

「先進的統合センシング技術」

平成 17 年度採択研究代表者

佐藤 知正

東京大学大学院情報理工学系研究科・教授

安心・安全のための移動体センシング技術

1. 研究実施の概要

本研究プロジェクトでは、生活・人と物の流れ・自動車交通分野におけるきめ細かな安心・安全サービスの体系的実現を念頭に、機械の稼働や利用者の行動などのふるまい情報を計測・蓄積し、それからふるまいの特徴パターンを抽出する統合センシング技術を確立し、いつものふるまいと今のふるまいとの違いから、今のふるまいに適した「個別適合サービス」を実現していく。

本年度は、以下の研究成果を得た。

生活班：

行動を計測・蓄積して統計的な解析を行い、生活パターンの把握・異変を検知する手法の開発を進めた。また、賃借を開始したマンションにおける滞在部屋情報等少種のデータをもとにパターンの把握・異変検知を行うアルゴリズムを開発した。サービス事業化に関し、高齢者異変検知システムについてこれまでのアルゴリズムを実装し、実証実験と事業性評価を開始した。

人と物の流れ班：

対人事故予防安全のための多対多(歩行者:車両)危険度判定手法の開発と官能試験、個別適合技術を応用したオンデマンドバス運行管理システムの開発と実証実験、物流位置追跡システムの開発と国内外での実証実験、移動体振動を用いる省電力化スイッチの開発、移動体振動を用いる発電機の開発を行った。

自動車班：

自動車運転支援における安全安心設計と個別適合アルゴリズム創出のため、市街地の運転行動を計測・蓄積して、普段の運転行動履歴に基づき、先急ぎ運転を検出するための統合センシングデバイスと運転診断の設計基盤を構築した。また、危険場面を再現し路面摩擦状態に適合した

追突防止装置のシミュレータ実験を行った。

総括班:

データベースグループでは、各班の時系列センサデータのデータ処理やプロトタイプアルゴリズム構築支援のソフトウェアのベースとなる部分に着手し、実装を進めた。

法・倫理グループは、「情報の安心・安全」を目指しており、組織内の規範として情報倫理・管理のための指針と規定を策定してきたが、並行して社会における規範として日米欧における情報に関する法制度等についての調査・研究を進めており、実効的な規範・ルールについての検討・提言を行った。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1) に対応する)

生活班:

生活分野では、2007年度、特に下記の3つの開発を進めた。

1. 日常部屋生活支援システムの開発

賃借を開始したマンションにおける滞在部屋や模擬室内における人の移動・家電利用状況を計測・蓄積し分析することで、床に人位置センサを埋め込むなどマッシブなセンシング¹⁾²⁾から、事業・サービス化を念頭においたより少種のデータのみでのセンシングへと、生活パターンの把握、異変の検知を行う時系列確率モデルアルゴリズムの適用範囲を広げる開発を進めた。特に賃借している部屋においては、協力実験者が生活フェーズを常に自己記録しており、正解データとして利用できるようにして、開発しているアルゴリズムの有用性の実証的確認を進めつつ研究している。

2. 高齢者異変検知予測システムの開発

事業・サービス化を考え、高齢者の滞在部屋を焦電センサで検知した動きデータのみから確度高く自動推定し、睡眠や外出、宅内移動といった行動に類別し生活パターンを把握するシステムを実現した。東京大学、立山科学、大阪ガスセキュリティサービス、および富山県とで協力して、実証実験を始めた。また、これの実稼動サービスにおけるオンライン化への取り組みを開始している。各世帯からのセンサデータ、ユーザ自身による緊急コール・相談等の情報はセンターへ集約されており、ワンストップ健康支援サービスの中核と位置づけられる。

3. センサネットワークデバイス・統合ミドルウェアの開発

簡易インストール可能な Zigbee ベースの小型センサネットワークデバイスの実験住宅での実証実験、事業化を行っている。単に簡易インストールが可能だけでなく、簡易メンテナンスが可能なおことも、家庭やオフィスでの利用において非常に重要である。また、それとともに、現実には無線

通信が十分に機能せず必要不可欠となることが多い部屋間・フロア間通信のアダプタの実装を行い部屋間移動対応機能の開発を進めた。また、日常部屋生活システムにおける滞在部屋計測などへの小型センサネットワークデバイスの適用可能性を検討も進めている。

人と物の流れ班：

物流および交通システムの安全確保と効率化を目的に、物流・交通機器に各種センサを装着し、ネットワークで統合し、場所・時間・対象物ごとの移動および挙動パターンを抽出し、最適な輸送方法の推定や異常の検出を行うシステムを開発することをその目的としている。本年度は4つの課題に関して研究を実施した。

1. 対人事故予防安全のための人・自動車ネットワーク統合センシング

見通しの悪い交差点等人・車を認識しづらい交通場面において、危険度の高い対象を検出し互いに通知して対人事故予防安全につなげるため、人・車の固有なふるまいを考慮した人-自動車ネットワーク統合センシングシステムの開発を行っている。車両および歩行者の位置、速度、進行方向から時々刻々の動きに基づき危険度を判定し、音で注意喚起すると共に歩行者の情報を車両のカーナビ画面に表示する機能を組み込んだ。また、DBに交差点情報を登録することで、交差点での衝突度合いを評価するとともに、交差点での進入退出方向や人車間の危険状況発生履歴を蓄積し、個別のふるまいを判定に利用可能とする仕組みを構築した。さらに、歩行者情報取得のため、携帯電話の実機で歩行者の位置と動作を同時に計測するツールの開発を行った。

開発したシステムを官能試験により評価した結果、見通しの悪い交差点において注意喚起効果があることが示された。また、車両の進行方向、歩行者の移動方向に大きく依存する最適注意喚起タイミングに関するHMIについての知見を得た。

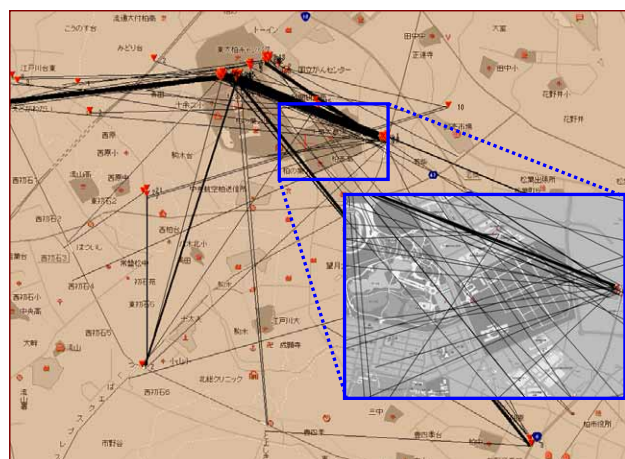


対人事故予防センシングシステム

2. オンデマンドバス運行管理システム

利用者が利用したい時間を指定でき、乗り合いを生じさせながら動く新しいオンデマンドバスの運行管理システムを開発し、実証実験を行った。¹⁾²⁾

また、個人の過去の移動履歴を蓄積し、個人のニーズにあった乗車時刻・場所を提案するアルゴリズムを開発した。提案アルゴリズムは利用者の過去の移動履歴(OD・時刻)を用い、14種類の方法によって提案内容を決定する。例えば、全移動ログを用いた提案、曜日と同じ日のみのログを用いた提案などである。移動の提案の受容率は、用いる提案アルゴリズムや個人の属性によって大きく異なること、高齢者になると移動には規則性が見られること



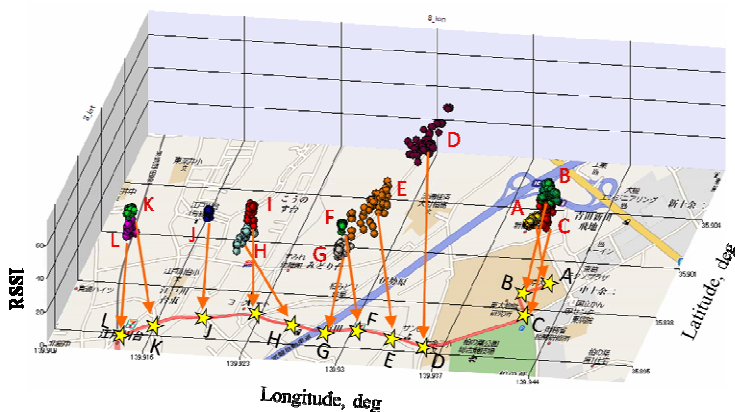
夜間の40代以下の女性の移動軌跡のマッピング

などが分かり、蓄積された履歴から個人特有の移動パターンの発見も可能であることが分かった。

オンデマンドバスの利用ログから人の移動軌跡をセンシングし、リアルタイムで表示できるツールを開発した。上図は、夜間の40代以下の女性の移動軌跡のみを抽出し、地図上に表した図である。このような情報を自治体を用いることで、安全で安心な社会を構築することができる。

3. 物流位置追跡システム

物流機器にPHSを内蔵し、リアルタイムに追跡することで、紛失を防止するシステムを開発している。本年度は、電界強度を重みとして基地局重心を求める位置計算法を商用システムに組み込み、実際の物流現場で利用可能なことを確認した。海外のPHS網でも実験を行い、国内と同等の精度を確認した。また、多数の地域の電界強度を記録しておき、地域ごとにパターンマッチングを行う位置計算法を考案し、重心法より精度が2倍程度向上することを確認した。さらに、基地局発信電波に加え、端末発信電波も計測することにより、誤差ゼロで位置を計測する方法を考案した。³⁾



電界強度マッチングによる位置計測例

4. 物流振動デバイス

コンテナ等に設置したPHSやセンサの省電力化のため、振動により移動を検知し、移動時のみ電源オンとするスイッチを製作した。振動データを長期間記録し、PHSで計測した移動データを教師データとして、被装着物ごと移動時の振動閾値を学習するアルゴリズムを組み込んだ。本アルゴリズムは、昨年度に実施した物流位置データベースの公開により得られたものである

またスイッチの低消費電力化のため、電界インプリント制御した形状記憶圧電材料により、パルス電圧駆動可能なリレーを製作し動作を確認した。これに伴いリアルタイム誘電率検波法を開発し、誘電率検出によってリレーのonとoffの状態をセルフセンシングする機能を付加することを提案し、その実証を行った。さらにその小型化のため、水熱法による形状記憶圧電薄膜の合成も行い、成膜中に電界インプリントが自動的に安定して存在することを見出し、その形状記憶量を測定した。

4)-8)

また、振動をエネルギー源とするジャイロ型発電機について、安定条件の理論解析と実験検証を行った。入力振動と出力振動の位相差を一定とすることにより、安定な回転と最大の発電量を同時に得られることを示した。⁹⁾

自動車班:

自動車班では、車両・ドライバ・周辺環境データをセンシングして記録するドライブレコーダを開発し、個別適合サービスとして運転支援システムを開発することを目的としており、本年度は以下

のことを実施した。

1. 個別適合型運転支援システムの開発

個人・環境個別適合サービスに向けた支援システムを行うため、道路環境・ドライバ・自動車の相互関係を分類・整理し、個別適合アルゴリズムの概略設計を行った。本年度は、各状況におけるアクセル・ブレーキ操作特性に着目し、図1に示すように市街地における運転状態を5種類(先行車追従 F、減速 B、単独 C、停止 S、赤・黄信号 D)に分類し機械学習理論により運転行動モデリングを行い、ドライブレコーダのセンサデータからリアルタイムで運転状態を推定可能であることを確認した。また、分類された追従走行状態と単独走行状態における加速度データから、各個人の普段の運転に対して急加速と急減速の回数により急ぎ運転の検出手法を検討した。

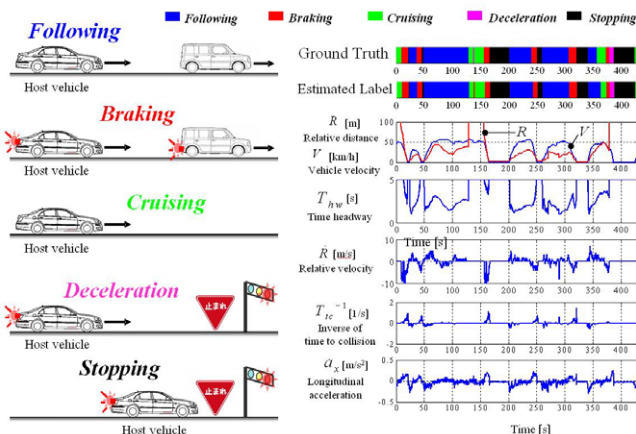


図1 個別適合のための市街地運転行動モデリング

2. 危険度評価用走行データベースの開発

個別適合アルゴリズムによる異常検出を行うため、各場面における普段の運転の特徴を把握する必要がある。そのため、本年度は、試作したドライブレコーダにより車両の走行位置、走行速度、加減速度、および車間距離等の走行データを取得し、道路区間・個人毎の走行データに運転状態シンボルを付与した運転行動データベースを構築した。また、先行車追従走行状態における通常の車間距離特性を分析しており、個人特性のデータベースも構築した。

3. 危険場面ドライビングシミュレータの開発

ドライブレコーダを用いて得られた危険場面として、道路表面の摩擦が低下し滑りやすい危険な運転状況を再現した。滑りやすい路面において、通常より早めに警報装置を作動させる必要がある。本年度は、危険場面の典型的な例として、先行車急減速場面において、路面状態に適応した追突防止警報アルゴリズムを提案し、ドライビングシミュレータ実験により警報装置の有効性を検証した。

4. 常時記録型ドライブレコーダの開発

本年度は、GPS、G センサ、速度計、車間距離計、CCD カメラおよび各種スイッチの情報を使い、車載 CAN データ併用型と CAN を使用しない後付型の2種類の統合センシングドライブレコーダを開発し、その試作システムを各々の実験車に搭載し公道で走行した。通勤経路における普段の運転と急ぎ運転等の実験データを蓄積し、ドライブレコーダのセンシングデータにより先急ぎ傾向が診断できる見通しを得た。

総括班:

1. データベース

総括班データベースとしては、時系列センサデータのデータ処理やプロトタイプアルゴリズム構築支援のソフトウェアのベースとなる部分に着手し、実装を進めた。共通にデータを処理するための枠組みとして、共通のデータフォーマットについての検討を行い、共通化のための仕様を定めた。さらに、オンラインおよびオフラインで移動体センサデータを取得する枠組みを、昨年度の生活班グループを対象としたデータ蓄積ミドルウェアの改良および、データ取得のための枠組みを元に推し進めた。また、データ変換を変換しながらアルゴリズムを適用する枠組みとして、データの加工(データノイズ除去やデータの出力、データの可視化)などをコンポーネントの組み合わせとして実現するためのフレームワークのプロトタイプを構築した。

2. 法・倫理

「情報に関する不安や危険」が生じる原因の根本には、①そもそも無体物たる情報(電子データ)と、有体物を前提とする伝統的な法体系の親和性の低さと、②本研究で取り扱うセンサーデータには従来の情報にはない特殊性があり、これを現行の法(個人情報保護法等)は想定していないということ、③その結果、情報に関して現状と法に大きな乖離があることが挙げられる。

このような問題を解決するためのアプローチとしては、(a)各組織・各班による自主的な取り組みとして、法が要請する水準よりも高いレベルで、センサーデータ等の個人情報を適切に管理・保護すること(ミクロの視点)、(b)センサーデータの特殊性を踏まえつつ、現行の法体系において個人情報の保護のために欠けていると考えられる点などを補う法・制度の検討(マクロの視点)、の2つが有効である。

そこで総括班個人情報保護グループでは、前者のアプローチとして(a)「情報管理のための倫理指針」(平成18年度策定)に基づく「情報管理規定」の策定と運用、及び情報管理態勢の構築、後者のアプローチとして(b)米国及びEU諸国におけるデータ保護法・情報関連法に関する情報収集・調査、及び日本における情報に関連する法・制度の調査と「情報法体系」検討のための論点抽出を実施した。

前者(a)の取り組みとして、人と物の流れ班(本CREST研究の中でも特に不特定多数の個人情報・データを扱うオンデマンドバスから着手)では、①リスクの分析とリスクをコントロールするための管理策・ルール策定、②管理策・ルールの実施・適用、③実効性の評価と検査・監査、④必要に応じた改善・改定、を一連のプロセスとした「情報管理態勢の構築」を実践した。その結果、よりリスクの低い仕様への変更や、データの利用・送受信に関して技術面だけではない手続面からも安全性を確保するルールの制定などの成果が得られた。

後者(b)としては、日本、EU諸国及び米国における各国の情報に関連する法・制度の文献調査・調査等を行った。その結果、日本において情報の保護等に関する法・制度は、その多くが事前予防型に集中しており事後救済・紛争処理型の法・制度が十分に整備されていないことが明らかになった。その一方で、EU諸国及び「EUデータ保護指令」の流れを受けるカナダには、「Privacy

Commissioner」(プライバシーコミッショナー、あるいは「データ保護庁)」という事前規制機能と事後救済・紛争解決機能の両者を併有する「情報に特化した公的機関」があり、個人情報・プライバシー保護において重要な役割を果たしていることなどが明らかとなった。

3. 研究実施体制

(1) 生活班

① 研究分担グループ長: 森 武俊 (東京大学大学院、准教授)

② 研究項目

- ・日常部屋生活支援システムの開発
- ・高齢者異変検知システムの開発
- ・センサネットワークデバイス・統合ミドルウェアの開発
- ・ワンルームマンション生活データベースの公開

(2) 人と物の流れ班

① 研究分担グループ長: 大和 裕幸 (東京大学大学院、教授)

② 研究項目

- ・対人事故予防安全のための人・自動車ネットワーク統合センシング
- ・オンデマンドバス運行管理システム
- ・物流位置追跡システム
- ・物流振動デバイス

(3) 自動車班

① 研究分担グループ長: 永井 正夫 (東京農工大学大学院、教授)

② 研究項目

- ・個別適合型運転支援システムの開発
- ・危険度評価用走行データベースの開発
- ・危険場面ドライビングシミュレータの開発
- ・常時記録型ドライブレコーダの開発

(4) 総括班

① 研究分担グループ長: 佐藤 知正 (東京大学大学院、教授)

② 研究項目

- ・データベース: 各班共通のデータマイニング技術
- ・法・倫理: 指針・規定の運用・定着化支援、および情報に関する諸制度等に関する調査・研究

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

生活班

- 1) Hiroshi Noguchi, Taketoshi Mori, and Tomomasa Sato: Attentive information support with massive embedded sensors in room, In Julie~A. Jacko, editor, Human-Computer Interaction, Vol. 4551 of Lecture Notes in Computer Science, pp.883-892. Springer, 2007
- 2) Tatsuya Harada, Taketoshi Mori, and Tomomasa Sato: Development of a Tiny Orientation Estimation Device to Operate under Motion and Magnetic Disturbance, The International Journal of Robotics Research, Vol. 27, pp.547-559, 2007

人と物の流れ班

- 1) 大和裕幸, 坪内孝太, 稗方和夫: オンデマンドバスのためのリアルタイムスケジューリングアルゴリズムとシミュレーションによるその評価, 運輸政策研究, 10, 4, pp.002-010, 2007
- 2) 坪内孝太, 大和裕幸, 稗方和夫: オンデマンドバスシステムの実証実験による評価, 運輸政策研究, 10, 4, pp.011-020, 2007
- 3) 川原 靖弘, 大西 智温, 朱 旭初, 保坂 寛, 酒田 健治: PHS とラジオビーコンを併用する物流位置探査システム, マイクロメカトロニクス, 51, 197, pp.21-32, 2007
- 4) Yoichi KADOTA, Hiroshi HOSAKA and Takeshi MORITA : Utilization of the Permittivity Memory Effect for Position Detection of a Shape Memory Piezoelectric Actuator, Jpn. J. Appl. Phys., Brief Communication, 47, 1, pp.217-219, 2008
- 5) Go MATSUNAMI, Akito KAWAMATA, Hiroshi HOSAKA and Takeshi MORITA: Multilayered LiNbO3 actuator for XY stage using a shear piezoelectric effect, Sensors and Actuators, (www-available)
- 6) Y. Kadota, H. Hosaka and T. Morita: Shape memory piezoelectric actuator by controlling imprint electrical field, J. of Ferroelectrics (accepted)
- 7) A. Kawamata, Y. Kadota, H. Hosaka and T. Morita: Self-sensing piezoelectric actuator using permittivity detection, J. of Ferroelectrics (accepted)
- 8) T. Ohashi, H. Hosaka and T. Morita: Refractive index memory effect of ferroelectric materials induced by electrical Imprint Field, Jpn. J. Appl. Phys., (accepted)
- 9) 石井智弘, 後藤裕治, 小川達也, 保坂寛: ジャイロ型発電機の研究, 精密工学会誌, (掲載待ち)

自動車班

- 1) ホンサトーン・ラクシンチャレンサク, 水島卓也, 永井正夫: ドライバの運転行動認識に基づく直接コー

モーメント制御, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.5, pp.37-42, 2007

- 2) Pongsathorn Raksincharoensak, Takuya Mizushima, Masao Nagai, Direct Yaw Moment Control Based on Driver Behaviour Recognition, Vehicle System Dynamics (Supplement), 2008 (to be published)

(2) 特許出願

平成 19 年度 国内特許出願件数 : 2 件 (CREST 研究期間累積件数 : 6 件)