

## 「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、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、その特徴やくせを抽出する統合センシング技術、この情報に基づいて個別適合したサービスを実現する。以下の研究体制と研究成果を得た。

・生活班：模擬室内における人のふるまいデータを計測蓄積するシステムを開発し、プロジェクト内公開に向けてデータフォーマットの検討を行い、高齢者の滞在部屋を計測するシステム、無線式小型センサネットワークデバイスの開発を進めた。

・物流班：物流位置追跡システムについて、PHS と GPS をトラック等に搭載し、PHS の測位誤差特性を明らかにし、PHS による広域計測とテレメトリによる局所計測を組み合わせた探査システムを開発した。データベース構築のためのデータロガーを実現した。また、オンデマンドバス運行管理システムに関して、運行管理のための基本となるベースシステムを開発した。さらに、物流振動デバイスの小センサおよびアクチュエータの駆動素子の選定と材料特性の測定を行った。

・自動車班：危険な運転行動をふくむ自動車運転状況を常時記録するドライブレコーダ開発のための基本設計を行い、自動車行動データベースを構築するために必要な走行条件、道路環境条件、車両条件を整理した。

総括班：研究プロジェクトの総括を実施するとともに、情報の取り扱いに関する法・倫理問題に関して、上記3分野各分野が実際に取扱う個人情報・データを把握し、それに関連した法・情報倫理上問題を抽出するとともに、本研究成果が実用され、ユビキタスメカトロニクスのデータマイニング手法が製品ないしサービスとして提供される際に生じ得る情報倫理上の問題の先行研究や国内外の文献・資料・論文等の収集を行った。

### 2. 研究実施内容

#### ・ 生活班

生活分野においては、個別適合サービスを実現する統合センシング基盤技術として、センシング技術、データベース(DB)技術、センサデータマイニング(DM)技術の3技術を研究・

開発するプロジェクトの中で、特にDBとDMはニーズと技術レベルが高いこともあり、他分野の技術開発をリードする形で進めている。すなわち、生活分野における移動体センシング研究は、生活空間における人の行動や家電などの機械の稼働などのふるまい情報を計測・蓄積し、その特徴やパターンを抽出するセンシング技術と、これらに基づき個別適合したサービスを可能とする技術を確立することが目標である。

生活分野では、2005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

模擬室内における人の移動データや生活フェーズデータを計測・蓄積するシステムの開発を進めた（図1）。人の利用する電気製品、家電などの機械の利用状況のデータを同じデータベースに蓄積できるようにシステムを拡張し、計測データのプロジェクト内公開に向けて、フォーマットの検討を行った。

#### 2) 高齢者異変検知システムの開発

高齢者の滞在部屋データや家電等の利用データを計測するシステムの開発を進め、1で開発している計測・蓄積システムとのデータ整合を開始した。

#### 3) センサネットワークデバイスの開発

生活空間で利用するのに適した無線式の小型センサネットワークデバイスを試作し、サイズ、アドホック性を考慮して、住居内利用における課題を検討した。

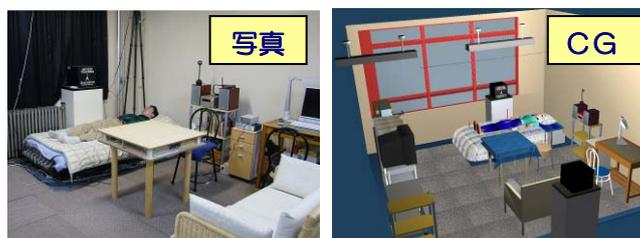


図1 日常部屋生活支援システムの模擬室での計測・蓄積

#### ・ 物流班

物流分野の位置センシングと環境センシングについて、ビジネス化可能なテーマとして、物流位置追跡システム、屋内外シームレス移動追跡システム、オンデマンドバス運行管理システムを研究した。物流位置追跡と屋内外シームレス追跡は、輸送物品の紛失、破損、不正アクセス防止を目的とする。オンデマンドバスは、交通渋滞による事故を人の移動要求のセンシングにより解決することを目的とする。また、これらに用いる部品の小型・高性能化を目的に物流振動デバイスの、処理アルゴリズムの高度化を目的に物流位置データベースの研究を行った。

#### 1) 物流位置追跡システムの開発

PHSによるパレット位置追跡システムの高精度化を行った。PHSとGPSをトラック等に搭載して国内でのPHSの測位誤差データを収集し、多局測位における基地局間隔と測位誤差の関係式を導出した。また蓄積された位置追跡データから、拠点ごとのPHS測位誤差の特

性を抽出し、誤差を自動補正する方法を考案した。

## 2) 屋内外シームレス移動追跡システムの開発

PHS とテレメトリを組み合わせ、広域の屋外計測と局所的な屋内計測がともに可能なシステムの開発に着手した。テレメトリ用発信機には、免許が不要、入手が容易、PHS 測位誤差より広範囲で探査可能という条件が必要となる。これに合致するものとして、車両追跡用発信機を採用した。実際の使用環境で電界強度分布を計測し、要求に合致することを確認した。また、PHS による探査と組み合わせ、実際に誤差ゼロで計測可能なことを確認した。

## 3) オンデマンドバス

乗客の要求する時間・乗車地点から最適な運行計画を生成するシステムを開発した。乗客の携帯電話による乗車要求により、経路を生成する。また千葉県柏地区で実証実験を行い、アルゴリズムと利便性の検証を行った。

## 4) 物流振動デバイスの開発

振動を用いる発電機について、慣性力の増大方法を検討し、ジャイロ式発電が最も効率よく発電できることを理論的に明らかにした。振動検出により移動時のみ電源を ON するスイッチについて、キーパーツである微小センサとアクチュエータの素子として PZT 薄膜を選定し、その材料特性を測定・評価した。

## 5) 物流位置データベース

物流位置データは、「物流位置追跡システムの開発」において収集した PHS 誤差データを用いることとした。振動データは、収集のための長時間データロガーを開発した。2 軸加速度を 1 週間連続計測可能で、市販品に比べ、1 桁容量が大きい。

### ・ 自動車班

本プロジェクトにおける自動車分野では、ドライバ特性と、操作対象である自動車との協調性が問題となる予防安全技術において、リアルワールドでのドライバの運転行動や走行環境の常時センシングを行う。ここで、蓄積されたデータから個々のドライバの認知・判断・操作の特徴を抽出し、運転支援に結びつける事を目的としている。本年度の研究成果の詳細は以下に示す。

#### 1) ドライブレコーダ開発に向けた市街地走行データの収集

近年、営業車を対象とした運転データ記録システムが実用化している。タコグラフは走行速度、運転距離、運転時間を常時記録でき、ドライブレコーダは衝撃加速度のトリガー発動前後の映像を記録可能である。本年度は、既存の運転記録装置の機能を公道走行実験結果とあわせて分析し、本プロジェクトの目標である運転データからの個別適合支援への応用を目指した多機能型ドライブレコーダの概略設計をおこなった。具体的にはドライバ行動の結果としての加減速度データだけではなく、ドライバへの入力である道路情報や前方交通情報をリアルタイムに取得できる必要性があることが明らかになった。

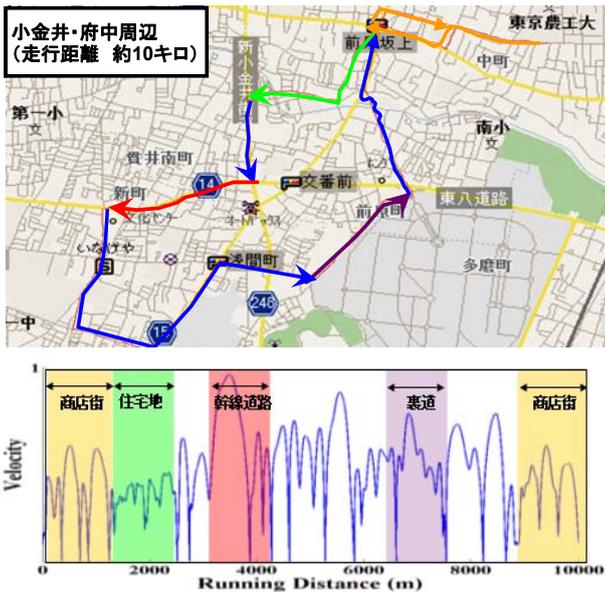


図2 実験走行ルートと取得データ

2名で、図2に示す特定コースを数日間にわたり走行する。常時記録できるデータとして走行速度、GPS位置情報を得る。またドライブレコーダを併用することで急ブレーキ時ヒヤリハットも取得できる。その結果を図3に示す。この図は2人の被験者A、Bについて、横軸を実験試行回数（曜日が対応）、縦軸を走行時間と急加減速による警告回数で示したものである。また、実験7回目は意図的な急ぎ運転である。図示されるように、日によって走行時間、警告回数が大きく変化する傾向がわかる。実験7回目の急ぎ運転は両被験者ともに警告回数が多くなる。

また、平常より休日に警告回数が少ないのは道路がすいている影響が大きい。警告回数は道路の混み具合に影響され、日常走行から明確な個人差、運転のくせなどを見出すには交通環境情報を取得し、それによりドライバーがどのような作用を受けるかを把握する必要がある。

図4は横軸を走行距離としてさらに走行エリアごとに区分し、縦軸を走行試行回数としてドライバーA、Bの加速・減速の警告発生ポイントを描画したものである。個人差は見られるものの、特にドライバーBの場合はエリア1などで急減速がおきやすい特定の交差点があることもわかり、道路に依存したドライバーの運転の特徴があらわれている。

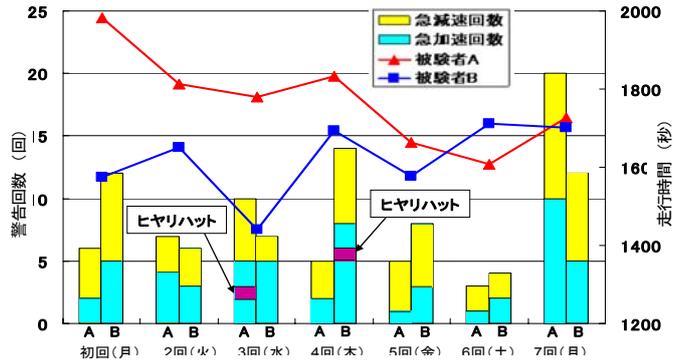


図3 実験回数と警告回数の傾向

また、既存の運転記録装置によって、どの程度個別適合支援の実現可能性があるかを検討するため、通勤走行を模擬した実験をおこなった。実験は20歳代男性ドライバーA、Bの

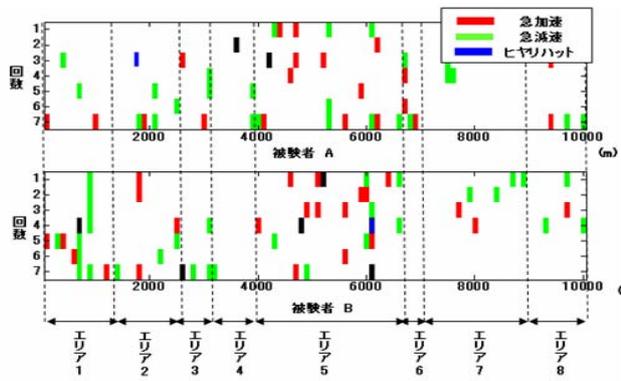


図4 走行エリアにおける加減速傾向

## 2) 自動車走行データベース構築に向けた運転行動データの計測と分析

前後運動における運転行動では、発進、加速走行、定速走行、制動、停止等といった行動に分類できる。特に、先行車追従の場面において、ドライバーのアクセル・ブレーキペダル操作によって車間距離制御あるいは速度制御が常時行われている。

図5に示す走行データ計測用実験車両を用い、市街地における先行車追従走行中の車間距離、走行速度、加速度、アクセルペダル、ブレーキペダル踏込量の約6kmの直線路コース走行データを図6に示す。車間距離の計測値が曲線路の影響を受けないように、曲線路を含まない直線路の走行コースを選定した。また図5に示すように計測データとして、ドライバーの上半身、前方風景、後方風景、足位置の映像も収録した。

取得した時系列データから、車間距離の時間微分（先行車との相対速度）とブレーキペダル変位との関係を図7に示す。図7より、先行車に対する相対速度はブレーキペダル変位とほぼ比例関係を示していることから、相対速度情報は個別適合ブレーキ支援サービスの構築のために重要な計測データの一つであることがわかった。しかし、走行場所や日によって、前方交通情報に対するドライバー個人の運転操作ゲインや時間遅れが変化すると考えられるため、次年度からこの概念に基づき、走行データを蓄積するとともに、通常の運転行動のふるまい特徴を抽出するアルゴリズムを検討する。

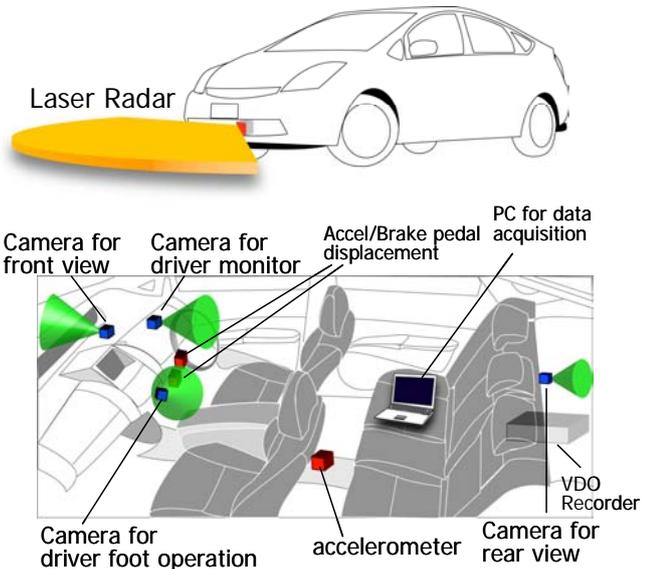


図5 計測用車両のセンサ構成

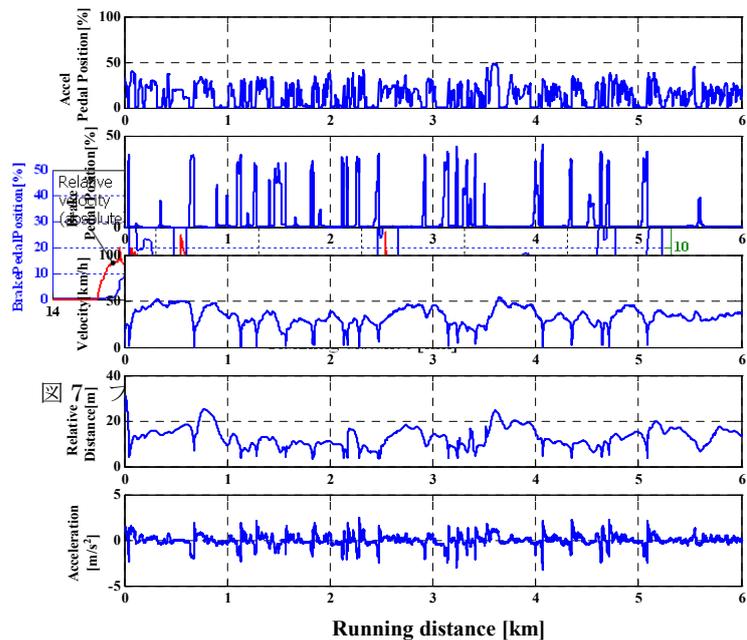
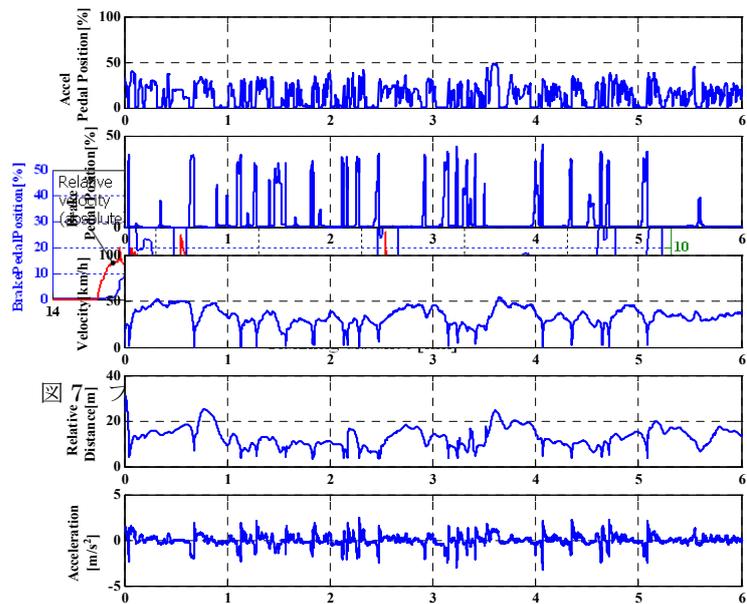


図6 市街地における走行データ取得例

図7



・ 総括班 法・倫理担当

実効的な情報倫理規定の策定し、本研究及び本研究成果が実用され、製品ないしサービスとして提供される際に生じるかもしれない法情報倫理上の問題を回避するためには、2つの方向からこの問題に対してアプローチする必要があるといえる。

第1のアプローチは、各班の取扱う情報の種類、収集方法、保管活用方法、情報の客体の性質などを明らかにし、それぞれの研究に関してどのような法情報倫理上のリスクがあるのかを検討するというものである。

第2のアプローチは、本研究の具体的内容や範囲に限定せず、その延長上にある来るべき「ユビキタス社会」（ここでは「人や物に関する情報を記録・収集する IT 機器・センシングデバイスが現実社会のさまざまな箇所に設置され、活用される社会」とする）においてどのような法情報倫理上の問題点が生じるのかを検討し、これらを情報倫理規定の策定に反映させていくというアプローチである。

本年度は主として第1のアプローチとり、各班の研究内容と取扱うデータの種別を把握するためのアンケートとヒヤリング調査を実施し、これらに基づき法情報倫理上の観点から生じ得る具体的な問題点の抽出と検討を行った。

また、上記を踏まえた上で、研究者間における情報倫理規定の基本的な考え方としては、以下の点を上げるに至った。

- A) データの利用目的の明確化と説明
- B) データの収集の範囲及び方法の明確化
- C) データの収集の対象の明確化と説明
- D) データの管理及び破棄についての明確化（予め情報に寿命を設け、それ以降の保持を行わない）
- E) データの利用資格者の管理（資格の得失）
- F) データの利用方法に関する制限
- G) 情報倫理規定の継続的な改善、改定
- H) 第三者への情報提供についての規定
- I) インシデント発生時についての規定
- J) データ／情報の主体（多くは実験協力者）の権利
- K) データ／情報の所有者について明示

加えて本年度は、第2次年度以降の研究実施項目である第2のアプローチについても、副次的・並行的に調査・検討を行った。それらの中では下記の2点が、特に法情報倫理の観点から本研究に関係していると議論づけた。第2次年度はこれらの点について調査・検討を行う。

- A) Nシステム・顔認識機能を有する監視カメラ・児童の通学路の安全を確保する諸サービスなどは現時点で既に実用化されつつあり、プライバシーや法情報倫理上の問

題が指摘されている。これら本研究に類似したシステムやサービスを調査し、本研究及びそれらが実用化・サービス化された場合にどのような点について留意すべきか個別具体的に検討する。

- B) 米国においてはプロファイリング・ビジネス（「諜報産業」とも呼ばれ、顧客や個人に関する大量のデータの断片をプロファイリング／データマイニングし、そこから得られた情報を安全保障や犯罪予防、マーケティング等に利用するビジネス）の問題点が指摘されている。ここで指摘されているものの多くは、サイバースペース（仮想空間）上を通じたプロファイリングであるのが殆どであるのに対して、本研究等は現実の実空間における行動データのプロファイリングという点で異なるが、類似している点が多く、調査・検討する。

・ 総括班 総括担当

まず、個別適合サービスを可能にする基盤技術を確立し、個別適合サービスの事業化ならびに新しいサービスイメージを提示するための本プロジェクトの推進フォーメーションならびに全年度にわたる研究推進計画を策定した。次にそれを踏まえ、本年度分の計測、データベース、データマイニング技術から構成される統合センシングの要素技術研究開発の推進計画を策定するとともに、その遂行を確実なものとするための推進会議、研究会、ならびに年度末報告会を計画・実施することで、研究の統括を全うした。

### 3. 研究実施体制

#### 生活班

- ① 研究分担グループ長：森 武俊（東京大学大学院、助教授）
- 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の開発

#### 物流班

- 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：
  - 物流位置追跡システムの開発
  - 屋内外シームレス移動追跡システム
  - オンデマンドバス運行管理システムの開発
  - 物流振動デバイスの開発
  - 物流位置データベース

#### 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：
  - 自動車分野における交通環境・運転行動のセンシング技術の調査
  - 多機能型ドライブレコーダ開発に向けた市街地走行実験の実施
  - 自動車走行データベースの構築に向けた実路走行データの計測と分析

#### 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：
  - 本プロジェクトの推進フォーメーションならびに研究推進計画の策定
  - 推進会議、研究会、ならびに年度末報告会の計画・実施
  - 法・倫理の検討
  - 法・倫理規定の策定、改定

## 4. 主な研究成果の発表

### (1) 論文（原著論文）発表

- 杉本千佳、辻昌彦、ギョームロペス、保坂寛、佐々木健、廣田輝直、板生清、龍田成示：行動解析用足圧シューズの開発、マイクロメカトロニクス、pp. 1-12、(2005. 12)
- Guillaume Lopez, Saki Kawakubo, Chika Sugimoto, Satori Arimitsu, Masahiko Tsuji, Ken Sasaki, Hiroshi Hosaka, Kiyoshi Itao: Evaluation Platform for Physiological Information Systems Using Wearable Sensors and Information Technology, マイクロメカトロニクス, 49, 193, pp. 13-27, (2005. 12)
- 有光知理、佐々木健、保坂寛、板生清、廣田輝直、中川剛、河内泰司：眼球運動計測を用いた安全運転環境システム、ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌 V01. 7 No. 4、2005、pp. 91-96、(2005. 11)
- Takeshi Morita, Takefumi Kanda, Akira Makino, Tomohisa Ono, Koichi Suzumori, Minoru Kuribayashi Kurosawa: A micro ultrasonic motor using a micro-machined cylindrical bulk PZT transducer, Sensors and Actuators A, Elsevier Science, pp. 131-138, (2006. 1)
- Takeshi Morita, Yasuo Cho: Piezoelectric property of an epitaxial lead titanate thin film deposited by the hydrothermal method, Applied Physics Letters, Vol. 88, American Institute of Physics, p. #112908, (2006. 03)