

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500098

研究課題名(和文) 農作物栽培におけるセンサーネットワーク情報と人の経験知識との融合推論に関する研究

研究課題名(英文) Studies on United Reasoning of Sensor Network Information and Human's Empirical Knowledge in the Cultivation of Agricultural Produce

研究代表者

中松 和己 (Nakamatsu, Kazumi)

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号：60227874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：ミニトマト、ホウレン草などの水耕栽培ビニルハウスに、温度、湿度、照度、電気伝導率(肥料濃度の目安)などを測定したデータを収集可能なワイアレスセンサーネットワークを導入した。また、得られたデータをインターネット経由でパソコンに送り、農作物への水分補給の量を自動制御するシステムを提案した。これらの成果は国際会議などで論文発表した。更に、農作業者の実際に行われた水分補給の記録と提案した水分補給自動制御システムによる水分補給の違いを分析し人の経験知識を融合した水分補給システムを構築しようとしたが、記録量が少なく有意な違いが見つけれず今後の課題として残った。

研究成果の概要(英文)：We have introduced a wireless sensor network that can collect temperature, humidity, illumination and electric conductivity data in an aquiculture hothouse for small size tomato and spinach. We have also proposed an automatic controlled water supply system based on the collected sensor data. The results were presented at some conferences. Moreover, we have tried to clarify the difference or conflicts between human empirical knowledge and sensor information about the water supply system though, we could not find out significant difference between them due to lack of enough data. Therefore, we have put off the plan to construct a united reasoning system based on human empirical knowledge and sensor data.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：センサーネットワーク 推論

1. 研究開始当初の背景

(1)中松(代表者)は具体的システムに対する応用を念頭に EVALPSN と呼ぶ1つの論理プログラムを提案している。EVALPSN を利用すると、システムの意思決定に利用される論争推論、裁判における判決に利用される証拠の強さに基づく推論、蓋然性推論などの複雑な対立・矛盾解消推論が定式モデル化できる。また、システムの制御規則や安全性条件を容易に表現可能にする、義務、許可、禁止などの義務様相概念が扱えるという特徴も持っている。さらに、EVALPSN はソフトウェアとして計算機実装もハードウェア(電子回路)としての実装も容易に可能であることが示されている。従って、対立・矛盾の扱いが不可欠で複数の複雑な対立・矛盾解消推論機能を持つシステムの論理計算モデル構築及びそのソフト・ハード両面での実装に最適である。

(2)EVALPSN に基づく安全性検証・制御の基本的な考え方は、対象システムにおける安全性検証・制御のために守るべき安全条件や制御条件を EVALPSN における義務概念によって表現し定式モデル化すると、対象システムの安全条件や制約に矛盾するような制御行動が EVALPSN に基づく対立・矛盾解消推論(論争推論、蓋然性推論など)により論理的に排除され、矛盾のない安全な制御が導けるといえるものである。実際には、この推論は構築された EVALPSN のモデル計算によって実行される。この EVALPSN 制御方式が道路ネットワークにおける系統交通信号機制御などに応用され、シミュレーション結果より有効性が示されている。また逆にシミュレーション結果を分析することにより対立・矛盾が導出されないより効率の良い統合的な制御システムが設計可能となる。これらの通常の論理プログラムにはない特色を考慮すると EVALPSN が対立・矛盾の解消が不可欠なセンサーネットワークと人間との融合推論システムの論理計算モデル化に最適である。

(3)例えば、農作物栽培において温室内センサーネットワーク3地点A,B,Cの気温・湿度情報により水遣り作業を行うかどうかの判断をする場合、2地点A,Bの気温情報が水遣り支持、2地点B,Cの湿度情報が水遣り不支持となった場合(現実のセンサーネットワークでは3地点の平均気温・湿度によって判断されている可能性がある)、どのセンサーによる気温または湿度情報を優先させるのか、また農家自らが持つ経験知識と人間の五感により判断するのが良いのかなど複雑な判断基準の選択が必要になる。ここで例示したセンサーネットワークからの対立・矛盾情報と農家の経験知識に基づく水遣りに関する融合推論は論争推論、蓋然性推論や弁証法推論などの複合と見なすことができ、その論理計算モデル化にはこれらの推論が同じ枠組み内で容易に扱える EVALPSN が最

も適切であり有効であると言える。また、作成された EVALPSN モデルと実データによる意思決定シミュレーションを行うことによって各地点におけるセンサー情報の必要性や人間の経験知識による推論構造なども明確化でき、導入されたセンサーネットワークの効率的利用や高性能化に寄与できる。従って、センサーネットワーク情報と人間の経験知識による融合推論のように対立・矛盾情報を含む複雑な推論・意思決定システムのモデル化には EVALPSN が最適と考えられる。

2. 研究の目的

センサーネットワークが農作物栽培の現場に導入されているが、実際にはセンサーネットワークが効率良く活用されていないことがある。センサーネットワークが農作業の意思決定に利用される場合、センサーネットワーク情報と農家(人間)の経験知識との間に対立・矛盾が生じることがある。また、各センサーから得られる情報に基づく推論が対立を含むこともある。これら2種類の対立・矛盾が農作物の栽培過程において農作業の時期等の判断を誤らせると、その収穫量や品質が低下することになる。本研究では、これら2種類の対立・矛盾ができる限り解消され、より適切な農作業の意思決定ができる人間の経験知識も考慮したセンサーネットワーク意思決定推論システムをパラコンシステント論理プログラム EVALPSN をベースに構築し、このシステム上で実データを利用した農作業意思決定シミュレーションを行う。その結果を分析し、センサーネットワークの性能向上と高品質化、高品質な農作物の効率的栽培に還元することを目的とする。

3. 研究の方法

(1)研究対象(農作物、農場など)の選定及び農作物栽培過程におけるセンサーネットワーク情報並びに農作業意思決定に用いたデータの提供依頼。

(2)提供データを整理・分析し、センサーネットワーク情報と人間の経験知識に基づく推論の複合モデル(複数の推論が併存するモデル)を構築。

(3)構築された複合推論モデルを EVALPSN 論理計算モデルとして再構築し、このモデルと実データに基づき農作業意思決定のシミュレーションを行う。その結果よりセンサーネットワーク情報と農家の経験知識により農作物栽培過程において行われた意思決定の融合推論構造が EVALPSN 論理計算モデルによって明らかにされたことを確認する。

(4)これまでの研究結果を踏まえ、センサーネットワークの高性能化、より効率的な利用、農作物栽培の効率化などについて検討し提言を行う。

(5)最終的総括を行うと共に本研究で培われた手法が養殖漁業など他の分野へも展開可能かどうかを検討する。

4. 研究成果

(1)当該協力ファームのビニールハウスにおいてミニトマト水耕栽培を対象に無線センサーネットワークを導入し、自動にデータ(気温、水温、湿度、照度、電気伝導率)の取得が可能であり、インターネットを経由したこれら取得データの時系列折れ線グラフ表示、記録する遠隔システムを構築した。

(2)平成25年8月頃より当該システムによるデータ取得が何らかの不具合により困難となり、センサーネットワーク全体を取り外し、修理を試みたが、修復には時間を要したのと当該ファームにおいてビニールハウス間において水耕栽培作物の移植が行われたこともあって、再度無線センサーネットワークシステムデータ取得システムを導入設置・センサーデータ取得には至らなかった。さらに、ミニトマト水耕栽培においてなされるビニールハウス内作業についての記録も分析したが、肥料の調節とか水量の調整など自動化されている部分が多かったことと、無線センサーネットワークデータが取得された期間が短かったこともあって、農業従事者の灌水などの農作業判断が水耕栽培経験知識を生かしたものでどうか、それがセンサーデータと完全に矛盾するかどうかなどが明確にできなかった。もう一つは栽培されたミニトマトの栽培量が少なく市場取引での価格評価、味評価などがうまくできなかったこともあり、取得された無線センサーネットワークデータだけを使ったSVM(Support Vector Machine)に基づく灌水制御を無線センサーネットワークデータによる灌水判断とし、農作業従事者の栽培経験知識による灌水判断と融合するシステムを構築するには至らなかった。しかしながら、農業者はセンサーによって得られた各種データ以外にも灌水において日光の当たり具合、日照時間の長さなどを複合的に考慮していることが明確になった。

(3)センサーデータとSVMに基づく灌水システムについては国際会議において発表した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Kazumi Nakamatsu, Jair M. Abe, The Paraconsistent Process Order Control Method, (査読有) Vietnam Journal of Computer Science Vol.1, No.1 pp.29-37, 2014.

Kazumi Nakamatsu, Jair M. Abe, Seiki Akama, A logical reasoning system of process before-after relation based on a paraconsistent annotated logic program bf-EVALPSN.(査読有) KES Journal Vol.15, No.3, pp.145-163, 2011.

〔学会発表〕(計 6 件)

Kazumi Nakamatsu, Application of Paraconsistent Annotated Logic Program EVALPSN to Intelligent Control/Safety Verification, 1st NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (招待講演) Military Technical Academy, Hanoi, Vietnam, 2014.3.13

Yuya Suzuki(発表者), Kazumi Nakamatsu, Hiroshi Mineno, A Proposal for an Agricultural Irrigation Control System Based on Support Vector Machine, 2nd IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics, くにびきメッセ(島根県松江市)2013.8.31

Kazumi Nakamatsu, Application of Paraconsistent Annotated Logic Program EVALPSN to Intelligent Control, ICEST2013 (招待講演) University "St. Kliment Ohridski", Bitola, Macedonia, 2013.6.26

鈴木雄也(発表者), 小林悠一, 中松和己, 峰野博史, 施設園芸環境向け農業支援システムの提案, 情報学ワークショップ2012(WiNF2012), 豊橋技科大(愛知県)2012.12.8

Kazumi Nakamatsu(発表者), Jair M. Abe, Seiki Akama, Intelligent Safety Verification for Pipeline Process Order Control Based on EVALPSN, The Seventh International Conference on Systems, Saint-Gilles Les Bains, Reunion, France, 2012.3.4

Jair M. Abe(発表者), Helder F. S. Lopes, Kazumi Nakamatsu, Seiki Akama, Applications of Paraconsistent Artificial Neural Networks in EEG, The Third International Conference on Computational Collective Intelligence Technologies, Gdynia, Poland, 2011.9.22

〔図書〕(計 2 件)

Kazumi Nakamatsu, Lakhmi Jain, World Scientific Publishers, The Handbook on Reasoning-Based Intelligent Systems, 2013, 700 pages

Roumen Kountchev, Kazumi Nakamatsu, Springer-Verlag, Advances in Reasoning-Based Image Processing Intelligent Systems, 2012,454 pages

6. 研究組織

(1)研究代表者

中松 和己 (NAKAMATSU KAZUMI)

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号: 60227874

(2)研究分担者

渡辺 尚 (WATANABE TAKASHI)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号: 90201201

峰野 博史 (MINENO HIROSHI)
静岡大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：40359740
(追加：平成24年 5月 1日)