

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02366

研究課題名（和文）溶接高温割れ解析技術の体系化とAIを用いた割れ防止技術の確立

研究課題名（英文）Systematization of analysis for welding hot cracking and establishment of crack prevention method using AI

研究代表者

柴原 正和（Shibahara, Masakazu）

大阪府立大学・工学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：20350754

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、まず、高温割れ解析法の高度化と高速化を目的に、結晶成長方向を考慮した冶金・力学融合型高温割れ解析法の開発を行い、凝固偏析を考慮した高精度高温割れ解析手法の構築を行った。次に、AI(人工知能)を用いた割れ防止技術の確立するとともに、限界ひずみの定量的評価のための新しい実験方法の提案を行った。さらに、提案手法を、実機片面サブマージーク溶接時における端部割れを対象として、実大高温割れ解析を実施し、割れ防止法についても提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、割れに対する影響が顕著に見られる凝固成長方向および凝固偏析など、これまで学術的には冶金学的問題として検討されてきた影響因子を、有限要素法を用いた高温ひずみ解析(力学解析)に対し導入した。この解析手法は、世界的に見ても類例を見ない手法であり、本研究の成果として、世界初の冶金学・力学融合型高温割れ解析法が完成された。

研究成果の概要（英文）：In this study, we first developed a metallurgical-mechanical hybrid type hot cracking analysis method that takes into account the direction of crystal growth, in order to advance and accelerate the hot cracking analysis method, and established a high-precision hot cracking analysis method that takes solidification segregation into account. Next, we established a cracking prevention technique using artificial intelligence (AI) and proposed a new experimental method for quantitative evaluation of critical strain. Furthermore, the proposed method was applied to full-scale hot cracking analysis of edge cracking during single-sided submerged arc welding in actual equipment, and a cracking prevention method was also proposed.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：溶接高温割れ 片面サブマージーク溶接 理想化陽解法FEM AI 割れ防止技術

1. 研究開始当初の背景

造船業における生産性を画期的に向上させる溶接法として、片面サブマージアーク溶接がある。この溶接法は、3~4電極を用いて大電流で溶接する手法であり、20m以上の船体外板を1パスで高速に接合することができる生産性の高い造船コア技術の一つである。しかしながら、この溶接法を用いて溶接すると、高頻度に端部割れが発生する。この割れ問題は、この溶接法の開発以来50年以上も解決されず、現在でもなお続いている。本研究は、この多電極片面サブマージアーク溶接時における端部割れ問題に対し終止符を打ち、生産性を飛躍的に向上させることを目的とする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「冶金学・力学融合型溶接高温割れ解析システム」を開発することである。開発システムを用いることで、1億自由度以上の超大規模構造の高速・高温割れ解析が可能となるため、20mクラスの大型鋼板の実大溶接高温割れ解析が可能となる。さらに、開発手法とAIとを組み合わせることにより、端部割れ防止条件算定システムを確立することも目的の一つである。

3. 研究の方法

大阪府立大学グループが中心となり、高温割れ解析システムの開発を行い、開発手法を実機溶接に適用することにより妥当性について検証する。

4. 研究成果

本研究では、以下の研究項目①~③を実行し、次に示す成果を得た。

【①結晶成長方向を考慮した冶金・力学融合型高温割れ解析法の開発】

結晶成長方向・結晶会合角予測法の提案を行い、さらに、結晶成長・ひずみを考慮した高度高温割れ解析法の開発を行うことで、冶金・力学融合型高温割れ解析法の開発を行った。

【②凝固偏析を考慮した高精度高温割れ解析手法の構築】

凝固偏析量の簡易予測モデルの構築と高温延性曲線におよぼす凝固偏析量の影響について検討可能な解析手法の構築を行った。さらに、デンドライト成長方向、凝固偏析および高温割れ損傷パラメータを考慮した新しい高度高温割れ解析法の提案およびそれを用いた高精度高温割れ解析手法の構築を行った。(Fig.1)

【③理想化陽解法FEM、反復サブストラクチャー法、領域分割法の導入による高温割れ解析の大規模・高速化】

①および②の新しい高度高温割れ解析手法に対し、GPUを用いた理想化陽解法FEMの導入、反復サブストラクチャー法の導入、さらには、領域分割法およびGPUクラスタの導入により超大規模・高速高温割れ解析法を構築した。これにより、1000万自由度レベルの実構造物の高度高温割れ解析が実現可能になった。この手法を用いて、高温割れ発生に及ぼす諸因子の影響について検討した。

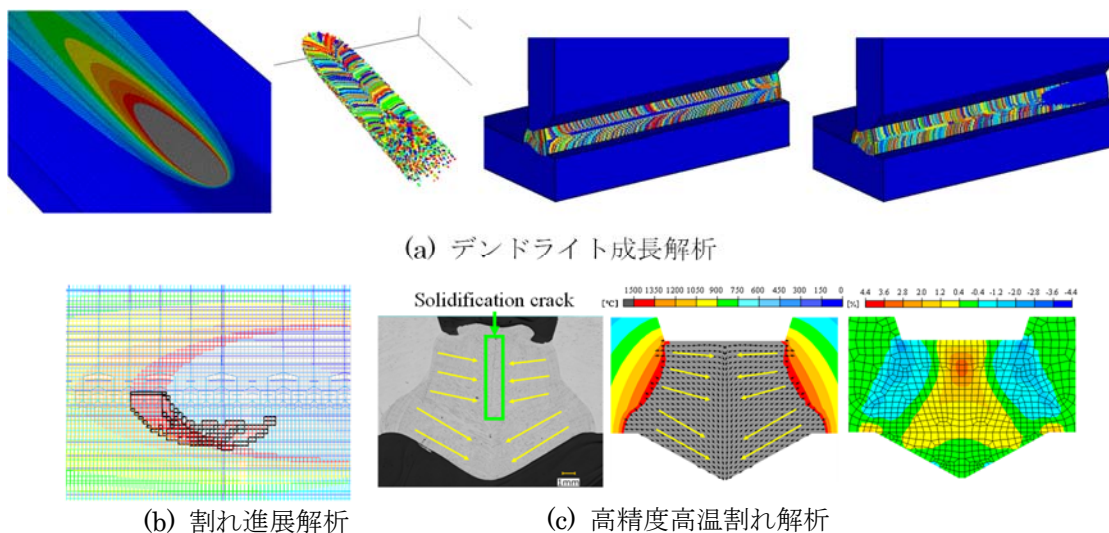


Fig. 1 高温割れ解析手法の開発

【④AI(人工知能)を用いた割れ防止技術の確立】

高温割れ解析に用いる入力データ(溶接条件、仮付けピッチ等)と出力データ(ひずみ量、割れの有無、割れ発生位置、割れ長さ等)の関係を学習可能な AI(人工知能)システム(ニューラルネットワーク)を構築し、これを用いて逆問題解析することにより、割れ防止条件を推論できるシステムを提案した。さらに、現場データに加え、高温割れ解析法により得られた解析データの双方により、高精度なニューラルネットワークを構築するためのプログラムを整備した。さらに、割れ防止溶接条件を算定できるプログラムを整備した。(Fig.2)

【⑤限界ひずみの定量的評価のための新しい実験方法の提案】

熔融金属の表面張力を用いた溶接高温割れ発生限界モデルを構築し、溶接過渡のひずみ挙動を変更可能な試験と溶接過渡のひずみ計測から、高温割れ限界ひずみを導出可能な高温割れ試験を提案し、溶接諸条件が割れ発生に及ぼす影響について検討した。また凝固収縮ひずみを考慮した高温割れ解析手法を構築し、ひずみ履歴が高温割れ発生に及ぼす影響について検討し、繰り返しひずみ負荷時の高温割れ発生メカニズムを明らかにした。

【⑥ステレオ画像法に基づく高精度限界ひずみ計測法の提案と画像拡大法による画像相関法の高精度化】

⑤で提案した高温割れ試験のひずみ計測に際して、ステレオ画像法に基づくひずみ計測を導入することで、溶接に伴う面外方向への変形成分を取り除くことが可能となり、高精度に割れ発生限界ひずみを導出可能なひずみ計測法を構築した。加えて、画像拡大法を導入することで、高精度かつ高速に溶接部の画像相関が可能となり、詳細なひずみ挙動・履歴を導出可能となった。さらに、ひずみ挙動・履歴の導出に際して、得られた複数の画像データ内の任意の領域の照合に際して、GPUを用いた並列処理を用いることで、高精度かつ高速にひずみ挙動を算出可能なプログラムを整備した。

【⑦実機片面サブマージアーク溶接時における端部割れを対象とする実大高温割れ解析】

結晶成長方向や凝固収縮ひずみなどの冶金学的因子の影響についても検討可能な高温割れ解析手法を実機片面サブマージアーク溶接時における端部割れに適用した。また、本高温割れ解析手法に対して、GPUを用いた理想化陽解法 FEM の導入、反復サブストラクチャー法の導入、さらには、領域分割法および GPU クラスターの導入により、数十メートルの実溶接を対象とした実機片面サブマージアーク溶接時の高温割れ解析を達成した。この手法を用いて、割れ防止効果が期待される終端部のタブ板形状や仮付け間隔の影響について検討した。(Fig.3)

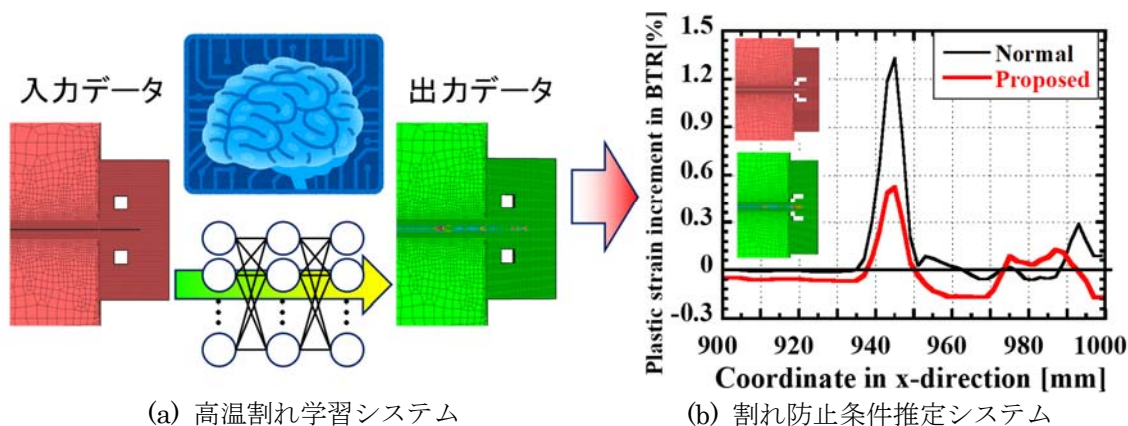


Fig. 2 AI を用いた高温割れ防止技術

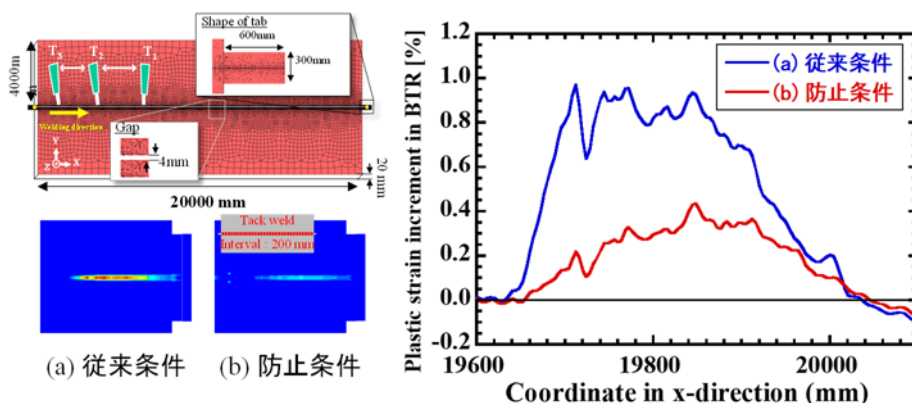


Fig. 3 実機片面サブマージアーク溶接実大高温割れ解析

【⑧AI を用いた実機片面サブマージアーク溶接時における端部割れ防止技術の確立】

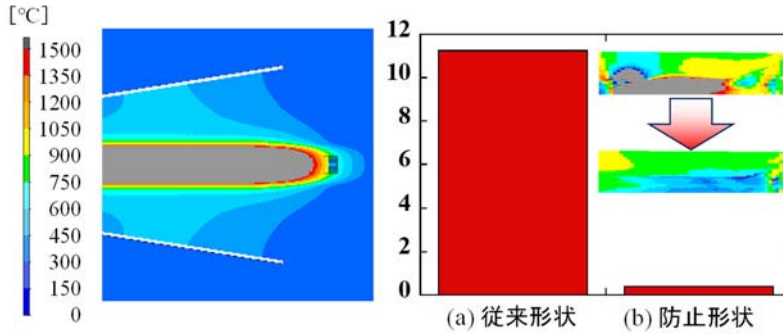
ニューラルネットワークおよびAI 強化学習を用いた高温割れ防止条件算定システムを実機片面サブマージアーク溶接に適用することで、終端割れ防止溶接速度条件ならびに終端割れ防止タブ板形状の導出が行えることを確認した。(Fig.4)

【⑨端部割れ防止条件の実証実験】

ニューラルネットワークおよびDeep Q-Network を用いた高温割れ防止条件算定システムの妥当性を、突合せ溶接試験において検証し、インプロセスの入熱条件変更ならびに事前に取り付ける仮付け/タブ板形状最適化により溶接高温割れを防止できることを確認し、AI を用いた高温割れ防止条件算定システムの有用性を確認した。さらにステレオ画像法に基づく高精度ひずみ計測法ならびに画像拡大法による画像相関法の高精度化により、溶接終端部のひずみ挙動およびひずみ履歴を高精度かつ高速に算出することで、終端部に作用するひずみと割れ発生の関係が詳細に検討でき、終端割れの発生・防止メカニズムを明らかにした。(Fig.5)

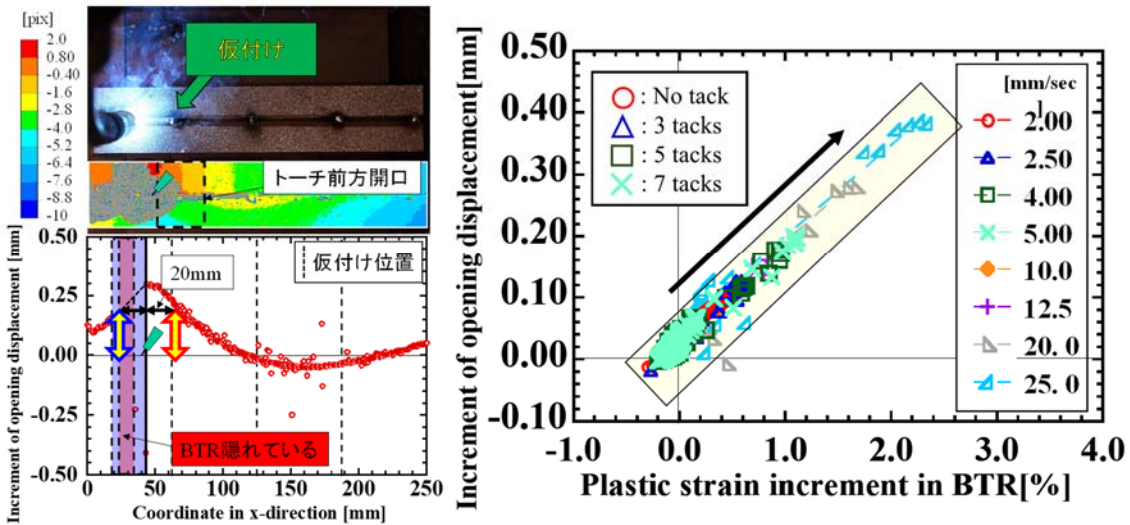
	溶接位置①	溶接位置②	溶接位置③	溶接位置④
学習初期	8mm/s	2mm/s	2mm/s	6mm/s
学習済み	2mm/s	6mm/s	6mm/s	2mm/s

(a) 終端割れ防止溶接速度条件



(b) 終端割れ防止タブ板形状の導出

Fig. 4 AI を用いた実機片面サブマージアーク溶接端部割れ防止技術



(a) 割れ試験の画像計測

(b) 端部割れ発生メカニズム

Fig. 5 端部割れ防止条件の実証実験

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kazuki IKUSHIMA, Yusuke YAMADA, Masakazu SHIABHARA and Koichi AKITA	4. 巻 12,
2. 論文標題 Numerical Analysis for Stress Behavior During Shot Peening	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mathematical Modelling of Weld Phenomena	6. 最初と最後の頁 417-429
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 K. Ikushima, R. Ashida, M. Shibahara	4. 巻 Vol.38, No.2
2. 論文標題 Efficient modelling on analysis of welding mechanics using mesh superposition method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 溶接学会論文集	6. 最初と最後の頁 120s-125s
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Kazuki Ikushima , Shintaro Maeda , Teruya Ieshita , Atsushi Kawahara , Yuuta Abe , Hirotaka Kiuchi, Masakazu Shibahara	4. 巻 Vol.33:1-3
2. 論文標題 Enhanced idealized explicit FEM for predicting welding deformation in complex large-scaled	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Welding International	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 K. Ikushima, S. Maeda, T. Uchimura, A. Kawahara, M. Shibahara, H. Kuwabara, H. Kanetake	4. 巻 Vol.38, No.2
2. 論文標題 Prediction of welding deformation of automotive component using large-scale thermal elastic plastic analysis method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 溶接学会論文集	6. 最初と最後の頁 149s-153s
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 生島 一樹, 前田 新太郎, 家下 輝也, 河原 充, 阿部 雄太, 木内 大貴, 柴原 正和	4. 巻 37
2. 論文標題 大規模複雑構造物の溶接変形解析に向けた理想化陽解法FEMの拡張と実大構造物への適用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 溶接学会論文集	6. 最初と最後の頁 141-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kazuki Ikushima, Masakazu Shibahara, Satoru Nishikawa, Takashi Furukawa, Koichi Akita, Hiroshi Suzuki, Satoshi Morooka	4. 巻 Vol.11, No.2
2. 論文標題 Prediction method of improved residual stress distribution by shot peening using large scale analysis method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 E-Journal of Advanced Maintenance	6. 最初と最後の頁 79-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 生島 一樹, 李 志浩, 木谷 悠二, 前田 新太郎, 宮坂 史和, 柴原 正和	4. 巻 59, 5
2. 論文標題 摩擦攪拌接合時の力学的挙動の数値解析的検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 軽金属溶接	6. 最初と最後の頁 170-176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11283/jlwa.59.10	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 前田 新太郎, 生島 一樹, 柴原 正和, 麻 寧緒	4. 巻 第39巻, 第4号
2. 論文標題 力学および冶金学的因子を考慮した溶接高温割れ解析手法の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 溶接学会論文集	6. 最初と最後の頁 386-395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjjws.39.386	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 前田 新太郎, 柴原 正和, 生島 一樹, 三輪 剛士, 山崎 圭, 西原 健作, 武田 裕之, 麻 寧緒	4. 巻 第39巻, 第4号
2. 論文標題 突き合わせ溶接時の高温割れ防止技術に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 溶接学会論文集	6. 最初と最後の頁 396-405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qj jws.39.396	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34件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 沖見優衣、芦田峻、生島一樹、柴原正和、夏目糧平、小田和生、山崎洋輔、中谷光良
2. 発表標題 ガス加熱による変形に及ぼす入熱密度分布の影響に関する検討
3. 学会等名 溶接学会春季全国大会講演概要 Vol.104, 206-207
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦田峻、前川真奈海、生島一樹、野津亮、丹後 義彦、木治昇、駒田周治、柴原正和
2. 発表標題 AI線状加熱による加熱法案作成システムに関する検討
3. 学会等名 溶接学会春季全国大会講演概要 Vol.104, 198-199
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前田新太郎、柴原正和、麻寧緒
2. 発表標題 高温割れ解析の高度化に関する検討
3. 学会等名 溶接学会春季全国大会講演概要 Vol.104, 114-115
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三ッ井佑太、前田新太郎、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 並進加熱による高温割れ防止法の提案
3. 学会等名 溶接学会春季全国大会講演概要 Vol.104, 112-113
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木谷悠二、麻寧緒、西川聡、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 理想化陽解法FEMを用いた大規模クリープ損傷解析
3. 学会等名 溶接学会春季全国大会講演概要 Vol.104, 208-209
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李志浩、生島一樹、宮坂史和、柴原正和
2. 発表標題 粒子法およびFEMを用いたFSWに関する力学的検討
3. 学会等名 溶接学会春季全国大会講演概要 Vol.104, 22-23
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前田新太郎、麻寧緒、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 遺伝的アルゴリズムを用いた高温割れ防止仮付け施工に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 204-205
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前田新太郎、麻寧緒、織田祐輔、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 溶接高温割れ問題に対するAI強化学習の応用
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 202-203
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木谷悠二、生島一樹、吉田昇平、河原充、夏目糧平、小田和生、山崎洋輔、中谷光良、柴原正和
2. 発表標題 PWHTによる溶接継手の残留応力低減効果の解析
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 196-197
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦田峻、生島一樹、野津亮、丹後義彦、木治昇、駒田周治、柴原正和
2. 発表標題 AI線状加熱を用いた自動加熱方案作成システムに関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 198-199
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李志浩、生島一樹、宮坂史和、柴原正和
2. 発表標題 粒子法およびFEMを用いたFSWに関する数値解析的検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 96-97
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前田新太郎、伊藤貴哉、三ッ井佑太、織田祐輔、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 並進加熱による高温割れ防止法の適用性に関する数値解析的検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 278-279
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 織田祐輔、前田新太郎、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 突き合わせ溶接時の高温割れ発生メカニズムに関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 206-207
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤拓也、芦田峻、生島一樹、夏目糧平、小田和生、山崎洋輔、中谷光良、柴原正和
2. 発表標題 Complex法に基づくひずみ取りの自動化に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 284-285
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋陸、芦田峻、生島一樹、夏目糧平、小田和生、山崎洋輔、中谷光良、柴原正和
2. 発表標題 ガス加熱時における変形に及ぼす入熱密度分布の影響に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, 192-193
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前田新太郎、三ッ井佑太、織田祐輔、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 並進加熱を用いた高温割れ防止に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, P-5-5
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 織田祐輔、前田新太郎、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 開先開口拳動が溶接高温割れに及ぼす影響
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, P-5-8
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤拓也、芦田峻、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 数理最適化に基づくひずみ取りの自動化に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, P-2-5
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋陸、芦田峻、生島一樹、柴原正和、夏目糧平、小田和生、山崎洋輔、中谷光良
2. 発表標題 ガス加熱による変形に及ぼす入熱密度分布の影響に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, P-5-6
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中亮匡、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 スポット溶接時における適正施工条件に及ぼす諸因子の影響に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.105, P-5-7
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴原正和, 前田新太郎, 森裕章
2. 発表標題 アルミニウム合金のHAZ割れシミュレーション
3. 学会等名 軽金属溶接協会2020年度年次講演大会, 28-29
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 織田祐輔、生島一樹、柴原正和、前田新太郎、森裕章
2. 発表標題 HAZ 割れの力学シミュレーション
3. 学会等名 軽金属溶接協会2020年度年次講演大会, 51
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤拓也、芦田峻、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 アルミ合金の防撓構造ひずみ取り自動化システムの提案
3. 学会等名 軽金属溶接協会2020年度年次講演大会, 52
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋陸、芦田峻、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 アルミニウム合金溶接時における溶接変形に関する基礎的検討
3. 学会等名 軽金属溶接協会2020年度年次講演大会, 53
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中亮匡、野木友香、内村太郎、生島一樹、柴原正和
2. 発表標題 アルミニウム合金スポット溶接時の適正施工条件に関する検討
3. 学会等名 軽金属溶接協会2020年度年次講演大会, 54
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 沖見優衣、生島一樹、前田新太郎、谷岡俊介、木治昇、柴原正和
2. 発表標題 多電極片面サブマージアーク溶接時における終端割れに及ぼす諸因子の影響に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.103, 334-335
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川真奈海、生島一樹、野津亮、柴原正和、丹後義彦、木治昇
2. 発表標題 AIを用いた線状加熱方案の自動作成に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.103, 328-329
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三ッ井佑太, 前川真奈海, 生島一樹, 柴原正和
2. 発表標題 強化学習を用いた線状加熱自動化に関する検討
3. 学会等名 溶接学会秋季全国大会講演概要 Vol.103, P-7
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro MAEDA, Yui OKIMI, Shunsuke Tanioka, Noboru Kiji, Masakazu SHIBAHARA, Ninshu MA
2. 発表標題 Study of Solidification Cracking under FCB Welding of Butt Welding
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 生島一樹、前川真奈海、橋詰光、柴原正和
2. 発表標題 溶接力学問題における人工知能の活用に関する研究
3. 学会等名 第230回溶接構造研究委員会WD230-4
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴原正和
2. 発表標題 理想化陽解法FEMによる大規模溶接力学シミュレーションの実機適用
3. 学会等名 第六回ヘキサケミカルカンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyoshi YOKOTA, Masaharu KOMURA, Yasuo YAMASHITA, Masakazu SHIBAHARA
2. 発表標題 A Technique for Preventing Solidification Cracking at the End Part of a Weld Joint in One-side Submerged Arc Welding
3. 学会等名 72nd IIW Annual Assembly, IIW Doc. No. XII-2340-19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Manami MAEKAWA, Kazuki IKUSHIMA, Akira Notsu and Masakazu SHIBAHARA
2. 発表標題 Approach for automation of line heating by combination of reinforcement learning and FEM simulation
3. 学会等名 Visual JW 2019 & WSE2019, 271-272 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田新太郎, 沖見優衣, 生島一樹, 谷岡俊介, 木治昇, 柴原正和
2. 発表標題 多電極片面サブマージアーク溶接時における終端割れに及ぼす諸因子の影響に関する検討
3. 学会等名 溶接構造シンポジウム2019, 388-394
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 溶接構造体の製造方法(国際特許出願)	発明者 柴原正和、生島一樹、三ッ井佑太、前田新太郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2021/009544	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 物理定数の推定値取得方法	発明者 柴原正和、生島一樹、高橋陸、木谷悠二	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-037203	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 溶接装置及び溶接方法(高温割れ防止装置)	発明者 柴原正和、前田新太郎、生島一樹、織田祐輔	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-034592	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 溶接構造体の製造方法	発明者 柴原正和、生島一樹、三ッ井佑太、前田新太郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-043414	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 溶接構造体の製造方法	発明者 柴原正和、生島一樹、三ッ井佑太、前田新太郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-043414	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>柴原研究室ホームページ http://www.marine.osakafu-u.ac.jp/~shibahara/</p>

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
研究分担者	才田 一幸 (Saida Kazuyoshi) (30178470)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	
研究分担者	村川 英一 (Murakawa Hidekazu) (60166270)	大阪大学・接合科学研究所・招へい教授 (14401)	
研究分担者	生島 一樹 (Ikushima Kazuki) (80734003)	大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・助教 (24403)	

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
---------	---------