

# 大規模交通ターミナル地区における効果的な歩行者サインシステムに関する研究

中村 恭也<sup>1</sup>・安 隆浩<sup>2</sup>・塩見 康博<sup>3</sup>・塚口 博司<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生員 立命館大学大学院 理工学研究科環境都市専攻 (〒527-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail:rd037kx@ed.ritsumei.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 立命館大学特任助教授 理工学部都市システム工学科 (〒527-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail: ahnyh@fc.ritsumei.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 立命館大学准教授 理工学部環境システム工学科 (〒527-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail: shiomi@fc.ritsumei.ac.jp

<sup>4</sup>フェロー会員 立命館大学特任教授 理工学部都市システム工学科 (〒527-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail:tsukaguc@se.ritsumei.ac.jp

大規模交通ターミナル地区は、多数の商業施設が立地しているため、多様な人々が来訪している。中には土地勘が十分でなく、目的地の方向や経路がわからなくなって目的地に達することが容易でない来街者も少なくないと思われる。このため、歩行者にとって効果的なサインシステムが必要である。サインの数が少ないと目的地にたどり着くことが困難となるであろうが、一方多すぎると返って混乱を招く恐れもある。そこで、利用者にとって分かりやすく効果的で適切なサインシステム整備に関する検討が必要となる。そこで本研究では、大規模交通ターミナルを利用する人にとって適切なサインシステムについて検討することを目的とする。

**Key Words :** sign system, large transportation terminal, pedestrian behavior

## 1. はじめに

大規模交通ターミナル地区には、地上および地下に鉄道駅、商業施設、公共施設などが多数立地しており複雑な空間構成を有している。そのため、来訪した人々はこれらの施設を利用するために、地上と地下に跨る経路選択行動を行うことも少なくない。多様な来街者の中には、土地勘が十分でなく、目的地の方向や経路がわからなくなってしまい、円滑に目的地に達することが容易でない来街者も少なくないと思われる。そこで、多様な来街者にとって効果的なサインシステムの充実が必要であると考えられる。なお、サインの数が少ないと目的地にたどり着くことが困難となるが、一方多すぎると、却って混乱を招いてしまうこともあると考えられる。このため、利用者にとって分かりやすく効果的で適切なサインシステム整備が必要であると言えよう。

本稿では、大規模交通ターミナル地区の例として、大阪市の天王寺駅周辺地区を取上げる。天王寺駅周辺には複数の鉄道駅が存在し複雑な空間構成となっており、駅間を移動する際、商業施設が多数立地しているため目的地までの経路が分かりにくい状況となっている。そのた

め、歩行者にとって分かりやすいサインシステムの整備が必要不可欠である。

そこで本研究では、天王寺駅周辺を大規模交通ターミナル地区の事例として取り上げ、平常時に大規模交通ターミナルを利用する歩行者にとって適切なサインシステムについて検討することを目的とする。

## 2. 研究の方法

本研究では、歩行者を対象にして交通ターミナルにおけるサイン設置の検討を行う。まず、仮想ネットワークにおける検討を行い、次に現実空間への適用を試みることにする。本研究の流れを図-1に示す。

### (1) 歩行者の経路選択モデル

筆者等は、地上の街路網ならびに地下の街路網を対象として、歩行者の経路選択モデルを構築している。これらのモデルの基本的な考え方は、経路選択行動は、各トリップにおける起点から終点に至る各分岐点において、図-2に示す2つの角度、すなわち、現在地点と目的地を結ぶベクトルと進行方向と経路とがなす角度（目的地指

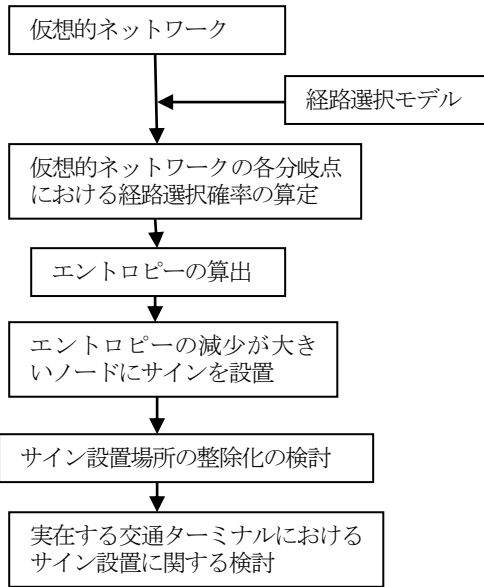


図-1 研究の流れ

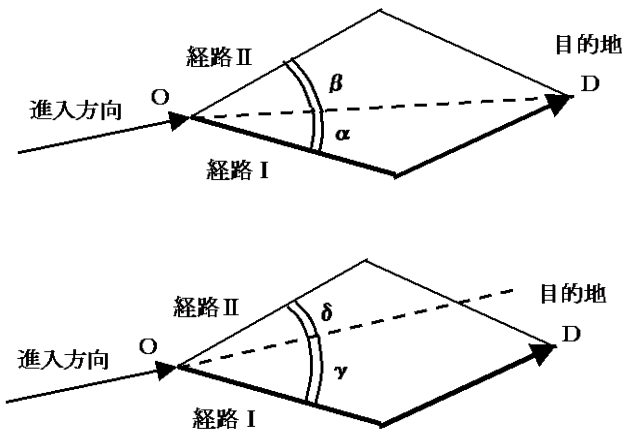


図-2 交差点における歩行者行動を表す角度

向性を表す目的地方向角度) と、進入方向の延長と各経路がなす角度 (方向保持性を表す進入方向角度) に影響されるというものである。歩行者は以下の特徴を有する経路を選択しやすいと考えてモデルを構築した。

- 1) 目的地指向性の強い経路を選択する：歩行者は現在地点と目的地を結ぶベクトルと進行方向とが成す狭角をおおむね理解しており、この狭角を最小にする経路を選択する。
- 2) 方向保持性の高い経路を選択する：歩行者は分岐点において確率的な行動を行う。分岐点において、ほぼ経路長が等しい経路が複数存在する場合、歩行者は格子状街路網においては直進に近い方向を選択する。この特性は、歩行者があたかも慣性のような行動特性を有していると考えられるものである。

構築された2枝選択モデルは式(1)の通りであり、効用関数は式(2)で表されている。

ここで、 $X_{11}=\alpha$ 、 $X_{12}=\beta$ 、 $X_{21}=\gamma$ 、 $X_{22}=\delta$ である。

図-2を用いて具体的に示すと、地点Dを目的地とする

$$P_1 = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2}} \quad P_2 = \frac{e^{V_2}}{e^{V_1} + e^{V_2}} \quad (1)$$

$$V_i = \sum_{j=1}^2 \omega_j X_{ij} \quad (i = 1, 2) \quad (2)$$

歩行者が地点Oに近づいているとする。地点Oは起点あるいは経路上の仮の起点である。仮説1)に関する角度 $\alpha$ 、 $\beta$ が目的地方向角度、仮説2)に関する角度 $\gamma$ 、 $\delta$ が進入方向角度である。もし $\alpha$ が $\beta$ よりも小さければ歩行者は経路1を選択する確率が高い。逆に、 $\alpha$ が $\beta$ よりも大きければ経路2が選択される確率が高いと仮定する。また、 $\gamma$ が $\delta$ よりも小さければ経路1が選択される確率が高く、 $\gamma$ よりも $\delta$ が大きければ経路2が選択される確率が高いと仮定する。このような方針に基づいて、地上街路網、および地下街路網において妥当な経路選択モデルが構築されている<sup>1)5)</sup>。

本稿で対象とするネットワークは、天王寺駅周辺地区の地下部分であるので、地下街において構築されたモデルを用いる<sup>5)</sup>。

## (2) 最短経路から離れる程度

竹内<sup>6)</sup>は、歩行者が必ずしも最短経路を歩いているわけではないことを実態調査から明らかにしている。最短経路長との差は1.2倍程度であるとしている。この値は筆者等の調査からも得られている。この値は地上街路網における調査から得られているが、筆者等は地下街の調査から1.3倍という値を得ている<sup>5)</sup>。このような差が生じる原因は特定できないが、歩行環境の良い経路の選択、あるいは不完全情報下での歩行者の距離認知の精度等にも関係していると思われる。本稿では、最短経路の1.3倍までの経路は選択される可能性が高いとみなすことにした。

## 3. シンプルネットワークにおける考察

### (1) 対象とするシンプルネットワーク

本研究では、現実空間でのサイン設置の検討をするためにシンプルネットワークにおけるサイン設置の検討を行う。そこで、用いるネットワークを図-3に示す。

### (2) サイン設置に関する検討手順

#### 1) 歩行者の流動状況の推定

歩行者の流動状態を示すために、本稿では図-3に示すノード0, 4, 15, 19に着目し、これらのノード間のODを主要ODとして設定した。すなわち、0→19, 19→0, 4→15, 15→4 (水平方向進入, 鉛直方向進入) の計8パ

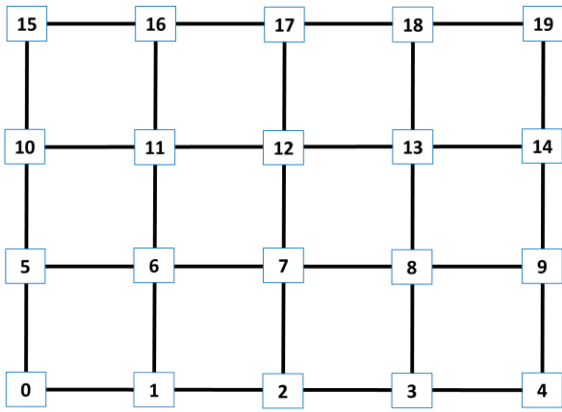


図-3 シンプルネットワーク

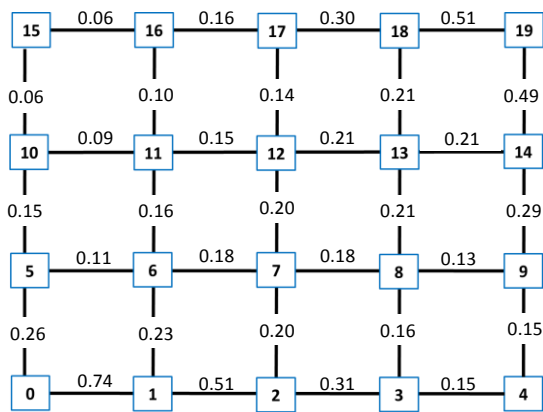


図4 歩行者のリンク利用率(0→19水平方向進入)

ターンである。一例として 0→19 (水平方向進入) の OD パターンの歩行者の流動状況の推定に用いると図-4 のようになる。

2) 流動状況に基づくサイン設置の検討

適切なサイン設置場所を検討するために、エントロピーを用いる。エントロピーは一つの試行の結果が有限集合  $(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$  の中のどれか一つの事象になることが分かっている、かつ事象  $A_i$  が生起する確率が  $P_i$  で表される時、この試行の結果のあいまいさは次の式(3)で表せる。

$$H \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i=1}^n P_i \times \log \frac{1}{P_i} = -\sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (3)$$

式(3)は 1 ノードに関する値である。本研究ではサインの設置を検討していく上で歩行者のリンク利用率を用いる事により通行者数を考慮することにした。図-4 に示す例では、エントロピーは  $H=9.18$  となる。

サインの適切な設置場所の検討に当たっては、サインの設置によってエントロピーの減少量が最大であるノードに優先的にサイン設置を行う方法を採用することにした。

表-1 サイン設置後のエントロピー量

サイン設置ノード番号	エントロピー	サイン設置ノード番号	エントロピー
ノード0	7.58	ノード7	8.84
ノード1	8.26	ノード8	8.99
ノード2	8.72	ノード10	9.02
ノード3	8.81	ノード11	8.53
ノード5	9.13	ノード12	9.00
ノード6	8.53	ノード13	8.87

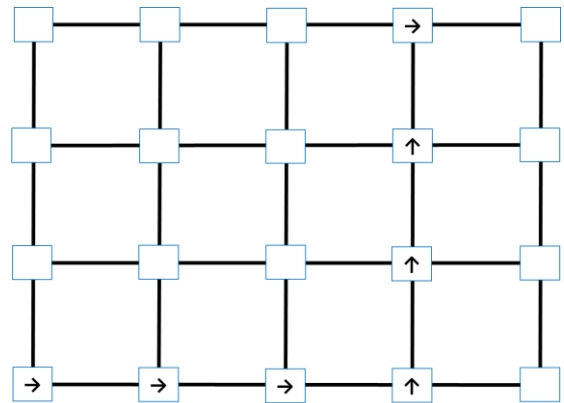


図-5 矢印サイン設置図(0→19)

まず、各ノードにサインを設置するとしたところ、設置後のエントロピー量は表-1 のようであった。この結果より、第 1 番目には最もエントロピーの下げ幅が大きいノード 0 にサインを設置する。

以上の試算を繰り返すことによって得られる、起点から終点に至る合理的なサイン設置図を図-5 に示す。

3) 複数 OD におけるサイン設置の検討

0→19 の行動に対して有用なサイン設置地点を求めた手順を他の 7 パターンについても適用し、8OD パターンについてサイン設置の箇所を選定した。各 OD に対して必要となるサインを重ね合わせ、全 OD 8 パターンに対応するサイン設置箇所を示すと図-6 のようである。色分けは 0→19 は黒、19→0 は黄色、4→15 は赤、15→4 緑である。また、太いほうが水平方向進入、細いほうが鉛直方向進入である。

図-6 は、8 つの OD パターンそれぞれに必要なと思われるサイン設置箇所を単純に重ね合わせたものである。そのために多くのサインを設置することになり、必ずしもわかりやすいサイン設置になっていないように思われる。

さて、図-6 において、各ノードにおけるサインの設置数を示すと図-7 のようである。各 OD の経路が重なる

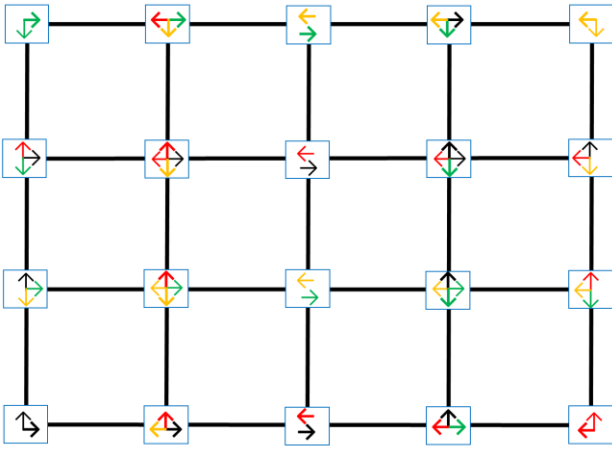


図-6 複数 OD におけるサイン設置図

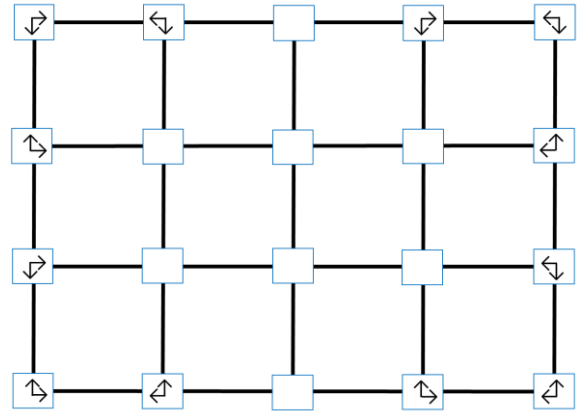


図-8 直進行動優先を考慮したサイン設置図

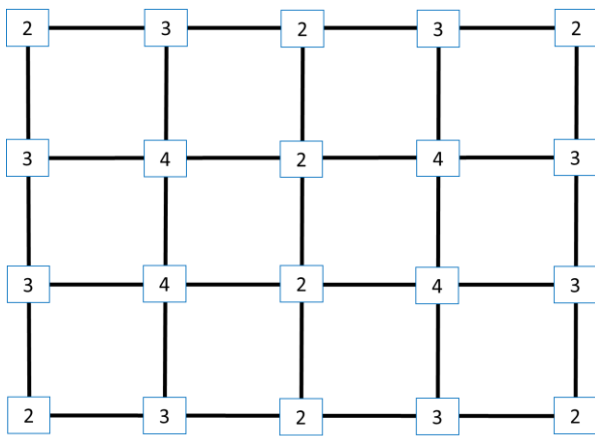


図-7 ノードに設置されるサイン数

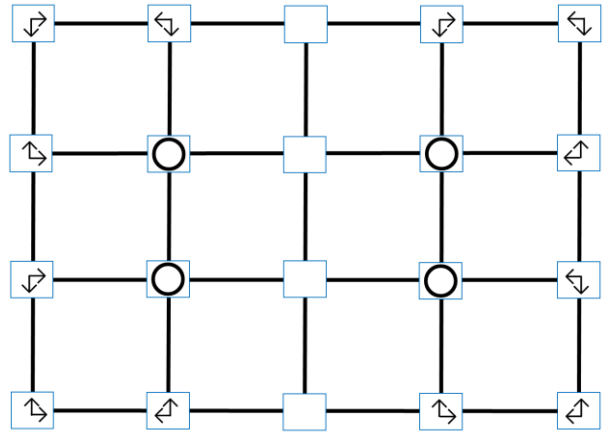


図-9 地図サインも含めたサイン設置図

ノードにおいては、このような単純なネットワークの場合であっても、複数のサインを設置することになり、最大で4つのサインが設置されることになる。このため、何らかの整除化が必要であると考えられる。

そこで歩行者は基本的に直進行動が優先されるという特性<sup>3)</sup>を用いることにより、サイン設置の整理を行うことにした。その結果を図-8に示す。

もともと、ノード 6, 8, 11, 13 では、4方向に向かう流れが交差し、歩行者が目的地に対する方向を見失う可能性がある。そこで、サインが複数設置されており、かつ違う方向の流れがぶつかる数が多いノードに地図サインを設置することにする。このサイン設置図は、図-9 のようになる。

### (3) シンプルネットワークにおける境界線

図-3では、閉じたネットワークを想定している。しかし、現実空間では広いエリアで考えることになり、歩

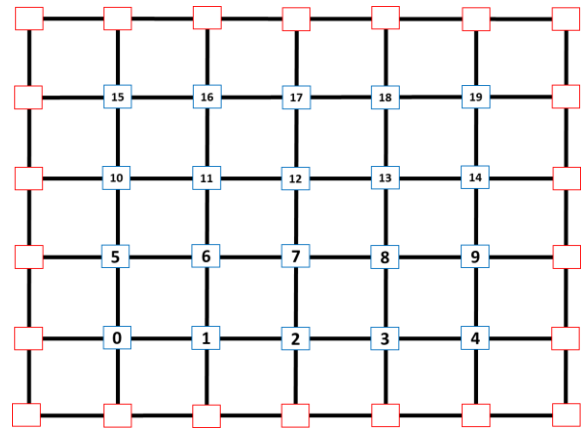


図-10 境界線を考慮したネットワーク

行者は対象範囲外に出て行動する場合がある。そこで、図-10に示すネットワークを用いて、境界線を越える可能性のある場合のサイン設置について検討する。歩行者は、最短経路の認知度が不十分であるため必ずしも最短経路を行動しているとは限らない。つまり、知らず知らずのうちに最短距離の2, 3割増しの距離を移動してい

注) 格子状街路網における実測調査によって、直進と右左折の比率はおおよそ 0.6:0.2:0.2 であることが確かめられている<sup>7)</sup>

ることもある。

ここで OD を 1 つ選び歩行者が移動する可能性のある経路を調べる。歩行者が移動する経路を調べることにより最短経路から 2.3 割増しの距離を超える経路を抽出する。これらの経路は、サインによって推奨できない経路である。このような経路に歩行者を誘導しないためにサインを設置することにする。ここでは、0 から 19 に向かう OD について述べる。表-2 に経路数と最短経路からの延長割合を示す。表-2 に示す経路数はサインが何も設置されていない場合である。表-2 から分かるように、最短経路から 2.3 割増しの距離となる経路が少ないことが分かる。全経路のうち 75% が大幅に歩行者が行動しえる距離を越えている。ここでノード 0 に注目してみる。ノード 0 だけを見ても 72% と顕著な数字が出ている。また、表-3 に示すように歩行者がノード 0 から境界線を

表 2 最短経路からの割合と経路数

最短経路からの割合	経路数
1~1.2	35
1.2~1.3	350
1.3~1.4	0
1.4~1.5	0
1.5~1.6	312
1.6以上	840

表-3 境界線を越えるノード

境界線から出るノード	経路数	境界線から出るノード	経路数
ノード0	1214	ノード10	12
ノード1	40	ノード14	49
ノード2	20	ノード15	18
ノード3	10	ノード16	16
ノード4	11	ノード17	30
ノード5	27	ノード18	40
ノード9	15		

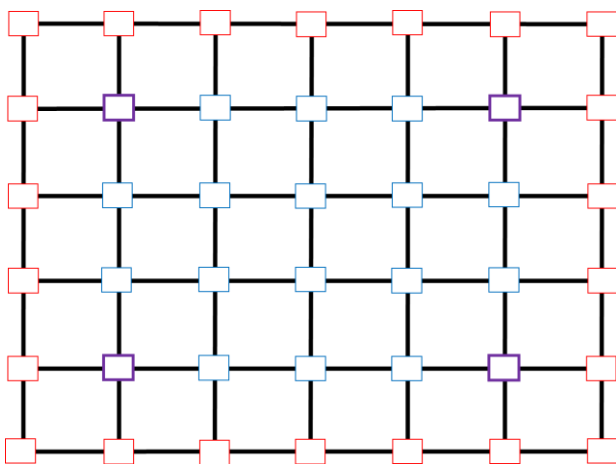


図-11 サイン設置図

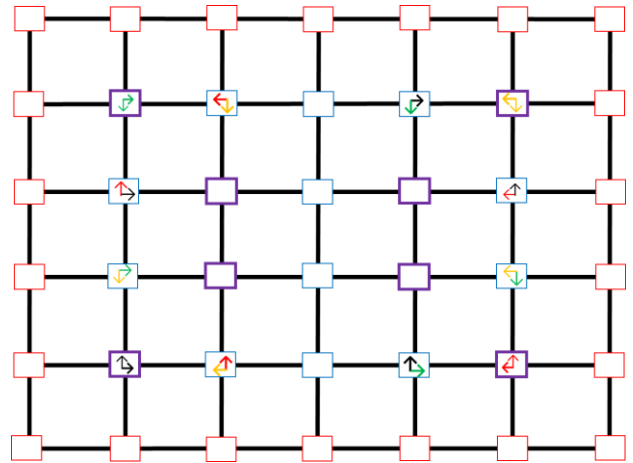


図-12 サイン設置図

越えて行動する機会が多いことが分かる。この結果からノード 0、つまり起点から適切な誘導を行うことが重要であることがわかる。ノード 0 にサインを設置することが境界線を越えるのを防ぐ有効な手段であることが分かる。また、他の 19→0、4→15、15→4 の 3 パターンの OD についても同じことが言える。このような検討に基づいて提案するサイン配置を図-11 に示す。設置箇所は、紫色のノードである。

図-7 と図-11 を組み合わせることで適切な誘導を行えると考えられる。そこで、図-3 に示すネットワークにおいて望ましいと思われるサインの設置図を図-12 に示す。

#### 4. 現実のネットワークにおける検討

本章では前章で示した方法を用いて現実空間におけるサインの設置箇所を検討していく。本研究では天王寺駅周辺地区を対象としているが、その中心に位置する「あべちか」を対象エリアとして用いる。「あべちか」は JR 天王寺駅と大阪地下鉄谷町線間に位置している。本章では、起点、終点をそれぞれ JR 天王寺駅、天王寺動物園とした。あべちかのネットワークは図-13 に示す通りである。現状のサイン設置は図-14 のようであり、前章で提案した手法を用いてサイン設置を検討していくことにする。このとき、ノード 1 への進入方向が分かりづらいためダミーノード I、II を設定する。その結果、このときのサイン設置図は図-15 に示すようになる。両者を比較すると、最初の分岐点における対応が異なっている。現状では起点近くにサイン設置がされていないことが問題ではないかと思われる。最初の分岐点で適切な誘導を行い正確な情報を提供することが歩行者サインシステムにおいて重要であると考えられる。なお、このネットワークはそれほど複雑ではないため、地図サインは用いていない。

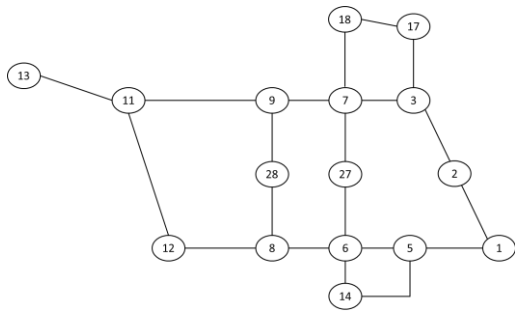


図-13 あべちかのネットワーク

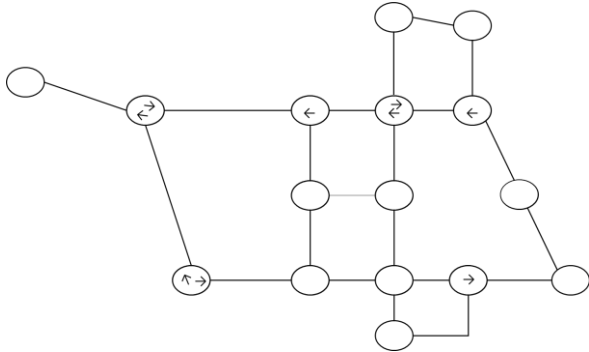


図-14 現状のサイン設置図

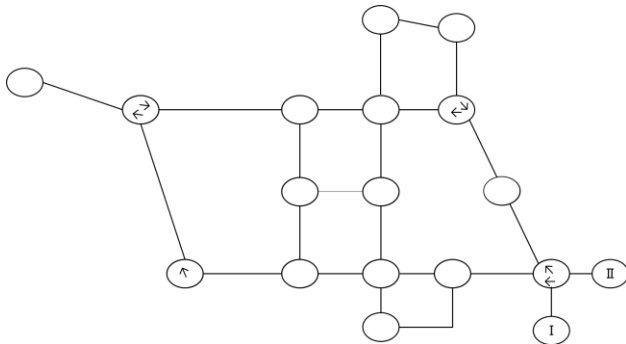


図-15 推奨されるサイン設置図

を検討する方法を提案した. まず, シンプルネットワークにおいて現実空間への適用に向けて境界線を考慮するなどの基礎的な検討を行った上で, 現実空間への適用を行い, 現状との比較を行った. 提案した手法で導き出したサインの設置箇所はエントロピーの最小化によるものであるが, この場合のサイン設置の妥当性に関しては更なる考察が必要となろう.

なお, 本研究では歩行距離に着目してきたが, 交通ターミナル地区の特色, 利用者の特性などの他の要素を考慮することも必要であろう.

参考文献

- 1) 塚口博司, 松田浩一郎: 歩行者の経路選択行動分析, 土木学会論文集, No.709/IV-56, 117-126, 2002.7.
- 2) Tsukaguchi, H. Vandebona, U. and Matsuda, K., Modelling of pedestrian route choice behavior for development of information systems architecture, The Selected Proceedings of the 9<sup>th</sup> WCTR, 2003.
- 3) 塚口博司, 竹上直也, 松田浩一郎: 不整形街路網地区における歩行者の経路選択行動に関する研究, 土木学会論文集, No.779/IV-66,45-52, 2005.1.
- 4) 竹上直也・塚口博司: 空間的定位に基づいた歩行者の経路選択行動モデルの構築, 土木学会論文集 D Vol.62, No.1 pp.64-73, 2006.
- 5) 塚口博司・大橋祐貴: 大規模地下街における歩行者の経路選択行動分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.25 No.3, 615-621, 2008
- 6) 竹内伝史: 歩行者の経路選択に関する研究, 土木学会論文集, No.259, pp.91-101, 1977.
- 7) 塚口博司: 大規模歴史公園における歩行者サインシステムの改善による観光客の行動変化に関する研究, 都市計画論文集, Vol. 51, No. 2, pp. 174-183, 2016.

(2017. ? . ? 受付)

5. まとめ

本研究では, 歩行者の流動状況の把握を行い, エントロピーを用いることによってサインの適切な設置箇所

A STUDY ON EFFECTIVE PEDESTRIAN SIGN SYSTEM IN THE LARGE TRANSPORTATION TERMINAL

Takaya NAKAMURA, Yoongho AHN, Yasuhiro SHIOMI and Hiroshi TSUKAGUCHI