原 著 論 文

圃場におけるアグリサーバの運用実績および保守管理手法

鈴木剛伸*^{†1)}・深津時広²⁾・小林一樹³⁾・木浦卓治²⁾

- 1) 長野県農業試験場 〒382-0072 須坂市小河原492
- 2) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1
- 3) 信州大学大学院工学系研究科 〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1

要旨

圃場における環境情報は農産物の収量増や高品質化を図るために必要な情報である。情報収集方法として、センサネットワーク機器を活用する事例が増えているが、長期間安定して観測を継続している事例が少ない。そこで本研究では、長野県小布施町に設置したセンサネットワーク機器（アグリサーバ）の事例をもとに、その運用実績やデータ収集状況を調査してデータ欠損の要因や機器設置・運用における課題を明らかにし、これを改善するための手法について提案した。アグリサーバのデータ収集は、インターネット経由での収集と現地収集の2系統で行い、2つの収集エージェント間で協調動作を行うアルゴリズムを作成した。データ収集停止につながる事例を「定期的に行う保守管理事項（障害発生を未然に防ぐための事項）」、「障害発生時に行う保守管理事項（速やかに機器の復旧を行うための事項）」、「よくある質問（運用時に発生しやすい事項、障害までには至らないが、問題となりやすい事項）」の分類に分けて保守管理マニュアルを作成した。作成したマニュアルの活用により、アグリサーバ保守管理の効率化、安定運用が可能である。

キーワード

アグリサーバ、センサネットワーク、長期運用、保守管理

はじめに

農産物を生産するうえで、収量増や高品質化を図るためには、農作物の生育に適した条件下で栽培することが最も効率的である。そのためには、実際に栽培する圃場の条件を把握することが必要で、その中でも環境情報（温度、湿度、降水量、日射量、土壌水分量等）が重要な指標となる。農作物の栽培期間はそれぞれ異なるが、永年性作物ではこの環境情報を長期間安定して収集することで、データに基づいた作業日程調整、灌水量の調整といった効率的な農業生産が可能となる。

生産現場における環境情報の取得はあまり行われておらず、一部の生産者によって取り組まれているに過ぎない。以前は庭先、圃場などに温度計が設置されており、定期的に観察していることもあったが、そういったことも行われ

なくなりつつある。その要因として、気象庁によるアメダス気象観測網（気象庁 2011）の整備があげられる。それまでは地方気象台など気象官署でしか観測が行われていなかったため、日本全国で130地点程度であった。長野県内における観測箇所は5地点であった。そのため、圃場での気象情報を取得するには自ら計測する必要がある。また、生産性向上を目指すためには環境情報の取得は必要条件であったと推測される。その後、アメダス気象観測網が設置されたことにより、全国で約840地点での気象観測（降水量・風向・風速、気温、日照時間）が行われるようになった。長野県内では30地点で気象観測を行っており、これまでより身近で気象観測が行われるようになった。アメダス観測値と各圃場での計測結果は完全には一致しないが、生産者各自が補正を行い、利用できる情報となっている。しかし、近年、作物が直接影響を受ける近傍の土壌水分情報、生育過程である作物や圃場の画像情報が高度な栽培管理のために必要であるということが認識されはじめ、圃場ごとに観測を行う必要性が注目を集めている。

そこで、より生産現場に近い地点の気象観測を容易に行

* Corresponding Author
E-mail: t.suzuki@alps.pref.nagano.jp

[†] Present Address

長野県果樹試験場 〒382-0072 須坂市小河原492

えるよう、近年圃場における環境情報などを収集する圃場モニタリングシステムとして、フィールドサーバが提案・開発されている（深津・平藤 2003）。フィールドサーバは無線 LAN による通信機能、気温などの環境計測機能、ネットワークカメラによる画像取得機能を 1 つの筐体に収めた屋外設置型センサネットワークである（Fukatsu and Hirafuji 2005）。フィールドサーバは内部に計測データを記録できないため、データの体系的な利用を可能にする上位のエージェントシステム（Fukatsu et al. 2006）がデータ収集を行っている。

このような圃場モニタリングシステムの有効性がいくつかの事例で実証されてきている。長野県小布施町では圃場から取得した各種情報を農業生産に活用するプロジェクトとして「実時間圃場データを用いた農情報の共有・推進ネットワーク—長野県小布施町を事例とした農業関連情報の利活用—」が総務省「戦略的情報通信研究開発推進制度」を活用して実施された。このプロジェクトでは、農業生産現場である圃場データを収集するセンサネットワークシステムをアグリサーバとして提案している（斉藤ら 2010, Saito 2012）。他の事例として、環境データに基づいた高品質なミカン生産を目的とした圃場環境計測なども行われている（戸上ら 2011）。

このように、フィールドサーバは生産現場での環境計測に有効であるが、これまでに長期間継続して観測をしている事例が少なく、2 年程度、もしくは数か月程度の観測をしたのち停止する事例が多い。ひとつには、プロジェクト研究などでフィールドサーバが導入された場合、そのプロジェクト終了に伴って専門家のメンテナンスやサポートが終了することが挙げられる。またフィールドサーバの構造

が複雑であるため、現場の利用者では保守管理が難しく、その後の長期運用ができない事例が見受けられる。農業現場においては長期に渡りデータを積み上げていくことが生産・品質管理向上を行ううえで重要であり、そのためには現場の利用者でも管理・運用を効率的に行えるようにすることが必須である。

そこで本研究では、前述の長野県小布施町におけるプロジェクトで提案・設置されたアグリサーバの事例をもとに、その運用実績やデータ収集状況を調査してデータ欠損の要因や機器設置・運用における課題を明らかにし、これを改善するための手法について考察した。

アグリサーバ

本研究では長野県小布施町の 3 箇所（ぶどう園、小布施町振興公社ハウス、くり園）に設置しているアグリサーバを対象とし、その運用状況を調査した。各箇所における仕様は次のとおりである（図 1）。

ぶどう園の計測項目は、気温、相対湿度、光合成光量子束密度、土壌水分、画像である。センサノードはイーラボ・エクスペリエンス社製フィールドサーバ II を用いた。画像収集は、圃場全体を 30 万画素固定カメラ、栽培している巨峰を 30 万画素固定カメラ、ナガノパープルを 130 万画素パン・チルトカメラにより撮影を行った。

小布施町振興公社ハウスの計測項目は、気温、相対湿度、光合成光量子束密度、地温、画像である。センサノードはイーラボ・エクスペリエンス社製フィールドサーバ III を用いた。画像収集は、ハウス内作物を 30 万画素固定カメラにより撮影を行った。ハウス内の栽培作物は 2007～2010 年

	ぶどう園	振興公社ハウス	くり園
センサノード
	フィールドサーバ II	フィールドサーバ III	フィールドサーバ IV
収集開始	2006 年 5 月 22 日	2007 年 9 月 4 日	2007 年 10 月 2 日
通信距離	160m	720m	80m
収集項目	気温、相対湿度、光合成光量子束密度、土壌水分、画像(30 万画素固定カメラ×2、130 万画素パン・チルトカメラ)	気温、相対湿度、光合成光量子束密度、地温、画像(30 万画素固定カメラ)	気温、相対湿度、光合成光量子束密度、地温、画像(63 万画素パン・チルト・光学ズームレンズカメラ)

図 1 長野県小布施町のアグリサーバ

図2 アグリサーバ管理システムの構成図

がパブリカ、2011年がキュウリであった。

くり園の計測項目は、気温、相対湿度、光合成量子束密度、地温、画像である。センサノードはイーラボ・エクスぺリエンス社製フィールドサーバIVを用いた。画像収集は、63万画素パン・チルト・光学ズームレンズカメラにより撮影を行った。

データ回収開始時期は、ぶどう園が2006年5月22日、小布施町振興公社ハウスが2007年9月4日、くり園が2007年10月2日である。設置状況は、インターネット接続点から無線LANにて通信を行っており、その距離はそれぞれ、ぶどう園が160m、小布施町振興公社ハウスが720m、くり園が80mである。

アグリサーバのデータは、インターネットを経由してエージェントシステムで収集している。中央農業総合研究センター（茨城県つくば市）に設置されているエージェントサーバ（リモートエージェント）は、Virtual Private Network（VPN）を利用して安全に現地のネットワークに接続し、定期的にカメラの制御やデータの収集などを行ったのち、農林水産研究総合センター（茨城県つくば市）の公開用データサーバ（農林水産研究総合センター2002）にデータを書き込む。しかしながら、これらのサーバは法定点検などで年に数回停止するほか、インターネット回線の都合によってVPNが切断される場合もあり、データの欠損を生じることがある。またアグリサーバ周辺の無線状態やアクセスのタイミングなどによってもデータを取得できない場合がある。そこで本事例では、より安定してデータの取得が行えるようリモートエージェントのほかに、現地にもエージェントシステムをインストールした小型のコンピュータ（ローカルエージェント）を設置し、2つのエージェントを用いてアグリサーバのデータ収集を行っている（図2）。

データ収集状況

アグリサーバの設置開始から2012年12月までの各機器のデータ収集率を月別に調査した（図3）。各機器の平均データ収集率は、ぶどう園ではインターネット経由収集で

94.6%、現地収集で98.7%、小布施町振興公社ハウスではインターネット経由収集で90.8%、現地収集で91.6%、くり園ではインターネット経由収集で76.8%、現地収集で68.6%であった。ただし、ぶどう園の現地収集は、ローカルエージェントのトラブルによる機器入れ替えを行ったため、2009年7月11日からの平均とした。一般的に現地収集の方がインターネット回線の影響を受けないため収集率が高くなるが、くり園では後述のローカルエージェントのトラブルにより、インターネット経由での収集の方が高くなった。

データが収集できなかった原因として、1) センサノードの障害、2) インターネットおよび圃場ネットワークの障害、3) エージェントシステムによるデータ収集の障害が確認された。

1) によるデータ収集が行えなかった例では、2010年8月にくり園に設置したセンサノードに障害が発生し、データ収集が停止した。原因はセンサノード内部のネットワーク機器の故障であった。ネットワーク機器の交換によって復旧する2010年10月までデータ収集を行うことができなかった。また2011年1月には低温の影響を受け、再びデータ収集が行えなくなった。センサノードを点検したところ、機器の稼働に問題を生じるような障害が認められなかった。定期的な再起動によりデータ収集を継続できたため、プログラムタイマーによる対策を講じ、2011年4月に復旧した。しかし、翌2011年5月には内部システムが機能不全状態に陥り、データ収集が停止した。原因は不明である。このセンサノードからのデータ収集を中止した。これらの例では、インターネット経由によるデータ収集もローカルエージェントでのデータ収集も共に行われていないため、データ収集率のグラフ推移が両方で連動している傾向を示している。

2) のネットワークの障害でデータ収集が行えなかった事例として、2008年9月に振興公社ハウスのVPN接続が不安定となり、インターネット経由での収集率が低下した。このような場合、ローカルでの収集は安定しているため、データ収集率のグラフ推移がインターネット経由とローカ

図3 収集方法によるデータ収集率

データ収集率は日単位・センサデータ取得有無により算出

ルで異なる傾向を示すことが多い。また、次節に示すエージェント間協調によるミラーリングによって、インターネット経由の収集率低下を回避することができる。一方2008年4月前後のくり園では、圃場内のネットワークが不安定だったため現地での収集率が低下した。この場合、インターネット経由の収集率も低下するものの、アクセスするタイミングなどの要因によるためローカルではデータが取得できていない状況であってもインターネット経由ではデータを取得できる場合があるため、インターネット経由の収集率の方が高くなる場合があるといった特徴を示す。

3)のエージェントによる障害でデータ収集が行えなかったものとして、2011年3月の事例がある。2011年3月11日に発生した東日本大震災において長野県小布施町では震度3を観測した。設置した現地圃場およびアグリサーバに

は被害がなく、計測を継続していたが、インターネット経由でデータ収集を行っていた中央農業研究センターでは停電およびその後の影響でリモートエージェントが停止したためデータ収集が行われなかった。その間ローカルエージェントではデータ収集が継続して行われていたため、データが欠落することはなかった。まれではあったが、ローカルエージェントが停止し、データ収集を行っていない事例もあった。2008年1月にくり園の事例ではインターネット経由ではデータ収集が行われたが、ローカルエージェントではデータが記録されていない。原因は不明であるが、ローカルエージェントの電源が落ちてしまい、データ収集を行うことができなかった。

エージェント間協調

アグリサーバのデータ収集率の向上を目的として、エージェントシステムをリモートだけでなく、ローカル側にも用意し、データ収集の冗長化を検討した。しかしながら複数のエージェントを用いた場合、次のような問題が生じる。例えば、アグリサーバのデータ収集手順やセンサのパラメータなどが記述された設定ファイルが変更された場合、その変更が双方に遅延なく反映されないとそれぞれのデータに差異が生じてしまう。またカメラの方向や倍率などを操作して複数の画像を取得している場合、片方のエージェントがカメラを操作しているときに別のエージェントがカメラにアクセスすると適切な画像が取得できなくなるといった問題も生じる。またアグリサーバに同時アクセスが集中すると正常な結果を返さないこともある。そのため複数のエージェントでアグリサーバを管理する場合、エージェント同士がうまく協調して動作するよう設計を行う必要がある。

そこで本論文ではエージェント間の通信を行うマルチエージェント機能 (Fukatsu et al. 2011) を利用し、ローカルエージェントとリモートエージェントを協調させ上記の問題を回避するアルゴリズムの作成・試験を行った。今回は、特にリモート側にあるデータサーバ内の公開データに欠損がないよう、データの安定収集およびエージェントの同期を実現するアルゴリズムを作成した。図4にローカルおよびリモートのエージェントの動作アルゴリズムを示す。

主としてアグリサーバにアクセス・データ収集を行うエージェントは、アグリサーバにより近くインターネット回線に影響されないローカルエージェントの担当とした。ローカルエージェントはセキュリティポリシーなどの都合からローカルストレージに収集データを蓄積するが、容量

の都合から一定期間経ったデータは自動的に削除するよう設定した。また両エージェントはメモリリーク防止のため、1日1回再起動を行うよう設定した。リモートエージェントは、基本的にローカルのデータをコピーしてデータサーバに書き込むほか、ローカルエージェントが動作していない場合のみアグリサーバにアクセスしてデータ収集を行うようにした。また、リモート側が一定期間停止するなどしてデータのコピー量が多くなった場合はミラーリングに時間がかかり終了するまで新たな収集データの更新が行われない恐れがある。そこでこの場合、ミラーリングを行うエージェントをマルチスレッドで立ち上げ、メインのリモートエージェントは常に最新のデータをローカルから取得するように動作させた。

具体的には、ローカルエージェントは2分間隔で稼働し、リモートエージェントがアグリサーバにアクセスしていないことを確認したのち、計測データ取得・カメラ制御・画像取得を行う。リモートエージェントがアクセス中の場合は、動作を終了させる信号をリモート側に送信後、先の動作を行う。一方リモートエージェントは、まずローカルエージェントが存在するかどうかを確認し、存在しないときはアクセスフラグを立てたのちローカルの代わりにアグリサーバのデータ収集を行う (Case1)。ローカルが存在する場合はローカル内の最新データの日時を調べ、リモート側の最新データの日時および現在の日時と比較する。ローカル側の最新日時が収集間隔を加味したうえで現在日時より古い場合はローカルエージェントが何らかの理由で停止しているものと判断し、Case1と同様にアグリサーバのデータ収集を行う (Case2)。リモート側とローカル側が同じデータを保持しており、収集間隔から考えてこれからローカルがデータの収集を始める場合は、ローカルに最新データが保存されるまで待つ (Case3)。リモート側が保持していない最新データがローカル側に保存された場合、ローカルの

図4 リモート/ローカルエージェント協調動作のアルゴリズム

図5 リモート/ローカルエージェント協調動作による収集データ欠損率の改善

最新データをリモート側にコピーする (Case4)。またローカル側にリモート側が保持していない新しいデータが複数ある場合は、別途スレッドを立てて古いデータからミラーリングを行う (Case5)。これらの動作は XML 形式で記述されたエージェントの設定ファイルに記載され、アグリサーバに関するパラメータ部分は同期更新が簡単にできるよう別ファイルに記載された。

上記のエージェント間協調動作が適切に動作するかを確認するため、ぶどう園のアグリサーバのデータ収集を行っているローカルエージェントおよびリモートエージェントの設定を変更して実験を行った。そのときの実験結果の一部を図5に示す。2008年5月23日まではそれぞれのエージェントが独立して同じようにアグリサーバのアクセスを行っていたが、2008年5月24日から上記の協調動作を行ったところデータサーバに保存されるデータの各日の欠損率が減少した。具体的には2008年3月16日～21日のサーバメンテナンスによる収集停止を除き、2008年3月～5月の月平均データ欠損率は約1%であったのに対し、2008年7月～8月の月平均データ欠損率は約0.1%と10分の1に減少したことが確認された。また2008年7月～8月のリモートエージェントの動作状態を調べたところ、Case2となった場合が13日、Case5となったのが10日あり、残りはCase3およびCase4として最新データを即座にミラーリングが行われた。Case2は、アグリサーバ周辺の無線状態やタイミングによって、ローカルエージェントがアクセスした際にはデータを取得できなかったがリモートエージェントはデータ収集を行えたものである。Case5の大部分は、

VPN接続が不安定のためローカル側にアクセスできなかった際の欠測データを回収したものである。またローカルおよびリモートエージェントの同時アクセスによる収集トラブルは確認されなかった。なお、このエージェント間協調の実験はリモートサーバの入れ替えの都合により、2008年10月で終了した。

機器設置・運用における課題と対策

屋外に設置する機器は、外部からの影響を受けやすい。これまでアグリサーバを運用している期間中において、様々な障害が発生した。その中で、虫類または水分の侵入は件数も多く、データ収集停止といった重大な事態を招くケースがあったため、それらの事例とその対策について以下に示す。

2006年10月24日に、ぶどう園に設置したネットワークカメラのデータ収集が停止した。現地において機器の状態を確認したところ、電源状態を示す表示灯はオン状態であることを確認した。しかし、データは収集できず、また、機器への接続もできない状態であった。機器を現場から回収し、内部を確認したところ、内部基盤が破損していた。原因は不明だが、何らかの水分が付着し、半導体素子の端子間に短絡を招き、半導体が破壊されたと推測される (図6)。電子機器を伴う計測機器を屋外に設置する場合、夜間は結露しやすいためこのような問題が発生しやすい。アグリサーバの場合、ファンによる通風によって結露の防止を行っているため、ファンの故障やフィルタの目詰まりなど

図6 内部基盤の破損

図7 湿度センサの端子腐食

で通風が滞らないよう保守管理することが重要である。

またセンサについても、端子部分が露出しているとサビや腐食が発生し、正常に動作しなくなる。図7の場合、湿度センサの端子部分が長期間利用した結果、腐食して切断された。このような事態を防ぐ方策として、端子部分全体をホットボンドなどで覆い、端子部分が露出しないよう講じる必要がある。

2006年11月に、ぶどう園に設置したアグリサーバの点検を行った。設置から6ヵ月経過した時点であり、アグリサーバ自体は正常に稼働していたが、内部に多量の虫類が侵入している状態であった(図8左)。内蔵ファンにはフィルタが設置してあり、それより内部への侵入はなかった。

虫類が侵入している部分は筐体を分解し、清掃する必要がある。圃場より回収しなければ清掃が行えない。そのため、ボタンネジを設置し、簡単に清掃できるように、本体の改良を行った(図8右)。これとは別に、空気取り入れ口に水切りネットを設置し、虫類の侵入を防ぐ対策を講じた。これらの対策により、アグリサーバ内部への虫類の侵入はほとんど無くなり、内部清掃も簡便に行うことができた。

2011年2月に、くり園、パブリカハウスに設置したアグリサーバの点検を行った。アグリサーバの電源や通信機器を格納してある場所に虫類の侵入が認められた(図9)。冬期間は日当たりが良く、内部に熱源を持つ機器があるため、虫類にとって越冬場所として利用しやすい場所である。し

図 8 内部への虫類侵入と本体の改良

図 9 虫類が侵入した機器類設置箇所（左：くり園，右：パプリカハウス）

表 1 データ計測・収集時における障害発生のカテゴリ

原因	センサネットワーク機器に関する障害	データ収集の障害
停電	センサネットワーク設置場所の法定点検および電源工事などに付随した計画された停電	リモート側にあるエージェントサーバ・データサーバの法定点検および電源工事などに付随した計画された停電
	台風・落雷など自然災害による停電	台風・落雷など自然災害による停電
ネットワークの切断	ネットワーク機器（ルータ、ハブ）不良による切断	ネットワーク機器（ルータ、ハブ）不良による切断
	ユーザによる間違ったネットワーク接続・設定変更	ユーザによる間違ったネットワーク接続・設定変更
システムの停止		リモートサーバ側の保守管理のための計画作業による切断
	センサ交換等保守管理による計画的な停止	エージェントシステムの移動作業による計画的な停止
	機器の暴走による停止	メモリリーク、自動アップデート、OS の暴走などの予期せぬ停止
	センサ類不良による計測不能	

かしながら、虫類が機器内部に侵入することで機器の故障につながる危険性が想定される。虫類の侵入を防ぐためには、機器類を収納している場所を完全に密閉することにより、侵入を防ぐ事は可能であるが、密閉することで内部に熱がこもりやすくなるため、内部に収納している機器の故

障を引き起こす可能性が高まる。そのため通信機器にはファン設置までは必要ないが、フィルタを設置した通風口を設けるようにするのが望ましい。

保守管理マニュアルの作成

アグリサーバは屋外に設置しているため、これまでの運用期間中に前節までに述べたような幾つかの障害が発生し、データ収集が中断してしまう事態が生じた。これらの原因を整理し、障害内容を次のように整理した（表1）。

センサネットワーク機器に関する障害として、以下の3点が挙げられる。

1. 停電
2. ネットワークの切断
3. センサネットワーク機器の停止

データ収集の障害では、特にインターネット経由でデータ収集を行っているリモートエージェントシステムに起因する停止理由として、以下の3点が挙げられる。

1. 停電
2. ネットワークの切断
3. エージェントシステムの停止

リモートエージェントに起因する停止には、リモート/ローカルエージェント協調動作が有効と考える。リモート側での定期的な保守管理作業により、リモートエージェント停止といった事象はある一定の期間で行われるためその際に特別な管理を行う必要がなく、自動でデータ補完が行われる。

圃場計測データを農業生産に活用するためには、継続して収集を行う必要があり、長期間安定して運用するためには、機器の保守管理が必要不可欠である。そこで本研究で解析された結果やこれまでの運用で得られた知見を基に、アグリサーバ長期安定運用のための保守マニュアルを作成し

定期的に行う保守

日頃からフィールドサーバの保守管理を行うと、障害発生を未然に防ぐことが可能となる。また、障害発生時に影響を最小限にとどめることができる。

1. 筐（きょう）体の清掃

筐体は屋外設置を基本としているため、耐久性、耐候性は持ち合わせている。ただし、気温、湿度計測を行う際に外気を強制的に導入しているため、その部分からの粉塵、動物類の侵入が考えられる。ファンの外側にはフィルターが装備されており、外部からの異物を防ぐ構造となっているが、目詰まり、劣化による破れ等が想定されるので、目視による点検を行う。また、筐体の外気導入部分に虫類侵入抑止を目的とした網等を設置することで、異物侵入を抑えることが可能である。

2. センサ類の点検・交換

各種センサ類は原則、消耗品である。センサ表面に汚れがついている場合、正常な測定が困難である。温度センサのようにモールド（密封）されているセンサでは、外部を水洗浄することにより改善する可能性がある。湿度センサのように高分子膜を利用しているセンサでは、センサ表面に汚れが付着することで正常な測定ができなくなるため、交換する。

センサ本体以外では、接続部分を確認する。センサは電子部品であり、ハンダによる

図 10 作成した保守管理マニュアル

た（図 10）．保守マニュアルの対象者は、アグリサーバを運用している生産者・技術指導者とし、理解しやすいことを念頭に作成した．保守マニュアルは長野県農業試験場に問い合わせることにより、入手可能である．

保守マニュアルは「定期的に行う保守管理事項（障害発生を未然に防ぐための事項）」、「障害発生時に行う保守管理事項（速やかに機器の復旧を行うための事項）」、「よくある質問（運用時に発生しやすい事項、障害までには至らないが、問題となりやすい事項）」の分類に分けて記載した．

「定期的に行う保守管理事項」には、以下の項目を挙げた．

- ア 筐（きょう）体の清掃
- イ センサ類の点検・交換
- ウ カメラの点検
- エ CPU ボードの点検
- オ ネットワーク機器の点検

「障害発生時に行う保守管理事項」には、以下の項目を挙げた．

- ア センサデータ取得不可
- イ カメラ画像データ取得不可
- ウ ネットワーク通信切断
- エ CPU ボード機能不全
- オ データ収集エージェントボックス機能不全
- カ 電源関連

「定期的に行う保守管理事項」は障害発生を未然に防ぐための事項であり、正しい測定を行うためには筐体の清掃、センサ類の点検・交換は重要な事項となる．「障害発生時に行う保守管理事項」は速やかに機器の復旧を行うための事項であり、障害発生時に確認する．データ収集が行われていないことが判明した時点で速やかに行うことでデータ欠損を最小にすることができる．

おわりに

高品質な農産物を生産するためには、生産を行う圃場条件を的確に知る必要がある．圃場条件を計測するセンサネットワーク機器は屋外に設置するため、そのままでは長期間安定して稼働させることが困難である．これまで6年間運用した結果、安定してデータ収集を行うためには、データ収集システムの二重化による冗長性確保、定期的な機器保守管理が重要となる．また、これまで各地で稼働しているセンサネットワーク機器において発生した様々な事例を

共有化することが必要不可欠であり、本研究ではその一例として保守管理マニュアルを作成した．このような事例を蓄積し、利用できる枠組みを構築することで、より安定したデータ収集が行う事ができ、農業生産の効率化を図ることができると思われる．

謝辞

本研究は、総務省の戦略的情報通信研究開発制度（SCOPE、課題番号 102304002）により実施された．現地での設置運営に小布施町農業情報研究グループから多大な協力をいただいていた．関係各位に感謝する．

引用文献

- 深津時広・平藤雅之（2003）圃場モニタリングのためのフィールドサーバの開発，農業情報研究，12(1): 1-12.
- Fukatsu, T. and M. Hirafuji (2005) Field monitoring using sensor-nodes with a Web server, Journal of Robotics and Mechatronics, 17(2): 164-172.
- Fukatsu, T., M. Hirafuji and T. Kiura (2006) An Agent System for Operating Web-based Sensor Nodes via the Internet, Journal of Robotics and Mechatronics, 18(2): 186-194.
- Fukatsu, T., M. Hirafuji and T. Kiura (2011) Web-based Sensor Network with Flexible Management by an Agent System, eds. Q. Bai and N. Fukuta, Advances in practical multi-agent systems, SCI325, Springer-Verlag, 415-424.
- 気象庁（2011）アメダスについて，<<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/kaisetsu.html>>，2012年3月1日参照．
- 農林水産研究総合センター（2002）フィールドサーバ収集データ，<<http://fsds.dc.affrc.go.jp/data4/Obuse/>>，2012年3月1日参照．
- 斉藤保典・小林一樹・鈴木剛伸・平藤雅之・深津時広・小布施町農業情報研究グループ（2010）実時間圃場データセンシングネットワークー基本構想一，計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 SSI2010.
- Saito, Y. (2012) Massive examples; How to use AGRISERVER data, APAN 33rd, <http://www.apan.net/meetings/ChiangMai2012/Session/Agri/APAN33_presentation.pdf>，2012年3月1日参照．
- 戸上 崇・伊藤良栄・橋本 篤・亀岡孝治（2011）高品質ミカン生産を目的とするセンサネットワークを利用した圃場環境計測，農業情報研究，20(3): 110-121.

受付日 2012年 4月10日
受理日 2012年12月11日
担当分野 工学分野

A Maintenance and Management Approach for Long-term Field Monitoring with Agriserver

Takanobu Suzuki^{*†1)}, Tokihiro Fukatsu²⁾, Kazuki Kobayashi³⁾ and Takuji Kiura²⁾

1) Nagano Prefecture Agricultural Experiment Station, 492 Ogawara, Suzaka, Nagano 382-0072, Japan

2) National Agriculture and Food Research Organization, 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan

3) Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553, Japan

Abstract

Environmental information on agricultural fields is necessary for farmers to improve crop yields and quality. It has recently become possible to obtain such information at field sites by using networked sensors. However, only a few long-term cases have been stably and continuously observed because of the effort required to manage these sensors in the field. We investigated data collection rates and operational experience to understand data losses and errors in the installation and operation of the Agriserver sensing network. Data were collected through the coordinated actions of a local agent installed in the local network and a remote agent that accessed Agriserver data via the Internet. We designed and implemented a smart algorithm to perform these operations. On the basis of the operational experiences and failures of Agriserver over 6 years, we compiled a useful and practical maintenance manual divided into three sections: Daily Check, Troubleshooting, and Frequently Asked Questions. The manual should help users improve operations and simplify maintenance of field sensors and to use Agriserver more efficiently.

Keywords

Agriserver, Sensor network, Long-term operation, Maintenance

* Corresponding Author

E-mail: t.suzuki@alps.pref.nagano.jp

† Present Address

Nagano Prefecture Fruit Tree Experiment Station, 492 Ogawara, Suzaka City, Nagano 382-0072, Japan