

GPSを用いたドライバアシストシステムの開発

石川, 倫明 / ISHIKAWA, Noriaki

(発行年 / Year)

2012-03-24

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2012-03-24

(学位名 / Degree Name)

修士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

2011 年度 修士論文

GPS を用いた
ドライバアシストシステムの開発

Development of the drive assist system on real time using by GPS

指導教授 渡辺 嘉二郎

大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

10R6103

いしかわ のりあき
石川 倫明

Development of the drive assist system on real time using by GPS

Noriaki Ishikawa

Abstract

This paper describes a drive assist system for lead to safe and eco-drive. Currently, social problems of energy issues and environmental issues have been various measures to solve around the world. As a measure of social issues, focus on the automobile. The car is boasts a high adoption rate. By the fossil fuel resource depletion, have a significant impact on emissions and other environmental issues. Then, the operation condition is analyzed from running information by installing the GPS sensor on the car to promote eco-drive and safe drive by providing advice on real time from the GPS information. The energy consumed is a little, and it is aimed driving and leading is purpose. The system can introduce to an existing car more easily. It becomes possible to mount low-cost. Therefore, it aims at the construction of the system that enables the drive advice.

Key Words: GPS, eco, assist-system, Energy, eco-drive, real time system

目 次

第 1 章	はじめに	6
1.1	研究背景	6
1.1.1	安全性の追求	8
1.1.2	低燃費化の追求	8
1.1.3	低価格化の追求	9
1.2	研究目的	10
1.2.1	安全性の追求	10
1.2.2	低燃費化の追求	10
1.2.3	低価格化の追求	10
第 2 章	実験の概要	12
2.1	実験目的	12
2.2	実験の流れ	13
2.2.1	エコドライブを推進するシステムの構築	13
2.2.2	安全運転を推進するシステムの構築	13
2.2.3	リアルタイムによるドライブアシストシステムの開発	14
第 3 章	GPS	15
3.1	GPS とは	15
3.1.1	3次元測位	16
3.1.2	GPS の測位法	17
3.1.3	GPS の誤差評価	18
3.1.4	GPS の展望	19
3.1.5	準天頂衛星システム	20
3.2	GPS データの詳細	20
3.2.1	GGA-Global Positioning System Fix Data	21
3.2.2	GLL-Geographic Position, Latitude and Longitude	21
3.2.3	GSA-GNSS DOP and Active Satellites	22
3.2.4	GSV-Satellites in View	22
3.2.5	RMC-Recommended Minimum Specific GNSS Data	23
3.2.6	VTG-Course Over Ground and Ground Speed	23
3.2.7	ZDA-Time & Date	23
3.3	GPS データの解析	24
第 4 章	理論	25
4.1	エコドライブとは	25
4.1.1	ふんわりアクセル e スタート	27

4.1.2	加減速の少ない運転	27
4.1.3	早めのアクセルオフ	27
4.1.4	エアコンの使用を控える	27
4.1.5	アイドリングストップ	27
4.1.6	暖機運転は適切に行なう	27
4.1.7	道路交通情報の活用	28
4.1.8	タイヤの空気圧チェックをこまめに行なう	28
4.1.9	不要な荷物は積まずに走行する	28
4.1.10	駐車場所に注意する	28
4.2	エコドライブ支援システム	29
4.3	通信不可能地帯の処理	30
4.3.1	ヒュペニの距離計算式	30
4.4	エコドライブ評価	32
4.5	エコドライブ評価システム概要	34
4.5.1	アルゴリズム	35
4.6	安全運転の評価システム	36
4.7	リアルタイムによるドライブアシストシステムの開発	36
4.7.1	シストシステムの構成	37
4.7.2	ドライブアシストシステムのフローチャート	39
4.7.3	ドライブアシストシステムインタフェース	40
4.7.4	評価・アドバイス	41
第5章	実験・検証	42
5.1	エコドライブ評価システム実験	42
5.1.1	実験準備	42
5.1.2	走行経路	42
5.1.3	実験結果	43
5.1.4	診断結果	45
5.1.5	検証	45
5.2	安全運転推進システム実験	46
5.2.1	実験	46
5.2.2	実験結果	46
5.2.3	検証	46
5.3	ドライブアシストシステムの実証実験	47
5.3.1	実験経路	47
5.3.2	ドライブアシストシステム実験結果	48
5.3.3	ドライブアシストシステム-天頂遮断地帯	50

5.3.4	ドライブアシストシステム-アドバイス出力画面.....	51
5.3.5	ログデータの解析結果.....	52
5.3.6	ログデータ検証.....	56
5.3.7	消費エネルギーの推移.....	57
5.3.8	ドライブアシストシステムの評価.....	58
第6章	むすび.....	59
参考文献	60
付録	61
謝 辞	62

第1章 はじめに

1.1 研究背景

近年、世界各国ではエネルギー問題、環境問題といった社会問題の対策が注目され、様々な方法が考案され続けている。中でも省エネルギー化や新エネルギーの開発といった、生活に必要な不可欠となるエネルギー、そして排出ガスの減少を目指す対策は特に注目されている。

本研究では社会問題対策の一つとして、世界において特に高い普及率を誇り、身近な製品である自動車に着目した。自動車は化石燃料の消費や排気ガスなど問題点が多く、また、普及率が高く、生活には必要不可欠なものであるため、社会問題に多大な影響を与えている。

燃料の回収技術の向上による回収率の増加から問題は軽視されてきた。しかし、有限である資源はいつか枯渇するものである。さらに、地球温暖化の環境問題もあり、省エネルギー化の考えに拍車がかかっている。

自動車の抱える問題の解決策として、電気を起用することによる燃料消費の軽減を目指す HEV(Hybrid Electric Vehicle), EV(Electric Vehicle)の開発が進んでいる。自動車の消費エネルギー、排気ガスの削減することが出来る電気自動車は大きな解決策となる。しかし、すでに高い普及率を誇っている自動車すべてをEV化することは困難である。

そこで本研究では社会問題にとって大きな問題となる、自動車の省エネルギー化を目指す、新しい手段の開発に着手する。

全国消費実態調査(2009)によると国内における世帯当たりの自動車所持率は 110%と言われており、この数値から多くの自動車が使用されていることがわかり、自動車が今後さらなる普及を目指すためには、安全性、低燃費化、低価格化が必要となり、今後はこれらの追求が課題となっている。

そこで、携帯電話に着目し、搭載されている機器を用いることで、今後自動車に求められている安全性・低燃費化・低価格化をしたシステムを提案する。

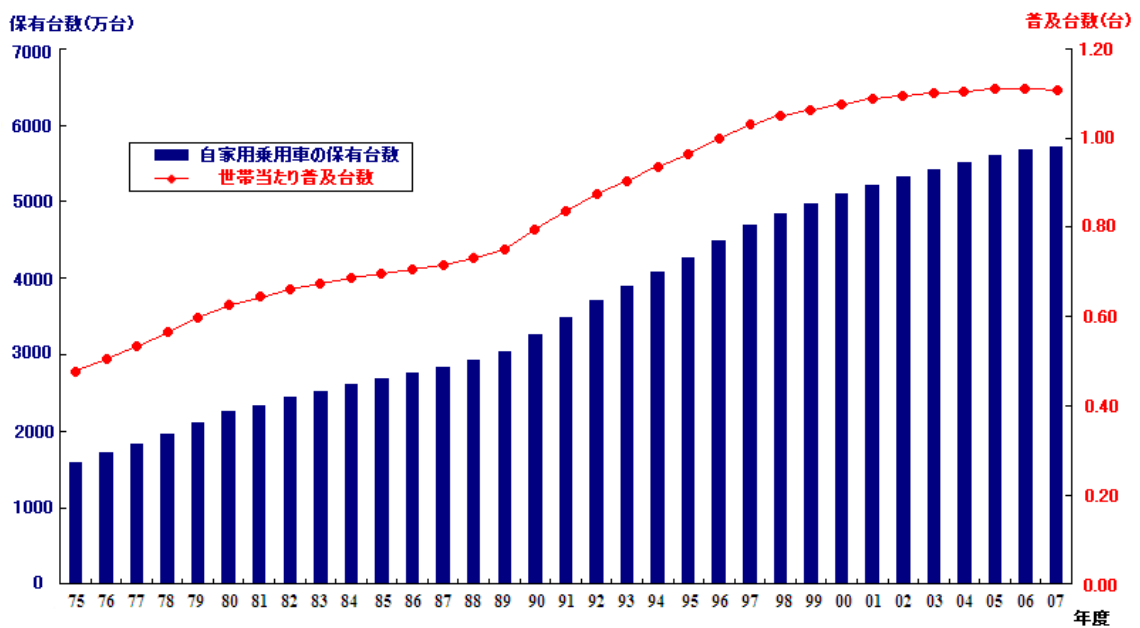


Fig.1 Private cars per household spread

1.1.1 安全性の追求

2003年1月、政府は今後の10年間で交通事故死者数を5000人以下にするという目標を掲げ、世界一安全な道路交通の実現を目指す方針を表明した。その結果2009年での交通事故死者数は4914人となり1952年以来の4000人台となった。目標達成を受け次なる目標として2018年を目途に交通事故死者数の2500人以下を目指すという目標に取り組むとした。交通事故の最も多い場所として交差点が挙げられる。交差点は単路と比べて行動が複雑となるため、周囲の車に対する意思表示の曖昧さや判断ミスが原因となり交通事故が多発する。交差点事故の形態としては出会い頭衝突事故、右左折時の巻き込み事故などが挙げられる。これらの事故は安全確認の怠りや死角などが原因となることが多い。システムとしてこれらの事故を防止する策で車両通信が挙げられる。自動車からは死角となってしまう情報を得ることのできる通信機能は、死角や安全確認の怠りによる事故原因を取り除き、交差点事故を減らせるためと考えたからである。

1.1.2 低燃費化の追求

現在自動車を動かすために必要不可欠な石油には枯渇問題というものがある。数年前からこの問題は取り上げられてきたが原油の回収技術の向上による回収率の増加から問題は軽視されてきた。しかしながら原油、天然ガスは有限でありいずれ枯渇することは間違いない。近年では地球温暖化などの環境問題とも相まって省エネルギー化の考えに拍車がかかっている。

環境問題において最も注目されているのが自動車だ。最近の自動車はHVやEV・燃費計やエコドライブ支援システムなどといったシステムが搭載されたものが販売されている。しかし、誰もが新車を購入するわけではなく、そのような機能が搭載されない自動車を運転している人間も少なくない。そこで、容易に使用することのできるエコドライブ判定システムを提案する。容易に使用できるとは自動車への加工を行うことなく安価に利用することができることである。そこで小型端末を運転手が所持する、あるいはダッシュボードに置くだけなどといった動作でエコドライブの判定を行うことを目標とした。容易に使用することを可能とすれば、エコドライブをより身近なものとして与えられると考えたためである。

1.1.3 低価格化の追求

HVカーとして話題の TOYOTA PRIUS, EVカーとしてまもなく発売となる Mitsubishi imiev, 自動車の環境対策を代表する 2 台となりますが, 環境対応車普及促進対策費補助金・クリーンエネルギー自動車等導入対策費補助金などの購入支援を受けても, 同クラスのガソリン自動車と比べ, 高価格な自動車である。しかしながらエコカーはエコロジーであることと同時にエコノミーでなければならない。自動車は汎用品となりつつある状況で低価格化は必要不可欠である。また, 自動車生産を行うために, 多くのエネルギーを消耗する。すなわち, エコカー購入を行うことのみがエコとは言えない。既存の自動車でセーフティ・エコドライブを意識することにより, 最新の高価な自動車の買い替えを行うことなく安全・環境に配慮できていると言える。そこで, 既存の自動車に対し, 安価で容易に組み込めるシステムを提案する。

以降では, 安価で容易に取り付けるシステムとして携帯電話を取り上げる。すなわち, 携帯電話を用いることで, 今後, 自動車に求められる事象を満たせる可能性がある。

携帯電話は小型・薄型・軽量化を筆頭に端末に加えられたカメラや音楽プレーヤーなど様々な機能やサービスを利用できるように進化してきた。用途拡大に伴い新しいサービスへの対応の要求も高まっている。我々の研究では近年新たに携帯電話に加えられ, 一般化してきた GPS に着目する。この GPS を用いて研究開発することにより, その技術は今後携帯電話への実装も可能となると考える。

1.2 研究目的

今後自動車に求められる課題を満たすことができるドライブシステムの開発を行う。そこで、小型化、低価格化が進み、容易に入手することが可能となった GPS に着目した。GPS は自己位置情報を得られることで有名だが、座標情報だけでなく、高度や速度など、サンプリング間隔で位置取得を行い続けることで様々な情報を得ることが可能である。その GPS を利用し、今後自動車に求められる事項を満たせるシステムを考案する。以下、具体例を記す。

1.2.1 安全性の追求

運転中のドライバーに現在の走行状況、運転操作の改善点のアドバイスを提供するシステムを提案する。GPS 端末を設置し、自動車の走行情報を取得、解析することで、乱雑な運転を行っていないか、ハンドル操作、加減速度より分析することで、的確なアドバイスをを行い、安全な走行を推進することが可能となる。

1.2.2 低燃費化の追求

GPS をもちいたエコドライブの判定システムを提案する。GPS より得られた位置情報から自動車の速度・加速度情報等を解析し、その走行がどの程度のエネルギーを消費しているか、乱暴な運転を行っていないかなどの診断を行う。診断結果をリアルタイムで画面表示による出力を行い、色やアドバイスなどインタフェースを用いてユーザへ情報の提供を行うことで、エコドライブを促すことが可能となる。

1.2.3 低価格化の追求

GPS を用いて得られた診断結果をユーザに対し情報をフィードバックする。このシステムは新規にエコドライブを促す自動車を購入する必要がなく、GPS を導入することでサービスを提供することが可能である。よって、新車購入にかかる費用が 100 万円~1000 万円と、多くの費用が必要となることに對し、すでに所持している自動車に GPS を用いたシステムを利用できればエコドライブ判定を行うシステム、GPS 本体の購入費用のみであり、低価格でのサービスの導入が可能となる。

本研究にあたりドライブアシストを行うシステムを構築するために以下の項目を満たすことが必要不可欠となる。

- i. システムが動作する上でドライバーの意思や意図を確認できること
- ii. システムは安全な運転となる支援を行うこと
- iii. ドライバーはシステムの支援内容を確認できること
- iv. ドライバーがシステムに過度の依存や不信を抱かず適正な信頼が得られること
- v. システムが行う制御をドライバーがオーバーライドできること
- vi. システムの支援を超えたときにドライバーへの運転操作の切り替えが円滑に行えること
- vii. システムの動作により安全性が後退しないこと
- viii. システムについて理解を得られる素地が社会に形成されていること

以上の8項目が満たせるシステム開発を行う。

第2章 実験の概要

2.1 実験目的

I. エコドライブの推進するシステムの構築

自動車に GPS ロガーを取り付け、走行実験を行う。

走行実験後、GPS データの解析を行い、自動車の走行情報を解析することでエコドライブの評価、判定を行う。

II. 安全運転を推進するシステムの構築

I. の実験と、同様の実験環境で走行実験を行う。

走行中に得られる GPS データの解析を行い、自動車の走行情報から、運転手の運転状態を分析し、危険な運転や、乱雑な運転を抑止するためのアドバイスを行うシステムを構築する。

III. リアルタイムによるドライブアシストシステムの開発

自動車に GPS ロガーを取り付け、走行時に、リアルタイムで取得した GPS データから走行情報の解析を行い、運転状況に応じ、適切なアドバイス、アシストを行うことで、エコドライブ、安全運転を推進するシステムの開発を行う。

実験には自動車 VOLVO[付録]・GPS ロガー[付録]を使用する。自動車に GPS ロガーを搭載し同経路を、同時間帯、同自動車を用いて実験を行い、ドライブアシストシステムの評価を行う。また、GPS ロガーはダッシュボードに2台取り付ける。数値解析ソフト MATLAB を用いて作成した GPS データから走行状態の分析を行うプログラムを作成し、得られた走行中の GPS データを用いて、リアルタイムで稼動が可能となる、エコドライブ、安全運転を推進するシステムするアプリケーションを構築する。

2.2 実験の流れ

実験目的を満たすために、以下の実験を行った。

2.2.1 エコドライブを推進するシステムの構築

化石燃料の枯渇問題、温室効果ガスによる環境問題、自動車を取り巻く環境は劣悪なものになりつつある。しかしながら近代社会における自動車はなくてはならない存在になっており、枯渇、環境の問題に立ち向かわなければならない。そこで、本研究ではエコドライブに着目した。自動車の燃費向上だけでなく、運転の仕方にも燃費消費量は大きく依存している。そこで、運転者のエコに対する意識向上を重要なテーマであると考えたためである。

GPS のデータには位置情報だけでなく高度や、速度など自己位置から分析された様々な情報が GPS データに内包されており、データを取得し、分析を行うことで、エコドライブの診断を行う。

GPS ロガーはサンプリング間隔を 1 sec とし、GPS データの取得を開始する。エコドライブの診断には走行中 GPS ロガーに蓄積されたログデータを使用する。エコドライブの評価として、今回使用するエコドライブの定義をもとに分析を行うことのできるソフトを構築する。

取得したログデータを解析可能な形式に変換するために、市販のソフトウェア、及びフリーウェアを用いることで変換を行う。

2.2.2 安全運転を推進するシステムの構築

2.2.1 の実験と同様 GPS ロガーに蓄積したログデータを用いてシステムの構築を行う。安全運転を推進するシステムの定義として主に、加減速、急ハンドル操作といった運転状況の分析を行うことで、運転手に対し、安全を促すためのアドバイスを提供する。

安全運転を推進するシステム構築には、急激なハンドル操作の検出は必要不可欠である。急激なハンドル操作はマイナスな要素が多いため、やらない方がいいとされているが、実際に急激なハンドル操作に対する有効なシステムは作られておらず、運転手がハンドルを操作するとき、効率的にハンドルの操作が行うことができるように支援するシステムの開発が進められている。そのために、急激なハンドル操作に分類する明確な条件は定められていないため、こちらで、以下の条件を定義する。

- [A1] 進行方向が短い間隔で変動するとき
- [A2] 一定以上の加速度かつ速度で進行方向が変更されたとき
- [A3] 進行方向から急激かつ大幅な角度変更が発生したとき

2.2.3 リアルタイムによるドライバアシストシステムの開発

エコドライブ、安全運転を推進するシステムの構築として、走行後にログデータから診断を行っても、次回の運転のときに、その評価を生かせなければ意味のないものになってしまう。また、走行後にわざわざ解析を行い、結果を参照することは、やはり面倒なものであり、どうしても疎かになってしまい、意味のないものになってしまう。

そのために、本研究では、自動車に GPS ロガー及び、処理、出力を行うインタフェースを搭載し、ログデータではなく、GPS のデータを直接取り込み、処理、解析を行うことで、リアルタイムで運転に対する評価を行うことが可能となる、ドライバアシストシステムの構築を行う。

リアルタイムで評価を行うことで、運転手に現在の走行がどのような状態かをすぐに伝えることが可能であり、また、一度起動すれば最後まで処理を自動で行うことが可能であるため、運転手に余計な手間を与えず、リアルタイムであるために、すぐに運転手に訴えることが可能となり、安全やエコに対する運転意識の向上が可能となる。

第3章 GPS

3.1 GPS とは

GPS(Global Positioning System)とは全地球測位システムとも言い、人工衛星を利用して地球上のどこにいるのかを正確に割り出すシステム。米軍の軍事技術の一つで、地球周回軌道に30基程度配置された人工衛星が発信する電波を利用し、緯度・経度・高度などを割り出すことができる。

米国防総省の管理するGPS衛星は高度約2万kmの6つの軌道面にそれぞれ4つ以上、計24個以上が配置され、約12時間周期で地球を周回している。約7年半で寿命を迎えるため、毎年のように新しい衛星を打ち上げて軌道に投入しており、概ね30個前後の衛星が常時運用されている。

また、GPSは高精度原子時計による時間情報と、前衛的な概略制度の天体歴である起動情報を端末によって信号受信し、1.2/1.5GHz帯の電波で時刻を含むデータを地上に送信している。

GPS受信機は複数のGPS衛星からの電波を受信してそれぞれとの距離を割り出すことにより、現在位置を測定することができる。3つの衛星が見えるところでは緯度と経度を4つの衛星が見えるところではこれに加えて高度を割り出すことができる。

受信したデータの誤差をより少ないものとするために、正確な位置のわかっている地上の基準局から電波を発信することで、位置情報の補正を行うDGPS(Differential GPS)技術が実用化されているため、誤差範囲を限りなく小さく縮めることが出来る。

3.1.1 3次元測位

GPS 衛星の電波を元に、地球上における位置を 3 次元的位置（緯度・経度・高度）で測位する技術であり、4 つ以上の衛星電波を受信していることが条件となる。多数の衛星より、電波を受信することで、より高精度な 3 次元的位置を計測することが出来る。

3 つ以下の GPS 衛星から電波を受信している環境下の場合、測位は 2 次元的位置（緯度・経度）となる。

3 次元測位は以下の原理によって行う。

局所慣性系で光速 c が一定であることによる

$$c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/sec} \quad (1)$$

GPS 衛星と受信機が共に精確とみなせる時計を持っていれば、送信時刻と受信時刻の差の時間 t に光の速度 c をかけると距離 r がわかる。

$$ct = r \quad (2)$$

衛星の位置を座標 (X, Y, Z) 、受信機の位置を (x, y, z) とすると

$$r^2 = (X - x)^2 + (Y - y)^2 + (Z - z)^2 \quad (3)$$

GPS 衛星の位置 (X, Y, Z) は受信データに重畳された航法メッセージ信号を復調して得る。受信機の位置である 3 つの変数、 (x, y, z) を得るには最低 3 本の連立方程式を要する。このため 3 つ以上の GPS 衛星を受信する。

GPS 衛星には原子時計が搭載されているため、時刻は正確とみなせる一方、GPS 受信機は原子時計ほど正確な時計をもたず、通常のクォーツ時計程度の精度である。そこで生じる時間の誤差を σ とすると式は

$$(r - c\sigma)^2 = (X - x)^2 + (Y - y)^2 + (Z - z)^2 \quad (4)$$

4 つの未知数、 x, y, z, σ を求めるには最低 4 本の連立式を要する。つまり、4 つの衛星から受信することで、原理的に受信側の時計の誤差を除くことができる。ただし、実際には誤差 σ が定数とは限らず、衛星によって多少異なる可能性があり、また、ほかにも誤差の要因はあるだろう。そこで、衛星との距離 r ではなく、2 つの衛星との距離の差 Δ を考える。

$$\Delta = c(t_1 - \sigma_1) - c(t_2 - \sigma_2) = c(t_1 - t_2) - c(\sigma_1 - \sigma_2) = r_1 - r_2 - c(\sigma_1 - \sigma_2) \quad (5)$$

σ_1 と σ_2 は等しくはなくとも差は小さいので、互いに打ち消しあうため、結果として Δ の誤差は r の誤差より、はるかに小さくなる。2衛星からの距離の差が一定な点は、2衛星を焦点とする回転双曲線をなし、同様に、3衛星について双曲面の交わりから、受信機の位置を知ることができる双曲線航法と呼ばれる計測法がある。どれでも残る誤差の差分に応じて幅を持たせておくこと、さらに、より多くの衛星から受信することで誤差を減らすことができる。一般には衛星 i に対し、

$$(c(t_i - \sigma))^2 = (X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2 \quad (6)$$

i 本の連立を Δi を用いて解くこととなる。

よって、受信衛星が増加するほど、より正確な値に近づいていくことになる。

3.1.2 GPSの測位法

GPSには搬送波の変調に基づいて計測を行う方法、高精度の測量に用いられる搬送波の位相に基づく方法に分けられ、一般的にはコード測位が用いられている。

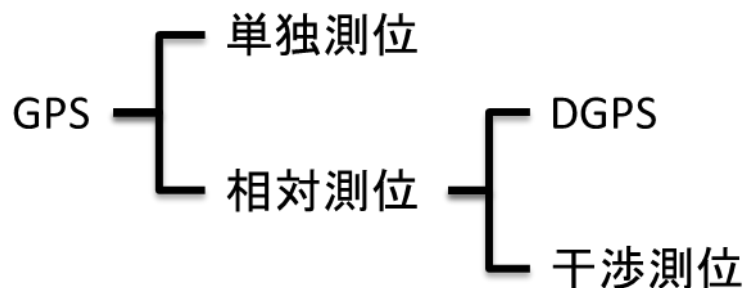


Fig.2 Classification of positioning for GPS

GPS計測方法は観測手法や解析方法によって多数の方法が存在する。その計測方法を大まかに分別すると単独測位法と相対測位法に分類され、相対測位はDGPSと干渉測位に分類される。

干渉測位法は2つの受信機からGPS衛星までの距離の行路差を搬送波の位相を使用し、基線ベクトルを決定する測位法。よって、受信機ではそれぞれの搬送波の位相角を測定することになる。干渉測位はGPS測位法の中で最も精度の高い方法であり、mm単位の計測も可能となる。

今回研究で主に用いる方法は次に精度の高いDGPSがメインとなり測位、計測を行うことになる。

3.1.3 GPS の誤差評価

GPS の誤差の評価方法は大きく 2 つに分けられ精密度と正確度に分けられる。

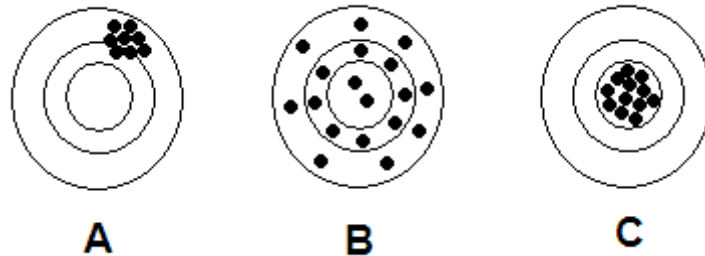


Fig.3 Dispersion of observed values for GPS

正確度とは測定、計算された量が実際の値とどの程度近いかを示す尺度であり、精密度とは複数回の測定、計算の結果が互いにどの程度近いかを示す尺度である。

Fig.3 より A のように観測された場合、精密度が良好であるが正確度が悪い状態であり、B の場合、精密度が悪いが正確度が良好な状態、C の場合、精密度・正確度ともに良好な状態であることを示している。

水平方向の精密度は以下のような式で求めることができる。

$$\sigma_{H_precision} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \tag{7}$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n} \tag{8}$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n} \tag{9}$$

$\sigma_{H_precision}$: 平面上の測位誤差

σ_x : x 軸方向の標準偏差

σ_y : y 軸方向の標準偏差

n : 観測値の総数

x_k, y_k : k 回目の測位における x, y 軸方向の座標

\bar{x}, \bar{y} : x, y 軸方向の観測値の平均

正確度は全観測値の平均として求められた観測地点の座標と観測地点の真の座標の間の距離を求めることになる。DRMS(distance root mean square)を用いることで以下の式で求めることができる。

$$DRMS = \left(\Delta_{H_accuracy}^2 + \sigma_{H_precision}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$\Delta_{H_accuracy}$: 精密度

しかし、測位地点の真の座標は不明のときがあるために、観測値の平均を基準とし、測位誤差を計算する。この場合、 $\Delta_{H_accuracy}$ がゼロとなるので、DRMS は $\sigma_{H_precision}$ と同値となる。

3.1.4 GPS の展望

日本では 2005 年第 44 回衆議院議員総選挙の時油民主党マニフェストである「政府公約 2005」の 52 項目に「国家の基盤としての衛星測位の確立と骨格的空間情報の整備」との記載があり、日本独自の高精度な位置測定衛星を打ち上げる可能性が出ている。その後、内閣官房に測位・地理情報システム等推進会議が設置され、2006 年 3 月には「準天頂衛星システム計画の推進に係る基本方針」を発表した。民間の資金負担がないとしても、国家が衛星測位システムを整備することを宣言している。

現在の日本には 3 基の人工衛星からなり、GPS の位置情報を補正して高精度の測位を可能とする準天頂衛星システム(Quasi-Zenith Satellite System, QZSS)と呼ばれる計画がある。すでに事業化を検討する民間の主体として新衛星ビジネス株式会社が 2002 年に設立されており、高速で移動する車輦の内部で精度 25cm とされる測位精度を用いた各種事業が検討されている。最初の人工衛星は 2008 年に打ち上げられる予定だったが、予算の都合で通信・放送との複合機能衛星となっており、それらのサービスのシナジー効果がきたいされていた。その後に採算性の面から 2006 年 3 月に放送・通信の事業化が断念され、純粋な測位衛星として利用されることになった。

3.1.5 準天頂衛星システム

準天頂衛星システムは、複数の GPS 衛星を用いることで、少なくとも常に1機以上の GPS 衛星が日本の天頂付近に存在するように配置する衛星システムである。静止衛星のシステムでは電波がななめに降ってくるために、ビルや山など狭い場所、障害物に囲まれた場所では多くの影響を受けてしまう。しかし、準天頂衛星システムではほぼ真上から電波を受信することが可能となるので、障害物、遮蔽物による影響が最小限に抑えることが可能となる。

3.2 GPS データの詳細

自動車・歩行者間の通信を行う場合、GPS からリアルタイムなデータを直接 MATLAB に取り込み、位置情報・速度情報・進行方向を抽出し、処理・判定を行なう。自動車走行に対するエコドライブ判定を行う場合、ログ機能を持つ GPS を用いる。走行後、記録されたデータから速度情報・加速度情報を算出し、処理・判定を行う。

GPS データは NMEA-0813 フォーマット形式の数字と文字で構成されたデータとして取得され、必要となる情報を抽出する必要がある。

NMEA は米国海洋電子機器協会(National Marine Electronics Association)が定めた規格で、受信機とナビゲーション機器の通信に使用されるプロトコルである。NMEA-0813 は GPS 受信機とナビゲーション機器の間をシリアルポートを利用して通信する規格で、すべての文字が ASCII テキストのセンテンスで送られる。GPS 受信機が出力できた NMEA-0813 データは受信機の種類によって異なるが、低価格でも利用できる NMEA データが多くある。GPS 受信データは以下例のようなデータを受信する。

\$GPGGA,045932.4242.0363,N,14134.2730,E,2,09,3.3,86.6,M,31.0,M,0.0678*41

\$GPGSA,A,3,09,10,15,17,18,,23,26,28,29,,3.8,3.3,1.2*3D

\$GPGSV,3,1,11,05,00,179,00,09,52,213,43,10,22,135,00,15,40,273,37*7C

\$GPGSV,3,2,11,17,44,256,00,18,40,310,34,21,08,313,00,23,72,135,42*78

\$GPGSV,3,3,11,26,61,052,44,28,20,052,39,29,55,062,44*47

\$GPGLL,4242.0363,N,14134.2730,E,045932,A,D*48

\$GPBOD,,T,,M,,*47

\$PGRME,2.1,M,3.4,M,4.0,M*2E

\$PGRMZ,278,f*09

\$PGRMM,WGS 84*06

\$HCHDG,57.8,..9.3,W*0B

\$GPRTE,1,1,c,*37

\$GPRMC,045932,A,4242.0363,N,14134.2730,E,0.0,141.7,010802,9.3,W,D*04

\$GPRMB,A,,,,,,,,,A,D*0E

今回用いたGPSロガーによって得られたNMEA-0183フォーマット例の詳細を以下に示す。

3.2.1 GGA-Global Positioning System Fix Data

取得例：

GGA,123519.00,4807.038247,N,01131.324523,E,1,08,0.9,545.42,M,46.93,M,5.0,1012*42

Table1 Format of the GGA

123519.00	= 測位時刻(UTC)
4807.03824,N	= 緯度(北緯)
01131.32.324523,E	= 経度(東経)
1	= GPSのクオリティ;0=受信不能,1=単独測位,2=DGPS
08	= 受信衛星数
0.9	= HDOP
545.42,M	= 平均海水面からのアンテナ高度(m)
46.93,M	= WGS-84楕円体から平均海水面の高度差(m)
5.0	= DGPSデータエイジ(秒)
1023	= DGPS基準局のID
*42	= チェックサム

3.2.2 GLL-Geographic Position, Latitude and Longitude

取得例：

GLL,4916.452349,N,12311.123215,W,225444.00,A,A*6^a

Table2 Format of the GGL

4916.4523,N	= 緯度(北緯)
12311.123215,W	= 経度(西緯)
225444.00	= 測位時刻(UTC)
A	= ステータス;A=有効,V=無効
A	= モード;A=単独測位,D=DGPS,N=無効
*6A	= チェックサム

3.2.3 GSA-GNSS DOP and Active Satellites

取得例：

GSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,2.5,1.3,2.1*39

Table3 Format of the GSA

A	= 測位モード；A=2D/3D自動選択,M=2D/3D手動選択
3	= モード；1=受信不能,2=2D,3=3D
04,05,,09,12,,,24,,,	= 受信衛星数
2.5	= PDOP
1.3	= HDOP
2.1	= VDOP
*39	= チェックサム

3.2.4 GSV-Satellites in View

取得例：

GSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75

Table4 Format of the GSV

2	= 全メッセージ数
1	= メッセージ番号
08	= 受信可能衛星数
01,40,083,46	01=衛星番号,40=仰角(度),083=方位(度),46=SNR(デジベル)
02,17,308,41	02=衛星番号,17=仰角(度),308=方位(度),41=SNR(デジベル)
12,07,344,39	12=衛星番号,07=仰角(度),344=方位(度),39=SNR(デジベル)
14,22,228,45	14=衛星番号,22=仰角(度),228=方位(度),45=SNR(デジベル)
*75	= チェックサム

3.2.5 RMC-Recommended Minimum Specific GNSS Data

取得例：

RMC,225446.00,A,4916.452653,N,12311.123747,W,000.5,054.7,191194,06.2,W,A*68

Table5 Format of the RMC

225446.00	= 測位時刻(UTC)
A	= ステータス; A=有効, V=無効
4916.452653,N	= 緯度(北緯)
12311.123747,W	= 経度(西緯)
000.5	= 対地速度(ノット)
054.7	= 進行方向(度, 真北)
191194	= 日付(UTC)
06.2,W	= 地磁気の偏角
A	= モード; A=単独測位, D=DGPS, N=無効
*68	= チェックサム

3.2.6 VTG-Course Over Ground and Ground Speed

取得例：

VTG,010.0,T,016.5,M,002.5,N,004.8,K,A*4D

Table6 Format of the VTG

010.0,T	= 真北に対する進行方向(度)
016.5,M	= 磁北に対する進行方向(度)
002.5,N	= 対地速度(ノット)
004.8,K	= 対地速度(km/h)
A	= モード; A=単独測位, D=DGPS, N=無効
*4D	= チェックサム

3.2.7 ZDA-Time & Date

取得例：

ZDA,052608.22,06,05,2001,14,26*3D

Table7 Format of the ZDA

0052608.22	= 測位時刻(UTC)
06	= 日(UTC)
05	= 月(UTC)
2001	= 西暦(UTC)
14	= 時(現地時間)
26	= 分(現地時間)
*3D	= チェックサム

3.3 GPS データの解析

NMEA の各フォーマットデータは使用する GPS 端末によって受信できる種類が異なり、GPS データを利用する場合、使用する端末がどのフォーマットを取得しているのか確認する必要がある。

今回用いる形式は主に GGA データフォーマットと RMC データフォーマットとなり、各種データフォーマット から必要となる情報の解析を行う。

第4章 理論

4.1 エコドライブとは

地球温暖化対策の中で一番の大きな課題となるのが CO₂ の排出量削減となる。CO₂ の排出量の削減には化石燃料の消費を減らす必要がある。以下のグラフが自動車における CO₂ 排出量の年間推移、及び、家庭や業務など部門別の排出推移量となる。運輸部門の CO₂ 排出量は全体の 21%。中でも自家用車からの排出量が約半分を占めており、自家用車から排出される CO₂ を削減することが重要となってくる。

現在ハイブリット自動車の普及をはじめとし、関係各方面の技術開発の努力が進んでいることもあり、その効果が出始めているものの、自動車保有台数の増加などもあり、CO₂ 排出量は増加傾向となっている。よってエコシステムを持つ新機能自動車開発のみだけではなく、既存の自動車の排出量削減の対策、そして一人一人のエコドライブに対する意識を高めていくことが重要となってくる。

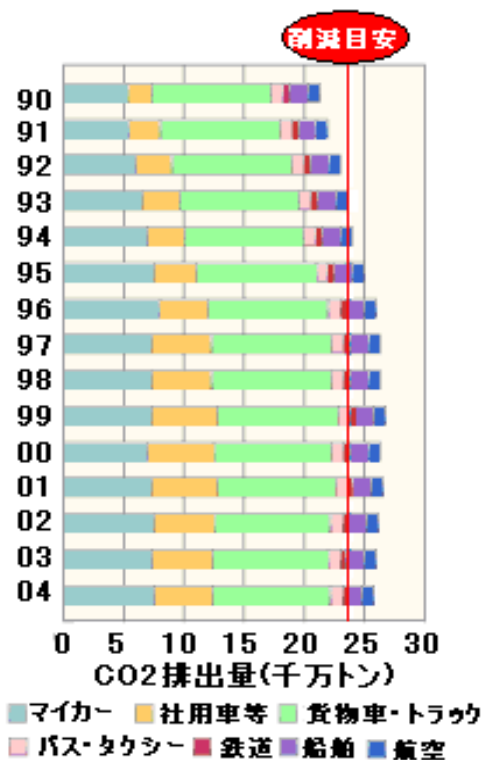


Fig.4 CO2 emissions per year

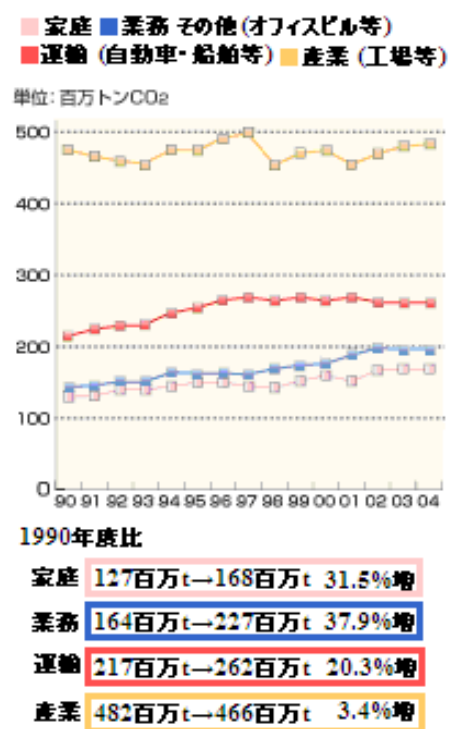


Fig.5 CO2 emissions by sector

燃費消費は自動車の性能の問題だけでなく、運転の仕方に依存するところも多く、エコドライブを行うことで、通常運転と比べ 25%程度 of ガソリン消費量削減につながると言われている。またエコドライブ普及にあたって省エネルギーセンター及び、チーム-6%によって定義されたエコドライブに対する 10 のスズメが上げられており、そのスズメを以下に示す。

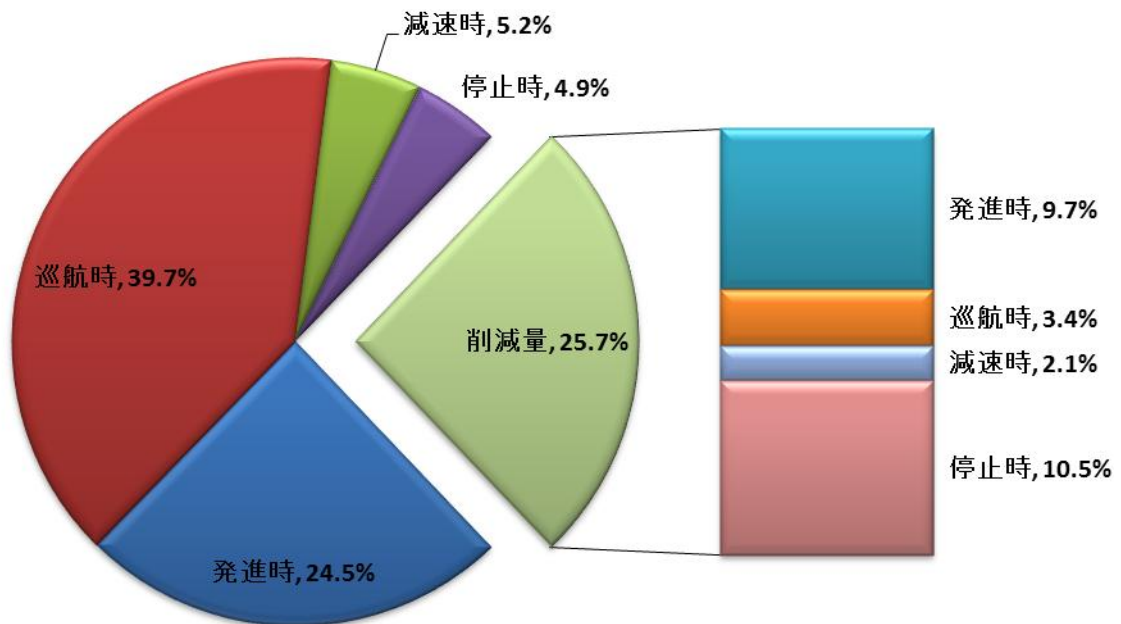


Fig.6 Rate of energy consumption

上図のように発進、停止など、エコを意識し運転することで、大幅な燃費を削減できることから、運転手のエコに対する意識の向上、エコドライブを推進するシステムの構築は、燃費削減に大きく貢献することが可能となる。

4.1.1 ふんわりアクセル e スタート

ふんわりアクセル e スタートとは車両の発進時におけるエコドライブに考えられているものの一つである。車両は発進時に多くの燃料を消費します。そこで、最初の 5 秒で時速 20km を目安に発進をやさしく、スムーズに行なうことで約 11% 程度の燃料の消費を抑えることが可能となります。

4.1.2 加減速の少ない運転

車間距離に余裕を持ち運転をすることである。車間距離を詰めたり、速度にムラのある走り方をすると、加減速の機会が増加し、市街地では約 2% 程度、郊外で約 6% 程度の燃費が悪化が見込まれる。よって、同じ速度で走行し続け、高めのギアで走行することで燃費の消費を抑えることが可能となる。よって交通の状況に応じて、できるだけ速度変化の少ない安全な運転を行なうことが重要となる。

4.1.3 早めのアクセルオフ

エンジブレーキを使うと、燃料の供給が停止されるので、約 2% 程度の燃費の消費を抑えることができる。よって、停止位置が分かり次第、早めにアクセルから足を離して、エンジブレーキによって減速することを心がける。また、減速したり、坂道を下るときにはエンジブレーキを活用することで燃料の消費を抑えることができる。

4.1.4 エアコンの使用を抑える

気象状況に応じて、こまめに温度や風量の調整を行ない、設定温度を下げすぎたり、あげすぎたりしないことで約 12% 程度の燃費消費を抑えることが可能となる。

4.1.5 アイドリングストップ

10 分間のアイドリングによって約 130cc 程度の燃料を消費する。よって駐停車時など、常にアイドリングストップを心がけることが重要である。

4.1.6 暖機運転は適切に行なう

現在販売されているガソリン乗用車においては暖機不要となっており、寒冷地など、特別な状況下を除き、走りながら暖めるウォームアップ走行で十分なものとなる。暖機することは走行時の燃費の改善となるが、5 分間以上暖機を行なうと約 160cc 程度の燃費を消費することとなり、結果として全体の燃費消費量が増加することとなる。

4.1.7 道路交通情報の活用

1時間のドライブ時に、もし、道に迷ってしまい、10分余計に走行してしまうと約14%程度の燃費が消費されてしまいます。そこで、地図やカーナビなど交通情報を取得できるものを利用したり、事前に行先及び走行ルートを計画、準備しておくことで渋滞を避けたり、時間短縮を行なうことで燃費の節約となる。

4.1.8 タイヤの空気圧チェックをこまめに行なう

タイヤの空気圧が適切値より約50kPa(0.5kg/cm²)不足していた場合、市外地では約2%程度、郊外では約4%程度の燃費悪化が見込まれている。また、安全運転のためにも定期的な点検はとても重要なものである。

4.1.9 不要な荷物は積まずに走行する

例えば100kgの不要な荷物を載せて走るだけで、約3%程度の燃費消費が増加する。車両の燃費は荷物の重量に敏感であり、必要のない荷物は出来るだけ車両から下ろす。

4.1.10 駐車場所に注意する

交通の妨げになるような場所で駐車すると、交通渋滞をもたらすことになり、結果として多くの車両から余分な排出ガスを出させる原因となってしまう。平均車速が時速40kmから時速20kmに落ちてしまうと約31%程度の燃費の悪化に相当すると言われる。

4.2 エコドライブ支援システム

前述したエコドライブ 10 のスズメより、エコドライブを促進する支援システムの構築を行う。本研究では GPS ロガーを用いるため、GPS より得られる情報から分析が可能な項目を考慮し、システムの構築を行う。

使用するデータは主に、自動車の走行情報を利用しているため、速度、加速度情報に依存、影響を及ぼす項目を抜指する。

- ふんわりアクセル e スタート
- 加減速の少ない運転
- 早めのアクセルオフ
- ハンドルの少ない運転
- 不要な荷物は積まずに走行する

これらは GPS より得られた位置情報から速度の変化、加速度の変化を読み取ることでエコドライブ判定システムの開発が可能である。今回の実験におけるエコドライブ判定の材料として扱い、以下の定義を定めた。

- [B1] 発進時 5 秒間において加速度が 1.11m/s^2 を下回る
- [B2] 走行中において加速度の絶対値が 1.11m/s^2 を下回る
- [B3] 走行を行ったときのエネルギー消費量変化率

[B1][B2]が満たされている走行は、エコな運転であるものとし、これらの条件を満たしていないとき、エコではないものとして処理を行う。また、時間変化によるエネルギー量の推移により、エコドライブ判定を行うために、[B3]の定義を設けた。

これらの項目では加速・順行・減速についての運転手法を取り上げている。すなわち、10%程度のガソリン消費削減につながると思われる。

4.3 通信不可能地帯の処理

GPS 受信端末はトンネルなど、天頂がさえぎられてしまう地帯だと、GPS 衛星との通信を確立することが出来ず、情報を受信することが出来なくなってしまうため、情報が取得できなかった区間の処理で、無効データ、時間の誤差によりエラーが発生してしまう。そのために、情報が取得出来なかった区間に置いては遮断前の最終座標と、通信復帰後の座標を使用し、緯度、経度座標から局所変換を行い、高度を含む 3 次元的直線距離として扱うものとし、処理の手段として、ヒュペニの距離計算式を用いた。

4.3.1 ヒュペニの距離計算式

GPS によって得られた座標は地球の形状を表す楕円体（準拋楕円体）において、世界共通となる測地規準系である世界測位系の WGS-84(World Geodetic System)と呼ばれる測量により、地球上の位置（緯度、経度、平均海面からの高さ）を出力するために、移動した距離を出力するためには、楕円形の形状を考慮しなければならない。

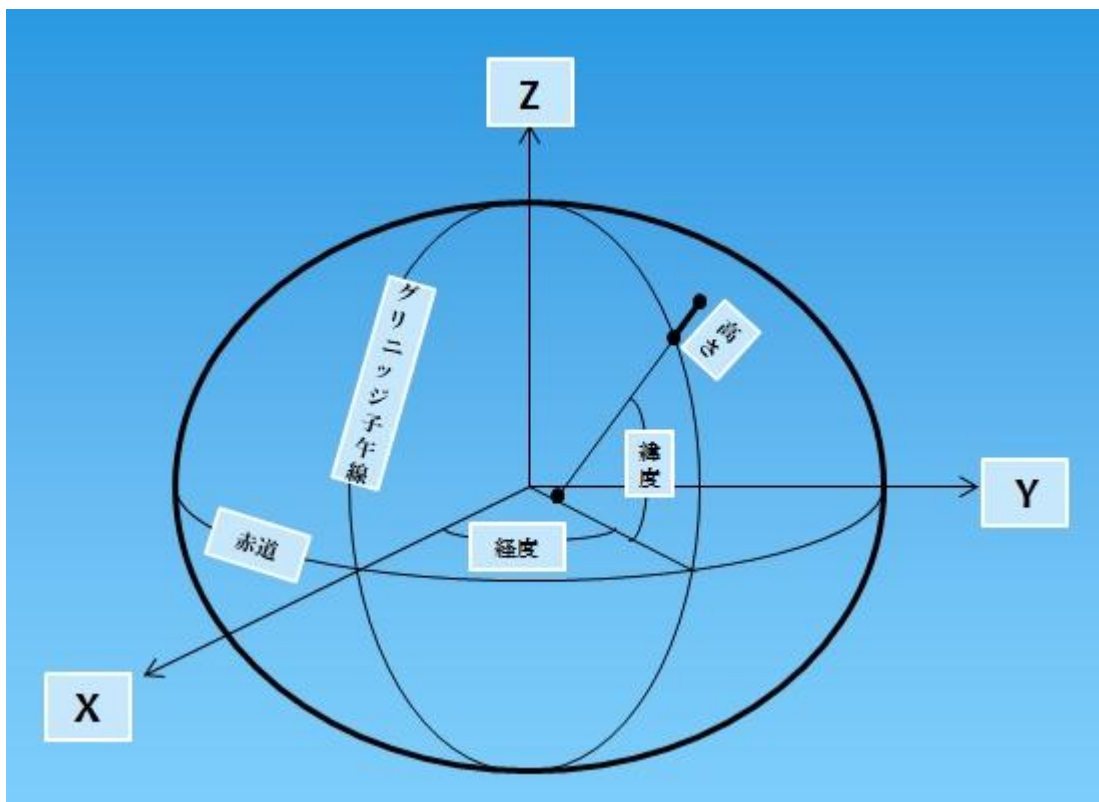


Fig.7 Reference ellipsoid

移動距離 d を求めるためにヒュペニの距離計算式を利用する.

$$d = \sqrt{(d_y M)^2 + (d_x N \cos \mu_y)^2} \quad (11)$$

上述したヒュペニの距離計算式に以下の値を定め、移動距離の計算を行う.

$x_1 y_1$: 地点1の経度緯度

$x_2 y_2$: 地点2の経度緯度

$d_y = y_1 - y_2$: 緯度の差

$d_x = x_1 - x_2$: 経度の差

$\mu_y = \frac{y_1 + y_2}{2}$: 緯度の平均値

$M = \frac{a(1-e^2)}{W^3}$: 子午線曲率半径

$N = \frac{a}{W}$: 卯酉線曲率半径

$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \mu_y}$

$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$: 第一離心率

a : 長半径(赤道半径) b : 短半径(極半径)

ヒュペニの距離計算式で求めた移動距離を用いて、速度情報、加速度情報、進行情報を分析し、 a , b , c で定めたエコドライブ判定の定義に基づいて診断を行う.

4.4 エコドライブ評価

本研究ではエコドライブを総合的に判断するため仕事率を採用した。仕事率とは単位時間内にどれだけエネルギーが使われているかを表す物理量であり(重量) \times (力) \times (単位秒あたりの速度)で導くことができる。重量： m ，力： ma ，速度： v とすると m^2av が得られる。

$$J/s: \text{仕事率} [kgFm/s]$$
$$= m: \text{重量} [kg] \times ma: \text{力} [F] \times v: \text{速度} [m/s]$$

また、GPS より得られる位置情報から、自動車の速度、加減速度、高度情報を分析し、移動エネルギー、位置エネルギーにおける力学的エネルギーの消費量を解析することで、消費エネルギー量の相対的評価、消費エネルギー量積算値の推移傾向を分析することで、時間経過による消費エネルギーの増加率を解析し、省エネルギーを考慮した運転を行っているか診断を行う。

[B1] 発進後5秒間において加速度変化平均が 1.11m/s^2 を上回る

エコドライブ判定には省エネルギーセンターにより定義されたふんわりアクセル e スタート(発進時に時速 20km の加速に 5 秒以上要する)を使用した。計測した速度データを用いて停止時を検知し、発進後 5 秒間の加速度が 1.11m/s^2 を下回るものをエコとして扱うものとした。

判定結果は発進時から加速した回数に対し、エコではない、基準を上回った回数の割合を判定結果として出力を行い、結果を **e-start** として表記し、パーセントで示した。

[B2] 走行中において加速度変化平均の絶対値が 1.11m/s^2 を上回る

ふんわりアクセル e スタートを元に加速度平均の絶対値が 1.11m/s^2 を超えていたときエコではないと仮定し診断を行う。

判定結果は加減速が発生した回数に対して、急激な加減速と判断した回数の割合を判定結果として出力を行い、結果を **ov-acc** として表記し、パーセントで示した。

[B3] 走行を行ったときのエネルギー消費量変化率

エコドライブを総合的に判断するため仕事率を用い、運転中に生じた速度、加速度によるエネルギー消費量の解析を行う。また、移動によるエネルギーの消費量、高度変化によるエネルギーの消費量として、消費量の補正を行うために、力学的エネルギーの消費量解析を行う。

評価システムにおいては、いつでどれだけのエネルギー消費量が発生したか、全体における総消費量、時間経過によるエネルギー消費量の推移、傾きを見ることで、エコドライブの診断を行う。

ドライブシステムにおいては、リアルタイムによるエネルギー消費量変化を運転手が認識しやすい形式で、伝えることで、運転手のエコに対する意識の向上を促す。

4.5 エコドライブ評価システム概要

走行中に取得した GPS データは NMEA-0183 形式でログデータとして残るため、解析可能な形式へと変換を行う必要がある。GPS に蓄積したログデータを GPS Photo Tagger を使用することで、KMZ データの抽出、変換を行う。その後以下に示す、NEMA-KMZ 解析ソフトを使用することで、解析が可能となる形式に整理し、csv 形式のファイルとして出力を行う。

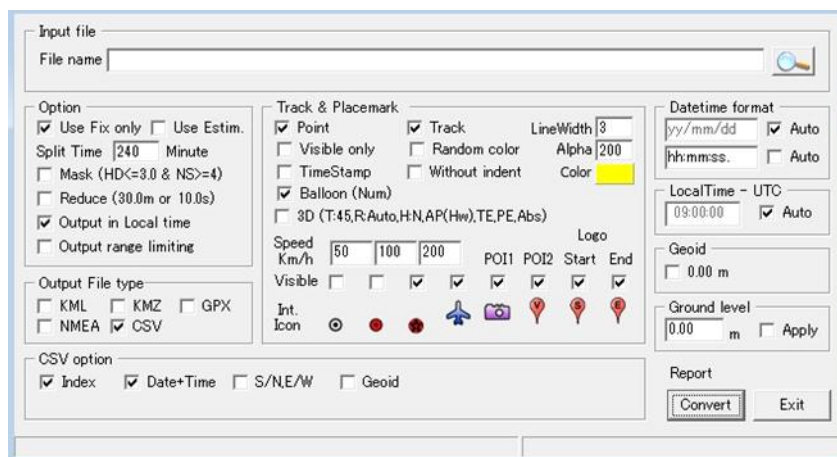


Fig.8 NMEA-KMZ conversion software

CSV 形式として GPS データを変換し、数値処理計算ソフト MATLAB を用いて作成したエコドライブの分析、評価を行うシステムを利用することで、ドライブの診断結果を出力する。

4.5.1 アルゴリズム

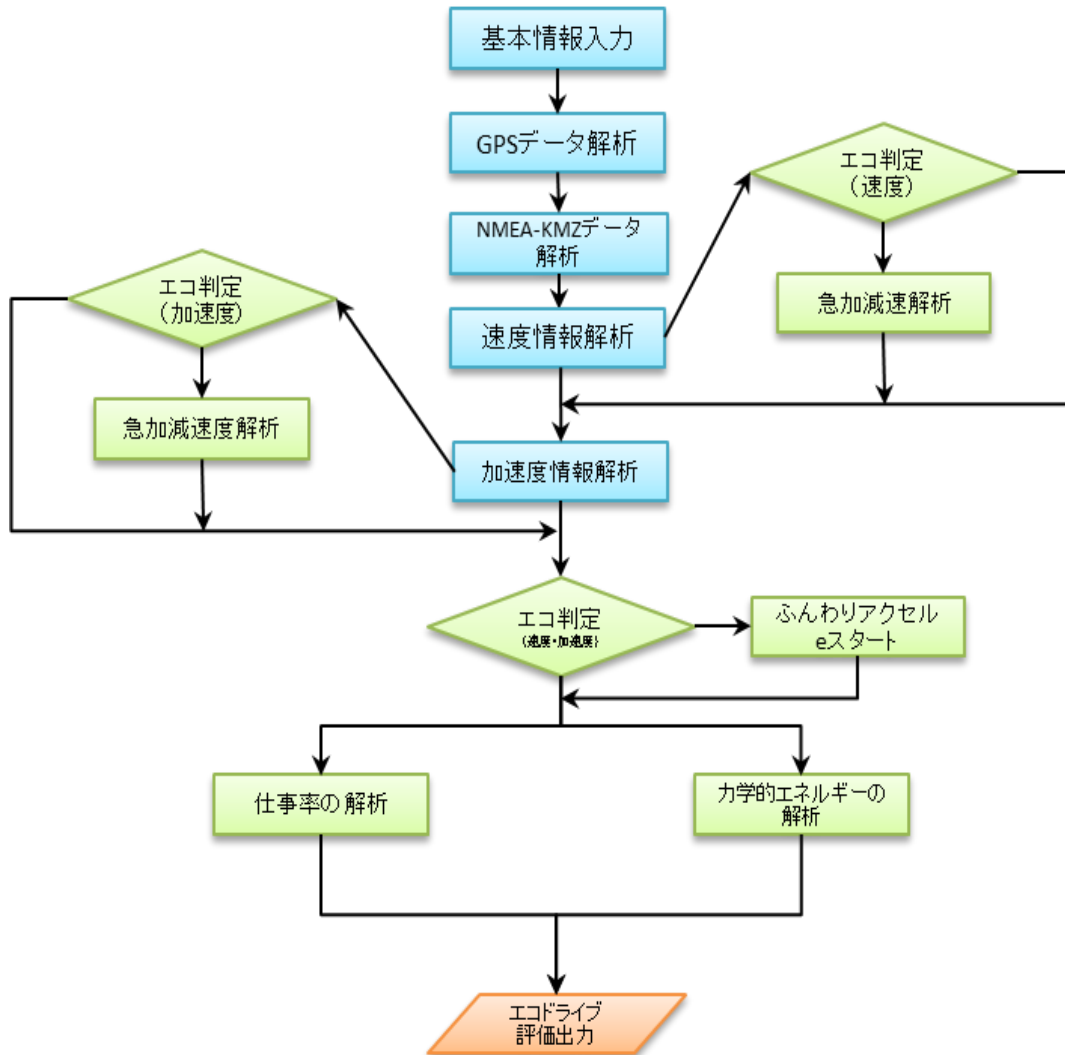


Fig.9 Flowchart of eco-drive evaluation system

エコドライブの評価には上記のフローチャートのシステムを Matlab 上で構築する。変換した GPS データから、自動車の走行情報を時系列によって必要となるデータからエコ判定、ふんわりアクセル e スタートの判定、仕事率の解析を行い、各値の判定結果を出力する、

4.6 安全運転の評価システム

本研究で用いる安全運転の評価を診断するシステムはエコドライブシステムと同様に GPS で取得した自動車の走行情報をもとに、Matlab 上でシステムの構築を行い、診断を行う。

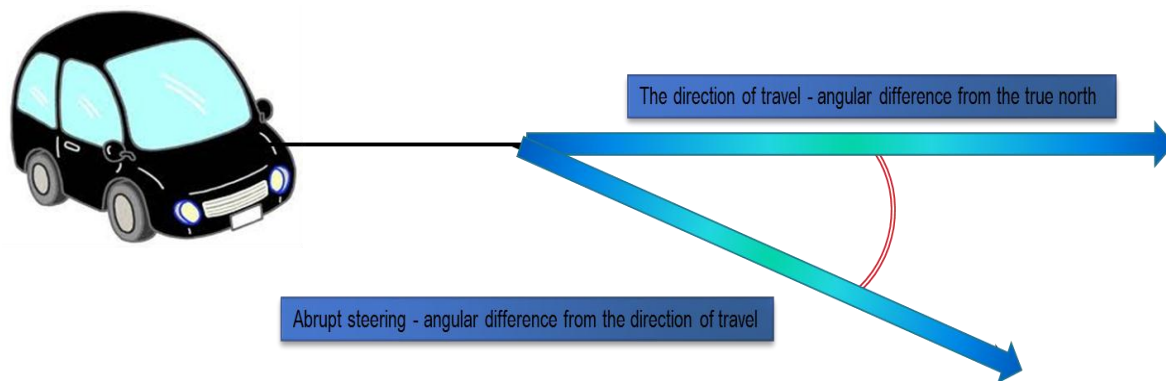


Fig.10 Definition of abrupt steering

安全運転の評価には主に、自動車の進行方向の変化、速度情報等からドライバーのハンドル操作を予測することで、診断を行う。急激なハンドル操作を行ったとき、急激な加減速が目立つとき、危険な運転、安全ではない運転として、診断する。

急激なハンドル操作においては明確な定義が存在しないために、本研究では急激なハンドル操作と推定できる、定義を設けることで診断を行う。

[C1] 一定速度以上時に一定の角度差が 1 秒以内に何度も発生するとき

[C1] 角度差が 1 秒以内に 60 度以上の変化が発生かつ、加速度が 1.11m/s² 以上のとき

4.7 リアルタイムによるドライブアシストシステムの開発

前述したエコドライブ、安全運転を評価するシステムをリアルタイムで行うことで、運転手のエコ・安全に対する意識の向上を目指すシステムの開発を行う。

リアルタイムで行うために、GPS より得られた受信データをその場で解析するために、必要となる情報を抜き出す機構から開発する必要がある。

そのため、GPS フォーマットから必要となるデータを抽出するシステム、抽出したデータを用いて診断を行うシステム、データのログを行うことで、最終的に値としても出力が可能となるシステムの開発を行う。

4.7.1 シストシステムの構成

前述したエコドライブ評価システムと安全運転の評価を行うシステムをリアルタイムで走行中に診断を行うシステムを構築する。

リアルタイムでの診断を行うためにはGPSによって得られた情報を直接Matlabに取り込む必要があるために、GPSデータの解析を行う必要がある。今回用いるGPS受信端末はNMEA-0183フォーマット形式の数字と文字で構成されたデータの受信が可能であり、受信データから解析に必要となる情報を含むフォーマットを選択する。

本システムでは主に、GGAデータおよびRMCデータを使用する。

各データの詳細は以下の通りとなる。

Table8 Format of the GGA

測位時間(UTC)	協定世界時
緯度	北緯
経度	東経
GPSステータス	0=受信不可:1=単独測位:2=DGPS
受信衛星数	n個の衛星から信号を受信
HDOP	水平精度劣化指数
標高	測定した楕円体高にジオイド高を考慮した標高
ジオイド高	WGS-84楕円体から平均海水面の高度差
DGPSデータエイジ	小さいほど時差の無い良好な補正情報
DGPS基地局のID	どのIDの衛星から補正情報を受けたか
チェックサム	*印から始まるチェック

GGAデータより時間情報、3次元的位置情報の解析を行う。時間情報はUTC(Universal Time, Coordinated), 協定世界時と呼ばれるセシウム原子時計が刻む国際原子時をもとに、人工的に維持されている世界共通の標準時のことで、日本標準時は協定世界時より9時間進んでいるため、計測開始時より9時間の時間調整が必要となる。

位置情報においては緯度、経度情報を取得し、地球上の楕円形体を考慮した平面変換を行うことで、2次元的位置情報の解析を行い、速度情報、距離の情報を算出することで、移動エネルギー消費量の解析を行う。また、GPS受信機が持っているジオイドモデルからジオイド高を出力し、楕円体高にジオイド高を考慮することで標高の解析を行う。得られた高度変化情報から、3次元的位置エネルギー消費量の解析を行う。

Table9 Format of the RMC

測位時間(UTC)	協定世界時
ステータス	A=有効:V=無効
緯度	北緯
経度	東経
対地速度(ノット)	ノットでの速度値
進行方向(度, 真北)	真北からn度, 速度が高いほど高精度
測位年月日(UTC)	協定世界時
磁気偏差	地磁気の偏角
測位モード	A=単独測位:D=DGPS:V=無効
チェックサム	*印から始まるチェック

RMC データよりデータの有効性の判定, 速度情報, 進行方向, 日付情報, 角度情報の解析を行う。日付情報は UTC であるために日本標準時の調整を必要とする。対地速度は単位がノットであるため, キロメートル毎時に変換する。進行方向, 地磁気の偏角より, 進行方向の角度変化を解析することで, 運転手の操作診断を行う。

4.7.2 ドライブアシストシステムのフローチャート

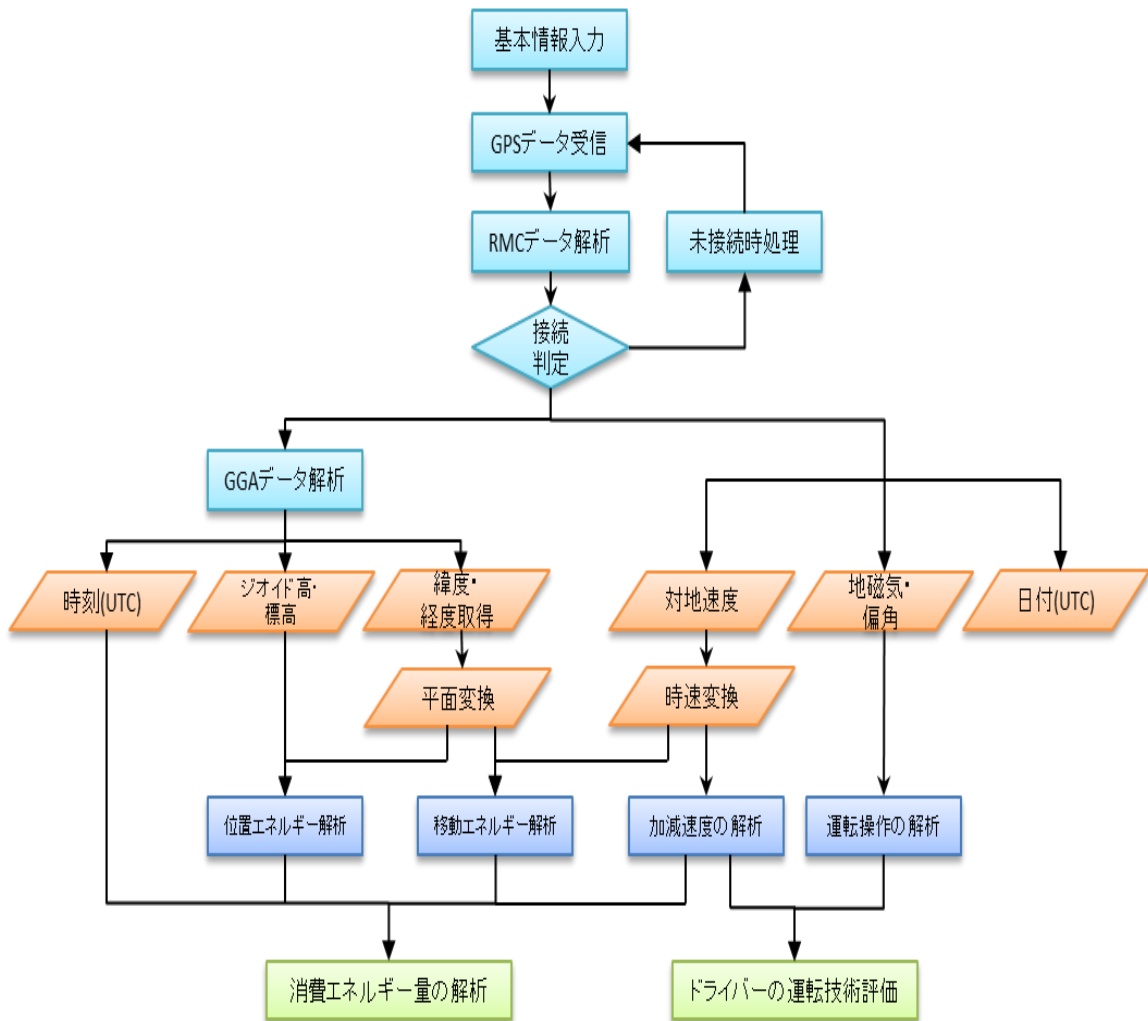


Fig.11 Drive Assist System with real-time

重量の入力，実験形式の選択といった基本情報の設定を行い GPS データの受信を行う。受信したデータが接続不可の判定だった場合，一つの前のデータで補完する。もし，接続不可状態が連続した場合，通信不可地帯と判断し，通信不可能時の処理を行う。受信した GPS データより GGA，RMC データの解析を行い，アシストシステムに必要なデータを抽出し，消費エネルギー量，ドライバーの運転技術の評価，分析を行う。

4.7.3 ドライブアシストシステムインタフェース

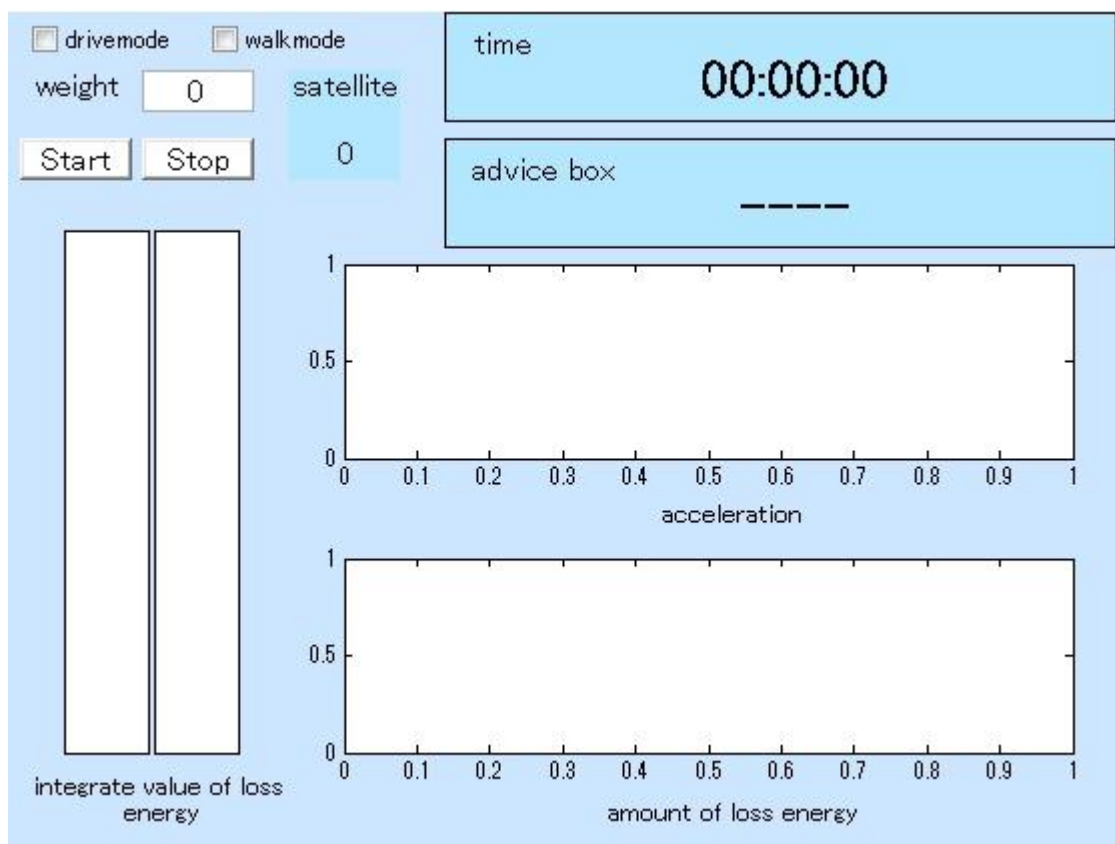


Fig.12 Screen of Drive Assist System

ソフトを起動すると Fig.12 のシステムウィンドウが起動する。走行実験開始にはまず、Drive mode か Walk mode を選択し、重量を入力する。Walk mode の場合歩き、ジョギングなどの診断に用い、消費カロリーなどの分析をすることができる。Drive mode の場合、消費エネルギー量や、4.8.4 のようなアドバイスなどを出力する。今回評価を行うのはドライブアシストシステムのため、Drive mode を使用する。初期設定完了後 Start ボタンを押すと測定、アシストシステムが開始し、Time 欄の時間が動き出す。

無事 GPS 衛星に接続されると satellite の数字に接続した GPS 衛星の数が表示されるようになり、acceleration のグラフや amount of loss energy, integrate value of loss energy のグラフが表示されるようになる。

integrate value of loss energy においては、5分、10分毎に消費エネルギー量の積算値が表示され、各分ごとに比較を行い、ひとつ前の消費量より少なくなった場合、エコなドライブとしてゲージが緑色で表示され、逆にエコでない場合、赤色で表示される。これらのデータを総合的に評価して、急激なハンドル操作、大きな加減速、大きなエネルギー消費が発生したとき、対応したアドバイスが advice box に表示される。

4.7.4 評価・アドバイス

Table10 Output condition assessment and advice

I	進行方向より大きな角度変化	急激なハンドル操作が目立ちます
II	著しい加減速度の変化	
I	加速度 $> 1.11\text{m/s}^2$	急激な加速が目立ちます
II	激しい速度変化	
I	加速度 $> -1.11\text{m/s}^2$	急激な減速が目立ちます
II	激しい速度変化	
I	受信不可時間5秒以上	衛星接続が出来ない状態です
I	頻繁に加減速の発生	渋滞中
II	断続的な速度変化	
I	消費エネルギーに著しい変化	エネルギー消費が大きい運転をしています

受信した GPS 情報を解析し、分析した結果に応じて上記の表に記載された条件 I, II に当てはまるアドバイスを出力する。

第5章 実験・検証

5.1 エコドライブ評価システム実験

5.1.1 実験準備



Fig.13 Experimental screen (GPS)

GPS センサは2台用いる。フロントのダッシュボード上に設置し、データログモードとして実験走行を行う。走行実験には同伴し、実際の走行環境、状態の確認を行う。

5.1.2 走行経路

法政大学⇒山梨県南都留郡鳴沢村ジラゴンノ富士セミナーハウス

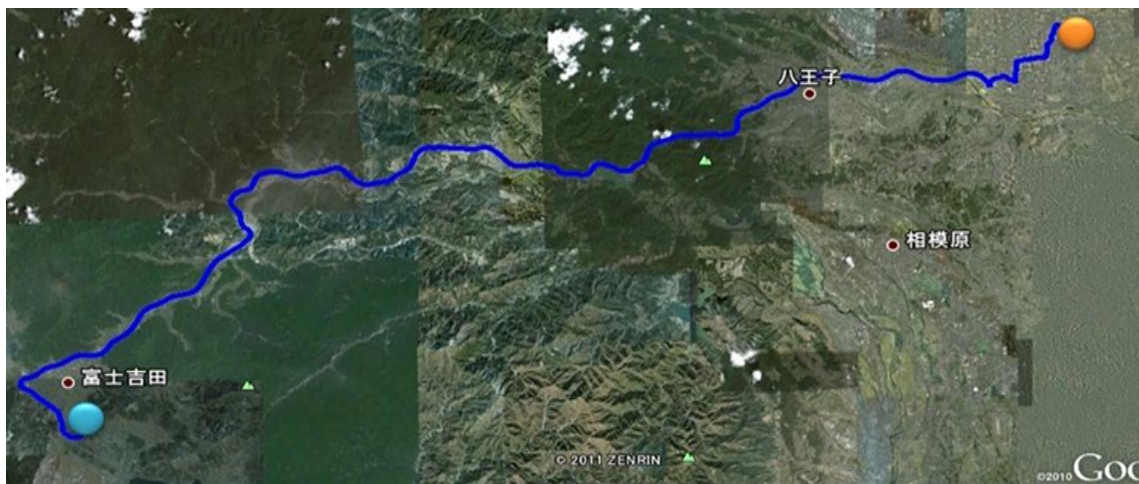


Fig.14 Experimental route

5.1.3 実験結果

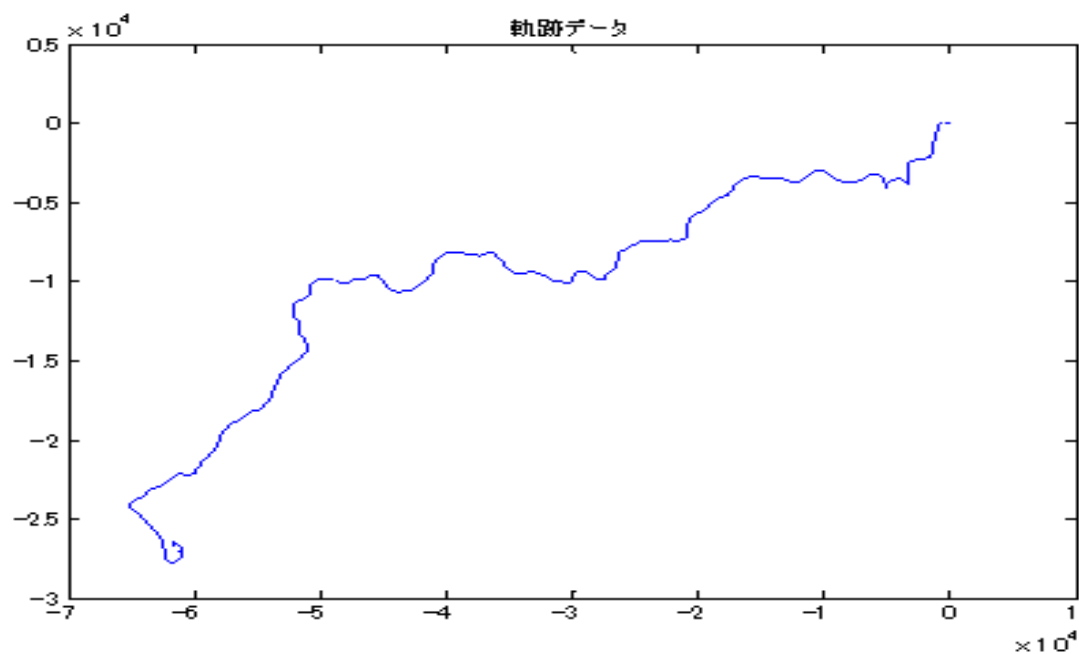


Fig.15 Experimental route(Matlab)

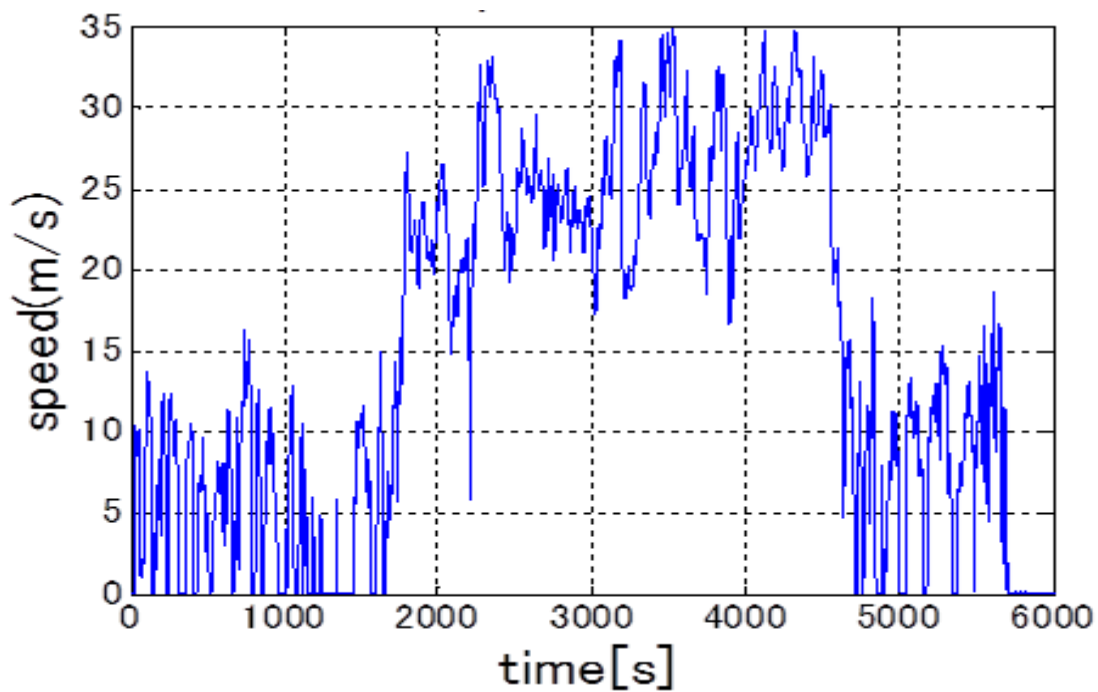


Fig.16 Speed data

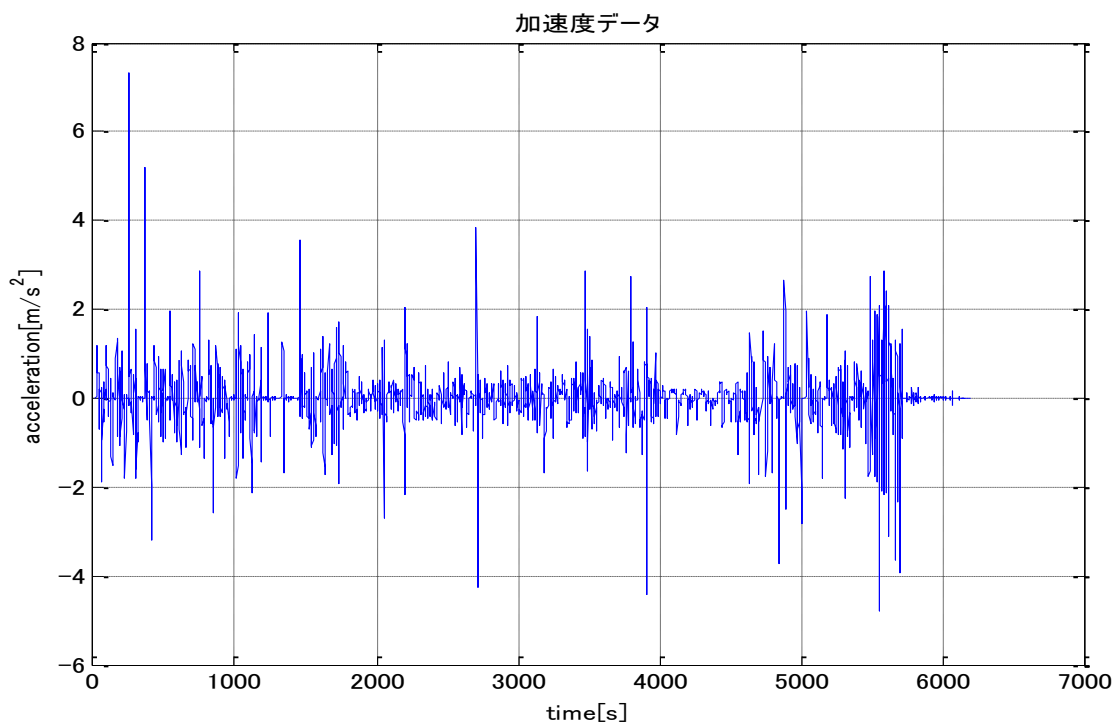


Fig.17 Acceleration data

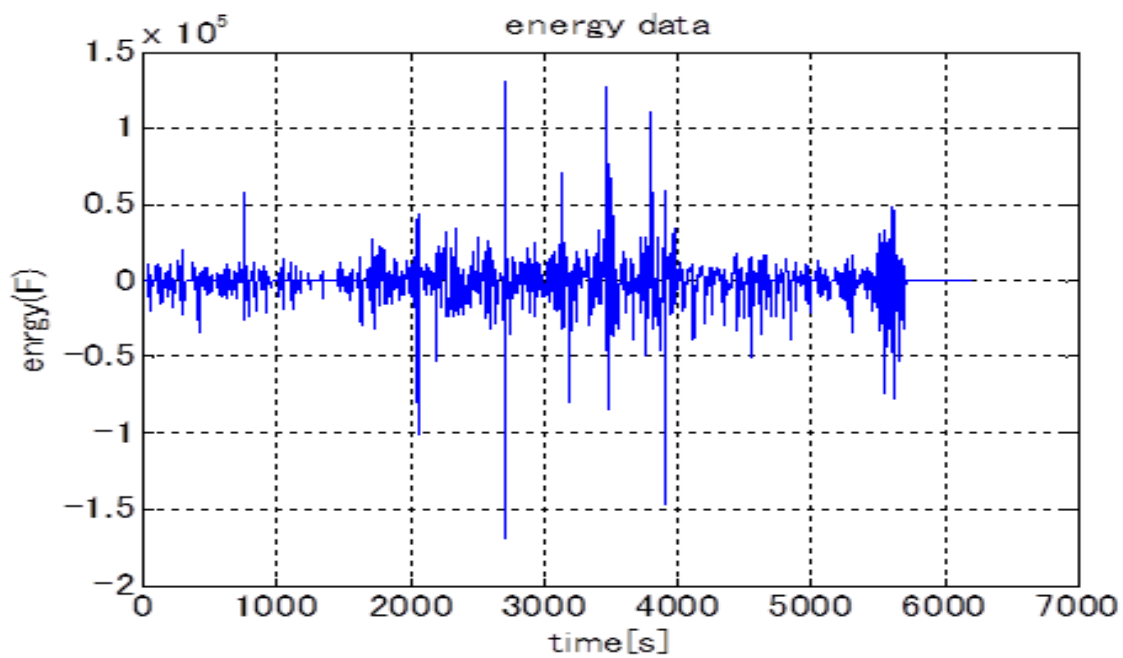


Fig.18 Energy data

5.1.4 診断結果

Table11 Output of eco-evaluation

	Subject K	Rate[/km]
Wight[kg]	1600	
Energy[J/kg]	24644.38	264.681
LossEnergy[J/kg]	12701.80	136.418
LossEnergy2[kJ]	2095.80	2.251
LossCalorie[kcal]	8802.35	9.454
Distance[m]	93109.62	

5.1.5 検証

走行実験で GPS 情報のログを取りエネルギー消費量の解析によってエコドライブ評価を行った結果となる。速度情報から加速度情報の算出を行ったところ、速度が大きく変化しているところでは大きな加減速度が発生していることがわかる。エネルギー消費量においては、速度情報より、加速度情報の波形と類似していることがわかる。このことから、消費エネルギーは主に、加速度の変化が発生したときに大きく発生していることがわかる。

また、GPS から得られた位置情報を局所的変換を行い、平面距離として変換を行うことで、移動軌跡の出力、正確な移動距離が出力することができた。

エコドライブ評価による評価表においては、被験者 K によるエコドライブ評価として、エネルギーの消費量、キロメートルごとの割合が出力している。

5.2 安全運転推進システム実験

5.2.1 実験

安全運転推進システムにおいてはエコドライブ評価システムと同様の環境下で、同時に実験・検証を行った。急激な速度、加速度の変化、どれだけのエコドライブではない時間があったのか解析を行うことで、エコドライブの推進だけでなく、安全な運転を推進するシステムの構築、検証を行う。

5.2.2 実験結果

Table12 Evaluation of safe driving

	Subject K	Rate[%]
s-acc.dec[count]	137	2.208
e-diagnosis[s]	6097	98.291
ne-diagnosis[s]	106	1.709
s-diagnosis[%]	2.941	

5.2.3 検証

実験結果から、s-acc.dec より急激な加減速度が何度発生したか、全体の加減速の何割がエコではない加減速であったか出力されていることがわかる。e-diagnosis はエコの基準を満たしている安全なスタートを示している。この時間が長いほど、よりエコであり安全な運転をしていることになる。ne-diagnosis はエコではない時間を示している。

s-diagnosis はふんわりアクセル e スタートで、停止から発進を行った全体の回数に対し、ふんわりアクセル e スタートの条件を満たしていない回数の割合となる。この値が多いほど、急激な発進が多く見られるということがわかる。

5.3 ドライブアシストシステムの実証実験

5.3.1 実験経路

東京都東京駅⇒茨城県赤塚駅

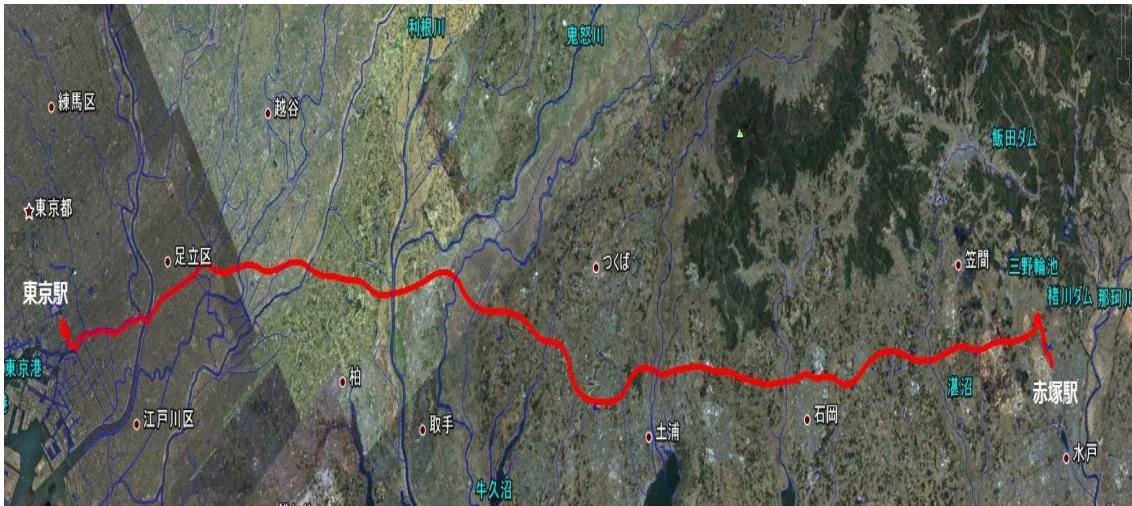


Fig.19 Experimental route

2人の被験者の自動車にGPS受信器を2つ設置し、同車両、同経路、同時間の条件で実際に走行実験を行う。GPSはPCに接続し、ドライブシステムを行うための端末と、もう一方はデータログ用として、GPS端末を使用する。ログデータは計測後、専用の解析ソフトを用いることで、解析データの変換を行い、ログデータ用のドライブ評価システムを用いて、走行情報の解析を行い、速度情報、総走行距離、ふんわりアクセラスタート、消費エネルギー量、エネルギー消費比率の解析を行う。

リアルタイムによるアシストシステム動作確認、及び、計測後にアシストシステムのログデータを用いて各出力結果、評価の比較を行い、ドライブアシストシステムの評価を行う。

5.3.2 ドライブアシストシステム実験結果

被験者 H の実験結果

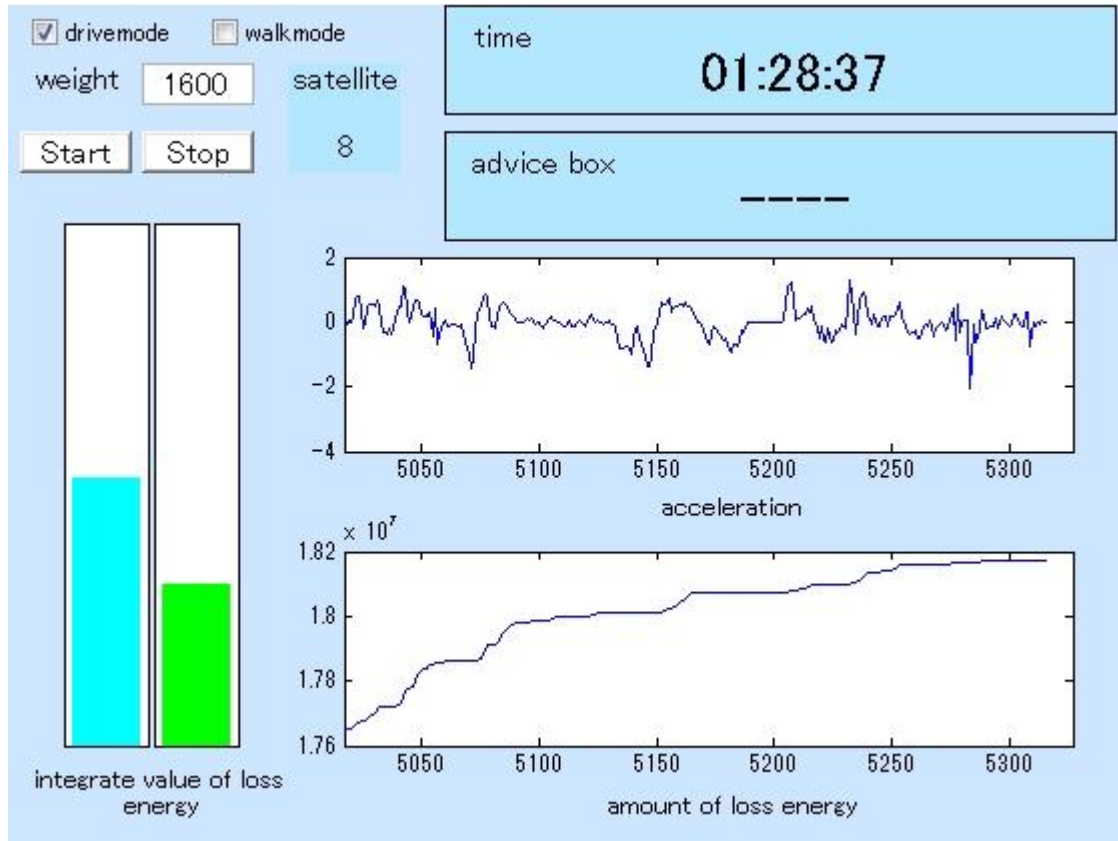


Fig.20 Experimental results of the drive system (Subject H)

システム画面は 5 分範囲で更新され表示されていくため、終了する 5 分前のデータが表示されている。被験者 H 運転時のアシストシステム画面となる。リアルタイムシステムのために走行終了時の画面となる。エネルギーの積算値はプラス要素のエネルギー消費量のために、加速度の波形がプラス方向に大きく乱れたときに、上昇していることがわかる。また、5 分のインターバルごとにエコドライブの判定を出力する箇所は、10 分前の消費量より 5 分前の値は減少しており、色も緑色になっていることがわかる。

被験者 M の実験結果

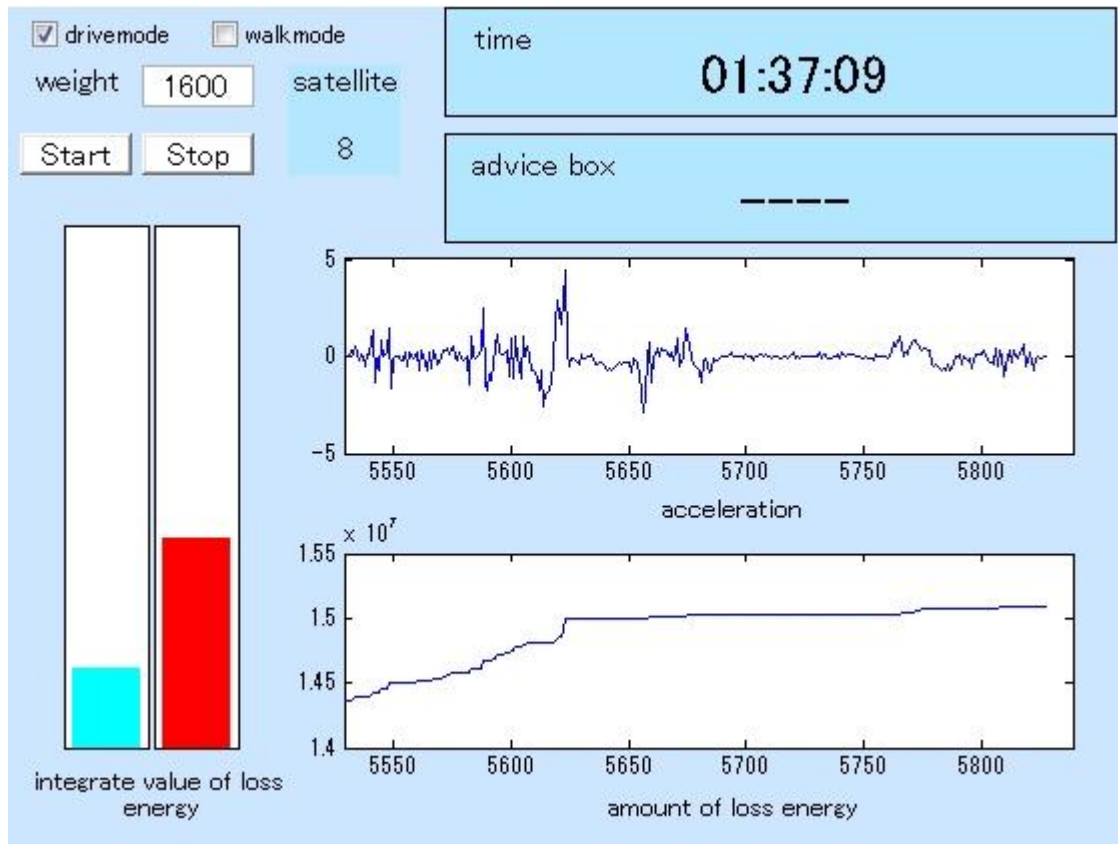


Fig.21 Experimental results of the drive system (Subject M)

被験者 M 運転時のアシストシステムの走行終了後画面となる。こちらも被験者 H と同様に消費エネルギーの推移は加速度の変動に比例している。エコドライブ判定においては、加速度に大きな変動があったため最終値はあまりエコではない運転だったことがわかる。

5.3.3 ドライブアシストシステム-天頂遮断地帯

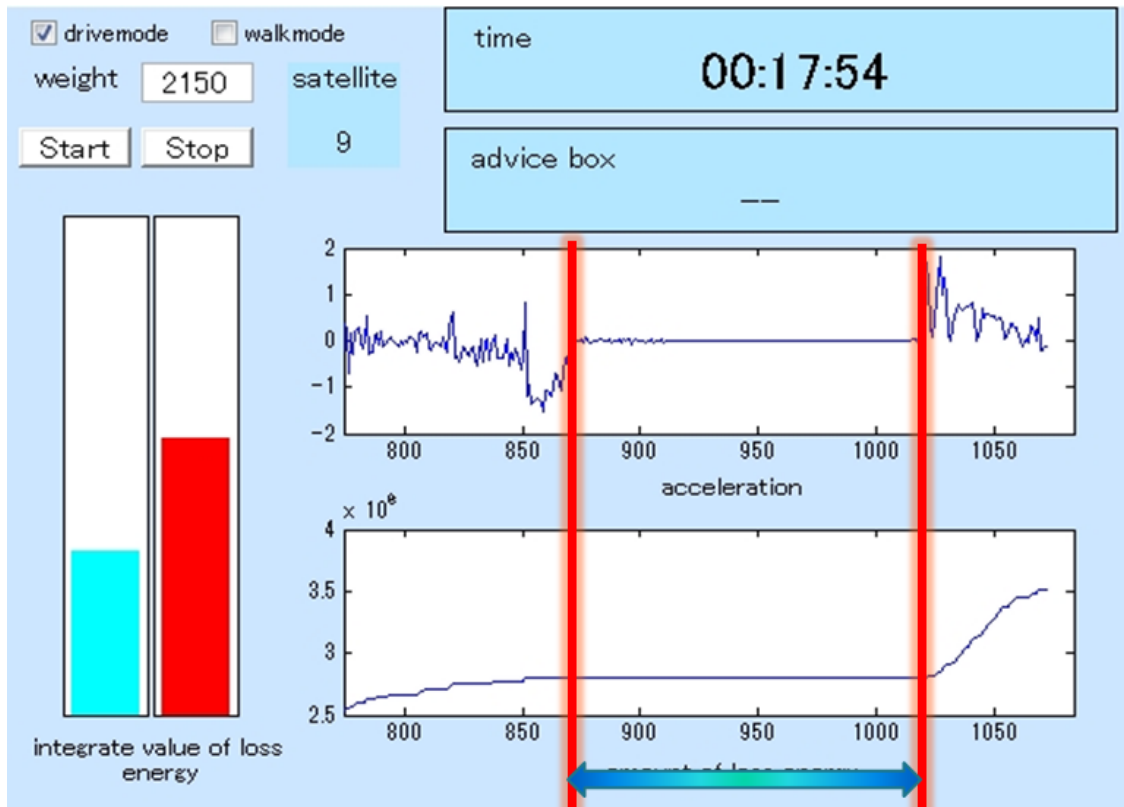


Fig.22 System screen of shut off zenith

途中、加速度の変化が途絶えている地帯があり、通信が遮断されていた時間帯となる。GPSの通信が遮断されてしまった場合、satelliteの値が0となり、データの受信ができなくなったために、加速度、消費エネルギーの変化がなくなっていることがわかる。Satelliteの値が0となったとき、内部データでは最後に取得した有効なデータを利用し続けるために、上図のように変化せず一定の値になる。

また、ヒュペニの距離計算式により、再度通信が開始されたとき、加速度、エネルギー変化値に補正が入るため、急激に変動が発生していることがわかる。5-10分ごとのエネルギー積算値によるエコドライブ判定においても、赤色になっていることからあまりエコではないと評価されてしまっていることがわかる。

5.3.4 ドライブアシストシステム-アドバイス出力画面

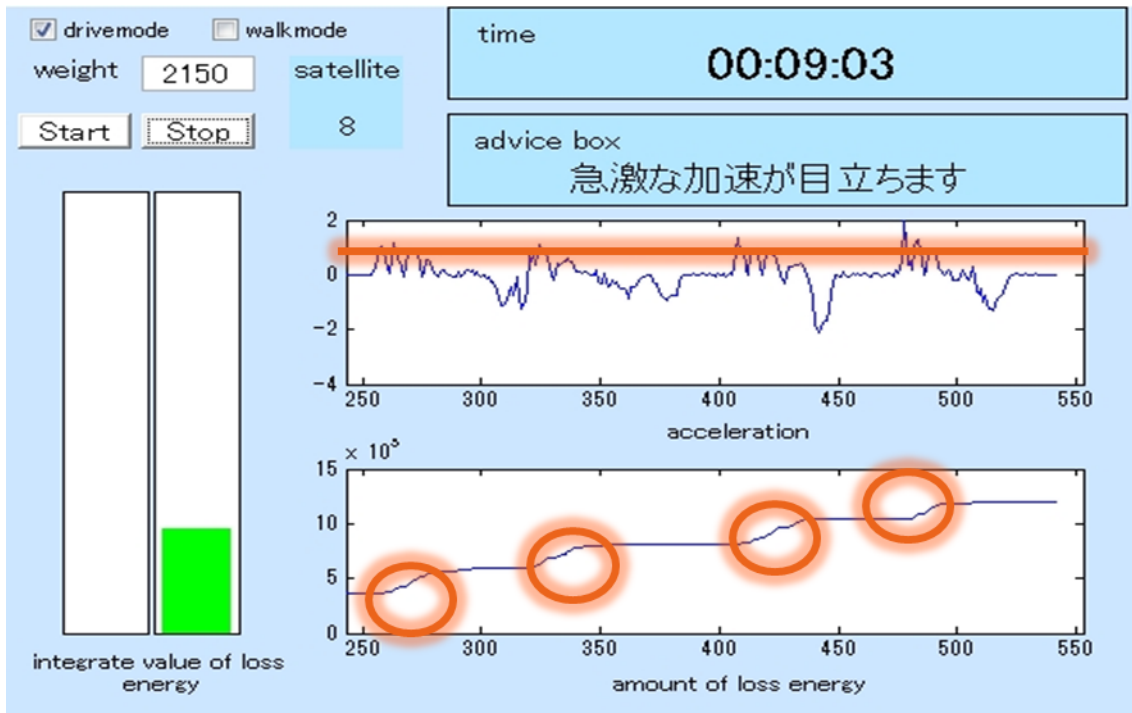


Fig.23 Output screen of the advice

設定した評価・アドバイスが、条件に当てはまったとき、上図のように対応したアドバイスが advice box に出力されている。

急激な加速が目立ちますというアドバイスは、加速度の変化がプラス領域において 1.11m/s^2 のボーダーを何度も上回ってしまったこと、そしてエネルギー変化においても急激な変化が何度も発生しているため、アドバイスが出力されている。

5.3.5 ログデータの解析結果

被験者 H

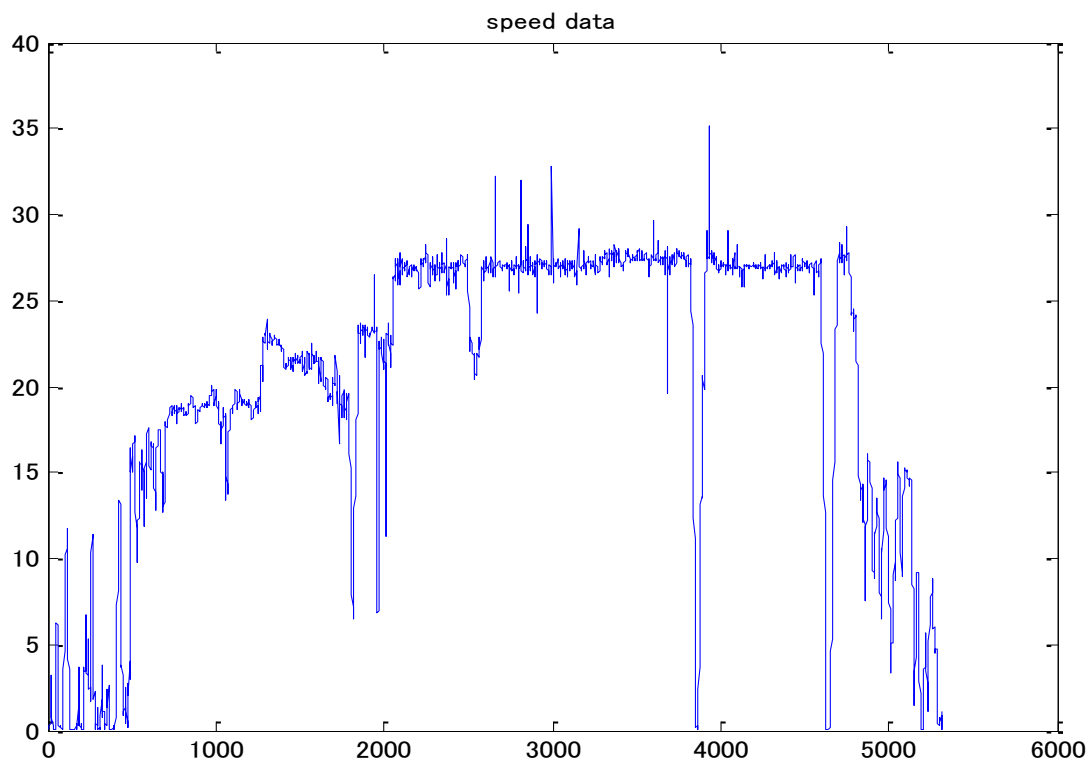


Fig.24 Speed data(X:time[s] Y:speed[m/s])

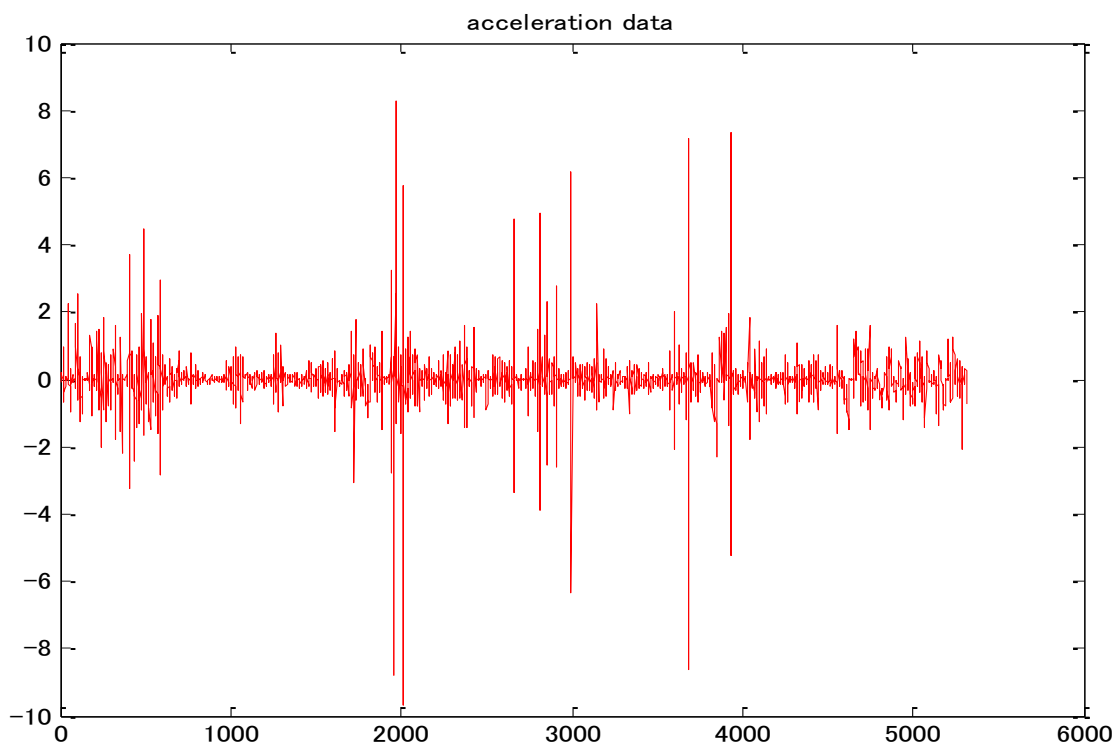


Fig.25 Acceleration data(X:time[s] Y:acceleration[m/s²])

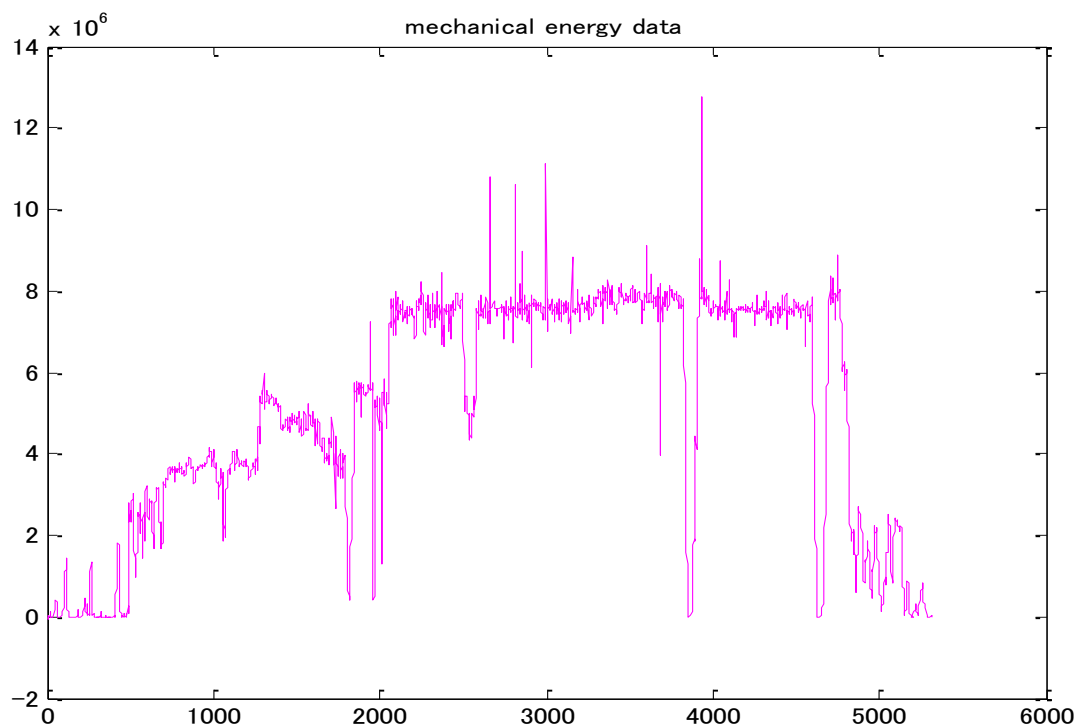


Fig.26 Mechanical data(X:time[s] Y:mechanical data[MJ])

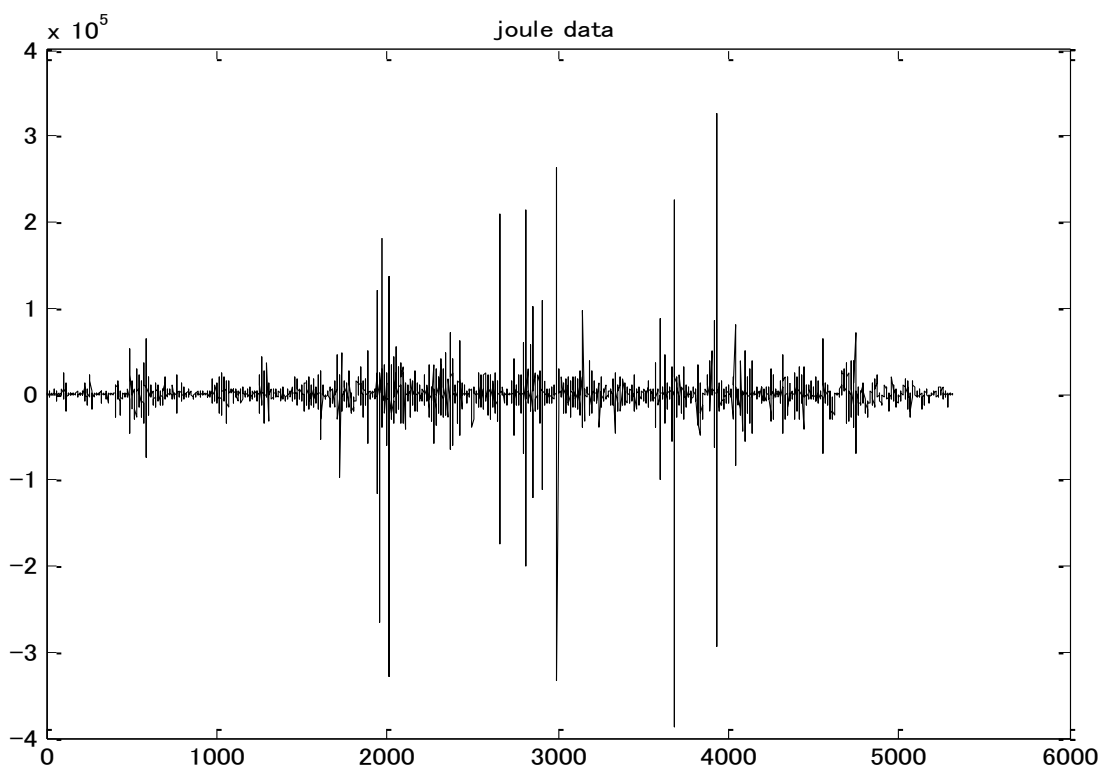


Fig.27 Joule data(X:time[s] Y:joule data[KJ])

被験者 M

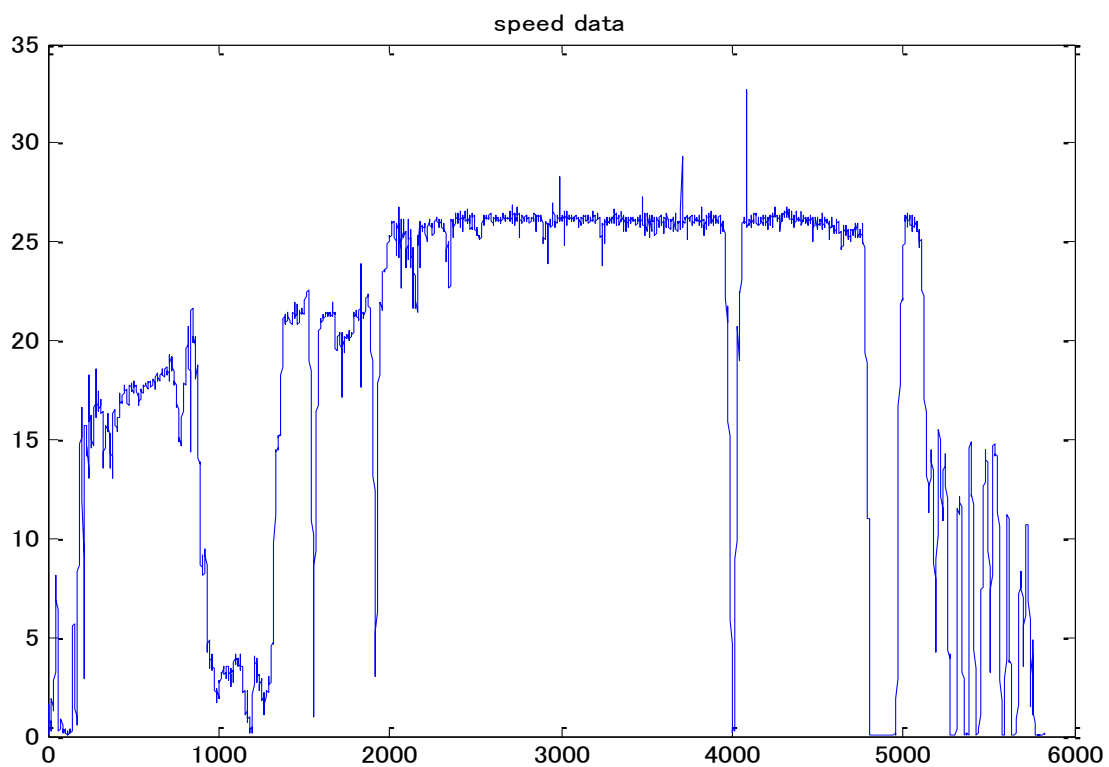


Fig.28 Speed data(X:time[s] Y:speed[m/s])

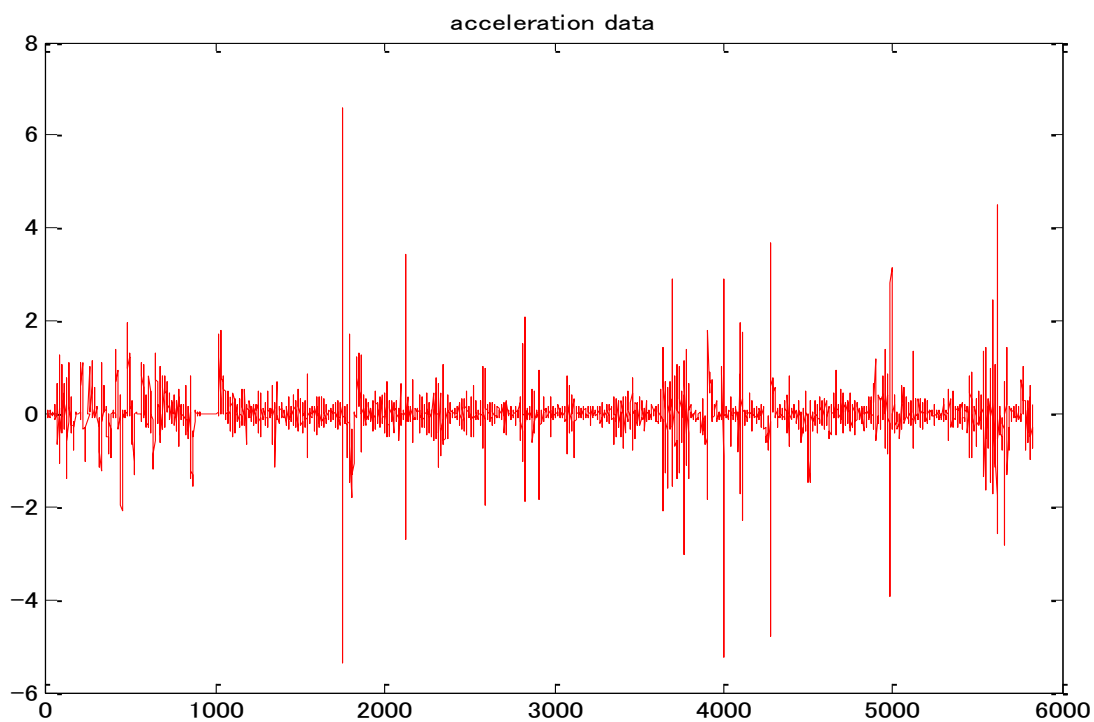


Fig.29 Acceleration data(X:time[s] Y:acceleration[m/s²])

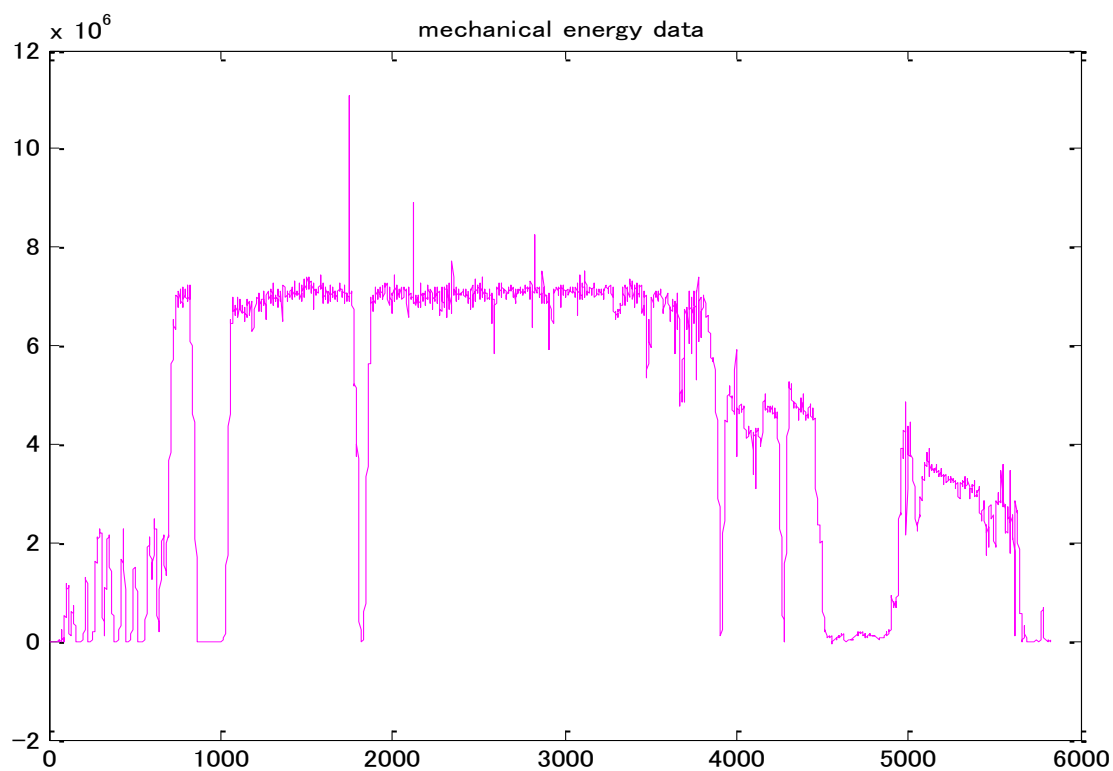


Fig.30 Mechanical data(X:time[s] Y:mechanical data[MJ])

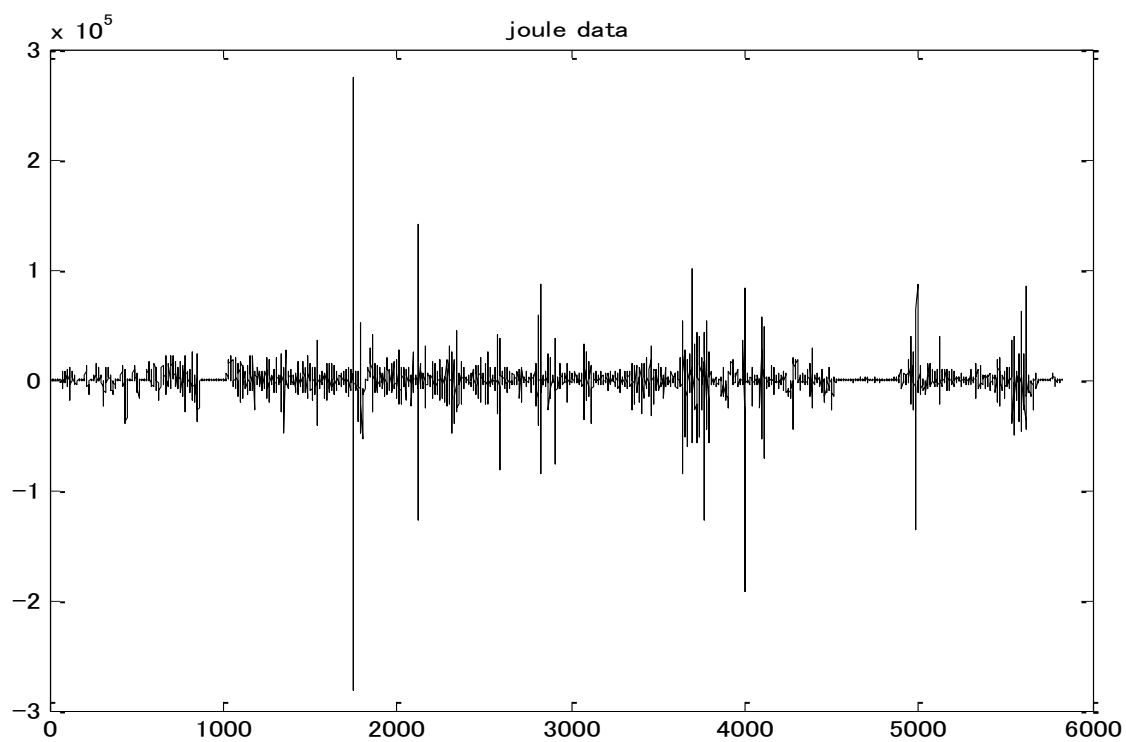


Fig.31 Joule data(X:time[s] Y:joule data[KJ])

5.3.6 ログデータ検証

力学的エネルギーは自動車の移動エネルギーと高度の変化による位置エネルギーを合わせた数値となる。今回、走行した経路では、坂による高度変化がほとんどなかったために、出力結果では特に移動エネルギーの要素が大きく表れており、移動エネルギーの影響を大きく受けたために速度情報と類似した波形となっている。消費エネルギー量においては加速度と速度データの変動に連動して発生しており、加速度や速度に大きな変動が見られた箇所では、特に大きな発生量がみられる。

各被験者のデータを検証したところ、速度や加速度の変化から、天頂遮断地帯によるトンネルに入ったときの変化、特に速度に大きな乱れが見られているとき、加速度、消費エネルギーに影響を及ぼしていることがわかる。

5.3.7 消費エネルギーの推移

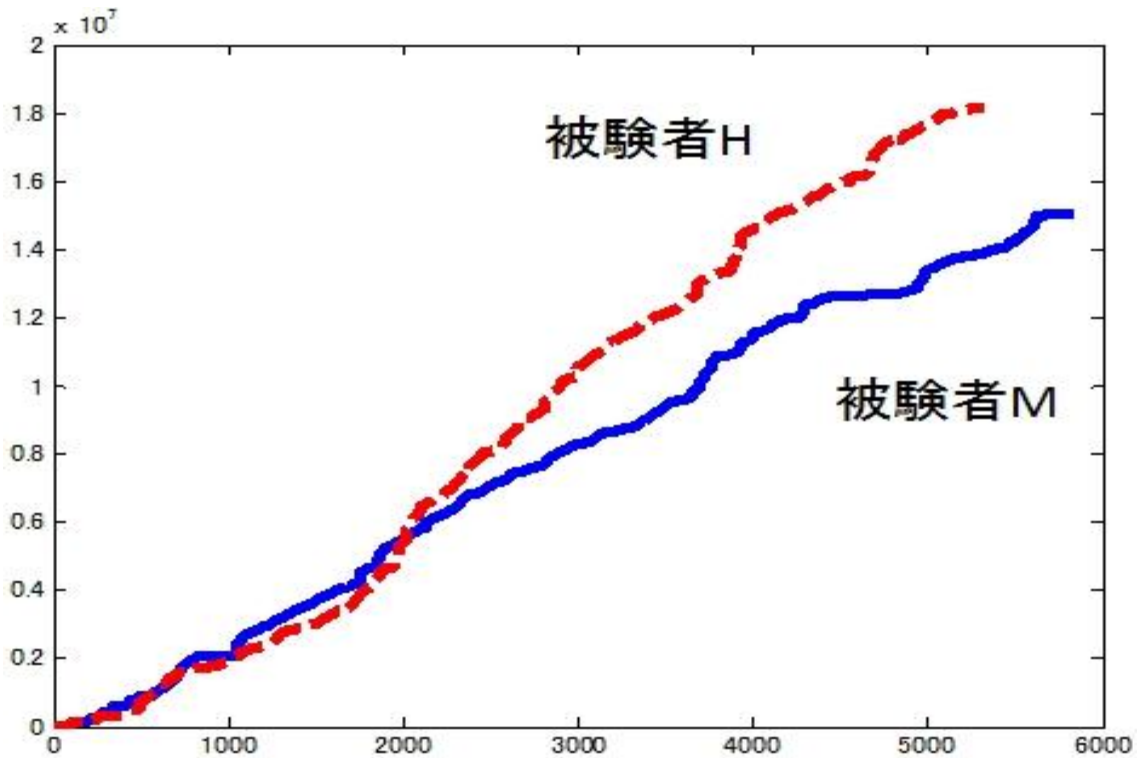


Fig.32 Trends in energy consumption

被験者 H と被験者 M の消費エネルギー量の推移となる。被験者 M のほうが被験者 H よりも走行時間が長いにもかかわらず、エネルギー消費量は被験者 H のほうが高いことから、被験者 M のほうがよりエコな運転であるといえる。よって走行時間によって消費エネルギー量は大幅に変動することがわかる。

5.3.8 ドライブアシストシステムの評価

Table13 Comparison of system evaluation

	soft data(H)	log data(H)	soft data(M)	log data(M)	Database
distance[km]	109.3	109.4	108.15	108.2	110
loss energy[kJ]	1816	1817	1508	1506	
rate of loss energy[%]	48.2	48.3	48.6	48.8	
mechanical energy[MJ]	266.43	266.43	254.94	254.94	
e-start[%]	6.67	6.68	3.21	3.21	
ov-acc[%]	1.34	1.36	0.89	0.89	

アシストシステムのソフトデータより分析した評価や診断とログデータによって得られた診断結果の比較となる。Databaseの値はGoogle Earthによって距離を算出したものとなる。距離データは各被験者のソフトによる結果、ログデータの解析結果と比較するとほぼ同等の数値が得られていることがわかる。若干の誤差はGPS衛星との接続が切れてしまったトンネルによる遮断地帯の補正によるものだと考えられる。

エコドライブ評価においては、エネルギー消費量、消費率はアシストシステムとソフトによる解析ではほぼ誤差は見られない。

被験者の診断・評価結果の比較においては、エネルギー消費率はほぼ同じ値が出ているが、被験者Mの方がふんわりアクセルeスタート満たしていない割合や急激な加速の割合が少ないため、消費エネルギーの値は被験者Mの方が少ないため、被験者Mのほうがより、エコな運転をしていることがわかる。

soft data と log data の評価結果は全体的にほぼ同様の数値が得られ、誤差はほぼ見られない。一般的に利用されているソフトウェアを使用したシステムとほぼ同様の結果が得られたため、リアルタイムのアシストシステムによる診断は可能であり、有効であることがわかる。

第6章 むすび

今回、構築したドライバアシストシステムは被験者 2 人で実験したところ、ログデータを変換した結果から解析したデータとほぼ同様の結果が得られた。

しかし、GPS データの受信ができない天頂が遮られているトンネルなどにおいては、アシストシステムでは遮断前に得られた最後の有効となるデータと、接続確立後の再び有効な受信データとして処理されたときの座標を直線として考え、計算を行っているが、ログモードで計測を行った端末のデータにおいては、トンネル内の走行データはソフトウェアで自動的に修正を行うため、GPS 受信端末のデータとは、若干の誤差が発生してしまった。

システムのインタフェースにおいては、エコな運転をしているのか容易に判別が可能であり、状況に応じて正確な評価・アドバイスが出力されることで、ドライバアシストシステムとして機能していることが確認できた。

以上より、構築した GPS データを用いたリアルタイムによるドライバアシストシステムはエコドライブ運転、安全な走行を推進ために有効であり、システムを用いることで、低コストで導入することが可能である。

参考文献

- [1] 北岡敬三：自動車技術の展開とその問題点，不二法律特許事務
- [2] トランジスタ技術編集部，“GPS のしくみと応用技術 - 測位原理，受信データの詳細から応用まで”
- [3] 飛驒幹男，“世界測地系と座標変換”
- [4] ECCJ 財団法人省エネルギーセンター，<http://www.eccj.or.jp/index.html>
- [5] チーム・マイナス 6%，<http://www.team-6.jp/ecodrive/>
- [6] 小林一行：ロボットモデリング-MATLAB-によるシミュレーションと開発，オーム社
- [7] 小林一行：MATLAB ハンドブック，秀和システム

付録

実験使用 GPS 仕様

Table14 GPS spec


	GPS	PhotoMate
	Protocols	NMEA 0183
	Boud Rate[bps]	115200
	Sampling Interval[sec]	1
	Position Accuracy[m]	5
	Dimension[mm]	W44×D26×H15
	Weight[g]	18
	Battery[hr]	11.5(sampling 1[sec])
	Form	WGS-84

Fig.33 GPS

Volvo CX90 仕様



Fig.34 Car

Table15 Car spec

Car	Volvo CX90
Weight[kg]	2150
system	Full-time 4WD
Transmission	6AT
Displacement[cc]	3192
Mechanism	Valve inline 6-cylinder water-cooled DOHC24
Compression	10.8
Fuel supply system	Electronic fuel injection
Maximum output[ps/rpm]	243/6400
Maximum torque [kgfm/rpm]	320/3200
Fuel	Unleaded premium gasoline
Tank capacity[L]	80
10mode/10・15mode fuel[km/L]	8.2
JC08mode fuel[km/L]	8

謝 辞

本研究を進めるにあたり、渡辺嘉二郎教授、小林一行教授には大変お世話になりました。渡辺教授には論文の内容、構成など基本的なことを一から丁寧に御教示いただき、小林教授には度々貴重な時間を割いていただき、研究内容や技術的な問題点、及び構成に関わる様々なことなど、的確な指導を賜り深く感謝致します。

また、研究を進めていく上で恩田さんにも大変お世話になりました。また、お忙しい中論文の書き方や研究方法などまで幅広く、親切にアドバイスを下さった同研究室の方、ありがとうございました。

最後に、同期である方々、共同研究で苦楽を共にした恩田君と、6年間の大学生活を支えて下さった両親に深く感謝致します。

2012年 2月

石川 倫明