

市民の交通行動変容を促進する持続可能な生活活動情報フィードバックシステムの効果検証

田村 勇二¹・市川 博一¹・光安 皓²・大島 大輔²・山下 浩行¹・
小野 晋太郎³・大口 敬⁴・池内 克史³

¹非会員 | ²正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 マネジメント事業本部 交通政策部
(〒163-6018 東京都新宿区西新宿六丁目8番1号 住友不動産新宿オークタワー22F)

E-mail: {yuuji.tamura | hirokazu.ichikawa | akira.mitsuyasu | daisuke.ooshima | hiroyuki.yamashita} @ss.pacific.co.jp

³非会員 | ⁴フェロー会員 東京大学 生産技術研究所(〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: onoshin@cvt.iis.u-tokyo.ac.jp, takog@iis.u-tokyo.ac.jp, ki@cvt.iis.u-tokyo.ac.jp

本研究は、時空間で変化する交通状態の離散的な情報をICTを活用して収集し、収集したデータを蓄積・統合し、対象地域全体の交通状況を推定した上で、地域市民が実感しやすい「生活活動情報」として加工・配信するシステム（生活活動情報フィードバックシステム）を構築し、交通状況に対する市民の理解を深め、環境に配慮した効率的な交通行動への変容を促すシステムの実用化を目指すものである。本稿は、開発したシステムの効果について、千葉県柏市及び周辺市域を対象に実施した約3ヶ月間の実証実験の概要と、効果検証の方法論及び実証実験から得られたデータによる効果検証結果を報告するものである。

Key Words : *Regional Transport Information, Information Providing Service, Environment ITS, CO₂ Visualization, Social Experiment*

1. はじめに

昨今、地球温暖化問題が深刻さを増す中、様々な分野で温室効果ガスの削減に向けた対策が行われている。我が国では、CO₂排出量のうち運輸部門からの排出量が約18%を占めており¹⁾、地球温暖化問題をはじめとする環境問題の解決が大きな課題となっている。自動車交通の分野では、ICT技術などの活用によるCO₂排出量削減を目的とした実証実験が豊田市などで行われており、自家用自動車から公共交通への利用転換などの行動変容が推進されている²⁾。しかし、既往の実験における課題として、地球環境問題への意識が低い市民層に対する訴求力が不十分であることが挙げられる。

このような背景の下、本研究では、時空間で変化する交通状況から発生するCO₂排出量などを市民にとって理解しやすい形で“見える化”し、交通行動を含む生活活動に役立つ情報（生活活動情報）として提供することで、市民の意識改革を後押しし、環境に配慮した行動への変容を広く促すことを目的としたシステムの研究開発を実施してきた³⁾。システムは概成しており、実証実験による効果検証段階まで至っている。

実証実験の効果については、既往の文献⁴⁾においても報告されており、実験の事前事後比較による評価が実施

されている。実験の効果検証に当たっては、実験モニタの各種行動記録を取得することが必要となるが、既往の実験では、Web上での行動記録システム（以下、Webシステム）やProbe Person端末（以下、PP端末）が使用されている。ここで、WebシステムとPP端末について、各々のメリットを以下に示す。

- ・ システム自体は、インターネット環境があれば利用可能なWebシステムの方が汎用性が高い。
- ・ 取得データは、GPSによる位置情報を取得し、行動に伴って使用されるPP端末の方が正確性が高い。

これらのメリットは、裏を返せば各々のデメリットである。効果検証のためには、より多くの正確なデータ取得が望ましいが、既往の実験におけるPP端末を使用した実験は、数日間程度であり、実験モニタに限定したCO₂削減効果が報告されている。また、モニタを募った実験の場合、環境意識が高い層が対象となり、謝礼が付与される場合もあるため、適切な効果検証には、これらのバイアス除去が必要となる。更に、事業化を見据えた場合、費用対効果といった評価も重要な視点となる。

以上、既往の成果を踏まえ、本稿では、開発したシステムについて、効果検証の方法論を説明し、実証実験から得られたデータによる対象地域全体での効果検証結果を報告する。

2. 研究概要

(1) 研究対象フィールド

本研究の対象地である千葉県柏市は、東京の北東約30kmに位置し、約40万人の人口を擁する中核都市である(図-1)。柏市は千葉県北西部における商業・文化の中心の役割を担っている一方で、主要幹線道路である国道6号及び16号が交差することなどに因る交通渋滞や、CO₂排出などの環境負荷問題を抱えている。

このような状況を鑑み、柏市は全国の市町村では2番目に地球温暖化対策条例を制定するなど、CO₂排出削減に積極的に取り組んでいる。また、2009年6月にはITSモデル都市に選定され、様々な機関が各種研究開発の推進及び各種サービスの事業化・実用化を行う上での協力・調整の場として「柏ITS推進協議会」が設置された⁹⁾。

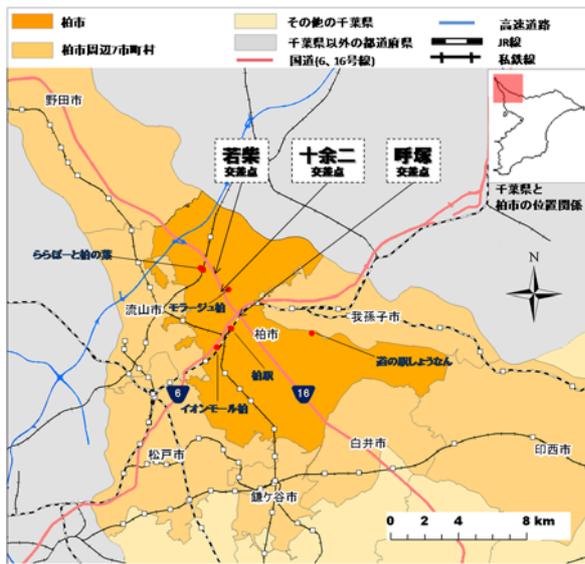


図-1 研究対象フィールド

(2) 研究主体

本研究は、「柏ITS推進協議会」内の第5部会に所属する企業が参画し、総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) ⁹⁾の委託を受け実施した。

(3) システムの概要

本研究で開発した生活活動情報フィードバックシステム(以下、本システム)の概要を図-2に示す。まず、市民の交通行動をモニタリングし(図中A)、プローブや画像データなどの情報を収集する。次に収集した情報をデータベースへ蓄積し(図中B)、蓄積情報から交通シミュレーションを用いてCO₂排出量などを算出し、地図やイメージ映像などわかりやすい形で市民へ情報提供する(図中C)。その結果、市民にCO₂発生状況の気づきを与え、自らの意識改革に基づく行動変容を促そうとする

ものである(図中D)。この仕組みを循環させることで、“気づく”市民を増やし、環境に優しい交通行動を累積させ、環境改善に向かうことを目的としている。

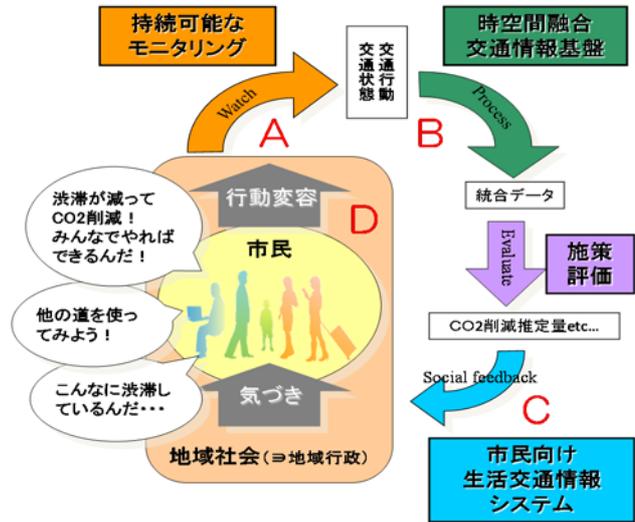


図-2 生活活動情報フィードバックシステムの概要

(4) 提供情報コンテンツ

本研究で地域市民に対して提供した情報コンテンツを図-3及び図-4に示す。大別して6区分13種類のコンテンツを提供しており、提供媒体は、スマートフォンアプリ(以下、スマホアプリ)とパソコンでの閲覧を想定したWebサイト(以下、Web)である。



図-3 提供情報コンテンツ (1/2)



図4 提供情報コンテンツ (2/2)

3. 実証実験の概要

(1) 実験モニタ

実験モニタは、柏市及び周辺7市（松戸、流山、我孫子、野田、鎌ヶ谷、白井、印西）在住者を対象に、①18歳以上70歳未満、②自身の運転で柏市内を自家用車で移動する機会があることを条件としてインターネットを通じて募集し、居住地や年齢、性別、移動目的、自動車利用頻度の他、スマホ所持有無などを考慮した割付を実施し、131名の実験モニタを獲得した。

(2) 実験スケジュール

実験は、2013年9月1日（日）から2013年12月6日（金）の約3ヶ月に渡り、前中後の3期に分けて実施した。前期は、本システムからの情報提供は無く、スマホアプリを使用した実験モニタからの日々の行動履歴の記録（ロギング）のみを実施し、中期から、スマホアプリ及びWebによるCO₂排出に関する情報提供を開始し、後期からは、自身のCO₂削減などに応じてポイントが得られるインセンティブやCO₂削減量ランキングなどのコンテンツを追加した（表-1）。

なお、インセンティブは、モニタを2群に分け、1gのCO₂削減に対するポイント付与レートを2種類（0.05及び0.10円/g-CO₂）設定した。また、モニタには実験参加に対する謝礼（以下、基本謝礼）を別途付与している。

表-1 実験スケジュール

実験スケジュール (計97日間)	前期 9/1~10/10	中期 10/11~11/10	後期 11/11~12/6
実験環境	ロギングのみ	ロギング +情報提供	ロギング +情報提供 +インセンティブ

(3) 実験モニタからの取得データ

実験では、客観データとして、スマホアプリから、モニタの移動軌跡(GPSデータ)や移動手段、移動目的、移動人数などを得た。また、実験前後にアンケート調査を実施し、主観データを得た。事前アンケートは、日常の移動に関する基本的な事項（移動手段及び目的など）や、本システムからの情報提供による行動変容の可能性などの設問で構成し、事後アンケートは、実際の行動変容の有無やシステムの受容性に関する設問の他、行動変容の今後の継続性などの設問で構成した。

4. 効果検証方法

本研究における効果検証フローを図-5に示す。ここではまず、検証方法の全体を概説し、以降、項目毎の算出手法を説明する。

本研究では、実証実験の対象とした地域（柏市及び周辺7市（以下、対象地域））全体でのCO₂削減量を算出するために、交通シミュレーション（以下、交通SIM）を使用した。対象とする行動変容は、公共交通利用、エコルート選択、エコドライブの3種類である。

なお、交通SIMでは、行動変容した車両の直接的な効果の他、行動変容によって渋滞が解消されることで、周囲の車両からのCO₂排出が削減されることによる間接的な効果（以下、相乗効果）も評価した。

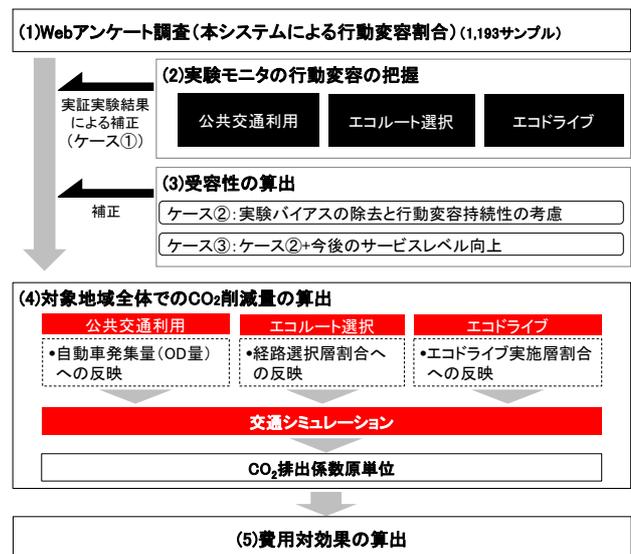


図-5 効果検証フロー

まず、交通SIMのインプットデータに、実証実験で得られた行動変容を反映させる必要があるが、ベースとする行動変容割合は、実証実験とは別に実施した1,000人規模でのWebアンケート調査結果とした。ここで、Webアンケート結果で得られた行動変容割合は、実際に本システムを経験した上での結果ではないため、これを実証実験結果で補正することで、よりリアリティの高い行動変容割合を算出した。更に、将来的な実用化を見据え、実験モニタに付与された基本謝礼による実験バイアスや実験終了後の行動変容持続性、今後のサービスレベル向上といった本システムの受容性を考慮した評価を実施した。また、算出指標はCO₂削減量のみでなく、費用対効果も算出した。本研究での評価ケースを表-2に示す。

表-2 評価ケース一覧

ケース名	ケース説明
ケース①	実験結果の柏地域全体への単純拡大
ケース②	実験バイアスを除外し、実験終了後の行動変容持続性を考慮した場合
ケース③	ケース②に、更に今後のサービスレベル向上を考慮した場合

(1) Webアンケート調査

Webアンケート調査対象者の居住地域や性別、年齢などの割付は、実証実験モニタと同様の構成とし、1,193サンプルを得た。アンケート調査内容は、本システムからの情報提供があった場合の行動変容有無であり、結果を集計し、行動変容項目毎（公共交通利用、エコルート選択、エコドライブ）の行動変容割合を算出した。

(2) 実験モニタの行動変容の把握

実験モニタの行動変容の把握及び評価に用いる行動変

容割合の算出方法について、図-6に示す。まず、行動変容項目毎に、事前アンケートにおいて、「行動変容する」と回答したモニタの内、事後アンケートでも「行動変容する」と回答したモニタの割合を算出する（図中のA%）。次に、行動変容が毎回の移動で実施されているとは限らないため、事前・事後アンケートにて共に「行動変容する」と回答したモニタを対象に、実証実験時の行動変容実施率（＝行動変容実施回数／全移動回数）を算出する（図中のB%）。最後に、Webアンケート調査にて、「行動変容する」と回答された割合にAとBを掛け合わせ、評価に用いる行動変容割合を算出する。

同様の手順で、事前アンケートにおいて「行動変容しない」と回答したが、事後アンケートでは「行動変容する」と回答したモニタを対象とした行動変容割合も算出する。

なお、公共交通利用については、普段から公共交通を利用しているモニタがいるため、情報提供実施後の公共交通利用の増分のみを行動変容実施率として用いた。

(3) 受容性の算出

実験モニタへの事後アンケート設問内容の内、まず、実証実験に対する参加意思を尋ねる設問において、「現状サービスレベルでも謝礼なしで参加意向あり」という回答割合を算出した。次に、「サービスレベルが向上すれば（スマホアプリの操作性など）謝礼なしでも参加意向あり」という回答割合を算出した。最後に、行動変容の持続性について、「情報提供があれば実験終了後も続けても良い」という回答割合を算出した。これらを前節で算出した各行動変容割合に掛け合わせることで、受容性を考慮した行動変容割合を算出した。

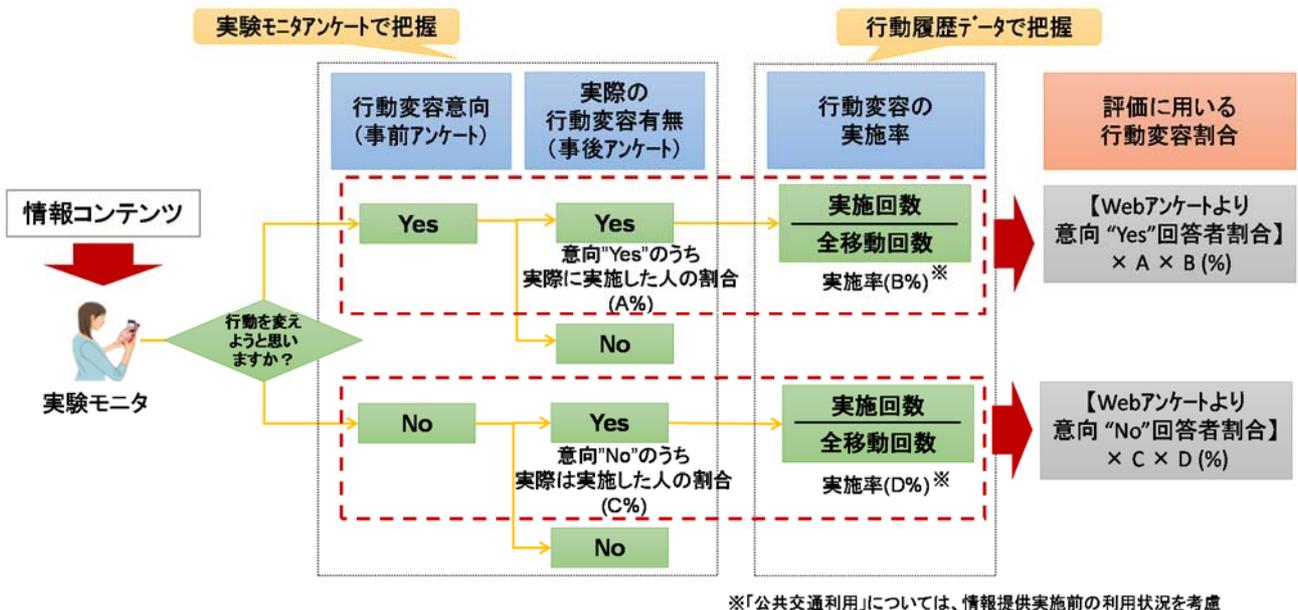


図-6 実験モニタの行動変容の把握及び評価に用いる行動変容割合の算出方法

(4) 研究対象地域全体でのCO₂削減量の算出方法

研究対象地域全体でのCO₂排出量の算出には、交通SIM及び既往の知見によるCO₂排出係数原単位⁷⁾を使用し、CO₂削減量は、交通SIMのインプットデータに、実験による各行動変容割合の反映有無による差分をとることで算出した(図-7)。

インプットデータへの行動変容割合の反映方法について、公共交通利用は、交通SIMにインプットする自動車発集量(OD量)を、実験から得られた公共交通利用の行動変容割合に応じて削減することで反映した。エコルート選択及びエコドライブについては、交通SIMにおける経路選択層割合(CO₂排出量最小経路を選択する層)及びエコドライブ実施層割合を、各々の行動変容割合に応じて増加することで反映した。

なお、エコドライブによるCO₂削減量については、本研究で使用した交通SIMから直接算出することが困難であったため、交通SIMから算出されたエコドライブ実施層のCO₂排出量に対し、既往の知見⁸⁾によるエコドライブ実施時のCO₂削減割合(本研究で対象とした“ふんわりアクセル”及び“加速・減速の少ない運転”による削減効果の合算値:13.1%)を乗じることで算出した。

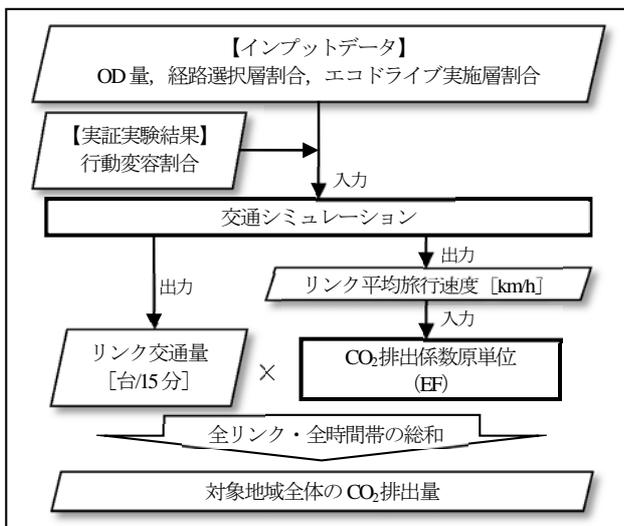


図-7 対象地域全体のCO₂排出量算出フロー

(5) 費用対効果の算出手法

費用対効果の評価として、費用便益比(Benefit/Cost)を算出した。評価の概念図を図-8に示す。評価期間は5年とした。

a) 便益の算出

社会的便益は、CO₂削減便益と走行時間短縮便益、走行経費削減便益(燃料節約のみ)を評価した。

まず、CO₂削減便益については、CO₂削減量にCO₂貨幣価値(2,891円/t-CO₂⁹⁾)を乗じて算出した。次に、走

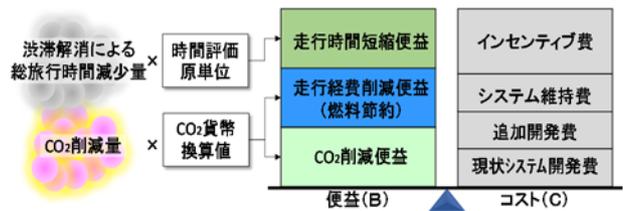


図-8 費用対効果の概念図

行時間短縮便益は、交通SIMから算出した乗用・貨物車類別の総旅行時間に時間評価原単位を乗じて算出した。なお、時間評価原単位は、費用便益マニュアル⁹⁾における4車種(乗用車、バス、小型貨物車、普通貨物車)の時間評価原単位を、H17センサスの柏市における車種別台キロで按分し、2車種の時間評価原単位を算出した。最後に、走行経費削減便益(燃料節約のみ)については、乗用車類の使用燃料をガソリン、貨物車類を軽油とし、燃料本体価格と燃料単位当たりのCO₂排出量から、1g-CO₂の燃料価格を算出し、CO₂削減量に乗じて算出した。ここで、本研究における実証実験の対象が自家用車であったことから、各行動変容による相乗効果以外は乗用車類を対象として算出し、相乗効果は乗用車及び貨物車類を対象として算出した。なお、燃料本体価格は、石油製品価格調査(経産省)¹⁰⁾より千葉県平均値を算出し、レギュラーガソリン89.87円/L、軽油91.29円/Lとした。

b) コストの算出

まず、現状システム開発費は、本システムの研究開発費(本研究開発期間3カ年の総額)とし、サービスレベル向上のための追加開発費は、本システム研究開発費の単年平均とした。次に、システム維持費は、人件費を除いた本システムの維持費(センサー類やサーバー費など)である。最後に、インセンティブ費は、本研究にて適用したインセンティブ費(0.05及び0.10円/g-CO₂)でCO₂削減量を除すことで算出した。

5. 効果検証結果

(1) 取得データ

約3ヶ月間の実験期間を通し、トリップベースで11,208サンプル、総移動距離96,222 kmのデータを取得した(平均トリップ長:約8.6 km)。ユニークユーザーベースでは、約50人/日であり、アプリ利用回数は、インセンティブが付与された実験後期に増加傾向が見られる(表-3)

表-3 ユニークユーザー数及びアプリ利用回数の推移

	実験前期 (40日間)	実験中期 (31日間)	実験後期 (26日間)
ユニークユーザー数 (人/日)	52	46	55
アプリ利用回数(回/日)	103	103	150

(2) 行動変容割合の算出結果

4.(2)の手法にて算出した各ケース（表-2）の行動変容割合結果を表4に示し、その内、ケース①のみ図-9に示す。ここで、インセンティブ（低）は0.05円/g-CO₂、インセンティブ（高）は0.10円/g-CO₂である。また、平日のみを対象とした結果である。

結果、インセンティブを付与することで、各行動変容の割合に増加傾向が見られる。ただし、行動変容別で傾向に差が見られ、特に公共交通利用については、ケース①ではインセンティブ高低に対する感度は見られない。これは、“行動変容のし難さ”によるものと推察される。

表-4 ケース別行動変容割合算出結果（単位：％）

A：情報提供のみ，B：情報提供+インセンティブ（低），C：情報提供+インセンティブ（高）

		公共交通利用	エコルート選択	エコドライブ
ケース①	A	3.1	3.5	9.2
	B	5.1	5.4	11.1
	C	5.0	7.4	20.6
ケース②	A	0.8	0.9	2.6
	B	0.9	1.5	2.0
	C	2.6	3.2	5.9
ケース③	A	1.2	1.4	3.8
	B	1.4	2.2	3.1
	C	3.8	4.7	8.8

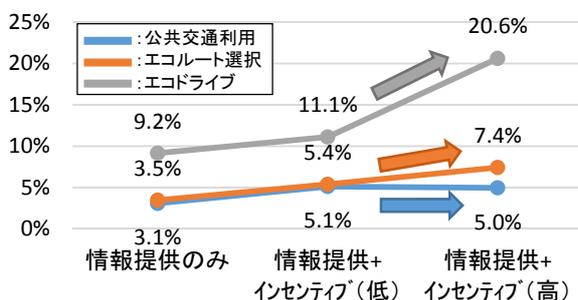


図-9 行動変容割合算出結果（ケース①）

(3) CO₂排出削減量の算出結果

各ケースのCO₂排出削減量算出結果を図-10に示す。本研究では、柏市の地球温暖化対策計画¹⁰を踏まえ、対象地域全体からのCO₂排出量を8%削減することを目標とした（図中赤破線）。

ケース①では、インセンティブの有無に関わらず、10%以上の削減が見られ、大幅に目標を達成している。ケース②では、インセンティブ（高）を付与することで削減目標を達成し、ケース③では、情報提供のみでは目標は達成しないが、インセンティブを付与することで目標を達成する結果となっている。

ここで、CO₂排出量の削減効果について、行動変容項目毎の寄与度を算出した結果を図-11に示す。寄与度としては、公共交通利用が最も高く、約38%となっている。

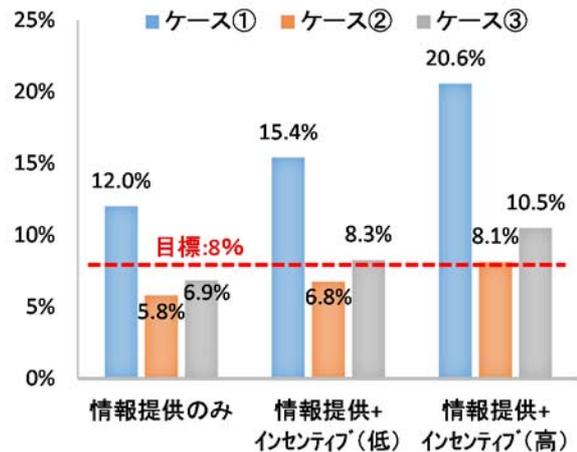


図-10 CO₂排出量削減効果

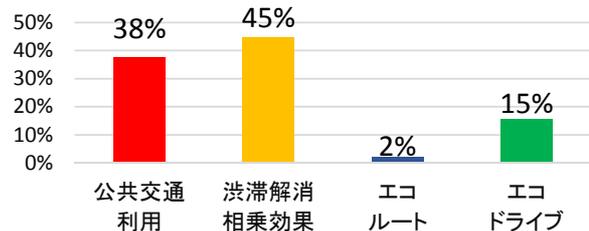


図-11 CO₂排出削減効果の行動変容項目毎の寄与度（ケース②「情報提供のみ」）

特筆すべきは、渋滞解消による相乗効果であり、約45%の寄与度となっている。

(5) 費用対効果の算出結果

4.(5)の手法にて、費用便益比（B/C）を算出した。

本稿では、本システムの今後の実用化を見据えた分析として、ケース②（実験バイアスを除外し、実験終了後の行動変容持続性を考慮した場合）とケース③（ケース②に、更に今後のサービスレベル向上を考慮した場合）を比較した結果を示す（図-12）。

まず、便益については、走行経費削減便益が最も大きくなっており、次いで走行時間短縮便益、CO₂削減便益の順となっている。コストについては、インセンティブを付与すると、コストが著しく増加する傾向が見られる。

B/C算出結果については、ケース②の情報提供のみの場合、CO₂削減目標は達成しないが、インセンティブによる追加コストが発生しないため、B/Cは約47と非常に大きい結果となった。次に、ケース②のインセンティブ（高）の場合、CO₂削減目標は達成するが、コストが著しく増加し、B/Cは0.5となった。一方、ケース③のインセンティブ（低）は、同様にCO₂削減目標を達成するケースであるが、B/Cは1.0を上回る結果となった。これは、サービスレベル向上のための追加開発費が必要になるが、インセンティブによるコストがインセンティブ（高）の半分となり、大幅なコスト減となることによる。

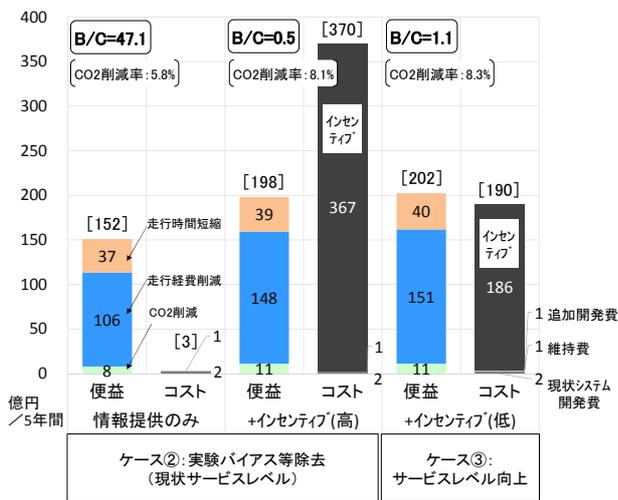


図-12 社会的便益効果の評価結果

6. おわりに

本研究で開発した生活活動情報フィードバックシステムについて、実証実験を実施し、受容性を考慮した上で、交通SIMを用いた対象地域全体でのCO₂排出削減効果及び費用対効果評価を実施した。

本研究の成果として、以下の知見を得た。

- 本システムによる行動変容割合は、エコドライブ、エコルート選択、公共交通利用の順で高く、公共交通利用については、インセンティブを高くしても、効果に上限がある。
- 基本謝礼などの実験バイアスは、本研究では、行動変容割合に対して30~40%程度と算定され、効果検証結果に大きな影響を及ぼす。
- 本研究は、情報提供によるソフト施策であり、道路整備などのハード施策と比較し、開発コストが安価であるため、ケース②の情報提供のみの場合の様に、目標としたCO₂削減効果までには至らないものの、費用便益比は非常に大きく、社会的な価値を得られる可能性が高い。
- CO₂削減量を増大させるには、インセンティブの付与や、サービスレベルの向上があるが、今後の事業化・実用化に向けては、現状サービスレベルでインセンティブに投資するよりも、追加開発によるサービスレベル向上を図ることが、社会的な価値を得るには効率的である。

本研究の実証実験は、比較的長期間に渡り実施したものであるが、モニタ数は十分とは言えない。今後、より多くのモニタからデータを得ることで、例えば属性(居住地特性や移動目的など)に応じた行動変容割合の評価など、より精緻な効果検証の実施が望まれる。

謝辞：本研究は、東京大学次世代モビリティ研究センター (ITSセンター)、(株)アイ・トランスポート・ラボ、アジア航測(株)、(株)オリエンタルコンサルタンツ、(株)国際情報ネット、(株)長大、パシフィックコンサルタンツ(株)、柏市の共同研究として、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) の支援により行われた。

参考文献

- 国土交通省:運輸部門における二酸化炭素排出量, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html
- 豊田市低炭素システム実証推進協議会 HP, <http://www.teitanso-toyota-city.com>
- 小出公平, 池内克史, 牧野浩志, 石名坂賢一, 佐々木政秀:「我が国最先端の ITS を活用した持続可能な街づくり—柏 ITS スマートシティの実現—」, 第 11 回 ITS シンポジウム, 2012.12
- 薄井智貴, 三輪富生, 山本俊行, 森川高行:「Web システムを活用した広域モビリティ・マネジメント実施効果と行動変容の分析」, 土木計画学研究・論文集 Vol.25, pp.1051-1062, 2008.9
- 柏 ITS 推進協議会 HP, <http://www.kashiwa-its.jp/>
- 総務省, 戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)HP, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/scope/
- 国土技術政策総合研究所:自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数 土木技術資料 43-11
- 経済産業省 資源エネルギー庁:エコドライブ推進マニュアル
- 国土交通省:公共事業評価の費用便益に関する技術指針(共通編), <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/13/130206/04.pdf>
- 経済産業省:石油製品価格調査, http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1
- 柏市地球温暖化対策計画(平成20年3月), http://www.city.kashiwa.lg.jp/soshiki/080500/p005074_d/fil/04.pdf

Verification of the Effect of Regional Transport Information Feedback Systems for General Citizens to Change their Travel Behavior

Yuji TAMURA, Hirokazu ICHIKAWA, Akira MITSUYASU, Daisuke OSHIMA, Hiroyuki YAMASHITA, Shintaro ONO, Takashi OGUCHI, Katsushi IKEUCHI