

令和 5 年度人工衛星情報を活用した
国際的な水稻作柄把握及び分析手法検討委託事業

報告書

承認	点検	作成担当
古田	樋口	小田川

令和 6 年 3 月

一般財団法人リモート・センシング技術センター

目 次

1	事業の目的	1
2	作業計画	1
3	人工衛星から得られる情報を用いた水稻の作柄把握手法の検討	3
3. 1	年間計画の作成	3
3. 2	検討委員会の設置	3
3. 3	先行事例の調査	5
3. 4	人工衛星から得られる情報等を用いた水稻の作柄等の把握手法検討	6
3. 5	水稻作柄把握手法実用に向けた提言の取りまとめ	33
3. 6	我が国食料安全保障施策への情報提供に関する提言の取りまとめ	34
3. 7	関係資料一式	35
4	打合せ会議の開催及び出席	36
5	事業成果報告会の開催	37

1. 事業の目的

日本が主食とするコメは今やアジアだけでなく、食味の良さや調理性の容易さ、健康志向等から欧米やアフリカ諸国でも需要が増加しているが、その生産量のおよそ9割はアジア地域で生産されている。コメの生産量は他の作物と同様に気象要因に大きく左右され、これまでも干ばつや洪水等の自然災害の発生を契機としたコメ市場価格の急激な高騰に伴い、コメを主食とするアジアや需要量の多くを輸入に頼るアフリカの途上国では食料不安を経験しているところである。また、日本においても1993年の記録的な冷夏の影響で収穫量が平年を大きく下回った結果、いわゆる平成の米騒動が発生し、タイ国からコメの緊急輸入措置を取ったこともある。今後、さらに途上国の経済発展や人口増による需要増の進展するなか、気候変動、農地の減少、水不足等による供給減が発生すれば、コメの国際的な需要はひっ迫することが懸念される。

このため、本事業では、コメを主食とする国々の食料安全保障のリスク低減のため、我が国と密接な関係にあり世界のコメの主産地であるアセアン地域において、近年、飛躍的に技術革新が進む人工衛星情報を活用し、水稻の定量的な作柄把握を高い信頼性で継続的に実施可能とする手法の検討を目的とする。

2. 作業計画

作業の実施に当たっては、契約締結後10日（行政機関の休日を含まない。）以内に、実施スケジュールと実施体制表について記載した作業計画書を提出し、農林水産省統計部統計企画管理官（以下「担当部署」という。）の承認を得た。実施スケジュールを図2.1に、実施体制を表2.1に示す。実施体制表には、本事業の実施を統括する業務責任者および業務担当者を明記した。

業務責任者は、業務担当者を統括し、業務の適切な実施を管理するとともに、受注者との連絡・調整を行った。

業務担当者は、業務の進行に必要な各業務を担当した。

業務内容	令和5年							令和6年		
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 作業計画	■									
2. 水稻作柄把握手法検討										
2. 1 年間計画の作成	■									
2. 2 検討委員会の設置		■		9/19●		11/21●		1/31●		●3/5
2. 3 先行事例の調査		■	■	■						
2. 4 水稻作柄等把握手法検討			■	■	■	■	■	■	■	
現地調査							■12/5~9			
2. 5 実用化提言取りまとめ							■	■	■	
2. 6 食料安全保障施策提言取りまとめ							■	■	■	
2. 7 成果品提出										●3/8
3. 打合せ会議の開催及び出席	6/27●	7/31●	8/24●		●10/5	●11/6		1/18●	2/28●	
4. 事業成果報告会										●

契約日：令和5年6月22日

納期：令和6年3月8日

図 2.1 実施スケジュール

表 2.1 実施体制

	氏名	所属	役職	担当業務
管理責任者	坂口 英志	ソリューション事業 第 2 部	部長	管理
業務責任者	奥村 俊夫	ソリューション事業 第 2 部調査普及課	参事	業務統括
業務担当者	小田川 信哉	研究開発部 環境解析課	主任研究員	水稻作柄把握手法 開発・調査等
	山本 純平	研究開発部 環境解析課	研究員	水稻作柄把握手法 開発・調査等
	吉田 大智	研究開発部 環境解析課	研究員	水稻作柄把握手法 開発・調査等
	源 知之	研究開発部 環境解析課	職員	水稻作柄把握手法 開発・調査等
	山之口 勤	研究開発部 環境解析課	主幹研究員	水稻作柄把握手法 開発・調査等
	齊藤 葉子	ソリューション事業 第 2 部調査普及課	参事	検討会運営等
	高橋 典之	ソリューション事業 第 2 部調査普及課	主査	検討会運営等
	市橋 優花子	ソリューション事業 第 2 部調査普及課	主事	検討会運営等

3. 人工衛星から得られる情報を用いた水稻の作柄把握手法の検討

3. 1 年間計画の作成

人工衛星情報を活用した国際的な水稻作柄把握及び分析手法検討に係る年間計画を図 2.1 の通り作成した。

3. 2 検討委員会の設置

本事業を計画的かつ効果的に実施するため、学識経験者から構成される検討委員会（以下「委員会」という。）を設置し、必要な指導・助言及び成果の評価を得た。

学識経験者は、人工衛星からの気象や画像情報による作柄把握及びコメの主産地域であるアジア地域の水稻作に知見を有する筑波市の国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の研究者 3 名を選定した。検討委員の一覧を表 3.2.1 に示す。

委員会の開催は、第 1 回が契約締結後 2 月以内、その後令和 6 年 2 月を目安に合計 4 回開催とした。開催場所は、原則農林水産省内会議室とした。なお、委員の都合により対面での委員会の開催が困難な場合は、リモート会議での代替、併用等による開催とした。委員会終了後は、2 日以内（行政機関の休日を除く）に議事概要を作成し、各委員へ提出し承認を受けた。検討会は、農林水産省内会議室で 4 回開催し、開催時期、内容等については担当部署と相談の上、決定した。開催した検討会の一覧を表 3.2.2 に示す。

委員会で示された助言等については、事業の実施に反映した。

表 3.2.1 検討委員一覧

役職	氏名	所属	役職	専門分野
委員長	長谷川利拡	（国研）農研機構 農業環境研究部門	グループ長	■水稻の作柄予測 ■世界の作物生産と収量予測など
委 員	石塚 直樹	（国研）農研機構 農業環境研究部門	上級研究員	■衛星情報を用いた農業情報抽出 手法の開発 ■水稻の作柄予測 など
委 員	櫻井 玄	（国研）農研機構 農業環境研究部門	研究員	■全球作物収量予測モデルの開発 ■観測データ同化 など

表 3.2.2 検討会一覧

回	開催日時	内容
1	2023 年 9 月 19 日	■ 事業概要の説明 ■ 先行事例の調査結果の報告 ■ 水稻作柄把握手法の検討 ■ JASMAI の初期解析結果の報告 ■ 対象国、パイロット地域の検討
2	2023 年 11 月 21 日	■ 現地調査内容の検討
3	2024 年 1 月 31 日	■ 現地調査結果の報告 ■ プロトタイプ、予測値の検討
4	2024 年 3 月 5 日	■ 水稻作柄把握手法実用化に向けた検討 ■ 食料安全保障施策への情報提供に関する検討

3. 3 先行事例の調査

委員会の学職経験者や有識者の協力を得て、国内外の研究機関や国際機関による人工衛星情報を活用した作物の作柄把握の先行事例を調査し、委員会に報告した。調査対象雑誌は以下の通りである。

- 写真測量とリモートセンシング(日本写真測量学会)
- 日本リモートセンシング学会誌(日本リモートセンシング学会)
- システム農学(システム農学会)
- Remote Sensing (MDPI)
- Remote Sensing of Environment (ScienceDirect)
- International Journal of Remote Sensing (Taylor & Francis Group)

調査の結果、人工衛星情報を活用し、収量や、草丈やバイオマス等、収量と関係する可能性がある水稻の物理量を求める研究があった。用いられている人工衛星情報は、静止気象衛星、中分解能光学衛星、高分解能衛星、SAR であり、解析手法は、プロセスモデル、線形モデル、非線形モデル、機械学習や AI、準ニュートン法等であった。最近の傾向として非線形モデルが多く、次にプロセスモデル、線形モデルの順であった。ただし、用いられている解析手法と衛星との間に明確な関係は認められなかった。

先行事例から水稻作柄把握手法として、現地情報と人工衛星情報を組み合わせた線形モデル、非線形モデル、既存のプロセスモデルの適用が想定される。既存のプロセスモデルとして作柄把握手法のために適用できる可能性があるものとして、ORYZA v3 が考えられる。ORYZA v3 はフィリピンの国際稲研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) とオランダの Wageningen 大学により、開発された水稻生育モデルである。このプロセスモデルは、IRRI の Web ページから無償でダウンロードすることが可能である。モデルに入力する気象データは日単位であり、放射照度、最低気温、最高気温、水蒸気圧、平均風速、降水量の 6 つの物理量が必要である。ORYZA v3 は、一般的に圃場レベルのスケールに対して適用するモデルであるため、アセアン諸国に対する広域なスケールへの適用性評価と適用すべき衛星データの検討が必要となる。また、入力する作物データとして栽培方法、生育環境、品種特有の成長パラメータ等、様々あるので地域特性に合わせた最適なパラメータを検討する必要がある。先行事例の調査結果は委員会で報告を行った。

3. 4 人工衛星から得られる情報等を用いた水稻作柄把握手法検討

(1) 対象国・解析対象

本事業の対象国は、検討委員会の助言および担当部署との協議の結果、タイ王国（以下、「タイ」もしくは「タイ国」という。）とし、解析対象はタイ全県とした。また、タイにおける統計値作成の状況を把握するため、タイの首都バンコクの北に位置する Chai Nat 県において現地調査を実施した。

タイの面積は約 51 万平方キロメートル（日本の約 1.3 倍）、全 77 県からなり、大きく北部（17 県）、東北部（20 県）、中部（26 県）、南部（14 県）に分けることができる（図 3.4.1 参照）。

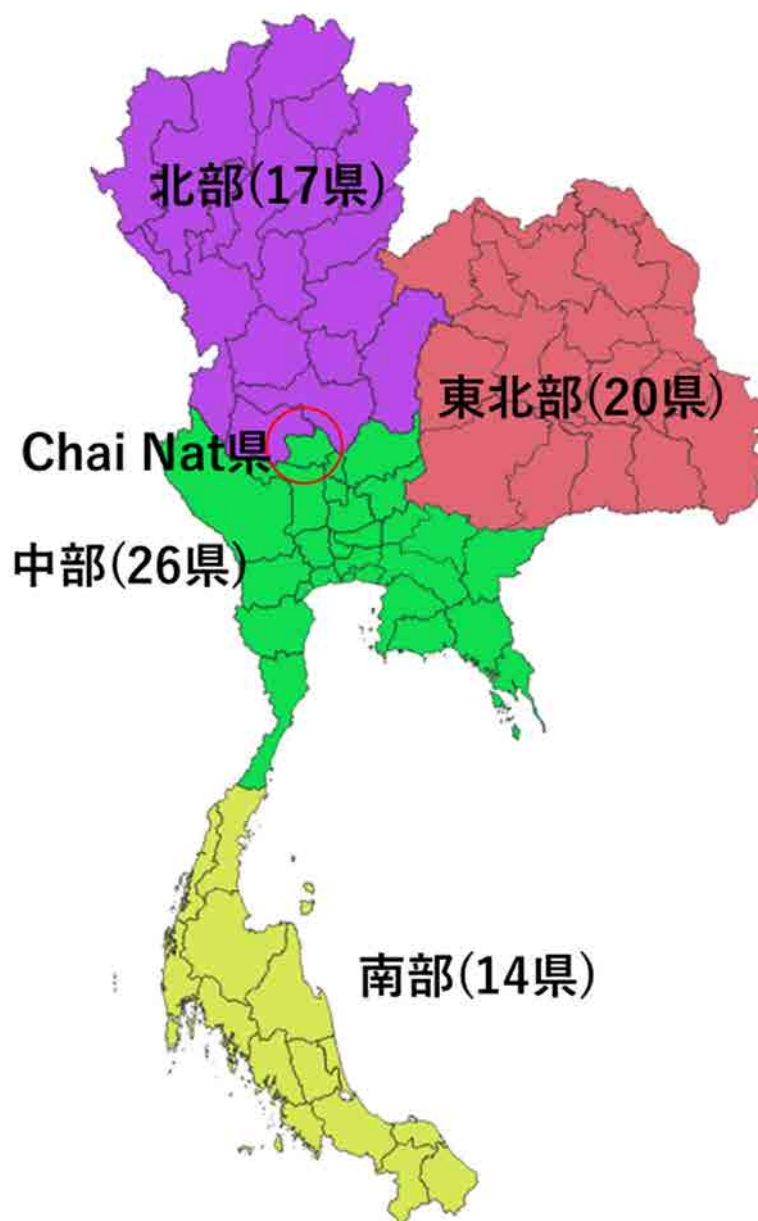


図 3.4.1 タイの県境および地方区分

(2) 人工衛星からの情報としての気象情報

水稻の作柄把握にあたっては気象情報が重要であり、本事業では人工衛星からの気象情報として、農林水産省政策課食料安全保障室で運用している農業気象衛星モニタリングシステム (JASMAI) のデータを利用することが前提とされていた。JASMAI の気象データは、2003 年 1 月から現在まで利用可能であり、東南アジア地域において、各種データは県毎に提供されている。本事業においては、2003 年から 2022 年までの県別データを収集した。

JASMAI データの内、水稻収量と直接関係すると考えられるデータは、地表面温度 (LST)、雨量 (PRC)、日射量 (SWR) および植生指数 (NDVI) であると想定したが、参考として土壤水分 (SMC) も収集した。各データは半月ごと (1 日~15 日および 16 日~月末) に整理されており、地表面温度は半月の積算値、それ以外は半月の平均値からなる。各データは半月ごとに、日付 (半月ごと)、物理量、平年値、有効データ数、データ欠損画素割合が記載されている。JASMAI の地表面温度、日射量および植生指数は、2022 年 8 月以前は MODIS データを、2022 年 9 月以降は GCOM-C/SGLI (欠測した場合は MODIS) データを使用して求められている。JASMAI の雨量は、GSMaP を使用している。JASMAI の経年変化の例を図 3.4.2 に示す。

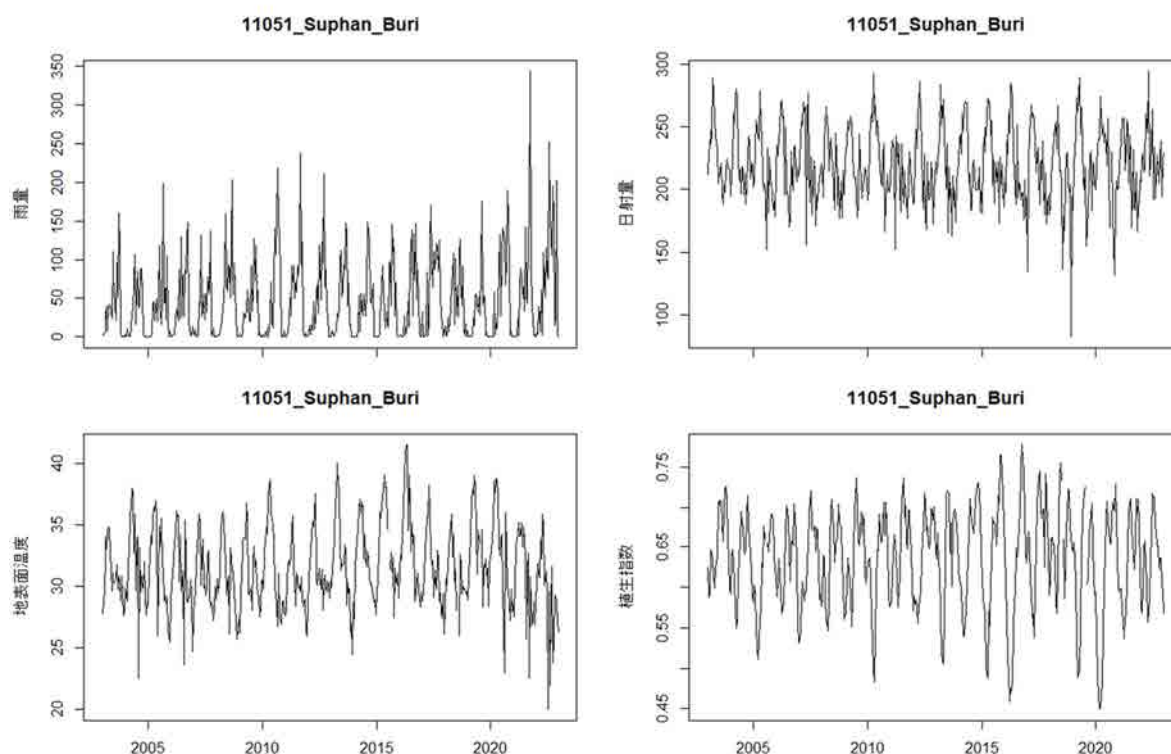


図 3.4.2 JASMAI データの例 (Suphan Buri 県)

(3) 現地データ

水稻収量に関するデータは、担当部署がタイ農業協同組合省農業経済局（以下、「OAE」という。）から貸与された、県別公表値と坪刈調査データを使用した。

a. 県別公表値

県別公表値は、農家リストから調査対象農家を抽出し、聞き取りの方法で把握された標本調査の結果であり、県を代表する値である。データセットは、調査年、県別コード、県名、作付面積（rai）¹、収穫面積（rai）、収穫量（トン）、作付面積 1rai 当たり収量（kg/rai、以下、単収（作付面積基準）とする。）、および収穫面積 1rai 当たり収量（kg/rai、以下、単収（収穫面積基準）とする。）から構成される。各データは、県毎に年 1 個のデータからなる。単収（作付面積基準）と単収（収穫面積基準）は、収穫量をそれぞれ作付面積および収穫面積で除した値である。各データの例を図 3.4.3 に示す。なお、貸与されたデータには 1980 年代からのデータが含まれていたが、JASMAI との整合性を鑑み、本事業では 2003 年以降のデータを使用した。

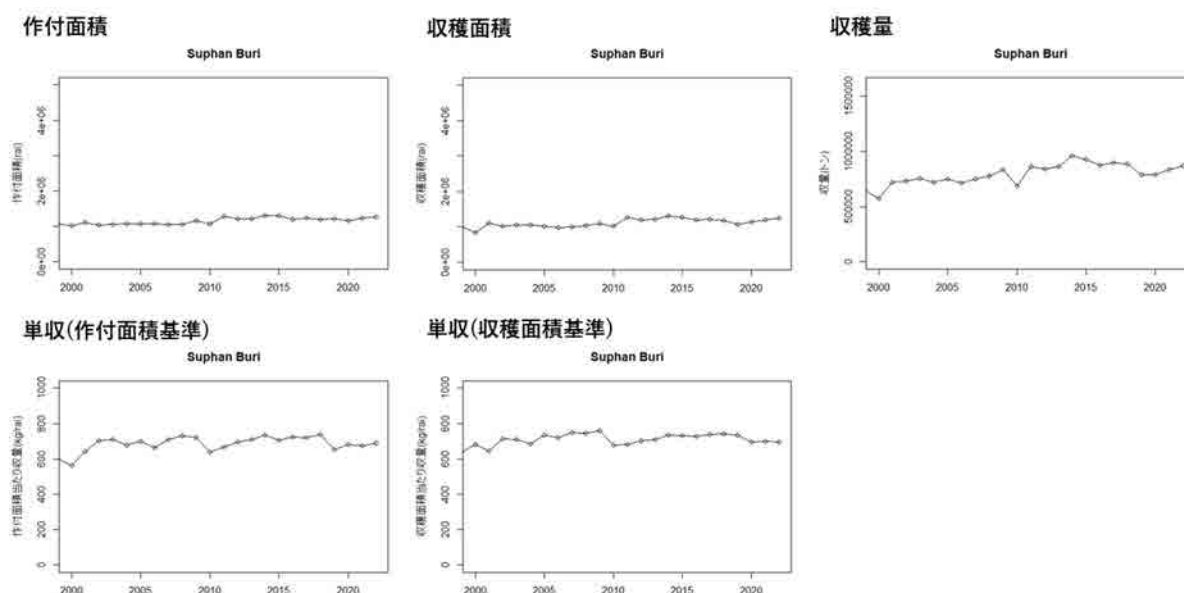


図 3.4.3 県別単収の経年変化の例（Suphan Buri 県、雨期）

¹ rai はタイの面積の単位。1 rai = 0.16 ヘクタール。

タイでは水稻の作付後、何らかの理由で収穫が見込めない場合、作付面積と収穫面積に差異が生じる。例えば洪水による減収が生じた場合、作付面積 1rai 当たり収量では減収が表れるが、収穫面積 1rai 当たり収量では減収が現れないことがある。事例として、2011 年に主にタイ中部に被害をもたらした洪水による減収の影響があった Pathum Thani 県の状況を図 3.4.4 に示す。

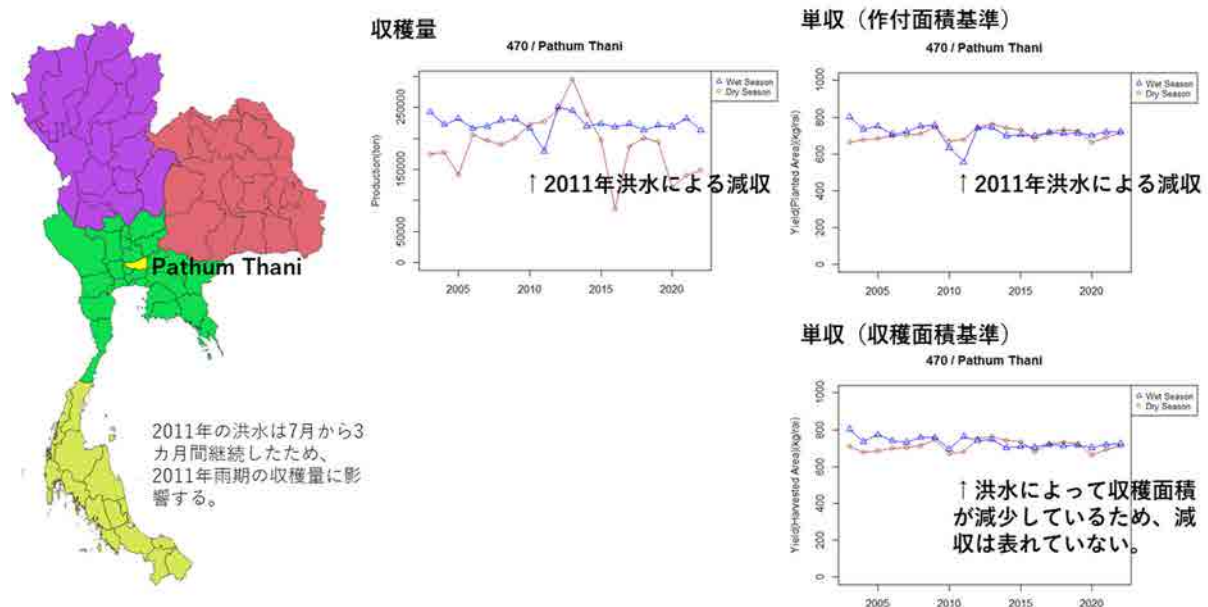


図 3.4.4 減収等に対する単収（作付面積基準）と単収（収穫面積基準）の違いの例

b. 坪刈調査データ

坪刈調査データは、OAE の現地調査員が実際に圃場に赴いて坪刈調査した結果である。坪刈りは、選定された圃場において、1 m²の 2 か所刈りで実施される。OAE の坪刈調査の野帳を、添付資料 1 に示す。

データセットは、調査年、作期（雨期・乾期）、緯度、経度、県名、郡名、水稻種類、作付月、収穫月、田植方法、作付面積、坪刈地点 1 の 1 rai 当たり収量（以下、「坪刈単収」という。）、坪刈地点 2 の坪刈単収、平均単収、調整済み単収の 15 項目から構成される。

作期については、雨期の作付期は 5～8 月、収穫月は主に 11～1 月であり、乾期の作付期は 11～1 月、収穫期は 3～5 月であった。

緯度・経度は、OAE では圃場ごとの位置情報を保有しているものの、個人情報保護の観点から提供が認められなかったため、貸与された緯度・経度は、坪刈圃場の位置ではなく坪刈圃場が属する郡の代表地点である。

水稻の種類は、もち米 (Sticky rice)、うるち米 (Non sticky rice) および不明 (No information) からなる。

田植方法は、湿田直播 (Wet Broadcasting)、乾田直播 (Dry Broadcasting)、移植 (Transplanting)、湿田ドラム式直播 (Wet Drum Seeding)、その他 (Other) 及び不明 (No Information) からなる。

作付面積は、坪刈調査圃場の畦畔含み面積である。

調整済み単収は、実単収となるよう平均単収を調整した値である。これは、次項（4）で明らかにしたとおり、収穫ロス率、水分含量調整（15 %）及び畦畔含み面積換算率²をかけた単収である。本事業では、この調整済み単収を坪刈データの解析対象とした。

貸与された坪刈調査データにおける調査実施年は 2008～2022 年であるが、2014 年と 2019 年は実施されていない。そのため、解析対象年は 12 年分となる。調査期間中に坪刈調査の対象となった県は全 77 県中 62 県であるが、年ごとに坪刈りの実施県は異なるため、各県における坪刈調査の実施件数は不均一である。坪刈調査の対象圃場は雨期の方が多く、乾期に調査されなくても雨期には実施される場合がある。坪刈調査は、同じ県内においても年ごとに異なった郡で実施されることが多い。図 3.4.5 に各年における坪刈圃場の位置を郡の代表点として示す。また、坪刈調査データには郡名が記載されているので、郡単位でまとめることができる。図 3.4.6 に郡ごとの坪刈データの時系列変化の事例を示す。

これらから、坪刈調査の対象圃場は統計調査的にランダムに配分されておらず、郡内においてもばらつきが大きく、郡間の時系列変化についても関係性が認められないことが読み取れる。

² 坪刈調査によって得られる単収は本地基準であるが、タイの作物統計における作付面積及び収穫面積は畦畔含みの面積であるため、公表値と比較する際には畦畔含み基準に換算する必要がある。

Khon Kaen(雨期)

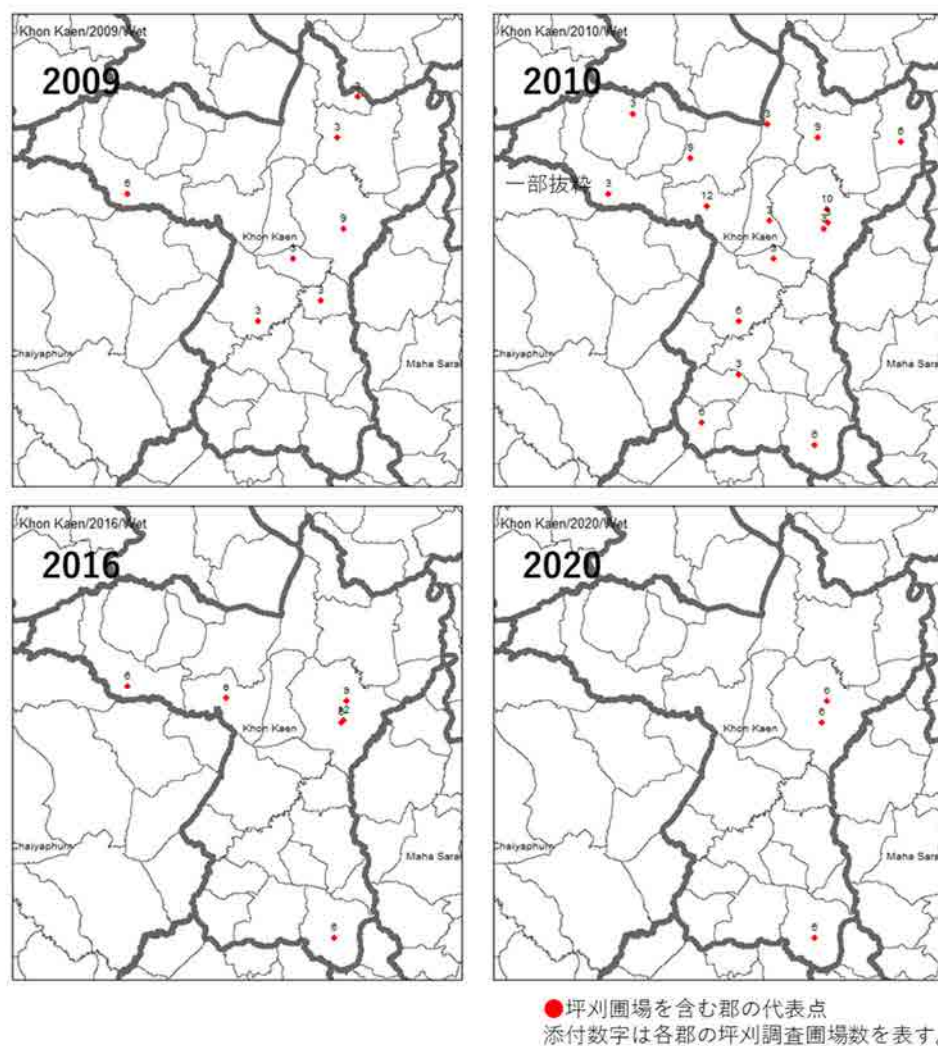


図 3.4.5 毎年異なる坪刈圃場の位置（郡）の例（Khon Kaen 県）

Khon Kaen(Wet)

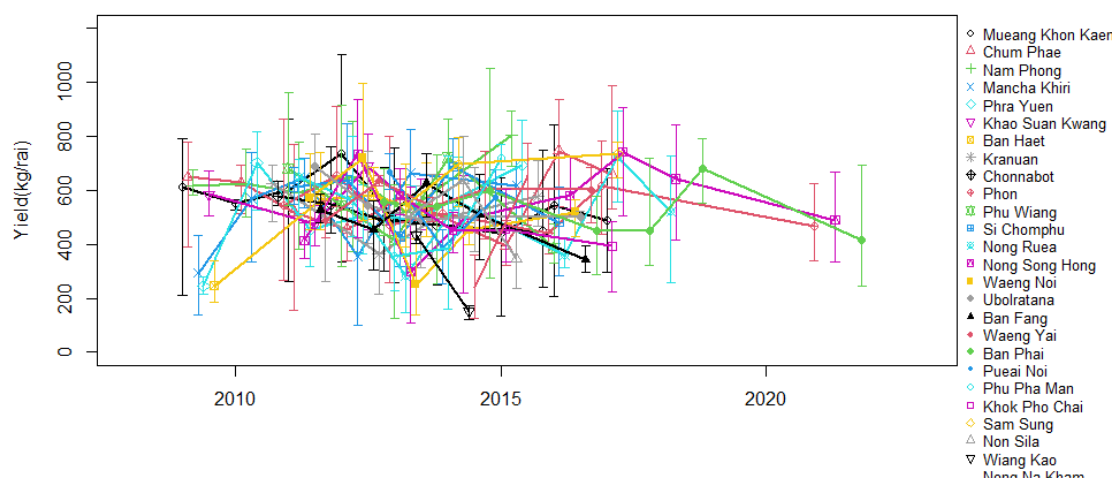


図 3.4.6 郡ごとの坪刈単収の経年変化（Khon Kaen 県、雨期作）

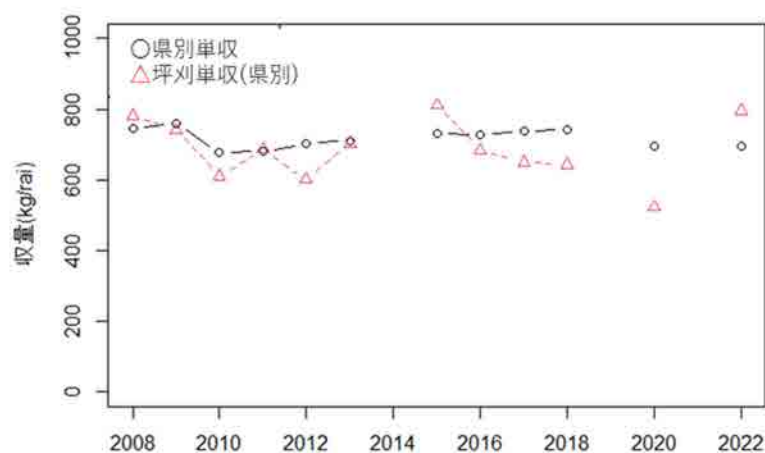
c. 県別単収（公表値）と坪刈単収の関係性

OAE によれば、県別単収（公表値）は農家からの聞き取り調査に基づき推計されており、実測調査によって得られた坪刈単収は、公表値作成のための参考値と位置付けられているとのことである。坪刈調査は、前項（3）b のとおり統計調査的には適切な標本配分がなされていないため、県を代表するデータとみなすことはできない。ただ、両者を時系列に並べた事例（図 3.4.7 参照）からは、差異の大きい県（例：Lampang 県）がある一方で、県別単収と坪刈単収（県内のすべてのデータの平均値）が近似している県（例：Suphan Buri 県）もあることが見てとれる。

このため、本事業の目的として、多様な予測手法を検討することが望ましいことや、坪刈単収を活用可能な県があると想定されることから、目的変数とする単収は、県別単収、坪刈単収（県集計値）及び坪刈単収（圃場ごと）の 3 通りを考察することとした。

比較的一致している例

Suphan Buri



一致していない例

Lampang

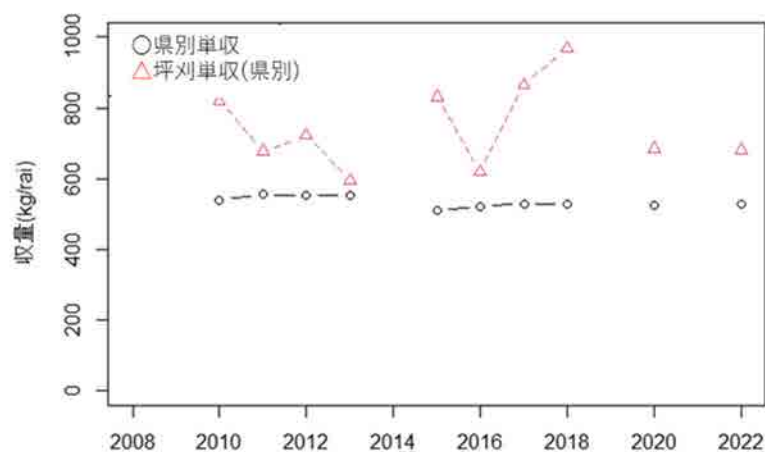


図 3.4.7 県別単収と坪刈単収（県別）の比較の例（Suphan Buri 県と Lampang 県、雨期作）

(4) 現地調査

現地の様子を詳細に把握したうえで水稻作柄推定プロトタイプモデルを構築するため、12月5～9日（移動日含む）に現地調査を実施した。この現地調査により、前項(3)bに記載したOAEからの入手データの内容を確認することができた。

12月6日は、OAE会議室において、農林水産省担当者（web参加）、OAE、AFSIS事務局及び当財団が参加した共同研究会議を開催した。農林水産省担当者から本事業の概要の紹介後、当財団から本事業の技術的な検討方針の説明、本年度事業の実施現状と今後の予定を説明し、OAEから県別公表値の作成方法と坪刈調査の手法を聴取し、質疑応答を行った。

12月7日は、雨期作の天水田、乾期作の灌漑水田における坪刈調査の実態を把握するため Chai Nat 県で現地視察を実施した。OAE 現地調査員に実際に坪刈りの実演を実施してもらい、坪刈データの取得方法を確認した。現地の様子を図 3.4.8 に示す。また、現地にある ALC（Development of Agricultural Learning Center）にも聞き取り調査を実施し、ALC から持続可能で環境に配慮した農業の取り組みについて説明してもらい、当財団からは本プロジェクトの実施概要と今後の展望について説明した。



図 3.4.8 坪刈調査の実演の様子

12月8日には再び OAE、AFSIS 事務局および当財団による総括および質疑応答を行った。

以上の現地調査を通じて、タイにおける水稻の県別単収の把握方法について、以下の事項を確認した。

タイの作物統計調査は、全国の農家を母集団とするリストフレームから、県を設計単位とし、村、農家を抽出する確率比例抽出法による聞き取り調査の結果を主に利用している。本調査は、まず、タイ全国の農地の生産性を総合的に評価し、圃場ごとに3クラス（S1、S2、S3）に分類したうえで、村の中の圃場で最も多いクラスを村のクラスと定義する。各県における村の選択は、S1～S3 ごとの圃場面積ウェイトで確率比例抽出する。村の抽出後に行われる農家の選択は、村にある農家を一定数単純無作為抽出によって選択する。このリストフレーム調査では、雨期作で約1,200～1,300 村、乾期作では約 800 村が抽出される。各村では最大 6 農家が抽出される。OAE の現地調査員は抽出された農家に対し聞き取りの手法で調査を実施する。

一方、坪刈調査は、1995 年から実施された JICA プロジェクトにより導入された手法を踏襲し、聞き取り調査とは別系統の調査として、確率比例抽出法により村から農家を抽出し、調査圃場を単純無作為抽出するとの説明を OAE から受けた。しかしながら、現在は調査の実施効率を重視した有意的な調査対象圃場の選定がなされていると考えられる（前項（3）c 参照）。

坪刈調査の対象作物は、コメを含む 5 品目（コメ、トウモロコシ、キャッサバ、大豆、パイナップル）であるが、対象品目は県単位で年ごとに 2 品目を決定することから、コメの坪刈調査のデータは年ごと、県ごとに調査対象数が異なることとなる。

調整済み単収は、平均単収に収穫ロス率、水分含量調整（15%）及び畦畔含み面積換算率をかけた単収である。収穫ロス率や畦畔含み面積換算率は、経年的に大きな変動は無いため、県毎に同じ値を利用している。調査員が実際に坪刈調査を行うときは、協力農家に実施日の 1 カ月前から連絡を取り、生育状況を確認し、坪刈調査は農家が収穫する約 1 週間前に実施している。

公表値の作成にあたっては、農家からの聞き取り調査の結果をベースに、実測を伴う坪刈調査の結果や各種情報の収集を参考に OAE 内での検討会によって決定される。

(5) 水稲作柄予測手法のプロトタイプ作成

水稲作柄予測手法の検討にあたっては、目的変数を県別単収、坪刈単収（県別）及び坪刈単収（個別）に（前項（3）c 参照）、説明変数を JASMAI からの気象データとする回帰分析の手法でプロトタイプを構築することとし、非線形モデルとして一般化加法モデル（GAM）を採用した。既存の知見では、収量と気象要因は、必ずしも線形的な関係ではなく、非線形的にあらわされることが知られている。一方、事前に線形性と非線形性のどちらが適しているかは分からない。そこで、線形だけでなく非線形も同時に表すことができる GAM を採用することとした。GAM は、農林水産省統計部が国内の水稲単収予測への適用が検討しているなど、実現可能性が高いと想定される手法である。

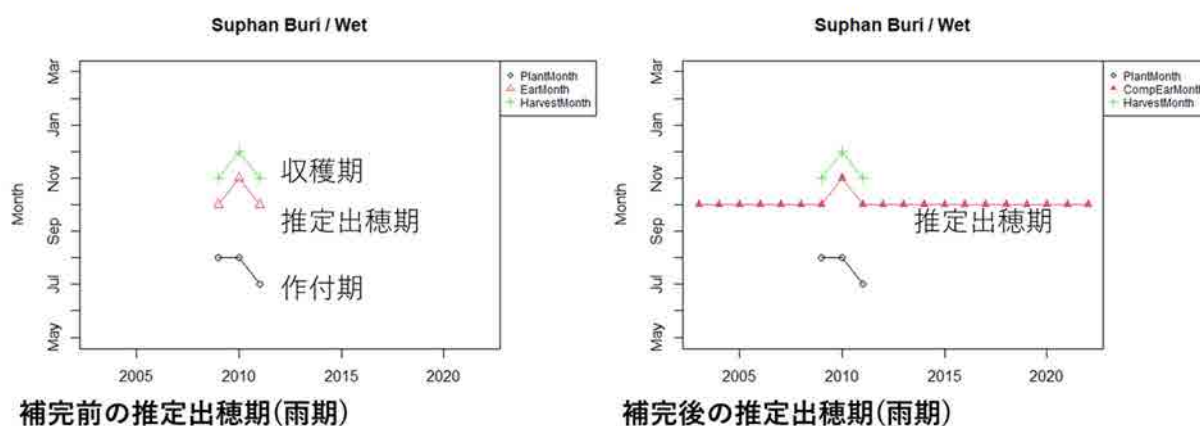
なお、GAM ではデータ数が少数の場合、非線形モデルを構築できないため、当該県のモデルを構築する際には、その周辺の県のデータも活用することによって、データ数を確保した。本年度事業では、採用する周辺の県は、当該県からの距離に近い順に 10 県とした。また、周辺県のデータをモデルに組み込むときは、距離が近いほど重みが付くように、重み付けをしたモデルとした。

説明変数となる気象データについては、検討委員からの助言と、担当部署との協議の結果、単収の収量構成要素に影響する気象項目として、気温（地表面温度）と日照（日射量）を選択した。水稲の生育は栄養生長期と生殖生長期に区分できるが、これらの気象項目が単収に影響を与える時期と期間は異なる。このため、出穂期を便宜的に両期間の境界点として気象データの採用範囲を設定することとし、出穂前は作付時期の多様性から 2 カ月前まで、出穂後は 1 カ月後までとした。ただし、県によっては出穂前のどの時期が最も収量に影響するか明確ではないことから、出穂 2 カ月前のデータセットと出穂 1 カ月前のデータセットを別々の説明変数としてモデルを構築した。なお、出穂 1 か月前及び 1 か月後のデータセットは収量に確実に影響すると想定し、必ずモデルに含めることとした。そのため、2 カ月前の地表面温度と日射量を含めるモデルと含めないモデルを構築し、その精度を比較することにより、最終的に最も精度の良い説明変数の組み合わせを採用した。また、雨期作では、増収要因として作付期から出穂最盛期までの積算降水量が知られていることから、この物理量もモデルに組み込んだ。乾期については灌漑水田が主であると仮定し、推定モデルには積算降水量は組み込んでいない。

また、雨期作の減収要因として、栄養生長期における洪水と干ばつを想定し、雨期初期（4～7 月、まだ雨量がそれほど多くない）の最大雨量を説明変数に加えた。最大雨量が大きければ、干ばつの影響は少ないが、洪水の影響は多く、小さければ、干ばつの影響が多く、洪水の影響は少ないと想定した（なお、8 月から 11 月は通年雨量が多いため、減収要因の検討から除外した）。

なお、県別単収の現地データを見ると、一定の割合で増加傾向が認められる県もあることから、年と単収の相関係数が 0.8 以上の場合、年トレンドを説明変数に加えた。なお、GAM においては、説明変数ごとに、線形的に解析するか、非線形的に解析するかを設定できるが、説明変数としての年トレンドは、線形的な解析とした。

本モデルでは出穂最盛期の情報が重要な鍵となるが、OAE から入手した情報には出穂最盛期に関するデータは無く、それに関連する情報としては坪刈調査における作付期と収穫期のみである。このため、本事業においては、雨期作は日長感応性の高い品種（日長が短い季節に出穂する品種）が主であり県内の出穂期は比較的揃うと想定した上で、雨期の県別の出穂期は坪刈データ（年毎に数十から百数十地点、ただし坪刈調査が実施されていない県もある）に記載された収穫期（月単位の記載）の最頻値から日積算温度 900 度になる月と仮定した。なお、雨期の収穫期が記載された期間は 2009 年から 2011 年の 3 年間のみであり、収穫期の最頻値は最大 3 年間しか得られなかったことからほぼ同じとなった。但し、年ごとに異なる場合はその年の最頻値を採用した。欠測年については、全データの最頻値で補完した。JASMAI データは半月単位のデータであるが、収穫期は月単位の記載なので、出穂期は月単位の推定とした。県単位の坪刈データが全く無い場合は、坪刈データがある周辺 5 県の最頻値を採用した。雨期において推定した出穂期の模式図を図 3.4.9 に示す。



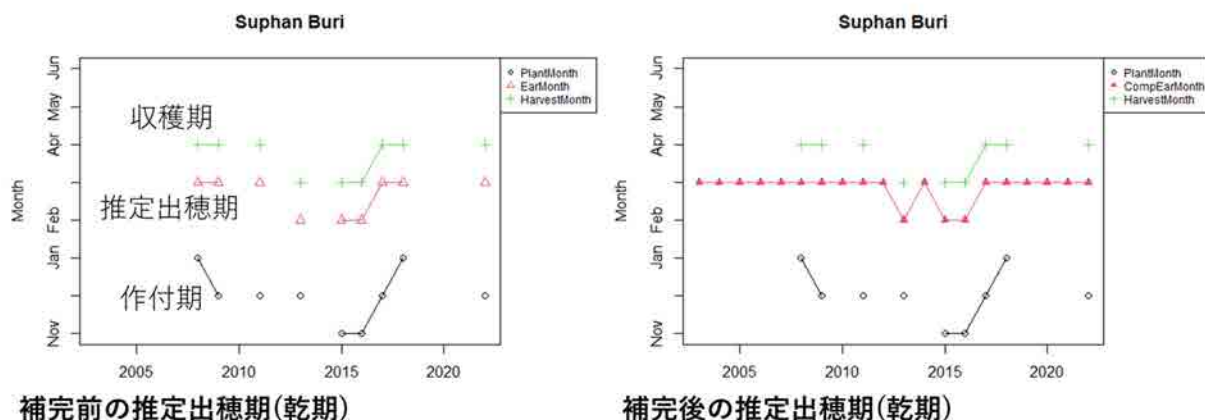
収穫期から遡って日積算気温900度になる月を推定出穂期とした。

ただし、坪刈調査に雨期の収穫期が記載されているのは最も多い年でも2009～2011年の3年間のみ。

坪刈調査が無い年は、全坪刈データの収穫期から求めた推定出穂期の最頻値を用いた。

図 3.4.9 雨期の作付期・収穫期と推定出穂期

乾期作では日長感応性の低い品種（作付からの積算気温で出穂する品種）が主であると想定し、出穂期は県内の坪刈データ（年毎に数十から百数十地点、ただし坪刈調査が実施されていない県もある）に記載された収穫期（月単位の記載）の最頻値から 1 か月前とした。これは、雨期作と同様に日積算気温で推定すると出穂期と収穫期の間隔が 1 か月未満になる県が多数あり、現実的な登熟期間が取れなくなるため、収穫期の 1 か月前を乾期の出穂期としたものである。なお、この結果は坪刈データに記載された移植期から収穫期までの長さ、移植期からの積算気温による検討の結果、調整した結果である。乾期において推定した出穂期の模式図を図 3.4.10 に示す。



補完前の推定出穂期(乾期)

収穫期から1か月前を推定出穂期とした。

補完後の推定出穂期(乾期)

坪刈調査が無い年は、全坪刈データの収穫期から求めた推定出穂期の最頻値を用いた。

図 3.4.10 乾期の作付期・収穫期と推定出穂期

なお、今後、プロトタイプモデルの精緻化を図るためには、出穂最盛期を特定するため現地の情報を収集し適切な積算気温を設定するか、圃場レベルの目視確認等の積算気温を用いない別の手法を更に検討する必要がある。

収穫期の最頻値は解析期間の 20 年間でほぼ同じであるが、年ごとに異なる場合もあったことから、その場合はその年の最頻値を採用した。ただし、坪刈データは欠測が多いため、収穫期の最頻値が欠測している場合は、欠測年は全データの最頻値で補完した。なお、JASMAI データは半月単位のデータであるが、収穫期は月単位の記載なので、出穂期は月単位の推定とした。県に坪刈データが無い場合は、坪刈データがある周辺 5 県の最頻値を採用した。

目的変数となる単収については、将来的に衛星データのみによる水稻収穫量把握を念頭に置き、面積把握の活動を進めている JAXA の INAHOR との整合性のとれた単収データを設定する必要がある。INAHOR から推定される水稻面積は、作付面積（収穫面積ではない）とみなされることから、単収は「作付面積 1rai 当たり収量、単収（作付面積基準）」のみとすることも考えられたが、「収穫面積 1rai 当たり収量、単収（収穫面積基準）」の生産計画立案等における重要性を考慮し、県別単収は単収（作付面積基準）と単収（収穫面積基準）の両方を活用した。また、坪刈単収(県別)は、県内にある坪刈圃場の単収の平均値とした。

以上より構築した、県別単収及び坪刈単収（県別）のプロトタイプモデルの概要を図 3.4.11 に示す。

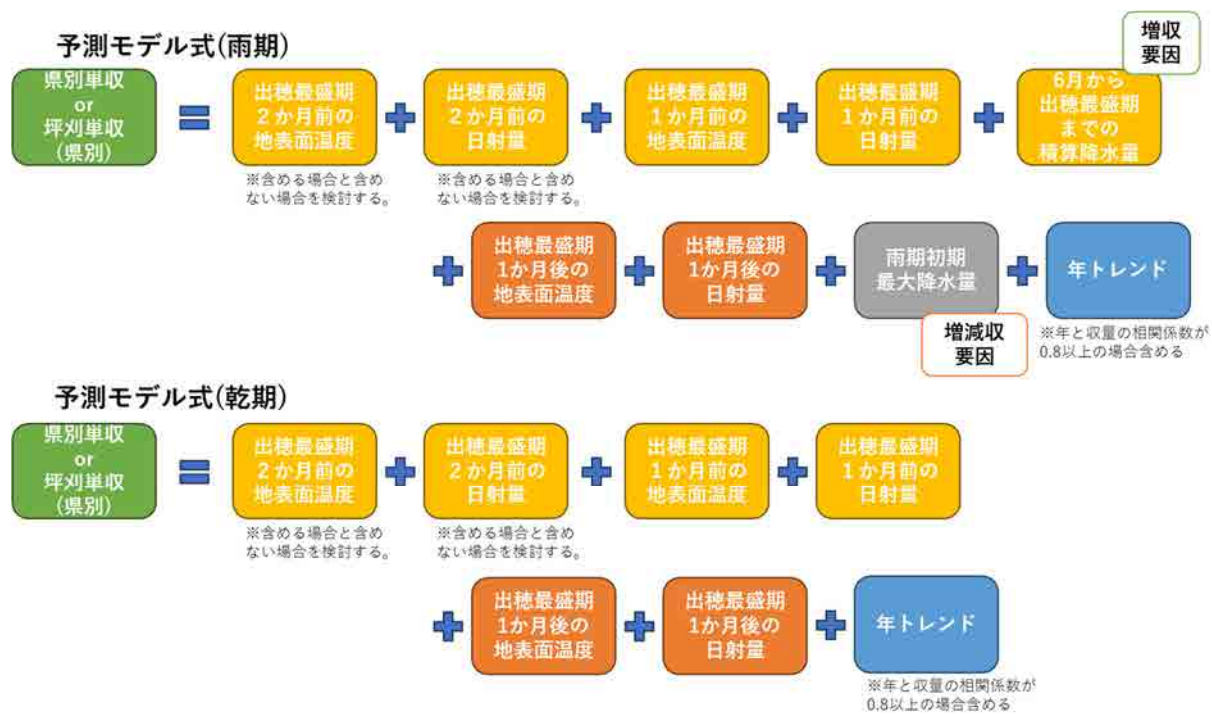


図 3.4.11 県別単収および坪刈単収（県別）のプロトタイプモデル

次に、坪刈単収（個別）に対するプロトタイプモデルを、県別単収等に準じて構築した。坪刈単収（個別）における留意点は次のとおりである。県内には多くの坪刈データがあるため、GAMによるモデルは県別単収のモデルと同様に県ごとに構築した。目的変数は、坪刈圃場ごとの単収とした。説明変数の選定根拠となる出穂期は、乾期、雨期とも収穫月と積算気温から、県別単収モデルと同じ手法で推定した。本来であれば、坪刈データの中にある、県毎や郡毎、水稻種類や作付状況などによって、水稻は異なる特徴を持っていると想定すべきであり、モデル構築時には固定効果として、それらの情報を取り入れるべきであるが、本事業では、説明変数の固定効果として、「県名」と「水稻種類」（もち米、うるち米及び不明）を設定した。坪刈データの中には「郡名」や「作付方法」などあるものの、場合分けするとモデル構築のためのデータ数が十分に確保できなかったため本事業ではモデルに含めなかった。このことから、坪刈単収（個別）のプロトタイプモデルでは、作付月や収穫月が同じ坪刈圃場が大半を占めるため、モデル構築に用いるデータの大半の JASMAI データは同じとなり、目的変数や県名・品種のみが異なるデータとなる。

以上より構築した、坪刈単収（個別）のプロトタイプモデルの概要を図 3.4.12 に示す。

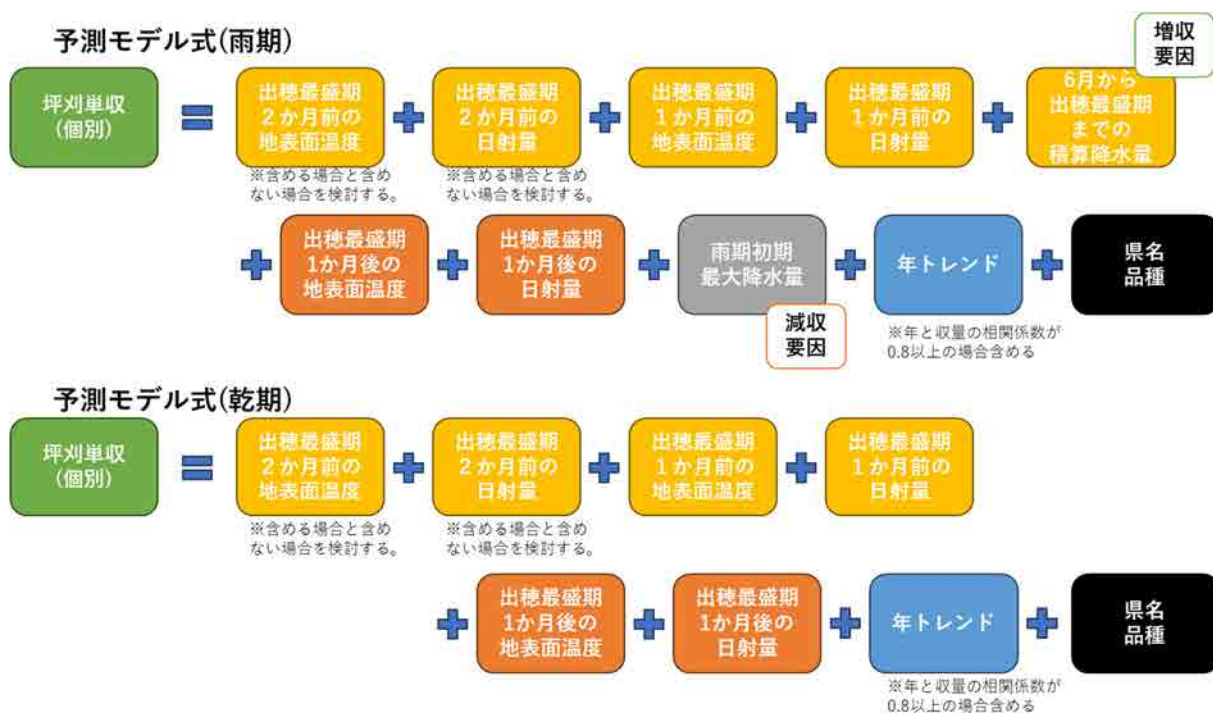


図 3.4.12 坪刈単収（個別）のプロトタイプモデル