

# 琉球大学学術リポジトリ

自律型バッテリーレス太陽光発電システムの研究開発と農業用灌漑系への適用計画：  
インターネット遠隔計測・制御技術を用いた自然エネルギーシステムの構築

メタデータ	<p>言語:</p> <p>出版者: 玉城史朗</p> <p>公開日: 2009-07-28</p> <p>キーワード (Ja): 無線LAN, バッテリーレス太陽光発電システム, 揚水システム, 簡易型インターネットシステム, インターネット遠隔制御, 最適灌漑システム, インバータ周波数制御, 最適システム設計</p> <p>キーワード (En): provisional Internet System, Pomp up of Irrigation, Optimal System Design, Inverter Frequency Control, Internet Supervisory Control, Wireless LAN, Battery-less Solar-Power Generator, Optimal Irrigation System</p> <p>作成者: 玉城, 史朗, 吉永, 安俊, 名嘉村, 盛和, 屋我, 実, 瀬名波, 出, Tamaki, Shiro, Yoshinaga, anshun, Nakamura, Morikazu, Yaga, Minoru, Senaha, Izuru</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属:</p>
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/11507">http://hdl.handle.net/20.500.12000/11507</a>

---

# 自律型バッテリーレス太陽光発電システムの 研究開発と農業用灌漑系への適用計画

(インターネット遠隔計測・制御技術を用いた自然エネルギーシステムの構築)

---

(課題番号 13450165)

平成13年度～平成16年度科学研究費補助金（基盤研究（B）（2））研究成果報告書

平成17年6月

研究代表者 玉城史朗  
(琉球大学工学部教授)

## はしがき

無尽蔵な自然エネルギーは、クリーンな石油代替エネルギーとして位置づけられ、エネルギーの安定供給の確保および地球環境保全の観点から極めて有効なエネルギーと考えられている。その自然エネルギーの中でも、盛んに研究・開発され、最も実用化に到達している太陽電池をエネルギー供給デバイスとして活用するシステムが注目されている。太陽電池は家庭用補助電源として普及が進んでおり、実用に寄与する電力供給システムとして評価されている。

ところで、農業用灌漑系に用いるエネルギー源は商用電源が一般的であるが、沖縄県のような島嶼地域では、小さな離島が多いため、農業用に用いる電源の確保が困難な場合も生じている。即ち、離島において、ある程度広大な規模の畑地では、灌漑池や井戸の周辺に電力供給路（送電線）が存在しないため、井水の揚水や供給ができないのが現状である。このような問題を解決するひとつの方策として、独立型の電源を開発することは非常に有用であると考えられる。独立型電源システムに要求される条件としては以下のことを考慮する必要がある。

- 1) 独立型電源であるため、極力、メンテナンスフリーを実現しなければならない。
- 2) 環境負荷への影響を可能な限り低減するシステムでなければならない。

本研究では、上記二つの要求要件を克服し、かつ、農業用灌漑用水の供給を目的として、自律型バッテリーレス太陽光発電システムの開発を行い、インターネットに夜遠隔監視、制御システムを構築する。従来型のシステムでは、不安定かつ変動する太陽光発電電力をバッテリーに逐電し利用している。しかし、バッテリーを使用する場合は、保管場所の確保、電解液の補充や過充電・過放電防止のためのメンテナンスの必要性、さらには、バッテリーを廃棄する際の環境への影響は無視することができない。この問題を解決するために、まず、バッテリーレス発電システムを導入する。また、構築したシステムの監視や作物へ自動的に水を供給するシステムの実現を目的として、無線LANを基盤とした遠隔監視・制御システムを導入し、システム監視・制御の自動化や無人化を実現する。本プロジェクトの主な研究項目は以下の通りである。

1) バッテリーレス発電を実現するための、周波数可変型インバータ制御系の研究開発と、最大負荷追従制御系の構築：太陽電池から供給される直流発電電力をインバータを介して、直接交流電力に変換し、用水ポンプを駆動させるシステム構築を行う。ここで、特に、日射量変動に併せた周波数制御を行うためのインバータ回路の設計を行うと共に、有効電力を最大に利用するための最大負荷追従制御系を構築する。

2) 農作物の最適要求水量評価に基づく農業用灌漑系の最適設計：作物の消費水量や気象条件（ハウス内の温度、湿度、日照、土中水分）に応じた最適な灌漑水分の算出を行ない、自動化ITファームの実現を目指す。無線LANシステムを基盤とインターネット遠隔監視・制御系の構築：無線LANやデジタル回線を利用したネットワークを構築し、システムの遠隔監視・制御および、作物育成状態の環境データの自動収集を行う。また、Webベースシステムを構成す

ることで、インターネット環境であるなら、どこでも監視・制御が実現できるシステム構築を行う。

3) 無線 LAN システムを基盤とインターネット遠隔監視・制御系の構築：無線 LAN やデジタル回線を利用したネットワークを構築し、システムの遠隔監視・制御および、作物育成状態の環境データの自動収集を行う。また、Web ベースシステムを構成することで、インターネット環境であるなら、どこでも監視・制御が実現できるシステムを構築する。

さらに、最終的には個々のシステム（太陽光発電システム、農業用灌漑システム、インターネット遠隔制御システム）の自律分散協調制御系の構築を行った。

## 研 究 組 織

研究代表者：玉城史朗 (琉球大学工学部教授)  
研究分担者：吉永安俊 (琉球大学農学部教授)  
研究分担者：名嘉村盛和 (琉球大学工学部助教授)  
研究分担者：屋我実 (琉球大学工学部助教授)  
研究分担者：瀬名波出 (琉球大学工学部助手)

## 交付決定額 (配分額)

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 13 年度	6,400	0	6,400
平成 14 年度	2,500	0	2,500
平成 15 年度	1,900	0	1,900
平成 16 年度	1,600	0	1,600
総 計	12,000	0	12,000

## 研究発表

### (1) 学会誌等

- 1) M. Nakamura, Y. Gong: Iterative Parallel Genetic Algorithms based on Biased Initial Populations.: IEICE Trans. on Fundamentals, Vol. E88A, No. 4, pp. 923-929, (2005).
- 2) 玉城, 川満, 長井, 藤本: 沖縄県の洋上風力発電機設置における二酸化炭素抑制効果について. 日本風力エネルギー協会学術論文, 71巻, pp. 50-53, (2004).
- 3) 親川, 花城, 松田, 屋我, 檜和田, 衝突噴流群の流動・熱伝達特性, 日本機械学会論文集 (B), 70巻, 695号, pp.1790-1796. (2004).
- 4) 親川, 興梠, 屋我, 宮藤: 流路内壁近くに置かれた鈍頭物体による伝熱促進, 日本機械学会論文集(B), 70巻, 690号, pp.459-461. (2004).
- 5) 長田, 神里, 玉城, 谷口: スループット評価指標を導入した WWW キャッシュ置き換えアルゴリズムの提案と評価. 情報処理学会論文誌, Vol.44, pp. 1083-1091, (2003).
- 6) 八幡, 名嘉村, 玉城, 翁長: 遺伝的アルゴリズムによるペトリネットの最小初期マーキング問題の解決. 電気学会論文誌 (C), Vol. 122-C, pp. 1166-1171, (2002).

(2) 口頭発表

(国際学会)

- 1) M. Nakamura: An Iterative Parallel and Distributed genetic Algorithms with Biased Initial Populations., Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp. 2296-2301, (2004).
- 2) S. Tamaki, H. Yamashiro, T. Nagata and Y. Taniguchi: Development of Autonomous Irrigation System Based on Internet Supervisory Remote Control., proceedings of ITC-CSCC2003, Vol. 12, pp. 1163-1166,(2003).
- 3) M. Yaga, M. Yano, K. Yamaguchi, I. Senaha and K. Oyakawa : Study of Multiple Underexpanded Impinging Jets, Proc. Fifth International Symposium.(2003).

(国内学会)

- 1) 山城, 長田, 玉城, 谷口: 太陽光発電を基盤とした IT ファームの構築 (2), 平成 16 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集, pp. 531-534, (2004).
- 2) 山本, 屋我, P.Doerffer, 親川: 超音速流れと多孔壁近傍から噴出する垂直噴流との干渉に関する研究. 平成 15 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, pp.95-96,(2004)
- 3) 瀬名波, 宮藤, 檜和田, 親川: 微量ミスト噴霧による伝熱促進, 第 41 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol.III, pp. 753-754, (2004)
- 4) 山城, 長田, 玉城, 谷口: 太陽光発電を基盤とした IT ファームの構築 (1), 平成 15 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集, pp. 181-184, (2003).
- 5) 屋我, 津嘉山, 岩田, 滝谷: 楕円体セル内の非定常超音速ジェットによって形成される衝撃波の挙動, 機械学会流体工学部門講演会, 43,(2003).

その他: 平成 16 年度太陽エネルギー学会奨励賞受賞: 山城博幸 (平成 16 年度修了)

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	研究の目的	1
1.2.1	エージェントシステムを用いた自律分散協調系の構築	2
1.2.2	バッテリーレス発電実現へに向けた周波数可変型インバータ制御系 および最大負荷追従制御系の構築	2
1.2.3	農作物の必要水分量評価に基づく農業用灌漑系の構築	3
第2章	ITファームの構成	4
2.1	インターネット遠隔計測・制御システム	4
2.1.1	無線LANの概要	4
2.1.2	無線LANネットワーク	11
2.1.3	エージェントとは	18
2.1.4	エージェントシステム	20
2.1.5	Webインターフェース	21
2.2	太陽光発電揚水システム	23
2.2.1	システムの概要	23
2.2.2	インバータ制御回路	25
2.3	灌漑システム	31
2.3.1	灌水方法	31
2.3.2	コントロールボックス	33
2.3.3	ソケット通信	34
第3章	灌水計画決定アルゴリズム設計	38
3.1	灌水計画決定アルゴリズム設計へのアプローチ	38
3.1.1	土中水分センサを用いた萎れ点検出による灌水計画	38
3.1.2	多変量解析を用いた必要水分量推測による灌水計画	40
3.2	消費水分量と気象環境データの相関調査	40
3.2.1	実験内容	41
3.2.2	実験結果	42
3.2.3	考察	42
3.3	重回帰分析について	44
3.3.1	重回帰式の求め方	44

---

3.3.2	重回帰式の評価	45
3.3.3	説明変数の選択方法	47
3.4	重回帰式による必要水分量推測の検証と考察	48
<b>第4章</b>	<b>総括</b>	<b>54</b>
4.1	まとめ	54
4.2	今後に残された課題	55
	<b>謝辞</b>	<b>56</b>
	<b>参考文献</b>	<b>57</b>
	<b>関連発表</b>	<b>59</b>



# 目 次

2.1	ITファーム	5
2.2	2.4GHz帯の周波数の割り当て	7
2.3	スペクトラム拡散方式の原理	8
2.4	ローミング機能	10
2.5	拡張ポイント（リピータ）の利用法	10
2.6	無線LANネットワーク	12
2.7	工学部のアクセスポイント	13
2.8	工学部の指向性アンテナ	14
2.9	工学部から農学部の無指向性アンテナへの見通し	14
2.10	農学部のアクセスポイント	15
2.11	農学部の無指向性アンテナ	15
2.12	農学部から工学部の指向性アンテナへの見通し	16
2.13	農学部から農場の指向性アンテナへの見通し	16
2.14	農場のアクセスポイント	17
2.15	農場の指向性アンテナ	17
2.16	農場から農学部の無指向性アンテナへの見通し	18
2.17	エージェントによる灌漑計画決定の流れ	21
2.18	Webインターフェース	22
2.19	太陽光発電揚水システムの概要図	23
2.20	ヒステリシス曲線	25
2.21	ヒステリシスによる出力特性	26
2.22	定電圧回路の動作原理	27
2.23	周波数制御回路の動作原理	28
2.24	異常解除回路の動作原理	28
2.25	運転指令回路の動作原理	29
2.26	インバータ制御回路概略図	30
2.27	灌水システムによる作物への灌水	31
2.28	ポンプ	32
2.29	電磁弁	32
2.30	コントロールボックス	33
2.31	ラダープログラム開発のようす	34
2.32	コネクション型プログラムの流れ	36

---

3.1	萎れ点検出による灌水	39
3.2	必要水分量推測による灌水	40
3.3	生育データの取得実験	41
3.4	消費水分量と平均気温	42
3.5	消費水分量と平均湿度	43
3.6	消費水分量と平均日射量	43
3.7	重回帰式の検証（説明変量：気温，湿度，日射量）	50
3.8	重回帰式の検証（説明変量：気温，湿度）	50
3.9	重回帰式の検証（説明変量：湿度，日射量）	51
3.10	重回帰式の検証（説明変量：気温，日射量）	51
3.11	単回帰式の検証（説明変量：気温）	52
3.12	単回帰式の検証（説明変量：湿度）	52
3.13	単回帰式の検証（説明変量：日射量）	53

# 表 目 次

2.1	アクセスポイントの通信距離 . . . . .	11
2.2	アンテナの組み合わせによる通信距離 . . . . .	12
2.3	システム構成要素の仕様 . . . . .	23
2.4	ソケットのタイプ . . . . .	35
3.1	消費水分量と気象環境データ間の相関係数 . . . . .	44
3.2	サンプルデータ . . . . .	46
3.3	重回帰の分析表 . . . . .	47
3.4	検証結果一覧 . . . . .	49