

# ロジックモデルに基づくITSの評価

岡村 健志<sup>1</sup>・那須 清吾<sup>2</sup>・倉内 文孝<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 高知工科大学助教 地域連携機構 (〒782-0003 高知県香美市土佐山田町)

E-mail:okamura.kenji@kochi-tech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 高知工科大学教授 マネジメント学部 (〒782-0003 高知県香美市土佐山田町)

E-mail:nasu.seigo@kochi-tech.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 岐阜大学准教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1)

E-mail:kurauchi@gifu-u.ac.jp

我が国のITSサービスはニーズ指向のITSが必要とされている。本研究では、ニーズに対してITSを評価するため、市民の意識構造に基づいてITSがどの程度交通問題を解決できたかをロジックモデルによって評価できるか、そのプロセスを検証した。その結果、ロジックモデルを構築することで多様な市民のニーズを効果指標として論理的に抽出できた。また、その指標を使ってITSを評価することで、ITSによる市民の意識構造への効果を確認できた。これらより、ニーズ指向型のITSの導入やその効果の確認のために、ITSがどの程度問題を解決できたかを評価するに必要な定量的な評価プロセスの実現可能性を示せた。

**Key Words :** *ITS, logic model, evaluation method*

## 1. はじめに

### (1) 目的

現在のITSは社会システムとして、ニーズ指向の展開と発展が求められている。各地では道路の渋滞や事故、道路網の寸断などのリスクを抱える一方で、縮小する人口規模や財政状況の中でこれまで行われた大掛かりな道路整備や改修を全国画一的に行うことは困難である。道路整備に比べ安価で迅速に実施可能なITSは、既存の道路整備が実現困難な各地の問題や状況に応じて柔軟に展開できる。「ユーザのニーズに立脚した」「地域のニーズ」「ニーズありき」「ニーズ指向」「利用する道路から使える道路へ」など表現は様々であるが、ITSがニーズ指向である必要性は、多くの研究者や専門家においてもその必要性が指摘されているところである<sup>1)</sup>。また、ニーズ志向のITSが必要とされるに伴い、評価においてもITSの効果を示すに留まらず、ニーズに対する評価、問題をどの程度解決できたかに対する評価の側面が重要となっていると考える。

過去のITSに関する研究では、ITSの技術的な評価<sup>2)</sup>、地域での取組内容やその効果の紹介<sup>3)4)</sup>、ITSによる交通行動や心理変化<sup>5)</sup>、ITSのコストパフォーマンス評価<sup>6)</sup>などが行われてきたことで、ITSの実現可能性、その効用

や有効性について明らかにされてきた。

しかし、その一方で、市民の意識構造への影響やその評価プロセスは十分に検証されておらず、ITSが市民のニーズに対してどの程度問題を解決したのか、どのようにそれを評価できるのかといった課題が存在する。ITSスポットが全国に1600基設置されたが、ニーズ指向型のITSを普及する上で、市民のニーズに対する評価とその継続的なマネジメントを図っていくことは重要である。

このような問題意識のなか、筆者らはこれまでケーススタディを扱って、道路交通問題や道路利用者らの意識構造をロジックモデルとして構築することや、ロジックモデルを使った評価を試みてきた<sup>8)9)</sup>。

本研究では、交通問題に対する市民の意識をITSがどの程度解決できたかを、ロジックモデルによって評価できるか、そのプロセスを検証する。

### (2) 仮説

市民の意識する問題がどの程度解決できたか説明するためには、解こうとする問題の内容とその要因との関係性を市民の意識に従ってモデル化することに加え、導入した、あるいはしようとするITSの機能とその効果構造を一体化したロジックモデルを導出することで、提案する評価の結果を導くことができると考えている。また、

それらの要素や変化量を数値化できるのであれば、どの程度問題を解決できたか、というのも論理的に定量化できよう。これらを定期的に確認し、ロジックモデルに基づいたPDCAサイクルの運用を行うことで、ニーズに対する評価、問題をどの程度解決できたかに対する評価を行うことができると考えている。

まず、ロジックモデルの導出プロセスについて検討する。市民の意見に基づいて認知マップを作成する。対象とする問題のステークホルダーへのインタビュー調査などから問題に対する市民の意識とその原因となる環境や属性、現象についての認知マップを作成する。次に認知マップから、地域の環境や利用者の属性といった解決困難な要素を除き、解決の対象となる要素で階層的に構成した問題構造モデルを抽出する。

一方、導入しようとするITSあるいは導入したITSの機能とその効果を整理し、ITSの施策効果モデルとして図式化する。既往の理論や研究、事例などから得た知見からITSの機能や効果は想定できるであろう。

最後に問題構造モデルと施策効果モデルを一体化し、ロジックモデルを導出する。これによって階層順に問題解決のためのアウトカムやアウトプットを整理できるとともに、ITSの効果の発現対象を明示化できる。

次にロジックモデルを用いたITSの効果計測プロセスについて検討する。ここでは先に求めたロジックモデルを用いて、ITS導入によってどの程度ロジックモデルが変化したのかを計測する。つまり、ロジックモデルを構成するアウトカム、アウトプットなどの要素に対する市民の意識を計測する。アンケート調査などからリッカート尺度などの順序尺度を用いて、市民の意識を定量的に計測し、ITS導入前後のアウトカムやアウトプットに対する計測値を比較する。また、重回帰分析などの数量化分析を用いて、ITS前後のアウトカムに対するアウトプットの影響度などについて検証する。これによって、ITS導入前後で問題がどの程度解決できたか、あるいはさらに問題を解決するにはどうすればよいかの検討を可能とすると考える。

## 2. 実験方法

実際の地域の交通問題を対象として、ロジックモデルの導出からロジックモデルを用いた効果評価までのプロセスを実施する。提案する手続きに従った評価を実施し、そのプロセスを検証するものである。

### (1) ケーススタディの概要

ケーススタディは、実在するトンネル歩行者問題とそれに対して仮想的にITSサービスを導入したと仮定し、評価プロセスの検証を行う。

1960年代を中心に建設されたトンネルは、トンネル内の歩道空間が十分に確保されていない。地方部ではそのようなトンネルの歩道空間が通学、日常生活、観光に使われており、歩行者の通行の安全性などが懸念されている。

そのような問題に対して、走行するドライバーに対する音声による歩行者情報の提供サービスが導入されたと仮定した。これは、今後ITSスポットの基本サービスの1つとしてあげられている安全運転支援の応用的な活用方法としても考えることができる。

ケーススタディのトンネルについて説明する。当該トンネルは図-1にみられるように、歩道として利用されている部分はマウントされておらず、車道両脇におよそ120センチメートル程度の歩道部（路肩）が設けられているのみであるのに対して、主に自転車通学の児童や旅行目的の歩行者らが通行する環境にある。表-1は当該トンネルの概要である。平成17年度のセンサス調査によると、24時間交通量がおよそ12000台（現在は高規格道路が並行して整備されたために、平日2500台程度）、大型車の混入率が約15%、歩行者・自転車交通量が約50台（平日12時間）である。

ケーススタディのトンネルでは、平成8年から平成13年には自転車と対向車を巻き込んだ1件の交通事故が確認されており、その後、歩行者に対する視認性向上のための壁面塗装、注意看板の設置、減速マーカ、情報板での情報提供といった対策が講じられている。



図-1 ケーススタディとしたトンネルの写真

表-1 ケーススタディとしたトンネルの概要

竣工年	延長	歩道幅員	車線幅員	歩行者 自転車 交通量	24時間 交通量
1967年	420m	120cm	3.00m	52人	2500台

(2) 実験内容

a) ロジックモデルの導出プロセスに関する実験

ケーススタディで対象とする問題を構造化した後、ロジックモデルを導出し、その結果やプロセスに対して検証する。具体的には、周辺地域のドライバーや通学児童やPTAなどの関係者に対してインタビュー調査を行い、それらの結果から認知マップを作成し、ドライバーが意識する問題構造モデルを構築した。また、同時にロジックモデルから論理的にITSの効果指標を抽出した。インタビュー調査は、表-2の通り実施し、それぞれ歩行者（自転車）とドライバー18名に対して、トンネル通行時の印象、問題意識とその原因を中心に聞き取りを行った。

表-2 インタビュー調査の概要

項目	内容
調査時期	平成23年12月
調査対象	当該トンネルを通行する自転車、自動車利用者の計18名
調査方法	対面式の聞き取り調査
調査内容	トンネル通行時の問題点とその理由

b) ロジックモデルを用いた効果評価に関する実験

仮想的にITSを実施した場合と現状のままの場合とで、効果指標について計測し、ロジックモデルに沿って比較するとともに、そのプロセスについて考察する。具体的には、走行映像を用いたウェブアンケート調査によって、ロジックモデルの導出プロセス実験で抽出された効果指標に対するドライバーの意識を調査し、ロジックモデルに沿って、定量的にITSがどの程度問題解決できたか検証する。

ウェブアンケート調査の概要を表-3に示す。ITSサービスの効果を計測するため、予めウェブモニタから運転経験のある20代から60代までの男女を1040名応募し、できるだけ年齢層と性別が均等になるよう統制群と実験群を520名づつ選んだ。現状のトンネル環境の走行映像を体験した被験者群を統制群、現状と同じ映像に仮想的にITSサービスを加えた走行映像を体験した被験者群を実験群とした。ここでいうITSサービスはトンネル歩行者情報を、トンネル突入前に車内に対して音声情報提供するサービスとした。

質問項目は、先のロジックモデルの導出プロセスで得た、問題構造の構成要素で、かつ被験者が走行映像で認識可能と考えられる項目として、運転の不安、自転車に気づきづらいなど9項目に対する意識に関する質問を中心に行った。9項目それぞれに対して「とても思う」から「まったく思わない」の6段階の尺度を設定した。「とても思う」から「まったく思わない」の6段階の尺度に対して、便宜的に「6」から「1」までに等間隔に得

点化し、統制群と実験群との比較分析を行った。すなわち、トンネル走行時の印象が悪いほど高得点となって表わされる。

なお、ウェブアンケートでは、適切に回答してもらいたいために、「映像を再生してから回答する」、「自転車を発見しなかった場合はもう一度映像を再生してから回答する」、「ITSの音声案内が流れたことを質問前に周知する」ように配慮した。

走行映像は図-3のように、車両を運転するドライバーの前頭部に小型のビデオカメラを取り付けた後、当該トンネルを走行し撮影した。アンケート調査に用いた走行映像は、自転車などの通行時間を考慮し、平成24年1月13日午前8時ごろに撮影した映像で、当該トンネル突入前から映像が始まり、トンネルへの突入（18秒）、自転車および対向車とのすれ違い（31秒）、トンネル脱出までの54秒で構成している。なお、実験群の映像では、同様の映像に、情報提供が最も効果的なタイミングであるとされるトンネル突入の3秒前（15秒）に「トンネル内に自転車があります」という音声を挿入した。

表-3 ウェブアンケート調査の概要

項目	内容
調査日	平成24年2月1日-2日
調査場所	インターネット上
スクリーニング条件	免許保有者、週に1回以上の運転頻度
有効サンプル数	1040名
質問項目	性別、年齢、居住地、職業、トンネル走行映像への印象、通行経験

	とても思う	思う	やや思う	あまり思わない	思わない	まったく思わない
1. このトンネルを運転するのは不安	○	○	○	○	○	○
2. このトンネルでは自転車をはねるのではないかと思う	○	○	○	○	○	○
3. このトンネルでは自転車を避けて運転するのは難しい	○	○	○	○	○	○
4. このトンネルでは自転車に気づくのが難しい	○	○	○	○	○	○
5. このトンネルを走っていると自転車が目の前で転ぶかもしれないと思う	○	○	○	○	○	○
6. このトンネルを走っていると自転車が突然近寄ってくるかもしれないと思う	○	○	○	○	○	○
7. このトンネルを走るときは自転車との間隔が狭い	○	○	○	○	○	○
8. このトンネルでは自転車と対向車との間を通行するときに事故になるかもしれない	○	○	○	○	○	○
9. このトンネルは狭い	○	○	○	○	○	○

図-2 ウェブアンケート画面

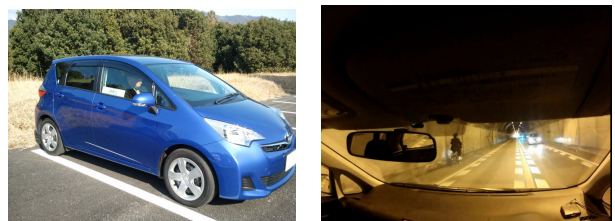


図-3 走行映像の撮影車両（左）と撮影画像（右）

3. 結果

**(1) ロジックモデルの導出プロセスに関する実験**

インタビュー調査から利用者の意識構造を認知マップに整理した後、ドライバーのロジックモデルを導出した。

図-4はトンネル歩行者問題に対する利用者の認知マップである。高規格道路の延伸にともない通過交通量が減少したことで、車を運転するドライバーは運転しやすくなったことやスピードがでやすくなったという印象を抱いている。また、自転車を避ける、発見の遅れ、自転車の挙動に対する不信、自転車との間隔の狭さなど、自転車との事故や対向車との接触に対する不安を抱えて通行している。

一方、トンネルを自転車で通行する児童らは、トンネル内での転倒、自転車同士でぶつかりそうになる、大型車が通過すると風圧でふらつく、通過する車を避ける際にトンネル壁面に接触する、不審者との遭遇、段差によるスリップなどの体験に加え、車の騒音、ドライバーへの疑念などを抱えており、トンネル内を通行することに不安がある。

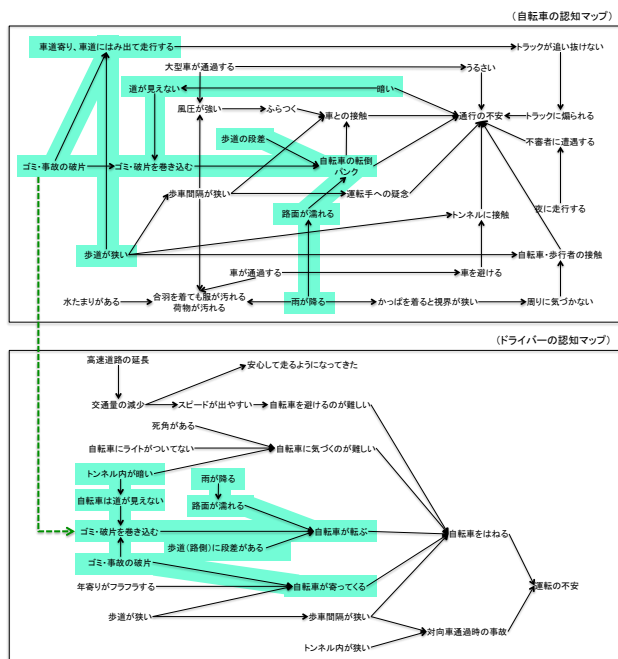


図-4 認知マップ

図-5は意識構造に基づくドライバーのロジックモデルである。認知マップから高速道路の延長・交通量の減少・高齢者がフラフラするといった解決困難な地域の環境や利用者の属性を除いた上で、ドライバーの意識構造を取り出した。

ロジックモデルの第一階層は「運転の不安」となり、それを「自転車をはねる」と「対向車通過時の事故」が構成している。「自転車をはねる」は「自転車を避けるのが難しい」などの5要素で構成し、一方「対向車通過時の事故」は「自転車との間隔が狭い」と「トンネルが

狭い」の2要素で構成している。つまり、ロジックモデルは「ドライバーが解決したい当該トンネルの問題は運転の不安であり、運転の不安に対する利用者の意識構造は図-5で示される要素と階層で関係している」ことを説明するものとなった。

このようにトンネル利用者へのインタビュー調査を重ね、認知マップにすることで、利用者の体験とそれに基づく意識構造を集合知として形成することができた。また、ドライバーの意識構造をロジックモデルとして取り出すことで、ドライバーが抱える問題を運転の不安として構造化することができた。このように利用者の多様な意識や体験に基づく意識構造の構造化は、効果評価を行う分析者や個々の利用者のみから導き出すことは困難であったろう。特にドライバーが運転の不安要素として挙げた「自転車が転ぶ」原因などは、ドライバーから得ることはできなかった。

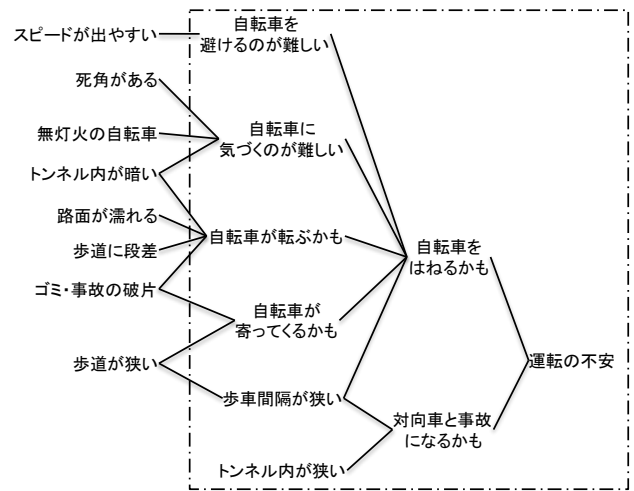


図-5 意識構造に基づくドライバーのロジックモデル

**(2) ロジックモデルを用いた効果評価に関する実験**

表-4は、ウェブアンケート調査の結果である。ロジックモデルを構成する要素のうち、走行映像によって認識可能であると考えた9要素に限って調査し、それらの平均、標準偏差、t検定の結果を示している。「トンネルが狭い」を除くすべての指標で、5%水準の有意差が認められ、統制群に比べ実験群の平均値が小さかった。また、特に「運転の不安」「自転車をはねる」の指標については、統制群に比べ実験群の分散が大きい。つまり、ITSは、ドライバーが解決したいと考えている「運転の不安」とその意識構造のほとんどの要素に対し、心理的に良好に作用しているが、ITSによって効果のあるものとならないものの分散は大きくなることを示唆している。また、ほぼすべての要素で「4」以上の回答が多く、ITSだけで問題を解決することは困難であったと想像できる。

表-5は統制群と実験群のロジックモデルに対する重回

表-4 市民の意識構造の平均値, 分散, 検定の結果

	統制群 (n=520)			実験群 (n=520)			t検定	
	平均	標準 偏差	分散	平均	標準 偏差	分散	t値	両側 P値
1.運転の不安	4.07	1.19	1.42	3.75	1.32	1.74	4.04	.0001
2.自転車をはねる	4.14	1.11	1.24	3.71	1.25	1.57	5.91	.0000
3.自転車を避けるのが難しい	4.00	1.11	1.24	3.58	1.18	1.39	5.89	.0000
4.自転車に気づくのが難しい	3.70	1.12	1.25	3.54	1.19	1.42	2.25	.0244
5.自転車が転ぶかも	4.37	1.04	1.08	4.12	1.06	1.12	3.90	.0001
6.自転車が寄ってくるかも	4.50	1.01	1.02	4.26	1.08	1.17	3.72	.0002
7.自転車との間隔が狭い	4.83	1.02	1.04	4.60	1.05	1.09	3.66	.0003
8.対向車通過時の事故	4.55	1.07	1.14	4.32	1.07	1.14	3.60	.0003
9.トンネルが狭い	4.38	1.06	1.13	4.29	1.11	1.22	1.25	.2089

表-5 市民の意識構造に対する重回帰分析の結果

	統制群 (n=520)			実験群 (n=520)		
	偏回帰係数	標準 偏回帰係数	t値	偏回帰係数	標準 偏回帰係数	t値
運転の不安						
自転車をはねる	.73	.68	17.99**	.78	.74	22.21**
対向車通過時の事故	.10	.09	2.26*	.09	.07	2.15*
定数項	.62		3.78**	.49		3.15**
決定係数 (修正済み)	.54 (.54)			.61 (.61)		
自転車をはねる						
自転車を避けるのが難しい	.38	.38	9.97**	.46	.43	10.98**
自転車に気づくのが難しい	.17	.17	4.74**	.23	.22	5.94**
自転車が転ぶかも	.20	.19	3.70**	.19	.16	3.29**
自転車が寄ってくるかも	.02	.02	0.40	.17	.15	2.89**
自転車との間隔が狭い	.18	.17	4.17**	-0.03	-0.02	-0.59
定数項	.08		0.64	-0.18		-0.73
決定係数	.57 (.57)			.63 (.63)		
対向車通過時の事故						
自転車との間隔が狭い	.63	.60	16.13**	.60	.59	15.77**
トンネルが狭い	.22	.22	5.84**	.21	.22	5.93**
定数項	.56		3.60**	.63		4.26**
決定係数	.58 (.58)			.55 (.56)		

\*p&lt;0.05, \*\*P&lt;0.01

帰分析の結果である。「走行の不安」「自転車をはねるかも」「対向車と事故になるかも」を従属変数、それぞれ下位の要素を説明変数とし、各群3つの重回帰分析を実施した。6つすべての重回帰分析において重決定係数は0.54から0.63で、比較的当てはまりが良い結果となった。また、説明変数に着目すると、統制群の「自転車が寄ってくるかも」と実験群の「自転車との間隔が狭い」を除けば、説明変数が有意な値を示した。すなわち、インタビュー調査から導出したロジックモデルは概ねドライバーの意識構造として説明できることを示唆するものである。

標準偏回帰係数は、「運転の不安」に対しては「自転車を跳ねるかも」が統制群、実験群ともに影響が強く、「自転車を跳ねるかも」に対しては「自転車を避けるのが難しい」が両群ともに最も影響が強かったものの、統制群と実験群とで有意な説明変数や、影響の強い説明変数の順が異なった。すなわち、同じトンネルであっても

ITSが実施された後は、優先的に整備すべきアウトプットの優先度が変化することを示唆する。

#### 4. まとめ

本研究では、交通問題解決を目的として、ITSがどの程度問題を解決できたか、その評価を可能とするプロセスとして、市民の意識構造に従ったロジックモデルの構築とロジックモデルを用いた効果計測について提案した。また、トンネル歩行者問題を例に取り、ロジックモデルの構築手法を適用し、仮想的にITSを導入した場合の効果を市民の意識に基づいて計測するとともに、それらのプロセスの実現可能性を検証した。その結果、次のような示唆を得ることができた

- (1) 市民の意識構造に基づいてロジックモデルを構築することで、市民が抱える道路交通問題を具体的に構造化することができた。また、問題解決でき

ているか計測すべき効果指標を市民の意図に従って論理的に抽出することができた。

- (2) ロジックモデルに則って計測することで、ITS導入による意識構造への効果を確認することができた。
- (3) ロジックモデルを定量化し、優先的に対処すべきアウトプットを論理的に示すことができた。また、ITSの導入前後ではその優先度も変化することがわかった。

限定的な事例と実験方法を用いたもので、ロジックモデルを用いた評価プロセスが普遍的なものであるとはいえないものの、ニーズ指向型のITSの導入やその効果の確認のために、ITSがどの程度問題を解決できたかを評価するために必要な定量的な評価プロセスの実現可能性を示せたと考えている。

一方で、本格的な実現に向けては、心理的要素に加え、交通行動や交通現象の変化量といった行動データと連携した分析、実際のITS事例と利用者に対する検証などを行うことが残されている。これらについては、今後の課題としたい。

人口減少、高齢化社会の到来、経済規模の縮小などの現状を迎え、持続的社會形成モデルへの転換が必要とされている。このような潮流において、ITSはICTやスマートコミュニティといった関連する分野と共に、社会システムとして今後もさらなる普及が望まれるものである。本研究で取り上げたトンネル歩行者問題のみならず、各種の交通問題は常に複雑かつ多様で、さらには交通問題の領域に留まらない。その解決には、ITSやその他の様々な取り組みが相互に連携することが必要とされるであろう。そのためITSの評価には、部分的な交通現象の変化だけでなく、アウトカムに対するITSの影響を常に観測し、過不足のないITSが運用されることが望ましい。交通問題解決のための、成果ベースのITSの評価、さらにはITSの機能設計といった取り組みが発展していくこ

とを期待したい。

**謝辞：**本研究の成果の一部は、国土技術政策総合研究所の受託研究によるものであることを記します。また、インタビュー調査にご協力いただいた須崎市役所の西森課長をはじめ、地域の方々に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 川嶋弘尚監修，日経コンストラクション編：ITS 新時代，日経 BP 社，2007。
- 2) 久保田浩司、前田典彦、荒金陽助、吉開範章：ピークルオフィス環境評価システムの構築，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.98, No.431, pp.13-18, 1998。
- 3) 上村達也，加治屋安彦，山際祐司：「ニセコ・羊蹄・洞爺 e 街道」の実験評価について-ドライブ観光支援の地域 ITS 実験-，土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，Vol.58th, 2003。
- 4) 岡村健志，松本修一，片岡源宗，轟朝幸，寺部慎太郎，大森宣暁，熊谷靖彦：高知における地域 ITS の実践国土と政策，No.27, pp.47-55, 2008。
- 5) 本田俊介，伊豆原浩二，山崎基浩，関範夫：公共輸送サービスにおける ITS 導入事例の評価-豊田市「中心市街地玄関口バス実験」を例として-，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.28, 2003。
- 6) 楠橋康広，藤原章正，張峻屹：ITS 技術と既存安全施設が高速道路における安全走行意向に及ぼす影響の評価，交通工学研究発表会論文集(CD-ROM)，Vol.30th, Page.ROMBUNNO.25, 2010。
- 7) 有村幹治，加治屋安彦，松田泰明，佐藤直樹，田村亨：峠部の冬期道路情報価値の試算:表明選好法によるアプローチ，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.31, 2005。
- 8) 堤悠介，倉内文孝，廣川和希，片岡源宗，熊谷康彦：走りやすさを考慮した中山間道路走行支援システムの評価方法の検討，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.43, 2011。
- 9) 岡村健志，那須清吾：地域 ITS の効果構造と評価手法の検討，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.43, 2011。