

平成18年度 卒業論文

経路情報共有による観光経路の円滑化に関する研究

Research into the making of a smooth  
sightseeing route by sharing route  
information

琉球大学工学部情報工学科

035755D 宮国 敏

指導教官 姜 東植

# 目次

第1章	序論	1
1.1	背景と目的	1
1.2	論文の構成	2
1.3	Introduction	2
第2章	基礎概念	3
2.1	マルチエージェント	3
2.2	VICS	3
2.3	シミュレーションモデル	4
2.3.1	交通流モデル	4
2.3.2	評価関数	4
2.3.3	経路選択戦略	5
2.3.4	ダイクストラ法	7
第3章	複数の目的地に対応した経路決定戦略	9
3.1	提案手法	9
3.1.1	最短距離経路戦略	9
3.1.2	最短時間経路戦略	11
3.1.3	経路情報共有戦略	11
3.1.4	評価関数	13
第4章	シミュレーション実験	14
4.1	実験環境	14
4.2	戦略別シミュレーション実験	14
4.2.1	道路ネットワーク	14
4.2.2	設定条件	15
4.3	単一目的地のシミュレーション実験	17
4.3.1	設定条件	17
4.4	複数目的地のシミュレーション実験	20
4.4.1	考察	22
4.4.2	シミュレーション実行画面	23

第 5 章	結論	24
5.1	まとめ . . . . .	24
5.2	今後の課題 . . . . .	24

# 目 次

2.1	Total Passage Assurance . . . . .	7
2.2	ダイクストラ法 . . . . .	8
3.1	最短距離経路戦略 . . . . .	10
3.2	最短時間経路戦略 . . . . .	12
4.1	道路ネットワークモデル . . . . .	15
4.2	SD 戦略のみの平均旅行時間効率 . . . . .	16
4.3	ST 戦略のみの平均旅行時間効率 . . . . .	16
4.4	RIS 戦略のみの平均旅行時間効率 . . . . .	17
4.5	SD 対 ST の各戦略比における平均旅行時間効率 . . . . .	18
4.6	SD 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率 . . . . .	18
4.7	ST 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率 . . . . .	19
4.8	全ての戦略における平均旅行時間効率 (ST 車両数 200 に固定) . . . . .	20
4.9	SD 対 ST の各戦略比における平均旅行時間効率 . . . . .	20
4.10	SD 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率 . . . . .	21
4.11	ST 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率 . . . . .	21
4.12	全ての戦略における平均旅行時間効率 (ST 車両数 200 に固定) . . . . .	22
4.13	シミュレーション実行画面 . . . . .	23

# 表 目 次

4.1	実験環境 . . . . .	14
4.2	シミュレーションのパラメータ設定値 . . . . .	15
4.3	シミュレーションのパラメータ設定値 . . . . .	17

# 第1章 序論

## 1.1 背景と目的

観光旅行などで観光地を訪れる際に、交通渋滞や訪問先の混雑状況は娯楽の満喫を阻害する重要な要素といえる。特に、年間500万人以上の観光客が訪れる車社会の沖縄県では、リゾートホテルが立地し、観光施設の多い北部地域において、夏期や休日に著しい交通渋滞が発生するなどの問題を抱えている [1]。また、沖縄県の自動車保有台数は年々上昇を続け、人口1人当たりの渋滞損失時間は、約47時間/年であり、岐阜県、宮城県、山梨県に次ぎ全国4位になる [2]。これは観光産業を中心とする本県の産業にとって大きな問題であり早急な対応が望まれている。

一方、渋滞緩和を目的としたVICS ( Vehicle Information and Communication System ) サービスにより、カーナビゲーションシステムを通じて高速道路や主要幹線道路の混雑情報の入手が可能になった [7]。これにより、VICS 対応カーナビゲーションを使用するドライバーは、VICS から得られる混雑情報を基に、混雑を避け、運転時間を短縮できる経路選択が可能となった。しかし、VICS の普及に伴い、配信される同一の交通情報に基づいて多数のドライバーが経路選択をした場合、集中して選択された経路において新たな混雑が生じるという問題が起こっている [4]。

山下ら [4] は、特定のドライバー間で、今後通過する予定の経路を経路情報として共有し、相互に重複しない経路を選択することで、道路交通システム全体の移動効率が向上することを示した。しかし、山下らの手法は、ドライバーの目的地が複数の場合には対応しておらず、目的地が一つの場合に対してのみ検証を行っている。実際の観光行動において、旅行者が一つの目的地のみを訪問するとは限らないため、複数の目的地にも対応した経路選択手法が必要であると考えられる。

そこで本研究では、山下らの提案した手法を拡張し、複数の目的地に対応した経路選択手法を提案し、マルチエージェントシミュレーションを行い、その結果について考察する。

## 1.2 論文の構成

本論文では以下の構成で論じる。

第2章では、基礎概念としてマルチエージェント、VICS、シミュレーションモデルについて説明する。第3章では、幾つかの観光地を訪問する際の、観光経路の円滑化の為に、複数の目的地を考慮した経路選択手法を提案する。第4章では、提案した経路選択法のシミュレーションを行い、結果から考察を行う。最後に第5章では、結論を述べる。

## 1.3 Introduction

When you visit popular tourist spots on sightseeing trips, traffic congestion along the route to the destination can really spoil your enjoyment. This is especially the case in Okinawa Prefecture, which is a highly motorized society. The major resort hotels are located in the northern part of the island, where there are also a lot of sightseeing attractions. A combination of both means that traffic congestion is a major problem during the summer and over holidays[1]. Given the importance of tourism to Okinawa's economy, we really need to find an effective solution as quickly as possible.

With this in mind, in this research we examine how effective VICS (Vehicle Information and Communication System) can be as part of the solution. VICS is a service that aims to tackle traffic decongestion. Through the system it is possible for a driver to receive traffic jam and congestion information on the road through the in-car navigation system. At the same time, however, VICS is not without its problems. When the driver selects a route from received same traffic information, this can lead to the creation of the problem of new congestion in the route that concentrates and is selected has happened.

Yamashita[2] showed that the movement efficiency of the entire system improved by sharing routing information among specific drivers, and selecting routes that did not mutually overlap. However, because of Yamashita's technique targets only the route selection to one destination, it is not possible to use it, when the destination is a plural. In actual sightseeing, the traveler doesn't necessarily visit only one destination. As such, the construction of a route selection technique capable of accommodating up to two or more destinations is necessary.

Our objective in this research is to enhance the route selection method that Yamashita developed. Additionally, we propose a route selection method that can accommodate multiple destinations, and the result is considered to the verification of the proposal technique.

## 第2章 基礎概念

本章では、マルチエージェント、VICS、さらに本研究で用いたシミュレーションモデル [5] についてそれぞれ概要を述べる。

### 2.1 マルチエージェント

マルチエージェントシステム (MAS : Multi Agents System) は、複数の自律的に動作する主体 (エージェント) から構成されるシステムである。多数の自律したエージェントの集合的な行為は、個々のエージェントの個別的な行為を蓄積したものと全く異なったものになる。その集合体としての性質は、構成要素であるどのエージェントにも見い出すことができなく、全く異なるタイプのエージェント行為にさえ類似していることさえある。

多数の、そして異質なエージェントの集合的な行為の性質は、エージェント間での相互作用のあり方に大きく依存する。そして集合的な行為を扱うには、個々のエージェントの内部属性、エージェント間での相互依存関係、そして個々の相互作用が複合化されるメカニズムなどに、焦点を当てなければならない [3]。

それぞれのエージェントが、自分の環境を知覚し、自分の目標を達成するように行動した結果、エージェントが相互に関係し合い、システム全体が一つの社会秩序を形成する。それをコンピュータ上で再現することがマルチエージェントシミュレーションである [5]。本研究では MAS を用い、交通流における経路選択行動を検証する。

### 2.2 VICS

VICS (Vehicle Information and Communication System) は、VICS センターで編集、処理された渋滞や交通規制などの道路交通情報 (VICS 情報) をリアルタイムに送信し、カーナビゲーションなどの車載機に文字・図形で表示する情報通信システムである。

VICS 情報をカーナビゲーションに伝達する方法には、各道路上に設置された「ビーコン」と「FM 多重放送」を利用する方法がある。「ビーコン」には、主に高速道路で利用される「電波ビーコン」と、主要な一般道路で利用される「光ビーコン」がある。「FM 多重放送」では広域エリアの道路交通情報を提供し、「ビーコン」では自車位置をもとにした直近の道路の詳細な情報など、その場所で必要な道路交通情報を提供している [7]。



## 2.3 シミュレーションモデル

本研究で用いた交通流モデルと、経路選択戦略について説明する。

### 2.3.1 交通流モデル

本研究では、経路選択行動に重点を置くため、信号や行き止まり、追い越し等の要素は考慮しない交通流モデルを使用する。

交差点をノード、交差点間の道路をリンクとし、さらにリンクをいくつかのブロックに分割する。1ブロックの長さ  $BL$  は、一定距離とする。ブロック  $i$  における速度  $V_i$  は、式 (2.1) に基づいて更新される。

$$V_i = \max(V_f(1 - D_i), V_{min}) \quad (2.1)$$

ここで、 $V_f$ ：理想速度、 $D_i$ ：ブロック  $i$  における車両密度、 $V_{min}$ ：最小移動速度である。現実的には、渋滞が発生していても車両は僅かながら前進しているので、ブロック  $i$  での最小移動速度を  $V_{min}$  とする。

ブロックの密度は式 (2.2) で表される。

$$D_i = \frac{N_i}{N_{jam}L_i} \quad (2.2)$$

ここで、 $N_i$ ：ブロック  $i$  の車両数、 $N_{jam}$ ：一車線当たりの飽和車両台数、 $L_i$ ：ブロック  $i$  の車線数である。

ブロック  $i$  にいる各車両は車両速度  $V_i$  に基づいて前進する。車両  $j$  がブロック  $i+1$  からブロック  $i$  に移動すると、車両速度も  $V_{i+1}$  から  $V_i$  に変更される。このとき、ブロック  $i$  の車両密度  $K_i$  が飽和密度  $K_{jam}$  を超えている場合にはブロックの移動はできず、車両  $j$  はブロック  $i+1$  の先頭に留まる。全車両の位置の更新後、各ブロックでの移動速度が車両密度を用いた式 (2.1) に基づいて更新される。次のステップにおいて、各車両は現在の移動速度によらず、直ちに更新された移動速度  $V_i$  まで加速または減速するものとする [6]。

### 2.3.2 評価関数

異なる移動距離の車両エージェントの移動効率を評価するために、式 (2.3) で旅行時間効率を定義する。

$$TTE = \frac{TT}{V_f SD} - 1 \quad (2.3)$$

ここで、 $TTE$ ：旅行時間効率、 $TT$ ：旅行所要時間、 $SD$ ：出発地から目的地までの最短距離とする。

戦略ごとに  $TTE$  の平均をとったものを  $ATTE$  とし、各戦略の評価値とする。 $ATTE$  が 0 に近い程、理想的なルートを通ったことになる。

### 2.3.3 経路選択戦略

旅行者が出発地点から目的地までの経路を選択する方法には、次の3種類の経路選択戦略がある [4][6]。以下にそれぞれの経路選択戦略の概略を示す。

#### 最短距離経路戦略

最短距離経路戦略 (SD : Shortest Distance route) は、渋滞状況に関係なく、訪問予定の目的地への最短経路で訪問する戦略である。この戦略を用いるドライバーは、現在の渋滞情報を使用しないため、地図しか持っていないドライバーに相当する。

#### 最短時間経路戦略

最短時間経路戦略 (ST : Shortest Time route) は、各ノードを通過するときに、VICSからの渋滞情報を得て、訪問経路の再探索を行う戦略である。エージェントは、ブロック長  $BL$  と移動速度  $V_i$  からリンクの期待通過時間 ( $ETT_l$  : Expected Travel Time) を求め、目的地までの  $ETT_l$  が最小となる経路を最短時間経路として探索し、経路を選択する。

ST戦略では、SD戦略をとるドライバーと違い、渋滞情報の変化に合わせて、最短時間経路の再計算を行う。その再計算を行う頻度を  $GS$  とし、ST戦略を用いるドライバーは  $GS$  ごとに  $ETT_l$  の再計算を行う。

ここで注意しなければならないのは、実際に経路を通過する際、道路の混雑状況はリアルタイムに変動するため、常に予想所要時間で通行できる訳ではないという点である。

ST戦略は、現在の渋滞情報を考慮して経路選択を行う事ができるため、SD戦略に比べ最短時間で目的地に到達できる。

現実社会で言えば、ST戦略を用いるドライバーはVICSを搭載したカーナビゲーションにより経路決定を行うドライバーに相当する。また、 $GS$  ごとに行われる最短時間経路の再計算は、ドライバーがVICSから渋滞情報を得て、経路選択の再計算を行う頻度を表している。

#### 経路情報共有戦略

経路情報共有戦略 (RIS : Route Information Sharing) は、VICSからの渋滞情報だけでなく、エージェント同士で共有する経路情報も用いて、訪問経路の再探索を行う戦略である。RIS戦略を用いる各エージェントは、 $ETT_l$  から導きだした最短時間経路を経路情報サーバに通知する。経路情報サーバは、受け取った最短時間経路から通過確信度 ( $PA$  : Passage Assurance) を算出する。通過確信度はエージェントがこれからその経路を通過する度合いを表しており、高ければ高いほど、その経路を確実に通過することを意味する。また、RIS戦略を用いる全てのエージェントの特定のリンク  $l$  に対する通過確信度の総和を総通過確信度 ( $TPA_l$  : Total Passage Assurance) として式 (2.4) より算出し、RIS戦略を用いるエージェントに配信する。

$$TPA_l = \sum_{k \in RIS}^k PA_{l,k} \quad (2.4)$$

ここで、RIS は RIS 戦略を用いるドライバーの集合である。図 2.1 は各リンクの総通過確信度の算出例を示している。総通過確信度を受け取った RIS 戦略エージェントは、各リンクの期待通過時間  $ETT'_l$  を式 (2.5) より算出し、目的地までの期待通過時間が最小となる経路を選択する。

$$ETT'_l = \sum_{i \in l} \frac{BL}{V_i} = \sum_{i \in l} \frac{BL}{V_f(1 - D*_{*i})} \quad (2.5)$$

$$D*_{*i} = rs \cdot D_i + (1 - rs) \cdot D'_i \quad (2.6)$$

$$D'_i = \min\left(\frac{TPA_l}{N_{jam} L_l d_l}, 1\right) \quad (2.7)$$

ここで、 $d_l$  : リンクの長さである。式 (2.6) の  $D*_{*i}$  は、渋滞情報から与えられるブロック  $i$  の車両密度  $D_i$  と、リンク始点を通過する RIS 戦略エージェント数をリンク  $l$  全体に平均分布していると仮定した TPA を用いた密度  $D'_i$  とを重み平均 ( $rs$  がその按分比) した予想車両密度を意味する。ただし、 $D'_i$  では、 $TPA_l$  の定義上、RIS 戦略エージェントが将来リンク  $l$  を通る影響が評価されているため、密度上限が 1 を超えない条件を入れる。また、 $(1-rs) : rs$  は RIS 戦略とそれ以外の戦略との比を意味し、数値実験上は適当な値を付与するものとする。本研究では参考文献より  $rs=0.5$  とする [5]。

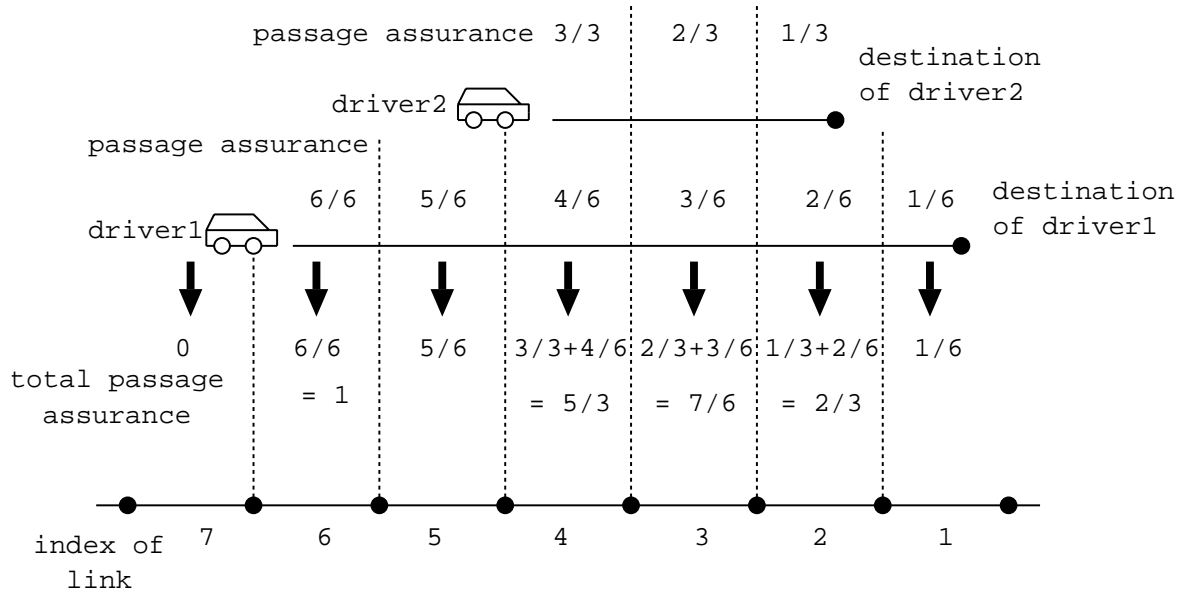


図 2.1: Total Passage Assurance

#### 2.3.4 ダイクストラ法

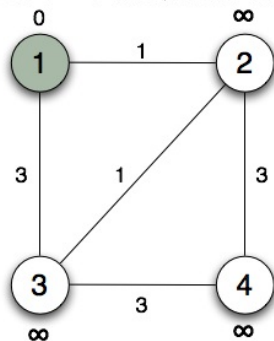
経路選択を行う際に、出発地から目的地までの最短経路を求める必要がある。本研究では、グラフの2点間の最短経路、最短距離を求めるダイクストラ法を用いる。ダイクストラ法はシンプルかつ、効率的計算が行い得るアルゴリズムである。以下でダイクストラ法を用いた、最短経路探索の流れを説明する。

$n$  個のノードがあり、ノード間距離を  $l_{ij}$  とする。もし、ノード  $i$  とノード  $j$  が直接つながっていないならば  $l_{ij} = \infty$  とする。

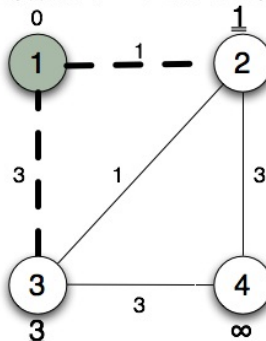
ノード 0 からノード  $n$  により構成されるグラフを考える。スタート地点をノード  $i$  とすると、ノード  $i$  からノード  $j$  までの仮の最短距離を  $d_j$  とする。 $d_j$  の初期値を  $d_0 = \infty$ 、 $d_1 = \infty$ 、 $\dots$ 、 $d_i = 0$ 、 $\dots$ 、 $d_n = \infty$  とする。その他の全てのノード  $k$  に対して  $d_k = \min(d_i + l_{ik}, d_k)$  のように更新し、併せてノード  $k$  の上位ノードとしてノード  $i$  を記憶する。そのとき、ノード  $i$  を確定とする。次に確定されたノード以外の  $d_l$  の内、最小のノード  $j$  を基準に据え、ここから全てのノード  $k$  (確定ノードを除く) に対して、 $d_k = \min(d_j + l_{jk}, d_k)$  のように更新し、併せて  $d_k = d_j + l_{jk}$  の場合のみ  $k$  の上位ノードとしてノード  $j$  を記憶し、さらにノード  $j$  を確定とする。この操作を繰り返して全てのノードを記憶したら、最後に終点のノードから上位ノードを逆順にたどって行けば最短経路になっており、 $d_j$  はノード  $i$  からノード  $j$  への最短距離となる。

この手法では、 $l_{ij}$  をノード  $i$  からノード  $j$  までの所要時間とすれば、最短時間経路を求めることができる。ダイクストラ法の流れを図 2.2 で示す。

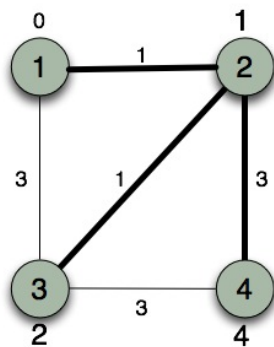
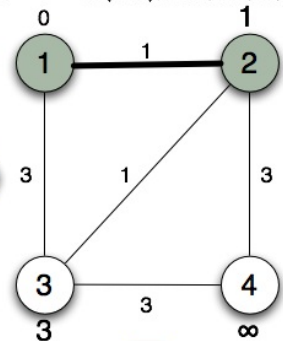
出発ノード1では仮の最短距離を0としそれ以外のノードは距離を $\infty$ として、ノード1を確定とする。



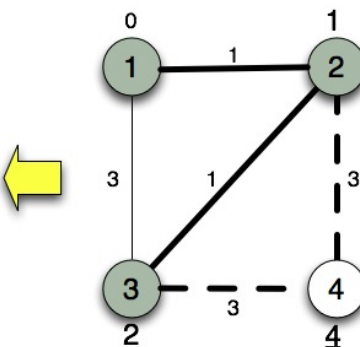
最短距離が確定したノード1から直接行けるノード(2,3)に、仮の最短距離をつける。  
仮の最短距離は、ノード1からの距離になる。



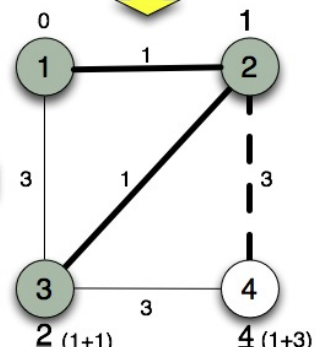
確定していない点の中で、仮の最短距離が最小のノード(2)を探し確定する。  
ノード(1-2)間は最短経路として確定する。



ノード1から全てのノードへの最短経路が確定する。



ノード3から直接行けるノードは4だが、仮の最短距離がノード3経由の距離より小さいため更新しない。  
仮の最短距離が最小のノード4を確定とする。



ノード2から直接行けるノード(3,4)に仮の最短距離をつける。ノード3は仮の最短距離が更新される。仮の最短距離が一番小さいノード3を確定とする。

図 2.2: ダイクストラ法

## 第3章 複数の目的地に対応した経路決定戦略

本章では、本研究の提案手法を図を用いて詳しく説明する。

### 3.1 提案手法

旅行者が観光旅行等で観光地を訪問する際、複数の観光地を訪問する事が考えられる。そのため、複数の観光地をスムーズに訪問できる経路選択法が必要と考えられる。そこで、山下らの提案する経路情報共有戦略 (RIS : Route Information Sharing) を、目的地が複数になった場合にも対応できる経路決定戦略に拡張し、本研究の提案手法とする。

今回、目的地が複数の場合を考慮するにあたり、RIS 戦略以外の SD 戦略、ST 戦略も経路選択法を変更した。以下に3つの戦略の経路決定手順を説明する。

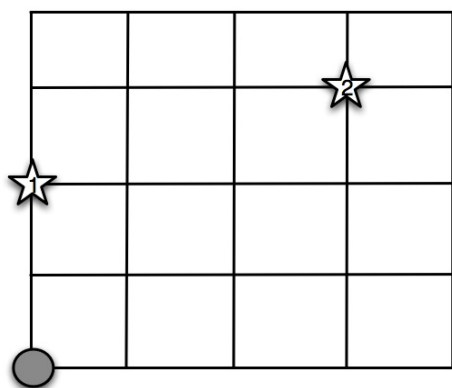
#### 3.1.1 最短距離経路戦略

SD 戦略を用いるエージェントは以下の手順で目的地を訪問する。

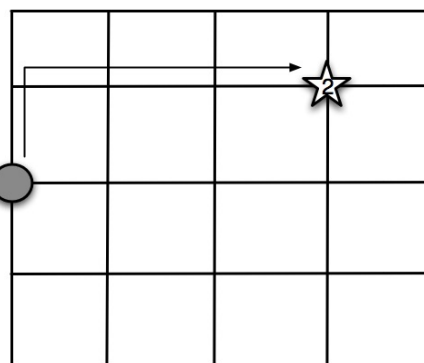
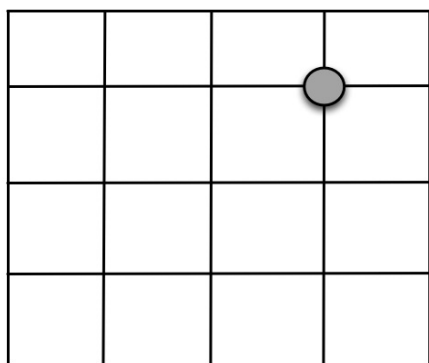
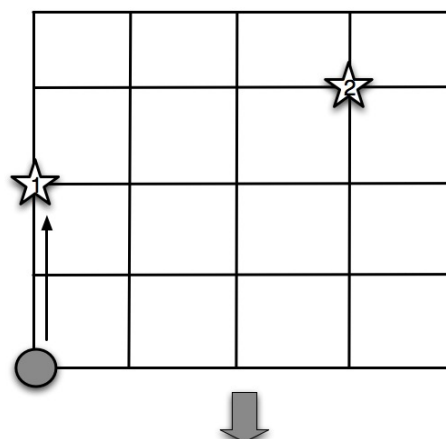
1. 訪問するすべての目的地までの最短距離を探索する。
2. 得られたそれぞれの経路の中から最も移動距離の短い経路を選択し、訪問する目的地を決定する。
3. 決定した目的地に到着すると、その目的地を新たな出発地として、残りの目的地に対して最短距離経路を導出し、次の目的地を決定する。
4. すべての目的地が訪問されるまで、3の動作を繰り返す。

SD 戦略を用いるエージェントは、出発地点を出発する際には、すでに目的地を訪問する順序、経路が決定している。図 3.1 で SD 戦略の動きを説明する。

はじめに、CARエージェントは初期ノードと、  
2つの目的地ノードを決定する。●がエージェント、  
☆がそれぞれ目的地ノードを表す。



次に、2つの目的地の内、初期ノードに近い  
方の目的地を決定し、最短距離経路で訪問する。



2つ目の目的地に到着すると、終了とする。

一つ目の目的地に到着すると、  
残りの目的地に最短距離経路で訪問する。  
最短経路の一例を矢印で示す。

図 3.1: 最短距離経路戦略

### 3.1.2 最短時間経路戦略

ST 戦略を用いるエージェントは以下の手順で目的地を訪問する。

1. 現在の交通状況から求められる期待通過時間 ( $ETT$ ) を用いて、訪問するすべての目的地までの最短時間経路を探索する。
2. 得られたそれぞれの経路の中から最も期待通過時間の短い経路を選択し、訪問する目的地を決定する。
3. 決定された目的地までの移動途中に、 $GS$  の間隔で 1、2 の動作を繰り返す。
4. 目的地に到着すると、残りの目的地に対して、1~3 の動作を繰り返し、全ての目的地を訪問すると終了とする。

ST 戦略を用いるエージェントは、出発時に最初に訪問する予定であった目的地が、移動途中に各経路の期待通過時間 ( $ETT$ ) の変動によって変更される事がある。そのため、同じ出発地から同じ目的地を訪問予定のエージェントでも、訪問順序や、訪問経路が変化する。図 3.2 で ST 戦略の動きを説明する。ここで、ST 戦略を用いるエージェントは  $ETT$  をもとに、最短時間経路を導出している。

### 3.1.3 経路情報共有戦略

RIS 戦略を用いるエージェントは以下の手順で目的地を訪問する。

1. 訪問するすべての目的地に対して、総通過確信度 ( $TPA$ ) を用いた期待通過時間 ( $ETT'$ ) が最小の経路を探索する。
2. 得られたそれぞれの経路の中から最も  $ETT'$  の小さい経路を選択し、訪問する目的地を決定する。
3. 決定された目的地までの移動途中に、 $GS$  の間隔で 1、2 の動作を繰り返す。
4. 目的地に到着すると、残りの目的地に対して、1~3 の動作を繰り返し、すべての目的地を訪問すると終了とする。

RIS 戦略を用いるエージェントも、ST 戦略を用いるエージェントと同様に、目的地の訪問順序や、訪問経路が動的に変化する。しかし、RIS 戦略を用いるエージェントは総通過確信度 ( $TPA$ ) を考慮した期待通過時間 ( $ETT'$ ) を用いて経路を決定するので、ST 戦略エージェントとは異なった経路を決定し、目的地を訪問する。

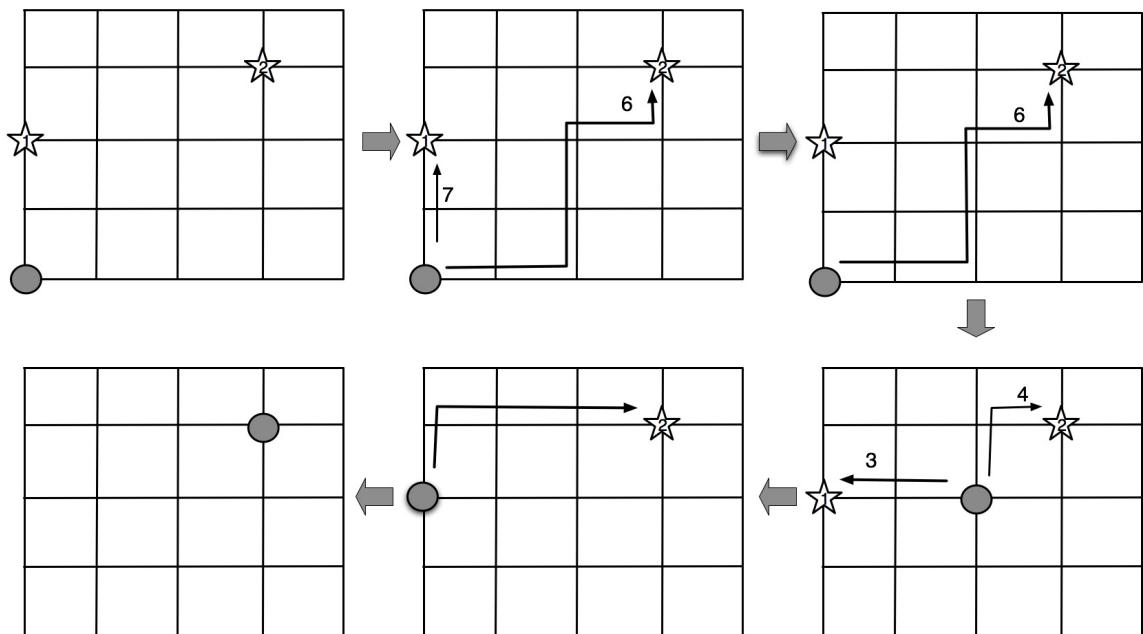
RIS 戦略を用いるエージェントは、ST 戦略エージェントと動作は似ているが  $TPA$  を用いた  $ETT'$  をもとに経路選択を行う点が ST 戦略エージェントとの相違点である。



まず、carエージェントはランダムに初期ノードと目的地ノードを決定する。

次に現在の交通状況をもとに導出されるETTを、リンクの重みとして、全ての目的地までの最短時間経路を探索する。

得られたそれぞれの経路の中から、最も期待通過時間の短い経路を選択し、訪問する目的地を決定する。  
この場合は目的地2までのETTの方が小さいので目的地2に向かう。



全ての目的地を訪問すると終了する。

目的地に到着すると、残りの目的地に対して同じような動作を繰り返す、移動を繰り返す。

決定された目的地までの移動途中、にGS値の間隔で交通状況が更新される。更新されたETTをもとに各目的地までの最短時間経路を再計算する。再計算により、目的地1の方が最短時間経路なので、目的地1に向かう。

図 3.2: 最短時間経路戦略

### 3.1.4 評価関数

次に車両エージェントの移動効率を評価する評価関数について説明する。第2章で説明した車両エージェントの移動効率を表す  $TTE$  の  $SD$  は、目的地が一つの場合の、出発地から目的地までの最短距離を表している。そのため目的地が複数になった場合の  $TTE'$  を式 (3.1) に示す。

$$TTE' = \frac{TT}{V_f SD} - 1 \quad (3.1)$$

ここで、 $SD$ : 出発地から最短距離の目的地までの距離と、その目的地から一番近い目的地までの距離の和とする。 $SD$  をこのように定義して、車両エージェントの移動効率を評価する  $TTE$  とする。よって、 $SD$  は訪問予定の目的地の数によって、変動する値とする。この場合も  $TTE$  の平均を取った  $ATTE$  が 0 に近いほど理想的なルートを通った事を表す。

## 第4章 シミュレーション実験

本章では、シミュレーション実験の結果を述べ考察を行う。

はじめに、目的地が単一の場合の、各戦略別のシミュレーションを車両台数別に行った結果から、各戦略の移動効率を確認する。

次に、戦略が混同した場合のシミュレーションを、SD 対 ST、SD 対 RIS、ST 対 RIS、SD 対 ST 対 RIS、の4つの場合に分けて行い、その結果を確認する。この時、3つの戦略が混ざった場合の戦略の割合はST 戦略を 200 で統一する。

最後に、目的地が複数になった場合のシミュレーションを上で述べた4つの場合に分けて行い、その結果を考察する。

### 4.1 実験環境

本研究は表 1 の実験環境で実験を行った。

表 4.1: 実験環境

CPU	Pentium 4 1.80GHz
メモリ	504MB
OS	Microsoft Windows XP ( Version 2002 )
ツール	artisoc[8]

### 4.2 戦略別シミュレーション実験

各戦略別のシミュレーション実験を行い、その結果の考察を行う。

#### 4.2.1 道路ネットワーク

本研究では図 4.1 の道路ネットワークモデルを用いて実験を行う。

中心を交差する道路が 3 車線、周囲を取り巻く道路が 2 車線、その他の通りは 1 車線となっている格子型の道路ネットワークモデルである。

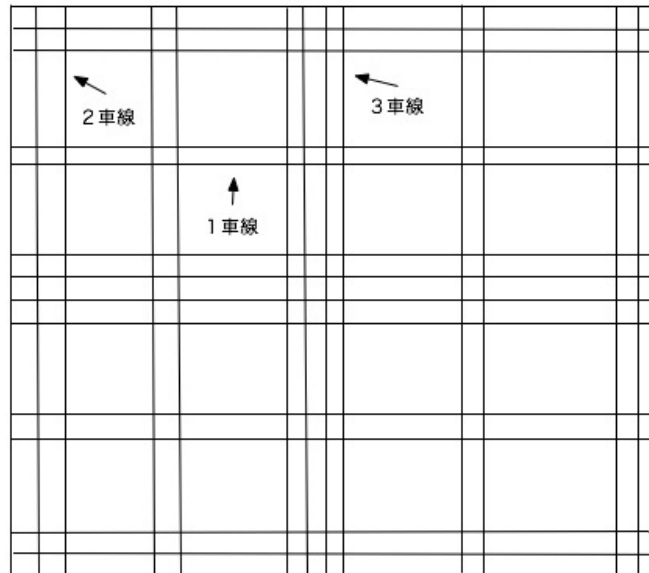


図 4.1: 道路ネットワークモデル

#### 4.2.2 設定条件

戦略別のシミュレーションは表 4.2 のパラメータで行った。

ここで、1 世代のステップ数とは  $ATTE$  を算出する頻度を示す。

表 4.2: シミュレーションのパラメータ設定値

パラメータ	設定値
理想速度	60km/h
最低速度	5km/h
ブロック長	1.0km
1 車線当たりの交通容量	10 台
最短経路の再計算頻度 (GS)	5step
1 世代のステップ数	1000step

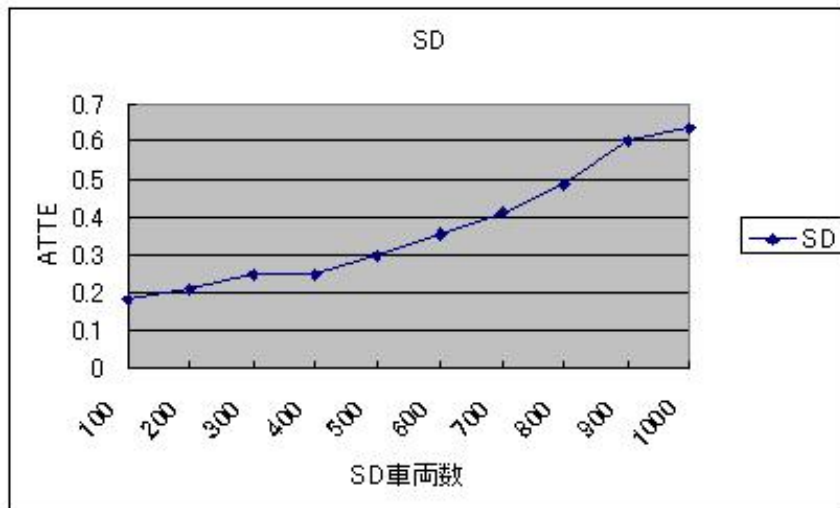


図 4.2: SD 戦略のみの平均旅行時間効率

図 4.2 より、SD 戦略の平均旅行時間効率は、車両台数が 100 台から 1000 台に推移するに当たり、約 0.2 から約 0.6 に変化し、移動効率が大きく低下している。SD 戦略は現在の交通状況に依存しない経路決定法なので、車両数が増加していくとそれに伴い、移動効率も悪化する傾向が見られる。

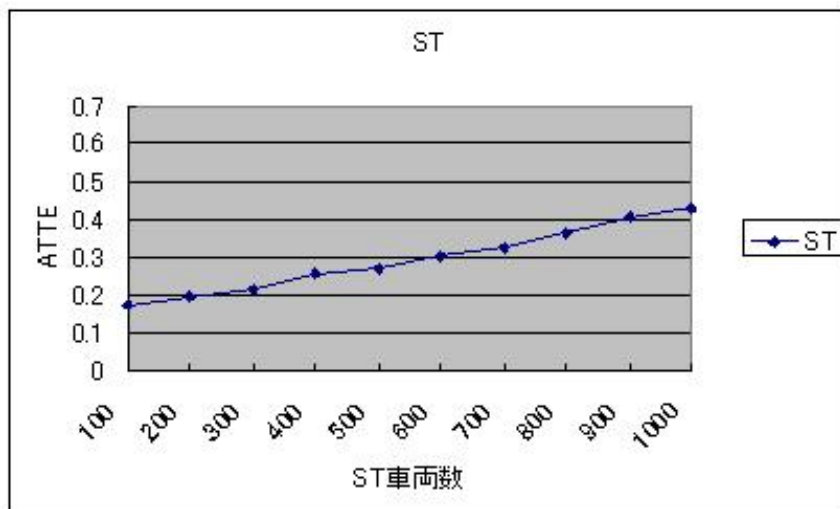


図 4.3: ST 戦略のみの平均旅行時間効率

ST 戦略の平均旅行時間効率も、SD 戦略と同様、車両が増加するにつれ悪くなって行くのが図 4.3 から読み取れる。しかし SD 戦略と比べると、車両が 100 台の場合は、約 0.2 とほぼ同じ値を出しているが、車両が 1000 台の場合は約 0.45 と大きく違っている。この事

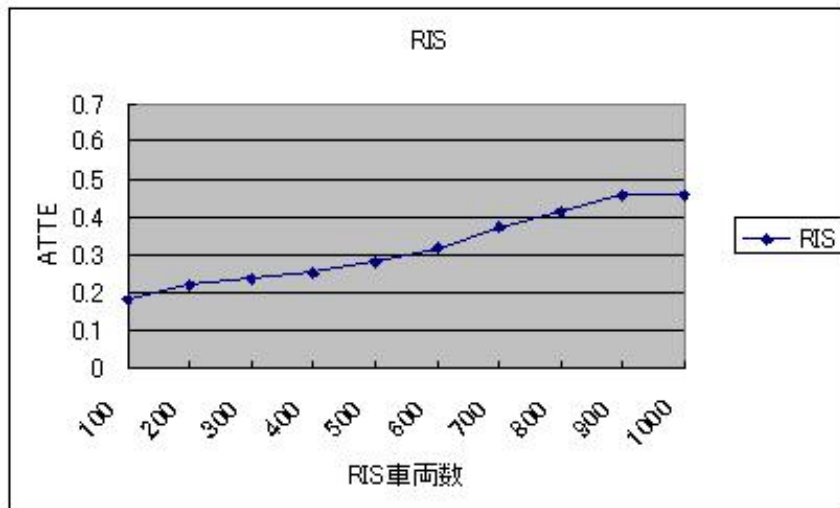


図 4.4: RIS 戦略のみの平均旅行時間効率

から交通状況を考慮しながら経路選択を行う ST 戦略は、交通状況を考慮しない SD 戦略と比べると、渋滞を回避した経路選択を行っている事が見て取れる。

図 4.4 から RIS 戦略の平均旅行時間効率は、ST 戦略と比べると若干悪い程度で、ほぼ同値を示している。これは RIS 戦略も交通状況を考慮した経路選択を行っているからだと考えられる。RIS 戦略の経路選択法の特徴として、最短時間距離を探索した後にその経路情報を共有して、RIS 戦略同士で重複しない最短時間経路を探索する。そのため、RIS 戦略は ST 戦略と協調した戦略と言えるので、ST 戦略と混ざった時の渋滞回避が期待される。

### 4.3 単一目的地のシミュレーション実験

それぞれの戦略が混同した場合のシミュレーション実験の結果を考察する。

#### 4.3.1 設定条件

単一目的地と複数目的地のシミュレーション実験は表 4.3 のパラメータで行う。

表 4.3: シミュレーションのパラメータ設定値

パラメータ	設定値
総車両台数	1000 台
最短経路の再計算頻度 (GS)	30step
1 世代のステップ数	4000step

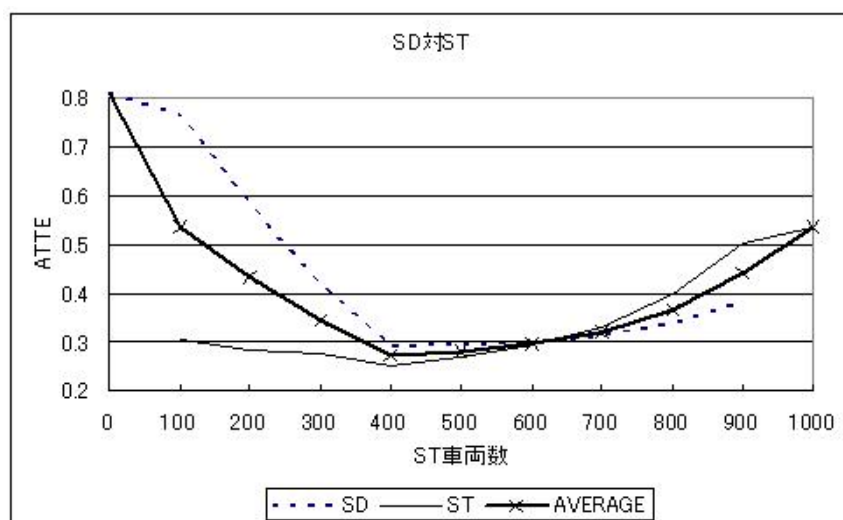


図 4.5: SD 対 ST の各戦略比における平均旅行時間効率

SD 戦略と ST 戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.5 である。この時、2 つの戦略を合わせた全車両の移動効率を AVERAGE で表している。グラフから SD 車両が 600 台、ST 車両が 400 台の割合の場合が平均旅行時間効率が約 0.3 と最良である。しかし、AVERAGE グラフは車両の推移に伴い、大きく上下に変化し、旅行時間効率が安定していない事が見て取れる。これは、この 2 つの戦略が混同した場合は、常に安定した移動効率で移動が不可能な事を意味する。

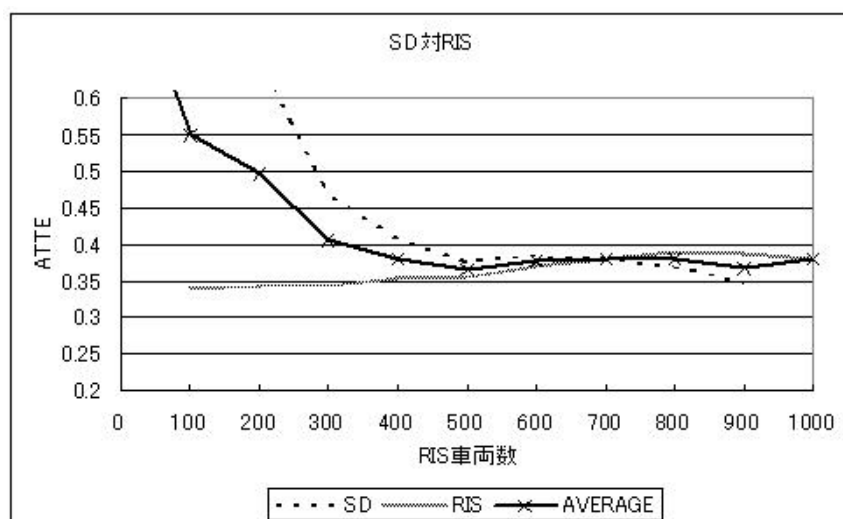


図 4.6: SD 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率

SD 戦略と RIS 戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.6 である。グラフから SD 車両と RIS 車両が同じ 500 台の場合において、最良の移動時間効率を示している。

これは、図 4.5 の SD 対 ST の最良値よりも劣った結果である。ST 戦略と同じく交通状況を考慮する経路選択法の RIS 戦略が、ST 戦略に劣る原因として上げられるのは、図 4.4 の考察の際に述べた、RIS 戦略は ST 戦略の協調戦略として考えられる点である。そのため SD 戦略と混同した場合には、ST 戦略の場合と比べて移動時間効率が下がったと考えられる。

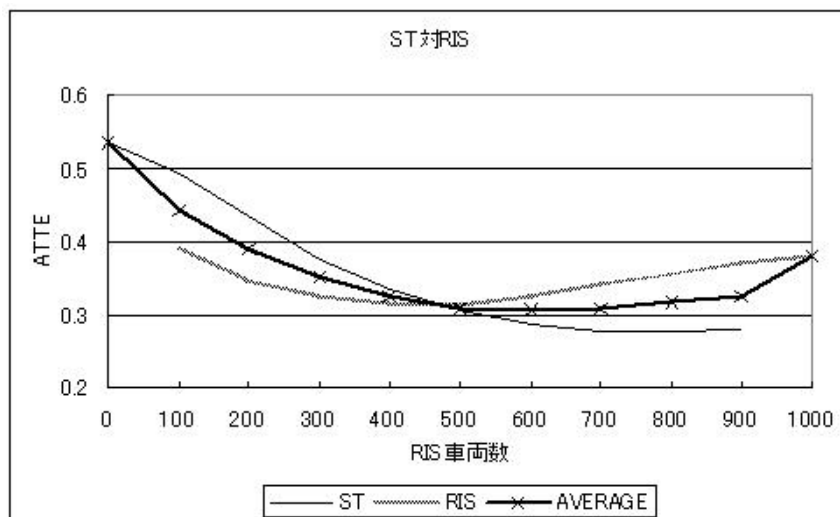


図 4.7: ST 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率

ST 戦略と RIS 戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.7 である。この場合、SD 戦略が存在しないため、図 4.5 や図 4.6 と比較すると AVERAGE の値が大きく変化することはなく、適度に安定した移動時間効率を示している。ST 戦略は VICS から得られた混雑情報をもとに最短時間経路を選択するため、ST 車両数が増えると空いている経路に車両が集中し、移動効率も下がる傾向がある。しかし、RIS 戦略は探索した最短時間経路に、他の RIS ドライバーの通過予定経路を考慮した経路を選択するため、一つの経路に集中することなく、渋滞がある程度回避できていると考えられる。

3 つ全ての戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.8 である。この時、ST 戦略の車両台数を 200 台に固定しシミュレートを行った。これは、将来カーナビゲーションシステムが十分に普及した状態で RIS 戦略の普及率がシステム全体にどのように影響するかを検証するために行う。図 4.8 から、RIS 車両数が増加するにつれて、SD 戦略の旅行時間効率は改善されている。また ST 戦略の旅行時間効率は 3 つの戦略の中で 1 番良い状態で安定している。RIS 戦略においては、車両が増加しても旅行時間効率が大きく悪化する事はなく、安定した状態に保たれていると言える。このことから、RIS 戦略を用いるドライバーが増加してもシステム全体の旅行時間効率は安定した値が期待できると考えられる。



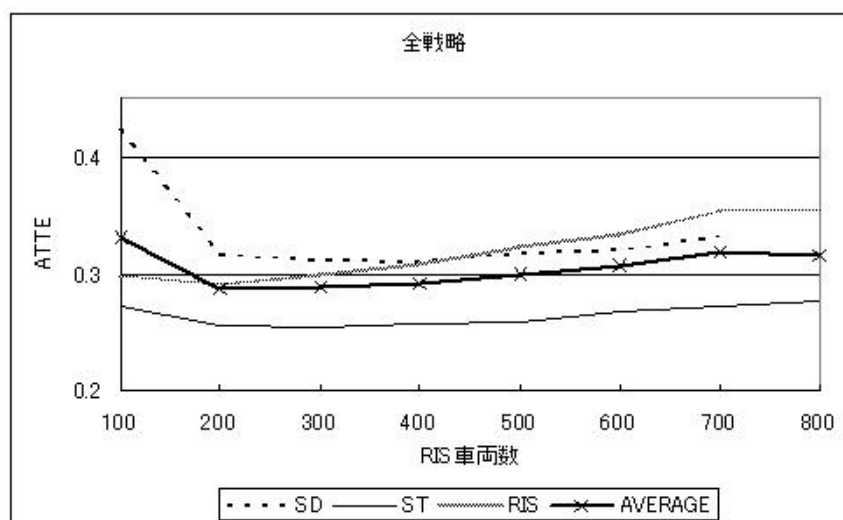


図 4.8: 全ての戦略における平均旅行時間効率 (ST 車両数 200 に固定)

#### 4.4 複数目的地のシミュレーション実験

本研究では、エージェントが訪問する目的地を 1 つから 2 つに増やして実験を試みた。

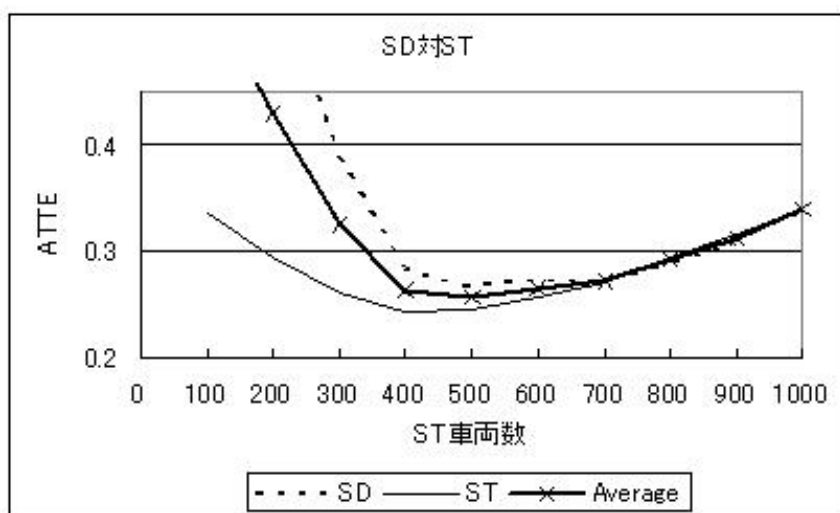


図 4.9: SD 対 ST の各戦略比における平均旅行時間効率

SD 戦略と ST 戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.9 である。図 4.5 と比較すると、SD 戦略は車両台数が減るに伴い旅行時間効率も改善されるという似たような傾向を示している。しかし、ST 戦略に着目すると、車両台数が増加するに伴い、図 4.5 では旅行時間効率が悪化しているが、図 4.9 ではほぼ悪化する事無く、安定した旅行時間効率を保っている。

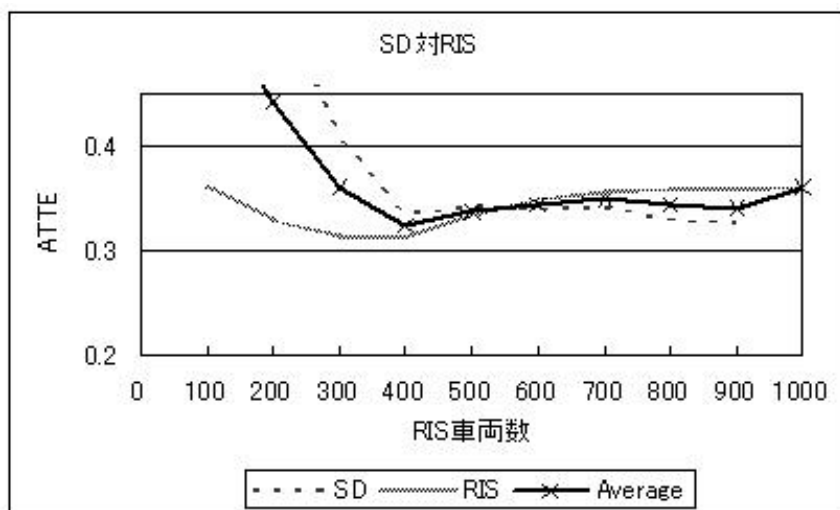


図 4.10: SD 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率

SD 戦略と RIS 戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.10 である。図 4.6 と比較すると、SD 戦略は車両台数が 1000 台の場合は約 1.0 と悪化している。しかし RIS 戦略においてはほぼ同じ旅行時間効率を示している。よって RIS 戦略は、目的地が 1 つから 2 つに増えてもほぼ同じ旅行時間効率が期待できると考えられる。

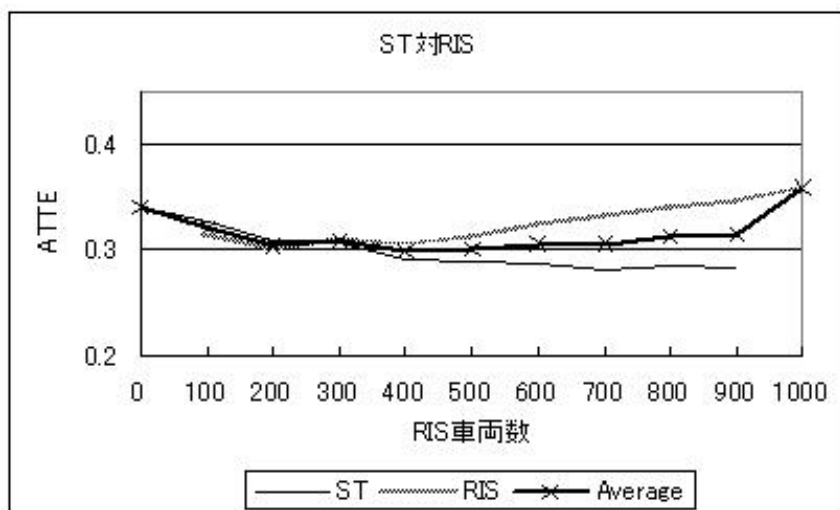


図 4.11: ST 対 RIS の各戦略比における平均旅行時間効率

ST 戦略と RIS 戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.11 である。図 4.7 と比較すると、RIS 戦略の旅行時間効率はほぼ同じ値を示しているが、ST 戦略に着目すると、常に旅行時間効率が 0.3 と安定した値を保っている。このことから ST 戦略は目的地が複数になった場合に旅行時間効率が大きく改善された事がわかる。

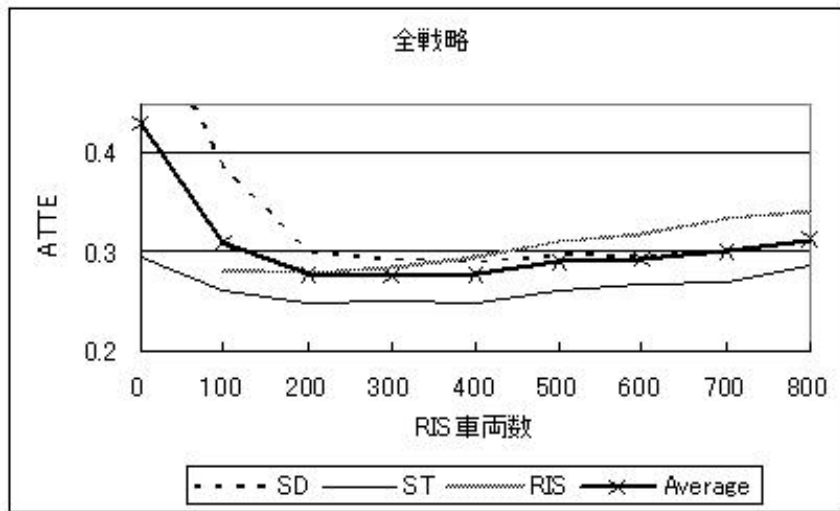


図 4.12: 全ての戦略における平均旅行時間効率 (ST 車両数 200 に固定)

3 つ全ての戦略を混同した場合のシミュレーション結果が図 4.12 である。図 4.8 と同様、ST 車両数は 200 台で固定とする。RIS 戦略車両数が増加しても、その他の戦略の旅行時間効率が悪化する事はない。また、RIS 戦略が混入することによってシステム全体の旅行時間効率を安定させていると考えられる。

#### 4.4.1 考察

本実験では、RIS 戦略を用いた複数目的地に対応した経路選択法を提案し実験を行った。

シミュレーションの結果、図 4.10 では SD 戦略に RIS 戦略が混入する事で、システム全体の旅行時間効率を大幅に改善している事がわかる。また図 4.11 では ST 戦略と RIS 戦略が協調することにより、旅行時間効率は安定した効率の良い値を示した。また図 4.12 より RIS 戦略が増加してもその他の戦略の旅行時間効率は悪化せず、RIS 戦略の旅行時間効率も安定した数値を得られた。以上のことから、RIS 戦略は車両数が増加しても 1 つの経路に集中することなく、複数の経路への分散を実現していると考えられる。また、RIS 戦略が混入することによって、システム全体の旅行時間効率を安定させている事が確認できた。よって、目的地が複数の場合においても RIS 戦略は有効に活用できると考えられる。

#### 4.4.2 シミュレーション実行画面

図 4.13 に実際のシミュレーション実行画面の様子を示す。

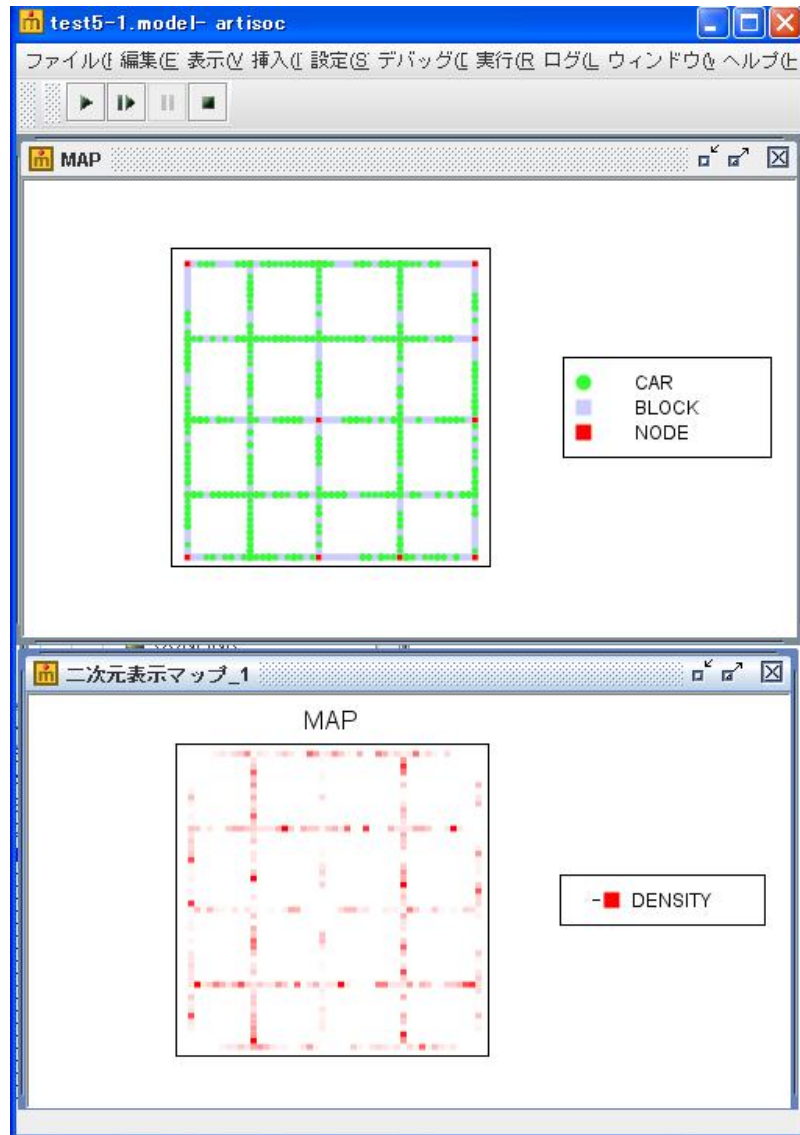


図 4.13: シミュレーション実行画面

## 第5章 結論

### 5.1 まとめ

本論文では、複数の目的地を訪問する事が考えられる観光経路の円滑化の為に、複数の目的地に対応した経路情報共有戦略を用いた経路選択法を提案し、シミュレーションを行った。

第1章では、沖縄県における、交通渋滞の現状や解決策の必要性を述べた。また、既存の渋滞緩和の研究を紹介し、本研究の目的について述べた。

第2章では、本研究の基本概念としてマルチエージェント、VICS、シミュレーションモデルについて説明した。

第3章では、幾つかの観光地を訪問する際の、観光経路の円滑化の為に、複数の目的地を考慮した経路選択手法を提案した。

第4章では、提案した経路選択法のシミュレーションを行い、その結果を考察を行った。

### 5.2 今後の課題

今後の課題として、実際の沖縄県本島における道路ネットワークの特徴を用い、観光地の位置を再現したシミュレーションモデルで検証実験を行う。その際 VICS のビーコンの位置から、交通情報の更新頻度などの考慮も必要と考えられる。

## 参考文献

- [1] 国土交通省道路局, “道路 IR サイト”,  
<http://www.road.dc.ogb.go.jp/ir/home.html>
- [2] 沖縄県統計資料閲覧室,  
<http://www.pref.okinawa.jp/toukeika/>
- [3] 生天目, “マルチエージェントと複雑系” 森北出版, 1998.
- [4] 山下倫央, 和泉潔, 車谷浩一, “交通流における経路情報の共有に基づいた経路選択の効果の検証” 信学技報, 巻号 2004 (29), pp.71-76, Mar. 2004.
- [5] 山影進, 服部正太, (編著) “コンピュータのなかの人工社会”, pp.13-17, 共立出版, 2002.
- [6] 相良博喜, “情報共有型カーナビゲーションシステムの社会浸透性についての考察” 九州大学総合理工学府環境エネルギー工学専攻.
- [7] VICS HOME PAGE,  
<http://www.vics.or.jp/>
- [8] 構造計画研究所, “MAS コミュニティ”,  
<http://mas.kke.co.jp/index.php>

# 謝辞

本研究の遂行、また本論文の作成にあたり、御多忙にも関わらず終始懇切なる御指導と御教授を賜りました姜 東植 助教授に深く感謝いたします。

また、本研究の遂行及び本論文の作成にあたり、日頃より終始懇切なる御教授と御指導を賜りました宮城 隼夫 教授に心より深く感謝致します。

日頃より本研究の遂行及び本論文の作成に御指導と貴重な助言を賜りました、名嘉村 盛和 教授、岡崎 威生 講師、並びに、松田 善臣氏、金城 伊智子女史に深く感謝致します。

数々の貴重な御助言と細かな御配慮を戴いた宮城研究室の東るみ子女史、大田 かおり 女史、仲松 幸信氏、上原 陵氏、劉 小新女史の皆様に感謝致します。

また一年間共に研究を行い、暖かな気遣いと励ましをもって支えてくれた姜研究室の中村 匡君，比嘉 雅樹君，並びに宮城研究室の新垣 芽依美さん，外間 盛敏君，真栄城 嘉哉君に感謝致します。

最後に，有意義な時間を共に過ごした情報工学科の学友，並びに物心両面で支えてくれた両親に深く感謝致します。

2007 年 3 月

宮国 敏