

空中写真地質講座 (9)

松野久也

構造の判読(つづき)

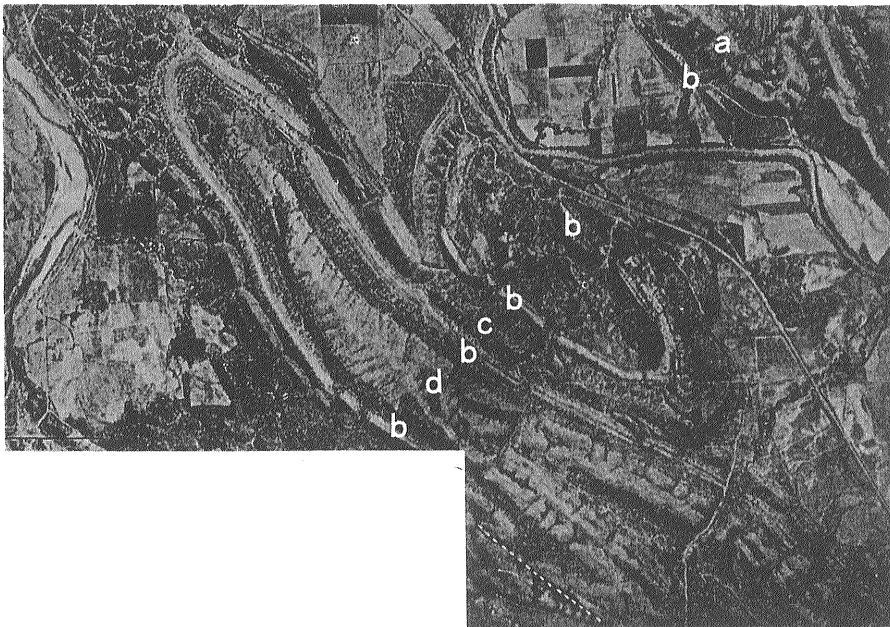
褶曲

岩石の露出のよい地域で 非常に対照的な色調 物理化学的組成をもつ岩石の互層から構成される地層の場合 褶曲構造は単写真上で写真の階調 肌理 侵食地形等の違った地質単元の特有な帯状配列によって容易に識別することができる (第41, 43, 67図)。しかし褶曲構造の判読に当たってとくに重要なことは 地層の傾斜—とくに傾斜方向の決定である (傾斜方向の決定についてはすでに述べたとおりである 本講座の参照)。すなわち 背斜構造と向斜構造あるいはドーム構造と盆状構造との区別は 地層の傾斜方向の検討によって はじめて可能である。傾斜が中程度の場合には 左右非対称の山稜あるいは“V字の法則”によって容易に傾斜方向を決定できるが 傾斜が急な場合には細心の注意を必要とする。このような場合 ~既に地層の層序関係がわかっているか あるいは連続的に写真上で中程度の傾斜を示すところまで 追跡することができるときには問題はないが~ 必ず立体観察によって地層の走向に斜交する水系が ある特徴のある地層を切っているところを詳細に観察検討しなければならない。なぜかという空中写真の射影幾何学的特性によって 高い

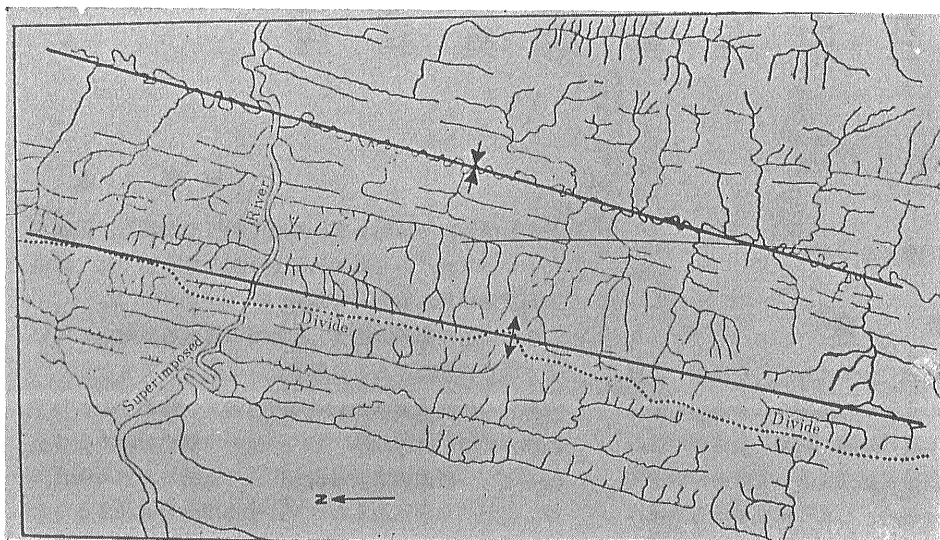
ところが低い所に対して 外方に向けて偏位して記録されているため 単写真でみると写真の周縁部では 傾斜方向が逆に見えるからである。

褶曲構造の軸の位置は 各地層の最も急に彎曲しているカ所を結んだところにあることはいうまでもない。大部分の褶曲構造は左右対称ではなく 軸を中心として両側の地層の露頭の幅 および傾斜の違いが認められる (第67図)。褶曲構造が過褶曲のため転倒している場合には 局所的な観察からだけでは褶曲構造を識別することは不可能である。非常に露出がよくて褶曲構造の鼻あるいは軸をはさんで 地層が反対方向の傾斜を示すところまで これが確実に追跡できないかぎり あるいはあるルートにおいて地層の重なり方がわかっていないかぎり 同斜あるいは等斜構造と区別することができない。

褶曲構造は岩石ごとの階調 肌理 侵食地形等の違う帯の規則的な配列によって写真上に記録され 地形的特徴によって 傾斜方向が決定されることについて述べたが時には表土や植物などの被覆があるため 岩石ごとの違いが階調や肌理の違いとして 直接写真上に記録される場合は少なく また起伏が小さく地形的特徴からこれを識別することが困難なところもある。このような場合 軽微な地表面の変化に鋭敏な水系の模様を解析が褶曲構造のアウトラインを把握するため非常に有効である。



第67図
ドーム構造と沈降する背斜構造
両者は非常に急な向斜構造によってへだてられている a, b, cは非常に特徴ある岩相単元を示すものであり aが古くcがもっとも新しいものである 点線は断層を示す (Smith, H. T. U. 1943 p. 252, pl. 38)



第 68 図
完全に構造に適合した水系
ボリビアのアンデス山地の前面における構造軸と水系との関係 主流は構造軸にほとんど直角に交わっている 空中写真から判読すると背斜軸は主要な分水界にほぼ一致し かつ平行である 向斜軸は主要な一支流の流路とほとんど完全に一致している (Melton 1959)

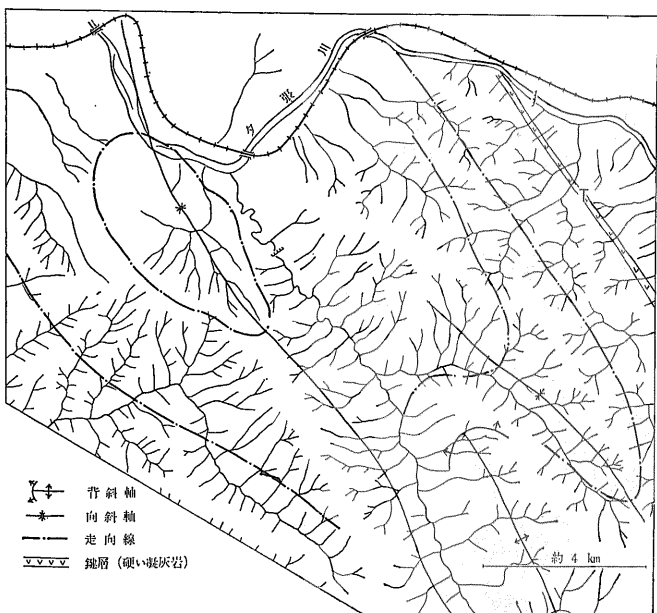
とくにこの方法は石油鉱床探査の際 背斜構造やドーム構造の発見に役立っている。

地形的特徴とくに水系模様は 褶曲運動によって変形した地層の差別的侵食によって規制される。そしてその度合は 褶曲に関与する地層を構成する各岩石間の侵食に対する抵抗力の相対的な差と侵食の歴史によって異なる。すなわち 褶曲によって変形した地層中の岩石間で差別的侵食が著しく 何回かの侵食輪廻をくりかえし経てきたところでは 水系は褶曲構造に適合している(第68, 69, 70図)。このようなところでは 背斜および向斜構造は 格子状水系模様 ドームおよび盆状構造は 放射状あるいは年輪状水系模様を示している。

褶曲地帯で 地層中各岩層間で侵食に対する抵抗力の

著しい差がなく 地形的起伏が小さいところや 表土や植物被覆のために 層理を識別できないところでは 水系模様の解析が構造の判読にとくに有効である。背斜軸の沈下するところでは その鼻の所で主要な水系は彎曲し その凸出した側が背斜軸の沈下する方向を示している(第41図)。水系密度を検討すると 傾斜方向の斜面に比べて 逆層斜面の水系密度が大きいのが普通であって この違いから傾斜方向を決定することもできる。また すでに述べたとおり 種々の水系異常は 背斜やドームによる構造的高まりを示すものとして重要である(本講座④27ページ)。また 沖積氾濫原堆積物や厚い降下火山灰等の表層被覆の下に隠された褶曲構造も ある条件下では水系模様の解析から その大略の形を推定する

ことができる。すなわち われわれがよく知っているように 層序断面に堆積の間隙として記録されるような造構造運動は 決して短い時間に起こったものではなく その芽ばえとしての微弱な運動に始まり ある時期に極点に達し やがて終えんするに至るのであるが あとを引いた運動はその後の地層の堆積に影響を与えている。このようななごりの運動がさらに表層堆積物の堆積後にも引き続いた場合 その表層被覆物の表面上を流れる水系は きわめて敏感にこのような運動を反映して流路に異常を生ずる(第71図)。しかし 地形的に若いステージの地域では 水系は褶曲構造に適合するにいたらないでむしろ表層下の節理や断層に支配されることが知られている。水系模様を解析する場合 写真上にあますところなく記録された地物の映像が障害となる。したがって 水系だけを別に透明あるいは半透明な紙あるいはセルロイド板に写しとると種々の検討に



第 69 図 水系が不完全ではあるが 褶曲構造に適合している例 (北海道夕張郡夕張川中流南岸地域)

楽である。また 大縮尺の写真では 水系の特徴をとらえ難くことに水系異常を見出すには 小縮尺の写真あるいはこれから作成された 集成写真がもっとも都合がよい。

節理および破碎帯

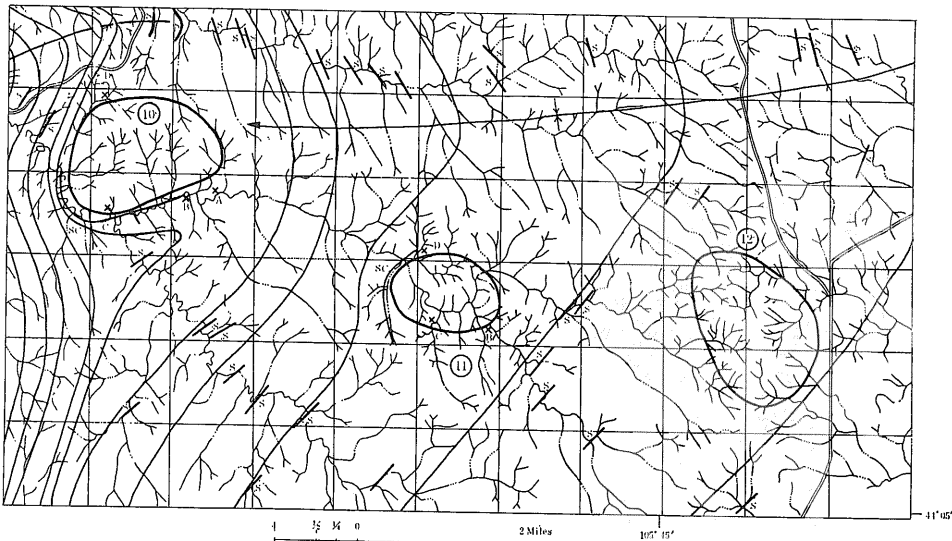
節理および破碎帯は 断層と同じく写真上に線状の特徴として記録されている。単なる破碎帯の断層と異なる点は これを境にして両側の地層あるいは岩体の転位が認められることである。

堆積岩の場合 構造が複雑なところでは 写真上で節理を判定することはむずかしい。乾燥地帯や半乾燥地帯の 水平あるいはゆるやかに褶曲した堆積岩地域では 写真上で短い線状の特徴が一定の方向をとって配列しているのが識別され 節理の存在が容易に推定される。一般に水平または水平に近い堆積岩では 節理は垂直あるいは垂直に近い急傾斜を示すものが多く 広範囲にわたって一様かつ規則的に配列している。堆積岩の節理は普通2方向の系統のものが交差し この場合互いに直角に近い角度で交わるのが普通である。一方向だけの場合も決してまれではない。すでに述べたように 堆積岩の場合 その節理の間隔は 岩石の粒度に強く支配され 細粒岩では非常に密であり 逆に粗粒岩では粗である(本講座③31ページ)。

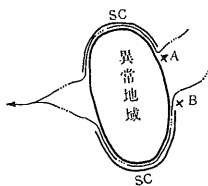
火成岩の節理は 堆積岩のそれとはかなり違いがある。すなわち 岩体の流理構造の方向に支配されて 同一岩体の中でもその一次的な節理の傾斜は 低角度のものから直立するものまで変化がある。また 火成岩ではほとんどの場合 少なくとも方向の違う3系統 時には4系統の節理系が認められる。したがって 空中写真上線状の特徴として示される節理系は いろいろな角度で交差している(本紙第86号 5ページ第6図 第V図版)。さらにこれら節理の間隔も堆積岩のそれらに比べて 規則性に乏しいのが普通である(第61.62図)。

変成岩の節理は 堆積岩や火成岩の節理に比べて写真上で明りようでない。もちろん その原岩中に発達した節理は変成作用の結果破壊されて終っている。変成岩地域で 写真上線状の特徴が認められる場合には 変成岩の片理を示す場合が多い。しかし 片理の方向に直交する節理は非常に顕著にあらわれる。

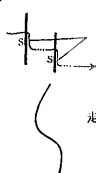
単なる破碎帯は断層と異なり 両側の地層あるいは岩体の間に転位が認められないことによって区別されるが 実際には多少の転位があっても 野外ではもちろんのこと写真上でも 両者ははっきり識別することは困難である。また どの程度の転位までを本当の意味の断層とするかという点でも問題がある。破碎帯は鉱床の探査の面で重要である。多くの鉱脈は 破碎帯が鉱化



第70図
Dead Horse Creek
地区 (Wyoming)
における水系異常
(Smith, V. Z.,
1958 によるもの
の一部) ⑩⑪の異常
地域は 構造に支
配されたもので
ある ⑫は明瞭な放
射状水系によって
特徴づけられる異
常であるが 分水
界に位置しおそら
く地形に支配され
た異常であろう



SC: 構造に適合した水系あるいは環状水系
A, B: 異常な水系偏配



走向に支配される直線状の水系片

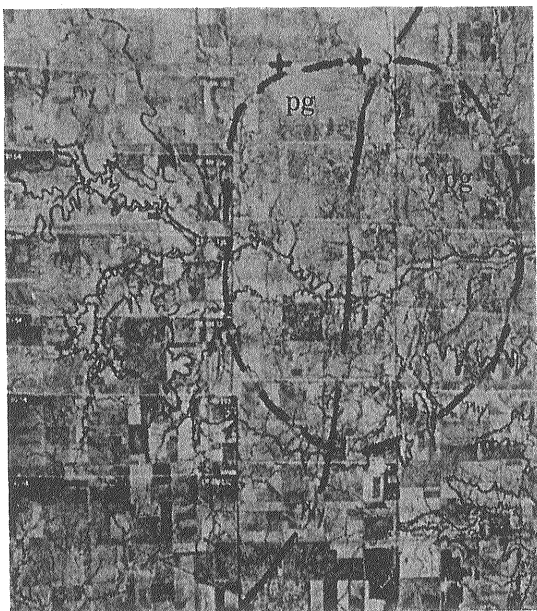
走向に支配される直線状の水系片を結んだ線

作用を受けたものであり 写真上その内容物と周囲の母岩との侵食に対する抵抗力の相対的な差によって また物理・化学的組成の差によって地形的にも 写真の階調 肌理等も異なって表現される。

あらゆる種類の岩石を通じて 節理および破碎帯は弱線となり ここから風化侵食が進み 直線状の凹所となり 乾燥地帯ではそこに表土を生じ かつ水分が濃集するため写真上異った階調を示し また植物被覆の相違も認められる(第62図)。多雨地帯ではそこに沿って水系が発達する。このような地形 土壌 植生 水系 写真の階調および肌理等によって写真上に表現された直線状の自然の特徴を総称して photographic lineament という。したがってこのような photographic lineament の方位傾度を解析することによって 野外では明らかにすることのできないような節理 破碎帯あるいは断層の卓越する方向を知ることができる (第72図 第3表)。

これまで9回にわたって 地質判読一般についてその基本的技術を紹介してきた。あと第10回の「断層」と「不整合」の判読をもって 前編ともいべき「定性的判読」を終了し 後編の「定量的判読—走向および傾斜の決定その他地質計測」と「基図ならびに地質図編集方法」について解説を試みる予定である。

地質判読を志す読者の皆様の便宜のために 今回と次回の2回にわたって 本講座を執筆するに当たって参考とした 文献ならびに基本的な参考書 その他技術的な解説書を紹介することにしたい。今回は差し当たって地質判読中「定性的判読」に関するものを主体とし 次



第3表
大町トンネル付近
の断層の実測値
(吉田・西尾 1961)

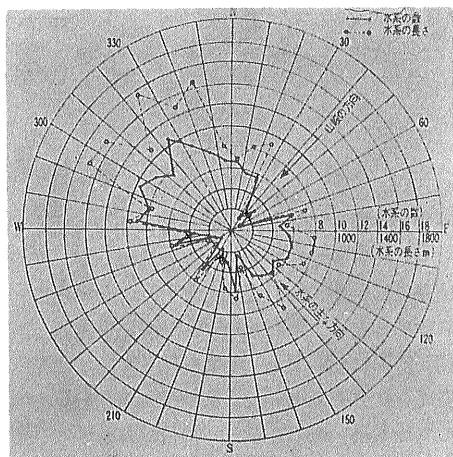
断層の番号	走 向	傾 斜	厚 さ (m)
1	N 30 W	65 E	1.5
2	N 20 W	70 E	4~6
3	"	"	3~5
4	"	69 E	2~3
5	N 32 W	70 E	5~10
6	N 30 W	"	10
7	N 45 W	"	8
8	N 10 W	78 E	5
10	N 20 W	72 E	0.2
11	N 5 W	82 E	0.2
12	N 45 W	85 E	0.6
19	N 5	90 E	5
14	N 10 W	86 E	1~2
15	N 5 E	62 E	0.5
16	N 13 W	63 E	0.103
17	N 3 W	50 E	5~10
18	N 50 W	60 E	5
23	N 52 W	49 E	0.4
24	N 28 E	67 E	1
25	N 4 E	39 E	1
26	N 20 W	44 E	2
27	N 16 W	82 E	1
28	N 40 W	80 E	1
29	EW	29 S	1.2

回に地質計測 基図 ならびに地質図編集に関するものを列挙する予定である。 (筆者は地質部)

参 考 文 献

American Society of Photogrammetry (1960): Manual of Interpretation of Airphotography
 Butorff, C. L., (1958): Geomorphic Anomalies, Dead Horse Creek Area, Wyoming in Wyoming Geol. Assoc. Guidebook 13th Ann. Field Conf., Powder River Basin, 1958, pp. 215—217
 Christensen, D. J. (1956): Eagles of Geology Photogram. Eng., vol. 22, no. 5, pp. 857—864
 Daehen, R. E. (1949): A Standardized Tone Scale as an Aid in Photointerpretation. Photogram., Eng., vol. 15, no. 2, p. 287
 Eadley, A. J. (1942): Aerial Photographs—Their Use and Interpretation. New York, Harper and Bros. Publishers, p. 203
 Elliot, D. H. (1958): Drainage Analysis—Donkey Creek Area, Powder River Basin. Wyoming, in Wyoming Geol. Assoc. Guidebook 13th Ann. Field Conf., Powder River Basin, 1958
 Fischer, W. A. (1955): Photogeologic Instruments used by U. S. Geological Survey. Photogram. Eng., vol. 21, no. 1, pp. 32—39
 Fischer, W. A. (1958): Color Aerial Photography in Photogeologic Interpretation. Photogram. Eng., vol. 24, no. 1, pp. 32—39
 Fischer, W. A. (1962): The Use of Photographs and Images for Geologic Purposes. Jour. Geogr. vol. 71, no. 2, pp. 43—59

第71図 中北部オクラホマの起伏の小さい内陸平原地方における ミッドコンティネント油田型の緩傾斜褶曲のドーム構造 (集成写真) ガーバー油田の背斜軸 (右側中央) は S SW方向をとっている 東流する川 (真中) は ドームの沈降する方向 南方に偏位彎曲し そこで背斜軸を横断している 背斜軸より上流では 川は蛇行し 下流では蛇行していない 太い破線は ガーバー砂岩 (Pg) と ヘネシー頁岩の境界を示すものである (Manual of photo Interpretation 1960 p. 237, fig. 95)



第72図 このダイアグラムは 大町トンネル付近の 100m 以上の長さの水系について各集水区域毎に 方位角 10° ごとにその数と長さを合計し その平均値をプロットしたものである この図から N30°W 付近と N60°W 付近にピークが認められ この地域の断層の一般的方向を示しているものと解釈される (吉田・西尾1961)

Gratham, D. R. & Woods, K. B. (1948): Aerial Photography, Vegetation and Geology. Mining Magazine, vol. 88, no. 6, pp. 329—336

Hansen, W. R. & Bonilla, M. G. (1956): Geology of the Manila Quadrangle, Utah-Wyoming. Miscellaneous Geologic Investigations. Map. I—156, U.S. Geol. Surv.

Hemphill, W. A. (1958): Small-scale Photographs in Photogeologic Interpretation. Photogramm. Eng., vol. 2, no. 4, pp. 526—567

黒田和男 (1962): 空中写真探査とその日本に於ける適用条件 応用地質 vol. 3 no. 1, pp. 30—36

Lattman, L. H. (1958): Technique of Mapping Geologic Fracture Traces and Lineaments on Aerial Photographs. Photogramm. Eng., vol. 24, no. 4, pp. 568—567

松井愈 (1961): 地質調査における航空写真の援用—天塩郡間寒別南部地域の 1 例—新生代の研究, no. 33, pp. 12—19

松野久也・西村嘉四郎 (1961): 空中写真による地質判読—水系模様とその地質学的意義—地質ニュース no. 86, pp. 1—6

Maruyasu, T. & Nishio, M. (1960): Experimental Studies on Color Aerial Photographs in Japan. Rep. Inst. Industrial Science, Univ. Tokyo, vol. 8, no. 6, pp. 271—293

Maruyasu, T. & Nishio, M. (1960): On the Study and Application of Infrared Aerial Photography. Rep. Inst. Industrial Science, Univ. Tokyo, vol. 10, no. 1, pp. 1—16

Melton, F. A. (1957): Aerial Photographs and Structural Geomorphology. Jour. Geol., vol. 67, no. 4, pp. 351—370

Miller, V. C. (1953): Some Factors Causing Vertical Exaggeration and Slope Distortion on Aerial Photographs. Photogramm. Eng., vol. 19, no. 4, pp. 592—602

Miller, V. C. (1961): Photogeology. Mc-Graw-Hill, New York, p. 248

中島歳・長谷川訓子 (1962): 林型の相違による航空写真像の濃度測定と解析法の研究(予報) 林業試験場研究報告 no. 141, pp. 31—49

中野尊正・小谷昌 (1950): 空中写真による地形調査 写真測量 vol. 1, no. 3, pp. 31—42

中野尊正 (1962): 航空写真からどれだけ「読め」るか 朝日ジャーナル vol. 4, no. 46, pp. 21—27

西尾元充・河原紀夫 (1962): 航空写真を利用した地質調査 その 1—木曾上松町付近について— 写真測量 no. 3, pp. 95—111

西尾元充 (1962): 航空写真による考古学的な発見 科学読売 6月号 表紙および p. 106

Parvis, M. (1950): Drainage Pattern Significances in Airphoto Identification of Soils and Bedrocks. Photogramm. Eng., vol. 16, no. 3, pp. 387—409

Ray, R. G. (1956): Photogeologic Procedures in Geologic Interpretation and Mapping. U. S. Geological Survey Bull., 1043—A, pp. 1—21

Ray, R. G. (1960): Aerial Photographs in Geologic Interpretation and Mapping. Geol. Surv. Prof. Paper, no. 373, p. 230

Ry, R. G. & Fischer, W. A. (1960): Quantitative Photography.—A Geologic Research Tool— Photogramm. Eng., vol. 26, no. 1, pp. 143—150

Rich, J. L. (1951): Geomorphology as a Tool for the Interpretation of Geology and Earth History. N. Y. Acad. Sci. Trans., Ser. 2, vol. 13, no. 6, pp. 188—192

白石辰巳 (1962): 田麦山油田周縁地域の写真地質学的研究 (I) (II) 岩石鉱物鉱床学会誌 vol. 49, no. 1, pp. 1—21, vol. 49, No. 2, pp. 56—66

清水勇 (1950): 地質調査に対する空中写真の利用 写真測量 vol. 1-2, no. 3, pp. 27—30

Smith, H. T. U. (1943): Aerial Photographs and Their Interpretation. New York, Appleton-Century-Crofts Inc., p. 372

武田裕幸 (1962): 航空写真による古期岩の地質判読 写真測量 no. 1, pp. 12—18

吉田登・門脇慶太郎 (1961): 水力計画地点についての Photogeology の応用—新黒三発電所計画を例にとりて— 発電水力 no. 53, pp. 1—6

吉田登・西尾元充 (1961): 航空写真を利用した地質構造の調査—大町トンネル付近を例にとりて— 土木学会論文集 no. 74, pp. 1—17

Zernitz, E. R. (1932): Drainage Patterns and Their Significance. Jour. Geol., vol. 40, no. 61, pp. 498—521