

ITを活用したカンキツ・マルドリ栽培の遠隔指導の可能性と課題 —タイでの実証試験結果を踏まえて—

日本農業サポート研究所 福田浩一

1. 背景

ここ数年、クラウドシステム（以下、「クラウド」という）の活用によって、インターネットを経由して以前に比べ、安価かつ容易にITを農業現場で利用できるようになっており、クラウドなどを活用したITシステムが農業指導にも利用されてきている。

日本のITは携帯電話に代表されるように、従来、消費者の過剰な要望により、オーバースペックになる傾向があった。また、高齢者向けには、機能を絞った携帯電話を開発するなど、消費者の高齢化に対する配慮がされつつある。

一方、海外ではユーザーからの要求は日本ほど高くなく、システム自体はシンプルなものが好まれることが多い。海外でITシステムを活用して遠隔指導を実験することによって、その結果を日本に還元すれば、高齢化が進む日本の農業者に合った、シンプルなITシステムの開発を促す可能性がある。

また、農林水産省の発表によると、平成22年度の普及指導員等普及職員数は、7,534人で、平成20年度の7,790人に比べ256人減である。今後定年退職者が新規雇用者を上回ることにより、これからもさらなる減少が予想される。ITを活用した効率的効果的な普及活動は一層求められている状況にある。

平成24年度～25年度、タイにおいて筆者が中心になりカンキツのマルドリ方式（周年マルチ・点滴かん水同時施肥法）を導入し、クラウドを使って、日本からタイ農場に対して、栽培管理について遠隔指導の実験を行っている。海外でのIT利用実験から、農業指導におけるIT利用の可能性と課題が明らかになったので報告したい。

2. 先行研究の評価

ITを活用したカンキツ指導の論文には、佐々木¹⁾、藤田・中村・亀岡²⁾、神谷・沼野・柳生・島津³⁾などのものがある。佐々木は、和歌山県のウンシュウミカン産地でのIT利用、とくにミカンデータベースの利用可能性について明らかにした。藤田・中村・亀岡は、気象条件の影響を最小限に抑えた品質制御が可能な「マルドリ方式」において、「土壌水分と樹体水分の計測にTDR計を用いることで、温州ミカンの水分ストレス状態を的確に把握出来ることを実証した」。そして、「普及面から見た大きな成果は、生産者が普及指導員や営農指導員と同じ「数値指標」で園地や生育状況を共有できる」としている。この研究はマルドリ方式を導入して土壌水分に基づいた灌水管理を行うことによって、糖度が高く、酸度が低い高品質の果実を栽培し、収益の向上に結び付けることを実証した貴重な実証研究である。ただし、これらの研究は収穫期がほぼ決まっている国内ミカン産地での実証であり、熱帯のタイのように、日本とは品種も異なる上、収穫期が長期に及び、開花期と収穫期が重なる地域で「マルドリ方式」を導入した技術が当てはまるかは不明であった。

神谷・沼野・柳生・島津は、携帯電話上のアプリケーションとWebインターフェースを使って灌水判断を可能にし、「どのようにしてITによるデータ収集・活用を実際のミカン栽培全体の作業フローに無理なく組み込んでいくかを考え、IT活用を前提として新たな作業手順の構築についても検討を行っていく」と課題を挙げている。この研究は、携帯電話

と Web を組み合わせた先駆的な実証研究である。しかし、炎天下での液晶画面が見づらいなどユーザーインターフェースが問題点として指摘され、過酷な環境の農場で端末として携帯電話が有効かどうかは、残された課題であった。

3. 課題の設定と仮説

熱帯地域では、今までカンキツのマルドリ方式が導入されたことがなく、土壤水分から灌水量を判断し、水分ストレスを与えることが糖度などを向上させるのに有効かどうか、明らかでなかった。海外での圃場へ国内からの指導は、地理的問題もあり、圃場を頻りに訪問することができない。また、海外の農場スタッフに IT システムを使用してもらうには、言語の問題から英語やタイ語の画面の作成や、直感的に操作でき、より容易なインターフェースを用意する必要がある。

そこで本実験を開始するに当たり、以下のように3つの仮説を設定した。

(1) 熱帯地域で、カンキツ栽培にマルドリ方式を導入し、十分な水分と肥料によって大玉のカンキツを栽培し、また土壤水分をコントロールすることによって糖度の高い高品質のカンキツが栽培できる。

(2) 海外のユーザーがデータの登録や表示に対して使いやすいシステムを開発し、遠隔指導の結果を検証することによって課題などを明確にできれば、国内での指導に生かすことができる。

(3) IT による管理では気温、湿度、雨量、土壤水分等の環境データと肥大、糖度等の生育に関するデータなどを収集するが、各パラメータのうち気温、湿度、雨量など環境データは参考値として必要な程度で、遠隔からの農業指導には土壤水分が最も重要である。

4. 実験圃場の概要と方法

(1) 実験圃場の概要

実験の圃場は、タイ・チェンマイ県のタナトン農場内に設置した。タナトン農場は、チェンライ空港から西に車で約2時間のミャンマー国境付近にあり、100ha 前後の圃場を10カ所 (No. 1~10) 計1,100ha 所有している巨大な農業法人である。ラオス、ミャンマーにも進出しており、カンキツをバンコクの高級スーパーセントラルなどにも出荷している。タイ国内だけでなく、東南アジアでも最大規模を誇る。液肥混入施設も所有し、イスラエルの機材を使い圃場の灌水も自動化している。



図1. タナトン農場の位置



写真1. 10カ所のうちの一圃場全景

(2) 方法

チェンマイのタナトン農場の圃場に2か所の実証圃（第3農場と第10農場：それぞれマルドリ栽培区と慣行区）を2013年5月9日に設置し、図2のような機器構成で、ITシステム（NECシステムテクノロジー株式会社開発）を活用して、栽培指導を

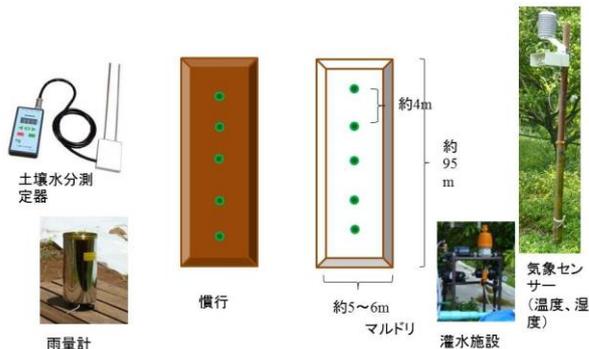


図2. 実証試験模式図

日本からリモートで行う試験を実施した。マルドリ方式を採用したのは、施設園芸のように自然環境の影響を受けにくく、水管理によって高糖度のカンキツ栽培が可能になるとの日本



写真2. 第3農場

カンキツ調査・作業記録シート						
圃場	No. 3	品種名	調査日	2013年	月	日
		慣行区		マルドリ区		
樹番号	A	B	C	D	E	F
圃場番号						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
平均	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
標準偏差	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
葉色						
糖度(標準果実)						
酸度						
土壌水分(%)						
場所	1	2	3	4	5	6
作業記録(せん定、薬剤散布、収穫など)						
圃場で気がついたこと・実施したこと						
液肥タンク(残量cm)				液水PH		
かん水量(時間)				施肥量(%)		末摘灌水液EC
写真・説明	ファイル名					
	説明					
管理者名			確認日			担当者名

図3. データ入力用紙

圃場名	品種	樹の状態
第3農場	No. 1	植えてから3年程度の幼木
第10農場	オーシャンハニー	植えてから6年の成木

表1. 実証圃場概要

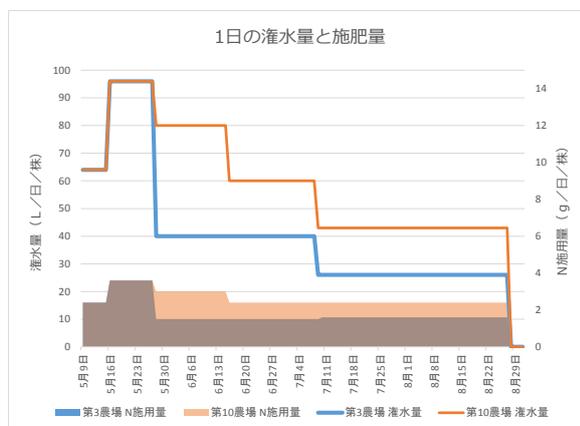


図4. 1日の灌水量と施肥量

での実績があったためである。第3農場、第10農場の実証圃概要は表1の通りで、灌水施設は、ネタフィムジャパン株式会社製のミニシステム 2500DC を、マルチシートは、谷口産業株式会社製のTSアップシートを使用した。タイ側には「カンキツ調査・作業記録シート」を使って、1週間に1度、農場スタッフに肥大状況、葉色・糖度・酸度・土壌水分などを記録してもらい、雨量についてはクリマテック株式会社製の転倒ます式雨量計で測定し、温度・湿度・雨量のデータロガーには、株式会社ティアンドデイ製の「おんどとり RTR-53AL（温度・湿度）・RVR-52AL（パルス）」を使用した。週1度、測定データを現地でタイ語と英語のITシステムに登録してもらった。土壌水分は、株式会社藤原製作所製TDR計を用い、土壌が一部固かったため、実験の途中からガイドを使用した。灌水量の判断に必要な

ため、土壌水分のみ週3回程度測定し、農場スタッフにITシステムへの登録を依頼した。これをもとに、日本からクラウド上のシステムにアクセスすることによって、タイ側に灌水方法などを指示し、タイの農場スタッフが栽培管理を行った。

なお、灌水・施肥の設定は図4の通り、日本側で行った。慣行区の施肥は例年、第3農場では、3月中旬から8月上旬までN27-P6-K6（以下、同じ）を中心に30～45日に1度、樹1本につき固形肥料1kgを施用し、8月中旬から9月下旬まで15-15-21を施用する。また、年間を通じて、樹の状況などから判断して15-0-0等とその都度、使用する。第10農場では、45日に1度、樹1本につき固形肥料1kg、15-0-0を中心に施用する。場合によって農場長の判断で46-0-0、27-6-6を使う。収穫は、2013年の10月下旬から開始し、2014年の1月中旬までマルドリ区、慣行区の各木から4個ずつ収穫した。そのうち2個のカンキツ子実の重量・果皮色・糖度・酸度を測定した。

5. 結果

気温は図5のように、最高（第3農場）が40℃近くなり、最高気温は1年を通して、20℃

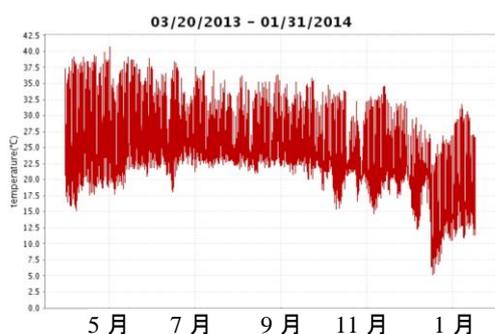


図5. 気温の推移(第3農場)

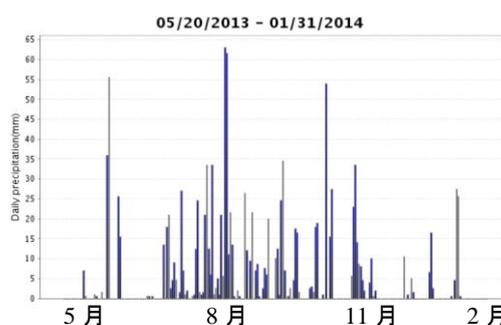


図6. 降水量の推移(第3農場)

以上であるが、1日の寒暖の差が激しい。また、1年は雨期と乾期に分けられるが、乾期でも集中的に雨が降る時期があった（図6参照）。雨期である8月に雨が断続的に降り、第3農場の土壌水分が33まで上昇したため、灌水と施肥を止める「水切り」を開始した。土壌水分の低下とともに糖度は上昇した。なお、第10農場も同じ時期に水切りを開始した。

収穫は10月下旬から4回行った（第10農場は2回）。1本の木からカンキツ子実2個ずつを採取したサンプル調査の結果は図7～10の通りである。第10農場は水分ストレスがかかり、12月1日の時点でマルドリ区のカンキツの糖度が1度近く高くなった。第3農場では、継続的な灌水・施肥のため、マルドリ区のカンキツ子実重量は慣行区に比べ最大27%大きくなった。なお酸度は両農場、両区とも0.5～0.6で差がなかった。

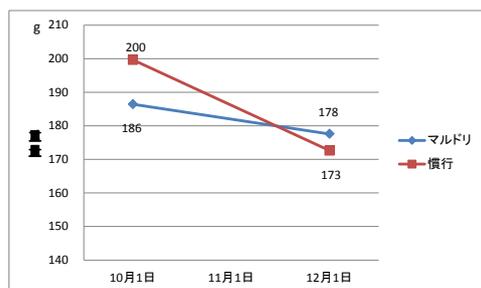


図7. 収穫時カンキツの重量の推移(第10農場)

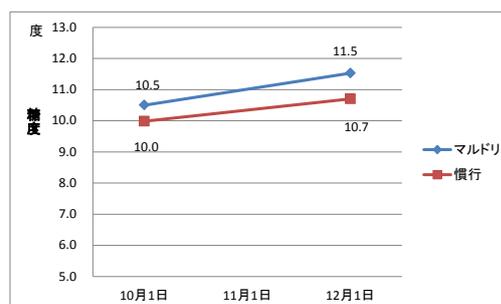


図8. 収穫時カンキツの糖度の推移(第10農場)

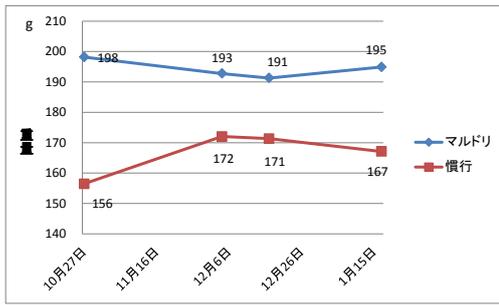


図9. 収穫時カンキツの重量の推移(第3農場)

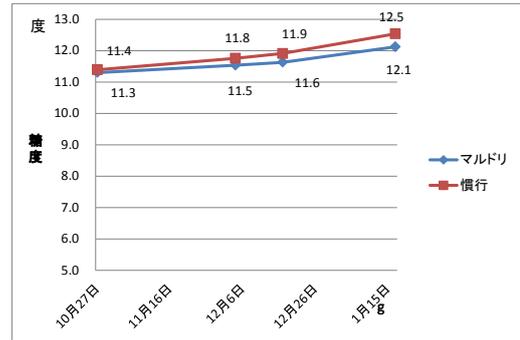


図10. 収穫時カンキツの糖度の推移(第3農場)

6. 考察

第10農場では、農場側が自分たちの判断で日本側の設定を変更し、灌水量を第3農場に比べ70%まで減らしている。そのため、図11の通り、マルドリ区の土壌水分が最大約10%下落した。その結果、収穫物の糖度も高くなったと考えられる。一方、第3農場では図12のようにマルドリ区の肥大は進んだが、12月に土壌水分が15%以下まで下落してから、週

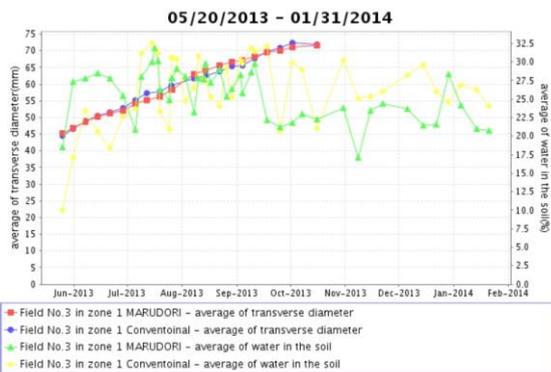


図11. 土壌水分と横径の推移(第10農場)



図12. 土壌水分と横径の推移(第3農場)

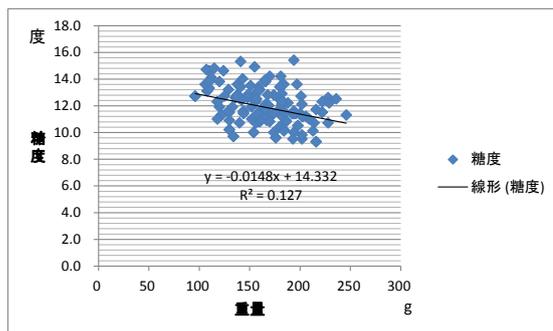


図13. カンキツ品種 NO.1 の糖度と重量の関係

2回の灌水を開始した。その後、日本から細かい水管理の指示ができず土壌水分が上昇し、2014年1月15日時点で糖度も十分に上がらなかった。

なおカンキツの重量と糖度との相関を求めるために、糖度・酸度等の検査を行った全377個のうち、品種・環境などの条件が同じ第3農場の慣行区の子実147個を対象として集計した。図13の通り、相関係数0.356と弱い相関ではある

が重量が大きいと糖度が下がる傾向があることが分かり、第3農場のマルドリ区のカンキツが慣行区のものより糖度が若干低い理由に、果実の大きさも一因と考えられる。

実証試験を通じて、以下の成果があった。

第1に、ITを使って海外のような遠隔地であっても、リモートの指導によって高品質の果実を生産できる。ITシステムが本格的に稼働した7月以降は、事前に肥大状況や土壌水

分の状況が分かるようになり、マルドリ区の水切りの時期など適切な作業手順を決めるのに有効であった。第10農場では糖度の高いカンキツが、第3農場では子実が大きく、糖度が慣行区とあまり変わらないカンキツが収穫できた。タナトン農場品質検査担当者のお話は糖度は高いのはもちろんのこと、「大きい果実の方が高値になる可能性が高い」との話であり、両農場とも市場価値が高いカンキツが生産できた。

第2に、すべての作業をIT化する必要はなく、作業の環境や作業者の適正に応じてデータの入力方法などを決めていくことが有効である。データ入力にはタブレット等の機器を使わず、パソコンが苦手な現場スタッフには紙の様式に手書きで記入してもらい、別のスタッフが事務所でパソコンを使ってクラウドにデータを登録した。炎天下や雨降りの時でもタブレットなどと違い、手書きの作業は問題がない。

第3に、収集した各パラメータのうち、雨量と土壌水分が灌水管理にとくに重要であった。雨量が必要な理由は、マルドリ区が全面マルチで覆われていても、幹付近を中心に雨がマルチの隙間から土壌中に入り込むので、降雨量も勘案して灌水量を決めるためである。

第4に、農場スタッフの資質向上効果が認められるという当初想定していなかった成果もあげることができた。「水分ストレス」という概念を持っていなかった農場スタッフが、7月頃から自身の判断で灌水量を調整するまでになった。定期的な測定と検証は、「水分ストレス」という概念を短期間に理解させる教育的手法として有効である、と考えられる。

7. 今後の課題

日本からの農場訪問の頻度はほぼ1か月に一度で、訪問の際の現地の状況は、およそITシステムから読み取れる通りの状況であった。ただし、写真、気象などの最新データの登録が遅れがちで、現地訪問前は、カンキツの状況が正確に分かっていないことがあった。

したがって、①デジタルカメラで撮影した写真を簡単にITシステムに登録できる、②気温、雨量などをロガーから自動的にITシステムに登録、リアルタイムに気象の状況が分かる、などの点を改良すれば、日本国内でも普及現場でITを活用し、リモートの指導はある程度可能であると思われる。ただしタイでもそうであったように、指導する側が最低1か月に一度は圃場を実際に訪問し、現地の状況を確認することが必要である、と考えられる。

なお、本研究開発は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)より委託を受けて、「IT融合による新社会システム開発・実証プロジェクト」の「スマートリーン農業アーキテクチャの開発と農業生産支援サービス事業の世界展開」の一環で産官学で連携して遂行中である。また近畿中国四国農業研究センター・カンキツ生産研究グループ上席研究員 根角博久氏・主任研究員 星典宏氏、三重県熊野農林商工環境事務所主幹 中村元一氏に設計の段階から収穫検査に至るまでご指導いただいた。この場を借りて御礼申し上げたい。

引用・参考文献

- 1) 佐々木茂明「ウンシュウミカン産地におけるITを活用した農業改良普及方法の研究」学位論文, 2005, 30-55
- 2) 藤田絢香・中村元一・亀岡孝治「生産現場における高品質ミカン生産のためのICT利用に向けた土壌水分計画手法の確立」農業情報研究 20(3), 2011, 86-94
- 3) 神谷俊之・沼野なぎさ・柳生弘之・島津秀雄「携帯電話によるミカンほ場からの栽培データの収集と栽培データの地域での共有のためのWebインタフェース」農業情報研究 20(3), 2011, 95-101