

光ビーコン情報を用いた交通需要推計*

Estimating Traffic data using UPLINK information from Infrared Beacons

増山義人**・吉井稔雄***・赤羽弘和****・桑原雅夫*****

By Yoshito MASHIYAMA**, Toshio YOSHII***, Hirokazu AKAHANE**** and Masao KUWAHARA *****

1 はじめに

一般街路では、1993 年から光ビーコンを導入している。この光ビーコンは2つの機能を有している。1 つはループコイル式や超音波感知式に代表される従来の感知器同様の感知機能と、双方向通信機能である。ここでは、後者の通信機能を用い、感知器からの情報（以降アップリンク情報とする）を用いることにより、車載機を搭載している個別車両の動きを把握し、様々な交通需要の計測に利用する。

本論文では、光ビーコンからのアップリンク情報を用い、OD（起終点）推定と交差点分岐率の推定を行ったので報告する。

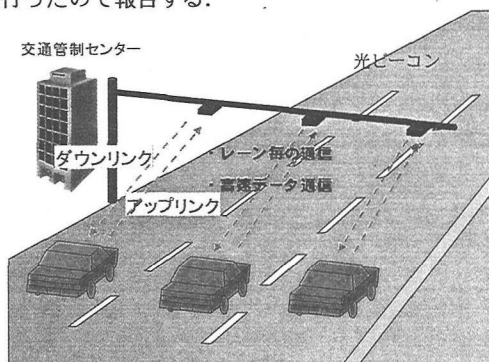


図1 光ビーコンと車両の通信

2 現状の課題

従来の交通量推定は、アンケートによる調査や路上で観測する方法にて行われていたが、莫大な費用と人員がかかっていた。また、AVI(自動車番認識装置)の設置により、各車両の通過地点の観測はできるものの、設置密度が疎であるため、交通量の推定は精度が悪かった。そこで AVI に比べ、より密に設置さ

れている光ビーコンからのアップリンク情報を用い、車載機を搭載した車両（以降搭載車とする）の起点や終点を簡便に推定する手法を開発した。

3 交通量推定

(1) 推定手法

ある起点リンク o からある終点リンク d への推定交通量 X^{od} を推定することを考える。起点リンク o 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_o とおく。リンク o の通過交通量のうち、推定交通量 X^{od} の割合を p^{od} とおけば、これらの関係は $X^{od} = X_o p^{od}$ とあらわすことができる。

p^{od} の値は未知であるが、搭載車のパターンが全体の車両のパターンを代表しているものとすれば、 p^{od} の推定値 $\hat{p}^{od}$ は次のように定義でき、

$$\hat{p}^{od} = \frac{n_o^{od}}{n_o} \text{ となる。 } n_o^{od} \text{ は対象時間帯に } o \text{ から } d \text{ に}$$

向かう搭載車のうち、起点リンク o における観測台数となり、 n_o は起点リンク o を通過する搭載車の観測台数となる。

X_o は光ビーコンの感知機能から計測でき、 n_o^{od} 、 n_o はそれぞれアップリンク情報から得ることができるため推定交通量 X^{od} が算出可能になる。

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、 $\hat{p}^{od}$ の分散は

$$\begin{aligned} \text{Var}[\hat{p}^{od}] &= \text{Var}\left[\frac{n_d^{od}}{n_d}\right] \\ &= \frac{1}{n_d^2} \text{Var}[n_d^{od}] = \frac{p^{od}(1-p^{od})}{n_d} \end{aligned}$$

となる。 p^{od} に推定される $\hat{p}^{od}$ を代入して OD 交通量の推定値 $\hat{X}^{od}$ が $\hat{X}^{od} = X_o \cdot \hat{p}^{od}$ のように求められる

*キーワード：分布交通、交通情報、光ビーコン

**正会員、工学、松下通信工業（株）情報システム事業部交通事業総括部、〒223-8639 神奈川県横浜市港北区綱島東 4-3-1、TEL:045-544-3451、FAX:045-544-3404、E-mail:masiyama@isd.mci.co.jp

***正会員、工博、高知工科大学社会システム工学科

****正会員、工博、千葉工業大学工学部土木工学科

*****正会員、Ph.D.、東京大学生産技術研究所第5部

る。この $\hat{X}^{od}$ の分散は、 X_d と 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、

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

となる。また、変動係数 $\frac{\sqrt{Var(\hat{X}^{od})}}{E(\hat{X}^{od})}$ は

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

となる。

(2) OD 推定

(a) 推定実験条件

集計には図2に示す国道1号の一部を選択した。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。また集計に利用した収集日時は1998年12月6日とした。

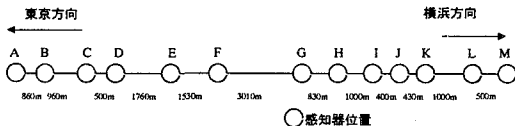


図2 対象交差点群

(b) 交通量

以下に各地点の交通量（1日）を示す。

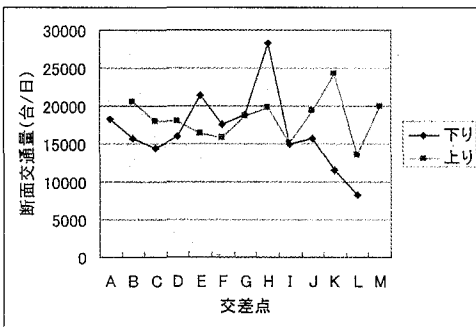


図3 交通量

次に、各地点の光ビーコンのアップリンク交通量（1日）を示す。

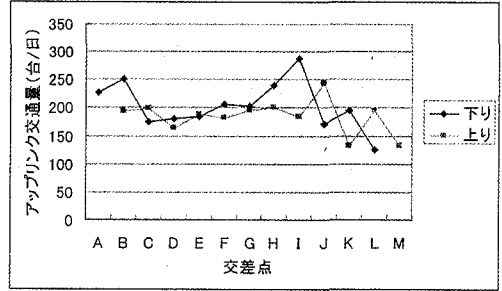


図4 アップリンク交通量

以下にアップリンク OD 交通量（1日）を示す。

表1 アップリンク OD 交通量

全体	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	0	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	69	0	16	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C	25	71	0	38	6	3	0	0	0	0	0	0	0
D	10	22	43	0	60	12	0	0	1	0	0	0	0
E	2	6	15	48	0	41	6	1	2	1	1	0	0
F	2	4	10	28	59	0	28	13	3	1	1	0	0
G	0	1	5	13	36	64	0	60	35	6	3	0	0
H	0	1	3	6	16	31	82	0	87	21	10	0	0
I	0	0	0	0	4	10	36	85	0	52	19	2	3
J	0	0	0	0	0	5	14	58	29	0	47	6	11
K	0	0	0	0	0	0	3	5	11	20	48	0	26
L	0	0	0	0	0	0	1	2	6	7	19	30	0
M	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	9	0

(c) 推定結果

各地点の光ビーコンから計測された交通量、アップリンク交通量、アップリンク OD 交通量を用い推定を行った。この推定された結果の表からは、隣り合う、あるいは2～3交差点のトリップが多いことが判明した。（表2）

表2 推定 OD 交通量（台/日）

Xod	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	563	188	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	7358	-	1002	494	88	116	0	0	0	0	0	0	0
C	2666	6397	-	3129	528	348	0	0	0	0	0	0	0
D	1066	1982	4720	-	5282	1390	0	0	118	0	0	0	0
E	213	541	1646	4214	-	4750	511	93.2	236	52	91.6	0	0
F	213	360	1098	2458	5137	-	2385	1212	354	52	91.6	0	0
G	0	90.1	549	1141	3134	6162	-	5595	4132	312	275	0	0
H	0	90.1	329	527	1393	2985	8165	-	10271	1093	916	0	0
I	0	0	0	0	348	963	3585	6938	-	2705	1739	119	198
J	0	0	0	0	0	481	1394	4734	2304	-	4303	356	727
K	0	0	0	0	0	289	498	898	1589	8817	-	1543	2379
L	0	0	0	0	0	96.3	199	490	556	3490	2078	-	0
M	0	0	0	0	0	0	0	81.6	79.4	367	208	1364	-

(d) 変動係数

次に、精度評価を行うため変動係数を算出した。変動係数とは1に近くなればなるほど、変動幅が大きいことになる。

表3 変動係数

変動係数	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	-	0.38	0.58	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	0.1	-	0.25	0.41	1.01	1	-	-	-	-	-	-	-
C	0.19	0.1	-	0.15	0.41	0.58	-	-	-	-	-	-	-
D	0.31	0.21	0.14	-	0.11	0.29	-	-	1	-	-	-	-
E	0.71	0.41	0.25	0.13	-	0.14	0.41	1	0.71	1.01	1.01	-	-
F	0.71	0.5	0.31	0.18	0.11	-	0.18	0.28	0.58	1.01	1.01	-	-
G	-	1	0.45	0.28	0.16	0.11	-	0.12	0.16	0.41	0.58	-	-
H	-	-	1	0.58	0.41	0.25	0.17	0.09	-	0.09	0.22	0.31	-
I	-	-	-	-	0.5	0.32	0.16	0.09	-	0.13	0.22	0.71	0.58
J	-	-	-	-	-	0.45	0.26	0.12	0.18	-	0.13	0.41	0.3
K	-	-	-	-	-	0.58	0.45	0.3	0.22	0.12	-	0.19	0.15
L	-	-	-	-	-	-	1	0.71	0.41	0.58	0.22	0.18	-
M	-	-	-	-	-	-	-	1.01	1.01	0.71	0.58	0.33	-

(e) 比較

交通量(図3)とアップリンク交通量(図4)を比較すると、アップリンクは約1%前後の収集量であることが判明した。現在日本における登録車両台数約7000万台、車載機の普及が102万台(1999年3月現在)を考慮すれば、妥当な値と考える。

表3によれば、アップリンク情報のデータの多いところでは推定可能ではあると判断できるが、距離の長いトリップなどに関しては、変動係数が算出できないため、データが不足していることが判明した。

(2) 交差点分岐推定

(a) 推定実験条件

集計には図5に示す横浜みなとみらい付近を選択した。そのうち図6に示すような「みなとみらい5号」(以降MM5とする)の北方向へ向かうリンクに着目し、ビデオ撮影による交通量測定、光ビーコンによる交通量とアップリンク情報の測定を行った。また集計に利用した収集日時は1998年12月6日とした。

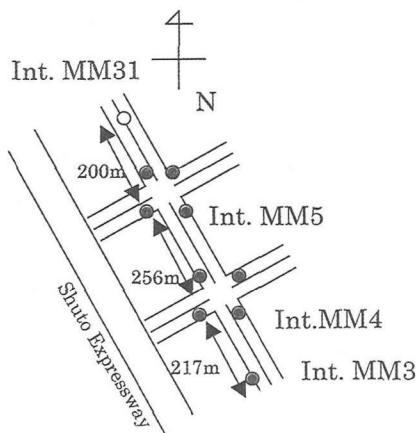


図5 対象交差点群

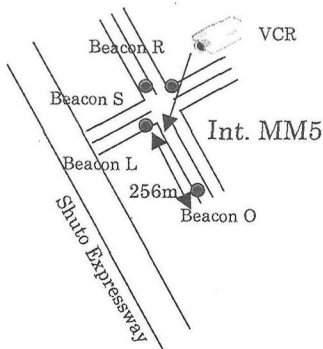


図6 集計対象交差点

(b) 交通量

まず、以下に光ビーコンの交通量測定機能で測定した1時間毎の交通量を図7に示す。

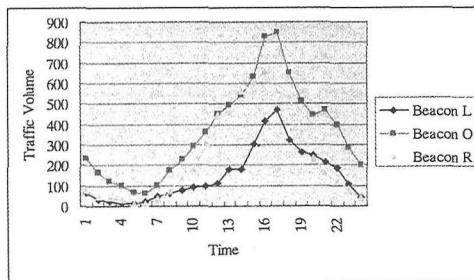


図7 交通量

次に、光ビーコンの1時間毎に集計したアップリンク交通量を図8に示す。

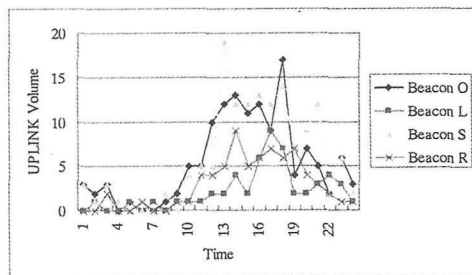


図8 アップリンク交通量

以下に午前9時台のビデオ撮影による交通量計測結果(VCR)と光ビーコンの交通量測定機能で測定した5分間交通量を示す。位置は、Beacon Oのあるリンクで、ビデオは停止線上、ビーコンは停止線の上流256mに設置されている。

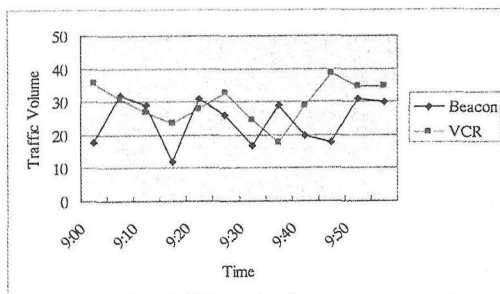


図9 測定交通量

以下に午前9時台の5分間毎のビデオ撮影による交差点分岐交通量と5分間のアップリンク交通量(Beacon O)から1日の分岐率掛け合わせて算出した推定した交通量と分岐率を示す。

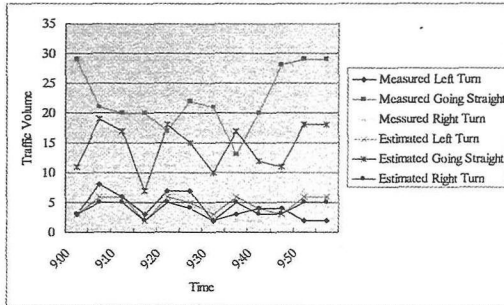


図10 分岐交通量

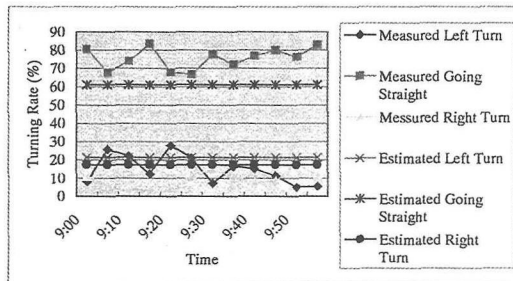


図11 分岐率

(c) 評価

交通量(図7)とアップリンク交通量(図8)を比較すると、アップリンクは交通量の約1.3%であることが判明した。

次に図9に着目する。午前9時台のビデオ撮影による交通量計測結果(VCR)と光ビーコンの交通量測定機能で測定した5分間交通量を比較した場合、相関があるとはいえない。ただ、観測地点の相違(256m)、沸き出しやしみこみなどは少ないが駐車可能な一般道であること、ビーコンの計測失敗等を考慮すれば良好になると考えられる。

次に分岐交通量比較(図10)と分岐率(図11)に着目する。分岐率は1日の分岐率を代表して用いたため、右折が大きく、また直進が小さく推定されている。これはアップリンクを出す車両が右折に曲がる率が多いと考えられる。

4 まとめ

ここでは、光ビーコンのアップリンク情報を用い、従来に比べ、はるかに簡便にODを推定できる手法と交差点分岐率を推定する手法を開発した。

今後、OD推定と交差点分岐率では、アップリンク情報に含まれる車種情報を用いた車種別の推定を行っていく。交差点分岐率推定では、交差点とビーコンの位置を考慮した推定、アップリンク情報にあるビーコン間旅行時間を用いた推定も併せて行いたいと考える。

また、これらのOD情報や交差点分岐推定の結果を用い、信号制御や流入制御などの交通管理政策への活用を考えた手法を検討していく。

参考文献

- (1) 桑原, 麦倉, 新倉, 織田, 「ビーコン情報によるOD推定」, 交通工学研究会, 1998
- (2) Mashiyama Y, Kuwahara M, Yoshii T, Niikura S. and Oda T., "Estimating O-D Matrix using Uplink Information from Infrared Vehicle Detectors", IEEE IV98, Stuttgart, Germany, 1998
- (3) Niikura S., Mashiyama Y, Kuwahara M. and Oda T., "An Analysis of Estimating Turning Distribution Rate at Intersections", IEEE/ITSC99, Tokyo, Japan, 1999