

## - 24 WEBによる自己診断型交通行動支援システムの開発と行動変化の分析

## Development and Validation of Travel Behavior Assistance System by Self-Diagnosis on WEB

薄井智貴<sup>1</sup>・森川高行<sup>2</sup>・山本俊行<sup>3</sup>・三輪富生<sup>4</sup>

Tomotaka USUI, Takayuki MORIKAWA, Toshiyuki YAMAMOTO, and Tomio MIWA

**抄録:** 名古屋都市圏において通勤目的の自動車利用が、朝夕の道路交通混雑に大きな影響を与えている。そのため、通勤時における自動車利用の見直しが、環境負荷低減に与える効果は大きい。本研究では自動車利用縮小のためのソフト的施策であるモビリティ・マネジメントを支援する「自己診断型統合交通行動支援システム」を開発した。本システムは、利用者の交通行動を記録し、その行動について環境負荷の面から自動診断し評価する「iMM サブシステム」と、GPS 携帯の位置情報から正確な行動経路データを得る「PP サブシステム」、環境に優しい経路を案内する情報提供ツール「PRONAVI」の三つを統合し、一人一人の行動変容による環境負荷低減を支援する。本研究では、民間事業者の通勤交通における CO2 排出量低減を目的とした社会実験に適用し、その効果分析の結果を示す。

**Abstract:**

In Nagoya Metropolitan Area, commuter-cars have a big influence on traffic jam and congestion in peak period. To reconsider the use of a car for commuting will greatly influence decrease of burdens on the environment. In this study, we developed "Self-Diagnosis Integration travel Assistance System" which can support Mobility Management that is enforcement of policy for reduction of commuter cars. This system has three sub-systems as follows; the first sub-system is "iMM sub-system" for automatic diagnosing about travel behavioral, the second is "PP sub-system" for collecting exact behavioral route data based on GPS, and the third is "PRONAVI" for providing multi-mode route information to guide environmental route. These systems are integrated, and assist traveller's voluntary environmental behavior. We applied the developed system to the pilot program and analyzed the effect of the system.

**キーワード:** WEB システム, 情報収集・提供, 情報提供効果, 交通行動分析, プローブパーソン, モビリティ・マネジメント

**Keywords :** WEB System, Information Service, Data Gathering, Traffic Behavior Analysis, Probe-Person

**1. はじめに**

「温室効果ガス削減のための効果的な施策とは何か」。ここ数年、国を挙げて取り組んでいるこの問題に対し抜本的な改革はおろか、逆に増加の一途を辿り、京都議定書COP3における2012年6%減の目標はもはや絶望的な数値となりつつある。

中でも運輸部門においては、相次ぐ新規道路建設や高速道路の拡張を始めとする道路網整備など、人々の生活水準、利便性の向上、日本経済の発展を推進する一方で、増え続ける自動車事故や慢性的な道路交通渋滞、大気汚染をまねいており、地球環境悪化の要因の一部となっている。特に、名古屋都市圏において通勤目的の自動車利用は24.3%を占めており<sup>1)</sup>、朝夕の道路交通混雑に大きな影響を与えている。そのため通勤目的トリップにおける自動車利用の見直しが、道路交通の円滑化、公共交通利用者数の増加、ひいては環境負荷低減に与える効果は大きい。

こうした問題に対する打開策の一つとして、自動車から公共交通へと交通手段の変更を推進するソフト的対策の一つであるモビリティ・マネジメントが注目を集めており、既にその有効性が近年の多くの研究事例にて示されている。

モビリティ・マネジメント (Mobility Management 以下、MMと称す) とは、TDM (Transportation Demand management: 交通需要マネジメント) 施策の一つであり、TFP (Travel Feedback Program: トラベル・フィードバック・プログラム) に代表される個別コミュニケーションによって自発的行動変容を促す技法である<sup>2)</sup>。実施に際しては、国や自治体等が中心となって、地域や職場、鉄道路線沿線などで、アンケートや宣伝広告、対面調査にて実施されており、各地で行われている社会実験では一定の成果が報告されている<sup>3)</sup>。また、最近では、その利便性からWeb上やGPS携帯端末での調査実施も行われ始め、情報化社会に即した新しいTDM施策として期待が寄せられている。

1 : 学生会員 情(修) 名古屋大学大学院 博士課程 環境学研究科 都市環境学専攻  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町, Tel :052-789-3730, E-mail : usui@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)  
2 : 正会員 Ph.D. 教授 名古屋大学大学院 環境学研究科  
3 : 正会員 博(工) 准教授 名古屋大学大学院 工学研究科  
4 : 正会員 博(工) 助教 名古屋大学大学院 工学研究科

しかし、あくまで個人の意志による行動変容を期待する施策であるため、劇的な改善策とは言い難く、参加者の理解を得ることや、実施後の効果測定、効果識別の難しさ、パネル調査による被験者行動記録の負担、実施主体の作業負担など、費用対効果の面での課題も多い。ただし、持続可能な社会を目指す長期的視点からは、個人ひとり一人の環境意識の改革から、ひいては社会全体の意識改革に繋がるこの施策は、自動車環境問題解決のための一つの重要なファクターとなりうる。

このような問題意識の中、著者らは大規模かつ幅広く実施可能な「自己診断型統合交通行動支援システム（以下、統合支援システムと称す）」を開発した。さらに、このシステムを、ある民間事業者の通勤交通における、公共交通利用推進によるCO<sub>2</sub>排出量低減を目的とした社会実験に適用した。

本研究では、統合支援システムの中核となるWEB自動診断型交通行動支援サブシステム「iMMシステム」や、被験者の詳細な行動情報を収集するProbe-Person (PP) サブシステム「PPシステム」、より詳細な交通情報を提供するためのマルチモード経路案内サブシステム「PRONAVI」についての機能やシステムの全体構成を示す。さらに、これらサブシステムの適用による効果の変化について分析を行い、今後のMM施策のより有効な実施に向けた基礎資料を提供するものである。

## 2. MMの概要

### (1) MMの流れと手法

一般に、MMは、各個人の交通行動に対して、個人と施策実施主体との間でコミュニケーションを図り、交通行動に対する社会的・個人的メリットやデメリットの存在を示しつつ、各個人自身の意志により行動と意識の変化を促す施策であり、個人ひとり一人に対して図-1の流れで実施される。

まず、「行動の把握」では、被験者の現状の行動についてヒアリングやアンケートにより調査し、これを

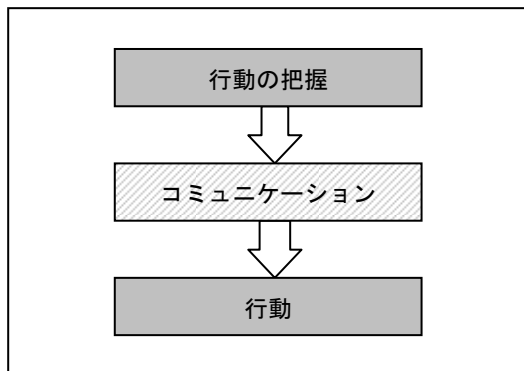


図-1 MM実施の流れ

分析することでCO<sub>2</sub>排出量などの情報を作成する。「コミュニケーション」においては、作成された被験者の現状の交通行動に対する環境負荷情報等をフィードバックし（フィードバック法）、現状の行動からどのように変更することが環境に優しいかなど、行動変容のためのコミュニケーションを行う。最後に、「行動」では、各個人が再び交通行動を行い、行動変化や環境負荷削減等に関する効果を測定する。

「コミュニケーション」については、代表的な行動変容のための手法として、アドヴァイス法と行動プラン法の二種類がある。アドヴァイス法は、個々の行動記録から、それに即し加工した個別情報を各個人に提供するものである。一方、行動プラン法は、アドヴァイス情報を提供した上で、各個人で具体的な行動方法を検討してもらうものである。被験者は、自ら行動プランを作成し、“具体的にどうすればよいのか”を考えることにより実行意図が活性化され、行動変容がよりスムーズに行われる。この二種類について、データ回収率に関しては、情報提供のみのアドヴァイス法が高いが、また、行動変容効果に関しては行動プラン法が高いことが既往研究により示されている<sup>3)</sup>。

### (2) WebによるMMシステム

MMの実施に際しては、個人の行動や行動計画の記録方法、アドヴァイスや行動結果のフィードバック方法を検討することは非常に重要である。従来、紙ベースの対面調査やアンケート郵送形式でその多くが行われてきたが、参加者はもちろん実施主体にとっても負荷が非常に大きく、実施主体側の人的資源の制約や費用対効果の面から大規模な実施は困難であった。しかし、近年の情報通信技術の進歩に伴い、それらの労力を削減し、効率的かつ効果的なMMを行うため、WEB上で実施可能なシステムに関する研究が進められた。また、近年、携帯電話のGPS内蔵が標準装備となり、GPSの位置情報により行動軌跡を蓄積する技術も実用化され、これら位置データを用いたMMも研究されている。以下では、これらの既往研究についてレビューする。

### (3) MMの既往研究

WEBやGPS携帯を利用したMMの既往研究としては、以下のものが挙げられる。

大藤ら<sup>4)</sup>は、Webを活用したTFPシステムを構築し、近郊の事業所に対して適用を行っている。このシステムでは、事前・事後のフィードバック調査と行動プラン作成及び評価を行っているが、MM効果を高める関連ツールの必要性を課題にあげており、またフィードバック診断もCO<sub>2</sub>排出量や燃料消費量のような簡易な

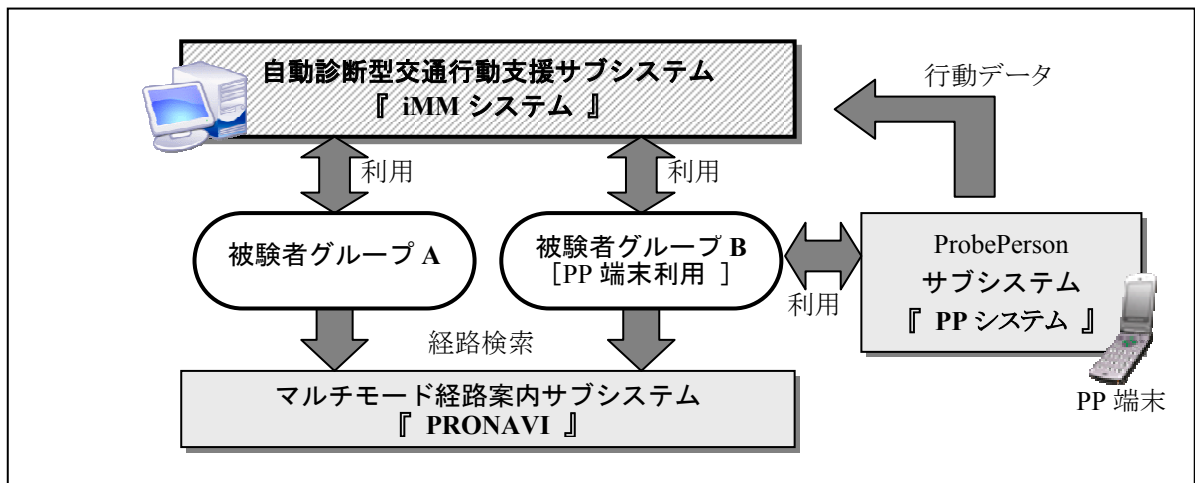


図-2 自己診断型統合交通行動支援システムのフレームワーク

ものみであるため、行動プラン作成のためのアドバイスといった観点では不十分である。中里ら<sup>5)</sup>は、GPS携帯を用いたMM調査のための携帯アプリケーションを開発し、用紙媒体の調査票記入式調査とGPS携帯端末を利用した調査との比較を行うため、交通行動調査を行っている。この調査では、被験者36名を対象として、行動時間データの記録回数や活動終了から記録までの時間差、被験者の記録に対する負担、調査アプリケーションを常時起動することによる行動への影響などについて比較分析を行っている。さらに、北川ら<sup>6)</sup>は、フィードバック法とアドバイス法を組み合わせたWEB上で動作可能なシステムを開発しており、このシステムは、アドバイス時にエキスパートシステムと呼ぶ個別アドバイスを自動で生成する機能を有している。また、矢田ら<sup>7)</sup>は、GPS携帯を用いたプローブ型TFPシステムを提案し、構築したシステムを用いてGPS端末でのMM実施の有効性を評価している。

以上より、MMを実施するにあたって、被験者にとってなるべく負担の少ない記録方法で、なおかつ、実行動に即したアドバイスをするための調査機器の選択とプラン作成時のより効果的な情報提供が重要であることが分かる。また、コミュニケーション手法に関しても、フィードバック法とアドバイス法、行動プラン法の3つを包括させるシステムを構築することが必要であると考えられる。

### 3. 統合支援システムの構築

本研究で提案する統合支援システム（自己診断型統合交通行動支援システム）は、MM実施をより効果的かつ効率的にサポートするため、3つのサブシステムにより構成されている（図-2）。

一つめのサブシステムは、交通行動の入力、登録、結果表示、自動診断機能を有するシステム『iMMシステム』であり、統合支援システムの中核を成している。

二つめのサブシステムは、PPサブシステム『PPシステム』である。iMMシステムがWEB上で行動を入力するのに対し、このサブシステムはGPS携帯電話を利用して行動記録や移動軌跡情報（GPS座標情報）を取得し、データベースに登録することが可能であり、被験者の行動経路をリアルタイムかつ詳細に把握できる。さらに、MMでの行動プラン入力に際して、各個人の最適な通勤経路を案内するための情報提供ツールとして利用されたマルチモード経路案内サブシステム『PRONAVI』である。

本統合支援システムは、通常は単独で活用されるこれらのサブシステムについて、データの一元化、主要機能の共通化、連携による利用者の調査負担の軽減を実現し、他に例のない統合型のMM支援システムとなっている。

支援システムの既往研究には、2章（3）で示した例があるが、いずれもWEBやGPS携帯を用いたシステムであり、詳細な経路案内システムまでを統合し、効果を比較分析できるシステムは著者の知る限り存在しない。またiMMシステムに導入した自動診断システムについても、北川らによって類似のシステムが開発されているものの、これはMM実施終了後の利用者の行動結果に対してYes、Noで簡易に選択される16パターンのMM診断コメントを表示しているに過ぎない。本研究では、それらを大きく上回る、事前行動、行動プラン、アドバイス、総合診断のそれぞれすべてについて、利用者の詳細な行動データから利用者の行動について自動診断を行い、それに即した37種類のコメントを組み合わせることにより、全70パターンの診断アドバイス及び評価の提示が可能である。

#### （1） 統合支援システムの構成

本システムは、入力の簡易化、ユーザーIDの一元管理、利便性向上、データ電子化による集計労力の削減等を目的として、WEB上で動作するシステムとなって

いる。そのため、インターネットに繋がるパソコン環境 (Internet Explorer6 以上) があれば、会社、自宅、外出先と場所を選ばず、どこからでもアクセスが可能となっている。被験者は、ID とパスワードによりシステムにログインし、交通行動、行動プランの登録や、行動診断結果及びシステムから提供されたアドバイスの表示を行うことができる。

また、本システムで入力されるデータは、一部、個人情報を含んでいるため、セキュリティを強化している。サイトへの入力は、すべて SSL (Secure Socket Layer) により暗号化され、改竄や誤入力など不適切な入力は受け付けないよう HTML 解析も行っている。

サーバには、安定性、安全性にすぐれた Linux サーバを用いた。開発にはサーバとデータベース、ブラウザ間で情報をやりとりでき、個人情報を扱うための堅固なセキュリティ、かつ短い開発期間でも構築が可能な PHP 言語 (version 4.31) と Java 言語 (version 1.4) を主に利用した。またデータベースには、安定性、安全性、利便性に優れ、開発も容易であり、処理速度もデータベースアプリケーションとしては最速である MySQL (version 3.23) を利用した。

これらのサーバ機能は、構築、管理が容易な 1 台の共用レンタルサーバで構成されており、FTP (File Transfer Protocol) の遠隔操作により開発、アップロード、保守、管理を行った。

## (2) 自動診断型交通行動支援サブシステム「iMMシステム」

統合支援システムのメインシステムである iMM システムは、MM の基本的な流れを踏襲した WEB 入力システムであり、ユーザー管理、交通行動記録の登録・修正・閲覧、行動記録の集計、グラフ表示、行動結果自動診断を主な機能として持つ。交通行動記録の入力に関しては、被験者の負担を極力軽減するため、入力項目は最低限にとどめており、そのほとんどはプルダウンメニューによる選択方式としている。さらに、行動プラン作成のための情報提供支援ツールとして利用した、マルチモード経路案内サブシステムと連携させることにより、利用者の交通行動変更のより詳細な検討を可能にしている。また、GPS 携帯 (PP 端末) による PP システムとデータを共有することにより、交通行動入力の際に、iMM システムによる WEB 上での登録と PP 端末を用いた自動登録の 2 種類の手法を選択でき、行動記録の入力方法の違いも分析可能となっている。マルチモード経路案内サブシステムと PP サブシステムについては、後に詳しく述べることとする。

iMM システムの主な機能を表 1 に示し、詳細機能について示す。

表 1 iMM システムの主な機能

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 個人情報管理   | ID とパスワードによるユーザー管理 |
|          | 個人属性登録、修正、閲覧       |
| 交通行動入力   | 事前・事後交通行動の登録、修正、閲覧 |
|          | 行動プランの登録、修正、閲覧     |
| 評価・アドバイス | 事前行動の評価            |
|          | 自動診断アドバイス          |
|          | 事後行動後の総合行動評価       |
| データ処理    | メール配信              |
|          | データ CSV 出力         |
|          | データ集計              |
|          | GPS 携帯端末入力データ変換    |
| 外部連携     | PRONAVI データの共有     |

- ・ ID とパスワードによるユーザー管理  
各被験者に割り当てられた ID とパスワードにより、システムユーザーを管理している。WEB 上で入力することにより、システムを利用することが可能となる。
- ・ 被験者の個人属性の登録、修正、閲覧機能  
属性情報の登録・編集を行う。
- ・ 交通行動の登録、修正、閲覧機能  
被験者は、入力画面より行動日時を選び、行動目的、出発地・目的地、交通手段別移動時間など、交通行動を登録・修正・閲覧が可能である。
- ・ 行動プランの登録、修正、閲覧  
被験者は、事前調査終了後、行動プラン作成期間中に、事後調査のプランを作成する。入力は、上述の交通行動登録と同じ手順、同じ項目である。
- ・ 事前行動の評価  
事前調査の交通行動について評価を行う。評価項目には、グラフ表示による参加者全体の CO<sub>2</sub> 排出量との比較や、交通機関別総移動時間、トリップあたりの移動時間、消費カロリーである。
- ・ 自動診断アドバイス  
事前の調査結果をもとに、行動プラン作成のための行動アドバイスを自動生成し表示する。
- ・ 事後行動後の総合行動評価  
事後行動終了後、実験での個別総合評価を行う。評価は、事前と事後の変化の割合について、グラフ表示や CO<sub>2</sub> 削減のための植樹の本数、カロリー消費量のビール本数換算など、グラフィカルに表示する。
- ・ メール配信  
メールにて被験者に調査開始、終了、催促等の連絡を一括配信するための機能。参加者情報 (E-Mail アドレスや CO<sub>2</sub> 排出量など) を別途 CSV 形式に保存しておき、そのデータを元にメールを配信する。
- ・ データ CSV 出力  
データベース内に集積してある行動データを

CSV形式にて書き出す。また、被験者のシステム利用時刻や利用場所を記録するためのアクセスログも出力が可能である。

- データ集計

CSV形式で出力された行動データを集計用データに変換する。行動目的別、代表交通手段別、日にち別に、トリップ回数やCO<sub>2</sub>排出量、移動時間をCSV形式で出力する。

- PP端末入力データ変換機能

PP端末で記録された行動データをiMMシステムで取り込み評価するためのデータ変換機能。

- PRONAVIデータの共有

PRONAVIでの検索結果やアクセスログなど、本システムにおいても利用できるように、データベースを共有している。

### (3) マルチモード経路案内サブシステム「PRONAVI」

実験の中で行動プラン作成時に情報提供ツールとして「PRONAVI」を利用していることは先に述べた。このPRONAVIは、プローブカーデータを活用した、最短所要時間経路を案内するマルチモード経路案内システムである。実験エリア周辺で過去に収集し蓄積されたプローブカー情報やリアルタイムプローブカー情報を活用した最短旅行時間の自動車利用経路や鉄道利用経路を探索、表示できる。さらには、探索された経路に対するCO<sub>2</sub>排出量も算出、表示する。そのため、CO<sub>2</sub>排出量削減のための通勤ルートを検索する際に、このサブシステムの導入が有効であると考えられる。操作

は極めて容易であり、画面上に表示された地図の上で、1回目の右クリックで出発地を決定。2回目のクリックで目的地を決定する。画面左下の出発時刻を選択し、検索開始ボタンで経路探索が開始され、探索結果（自動車ルートや鉄道ルート）が地図上に出力される。このように、マウスのクリック、ドラッグのみで大半の操作が可能となっている（図-3）。

また、経路探索のみならず、リアルタイムの渋滞情報や48時間先までの予測降雨量情報も表示が可能であり、毎朝の通勤前に道路渋滞情報を確認して、渋滞回避経路を検索した後に出勤、といった利用方法も有効であると考えられる。

これらのPRONAVIの性能と有効性については、著者ら<sup>8)</sup>の論文を参照されたい。

### (4) Probe-Personサブシステム「PPシステム」

今回のシステムでは、被験者の交通行動やその位置情報を収集し、通勤経路を詳細に確認可能な「PPシステム」を内包していることは、先に述べた。

このPPシステムを利用することにより、iMMシステムのみでは把握が困難な被験者の通勤経路も特定でき、被験者が事前と事後で、情報提供によりどのように経路を変更したのか、詳細に観測できる。通常このPPシステムは、交通行動を詳細に調査する目的で使われており、MMに際して用いる場合には、調査目的によって様々な入力項目や追加機能などが搭載され、利用者の負担が大きいものが多い。本システムでは、被験者の操作負担を軽減し、高齢者にも容易に受け入れられるよう、調査開始と終了操作、移動目的と移動後

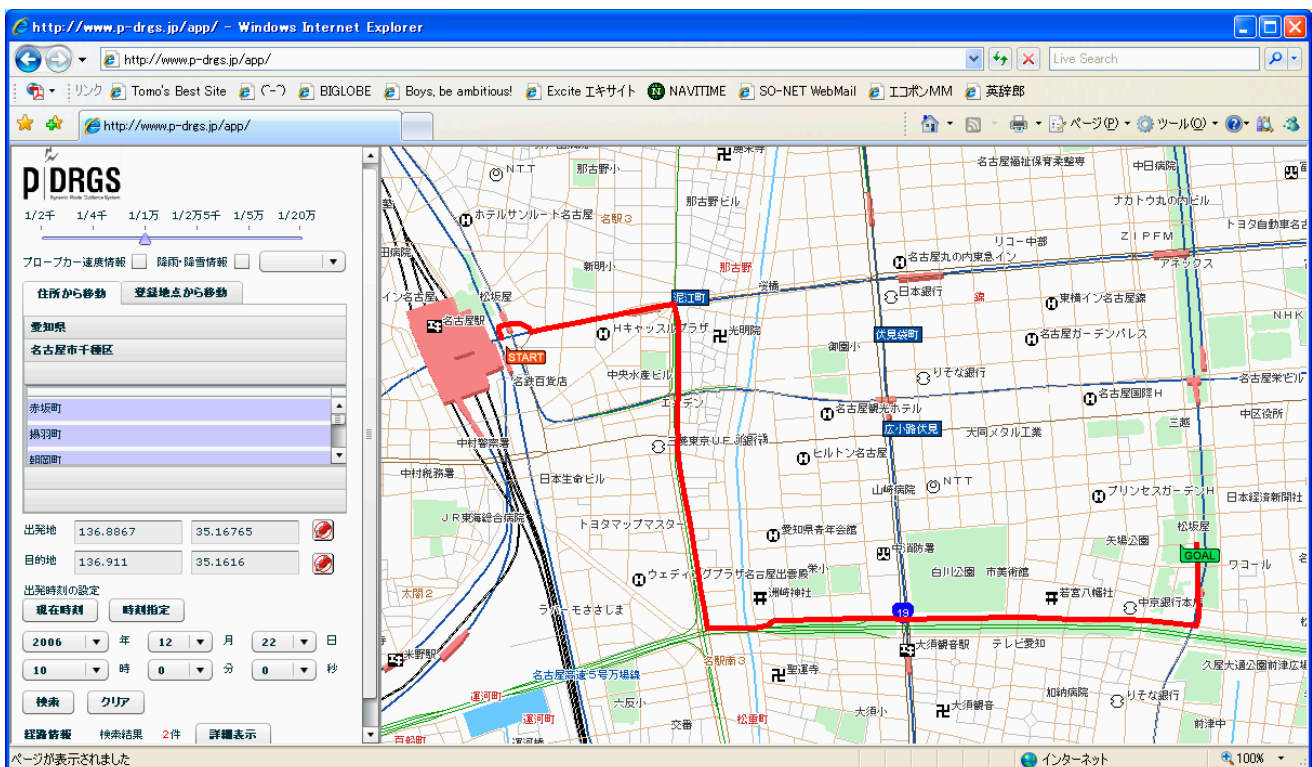


図-3 PRONAVI実行画面例

の行動の選択操作のみの、株式会社トランスフィールドにより開発された Probe-Person システムをベースとしている。これを本研究における社会実験の目的や、開発した iMM システムにおける入力項目やデータフォーマットに整合するようカスタマイズしている。(図-4)。

前述の通り、iMM システムでは、被験者が交通行動の記録を事後的に WEB 上から入力するのに対して、この PP システムでは、交通行動を行うたびに被験者が PP 端末を操作することで位置情報を自動的にシステムに送信し、毎日の交通行動データとしてデータベースに登録される。



図-4 PP 端末による行動入力例

## (5) システムフロー

### a) システムの基本的な流れ

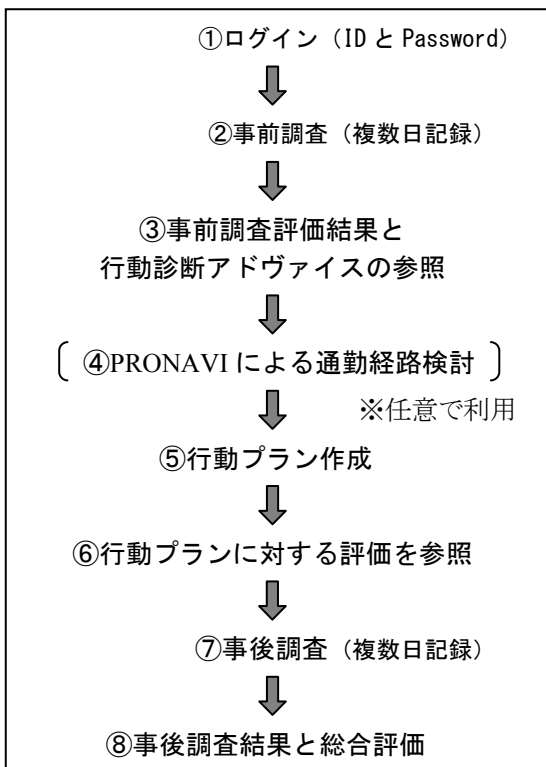


図-5 システム利用の流れ

本システムは、図-5の手順で利用する。基本的な流れは、既往のMM実験<sup>9)</sup>と同様である。

まず、WEB上からiMMにアクセスし、①個別のユーザーIDとパスワードからシステムにログイン、調査を開始する。次に、②事前調査期間に、複数日間の交通行動を記録する。③事前調査終了後、事前行動に対する評価が本システムにより表示される。この評価は、結果に応じてCO<sub>2</sub>排出量のグラフ表示や消費カロリー、交通機関別総移動時間など、各被験者別にカスタマイズされて表示される。さらに、事前の調査結果をもとに、行動プラン作成のための行動診断結果アドバイスが表示される。④PRONAVIを利用して通勤経路や渋滞情報を検索し、より環境に良い通勤ルートを検索する。ただし、このPRONAVIの利用は任意であるため、利用者が必ず利用するとは限らない。そして、⑤事前行動の評価とアドバイス診断結果、PRONAVI案内経路を参考に、事後調査に向け自ら経路を検討し行動プランを作成する。さらに、⑥作成した行動プランに対する評価が本システムにより行われる。この評価は事前調査とのCO<sub>2</sub>排出量の比較をグラフ表示のみで行い、行動プランに従って行動した場合にどれほどの削減量となるかをユーザーに認識させるものである。その後、各被験者は、⑦事後調査期間に⑤で作成した行動プランになるべく従うよう行動する。調査期間終了後、⑧事後行動の評価がシステムにより行われ、各被験者がこれを確認する。総合評価の項目には、総CO<sub>2</sub>排出量、トリップあたりのCO<sub>2</sub>排出量、交通手段別移動時間、消費カロリーがある。

### b) 交通行動入力方法

iMMシステムにおいて、利用者がデータをWEB上で入力する場面は、大きく二つの場面に分けられる。一つは、利用開始時に利用者を特定するための個人属性の入力の際であり、もう一つは、毎日の交通行動や行動プランを作成する際である。

前者は、一般的なユーザー登録であるため詳細は割愛し、後者の交通行動の入力画面例を図-6に示す。入力は、WEB上からプルダウンメニュー等簡単なマウス操作と交通手段別移動時間の数値入力のみで行え、利用者の毎日の交通行動入力作業の負担を軽減している。

### c) 自動診断アドバイス

実験期間中のすべての交通行動の入力が完了すると、行動結果に応じた行動診断が行われ、より環境に優しい交通行動を促すアドバイスが自動で表示される。この自動診断アドバイスにより、被験者は自らの日常行動を把握でき、より良い行動を考える機会を与えることができる。

図-7に自動診断ロジックのフローチャート例を示す。自動診断アドバイス機能では、被験者の行動結果についてフローチャートに沿って処理し、条件に当てはまるコメント（この例ではA～G）をつなぎ合わせて一つの文章を作成し表示する。

図-6 iMM システムによる行動入力画面

表-2 アドヴァイス例（一部）

|   |   |
|---|---|
| A | 最寄駅まで自動車などで送ってもらいそこから公共交通に乗り換える「キス・アンド・ライド」を行っていますね。CO <sub>2</sub> 排出量の少ない環境にやさしいすばらしい通勤行動です。是非、後半期間中也実施してくださいね。ちなみにキス・アンド・ライドは、欧米でキスをしてから「行ってきます」という習慣から名づけられたといわれています。 |
| B | 最寄駅まで自動車で行き、そこで公共交通に乗り換える「パーク・アンド・ライド」を行っていますね。CO <sub>2</sub> 排出量の少ない環境にやさしいすばらしい通勤行動です。是非、後半期間中也実施してくださいね。  |
| C | 公共交通を利用して通勤しましたね。排ガスによる大気汚染や渋滞緩和に貢献するすばらしい通勤行動です。   |
| D | 自転車・徒歩を利用していますね。CO <sub>2</sub> を全く出さない理想的な交通行動です。  |
| E | 今後も是非続けてください。   |
| F | 自動車を利用するときもありますね。確かに自動車は便利で快適ですね。でも、自動車による移動は渋滞や排気ガスなどの大気汚染、地球温暖化といった問題を引き起す要因の1つとなっています。   |
| G | あなたは、毎日自動車で通勤していますね。確かに自動車は便利で快適ですね。でも、自動車による移動は渋滞や排気ガスなどの大気汚染、地球温暖化といった問題を引き起す要因の1つとなっています。  |

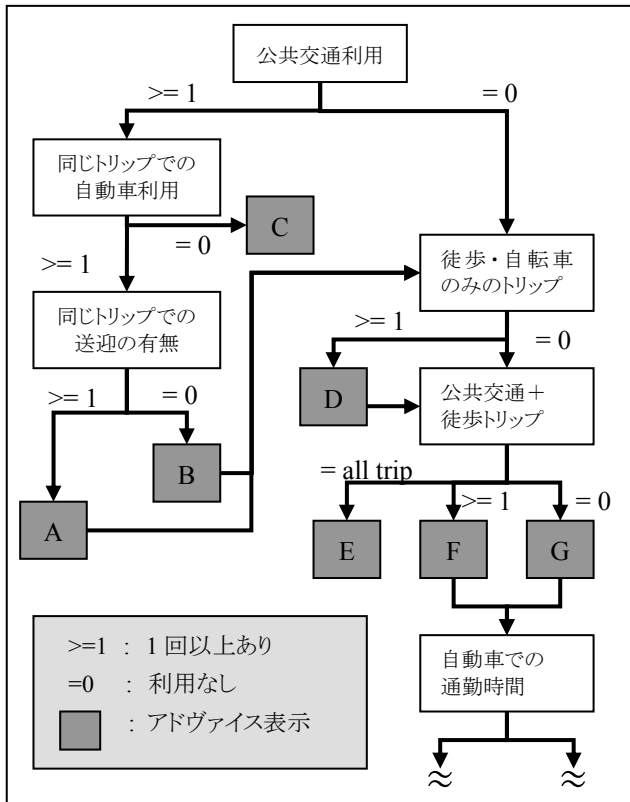


図-7 診断フローチャート（一部抜粋）

d) 行動プラン作成

事前行動の結果と、自動診断システムによるアドバイス、PRONAVIによる経路案内を参考に、事後調査期間中の交通行動プランを入力する。入力項目は、事前・事後の交通行動入力と同じ内容であるため、利用者に余計な負荷を与えないと考えられる。また、ベースとして事前行動で入力した内容と同じデータが入力済みとなっており、行動変容の少ない利用者の入力を補助している。

この行動プラン作成後、作成したプランによりどれくらいのCO<sub>2</sub>排出量が削減可能か、事前調査との比較がグラフ表示され、これを確認した後、再度修正も可能となっている。

e) 総合評価

事前、事後の調査期間終了後、今回のMM調査による実施結果が被験者毎に表示される（図-8）。表示項目は、事前と事後のCO<sub>2</sub>排出量やカロリー消費量、交通手段別移動時間の比較であり、直感的にも分かり易く、また楽しめるよう、被験者の年齢により“あなたの消費カロリーは、ビールなら何本分”といったようなビール換算やご飯での換算、CO<sub>2</sub>排出量の植樹換算なども行っている。



図-8 事後調査終了後の総合診断結果画面例

#### 4. MM社会実験の実施

本研究で実施した社会実験は、事業者の毎日の通勤時に排出されるCO<sub>2</sub>排出量の削減を目的としており、今後の大規模実験に向けてのプレ実験として位置づけられている。

本研究で検証する点は主に二つある。第一は、交通行動入力をiMMシステムからWEB上で行った被験者と、PP端末を利用して入力を行った被験者との行動変容の比較、第二に行動プラン作成に際して、情報提供ツールとしてPRONAVIを利用した被験者と利用しなかった被験者との行動変容の比較である。

前者については、従来、類似したWEB上での調査とGPS携帯端末を使った調査、それぞれ個別のMM実証実験にて有効性が検証されてきたが、同一の実験において両調査の効果を比較した例については行われてきていない。また後者に関しては、詳細で精度の高い自動車利用経路および旅行時間情報や鉄道利用経路情報、さらにはCO<sub>2</sub>排出量などの情報利用が、MM実施に与える影響を定量的に評価できる。さらには、本システムではPRONAVIの利用が被験者の意思に委ねられていることから、どのような属性の被験者が積極的な情報収集を行っているかについても明らかにできる。そこで、以上の分析を通して、本システムの構築意義を評価してゆくこととする。

#### (1) 実験の実施概要

社会実験は、愛知県内に本社を置く株式会社デンソ一の従業員74名を対象としている。実施期間やPP端末利用者数等の実験実施の概要を表-3に示す。

表-3 調査概要

|      |   |
|------|---|
| 実施期間 | 2007年2月5日～2月16日   |
| 被験者  | 社員74名 (男性:54名, 女性:20名)  |
| 調査方法 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ iMMシステムのみ:36名</li> <li>・ PP端末:38名 (iMMシステムも併用)</li> </ul>                          |
| 調査項目 | <p>&lt;iMMシステム&gt;<br/>移動日時, 移動目的, 出発・目的地, 出発・到着時刻, 交通手段と手段別所要時間</p> <p>&lt;PP端末&gt;<br/>移動目的, 交通手段<br/>(時間, 位置情報は自動取得)</p> |

参加した被験者は、社内の各部署からランダムに抽出された。年齢層を図-9に示す。74名中、男性が54名と多く、平均年齢は男性47.0歳、女性29.5歳となっており、40歳代の女性被験者が含まれていない。

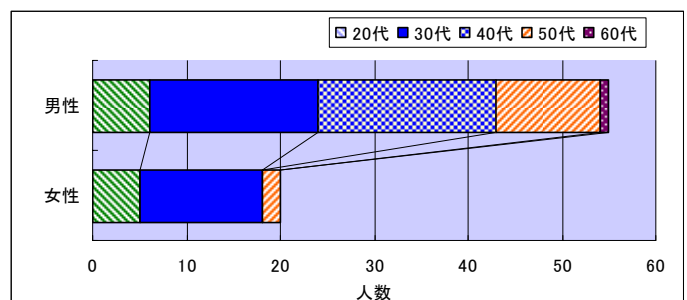


図-9 被験者年齢層

#### (2) 利用するサブシステムと調査方法の違い

調査方法は、先に述べたように交通行動記録の際にiMMシステムのみを利用するものと、PPシステムを利用するものと二通りあるが、その方法の違いを以下に示す(表-4)。ただし、PP端末利用者は、事前事後の交通行動入力に関してはPP端末のみで完結するが、行動プラン作成時は、PP端末にはプラン作成機能が装備されていないため、代わりにWebサイトからMMシステムを使って入力を行わなければならない。この点については、今後のPP端末によるMM実施の際の課題にもなるであろう。

二つの調査方法には、それぞれ特徴がある。WEBサイト上からIDとパスワードのみあれば簡単にアクセスできるiMMシステムは、サーバの許容範囲であればMMへの参加人数に制限はなく、使用場所にも依存せ

ず、被験者も使い慣れたパソコン環境での参加が可能である。ただし、毎日入力が必要となる被験者の負担を軽減するために簡単な入力のためのシステムとなっているため、行動軌跡や正確な行動時間は記録されない。そのため、被験者の記憶に依存する部分が強く、厳密な意味で正確なデータとは言えない。

一方、PP端末での調査では、端末上のアプリケーションを立ち上げ、ボタンの調査のオンオフと、カーソルボタンによる目的選択操作のみで利用でき、行動時間や位置情報、サーバへのデータ通信はすべて自動で処理され、正確な位置情報による行動データの取得が可能となる。ただし、PPシステムでの実験には特殊な携帯端末用アプリケーションのインストールが必要なため、利用できる携帯端末も機種と限定される。したがって、携帯端末を被験者に配布して行うことが必要となり、大規模な社会実験には不向きであろう。

これら調査方法の違いによる排出量の比較も、本システムを用い分析する。

表-4 調査方法の違い

| 項目            | iMMシステム            | PPシステム      |
|---------------|--------------------|-------------|
| 交通行動調査機器      | Web(パソコン)          | GPS携帯       |
| 調査機器利用方法      | Webサイトから           | 配布された携帯端末から |
| 交通行動入力        | 選択, 数値入力           | 選択のみ        |
| 行動プランの作成      | iMMシステム利用          | iMMシステム利用   |
| 行動軌跡の収集(位置情報) | なし                 | あり          |
| 実施可能人数        | 人数制限なし             | 人数制限あり      |
| PRONAVI利用     | 可(利用に関しては被験者の自由選択) |             |

では、事前排出量の19.1%である290.12kg-CO<sub>2</sub>が削減されており、参加者74人一人あたりでは、3.92kg-CO<sub>2</sub>の削減量であった。また、調査方法別に事前と事後の削減割合を見てみると、PP端末による調査を行った被験者（PP端末あり）が141.37kg-CO<sub>2</sub>（17.8%）の削減であり、1人あたりでは3.72kg-CO<sub>2</sub>の削減量である。一方、iMMシステムのみ（PP端末なし）で148.75kg-CO<sub>2</sub>（20.5%）、1人あたりでは4.13kg-CO<sub>2</sub>の削減量であった。したがって、PP端末ありグループよりも、PP端末なしグループの方が削減率が高かった。したがって、PP端末の利用がCO<sub>2</sub>削減量に与える影響は、本実験結果からは確認できなかった。

今回の社会実験では、全体として事前調査の約20%のCO<sub>2</sub>削減が実現された。これは、自動車から公共交通、あるいは徒歩・自転車への転換によるものであり、通勤での自動車利用を抑制することにより、環境負荷低減へ繋がることになる。

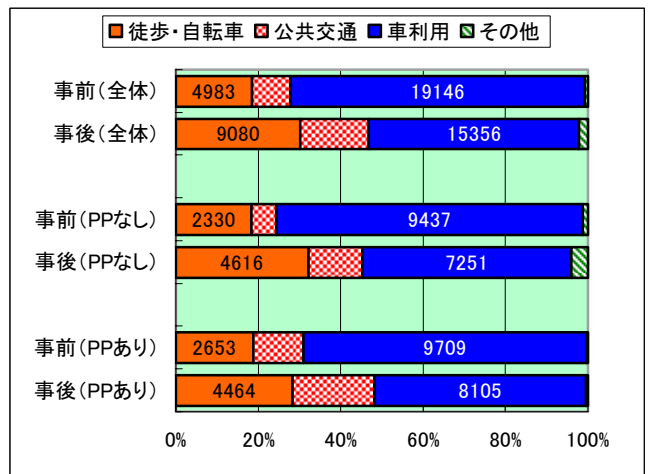


図-10 交通機関分担率の変化 (グラフ単位:h)

## 5. 統合支援システムによるMM実施効果

### (1) PPサブシステムの導入効果

社会実験において収集された交通行動記録には、期間中に行われた全交通行動が含まれているが、本実験は、通勤行動の変容に伴う環境負荷低減の評価を目的としているため、収集された交通行動記録から通勤トリップのみ抽出し、分析を行う。

まず、図-10の交通機関分担率の変化をみると、車の利用率が、PP端末なしで23.1%、PP端末ありで17.2%、全体で20.1%減少し、逆に徒歩・自転車に関しては全体で82.2%の増加率で、公共交通に関しても全体で103%の増加率となった。

次に、図-11に被験者全体のCO<sub>2</sub>排出量の変化を、図-12に1人あたりのCO<sub>2</sub>排出量の変化を示す。全体

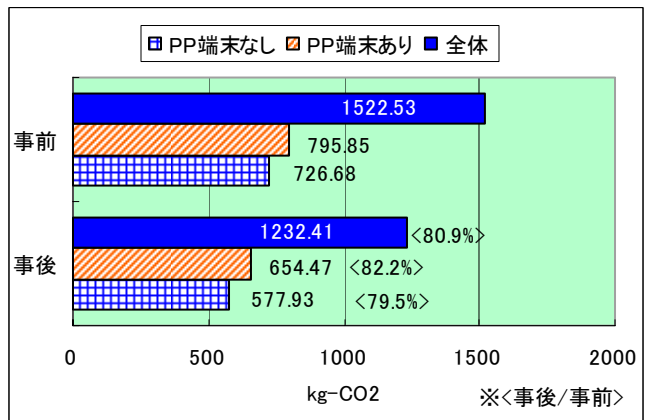


図-11 CO<sub>2</sub>排出量と削減率 全体比較

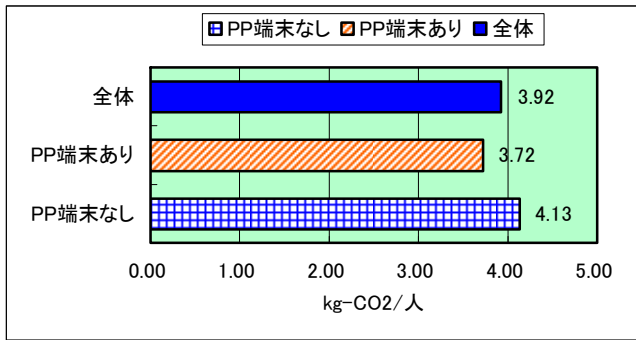


図-12 1人あたりのCO<sub>2</sub>削減量

## (2) 経路案内サブシステムの導入効果

図-13は、行動プラン作成に際してマルチモード経路案内サブシステム「PRONAVI」を利用した被験者数である。被験者のうち男性では約4割、女性では5割がPRONAVIを利用していることが分かる。

より詳細に経路案内サブシステムの利用効果を分析する。経路案内サブシステムの利用状況(利用時刻、設定した出発日・時刻、起終点、表示された経路等)については、データベースサーバに蓄積された利用履歴により分析可能である。また、PP端末ありの被験者の行動経路は、GPS座標データを用いて分析可能である。したがって、事前、事後の行動トリップと経路案内サブシステムが提示した案内経路を比較することが可能である。

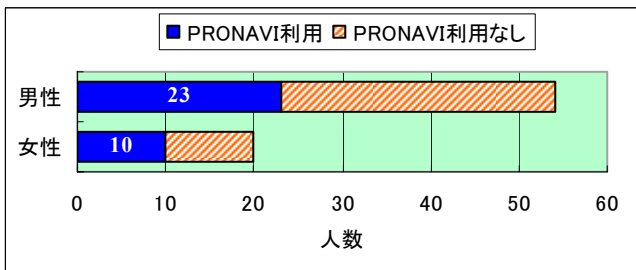


図-13 PRONAVI利用者数

表-6は、事前行動と事後行動での被験者経路変更率の比較を示している。

分析対象は、各トリップについて詳細な位置情報をもつPP端末利用者グループ (n=38) を母集団とし、そ

表-6 PRONAVI利用者の経路変更率

| 対象被験者           | 経路変更率(%) | CO <sub>2</sub> 削減率(%) |
|-----------------|----------|------------------------|
| 全体              | 34.7 %   | 19.1%                  |
| PRONAVI<br>利用なし | 26.2 %   | 20.6%                  |
| PRONAVI<br>利用あり | 47.4 %   | 17.0%                  |

の中で、PRONAVIを利用した人と利用しなかった人の実験期間中の合計477トリップについて比較した。ここで、経路変更率は、PP端末利用被験者の事前・事後行動のトリップあたりの非重複経路長を、事前行動の全経路長で除したものと定義する (式(1))。

$$\text{経路変更率(\%)} = \frac{\sum L_b}{\text{trip}_b} \frac{\sum L_{ba}}{\text{trip}_a} \times 100, \quad (1)$$

$L_b$  事前行動の経路長  
 $L_{ba}$  事前と事後行動の重複経路長  
 $\text{trip}_b$  事前行動のトリップ回数  
 $\text{trip}_a$  事後行動のトリップ回数

この結果、経路変更率は、全体の34.7%に対し、PRONAVIを利用した被験者が、47.4%と高くなっており、利用しなかった人に比べ20%以上の開きがあった。また、CO<sub>2</sub>削減率と比較してみると、経路変更率が高い被験者グループのほうが、CO<sub>2</sub>削減率が小さく17.0%であった。

次に、PP端末利用者で経路案内システムを利用して通勤トリップを検索した人のうち、事前事後の通勤経路とPRONAVI案内経路とを比較し、これを参考にしたか否かについてさらに詳しく分析する。ここでは、式(2)により、それぞれの経路の経路一致率を算出する。

$$\text{経路一致率(\%)} = \frac{\sum L_{ba}^{\text{pronavi}}}{\text{trip} \times L^{\text{pronavi}}} \times 100, \quad (2)$$

$L^{\text{pronavi}}$  PRONAVIで検索した経路の距離  
 $L_{ba}^{\text{pronavi}}$  PRONAVIとの重複区間長  
 $\text{trip}$  トリップ回数

今回の実験では、1) 事前と事後でデータが揃っていること、2) PRONAVIで通勤ODを検索している人、3) 公共交通経路は除く、を条件として、7人の合計83トリップについて一致率を計算した。

表-7から、PRONAVI推薦経路を参考にしたと思われる被験者が3名、経路を確認したが明らかな影響が現れていない者が4名という結果となった。この影響の現れていない被験者4名は、すでに事前の利用経路が被験者自身が日々の経験により決定した最適ルートであると考えられ、経路案内情報が毎日の通勤に影響を及ぼすほどの効果はなかったためと考えられる。この点については、今後の更なる分析が必要となる。ただし、被験者BやE、Fのように、PRONAVIの情報提供により通勤行動に影響を与えた例も確認できたことや、経路

を変更した被験者ほどCO<sub>2</sub>削減効果が高いことなどから、経路案内情報の効果について一定の有効性を示したといえよう。

以上の結果から、今回の実験では、PRONAVI利用者が全体的に事前と事後で大幅に経路変更していたことがわかった。ただ、PRONAVI利用者が経路変更を行っていたにも関わらず実際に削減量が高くないということは、CO<sub>2</sub>排出量低減目的の経路変更ではなく、通勤時間の短縮もしくは渋滞回避目的での変更とも考えられる。また、PRONAVIが案内する経路を参考にしたと考えられる被験者の存在も確認でき、実験においてPRONAVIを自発的に使用した被験者ほど、実験への参加意志が強く、試行錯誤的により良い経路を探索している可能性が考えられる。

表-7 PRONAVI検索結果との一致率

| 被験者 | 事前     | 事後     | CO <sub>2</sub> 削減量      |
|-----|--------|--------|--------------------------|
| A   | 24.5 % | 21.6 % | 1.08                     |
| B   | 39.2 % | 66.8 % | 3.53                     |
| C   | 21.7 % | 27.7 % | 2.87                     |
| D   | 5.8 %  | 4.4 %  | - 5.91                   |
| E   | 80.2 % | 98.3 % | 11.28                    |
| F   | 0.0 %  | 54.8 % | 4.37                     |
| G   | 3.8 %  | 3.8 %  | 4.14                     |
| 全体  | 30.4 % | 41.9 % | 21.36 kg-CO <sub>2</sub> |

### (3) iMMシステム利用者アンケートの結果と考察

本システムの改善点を明らかにし、またMMのための支援システムとしての効果を把握すること目的として、社会実験終了後に被験者全員に対しアンケート調査を行った。アンケートには、「MM調査の感想」や「環境や交通に関する意識」など、67項目の設定が含まれているが、ここでは、iMMシステムの利用に関する項目についてのみ結果を示す。

iMMシステムを利用した感想について図-14に示す。iMMシステムとしての見やすさと使い方に関して、半数以上が適切と回答しており、不適切だと回答した人は、全体の1割程度となった。またユーザーが直接入力しなければならない項目数に関しては、実に9割以上が適切であると答えている。これにより、ユーザーの負担は最小限に抑えつつ、大きな抵抗なく利用できるシステムとなっていることがわかる。

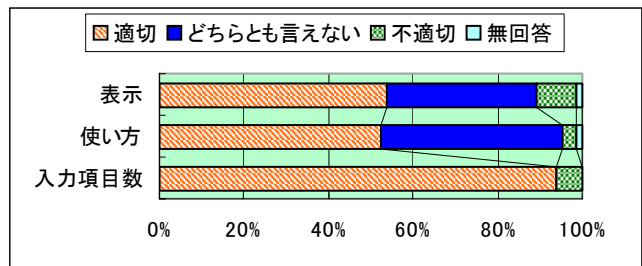


図-14 iMMシステムを利用した感想

次に本システムの重要な要素の一つである結果表示と自動診断機能についても図-15に示すような回答を得た。

表示に関しては、分かりやすい(適切)と答えた人と、評価の内容について、参考になった(適切)と回答した人が約半数を占め、評価の適切さに関しても、7割以上が適切と答えており、自動診断機能により、個々のユーザーの行動に即した評価とアドバイスがなされていることが伺える。

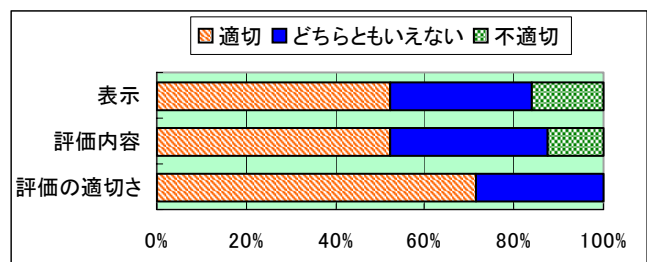


図-15 結果表示と自動診断の評価

さらに、このようなシステムを用いたMMを実施することで、会社全体として環境負荷削減に効果があるか、という質問に対し、95%の人が効果ありと回答しており、被験者のMM実施に対する環境負荷低減への期待が伺える(図-16)。

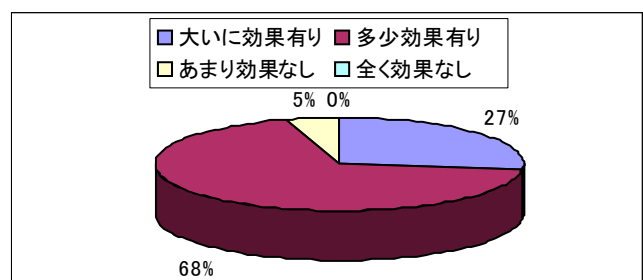


図-16 環境負荷削減のためのMM実施について

## 6. まとめ

本研究では、大規模な長期社会実験を見据え、持続的に実施可能であり、かつ被験者による情報入力や管

理者のデータ整理の負荷低減のための支援システム「自己診断型統合交通行動支援システム」を構築し、本システムが、運輸部門におけるソフト的政策での環境負荷低減を目的とした重要なツールの一つとなることを実証実験を通して明らかとした。

また、本システムのサブシステムであるiMMシステムの自動診断アドバイスシステムの有効性を示し、WEBシステムとGPS携帯の両方を利用した社会実験としてその効果を分析、さらに情報提供ツールの一つとしてPRONAVIを用いた場合の情報提供効果を比較し、その効果を分析した。

以下に知見をまとめる。

- (1) 本システムを用いることにより、これまでの紙ベースの調査と同様以上の20%近い削減量が見込め、さらに、WEB上で簡単に実施できるため、主催者の行動調査準備のための労力や被験者の行動記録に対する負担も小さくなることが分かる。
- (2) MMを実施するにあたり、WEB上でiMMシステムによる行動入力とGPS携帯を用いたPPシステムでの行動入力を比較した場合のCO<sub>2</sub>削減率に関して、2.7%ほど有意差があったが、これに関しては、グループ分けされた被験者の日々の交通手段に依存するため、はっきりとした結論には至らなかった。
- (3) MMの際、環境負荷低減につながる実際の経路を提供することにより、被験者はより行動変容をおこしやすいことが伺えた。ただ、今回のサンプルについて、そもそも経路比較が可能なGPS携帯利用被験者がわずか38名であり、さらに事前、事後と通勤データが揃っており、なおかつPRONAVIを利用した被験者のトリップのみのデータを抽出しているため、サンプル数が少ないことによるデータの偏りがある可能性は否めない。

今後は、本システムを用いて、大規模なMMを実施し、環境負荷低減のための支援ツールとしての有意性を確立していく。また、今回の分析では、単純に比較できない直行直帰の出張トリップや寄り道トリップ、自宅から公共交通機関までの距離があったため、PRONAVIで検索されなかった鉄道トリップを比較分析対象外としたが、本来PRONAVIの特徴の一つとして、突然の出張や公共交通ルートとの比較を目的とした利用が多いと考えられるため、それらについてもシステム上で分析対象となるよう検討していく。

**謝辞：**本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）の補助事業である「民生部門等地球温暖化対策実証モデル評価事業」として特定非営利活動法人エコデザイン市民社会フォーラムおよび株式会社デンソーが実施した「名古屋圏におけるエコポイントを活用したMMモデル事業」の研究成果の一部である。

また、本研究を進めるにあたり、実証実験参加者確保にご協力頂いた、株式会社デンソー様に深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 名古屋市市民経済局 H18第7回市政アンケート
- 2) モビリティ・マネジメントの手引き：（社）土木学会，2005
- 3) 谷口綾子，藤井聡，原文宏，高野伸栄，加賀屋誠一：TDMの心理的方略としてのTFP（トラベル・フィードバック・プログラム），土木学会論文集，No.737/IV-60，27-37，2003.7
- 4) 大藤武彦，松場圭一，井上英樹，松村暢彦：WEBを活用したトラベル・フィードバック・プログラムの多様な事業所への適用，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，vol.31，2005
- 5) 中里盛道，大森宣暁，円山琢也，原田昇：GPS携帯電話を用いたアクティビティダイアリー調査に関する研究，第24回交通工学研究発表会論文報告集，pp.261-264，2004.
- 6) 北川智也，大井元揮，新森紀子，原文宏，大越紀幸，佐々木博一：WEBシステムを用いたTFPの構築，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，vol.33，2006
- 7) 矢田祐子，石飛直彦，羽藤英二：プローブ型TFPによる行動変容と環境改善等効果，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，vol.33，2006
- 8) 森川高行，山本俊行，三輪富生，王立暁：動的経路案内システム「PRONAVI」の開発と性能評価実験，交通工学，Vol.42，No.3，pp.65-75，2007
- 9) 例えば，谷口綾子，野澤和行，日原勝也，小池剛史，新井康生，藤井聡：情報機器を活用したTFPに関する研究—2003年度札幌市交通環境家計簿の取り組み—，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，vol.30，2004

(2007.5.18受付)