地域ITSの効果構造と評価手法の提案

岡村　健志[1]・那須　清吾[2]

[1]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

[2]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

地域ITSの導入方法や地域に対する効果は明らかにされていない．本研究は，地域ITSの機能設計と評価プロセスとして，地域の問題構造に基づいたロジックモデルを活用することを試みた．また，既存事例に適用し，その有効性について検証した．その結果，評価プロセスが地域の問題に対してITSを論理的に設計可能であることや地域に対する効果を示すことができた．さらに，ロジックモデルの定量化を行うことで定量的な評価の可能性や汎用性を示唆した．

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

1. はじめに

地域ITSは地域の制約下において解決可能な現実的手段としてその有効性を示してきた．地域の道路交通問題に対して，道路整備などのハード整備が困難な状況下において，地域ITSはハード整備に比べ短期で安価に整備できる．しかしながら，地域ITSの取り組みが実施されているのは一部の地域にとどまっており，全国的に普及するにはことが望まれる．地域ITSを普及するためには地域ITSの評価プロセスの構築が欠かせない．地域の問題に対して必要なITSが導入され，それによって問題を解決していることが各地でマネジメントされる必要がある．

地域ITSの評価は，本田[1)]や上村[2)]らの研究にみられるように，地域ITSの導入事例の紹介，観測調査やアンケート調査などの効果分析から地域ITSの機能やその影響を検証する研究がある．さらに，有村[3)]や加治屋[4)]らのように地域ITSの費用便益分析やコストパフォーマンス評価，金[5)]や周藤[6)]らのように評価の体系化や政策デザインを試みるものがある．これらの研究は地域ITSが地域の道路交通問題や地域活性化に貢献する可能性を指摘してきた．しかしながら，これらの研究では，ITSが地域の問題をどの程度解決できるのか十分に説明できない．このためには，地域の特性，道路交通問題の現象や意識に対する影響への認識を形式化するプロセスが必要であると考える．

そこで．本研究では地域の道路交通問題に対する認識やITSとの関連性を形式化するとともにそれらの定量化を試みる．また，既存の事例に適用し，そのプロセスの実現可能性と有効性を検証する．

2. 調査方法

地域の問題構造に基づいたロジックモデルの構築，およびその定量化といった評価プロセスを経ることで，地域の問題解決に必要なITSの機能設計と評価が可能であると考えている．

地域の道路交通問題は，現象モデルとそれに影響される地域の意識モデルによって構造化されている．そのため，現象と意識モデルで構成された問題構造に作用する機能を有した施策モデルを組み合わせることが，地域の問題解決モデルである．たとえば，ITSは，その機能が問題の対象となる現象を緩和させることなどで，地域の意識に作用する．

また，地域を構成する環境や利用者の属性が，地域性や地域の特徴としてしばしば表されている．これらは，問題構造を構成する要素の係数としてとらえることができる．この変数に応じて，地域の問題の大きさや構造が特徴づけられている．

これまで，ITSの評価において重視されてきたのは，ITSとその機能が提供する効果の検証であり，いわゆる施策モデルの定性的，定量的な検証が中心として行われてきた．本研究では，地域の認識に基づく問題構造の構築，それに作用する施策の機能モデルとの一連化と定量

化を行うことで，ITSの評価プロセスを構築する．

(2) 評価プロセス

評価プロセスを図式化したものを**図-1**に示す．①問題の構造化とロジックモデルの構築②ロジックモデルの定量化から成る．

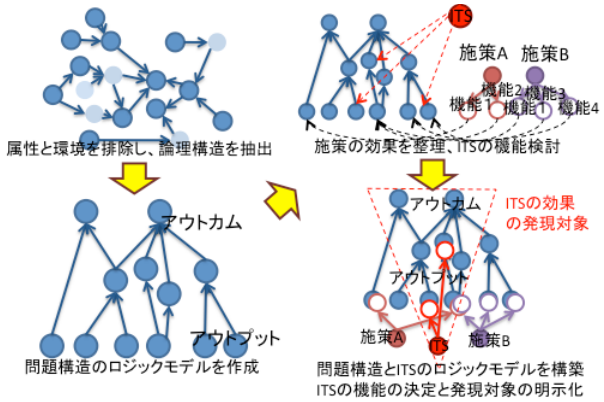

図-1 評価プロセス

まず，①問題の構造化とロジックモデルの構築について説明する．地域の道路交通問題の現象モデルや意識モデルは，ステークホルダーの認識を網羅することで構造的にモデル化を行う．具体的には，ステークホルダーへのインタビュー調査を重ね，それらの結果を認知マップに整理する．認知マップは問題の原因を起点，問題の結果を終点として矢印で連鎖的に接続し図式化したものである．また，認知マップから問題に対する関係者の意識と現象を抽出して階層化し，問題構造モデルに展開する．このとき，認知マップから意識や現象モデルを抽出するのは，認知マップに地域の特性に関わる地域の環境や利用者の属性が含まれていると想像するためである．これらは問題構造ではなく，問題構造に影響する係数として後に取り扱う．さらに，問題の対策として取り扱われている施策とその機能を整理した施策の機能モデルを整理し，問題構造モデルと施策の機能モデルを関連づけた問題解決ためのロジックモデルを構築する．

②ロジックモデルの定量化では，アンケート調査などによって，意識モデルを重回帰分析によって定量化し，予測式の検証や効果的な変数を説明する．一般的に重回帰分析を行った場合などは，有意でない変数は予測式に取り扱わないが，ここでは，それらも変数として取り扱う．これは，ロジックモデルが問題解決のための論理を網羅的に扱うという前提に基づくためである．先に述べた係数はここで地域の環境や属性を表すと考える．

(3) 評価プロセスの検証方法

評価プロセスの実現可能性や有効性を検証するために，すでに導入されたITSをケーススタディとして，当時に扱われたプロセスや結果と本研究のプロセスとの比較を行う．

ケーススタディは，トンネルの歩行者問題（以下，トンネル歩行者問題）とそのために導入されたITSを対象とする．これは高知県黒潮町の井の岬トンネルで実施されたものである．**表-1**に当該トンネルおよび後の検証過程において取り上げる伊田トンネルの概要を示す．

表-1 トンネルの概要

項目	井の岬トンネル	伊田トンネル
竣工年次	1968 年	1967 年
トンネル延長	315m	172m
歩道形態	両側ともにマウント	片側マウント，片側は外側線のみ
歩道幅員最大	80cm	90cm
路肩幅	25cm	15cm
車線幅員	300cm	
歩行者自転車交通量（平均 12 時間）	5人	
日交通量	7392台	
大型車日交通量	1281台	

この事例は，歩道部が非常に狭いトンネルにおいて，トンネル内を通行する歩行者，ドライバーの通行環境を改善することを目的としたものである．また，それに対して導入されたITSは，トンネルに進入する歩行者を感知すると，車両に対して情報板での情報提供や道路鋲での注意喚起をはかるものでる．**図-2**に対策前後のトンネルの風景を示す．

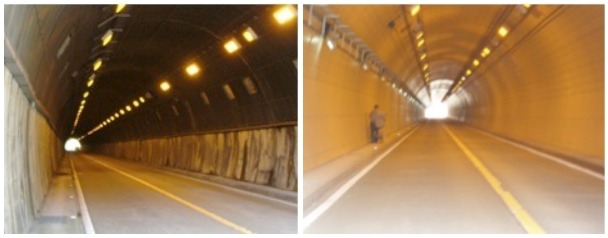

図-2 トンネルの写真（右：対策前，左：対策後）

このITSは，地域住民や事業主体，筆者，ITSの有識者らで構成した委員会において，対策の検討を重ね，ITSの機能と導入を決定したものである．

また，導入後にはITSの評価も行われた．アンケート調査や観測調査によって，利用者によるITSの必要意識，歩行者の安心感，ドライバーの安心感，歩車間の接近距離，ドライバー通行時の歩行者に対する認知や意識の変化をみることで，ITSが問題に対して有効であるとの指摘が行われている．これらの詳細は過去の筆者の報告[7]を参照されたい．これより本研究の評価プロセスを経た場合の分析を行うとともに，対策当時に検討したITSの機能や評価との比較を行う．

3. 問題の構造化とロジックモデルの構築

(1) 調査方法

対策当時の資料[8]や当時の関係者や地域住民に対するインタビュー調査を通じて，トンネル歩行者問題に対する認識を認知マップとして作成した．次に，問題に対する関係者の意識と現象との関連性をツリー化した問題構造モデルに展開した．さらに，既存資料[9]から，一般的にトンネル歩行者対策として扱われている施策とその機能を整理した．最後に問題構造モデルと施策の機能モデルとを関係づけたトンネル問題解決のためのロジックモデルを図-2のとおり構築した．このような一連の手続きを行うことで得た結果に対する検討と既存手法で得られた結果との比較を行った．

(2) 調査結果

a) トンネル歩行者問題の認識

トンネル歩行者問題の認知マップを図-3に示す．認知マップから，トンネル歩行者問題とその原因に関する主な認識について解説する．当該トンネルでは，トンネルの古さや延長の長さから，歩行者はトンネル内の暗さや足下環境への不安を抱えて通行していた．特に大型車などが通行することでその風圧による影響に対して不安を抱えている．また，トンネルが老朽化したことによる汚れや臭気を，歩行者は不快に感じている．ドライバーは，トンネルが狭いために歩行者に接近して通行しなければならないということ，遍路や高齢者が予想外の行動で車道に飛び出しそうだということを不安に抱えて走行していた．

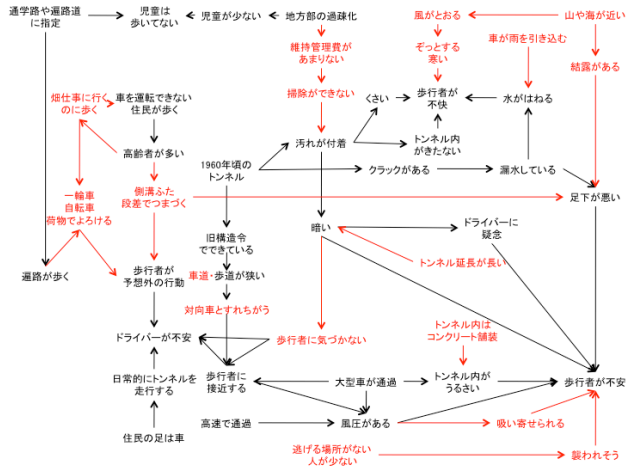

図-3 図のキャプションは図の下に置く

このように，当該地域におけるトンネル歩行者問題では，汚れの付着と臭気との関連性や，トンネル構造と漏水との関連性など，トンネルの老朽や構造に関わる現象と地域の意識との関連性が確認できる．それに加え，地域の過疎化や高齢化，車の日常的利用，トンネルの通学あるいは遍路利用，トンネルが海岸部に近いといった地方部独特の環境や利用者の属性が関係した構造にあることが確認できた．

また，図-3の赤字の部分は，本研究でのインタビュー調査で新たに把握された問題認識である．対策当時の設計思想では，これらが認識されていなかった可能性がある．

b) 問題解決のためのロジックモデル

トンネル問題解決のためのロジックモデルを図-4に示す．ロジックモデルは図-4の上層部の意識モデルと中層部の現象モデルで構成した問題構造モデルに加え，現象や意識に作用する下層部の施策の機能モデルとで構成している．問題構造モデルには「歩行者の不快感」「歩行者の不安感」「ドライバーの不安感」の3つの最終アウトカムが確認できた．下層に続くに従い，最終アウトカムを構成する中間アウトカム，アウトプットで構造化されている．さらに，問題構造に対して，歩道の床盤化をはじめ，17の施策の機能モデルが対応することが確認できた．このように手続きを踏むことで，地域の問題認識に基づいたアウトカム，アウトプット，インプットのロジックモデルを論理的に構築することができた．

ロジックモデルからは，トンネル歩行者問題を解決するためのアウトカムは複数必要であり，問題解決においても複数の施策を組み合わせることが必要であることが理解できる．ITSは①道路鋲②情報提供③照明改善④歩行者照明といった4つの施策機能を検討すべきであることを示唆できた．対策当時と比較すると，③④の施策機能については検討されていない．このことからも，ロジックモデルの構築プロセスを経たことで，既存の施策設計に比べ，必要とすべき機能を広範に検討できている．

また，地域の認識する問題に対して，それぞれのITSの効果の発現対象を明示化し，効果計測指標を論理的に説明できた．たとえば，情報提供の効果は①ドライバーが歩行者に気づくことで歩行者への接近を抑止し，ドライバーの安心感を向上すること②歩行者がドライバーに気づいていもらっていると思えることで歩行者の安心感を向上することである．これによって，「ドライバーの歩行者に対する認知」「車両と歩行者との間隔」「歩行者のドライバーに対する信頼」「歩行者の安心感」を効果計測指標とすべきことも説明できる．

このように，ロジックモデルを用いることで，既存の評価では説明されていなかったITSの効果の発現対象を論理的に説明できるようになった．発現対象にあるアウトカムやアウトプットを計測することで，地域の問題をどの程度解決できたか示すことが可能であろう．また，既存の評価では計測されなかった効果計測指標「歩行者

のドライバーに対する信頼」を指摘できるなど，発言対象を明示できることで効果計測指標も漏れなく抽出できた．

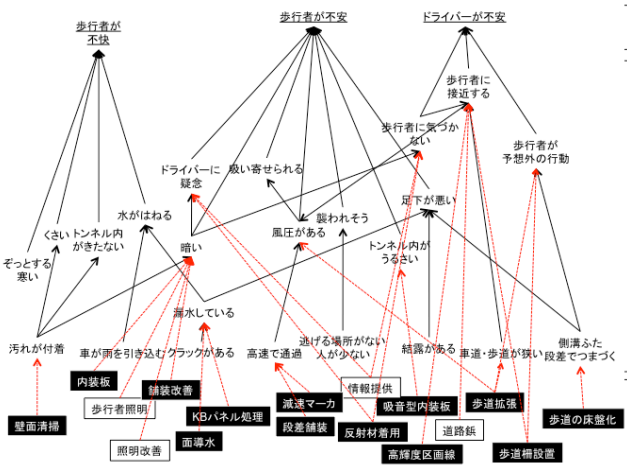

図-4　ロジックモデル

4.　ロジックモデルの定量化

トンネル歩行者に対するアンケート調査を実施した後，重回帰分析によってロジックモデルに示された意識モデルの定量化を試みた．

(1)　調査方法

トンネル歩行者問題を抱える高知県黒潮町の井の岬トンネルと伊田トンネルを対象として，それらのトンネルを通行する可能性の高い住民や遍路などに対してアンケート調査を行った．アンケート調査では，それぞれにトンネルに対して，意識モデルを構成している最終アウトカムの大きさ，最終アウトカムと中間アウトカムの関係性に対して「非常に強い」から「全くない」までの5段階評価を行った．アンケート調査の概要を**表-2**に示す．

表-2　アンケート調査の概要

項目	内容
調査期間	平成20年4月28日から5月15日
調査対象	①周辺住民，②黒潮町役場職員，③遍路
調査方法	①郵送配布回収方式，②③託送調査
配布回収	配布数640通，回収数289通，回収率45.1%
調査項目	歩行者の満足度，安心度，快適度，属性 ドライバーの満足度，安心度，属性など

(2)　調査結果

ロジックモデルに示された意識モデルを定量化するため，アンケート調査で得られた回答をもとにそれぞれのトンネルごとに分析を行う．「歩行者の不快感」「歩行者の不安感」「ドライバーの不安感」の3つの最終アウトカムをそれぞれ従属変数とし，それぞれ中間アウトカムとの関連性意識を独立変数として重回帰分析を行った．

表-3は「歩行者の不快感」の意識モデルの分析結果である．両トンネルともに「寒気」「臭い」「汚い」が有意であり，効果の高い変数として認められた．

表-4は「歩行者の不安感」の意識モデルの分析結果である．両トンネルともに「風圧」が有意であり，効果の高い変数として認められた．また，井の岬トンネルでは「ドライバーが気づかない」「暗い」が比較的影響度の高い変数となったのに対して，伊田トンネルでは「ドライバーが気づかない」「足元が悪い」が影響度の高い変数となった．

表-5は「ドライバーの不安感」の意識モデルの分析結果である．井の岬トンネルでは「歩行者に近づいて運転」が，伊田トンネルではそれに加えて「歩行者の思わぬ動き」が有意であり，効果の高い変数として認められた．また，井の岬トンネルでは影響度の高い「歩行者が見えない」は伊田トンネルではほとんど影響がみられない変数となった．

表-3　歩行者の不快感に対する重回帰分析の結果

変数名	井の岬(n=111)		伊田(n=125)	
	係数	t	係数	t
トンネルの中は寒気がする	0.101	1.97*	0.097	1.66*
トンネルの中は臭い	0.092	1.69*	0.107	1.78*
トンネルの壁などが汚い	0.172	2.79***	0.128	1.89*
車が水をはねる	0.017	0.26	0.116	1.65
定数項	3.217	17.5***	2.906	16.2***
R2	0.30		0.37	

係数は偏回帰係数，*p<0.1，**p<0.05，，***p<0.01

表-4　歩行者の不安感に対する重回帰分析の結果

変数名	井の岬(n=111)		伊田(n=125)	
	係数	t	係数	T
ドライバーが自分に気づかない	0.116	1.05	0.118	1.37
トンネル内が暗い	0.101	0.87	0.059	0.64
大型車の風圧，吸い込まれそう	0.381	3.00***	0.285	2.57**
犯罪にあいそう	-0.037	-0.44	-0.002	-0.03
車の音が怖い	0.001	0.01	0.009	0.10
水や段差で足元が悪い	0.061	0.57	0.128	1.41
定数項	1.518	3.11***	0.118	5.78***
R2	0.22		0.34	

係数は偏回帰係数，*p<0.1，**p<0.05，，***p<0.01

表-5　ドライバーの不安感に対する重回帰分析の結果

変数名	井の岬(n=111)		伊田(n=125)	
	係数	t	係数	t
歩行者に近づいて運転	0.150	1.79*	0.250	2.93***
近づくまで歩行者が見えない	0.102	1.22	-0.042	-0.52
歩行者が思わぬ動きをする	0.066	1.02	0.147	1.88*
定数項	2.530	10.9***	2.362	9.72***
R2	0.12		0.15	

係数は偏回帰係数，*p<0.1，**p<0.05，，***p<0.01

このように偏回帰係数からそれぞれ効果の高い変数を特定できたとともに，トンネルの違いによって変数の影響の強弱について把握することができた．最終アウトカムに対して影響の大きい中間アウトカムを特定可能なこと，また，対象によって中間アウトカムの影響に違いがでることを説明できるものである．これにより，ロジックモデルを使った評価プロセスを実行することによって，機能設計段階においては，どの機能を重視して構成すべきかを判断することができるとともに，アウトカムを達成するにおいて，どの要素に作用する施策を実行することが効率的かを示すものであると考えられる．トンネルによって重視すべき施策を判断可能にしたことは，今後，その他のトンネルへの適用の可能性を見いだしたと考える．また，それと同時にアウトカムの定量化は，多様なアウトカムに対して統一的な基準を用いることで，ITSの費用便益評価に対する道のりを示せた．

5. まとめ

本研究は，地域ITSの機能設計と評価プロセスとして，地域の問題構造に基づいたロジックモデルを活用することを試みた．また，既存事例に適用し，その有効性について検証した．その結果，次のような知見を得られた．

①問題解決に必要なアウトカム，アウトプット，ITSの効果の発現対象を論理的に明示化し，ITSが地域の問題をどの程度解決できるかといった評価の可能性を示唆した．

②ロジックモデルを用いることで，問題解決に必要なITSの機能を形式化して検討可能とした．また，認知マップからは，問題の現象や人の意識への影響，地域の環境や属性との関連性を網羅的に取り扱うことができた．これにより，これまでの手法では取りこぼされた可能性のある問題の認識やITSの機能の検討を可能とすることが示された

③ロジックモデルを定量化することは，トンネルごとに，アウトカムに効果を及ぼす原因を明らかにし，施策の優先度に対する判断を可能とする．また，それによって一般化への可能性を示した．

また，本研究ではいくつかの課題も明らかになった．まず，これには機能設計を終えるまでに比較的時間を必要とすることである．地方部で実際に導入されている事業は必ずしも十分な予算や期間を設けることができるわけではない．次に，地域の問題をどの程度解決できたかという問いかけに対し，その論理的に評価プロセスを示すことは可能となったが，未だどの程度解決できたかということについての明解な回答は用意できなかった．ロジックモデルを構成する要素の偏回帰係数は，アウトカムを表現できる効果係数としての扱いの可能性があることから，それらを費用便益に用いるなど，今後はその扱い方について検討する必要がある．

地域ITSは，ハード整備に比べて，短期的，安価に，そして柔軟に機能を整備しやすい取り組みである．これまではハード整備を中心とした社会資本整備や問題解決が図れてきたものの，財政難に悩む地方部や今後の人口減少社会においてはハード整備だけでの解決を望むのは困難であろう．地域ITSの優位性が最大限に生かされることは，各地の道路交通問題の解決に大きく寄与するものと期待する．

謝辞：本研究では，筑波大学石田東生教授，日本大学轟朝幸教授から，多大なご指導をいただいた．ここに感謝の意をしたい．

参考文献

1) 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.
2) 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.
3) 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.
4) 加治屋安彦，松沢勝，金田安弘，今井正博：寒地 ITS の評価手法について，寒地技術論文･報告集，Vol.17，Page.646-652，2001.
5) KIM H，西井和夫：安心･安全･快適周遊行動支援のための観光地 ITS 研究-観光地 ITS に関する分析･評価手法，土木計画学研究･講演集(CD-ROM)，Vol.29，2004.
6) 周藤浩司，藤原章正，杉恵頼寧，正木俊英：中国地方の地域 ITS の整備状況と歩行者 ITS の整備効果，土木計画学研究･講演集，Vol.26(CD-ROM)，2002.
7) 岡村健志，松本修一，熊谷靖彦：ITS 技術を用いたトンネルの歩行者安全対策の提案と検証，第 6 回 ITS シンポジウム，2007.12.
8) 四国地方整備局中村河川国道事務所：井の岬トンネル補修工事・トンネル歩行者安全対策検討業務報告書，2006.
9) 四国地方整備局道路管理課・四国技術事務所：既存トンネル内歩行者等の安全対策の手引き（案），2005.