

## 「風工学に関する国際会議」に参加して

細見 雅生<sup>1)</sup>

1996年7月21日～8月10日にかけてアメリカ合衆国へ国外出張し、「計算による耐風設計に関する国際シンポジウム」と「構造物の空力問題と適用に関する国際コロキウム」に参加した。「計算による耐風設計に関する国際シンポジウム」では、当社の自主研究である「渦励振，パフエッティングに対する疲労計算に関する研究」を無事，発表することができた。ここでは，会議の内容を中心に，今回の国外出張の概要を報告する。

### まえがき

「第2回計算による耐風設計に関する国際シンポジウム (Second International Symposium On Computational Wind Engineering, 以下CWE96と略す。)」はコロラド州フォートコリンズのコロラド州立大学で1996.8.4～8.8にかけて行われた。また，これに先だって「第3回構造物の空力問題と適用に関する国際コロキウム (Third International Colloquium On Bluff Body Aerodynamics & Applications, 以下BBAAⅢと略す。)」がバージニア州立工芸大学で1996.7.28～8.1にかけて行われた。これらの会議に参加し，風工学の国際的な動向を知ることができた。また，ニューヨークやナイアガラなどのアメリカの都市の橋梁などの構造物や自然に接する機会を得た。ここでは，会議の内容を中心に今回の国外出張の概要を報告する。

図-1に訪問先などの位置図を示す。日本を7月21日に出発し，ナイアガラ (バッファロー空港からタクシーで20分程度) とニューヨークなどを視察した。その後，BBAAⅢが行われるバージニア州ブラックスバーグに入った。ブラックスバーグはバージニア州ロアノーク空港から南西へ約100kmの所に位置し，大学を中心に開けた町である。町の周囲にはゴルフ場が点在し，大学内にもゴルフ場をもつ，緑が多く，気候の良い町であ

る。BBAAⅢ終了後，CWE96の開催地コロラド州フォートコリンズに移動した。フォートコリンズはデンバー空港から北へ約100kmの所に位置している。ロッキーマウンテン国立公園の入り口にも当たり，観光地としても有名とのことである。西部の夏は暑いのではないかと思っていたが，高度が高いせいか朝夕は涼しさを感じるほどであった。今回は，視察団などの企画でなく，一人でアメリカを旅行し会議に参加した。

### 1. CWE 96

会議が行われたコロラド州立大学 (Colorado State University, 以下CSUと略す。) は学生数は20,000人を超え，学部と大学院をもつ8つの単科大学から構成されている総合大学である。



図-1 位置図

1) 技術開発室次長

CWE96は8月4日から9日にかけてCSUのローリー学生センター(写真-1)で開催された。CWEの第1回は1992年に東京で開催されており、今回は第2回である。CSUの先生方が中心になって組織委員会が設置され、CSUのR.N.Meroney教授が議長を務められた。参加者は145名で、表-1に示すようにアメリカの49名を除けば、日本からは37名と多いが目立った。講演のセッションおよび発表件数を表-2に示す。日本とアメリカの研究動向の参考にするため、各セッションの日本とアメリカの発表件数も併記した。日本では橋梁の耐風性に関する研究は多いが、海外での研究は少ない。アメリカでの研究対象は主に建築物と環境問題(空気汚染)に関するものが中心である。

計算による風工学(Computational Wind Engineering)の分野では乱流モデルの扱いが重要な問題である。乱流モデルの解析法として、 $k-\epsilon$ 法とLES法が主に使用されている。 $k-\epsilon$ 法は連続の式とナビアストークスの式を時間でアンサンブル平均したレイノルズ方程式を、乱流エネルギー



写真-1 CWE96の会議場(ローリー学生センター [右側])

$k$ とエネルギー散逸率( $\epsilon$ )の輸送方程式を用いて方程式系を完結させて計算する方法である。LES法(Large Eddy Simulation)は、上記の連続の式とレイノルズ方程式に空間的な平均操作を施し、格子スケールより大きな渦を対象として計算する方法である。現在、注目されているのはこれらの手法の精度・評価および計算時間についてである。より精度の高い計算を短時間に低価格で行うことが望まれる。これらに関する研究、開発が活発に行われているが、精度や費用の点など多くの課題を残している。また、計算結果を風洞実験や実構造物の観測を用いて評価することが重要な問題として認識されており、実構造物の観測結果と解析値を比較した事例なども発表されていた。

当社の自主研究である「渦励振、パフエッティングに対する疲労計算に関する研究」を無事発表することができた。研究は、橋梁における渦励振とパフエッティングの実験結果と現地風の特徴を入力して数値計算により、風による振動の疲労照査を行う手法を提案したものである。この研究はCWEではなくCAWE(Computer Aided Wind Engineering)の分野であるが、Wind Engineeringにおいては興味あるテーマであるというコメントを頂いている。

会議が開かれたコロラド州立大学土木工学科の流体・風工学教室は3つの大型風洞を有するアメリカでも有数の風工学の研究機関である(図-2)。建築物・橋梁・環境問題など幅広いテーマに取り組んでいた。写真-2に示すように風洞内には計測器や実験装置が整然と配置されており、よく維持管理されていた。実験装置は色々と工夫されているものが多く見受けられた。写真-3は多点の圧力

表-1 CWE96の参加国および参加人数

国名	人数	国名	人数
アメリカ (コロラド:30名)	49	ルーマニア	2
カナダ	9	ポルスカ	1
イギリス	10	オーストラリア	3
アイルランド	1	ニュージーランド	1
フランス	2	オマーン	1
ドイツ	6	インド	3
オランダ	2	韓国	5
デンマーク	2	ホンコン	5
ノルウェー	4	台湾	1
イタリア	1	日本	37
計			145

表-2 CWE96のセッションのテーマ

セッションのテーマ	発表件数		
	日本	アメリカ	総発表件数
1. 基本的空力問題	6	5	15
2. 橋梁の空力問題	3	0	5
3. 車両の空力問題と拡散	1	1	4
4. 構造物の応答の問題	3	1	5
5. 地表の風の問題	5	4	14
6. 建物の空力問題	3	4	24
7. 室内の空気汚染	0	0	5
8. 空気汚染	2	2	12
9. 実験方法と評価	2	0	4
10. 新しい計算方法	0	4	6

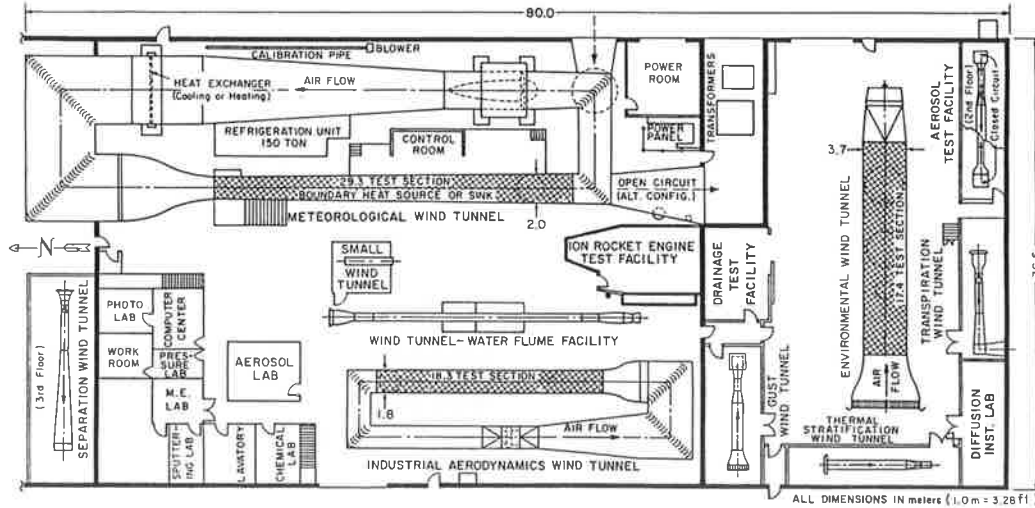


図-2 コロラド州立大学の風洞設備

測定装置であるが、注射器を環状に配置し、多点の圧力孔の校正と測定が効率よく行えるようにしたものである。風工学研究の歴史と蓄積を感じさせられた。

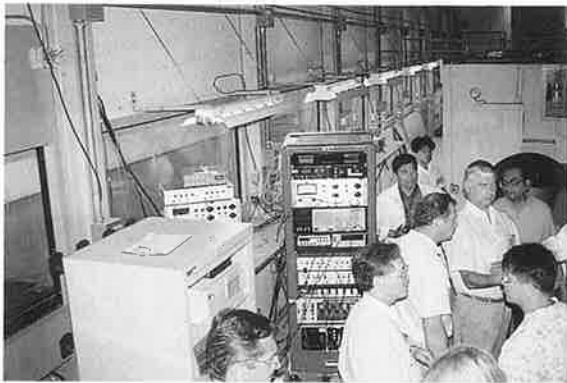


写真-2 コロラド州立大学の風洞設備

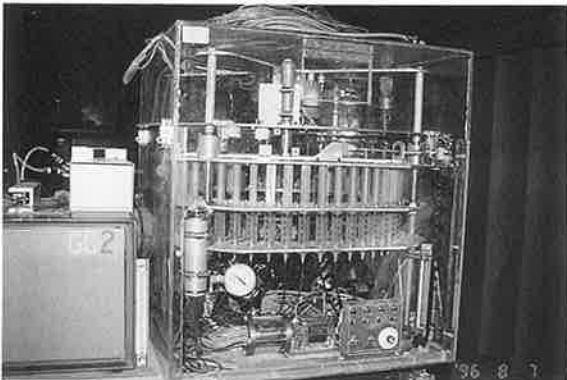


写真-3 多点圧力測定装置

## 2. BBAAⅢ

会議の行われたバージニア州立工芸大学は、バージニア州で最も大きな大学であり、農業・科学・工学分野で国際的に有名である。BBAAⅢは7月28日から8月1日にかけてバージニア州立工

芸大学内のドナルドソンホテル&会議センター(写真-4)で開催された。BBAAの第1回は1988年に京都で開催された。第2回は1992年にオーストラリアで開催された。今回は第3回である。バージニア州立工芸大学のESM (Department of Engineering Science and Mechanics)を中心とする実行組織が設置され、H.W.Tieleman教授が議長を務められた。参加者は185名、日本からは40名が参加した。講演のセッションおよび発表件数を表-3に示す。CWE96と同様、その内容は広範囲であり、建築物や環境問題に関する講演が多いのが目立った。著者は主に橋梁の空力問題のセッションに参加した。このセッションでは日本からの発表が21件中8件と最も多かった。ちなみにアメリカからは2件と少なかった。発表の内容については、基礎的な研究は少なく、計画中あるいは建設中の橋梁の風洞実験など事例の報告が多かった。また、空気力係数の相互関係や空気力の橋軸方向コヒーレンスなど、長大橋設計において最近話題のテーマに関する発表も多かった。



写真-4 BBAAⅢ会場 (ドナルドソンホテル&会議センター)

表-3 BBAIIIのセッションのテーマ

セッションのテーマ	発表件数
1. 渦励振	10
2. 建築物の空力問題 (遮蔽効果)	4
3. " (風荷重)	11
4. " (低層)	17
5. " (高層)	6
6. " (理論)	6
7. 円錐形の渦	5
8. 単柱	18
9. 多列柱	17
10. 橋梁の空力問題	21
11. 後流近くの流れ	11
12. 高くてわみ易い構造物	12
13. 音響と制御	5
14. 大気の流れ	5
15. 拡散	4
16. 一般的空力問題	10
17. 実験技術と風洞	6
18. 数値解析	6
19. 車輛の空力問題	6
総発表件数	180

### 3. その他

会議への参加の他に、ナイヤガラおよびニューヨークの橋梁を幾つか見学したので簡単に報告する。

写真-5はナイヤガラのアメリカとカナダの国境に位置するレインボーブリッジである。アーチリブの軸方向に何段かのリブを配置しており、その線がアーチリブを強調し、スレンダーさをだしている。よく管理されているのか、外面が非常にきれいであった。

写真-6はニューヨークのイーストリバーに架かるブルックリン橋とマンハッタン橋である。写真-7はブルックリン橋の桁を下から見たところである。ブルックリン橋が建設されたのは1893年と100年以上も経過しており、老朽化が進んでいるものと推察される。写真-7に見られるように常に点検補修が行われているようだ。また、写真-8に示すように、トラック、バスは通れず、車輛重量は3トンに制限されている。

写真-9は、ニューヨーク入りするときに、ほとんどの人が最初に渡るクィーンズボロ橋である。1909年に建設されたトラス橋である。近くで見ると圧縮部材、引張部材、面内の主要骨組部材、対傾構、横構などが複雑に組み合わせられており(写真-10)、鋼橋の歴史を感じさせられる橋梁である。写真-9からわかるように、この橋梁も何ヶ



写真-5 レインボーブリッジ



写真-6 ブルックリン橋とマンハッタン橋

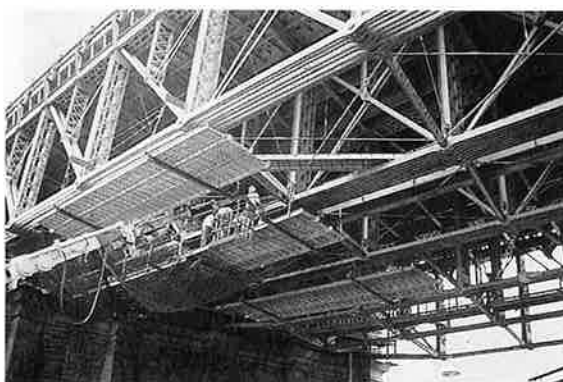


写真-7 ブルックリン橋の主桁部



写真-8 ブルックリン橋入口

所かシートが被せられており、補修が行われているようである。



写真-9 クィーンズボロ橋



写真-10 クィーンズボロ橋(主構部)

## あとがき

まえがきでも述べたように、今回一人でアメリカを旅行し、会議に参加した。著者にとってアメリカは初めてであり、知らないことも多く、多難な旅行であった。現地の会議には、日本の大学関係者の他に、企業からの参加者も多かった。企業からの参加者は一人で行動されている人も多く、外国での活動をエンジョイされていた。著者にとっては語学の問題もあり、スムーズにはいかないことが多かった。しかし、今後とも国際的な活動を継続して積極的に行っていく必要があると感じた。また、今回の旅行で、アメリカという国が日本とは根本的に違うのではないかという印象を受けた。アメリカに今まで以上に興味を持って本や映画を見るようになった。アメリカがベストではないが、日本と比較して見てみると興味深い点が多い。

最後に、今回の研修ではいろいろな人の助けを借りて、無事全行程を終えることができました。ここに、お世話になった方や関係各位に感謝の意を表します。また、今回の国際会議参加のチャンスを与えていただいた当社の関係各位に感謝の意を表します。CWE96で発表した論文は立命館大学の小林紘士教授との連名で投稿したものです。小林教授には論文発表の原稿作成にあたり、終始懇切に指導していただきました。ここに深く感謝の意を表します。