



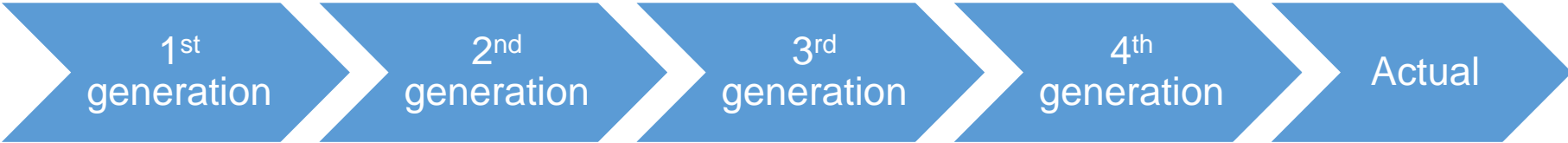
# 機械学習による冷媒 の熱伝達率予測

Edgar Santiago Galicia<sup>1</sup>, Akio Miyara<sup>1</sup>

Andres Hernandez-Matamoros<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saga University

<sup>2</sup> Meiji University



Not specific conditions	Safety and durability	Ozone protection	Global warming Ozone protection	All previous + SDG`s
CO <sub>2</sub> NH <sub>3</sub> SO <sub>2</sub> HC <sub>s</sub> CCl <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O ... etc.	CFCs (R12...), HCFCs (R22,...)	HFCs(R134a, R32), HFC mixtures, (R410A, R404A) etc.	HFOs (R1234yf,...) HFO/HFC mixture HFO/HFO mixture etc.	Synthetic Refrigerants  <b>AIの技術 を使う必 要がある</b>

## Rec Refrigerant Evaporator and Condenser DB

**An open database for heat transfer properties of refrigerants.**

This system collects and provides heat transfer properties for various refrigerants for researchers and engineers to develop. Please register as user to get latest and reliable thermal properties of refrigerants.

### Sign In

Please sign in if you have already registered to Heat Transfer DB system.

**Email**

**Password**

[Sign in](#) [forgot password?](#)

### Registration

To register as heat transfer DB user:

**1: Apply for User Registration:**

Open a [Apply Form](#) and submit your email.

**2: Receive an Email:**

You will receive an email with a registration URL from above.

**3: User Registration:**

Click and open the registration URL in the email, then fill in your profile, and submit!

That's it!

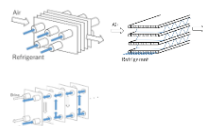
ユーザーは Website に作成した伝熱データベースシステムからアクセスして伝熱データを使用し，表示条件の設定や閲覧ができる。

## RecDB Refrigerant Evaporator and Condenser DB

### Top Page

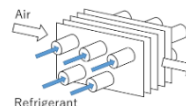
### Data Search

#### All Heat Exchangers



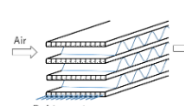
[Search](#)

#### Round Tube



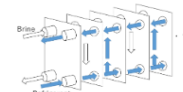
[Search](#)

#### Multiport Tube



[Search](#)

#### Plate Heat Exchanger



[Search](#)

データベースは、熱交換器のタイプによってカテゴリ分けされている。

## 0) Heat Exchanger Type

You have selected the heat exchanger type as:

All Exchanger Type

## 1) Select Heat Transfer Type

Select a heat transfer type from below.

Please note that Adiabatic Process contains Pressure Gradient data only.

Boiling

Condensation

Adiabatic Process

## 2) Select Search Type and Fluids

### 2.1) Search for Pure Fluids or Predefined Mixtures

Select pure fluid(s) or predefined mixture(s).

Fluid	Boiling	Condensation	Adiabatic
<input type="checkbox"/> R11	157	0	0
<input type="checkbox"/> R114	0	24	0
<input type="checkbox"/> R12	0	63	0
<input type="checkbox"/> R1224yd(Z)	7	0	0
<input type="checkbox"/> R123	154	386	0
<input type="checkbox"/> R1233zd(E)	291	127	0
<input type="checkbox"/> R1234yf	1909	672	124

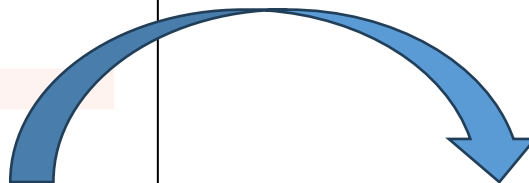
Search

### 2.2) Search for Mixtures

Select component(s) included in mixture(s).

Fluid	Boiling	Condensation	Adiabatic
<input type="checkbox"/> R1123	117	1272	0
<input type="checkbox"/> R114	0	216	0
<input type="checkbox"/> R123	0	756	0
<input type="checkbox"/> R1234yf	2268	0	0
<input type="checkbox"/> R1234ze(E)	1617	534	0
<input type="checkbox"/> R134a	60	1113	0
<input type="checkbox"/> R141b	834	0	435

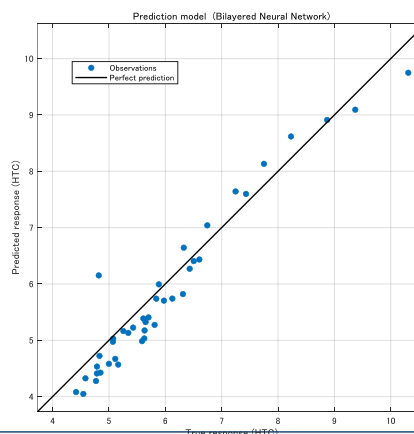
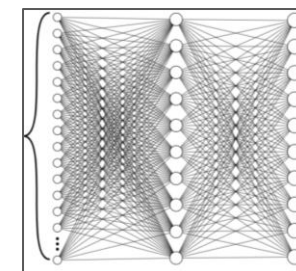
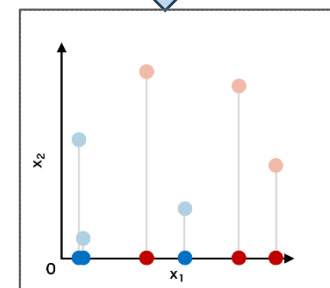
Search



- すべての熱交換器を選択
- 1000点データ以上の冷媒を選択
- 混合冷媒も含まれる
- 沸騰伝熱と凝縮熱伝を選択

- 純冷媒の熱伝達率
- データベースからダウンロード
- CSV ファイルのデータクリーニング  
(パラメータ選ぶ) データインポート、読む
- 学習トレーニング
- 熱伝達率予測

RecDB Refrigerant Evaporator and Condenser DB



- パラメータ : 10個

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HTC	Ts	Twi	TVb	P	x	G	qr	dPdz	ASHRAE	Heat_Transfer_Type

- データ数 : 冷媒7タイプ、伝熱2タイプ、27577点.
- 学習モデルタイプ : 26タイプ
  - \*線形回帰モデル : 4タイプ
  - \*回帰木モデル : 3タイプ
  - \*サポートベクターマシン : 6タイプ
  - \*アサンブル木 : 2タイプ
  - \*ガウス過程回帰 : 4タイプ
  - \*ニューラルネットワーク : 5タイプ
  - \*カーネル回帰 : 7タイプ

Parameter	HTC, Ts, Tw, P, x, G, q, dPd <sub>z</sub>
Training model	Linear regression: 4タイプ Regression tree: 3タイプ Support vector machine : 6タイプ Ensembles of trees: 2タイプ Gaussian process regression : 4タイプ Neural Networks : 5タイプ Kernel approximation regression : 7タイプ
Refrigerants	R134a, R1234yf, R32, R245fa, R410A, R22, R123ze(E)
Heat transfer method	Boiling, Condensation
Total training data	80% training, 20% testing

Refrigerant	$T_{\text{sat}}$	$T_{\text{wall}}$	Pressure kPa	[x]	Mass flux	Heat flux	Boiling data points	Condensation data points
R134a	-23.54-68	-47-70	220-2023	0-1	1.2-1600	0-111	4000	1984
R1234yf	10-55	0-59.82	437-1464	0-1	48-1000	0.2-129	2742	679
R32	8-50	0-41	364-3141	0-1	10-600	0-100	5848	364
R245fa	25-130	0-105	148-2349	0-1	45-1500	0-90	2164	89
R410A	-30-45	-28-135	269-2733	0-1	10-750	0-87	3006	893
R22	-15-54	-13-54	296-2155	0-1	50-800	0-81	2038	1247
R123ze(E)	2-72	0-77	236-1700	0-1	13-1000	0-100	2004	519
<b>Total</b>							21802	5775
							27577	



ワークスペースからの新規セッション

### データセット

データセット変数  
RecDB202342aghm 15947x10 table

応答  
 データセット変数から  
 ワークスペースから  
HTC double 0 .. 85...

### 予測子

	名前	タイプ	範囲
<input type="checkbox"/>	HTC	double	0 .. 85.95
<input checked="" type="checkbox"/>	Ts	double	-30 .. 130
<input checked="" type="checkbox"/>	Twi	double	-28.98 .. 135
<input checked="" type="checkbox"/>	TVb	double	-2.59 .. 35.39
<input checked="" type="checkbox"/>	P	double	80 .. 4665.65
<input checked="" type="checkbox"/>	x	double	-0.072 .. 1.096

すべて追加    すべて削除

[データの準備方法](#)    [更新](#)

### 検証

検証方法  
交差検証

過適合を防止します。検定用に確保した分以外のデータについては、アプリはデータを区画に分割し、各区画の精度を推定します。

交差検証の分割数 5

[検証についての説明を読む](#)

### テスト

テストデータセットの確保

確保するパーセンテージ 10

モデルの調整やトレーニング後にモデルパフォーマンスを評価するには、テストセットを使用します。現在のデータセットを分割する代わりに別のテストセットをインポートするには、アプリのセッションを開始した後に[テストデータ]ボタンを使用してください。

[テストデータについての説明を読む](#)

セッションの開始    キャンセル

出力パラメータ

データ全点が80%  
トレーニングと  
20%検証で別れて  
いる、このプロセス  
を5回繰り返す

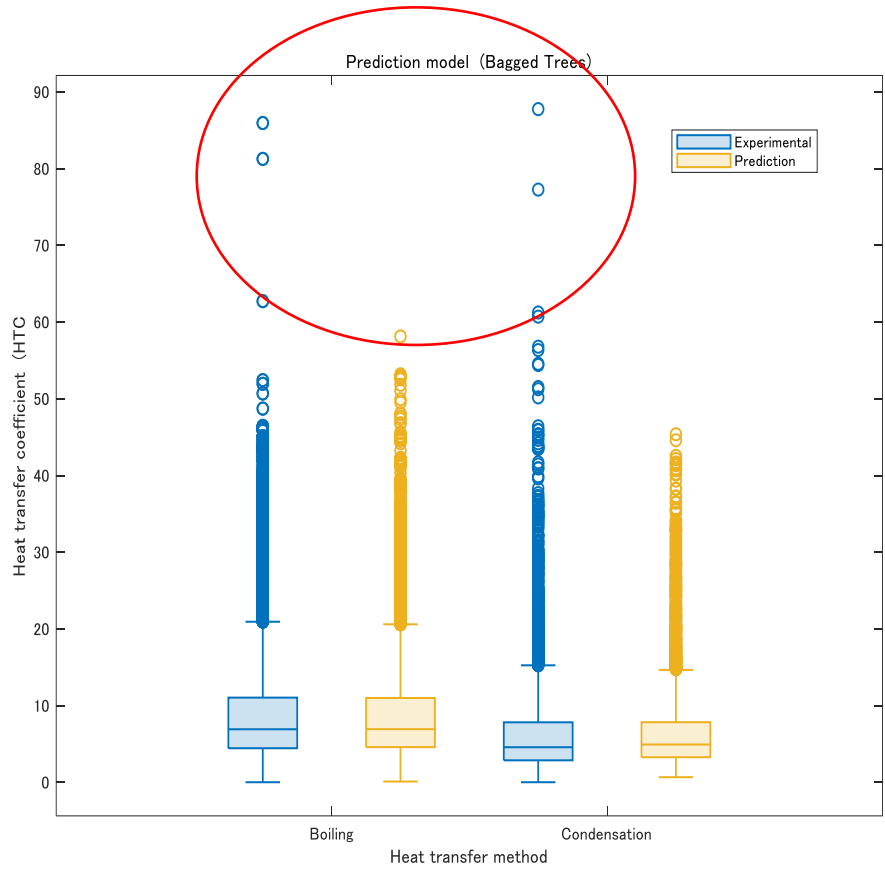
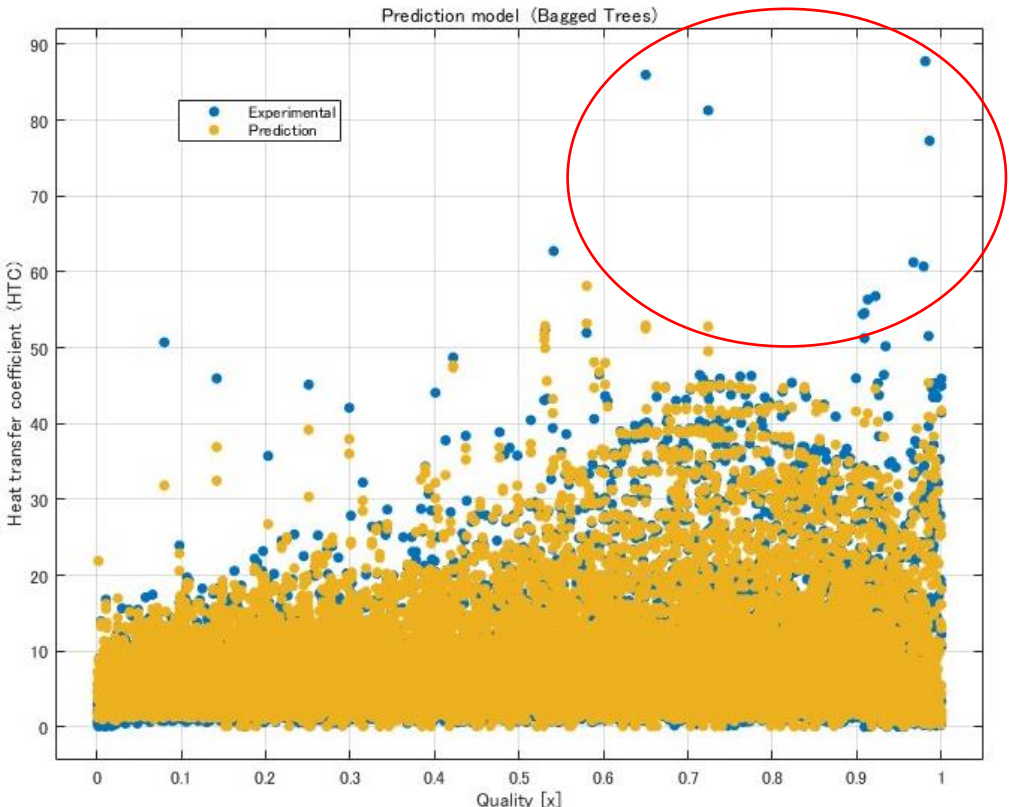
# RMSE検証について

英語：Root Mean Square Error

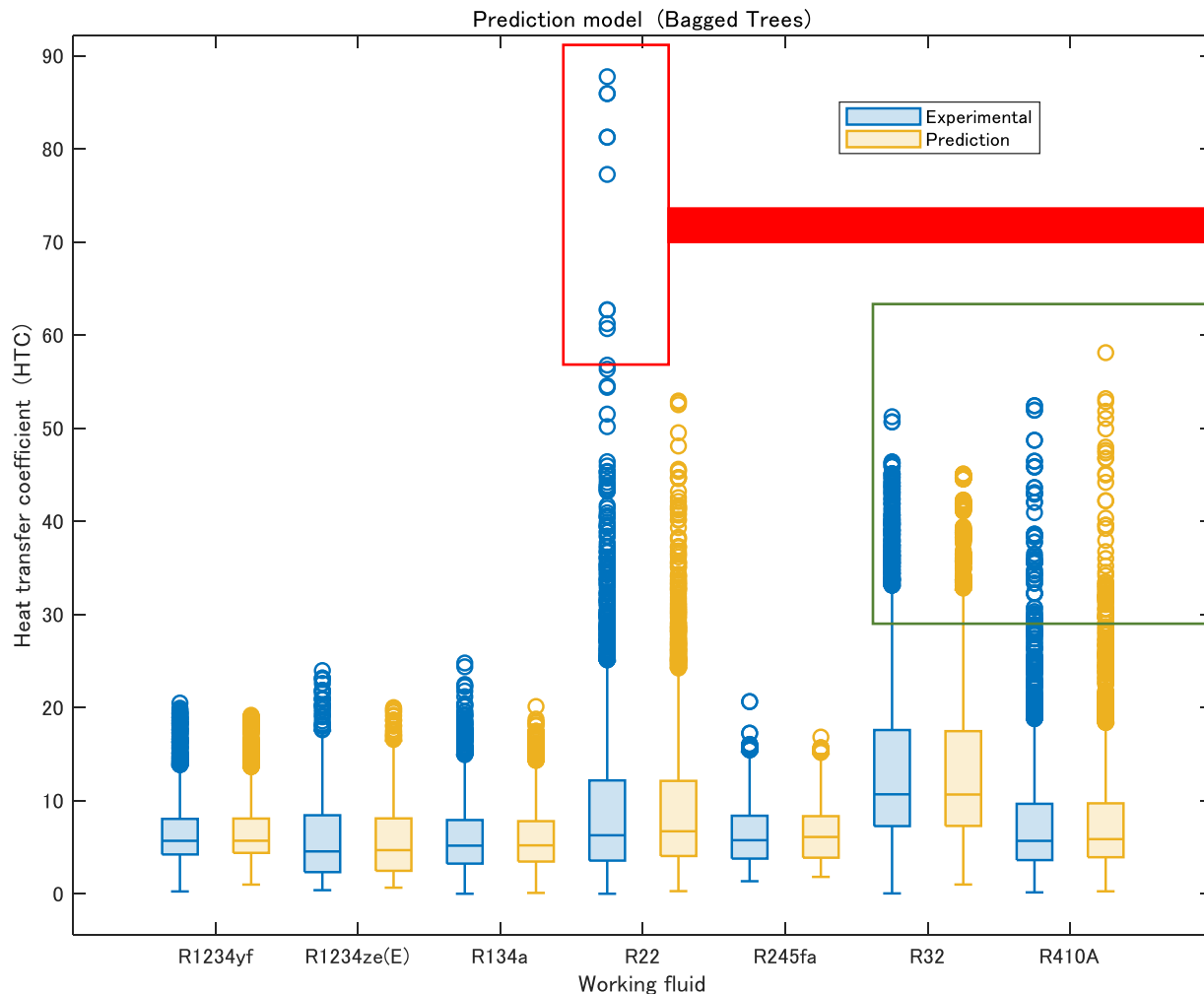
0はデータに完全にフィットしていることを示す。

☆ 2.15 アンサンブル 最終更新: バギング木	RMSE (検証): 1.5941 特徴 8/8
☆ 2.22 Neural Network 最終更新: ワイドニューラルネットワーク	RMSE (検証): 1.0221 特徴 8/8
☆ 1 ツリー 最終更新: 複雑な木	RMSE (検証): 1.8104 特徴 8/8
☆ 2.5 ツリー 最終更新: 複雑な木	RMSE (検証): 1.8104 特徴 8/8
☆ 2.24 Neural Network 最終更新: 3層ニューラルネットワーク	RMSE (検証): 1.8219 特徴 8/8
☆ 2.23 Neural Network 最終更新: 2層ニューラルネットワーク	RMSE (検証): 1.8657 特徴 8/8
☆ 2.21 Neural Network 最終更新: ミディアムニューラルネットワーク	RMSE (検証): 2.1201 特徴 8/8
☆ 2.6 ツリー 最終更新: 中程度の木	RMSE (検証): 2.1573 特徴 8/8
☆ 2.7 ツリー 最終更新: 粗い木	RMSE (検証): 2.633 特徴 8/8
☆ 2.18 ガウス過程回帰 最終更新: 指数 GPR	RMSE (検証): 2.6395 特徴 8/8
☆ 2.19 ガウス過程回帰 最終更新: 有理二次 GPR	RMSE (検証): 2.8507 特徴 8/8
☆ 2.17 ガウス過程回帰 最終更新: Matern 5/2 GPR	RMSE (検証): 2.9058 特徴 8/8
☆ 2.20 Neural Network 最終更新: ナローニューラルネットワーク	RMSE (検証): 2.9642 特徴 8/8
☆ 2.16 ガウス過程回帰 最終更新: 二乗指数 GPR	RMSE (検証): 2.9751 特徴 8/8

☆ 2.17 ガウス過程回帰 最終更新: Matern 5/2 GPR	RMSE (検証): 2.9058 特徴 8/8
☆ 2.20 Neural Network 最終更新: ナローニューラルネットワーク	RMSE (検証): 2.9642 特徴 8/8
☆ 2.16 ガウス過程回帰 最終更新: 二乗指数 GPR	RMSE (検証): 2.9751 特徴 8/8
☆ 2.11 SVM 最終更新: 細かいガウス SVM	RMSE (検証): 3.0802 特徴 8/8
☆ 2.14 アンサンブル 最終更新: ブースティング木	RMSE (検証): 3.7953 特徴 8/8
☆ 2.12 SVM 最終更新: 中程度のガウス SVM	RMSE (検証): 4.0203 特徴 8/8
☆ 2.10 SVM 最終更新: 3次 SVM	RMSE (検証): 4.0206 特徴 8/8
☆ 2.2 線形回帰 最終更新: 交互作用線形	RMSE (検証): 4.8133 特徴 8/8
☆ 2.4 ステップワイズ線形回帰 最終更新: ステップワイズ線形	RMSE (検証): 4.8137 特徴 8/8
☆ 2.26 カーネル 最終更新: 最小二乗回帰カーネル	RMSE (検証): 4.8768 特徴 8/8
☆ 2.9 SVM 最終更新: 2次 SVM	RMSE (検証): 5.0194 特徴 8/8
☆ 2.13 SVM 最終更新: 粗いガウス SVM	RMSE (検証): 5.4717 特徴 8/8
☆ 2.25 カーネル 最終更新: SVM カーネル	RMSE (検証): 5.48 特徴 8/8
☆ 2.1 線形回帰 最終更新: 線形	RMSE (検証): 5.7689 特徴 8/8
☆ 2.8 SVM 最終更新: 線形	RMSE (検証): 6.0826 特徴 8/8
☆ 2.3 線形回帰 最終更新: ロバスト線形	RMSE (検証): 6.2035 特徴 8/8



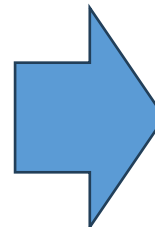
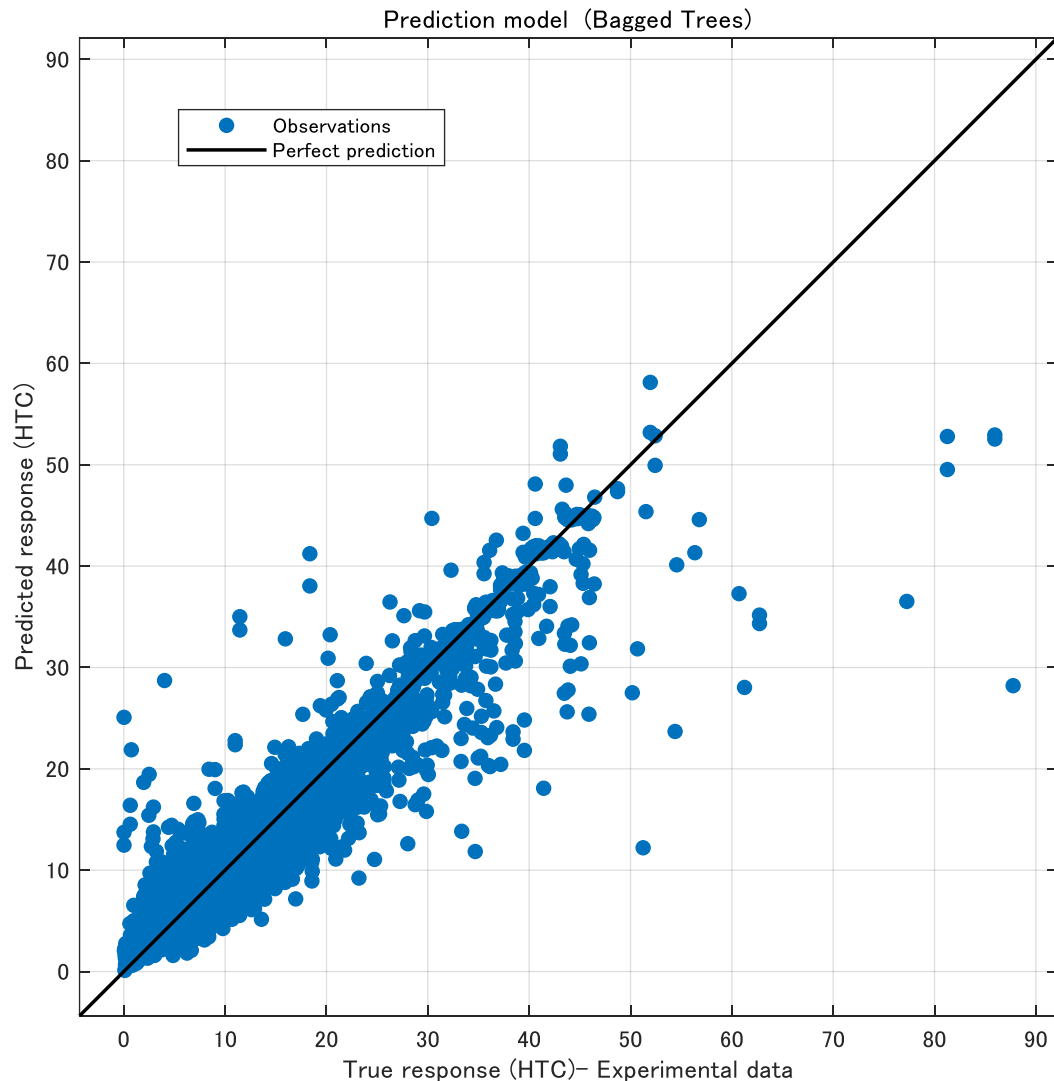
高い熱伝達率の場合は、機械学習の予測が低いである。  
沸騰熱伝達率の予測が向上を確認しました。



データ量が少ないので、予測精度が低いである。

一般論として、予測はすべての冷媒に対して良好である。

高い熱伝達率点がR22のデータを確認した。  
多くのデータと比較する必要がある。



## テスト結果

RMSE : 2.3416

決定係数 : -2.08

MSE : 5.4833

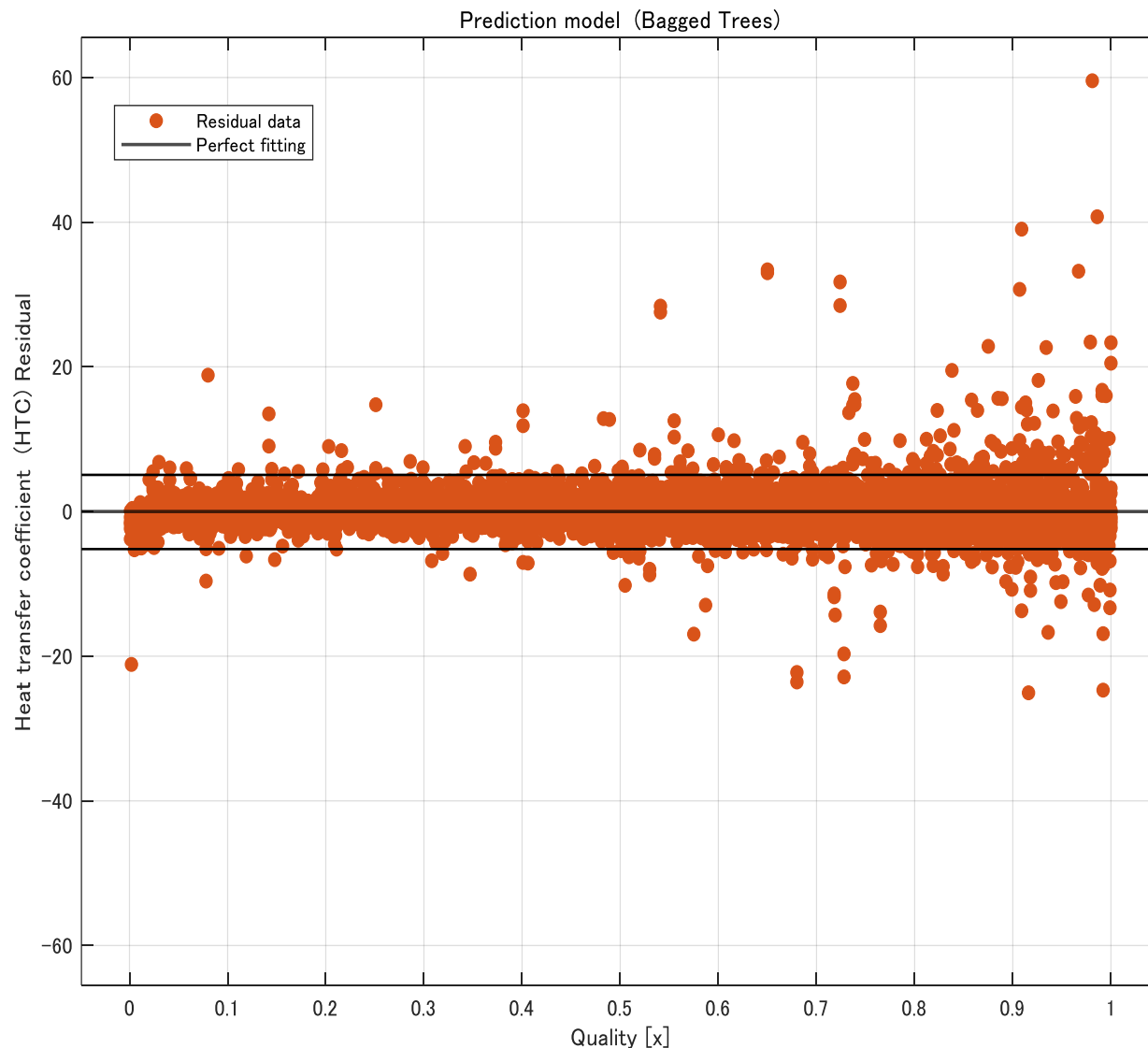
MAE : 1.9414

## テスト結果

事前設定 : バギング木

最小リーフサイズ : 8

学習器の数 : 30

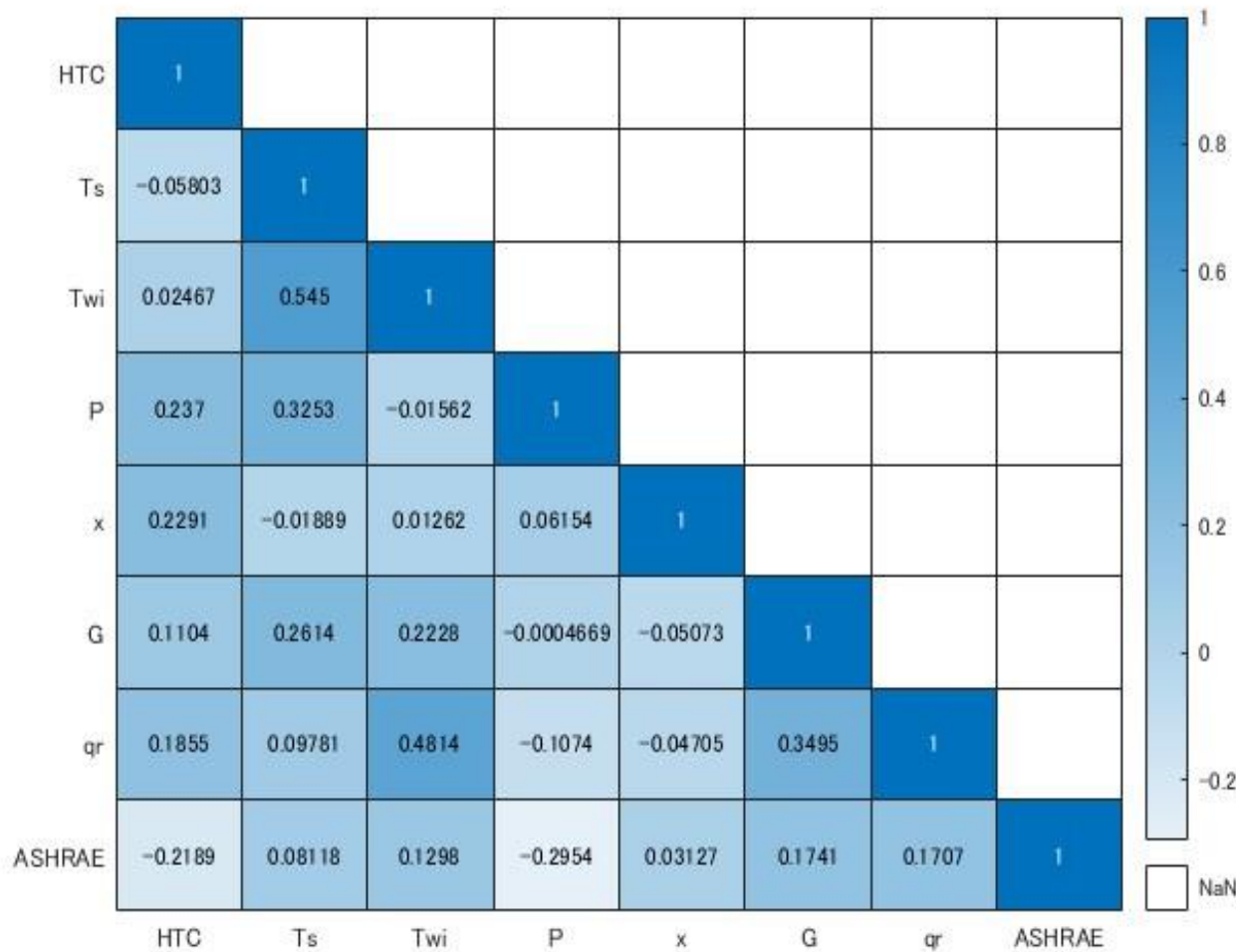


Residual =  
実際の応答 - 予測された応答

±5

熱伝達率のほとんどは、誤差5%以内で予測できる。

予測はすべての変数と冷媒タイプを考慮する。



強い関係

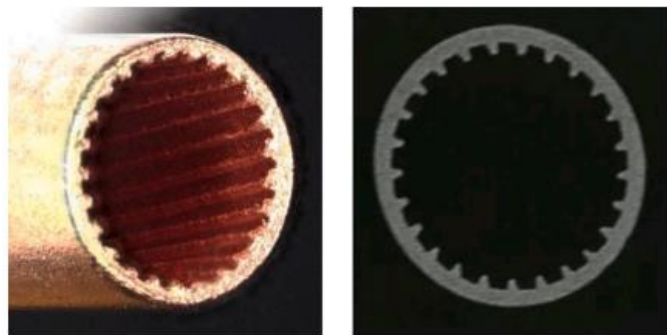
壁面温度～飽和温度

熱流束～温度

熱流束～質量流速

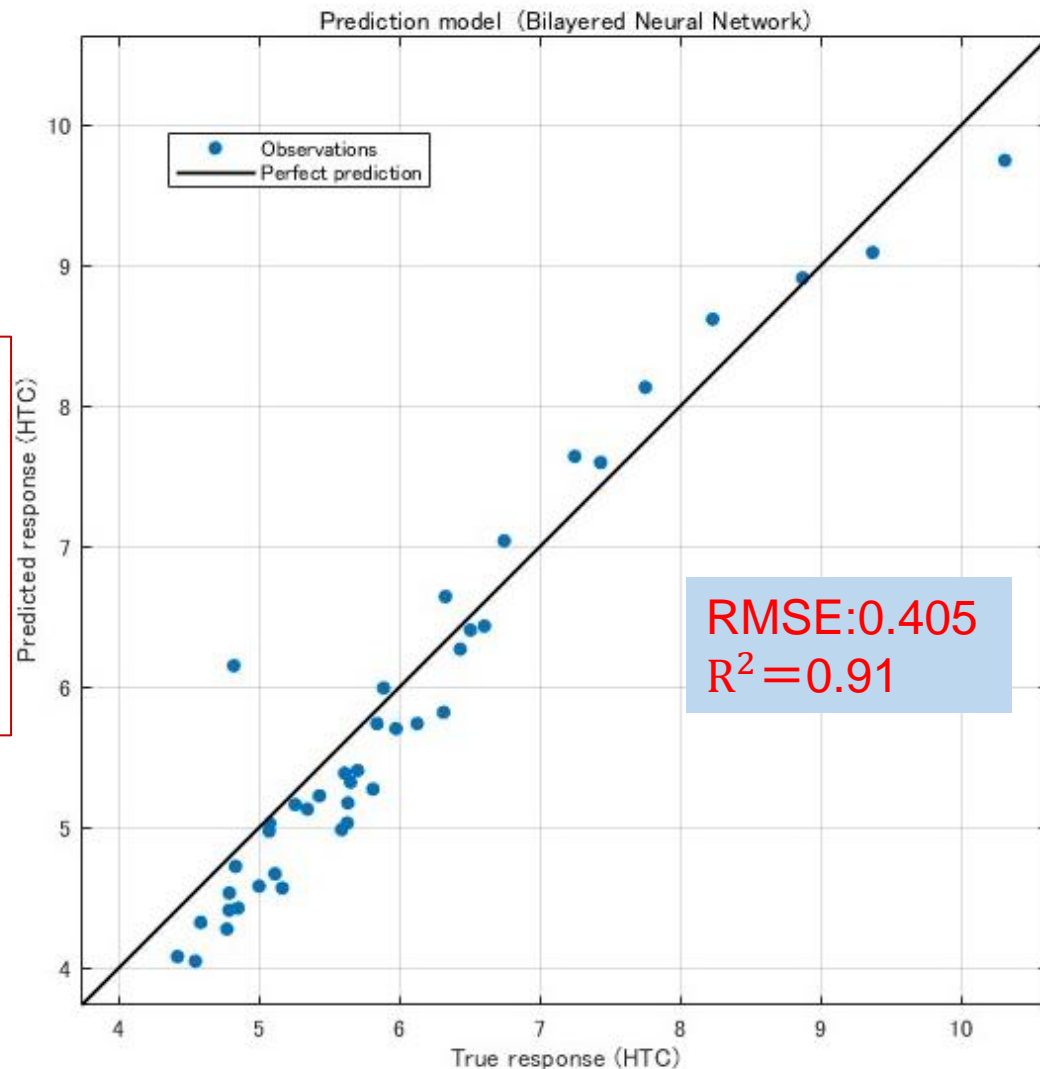
熱伝達率に関する最も強力なパラメーターは  
**圧力、クオリティ、熱流束、質量流速**

質量流速 : 50, 150, 200  
冷媒 : R1234yf  
クオリティ : 0-1  
データ数点 : 41



Microfine tube

回帰学習の予測



宮良研究の実験データ



- 機械学習を用いて、熱伝達率を高い精度で予測できる
- 熱伝方法と冷媒の影響があることが確認した
- トレーニングデータを増加したら、RMSE低くなると考える
- 流路形、水力直径、熱交換器タイプのパラメータを考慮することが重要である



ご静聴ありがとうございました