

◆ 道路特集 ◆

カーナビゲーションシステムを利用した旅行速度調査の高度化に関する取り組み

田宮佳代子* 瀬尾卓也** 吉田秀範***

1. はじめに

人・モノ・情報の移動を支える最も基本的な社会資本である道路の分野では、近年では多様なライフスタイルに対応した道づくりなどが求められており、目標を道路の量的な確保から質の高い交通サービスの提供に転換する必要がある。このような要請に対応するためには、道路計画の立案や交通施策の評価を行うにあたり、道路交通の状況を的確に把握する必要があり、所要時間の信頼性といった交通サービスの質を客観的に評価するための指標の確立とその計測が求められている。

しかし、現行の交通調査は限られた期間の中で主に人手に頼って行われているため、このような詳細かつ精度の高い交通データの継続的な収集には限界がある。そこで、近年飛躍的に進展している情報通信技術を活用し、交通調査手法を抜本的に改善しようとする検討が開始されている。

本稿では、交通調査手法の効率化・高度化に向けて、カーナビゲーションシステム（以下カーナビ）を利用した交通調査の取り組みを報告する。

2. 交通調査の現状と課題

2.1 道路交通センサスの調査体系

国土交通省では道路計画立案の基礎となる各種の交通調査を実施しており、調査結果は地域の道路交通状況の分析や将来交通量の需要予測などに活用されている。道路交通センサス（全国道路・街路交通情勢調査）は代表的な道路に関する調査であり、図-1のような構成となっている。

このうち、一般交通量調査は調査区間（数 km）における①車道・歩道等の幅員構成を調査する道路状況調査、②断面交通量を調査する交通量調査、③朝または夕方に実走行によって各調査区間の平均走行速度を計測する旅行速度調査の3つの調査で構成されている。また、自動車起終点調査は、

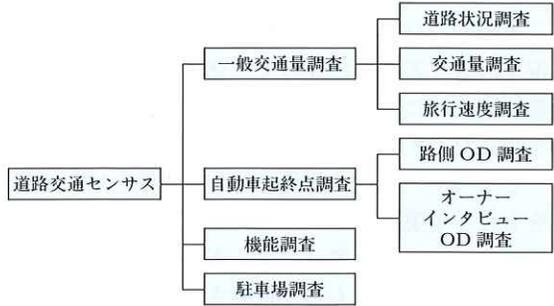


図-1 平成11年度道路交通センサス調査体系

自動車の保有者等に対して調査日の自動車の運行状況や利用目的などをアンケート方式で把握するものである。

これらの調査は、いずれも秋季（9月下旬～10月下旬）の平日および休日の各1日を対象として、全国の幹線道路の特定区間においておよそ5年ごとに実施（一般交通量調査については中間年にも実施）されており、交通流動や施設整備状況の量的把握を主眼としている。

2.2 現行の調査手法の限界

(1) 調査精度の低下

近年きめ細かな交通政策の立案に対応するために、調査内容は回を重ねるごとに詳細化する傾向にある。特に、自動車起終点調査では回答を求める調査項目が相当な分量にのぼり、調査協力者（被験者）への調査負荷が大きく、満足な精度を有する調査結果が得られない状況も発生している。また、旅行速度調査では、調査員が車両の停止場所、時間、理由等の情報を調査票に逐一記入して走行状況を記録・計測しており、計測日時は秋季のある1日の限られた時間帯に限定されている。

(2) 調査コストの増大

基本的にデータの収集・処理・解析のプロセスを人手に頼っているため、調査人件費等のコストの増大が問題となっている。

(3) 詳細な道路交通データへのニーズ

交通現象は時間的に常に変動するものであるが、現在の調査体系ではお盆やゴールデンウィークな

New Attempt on the Advancement for Travel Speed Survey Using Car Navigation System

どの休日交通の特性や、観光地における季節別あるいは曜日別の交通実態をとらえるために十分なデータ収集ができない状況にある。その一方で、各種の交通施策を客観的に評価するための新たな指標の確立が求められており、特にサービスレベルを表すための交通データの整備が急務となっている。

3. 位置情報計測技術の交通調査への活用

近年、情報通信関連の技術開発が急速に進展し、GPS (Global Positioning System) や PHS (Personal Handyphone System) 等の位置情報計測技術を利用した各種の情報通信ツールが実用化されている。例えば、GPS を利用したカーナビについては、わが国では海外諸国と比較して急速な勢いで普及が進んでおり、2001年3月の時点で出荷台数が約700万台を突破している。

3.1 カーナビの旅行速度計測への適用

情報通信技術の交通調査への適用により、詳細な交通行動データを連続的に収集することが可能となり、調査効率の向上や調査費用の縮減が図られることが期待されている。また、これまでデータ取得が困難であった交通サービスの質を表す新たな評価指標の計測も可能になると考えられる。

このような状況をふまえ、土木研究所(当時)ではGPS、PHSを活用した交通調査手法の検討を平成10年度から開始している¹⁾。評価指標のうち、特に旅行速度は目的地に到着するという交通の本来のサービスを反映する指標であり、道路の走行状況を客観的に表すとともに、道路整備の効果を示す最も重要な指標のひとつと考えられる。そこで、現在は位置情報を計測するシステムとしてカーナビを利用した旅行速度調査手法の高度化に

関する検討を中心に進めている。

3.2 道路管理用車両によるデータ取得実験²⁾

カーナビは、車両の各時刻における走行速度(地点速度)や位置情報(緯度・経度)など、交通解析を行う上で有用な情報を有している。平成11年度には、こうしたデータを実際にカーナビから取得し出力できるか否かという技術的可能性を確認するためのデータ取得実験を実施した(表-1)。実験は、メモリーカード等の外部記録装置に一定期間のデータを記録・蓄積できるように、市販のカーナビに改良を加えた装置を道路管理用車両に設置することにより行った。

カーナビには、自車の位置をより精度良く特定するために、自立航法の援用やカーナビ本体に格納されている道路地図上へのマップマッチング処理などによって、GPSから計測された現在地情報を補正する機能がある。カーナビから得られた車両の走行軌跡を解析したところ、位置特定誤差が10mから数十m程度といわれているGPS単体による計測でみられたデータの欠測や、実際の走行経路とは異なった経路の位置情報が検出される事象などはほとんどみられなかった。これより、GPS単体よりもカーナビのほうが取得データの信頼性という点で優れていると判断した。また、車両の走行状況や走行速度の変動状況等に関する情報など、従来の人手による計測では取得が困難なデータも、カーナビから収集可能であることを確認した。

4. 東京地区におけるデータ収集実験

3.2をふまえ、平成12年度には取得データの交通解析への適用方法の検討や、交通解析上の有効性

の検証を行うため、東京地区において新たなデータ収集実験を開始した(表-2)。

先の実験で用いた道路管理用車両は、走行経路や通過時刻がほぼ一定であることに加えて維持管理作業を実施しながら走行するなど、通常の交通流とは異なる動きをしていることが多いため、一般的な交通実態を把握するためのサンプルとし

表-1 道路管理用車両を用いたデータ取得実験 (※機関名は当時)

	いわき地区	長野地区
調査対象車両	東北地建磐城国道工事事務所所有 道路管理用車両 ほか 計5台	関東地建長野国道工事事務所所有 道路管理車両 計50台 (除雪車等も含む)
実施機関	平成11年10月～平成12年1月	平成11年10月～平成11年12月
収集データの項目	日付・時刻(秒単位まで)、走行位置(緯度・経度) 走行速度(地点速度・単位km/h)、進行方向(16方位)	
データの取得間隔	1秒ごとにデータを収集	50mごとにデータを収集
データの収集方法	メモリーカードに車両の走行位置情報が自動的に記録・蓄積されるようにカーナビ(市販品)を改造	事務所に整備された道路管理車両支援システム(位置監視システム)を一部改造し、データを収集
データの記録・蓄積方法	カーナビに装着した16MBのメモリーカードに蓄積(容量約200時間)	無線またはNTT回線で事務所の管理センターにデータを送信

て不適切な面が存在する。このことをふまえ、東京地区の実験では、走行パターンが一様でない営業用車両にカーナビを設置することとした。

4.1 実験の概要

調査車両として長時間連続してデータ取得ができるタクシーとトラックを選定し、各事業者の協力を得てデータ収集実験を行っている。

実験では、いわき地区でデータ取得の技術的可能性を検証したシステムを用いており、カーナビから毎秒の位置情報等を取得している。ただし、カーナビから直接地点速度データを出力することができないトラックも存在する。これは、改良のベースであるカーナビが乗用車への搭載を想定して製造されていることに起因している。

4.2 収集データの処理方法

1秒間に記録されるデータ量は約50バイトであり、例えばタクシー1台で1日に取得されるデータ量は3~4MBと膨大である。これをふまえ、取得データを用いて効率的かつ体系的な各種の交通解析を行うために、以下のような基礎的なデータの処理方法に関する検討を行っている。

(1) 道路属性情報の出力データへの対応付け

交通解析を行うためには、出力データ(緯度・経度)と、道路属性や走行経路等を対応づける必要があることから、まず電子地図を利用した情報の対応付けについての検討を行った。ここで、電子地図としては、全国的な地図の整備状況や道路管理者による入手の容易さ等を考慮して、1:25000地形図をベースに全国の幅員3.0m以上の道路網をノードとリンクで表現したデジタル道路地図(Digital Road Map: DRM)を利用している。DRM上で緯度経度および進行方向のデータから仮の走行経路を作成するとともに、車両が通過した可能性のある一定範囲の経路群を抽出し、最短経路探索を行うことにより経路の特定等を行っている。なお、DRMのノード番号は最近傍にある

表-2 東京地区における調査の概要

東京地区	
調査対象車両	トラック 20台(足立区を中心に走行) タクシー 20台(品川周辺を中心に走行)
実験期間	平成12年5月~平成13年3月
収集データ項目 データ収集・記録方法	基本的にいわき地区と同様。 ※トラックでは、地点速度データの取得が不可能な車両がある。
データ回収方法 データ回収頻度	メモリーカードを定期的に回収。 ※タクシー:1週間間隔、トラック:1ヶ月間隔

出力データ(位置座標)に付与している。

(2) 停止継続時間による車両停止要因の推定

調査対象車両は営業用車両であるため、メモリーカードには客待ちや荷物の積み下ろしといった業務に伴う交通行動も記録されている。ここで、調査対象車両が道路上に停止する要因としては、大きく分けて次の2通りが考えられる。

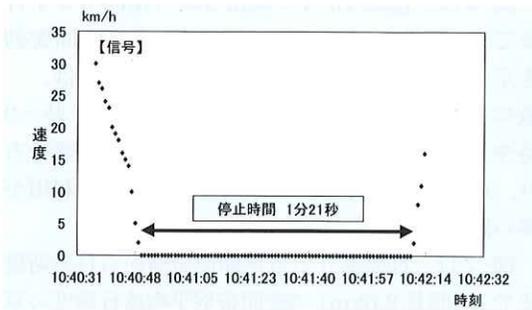
- ① 車両の種類を問わず、一般的な交通行動に伴う停止【信号、渋滞など】
- ② 車両固有の業務行動に伴う停止【客待ち・客乗降(タクシー)、荷物の積み下ろし(トラック)など】

例えば旅行速度を算出する際、②のデータは除外すべきである。このように、取得データを交通調査に利用する場合、調査目的に応じてデータの有効性を判断できるよう、各データについて①②の判別を行うプロセスが必要となる。なお、カーナビ搭載車両がエンジンを切った場合、データの書き込みは行われぬ。この場合、データの不連続性によってトリップ(ある地点から他の地点への移動)の終了を判断することができるため、①②の判別は容易である。

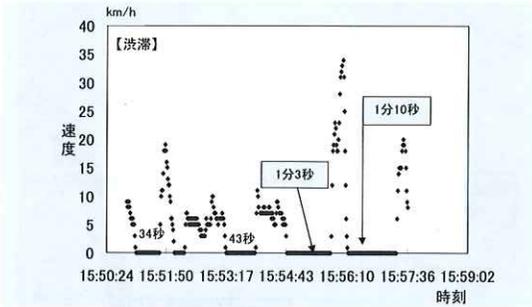
ここでは、詳細な運行記録簿のあるトラックのデータを用いて、車両の走行軌跡、停止継続時間、発進・停止の繰り返し状況と運行記録簿の情報から、①と②を判別することを試みた。

図-2は、信号、渋滞、荷物の積み下ろしによる走行速度の変化の一例を示したものである。信号や荷物の積み下ろしによる停止は、地点速度が0km/hの状態が一定時間継続していることがわかる。これに対して渋滞による停止は、0km/hの状態と低速走行が断続的に繰り返されている。

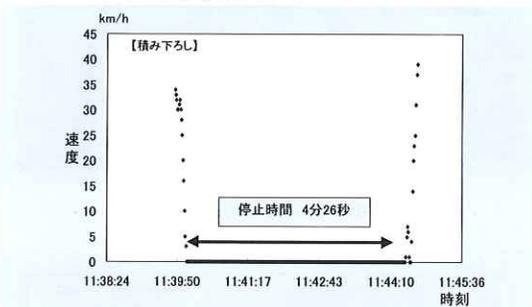
一方、図-3および表-3は、30秒以上停止した車両について、それぞれの停止要因別の停止時間分布とその平均値、最大値、最小値を示している。信号や渋滞では停止継続時間のほとんどが2分以内となっている。実際、都内の主要交差点においては信号サイクル長から青時間を除いた時間の最長時間が2分以内に収まっている。一方、荷物の積み下ろしという目的を持った停車行動をする場合、2分以内の停車行動は記録されていない。した



(a) 停止要因：信号



(b) 停止要因：渋滞

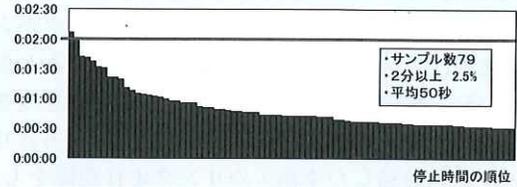


(c) 停止要因：積み下ろし

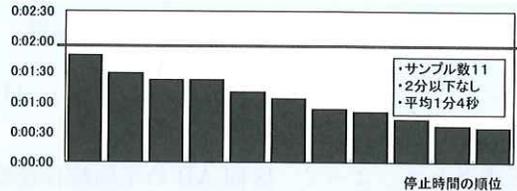
図-2 信号・渋滞・荷物の積み下ろしによる車両の挙動および停止時間の例(トラック)

がって、旅行速度の算出においては、地点速度が0km/hの状態が2分以上継続するデータを要因②による停止と仮定し、旅行速度算出のためのデータから除外することとした。

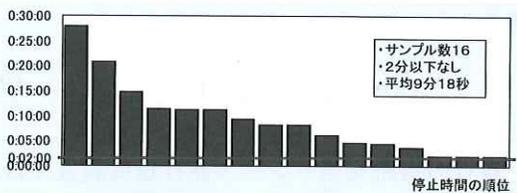
なお、同様の手法でタクシーの客降車時の停止時間分布を分析したところ、1分前後の停止が最も多かった。しかし、本調査ではタクシーの実車・空車情報を取得しておらず、客乗降に伴う停止車両データを別の方法で抽出・判別することが困難であった。以降のタクシーのデータを用いた分析では上記の判別基準を用いているため、その結果には客降車のような本来の一般的な走行とは異なったデータも一部含まれていることに留意する必要がある。



(a) 停止要因：信号



(b) 停止要因：渋滞



(c) 停止要因：積み下ろし

図-3 30秒以上停止したトラックの停止要因別の停止時間分布

表-3 30秒以上停止したトラックの停止要因および停止時間

要因	データ件数	平均	最大	最小
信号	78	50秒	2分06秒	31秒
渋滞	11	1分04秒	1分46秒	34秒
積み下ろし	16	9分18秒	28分02秒	2分04秒

※停止要因は走行軌跡および運行記録簿から推定

5. データを使った旅行速度の算出

カーナビの出力データに対応づけられた DRM の属性情報を参照すれば、ある経路を通過した車両データを抽出することができ、そのうちの位置情報と時刻情報を用いて路線別の旅行速度を算出することができる。

本稿では、平成12年5月から10月までの6ヶ月間に収集されたタクシー20台のデータを用いて、旅行速度の時間変動の算出を行った。なお、客待ちや路上休憩等のデータを除くために、4.2節の考え方を適用し、停止時間が2分以上継続したデータを分析対象からはずしている。

5.1 旅行速度の算出方法

通常、旅行速度計測区間では複数道路との交差点が存在する。DRMでは交差点がノードで表現されることから、計測区間は複数の DRM リンク

で構成されていると考えることができる。

いま、図-4のように m 個の DRM リンクから構成された区間 AB の旅行速度を算出すると仮定する。本調査では、あるリンク k の平均速度を式 (1) のように定義している。すなわち、あるリンク k を通過した車両 i のリンク走行距離を l_i 、通過所要時間を t_i 、リンク k の通過台数の総数を n 台とすると、リンク k の平均旅行速度 v_k は

$$v_k = nl_k / \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) \quad (1)$$

と表される。よって、区間 AB の平均旅行速度 v_{AB} は式 (1) で表されるリンク平均速度の調和平均をとることにより、式 (2) で表される。

$$v_{AB} = \left(\sum_{k=1}^m l_k \right) / \left(\sum_{k=1}^m \frac{l_k}{v_k} \right) \quad (2)$$

現行の道路交通センサス旅行速度調査では、ピーク時間帯に調査区間を複数回走行し、総区間延長を所要時間の総和で除して、平均旅行速度を算出している。また、調査区間は基本的に交通状況が著しく変化しない区間を設定しており、区間延長は交通状況や沿道状況に依るものの DID 地区では 1~3km 前後である。本調査でも対象区間からはずれることなく連続的に走行した車両サンプルを用い、道路交通センサスと同様の計算方法の適用を試みたが、対象区間全長を連続的に走行した車両のサンプル数が少なく、中には対象区間を走りきった車両が 1 台もない時間帯も存在した。このため、本調査では区間内に存在する DRM ごとにリンク旅行速度を算出 (式 (1)) し、そのリンク平均旅行速度の調和平均として区間平均旅行速度を算出 (式 (2)) する方法を採用することとした。

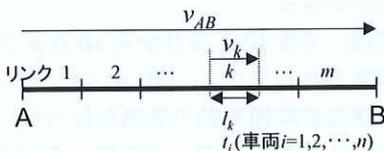


図-4 区間 AB の旅行速度の算出

5.2 時間帯別平均旅行速度の計算事例

時間帯別平均旅行速度の算出は、1 時間あたりの平均サンプル数が 30 台程度と他路線と比べて比較的多い国道 15 号と目黒通り (都道 312 号) の 2 路線を対象とした (図-5)。

図-6 は、国道 15 号の泉岳寺から南品川 3 丁目まで (区間長 3.5km) の平均旅行速度の時間変動を示している。速度が低下している時間帯は、一般に最も混雑する時間帯といわれている 7 時~9 時や 17 時~19 時ではなく 11 時頃と 16 時頃であり、通勤・帰宅目的よりも業務目的による利用が多い路線と想定される。

図-7 は、目黒通りの目黒郵便局前から目黒新橋まで (区間長 2.0km) の時間帯別平均旅行速度の算



図-5 旅行速度算出区間

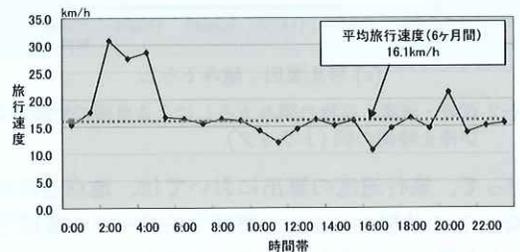


図-6 時間帯別平均旅行速度 (国道 15 号下り)

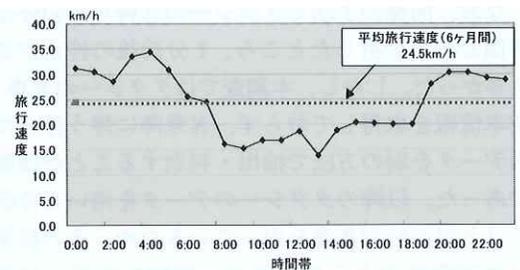


図-7 時間帯別平均旅行速度 (目黒通り上り)

出結果である。8 時~19 時台までは 20km/h 以下

であり、特に 13 時頃の速度低下が著しい。また、6ヶ月間の平均旅行速度を算出すると 24.5km/h であり、昼間および夜間の平均旅行速度との間で大きな差が生じている。

このように、カーナビによる取得データから路線によるピーク時の相違や時々刻々と変化する交通状況といった、われわれが日常的に経験している事実を客観的に確認することができる。

6. おわりに

カーナビの旅行速度調査への適用に向けた取り組みや、GPS や PHS を利用した人の交通行動調査(パーソントリップ調査)の高度化など、情報通信技術を活用した交通データ収集の試みは始まったばかりである。本稿で報告したデータ収集実験においても、交通解析のために実用性のあるデータを得るための加工手法の検討や、膨大なデータを効率的に取り扱えるような分析環境の整備など、新たな手法の適用に伴う課題が数多く残されている。今後も引き続きデータの増強を図り、上記の課題について検討を進めることとしている。

また、従来の調査手法では交通データの継続的な収集に限界があり、交通状況は限られたデータを用いて評価せざるを得なかった。本稿ではカーナビを利用した旅行速度の高度化に関する取り組みを中心に報告したが、カーナビから 1 秒単位で取得されるデータの活用場面は多岐にわたることが期待されている。今後、これらのデータを活用して、時間経過を考慮した交通状況の評価手法についての検討などを進める予定である。

さらに、情報収集の方法が大きく進展することが予想されるなかで、新たな交通調査体系を構築する必要がある。一つの方向性として、道路上に観測機器を設置して交通量等を計測する定点観測手法と、本調査のように観測対象に機器を設置しその動きを計測する移動観測手法を適切に組み合わせることにより、量と質の両面から道路交通の実態をとらえ、適切な道路計画や交通施策の評価に反映させていくことが重要と考えている。

本稿は、国土交通省が設置し、土木研究所(現：国土技術政策総合研究所)および関東地方整備局等が参画している IT 交通データ委員会プロブカー WG (座長：石田東生筑波大学教授)での成果の一部をとりまとめたものである。また、データの収集にあたっては、日本通運(株)および飛鳥交通(株)に多大な協力を頂いている。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 新階寛恭、田宮佳代子：新技術を活用した交通実態調査の新展開、交通工学第 34 巻増刊号, pp.23-28, 1999.
- 2) 田宮佳代子、瀬尾卓也、吉田秀範：カーナビゲーションシステムの交通実態調査への適用に向けた取り組みについて、第 39 回土木研究所研究発表会論文集, pp.1-4, 2000.

田宮佳代子*



国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路研究室研究官
Kayoko TAMIYA

瀬尾卓也**



同 道路研究室長
Takuya SEO

吉田秀範***



同 道路研究室研究官
Hidenori YOSHIDA