

1枚500円の紙

～地形図の読み方その1～

新 目 竜 一*

1. 1枚500円の宝の紙？

500円で何が買えるかといえばタバコが2箱か食堂の定食が食べられるくらいしか頭に浮かばない。しかし、その500円で我々土木技術者にとって極めて有用な情報を提供してくれるもののひとつに地形図がある。

ただし、この1枚500円の紙切れを宝の地図にするためには、地形図の読図が必要不可欠である。慣れた人なら地形図を読むだけで、立体画像が頭に浮かび、地形、土地利用、植生はもとより建設工事に関連して問題点となるであろう地質、軟弱地盤、地下水の状態、想定される自然災害などについて瞬時のうちに定性的ながら洞察できる。

このように、地形図に描かれている等高線をはじめとする各種記号からの直接的な理解ばかりでなく、直接的には描かれていない事柄を推論し、地形図の行間を読み取る思考作業を読図とよぶ。

読図の効能や読図を行う上での若干の基礎知識について解説を行う。



図-1 エジプト、ナイル川のデルタ地帯

2. 読図の効能とは？

我々土木技術者が何らかの工事計画や調査計画を立案しようとするとき、最初にすべきことは当該地区周辺の土地条件の概要を把握することである。ここで当該地区周辺というのは工事や調査の内容に応じてその範囲が広範囲に及ぶのは当然である。例えばダム計画であればダム流域のみならず河口・海域までを含めた流域全体になるだろう。

地形図を読図することで工事や調査に影響するであろう地形、地盤、地下水、想定される災害の種類・規模などについて定性的ながらも把握することができれば問題箇所及び問題点の抽出が可能となる。

実際、建設工事で問題となるであろう地形や地盤、地下水の条件は定性的ながら読図だけである程度読みとることが可能である。

問題箇所及び問題点抽出できれば、次に何を調査すべきか、入手すべき既存資料は何か、現地踏査の範囲及びルートはどう設定すべきか、先行調査（ボーリング、物理探査など）の種類・位置をどうするかなど過不足のない調査計画が必然的に立案できる。

調査結果や既存資料を平面図や断面図の形で整理する上でも、正確な読図作業が重要である。

また得られた調査結果を正しく位置づけ、解釈するためには、調査地点周辺の広範囲について土地条件の概要を把握することが不可欠である。

大規模な宅地開発や農耕地開発などの地形改変などが行われた場合には、現在の地形図の読図だけでは十分な成果を得られないこともある。

そのような場合には、古い地形図と比較しながら読図をすることで、より理解が深まることであろう。

3. 地形と地形の形成要因の関係

地形構成物質である、土や岩は生物ではないから、外力が加わらない限り、静止しつづけ、移動も変形もしない。したがって当たり前であるが移動・変形が発生するためには何らかの外力を必要とする。また同じ強

度の外力が作用しても物質によってその挙動は異なるし、その作用時間や発生場所の地形条件によっても異なってくる。

したがって地形形成要因としては次の4つが重要である。

(1) 外力(地形営力): 風、河流、波、氷河、地すべり、地殻変動、噴火、そして重力などのように、地形変化すなわち地形の移動・変位をもたらす自然現象である。

(2) 地形物質: 物体の移動・変形はそれに加わる力の性質(ベクトル、頻度など)ばかりでなく、物体の性質にも制約される。したがって地形営力が加わった

ときの地形物質の挙動(岩石物性)が問題となる。

(3) 時間: 地形営力と地形物質の性質の組み合わせが一定であれば、地形変化量は地形営力の継続時間に比例する。ところが地形営力の性質も地形物質の性質も時間とともに変化する。したがって時間は地形過程の重要な変数となる。

(4) 地形場: 地形変化は、その場所及びその周囲の既存地形の形態的特徴、つまり地形的な初期条件によって、その場所で発生する地形営力の種類や地形変化の最終量などが制約される。

地形過程の分類を表-1に示す。¹⁾

表-1 地形過程の大分類と中分類

参考文献1より抜粋

分類名称		地形過程の主な様式			形成される地形種の例
大分類	中分類	高度	主要な地形営力	移動する地形物質	
除去過程	侵蝕	-	河流、波、氷河、風	岩屑	河谷、波蝕棚、U字谷、ガリー 鍾乳洞、ドリーネ
	溶蝕	-	表面流、地下水	溶解物質	
付加過程	堆積	+	河流、波、氷河、風	岩屑	自然堤防、扇状地、砂州、砂丘 噴砂堆、泥火山 石灰華段丘 ブラヤ(塩原)、鍾乳石
	噴砂・噴泥	+	地盤振動、地下水	砂・泥	
	沈殿	+	湖水、河川水、地下水	溶解物質	
	蒸発	+	湖水、河川水、地下水	溶解物質	
集団移動	匍行	±	重力	岩屑、岩塊	麓斜面 崩壊地、崖錐 地すべり地形 沖積錐
	崩落	±	落石、崖崩	岩屑、岩塊	
	滑動	±	地すべり	岩屑、岩塊、岩体	
	流動	±	土石流、岩屑流	岩屑、岩塊	
周氷河過程	凍結融解過程	±	地中氷の凍結融解	岩屑、岩塊、岩体	凍結割れ目、岩塊流、構造土 沈下・陥没地形 雪蝕皿状凹地、雪崩礫舌
	サーモカルスト過程	-	重力	岩屑	
	雪蝕	±	積雪、雪崩	岩屑	
有機的過程	付着	+	動物活動・植物生育	生物遺骸・分泌物	さんご礁、蟻塚、泥炭地 踏溝、巣孔、食侵
	掘削	-	動物活動	岩屑	
隕石衝突		±	隕石衝突	隕石、岩屑	隕石孔
表層変位	地盤沈下	-	荷重、地下水流動	岩屑、岩体	地盤沈下地形(0m地帯など) 火山帯の荷重沈下地形 シンクホール、陥没孔、地下空洞 岩塩ドーム
	荷重沈下	-	荷重	岩屑、岩体	
	陥没・落盤	-	重力	岩屑、岩体	
	流動注入	+	岩塩流動	岩塩	
火山過程	噴火	±	噴火	火山噴出物	火山地形一般 溶岩流原、火砕流原、碎屑丘、成層火山 火口、爆発カルデラ 潜在火山、火山岩尖 陥没カルデラ、ピットクレーター 噴火前の隆起、噴火直後の沈降 噴気孔、噴気塔、温泉階段
	定着(堆積)	+	噴火	火山噴出物	
	爆裂	±	マグマ圧上昇	岩屑、岩塊	
	貫入	+	マグマ貫入	岩屑、岩塊	
	火山性陥没	-	マグマ圧低下	岩屑、岩塊	
	火山性変位	±	マグマ圧上昇・低下	岩体	
後火山過程	+	噴気、温泉湧出	昇華物、沈殿物		
変動変位	断層変位	±	断層運動	地殻、地塊	縦ずれ・横ずれ断層地形(断層崖など) 活褶曲地形、傾動地形(背斜丘陵など) 離水・沈水海岸地形(段丘、三角江など) 地震割れ目
	褶曲変位	±	褶曲運動	地殻、地塊	
	曲動	±	アイソスタシー	地殻、プレート	
	裂動	-	断層・褶曲運動	地殻	
氷河性海面変動	海水準低下	+	氷床・氷河の増量	地形物質の移動	離水海岸地形(海岸段丘など) 沈水海岸地形(リアス海岸など)
	海水準上昇	-	氷床・氷河の減量	なし	

注1 +: 高度上昇、-: 高度下降、±: 高度上昇・下降がほぼ同時に起こる

注2 地形過程は全て重力場で生起するので、重力はそれのみが重要な場合を除き省略

4 河流が地形営力となって形成される地形をどう読むか？

小学校の社会科で習った通り地形営力としての河流の働きは、浸食・運搬・堆積作用であり、ヘロドトスの「エジプトはナイルの賜物」という言葉に集約されているとおりである。

地形図上に描かれている地形は基本的には河流の浸食・運搬・堆積作用の痕跡であり、したがって、浸食・運搬・堆積作用の基本的性質を理解し、それによって形成される地形の特徴やその特徴を生かした土地地用形態などを把握できれば、逆に地形図の行間を読み取ることで、地形の大要を定性的ながら知ることができる。

陸上の地形を大別すると山地と低地に分けられ、山地域（山地、丘陵、段丘）においては起伏を小さくしようとする浸食力及び運搬力が支配しており、低地においては堆積力が支配的である。低地は地理的位置、営力、形成過程などの違いによって上流から扇状地、氾濫原、三角州に分けられる。

河道特性を考える上で重要な因子のひとつである河床材料について考えてみると、その粒径は上流域から供給される土砂と出水時の掃流力を反映しておりその平均粒径は一般に上流から下流へと向かうにつれて小さくなる。またその円形度も一般に上流から下流へ行くにしたがって丸くなる。

したがって、地形図読図的にいえば、表 - 2 のように河道形態・堤外地の地形や土地利用形態などから円礫、角礫、砂、シルトといった大まかな推定が可能となる。

また河道特性を表す重要な因子として他に河床勾配 I と水深（径深 R ）があるが、河流の浸食・運搬・堆積作用を支配する重要な要素である流速と掃流力は R と I を用いてそれぞれ次式で表される。

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad \tau = \rho g R I$$

ここで V : 流速、 n : 粗度係数、 R : 径深、 I : 河床勾配、 τ : 掃流力、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度である。

上式を用いて堆積扇状地の形成過程を考察してみるとこととする。河川が山地の谷底低地から急に広い平地に出る場合を考えると、上流の谷底低地は兩岸を谷壁におさえられており、出水時に広がる川幅には限度がある。このため、水深（径深 R ）が増加し、掃流力が増え、河川の浸食・運搬作用が大きくなり、流送物質の粒径と量が大きくなる。しかしそこから急に広い平地に出ると流水は容易に広がるので水深（径深 R ）が急減し、掃流力が減少し、上流から下流に向かって粗粒物質から細粒物質の順に堆積していくこととなる。また河道を溢れた流水が礫質の自然堤防を、その背後には小礫や砂、粗粒シルトからなる後背低地を形成する。次の出水時に自然堤防が切れると河道は転流し、新たな流路を形成する。長い年月をかけて洪水のたびに谷口を中心として時計の振り子のように左右に転流を繰り返しながら、堆積扇状地が形成される。

したがって堆積扇状地の地盤は、山地域が浸食されて供給された粒径数 $\text{cm} \sim$ 数十 cm の礫から構成され、基礎地盤としては良好であり、またその扇端部は地下水が豊富なため集落が発達していることが多い。

災害特性の面では礫の堆積や転流を起こしやすいという本来の性質のため、河床変動が著しく、橋脚の洗掘、河岸浸食、さらには破堤・越流が起こりやすいので河川敷の管理は極めて重要である。

図 - 2、3 は豊平川の形成する扇状地上に発達した札幌市の大正 5 年及び昭和 50 年当時の地図であるが、図 - 2 では人工堤防もなく、網状流路の河道が扇状地河川の特徴をよく表している。

表 - 2 地形と河道特性の・土地利用の関係

	地形	河道形態	土地利用	堆積物
上流 ↑	扇状地	網状流路	集落・果樹園・畑地等	円礫・亜円礫・亜角礫・粗砂
	氾濫原	自由蛇行流路	集落・果樹園・畑地等(自然堤防) 水田 (旧河道・後背低地)	砂質 砂泥質
下流 ↓	三角州	網状分岐流路	水田・湿田等	シルト

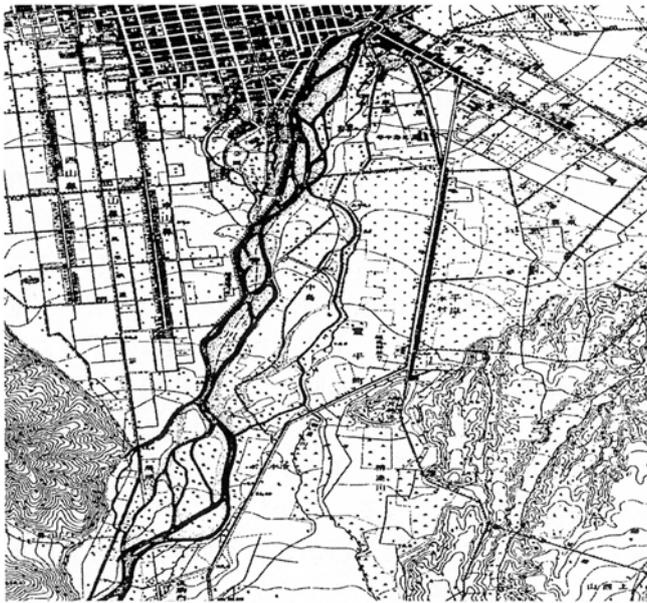


図-2 大正5年 札幌市



図-3 昭和50年 札幌市

また札幌市の発達が扇状地の扇端部側から始まっていることや現在の中島周辺には河道に大きな中島が形成されており、「中の島」や「中島公園」の地名の由来を伺い知ることできる。豊平川では現在の永久橋に架け変わるまで開拓以来何十回と橋梁流出が発生しているが（地形図からはわからないが）、まさに扇状地河川の宿命だったと言える。

図-3は昭和50年当時のもので人工堤防が築造され河道も安定化し、後背地には札幌の市街地が発展している様子が見えるが、図-2に見られるように、また過去の何十回という橋梁流出が示すように豊平川の本質は暴れ川であるということを肝に銘じる必要がある。

現在の地形図だけでなく、時には古い地形図とあわせて当該地区の成り立ちや生い立ちを見ることは多いに有効である。

次に氾濫原について考察してみよう。氾濫原は自由蛇行流路を持つ砂床河川の運搬した砂・シルト・粘土の氾濫・堆積の繰り返しによって生じた地域で自然堤防地帯とも呼ばれる。その構成は自然堤防（砂質）、浅い皿状凹地である後背低地（砂泥質）、帯状の凹地である旧河道などから構成される。

氾濫原においてもその供給土砂の性質に支配され、砂質運搬物質の多い河川では自然堤防の規模も大きくなる。後背低地は降った雨や河道から溢れた水が自然堤防の囲みの中で停滞し、表層には停滞水に含まれる細粒分が堆積し、泥炭に発達することもある。高燥で洪水時の冠水をまぬがれやすく、また砂質地盤で水はけのよい自然堤防地帯には集落が発達し、果樹園・畑

地・林地などとして利用される。一方、後背低地や旧河道は冠水しやすく、排水不良で軟弱地盤であり、水田に利用されていることが多い。

図-4及び5は典型的な蛇行流路を持つ石狩川中流域の過去及び現在の様子を示したものである。

図-4の石狩川は人工堤防が構築されてなく、自然河川の状態が見られる。水深は3.5m（水深記号）と深い。水衝部には蛇行崖が見られ、袋地沼などの三日月湖も見られる。石狩川と空知川の合流点では蛇行切断が起ころうとしている。空知川は石狩川合流前に分岐している。兩岸の自然堤防は畑として、後背低地は水田利用がなされていることがわかる。

図-5では兩岸に人工堤防が築造され（堤防高5.8m）、捷水路を伴う河道改修が行われ、かつての蛇行湾曲部は三日月湖となり、流路長は短縮され屈曲度も半減している。またあちらこちらに蛇行痕跡を示す蛇行崖（新十津川神社付近等）が見られる。

三角州（デルタ）は河流の堆積作用と海の流れの影響を受けながら、河口付近の海拔0m地帯に細粒土を構成材料として形成される低平地である。その平面形は、河川の供給土砂量と波浪や沿岸流の強さに応じて、直線状、円弧状、鳥趾状などに分かれる。

扇状地や氾濫原との顕著な相違点は、分岐流路ときには網状分岐流路を形成し、各派川は蛇行しながら別々の河口を持っていることである。感潮河川であることもその特徴のひとつである。

図-6は十勝川河口部の直線状三角州を示したものである。十勝川と浦幌十勝川が分岐流路をなし、分岐

流路間には低湿地帯が広がっている。また十勝川、浦幌十勝川の河口が東に河口偏倚していることから沿岸漂砂が北東に卓越していることや浜堤の高度 5.3~6m

から波浪が強いことなどが読みとれる。

河流を地形営力とする地形を形成過程の複合性や形成時間、規模により分類した結果を表 - 3 に示す。²⁾



図-4 石狩川と空知側の合流点 (昭和10年)

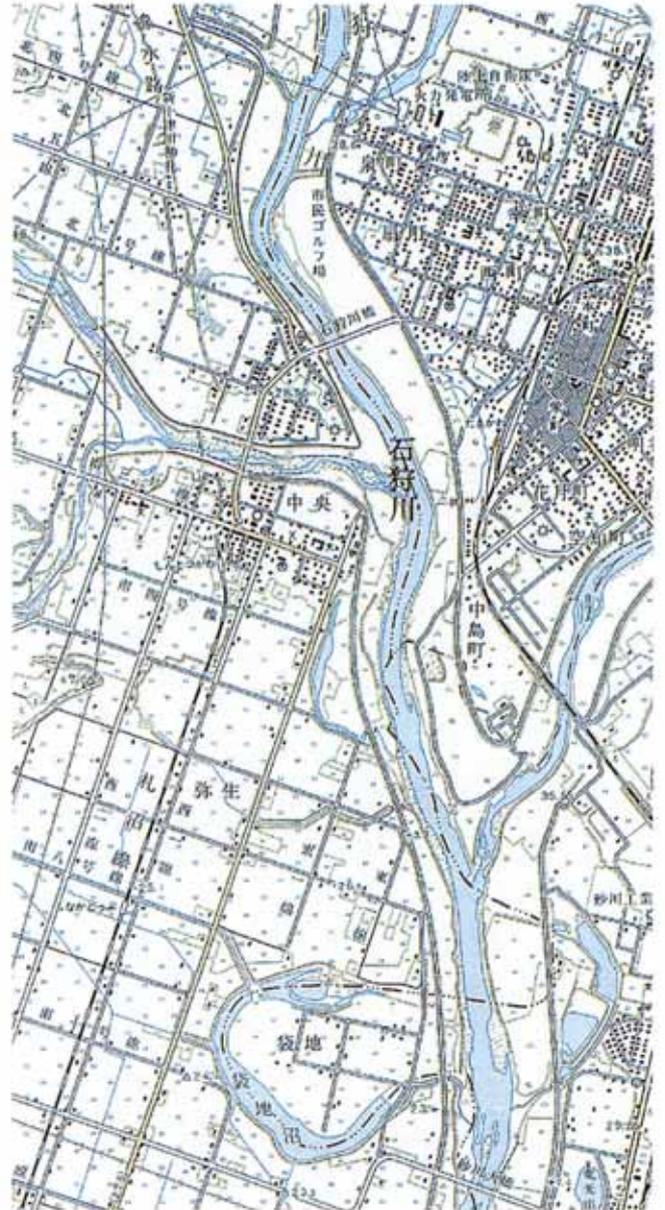


図-5 石狩川と空知側の合流点 (昭和56年)



図-6 十勝川河口部の三角州 (昭和50年)

表-3 河流を地形営力とする地形の分類

地形種の類型	超微地形類	極微地形類	微地形類	小地形類	中地形類	大地形類	巨地形類
規模	10 m	100 m	1 km	10 km	100 km	1000 km	
河成地形	砂漣、砂堆 反砂堆 平坦河床	河道 瀬、淵 交互州 複列州 うろこ州	河川敷 自然堤防 後背低地 流路跡地	扇状地 蛇行原 三角州 谷底堆積低地 谷底侵蝕低地 河成段丘	段丘 低地	平野	
地形物質の厚さ	数cm～数m	数m～数10m	0.01～1km	0.01～5km	0.1～10km	1～40km	70～140km
形成時間	$10^{-3} \sim 10^0$ 年	$10^{-2} \sim 10^0$ 年	$10^0 \sim 10^3$ 年	$10^0 \sim 10^4$ 年	$10^5 \sim 10^7$ 年	$10^7 \sim 10^8$ 年	$10^8 \sim 10^9$ 年
形成過程の 複合性による 分類	— 単成地形 —		— 単式地形 —		— 重合地形 —		
	— 複式地形 —			— 複合地形 —			
	— 複成地形 —						
読図地図の縮尺	1/100	1/2,500	1/10,000	1/25,000	1/100,000	百万分の1	千万分の1

参考文献

- 1) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図
読図入門 第1巻 読図の基礎
- 2) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図
読図入門 第2巻 低地
- 3) 財団法人 日本地図センター：地図で見る札幌の変遷



新目 竜一
旭川開発建設部
治水課
課長
(前開発土木研究所
環境水工部
環境研究室
主任研究員)