

## 臨海部道路における実態観測に基づく信号交差点の交通容量に及ぼす大型車の影響分析\*

An Analysis on the Influence of Heavy Vehicles on the Capacity of the Signalized Intersection  
Based on the Observation at the Roads in the Waterfront Area\*

池田秀文 \*\*・竹下正俊\*\*\*・小田勝也\*\*\*\*・岡野秀男\*\*\*\*\*

By Hidefumi IKEDA\*\*, Masatoshi TAKESHITA\*\*\*, Katsuya ODA\*\*\*\* and Hideo OKANO\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

一般的に、道路ネットワークにおいて平面交差点は、交通容量上および安全上のボトルネックであるといわれており、平面交差点の交通を円滑に処理することは、道路ネットワーク全体の効率性と安全性を大きく左右する。とりわけ、臨海部交通は大型車の影響を強く受けており、表-1および図-1に示すように、一般の都市内道路に比べ大型車混入率が高く、しかも地域によっては、通常のトラックよりも大型のセミトレーラーの通行が頻繁であるといった交通特性を有している<sup>1)・2)</sup>。また、大型車は乗用車に比べて、発進時の加速性能や旋回性能が劣り、車線幅員や側方余裕、回転半径等平面交差点の幾何形状による交通容量への影響も大きい。大型車の交通流に及ぼす影響を表す代表的な指標として大型車の乗用車換算係数(以下、PCE)が用いられている。一般道路におけるPCEの検討は従来からも行われてきているが、臨海部交通とは車種構成等の交通条件が大きく異なっている。また、一般道路の設計基準交通量の設定に用いられているPCEは、相当古い研究成果に基づくものである<sup>3)・4)</sup>。

臨海部道路については、一般道路と連胆して機能するよう、必要な部分については一般道路に準じた考え方での計画や設計が進められている<sup>5)</sup>。しかしながら、今後の大型貨物車の動向への対応など、臨海部特有の課題については適切に対応していくことが望まれる。本研究は、臨海部道路の平面交差点の交通容量やサービス水準・設計基準交通量に対する大型車の影響を明らかにするための基礎的データを

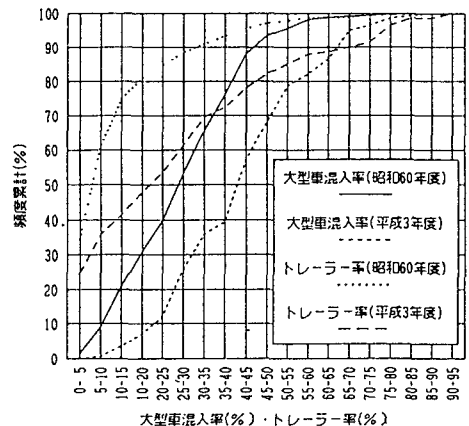
表-1 臨海部道路と一般道路の車種構成と大型車混入率

| 車種構成特性値<br>調査・道路区分 | 車種構成  |       | 大型車混入率 |
|--------------------|-------|-------|--------|
|                    | 乗用車類  | 貨物車類  |        |
| 昭和60年度調査           | 46.5% | 53.5% | 29.0%  |
| 平成3年度調査            | 39.5% | 61.5% | 41.4%  |
| 一般国道(DID人口集中地区)    | 54.9% | 45.1% | 16.4%  |
| 一般国道(その他市街部)       | 51.1% | 48.9% | 17.5%  |
| 主要地方道(DID人口集中地区)   | 56.1% | 43.9% | 14.1%  |
| 主要地方道(その他市街部)      | 52.7% | 47.3% | 14.2%  |

(注1) 昭和60年度調査および平成3年度調査は運輸省が実施した臨海部交通調査、一般国道および主要地方道は平成2年度道路交通情勢調査(建設省)による(全国平日12時間)<sup>1)・2)</sup>

(注2) 乗用車類 乗用車、バス  
貨物車類: 小型貨物、普通貨物、特殊車類

(注3) 大型車混入率: 自動車類(乗用車類と貨物車類)に占める大型車(バス、普通貨物、特殊車類)の混入率



(注1) 表-1の(注1)および(注3)と同じ

(注2) トレーラー率: 大型車のうちトレーラー類の占める割合

図-1 大型車混入率とトレーラー率の累積頻度分布

を得ることを目的として、ビデオ撮影による交通流の実態観測に基づいて信号交差点におけるPCE、飽和交通流率等の解析を行ったものである<sup>6)</sup>。

## 2. 研究の方法

## (1) 実態調査の方法

道路交通流の実態観測にはビデオ・写真観測等に

\*キーワード: 交通流、交通容量、港湾計画、道路計画

\*\*正員、工修、運輸省港湾技術研究所計画設計基準部主任研究官  
(〒239 横浜賀市長瀬3-1-1 TEL 0468-44-5035、FAX 42-9265)

\*\*\*正員、(社)日本海難防止協会調査役

\*\*\*\*正員、工修、北九州市港湾局企画開発部長

\*\*\*\*\*学生員、運輸省港湾技術研究所計画設計基準部計画基準研究室

よる方法や車種判別の可能な車両感知器による方法がある。臨海部の道路では、研究目的に合致した既設の車両感知器を見出すことや独自に機器を設置することが困難なため、本研究ではビデオ撮影による方法を採用した。

実態調査を実施する車線は、大型車交通が多い東京港から横浜港にかけての臨海部を代表する41の交差点から、①交差点の形状が変形でなく、上流側及び下流側の交差点の影響を受けない、②大型車の混入率が高く、かつ乗用車等も適当に混入している（大型車・小型車のペアのデータを得るため）、③高所の撮影場所が確保できる、

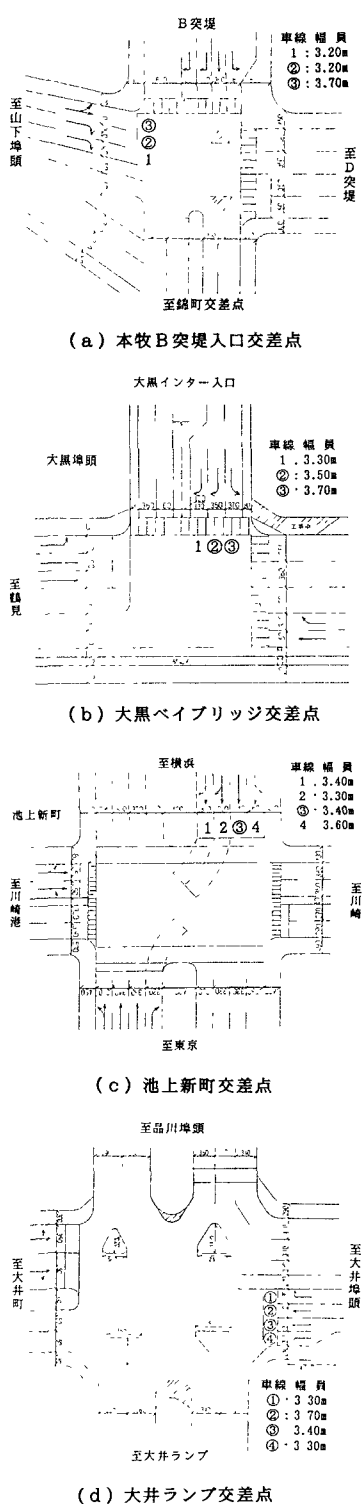


図-2 調査対象交差点と車線

④対象車線の交通流が飽和交通流状態になる等の条件を満たすよう、図上検討、現地踏査、さらにビデオの予備撮影を行って選定した。最終的に選定したのは、図-2に示すように、本牧B突堤入口交差点の車線②と③、大黒ベイブリッジの②と③、池上新町の③および大井ランプの①、②、③と④である（車線の番号は内側から順につけている）。

ビデオ撮影のねらいは、信号の現示が赤から青に変わった時刻を基準として各通行車両の車頭部が停止線を通過する時刻を計測することにある。このため撮影は、調査対象とする流入交通流を前方の高所より見おろせる地点（前方に歩道橋がある場合には歩道橋上、適当な撮影ポイントがない場合については隣接して設置したリフトラ車）から行った。

観測期間は平成4年3月の平日、朝7時から夕方5時までとした。さらに、本牧B突堤入口および大井ランプの交差点の一部の車線については、データの蓄積を図るため、平成5年1～3月にかけて追加調査を実施した。撮影時間帯は、ビデオの読み取りの容易さと通行車両が多く飽和交通流が出現している時間とを考慮して設定した。

## (2) 解析の方法

ビデオ撮影結果を再生し、交通量が比較的多い時間帯を30分間隔で抽出し、車頭時間の解析に適した

表-2 各車線の最終的な解析対象時間帯

| 交 差 点<br>お よ び 車 線                | 実 態 調 査 実 施 日<br>お よ び 解 析 対 象 時 間 帯 | 時 間<br>数 | サイク<br>ル(秒) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------|-------------|
| 1) 本牧B突堤入口<br>車線②(右折)             | 平成4年3月 6日(金) 10:30~11:30             | 1.0      | 131         |
|                                   | 平成5年1月27日(水) 7:30~ 8:00,             | 0.5      | 131         |
|                                   | 9:00~10:00,                          | 1.0      | 131         |
|                                   | 平成5年1月28日(木) 7:30~ 8:30,             | 1.0      | 131         |
|                                   | 9:00~10:00,                          | 1.0      | 131         |
|                                   | 平成5年1月29日(金) 7:30~11:30              | 4.0      | 131         |
|                                   | 平成5年2月 1日(月) 7:30~11:30              | 4.0      | 131         |
|                                   | 平成5年2月 2日(火) 8:00~ 8:30              | 0.5      | 140         |
|                                   | 平成4年3月 6日(金) 10:00~12:00             | 2.0      | 131         |
|                                   | 車線③(直左)                              |          |             |
| 2) 大黒ベイブリッジ<br>車線②(右折)<br>車線③(左折) | 平成4年3月12日(木) 9:30~11:00              | 1.5      | 110         |
|                                   | 平成4年3月12日(木) 7:30~ 8:30,             | 1.0      | 110         |
|                                   | 14:00~15:30,                         | 1.5      | 110         |
| 3) 池上新町<br>車線③(直進)                | 平成4年3月11日(水) 10:00~11:00,            | 1.0      | 109         |
|                                   | 16:30~17:30                          | 1.0      | 115         |
| 4) 大井ランプ<br>車線①(右折)               | 平成4年3月 4日(水) 9:30~10:30,             | 1.0      | 91          |
|                                   | 13:00~15:00,                         | 2.0      | 120         |
|                                   | 平成5年3月10日(水) 8:00~12:00              | 4.0      | 91          |
|                                   | 平成5年3月11日(木) 8:30~12:00,             | 3.5      | 91          |
|                                   | 13:00~17:00,                         | 4.0      | 91          |
|                                   | 車線②(直進)                              |          |             |
|                                   | 平成4年3月 4日(水) 9:00~10:00              | 1.0      | 91          |
|                                   | 平成4年3月 4日(水) 9:00~10:00              | 1.0      | 91          |
|                                   | 平成4年3月 4日(水) 9:30~11:00              | 1.5      | 91          |
|                                   | 車線③(左折)                              |          |             |
| 合 計                               |                                      | 39.0     |             |

時間帯を選定した。車線別の最終的に解析の対象とした時間帯は表－2に示すとおりである。

次に選定された時間帯について、停止線を通過した車種と時刻をビデオを再生しながら読取り、車種ペア区別に車頭時間（先行する車両の車長通過時間と車間時間の和）等を集計した。その際、発進損失の部分（先頭から3台分）と飽和交通流状態になっていないと考えられるもの（車頭時間が5秒より大きいもの）は除外した。

車種区分は既存の研究では、目視によるもの（ナンバープレートや「道路交通法」の車種区分）と、車長によるもの（車種判別ができる車両感知器のデータを用いる場合で、車長5.5m以上を大型車とする等）があるが<sup>7)</sup>、PCEや交通容量等を解析するには、車種区分を大型車と乗用車の2区分のみとしている。本研究で車種を分類するにあたっては、基本的にナンバープレートにより車種を判別したが、臨海部交通が一般の都市内道路に比べ大型車が卓越していることを踏まえ、車種区分の大型車をさらに細分した。ビデオの読み取りと解析に用いた車種区分は以下のとおりである。

小型車 車種1：軽・普通乗用車

〃 車種2：小型貨物車、小型バス

大型車 車種3：大型バス

〃 車種4：普通貨物車

〃 車種5：セミトレーラーⅠ(コナ20ft))

〃 車種6：セミトレーラーⅡ(コナ40ft))

(注) 大型車に分類されるのは、普通貨物車（分類番号1及び10～19）、普通乗合自動車（バス、2および20～29）、特殊用途車（8および80～89）および大型特殊車（9および90～99と0および00～09）。なお、ナンバープレートが目視では確認できない場合や、比較的車長の長い小型貨物車（ナンバープレートの分類番号4）や車長の短い普通貨物車（分類番号1のレクリエーション・ビークル）は、車両の形態に応じて適宜車種区分を行った。

以上のデータ分析から、①PCEおよび、②飽和交通流率と発進遅れの解析を行った。

### 3. 実態観測結果の分析

#### (1) PCE

##### a) 車種ペア別の平均車頭時間

表－3は、直進、右折、左折等の車線運用形態別の平均車頭時間を整理したものである（ただし臨海部で大型バスが極めて少なかったため、大型バスは省略、以下同）。サンプル数が多い（30以上）のものでみると、次のことがわかる。

表－3 各車線における平均車頭時間

(単位: 秒 (サンプル数))

| 交差点・車線NO | 先行車<br>後続車             | 小 型 車                                  |                                        | 大 型 車                                  |                                        |
|----------|------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|          |                        | 小 型 車                                  | 大 型 車                                  | 小 型 車                                  | 大 型 車                                  |
| 右折車線     | 大井ランプ 車線①              | 2.05( <sub>0.68</sub> <sup>830</sup> ) | 2.53( <sub>1.10</sub> <sup>587</sup> ) | 2.93( <sub>0.71</sub> <sup>605</sup> ) | 3.39( <sub>0.73</sub> <sup>481</sup> ) |
|          | 大黒へ「47」リゾ 車線②          | 2.13( <sub>0.82</sub> <sup>57</sup> )  | 2.77( <sub>0.92</sub> <sup>34</sup> )  | 2.90( <sub>0.85</sub> <sup>37</sup> )  | 3.34( <sub>0.75</sub> <sup>40</sup> )  |
|          | 本牧B突堤入口車線③             | 2.42( <sub>0.88</sub> <sup>188</sup> ) | 2.85( <sub>1.14</sub> <sup>96</sup> )  | 3.35( <sub>0.75</sub> <sup>97</sup> )  | 3.81( <sub>0.52</sub> <sup>95</sup> )  |
| 直進車線     | 大井ランプ 車線④              | 2.31( <sub>0.82</sub> <sup>14</sup> )  | 2.37( <sub>0.85</sub> <sup>4</sup> )   | 2.70( <sub>0.55</sub> <sup>7</sup> )   | 2.23( <sub>0.60</sub> <sup>1</sup> )   |
|          | 大井ランプ 車線⑤              | —                                      | 2.27( <sub>0.52</sub> <sup>3</sup> )   | 3.54( <sub>0.64</sub> <sup>4</sup> )   | 2.45( <sub>0.60</sub> <sup>7</sup> )   |
|          | 池上新町 車線⑥               | 1.93( <sub>0.78</sub> <sup>278</sup> ) | 2.26( <sub>0.84</sub> <sup>185</sup> ) | 2.45( <sub>0.75</sub> <sup>211</sup> ) | 2.66( <sub>0.82</sub> <sup>169</sup> ) |
| 左折車線     | 大井ランプ 車線⑦              | 2.50( <sub>0.00</sub> <sup>1</sup> )   | 2.56( <sub>0.34</sub> <sup>5</sup> )   | 3.79( <sub>0.93</sub> <sup>3</sup> )   | 4.09( <sub>0.56</sub> <sup>17</sup> )  |
|          | 大黒へ「47」リゾ 車線⑧          | 2.20( <sub>0.74</sub> <sup>327</sup> ) | 2.77( <sub>0.86</sub> <sup>101</sup> ) | 3.32( <sub>0.84</sub> <sup>104</sup> ) | 3.52( <sub>0.87</sub> <sup>83</sup> )  |
|          | 本牧B突堤入口車線⑨<br>(直・左折混用) | 1.89( <sub>0.66</sub> <sup>102</sup> ) | 2.50( <sub>0.88</sub> <sup>138</sup> ) | 2.95( <sub>0.75</sub> <sup>139</sup> ) | 3.37( <sub>0.73</sub> <sup>268</sup> ) |

車種ペア別についてみると、

① 右折車線、直進車線、左折車線のいずれでみても、先行車・後続車の順に、小型車・小型車、小型車・大型車、大型車・小型車、大型車・大型車の順に車頭時間が大きくなる傾向がある。これは、車頭時間の定義からもある程度類推できる。特に、大型車のうちセミトレーラーどうしの組み合わせにおいて車頭時間が大きな値を示した。

② 先頭および後続がともに小型車の車頭時間は、約1.9～2.4秒である。この小型車間の車頭時間は、従来の研究で得られているものとほぼ一致する。最も小さい値をとるのは本牧B突堤入口車線③（直進・左折混用）である。これは、同車線が直進・左折混用であるため、先頭車が左折の場合は後続の直進車は前方の走行車線から先頭車（左折車）がいなくなるため車間をかなり短くする、あるいは追い越しの走行をして車間を短くすることによるものと考えられる。また、最も大きい値をとるのは本牧B突堤入口交差点の車線②（右折）である。これは後述するように、視距の不足等によるものと考えられる。

- ③ 先頭および後続がともに大型車の車頭時間は、約2.7～3.8秒である。最も小さい値をとるのは池上新町交差点車線③（直進）である。これは同車線が普通貨物車が多く、セミトレーラーが極めて少ないことに起因するものと思われる。セミトレーラーが多い他の地区の車頭時間は概ね3.3～3.8秒である。
- ④ 先頭車が小型車で後続車が大型車の場合の車頭時間（約2.3～2.8秒）は、逆の場合の車頭時間（約2.5～3.4秒）より小さい。

また、車線別についてみると、

- ① 右折車線では、本牧B突堤入口車線②の車頭時間が最も大きい。これは同車線の内側にもう1つの右折車線があることから、交差点の回転半径も大きく、また内側を走行する車両のため視距が不足していることによるものと考えられる。
- ② 直進車線の池上新町交差点の車線③は、本牧B突堤入口交差点車線③（直進・左折混用）の小型車間の車頭時間を除き、他の交差点と比較して最も車頭時間が小さい。これは同車線が直進であり、前述のように同車線における多くの大型車が通常のトラック等であることによるものと考えられる。
- ③ 左折車線の大黒埠頭ベイブリッジ車線③についてみると、車頭時間は上述の交差点の右折車線と直進車線の間にあるようである。すなわち全般的な傾向として、平均車頭時間は直進車線、左折車線、右折車線の順に大きくなる。これは回転距離の影響によるものと思われる。

なお、車線幅員別についてみると、右折車線で先行車が大型車の場合、車線幅員が3.5m（大黒車線②）3.3m（大井車線①）、3.2m（本牧車線②）と狭くなるにつれて車頭時間が長くなる傾向が見られる。一般道路交差点では幅員が3.00m未満の場合に、交通容量の補正が行われる<sup>3)・4)</sup>。今後とも大型車に関するデータの蓄積を図りつつ検討を行う必要がある。

#### b) PCEの推定方法と推計結果

PCEの推定方法には、対象とする交通流の状態に応じて各種の方法が提案されている。停止した状態からの発進する交通流（飽和交通流）を対象としてPCEの推計を行った既存の研究事例では、「平均車頭時間比基準」が用いられている。この方法には、車頭時間を用いたものと車尾時間（車間時間と後続車両の車長通過時間の合計）を用いたものがある<sup>7)～9)</sup>。本研究では、ビデオ撮影による実態調査の制約上から主に車頭時間を用いることとした。

車頭時間を用いてPCEを推計する方法とし柴田らの研究<sup>9)</sup>では、次の2つの方法が提案されており、本研究でもこれらの方法によってPCEを推計した。

#### 方法-1

$$PCE = (CT + TC) / CC - 1.0 \quad (1)$$

#### 方法-2

$$PCE = TT / CC \quad (2)$$

ここでの記号は、以下に示す場合の平均車頭時間

CC：先行車が小型車、後続車が小型車の場合

TC：先行車が大型車、後続車が小型車の場合

CT：先行車が小型車、後続車が大型車の場合

TT：先行車が大型車、後続車が大型車の場合

表-3に示した小型車と大型車の車種ペア別の平均車頭時間に基づいて、直進、右折、左折等の車線運用形態別のPCEを計算したものが表-4である（ただし、サンプル数が少ない車線は省略）。同表より以下のことがわかる。

- ① PCEは、臨海部においては概ね1.6～1.9の値をとる。池上新町車線③においては、約1.4の値である。これは、同車線で大型車（セミトレーラー）が少ないこと、またこの地点が直進車線であることによるものと考えられる。なお、最も大きい値をとるのは本牧B突堤入口車線③（直進・左折混用）である。これは先述のように、同車線が直進・左折混用で後続の直進小型車が前方の先頭車が左折車の場合車間をかなり短くする、あるいは追い越しの走行をすることによりCCが最も小さくなっていることによるものと考えられる。

- ② 車線別にみると、前述のように直進・左折混用の本牧B突堤入口車線③は、PCEの値がやや高め

表-4 各車線におけるPCE

| 交 差 点・車 線 No. | 方法-1        | 方法-2   | 大型車混入率<br>(うち セミトレーラー)            |
|---------------|-------------|--------|-----------------------------------|
| 右 折           | 大井ランプ 車線①   | 1. 6 7 | 1. 6 6<br>(4 8. 8 %<br>(5 4. 3 %) |
|               | 大黒ベイブリッジ車線② | 1. 6 6 | 1. 5 7<br>(4 6. 5 %<br>(2 6. 5 %) |
|               | 本牧B突堤入口車線③  | 1. 5 7 | 1. 5 8<br>(5 0. 8 %<br>(3 4. 1 %) |
| 直 進           | 池上新町 車線③    | 1. 4 4 | 1. 3 8<br>(4 3. 4 %<br>(5. 3 %)   |
| 左 折           | 大黒ベイブリッジ車線③ | 1. 7 7 | 1. 6 0<br>(3 8. 8 %<br>(3 7. 1 %) |
| 直 左           | 本牧B突堤入口車線③  | 1. 8 8 | 1. 7 8<br>(6 4. 6 %<br>(5 2. 9 %) |

に出ている。直進専用車線である池上新町車線③では、セミトレーラーが少ないこともありPCEの値が他の車線に比べると低い。左折と右折専用車線は直進専用車線よりPCEの値がかなり大きい。左折専用車線のデータは1つしかないが、右折専用車線の3つのデータと比べると、大型車混入率やセミトレーラーが若干少ない。これを考慮すれば、PCEの値は右折車線より相対的に大きいことが推定される（PCEと大型車混入率との関係は後述）。これは、左折は右折に比べ回転半径が小さく、主に小型車と大型車の回転性能の差がそのままPCEの差となって表れてきていることによるものと考えられる。

③ PCEの推計方法についてみると、本牧B突堤入口交差点車線②（右折）を除き、方法-2の方が方法-1よりPCEが小さくなる傾向にある。すなわち、式(1)>式(2)の関係から、 $CT+TC>CC+TT$ 。これは、先行車と後続車がともに小型車あるいはともに大型車の場合に比べ、車種の組み合わせが異なる場合の方が、先行車の車長通過時間および後続車との車間時間の合計（特に後者の車間時間）が大きくなることを示唆するものとも考えられる。今後、詳細なデータの蓄積が必要である。

次に、大型車のうち普通貨物車、セミトレーラーIおよびセミトレーラーIIの3車種について、車種別のPCEを上述の方法で同様に計算したものが表-5である。同表から以下のことがいえる。

- ① 普通貨物車のPCEは約1.3~1.8の値であり、セミトレーラーIでは約1.5~2.0、セミトレーラーIIは最も大きく約1.6~2.2の値である。セミトレーラー計では約1.6~2.1の値となる。
- ② 普通貨物車のPCEは、本牧B突堤入口車線③において最大値を示すが、これは同車線の普通貨物車が他と比較して、同じ貨物車でも特に大型の車種が走行していることによるものである。なお、池上

表-5 各車線における車種別のPCE

| 交 差 点 車 線 No. | 普通貨物車        |           | セミトレーラーI      |      | セミトレーラーII |      | セミトレーラー計 |      |
|---------------|--------------|-----------|---------------|------|-----------|------|----------|------|
|               | 方法-1         | 方法-2      | 方法-1          | 方法-2 | 方法-1      | 方法-2 | 方法-1     | 方法-2 |
| 右折            | 大井ランプ 車線①    | 1.38 1.25 | 1.63          | 1.74 | 1.86      | 1.75 | 1.78     | 1.77 |
|               | 大黒バ'イ'ラッ'車線② | 1.48 1.48 | (セミトレーラーは少ない) |      |           |      |          |      |
|               | 本牧B突堤入口車線③   | 1.49 1.58 | 1.54          | 1.51 | 1.85      | 1.58 | 1.66     | 1.58 |
| 直進            | 池上新町 車線③     | 1.42 1.36 | (セミトレーラーは少ない) |      |           |      |          |      |
| 左折            | 大黒バ'イ'ラッ'車線③ | 1.63 1.40 | 2.04          | 1.77 | 2.14      | —    | 2.08     | 1.80 |
|               | 本牧B突堤入口車線③   | 1.76 1.71 | 1.84          | 1.70 | 2.15      | 2.01 | 1.99     | 1.81 |

新町交差点における普通貨物車は一般の10トン積程度の貨物車が多く、PCEは概ね1.4程度である。最も大きい値をとるのは本牧B突堤入口車線③（直進・左折混用）である。これは前述のように、同車線が直進・左折混用で後続の直進小型車が前方の先頭小型車が左折車の場合車間をかなり短くする、あるいは追い越しの走行をすることによりCCが最も小さくなっていることに起因するものと考えられる。

### c) 車頭時間および車尾時間の比較

ここで、車間距離は後続車の運転者にとって自車が走行する上で安全であると判断する先行車との間隔であると考えられることから、1台の車両が占有する時間は、当該車両が先行車との間にとる車間と当該車両の車長の合計で捉えることが妥当であると思われる。したがってより実態に即した解析を行うためには、後続車が先行車に追従する挙動、すなわち、車尾時間を捉える方が望ましいと考えられる。特に、大型車の場合、運転者の目の高さ、走行速度等にもよるが、運動性能が劣っているために先行車両との車間も大きく取るとの見方もある。桑原ら<sup>8)</sup>は車両感知器生パルスデータを用いて、高速道路における渋滞の先頭から発進する交通流および都市内道路の交差点における発進交通を対象としてPCEを解析した。その際、通行車種を大型車と小型車の2車種に区分した場合の車種区分ペア毎の車頭時間、車尾時間および車間時間を計測し、上述のように後続車の車種によって車間時間の取り方が異なることを示している。

しかし、本調査のように交差点で停止していた車両が青信号に変わってから順次発進し、停止線を通過していく際の挙動をとらえる場合、ビデオ撮影上の制約から車尾時間および車間時間を常に把握することは極めて困難である。車頭時間を用いてPCEを検討することの妥当性を検討するために、停止線のほぼ直上からの撮影が可能であった大井ランプ交差点の車線①を対象として、車頭時間と車尾時間の比較を行った。但し、車尾のビデオ撮影は撮影のポイントの制約上、車種の判別が困難であったため、車種分類は小型車および大型車の2車種とした。なお、解析対象時間は平成4年3月4日9:30~10:30の1時間とした。その結果を表-6に示す。

式(1)と式(2)のそれぞれの分母と分子の構造、お

よび車頭時間と車尾時間の関係から、先行車・後続車がそれぞれ小型車・小型車の場合の車尾時間（平均1.98秒）と車頭時間（平均2.03秒）（以下同様）、大型車・大型車の車尾時間（3.11秒）と車頭時間（3.36秒）、小型車・大型車の車尾時間（3.38秒）と大型車・小型車の車頭時間（3.24秒）、および大型車・小型車の車尾時間（2.18秒）と小型車・大型車の車頭時間（2.46秒）の4ケースについて母平均の差の検定（t分布、ウエルチ、有意水準5％）を行った。いずれも差が有意でなく、したがって、これらの車頭時間と車尾時間を用いてPCEを計算した結果の差も有意でない。実際に計算してみた結果を表-7に示す。方法-2は同じ結果で、方法-1ではその差は0.09程度であった。なお、表-6の車間時間について、先行車と後続車の車種の組合せで、同様の検定を行ったが、いずれの組合せも差が有意でなかった。いずれにせよデータ数が少なく、今後とも同様のデータの蓄積が望まれるところである。

表-6 車頭時間、車尾時間および車間時間

(単位、秒)

| 車種組合 |       | 前 後  |    | 前 後   |    | 前 後   |    | 前 後   |    |
|------|-------|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
|      |       | 小型   | 小型 | 小型    | 大型 | 大型    | 小型 | 大型    | 大型 |
| 車頭時間 | 平均    | 2.03 |    | 2.46  |    | 3.24  |    | 3.36  |    |
|      | 分散    | 4.33 |    | 6.85  |    | 11.09 |    | 11.73 |    |
|      | サンプル数 | 13   |    | 27    |    | 23    |    | 11    |    |
| 車尾時間 | 平均    | 1.98 |    | 3.38  |    | 2.18  |    | 3.11  |    |
|      | 分散    | 4.11 |    | 12.19 |    | 5.48  |    | 10.32 |    |
|      | サンプル数 | 12   |    | 24    |    | 26    |    | 11    |    |
| 車間時間 | 平均    | 1.51 |    | 1.83  |    | 1.77  |    | 1.69  |    |
|      | 分散    | 2.34 |    | 3.71  |    | 3.37  |    | 3.06  |    |
|      | サンプル数 | 12   |    | 16    |    | 18    |    | 29    |    |

(注)大井ランプ車線①での平成4年実態調査に基づき作成

表-7 車頭時間および車尾時間によるPCEの比較

| 交 差 点・車 線 No. |      |  | 方法-1 | 方法-2 |
|---------------|------|--|------|------|
| 右 大井ランプ       | 車頭間隔 |  | 1.66 | 1.81 |
|               | 車尾間隔 |  | 1.57 | 1.81 |

(注)平成4年実態調査に基づき作成

d) 一般道路との比較

本研究と同様の手法を用いた研究事例として、柴田ら<sup>9)</sup>は、一般道路の信号交差点55地点122車線におけるビデオ撮影データを用いてPCEを算出しており、平均で直進車線で1.35(1.27)（方法-1（方法

-2）以下同）、右折車線で1.42(1.42)、左折車線で1.38(1.49)という値を得ている。また、桑原ら<sup>8)</sup>は、都市内交差点1地点の直進車線において計測された車種区分別の車尾時間のデータに基づいてPCEを推計しており、1.62~1.50の値を得ている。本研究で得られた臨海部交通におけるPCEは概ね1.6~1.9で、これらの研究で得られた値と比較するとかかなり高い値を示すことがわかる。

ちなみに一般道路の計画・設計では、主要な臨海部道路の多くが該当すると考えられる勾配3%以下の多車線道路では1.7~1.8の値を用いることとされている。また平面交差点の交通容量に関する大型車混入による補正率は、PCEを1.7（大型車の混入状況に係わらず一定）として算出したものを用いている<sup>3), 4), 10)</sup>。なお米国では、フリーウェイ一般区間の平地でのトラックのPCEは1.7としているが、信号交差点では1.5（大型車混入率は0~30%）を用いて補正率を算出しているようである<sup>11)</sup>。今後、臨海部道路の交通容量の設定手法等を検討する上では、臨海部交通の特性に応じたPCEを用いる必要がある。

e) 大型車混入率との関係

飽和状態の交通流における大型車混入率とPCEの関係については、大型車混入率が増加するにつれてPCEが増大するという研究例とその逆に低減するという研究例がある。

① 前述の柴田ら<sup>9)</sup>は、一般道路の平面交差点におけるビデオ観測データから、実台数表示の飽和交通流率(y)と大型車混入率(x)を次式(3)に回帰し、乗用車換算台数表示の飽和交通流率をbとして推定した。

$$y = -ax + b \tag{3}$$

次の関係式(4)および、大型車混入による補正率(α<sub>t</sub>)とPCE(E<sub>τ</sub>)との関係から、E<sub>τ</sub>は式(5)として求められる。式の構成より明らかなように大型車混入率が増大するにしたがってPCEも増大する。

$$y = b \cdot \alpha_t \tag{4}$$

$$E_\tau = \frac{100a}{-ax + b} + 1 \tag{5}$$

② 一方桑原ら<sup>8)</sup>は、車尾時間、車頭時間および車間時間の計測結果からPCEの推定を行った。その際、次の式(6)を変形した式(7)により大型車混入率

との関係を求めている。

$$H = H_{ss} \cdot (1 - P_t) + H_{ss} \cdot PCE \cdot P_t \quad (6)$$

ここに、

$H$  : 混合交通の平均車尾時間

$H_{ss}$  : 乗用車—乗用車の場合の平均車尾時間

$P_t$  : 大型車混入率 ( $0 \leq P_t \leq 1$ )

$$PCE = (H / H_{ss}) / P_t + 1 \quad (7)$$

ここで、 $H$ は車種の組み合わせ毎の車尾時間を出現確率で重み付けした平均である。

上記の方法に基づいて、都市内の交差点で観測された車種ペア毎の車尾時間より大型車混入率がほぼ0%から100%の間で変化した場合の $PCE$ を推計し、大型車混入率が増大すると $PCE$ は1.62から1.50に減少するという結果を得ている。

③ また齊藤<sup>12)</sup>は、右左折車の混入率や大型車混入率をはじめとする各種の交通条件が飽和交通流率に及ぼす影響をシミュレーションモデルを用いて検討し、 $PCE$ が大型車混入率によって異なるとして大型車混入率と大型車混入による補正率との関係を求めている。大型車混入率と $PCE$ の関係は明らかではないが、シミュレーション結果から判断すると大型車混入率の増加にともない若干ではあるが $PCE$ が増大する傾向にあるようである。

表-4に示す $PCE$  (方法-2によるもの)と各車線の解析対象時間内の大型車混入率の関係を整理した結果を図-3に示す。 $PCE$ を推計した各車線の特性を平均的に取り扱っていること、および使用できるデータが極めて少ないことから、明確な傾向を抽出することはできないが、大型車混入率が上昇するに伴って $PCE$ が増大する傾向がうかがわれる。また、サンプル数が異なり同等の比較は困難であると思われるが、同図には参考までに、柴田ら<sup>9)</sup>が一般道路での車線の運用形態毎に得られた全サンプルを用いた場合の回帰分析に基づく試算結果 (大型車混入率10~30%)を併せて示した。

本研究で得られた $PCE$ は、大型車混入率との関係だけからみると前述の柴田らの結果を外挿したものを上回る。これは大型車に占めるセミトレーラーの影響が大きいためであると考えられる。特に本研究で複数のデータが得られている右折車線についてみると、大型車混入率はほぼ46~50%程度と同じでもセミトレーラーの割合が大きくなると $PCE$ が大

きくなる傾向がうかがわれる。ある交通条件下での大型車の平均的な $PCE$ はその定義からもわかるように、大型車混入率に占めるセミトレーラーの割合がある程度大きくなると、その影響を無視し得なくなる。この関係を踏まえて、大型車混入率に加えこれに占めるセミトレーラーの割合 (セミトレーラー率)を考慮するために便宜的に次のような換算大型車混入率を導入してみることにする。

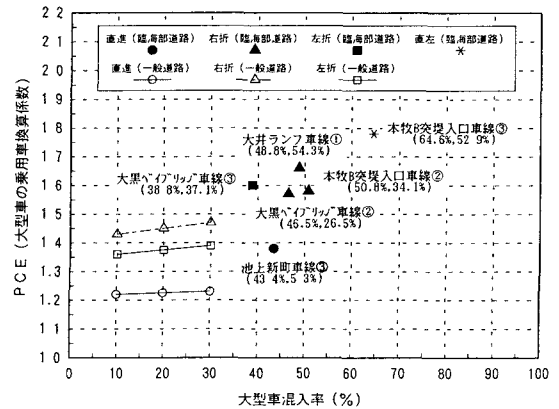
$$P_t' = P_t \cdot (1 - P_{tr}/100) + P_t \cdot P_{tr}/100 \cdot PCE_{tr/t} \quad (8)$$

ここで、

$P_t'$  : 換算大型車混入率

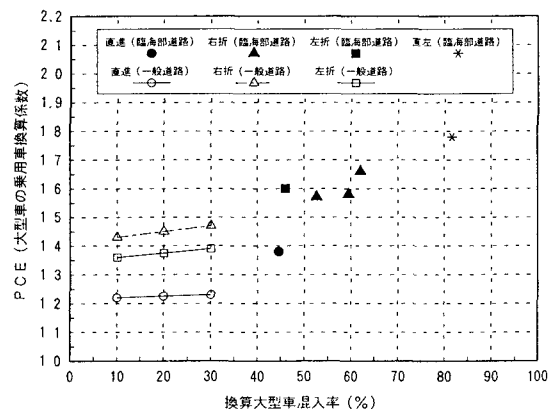
$P_t$  : 大型車混入率、 $P_{tr}$  : セミトレーラー率

$PCE_{tr/t}$  : 普通貨物車の $PCE$ に対するセミ



(注1) 臨海部道路は本研究、一般道路は参考文献9)による  
(注2) ( )内の数値は大型車混入率、セミトレーラー率の順

図-3 大型車混入率と $PCE$ の関係



(注) 一般道路については図-3をそのまま転載

図-4 換算大型車混入率と $PCE$ の関係

トレーラー計のPCEの比

(本研究右折車線では1.5程度)

右折車線について換算大型車混入率とPCEの関係をプロットしたのが図-4である(参考のために他の車線での関係も併せて示した)。同図には図-3と同じく、柴田ら<sup>9)</sup>の試算結果をそのまま示したが(一般道路を対象とし大型車の混入率は30%まで、セミトレーラー率は不明であるがそれほど大きくないと類推)、換算大型車混入率が増加するにつれてPCEが増加する関係がさらに明確になった。

## (2) 飽和交通流と発進遅れ

ここでは、前項の(1)で推計したPCEを用いて飽和交通流率および発進遅れを推計し、一般道路で用いられている飽和交通流率と比較することにより、本研究で得られたPCEが妥当なものであるかどうかを評価するとともに、飽和交通量率に影響を及ぼす要因について考察する。飽和交通流率および発進遅れは以下の手順によって求めた。

推計の対象として、各サイクル毎に累加台数(実台数表示)と累加車頭時間の関係をプロットした上で、各サイクル毎の飽和交通流の状態と見なせる台数が10台以上程度のものを選定した。累加車頭時間 $x$ (sec)を説明変数とし、車種別のPCEを用いて乗用車換算台数(以下、pcu)に換算した累加台数 $y$ (pcu)を被説明変数として各サイクル毎に次式(9)に回帰し、飽和交通流率 $a$ (pcu/sec)および発進遅れ $-b/a$ (sec)を求める。

$$y = ax + b \quad (9)$$

各車線の飽和交通流率、発進遅れは、各サイクル毎のものを平均して求めた。ただし、PCEは、全般に小さい値が得られている方法-2による値を用いることとした。これは、一般道路との比較を行う上で、大型車の影響を過大に評価することのないようにするためである。また、PCEは普通貨物車、セミトレーラーⅠ、セミトレーラーⅡを区分して適用した。また回帰した結果発進遅れが負になるサイクルがあり、これは交通流が飽和交通流状態ではなく車間時間が大きく空いていたこと、信号の現示が青に変わる前に発進していた車両があること等が原因と考えられる。このようなデータについては、ここでは採用しないこととした。

結果は表-8で、以下のことがわかる。

表-8 飽和交通流率と発進遅れ

| 交差点・車線NO. |              | 飽和交通流率<br>$a$<br>(pcu/h) | 発進遅れ<br>$-b/a$<br>(sec) | 相関係数<br>$R$ |
|-----------|--------------|--------------------------|-------------------------|-------------|
| 右折        | 大井ランプ 車線①    | 1817                     | 2.5                     | 0.99 (75)   |
| 右折        | 本牧B突堤入口車線②   | 1534                     | 2.1                     | 0.98 (22)   |
| 直進        | 池上新町 車線③     | 1951                     | 3.5                     | 0.99 (9)    |
| 左折        | 大黒ハイツリッジ 車線③ | 1670                     | 3.0                     | 0.99 (4)    |
| 直左        | 本牧B突堤入口車線③   | 1836                     | 3.4                     | 0.99 (11)   |

(注) ( )内は回帰分析のサンプル・サイクル数

## a) 飽和交通流率

飽和交通流率は、本牧B突堤入口車線②(右折)が最小であり、池上新町交差点車線③(直進)が最大である。前者については、さらに内側にある同じ右折車線①を走る車両に影響を受け視距や進路が妨げられたりすること、後者については、車線⑤が直進であることによるものと考えられる。

ちなみに、一般道路で採用されている飽和交通流率の基本値は、直進車線で2000(pcu/青1時間)、右折車線および左折車線では1800(pcu/青1時間)である<sup>4)</sup>。これらと比較すると、直進車線では基本値とほぼ同程度、左折車線では若干低めの値(ただしサンプルサイクル数が少ない)である。また、直進・左折混用車線では左折車線の基本値とほぼ同様の値である。右折車線については、2つの計算結果の加重平均をとると基本値とほぼ同程度の値となる。

以上より、道路の幾何形状の影響等を考慮してより詳細な分析等を行う必要はあるものの、本研究で得られた臨海部道路の平面交差点での飽和交通流率は、一般道路で通常用いられている飽和交通流率の基本値と概ね同程度である。

## b) 発進遅れ

発進遅れについては、2.1~3.5秒である。これは一般道路の平面交差点で2秒前後といわれており<sup>13)</sup>、今回の分析で大きめの値が得られたのは、調査対象が大型混入率が高い臨海部道路を対象としているため大型車の発進時の加速性能が乗用車に比べて劣っていることに起因するものと考えられる。

## 4. おわりに

### (1) 研究の成果

既往研究にみられない本研究の特徴は、①大型車



の混入率が高いレベルの道路において実態観測を実施したこと、②大型車を細分して普通貨物車とセミトレーラーの差異を分析したこと、である。今回調査を行った4交差点のデータの範囲ではあるが、これらのデータ分析や一般道路における既往の知見との比較検討等から、次のような結論が得られた。

① 本研究の結果得られた大型車の乗用車換算係数は1.6～1.9で、一般道路について既存の研究で得られている1.3～1.6の値と比較してかなり高い値を示すことがわかった。

今後、セミトレーラー等の大型車が多い臨海部道路の交通容量の設定手法および設計基準交通量の検討を進める上で、一般道路とは異なる大型車の乗用車換算係数を用いる必要性が明らかになった。

② 特に、セミトレーラーの乗用車換算係数1.6～2.1は、セミトレーラーを除く大型車の係数1.3～1.8に比べて大きい。セミトレーラーの混入率が高いコンテナ頭周辺の道路等の交通容量はセミトレーラーの混入状況を勘案して設定する必要性が高いことが示唆された。

③ 大型車混入率が上昇するに伴って大型車の換算係数が増加した。

さらに本研究では、大型車混入率に加えセミトレーラー率を考慮した換算大型車混入率を導入したが、これと大型車の換算係数の関係をみると上述の傾向がさらに明確となった。

④ 車線別にみると、右折車線・左折車線の大型車の乗用車換算係数が直進車線の乗用車換算係数より大きい。また右折と左折では同じ条件では左折の方が大きいようである。なお、混用車線（直・左）については、特に大型車の乗用車換算係数が大きくなる。

⑤ 本研究では、大型車の乗用車換算係数等の分析には、車頭時間を用いたが、理論的により実態に即していると考えられる車尾時間と車頭時間との関係を1地点で分析したところ、車頭時間と車尾時間についてほぼ同様な値が得られた。

⑥ 臨海部道路の飽和交通流率は、一般道路で採用されている飽和交通流率の基本値と同程度であることがわかった。発進遅れについては、一般道路に比べて大きな値となり、大型車の影響がうかがわれた。

## （2）今後の課題

本研究では、データ数が限られているため、今後さらに調査、検討を行って最終的な結論を導く必要があるが、調査を実施する過程で残された問題点および今後の課題を整理すると、以下のとおりである。

① 臨海部道路で大型車の交通流への影響を把握するためには、先に述べたように実態調査地点や時刻を選定する上で相当多くの制約条件があったが、今後、他の地域も含め、幅広く適切な場所を選定し、臨海部道路における大型車の交通流への影響をより詳細に検討する必要がある。また、比較的大規模な交差点だけでなく、地域によっては規模の小さい交差点がその形状故にボトルネックとなっている場合があり、これらについても検討する必要がある。

② 本研究では、小型車と大型車を、基本的にはナンバープレートにより判別した。しかしながら目視による判別では、観察者の主観に頼る部分も多く、車種判別が非常に困難な場合もある。また、ナンバープレートだけでは、車長の長い車両が大型車に分類されない等の可能性がある。本研究ではこのような場合は車長に応じて車種区分するようにしたが、これにも限界がある。今後、車種区分をより精緻に行えるような方法について検討を行う必要がある。

③ 本研究の対象のように大型車の混入率が高くそのことが車頭時間分布に大きく影響するケースでは、可能であればできるだけ車種べア別に車頭・車尾時間を車間時間と車長通過時間とに分けそれぞれの分布特性を明らかにした後、車頭・車尾時間を把握するのが望ましいと思われる。こうすることにより、運転者の視点高さによる距離感の違いが車間の選択に及ぼす影響なども把握でき、より詳細な分析が可能になる。しかしながら、多くの制約条件から、これまでのビデオ撮影では、車頭・車尾・車間時間を同時に測定するのは難しい。車種および車頭・車尾・車間時間が同時に確認できるよう、ビデオ撮影地点を複数にすること等、実態調査の工夫が望まれる。

④ 大型車の交通流に及ぼす影響は、交通条件（交通量、大型車混入率等）、道路条件（交差点の幾何形状、勾配値、勾配長、幅員等）およびその他の条件（天候、明暗、地域（都市内、都市間））等で差異がある。しかしながら、今回の調査ではこれらの要因による大型車の交通流に及ぼす影響の差異を明確に把握するまでには至らなかった。今後、臨海部

道路の種類と特性を踏まえ、臨海部地域の種々の道路において実態調査等を実施しデータを蓄積することを通して、要因の差異による大型車の交通流に及ぼす影響の差異を明確にしていくなが必要である。

本研究を進めるに当たっては、多くの方々にご指導・ご協力をいただいた。特に桑原雅夫東京大学生産技術研究所助教授には一方ならぬ指導を賜った。ここに改めて深謝の意を表したい。

#### 参考文献

- 1) 小田勝也ほか：臨海部における道路交通特性の分析，土木計画学・講演集No.15(1)-2, pp921-926, 1992.11.
- 2) 池田秀文ほか：臨海部における道路交通特性の分析－臨港道路の階層構造と交通特性－，土木計画学研究・論文集11, pp.207-214, 1993.
- 3) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，1983.2, 1970.11.
- 4) (社)日本道路協会：道路の交通容量，1984.9.
- 5) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1979.3, 1989.2.
- 6) 岡野秀男ほか：臨海部道路における実態観測に基づく交差点の交通容量に及ぼす大型車の影響の分析，土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第4部，pp.668-669, 1993.
- 7) 大蔵泉ほか：大型車の乗用車換算係数の推定，高速道路と自動車，第34巻，第11号，pp.21-30, 1991.11.
- 8) 桑原雅夫ほか：大型車の乗用車換算係数に関する研究，生産研究，第43巻，第12号，pp.14-17, 1991.12.
- 9) 柴田正雄ほか：信号交差点の交通容量調査，土木研究所資料，第2275号，1985.12.
- 10) (社)交通工学研究会：平面交差の計画と設計－基礎編－，道路の交通容量，1984.7.
- 11) (社)交通工学研究会：HCM道路の交通容量1985, 1987.2.
- 12) 齊藤威：各種交通条件が信号交差点の交通容量に及ぼす影響，科学警察研究所報告交通編，Vol.21, No.1, pp.1-12, 1980.1.
- 13) 藤田大二（編著）：交通現象と交通容量，技術書院，1987.7.

#### 臨海部道路における実態観測に基づく信号交差点の交通容量に及ぼす大型車の影響分析

池田秀文・竹下正俊・小田勝也・岡野秀男

臨海部道路の計画、設計に当たっては、大型車が道路の交通容量に及ぼす影響を適切に考慮することが不可欠である。このような観点から、臨海部道路の交差点において交通流の実態調査を実施した。そして大型車の乗用車換算係数、飽和交通流率等の解析を行い、以下の結果を得た。

- 1) 臨海部道路の交差点における大型車の乗用車換算係数は、一般道路で実態観測された数値に比べてかなり高い値を示した。
- 2) 飽和交通流率は、一般道路の計画で採用されている値とほぼ同じである。

#### An Analysis on the Influence of Heavy Vehicles on the Capacity of the Signalized Intersection Based on the Observation at the Roads in the Waterfront Area

By Hidefumi IKEDA, Masatoshi TAKESHITA, Katsuya ODA and Hideo OKANO

In planning or designing in the waterfront area, it is very important to evaluate the influence of heavy vehicle traffic on the capacity of road properly. From this point of view, the field observation on traffic flow was carried out at the intersections in the waterfront areas. The PCE(passenger car equivalent), the saturation flow rate and so on are analysed. Major findings are summarized as follows:

- 1) The estimated values of PCE in waterfront intersections are considerably larger than these of urban areas.
- 2) The saturation flow rate shows almost the same as is used in urban road planning.