原著論文

河川の水面利用の印象と物理環境の計測手法

— ラフティングを通じた印象と物理環境の計測 —

枅本 拓*, 島児 伸次*, 佐藤 隆洋**, 豎村 浩一***

* 東日本旅客鉄道株式会社, ** 日本工営株式会社, *** 一般社団法人ラフティング協会

Impression of Surface of the Water Use for River and Measurement Technique of Physical Environment

— Impression through Rafting and Measurement of Physical Environment —

Taku MASUMOTO*, Shinji SHIMAGO*, Takahiro SATO** and Kouichi TACHIMURA***

* East Japan Railway Company, 6-26 Sakaemati, Takasaki-shi, Gunma 370-0841, Japan

** NIPPONKOEI Co. LTD., 4-2 Koujimati, Tiyoda-ku, Tokyo 102-0083, Japan

*** RAFTING ASSOCIATION OF JAPAN, 1-33-20 Shinmati, Nishi-ku, Osaka 550-0013, Japan

Abstract : The present study is an examination of the impression of the river and the measurement of a physical environment in the use of the river space by the viewpoint of the surface of the water use such as boats. The result that the sense of fulfillment and the sense of accomplishment etc. of intensely and the experience of the surface of the water were related for the form of use of rafting was obtained. Intense in this state of the surface of the water became the result of being possible to distinguish with GPS acceleration sensor of 10Hz.

Keywords : River space, Rafting, Measurement of a physical environment

1. は じ め に

河川空間の利用は、水面や川原において、レクリエーション利用をはじめ、生活の場としての利用形態も含めて、様々な利用が行われている。利用面の統計的なデータは、国土交通省が3年おきに河川水辺の国勢調査として河川空間利用実態調査を実施しており、季節別の利用形態や利用人数などを収集しており、河川空間利用の実態を把握している。

河川空間の利用に関しては、散策などの川の外からの利用と、ボートなどの川の中からの利用に大きく分けられ、川の外からの利用については、印象や利用形態、必要な条件などが取りまとめられている [1, 2]。

一方で、川の中からの利用である水面利用には、ラフティングの他に、カヌーや静水面～緩流利用のカヌー・カヤック、ボート、屋形船、遊覧船など様々な利用形態が存在している。

各利用形態は水深や流速といった利用上の物理条件については目安が示されているものの [1, 3], レクリエーション利用で重要と考えられる、体験の楽しさや充実感などと河川の要素の関係性が明らかとなっていない。また、それぞれの水面利用形態で、楽しさや充実感などを決定する要素が異なることが想定される。川のレクリエーション利用を考えた場合に、楽しさや充実感といった内容がレクリエーションの印象を左右すると考えており、この関係性を明らかにすることで、今後の河川利用の設計の一つの要素とし

て活用できると考える。

そこで、本研究では、河川利用のひとつの形態であるラフティングを用いて、水面利用で着目している印象項目と、物理条件の測定方法について把握を試みた。

2. 実 験 方 法

実験は以下の方法により実施した。

実験区間：新潟県十日町市、新潟県小千谷市の信濃川中流域（河川距離標 36kp～73kp 区間）（図1）

実験日時：平成22年12月5日 6:30～16:00

測定内容：被験者への印象アンケート（5段階評価）（表2）

被 験 者：20才代～50才代の男性12名（東日本旅客鉄道株式会社4名、ラフティング協会3名、財団法人リバーフロント整備センター2名、日本工営株式会社3名）

調査時河川流量：101m³/s（調査区間の直上流に位置する宮中取水ダム放流量）

表1 計測内容

項目	計測内容	備考
印象	印象アンケート	調査区間全体を約10km毎に4区間に分けて、各調査区間終了後に表2のアンケートを配布し回答した。

表2 印象アンケート用紙

大項目	キーワード	あまり	→	非常に
①おもしろさ	気持ちいい	1—2—3—4—5		
	楽しい	1—2—3—4—5		
	テンションが上がる	1—2—3—4—5		
	爽快な	1—2—3—4—5		
②ダイナミックさ	スリル、緊迫感がある	1—2—3—4—5		
	迫力がある	1—2—3—4—5		
	ダイナミックな	1—2—3—4—5		
③心地よさ	癒される	1—2—3—4—5		
	心地よい	1—2—3—4—5		
	清涼感がある	1—2—3—4—5		
	ゆったりとした	1—2—3—4—5		
④克服・充実感	一体感のある（チームワーク）	1—2—3—4—5		
	達成感がある	1—2—3—4—5		
	充実感がある	1—2—3—4—5		
⑤特別な体験	壮大な	1—2—3—4—5		
	自然を感じる	1—2—3—4—5		
	川（自然）との一体感	1—2—3—4—5		
	非日常的な	1—2—3—4—5		
⑥リズム感	バリエーション豊か	1—2—3—4—5		
	緩急がある	1—2—3—4—5

図1 実験区間位置図

実験に用いた区間の特徴を以下に示す。

区間1の特徴（図2参照）

段丘崖が河川に近接しており、激しい瀬から緩流部までの水面バリエーションが豊富である。直線（緩流部等）と水衝部（瀬等）が約1～2kmの繰り返して出現している。

図2 区間1の状況

区間2の特徴（図3参照）

河川幅が広く開放的であり、軽い瀬とゆったりとした緩流部から構成される。

図3 区間2の状況

区間3の特徴（図4参照）

段丘崖と山に囲まれた区間で、激しい瀬から緩流部まで水面のバリエーションが豊富である。直線（緩流部等）と水衝部（瀬等）が約0.5～1kmの繰り返して出現する。

図4 区間3の状況

区間4の特徴（図5参照）

川が大きく蛇行しており山に囲まれている。軽い瀬と緩流部から構成されており、周辺の景色（岸壁の地層、河畔林など）を楽しめる区間である。

図5 区間4の状況

3. 結果および考察

3.1 ラフティングを通じて得られる河川の印象と考察

(1) 調査結果

印象アンケートの結果の項目別平均値を図6に示す。区間の特徴を以下に整理する。

区間1： 区間2, 3, 4と異なり「楽しい」「緩急がある」「迫力がある」「テンションが上がる」などの項目が高い傾向がある。

区間2,3: プロファイルが類似しており、「ゆったりとした」という項目が高い傾向がある。

区間4: 区間2,3と同様のプロファイルを示すものの、「癒される」「達成感」「充実感」「壮大」「自然を感じる」といった項目が区間2,3より高い。

あまり差がない項目:「癒される」「心地よい」「清涼感」「自然を感じる」「川(自然)との一体感」「非日常的」の項目は各区分での顕著な差が認められない。

次に平均値の有意差について、Tukey-KramerのHSD検定によるすべての項目の比較を行った。結果を表3に示す。

図6 印象アンケート結果

表3 「楽しい」とその他の項目の相関係数一覧

キーワード	HSD検定ペア比較 ※1～4は調査区間を示す	
気持ちいい	1, 2, 4	2, 4, 3
楽しい	1	4, 2, 3
テンションが上がる	1	2, 3, 4
爽快な	1, 2, 4	2, 4, 3
スリル、緊迫感がある	1	3, 2, 4
迫力がある	1	3, 2, 4
ダイナミックな	1	2, 4
癒される	—	—
心地よい	—	—
清涼感のある	—	—
ゆったりとした	—	—
一体感のある(チームワーク)	—	—
達成感がある	—	—
充実感がある	—	—
壮大な	—	—
自然を感じる	—	—
川(自然)との一体感	—	—
非日常的な	—	—
バリエーション豊か	—	—
緩急がある	1	3, 2, 4

「⑥癒される」～「⑬バリエーション豊か」までの項目は有意差はなく、「①気持ちいい」～「⑦ダイナミックな」と「⑫緩急がある」の項目は、区間1と区間2,3,4で有意に異なるという結果であった。

(2) 印象アンケートの考察 ～ラフティングの楽しさ～

各区分で差がでなかった項目は、アンケート内容を理解しないまま回答している可能性と、実験を行った条件下では河川やボートの状態に左右されずラフティングを通じた水面利用で共通して得られる印象である可能性が考えられる。

一方で、ラフティングを通じて「楽しい」と関連している項目は、各項目間の相関係数(表4)から「充実感がある」「テンションが上がる」「緩急がある」「スリル・緊張感がある」「達成感がある」「迫力がある」などが相関係数0.5以上で弱い相関があり、水面状態の激しさや体験の充実感、達成感などが関連していると考えられる。

一般社団法人ラフティング協会に、商業ラフティングで注目している川の要素をヒアリングした結果、『水がきれい』、『激流(瀬)がある』『瀬とトロ場が交互に出現』などであった。『激流(瀬)がある』は、印象アンケートの「楽しい」と相関のある「スリル・緊張感」「迫力がある」との関係性を表していると考えられ、『瀬とトロ場が交互に出現』は、印象アンケートの「楽しい」と相関のある「緩急がある」との関係性を表していると考えられ、商業ラフティングで注目している要素と、被験者が楽しいと感じる要素に整合が認められる。

表4 「楽しい」とその他の項目の相関係数一覧

項目		相関係数	度数	有意確率
充実感がある	楽しい	0.7488	47	<.0001
テンションが上がる	楽しい	0.6979	47	<.0001
緩急がある	楽しい	0.6102	47	<.0001
達成感がある	楽しい	0.5721	47	<.0001
スリル、緊迫感がある	楽しい	0.5559	47	<.0001
一体感のある(チームワーク)	楽しい	0.551	47	<.0001
迫力がある	楽しい	0.5311	47	0.0001
気持ちいい	楽しい	0.5296	47	0.0001
爽快な	楽しい	0.5032	47	0.0003
ダイナミックな	楽しい	0.467	47	0.0009
川(自然)との一体感	楽しい	0.4567	47	0.0013
非日常的な	楽しい	0.4214	47	0.0032
壮大な	楽しい	0.3472	47	0.0168
バリエーション豊か	楽しい	0.342	47	0.0186
自然を感じる	楽しい	0.2903	47	0.0478
清涼感のある	楽しい	0.1628	47	0.2742
心地よい	楽しい	0.0936	47	0.5315
癒される	楽しい	0.0404	47	0.7876
ゆったりとした	楽しい	-0.0656	47	0.6613

(3) ラフティング利用に関わる外部刺激要因の考察

水面利用のひとつの形態であるラフティングの印象とそれに関連する外部刺激要因について考察を行う。

印象アンケート結果から、ラフティングの楽しさは、「スリル・緊張感がある」や「迫力がある」などの『激流(瀬)』

がある』に関連する水面状態の激しさや体験の充実感、達成感などが関連していると考えられる。

水面状態の激しさは、河川の水の流れの状態を示しており、波の状態や流速、水深、流量などの項目と関連性があると考えられる。

体験の充実感は表5に示す他の項目との相関から、チームワークや壮大さ、川との一体感、爽快などの、景色等を含めた河川空間と同乗している人員やガイドとの関係を通じて得られた総合的な印象と関連していると考えられる。

表5 「充実感」とその他の項目の相関係数一覧

項目	充実感	相関係数	度数	有意確率
達成感がある	充実感	0.7907	47	<.0001
楽しい	充実感	0.7488	47	<.0001
一体感のある(チームワーク)	充実感	0.6284	47	<.0001
テンションが上がる	充実感	0.598	47	<.0001
川(自然)との一体感	充実感	0.5952	47	<.0001
壮大な	充実感	0.5753	47	<.0001
爽快な	充実感	0.5223	47	0.0002
緩急がある	充実感	0.4883	47	0.0005
気持ちいい	充実感	0.4837	47	0.0006
ダイナミックな	充実感	0.4692	47	0.0009
自然を感じる	充実感	0.4475	47	0.0016
スリル、緊迫感がある	充実感	0.4167	47	0.0036
迫力がある	充実感	0.4079	47	0.0044
非日常的な	充実感	0.3868	47	0.0072
清涼感のある	充実感	0.3822	47	0.008
心地よい	充実感	0.3486	47	0.0163
バリエーション豊か	充実感	0.3203	47	0.0282
癒される	充実感	0.2793	47	0.0573
ゆったりとした	充実感	0.0971	47	0.516

3.2 水面状態の激しさの数値的把握手法

ラフティングの印象には水面状態の激しさが関連していると考えられた。水面状態の激しさは、河川の流速、水深、流量などの物理的条件の総合的なものであると考え、水面状態を数値的に把握する手法について検討を行った。

(1) 測定条件

表6に測定機器と計測条件を示す。測定機器はボートの先端に設置した。測定は、2011年5月17日に前述の区間で実施し、測定時の流量は260m³/s前後(宮中取水ダム放流量)であった。速度は、AIM社製MYTACHに内蔵されているGPSセンサー(サンプリングレート10Hz)を用いた。測定時のGPS衛星補足数は8~10基であった。加速度は、AIM社製MYTACHに内蔵されている3軸加速度センサーを用いた。

図7 測定機器(左:設置状況, 右:機器)

表6 測定機器

	機器	計測条件
加速度	AIM社製 MYTACH	測定間隔: 10Hz
速度	AIM社製 MYTACH	測定間隔: 0.1s ※GPS(10Hz)より算出 ※GPS衛星補足数: 8~10基

(2) 測定結果と考察

測定結果を図8に示す。図8は、淵から緩流、早瀬、緩流という河川の典型的な区間を測定した結果である。

以下に測定結果と考察を示す。

- GPSの標高データは、緩流部ではほぼ一定の標高で、早瀬で、2.5m程度下がっている。早瀬の直後の立ち波部では標高が小刻みに変動しており、緩流部ではほぼ一定の標高となっている。計測データは現地で見視した河川の状況と整合しており、早瀬の水面勾配や立ち波の状況などの流れの状況を測定できていると考えられる。
- GPSの座標から計算した速度は、早瀬に入ると速くなり早瀬を抜けると遅くなる。流れの状況を測定できていると考えられる。
- 前後方向の加速度センサーで特徴的なこととして、パドルを漕いだ区間の規則的な加速度の変動が認められた。パドル操作などのボートの操船状態が把握できていると考えられる。
- 鉛直方向の加速度センサーは、波や流れによる上下方向の入力された力を測定しており、淵や緩流部では鉛直方向の加速度の変化が小さい。早瀬ではノイズのよ

図8 詳細計測結果(一部抜粋)

うな波形を示しており、早瀬後の立ち波区間では、間隔が規則的で、下流に行くに従い加速度の振幅が小さくなっている。立ち波区間は立ち波が一定の場所で発生しており、ボートが波に乗っている状態であると考えられる。一方で早瀬は、波を切って進んでいるような状態であると考えられる。鉛直方向の加速度センサーは波の状態を、淵・緩流部、早瀬、立ち波の3つに判別可能であると考えられる。

10Hz(加速度, GPS)での測定の結果、水面状態が把握できることが判明した。

(3) 印象アンケートと水面状態の激しさの関連性

次に、水面状態と印象アンケートで得られた「緩急がある」「迫力がある」「ダイナミックな」について、速度(km/h)－加速度(G)の関係性に着目した。

図9は印象アンケートと同区間において、アンケート同日ではないものの同様の流量(約103m³/s)で計測した結果である。アンケートと水面状態の計測結果は、厳密には比較はできないものの、傾向について把握した。

区間1、区間2、区間3は、ボートの速度が8km/hを超えたあたりから鉛直方向の加速度が散布幅が大きくなっている。一方で、区間4はボートの速度が大きくなっても鉛直方向の加速度の散布幅は小さい。

印象アンケートの「緩急がある」「迫力がある」「ダイナミッ

クナ」は区間1と区間2、区間3、区間4で有意な差が認められたが、速度-加速度の散布図からは、区間1、区間2、区間3と区間4で散布図のプロファイルが明確に異なっているものの、区間1と区間2、区間3の違いを説明できるほどのプロファイルの違いは認められない。

詳細にみると、区間1のプロファイルは、速度が12km/hを超えたあたりから急激に分散(疎になっており)しており、区間3が類似している。一方で区間2は、連続的なプロファイルを示している点が異なっている。

なお、印象アンケート以外に調査員ならびに専門家の共通の意見として、区間1と区間3には印象的な激しい瀬がそれぞれ1箇所あり、区間2は、印象に残るような激しい瀬は認められない。

4. おわりに

本実験は、水面利用のひとつの形態として、ラフティングの印象を明らかにするとともに、印象に関連する水面状態について、数値で表現する手法を構築する目的で実施した。

ラフティングという利用形態の場合、楽しさは、水面状態の激しさや体験の充実感、達成感などが関連しているとの結果を得た。この水面状態の激しさや質は、10HzのGPS・加速度センサーを用いることで判別が可能である結果となった。

一方で、印象アンケートと水面状態の関連性については、明確な結果は得られなかったものの、水面状態のプロファイルの違いが認められた。これについては、今後、複数の河川において調査データを蓄積して、水面状態の分類を行うとともに、印象に関連する要素について再検討する。

なお、本実験は、一つの河川におけるラフティングの印象を扱ったものであり、別の河川でのラフティングの場合は、観点が異なる可能性が考えられる。そのため、今後は、事例を増やしてラフティングの印象を体系的に整理することが必要であると考えられる。

また、水面利用には、ラフティングの他に、カヌーや静水面～緩流利用のカヌー・カヤック、ボート、屋形船、遊覧船など様々な利用形態が存在している。各利用形態はそれぞれで必要としている川の要素(水深、流速といった物理環境のほかに景観、安全性などの要素)が異なることが考えられる。

今後は、各利用形態別に必要としている要素を把握し、川の要素別に適切な利用形態を分類することに取り組む。

謝 辞

本研究に実施にあたり、国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所から河川空間の調査に当たってのご協力をいただきました。筑波大学山中敏正教授には、分析、解析にあたりご助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。

図9 速度－加速度散布図

参 考 文 献

- [1] 松浦他, 通常時の河川における人間活動と河川構造, 1985年, 土木研究所資料第2206号.
- [2] 川の親水プランとデザイン, 1995年, 財団法人リバーフロント整備センター.
- [3] 水環境管理に係わる目標水量・目標水質, 平成3年1月, 建設省河川局河川計画課.

木本 拓 (非会員)

1997年 新潟大学大学院自然科学研究科環境システム科学専攻修了. 東日本旅客鉄道株式会社に勤務 (1997年から現在). 鉄道施設に関連する土木設計工事及び部外協議を専門. 2011年4月から河川環境調査に従事. 11月

RACリーダー認定.

島尻 伸次 (非会員)

1994年 東京工業大学大学院理工学研究科修了. 東日本旅客鉄道株式会社に勤務 (1994年から現在). 2009年4月から信濃川発電所業務改善事務所. 2011年11月から総合企画本部ターミナル計画部. 信濃川発電所業務改善事務所にて河川環境調査等を担当.

佐藤 隆洋 (正会員)

1998年 筑波大学大学院理工学研究科修了. 日本工営株式会社に勤務 (1998年から現在). 技術士 (総合技術監理部門, 建設部門). 河川・砂防, 防災, 環境関連などの土木に関連する景観・空間計画, 設計を専門.

榎村 浩一 (非会員)

1988年にニュージーランドでプロフェッショナル・リバーガイドの資格を取得. 1991年に (株)モンベルでラフティングツアーを四国吉野川で開始. 1994年 ZACを設立, 群馬県みなかみ町でラフティングツアーを開始.

1995年 ラフティング世界大会優勝. 1996年 ラフティングだけに留まらず, 広くアウトドアスポーツの普及を目的としてネイチャー・ナビゲーターを設立. 一般社団法人ラフティング協会副理事長.