

第 XVIII 部

自動車を含むインターネット 環境の構築

第 18 部

自動車を含むインターネット環境の構築

第 1 章 はじめに

1.1 iCAR ワーキンググループ 2008 年度の活動

インターネット自動車ワーキンググループ（以下 iCAR ワーキンググループ）では、これまでに移動体通信技術の開発とその実験環境の構築（以下 iCAR テストベッド）他団体と共同による実社会での実証実験への参加活動、および研究成果の標準化活動を行ってきた。本ワーキンググループでは前年度に引き続き、2008 年度も移動体通信技術の可用性の検証およびフィールド実験環境の整備に関する議論を行うため、WIDE 研究会や合宿での BoF を利用した議論に加え、月に 1 度ポリコムを用いた定例ミーティングを開催し、継続的に研究活動を行っている。また、本年度は特に、Nautilus6 ワーキンググループとの連携により Linux 版 MR の設定や HA を含む移動体通信に関する議論と環境構築、テストベッド整備を行った。

1.2 本報告書の構成

本年度 iCAR ワーキンググループで議論してきた移動体通信技術やセンサネットワークに関する研究開発、テストベッド環境の整備、および、プローブ情報システムの安全性に関する議論等、主な活動内容と成果は以下の通りである。

- プローブ情報システムに関する研究
 - 実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価
 - プローブ情報システムのためのプライバシーを考慮した匿名認証方式の提案と評価
- プローブ情報システムを用いた感覚距離測定に関する研究
- Linux 版 MR および移動体通信環境の設定と構築

ここでは、本章に続く章を概説し、各章でその詳

細を述べる。

まず、第 2 章では、本年度の主な活動概要について説明する。プローブ情報システムに関係する研究開発として、「実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価」および「プローブ情報システムのためのプライバシーを考慮した匿名認証方式の提案と評価」に関する概要を述べる。

第 3 章では、プローブ情報システムを用いた感覚距離測定に関する研究について報告する。移動に伴う距離の感じ方は各個人によって異なり、それは移動手段や経路などによって異なってくる。従来の地図を利用した検索サービスでは、ある基点から半径数キロといった物理的な距離に基づいた検索が行われる。また、カーナビゲーションシステムでは時間に基づいた検索が行われている。このように、現状では時間的な距離や 2 地点間の物理的な距離といったような物理的なものでしか表すことが出来ず、人間の感覚的な距離を表現することが出来ていない。この第 3 章では、ある基点を中心とした時に、物理的な距離にとらわれず、基点周辺で利用者が過去に多く訪れた場所を優先的に結果に含まれる検索を可能にするため、プローブ情報を利用して、人間の感覚で計測された感覚距離をパラメータとして導き出す手法を提案し、説明する。

第 4 章では、月に 1 度開催されている定例ミーティングとは別に、実際の活動の場として春の WIDE 合宿を活用した実証実験用車載モバイルルータの製作、および秋の WIDE 合宿での mini workshop を活用したモバイルルータワークショップ（以下、MR ワークショップ）についても報告する。この MR ワークショップでは、今まで使っていた NetBSD 版モバイルルータとは別に、Linux 版モバイルルータの設定や HA を含む移動体通信に関する議論と環境構築、テストベッド整備を行った。続く第 5 章で、今年度の活動をまとめる。

第 2 章 2008 年度の主な活動概要

本章では 2008 年度の主な活動概要として、プローブ情報システムに関する研究開発「実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価」および「プローブ情報システムのためのプライバシーを考慮した匿名認証方式の提案と評価」に関する概要を述べる。

2.1 実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価

センタレスプローブ情報システムは、車車間通信と車両自体の移動によってプローブ情報の生成と伝達を行う。車両の存在する周辺の道路交通情報や、安全に関する情報等の即時性が求められる情報等に有効であると考えられている。ここでは、センタレスプローブ情報システムの有用性を活用する手法として、センタレスプローブ通信基盤を利用する渋滞に関する道路交通情報生成アルゴリズムの提案を行った。また、提案した道路交通情報生成アルゴリズムとセンタレスプローブ通信基盤を、実車両で動作する車載システムとして設計と実装を行い、テストコース内で 5 台の車両を用いた実証実験を行った。この実験で、実装した車載システムによるプローブ情報の生成と統合が可能であることが分かった。さらに、実車環境においてセンタレスプローブ情報システムが有効に動作することが確認された。

なお、この研究成果は、2008 年 1 月に発行された情報処理学会論文誌「次世代社会基盤をもたらし高度交通システムとモバイル通信システム」特集号に発表・掲載されている。(文献 [214] 参照)

2.2 プローブ情報システムのためのプライバシーを考慮した匿名認証方式の提案と評価に関する研究

車両の持つ情報を集約して統計的处理を施すことで交通情報などの生成や提供を行うプローブ情報システムでは、収集される情報に車両が情報を取得した際の位置と時間が含まれる。情報発信者のプライバシー保護の観点では、情報は車両を識別することな

く切断された形で収集されることが望ましいが、情報収集者の観点では、収集される情報から悪意ある第三者からの虚偽やなりすまし、システムへの攻撃を排除できることが望ましい。さらに、質の高い交通情報の生成には、道路リンクの旅行時間などのある程度の連続した情報群が必要となる。ここでは、プライバシーを考慮したプローブ情報システムの構築のための匿名認証方式の提案を行った。本方式を用いることにより、情報収集車は、情報発信者の匿名性を担保した上で、連続したプローブ情報の収集が可能となる。また、提案した方式の有効性を評価するために、匿名認証システム、およびプローブ車両シミュレータとプローブ収集センタの設計と実装を行った。この環境で評価実験を行った結果、提案方式によってプライバシーを考慮したプローブ情報システムの構築が可能であることがわかった。

なお、この研究成果の詳細については、2009 年 1 月に発行された情報処理学会論文誌「新しい時代を切り拓くモバイル通信と高度交通システム」特集号に発表・掲載されている。(文献 [215] 参照)

第 3 章 プローブ情報システムを用いた感覚距離測定に関する研究

3.1 背景と問題点

移動に伴う距離の感じ方は利用者によって異なる。例えば、自動車の場合であれば、よく通る経路は近いと感じる。また、電車の場合では、乗り換え回数が少ないければ近いといったようなことが該当する。このように、移動に伴う距離の感じ方は移動手段や、通過する経路によって変化すると言える。

現状の距離表現方法は、主に 2 つ用いられている。1 つ目として、位置的な距離を使った表現方法が挙げられる。これは、ある基点からの直線距離に基づいた形で表現される。もう 1 つの表現方法として挙げられるのが時間距離である。これは、カーナビゲーションシステムなどに実装されており、ある基点からかかる時間によって距離を表現するものである。このように、現状では時間的な距離や位置的な距離といった物理的なものでしか表すことが出来ず、人間の感覚的な距離を表現することが出来ていない。

3.2 目的

本研究の目的は、ある基点を中心とした時に、物理的な距離にとらわれず、基点周辺で利用者が過去に多く訪れた場所を優先的に結果に含まれる検索を可能にするため、人間の感覚で計測された感覚距離をパラメータとして導き出す手法の実現である。パラメータを利用した検索の具体的なイメージを図3.1に示す。

従来の位置情報を利用した検索サービスの検索エリアは、図3.1の左側に示すようにある地点を基点とし円形になる。本研究で提案する手法によって、図3.1の右側に示すような、利用者によって形の異なる検索エリアに変更されることが期待される。このようなシステムを構築するための手法として、本論文では人間の感覚に基づいた距離感を検索のパラメータとして与える手法を提案する。ここで述べる人間の感覚で計測された距離とは、「個人によって、感覚的に近いと感じたり、感覚的に遠いと感じる感覚で計測された2地点間の直接的な距離」のことを示す。例えば、ある目的地まで電車で移動する際に、乗り換えの回数が多ければ、目的地は遠く感じられる。これとは対照的に、同じ目的地まで乗り換えの回数が少なければ、目的地は近く感じられる。このような人間の感覚で計測された距離のことを、本論文内では感覚距離という。本論文では、位置情報と利用者情報を与えることで感覚距離を導き出すシステムの構築を行うことに焦点をあてる。

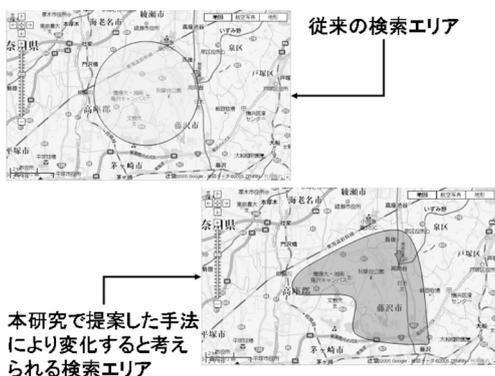


図 3.1. 検索エリアの遷移

3.3 アプローチ

本研究のアプローチとして、人間の感覚距離を用いる。図3.2には、あるユーザ達にとっての湘南台

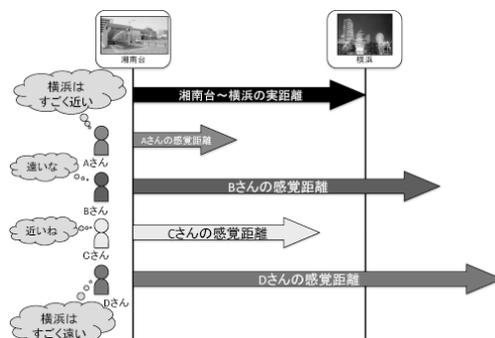


図 3.2. ユーザごとの感覚距離

から横浜までの感覚距離を示している。ここに示すように、ユーザ A にとっては湘南台、横浜間の感覚距離が非常に短く感じているのに対し、ユーザ D にとってはこの2地点間の感覚距離が非常に長く感じられている。

この感覚距離を数値化し、パラメータとして与えることで、利用者ごとの検索エリアが作成される。

3.3.1 感覚距離を測定する手段

本論文では感覚距離を数値化するために、インターネット自動車を用い、プローブ情報システムを利用することで、自動車から生成されるプローブ情報を取得した。プローブ情報システムを利用し取得したデータとして、2地点間の情報（出発地、目的地の位置情報・移動距離・移動時間・停止回数・2地点間の移動経験値）を取得した。また、取得されたデータを基に作成された移動距離・移動時間・停止回数に対する利用者別の重み付けを作成し、プローブ情報システムで取得したデータと利用者別の重み付けを利用することで感覚距離を導き出した。

3.3.2 感覚距離と経路

日常的に通ることがあまりない道路や、道幅が狭く入り組んでいる経路を通れば目的地までの距離が自然と遠く感じることもあるが、これは出発地から目的地までの経路上に感覚距離を感じる要素が含まれているからである。このことから、感覚距離は通過する経路の特徴によって変化するといえる。

感覚距離を導き出す際に本論文では2地点間を直接的に導き出す手法と、経路を細分化する手法の2種類の計測方法を挙げた。2地点間の感覚距離を直接的に導き出す手法のメリットは、2地点の情報を決め

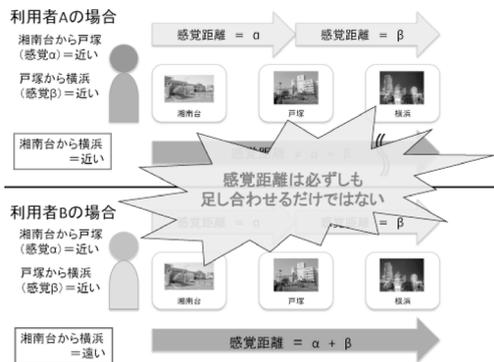


図 3.3. 感覚距離と経路の関係

るだけで感覚距離が決まることにあると言える。それに対し、経路を細分化する手法は、細かく経路を分断することによって、利用者が通過した経路に属性を持たせることなどが可能になる。そのため、2地点間を直接的に導き出す手法よりも、パラメータとして道路の属性情報などを増やすことが可能になり、よりリアルな感覚距離を算出することが出来るというメリットが挙げられる。しかし、ここで導き出された細分化された経路ごとの感覚距離を単純に足し合わせていくだけでは感覚距離として扱うことが出来ないという可能性がある。図 3.3 に示すように、利用者 B にとって、湘南台から戸塚までは感覚的に近いと感じられている。そして、戸塚から横浜までも同じように感覚的に近いと感じられているが、湘南台から横浜までは感覚的に遠いと感じているとする。これに対し、利用者 A も同様に湘南台から戸塚、戸塚から横浜が感覚的に近いと感じているが、湘南台から横浜は近いと感じている。このような時に、細かく経路を分断する手法を取った場合、湘南台から戸塚、戸塚から横浜といった部分の感覚距離は近いという結果が導き出されたとする。しかし、湘南台から横浜の感覚距離を導き出すために、各区間で導き出された感覚距離を単純に足し合わせると、算出された値が利用者 A にとって感覚的に遠いと考える感覚距離になってしまう可能性がある。このため、単純に足し合わせるだけでは感覚距離として利用することが困難であると考えられる。したがって本論文では、目的地までの感覚距離をダイレクトに出す手法を採用した。

3.4 設計・実装

図 3.4 に本論文で提案する感覚距離測定システムの設計と実装を示す。自動車には車載計算機と USB

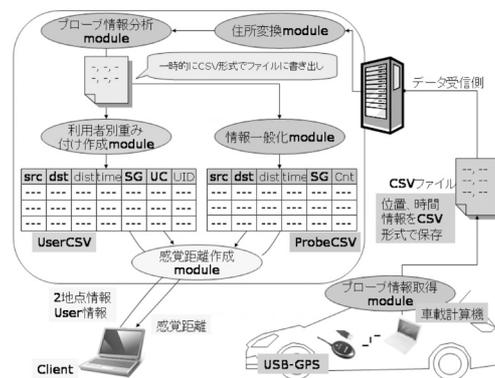


図 3.4. 感覚距離測定システムの設計・実装

接続の高感度 GPS が搭載されている。車載計算機にはプロープ情報取得 module が実装されている。module によって取得された位置情報、時間情報は CSV 形式のファイルに書き出され、Server に送信される。

Server 側では、送られてきた CSV ファイルを、住所変換 module とプロープ情報分析 module に渡す。これにより、2 地点の住所情報と 2 地点間の走行距離、走行時間、停止回数、利用者名が書かれた一時ファイルを作成する。作成された一時ファイルは情報一般化 module と利用者別重み付け作成 module に渡される。情報一般化 module では、2 地点の住所情報をキーとして、その 2 地点間の利用者全体の平均値を導き出す。これらの情報が蓄積された CSV ファイルを ProbeCSV とする。利用者別重み付け作成 module では、まず、一時ファイルの情報から利用者別の 2 地点間の各平均値を作成する。その後、ProbeCSV に蓄積された利用者全体の 2 地点間の平均値と、利用者別の 2 地点間の平均値を比較することで、利用者ごとの重み付けが決定される。利用者別の重み付け及び利用者別の 2 地点間の移動経験値が蓄積されたファイルを UserCSV とする。

本論文の焦点は、感覚距離を算出する部分である。Server では、感覚距離算出 module が動作しており、Client から 2 地点の情報と利用者情報が入力されるのを待っている。感覚距離作成 module は、入力された情報を基に ProbeCSV から 2 地点間の一般化された情報を取得し、UserCSV から利用者の重み付け情報と移動経験値を取得する。取得された数値を後述の式に当てはめ、感覚距離を算出し、利用者に値を返す。

次に、本論文で提案した感覚距離を算出するためのプロトタイプ式を示す。感覚距離 D_i は利用者によ

て異なる数値が算出される。ProbeCSV から取得した一般化したデータ（走行距離 d 、走行時間 t 、停止回数 n ）と利用者別の重み付け（走行距離の重み付け P_d 、走行時間の重み付け P_t 、停止回数の重み付け P_n ）をマトリクス演算する。ここで算出された値を 2 地点間の移動経験値 ex で割ることで感覚距離が算出される。

$$D_i = \frac{(d \ t \ n) \begin{bmatrix} P_d \\ P_t \\ P_n \end{bmatrix}}{ex}$$

3.5 評価

3.5.1 実車実験

本システムによって算出された感覚距離がどのような値を示すかを調査するために実車実験を行った。実験環境を表 3.1 に示す。

実車実験によって導きだされた感覚距離の値を基に作成したエリアの変化を図 3.5、3.6、3.7 に示す。このように、算出された感覚距離から作成されたエリアは三者三様に異なることがわかった。

表 3.1. 実車実験環境

車載計算機	Mac OS X Version 10.5.3
使用デバイス	USB 高感度 GPS HOLUX GR-213
データ取得期間	6月19日-7月21日
被験者数	3人
総データエントリー数	100

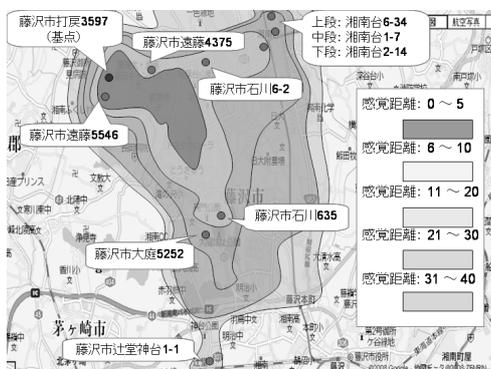


図 3.5. 感覚距離エリア（利用者 A）

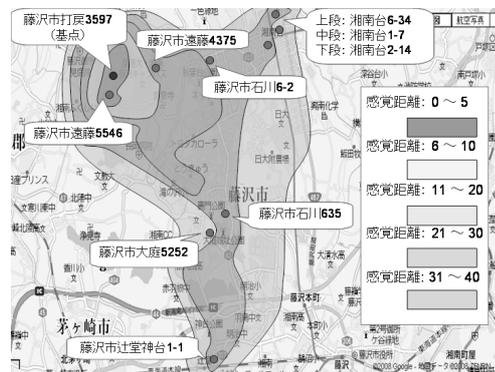


図 3.6. 感覚距離エリア（利用者 B）

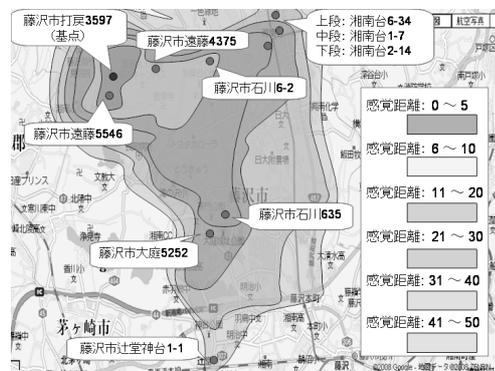


図 3.7. 感覚距離エリア（利用者 C）

3.5.2 評価手法

本システムの評価手法として、算出された感覚距離と利用者にヒアリングした感覚距離の合致率を比較した。具体的には図 3.8 に示すように、基点となる点 A を定め、基点 A から B 地点までの距離と基点 A から C 地点までのどちらが近いが、同じ程度か、遠いかを利用者にヒアリングし、本システムによって導き出された感覚距離との比較を行っている。図 3.9 にヒアリングの結果と、本システムで算出された感覚距離を基に作成したグラフを比較した様子を示す。

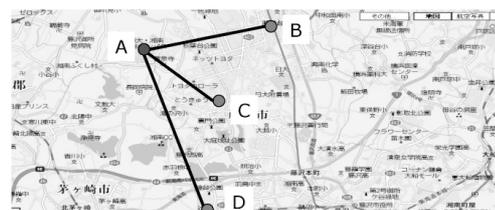


図 3.8. 本システムでの評価手法

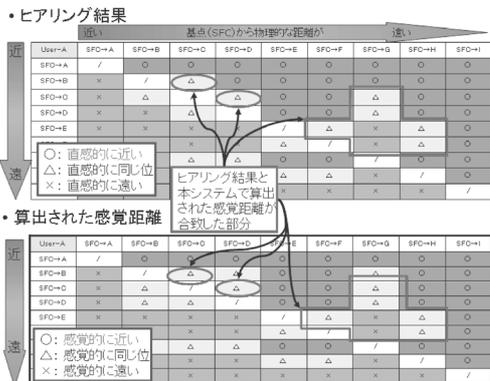


図 3.9. ヒアリング結果と算出された感覚距離の対比

3.5.3 利用者別合致率比較

図 3.9 に示すように、利用者が考えている感覚距離と、本システムで算出された感覚距離を合致させることが出来た。表 3.2 に利用者別の合致率をとりまとめた。総エントリー数が 50 の時、利用者ごとの合致率を調べた結果、一番データ数が多い利用者が 82.15%、一番少ない利用者では 59.34% という結果を得ることが出来た。これに対し総エントリー数が 100 で、各利用者のエントリーがそれぞれ増加したとした時、利用者ごとに合致率を調べた結果、一番データ数が多い利用者が 94.44%、一番データ数が少ない利用者でも 61.11% の合致率を出すことが出来た。また、利用者全体の合致率が 78.7% であった。

これを基に考察を行うに、各利用者においてデータのサンプル数が増えると合致率が向上する傾向が見られた。それに対し、実験前の経験が長いため、移動経験値の反映が想定と異なることが原因で、ヒアリング結果と算出結果が乖離することがわかった。また、一部の積極的な参加者の行動履歴が一般化されたデータ集合に強く影響してしまうといった問題もわかった。

表 3.2. 利用者別合致率

	50 (総エントリー数)	100 (総エントリー数)
User-A	82.15%	94.44%
User-B	59.34%	61.11%
User-C	75.0%	80.56%

3.6 まとめ

本論文のまとめとして、自動車から取得した情報から利用者別の感覚距離を算出することが可能となっ

た。本システムによって算出された感覚距離は、利用者ごとによって異なることが確認され、算出された感覚距離に基づいた検索エリアを作成した時に、利用者別のエリアが作成された。このことから、感覚距離が算出可能になったことで、物理的な距離にとられない 1 つのパラメータとして利用することが可能になったと言える。

今後の展開として、本論文内では扱うことの出来なかった時間帯や天気などのようなパラメータを感覚距離算出時に反映させ、より精度の高い感覚距離の算出を目指す。また、算出された感覚距離を利用したアプリケーションを検討する。更に、本論文で提案した 2 地点間の経路を直接的に算出する手法と、2 地点間の経路を分断する手法を用いて算出された感覚距離の比較を考えている。

第 4 章 Linux 版 MR および移動体通信環境の設定と構築

iCAR ワーキンググループが各種実験等に利用するテストベッドは数年前に構築したまま、近年は大きな仕様変更や環境の改良等は行われていなかった。そのため、実際に動作し続けているモバイルルータ (以下、MR) が少なく、メンテナンス不足によるホームエージェント (以下、HA) の荒廃や技術継承に関する課題が挙げられていた。この問題に関して今年度は、春秋 2 回の WIDE 合宿 (特に秋合宿では mini workshop) を活用してテストベッドの再構築を行った。春合宿では「春の WIDE 合宿活動報告 (実証実験用車載モバイルルータの製作)」にある通り、車載ルータの更新作業に際し、今まで稼働させてきた NetBSD (SHISA ベース) のモバイルルータを Voyage Linux (NEPL システム) に切り替えるための実装作業を行った。詳しくは春の WIDE 合宿活動報告を参照されたい。この春の WIDE 合宿での結果を受け、秋の WIDE 合宿 mini workshop では通常の Debian ベースの Linux を用いた MR をセットアップするなど、Nautilus6 ワーキンググループとの連携を視野に入れつつ実験環境再構築のための作業を行った。

秋合宿での iCAR に必要な機能を踏まえた MR のセットアップ等作業は以下の通りである。



図 4.1. iCAR mini workshop の様子

- NEMO (Network Mobility)
 - 複数 I/F (WiFi と Cellular) のサポート
 - Emobile
 - dsmip
 - 複数 I/F の自動判別切替
 - iCAR 用 HA (wide-ha) の設置
 - MR イメージの抽出
- 旧来 NetBSD ベースで構築されていた HA および

MR は、今回の再構築において共に Debian Linux ベースへと移行した。iCAR テストベッドで利用する HA は、以下の通りである。

`wide-ha.sfc.wide.ad.jp`

`(2001:200:0:1012::1)`

`https://wide-ha.sfc.wide.ad.jp/`

このうち、dsmip、WPA supplicant に関する設定および動作確認等の秋合宿 mini workshop での積み

残し作業について、不定期の MR ワークショップを 2 回（11 月 26 日および 12 月 12 日）開催して環境整備に努めた。

第 5 章 まとめ

本ワーキンググループは、数年前から MIP6 および NEMO の機能等の移動体通信技術、特に MR の機能に関して、nautilus6 ワーキンググループと議論を重ねてきた。これらの議論と両ワーキンググループにおいて蓄積した技術および情報を用い、2008 年度の活動として、Linux 版 MR の設定や HA を含む移動体通信に関する議論と環境構築、テストベッド整備を行った。今年度の iCAR ワーキンググループの研究活動は、インターネット移動体通信技術の研究開発だけでなく、センサデータ（プローブデータ）の安全な流通に関わる技術に関しても活発に議論し、より実社会のニーズを反映した分野へと広がりを見せた。今後も本ワーキンググループでは開発した技術の実社会への反映を考慮し、社会全体の利益に資するような研究開発を目指していきたい。