

## ランダムフォレストを用いたマンゴー果実の収量推定と灌漑管理の影響評価 Use of random forests for estimating mango yields under different irrigation regimes

○福田信二<sup>1</sup>・Wolfram Spreer<sup>2</sup>・安永円理子<sup>3</sup>・弓削こずえ<sup>4</sup>・Vicha Sardsud<sup>5</sup>・Joachim Müller<sup>2</sup>

○FUKUDA Shinji<sup>1</sup>, SPREER Wolfram<sup>2</sup>, YASUNAGA Eriko<sup>3</sup>, YUGE Kozue<sup>4</sup>, SARDSUD Vicha<sup>5</sup>,  
MÜLLER Joachim<sup>2</sup>

**1. はじめに** タイは、世界有数のマンゴー (*Mangifera indica* L.) の生産国である。同国における輸出用品種である **Chok Anan** は、開花誘引等により一年を通じた収穫が可能だが、主要な生産期が乾季であることから、高収量かつ高品質な果実生産のためには作物要水量の不足分を灌漑する必要がある。本報では、異なる灌漑管理下で栽培したマンゴーを対象に、ランダムフォレストを用いて果実収量を推定し、水管理の影響を評価した結果について報告する。

**2. 栽培管理および収量データ** マンゴーの栽培実験は、タイ国チェンマイ市に位置する Mae Jo 大学実験圃場において 2005 年から 2007 年に実施された (Spreer *et al.*, 2007; 2009)。灌漑条件は以下の 4 パターンを設定し、灌漑水量は Mae Jo 大学における気象観測値と Penman-Monteith 式から求めた可能蒸発散量 ( $ET_0$ ) に基づいて計算した：コントロール (FI: 80%  $ET_0$ )；制限灌漑 (RDI: 40%  $ET_0$ )；部分根域灌漑 (PRD: 40%  $ET_0$ )；無灌漑 (NI)。マンゴーの収量は、各実験区とも実験対象の 196 本について個別にマンゴーの収量を計測した。本報では、300g 以上のマンゴーを輸出可能な果実と定義し (Spreer *et al.*, 2007)、輸出可能果実数 (図 1) および降水量と灌漑水量の 10 日間データを用いて、マンゴー果実の収量推定モデルを構築する。

**3. 収量推定モデルと解析方法** 本報では、降水量および灌漑水量からマンゴーの収量を推定するモデルを構築するために、ランダムフォレスト (Breiman, 2001) を使用した。マンゴーの収量には灌漑の有無にかかわらず大きなばらつきがみられたため (図 1)、本報ではマンゴー収量の最大値、平均値および最小値のそれぞれを推定するモデルを構築した。また、マンゴー収量に対する灌漑管理の影響を評価するために、モデルの入力変数を灌漑水量

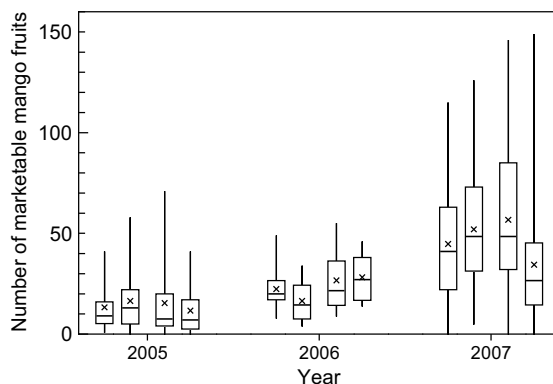


図 1 マンゴーの収量データ (輸出可能果実数) :  
図中の左から FI, RDI, PRD, NI.  
Fig. 1 Yield data on the number of marketable mango fruits

<sup>1</sup>九州大学熱帯農学研究センター Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University

<sup>2</sup>ホーエンハイム大学農業工学科 Institute of Agricultural Engineering, Universität Hohenheim

<sup>3</sup>東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

<sup>4</sup>九州大学大学院農学研究科 Faculty of Agriculture, Kyushu University

<sup>5</sup>メーファールアン大学アグロインダストリー学部 School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University

キーワード：アグリインフォマティクス、機械学習、水管理、灌漑、輸出可能果実数

と降水量の組合せにより設定した：降水量（R）モデル；灌漑水量（I）モデル；降水量と灌漑水量（RI）モデル；総水量（TW）モデル。以上のモデルは、全て 3-fold cross validation によってモデルの構造を決定した。

本報では、マンゴー収量の実測値と推定値の相関係数（COR）と Nash-Sutcliffe efficiency（NSE）を用いてモデルの再現性を評価した。

**4. 結果と考察** ランダムフォレストにより、マンゴー果実の収量を精度良く再現できることが明らかになった（図 2、表 1）。果実収量の最小値は再現性がやや低い結果になったが、これは収量の最小値が灌漑水量や降水量以外の要因

（例えば、気温や日射量等）によって決定づけられる可能性を示唆している。また、最良モデルの結果から（表 1 の太字部）、灌漑と降雨のそれぞれがマンゴーの果実収量の推定において重要な要因であることが示唆された。さらに、ランダムフォレストにおける変数の重要性の解析結果から、灌漑および降雨のタイミングが重要であることが明らかになった。この結果は、既往の知見を定量的に再現しており、本アプローチの妥当性が示唆された。

以上のような灌漑および降雨と作物収量との関係は、降雨パターンや品種等により大きく異なることが予想される。そのため、最適灌漑スケジューリングを策定するためには、異なる地域や品種ごとにデータを集積することが必要である。

**5. おわりに** 本報では、ランダムフォレストを利用して、灌漑水量と降水量からマンゴー収量の推定モデルを構築した。結果として、マンゴー収量が高精度で推定できることが明らかになった。今後は、本結果に基づいて、収量の増大に向けた灌漑スケジューリングに関するシナリオ分析等を実施する予定である。

参考文献：Breiman, L. (2001): Random forests. *Mach. Learn.* 45, 5–32. Spreer, W., Nagle, M., Neidhart, S., Carle, R., Ongprasert, S., Müller, J. (2007): Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. ‘Chok Anan’). *Agric. Water Manage.* 88 (1–3), 173–180. Spreer, W., Ongprasert, S., Hegele, M., Wünsche, J.N., Müller, J. (2009): Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica*, L., cv. Chok Anan) under different irrigation regimes. *Agric. Water Manage.* 96, 574–584.

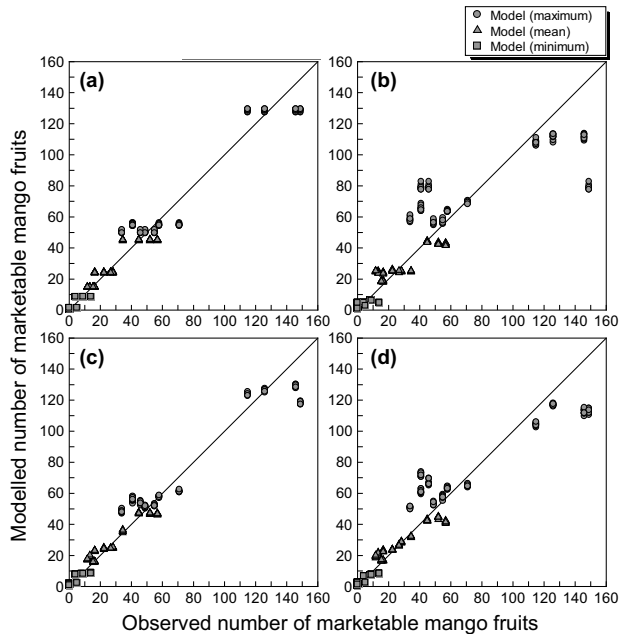


図 2 輸出可能果実数の再現結果  
Fig. 2 Estimation results on the number of marketable mango fruits

表 1 果実収量推定モデルの再現性  
Table 1 Model accuracy for yield estimation

評価指標	果実収量	R	I	RI	TW
COR	Maximum	0.959	0.771	<b>0.962</b>	0.947
		±0.000	±0.003	±0.002	±0.004
	Mean	0.926	0.893	<b>0.964</b>	0.963
		±0.000	±0.006	±0.001	±0.003
	Minimum	0.843	0.638	0.881	<b>0.893</b>
		±0.000	±0.004	±0.003	±0.004
NSE	Maximum	<b>0.910</b>	0.511	0.896	0.768
		±0.003	±0.009	±0.004	±0.009
	Mean	0.850	0.707	<b>0.900</b>	0.825
		±0.003	±0.010	±0.005	±0.008
	Minimum	0.709	0.369	<b>0.755</b>	0.738
		±0.001	±0.003	±0.005	±0.008