

# 続・コンピュータ・グラフィックによる 立体視地形図作成プログラムの開発について

—低標高山地帯の水田開発と社会資産の定着—

武上成比古\* 橋村隆介\*\*

Development of Stereoscopic Topographic Mapping Program  
Using Computer Graphics

— Fixing of Social Assets by the Development of Paddy Field Irrigation in the Uplands —

by

Shigehiko TAKEGAMI\* Ryusuke HASHIMURA\*\*

## 要 旨

前年度の報告において、阿蘇西麓の緩傾斜地における水田開発には3つの場合があり、1) 最上流部急傾斜地での多段水田(棚田)の開発、2) 中流域での溪流取水による谷沿いの水田開発、3) 氷河期において海水面標高が20 mから今日の10 mに低下する過程での河川最下流、湖水合流地点での土砂堆積(図1参照)に基づく開田とした。

このような水田開発の過程を想定できたのは、地形図作画をコンピュータ・グラフィックの適用によって行った、そのためと考える。しかし、一方では、一般の等高線地図(これは市場販売の真上から見た2次元平面としての等高線図)に水田を記入しただけでも、同様な想定は可能とされる。そうではなく、ここでは鳥が見たような視界を数値解析で作画し、人の持つ視界よりはるかに立派な、山の地形の立体視地図で判断したため可能になったとする。この“動物視界による立体視”によって、初めてここで示したような数値座標による地形図の解析表示が可能になったとしている。

## 第1章 序論

著者の見解によれば、水田開発方式は古来、日本での水田地帯形成の原理であり、大陸から九州へ、さらに近畿地方へ、数多くの緩傾斜、低標高山地帯での開発が先行したとする。しかし、この土地利用はもっぱら緩傾斜、湿田地帯という現代で改良済みの初期の土地利用方式とされる。また、考古学では、高地での水田開発

の最大域、古都、奈良平野における古墳造成の手法は、水田開発と同じ金属工具を用いた工法によるとする意見もある。このように、水田開発による人の定住に伴い、社寺の祭典を中心にした、日本古来の村落形成に発展していったといえる。

熊本を“くまぞ”の国という。特に阿蘇地方について、日本の神話では、熊本の奥には、言うことを聞かない末端の討伐対象の国があったのかも知れない。これは、本稿の阿蘇山麓地域の地形が、溶岩台地に象ぞられた、バラバラの

\*崇城大学名誉教授

\*\*崇城大学准教授

山地流出域、台地固有の地下浸透量の少ない、湛水越流の多い、豪雨災害を受けやすい流出域を意味する。この論文では、熊本の地形を阿蘇西部に偏った形で論じているが、これは、自分の住む位置（益城町）が東に偏っているためとしておこう。

しかし、これより西の熊本は有明海沿いの古代史の豊かな地域であり、著者は熊本に住み、その歴史遺跡に親しんできた。以下に著者が研究した、熊本東部の山地開発のあり方についての幾つかの研究報告、また著者の体験した開発に関する見解を紹介する。

## 第2章 著者の研究とその視点

### 視点1. 熊本の立体視を地域南端の嘉島からとした理由

まず、空港に向かって地形を眺めたとして、その眺めは 図1 のようである。この形は、水前寺公園より南は昔、浅海域に散在する島嶼であり、丁度、藤原氏が鹿島に上陸して順次、勢力をのぼしたように、外来の渡来者は、この嘉島にある浅海域に社寺を残した、と推定する。その時の、外海からは閉鎖的で、その中心となる地点に古墳を残している神社が、その発展の中心点と想像される。そのときの視野である。

ここでは、南の嘉島での排水河川と、北の益城からの排水河川を受ける加瀬川堪水湖の跡、とも言うべき現在は水田となっている地域、その水田の海水面標高7mが問題となる。ここが、周辺地域の河川流出の最終点であり、同時に熊本市全域で最大値となる地下水源域でもあるからである。

山地からの流出は降雨流出であるからその面積・勾配に比例し、それを取水するだけであるが、深層地下水からの取水補給は、今日、農業用水だけでなく飲料、工業用水ともに増大している。この被圧、広域の水源地から、パイプラインを経て現場に直接の給水が出来る水利は、人類最高の発明、世界の開発技術でもある。

自然河川とポンプ取水は、その水源賦存の周期的変化が異なり、一方が、年々に変化、一方が10年、20年の経年変化とされる。そして、

一方では貯水ダム、一方では地下ダムが求められている。この辺は地質学者からの具体的な教示が、何よりも求められる。

以下に示す図1～図7はその方位、縮尺は示していないが、それは市販の地図と同じ形状によっている。



図1 嘉島より全域を望む

### 視点2. コンピュータ・グラフィックによる図形表示とは？

人が山に直面する時の視野は、蟻が地表を這って庭の地形を想像するのと同じで、あまりにもその視野が低平であり、山に登り視点を高める以外に立体視はあり得ない。

猫や人間、これは目が2つ、顔の正面に正対しており、その視野は本人の知っている道の先に獲物があるとする狩猟動物固有の視野である。その形は、遠心点があり、手前が向こうの一部を隠すことによる立体感で、それは近くにある物を、両手で掴むための視野ともいえる。

もう一つの視野は鳥や馬の視野。これは目が頭の左右両面に分かれ、両面で遠近、無限大の

視野を見る、逃げるための視野である。これは、実は、測量における視野の作画と同じであり、ただ測量では作画として磁針の西偏何度が北か？を指定しているだけである。

この論文で使っている立体視1)は、視線の方向を任意に選択し、その方向をY軸とし、遠心点のない、方眼形座標値、(連立2元一次方程式の解となるX、Y値)に山の高さ(H)のポテンシャル値が与えられる(X、Y、H値)座標系の立体視である。そこで、次式(1)、これは等高線を描くライン文で、h値にr値=5を乗じているのは、Y値をX値の5倍することによって得られる山の形の実感が、鳥の見ている実感に近いとする著者による独自の判断からである。

このように、動物の視野を借りて、その立体視グラフィックを考える手法を、“動物視野による立体視”とした。

ここでの等高線のライン文の書き方は、まず、視線の方向がY軸となる正方眼の座標系を作

り、次に、その三角要素系でのx、y座標値を $x(yo(k, 1))$ 、 $y(yo(k, 1))$ 、地図から読み取った地盤高をh1、h2とした時の等高線のライン文を(1)式に書く、

```

k = 1 to nyo ' 1からnyo =要素の行番号
l = 1 to nl ' 1からnl =要素の列番号
line(ax+x(yo(k,l))*sc, iy-(ay+(y(yo(k, 1))+h1*r)*sc)-(ax+x(yo(k,2))*sc, iy-(ay+y(yo(k, 2))+h2*r)*sc)), vbblack
next l, k
..... (1)
    
```

ここに、r値がh値のr倍となることによって鳥の視界を表現した<sup>1)</sup>。

### 視点3. 時代に沿う道路開発の進め方

図2に見るように、昭和の始め頃までは、熊本から東に向かう道路には、1. 健軍から古閑、木山を経て南阿蘇に至る道路、2. 渡鹿から保田窪を経て阿蘇に至る道路がある。村落、川の

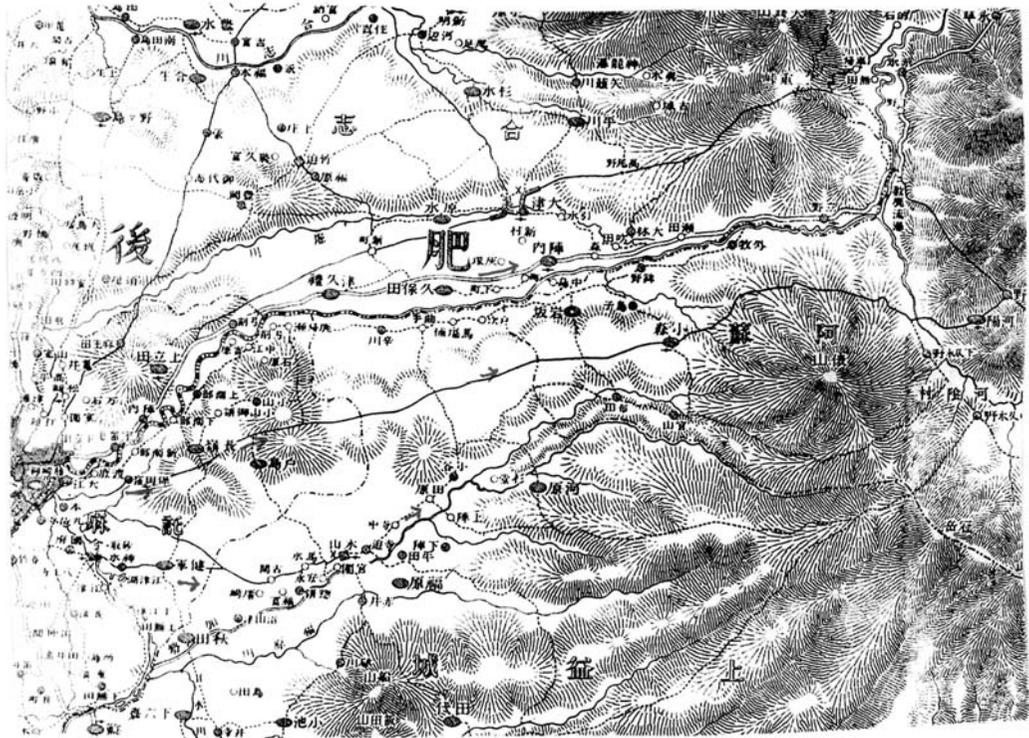


図2 平凡社による熊本全図

流れに沿って道路が開けるのが開発の第一原理とすれば、水害に対応するため、より高所を自由に通過するため、第三の道路として、今日では白川北岸高地の国道が開けている。

このように川沿いの道とは、人が歩いた、車両のない時代の部落相互の交通手段であり、それが隧道・橋梁・築堤によって新たな社会の対応として改善される。

今日では、低位部から高位の広域平坦部へのアクセス、そのための構造物の選択が公共投資として求められている。その投資は、地元民以外の部外者には単に、避けるべき問題に過ぎないが、それは論外として大胆に実行されるべきである。

#### 視点4. 昔の猫と今の猫

全く異なる点は、昔は鼠をとる、今は取らないである。何故かという、下水暗渠が出来、“ゼイタン”（熊本で言うカラ土水路）がなくなり、オカ鼠も住めなくなり、ドブ鼠ばかりとなった。昔、天井に鼠が走る音を聞いた人は多い。これはオカ鼠である。昭和30年頃までは、地質地下水調査に東北に出張して農家のトイレにはいると、そこには新聞を鋏で切った紙片、また、湧水河川に近い所では、干した水藻もあった。

多少の誇張を交えて言えば、猫さんは、鼠に対抗するために林に囲まれた農家に飼われ、倉、以外の場所は自由に通行した。著者の発見は、猫は鼠を探して歩くのではなく、待ち伏せする動物であることだ。畑でも、家の中でもジーと、何時間でも待つ、だから本人は汚れない。東北でなくても、全国の昔の農村生活を支えていたのは猫ではなかったか！

今の猫は人間のまねをして楽寝をしているだけだ。しかも、庭を眺めて人間並みに風流を楽しんでいる。しかし、現代の人間もあまり笑えない。下水処理、水質浄化、広大な暗渠工、区別のつかない各種の水処理環境で、余った予算を使って、迷っているだけだ。

#### 視点5. 著者の来歴と関連研究報告

著者は昭和26年、国家公務員上級職に合格し、

農水省に就職した。以下は本稿に関連する在職中の研究実績の要約と意見となる イ、ロ、ハ、ニ、を紹介する。その内の「ニ」で地下ダムについての地質学の見解を解説していただいた古川氏は、著者と同省で、共に全国の水利・地質の調査を行った地質学者で、今回は論文報告の要点となる地下ダム機能の解説をお願いした。

その論理は、電試型探査機やL10型探査機を用いて不透水層を探査し、さらに、地下水流動に関するタイス・野満の平衡式を適用した揚水試験を行い、地質構造を探査するもので、これによって上北、八郎潟、名古屋平野、南薩平野等の大地区の調査を実施した。

#### イ. 全国溜池台帳、現況農業水利施設台帳の作成

戦後初めての農業水利施設台帳として、溜池台帳、農業用排水路台帳があるが、これは著者が初めて予算を組み、全国調査したものである。現在、耕地課のロッカーに存在しているか？は不明であるが、全国では、支配面積が末端30町歩以上の溜池が3千、末端10町歩以上が5千と記憶している。

山地での粘土性の土質、人手による掘削、樋管の埋設等を考えると、この数字には多年、多数の人の努力が隠されている。その一方では、施設に関係しない統計外の無数の零細水田があり、日本の低平山地の広さがしのばれる。

著者として、この水利施設台帳を作ったことが、次の日本の慣行水利を考える起点となっている。

#### ロ. 日本の慣行水利に関する国際灌漑排水学界への発表

(Shigehiko Takegami: Some Problems Concerning Agricultural Utilization of Water in Japan, 1975)

この論文は「イ」の水利台帳作成から20年を経て書いたものであり、その間、ダム、平野部長大水路、畑地カンガイ等、多くの現場を経験し、特に地元農家・土地改良区の長老の意見を聞き、慣行水利の実態を知った。

慣行水利、その取水のルールは、水需要、す

As illustrated in Figure 1, the retained water,  $V_1, V_2 \dots V_n$ , consists of rainfall runoff coming from respective hinterlands. This retained water is let to flow into succeeding paddy fields in a repetitive fashion, and at the same time, supports the adjacent river.

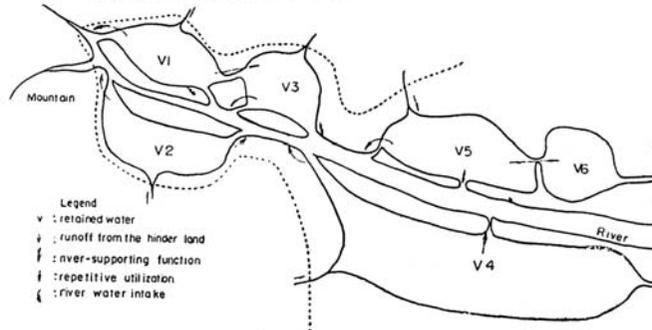


FIGURE 1 : Water gain and loss at water retaining paddy field

図3 単一水田内の水収支

なわち、水田の一日当たりの減水深\*面積の数値ではなく、取水点での相互の権利調整のルールである。これは瀬割り（取水点で射流状態を作り、その水面幅の比例分割で取水量を決める）と番水（水路、各取水点での取水の時間配分を行う）の2つで水配分を行う方式である。結果として、流域水田の水面維持のための競合といえる。

これを数式で表せば、それは“各取水点で2～3の水利権者が張り合う”の力関係を示して

いる。例えば、一つの水源に対し、水利権者の面積の逆数の比（逆数としたのは、一つの物を多数の水田農家で争うという意味）で取水権が決まる。これは権利が大きい方が強いとする、企業の競合に似ている。

慣行水利は、永い水田開発の歴史で作られた日本的合理性ではないか。

図3には、全体としては多数の取水、排水の集合となる、山地最上流域の水田形態を示す。

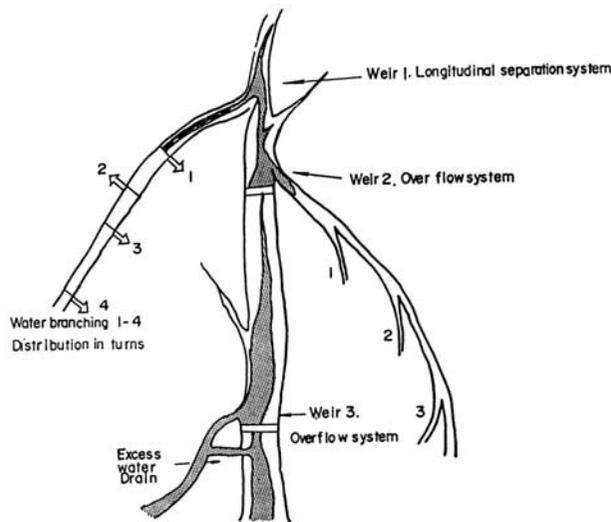


FIGURE 2: Conventional water distribution practice

図4 番水（左）と瀬割り（右）による河川取水

図4には、取水の時間配分、水源取水の比例配分という実用性の高い日本の手法を模式図で示す。

図5に示すグラフは、左から日本の低標高山地における慣行水利、次に、下流の低水位河川

取水による利水を描いている。次に、海岸平野となる干拓地がある。一方、狭小な山地、例えば河川沿いの道路と峠の向こうが同じ河川沿い道路になるような地形の地域は国土の半分を占めるが、これは利水不可の山地となる。

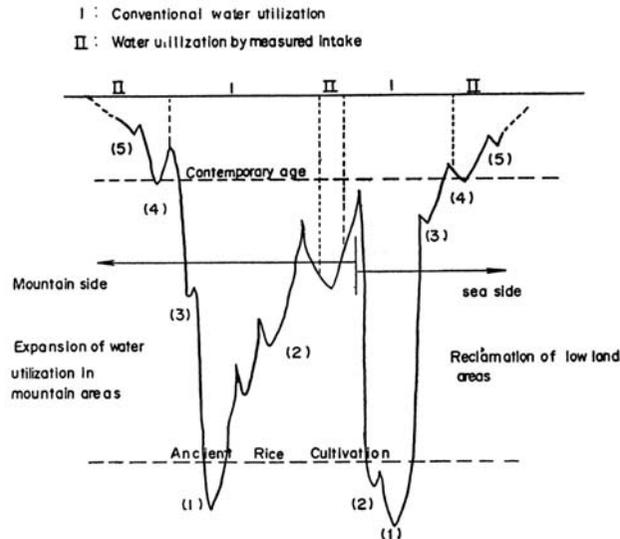


FIGURE 3 : Development of water utilization for agricultural purposes in Japan

図5 山地取水の慣行水利から低水、広域河川取水への近代化

昭和53年九州農政局調査による深井戸地点、

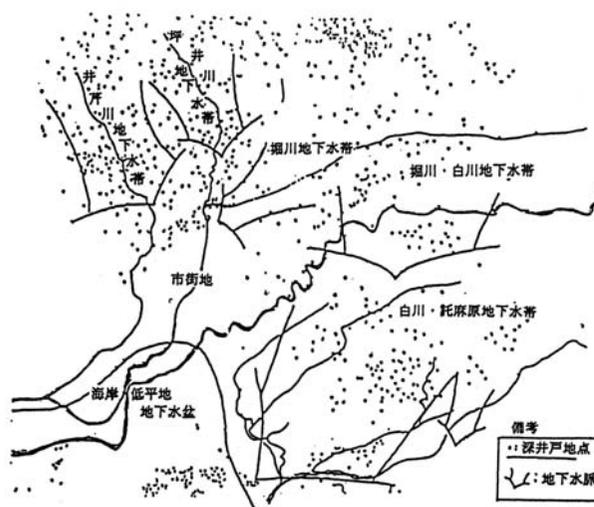


図6 熊本市周辺の農業用深井戸と地下水流動

八. 熊本東部平野の水稲畑作かんがいと地下水問題

(熊本工業大学 土木工学科教授 武上成比古、平成元年)

図6は熊本周辺の深井戸分布、そしてその市街地や南端低平地水田への流下を示している。

図7は馬場桶用水路から南の市街化地域、高遊原、空港周辺の地下水利用の深井戸分布を示している。



図7 衛星画像解析による水稲作付け面積 (1984年)

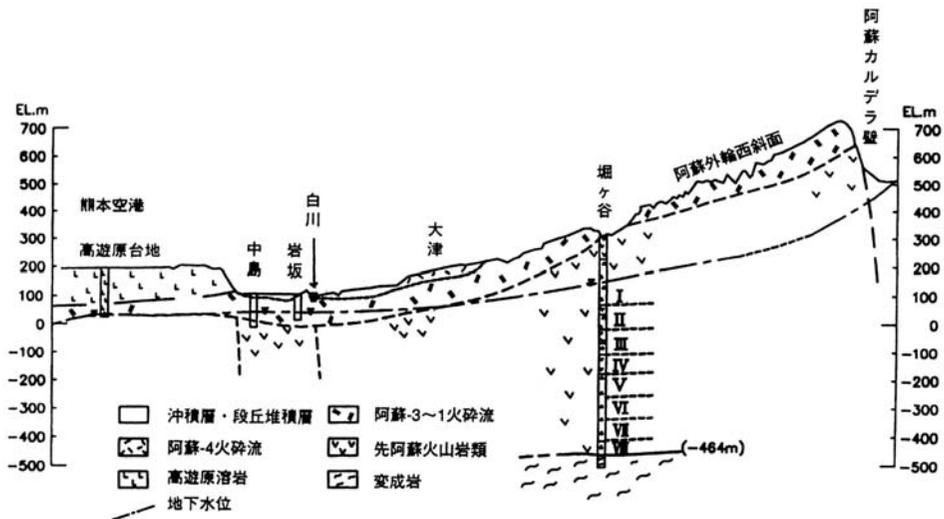


図8 阿蘇地下ダムに関する地下水収支モデル

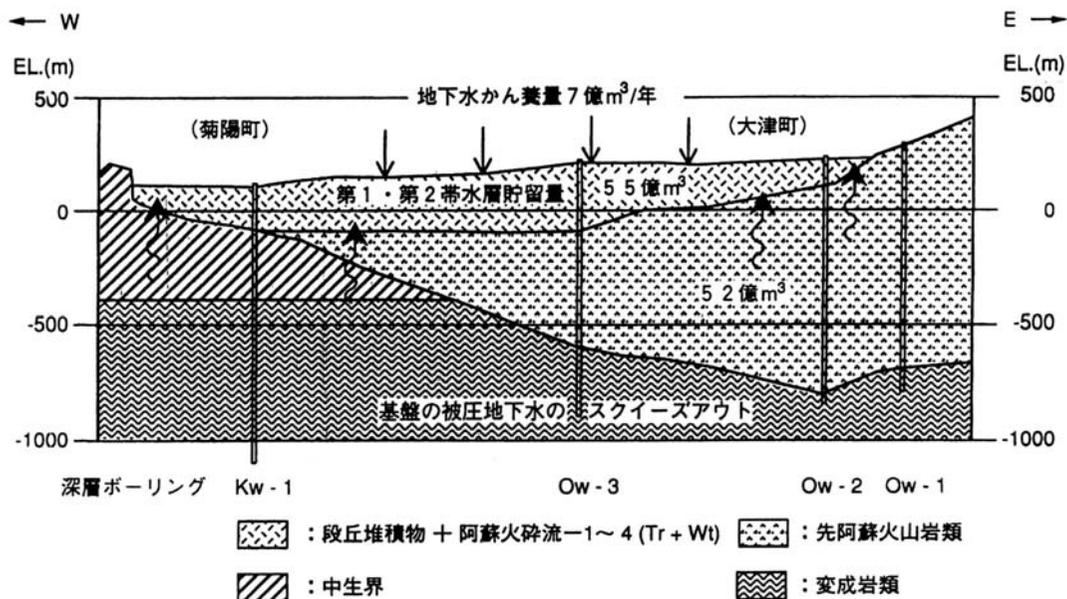


図9 阿蘇西麓台地中央部における水文地質構造と地下水かん養メカニズム

このように、この地域の深井戸揚水は、農・工・民政全般の重要資源といえる。

## 二. 古川地質官の意見<sup>2)</sup>

この地域は人口90万人に達する地下水地帯であり、熊本の産業にとっても重要な地帯といえる。図8は高遊原から大津間の地質断面を示しているが、先阿蘇火山岩類が地下水賦存の主体である。

図9は地域の調査に深く関係した、農水省地質官の意見による涵養モデルであるが、帯水層貯留量が2つに分かれ、その第2層が今日の水源の主体であり、その賦存量は阿蘇カルデラ地域にまで広がっている。

## 第3章 結語

以上、幾つかの視点を挙げたが、自然とは地形、地質という、その地点だけに与えられた偶

然と、人の土地利用の結果が結びついたもので、その数値解析とは論理というより分布の特性解明である。地図の上だけでなく、現実の実感としての数値解析のためには、視線の方向の変化による現実の分布の変化の数値化である。これが動物の目による視界のグラフィックスで理解容易となる、という数値処理の論理を、次回の研究報告の予定としている。

## 参考文献

- 1) 武上成比古・橋村隆介：続コンピュータ・グラフィックによる立体視地形図作成プログラムの開発について、平成22年度崇城大学研究報告、第35巻1号、pp. 49-53。
- 2) 古川博恭 他：阿蘇西麓台地の地下水の光と影、日本応用地質学会九州支部会報