

高低差とコーナーを考慮した 自動車ツーリング向けのルート選定支援

小椋 恵太¹ 丸山 一貴²

概要: 自動車やオートバイ、自転車の運転を楽しむ手段としてツーリングがある。ツーリングでは、運転していて楽しい道や景色のよい道など、ユーザー自身が好むようなルートを選定し運転する。ルートを選定のためにユーザーは一般的なナビゲーションシステムのルート検索機能などを利用する。しかし、ユーザーにとって楽しいルートであるかは個人差がある。例えば、運転操作そのものを楽しめるような道を好むユーザーに対して直線の長いルートを提示したり、日常的に走行している直線の多い道を好むユーザーに対してコーナーの多いルートを提示することは、運転を楽しむという目的には不適切である。本研究では、この問題を解決するためにコーナーと高低差を考慮したルート評価の尺度を提案する。この尺度を利用することで、ユーザー個人の好みに合わせたルート进行评估することができる。尺度を利用する前段階として、このルート評価機能の評価値についてアンケートを用いた実験を行い、有効性を検証した。

1. はじめに

自動車やオートバイ、自転車の運転を楽しむ手段としてツーリングがある。ツーリングでは観光地など、決まった目的地まで運転することが多い。ツーリングは1人だけではなく、2~3人程度の仲間と行うことがある。仲間とのツーリングでは、通話などをしながら道中の景色や出来事を共有する。オートバイのツーリングは5人以上の大人数で行うこともある。自動車のツーリングでは、オートバイに比べ仲間とはぐれやすく、はぐれた際の合流の難しさから心理的な負担が大きい。そのため、自動車のツーリングは少人数で行われることが多い。それに対し、これまでの研究 [1] では、ツーリングで仲間とはぐれた際の合流の難しさに対し、合流地点を自動選定することで、道をはぐれでも容易に合流できるシステムを実装した。

合流地点の自動選定により、大人数での自動車ツーリングが行えるようになったが、次なる課題にユーザー個人が好むルートが選定できない問題がある。ツーリングでは、運転していて楽しい道や景色のよい道など、ユーザー自身が好むようなルートを選定し運転する。ルートを選定のためにユーザーは一般的なナビゲーションシステム [2] のルート検索機能などを利用する。一般的なナビゲーションシステム [2] では、距離や、時間、料金、渋滞の有無などの交通事情を評価の尺度として利用する。しかし、ツーリン

グでの利用を考えたとき、距離や、時間、料金、渋滞の有無だけではなく、運転していて楽しい道を評価の尺度とすることが望ましい。ツーリングにおける運転していて楽しい道とは一般的に、運転操作そのものを楽しめるような道である。本研究では、このような道を非日常的な運転ができる道と呼ぶ。このような道はコーナーが多く、高低差が大きい、ツーリングスポットとしてよく選ばれる。しかし、このような道であっても、ユーザー個人にとっては好ましくない場合もある。例えば、同乗者との会話を楽しみながら移動したいユーザーであったり、車酔いのするユーザーが乗車している場合である。このようなユーザーは、日常的に走行している直線の多いルートや高低差の少ない道を好む。ユーザー個人にとって好ましくないルートでツーリングを行うことは、運転を最大限に楽しむことができないため望ましくない。

本研究では、自動車でのツーリングを対象に、ユーザー個人の好みに合わせたルート評価値の提案を目的とする。ルートの評価には、コーナーや高低差をルート評価の尺度として利用する。ユーザー個人の好みに合わせたルートを提示することで運転を最大限に楽しむことができるようになる。

2. 関連研究

藤ら [3] は、ファジィ AHP を用いてユーザー個人が好みに合わせてルートを選定する手法を提案している。この手法におけるユーザー個人の好みとは、直線の多さ (右左折

¹ 明星大学大学院 情報学研究所

² 明星大学 情報学部

の少なさ), 道幅の広さ, 信号の少なさ, 走行距離の短さ, 渋滞の有無, 通行料金の安さである. このユーザー個人の好みをアンケートからファジィ AHP を用いて評価し, 好みに合わせた適切なルートを提示する. 藤原 [3] の研究では, 普段の運転における好みのみに合わせており, 普段から走行するようなルートを好むユーザーと非日常的な運転を楽しめるようなルートを好むユーザー両方の好みに合わせている本研究とは対象が異なる.

ツーリングサポーター [4] はオートバイのツーリング向けにルート提示を行うナビゲーションシステムである. ツーリングサポーターはツーリング向けに景観重視のルート検索が行える. また, 有名なツーリングロードを目的地に設定することもできる. しかし, 景観重視のルート検索だけでは個人の好むルートを走行できるとは限らず, コーナーの多さや高低差についても考慮されることが望ましい.

森下ら [5] は, 自転車のツーリングにおいて個人の能力に合わせたルートの選定を行っている. 本研究では過去の走行ルートから評価値を得ることを予定しており, 過去の走行ルートから情報を得るという点では同じであるが, 走行ルートからユーザーの好みを得るのに対し森下らの研究では運動能力を推定するという点では異なる.

3. 提案手法

既存のナビゲーションシステム [4] でも, 景色のいい観光地を通るようなルートなどを提示することができる. しかし, これらはユーザー個人が好む道を選んでいるわけではなく, 場合によってはユーザーの好まないルートを提示することもある. 例えば, 車酔いするユーザーに対し, ワインディングロードを通るルートを提示してしまう場合や, ワインディングロードを好むユーザーに直線の続くルートを提示してしまう場合である. 本研究では, この問題に対し, ユーザー個人が好む道に合わせるようなルート評価の尺度を提案する. ユーザーの好みは, 景観, コーナー指数や, 高低差, 道幅, 車線数, 交通量の多さなどが挙げられる. その中でも, 後述するコーナー指数や, 高低差, 交通量の多さに関しては運転の楽しさそのものに大きく影響する. そのため本研究では, 既存のナビゲーションシステム [4] で, あまり考慮されていないコーナー指数と高低差を合わせた値をルート評価の尺度の 1 つとして利用する. 本研究では, コーナー指数を, コーナーの多さや深さに対する指数として定義し, 具体的な計算方法は第 4 章で述べる. コーナー指数が大きい道とは, ワインディングロードのように一定以上の角度のコーナーが多い道であることを示す. 高低差はある点からある点までの高度の差であり, ルート上の高低差の絶対値を合算することで高低差の評価値とする. 交通量に関しては, 実装で使用している Google Maps Platform でも表示は可能だが, その値を取得することはできないため本研究では利用しない.

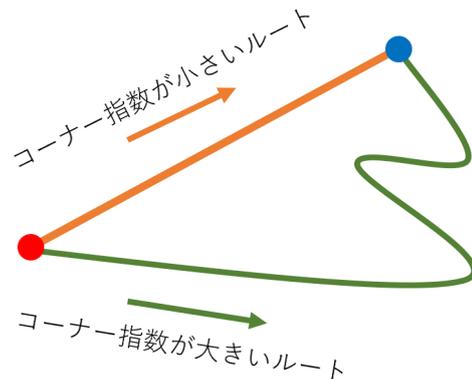


図 1 コーナー指数によるルートの違い

評価値は, 式 (1) に示すコーナー指数と高低差に重みを付け, 合算した値 S を利用する.

$$S = CW_1 + HW_2 \quad (1)$$

C はコーナー指数である. W_1 はコーナー指数に対する重み付けである. H は高低差である. W_2 は高低差に対する重み付けである.

本研究では, これまでに走行したルートの評価値 S の平均 (以下, ベース評価値という) と, ルートの候補それぞれの評価値を比較することを予定している. ベース評価値が低いユーザーは普段から直線の長い道を, ベース評価値が高いユーザーはコーナーの多い道を普段から走行していることが分かる. このベース評価値に最も近い評価値のルートを選定することでユーザー個人の好みに合わせる. 図 1 に示す, 高低差が同じでコーナー指数が小さいルートとコーナー指数が大きいルートがあったとき, ユーザー個人が好むルートを自動で選定できる.

4. 実装

本研究では, これまでの研究 [1] で使用してきた合流支援のアプリケーションにルート評価機能を実装する. 合流支援のアプリケーションでは, はぐれたかどうか, 合流場所はどこにするかを処理するためにツーリング参加者全員の現在位置を取得する必要があった. そのため, ツーリング参加者全員が同じアプリケーションを使用することが望ましいため, 容易に利用できる Web アプリケーションとして実装した.

ルート評価機能を実装した Web アプリケーションの構成を図 2 に示す. コーナー指数の評価に Google Maps Platform の Maps JavaScript API を, 高低差の取得に Google Maps Platform の Maps Elevation API を利用する.

コーナー指数は Maps JavaScript API から取得した描画用座標から評価する. 描画用座標とは, Maps JavaScript API 上でルートを描画するために利用される座標である. 実際のコーナー指数は, 地図を画像解析することで求めら

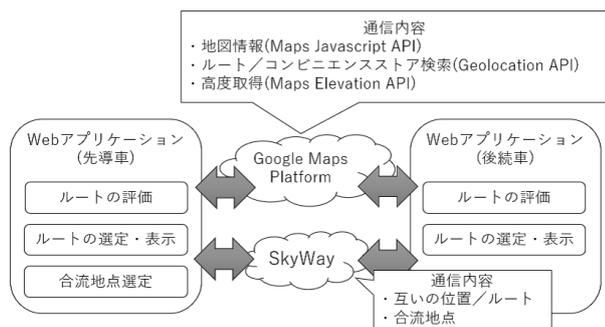


図 2 システムの構成



図 3 コーナー指数の評価例

れるが、本研究では、実装の容易さから描画用座標で代用することとした。図3は、本システムでコーナー指数を評価する例を示している。橙色の点は、描画用座標である。本システムにおけるコーナー指数とは、連続する3つの角の平均が10度を超える5点の組をカウントし、描画用座標の総数*1を除外したものを利用する。図3では、赤の円で囲われている場所がカウントされた組であり、5つカウントされたことを示す。カウントした組が多ければ多いほど、そのルートのコナー指数が強いといえる。例えば、コーナー指数が0.2である場合、描画用座標5点の内1組がコーナーであることが分かる。

本研究における高低差とは、Maps Elevation API から隣接する2点の描画用座標の高度を得て、それらの差の絶対値を合算したものである。しかし、高低差の算出に使用している Maps Elevation API は地面の高度を取得する API であるため、必ずしも道路の高度が取得できるわけではない。例えば、トンネルの中での高度はトンネルの上にある

*1 実際にはルート全体における割合という意味では、ルートの両端で合計4つの描画用座標が母数から除外されるため、描画用座標の総数から4を減じた数で除算する方が正しい。しかし、描画用座標の総数が非常に多いため評価点に与える影響は十分に少ないと考え減じていない。

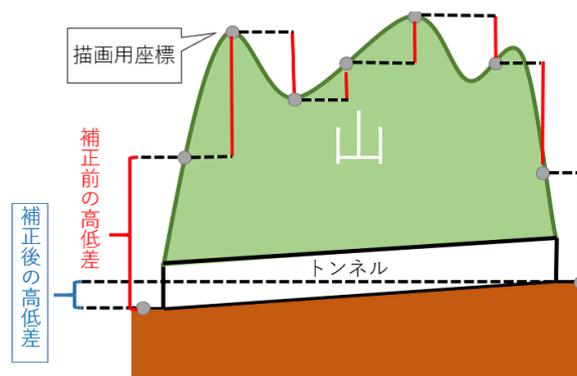


図 4 トンネルにおける高低差補正の例

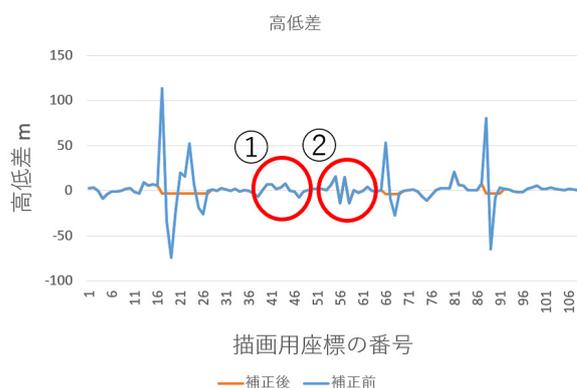


図 5 トンネルにおける高低差補正のグラフ

地面を取得するため、トンネルの両端では高低差が非常に大きくなる。既存のカーナビゲーションシステム [6] では、各種センサーを用いることで構造物内であっても、道路上の高度を取得することができるが、外部プログラムに対して機能が提供されておらず利用することができなかった。また、橋の上では、橋の下の地面の高度を取得するため、橋の両端でも高低差が非常に大きくなる。本研究では、この問題に対し、トンネルの中や橋の上での極端な高低差を検知し、高低差を補正する機能を実装した。図4は、トンネルにおける高低差補正の例である。この図に示す通り、高低差を補正しなければトンネルの上にある地面の高度を取得してしまうため、道路上の高低差が算出できない。そのため急激な高低差が発生した場合、その地点をトンネルとし、高低差を補正する。急激な高低差とは、高低差が50mより高い場合を指す。トンネルの上は整地されていない地形であるため、高低差が大きくなる。トンネルの先は再び整地された道路になり、高低差が小さくなるためそこをトンネルとする。この時のトンネルを出たと判断する高低差は、5m未満としている。

式(1)の重み付けについて、本研究の実装では、実験で使用する5つのルートを参考に W_1 を3.0、 W_2 を0.2とした。この重みづけにより、コーナー指数、高低差がそれぞれ1が最大になるように正規化される。

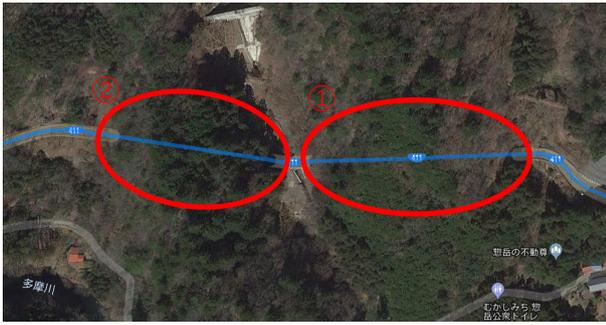


図 6 検知できなかったトンネルの航空写真

5. 実験

ルート評価の尺度は、既存のナビゲーションシステム [4] と同様に 1 つだけではなく、複数の尺度と組み合わせて利用することが多い。今回、本研究では、評価値の有効性を検証するために、他の尺度は組み合わせない。本研究では、システムの評価としてトンネル内での高低差補正機能の評価実験、ルート評価の実験を行った。トンネル内での高低差補正機能の評価実験では、実際のトンネルに対して正しく補正が行われているかを著者自身が確認した。ルート評価の実験では、実験協力者に対してルートの好みに関するアンケートを行い、その結果とルート評価機能の評価値を比較した。

5.1 トンネル内での高低差補正機能の評価実験

図 5 は、実際のトンネルで高低差補正を行った場合と行わなかった場合を比較したグラフである。グラフ内の補正が行われていない箇所では、補正後の線だけが表示されている。補正前ではトンネルの入り口で大きな高低差が発生していたが、補正を行うことでトンネルによる大きな高低差を抑えている。しかし①と②には、図 6 に示すトンネルが存在するが、トンネルの入り口の高低差が低く、その先の斜面も緩やかなためトンネルと検知できず、高低差を補正できていない。

5.2 ルート評価の実験

ルート評価の実験では、5 つのルートについて実験協力者 11 名 (21 歳～51 歳の男性 11 名、うちツーリング経験者は 6 名) に走りたいと思うルートについてアンケートを行った。5 つのルートは、GoogleMap のストリートビューを利用し、コーナー指数や高低差、形状の異なるルートを実験者が選定した。アンケートでは、走りたいと思う順にルートの順位付けを行い、どのような理由でその順位にしたのかを質問した。これらの評価には GoogleMap のストリートビューを利用し、ルート上の景色や状態をよく確認させた。評価に使用したルートを以下に示す。

(1) ツーリングスポットとして有名な有料道路 (図 7)

表 1 ルートの評価値

ルート	コーナー指数	高低差 (m)	評価値
(1)(図 7)	0.288	3.085	1.481
(2)(図 8)	0.105	2.062	0.727
(3)(図 9)	0.304	4.205	1.753
(4)(図 10)	0.138	1.968	0.807
(5)(図 11)	0.093	1.558	0.591



図 7 ツーリングスポットとして有名な有料道路 (1)

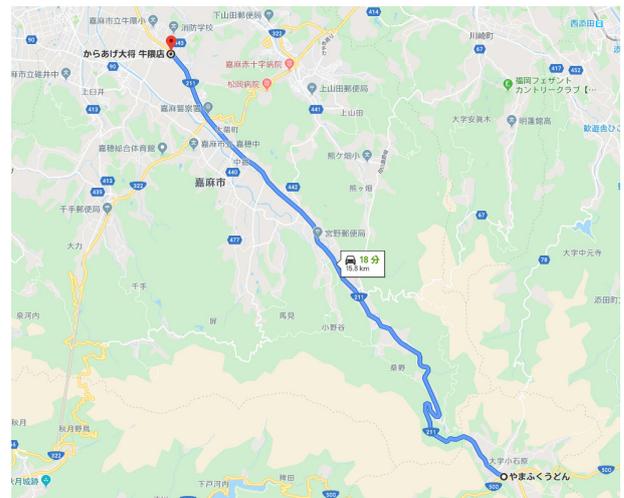


図 8 前半はコーナーが多く、後半は直線の続く道路 (2)

(2) 前半はコーナーが多く、後半は直線の続く道路 (図 8)

(3) コーナーが多く、高低差も大きい峠道 (図 9)

(4) ワインディングが続く峠道 (図 10)

(5) 直線の続く主要道路 (図 11)

本システムから各ルートのコーナー指数と高低差を算出したものを表 1 に示す。表 1 では、(3) が最もコーナー指数が高く、高低差が大きいので、評価値が高いことが分かる。

アンケートの結果を表 2 に示す。表内のコーナーや高低差を好むかは、質問内でコーナーや高低差を好意的に評価していたかどうかから判断した。ツーリング経験の有無でコーナーや高低差の好みが変わらないことが分かる。ま

表 2 実験協力者の評価

実験協力者	1位	2位	3位	4位	5位	景観を考慮	ツーリング経験あり	コーナーを好む	高低差を好む
A	(4)	(3)	(2)	(1)	(5)	○	○	○	○
B	(4)	(1)	(3)	(5)	(2)	○	×	○	×
C	(4)	(2)	(1)	(5)	(3)	○	×	○	○
D	(1)	(2)	(5)	(4)	(3)	○	×	×	×
E	(4)	(1)	(3)	(5)	(2)	○	○	○	○
F	(5)	(2)	(4)	(1)	(3)	○	×	×	×
G	(2)	(4)	(1)	(3)	(5)	○	○	○	×
H	(1)	(4)	(5)	(2)	(3)	×	○	○	×
I	(3)	(1)	(4)	(5)	(2)	×	○	○	×
J	(5)	(2)	(4)	(1)	(3)	×	×	×	×
K	(5)	(3)	(1)	(4)	(2)	×	○	○	○

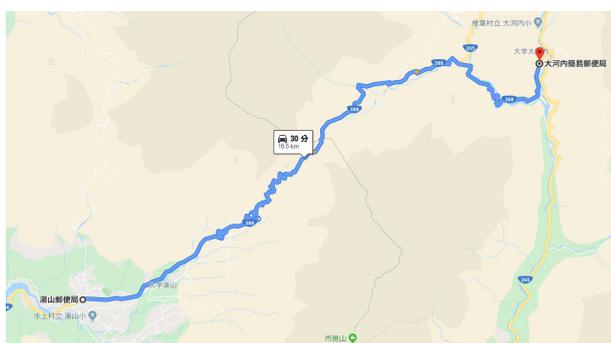


図 9 コーナーが多く、高低差も大きい峠道 (3)

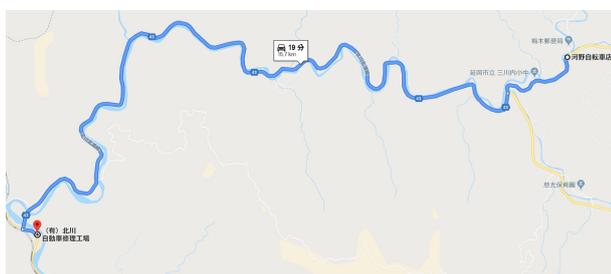


図 10 ワインディングが続く峠道 (4)

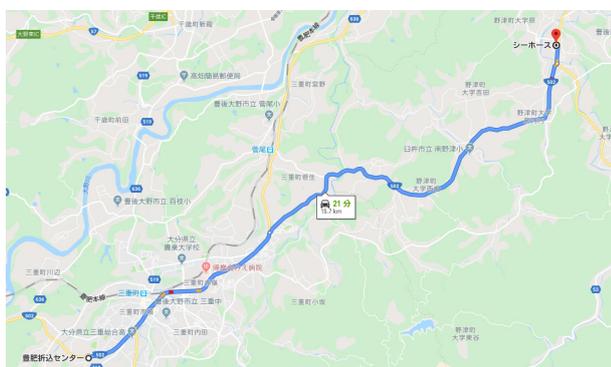


図 11 直線の続く主要道路 (5)

た、各実験協力者の順位付けでは、(4)(図 10) のルートなど評価値が高いルートを上位に選ぶユーザーは評価が比較的高い順に順位をつけている。対して、(5)(図 11) のルートなど評価値が低いルートを上位に選ぶユーザーは評価が

比較的低い順に順位をつけている。

6. 考察

6.1 トンネル内での高低差補正機能の評価実験

トンネル内での高低差補正機能については、検知できない箇所も存在した。図 5 の①と②に対し高低差補正を加えた際の高低差と、補正前の高低差の差は①で 0.99m、②で 11.00m であった。この差が評価点に及ぼす値は①と②合わせて 0.44 であり、全体の高低差の 10% であった。実際には、例に挙げた道のようにトンネルが非常に多いケースは稀であるため、影響は微小であると考えられる。道路の高度取得は既存のカーナビゲーションシステム [6] では可能であるため、利用することができれば解決できる。

6.2 ルート評価の実験

コーナーに対して好意的な評価を持つ実験協力者でも、コーナー指数の点数が最も高い (3)(図 9) のルートでは、コーナーが多すぎるという理由で評価が低くなっていることがあった。この問題に関しては、ベース評価値を実装すれば問題は発生しない。例えば、(2)(図 8) のルートを好むユーザーがいる場合、このユーザーのベース評価値は 0.727 前後となる。このようなユーザーに対し、評価値 0.80 のルートと評価値 1.50 のルートのどちらかを提示する場合、選択されるルートはベース評価値に近い評価値 0.80 のルートが選択される。また、アンケートにおいて、景観を考慮した実験協力者とそうでない実験協力者によって、評価が変わってしまった可能性がある。例えば、(1)(図 7) のルートは他のルートに比べ景色が良く、評価が高くなってしまった可能性がある。本研究での評価項目では景観を考慮していないため、景観を考慮しないよう、アンケートを取ることが望ましい。

7. まとめ

本研究では、これまでの研究 [1] で提案した合流支援機能に加え、ルート評価機能を実装した。ルート評価機能で

は、過去にツーリングで走行していたルートからコーナー指数と高低差をルート評価の尺度として利用する。コーナー指数は Maps JavaScript API の描画用座標を利用して評価し、高低差は Maps Elevation API を利用し取得した。高低差については、トンネルなどで道路の高度が取得できないため、補正機能を実装することで影響を最小限にした。実験では、トンネル内での高低差補正機能についての評価実験と、アンケートを用いたルート評価実験を行った。トンネル内での高低差補正機能についての評価実験では、トンネルによってはトンネルと検知できない問題があった。これについては、トンネルの頻度を考慮して微小であると考えた。ルート評価実験では、コーナー指数や高低差が異なるルート5つについてアンケートを行うとともに、ルート評価機能の評価値との比較を行った。コーナーに対して好意的な評価を持つ実験協力者でも、コーナー指数の点数が最も高い(図9)のルートでは、コーナーが多すぎるという理由で評価が低くなっていることがあった。しかし、ベース評価値を利用することで問題は解決できる。

今後は、実際に実験協力者が過去に走行したルートからベース評価値を算出し、ルートの選定を行う予定である。

謝辞 NTT コミュニケーションズ株式会社 技術開発部 大津谷亮祐様には、本研究の方針について助言をいただきました。深く感謝致します。また、NTT コミュニケーションズ株式会社 SkyWay 開発チームの方々には、本研究の技術的な面で助言をいただきました。感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 小椋 恵太, 丸山 一貴, ツーリングで仲間との合流を支援する触覚フィードバックを用いたナビゲーション, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, pp. 1238-1245(2019).
- [2] Google マップ
<https://www.google.co.jp/maps/>, (参照 2019/5/7).
- [3] 藤 琳, 泉 隆, 魯 暁鋒, 涌井 文雄: ファジィ AHP を応用した最適経路探索の一手法, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 133, No. 6, pp. 1269-1276(2013).
- [4] ツーリングサポーター
<http://products.navitime.co.jp/service/motorcycle/>, (参照 2019/12/18).
- [5] 森下 慈也, 諏訪 博彦, 荒川 豊, 安本 慶一: 自転車ツーリングにおける適正ルート推薦システム, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2015 論文集, Vol. 2015, No. 5, pp. 206-208(2015).
- [6] ナビが高低差を検知! ~3D マップマッチング~ — NAVITIME ドライブアプリ - ヒントとコツ
<http://blog.navitime.co.jp/drive/2017/12/20171225.html>, (参照 2019/12/18).