

個人の特徴抽出を利用した動的な映像による動線誘導

○鳴海拓志(東大), 羽田靖史(理研/東大), 浅間一(東大), 辻邦浩(Kunihiro Tsuji Design)

Traffic Line Guidance by Moving Dynamic Presentation Based on Person's Feature Extraction.

○ Takuji Narumi(The Univ.of Tokyo), Yasushi Hada(RIKEN/The Univ. of Tokyo),
Hajime Asama(The Univ.of Tokyo), Kunihiro Tsuji (Kunihiro Tsuji Design)

Abstract: In this paper, we describe about a new guidance service in museum, which uses person's feature extraction of his/her height, velocity and direction by surveillance cameras, and uses dynamic information projection by a pan-tilt projector. The experimental system and the results which prove the effectiveness of the method are also described.

Key Words: Intelligent Space, Traffic line, Guidance, Feature extraction, Pan-tilt projector

1. はじめに

我々の研究グループではサービス工学の研究を行っている[1]. より適切なサービス提供を行うためには, サービス利用者のニーズを知ることが必要である. 我々は『人のニーズはその人間の行動に表れる』との仮定に立ち, 人間の行動計測と, ニーズの推定, そしてそのニーズを元としたサービスの提供を行っている. これまでの研究成果として, 廊下環境での道に迷っている人間の検出や, エレベータ内の人間の移動軌跡計測[2], 欠損を含んだ画像からの複数人の歩行者のトラッキング[3]などの研究を行っている.

本論文では, このようなサービス工学の観点から, 人間の行動計測を利用した個人に適応的な動線誘導手法を提案, 実装し, その有効性を検証する.

動線誘導とは, 空間内で人間や物が移動する軌跡を, サービス提供者の意図した通りに導くことである. 動線誘導は一般に看板や標識の形で行われることが多く, 矢印などの方向の指示や文字による行先の指示などの手法がとられている. これら従来の誘導は, 多くが位置固定で内容も静的であるために, 意図した通りに誘導対象者が動かないという問題や, 設置する際に物理的・意匠的な制約があるという問題, また,

必ずしも誘導対象者に気付いてもらえるわけではないという問題がある.

2. 動的な映像による動線誘導

2. 1 研究目的

本研究では, サービス工学の見地から動線誘導をひとつのサービスとして分析する. そこで, 具体的な動線誘導の事例として, 美術館での動線誘導の問題をとりあげる.

美術館では, 学芸員が展示物の構成によって順路を設計し, 不特定多数の来場者に対してその順路の誘導を行うことで展示というサービスを行う. 順路の誘導には, 従来は看板などが使われてきたが, 空間上やデザイン上設置に制約を受けることから必ずしも効果的な誘導を行うことができるとは限らない. これを改善し, 物理的・意匠的な制約を受けにくく, かつ気づかれやすい情報提示を行うことで誘導効果を高める手法として動的な映像提示による動線誘導を提案する.

2. 2 関連研究

動線誘導は適切な時間と場所に情報を提示することによって行われる. これを動的なものにするためには, 位置のセンシングと情報提示方

法が重要な要素になる。

位置のセンシングでは、従来研究ではGPS等を用いた屋外での誘導の研究やアプリケーション[4]が多い。センシングが比較的困難である屋内での研究事例では、固定看板を用いるものや、人間にセンシングのためのデバイスを持たせる手法がほとんどとなっている。

また、誘導情報の提示においてもデバイスを持たせる手法が主流である。しかし、デバイスを持たせる手法は不特定多数の人間が訪れる場所での動線誘導には適していない。そこで本研究では、環境に設置したセンサによって位置を計測し、環境に設置した情報提示装置で情報提示を行うことを前提とする。即ち、空間にユビキタスデバイスを設置することで環境自体を智能化し、不特定多数の人間に対してデバイスを持たせることなく位置のセンシング及び情報の提示を実現する動線誘導手法を開発する。

2. 3 動線誘導の戦略

本研究では、動線誘導は適切な時間と場所に情報提示を行う必要があることから、人間は年齢や体型、趣味趣向など個人ごとに多様な特徴をもっており、効果的な情報提示を行うためには情報を個人に適応させる手法を取り入れることが有効であると考えた。また、情報自体が動くことで注意を引き、動線を誘導することが有効であると考えた。

以上の2点を踏まえ、本研究における動線誘導の戦略として、個人の特徴のセンシングによるコンテンツ内容の適応と、それを利用して情報自体を智能化環境内で動かす情報提示を採用する。

2. 4 動く情報提示による誘導の分析

2. 3での戦略を踏まえ、動く情報を提示して動線を誘導する手法一般について分析を行う。サービス工学の観点から、動線誘導をサービスととらえ、サービスを受ける側の立場から5つ

Table.1 動く情報提示による誘導の分析

| 受給者から見たサービス | 対応するサービス設計 |
|-------------|-----------------------|
| 未認識 ↓ | センシング |
| 認識 ↓ | 情報の出現 (出現タイミングの適応) |
| 視線誘導 ↓ | 情報の移動 (経路と速度の適応) |
| 身体の誘導 ↓ | 終点の明確化 |
| 誘導サービス終了 | |

のフェーズに分解し、それに対応するサービスの設計を Table.1 にまとめた。

i) 未認識状態

サービス受給者が誘導情報に気付く以前の状態を未認識状態と定義する。未認識状態においてはサービス受給者の自然な振る舞いが観察できるため、適応した情報提示を目的として個人の特徴のセンシングを行う場合にはこの段階において行うことが望ましい。

ii) 認識

サービス受給者が誘導情報に気付いた状態を認識状態と定義する。サービス設計者は認識されやすい情報提示を行わねばならない。そのためには情報提示のタイミング等を個人に適応させる必要がある。

iii) 視線誘導

動く情報を提示した場合、体で追う前にまず目で提示情報を追従するフェーズが現れる。それを視線誘導状態と定義する。視線誘導状態から体の移動を誘起するためには、サービス設計者は移動経路・移動速度等を適切に設計しなければならない。

iv) 身体の誘導

視線誘導状態を経て、誘導情報に従い体を移動させている状態を移動状態と定義する。移動

状態においてはサービス受給者がサービスの意図を正しく理解し、追従可能なように設計しなければならない。

v) 誘導サービス終了

誘導サービス終了状態ではサービス受給者が目標地点に到達したと理解し、納得できるように情報提示を工夫すべきである。

2. 5 提案手法

分析に基づいた上で、個人に適応した情報提示のための手法と、動的な情報提示のための手法を取り入れた動線誘導を行う。

まず、個人に適応した情報提示を行うために、個人の特徴量である移動経路・移動速度と身長を計測する。これには浅間らの手法[5]を応用し、設置したカメラによって来場者を撮影し、背景差分法を用いてリアルタイムに来場者の身長と移動経路・移動速度を算出する。

次に、動的な情報提示を行うために、空間中に映像を移動させながら提示することが可能なユビキタスデバイスであるムービングプロジェクタを用い、動線誘導を行いたい区画に来場者が近づいた時、映像を移動させながら提示することで来場者を目標経路に誘導する。

映像提示の軌跡や内容、タイミングは個人の特徴量（身長、移動経路、移動速度等）によって変化させ、各個人に適した誘導を行う。例えば個人の移動速度に合わせて提示映像の移動速度を変化させることや、個人の身長に合わせて情報の位置や内容を変化させることでより個人に適した誘導を行うことが出来る。(Fig.1)

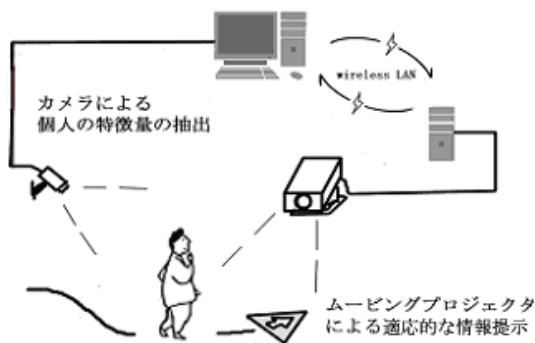


Fig.1 提案手法概説

2. 6 カメラ画像からの位置の算出

本研究では、環境に設置したカメラのみによって個人の特徴量である移動経路・移動速度と身長を計測する。

カメラによって得られる2次元の画像上の座標 (u, v) から、3次元の位置情報 (x, y, z) を取得するためには拘束条件式が不足しており、カメラからの奥行きが得られないという問題がある。この問題を解決するため、拘束条件として環境を移動する人間は高さ = 0 である床を移動するという点に注目し、カメラ画像内に写る人間の足元を検出、座標系を変換することによって位置情報を求める。

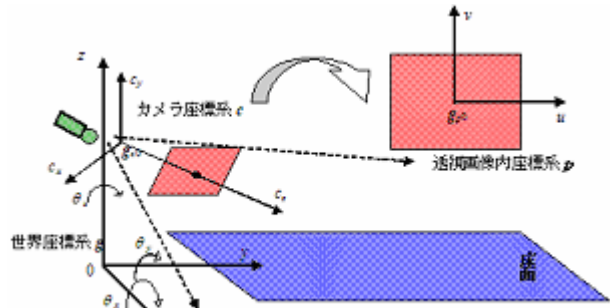


Fig.2 座標の変換

カメラ座標系の原点と世界座標系の原点との距離を h とし、 x 軸、 y 軸、 z 軸の回転角度をそれぞれ $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ とする。画像上の座標 (u, v) を座標変換行列に代入することで、世界座標における3次元の位置情報 (x, y, z) を得る。

x, y, z : 世界座標系

c_x, c_y, c_z : カメラ座標系

u, v : 画像座標系

座標系の軸の回転によって、2次元である透視画像面座標系 (u, v) の方向と右手座標系で表した世界座標系の (x, y, z) の方向の整合性をとるために、 $y \rightarrow -y$ として座標変換を行う。 m_0, n_0 は画像座標系から世界座標系への拡大率であり、カメラのスペックに依存する。

世界座標系の (x, y, z) は、以下の式で求められる。

$$\begin{pmatrix} x \\ -y \\ z \end{pmatrix} = c_z K_c \begin{pmatrix} m & 0 & u \\ n & 0 & v \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ h \end{pmatrix}$$

ここで、座標変換行列は以下のようになる。

$$K_c = \begin{pmatrix} \cos\theta_z & \sin\theta_z & 0 \\ -\sin\theta_z & \cos\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_y & 0 & \sin\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_x & \sin\theta_x \\ 0 & -\sin\theta_x & \cos\theta_x \end{pmatrix}$$

2. 7 提案手法の利点

提案手法には次の三つの利点がある。

第一に、不特定多数の人間に対する情報の提示を実現している点である。これは環境知能化技術を用いることで、個人の特徴抽出と情報の提示に手元のデバイス等を必要としないことによるものである。

第二に、物理的・デザイン的な制約を受けにくく、気付かれやすい情報提示が可能である点である。これは情報提示にムービングプロジェクタからの投影映像を用いることで、物質的な制約をなくし、三次元的な任意の位置に提示可能にしたこと、映像が動いて注意を引くことが可能になったことで実現されたものである。

第三に、個人に対して適応的な情報を提示することが出来る点である。これは移動経路など人間の行動や個人の特徴をシステムが観察・分析し情報提示を変化させることで実現した。これにより、サービスを受けたい人にだけ情報を提示することが可能となり、サービス内容を個人や日時等の条件によって変化させることが出来る。また、従来はサービスが平均的な人間をモデルに設計されていたために適切なサービスを受給できなかった平均値から外れた特徴を持つ人（高齢者や身長が低い人等）に対しても適応させた情報提示を行うことが出来る。

3. 評価実験

3. 1 目的

提案手法により誘導が意図どおり行えるかを評価するため、大阪市港区にある天保山サント

リーミュージアムにおいて、2005年6月14日から7月3日にかけて、固定カメラによる人間の特徴抽出と、これに基づいた順路の誘導情報の提供実験を行った。

実験では、環境中のカメラを用いて美術館来場者の身長と位置を取得し、その中で身長をトラッキング時の個人同定の基準に用い、個人ごとに移動経路と移動速度を算出した。この結果を用いて環境に備え付けたパンチルト雲台上のプロジェクタにより、個人に適応した正しい道への誘導情報を提供する。今回の実験では、提案手法は一人、または数名のグループで訪れる来場者を誘導することを目的としているため、連続で別グループの来場者が訪れた場合には後から来たグループに対して映像を提示することが出来ない。よって、そのような映像を提示できない場合はデータに含めなかった。

3. 2 実験の概要

実験システム全体の位置構成を Fig.3 に示す。

実験は天保山サントリーミュージアム4Fの一区画で行った。この場所は5Fから4Fに階段で降りた直後の狭い区画で、動線が混乱しやすい場所である。Fig3中の絵画Aから壁面に沿って鑑賞する順路が設計されているところで、来場者は絵画Bや絵画Cを鑑賞する経路を取ってしまうことがある。この場所における順路誘導のために、複数の手法（後述）を実装し、それらの比較を行った。

実験設備は人間計測用のカメラと情報提示用のプロジェクタで構成されている。プロジェクタにはパンチルト機能を持たせ、映写位置を動

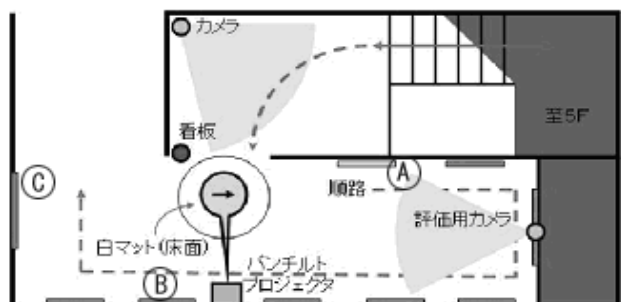


Fig.3 天保山サントリーミュージアム4Fフロア図

的に変更可能とした。また、実験を評価するために、カメラを2台、長時間録画VCRを1台設置し、来場者が移動する様子を観察した。

本研究では、全ての来場者のうち、順路に従って移動した来場者の比率を誘導率と定義し、この誘導率と出口アンケートを評価することで有効性の比較を行った。

3. 3 実験用パンチルトプロジェクタ

実験のための道具として、自身の向いている角度を変えることで自由に投影面を変更可能なプロジェクタを開発した(Fig.4)。^[7]実際に映像を提示している様子を Fig.5 に示す。



Fig.4 パンチルト雲台プロジェクタ

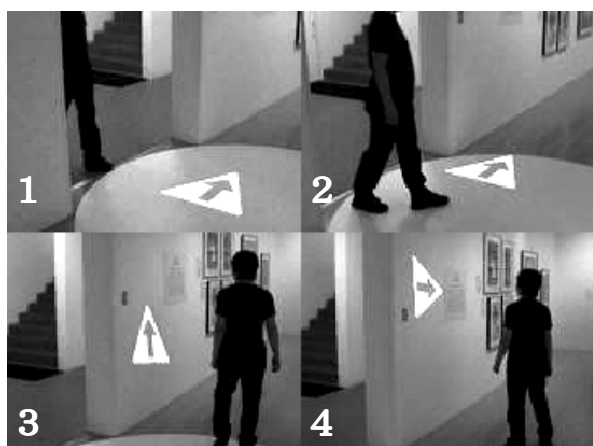


Fig.5 動的な映像による誘導

3. 4 提示手法の分類

提案手法の評価のために、他の動線誘導手法との比較を行った。誘導のないもの、誘導に看板を用いるもの、誘導のために床面に静止した

映像を投影するもの、誘導のために投影した映像を提案手法に基づき移動させるもので映像の移動速度が常に一定のもの、取得した来場者の移動速度に合わせて映像の移動速度を変化させるものという5つのケースの評価を行った。

4. 結果

実験の結果を Table.3 に示す。誘導のない場合には 15.3%の来場者がサービス設計者の意図しない動線をとったのに対し、今回提案した動く映像の提示による動線誘導手法では、いずれも誘導率 96%と、誘導のない場合(84.7%)や従来の看板による誘導(90.6%)に比較し有効性を示す結果となった。提案手法による誘導時の主な失敗原因は気づかない、投影映像が他の来場者の影に隠れてしまう、順路と逆の方向からの音などに注意を向けた人が誤った方向に行く、等であった。

また、ムービングプロジェクタで動かす映像の移動速度を平均的な速度に固定したものと、来場者の移動速度を計測し、それに適応させたものとを比較した。その結果、誘導率に差は見られなかったものの、アンケート調査では、来場者の移動速度に適応した速度で映像を動かす誘導手法の方が見やすいと評価された。

Table.3 誘導率と見やすさ

| | | データ数 | 誘導率 *1 | 改善率 | 見やすさ *2 | | |
|------|--------|------|-----------|-------|------------|-------|------|
| 誘導なし | | 170 | 84.7% | --- | --- | | |
| 誘導あり | 看板 | 203 | 90.6% | 38.8% | --- | | |
| | プロジェクタ | 静止 | 216 | 82.9% | -12.0% | --- | |
| | | 動的 | 一定速度 | 215 | 96.2% | 74.9% | 2.67 |
| | | | 適応速度 | 292 | 96.4% | 76.3% | 3.48 |

*1 誘導率=正しい方向に進んだ来場者 / 総来場者数

*2 見やすさ=アンケート(有効回答率約5%)による4段階評価

5. 考察

2. 4での分析と実験の結果から、提案手法に関していくつかの知見が得られた。

まず、未認識状態から認識状態に移行させるためには情報提示のタイミングが重要となる。提案手法では特定のエリアに人間が侵入した場合に映像を提示するという方法をとったが、提示タイミングの鍵となるエリアを設定する方法は経験的であり、必ずしも適切で汎用なタイミングの設計方法ではなかった。

次に、認識状態から視線誘導状態への移行はスムーズに行われるが、視線誘導状態から身体の誘導状態に移る際に、提案手法が視線を利用した誘導であるために、体を動かさなくても映像を首で追える範囲での情報提示は誘導効果が低いという点がわかった。同様の理由において開けた場所、広い場所での誘導、前方向への誘導は効果が低くなる傾向が見られた。そのようなケースではほとんどの場合で視線は誘導できているが、それが体を動かさずきっかけにはならず来場者の移動が起こらない。今回の実験では、映像が床から来場者の死角の方向にある壁まで移動することで体の移動を誘起させたために誘導効果が高くなったと考えられる。

また、誘導サービス終了状態においてサービス受給者が目標地点に到達したと理解させる必要がある。今回の実験では映像を絵の横の壁まで移動させることで直接的に視線を目標地点に誘導したために目標地点において混乱する来場者は見られなかった。しかし、場所を変えて行った他の実験では映像を床面だけで移動させたところ、誘導サービス終了状態でも目標地点に到達したことが納得できず混乱する来場者が見受けられた。目標地点到達を理解させる手法についても今後検討を重ねていく。

6. 結論・発展

本研究では、カメラによる個人の特徴量の抽出結果に基づき、ムービングプロジェクタを用いて映像を空間中で移動させる、不特定の個人に対応した新しい動線誘導の手法を提案した。実験により提案手法の有効性を検証した結果、

誘導率 96%と、誘導のない場合(84.7%)や従来の看板による誘導(90.6%)のような静止した情報提示よりも有効であることを示した。また、来場者の多様性に適応した情報提示をすることで、より見やすく有効な動線誘導が出来ることを明らかにした。

今後の発展として、現在のような特定の場所での部分的な誘導を複数のカメラ、プロジェクタを協調動作させ、全体的な広い空間で誘導を行うことが可能である。また、映像と人間とのインタラクションを実現することで常に人間に付き添って情報が移動し、必要なときには停止したり誘導を行ったりすることも考えられる。

参考文献

- [1] 浅間一: “人間と共存するサービスメディアに求められる機能とは,” 第七回人工物工学国内シンポジウム, pp109-115, 2005.
- [2] 三井賢治, 浅間一, 羽田靖史, 川端邦明, 山口伸一郎: “エレベータ内映像からの人の移動軌跡の計測,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2005, 2P1-N-058, 2005.
- [3] 西村彬宏, 羽田靖史, 川端邦明, 浅間一: “確率的手法を用いた複数の人の移動軌跡推定,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2005, 2P1-N-056, 2005.
- [4] Kiencke et al.: “The impact of automatic control on recent developments in transportation and vehicle systems,” Preprints of 16th IFAC World Congress, 2005.
- [5] 浅間一, 川端邦明, 羽田靖史, 森本敦史: “サービス・メディアによる人間の行動や環境のモニタリング,” 第1回デジタルコンテンツシンポジウム, S2-8, 2005
- [6] 羽田靖史, 鳴海拓志, 浅間一, 川端邦明, 辻邦浩: “カメラを用いた人間の特徴抽出結果に基づく行動サポート実験,” 日本機械学会第15回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 05-27, pp 188-189, 2005