

# スマートICの利用交通量に与える要因 及び経年的変化に関する分析

酒井 秀和<sup>1</sup>・塚田 幸広<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 復建調査設計株式会社 総合計画部 (〒732-0052 広島県広島市東区光町2-10-11)

E-mail:h-sakai@fukken.co.jp

<sup>2</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター

(〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

E-mail: tsukada-y27x@nilim.go.jp

本論文では、全国33箇所のスマートICを対象に、利用交通量の経年的な変化の整理を行った。また、フルアクセス化・24時間化等の運用状況、設置箇所の地域特性等から利用台数に影響を与える項目を明確にするとともに、既存データを活用し、スマートICの利用台数予測モデルの分析を行った。さらに、事例的に災害発生時、料金施策実施時のスマートICの利用状況の変化等の把握を行い、スマートIC設置による波及的効果を客観的なデータにより明らかにした。

**Key Words :** smart-IC, ETC, expressway, traffic volume

## 1. はじめに

我が国の高速道路整備は、全体計画の6割が完成しており、緊急性の高い未整備区間の整備が求められる一方で、環境改善、安全確保、地域活性化、物流効率化等を図るために、既存の高速道路ネットワークの効率的活用・機能強化が求められてきている。

我が国の高速道路ネットワークは、欧米諸国と比較してインターチェンジ（以下、IC）間隔が長いことが挙げられており、その解消に向けて平成16年度からスマートインターチェンジ（以下、スマートIC）の試行と本格導入が展開されてきた。スマートICとは、高速道路の本線やサービスエリア、パーキングエリア、バスストップから乗り降りができるように設置された簡易のICであり、通行可能な車両をETC搭載車両に限定することで、従来のICに比べて低コストで導入できるなどのメリットがある。平成25年1月時点で全国63箇所において本格導入されており、3箇所では社会実験が実施されている状況である。また、スマートICの展開の背景には、高速道路のETC利用率が約90%に達していること、ETC車載器のコストがETCサービスがスタートした時点と比較して1/3～1/4程度低下したことも考慮する必要がある。

今後スマートICの整備を促進していく上では、より効果が高く効率的な箇所から重点的に進めていくことが重

要であり、そのためには、これまでのスマートICの利用実態を明らかにし、設置による影響を事前に評価する必要がある。

本論文は、以上の背景を踏まえ、スマートICの長期的利用実態を明確にするとともに、スマートICの設置による簡便な効果推計（利用予測）手法を構築することを目的とした。

## 2. IC最適配置の既往研究と本研究の位置け

IC最適配置に関する既往研究として、大原ら<sup>1)</sup>は、岩手県を対象にシミュレーションを行い、都市の直近に増設することが効果的であり、トリップ長の伸びに応じて高速道路利用率が増加することから、ICの追加、料金割引により利用率が増加することを示している。また、家田<sup>2)</sup>は、広域生活圏のモビリティ向上の観点から、高速道路のIC間隔と高速・一般道の分担関係を定式化するとともに、広域的な交流促進、費用便益の観点から定式化を行い、最適なIC間隔への影響因子を導き出している。

高橋ら<sup>3)</sup>は、IC間隔を短くし、短トリップ旅行を高速へ転換できることの可能性を、ドイツ、沖縄の事例をもとに提示している。

宮川<sup>4)</sup>は、最寄りICまでのアクセス圏域と目的地までの一定時間到達圏域をを効果の指標と設定し、これら圏

域を定式化した上で、IC間隔の短縮による各指標の変化を評価している。IC間隔を時間圏域で評価した結果、IC間隔が長く、一般道の走行速度が低い地域でスマートICは効果的であることを示している。

大橋ら<sup>9)</sup>はICの勢力圏域を総費用最小化の数理モデルにより、勢力圏域の人口や工業出荷額からIC利用交通量の推計を行っている。濱谷ら<sup>6)</sup>は、PRデータを用いて、スマートIC利用交通量への影響因子を抽出している。

既往研究の多くはETCと現金利用者も利用でき、一般幹線道路と連結している本格的な追加ICを対象としており、本論文で対象とするスマートICについての研究は少ないことに加えて、実データに基づく分析は見当らない。スマートICについては、①ETC限定であること、②SAPA接続型スマートICが大半であり、幹線道路と直接接続されていないこと、③アクセス道路が通常のICと比較して十分整備されていないことなどの制約があることから、本論文では後述する総合交通分析システム(NITAS)を用いて、道路ネットワーク状況と道路交通状況を反映した形で時間短縮圏域を推計し、対象地域のETC普及率を加味ことでスマートICの利用交通量の推計を行っている。

### 3. 本論文に用いるスマートICのデータの種類の種類

表-1 本論文に用いたデータの種類の種類と出典

データの種類の種類	データの出典
スマートIC利用台数 ：日平均出入交通量(月平均)	高速道路統計月報 「高速道路と自動車」
隣接のIC利用台数 ：日平均出入交通量(月平均)	
路線全体の利用台数 ：路線内に存在するICの日平均交通量の合計値	
道路交通状況に関するデータ	道路交通センサス
時間短縮圏域人口	NITASにより算出
県別ETC普及率	ORSE公表データ

#### (1) 対象とするスマートICと使用データの種類の種類と出典

本研究では、平成16年の社会実験段階あるいは早期に設置され、利用交通量の経年変化の把握が可能となる33箇所のスマートICを対象とした。なお、本論文に用いた各スマートICの利用交通量等のデータについては、表-1で整理を行っている。

#### (2) NITASを用いた時間短縮圏域の推計

##### a) NITAS (総合交通分析システム)

本論文で使用した、「総合交通分析システム

(NITAS)」によって、全国の任意のゾーン(市町村・10kmメッシュ、1kmメッシュ等)の最短時間、最少費用、距離等を交通手段(自動車、鉄道、航空、船舶及びそれらの組合せ)ごとに検索することで、当該経路・所要時間・費用が算出できる。さらに、各ゾーンに組み込まれている国勢調査・工業統計・商業統計等の統計データの活用による多角的な分析・評価や、今後整備が予定されている将来ネットワークをシステムに組み込むことにより、時間短縮等の交通基盤整備効果の分析も可能なシステムである。道路モードでは、現況道路ネットワークとして全国デジタル道路地図データベースが、各リンクの道路交通データ(リンク長や混雑時旅行速度など)として最新の道路交通センサスが組み込まれており、より実際の状況に近い最短ルート検索結果や所要時間を得ることが可能である。

##### b) 時間短縮圏域推計モデル

新たにスマートICを設置することで、目的地までの最短所要時間が短縮される圏域を「時間短縮圏域」と定義し、NITASを用いて時間短縮圏域を算出した。NITASの設定は、交通モードが道路モード、道路種別が一般道路のみ、探索条件は一般化費用最小、道路速度は混雑時旅行速度とした。

時間短縮圏域の定義を以下に述べる。前提条件として、スマートIC設置前でも高速道路利用が最短経路となるODのみを対象とし、従来は一般道路が最短経路であるODは対象外とする。また、運転者は所要時間が最短になるように経路を選択し、高速道路の旅行速度は一般道に比べて十分に大きいと仮定する。

任意の1kmメッシュ地点を発集点に取り、そこからスマートICまでの一般道経由の最短所要時間を、IC-A(スマートICに隣接するICのうち、上り側にあるIC)までの一般道経由の最短所要時間を、IC-B(スマートICに

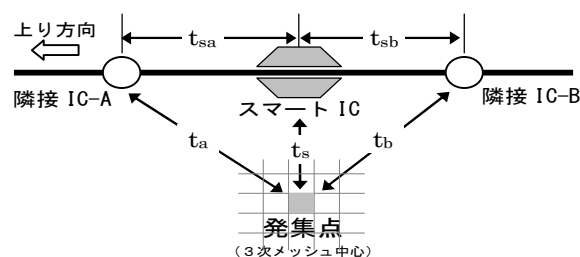


図-1 時間短縮圏域の定義

隣接するICのうち、下り側にあるIC)までの一般道経由の最短所要時間とする。また、スマートICからIC-Aまでの高速道路経由の所要時間を、スマートICからIC-Bまでの高速道路経由の所要時間とする。

このとき、高速道路の旅行速度が一般道に比べて十分

に大きいことから、最短時間経路に変化が生じる可能性があるのは、従前の最短時間経路がスマートICの隣接IC (IC-A or IC-B) を経由するODに限定される。高速道路利用を前提とすると、スマートIC経由の経路と隣接IC経由の経路では、隣接ICよりも外側の部分は同一の経路を通るため、両経路の所要時間の差は進行方向側の隣接ICまでの所要時間の差に帰着される。つまり、スマートIC経由が最短時間経路となる条件は以下の不等式で表される。

①上り方向

$$t_{ai} > t_{si} + t_{sa}, t_{bi} + t_{sb} + t_{sai} > t_{si} + t_{sa} \quad (1a)$$

②下り方向

$$t_{bi} > t_{si} + t_{sb}, t_{ai} + t_{sa} + t_{sb} > t_{si} + t_{sb} \quad (1b)$$

- $t_{si}$  : ゾーン  $i$  からスマート IC までの最短所要時間 (一般道)
- $t_{ai}$  : ゾーン  $i$  から隣接 IC-A までの最短所要時間 (一般道)
- $t_{bi}$  : ゾーン  $i$  から隣接 IC-B までの最短所要時間 (一般道)
- $t_{sa}$  : スマート IC から隣接 IC-A までの所要時間 (高速道路)
- $t_{sb}$  : スマート IC から隣接 IC-B までの所要時間 (高速道路)

任意のゾーン (1kmメッシュ単位) に対して各所要時間を計算し、(1a)、(1b) を満たすメッシュの総和をそれぞれ上り方向、下り方向の時間短縮圏域として算出した。また、上り方向の圏域と下り方向の圏域を合わせた圏域をスマートICの時間短縮圏域と定義する。また、あるICから一定時間以上離れた地点からそのICへアクセスすることは考えにくいことから、スマートICからの所要時間が30分以内のメッシュを対象を限定した。これら  $t_{si}, t_{ai}, t_{bi}, t_{sa}, t_{sb}$  の算出にあたり、NITASの経路探索機能を使用している。

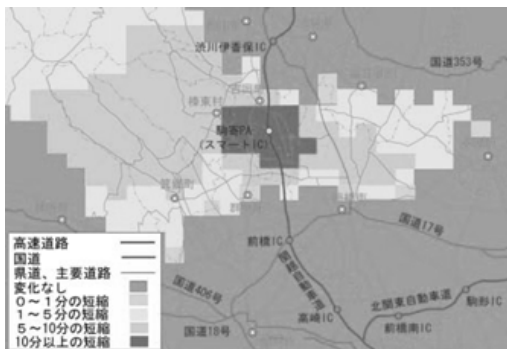


図-2 時間短縮圏域のイメージ

任意のゾーン (1kmメッシュ単位) に対して各所要時間を計算し、(1a)、(1b) を満たすメッシュの総和を

それぞれ上り方向、下り方向の時間短縮圏域として算出した。また、上り方向の圏域と下り方向の圏域を合わせた圏域をスマートICの時間短縮圏域と定義する。また、あるICから一定時間以上離れた地点からそのICへアクセスすることは考えにくいことから、スマートICからの所要時間が30分以内のメッシュを対象を限定した。

#### 4. スマートICの利用実態の時系列分析

##### (1) スマートIC利用交通量の推移

各スマートICの利用交通量は、ほぼすべてのスマートICで時間の経過とともに増加する傾向にある。隣接ICを考慮したスマートICのシェアは、供用直後は5%未満が大半を占めているのに対して、供用後一定の期間が経過すると概ね5%を超える結果となっている。特に寒河江SAと新井PAでは、年々シェアが拡大し、20%を超える利用となっている。

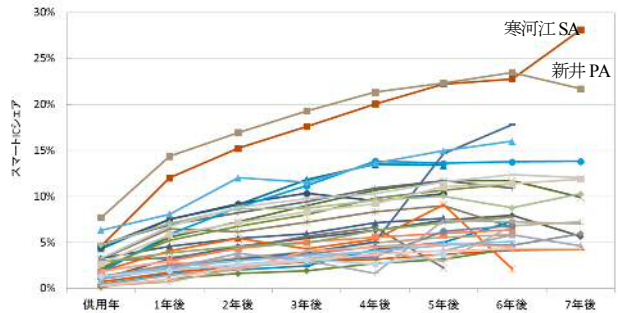


図-3 スマートICシェアの時系列変化(スマートIC毎)

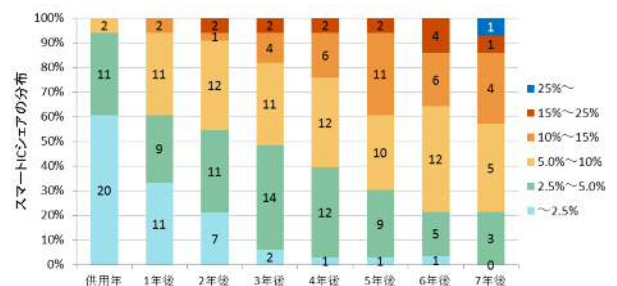


図-4 スマートICシェア分布の時系列変化(供用後年で集約)

##### (2) スマートIC利用交通量の変化要因

箇所毎に月別のスマートIC利用交通量を確認することにより、スマートIC供用後の改良及び周辺状況の変化が利用交通量に影響を与えていることが分かる。具体的には、関連する高速道路ネットワークの整備、アクセス道路の整備、スマートICのフルIC化、大型車対応、利用時間の延長等の機能拡張等により利用交通量の増加が確認された。さらに、設置地域の住宅、工業団地、大型商業施設への直結等によっても増加が確認された。その他に

も、高速道路の無料化社会実験、東日本大震災の影響などが顕著に認められる。

表-2に示すように、遠州豊田スマートICは、平成21年4月にフルアクセス化するとともに、近接する大型商業施設に直結することから急激に利用交通量が増加している。また、双葉スマートICでは、平成21年11月にフルアクセス化するとともに、大型車が利用できるよう改良したことにより利用交通量が増加している。両スマートICの利用交通量と変化量を隣接ICと比較したものを図-5～8に示す。図よりスマートICの利用量は、本格規格ICである隣接ICと比較してシェアは少ないが、機能改善前後の変化率は隣接ICがほとんど変化が無いのに対して顕著であることが分かる。

表-2 IC機能・利便性向上による利用台数の増加事例

スマートIC	機能向上	利用台数(台)
遠州豊田PA	フルアクセス化 全車対応 大型商業施設直結	1,000 ⇒ 3,000
双葉SA	フルアクセス化 車種拡大	1,000 ⇒ 4,000
富士川SA	フルアクセス化 車種拡大	3,000 ⇒ 4,000
上河内SA	フルアクセス化 アクセス道路新設	1,000 ⇒ 1,200

<遠州豊田PA>

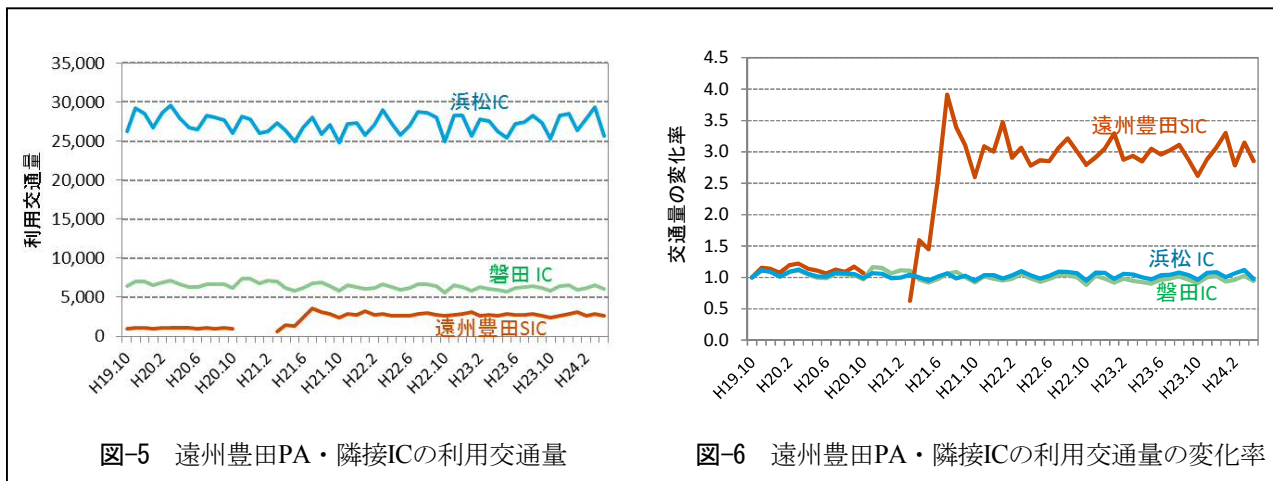


図-5 遠州豊田PA・隣接ICの利用交通量

図-6 遠州豊田PA・隣接ICの利用交通量の変化率

<双葉SA>

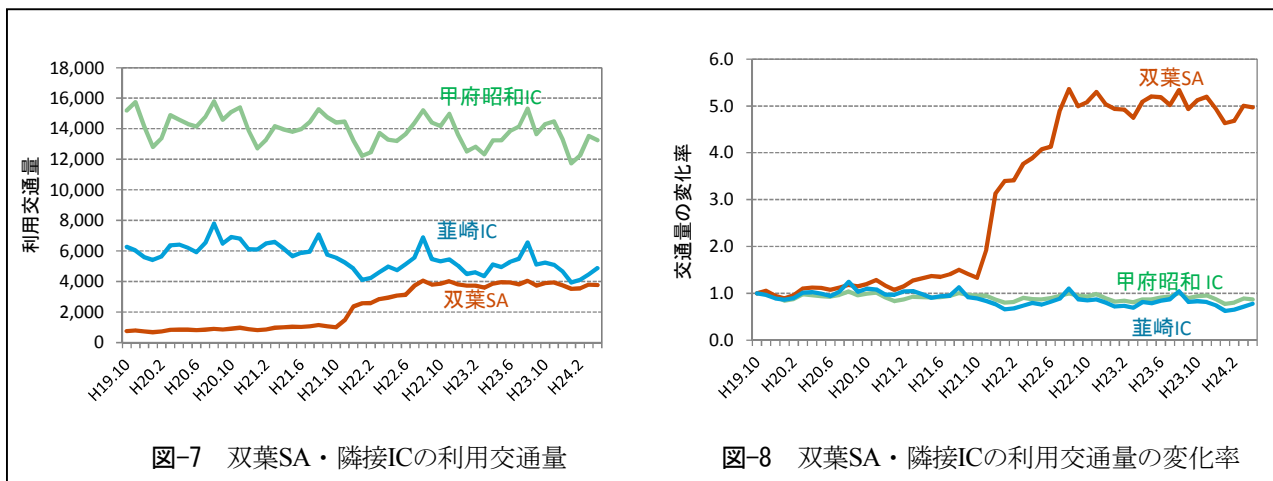


図-7 双葉SA・隣接ICの利用交通量

図-8 双葉SA・隣接ICの利用交通量の変化率

全国的なスマートICの利用交通量の増加は、ここで述べたスマートICの機能向上、アクセス道路の整備などの利便増進に加えて、ETCの普及、料金割引施策、スマートICの認知度向上も影響しているものと考えられる。この

理由としては、最近供用したスマートICは、当初から多く利用されていることから説明できる。

## 5. スマートICの利用交通量予測分析

### (1) スマートICの利用交通量に影響する因子

高速道路を選択する理由と4章で整理をした結果から、スマートICの利用交通量に影響する因子としては、スマートICに隣接するICの交通量、中心都市からスマートICまでの距離、一般道路からスマートICまでのアクセス距離、時間短縮の影響を受ける人口、並行する一般道路の渋

滞状況、ETC普及率、スマートICの営業時間、スマートICの対象車種等が挙げられる。上記を影響因子として、スマートICの利用交通量との相関を整理したのが図9～12のグラフである。隣接IC交通量と時間短縮影響人口については、正の相関が、一般道路からの距離と並行道路の旅行速度については負の相関となっている。

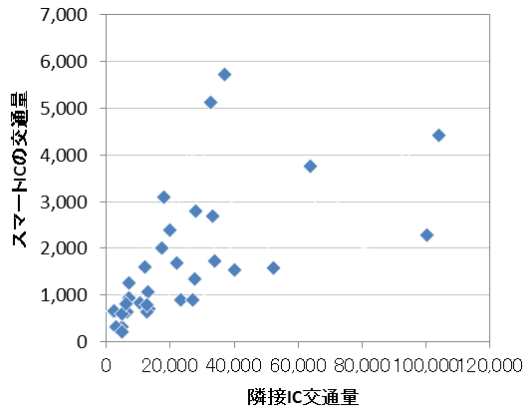


図-9 スマートIC利用交通量と隣接IC交通量

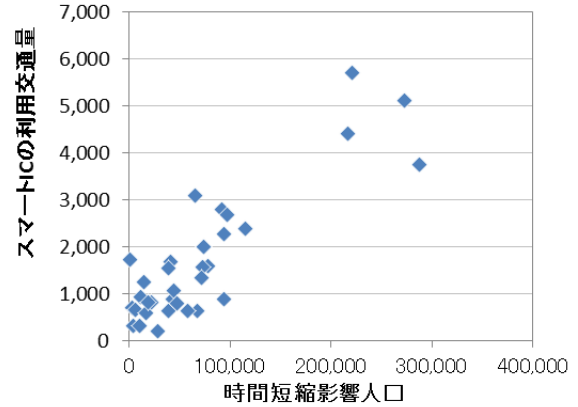


図-10 スマートIC利用交通量と時間短縮影響人口

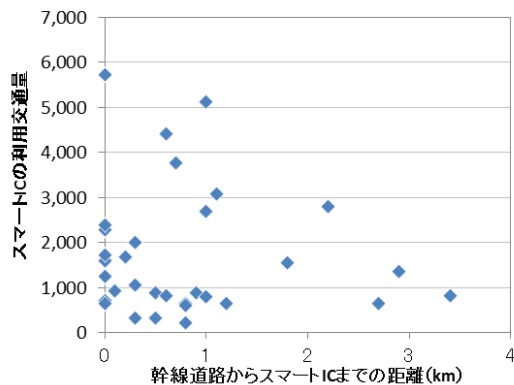


図-11 スマートIC利用交通量と幹線道路からの距離

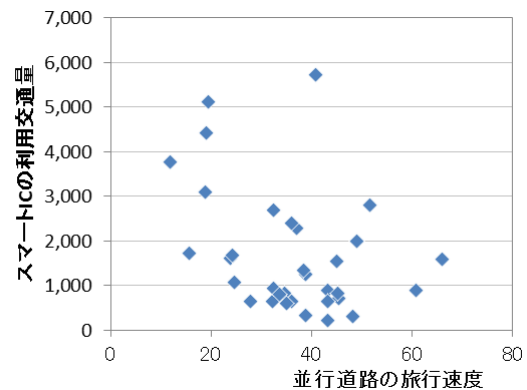


図-12 スマートIC利用交通量と並行道路の旅行速度

### (2) スマートICの利用交通量予測モデル

(1)での相関分析の結果を受けて、隣接IC交通量、ETC普及率を考慮した時間短縮影響人口（ETC × 時間短縮人口）、幹線道路からスマートICまでの距離、並行道路の旅行速度、スマートICの営業時間（ダミー変数）を変数として、重回帰分析を行うことによりスマートICの利用交通量予測モデルの構築を行った。その結果、以下の式(1)が算定された。

$$y = 0.006x_1 - 61.478x_2 + 0.032x_3 - 6.737x_4 + 417.947x_5 + 412.527 \quad (1)$$

- y : スマートIC利用交通量
- x 1 : 隣接IC交通量
- x 2 : アクセス距離
- x 3 : 短縮影響人口（ETC普及率考慮）
- x 4 : 並行道路旅行速度（混雑時）
- x 5 : 営業時間フラグ

表-3に重回帰分析の結果を示すが、各パラメータの係数の符号は一致している。また、スマートICの利用交通量に対する影響度合は、t値、P値から判断して、ETCを考慮した時間短縮人口が卓越していることが分かる。今後は、NITASによる時間短縮人口

及びETC普及率を用いることにより、スマートICの設置位置、費用便益の分析することが重要と考えられる。

表-3 重回帰分析結果

変数	パラメーター	標準誤差	t値	P値
隣接IC交通量	0.006	0.007	0.837	0.410
アクセス距離	-61.478	156.077	-0.394	0.697
短縮影響人口 (ETC普及考慮)	0.032	0.006	5.188	0.00002
並行道路旅行速度	-6.737	11.983	-0.562	0.579
営業時間フラグ	417.947	314.488	1.329	0.195
切片	412.527	694.367	0.594	0.557

## 6. 高速道路無料化社会実験の影響 (図-13～16)

高速道路の無料化社会実験は、一部の区間に限定して、平成22年6月～平成23年6月までの1年間実施された。本分析対象スマートICの中では、寒河江SA（山形県）、豊栄SA（新潟県）、金城PA（島根県）、喜舎場BS（沖縄県）が無料化区間に該当している。ここでは上記4スマートICについて、無料化前後のスマートIC交通量、隣接IC交通量、路線交通量の比較を行った。

スマートICの利用交通量は、高速道路の無料化社会実験が始まると急激に増加し、実験終了後には急激に減少している。社会実験前と終了後の交通量に着目すると、4箇所スマートICでは程度は異なるが、社会実験前よりも交通量が増える傾向にあることが確認できる。すなわち、無料化で利用した一部の交通が無料化社会実験終了後もスマートIC経由で高速道路を利用していることが分かる。特に、沖縄の喜舎場スマートICについては、無料化実験後の伸びが顕著である。これは、沖縄におけるIC間隔が短いことに加えて、喜舎場スマートICが幹線道路と近接していることから、ユーザーが利便性を認識し、リピータが増加したものと推察できる。なお、寒河江SAについては、平成23年3月11日の東北地方で起こった東日本大震災の影響を受けており、他のスマートICと異なる傾向を示している。

表-4 高速道路無料化社会実験時の交通量

	スマートIC			隣接IC			本線		
	実験前	実験中	実験後	実験前	実験中	実験後	実験前	実験中	実験後
寒河江	800	2,500	1,200	1,500	4,900	2,200	56,000	108,000	68,100
豊栄	600	1,800	900	2,900	8,500	3,800	30,800	88,600	45,500
金城	200	900	300	2,700	7,700	3,000	8,600	20,100	9,500
喜舎場	1,100	1,700	1500	17,500	30,100	19,400	163,700	266,900	180,800

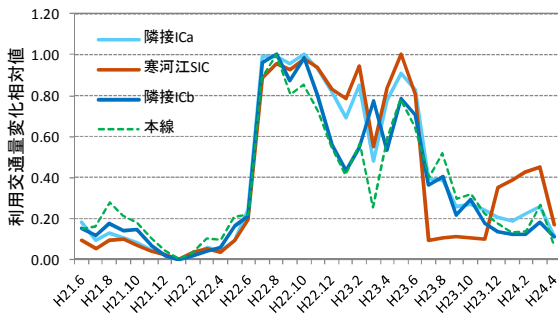


図-13 寒河江スマートIC等の利用交通量相対比較

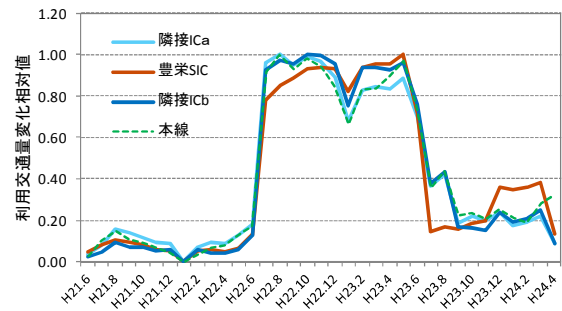


図-14 豊栄スマートIC等の利用交通量相対比較

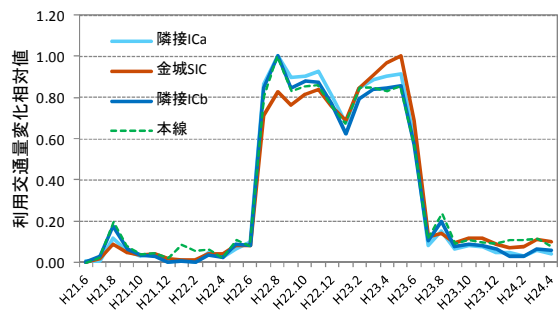


図-15 金城スマートIC等の利用交通量相対比較

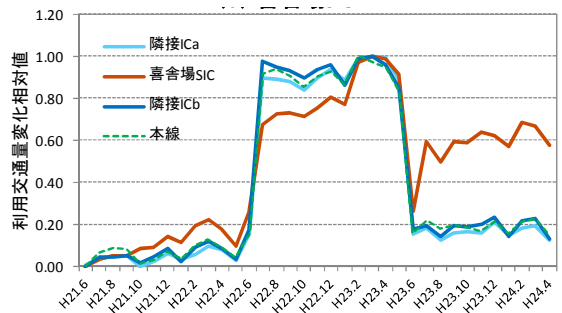


図-16 喜舎場スマートIC等の利用交通量相対比較

## 7. 結論と今後の課題

### (1) 結論

本論文ではスマートIC利用交通量を時系列に分析し、スマートICの改良及び周辺地域の開発等により利用交通量が大きく変動することが確認できた。また、スマートIC利用交通量に影響を与える因子を特定するとともに、それらを変数として利用交通量予測モデルの構築を行った。以下が本論文の要旨を示す。

- ・スマートICは供用後時間の経過とともに、利用交通量が増加する。
- ・スマートICの利用交通量は、利用時間の延長、フルアクセス化、大型車対応といった利用環境の改善及び工業団地やショッピングセンター等の周辺地域の開発によって増加する傾向にある。
- ・スマートICの利用交通量は、隣接ICの交通量、幹線道路からのアクセス距離、短縮影響人口（ETC普及率考慮）、並行道路の旅行速度（混雑時）等と強い相関がある。特に短縮人口との相関は卓越している。
- ・高速道路を無料化するなどの利便性向上が行われた場合は、他のICと同様に利用交通量が増加する。また、実験を終了したのちも一部の利用者は継続してスマートICを利用する傾向にある。

### (2) 今後の課題

本論文では、33箇所のスマートICを対象に分析を行ったが、現時点においては63箇所のスマートICが供用していることから、本研究成果と同様の傾向となっているかの検証が必要である。また、本研究の対象としたスマートICは、既存のSA・PA・BSに出入り口が追加された構造であるのに対して、近年は本線に直接出入り口が設置

される“本線直結タイプ”が供用しており、それらのスマートICが“SA・PAタイプ”と同様の傾向にあるかなどの確認する必要がある。

さらに、90%を超えるETCの利用率を踏まえて、スマートICを活用した情報提供と経路案内・誘導のあり方、さらには、大規模災害等の地域防災の観点から、高速道路・一般幹線道路のネットワークの接点としてのスマートICの機能を再考することも重要と考える。

## 8. 参考文献

- 1) 大原、家田、林：地方部の高速道路選択行動のモデル化とアクセス性向上の効果検討、土木計画学研究・講演集Vol. 24、pp365-368、2001
- 2) 家田：高速道路のIC間隔計画問題の素朴な定式化～地方部の広域生活圏のモビリティ向上に向けた補助的メモ～、土木計画学研究・講演集、Vol. 24 (2)、2001
- 3) 高橋、西野、家田、須永：地域特性からみた高速道路利用実態とその政策評価に関する研究、土木計画学研究・講演集 (CD-Rom) Vol. 27、2003
- 4) 宮川雅至：時間圏域を用いた高速道路インターチェンジ間隔の評価、都市計画論文集、NO. 41-3、pp. 175-180、2006
- 5) 大橋昭宏、青木孝義、小浜芳朗：高速道路のインターチェンジ勢力圏域モデルに関する研究、都市計画論文集、NO. 40-2、pp. 45-50、2005
- 6) 濱谷健太、塚田幸広、酒井秀和：スマートIC社会実験の利用実態とその要因に関する分析、土木計画学研究・講演集、Vol. 34、CD-ROM、2006

(2013. 5. 7 受付)

## COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE FACTORS AFFECTED TO TRAFFIC VOLUME AND THE TIME SERIES CHANGE OF SMART IC

Hidekazu SAKAI and Yukihiko TSUKADA

The policies for shifting traffic from ordinary roads to expressways have been implemented for reducing of congestion in Japan. It is effective to promote the use of expressway by shortening interval of ICs by setting Smart ICs. It is important to analyze the effectiveness of Smart ICs in order to establish the design criteria related to the size and position of Smart IC. In this paper, the analysis focuses on the following themes using traffic data of 33 Smart ICs for several years; (1) Timeline change of usage of Smart ICs (2) The impact of the development in the surrounding area and the improvements of the Smart ICs such as into 24 hours and into full-fledged access. (3) Extraction of influencing factors such as population of affected area, (4) Synergistic effect with discount charge for promoting the use of the expressways.