



ミニ特集 ● 7

高度溶接技術

モデル統合化による溶接設計支援システムの開発

Development of Virtual Welding System

黄地尚義
Takayoshi Ohji

大阪大学 大学院工学研究科
知能・機能創成工学専攻 教授

1 はじめに

本プロジェクトは、シミュレーションによるアーク溶接技術の高度化を目指している。計画を具体化するため、アーク溶接のシミュレーションに関する3つの分科会：溶接プロセス、溶接金属組織、溶接変形、が設置されている。ここでは、3つのシミュレーション分科会の成果を統合化、システム化することを試みている。すなわち、溶接プロセスから金属組織・溶接変形までを包括して予測できるシミュレーション主導型の新しい溶接設計支援システムを提案・検討している。

本稿では、生産現場で最も汎用されているMAG溶接による銅のT-継手、突合せ継手を主たる対象に、上記システムの可能性について検討した結果を述べる。

2 モデル統合化とその基本的考え方

図1は、モデル統合化の基本的な考え方を示したもので、モデル相互の関係、とくに統合化に際しての各モデル間における情報の流れを示している。

図のように、このシステムでは、溶接プロセスのシミュレーション結果を基に、溶接に伴う材料組織の変化とその機械的特性の予測、さらには溶接変形や残留応力の予測などをリンクさせ、これらを包括して予測・推定することを目指している。例えば、プロセスシミュレーションモデルは、材料とその物性値、継手形式と開先形状、溶接電流や速度等の溶接パラメータを入力データとして、シミュレーションを実行し、その温度場と熱履歴、溶接ビードの形状と寸法等を出力する。この出力結果は、他の二つのシミュレーションモデルに対する入力データとして利用される。

また、溶接変形シミュレーションモデルでは、図示のような入力データを用いて、溶接変形と残留応力状態を予測・推定する。もちろん、その結果を組織シミュレーションモデル

とプロセスシミュレーションモデルにフィードバックすれば、溶接変形をリアルタイムでプロセスシミュレーションに反映させることもできる。さらに、各モデルをモジュール化しておけば、モデル単体で利用することもできるし、モジュールを取り替えることにより、多様なシステムが構築できることになる。

ここでは、図1を具現化し、簡易な溶接設計支援システム：Virtual Welding Systemを試作・検討することを目標としている。図2に構築予定の簡易溶接設計支援システムのイメージを示す。

3 モデル統合化システムの開発とその検討

3.1 試作したモデル統合化システム

本プロジェクトでは、上記システムの可能性・信頼性を具体的に検討する目的で、図3のような溶接のシミュレーションソフトを開発している。図は、試作中ソフトのメニュー選択画面とワーク（溶接部材）入力画面を示している。最終的には、図示のように、T-継手、突合せ継手に加えてパイプの溶接モデルもソフト化する予定である。具体的には、本ブ

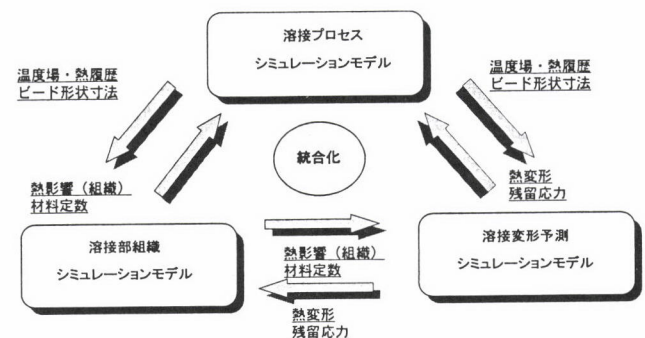


図1 統合化の基本的考え方

プロジェクトで開発したプロセスソフトと変形ソフトをパソコン上でリンクさせている。

図4は、MAG溶接プロセスモデルによるシミュレーション結果で、このソフトでは、シミュレーションの結果を図示のような要領で出力する。溶接ビードの形状・寸法や任意の点における温度履歴の出力に加えて、溶接ビートの形成プロセスを動画として再現することもできる。

3.2 統合化システムによる溶接変形のシミュレーション

図5は、試作した統合化システムの出力例である。図は、T継手のMAG溶接に関するもので、実線で示した部分が、溶接前のワーク形状を、網がけした部分が、溶接後のワーク形状を示している。当然のことながら、溶接の結果として、ワークが複雑に変形する。この例では、角変形に加えて縦曲がりが、強く現れている。

溶接とは、本来、プロセス・組織・変形の3要素が、密接

かつ複雑に絡み合った現象である。すなわち、これら3要素を統合化して、初めて、真の溶接シミュレーションが可能になる。

図6は、板厚6 mmの鋼板(200×100×6 mm)2枚を突合せ溶接した場合のワークの変形過程を表示したものである。左上図が、溶接前のワークを示している。紙面の奥から手前に向かって溶接が進行する。この例では、右側鋼板の右辺両端を拘束している。溶接の進行に伴いワークが大きく膨張・変形し、左下図のようなになる。溶接終了後、ワークは冷却・収縮し、右上図のようなになる。ここでも、各図中の実線がワークの原形を示している。図は、MAG溶接の結果として、ワークが複雑に変形すること、また、この施工条件では、横収縮に加え、角変形が強く現れること、等を示している。

図7は、溶接変形に及ぼす溶接条件の影響について検討したものである。図6の場合と同じ鋼板を突合せ溶接(V開先)している。(a)は一層で溶接した場合を、(b)は、溶接速度

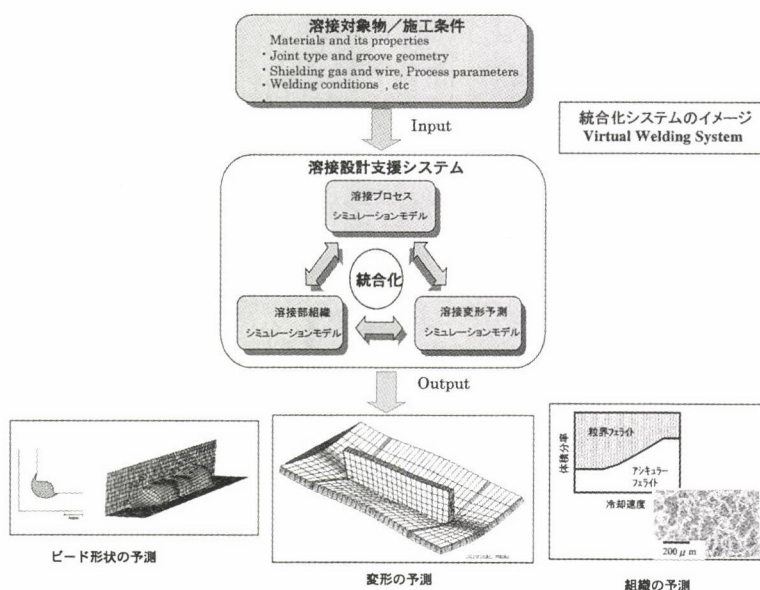


図2 試作中のVirtual Welding System

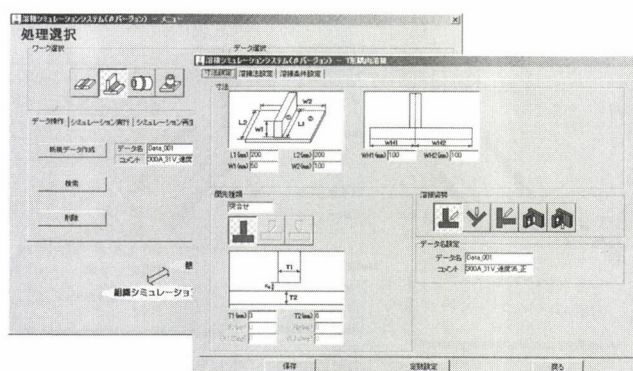


図3 試作中ソフトのメニュー選択画面とワーク入力画面

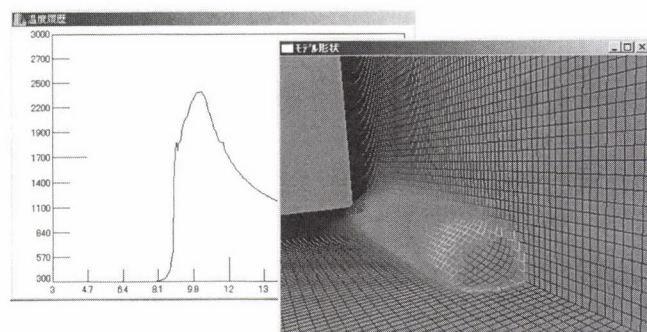


図4 開発中ソフトによる出力画面(温度履歴とビードプロフィール)

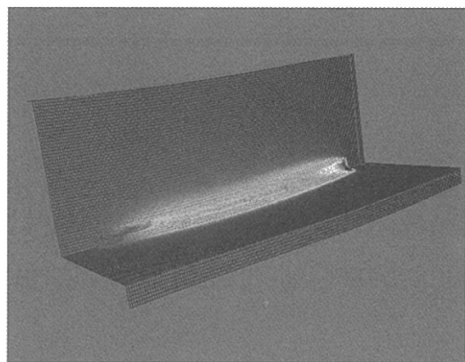
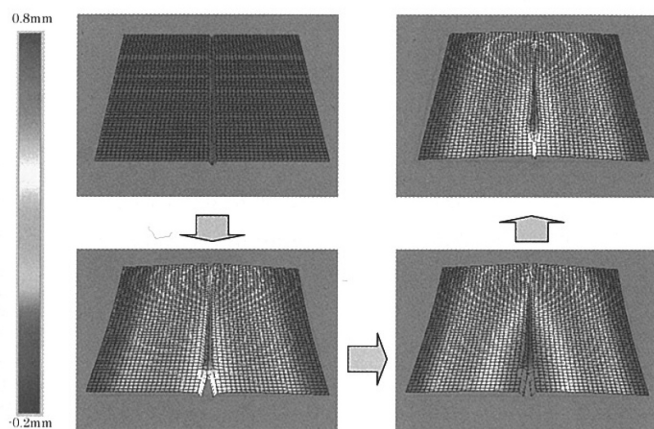


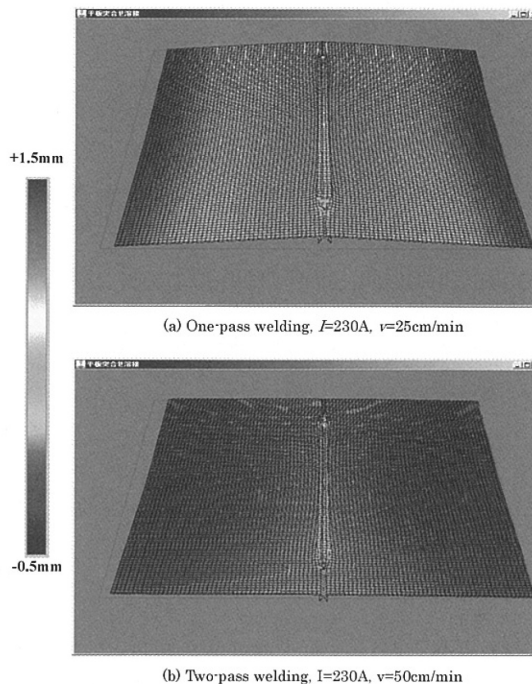
図5 開発中ソフトによるT継手の変形シミュレーション

図6 突合せマグ溶接における溶接変形シミュレーション
[$I=230A$, $V=25V$, $v=40cm/min$]

を2倍にし、二層で溶接した場合を示している。図のように、横収縮量は、両者で、大差が無いものの、角変形量に差が見られる。すなわち、図7は、溶接変形が、溶接施工条件、とくに溶接入熱の与え方に強く依存することを示している。

4 結び

ここでは、本プロジェクトで開発した溶接プロセスモデルと溶接変形モデルとをパソコン上でリンクさせ、統合化システムのプロトタイプを試作した。結果から判断する限り、ここで提案した統合化システムは、溶接条件の推定・最適化等、技術者の意思決定を支援するツールとして十分有効であると考えられる。云うまでもなく、統合化システムの信頼性は、

図7 変形に及ぼす溶接条件の影響
[SM490, 12mmt, $V=25V$]

プロセスモデルに強く依存する。今後は、プロセスモデルの適用範囲の拡大を図るとともに、統合化システムについての実証実験を試みる予定である。

なお、紙面の都合上、シミュレーションモデルの具体的内容に関する説明を省略した。モデルとその計算手法については、報告書¹⁻³⁾を参照してほしい。

参考資料

- 1) 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，成果報告書，新エネルギー・産業技術総合開発機構，(2004.4)
- 2) 溶接学会特別セッション，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，(2003.4)
- 3) 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，NEDOプロジェクト成果報告会要旨集，日本鉄鋼協会，創形創質工学部会，接合・結合フォーラム，(2004.9)

(2004年11月10日受付)