

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：安心・安全のための移動体センシング技術
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

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)

主たる共同研究者

森 武俊(東京大学大学院医学系研究科 特任准教授)

永井 正夫(東京農工大学大学院工学研究院 教授)

大和 裕幸(東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)

3. 研究実施概要

国内の巨大産業をなす生活、交通、物流分野では、人や車両など移動体のふるまいを予測・制御することが安心安全の確保に欠かせない。本プロジェクトでは、センサで移動体のふるまいを常時計測・蓄積し、個々の特徴を抽出し、人や環境の個性に合わせてシステムが動作する個別適合技術を開発することで、きめ細かな安全・安心サービスを創出することを目的として、研究を進めてきた。まず人間や機械のふるまいを常時計測し、計測結果を蓄積し、平均的なふるまい(いつものふるまい)を求める。それを今のふるまいと比較し、差があれば異常とみなし、人間や機械に危険(高齢者の健康の異変など)を通知する。差がなければ、いつものふるまいに従うとみなして、次のふるまいを予測し、効率化(オンデマンドバスの自動予約など)に利用する。従来の人工システムは、人間や機械の平均的な特性を想定して、そこで最適な性能を発揮するように設計されてきた。本技術では、利用者に応じてシステムが動作を変え、最適なサービスを提供する。また個々の対象物の特性をシステムがデータに基づいて自動的に把握するため、個別適合サービスが特殊解としてではなく一般性を有するフレームワークとして実現される。

具体的な研究体制としては、生活、自動車、人とモノの流れを扱う3つの班と、それらに共通する法倫理とデータベースを扱う総括班により、3つの拠点(東大本郷、東大柏、農工大小金井)で研究した。いずれの班も、センシング、データ蓄積、特徴抽出、サービス創出のスキームで連携をとりつつ研究を進めた。

### ① 生活班

実際の生活データから自動で生活パターン把握や異変検知、異変予兆検知をすることで、少人数で多くの人を見守りケアする手間を軽減できるシステム実現を念頭に、下記研究に取り組んだ。

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

### ② 自動車班

交通事故を未然に防ぐための高度運転支援システムとして、東京農工大学を拠点にトヨタ自動車、矢崎計器、科学警察研究所の協力を得て、常時記録型ドライブレコーダを用いて大学近隣の市街地走行データを収集・蓄積し、長期にわたる自動車走行データベースを構築した。それに基づき、時々刻々変化する環境や人間行動の長時間の常時センシングにより、個人差や個人内差あるいは環境条件をデータベースとして把握し、必要ときに作動する高度運転支援システム(個別適合サービス)の実現に向けて下記項目に取り組んだ。

- (a) 常時記録型ドライブレコーダ
- (b) 自動車走行データベースの蓄積・公開
- (c) 運転行動自動認識アルゴリズムの開発
- (d) 個別適合型運転支援システム・アルゴリズムの開発
- (e) 危険場面再現ドライビングシミュレータの開発

研究実施中において、新たに、道路面の滑りやすさを効果的に推定可能とする多重モデル法(Interacting Multiple Model、IMM)によるアルゴリズムを農工大と日大で開発した。またH22年度のJST国際強化支援策の一環として、スウェーデンの車両・交通安全研究センター(SAFER)との国際共同研究を実施し、ドライブレコーダを用いて、スウェーデンにおける実路走行データの収集と分析を行うこととした。

### ③ 人と物の流れ班

#### ③-1 オンデマンドバスシステム

利用者独自の運行計画生成アルゴリズムをもったオンデマンドバス運行管理システムの開発に向けて、オンデマンドバスサービスの核となる運行計画生成アルゴリズム、予約インターフェイス、車載器をベースとしたオンデマンドバス基幹システムを構築等下記項目に取り組んだ。

##### (a) オンデマンドバス基幹システム

##### (b) 人の移動に関するモビリティセンシング

##### (c) 個別の需要に対応するための予約提案システム

その後、千葉県柏市をはじめとする全国約30地域で実証運行をした結果、システムの要改善点が明らかになった。運行計画生成アルゴリズムの改良として、地域によって異なる様々な要求に対応できる地域適合型の運行計画生成アルゴリズムを開発することとした。

#### ③-2 対人事故予防システム

普及著しいGPS携帯電話を利用し、危険度の高い車・人の存在を検出し互いに通知する人・自動車ネットワークセンシングシステムの開発に取り組んだ。H19年度に実施した官能試験の結果により、情報提供の手法が事故予防効果を大きく左右することが明らかになった。このため、適切な情報提供方法についての手法開発および検証を行うこととした。

#### ③-3 物流位置探査

物流機器の位置を高精度に計測し、機器の紛失防止、不正アクセス検知を行うことを本研究の目的として、下記項目に取り組んだ。

##### (a)PHS電界強度による測位システム

##### (b)移動体振動を用いる省電力制御

その後の検討の結果、本研究の物流探査システムでの特長である低消費電力で異常検知が出来ることを活用でき、かつ、同一チーム内のオンデマンドバスやドライブレコーダとの相乗効果が期待できる分野として、カーシェアリングを設定した。統合実験により、チーム内の他の技術との相乗効果を確認するとともに、利用者ごとの目的地、移動距離、駐車時間を求め、市場検討に利用可能とすることとした。

### ④ 総括班

個人のセンサデータに対するプライバシー保護のため、センサ情報の特徴を法倫理的に検討し、情報管理指針を策定し、オンデマンドバスに適用した。また、各班に共通なデータベース技術として、異種・多種の移動体センサデータの蓄積および検索システムを構築した。さらに、個別適合のための大量センサデータ処理の共通手法として、階層ベイズ法に基づいたモデリング手法を開発した。なお研究終了までに、各班の成果を統合したサービスイメージを明確化するため、生活計測と外出促進による出会い創出、認知症予防、カーシェアマネージメントの実証実験を行う予定である。

## 4. 事後評価結果

### 4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

原著論文が、国内(和文)誌が34件、国際(欧文)誌が29件と多く輩出されており、学術的成果は高く評価される。また招待講演(国内会議30件、国際会議13件)も非常に多い。社会実装に関しては、人と物の移動をセンシングし、実証実験によって生活活性に繋げていくことができた。特にオンデマンドバスシステムの研究開発は、社会センシングの好例となった点において、高く評価できる。

#### ① 生活班

過疎地域における高齢者の安心な生活確保のため、住居での常時見守りシステムを開発した。焦電計等の簡易なセンサで室内の人の動きを計測し、蓄積した移動データにより、個人ごとの生活パターンを自動的に推定し、その情報を元に生活異変を検知するアルゴリズムを開発した。独居老人家庭などで数百日の実証実験を

行い、アルゴリズムの有効性を確認した。加えて、緊急通報システムの一部に組み込むサービスイメージについても実証した。

アルゴリズムに関する論文が出ており、アカデミックな基盤を固めた点では、成果が出ている。しかし、このグループに関しては、安心・安全のための社会システムの実装までには至っていない。

## ② 自動車班

交通事故を未然に防ぐための高度運転支援システムとして、常時記録型ドライブレコーダを用いて大学近傍の人の運転行動と自動車の挙動などのふるまいに関する市街地走行データを収集・蓄積し、長期にわたる自動車走行データベースを構築した。それに基づき、時々刻々変化する環境や人間行動の長時間の常時センシングにより、個人差や個人内差あるいは環境条件をデータベースとして把握し、必要ときに作動する高度運転支援システム(個別適合サービス)の実現のために、ドライバー個人および道路区間における通常運転の特性抽出法、運転行動系列ラベル推定の学習アルゴリズムと協調学習行動モデリングアルゴリズム、個別適合型運転支援サービスとしての異常検知による先急ぎ運転状態診断アルゴリズムを構築し、アルゴリズムの自動車運転支援サービス技術としての有効性を確認した。また、道路面の滑りやすさを効果的に推定可能とする多重モデル法(Interacting Multiple Model, IMM)によるアルゴリズムを開発した。加えてそれらのアルゴリズムを実装した運転診断機能付きドライブレコーダの事業化に向けて海外における公道実証実験も実施している。(H22 年度の JST 国際強化支援策の一環)

## ③ 人と物の流れ班

高齢者の安全な移動確保と環境負荷低減を目的に、オンデマンドバスの自動運用システムを開発した。個人の利用履歴により個人ごとの乗車要望を予測するアルゴリズムを実装し、また、人の集合の移動パターンから地域の特徴を抽出して望ましい移動手段を提案する手法を開発した。国内延べ 30 箇所の実証実験を行い、事業化も行った。また、物流の安心安全と効率化を目的に、シームレスで低消費電力な位置計測法を開発した。地域ごとの PHS 電界強度と移動体ごとの振動の特徴を抽出して、移動時のみ位置計測するアルゴリズムを開発し、物流追跡とカーシェア管理に応用した。成果を商用システムに実装した。

## ④ 総括班

総括班では、各分野における移動体データ計測・振る舞い解析、それらに基づいたサービス実現のための基盤技術についての開発を行った。成果の集大成となる統合実験では、柏地域において、高齢者の住居内における生活行動、乗り合いバスの利用、認知症予防活動、カーシェアの利用を同時に計測・分析し、サービスイメージを提案した。この試みは世界初のものである。その統合実験の基盤として、異種センサからのデータを共通に扱い時区間群の操作という考えに基づいてデータを検索可能なシステムの開発、共用アルゴリズムとしての階層ベイズ法によるセンサデータの確率的モデリング法の開発などの成果を挙げている。

## 4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

各班において、社会実装に向けて着実な成果が出ている点において評価できる。

### (1) 実用化に向けての展開

#### ① 生活班

生活パターン把握アルゴリズムは立山科学の展開している「お元気コール」を中心としたみまもりサービスにおいて実証的な検証が行われつつあり、サービス商品への組み込みが検討中である。また異変検知アルゴリズムとそれによる警告のスクリーニングは、やはり立山科学の展開している「お元気コール」を中心としたみまもりサービスにおいて適用の際に必要な情報提示法について実証的な検証が行われつつあり、サービス化への展開が検討されている。センサネットワークデバイスは三菱電機により製品化され、商用利用が開始されている。

#### ② 自動車班

ドライブレコーダの事業化として、急ぎ運転警報付き機能ドライブレコーダを、(株)矢崎計器と共同開発した。また、「常時記録型ドライブレコーダを用いたナチュラルスティックドライバモデルとヒューマンエラー分析に関する国際共同研究」として、平成 22 年度 JST 国際強化支援策に採択され、現在実施中である。更に「個別適合型運転診断・支援サービスを搭載した常時記録型ドライブレコーダの開発と公道実証実験(FOT)」として、タカタ財団の助成事業に採択され、現在実施中である。

### ③ 人と物の流れ班

「オンデマンド交通サービスの実用化研究」(H22～26)が、JST「A-STEP」事業に採択され、現在実施中である。開発したオンデマンド交通システムに関しては、全国各地で実証運行中である。また、ユーピーアール株式会社にて、本事業で開発した位置探査アルゴリズム(重心法)を商用システムに導入し、4000以上の端末で稼働中である。ユーピーアール(株)は、「PHS測位システムを用いたオンデマンドバス連携カーシェアリングシステム」、平成21年度千葉県持続可能な国際都市づくりのための新たな担い手育成支援事業に採択された。本事業で開発した位置探査技術をカーシェアリングに適用し、オンデマンドバスとの競合や相乗効果を探る社会実験を実施している。

### ④ 総括班

総括班において目指した共通アルゴリズムのアイデアが、生活班における異変検知や自動車班における運転支援のためのアルゴリズムとして組み込まれた。これは実用化されつつあるサービスのアルゴリズムの基礎技術として使われつつある。

## (2) 社会還元的な展開活動

### ① 生活班

- ・押しボタン式のみならずセンサも活用したみまもりサービス・システムにつき全国の高齢者施設・高齢者マンション・自治体に対して、説明を展開している。
- ・焦電センサによる生活モニタリングデータ、賃借マンションにおける動線データ等を公開し、生活推定アルゴリズムや生活モデリング・解析の研究・開発への貢献を考えている。

### ② 自動車班

- ・本研究成果の一部として、日本学術会議で「交通事故ゼロの社会を目指して」という提言を行った。
- ・タイ・チュラロンコーン大学工学部に対し、得られた研究成果を国際シンポジウムで報告し、自動車走行データ分析に関する共同研究を開始した。

### ③ 人と物の流れ班

- ・本研究成果をインターネット(URL: <http://www.nakl.t.u-tokyo.ac.jp/odt/index.html>)で公開し、一般に情報提供している。
- ・全国各地の自治体に対して開発したシステムの説明を行っている。

### ④ 総括班

- ・千葉県柏市において、班にまたがって、サービスを提供する統合実験を主導した。そのときの活動度などを焦電センサ、万歩計、サービスの利用データとして、蓄積できた。そのデータ群を、これからの地域における新しい統合的なサービス実現のための研究・開発プロジェクトにおいて展開しつつある。

## 4-3. 総合的評価

当初の研究計画に忠実に基づいて的確に実行しており、全てのテーマにおいて着実な成果が得られている点は評価できる。規模の大きなグループをまとめてひとつの方向に束ねたリーダーの指導力を評価したい。移動体センシングという研究テーマにしているが、今後の社会においては、特に人間情報を人工物がいかに理解するかという点が重要になっていくことを考えると、「人間と人工物とのインターフェースの高度化研究」の基礎を築いたといえる。