

広島大学学術情報リポジトリ

Hiroshima University Institutional Repository

Title	スマート農業システムの開発と授業実践：データを活用し栽培の最適化・効率化を目指すトウモロコシの栽培実践
Author(s)	三浦, 利仁
Citation	中等教育研究紀要 / 広島大学附属福山中・高等学校, 63 : 91 - 96
Issue Date	2023-05-31
DOI	
Self DOI	10.15027/53940
URL	https://doi.org/10.15027/53940
Right	
Relation	



スマート農業システムの開発と授業実践

ーデータを活用し栽培の最適化・効率化を目指すトウモロコシの栽培実践ー

三浦 利仁

中学校技術科「生物育成の技術」において、開発したスマート農業システムを活用した作物の栽培の授業の計画・実践・評価を行った。システムは、圃場の環境要因データ（温度、湿度、光量、土壌水分量）を一定時間間隔で計測してクラウド上に蓄積する機能を有しており、GIGAスクール端末を通じてシステムを活用することで常時データの閲覧ができる。得られたデータを活用して最適かつ効率的な栽培管理作業を計画・実施する授業計画を立案した。授業実践の結果、生徒はスマート農業技術の活用が栽培の最適化・効率化に有効であると認識し、よりよい栽培管理の実現に向けてシステムの改良案を提案するとともに、日本の農業が抱える諸問題を解決するためにスマート農業技術を活用していくべきと考えていた。

1. はじめに

日本の農業従事者の平均年齢は67.9歳（令和3年）¹⁾と世界的にも突出的に高く、高齢化に伴う大量離農が目の前に迫っている。これに伴い農家戸数も減少の一途をたどっており、日本の農業の衰退が問題視されている。農業従事者が減少する中で1人あたりの作業面積は拡大し、農作物の選別などは多くの雇用労力に頼る作業が多いという現状がある。また、機械化が難しく手作業に頼らざるを得ない危険な作業やきつい作業も生じ、トラクター操作など熟練の技術を要する作業も多いため新規参入が難しい側面がある。加えて、農業従事者がこれまでに経験と勘で積み重ねた農業技術の伝承は容易ではないという課題もある²⁾。以上のように農業の現場では、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化や人手の確保、負担の軽減が重要な課題となっている³⁾。これらの諸問題を解決する方法の1つとして、自動運転トラクターや農業用ドローン、作物の自動収穫機や農業支援アプリなど、農業にロボット技術やICT等の先端技術を掛け合わせ、超省力化や高品質生産等を可能にする新たな農業であるスマート農業に関する研究が進められている。これからの社会を担う中学生が、スマート農業技術を活用した作物の栽培を実践することは、持続可能な農業の実現のためにも大きな意義があると考えられる。しかし、スマート農業システムの導入には多くのコストがかかるため、学校現場での導入は容易ではない。

本研究では、スマート農業技術を活用した作物の栽培

実践を行うために、圃場の環境要因データをクラウド上で確認できる安価なスマート農業システム（以下、システム）を開発した。また、中学校技術科「生物育成の技術」において、システムにより得られたデータを生徒が活用して育成環境を調整し、最適かつ効率的な栽培管理を目指す授業の計画・実践・評価を行った。システムの活用が栽培管理に与える影響を調査するとともに、システムの有用性について評価を行った。

2. 開発したスマート農業システム

小型コンピュータであるRaspberry Pi（3 Model b+）に、温度、湿度、光量、土壌水分量を計測できる各種センサを接続し、一定の時間間隔で各種データを自動で計測できるように構成した。図1に開発したシステムの概要を示す。なお、2021年7月時点での製作コストは、1セットあたり約15,000円であった。

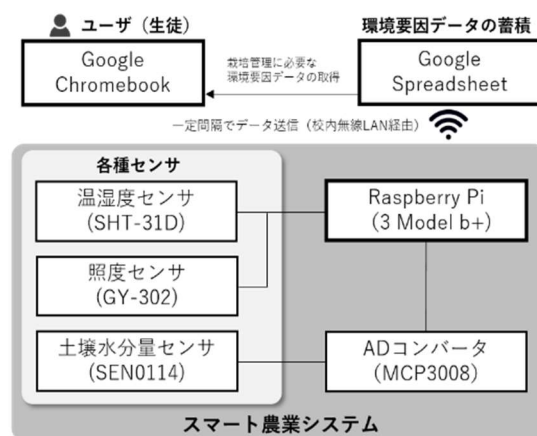


図1 開発したスマート農業システムの概要



図2 開発したシステム



図3 圃場に設置されたシステム（外観）



図4 土壌水分量センサの設置

本実践では、開発したシステムを圃場の計5ヶ所に設置し、自分が栽培している場所から近いシステムのデータを参考にして栽培管理を行った。各種センサから計測されたデータは30分間隔で計測され、校内無線LAN経由でGoogle Spreadsheetに自動で蓄積（図5）されるようにプログラムした。生徒はGIGAスクール構想にて配布された端末（Google Chromebook）などで、いつでもデータの閲覧ができるような環境を準備した。また、視覚的にデータを確認できるようにするため、気温、湿度、光量、土壌水分量の各種データをグラフ化して閲覧できるようにし、データへのアクセス当日および、過去3日分のグラフをそれぞれ表示する機能（図6、図7）を付加した。

	B	C	D	E	F	G	H
1	日時	日付	時間	温度	湿度	水分量	光量
30	2022/06/09 05:0	2022/06/09	05:09	22.2	54.5	842	12.5
31	2022/06/09 05:3	2022/06/09	05:39	22.4	54.8	770	432.5
32	2022/06/09 06:0	2022/06/09	06:09	23	54.3	794	1227.5
33	2022/06/09 06:3	2022/06/09	06:39	23.9	54.3	859	2128.3
34	2022/06/09 07:0	2022/06/09	07:09	25.4	53.5	802	2870.8
35	2022/06/09 07:4	2022/06/09	07:40	30.6	50.6	805	3479.2
36	2022/06/09 08:1	2022/06/09	08:10	34.5	43.3	778	9640.8
37	2022/06/09 08:4	2022/06/09	08:40	36.3	39.4	794	15077.5
38	2022/06/09 09:1	2022/06/09	09:10	38.1	37.7	805	20990.8
39	2022/06/09 09:4	2022/06/09	09:40	40.6	35	818	26712.5
40	2022/06/09 10:1	2022/06/09	10:10	40.3	32.9	809	33570
41	2022/06/09 10:4	2022/06/09	10:40	39.1	33.7	821	41868.3
42	2022/06/09 11:1	2022/06/09	11:10	40.5	31.5	794	48769.2
43	2022/06/09 11:4	2022/06/09	11:40	37.1	32.7	784	53655
44	2022/06/09 12:1	2022/06/09	12:10	36.7	33.2	803	54612.5
45	2022/06/09 12:4	2022/06/09	12:40	38.8	31.5	794	54612.5
46	2022/06/09 13:1	2022/06/09	13:10	38.3	30.2	797	54612.5
47	2022/06/09 13:4	2022/06/09	13:40	38.5	29.7	879	54612.5
48	2022/06/09 14:1	2022/06/09	14:10	36.7	31.2	794	54612.5
49	2022/06/09 14:4	2022/06/09	14:40	34.7	34	787	8106.7
50	2022/06/09 15:1	2022/06/09	15:10	34.1	33.7	815	6883.3

図5 Google Spreadsheet へのデータの蓄積

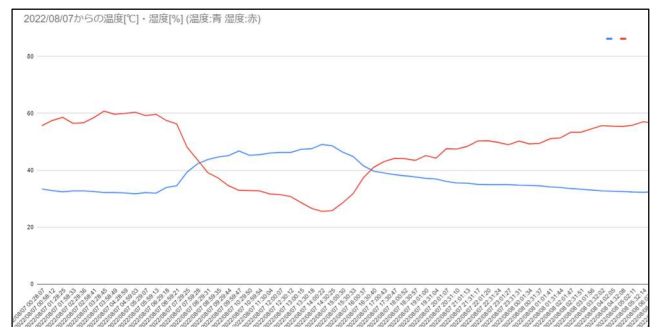


図6 計測データのグラフ化（温度，湿度）

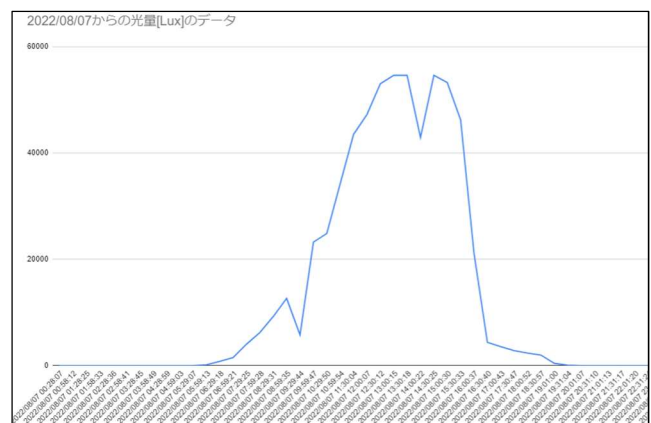


図7 計測データのグラフ化（光量）

3. 授業計画・実践

授業実践は、中学2年生（122名）を対象とし、令和4年4月～7月に実施した。栽培する作物は、新年度から夏休みまでの1学期の間で、苗の定植から収穫が可能であり、害虫や鳥害対策など適切な栽培管理が求められる

トウモロコシ（スイートコーン）を選定し、グループ（4～5名）ごとに栽培を行った。各グループに14本ずつ苗を配布し、それぞれ割り当てられた区域（120cm×330cm）で栽培管理を行った。表1に授業計画を示す。

表1 授業計画

学習内容	指導時数(時間)
①生活や社会と生物育成の技術	1
②土作り, 施肥	1
③トウモロコシの栽培計画	1
④植付け作業	1
⑤定植後の栽培管理	2
⑥栽培管理作業	*3
⑦収穫・計測	1
⑧栽培の振り返り	1
⑨これからの生物育成の技術	1
計	12

*栽培管理作業は、授業内で計3時間実施した。

「①生活や社会と生物育成の技術」では、日本の農業従事者が高齢化していることや、農業技術の伝承が難しいことなど日本の農業の問題点を共有した後、それぞれの課題解決の方法について考える活動を行った。生徒からは「農業体験を実施し、農業に興味を持つ人を増やせば良い」や「行政を中心に農業の情報を積極的に発信すればよい」、「新規で始める人たちに土地を提供する仕組みがあればよい」などの提案や、「農業技術をデータ化する」、「ロボットに作業させる」など、ICT技術やロボット技術を農業に活用した課題解決の方法が提案された。これらの議論を踏まえて、本実践では「スマート農業技術を活用して栽培の最適化・効率化を目指そう」と課題を設定し栽培実践を行うことを確認した。

「②土作り, 施肥」では、作物の栽培に適する土壌や肥料の基礎知識について学んだ。なお、圃場への石灰の散布や元肥の施肥などの作業は時間の都合上、植え付けまでに教員が実施した。

「③トウモロコシの栽培計画」では、トウモロコシの特徴や栽培に適する土壌、植え付けや収穫などの時期・方法などを各自で調査し、栽培管理に必要な作業のスケジュールを栽培計画表にまとめた。

「④植付け作業」では、各自がまとめた栽培計画表を

もとに、畝のサイズや植付け間隔などを班ごとに決定した。またその際、マルチ張り作業の有無や、水やり当番の確認も行った。なお、本実践では苗を購入し実際の圃場に定植した。

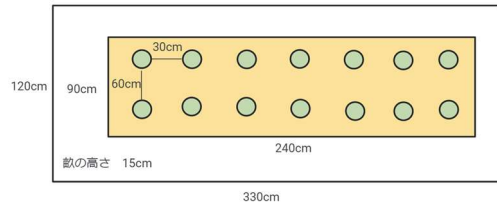


図8 Google Jamboard を活用した班ごとの植付け計画

「⑤定植後の栽培管理」においては、トウモロコシの栽培に必要な管理作業の確認や具体的な方法、病気や害虫の対策方法などについて学習した。トウモロコシは害虫被害を受けやすい作物であるため、適切に農薬を使う必要性についても確認した。これらの学習を踏まえて、「⑥栽培管理作業」を実践した。授業内では計3時間実施し、栽培記録を付けたり、灌水や除草などの日常管理作業は休み時間等に随時実施するようにした。圃場の横の資材BOXには、メジャー、ものさし、移植ごて、はさみなどの農業資材の他、化学肥料を常備しており、生徒がいつでも栽培管理作業や記録ができるような環境を整えた。栽培記録についてはGIGA 端末のカメラ機能なども活用しながら記録を残すように指示した。

No	月	日	曜日	観察時刻	天気	作業内容	記録	写真
9	5	30	月	8:30	曇り	観察 水やり	ほとんどの畝の幅が1m位に成長している。 根本に雑草が伸びてきたので除去した。葉が白くなっているところが多くなっている。	
10	6	3	金	13:00	晴れ	観察	幅が150cm位に成長しているトウモロコシもあった。 雑草、雑草より大きなものがトウモロコシの根から生えていた。雑草は生えていた。	
11	6	6	月	8:20	晴	観察 「雨が降っていたので水やりはしなかった。」	幅が150cmを超えているトウモロコシが多くなってきた。また、雑草も大きくなり、トウモロコシの根のまわりのものを生えていた。	
12	6	8	水	13:00	晴れ	観察	幅が160cmを超えているトウモロコシが多くなってきた。葉のまわりの雑草が伸びてきた。また、一本割れに傾いていたトウモロコシがあった。	

図9 GIGA 端末を活用した栽培記録の例

「⑦収穫・計測」では、収穫したトウモロコシの一果重、先端からの実のつまり具合や虫食いの程度を計測し、実際のJAの規格表に基づき、どの階級・等級で出荷できるか判別作業を行った。また、糖度計を用いて糖度の測定を行い、収穫したトウモロコシのデータを記録する活動を行った。



図 10 栽培管理作業の様子



図 11 収穫・計測の様子

「⑧栽培の振り返り」では、栽培記録や収穫データ、システムをどのように活用したか、栽培を通して学んだことなどをグループごとにレポートにまとめた。

「⑨これからの生物育成の技術」においては、より良い栽培管理のためのシステムの改良案を検討したり、これからの生物育成の技術がどうあるべきかを考える活動を行った。

4. 授業実践およびシステムの評価

授業実践後に、まとめアンケート (N=114) を実施し、授業実践・システムの評価を行った。

システムでのデータ閲覧の頻度については、88名 (77%) の生徒が週 1 回以上データを確認していた。また、26名 (23%) が週 2~3 回、10名 (9%) が週 4 回以上のデータを閲覧していた。「各種データの閲覧は、容易に行うことができましたか?0」の問いでは、「容易」または「どちらかというと容易」と 84名 (73%) が回答した。データの閲覧の頻度と合わせて、開発したシステム

からは比較的手軽に環境要因データを閲覧できたものとする。

次に「最適かつ効率的に栽培を行うために、システムから得られるデータは役に立つと思いますか?」の問いに対しては、109名 (96%) が肯定的 (とてもそう思う、そう思う) に回答し、大半の生徒がスマート農業システムの有効性を認識していた。また、「どの程度スマート農業システムから得られるデータを参考にして管理作業を行いましたか?」に対しては、8名 (7%) がほとんど毎回、19名 (17%) が 2 回に 1 回程度、57名 (50%) がたまたま参考にしたと回答し、データを参考にして管理作業につなげた生徒が 84名 (74%) いた。しかしながら、「最適かつ効率的に栽培を行うために、システムから得られるデータは実際に役に立ちましたか?」の問いに対しては、肯定的 (とても役立つ、まあまあ役立つ) な回答は 69名 (61%) となった。「雨が降ったあと水やりをするか迷ったとき、土壌水分量を見て判断した。」や「各種データを見て、水やりの量を調整した。」など、

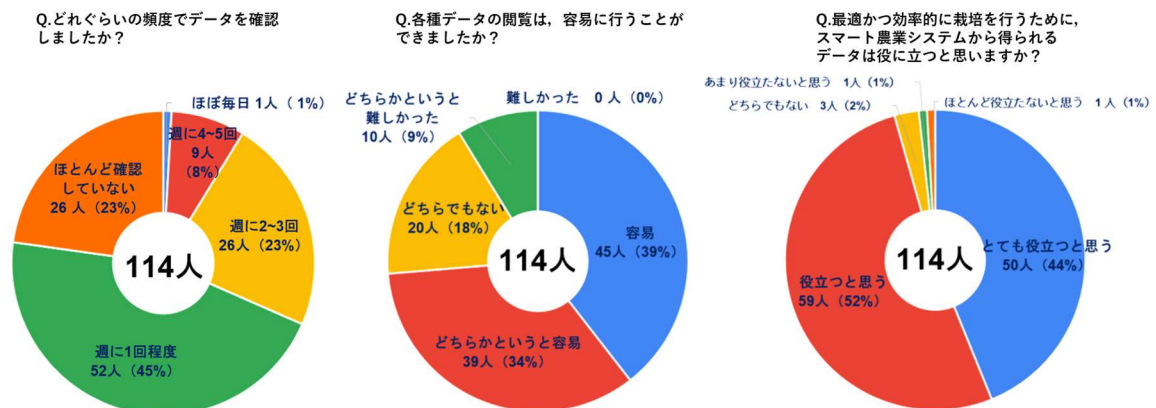
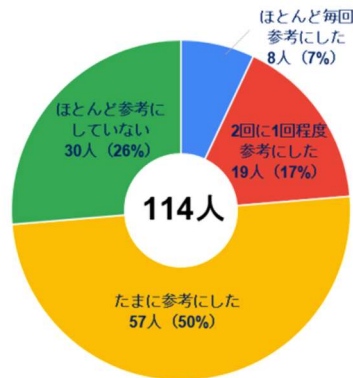


図 12 まとめアンケート回答結果 1

Q.どの程度スマート農業システムから得られるデータを参考にして管理作業を行いましたか？



Q.最適かつ効率的に栽培を行うために、スマート農業システムから得られるデータは実際に役に立ちましたか？

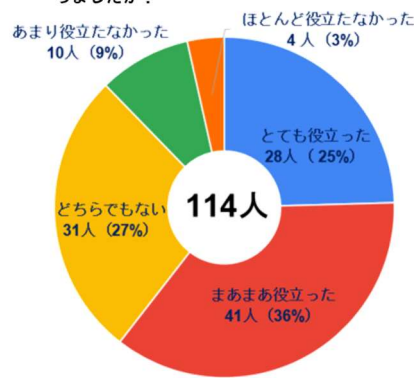


図13 まとめアンケート回答結果2

具体的な活用が見られた一方で、「それぞれの畝の土壌水分量が分からない。」、「基準となるデータがあれば良かった。」という意見も出された。計測地点を増やすことや、データをどのように解釈して、具体的に栽培管理につなげていくか理解を深める必要があると考えられた。

「⑨これからの生物育成の技術」において、より良い栽培管理のためのシステムの改良案を考える活動を行った。表2に生徒からの提案を示す。

表2 システムの改良案

- スマホなどのアプリで見られるようにする。
- 害虫の発生具合が分かるようにする。
- 鳥などを感知できれば、どんな対策が有効であったか知ることができる。
- 成長の過程をカメラで観察すれば、外に見に行かなくても成長の過程が見られて便利。
- 土壌水分量などから、AI が自動的に植物の危険を察知し、水やりなどを指示することができればよい。
- 土壌の水分量がある一定量を切ったらアラートが出るようにするなどの機能があると便利。
- 土壌水分量や気温から、水やりをしたほうが良い時間を表示すると思う。
- 植物にとって良くない環境になっていることが検知されたときに、通知が飛んでくるようにすれば対応がしやすくて良いと思う。
- スプリンクラーなどを活用し、水やりを自動化すればよい。

これらの記述から、生徒はセンサやプログラムなどのICT 技術を活用し、より効率的に栽培管理を進めるために実装したい機能について考えることができた。一部の生徒は、収穫間近の猛暑の影響で水分が不足し、品質が落ちたトウモロコシを収穫することになったり、害虫や鳥害の被害を実際に経験した。土壌水分量をセンサで計測し、植物にとってよくない状況になった時に通知が飛んで来るなどの栽培管理を支援する機能を付けることや、害虫や鳥などを感知できる機能を付加するなど、栽培実践中に実際に直面した問題に対処する案を考えている様子も伺える。

実践の締めくくりでは、これまでの学習・栽培実践を踏まえて、これからの生物育成の技術はどうあるべきかを考える活動を行った。生徒の記述を表3に示す。生徒の記述からは、農業従事者の負担を減らすとともに、効率的な生産を目指すためにスマート農業技術を活用していくべきという意見が示された。また、農業従事者の高齢化問題を解決するために、デジタル技術を活用してこれまでの農業のイメージを払拭し、若い世代が就農できるような環境を整えるべきという提案もなされた。そして、農業技術の伝承をスムーズに進めるために、あらゆる要素をデータ化し後継していくのが良いと考えた生徒もいた。以上のことから、生徒は日本の農業が抱える諸問題を解決するために、スマート農業技術を適切に活用していくべきであると認識していることがわかった。

表3 これからの生物育成の技術

- これからの農業は、スマート農業技術など他の技術と掛け合わせ農業をスムーズに行うことができるようになるべきだと思った。このような技術を活用すれば負担を軽減することができるし、技術の伝承の難しさも軽減するのではないかと思う。
- 就農人口の増加のために、農業をよりデジタル化して楽にして、農業が大変というイメージを取り払い、若者の就農を支援すべき。
- 昔ながらの農業を伝承しつつ、無人トラクターや農業用ドローンなどの機械を用いて、大きな畑でも少人数でできる農業を進めていくべきだと思った。今までのたくさんの労力やコストが必要になる農業ではなく、生産者・消費者ともにやさしい農業に変化させていくことで、若者に興味を持ってもらい、農業の技術をさらに進化させていくべきだと思った。
- スマート農業を活用して、若者も高齢者も楽に農業ができるようにすればいいと思う。感覚だけでは難しいし伝わりにくいと思うので、データとして残しておくことが大切だと思う。
- 今回のトウモロコシを育てた時のように、センサなどの技術を活用して効率的に行っていくのが大切ではないかと思った。生物を育てる農業などは大変な作業が多いので、適度に技術や機械を活用していけば、農地の様子が家から把握できたり、植え付けや収穫が楽になるので生産者には大きなメリットがあると思う。

5. おわりに

本研究では、スマート農業システムを開発し、中学校技術科においてシステムから得られるデータを活用して、栽培の最適化・効率化を目指す授業実践を試みた。授業でも扱える安価なシステムを開発し、生徒がシステムから得られるデータを活用した栽培管理を行い、データの活用が栽培の最適化・効率化に有効であると認識していることがわかった。また、よりよい栽培管理や、栽培実践中に実際に直面した問題を解決するために、システムの改良案を考えることもできた。そして、日本の農業が抱える諸問題を解決するために、スマート農業技術を適切に活用していくべきであると考えていることがわかった。

一方で、システムから得られるデータの解釈については課題が見られたため、データの活用方法についてより理解を深めた上で実践を行う必要性もあることも示唆された。また、今後は今回提案されたシステムの改良案を、「情報の技術」（プログラミング）で実現させる授業実践も進めていきたい。

参考文献

1) 農林水産省, 農業労働力に関する統計, <https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>, 2022年8月閲覧

2) 窪田新之助, 『データ農業が日本を救う』, 集英社, 2020年

3) 農林水産省, スマート農業の展開について, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-83.pdf>, 2023年2月閲覧

付記

本研究はJSPS 科研費 22H04043 の助成を受けたものである。