

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月1日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360209

研究課題名（和文） 自転車の視点特性を考慮した情報提示技術の開発に関する研究

研究課題名（英文） Study on informative signage and road markings considering characteristics of bicycle users' eye fixation

研究代表者

山中 英生（YAMANAKA HIDEO）

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授

研究者番号：20166755

研究成果の概要（和文）：自転車の利用と安全を促進するため、サイン等による走行ルール等の情報提示性能（インフォマティビティ）を向上させる手法を開発することを目的として、以下の点を明らかにした。①自転車利用者の視点特性、サイン等への視認特性を分析し、路面標示の優位性を示した。②道路標識のサイズと自転車利用者の認識率を分析し、単独サインでの認識に相当に大サイズの表示が必要なことを明らかにした。③認識率を向上させるため、カラー連続サイン方式を提案し、実験で効果的なサイズと間隔を明らかにし、走行ルールの明示化のためのサインセットの提案を行った。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is development of method for improving the streets' informativity of rules for bicycle users by using street design, signage, and road markings and so on, in order to achieve the promotion and safety of bicycles in urban areas. 1) The characteristics of eye fixation are analyzed, and road marking type have advantage for cyclists. 2) Interpretation of cyclists for different size of sign are analyzed, and as a result, necessity of quite large size marking is found. 3) "Repeat color markings system" is proposed and the effective size and intervals are analyzed by off-road experiment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2011年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2012年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 ・ 土木計画学・交通工学

キーワード：自転車、路面表示、注視特性、サインサイズ、アイマークレコーダ、自転車シミュレータ、社会実験

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化防止や健康増進、地方都市での持続可能な都市交通手段として、自転車の利用促進と安全生向上は焦眉の課題として様々な施策が施行されている。その中で常に議論される課題の一つに、自転車利用者の無

秩序な走行特性の実態がある。様々な形態で整備されている自転車利用空間においても、整備が意図する利用方式に自転車利用者を導くことが難しい事態が多く生じている。歩道を区分して自転車通行位置を指定してもその通りにならない。立派な自転車道を整備

しても歩道が利用されるといった現象である。これらは、教育や周知の面から、看板設置や街頭指導などがなされているが、十分な効果は得られていないのが現状である。

こうした課題の解決策として、現場で効果的に自転車へ情報を伝達し、誘導・制御するための工学的手法が要請されている。

道路標示や標識に対する自動車運転者の認識や挙動に関しては、内外に多くの研究成果が見られるが、自転車に関してはこうした研究はほとんど見られない。海外では自転車は車道空間利用が基本のため、道路標示や標識は大半が自動車用に準拠して設計されている。一方、我が国では自歩道など、歩行者との混在空間を自転車が利用しているため、こうした空間での情報提示も必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、自転車走行中に利用可能な注視点分析装置を用いた実験によって、サイズや掲出間隔の違いによる見込み角、視認時間が自転車視認に与える影響を明らかにするとともに、自転車シミュレータを用いた視認性実験によって、我が国の自転車利用環境（自歩道や自転車レーンでの低速走行環境）に適した自転車用情報提示の基準となる知見を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

情報提示技術のうち、自転車用として用いられている架空看板、地上柱、路面標示を対象として、その視認性の分析から

自転車利用者の視認特性 自転車走行時に装着可能なアイマークレコーダーを用いて、実道路での実験によって、自転車運転者の走行時の注視位置、注視時間の特性を明らかにする。

道路標示の仕様（サイズ、間隔）と自転車利用者の認識率との関係 路面標示について、掲示仕様（サイズ、間隔）と自転車利用者の認識率（マークの適中率、意味理解）との関係を明らかにする。特にマークの注視時間、見込み角と視認性の関係を明らかにする。これによって、自転車速度に応じた適切なマークサイズ、設置間隔を提案する。

カラー連続サインシステムの効果分析 上記のマークサイズ、設置間隔を基準として、自転車の誘導・制御に必要なマークシステム、すなわち通行位置、方向、適正な速度レベル、注意喚起、停止の意味をもつカラー、形状に統一性をもたせたマークセットを提案する。その効果を路上での社会実験で実証する

4. 研究成果

(1) 自転車情報提示技術の分析

① 事例分析

国内外で整備されている自転車の走行誘

導、制御、規制に関わる情報提示技術について、事例を収集した、情報提示物の諸元（サイズ、設置方法、設置間隔、素材、耐久性）について整理分析した。その結果、諸外国では、車道走行中の自転車への情報提示は路面が中心になっているが、視線入射角が小さいため、車道部に用いられている路面表示は大型で縦倍である傾向が見られた。さらに自転車通行帯が設置されている20地区で情報提示性能を評価した結果、新しく整備された例でも不十分な事例が見られた。

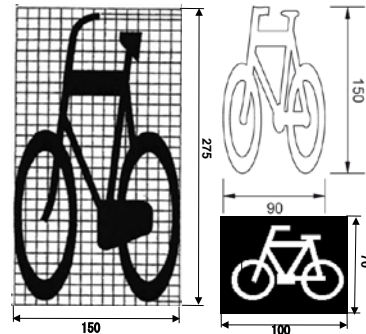


図 オランダ(左)ベルギー(右上)日本(右下)の自転車路面表示

② ビデオ映写を用いた路面表示サイズ検討

そこで、自転車ピクトグラムの判読をどの程度の表示サイズで可能かを実験した。実験サイズは法定表示の70cm×100cmを小、縦寸法が約2倍、3倍を中、大とし、自転車（目線高1.5m）速度12km/h程度で走行しながら、ハイビジョンカメラで俯角10°水平面角40°ワイドモードで撮影した映像をマークからの距離を変更して視聴させ、判読させた。被験者は学生10名、高齢者（60歳以上）10名である。図は判読の正解か否かを以下のロジット式で推定したモデルの結果から速度10、15km/hでの、マークサイズ別距離別の判読率推定値を図に示す。

$$p(\theta, \lambda) = \frac{\beta \cdot \theta^\alpha \cdot \lambda^\delta}{1 + \beta \cdot \theta^\alpha \cdot \lambda^\delta}$$

見込み角 θ 、見込み角の変化速度 $\lambda (= \theta / t)$ p 判読確率

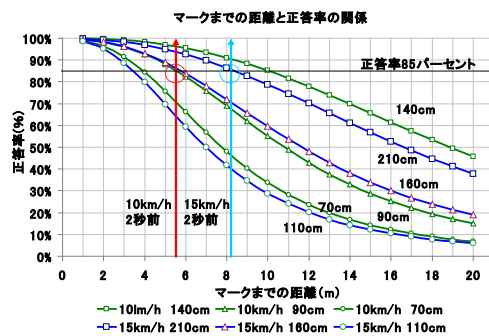


図 距離・サイズ・速度別の判読正答率

速度 10km/h でマーク縦寸法が 70cm (法定サイズ) では、マークまでの距離が 3.5m, すなわち到達まで 1 秒の位置で 85%程度が視認できる。一般に必要とされる反応時間の 2 秒手前でとすると 10km/h で 85%に視認させるには縦寸法 90cm が必要となる。時速 15km/h では、2 秒前の 8.3m 手前で 85%が判読できる縦寸法は 210cm となる。この大きさはオランダの基準と同等であるが、このような大型サインは設置は相当に難しいことがわかる。

(2) 自転車走行時視線挙動の特性分析

①自転車移動時視線分析システムの開発

アイマークレコーダーと姿勢センサーを用いて自転車走行時の視線を分析できる計測システムを構築した。既存開発のプローブサイクルシステムに加えて、アイマークレコーダー、頭部姿勢を自動計測する姿勢センサを組み合わせて、自転車走行時の視線挙動を速度等の走行状況と同時に計測できる。

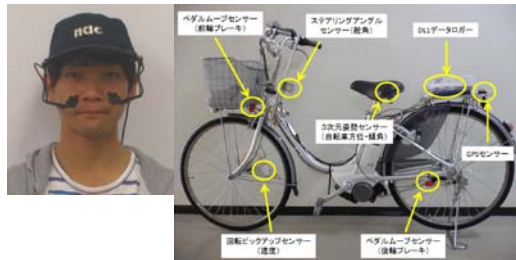


図 自転車移動時視線分析システム

②サイン視認挙動実験

上記の装置を用いて、架空看板、看板柱、路面表示による自転車誘導施策が実施されている徳島市および岡山市において被験者を走行させ、視点特性を調査した。自転車走行時の注視点の距離分布、路面、側方、前方、情報提示物ごとの注視時間分布の基礎情報を計測するとともに、自転車サイン種別に対する被験者の評価を確認した。この結果、以下の特性が明らかになった。

- ・自転車走行時の視線方向は沿道、前方の遠方、路面の時間割合で約 70%で、路面を注視時の注視点までの距離は 10m 以内が 57%を占めており、サインなどの対象物は 10m 以内で認知していると考えられる。
- ・サイン注視特性を見ると、路面表示は近傍での注視率が高く、評価が高く、最も情報提示性の高く、路線途中に連続設置することが効果的である。
- ・看板柱は、近傍ほど注視されるが、路面標示に比して視認性が高くなく、速度が低下する文節部での設置が効果的である。
- ・架空看板は、遠方からのみ注視される傾向があり、交差点横断前など遠方から見られる地点の設置が効果的である。

種別	形状	
架空看板 / 看板柱	徳島	岡山
ピクト		
	徳島	岡山
路面表示	矢羽根	
	岡山 自転車道	岡山 自転車レーン
文字		

図 分析対象とした自転車誘導サインの種別

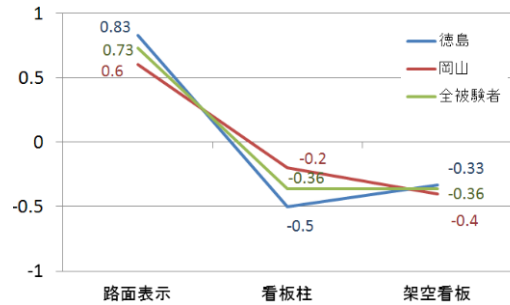


図 自転車誘導サインの被験者評価

③自転車レーン区間での分析

芦屋市の自転車レーン設置区間において、視線計測を行い、サイン表示、注意行動における視線挙動を分析した。一例として、刺激率が多いほど注視率が高まる傾向が明らかになり、サインの繰り返し設置の有効性が示唆されている。

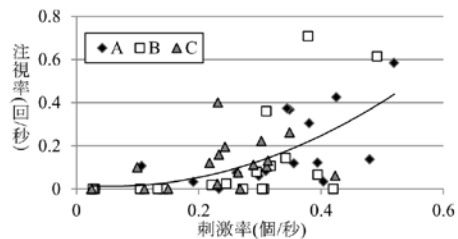


図 刺激率と注視率の関係 (尼崎市)

④高齢者の視線特性

高齢者と若年者の視線特性を比較分析した。これによると、高齢者は若年者に比べて

路面など上下方向へ視線分布が集中する傾向があり、交差点部でも若年者が水平方向への注視が増加するのに、高齢者ではその傾向が低いことが見られ、高齢者には路面部に車両進入方向への注意を促す表示の工夫が必要であることが明らかになった。

(3) 走行シミュレータによる判読実験

① 自転車走行シミュレータの構築

視野角左右 170 度、上下 45 度の広視野を提示できる自転車走行シミュレータシステムを構築した。サイン形状、位置、サイズ、設置個数を多様に変化させ、任意の走行位置からサインの見え方を再現できるため、実道路では不可能な視点特性を計測できる。



図 自転車走行シミュレータ

② 走行指示サインの視認性実験

研究者らは走行指示サインとして図のように手前サインで意味を理解し、先に連続するサインを認識して意図の継続を理解するというカラー連続型路面表示システムの有効性を提案していた。本研究では、車道部に設置する路面表示のサイズ、繰り返し数、設置間隔を変化させ、判読性を評価した。

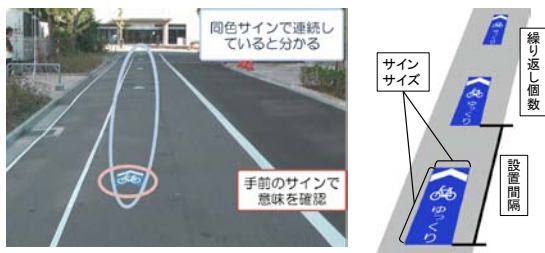


図 カラー連続型路面表示システム その諸元

サインの 15m 手前から、最終サイン直前まで車道走行時の動画を被験者に視聴させ、サインの内容を選択肢から選ぶ判読実験を実施した。被験者は若年者 12 名、高齢者 12 名で速度は 2 種類で実施した。なおサイン以外を走行中注視するように、画面に 1 秒間隔で 1 桁の数字をランダム表示し、声を上げて読み上げるという心理負荷を与えた。各ケースの判読率として、文字以外が正解、全要素が正解の二通りで比較した。その結果

・文字を除く判読率は全要素の判読率より高い。高齢者は若年者より判読率が低い。速度

が高くなると判読率が下がる。これらは、サインサイズが小さいほど差が大きくなる。

・繰り返しを増やすと判読率が高くなる傾向は顕著である。一方で、繰り返しは同じ場合、設置間隔が狭すぎると（4 個 15m 間隔など）判読率が落ちる。

この結果からは

・矢印とピクトグラムのみでの判読を考えると、サイズ 40cm×132cm、設置個数 3 個、設置間隔 20m が判読率 60%以上となり、必要最小限の諸元と言える。

・矢印とピクトグラムに加えて、文字の判読を要件とする場合は、高齢者はサイズ 60cm×198cm と 4 個以上の設置個数が必要である。自転車の速度の影響を考えると、18km/h では、若年者でもサイズ 40cm×132cm、設置個数 8 個、設置間隔 15m が必要となった。

・全体としては、大サイズ（60cm 幅）のサインを 6 個以上繰り返した場合に、問題ない判読となることがわかった。

表 走行指示路面表示サインの判読率結果

サイズ	記号	個数	設置間隔	マークとピクトの判読率(%)				全要素判読の判読率(%)					
				全体	12 km/h	18 km/h	若年者	高齢者	全体	12 km/h	18 km/h	若年者	高齢者
300mm x 990mm	S1	2	30m	45.7	60.9	30.4	50.0	41.7	19.6	39.1	0.0	27.3	12.5
	S2	3	20m	45.7	39.1	52.2	54.5	37.5	15.2	17.4	13.0	22.7	8.3
	S3	4	15m	45.7	56.5	34.8	50.0	41.7	41.3	52.2	30.4	50.0	33.3
	S4	4	30m	63.0	82.8	43.5	72.7	54.2	34.8	56.5	13.0	40.9	29.2
	S5	6	20m	65.2	78.9	52.2	81.8	50.0	54.3	73.9	34.8	62.2	41.7
	S6	8	15m	60.9	60.9	60.9	62.2	54.2	41.3	47.8	34.8	54.5	29.2
400mm x 1320m	M1	2	30m	43.5	52.2	34.8	50.0	37.5	30.4	43.5	17.4	31.8	29.2
	M2	3	20m	73.9	73.9	69.6	77.3	70.8	56.5	60.9	52.2	72.7	41.7
	M3	4	15m	56.5	69.6	43.5	72.7	41.7	45.7	60.9	30.4	62.2	25.0
	M4	4	30m	54.3	52.2	56.5	72.7	37.5	47.8	52.2	43.5	62.6	33.3
	M5	6	20m	58.7	73.9	43.5	63.6	54.2	52.2	73.9	30.4	58.1	45.8
	M6	8	15m	71.7	73.9	65.2	90.9	54.2	69.6	73.9	60.9	90.9	50.0
600mm x 1980m	L1	2	30m	41.3	34.8	47.8	50.0	33.3	37.0	30.4	43.5	40.9	33.3
	L2	3	20m	63.0	69.6	56.5	81.8	45.8	54.3	65.2	43.5	81.8	29.2
	L3	4	15m	54.3	52.2	56.5	77.3	33.3	52.2	52.2	52.2	72.7	33.3
	L4	4	30m	87.0	87.0	87.0	90.9	83.3	82.8	82.8	82.8	90.9	75.0
	L5	6	20m	82.8	73.9	87.0	100	66.2	82.8	73.9	87.0	100	66.2
	L6	8	15m	84.8	73.9	81.3	100	70.8	84.8	73.9	81.3	100	70.8
				49	49%以下		59	50-59%		69	60-69%		
				79	70-79%		88	80%以上					

③ 案内サインの視認性実験

案内サインは交差点部に置かれることが多いため、維持コストのかかる路面表示だけでなく、看板柱や架空看板形式の利用も考えられる。そこで、架空型、柱型、路面型の案内サインについてサイズ、掲出位置が視認性に与える影響を分析した。若年者・高齢者それぞれ 6 名に対して、一定の視認範囲の映像をシミュレータで掲出して、内容の判読ができていないかどうかを確認している。この結果、柱型サインサイズ 150mm×600mm、高さ 1500mm がピクトサイン、矢印、文字の全項目での判読率が 80%以上あり、設置性やコストからみて、案内サインとして最適と言えることが明らかになった。この形式は現在奈良県の自転車観光ルートの案内サインとして実際に採用され、整備が進んでいる。

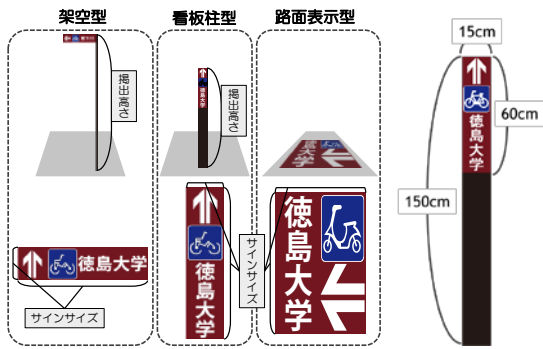


図 自転車用案内サインの形状 最適な形状

(4) サインセットの提案と今後の課題

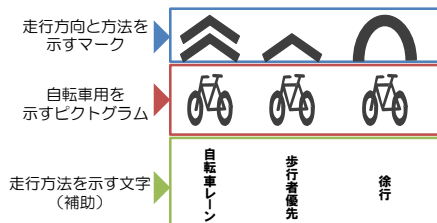
①路面表示セットの提案

代表者が委員として参画している国土交通省、警察庁による、自転車走行空間整備のガイドラインでは、自転車の走行ルールを現場で適切に示すため、法定外のピクトグラムや自転車マーク、カラー表示の活用必要性を指摘している、

本研究では、カラー連続型路面表示サインシステムを基本として、図のように自転車の通行位置、方向、適正速度の意味をもつサインデザインを提案した。こうした施策の具体化のため、走行指示、注意喚起の路面表示セットの採用・整備について市町村への働きかけを進めている。

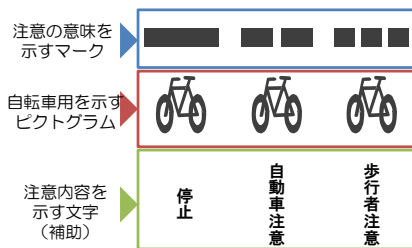
走行指示路面サイン

1. サインタイプ：路面型
2. サインシステム：車道・自転車レーン・通行位置指定・徐行



注意喚起路面サイン

1. サインタイプ：路面型
2. サインシステム：停止、自動車注意、歩行者注意



②今後の課題

マークセットを用いてシミュレータによる自由走行での効果を実証することや、実環境での効果計測が今後の課題として残っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 37 件)

- ① 井上賢, 山中英生: 自転車用案内サインの形状・サイズと判読性の評価実験, 交通工学 研究発表会 論文集, Vol. 32, pp. 463-466, 2012, 査読有
- ② 山中英生: 交錯指標による自転車・歩行者混合交通サービスレベル評価方法と分離必要度の分析, 土木学会 論文集 D3, Vol. 68, No. 1, pp. 49-58, 2012, 査読有
- ③ 相知敏行, 山中英生, 北濶弘康, 神田佑亮: 自転車走行時の注視分析とサイン種別の評価, 土木学会 論文集 D3, Vol. 68, No. 5, 2012, pp. I-909-I-916, 査読有
- ④ 鈴木美緒, 吉田長裕, 山中英生, 金利昭, 屋井鉄雄: わが国の地方自治体における自転車走行空間整備政策の動向, 土木学会 論文集 D3, Vol. 68, No. 5, 2012, pp. I_867-I_881, 査読有
- ⑤ 金利昭: 自転車走行空間に係わる三つの評価手法の適用性比較-BCC・満足度評価・ストレス計測手法, 交通工学, Vol. 47, No. 4, 2012, pp. 10-15, 査読有
- ⑥ 山中英生: 自歩道における自転車通行空間分離施策の分析, 徳島駅前地区 192 号の施策事例から, 交通科学, Vol. 42, No. 2, pp. 7~14 頁, 2012, 査読有
- ⑦ 大川高典, 吉田長裕, 日野泰雄, 内田敬: 自転車乗用時の走行環境に対する視認特性と挙動に関する実験的研究, 土木計画学研究・講演集 No. 43, CD-ROM, 2011 査読無
- ⑧ 亀谷友紀, 山中英生: 自転車通行空間におけるカラー連続型路面サインの効果分析, 交通工学 研究発表会 論文集, Vol. 30, 2010, pp. 317-320, 査読有
- ⑨ 金利昭, 木梨真知子, 根本奈央子: 新しい自転車走行空間の受容性と整備戦略に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No. 41, 2010, 査読無

[学会発表] (計 60 件)

- ① Kanda Yusuke, Hideo Yamanaka: An analysis of cyclists' eye direction behavior utilizing for appropriate sign design and allocation for bicycle and pedestrian, Asia-Pacific Cycle Congress 2013, 2013.3.12, Gold Coast Convention and Exhibition Centre (Australia)
- ② Hideo Yamanaka: What is the future of Galapagos of bicycles? Visions on bicycle friendly streets and their network planning in Japan, Asia-Pacific Cycle Congress 2013,

2013.3.11, Gold Coast Convention and Exhibition Centre (Australia)

- ③ 岡田卓也, 吉田長裕:路面表示による自転車通行帯選択に関する画像実験, 第46回土木計画学研究発表会, 2012. 11. 3, 埼玉大学(埼玉県)
- ④ Takanori OKAWA, Nagahiro YOSHIDA, Yasuo HINO, and Takashi UCHIDA:An Experimental Study on the Relationship between Visual Information and Behavior for Bicycle Facility Design, The 5th International Conference on Traffic and Transport Psychology, 2012.8.30, University Medical Centre Groningen (the Netherlands)
- ⑤ 相知敏行, 山中英生, 神田佑亮:サッカーDを用いた自転車走行者の誘導サインに対する視線挙動分析, 土木計画学研究発表会第44回, 2011. 11. 27, 岐阜大学(岐阜県)
- ⑥ 山中英生:自転車走行誘導のための路面標示に関する実験分析, 第29回日本道路会議, Vol.29, 2011. 11. 2, 都市センターホテル (東京都)
- ⑦ 神田佑亮, 北瀬弘康, 阿部宏史, 橋本成仁, 山中英生:自転車乗車中の注視特性を考慮した自転車走行空間上の案内誘導方策に関する一考察, 土木計画学研究発表会第43回, 2011. 5. 29, 筑波大学(茨城県)
- ⑧ 相知敏行, 山中英生, 北瀬弘康, 神田佑亮:自転車走行時の注視分析とサイン種別の評価, 土木計画学研究発表会第43回, 2011. 5. 29, 筑波大学(茨城県)
- ⑨ 井上賢, 山中英生, 辻本尚樹, 竹林義之, 小松 順, 河村成人, 竹之内篤:自転車ルートにおける案内注意サインの視認性評価, 土木計画学研究発表会第43回, 2011. 5. 29, 筑波大学(茨城県)

[図書] (計5件)

- ① 山中英生:自転車通行空間・計画整備事例集, 土木学会自転車政策研究小委員会編, 土木学会, 2012, 350頁
- ② 金利昭編著:生体ストレス指標を用いた道路交通環境の評価手法に関する研究, 日本交通政策研究会, 2012, 75頁
- ③ 山中英生, 小谷通泰, 新田保次:自転車による交通戦略とその課題, 学芸出版, 2011.10.1, 電子出版: http://binb-store.com/index.php?main_page=product_info&products_id=13612

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山中英生 (YAMANAKA HIDEO)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
研究者番号: 20166755

(2) 研究分担者

金利昭 (KIN TOSHIAKI)
茨城大学・工学部・教授
研究者番号: 40205050

吉田長裕 (NAGAHIRO YOSHIDA)
大阪市立大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 20326250

奥嶋政嗣 (MASASHI OKUSHIMA)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授
研究者番号: 20345797

真田純子 (JUNKO SANADA)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・助教
研究者番号: 60452653

(3) 連携研究者

()

研究者番号: