Vol.2010-ICS-159 No.3
2010/3/15

知的移動体による美術館での鑑賞体験の個人化

安田知加[†1] 井上泰佑[†1]
岸佳奈恵[†1] 長尾確[†1]

効果的な鑑賞方法を熟知していない美術鑑賞の初心者を主な対象者とし、屋内を自動走行可能な個人用の移動体を用いて、実世界の美術館における利用者１人１人の鑑賞体験を豊かにするシステムを提案・構築した。本システムは、利用者の過去の鑑賞体験に基づいて鑑賞コースを個人化することで、美術館での効果的な鑑賞体験を促すことができる。利用者が自動走行する移動体に搭乗して、美術館内を移動すると、システムはその利用者の鑑賞体験を暗黙的に記録する。このシステムは、過去の鑑賞作品の内で、記憶に残っていると思われるものを暗黙的に選択し、それを次回以降の鑑賞コースの生成に反映させる。本手法を被験者 10 名を使って評価した結果、充実した鑑賞体験を支援可能であることが確認できた。

Personalization of Museum Experiences by Intelligent Vehicles

Tomoka Yasuda,[†1] Taisuke Inoue,[†1] Kanae Kishi[†1] and Katashi Nagao[†1]

Art appreciations make us improve our own sensitivity and powers of observation and arouse our potential interests and concerns. Therefore, it seems that it is a rich museum experience to be excited by watching art works and to discover many things from art works. In this paper, we propose a system that enriches museum experiences for each user who is a beginner of art appreciations by personal automated vehicles which can automatically move indoor. The system can encourage effective museum experiences to users by personalizing appreciation courses based on their past museum experiences. The system can tacitly record the museum experiences of the users who move in museums by boarding the automated vehicles.

1. はじめに

人間の実世界での活動と連動しながら、個人に特化された情報が与えられる必要がある 1 つの例として美術館を取り上げる。実世界の美術館において、各利用者に適応する情報を、利用者の活動に連動させて提示することで、われわれの生活する実世界と情報の世界をシームレスにつなぐことを目指す。

現在、われわれの実世界での活動と情報を密接に結び付ける手段として、情報端末を常に持ち歩いたり、身に付けたりして利用する、モバイル・ウェアラブルコンピューティングがある。しかし、情報端末の小型化・高性能化が進んでも、携帯情報端末を持ち歩くだけでは、人間の物理的な行動に連動させて情報処理を行い、その結果を直接的に人間の行動に対して反映させることには限界があると考えられる。たとえば、人間が認識していない危険が迫っている場合に、携帯情報端末はその危険を回避するように通知することは可能でも、実際に回避を行うのは人間であり、安全に回避を行うよう人間を動かすことは不可能である。それゆえ本研究では、人間が情報端末を持ち運ぶという発想をさらに発展させた、情報端末を移動体化するという方法で、人間の活動と情報を密接に結び付ける。

2. 個人用知的移動体

われわれは、人間の生活において最も基本的で重要な要素の一つである「移動」に着目し、人間を物理的に移動させることが可能な移動体そのものを情報端末とするという発想で、人間の「移動」と情報処理との新たな関係を見出そうとしている。そのために、われわれは AT(Attentive Townvehicle) と呼ばれる情報端末化された個人用知的移動体を設計・開発している。

AT は、搭乗者である人間や、AT 自身を取り巻く環境に適応し、通信によって協調的に動作することが可能な移動体である。AT は、周囲に障害物が多い場合に移動方向や速度を自動的に調整して安全な走行を支援したり、現在位置や移動履歴を考慮して搭乗者に適した情報を能動的に提供したりすることが可能である。このように、搭乗者である人間は、特に意識することなく、実世界状況や文脈に合わせて、その時点で最適なサービスを受けることができる。

†1 名古屋大学
Nagoya University

© 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-ICS-159 No.3
2010/3/15

2.1 全方位移動

AT の特徴の一つは、全方位に移動できることである。それは、たとえば障害物や人などの避け方に現れてくる。これまでの乗り物は、止まっている状態から真横に動くことができないため、障害物や人間が乗り物の間近に接近してしまうと回避しきれず衝突してしまう。

そこで、メカナムホイールと呼ばれる車輪を用いて全方位移動走行を実現した。メカナムホイールの外観を図 1 に示す。メカナムホイールは、車軸に対して 45 度傾けられた小型のローラーを車輪の周囲に等間隔に並べて取り付けられた車輪である。 メカナムホイールは

図 1 メカナムホイール

正回転する際、ホイール自体は前方向に移動するように回転するが，車軸に対して 45 度傾けられた方向に配置されたローラーにより、ローラー軸方向に対して法線方向の推進力が生じない。この結果、メカナムホイールは，ローラー軸と平行の方向に進行する。したがって、4 輪の進行方向の組み合わせによって全方向移動が可能となる。

全方位移動およびその場回転は、AT に対して図 2 のように平行に配置された 4 つのメカナムホイールを個別に制御することによって実現している。メカナムホイールとベルトでつながれた高トルクのサーボモータは任意の速度制御が可能であり、またトルクを 0 にすることで空転させることができる。 前後左右に動かす時は、4 輪の回転速度を等速にして、それぞれの回転方向 (正転あるいは反転) を動く方向に合わせて調節する。たとえば右方向へ動かす時は、図 2 の (A) と (D) を正転方向、(B) と (D) を反転方向に動かすことで移動させることができる。なお、その場回転は、(A) と (C) を正転方向 (あるいは反転方向)、(B) と (D) を反転方向 (あるいは正転方向) へ回転させることで実現できる。これによって AT は、本体の向きを変えずに任意の方向へ移動できるため、障害物や人間が接近している場合でも衝突することなく安全な回避を行うことができる。

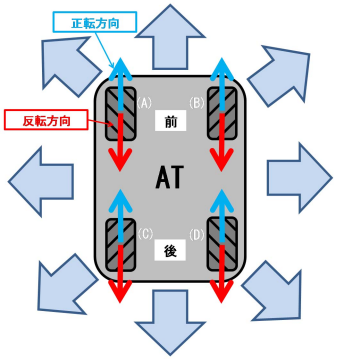

図 2 全方位移動のメカニズム

2.2 屋内自動トランスポーテーション

美術館等の屋内で、地図を取得して目的地を検索し、AT を自動走行させる仕組みを開発した[1)]。この屋内地図情報は、AT 自身が常に保持しているのではなく、地図サーバと呼ばれる建物ごとに用意されたサーバが管理している。 AT は建物の入口を通過する時に、その建物の地図サーバと接続し通信を開始する。それ以降建物内にいる間 AT は、常に地図サーバと通信可能な状態を維持し続けるが、AT が建物から外へ出た場合、その接続を切断する。また、地図サーバは建物内にいるすべての AT と通信し、全 AT の動きを把握することが可能である。各 AT と地図サーバの通信形態は図 3 に示す通りである。 地図サーバは、主にそのサーバが置かれている建物の地図データが格納されたデータベースと、経路や動作を生成するプログラムから成る。AT は定期的に地図サーバに自身の位置情報を送信し、必要な時に周辺地図情報の取得要求を送信する。搭乗者が目的地を設定した場合は、目的地の位置情報と目的地までの経路・動作情報の取得要求を送信する。地図サーバは、各 AT からの要求に応じて地図情報や経路・動作情報を送信する。

AT は壁に沿って進むことで現在位置と地図との対応を取る。そのために、最大距離 30m、270 度（センサ正面から左右に 135 度）の範囲で、物体までの距離を測定可能なレーザレンジセンサ 4 個を AT の前後左右に装備し、壁との距離を常に一定に保ちながら走行する壁沿い走行を実装した。また、位置認識のランドマークとして軽量で電源を必要としない RFID タグを壁に設置し、タグを読み取ることで AT が現在位置および地図上の位置を知ることを可能にした。

© 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-ICS-159 No.3
2010/3/15

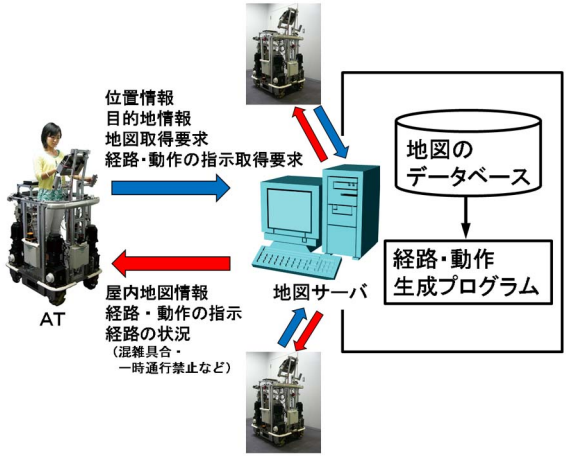

図 3　AT と地図サーバの通信

AT がサーバから取得する地図情報は主に以下の 2 つから成る。

- 施設内の各部屋や階段等の AT が進入不可能な領域の位置
- ランドマークとなる RFID タグの ID・位置と属性（展示物の有無など）

3. 個人用知的移動体を用いた鑑賞体験の個人化

本研究で提案・構築した鑑賞体験を個人化するシステムの概要と構成を図 4 に示す。

まず、AT の利用者が美術館のサーバにログインし、美術館滞在予定時間の設定を行う。サーバには、利用者毎の体験記録を保持するデータベース（利用者の鑑賞体験記録ベース）と、そのサーバが置かれた美術館に展示されている絵画の基本情報と位置情報、関連作品の情報を保持するデータベース（絵画のデータベース）がある。データベースには関連する作品の画像や作品名などの基本情報だけでなく、関連元の作品とどう関連するのかという関連性の情報も含まれている。次に、登録された ID の利用者の体験記録と、絵画のデータベースに登録された情報を照合して、利用者が過去に訪れた美術館で鑑賞した作品と関連する作品を選出し、その後、選出した作品の位置情報から利用者が設定した予定時間内で、可能な限り移動時間を短く、適切な数の作品を鑑賞するコースを生成する。コース決定後、AT は鑑賞すべき作品の前で停止しながらコース上に従って自動走行する。そして、鑑賞が

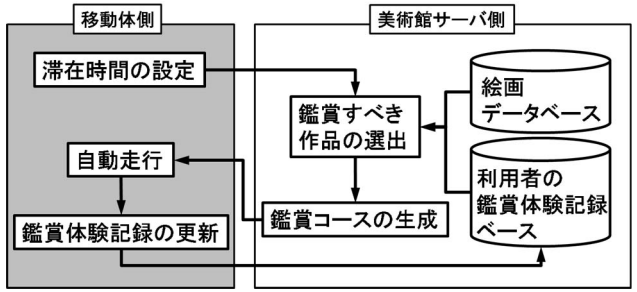

図 4　鑑賞体験個人化システムの構成

終了すると同時に新たな鑑賞体験記録が生成され、利用者の鑑賞体験記録ベース内の該当ユーザの記録を更新する。

3.1 鑑賞すべき作品の選出

利用者が鑑賞すべき作品の抽出においては、抽出する作品の数と質のバランスが重要である。作品の数は、利用者が設定した美術館での滞在予定時間により決定し、作品の質は、利用者が過去に鑑賞した作品との関連により決定する。利用者が設定した滞在予定時間で美術鑑賞を十分に楽しめるような数に鑑賞する作品の数を限定する必要があるが、その場合、より質の高い作品を選出することが求められる。Falk と Dierking は、長年にわたる博物館の見学者に対する観察や調査の結果から、新しい知識はそれまでの知識や経験に基づいて組み立てられるとし、文脈に基づく鑑賞支援が重要であるとしている[3)]。そのため、本システムでは作品と作品の間の関連性を表 1 のように分類し、その分類に応じて鑑賞すべき作品の優先度を決定した。

表 1　作品間の関連性の分類と鑑賞における優先順位・優先度

区分	関連性	優先順位	優先度
作品関連	文献等で、専門家によって関連作品として紹介されている	1	6
作者関連	同じ作者（画家）によって制作された	2	3
様式関連	同じ様式（時代）で制作された	3	1
その他	なし	4	0

美術に関する文献等で、美術の専門家あるいは美術の愛好家によって紹介されている、作品間の関連性を「作品関連」とする。「作品関連」がある例としては、画架を隣同士に並べ

© 2010 Information Processing Society of Japan

て 2 人の画家が同じ風景を描いた 2 つの作品や、古い時代の画家が描いた作品とその作品に影響を受けて制作された作品が挙げられる。このような 2 作品を、完成された作品を見ただけでは気がつかない裏側にあるつながりを知った上で比較することで、作者による対象の捉え方の違いや描き方の違い、過去の画家からの影響の受け方など、鑑賞者は作品について様々なことを考える糸口を得ることができる。ゆえに、「作品関連」がある 2 作品の優先順位を最上位にした。次に優先順位が高い関連が「作者関連」である。「作者関連」は作者が同じである作品間の関連性のことを示す。同じ作者によって制作された複数の作品を比較することで、鑑賞者は筆使いや色使いなどの作者の特徴に気付くことができる。最後に、優先順位としては低いが「様式関連」というつながりが考えられる。様式とは「印象派」や「後期印象派」、「ロマン主義」といった分類のことで、それぞれの年代に起こった美術運動や当時主流であった絵画の作風を意味するため、ここでは同じ様式の作品は同じ時代に制作されたと捉えている。

絵画データベースには、絵画作品毎に作品名、作者名、様式名（年代）、音声による解説時間、「作品関連」という形で関連する絵画作品のデータが格納されている。利用者の鑑賞体験記録ベースにも、利用者が過去に訪れた美術館で長時間鑑賞した作品毎の作品名、作者名、様式名（年代）データが格納されている。絵画データベースと利用者の鑑賞体験記録ベース、この 2 つのデータベースの情報を図 5 のように照合して、今回訪れた美術館で利用者が鑑賞すべき作品に優先度を付与する。優先度は作品間の関連の種類に基づいて決定する。各関連の優先度は表 1 で示したように定める。

図 5 に示した例に基づいて、優先度の算出方法について説明する。まず、図 5 の絵画①と絵画⑥は Web ページや文献で関連があると紹介されている「作品関連」で関連する 2 作品であり、利用者の鑑賞体験記録の中に絵画⑥があることから、今回の美術館での絵画①の優先度は「6」となる。次に、今回の美術館で展示されている絵画②は、絵画②の作者が制作した別の作品である絵画⑤と絵画⑧が利用者の鑑賞体験記録の中に含まれることから、絵画②の優先度は「作者関連」の優先度「3」が 2 つで「6」となる。同様に、絵画③の優先度は、利用者の鑑賞体験記録の中に同じ作者の作品である絵画⑦があることから「3」である。また、絵画⑦は今回美術館で展示されている作品の 1 つである絵画④と様式が同じであることから絵画④の優先度は「1」と算出される。「作品関連」で関連してしている作品同士は、「作者関連」や「様式関連」としても関連している場合がある。その場合は、優先順位が上位の関連の優先度で計算される。

美術館の全展示作品に鑑賞すべき優先度を付けた後、優先度の高い順にソートし、優先度

図 5　優先度の算出方法

上位の作品を抽出する。この時抽出する作品の数は、利用者が設定した美術館滞在予定時間により決定する。

3.2　鑑賞コースの生成

選出した作品の優先度と位置情報から利用者が設定した時間内で、優先度の高い作品を適切な数だけ鑑賞するコースを生成する。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である。この種の問題は、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。そのため、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。

制限時間を考慮して最適経路を求める問題は、個人適応する施設の案内コースや観光コースを自動生成するシステムを研究・開発する分野において、ヒューリスティックではあるが様々な方法で解かれている[4)]。その 1 つの方法として、ナップザック問題の解法が挙げられる。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と価値をもつ品物を、どのようにして価値が高くなるように最も多く詰め込むかという問題である。また、別の最適経路を求める問題の解法として、最短ハミルトン路問題の解法が挙げられる。ハミルトン路とは、グラフ上の全ての頂点を 1 度ずつ通る路のことで、本システムの場合は優先度が高い作品を一筆書きで結んだ経路となる。最短ハミルトン路問題とは、それらの経路の中で、

© 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-ICS-159 No.3
2010/3/15

長さが最短のものを求める問題である。優先度がある一定以上の作品を抽出して最短ハミルトン路を求めた結果、その経路に従って移動した場合の所要時間が制限時間内であれば、その経路が最適経路となる。しかし、優先度が高いとして抽出した作品が多く、所要時間が制限時間を超えてしまった場合、優先度の低い作品を通過点から除外するか、位置の観点から経路を長くしている作品を除外するかが問題となる。

そこで、本システムでは利用者が設定した時間内に、それぞれの利用者にとって価値の高い作品を巡る最適経路を、ナップザック問題の解法と最短ハミルトン路問題の解法のハイブリッドな方法で決定する。美術館内をいくつかのエリアに区分し、区分した各エリア内において優先度の高い作品を結ぶ最短ハミルトン経路を求め、各エリアをナップザック問題の品物として、エリア毎の最短ハミルトン路を組み合わせる。

このアルゴリズムで、実際に鑑賞コースを生成した結果を図 6 に示す。図 6 の上段と下段ともに 1 作品当たりの予想鑑賞時間を 1 分と設定し、上段は美術館滞在予定時間を 10 分、下段は 20 分にそれぞれ設定した結果である。図 6 からわかるように、鑑賞すべき作品として抽出された候補作品のうち、優先度の高い作品を利用者に鑑賞させるように移動する鑑賞コースを生成することができる。

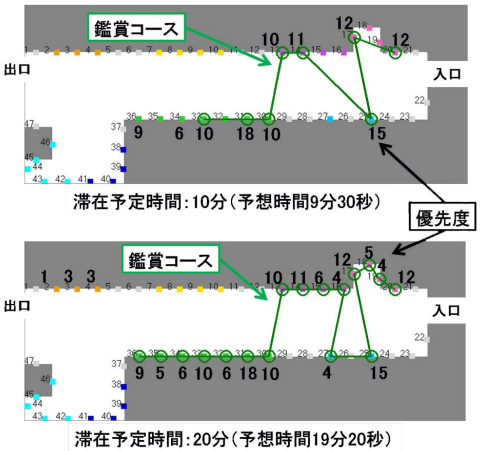

図 6　鑑賞コースの生成例

4. 提案手法の有用性の確認

本研究で構築した、美術館での鑑賞体験を個人化するシステムの有用性を確認するための被験者実験を行った。

4.1 実験方法

美術に関して専門的な知識をもたない被験者 10 人が、美術館 A と美術館 B の 2 つの簡易的模擬美術館で、制限時間付きの鑑賞体験を行った。各美術館の展示作品数は 8 枚で、展示作品とそれらに関する解説は、文献を参考にして筆者が作成した。

最初の美術館 A での鑑賞体験記録に基づいて、次の美術館 B で鑑賞すべき作品の選出、鑑賞コースの生成を行った。最初の美術館 A では鑑賞コース生成の指標となる体験記録が無いため、予め用意した 3 種類のコースから鑑賞コースを選択させた。従来のガイドシステム（たとえば[2)]）を携帯しながら鑑賞した場合の体験と、本システムを利用して AT に搭乗しながら鑑賞した場合の体験を、被験者に比較させるため、2 つ目の美術館 B では本システムを利用した場合と、持ち運びが可能な情報端末を持ち歩いた場合の計 2 回の鑑賞を行った。ただし、携帯システムでは過去の鑑賞体験を記録していないため、美術館 A で鑑賞した作品との関連に関する解説は携帯システムを用いた場合には行われない。また、美術館 A での鑑賞時間、美術館 B での 2 回の鑑賞時間は全て 10 分に制限した。

被験者 10 人を 5 人ずつの 2 つのグループ「グループ 1」と「グループ 2」に分け、「グループ 1」の被験者は本システムを利用して AT に搭乗しながら鑑賞を行い、一方「グループ 2」の被験者は携帯システムを利用して情報端末を携帯しながら鑑賞を行った。各被験者に本システムを利用した場合と、携帯システムを利用した場合の鑑賞体験の違いを評価させるため、美術館 B での 2 回目の鑑賞体験では、「グループ 1」と「グループ 2」で体験に用いるシステムを入れ替えた。すなわち、「グループ 1」の被験者は携帯システム、「グループ 2」の被験者は本システムを利用して、それぞれ鑑賞を行った。そして、本システムと携帯システムの有用性を被験者 10 人に対するアンケートで調査した。また、図 7 に本システムを利用した鑑賞体験の様子を示す。

4.2 結果と考察

美術館 B で各被験者が本システムを利用した場合と、従来の情報端末によるガイドシステムを利用した場合の計 2 回の鑑賞を終えた後、全被験者に対して以下に示す 4 つの点をアンケートに基づいて調査した。このアンケートの結果を以下に示す。

(1)　「AT に搭乗した場合」と「歩行した場合」とで、どちらがより充実した鑑賞体験に

© 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-ICS-159 No.3
2010/3/15

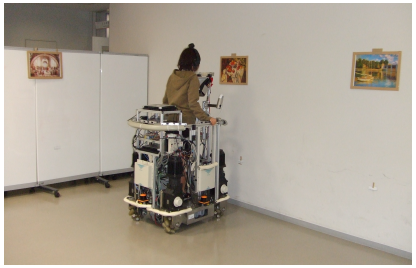

図 7 簡易美術館での鑑賞体験の様子

つながると思うか
結果：10 人中 9 人が「AT に搭乗」（1 人が「どちらでもない」）

（2） AT に搭乗して鑑賞した方が、気付いたこと・感じたことが多かったか
結果：10 人中 9 人が「はい」（1 人が「いいえ」）

（3） システムが選出した作品は以前見た作品との関連性を意識させる作品だったか
結果：10 人中 10 人が「はい」

（4） 制限時間を考慮すると、歩いて鑑賞した場合、どの順番で作品を見ようか迷ったか
結果：10 人中 4 人が「はい」（6 人が「いいえ」）

10 人中 9 人が本システムを利用して AT に搭乗した方が、情報端末を携帯しながら歩行するよりも充実した鑑賞体験に繋がる、見た作品に関して気付いたこと・感じたことが多かったと回答した。1. の設問で「どちらでもない」と回答した理由は、「歩行による鑑賞と AT に搭乗して巡る鑑賞で、単純にどちらが良いかを比較できるものではない」であった。しかし、その被験者は「AT は私の専属ガイドのような役割を果たしてくれていたので充実した鑑賞体験ではあったと思う」とも述べている。また、2. の設問で「いいえ」と回答した理由は、「歩行した方が多くの絵を見やすいため」であった。また、被験者全員が、本システムで選出した作品が過去の鑑賞体験との関連性を意識させる作品だったと評価した。4. の設問で「はい」と回答した 4 人中は 3 人は、美術館 B での 1 回目に携帯システムを用いて、歩行して鑑賞するグループに属している被験者であった。制限時間を考慮すると、どの作品から見れば良いのか迷う傾向があることが分かった。

今回の実験から、限られた時間の中で最大限に充実した鑑賞体験をするための支援として本システムは有効であることが確認できた。

5. おわりに

本研究では、既に効果的な鑑賞方法を熟知した美術の専門家ではなく、美術鑑賞の初心者を主な対象とし、屋内を自動走行可能な個人用の知的移動体を用いて、実世界の美術館において利用者１人１人の鑑賞体験を豊かにするシステムを提案・構築した。

利用者が予め設定した美術館滞在時間に合わせて、システムが生成した鑑賞コースを、AT が利用者を乗せて自動走行し、コース上のいくつかの作品の前で停止する。作品の前で停止中に、利用者は作品に関する解説を手元のディスプレイに提示される画像と、ヘッドフォンから流れる音声で視聴することができる。

本研究で構築したシステムにより、利用者の過去の記憶と新しく出会った作品を結び付けることで、美術鑑賞の初心者でも、作品を見て様々なことを考えることや、より強く印象に残る作品を増やしていくことが可能となった。

参 考 文 献

1) 安田知加, 成田一生, 尾崎宏樹, 長尾確: 個人用知的移動体による屋内自動トランスポーテーション, 情報処理学会第 70 回全国大会論文集, (2008)
2) Bartneck, C., Masuoka, A., Takahashi, T., Fukaya, T.: An electronic museum guide in real use, Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, Vol.1, No.2, pp.114-120, (2007)
3) Falk, J.H., Dierking, L.D., Learning from Museums, Visitor Experiences and the Making of Meaning, AltaMira Press, (2000)
4) Aroyo, L., Stash, N., Wang, Y., Gorgels, P., Rutledge, L.: CHIP Demonstrator: Semantics-Driven Recommendations and Museum Tour Generation, Lecture Notes in Computer Science, Vol.4825, pp.879-886, (2008)

© 2010 Information Processing Society of Japan