

八木 康史

大阪大学産業科学研究所・教授

歩容意図行動モデルに基づいた人物行動解析と心を写す情報環境の構築

## §1. 研究実施体制

### (1) 八木グループ

① 研究代表者: 八木 康史 (大阪大学産業科学研究所、教授)

② 研究項目

- P1 行動情報のセンシング
  - P1-1-4 頭部姿勢の推定
  - P1-2-3 歩容特徴の抽出
  - P1-2-4 定常歩容パターンによる個人識別・性別・年代識別
  - P1-2-5 視点変化に対応した歩容認証
  - P1-2-7 歩行者の3次元計測
- P2 歩容意図行動コーパス作成
  - P2-2-1 歩行時の注意-視線-頭部運動
  - P2-2-2 視線-頭部-歩容-行動軌跡
  - P2-3 集団における歩容意図行動コーパス
- P3 歩容意図行動のモデル化
  - P3-1 歩容意図を表す語句検討
  - P3-2-1 視線-頭部姿勢-歩容からの個人モデル
  - P3-2-2 歩容-行動軌跡からの個人モデル
  - P3-3 集団における歩容意図行動モデル

### (2) 波部グループ

① 主たる共同研究者: 波部 齊 (近畿大学理工学部、講師)

② 研究項目

- P1 行動情報のセンシング

- P1-3 集団行動画像データの解析-群行動特徴の抽出
- P2 歩容意図行動コーパス作成
  - P2-3 集団における歩容意図行動コーパス
- P3 歩容意図行動のモデル化
  - P3-1 歩容意図を表す語句検討
  - P3-3 集団における歩容意図行動モデル

### (3) 塩入グループ

① 主たる共同研究者:塩入 諭 (東北大学電気通信研究所、教授)

#### ② 研究項目

- P1 行動情報のセンシング
  - P1-1-1 視線と頭部方向の対応付けの統計的データの取得
  - P1-1-2 注意モデルを活用した頭部方向からの視線の推定
  - P1-1-3 頭部運動からの視線の移動の推定
- P2 歩容意図行動コーパス作成
  - P2-2-1 歩行時の注意-視線-頭部運動-歩容

## § 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

### A. 八木グループ

#### P1 行動情報のセンシング

##### P1-1-4 頭部姿勢の推定(レベル C)

H23 年度に実施したアウトリーチ活動で収集した被験者データに対して、手作業で前方・側方という頭部方向を与えた。この頭部方向と歩容特徴の関係を学習し、テスト用歩行者映像に対する頭部方向推定を行った結果、91.2%の推定精度を示した。これにより、一般に側方を向くことにより、歩行がある傾向を持って変化することが確認された。ただし、頭部方向を前方(0 度)・斜め前(45 度)・側方(90 度)という 3 クラスに分けた場合は、推定精度は 67.9%まで低下した。

##### P1-2-3 歩容特徴の抽出(レベル B)

前年度に実施した自己動的時間伸縮(Self Dynamic Time Warping)による位相揺らぎの解析に基づいて、複数の歩容ゆらぎ特徴を抽出した<sup>5)</sup>。具体的には、線形位相進行からの時間伸縮関数の偏差の自乗和を位相揺らぎとして抽出した。また、周期間で位相合わせされた歩容画像の差を取り一周期で平均することで、空間揺らぎ画像として抽出した。更に、観測方向が逐次変化する歩行に対しては、空間揺らぎ画像が利用できないため、代わりに、足下点と頭頂点の軌跡の揺らぎを空間揺らぎとして抽出した。

##### P1-2-4 定常歩容パターンによる個人識別・性別・年代識別(レベル B)

前年度のアウトリーチ活動において収集した大規模データを用いて、平均シルエット、周波数領域特徴、Gait Entropy Image、Gait Chrono Image、Gait Flow Image といった複数の定常な歩容特徴を用いた個人識別及び年齢推定の性能評価を行った<sup>1)</sup>。個人識別について、各特徴の組み合わせによる評価<sup>6)</sup>や、複数観測方向の統合<sup>7)</sup>についても実施した。また、年齢推定については、年代層毎の成長度合いを考慮して、複数クラスターに基づく回帰モデルを構築して、その有効性を確認した。

##### P1-2-5 視点変化に対応した歩容認証(レベル B)

登録特徴と入力特徴の間で、歩行者に対するカメラ映像の視点が異なる場合、そのまま照合すると識別率が低下することが考えられる。そこで、研究代表者らが提案した離散的な方向変換モデルを拡張して、3 次元歩容データに基づく任意視点変換モデルを構築した。本年度は、まず、100 名以上の学習被験者に対して、高品質なシルエットの多視点歩容画像を作成した。次いで、多視点画像に対するカメラキャリブレーションを行い、視体積交差法により 3 次元歩容データを作成した<sup>4)</sup>。

### P1-2-7 歩行者の3次元計測(レベル B)

環境中に Microsoft 社の奥行きセンサ Kinect を複数台配置することでその環境全体を三次元形状復元するシステムを構築した(図 1)。通常、環境中に歩行者などの動的な対象を含む場合は、Kinect 間で撮影の同期を取ることができないため、復元結果にズレを生じるが、本システムでは奥行き画像に関するモーフィング手法を提案することで擬似的に撮影同期のとれた奥行き画像を生成することが可能となり<sup>8)</sup>、歩行者もズレなく形状復元できるようになった<sup>9)</sup>。また、これに関連して、Kinect のキャリブレーション手法<sup>10)</sup>や、カラー画像と奥行き画像を利用した安定なシルエット抽出手法<sup>2)</sup>も提案した。

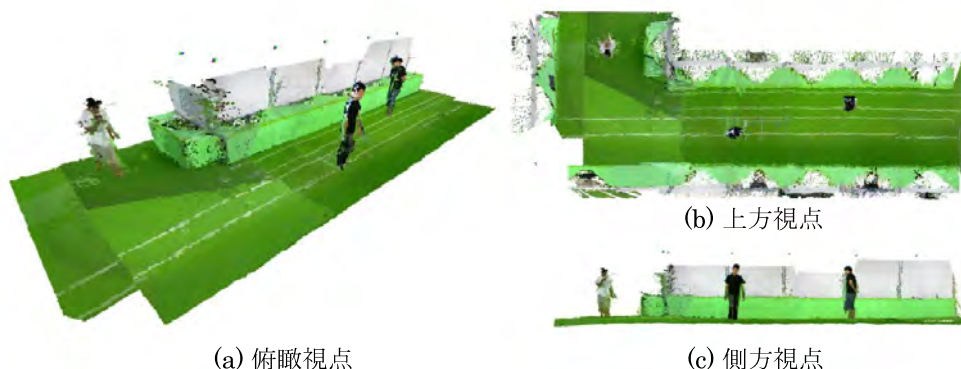


図 1 歩行者を含む環境全体の三次元形状復元

### P2 歩容意図行動コーパス作成

#### P2-2-1 歩行時の注意-視線-頭部運動-歩容(レベル A)

注視方向の変化に応じて視線方向ならびに歩容がどのように変化するかを分析するために、トレッドミルならびにマルチスクリーンから構成される没入型歩行環境を構築した(図 2(a))。スクリーンに表示するシーンを切り替えることで容易にバリエーションを増やすことができる。視線情報と歩容は、それぞれ眼球計測装置とモーションキャプチャシステムより計測し(図 2 (b))、それらをキャリブレーションすることで統一の座標系で得ることができるシステムとなっている。この環境を用いて複数の被験者データを収集した。

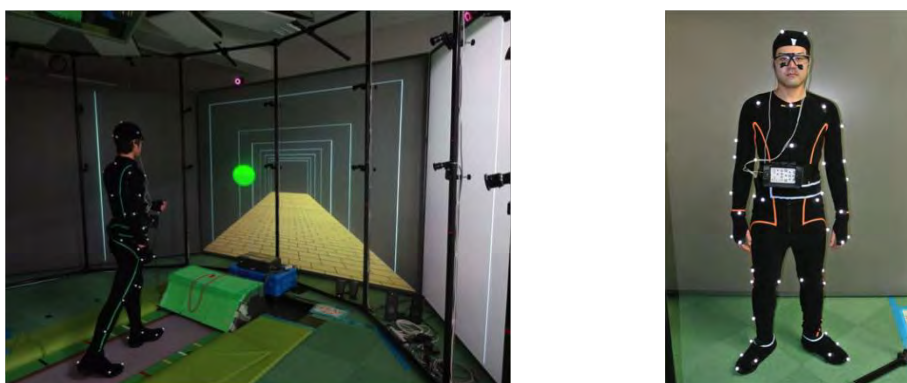


図 2 没入型歩行環境

## P2-2-2 視線-頭部-歩容-行動軌跡(レベル A)

H23 年度のアウトリーチ活動では、会場の大きさや実施形態の制約から、自由な歩行軌跡を許すような環境は用意していなかった。そこで本年度は、商業利用と高齢者支援という 2 つのシナリオを想定し、それぞれ大阪府大阪市住之江区南港の ATC という商業施設と大阪府藤井寺市の特別養護老人ホームでのデータ収集を計画した。これまでの研究成果と各施設の要望を踏まえたデータ収集方法を検討し、具体的な計画を定めた。ATC でのデータ収集にあたっては、CREST 神田チームのサポートの元、環境の共同利用という形で実施することとなり、一部データを用いた分析を開始した。特別養護老人ホームについても、H25 年度ただちにデータ収集を開始できる環境を整えた。

## P2-3 集団における歩容意図行動コーパス(レベル A)

H23 年度のアウトリーチ活動で収集したデータに関するコーパスについては、波部グループと共同で実施しており、その内容については後段の波部グループの報告の中で述べる。また、新たな場面として、上述の ATC を利用すべく、そのデータ収集実施に向けた調整を行った。

## P3 歩容意図行動のモデル化

### P3-1 歩容意図を表す語句検討

P2-2-2 で述べた 2 つの施設について、それぞれで設定する歩容意図を検討した。商業施設においては各店舗に対する興味の有無、特別養護老人ホームでは介護度の算出に一般に用いられる歩行自立度に着目し、それらと歩容との関係について今後分析する。

### P3-2-1 視線-頭部姿勢-歩容からの個人モデル(レベル B)

これまでに、非歩行時における視線-頭部姿勢については塩入グループがモデル化を行い、歩行時の頭部姿勢-歩容については P1-1-4 で述べたとおり八木グループがモデル化を行った。さらに、P2-2-1 の没入型歩行環境で得られたデータを分析することで、歩行時の視線-頭部姿勢のモデル化を行う予定である。

### P3-2-1 歩容-行動軌跡からの個人モデル(レベル B)

P2-2-2 および P3-1 で述べたとおり、本年度はモデル化の前段階として、フィールドの選定および各フィールドでの意図語句の検討を行った。実データを元にしたモデル化は H25 年度が中心となる。

## P3-3 集団における歩容意図行動モデル(レベル B)

この項目は波部グループの研究内容と密接に連携して実施したため、その詳細については波部グループの報告の中で述べる。

## B. 波部グループ

### P1 行動情報のセンシング

#### P1-3 集団行動画像データの解析—群行動特徴の抽出(レベル B)

群行動特徴として、観測対象エリアを行き交う人のフローを計測する技術の検討を行った。レーザーセンサーなどを用いずに、安価・簡便に群行動特徴を抽出するために、監視カメラ映像を用いて人物フローを求める技術の検討を行なっている。そこでは、画像上のみかけのフローを入力として、エリア内の各地点での人物フローを推定する。

検討の結果、後述の歩容意図行動コーパス作成および歩容意図行動モデルが歩容意図推定に有効であると考えられたため、本年度はそれらに注力することとした。群行動特徴を用いた歩容意図の推定は、本年度の基礎検討をもとに引き続き検討する。

### P2 歩容意図行動コーパス作成

#### P2-3 集団における歩容意図行動コーパス(レベル A)

「集団における歩容意図行動コーパス」の作成に必要なツールを開発し、それを利用したコーパス作成に着手した。コーパスの内容は、P3 における検討結果を踏まえて、人物の「移動軌跡」「属する集団」「集団内の役割」とし、日本科学未来館で行ったアウトリーチ活動で撮影した来場者の行動映像を対象にコーパス化を行った。

本年度は80分の行動映像に現れた述べ486名の人物の行動をコーパス化することができ、P3 のモデル化の実験に利用した。

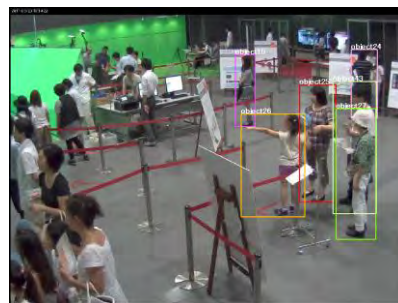


図 3 コーパス化した映像の例

### P3 歩容意図行動のモデル化

#### P3-1 歩容意図を表す語句検討 および P3-3 集団における歩容意図行動モデル(レベル C)

集団歩容意図を表す「語句」として集団内の役割に着目して、それを推定するモデルの検討とその検証を行った。まず、役割の中でも集団の行動決定のイニシアティブをとる「リーダー」に注目して、人物の指示動作とそれによる他のメンバーの動きからリーダーを推定する手法を検討した。

本手法では、右図のようにある人物(図では母親)が指差しなどの指示動作を行った時刻のあとで、集団内の他のメンバー(図では子ども)がその動作に従って動いたかどうかによって「リーダーらしさ」を定量化する。

今年度は本手法の設計および基本的な有効性確認を行った。そこで明らかになった問題に対処しながら改良・拡張を行なっていく。

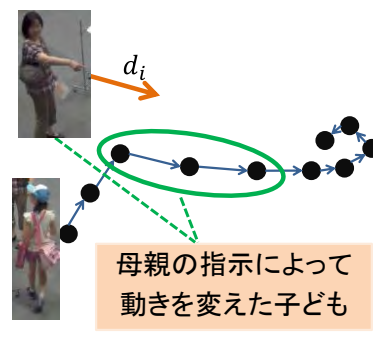


図 4 「リーダーらしさ」の定量化

## C. 塩入グループ

### P1 行動情報のセンシング

#### P1-1-1 視線と頭部方向の対応の統計的データの取得(レベル A)

昨年度に引き続き、頭部運動と眼球運動の関係性を検討した。特に、本年度は頭部運動速度と視線の関連についての解析を行った。その結果、頭部方向と同様に、頭部運動速度と視線の間にも相関があり、頭部が右(左)に運動しているときに、視線は頭部に対してさらに右(左)に向くことが明らかになった。視線の頭部に対する偏移の大きさは、頭部運動速度の大きさと相関していることも明らかになった。

さらに、昨年度の頭部方向と視線の関係性も考慮して、頭部方向と頭部運動速度に基づいて、視線分布を評価したところ、頭部に対する視線の向きは、頭部方向、頭部運動速度の両方と相関していることが示された。たとえば、頭部が胸部に対して右を向き、かつ右側に運動している場合に、視線は頭部に対してより右を向きやすいということである。

頭部が右に大きく動く場合、それにつられて胸部も右に動く。そのため、視線方向は胸部方向とも関連すると考えられる。胸部方向と視線方向の関連を調べたところ、胸部が右を向くと、視線も頭部に対してさらに右を向くことが明らかになった。しかしながら、その影響は、頭部方向によるものよりも小さかった。

また、頭部運動、胸部運動を含む自己運動の視覚空間認知に及ぼす影響について検討し、複数の対象物の位置を無意識的に学習する効果(文脈手掛かり効果)が、自己運動に対応する3次元空間内でも効果的であることを明らかにした。この結果は頭部運動を含む自己運動が、空間的注意の制御に果たす役割の重要性を示すものである<sup>3)</sup>。

#### P1-1-2 注意モデルを活用した頭部方向からの視線の推定(レベル B)

広範囲に呈示された自然情景画像の観察実験で用いた画像について、視覚的注意のモデルを利用して、誘目性の高い領域を算出した。さらに、前述の実験データから、頭部方向に基づく視線分布(頭部が右を向いている場合には、視線は頭部方向に対してより右を向きやすい)を計算した。そして、既存の視覚的注意モデルによる誘目性地図に、その頭部方向情報による視線方向分布を重み係数として掛け合わせることで、頭部方向を考慮した視線分布予想地図を求める手法を開発した。

既存の誘目性地図と、提案手法による視線分布予想地図を比較した。取得された視線分布に対して、それぞれの予測分布の類似性を評価した。その結果、頭部方向を考慮した視線分布予想地図のほうが、予測精度が高いとの結果を得た。これは、頭部方向情報を考慮することで、人の視線予測の精度を向上させることができることを意味し、頭部方向からの視線予測の有効性を支持する結果である。

また、誘目性地図の計算のために視覚的注意モデルの改良も進めた。予定通り、自己運動の影響を考慮する補正を加えることで、運動信号の影響を適切に制御することができることを明らか

にした。

#### P1-1-3 頭部運動からの視線の移動の推定(レベル C)

広範囲に呈示された自然情景画像の観察課題において、頭部、眼球の動きから観察者の視線移動を算出し、その移動速度に基づきサカード眼球運動を抽出した。それによって頭部運動速度と視線の関連について、注視点に基づく分析を可能とした。この分析によって頭部方向と同様に、頭部運動速度と視線の間にも相関があり、頭部が右(左)に運動しているときに、視線は頭部に対してさらに右(左)に向くことが明らかになった。現状では、追従眼球運動と前提眼反射については、注視と同様の扱いをして進めているが、より詳細な検討は今後の課題である。

#### P2 歩容意図行動コーパス作成

##### P2-2-1 歩行時の注意-視線-頭部運動-歩容

来年度実験を実施するために、現在準備を進めている段階である。

### §3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### ● 論文詳細情報

1. H. Iwama, M. Okumura, Y. Makihara, and Y. Yagi, "The OU-ISIR Gait Database Comprising the Large Population Dataset and Performance Evaluation of Gait Recognition," *IEEE Trans. on Information Forensics and Security*, Vol. 7, No. 5, pp. 1511-1521, Oct. 2012. (DOI: 10.1109/TIFS.2012.2204253)
2. 中島秀真, 満上育久, 波部斉, 山添大丈, 榎原靖, 八木康史, "カメラとレンジセンサの擬似時刻合わせによる前傾領域抽出," *日本バーチャルリアリティ学会論文誌(【実世界イメージング】特集)*, Vol.17, No.3, 2012.
3. \* T. Tsuchiai, K. Matsumiya, I. Kuriki, and S. Shioiri, "Implicit learning of viewpoint-independent spatial layouts," *Frontiers in Psychology*, Vol. 3, No. 207 pp. 1-10, 2012. (DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00207)  
空間配置に関する無意識的学習(文脈手掛かり効果)が、自己運動に伴う外界と網膜像の変化にも対応できることを実験的に明らかにした。自己運動がない場合には、効果が消失することから、文脈手掛かり効果は、自己位置も含めた空間の効果であることを示したことになる。
4. D. Muramatsu, A. Shiraishi, Y. Makihara, and Y. Yagi, "Arbitrary View Transformation Model for Gait Person Authentication," *Proc. of the IEEE 5th Int. Conf. on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS 2012)*, Paper ID 39, pp. 1-6, Washington D.C., USA, Sep. 2012. (DOI: 10.1109/BTAS.2012.6374561)



5. Y. Makihara, Y. Fujihara, and Y. Yagi, "Can Gait Fluctuations Improve Gait Recognition?," Proc. of the 21st Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR 2012), pp. 3276-3279, Tsukuba, Japan, Nov. 2012.
6. Y. Makihara, D. Muramatsu, H. Iwama, and Y. Yagi, "On Combining Gait Features," Proc. of the 10th IEEE Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2013), Shanghai, China, Apr. 2013. (Accepted)
7. D. Muramatsu, Y. Makihara, H. Iwama, and Y. Yagi, "Multi-view Multi-modal Person Authentication from a Single Walking Image Sequence," Proc. of the 6th IAPR Int. Conf. on Biometrics (ICB 2013), Madrid, Spain, Jun., 2013. (Accepted)
8. H. Nakajima, Y. Makihara, H. Hsu, I. Mitsugami, M. Nakazawa, H. Yamazoe, H. Habe, and Y. Yagi, "Point Cloud Transport," International Conference on Pattern Recognition (ICPR2012), Nov., 2012.
9. M. Nakazawa, I. Mitsugami, Y. Makihara, H. Nakajima, H. Yamazoe, H. Habe, and Y. Yagi, "Dynamic Scene Reconstruction using Asynchronous Multiple Kinects," International Conference on Pattern Recognition (ICPR2012), Nov., 2012.
10. H. Yamazoe, H. Habe, I. Mitsugami, and Y. Yagi, "Easy Depth Sensor Calibration," International Conference on Pattern Recognition (ICPR2012), Nov., 2012.