

西村 哲郎
T. Nishimura

海陸 嘉徳
Y. Kairiku

青木 幸典
Y. Aoki

近年、樹脂成形技術の進歩は目覚ましく、半導体から宇宙開発機器に至るまで広く活用されている。一方、製品の高密度化、高性能化、軽量化の動向と呼応して、製品に搭載される樹脂成形品には薄肉化、微細化、高精度化が求められている。また、信頼性の確保、開発期間の短縮も重要な課題である。このような成形品に対する多岐にわたる要求にこたえるために、設計、成形条件、材料特性を総合的に適正化する解析システムを開発した。

ここでは、システムの概要と、半導体封止、非球面レンズの精密成形、筐(きょう)体のガスアシスト成形に適用した事例について紹介する。

Remarkable strides have been made recently in polymer processing technology, which is finding a wide range of applications in areas as diverse as semiconductor and space development equipment. The current trend towards greater density, higher performance and more lightweight products requires thinner, finer and more accurate components. In addition, plastic components must also provide improved reliability, with shorter development times. Analysis systems for polymer processing have been developed for comprehensive optimization of design, processing conditions and material properties.

This paper gives a brief outline of the system as well as examples of analysis for semiconductor encapsulation, precision molding of aspherical plastic lenses and gas assisted processing of outer housings.

1 まえがき

近年、樹脂成形技術の進歩は目覚ましく、半導体、情報機器、エネルギー機器、宇宙開発機器などのキー部品として樹脂成形品が活用されている。一方、製品の高密度化、高性能化、軽量化の動向と呼応して、製品に搭載される樹脂成形品には薄肉化、微細化、高精度化が求められている。また、部品を製造するという観点では、信頼性の確保、開発期間の短縮も重要な課題である。

成形品に対する多岐にわたる要求にこたえるためには、成形現象を定量的に把握し、部品・金型設計、成形条件、材料などを早期に適正化することが肝要である。

そこで、設計、成形条件、材料特性を総合的に適正化する解析システムを開発した。ここでは、システムの概要と部品成形に適用した事例を紹介する。

2 解析システム

実験解析と数値解析を基盤とした2種類のシステムを開発した。このシステムは射出成形、トランスファ成形、注型、圧縮成形などへ適用することができる。また、熱可塑性樹脂はもとより熱硬化性樹脂への適用も可能である。

2.1 実験解析システム

実際の成形現象をリアルタイムでモニタリングするシステムである。図1に示すように、金型内で直接採取した樹脂の充てん圧力、金型の温度・ひずみ、成形機から採取したプランジャ圧力・位置などを任意の時間間隔でサンプリングする

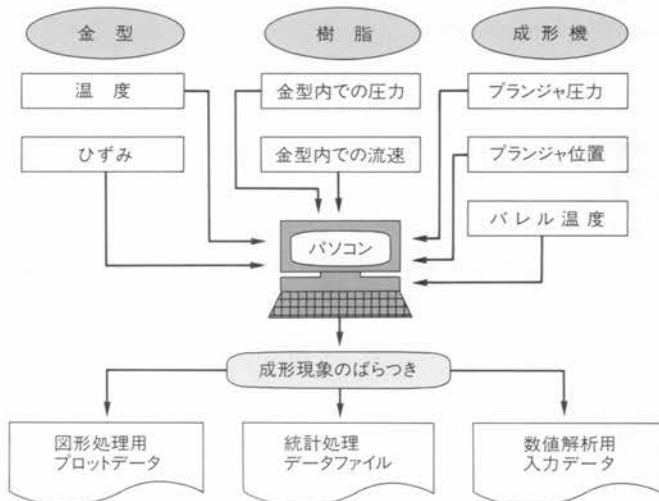


図1. 実験解析システム 実際の成形現象をリアルタイムでモニタリングする。

Experimental analysis system

ことにより、成形現象のばらつきを定量化できる。また、数値解析への入力データを作成することも可能である。

2.2 数値解析システム

図2に示すように、成形過程における樹脂の粘度変化、流れ、成形品の残留応力や変形、金型の温度や熱変形などをコンピュータで解析する。成形品設計、成形条件、材料特性、金型設計を理論的に適正化するうえで有効である。

特にエポキシ樹脂に代表される熱硬化性樹脂は金型の内部で加熱されると硬化反応により発熱し、粘度は複雑に変化する。そこで、樹脂の反応率および発熱量を加熱温度・時間と関連づけて把握する新しい数学モデルを考案し⁽¹⁾、システムに導入した。現在、熱硬化性樹脂の成形現象をより正確に予測することができる。

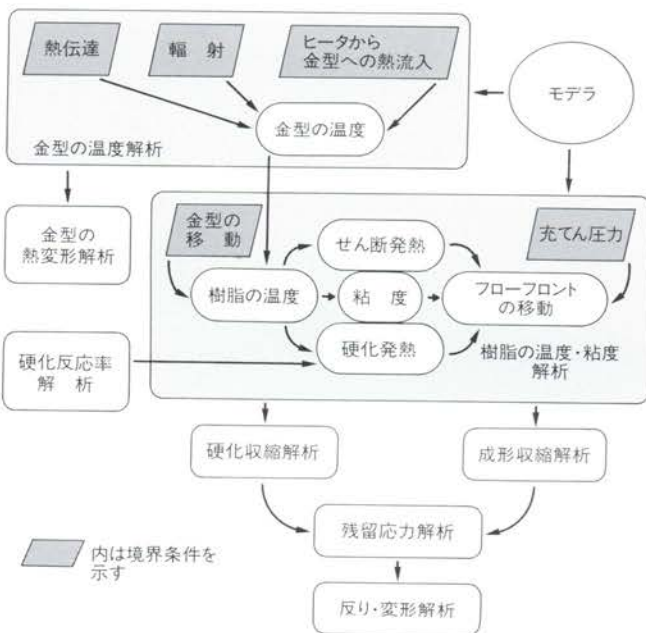


図2. 数値解析システム 適正な成形品設計、成形条件、材料特性、金型設計を理論的に予測する。

Numerical analysis system

3 適用事例

3.1 半導体封止

通常、半導体はエポキシ樹脂で封止される。近年、半導体は薄型化し、しかもパッケージサイズに対してICの占める割合は著しく増加している。そこでIC上面と金型壁面との樹脂流路におけるエポキシ樹脂の流れを数値解析した。解析例を図3に示す。ICの厚さがパッケージの厚さに近づくほど樹脂流路はより薄くなり、またICの面積がパッケージの面積に近づくほど樹脂流路の薄肉領域は広くなり、パッケージの表面に未充てんが発生しやすくなる。図3で示した未充てんが発生する領域は、樹脂の粘度特性

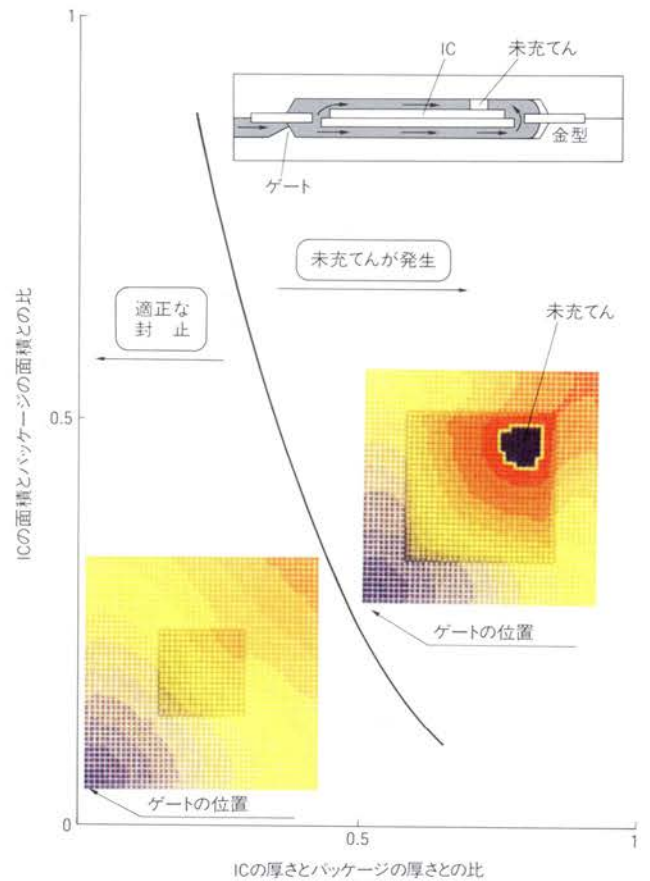


図3. パッケージ構造設計と樹脂流動現象との関連 パッケージ構造設計が不適切であると、パッケージの表面に未充てんが発生する。

Polymer flow analysis for semiconductor package design

や封止条件によっても変化する。薄型化していくパッケージの信頼性を確保し、開発期間を短縮するためには、設計、樹脂の溶融特性、封止条件を定量的に関連づけることがきわめて重要である。

3.2 非球面樹脂レンズの精密成形

情報機器のような光学系を搭載した製品の小型・軽量化を図るうえで非球面樹脂レンズの果たす役割は大きい。図4に開発した各種のレンズを示す。材料は複屈折の小さなアクリル樹脂を選定した。

レンズの形状精度を確保するためには、形状設計、金型の熱設計および樹脂の充てん圧力の精密な制御が必要である。まず、樹脂の冷却速度、収縮量、変形などを数値解析し、著しい変形の発生が予測される形状については、リブにより変形を防止した。金型の熱設計では、樹脂の熱伝導率や比熱の温度依存性を考慮し、樹脂と金型との間の熱伝導を非線形解析した。そして樹脂が均一に冷却されるような金型材料、金型の熱源位置、キャビティの配置を決定した。また、実験解析と数値解析により充てん圧力の制御方法を決定し、キャビティ内部を流れる樹脂のフローフロントが所定の速度で進展するように成形機のプランジャを精密に移動させた。樹脂がキャビティに充てんされた後の保圧過程では、180 MPa以上



図4. 非球面樹脂レンズ 光学系を搭載した製品の小型・軽量化を図るために開発した。

Aspherical plastic lenses

の高い圧力を与えて成形収縮を防止した。

3.3 筐体のガスアシスト成形

近年、樹脂成形品の“反り”や“ひけ”を防止し、同時に軽量化を図る有効な方法として、ガスアシスト成形法が注目されている⁽²⁾。これは、金型内に充てんされた溶融樹脂の内部にガスを封入する方法である。

パソコンの薄肉筐体では樹脂の収縮に起因する“反り”や偏肉部での“ひけ”の防止が課題である。そこで、解析技術を基盤として、ガスアシスト成形法をパソコン筐体成形に適用するための成形技術を開発した。

図5に解析の対象としたパソコン用液晶ディスプレイ筐体を示す。平均肉厚は1.2 mm、偏肉部の厚さは2.5 mm であ

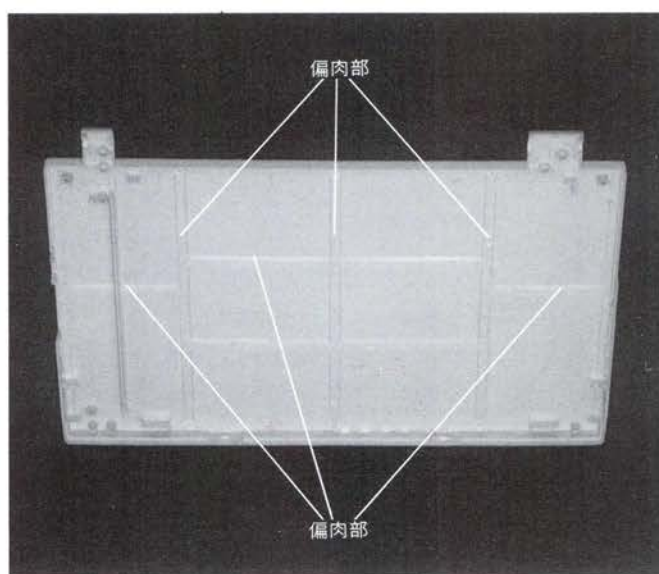


図5. パソコン用液晶ディスプレイ筐体 “反り”や“ひけ”の防止が求められている。

LCD display housing for personal computer

る。数値解析により、樹脂の金型内部での圧力損失と粘度分布を非定常で解析した。次に、ガス封入位置と圧力を境界条件として樹脂内部へのガスの進入状態を究明した。さらに、樹脂の収縮率分布に起因して発生する残留応力と反り変形を非線形解析した。

図6はガスの進入状態、図7は“反り”に関する解析結果を示している。ガスアシスト成形法は通常の射出成形法と比

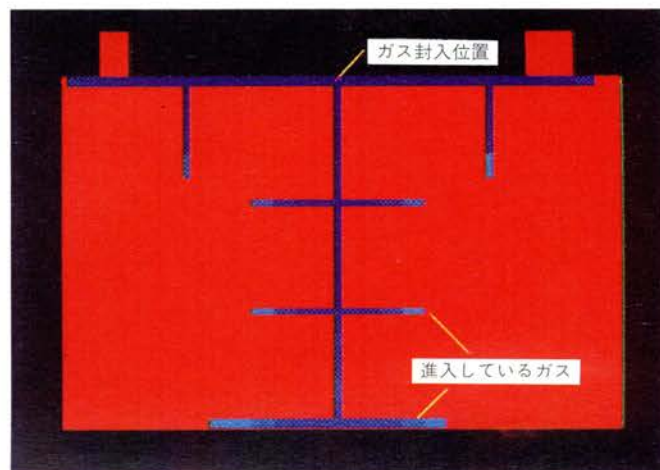
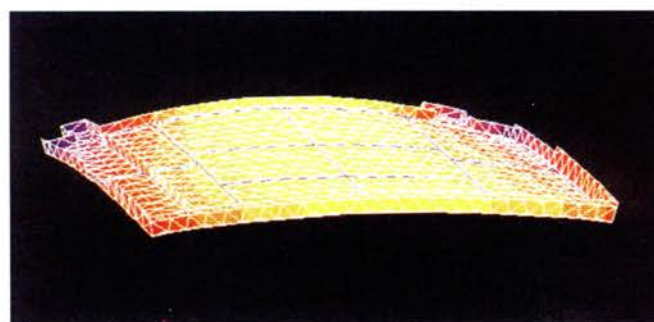
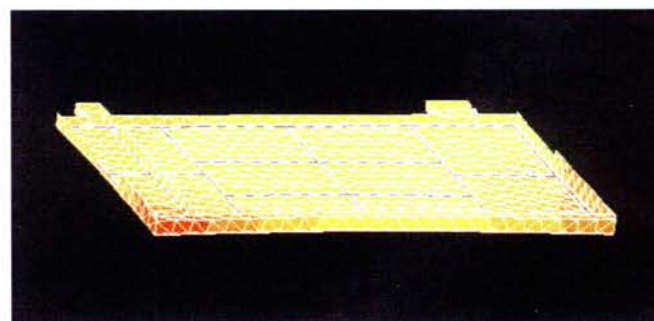


図6. ガスアシスト成形プロセスの数値解析 樹脂内部へのガスの進入状態を究明した。

Numerical analysis for gas assisted processing



(a)通常の成形法



(b)ガスアシスト成形法

図7. 筐体の反り解析 ガスアシスト成形法は“反り”の軽減に有効である。

Warpage analysis for outer housing

較して、“反り”の軽減に有効であることを理論的に明らかにした。現在、薄肉筐体成形の課題である“反り”を、筐体設計、樹脂の射出条件、材料の種類はもとよりガス封入位置・

数、封入圧力などに関連づけて予測することができる。

次に、実験解析により、金型内部での樹脂の充てん圧力とガス封入圧力および金型の温度変化を実際の成形プロセスで評価した。図8は樹脂およびガスの圧力履歴を解析した結果を示している。金型内部各位置での樹脂の充てん圧力やガスの封入圧力を詳細にとらえていることがわかる。さらに、ガスが偏肉部に十分進入するための樹脂・金型温度、樹脂の充てん圧力パターン、ガスの封入圧力・時刻などを特定し、筐体の性状を評価した。外観面の“ひげ”を実測した結果を図9に示す。通常の成形法では偏肉部で56 μm 以上の“ひげ”があったが、ガスアシスト成形法を採用した場合には、ほとんど完全に防止できている。“反り”についても通常の成形法と比較すると、約1/5に軽減できた。

以上のような理論的究明に基づいて設計、成形されたガスアシスト成形法による筐体はすでにパソコンの4機種に実用化されている。

4 あとがき

解析システムの概要と適用事例を紹介した。

今後、樹脂成形品の経時変化や疲労寿命を精密に解析する技術を開発し、部品の限界設計法を開発する。同時に解析システムの高度化を図る。

文 献

- (1) 青木幸典, 他: 大型絶縁部品を対象としたエポキシ樹脂の硬化プロセス解析, 日本機械学会第71期全国大会講演論文集, B, pp.388-390 (1993)
- (2) 和田明紘: ガス射出成形の最新動向, 工業材料, 42, 9, pp.65-73 (1994)



西村 哲郎 Tetsurô Nishimura

1978年入社。成形を対象とした解析技術の開発に従事。現在、生産技術研究所精密技術研究部主任研究員。
Manufacturing Engineering Research Center



海陸 嘉徳 Yoshinori Kairiku

1973年入社。精密樹脂成形技術の開発に従事。現在、生産技術研究所精密技術研究部主務。
Manufacturing Engineering Research Center



青木 幸典 Yukinori Aoki

1987年入社。熱硬化樹脂成形の数値解析技術の開発に従事。現在、生産技術研究所精密技術研究部主務。
Manufacturing Engineering Research Center

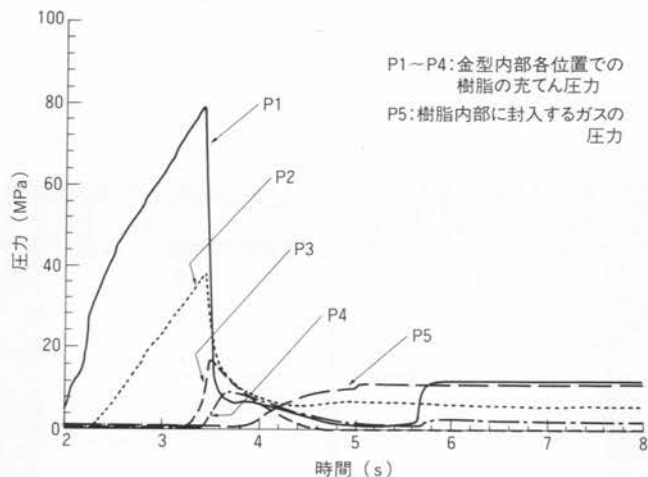


図8. ガスアシスト成形プロセスの実験解析 樹脂およびガスの圧力履歴を実験により解析した。

Experimental analysis for gas assisted processing

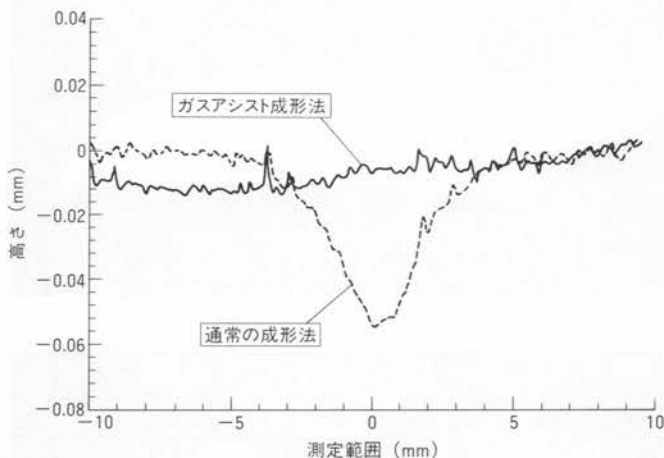
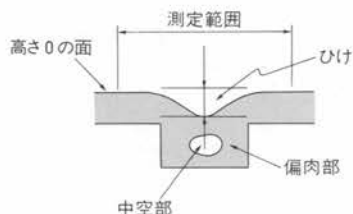


図9. ひげの評価 ガスアシスト成形法は、“ひげ”の防止にも有効である。

Evaluation of outer housing surface sinking