

アップリンク情報収集と OD 推定

Uplink Information and OD Estimating

増 山 義 人*・桑 原 雅 夫*・吉 井 稔 雄*

Yoshito MASHIYAMA, Masao KUWAHARA and Toshio YOSHII

1. はじめに

我が国のモータリゼーションは、急激な経済成長および国民所得水準の向上とともに、進展してきた。それに対し、道路の整備に関しては、モータリゼーションの後を追うような形となり、交通渋滞や交通事故を招く残念な結果となっている。交通管制システムの整備が進むにつれ、交通死亡事故は減少し、道路交通の安全性の向上、および円滑化、快適化が図られてきた。また、近年の高度情報化社会に即応し、信号制御、道路情報提供、また実用化しつつある路車間通信、衛星通信を用いたナビゲーションシステムなどが普及する中、交通現象を分析し、推計する必要性が高まっている。一方、交通現象は動的なものであり、発生状況は時々刻々と変化する。その中で、一般街路には感知手段の1つである光ビーコンが設置されてきており、交通量や占有率など、従来感知器の機能に加え、路車間の双方向通信機能も備えている。この双方向通信により、車載機を搭載している個別の車両の動きを把握することができるため、車載車両の旅行時間情報、経路情報、車種情報などの詳細な情報が収集可能である。本研究では、光ビーコンの特徴をまとめ、光ビーコンの情報を分析することにより、今後の交通渋滞の削減や、経路誘導に有効な OD 推定や到着交通流推定をするための課題を整理した。

2. 推定方法

リンク o からリンク d への OD 交通量 X^{od} を推定することを考える。図1のようにリンクと光ビーコンは対応づけられるので、リンク番号と光ビーコン番号には同じ番号をつけることにする。つまり、 X^{od} は光ビーコン o を起点に、光ビーコン d を終点とする交通量である。さらに、簡単のために、時間を表す添字は省略しているが、以下ではすべて、ある対象時間帯における OD 交通量を考える。

*東京大学生産技術研究所 第5部

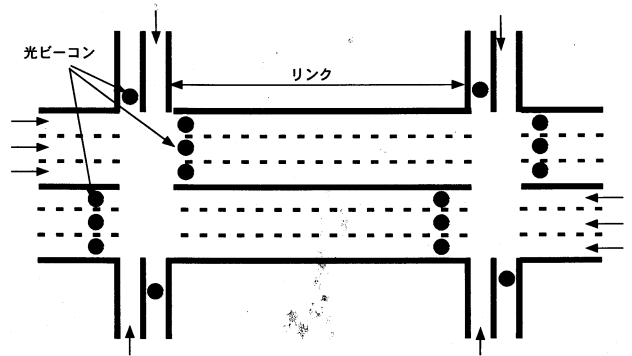


図1 光ビーコン設置位置

対象時間帯における起終点情報は、車載機を搭載している車両については、アップリンク情報によって把握することができる。一方、全車両については、OD 情報は分からないが、光ビーコンの感知情報から各リンクの断面交通量を計測することができる。従って、この断面交通量を車載機を搭載する車両の OD パターンで振り分けることによって、全体の OD 交通量を推定するというのが基本方針である。本研究では下記の仮定に基づいて方法論の提案を行う。

仮定1：双方向通信機能による通信情報、感知機能による交通情報に計測エラーはないものとする。

仮定2：車載機を搭載した車両の OD パターンは、全車両の OD パターンを代表する。

終点リンク d の断面交通量は光ビーコンの感知機能で計測可能であり、これを X_d とおく。リンク d の通過交通量のうち、OD 交通量 X^{od} の割合を p^{od} とおけば、これらの関係は次のように表すことができる。起点リンク交通量 X_o を用いても同様である。

$$X^{od} = X_o p^{od} \dots \dots \dots (1)$$

研 究 速 報

p^{od} の値は未知であるが、仮定 2 の様に車載機を搭載した車両の OD パターンが全体の車両の OD パターンを代表しているものとすれば、 p^{od} の推定値 \hat{p}^{od} は以下となる。

$$\hat{p}^{od} = \frac{n_d^{od}}{n_d} \dots \dots \dots (2)$$

n_d^{od} : 対象時間帯に o から d に向かう搭載車のうち、終点リンク d における観測台数。
 n_d : 終点リンク d を通過する搭載車の観測台数。

n_d^{od} は n_d のうち、OD 交通量 od を持つ台数なので、2 項分布 (n_d, p^{od}) に従う。よって、 p^{od} の分散は

$$Var[\hat{p}^{od}] = Var\left[\frac{n_d^{od}}{n_d}\right] = \frac{1}{n_d} Var[n_d^{od}] = \frac{p^{od}(1-p^{od})}{n_d} \dots (3)$$

となる。(式 1) の p^{od} に (式 3) から推定される \hat{p}^{od} を代入して OD 交通量の推定値 X^{od} が $X^{od} = X_d \cdot \hat{p}^{od}$ のように求められる。この X^{od} の分散は、 X_d と \hat{p}^{od} が独立で、かつ断面交通量 X_d がポアソン分布と仮定すると、 $E[X_d] = Var[X_d] = X_d$ なので、

$$\begin{aligned} Var[\hat{X}^{od}] &= Var[X_d \cdot \hat{p}^{od}] \\ &= E[\hat{p}^{od}]^2 Var[X_d] + E[X_d]^2 Var[\hat{p}^{od}] \\ &= p^{od 2} Var[X_d] + E[X_d]^2 \frac{p^{od}(1-p^{od})}{n_d} \\ &= X_d p^{od} \left\{ p^{od} + \frac{X_d}{n_d} (1-p^{od}) \right\} \dots \dots (4) \end{aligned}$$

となる。また、変動係数 $\sqrt{Var[\hat{X}^{od}]} / E[\hat{X}^{od}]$ は

$$\sqrt{Var[\hat{X}^{od}]} / E[\hat{X}^{od}] = \frac{1}{\sqrt{X_d}} + \sqrt{\frac{(1-p^{od})}{n_d p^{od}}} \dots \dots \dots (5)$$

となる。
 ここでは、終点リンク d の断面交通量を OD パターンに割り振る形を取ってきたが、上記分散からもわかるように、 p^{od} になるべく大きくなるようにした方が、精度が高くなる。従って、もしも起点リンク o の断面交通量のうち、対象 od の割合が終点リンクよりも高ければ、起点リンクの断面交通量を OD 別に割り振る方がよい。

3. 光ビーコンによる情報収集

ここでは、交通渋滞の削減や、経路誘導に有効な OD 推定や到着交通流推定をするための光ビーコンからの情報をまとめる。

3.1 アップリンク情報

(1) システム構成

神奈川県交通管制システムの簡単な構成を図 2 に示す。

管制センターシステムでは、光ビーコンからの車両 ID をアップリンクデータとして受信し、これらの車両 ID のマッチングを行って旅行時間を求めている。

(2) 対象ネットワーク

対象とするネットワークは、神奈川県内全域とし、現在 1,880 器の光ビーコンが約 370 交差点付近(1998 年 4 月 1 日現在)に設置されている。また、路線別集計と OD マトリクスには県内の国道 1 号で東京都境にある御幸公園から横浜駅付近の金港町交差点にかけての 13 地点を有するリンクとした。

(3) 対象データ

今回の集計に利用した収集データは 1998 年 3 月 22 日～

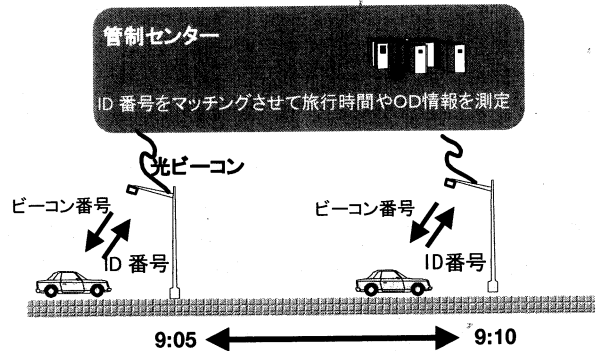


図 2 システム構成と送受信シーケンス

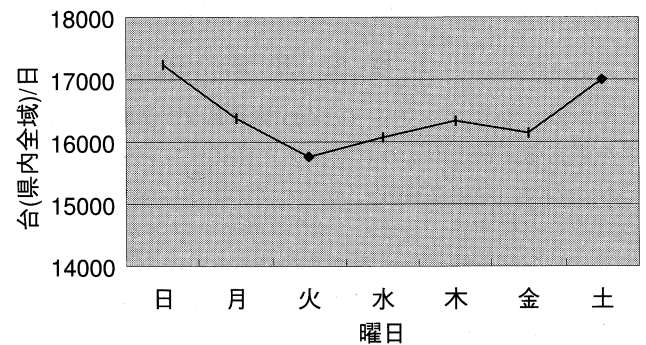


図 3 アップリンク情報集計

1998年4月4日(14日)とし、また路線別集計については、収集第1日目の1997年3月22日(日)とした。

3.2 アップリンク集計

(1) アップリンク情報

アップリンク情報とは、車両に搭載される車載機から管制センターシステムに送信される情報のことを指し、車両ID番号(ランダム番号)、今回通過感知器番号、前回通過地点光ビーコン番号、前回通過県、起点光ビーコン番号、起点県、車種、旅行時間等で構成されている。

(2) 集計

神奈川県内の全光ビーコンからセンターシステムに収集されるアップリンク情報は、図3に示すとおり1日あたりの平均約15,000~17,500カウントある。また、車載機を搭載している車両は土日に活動しているのが良く分かる。

(3) 時間帯別集計

ここでは、時間帯別に曜日別に集計を行った。図4に示すように、午前4時を最小とするが、他の時間帯では朝夕のピークははっきりしない結果となっている。

(4) 地点での集計

ここでは、都県境近くの御幸公園付近(東京方面)にお

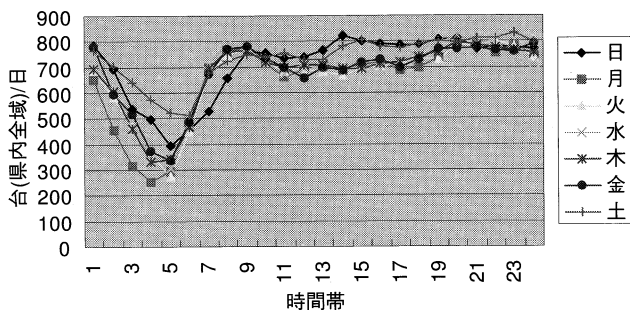


図4 時間帯別集計

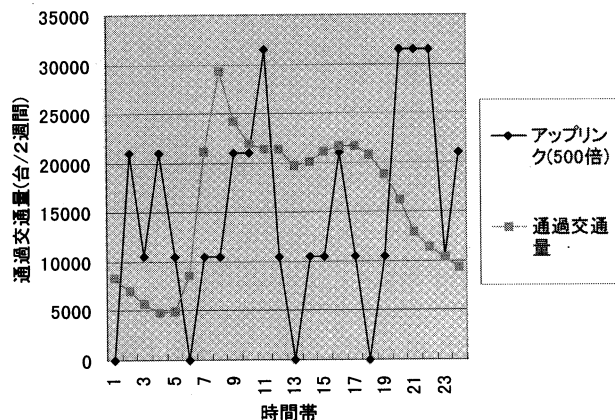


図5 地点集計

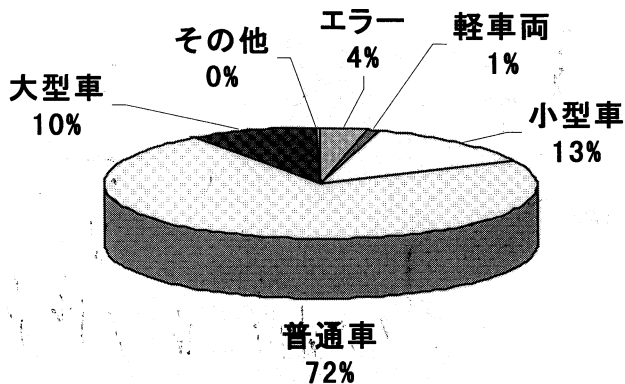


図6 車種別集計

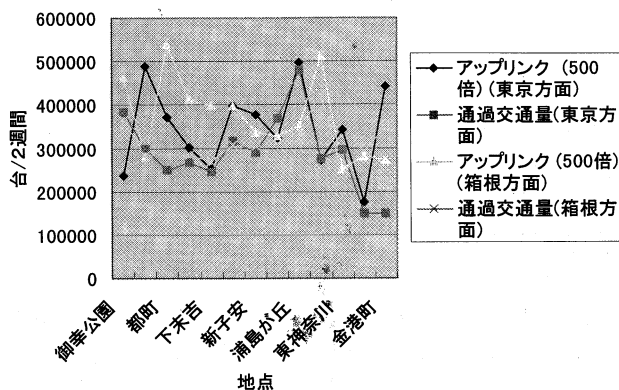


図7 路線別集計

けるアップリンク数と通過交通量の集計を行った。この図によれば、時間帯における相関がかなり低いことが判明した。また現状での車載機搭載率は、県内全体で約0.2%であることが判明した。

(5) 車種別集計

ここでは、アップリンク情報に含まれる車種を基に集計を行った。図6のように小型、普通車両で全体の80%以上を占める結果となっている。これは車載機が個人向けの車両に搭載されている頻度が高いといえる。またこの傾向は平日、休日で分布の差はない。

(6) 路線別集計

ここでは、国道1号の都県境付近にある御幸公園前交差点から金港町交差点にかけての13地点に着目し、図7のようにアップリンク数と通過交通量の集計を行った。

(7) ID別受信回数集計

ここでは、ID毎に分類した車両がそれぞれどのくらいの回数のアップリンク情報を出しているかという集計を行った。図8によれば、多くが2回~3回となっている。

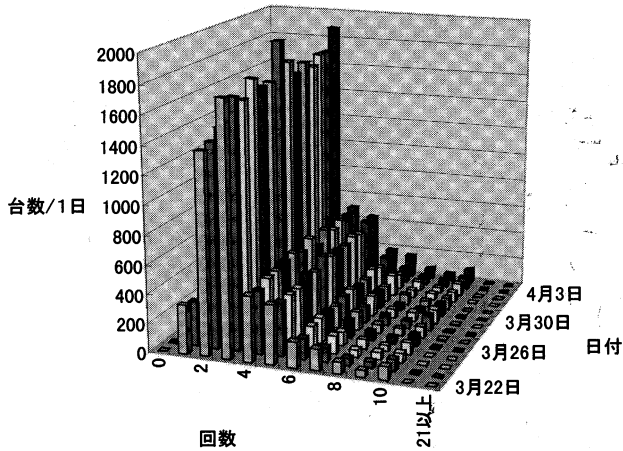


図8 ID別受信回数集計

3.3 軌跡追跡

(1) 観測条件

観測日時は3月22日(日)で、当日最もアップリンクの多い車両を例とした。

(2) 観測地域

この追跡例では、起点から終点までの距離は23.2kmであり、約29分で通過していることが判明した。

以上の例のように、アップリンク情報の結果を用いることによって、すべての車両について、軌跡を描くことができる。

4. 検 討

本研究では、光ビーコンアップリンク情報を用い、OD交通需要を推計する方法、および、その精度評価の方法論

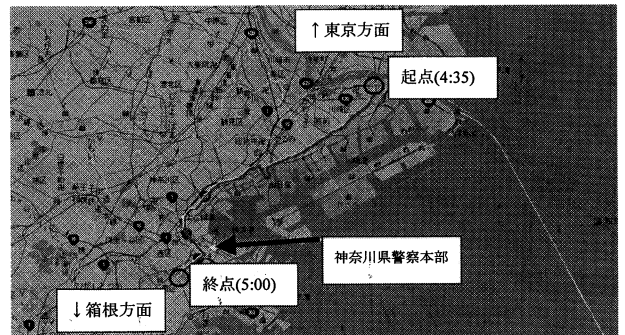


図9 車両軌跡図

を構築し、神奈川県内のOD交通量推定に適用した。その結果、今後に向けて、以下のような課題、および、方針が提示された。

- (1) 車種ごとに車載機搭載率がかなり違うことが考えられるため、交通需要を車種別に推定する方法、他のOD情報源を活用して、推計されたODを修正する方法を検討する必要がある。
- (2) 車両走行軌跡を完全に把握するために、走行経路上のアップリンク情報がすべて揃っている必要があり、1つ1つのアップリンクの計測、通信エラーがほとんど皆無にならない限り困難を極める。実用上は、ある程度のエラーは存在するものとして、エラーデータを検出する方法およびエラーによって分断されたり、2本以上数え上げられたりする走行経路をソフト的に修復させる方法を開発する必要がある。

(1998年7月10日受理)