



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	害虫発生予測における気象データの利用手法と予測精度に関する研究 [全文の要約]
Author(s)	菅場, 互起
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第15300号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89886
Type	doctoral thesis
File Information	Kayaba_Nobuyuki_summary.pdf



学位論文内容の要約

博士の専攻分野の名称： 博士（農学）

氏名 萱場 亙 起

学位論文題名

害虫発生予測における気象データの利用手法と予測精度に関する研究

気候変動や地球温暖化が害虫の発生の早期化、発生量の増加、発生地域の拡大に影響し、農作物の虫害被害が増大している。害虫の適期防除の徹底が求められ、都道府県の病虫害防除所では害虫発生の予測情報を提供している。害虫発生予測は、昆虫の発育の気温に対する反応を折れ線モデル（ f ）で近似し、1時間ステップで反応を積算する有効積算温度法で行われる。発生予測には、予測当日以前の気温履歴と、その後の未来期間の気温データが必要である。履歴については特別観測値（ T ）が使用されるが、観測値が存在しない未来期間には平年値（ \bar{T} ）が使用されてきた。近年は気温の予測値も利用されるようになった。しかし、 \bar{T} は30個の T の平均値であるため、また気温予測値は一般に日平均値や7日平均値などであるため、値の分散が特別観測値の分散より小さい。このため、 T と \bar{T} が f の折曲点を中心として分布する場合、 $f(T)$ と $f(\bar{T})$ の積算値は一致しない。これが \bar{T} を用いる発生予測の誤差（系統誤差）の要因となる。このように、害虫発生予測の精度は、使用する気温データの種類に影響されるが、この点に関する研究例は無かった。本研究はこの問題に注目し、害虫発生予測の未来期間に各種の気温データを使用した場合の誤差を解析するとともに、予測誤差を低減する方法を開発し、その効果を検証することを目的とする。水稻の重要害虫であるアカスジカスミカメとトビイロウンカの、それぞれ岩手県盛岡市と福岡県太宰府市における孵化日予測を対象とした。未来期間に使用する気温データとして、従来から用いられてきた平年値、近年利用されるようになった気温予測値、さらに今後利用の可能性のあるアンサンブル予測値を対象とした。

1. 未来期間に平年値を使用する場合の予測精度とその改善方法

・方法

有効積算温度の1日あたり増分（ D ）について検討した。平年的な気温条件で期待される D として、従来方法（方法A）では \bar{T} をモデル f に入力して D の平年値（ \bar{D}' ）が計算される。しかし、この方法だと前述の誤差が発生する。そこで、まず特別観測値を入力して D を求め、それを30年間平均することにより D の平年値（ \bar{D} ）を求める方法（方法B）を開発した。盛岡では $\bar{D} > \bar{D}'$ 、太宰府では $\bar{D} < \bar{D}'$ となる傾向が認められた（図1-1）。これは盛岡では気温がアカスジカスミカメの発育零点（この温度以下で発育は停止）、太宰府ではトビイロウンカ発育停止温度（この温度以上で発育は停止）付近となるが多いためである。過去30年間の毎年について、方法Aと方法Bにより孵化日の予測シミュレーション（約2週間間隔で、各年4回の予測）を実施した。観測孵化日（特別観測気温を使用した孵化予測日）からの平均誤差（ME）すなわち系統誤差を比較した。

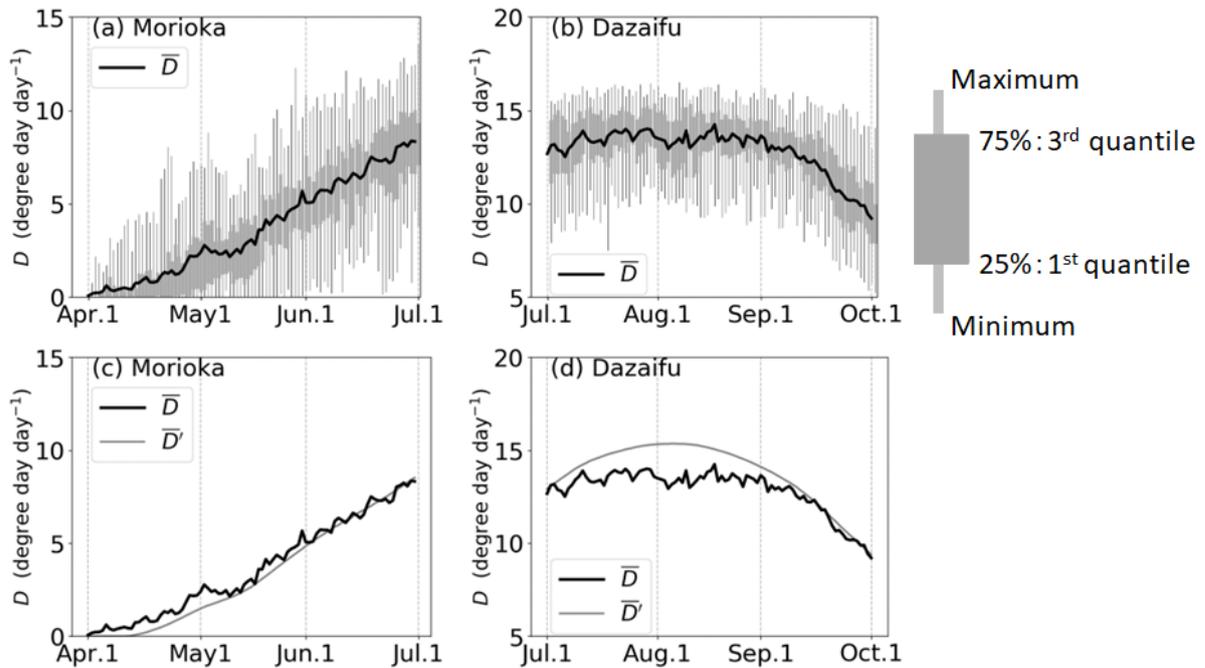


図 1-1 有効積算温度の日増分 (degree day day⁻¹)

\bar{D} : 有効積算温度の日増分の平年値

\bar{D}' : 特別平年値から求めた有効積算温度の日増分

(a)は、盛岡（アカスジカスミカメ）の1991年から2020年（各30年）の D を箱ひげ図で示し、その平均 (\bar{D}) と一緒に示した。

(b)は、太宰府（トビイロウンカ）の1991年から2020年（各30年）の D を箱ひげ図で示し、その平均 (\bar{D}) と一緒に示した。

(c)は、盛岡（アカスジカスミカメ）の \bar{D} と \bar{D}' の比較

(d)は、太宰府（トビイロウンカ）の \bar{D} と \bar{D}' の比較

・ 結果

盛岡と太宰府における、孵化日のそれぞれ約60日、45日前の予測では、方法BのMEは方法Aよりそれぞれ6日、3日小さかった。以上から、平年的な気温条件を仮定した発生予測には、方法Aよりも方法Bが精度が良好であることを明らかにした(図1-2、図1-3)。

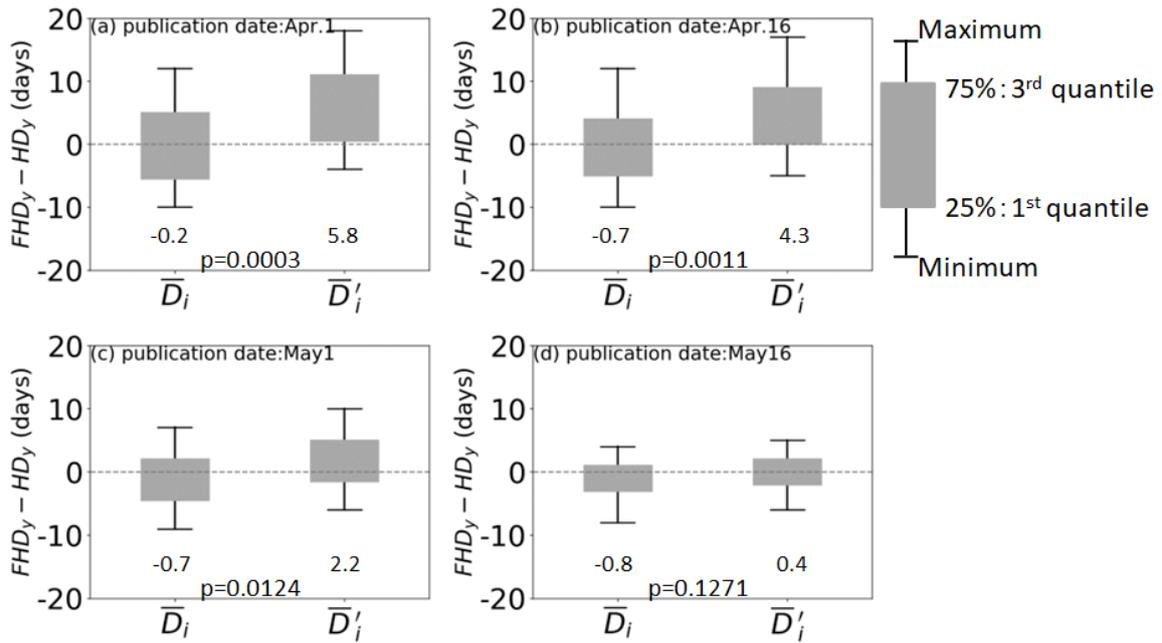


図 1-2 予測孵化日と孵化日の差 ($FHD_y - HD_y$) (盛岡のアカスジカスミカメ)

発表日は、(a)4月1日、(b)4月16日、(c)5月1日、(d)5月16日。

\bar{D}_i : 有効積算温度の日増分の平年値を用いた場合

\bar{D}'_i : 特別平年値から求めた有効積算温度の日増分を用いた場合

1991年から2020年における30年間の値を箱ひげ図で示した

箱ひげ図の下の数値は平均誤差 (ME)

データ数 $n=30$ 。

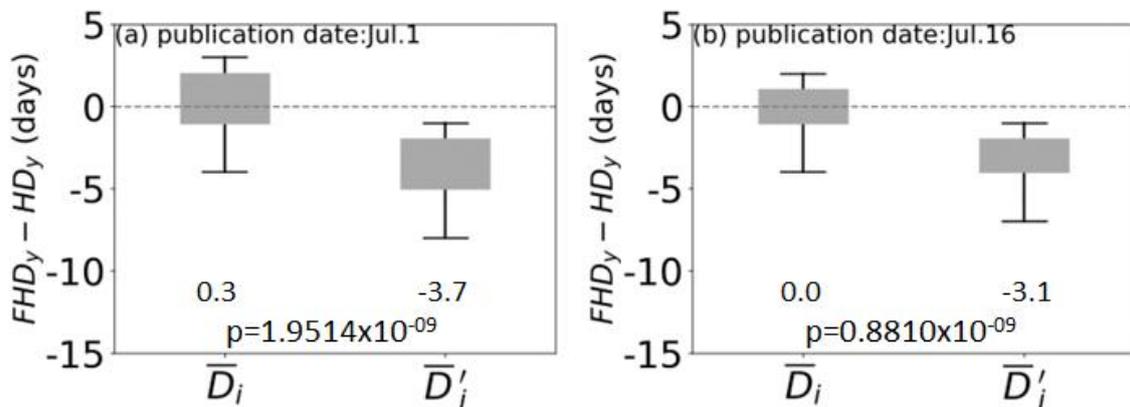


図 1-3 予測孵化日と孵化日の差 ($FHD_y - HD_y$) (大宰府のトビイロウンカ)

発表日は、(a)7月1日と(b)7月16日。

1991年から2020年における30年間の値を箱ひげ図で示した。

箱ひげ図の下の数値は平均誤差 (ME)。

データ数 $n=30$

2. 未来期間に気温予測値を使用する場合の予測精度とその改善方法

・方法

害虫発生予測を行う日において、気象予報が今後（未来期間）の高温を予測する場合、この予測を考慮して発生予測を行うと予測精度の向上が期待できる。農研機構のメッシュ農業気象情報システム（AMGSD）が蓄積する気象庁のデータから、過去 10 年間の気温の予測値（予測当日から 26 日先まで）と観測値を取得した。気温予測値の特徴を解析したところ、26 日先までの平均気温の予測値と観測値には有意な相関関係が認められたが、日別気温の標準偏差は予測値が観測値を下回っていた。このデータにより、過去 10 年間の孵化日予測シミュレーション（約 2 週間間隔で、各年 4 回の予測）を実施した。気温予測値は主に日別値や 5 日間または 7 日間平均値（予測当日からの経過日数により異なる）であり、その値をそのままモデル f に入力する従来方法（方法 C）では D の評価に前述の系統誤差が生じる。この誤差を低減するため次の方法（方法 D）を開発した：過去 30 年間のデータを使用して特別気温から計算した D と、その日の日平均気温と対応づける回帰式（Td-D 関係式）を求め、日別の気温予測値に Td-D 関係式を適用して D を評価する。そのほか「三角法」により日最高・最低気温から特別気温を推定して D を評価する従来方法（方法 E）、さらに前節で示した方法 B の各方法で孵化日予測を実施した。

・結果

盛岡（アカスジカスミカメ）では、孵化の約 30、45、60 日前の予測では、気温予測値を使用する方法（方法 C、D、E）より、平年値を使用する方法 B の二乗平均誤差（RMSE）が小であった。これは、方法 C だけでなく方法 D、E を用いても気温予測値の分散の小ささに起因する系統誤差が生じたからである（図 2-1）。孵化約 15 日前の予測（病害虫防除所での予測発表はこの頃行われる）では、方法 D の方が方法 B より RMSE が小さく（図 2-2）、気温予測値を使用する効果が認められた。しかし、大宰府（トビイロウンカ）では、気温予測値の使用による誤差低減効果は認められなかった。

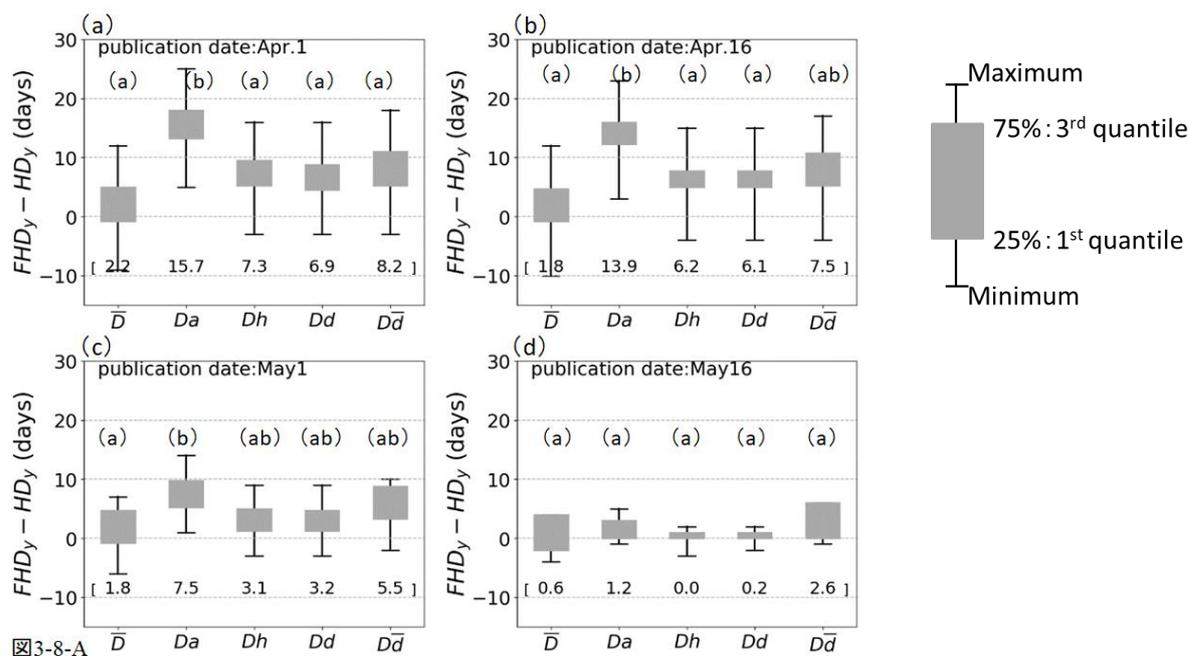


図 2-1 予測孵化日と孵化日の差 ($FHD_y - HD_y$) 盛岡のアカスジカスミカメ孵化日予測

2011 年から 2020 年における 10 年間の値を箱ひげ図で示した。箱ひげ図の第一四分位数と第三四分位数は、それぞれ 25、75 パーセントイルを示す。

箱ひげ図の下の数値は平均誤差 (ME) を示す。

箱ひげの上の a、b は、同じ文字であれば tukey 法で有意な差は無い (信頼度 0.05)

\bar{D} : D の平年値を用いた結果。

D_a : AMGSD (日別値) で計算した有効積算温度の日増分による結果

D_h : AMGSD と三角法による時別気温で計算した有効積算温度の日増分による結果

D_d : AMGSD (日別値) と Td-D 関係式で計算した有効積算温度の日増分による結果

$\bar{D}\bar{d}$: AMGSD の平年値と Td-D 関係式で計算した有効積算温度の日増分による結果

発表日は、(a) 4 月 1 日、(b) 4 月 16 日、(c) 5 月 1 日、(d) 5 月 16 日。

n=10 だが、(d) は n=9 (2015 年が到達日に達しているため)

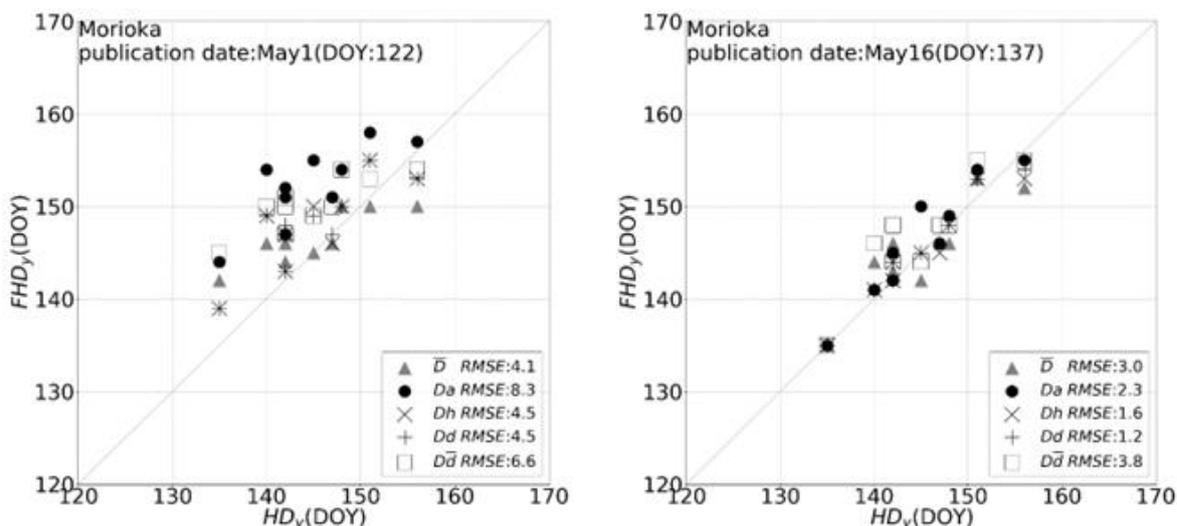


図 2-2 予測孵化日 (FHD_y) と孵化日 (HD_y) の関係
(盛岡のアカスジカスミカメ孵化日予測、2011 年から 2020 年)

\bar{D} : D の平年値を用いた結果

D_a : AMGSD (日別値) で計算した有効積算温度の日増分を用いた結果

D_h : AMGSD と三角法による特別気温で計算した有効積算温度の日増分による結果

D_d : AMGSD (日別値) と Td-D 関係式で計算した有効積算温度の日増分による結果

$D_{\bar{d}}$: AMGSD の平年値と Td-D 関係式で計算した有効積算温度の日増分による結果

発表日は、左図は 5 月 1 日、右図は 5 月 16 日。

データ数 $n=10$ だが、(右図) は $n=9$ (2015 年が到達日に達しているため)

3. 未来期間に数値予報アンサンブルデータを使用する場合の予測精度

・方法

約 1 ヶ月先までの 3 時間間隔の気温を予測する「1 か月予報アンサンブルデータ」と、約半年先までの日別気温を予測する「長期予報アンサンブルデータ」の、過去 30 年間の「ハインドキャストデータ」を使用した。1 つのアンサンブルデータは複数のメンバーで構成される。1 か月アンサンブルデータの 34 日間平均予測気温には観測値と有意な相関が認められたが、特別値の標準偏差は観測値の標準偏差に比べて小であった。1 か月アンサンブルデータを空間・時間内挿して、盛岡と太宰府のアメダス地点における特別データを作成し、孵化日予測シミュレーション (約 2 週間間隔で、各年 4 回の予測) を実施した。全アンサンブルメンバーの平均値を使用する方法 (方法 F) と、メンバー別に予測計算してその平均値を求める方法 (方法 G)、および前記の \bar{D} を用いる方法 (方法 B) による推定精度を比較評価した。

・結果

盛岡 (アカスジカスミカメ) では、方法 G と方法 B の ME が同等で、方法 F の ME よりゼロに近かった (図 3-1)。方法 F と方法 G の、孵化の約 30 日前の予測の RMSE は、方法 B の孵化の約 15 日前の予測 (病害虫防除所の予測がこれに該当) の RMSE と同等であった (図 3-2)。このことは、1 か月アンサンブルデータを使用すると、現在より約 2 週間早く、現在と同等の精度の発生予測を提供できる可能性を示している。しかし、このことは大宰府 (トビイロウンカ) では認め

られなかった。また、長期予報アンサンブルデータを利用しても、方法 B による予測以上の精度を得ることはできなかった。

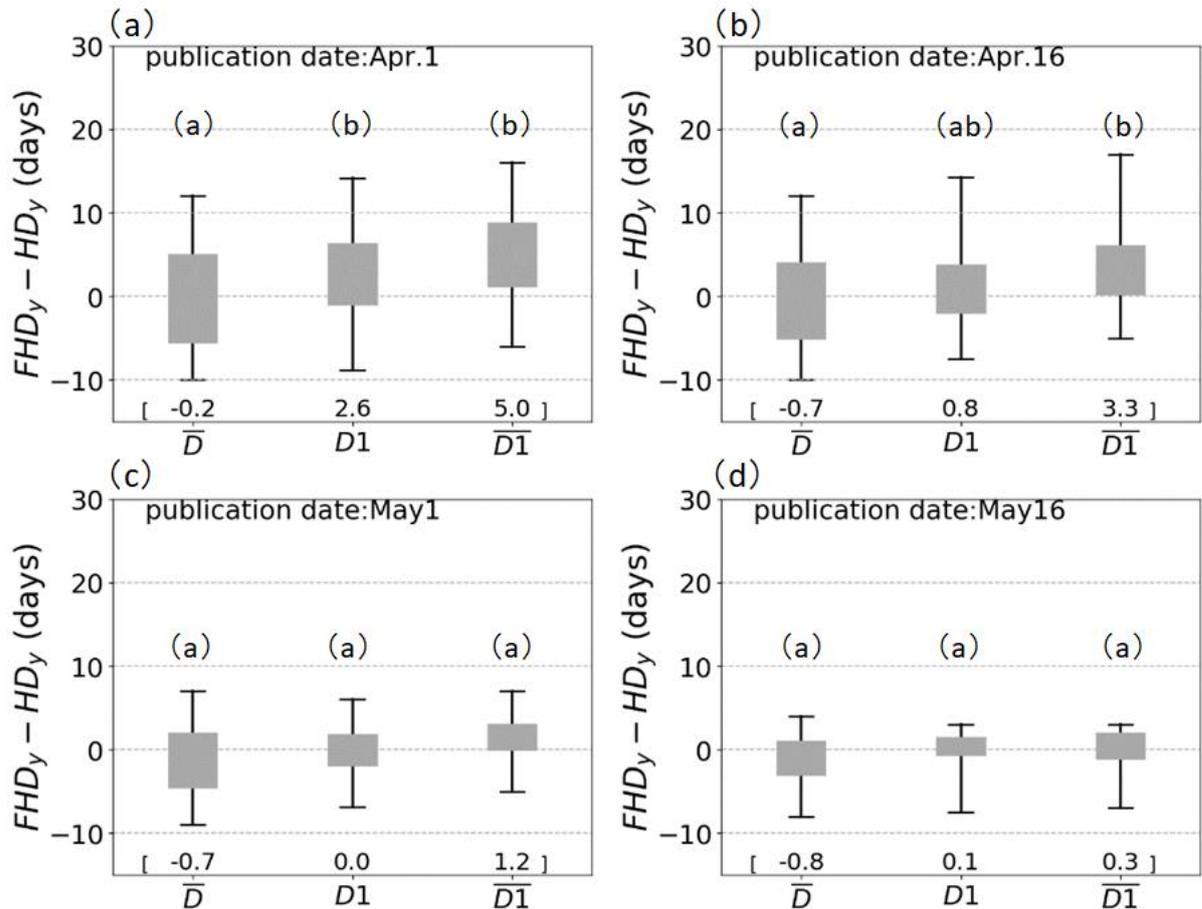


図 3-1 1 か月予報アンサンブルデータを用いた予測孵化日と観測孵化日の差 ($FHD_y - HD_y$)
盛岡のアカスジカスミカメ孵化日予測(1991 年から 2020 年)

箱ひげ図の第一四分位数と第三四分位数は、それぞれ 25、75 パーセントイルを示す。

箱ひげ図の下の数値は平均誤差 (ME)。

箱ひげの上の a、b は、同じ文字であれば tukey 法で有意差が無いことを示す (信頼度 0.05)。

発表日は、(a) 4 月 1 日、(b) 4 月 16 日、(c) 5 月 1 日、(d) 5 月 16 日。

\bar{D} : D の平年値を用いた結果

$D1$: 1 か月予報アンサンブルで計算した有効積算温度の日増分を用いた結果

$\bar{D1}$: 1 か月予報アンサンブル平均で計算した有効積算温度の日増分を用いた結果 \bar{D} と $\bar{D1}$ のデータ数 $n=30$ 、 $D1$ の $n=390$ (30 年 \times 13 メンバー) だが、(d) は 2015 年が到達日に達しているため 29 年分

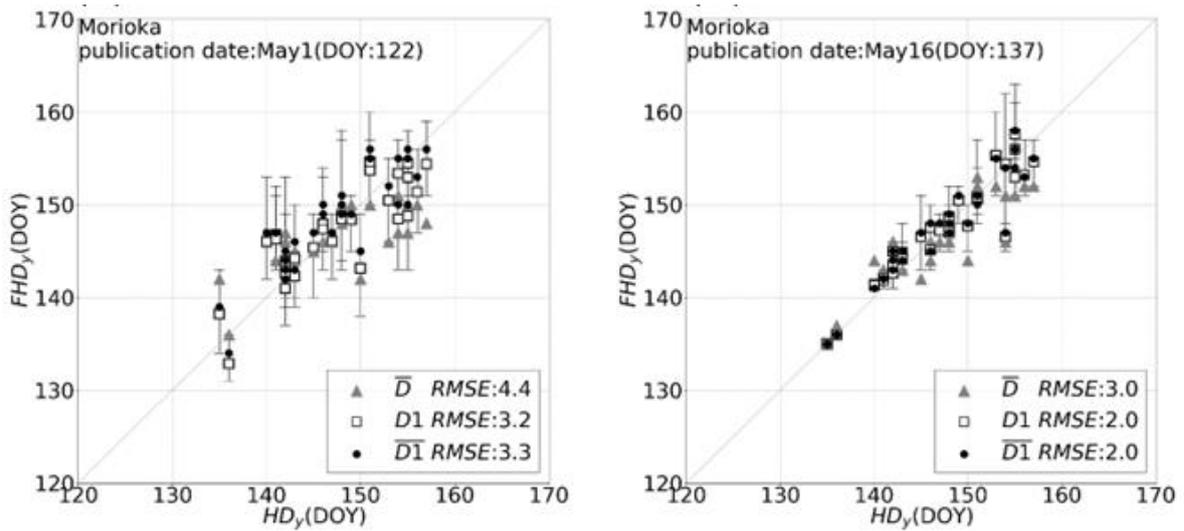


図 3-2 予測孵化日 (FHD_y) と孵化日 (HD_y) の関係 (盛岡のアカスジカスミカメの予測孵化日、1991 年から 2020 年)

\bar{D} : D の平年値を用いた結果

$D1$: 1 か月予報アンサンブルによる予測

$\bar{D1}$: 1 か月予報アンサンブル平均による予測

発表日は、左図は 5 月 1 日、右図は 5 月 16 日。

\bar{D} と $\bar{D1}$ のデータ数 $n=30$ 、 $D1$ の $n=390$ (30 年 \times 13 メンバー) だが、(右図) は 2015 年が到達日に達しているため 29 年分

4. 結論と考察

害虫予測において、予測当日後の未来期間に平年的な気温を想定する場合は、有効積算温度日増分の平年値 (\bar{D}) を利用することで誤差を低減できた。気温予測値 (気象庁、農研機構 AMGSD) を使用する場合は、盛岡 (アカスジカスミカメ) では、Td-D 関係式を併用することで孵化の約 15 日前に実施する予測 (現在一般的な予測情報発表時期) の精度を向上可能であった。1 か月アンサンブルデータを使用することにより、現在より 2 週間早く、現在と同程度の精度の孵化日予測が可能と考えられた。