

# エネルギーITS プロジェクト

## —国際的に信頼される ITS 施策効果評価方法の確立—

桑原雅夫<sup>\*1</sup> 堀口良太<sup>\*2</sup> 平井洋<sup>\*3</sup> 田中伸治<sup>\*4</sup> Marc Miska<sup>\*4</sup> 米沢三津夫<sup>\*3</sup> 林誠司<sup>\*3</sup>

金成修一<sup>\*3</sup> 花房比佐友<sup>\*2</sup> 小宮粹史<sup>\*2</sup> 洪性俊<sup>\*4</sup> 大口敬<sup>\*5</sup> 小根山裕之<sup>\*5</sup>

東北大学<sup>\*1</sup>

(株)アイ・トランスポート・ラボ<sup>\*2</sup>

(財)日本自動車研究所<sup>\*3</sup>

東京大学<sup>\*4</sup>

首都大学東京<sup>\*5</sup>

ITS 施策導入による自動車からの CO2 排出量の低減効果を適切に評価するには、交通流シミュレーション、CO2 排出量シミュレーション、およびデータベース等が要素技術となる。これまで各要素技術は個別に開発されており、全体システムとして評価ツールが満たすべき条件は明確ではない。本研究では、個別ツール開発とともに、ツール全体として満たすべき条件を明確化し、これを国際的に合意形成して、ITS の効果評価方法を確立することを目的とする。これは平成 20 年度から 5 年間のプロジェクトであり、本稿ではその中間経過の概要を報告する。

## 'Energy ITS Project' - Establishment of International Standardized Assessment Methodology of ITS -

Masao Kuwahara<sup>\*1</sup> Ryota Horiguchi<sup>\*2</sup> Hiroshi Hirai<sup>\*3</sup> Shinji Tanaka<sup>\*4</sup> Marc Miska<sup>\*4</sup> Mitsuo Yonezawa<sup>\*3</sup>

Seiji Hayashi<sup>\*3</sup> Shuichi Kanari<sup>\*3</sup> Hisatomo Hanabusa<sup>\*2</sup> Tadashi Komiya<sup>\*2</sup>

Sungjoon Hong<sup>\*4</sup> Takashi Oguchi<sup>\*5</sup> Hiroyuki Oneyama<sup>\*5</sup>

Tohoku University<sup>\*1</sup>

i-Transport Lab. Co., Ltd.<sup>\*2</sup>

Japan Automobile Research Institute<sup>\*3</sup>

University of Tokyo<sup>\*4</sup>

The traffic simulation, CO2 emission simulation, and database are the major elementally technologies for evaluating properly the reduction effect of CO2 emission from automobiles caused by introducing some ITS policy. The development of these technologies are made individually, therefore, the condition of such assessment tool is not clear. This research project has four objectives; development of individual technologies, clarifying the condition for assessment method, obtaining the international agreement in such methodology, and establishment of such standardized assessment methodology. This paper describes the outline of intermediate progress report of this five-year research project started from fiscal year 2008.

**Keyword: Energy ITS, assessment methodology, international standardized assessment**

## 1. はじめに

京都議定書や 2010 年に国連気候変動枠組条約事務局へ提出した削減目標（2020 年に 1990 年比 25% 減）の達成度合いを示すために、交通渋滞対策などの ITS 技術による CO2 削減効果を適切に定量評価することは極めて重要である。

『エネルギーITS プロジェクト—国際的に信頼される ITS 施策効果評価方法の確立—』は、平成 20 年度から 5 年間の予定で実施されている NEDO のプロジェクトである。ここでは ITS 施策導入による自動車からの CO2 排出量の低減効果を適切に評価するために、都市域道路ネットワークから地域道路ネットワークまでを考慮可能な交通流シミュレーションによる交通流の推定、車両からの CO2 排出量の推計、プローブによる CO2 排出量のモニタリング等の技術開発、CO2 排出量推計技術全体の検証、およびこれらの考え方を国際的に合意形成して、国際的に信頼される ITS の効果評価方法を確立することを目的として取り組んでいる。本稿ではこの中間経過の概要を報告する。

## 2. 研究体制と構成

### 2-1 体制

研究開発は、東京大学生産技術研究所、(株)アイ・トランスポート・ラボ、(財)日本自動車研究所の 3 者の共同プロジェクトとして進めている。

またここでは、単に要素技術開発を進めるだけではなく、多くの関係者に利害が及ぶ可能性があるため、研究委員会（委員長：桑原雅夫東京大学教授）を立上げ、大学および国立研究機関などの有識者 13 名に加えて関係する政府・自治体関係者にオブザーバ参加を求め、本研究プロジェクトの研究開発や国際連携の内容や方向性を議論し、合意形成を図りな

がら進める体制を取っている。

### 2-2 内容構成

研究開発の内容は次の 6 つの項目からなる。

- 1) 交通流シミュレーション技術開発
- 2) プローブによる CO2 モニタリング技術の開発
- 3) 車両メカニズム・走行状態を考慮した CO2 排出量推計モデル
- 4) 交通データ基盤の構築
- 5) CO2 排出量推計技術の検証
- 6) 国際連携による効果評価手法の相互認証

1)では ITS による CO2 削減の効果評価のために必要な交通流シミュレーションフレームワーク理論を構築し、これによる広域都市圏シミュレーションモデルを作成するとともに、2), 3)の技術内容との連携技術を確認して、提案するフレームワーク理論に沿ったソフトウェアモジュール群を完成させることを目的とする。

2)では CO2 排出量モニタリングシステムのプロトタイプを作成し、これによるビジネスモデルの実現可能性を提示することを目的とする。

3)では 1)で提案する交通流シミュレーションモデルから出力されるデータに対応した CO2 排出量推計モデルを開発することを目的とする。

4)では散在する交通関連データについて国際的に統一管理できるデータウェアハウスを構築し、効果評価手法の入力・検証データなどの効率的な活用に資することを目的として、国際的なデータウェアハウス International Traffic Database(ITDb)とその分析ツール群を作成することを目的とする。

5)では CO2 排出量推計手法の信頼性を確保し国際的に信頼される効果評価手法を確立するため、交通シミュレーションモデルおよび CO2 排出量モデルの検証手法を提案することを目的とする。

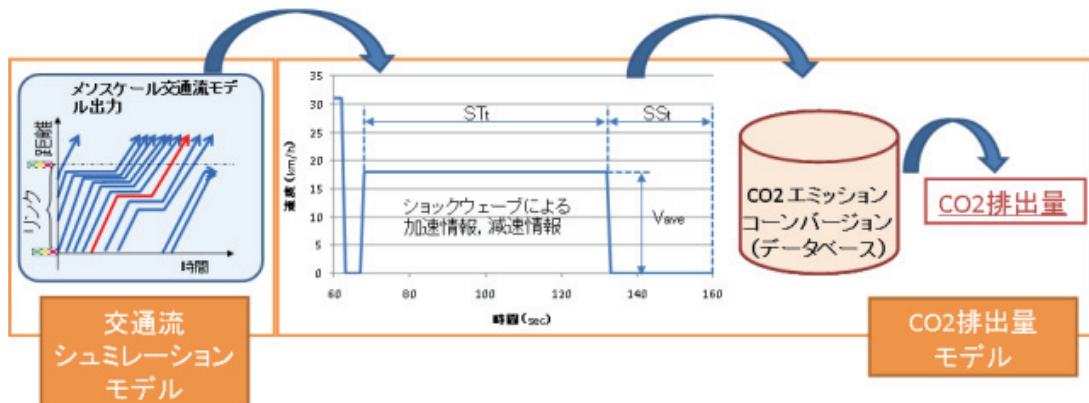


図 1 交通流シミュレーションモデルと CO2 排出量モデルの結合概念

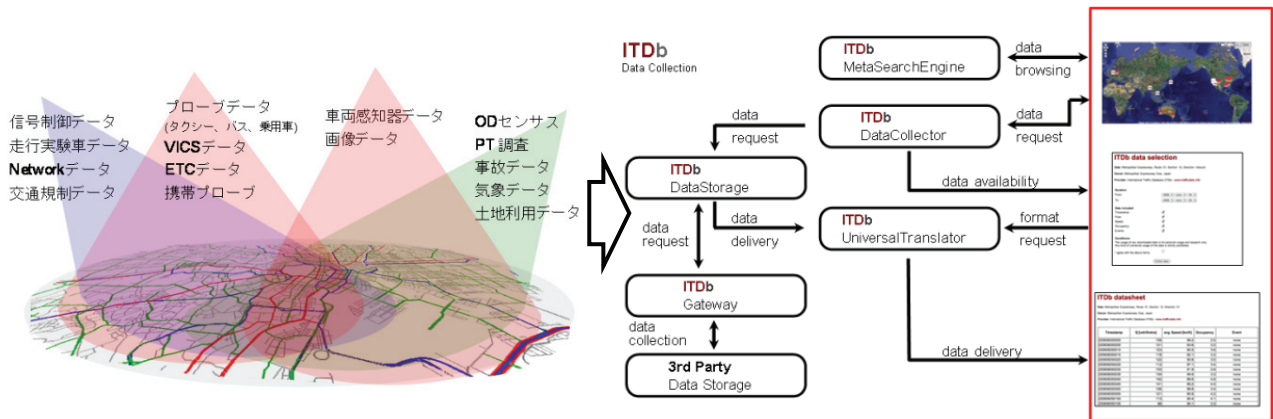


図2 多様な交通関連データに適応可能なデータベース

6)では国際的に信頼される評価方法を確立するため、海外の政府機関や研究機関と連携して国際的なネットワークを促進し、本研究開発の実施内容を国際的に信頼される効果評価方法として確立し、国内外に向けた発信を行うことを目的とする。

### 2-3 特徴

都市域以上の広範囲を対象とした、ITSによる交通改善施策の導入による交通流の改善効果については、これまで円滑性に関する観点からの研究が多く、CO2排出量に関わる要因を考慮した研究は極めて限られている。本研究開発では、都市域をカバーし、かつCO2排出量に影響を与える要因を考慮してITS施策の導入によるCO2排出量の低減効果を適切に評価を可能とするため、交通流シミュレーションモデルと高精度なCO2排出量推計モデルを適切に結合して組合せる点が大きな特徴である。提案するモデル結合の概念図を図1に示す。

また、地域のCO2排出量(総量)を推定できるモニタリング技術の確立を目指す点も特徴的である。これはプローブ車のみならず一般車の動きも考慮して、地域全体での排出量を推定するものである。ここでは、プローブ、地点センサ情報のみならず、交通シミュレーションを併用して、路線やネットワークの交通量の推定・補完も行う。

交通関連のデータは、現状では国際的にも多種多様な内容・フォーマットのものがあるが、これらを効率的に融合して活用できていない点は大きな技術的・社会的損失である。そこで、データフォーマットのメタ情報を定義することで多様な交通データを集積可能なデータベースを構築し、これを国内外の研究機関に提供してデータ内容とデータベース機能の提供し(図2参照)、こうした現状からの脱却へ向けた基盤整備を進める。

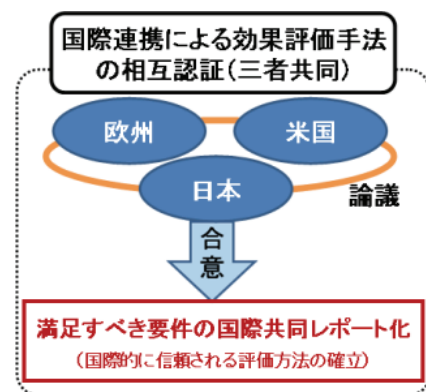


図3 国際的に信頼される効果評価手法を確立するためのスキーム

また、図3に示すスキームにより、欧米の政府・研究者との共同研究の枠組みを構築し、ITS施策評価モデル開発の知見を活用して「ITS評価手法の検証要件」に関する国際共同レポートの作成を目指す点も大きな特徴である。

## 3. 各研究項目の進捗状況と特徴的な成果

### 3-1 交通流シミュレーション

本研究開発では、ITS施策による道路交通流変化を評価し、そのCO2排出量に与える効果を適切に評価できる枠組みを確立する必要がある。したがってモデル開発にあたって、まず「エネルギーITS施策」をCO2削減メカニズムで類型化する。次に各類型に対して効果評価のリファレンスモデルを構築する。これにより、国際連携の場における議論の焦点を明確にし、具体的なソリューションを与えるべき項目を明示的に共有可能になる。したがって、国際的に信頼される効果評価の枠組みの構築には、こうしたリファレンスモデルの構築が極めて有用である。

現在、具体的なITS施策をリストアップし、これ

を日米欧の3極で提示・共有を進めるとともに、各個別の施策アプリケーションに対する効果評価のリファレンスモデルづくりを進めている。図4は運転挙動の改善を例にとって、リファレンスモデルのプロトタイプを示したものである。

交通流シミュレーションモデルには、大きく広域レベル（マクロ）、地区レベル（メソ）、詳細レベル（マイクロ）の3タイプがある。CO2排出量推定モデルにも、平均旅行速度で説明するマクロモデル、走行速度、時間、4モードなどで説明するメソモデル、瞬間速度、加速度、エンジン負荷にもとづくマイクロモデルがある。また両者の結合に用いる車両軌

跡は、図5に示すようにリンク単位、走行・停止毎、および連続的な扱いが考えられる。

交通流とCO2排出量を組合せたハイブリッドシミュレーションモデルでは、車両軌跡の時空間分解能と精度を適切かつ十分に考慮しなければ、個別モデルの誤差や結合時の情報に齟齬が生じてITS施策評価結果の信頼性を得ることはできない。本研究開発では、不適切な組合せや扱い方を指摘し、望ましい結合方法を明らかにすることを目指している。

現在、本プロジェクトでは、ITS施策の効果を適切に評価するためには、交通流・CO2ともにメソスケールで結合する手法が合理的であると考えている

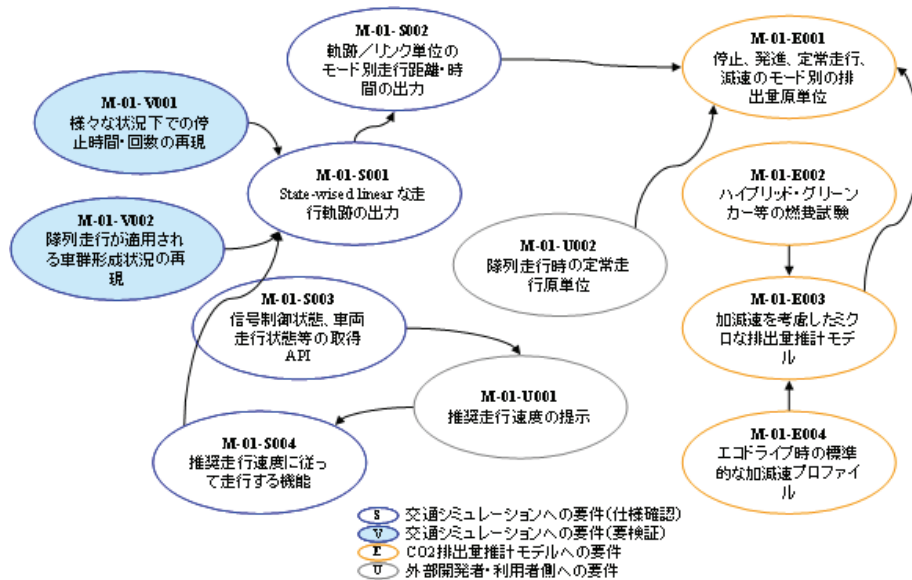


図4 シミュレーションによる効果評価手順のリファレンスモデル例

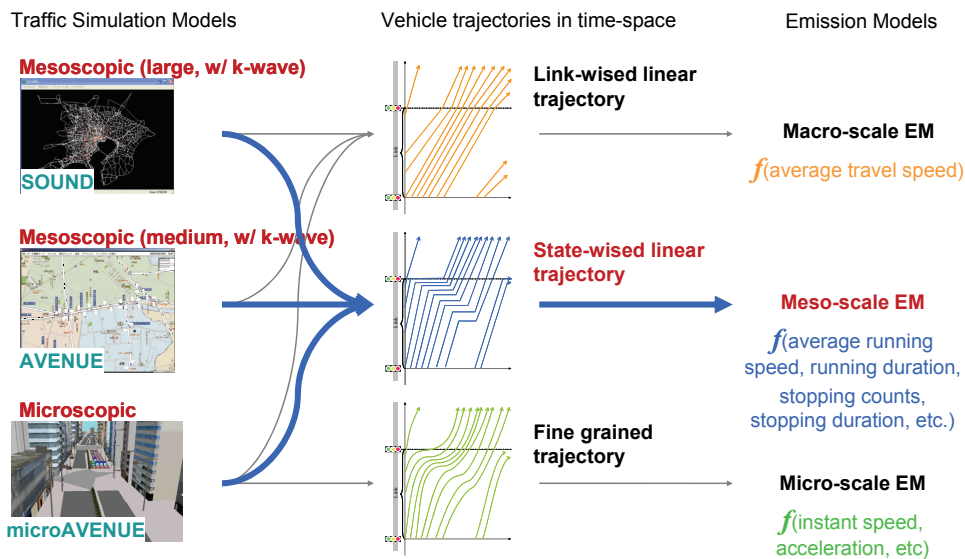
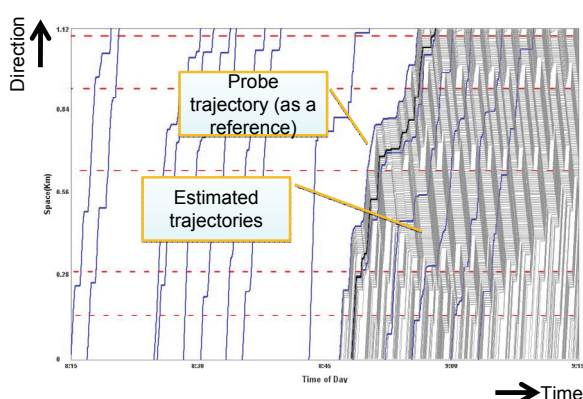
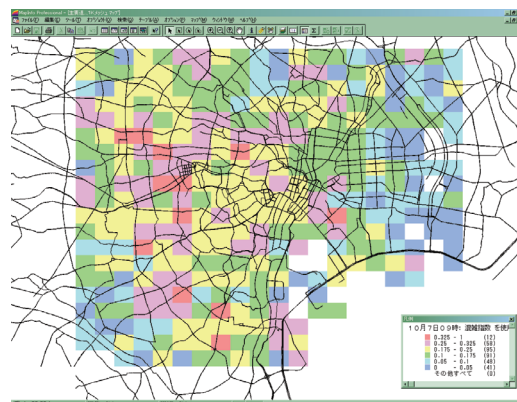


図5 交通流シミュレーションとCO2排出量推計の組合せ



A.プローブ車以外も含む全車両軌跡推定の例



B.交通流動の面的指標化の検討例

図6 プローブを活用したCO<sub>2</sub>モニタリング技術開発

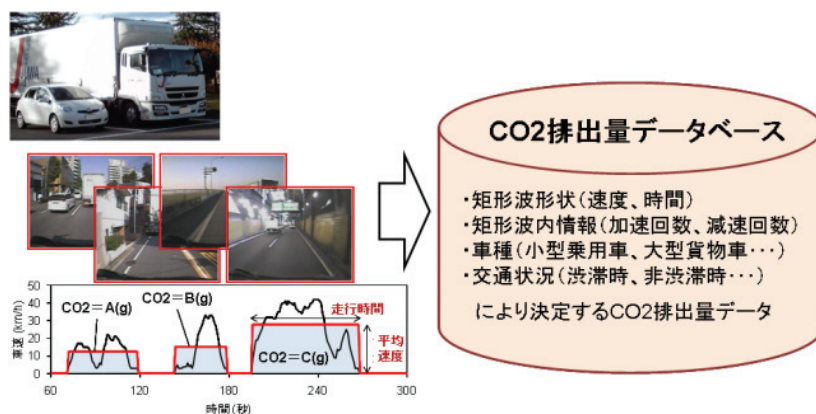


図7 実走行挙動調査とCO<sub>2</sub>排出量データベースの構築

が、これまでのマイクロスケールのモデルとともに、同じ土俵で定量的な検証を行う予定である。

### 3-2 プローブによるCO<sub>2</sub>モニタリング技術

日本では、プローブカーがすでにかなり実用展開されているが、これを活用してCO<sub>2</sub>排出量を推計するためには、時空間的な交通流動状態を適切に推定する技術開発が必要である。そこで、高速道路を対象にプローブデータと感知器データを時空間上で融合してプローブカー以外の一般車両の走行軌跡を推定することで、CO<sub>2</sub>排出量を推定する手法を開発した(図6のA)。また、一般道ネットワークでは、全リンクの交通量情報を得ることは極めて困難であるが、地域全体のCO<sub>2</sub>排出量推計に必要な交通量情報を補完する方法として、プローブデータからある面的範囲の流動性を示す指数を求め(図6のB)、同じ範囲の流動性指数が合致するように広域交通シミュレーションを調整して、評価対象エリア全体のCO<sub>2</sub>排出量を推計する手法を開発した。

### 3-3 CO<sub>2</sub>排出量推計モデル

3-1 節に示すように本研究では、交通流シミュレ

ーションからの出力として、メソスケールの車両挙動情報(停止・定速走行の2モードの走行パターン)がCO<sub>2</sub>排出量推定モデルに引き渡される。

モデル上では停止・定速走行の走行パターンであるが、実際の走行挙動にはCO<sub>2</sub>排出量に影響を及ぼす様々な加減速も含まれる。これを考慮するため、都心および郊外の幹線道路、細街路、高速道路など種々の交通状況下における実走行挙動とCO<sub>2</sub>排出量を実測し、これを解析してショートトリップ(発進から停止まで)の走行時間と平均車速、ショートトリップ内の加速・減速回数等と実測CO<sub>2</sub>排出量の関係をデータベース化した(図7)。CO<sub>2</sub>排出量推定モデルでは、交通流シミュレーションモデルから停止・定速走行の2モードの走行パターンとして出力されたものに対し、このデータベースを統計的に適用してCO<sub>2</sub>排出量を推定する手法を提案している。

また交通流モデルでは、多くの場合小型車と大型車程度にグループ化された少ない車種分類とされることが多い。一方、CO<sub>2</sub>排出量特性は、車種(乗用車や貨物車など)、燃料(ガソリン、軽油など)、積

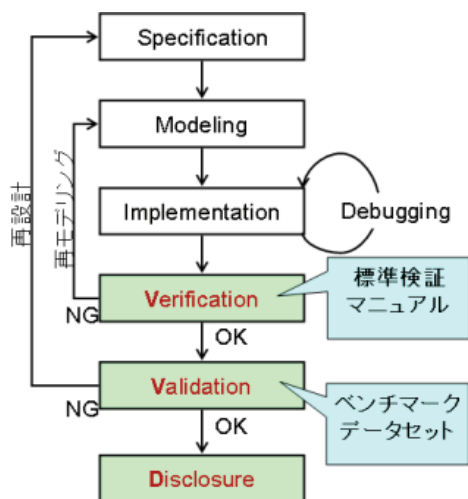


図 8 提案する検証手順

載状態などが異なることで大きく異なる。そこで、CO2 排出量モデルでは、実際の道路上の交通を構成する細かい車種構成を考慮する必要がある。ここでは CO2 排出特性に着目した車種分類を行い、既存の自動車保有台数データ、走行量調査データを元にこの車種毎の走行量比率を求めた。

### 3-4 交通データ基盤の構築

プローブ、感知器、ビデオ画像などの交通データ、信号制御パラメータ、天候、人口、土地利用など、CO2 排出量推定に必要な交通流シミュレーションに関連したデータは極めて多様である。これら各種データのデータ特性を考慮して、データベースに用いる標準構造メタ情報を提案し、この標準構造にもとづく最低限必要な標準メタ情報フォーマットを国際交通データベース（ITDb：International Traffic Database）のメタ情報探索エンジンに実装した。

ITDb では、提案したメタ情報と全体構造を XML によって記載して構築し、その WEB 上の試験運用を開始した (<http://www.trafficdata.info/>)。ITDb は、NEARCTIS、COST Action TU0702 などのヨーロッパのプロジェクトにおいて、プロジェクト内部のデータ流通の目的で、ITDb の持つ機能の一つである myITDb を既に利用してもらっている。

ITDb をより魅力的に活用されるように、いくつかのデータ解析ソフトウェアの開発も進めており、OpenEnergySim と呼ばれるシステムも開発している。本システムでは、画面を操作するユーザーとインターラクティブ環境が与えられ、ITS 施策を導入した際の利用者の反応などを観測できる。

### 3-5 CO2 排出量推計技術の検証

本研究開発では、図 8 に示すように、基本検証

(Verification)、実用検証 (Validation)、情報開示 (Disclosure) からなる検証手順を提案する。これは既に交通流シミュレーションについて公開している思想 (<http://www.jste.or.jp/sim/>) に則っている。本研究では、交通流シミュレーションと CO2 排出量モデルを結合したシステム全体の推計性能の検証手法を確立する。基本検証においては、モデルが考慮する特徴的な現象が顕著に出現するような仮想データセットをモデルに適用し、結果と理論値の比較を行う。実用検証においては、様々な現象が含まれる現実の状況を、モデル設定やパラメータ・キャリブレーションにより再現できるかを評価する。

ここでは特定のモデルを検証して推奨するのではなく、モデル特性を解析し一般に開示することで、利用者は開示情報を元に、個別ニーズに応じて適切なモデルを選ぶことができる枠組みの構築を目指す。

### 3-6 国際連携

欧州委員会 (以下 EC: European Commission) が指名した研究者 (ERTICO, INRETS, Peek Traffic BV, PTV) と連携を進めた結果、本研究プロジェクトの EC 側プロジェクトとして新たに ECOSTAND-2 が 2010 年 11 月から開始された。米国とは、CALIFORNIA PATH とカリフォルニア大学リバーサイド校の研究者と連携を進め、米国 DOT の RITA (Research and Innovative Technology Administration) と協力関係を構築しつつある。こうした連携推進のために国際ワークショップをこれまでに 4 回開催 (2009 年 1 月の東京を皮切りに 2010 年 10 月の釜山まで) し、また 2010 年 10 月には東京で国際シンポジウムを開催して、日米欧 3 カ国の研究者および ITS 施策推進や CO2 削減に関係する政府関係者との交流を深めた。

## 4. おわりに

以上の研究開発や活動に加えて、本プロジェクトの取組みの持つ意義、価値を分かりやすく内外へ発信するため、具体的にいくつかの ITS 施策を事例として取り上げ、具体的にその効果評価の試算を示すことも併せて推進していく予定である。

本プロジェクトは 2010 年 8 月に NEDO の中間評価により継続が認められ、2013 年春までに目標とする成果を獲得すべく、さらにプロジェクトを鋭意進める予定である。今後も、各方面から協力、サポートを頂ければ幸いである。