共分散構造モデルを用いた高速道路の休憩施設の整備効果分析

中日本高速道路株式会社　山本浩司*1
京都大学大学院　松島格也*2
株式会社パスコ　岡田貢一*3
株式会社パスコ　青木一也*4
京都大学経営管理大学院　小林潔司*5
By Kouji YAMAMOTO, Kakuya MATSUSHIMA, Koichi OKADA, Kazuya AOKI and Kiyoshi KOBAYASHI

本研究は，高速道路の休憩施設のお手洗いをリニューアルする事業における投資効果と事業の優先順位を判断する手法として，共分散構造モデル及び仮想評価法（Contingent Valuation Method，以下，CVM）の適用を検討したものである．本研究では，高速道路の休憩施設に要求される付加機能と整備効果を共分散構造モデル及びCVMを用いて評価する方法論を提案した．休憩施設のお手洗いとしての基本機能に加え，高速道路の休憩施設のお手洗いに要求される付加機能に関する観測不可能な潜在ニーズを構成概念として表現し，利用者へのアンケート調査により得られた観測変数と構成概念との関係を定量的に示した．その結果として休憩施設のお手洗いに対する利用者ニーズを明らかにすることで，利用者の特性に応じた各休憩施設のお手洗いの選好を明らかにした．さらに，構成概念を効用関数の説明変数として取り上げ，アンケート調査により獲得した利用者の支払い意志額から，休憩施設の機能向上による整備効果を計測した．さらに，本研究で提案した方法論を，東名高速道路の休憩施設のお手洗いリニューアル計画に適用し，方法論の有効性を実証的に検証した．

【キーワード】共分散構造分析，CVM，高速道路，休憩施設，整備効果

1．はじめに

高速道路の整備は，物流・輸送などの経済活動の活性化はもとより、人々の地域間の交流の促進や観光産業の活性化など，わが国における社会経済活動の変化に多大な影響を及ぼしてきた．さらに，近年の高齢者・障害者による社会進出の機会の増加や国内外の観光客の増加等により，道路利用者の多様化が進展しつつある．その結果，すべての利用者にとって有用で快適な交通環境を目指すユニバーサルデザインの考え方を導入した高速道路施設の早急な整備が強く望まれている．

高速道路の休憩施設にはお手洗いが設置されており，道路利用者にとって重要な交通空間の一つである．とりわけ長時間移動を行う場合には，一旦，高速道路内に入ると，休憩施設以外にお手洗いは存在せず，お手洗いの整備状況が道路利用者の行動の大きな制約条件となることも少なくない．さらに，高速道路の休憩施設のお手洗い（以下「休憩施設」と

＊1 東京支社保全・サービス事業部施設整備チーム 03-5776-5674, k.yamamoto.af@c-nexco.co.jp
＊2 工学研究科都市社会工学専攻 准教授 075-383-3223, kakuya@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp
＊3 u-アセット推進室道路マネジメントグループ 03-6412-3880 , kaodia1292@pasco.co.jp
＊4 研究開発センター応用技術開発課 03-3715-4011, kiakzo6013@pasco.co.jp
＊5 経営管理講座 教授 075-383-3222, kkoba@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

いう）は，単に排泄するための場所としての位置づけに留まらず，長時間移動による肉体的及び精神的な疲労，ストレスを軽減させるための施設としての役割を担っている．このため，休憩施設の機能性の追求だけではなく，快適性，利便性等を考慮した新しい整備コンセプトにより，休憩施設のリニューアル計画が進められている．

休憩施設に対する利用者の選好は，道路利用者の特性等によって，休憩施設毎に利用者の選好が異なることが想定される．このため，休憩施設の整備計画を立案する際には，道路利用者の特性の違いから発生する休憩施設に求める機能に対する選好の差を明確にしたうえで，施設の使い勝手，維持管理・投資コストに配慮しつつ，合理的な費用・便益分析に基づく整備計画を立案することが必要となる．これまで，公共交通機関における施設整備の便益評価については，仮想評価法（Contingent Valuation Method, 以下，CVM）を用いた研究が報告されている．主に施設のバリアフリー化の価値を計測することに焦点があてられており，エレベータやエスカレータ等といった具体的な機能と効用が連想可能な整備項目を評価するケースでは，その便益の発生構造を比較的単純なモデルとして表現することが可能である．

一方，快適性や利便性等，休憩施設の機能向上に関する定性的な評価要因を整備計画に盛り込む場合には，計量可能な要因とそれらの定性的な要因間に存在する因果関係を適切に表現する必要がある．また，休憩施設の整備効果を計測するためには，仮想的な市場を想定するとともに，CVM 等の分析手法を用いて利用者の支払い意志額を計測しなければならない．しかし，各休憩施設に求められる機能は道路利用者の特性や現状の施設の整備状況に依存しており，優先的に付加しなければならない機能も多様であると考えることができる．そこで，本研究では，共分散構造モデルを用いて，道路利用者が休憩施設に求める機能の差を明らかにしたうえで，CVM を用いて，休憩施設のリニューアルによる整備効果を計測する方法論を提案する．

以上の問題意識の下に，本研究では．高速道路の休憩施設リニューアル計画における整備効果を計測するための CVM 手法を提案する．以下，**2．**では，本研究の基本的な考え方を示す．**3．**では，休憩施設リニューアル計画の検討手順及び利用者ニーズの把握のためのアンケート調査について説明する．**4．**では，本研究で提案した共分散構造モデル及び CVM 手法を用いて，東名高速道路における休憩施設のリニューアル計画を対象とした分析結果を示す．**5．**では，本研究をとりまとめるとともに，今後の課題を指摘する．

2．本研究の基本的な考え方

(1) 既存の研究概要

これまで，CVM 手法を用いた環境の価値を計測する研究は数多く報告されており，実務への適用も試みられている[1)]．また，土木計画学の分野において，CVM 手法を用いたバリアフリー施設等の経済的評価に関する研究が蓄積されている[2)-6)]．松島ら[6)]は，水害による被災家計の精神的被害を共分散構造モデルと CVM を用いて計測する方法論を提案している．非観測要因である水害による精神的不快感を構成概念としてモデル化し，さらに効用関数の説明変数として構成概念をとりあげ精神的被害を計量化している．共分散構造モデルを用いて，観測データの背後に存在する潜在的な要因間の関係を分析する研究が数多く報告されている．例えば，西井ら[7)]は，高速道路の経路選択に与える評価要因モデルを構築し，評価要因間の因果構造モデルを構築している．

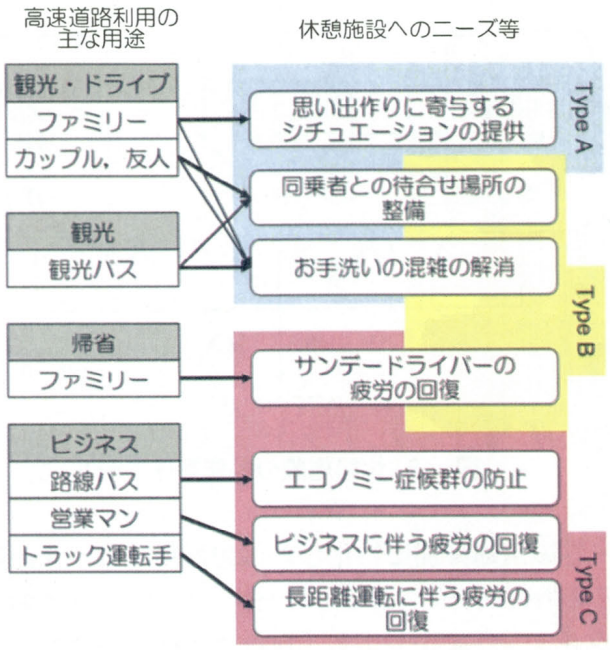
一方，休憩施設の機能評価に関しての既往研究は，主に建築学の分野において多くの研究が行われている[8)-10)]．これらの研究では，アンケート調査等を通じて，休憩施設の問題点を抽出し，利用者意識をもとに施設の改善を提案しているものである．なかでも，山上[9)]らまたは高井[10)]らの研究は，障害者の休憩施設利用環境の快適性向上を目的としたものである．しかしながら，これら一連の研究では，休憩施設の整備効果について定量的に評価している事例は見当たらない．

本研究の適用事例で取り上げている休憩施設の機能は多岐に亘っており，その整備効果を単純なモデルで表現することは困難である．本研究では，休憩施設をリニューアルすることによる整備コンセプトの複雑な関係を共分散構造モデル[11)]により分析するとともに，休憩施設がもつ潜在的な役割を表現した構成概念を用いて，休憩施設リニューアル整備に対

する道路利用者の支払い意志額を推計する方法論を提案する．共分散構造モデルは，社会・人文・行動科学の研究領域でしばしば用いられる手法であり，直接観測できないような特性である「構成概念（潜在変数）」を定量的に扱うことができる．休憩施設をリニューアルする場合，休憩施設本来の排泄を行うという基本機能のほか，長時間移動の疲労，ストレスを解消するための機能の付加を検討する．このように，休憩施設の整備計画は，道路利用者の潜在的なニーズによって表現されるものと考えることができる．さらに，高速道路の交通特性や道路利用者の属性によって，休憩施設の機能に対するニーズが異なる．道路利用者の特性を踏まえた施設毎の整備コンセプトを立案する必要がある．本研究ではさらに，CVM 手法により，休憩施設の構成概念を用いて休憩施設のリニューアルに対する道路利用者の支払い意志額を推計し，施設毎の整備優先項目を検討する．筆者等の知る限りにおいて，共分散構造分析モデルにおける構成概念を用いて支払い意志額を推計し，公共施設の便益評価を行った事例は他にはない．

(2) 高速道路の休憩施設への要求機能

休憩施設としての基本的な機能は，単に排泄のための場所であり，これまではその機能的な視点での計画と設計が行われてきた．休憩施設の基本機能として，1)臭わないこと，2)耐久性・清潔感・安心感があること，3)清掃・維持管理が容易なこと，等をコンセプトとして整備が進められてきた．1970 年頃より，生活環境のバリアフリー化が全国的に展開されはじめ，わが国における高齢化社会の進展に合わせて，休憩施設のバリアフリー化が進められた．さらには，障害者や高齢者等の特定の利用者だけでなく，すべての人の利用を想定したユニバーサルデザインという考え方が広まり，「多機能トイレ」や「多目的トイレ」，「ユニバーサルトイレ」等，様々な呼称の共用トイレが増加した [12]．このような中，休憩施設においても，バリアフリーへの対応，ユニバーサルデザインの視点を取り入れたサイン計画の導入といった整備が進められた．これらの整備項目を「基本機能」と称することとしよう．しかしながら，道路利用者のニーズを的確に把握したコンセプトに基づいた整備が実施されるまでには課題が残されている．

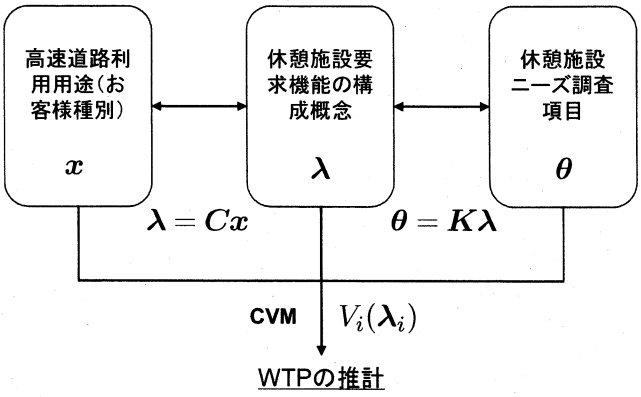


Type A：目的地となるサービスエリア（SA・大規模 PA メイン）
Type B：目的地となるサービスエリア（SA・大規模 PA サブ）
Type C：お手軽なサービスエリア（小規模 PA）

図－1 休憩施設利用者特性の整理

高速道路の休憩施設は，一般の公共トイレとは異なる性質を有する．道路利用者は一旦高速道路に入ると，目的地周辺のインターチェンジを出るまで，休憩施設を利用するほかに排泄の手段はない．移動時間が長時間となる道路利用者にとっては，長時間移動の疲労やストレスを解消する場所としての役割を担う．閉鎖された高速道路の走行のなかで，心身にわたりオアシス的な空間を提供することが求められている．このような「付加機能」を有する施設としてリニューアルすることで休憩施設としての役割が備わり，「より快適」，「より便利」，「より楽しい」，「より美しい」休憩施設空間の提供が実現する．

図－1 に，東名高速道路等を管理する中日本高速道路横浜支社（以下，「横浜支社」という．）における休憩施設の整備コンセプトにおける利用者特性の整理方針を表現する．従来の休憩施設は基本機能を備え，さらには到着する道路利用者の規模に応じた適切な施設数の配置が設定された．一方，休憩施設のリニューアルを検討する際には，道路利用者の特性を分析し，多様な休憩施設へのニーズに応じた整備コンセプトが求められる．例えば，1)観光・ドラ



図－2 休憩施設の機能評価モデル

イブの用途種別に特化した休憩施設では，休憩施設そのものが目的となるサービスを提供し，2)路線バスやトラック運転手が多く利用する休憩施設では，手軽なサービを提供するための施設が必要であろう．このように，道路利用者の特性とニーズにあわせた個々の整備計画を立案する必要がある．

(3) 休憩施設の機能評価モデル

休憩施設の機能評価モデルを，**図－2**の示す共分散構造モデルで表現する．図中の構成概念$\boldsymbol{\lambda}$は，休憩施設への潜在的に要求される機能を意味する．構成概念$\boldsymbol{\lambda}$には休憩施設の基本機能と，「より快適」，「より便利」といった付加機能の両方が含まれている．道路利用者の特性により，休憩施設に要求する機能は異なる．共分散構造モデルの中で，モデル$\boldsymbol{\lambda} = \boldsymbol{C}\boldsymbol{x}$は，道路利用者の属性$\boldsymbol{x} = (x^1, \cdots, x^{n_x})$に基づく，休憩施設に要求する潜在的な機能との関係式を表している．道路利用者の潜在的な要求機能は観測不可能であるため，観測可能な休憩施設の整備メニューに関する調査項目$\boldsymbol{\theta} = (\theta^1, \cdots, \theta^{n_y})$を通じて，観測方程式$\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{K}\boldsymbol{\lambda}$を通じて観測される．ここで，ある道路利用者個人$i$が，休憩施設に対して$\boldsymbol{\lambda}_i$の機能を要求したと考える．このとき，個人$i$の間接効用関数は，構成概念$\boldsymbol{\lambda}_i$に依存し，$V_i(\boldsymbol{\lambda}_i)$と定義する．

3．休憩施設リニューアル計画

(1) リニューアル計画策定の手順

横浜支社では，2006 年度より，東名高速道路等，管内の休憩施設をリニューアルする計画の検討を行っている．高速道路の利用者にとって，「より快適」，「より便利」，「より楽しい」休憩施設の創造に向けて，商業施設等の休憩施設の意匠設計の専門家の意見を取り入れ，休憩施設における新しい空間デザイン案を作成し，使い勝手，維持管理・投資コストに配慮しつつ，最も有効なレイアウト，色彩計画等の空間デザインを検討している．

表－1 整備コンセプトの見直し案

	コンセプト	具現化コンセプト
基本機能	① より快適・より便利・より楽しいお手洗い空間の提供（空間デザイン）	
	② バリアフリーへの対応	・段差修正，オストメイト対応
	③ 閉鎖された高速道路の走行のなかで，心身にわたりオアシス的な空間の提供	・乾式清掃の導入 ・ロビー ・下がり天井，天窓
	④ 臭わないお手洗い	・巾木脱臭の導入等
	⑤ 時代のニーズに即答できるお手洗い	・素材の耐久性の見直し
	⑥ ユニバーサルな視点を取り入れたサインの計画	
	⑦ 清掃・維持管理が容易なお手洗い	・乾式清掃の導入 ・分割可能なレイアウト
付加機能	① 印象に残るような空間の演出	・色や素材の見直し（木調素材・天然石） ・お手洗いブース（ベビーキープ付） ・WETゾーンとDRYゾーンの分離 ・開放的な小便器廻り ・壁面の演出（壁画，ディスプレイ等） ・あたたかみのある照明計画
	② 待ち時間の演出	・待合せスペース
	③ 様々なお客様の気持ちに応えられる空間の演出	・パウダー（専用コーナー） ・パウダー（手洗いとの兼用コーナー） ・着替えスペース ・ファミリートイレ
	④ リフレッシュする空間の演出	・色や素材の見直し ・お手洗いブース（ベビーキープ無）

まず，現在，横浜支社管内で整備・運用されている休憩施設の整備コンセプトを整理し，以下の６つのコンセプトを抽出した．

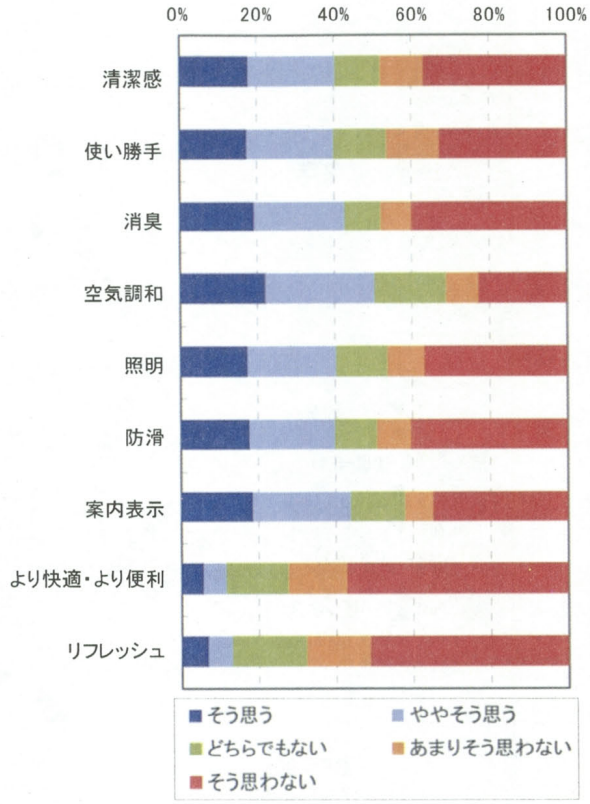
① バリアフリーへの対応
② 自然光による明るいお手洗い
③ 臭わないお手洗い
④ 耐久性・清潔感・安心感があるお手洗い
⑤ ユニバーサルデザインな視点を取り入れたサイン計画
⑥ 清掃・維持管理が容易なお手洗い

以上の整備コンセプトをもとに，現在の休憩施設の整備状況に関する課題を具現化するために，直接，利用者へのヒアリング調査を実施した．そこでは，

① 寒々しい印象（高い天井，有圧扇等の印象）

表－2 休憩施設リニューアルに関するアンケート

	質問項目	
質問1	今回使用した休憩施設トイレの使い勝手等について	
1	清潔感	気持ちよく快適に利用できましたか？
2	使い勝手	使いやすいトイレでしたか？
3	消臭	トイレは臭くなかったですか？
4	空気調和	お手洗いの温度・湿度は適切でしたか？
5	照明	照明の明るさは適切でしたか？
6	防滑	床は滑らないようになっていましたか？
7	室内表示	室内表示はわかりやすかったですか？
質問2	リニューアルされた場合の快適性向上についての印象	
8	より快適・便利	より快適・より便利なトイレになると思いますか？
9	リフレッシュ	心身にわたりリフレッシュできるトイレになると思いますか？



図－3 各設問項目に対する100%積み上げグラフ

② いつも濡れた床（湿式清掃）
③ 暗い・汚い・怖い　イメージ
④ 待合せ場所・パウダーコーナー等の付加機能の不備

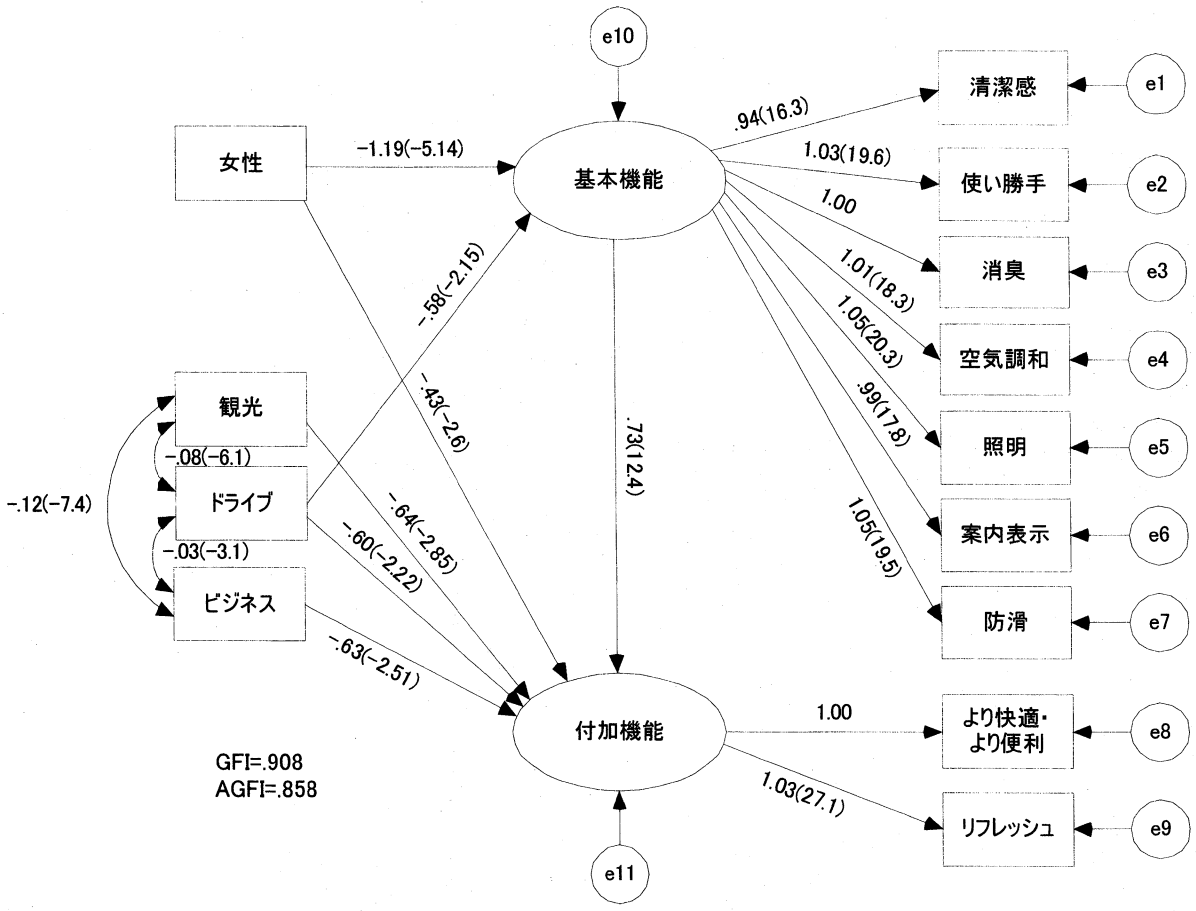
等といった道路利用者の意見を抽出した．これまで休憩施設の機能面の充実を中心としたコンセプトによる整備を進めてきたことが，道路利用者の快適性について満足していただくことができないという結果となって反映されていることが明らかとなった．さらには，鉄道等の他機関における公共トイレの整備動向の調査・分析を行い，**表－1**に示す，休憩施設の新たな整備コンセプト案を立案した．新たな整備コンセプト案では，休憩施設の機能を，すべての休憩施設に整備すべき基本機能と，交通特性，地域特性，利用者の特性等に応じて導入効果の高い施設へ優先的に整備を行う付加機能に分類した．

(2) アンケート調査

表－1に示す整備コンセプトについて道路利用者のニーズを把握するために，休憩施設でアンケート調査を実施した．横浜支社管内のすべての休憩施設（上下線別，全32箇所）を対象とし，平成19年10月20日（土）及び同年12月15日（土）に実施し，有効サンプル数は全休憩施設に対して，3166（回収率約78%）であった．作成した調査票の一部を**表－2**に示している．

アンケート調査は，既設の休憩施設を利用した人に対し，使用した休憩施設の使いやすさに関する7項目について，5段階尺度による回答選択肢を設定した．（**質問1**）．さらに，整備コンセプトにしたがって休憩施設がリニューアルされた場合のパース図を回答者に提示し，快適性・利便性の向上とリフレッシュ性について，同じく5段階尺度による回答を得た（**質問2**）．これは，休憩施設のリニューアルによって快適性・利便性の向上とリフレッシュ性に対する回答から，リニューアルによる付加機能へのニーズを把握することを意図している．

図－3に，各設問項目の回答の100%積み上げグラフを示す．本グラフは，対象全32箇所の全サンプルを集約しているため，箇所別の選好の差を確認することはできない．既設の休憩施設の使いやすさに関する7項目の質問に対する回答を見ると，「空気調和」，「案内表示」を除くその他の項目全てにおいて，「そう思わない」，「あまりそう思わない」と回答した利用者が約50%に達していることが読み取れる．このことから休憩施設の基本機能の改善に対



注）東名高速道路富士川 SA の休憩施設を対象とした MIMIC モデルの分析結果をパス図として例示する．図中の四角は観測変数を，2 つの楕円は構成概念をそれぞれ示している．また，円で示す e1～e12 は，その他の要因の影響を表した誤差項を示している．括弧内は，t-値を表している．なお，「基本機能」から「消臭」への係数及び「付加機能」から「より快適・より便利」の係数を 1 に固定していることから，t-値は定義されない．

図－4 MIMIC モデルの推計結果

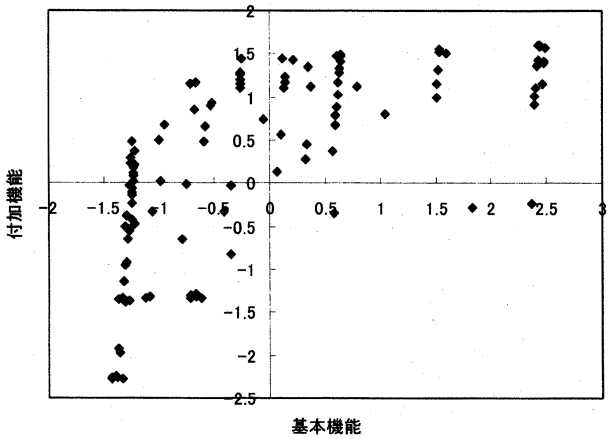
するニーズが高いことが示される．一方，休憩施設のリニューアルの効果に関する 2 項目の質問（「より快適・より便利」，「リフレッシュ」）に対する回答では，休憩施設の付加機能の整備に肯定的な回答として，「そう思う」，「ややそう思う」と回答した利用者は，全体で 20%弱となっている．休憩施設のリニューアルへのニーズは，全ての施設に対して一様に高いニーズがあるわけではないことが考えられ，次章以降で論じる共分散構造モデルを用いた分析により，施設毎の利用者の特性に応じた休憩施設の選好を分析する必要がある．

4．共分散構造モデルの推計

(1) モデルの推計

前節で述べた休憩施設に対する道路利用者のニーズに関するアンケート調査結果を用いて，道路利用者の休憩施設に対する要求機能の構造を，共分散構造モデルの一つである MIMIC モデル（Multiple indicator Multiple Cause Model）[11]を用いて分析する．MIMIC モデルでは，複数の観測変数によって構成概念（潜在変数）が規定され，その構成概念が複数の観測変数の原因となっていると考える．構成概念は実際には観測されないが，観測変数間に相関をもたらす潜在的な共通原因を表している．このように，構成概念の存在を仮定することにより，道路利用者の休憩施設に対する潜在的ニーズの構造を明示的に表現することが可能となる．

分析対象の全施設 32 箇所を対象として，それぞれの MIMIC モデルを推計した．**図－4** には，そのうち，東名高速道路富士川 SA の休憩施設を対象とした



図－5 構成概念スコアによる散布図
（富士川 SA・224 サンプル）

MIMIC モデル（サンプル数 224）の推計結果を示している．モデルの推計に際しては，休憩施設への利用者ニーズの構造を的確に表現するために，網羅的に MIMIC モデルを作成した．まず，休憩施設へのニーズが基本機能と付加機能に大別されることを仮定し，構成概念として，「基本機能」と「付加機能」の 2 つの因子に集約した．その上で，MIMIC モデルのパス図を代替的に作成するとともに，個別のパスに関する符号条件や検定統計量（χ^2検定）及び修正適合度指標 AGFI（Adjusted Goodness of Fit Index）を考慮して，もっとも推計精度が高くなるような変数とモデル構造を最終的に選択した．その結果，富士川 SA の MIMIC モデルの推計結果は**図－4** に示す通りである．適合度指標は，GFI=.908，AGFI=.858 であり，十分な適合を示している [11]．さらに，同図中には，各パラメータ値に対応するt−値を記載している．全ての変数に対してt−値は 1.96 以上であり，有意水準 95%で説明変数の説明力を保証できる．分析のための基本データとして，**表－2** に掲載した休憩施設リニューアルに関するアンケート結果を数値化した．既設の休憩施設の利用勝手に関する質問 1 の 7 項目については，「そう思う」の回答を 5 点とし，「そう思わない」を 1 点とする段階的に均等な得点を与えた．一方，休憩施設のリニューアルに関する質問 2 の 2 項目については，質問 1 とは対象的に「そう思う」の回答を 1 点として同様に段階的に均等な得点を与えた．これにより，いずれの質問項目においても，得点の低いほうが休憩施設整備へのニーズが高いことを示していることとなる．MIMIC モデルの分

二段階二肢選択方式

Q1．休憩施設トイレは有料ではありませんのでお金を支払う必要はありませんが，仮にトイレのリニューアルが実施された場合，その新しいトイレを利用できることはあなたにとってどのくらいの値打ちがあるかお尋ねします．1 回あたり，**100 円**を支払っても利用する値打ちがあると思いますか？

1. はい
2. いいえ

Q2．では，100 円ではなく，**200 円**の値打ちがあると思いますか？

1. はい
2. いいえ

Q3．では，100 円ではなく，**50 円**の値打ちがあると思いますか？

1. はい
2. いいえ

図－6 CVM 調査票

析結果（**図－4**）を見ると，図左の多重原因として定義した「女性」のダミー変数から，構成概念への係数が負の値を示していることから，女性の利用者による「基本機能」への満足度が低く，「付加機能」の整備へのニーズが高いことを示している．さらに，利用者の利用目的別に見ると，「観光」，「ドライブ」，「ビジネス」による利用者から「付加機能」への係数がいずれも-0.6 前後を示しており，どの利用者からも付加機能へのニーズが高くなっていることが確認できる．**図－5** は，構成概念の各スコアを散布図として表現している．縦軸に基本機能スコア，横軸に付加機能スコアを示している．富士川 SA では，「基本機能」に低い点を与えたサンプル（現状に満足していない）は，「付加機能」へも低い点（リニューアルに肯定意見）を与えていることがわかる．

本適用事例では，アンケート調査対象の全 32 箇所の休憩施設について，共分散構造分析を行っている．それぞれの施設毎に休憩施設に対する利用者の選好の違いを定量的に評価した．

(2) 支払い意志額の推計

図－6 に示すような CVM 調査票を作成し，二段階二項選択法（double-bounded dichotomous choice）により，休憩施設リニューアルに対する道路利用者の WTP（willingness to pay；支払い意思額）を尋ねた．

表－3 支払い意思額モデルの推計結果

	富士川SA		中井PA上り		西湘PA下り		海老名SA上り	
説明変数	パラメータ	t−値	パラメータ	t−値	パラメータ	t−値	パラメータ	t−値
定数項β_0	114.34	75.2	87.65	14.1	175.60	126.3	150.04	272.2
基本機能β_1	-52.38	-55.6	-55.11	-55.1	-38.93	-15.4	-	-
付加機能β_2	-11.69	-6.0	-8.13	-8.1	-95.13	-15.2	-15.2	-103.0
サンプル数	224		27		119		126	
WTP平均値	114.3円		97.7円		175.6円		150.0円	
WTP中央値	100.1円		86.2円		170.4円		201.1円	
アンケート平均得点	3.17		3.42		2.79		2.50	

この結果を用いて，道路利用者の休憩施設のリニューアルに対するニーズを表すWTPを，ランダム支払い意思額モデルを用いて推計する．ランダム支払い意思額モデルは，支払い意思関数が観測可能な部分と観測不可能な部分によって構成されるものと仮定する．観測可能な部分は，MIMICモデルにおける2つの構成概念スコア（**図－5**参照）を説明変数として取り上げ，観測不可能な部分は誤差項とする．すなわち，休憩施設iの道路利用者jの支払い意思額モデルは，

$$WTP_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \eta_{ij}^1 + \beta_2 \eta_{ij}^2 + \varepsilon_{ij} \qquad (1)$$

と定式化することができる．ここで，β_0，β_1，β_2は未知パラメータ，ε_iは，平均0，分散σ^2のロジスティック分布に従う確率変数である．また，η_{ij}^1，η_{ij}^2は，それぞれMIMICモデルを用いて評価した休憩施設i，道路利用者jの構成変数（「基本機能」，「付加機能」）の推計値である．本モデルを用いた二段階二肢選択法による支払い意思額の推計方法については，参考文献[1)]を参照されたい．

アンケート調査対象の全32箇所の休憩施設につて，支払い意思額モデルの推計を行った．**図－4**で示した富士川SAのMIMICモデルと同様の手順により，全施設についてのMIMICモデルを推計した．説明変数に用いた構成変数は休憩施設毎に異なっている．**表－3**に，4箇所の推計結果を例示す．同表には，それぞれ推計に用いたサンプル数と，WTP平均値の推計結果を併記している．WTP平均値は，利用者1人当たり1回の休憩施設利用に対しての支払い意思額である．

富士川SA，中井PA上り，西湘PA下りの推計結果では，パラメータβ_1，β_2が負の値を示している．これは，休憩施設の基本機能の使い勝手が良くないと感じている利用者ほど，さらに付加機能のリニューアル後の快適性向上に好印象をもった利用者ほど，支払い意思額が高いという結果を示している．さらに同表には各説明変数の推計精度を表すt−値を併記している．t−値が1.96以上となれば，有意水準95%でパラメータに説明力がないという帰無仮説を棄却することができる．富士川SA，中井PA上り，西湘PA下りの推計結果では，すべての推計パラメータのt−値が1.96以上を確保しており，説明変数の説明力を保証できる．このように，富士川SA，中井PA上り，西湘PA下りでは，基本機能と付加機能の両方の選好が抽出された結果を示している．WTP平均値の推計結果では，西湘PA下りが最も高く，次いで富士川SAであり，中井PA上りのWTPは相対的に低い値を示している．西湘PA下りでは，「付加機能」を表すパラメータ$\beta_2 = -95.13$は，$\beta_1 = -38.93$に比べて大きな推計結果となっていることから，基本機能に加えて，付加機能を重視した休憩施設整備へのニーズが高いことが読み取れる．

一方，海老名SA上りの推計結果を考察する．図中の推計パラメータのうち，「−」で示した箇所については，パラメータの説明力に関する仮説検定にて，帰無仮説$\beta_i = 0$を棄却することができなかった．海老名SA上りでは，基本機能$\beta_1 = 0$となり，定数項β_0及び付加機能パラメータβ_2のみによる支払い意思額モデルが形成されている．つまり，海老名SA上りでは，付加機能への選好が強く示されたと言える．

さらに，同表には，アンケート調査の5段階評価の平均得点を記載している．概ね，平均得点が低い施設ほど，相対的に支払い意思額の推計結果が高い値となっている．

以上のように，共分散構造モデルの推計結果から，

CVM 調査をもとに，各施設の支払い意思額を推計し，休憩施設に対する施設間の選好の差異を確認することができた．選好の差異の分析結果をもとに，休憩施設リニューアルの詳細な整備計画を立案することが可能となる．さらには，ここで推計した，利用者 1 人当たり 1 回の休憩施設利用に対する WTP 平均値と，各施設の属性別の利用者数を用いて，各施設のリニューアルによる便益評価が可能となり，リニューアル及び維持管理コストの合計による LCC との比より費用便益評価が可能となる．費用便益分析の結果から，整備効果の高い順に優先的に事業化を進めることで合理的かつ透明性を確保した休憩施設リニューアル計画を立案することが可能である．

5．おわりに

本研究では，高速道路の休憩施設リニューアル計画を立案することを目的として，休憩施設に対する施設間の選好の差を共分散構造モデルにより明確化を行い，支払い意思額を計測するための CVM 手法を提案した．施設間での選好の差を明確にするために，休憩施設のリニューアルに対するアンケート調査を実施し，休憩施設への道路利用者のニーズの構造を明確化するために共分散構造モデルを構築した．共分散構造モデルでは，利用者のニーズが，「基本機能」と「付加機能」の 2 つの潜在変数で表現されることを確認した．さらには，推計した共分散構造モデルの構成概念を説明変数とした支払い意思額モデルを定式化し，休憩施設整備に対する WTP を算出する方法論を示した．以上の手法を東名高速道路の休憩施設を対象とした実証分析に適用し，本手法の有効性を実証的に検証した．本研究で示した方法論を用いて，休憩施設のニーズの発生構造をモデル化し，施設間の選好の差異を明らかにするとともに，支払い意思額を推計し整備効果を計測することにより，費用便益評価行い，合理的かつ透明性を確保した事業計画を立案することが可能となる．

一方，本研究で提案した方法論の実用化に際してさらに発展させるためには，以下の示すようないくつかの研究課題が残されている．第 1 に，本研究で提案した共分散構造モデル及び CVM 手法と併せて，施設の最適更新戦略を導出するモデルを構築する必要がある．休憩施設の維持管理計画を立案するとともに，休憩施設に対するニーズの変化を機能的劣化ととらえ，ライフサイクル費用の低減と利用者便益の最大化を同時に考慮するモデルが必要となる．第 2 に，休憩施設のミクロレベルでの利用者満足度を達成するための施設のスペックを求めるための方法論の開発が求められる．例えば，休憩施設が混雑する時間帯には休憩施設に待ち行列が発生する場合が考えられる．休憩施設の規模を設計する場合には，利用者の施設への到着数の適正な予測に基づく待ち時間のサービス水準を設定し，サービス水準を満足するための合理的な施設規模の設計を行うための方法論の開発が必要である．第 3 に，アンケート調査のサンプルサイズにより分析結果に与えるバイアスを除去する方法を検討する必要がある．本適用事例では，アンケート調査の有効回答数が 78%であったが，各施設の分析結果の信頼性を確保するための有効サンプル数を設定する必要がある．

最後に，休憩施設をリニューアルした後に，利用者の満足度に関しての継続的な事後評価を行い，事業計画を適宜見直すためのシステムの構築が必要である．そのためには，休憩施設等をはじめ，高速道路の施設管理におけるロジックモデルを構築し，利用者ニーズや維持管理指標に関する政策目標に対する達成状況の継続的なモニタリングを行うための手法の確立が必要である．

【参考文献】

1) 例えば，栗山浩一：環境の価値と評価手法，北海道大学図書刊行会，1998.
2) 林山泰久：非市場財の存在価値，土木計画学研究・論文集，No.16，pp.35-48，1999.
3) 肥田野登，林山泰久：高齢者のための都市内歩行施設整備の経済的評価:疑似体験による認識変化，都市計画，Vol.46，No.4，pp.99-106，1997.
4) 藤原章正，杉恵頼寧：仮想市場法を用いた低床式路面電車の評価，日本都市計画学会学術研究論文集，No.35，pp.577-582，2000.
5) 松島格也，小林潔司，吉川和広，肥田野秀晃：身体障害者の活動支援施設の経済便益，土木学会論

文集，No. 653/IV-48，pp.133-146，2000.
6) 松島格也，湧川勝己，大西正光，伊藤弘之，小林潔司：水害による被災家計の精神的被害の経済評価，土木計画学研究・論文集，Vol.24，pp.263-272，2007.
7) 西井和夫，近藤大介：高速道路経路選択行動における意思決定要因評価への共分散構造分析手法の適用，日本行動計量学会大会発表論文抄録集，Vol.26，pp.95-98，1998.
8) 加藤泰宏，宮田紀元，高橋正樹：公共トイレの快適性に関するアンケート調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.703-704，1997.
9) 山上遊，石野久彌：多目的トイレの冬期における快適性に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1，pp.129-130，2001.
10) 高井智代，石田秀輝：視覚障害者の公共トイレ使用実態調査－公共トイレにおける安全性・利便性に関する研究その１－，日本建築学会計画系論文集，No.544，pp.133-140，2001.
11) 例えば，豊田秀樹：共分散構造分析[入門編]，朝倉書店，1998.
12) 田中直人，老田智美：専用・優先・共用の施設利用対象概念からみた全国主要自治体における多目的トイレの整備変遷状況に関する調査研究，日本建築学会計画系論文集，No.591，pp.65-70，2005.

Benefit Evaluation of Rest Facilities on Expressway by Covariance Structure Analysis

By Kouji YAMAMOTO, Kakuya MATSUSHIMA, Koichi OKADA, Kazuya AOKI and Kiyoshi KOBAYASHI

In this paper, a covariance structure model and contingent valuation method (CVM) are presented to analysis the benefit evaluation and prioritization of renewal works of rest facilities on expressway. This study proposed a methodology to valuate the optional functions and the benefits demanded from rest facilities on expressway using a covariance structure model and CVM. Some basic functions as a washroom and the optional functions are expressed as structure concepts, and the relationship between observed variables, which are obtained by questionnaire survey to user, and structural concepts. As a result, the preference in the washroom in each rest facility corresponding to user's characteristic was calculated by clarifying the user needs for the washroom in the rest facility. In addition, the structural concepts are used as explanatory variables of utility function and the benefit of the function improvement of the rest facility was measured from the WTP of the user who acquired it by the questionnaire survey. The practical availability of the methodology presented in this paper is investigated by a case study dealing with the washroom renewal in rest facilities in expressway,