

はじめに

日本作物学会紀事に3年余のあいだ連載した「作物の形態研究法」は2008年77巻2号で完結した。残された課題も多いが、マクロからミクロまで、微視的水準から巨視的水準に向けて、一本の細い道をつけることが出来たかと考える。ナノメートルの分解能から2メートルの分解能までの広範囲の形態研究法を取り上げ、学会員および会員外から寄稿を頂き、多方面の豊かな研究活動の可能性を紹介した。ここに掲載論文を収録し合本とした。また、日作紀に掲載された水稻の分けつ性とQTL解析に関する総説を再録した。連載の開始に際して目標としていたことの何ほどかが実現出来たかは、読者のご判断に任せたい。

学生・院生にとって容易に取り組み得る内容から、習熟に日時を要し、また特定の機器を必要とするものなどが含まれている。殆ど完成している研究法から開発途上の研究法、まだ具体的な姿が確定していないものまでである。個々の研究者の置かれた条件に従い、また研究者の個性に応じて、各自実施可能な方法を発見し活用して頂きたい。研究には、研究法の開発を試みる人、研究法の発展に専念するもの、完成された方法の応用に努力する立場などがある。長期間単独で新しい研究法を模索する者、先駆的研究者、複数で実用的成果を短期に期待する者などが含まれる。

イネ科の生長点の解剖図を、かつてNature誌に発表していたB. C. Sharmanが、定年後Calgary大学で研究を続けている姿を拝見した。生長点の図を、1メートルほどの白紙に1ヶ月かけて作製していた。以前、国際学会でアメリカの研究者が、予算のつかなくなった課題を、土日にhobbyとして継続していると話していた。研究を生涯の楽しみとするのも良い。

光学顕微鏡や電子顕微鏡その他各種の顕微鏡による解剖学的手法は、現在一応完成した。パラフィン切片・樹脂包埋切片法による光顕観察から超薄切片法による電顕観察までが確立された。最近、X線マイクロCTスキャナによる非破壊の形態観察が可能となった。第1図にイネの穂軸の横断面画像を示した。苞葉と大維管束・小維管束などが見られる。約3 μm の厚さで連続切断面画像を作製しCD内に保存し、画像解析だけでなく立体解剖図も構築出来る。日作紀における走査型電子顕微鏡の初見は1972年である(前田1972)。

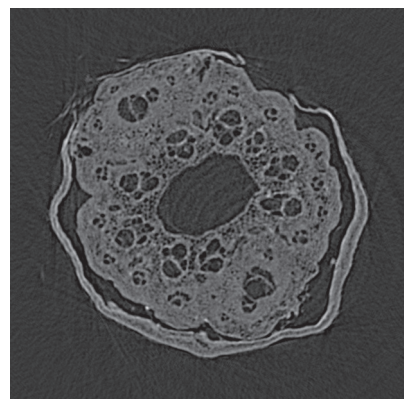
Juliano and Aldama. (1937)のイネの形態に関する論文の写しを、1950年代に北海道大学の図書館から頂いた。優れて包括的な成果である。星川清親(1975)の「イネの生長」は農家の人々にも読まれる形態の本だ。蚕体解剖学では幼

虫の筋肉を一本一本記載している。最近の形態研究法を踏まえたイネの解剖図譜の完成が待たれる。

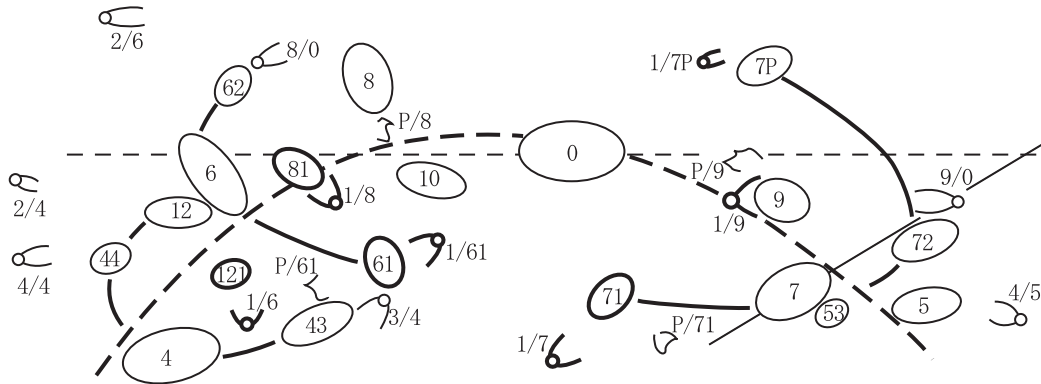
作物学は「いろいろな現象を実際に観察して、その現象を形態学、生態学、生理学、生化学、分子生物学などの研究手法を用いて解析し、その本質を明らかにすること」を目的にしているとある(石原邦1997)。単純化するならば、形態と機能、形態と代謝に関する研究といえるかと思う。この連載では、生化学に対照的な位置にある形態学に焦点を当てた。

片山佃(1951)のイネの生長秩序に関する成果は、作物学の一つの金字塔といえる。しかしその生長理論に乱れの生じることは、発表直後から指摘されていた。尾田義治らは、日長条件による同伸性の乱れを認識した(本田強・尾田義治1959)。この問題は今日まで、数編の優れた研究が発表されているが、包括的に説明されているとは思えない。川島長治ら(1973)の研究は、分けつ茎相互の葉の配列に関する横断面模式図を示した殆ど唯一の業績である。第2図にイネ茎葉横断面の俯瞰図を示した。当然左右対称ではない。光・温度・風・水深や競合個体の存在などによる生長秩序の乱れや水平配列の変異は、栽培法の基礎に関わる課題と考えられるが、十分には解明されていない。

愛知県農試の稲武にある山間地試験場を1950年代に訪れたとき、長年イモチ病抵抗性のイネ品種の研究を続けていた研究者から、イネの生長を理解するためには毎朝イネ苗の顔を見ることが必要だとの話を伺った。同様の話をどこかで聞かれた方も、少なくないかと思う。そこで肉眼で記憶に留めるのでなく、写真に残せないかと思った。その頃名古屋のカメラ店で、トマトの生育写真を撮っていた。タイマーをつけた16mmの映写機で、時間になると暗幕



第1図 イネ穂軸のCTスキャナによる横断面画像。



第2図 イネ茎葉の横断面俯瞰図。

○、○は茎、∩は葉、∩は前葉、数字は茎あるいは葉位を示すが、とくに第1葉の腋に形成された分けつ茎あるいは分けつ茎の第1葉は太線○、○、∩で示す。弧を画いている太い破線は第1次分けつ茎の配列、太い実線は第2次分けつ茎の配列を示す。また、主稈の奇数葉と偶数葉の中肋を結ぶ線（細い破線）に対して、第1次分けつ茎7のそれ（細い実線）は第1葉（1/7）の出現している側が鋭角となつて交わっていることを示す。

が自動的に閉まり照明がつきシャッターが切れ、自動的に暗幕が開くシステムである。これを真似て装置を作るべく研究費を申請したが、選考から外れた。数年後すでに完成した装置であった電子顕微鏡を申請し認められた。透過型電子顕微鏡（H600型）を1981年に購入し2004年に廃棄するまで23年間使用した。本来ならば5年程度で使用が完了するのだが、長期間働いてくれた。微細構造の研究には、電子顕微鏡が不可欠な装置である。

作物の時間的・空間的生育様式（Temporal and spatial pattern）の記録は、今後の課題として残されている。今日、研究と発表にコンピュータ技術は不可欠であるが、個体の生長記録に利用し、様々なソフトを取り入れて活用する必要がある。

個体あるいは群落として生長する作物の形態計測法は、早期の確立が期待される。キャビネット内の人工光のもとで36日間、イネ苗の生長過程を画像データとして、自動的に記録する装置が開発されている（Ishizukaら2005）。人間の顔の三次元画像は容易に作製されるが、イネ個体の立体像は細長い葉身が対象となるので、その記録は難しいとされる。また、野外の植物体や群落の計測には、風による形態の攪乱を防ぐ工夫が必要となる。これは、数分間の動画から一枚の典型的な静止画像を作製することが出来れば解決するだろう。標的作物体の周辺画像の消去は容易である。作物形態の時間的・空間的変化を、その一生をとうして簡便に記録する手法は、今後どのように解決されるのか。電子顕微鏡法・超薄切片技術が安定するまでに20年余が必要であった。個体・群落の計測法が、着実に成果をおさめるまでには日時の経過が要請される。地球観測衛星の地表分解能は残念ながら現在、作物の生育状態を認識できるまでに達していない。分解能の更なる改善が望まれる。

理学研究における実験植物の「細胞学」では、細胞の構造と機能に研究が収斂する。今回ここで取り上げた形態研究法は、細胞・組織・個体・群落の各領域にまたがる形態

記録に重点を置いた。各領域の知識の相互浸透が、栽培技術との関わりから必要不可欠である。巨人は自らの手足の詳細を認識することが、その活動に必要である。手足の存在は、巨人の行動に欠かせない。かかる観点から各領域の研究法を描き出すことを目指し、広範な技法を積極的に取り上げた。本書掲載論文の中から、宝物として各自に役立つ有用な技法を発掘し、作物新形態学の議論を進め、学術水準の向上に寄与して頂ければ幸甚である。以上、若干変則的な「まえがき」となりました。新しい作物形態学の確立と発展を期待してのこととして、ご了承頂きたい。

この計画は、日本作物学会レビュー委員長から「企画ワーキング（連載ミニレビュー）」委員長の委嘱を前田が受けて発足した。葭田隆治、森田茂紀、三宅博、巽二郎、大門弘幸、白岩立彦、井上吉雄その他多くの諸氏によるご尽力によって達成した。記して感謝致します。

連載ミニレビュー委員長 前田英三

引用文献

- 本田強・尾田義治 1959. 水稻の生長と発育に関する研究 第1報 出穂反応における日長条件と温度との相互関連性と主稈及び分けつ群の出穂様式, 東北大学農学研究所彙報 10: 185-205.
- 星川清親 1975. イネの生長, 農山漁村文化協会.
- 石原邦 1997. 作物学, 鈴木昭憲編 農学がわかる, AERA MOOK 朝日新聞 10-11.
- Ishizuka, T., T. Tanabata, M. Takano and T. Shinomura. 2005. Kinetic measuring method of rice growth in tillering stage using automatic digital imaging system. Environ. Control Biol. 43: 83-96.
- Juliano, J. B. and M. J. Aldama. 1937. Morphology of *Oryza sativa* Linnaeus. The Philippine Agriculturist. 26: 1-75.
- 片山佃 1951. 稲・麦の分蘖研究, 養賢堂.
- 川島長治, R. Doluweera, 石原邦, 小倉忠治 1973. 水稻における分けつ茎相互の葉の配列について, 日作紀 42: 539-546.
- 前田英三 1972. 走査電子顕微鏡によるイネ初表面構造の観察, 日作紀 41: 459-471.