

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23248043

研究課題名(和文) 篤農技術継承のための知農ロボットスキーム

研究課題名(英文) Scheme of agro-wisdom robot for technology transfer of experienced farmers

研究代表者

澁澤 栄 (SHIBUSAWA, SAKAE)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：50149465

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 38,700,000円、(間接経費) 11,610,000円

研究成果の概要(和文)：篤農技術の継承をめざす知農ロボットシステムの要件を「判断プロセスの記録」と「データベースカテゴリ」及び「知農ロボット機能カテゴリ」から解明した。判断プロセスはデータ、情報、知識、知恵の4階層、データベースは作物、土壌、病害虫、流通販売の4カテゴリ、知農ロボットは農業知財、暗黙知、農場管理、福祉安全、作業記録の対話機能が必要である。統合農業知の可視化によるユーザーイノベーション実践科学を提案した。

研究成果の概要(英文)：A scheme of agro-wisdom robot system involves three main requirements: model of decision making process, data category to be used for decision in agro-information database and communication functions of agricultural robot system. The decision making system involves four phase of intelligence: data, information, knowledge and wisdom. The data category is composed of four clusters: crop information, soil information, crop protection, and market information. The robot should have communication functions on intellectual properties or know-how, tacit knowledge, farm management, health and security, and farm work recording. With the results a new project 'concurrent bio-science for innovative users with visualized agro-wisdom integration' was configured.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：知識処理 農作業情報 データベース 判断文脈 ICT

1. 研究開始当初の背景

先行研究である「農業知財概念の拡張による地域ブランド農産物の持続的生産販売力の強化」(基盤研究(B)(一般), H20-H22)では、競争力ある農産物の生産・流通・販売の仕組みを保護し発展させるため、農法の5大要素を基礎にした農業知財構築と保護の手法を開発し、AI(Agro-informatics)と知財に裏付けられた「本庄トキメキ野菜」のブランド創出の成果を得た。

一方、我が国の農業技術を支えた農業者世代のほぼ7割が、今後の10年間に離農する(図1c)。新規就農者は年間7万人, 39歳以下が1万人, 自立した農業者になるには少なくとも10年の経験が必要なので、予定される約二百万人の離農者の穴を埋めることは相当困難である。これに対応するため、農林水産省は「新たな農林水産省知的財産戦略」(H22.3.1)を定め、農業情報科学を基礎にして農林漁業者等現場の技術・ノウハウ等の伝承・活用の促進を強調し、知財保護・活用や農作業技術の数量評価に関するプロジェクトが開始された。

McCown(2005, in "The Farmer's Decision")は、過去30年に亘る意思決定支援システムがすべて失敗しているのは「目的志向知識(objective knowledge)」を扱っているからであり、農業者判断の「主體的知識(subjective knowledge)」を扱わねばならないとしている。

世界の主食穀物の生産消費増(図1b)と在庫の減少(図1a)は、世界的規模で単収増大技術の発展普及を求めており、世界193国の中で上位に位置している我が国の責任は重大である(図1d)。

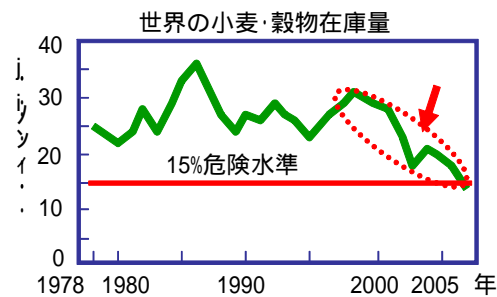
以上の学術的背景のもとに、篤農技術の継承・活用には、「主體的知識」の中心である農業者の判断と実行のプロセスを追体験できる人工システムが必要であり、その機能設計を包括的に整理するスキーム設計が緊急に求められているとの認識の下に、本研究プロジェクトを開始した。

2. 研究の目的

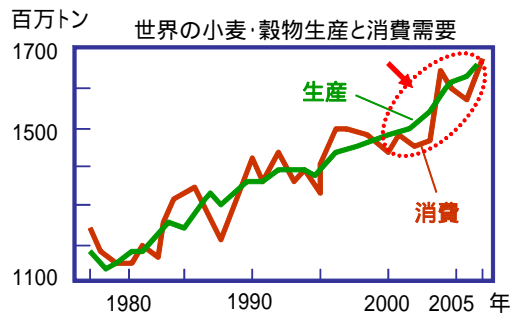
本研究の目的は、次世代農業に要求される農作業技術の機能総体を構造化するため、実作業と農作業判断支援を同時に実行する知農ロボットシステムのスキーム構築を行うことである。そのため、農業者の判断プロセスを記録・構造化し、判断利用に直結したデータベースのメタ構造を解明する。そして、提案する判断プロセス機能を持ち、かつ新データベースカテゴリへのデータ交信機能もあり、農業者と協調作業が可能なモバイル機構・機能の整理と構造化を進め、実用設計のための知農ロボットスキームを提案する。

3. 研究の方法

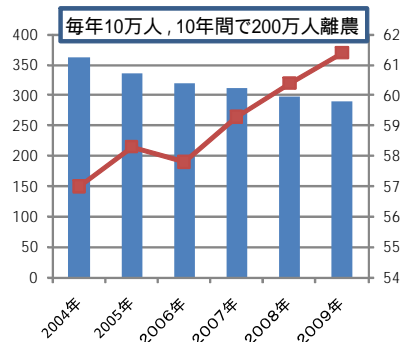
本研究目的を達成するため、次の三つの課題に関するタスクフォースを組織し、相互に



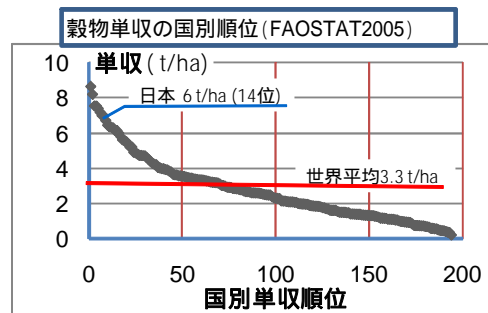
(a) 世界の穀物在庫量の推移



(b) 世界の穀物需給の推移



(c) 日本の農業就業人口の推移



(d) 穀物単収の国別順位

図1 世界的な食料不足と日本の高度農業技術の危機

連携をとりながら、課題解決を試みた。
(1) 判断プロセスの記録：判断プロセスシミュレータ設計のため、重要な農場管理点に

おける農業者の判断プロセスを記述し、栽培管理作業の計測データの判断プロセスのなかの位置づけ、及び必然的に発生する欠落情報の存在確率を解明する。

- (2)データベースカテゴリ：農業者の判断ニーズに対応したデータベースの枠組み、及びデータ分類の新カテゴリを抽出する。既存データベース（GIS データベースなど）の新カテゴリでの利活用方法を提案する。
- (3)知農ロボット機能カテゴリ：知農ロボットの機能カテゴリを整理しシステムスキームを提案し、実用化をめざしたシステム設計を実施する。

4. 研究成果

本研究では、判断プロセスの記録、データベースカテゴリ、知農ロボット機能カテゴリの三つのタスクフォースを設置し、また、篤農家集団（本庄精密農法研究会所属）との守秘義務契約を結んで、篤農家のデータとノウハウの記録（非公開）を実施した。最終年度には、三つのタスクフォースの成果を包括する統合農業知の新学術分野として、日本学会議の大型研究計画「統合農業知の可視化によるユーザーイノベーション実践科学」を提案し、平成26年3月に採択公表された。

それぞれの個別課題の成果は次の通りである。

(1)判断プロセスの記録：南石，星，澁澤，荻原，岡山（研究協力：本庄精密農法研究会）

判断の場あるいは背景・文脈状況を整理した。技術環境を「ITを活用した農業技術の新技术と展開」（澁澤）としてとりまとめ、利潤と栽培の動機を統一したコミュニティベース精密農モデルを整理した（澁澤）。「農作業情報自動計測と営農可視化システム」（南石）および「施設植物生産の情報化を推進するプラットフォーム」の視座から、判断プロセス記録のスキームを整理した。篤農家との守秘義務契約を行い（澁澤，南石，星），ヒアリング計画を立てた。昨年に続き、作物栽培の重要な管理点の抽出と農作業データ収集およびプロ農業者へのヒアリングを実施した。分担者の南石と星は、「農匠ナビ」プロジェクトに関連して収録した農作業データに対して管理点の整理を行った。澁澤と荻原は、都市型先進植物工場におけるブルーベリー栽培管理およびプロ農業者の温室トマト栽培作業の管理点と農作業判断の文脈構成に関するヒアリングを実施した。水田管理作業（南石）、野菜園芸ハウスの管理作業（星・岡山・澁澤）、果樹園芸ハウスの管理作業（荻原）の重要な管理点の数および農作業判断プロセスの文脈構造を記録に基づいて整理した。畜産や水産分野における判断プロセスの作業仮説を提案した（近藤）。その結果、データベースカテゴリのマクロ構造が明らかとなった。

(2)データベースカテゴリ：星，植竹，荻原，南石，澁澤

「施設植物生産におけるユビキタスセンシングとコントロール」（星）および「農業イノベーションとクラウドサービス」（南石）の事例研究を通じて、農業者の判断ニーズからみたデータ・情報の類型を整理した。星と南石は、農業情報データベース構造の利用者依存性について検討を加えた。澁澤と荻原及び星と南石による農作業判断プロセスの作業仮説を受け、判断ニーズからみたデータ・情報の文脈構成を整理した。植竹は、農作業安全仮説をもうけ、特に注視行動に着目したデータベースの特性や機能を検討した。

従来の農業情報データベースの構造と限界について整理し（星・南石）、農業者の判断ニーズからみたデータ・情報の類型を整理した（澁澤・荻原・星・南石）。作業者の視線解析による判断プロセスの安定・不安定判定法を提案し、実験的確認を進めている（植竹・澁澤）。

農業知の集積と統合および活用の三つのステージにおけるデータベースカテゴリの普遍性と変動性を整理し、構想提案に結実させた（図2）。

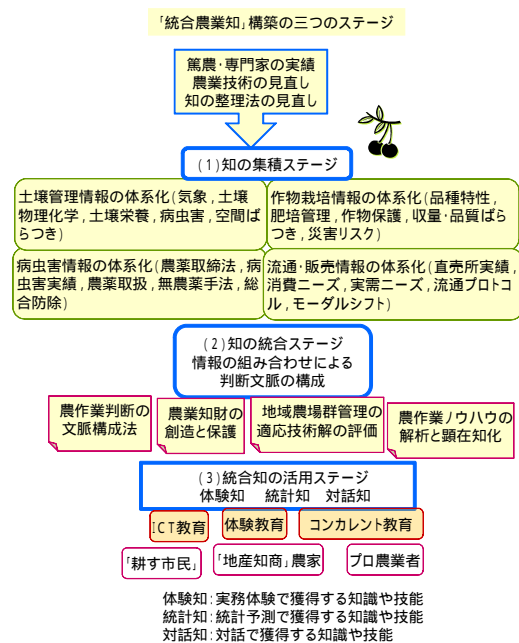


図2 データベースカテゴリの整理から発展した統合農業知の蓄積構造モデル

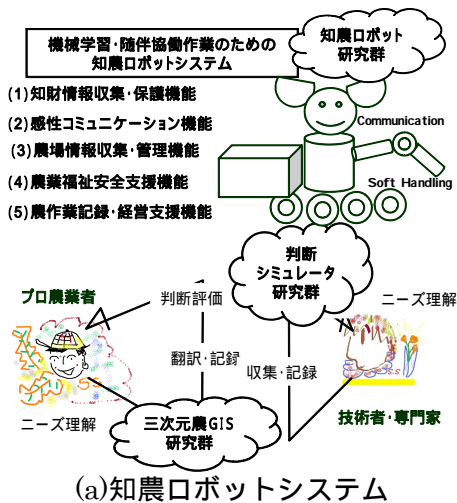
(3)知農ロボット機能カテゴリ：澁澤，近藤，岡山，佐々木，植竹

「An Idea of Agro-wisdom Robotics for Precision Agriculture」（澁澤）において精密農業の枠組みで期待される知農ロボットのスキームの機能カテゴリを提案した。

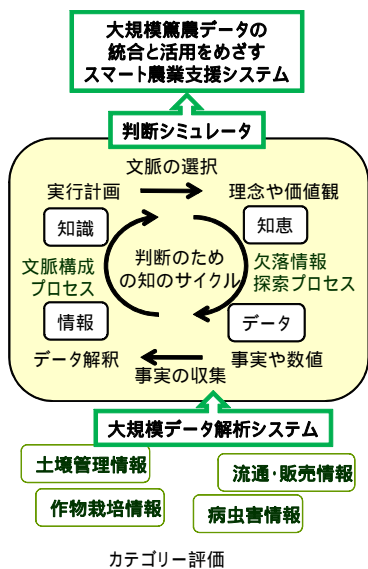
「Detection of the Intention from Gestures of Workers for a Kansei Agri-Robot」において感性コミュニケーションの技術要素を

整理した。「適熟果を収穫するための訓練グッズおよび食べ頃時期チェックグッズの開発」(荻原)を通して、機能カテゴリを整理した。熟練農家を念頭においた「アイカメラによる注視状態観測と熟練度の相関」(植竹)の観測実験システムを作成した。

知農ロボットシステムの機能カテゴリの検証アプローチを実施した。ひとつは、機構と通信・情報システムから提起されるカテゴリで、感性ロボット構想をもつ佐々木と論理会話の研究実績のたる岡山が解析した。人間の負荷あるいは快適性の視座から、協調・同伴作業をする知農ロボットスキームは、人間工学の素養をもつ植竹が担当した。農業ロボット作業体系および利潤動機と栽培科学の両視座から求められる知農ロボットスキームは、澁澤と近藤が担当した。拡張現実感を用いた農作業支援システムの提案(岡山・澁澤) 農作業自動記録による暗黙知抽出法の提案(佐々木・澁澤) 人間協調システムも



(a)知農ロボットシステム



(b)判断シミュレータ

図3 知農ロボットシステムの全体設計スキーム

含めた包括的な知農ロボットシステムの機能カテゴリの提案(澁澤・近藤・植竹)を行い、実験的検証を進めた。四季を同時に実現する植物工場システムは、知農ロボットシステムの農業知財記録機能が埋め込まれたものである。

知農ロボットシステムに要請される機能を整理すると次の通りである(図3)。

- (1)知財情報収集・保護機能：農家や技術者の思考プロセス記録し発明・発見を保護する。
- (2)感性コミュニケーション機能：農家の暗黙知を伝達し再現する非言語対話手法を活用する。
- (3)農場情報収集・管理機能：土壌情報や作物・病虫害情報を収集・記録し正確な管理する。
- (4)農業福祉支援機能：高齢者や障害者とともに農場管理作業する。
- (5)農作業記録・経営支援機能：農作業を正確に記録し実績に基づいたリスクへの対策を支援する。

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 22件)

- 1) M. S. B. Zainal Abidin, S. Shibusawa, M. Ohaba, Q. Li, M. B. Khalid. (2013) Capillary Flow Responses in a Soil-Plant System for Modified Subsurface Precision Irrigation. Precision Agriculture, 査読有, 15 (1): 17-30. DOI: 10.1007/s11119-013-9309-6.
- 2) 堀内尚美・車 敬愛・星野裕昭・荻原 勲 (2013). 休眠前の高温・長日処理がブルーベリー 3 種の形態および生態に及ぼす影響, 園学研 .(Hort. Res. (Japan)), 査読有, 12(3): 281-288.
- 3) 南石晃明, 藤井吉隆, 江添俊明(2013). 営農可視化システム FVS-PC Viewer の開発—農業技術・技能の伝承支援—, 農業情報研究, 査読有, 22(4): 201 - 211 .
- 4) 星岳彦, 大畑亮輔, 渡邊勝吉, 上田正二郎, 南石晃明(2013). 携帯電子機器によるワンストップ管理システム確立を目指した温室内環境確認のための UECS アプリケーションの試作, 農業情報研究, 査読有, 22(4): 193-200.
- 5) 大畑 亮輔, 星 岳彦, 渡邊 勝吉, 上田 正二郎, 安場 健一郎, 南石 晃明, 林 真紀夫 (2013). UECS 通信規約の拡張による作物栽培情報の記録・共有を目的とした SNS 型 Android アプリケーションの開発, 農業情報研究, 査読有, 22(4): 96 ~ 102. <http://dx.doi.org/10.3173/air.22.96>
- 6) T. Okayama (2013). Future gardening

- system - smart garden. Journal of Developments in Sustainable Agriculture, 査読有, 47 - 50.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jdsa/9/1/9_47/_pdf
- 7) Y. Sasaki, S. Shibusawa, H. Negishi (2013). Development of motion control using kinetic sensor as *Kansei* communication interface. Agricultural Information Research, 査読有, 22(4): 228 - 235.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jdsa/9/1/9_47/_pdf
 - 8) M. Kodaira, S. Shibusawa (2013). Using a mobile real-time soil visible-near infrared sensor for high resolution soil property mapping. Geoderma, 査読有, 199: 64 - 79.
 DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.09.007
 - 9) Y. Li, S. Shibusawa, M. Kodaira (2013). Carbon sequestration potential and farming income—identifying the optimal carbon farming practices in Japanese paddy fields—Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, 6(2): 68 - 76.
 - 10) 澁澤 栄(2013). 災害社会と復興農業, JATAFF ジャーナル, 査読無, 1(5): 1-2
 - 11) 佐々木 豊, 皆川 祐希江(2012) コンピュータビジョンを用いたカメムシの識別の検討, 農業情報研究, 査読有, 21: 36 - 41.
 - 12) 藤井 吉隆, 南石 晃明, 小林 一, 西谷 清彦 (2012). 大規模水田作経営における従業員の能力養成と情報マネジメント—水稲の育苗作業を対象にした事例分析—, 農業情報研究, 査読有, 21: 51 - 64.
 - 13) 二宮伸哉・望月佑哉・福家光敏・岡安浩次・山田祐彰・鈴木 栄・荻原 勲(2012). イチゴ果実径の日変化をモニタリングするためのデンドロメーターの改良, 園芸学研究, 査読有, 11(4): 545 - 551.
 - 14) 植竹照雄, 下田政博, 佐伯園子(2012). 棚田の斜面畦畔における刈払機使用時の作業姿勢, 労働科学, 査読無, 83(3): 103 - 113
 - 15) 澁澤 栄(2012). IT活用の精密農業による日本農業の新機軸, アルミプロダクツ, 査読無, 146: 1 - 5
 - 16) 梅田大樹, 澁澤 栄, 岡山 毅, 佐久間デニスユキオ, 下保敏和, 二宮和則 (2011). リアルタイム土壌センサによる環境負荷量を表す土壌マップを用いた精密ほ場管理の検討, 農業機械学会誌, 査読有, **73(1)**: 37-44
 - 17) 南石晃明(2012). 農作業情報自動計測と営農可視化システム FVS, 月刊自動認識, 査読無, 25: 12 - 15
 - 18) 澁澤 栄(2011). アグロメディカルフーズの生産構想とコミュニティベース精密農業の新展開, 共済総合研究, 査読無, 62: 48 - 65
 - 19) 澁澤 栄(2011). ITを活用した農業技術の新技术と展開, プレインテクノニュース(農研機構・生研センター), 査読無, 150: 1 - 7
 - 20) 小林幹夫, 堀内尚美, 大村正敏, 車 敬愛, 荻原 勲(2011). ブルーベリー4品種における個別収穫および房取り収穫した果実の品質比較, 園芸学研究, 査読有, 10(4): 507 - 512
 - 21) 荻原 勲(2011). 四季を再現したブルーベリー果樹工場の特徴, 化学工学, 査読無, 75(12): 1 - 4
 - 22) Y. Sasaki (2011). Detection of the intention from gestures of workers for a *Kansei* agri-robot. Agricultural Information Research, 査読有, 20: 13 - 18
- 〔学会発表〕(計 14件)**
- 1) S. Nakajima, N. Kondo (March 12, 2014). Development of method and system for precision livestock. Workshop on Information Technologies in Sustainable Agriculture for 9 Billion People's Food Production, Zhejiang University, Hangzhou, China.
 - 2) S. Shibusawa (Nov. 11, 2013). (Invited) Implementation of precision farming in green agro-industry concept. International Conference on Green Agro-Industry (ICGAI), UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia.
 - 3) S. Shibusawa (Sept. 9, 2013). (Invited) Precision agriculture technologies for reducing environmental impacts of farming. Multicountry Observational Study Mission on Best Practices in Promoting Innovation and Productivity in Agriculture for Mass Media Practitioners. Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan.
 - 4) Y. Sasaki, S. Shibusawa, H. Negishi, M. Emmi (June 24, 2013) Development of motion control using the kinetic sensor for the *Kansei* communication interface. EFITA-WCCA-CIGR Conference, Turin, Italy.
 - 5) 星 岳彦, 渡邊 勝吉, 篠原 温 (2013.5.16). (招待講演) 施設園芸の環境計測制御情報化とスマートアグリコンソーシアム, 農業情報学会 2013年度年次大会シンポジウム, 東京大学弥生講堂.
 - 6) S. Shibusawa (April 24, 2013) (Invited) Precision agriculture thanks optical technology—Application of real-time soil sensor —. International Conference on Sensing Technology for Biomaterial, Food and Agriculture '13 (SetBio'13), In OPIC'13, International Convention Center, Pacifico Yokohama, Japan

- 7) S. Shibusawa (Nov. 14, 2012). Agro-medical Foods in Precision Agriculture Scheme. Deployment to the preventive medicine of the functionality of agricultural products and foods, sponsored by NARO. Tokyo Station Conference, Japan.
- 8) S. Shibusawa (Oct. 30, 2012). (Invited) Good Agricultural Practice requires precision farm management. International Symposium on GAP oriented Farm and Food Management. Korean Society for Agricultural Machinery, ChonAn city, Korea.
- 9) S. Shibusawa, You Li (July 18, 2012). A Scheme of Precision Carbon Farming for Paddy. 11th International Conference on Precision Agriculture. Hyatt Legacy Hotel, Indianapolis, USA.
- 10) S. Shibusawa (June 18, 2012). (Invited) Precision restoring approach to the East Japan Catastrophe - Actions of JSAM -. 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB), Jeonju, Korea.
- 11) S. Shibusawa (March 26, 2012) (Invited lecture) Good Agricultural Practice (GAP). Workshop on Management Systems for Safe, Reliable, High-quality Food and Agricultural Products, Asian Productivity Organization (APO), Sendai, Miyagi, Japan
- 12) 星 岳彦(2011.10.25). (招待講演) 施設植物生産におけるユビキタスセンシングとコントロール, 電子情報通信学会, 「ユビキタス・センサネットワークの実用化を目指した超分野シンポジウム」, 上智大学, 東京
- 12) S. Shibusawa (Sept. 20, 2011) (Invited presentation) Precision restoring strategy in a view of agricultural mechanization against the catastrophe. Special Organized Session in CIGR International Symposium 2011, Funakoshi Tower, Tokyo, Japan.
- 14) S. Shibusawa (July 5, 2011). (Keynote Address) An idea of agro-wisdom robotics for precision agriculture. The 4th Asian Conference on Precision Agriculture, Obihiro, Japan

〔図書〕(計 3 件)

- 1) N. Kondo (2013). Robotics and automation in the fresh produce industry. In “Robotics and automation in the food industry” Edited by Darwin G, Caldwell. p528 (385-400), Woodhead publishing, Philadelphia, PA, USA.
- 2) N. Kondo, S. Kawamura (2013).

Postharvest Automation. In “Agricultural Automation: Fundamentals and Practices” edited by Qin Zhang and Francis J. Pierce, p411 (367-383), CRC Press, USA.

- 3) 近藤 直, 門田充司, 野口 伸(2011). Agricultural Robots: Mechanisms and Practice, p360, 京都大学学術出版会

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/~sakaes/>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

澁澤 栄 (SHIBUSAWA SAKAE)

東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号：50149465

(2) 研究分担者

荻原 勲 (OGIWARA ISAO)

東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号：80204113

近藤 直 (KONDO NAOSHI)

京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：20183353

南石晃明 (NANSEKI TERUAKI)

九州大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号：40355467

星 岳彦 (HOSHI TAKEHIKO)

東海大学・開発工学部・教授
研究者番号：80219162

植竹照雄 (UETAKE TERUO)

東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号：10168619

岡山 毅 (OKAYAMA TSUYOSHI)

茨城大学・農学部・准教授
研究者番号：90575226

佐々木 豊 (SASAKI YUTAKA)

東京農業大学・地域環境科学部・准教授
研究者番号：60313508