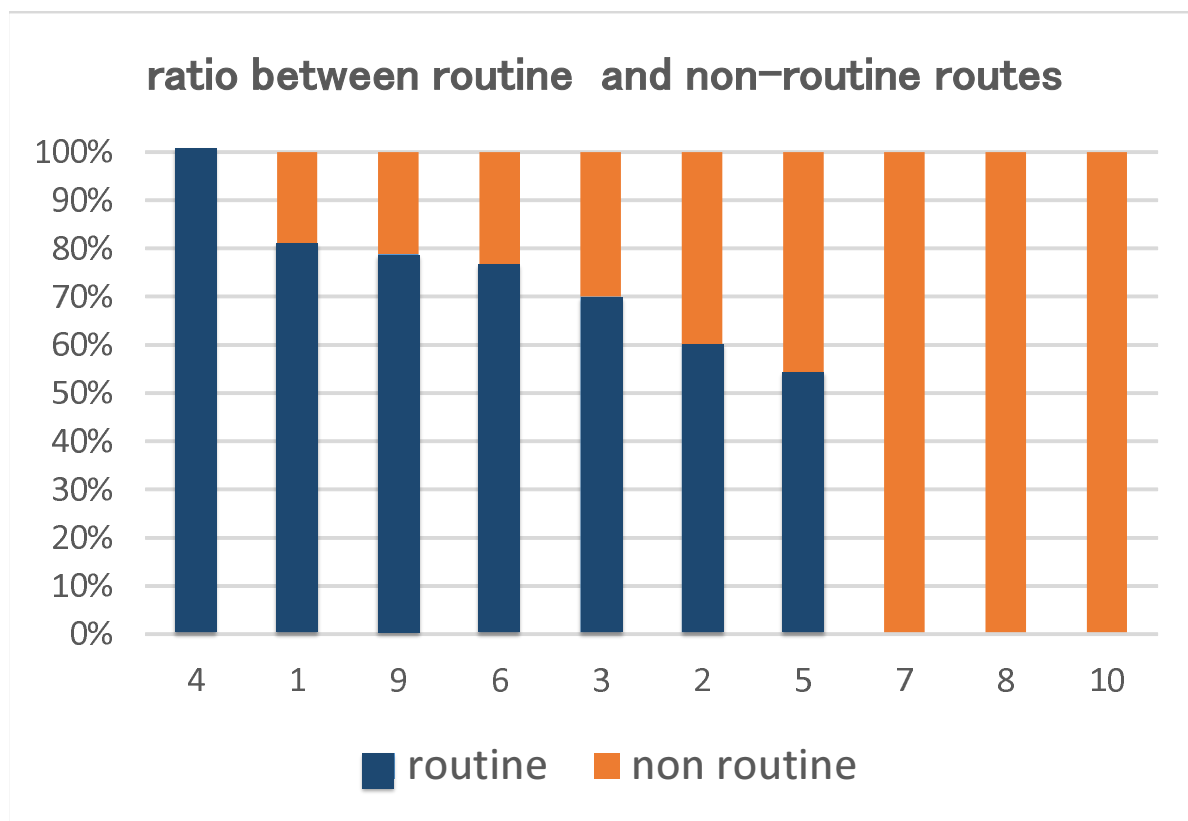


図 5.3: ルーチン・非ルーチンなルート選択比率

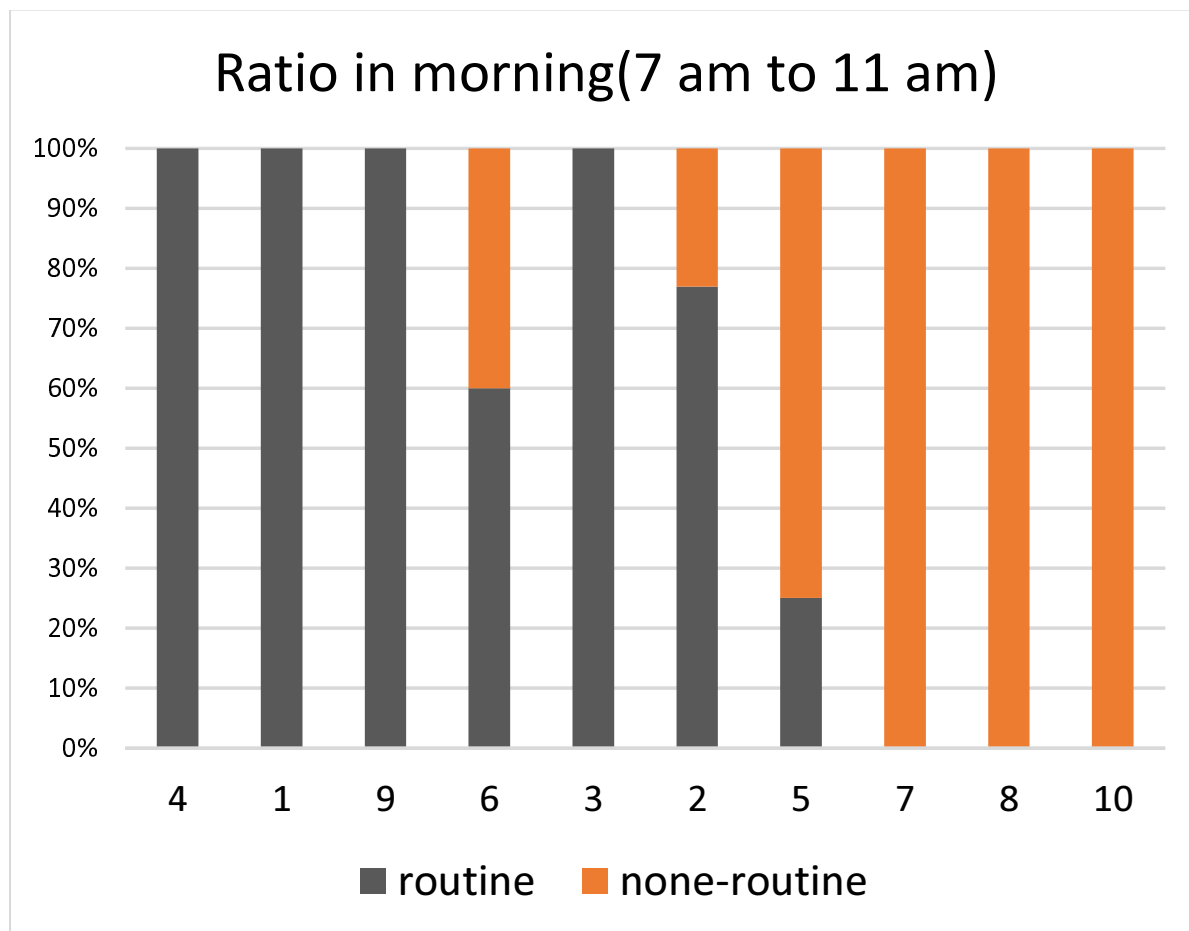


図 5.4: 午前における, ルーチン・非ルーチンなルート選択比率



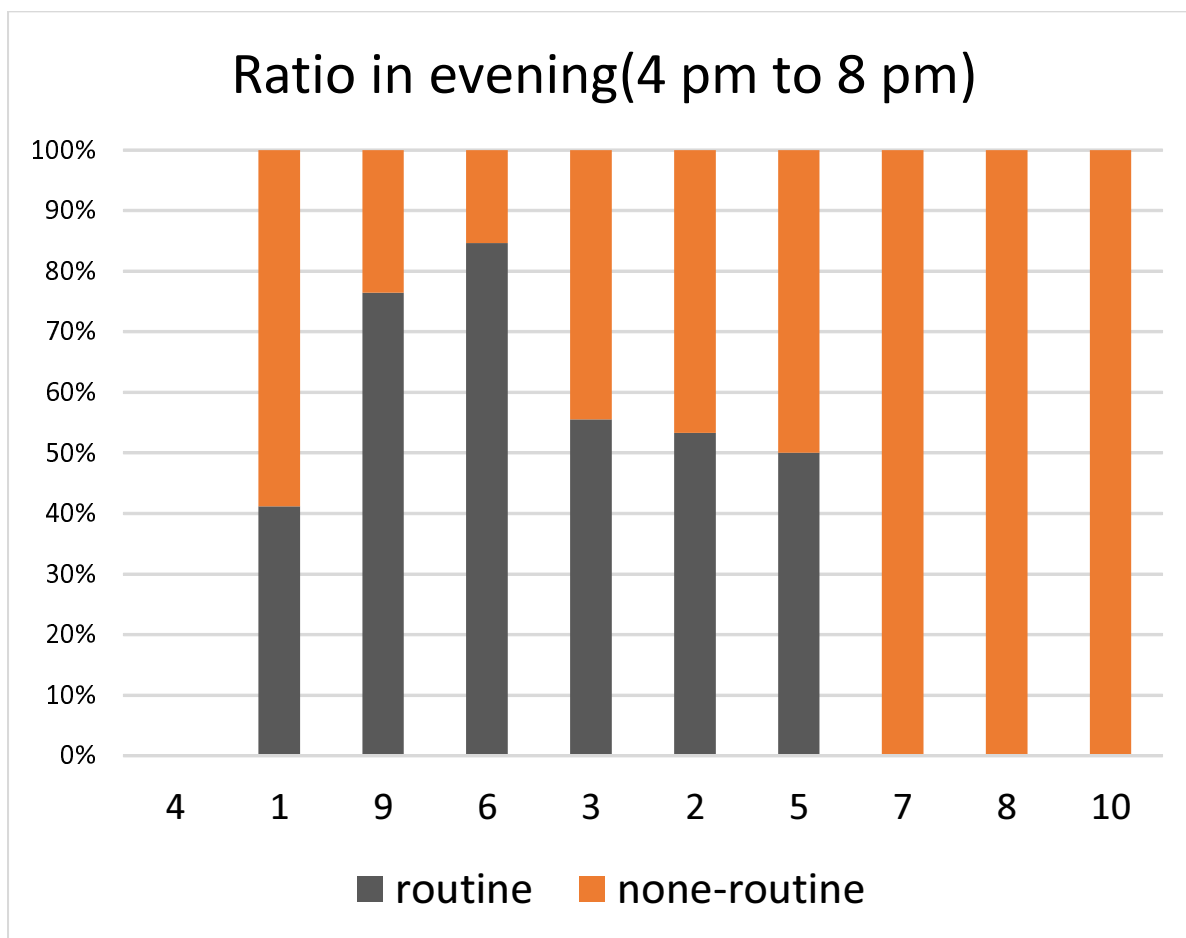


図 5.5: 午後における , ルーチン・非ルーチンなルート選択比率

## 第6章

# ユーザの行動履歴による推薦精度比較

### 6.1 推薦精度比較概要

MR法では、MICの管理はユーザ自身に任せられるが、本稿では、MICの管理・提供をAUIエージェントがユーザの移動履歴を基に行う4つの手法を検討・実装した。決定木を使いMICの候補を生成した場合(TF方式)、決定木を使ったTF方式に移動経路の逆方向の経路を候補に追加した場合(TFP方式)、および、履歴から新しい順にMICを抽出した場合(N方式)、利用された頻度の高いMICを候補とする場合(F方式)の4通りである。決定木の作成にはWEKA<sup>[25][26]</sup>のJ4.8ライブラリを利用している。決定木は変数として曜日、時間、バス停・駅を基に生成する。

精度比較のデータとして5.2で述べたユーザの移動履歴(Kサンプル)を利用した。

TF,TFP方式では、決定木の生成に最低でも3レコード必要となり、それ以下では決定木が生成されない。また、レコードが多いほど精度が上がるのが予想されるが、現在の実装環境では30レコードの履歴から決定木を生成しユーザにレスポンスを返すまでに、0.05秒程度が必要とされるため、履歴の上限を30レコードとし、30レコード以上ある場合は最近性に基づいて30レコードに絞り込む処理をおこなっている。

## 6.2 推薦手法の提案

### 6.2.1 N 方式

N 方式による推薦は、ほぼ MR 法による情報提供を行う際のアルゴリズムに一致する。ただし、MR 法は任意の MIC をユーザが消去でき、MIC の数自体も可変であるのに対して、N 方式では、MIC の数は固定とした。MIC の数を決めるのはシステム側であり、言い換えるとエージェントが MIC の数を管理しているとも言える。N 方式は、履歴から新しい順に MIC を抽出するため、ユーザの記憶に依存した MIC の表示方法といえる。同時に、直感的にわかりやすい使い方ができる方式である。しかし、検索するルートが多いユーザにとっては、固定された MIC の数が少ないと頻繁に再度検索を行う必要が生ずる。

### 6.2.2 F 方式

F 方式は検索した頻度が高い順に MIC の候補が表示される。頻度が高い候補があらかじめ MIC として表示されるので、ユーザに混乱をきたすことは少ないと考えられる。また、頻度が低い候補は表示されないため、常によく使うルートが最初に表示される。このことは、エージェントが推薦を行う上でルートに対して、検索の回数をカウントする必要があるものの、計算量は多くならない。同時に、N 方式同様、分かりやすい反面、利用ルートが多いユーザにはルートの再検索を強いる。しかし、再検索によって利用ルートの頻度が更新されるため、最初に表示される MIC は動的に変化する。

### 6.2.3 TF 方式

TF 方式は、4.2.3 節で述べた TF 法を実装した方式である。エージェントが MIC を選択する際に決定木を生成するため、機械学習手法を用いているといえる。学習のためのデータ集合は利用するユーザ毎に蓄積された履歴に基づく。また、分類木の性質上、正答は一つとなるが、本 TF 方式では、正答から上のノードに一段上がり、その下のリーフを優先的に候補としてユーザに与えた。

### 6.2.4 TFP 方式

TFP 方式は、4.2.4 節で述べた TFP 法を実装した方式である。分類木の作成法は TF 方式に準ずるが、正答例の中に、一度使ったルートの出発点と到着点を逆にした路線を挿入している。このため、エージェントは学習の為のデータ集合を TF 方式より多く取り扱う。

## 6.3 K サンプルを用いた精度比較

本論文では、N 方式、F 方式、TF 方式、TFP 方式に関して、どの方式が最もシステム起動時にユーザの利用するルートに合致するかシミュレーションを行った。シミュレーションを行うにあたり、サンプルとして K サンプルを正解例として用いた。K サンプルの被験者の移動に際し、エージェントが行った推薦がシステムに表示された MIC と一致する精度を測定した。

推薦の精度を算出するため、精度 (Precision) と平均精度 (Average Precision) を定義する。

## 定義 6.3.1 (精度 (Precision))

$$\text{精度 (Precision)} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n}$$

## 定義 6.3.2 (平均精度 (Average Precision))

$$\text{平均精度 (Average Precision)} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i \frac{1}{r_i}}{n}$$

$\delta_i$  は  $i$  番目にユーザが利用したルートが MIC の一覧に含まれているときは 1 を返し、含まれないときは 0 を返す。 $r_i$  は  $i$  番目のルート推薦時に表示される MIC のうちから何番目のものかを示すランクである。

表 6.1 に各ユーザ、各方式の精度・平均精度の一覧を示す。図 6.1 に精度、図 6.2 に平均精度をそれぞれ示す。MIC の個数を 5, 10 とした場合 (方式名#) についてそれぞれの方式で測定した。TFP では MIC 数 5, 10 での計測値に差がなかったため TFP5 のみを図 6.1, 6.2 に示す。U4 の精度は他のユーザ (U#) より高い傾向があるがこれはルーチンルートをよく利用するためである。また、U7, U10 は非ルーチンルートばかりを利用するため精度が低くなっている。U8 でも TFP 方式が他の方式より精度が高い。U8 は非ルーチンルートを使っているが、往復で同じルートを利用する機会が多く TFP 方式のアルゴリズムの効果が確認できた。

## 6.4 精度のまとめ

シミュレーションの結果、精度は平均精度とともに、TFP 方式が最も良かった。これより、分類木学習の効果が実証された。また、TF 方式より、TFP 方式の方が精度が高かった点は、事前の行動によりヒューリスティックが加えられていた事による。本シミュレーションにおける精度・平均精度に関する相関係数を表 6.2 に示す。ルーチンルートほど平均精度が良くなる事がわかる。

表 6.1: 推薦精度の比較

	N5		N10		F5		F10		TF5		TF10		TFP5	
	P	AP	P	AP	P	AP	P	AP	P	AP	P	AP	P	AP
U1	0.368	0.158	0.711	0.314	0.645	0.312	0.816	0.337	0.816	0.797	0.829	0.799	<b>0.855</b>	<b>0.820</b>
U2	0.581	0.328	0.581	0.304	0.581	0.435	0.581	0.435	<b>0.710</b>	<b>0.677</b>	<b>0.710</b>	<b>0.677</b>	0.677	0.610
U3	0.583	0.208	0.722	0.427	0.667	0.420	<b>0.778</b>	0.437	0.722	0.688	0.722	0.688	0.750	<b>0.736</b>
U4	<b>1.000</b>	0.289	<b>1.000</b>	0.863	<b>1.000</b>	0.521	<b>1.000</b>	0.521	0.964	0.905	<b>1.000</b>	0.910	0.964	<b>0.928</b>
U5	0.550	0.225	0.600	0.287	0.600	0.385	0.600	0.385	0.600	0.560	0.600	0.560	<b>0.650</b>	<b>0.625</b>
U6	0.553	0.267	0.617	0.207	0.660	0.320	0.723	0.330	0.702	0.702	0.745	0.708	<b>0.872</b>	<b>0.819</b>
U7	0.172	0.086	0.241	0.071	0.069	0.052	0.138	0.062	0.241	0.241	0.241	0.241	<b>0.517</b>	<b>0.402</b>
U8	0.357	0.125	0.393	0.087	0.321	0.117	0.679	0.167	0.571	0.519	0.607	0.534	<b>0.857</b>	<b>0.685</b>
U9	0.458	0.158	0.542	0.230	0.521	0.225	0.688	0.252	0.667	0.618	0.708	0.622	<b>0.813</b>	<b>0.713</b>
U10	0.087	0.043	0.522	0.129	0.348	0.099	0.652	0.139	0.435	0.413	0.696	0.473	<b>0.739</b>	<b>0.518</b>
Mean	0.471	0.189	0.593	0.292	0.541	0.289	0.665	0.307	0.643	0.612	0.686	0.621	<b>0.770</b>	<b>0.686</b>

表 6.2: 相関係数

	TF5	TFP5
バス停・駅の異なり数に対する精度	-0.68	-0.72
バス停・駅の異なり数に対する平均精度	-0.65	-0.68
ルーチンルートに対する精度	0.86	0.54
ルーチンルートに対する平均精度	0.89	0.82

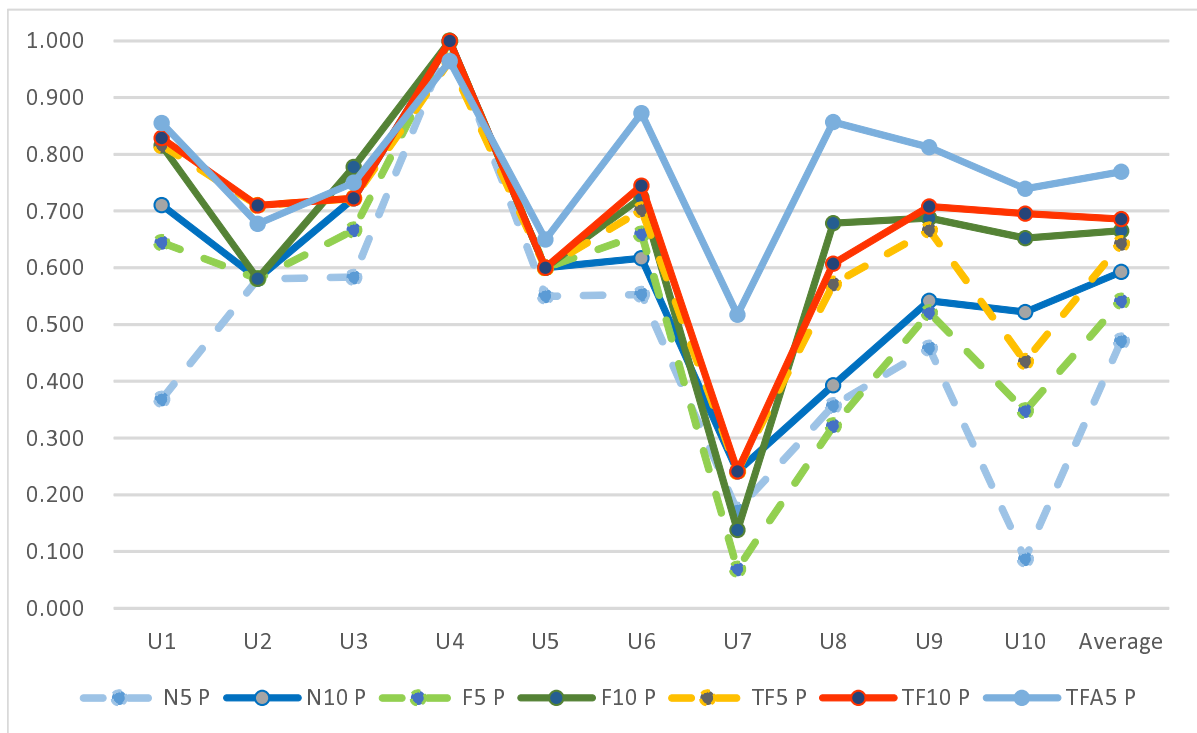


図 6.1: 精度比較

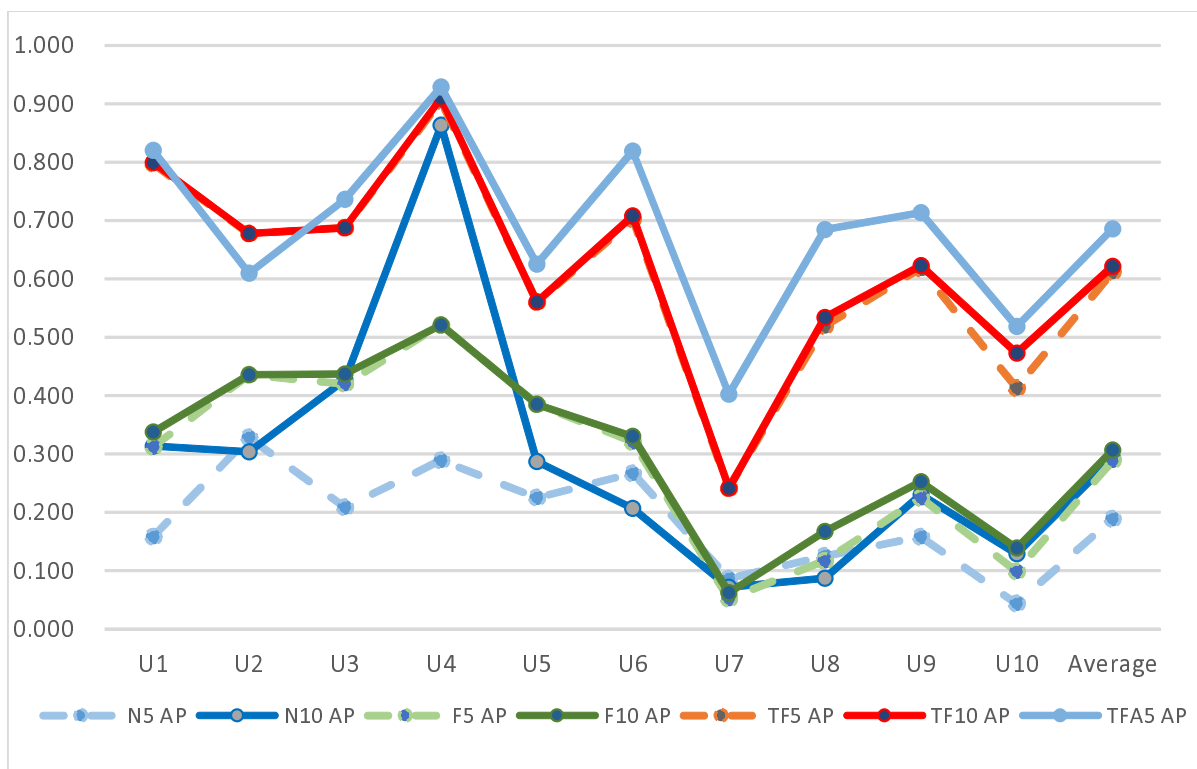


図 6.2: 平均精度比較



## 第 7 章

# 試作システム PATRASH 初版の試行

### 7.1 試作システムの概要

試作システム PATRASH 初版の画面は、先に示した、図 4.1 図 4.2 図 4.3 によって構成される。また、各画面間の設定画面を含む相関図を図 7.1 に示す。試作システムは、Web アプリとして設計され、サーバに蓄積された検索履歴を元に MIC が生成される。試作システムは前述した、MR 法を採用し、情報提供の仕組みとして利用している。このため、MIC の数は固定されることはなく、ユーザの任意の検索が MIC として次回のシステム使用時にも表示される。また、試作システムでは、各 MIC をクリックすることで、前述の図 4.2 のように詳細な情報を取得することが可能である。

この試作システムでは、ユーザの対象を九州大学伊都キャンパスに通う学生との前提に立ち、時刻による検索だけでなく、授業時間を指定し検索する機能などを持つ。<sup>[22]</sup>

本システムにて、PATRASH システムのサービス提供を目指していたが、ユーザ管理やその他の外因から開発を中断していた。しかし、初版のインタフェースを用いて、先述した MR 法によるエージェントの情報提供法の検証を行った。



図 7.1: 画面の遷移・相関図 (PATRASH 初版)

## 7.2 試作システムの評価

PATRASH は出発地点と到着地点のペア (HoP) を保持する。MR 方式で、HoP で構成された MIC がユーザのフリックによって消去されない限りは画面上に表示される。このインタフェースの有効性を確かめるため<sup>[22]</sup>、HoP として MIC を構成しユーザに情報の提供を行う MR の方式と HoI を利用し日本においてシェアの最も大きい Yahoo!<sup>[4]</sup> と Jorudan<sup>[2]</sup> の乗換推薦方式との比較を行った。

実験では、100 組のルートからなるデータセットを 9 種類作成した。データセットの内訳は、次の通りである。まず、各乗換情報システムが扱えるルートに異なりがあるため、各乗換情報システムが扱える駅集合を利用したルートのデータセットを 3 種類、自動生成した。次に、各乗換情報システム用のデータセットの生成に際して、100 組のルート中、複数回出現するルートの割合が 30%、50%、70% の 3 種類となるように生成した。ここで複数回出現するデータセットの出現頻度は、正規分布に従うように自動生成した。そして、3 名の協力者に 9 種類各 100 組のルートについてルート検索を行わせ、検索に要したクリック回数と時間を測定した。被験者と使用端末を一覧を表 7.3 に、平均クリック回数を表 7.4、平均検索時間を表 7.5 に示す。

クリック数と検索時間が少ないことはユーザがより素早く必要な情報を取得できることを示す指標のひとつといえる。

検索にかかる時間の観点からは、本システムの優位性の裏付けはできなかった。サーバの処理能力やネットワークの通信速度なども検索時間に影響を与えるため、評価の指標としては適さなとも見なせる。

また、HoP と HoI による、履歴の有効活用の差を示すため、70%重複を有するルートを含むデータセットと 30%重複するルートを含むデータセットでのコスト（クリック回数）の減少率を表 7.6 に示す。

それぞれのクリック回数に関して、統計量的有意差を調べるため、student の t 検定

を実施した (表 7.7 及び表 7.8) . 表 7.7 が示す通り p 値を 0.05 としたとき , 被験者 N の 50% の計測を除き , 有意差が示された . 同様に , 表 7.8 の通り被験者 G の測定結果と , 被験者 N の 50% の計測を除き , 有意差が示された .

表 7.1: クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Yahoo)

Person	30%	50%	70%
N	9.7E-4	0.23	5.4E-3
G	2.2E-16	2.2E-16	1.9E-10
L	1.1E-09	2.6E-07	5.8E-09

表 7.2: クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Jorudan)

Person	30%	50%	70%
N	0.020	0.96	6.1E-4
G	0.27	0.48	0.093
L	2.8E-4	1.3E-3	1.2E-08

### 7.3 評価結果

それぞれのクリック回数に関して , 統計量的有意差を調べるため , student の t 検定を実施した (表 7.7 及び表 7.8) . 表 7.7 が示す通り p 値を 0.05 としたとき , 被験者 N の 50% の計測を除き , 有意差が示された . 同様に , 表 7.8 の通り被験者 G の測定結果と , 被験者 N の 50% の計測を除き , 有意差が示された .

表 7.3: 被験者

Person	Age	Gender	Mobile Device
N	37	Male	Nexus 7 (Android)
G	25	Male	iPhone 5c (iOS)
L	23	Female	iPhone 5 (iOS)

表 7.4: 平均クリック回数

Transportation Application	30%	50%	70%
PATRASH	5.5	5.1	4.5
Yahoo!	6.6	6.2	5.6
Jorudan	5.6	5.3	5.3

表 7.5: 検索時間 (被験者 3 名)

	Yahoo!	Jorudan	PATRASH
30%	41.1	26.2	31.5
50%	30.0	22.8	29.7
70%	25.8	20.7	27.4

表 7.6: クリック回数の減少率 (被験者 3 名)

Transportation Application	The reduction ratio(30%, 70%)
PATRASH	18.3%
Yahoo!	15.2%
Jorudan	5%

表 7.7: クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Yahoo)

Person	30%	50%	70%
N	9.7E-4	0.23	5.4E-3
G	2.2E-16	2.2E-16	1.9E-10
L	1.1E-09	2.6E-07	5.8E-09

表 7.8: クリック回数に対する t 検定結果 (PATRASH vs Jorudan)

Person	30%	50%	70%
N	0.020	0.96	6.1E-4
G	0.27	0.48	0.093
L	2.8E-4	1.3E-3	1.2E-08

## 第 8 章

# PATRASH による情報提供評価

### 8.1 概要

#### 8.1.1 クライアントアプリ概略

PATRASH3D は他の乗換え案内ソフトと異なる 3D を用いた GUI によって構成される。表示状態のクライアント画面を図 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 及び, 図 8.5, 8.6 に示す。ユーザはアプリ起動時に, 5 つの MIC の情報提供を受ける。ユーザ毎に異なる, 履歴を持つことから, 異なる MIC がユーザに提供される。AUI エージェントによって, この仕組みは実現されている。画面上, GUI は 3 つのキューブから構成される。

- top:4 つのモードのタイトルを表示する, モードは以下の通り。
  - 情報提供モード 図 8.2
  - 検索モード 図 8.5
  - 時刻表詳細モード 図 8.3
  - 推薦情報詳細モード 図 8.4

- middle: 情報提供を行う，主要な項目はすべてこのキューブに表示される．最初に表示される MIC や，検索画面における候補駅や時間，5 時間の間に出発・到着する交通情報，乗換えの詳細情報などが表示される．これらは，キューブの側面ごとに割り当てられユーザに情報を提供する．
- bottom: オプション機能を選択するボタンの役割をはたす．昭和バスのみを候補に選択したい場合や，昭和バスに地下鉄線も入れて検索を行いたい場合等に bottom から選択画面に遷移する．

本クライアント側のアプリケーションの実装には，Unity<sup>[3],[16],[14]</sup> を用いた．短い工数でアプリは構築できたが，反面，ユーザがアプリを起動する際，長時間最初の画面表示まで待たされるなどのデメリットも生じた．

### 8.1.2 サーバサイドエージェント概要

ルート及び，時刻表をクライアントに渡す，サーバサイドのエージェント構成図を 8.7 に示す．各エージェントが別々に存在し，インタラクションを行う事で乗換え案内を提供する枠組みを検討していた．実際には，各エージェントを一つずつのモジュールとしてクラスに分割し実装を行った．基本的に，各モジュールは RDB(MySQL<sup>[17][41]</sup>) への問い合わせを行う際に利用するモジュール以外は，CSV 形式の文字列によって情報の受け渡しを行っている．クライアントエージェントとサーバサイドエージェントの IO に関しても，JSON を簡略化した，CSV 形式のメッセージ形式をとっている．各エージェントモジュールの機能概要を下記に示す．

- User agent
- Transit information agent



- User account agent
- History control agent
- Time table maintenance agent

User agent はクライアントの AUI エージェントからのリクエストによってユーザ毎にインスタンスを生成し、ルート・時刻表の情報を受け渡す。Transit information は User agent からのクエリに従い、時刻表の検索を行う。検索に際して用いる RDB 中のテーブルを図 8.8 に示す。一つのバスが時間軸に沿って到着・出発する駅を保持した形式をとっている。User account agent はユーザのアカウント情報を保持すると共に、新規ユーザのアカウント登録、ユーザのアクセス日時の保持を RDB に対して行う。History control agent は、ユーザの検索した路線情報を毎回蓄積する為 RDB に検索情報の追加を行う。ユーザが検索した履歴は、図 8.9 で示すテーブルに格納される。また、新規のユーザが登録されると、規定値であるルートのセットを予め、DB に登録する操作を行う。ユーザアカウントの格納されているテーブルを図 8.10 に示す。Time table maintenance agent は、Web をクロールしながら、時刻表のデータが更新されて時に、自動でシステム内の時刻表 DB も更新する役割を持つ。Time table maintenance agent は、機能としては完成しているが、一部手動で行う必要があるなど内部のシステムモジュールとしては実装していない。

## 8.2 サービスの提供

一般への PATRASH3D の提供開始は 2016 年 1 月 11 日である。Google Play にて Android 向けのクライアントを提供し、その後、審査を通した iOS 版を iPhone, iPad 向けにリリースした。本システムは、当初 MIC の提供手法として、TFD 法を実装していたが、3 月 19 日以降は N 方式の手法に変更しサービスを提供した。本システムのリリース

にあたり，図 8.11 にアプリケーションをダウンロードしインストールした人数を y 軸に人数，x 軸に時間として示す．図 8.12 に，PATRASH3D が実際に使われた回数を示す．

また，図 8.13 に示す割合はシステムを試用しただけのユーザと，ある程度 (10 ~ 20 回) 利用したユーザ，よく利用したユーザ (20 ~ ) の期間を区切った割合を示す．

これらの結果から，3 月 14 日から 3 月 16 日ないし 23 日の間，4 月 5 日から 4 月 8 日の間，利用者が増加したことが分かる．また，イベントによって，ユーザが増加した事例をあげることができる．3 月 15 日から 3 月 18 日の間は電気情報通信学会のカンファレンスが九州大学伊都キャンパスで開催されており，それに付随したユーザの増加が見取れる．また，3 月 23 日には伊都キャンパス外でデモンストレーションが行われここでもその時間帯にユーザが PATRASH3D をインストールしたと見て取れる動きがあった．しかしながら，ほかのユーザに対しては，一切のシステムの紹介を行っていない．なぜ，このようにユーザ数の変化が多様なものとなったのか意味づけをする必要がある．

### 8.3 他のサービスとの比較検討

本サービスと同様に使われている 2 つのサービスとの比較検討を行った．対象として，「伊都脱出」<sup>[5]</sup>・「Jorudan」<sup>[2]</sup> を対象とした．「伊都脱出」は，九州大学伊都キャンパスからの下校に際して，最終バスを逃さない事をコンセプトに設計され，九州大学の学生に広く認知されている．また，「Jorudan」は乗換え案内サイトとして古くから存在し全国的なユーザ数も多い．表 8.1 に機能的な差を示す．システムを起動した際，(Jorudan はサイトを開いた際)PATRASH3D，伊都脱出は結果画面を最初に表示する．Jorudan のサイトでは，検索画面が表示されそこに出発地，目的地のペアを入力する必要がある．また，駅の検索方法も，文字入力の補完機能は伊都脱出以外は付随しており，ユーザの手間を省く仕組みとなっている．表 8.2 に各サービスを利用した際に想定できる，コストの見積もりを示している．ユーザの必要性に応じて，操作は変わってくるが，より低コ

ストで画面遷移を行える PATRASH3D は、実際の操作性を勘案しなければ十分に耐える事ができる。

表 8.1: 3つの乗換え案内アプリの比較

	システムを起動した時の画面	検索方式	エリアの網羅性
PATRASH	ルートの推薦	リスト及び、文字の入力による検索	九州大学伊都キャンパス付近の運行会社
Jorudan	ルート検索	文字、ブックマーク	日本の主要な運行会社
伊都脱出	ルートの推薦	ルートのリストから入力補完	昭和バス

表 8.2: 画面を更新する際にかかるコスト比較

	ユーザの要求が初期画面で充足する	検索を行った場合 (入力のコストを 3 と仮定)	ブックマークか履歴を使った
PATRASH	0	2	-
Jorudan	-	1	2
伊都脱出	0	2	-

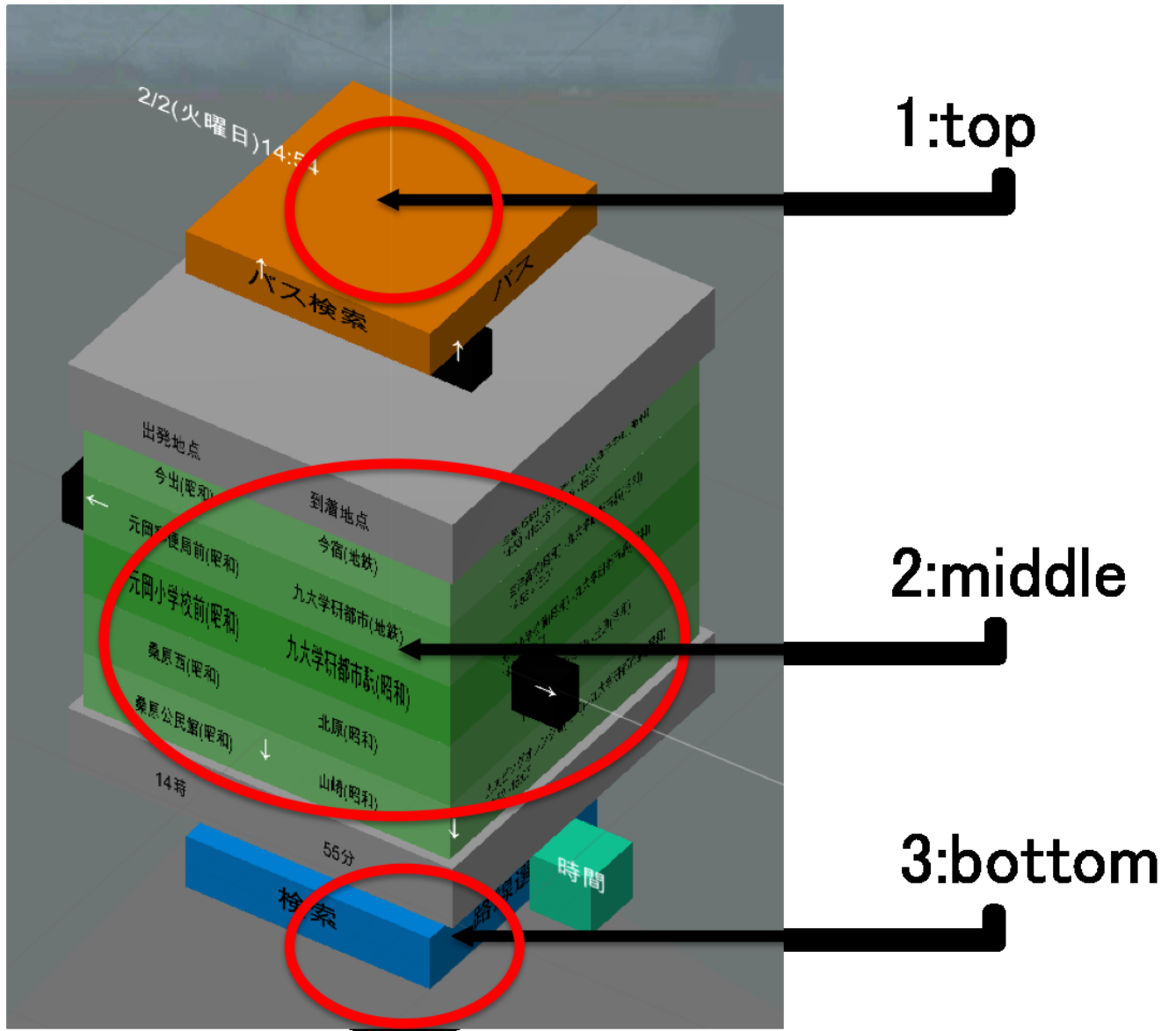


図 8.1: PATRASH3D を斜め上から俯瞰した図

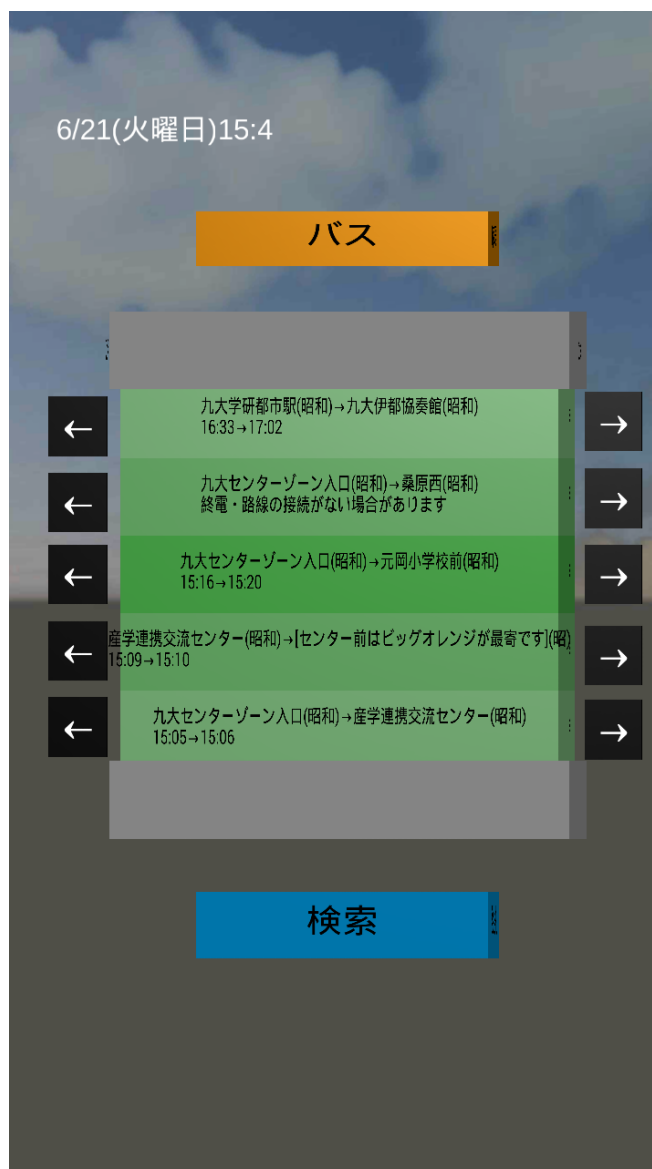


図 8.2: 起動時の画面 (PATRASH3D)

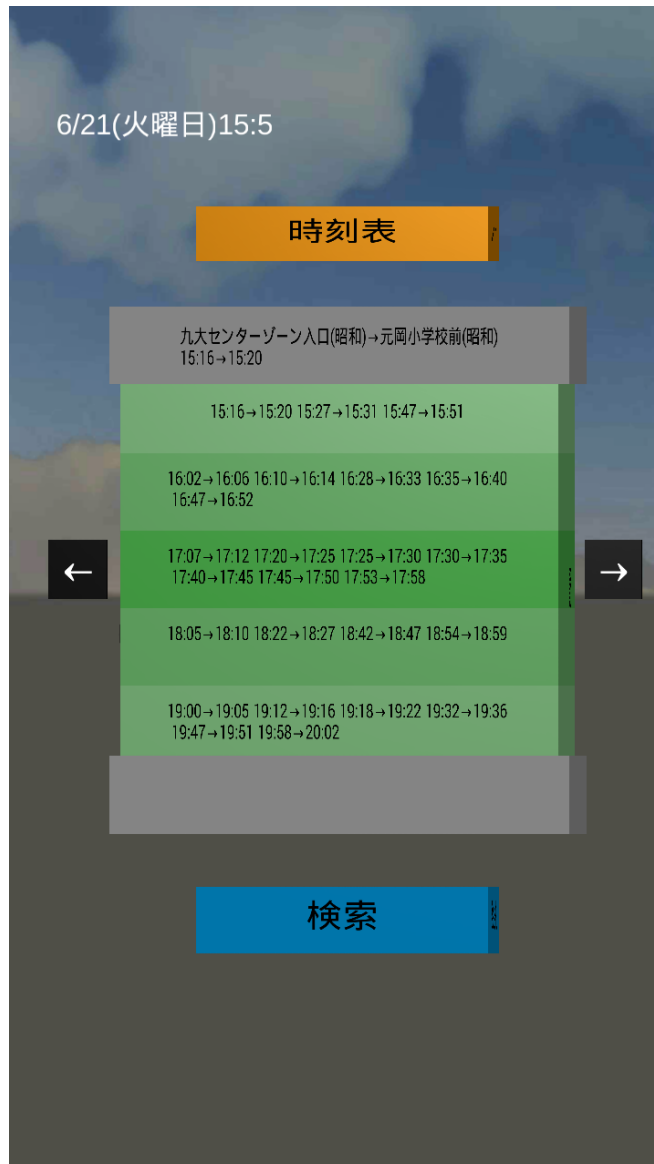


図 8.3: MIC を選択し右に回転した図

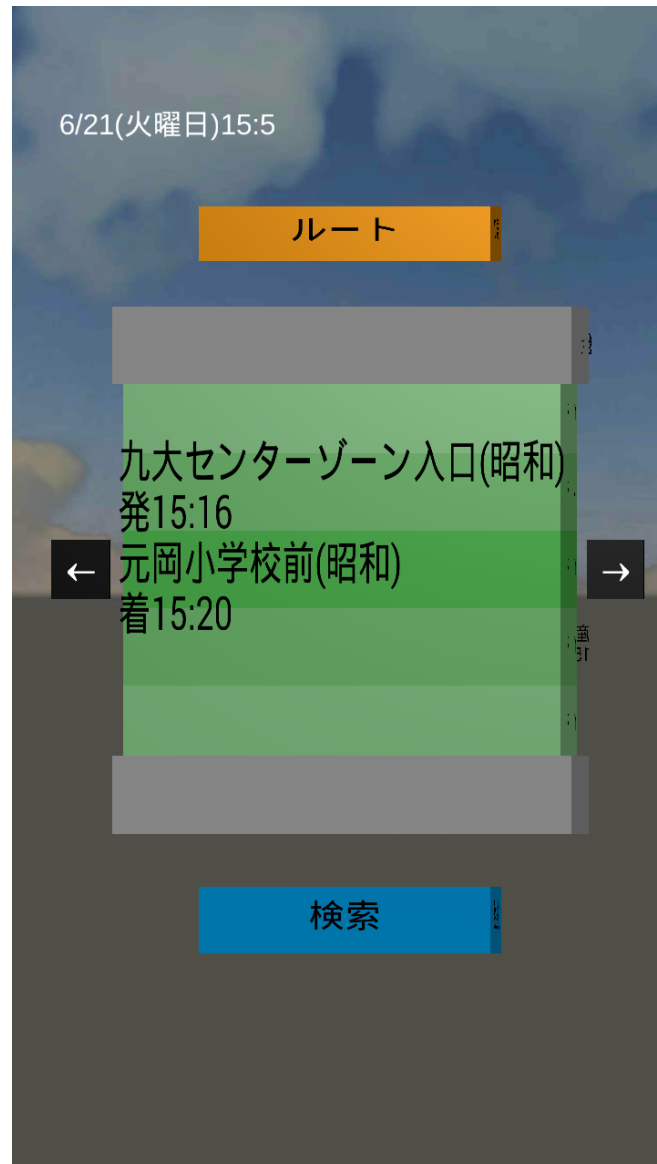


図 8.4: MIC を選択し右に 2 度回転した図

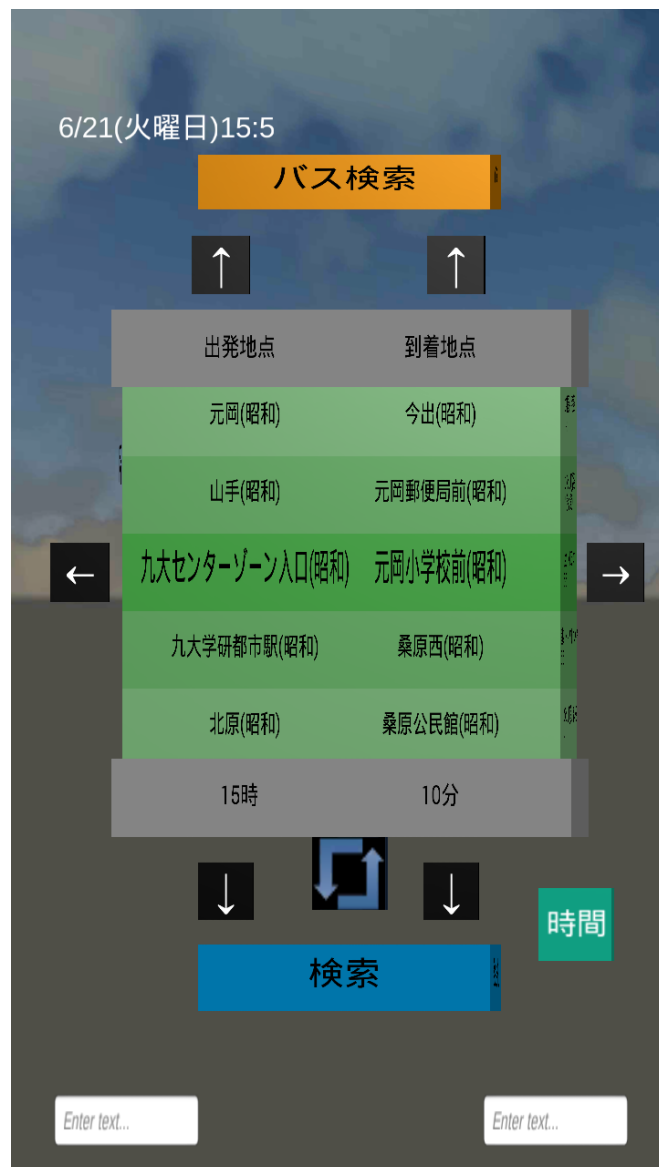


図 8.5: 出発地点, 到着地点を設定 PATRASH3D



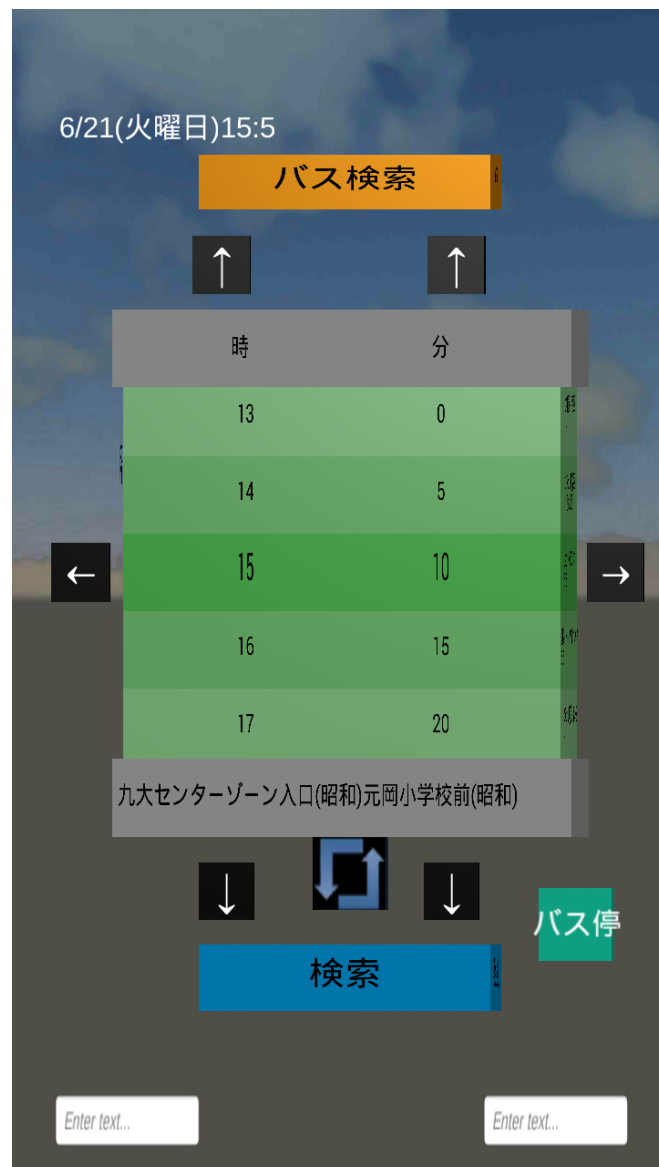


図 8.6: 検索時刻を設定. PATRASH3D

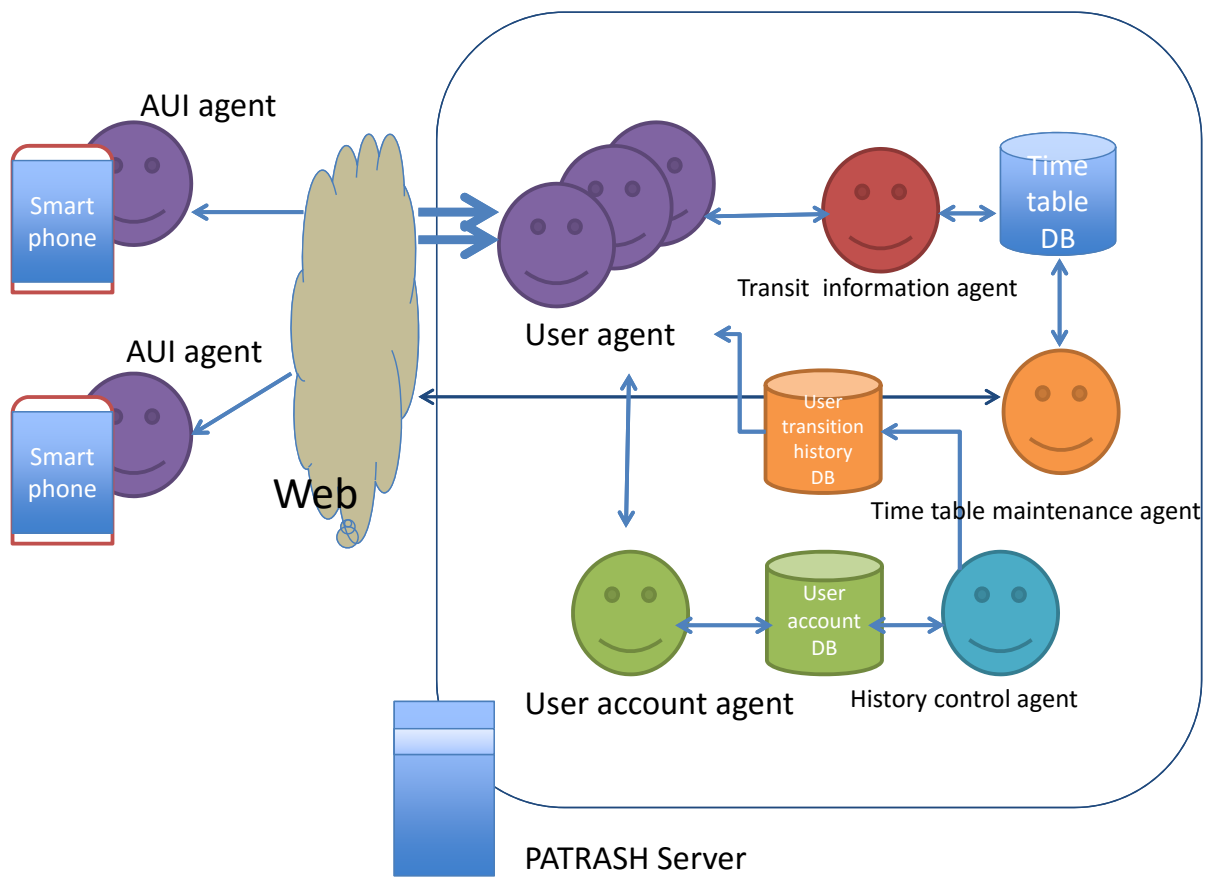
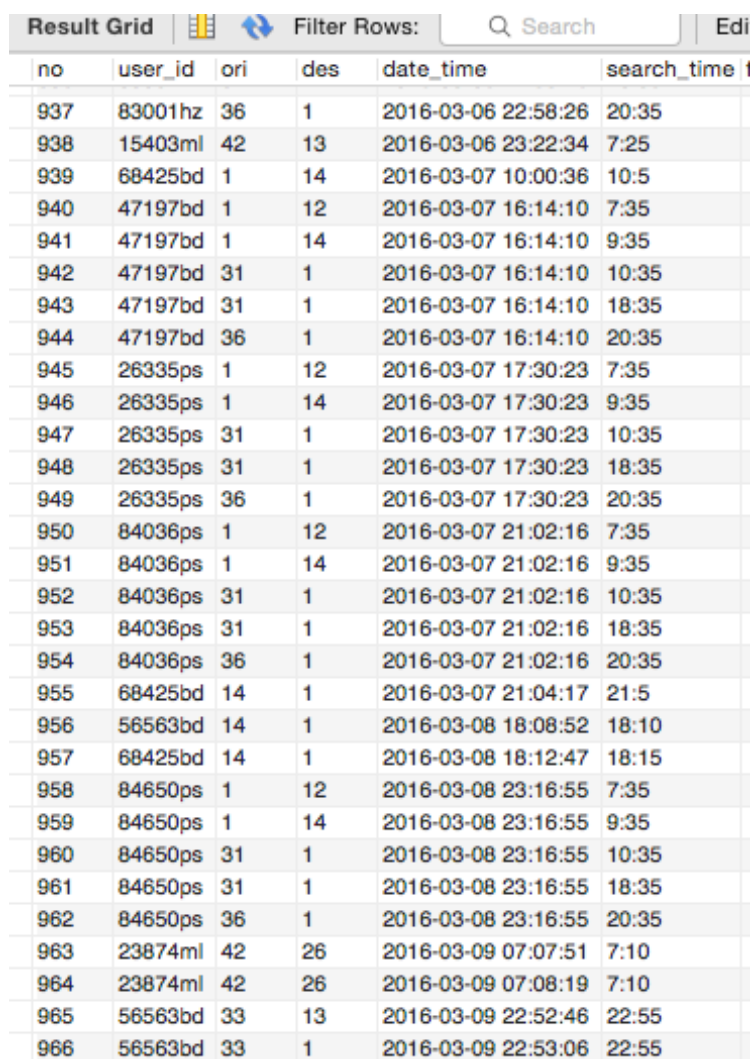


図 8.7: エージェント構成図

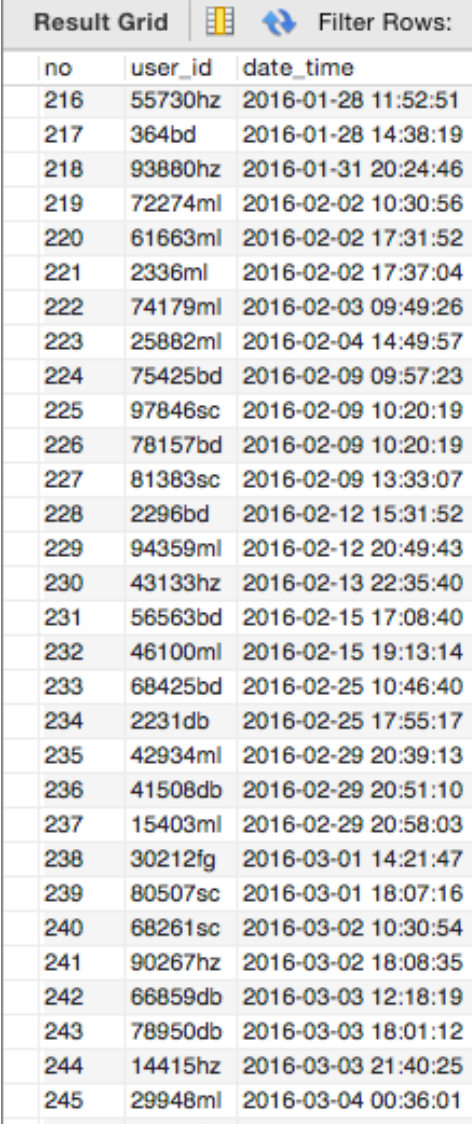
id	name	name_of_stop	arrival_time	departure_time	stop_order_no	bus_no	stop_name_no	up_down	date_type	route_type	service_id	updated_at
1	WeekDay_UP	九大学研都市駅	07:12:00	07:12:00	1	1	1	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
2	WeekDay_UP	北原	07:13:00	07:13:00	2	1	2	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
3	WeekDay_UP	山崎	07:15:00	07:15:00	3	1	3	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
4	WeekDay_UP	周船寺東口	07:16:00	07:16:00	4	1	4	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
5	WeekDay_UP	周船寺	07:17:00	07:17:00	5	1	5	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
6	WeekDay_UP	泉	07:20:00	07:20:00	6	1	6	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
7	WeekDay_UP	富士見	07:21:00	07:21:00	7	1	7	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
8	WeekDay_UP	たろう保育園前	07:22:00	07:22:00	8	1	8	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
9	WeekDay_UP	元岡農協前	07:23:00	07:23:00	9	1	9	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
10	WeekDay_UP	産学連携交流センター	07:26:00	07:26:00	10	1	10	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
11	WeekDay_UP	西消防署元岡出張所前	07:26:00	07:26:00	11	1	11	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
12	WeekDay_UP	九大ビッグオレンジ前	07:27:00	07:27:00	12	1	12	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
13	WeekDay_UP	九大理学部前	07:29:00	07:29:00	13	1	13	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
14	WeekDay_UP	九大工学部前	07:30:00	07:30:00	14	1	14	1	1	1	1	2016-01-13 14:40:59
15	WeekDay_D...	福岡空港	05:45:00	05:45:00	1	683	31	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
16	WeekDay_D...	東比恵	05:48:00	05:48:00	2	683	32	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
17	WeekDay_D...	博多	05:50:00	05:50:00	3	683	33	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
18	WeekDay_D...	紙園	05:52:00	05:52:00	4	683	34	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
19	WeekDay_D...	中洲川端	05:54:00	05:54:00	5	683	35	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
20	WeekDay_D...	天神	05:56:00	05:56:00	6	683	36	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
21	WeekDay_D...	赤坂	05:58:00	05:58:00	7	683	37	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
22	WeekDay_D...	大濠公園	06:00:00	06:00:00	8	683	38	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
23	WeekDay_D...	唐人町	06:01:00	06:01:00	9	683	39	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
24	WeekDay_D...	西新	06:03:00	06:03:00	10	683	40	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
25	WeekDay_D...	藤崎	06:05:00	06:05:00	11	683	41	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
26	WeekDay_D...	室見	06:07:00	06:07:00	12	683	42	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
27	WeekDay_D...	姪浜	06:09:00	06:11:00	13	683	43	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
28	WeekDay_D...	下山門	06:13:00	06:14:00	14	683	44	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
29	WeekDay_D...	今宿	06:17:00	06:18:00	15	683	45	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59
30	WeekDay_D...	九大学研都市	06:19:00	06:20:00	16	683	46	2	2	24	4	2016-01-13 14:40:59

図 8.8: バス運行情報データベース構成



no	user_id	ori	des	date_time	search_time
937	83001hz	36	1	2016-03-06 22:58:26	20:35
938	15403ml	42	13	2016-03-06 23:22:34	7:25
939	68425bd	1	14	2016-03-07 10:00:36	10:5
940	47197bd	1	12	2016-03-07 16:14:10	7:35
941	47197bd	1	14	2016-03-07 16:14:10	9:35
942	47197bd	31	1	2016-03-07 16:14:10	10:35
943	47197bd	31	1	2016-03-07 16:14:10	18:35
944	47197bd	36	1	2016-03-07 16:14:10	20:35
945	26335ps	1	12	2016-03-07 17:30:23	7:35
946	26335ps	1	14	2016-03-07 17:30:23	9:35
947	26335ps	31	1	2016-03-07 17:30:23	10:35
948	26335ps	31	1	2016-03-07 17:30:23	18:35
949	26335ps	36	1	2016-03-07 17:30:23	20:35
950	84036ps	1	12	2016-03-07 21:02:16	7:35
951	84036ps	1	14	2016-03-07 21:02:16	9:35
952	84036ps	31	1	2016-03-07 21:02:16	10:35
953	84036ps	31	1	2016-03-07 21:02:16	18:35
954	84036ps	36	1	2016-03-07 21:02:16	20:35
955	68425bd	14	1	2016-03-07 21:04:17	21:5
956	56563bd	14	1	2016-03-08 18:08:52	18:10
957	68425bd	14	1	2016-03-08 18:12:47	18:15
958	84650ps	1	12	2016-03-08 23:16:55	7:35
959	84650ps	1	14	2016-03-08 23:16:55	9:35
960	84650ps	31	1	2016-03-08 23:16:55	10:35
961	84650ps	31	1	2016-03-08 23:16:55	18:35
962	84650ps	36	1	2016-03-08 23:16:55	20:35
963	23874ml	42	26	2016-03-09 07:07:51	7:10
964	23874ml	42	26	2016-03-09 07:08:19	7:10
965	56563bd	33	13	2016-03-09 22:52:46	22:55
966	56563bd	33	1	2016-03-09 22:53:06	22:55

図 8.9: ユーザの検索履歴情報



no	user_id	date_time
216	55730hz	2016-01-28 11:52:51
217	364bd	2016-01-28 14:38:19
218	93880hz	2016-01-31 20:24:46
219	72274ml	2016-02-02 10:30:56
220	61663ml	2016-02-02 17:31:52
221	2336ml	2016-02-02 17:37:04
222	74179ml	2016-02-03 09:49:26
223	25882ml	2016-02-04 14:49:57
224	75425bd	2016-02-09 09:57:23
225	97846sc	2016-02-09 10:20:19
226	78157bd	2016-02-09 10:20:19
227	81383sc	2016-02-09 13:33:07
228	2296bd	2016-02-12 15:31:52
229	94359ml	2016-02-12 20:49:43
230	43133hz	2016-02-13 22:35:40
231	56563bd	2016-02-15 17:08:40
232	46100ml	2016-02-15 19:13:14
233	68425bd	2016-02-25 10:46:40
234	2231db	2016-02-25 17:55:17
235	42934ml	2016-02-29 20:39:13
236	41508db	2016-02-29 20:51:10
237	15403ml	2016-02-29 20:58:03
238	30212fg	2016-03-01 14:21:47
239	80507sc	2016-03-01 18:07:16
240	68261sc	2016-03-02 10:30:54
241	90267hz	2016-03-02 18:08:35
242	66859db	2016-03-03 12:18:19
243	78950db	2016-03-03 18:01:12
244	14415hz	2016-03-03 21:40:25
245	29948ml	2016-03-04 00:36:01

図 8.10: ユーザアカウントの管理情報

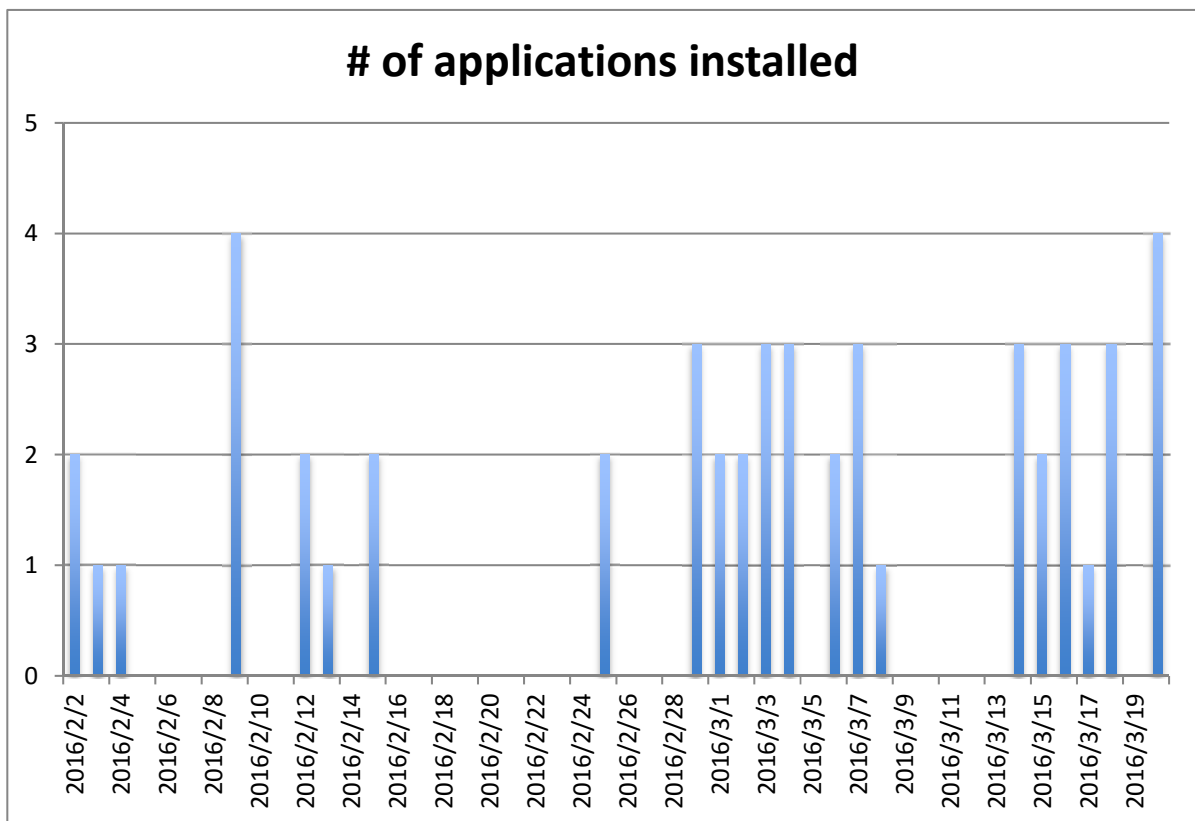


図 8.11: PATRASH がインストールされた回数 2016 年 2 月 1 日から 3 月 20 日

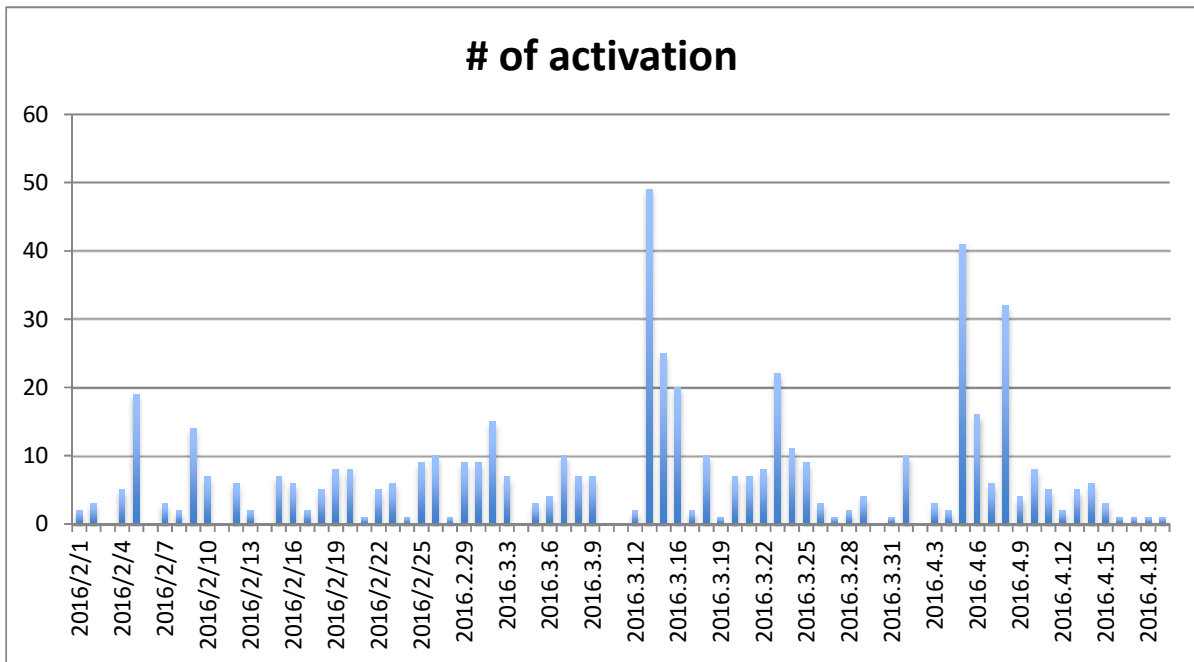


図 8.12: PATRASH が起動された回数 2016 年 2 月 1 日から 4 月 20 日

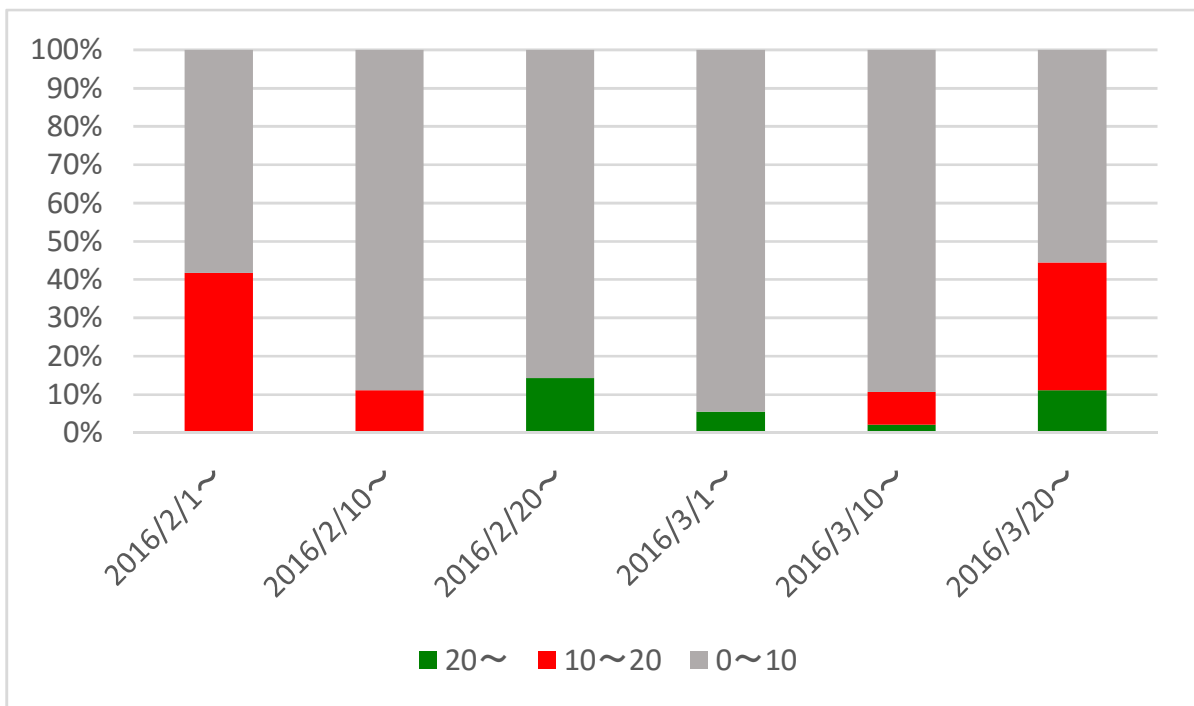


図 8.13: 頻繁に利用するユーザと試用のみするユーザの割合

## 第9章

### 結論

#### 9.1 本論文のまとめ

本論文において、公共交通機関利用の際した、情報提供手法に関して論じた。また、乗換情報システム PATRASH の Adaptive User Interface の実現法と、情報推薦方法について述べた。PATRASH のユーザインタフェースの核である MIC と呼ぶ情報表示のためのコンテナの表示方法とその効果と HoP と呼ぶ出発地点と到着地点のペアによる履歴の保持方法に関して論じた。ユーザにとって、インタフェースのクリック数を削減する効果を確認することができた。WEKA の J4.8 を用いた決定木からルートを紹介する手法に関しても、決定木を使わない、頻度順・近時順の方式に比べ精度よく推薦できることを確認した。しかし、移動履歴を年間、あるいは複数ヶ月使える場合等、より精度の高い利用方法の検討が必要である。たとえば、移動履歴に残る全履歴から決定木を生成する、あるいは、1ヶ月分（最近の）または、30 レコード程度に期間を限定して決定木を生成する、前年の同月の履歴を用いる等、多様なアルゴリズムが考えられる。

本論文では、ユーザの移動履歴を推薦の際に利用する事の有効性を確認し、決定木を用いた推薦方法 (TF 方式) の精度が高かったのに対して、非ルーチンルートの多いユー



ザの場合は、推薦精度は低くなった。一方、TFP 方式を導入することで、非ルーチンルートが多いユーザの場合に対しても推薦精度の向上を実現できた。GPS が利用できない場合など、MR 方式により MIC の管理をユーザに任せる仕組みもユーザにとっては有用と考えている。

PATRASH の基本機能の実装は完了しており、実際のサービスを開始した。今後は、静的なタイムテーブルの推薦だけではなく、実時間に発生する交通機関の遅れ情報を加味したルート推薦機構<sup>[35]</sup>の実装のほか、ユーザにとって優先すべき項目（料金、乗換回数、乗換駅的环境など）に基づく推薦機能や、ユーザの利用状況（今すぐ出発、後で出発、終電チェック等）を考慮した推薦機能の実現について検討を行う必要がある。多くの点で PATRASH システムは未完成な部分が多く、エージェントとして構成を追加していくフレームワークも未確立である。このような欠けているシステムを補完していくためには、上位に位置するエージェントシステムの枠組みを定義・実装する必要がある。以上を踏まえ、PATRASH システムも他のシステムの一部として機能させていく予定である。

## 9.2 終わりに

近代から現代に至る文明・文化の多様性は、情報の発信・伝達と複雑に関係性を持っている<sup>[48]</sup>。情報工学の発達は、加速度的に情報量を増加させ、しかも一部の人にしか許されていなかった情報の開示を一般の人にも可能にした。例として挙げるとインターネットの発展と深化が適切である。多くの人々がインターネットの利用によってサービスを提供される側に甘んじることなく、自由な表現の自由がもたらされた。IT (Information Technology) も IoT, ICT と実生活の中で、有用性を証明している。インターネットはその起源を単純な情報のやり取りとし、その多層化による Web (World Wide Web) の構築に始まった。この単純なプロトコルによる情報の移転の可能性は、構築当時の想像を超え、現状を持ってどこまで進化し続けるか予測できない。わずか数ヶ月で最新の技

術も陳腐化し，新しいサービスに代わられる事も少なくない．現状の加速的な情報の氾濫によって，多くのユーザは必ずしも有益な状況に至れるとは限らない．むしろ，一部の人々に情報を権利化され，現在でもしばしば言われる「情報弱者」をより多く生み出すことも考えられる．情報科学に携わる者として，危惧をいただくと同時に，未知なる物への探究心を忘れることはできないであろう．



## 謝辞

本研究を行うにあたり，研究の機会を与えていただきかつ懇切丁寧に御指導して下さいました，九州大学大学院システム情報科学研究院の峯恒憲准教授に深く感謝致します。

本論文をまとめるにあたり，御指導を頂きました九州大学大学院システム情報科学研究院の福田晃教授，久住憲嗣准教授に深く感謝致します。

本研究は主要な部分を国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト 平成 24 年「移動体データ銀行で実現する次世代都市交通情報共通基盤アジアモデルの構築」及び JSPS 科研費 15H05708 の助成を受けたものです。

本研究を行うにあたり，良い研究室と研究環境，御助言を下さいました，九州大学大学院システム情報科学研究院の鷓林尚靖教授，亀井靖高准教授に深く感謝致します。

本研究において，プロジェクトの進行を共に邁進して下さいました，高原氏，三瀬司朗氏 並びに，テーマを共有し協力して下さいました，張紅亮氏，高赫氏に感謝致します。また，研究の分野のみならず，実証のための被験者の確保等にも御協力頂いた，清弘晃史氏に深く感謝致します。

日頃，研究生活の手助けをして頂いた峯研究室の山口晃平氏，佐野優太氏，丸太雅貴氏，千賀裕貴氏に感謝致します。

研究上，度々ご助力を頂きました，鷓林・亀井研究室，峯研究室 秘書の三浦亜矢氏，並びに元秘書の吉尾みのり氏に感謝致します。

研究生を送る上で、活発な議論にお付き合い頂いた峯研究室の皆様、並びに鶴林・亀井研究室の皆様にご感謝します。

最期の2年間、生活上で助けを頂いた、九州大学伊都協奏館の住人各氏、及びスタッフ各氏にご感謝します。

最後に、日々の生活で惜しみない支援をしてくれた父 中村勝、母 中村佳子にご感謝します。



## 参考文献

- [1] Amazon. <https://www.amazon.co.jp/>.
- [2] Jorudan. <https://www.jorudan.com/>.
- [3] Unity. <https://unity3d.com/>.
- [4] Yahoo. <https://transit.yahoo.co.jp/>.
- [5] 伊都脱出. <https://twitter.com/ito.app>.
- [6] 楽天. <http://www.rakuten.co.jp/>.
- [7] 九州大学学生数. <https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/university/publication/number/>.
- [8] 九州大学職員数. <https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/university/publication/education/>.
- [9] 糸島コミュニティバス. <http://www.nishitetsu.jp/>.
- [10] 昭和バス. <http://www.city.itoshima.lg.jp/>.
- [11] 西鉄バス. <http://www.nishitetsu.jp/>.
- [12] 路線図. <http://suisin.jimu.kyushu-u.ac.jp/en/info/img/trans2012.jpg>.

- 
- [13] Erwin Adi and Sri Ayu Ningsih. Ubiquitous public transportation route guide for a developing country. In *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2010 IEEE 24th International Conference on*, pp. 263–268. IEEE, 2010.
- [14] Sue Blackman. *Beginning 3D Game Development with Unity 4: All-in-one, multi-platform game development*. Apress, 2013.
- [15] Eduardo Castillejo, Aitor Almeida, and Diego López-de Ipina. User, context and device modeling for adaptive user interface systems. In *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Context-Awareness and Context-Driven Interaction*, pp. 94–101. Springer, 2013.
- [16] Ryan Henson Creighton. *Unity 3D game development by example: A seat-of-your-pants manual for building fun, groovy little games quickly*. Packt Publishing Ltd, 2010.
- [17] Paul DuBois. *MySQL*. Pearson Education, 2008.
- [18] Jacques Ferber. *Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence*, Vol. 1. Addison-Wesley Reading, 1999.
- [19] Brian Ferris, Kari Watkins, and Alan Borning. Location-aware tools for improving public transit usability. *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 9, No. 1, pp. 13–19, 2010.
- [20] Brian Ferris, Kari Watkins, and Alan Borning. Onebusaway: results from providing real-time arrival information for public transit. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1807–1816. ACM, 2010.



- 
- [21] Krzysztof Z Gajos, Katherine Everitt, Desney S Tan, Mary Czerwinski, and Daniel S Weld. Predictability and accuracy in adaptive user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1271–1274. ACM, 2008.
- [22] Yuan Gao. Personalized user interface for transportation recommendation system. Master’s thesis, Kyushu University, 2014.
- [23] Ander Garcia, Pieter Vansteenwegen, Olatz Arbelaitz, Wouter Souffriau, and Maria Teresa Linaza. Integrating public transportation in personalised electronic tourist guides. *Computers & Operations Research*, Vol. 40, No. 3, pp. 758–774, 2013.
- [24] Marta C Gonzalez, Cesar A Hidalgo, and Albert-Laszlo Barabasi. Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, Vol. 453, No. 7196, pp. 779–782, 2008.
- [25] Mark Hall, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann, and Ian H Witten. The weka data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, Vol. 11, No. 1, pp. 10–18, 2009.
- [26] Kurt Hornik, Christian Buchta, and Achim Zeileis. Open-source machine learning: R meets weka. *Computational Statistics*, Vol. 24, No. 2, pp. 225–232, 2009.
- [27] Michael N Huhns. Agents as web services. *IEEE Internet computing*, Vol. 6, No. 4, p. 93, 2002.
- [28] Akifumi Kiyohiro, Kohei Yamaguchi, He Gao, Hiroyuki Nakamura, and Tsunenori Mine. Customer behavior analysis on after getting off the train based on usage

- histories of smart ic card. In *Advanced Applied Informatics (IIAIAAI), 2014 IIAI 3rd International Conference on*, pp. 269–274. IEEE, 2014.
- [29] SD Maclean and DJ Dailey. The use of wireless internet service to access real-time transit information. In *Proceedings of the 9th Annual World Congress on Intelligent Transport Systems, Chicago, Illinois*, pp. 14–18. Citeseer, 2002.
- [30] Scott Moss, Helen Gaylard, Steve Wallis, and Bruce Edmonds. Sdml: A multi-agent language for organizational modelling. *Computational & Mathematical Organization Theory*, Vol. 4, No. 1, pp. 43–69, 1998.
- [31] Hiroyuki Nakamura, Yuan Gao, He Gao, Hongliang Zhang, Akifumi Kiyohiro, and Tsunenori Mine. Adaptive user interface agent for personalized public transportation recommendation system: Patrash. In *International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, pp. 238–245. Springer, 2014.
- [32] Hiroyuki Nakamura, Yuan Gao, He Gao, Hongliang Zhang, Akifumi Kiyohiro, and Tsunenori Mine. Toward personalized public transportation recommendation system with adaptive user interface. In *Advanced Applied Informatics (IIAIAAI), 2014 IIAI 3rd International Conference on*, pp. 103–108. IEEE, 2014.
- [33] Hiroyuki Nakamura, Yuan Gao, He Gao, Hongliang Zhang, Akifumi Kiyohiro, and Tsunenori Mine. Adaptive user interface for personalized transportation guidance system. In *Tourism Informatics*, pp. 119–134. Springer, 2015.
- [34] Hiroyuki Nakamura, Mise Shiro, and Tsunenori Mine. Personalized recommendation for public transportation using user context. In *Advanced Applied Informatics (IIAIAAI), 2016 IIAI 5th International Conference on*, pp. –. IEEE, 2016.

- 
- [35] Hiroyuki Nakamura, Hongliang Zhang, Yuan Gao, He Gao, Akifumi Kiyohiro, and Tsunenori Mine. Dealing with bus delay and user history for personalized transportation recommendation. In *The 2014 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, Vol. 1, pp. 410–415, 3 2014.
- [36] Donald J Patterson, Lin Liao, Krzysztof Gajos, Michael Collier, Nik Livic, Katherine Olson, Shiaokai Wang, Dieter Fox, and Henry Kautz. Opportunity knocks: A system to provide cognitive assistance with transportation services. In *International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 433–450. Springer, 2004.
- [37] Beatriz Rodríguez, Julián Molina, Fátima Pérez, and Rafael Caballero. Interactive design of personalised tourism routes. *Tourism Management*, Vol. 33, No. 4, pp. 926–940, 2012.
- [38] Wouter Souffriau, Pieter Vansteenwegen, Joris Vertommen, Greet Vanden Berghe, and Dirk Van Oudheusden. A personalized tourist trip design algorithm for mobile tourist guides. *Applied Artificial Intelligence*, Vol. 22, No. 10, pp. 964–985, 2008.
- [39] Aaron Steinfeld, John Zimmerman, Anthony Tomasic, Daisy Yoo, and Rafae Aziz. Mobile transit information from universal design and crowdsourcing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2217, pp. 95–102, 2011.
- [40] Mark Weiser. The computer for the 21st century. *Scientific american*, Vol. 265, No. 3, pp. 94–104, 1991.
- [41] Luke Welling and Laura Thomson. *PHP and MySQL Web development*. Sams Publishing, 2003.

- [42] John Zimmerman, Anthony Tomasic, Charles Garrod, Daisy Yoo, Chaya Hiruncharoenvate, Rafae Aziz, Nikhil Ravi Thiruvengadam, Yun Huang, and Aaron Steinfeld. Field trial of tiramisu: crowd-sourcing bus arrival times to spur co-design. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1677–1686. ACM, 2011.
- [43] 伊藤昌毅, 川村尚生, 菅原一孔. スマートフォンを利用したバスロケーションシステムの開発. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 96, No. 10, pp. 2327–2339, 2013.
- [44] 丸山直樹, 若宮翔子, 細川侑士, 河合由起子, 秋山豊和, 角谷和俊. 交通案内サイト利用履歴を用いたユーザの移動予測. 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 13, No. 2, pp. 171–176, 2014.
- [45] 吉岡元貴, 小澤順ほか. 移動先エントロピーを用いた車両の走行履歴による到着地の推定. 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 12, pp. 2973–2982, 2005.
- [46] 西田宗千佳. クラウド・コンピューティング. 株式会社朝日新聞出版, 2009.
- [47] 川村尚生, 菅原一孔ほか. バスネットワークのための実用的な経路探索システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 2, pp. 780–790, 2007.
- [48] 池田純一. ウェブ文明論. 新潮社, 2013.
- [49] 中村啓之, 峯恒憲. ユーザの移動履歴を基にした公共交通機関ルート推薦エージェントの提案. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 98, No. 6, pp. 962–970, 2015.
- [50] 長健太, 岡本雄三. モバイルデバイス上のセンサを活用した実世界状況に基づく情報推薦システム (「web インテリジェンス」及び一般). 電子情報通信学会技術研究報告. AI, 人工知能と知識処理, Vol. 111, No. 70, pp. 33–38, 2011.

- 
- [51] 田中宏平, 寺田努, 岸野泰恵, 西尾章治郎. カーナビゲーションシステムのための走行履歴と運転状況を用いた車両目的地予測手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 1, pp. 141–151, 2010.
- [52] 田島敬士, 吉岡元貴, 小澤順. カーナビゲーションシステムにおける個人走行履歴による到着地推定に用いる走行属性の評価. 知能と情報, Vol. 20, No. 3, pp. 379–387, 2008.
- [53] 半田恵一, 田中俊明. 乗換え案内サービスにおける経路探索手法. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 88, No. 10, pp. 1525–1533, 2005.