日本風工学会研究奨励賞を受賞して

長谷部 寛*

Hiroshi HASEBE

この度は、日本風工学会研究奨励賞を頂戴し、大変光栄に存じます。ご推薦頂きました先生、ご選考頂きました表彰委員会の皆様に厚く御礼申し上げます。今回受賞の対象となりました研究を遂行するにあたり、日本大学教授・野村卓史先生には、学生の頃から今日まで、日々厳しくも暖かいご指導を賜りました。この場をお借りして改めて感謝申し上げます。また、JFE スチール株式会社・加藤真志博士、村上琢哉博士には、乱流解析に関して様々なご助言を賜りました。ここに、深く御礼申し上げます。

今回受賞の対象となりました論文は、広く普及した $k-\epsilon$ モデルと壁関数を用いた乱流解析法の有する 2 つの数値解析的問題点の解消を試みたものです。

1 つ目の問題は、 $k-\epsilon$ モデルのモデル変数である乱流エネルギー k とエネルギー散逸率 ϵ が、定義上は非負の量であるのに対し、数値解析ではそれが保証されないことです。そのため、 k, ϵ が負の値になった場合、強制的に正の値に置き換える clipping などの補正方法が用いられています。しかし、clipping には物理的な根拠がなく、このような方法は避けたいと考えておりました。その時に出会ったのが、Ilinca らの提案した logarithmic form です。Logarithmic form は、 k, ϵ の自然対数である K, E を新たな変数として定義し、 K, E の方程式を解き、得られた解を指数変換することで k, ϵ を求めます。指数変換により k, ϵ を求めることで、 k, ϵ の非負性が数学的に保証されます。しかし、Ilinca らは logarithmic form を定常解析にしか適用しておらず、風工学で重要となる非定常解析での効果が明らかではありませんでした。そこで logarithmic form の非定常解析における効果を検証したところ、数値安定性向上効果を有することが明らかになりました。Logarithmic form を用いることで 1 つ目の問題を解消するとともに、安定な解析法を構築することが出来ました。

2 つ目の問題は、壁関数を用いる場合の参照流速の扱いです。壁関数は、流速の固体境界接線方向成分を参照し、壁乱流の普遍速度分布則を用いて固体境界ごく近傍の流速分布をモデル化する方法です。角柱などの鈍い物体の角のように接線方向を一意的に定められない境界に対して壁関数を用いるためには、参照流速の方向を何ら

かの基準に従って定める必要がありますが、これまでその方法は提案されていませんでした。そこで、周辺の流況から参照流速の方向を定め、さらに流況の変化に伴って参照流速の方向を変化させる方法を提案しました。正方形角柱まわりの流れの 2 次元解析において、提案方法の有効性を示し、3 次元風況解析への拡張も試みました。また、Craft らにより提案された移流と圧力勾配の影響を考慮した analytical wall function を有限要素解析で具体化する手順を示し、その有効性も検討しました。Analytical wall function のような新しい壁関数を物体まわりの流れ場へ適用することで、従来の壁関数よりも精度の高い結果が期待できると考えています。

私が本研究を始めて 10 年が経ちます。スタートは学部 4 年生の卒業研究でした。研究を始めた頃を思い返すと感無量ですが、始めの数年間には成果が出ず、学会の口頭発表すらできない非常につらい状況が続きました。それでも、数値流体解析の本質的な部分を研究していることの面白さを認識し、途中で投げ出すことなく必死に研究を続けて参りました。その意味で、この度の受賞は 10 年間の努力賞であると受け取っております。

これからは本研究で構築した有限要素乱流解析法をもとに、風工学の多様な問題へ取り組んでいきたいと考えております。皆様には今後ともご指導、ご鞭撻のほど何卒宜しくお願い申し上げます。

* 日本大学理工学部土木工学科 助手

Research Associate, Department of Civil Engineering, College of Science and Technology, Nihon University