

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14549

研究課題名（和文）圃場整備前後の三次元地形解析による地下水湿性が原因の湿害リスク予測

研究課題名（英文）Risk assessment of excess soil moisture vulnerable zone based on three-dimensional topography analysis of pre/post land reformation

研究代表者

清水 裕太（Shimizu, Yuta）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・西日本農業研究センター・主任研究員

研究者番号：50625829

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、水田転換畑における湿害を回避するため、圃場整備前後の地形解析、土壌調査、土壌水分、地下水位等の計測と比抵抗電気探査による地下での水の動きを計測することで地形改変箇所と湿害との関係を明らかにし、集落スケールでの水田輪作適地マップを作成することを目的とした。集落スケールでの地下水の水みちの推定位置と、圃場整備時の切土盛土箇所での水動態の観測から、圃場が立地する空間的位置の特徴と湿害の関係が明らかになった。農業集落内の水田圃場全体を対象にした湿害の危険箇所を、深層学習を用いることで予測精度をより高めることに成功し、輪作適地ゾーンを分類を経て集落スケールでの水田輪作適地マップを作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

圃場整備に伴う地形改変と湿害の関係が解明されたことは学術的な進展であると考えられ、これを応用することで地形改変マップを基にした集落スケールでの田畑輪作の適地の分布、暗渠設置等の排水対策の重点箇所が空間的に把握可能になった。本研究で構築した手法は全国規模で整備されている空中写真を使用するため、基本的には全国の農地に対して適用可能な汎用性の高い手法である。これにより、農業法人は湿害対策にかかる費用の算出や労力の集約が可能になり、湿害を回避できる最適な営農計画立案を通じた増収に貢献することが期待される。これは、高齢化が進む我が国の農業の実情を助案すると社会的な意義は高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research aimed at to create the village-scale map which suggests best land for cultivating upland crops on paddy fields based on the field surveys including geographical analysis, soil, groundwater and resistivity tomography with aspects of hydrological knowledge. Observed soil moisture data and estimated shallow groundwater flow paths reveals the relationship between characteristics of spatial location of paddy field and excess soil moisture vulnerability. Spatial distribution of high-risk zones was well predicted with the aid of deep machine learning techniques which enhances the field-based results. Consequently, the map which enables farmer to make decision on right crop for right land was created through the zoning process.

研究分野：水文学

キーワード：湿害 地形 地下水 水田輪作 中山間 圃場整備 GIS

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

中山間地での水田輪作においてダイズ・ムギ作付け時に生じる発芽不良等の湿害が問題となっている。転換畑における湿害を回避する従来の排水対策として、暗渠の施工が効果的であるが、一律的に実施することは、コスト面や技術面から非現実的であることもあり、耕起法の改良や圃場均平技術、弾丸暗渠等が研究されてきた。湿害の発生要因には大きく分けて地表排水不良(土壤の透水性不良や暗渠明渠等の欠如)と地下水湿性(地下水位が高いことによる土壤の過湿)の二種類あるが、従来の研究は、地表排水や地下浸透を促すものが主であり、そのような対策では対処できない地下水の水みちや高い地下水位に伴う排水不良に関するものはなかった。

過去に実施された水田圃場整備では、中山間地の地形に特徴付けられる棚田や谷を埋めて現在の圃場を形成した箇所が多い。そのような谷を埋めて整備された圃場では、地下水位が周囲よりも高く、埋め立てた谷底を流れるかつて小川があった場所(旧河道上)に地下水が比較的早く流れる“水みち”が形成され、そこからの地下水によって湿害の発生要因となっている可能性が考えられた。しかしながら、既往研究では主に田面の微小な高低差や作土層までを中心とした土壤表層付近の表面排水に関するものが主要であり、作土層より深い部分に関する研究は限られており、湿害との関係はよく分かっていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、圃場整備前の地形が中山間地の水田輪作における畑作物の湿害の根本的な原因として影響を及ぼしているとの仮説を立て、圃場整備前後の地形解析および土壤特性、地下構造調査を行うことで地下水の水みちおよびを明らかにし、農業集落スケールでの輪作適地を分類できる手法を開発することを目的とした。圃場整備に伴う地形改変がダイズ・ムギ等の畑作物の湿害に影響を及ぼしていることが明らかになれば、集落スケールでの水田輪作の適地不適地の分布、暗渠施工等の排水対策の重点箇所が集落スケールで空間的に把握できるようになり、排水対策の意思決定をサポートし施工コストを適正化できるようになる。

3. 研究の方法

本研究は、水田転換畑における湿害を回避するため、圃場整備前後の地形解析および土壤の調査を行うことで、集落スケールでの水田転換利用適地マッピングを行った。具体的には、広島県内の中山間地域に位置する農業集落の水田輪作圃場 22 筆において以下に示す方法で研究を行った。

(1) 圃場整備前後に撮影された空中写真から SfM-MVS 手法により過去と現在の三次元地形モデルを構築し、GIS を用いた三次元地形解析から圃場整備に伴う地形改変箇所と、それに基づく地下水の水みちを推定する。

(2) 湿害が発生した圃場の切土および盛土箇所において地下水位、水ポテンシャルの測定、電気探査(4 極法配置)を行うことで地下での水の動きを計測し、湿害が生じやすい土壤水分状態であったかについて観測し、地下水が湿害の主要因である可能性について検証する。

(3) 湿害が発生した圃場および一筆内の発生場所と地形改変箇所との関係を明らかにする。集落スケールでの水田転換利用の適地マッピングを行う。

4. 研究成果

(1) 圃場整備前の地形を構築するため、空中写真を利用した SfM-MVS 手法により圃場整備前の三次元地形データを集落スケールで構築し、切り盛り箇所の分布およびその深度を GIS により算出した。その結果、対象とした農業集落内の現圃場の多くは、切土および盛土によって造成されていた。

(2) ダイズ作およびコムギ作時の作土層の土壤水分動態を把握するため、土壤水分センサー、水ポテンシャルセンサー、地下水位計を一筆内に高密度に設置し継続的に観測した結果、盛土箇所では地下水位および土壤水分が高く湿害が発生しやすい状態である一方、切土箇所では降雨時でも地下水位は低く、土壤水分は好適な状態であることが普遍的に確認された。

(3) 同圃場群で同時に実施した電気探査の結果より、過去の地形から推定された地下水の水みちと考えられる流路を発見した。土壤調査の結果と併せて考察すると、切土箇所は粗孔隙が多い手つかずの風化花崗岩からなる地山層が作土層下にあり、風化が進んだ透水性の高い砂層を水みちとして選択的に流下することが切土箇所の排水性が高かった要因であると考えられた。

(4) 以上をまとめると、盛土箇所では湿害が発生しやすく、切土箇所では発生しにくいという傾向

がわかった。また、観測を実施した圃場のダイズの収量と切り盛り深度の間に有意な相関関係があることを確認した。これらのことから、造成圃場が立地する空間的位置の特徴と湿害の関係があることが明らかになった。

(5) 現地調査より明らかになった、圃場整備時の切土盛土工による地下構造の不均一性、および地下水と作土層との水のインタラクションによって湿害が発生すると仮定して、水田輪作の適地を示すマップを切り盛り深度を変数として 100ha 以上の集落スケールで作成した。これらの結果をさらに発展させるため、農業集落内の水田圃場全体を対象にした湿害の危険個所を、深層学習を用いることで予測精度をより高めることに成功し、輪作適地ゾーンを分類を経て集落スケールでの水田輪作適地マップを作成した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 SHIMIZU Yuta, MOCHIZUKI Hidetoshi, MATSUMORI Kenji	4. 巻 50
2. 論文標題 Characteristics of groundwater flow in land-consolidated terrace paddy fields among hilly and mountainous area	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japanese Association of Hydrological Sciences	6. 最初と最後の頁 71 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4145/jahs.50.71	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shimizu Yuta, Onodera Shin-ichi, Jin Guangzhe, Saito Mitsuyo	4. 巻 21
2. 論文標題 Effect of in-stream impoundment on water quality of a suburban stream	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 393 ~ 402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-020-00619-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hamada Kosuke, Inoue Hisayoshi, Mochizuki Hidetoshi, Asakura Mayuko, Shimizu Yuta, Takemura Takeshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Evaluating Maize Drought and Wet Stress in a Converted Japanese Paddy Field Using a SWAP Model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1363 ~ 1363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w12051363	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Jin Guangzhe, Onodera Shin-ichi, Saito Mitsuyo, Shimizu Yuta	4. 巻 21
2. 論文標題 Sediment phosphorus cycling in a nutrient-rich embayment in relation to sediment phosphorus pool and release	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 415 ~ 425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-020-00627-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ridwansyah Iwan, Yulianti Meti, Apip, Onodera Shin-ichi, Shimizu Yuta, Wibowo Hendro, Fakhrudin M.	4. 巻 21
2. 論文標題 The impact of land use and climate change on surface runoff and groundwater in Cimanuk watershed, Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 487 ~ 498
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-020-00629-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 清水 裕太、松森 堅治	4. 巻 3
2. 論文標題 SfM 多視点ステレオ写真測量による過去の空中写真からの 三次元地形モデルの構築	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 新近畿中国四国農業研究	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24755/westernagrires.3.0_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 清水 裕太、望月 秀俊	4. 巻 50
2. 論文標題 中山間地水田の排水性に与える耕起法および地下水の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本水文科学会誌	6. 最初と最後の頁 13 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4145/jahs.50.13	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zhu Aiping, Chen Jianyao, Gao Lei, Shimizu Yuta, Liang Dongmei, Yi Ming, Cao Lixiang	4. 巻 228
2. 論文標題 Combined microbial and isotopic signature approach to identify nitrate sources and transformation processes in groundwater	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 721 ~ 734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.04.163	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ye Zhiping, Chen Jianyao, Gao Lei, Liang Zuobing, Li Shaoheng, Li Rui, Jin Guangzhe, Shimizu Yuta, Onodera Shin-ichi, Saito Mitsuyo, Gopalakrishnan Gnanachandrasamy	4. 巻 150
2. 論文標題 210Pb dating to investigate the historical variations and identification of different sources of heavy metal pollution in sediments of the Pearl River Estuary, Southern China	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin	6. 最初と最後の頁 110670 ~ 110670
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpolbul.2019.110670	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Seddique Ashraf Ali, Masuda Harue, Anma Ryo, Bhattacharya Prosun, Yokoo Yoriko, Shimizu Yuta	4. 巻 9
2. 論文標題 Hydrogeochemical and isotopic signatures for the identification of seawater intrusion in the paleobeach aquifer of Cox's Bazar city and its surrounding area, south-east Bangladesh	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Groundwater for Sustainable Development	6. 最初と最後の頁 100215 ~ 100215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gsd.2019.100215	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Syeda Jesmin Haque, Shin-ichi Onodera, Yuta Shimizu	4. 巻 1
2. 論文標題 Surface Water Nitrogen Load Due to Food Production-Supply System in South Asian Megacities: A Model-based Estimation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances and Trends in Agricultural Sciences	6. 最初と最後の頁 123 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9734/bpi/atias/v1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 清水裕太・松森堅治・志村もと子・笠原賢明・渡邊修一	4. 巻 48
2. 論文標題 点滴灌水同時施肥に地下水中の窒素を利用した減肥可能性の検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本水文学会誌	6. 最初と最後の頁 147-150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4145/jahs.48.147	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 坂口 敦・村田資治・清水裕太・望月秀俊	4. 巻 86
2. 論文標題 暗渠未整備地区におけるチゼルプラウ耕の湿害緩和技術としての有効性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業農村工学会論文集	6. 最初と最後の頁 275-280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11408/jsidre.86.1_275	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aiping Zhu, Mitsuyo Saito, Shin-ichi Onodera, Yuta Shimizu, Guangzhe Jin, Tomoko Ohta, Jianyao Chen	4. 巻 209
2. 論文標題 Evaluation of the spatial distribution of submarine groundwater discharge in a small island scale using the 222Rn tracer method and comparative modeling	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Chemistry	6. 最初と最後の頁 25-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marchem.2018.12.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 清水裕太
2. 発表標題 深層学習を用いた湿害脆弱圃場の空間分布予測 広島県中山間地の事例 -
3. 学会等名 2020年度日本土壌肥料学会 北海道支部 秋季大会 公開シンポジウム「転換する土壌肥料 - 国際土壌の10 年に向けて -」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水 裕太、森岡 涼子、川崎 洋平、望月 秀俊
2. 発表標題 数理解析による中山間水田輪作における湿害脆弱圃場の空間分布推定
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度静岡大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水 裕太、菊地 麗
2. 発表標題 草刈り作業計画のための適用可能畦畔マップの作成
3. 学会等名 日本農作業学会 2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕太
2. 発表標題 中山間地の水田輪作圃場での湿害に及ぼす過去の地形の影響
3. 学会等名 令和元年度中山間営農システム研究ネットワーク検討会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕太
2. 発表標題 流域モデル解析による瀬戸内海一級河川からの栄養塩負荷量の長期変動
3. 学会等名 瀬戸内海研究フォーラム in 広島 瀬戸内海における持続可能な開発目標(SDGs)に向けた里水と里海の連携(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕太
2. 発表標題 水田農業の低コスト化に向けたスマート農業～リモコン除草機の適応可能畦畔を視覚化し効果的な草刈りを～
3. 学会等名 しまねスマート農業技術展～新技術の実装に向けたマッチングイベント～(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川崎 洋平、藤本 寛、千葉 雅大、清水 裕太
2. 発表標題 UAVによる空撮画像を用いたイネとダイズの生育時期別バイオマス推定
3. 学会等名 日本作物学会第249回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川崎 洋平、清水 裕太
2. 発表標題 ドローン空撮情報が排水対策にどう使えるか？
3. 学会等名 たつの市大豆研修会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠原 賢明、渡邊 修一、清水 裕太、松森 堅治
2. 発表標題 アスバラガス栽培現地農家圃場で太さの等級割合を簡易に評価する方法
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2019年度静岡大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊 修一、松森 堅治、清水 裕太
2. 発表標題 河川・農業用水のケイ酸濃度に関する調査結果 第1報 中国四国地方の河川について
3. 学会等名 2019年度(第115回)日本土壤肥料学会関西支部講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠原 賢明、藤井 美智子、渡邊 修一、志村 もと子、清水 裕太、松森 堅治
2. 発表標題 カンキツ園に埋設したイオン交換樹脂はどれだけ硝酸イオンを捕捉できるか？
3. 学会等名 令和元年度近畿中国四国農業試験研究推進会議土壌肥料推進部会問題別研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水裕太・松森堅治・望月秀俊
2. 発表標題 中山間地水田輪作圃場におけるダイズ・ムギの湿害に及ぼす過去の地形の影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Shimizu, Shimsuke Mori, Akira Kawaguchi, Akira Masunaka, Koji Nomiyama, Hiroyuki Sekiguchi, Keisuke Tomioka
2. 発表標題 Re-evaluation for indirect-inhibition effect of <i>Fusicolla acetilerea</i> on establishment of seedlings from iron-coated seeds of rice, comparing with <i>F. merismoides</i>
3. 学会等名 3rd Conference on Ecology of Soil Microorganisms (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Shimizu, Shimsuke Mori, Hidetoshi Mochizuki, Kemji Matsumori, Akira Kawaguchi, Koji Nomiyama, Keisuke Tomioka
2. 発表標題 Importance of basement topography as a distribution factor of <i>Pythium</i> in rotational paddy fields with barley, wheat and/or soybean in hilly and mountainous areas in Japan
3. 学会等名 11th International Mycological Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Shimizu, Kenji Matsumori, Hidetoshi Mochizuki, Shimsuke Mori
2. 発表標題 Effect of former topography on insufficient growth caused by excess soil water in upland crops cultivated on paddy field
3. 学会等名 21st World Congress of Soil Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiko Yoshikawa, Yuta Shimizu, Kenji Matsumori
2. 発表標題 Verification of a simple watershed land-use model to estimate the net nutrient loads from non-point sources to rivers
3. 学会等名 17th World Lake Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉川省子・清水裕太・松森堅治
2. 発表標題 簡易な流域土地利用モデルによる窒素，リン，SS負荷係数の算出 -北海道，東北地方の解析-
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 望月秀俊・朝倉麻由子・清水裕太・瀧田耕佑
2. 発表標題 パラソイラ施工パヒアグラス草地における土壤水分量と土壤硬度分布の推移
3. 学会等名 平成30年度農研機構国際シンポジウム 土地利用型肉牛生産の持続的発展に向けて (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 望月秀俊・佐藤正道・清水裕太・瀨田耕佑
2. 発表標題 ブラウ施工飼料用トウモロコシ圃場における土壌水分量と水ポテンシャルの変動
3. 学会等名 平成30年度農研機構国際シンポジウム 土地利用型肉牛生産の持続的発展に向けて（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 望月秀俊・清水裕太・瀨田耕佑
2. 発表標題 ポトムブラウによって耕起した飼料用トウモロコシ圃場における水ポテンシャルの経時変化
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 清水裕太	4. 発行年 2018年
2. 出版社 吉備人出版、岡山市	5. 総ページ数 91-99
3. 書名 「7章河川流出 7.2.一級河川流域」（小野寺真一・齋藤光代・北岡豪一編著）『瀬戸内海流域の水環境』	

1. 著者名 清水裕太	4. 発行年 2018年
2. 出版社 吉備人出版、岡山市	5. 総ページ数 229-237
3. 書名 「18章大河川の水質汚濁」（小野寺真一・齋藤光代・北岡豪一編著）『瀬戸内海流域の水環境』	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 マップ生成装置、マップ生成方法、マップ生成プログラム、学習済みモデルの生成方法および学習済みモデル生成装置	発明者 清水裕太、森岡 涼子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-131851	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

農研機構 西日本農業研究センター http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/warc/Researchmap https://researchmap.jp/yutas 農研機構 西日本農業研究センター http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/warc/Researchmap https://researchmap.jp/yutas
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------