

修士論文

温室効果ガスの削減を目的とする 交通実態調査の自動化に関する検討

指導教官

浅野 正一郎 教授

2011年2月9日提出

東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻

修士課程

学生証番号 48-096405

岩本 和也

目次

第 1 章 序論	4
1. 1 はじめに	5
1. 2 本研究の目的と特徴	7
1. 3 本論文の構成	8
第 2 章 交通実態調査	9
2. 1 概要	10
2. 2 調査対象と項目及び方法	12
第 3 章 交通流計測システム	16
3. 1 概論	17
3.1.1 ループコイル形式	17
3.1.2 画像処理方式	18
3. 2 特定車両の経路情報	19
3. 3 課題と提案	19
3. 4 提案手法と従来研究の比較	20
第 4 章 基本システム構成	21
4. 1 提案手法概要	22
4. 2 全体の構成	23
4. 3 必要なパラメータ	24
4. 4 携帯端末の処理	26

4.5	MySQL サーバの処理	28
4.6	web ブラウザの表現	28
第5章	基本アプリケーションの検証実験	29
5.1	制約条件	30
5.1.1	データ総量	30
5.1.2	携帯端末の電力消費	30
5.2	サンプリング間隔の設定	32
5.2.1	時間規定によるサンプリング	32
5.2.2	距離規定によるサンプリング	34
5.2.3	比較	36
第6章	2次データの活用性	38
6.1	直接的な活用	39
6.2	CO ₂ 算出量計算	39
第7章	結論	41
7.1	まとめ	42
7.2	深耕方向	43
	参考文献	44

図目次

図 1	二酸化炭素排出量の部門別内訳	6
図 2	交通流シミュレーションにおける実測調査の利用例	10
図 3	ループコイル形式	17
図 4	提案システムの構成	23
図 5	ユーザインターフェイス	25
図 6	MySQL サーバ データベース	28
図 7	時間規定によるサンプリング	30
図 8	時間規定によるサンプリングの Map プロット	31
図 9	距離規定によるサンプリング	32
図 10	距離規定によるサンプリングの Map プロット	33
図 11	GPS 更新回数と精度	36

表目次

表 1	現存台数, 調査数, 現存台数に対する調査数の割合	13
表 2	提案手法と従来研究の比較	20
表 3	サンプリング間隔, 電力消費の関連表	30
表 4	CO ₂ 排出量算定式.....	39
表 5	速度と走行時間の相関表	40

第 1 章

序論

1.1 はじめに

1.1 はじめに

近年、京都議定書の定めた温室効果ガス6種の削減目標を目指すべく、日本ではエネルギー問題に対する様々な施策が実施されている。

日本においては、二酸化炭素とそれに換算した他5種以下の排出量について6%の削減目標を掲げているのだが、2008年度の日本における温室効果ガス総排出量は基準年比の1.9%増となり、産業を除いた内で最も比率の高い運輸部門では14.6%増となっている。(図1)

運輸部門において旅客部門と貨物部門の輸送機関別シェアを比較すると、どちらの部門も約60%は道路輸送である[1]。

また、運輸部門の内訳として道路輸送と鉄道輸送を比較すると、中長距離帯において鉄道はリードタイム・費用ともに道路輸送と遜色なくなってくるが、道路輸送のシェアの方が高い状況で今後もこの傾向が進むと考えられる。この理由として、旅客鉄道会社が線路を保有しているので鉄道のダイヤは旅客列車中心となっており、輸送障害が発生した際も旅客列車優先のダイヤ回復となるなど鉄道貨物のサービスを向上するには数多くの課題が山積していることが挙げられる[2]。

1.1 はじめに

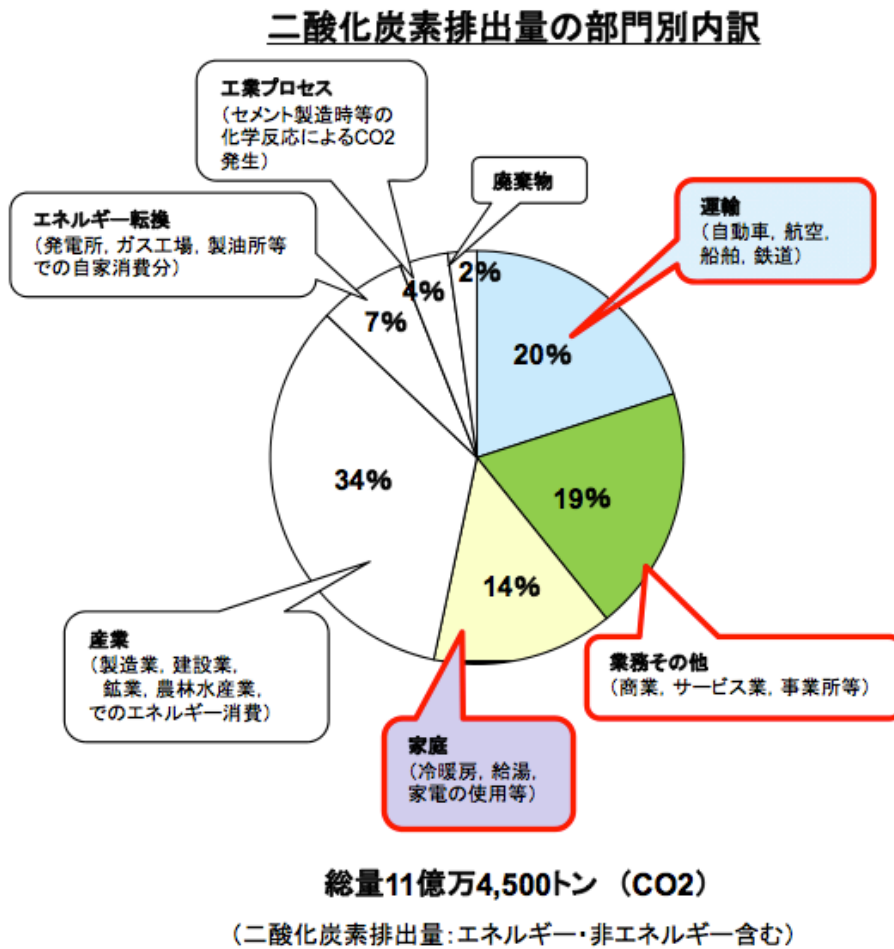


図 1 二酸化炭素排出量の部門別内訳

引用元: 「国土交通省, 最近の環境政策の動向, 日本の温室効果ガス排出量 (2009 速報値)について」

1.2 本研究の目的と特徴

この現状から相対的にみて道路輸送のエネルギー削減を考慮する必要がある、エネルギー消費の削減のために渋滞の緩和施策、交通流シミュレーションやサプライチェーンマネジメントなど複数の分野で研究が行われている。

これらの分野では共通して、交通実態調査による現状の道路交通流実測データ（交通流調査1次データ）として時間別交通量、特定車両の経路情報等を把握する必要がある。だが、現状で交通流実態調査は紙面による調査にとどまっており、収集されている項目も限定されている。故に社会的な要請として、収集方法の効率化と正確性、拡張性が求められている[3]。

本論文では2010年現在、実現可能な収集モデルとしてモバイル端末を用いた交通実態調査データ収集モデルを提案し、モデルを実装した場合の実現可能性と精度を検証することを目的としている。

本研究で提案するモデルは、導入コストとユーザインターフェイスの操作必要性を共に加味し、既存のシステムと比較して軽減しているため、他分野における2次データとしての活用性にも期待できる。

1.3 本論文の構成

1.3 本論文の構成

本論文の構成は、以下の通りである。

第2章では、エネルギー削減の対象とした道路輸送エネルギーの調査方法と課題について概観する。

第3章では、調査方法の簡易化を可能にする前提条件を明確にするため、現状で設置されている交通流計測システムとその課題を紹介する。

第4章では、パラメータ設定と今回提案する交通流実態調査のシステム構成を述べる。また、それぞれのフィールド毎の説明を行う。

第5章では、提案システムの実現可能性を検討する実験とその評価を示し、考察を行う。その過程で問題となる制約条件についても考察する。

第6章では、今回提案したシステムで収集したデータの活用例を示し、第7章でまとめとする。

第 2 章

交通実態調査

2.1 概要

2.1 概要

車両の交通実態調査は国土交通省のみが調査を行っている。
この交通実態調査は都市計画策定を進める上での資料となるだけでなく、交通流シミュレーション手法開発の精度を確かめる 1 次データや、サプライチェーンマネジメントに用いられている。都市計画策定においては道路建設の基準データに主に用いられ、交通流シミュレーション分野においては評価基準として用いられる。以下で簡易ながらも交通流シミュレーション分野の概要と交通流 1 次データとの関わりについて紹介する。

交通問題に対してシミュレーションを用いて解決する交通流シミュレーション分野は 1950 年頃から米国で研究が始まり、その後多くの交通流シミュレーションが開発されてきた。日本においては 1960 年頃から交通環境の悪化と共に成長を続け、現在は動的な交通配分やボトルネックの交通現象研究（渋滞や雪による規制等）が主要となっている[4] [5] [6].

交通流シミュレーション分野では 図 2 にあるように簡易調査が必要となる場面に加え、最終的な改善シミュレーション精度を測るためにも 1 次データは重要な評価基準となる。（図 2 参照）

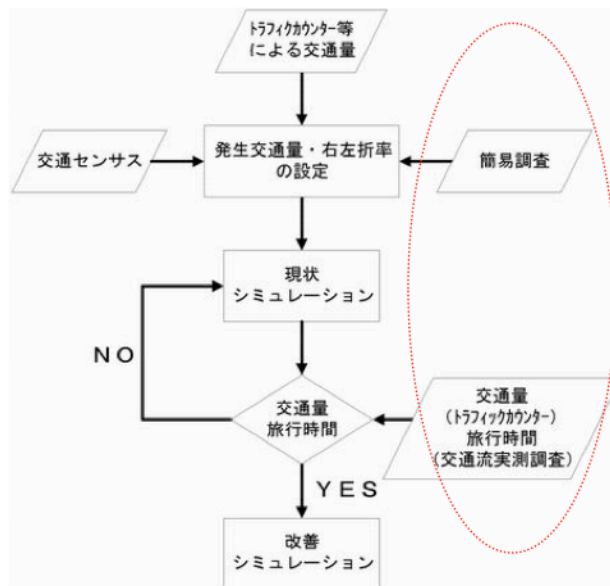


図 2 交通流シミュレーションにおける実測調査の利用例 [4]

2.1 概要

異なる分野での交通実態調査 1 次データの利用例として、サプライチェーンマネジメント分野、環境分野における利用例を紹介する。

サプライチェーンマネジメント分野において、交通流調査の 1 次データはモデルを評価する場合のサンプルデータとなっている[7]。しかし、物流コストの調査は現在各大学・企業が個別に行っているためコストの重複が多く発生している。

また環境分野としても配送コストの削減における環境への配慮面や温暖化対策の評価軸となる排出係数について、運輸エネルギー消費のデータを多数収集することでより正確に設定していくべきであると云う指摘も挙げられている。

このように交通流の 1 次データを利用する学術分野は多く、数値としてより多くの交通実態調査データの収集が必要であるのだが、現行の調査では紙媒体の「自動車輸送統計調査票」を車種別に無作為に配布し調査依頼をする手法をとっているため、回収率に難があり調査数にも限界がある。

この問題を解決することが現在求められているが、簡易化するための前提として、「自動車輸送統計調査票」の調査対象と調査項目の構成（パラメータ）を認識する必要がある。よって次項で調査の構成及び調査方法について紹介する。

2.2 調査対象と項目及び方法

2.2 調査対象と項目及び方法

国土交通省調査では「道路運送法」に基づき、自動車の使用者は、旅客又は貨物の輸送状況を「自動車輸送実績報告書」として、陸運事務所を經由して毎月運輸省（現国土交通省）に提出していたが、昭和35年（1960）4月から統計法による指定統計第99号として自動車輸送統計調査が実施された。さらに昭和62年（1987）からは新たに軽自動車が調査対象に加えられた[8]。

調査・回収方法としては紙媒体の「自動車輸送統計調査票」を貨物輸送に関しては事業所や個人貨物車の所有者に、旅客輸送に関してはタクシー業者やバス事業者に無作為に配布し回収している。月毎の調査では自動車一両の場合一定期間（貨物:7日間、旅客:3日間）で調査を行い、事業所は1か月間行う。

自動車輸送統計調査票の調査対象について記述する。

調査対象

- A-貨物営業用
- B-特別積合せトラック
- C-貨物自家用
- D-旅客営業用一乗合、貸切、特定
- E-旅客営業用一乗用
- F-旅客自家用一乗合
- G-旅客自家用一乗用

以上の7種である。

また、客体数はそれぞれ営業用(A, B, D, E)の客体数が大調査月7,100 通常月2,400 であるのに対し、自家用(C, F, G)は大調査月1,000 通常月300 である。

調査依頼は、営業用(A, B, D, E)はタクシー、バス、トラック保有の営業所に、自家用(C, F, G)は車両保有の個人に依頼する形式になっている。

2.2 調査対象と項目及び方法

自動車輸送統計調査の月次及び年次についての国土交通省の調査項目は次の通り。

調査項目

- ・移動距離
- ・最大積載量
- ・どの地域からどの地域まで移動したか（都道府県コードで記入）

数値として重要な項目は、車両の移動を把握すると云う目的より「移動距離」と「車種情報」、「移動経路」の3点が挙げられる。

調査比率

各調査車種別(C,F,G)に事業所を除いた現存台数、調査数、現存台数に対する調査数の割合を表にすると次の通り。

表 1 現存台数、調査数、現存台数に対する調査数の割合

車種	調査数	総数	調査数の割合
第2号様式：C	9,700	6,370,000	0.15%
第3号様式：F	250	110,000	0.23%
第4号様式：G	500	270,000	0.19%

表 1 より調査対象として自家用車に対する調査数不足が見て取れる。調査項目を記録し、書類として再度提出しなければならない煩わしさが一つの原因と考えられるため、ネットワークを介して「自動車輸送統計調査票」収集の自動化が見込まれることには大きな意味がある。

2.2 調査対象と項目及び方法

自動化することのメリット

- サンプル数の増加が見込まれる
調査コストとリアルタイム性の面から サンプル数の増加が期待出来る。
- 調査とデータ集計のタイムブランクの減少
1次データとして用いる場合に、収集までのタイムラグが書類による収集に比べて短いため、即時性を必要とする場合のデータとして活用できる。
また、収集したデータを集計する作業が省かれるため、2次データとしての活用性が向上する。
- 経路情報データの高度化
現在収集しているデータは都道府県の情報のみだが、詳細な経路情報は交通流の1次データとして大きな価値がある。自動化することで、経路情報を時間情報と関連してより高度な情報として収集出来る。

留意すべき点

- 管理側とユーザ側両者の操作負担が少ないこと
簡易化を目的とするため、管理側、ユーザ側両者の操作は出来る限り最小に留めた方が好ましい。
- 1次データとしての精度を保つこと
自動化によるデータの精度の劣化を防ぐことは、1次データとして扱う以上必要不可欠な要素である。

さらに、自動化するメリットの部位においても記述したが、特定の自動車に対する経路情報の抽出と、異なる要望に対応した調査項目の抽出が出来るとスケラビリティの面で好ましい。

2.2 調査対象と項目及び方法

上記の「自動化することのメリット」を備え、「留意すべき点」を考慮した、交通実態調査を自動化する手法を検討するため、既存の交通流計測システムを次章で紹介し、各々を比較することで課題を考察する。

第3章

交通流計測システム

3.1 ループコイル形式

3.1 概論

現在、交通流計測方法の研究では車両感知器を道路上に設置する形式として、ループコイル形式、超音波形式、COTV 画像処理方式が研究されている。車両感知器からの信号を元に車種判別、速度のデータを取得し、集計する。交通実態調査を自動化する調査手法を検討するため、各形式について述べる。

3.1.1 ループコイル形式

ループコイル形式について説明する。ループコイル形式では、ひとつの車両感知器に対して道路上の2定点にループコイルセンサを設置し、車種判別、車両速度、平均速度、交通量のデータを作成する[9]。(図2参照)

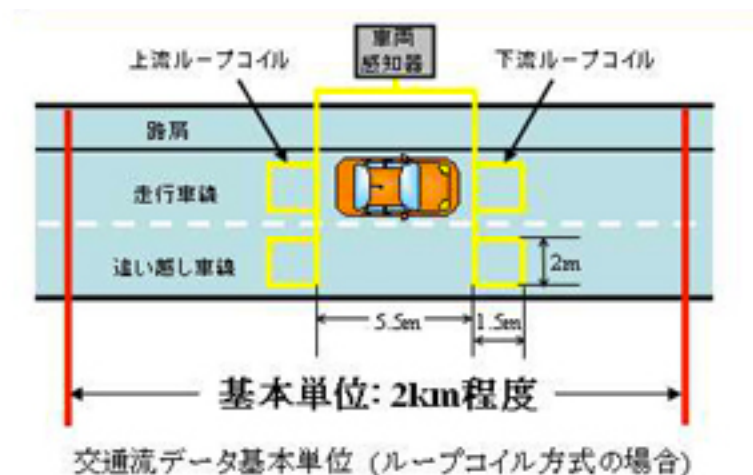


図3 ループコイル形式

引用元：「(財団法人)道路新産業開発機構 岩田武夫, 地域 ITS e-Plat Form :

http://www.kut-its.jp/99_data/kutep/section_serial=14/section_serial=14&item_serial=603.html」

ループコイルセンサは金属物に反応するセンサであり、人や動物の通過による誤作動は少ない。上流ループコイルと下流ループコイルを有した車両感知器は、その感知した信号を解析し、上流ループコイルと下流ループコイルからのパルス信号が時間的に重なりあった場合、大型車と判別し、時間的な重なりがない場合は小型車として判別する。

3.1 ループコイル形式

速度は設置間隔を通過時間で除することで求めている。

$$\text{速度}(v[\text{m/s}])=\text{設置間隔}(5.5[\text{m}])/\text{通過時間}(t[\text{s}])$$

車両感知器は地点データであるが、イベントデータを作成するために感知器設置個所の前後 1km を基本単位として、複数設置し運用しているものが多い。

ループコイル形式の問題として、積雪地区ではループコイルが痛むためあまり設置されていない。そのため、北海道から東北地方ではほとんどループコイル式は採用されていない。

3.1.2 画像処理方式

方向別交通量等の詳細な情報を得るために、プライバシー性やコストパフォーマンスに優れる画像センサを採用したシステム。車両検出手段として画像に対してトラッキング手法を用い、方向別統計量・平均速度・交通密度などの交通事象に関する統計量を自動的に取得するシステム[10]。

これらの研究に共通しているのは、特定の場所における交通流を調査し、リアルタイムに集計している点であり、特定の車両の経路を調査することは比較的困難である。

3.2 特定車両の経路情報

3.2 特定車両の経路情報

特定車両の経路情報を調査する手法として、VICS や Probe システムを用いた手法が考えられる[11][12].

VICS はカーナビゲーションシステムに使用され、車の現在位置から渋滞情報や目的地への経路情報を提供する.

Probe システムは車をプローブ (Probe: 触角, 探索針) と見なし、車固有の様々なセンサーデータを車外に発信させ、リアルタイム・オンサイトの情報として収集し、車や社会全体に提供するシステムである. プローブ情報システムは、車両からセンサーデータを収集するが、どのようなセンサーデータを収集するにも位置情報、時刻情報、通信におけるアドレスなどの情報がともに収集される.

3.3 課題と提案

従来手法である VICS には導入・維持コストが多くかさむことによるエリアカバー率の低迷といった欠点があるため、新規に導入されつつある Probe システムではこのエリアカバー率の拡大が期待されている. しかし、現状では Probe の普及率はまだまだ低いため、Probe・VICS を併用しても満足いくエリアカバー率が得られておらず、それに伴って得られる交通情報の精度も低くなってしまっている.

本研究ではこの状況を踏まえて、車両感知器のようにエリアカバー率に左右されず、特定車両の経路情報を抽出可能な、携帯端末を用いたモデルを提案する.

3.4 提案手法と従来研究の比較

3.4 提案手法と従来研究の比較

提案手法の位置づけを示すため、従来研究との比較を表記した。
経路情報を取得可能な手法であり、かつコストとある程度の集計可能数を満たす手法として提案する。

表 2 提案手法と従来研究の比較

	エリアカバー率	設置・導入コスト	経路情報取得	集計可能数
ループコイル形式	中	×：高	×：不可	制限なし
画像処理方式	低	△：中	×：不可	制限なし
VICS・Probe	中	△：中	○：可	制限なし
Probe Person	高	○：低 特殊な端末	○：可	500
提案手法	高	◎：無	○：可	10,000

第4章

基本システム構成

4.1 提案手法概要

4.1 提案手法概要

交通流調査 1 次データ収集モデルを提案する。

まずデバイスだが、手軽さによる回答率向上のため、軽量で小型なユビキタスデバイスから情報を収集すべきである。さらに特殊な統一性のあるデバイスを車両に搭載するコストを考えると、すでに日本においてある程度普及している携帯を利用することに優位な点が多く見受けられる。携帯端末上でアプリケーションが動作すれば 1 次データの収集ツールとしてだけでなく、データベースにデータを格納し管理することが可能であるため、即時性と利便性の面で 2 次データ加工にも効果的である。

さらに携帯所有の時刻と GPS 機能を組み合わせることで時刻と位置情報を取得することが可能になり、GIS もしくは googlemap にプロットすることで経路情報の修正も可能となる。

近年、スマートフォン、Android 搭載携帯端末の市場拡散により、以前よりも携帯電話によるネットワーク通信の品質と、携帯端末で動作するアプリケーションの自由度は向上してきている。そのため、スマートフォン、Android 搭載携帯端末によるデータ収集が調査の簡易化とネットワーク処理の点で優秀だと考えられる。

本研究では iphone のアプリケーションをユーザインターフェイスとして開発した。

4.2 全体の構成

4.2 全体の構成

SQL データベース, 閲覧用 web page, モバイル端末から構成される.
提案システムの構成を 図 4 に示す.

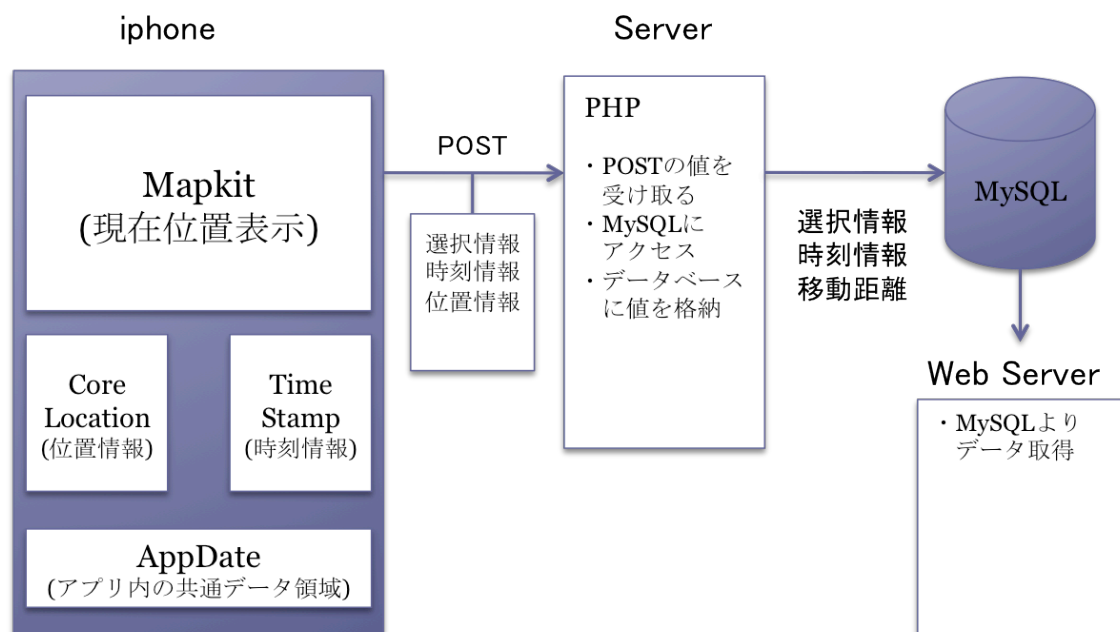


図 4 提案システムの構成

概要にも示した通り, モバイル端末としては GPS 機能と方位情報を計測可能な地磁気コンパスを保持する iPhone を選択した. モバイル端末より取得した情報は 1 次データとして利用が簡易に行えるようにデータベースで管理することが望ましい.

本研究では, 運用が容易で広く利用されているため利用例の多い mysql データサーバを作成した.

Web サーバはソートと特定車両の経路閲覧のために作成した.

4.4 パラメータ設計

4.3 パラメータ設計

個別の構成を述べる前に、本項ではアプリケーション開発のために必要なパラメータとその測定方法の考察結果について述べる。

調査項目は、「移動距離」、「車種情報」、「移動経路」を主として、各項目をより高度なデータとして集計することを目標とする。

測定すべきパラメータとして、それぞれの項を分解すると、時間毎の経路情報・速度情報、総合情報として移動距離・精度が存在する。方位は計測時の進路方向を把握するために用いる。これに加えて、温室効果ガス排出量を算定するために時間毎の「速度情報」を取得する。

それぞれのパラメータの取得方法を以下にまとめる。

「車種情報」

車両情報

ユーザ選択情報

この情報から車両の種類を特定することができ、走行速度、距離 から CO2 排出量を算出できる。詳しくは第5章で説明する。

「移動経路」：時刻との関連を持つ

緯度：latitude

GPS 情報

CoreLocation から呼び出す。

経度：longitude

GPS 情報

CoreLocation から呼び出す。

時刻：datetime

標準時刻より取得。POST する際にはデータを-で連結し、一括送信する。

4.4 パラメータ設計

方位 : heading

搭載の電子磁石より方位を取得. 車の向いている方向を認知する.

精度

GPS 情報

CoreLocation から呼び出す.

「移動距離」

移動距離

起動時の位置情報と現在地より算定式によって算出

「速度情報」

速度 : speed

1つ前のデータと更新データの 移動距離の差分 / 時刻の差分で算出.

これらの処理はすべて携帯端末で行われ, 取得したデータをひとつの form に格納し, データサーバに送信される.

4.4 携帯端末の処理

4.4 携帯端末の処理

サンプリング間隔毎に GPS 情報・方位情報・時刻情報を取得する。情報が更新される度にサーバに一括してデータを送信する。

ユーザインターフェイスとして、はじめに車両情報を入力する画面表示し、データ入力を行ってもらう。測定中の画面は現在地と方位を表示するものとした。Flipside には詳細データが表示される。

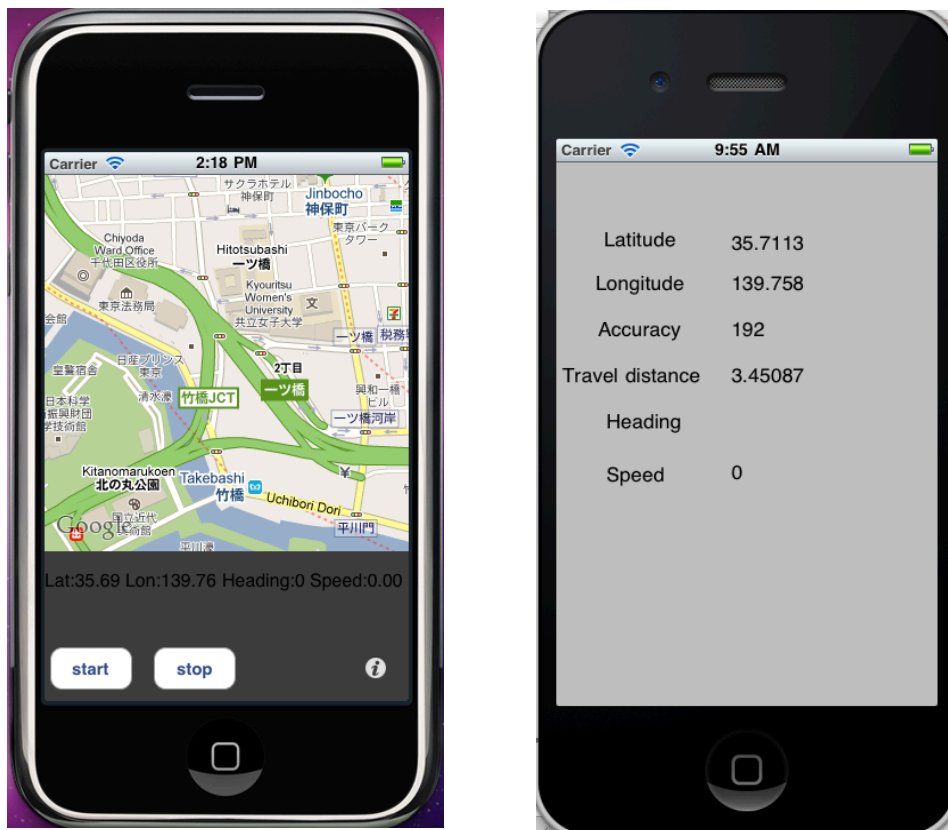


図 5 ユーザインターフェイス

4.4 携帯端末の処理

携帯端末では, form での処理で表現すると, 以下の様にデータを php ファイルに送信する.

```
<center>
<form enctype="multipart/form-data" action="info_upload.php"
method="POST">
.....
.
.
    <input type="hidden" name="datetime"
value="2011-01-02-12-34-56" />
    <input type="hidden" name="device_id" value="Dummy_iPhone_id" />
    <input type="hidden" name="lat" value="35.658587" />
    <input type="hidden" name="lon" value="139.745425" />
    <input type="hidden" name="heading" value="123.456789" />
.
.
.....
</form>
</center>
```

4. 5 mySQL サーバの処理

4. 5 mySQL サーバの処理

サーバは、前述のパラメータを管理するテーブルを保持しており、主キーをiphone ID として管理している。

サーバ上の php ファイルに iphone より html を介してアクセスし、各個人の送
信した経路情報、つまり GPS 情報(経度・緯度)、時刻情報、方位情報、移動距離、精度を受け取り mySQL サーバに格納する。

← T →	regist_time	phone_id	lat	lon	distance	accuracy	heading	speed
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-16-57	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.711441	139.730281	2274.406135	5	182.384216	18.724146
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-17-48	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.719468	139.725075	3002.277824	5	101.115204	19.486447
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-18-49	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.7264	139.717967	3935.42038	5	337.115204	21.457634
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-19-42	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.735274	139.715231	4716.851167	10	335.115204	20.994451
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-20-40	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.741376	139.706951	5725.015257	10	61.115196	14.277648
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-21-37	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.75046	139.708353	6343.655687	10	61.341118	20.820713
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-22-31	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.759426	139.706164	7237.427845	5	30.34112	17.605404
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-23-30	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.767129	139.700322	8237.547924	10	337.341125	18.363722
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-24-20	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.77267	139.69134	9220.071479	5	65.341118	26.787663
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-25-01	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.775547	139.68062	10088.048729	10	129.341125	24.745129
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-25-48	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.781031	139.671672	11081.477715	5	11.34112	21.68229
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-26-28	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.782519	139.660598	11896.89844	5	11.34112	25.223608
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-27-07	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.785243	139.649849	12810.384203	10	317.265289	27.95873
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-28-06	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.793047	139.644093	13780.194906	5	55.510002	20.625155
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-28-50	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.80159	139.647591	14232.072738	10	34.371193	25.310312
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-29-26	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.810707	139.648829	14917.396924	10	11.371191	30.784568
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-30-04	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.819149	139.644853	15869.539258	5	1.371191	24.282906
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-30-43	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.826651	139.638294	16889.549946	5	347.312073	28.426956
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-31-31	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.834081	139.631966	17890.472463	5	341.312073	10.178609
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-32-10	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.842486	139.627347	18882.495042	5	5.484029	30.47049
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-32-44	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.85141	139.624354	19836.255096	5	37.484032	32.107184
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-33-16	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.86013	139.621373	20777.981441	5	35.484032	31.178821
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-33-50	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.869205	139.620208	21665.584481	5	14.241137	28.3932
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-34-28	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.87823	139.617935	22613.497147	5	9.241137	26.788529
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-36-05	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.886792	139.614337	23588.295975	5	12.241137	6.145426
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-40-56	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.894175	139.607881	24592.441055	5	351.394135	8.097543
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-44-59	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.900615	139.599985	25579.318235	5	14.394129	16.092117
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-47-28	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.908534	139.594663	26577.924227	10	11.394129	13.550513
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-55-25	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.917529	139.592974	27502.056231	5	3.102503	11.055722
<input type="checkbox"/>	2011-02-08-12-59-25	81be28c90aa508d65ed100646efebaa72fb98468	35.925324	139.58742	28501.283681	10	278.102509	6.906446

図 6 mySQL サーバ データベース

4. 6 web ブラウザの表現

特定の車両の経路情報を引き出す仕様を有している. iphoneID より特定車両の検索と閲覧が可能. 車種情報, 速度情報の抽出によって CO2 排出量算定データを表示する.

第5章

基本アプリケーションの検証実験

5.1 制約条件

5.1 制約条件

実機での検証実験を行うため、サーバ側・携帯端末側それぞれに制約条件が存在する。以下両者について実験と考察を行った。

5.1.1 データ総量

現在の目標サンプル人数は

9700 両 / 日 <全体：約 637 万両>

だが、サンプル数の目標値を 10 倍の 100,000 両に設定するとすれば、

$$1 \text{ Log} = 0.8 \text{ KiB} \approx 820 \text{ byte}$$

8 時間計測することを想定し、サンプリングの間隔を $t \text{ min}$ とすると、およそ 1 両当たり $(384 / t) \text{ kb}$ のデータサイズ。

$t = 1$ とするサンプリング間隔で、目標の 100,000 両ならば、およそ 38 Gb / 日の容量を使用する。これはラックトップ PC でデータを集計する場合を想定しても、1 ヶ月で収集するデータ総量は 1Tb 以下におさまり、1Tb の HDD 容量を兼ね備えたラックトップ PC が多数存在する現状としては許容範囲であると云える。

5.1.2 携帯端末の電力消費

アプリケーションとして起動するため、電力消費を他の電話としての機能を妨げないためにも考慮しなければならない。

基本的に電力を消費するのは GPS 情報を取得する行為であり、サンプリング間隔の変更、つまり更新回数によって調整できる。しかし、電力消費の問題は更新回数とトレードオフの関係にあるため、最適なサンプリング間隔を設定する必要がある。

本実験では、サンプリング間隔を 60s、120s に設定し、測定した。そのサンプリング間隔、電力消費の関連表は次の通り。

表 3 サンプリング間隔、電力消費の関連表

サンプリング間隔：駆動時間	GPS 更新回数	消費電力
120s : 120min	60 回	20%
60s : 60min	60 回	21%

5.1 制約条件

電力消費は、本実験で用いたアプリケーション起動前と集計完了後のそれぞれにおいて消費電力表示アプリを用いて表示し、差分をとっている。

表の値より、現状の ios4. 2. 1 を搭載する iphone では 240 回の GPS 更新、つまり実験で用いたアプリケーションでは、120s 毎の更新で 8 時間の駆動には耐えうるバッテリーを有していることがわかる。この数値は約 6 時間の調査時間を設定した場合、十分であると云えるだろう。

5.2 サンプル間隔の設定

5.2 サンプル間隔の設定

時間、距離によりサンプル間隔が規定されるアプリケーションを作成し、それぞれの特性を実験により評価した。

5.2.1 時間規定によるサンプリング

本実験では 60s 毎にアップデートするアプリケーションを作成し、使用した。実地では高速道路、一般道を通行している。

地図にプロットする前の経度・緯度座標による表現では以下の通り。

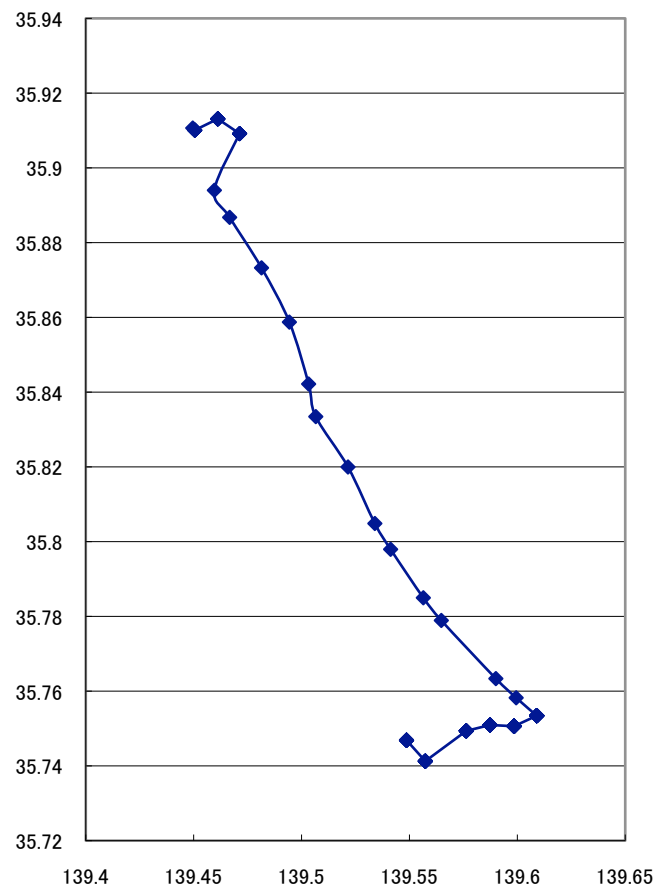


図 7 時間規定によるサンプリング

5.2 サンプル間隔の設定

時間規定によるサンプリングのため、プロット間隔にばらつきがあることが見て取れる。これを Map にプロットし、経路を結んだ図を以下に示す。

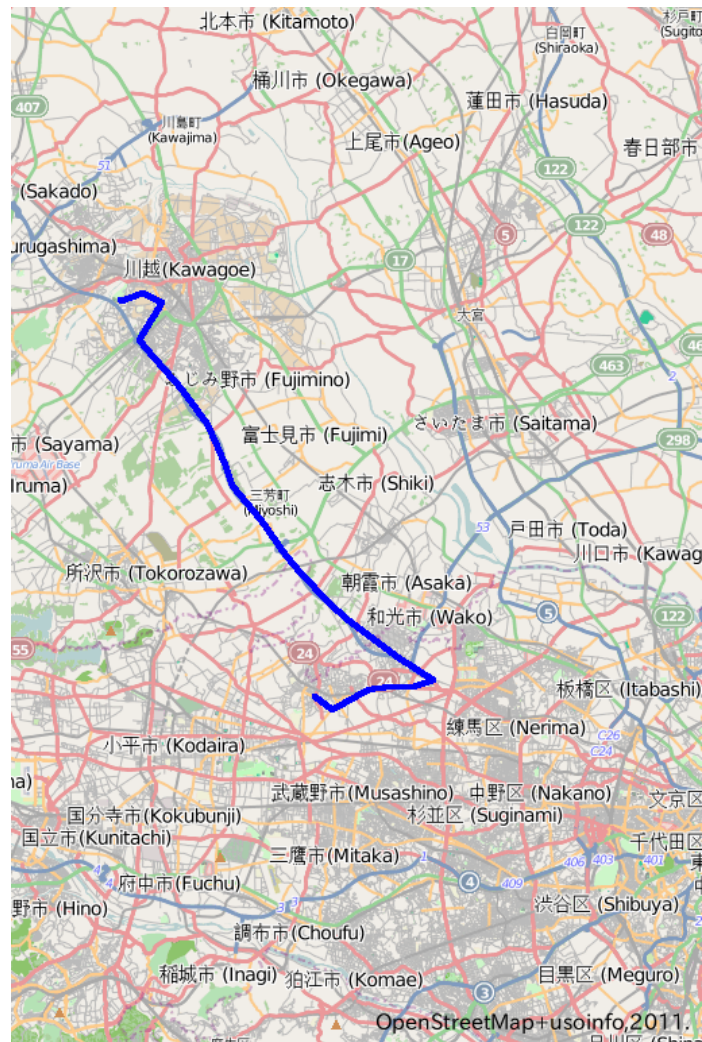


図 8 時間規定によるサンプリングの Map プロット

5.2 サンプル間隔の設定

5.2.2 距離規定によるサンプリング

本実験では移動距離のフィルターを設定し、移動距離が 1,000m 更新で増加する毎に位置情報を POST するアプリケーションを作成し、使用した。実地では前回同様 高速道路、一般道を通行している。

地図にプロットする前の経度・緯度座標による表現では以下の通り。

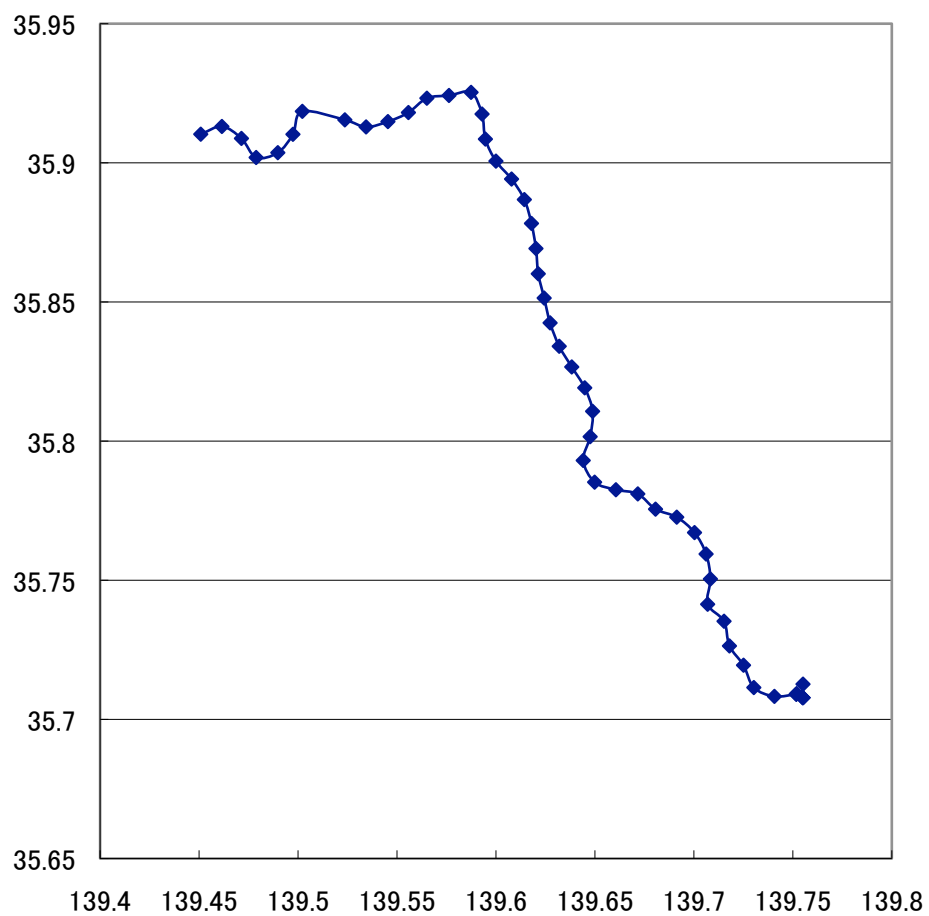


図 9 距離規定によるサンプリング

5.2 サンプリング間隔の設定

一部計測出来ていない点もあるが、プロットが等間隔で並んでいることが見て取れる。これを Map にプロットし、経路を結んだ図を以下に示す。

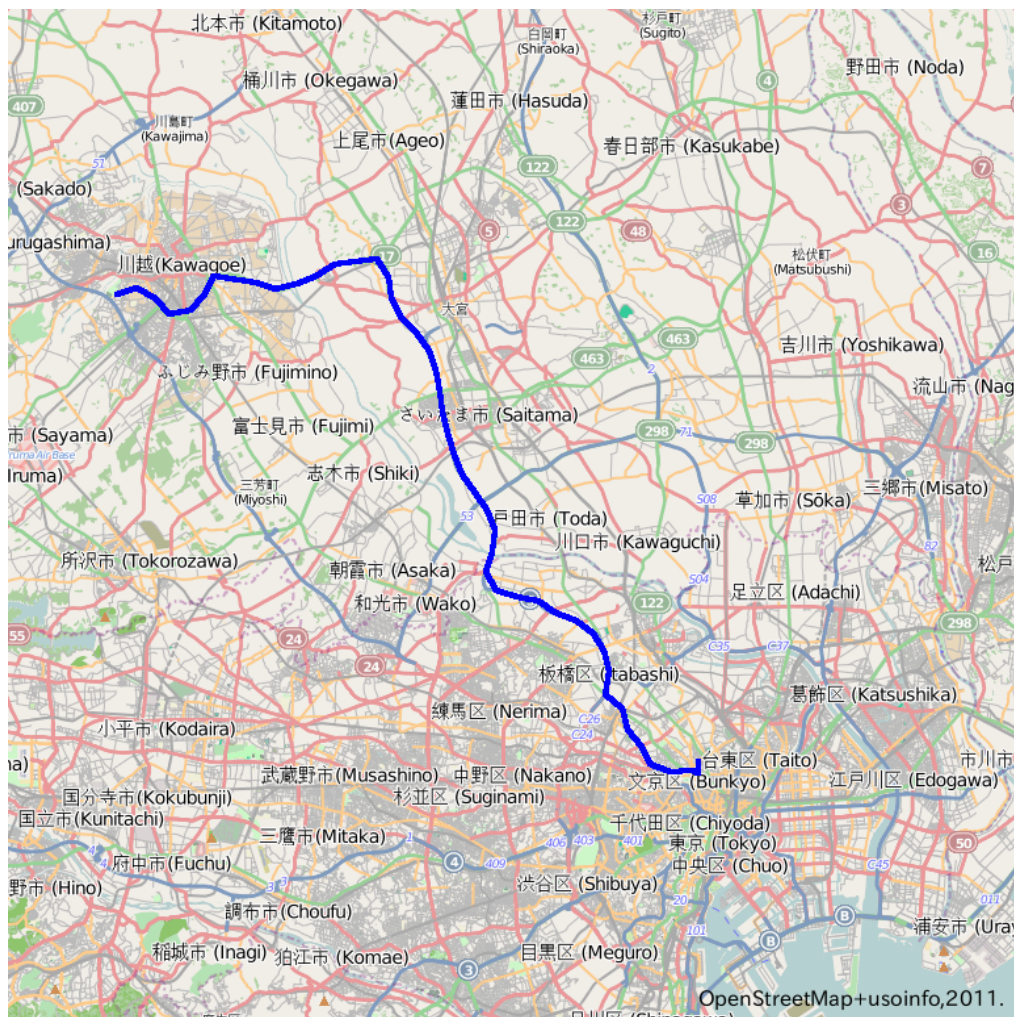


図 10 距離規定によるサンプリングの Map プロット

5.2 サンプル間隔の設定

5.2.3 比較

2つの更新方法を比較し、利点と欠点を考察する。

時間規定

利点：車両の速度変化が視覚的に解り易い。これにより、渋滞の有無や交通量の変化を読み取ることが可能。

欠点：図中の和光市周辺で起きているように、高速道路でのカーブなどサンプリングの間に大きく距離が更新された場合では道路 map から外れる現象が起きる。

距離規定

利点：経路情報が比較的スムーズに取得出来る。

欠点：速度変化や渋滞情報が時間規定と比較して、読み取り難い。

5.3 精度の評価

本実験では、2分以下の更新頻度で GPS 情報が更新されたため、5～30m の精度を常に保った。(図 11 参照)

車両の km 単位での移動経路の把握が目的のため、100m 以下の精度を維持することで1次データとしての信頼性を保っていると云える。

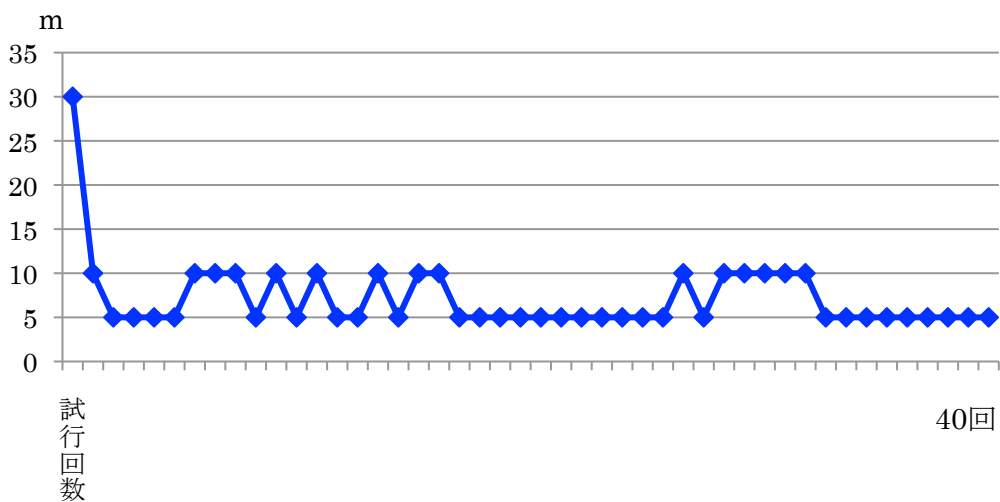


図 11 GPS 更新回数と精度

5.4 システム実装により期待される効果

まず始めに導入の簡易さが挙げられる。アプリケーションとして開発したため、導入手順としては、スマートフォンユーザならばダウンロードするのみである。本研究ではユーザインターフェイスがアプリケーションとして機能しており、機能の拡張面でも有効である。

また利用者に対する煩わしさだが、極力インターフェイスを簡易化することで、利用者の input が少なくとも正確なデータを収集できるモデルとなっている。

特定の区間の交通実態情報を閲覧したい場合、経度・緯度の範囲を設けることで、データベースからその区間の交通情報を引き出すことも可能。

第 6 章

2 次データの活用性

6.1 直接的な活用

6.1 直接的な活用

交通マイクロシミュレータ Paramics などに数値代入することで、シミュレーションの結果と実態調査の数値の比較が可能となり、シミュレーションシステムにより高度な改良が可能となる。

6.2 CO2 算出量計算

温暖化の要因となる CO₂、NO₂ の排出量を算出する。取得した時間毎の速度パラメータを用いて速度別排出量データベースを参照することで導く。

表 4 CO₂ 排出量算定式 [19]

表 自動車 の 走行速度別の CO₂ 排出量算定式及び CO₂ 排出原単位

走行速度 (km/時)	CO ₂ 排出量算定式 (g-C/km/日)	CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /人 km)
10	$(99a_1+237a_2)Q$	242.0
20	$(67a_1+182a_2)Q$	163.8
30	$(54a_1+155a_2)Q$	132.0
40	$(46a_1+137a_2)Q$	112.4
50	$(42a_1+127a_2)Q$	102.7
60	$(40a_1+122a_2)Q$	97.8
70	$(39a_1+123a_2)Q$	95.3
80	$(40a_1+129a_2)Q$	97.8

a_1 : 小型車混入率 a_2 : 大型車混入率 ($a_1+a_2=1.0$) Q : 交通量 (台/日)

注) 本試算では、 $a_1=1.0$ 、 $a_2=0.0$ 、平均乗車人員 1.5 人/台と設定。g-C と g-CO₂ は 44/12 を乗じて換算。

資料) 「道路投資の評価に関する指針 (案)」(平成 10 年 6 月、道路投資の評価に関する指針検討委員会) をもとに作成。

このデータは、都市計画において最も排出量を抑える道路別の走行速度規定や信号配置を決定する指標となりえる。

また、規定のガス排出量を目標値として、移動時間とガス排出量のバランスを加味した速度制御を行うことで、エネルギー削減に対して一定の成果を挙げることが出来る。

今回紹介した数値は東京のものであり、都市により算定式と排出原単位は異なる。

6.1 直接的な活用

一例として、今回 40 分間で測定した速度データ、時刻データを用いて CO2 排出量を算出する。以下に計測した速度データを示す。ただし、速度パラメータは CO2 排出量算定式と整合を取るため、10km 単位で値を四捨五入している。

表 5 速度と走行時間の相関表

速度 (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
走行 時間 (minites)	5	7	2	4	2	5	3	4	5	1	1

前記のデータにより、本実験における CO2 排出量 CO2_total は、

$$\text{CO2_total} = 128.16 \text{ (g-CO2 / 時)}$$

と算出できる。

また、今回は取得出来なかったが、車種情報より各車両の燃費データを参照することで移動距離から消費燃料を概算し、CO2 排出量を算出することが可能。この両者のデータを比較することで、より CO2 排出量データとしての精度の向上が見込まれる。

第 7 章

結論

7.1 まとめ

7.1 まとめ

エネルギー削減の対象とした道路輸送エネルギーの調査方法（交通実態調査）の自動化を検討し、必要なパラメータを定めた。

設定したパラメータを用いて設計を行い、雛型となるユキタスデバイス上で動作するアプリケーションを開発し、動作テストを行った。動作テストは道路で車両を実際に走行させて行い、実現可能性と精度を検証した。

実験により、サンプリング間隔を時間と距離で閾値を規定するとそれぞれ異なった特性をもつ結果が得られた。時間による閾値を規定した場合、速度情報を視覚的に捉え易い地図データが得られる。一方、距離による閾値を規定した場合、経路情報をより正確に示す地図データが得られた。両者の特性を活かして、2次データの用途により使い分けることが可能である。

データの信憑性を量る重要な指標である精度だが、本実験においては2分以下の更新頻度でGPS情報が更新されたため、5~30mの精度を常に保った。この値はkm単位での移動経路の把握が目的のため、100m以下の精度を維持することで1次データとしての信頼性を保っていると云える。

本研究で提案するモデルは、導入コストとユーザインターフェイスの操作必要性を共に加味し、既存のシステムと比較して軽減しているため、2次データとしての活用性にも期待できる。一例として、目的としていたエネルギー削減の基準となる、車両毎のCO₂排出量データの算出を行った。

7.2 深耕方向

- ・ 2次データ活用

交通管理（信号の配置の決定指標）への利用やCO₂排出量のマップ上での可視化に1次データとして活用する。ある道路上で起こったイベント（事故や積雪による通行止め）に対する交通状況の変化をデータベースから評価する。CO₂排出量についても、燃費データと移動距離データから算出した値と、速度と走行時間より算出した値により精度の向上が見込まれる。

ライフログ分野でも、活用が期待される。距離の閾値を短く設定することで、歩行時の速度と移動距離を獲得可能であり、ライフログツールとしても汎用性が高いと思われる。

- ・ 精度の向上

アプリケーションの性能向上のためには、今回作成した2つのアプリケーションの特性を合わせ持つ構成も考慮する必要がある。

参考文献

- [1] 日本自動車工業会 運輸部門の温暖化対策へ向けた 自動車業界の取り組みと考え方
- [2] 長谷川 奨, 増井 利彦: “Quantitative analysis on CO2 emission reduction by modal shift of freight transportation”,
- [3] 薄井智貴: “交通行動変化による環境負荷低減を目指した Web 情報提供システムの実験的研究”, 2009
- [4] 門司隆明, 板橋秀行, 坂本邦宏: “交通流マイクロシミュレーションの交通計画策定支援ツールとしての可能性”, 2009
- [5] 堀口良太: “Trend of recent development of traffic simulation technology”, 自動車技術会 64(3), pp 32-37, 2010-03
- [6] 高取 祐介: “ミクروسコピック交通流シミュレータを用いた路車協調型運転支援システムの安全性能評価”, 電子情報通信学会 ITS 108(471), pp17-22, 2009-03-02
- [7] 山田 忠史, 今井 康治, 谷口 栄一: “物流事業者の行動を考慮したサプライチェーンネットワーク均衡分析”
- [8] 国土交通省 都市交通計画・都市計画調査

- [9] Sungjoon HONG , Takashi OGUCHI : “Analysis of Operating Speed on Expressways”
- [10] Yasuhide Hyodo, Kaichi Fujimura, Shinya Yuasa, Takeshi Naito, Shunsuke Kamijo: “Pedestrian Tracking across Panning Camera Network”, the 16th World Congress on ITS, CD-ROM, 2009.
- [11] 市河 研一 , 杵渕 哲也 : “Travel Time Estimation Method Using Traffic Jam Information”, 情報処理学会論文誌 51(11), 2009
- [12] 玉置 洋 , 矢野 純史 , 香川 浩司 , 森田 哲郎 , 沼尾 正行 , 栗原 聡 : ” 複数の交通情報を効率的に利用する最適な交通情報提供手法の構築” , 人工知能学会論文誌 25(3), pp. 394-399, 2010
- [13] 足立 智之 : “Traffic information service on expressway by utilizing cellular phone” , 高速道路調査会 高速道路と自動車 52(4), pp.46-50, 2009-04
- [14] AASHTO : “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Fourth Edition)” , 2001.
- [15] Bonneson, J. A. : “Side Friction and Speed as Controls for Horizontal Curve Design” , Journal of Transportation Engineering, ASCE, VOL. 125, No. 6, pp. 437-480, 1999.
- [16] Sungjoon HONG , Takashi OGUCHI : “Analysis of Operating Speed on Expressways” , 2003

[17] 小高 佑樹 , 平野 研人 , 因 雄亮 : ” 携帯電話GPSの誤差解析と誤差縮小への応用 ” , 成蹊大学理工学研究報告 47(1), pp. 75-81, 2010-06

[18] 橋本 佳幸 : ” iphoneアプリ ネットワーク+GPSプログラミング ” , 秀和システム (2009-11-25)

[19] 国土交通省 温室効果ガス算定 補足資料

[20] 米谷栄二監修 , 渡辺新三 , 毛利正光 , 佐佐木綱 , 加藤 晃 : ”(新訂版)交通工学” ,国民科学社 (1981)

[21] 近藤勝直 : “ 交通行動分析 “ , 晃洋書房 (1987)

謝辞

本研究を行うにあたり、常日頃から御指導と適切な御助言をしていただいた指導教官の浅野正一郎教授に厚く御礼申し上げます。また、日頃の連絡や研究室の環境整備等でお世話になった跡部香秘書に深謝致します。

そして、修士課程における学生生活を実り豊かなものにして頂いた国立情報学研究所の浅野研究室、本位田研究室の学生諸氏に感謝致します。

発表文献

- 岩本 和也, 浅野 正一郎:
“温室効果ガスの削減を目的とする交通実態調査の自動化に関する検討”
土木学会 土木計画学委員会論文誌分冊 D-3
(投稿中. 2011 3月13日受付)