

箱根彫刻の森美術館における時間指定お勧め経路表示システム

小柳 文子*¹, 近 匡*², 東山 新*³

The Recommended Path Indication System in Hakone Open-Air Art Museum with Time Designation

Fumiko KOYANAGI*¹, Tadashi KON*², Arata HIGASHIYAMA*³,

ABSTRACT : The guide system for the guest of the Hakone Open-Air Museum was developed. The system was designed for representing the most recommended path which can enjoy the most number of sculptures with time designation. We assume that the final destination of a guest is the Picasso Museum located near one of the exits, and he/she walks slowly from the entrance to there. In addition, the JAVA applet was used as a systems development program. Since the combinations of the actual path are limited in this case, we apply one by one inquiry method to seek an optimum solution as a heuristic algorithm. This system is not only able to apply widely to other museums and facilities, but also is extremely user-kind and easy-to-use.

Keywords : Hakone Open-Air Museum, Recommended Path, Time Designation, JAVA Applet

(Received September 27, 2006)

1. はじめに

国土交通省では、2010年に外国からの観光客倍増を目指し、観光立国行動計画を策定している。その中で、観光立国に向けての環境整備として、観光地での人に優しい案内標識、あるいは案内表示整備の必要性を掲げている。この趣旨の多くは、案内板への多言語対応や人的サポートを意味している。しかしながら、観光客の多様な要望と、観光地の個別の情報に対応するためには、多くの労力と多額の費用が必要となる。また観光地に限らず、近年の様々なアミューズメントパークや施設に対しても、案内表示の環境整備は今後益々重要視されることになるだろう。

本稿ではこういった背景より、アミューズメントパークや美術館などの施設利用を援助する、案内表示のシステムを検討した。本システムは卒業研究の一貫として、社会に貢献するシステム、とりわけ高齢者や機器の操作に不慣れな利用者にも簡単に操作でき、必要な情報を取

り出せるシステムを目指した。時間的制約もあり、まだ十分なものとは言えないが、今後更に内容を充実し、案内板システムとしての活用を期待している。

なお、本システムで特に意識したのは以下のような点である。

- 1) 美術館鑑賞の経路選択の援助をすること
- 2) 時間制約があっても、その中でお勧めの経路（候補の選択肢）を示すこと
- 3) 利用者自身が目的に応じて施設の案内情報を取り出せること
- 4) 「人に優しい、分かりやすい操作」であること

本研究では、上記の目的より学生が直接箱根彫刻の森美術館を訪れ、実踏によるデータを収集し検討した。この結果、利用者は入り口から美術館の主要展示館であるピカソ館まで、大人の足でゆっくり見て回るものとした。また本システムは、時間指定の中で最も多くの彫刻を鑑賞することができ、なおかつ最短時間の経路を探し出す「お勧めの経路」を利用者に表示するものとした。

一般に、本問題は時間指定付きの最適経路探索問題と

*¹ : 物質生命理工学科助手 koyanagi@st.seikei.ac.jp

*² : 物質生命理工学科教授

*³ : 物質生命理工学科平成17年度卒業生

位置づけることが出来る。ここでは利用者が自身の希望する時間や嗜好を取り入れられるように、準最適解も示すことで選択肢を広げている。また、画面上で箱根彫刻の森のマップを表示し、目的の経路を確認できるようにした。なお、システム開発にはJ A V A言語を使用し、プラットフォームを選ばない自由度の高いシステムになるようにした。

2. 最適経路探索法

2.1 最適探索問題の解法

一般に最適経路を求める問題は、巡回セールスマン問題に代表される最適組み合わせ問題¹⁾である。こういった問題は、経路数が増えていくことで組み合わせが指数関数的に増加し、複雑さが増大することが知られている。このためほとんどの解法がいわゆるヒューリスティックな手法によるものである。その代表的なアルゴリズムとしては、ローカルサーチ法、ラグランジュ双対法、分岐限定法などがある。最近では遺伝的アルゴリズムやニューラルネットワーク法、タブー・サーチ法などが知られている²⁾。

これらの手法の適用には、いわゆるNP困難性の検証が必要となる。前述の通り解の組み合わせが指数関数的に増えるので、この処理に必要な計算時間が膨大に膨れ上がってしまうからである。こういった場合、通常の変数時間アルゴリズムは存在し得ないと考えられ、NP困難性からヒューリスティックな手法の有効性が認められることになる。

本研究では、当初一般的なシステムへの応用を目指していた。このため利用者の個別の価値の最大化を目的とした、最適経路探索法としてナップザック法³⁾を検討した。ナップザック法はいわゆるNP完全問題であり、複数の解を得る一方で、近似解も許される。従って以降の節では、ナップザック問題として取り扱う際の利用者の価値と、経路探索の目的関数の定義などについて述べる。

2.2 ナップザック問題の定義と解法

ナップザック問題とは、あるナップザックに異なる大きさ(価値)の品物を、どのようにして最も多く詰め込むかという問題である。

ここでの目的関数 $f(x)$ は、定められた時間 m (ナップザックの大きさ)に彫刻数 c_i (価値)のある経路 x_i をどれだけ多く観覧出来るかという設定となる。つまり、

$$\text{目的関数: } \max f(x) = \sum c_i x_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\min g(x) = \sum p_i x_i$$

$$\text{制約条件: } f(x) \leq \max C, \quad g(x) \leq m$$

この時、 i は経路の番号であり $f(x)$ は観覧出来る彫刻数を示す。また $g(x)$ は選択された経路の通過時間を示し、経路 x_i を通ったときに掛かる時間は p_i で示される。 x_i は経路を通る場合には1、通らない場合には0となる2値の状態を示す関数である。

これより、具体的な例を用いて考える。ここで仮に図1のような彫刻園があるとする。この彫刻園では彫刻数がAからFまで6個あるものとする。ここではまた、通路は入り口で2つの道に分岐し、さらに中央で連絡する道がある。入り口から目的の彫刻D(ピカソ館の代わり)までの道のりでは、どのように通れば効率良く彫刻を観覧できるかという問題について考える。

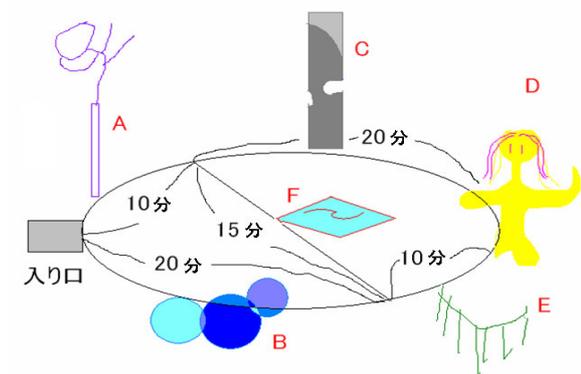


図1 仮の彫刻園

- ① ナップザックの大きさ=入り口から彫刻Dまでの観覧(希望)時間 m (制約条件)
- ② 品物=美術館内の任意の経路における分岐点から別の分岐点までの経路 *route*
- ③ 品物の価値=ある分岐点から分岐点の間で鑑賞可能な美術品の数 $c_i = \text{num}$
- ④ 品物の大きさ=ある分岐点から分岐点の間を移動するのにかかる所要時間 $p_i = \text{time}$
- ⑤ 価値の合計=入り口から彫刻Dまで行く間に観覧可能な美術品の数 $f(x) = \text{total_num}$
- ⑥ 品物の大きさの合計=選択した入り口から彫刻Dまでの観覧時間 $g(x) = \text{total_time}$

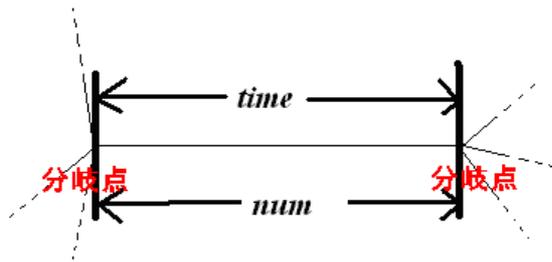


図2 観覧における価値の定義

図2には、経路における各要素の定義を図示した。この場合、観覧における価値の定義は分岐点から分岐点の間（経路）での観賞可能な美術品の個数 num と、観覧に掛かる時間 $time$ を意味する。

図1, 2から選択枝の中には、同じ道・場所を二度以上通る経路も考えられることが分かる。この場合確かに彫刻を多く見ることが可能である。しかしながらこの経路を考慮に入れると、無限のループを繰り返す可能性がある。本来の趣旨である最短時間で見て回ることを考えれば、二度以上通る経路は冗長であり、本稿の目的にそぐわない。従ってここでは、同じ道は二度と通らないという、一筆書きの制約を設けることにした。

なお本研究では最適経路を求める趣旨から、経路の組み合わせ数が限られているケースであり、近似解を用いなくとも厳密解探索が可能である。従ってここでは逐次法を用いて、起こり得るパターンを全て調べ、最短ルート検索の厳密解を求めることとした。この最短ルートの結果を表1に示す。

表1 距離の制限に対する最適経路の関係

時間指定 m (ナップザックの大きさ)	経路 (彫刻を見る順番)	所要時間 $time$ (大きさ)	彫刻の数 num (価値)
$30 \leq m < 35$	$A \rightarrow C \rightarrow D$ $B \rightarrow E \rightarrow D$	30分	3個
$35 \leq m < 55$	$A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$	35分	4個
$55 \leq m$	$A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$ $B \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D$	35分 55分	4個 4個

表1は、入り口から目的の彫刻Dまで、それぞれの時間指定でどのような経路が最も多くの彫刻を観賞可能で、なおかつ最短時間となるかを表している。例えば、利用者が30分以上（30分以下で入り口から彫刻Dまで到着

するのは不可能なため）35分未満で指定した場合、その時間内で彫刻を最も多く観覧可能な経路は、 $A \rightarrow C \rightarrow D$ と $B \rightarrow E \rightarrow D$ である。この二つの経路は共にDも含めて3つの彫刻を見ることができ、所要時間も共に30分である。35分以上55分未満と指定された場合の経路は $A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$ となり、4つの彫刻を見ることができ、所要時間は35分である。ところが55分以上と指定されると、先ほどの $A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$ の他に $B \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D$ という4つの彫刻が観覧可能で、所要時間55分の経路も候補に挙がることを示している。

3. 箱根の森美術館実踏データとデータの整理

3.1 箱根の森美術館実踏データ

本研究を行うにあたり、彫刻の森美術館を訪れ（平成17年8月14日）、実踏調査を行った。箱根彫刻の森美術館は富士箱根伊豆国立公園にある敷地70,000m²の広大な美術館である。1969年に国内初の野外美術館開館として開園した。美術館内に近代・現代美術を代表するロダン、ブールデル、ミロ、ムーアなどの彫刻100点あまりが展示され、また最も奥まった出口付近のピカソ館には300点あまりの彫刻が所蔵・展示されている。

この広大な美術館をゆっくり見て回るには、ほぼ1日あっても足りない。Web上には敷地図と展示物の紹介や、交通機関等についての紹介があるが⁴⁾、個人の嗜好や制約時間内で、いかに効率的に観覧するかというガイドはない。従って利用者の利便性を高めるために、観覧のためのこういったガイドは今後必要となるだろう。



図3 箱根彫刻の森美術館MAP

図3は、箱根彫刻の森美術館に来館する利用者のために用意されているマップである。またこれをもとに、観覧経路を簡単な線図に表したのが図4である。実踏にあたり、箱根彫刻の森美術館で分岐点から分岐点までかか

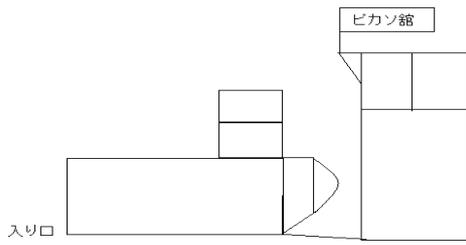


図4 線図で表した箱根彫刻の森美術館の経路

る時間と、その基点から基点までの間に何個の彫刻があるかを記録した。

所要時間を大人がゆっくり見て歩く速度（およそ0.3[m/sec]）で計測し、各分岐点から分岐点までの時間と展示物を計測・記録していった。本研究では入り口からピカソ館までの経路に重点を置いており、ピカソ館と反対側の円形広場、アートホール、子供のための造形ひろば等についてのデータは省略している。この結果をそれぞれ図5、6に示す。また、図中の数字はそれぞれ所要時間と彫刻の数を示している。

図5は、入り口からピカソ館までの左半分における各経路の所要時間と、鑑賞可能な彫刻の数を示した。分岐点から分岐点まで合計10の経路があり、それぞれを個別のパーツとしてデータ処理に組み入れた。この個別パーツを利用することにより、左右エリアそれぞれ同じ道を通らない経路を容易に探索できるようにした。ここでは、それぞれの経路毎に左エリア→a1~a10、右エリアb1~b7とした。

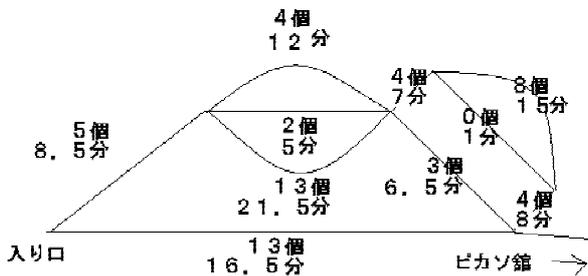


図5 箱根彫刻の森美術館における各分岐点間の所要時間と彫刻の数（左エリア）

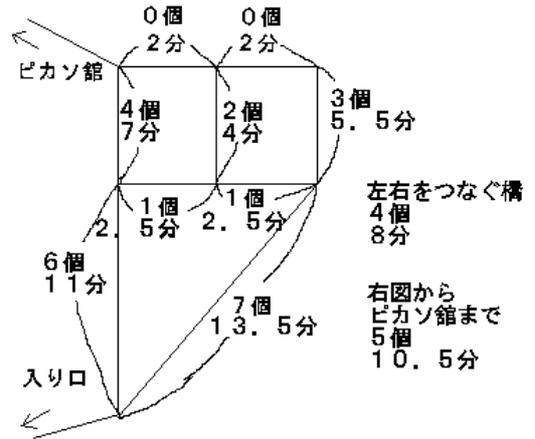


図6 箱根彫刻の森美術館における各分岐点間の所要時間と彫刻の個数（右エリア）

3.2 データの整理

入り口からピカソ館まで一筆書きで行ける全ての経路を右エリア、左エリア共に抽出した。またそれぞれの経路をa1~a10・b1~b7のように定義し、経路毎に鑑賞し得る彫刻の数と時間を計算した。それぞれの経路の略図を図7と図8に、またそれぞれの経路を通して観賞するためにかかる時間と彫刻の個数を表2に示した。

ただし図7、図8での所要時間は、彫刻の鑑賞時間を考慮に入れていない。そこで、彫刻を鑑賞するための時間を個別に加える必要がある。現地で人々が彫刻を鑑賞する平均時間はおよそ30秒（休日であったため家族連れが多く、あまり立ち止まる事ができないので、通常よりは短めの設定となっている。）であり、特にシンフォニー彫刻は建物として扱われていたので、ここでは鑑賞する時間に加えていない。

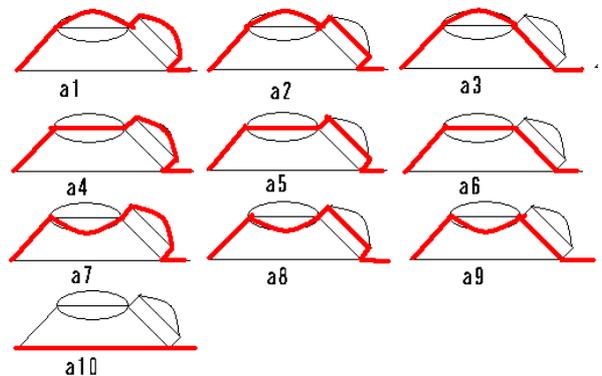


図7 左エリアにおける経路の全パターン

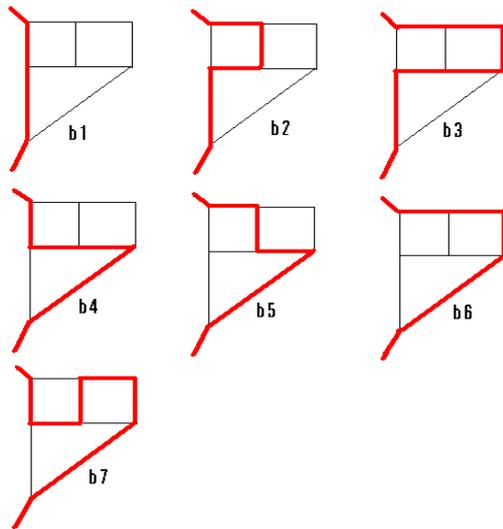


図8 右エリアにおける経路の全パターン

表2 箱根彫刻の森実踏データ

経路	彫刻数 (個)	鑑覧時間 (分)	経路	彫刻数 (個)	鑑覧時間 (分)
a1	25	50.5	b1	10	18
a2	17	36.5	b2	9	19.5
a3	12	27	b3	11	25.5
a4	23	43.5	b4	13	25.5
a5	15	29.5	b5	10	22
a6	10	20	b6	10	23
a7	34	60	b7	17	34.5
a8	26	46			
a9	21	36.5			
a10	13	16.5			

そこで表2における鑑覧時間とは、図7、8における所要時間+彫刻数×30秒と定義する。

4. お勧め経路表示用アプリレットの開発

4.1 経路選択の制約とデータ処理

各経路で観覧にかかる時間と鑑賞可能な彫刻の数をソート可能なデータ形式に集約した。またこれを、分岐図として図7に示すようなデータに構成し、左エリアと右エリアを組み合わせている。プログラムの中ではそれぞれの経路を通過する時間と、鑑賞可能な彫刻の数を求め、時間指定に対するお勧め経路を提案するものとした。な

お、利用者の案内板としてより視覚的に親しみやすく、また操作しやすいという観点から、表示用画面はJ A V Aアプリレットで作成した。なおこのJ A V Aアプリレットでは、経路探査用アプリレットとマップ用アプリレットの2つのアプリレットを用意し、画面に同時に出力するようにしている。

ところで箱根彫刻の森美術館は、どのような経路を通っても必ず左のエリアを通過してから橋を渡り、右のエリアを通過してピカソ館に着く。既に2章で述べたように、システムの中では同じ道を二度通らずに一筆書きで行くという制約を設けている。このことよりこの探索には図9のように、厳密解を得る枝問題として扱うことができる。

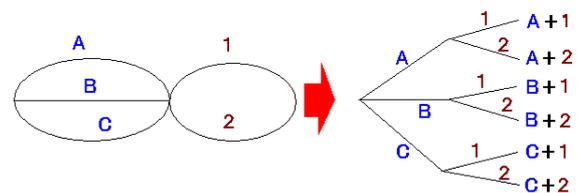


図9 枝問題で記述した経路の例

図9の左の図において、左から右にただ単純に通る組み合わせは6通りある。しかしながら美術品を観覧する場合は、全ての経路を通りたい。しかしながら一筆書きの制約を設けてあるので、1または2の経路はどちらかを選択せざるを得ない。従ってプログラムの中では、このようにして制約条件を満足する全ての経路を枝問題として求めている。

4.2 J A V Aによるプログラミング

プログラムは経路探査用のアプリレットと、検索された経路を導き出すマップ用のアプリレットの2つを用意した。利用者が簡単に操作出来るよう、複雑なコマンド等の入力は一切用いていない。利用者は画面上で制約時間と希望の経路をプルダウンメニューからマウスで選択するだけである。もし、更に簡単な操作を期待するのであれば、タッチパネルなどの方法も考えられるだろう。ここではそれぞれのアプリレットについて説明する前に、まず前述の仮の彫刻園の例を用いたアプリレットで簡単な説明を行い、次に実際のアプリレットの詳細を述べる。

4.2.1 仮の彫刻園用アプリレット

最初に仮の彫刻園(図10)に対して、経路探査用とマップ用2つのアプリレットを作成した。

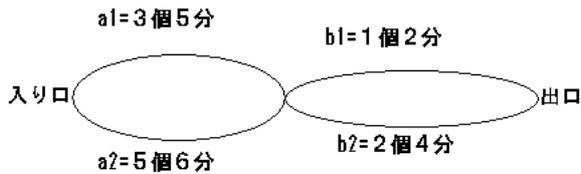


図 10 仮の彫刻園のアプレット

マップ用のアプレットでは、利用者が画面の選択(Choice)を用いて選んだ経路 (a1, a2+b1 または, b2) が赤く表示されるように設定した。経路探索用のアプレットでは、可能な限りの組み合わせを挙げ (ここでは a1+b1, a1+b2, a2+b1, a2+b2 の 4 通り)、組み合わせ毎の時間と彫刻の価値を計算し、選択結果を表示させている。また、指定時間に最も近い結果を最下位に示し、その予測時間と鑑賞可能な彫刻の数も示している。なお、アプレット起動から経路選択のフローチャートを図 11 に示した。また同様に、仮の彫刻園におけるマップ表示用アプレットと経路探索用のアプレットをそれぞれ図 12 と図 13 に示す。

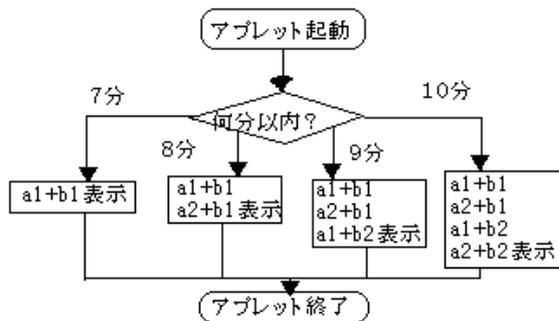


図 11 仮の彫刻園経路検索用フローチャート

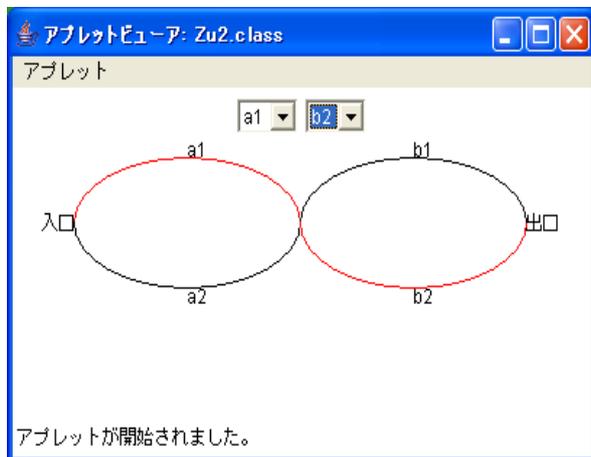


図 12 仮の彫刻園のマップ用アプレット

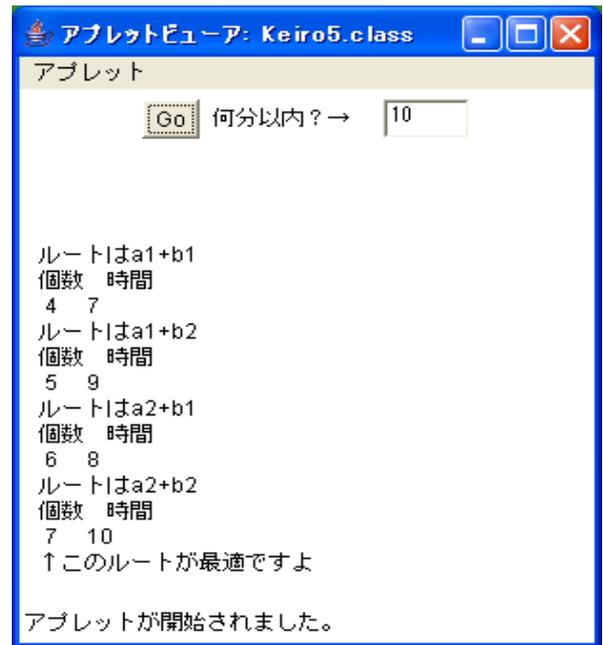


図 13 仮の彫刻園の経路検索用アプレット

4. 2. 2 箱根彫刻の森用アプレット

彫刻の森美術館へのアプレット用に、前節のアプレットを拡張した。マップ用のアプレットでは直線や扇形を利用した曲線で彫刻の森美術館の経路を単純に構成した。又、画面上左側には経路探索用のアプレットビューアを開き、利用者が簡単に経路の選択や希望時間を入れられるように、メッセージ画面を配置した。

検索によって抽出された経路を選択すると、その経路が太い赤線に表示される。経路探索用のアプレットでは、決められた時間内に鑑賞できるパターンを全て列挙するが、決められた時間が 60 分以上になると候補が多数となり、画面上に全てのパターンの経路を表示することが出来なくなる。そこで、決められた時間内で鑑賞可能な彫刻数が多いものを、順次並び替えて上位 5 つのみを表示することにした。なお彫刻の数が同数の場合は、時間内で鑑賞時間の少ない方を上位にした。また更に彫刻数も鑑賞時間も同じ 5 つの経路がある時には、上位 6 組を表示した。なお、指定内時間中で最大の彫刻が鑑賞可能な経路を、赤い四角の中に示し、2～5 番目の経路候補 (指定時間に近いもの順で) をその下に表示するようにした。

このようにしてそれぞれの作品をガイド画面に貼り付けた[2][3]。完成したアプレットを図 14 と 15 に示す。図 14 は鑑賞時間の指定が 75 分のものであり、また図 15 は指定時間 90 分のものである。

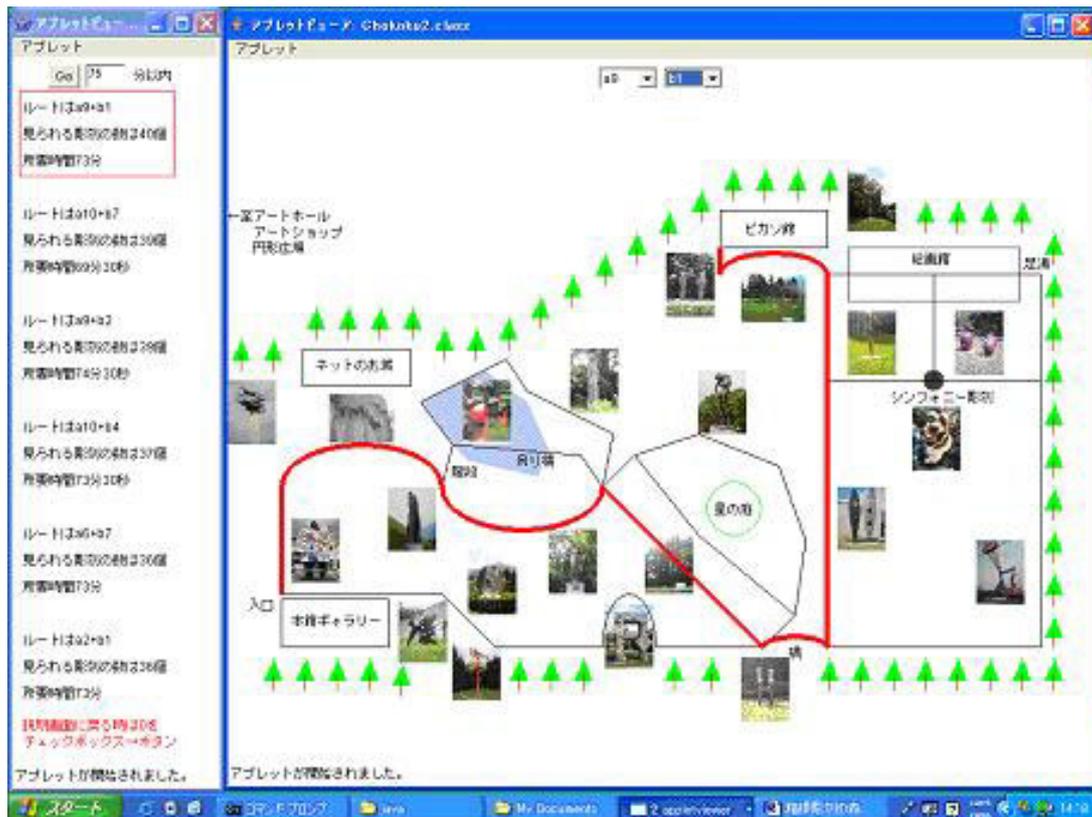


図 14 指定時間が 75 分の最適結果

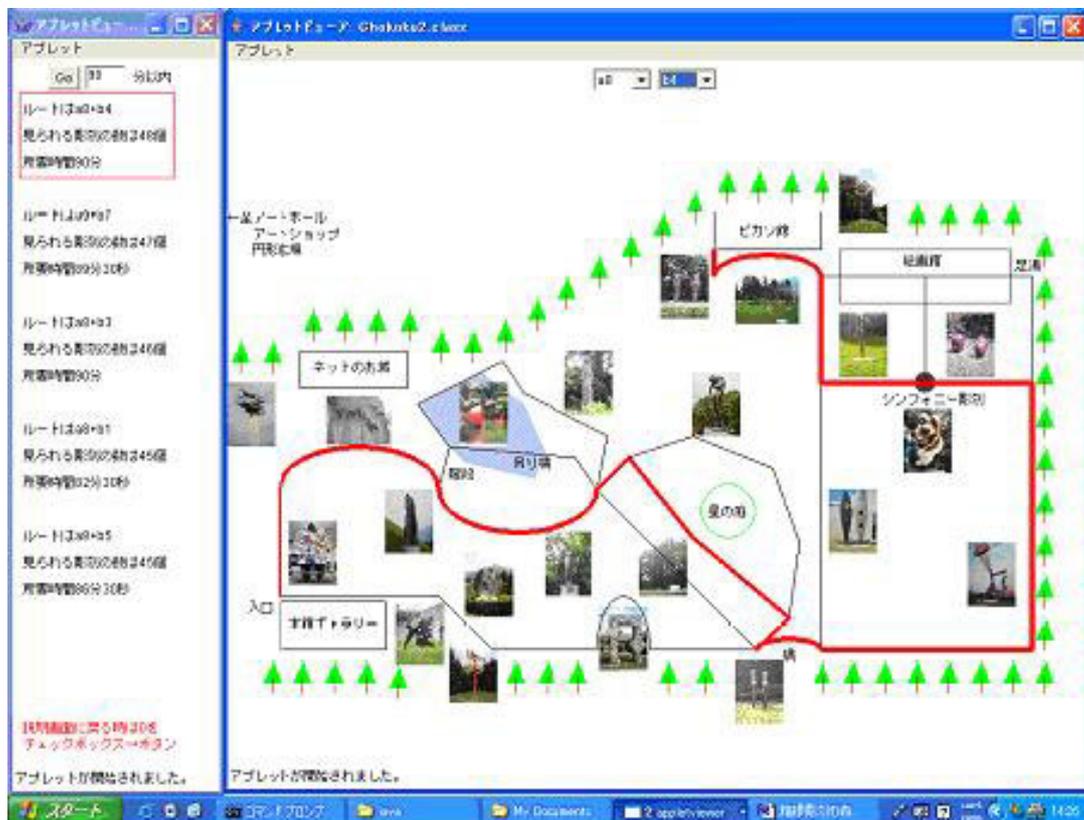


図 15 指定時間が 90 分の最適経路

図中左側に経路選択の候補が、また右側には箱根彫刻の森美術館の中で、最適経路が選択され、赤のラインで表示されているのが分かる。この結果、75分の指定の中では、利用者入り口からピカソ館まで、ゆっくり歩いて鑑賞出来る最大の彫刻の数は31個であり、経路としては $a9+b1$ となる。また90分の指定では、同様に彫刻数は39個であり、経路は $a8+b4$ となる。利用者箱のガイダンスに従い、更に希望の彫刻を通る経路を優先させることも、またその時の必要な観覧時間も予測することが出来る。

5. むすび

本研究では、箱根彫刻の森美術館において時間を指定し、その時間内で最も多くの、且つより短い時間で鑑賞できる経路を探し出すシステムを構築した。またこれにより、入り口からピカソ館まで彫刻を鑑賞する経路をマップ上に示すことができた。また、最適経路以外の候補を表示しているため、利用者が希望の彫刻を鑑賞する他の経路を選択することが可能である。更に、これらの候補を実際に美術品と共に表示するので、利用者にとっても、内容が確認しやすく、親切で分かりやすいシステムとなっている。なお、入力操作は全て画面上のガイドと、マウスを利用するものであるため、システムに不慣れな人や年齢に関係なく容易に扱えるシステムとなった。

今後それぞれの美術品の解説を表示したり、また持ち歩きの出来るシステムにするなどの応用が考えられる。今後、同様のシステムは他のアミューズメントパークや美術館などでも、広く応用可能なものである。

参考文献

- 1) 山本芳嗣, 久保幹雄, 「巡回セールスマン問題への招待」, 朝倉書店, 2001年
- 2) Colin R. Reeves (著), 横山隆一 (翻訳), 佐藤晴夫 (翻訳), 荻本和彦 (翻訳), 奈良宏一 (翻訳), 鈴木昭男 (翻訳), 陳洛南 (翻訳), 「モダンヒューリスティックスー組合せ最適化の先端手法」, 日本工業新聞社, 1997年
- 3) Robert Sedgwick (原著), 野下浩平 (翻訳), 佐藤創 (翻訳), 星守 (翻訳), 田口東 (翻訳), 「アルゴリズムC++」, 近代科学社, 1994年
- 4) 箱根彫刻の森美術館の Web site URL
<http://www.hakone-oam.or.jp/info/index.html>
- 5) 松田善臣, 名嘉村盛和, 姜東植, 宮城隼夫「最適観光問題とその解法」, 2004年電気学会論文誌電子・情報・システム部門誌, Vol.124, No.7, pp.1507-1514
- 6) 金子亮, 「道路案内用巡回探索アルゴリズムとシステムの実現」, 情報処理学会研究報告, Vol.99, No.27, pp.31-38
- 7) 「GUIDE BOOK」, 箱根彫刻の森美術館, 美ヶ原高原美術館
- 8) 倉田陽平, 「個人嗜好に応じた観光コース自動作成システムの開発」, 地理情報システム学会平成12年度発表大会梗概集, Vol.9, pp.199-202, 2000