

=溶接学会誌にみる TIG 溶接技術の最近の歩み (1) =

本話より、近年とくに目覚ましい進歩と発展を遂げた 2005 年以降の足跡を、溶接学会誌の「溶接・接合をめぐる最近の動向」欄、を参考にさせて頂き、振り返らせていただきます。

すでに第 219 話においても触れましたように、2004 年 (学会誌掲載は 2005 年) より「日本における溶接の展望」欄が、「溶接・接合をめぐる最近の動向」欄に変更されましたので、本欄を「動向」と以下略称し、それらのトレンドを作成しました。

「動向」欄の作成要領

- ①「動向」作成期間；2005 年～2016 年、但し、2005 年～2010 年と 2011 年～2016 年の 2 区分。
- ②「動向」記事は TIG および MIG/MAG の双方が記載されていますが、本話では TIG にほぼ限定します。
- ③「動向」は概略「溶接プロセス」と「溶接機器」を主題として年度毎にほぼ交代で記載のため各主題中心に纏め。
例；「溶接プロセス」；2005 年 → 2007 年 → 2009 年 「溶接機器」；2006 年 → 2008 年 → 2010 年
なお、2011 年～2016 年度分の「動向」もほぼ同様な要領・区分で記載しますので予め了解下さい。

1. 「溶接プロセス」2005～2009；アーク溶接プロセス (1.1 はじめに、1.2 シミュレーション) 溶接学会誌引用文献 (レビュー&トレンド) の目次一覧を表 240-01 に示します。

表 240-01 にみるように、各年度の記事は「1.1 はじめに ～ 1.6 おわりに」のように構成され、内容量が多いためここでは 1.1 および 1.2 を第 1 グループ、1.3 以降を 第 2 グループ に、二分割としました。

溶接学会誌 2005～2010 年の =特集「溶接・接合をめぐる最近の動向」= 欄より引用
表 240-01 TIG 溶接関係文献 (レビュー&トレンド) の一覧

整理 NO.	執筆者 (所属) (敬称略) 文献 NO. および記載ページ	文献の主要目次 と TIG 溶接関連目次
1	田中 学 (大阪大学接合科学研究所) Vol. 74 No.5 2005 p 66～68	第Ⅱ部 溶接・接合工学の最近の動向 II 溶接・接合プロセスとシステム化技術 1 アーク溶接プロセス 1.1 はじめに 1.2 シミュレーション 1.3 現象観察および計測 1.4 A-TIG のメカニズム 1.5 新技術 1.6 おわりに
3	中村 照美 (独立行政法人 物質・材料研究機構) Vol. 76 No.5 2007 p 63～66	第Ⅱ部 溶接・接合工学の最近の動向 II 溶接・接合プロセスとシステム化技術 1 アーク溶接プロセス 1.1 はじめに 1.2 シミュレーション 1.3 アーク現象の観察 1.4 新技術 1.5 おわりに
5	宮坂 史和 (大阪大学) Vol. 78 No.5 2009 p 78～79	第Ⅱ部 溶接・接合工学の最近の動向 II 溶接・接合プロセスとシステム化技術 1 アーク溶接プロセス 1.1 はじめに 1.2 シミュレーション 1.3 現象の観察 1.4 新技術 1.5 おわりに

さらに、「各年次における TIG 溶接関連レビュー&トレンドとその動向」(2005-2009) における記事を最終ページの表 240-02 に示します。細かな文字になってしまいましたこと、深くお詫びいたします。また、これらの「レビュー&トレンド」に示されている TIG 溶接に関わる記事はスペースが許す限り原文のままとし、スペースに余裕なき場合は一部要約もしくは割愛させて頂きました。了解下さい。

2. 「各年次におけるレビュー&トレンドとその動向」(表 240-02) からみた概要図

前述しましたように、「レビュー&トレンド」の記事が細かくて読み取りにくい状態ですのでそれらの動向に関する解釈を、2-1) ~ 2-3) 項に大まかですが、筆者なりに表現してみました。参考下さい。また、レビュー&トレンドの記事中に示されている代表的な図を、以下に添付しておきます。なお、詳細な記事および図表の説明については溶学誌の原文を参照して頂きますようお願いいたします。

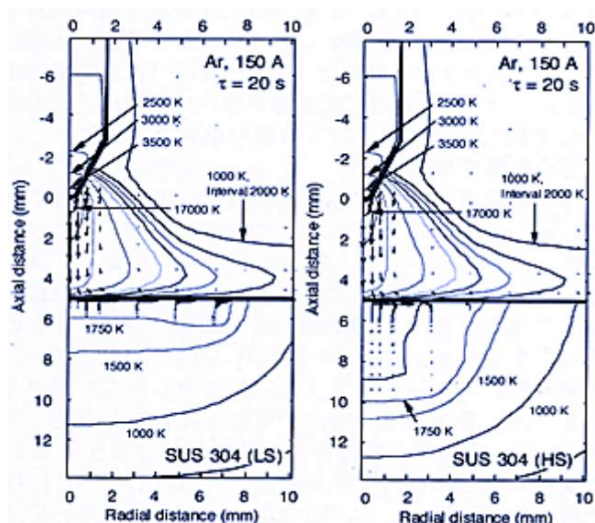


図 1 軸対称 2 次元のティグアークモデルによるステンレス鋼の静止溶接シミュレーション^{1, 4)}

2005 年 図 1

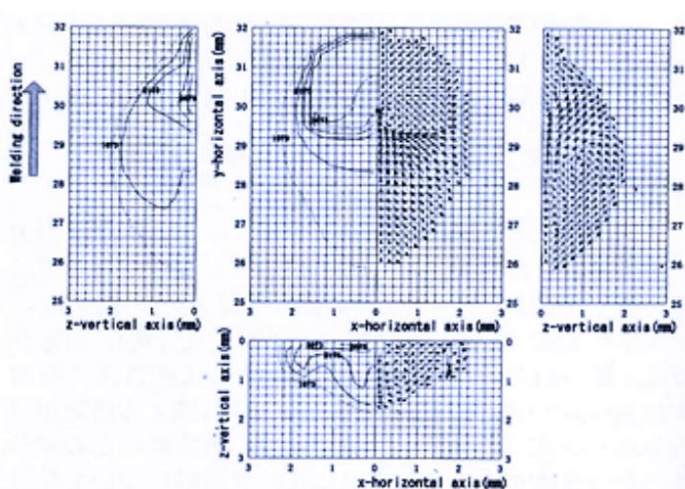
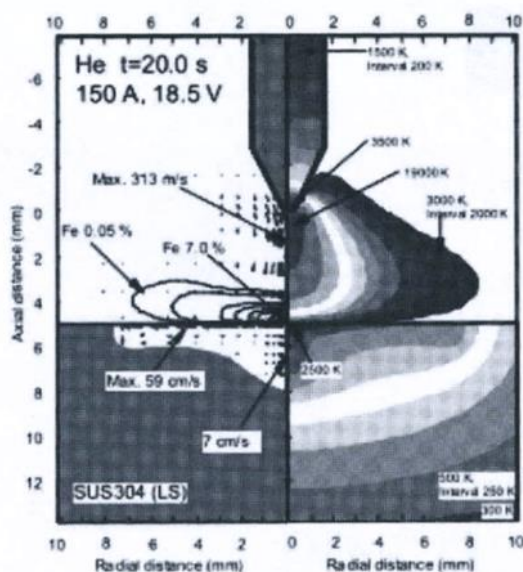
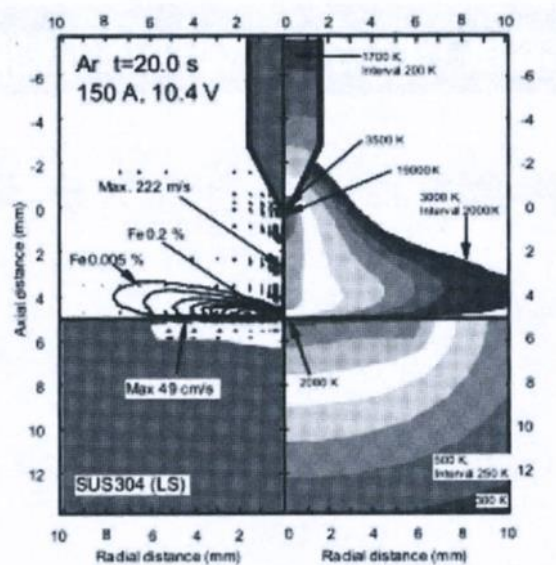


図 2 3 次元電磁熱流体モデルによる移動ティグ溶接の数値計算例 (アーク電流: 100 A, 溶接速度: 5 mm/s)³⁾

2005 年 図 2



(a) He アーク

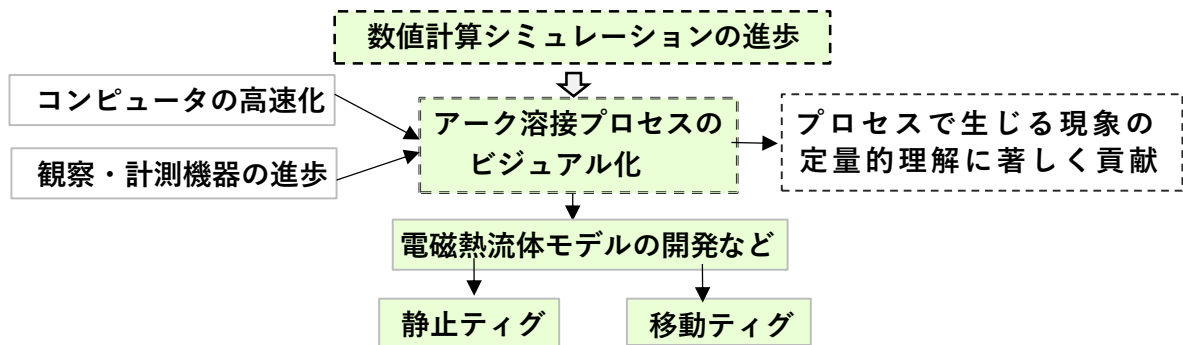


(b) Ar アーク

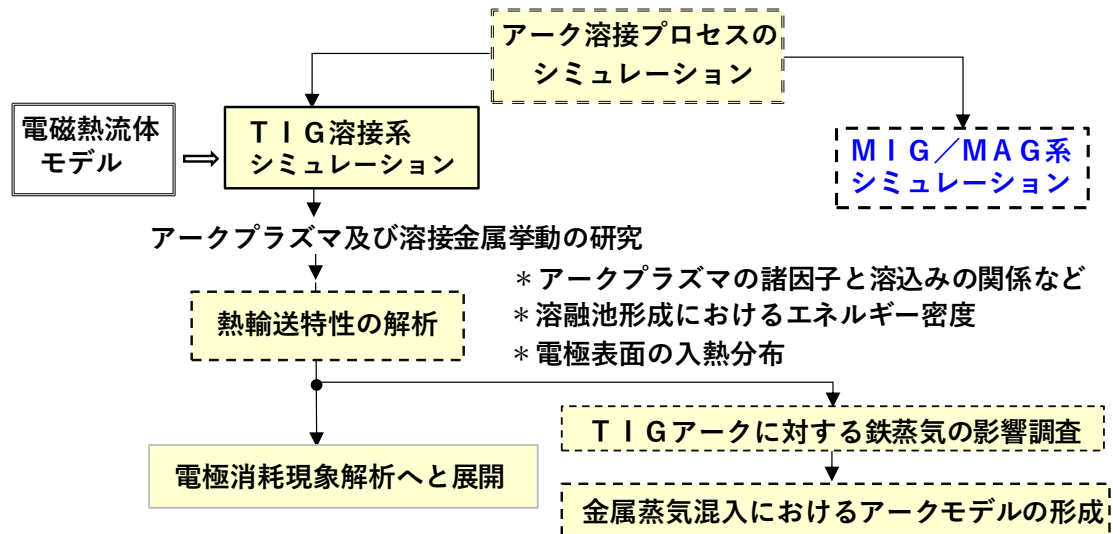
図 2 金属蒸気を考慮したアークモデル⁹⁾

2009 年 図 2

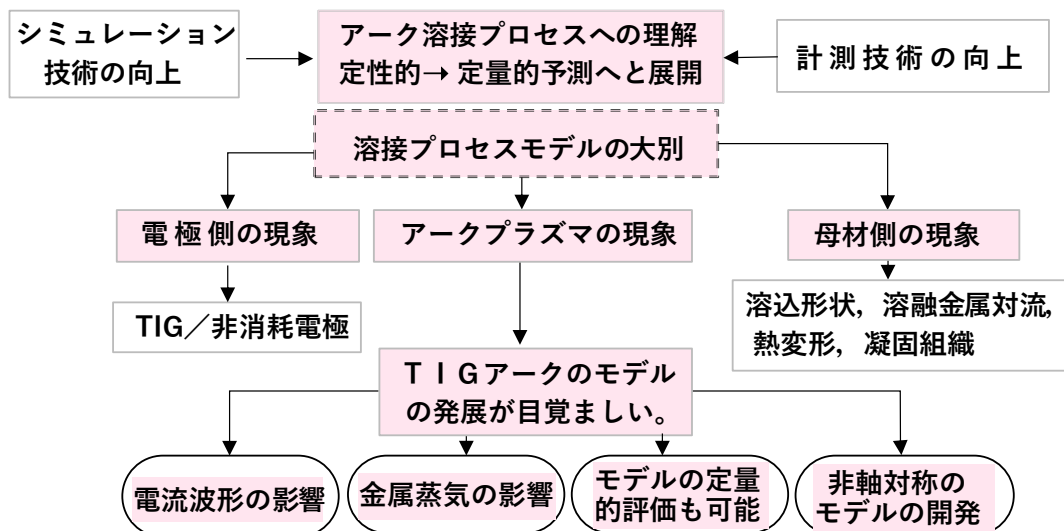
2-1) 2005年 (1.1 はじめに, 1.2 シミュレーション)



2-2) 2007年 (1.1 はじめに, 1.2 シミュレーション)



2-3) 2009年 (1.1 はじめに, 1.2 シミュレーション)



次話では、溶接学会誌にみる TIG 溶接技術の最近の歩み（2）として、「溶接プロセス」2005－2009（1.3 アーク現象の観察～1.6 おわりに）の記事の概要を紹介します。

表 2 4 0 - 0 2 各年次における T I G 溶接関連レビュー & トレンドとその動向

2005年 (NO.1)	2007年 (NO.3)	2009年 (NO.5)
1.1 はじめに * 近年、コンピュータの高速化、高感度CCDカメラや高速デジタルビデオカメラ等の観察・計測機器の進歩により、アークプラズマの状態、電極や溶融池の挙動、溶接ビードの形成など、高温における固体・液体・気体の混相環境下の極めて複雑な現象であるアーク溶接プロセスのビジュアル化が目覚ましく進展。 * 特にここ数年はビジュアル化がアーク溶接プロセスで生じる現象の定量的な理解に著しく貢献 ・また、それを基礎にしてアークの安定化やスパッタの低減など新しい技術の開発、更には溶接士の有する技能の数値化を通じた教育システムの開発など、アーク溶接プロセスに関わる科学技術、教育の発展に重要な役割を果たしてきた * 平成12年度から5年間にわたり新エネルギー・産業技術開発機構 (NEDO) からの委託により実施した「溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発」プロジェクトは、このビジュアル化の進展を国家プロジェクトとして強力に後押ししたと言える。 1.2 シミュレーション * 数値計算シミュレーションがビジュアル化の一翼を担う。 * アーク溶接プロセスを「電極-アークプラズマ-溶融金属-母材」からなるトータルシステムとして捉えて、各々の領域のエネルギーバランスや物質のバランスを考慮に入れた電磁熱流体モデルの開発が取り組まれている。 ・図1はその計算例で、SUS鋼を20秒間静止ティグ溶接した場合の温度場と流れ場を示している。 * また、溶融池の3次元電磁熱流体モデルについても取り組まれている。 ・図2に示すように移動ティグ溶接における溶融池内の流れの状態と温度場がビジュアル化されている。 * 一方、実際のアーク溶接プロセスで見られる多層溶接やウィーピングを伴う溶接現象、アンダカットのような不整ビードの形成現象などに適用可能なマグ・ティグ溶接を対象としたシミュレーションプログラムが開発されている。 ・本シミュレーションは溶融池の対流効果を熱伝導計算に置き換えることによって計算時間を大幅に短縮させ、実溶接プロセスへの適用を視野に入れたもの。 ・また、アーク圧力による溶融池表面の変形 or 振動をシミュレーションする3次元数値解析モデルの開発も取り組みがなされている。	1.1 はじめに * <u>アーク溶接プロセスを理解する上でビジュアル化は重要である。</u> ・これまで多くの実験や解析から導き出された現象は、「見える形」にすることでアーク現象そのものを容易に理解することができ、新たなアイデアや新しい現象の理解へとつながる。 ・近年、アーク溶接プロセスのシミュレーションや現象解析技術の発達がめざましく、これらを活用した新しい試みも検討されている。 * 平成18年度秋季全国大会のフォーラム「溶接プロセスの高機能化に向けた新しい展開」ではアーク溶接はどこまで進むか、アーク溶接の今後の展開について議論された。 * ここでは、過去2年間の公表文献を中心にアーク溶接プロセスに関する最近の話題や動向を紹介。 1.2 シミュレーション * <u>アーク溶接プロセスのシミュレーションはTIG溶接系とMIG/MAG系に分けられる。</u> * <u>TIG系シミュレーションでは電磁熱流体モデルを用いてアークプラズマや溶接金属挙動を研究。</u> * TIG溶接における「電極-アークプラズマ-溶融池間」の熱輸送現象の解析をするために、 ① アークプラズマの電子温度、陽子電流、入熱密度分布と溶け込みの関係が解析された。 ② 溶融池形成に対しては陽極の入熱の総エネルギーよりもエネルギー密度が重要と示された。 ③ さらに陽極近傍の非平衡領域については、電磁熱流体モデルにより電極表面の入熱分布が解析されTIGアークの総合的な解析を実施。 ④ これらのTIGアークの電磁熱流体モデルは、<u>電極消耗現象解析へと展開された。</u> * <u>シミュレーションモデル (電磁熱流体モデル) を基にTIGアークの基本的な物理現象の解析が行われ、TIGアークの熱輸送特性が解析された。</u> * <u>このモデルをベースに金属蒸気混入時におけるHeアークのプラズマ特性が解析された。</u> ・図1は計算例で鉄蒸気混入によるアークプラズマが大きく変化している。 ・鉄蒸気の混入率の増加は陰極近傍の高温域の温度を上昇させる。 ・それ以外の領域では温度が下がり、陽極への熱伝導や入熱量が減少し熱効率が低下することが示された。 * 金属蒸気混入の影響調査のためAr-Heアークの放射パワー変化計測が行われ、放射パワー密度計測による溶接現象のモニタリングの可能性が示された。	1.1 はじめに * <u>アーク溶接プロセスに関するシミュレーション技術が目覚ましく発展。</u> ・従来とは異なった発想によるアーク溶接プロセスが検討されるようになってきた。 * 計測技術の向上により、これまで困難であったシミュレーション結果の検証が可能になり、アーク溶接現象の、より深い理解が可能になった * <u>シミュレーション技術・計測技術の夫々の向上により、これまでは定性的理解にとどまっていたものが定量的予測への展開が求められるようになってきている。</u> ・過去2年間の公表文献よりアーク溶接プロセスに関する最近の話題・動向を紹介。 1.2 シミュレーション * <u>溶接プロセスモデルの大別</u> ・電極側 (非消耗電極、溶接ワイヤ) の現象・アークプラズマ・母材側 (溶込み形状、溶融金属対流、熱変形、凝固組織) 現象に分けられる * <u>アークプラズマに関するモデル</u> ・TIGアークのモデルの発展がめざましい。 - 電流変化の影響に関してはもちろんのこと、金属蒸気の影響までもモデル化の対象になっており (図2)、モデルの定量的な評価も可能なレベルに達してきている。 ・現実に近付けるため非軸対称のモデルの開発も進み、磁界によるアーク形状のひずみのモデル化がなされている。 * <u>母材溶融現象のシミュレーション</u> - 溶融池内の対流現象を無視した簡易モデルのGMA溶接への適用が検討され、実験結果と良好な一致を示すことを確認。

備考；本表内の下線は筆者が付しました。
ご確認ください。

以上。