写真1 調査地区のカラー空中写真

〔山田，加藤：「カラー空中写真の色調と土壌の形態，土地利用状況等との関係について」参照〕

第1図 調査地区の土壌および土地利用区分

カラー空中写真の色調と土壌の形態、土地利用状況 等との関係について

—横浜市北部地区の例—

山田 裕*
加藤 好武*

Relating Color Tone of Color Aerial Photograph to Some Characteristics of Soils and Utilization of Arable Land

by Yutaka Yamada* and Yoshitake Kato*

Abstract: Relationship between the color of color aerial photograph determined by micro multi photometer MMP ⅡD and the results of soil survey was investigated using the color aerial photograph taken in the northern part of Yokohama City on November 1972.

In paddy areas mainly consisted of muck soils, high correlation was recognized between the color components such as dominant wavelength, brightness, and the occurring depth of gleyed muck horizon affecting the humidity of surface soil. But no correlation was found between color and occurring depth of muck horizon.

Grades of humus content of bared upland soils are directly interpreted from the degree of darkness of color aerial photograph, which is difficult to interpret from panchromatic aerial photograph.

Fallow paddy fields are easily differentiated from paddy field by its high chromatic yellowish color owing to the withered weeds. Moreover, the chroma of fallow paddy field appears to change to higher and become to more rough textured with the increase of following years.

Main vegetables in upland field in this season, such as radish, carrot, spinach, pe-tsai, mustard, welsh onion, lettuce, give a characteristic color on the photograph respectively.

To identify the wetness of paddy soils in lowland areas, it seemed most suitable to take aerial photograph at the time with little or no rain for at least several days before photographing as early as possible after the harvest.

要旨 1972年11月末横浜市の北部を対象として撮影された縮尺約 1/8,000 のカラー空中写真の色調を測定し、色調と土壌、土地利用状況、作物の種類などとの関係について検討を行なった。

1) 水田地帯の土壌では、主宰波長および明度と、グライ化した黒泥層の出現する深さとの間にかかなり密接な関係のあることが認められた。2) 裸地状態の畑の表土の土色の相違は直接写真上にあらわれ、明度1程度の差は容易に識別することができ、黒ボク土と腐植含量の少ない淡色黒ボク土との識別はきわめて容易である。3) 休耕田は枯れた雑草で明るい黄色系の色を示し、普通水田との識別がきわめて容易であるだけでなく、色調の差から休耕年次をもある程度推定しうるようである。4) 作付中の畑は作物の種類によりそれぞれ特徴的な色調を示している。したがってあらかじめ、写真撮影時に栽培中の作物の種類およびその写真上の色をおさえておけばカラー写真からこれらの作物の栽培状況の概要を知ることが可能のようである。5) 以上の結果からみてカラー空中写真の土壌調査への活用性はパンクロ空中写真の場合より明らかに高いとみられる。6) 土壌調査に利用する空中写真は、水稻刈取期後できれば年内で、さらに撮影前数日間降雨のない状態で撮影したものでよい結果が得られるようである。

1. はしがき

最近におけるリモートセンシング技術の急速な進展に伴い、撮影される写真もパンクロからカラー、マルチスペクトル、赤外モノクロ、赤外カラー、さらには

熱線影像写真と多岐にわたり、一方これらの画像を解析するための装置、技術も急速に開発されつつあり、自然環境・土地利用の実態把握、資源調査、災害調査その他各種の調査、事業の計画立案から実施にわたって各方面でその活用が大いに期待されている。

しかしながら、これらの新技術を十分に活用していくために必要な基礎資料、例えば各種画像と被写体の性状との関係、目的とする被写体の特徴をもっともよ

*農林省農業技術研究所 National Institute of Agricultural Sciences
「写真測量」 Vol. 13 No. 3, 1974

くあらかわす画像の種類、また撮影条件との関係等に関する研究成果はきわめて少ないようである。土壌調査関係では、海外ではすでにいくつかの報告や成書が出され^{1)~4), 6)~8), 11)}, 特殊空中写真の効用性について論じられているが、わが国ではこの種の写真の普及がおくられていたこともあって、関心はもたれながらも、まったく検討されない状態であった。そこで筆者等は数年来実施してきたパンクロ空中写真の土壌調査への利用に関する研究^{9), 10)}と平行してカラー、マルチスペクトル等の特殊空中写真の活用性についての検討を開始した次第である。

本報では、既存のカラー空中写真の検討の一例として、横浜市港北区勝田町から茅ヶ崎町にかけて撮影された写真について得られた結果を報告する。なお同地区についてはマルチスペクトル写真の検討も行なっているのでひきつづき別報として発表する予定である。

2. 使用空中写真 (口絵参照)

横浜市港北区勝田町から茅ヶ崎町にかけての黒ボク台地間谷底平野を対象とする写真で、1972年11月25日アジア航測株式会社が日本住宅公団の依頼によって撮影した写真の一部である。縮尺は約8,000分の1である。撮影前の気象条件をみると、撮影2日前に1.5mmの降雨があり、その前1週間は降雨0の日がつづいている。

3. 方 法

上記のカラー写真上に撮影された水田地帯約200haおよび一部台地上の畑地帯を対象とし、カラー写真上の色調の相違によって選定した地点約40ヵ所について現地調査を実施し、土壌の断面形態の特徴、土地利用状況等と写真上の色調との関係について検討を行なった。写真上の色調は日本電色製MMP-II型微小面曲面光度計で径0.4mmにつき測定し、I.C.I.方式による単色記載法の主波長 $\lambda d(m\mu)$ 、明度 $Y(\%)$ 、純度 $P(\%)$ 、で表色した。

4. カラー写真の色調と土壌の形態との関係

1) 水田地帯の土壌

黒ボク台地を切る狭少な谷底および早渕川沿いの主要谷底平野は一般に排水条件がわるく、黒泥土がひろく分布している。黒泥土を特徴づける黒泥層*は一般に $\alpha-\alpha'$ ジピリジル試薬によって即時赤変する活性2価鉄を含み、すなわちグライ化しているが、一部地区ではこのようなグライ化の程度が弱くなり、または深さ1m以内に出現する黒泥層でまったくグライ化していない場合もある。これらは戦後実施された排水工事

の効果があらわれたためであろう。表土の土色は一般に明度が低く、黒色に近い黒褐色を呈する場合が多い。土性は粘質ないし強粘質で、下層になるほど粘土含量が高くなる傾向をとっている。泥炭層、グライ化した黒泥層、グライ化していない黒泥層の出現する深さ、班紋の有無などの形態の相違によって、本地域の土壌は6土壌統に分けられる。各土壌統の断面形態の特徴を模式的に示すと第2図のとおりであり、またその分布は第1図(口絵)に示した。

第1表は主な調査地点のカラー写真上の色調の測定結果を土壌統別に示したものである。主波長は570~580m μ 、明度は10.5~35.3%、純度は30~44%とかなりひろい範囲にわたる分布をとっている。1m以内より泥炭層が出現し全層グライ反応を呈する黒泥土の井川-1統では主波長はもっとも高く、明度はもっとも低くなっているのに対し、断面内にグライ化した黒泥層のみられない、または70cm以下の深い位置にみられるやや乾燥した田貝-3統ではもっとも低い主波長ともっとも高い明度がみられる。

第1表 主要土壌のカラー写真上の測色値

土 壌		No.*	λd m μ	Y %	P %
黒 泥 土	井川-1	1.	576	14.2	43
	〃	2.	580	10.5	30
	井川-2	3.	571	25.0	39
	田貝-1	4.	574	15.2	37
	〃	5.	576	13.3	44
	田貝-2	6.	573	15.8	31
	〃	7.	573	28.4	32
	田貝-3	8.	570	25.9	35
	〃	9.	571	35.3	31
グイ ラ土	境 田	10.	571	35.0	34

*第1~4表中のNo.は第1図上のNo.である

写真上の明度が表土の水分含量と密接な関係をもつことはすでにパンクロ空中写真の検討で認めたところであるが⁹⁾、カラー空中写真でも同様表土の乾湿を反映し、さらに下層土中におけるグライ化した黒泥層の出現位置とも関連しているように推察される。主波長の相違は水稻刈取り後に生えた雑草の色の影響によるものであり、これも土壌の乾湿を反映しているもので、明度と主波長の両者の組み合わせにより、肉眼観察による乾湿の判別はパンクロ写真の場合より一層容易となる。

第3図は全調査地点の写真上の明度とグライ化して

* 泥炭が砂や粘土と混合し、植物センイが肉眼では認められないほど分解した黒色の有機質土層。

第2図 調査地区に分布する土壌の断面柱状図

いる黒泥層および全黒泥層（グライ化していないものも含む）の出現する深さとの関係を示したものである。また後者の中でとくに泥炭を含むものを別に分けてみたが、これらとの関係はなく、写真上の明度はグライ化した黒泥層の出現位置と密接な関係をもつことが認められる。

2) 台地上の畑土壤

本地域内の台地上の平坦ないし緩斜面には、腐植にすこぶる富む表層をもつ黒ボク土がひろく分布し、主として畑、また一部は植木畑として利用されている。表層腐植層が侵食されてきた淡色黒ボク土は台地の

縁辺部などにわずかにみられるにすぎず、神奈川県農試の5万分の1の土壤図⁵⁾には図示されていなかったが、最近では腐植層を人為的に排除してできた淡色黒ボク土が次第にふえてきている。

カラー空中写真では裸地状態にある畑は、にぶい黄褐色、浅黄色、淡黄色などを呈し、作付中の畑とは明瞭に識別される。それぞれの色を呈する地点につき土壌調査をするとともに写真上の色の測定を行なった。その結果は第2表に示すとおりである。写真上の色はもちろん現像条件によって異なってくる。本写真の場合も写真上の色は表土の現地における色より黄色味が強く、また明度はマンセル方式による明度で2段階は

第3図 カラー写真上の明度と黒泥層の出現位置との関係

ど高くなっている。しかし相対的關係には変りなく、
明度1程度の差は十分にあらわされている。

第2表 黒ボク土の写真上の測色値と Ap 層の土色

土 壤	No.	λd m μ	Y %	P %	Ap層の色
厚層黒ボク土壌	11 12	571 574.5	22.8 25.0	44 32	7.5YR1.85/1 "
淡色黒ボク土壌	13 14	577 577	40.4 50.5	47 51.5	" 3/3 " 4/4

5. カラー写真の色調と土地利用との関係

1) 休耕田

11月末に撮影された本写真では、普通水田は水稻刈
取後であり、既述のように暗褐色から淡緑灰色系の色
を呈しているが、休耕田は枯れた雑草によりかなり高
彩度の黄色を呈しているので両者は容易に識別するこ
とができる。また休耕田の中では明度、彩度あるいは
色調の均質度に若干の差があるようにみうけられる。
第3表は聞きとり調査で確認した休耕年次と休耕田の
写真上の測色結果との関係を示したものである。測色
は径0.4mm について行ない、古い休耕田で不均質な
色をとる場合には明るい黄色部分を対象とした。

第3表 休耕田のカラー写真上の測色値

休耕年数	No.	λd m μ	Y %	P %
1 年	15	574.5	48.6	33
	16	572	48.5	33
	17	574.5	46.3	42
	18	575.5	42.0	38
	19	572.5	41.6	43
2 年	20	572.5	39.1	32
3 年	21	572.5	38.0	51
	22	573.5	34.6	60
	23	573.5	28.6	60
	24	571	21.9	68
	25	573	21.0	62
5 年	26	572.5	35.3	49
	27	574.5	29.6	57

以上の結果によると休耕初年のものでは明度は高く
純度は低く、休耕年次の古いものになるにしたがって
明度は次第に低く、一方純度は逆に高くなる傾向をと
っているようであり、少なくとも休耕1年のものと3
年以上の休耕田とは比較的容易に区分することができる。
これに色調の不均一性を加味すればおよその休耕
年次を推定することも可能であろう。

2) 畑作物

作付中の畑は緑色系の色を呈しているが、それぞれ

第4表 作付中の畑のカラー写真上の測色値

畑	No.	λd m μ	Y %	P %
ね ぎ畑	28	539	23.0	23
か ら し 畑	29	546.5	22.5	38
に ん じ ん畑	30	551	13.1	55
だ い こ ん畑	31	555.5	14.1	67
ほうれんそう畑	32	556.5	17.8	52
は く さ い畑	33	558	24.5	43
さんとうさい畑	34	561.5	46.5	25
レ タ ス畑	35	562	35.0	40

の間にはかなりはっきりした差があるようにみられる
ので、写真撮影時における作付作物の種類が判明した
畑につき写真上の色の測定を行なってみた。第4表は
主宰波長の順に並べたものである。主宰波長はねぎの
539m μ からレタスの562m μ 、明度はにんじんの13.1%
からさんとうさいの46.5%、純度はねぎの23%からだ
いこんの67%と各色成分ともかなりひろい幅をもって
分布し、各作物ともそれぞれ特徴的な色を呈してい
る。したがってあらかじめ対象地域で栽培されている
主要作物についておさえておけば、各作物の栽培状況
をカラー写真から容易に把握することが可能のようであ
る。

6. 撮影条件（カラーおよびパנקロ）に
ついての考察

今回検討の対象とした横浜市北部のカラー空中写真
では、写真の色調と土壌の形態との間に密接な関係の
あることが認められた。これは、とくに水田地帯につ
いてみると、一つには、対象地区に分布する土壌の母
材、堆積様式がほぼ同じであり、形態的な違いは排水
条件の相違のみにより比較的単純であることによる
が、また一つには写真がきわめてよい条件下で撮影さ
れたことによるのではないかと考えられる。

空中写真の撮影条件についてはこれまでは主として
撮影時の天候、空中の状態、日照角度等撮影に直接影
響をおよぼす要因を中心として考えられ、被写体に影
響をおよぼす季節あるいは撮影前の条件等について
は、おそらく撮影の目的にもよるのであろうが、あま
り考慮は払われていない例が多いようである。しかし
自然体とくに土壌のように季節的にあるいは常時作物
や自然植生によっておおわれ、しかも撮影前の降水状
態等が直接大きな影響をおよぼすものを対象とする場
合には、これらの点を十分考慮に入れて撮影すべきで
あり、また既存の写真を利用する場合には、これらの
条件にあった写真を選定することが必要である。

筆者らはさきにパנקロ写真の利用に関する研究
で、20~30mmの降雨後2~3日目に撮影された写真

写真2 調査地区のパンクロ
空中写真

で比較的明瞭に土壌の乾湿があらわれることを認めた
が、このような条件についての検討もまだほとんど行
なわれていないといっている状態である。

撮影条件の影響はカラー写真の場合もパンクロ写真
の場合も共通するであろうと考え、同地区を対象とし
て撮影されたパンクロ写真をも含めて若干考察を行な
ってみることにする。本地区については1946年以来、
縮尺約4万分の1から1万分の1にわたり7種類の
パンクロ写真が撮影されている。これらの写真の撮影
年月日、撮影前の降雨状態を示すと第5表のようであ
る。

この表から明らかなように、既存の写真はほとんど
3月から5月にかけて撮影され、供試カラー写真にも
っとも近いものは1965年11月1日のものだけである。
この写真(No.4)は丁度水稻の収穫時期に当り、刈り
取り状況の違いが濃淡としてあらわれ、土壌の特徴は
かくされている。またこの写真は撮影前日に約30mm
の降雨があったためか沖積畑がむしろ暗くなってい
る。

春季湛水前で約20mmの降雨後3日目に撮影された

No.7と、カラー写真No.8には近い、少ない降雨条
件下で撮られた写真No.5についてみると、いずれも
畑と水田との差は明瞭であるが、水田地帯内での濃淡
の変化はカラー写真No.8に比べると小さく、とくに
その傾向は前者で強いようである。No.3は4月で約
20mmの降雨後4日目、No.2は3月で約10mmの降
雨後5日目の写真でNo.5に比較的近い条件下のもの
であるが、後者で若干よい結果が得られている。こ
こでとり上げた写真は撮影の年次、時期、撮影前の降雨

第5表 空中写真の種類および撮影前10日間の降水量分布

No.	撮 影 年 月 日	縮 尺	撮 影 前 の 降 水 状 態 mm										
			日 前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	S. 21. 4. 9	1/2万		—	1.3	3.3	—	9.8	—	—	—	—	—
2	22. 4.14	1/4万		—	—	—	—	7.5	2.5	—	—	—	—
3	36. 3.23	1/2.5万		—	1.3	0.5	20.8	—	—	23.9	9.7	1.4	11.5
4	40.11. 1	1/4万		32.4	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—
5	44. 4.28	1/1万		1.0	2.0	0.5	—	—	—	—	—	—	—
6	45. 5.22	1/1万		0.5	54.0	—	—	45.5	2.0	—	—	—	—
7	46. 4.25	1/2万		—	—	19.5	—	—	—	—	22.5	8.0	—
8*	47.11.25	1/8千		0.5	1.5	—	—	—	—	—	—	—	9.0

* カラー、その他はパンクロ

状況等それぞれ異なり厳密な比較は困難であるが、もっともよい結果の得られたカラー写真は、もっとも降雨量の少ない条件下で撮影された部類に入るとともに水稲刈取り後の日数が一番少ないという点で異なっている。おそらくこの2つが粘質～強粘質の土壌からなる湿田地帯である立地条件とあいまってよい結果をもたらしたものではないかと推察される。

なおこの点はこれから行なわれるであろう土壌調査のための空中写真の撮影の条件規定をするためにも、また既存の写真活用の際の選択基準としても必要であるので、さらに多くの既存写真や実際の撮影を通して検討する予定である。

謝辞 本研究を行なうに当って、貴重なカラー写真の利用を快く許可して頂いた日本住宅公団港北開発事務所の方々、また種々御便宜をはかって頂いたアジア航測株式会社の高橋弘氏、ならびに現地調査に際し御協力頂いた神奈川農総試鎌田技師に厚く謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) Al-Abbs, A.H., Swain, P.H. and Baumgardner, M.F.: Relating Organic Matter and Clay Content to the Multispectral Radiance of Soils, *Soil Sci.*, 114, 477-485, 1972.
- 2) Anson, A.: The Use of Color Aerial Photography in the Reconnaissance of Soils and Rocks, *Materials Research and Standards*, 8(2), 8-16, 1968.
- 3) Cihacek, L.J. and Drew, J.V.: Infrared Photos can Map Soils, *Quarterly Serving Farum, Ranch and Home, Univ. of Nebraska*, Vol. xvii, 4~8, 1970.
- 4) Committee on Remote Sensing for Agricultural Purposes: *Remote Sensing*, National Academy of Science, Washington, D.C. 1970.
- 5) 鎌田春海: 神奈川県の土壌分類と土地利用に関する研究, 神奈川農総研報, 112, 付図, 1972.
- 6) Mathews, H.L., Cunningham, R.L., Cipra, J.E. and West, T.R.: Application of Multispectral Remote Sensing to Soil Survey Research in Southeastern Pennsylvania, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37, 88-93, 1973.
- 7) Parry, J.T., Cowan, W.R. and Heginbottom, J.A.: Soils Studies Using Color Photos, *Photogrammetric Engineering*, 35(1), 44-56, 1969.
- 8) Simakova, M.S.: *Soil Mapping by Color Aerial Photography*, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1964.
- 9) 田村英二・山田裕・三上正則: 空中写真の濃淡と土壌の乾湿との関係―埼玉県大宮市の荒川沖積水田の例―土肥誌, 39, 499~504, 1968.
- 10) 田村英二・山田裕: 空中写真の濃淡と土壌の分布―埼玉県熊谷市の例―土肥講要, 16, 121, 1970.
- 11) Valentine, K.W.G., Lord, T.M. and Bedwany, A.L.: Soil Mapping Accuracy from Black and White, Color, and Infrared Aerial Photography, *Can. J. Soil Sci.*, 51, 461~469, 1971.