



天井川の形成要因と形成過程の解明 : 地理院地図を活用して

上笹, なつき ; 近藤, 優太 ; 竹山, 悠斗 ; 富田, 康晴 ; 長尾, 陸史 ; 野濱, 奈佳

(Citation)

兵庫地理, 67:119-123

(Issue Date)

2022

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90009389>



天井川の形成要因と形成過程の解明

— 地理院地図を活用して —

上笹 なつき・近藤 優太・竹山 悠斗・富田 康晴・長尾 陸史・野濱 奈佳

I. はじめに

天井川とは、「堤防内に多量の砂礫が堆積し、河床面が平野面より高くなった河川(地学辞典改訂増補版、1981)」である。この形成過程の説明には河川の横断形を用いるのが一般的である。しかし、従来の横断形を用いた説明では、どのような地形にどのように形成されるのかを十分に説明することができない。したがって我々は、横断形に加え、河川と周辺地形の縦断形、平面形の三方向からのデータを用いることで、天井川の形成と地形の関わりを明らかにできるのではないかと考えた。

II. 研究方法と対象河川の選定

研究は以下のようにおこなった。

- ① 国土地理院の地理院地図を活用してデータを取得する。
- ② 取得したデータから縦断形を作成する。
- ③ ①で取得したデータや②で作成した縦断形を用いて相関係数などを算出し、考察をおこなう。



第1図 対象河川の位置

地理院地図より筆者作成

データを取得する天井川については、国土地理院のWebサイト「日本の典型地形-天井川」の21例、「天井川に関する技術検討委員会(京都府)」の23

第1表 対象河川一覧

河川名	所在地		備考
	都道府県	市町名	
百瀬川	滋賀県	高島市	
比良川	滋賀県	大津市	
牧田川	岐阜県	養老郡養老町	揖斐川の支流
印沢川	山梨県	西八代郡市川三郷町	笛吹川の支流
石屋川	兵庫県	神戸市	
住吉川	兵庫県	神戸市	
鳴子川	京都府	木津川市	木津川の支流
芦屋川	兵庫県	芦屋市	
衣沢川	群馬県	高崎市	利根川の支流
夙川	兵庫県	西宮市	
草津川	滋賀県	草津市	
斐伊川	島根県	出雲市	
末政川	岡山県	倉敷市	小田川(高梁水系)の支流

例、六甲山南麓の天井川6例をデータベースとした。これらの中から、地理院地図に土地条件図もしくは治水地形分類図があり、ある程度正確なデータが取得可能であると判断した13河川(牧田川、比良川、百瀬川、芦屋川、住吉川、石屋川、鳴子川、根小屋町の天井川、草津川、夙川、印沢川、末政川、斐伊川)を調査対象とした。対象河川の諸データを第1表に、位置を第1図に示した。13河川のうち、斐伊川と末政川の2河川を除く11河川が扇状地を有していた。具体的な計測方法は以下第2表の通りである。

III. 結果と考察

取得したデータを用いて天井川の形成要因や形成過程の考察をおこなった。

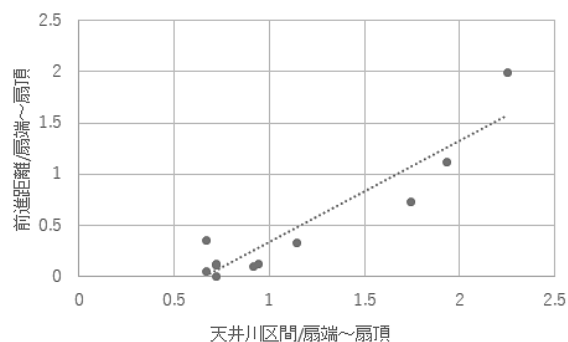
1) 勾配の急変点の前進

斎藤・池田(1998)において、甲府盆地の天井川では勾配の急変点(河床勾配が急に緩やかになる地点)が前進していることが示されている。このことが、天井川において一般的に成り立つのではないかと考えた。この論文では、扇端は過去の勾配の急変点、天井川区間の下端は現在の勾配の急変点としていることを参考に、我々の対象河川において、扇状地を有する河川における天井川区間の下端の位置を調べ

第2表 データの計測方法

計測(算出)データ	計測(算出)方法
横断形	地理院地図の土地条件図、治水地形分類図から扇状地の分布を確認し、先端と扇頂の位置を読み取る。河川に沿って、扇端～扇頂、扇端～河口のそれぞれの部分で10ポイントずつ等間隔でプロットする。各地点で横断形を作成する
堤防幅	横断形から、堤防の天端間の距離(m)を読み取る
河床と周辺地形の標高	横断形から、河床と周辺地形(右岸、左岸)の標高(m)を小数第2位まで読み取る
比高	河床と周辺地形の標高差(m)を求める。河床が周辺地形よりも高い場合の値を正とする。周辺地形に関しては、右岸と左岸のうちより正確なデータをとれていると判断した岸のデータを採用する
縦断形	河床と周辺地形の標高、河川の距離を表計算ソフト(Excel)に入力する。横軸に距離(m)、縦軸に標高(m)をとり、入力した値をグラフ化する
天井川区間の距離、上端、下端の位置	縦断形から、河床が周辺地形よりも高くなっている区間を読み取り、天井川区間を推定する。このとき、河床と周辺地形の交点の上流側を上端、下流側を下端とする
勾配	縦断形を天井川区間、扇状地、氾濫原に分割し、それぞれの近似直線の傾きを求める

た。その結果扇状地を有する11河川すべてにおいて、天井川区間の下端が扇端より下流側にあった。このため天井川では勾配の急変点が前進しているといえる。次に、扇端と天井川区間の下端との距離の差を「前進距離」とし、以下の考察をおこなった。



第2図 天井川区間/（扇端～扇頂）と
前進距離/（扇端～扇頂）

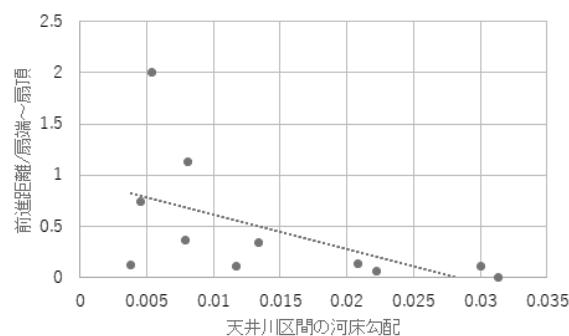
①天井川区間と前進距離の関係

前進距離/（扇端～扇頂の距離）を横軸、天井川区間/（扇端～扇頂の距離）を縦軸にとった散布図を作成し（第2図）、相関係数を求めたところ、相関係数は0.93であった。このため、天井川化が進むにつれて勾配の急変点が前進していると考えられる。

②天井川区間の河床勾配と前進距離の関係

天井川区間の河床勾配を横軸、前進距離/（扇端～扇頂の距離）を縦軸にとった散布図を作成し（第3図）、相関係数を求めたところ、相関係数は-0.54であった。このため、勾配が緩やかになるにつれて急変点が前進しているといえる。

なお、①②において前進距離を扇端～扇頂の距離で割ったのは扇状地の規模の影響を除外するためである。



第3図 天井川区間の河床勾配と
前進距離/（扇端～扇頂）

以上のことから第4図aのように、勾配が緩やかになるように土砂が堆積していくにつれ勾配の急変点も前進し、天井川化が進んでいくことがわかった。今回の調査では天井川区間の上端の位置の遷移については調べていないので不明である。第4図aを上から見た平面形で表したものが第4図bである。勾配の急変点の前進については青木・池田（2005）においても実験的に指摘されている。この実験は天井川化を目的としていないが、今回の計測結果とよく整合している。

さらにこのことから、天井川ではもとの河床に平行に土砂が堆積し、どの地点でも一様に河床が上昇するのではなく、第5図に示すように地点によって河床の上昇の仕方が異なることが推測できる。

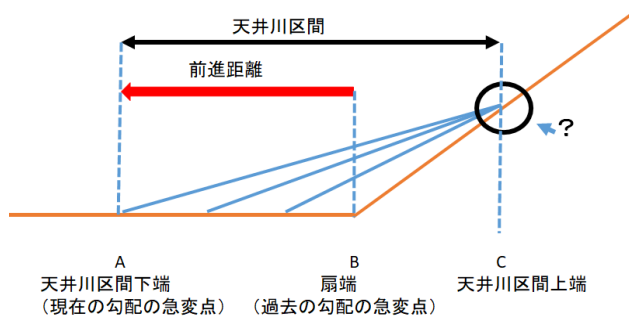


図4-a 勾配の急変点の前進 縦断形

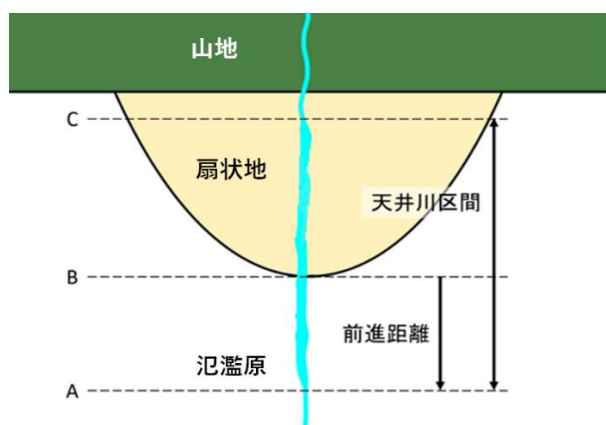
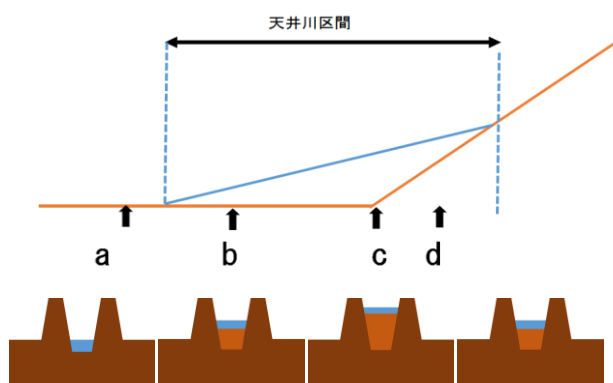
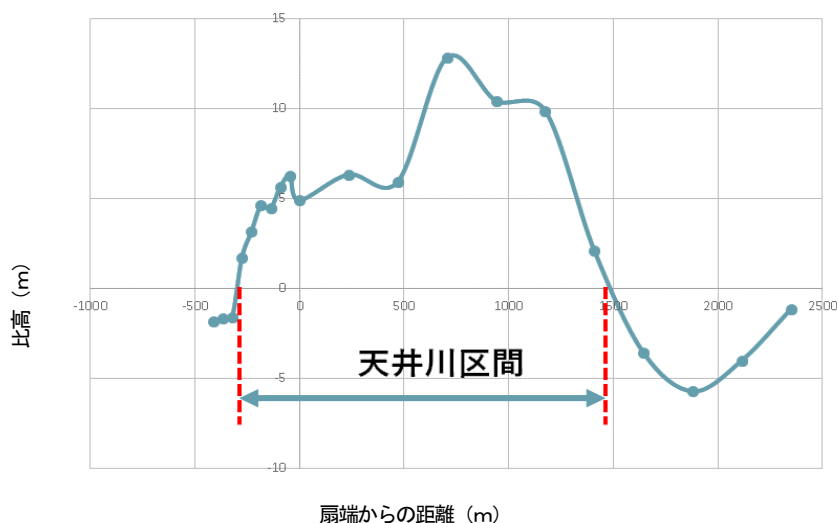


図4-b 勾配の急変点の前進 平面形



第5図 河床上昇の模式図



第6図 比良川の比高

河床の上昇の状況が地点によって異なる具体例として、滋賀県の比良川を第6図に示す。横軸には扇端を原点とした距離をとり、左側が下流側である。このように比高はおおむね前述したように扇端付近が上昇する。厳密にはずれがあるが、第5図は河床や周辺地形を直線で表しているため、扇端のB地点で最も比高が大きくなるように見えるが、第6図のように、実際の河川は必ずしもそうではない。

2) 地形面の相違と天井川の形態

藤岡 (1974)、籠瀬 (1975)、五十崎 (1954) において、それぞれが研究対象とした住吉川、百瀬川、草津川では上流の川幅が広く、下流の川幅が狭くなっていることを指摘している。このことが天井川で一般化できないか考察を進める。特に扇端を境に上流と下流で一般に勾配が異なることを踏まえて、天井川を扇端を境として上流側と下流側とに分け、天井川の平面形態に注目した。

以下、扇端から天井川区間の上端までを天井川の上部、扇端から天井川区間の下端までを天井川下部とする。なお、川幅の計測については、天井川形成が堤防建設を主とする人為的な改変を要因としているため、堤防の天端間の距離を川幅とみなしている。

今回計測した11河川天井川上部と下部でそれぞれ川幅の平均値をとった(第3表)。そうすると、百瀬川、比良川、牧田川、印沢川、石屋川、住吉川、

鳴子川の7河川において、上部の川幅の平均値の方が下部の川幅の平均値よりも大きくなっていることが確認できた。

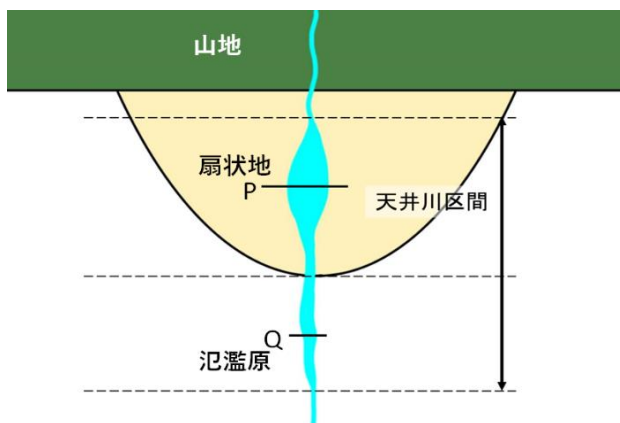
続いて、全11河川天井川上部と下部でそれぞれの区間における川幅の最大値と最小値を読み取り、その最大値を最小値で割った比を河川ごとに求めた。その結果、上部での比は各河川によって大きくばらつきがあったのに対し、下部での比の値はすべての河川において約1~2で一定となっていた。

第3表 天井川の川幅

河川名	川幅平均			川幅上部			川幅下部		
	上部(m)	下部(m)	上部/下部	最大(m)	最小(m)	最大/最小	最大(m)	最小(m)	最大/最小
百瀬川	62	15	4.04	158	14	11.3	20	10	2
比良川	44	26	1.73	60	39	1.54	31	20	1.55
牧田川	241	152	1.59	314	154	2.04	154	149	1.03
印沢川	16	11	1.42	22	10	2.2	15	8	1.88
石屋川	46	34	1.35	77	26	2.96	37	31	1.19
住吉川	46	41	1.13	68	33	2.06	50	34	1.47
鳴子川	30	27	1.11	30	30	1	30	24	1.25
芦屋川	79	79	0.993	143	43	3.33	112	51	2.2
衣沢川	11	12	0.946	14	9	1.56	13	9	1.44
夙川	40	43	0.942	49	25	1.96	50	33	1.51
草津川	46	56	0.818	68	30	2.27	74	34	2.17

また、全11河川のうち百瀬川、牧田川、印沢川、石屋川、住吉川、芦屋川、夙川、草津川の9河川で下部の比が上部の比よりも小さくなっていることが確認できた。

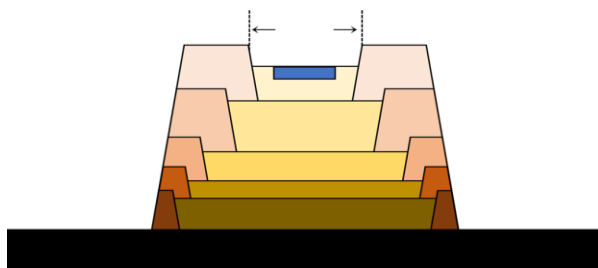
これらのことから、扇状地を有する天井川において、上部の川幅の方が下部の川幅よりも広く、ば



第7図 扇状地と氾濫原 平面図



第8図a 第7図P（扇状地）における横断面図



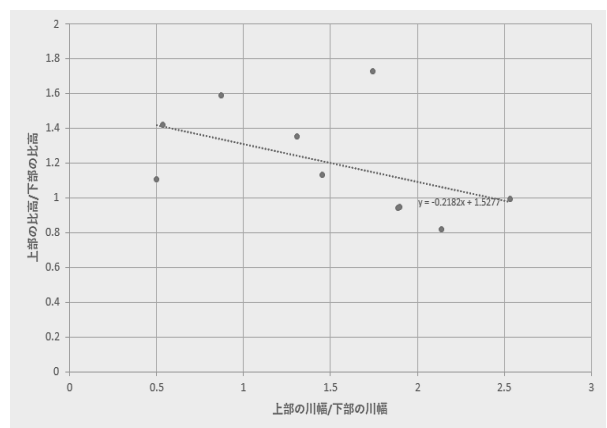
第8図b 第7図Q（氾濫原）における横断面図

らつきが大きい傾向があることがわかった。

このような傾向が見られる原因として、扇状地と氾濫原での河川本来の挙動の違いがあると考えられる。扇状地を流れる天井川の上部では川の流れる勢いが強く、暴れ川で治水がしにくいいため、破堤を防ぐために堤防間を広く築堤する。一方で、氾濫原を流れる河川では流勢が比較的弱く、治水がしやすいため、川幅が狭くなる。このことを模式化したものが第7図である。

上部・下部の模式断面については第8図a・bに示した。天井川の模式断面図では、一般的に堤防は堤内方向へ拡大されるように描かれるが、ここでは法面を維持し、堤外方向（河道側）に拡大するようにしている。このことは釜井（2016）が「堤内地側の法面を利用して、川幅が狭くなる方向に堤防が建設されている」と指摘していることと整合する。

次に、川幅と比高に関係があるのではないかと考え、上部と下部の比高の比を横軸、川幅の上部と下部の比を縦軸に取った散布図を作成した（第9図）。



第9図 川幅と比高

しかし相関係数は-0.22 だった。このため、比高は川幅の変化とは関係がないと考えられる。

以上より、地形面の違いによって生じる河川の挙動の違いは、堤防の築き方に影響を及ぼし、その結果天井川の形態の違いをもたらしているといえる（第4表）。

第4表 地形面の相違と天井川の形態

	天井川上部	天井川下部
地形面	扇状地	氾濫原
川幅	広い	狭い
比高	人為的要因で変化	

IV. おわりに

本研究では、天井川の横断形に加えて、縦断形や平面形に着目し、天井川の形成と地形の関わりについて検討した。勾配の急変点は扇状地の扇端にあたり、湧水帯である。このため、土地開発が早くから進んだ地域であると推測すると、河川のコントロールは、この付近から始まった。つまり、天井川化はまず河床勾配の急変点付近で、河床勾配の急変点付近に勾配が緩やかになるように土砂が堆積することで生じた。その後、河床勾配の急変点の前進現象が起これと考えられる。また、上流の扇状地内では川幅が広く、下流の氾濫原では川幅が狭い傾向がみられる。

これらのことから、天井川の形成と地形について、広い視野で見れば、以下の2点にまとめられる。

- ① 扇状地や氾濫原といった地形面の違いが天井川の形態差を生み出している。
- ② 天井川は人間が完全にその形態をコントロールしているのではない。天井川は人間のみを営力とする人工地形ではなく、形成要因は人間だが形成誘因は自然である地形といえる。

今後の課題として、以下の3つを指摘したい。

- ① 対象河川を増やし、今回得られた結果をより確証のあるものにしていく。
- ② 今回調べた天井川の中で4つの河川は扇状地の堤防幅が氾濫原の堤防幅より小さかった。

このようになった要因を調査する。

- ③ 扇状地を有さない天井川における、天井川の形成と地形との関わりを調査する。

付記

向日市埋蔵文化財センター中塚 良主任調査員、兵庫県神戸県民センター神戸土木事務所山内秀峰さんには大変有益なアドバイスをいただきました。この場を借りて謝意を表します。

また、本研究は加古川東高校理数科課題研究で行ったもので、小橋拓司教諭に御指導を賜った。なお、研究成果の一部は、2020年9月日本地質学会ジュニアセッション〜第18回小・中・高校生徒地学研究発表会〜で発表（奨励賞）、2021年3月第六回高校生国際シンポジウムスライド部門化学・地学分野で発表（優良賞）、2021年7月日本地球惑星科学連合2021年大会パブリックセッション「高校生によるポスター発表」で発表（奨励賞）した。

参考文献

- 青木拓也・池田祐一（2005）：勾配・川幅の急変点近傍での河床変動に関する基礎的研究、土木学会関東支部技術研究発表会 32-2、pp. 111-112.
- 池田宏・斎藤憲一（1998）：甲府盆地における天井川の成因について、筑波大学水理実験センター報告 23、pp. 35-49.
- 五十崎恒（1954）：天井川(草津川)の掃流力(I)、農業土木研究 21-5、pp. 311-316.
- 籠瀬良明（1975）：『自然堤防』、古今書院、306p.
- 釜井俊孝（2016）：『埋もれた都の防災学〜都市と地盤災害の2000年〜』、京都大学学術出版会、209p.
- 藤岡ひろ子（1974）：住吉川扇状地の土地利用の変化の時期について、兵庫地理 18、pp. 31-41.

(かみささ なつき・こんどう ゆうた・たけやま はると・とみた やすはる・ながお りくし・のはま なか、加古川東高校生徒)