

特集に際して
Guest Editor

乱流シミュレーションと流れの設計

Turbulence Simulation and Flow Design

加 藤 信 介*

Shinsuke KATO

工学で実現される機能には、自然現象で生じているような物理的、化学的、生物的な「実際現象」に対するものと、物とは遊離した「情報」に対するものの2つに分別することができる。実際現象は、自然科学の物理法則、化学法則などに支配されており、我々の周囲で常に実物として実存する。これに対し情報は、このような実際現象とは無関係に「人の頭の中」や「紙の上に書かれた記号」や「意味づけられた音声」やコンピューター回路内の「電気信号」、磁気テープの「磁気の変化」、生体内での「ホルモンの伝達」などといった様々な形で存在する。実現現象を概念情報の世界に対応づけ、仮想的に概念情報の世界で再現することは良く行われる。

タービン中を流れる圧縮空気や燃焼ガスの流れ、空調される室内の空気、地球大気の流れ、など、実存世界には様々な種類の流れがある。人はこれらを都合よく制御し、利用する。非線形であり複雑系を形成するが、流れはほぼ同一の条件を用意してやればその平均的な性状は何度でもほぼ同様に再現される。これはその精粗の程度に大きな差はあるが、概念情報の世界でも同様に再現することが可能である。流れの条件を明らかにしてやれば、仮想世界で、実世界で生じる流れ現象を仮想的に再現することは、細部まで完全に再現できるか否かに問題はあがあるが、その凡そ、平均的な性状を再現することは常に可能となってきた。流れの条件を与えてやれば、その流れの性状を人の頭の中で想像することは昔から行われてきたし、コンピューターの中の情報として人の頭の中で想像するより遥かに詳しく再現することもできるようになった。

多くの流れ現象は、粘性流であり、乱流である。この流れを記述する数学式、ナビアーストーク方程式や乱流の数学モデルは、この概念情報の世界の中で実現される流れ現象を直接支配している。我々は、実際に生じる流れを操作して、必要な機能を実際に実現することが可能である。材料を購入してきて加工し、機能を実現するジェットエンジンやポンプなどの流体機械を作成し、これを作用させて人の欲する機能を実現させることができる。同様のことを、

実物や実態を伴わない概念の世界の中で、この流れを記述する数学式や乱流の数学モデルの数値解析によって仮想的に再現することができる。この情報の世界が実装されている設計者の頭の中で、あるいは設計図書の中で、あるいはノートに記載された数学式の展開の中で、あるいは、情報処理のコンピューターの中で流れを仮想的に再現し、仮想的に人の必要とする機能が実現されるかを試すことが可能である。

一般に実現現象が概念情報の世界に関係づけられ時、その情報量は必要とされる機能に沿ったものだけが選択され、重要でない情報は落とされる。保温材があったとしよう。機能の実現として、保温の役割を担う保温材は、実物が主体となる実世界においては実体を持つため、保温の役割を担うために必要な材の厚みや熱伝導率などの物性値のほか、表面の色、質量、材料としての可塑性、材料を構成する原子や分子の種類など、様々な性質を持ち、対応する情報量を有する。しかし、情報が主体となる概念の世界では、保温という機能の実現に必要な情報は、まさしく保温材の厚みと熱伝導率だけである。実物が主体となる実世界で、保温という機能を実現するため、材料を購入して施工し、その保温性を確認して、満足すべき性能が得られなければ、他の材料を手当てして加工と検査を繰り返し、保温という機能を実現する。原始の時代に知識という情報のストックを持ち得なかった原始人であれば、こうした実世界のみの試行錯誤による機能の実現も、止むを得ないであろう。しかし、十分な情報ストックを蓄えた現代人が、最初から実物を主体とする実世界でこのような試行錯誤を行うのは時間と労力、材料の無駄というものである。情報を主体とする概念の世界では、厚みと熱伝導率を変数としてこの試行錯誤を繰り返し、必要な材料の厚みと熱伝導率を決定した後に、実世界で最適な保温を実現する。

「乱流シミュレーションと流れの設計」研究グループは、非線形であり複雑系である乱流現象を概念情報の世界で最適化し、人の望む機能を最適に、実世界で実現する情報処理手法を検討している。その成果は着実に上がってきている。

*東京大学生産技術研究所 人間・社会部門